

Лекция 2. Графическое оборудование и технологии

Назначение, состав, классификация, устройства ввода, вывода и взаимодействия с компьютером



Назначение и состав ТС КГ

С помощью технических средств КГ решают следующие задачи:

- Ввод исходной графической информации
- Оперативное общение пользователя с графической системой
- Преобразование графической информации
- Хранение графической информации в различных форматах
- Отображение графической информации
- Документирование графической информации.

Основу ТС КГ, решающих перечисленные задачи, составляют вычислительные системы, включающие:

- процессоры,
- оперативную память,
- внешние запоминающие устройства,
- устройства ввода ГИ,
- устройства вывода ГИ,
- устройства взаимодействия пользователя с компьютером,
- телекоммуникационные и сетевые устройства.

Перечисленные задачи ТС решают совместно с общесистемным ПО, под которым обычно подразумеваются операционные системы.

Классификация ЭВМ

Признаки, по которым классифицируют ЭВМ:

- производительность;
- стоимость;
- конструктивное оформление;
- ...

Классы ЭВМ в порядке уменьшения функциональных возможностей:

- **Суперкомпьютеры.**

Макс. производительность. Создаются под конкретные самые сложные задачи или научные программы.

Многие современные суперкомпьютеры созданы по кластерной технологии - компьютер строится из нескольких десятков вычислительных машин, связанных между собой и функционирующих как единая система.

Быстродействие суперкомпьютеров обычно измеряется во ФЛОПСах (FLOPS – Floating Point Operations Per Second). ФЛОПС – количество арифметических операций с плавающей запятой, выполняемых в секунду.

Организация TOP500 Supercomputer sites (www.top500.org) с 1993 г. дважды в год публикует статистику по 500 наиболее мощным суперкомпьютерам, определяя их производительность на тестовой программе High-Performance Linpack Benchmark (HPL) решения системы алгебраических уравнений.

- **Мейнфреймы.**

Высокопроизводительные компьютеры с большими вычислительными ресурсами, способные решать сложные задачи, обрабатывать большие объемы данных и выполнять обработку нескольких тысяч запросов одновременно.

- **Серверы.**

Компьютеры, которые в вычислительных сетях являются центральными управляющими и информационными узлами.

- **Инженерные и графические рабочие станции (рис. 1).**

Мощные и надежные компьютеры, которые используются в качестве рабочих мест для профессиональной работы в различных областях, связанной со сложными и объемными вычислениями и с большими объемами данных: работа со сложной графической информацией и в CAD/CAE/CAM система. В их состав входит мощная графическая подсистема, аппаратно реализующая многие графические операции (а часто непосредственно операторы языка OpenGL). Графические рабочие станции комплектуются мониторами с большим экраном и высоким разрешением и оснащаются разнообразными устройствами для ввода графической информации и манипулирования изображениями – от простой мыши до больших графических планшетов или специальных шлемов для работы в режиме виртуальной реальности.



Рис. 1

Классификация ЭВМ

- Персональные рабочие станции – высокопроизводительные персональные ЭВМ, укомплектованные дополнительными периферийными устройствами в зависимости от назначения станции.
- Персональные компьютеры – компьютеры, предназначенные для индивидуального использования одним пользователем автономно или в сети совместно с другими компьютерами.

Персональные компьютеры бывают настольные переносные или карманные:

- Персональные настольные компьютеры предназначены для работы в лабораторных условиях, в офисе или кабинете.
- Переносные (мобильные) персональные компьютеры (ноутбуки) широко используются наравне с настольными компьютерами.

Виды ноутбуков:

- Мультимедийные (отличаются достаточной производительностью и функциональными возможностями, необходимыми для комфортного решения большинства задач мультимедиа, а также полным набором коммуникационных возможностей и интерфейсных портов, удобной полноразмерной клавиатурой)
- Субноутбуки (нетбуки) – самые компактные и легкие модели, предназначенные для тех, кто часто путешествует. Невысокая производительность.
- Планшетные ПК (Tablet PC) – по оснащенности и габаритным размерам близки к субноутбукам, но оснащены сенсорным экраном, позволяющим выполнять различные операции с помощью стилуса или пальца, включая ввод рукописного текста и его распознавание. Выпускаются два вида планшетных ПК: чистые планшетные ПК (без клавиатуры) и планшетные ноутбуки (имеющие обычную клавиатуру и поворотной откидной сенсорный экран)
- Карманные (или наладонные) переносные компьютеры (КПК) помещаются в кармане или на ладони. Все карманные компьютеры в зависимости от наличия клавиатуры делятся на две большие группы: КПК с клавиатурой и КПК без клавиатуры. КПК с клавиатурой внешне похожи на ноутбук, уменьшенный до карманных размеров. КПК без клавиатуры оснащены сенсорным экраном и информация вводится на экран при помощи специальной указки – стилуса, при этом может использоваться экранная клавиатура или написание символов стилусом непосредственно на экране.

Мониторы

- Основными устройствами оперативного вывода графической информации (и не только графической) в современных ЭВМ являются различные мониторы.
- Преобладающее большинство устройств – это системы растрового способа создания изображений. Все они состоят из матрицы отдельных точек экрана, в каждой из которых помещено некоторое устройство или вещество, которые под воздействием напряжения или тока начинают испускать свет либо модулировать падающий свет. Примеры систем такого типа:
 - домашние телевизоры;
 - мониторы с ЭЛТ;
 - мониторы на жидкокристаллических панелях (LEDs – liquid-crystal displays);
 - плазменные панели;
 - ...
- Векторные дисплеи.
 - Создавались для чертежных приложений, предназначенных для построения архитектурных и инженерных систем. Векторные дисплеи не могут изображать реалистичные сцены с затенением (закрашиванием).
- Системы трехмерной и стереоскопической визуализации.

Растровые мониторы

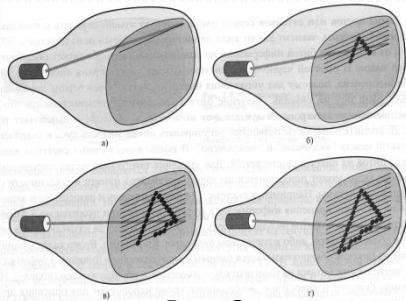


Рис. 2

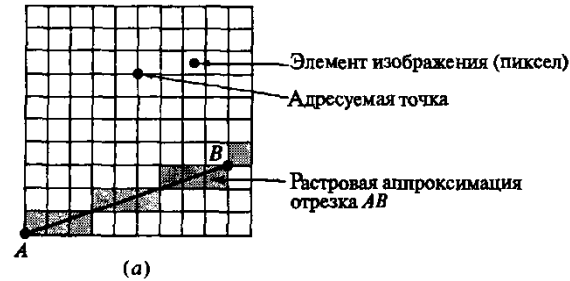
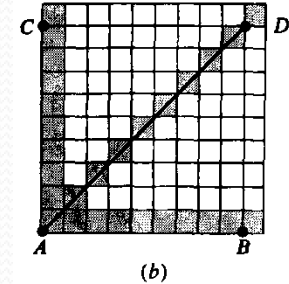


