

# Видео подсистема

<sup>1</sup>Кафедра информационных технологий и систем  
Национальная металлургическая академия Украины

26 октября 2011 г.

Первой официально признанной попыткой использования дисплея для вывода изображения из ЭВМ явилось создание в Массачусетском технологическом университете машины Whirlwind-I в 1950 г. Таким образом, возникновение компьютерной графики можно отнести к 1950-м годам. Сам же термин "компьютерная графика" придумал в 1960 г. сотрудник компании Boeing У. Феттер.

Первоначально компьютерная графика была векторной, т.е. изображение формировалось из тонких линий. Эта особенность была связана с технической реализацией компьютерных дисплеев. В дальнейшем более широкое применение получила растровая графика, основанная на представлении изображения на экране в виде матрицы однородных элементов (пикселей).

- 1968, ВЦ АН СССР, машина БЭСМ-6, вероятно, первый отечественный растровый дисплей с видеопамятью на магнитном барабане;
- 1972, Институт автоматики и электрометрии (ИАиЭ), векторный дисплей "Символ";
- 1973, ИАиЭ, векторный дисплей "Дельта";
- 1977, ИАиЭ, векторный дисплей ЭПГ-400;
- 1982, Киев, НИИ периферийного оборудования, векторный дисплей СМ-7316, 4096 символов, разрешение 2048?2048;
- 1979-1984, Институт прикладной физики, серия растровых цветных полутоновых дисплеев "Гамма". Последние дисплеи данной серии имели таблицу цветности, поддерживали окна, плавное масштабирование.

Компьютерная графика нашла широкое распространение и применение в повседневной жизни. Учёные используют компьютерную графику для анализа результатов моделирования. Инженеры и архитекторы используют трёхмерную графику для создания виртуальных моделей. Кинематографисты создают спецэффекты или полностью анимированные фильмы ("Шрек", "История игрушек" и др.). В последние годы широкое распространение получили также компьютерные игры, максимально использующие трёхмерную графику для создания виртуальных миров.

Распространению компьютерной графики сопутствовали свои трудности. В 1990-х разработка программного продукта, способного работать на большом количестве графического оборудования, была сопряжена с большими временными и финансовыми затратами. Было необходимо отдельно создавать модули для каждого типа графических адаптеров, что порой приводило к размножению одинакового программного кода. Это сильно тормозило развитие и распространение компьютерной графики.

Silicon Graphics Incorporated (SGI) специализировалась на создании высокотехнологического графического оборудования и программных средств. Являясь в то время лидером в трёхмерной графике, SGI видела проблемы и барьеры в росте рынка. Поэтому было принято решение стандартизировать метод доступа к графической аппаратуре на уровне программного интерфейса.

Таким образом появился программный интерфейс OpenGL, который стандартизирует доступ к графической аппаратуре путём смещения ответственности за создание аппаратного драйвера на производителя графического устройства. Это позволило разработчикам программного обеспечения использовать более высокий уровень абстракции от графического оборудования, что значительно ускорило создание новых программных продуктов и снизило на них затраты.



В 1992 году компания SGI возглавила OpenGL ARB — группу компаний по разработке спецификации OpenGL. OpenGL эволюционировал из 3D-интерфейса SGI — IRIS GL. Одним из ограничений IRIS GL было то, что он позволял использовать только возможности, поддерживаемые оборудованием; если возможность не была реализована аппаратно, приложение не могло её использовать. OpenGL преодолевает эту проблему за счёт программной реализации возможностей, не предоставляемых аппаратно, что позволяет приложениям использовать этот интерфейс на относительно маломощных системах.

Видеокарта (известна также как графическая плата, графическая карта, видеоадаптер, графический адаптер) — устройство, преобразующее графический образ, хранящийся как содержимое памяти компьютера или самого адаптера, в иную форму, предназначенную для дальнейшего вывода на экран монитора. В настоящее время эта функция утратила основное значение и в первую очередь под графическим адаптером понимают устройство с графическим процессором - графический ускоритель, который и занимается формированием самого графического образа.

