



**Современный
Гуманитарный
Университет**

Дистанционное образование

Рабочий учебник

Фамилия, имя, отчество _____

Факультет _____

Номер контракта _____

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

ЮНИТА 1

ГРАФИЧЕСКИЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ МОДУЛИ ЭВМ

МОСКВА 2000

Разработано Клеонским В.И.

Рекомендовано Министерством
общего и профессионального
образования Российской Федерации
в качестве учебного пособия для
студентов высших учебных заведений

КУРС: КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Юнита 1. Графические аппаратно-программные модули ЭВМ.

Юнита 2. Методы и средства создания графики на ЭВМ.

Юнита 3. Профессиональные графические системы на ЭВМ.

ЮНИТА 1

Изложены основные понятия, связанные с компьютерной графикой и областями ее применения. Рассмотрены принципы действия видеосистем ЭВМ, архитектура видеоадаптера SVGA, низкоуровневое программирование видеовывода с помощью функции ПЗУ BIOS. Описаны основные режимы работы видеосистем.

Для студентов Современного Гуманитарного Университета

Юнита соответствует профессиональной образовательной программе № 1

ОГЛАВЛЕНИЕ

ДИДАКТИЧЕСКИЙ ПЛАН	4
ЛИТЕРАТУРА	5
ПЕРЕЧЕНЬ УМЕНИЙ	6
ТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР	7
1. Введение в компьютерную графику	7
1.1. Компьютерная графика. Области применения компьютерной графики	7
1.2. Развитие компьютерной графики	11
1.3. Общая структура аппаратных средств	18
1.4. Общая структура программных средств	23
2. Аппаратные средства видеосистем ЭВМ	28
2.1. Принципы действия видеосистем ЭВМ	28
2.2. Дисплеи	30
2.3. Видеоадаптеры	33
2.4. Видеопамять	39
2.5. Архитектура стандартной графической карты SVGA	50
2.6. Аппаратные методы увеличения скорости вывода графических карт SVGA	54
3. Базовые программные модули видеосистем ЭВМ	59
3.1. Состав базового ПО видеосистем	59
3.2. Процедуры видеоBIOS. BIOS и управление экраном	61
3.3. Драйверы	67
4. Основные режимы видеосистем ЭВМ	69
4.1. Режимы работы видеосистем	69
4.2. Текстовые режимы	75
4.3. Организация дисплейных страниц	76
4.4. Управление курсором	78
4.5. Видеобуфер	79
4.6. Шрифты	87
4.7. Символьные наборы	90
4.8. Графические режимы	91
4.9. Пикселы и их атрибуты	91
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	95
ТРЕНИНГ УМЕНИЙ	98
ФАЙЛ МАТЕРИАЛОВ	106
ГЛОССАРИЙ*	

* Глоссарий расположен в середине учебного пособия и предназначен для самостоятельного заучивания новых понятий.

ДИДАКТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Введение в компьютерную графику. Компьютерная графика. Области применения. Развитие компьютерной графики. Общая структура аппаратных средств. Общая структура программных средств.

Аппаратные средства видеосистем ЭВМ. Принципы действия видеосистем ЭВМ. Дисплеи. Видеоадаптеры. Видеопамять. Архитектура стандартной графической карты SVGA.

Базовые программные модули видеосистем ЭВМ. Состав базового ПО видеосистем. Процедуры видеоBIOS. BIOS и управление экраном. Драйверы.

Основные режимы видеосистем ЭВМ. Режимы работы видеосистем. Текстовые режимы. Организация дисплейных страниц. Управление курсором. Videобуфер. Шрифты. Символьные наборы. Графические режимы. Пикселы и их атрибуты.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

- *1. Григорьев В.Л. Видеосистемы ПК фирмы IBM. М., 1993.
- *2. Семиков А.А. и др. Видеосистемы ПК IBM PC. Волгоград, 1999.

Дополнительная

- 3. Шикин Е.В., Боресков А. В. Компьютерная графика. М., 1995.
- 4. Абраш М. Программирование графики. Киев, 1995.
- *5. Фролов А.В., Фролов Г.В. Программирование видеоадаптеров. М., 1995.

Примечание. Знаком (*) отмечены работы, на основе которых составлен тематический обзор.

ПЕРЕЧЕНЬ УМЕНИЙ

№ п/п	Умения	Алгоритмы
1	Использование функции BIOS прокрутки окна вверх на заданное число строк, с заполнением области прокрутки заданным цветом.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определить с помощью приложения 1 номер функции BIOS, которая прокручивает окно вверх на несколько строк. 2. Определить, какие значения должны содержать регистры процессора при вызове данной функции. 3. Организовать вызов функции BIOS прерывания int 10h.
2	Отображение на экране заданной символьной строки с помощью прямого вывода кодов символов с заданными атрибутами в видеопамять (вывод текста на экране начать со строки у столбца x)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определить смещение байта видеопамати относительно нулевой дисплейной строки, который кодирует первый символ строки. 2. Образовать физический адрес в виде СЕГМЕНТ:СМЕЩЕНИЕ, где в качестве СЕГМЕНТА взять адрес сегмента видеопамати в текстовом видеорежиме, а в качестве СМЕЩЕНИЯ – значение смещения байта. 3. Определить значение байта атрибутов для каждого символа строки. 4. Организовать цикл записи строки в текстовый видеобуфер по адресу СЕГМЕНТ: СМЕЩЕНИЕ.
3	Рассчитать минимальный объем видеопамати адаптера VGA, позволяющий выводить изображение в заданном графическом режиме.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определить, какой объем видеопамати (в битах) кодирует один пиксел изображения. 2. Перевести полученное значение в байты. 3. Перемножить число пикселов, выводимых на экран, на объем видеопамати в байтах, приходящийся на один пиксел. 4. Разделить полученное произведение на 1024 байт и затем эту величину увеличить до значения, кратного степени 2.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР*

1. ВВЕДЕНИЕ В КОМПЬЮТЕРНУЮ ГРАФИКУ

1.1. Компьютерная графика. Области применения компьютерной графики

Компьютерная или машинная графика – это область информатики, предметом изучения которой является создание и воспроизведение изображения с помощью ЭВМ. **Компьютерная графика** включает в себя всю совокупность методов и приемов для преобразования с помощью ЭВМ данных в графическое представление или графического представления в данные.

Диапазон применения компьютерной графики весьма широк: от чрезвычайно популярных в настоящее время видеоигр до систем проектирования с помощью компьютеров мостов и автомобилей. Приведем некоторые области жизнедеятельности человека, где используются ее достижения.

Компьютерная графика нашла широкое применение как средство художественного оформления, в частности для создания художественных кинофильмов, телерекламы, видеоклипов музыкальных исполнителей. Отметим, что все подобного типа графические изображения получают с помощью пассивной или неинтерактивной графики, которая не дает зрителю возможности вмешиваться в действия ЭВМ. Однако если предоставить пользователю устройства для манипуляции изображением, например клавиатуру или мышь, которые способны передавать управляющие сигналы в ЭВМ, то такая графика становится интерактивной.

Интерактивная компьютерная графика предусматривает двусторонний обмен информацией между ЭВМ и пользователем. После того как получен сигнал от входного устройства (клавиатуры, мыши, джойстика), ЭВМ соответствующим образом преобразует генерируемое изображение. Пользователь же воспринимает это просто как мгновенное изменение наблюдаемой им картинки в ответ на поданный сигнал. Он может ввести целую последовательность команд, каждая из которых вызывает определенную реакцию ЭВМ, соответствующим образом трансформирующую изображение. Действуя таким образом, пользователь ведет с ЭВМ своего рода диалог.

* Жирным шрифтом выделены новые понятия, которые необходимо усвоить. Знание этих понятий будет проверяться при тестировании.

Среди множества применений интерактивной машинной графики есть и такие, которые имеют отношение к обеспечению безопасности нашей жизни. Например, графические системы используются уже много лет при подготовке пилотов гражданских авиалиний. Значительную часть тренировочного времени пилоты проводят не в воздухе, а на земле за пультами управления авиатренажера. Такой тренажер представляет собой выполненный в натуральную величину макет кабины летчика со всеми штатными приборами и устройствами. Кроме того, в кабину встроены экраны дисплеев, на которых воспроизводятся генерируемые ЭВМ ландшафты местности, наблюдаемые пилотом в процессе взлета или посадки самолета. Эти изображения изменяются, создавая полную иллюзию движения самолета. Применение авиатренажеров при подготовке пилотов имеет целый ряд преимуществ по сравнению с проведением реальных полетов. Благодаря им обеспечивается экономия топлива, устраняется риск катастрофы, создается возможность ознакомления летчиков с особенностями многих местных и зарубежных аэропортов.

Еще более важную роль интерактивная машинная графика играет в электронной промышленности. Количество компонентов в стандартной интегральной микросхеме типа тех, что используются в ЭВМ, столь велико, что разработчику требуется несколько недель, чтобы только начертить ее вручную. Не меньше времени уходит и на ее перечерчивание, если в схему вносятся серьезные изменения. За счет внедрения интерактивных графических систем затраты времени на получение чертежей сокращаются во много раз. Кроме того, с помощью ЭВМ инженер может осуществлять проверку спроектированной схемы и вносить необходимые коррективы, причем эти операции занимают считанные минуты. Бурный прогресс микропроцессорной техники (и снижение ее цены) во многом обязан применению при ее создании достижений интерактивной компьютерной графики.

Было приведено только два примера промышленного использования интерактивной компьютерной графики, позволяющей решать технические задачи, реализация которых другими способами потребовала бы чрезмерно больших расходов. Однако имеется и множество других проблем, решаемых с помощью интерактивной графики либо более эффективно, либо с меньшими затратами. Например, архитектор, используя интерактивный графический терминал, получает возможность сравнивать различные варианты проекта; при этом он может проанализировать множество альтернативных решений, что без ЭВМ ему сделать было бы не под силу. Ученый, занимающийся молекулярной биологией, может выводить на экран изображения молекул и исследовать их внутреннюю структуру. Строители городов и транспортных магистра-

лей могут использовать ЭВМ для построения карт и планов, снабженных дополнительной информацией, необходимой при проведении планировочных работ.

Особо отметим важную роль компьютерной графики в современной медицине. Можно назвать две крупные области применения машинной графики в здравоохранении: средства диагностики и телеметрия.

Как известно, диагностике в современной медицине отводится решающая роль. Открытие рентгеновских лучей в 1895 году сыграло поистине революционную роль в медицине. В марте 1998 года отмечали 25-летие клинического применения компьютерной томографии.

Среди методов современной медицинской визуализации рентгеновская компьютерная томография является на сегодняшний день одним из самых эффективных, с одной стороны, и технически сложным и дорогостоящим – с другой.

Компьютерная томография – метод рентгенологического исследования, заключающийся в круговом просвечивании объекта рентгеновским излучением и последующем построении с помощью быстродействующих ЭВМ послойного изображения объекта.

Компьютерные томографы широко используются в кардиологических, онкологических, реанимационных и рентгенорадиологических отделениях для диагностики целого ряда заболеваний: при нарушении мозгового кровообращения, при исследовании черепа, черепно-мозговых травм, при инфаркте и кровоизлиянии в мозг, заболеваниях сердца и внутренних органов. Динамическое сканирование позволяет более эффективно использовать методы компьютерной томографии при онкологических заболеваниях.

Все, кому хотя бы раз приходилось лечиться у стоматолога, наверняка запомнили процедуру получения рентгеновского снимка больного зуба: завернутую в бумажку пленку помещают в рот, облучают зуб с помощью рентгеновского аппарата и затем долго ждут, пока лаборант обработает снимок в темной комнате. Сегодня в мире пленочные дентальные системы стремительно вытесняются компьютерными, позволяющими вести исследования с помощью специально вводимого в полость рта твердотельного детектора, заменяющего собой пленку.

В результате применения компьютерных систем в стоматологии снижается в 8-10 раз доза облучения радиацией. Кроме того, пациент может наблюдать изображение на экране монитора, контролируя ход лечения.

Последние годы стали годами бурного развития новой отрасли на стыке медицины и информатики: телемедицины. Конечно, преимуще-

ственно разработками компьютерных технологий в области здравоохранения занимаются признанные зарубежные специалисты электронной техники и программного обеспечения. Однако есть успехи и у отечественных производителей. В качестве примера приведем компанию «Геолинк», которая возникла в 1987 году и к настоящему времени освоила значительную долю рынка электрокардиографических систем.

В 1996 году «Геолинк» совместно с Московской медицинской академией им. И. М. Сеченова разработал портативный (размером с пачку сигарет) электрокардиограф индивидуального пользования с автономным питанием, позволяющий регистрировать, сохранять в электронной памяти и при необходимости передавать электрокардиограмму по телефону для получения квалифицированной консультации врача или вызова специализированной кардиологической помощи. Для этого нужно лишь зажать прибор между ладонями, а затем, после набора номера медицинского учреждения, поднести его к телефонной трубке. При этом электрокардиограф издает звуковой сигнал, в котором в закодированном виде содержится как сама ЭКГ, так и информация о пациенте. Снабженный соответствующим адаптером телефон в медучреждении расшифровывает полученную запись и передает ее на монитор компьютера врачу.

Новейшие компьютерные технологии используются для получения, хранения и отображения медицинских изображений. На смену рентгеновским снимкам, вот уже 100 лет используемых в практике рентгено-радиологических отделений, приходят цифровые изображения и цифровые системы архивирования и передачи медицинских изображений (PACS – Picture Archiving and Communication Systems).

Использование этих систем позволяет:

- одновременно анализировать изображения, полученные при разных видах обследования в разное время;
- обеспечить быстрый доступ к необходимым изображениям и работу с ними в реальном времени пользователя;
- поддерживать обработку изображений, облегчающую их анализ и интерпретацию;
- обеспечивать проведение оперативных консультаций и телеконференций со специалистами из других медицинских подразделений.

По прогнозам медиков в XXI веке применение компьютерных технологий в здравоохранении полностью перевернет наше представление о медицине. На каждого пациента будет заведена база данных, из которой за считанные секунды можно будет извлечь результаты анализов, рентгеновские снимки, сравнить и обработать графические изоб-

ражения. Все это поможет принять правильное решение при необходимости лечения.

В заключение перечислим некоторые области применения компьютерной графики:

1. *Моделирование и мультипликация.* Изготовление с помощью ЭВМ мультфильмов, демонстрирующих поведение различных моделируемых объектов (течение потока жидкости и газа, ядерные и химические реакции, деформация конструкций при нагрузке, работа двигателя и его частей, моделирование различных ситуаций, в том числе аварий).
2. *Тренажеры.* Программы, позволяющие моделировать движение космических аппаратов, самолетов, автомобилей и среду, в которой движется аппарат, в том числе облака, туман, ночные огни и т.д.
3. *Системы инженерного автоматизированного проектирования* (чертежи и т.д.).
4. *Диагностика в медицине и телемедицина.*
5. *Управление технологическими процессами.* Программы графического отображения работы цехов, предприятий, объектов.
6. *Публикация газет, журналов, книг.*
7. *Искусство и реклама.*
8. *Разработка графического интерфейса* – среды диалога между пользователем и компьютером.

1.2. Развитие компьютерной графики

Вывод изображения на экран персонального компьютера (сначала текста, формул, а затем и простейших рисунков) был шагом становления компьютерной графики. В настоящее время наблюдаются две основные тенденции в ее развитии:

- придание изображению необходимой реалистичности;
- придание изображению необходимой динамики.

Для создания такого изображения необходимо соответствующее программное обеспечение. Вывод изображения на экран дисплея и разнообразные действия с ним, в том числе и визуальный анализ, требуют от пользователя известной геометрической грамотности. Геометрические понятия, формулы и факты, относящиеся прежде всего к плоскому и трехмерному случаям, играют в задачах компьютерной графики особую роль. Геометрические соображения, подходы и идеи в соединении с постоянно расширяющимися возможностями вычислительной техники являются неиссякаемым источником существенных продвиже-

ний на пути развития компьютерной графики, ее эффективного использования в научных и иных исследованиях.

Таким образом, для развития компьютерной графики необходимо соответствующее математическое обеспечение. **Математическое обеспечение компьютерной графики** – методы и алгоритмы моделирования геометрических образов и решения геометрических задач на ЭВМ.

При всем разнообразии методов формирования изображения существует лишь два вида компьютерной графики: точечная (растровая) и объектно-ориентированная (векторная). Такое деление обуславливается различным описанием изображения, различными способами преобразования изображения, а также различными способами его получения и вывода.

Растровые изображения. Растровые изображения состоят из массива маленьких точек (пикселей), размещенных в большой сетке. Пикселы могут иметь разный цвет, их количество также может быть разным. Любое изображение всегда состоит из множества точек. Это единственный способ передачи мельчайших деталей и плавных цветовых переходов фотореалистического изображения.

Пикселы – дискретные точки на экране монитора, с помощью которых составляется любое текстовое или графическое изображение.

Растровое изображение характеризуется тремя основными признаками: размером, глубиной пикселей и цветовой моделью. Растровые изображения представляют собой большую сетку с маленькими квадратными ячейками наподобие шахматной доски или кафельной стены в ванной. Размер изображения определяется количеством пикселей (элементарных ячеек сетки) по его ширине и высоте. Если шахматная доска имеет восемь клеток в ширину и восемь в высоту, то размер сетки компьютерного экрана может составлять, например, 640 на 480 пикселей. Пиксельный размер растрового изображения может быть любым и ограничивается лишь возможностями устройства видеоввода, объемом дискового пространства и пределами вашего терпения: чем больше пикселей в изображении, тем больше памяти оно требует, тем медленнее реакции программы на ваши действия.

Поскольку растровое изображение состоит из множества маленьких одноцветных элементов (точек), редактирование сводится к изменению их цвета. Для редактирования точечных изображений существует множество специализированных программ. Допустим, речь идет о графическом редакторе (например, Photoshop). Инструменты создания и редактирования точечных изображений сродни инструментам художника (карандаш, кисть, аэрограф и т.п.) и фотографа (маски, ретушь,

экспозиция и т.п.). Чем большим количеством точек описывается изображение, тем оно подробнее, реалистичней. Количество точек, описывающих изображения, приходящееся на единицу длины, называется **разрешением изображения**. Трансформация точечного изображения может привести к потерям в качестве. Например, увеличение размеров точечного изображения снизит его разрешение, а следовательно, и качество.

Растровое изображение высокого качества требует много памяти для хранения информации о цвете множества описывающих его точек. Например, для хранения обложки цветного журнала требуется не менее 40 Мбайт оперативной памяти (RAM), чтобы разместить в ней обрабатываемое изображение с двойным запасом. Разумеется, и вычислительная мощность компьютера должна быть достаточной, чтобы справиться с обработкой такого количества данных.

Практически все растровые изображения формируются на основе информации, поступающей из трех источников: устройств ввода видеосигнала (сканеры, видеокамеры или цифровые камеры), рисовальных программ и графических редакторов (таких, как Photoshop) и программ для создания снимков экрана (таких, как Exposure Pro, System и др.). Изображения, созданные с помощью одного из таких средств, относятся к растровой графике.

Объектно-ориентированная графика. Объектно-ориентированная графика представляет изображение в виде совокупности контуров. По сравнению с растровой, объектно-ориентированная, или векторная, графика и сложнее и проще одновременно. Например, вместо того чтобы формировать прямоугольник из тысяч или миллионов пикселей, векторная графика обходится одной фразой, которая в переложении на понятный язык будет выглядеть примерно так: «начертить прямоугольник такого-то размера и поместить его туда-то». Подобный способ описания изображений гораздо эффективней и экономичнее. В то же время векторное изображение может включать множество разнотипных объектов – линий, прямоугольников, кругов, кривых, многоугольников и текстовых блоков, каждый из которых имеет собственный набор таких атрибутов, как толщина линии, цвет заливки, цвета градиентов, особенности форматирования текста и т.д.

Разницу между тем, как описывают изображения программы объектно-ориентированной и растровой графики, поможет понять следующая аналогия. На вопрос: «Как пройти к такому-то месту?» первая ответит: «Пройдите три квартала, у дома №7 сверните направо и пройдите еще пять кварталов». Программа же растровой графики ответит так: «Сделайте шаг, потом еще один, потом еще...».

Как правило, объектно-ориентированная графика создается программами двух категорий: иллюстрационными (FreeHand, Canvas, Illustrator и др.) и автоматизированного проектирования (AutoCad и т.п.). С векторной графикой работают также программы построения диаграмм и некоторые другие.

Инструменты программ редактирования векторных изображений напоминают чертежные инструменты (графические примитивы, линии, заливки и др.).

Векторные изображения легко поддаются редактированию и трансформации (вращению, масштабированию) без ущерба качества, поскольку они состоят из контуров, описываемых известными математическими формулами.

Все графические устройства отображения также делятся на две большие группы: растровые устройства и векторные устройства. Большинство устройств, подключаемых к ПК, – растровые устройства, представляющие графические образы как шаблоны точек. Эта группа включает видеоадаптеры, матричные и лазерные принтеры. Группа векторных устройств, отображающих графические образы с использованием линий, в основном, состоит из плоттеров.

Большую часть графической информации, выводимой с помощью компьютера, пользователь может наблюдать на экране дисплея. Дисплей на базе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) является растровым устройством и представляет любое изображение в виде совокупности пикселей.

Растровый монитор – прибор, в котором текст или рисунок формируется электронным лучом, периодически сканирующим экран с образованием на нем стандартных строк развертки.

В заключение этого раздела приведем некоторые сведения, касающиеся понятий света и цвета в компьютерной графике, являющихся основополагающими понятиями.

Свет представляет собой непрерывный поток волн с различными длинами и различными амплитудами. Само понятие цвета тесно связано с тем, как человек (человеческий глаз) воспринимает свет; можно сказать, что цвет зарождается в глазу.

Наиболее распространены дисплеи на базе ЭЛТ. В основу способа формирования цветного изображения дисплеем с ЭЛТ положено важнейшее свойство цветового зрения – трехкомпонентность цветового восприятия изображения. Это означает, что все цвета могут быть получены смешением трех основных цветов: красного – R (Red), зеленого – G (Green) и синего – B (Blue) или сокращенно RGB.

Основы кодирования цвета. В силу того что любой цвет являет-

ся комбинацией трех основных цветов – красного (Red), зеленого (Green) и синего (Blue), эти три цвета называются **первичными аддитивными**, так как:

- они не разлагаются на цветовые компоненты;
- сочетаясь в разных пропорциях, первичные компоненты воспроизводят весь спектр цветов.

В цифровых компьютерах «вес» каждого цвета должен быть представлен некоторой дискретной величиной. В простейшем случае для кодирования каждого из основных цветов достаточно по одному биту (1 – цвет включен, 0 – цвет выключен), называемыми битами R, G и B. Из трех основных цветов с двоичным кодированием получаются 8 цветовых комбинаций, показанных на рисунке 1.

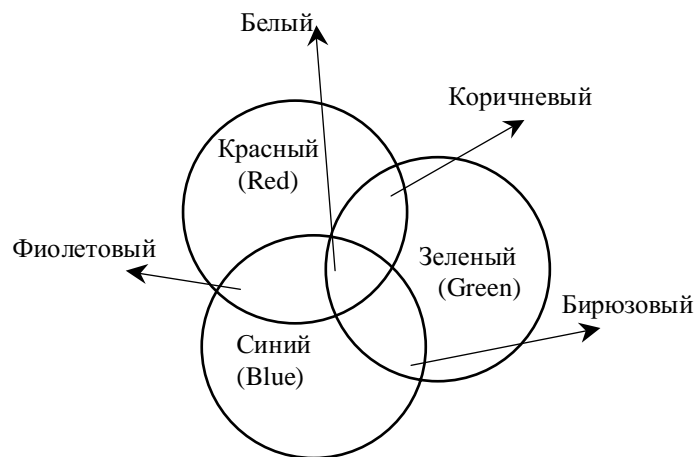


Рис. 1. Возможные комбинации аддитивных первичных цветов

Когда все цвета выключены, получается черный цвет. Если ввести еще один бит, который управляет яркостью или интенсивностью, то получится 4-битная комбинация, называемая IRGB-цветом. Такой способ описания цвета называется цветовой моделью IRGB. Управление яркостью дает еще 8 цветов, поэтому на экране можно получить 16 цветов, кодирование и название которых приведены в таблице 1.

Таким образом, кодирование цвета 4 битами позволяет получить 16 возможных цветов. Вторая колонка таблицы позволяет перевести цвет в двоичный код. Например, желтый цвет кодируется комбинацией (1110) в двоичной системе. В этом обозначении подразумевается, что нулевой бит отвечает за вклад синей компоненты, бит с номером один – зеленой и т.д.

Таблица 1

Кодирование цвета четырьмя битами

Значение кода	I R G B	Цвет	Компоненты
0	0 0 0 0	Черный	Нет
1h	0 0 0 1	Синий	Синий
2h	0 0 1 0	Зеленый	Зеленый
3h	0 0 1 1	Бирюзовый	Зеленый + синий
4h	0 1 0 0	Красный	Красный
5h	0 1 0 1	Фиолетовый	Красный + синий
6h	0 1 1 0	Коричневый	Красный + зеленый
7h	0 1 1 1	Белый	Красный + зеленый + синий
8h	1 0 0 0	Серый	I
9h	1 0 0 1	Голубой	I + синий
Ah	1 0 1 0	Салатовый	I + зеленый
Bh	1 0 1 1	Светло-бирюзовый	I + зеленый + синий
Ch	1 1 0 0	Розовый	I + красный
Dh	1 1 0 1	Светло-фиолетовый	I + красный + синий
Eh	1 1 1 0	Желтый	I + красный + зеленый
Fh	1 1 1 1	Ярко-белый	I + красный + зеленый + синий

В 16-цветном режиме можно пользоваться всеми цветами с номерами от 0 до Fh. В видеоадаптере EGA имеются режимы, в которых для кодирования каждого из основных цветов отведено по два бита, т.е. полный цвет кодируется 6 битами RrGgBb (00 – цвет включен, 01 – слабый цвет, 10 – обычный цвет, 11 – яркий). Такое кодирование расширяет общее число цветов до 64.

В видеоадаптере VGA введены режимы, в которых для кодирования каждого из основных цветов отведено по 6 бит, тем самым общее число бит, кодирующих один пиксел, достигло 18, а возможное число цветов возросло до огромной величины – свыше 256 тысяч.

Аналогично в видеоадаптере SVGA можно наблюдать на экране 65536 цветов, в данном режиме (High Color) пиксел кодируется 16 битами. В режиме True Color каждый пиксел кодируется 24 битами; в этом случае на экране можно отобразить 16,7 миллионов оттенков цвета.

Жидкокристаллические дисплеи, появившиеся в последние годы, – новый шаг в развитии графических средств отображения информации. При создании такого рода дисплеев применяется другой способ формирования изображения и другой метод кодировки цветов. Экран жид-

кокристаллического дисплея состоит из элементов, представляющих собой прозрачную анизотропную жидкость, заключенную между двумя электродами. Сами элементы свет не излучают, но в глубине экрана размещается источник внешнего света, и анизотропная жидкость способна менять свой коэффициент отражения при подаче на электроды напряжения. Таким образом, часть света поглотится жидкостью, а пользователь видит только прошедшие через жидкость компоненты света, которые образуются путем вычитания поглощенных цветовых компонент из белого света. Такой экран должен состоять из слоев элементов анизотропной жидкости голубого (Cyan), пурпурного (Magenta) и желтого (Yellow) цветов. Эти цвета называют **первичными субтрактивными**, и они являются первичными для цветовой модели CMY.

При прохождении белого света через каждый слой жидкости происходит поглощение (вычитание) цвета, и проходящий свет становится темнее. Для получения белого цвета аддитивные цвета надо складывать, а субтрактивные – вычитать. Жидкость голубого цвета (Cyan) целиком поглощает красный цвет (Red), пурпурного (Magenta) – зеленый, желтого (Yellow) – синий. При сложении голубого, пурпурного и желтого цветов максимальной интенсивности получается черный цвет. При комбинации (вычитании из белого) первичных субтрактивных цветов можно получить комбинации цветов, представленные на рисунке 2.

В цветной печати используются модели CMY (Cyan, Magenta, Yellow) и CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, black).