Рис. 3



- В системах растрового сканирования электронный луч пробегает по экрану сверху донизу по одной строке за раз (рис. 2). Каждая строка называется строкой развертки. Сама картинка сохраняется в буфере кадра (буфере регенерации, буфер цвета, frame buffer), где слово кадр означает всю площадь экрана. В этой области памяти хранится набор цветовых значений для всех точек экрана - пикселей (сокращение от picture element – элемент изображения). За определенным пикселем на экране закреплен фиксированный адрес в памяти. Затем эти цветовые значения извлекаются буфера кадра и используются для управления интенсивностью электронного луча при его перемещении от пикселя к пикселю на экране. Буфер кадра представляет собой большой непрерывный участок памяти компьютера. В системах особо высокого качества для буфера кадра используются специальные типы микросхем – видеопамять с произвольным доступом (VRAM – video random-access memory), которые позволяют быстро вывести содержимое буфера на экран. Для каждого пикселя отводится как минимум один бит памяти.
- Растровая система обычно характеризуется своим разрешением (разрешающей способностью), т.е. количеством пикселей, которые можно отобразить с ее помощью.
- Характеристическое отношение - количество столбцов пикселей, разделенное на количество строк развертки, которое можно отобразить с помощью данной системы. Характеристическое соотношение можно определить как отношение числа горизонтальных точек к числу вертикальных точек (или, наоборот).
- Растровое устройство можно представить в виде матрицы пикселей. Отрезок прямой из точек можно нарисовать непосредственно только в случае горизонтальных, вертикальных или отрезков, расположенных под углами, кратными 45 градусам (рис. 3б). Во всех остальных случаях можно лишь аппроксимировать отрезок последовательностями точек (пикселей), близко лежащих к реальной траектории отрезка, что и проиллюстрировано на рисунке за. Аппроксимированные отрезки будут выглядеть как последовательности ступенек. Это явление называется лестничным эффектом или «зазубренностью» (aliasing).

Растровые мониторы

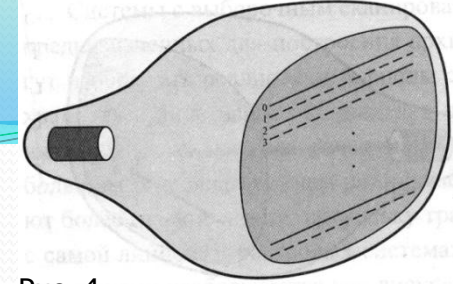


Рис. 4

Процесс преобразования хранящегося в буфере кадра растрового изображения в упорядоченный набор точек на телеэкране называется растровой разверткой. В конце каждой строки развертки электронный луч возвращается в левый край экрана и начинает показывать следующую строку. Возвращение в левый край экрана называется горизонтальной трассировкой электронного луча. А в конце каждого кадра электронный луч возвращается в верхний левый угол экрана (вертикальная трассировка), чтобы начать следующий кадр. Частота воспроизведения основаны как на особенностях визуального восприятия, так и на принципах электроники. Системе визуального восприятия человека для рассмотрения элементов картинки требуется конечное время. Однако обеспечить впечатление непрерывности позволит только такой интервал, который настолько мал, что инерция зрительного восприятия перекроет мерцание.

Опыт показывает, что для практических целей минимальной скоростью вывода или измерения изображения является 25 кадр/с при условии, что минимальная скорость регенерации или воспроизведения в два раза больше, то есть 50 кадр/с. Аналогичная ситуация имеет место и при демонстрации кинофильма. При этом показывается 24 кадр/с, но каждый кадр показывается дважды, и в результате получается эффективная скорость воспроизведения 48 кадр/с. Таким образом, для фильма скорость вывода равна 24 кадр/с, а скорость регенерации – 48 кадр/с. В телевидении тот же эффект достигается с помощью метода чересстрочной развертки. Если скорость ниже, чем приблизительно 24 кадра в секунду, то глаз, как правило, замечает промежуток между изображениями, появляющимися последовательно на экране, и кажется, что изображение дрожит. Этот эффект проявляется, например, в старых немых фильмах, поскольку они снимались со скоростью 16 кадров в секунду. В 1920-х годах появились фильмы со звуком, скорость возросла до 24 кадров в секунду, что устранило эффект дрожания и прерывистых движений актеров.

Первые компьютерные системы с растровым сканированием разрабатывались со скоростью регенерации приблизительно 30 кадров в секунду. В современных дисплеях с растровым сканированием обновление выполняется от 60 до 80 раз в секунду, хотя скорость регенерации некоторых систем сегодня может достигать 120 кадров в секунду. Для стереоскопических приложений выбирается более высокая скорость обновления, чтобы два кадра на экране (по одному для каждого глаза) можно было независимо показывать без дрожания изображения. Для таких приложений, как правило, используются множественные буферы кадра.

Скорость регенерации выражают в циклах в секунду, или герцах (Гц), где цикл соответствует одному кадру.

В некоторых системах растрового сканирования и телевизорах каждый кадр показывается за два прохода с помощью процедуры чередующейся регенерации (см. рис. 4). При первом проходе сверху донизу луч пробегает только каждую вторую строку развертки (по всем четным строкам разложения). После вертикальной трассировки луч пробегает остальные строки развертки (по всем нечетным строкам разложения). Такое чередование строк развертки (т.н. чересстрочная (interlaced) развертка), позволяет увидеть изображение на всем экране за в два раза меньшее время чем при пробегании всех строк сверху донизу сразу (т.н. прогрессивная (noninterlaced) развертка). Этот эффективный метод позволяет избежать мерцания – в предположении, что соседние строки развертки имеют сходное строение. Для наблюдателя, который сидит достаточно близко к экрану, разница между прогрессивной и чересстрочной разверткой весьма заметна – зритель может заметить легкое дрожание изображение по вертикали. Дисплеи с прогрессивной разверткой занимают в настоящее время доминирующее положение, хотя для их нормальной работы и приходится использовать в качестве буфера кадра высокоскоростные модули памяти. Но в связи с тем, что стоимость памяти непрерывно снижается, это уже можно не считать их существенным недостатком.

