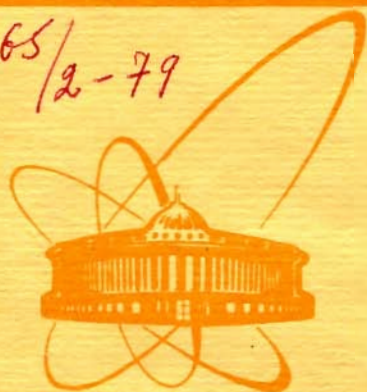


2265/2-79



Объединенный
институт
ядерных
исследований
Дубна

Л-38

11/VI-79

P11 - 12223

Ф.В.Левчановский, В.И.Приходько, Т.Тон,
В.В.Челнокова

ДИСПЛЕЙНЫЙ ПРОЦЕССОР
НА ОСНОВЕ МИКРО-ЭВМ

1979

P11 - 12223

Ф.В.Левчановский, В.И.Приходько, Т.Тон,
В.В.Челнокова

ДИСПЛЕЙНЫЙ ПРОЦЕССОР
НА ОСНОВЕ МИКРО-ЭВМ

*Направлено на Симпозиум "Микромашины,
микропроцессоры и их применение" /Будапешт, 1979/.*

Левчановский Ф.В. и др.

P11 - 12223

Дисплейный процессор на основе микро-ЭВМ

Рассматривается дисплейный процессор, в котором функции генераторов стандартных элементов изображения (точек, символов, векторов и др.) выполняет встроенная микро-ЭВМ с защитными программами. Дисплейный процессор предназначен для работы в составе графических терминалов на запоминающих ЭЛТ. Микро-ЭВМ построена на элементах серии ИНТЕЛ-8080.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Levchanovsky F.V. et al.

P11 - 12223

A Microcomputer Based Display Processor

The design of a display processor is described. The new system is driven by a microcomputer and can generate display primitives (points, characters, lines, etc.) using software means. The display processor is intended for operation in graphical terminals with a storage tube monitor. As the computer's "building blocks" INTEL 8080 components are chosen.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

1. ВВЕДЕНИЕ

Современные графические терминалы с широким набором функциональных возможностей являются сложными и дорогостоящими устройствами, что тормозит их широкое применение в различных областях науки и техники.

Появление дешевых микропроцессорных модулей и полупроводниковых памятей большого объема открывает новые пути в создании аппаратуры графических терминалов. В первую очередь это относится к аппаратуре дисплейных процессоров, которые выполняют функции генераторов стандартных элементов изображения /точек, символов, векторов, окружностей и т.п./, осуществляют связь с ЭВМ, принимают и частично обрабатывают информацию от устройств ввода /координатный шар, световое перо, клавиатура и др./, а также выполняют в некоторых случаях часть операций по обработке дисплейного файла. Очевидно, что чем больше функций выполняет дисплейный процессор /ДП/, тем более сложной и трудоемкой становится его аппаратная реализация.

В микропроцессорных системах схемная логика заменяется программированной логикой, заложенной в ППЗУ, которое обладает регулярной структурой и обеспечивает тем самым максимальное использование функциональных возможностей одного кристалла. Поэтому применение микропроцессоров в составе графических терминалов позволяет значительно упростить аппаратуру ДП, повысить надежность и гибкость создаваемой системы, произвольно увеличивать набор графических команд и, что особенно важно, наращивать возможности ДП путем простого подключения дополнительных блоков ППЗУ с защитными

программами. Таким образом, дисплейный процессор на основе микро-ЭВМ приобретает ряд достоинств, присущих универсальной вычислительной машине.

К сожалению, в классической концепции ЭВМ фон Неймана существуют и недостатки. К ним, в частности, относится невозможность распараллеливания процесса обработки информации. Иными словами, такой тип ЭВМ является чисто последовательным программным автоматом. Это необходимо учитывать при создании аппаратуры с использованием микропроцессоров /МП/ и оптимальным образом распределять функции между МП и схемной логикой. Получившие в последнее время большое распространение МП типа ИНТЕЛ-8080 накладывают на разработчика и другие дополнительные ограничения, связанные с малой длиной обрабатываемого слова и сравнительно большим временем машинного цикла.

Для ДП, используемых в терминалах с регенерацией изображения, указанные недостатки очень важны, так как объем выводимой на экран графической информации прямо пропорционально зависит от скорости ее обработки. Поэтому дисплейные процессоры, построенные на базе МП-8080, рационально использовать совместно с индикаторами на запоминающих ЭЛТ, для которых время построения изображения не играет решающей роли и может достигать порядка 2 с /по данным некоторых исследований время реакции более 2 с считается неприемлемым с точки зрения психологии оператора/.

2. ОПИСАНИЕ БЛОК-СХЕМЫ ДИСПЛЕЙНОГО ПРОЦЕССОРА

Дисплейный процессор для индикатора на запоминающей ЭЛТ состоит из следующих основных блоков /рис. 1/: микропроцессорный блок; блок памяти; интерфейсный блок; блок обработки прерываний; блок регистров-счетчиков и цифро-аналоговых преобразователей. Все блоки связаны между собой через общую магистраль, в которую входят 13 однонаправленных шин адреса, 8 двунаправленных шин данных и 6 управляющих шин.