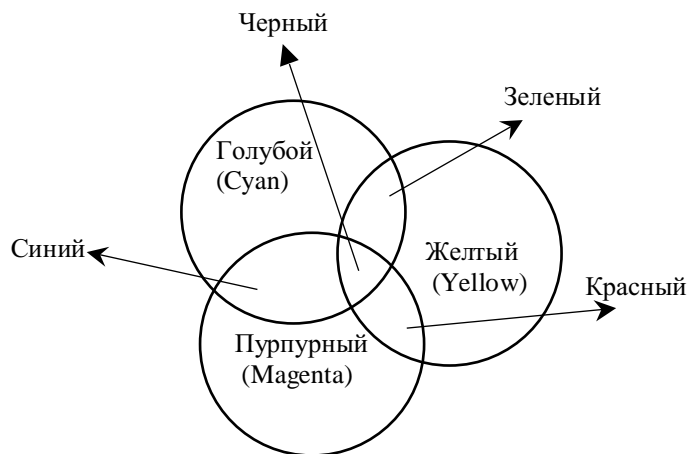


Рис. 2. Возможные комбинации первичных субтрактивных цветов

Когда на поверхность бумаги наносится голубой цвет, красный цвет, падающий на бумагу, полностью поглощается и т.д. По ряду причин использование трех красителей для получения черного цвета оказывается неудобным. Поэтому его просто добавляют к трем базовым цветам. Так получается модель CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, black).

Существуют и другие цветовые модели. Одна из них – модель HSV (Hue – тон, Saturation – насыщенность, Value – яркость) – больше ориентирована на работу с человеком, тогда как модели RGB, CMY и CMYK ориентированы на работу с цветопередающей аппаратурой и для задания цвета человеком неудобны. Модель HSV позволяет задавать цвета, опираясь на интуитивные понятия тона, насыщенности и яркости.

1.3. Общая структура аппаратных средств

Современные программные средства машинной графики требуют от компьютера очень большой производительности. Поэтому для развития компьютерной графики необходимо соответствующее техническое обеспечение.

Техническое обеспечение компьютерной графики – специализированные компоненты ЭВМ и устройства ввода, вывода и отображения графики.

В первую очередь эффективность работы персонального компьютера определяется характеристиками его центрального процессора. К наиболее важным характеристикам относятся: тип (поколение, серия), тактовая частота, особенности архитектуры и т.д. Серия процессоров Pentium (1993 год) и Pentium Pro (1995 год) существенно улучшили характеристики процессоров четвертого поколения (486). Процессоры Intel Pentium с технологией MMX, с тактовой частотой 166, 200 и 233 МГц являются дополнением к семейству Pentium. Скорость работы традиционных приложений в системах с процессором Pentium с технологией MMX на 10-20% больше, чем в системах с процессором Pentium той же тактовой частоты. Приложения, разработанные для технологии MMX, реализуют дополнительную производительность, которую обеспечивает данная технология, позволяя использовать богатую цветовую гамму, более реалистичную графику, полноэкранное видео, высококачественный звук и т.д.

Следующим представителем семейства процессоров Pentium являются процессоры Pentium II. Они обладают высокой производительностью, объединяя в себе расширенные возможности Pentium Pro и технологию MMX.

Одной из новейших разработок компании Intel является процес-

сор Pentium III (1999 год). Перечислим некоторые возможности использования систем с процессором Intel Pentium III применительно к областям компьютерной графики:

- 1) кодирование и декодирование MPEG-2 в реальном времени (MPEG – стандарт видеокompрессии);
- 2) работа с трехмерной графикой;
- 3) создание сложных графических эффектов;
- 4) эффективная работа в сети Internet с аппаратной поддержкой графики и звука.

Основным графическим устройством, с которым чаще всего приходится работать, является видеосистема компьютера. **Видеосистема** (видеоподсистема) – это комплекс, предназначенный для формирования изображений, которые выводятся на экран монитора (включая и сам монитор). Видеосистема состоит из 3-х основных частей: видеоадаптера, обладающего цифровой памятью (или видеопамятью), дисплея и программного обеспечения. Видеопамять подробно рассмотрена в разделе 2.4.

Дисплей и видеоадаптер образуют аппаратные средства видеосистемы.

Дисплей (монитор) – средство оперативного отображения информации в ЭВМ, созданное на базе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ), жидкокристаллических индикаторов или газоразрядных приборов.

Для формирования цветных изображений и передачи их на экран требуется большая вычислительная мощность. При низких скоростях вывода быстро меняющееся изображение перестает быть плавным и слитным: «картинка» дергается, наблюдается запаздывание, фрагменты изображения «выпадают». Иногда подобные эффекты могут проявляться очень сильно, особенно при выводе в графических режимах на полный экран.

Качество изображения на экране монитора зависит как от скорости вывода, так и от разрешения, количества цветов и оттенков и т.д. **Разрешение дисплея** (не путать с разрешением изображения!) – это количество возможных строк и столбцов изображения, составленного из минимальных элементов – пикселей (цветных точек), выводимых на экран монитора компьютера. Разрешение дисплея принято обозначать в виде произведения двух чисел. Например, разрешение 640*480 означает, что экран представляет собой растр из 480 строк, по 640 пикселей в каждой строке.

Вывод сигналов изображения из компьютера на дисплей осуществляется через специальные платы – видеоадаптеры. Поэтому дисплей должен иметь возможность работы с видеоадаптером. Существуют

разные стандарты для совместной работы дисплея и видеоадаптера: EGA, VGA, SVGA и др. Адаптер, поддерживающий тот или иной стандарт работы (например, VGA), часто называют адаптером VGA.

В рамках каждого из используемых стандартов подключения и вывода видеоданных системой видеоадаптер – дисплей (EGA, VGA, SVGA и т.д.) существует несколько режимов, обеспечивающих работу с разным разрешением. Например, для VGA и SVGA – 640*480, 800*600, 1024*768, 1280*1024 при разном количестве цветов. В этом случае целесообразно использовать многочастотные мониторы, обеспечивающие качественное и устойчивое изображение при разных разрешениях.

Видеоадаптер (видеокарта) – прибор для формирования сигналов (числа, символы, сигналы синхронизации и т.п.), способный ускорить выполнение графических операций. Другие названия видеоадаптеров: видеоплаты, видеокарты, контроллеры или просто адаптеры дисплея и т.д. Как правило, видеоадаптеры имеют собственные быстродействующие специализированные видеопроцессоры и чипсеты. Кроме того, они имеют внутренние шины, специальные BIOS и буферные элементы памяти.

Качество изображения определяется как программами, так и стандартом используемых видеоадаптера и монитора. Стандарты CGA и EGA уже устарели и неперспективны, хотя CGA- и EGA-мониторы до сих пор эксплуатируются в ранее выпущенных ПК.

В настоящее время широко распространены стандарты VGA и SVGA. Видеоадаптеры, удовлетворяющие этим стандартам, позволяют обеспечить совместимость современного аппаратно-программного обеспечения с программами, разработанными для более ранних видеоадаптеров, таких как CGA, EGA, HGA и т.д. Благодаря такой совместимости старые программы, не предназначенные непосредственно для VGA, также можно выполнять на компьютерах с VGA- и SVGA-видеоадаптерами и с VGA- и SVGA-мониторами. Однако необходимо учитывать, что старые видеомониторы, например CGA и EGA, не функционируют под управлением VGA-видеоадаптера.

Современный видеоадаптер все в большей степени приобретает черты универсального мультимедийного устройства, интегрирующего потоки графической, звуковой и видеоинформации. Реализация таких видеоадаптеров производится только на аппаратном уровне.

Кратко опишем возможности видеоадаптера, снабженного графическим сопроцессором.

При использовании графических приложений по системной шине передаются огромные объемы данных. Процессор занят не только об-

работкой этих данных, но и выполнением графических команд обработки изображения, поэтому графическая карта тормозит работу компьютера. Для устранения этого недостатка в настоящее время разработаны карты – ускорители, в которых имеется отдельный процессор (графический контроллер или ускоритель), выполняющий параллельно центральному процессору строго определенные графические команды, разгружая его. Центральный процессор выдает в сопроцессор команды высокого уровня, называемые графическими примитивами. Примерами таких команд служат пересылка блока видеоинформации, формирование отрезка прямой, рисование окружности, изменение масштаба, заполнение конкретной области пикселями с заданным цветом и т.д. Благодаря специализации процессора эти операции выполняются намного быстрее по сравнению с их реализацией программами центрального процессора.

Поскольку такие видеоадаптеры применяются для приложений, ориентированных на сложную графику, например, приложения Windows, то их называют картами с ускорителем Windows. Примером является видеоадаптер XGA (Extended Graphic Array). Видеоадаптеры, которые были традиционными ускорителями двумерной графики (2-D), в новых условиях призваны быть ускорителями видеографики и трехмерной графики (3-D), придающими компьютеру черты графической рабочей станции. Их возможности ярко проявляются в интерактивных мультимедийных приложениях. Именно на эти операции и расходуется основное время видеоадаптера, поэтому 3-D-ускорение предполагает аппаратную поддержку. Аппаратная реализация видео- и 3-D-графики предъявляет повышенные требования к видеопамяти и пропускной способности. В наиболее производительных моделях видео- и 3-D-ускорителей используется память WRAM (Windows RAM), а также 128-разрядная архитектура.

Особо следует отметить, что существенное увеличение скорости вывода данных на дисплей достигается использованием в компьютере высокоскоростных шин. С целью повышения скорости вывода изображения на экран была создана 32-разрядная локальная шина VESA local bus (VLB), дополняющая стандартную системную шину ISA (или EISA) при обмене данными процессора с видеоадаптером. Локальная шина VLB и ее альтернативный вариант – локальная шина PCI – обладают высокой скоростью способностью данных и управляющих сигналов.

Использование для ускорения вывода изображения на экран локальной шины VLB является удачным стандартным решением для большинства ПК с процессором 486. Для некоторых ПК с процессором 486 и практически для всех ПК с Pentium применяется шина PCI. Для сис-

тем с процессорами Celeron, Pentium II и Pentium III в настоящее время стандартным решением является шина AGP.

AGP (Accelerated Graphics Port – ускоренный графический порт) – это новая 32-разрядная шина передачи информации в компьютере. Она обеспечивает передачу больших объемов видеоинформации (трехмерная графика, полноэкранное видео и т.п.) с высокой скоростью, ранее недоступной с помощью шины PCI. Интерфейс AGP оптимизирован с целью достижения максимальной производительности компьютеров с высокопроизводительными процессорами класса Pentium II.

Использование для видеоадаптеров шин ISA или EISA можно рассматривать как устаревшее и неперспективное решение.

Видеопамять (составная часть видеоадаптера) представляет собой область оперативной памяти, которая предназначена для хранения текста или графической информации, выводимой на экран.

Экранное разрешение и возможное количество цветов зависят от объема видеопамяти на плате видеоадаптера VGA и SVGA. Как правило, стандартной величиной (начальной величиной – точкой отсчета) для VGA является 256 Кбайт, для SVGA – 512 Кбайт. При 512 Кбайт для SVGA разрешение составляет 1024*768, 16 цветов; при 1 Мбайт для SVGA – 1024*768, 256 цветов; при 2 Мбайт – 1280*1024, 256 цветов.

Существенно увеличить производительность компьютера позволяет использование наиболее «быстрых» типов оперативной памяти, т.е. памяти с минимальным временем доступа. В течение достаточно большого времени выпускался только один тип динамической памяти DRAM (Dynamic Random Access Memory). Память Video RAM (VRAM) была специально разработана для обеспечения непрерывных потоков данных в процессе обновления видеоэкранов, что необходимо для обеспечения высокого качества изображения. Для этого на стандартной DRAM был добавлен последовательный порт. В то время как данные читаются из последовательного порта, средства DRAM могут принимать или отправлять информацию.

Помимо VRAM распространен и другой тип двухпортовой памяти Windows RAM (WRAM). Память WRAM гораздо производительнее, чем память VRAM (более чем на 25%). Так же как и память VRAM, память WRAM содержит два порта, позволяя графическим операциям выполняться одновременно с обновлением экрана. WRAM создана специально для видеоадаптеров. Она имеет несколько дополнительных возможностей, обеспечивающих высокую скорость пересылки данных.

Для того чтобы компьютер успешно справлялся с обработкой графических данных, недостаточно иметь мощную видеоподсистему, высокопроизводительную дисковую подсистему и быстрый процессор.

Важно, чтобы все они были сбалансированы по производительности.

Необходимость решения современных специфических задач, связанных с обработкой графических изображений, привела к выделению отдельного класса компьютеров – графических станций.

Графические станции – это узкоспециализированные профессиональные системы, предназначенные для проведения различных дизайнерских и проектировочных работ. Они широко применяются в полиграфии, кино и видеоиндустрии, а также в различных областях науки и техники.

Графические станции можно разделить по типу решаемых ими задач на четыре основных класса:

- обработка 2D-графики;
- обработка 3D-графики;
- CAD/CAM системы (CAD-Computer Aided Design, или системы автоматизации проектирования; CAM – Computer Aided Manufacturing, или системы автоматизации производства);
- обработка видеоизображений.

Под 2D-графикой обычно понимается создание и воспроизведение плоских изображений. Они используются в полиграфии, при обработке иллюстраций и фотографий, в двухмерных видеоиграх. Для продуктивной работы с этим видом графики требуется высокопроизводительный 2D-ускоритель. При больших объемах графических данных может возникнуть необходимость в увеличении оперативной памяти.

3D-графика – это графика объемных форм. Она позволяет получать трехмерное изображение объекта с учетом освещения и характеристик его поверхности. Ее часто используют при создании игр (например, Quake), видеоклипов, моделировании ландшафтов (с исследовательскими и военными целями) в авиационных и транспортных тренажерах-имитаторах, для создания «виртуальных миров».

CAD/CAM системы предназначены для моделирования сложного технического изделия и технологии его производства. Наиболее типичные применения – проектирование микросхем, электронных плат, автомобилей, самолетов, архитектурных сооружений.

Обработка видеоизображений используется для издания и монтажа видеороликов и рисованных фильмов.

1.4. Общая структура программных средств

Программное обеспечение компьютерной графики – программы, от базовых программных модулей до полномасштабных графических систем, которые обеспечивают работу средств компьютерной графики.

Такие программы должны обеспечивать пользователя средствами для ввода или формирования изображения, его преобразования и вывода полученных результатов.

В ПЗУ персонального компьютера записаны элементарные функции, позволяющие осуществлять взаимодействие компьютера с внешними периферийными устройствами.

Базовая система ввода-вывода (BIOS) – набор процедур, образующий программный интерфейс нижнего уровня для управления стандартными устройствами ЭВМ.

Базовое программное обеспечение видеосистемы (подобласть BIOS) также выполнено в виде микропроцедур, записанных в ПЗУ, и получило название видеоBIOS.

ВидеоBIOS – процедуры базовой системы ввода-вывода (BIOS), предназначенные для управления дисплеем. Процедуры видеоBIOS также называют процедурами видеодрайвера BIOS.

Каждая процедура обращается к контроллерам видеоадаптера через специальные порты и инициирует выработку схемами управляющих электрических сигналов.

Для гибкости управления доступ к этим средствам организован на нескольких уровнях (на уровне операционной системы, на уровне видеоBIOS и физическом уровне) посредством специальных аппаратных средств.

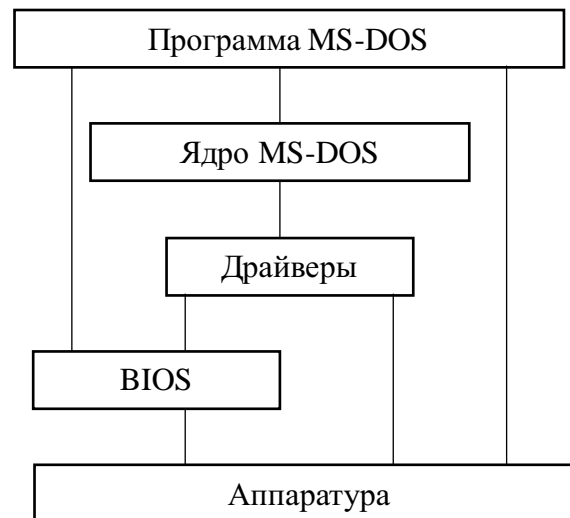


Рис. 3. Схема взаимодействия программы с ядром MS-DOS, BIOS и аппаратурой компьютера

На рисунке 3 изображена схема взаимодействия программы с ядром MS-DOS, BIOS и аппаратурой компьютера.

Физический уровень предоставляет программисту возможность прямого доступа к аппаратной части видеосистемы через специальные регистры (порты). Производительность программы при использовании этого уровня достигает максимума.

Недостатком программ, использующих прямое программирование видеоадаптеров, является их непереносимость. Ведь функциональные особенности видеоадаптеров различных производителей могут отличаться (особенно это касается адаптеров SVGA). Программирование на этом уровне к тому же – достаточно сложная процедура, т.к. требует глубоких знаний функционирования аппаратных средств.

На уровне функций видеоBIOS программа обращается к видеосистеме через прерывание INT 10h. Обращение к этому прерыванию дает возможность активизировать функции видеоBIOS, позволяющие работать с отдельными пикселями экрана. Такой уровень расширяет функции взаимодействия программы с видеосистемой, обеспечивая хорошую мобильность (переносимость) и скорость. Наконец, наиболее высокий уровень программирования обеспечивает использование функций операционной системы.

В состав операционной системы входят специальные утилиты – драйверы внешних устройств, каждый из которых предназначен для управления соответствующим устройством (в том числе и видеоадаптером) на аппаратном уровне.

Драйвер – служебная программа, предоставляющая функции управления внешним устройством, а также оптимизирующая это управление. Обычно драйверы видеоадаптеров разрабатываются самой фирмой, создавшей видеоадаптер. Поэтому кропотливая работа с регистрами скрыта от программистов, разрабатывающих программы Windows или DOS. Они имеют дело только с хорошо документированными высокоуровневыми функциями графического интерфейса.

Функции операционной системы, обращающиеся к видеосистеме ПК, образуют графический интерфейс операционной системы. Эти функции позволяют выполнять более сложные графические преобразования изображения, работать со сложными графическими объектами, полностью абстрагируясь от аппаратуры видеосистемы. Поэтому приложения, использующие вызовы функций операционной системы, являются наиболее мобильными. Такие приложения могут работать на любых ПК, где установлена аналогичная операционная система.

В системе DOS доступ к графическим средствам предоставляется непосредственно. Это обеспечивает максимально возможную ско-

рость вывода. Windows с целью обеспечения надежной работы системы требует, чтобы все графические операции выполнялись через GDI – специальный интерфейс графических устройств. Это удобно и надежно, но существенно снижает скорость вывода.

Поэтому и возникла необходимость в интерфейсе, дающем возможность разработчикам прикладного ПО для Windows, взаимодействующего с аппаратной частью компьютера, более безопасно для всей системы работать со специфическими функциями «железа».

На данный момент в Windows существует два стандарта для работы с трехмерной графикой: OpenGL, являющийся стандартом де-факто для всех графических рабочих станций, и DirectX – стандарт, предложенный фирмой Microsoft.

DirectX представляет собой набор из нескольких API (Application Program Interface – интерфейс прикладных программ), позволяющих разработчикам прикладного ПО получать доступ к специфическим функциям аппаратного обеспечения без необходимости написания аппаратно-зависимого программного кода.

Набор DirectX фирмы Microsoft состоит из нескольких компонентов, обеспечивающих повышенную скорость вывода видеоадаптеров, звуковых карт и т.д., как правило, без увеличения нагрузки на процессор. К настоящему времени Microsoft предлагает в виде дополнения к Windows 95 уже пятую версию DirectX, которая включает в себя (перечень неполный) следующие составляющие:

- DirectDraw – компонент, обеспечивающий доступ к аппаратным средствам, отвечающим за работу с изображением. Компонент дает возможность работать с двумерной графикой и напрямую управлять видеопамятью;
- Direct3D – подсистема создания трехмерных графических изображений. Состоит из API низкого уровня, который обеспечивает несколько базовых возможностей создания изображений, и API высокого уровня, который осуществляет комплекс операций, образующих изображение.

Для достижения максимального быстродействия целесообразно использовать видеоадаптеры, реализующие функции DirectX на аппаратном уровне.

В качестве примера видеоадаптеров, поддерживающих и аппаратно реализующих функции 3D, DirectX, Direct3D и другие, можно привести видеоадаптеры хорошо известной фирмы Diamond, например, Stealth 3D 2000XL, Stealth 3D 3000XL и аналогичные. Данные контроллеры имеют в своем составе быстродействующие 3D-ускорители. Конструкция видеоадаптеров обеспечивает высокую скорость видеовывода не только

в приложениях и программах, использующих 3D-технологии, но и в традиционных программах. Значительный объем быстродействующей видеопамяти (2-4 Мбайт) позволяет реализовать высокое разрешение при широкой цветовой палитре.

Библиотека OpenGL фирмы Silicon Graphics – более мощный и менее сложный API. Существенное достоинство OpenGL – его широкая распространенность. Он является стандартом в мире графических станций типа Sun, Silicon Graphics и др. OpenGL представляет собой программный интерфейс к графическому оборудованию (хотя существует и чисто программные реализации OpenGL). Интерфейс насчитывает около 120 различных команд, которые программист использует для задания объектов и операций над ними.

Если взять на выбор любую серьезную 3D-программу, то скорее всего в нее заложен именно OpenGL. Он может работать как на программном уровне, так и с применением аппаратных преимуществ, если видеосистема оснащена 3D-ускорителем. Главная сфера применения OpenGL в компьютерной графике – это создание в реальном времени предварительных вариантов трехмерных сцен, построенных в верстальных программах и в программах 3D-моделирования. Такие варианты прорабатываются не так тщательно, как окончательное изображение, и порою не имеют ничего общего с финальным рендерингом (от rendering – преобразование графического изображения в массив точек экрана).

Предварительные варианты правильно передают вид поверхностей и их освещение и позволяют более точно представить себе, как будет выглядеть ваш проект. Большинство программных пакетов предлагают несколько уровней рендеринга на основе OpenGL, начиная с простейших представлений в виде каркасной модели и заканчивая почти полностью просчитанными изображениями. Имея достаточно мощный процессор или процессор MMX, или 3D-ускоритель, вы можете получить детализацию изображения самого высокого уровня.

В заключение отметим, что создание динамичного реалистичного изображения, например рекламного ролика, – чрезвычайно трудоемкий процесс; в нем задействованы десятки людей, современное программное оборудование и быстродействующие процессоры. Однако повышение быстродействия компьютеров, создание новых графических инструментов, начиная от графических редакторов и кончая программным обеспечением графических станций, а главное, тот интерес, который вызывает к себе машинная графика, позволяет уверенно говорить о том, что ее ожидает успешное будущее.

2. АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА ВИДЕОСИСТЕМ ЭВМ

2.1. Принципы действия видеосистем ЭВМ

Видеосистема компьютера включает в себя ряд аппаратных и программных средств, позволяющих получать на экране дисплея текстовые и графические изображения. Основу видеосистемы составляют схемы для генерирования электрических сигналов, управляющих монитором.

В персональных компьютерах PC/XT и PC/AT нет встроенных видеосхем, поэтому пользователь самостоятельно приобретает и устанавливает видеоадаптер (видеокарту) и собственно дисплей. В типичной конфигурации дисплей подключается 9-жильным кабелем к адаптеру, находящемуся внутри ПК. Видеоадаптер представляет собой печатную плату, имеющую 9-контактный разъем для кабеля дисплея и два крайних разъема 2*31, которые вставляются в один из разъемов расширения (слотов) на материнской плате ПК. На плате видеоадаптера установлены микросхемы ПЗУ знакогенератора, программируемого контроллера ЭЛТ, видеопамати (или видеобuffers) и др. Схемы видеоадаптера формируют сигналы, управляющие той информацией, которая выводится на экран монитора. Взаимодействие компонентов видеосистемы при формировании изображения демонстрируется на рисунке 4.

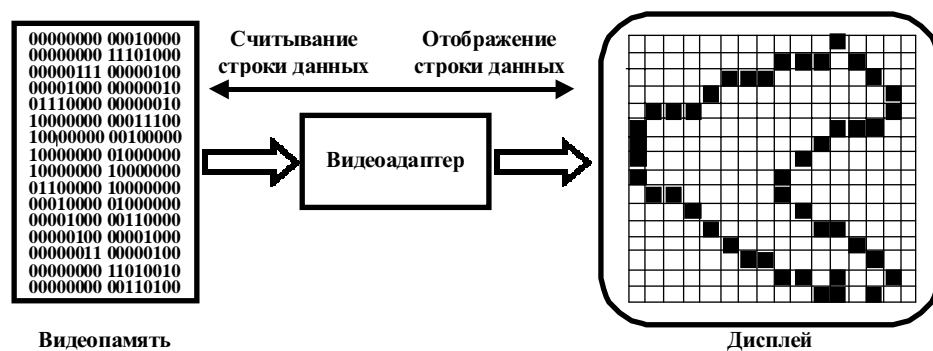


Рис. 4. Принцип формирования изображения видеосистемой ПК

Принципы действия видеосистем ЭВМ отличаются чрезвычайной простотой. Видеопамять (видеобuffer) служит для хранения закодированного изображения. Дисплей компьютера представляет собой высо-

кокачественную монохромную или цветную электронно-лучевую трубку со схемами питания и управления. Видеоадаптер представляет собой электронную плату, обеспечивающую вывод на экран текстовых и графических изображений, а также программное управление видеосистемой. Качество и возможности изображения в значительной степени определяются характеристиками видеоадаптера.

В видеопамяти или в видеобуфере изображение хранится в виде массива двоичных чисел; они кодируют простейшие, неделимые элементы изображения, называемые пикселями.

В простейшем случае, когда необходимо воспроизвести лишь черно-белый вариант изображения без градаций оттенков, черные пиксели могут быть представлены, например, единицами, а белые – нулями. На рисунке 4 показано, как массив черных и белых точек на экране дисплея, образующий квадрат 16×16 , можно записать набором 32-х восьмиразрядных двоичных чисел.

В случае, когда необходимо вывести на экран цветное изображение, для описания цвета каждого пикселя в видеопамяти одного бита недостаточно. В разделе 1.2 были представлены основы кодировки цвета модели RGB. В общем случае способ описания зависит от глубины цвета данного изображения и принятой цветовой модели.

Глубина цвета представляет собой число бит, необходимое для определения (кодирования) цвета каждого пикселя. Если изображение допускает, чтобы каждый его пиксел был любым из четырех цветов, для определения, какой из этих четырех цветов должен использоваться, потребуется 2 бита. В этом случае глубина цвета равна двум. Чаще всего в ПК при выводе изображения используется глубина цвета, равная 2, 4, 8, 15, 16 или 24 битам.

Таким образом, нетрудно подсчитать, какой объем видеопамяти должно занимать изображение, выводимое на полный экран в 16-цветном режиме с разрешением 640×480 . Для этого необходимо перемножить число пикселей, из которых состоит изображение, на количество байтов, приходящееся на один пиксел: $640 \times 480 \times 4/8 = 150$ Кбайт.

Предположим, что нам понадобилось вывести на экран новое изображение. Все, что нам в этом случае надо сделать, – это соответствующим образом изменить содержимое видеопамяти, чтобы оно отображало на экране требуемую совокупность точек. Таким образом, изменяя содержимое видеопамяти, можно, например, показать вращающееся колесо или же колесо, которое попеременно то растягивается, то сжимается.

2.2. Дисплеи

Дисплей является основным периферийным устройством как для отображения информации, вводимой в компьютер, так и для выдачи пользователю результатов выполнения программы.

Основой классификации дисплеев являются физические принципы формирования изображения. Различают дисплеи на базе ЭЛТ, жидкокристаллические дисплеи, плазменные дисплеи, электролюминесцентные дисплеи. Приведем сравнительные характеристики перечисленных дисплеев.

Дисплей на основе ЭЛТ состоит из электронной пушки (или из трех пушек для цветного дисплея), отклоняющей системы и экрана, покрытого слоем люминофора. Все эти устройства помещены в вакуумный баллон. Электронная пушка служит источником электронов, направляемых при помощи отклоняющей системы в нужную часть экрана, где электроны взаимодействуют с покрытием экрана. В результате взаимодействия испускается свет. Изображение на ЭЛТ формируется за счет пробега луча электронов.

Луч электронов начинает пробегать по экрану с верхнего левого угла до правого верхнего угла. Когда луч доходит до правой стороны, он гасится и перемещается на следующую горизонтальную линию, находящуюся под предыдущей линией. После того как луч пробежит по всему экрану, он гасится и перемещается в верхний левый угол. Затем процесс повторяется снова. След от луча на экране образует растр. Изменяя силу тока в луче электронов при формировании им растра, можно менять интенсивность свечения отдельных элементов (пикселей) экрана. В процессе вывода каждой строки растра интенсивность электронного луча изменяется в зависимости от сигналов, подаваемых на вход монитора видеоадаптером (в цветном мониторе для каждого первичного цвета используется собственный электронный луч, что в данном случае несущественно). В ЭЛТ электронный луч движется с постоянной скоростью вдоль строки растра и вниз с одной строки растра на следующую. Для управления наступлением момента времени перехода луча от крайней правой точки строки к крайней левой точке следующей строки (т.е. для управления горизонтальным обратным ходом луча) адаптер генерирует сигнал горизонтальной синхронизации. Сигнал вертикальной синхронизации используется для управления перемещением электронного луча от крайней правой позиции в самой нижней строке растра в левый верхний угол экрана (управление вертикальным обратным ходом луча). Чтобы глаз не замечал смены кадров, пробег луча по всему экрану должен происходить с частотой порядка 70 Гц.

