

А. М. ОСТАПЕНКО, С. А. ШЕМЕТОВ
(Новосибирск)

ЦВЕТНОЙ ГРАФИЧЕСКИЙ ДИСПЛЕЙ

В связи с развитием однокристалльных элементов памяти большого объема растровые графические дисплеи на основе стандартных цветных мониторов получают все более широкое распространение. Имеются различные классы задач, в которых предъявляются особые требования к оп-ределенным параметрам; в таких случаях целесообразно иметь специа-лизированный дисплей.

В данной статье описан дисплей, разработанный для проектирования топологии многослойных печатных плат, больших интегральных схем и других применений. Он обладает более высокими характеристиками по сравнению с устройствами [1] аналогичного назначения.

Особенности реализации. Основные технические характеристики. Дисплей выполнен на основе микропроцессора КР580ИК80. Он может работать с ЭВМ в диалоговом режиме как с символьной, так и с графической информацией, а также использоваться как два независимых терминала, что дает существенный выигрыш во времени, так как оператор имеет возможность работать с символьной информацией, не прерывая работы с графической. Отказ от чересстрочной развертки, плавное перемещение изображения в любом направлении и плавное изменение масштаба позволяют использовать дисплей для длительной работы оператора при небольшом расстоянии от глаз до экрана монитора. Управление изменением масштаба и курсором осуществляется с помощью потенциометров, расположенных на клавиатуре.

Существующие растровые графические дисплеи, как правило, имеют одинаковое количество точек изображения по вертикали и горизонтали, а так как большая часть графической информации требует одинакового масштаба по обеим координатам, приходится уменьшать размер изображения по горизонтали, т. е. не использовать полностью экран цветного монитора. Предусмотренная в данной разработке возможность оперативно менять размеры поля памяти по вертикали и горизонтали, а также задавать разное количество битов на точку позволяет рационально распределить весь объем памяти.

Непосредственно к дисплею может быть подключено устройство для быстрой выдачи графической информации на бумагу.

Редактирующие функции дисплея в символьном режиме аналогичны функциям распространенного дисплея «Videoton-340». Режим работы дисплея может переключаться как автономно, так и с канала специальными командами.

Краткие характеристики дисплея: символьный режим 80 символов, 16 строк; размер графической памяти от 256 Кбайт до 4 Мбайт; число битов на точку (слоев) 1, 2, 4, 8; размер экрана 320×256 точек; размер поля памяти по вертикали 128—2048 точек, по горизонтали 512—2048 точек; изменение масштаба от 1 до 6, плавно, дискретно; число градаций яркости 8 на каждый цвет. Конструктивно дисплей выполнен на платах размером 260×300 мм. Минимальный комплект содержит одну плату управления и одну плату графической памяти. Размер поля памяти может быть увеличен путем установки дополнительных плат.

Структура дисплея. Упрощенная блок-схема дисплея приведена на рис. 1, где МП — микропроцессор, ГП — графическая память (256 К×8), УЗЧГП — управление записью и чтением графической памяти, УГП — управление графической памятью, ФАОГП — формирователь адреса отображения графической памяти, ФГК — формирователь графического курсора, УМС — управление масштабом и смещением, ТМО — таблица масок отображения, ТЦ — таблица цветов, СД — символьная часть дисплея.

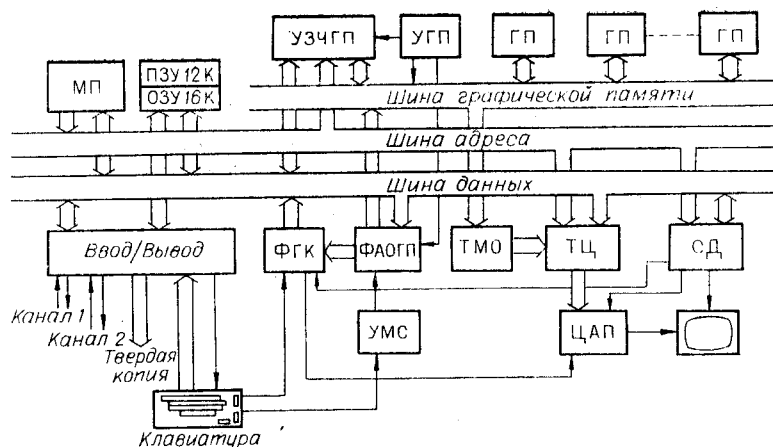


Рис. 1.

Микропроцессор управляет всей работой дисплея. Для хранения программы микропроцессора служит ПЗУ с ультрафиолетовым стиранием емкостью до 12 Кбайт. Имеется также оперативная память размером в 16 Кбайт.

