

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Лекция 1

Введение в компьютерную графику

Основные направления компьютерной графики

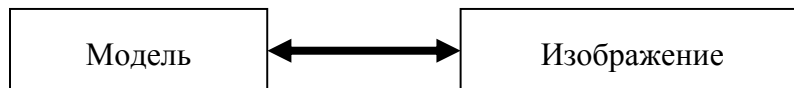
Компьютерная графика (КГ) – это отрасль знаний, представляющая комплекс аппаратных и программных средств, используемых для формирования, преобразования и выдачи информации в визуальной форме на средства отображения ЭВМ, а также КГ - совокупность методов и приемов для преобразования при помощи ЭВМ данных в графическое представление или графического представления в данные.

Конечным продуктом КГ является изображение (графическая информация). Изображение можно разделить на:

1. *Рисунок* – графическая форма изображения, в основе которой лежит линия.
2. *Чертеж* – это контурное изображение проекции некоторых реально существующих или воображаемых объектов.
3. *Картина* – тоновое черно-белое или цветное изображение.

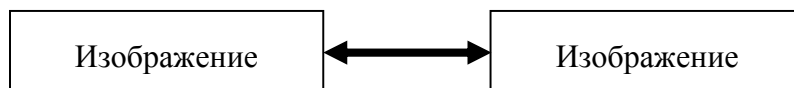
Самая важная функция компьютера – обработка информации. Особо можно выделить обработку информации, связанную с изображениями. Она разделяется на три основных направления: визуализация, обработка и распознавание изображений.

Визуализация – создание изображения на основе описания (модели) некоторого объекта:



Существует большое количество методов и алгоритмов визуализации, которые различаются между собой в зависимости от того, что и как должно быть отображено: график функции, диаграмма, схема, карта или имитация трехмерной реальности – изображения сцен в компьютерных развлечениях, художественных фильмах, тренажерах, в системах архитектурного проектирования. Важными и связанными между собой **факторами** здесь являются: скорость изменения кадров, насыщенность сцены объектами, качество изображения, учет особенностей графического устройства.

Обработка изображений – это преобразование изображений, т.е. входными данными является изображение и результат – тоже изображение:



Примерами обработки изображений могут служить повышение контраста, четкости, коррекция цветов, редукция цветов, сглаживание, уменьшение шумов и т.д. В качестве материала обработки могут быть космические снимки, отсканированные изображения, радиолокационные, инфракрасные изображения и т.п. Задачей обработки изображений может быть как улучшение в зависимости от определенного критерия (реставрация, восстановление), так и специальное преобразование, кардинально изменяющее изображение. В последнем случае обработка изображений может быть промежуточным этапом для дальнейшего распознавания изображения. Например, перед распознаванием часто необходимо выделять контуры, создавать бинарное изображение, разделять исходное изображение по цветам. Методы обработки изображения могут существенно различаться в зависимости от того, каким путем оно получено: синтезировано системой КГ, получено в результате оцифровки черно-белой или цветной фотографии.

Основной задачей **распознавания изображений** является получение описания изображенных объектов. Методы и алгоритмы распознавания разрабатывались, прежде всего, для обеспечения зрения роботов и для систем специального назначения. Но в последнее время компьютерные системы распознавания изображений все чаще появляются в повседневной практике, например, офисные системы распознавания текстов или программы векторизации.

Цель распознавания может формулироваться по-разному: выделение отдельных элементов (например, букв текста на изображении документа или условных знаков на изображении карты), классификация изображения в целом (например, проверка, изображен ли определенный объект, или установление персоны по отпечаткам пальцев).

Методы классификации и выделения отдельных элементов могут быть взаимосвязаны. С одной стороны, классификация может быть выполнена на основе структурного анализа отдельных элементов объекта, с другой – для выделения отдельных элементов изображения можно использовать методы классификации.

