

Вторая часть выполняет прием, дешифрацию и обработку команд, поступающих из каналов. Имеются команды построения линий разных типов и разной толщины по координатам конечных точек, кругов и окружностей заданного радиуса, команды, устанавливающие формат памяти, маски записи и чтения, приоритеты слоев, цвета слоев и их пересечения и т. д., а также команды, позволяющие выдавать на устройство вывода графической информации копию графической памяти и текст в символьном режиме дисплея.

В случае использования двух интерфейсов для связи с ЭВМ устройство работает как два независимых терминала, каждый из которых подключен к своему интерфейсу (один терминал символьно-графический, другой — только символьный). Переключение осуществляется специальной клавишей. При этом копия символьной памяти не работающего в данный момент терминала хранится в специальном буфере оперативной памяти. При переключении с одного терминала на другой одновременно с переключением канала производится обмен между содержимыми символьной памяти и буфера.

Дисплей может работать как на линии с ведущей ЭВМ, так и автономно. В режиме работы на линии информация от клавиатуры поступает в канал, а команды из канала обрабатываются дисплеем. В режиме графического дисплея некоторые клавиши всегда используются автономно. Эти клавиши управляют установкой масок слоев, позволяющей убирать или высвечивать нужный слой, установкой приоритетов слоев и т. п.

Клавиша SHIFT в графическом режиме, кроме общепринятого, имеет еще одно назначение. При ее помощи осуществляется «перемещение» экрана по памяти. При нажатой клавише изображение «привязывается» к курсору и перемещается вместе с ним. Такая же программная привязка происходит и при изменении масштаба, в результате чего после изменения масштаба курсор указывает на то же место, что и до изменения.

Дисплей в течение ряда лет применяется в Институте автоматики и электрометрии СО АН СССР для проектирования многослойных печатных плат совместно с программной системой, описанной в [2].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. AED-512. Color graphics/imaging terminal.— Advanced Electronics Design, Inc., 1978.
2. Мелешихин В. А., Фризен Д. Г., Юрашанский Е. Г. Интерактивная система проектирования печатных плат.— Автометрия, 1982, № 4.

*Поступила в редакцию 23 декабря 1983 г.*

УДК 629.7.058.74 : 681.3.06

**А. М. КОВАЛЕВ, Э. А. ТАЛНЫКИН**

*(Новосибирск)*

### **ГРАФИЧЕСКИЙ ДИСПЛЕЙ РАСТРОВОГО ТИПА ДЛЯ СИСТЕМ ДВУХКООРДИНАТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

**Введение.** В процессе разработки аппаратуры системы синтеза визуальной обстановки [1] возникла потребность в адекватной системе проектирования печатных плат. Развертывание такой системы было решено начать с организации рабочего места конструктора, оснащенного алфавитно-цифровым терминалом, средствами графического отображения и графического диалога. Основные требования к системе проектирования: ориентация на ЭВМ семейства «Электроника» [2, 3] или СМ-4, макси-

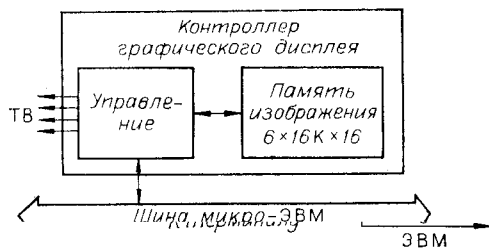


Рис. 1.

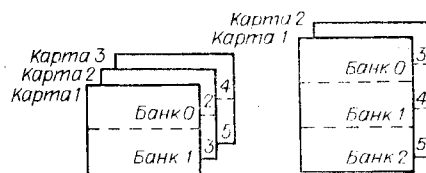


Рис. 2.

го графического дисплея вызвало необходимость выполнения данной работы.