Обмен информацией с ведущей ЭВМ происходит через телеграфный интерфейс. Другой телеграфный интерфейс может быть также связан с ЭВМ или использован для устройства, подключаемого непосредственно к дисплею (кодировщик, функциональная клавиатура и т. д.).

Параллельный интерфейс предназначен для связи с устройством вывода информации, разработанным в ИАиЭ СО АН СССР на базе АЦПУ DZM-180 для получения твердой копии изображения или символьной распечатки.

Применение в дисплее микропроцессора позволило максимально упростить схему управления клавиатурой. Процессор непрерывно опрашивает состояние клавиатуры и программно получает код клавиши, учитывая и одновременное нажатие нескольких клавиш.

«Символьную» часть дисплея можно выделить в отдельный блок, хотя сигналы с ее счетчика используются во всей схеме дисплея. Здесь формируются также сигналы синхронизации и гашения обратного хода луча. Объем памяти «символьного дисплея» 2 Кбайт. Особенностью данного дисплея является применение косвенной адресации к строкам, т. е. адрес строки проходит через таблицу адресов строк, к которой имеет доступ микропроцессор. Таким образом, перестановка строк на экране сводится к перестановке адресов строк, что существенно сокращает время исполнения таких функций, как удаление, вставка строки, сдвиг текста. Все функции дисплея исполняются программно.

Графическая память может содержать от 1 до 16 плат емкостью 256 Кбайт или до 4 плат емкостью 1024 Кбайт в зависимости от применяемых микросхем (K565РУ3 или K565РУ5). Все платы памяти подключаются к одной общей шине, которая состоит из линий для передачи адреса, данных, маски записи, сигналов изображения и управления. Это позволяет устанавливать произвольное количество плат памяти; при этом процессор автоматически по начальной установке настраивается на такое количество. Плата содержит 8 одинаковых блоков, каждый из которых включает в себя 16 корпусов памяти, мультиплексор, промежуточный и сдвиговый регистры.

Управление памятью обеспечивает обработку запросов с трех направлений в порядке приоритета: запросы на отображение, регенерацию и от процессора. Организация запросов на отображение такова, что они обслуживаются всегда, независимо от других запросов, что позволяет работать с графической памятью, не выключая изображения. Обращение процессора к памяти происходит по байтам, каждый байт соответствует

одной точке на экране. Если используется меньше 8 слоев, то в работе участвуют младшие разряды.

Формирование адреса памяти. Адрес графической памяти процессор задает через два регистра адреса (X - и Y -регистры). Процессор имеет возможность считывать и изменять содержимое этих регистров. Существует 10 способов обращения процессора к графической памяти, определяющих состояние регистров адреса после завершения обращения. Три типа обращения (без приращения, приращение $+1$ и приращение -1 по каждой из координат) определяют 9 первых способов. Десятый способ предоставляет возможность записи в память с изменением содержимого X -регистра на $+16$, причем запись проводится во все микросхемы каждого блока памяти во всех платах памяти одновременно. Этот способ используется преимущественно для быстрого стирания слоев памяти.

Адрес памяти при отображении задается двумя счетчиками адреса (X - и Y -счетчики). В начале каждого кадра процессор вводит в Y -счетчик начальное значение, от которого зависит смещение по вертикали в памяти отображаемой на экране информации. В начале каждой строки в X -счетчик автоматически заносится начальное значение из регистра горизонтального смещения, задаваемого процессором.

Для нахождения масштаба изображения служит регистр, в результате суммирования которого с частотами дискрета и строк получаются импульсы счета по горизонтали и вертикали соответственно. Изменяя содержимое этого регистра, процессор управляет масштабом изображения на экране.

Формирование адреса курсора и числа масштаба производится тремя одинаковыми схемами АЦП, каждая из которых содержит генератор пилообразного напряжения, компаратор и регистр. В момент, когда напряжения генератора и потенциометра одинаковы, происходит занесение адреса в регистр. Таким образом, использование адресов из X - и Y -счетчиков дает в регистрах X и Y адрес курсора, соответствующий адресу памяти, указанному курсором. Это позволяет находить значения адреса курсора независимо от установленного масштаба и смещения.

Для задания масштаба используется адрес, поступающий непосредственно со счетчика алфавитно-цифровой части дисплея, в результате чего на выходе получается число, зависящее только от положения движка потенциометра. Для исключения колебания масштаба на границе двух значений программа вводит гистерезис в изменение этого числа и после соответствующей обработки выдает результат на регистр управления масштабом.

Отображаемая на экране монитора информация может содержать от одного до восьми слоев; каждый слой представлен одним из битов шины отображения графической памяти. Все биты шины отображения, проходя через таблицу масок отображения, преобразуются в адрес быстрой таблицы цветов емкостью 256×9 бит, которая доступна для записи с процессора. Выходы памяти, объединяясь по три бита, поступают на три ЦАП: красного, зеленого и синего цветов. Заполняя таблицу цветов, процессор задает цвета всех возможных комбинаций пересечения слоев. Таким образом, создается, например, эффект прозрачности слоев или перекрытия одних слоев другими. Цвет курсора определяется 9-разрядным регистром.