Данные видеопамати как раз и определяют, как модулируется луч электронов во время сканирования экрана.

Для решения задач управления лучом электронов служит большинство регистров контроллера электронно-лучевой трубки.

Монохромный дисплей – дисплей, точка на экране которого может быть или светлой, или темной, а также иметь различную степень яркости.

В электронно-лучевой трубке цветного дисплея имеются три электронные пушки с отдельными схемами управления. Для того чтобы каждая из пушек «стреляла» по люминофору своего цвета, в каждом кинескопе имеется теневая маска.

Недостаток аналоговых мониторов очевиден – большое потребление энергии и габариты. Эти недостатки устраняют жидкокристаллические дисплеи.

Жидкокристаллические мониторы – приборы, которые используют способность жидких кристаллов изменять свою оптическую плотность или отражающую способность (а следовательно, и цвет) под действием электрических сигналов. Принцип работы жидкокристаллических мониторов частично рассматривался в разделе 1.2, где речь шла об субтрактивных цветах.

Каждый элемент жидкокристаллического монитора состоит из прозрачной анизотропной жидкости, заключенной между двумя электродами. При подаче на электрод напряжения коэффициент отражения жидкости изменяется, и сегмент при освещении его внешним источником света темнеет. Достоинство – малое потребление энергии и небольшая масса. Недостатки – невысокая контрастность изображения. В последнее время широкое распространение получили жидкокристаллические индикаторы с обратной подсветкой. Конструктивная особенность – за экраном размещается источник света, а сами ячейки экрана в нормальном состоянии непрозрачны. При приложении напряжения к такой ячейке она начинает пропускать свет, что и формирует изображение. Достоинства – регулируемая контрастность и возможность формирования цветного изображения.

Газоплазменные мониторы – приборы, в которых газовая смесь высвечивается в соответствующих местах под действием электрических импульсов. Газоплазменный монитор представляет собой матрицу газоразрядных элементов. Каждый элемент излучает свет при приложении необходимого напряжения. Достоинство – более высокая контрастность, недостаток – повышенное энергопотребление.

Последний из рассмотренных нами типов мониторов – электролюминесцентные мониторы. **Электролюминесцентные мониторы** –

приборы, которые работают на принципе люминесценции вещества при воздействии на него электрического поля. Мониторы такого типа состоят из матрицы активных индикаторов, дающих яркое изображение с высокой разрешающей способностью. Достоинство – высокая механическая прочность и надежность. Недостатки – большое энергопотребление и высокая стоимость.

В большинстве стационарных ПЭВМ применяются дисплеи на базе ЭЛТ. Остальные виды используются в переносных персональных компьютерах. В дальнейшем мы будем рассматривать мониторы на базе ЭЛТ.

При выборе монитора необходимо учитывать возможность работы с выбранным видеоадаптером (VGA, SVGA – смотри следующий раздел). Одним из самых важных параметров монитора является размер экрана: самый распространенный – 14 дюймов, но часто используются мониторы с размерами 15, 17 и даже 21 дюйм.

Оценить техническую способность монитора формировать качественное изображение на своем экране можно по расстоянию между светящимися точками экрана (пикселями). Для экрана в 14 дюймов для получения качественного изображения стандарта VGA это расстояние должно быть не более 0,28 мм, для 21-дюймового монитора – не более 0,39 мм.

Другим важным параметром монитора является частота кадров (Vsync) – частота вертикальной развертки и частота строк (Hsync) – частота горизонтальной развертки. От частоты кадровой развертки зависит мерцание экрана монитора, что влияет на качество изображения и, как следствие, на утомляемость глаз. Современные требования к частоте кадров монитора – не менее 70 Гц.

Частота строк определяется произведением частоты вертикальной развертки на количество выводимых строк в одном кадре (разрешающая способность по вертикали), то есть она приблизительно равна числу выводимых строк в секунду.

По типу интерфейса с видеоадаптером дисплеи на основе ЭЛТ можно разделить на композитные, цифровые и аналоговые RGB. Перечислим их основные характеристики.

- **Композитный.** Монитор имеет один аналоговый вход. Видеосигнал поступает в монитор в стандарте NTSC (National Television System Committee). Стандарт NTSC используется в бытовом телевидении. Композитный монитор обычно применяется с видеоадаптером CGA.
- **Цифровой.** Имеет от одной до шести входных линий. На цифровом мониторе может отображаться до 2^n различных цветов, где

п равно количеству входных линий. Данный тип мониторов используется вместе с видеоадаптерами CGA и EGA.

- **Аналоговый RGB.** Имеет три аналоговые входные линии, управляющие красным, зеленым и синим цветами. Уровень напряжения на каждой линии отвечает за интенсивность соответствующего цвета на экране. Количество цветов, которые может отображать аналоговый монитор, ограничено практически только возможностями видеоадаптера. Аналоговый монитор используется совместно с видеоадаптерами VGA, SVGA, графическими сопроцессорами, ускорителями Windows.

Цифровые RGB-мониторы – мониторы, поддерживающие цветной (красный – Red, зеленый – Green, синий – Blue) и монохромный режимы работы.

Первоначально дисплеи на базе ЭЛТ выпускались с цифровым видеовходом. При использовании видеоадаптера стандарта EGA информация о цветности и яркости передается в монитор в цифровом виде (цифровой RGB-монитор) по шести проводам, что позволяет воспроизводить до 64 цветов. Использование цифровых мониторов и поддерживающих их стандартов не позволяло для выводимых изображений увеличивать количество цветов и их оттенков без увеличения числа проводов, соединяющих видеоадаптер с монитором.

Эта проблема разрешается заменой цифрового способа связи аналоговым с использованием соответствующего монитора (аналогового монитора) и видеоадаптера, что было реализовано в VGA-стандарте.

Аналоговые мониторы – мониторы, в которых информация о цветах передается от видеокарты к монитору с помощью аналоговых сигналов путем изменения напряжения.

2.3. Видеоадаптеры

Несмотря на разнообразие видеоадаптеров и режимов, которые может поддерживать каждый из них, большинство адаптеров строится по принципу совместимости с предыдущими версиями. Видеоадаптер каждой последующей версии поддерживает как режимы работы своего предшественника, так и имеет ряд дополнительных собственных режимов. Так, видеоадаптер EGA поддерживает все режимы своего предшественника, видеоадаптера CGA. Поэтому программа, рассчитанная на работу с видеоадаптером CGA, будет работать и с видеоадаптером EGA. При этом, конечно, видеоадаптер EGA поддерживает еще ряд своих собственных режимов по сравнению с режимами ви-

деоадаптера CGA. Аналогично, видеоадаптер VGA поддерживает все режимы работы EGA и имеет собственные, дополнительные режимы. VGA – это базовый видеоадаптер для современных IBM-совместимых ПК. Производители видеоадаптеров с 1990 г. выпускают полностью VGA-совместимые видеоадаптеры, то есть адаптеры, поддерживающие все видеорежимы VGA.

Назовем функциональные блоки видеоадаптера и дадим краткое описание их назначения.

- **Интерфейс с системной шиной** – блок, предназначенный для приема-передачи данных между системной шиной ЭВМ и блоками графической карты.
- **Видеопамять** – блок, который хранит всю графическую информацию, выводимую на экран.
- **Графический контроллер** (контроллер доступа к графической информации) – компонент видеоадаптера, который осуществляет обмен между видеопамятью и процессором.
- **Последовательный контроллер** (секвенсер) – компонент видеоадаптера, управляющий всеми временными параметрами видеоадаптера.
- **Контроллер атрибутов** – компонент видеоадаптера, управляющий цветом элементов изображения.
- **Контроллер электронно-лучевой трубки (ЭЛТ)** – прибор, который осуществляет генерацию всех основных синхронизирующих сигналов и согласует работу всех блоков видеокарты.
- **Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП)** (только для адаптеров, совместимых с VGA) – компонент видеоадаптера, который преобразует значение из таблицы цветов в аналоговые сигналы, поступающие на монитор.

Каждый из вышеперечисленных блоков содержит комплект регистров, доступных для чтения/записи с помощью команд ввода-вывода в определенный порт.

Как уже отмечалось, многие современные видеоадаптеры содержат специальные графические сопроцессоры (графические ускорители) и могут самостоятельно на аппаратном уровне выполнять простейшие графические операции. Все вычисления, необходимые для формирования изображения, выполняет сам адаптер, ресурсы центрального процессора не используются.

Видеоадаптеры с графическим ускорителем имеют расширенный набор регистров. Как правило, полное описание этих регистров можно получить только у фирмы-производителя.

Архитектуре видеоадаптера SVGA, а также аппаратным средствам

этой видеокарты, позволяющим улучшить скорость передачи данных, посвящены разделы 2.5 и 2.6.

Большинство видеоадаптеров поддерживает несколько текстовых и графических режимов работы, различающихся способом интерпретации содержимого видеопамати и представления данных на экране ПК.

Каждый режим характеризуется разрешением (разрешающей способностью) и цветностью. В графическом режиме разрешение дисплея измеряется в пикселах. В текстовом (или символьном) режиме работы экран удобно представить в виде строк символов. Поэтому разрешение дисплея в текстовом режиме измеряется в символах. Например, в текстовом режиме разрешение 80*25 означает, что на экран будет выводиться 25 строк, по 80 символов в каждой строке.

Кроме того, разрешение текстового режима также характеризуется размерами символьной матрицы. Например, термин символьная матрица 8*14 означает, что каждый символ представляется на экране в виде символьной матрицы размерностью 8 пикселей по горизонтали на 14 пикселей по диагонали. Зная число строк и столбцов данного текстового режима и размеры его символьной матрицы, можно пересчитать разрешение текстового режима в пикселах. Другое название символьной матрицы – пиксельное представление символа.

Пиксельное представление символа – прямоугольная пиксельная матрица, которая при выводе на экран дает изображение отдельного символа.

Разрешение режима задает и возможные координаты вывода пиксела или символа на экран. Например, разрешение текстового режима 80*25 определяет диапазон возможных декартовых координат символа на экране. Символ может быть выведен в позицию, определяемую номером строки (со значением от 0 до 24) и столбца (со значением от 0 до 79). В графическом режиме 640*480 положение пиксела также задается значением строки (от 0 до 479) и столбца (от 0 до 639) на экране дисплея. Точка с координатами (0;0) расположена в верхнем левом углу экрана.

Кроме разрешения, и графические, и текстовые режимы определяются цветностью (или размером палитры). От размера палитры зависит, какое максимальное количество цветов может быть выведено на экран одновременно. Например, при 16-цветном режиме одновременно на экране отображаются не более 16 цветов.

Наиболее распространенными видеоадаптерами фирмы IBM, на которые рассчитана основная часть программного обеспечения, разработанная для персональных компьютеров, являются монохроматический дисплейный видеоадаптер (Monochrome Display Adapter – MDA),

цветной графический видеоадаптер (Color Graphic Adapter – CGA), улучшенный графический адаптер (Enhanced Graphic Adapter – EGA), видеографическая матрица VGA и SUPER VGA. Кроме того, несколько типов видеоадаптеров, совместимых с компьютерами фирмы IBM, выпускает фирма Hercules и некоторые другие.

Первый ПК фирмы IBM, появившийся в 1981 году, был рассчитан на обработку исключительно текстовой информации. Поэтому основное требование к адаптеру заключалось в получении высококачественных текстовых изображений.

Адаптер MDA (монохромный дисплейный адаптер) – один из самых ранних адаптеров, способный воспроизводить лишь алфавитно-цифровую информацию и небольшое число служебных символов (разрешающая способность экрана – 80*25 символов).

Символьная позиция состоит из матрицы размерностью 9*14 пикселей, что позволяет получить хорошо воспринимаемые человеком изображения символов.

Кроме того, с помощью адаптера MDA создают такие атрибуты выводимых пикселей, как негативное изображение, повышенная яркость, подчеркивание и мерцание. Наличие этих атрибутов в некоторой степени компенсирует отсутствие цвета. Разрешающая способность видеоадаптера MDA составляет 720 пикселей по ширине и 350 пикселей по высоте экрана (далее обозначается 720*350). Таким образом, на экране монитора, управляемого видеоадаптером MDA, имеется 25200 пикселей.

Адаптер CGA (цветной графический видеоадаптер) – прибор, обеспечивающий воспроизведение информации со средним разрешением и ограниченным количеством цветов (разрешающая способность экрана – 80*25 символов с воспроизведением 4-х цветов).

Цветной графический адаптер появился одновременно с ПК в 1981 году, поддерживал 4 одновременно отображаемых цвета и имел максимальное разрешение 640*200 (в графическом режиме).

Графический видеоадаптер CGA обладает по сравнению с MDA двумя новыми возможностями: он может формировать графические изображения в виде диаграмм, графиков и рисунков, а также выводить на экран цветные текстовые и графические изображения. Этот адаптер допускает подключение к компьютеру RGB-монитора, монохроматического или цветного композитного монитора, а также бытового телевизора. Отметим, что цветовая палитра адаптера CGA довольно ограничена. В частности, для текстового режима имеется 16 цветов, а графический режим позволяет одновременно наблюдать на экране только четыре цвета.

Введение в CGA новых возможностей заставило пожертвовать качеством выводимого текста: символьная матрица состоит из 8*8 пик-

селов, а максимальная разрешающая способность равна 640*320 пикселей.

В адаптере CGA имеется выход композитного видеосигнала для подключения к бытовому телевизору с помощью коаксиального кабеля. Но в последующих адаптерах такой выход отсутствует из-за низкого качества изображения на экране телевизора.

Чтобы получить на экране цветные высококачественные и графические изображения, фирма IBM в 1984 году выпустила адаптер EGA.

Адаптер EGA (улучшенный графический адаптер) – прибор, оснащенный памятью 64, 128 или 256 Кбайт, с возможностью вывода на экран 16 цветовых оттенков.

Он представляет собой довольно сложную видеосистему, содержащую несколько десятков программируемых регистров. Адаптер EGA может полностью эмулировать (имитировать) все режимы работы предыдущих адаптеров MDA и CGA, но обладает многими дополнительными особенностями. В частности, разрешающая способность в графическом режиме доведена до 640*350 пикселей, а число одновременно наблюдаемых на экране цветов составляет 16 из общей палитры в 64 цвета. Таким образом, адаптер EGA обеспечивает формирование на экране качественного текста (символьная позиция состоит из 8*14 пикселей) и более насыщенных по сравнению с адаптером CGA графических изображений. Появление на рынке дешевых и совместимых с EGA адаптеров («клонов») и значительного числа программных пакетов, рассчитанных на этот адаптер, превратило EGA в стандартный и широко распространенный видеоадаптер.

С адаптером VGA появился новый стандарт, который включает в себя все режимы предыдущих адаптеров и расширяет их на большее число цветов и более высокую разрешающую способность.

Адаптер VGA (видеографическая матрица) – прибор, который реализует 640*480 точек в графическом режиме при 64 – 256 одновременно отображаемых цветов (в зависимости от объема видеопамати).

Программный интерфейс адаптера VGA аналогичен используемому в адаптере EGA, поэтому большинство программ, разработанных для адаптеров EGA, без всяких изменений работают и с адаптером VGA. Максимальная разрешающая способность VGA составляет 720*480 пикселей в текстовом режиме и 640*480 пикселей в графическом режиме. Символьная матрица состоит из 9*16 пикселей.

В VGA имеется быстродействующий цифро-аналоговый преобразователь ЦАП (Digital Analog Converter – DAC), благодаря чему на экране можно одновременно наблюдать 256 цветов из общей палитры 2^{18} цветов. Адаптер VGA рассчитан на подключение аналогового цветного или

монохроматического монитора. Стандарт VGA является базовым для таких стандартов, как Super VGA и HiRes, на его основе разработаны ускорители.

Сразу после появления адаптера VGA многие фирмы начали выпуск новых моделей видеоадаптеров, обеспечивающих отображение большего количества цветов и большую разрешающую способность. Такие адаптеры получили общее название Super VGA, или SVGA.

Адаптер SVGA (улучшенный VGA) – прибор с объемом видеопамати 1-2 Мбайт, обеспечивающий разрешающую способность 1280*1024 точек при хорошей передаче полутонов и цветовых оттенков.

Подавляющее большинство видеоадаптеров SVGA имеет полную совместимость с VGA на уровне регистров. Поэтому все программное обеспечение, созданное в расчете на видеоадаптер VGA, работает с видеоадаптером SVGA без дополнительных изменений.

Естественно, чтобы расширить возможности видеоадаптера VGA, пришлось дополнить его новыми регистрами. Видеоадаптеры SVGA имеют значительно больше регистров, чем простые видеоадаптеры VGA. Чтобы видеоадаптер SVGA смог проявить все свои возможности, необходимо правильное использование программным обеспечением всех регистров видеоадаптера.

К сожалению, SVGA не является стандартом наподобие EGA или VGA. Различные модели видеоадаптера SVGA обладают неодинаковым набором регистров, расположенных по разным адресам и выполняющих различные функции. Это значительно затрудняет создание программ, использующих все возможности SVGA, так как такая программа должна правильно определить тип видеоадаптера и работать с ним соответствующим образом.

Ассоциация VESA (Video Electronic Standards Association) разработала стандарт на функции BIOS, позволяющий управлять видеоадаптерами SVGA. Текущая версия стандарта VESA не позволяет реализовывать все возможности современных видеоадаптеров, например, отображать геометрические фигуры с использованием аппаратных возможностей графических ускорителей.

Видеоадаптеры SVGA превосходят VGA по разрешению экрана и количеству одновременно отображаемых цветов:

Лучшие режимы VGA	Типичные режимы SVGA
640*480; 16 цветов	800*600; 256, 65536, 16777216 цветов
320*200; 256 цветов	1024*768; 256, 65536, 16777216 цветов
	1280*1024; 256, 65536, 16777216 цветов

Чтобы иметь возможность отображать большее количество цветов при большой разрешающей способности, видеоадаптер SVGA должен иметь значительно больше видеопамати, чем адаптер VGA. Например, для реализации режима с разрешением 1024*768 пикселей и возможностью одновременного отображения 65536 цветов (High Resolution) необходима видеопамать объемом 1,6 Мбайт.

Фирма Hercules вышла на рынок ПК в 1982 году, выпустив адаптер Hercules Graphic Card (HGC), который может формировать текст, полностью эмулируя адаптер MDA, и графические изображения на монохроматическом мониторе, применяемом с адаптером MDA. HGC представляет собой экономическую альтернативу при необходимости работы с качественным текстом и монохроматической графикой.

В 1986 году был создан адаптер Hercules Graphic Card Plus (HGC+), основное отличие которого от адаптеров MDA и HGC заключается в возможности формирования текста из символьных наборов, хранимых в ОЗУ. Другими словами, адаптер HGC+ позволяет формировать изображения символов из определяемого пользователем набора.

Такая же возможность имеется в адаптерах EGA и VGA (см. далее). В то же время адаптеры MDA, CGA и HGC рассчитаны на вывод единственного символьного набора, хранимого в ПЗУ.

Адаптер Hercules InColor Card, выпущенный в 1987 году, представляет собой 16-цветный вариант адаптера HGC+ и полностью эмулирует его. Максимальная разрешающая способность данного адаптера составляет 720*348 пикселей, а цветовые возможности эквивалентны адаптеру EGA; на экране одновременно наблюдается 16 цветов из 64-цветной палитры.

2.4. Видеопамать

Изображения, выводимые на экран ПК, должны храниться в особых ячейках оперативной памяти. Эти ячейки должны быть доступны как центральному процессору, так и для схем вывода видеоинформации. Центральный процессор нуждается в быстром доступе к этим ячейкам, но требования по быстродействию, предъявляемые к ним схемами вывода видеоинформации, намного жестче. Это диктует требования к физическому расположению микросхем видеопамати.

Если установлен сменный графический адаптер, то, поскольку на нем расположены схемы вывода видеоинформации, на нем должны находиться и микросхемы видеопамати. Если схемы вывода видеоинформации ПК расположены на его материнской плате, вы найдете на ней микросхемы видеопамати поблизости от микросхем, реализующих

функции схем вывода видеоинформации. В любом случае оперативная память для хранения видеоизображения реализована на принципиально другом наборе микросхем, чем основная память, используемая центральным процессором. Это определяется особыми свойствами, которыми должна обладать эта память, и требованиями по ее размещению как можно ближе к схемам вывода видеоизображения.

Адресное пространство IBM PC. Напомним некоторые сведения об организации памяти ПК. Адресное пространство процессора 8086 составляло 1 Мбайт, из которого старшие 384 Кбайт были зарезервированы для использования самой системой.

Когда разработчики IBM размечали карту памяти для исходных IBM PC, они произвольно решили зарезервировать старшие 384 Кбайт из адресного пространства реального режима в 1 Мбайт под видеопамять (видеобуфер), ПЗУ BIOS, адаптерные ПЗУ и другое необходимое аппаратное обеспечение. Постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) представляет собой память, предназначенную только для считывания. В компьютерах фирмы IBM или совместимых с ними в ПЗУ хранятся подпрограммы низкого уровня, составляющие BIOS (базовую систему ввода-вывода). BIOS содержит программу самопроверки, которую компьютер выполняет всякий раз при загрузке, а также набор процедур, облегчающих программам и операционным системам обращение к внешним устройствам ПК. Видеоадаптеры могут также содержать модули ПЗУ, называемые адаптерными ПЗУ, в которых записаны процедуры, предназначенные для расширения, а иногда и замещения процедур BIOS на системной плате.

Итак, в силу особенностей архитектуры IBM PC для 16-разрядных приложений DOS и Windows 3.1 доступна память в 640 Кбайт, называемая основной. Адреса в диапазоне от A0000h до FFFFFh (384 Кбайт, зарезервированные у верхней границы 1 мегабайта) отводятся под верхнюю память.

Здесь и далее значения, представленные в системе исчисления с основанием 16, будут заканчиваться символом h.

Кроме абсолютного обозначения адреса ячейки памяти (в виде пяти шестнадцатеричных цифр), в микропроцессоре 8086 предусмотрена сегментная адресация памяти. В последнем случае адрес обозначается в виде двух 16-разрядных чисел, разделенных двоеточием: СЕГМЕНТ: СМЕЩЕНИЕ. Адрес, записанный в виде СЕГМЕНТ: СМЕЩЕНИЕ легко переводится в абсолютный адрес: для этого значение СМЕЩЕНИЯ прибавляется к значению СЕГМЕНТА, умноженного на 16. Например, адрес ячейки памяти в форме СЕГМЕНТ:СМЕЩЕНИЕ A000:4535h равен абсолютному адресу A4535h. Умножение на 16 в исчислении по основанию 16 сводится к добавлению шестнадцатеричного 0: B800h*16

= B8000h. Описанный способ сегментной адресации памяти не позволяет выйти за пределы 1 Мбайт. Микропроцессоры старших поколений (8026 и выше) также могут работать в режиме с сегментной адресацией памяти (данный режим носит название реального режима).

Верхняя память также разделена на несколько частей.

Первые 128 Кбайт, расположенные сразу после основной памяти, являются областью видеопамати и предназначены для использования видеоадаптерами. Когда на экран выводится текст или графика, в этой области хранятся образы изображений. Видеопамать занимает адреса A0000h-BFFFFh. Когда речь идет о видеокарте с памятью емкостью 4 Мбайт или 8 Мбайт, то следует иметь в виду, что эта память используется набором микросхем системной логики (чипсетом) на видеоплате и непосредственно недоступна процессору. Только в основном режиме VGA, например, при подсказках DOS или при работе Windows в безопасном режиме, процессор может непосредственно обращаться к видеопамати емкостью до 128 Кбайт в диапазоне адресов A0000h-BFFFFh.

Следующие 128 Кбайт отведены для программы BIOS адаптеров, которые записаны в микросхемах ПЗУ на соответствующих платах. Все современные видеоадаптеры имеют на плате базовую систему ввода-вывода, обычно расположенную в пределах адресов от C0000h до C7FFFh; эта часть пространства памяти зарезервирована для базовой системы ввода-вывода видеоадаптера. Итак, под BIOS видеоадаптера зарезервировано 32 Кбайта памяти, а оставшаяся часть из данного блока в 128 Кбайт доступна для других устройств.

Вообще, чем выше разрешающая способность и больше количество цветов режима отображения, тем больший объем системной памяти использует видеоадаптер.

Например, минимальный объем видеопамати адаптера EGA или VGA, выводящего изображение в 16-цветном графическом режиме с разрешением 640*480 равен 150 Кбайт. Адаптер SVGA, способный выводить изображение в графическом 65536-цветном режиме (16 бит на пиксел) с разрешением 1280*1024, должен иметь видеопамать размером, как минимум, $1280 \cdot 1024 \cdot 2 = 2,5$ Мбайт. Поскольку емкость микросхемы оперативной памяти кратна степени двойки, то стандартные видеоадаптеры EGA и VGA должны иметь 256 Кбайт видеопамати. SVGA-адаптер должен иметь видеопамать 4 Мбайт и больше.

Ниже будет показано, как используют системную память стандартные видеоадаптеры.

Карта памяти монохромного адаптера MDA. Этот адаптер использует всего 4 Кбайт зарезервированной видеопамати в диапазоне адресов B0000h-B0FFFh. Адаптерное ПЗУ отсутствует, программа для

управления адаптером MDA записана в ПЗУ на системной плате, поэтому пространство в сегменте C000h, отведенное для ПЗУ, свободно:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0A000	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
0B000	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	•	•	•	•

Условные обозначения, принятые в карте памяти:

•••• – свободная область памяти;

M – область памяти, используемая MDA (видеопамять);

m – дополнительная область, используемая в монохромном текстовом режиме VGA.

Прокомментируем приведенные данные. Область A0000h-AFFFFh свободна. Область B0000h-B0FFFh занимают 4 Кбайт видеопамяти MDA. Для адаптера VGA в режиме эмуляции MDA необходимо 32 Кбайт (B0000h-B3FFFh). На плате адаптера MDA нет собственной BIOS, поскольку им управляют программы (драйверы), являющиеся частью системной BIOS.

Карта памяти адаптера CGA. Видеопамять адаптера CGA занимает 16 Кбайт диапазона адресов B8000h-BBFFFh. Никакого дополнительного пространства в сегменте C000 ему не требуется, т.к. программы, управляющие работой CGA, записаны в системной BIOS:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0A000	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
0B000	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	C	C	C	C

Условные обозначения, принятые в карте памяти:

•••• – свободная область памяти;

C – область памяти, используемая CGA (видеопамять);

c – дополнительная область, используемая в цветном текстовом режиме VGA.

Хотя для самой платы адаптера CGA, начиная с адреса B8000h, требуется всего 16 Кбайт, для VGA в режиме эмуляции CGA необходимо 32 Кбайт.

Карта памяти адаптера EGA. Видеопамять адаптера EGA занимает диапазон адресов A0000h-BFFFFh.

Микросхема ПЗУ с программой управления этим адаптером находится на самой памяти и адресует 16 Кбайт в диапазоне адресов C0000h-C3FFFh:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0A000	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
0B000	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	C	C	C	C	C	C
0C000	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V						

Условные обозначения, принятые в карте памяти:

G – область памяти (видеопамять) графического режима EGA;

M – область памяти (видеопамять) монохромного текстового режима EGA;

C – область памяти (видеопамять) цветного текстового режима адаптера EGA;

V – область ROM BIOS видеоадаптера EGA.

Плату EGA вытеснили более совершенные VGA и SVGA. Для адаптеров SVGA и VGA карта памяти такая же, как и для адаптера EGA, за исключением того, что область ПЗУ BIOS этих видеоадаптеров занимает область памяти C0000h-C7FFFh.

Под организацией видеопамяти будем понимать соответствие между координатами пиксела на экране дисплея и положением битов, задающих цвет данного пиксела в видеопамяти. Организация видеопамяти зависит от режима работы видеоадаптера.

Отметим, что по принципу организации видеопамяти видеорежимы подразделяются на бесслойные и послойные.

Бесслойный видеорежим – видеорежим, в котором видеопамять монолитна.

