

объединенный
институт
ядерных
исследований
дубна

P10-85-81

В.Г.Дудников

КОНТРОЛЛЕР ДЛЯ ЦВЕТНЫХ ТЕЛЕМОНИТОРОВ
НА ОСНОВЕ ВИДЕОПРОЦЕССОРА

Направлено в журнал
"Приборы и техника эксперимента"

1985

ВВЕДЕНИЕ

Использование в системах сбора и обработки информации, а также в системах автоматического управления цветных дисплеев с растровым способом формирования изображения находит все большее распространение. Это связано не только с возможностью более наглядного представления обработанной информации в виде графиков и гистограмм, но и с использованием, во-первых, цветных телемониторов для моделирования различных процессов, во-вторых, как средство отладки и контроля работы самих систем, управляющих этими процессами.

Описываемый RGB-контроллер предназначен для управления цветными телемониторами, входящими в состав системы автоматического управления, сбора и обработки информации на установке "Крион". Базовым элементом RGB-контроллера является видеодисплейный процессор БИС TMS9918/1/, позволяющий:

- а/ значительно сократить емкость видеопамяти (VRAM) и более рационально ее использовать по сравнению с устройствами этого типа, выполняемыми на элементах малой и средней интеграции;
- б/ значительно упростить и одновременно сделать более гибким управление процессами создания и представления разноразмерной видеоинформации, что, в свою очередь, приводит к сокращению объема обслуживаемых программ и времени их исполнения, - особенно важном факторе в системах реального времени.

БИС, предназначенные для управления телемониторами, как правило, сочетают системные архитектуры двух типов/2/: объектно-ориентированные и архитектуры с развитой VRAM.

В объектно-ориентированных системах в ПЗУ или VRAM небольшой емкости хранится набор графических знаков /в первом случае набор фиксирован/. Перемещение объектов по двум степеням свободы осуществляется путем изменения данных об их координатах в регистрах вертикального и горизонтального положения /БИС MC6847//2/, или же путем изменения содержания соответствующей ячейки таблицы, определяющей место данного объекта на экране /БИС TMS9918/.

Системы с развитой VRAM, наиболее часто встречающиеся в контроллерах предшествующего поколения/3/, основаны на методе прямого отображения данных VRAM. Для изменения содержания изображения здесь обновляются соответствующие строки в VRAM. Простота изменения изображения таким способом делает эти системы привлекательными, но приводит к резкому возрастанию емкости VRAM, снижению быстродействия и более громоздкому математическому обеспечению. Как правило, для каждого из трех основных цветов R, G, B

выделен в видеопамяти VRAM отдельный банк, что, во-первых, утраивает ее емкость, во-вторых, усложняет получение полутонов R, G, B, необходимых для реализации фоновых подсветок.

ВИДЕОДИСПЛЕЙНЫЙ ПРОЦЕССОР TMS9918 (VDP)

В БИС 9918 использована гибридная системная архитектура, реализующая достоинства обоих направлений. В ее основу здесь положен метод индексирования, использующий многоступенчатую косвенную адресацию. VDP содержит 8 регистров (R₀÷R₇) для установки режима, задания базовых адресов таблиц наименований объектов, таблиц цветности и таблиц объектов, для задания цвета единиц и нулей, а также статусный регистр. Все операции в VDP выполняются на частоте 10 МГц от внешнего кварцевого генератора Q /рис.1/. Передача изображения идет на частоте 5 МГц. VDP имеет три 8-разрядные шины данных. Двухнаправленная шина со стороны управляющей микро-ЭВМ предназначена для установки режима VDP и загрузки данных в VRAM, считывания статусного регистра и данных VRAM в операциях с микро-ЭВМ. Со стороны VRAM по шине AD передаются адрес и данные при записи информации в VRAM и устанавливается адрес при генерации изображения. Шина RD предназначена для приема данных при генерации изображения и при считывании данных VRAM в операциях с микро-ЭВМ. VDP ориентирован на