Обычно видеокарта является платой расширения и вставляется в разъем расширения, универсальный (PCI-Express, PCI, ISA, VLB, EISA, MCA) или специализированный (AGP), но бывает и встроенной (интегрированной) в системную плату (как в виде отдельного чипа, так и в качестве составляющей части северного моста чипсета или ЦПУ). В этом случае устройство, строго говоря, не может быть названо видеокартой.

Современные видеокарты не ограничиваются простым выводом изображения, они имеют встроенный графический процессор, который может производить дополнительную обработку, снимая эту задачу с центрального процессора компьютера. Например, все современные видеокарты Nvidia и AMD (ATi) осуществляют рендеринг графического конвейера OpenGL и DirectX на аппаратном уровне. В последнее время также имеет место тенденция использовать вычислительные возможности графического процессора для решения неграфических задач

Одним из первых графических адаптеров для IBM PC стал MDA (Monochrome Display Adapter) в 1981 году. Он работал только в текстовом режиме с разрешением 80x25 символов (физически 720x350 точек) и поддерживал пять атрибутов текста: обычный, яркий, инверсный, подчёркнутый и мигающий. Никакой цветовой или графической информации он передавать не мог, и то, какого цвета будут буквы, определялось моделью использовавшегося монитора. Обычно они были чёрно-белыми, янтарными или изумрудными. Фирма Hercules в 1982 году выпустила дальнейшее развитие адаптера MDA, видеоадаптер Hercules Graphics Controller, который имел графическое разрешение 720x348 точек и поддерживал две графические страницы. Но он всё ещё не позволял работать с цветом.

Первой цветной видеокартой стала CGA (Color Graphics Adapter), выпущенная IBM и ставшая основой для последующих стандартов видеокарт. Она могла работать либо в текстовом режиме с разрешениями 40x25 знаков и 80x25 знаков (матрица символа — 8x8), либо в графическом с разрешениями 320x200 точек или 640x200 точек. В текстовых режимах доступно 256 атрибутов символа — 16 цветов символа и 16 цветов фона (либо 8 цветов фона и атрибут мигания), в графическом режиме 320x200 было доступно четыре палитры по четыре цвета каждая, режим высокого разрешения 640x200 был монохромным.

В развитие этой карты появился EGA (Enhanced Graphics Adapter) — улучшенный графический адаптер, с расширенной до 64 цветов палитрой, и промежуточным буфером. Было улучшено разрешение до 640x350, в результате добавился текстовый режим 80x43 при матрице символа 8x8. Для режима 80x25 использовалась большая матрица — 8x14, одновременно можно было использовать 16 цветов, цветовая палитра была расширена до 64 цветов. Графический режим также позволял использовать при разрешении 640x350 16 цветов из палитры в 64 цвета. Был совместим с CGA и MDA.

Стоит заметить, что интерфейсы с монитором всех этих типов видеоадаптеров были цифровые, MDA и HGC передавали только светится или не светится точка и дополнительный сигнал яркости для атрибута текста "яркий", аналогично CGA по трём каналам (красный, зелёный, синий) передавал основной видеосигнал, и мог дополнительно передавать сигнал яркости (всего получалось 16 цветов), EGA имел по две линии передачи на каждый из основных цветов, то есть каждый основной цвет мог отображаться с полной яркостью, 2/3 или 1/3 от полной яркости, что и давало в сумме максимум 64 цвета.



Потом IBM пошла ещё дальше и сделала VGA (Video Graphics Array — графический видео массив), это расширение MCGA, совместимое с EGA и введённое в средних моделях PS/2. Это фактический стандарт видеоадаптера с конца 80-х годов. Добавлены: текстовое разрешение 720x400 для эмуляции MDA и графический режим 640x480 с доступом через битовые плоскости. Режим 640x480 замечателен тем, что в нём используется квадратный пиксель, то есть соотношение числа пикселей по горизонтали и вертикали совпадает со стандартным соотношением сторон экрана — 4:3. Дальше появился IBM 8514/a с разрешениями 640x480x256 и 1024x768x256, и IBM XGA с текстовым режимом 132x25 (1056x400) и увеличенной глубиной цвета (640x480x65K).