В качестве примера бесслойного режима работы видеоадаптеров, совместимых с VGA, рассмотрим графический режим под номером 13h. Разрешение данного режима составляет 320*200 при 256 одновременно отображаемых цветов. Учитывая, что цвет одного пиксела кодируется 1 байтом, легко подсчитать область видеопамяти, содержимое которой будет выводиться на экран: $320 \cdot 200 = 64000$ байт.

В режиме работы адаптера 13h видеопамять организована линейно (в один слой), а сам режим называется бесслойным. Линейность заключается в том, что цвет первого пиксела на экране монитора с координатами (0;0) определяют первые 8 бит видеопамяти, следующие 8 бит видеопамяти определяют цвет второго пиксела и т.д. (рис. 5).

Послойная организация видеопамяти обусловлена необходимостью вывода на экран большего количества видеоданных.

Послойный видеорежим – видеорежим, в котором видеопамять как бы разделяется на слои, количество и назначение которых могут

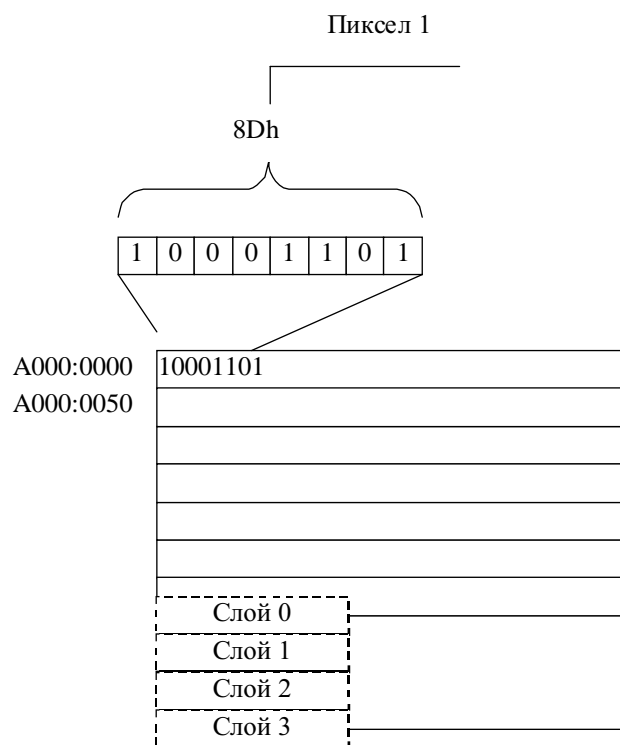


Рис. 5. Однослойная структура видеопамати в режиме 13h

быть различными (регулируется количество одновременно присутствующих на экране цветов).

В качестве послойного графического режима рассмотрим, например, режим 10h (разрешение 640*350, 16 цветов), поддерживаемый всеми видеоадаптерами, совместимыми с EGA.

Рассчитаем область видеопамати, содержимое которой выводится на экран в данном режиме работы видеоадаптера: $640 \cdot 350 \cdot 4/8 = 112000$ байт.

Из карты памяти адаптеров EGA, VGA и SVGA следует, что для области данных в графических режимах этих адаптеров отводится лишь 64 Кбайт.

Для того чтобы с помощью оперативной памяти адресного пространства компьютера размером в 64 Кбайт можно было обращаться к видеопамати размером до 256 Кбайт, видеопамать адаптеров, совме-

стимых с EGA (т.е. VGA и SVGA), разделена на четыре банка или, другими словами, на четыре «битовые цветовые плоскости», каждая из которых закреплена за одним битом четырехразрядного кода цвета.

Располагают эти плоскости друг под другом, подчеркивая этим, что все плоскости отображаются на одну и ту же область адресного пространства компьютера (рис. 6).

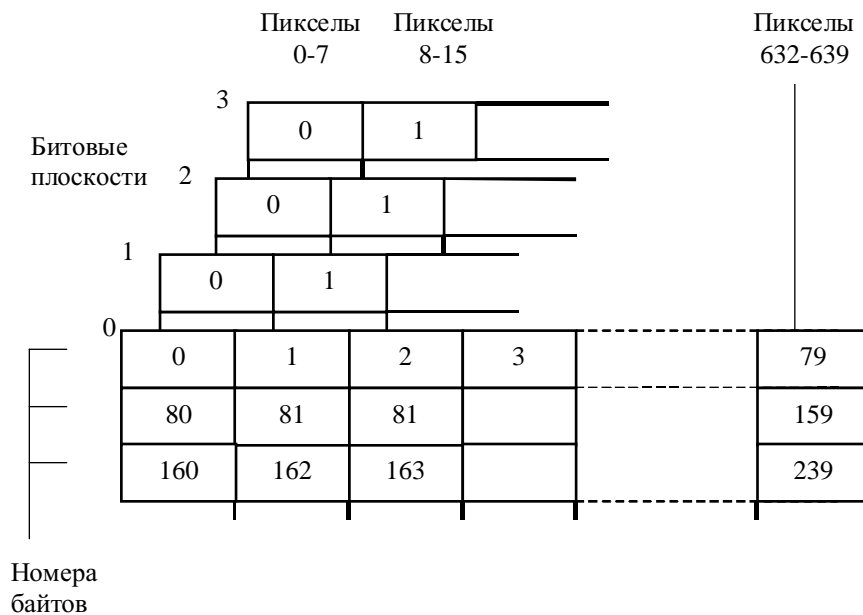


Рис. 6. Структура видеобuffers в виде четырех слоев

В 16-цветных режимах адаптеров EGA, VGA, SVGA цвет каждого пиксела должен кодироваться 4 битами. По умолчанию применяется модель кодирования IRGB, описанная в разделе 1.2. Поэтому часто эти 4 плоскости называются цветовыми плоскостями: плоскость интенсивности (или плоскость с номером 3), красная (с номером 2), зеленая (с номером 1) и синяя (с номером 0) плоскости. Согласно таблице 1, например, желтый цвет кодируется числом 1110 в двоичном коде. Причем эти биты размещаются в видеопамати не последовательно (линейно), а параллельно сразу в четырех плоскостях друг под другом. Таким образом, желтый пиксел кодируется 4 битами следующим образом: в плоскости интенсивности, красной и зеленой плоскостях биты установлены (то есть значение битов равно единице), а бит синей плоскости

равен нулю. Все возможные комбинации цветов образуют цветовую палитру 16-цветного режима.

Таким образом, например, для 16-цветного режима 10h в стандартных графических режимах адаптеров EGA, VGA, SVGA один бит адресного пространства видеопамати (а фактически четыре бита, по одному из каждой битовой плоскости) соответствует одной точке на экране. Восемь соседних (по горизонтали) точек образуют адресуемый байт изображения.

При такой послойной организации видеопамати удастся обращаться к области видеопамати размеров в 256 Кбайт, что в четыре раза больше, чем сама область оперативной памяти ПК, выделенная под видеопамать. При этом емкость адресуемой видеопамати EGA, VGA и SVGA (256 Кбайт) оказывается даже больше, чем требуется для заполнения всего экрана графическими данными в режиме 10h (112000 байт). Другими словами, на экран можно вывести только часть данных видеопамати.

Дисплейная страница – часть видеопамати, содержимое которой выводится на экран за один раз.

Таким образом, видеопамать в режиме 10h может хранить 2 отдельных экрана. Нумеруют страницы, начиная с нуля. Поэтому с адреса A0000h начинается графическая страница 0, с адреса A8000h – графическая страница 1. Каждая страница видеопамати занимает в адресном пространстве компьютера область диапазоном $640 \times 350 / 8 = 28000$ байт. Естественно, лишь одна из страниц может отображаться на экране.

Активная дисплейная страница – дисплейная страница, содержание которой выводится на экран. Переключать активные страницы видеопамати можно при помощи функций BIOS или путем непосредственного программирования регистров видеоадаптера.

Опишем более подробно организацию видеопамати адаптера SVGA. Подавляющее большинство видеоадаптеров SVGA обеспечивают полную совместимость с VGA на уровне регистров. Поэтому все программное обеспечение, созданное в расчете на видеоадаптер VGA, работает с видеоадаптерами SVGA без дополнительных изменений. Чтобы расширить возможности видеоадаптера VGA, пришлось дополнить его новыми регистрами.

Видеоадаптеры SVGA имеют большее разрешение экрана и количество одновременно отображаемых цветов. Чтобы иметь возможность отображать большое количество цветов при большей разрешающей способности, видеоадаптер SVGA должен иметь значительно больше видеопамати, чем адаптер VGA. Например, для реализации режима с раз-

решением 1024*768 пикселей и возможностью одновременного отображения 65536 цветов необходима видеопамять объемом 1,6 Мбайт.

Для доступа центрального процессора к видеопамяти обычно резервируется 64 Кбайт. Как же процессор получает доступ к видеопамяти, объем которой для некоторых режимов достигает 4 Мбайт? Существует несколько различных способов решения этой проблемы, которые могут комбинироваться.

Простейший способ поместить в адресное пространство объемом 64 Кбайт больше памяти – увеличение количества слоев видеопамяти. EGA- и VGA-видеопамять реализована из 4-х слоев. У некоторых моделей видеоадаптера SVGA видеопамять организована из 8 и даже из 16 слоев. Каждый байт видеопамяти определяет 8 пикселей. Восемь слоев памяти позволяют закодировать 256 возможных цветов для пиксела, а 16 слоев – 65536 различных цветов.

Однако увеличение числа слоев влечет за собой усложнение аппаратуры видеоадаптера и ее удаление от стандарта адаптера VGA, регистры которого рассчитаны только на 4 слоя памяти.

Многие современные видеоадаптеры применяют давно известный прием, ранее использовавшийся для подключения к компьютеру дополнительной памяти. Центральный процессор получает доступ к видеопамяти через небольшое окно, которое может иметь размер до 64 Кбайт и располагаться в адресном пространстве процессора. Обычно окно занимает адресное пространство A000:0000h – A000:FFFFh, то есть расположено так же, как и для стандартных цветных режимов видеоадаптеров EGA, VGA и SVGA. Процессор компьютера может перемещать это окно по всей видеопамяти адаптера, получая доступ к разным ее участкам.

Таким образом, процессор может одновременно получить доступ только к части видеопамяти. Чтобы обратиться к другому участку видеопамяти, необходимо переместить окно доступа. Обычно для этого достаточно записать в определенный регистр видеоадаптера SVGA положение окна относительно начала видеопамяти.

Доступ к видеопамяти через небольшое окно создает определенные трудности для программного обеспечения. Теперь, чтобы отобразить на экране монитора пиксел, вы должны не только вычислить положение соответствующей ячейки видеопамяти, но также определить смещение для окна доступа. Одновременно усложняются процедуры, отображающие на экране линии и другие геометрические фигуры. Возможно, что выводимое на экран изображение не помещается в одно окно. Процедура должна будет соответственно перемещать окно по видеопамяти. Также усложняются процедуры копирования изображения из

одной позиции экрана в другую. Они должны учитывать, что при копировании может понадобиться перемещать окно доступа к видеопамяти.

Чтобы немного помочь программистам в решении этих и многих других задач, некоторые модели видеоадаптеров SVGA отводят для доступа к видеопамяти не одно, а два окна. Обычно они обозначаются как окно А и окно В. В некоторых моделях видеоадаптеров через одно окно можно только записывать данные в видеопамять, а через другое только читать из видеопамяти.

Многие режимы адаптера SVGA позволяют одновременно отображать на экране больше чем 256 различных цветов. Естественно, что для этого каждый пиксел должен быть представлен большим количеством бит:

Количество различных цветов	Количество бит для кодировки пиксела
256	8
32768	15
65536	16
16777216	24
4294967296	32

В таких режимах используется бесслойная структура видеопамяти, подобная организации памяти для адаптера VGA в режиме 13h. Обычно пиксел определяется 15, 16 или 24 битами. Поэтому использование ЦАП адаптера VGA затруднено. Например, для режима 65536 цветов (16 бит на пиксел) требуется увеличить число регистров ЦАП до 65536. Если адаптер SVGA кодирует пиксел 24 битами, то придется увеличивать размерность регистров с 18 до 24 и больше.

Поэтому в большинстве режимов SVGA реализована схема прямого кодирования. Биты, определяющие пиксел, группируются на три основные группы, непосредственно отвечающие за красный, зеленый и синий компоненты. Данные из этих трех групп передаются на три ЦАП и формируют видеосигнал.

В некоторых режимах SVGA существует дополнительная, четвертая группа бит, также соответствующая каждому пикселу. Как правило, четвертая группа бит не задействована. Некоторые модели видеоадапте-

ров могут использовать ее по своему усмотрению.

Например, на видеоадаптере Diamond Stealth 64 в режиме 110h, соответствующем спецификации VESA, для кодирования 1 пиксела отводится 2 байта. Они разделены на 4 группы. Три из них имеют размер 5 бит и отвечают за красный, зеленый и синий компоненты цвета пиксела. Четвертая группа, резервная, состоит из 1 бита. На рис. 7 резервная группа отмечена символом 'х'. Таким образом, в режиме 110h видеоадаптер может отображать пиксели $32768 (2^{5+5+5})$ различных цветов.

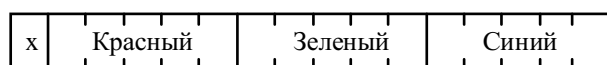


Рис. 7. Формат видеопамати, 15 бит на пиксел и резервное поле

В режиме 111h на каждый пиксел так же, как и в режиме 110h, отводится 2 байта, однако они имеют другой формат (рис. 8). Резервное поле отсутствует. За счет этого увеличен размер поля, управляющего зеленым компонентом цвета пиксела. Поэтому в данном режиме видеоадаптер может отображать пиксели $65536 (2^{5+6+5})$ различных цветов.

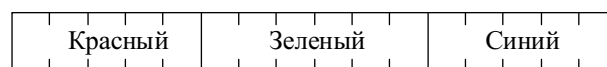


Рис. 8. Формат видеопамати, 16 бит на пиксел

Чтобы видеоадаптер мог одновременно отображать на экране 16777216 различных цветов, необходимо, чтобы для кодировки каждого пиксела отводилось 24 бита. Обычно видеоадаптеры используют для этого два различных формата кодирования пиксела (рис. 9, 10).

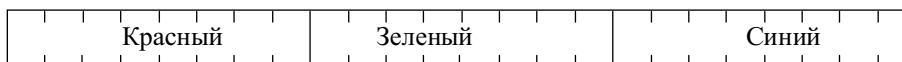


Рис. 9. Формат видеопамати, 24 бит на пиксел

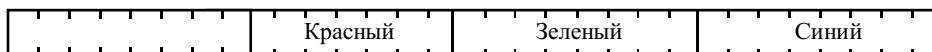


Рис. 10. Формат видеопамати, 24 бит на пиксел и резервное поле

В режимах 112h, 115h и 118h на каждый пиксел отводится по 4 байта (рис.10). Они разделяются на 4 группы по 8 бит в каждой. Три группы отвечают за красный, зеленый и синий компоненты цвета пиксела. Четвертая группа – резервная. Такой формат позволяет одновременно отображать на экране монитора пиксели $16777216 (2^{8+8+8})$ различных цветов.

Заметим, что в режиме 118h количество одновременно отображаемых цветов настолько велико, что даже превышает количество пикселей, выводимых на экран: $1024 \cdot 768 = 786432$. Тем самым каждый выводимый пиксел может иметь неповторимый оттенок.

2.5. Архитектура стандартной графической карты SVGA

Назначением аппаратных средств графической карты является организация канала передачи/преобразования графических данных. Этот

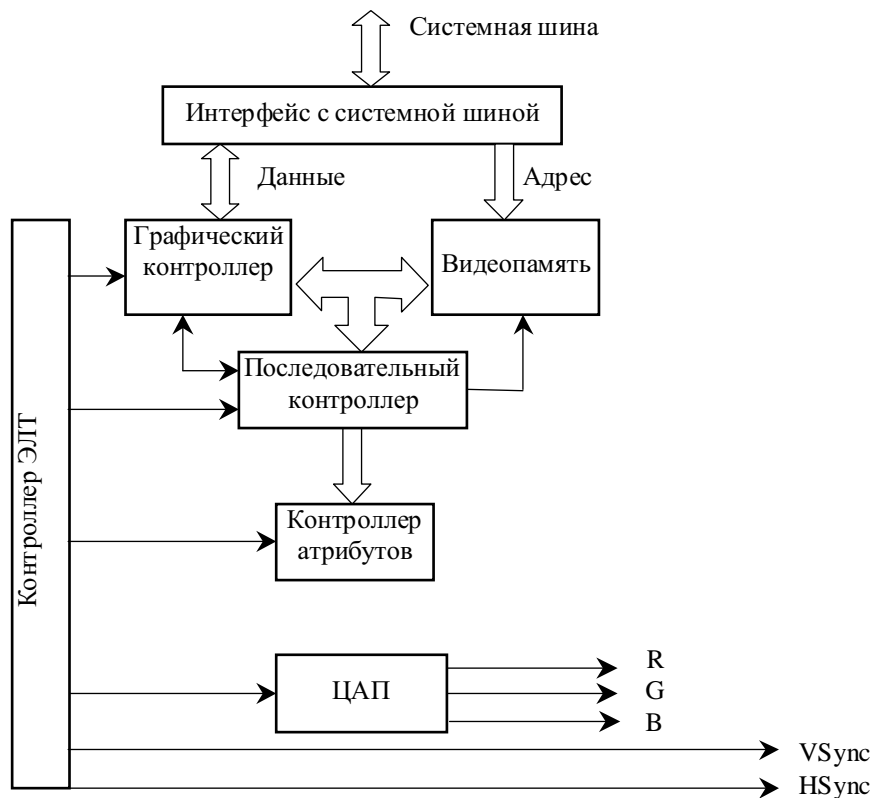


Рис. 11. Блок-схема SVGA

канал простирается от центрального процессора до монитора и должен обеспечивать необходимое качество изображения. На рис. 11 представлены основные блоки стандартной графической карты SVGA и показаны основные связи между ними.

Контроллер электронно-лучевой трубки (Cathode Ray Tube Controller). Контроллер ЭЛТ можно представить как один сложный управляемый генератор, содержащий в себе регистры для хранения параметров генерируемых сигналов.

В видеосигнале описываются пиксели, которые необходимо либо засветить, либо погасить. В цветном дисплее для каждого луча формируется свой видеосигнал. Информация, закодированная в видеосигнале, должна быть строго синхронизирована с движением луча по растр. Для синхронизации вырабатывается в контроллере ЭЛТ специальные сигналы HSYNC (строчная развертка), VSYNC (кадровая развертка). В некоторых типах мониторов эти синхросигналы объединяются в видеосигналы, образуя композитный сигнал.

Кроме того, этот контроллер управляет разрешением экрана монитора, конфигурацией экранного буфера и расположением его в видеопамяти, а также некоторыми другими параметрами. Для всех перечисленных функций в контроллере ЭЛТ выделены блоки регистров, в которых хранятся значения соответствующих параметров управления этими функциями.

Интерфейс с системной шиной (BUS Interface). Доступ к большинству регистров видеоадаптеров осуществляется в два этапа: через один порт ввода-вывода выбирается номер интересующего нас регистра, а затем через другой порт ввода-вывода осуществляется обмен данными.

Блок интерфейс с системной шиной занимается декодированием адресов портов ввода-вывода и адресов памяти графической карты. Воспринимая сигналы адресной и управляющей частей системной шины компьютера, этот блок вырабатывает внутренний адрес порта и сигналы для управления теми блоками, которые должны быть задействованы для обработки данных.

Если декодированный адрес принадлежит какому-либо из блоков, происходит захват системной шины и, пока графическая карта не закончит все необходимые действия, все остальные устройства компьютера не имеют доступа к шине.

Видеопамять произвольного доступа (Display Random Access Memory). Данный блок содержит в себя микросхемы памяти, в которых хранится вся графическая информация. Отсюда считываются значения пикселей другими блоками и сюда эти значения должны попасть для того, чтобы быть отображенными на экране.

Все видеорежимы графических карт SVGA можно разделить по организации видеопамати на три группы: послойные видеорежимы (например, режим 10h) , бесслонные 256-цветные видеорежимы (например, режим 13h) и бесслонные VESA-режимы.

В бесслонных графических видеорежимах с 32*210 , 64*210 или 16*220 цветами, одновременно присутствующими на экране, видеопамать монолитна, а значение байтов видеопамати напрямую определяют значение RGB-компонентов цвета. В режимах с 32*210 цветами на R, G и B отводится по 5 бит (5-5-5). В режимах с 64*210 цветами – по 5 или 6 бит (5-6-5). В режимах с 16*220 цветами на R, G и B отводится по 8 бит (8-8-8) (см. рис 7-10).

Видеопамать, находящаяся на видеоадаптере, отображается в определенной области адресного пространства центрального процессора, определяющуюся типом видеорежима и некоторыми регистрами контроллера ЭЛТ. Однако настоящее содержимое видеопамати недоступно для прямого чтения или записи процессором через интерфейс с системной шиной. Любые операции с содержимым видеопамати производятся только с помощью блока графического контроллера.

На практике это происходит прозрачно для программного обеспечения, которое производит доступ к содержимому видеопамати с помощью обычных инструкций для работы с оперативной паматью, ссылаясь операндами на область адресного пространства центрального процессора, в которую отображена видеопамать. При этом включаются механизмы интерфейса с системной шиной (описанный выше) и графического контроллера (описанный далее).

Графический контроллер (Graphics Controller). Этот контроллер, также называемый контроллером доступа к графической информации, управляет обновлением содержимого видеопамати. Любой обмен данными между системной шиной и видеопаматью производится только через графический контроллер.

При выполнении центральным процессором (ЦП) операции чтения из области адресного пространства, в которую отображена видеопамать, активизируется блок интерфейс с системной шиной, который с помощью блоков последовательного и графического контроллера производит считывание данных из видеопамати в специальные регистры блока графического контроллера, называемые защелками. И уже из них, опять через интерфейс с системной шиной, эти данные попадают на системную шину и в ЦП.

При выполнении процессором операции записи в область адресного пространства, отведенную под видеопамать, графический контроллер может выполнять следующие логические операции над данными

из процессора и данными регистров-защелок: логические «И», «Или», «Исключающее или».

После результата выполнения логической операции с содержимым регистров-защелок с байтом процессора происходят дальнейшие преобразования. Характер взаимодействия данных, поступающих от центрального процессора, с содержимым регистров-защелок определяется состоянием специальных регистров графического контроллера.

Таким образом, видеоадаптер может выполнять частичную обработку видеоданных.

Последовательный контроллер (Sequencer). Последовательный контроллер управляет потоком данных из видеопамяти и блока графического контроллера в блоки атрибутного контроллера и ЦАП, а также генерирует последовательности сигналов управления, осуществляющие чтение/запись видеопамяти, синхронизацию блоков графического контроллера и атрибутного контроллера. Последовательный контроллер содержит несколько регистров, влияющих на работу других блоков графической карты. С его помощью, например, можно запретить изменение некоторых или всех слоев видеопамяти. Для этого используется регистр разрешения записи цветового слоя, который содержит 4 бита, управляющие записью в цветовые слои видеопамяти. Если бит регистра, управляющий цветовым слоем, равен нулю, то данный цветовой слой не изменяется. Если бит регистра, управляющий цветовым слоем, равен единице, то в данный слой видеопамяти записываются значения, поступившие от графического контроллера.

Контроллер атрибутов (Attribute Controller). В данном блоке производится трансляция номера цвета из 4- или 16-цветной палитры в номер регистра ЦАП, где находятся истинные значения RGB-составляющих конечного цвета пиксела. Кроме того, атрибутный контроллер управляет горизонтальным смещением первого отображаемого пиксела в последовательности из восьми пикселей, описываемой каждым байтом в послойных видеорежимах. Во всех остальных высокоцветных видеорежимах, где на один пиксел приходится один и более байт, данный блок не участвует. Номер цвета пиксела, находящийся в видеопамяти, в этих видеорежимах направляется последовательным контроллером прямо в ЦАП, где преобразуется в RGB-составляющие.

Цифро-аналоговый преобразователь, ЦАП (DAC). Этот блок стоит последним на пути прохождения информации от ЦП до монитора. Именно здесь генерируются аналоговые сигналы, поступающие на монитор.

В 4-, 16-, 256-цветных видеорежимах, а также в монохромных видеорежимах ЦАП преобразует поток из 8-битных номеров цветов пик-

селов (номеров регистров ЦАП) в аналоговые сигналы, поступающие на монитор. Во всех перечисленных режимах, исключая 256-цветный, эти данные поступают в него из атрибутного контроллера. В 256-цветных режимах данные поступают в ЦАП напрямую из последовательного контроллера.

В высокоцветных видеорежимах поток данных поступает в этот блок также напрямую из последовательного контроллера. Но в этом случае он представляет собой не номера регистров ЦАП, а сразу RGB-составляющие истинных цветов. Для разных высокоцветных видеорежимов количество бит, приходящихся на один пиксел, различно, но схема преобразования в аналоговые сигналы одинакова.

2.6. Аппаратные методы увеличения скорости вывода графических карт SVGA

Архитектура стандартной карты SVGA оказалась не в состоянии обеспечить необходимую для систем мультимедиа производительность графической подсистемы. Для решения этой проблемы рядом фирм были разработаны различные дополнительные аппаратные средства акселерации карт SVGA, позволяющие разгрузить ЦП и увеличить скорость передачи данных.

Ускоритель графического интерфейса пользователя (Graphics User Interface Accelerator). Это устройство (рис. 12) представляет собой совокупность рассредоточенных по всей графической карте блоков, служащих одной цели – перераспределить операции доступа к видеопамяти между всеми блоками графической карты и ЦП таким образом, чтобы минимизировать количество конфликтов.

Буфер записи центрального процессора (CPU Write Buffer). Этот блок буферизует операции записи данных ЦП в видеопамять графической карты.

Если в момент доступа ЦП видеопамять занята каким-либо другим блоком, этот запрос помещается в буфер и выполняется позже. Таким образом минимизируется время ожидания ресурсов ЦП. При наиболее удачных стечениях обстоятельств выигрыш в скорости может составлять 2-3 раза.

Буфер FIFO (первый – вошел – первый – вышел). Этот буфер подобен буферу записи ЦП. Он занимается буферизацией операций передачи данных между последовательным контроллером и контроллером атрибутов. Это позволяет последнему считывать с помощью последовательного контроллера из видеопамяти не байт, а строку или часть строки пикселей за один цикл обращения, используя режим быстрой

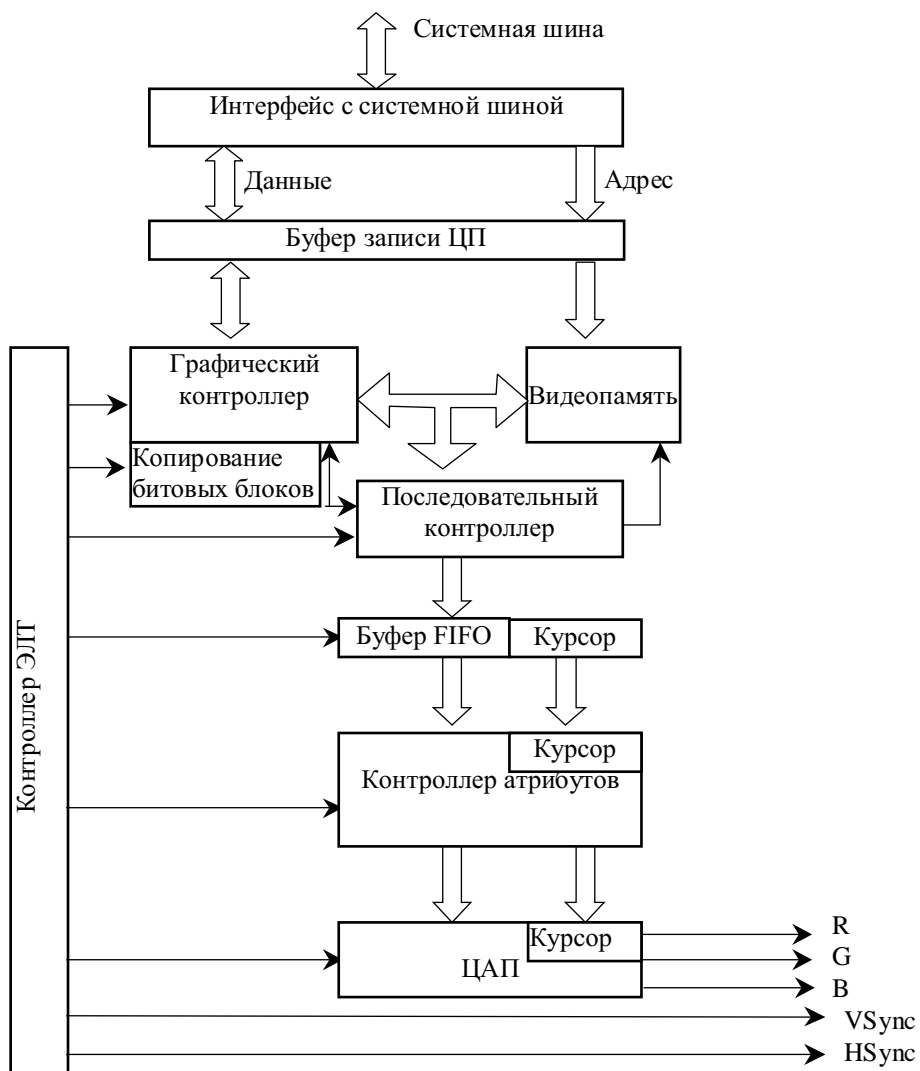


Рис. 12. Блок-схема SVGA с ускорителем графического интерфейса пользователя

страничной пересылки данных. Это значительно снижает количество обращений к видеопамяти, которые в обычном случае определяются частотой циклов обновления экрана.