1. Микропроцессорный блок включает в себя собственно микропроцессор 8080, генератор тактовой частоты 8224, системный контроллер 8228 и буфер адресных шин^{1/1}.

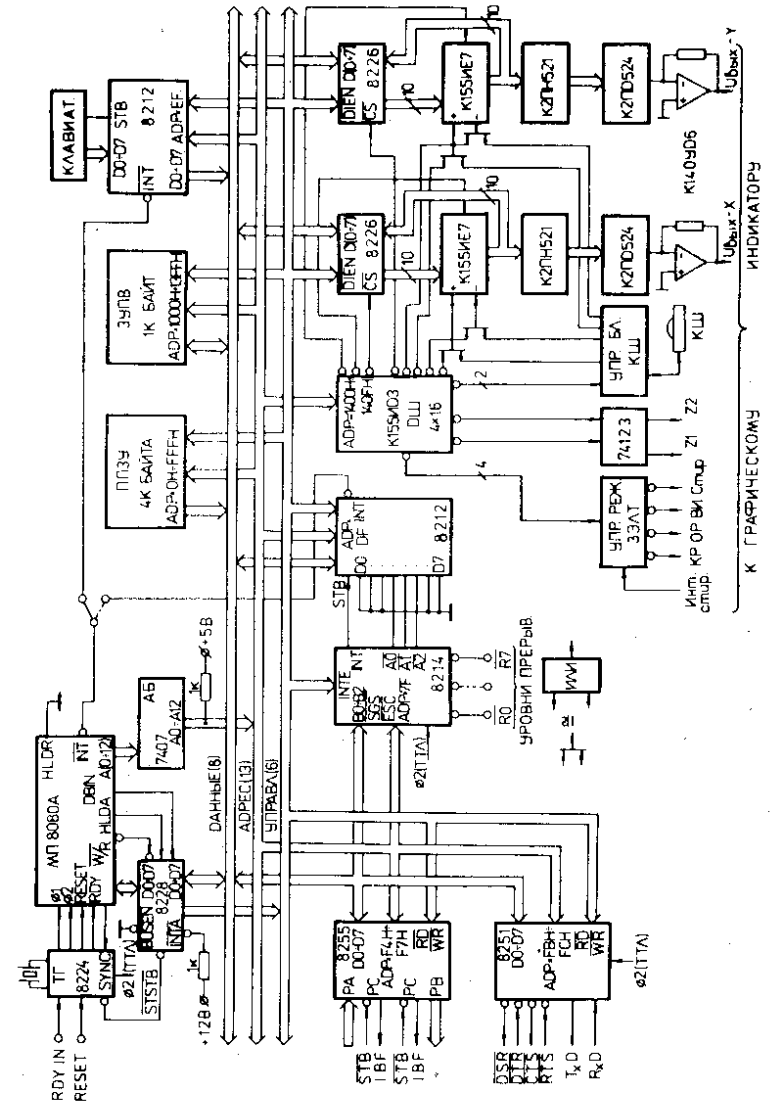


Рис. 1. Блок-схема дисплейного процессора.

МП-8080 представляет собой 8-разрядный параллельный процессорный элемент, выполненный по n-канальной МОП-технологии. МП может непосредственно адресоваться к памяти объемом до 65 К байт и имеет большой набор инструкций /72 команды/; время цикла ≈ 2 мкс.

Генератор тактовой частоты 8224 содержит кварцевый генератор, работающий с частотой 18,432 МГц, делитель частоты на 9 и дополнительную логику для синхронизации внешних сигналов READY и RESET, поступающих в МП.

Системный контроллер 8228, кроме генерации управляющих сигналов необходимых для работы с блоком памяти и интерфейсным блоком, выполняет также функции двунаправленного шинного формирователя шины данных. При помощи этой схемы можно легко организовать одноуровневую систему прерываний дисплейного процессора. Это достигается путем подключения выхода INTA к шине питания +12 В через резистор 1 К. При опознавании МП сигнала прерывания схема 8228 устанавливает на шине данных МП вектор прерывания 7_8 (RST7).

В качестве буфера адресных шин используются схемы с открытым коллектором типа 7407. Этот буфер необходим для быстрого перезаряда паразитных емкостей адресных шин блока памяти, для подключения к адресным шинам нагрузки более одной ТТЛ-схемы, а также для получения гарантированных входных уровней логической единицы МОП-схем.

В системе предусмотрены шаговый и автоматический режимы работы МП. Изменение режима и запуск МП осуществляются при помощи тумблера и кнопочного переключателя, сигнал от которого дополнительно формируется и подается на вход READY схемы 8224.