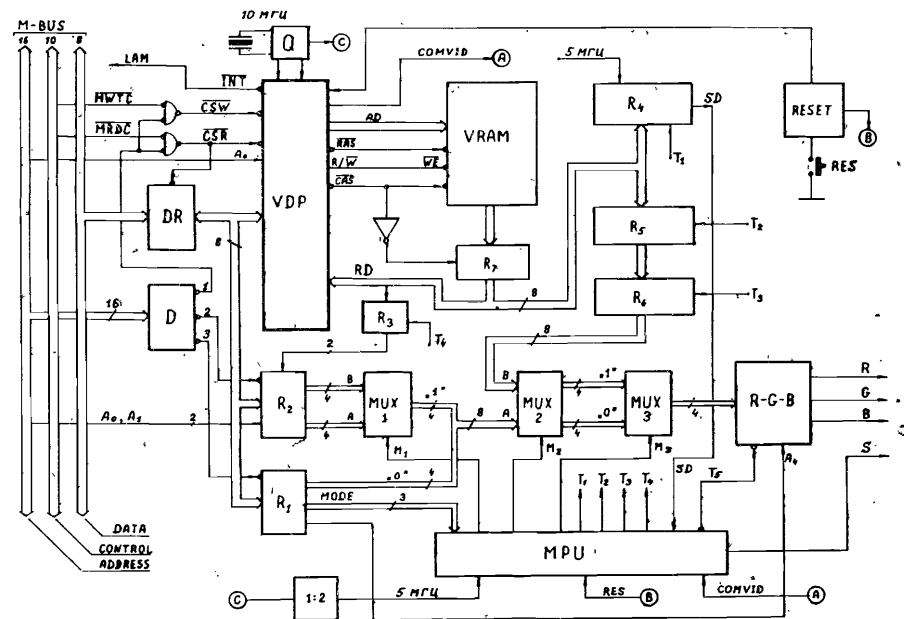


Рис. 1

использование VRAM динамического типа, для управления которой имеется полный набор управляющих шин. Выход INT (VDP), если он разрешен, становится активным всякий раз после воспроизведения последней строки кадра, что дает возможность для микро-ЭВМ синхронизировать переинициализацию VDP с регенерацией изображения.

В VDP может быть установлен один из трех основных режимов: объектный /графический/; многоцветный /полуграфический/ и тексто-графический. Режим Sprite, предназначенный в основном для учебно-демонстрационных целей, в данной работе не используется.

БЛОК-СХЕМА RGB-КОНТРОЛЛЕРА

Управление RGB-контроллером /рис.1/ осуществляется микро-ЭВМ через общую шину системы M-BUS, имеющую 16-разрядную адресную шину, 8-разрядную шину данных и 10 управляющих линий, включающих чтение-запись/память-периферия, DMA-операции, логику READY и арбитраж M-BUS. Такое включение RGB-контроллера в систему дает возможность нескольким микро-ЭВМ передавать свою информацию на экран телемонитора, выполнять свою конкретную функцию при визуализации сложных объектов.

VDP подключен к M-BUS по схеме Memory-Mapped. Достоинства такого включения, дающего возможность использовать команды для обращения к памяти при работе с периферией, широко известны.

Для реализации RGB-управления со стороны микро-ЭВМ введены дополнительные элементы*: регистр установки режима R₁, регистр цветности R₂, выполненный на двух корпусах 155 РП1, каждый из которых содержит четыре 4-разрядных регистра. Данные в R₁, R₂ поступают по общей шине через двунаправленный драйвер DR, управление - через дешифратор адреса D.

Формат регистра R₁ имеет следующий вид:

- D₀ - многоцветный /полуграфический/ режим;
- D₁ - объектный /графический/ режим;
- D₂ - тексто-графический режим;
- D₃ - выбор одного из двух вариантов цветности;
- D₄÷D₇ - код цвета нулей в тексто-графическом режиме.

Программирование режима осуществляется записью единицы в соответствующий разряд R₁. Код в D₄÷D₇ соответствует следующим цветам /см. таблицу/.

Перечисленные в таблице цвета воспроизводятся схемой R-G-B при D₃(R₁) = 0 и являются основным набором. Следующие 16 цветов могут быть запрограммированы для специальных целей и воспроизведены при D₃(R₁) = 1 /вход A₄ схемы R-G-B/.

В штатном использовании VDP при работе на вход телеантенны эти элементы схемы не требуются.