Графический курсор (Cursor). Три блока, обозначенные на рисунке 12 этим именем, отвечают за аппаратную функцию графического курсора. Первый из них (верхний) хранит изображение и маску курсора. Второй и третий являются частью атрибутного контроллера и ЦАП и отвечают за наложение изображения курсора на основную отображаемую на экран информацию. Эта функция – неотъемлемая часть любого графического интерфейса, в котором применяется курсор, управляемый такими манипуляторами, как «мышь», джойстик или трекбол. Будучи реализована программно, она всегда была сопряжена с большим объемом вычислений и пересылок данных при обработке прерываний, приходящих от управляющего курсором манипулятора. Аппаратная же реализация во много раз сократила объемы пересылок и время обработки этих прерываний.

Копирование битовых блоков (Bit Block Transfer – Bit BLT). Данный блок аппаратно реализует функцию копирования участков изображения прямоугольной формы. Как правило, поддерживаются расширенные варианты данной функции, способные совершать логические функции над содержимым копируемой области. Это одна из самых распространенных и самых емких по времени экранных функций в системах с графическим интерфейсом пользователя. Таким образом, был сделан серьезный шаг по разгрузке ЦП от большей части взаимодействия с видеопамятью. В сочетании с остальными блоками ускоритель графического интерфейса пользователя позволяет осуществлять операции копирования типа видеопамять-видеопамять примерно в 20 раз быстрее, чем программно, а память-видеопамять – примерно в 10 раз.

Графический сопроцессор (Graphics Co-Processor). Это устройство (рис. 13) состоит из двух блоков: исполняющего устройства и блока регистров.

Исполняющее устройство выступает в качестве специализированного сопроцессора, с которым можно общаться через особые порты ввода-вывода, принадлежащие регистрам блока регистров.

Этот сопроцессор является вторым устройством после графического контроллера, с помощью которого можно записывать информацию в видеопамять, но он обеспечивает более высокоуровневый интерфейс. Если с помощью графического контроллера операциями записи ЦП можно было записывать в видеопамяти байты, предварительно установив в соответствующих регистрах специальных портов ввода-вывода режим записи, логическую функцию, битовую маску и т.д., то с помощью графического сопроцессора можно сразу «рисовать» в видеопамяти простейшие графические примитивы: линии, дуги, закрашенные прямоугольники и т.п.

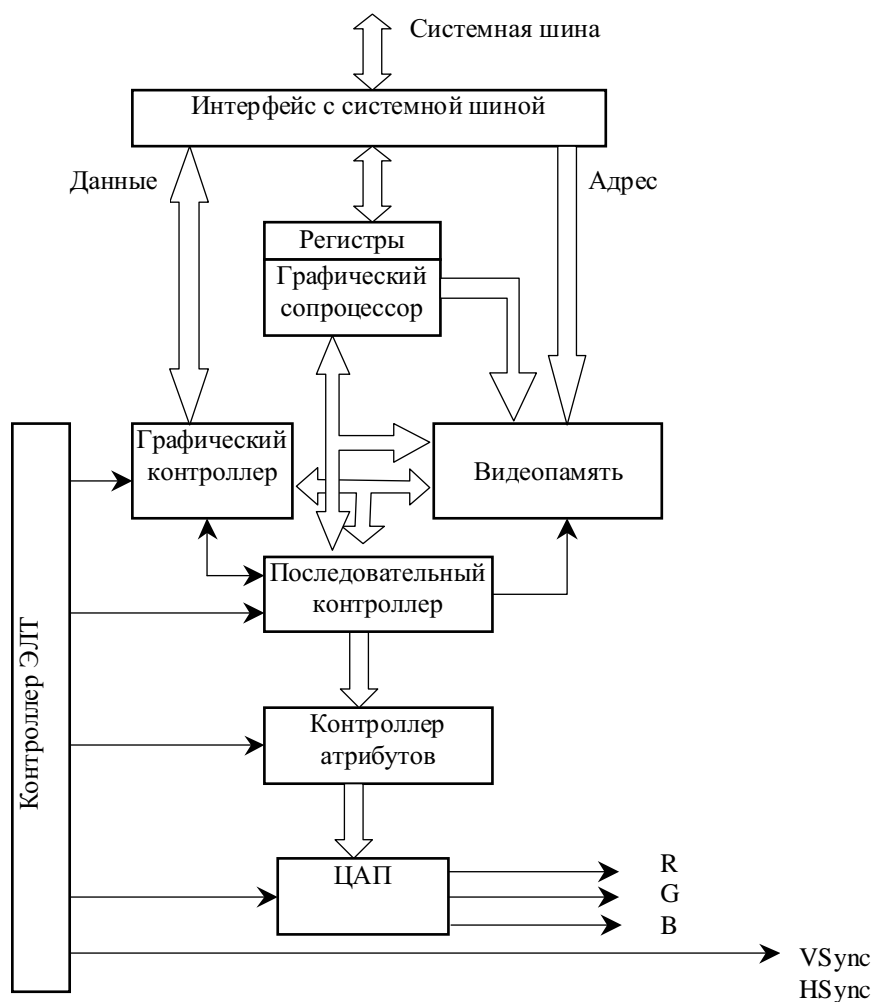


Рис. 13. Блок-схема SVGA с графическим сопроцессором

Таким образом, практически все векторные примитивы, являющиеся обычно основой любой графической библиотеки, не только исполняются отдельным процессором, освобождая ЦП компьютера, но и содержатся не в главной оперативной памяти, а в микрокоде графического сопроцессора, освобождая пространство оперативной памяти. Выигрыш во времени от использования данного устройства составляет от

3–5 (вывод горизонтальной линии) до 100 раз (масштабирование прямоугольной области с нецелым коэффициентом).

Блок регистров служит для общения центрального процессора с исполнительным блоком. По назначению регистры делятся на командные, параметров и управляющие.

Командный регистр, как правило, один. В него заносится число (команда), соответствующее графическому примитиву, который необходимо «нарисовать» в видеопамяти.

Регистры параметров содержат параметры примитивов в соответствии с их спецификой, например координаты концов линии или координаты верхнего левого и нижнего правого углов прямоугольника.

Управляющие регистры содержат некоторую специальную информацию, которая может влиять на характер отображения в видеопамяти исполняемых графических примитивов.

Масштабируемое окно (Zoom Window). Это устройство аппаратно реализует функцию матричного масштабирования с нецелым коэффициентом прямоугольной области видеопамяти или потока пикселей, поступающего от какого-либо внешнего источника данных. Конструктивно оно состоит из трех частей.

1) Часть блока последовательного контроллера, отвечающая за организацию активного окна в видеопамяти, записи и считывания из него информации, а также за взаимодействия блока Zoom Window с другими блоками графической карты, имеющими доступ к видеопамяти.

2) Отдельный блок Zoom Window, собственно реализующий саму функцию масштабирования.

3) Часть блока ЦАП, отвечающая за организацию окна, наложенного на основное изображение, и отображение в нем результатов работы блока Zoom Window. Во многих графических картах поддерживается одновременное присутствие нескольких подобных окон.

Этот блок в зависимости от цветовой глубины, размеров изображения и коэффициента масштабирования способен выполнять масштабирование с произвольным нецелым коэффициентом в 10-100 раз быстрее, чем программные системы. До появления аппаратной реализации Zoom Window из-за огромного объема вычислений не было возможности масштабирования при выводе на экран движущихся изображений. Теперь, благодаря описанной функции, стали возможны такие области мультимедиа, как мультипликация, «живое видео в окне» и др.

Упаковщик/распаковщик (Compressor/Decompressor – CODEC). Данное устройство состоит из двух блоков – исполняющего устройства (CODEC) и памяти (CODEC RAM), необходимой для процесса упаковки/распаковки.

Это устройство не может самостоятельно обращаться к видеопамяти. Для этого оно подключается к блоку Zoom Window, и вся информация, поступающая из CODEC, попадает сразу в одно из окон Zoom Window в видеопамяти.

Назначение этого устройства заключается в том, чтобы упаковывать или распаковывать в соответствии с определенными форматами потоки графических данных (пикселей), поступающих от ЦП (или к ЦП).

Применение упакованных данных, с распаковкой их перед отображением внутри графической карты, значительно уменьшает объемы информации, пересылаемые по системной шине между ЦП и графической картой. Средняя скорость сжатия информации зависит от алгоритма, принятого в рамках конкретного стандарта сжатия графической информации, реализованного в том или ином CODEC, а также от самой информации и колеблется примерно в диапазоне от 2 до 200 раз. Во многих стандартах от степени сжатия напрямую зависит качество результирующего изображения, так как применяются методы упаковки с потерей информации.

В настоящий момент существует множество стандартов на форматы упаковки графической информации, которые широко применяются в области цифрового видео – Cinepak, Indeo, Video 1, MJPEG, MPEG.

3. БАЗОВЫЕ ПРОГРАММНЫЕ МОДУЛИ ВИДЕОСИСТЕМ ЭВМ

3.1. Состав базового ПО видеосистем

К базовым программным модулям видеосистем ЭВМ относят функции BIOS и драйверы видеоадаптеров.

Как уже отмечалось в разделе 1.4, наиболее эффективный код имеют программы, использующие прямое программирование регистров видеоадаптера. Однако это требует от программиста знания регистров адаптера, структуры видеопамяти адаптера в данном режиме, принципов формирования изображения. К тому же такая программа может оказаться непереносимой на другие видеоподсистемы.

Решить эти проблемы позволяет использование процедур BIOS.

Во всех персональных компьютерах семейств PC и PS/2 имеется содержащаяся в ПЗУ базовая система ввода-вывода BIOS, т.е. набор процедур, образующих программный интерфейс нижнего уровня для управления стандартными устройствами компьютера.

Процедуры BIOS способны осуществить элементарные операции: задать режим работы видеоадаптера, вывести в любую позицию экрана

символ заданного цвета, прокрутить окно экрана вниз, вывести на экран символ, задать активную страницу, загрузить шрифт и т.п.

Размещая BIOS в ПЗУ (он называется еще ROM BIOS), фирма IBM обеспечивает совместимость компьютеров с различной аппаратной конфигурацией.

Хотя и MS-DOS имеет функции работы с экраном, но средства DOS «в чистом виде» весьма скудны. DOS позволяет вывести на экране только черно-белый текст. Возможности позиционирования текста на экране ограничиваются использованием символов возврата каретки (код 0Dh) и перевода строки (0Ah).

Фактически любую графическую операцию удастся свести к работе с отдельными пикселями. Однако большинство графических библиотек поддерживает работу с более сложными объектами, поскольку работа только на уровне отдельно взятых пикселей была бы очень затруднительной для программиста.

Среди подобных объектов, представляющих собой объединение пикселей, можно выделить следующие основные группы:

- 1) линейные изображения (растровые образы кривых);
- 2) сплошные объекты (растровые образы двумерных областей);
- 3) шрифты;
- 4) картинки.

Как правило, каждый компилятор имеет свою графическую библиотеку, обеспечивающую работу с основными группами графических объектов. Примером такой библиотеки может служить стандартный библиотечный модуль Graph языка Turbo Pascal. От библиотеки требуется, чтобы ее функции поддерживали работу с основными типами видеоадаптеров. Существует несколько путей обеспечения этого.

Один из них заключается в написании своей версии библиотеки для всех основных типов адаптеров. Значит, программист должен изначально знать, для какого конкретно видеоадаптера он пишет свою программу, и использовать соответствующую версию библиотеки. В результате вместо одной программы получается набор программ для разных видеоадаптеров. Принцип совместимости адаптеров выручает здесь несильно: хотя программа, рассчитанная на адаптер CGA, и будет работать на VGA, но она не сможет воспользоваться преимуществами VGA, будет работать с ним как с CGA.

Можно включить в библиотеку версии процедур для всех основных типов адаптеров. Это обеспечит некоторую степень машинной независимости. Однако нельзя исключать случай наличия у пользователя нестандартного адаптера, не поддерживаемого библиотекой (например,

SVGA). Но самым существенным недостатком такого подхода является слишком большой размер получаемого выполняемого файла, что уменьшает объем оперативной памяти, доступной пользователю.

Наиболее распространенным является использование драйверов устройств. При этом выделяется некоторый основной набор графических операций так, чтобы все остальные операции можно реализовать, используя только операции основного набора. Привязка к видеоадаптеру заключается именно в реализации этих основных операций. Для каждого адаптера пишется так называемый драйвер – небольшая программа со стандартным интерфейсом, реализующая все эти операции для данного адаптера и помещаемая в отдельный файл. Библиотека в начале своей работы определяет тип имеющегося видеоадаптера и загружает соответствующий драйвер в память. Таким образом, достигается практически полная независимость написанных программ.

3.2. Процедуры видеоBIOS. BIOS и управление экраном

В первых персональных компьютерах Apple и IBM PC модули обслуживания стандартной периферии были записаны в постоянное запоминающее устройство (ПЗУ). Совокупность этих модулей (плюс программа начальной инициализации и тестирования) в компьютере IBM PC называли базовой системой ввода-вывода BIOS.

Выпускаемые различными фирмами компьютеры, совместимые с IBM PC, могут немного отличаться по типу периферийного оборудования, но для достижения совместимости с IBM PC модули BIOS нивелируют эти различия, предоставляя в распоряжение программы пользователя стандартный набор модулей для работы с устройствами ввода-вывода.

Другими словами, содержащаяся в ПЗУ базовая система ввода-вывода BIOS – это набор процедур, образующих программный интерфейс нижнего уровня для управления стандартными устройствами компьютера.

Микросхема ПЗУ BIOS, расположенная на системной плате, содержит и функции для управления видеоадаптерами. Однако почти все видеоадаптеры имеют собственную схему ПЗУ BIOS, расположенную на самой плате адаптера. На практике для управления видеоадаптером используют функции, записанные в его ПЗУ BIOS.

Процедуры управления видеоадаптером также называют драйвером дисплея или видеоBIOS. Так как вызов любой функции видеоBIOS осуществляется командой INT 10h, его часто называют интерфейсом прерывания 10h.

Использование процедур BIOS для управления видеоадаптерами имеет как преимущества, так и недостатки. Основным преимуществом функций BIOS является то, что они скрывают всю кропотливую работу по программированию регистров видеоадаптера и видеопамати, предоставляя программисту достаточно простой интерфейс. Однако это еще не все. Так как функции BIOS создаются самими разработчиками видеоадаптера, то они учитывают все особенности конкретной модели адаптера, выравнивая все различия. Это особенно важно для программирования видеоадаптеров SVGA, так как набор регистров и организация видеопамати разных моделей может сильно отличаться.

К недостаткам функций BIOS можно отнести невысокую скорость их работы. Отчасти это вызвано тем, что доступ к данным, записанным в ПЗУ, происходит медленнее, чем к оперативной памяти. Многие системные платы позволяют перенести содержимое медленного ПЗУ BIOS в более быструю оперативную память. Эта область оперативной памяти получила название теневой памяти, так как ее содержимое полностью повторяет соответствующую область ПЗУ. Отметим, что ПЗУ BIOS видеоадаптера обычно занимает адресное пространство, начиная с адреса C000:0000h до адреса C000:7FFFh (см. раздел 1.4).

Второй недостаток функций ПЗУ BIOS состоит в том, что большинство их неинтерактивно. То есть, пока не завершится вызов одной функции BIOS, нельзя вызвать другую функцию BIOS. Вследствие этого нельзя пользоваться многими функциями BIOS в резидентных программах.

Наконец, последний недостаток функций BIOS видеоадаптера состоит в том, что они предназначены только для работы в реальном режиме процессора. Функции видеоBIOS вызываются из прикладной программы при помощи механизма программных прерываний.

Кратко остановимся на системе прерываний машин типа IBM PC.

Самое начало оперативной памяти от адреса 0000h до адреса 03FFh отводится под векторы прерываний – четырехбайтовые области, в которых хранятся адреса программ обработки прерываний (ПОП). Векторы, как и соответствующие им прерывания, имеют номера, называемые типами, причем вектор с номером 0 (вектор типа 0) располагается, начиная с адреса 0, вектор типа 1 – с адреса 4, вектор типа 2 – с адреса 8 и т.д. Таким образом, вектор с номером N занимает байты памяти от $N*4$ до $N*4+3$. Всего в выделенной под векторы области памяти помещается 256 векторов.

Получив сигнал на выполнение процедуры прерывания с определенным номером, процессор осуществляет переход на процедуру обработки прерывания.

Запросы на выполнение процедуры прерывания могут иметь различную природу. Прежде всего различают аппаратные прерывания от периферийных устройств или других компонентов системы и программные прерывания, вызываемые командой INT, которая и используется, в частности, для программного обращения к функциям BIOS.

Вообще говоря, процедура вызова и обработки программного прерывания похожа на процедуру вызова подпрограммы. Отличие заключается в том, что вызывающая программа «не знает» адреса модуля обработки прерываний в памяти. Поэтому работа программ не зависит от адресов расположения модулей обработчиков прерывания, а также от адреса загрузки вызывающей программы.

Удобнее всего вызывать эти функции BIOS на языке Ассемблера, так как сами процедуры BIOS написаны на этом языке. Ассемблер является языком программирования низкого уровня, он позволяет программировать на уровне регистров процессора. Регистры процессора – ячейки, расположенные в центральном процессоре и доступные из машинных команд. Доступ к регистрам осуществляется намного быстрее, чем к ячейкам памяти, поэтому использование регистров заметно сокращает время выполнения программ.

Процессор реального режима содержит двенадцать 16-разрядных программно-адресуемых регистров, которые принято объединять в три группы: регистры данных (AX, BX, CX, DX), регистры указатели (SI, DI, BP, SP) и сегментные регистры (CS, DS, ES, SS). Кроме того, в состав процессора входят счетчик команд (IP) и регистр флагов (FLAGS).

Регистры данных допускают независимое обращение к старшим (AH, BH, CH и DH) и младшим (AL, BL, CL и DL) половинам регистров AX, BX, CX и DX соответственно.

Рассмотрим команду пересылки mov языка Ассемблер.

Синтаксис команды имеет следующий вид:

Mov op1, op2.

Здесь op1 – операнд приемник, op2 – операнд источник.

Так, команда MovBL, AH пересылает старший байт регистра AX в младший байт регистра BX, не затрагивая при этом вторых байтов (AL и BH).

Рассмотрим, каким образом происходит вызов функции BIOS на языке Ассемблер.

Для вызова модуля видеоBIOS программа использует команду INT 10h. Конкретная функция задается номером, который перед вызовом INT 10h загружается в регистр процессора AH. Многие функции требуют

передачи параметров в регистрах процессора AL, BX, CX и DX. Возвращаемые процедурой BIOS значения передаются программе также в регистрах. Для большинства функций BIOS приняты следующие соглашения:

- возможная подфункция определяется содержимым регистра AL;
- координата x (номер столбца) передается в регистре CX (графический режим) или в регистре DL (текстовый режим);
- координата y (номер строки) передается в регистре DX (графический режим) или в регистре DH (текстовый режим);
- номер требуемой страницы видеобуфера передается в регистре BH, причем нумерация страниц начинается с нуля.

Как правило, процедуры BIOS не контролируют правильность параметров и не возвращают коды состояния. Следовательно, контроль правильности условий вызова процедур BIOS возлагается на программиста.

Программирование с помощью средств BIOS. Приведем два описания функций BIOS прерывания 10h (полный перечень данных по функциям BIOS прерывания 10h приведены в приложении 1).

Функция 00h – устанавливает видеорежим. При вызове функции в регистр AH помещается значение 00h (номер функции), в AL – номер видеорежима. Возможные значения AL:

03 – установится 16-цветный текстовый режим с разрешением 80*25;

10h – графический режим, 640*350, 16 цветов (EGA);

4h – графический режим, 320*200, 4 цвета (CGA);

12h – графический режим, 640*350, 16 цветов (EGA);

13h – графический режим, 320*200, 256 цветов (VGA).

Функция 0Ch – выводит пиксел на экран в позицию CX, DX. При вызове функции в регистр AH помещается значение 0Ch, в AL – цвет, в BH – страница, в CX – графический столбец, в DX – графическая строка.

На языке Ассемблер фрагмент кода программы, устанавливающий режим 13h (разрешение 320*200, 256 цветов), а затем вывод пиксела красного цвета (код 4) в 10 столбец, 5 строку экрана, может выглядеть так (текст правее точки с запятой на языке Ассемблер считается комментарием):

mov AH, 0	;0 – номер функции установки видеорежима,
mov AL, 13h	; пересылка в регистр AL значения 13h,
int 10h	; вызов прерывания BIOS 10h,
mov AH, 0Ch	; в регистр AH – номер функции – вывод

		; пиксела на экран,
mov	AL,4	; в регистр AL переслать код красного цвета,
mov	CX,10	; регистр CX содержит номер столбца,
mov	DX,5	; регистр DX содержит номер строки,
mov	BH,0	; регистр BH содержит номер страницы,
int	10h	; вызов прерывания BIOS 10h.

Можно использовать встроенный Ассемблер для программирования на Паскале. Для этого необходимо ассемблерный код выделить ключевыми словами `asmend`. Наконец, можно вызвать прерывание непосредственно на языке Паскаль:

Для этого в модуле DOS определена структура типа `Registers`, поля структуры – регистры процессора.

Фрагмент кода на Паскале: процедура установки графического режима.

```

PROGRAM BIOS;
USES  DOS;

VAR
    Regs:Registers; { тип определен в DOS}
    ...
    Procedure SetGraphRegime(regime:byte);
    Begin
        Regs.AH:=0;
        Regs.AL:=regime;
        Intr($10,regs);
    End;
    ...
    End.
```

Таким образом, если вызвать функцию `SetGraphRegime` с параметром `13h`, то для VGA-совместимой видеокарты установится 256-цветный графический режим с разрешением 320*200. При использовании функции BIOS нет необходимости подключать стандартный графический модуль `Graph`, который предназначен для работы с графикой на языке Паскаль.

Если стандарт VESA поддерживается видеоадаптером SVGA, то определенные им функции записываются производителями видеоадаптеров в ПЗУ самого адаптера. Они называются расширением прерывания BIOS `10h` – VESA BIOS Extention или VBE. Вызов функции VBE проис-

ходит иначе, чем вызов функции видеодрайвера BIOS. Для вызова функции VBE в регистр AH необходимо записать 4Fh, в регистр AL – 02h, а в BX – номер режима.

При этом функция может не выполняться по нескольким причинам. Она может отсутствовать в вашей версии VBE. Может возникнуть и такая ситуация, при которой в VBE эта функция есть, но ее не поддерживает аппаратура видеоадаптера.

BIOS поддерживает несколько динамических переменных в области памяти, называемой областью данных дисплея. Эти переменные размещаются в младших адресах памяти 0000:0400h – 0000:0500h и содержат основные параметры, определяющие состояние компьютера. Прикладные программы должны осторожно обращаться с этой областью памяти, так как нарушения в ней могут вызвать «зависание» компьютера или другие нежелательные эффекты. Если вы самостоятельно программируете видеоадаптер непосредственно через регистры, вам следует самостоятельно изменять соответствующие переменные в младших адресах памяти. Это даст вам возможность пользоваться функциями BIOS. Например, если вы изменили непосредственно через регистры видеоадаптера положение курсора, а потом желаете определить его положение при помощи функций BIOS, то надо сразу после изменения регистра изменить и соответствующую переменную BIOS (ее адрес 0000:0450h). Поэтому область данных дисплея называется также областью данных видеофункций BIOS.

Переменные видеоBIOS содержат большое количество параметров: режим работы видеоадаптера, количество символов в строке экрана, размер страницы видеопамяти в байтах и т.д.

В области данных видеофункций BIOS по адресу 0000:04A8h находится переменная, значение которой представляет собой адрес таблицы окружения.

Таблица окружения содержит пять двойных слов (двойное слово – это ячейка памяти размером 4 байта), представляющих собой указатели на различные структуры (таблица и буферы памяти), необходимые для BIOS видеоадаптера.

Вы можете также заменить таблицу окружения, записав указатель на новую таблицу по адресу 0000:04A8h. Таким образом, вы можете изменить шрифты и некоторые другие параметры, устанавливаемые BIOS при выборе режима видеоадаптера.

3.3. Драйверы

Как уже отмечалось, базовая система ввода-вывода BIOS в некоторой степени изолировала разработчика программного обеспечения от аппаратуры компьютера. Однако возможности BIOS ограничены. Несмотря на то, что MS-DOS в некоторой степени расширяет функции BIOS (главным образом организуя программный интерфейс с файловой системой), многие программисты продолжают использовать прямую запись в видеопамять или регистры видеоадаптера. Причина – недостаточная скорость работы, а также слабые возможности соответствующих средств MS-DOS и BIOS.

Все современные операционные системы обращаются к периферийным устройствам через драйверы. В таких операционных системах, как Windows NT, OS/2 или Unix, обычная программа не может вызывать команды ввода-вывода. Для обращения к периферийному устройству она прямо или косвенно (через операционную систему) должна вызвать драйвер.

В составе операционной системы всегда имеется набор драйверов для такого стандартного оборудования, как видеоконтроллер VGA.

Все нестандартные устройства должны комплектоваться драйверами, созданными разработчиками этих устройств. В частности, последнее утверждение касается графических карт, обладающих графическим ускорителем. Поскольку не существует единого стандарта для графических ускорителей, то разные модели имеют разные наборы регистров. Поэтому программирование видеоадаптера с графическим ускорителем на низком уровне является очень сложной задачей.

При обработке запроса на доступ к устройству операционная система преобразует его в соответствии с определенными правилами. Эти правила одинаковы и для простейших, и очень сложных устройств.

Затем запрошенные функции, переведенные в некоторую команду, передают управление драйверу устройства. Таким образом, каждый запрос на системное обслуживание, сколь угодно сложный, операционная система преобразует, в конечном счете, в последовательность команд для драйвера устройства.

Драйверы фактически являются частью операционной системы. Благодаря тому что эти утилиты разрабатывались в соответствии с правилами, установленными создателями операционной системы (например, MS-DOS или Windows), ОС может распознавать новые устройства и включать их в состав стандартных. Кроме того, при установке драйверов надо также придерживаться правил и соглашений создателей ОС. Именно эти правила обеспечивают одинаковый интерфейс драйверов

с ядром операционной системы. Для ОС достаточно знать, что данный драйвер управляет некоторым устройством, имеющим определенное имя, и что он может выполнять стандартные команды драйвера.

Без установления таких драйверов, имеющих единообразный интерфейс с операционной системой, наладить управление новым устройством через ОС было бы трудной задачей. Для работы с каждым новым устройством приходилось бы изменять саму операционную систему. Причем изменять ОС пришлось бы самим производителям устройств. Отсюда сразу же возникают неразрешимые вопросы.

- Откуда взять самую последнюю версию операционной системы?
- Если каждый разработчик меняет операционную систему, каким образом можно обеспечить совместимость между программами и внешними устройствами?

Поэтому драйвер – наиболее универсальное и разумное средство программного управления устройствами. С помощью драйвера новые устройства становятся стандартными устройствами ОС и доступны в любой момент из прикладных программ.

Отметим, что драйверы MS-DOS не всегда обращаются непосредственно к аппаратуре. Обычно они вызывают BIOS, и уже BIOS выполняет все процедуры ввода-вывода. Конечно, BIOS содержит только программы для обслуживания стандартной периферии; нестандартные устройства обслуживаются драйверами напрямую.

Использование BIOS как дополнительного интерфейса между драйверами стандартных устройств и аппаратурой резко повышает «живучесть» MS-DOS на ПК, не вполне совместимых с IBM PC. И это действительно так – самая распространенная на сегодняшний день ОС MS-DOS работает на всех компьютерах, хоть сколько-нибудь совместимых с IBM PC.