2. Блок памяти состоит из программируемого постоянного запоминающего устройства /ППЗУ/ емкостью 4 К байт и статического запоминающего устройства с произвольной выборкой /ЗУПВ/ емкостью 1 К байт. В ППЗУ хранятся программы дисплейного процессора, а ЗУПВ используется как оперативная память. К этому же блоку относятся дешифраторы 8205, с помощью которых производится выборка модулей памяти.

В качестве ППЗУ используются 16 модулей типа 8702А-4. Этот модуль имеет емкость 2048 бит /256x8/ и время выборки 1,3 мкс. Сравнительно небольшая емкость одного модуля ППЗУ

удобна с точки зрения наращивания или модификации графических возможностей ДП. Так как время чтения одного слова из ППЗУ больше цикла чтения инструкции микропроцессором, в систему введена задержка сигнала RDYIN, во время которой МП находится в режиме ожидания. Такая задержка осуществляется при обращении МП к ППЗУ и при стирании информации с экрана индикатора.

ЗУПВ состоит из 8 модулей типа 2101-2; емкость каждого из них - 1024 бита /254x4/, время доступа - 650 нс. В дисплейном процессоре ЗУПВ используется не только как оперативная память МП, но и как буферная память для дисплейного файла, регенерируемого на экране запоминающей ЭЛТ. В последнем случае индикатор работает в комбинированном режиме ² в котором наряду со статической графической информацией, запомненной на экране ЭЛТ, можно также выводить без запоминания динамически изменяющиеся объекты /например, строку редактируемого текста, курсор, и т.п./. Благодаря этому графический терминал на запоминающей ЭЛТ избавляется от некоторых присущих ему недостатков и приобретает универсальные свойства ^{2,3}.

3. Интерфейсный блок предназначен для связи дисплейного процессора с базовой ЭВМ /в нашем случае это М-6000/, а также для подключения клавиатуры и координатного шара /трекбола/⁴. Связь с ЭВМ может осуществляться как через параллельное, так и через последовательное устройства ввода-вывода.

В качестве программируемого параллельного устройства ввода-вывода используется схема 8255, в которой "порт" А /8 разрядов/ работает на ввод информации, а порт В /8 разрядов/ - на вывод. Разряды порта С используются в качестве stroбирующих. Например, при вводе данных в МП отрицательный импульс /низкий уровень/, поступающий от М-6000 на 4 шину порта С, записывает входную информацию в буферный регистр порта А, при этом появляется высокий уровень на 5 шине порта С, сигнализирующий М-6000 о том, что регистр порта А загружен. При высоких уровнях на 4 и 5 шинах порта С на 3 шине этого порта также устанавливается высокий уровень, который выполняет функцию сигнала прерывания. При обмене информацией МП с М-6000 можно пользоваться или

сигналом прерывания, или программным опросом 5 разряда порта С. Передний фронт команды $\overline{I/O}$ сбрасывает 3 шину, а задний фронт - 5 шину "порта" С в нулевое состояние.

При выводе данных микропроцессор записывает информацию в буферный регистр порта В, при этом задний фронт команды $\overline{I/O}$ устанавливает на 1 шине порта С низкий уровень, означающий, что порт В загружен. Появление же низкого уровня на 2 шине порта С информирует МП о том, что М-6000 приняла данные и можно загружать новую информацию. Высокие уровни на 1 и 2 шинах порта С вызывают установку высокого уровня на 0 шине этого порта, который воспринимается как сигнал прерывания. Нулевая шина сбрасывается передним фронтом команды $\overline{I/O}$. Как и в предыдущем случае, при обмене информацией можно пользоваться как сигналом прерывания, так и программным опросом состояния 2 шины порта С.

Последовательный ввод информации осуществляется при помощи схемы 8251, которая является синхронно/асинхронным приемником/передатчиком сигналов с последовательных линий связи типа телефонных. В этой схеме входная информация преобразуется из последовательной формы в параллельную и наоборот. Установка длины обрабатываемых символов, а также проверка и установка статуса /четность, переполнение буферных регистров, отсутствие стопового сигнала/ выполняются МП программным путем. Строблирующие сигналы 8251 аналогичны сигналам, используемым в 8255. Программируемый интерфейс 8251 имеет стандартные сигналы сопряжения V²⁴ МККТТ и может работать как с промышленными модемами, так и с упрощенными модемами типа КОДЕК, которые выгодно применять в локальных вычислительных сетях^{15/}

В дисплейном процессоре предусмотрена возможность изменения скорости передачи данных от 9600 бод до 110 бод путем деления тактовой частоты, поступающей к 8251. Кроме того, возможна работа в режиме токовой петли /20 мА/ для подключения ДП к ЭВМ М-6000 через телетайпный канал или для непосредственного подключения телетайпа к дисплейному процессору.

Клавиатура дисплея подключается к общей магистрали через 8-разрядный регистр с шинными формирователями типа 8212, который работает в режиме входного порта с выдачей сигнала прерывания.

Координатный шар связан с логическим устройством, задающим направление движению курсора на экране ЭЛТ в соответствии с направлением вращения шара. Импульсы от этого устройства поступают на счетные входы реверсивных регистров-счетчиков.