Таблица

D7	D6	D5	D4	
0	0	0	0	- черный
0	0	0	1	- темнокрасный
0	0	1	0	- красный
0	0	1	1	- светлокрасный
0	1	0	0	- анилиновый
0	1	0	1	- желтый
0	1	1	0	- светложелтый
0	1	1	1	- темнозеленый
1	0	0	0	- зеленый
1	0	0	1	- светлозеленый
1	0	1	0	- циановый
1	0	1	1	- светлоциановый
1	1	0	0	- светлосиний
1	1	0	1	- синий
1	1	1	0	- серый
1	1	1	1	- белый

Сигналы управления R₁÷R₄ и MUX₁÷MUX₃ вырабатываются блоком микропрограммного управления MPU, состоящего из двух 9-разрядных координатных счетчиков X, Y, управляющих соответствующей микросхемой PROM (556PT5) с записанной микропрограммой. MPU содержит также компаратор 521CA1 для выделения из аналогового телевизионного сигнала с выхода COMVID синхронизирующей составляющей строка/кадр, которая используется для сброса счетчика X в конце каждой строки, инкрементирования счетчика Y после генерации очередной строки, сброса счетчика Y после воспроизведения последней строки кадра. Этот же сигнал выведен на лицевую панель /выход S/ для синхронизации телемонитора. MPU вырабатывает сигналы M₁÷M₃ для управления мультиплексорами MUX₁÷MUX₃ типа "один из двух" и сигналы загрузки цвет/данные T₁÷T₅. Сигнал T₅ управляет дешифратором цвета в схеме R-G-B, выключая выходы R, G, B:

а/ при обратном ходе луча после воспроизведения строка/кадр;

б/ при прямом ходе луча в неактивной части экрана и при генерации черного цвета в активной части экрана.

Видеопамять VRAM выполнена на элементах 565 РУЗ и имеет организацию 16Кх8. Цикл обращения VDP к VRAM при генерации 8-битовой строки с частотой 5 МГц включает 4 фазы по 0,4 мкс каждая. При считывании часть данных поступает по шине RD в VDP, другая часть - в схему RGB.

Данные об объекте загружаются в R₄, имеющий параллельный вход/последовательный выход. Данные о цвете объекта сначала записываются в регистр временного хранения R₅, затем переносятся в R₆, при этом старшей тетрадой байта определяется цвет единиц, младшей - цвет нулей в генерируемом объекте.

В зависимости от выбранного режима сигнал M₂, управляющий MUX₂, подключает одну из шин, А или В, к входу MUX₃, а сигнал M₃ подает с выхода MUX₃ на вход схемы R-G-B код цвета единиц или нулей, определяющий один из возможных 16 цветов.

Дешифратор цвета в схеме R-G-B выполнен на микросхеме PROM /155PE3/, с выходов которой через три мощных вентиля подаются на вход телемонитора сигналы R,G,B. Пять дополнительных вентиля с открытым коллектором управляют дискретной градацией яркости R,G,B. Схема RESET вырабатывает сигнал сброса RES для VDP и координатных счетчиков X,Y, MPU при подаче питания в контроллер и при нажатии кнопки RES на лицевой панели.

ОБЪЕКТНЫЙ /ГРАФИЧЕСКИЙ РЕЖИМ/

В объектном режиме координатная сетка экрана имеет размерность 32х24, т.е. содержит 768 ячеек, каждая из которых может представлять объект 8х8 точек. Информация об изображении располагается в VRAM в виде трех таблиц /рис.2/:

а/ таблица наименований объектов, каждая строчка которой содержит адрес одного из возможных 256 объектов;

б/ таблица цветности, где каждая строка определяет цвет нулей и единиц восьми объектов;

в/ таблица объектов, содержащая собственно объекты, генерируемые на экран телемонитора.