Это возможно благодаря тому, что производители совместимых компьютеров учитывают в BIOS все аппаратные особенности, и MS-DOS «не видит» отличий. Тем более прикладная программа, работающая с программой через драйвер, не распознает их. Однако, как уже отмечалось, использование функций BIOS вряд ли оправданно при работе с большими объемами видеоданных.

В этих случаях особенно незаменимы драйверы, которые обращаются непосредственно к аппаратуре. Обычно драйверы пишутся самими разработчиками устройств и потому могут максимально использовать характерные особенности этих устройств. Некоторые, как правило, известные фирмы-производители после выпуска своих видеоадаптеров сравнительно продолжительный период обеспечивают их поддержку и постоянно совершенствуют драйверы.

Таким образом, можно отметить и вторичную функцию драйвера – оптимизация работы устройства.

Операционные системы Windows, OS/2 и т.д. используют специальные драйверы видеоадаптера, поставляемые вместе с операционной системой или видеоадаптером. Драйверы выполняют всю работу по управлению видеоадаптером на низком уровне. Программист, использующий графический интерфейс операционной системы, автоматически использует все возможности видеоадаптера, в том числе возможности графического акселератора.

4. ОСНОВНЫЕ РЕЖИМЫ ВИДЕОСИСТЕМ ЭВМ

4.1. Режимы работы видеосистем

Большинство видеоадаптеров способно работать в разных видео-режимах, различающихся типом информации, которую они отображают (текстовая или графическая), количеством используемых цветов, разрешающей способностью и размерами символов.

Существуют несколько стандартных режимов работы видеоадаптеров, поддерживаемых практически всеми адаптерами. Список стандартных режимов работы видеоадаптеров представлен в таблице № 2.

Для видеоадаптеров EGA, VGA и SVGA режимы 0 и 1, 2 и 3, 4 и 5 не различаются. Отличие между режимами существенно только для видеоадаптера CGA. Стандартные режимы работы не включают в себя все режимы, в которых могут работать видеоадаптеры. Видеоадаптеры SVGA могут также работать в режимах, имеющих улучшенные характеристики. Характеристики режимов отличаются у видеоадаптеров разных фирм.

Список режимов работы видеоадаптеров для стандарта VESA приведен в приложении 2.

Режимы 0 и 1. При использовании видеоадаптеров EGA, VGA или SVGA не существует функциональных различий между режимом 0 и режимом 1. В данных режимах монитор отображает цветную текстовую (алфавитно-цифровую) информацию – 25 строк и 40 столбцов. Для отображения каждого символа используется матрица пикселей размером 8*8, что соответствует низкому качеству изображения. Из-за низкой разрешающей способности режимы 0 и 1 практически не применяются.

Режимы 0* и 1*. Режимы EGA 0* и 1* являются расширенными версиями режимов 0 и 1 адаптера CGA. Эти режимы отличаются только размером матрицы пикселей, используемой для отображения символов текста. В режимах 0* и 1* матрица имеет большее число элементов – 8*14 пикселей.

Таблица 2

Стандартные режимы работы видеоадаптеров

Режимы работы	Типы режимов	Количество цветов	Разрешение, пиксел	Размер символов, пиксел
0, 1	Текстовый цветовой	16	40*25	8*8
0*, 1*	«	16	40*25	8*14
0 ⁺ , 1 ⁺	«	16	40*25	9*16
2, 3	«	16	80*25	8*8
2*, 3*	«	16	80*25	8*14
2 ⁺ , 3 ⁺	«	16	80*25	9*16
4, 5	Графический цветовой	4	320*200	
6	«	2	640*200	
7	Текстовый монохромный	2	80*25	9*14
7 ⁺	«	2	80*25	9*16
0Dh	Графический цветовой	16	320*200	
0Eh	«	16	640*200	
0Fh	Графический монохромный	2	640*350	
10h	Графический цветовой	16	640*350	
11h	«	2	640*480	
12h	«	16	640*480	
13h	«	256	320*200	

Режимы 0⁺ и 1⁺. Адаптеры VGA и SVGA реализуют собственные расширенные версии режимов 0 и 1. Они обозначаются как 0⁺ и 1⁺. Эти режимы отличаются от режимов 0 и 1 только размером матрицы пикселей, используемой для отображения символов текста. В режимах 0⁺ и 1⁺ символьная матрица имеет размерность 9*16 пикселей.

Режимы 2 и 3. В режимах 2 и 3 монитор отображает цветную текстовую информацию. Количество строк, как и в режимах 0 и 1, равно 25, а количество столбцов увеличено до 80. Для видеоадаптеров EGA, VGA и SVGA данные режимы не имеют различий.

Символы текста можно отображать в восьми основных и восьми дополнительных цветах, имеющих большую интенсивность, чем основные. Для каждого символа можно независимо задать его цвет и цвет фона. Можно использовать те же цвета, что и в режимах 0 и 1.

В этих режимах работы видеоадаптеры EGA, VGA и SVGA поддерживают 8 страниц экрана. Исключение составляют конфигурации, в которых видеоадаптер имеет только 64 Кбайт видеопамати. В этом слу-

чае EGA поддерживает только первые 4 страницы видеопамати, одна из которых является активной.

Страницы видеопамати располагаются по следующим адресам:

страница 0 – B800:0000h; страница 1 – B800:1000h;
 страница 2 – B800:2000h; страница 3 – B800:3000h;
 страница 4 – B800:4000h; страница 5 – B800:5000h;
 страница 6 – B800:6000h; страница 7 – B800:7000h.

Режимы 2* и 3*. Режимы EGA 2* и 3* – расширенные версии режимов 2 и 3 для адаптера CGA. Эти режимы отличаются только размером пиксельной матрицы, используемой для отображения символов текста. В режимах 2* и 3* матрица имеет большее число элементов – 8*14 пикселей.

Режимы 2+ и 3+. Более современные VGA и SVGA реализуют собственные расширенные версии режимов 2 и 3. Они обозначаются как 2+ и 3+. Режимы 2+ и 3+ отличаются от режимов 0 и 1 только размером матрицы пикселей, используемой для отображения символов текста. В режимах 2+ и 3+ символьная матрица имеет размерность 9*16 пикселей. Видеоадаптеры SVGA и VGA используют двойное сканирование в этих режимах.

Режимы 4 и 5. В этих режимах отображается цветная графическая информация. Экран монитора имеет разрешение 320 пикселей по горизонтали и 200 пикселей по вертикали. При отображении могут использоваться 4 основных и 4 дополнительных цвета:

Стандартный цвет	Дополнительный цвет
Черный	Черный
Голубой	Зеленый
Светло-фиолетовый	Красный
Белый	Коричневый

В отличие от предыдущих режимов, в режимах 4 и 5 поддерживается только одна страница памяти. Ее начальный адрес равен B800:0000h.

Режим 6. В этом режиме отображается графическая информация. Экран монитора имеет разрешение 640 пикселей по горизонтали и 200 пикселей по вертикали. Однако поддерживается только 2 цвета. Режим 6 является для адаптера CGA режимом наибольшего разрешения.

Определена только одна страница видеопамати, имеющая началь-

ный адрес B800:0000h. Если видеоадаптеры VGA или SVGA работают в режиме 6, то они используют двойное сканирование.

Режим 7. В этом режиме отображается монохромная текстовая информация. Экран монитора имеет разрешающую способность 25 строк и 80 столбцов. Матрица символов имеет ширину 9 пикселей, а высоту – 14 пикселей.

Видеоадаптеры EGA, VGA или SVGA в режиме 7 практически полностью программно совместимы с видеоадаптерами MDA.

В режиме 7 видеоадаптеры EGA, VGA или SVGA поддерживают 8 страниц видеопамяти, за исключением конфигураций, в которых видеоадаптер EGA имеет только 64 Кбайт памяти. В этом случае адаптер EGA поддерживает только первые 4 страницы.

Страницы видеопамяти располагаются по следующим адресам:

страница 0 – B800:0000h;	страница 1 – B800:1000h;
страница 2 – B800:2000h;	страница 3 – B800:3000h;
страница 4 – B800:4000h;	страница 5 – B800:5000h;
страница 6 – B800:6000h;	страница 7 – B800:7000h.

Режим 7⁺. Режим видеоадаптеров VGA и SVGA с номером 7⁺ является расширенной версией режима 7 адаптера EGA. Этот режим отличается только размером пиксельной матрицы, используемой для отображения символов текста. В режиме 7⁺ символьная матрица имеет большую размерность – 9*16 пикселей.

Режим 0Dh. В этом режиме отображается графическая информация. Разрешающая способность экрана составляет 320 пикселей по горизонтали и 200 пикселей по вертикали. Режим похож на режим 4, но в нем адаптер поддерживает 16 цветов.

Количество страниц видеопамяти зависит от объема памяти видеоадаптера:

Объем видеопамяти, Кбайт	кол-во страниц видеопамяти
256	8
128	4
64	2

Страницы видеопамяти располагаются по следующим адресам:

страница 0 – B800:0000h;	страница 1 – B800:1000h;
страница 2 – B800:2000h;	страница 3 – B800:3000h;
страница 4 – B800:4000h;	страница 5 – B800:5000h;
страница 6 – B800:6000h;	страница 7 – B800:7000h.

Если видеоадаптеры VGA или SVGA работают в режиме 0Dh, то они используют двойное сканирование для увеличения разрешающей способности.

Режим 0Eh. В этом режиме отображается графическая информация. Разрешающая способность экрана составляет 640 пикселей по горизонтали и 200 пикселей по вертикали. В этом режиме адаптер способен поддерживать 16 различных цветов.

Количество страниц видеопамати зависит от объема памяти видеоадаптера:

Объем видеопамати, Кбайт	Кол-во страниц видеопамати
256	8
128	4
64	2

Страницы видеопамати располагаются по следующим адресам:

страница 0 – A000:0000h; страница 1 – A000:4000h;

страница 2 – A800:8000h; страница 3 – A000:C000h.

Если видеоадаптеры VGA или SVGA работают в режиме 0Eh, то они используют двойное сканирование для увеличения разрешающей способности.

Режим 0Fh. Это монохромный графический режим. Разрешающая способность экрана составляет 640 пикселей по горизонтали и 350 пикселей по вертикали.

Видеоадаптер EGA поддерживает две страницы экрана за исключением случая, когда видеопамать EGA составляет 64 Кбайт. В последнем случае доступна только одна страница.

Страницы видеопамати располагаются по следующим адресам:

страница 0 – A000:0000h; страница 1 – A000:8000h.

Если видеоадаптеры VGA или SVGA работают в режиме 0Eh, то они используют двойное сканирование для увеличения разрешающей способности.

Режим 10Fh. Это цветовой графический режим. Разрешающая способность экрана составляет 640 пикселей по горизонтали и 350 пикселей по вертикали. Режим обеспечивает отображение 16 цветов, кроме тех случаев, когда видеоадаптер EGA имеет только 64 Кбайт видеопамати. Адаптер EGA с 64 Кбайт видеопамати способен отображать только 4 цвета.

Стандартная цветовая палитра для данного режима:

Полная палитра (объем видеопамати не менее 128 Кбайт)	Неполная палитра (64 Кбайт видеопамати)
Черный	Черный
Светло-бирюзовый	Светло-бирюзовый
Зеленый	Черный
Синий	Светло-бирюзовый
Красный	Красный
Фиолетовый	Белый
Коричневый	Красный
Белый	Белый
Темно-серый	Черный
Светло-голубой	Светло-бирюзовый
Салатовый	Черный
Голубой	Светло-бирюзовый
Розовый	Красный
Светло-малиновый	Белый
Желтый	Красный
Ярко-белый	Белый

Можно изменить цветовую палитру, переустановив регистры цветовой палитры.

Режим 11h. Цветовой графический режим. Разрешающая способность экрана составляет 640 пикселей по горизонтали и 480 пикселей по вертикали. В этом режиме адаптер способен поддерживать только два цвета. Видеопамать образует одну страницу. Начальный адрес видеопамати – A000:0000h.

Режим 12h. Цветовой графический режим. Разрешающая способность экрана составляет 640 пикселей по горизонтали и 480 пикселей по вертикали. В этом режиме адаптер способен отображать 16 цветов. Видеопамать образует одну страницу. Начальный адрес видеопамати – A000:0000h.

Режим 13h. Цветовой графический режим. Разрешающая способность экрана составляет 320 пикселей по горизонтали и 200 пикселей по вертикали. В этом режиме адаптер способен одновременно отображать 256 цветов. Несмотря на низкую разрешающую способность

монитора в режиме 13h, изображение кажется более реалистичным, так как значительно увеличился выбор цветов.

Видеопамять образует одну страницу. Начальный адрес видеопамяти – A000:0000h.

4.2. Текстовые режимы

После загрузки компьютера дисплей всегда начинает работать в текстовом режиме.

В этом режиме, называемом также символьным или режимом с символьным отображением, экран разделяется на отдельные символьные позиции, в каждой из которых выводится один символ. Символьные позиции определяются двумя координатами: номером текстовой строки (координата y) и номером текстового столбца (координата x). Начало координат (0;0) находится в верхнем левом углу рабочей области экрана.

Изображение символа формируется на точечной матрице, размер которой зависит от использованного видеоадаптера и номера режима. Точки, образующие изображения символа, называются передним планом, а остальные точки матрицы – фоном. Чем больше пиксельный размер матрицы символа, тем выше качество изображения символов.

В текстовом режиме каждый символ, наблюдаемый на экране, представляется в видеобуфере всего двумя байтами. Вместе с тем в графическом режиме каждый пиксел каждого символа представлен в видеобуфере несколькими битами. Например, в 16-цветном режиме (4 бита на пиксел) и символьной матрице 8*8 описание каждого символа занимает 32 байта. Соответственно усложняются и алгоритмы преобразований символьных данных. Таким образом, вывод данных в текстовом режиме оказывается наиболее простым и быстрым. Следовательно, текстовые режимы видеоадаптеров следует использовать всегда, когда приложению не нужно выводить на экран графическую информацию.

Стандартные текстовые режимы работы видеоадаптеров позволяют вывести на экран 25 строк по 40 символов (режимы 0, 1) или 80 символов (режимы 2, 3, 7).

Если перепрограммировать некоторые регистры видеоадаптера, то можно увеличить число отображаемых строк для адаптера EGA до 43, а для VGA – до 50. Если используется видеоадаптер SVGA, то доступными могут также являться текстовые режимы с большим разрешением: 80*60, 132*25, 132*43, 132*50, 132*60 символов.

Отметим, что в текстовом режиме имеются ограниченные средства так называемой блочной графики или псевдографики. В ASCII-коды включены символы псевдографики – отрезки вертикальных и горизонтальных прямых, угловые элементы и т.п. Они считаются текстом и обрабатываются как обычные текстовые символы; для них доступны также все символьные атрибуты. Блочная графика оказывается самой быстрой для ПК, но, разумеется, она ограничена несложными графическими изображениями.

4.3. Организация дисплейных страниц

В текстовых режимах всех видеоадаптеров, за исключением MDA, емкость видеобуфера оказывается больше, чем требуется для заполнения всего экрана текстовыми данными.

Другими словами, на экран можно вывести только часть данных видеобуфера, обычно эту часть называют страницей. Например, в текстовых режимах с форматом 80*25 для заполнения экрана требуется 4000 байт, а даже в видеоадаптере CGA емкость видеобуфера составляет 16 Кбайт. И в нем можно хранить 4 отдельных экрана (страницы данных).

В любой момент времени на экран выводится содержимое только одной страницы, которая называется текущей, активной или визуальной. Остальные страницы в это время полностью доступны процессору. Наличие в видеобуфере нескольких текстовых страниц позволяет реализовывать интересные приемы. В момент отображения на экране текста активной страницы можно подготовить к выводу на экран содержимое других страниц. При переключении активных страниц на экране смена изображения происходит практически мгновенно.

При программировании контроллера ЭЛТ предусмотрена возможность для вывода на экран любых 4000 смежных байт из видеобуфера. Для программирования видеоадаптера на вывод различных смежных областей видеобуфера необходимо модифицировать два регистра контроллера ЭЛТ – регистры начального адреса. В этих регистрах записан адрес видеоданных, которые отражаются в верхнем левом углу монитора. Регистры начального адреса можно использовать для перемещения изображения по экрану (прокрутки) и для переключения активной страницы.

Если вы желаете использовать регистры для переключения страниц видеопамати, то в регистры начального адреса надо записать смещение страницы видеопамати (относительно начала видеопамати), которую необходимо отобразить на экране.

При задании режима работы видеоадаптера BIOS инициализирует регистры начального адреса контроллера ЭЛТ на 0, что соответствует смещению первого выводимого символа относительно базового адреса видеобуфера и обеспечивает вывод на экран первые 4000 байт.

Загрузка регистров начального адреса осуществляется гораздо быстрее пересылок символов в видеобуфере, что требуется для перехода к другой выводимой области с сохранением начального адреса. При желании можно считать видеобуфер 16 Кбайт «виртуальным экраном», содержащим 102 текстовые строки, из которого можно вывести на физический экран 25 смежных строк, изменяя содержимое регистров начального адреса контроллера (рис. 14).

Отметим, что при изменении содержимого регистров начального адреса необходимо одновременно модифицировать переменную CRT_START по адресу 0040:004E в области данных BIOS, которая используется в вызовах BIOS и значение которой является смещение начала выводимой области видеобуфера в байтах.

Наиболее легко для задания активной страницы использовать функцию BIOS 05h прерывания (int 10h). При вызове этой функции указывают номер страницы видеопамати, которую надо сделать активной (рис. 15).

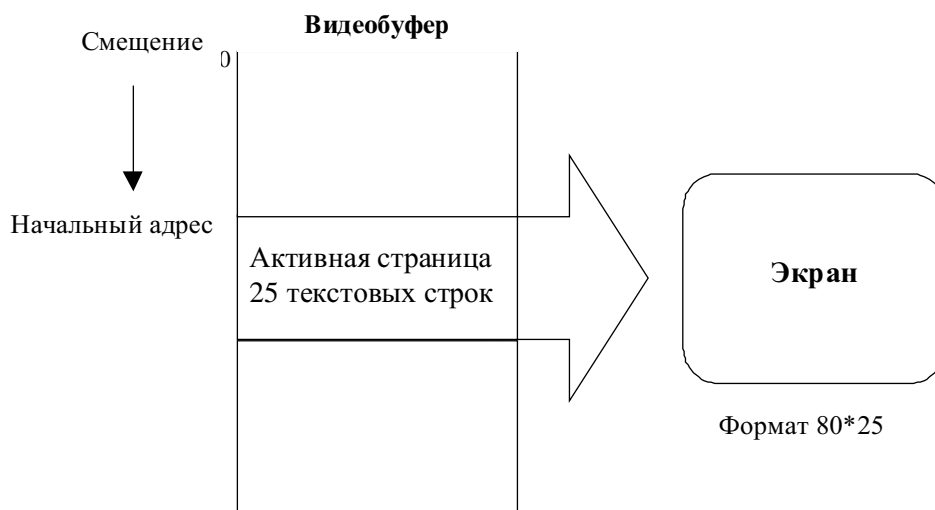


Рис. 14. Вывод на экран любой области видеобуфера

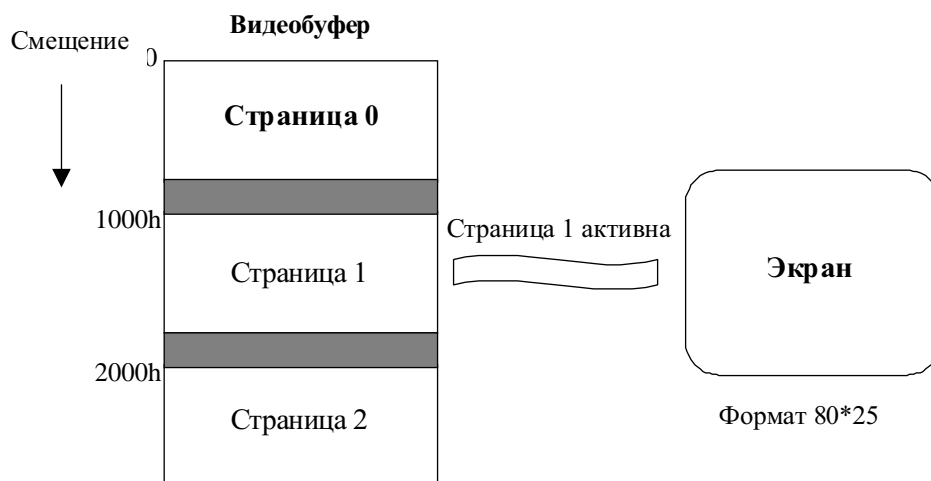


Рис. 15. Организация в видеобуфере страниц

Начальными адресами страниц в формате 80*25 являются:

страница 0 – B800:0000h;	страница 1 – B800:1000h;
страница 2 – B800:2000h;	страница 3 – B800:3000h;
страница 4 – B800:4000h;	страница 5 – B800:5000h;
страница 6 – B800:6000h;	страница 7 – B800:7000h.

Заметим, что вывести на экран содержимое любой области видеобуфера размером 4 Кбайт можно только программируя регистры начального адреса контроллера ЭЛТ.

4.4. Управление курсором

Чтобы построить изображение, необходимо обязательно указать начальную позицию. В текстовых режимах эту позицию определяет положение текстового курсора.

Например, функция 09h видеодрайвера BIOS позволяет вывести символ и атрибут в позицию курсора. Если необходимо вывести текст в новое место экрана, то потребуется применение функций видеодрайвера BIOS управления курсором.

Функция 01h прерывания int 10h позволяет изменить вертикальные размеры курсора путем задания верхней и нижней границ курсора. Горизонтальные размеры курсора всегда одинаковы и равны ширине одного символа. Курсор отображается только в текстовых режимах рабо-

ты видеоадаптера. Вызов этой функции позволяет сделать курсор невидимым.

Функция 02h прерывания int 10h позволяет позиционировать текстовый курсор, задавая его местоположение в виде номера строки (0...24) и номера столбца. Видеодрайвер поддерживает 8 автономных курсоров – по одному на каждой странице, причем функция 02h позиционирует курсор независимо от того, какая страница является активной.

Функция 03h видеодрайвера BIOS позволяет получить и сохранить текущее положение курсора. Это дает возможность перейти временно в другое место экрана, сформировать там изображение, а затем вернуться на старое место. Функция 03h позволяет также определить форму курсора, т.е. верхнюю и нижнюю границы курсора.

4.5. Videобуфер

Как отмечалось в разделе 2.4, чтобы с помощью оперативной памяти адресного пространства компьютера, зарезервированной под видеопамять, можно было обращаться к видеопамяти EGA, VGA размером 256 Кбайт, видеопамять адаптеров EGA и VGA как бы разделяется на 4 слоя (битовые плоскости). Так как все плоскости отображаются на одну и ту же область адресного пространства компьютера, то, записывая байт данных в один и тот же адрес оперативной памяти и устанавливая значение нескольких регистров процессора, можно организовывать запись данных в любые из слоев видеопамяти. Видеоадаптер SVGA обычно содержит еще больше памяти, и ее структура может быть сложнее, чем у адаптеров EGA и VGA. Однако при работе видеоадаптеров в стандартных режимах можно считать, что архитектура адаптера SVGA соответствует архитектуре адаптера VGA.

Во всех системах ПК фирмы IBM применяется один и тот же формат хранения текстовых данных в видеобуфере. Для кодирования каждого знакоместа экрана (символа) используется 2 байта. Первый из них содержит код ASCII отображаемого символа, а второй – атрибуты символа. Код ASCII определяет, какой символ выводится на экран, байт, содержащий атрибут символа, определяет, каким образом выводится символ.

Текстовый режим – способ представления символа (появляющегося на экране) в видеопамяти ЭВМ с помощью двух байтов – кода и атрибутов символа.

ASCII-коды символов экрана располагаются в нулевом цветовом слое, а их атрибуты – в первом цветовом слое. Благодаря такому режи-

му хранения информации достигается значительная экономия памяти. При отображении символа на экране происходит преобразование его из формата ASCII в двумерный массив пикселей, выводимых на экран. Для этого преобразования используется таблица определения трансляции символов (таблица знакогенератора), которая хранится во втором слое видеопамати.

При непосредственном доступе к видеопамати нулевой и первый цветовые слои отображаются на общее адресное пространство. При этом чередуются байты из нулевого и первого слоев. Коды символов имеют четные адреса, их атрибуты – нечетные. Поэтому каждой символьной позиции в оперативной памяти соответствует два последовательных байта (рис. 16). Байт с четным адресом содержит ASCII-код символа. Соседний байт с большим нечетным адресом содержит атрибут данного символа. Адаптер считывает эту пару байтов и с помощью знакогенератора преобразует в видеосигнал.

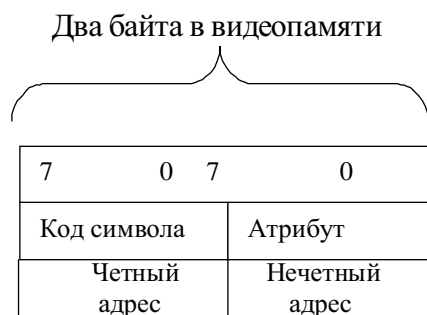


Рис. 16. Представление символа в видеопамати

Аппаратный знакогенератор преобразует код каждого символа в точечное изображение символа на экране. Одновременно схемы контроллера атрибутов формируют необходимые атрибуты символа – яркость, цвет, мерцание. Благодаря принятому способу представления текстовых данных обеспечивается независимое управление атрибутами каждого символа на экране. Изображения символа формируются на прямоугольной матрице пикселей, называемой символьной матрицей. В пределах этой матрицы собственно символ состоит из пикселей переднего плана, а остальные пиксели образуют фон. Цвета пикселей переднего плана и фона определяются младшей и старшей тетрадами атрибутного байта.

Для вывода символа на экран необходимо поместить его код и атрибуты в определенную ячейку видеобuffers. Двухбайтовые коды сим-

волов записываются в видеобуфер в том порядке, в каком они должны появиться на экран: первые 80 двухбайтовых полей соответствуют первой строке, вторые 80 полей – второй строке и т.д. (рис. 17). Благодаря линейному отображению несложно получить формулу, связывающую относительный адрес или смещение от начала видеобуфера (точнее от начала активной страницы) двухбайтового поля, кодирующего символ и прямоугольные координаты символа на экране:

$$\text{Смещение} = ((\text{строка} \times \text{ширина}) + \text{столбец}) \times 2,$$

где под шириной понимается число символов в каждой текстовой строке. Множитель 2 появляется в связи с тем, что для каждого символа в видеобуфере требуется два байта. Значения строки и столбца отсчитываются от верхнего левого угла экрана, начиная с нуля. Таким образом, переход на следующую строку определяется не управляющими кодами возврата каретки и перевода строки, а размещением кодов символа в другом месте видеобуфера, в полях, соответствующих следующей строке. Вообще при формировании изображения непосредственно в видеобуфере, в обход программ DOS и BIOS, все управляющие ASCII-коды теряют свои управляющие функции и отображаются в виде соответствующих им символов.

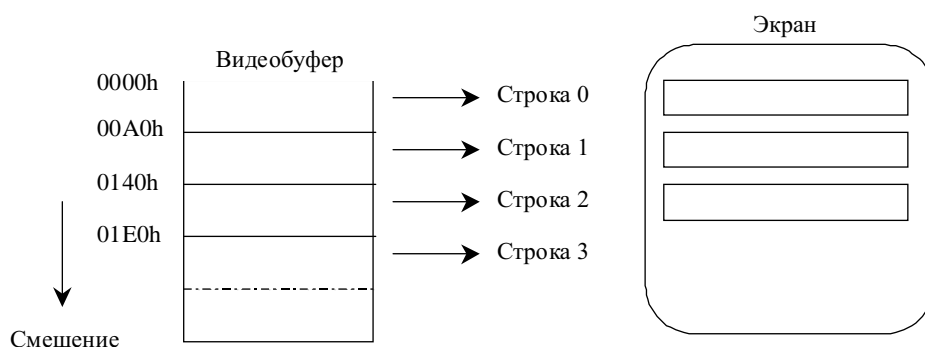


Рис. 17. Логическая организация текстового видеобуфера

Способ интерпретации атрибутного байта зависит от конкретной видеосистемы. В общем, формат атрибутного байта состоит из двух тетрад. Младшая тетрада определяет атрибуты переднего плана, а старшая тетрада влияет на атрибуты фона, однако бит 7 может управлять и мерцанием.

Адаптеры CGA, EGA, VGA и SVGA поддерживают единый формат атрибутного байта, вид которого изображен на рис. 18.