4. Блок обработки прерываний состоит из двух модулей: приоритетного модуля прерываний 8214 и регистра 8212. Схема 8214 может принимать восемь уровней прерывания, определять приоритетность поступающих сигналов прерывания, сравнивать поступивший приоритет с текущим /заданным программным способом в статусном регистре этого модуля/, а также выдавать в систему сигнал прерывания вместе с кодом /вектором/ прерывания. Упомянутый код определяет программу, обрабатывающую данное прерывание. Если необходимо обрабатывать прерывания только в соответствии с их приоритетом, то на вход \overline{SGS} модуля подается логическая единица, что также можно выполнить с помощью программы. Входы статусного регистра подключаются непосредственно к шине данных, т.е. этот регистр выступает в роли входного порта. Выходы 8214 подключены к шинам данных через регистр 8212.

При появлении на шине данных МП любого уровня прерываний формируется команда RST7, которая вызывает программы, ответственные за их обработку, при этом коды вектора прерываний являются смещениями к заданному базовому адресу.

Три младших разряда вектора прерываний всегда установлены на нуле, что обеспечивает восемь свободных ячеек памяти между командами вызова обрабатываемых программ. Эти ячейки необходимы для выполнения микропроцессором стандартных процедур при входе в режим прерывания.

5. Блок регистров-счетчиков и цифро-аналоговых преобразователей предназначен для подключения индикатора к дисплейному процессору.

В цифро-аналоговых преобразователях /ЦАП/ используются схемы серии 252: преобразователи напряжений К2ПН521 и 10-разрядные диодные матрицы с весовыми сопротивлениями

К2ПД524. Выходы диодных матриц подключены к операционным усилителям К14ОУД6, сигналы с которых подаются на отклоняющие усилители индикатора.

Реверсивные регистры-счетчики /К155ИЕ7/ подключены к шине данных через шинные формирователи типа 8226, причем подключение выполнено таким образом, что для микропроцессора эти регистры выступают в роли ячеек памяти. Для этого используется дополнительный дешифратор адреса /К155ИД3/, выходные сигналы которого стробируют указанные регистры, устанавливают режимы работы индикатора, управляют работой логического устройства координатного шара и запускают одновибраторы, формирующие сигналы Z_1 и Z_2 / Z_1 используется для отпираания луча ЭЛТ в режиме запоминания, а Z_2 - в комбинированном режиме/. Выходы дешифратора подсоединены также к счетным входам реверсивных регистров-счетчиков. МП обращается к этим регистрам, начиная с адреса более высокого, чем адрес последней ячейки блока памяти.

Подобное включение позволяет применять широкий подбор инструкций при работе МП с регистрами, а также освободить МП от инкрементных операций при построении вектора, что значительно увеличивает скорость обработки графических данных.

3. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСПЛЕЙНОГО ПРОЦЕССОРА

Разработка дисплейного процессора велась с учетом следующих основных принципов:

- Сохранение форматов графических команд и, таким образом, практически полная совместимость с существующим программным обеспечением для графического дисплея СИГДА на ЭВМ М-6000. Эти дисплеи получили в СССР большое распространение, и для них в ОИЯИ разработана обширная библиотека программ общего и специального назначения^{6/}.

- Сведение к минимуму специальной электронной аппаратуры ДП и выполнение основных логических и других функций /генерация стандартных элементов изображения, дешифрация режимов, определение необходимых временных задержек и т.п./ программами, зашитыми в ПЗУ микро-ЭВМ.

- Получение максимальной для данного типа микро-ЭВМ скорости генерации изображения. Это достигается за счет выбора специальных алгоритмов построения векторов и символов; минимизации обращений к памяти /все действия производятся на регистрах МП/; использования входов ± 1 в регистры-счетчики как устройств с отдельным адресом; вынесения в отдельную ускоренную процедуру операции построения векторов, параллельных осям координат /такие векторы встречаются гораздо чаще наклонных/ и др.

- Возможность простого наращивания системы, в том числе самим пользователем.

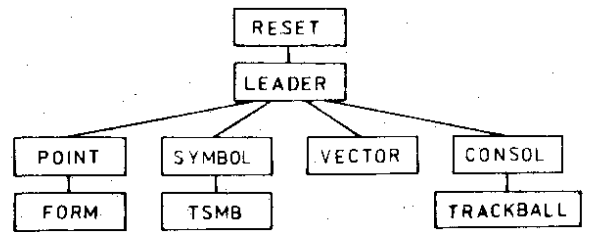
Имеющийся в настоящее время набор программ дисплейного процессора обеспечивает генерацию точек, векторов и символов; управление индикатором и трекболом; связь с ЭВМ М-6000 и работу с клавиатурой.

Дисплейный процессор управляется программой, находящейся в М-6000, от которой поступают команды на построение графического изображения. Связь микро-ЭВМ и М-6000 осуществляется через параллельный интерфейс 8255 путем синхронного обмена данными с ожиданием сигналов готовности^{7/}.