Растровые мониторы

- Гамма цветов или оттенков серого цвета, которую можно передать с помощью растровой системы, зависит как от характеристик матрицы монитора, так и от количества битов информации на один пиксель, которое может обеспечить буфер кадра. В простой черно-белой системе каждая точка экрана либо включена, либо выключена, поэтому для управления интенсивностью точек экрана необходим только один бит на пиксель. Значение бита 1, например, указывает на то, что в этом положении электронный луч следует включить, а значение 0 выключает пучок. Дополнительные биты позволяют регулировать интенсивность луча в диапазоне значений между 0 и 1. В высококачественных системах (система с правильной цветопередачей - TrueColor или системами реального цвета) количество битов на пиксель достигает 24 (3 байта на пиксель). Такие системы позволяют создавать по-настоящему фотореалистичское изображение. Для хранения такого количества информации в буфере кадра может понадобиться несколько мегабайтов памяти в зависимости от разрешения системы. Например, в системе с 24 бит на пиксель и разрешением экрана 1024 на 1024 для хранения информации в буфере регенерации необходимо 3 Мбайт памяти, причем весь буфер должен считываться с частотой регенерации.
- Глубина (depth) области буфера (количество бит-карт) - количество битов на один пиксель в буфере кадра.
- Битовое отображение (битовая плоскость, bitmap) - буфер кадра с одним битом на пиксель (любой набор двоичных значений).
- Пиксельное отображение (pixmap) - буфер кадра с несколькими битами на один пиксель (буфер кадра, состоящий из нескольких битовых плоскостей).
- Цвет можно разложить на сочетание красной, зеленой и синей составляющих, что называется RGB-моделью цвета. Таким образом, в цветных мониторах в каждом пикселе находится три цветные излучающие точки. Одна точка излучает красный цвет, другая - зеленый, а третья - синий. Человеческий глаз имеет свойство объединять цвета, излучаемые тремя очень маленькими точками, в один цвет в каждом положении пикселя.
- Цвет пикселя определяется уровнем интенсивности свечения трех точек. Если глубина области буфера кадра равна 24 бит на пиксель, то для каждой точки может существовать 256 вариантов интенсивностей, что дает почти 17 миллионов вариантов цветов для каждого пикселя.

Растровые мониторы

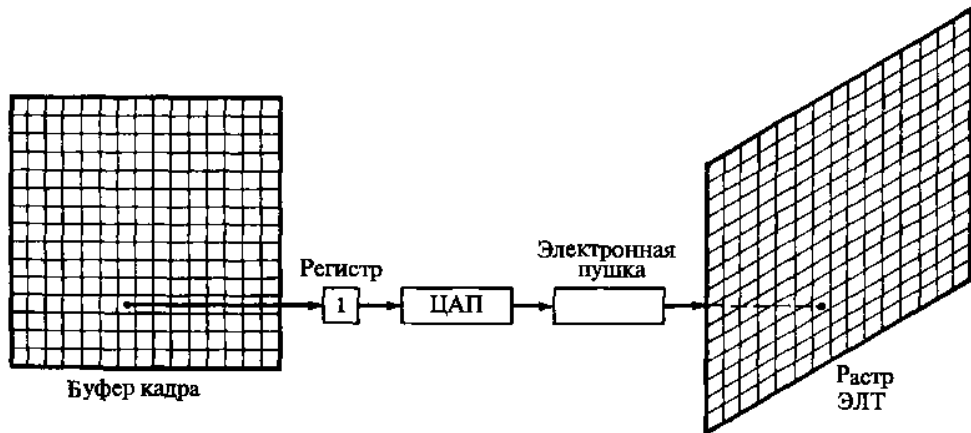


Рис. 5

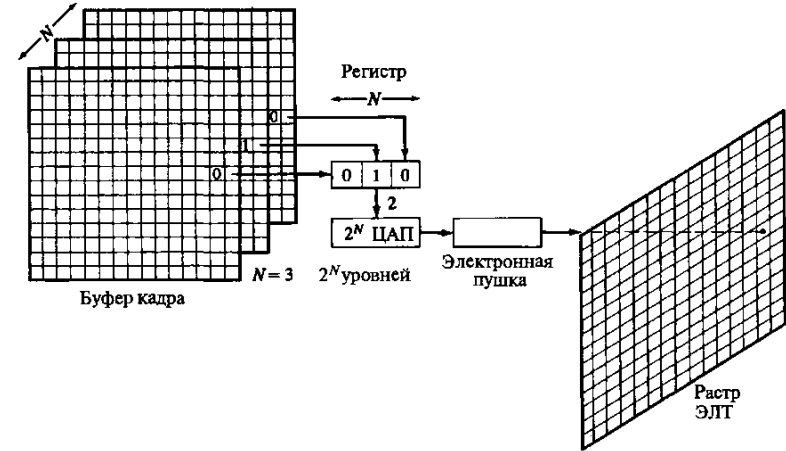


Рис. 6

- При одной битовой плоскости из-за того, что бит памяти имеет только два состояния (двоичные 0 или 1) можно получить лишь черно-белое изображение. На рис. 5 приведена схема черно-белого графического устройства, которое построено на принципе буферизации кадра в одной битовой плоскости.
- Полутона серого цвета могут быть введены в буфер кадра путем использования дополнительных битовых плоскостей. На рис. 6 показаны схемы буфера кадра с N битовыми плоскостями для градаций серого цвета. Интенсивность свечения каждого пиксела управляется значениями битов в N битовых плоскостях. В соответствующую позицию регистра загружается бинарная величина (0 или 1) из каждой плоскости. Получившееся в результате двоичное число интерпретируется как уровень интенсивности между 0 и $2^N - 1$. Это число преобразуется в напряжение между 0 (темный экран) и $2^N - 1$ (максимальная интенсивность свечения). Таким образом можно получить 2^N уровней интенсивности. Рис. 6 иллюстрирует систему с тремя битовыми плоскостями для 8 (2^3) уровней интенсивности. Для каждой битовой плоскости требуется полный объем памяти при заданном разрешении раstra: например, буфер кадра с тремя битовыми плоскостями для раstra 512×512 занимает 786 432 битов памяти.

Растровые мониторы

Табл. 1

	Красный	Зеленый	Синий
Черный	0	0	0
Красный	1	0	0
Зеленый	0	1	0
Синий	0	0	1
Желтый	1	1	0
Голубой	0	1	1
Пурпурный	1	0	1
Белый	1	1	1