В качестве процессора графического дисплея применяется микро-ЭВМ «Электроника-60». Вся управляющая аппаратура собственно дисплея выполнена в виде двух печатных плат полного формата, вставляемых в каркас микро-ЭВМ. Одна из плат представляет собой память изображения, а другая обеспечивает интерфейс к шине ЭВМ, управление режимами и генерацию видеосигнала. Кроме реализации функций дисплейного процессора, микро-ЭВМ осуществляет управление всем остальным оборудованием рабочего места и обеспечивает связь с ведущей ЭВМ (СМ-4, «Электроника-100/25» или «Электроника-79»). В качестве аппаратуры связи может использоваться любой байтовый интерфейс, например устройство последовательного обмена. Со стороны ведущей ЭВМ рабочее место представляется терминалом с графическими возможностями.

Поскольку микро-ЭВМ «Электроника-60» может комплектоваться различными периферийными устройствами, возможны различные конфигурации рабочего места. Принципиальное отличие имеет конфигурация с микро-ЭВМ, оснащенной гибкими дисками. В этом случае система работает как автономная дисплейная станция. Минимальная конфигурация при работе на линии с ведущей ЭВМ должна включать (рис. 1) процессор типа «Электроника-60» (произвольной модели), оперативную память 4 К, алфавитно-цифровой дисплей, связной интерфейс, ПЗУ 512 байт.

При разработке дисплея применялся единый программно-аппаратный подход, т. е. каждая из основных функций дисплея реализуется на базе совместного использования аппаратных и программных средств. Разработчики заранее ограничились минимальной оперативной памятью (4 К) для программ и двумя печатными платами полного формата для аппаратуры с таким расчетом, чтобы минимальная работоспособная конфигурация умещалась в одном каркасе ЭВМ «Электроника-60».

Настоящая статья дает лишь общее представление о разработке. Для более подробного знакомства и при необходимости работы с дисплеем следует обратиться к технической документации.

**Архитектура дисплея.** Память изображения является ключевым элементом структуры, представленной на рис. 1. Она подразделяется на шесть банков емкостью 512×512 бит (32 Кбайт) каждый. Обмен с памятью осуществляется 16-разрядными словами с использованием общего регистра адреса, загружаемого из ЭВМ, и шести (индивидуальных для каждого байта) регистров данных. Допускаются обращения к словам и байтам, а также битовые операции. Такова физическая организация памяти.

С точки зрения реализации функций отображения память разбивается на две либо три карты по три, либо два банка соответственно (рис. 2). Каждая карта памяти соответствует битовому изображению.

При наложении друг на друга карты составляют виртуальное поле изображения (его нельзя увидеть целиком на экране), которое может быть прямоугольником с произвольной длиной строки. Число строк в виртуальном поле определяется из емкости одной карты по формуле

$$\text{число строк} = \text{емкость карты} / \text{длина строки}.$$

На экране видеоконтрольного устройства принято разрешение 512 строк по 512 элементов в строке в режиме чересстрочной развертки. Таким образом, на экране можно увидеть лишь часть виртуального поля изображения. Видимый на экране фрагмент определяется координатами в виртуальном поле элемента, отображаемого в левом верхнем углу. Каждая строка изображения формируется из 512 последовательных битов памяти. Адрес начального элемента очередной строки получается приращением адреса начального элемента предыдущей на длину строки виртуального поля. При всех этих операциях возможны переходы через границы банков.

Существует режим экранного масштабирования. Если экранный масштаб равен  $N$ , то бит, извлеченный из памяти, отображается в  $N$  элементах телевизионной строки, затем извлекается следующий бит и т. д. Строка в этом случае повторяется  $N$  раз. Значение масштаба устанавливается программно записью в регистр масштаба. При увеличении масштаба соответственно уменьшается видимая на экране часть виртуального поля, и для обзора всего изображения необходимо уметь перемещать окно по изображению. Как отмечалось выше, это достигается сменой адреса первого элемента изображения, т. е. перезаписью регистра стартового адреса. При увеличении экранного масштаба разрешение не увеличивается.