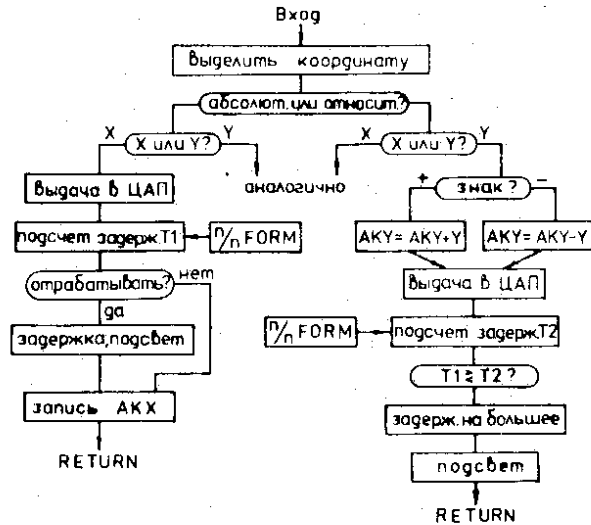
Блок-схема программного обеспечения дисплейного процессора приведена на рис. 2а. После включения ДП и нажатия кнопки "Сброс" программный счетчик устанавливается в "0". Первыми операциями ДП, выполняемыми программой RESET, всегда являются задание режима работы интерфейса 8255 и обнуление всех рабочих ячеек ЗУПВ. Затем в левом верхнем углу экрана высвечивается надпись "DUBNA-78", означающая, что ДП готов к работе и находится в цикле ожидания команды от М-6000.

Программа LEADER анализирует поступающие от М-6000 графические команды и в зависимости от того, является ли очередная команда управляющим или информационным словом^{8/}, выполняет следующие действия: в первом случае выделяет код режима работы ДП и запоминает его; во втором - по принятому ранее коду режима передает управление соответствующей программе-генератору, сохраняя для нее информационное слово в регистрах Д,Е.

1. Режим точек. Программа POINT /рис. 2б/ обеспечивает построение изображения из точек, заданных в виде абсолютных



a)



b)

Рис. 2. а/ Блок-схема программного обеспечения дисплейного процессора. б/ Блок-схема программы POINT.

или относительных координат. Поступившие из М-6000 абсолютные координаты запоминаются в ячейках АКХ, АКУ /при работе в относительных координатах предварительно вычисляются $X = X' \pm \Delta X$ и $Y = Y' \pm \Delta Y$ / и далее выдаются на регистры - счетчики следующими командами:

SHLD1400H - запись в регистр X по адресу 1400H 10-разрядного слова из регистров H, L;

SHLD1402H - аналогичная запись в регистр Y по адресу 1402H.

Программа учитывает время отклонения луча в заданную точку экрана /максимум 50 мкс/ и соответственно задержива-

ет выдачу сигнала Z_1 , который формируется одновибратором 74123 по команде "Запись" в ячейку 1404H. Вычисление времени задержки осуществляется подпрограммой FORM по координате, имеющей большее приращение.

Время, необходимое для выдачи одной точки, с учетом анализа всех управляющих разрядов составляет 63 мкс при работе в абсолютных координатах и 82 мкс - в относительных координатах.

2. Режим символов. В данном режиме программа-генератор по двоичным кодам символов обеспечивает построение на экране дисплея изображения алфавитно-цифровых знаков и специальных символов из заданного набора. Символ строится внутри матрицы 5x7 точек. Луч обегает матрицу, при этом изображение требуемого символа получается путем подсвета соответствующих точек. Образ каждого символа описывается пятью байтами /с нулем в старшем разряде/ и хранится в специальной таблице, записанной в ППЗУ. Например, буква "О" записывается в следующем виде: 3E,41,41,41,3E. Кодировка символов соответствует стандарту ASCII. Собственно символы начинаются с кода 20H /пробел/, меньшие значения кодов принадлежат функциям.

Получив код символа, программа SYMBOL /рис. 3/ извлекает из таблицы TMSB по адресу = |код символа - 20/x5| образ первого столбца и записывает его в сумматор /регистр A/. Далее осуществляются последовательные сдвиги содержимого сумматора, при этом каждый раз координата Y получает приращение на 1 шаг /3 единицы раstra/ и, если в очередном разряде была "1", то появляется сигнал переноса, означающий необходимость подсвета данной точки. После 7 сдвигов вызывается следующий столбец /байт/ и на 1 шаг наращивается координата X. Когда построение символа завершено, луч перемещается в следующую позицию на экране /приращение по X в этом случае составляет 6 единиц раstra/. В конце строки происходит переход на следующую строку, а с последней строки - в начало кадра.

В одном информационном слове могут быть заданы коды двух символов, старший разряд регистра E является указателем наличия второго символа.