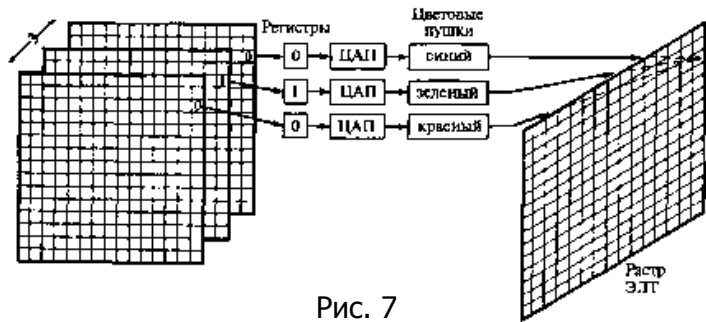


Рис. 7

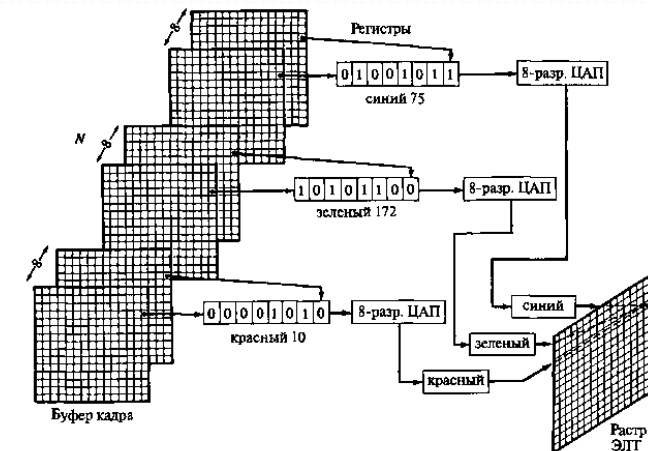


Рис. 8

- Поскольку существует три основных цвета, можно реализовать простой цветовой буфер кадра с тремя битовыми плоскостями, по одной на каждый из цветов. Отдельная битовая плоскость управляет одним из цветов, используемых в устройстве. Комбинации из трех основных цветов дают восемь цветов на экране ЭЛТ, которые вместе с соответствующими им двоичными кодами приведены в таблице 1. Схема простого цветового растрового буфера показана на рис. 7.
- Для управления интенсивностей трех цветов могут использоваться дополнительные битовые плоскости. На рис. 8 схематично показан цветовой буфер кадра с 8 битовыми плоскостями на каждый цвет, т.е. буфер кадра с 24 битовыми плоскостями. Каждая группа плоскостей может генерировать 256 (2^8) оттенков, или интенсивностей, красного, зеленого или синего цвета. Их можно комбинировать для получения $16\,777\,216 [(2^8)^3 = 2^{24}]$ возможных цветов.

Графический адаптер

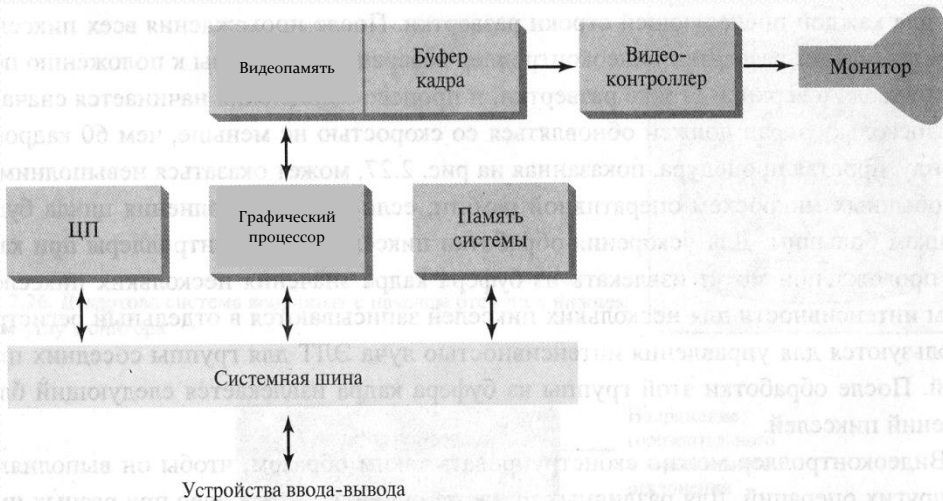


Рис. 9



Рис. 10

- Videоподсистема (графический адаптер, видеоадаптер, видеокарта) компьютера предназначена для отображения графических изображений, хранящихся в той или иной форме в памяти компьютера или изображений, создаваемых на основе геометрических моделей 3D-изображений на плоском экране монитора. На рис. 9 показан стандартный способ организации элементов растровой системы.
- Графические команды, описывающие прямые линии и другие геометрические объекты, преобразуются видеоподсистемой в набор дискретных точек, соответствующих положениям пикселей на экране. Такой процесс преобразования получил наименование растрового преобразования (rasterization) или сканирующего преобразования (scan conversion). Например, растровое преобразование прямолинейного элемента означает, что пиксели следует расположить так, чтобы они как можно точнее напоминали прямую линию, и записать в буфер кадра значения цвета для каждого положения. Аналогичные методы используются для преобразования стандартов развертки других объектов из описания изображения.
- Все видеоадаптеры, выпускаемые для ПК, можно разделить на три больших класса:
 - Бюджетные офисные видеокарты для широкого применения;
 - Игровые видеокарты, поскольку компьютерные игры – наиболее массовая область их применения;
 - Профессиональные видеокарты для выполнения сложных профессиональных работ (семейство Quadro и nForce Professional фирмы Nvidia и FireGL фирмы ATI). Основные отличия от игровых – ориентированы на применение в качестве API OpenGL, снабжаются специальными наборами драйверов (часто ориентированными на конкретные приложения) и высокой ценой.
- Фиксированная область видеопамати системы занята буфером кадра, к которому имеет непосредственный доступ видеоконтроллер. На рис. 10 схематически изображены основные операции обновления, за которые отвечает видеоконтроллер.
- При обновлении экрана, которые выполняются самими аппаратными средствами, а также некоторыми программными продуктами, положения пикселей отсчитываются от верхнего левого угла экрана.
- На рис. 2.28 показан один из. Задача процессора(ов) дисплея – освободить ЦП от графических операций, причем каждый набор процессоров выполняет свой набор функций. Кроме общей памяти системы, для процессора дисплея может еще предоставляться отдельная область памяти. В современных видеоадаптерах большая часть графических функций реализуется непосредственно в видеоадаптере на аппаратном уровне

Графический адаптер



• Современные компьютерные игры уже невозможны без использования пиксельных и вершинных шейдеров

Параметры видеоадаптеров:

- Емкость видеопамати. От нее зависит сложность обрабатываемых изображений и параметры качества и скорости отображения. Качество изображения на экране монитора характеризуется совокупностью взаимосвязанных параметров:
 - максимальная разрешающая способность,
 - максимальное число отображаемых цветов (разрядность кодирования цвета пикселя)
 - максимальная частота кадровой развертки.Перечисленные параметры определяют только объем буфера кадра, в котором непосредственно формируется изображение, выводимое на экран монитора, а в современных видеоадаптерах в видеопамати кроме буфера кадра размещается много других данных: буфер глубины (Z), данные вершин, текстуры и др.
- Тактовая частота процессора. Обычно она существенно ниже тактовой частоты ЦП.
- Тип графической памяти, разрядность шины и тактовая частота памяти.
- Максимальная пропускная способность шины памяти. Определяет скорость отображения и скорость работы графического процессора.
- Тип графического интерфейса. Интерфейс видеокарты обеспечивает сопряжение с северным мостом чипсета. Последовательный интерфейс PCI Express.
- Число вершинных конвейеров. Под вершиной понимают вершину многоугольника (полигона), в качестве которых чаще всего выступают треугольники. Вершинные конвейеры построены на специализированных вершинных процессорах и используются для обработки вершинных шейдеров (Vertex Shader) – специальных программ, которые позволяют разработчику задать программируемые изменения геометрии полигональной модели: расчет координат вершин и произвольных точек треугольников при перемещении трехмерных объектов, сортировки вершин, удаления невидимых граней объектов, и т.п. В частности, именно вершинные шейдеры определяют мимику персонажей в современных компьютерных играх.
- Число блоков текстурирования. Блоки (процессоры) текстурирования выполняют операции с текстурами для повышения реалистичности изображения на экране монитора. Текстура – плоское или трехмерное изображение элементарного участка реальной поверхности, которое может накладываться на трехмерные объекты с учетом их формы, положения и уровня детализации.
- Число пиксельных конвейеров (Pixel Shader). Пиксельные конвейеры построены на специализированных процессорах и используются для выполнения пиксельных шейдеров – специальных программ обработки пикселей изображения. Пиксельные шейдеры используются, например, при наложении тумана, отображении огня, эффектов поверхности.

Графический адаптер

Часто применяются несколько буферов (так называемая концепция двойной буферизации - double buffering), в то время как один буфер (рабочий буфер, front buffer) используется для регенерации, в других (фоновые буферы, back buffers) программа формирует изображения. Если формируется довольно сложное изображение, требующее много времени, программа может спокойно работать с фоновым буфером и это никак не скажется на регенерации ранее созданного изображения из рабочего буфера. После завершения формирования очередной фазы динамической картинке прикладная программа выполняет переключение буферов: делает рабочим тот, который ранее был одним из фоновых, а рабочий – фоновым. Двойная буферизация – это стандартная технология организации компьютерной анимации. При создании анимационных изображений в реальном времени за счет того, что различные виды движущихся объектов могут последовательно загружаться в буфер без перерыва на время регенерации. При выводе изображения нужно, чтобы частота обновления была достаточно высокой и зритель не смог заметить, как экран очищается и как на нем формируется новое изображение. Если изображение достаточно сложное и очередную его фазу не удастся сформировать за один период регенерации, то зритель увидит половину кадра с новой фазой движения, а половину – с прежней. Изображение перемещающегося объекта будет при этом искажено на экране. То же самое происходит и с последовательными процессами очистки экрана и обрисовки нового изображения, например, вращающегося квадрата. Хотя квадрат – это довольно простой объект, который формируется за время меньшее периода регенерации, в программе может отсутствовать связь между процессом формирования объекта в буфере и выводом содержимого буфера на экран аппаратными средствами. Таким образом, вполне вероятно, что на экран будет отправлено содержимое буфера, в котором новый квадрат сформирован только частично. Двойная буферизация не решает проблемы скорости формирования изображения. Фактически эта технология позволяет только избежать наложения отображения и формирования новой фазы картинке – новое изображение выводится на экран только после завершения его формирования. Возможно получить вполне приемлемое качество динамического изображения даже при частоте формирования новых фаз порядка 10-20 Гц.

Векторные мониторы

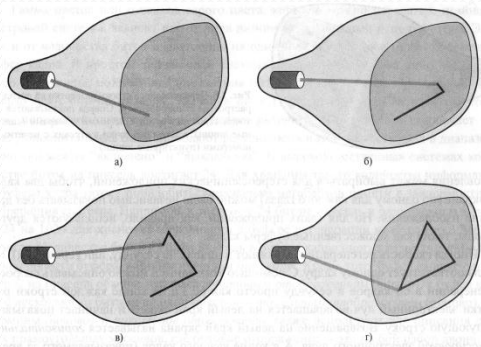


Рис. 11

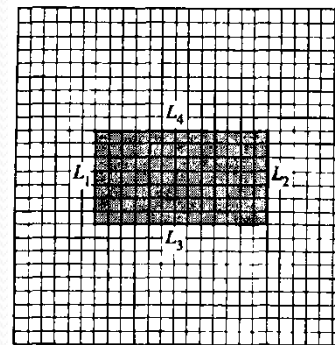


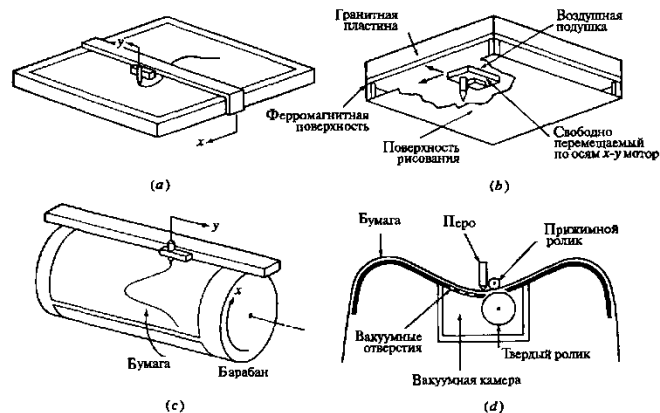
Рис. 12

- В более старых векторных (каллиграфических) дисплеях изображения создаются путем построения прямолинейных отрезков, соединяющих заданные точки экрана. Электронный луч направляется только в те части экрана, где должна появиться картинка и пробегает по линиям, составляющим рисунок, одна за другой в заданном порядке (рис.11). Люминофор векторных дисплеев нанесен на экран сплошным слоем, в результате получается почти идеальные (гладкие) прямые линии.
- Определение изображения хранится в виде набора команд для черчения линий в области памяти, называемой таблицей отображения (файлом регенерации отображения, векторным файлом или программой отображения), причем число «коротких» линий в таблице может достигать до 100 000.
- Чтобы отобразить заданный рисунок, система выполняет цикл команд из файла отображения, изображая все линии по очереди. После выполнения всех команд для черчения линий система возвращается к первой командной строке в таблице. Векторные дисплеи проектируются таким образом, чтобы все линии, составляющие рисунок, изображались от 30 до 60 раз в секунду. Скорость регенерации векторной системы зависит от количества линий, которые этой системе нужно изобразить. Если нужно изобразить небольшой узор линий, то выполнение каждого цикла задерживается, чтобы избежать очень большой скорости регенерации, которая может привести к выгоранию люминесцентного покрытия.
- На растровых устройствах легче изображать сплошные фигуры с плавными переходами цветов. Как показано на рис. 12 растровое представление сплошной «полигональной» фигуры концептуально достаточно просто. Здесь представление сплошной фигуры, ограниченной отрезками L_1 , L_2 , L_3 , L_4 , достигается установкой всех пикселей внутри ограничивающего прямоугольника в соответствующий цвет в буфере кадра.