Как было указано выше, дисплей имеет возможность изменять конфигурацию памяти. Размер памяти может варьироваться от 512 до 2048 точек по горизонтали и от 128 до 2048 точек по вертикали. Каждая точка содержит 1—8 бит информации (слоев). Общее количество битов определяется объемом имеющейся графической памяти.

Изменение размера памяти по горизонтали проводится путем коммутации соответствующих разрядов адреса таким образом, что любая строка полностью принадлежит одному блоку памяти; это исключает возможность выпадения точек в строке в момент переключения блоков.

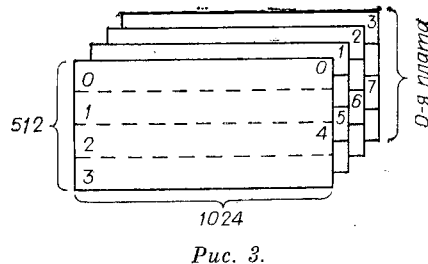
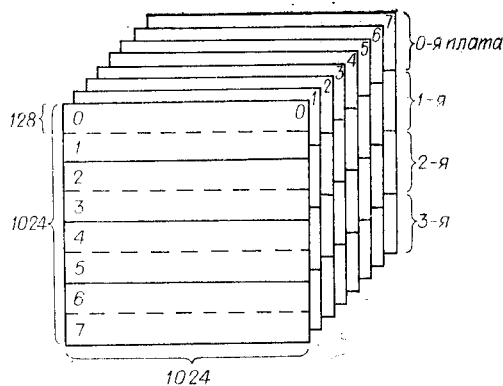


Рис. 2.

Рис. 3.

Изменение размера по вертикали осуществляется с помощью специальных таблиц. Все таблицы содержат по 4 разряда адресов, которым соответствуют 4 старших бита адреса по вертикали. Таким образом, вся графическая память (2048 строк) делится по вертикали на 16 равных областей по 128 строк. Все таблицы заполняются программно процессором. Всего имеется 4 таблицы: выбора платы, маски отображения, маски записи и коммутации битов чтения. Таблица выбора платы задает номер платы памяти для каждой области. Таблица коммутации битов чтения позволяет использовать биты одного блока памяти в разных областях (для случаев, когда число слоев меньше восьми).

На рис. 2 приведен пример организации памяти форматом $1024 \times 1024 \times 8$ слоев. В данном примере (так как задействованы все 8 слоев) таблица коммутации битов чтения имеет одно число, т. е. во всех областях биты читаются один к одному. Таблицы масок записи и отображения вырождаются в маски соответственно записи и отображения, записанные по всем адресам. Таблица выбора платы в нулевой и первой областях содержит номер платы 0, во второй и третьей — номер платы 1 и т. д.

На рис. 3 дан пример организации памяти форматом $1024 \times 512 \times 4$ слоя. В данном случае таблица коммутации битов чтения включает в себя в нулевой и первой областях число, которое подключает биты памяти 0—3 к битам отображения 0—3, а во второй и третьей областях — биты 4—7 к 0—3. Маски записи и отображения (в данном примере используется только 4 их младших разряда) записываются в соответствующие им таблицы: в биты 0—3 для нулевой и первой областей и в биты 4—7 — для второй и третьей. Остальные биты таблиц заполняются нулями. Таблица выбора платы содержит в нулевой — третьей областях номер платы 0.

При изменении формата памяти меняется и содержимое таблицы цветов. Если количество слоев меньше восьми, то содержимое таблицы цветов дублируется. Так, в примере на рис. 3 таблица имеет две одинаковые половины, поэтому цвет любого сочетания битов 0—3 соответствует цвету аналогичного сочетания битов 4—7.

Программа дисплея. В процессе разработки дисплея предполагалось свести к минимуму аппаратные функции устройства путем их программного исполнения. Используемая программа является одним из вариантов управления дисплеем и рассчитана преимущественно на работу с графической информацией, имеющей вид прямых линий разной ширины и формы, окружностей и кругов, а также с символьной информацией. Программа, обслуживающая символьную часть дисплея, выполняет все функции распространенного дисплея «Videoton-340».

Всю программу можно условно разбить на две части: обеспечение функционирования схемы и обработка внешних команд.

Первая часть проводит обслуживание прерываний, управление внешними устройствами, обработку всех таблиц, вычисление смещения и масштаба и другие операции, связанные непосредственно со схемой дисплея.

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-