С 1991 года появилось понятие SVGA (Super VGA — ”сверх” VGA) — расширение VGA с добавлением более высоких режимов и дополнительного сервиса, например возможности поставить произвольную частоту кадров. Число одновременно отображаемых цветов увеличивается до 65 536 (High Color, 16 бит) и 16 777 216 (True Color, 24 бита), появляются дополнительные текстовые режимы. Из сервисных функций появляется поддержка VBE (VESA BIOS Extension — расширение BIOS стандарта VESA). SVGA воспринимается как фактический стандарт видеоадаптера где-то с середины 1992 года, после принятия ассоциацией VESA стандарта VBE версии 1.0. До того момента практически все видеоадаптеры SVGA были несовместимы между собой.

VESA BIOS Extensions (VBE) — расширение BIOS в стандарте VESA, дополнительные функции видео-BIOS видеокарты по отношению к стандартному видео-BIOS для VGA, позволяющие запрашивать у адаптера список поддерживаемых видеорежимов и их параметров (разрешение, цветность, способы адресации, развёртка и т. п.) и изменять эти параметры для согласования адаптера с конкретным монитором.

По сути, VBE является унифицированным стандартом программного интерфейса с VESA-совместимыми картами — при работе через видео-BIOS он позволяет обойтись без специализированного драйвера карты.

Графический пользовательский интерфейс, появившийся во многих операционных системах, стимулировал новый этап развития видеоадаптеров. Появляется понятие "графический ускоритель" (graphics accelerator). Это видеоадаптеры, которые производят выполнение некоторых графических функций на аппаратном уровне. К числу этих функций относятся: перемещение больших блоков изображения из одного участка экрана в другой (например, при перемещении окна), заливка участков изображения, рисование линий, дуг, шрифтов, поддержка аппаратного курсора и т. п. Прямым толчком к развитию столь специализированного устройства явилось то, что графический пользовательский интерфейс, несомненно, удобен, но его использование требует от центрального процессора немалых вычислительных ресурсов, и современный графический ускоритель как раз и призван снять с него львиную долю вычислений по окончательному выводу изображения на экран.

графический процессор (Graphics processing unit — графическое процессорное устройство) — занимается расчётами выводимого изображения, освобождая от этой обязанности центральный процессор, производит расчёты для обработки команд трёхмерной графики. Является основой графической платы, именно от него зависят быстродействие и возможности всего устройства. Современные графические процессоры по сложности мало чем уступают центральному процессору компьютера, и зачастую превосходят его как по числу транзисторов, так и по вычислительной мощности, благодаря большому числу универсальных вычислительных блоков. Однако, архитектура GPU прошлого поколения обычно предполагает наличие нескольких блоков обработки информации, а именно: блок обработки 2D-графики, блок обработки 3D-графики, в свою очередь, обычно разделяющийся на геометрическое ядро (плюс кэш вершин) и блок растеризации (плюс кэш текстур) и др.

видеоконтроллер — отвечает за формирование изображения в видеопамяти, даёт команды RAMDAC на формирование сигналов развёртки для монитора и осуществляет обработку запросов центрального процессора. Кроме этого, обычно присутствуют контроллер внешней шины данных (например, PCI или AGP), контроллер внутренней шины данных и контроллер видеопамяти. Ширина внутренней шины и шины видеопамяти обычно больше, чем внешней (64, 128 или 256 разрядов против 16 или 32), во многие видеоконтроллеры встраивается ещё и RAMDAC. Современные графические адаптеры (ATI, nVidia) обычно имеют не менее двух видеоконтроллеров, работающих независимо друг от друга и управляющих одновременно одним или несколькими дисплеями каждый.