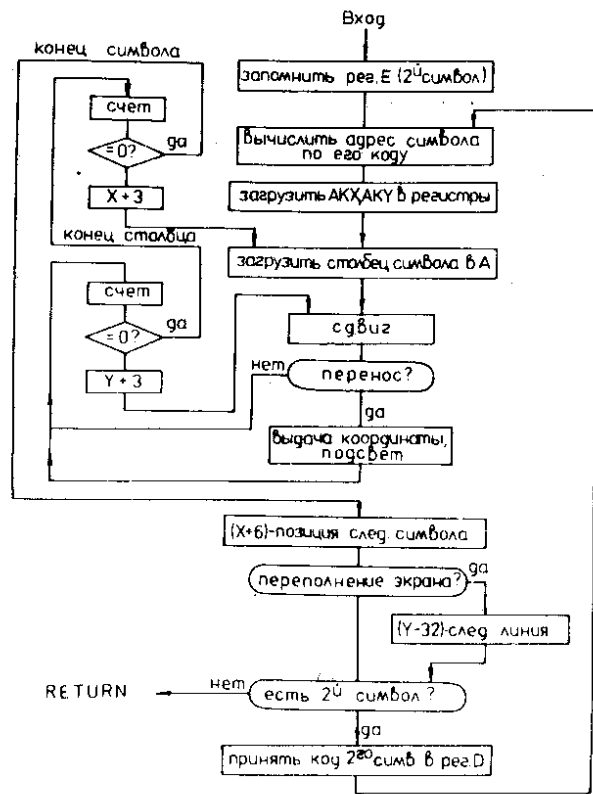


Рис. 3. Блок-схема программы SYMBOL.

На экране размещаются 32 строки по 56 символов. Время построения символа - 400 мкс.

3. Режим векторов. Программа VECTOR предназначена для построения на экране дисплея прямых линий произвольной длины и направления. Информация о векторе поступает в дисплейный процессор в виде координатных приращений $\pm \Delta X$ и $\pm \Delta Y$. Координаты начальной точки X, Y задаются один раз для каждой отдельной цепочки векторов. Блок-схема программы приведена на рис. 4.

Абсолютные координаты начала вектора записываются так же, как и в режиме точек, в ячейки AKX и AKY. Получив

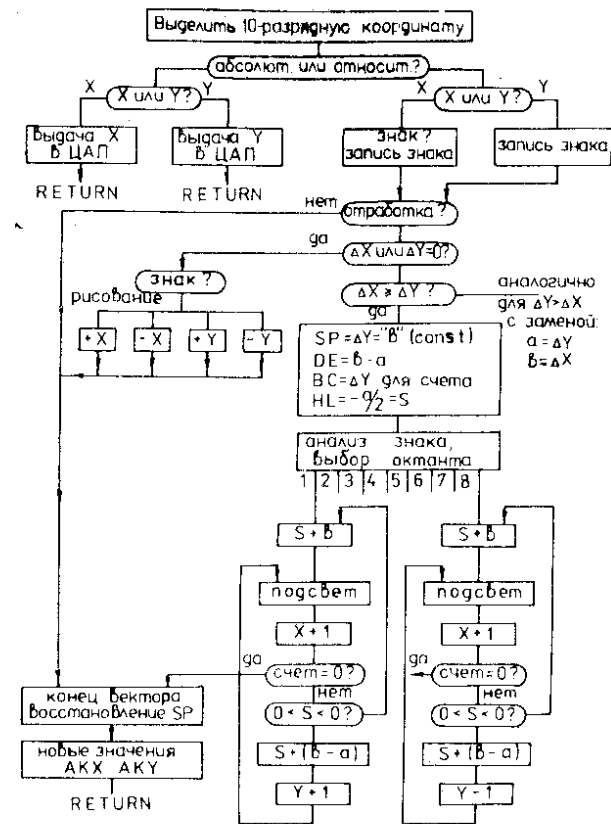


Рис. 4. Блок-схема программы VECTOR

относительную координату /приращение/ с признаком "отработать", программа VECTOR проверяет наличие приращения по другой координате и, если оно равно нулю /линия параллельна одной из координатных осей/, то вектор строится путем последовательного увеличения /или уменьшения/ на единицу раstra значения соответствующей координаты. Количество шагов равно величине приращения.

Для построения наклонных векторов из множества известных алгоритмов был выбран алгоритм Брезенхама¹⁹, позволяющий получить высокие точность и быстродействие, и в котором отсутствуют операции умножения и деления, требующие больших затрат времени /особенно при использовании микропроцессо-

ров/. Суть этого алгоритма заключается в нахождении на адресном поле экрана /растр 1024x1024/ точек, лежащих на расстоянии не более 1/2 единицы растра от заданной прямой $b \cdot X - aY$.

Рассмотрим вектор, лежащий в первом октанте координатной плоскости ($\Delta X \geq \Delta Y$), и проведем параллельно ему две прямых $b \cdot X - a \cdot (Y + 1/2)$ и $b \cdot X - a \cdot (Y - 1/2)$. Очевидно, что наиболее близко лежащие к заданному вектору точки попадут в область, ограниченную этими двумя прямыми. Это свойство используется при вычислении приращения по оси Y для каждого единичного приращения по оси X в процессе построения вектора.