Задача распознавания является обратной по отношению к визуализации:



Сферы применения компьютерной графики:

- САПР (системы автоматизированного проектирования);
- деловая графика (графическое представление данных);
- визуализация процессов и явлений в научных исследованиях (компьютерное графическое моделирование);
- медицина (компьютерная томография, УЗИ и т.д.);
- геодезия и картография (ГИС);
- полиграфия (схемы, плакаты, иллюстрации);
- сфера массовой информации (графика в Интернете, иллюстрации, фото);
- кинематография (спецэффекты, компьютерная мультипликация);
- быт (компьютерные игры, графические редакторы, фотоальбомы).

Столь широкое распространение компьютерная графика получила с появлением интерактивных графических систем.

Понятие ***"интерактивная компьютерная графика"*** (ИКГ) предполагает способность компьютерной системы создавать графику и вести диалог с человеком. В системе ИКГ пользователь воспринимает на дисплее изображение, представляющее некоторый сложный объект, и может вносить изменения в описание (модель) объекта. Такими изменениями могут быть ввод и редактирование отдельных элементов, задание числовых значений для любых параметров, различные операции по вводу информации на основе восприятия изображений человеком. В настоящее время почти любую программу можно считать системой интерактивной компьютерной графики. Достоинствами данной графики являются:

- наиболее естественные средства общения с ЭВМ;
- хорошо развитый двухмерный и трехмерный механизм распознавания образов позволяет очень быстро и эффективно воспринимать и обрабатывать различные виды данных;
- позволяет значительно расширить полосу пропускания при общении человека с ЭВМ за счет использования разумного сочетания текста, статических и динамических изображений по сравнению со случаями, когда можно работать только с текстами. Это расширение существенно влияет на возможность понимать данные, выявлять тенденции и визуализировать существующие или воображаемые объекты при обработке.

Исторически первыми интерактивными системами считаются системы автоматизированного проектирования (САПР), которые появились в 60-х годах XX века. Они используются во многих областях: машиностроение, электроника, проектирование самолетов и автомобилей, при разработке микроэлектронных интегральных схем, в архитектуре.

Все более популярными становятся геоинформационные системы (ГИС). Они используют методы и алгоритмы многих наук и информационных технологий: последние достижения технологий баз данных, в них заложены многие алгоритмы и методы математики, физики, геодезии, топологии, картографии, навигации и, конечно же, компьютерной графики. Системы типа ГИС зачастую требуют значительных мощностей компьютера как для работы с базами данных, так и для визуализации объектов.

Типичными для любой ГИС являются следующие операции: ввод и редактирование объектов с учетом их расположения на поверхности Земли; формирование разнообразных цифровых моделей и хранение их в базах данных; анализ множества объектов, расположенных на некоторой территории, с учетом пространственных, топологических отношений.

Важным этапом развития систем КГ являются системы виртуальной реальности (virtual reality). Нарастание мощностей компьютера, повышение реалистичности трехмерной графики,

совершенствование способов диалога с человеком позволяют создавать иллюзию вхождения человека в виртуальное пространство, которое может быть моделью существующего или выдуманного пространства. Системы класса виртуальной реальности для диалога с компьютером обычно используют такие устройства, как шлем-дисплей, сенсоры на теле человека.

Широко используется КГ в кинематографии. Одним из первых примеров был фильм "Звездные войны", созданный с помощью суперкомпьютера Cray. До недавнего времени технологии компьютерной графики использовались для спецэффектов, создания изображений экзотических чудовищ, имитации стихийных бедствий и других элементов, которые являлись лишь фоном для игры живых актеров. В 2001 г. вышел на экраны полнометражный кинофильм "Финальная фантазия", в котором все, включая изображения людей, синтезировано компьютером – живые актеры только озвучили роли за кадром.

Важное место занимает компьютерная графика в Интернете. В этих целях совершенствуются методы передачи визуальной информации, разрабатываются новые графические форматы.

В современных компьютерных играх значительную роль играют анимация, реалистичность изображений, совершенство способов ввода-вывода информации. Следует отметить, что во многих игровых программах используются идеи и методы, разработанные для профессиональных компьютерных систем, таких как тренажеры для летчиков.