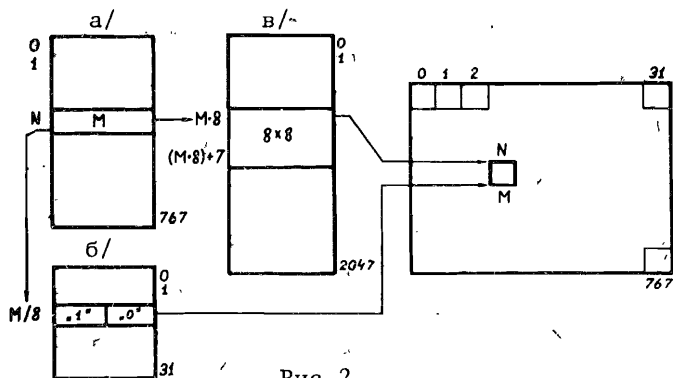


Рис.2

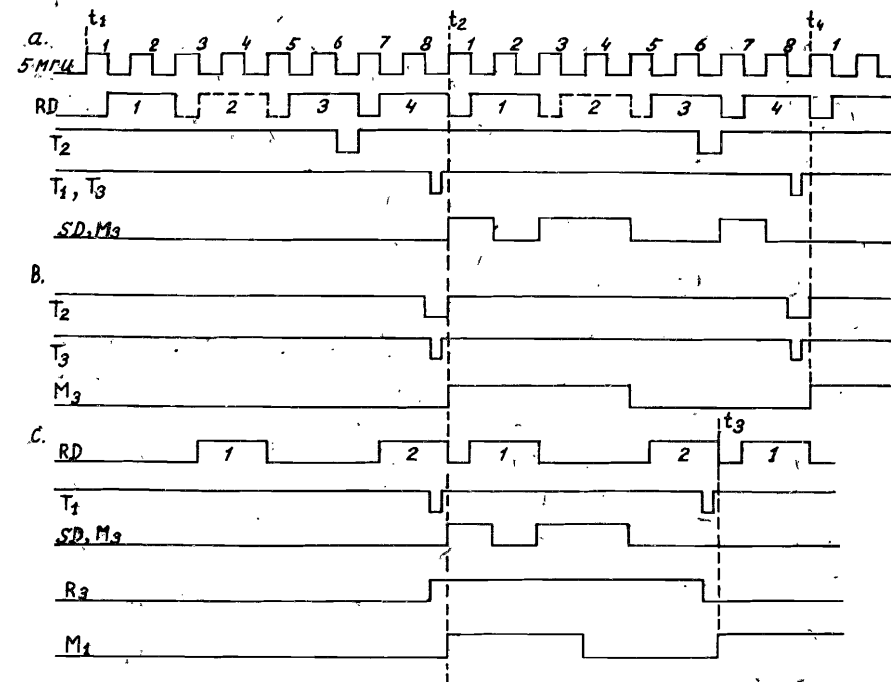


Рис.3

Емкость таблицы наименований равна числу ячеек экранной сетки, т.е. 768 байтов, таблицы цветности 32 байта, таблицы объектов - 2048 байтов. Суммарная емкость всех таблиц равна 2848 байтов, что при общей емкости VRAM 16К байтов позволяет записать в видеопамять пять различных изображений. Базовые адреса таблиц записываются в регистры R₂-R₄ VDP, поэтому для перехода от одного изображения к другому достаточно изменить базовые адреса в соответствующих регистрах. Цикл считывания данных из VRAM включает четыре обращения /или фазы/ VDP к VRAM /рис.3а/. В первой фазе опрашивается таблица наименований, во второй поступают данные подрежима Sprite /не используются/, в третьей считываются данные: таблицы цветности и в четвертой - данные объекта. Генерация изображения на экране заключается в последовательном сканировании таблицы наименований, где первая строка содержит адрес объекта, находящегося в левом верхнем углу активной части экрана /позиция 0, рис.2/. Последняя строка таблицы определяет адрес объекта в правом нижнем углу экрана /позиция 767/. Адрес объекта "M" поступает по шине RD в VDP, где после выполнения операции M/8 в третьей фазе считывается байт цветности, а затем, после выполнения M·8 в четвертой фазе считывается строка объекта. В третьей фазе становится активным

сигнал T_2 , и байт цветности записывается в предварительный регистр R_5 /рис.3а/. В конце четвертой фазы активны сигналы T_1 , T_3 , определяющие момент загрузки данных в регистр сдвига R_4 и перезапись байта цветности из R_5 в R_6 , после чего с частотой 5 МГц начинается генерация выбранной 8-битовой строки. Сигнал M_2 в объектном режиме имеет высокий уровень, подключая выход R_6 через MUX_2 к входным шинам MUX_3 , при этом младшая тетрада подключена к шине А /цвет нулей/, старшая - к шине В /цвет единиц/. Сигнал M_3 в этом режиме дублирует состояние последовательного выхода SD регистра R_4 , подключая к входу дешифратора цвета схемы R-G-B в зависимости от уровня SD старшую или младшую тетраду R_6 , определяя таким образом цвет нулей и единиц в выбранной строке. Данный режим допускает в генерируемом изображении до 32 цветосочетаний.