В каждом цикле вычислений /при очередном добавлении 1 к X / определяется знак величины $S = bX - a(Y + \frac{1}{2})$. Если, например, точка, определенная новым значением X и прежним Y находится ниже указанной области, то точка растра, лежащая прямо над ней, и является искомым точкой вектора. Это означает, что при $S \geq 0$ необходимо одновременно с увеличением X увеличивать также и Y /при $S < 0$ значение Y не изменяется/. Слежение за S осуществляется довольно просто: вначале S устанавливается равным $-a/2$ /при $X=0, Y=0$ / , затем с каждым увеличением X к S прибавляется "b"; а при увеличении X и Y прибавляется (b-a). В результате этих действий генерируется вектор, в котором $\Delta X = a$, $\Delta Y = b$.

Программа VECTOR в зависимости от величин и знаков приращений ΔX и ΔY устанавливает октант, в котором находится заданный вектор. Дальнейшая схема вычислений показана на рис. 4.

Заметим, что в вычислениях используются только сложение и вычитание с фиксированной запятой. С целью уменьшения времени построения вектора все параметры, участвующие в вычислениях, хранятся на внутренних регистрах МП /указатель стека используется так же, как и регистр/. Определение конца вектора ведется по большему из приращений. Когда построение вектора завершено, восстанавливаются начальные значения стека, вычисляются новые значения абсолютных координат ($AKX - AKX \pm \Delta X$, аналогично AKY) и передается управление на цикл ожидания новой графической команды.

Время построения вектора максимальной длины составляет 52 мс для наклонного вектора и 23 мс - для вектора, параллельного одной из координатных осей.

4. Работа с клавиатурой и координатным шаром /трекболом/. При нажатии любой клавиши появляется сигнал "Прерывание", по которому командой RST7 /вектор прерывания 7/ управление передается в ячейку памяти с адресом 38H, где находится команда вызова программы CONSOL.

Возможны два режима работы клавиатуры и координатного шара /КШ/: на линии с ЭВМ М-6000 /клавиша ON-LINE / и автономный /OFF-LINE/. Выбранный режим запоминается, и в дальнейшем программа CONSOL, выполнив заданную оператором процедуру - запись текста и его изображение на экране дисплея при помощи программы SYMBOL или прием координат от КШ, - опрашивает содержимое ячейки LINE и в зависимости от него либо передает информацию в М-6000, либо сразу возвращается в режим ожидания следующего приказа /рис. 5/.

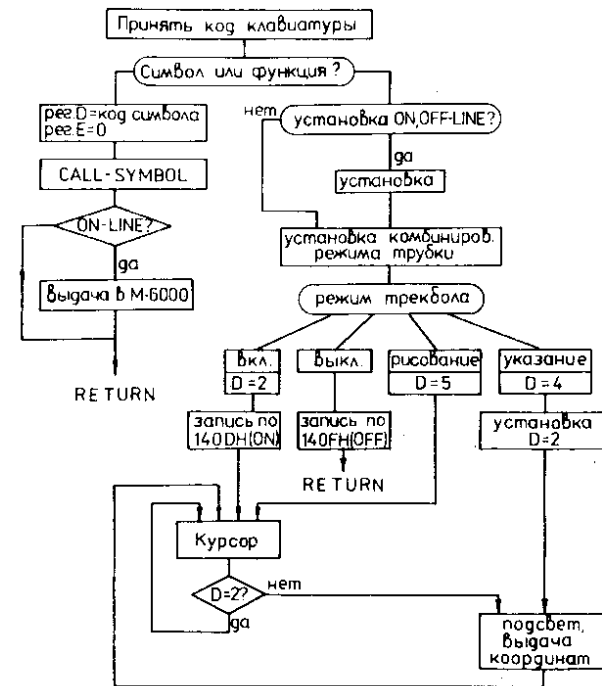


Рис. 5. Блок-схема программы CONSOL.

Для управления КШ используются следующие функциональные коды:

STX - включение. Дисплейный процессор посылает в индикатор команду на переключение ЭЛТ в комбинированный режим работы и генерирует на экране курсор, представляющий собой крест с центром в точке, координаты которой в момент включения КШ находились на регистрах-счетчиках. При вращении шара изменяется содержимое этих регистров и таким образом осуществляется перемещение курсора по экрану.

ETX - выключение. Генерация курсора прекращается, восстанавливается запоминающий режим ЭЛТ, и программа уходит в точку, где она была прервана.

EOT - указание. При нажатии этой клавиши координаты курсора /т.е. содержимое регистров-счетчиков в момент окончания текущего цикла генерации креста/ передаются в М-6000. Одновременно с этим в индикатор выдается сигнал подсвета Z_1 и указанная точка запоминается на экране ЭЛТ. После выполнения этих операций возобновляется генерация курсора.

