

## ЛИТЕРАТУРА

1. Марчук Г. И. Методы прикладной математики. Новосибирск, «Наука», 1973.
2. Гинзбург А. Н., Логинов А. В., Плясов В. М. Программное обеспечение в системе графического вывода.— «Автометрия», 1973, № 2, с. 108—111.

*Поступило в редакцию 25 мая 1978 г.*

УДК 681.327 : 681.3.06

Л. Г. КАМИНСКИЙ, С. В. КЛИМЕНКО, А. А. ЛЕБЕДЕВ,  
Ю. В. МИХАЙЛОВ

(Серпухов)

### СОПРЯЖЕНИЕ ЭВМ С ЗАПОМИНАЮЩИМ ГРАФИЧЕСКИМ ДИСПЛЕЕМ

В данной работе описывается программно-аппаратный комплекс сопряжения «дисплей — ЭВМ» [1], разработанный с учетом особенностей применения дисплея в «on line» экспериментах в физике высоких энергий [2]. Использовался графический дисплей с запоминанием "Tektronix-611", подключаемый к малой ЭВМ HP-2100.

В наших задачах основными элементарными объектами, подлежащими выводу на дисплей, являются векторы и символы, которые были взяты в качестве примитивов сопряжения дисплея с ЭВМ. Для эффективного использования дисплея с регенерацией необходим аппаратный генератор символов [3]. Системный анализ данного комплекса «дисплей — ЭВМ» с запоминанием, выполненный в работе [1], приводит к следующим выводам:

1. Поскольку дисплей обладает собственной памятью, то нет смысла предварительно буферизовать выводимую информацию в ЭВМ и использовать канал прямого доступа к памяти.

2. Генератор символов следует делать программным, поскольку в режиме «off line» изображение символа с помощью отдельного процессора не экономит полезное время ЭВМ, а лишь сужает выбор возможных шрифтов.

3. Генератор векторов намного проще делать цифровым, причем выполнять его в основном также программным путем.

Для вывода информации из ЭВМ на дисплей используется модифицированная стандартная интерфейсная карта «дуплексный регистр» [4], помещаемая в ЭВМ, и блок преобразователя «цифра — аналог» (ЦАП), вставляемый в каркас устройства [5] сопряжения ЭВМ с системой САМАС/СУММА и связанный с интерфейсной картой многожильным кабелем.

Блок преобразователя «цифра — аналог» состоит из двух блоков: собственно ЦАП и контроллера. Десятиразрядные ЦАП выполнены по стандартной схеме токовых ключей. Один из ЦАП используется для отклонения луча дисплея по оси X, другой — по оси Y. Контроллер имеет два десятиразрядных регистра, выполненных по схеме реверсивных счетчиков, допускающих занесение кода из ЭВМ, а также прибавление или вычитание единицы. Эти регистры, постоянно связанные с ЦАП, содержат X и Y координаты луча дисплея. Кроме того, в контроллере есть генератор импульсов подсвета луча и стирания изображения, а также схема управления.

Коды, поступающие из ЭВМ на вход контроллера, интерпретируются как команды. Распределение разрядов в команде следующее:

	15	14	13	12	11	10	9	0
ERASE	Z	LOAD	X/Y	DEC/INC	—	Координата		

- |               |  |
|---------------|--|
| ERASE         | =1 — стирание изображения                                  |
| Z             | =1 — подсвет луча  |
| LOAD          | =1 — загрузка регистров                                    |
| LOAD          | =0 — выполнение команд DEC/INC в регистре                  |
| X/Y           | =1 — Y-координата  |
| X/Y           | =0 — X-координата  |
| DEC/INC       | =1 — увеличение на единицу содержимого указанного регистра |
| DEC/INC       | =0 — уменьшение на единицу содержимого указанного регистра |
| 10-й разряд   | — не используется  |
| 9—0-й разряды | — значение координаты, загружаемое в указанный регистр     |

В соответствии с временными характеристиками дисплея сигнал подсвета луча (если требуется) вырабатывается через 6—7 мкс после выдачи команды DEC/INC или через 80 мкс после выдачи команды LOAD.