видеопамять — выполняет роль кадрового буфера, в котором хранится изображение, генерируемое и постоянно изменяемое графическим процессором и выводимое на экран монитора (или нескольких мониторов). В видеопамяти хранятся также промежуточные невидимые на экране элементы изображения и другие данные. Видеопамять бывает нескольких типов, различающихся по скорости доступа и рабочей частоте. Современные видеокарты комплектуются памятью типа DDR, GDDR2, GDDR3, GDDR4 и GDDR5. Следует также иметь в виду, что помимо видеопамяти, находящейся на видеокарте, современные графические процессоры обычно используют в своей работе часть общей системной памяти компьютера, прямой доступ к которой организуется драйвером видеоадаптера через шину AGP или PCI-E. В случае использования архитектуры Uniform Memory Access в качестве видеопамяти используется часть системной памяти компьютера.

Большинство ЦАП имеют разрядность 8 бит на канал — получается по 256 уровней яркости на каждый основной цвет, что в сумме дает 16,7 млн цветов (а за счёт гамма-коррекции есть возможность отображать исходные 16,7 млн цветов в гораздо большее цветовое пространство). Некоторые RAMDAC имеют разрядность по каждому каналу 10 бит (1024 уровня яркости), что позволяет сразу отображать более 1 млрд цветов, но эта возможность практически не используется. Для поддержки второго монитора часто устанавливают второй ЦАП. Стоит отметить, что мониторы и видеопроекторы, подключаемые к цифровому DVI выходу видеокарты, для преобразования потока цифровых данных используют собственные цифроаналоговые преобразователи и от характеристик ЦАП видеокарты не зависят.



видео-ПЗУ (Video ROM) — постоянное запоминающее устройство, в которое записаны видео-BIOS, экранные шрифты, служебные таблицы и т. п. ПЗУ не используется видеоконтроллером напрямую — к нему обращается только центральный процессор. Хранящийся в ПЗУ видео-BIOS обеспечивает инициализацию и работу видеокарты до загрузки основной операционной системы, а также содержит системные данные, которые могут читаться и интерпретироваться видеодрайвером в процессе работы (в зависимости от применяемого метода разделения ответственности между драйвером и BIOS). На многих современных картах устанавливаются электрически перепрограммируемые ПЗУ (EEPROM, Flash ROM), допускающие перезапись видео-BIOS самим пользователем при помощи специальной программы.

Правильная и полнофункциональная работа современного графического адаптера обеспечивается с помощью видеодрайвера — специального программного обеспечения, поставляемого производителем видеокарты и загружаемого в процессе запуска операционной системы. Видеодрайвер выполняет функции интерфейса между системой с запущенными в ней приложениями и видеоадаптером. Так же как и видео-BIOS, видеодрайвер организует и программно контролирует работу всех частей видеоадаптера через специальные регистры управления, доступ к которым происходит через соответствующую шину.

С появлением процессоров Intel Pentium II и серьёзной заявкой PC на принадлежность к рынку высокопроизводительных рабочих станций, а также с появлением 3D-игр со сложной графикой стало ясно, что пропускной способности PCI в том виде, в каком она существовала на платформе PC (обычно частота 33 МГц и разрядность 32 бит), скоро не хватит на удовлетворение запросов системы. Поэтому фирма Intel решила сделать отдельную шину для графической подсистемы, несколько модернизировала шину PCI, обеспечила новой получившейся шине отдельный доступ к памяти с поддержкой некоторых специфических запросов видеоадаптеров и назвала это AGP (Accelerated Graphics Port — ускоренный графический порт).