ENQ - рисование. В данном режиме на экране дисплея запоминается траектория перемещения курсора, при этом все текущие координаты его центра передаются в М-6000.

Программы дисплейного процессора занимают в ППЗУ около 1750 ячеек /7 модулей типа 8702 А-4/ и распределены в памяти следующим образом:

| | |
|-----------|---------------------------|
| 0-3 FH | RESET |
| 40H-8BH | LEADER |
| 8CH-157H | POINT |
| 158H-1F5H | SYMBOL /таблица символов/ |
| 176H-335H | TSM3 |
| 336H-582H | VECTOR |
| 600H-6D3H | CONSOL. |

Указанный набор программ /режимов/ далеко не исчерпывает возможностей дисплейного процессора, их наращивание может осуществляться за счет добавления новых программ как общего /генерация окружностей, малых векторов и др./, так и специального назначения /например, построение координатных

осей, гистограмм, изображений компонентов электронных схем и т.п./. Таблица режимов ДП имеет резерв на 12 дополнений такого рода.

Для того чтобы ввести в ДП новый режим, необходимо выполнить следующие действия:

- записать отлаженную программу в ППЗУ, начиная с адреса 700H и выше;

- внести начальный адрес новой программы в таблицу режимов /для этого модуль ППЗУ, содержащий программу LEADER, должен быть заново запрограммирован с добавлением этого адреса; его позиция в таблице означает управляющий код режима, которым в дальнейшем будет пользоваться программист для вызова этой программы/.

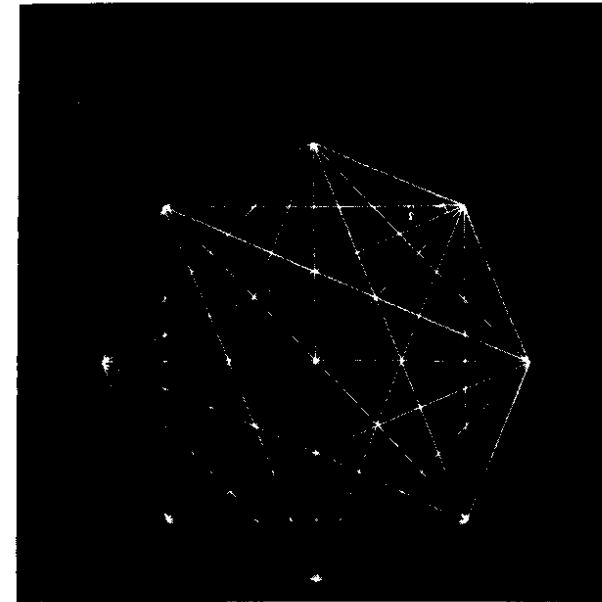


Рис. 6. Изображение тестовой картинкой на экране дисплея.

Дисплейный процессор размещен в конструктиве КАМАК. Из крейта берется только питание, выход на магистраль отсутствует. Подключение ДП к ЭВМ с использованием стандарта КАМАК может быть осуществлено либо через интерфейс теле-

тайпа, либо через стандартные параллельные регистры ввода-вывода.

Из приведенного описания видно, что построение дисплейного процессора на основе микро-ЭВМ значительно упрощает его аппаратуру /объем электроники уменьшается примерно в 10 раз/, увеличивает надежность, повышает гибкость и резко расширяет возможности терминала в целом.

Авторы благодарят Х.Лайха за полезные обсуждения и помощь в настройке дисплейного процессора, а также В.Г.Купцова за изготовление опытного образца ДП.

ЛИТЕРАТУРА

1. *INTEL 8080 Microcomputer Systems User's Manual, September, 1975.*
2. Левчановский Ф.В., Никульников А.В., Приходько В.И. ОИЯИ, P11-10579, Дубна, 1977.
3. *Basil M. Computer and Graphics, 1977, vol. 2, No. 4, pp.205-208.*
4. Дорух Х. и др. Устройства ввода графической информации в ЭВМ с экрана дисплея на запоминающей ЭЛТ. В кн.: I Всесоюзное совещание по автоматизации научных исследований в ядерной физике /тезисы докладов/. Изд. ИЯИ АН УССР, Киев, 1976, с.260.
5. Левчановский Ф.В., Хоффман З. ОИЯИ, 11-10303, Дубна, 1976.
6. Кавченко А.В. и др. Математическое обеспечение графического дисплея СИГДА на ЭВМ М-6000. УСиМ, 1974, №1, с.114-116.
7. Приходько В.И., Тон Т., Челнокова В.В. Связь микро-ЭВМ на базе ИНТЕЛ-8080 с ЭВМ М-6000. II Всесоюзное совещание по автоматизации научных исследований в ядерной физике /тезисы докладов/. "Наука", Алма-Ата, 1978, с.231.
8. Груца А. и др. ОИЯИ, P11-10580, Дубна, 1977.
9. *Bresenham J.E. IBM Systems J., 1965, vol. 4, pp.25-30.*

Рукопись поступила в издательский отдел
2 февраля 1979 года.