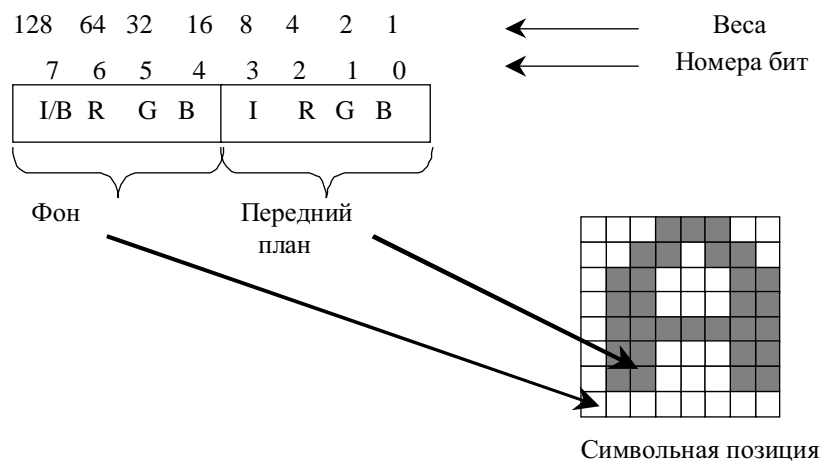


Рис. 18. Формат атрибутного байта

В биты 0..2 байта атрибутов записывается код цвета символа, а бит 3 при исходной настройке видеоадаптера, действующей по умолчанию, управляет яркостью символа. Таким образом, каждый символ независимо от других может принимать любой из 16 возможных цветов. Соответствие кодов, записываемых в байте атрибута, конкретным цветам составляет палитру видеосистемы. По умолчанию действует назначение кодов, приведенное в таблице 1.

Таким образом, мы возвращаемся к кодировке цвета IRGB, рассмотренной в разделе 1.2. Включение бита 0 означает наличие в цвете синей компоненты, включение бита 2 – красной и т.д.

Однако бит 3 байта атрибутов не обязательно управляет яркостью символов. С помощью подфункции 03 функции 10h драйвера BIOS (прерывание 10h) можно установить такой режим работы видеоадаптера, когда значение бита 3 (0 или 1) задает номер таблицы знакогенератора, определяющей конфигурацию символов, отображаемых на экране. В этом режиме на экран, в зависимости от значения бита 3 атрибута, выводится символ либо из одной, либо из другой таблицы, что позволяет увеличить число различных символов до 512 (и пользоваться, например, в дополнение к русскому и английскому еще немецким и греческим алфавитами). Естественно, в этом режиме собственно на цвет символа отводится только 3 бита, и символы могут быть только 8 цветов.

Биты 4..6 байта атрибутов задают цвет фона под данным символом. Что же касается последнего бита 7, то он, в зависимости от режима видеоадаптера, определяет либо яркость фона (и тогда фон может принимать 16 различных оттенков), либо мерцание символа. Так, в режиме мерцания значение старшего полубайта атрибута 8h обозначает не серый фон, а черный фон при мерцающем символе (цвет которого по-прежнему определяется младшим полубайтом); значение Ch – не розовый, а красный фон при мерцающем символе и т.д.

Если бит 7 байта атрибутов управляет мерцанием символов, то фон может принимать только 8 цветов с кодами 0-7. Для переключения назначения бита 7 предусмотрена подфункция 03h функции 10h драйвера BIOS (прерывание Int 10h). При включении компьютера устанавливается режим управления мерцанием.

Как уже отмечалось, структура байта атрибутов одинакова и для видеоадаптера CGA и для видеоадаптеров EGA, VGA и SVGA. Однако видеоадаптер EGA в текстовом режиме работы способен отображать на экране монитора любые 16 цветов из общего количества цветов, равного 64. А видеоадаптеры VGA и SVGA могут выводить одновременно на экран 16 цветов из еще большего диапазона в 262144 оттенка. Для вывода на экран любого из 64 и 262144 цветов необходимо, чтобы цвет кодировался 6 ($2^6 = 64$) и 18 ($2^{18} = 262144$) битами соответственно.

Таким образом, в более сложных адаптерах (EGA, VGA и SVGA) осуществляется дополнительное преобразование кодировки цвета. С помощью специальных схем n-битный код расширяется до m бит, причем $m > n$. В этом случае общее количество цветов достигает значения 2^m , но одновременно на экране по-прежнему наблюдается 2^n цветов. Таким образом, код 4 может означать как красный цвет, так и любой другой из общего 2^m количества цветов.

Рассмотрим, как в адаптере EGA осуществляется дополнительное преобразование 4-битных значений цветов переднего плана и фона.

Во-первых, каждое 4-битное значение маскируется (побитово сочетается логической операцией AND) младшими битами регистра разрешения цветовой плоскости (12h) в атрибутном контроллере и, во-вторых, полученное после этого 4-битовое значение выбирает один из 16 регистров палитры (с номерами от 0 до 15). Эта операция называется также индексированием. Считываемое из выбранного регистра палитры 6-битное значение RrGgBb определяет окончательный цвет пиксела (рис.19). Таким образом, регистры палитры адаптера EGA могут принимать 64 значения цвета, но одновременно на экран можно вывести только 16 из них.

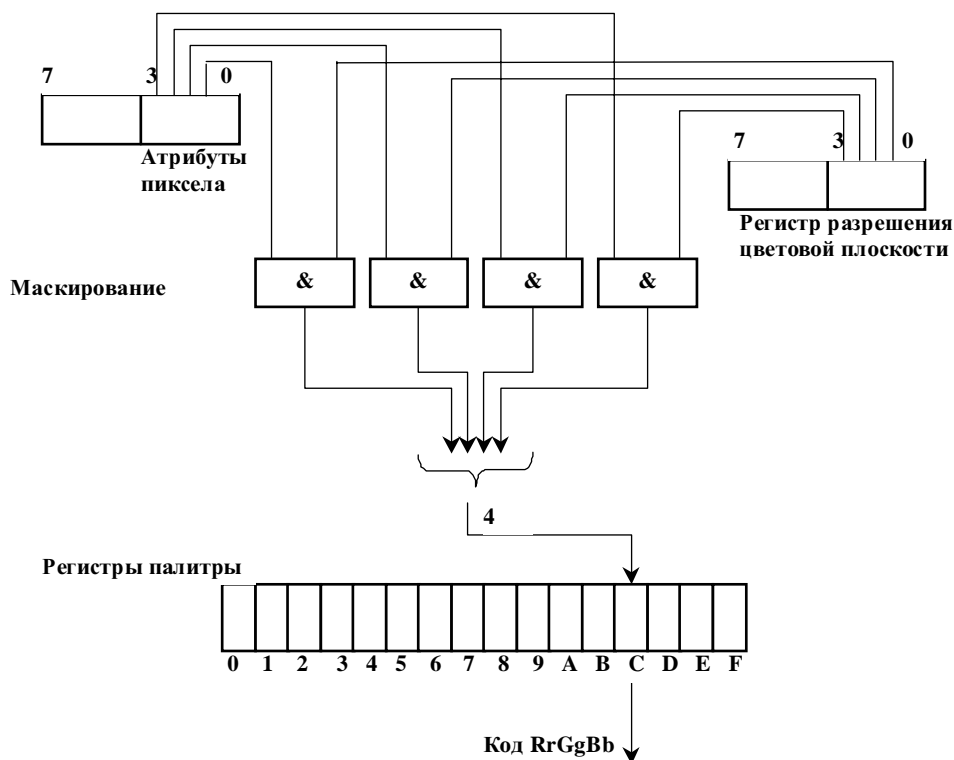


Рис.19. Выбор значения цвета из регистра цветовой палитры

Палитра EGA имеет и семнадцатый цветовой регистр с номером 16. Значение этого регистра определяет цвет окаймления рабочей области экрана.

Цвет окаймления – способ задания цвета горизонтального и вертикального окаймления экрана (бордюра) с помощью специального регистра.

Все 17 регистров цветовой палитры могут содержать коды 64 цветов от 0 до 63. Регистры 0-15 определяют возможные цвета символа и фона, а регистр 16 – цвет рамки (бордюра) вокруг рабочей части экрана. Эта рамка обычно не видна, так как ей присваивается цвет, совпадающий с цветом фона.

Итак, код цвета, находящийся в видеопамати, является просто номером восьмиразрядного регистра палитры. Значение, содержащееся в выбранном регистре (точнее, его 6 младших бит), и является новым кодом цвета модели rgbRGB (рис. 20).

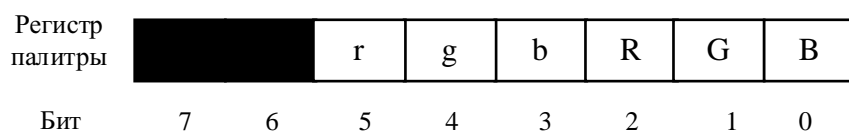


Рис. 20. Организация битов в регистре палитры

Шесть значащих разрядов цветового регистра определяют интенсивность красного, зеленого и синего цветов, дающих при смешивании требуемый цвет. Разряды 0, 1 и 2 закреплены за цветами красный, зеленый и синий с интенсивностью $2/3$ максимальной, разряды 3, 4 и 5 – за теми же цветами с интенсивностью $1/3$:

Номера разрядов	5	4	3	2	1	0
Веса разрядов	32	16	8	4	2	1
Цвет	r	g	b	R	G	B

Таким образом, число 1 (B), записанное в регистр, определяет синий цвет, число 2(G) – зеленый, число 3(G + B) – сине-зеленый (бирюзовый), а число 9(B + b) – ярко-синий, число 7(R + G + B) – белый, число 63(r + g + b + R + G + B) – ярко-белый цвет. Регистр, содержащий 0, определяет черный цвет.

Обычно при инициализации в регистры заносится следующий ряд чисел:

Регистр	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Содержимое	0	1	2	3	4	5	20	7	56	57	58	69	60	61	62	63	0

Эта последовательность образует стандартную цветовую палитру EGA.

Заметим, что в исходном состоянии и фон (регистр 0), и цвет рамки (регистр 16) оказываются черного цвета, так как в них записан 0.

При указании в программе кода цвета символа 6 (а в действительности – номера регистра 6) на экран выводится коричневое изображение. Так, число 20, записанное в регистр 6, определяет коричневый (красный с примесью зеленого) цвет. Если, например, в цветовой регистр 6 записать число 40, то все обращения к коду цвета 6 приведут к выводу на экран ярко-красного изображения; запись в регистр 6 числа 12 сменит цвет всех коричневых точек на экране на малиновый (красный с примесью синего).

Таким образом, изменение содержимого цветковых регистров позволяет практически мгновенно менять цвета изображения на экране, настраивая, например, изображение на холодную сине-зеленую гамму или на теплую красно-желтую. Возможность настройки цветовой палитры предусмотрена, в частности, в пакете нортоновских утилит.

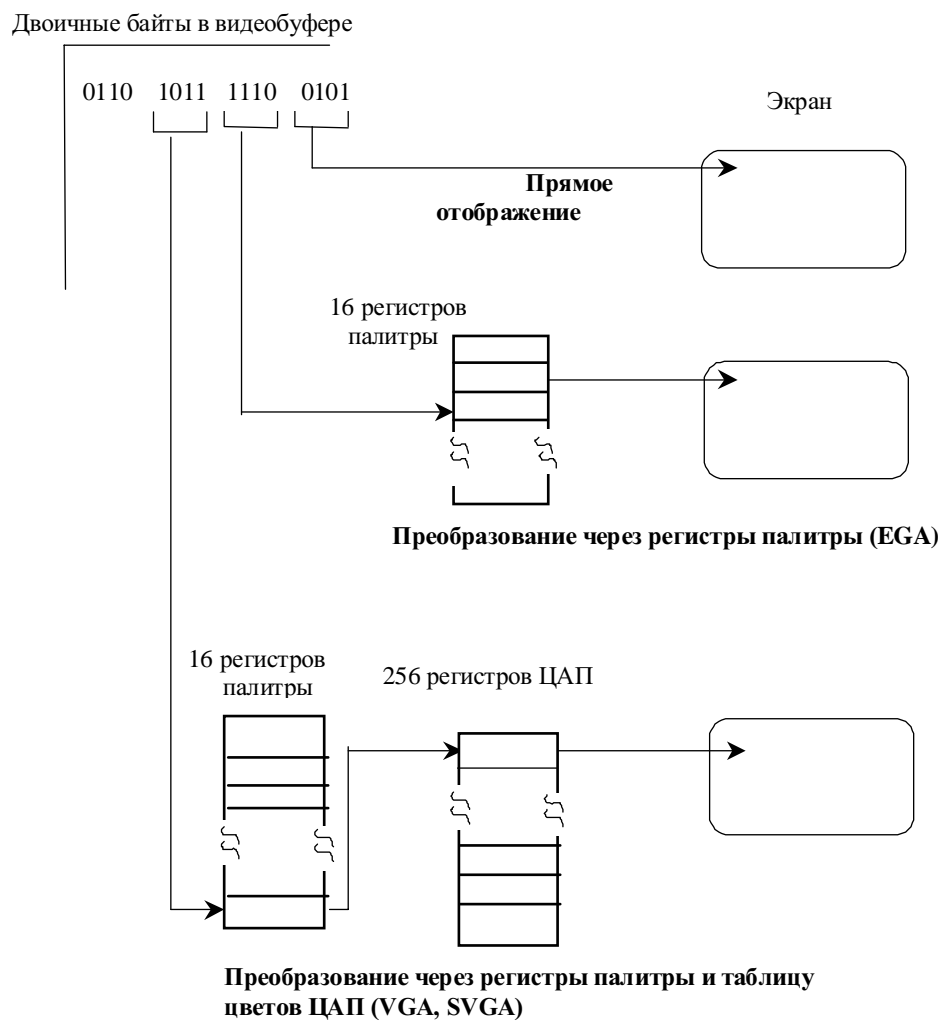


Рис. 21. Схема формирования цвета в 16-цветных режимах

Подфункции 03 функции 10h драйвера BIOS (прерывание 10h) позволяет установить значения всех регистров цветовой палитры.

Видеоадаптеры VGA и SVGA выполняют более сложные операции по преобразованию цвета. Данные, полученные от цветовой палитры, преобразуются дальше в соответствии с таблицей цветов (рис.21). Происходит это следующим образом. Данные (6-битовое значение) дополняются 2 битами (шестым и седьмым), которые берутся из битов 2 и 3 регистра выбора цвета атрибутного контроллера, и полученное 8-битовое значение отправляется в таблицу цветов. Это 8-битовое значение преобразуется согласно таблице цветов ЦАП в три 6-битовых сигнала для ЦАП (цифро-аналоговый преобразователь).

Таблица цветов ЦАП фактически является набором 256 регистров вместимостью 18 битов. Регистры используются для преобразования одной из 256 возможных 8-битовых величин в один из 262144 (2^{6+6+6}) возможных на VGA цветов. В дальнейшем термины регистры ЦАП и таблица цветов ЦАП будут использоваться как синонимы.

Таблица цветов ЦАП преобразовывает 8 битов в 18 так же, как цветная палитра, только 8-битовое значение преобразуется в три 6-битовых числа, соответствующих составляющим красного, синего и зеленого цвета.

Как и значения регистров палитры, регистры таблицы цветов ЦАП можно устанавливать с помощью подфункции 10h функции 10h драйвера BIOS (прерывание 10h).

4.6. Шрифты

Как известно, текстовая информация представляется в памяти машины в числовом виде. При вводе документов, текстов программ и т.п. вводимые буквы кодируются определенными числами, а при выводе их для чтения человеком (на монитор, принтер и т.д.) по каждому числу (коду символа) строится изображение символа. Соответствие между набором символов и их кодами называется кодировкой. Стандартный 7-битный набор символов ASCII определяет коды от 0 до 31 (1Fh) и 127 (7Fh) как управляющие символы, а также коды от 32 (20h) до 126 (7Eh) как символы, которые могут быть выведены на экран. В начале 80-х годов производители IBM PC решили расширить набор символов ASCII так называемыми символами верхнего ASCII, то есть символами с кодами со 128 (80h) до 255 (FFh). Этот набор символов закодирован в миллионах микросхем ПЗУ в видеоадаптерах, принтерах и микросхемах BIOS. Для множества программ, работающих в текстовом режиме, написанных для DOS, требуется этот расширенный набор символов,

поскольку в них для вывода информации на экран используются символы псевдографики – символы блоков и линий (коды от B0h до DFh). В документации по Windows набор символов IBM упоминается как «набор символов OEM».

При необходимости отобразить символ с заданным ASCII-кодом аппаратный знакогенератор расшифровывает код символа и читает программу изображения символа, записанную в собственном ПЗУ.

Поскольку каждый выводимый на экран символ образован совокупностью пикселей, обеспечивающих его визуальное восприятие, то в ПЗУ должны находиться пиксельные представления символов. Совокупность пиксельных представлений символьного набора в графическом режиме называется **таблицей определения символов (шрифтов, фонтов)**. Формат таблицы определения символов представлен на рис. 22.

Пиксельное представление каждого символа имеет вид прямоугольной матрицы. При использовании символьной матрицы одного размера и упорядочении таблицы в соответствии с символьным набором преобразование кода символа в смещение (индекс) таблицы производится довольно просто.

Каждая таблица содержит 256 32-байтовых двоичных наборов, поэтому максимальная высота символьной матрицы составляет 32 пиксела. Если реально используемая символьная матрица содержит менее 32 строк, знакогенератор просто игнорирует лишние байты в определении каждого символа.

Адаптеры MDA, CGA и Hercules имеют текстовую таблицу определения символов, расположенную в ПЗУ, вне адресного пространства процессора. Доступ к этому ПЗУ имеют только схемы знакогенератора. Следовательно, программа не может управлять символьным набором, выводимым в текстовом режиме.

В текстовых режимах видеобуфер EGA, VGA, SVGA организован как 4 параллельные битовые плоскости. При установке текстовых режимов работы видеоадаптеров BIOS загружает таблицу знакогенератора из ПЗУ во второй цветовой слой видеопамати. При работе в текстовых режимах адаптеров EGA, VGA и SVGA для использования других шрифтов нужно просто загрузить новую таблицу. При работе в текстовом режиме функция BIOS 11h прерывания int 10h позволяет загрузить таблицы знакогенератора во второй слой видеопамати.

При помощи этой функции можно загружать как стандартные таблицы знакогенератора, так и таблицы, самостоятельно разработанные программистом. Загружается либо вся таблица, либо ее часть. Кроме того, функция 11h позволяет задать активную таблицу знакогенератора.

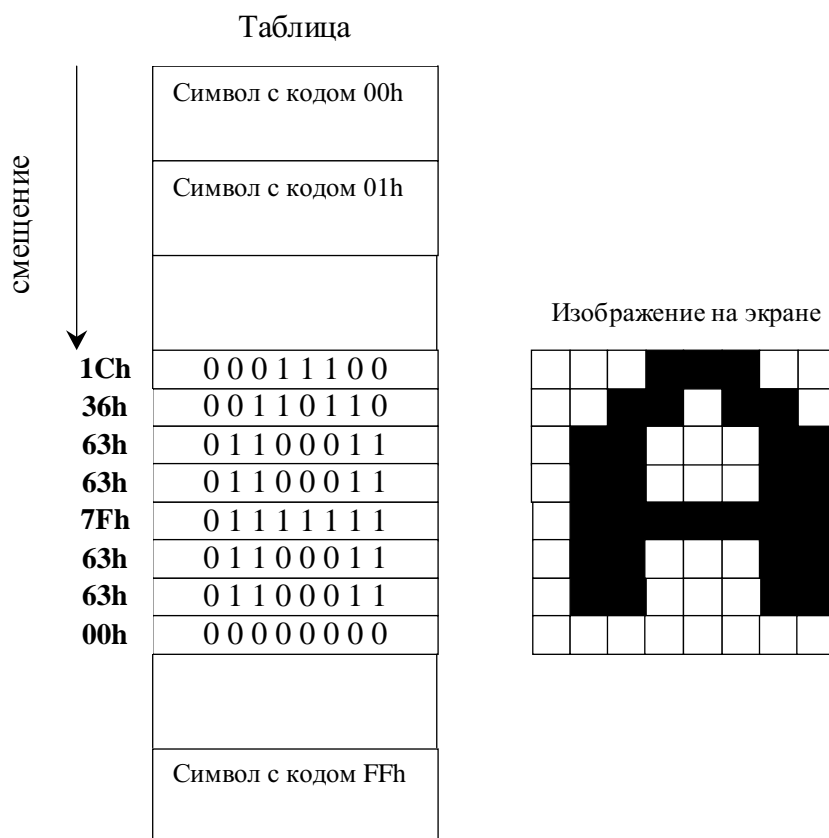


Рис. 22. Формат таблицы определения символов

Видеоадаптеры обеспечивают возможность одновременной загрузки в видеопамять нескольких различных таблиц знакогенератора. Видеоадаптер EGA позволяет загрузить четыре таблицы знакогенератора, а видеоадаптеры VGA и SVGA – 8 таблиц.

В адаптере EGA под каждую таблицу шрифта отведено 16 Кбайт. Поскольку реальный размер таблицы составляет 8 Кбайт (32 байта*256 символов), в каждой таблице оставлены незадействованными 8 Кбайт. Активными могут быть одна или две таблицы знакогенератора. Это дает возможность одновременно отображать на экране до 512 различных символов.

Один бит из байта атрибутов указывает, какая из двух активных таблиц используется при отображении данного символа. Номера активных

таблиц знакогенератора определяются регистром выбора знакогенератора.

Применение функции 11h позволяет легко русифицировать видеоадаптер.

Очень часто необходимо выводить текст в графическом режиме. При работе в текстовых режимах вывод текста не представляет больших трудностей. Байты ASCII-кодов символов и атрибутов записываются в видеобuffer, а аппаратный знакогенератор формирует на экране из этих данных изображение самого символа. Однако в графических режимах ваша программа должна сохранить в видеобufferе каждый пиксел каждого символа. В графическом режиме часто требуется вывести текст, однако в этом случае таблицы знакогенератора не могут быть помещены во 2-ой слой видеопамати; для отображения символов в текстовом режиме применяется программный знакогенератор.

Программный знакогенератор – процедура, которая использует пиксельные представления символов для образования двоичных наборов в видеопамати. Программный знакогенератор выполняет такие функции, как поиск двоичного описания по заданному коду символа, преобразование двоичного описания в соответствующее значение пикселей и запись пикселей в нужные ячейки видеобufferа.

В BIOS предусмотрен программный знакогенератор, который применяется при вызове функций 09h, 0Ah, 0Eh и 13h прерывания 10h в графическом режиме:

09h – запись символа и атрибута в позицию курсора;

0Ah – запись символа в позицию курсора;

0Eh – запись символа в телетайпном режиме;

13h – запись символьной цепочки.

Программный знакогенератор BIOS использует таблицы определения символов, находящиеся в ПЗУ BIOS. Когда графический режим выбирается с помощью вызова функции int 10h, BIOS загружает адрес соответствующей данному режиму таблицы определения символов в вектор прерывания 43h.

Конечно, можно воспользоваться программным знакогенератором BIOS для вывода символов из любой таблицы определения символов, поместив ее адрес в соответствующий вектор прерывания. Для замены адреса таблицы определения символов предназначена функция 11h прерывания int 10h.

4.7. Символьные наборы

Проще всего получить таблицы определения символов, воспользовавшись одной из принимаемых по умолчанию таблиц системы BIOS.

Если обычные наборы символов вам не нравятся, то всегда можно найти много других, коммерческих или бесплатных. Для поддержки языков разных стран международная организация по стандартам (ISO) разработала несколько вариантов набора символов IBM, которые называются «кодовые страницы».

Кодовые страницы – стандартизированные определения альтернативных таблиц символьных наборов (фонтов). Кодовые страницы можно загрузить в память знакогенератора видеоадаптера в качестве альтернативных таблиц шрифтов, и ПК сможет работать с текстом на чужом языке.

Кодовые страницы составляют содержание файла EGA.CPI. Например, в русифицированной версии DOS 4.01 файл EGA.CPI включает в себя 6 кодовых страниц с условными номерами 437 (США), 850 (США и все европейские страны), 860 (Португалия), 863 (Канада), 865 (Дания и Норвегия) и 866 (Россия). Каждая страница состоит из трех таблиц, в которых описаны изображения символов ASCII для шрифтов с размером символа 8*16, 8*14 и 8*8 байтов. Каждый символ требует для своего описания соответственно 16, 14 или 8 байтов.

Для того чтобы символы, описанные в таблице, могли отображаться на экране, эту таблицу необходимо загрузить в память знакогенератора. Кроме функций 11h BIOS, это можно сделать с помощью команды DOS MODE.

4.8. Графические режимы

В графическом режиме цветовое значение каждого пиксела хранится как один или несколько бит в видеобуфере и считывается (переносится) на экран, возможно, с дополнительным табличным преобразованием. Так как каждый пиксел на экране можно адресовать через видеобуфер, графический режим часто называют режимом с адресацией всех точек. Поэтому можно дать следующее определение графическому режиму.

Графический режим – режим, при котором можно оперировать атрибутами каждого пиксела, выводимого на экран.

4.9. Пикселы и их атрибуты

В графических режимах программа может оперировать цветом каждого пиксела, выводимого на экран. Благодаря управлению каждым пикселом появляются возможности построения на экране сложных геометрических изображений, раскраски различных областей экрана, фор-

мирования движущихся объектов.

Позиция пиксела на экране – местоположение пиксела, определяемое прямоугольными координатами (х,у), где х – столбец, у – строка развертки. Начало координат расположено в верхнем левом углу экрана.

Типичными операциями при прямом доступе к видеопамяти являются считывание значения пиксела и запись (установка) значения пиксела. **Считывание значения пиксела** – получение из видеопамяти значения соответствующего пиксела по его заданным экранным координатам.

Запись (установка) значения пиксела – помещение значения пиксела, заданного экранными координатами (х, у), в соответствующую ячейку видеопамяти.

Для выполнения этих операций необходимо знать, как координаты пиксела (х, у) на экране соответствуют относительному адресу байта в видеобуфере и двоичному смещению в данном байте.

Рассмотрим естественные графические режимы видеоадаптеров EGA и VGA. Структура видеопамяти адаптера SVGA в этих режимах идентична. Организация видеопамяти адаптера SVGA в режимах работы с более высоким разрешением и большим количеством одновременно отображаемых цветов была рассмотрена в разделе 2.4.

16-цветные режимы адаптеров EGA, VGA, SVGA. В 16-цветных режимах адаптеров EGA, VGA и SVGA каждый байт всегда содержит информацию о 8 пикселах.

Значение пиксела определяется состоянием байтов с одинаковыми смещениями в каждой цветовой плоскости и одинаковым смещением бит в выбранных байтах (рис. 23). Полученное из видеобуфера 4-битовое значение (по одному биту из каждой цветовой плоскости) маскируется содержимым младших 4-х бит регистра разрешения цветовой плоскости. Обычно этот регистр содержит комбинацию xxxx1111, т.е. его значение не влияет на считываемые из видеобуфера значения пикселей. Результирующий 4-битный код каждого пиксела «пропускается» через регистры палитры, которые позволяют оперативно изменять цвета всех или выбираемых пикселей.

Схема формирования цвета пиксела в 16-цветных режимах была показана на рис. 21. Следует только иметь в виду, что четыре бита, образующие цвет пиксела, находятся не в одной плоскости, а разнесены по 4-битовым плоскостям.

Если вы хотите выводить информацию на экран монитора непосредственно через видеопамять, необходимо уметь определять биты, которые управляют каждым пикселем изображения. Следующие фор-

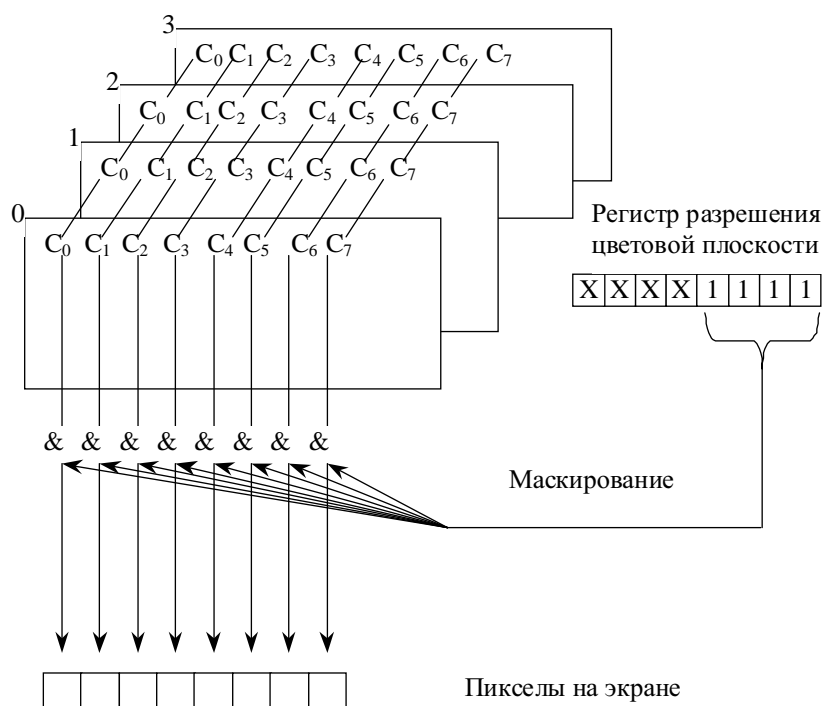


Рис. 23. Отображение видеобuffers на экран в естественных режимах EGA

мулы позволяют определить смещение байта от начала страницы видеопамати и номер бита в нем, управляющего пикселом с координатами (x, y):

- смещение байта = $80 \cdot y + \text{div}(x/8)$;
- номер бита = $7 - \text{mod}(x/8)$.