Принтеры

- К устройствам выдачи документальных копий графических рабочих станций относятся обычные принтеры и плоттеры (графопостроители). Они используют растровый принцип формирования изображения (подобно растровым мониторам, но без регенерации). В отличие от мониторов, цветная печать обеспечивается смешиванием голубого (cyan), пурпурного (magenta), желтого (yellow) и черного (black) цветов.
- Выделяют четыре основных типа принтеров:
 - матричные;
 - струйные;
Старшие модели струйных принтеров при использовании фотокартриджей (дополняют основные цвета еще двумя оттенками красного) и специальных сортов бумаги позволяют добиваться весьма высокого качества печати. Могут поддерживать такую функцию как печать на CD.
 - лазерные;
 - Имеют высокое разрешение. Относительно недорогие модели позволяют быстро печатать качественную черную графику или оттеночные серые изображения. Принцип работы лазерного принтера в целом повторяет метод ксерографической печати: тонер притягивается к определенным образом заряженному барабану а затем переносится на бумагу.
 - термопринтеры.
 - Очень высокое качество дают сублимационные и иные термопринтеры (восковые, с использованием твердых чернил и т.д.).
 - Печать осуществляется путем разогрева красящих лент или пластин и переноса их головкой принтера на бумагу, желательна специальная (достаточно дорогую). Термопринтеры печатают очень медленно, но позволяют получать изображения с реальными полутонами.

Перьевые графопостроители



- Перьевой графопостроитель используют векторный принцип формирования изображения.
- Графопостроитель формирует изображение на бумаге за счет перемещения пера, закрепленного на двух подвижных направляющих (рис. 13). Одна направляющая перемещается в продольном направлении (вдоль оси y), а другая в поперечном (вдоль оси x). Специальный механизм поднимает и опускает перо. В опущенном состоянии перо при перемещении оставляет след на бумаге – этот след и формирует изображение.

- Перьевые графопостроители делятся на три вида:

- планшетные (рис. 13 a-b). Имеют вид обычного стола с мощным основанием. Бумага для исключения смещения при вычерчивании крепится к столу пневматическим или электростатическим способом. Т.о. можно вычерчивать чертежи формата A0. При этом толщина линии и точность вычерчивания достигает 0,125 мм.
- барабанные (рис. 13-с). Представляют собой стойку с вращающимся в верхней ее части барабаном, над которым сверху перемещается каретка с перьями. Вращаясь, барабан перемещает бумагу вперед-назад, перья, опускаясь в заданный момент, вычерчивают изображение.
- графопостроители с нажимным роликом (рис. 13-d).

В качестве носителя изображения может использоваться множество материалов, таких как бумага, пергамент, фотопленка, копировальная поверхность, лист металла и ткани. Этим разнообразным типам носителей соответствует множество устройств рисования, среди которых шариковая ручка, фломастеры и обычные чернильные перья, световые и лазерные лучи, инструменты для гравировки, копировальные резцы и резцы по ткани. Такое разнообразие типов носителей и пишущих узлов предполагает широкий спектр различных сфер применения планшетных графопостроителей: для построения технических чертежей, создания шаблонов печатных плат и интегральных схем, раскройки и даже парусов.

- Графики и таблицы можно строить с помощью чернильного графопостроителя или устройства, в котором сочетается принтер и графопостроитель.
- Для программного управления графопостроителями применяются разнообразные пакеты API – PostScript (язык описания страниц PostScript является стандартным средством управления принтерами).



(a)



(c)

Рис. 13

Устройства ввода



- Для ввода графической информации можно выбирать приспособления из целого ряда возможных.
- В большинстве графических систем в качестве хотя бы одного из возможных устройств ввода используется обычная алфавитно-цифровая клавиатура (keyboard device). Клавиатура почти всегда представляет собой панель, на которой установлено множество (как правило, свыше сотни) кнопок. Различные варианты устройств этой группы объединяет то, что все они передают в компьютер коды символов. Клавиатура используется для ввода текста, значений переменных или опций программирования.
- Более специфическими устройствами, предназначенными для ввода именно графической информации, являются устройства указания (point devices). Каждое из этих устройств способно передавать в систему информацию о положении и каждое оснащено кнопками, формирующие управляющие сигналы. Примерами таких устройств являются:
 - Мышь.
 - Трекбол (trackball).
 - Пространственный манипулятор (spacebar).
 - Джойстик (joystick).
 - Графический планшет (data tablets).
 - Световое перо (light pen).

Мышь и трекбол

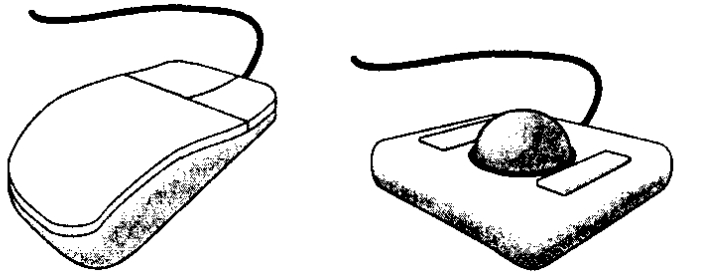


Рис. 14



Рис. 15

Сейчас большая часть графических систем общего назначения оснащается мышью.

В оптико-механических (шариковых) мышах движения шарика по столу (механическая составляющая) отслеживаются при помощи фотоэлементов (оптическая составляющая).

В оптической мыши нет шарика, движения отслеживаются светоприемником. Оптическая мышь обладает большей точностью, чем оптикомеханическая.

Трекбол (trackball) по назначению и по конструкции похож на шариковую мышь. Если перевернуть шариковую мышь кверху «брюшком», то она будет очень похожа на трекбол. В обоих устройствах вращение шарика преобразуется с помощью пары преобразователей в сигналы, передаваемые в компьютер.

Шарик трекбола можно вращать пальцами или ладонью.

Клавиатуры компьютеров часто оснащаются трекболом.

Маленькие трекболы широко используются в портативных компьютерах, где их встраивают прямо в клавиатуру.

В некоторые клавиатуры встраиваются приборы, чувствительные к давлению, которые выполняют те же функции, что и мышь или трекбол, но при этом в них отсутствуют подвижные элементы. Преобразователи в таких устройствах измеряют величину давления на небольшой выпуклый набалдашник, размещенный между двумя кнопками в средней части клавиатуры.

К основному дизайну мыши могут добавляться дополнительные элементы, позволяющие увеличить количество возможных параметров ввода.

У Z-мыши на рис. 15 есть три кнопки, колесико для большого пальца сбоку и трекбол сверху. Такой дизайн обеспечивает шесть степеней свободы для выбора положения в пространстве, угла поворота и других параметров. С помощью Z-мыши можно выбрать объект, изображенный на мониторе, развернуть его и передвинуть в любом направлении. К числу областей использования Z-мыши относится виртуальная реальность, автоматизированное проектирование и анимация.