Классификация компьютерной графики

Классифицировать КГ можно по следующим критериям:

В зависимости от организации работы графической системы

1. *пассивная или не интерактивная* – это организация работы графической системы, при которой дисплей используется только для вывода изображения под управлением программы без вмешательства пользователя. Графическое представление после получения не может быть изменено.

2. *активная или интерактивная* (динамическая, диалоговая) – это воспроизведение на экране изображений под управлением пользователя.

В зависимости от способа формирования изображения

1. *растровая графика* – это графика, в которой изображение представляется двумерным массивом точек, которые являются элементами раstra. Растр – это двумерный массив точек (пикселей), упорядоченных в строки и столбцы, предназначенных для представления изображения путем окраски каждой точки в определенный цвет.

2. *векторная графика* – метод построения изображений, в котором используются математические описания для определения положения, длины и координаты выводимых линий.

3. *фрактальная графика* – напрямую связана с векторной. Как и векторная, фрактальная графика вычисляемая, но отличается тем, что никакие объекты в памяти компьютера не хранятся.

4. *3D-графика*.

В зависимости от цветового охвата различают *черно-белую* и *цветную* графики.

В зависимости от способов показа изображения

1. *иллюстративная графика* – способ изображения графического материала.

2. *демонстративная графика* – связана с динамическими объектами.

Технологии изображения динамических объектов используют три основных способа:

1. рисование – стирание;
2. смена кадров;
3. динамические образы.

Средства создания и обработки демонстративной графики подразделяют на анимацию (двухмерную и трехмерную), обработку и вывод живого видео и разнообразные специальные обработчики видеоматериалов.

В зависимости от способов применения

1. *научная графика* – вывод графиков на плоскости и в пространстве, решение систем уравнений, графическая интерпретация (MathCAD).
2. *инженерная графика* (системы автоматизации проектных работ) – различные применения в машиностроении, в проектировании печатных плат, архитектуре и т.д.
3. *деловая графика* – построение графиков, диаграмм, создание рекламных роликов, демонстраторов.

Деловая графика

Понятие деловой графики включает методы и средства графической интерпретации научной и деловой информации: таблицы, схемы, диаграммы, иллюстрации, чертежи.

Среди программных средств КГ особое место занимают средства деловой графики. Они предназначены для создания иллюстраций при подготовке отчетной документации, статистических сводок и других иллюстративных материалов. Программные средства деловой графики включаются в состав текстовых и табличных процессоров.

В среде MS Office имеются встроенные инструменты для создания деловой графики: графический редактор Paint, средство MS Graph, диаграммы MS Excel.

Лекция 2

Виды компьютерной графики. Программные средства компьютерной графики

Виды компьютерной графики

Несмотря на то, что для работы с КГ существует множество классов программного обеспечения, выделяют всего три вида КГ: растровую, векторную и фрактальную графику. Они различаются принципами формирования изображения при отображении на экране монитора или при печати на бумаге.

Растровая графика применяется при разработке электронных и полиграфических изданий. Иллюстрации, выполненные средствами растровой графики, редко создают вручную с помощью компьютерных программ. Чаще для этой цели сканируют иллюстрации, подготовленные художником на бумаге, или фотографии. В последнее время для ввода растровых изображений в компьютер нашли широкое применение цифровые фото- и видеокамеры. Соответственно, большинство графических редакторов, предназначенных для работы с растровыми иллюстрациями, *ориентированы не столько на создание изображения, сколько на их обработку*. В Интернете, в основном, применяются растровые иллюстрации.

Программные средства для работы с векторной графикой наоборот предназначены, в первую очередь, *для создания иллюстраций и в меньшей степени для их обработки*. Такие средства широко используют в рекламных агентствах, дизайнерских бюро, редакциях и издательствах. Оформительские работы, основанные на применении шрифтов и простейших геометрических элементов, решаются средствами векторной графики намного проще. Существуют примеры высокохудожественных произведений, созданных средствами векторной графики, но они скорее исключение, чем правило, поскольку художественная подготовка иллюстраций средствами векторной графики чрезвычайно сложна.