Для обеспечения возможности графического диалога имеется двухкоординатный локатор, который отображается горизонтальной и вертикальной линиями, проходящими через весь экран. Для управления положением локатора есть два регистра, содержащие координаты локатора на экране.

Каким цветом отображать единичные биты, а каким нулевые на каждой карте памяти? Как поступать, когда в некоторой точке экрана пересекаются изображения с разных карт? Каким цветом отображать локатор? Трудно дать универсальные ответы на эти вопросы, и по этой причине в дисплее имеется две таблицы ПЗУ, в которых пользователь может закодировать режимы задания цветов по своему усмотрению. Эти таблицы соответствуют расслоению памяти изображений на три или две карты соответственно. На вход таблиц поступают по одному биту с каждой карты изображения; бит наличия локатора в данной точке экрана; четыре бита регистра режимов окраски (регистра приоритета). Выходом таблиц являются три бита, управляющие красной, синей и зеленой компонентами видеосигнала (т. е. любая точка экрана может быть окрашена в один из восьми цветов).

Приведем пример некоторой естественной раскраски, которая обычно программируется при изготовлении дисплея, если не было специального заказа. Для краткости будем рассматривать только режим расслоения на три карты. Будем также считать единицу признаком наличия, а нуль — отсутствия изображения. Поставим в соответствие первой карте памяти красный цвет, второй — зеленый, а третьей — синий. Окрасим локатор в белый цвет (красный + зеленый + синий), т. е. независимо от значения регистра приоритетов при наличии на входе бита локатора будем выдавать три единицы. При отсутствии на входе бита локатора в зависимости от значения регистра приоритета примем следующие режимы раскраски: режим смеси, при котором три бита изображения поступают на выход; три режима приоритетов с циклической перестановкой цветов; три группы режимов с поочередным отключением цветов, где в каждой группе есть режим смеси пары цветов и два режима приоритетов; три режима с отключением пары цветов. Легко подсчитать, что по-

лучено ровно 16 комбинаций. Приоритет цветов означает, что изображение с более приоритетной карты накрывает изображение с менее приоритетной. Отключение цвета (карты) позволяет не отображать одну или две карты (не затирая изображения) и в случае необходимости снова его включать. Управление регистром приоритетов входит в задачу программного обеспечения; имеются также программы для формирования таблиц раскраски и других ПЗУ дисплея.

Дисплей содержит регистр управления, позволяющий включать (выключать) изображение, включать (выключать) локатор, разрешать (запрещать) полукадровые прерывания, устанавливать один из двух видов расслоения памяти.

Полукадровые прерывания служат для того, чтобы перезагрузить стартовый адрес отображаемой памяти, который модифицируется в процессе отображения. Перезагрузку всех других регистров также рекомендуется делать по прерываниям (на обратном ходе развертки). Существует два вектора прерывания: один для четных и один для нечетных полукадров.

Завершая описание внешнего вида архитектуры, заметим, что достаточно трудно объяснить работу дисплея, не упоминая о содержимом ПЗУ и программной поддержке. Более того, мы предлагаем пользователю рассматривать дисплей только через программный интерфейс, понимая, что при обоснованной необходимости он может быть изменен.

**Программное обеспечение.** Как уже упоминалось, работа дисплея невозможна без программных модулей, призванных обеспечить функционирование аппаратуры и предоставить набор возможностей, являющихся интерфейсом к пользователю. Эти так называемые базовые графические примитивы определяют «внешний вид» дисплея со стороны прикладной программы. Они могут быть расширены двумя способами: в виде внешней надстройки и в виде встроенных модулей, работающих на физическом уровне с аппаратурой и во внутреннем контексте с модулями реализации базового ядра. Базовые примитивы в силу их полноты позволяют реализовать любые расширения в виде надстройки (но, например, не рекомендуется строить знакогенератор через примитив для построения точки).