При использовании мыши или трекбола в обычном режиме мы имеем дело фактически с относительным положением устройства. Если переместить указатель каким либо способом в другое место, не вращая при этом шарик мыши или трекбола, то дальнейшие сигналы будут смещать указатель относительно новой позиции. Абсолютные координаты устройства не считаются прикладной программой.

Пространственный манипулятор (spaceball)

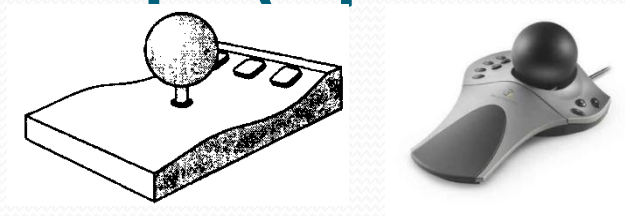


Рис. 16

- В трехмерной графической системе весьма соблазнительно использовать и трехмерные устройства ввода. Хотя и существуют различные конструкции таких устройств, они все еще не получили широкого распространения, поскольку проигрывают популярным двумерным устройствам как по стоимости, так и по техническим характеристикам.
- Пространственный шар (спейсбол - spaceball) очень похож на джойстик, но отличается от него тем, что на рукоятке закреплен шар (рис. 16), причем рукоятка в этой конструкции неподвижна. Шар имеет датчики давления, которые измеряют усилие, прикладываемое пользователем. Шар может измерять не только составляющие усилия в трех основных направлениях (сверху вниз, от себя или на себя, влево-вправо), но и вращение относительно трех осей. Таким образом, это устройство способно передавать в компьютер шесть независимых параметров (говорят, что устройство имеет шесть степеней свободы), характеризующих как плоскопараллельное смещение, так и вращение. Такого рода устройство можно использовать, например, при настройке положения и ориентации камеры просмотра трехмерной сцены. С их помощью выполняются операции в системах виртуальной реальности, в анимации, автоматизированном проектировании и в других приложениях.

Джойстик



Рис. 17

- Джойстик (joystick) состоит из вертикального рычага (“stick”), помещенного на подставке (рис. 17).
- Джойстик используется для кругового управления курсором на экране.
- Большинство джойстиков служат для выбора положения на экране путем реального перемещения рычага; другие реагируют на давление на рычаг.
- Чем дальше джойстик отклонен от начального положения, тем быстрее маркер перемещается по экрану (устройство с переменной чувствительностью).
- Другое преимущество джойстика – возможность имитации силовой обратной связи с помощью разного рода пружин. При этом пользователь чувствует, что чем дальше отклонен джойстик, тем большее усилие требуется для его дальнейшего движения. Это очень помогает в работе с разного рода симулятора и играми.

Графический планшет

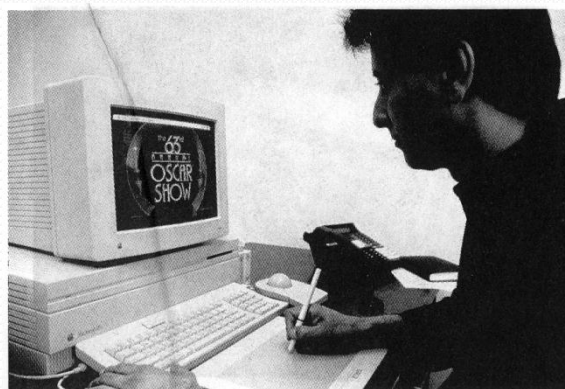
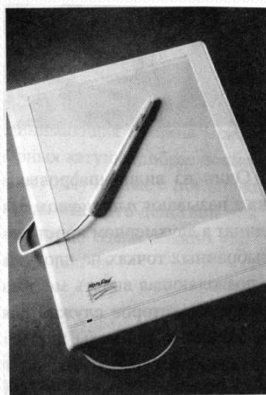


Рис. 18

- Для дизайнера мышь подходит только до той поры, пока нет нужды в рисовании сложных кривых от руки. Нарисовать плавный контур мышью «в режиме карандаша» практически не реально. Конечно можно использовать специальные инструменты создания кривых, однако для человека, привыкшего рисовать обычным способом, такой подход неприятен. В этом случае возможны два варианта:
 - Первый – набросок рисунка создается на бумаге, затем сканируется и, по всей вероятности, векторизуется.
 - Второй – использование графических планшетов(Data tablets).
- В типичном планшете применяется ортогональная сетка проводов, расположенных под его поверхностью (рис. 18). Положение указки (stylus) определяется посредством электромагнитного взаимодействия сигналов, проходящих между проводами и указкой. При проведении штриха на поверхности создается соответствующий штрих на экране. В качестве планшета могут использоваться чувствительные к прикосновению прозрачные экраны устройства (сенсорные экраны). Небольшие экраны такого типа размещаются иногда на клавиатуре портативных компьютеров.
- Планшеты характеризуются рабочей площадью, разрешением и количеством степеней свободы. Рабочая площадь обычно приравнивается к одному из стандартных форматов (А6-А3). Чем больше площадь планшета, тем удобнее создавать рисунки соответствующего размера. Поскольку способ измерения положения указки не механический, разрешение составляет от 1000 dpi, что много выше по сравнению с разрешением обычной оптико-механической и даже оптической мыши.

Световое перо

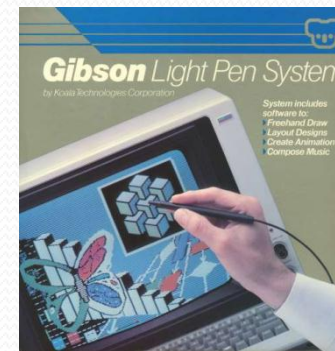
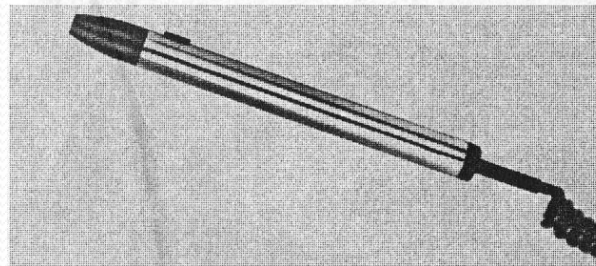
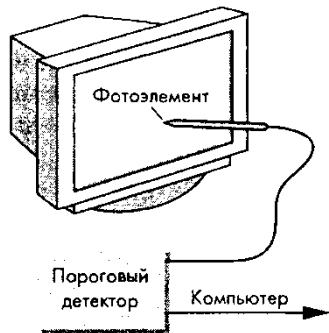


Рис. 19

- В компьютерной графике самую длинную историю из всех устройств указания имеет световое перо (light pen). Вспомним, что зарождение компьютерной графики, началось с него. Световое перо содержит фоточувствительный элемент (рис. 19), который при приближении к экрану «чувствует» излучение, порождаемое при столкновении электронов с люминофорным покрытием экрана. Если мощность светового импульса превышает определенный порог, фоточувствительный элемент формирует импульс, который передается в компьютер. Анализируя смещение этого импульса относительно начала цикла регенерации, компьютер может четко определить координаты той точки экрана, возбуждение которой «засветило» фотоэлемент. Таким образом, в распоряжении пользователя оказывается устройство непосредственного указания, работающее напрямую с изображением на экране.
- В настоящее время, простые и надежные мыши повсеместно вытеснили экзотические световые перья.
- Кроме всего прочего, в графической системе, работающей со световым пером, нужно предпринимать специальные меры, чтобы иметь возможность считывать координаты точек на темных участках экрана.