В данной формуле $\text{div}(x/8)$ обозначает неполное частное, то есть результат деления x на 8 с отброшенной дробной частью. $\text{Mod}(x/8)$ обозначает целый остаток при делении x на 8 .

256-цветный режим видеоадаптера VGA (13h). Режим 13h адаптера VGA позволяет одновременно вывести на экран 256 цветов с разрешением 320×200 пикселей. Однако теперь видеопамать не разбивается на слои, а каждый байт в видеобuffers соответствует одному пикселу на экране. 8-битовое значение выбирает один из регистров таблицы цветов ЦАП.

Таким образом, в этом режиме на экране одновременно могут быть выведены 256 цветов из общей палитры 256 Кбайт.

Следующая формула позволяет определить смещение байта, управляющего пикселом с координатами (x,y) от начала видеопамати:

$$\text{Смещение байта} = 320 * y + x.$$

Структура видеопамати адаптера SVGA в режимах высокого разрешения и цветности, а также принцип формирования цвета пиксела на экране в этих режимах были рассмотрены ранее в разделе 2.4.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

- 1. Составьте логическую схему базы знаний по теме юниты.*

2. Дополните перечень областей применения компьютерной графики.

- Тренажеры.
- Диагностика в медицине и телемедицина.
- Управление технологическими процессами.
- Публикация газет, журналов, книг.
- Искусство и реклама.
- Разработка графического интерфейса
- _____

3. Заполните таблицы.

Назначение блоков видеоадаптеров

Название блока видеоадаптера	Назначение
Интерфейс с системной шиной	
Видеопамять	
Контроллер атрибутов	
Контроллер электронно-лучевой трубки (ЭЛТ)	
Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП)	
Последовательный контроллер (секвенсер)	

Наилучшие характеристики режимов работы видеоадаптеров

Название	Кол-во цветов	Разрешение, пиксел	Разрешение, символ
MDA			
CGA			
EGA			
VGA			
SVGA			

4. Перечислите основные характеристики текстового режима.

5. Перечислите основные характеристики графического режима.

6. Восстановите пропущенные элементы в тексте.

Каждый цвет в модели IRGB представляется в виде 4 составляющих: компонента интенсивности ____, красная (R), зеленая ____ и синяя (B) компоненты. На каждую компоненту отводится по ____ биту. Таким образом, в IRGB модели каждый цвет кодируется 4 битами. Старший бит – бит ____, 2 бит – красный цвет, 1 бит ____, 0 бит _____. Следовательно, число ____ кодирует желтый цвет, так как в двоичном представлении 0Eh = _____. Таким образом можно получить до ____ различных цветов.

7. Определите адрес байта в видеопамяти, отвечающий за цвет пиксела, выведенного на экран в позицию с координатами (10; 4) в режиме 13h.

8. Допишите недостающий недостаток функций BIOS.

- Недостаток функций ПЗУ BIOS состоит в том, что большинство их неинтерабельно. То есть, пока не завершится вызов одной функции BIOS, нельзя вызвать другую функцию BIOS. Вследствие этого вы не можете пользоваться многими функциями BIOS в резидентных программах.
- Недостаток функций BIOS видеоадаптера состоит в том, что они предназначены только для работы в реальном режиме процессора.

- ---

ТРЕНИНГ УМЕНИЙ

1. Пример выполнения упражнения тренинга на умение № 1

Задание

С помощью функции BIOS прокрутите окно на 8 строк вверх, заполнив область прокрутки синим цветом. Окно задается координатой левого верхнего угла (10;10) и координатой правого нижнего угла (70; 20).

Решение

№ п/п	Алгоритм	Конкретное соответствие данной ситуации предложенному алгоритму
1	Определить с помощью приложения 1 номер функции BIOS, которая прокручивает окно вверх на несколько строк.	Функция прокрутки экрана имеет номер 06h.
2	Определить, какие значения должны содержать регистры процессора при вызове данной функции.	Регистр AH должен содержать номер функции – 06h, регистр AL 8 – (число строк прокрутки); BH – 10h (1 – код синего цвета в модели IRGB; вместо нуля может быть любое значение); CH = 10; CL = 10; DH = 20; DL = 70.
3	Организовать вызов функции BIOS прерывания int 10h.	См. листинг программы

Листинг программы:

```
Program train_1;  
Uses DOS;  
VAR  
    regs:Registers; {описание типа содержится в DOS}  
begin  
    with regs do  
    begin  
        AH:=$06; {номер функции BIOS}  
        AL:=$8;  
        BH:=$1;
```

```

CH:=10; {Y –координата верхнего левого угла окна}
CL:=10; {X –координата верхнего левого угла окна }
DH:=20; {Y –координата нижнего правого угла окна }
DL:=70; { X –координата нижнего правого угла окна }
end;
intr($10,regs);      {вызов функции BIOS}
readln;
end.

```

Решите самостоятельно следующие задания.

Задание 1.1

С помощью функции BIOS прокрутите окно на 12 строк вниз, заполнив область прокрутки желтым цветом. Окно задается координатой левого верхнего угла (4; 4) и координатой правого нижнего угла (76; 20).

Задание 1.2

С помощью функции BIOS прокрутите окно на 6 строк вверх, заполнив область прокрутки фиолетовым цветом. Окно задается координатой левого верхнего угла (8; 8) и координатой правого нижнего угла (71; 15).

Задание 1.3

С помощью функции BIOS прокрутите окно на 25 строк вверх, заполнив область прокрутки красным цветом. Окно задается координатой левого верхнего угла (30; 0) и координатой правого нижнего угла (49; 24).

2. Пример выполнения упражнения тренинга на умение № 2

Задание

Выведите строку 'Hello, world' на экран, начиная с координаты $x = 39$, $y = 6$. Цвет символов – красный, фон – синий.

Решение

№ п/п	Алгоритм	Конкретное соответствие данной ситуации предложенному алгоритму
1	Определить смещение байта видеопамати относительно нулевой дисплейной страницы, который кодирует первый символ строки.	СМЕЩЕНИЕ: $= (y \times 80 + x) \times 2 = 1038$
2	Образовать физический адрес в виде СЕГМЕНТ : СМЕЩЕНИЕ, где в качестве СЕГМЕНТА взять адрес сегмента видеопамати в текстовом видеорежиме, а в качестве СМЕЩЕНИЯ – значение смещения байта	СЕГМЕНТ : СМЕЩЕНИЕ : = В 800 : 1038
3	Определить значение байта атрибутов для каждого символа строки.	Красный цвет имеет код 4h, синий цвет имеет код 1h. Тогда байт атрибутов для каждого символа будет иметь вид 14h.
4	Организовать цикл записи строки в текстовый видеобуфер по адресу СЕГМЕНТ : СМЕЩЕНИЕ.	См. листинг программы.

Листинг программы:

```
program train2;uses CRT;
const
  st: string = ('Hello, world');
  at: byte = ($14);          {байт атрибутов}
var
  x, y, i: byte;
```

```

P: ^ byte;
Begin
  Clrscr;
  x: = 39;           {номер столбца}
  y: = 6;           {номер строки}
  P: = Ptr ($ B800,(y × 80 + x) × 2);{физический адрес видеопа-
    мяти, куда будет записываться код первого символа}
  for i: =1 to 12 do {переслать 12 символов}
  begin
    P^: = ord (st [i]); {переслать код символа}
    inc (P); {перейти к следующему байту видеопамати}
    P ^: = at; {переслать значение атрибута}
    inc (P) {перейти к следующему байту видеопамати}
  end;
  readln;
end.

```

Решите самостоятельно следующие задания.

Задание 2.1

Выведите строку 'Hello, world' на экран, начиная с координаты $x = 20$, $y = 12$. Цвет символов – ярко-зеленый, фон – красный.

Задание 2.2

Выведите строку 'Текстовая строка' на экран, начиная с координаты $x = 25$, $y = 10$. Цвет символов – ярко-зеленый, фон –желтый.

Задание 2.3

Выведите строку 'Текстовая строка' на экран, начиная с координаты $x = 10$, $y = 22$. Цвет символов – желтый, фон – белый.

3. Пример выполнения упражнения тренинга на умение № 3

Задание

Рассчитайте минимальный объем видеопамати адаптера VGA, поддерживающего работу в графическом режиме 13h (разрешение 320*200, 256 цветов).

Решение

№ п/п	Алгоритм	Конкретное соответствие данной ситуации предложенному алгоритму
	Определить, какой объем видеопамати (в битах) кодирует один пиксел изображения.	Число 256 представляем в виде 2^8 . Отсюда следует, что число битов, кодирующих в видеопамати ПК один пиксел, равно 8.
	Перевести полученное значение в байты.	$8 \text{ бит} = 1 \text{ байт}$
	Перемножить число пикселей, выводимых на экран, на объем видеопамати в байтах, приходящийся на один пиксел.	$1 \times 320 \times 200 = 64000 \text{ байт}$
	Разделить полученное произведение на 1024 байт и затем эту величину надо увеличить до значения, кратного степени 2.	$64000 : 1024 = 62,5 \text{ Кбайт}$. Минимальное значение, кратное степени 2 и больше 62,5 Кбайт, есть 64 Кбайт. Таким образом, 64 Кбайт – минимальный объем видеопамати.

Решите самостоятельно следующие задания.

Задание 3.1

Рассчитайте минимальный объем видеопамати адаптера VGA, поддерживающего графический режим работы 110h по классификации VESA (32768 цветов, разрешение 640*480 пикселей).

Задание 3.2

Рассчитайте минимальный объем видеопамати адаптера SVGA, поддерживающего графический режим работы 118h по классификации VESA (16777216 цветов, разрешение 1024*768 пикселей). Определите, каким минимальным объемом видеопамати обладает этот видеоадаптер.

Задание 3.3

Рассчитайте минимальный объем видеопамати адаптера VGA, поддерживающего графический режим работы 10h (разрешение 640*350, 16 цветов).

ФАЙЛ МАТЕРИАЛОВ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Справочные данные по функциям BIOS

INT 10h, функция 00h. Установка видеорежима.

Устанавливает текущий видеорежим.

При вызове: AH = 00h;

AL – номер видеорежима:

03h – текстовый, 80*25, 16 цветов;

10h – графический, 640*350, 16 цветов (EGA);

04h – графический, 320*200, 4 цвета (CGA);

12h – графический, 640*480, 16 цветов (VGA);

13h – графический, 320*200, 256 цветов (VGA).

INT 10h, функция 01h. Изменение формы курсора.

Позволяет изменить вертикальные размеры курсора путем задания верхней и нижней границы курсора. Горизонтальные размеры курсора всегда одинаковы и равны ширине одного символа. Курсор отображается только в текстовых режимах работы видеоадаптера.

При вызове: AH = 01h;

CH – верхняя грань курсора;

CL – нижняя грань курсора.

Если регистр CH содержит значение 20h, курсор не отображается.

При выборе режима работы видеоадаптера BIOS устанавливает следующие значения для верхней и нижней границ курсора:

- для монохромного и улучшенного цветного монитора верхняя граница = 11h, а нижняя = 12h;
- для цветного монитора верхняя граница = 6h, а нижняя = 7h.

INT 10h, функция 02h. Установка позиции курсора.

Задаёт положение курсора на экране в текстовых координатах на указанной странице (в том числе неактивной). Курсор можно установить как в текстовом, так и графическом режиме, однако в графическом режиме курсор не виден.

Координаты курсора определяют не только его место на экране, где он отображается, но также и позицию, начиная с которой соответствующие функции BIOS будут выводить на экран строки или отдельные символы.

При вызове: AH = 02h;

BH – страница;

DH – строка;
DL – столбец;

INT 10h, функция 03h. Определение позиции и размера курсора.

Возвращает положение курсора на экране для заданной страницы (в том числе неактивной). Используется только в текстовых режимах.

При вызове: AH = 03h;
BH – страница.

При возврате:
CH – верхняя грань курсора;
CL – нижняя грань курсора;
DH – строка;
DL – столбец.

INT 10h, функция 05h. Установка видеостраницы.

Устанавливает активную страницу (как текстовую, так и графическую).

При вызове: AH = 05h;
AL – страница;

INT 10h, функция 06h. Прокрутка окна вверх.

Прокручивает содержимое окна вверх на заданное число строк. Окно задается координатами верхнего левого и нижнего правого углов. При прокручивании окна снизу появляются новые пустые строки (строки, заполненные пробелами с заданными атрибутами). Верхние строки исчезают. Функцию удобно использовать для быстрой очистки всего экрана или любой прямоугольной области. Область экрана вне окна не изменяется. Функция позволяет работать только с активной страницей видеопамати.

При вызове: AH = 06h;
AL – число строк прокрутки; если AL = 0, то окно прокручивается целиком;
BH – атрибут для символов, возникающих снизу окна;
CH – номер строки верхнего левого угла экрана;
CL – номер столбца верхнего левого угла экрана;
DH – номер строки нижнего правого угла экрана;
DL – номер столбца нижнего правого угла экрана.

INT 10h, функция 07h. Прокрутка окна вниз.

Прокручивает содержимое окна вниз на заданное число строк. При прокручивании окна сверху появляются новые пустые строки (строки,

заполненные пробелами с заданными атрибутами), а нижние строки исчезают. Область экрана вне окна не изменяется. Функция работает аналогично функции 06h (за исключением направления прокрутки).

При вызове: AH = 07h;

AL – число строк прокрутки; если AL = 0, то окно прокручивается целиком;

BH – атрибут для символов, возникающих вверху окна;

CH – номер строки верхнего левого угла экрана;

CL – номер столбца верхнего левого угла экрана;

DH – номер строки нижнего правого угла экрана;

DL – номер столбца нижнего правого угла экрана.

INT 10h, функция 08h. Чтение символа и атрибута в позиции курсора.

Данная функция позволяет прочитать ASCII-код символа и его атрибут в позиции курсора на заданной странице (не только активной).

При вызове: AH = 08h;

BH – страница.

При возврате:

AH – атрибут.

INT 10h, функция 09h. Запись символа и атрибута в позицию курсора.

Записывается символ или несколько одинаковых символов, начиная с текущего положения курсора. Запись может происходить как в активную, так и в неактивную страницу видеопамати. После выполнения записи положение курсора не меняется. После ввода символа курсор следует сместить к следующей позиции функцией 02h. Коэффициент повторения позволяет выводить строки одинаковых символов (но курсор не смещается). Управляющие символы, такие как возврат каретки и перевод строки, не действуют и записываются в видеопамать как обычные символы. Данная функция работает как в текстовых, так и в графических режимах. В текстовом режиме символ выводится с указанным атрибутом, т.е. заданного цвета на заданном фоне. В графическом режиме содержимое BH влияет только на цвет символа, но не фона под ним. Однако графическое изображение под знакоместом затирается.

При вызове: AH = 09h;

AL – символ;

BH – страница;

BL – атрибут (текстовый режим) или цвет (графический режим);

CX – коэффициент повторения.

INT 10h, функция 0Ah. Запись символа в позицию курсора.

Записывается символ ASCII или несколько одинаковых символов, начиная с текущего положения курсора. Запись может происходить как в активную, так и в неактивную страницу видеопамати. Атрибуты символа не задаются, а используются их старые значения из предыдущих операций записи. Все коды в AL рассматриваются как знаки и не управляют положением курсора. После вывода символа курсор следует сместить к следующей позиции функцией 02h. Коэффициент повторения позволяет выводить строки одинаковых символов (но курсор не смещается).

При вызове: AH = 0Ah;

AL – символ;

BH – страница;

CX – коэффициент повторения.

INT 10h, функция 0Ch. Запись пиксела.

Записывает в видеобuffer точку заданного цвета в заданной графической позиции. Запись может происходить как в активную, так и в неактивную страницу видеопамати.

При вызове: AH = 0Ch;

AL – номер цвета;

BH – страница;

CX – координата x пиксела;

DX – координата y пиксела.

INT 10h, функция 0Dh. Чтение пиксела.

Функция позволяет определить цвет любого пиксела по его координатам.

При вызове: AH = 0Dh;

BH – страница;

CX – координата x пиксела;

DX – координата y пиксела.

При возврате:

AL – номер цвета пиксела.

INT 10h, функция 0Eh. Запись пиксела в режиме телетайпа.

Записывает символ ASCII в текущую позицию курсора на активной странице и смещает курсор к следующей позиции. Коды ASCII: 07h – звонок, 08h – шаг назад, 0Dh – возврат каретки, 0Ah – перевод строки,

рассматриваются как управляющие и выполняют соответствующие им действия. Остальные управляющие коды рассматриваются как знаки и выводятся на экран. Действует автоматический перевод курсора на следующую строку и скроллинг (прокрутка) экрана. В текстовых режимах символы отображаются с атрибутами, использованными ранее. В графических режимах цвет отображаемых пикселей задается регистром BL.

При вызове: AH = 0Eh;

AL – ASCII-код записываемого символа;

BL – цвет пиксела (в графических режимах).

INT 10h, функция 0Fh. Получение видеорежима.

Функция позволяет определить текущий видеорежим видеоконтроллера.

При вызове: AH = 0Fh.

При возврате:

AH – число символов в строке;

AL – видеорежим;

BH – активная видеостраница.

INT 10h, функция 10h. Подфункция 00h. Установка регистра палитры.

Функция выполняет запись в регистр палитры контроллера атрибутов.

При вызове: AX = 1000h;

BH – значение цвета в коде rgbRGB;

BL – номер регистра палитры для записи (0..15).

INT 10h, функция 10h. Подфункция 01h. Установка цвета рамки экрана.

Функция выполняет запись в регистр цвета рамки контроллера атрибутов.

При вызове: AX = 1000h;

BH – значение цвета в коде rgbRGB.

INT 10h, функция 10h. Подфункция 02h. Установка регистров палитры и установка цвета рамки экрана.

Функция обеспечивает быстрое заполнение новыми значениями всех регистров палитры и регистра цвета рамки. Новые значения регистров должны быть записаны перед вызовом функции в таблице размером 17 байт, расположенной в оперативной памяти компьютера. Бай-

ты 0 – 15 этой таблицы содержат новые значения для регистров палитры, а байт 16 – новое значение для регистра цвета рамки. Значение цветов представляется в коде rgbRGB.

При вызове: AX = 1002h;

ES : DX – адрес 17-байтовой палитры.

INT 10h, функция 10h. Подфункция 03h. Переключение бита «мерцание/яркость».

Функция определяет назначение старшего бита (7) атрибута символа: мерцание символа или повышенная яркость фона.

При вызове: AX = 1003h;

BL – назначение старшего бита атрибута:

0 – повышенная яркость фона;

1 – мерцание символа.

INT 10h, функция 10h. Подфункция 07h. Чтение цветового регистра.

Функция позволяет прочитать содержимое любого регистра палитры.

При вызове: AX = 1007h;

BL – номер регистра палитры (0-15).

При возврате:

BH – значение цвета в коде rgbRGB.

INT 10h, функция 10h. Подфункция 09h. Чтение цветовой палитры и цвета края экрана.

Функция производит запись 18-битовой величины в один из 256 регистров таблицы цветов.

Функция позволяет прочитать значения всех регистров палитры и регистра цвета рамки. Для чтения регистров надо зарезервировать участок памяти (17 байт). После вызова функции байты 0 – 15 будут содержать значения соответствующих регистров палитры, а байт 16 – значение регистра цвета рамки.

При вызове: AX = 1009h;

ES : DX – 17-байтовый буфер для содержимого цветowych регистров.

INT 10h, функция 10h. Подфункция 10h. Установка регистра таблицы цветов (регистров ЦАП).

Функция выполняет запись 18-битовой величины в один из 256 регистров таблицы цветов.

При вызове: AX = 1010h;

BX – номер регистра таблицы цветов (0 – 255);

DH – интенсивность красного цвета (6 бит);

CH – интенсивность зеленого цвета (6 бит);

CL – интенсивность синего цвета (6 бит).

INT 10h, функция 10h. Подфункция 12h. Установка нескольких регистров таблицы цветов (регистров ЦАП).

Функция производит запись 18-битовой величины в несколько последовательно расположенных регистров таблицы цветов.

При вызове: AX = 1012h;

BX – номер первого регистра таблицы цветов (0 – 255);

CX – число устанавливаемых регистров (1 – 256);

ES : DX – адрес таблицы цветов.

INT 10h, функция 10h. Подфункция 15h. Чтение регистра таблицы цветов (ЦАП).

Функция выполняет чтение одного из регистров таблицы цветов:

При вызове: AX = 1015h;

BX – номер читаемого регистра (0 – 255).

При возврате:

DH – интенсивность красного цвета (6 бит);

CH – интенсивность зеленого цвета (6 бит);

CL – интенсивность синего цвета (6 бит).

INT 10h, функция 11h. Подфункция 03h. Загрузка таблиц знакогенератора.

С помощью этой функции программа может установить активные таблицы знакогенератора. Напомним, что видеоадаптер EGA имеет 4 таблицы, одна или две из которых могут быть активными, а VGA – 8. Каждая таблица содержит 256 символов. Одновременно могут отображаться 512 символов. Номер используемой таблицы определяется третьим битом байта атрибута символа.

При вызове: AX = 1103h;

BL – выбирает активные таблицы знакогенератора; биты 1...0 определяют номер используемой таблицы, когда бит 3 байта атрибута равен 0. Биты 3...2 определяют номер таблицы, используемой, когда бит 3 байта атрибута равен 1. Четвертый бит (только для VGA и SVGA) – расширение для

битов 0 и 1. Пятый бит (только для VGA и SVGA) – расширение для битов 2 и 3. Биты 6..7 не используются.

INT 10h, функция 11h. Подфункция 04h. Загрузка стандартного набора символов видеоадаптера VGA.

Функция загружает стандартный набор символов VGA (8x16 пикселей) из ПЗУ BIOS во второй цветовой слой видеопамати.

При вызове: AX = 1104h;

BL – номер загружаемой таблицы знакогенератора.

Для видеоадаптеров VGA и SVGA доступны таблицы 0..7.

INT 10h, функция 11h. Подфункция 21h. Использование графического режима для отображения символов пользователя.

Позволяет программе отображать на экране одновременно графику и текст. Адаптер переходит в графический режим, и вектор прерывания 43h устанавливается так, что используется таблица знакогенератора пользователя.

При вызове: AX = 1121h;

ES : BP – адрес таблицы шрифтов пользователя;

CX – количество байт, кодирующих один символ в таблице символов;

BL – количество отображаемых на экране строк текста:

1h – 14 строк;

2h – 25 строк;

3h – 43 строки.

INT 10h, функция 11h. Подфункция 22h. Установка вектора 43h на шрифт ПЗУ 8*14.

Функция позволяет установить набор символов 8*14 из ПЗУ BIOS для отображения текста в графических режимах видеоадаптера.

При вызове: AX = 1122h;

BL – количество отображаемых строк текста:

0 – число строк определяется регистром DL;

1 – 14 строк;

2 – 25 строк;

3 – 43 строки;

DL – количество строк текста, отображаемых на экране. Используется, только если регистр BL равен нулю.

INT 10h, функция 11h. Подфункция 23h. Установка вектора 43h на шрифт ПЗУ 8*8.

Функция позволяет установить набор символов 8*8 из ПЗУ BIOS для отображения текста в графических режимах видеоадаптера.

При вызове: AX = 1123h;

BL – количество отображаемых строк текста:

0 – число строк определяется регистром DL;

1 – 14 строк;

2 – 25 строк;

3 – 43 строки.

INT 10h, функция 11h. Подфункция 24h. Установка вектора 43h на шрифт ПЗУ 8*16.

Функция позволяет установить набор символов 8*16 из ПЗУ BIOS для отображения текста в графических режимах видеоадаптера.

При вызове: AX = 1124h;

BL – количество отображаемых строк текста:

0 – число строк определяется регистром DL;

1 – 14 строк;

2 – 25 строк;

3 – 43 строки;

DL – количество строк текста, отображаемых на экране. Используется, только если регистр BL равен нулю.

INT 10h, функция 11h. Подфункция 30h. Получение информации об используемом наборе символов.

Функция позволяет получить информацию об используемом наборе символов: высоту символа, число текстовых строк на экране и т.д.

При вызове: AX = 1130h;

BH – вид запрашиваемой информации:

0 – вернуть содержимое вектора INT 1Fh;

1 – вернуть содержимое вектора INT 43h;

2 – вернуть указатель на набор символов 8x14 пикселей;

3 – вернуть указатель на набор символов 8x8 пикселей;

4 – вернуть указатель на символы с ASCII-кодами от 127 до 255 (8x8 пикселей);

5 – вернуть указатель на альтернативный набор символов размером 9x14 пикселей;

6 – вернуть указатель на альтернативный набор сим-

волов размером 8x16 пикселей;
7 – вернуть указатель на альтернативный набор символов размером 9x16 пикселей.

При вызове:

CX – высота символов в пикселах;
DL – число текстовых строк на экране – 1;
ES : BP – указатель на таблицу символов (смысл зависит от BH).

INT 10h, функция 13h. Вывод текстовой строки.

Функция предоставляет широкие возможности для вывода строк. В зависимости от параметров функции можно определять атрибуты как строки в целом (атрибуты всех символов одинаковы), так и отдельных символов строки. После вывода строки курсор может либо оставаться на месте, либо перемещаться в позицию за последним символом только что выведенной строки. Данная функция обрабатывает следующие управляющие символы: звуковой сигнал (07h), перевод курсора на одну позицию назад (08h), возврат каретки (0Dh) и перевод строки (0Ah).

При вызове: AH = 13h;

AL – режим записи:

0 – курсор не перемещается, атрибуты символов в строке одинаковы;

1 – курсор перемещается, атрибуты символов в строке одинаковы;

2 – строка содержит попеременно коды символов и атрибутов; курсор не перемещается;

3 – строка содержит попеременно коды символов и атрибутов, курсор перемещается;

BH – номер страницы видеопамати;

BL – атрибут, если AL содержит 0 или 1;

CX – длина строки;

DH – номер строки экрана, в которой отображается строка;

DL – номер столбца экрана, в котором начинается строка;

ES : BP – адрес строки в оперативной памяти.

В режимах 2 и 3 атрибуты каждого символа задаются попеременно с самими символами строки. При этом сначала идет символ, а затем его атрибут.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Режимы работы видеоадаптеров для стандарта VESA

Режимы работы	Типы режимов	Количество цветов	Разрешение, пиксел (символ – текстовый режим)
100h	Графический цвет овой	256	640*480
101h	«	256	640*480
102h	«	16	800*600
103h	«	256	800*600
104h	«	16	1024*768
105h	«	256	1024*768
106h	«	16	1280*1024
107h	«	256	1280*1024
108h	Текстовый цвет овой	16	80*60
109h	«	16	132*25
10Ah	«	16	132*43
10Bh	«	16	132*50
10Ch	«	16	132*60
10Dh	Графический цвет овой	32768	320*200
10Eh	«	65536	320*200
10Fh	«	16777216	320*200
110h	«	32768	640*480
111h	«	65536	640*480
112h	«	16777216	640*480
113h	«	32768	800*600
114h	«	65536	800*600
115h	«	16777216	800*600
116h	«	32768	1024*768
117h	«	65536	1024*768
118h	«	16777216	1024*768
119h	«	32768	1024*768
11Ah	«	65536	1024*768

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

ЮНИТА 1

ГРАФИЧЕСКИЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ МОДУЛИ ЭВМ

Редактор Н.И. Лебедева
Оператор компьютерной верстки Д.В. Федотов

Изд. лиц. ЛР № 071765 от 07.12.1998	Сдано в печать
НОУ "Современный Гуманитарный Институт"	
Уч.-изд. л. 7,31	Усл. печ. л.
Тираж	Заказ

Современный Гуманитарный Университет