Разрядность шины AGP составляет 32 бит, рабочая частота 66 МГц. Первая версия разъёма поддерживала режимы передачи данных 1x и 2x, вторая — 4x, третья — 8x. В этих режимах за один такт передаются соответственно одно, два, четыре или восемь 32-разрядных слов. Версии AGP не всегда были совместимы между собой в связи с использованием различных напряжений питания в разных версиях. Для предотвращения повреждения оборудования использовался ключ в разъёме. Пиковая пропускная способность в режиме 1x — 266 МиБ/с. Выпуск видеоадаптеров на базе шинах PCI и AGP на настоящий момент ничтожно мал, так как шина AGP перестала удовлетворять современным требованиям для мощности новых ПК, и, кроме того, не может обеспечить необходимую мощность питания

Для решения этих проблем создано расширение шины PCIЕ — PCI Express версий 1.0, 1.1 и 2.0. Это последовательный, в отличие от AGP, интерфейс, его пропускная способность может достигать нескольких десятков ГБ/с. На данный момент произошёл практически полный отказ от шины AGP в пользу PCI Express. Однако стоит отметить, что некоторые производители до сих пор предлагают достаточно современные по своей конструкции видеоплаты с интерфейсами PCI и AGP — во многих случаях это достаточно простой путь резко повысить производительность морально устаревшего ПК в некоторых графических задачах.

Кроме шины данных второе узкое место любого видеоадаптера — это пропускная способность (англ. *bandwidth*) памяти самого видеоадаптера. Причём, изначально проблема возникла даже не столько из-за скорости обработки видеоданных (это сейчас часто стоит проблема информационного "голода" видеоконтроллера, когда он данные обрабатывает быстрее, чем успевает их читать/писать из/в видеопамять), сколько из-за необходимости доступа к ним со стороны видеопроцессора, центрального процессора и *ENZQNP*—а.

Дело в том, что при высоких разрешениях и большой глубине цвета для отображения страницы экрана на мониторе необходимо прочесть все эти данные из видеопамати и преобразовать в аналоговый сигнал, который и пойдёт на монитор, столько раз в секунду, сколько кадров в секунду показывает монитор. Возьмём объём одной страницы экрана при разрешении 1024x768 точек и глубине цвета 24 бит (True Color), это составляет 2,25 МБ. При частоте кадров 75 Гц необходимо считывать эту страницу из памяти видеоадаптера 75 раз в секунду

Для разрешения 1600x1200x32 бит при той же частоте кадров 75 Гц, номинально потребная пропускная составляет уже 550 МБ/с. Для сравнения, процессор Pentium-2 имел пиковую скорость работы с памятью 528 МБ/с. Проблему можно было решать двояко — либо использовать специальные типы памяти, которые позволяют одновременно двум устройствам читать из неё, либо ставить очень быструю память.



Видеокарты, интегрированные в набор системной логики материнской платы или являющиеся частью ЦПУ, обычно не имеют собственной видеопамяти и используют для своих нужд часть оперативной памяти компьютера (UMA — Unified Memory Access).

Монитор — устройство, предназначенное для визуального отображения информации. Современный монитор состоит из корпуса, блока питания, плат управления и экрана. Информация (видеосигнал) для вывода на монитор поступает с компьютера посредством видеокарты, либо с другого устройства, формирующего видеосигнал.

## По типу экрана

- ЭЛТ — на основе электронно-лучевой трубки (англ. cathode ray tube, CRT)
- ЖК — жидкокристаллические мониторы (англ. liquid crystal display, LCD)
- Плазменный — на основе плазменной панели (plasma display panel, PDP, gas-plazma display panel)
- Проектор — видеопроектор и экран, размещённые отдельно или объединённые в одном корпусе (как вариант — через зеркало или систему зеркал); и  
Проекционный телевизор
- OLED-монитор — на технологии OLED (англ. organic light-emitting diode — органический светоизлучающий диод)
- Виртуальный ретинальный монитор — технология устройств вывода, формирующая изображение непосредственно на сетчатке глаза.

## По размерности отображения

- двухмерный (2D) - одно изображение для обоих глаз
- трехмерный (3D) - для каждого глаза формируется отдельное изображение для получения эффекта объема.