Прикладная программа может быть резидентной в микро-ЭВМ и обращаться к базовым примитивам непосредственно. В случае когда прикладная программа размещается в ведущей ЭВМ, связанной с рабочим местом через линию связи, она обращается к модулю виртуальных графических примитивов. После получения программного запроса этот модуль оформляет запрос в виде пакета и передает его через модули связи в микро-ЭВМ. Ответный модуль связи при отсутствии ошибок передачи идентифицирует запрос и запускает необходимую функцию из базовых примитивов. Виртуальные и реальные базовые возможности обеспечивают полностью идентичные интерфейсы, так что одна и та же прикладная программа может работать как резидентная в микро-ЭВМ и через линию связи, если не учитывать ее взаимодействия с другими компонентами программного обеспечения.

Прежде чем приступить к описанию характера запросов к базовым возможностям, уделим внимание использованию в системе клавиатуры алфавитно-цифрового дисплея. Как было показано во введении, клавиатура является единственным устройством ввода в минимальной конфигурации. Специальная программная поддержка позволяет применять клавиатуру как в качестве текстовой, так и в качестве функциональной, а также для организации графического диалога. При появлении специализированных устройств графического диалога и функциональных кнопок возможности клавиатуры сохраняются.

В текстовом режиме работы клавиатуры коды всех кнопок клавиатуры пропускаются в программу. В этом режиме дисплей используется как обычный терминал, но при этом обрабатываются все графические функции, кроме ввода графической информации.

В графическом режиме текстовый ввод невозможен. Каждая кнопка клавиатуры (кроме кнопок локального управления) инициирует формирование и передачу графического пакета. Пакет включает код нажатой кнопки, координаты локатора на виртуальном поле, а также служебную информацию, недоступную пользователю. Кнопки локального управления (около десяти) используются для перемещения курсора и экрана по виртуальному полю, масштабирования и управления приоритетами.

Применяемая система запросов содержит более 40 различных запросов. Сюда входят запросы, переводящие дисплей в текстовый или графический режим, а также запрос на ввод графической информации.

Имеется группа запросов, вызывающих изменение содержимого памяти, а следовательно, и изображения. К этим запросам относятся очистка памяти, очистка карты памяти, рисование точки, линии, прямоугольника, круга, окружности, линии заданной толщины.

Остальные запросы позволяют установить размер виртуального поля, управлять масштабом, приоритетами, включать и выключать отображение отдельных карт, управлять положением локатора и экрана на виртуальном поле.

**Заключение.** К настоящему времени существует более десяти оснащенных дисплеем рабочих мест, используемых для разводки печатных плат. Опыт эксплуатации (с лета 1982 г.) показал высокую эффективность дисплея в данной задаче. Кроме того, дисплеи используются как универсальные графические устройства для диалоговой двумерной графики, а также в системе автоматизации типографского набора для предварительного контроля полиграфического оформления текста и в некоторых других задачах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалев А. М., Талныкин Э. А. Машинный синтез визуальной обстановки.— Автоматика, 1984, № 4.
2. Талов И. Л. и др. Мини- и микро-ЭВМ и специпроцессоры семейства «Электроника». — В кн.: Тез. докл. Всесоюз. конф. «Диалог-82». Пушкино, 1982.
3. Талов И. Л. и др. Новая высокопроизводительная мини-ЭВМ «Электроника-79» и эффективность ее использования в системах схемотехнического проектирования БИС.— УСиМ, 1982, № 6.

*Поступила в редакцию 23 января 1984 г.*

УДК 681.3.06

**Э. А. ТАЛНЫКИН**

*(Новосибирск)*

### СИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ НА ЭВМ СЕМЕЙСТВА «ЭЛЕКТРОНИКА»

Современная технология производства печатных плат характеризуется значительной автоматизацией процессов изготовления за счет использования специализированного оборудования с числовым программным управлением (прежде всего для построения фотошаблонов и сверления отверстий). Высокое разрешение координатных систем и существенная универсальность оборудования, достигаемая путем упрощения базовых возможностей и расширения средств программного управления, делают практически невозможной ручную подготовку программ без применения ЭВМ.