Адрес точки может быть вычислен из соотношения $(X \cdot 8 + x) \times (Y \cdot 32 + y)$, X, Y - номера позиций объекта по горизонтали и вертикали; x, y - смещения по горизонтали и вертикали от левой верхней точки внутри объекта.

Рациональность использования VRAM и ее гибкость при построении изображений заключаются в том, что после выявления повторяющихся фрагментов /а они всегда есть/ достаточно одной записи такого фрагмента в объектную таблицу, а затем записи адреса этого фрагмента в соответствующую строку таблицы наименований, определяющей место фрагмента на экране.

МНОГОЦВЕТНЫЙ /ПОЛУГРАФИЧЕСКИЙ РЕЖИМ/

В многоцветном режиме экран делится на отдельные цветные поля, образующие матрицу размером 64×48 . Каждое поле представляет собой блок, содержащий 4×4 точки. Цвет каждого из 3072 блоков может быть любым из 16 возможных. В VRAM создается таблица наименований и объектная таблица, имеющие емкость соответственно 192 и 1536 байтов. В использовании таблиц видеопроцессором есть отличие от предыдущего режима. Каждый объект в таблице, как и ранее, имеет в длину восемь байтов, но в этом случае каждый байт содержит коды двух цветов. Первые два байта содержат коды цветов четырех квадратов /полей/, образующих, например, объект в левом верхнем углу экрана /строка 0, столбец 0/. Следующие два байта формируют объект в строке 1, того же столбца, а оставшиеся четыре байта формируют объекты во 2 и 3 строках /столбец 0/, завершая цветной блок из 2×8 квадратов, где каждое поле может иметь свой цвет.

Временная диаграмма генерации изображения в этом режиме представлена на рис.3б.

Сигнал T_2 активируется в четвертой фазе, пропуская данные VRAM через R_5 на вход R_6 . В конце четвертой фазы генерируется сигнал загрузки T_3 регистра цветности R_6 . В момент t_2 стано-

вится активным сигнал M_3 , имеющий в этом режиме форму меандра с полуциклом в четыре такта. Таким образом, коды цветов сначала старшей, а затем младшей тетрады R_6 через MUX_3 подаются на вход дешифратора R-G-B.

Данный режим имеет невысокое разрешение и может быть полезен для экспозиции относительно несложных гистограмм, простых мнемонических схем и сообщений, легко читаемых оператором с расстояния до 10 м.

Наличие в контроллере регистра установки режима R_1 дает возможность реализовать комбинацию объектного и многоцветного режимов, в четыре раза повышающую разрешение по вертикали. Для этого VDP устанавливается в объектный режим, а R_1 - в многоцветный. Естественно, что теперь таблица наименований и таблица объектов такие, как и в объектном режиме. Разница лишь в том, что таблица цветности игнорируется, а данные в каждом байте таблицы объектов трактуются так же, как и в многоцветном режиме, т.е. содержат два кода цветов. Генерируемый в этом случае объект, образованный матрицей 8×8 точек, может содержать все 16 цветов, что позволяет экспозицию значительно более сложных изображений.

ТЕКСТО-ГРАФИЧЕСКИЙ РЕЖИМ

В тексто-графическом режиме информационные поля 6×8 точек образуют матрицу 40×24 , увеличивая на 8 полей по горизонтали плотность записи объектов по сравнению с объектным режимом / 32×24 /. Более плотная запись достигается игнорированием двух младших бит при генерации объекта. В VRAM создаются две таблицы: таблица наименований длиной $40 \times 24 = 960$ байтов и таблица объектов - 2048 байтов. Штатный тексто-графический режим VDP располагает только двумя цветами, действующими одновременно. Цвет единиц и нулей всего изображения определяется регистром R_7 VDP, где в старшую тетраду заносится код цвета единиц, в младшую - нулей. Использование двух оставшихся бит в каждой строке объекта для кодирования цвета не только значительно расширяет возможности данного режима, но и дает ряд преимуществ перед двумя предыдущими режимами.