Сканеры



Рис. 20



Рис. 21



Рис. 23



Рис. 24



Сканеры это высокоточные оптико-механические устройства для считывания графической информации посредством последовательного просмотра предмета оптическим лучом и записи интенсивности и цвета каждой точки отраженного луча в память. Сканеры могут быть двухмерными (сканирует плоские предметы - рис. 20-23) и трехмерными (для считывания вокселей с объемных предметов – рис. 24). Процесс сканирования осуществляется шаговым (дискретным) методом движения оптической каретки. Чем меньше шаг считывания, тем больше точек изображения фиксируется на определенном отрезке.

По конструкции сканеры делятся на:

- Ручные (рис. 20). Практически отсутствуют в продаже и не очень удобны, если отбросить ряд специфических задач, более подходящих для цифрового фотоаппарата.

- Листовые (рис. 21). Похожи по методике подачи оригинала с факсом. Такие сканеры не позволяют, например, отсканировать разворот книги. Листовые сканеры сейчас встречаются только в виде функции принтера.

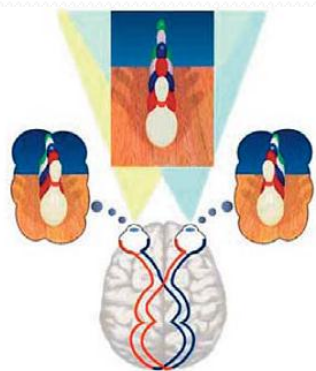
- Планшетные (рис. 22).

- домашние/офисные распознавание текста и сканирования фотоизображений со средним качеством
- для профессиональной графики работу с фотоотпечатками, негативами и слайдами

Различие между этими категориями – в предельном оптическом разрешении, глубине цвета (т.е. количестве цветов, которое используется при определении цвета отсканированной точки), динамическом диапазоне сканера – чувствительности при сканировании темных участков оригинала. Практически все перечисленные выше характеристики являются объектом постоянных маркетинговых манипуляций со стороны производителей сканеров. Например, на коробке со сканером нередко можно увидеть величину разрешения порядка 10 тысяч точек на дюйм, при том, что реальные возможности модели – сканирование с разрешением 600 точек на дюйм.

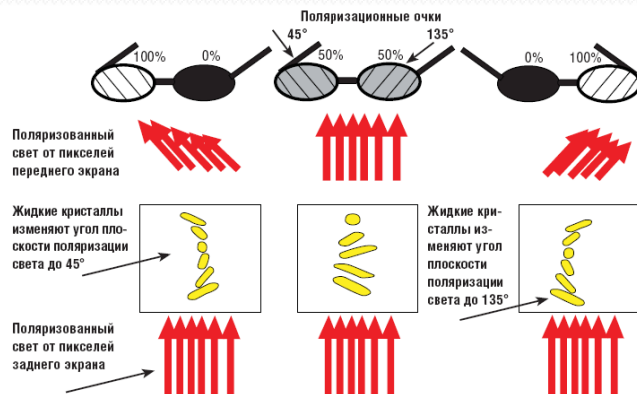
- Барабанные (рис. 23). Дорогостоящие профессиональные устройства, обеспечивающие высокое качество сканирования.

Стереозрение



СТЕРЕОЗРЕНИЕ Мозг складывает изображения, получаемые левым и правым глазом, в единую трехмерную картинку

Рис. 25



РАЗДЕЛЕНИЕ КАДРОВ Получение стереопары в мониторе iZ3D

Рис. 26



Рис. 27

- Глаза человека расположены на некотором расстоянии друг от друга. При этом каждый получает вид одной и той же области окружающего пространства с немного разных углов и передает в мозг уникальную визуальную информацию. При одновременном поступлении в заднюю часть мозга двух изображений они соединяются в одно, существенно отличающееся от исходных (рис. 25). Полученная картинка – это не просто сумма двух составляющих, а стереоизображение, в котором объекты воспринимаются в трех пространственных измерениях – по ширине, высоте и глубине (осям x, y и z). Именно восприятие глубины делает наши ощущения богаче и позволяет оценивать расстояние до окружающих нас объектов.
- Если сформировать для каждого глаза свою собственную картинку, называемую кадром стереопары, то работу по их сложению в единое объемное изображение проделает мозг. На этом принципе основана работа таких устройств, как шлемы виртуальной реальности, стереомониторы и стереочки.
- Шлем виртуальной реальности содержит два миниатюрных экрана, на каждый из которых выводится своя уникальная картинка.
- Сравнительно недавно на рынке ЖК экранов появился новый вид устройств – стереомониторы, которые позволяют получить стереоизображение высокого разрешения. Каждый пиксель заднего слоя экрана стереомонитора одновременно отображает оба кадра стереопары, а передний слой экрана разделяет получаемый свет таким образом, что в специальных поляризационных очках каждый глаз видит только предназначенный для него кадр стереопары (рис. 26).
- В комплекте с монитором поставляется специальный драйвер, с помощью которого система просчитывает один и тот же кадр с двух различных положений виртуальной памяти – для левого и правого глаз (рис. 27). Фактически стереодрайвер создает две стереокамеры и задает алгоритм, по которому левый и правый кадры стереопары превращаются в информацию, передаваемую на экран. При этом нагрузка на систему в стереорежиме возрастает в два раза по сравнению с обычным режимом.

Принцип формирования стереоизображения

Чтобы наблюдатель мог видеть трехмерную картинку на экране стереомонитора, для каждого глаза создаются изображения одинаковых объектов, но с различных точек зрения. В результате левый глаз видит изображение с позиции левой камеры, а правый, соответственно, с позиции правой. В приведенном на рисунке примере куб, находящийся в центре экрана, строится в одинаковом положении для обоих глаз. Шар отображается с положительным параллаксом — правый глаз воспринимает его положение справа от изо-

бражения, фиксируемого левым глазом, поэтому он будет казаться расположенным в глубине экрана. Пирамида отображается с отрицательным параллаксом — правый глаз воспринимает ее изображение слева от того, которое видит левый глаз, поэтому будет казаться, что пирамида находится перед поверхностью экрана.



ПОЛУЧЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ Правый глаз видит объекты, выделенные красным цветом, а левый глаз – синими. В мозгу изображения складываются – в результате мы воспринимаем объекты, выделенные черным

Рис. 28