Программная часть интерфейса реализована как две библиотечные подпрограммы: генератор векторов и генератор символов. Эти подпрограммы работают в закрытых прерываниях, чем, в частности, обеспечивается возможность мультипрограммного обращения к дисплею. Имеется также подпрограмма стирания экрана, посылающая сначала команду ERASE на дисплей, а затем приостанавливающая вызвавшую ее программу на 0,5 с.

В основу генератора векторов положен алгоритм 162 [6], который был переработан с целью упрощения. Алгоритм выполняется следующим образом:

1) в регистры дисплея загружаются координаты начала вектора (с подсветом луча);

2) вычисляется длина вектора и его направление и формируются команды для дисплея, обеспечивающие перемещение луча в требуемом направлении (за это время ранее выданная команда на дисплей наверняка будет выполнена);

3) выполняется цикл, обеспечивающий перемещение луча от начальной до конечной точки вектора; выполнение цикла занимает время порядка 10 мкс на один проход, что хорошо согласуется с временем выполнения команд.

Команда загрузки регистра дисплея с подсветом луча требует для своего выполнения столько же времени, сколько и 10—12 команд DEC/INC. Поэтому при изображении символов команда загрузки регистров дисплея не используется, а лишь осуществляется перемещение погашенного луча.

Чтобы воспользоваться тем же самым приемом для межсимвольных промежутков, в качестве примитива выбрана подпрограмма вывода строки текста, а не отдельного символа. Загрузка регистров дисплея осуществляется только в начале вывода строки в целом.

Подобный программно-аппаратный комплекс в принципе может быть использован и для подключения графопостроителя, однако следует подчеркнуть, что эффект данного подхода основан на тщательном учете временных соотношений работы графического устройства и ЭВМ.

Многолетний опыт (в течение 8 лет) эксплуатации описанного сопряжения дисплея с ЭВМ показал его высокую надежность, эффективность и широкие возможности, обусловленные активным использованием принципа программного управления.

В заключение авторы считают своим приятным долгом поблагодарить Ю. М. Антипова, Г. Ш. Лаверьё, А. Лакура и Р. С. Шувалова за полезные обсуждения и помощь в работе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Каминский Л. Г., Клименко С. В., Лебедев А. А., Михайлов Ю. М. Сопряжение ЭВМ с запоминающим графическим дисплеем. Препринт, № 124. Серпухов, изд. ИФВЭ, 1977.
2. Антипов Ю. М., Беззубов В. А., Буданов Н. П., Бушнин Ю. Б., Ваздик Я. А., Горин Ю. П., Денисов С. П., Еч Ф. А., Лебедев А. А., Леднев А. А., Михайлов Ю. В., Петрухин А. И., Половников С. А., Ройнишвили В. Н., Селезнев В. С., Сергиенко В. И., Стоянова Д. А., Сытин А. Н. Образование  $I/\psi$ -частиц протонами с импульсом 70 ГэВ/с.— ЯФ, 1976, т. 23, вып. 2, с. 323.
3. Ньюмен У., Спрулл Р. Основы интерактивной машинной графики. М., «Мир», 1976.
4. Pocket guide to interfacing the HP2100 computer. Cupertino. Hewlett-Packard Company, 1973.
5. Клименко С. В., Лебедев А. А., Михайлов Ю. В. Сопряжение ЭВМ HP2100A с системой КАМАК/СУММА. Препринт, № 43. Серпухов, изд. ИФВЭ, 1977.
6. Stockton F. J. XY move plotting.— "Comm. of the ACM", 1963, vol. 4.

*Поступило в редакцию 3 ноября 1977 г.;  
окончательный вариант — 3 апреля 1978 г.*