Цикл обращения к VRAM включает две фазы /рис.3в/. В первой считывается таблица наименований /рис.4а/. Поступивший в VDP байт "M", после выполнения операции $M \cdot 8$, определит адрес первого байта объекта в таблице объектов /рис.4б/. В конце второй фазы формируется сигнал T_1 , загружающий данные в R_4 , и сигнал T_4 , фиксирующий состояние двух младших бит в R_3 . Сигнал M_2 в тексто-графическом режиме имеет низкий уровень, подключая к MUX_3 через MUX_2 шину А, где младшая тетрада содержит код цвета нулей и программируется при установке режима в R_1 , старшая, определяющая код цвета единиц, является выходом MUX_1 .

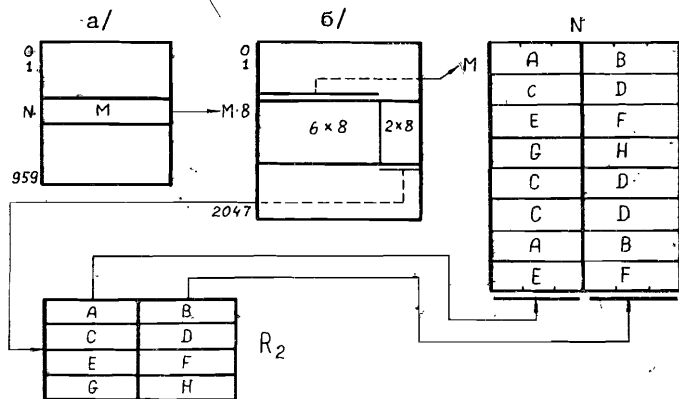


Рис. 4

На вход MUX_1 подаются данные с регистра R_2 , содержащего четыре байта цветности. Код в R_3 , записанный при считывании двух младших бит, определит один из четырех байтов цветности единиц, соответствующий данной строке объекта. Генерация строки объекта начинается с момента t_2 . Сигнал M_3 дублирует, как и в объектном режиме, последовательный выход данных SD регистра сдвига R_4 , подавая на вход дешифратора цвета схемы R-G-B в зависимости от уровня SD код цвета нулей или единиц. Одновременно активируется сигнал M_1 , имеющий форму меандра с полуциклом в три такта и подающий на выход MUX_1 сначала код старшей тетрады, затем младшей одного из четырех байтов цветности. Таким образом, единицы в каждой строке объекта 6×8 могут иметь два разных цвета и восемь цветов при генерации объекта полностью /объект N, рис. 4/.

Такое решение кодирования цвета в каждом из 960 объектов в сочетании с более плотной записью алфавитно-цифровой информации, делает текст-графический режим весьма универсальным, пригодным для сложных графических построений, разнообразных мнемосхем и моделей.

Конструктивно RGB-контроллер выполнен в блоке 1М.

Автор выражает признательность Е.Д.Донцу за внимание к работе, А.П.Суслову за техническую помощь.

ЛИТЕРАТУРА

1. TMS9918 Video Display Processor. Data Manual, TI, 1980.
2. Гузе, Фарелл. Отображение цифровых данных на экране цветного телевизора. Электроника, 1979, №2.
3. Петев П. и др. ОИЯИ, 10-81-166, Дубна, 1981.

Рукопись поступила в издательский отдел
5 февраля 1985 года.

Дудников В.Г.

P10-85-81

Контроллер для цветных телемониторов
на основе видеопроцессора

Описан контроллер для цветных телемониторов, выполненный на основе видеодисплейного процессора TMS9918. В контроллере реализованы три основных режима TMS9918, при этом в двух значительно улучшены типовые характеристики представления текст-графической информации. Контроллер выполнен в модуле КАМАК шириной 1М.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1985

Перевод О.С.Виноградовой