## По типу интерфейсного кабеля

- КОМПОЗИТНЫЙ
- раздельный
- D-Sub
- DVI
- USB
- HDMI
- DisplayPort
- S-Video

## Основные параметры мониторов

- Соотношение сторон экрана — стандартный (4:3), широкоформатный (16:9) или другое соотношение (например 5:4)
- Размер экрана — определяется длиной диагонали, чаще всего в дюймах
- Разрешение — число пикселей по вертикали и горизонтали
- Глубина цвета — количество бит на кодирование одного пикселя (от монохромного до 32-битного)
- Размер зерна или пикселя
- Частота обновления экрана (Гц)
- Время отклика пикселей (не для всех типов мониторов)
- Угол обзора

## Основные части:

- электронная пушка, предназначена для формирования электронного луча, в цветных кинескопах и многолучевых осциллографических трубках объединяются в электронно-оптический прожектор;
- экран, покрытый люминофором — веществом, светящимся при попадании на него пучка электронов;
- отклоняющая система, управляет лучом таким образом, что он формирует требуемое изображение.

ЖК дисплей состоит из ЖК-матрицы (стеклянной пластины, между слоями которой и располагаются жидкие кристаллы), источников света для подсветки, контактного жгута и обрамления (корпуса), чаще пластикового, с металлической рамкой жёсткости.



Каждый пиксель ЖК-матрицы состоит из слоя молекул между двумя прозрачными электродами, и двух поляризационных фильтров, плоскости поляризации которых (как правило) перпендикулярны. В отсутствие жидких кристаллов свет, пропускаемый первым фильтром, практически полностью блокируется вторым.

Поверхность электродов, контактирующая с жидкими кристаллами, специально обработана для изначальной ориентации молекул в одном направлении. В TN-матрице эти направления взаимно перпендикулярны, поэтому молекулы в отсутствие напряжения выстраиваются в винтовую структуру. Эта структура преломляет свет таким образом, что до второго фильтра плоскость его поляризации поворачивается и через него свет проходит уже без потерь. Если не считать поглощения первым фильтром половины неполяризованного света, ячейку можно считать прозрачной.

- Архитектура ПК. Производительность.
- Процессор Pentium. Програмная модель (типы данных).
- Прерывания. маскирование прерываний.
- Параллельный интерфейс. Стандартный LPT порт

- Видеосистема. Мониторы, принцип работы ЖК мониторов.
- НЖМД (HDD). Интерфейсы, IDE/ATA.
- Flash память. MultiMedia Card
- Процессор Pentium. Hyperthreading
- Процессор Pentium. Программная модель (прерывания и исключения)
- Прерывания, таблица векторов прерываний.

- IEEE1394 "FireWire". Область применения шины.
- Raid. Основные варианты реализации
- Оптические диски. Структура CD-R диска.
- Процессор Pentium. Тактовый генератор.
- Последовательный интерфейс (COM). Манипулятор "мышь"
- Видеосистема. Мониторы, конструкция ЭЛТ мониторов, теневая маска.

- Flash память, Secure Digital.
- Управление клавиатурой, порты ввода-вывода.
- Накопители на сменных дисках.
- Оптические диски. Привод CD-ROM.
- Прерывания. "Программные" прерывания.
- Шина USB. Область применения шины.

- Видеосистема. Мониторы, конструкция ЭЛТ мониторов, апертурная решетка.
- НЖМД. Системные секторы
- Процессор. SSE/SSE2.
- Прерывания. Изменение таблицы векторов прерываний.
- Видеосистема. Видеоадаптеры, состав и устройство современных адаптеров.
- Интерфейсы, SCSI/

- Оптические диски. Структура CD-RW диска.
- Процессор Pentium. MMX
- Шина USB. Тех параметры, хабы и устройства.
- Аппаратные прерывания.
- Процессор Pentium. Формат команд



- Базовые характеристики HDD
- Видеосистема. SuperVGA, цель и назначение Vesa Bios Extention.
- Звуковые карты. Основные качественные характеристики звуковых карт