Программные средства для работы с фрактальной графикой предназначены *для автоматической генерации изображений путем математических расчетов*. Создание фрактальной художественной композиции состоит не в рисовании или оформлении, а в программировании. Фрактальную графику редко применяют для создания печатных или электронных документов, но ее часто используют в развлекательных программах.

Растровая графика. Основным элементом растрового изображения является точка. Если изображение экранное, то эта точка называется пикселом. Отличительными особенностями пиксела являются его однородность (все пиксели по размеру одинаковы) и неделимость (пиксел не содержит более мелких пикселей). В зависимости от того, на какое графическое разрешение экрана настроена

операционная система компьютера, на экране могут размещаться изображения, имеющие 640x480, 800x600, 1024x768 и более пикселей.

С размером изображения непосредственно связано его разрешение. Этот параметр измеряется в точках на дюйм (dots per inch - dpi). У монитора с диагональю 15 дюймов размер изображения на экране составляет примерно 28x21 см. Зная, что в 1 дюйме 25,4 мм, можно рассчитать, что при работе монитора в режиме 800x600 пикселей разрешение экранного изображения равно 72 dpi.

При печати разрешение должно быть намного выше. Полиграфическая печать полноцветного изображения требует разрешения не менее 300 dpi. Стандартный фотоснимок размером 10x15 см должен содержать примерно 1000x1500 пикселей.

Цвет любого пикселя растрового изображения запоминается в компьютере с помощью комбинации битов. Чем больше битов, тем больше оттенков цветов можно получить. Число битов, используемых компьютером для любого пикселя, называется битовой глубиной пикселя. Наиболее простое растровое изображение, состоящее из пикселей имеющих только два цвета – черный и белый, называется *однобитовыми изображениями*. Число доступных цветов или градаций серого цвета равно 2 в степени равной количеству битов в пикселе. Цвета, описываемые 24 битами, обеспечивают более 16 миллионов доступных цветов и их называют *естественными цветами*.

Растровые изображения обладают множеством характеристик, которые должны быть организованы и фиксированы компьютером. Размеры изображения и расположение пикселей в нем это две основные характеристики, которые файл растровых изображений должен сохранить, чтобы создать картинку. Даже если испорчена информация о цвете любого пикселя и любых других характеристиках компьютер все равно сможет воссоздать версию рисунка, если будет знать, как расположены все его пиксели. Пиксел сам по себе не обладает размером, он всего лишь область памяти компьютера, хранящая информацию о цвете, поэтому коэффициент прямоугольности изображения (определяет количество пикселей матрицы рисунка по горизонтали и по вертикали) не соответствует никакой реальной размерности. Зная только коэффициент прямоугольности изображения с некоторой разрешающей способностью можно определить настоящие размеры рисунка.

Разрешающая способность растра – это просто число элементов (пиксел) заданной области (дюйм). Файлы растровой графики занимают большое количество памяти компьютера. Наибольшее влияние на количество памяти оказывают три фактора:

1. размер изображения;
2. битовая глубина цвета;
3. формат файла, используемый для хранения изображения.

Достоинства растровой графики:

1. аппаратная реализуемость;
2. программная независимость (форматы файлов, предназначенные для сохранения точечных изображений, являются стандартными, поэтому не имеют решающего значения, в каком графическом редакторе создано то или иное изображение);
3. фотореалистичность изображений.

Недостатки растровой графики:

1. значительный объем файлов (определяется произведением площади изображения на разрешение и на глубину цвета (если они приведены к единой размерности));
2. принципиальные сложности трансформирования пиксельных изображений;
3. эффект пикселизации – связан с невозможностью увеличения изображения для рассмотрения деталей. Поскольку изображение состоит из точек, то увеличение приводит к тому, что точки становятся крупнее. Никаких дополнительных деталей при увеличении растрового изображения рассмотреть не удастся, а увеличение точек растра визуально искажает иллюстрацию и делает ее грубой;
4. аппаратная зависимость – причина многих погрешностей;
5. отсутствие объектов.

Векторная графика. Если в растровой графике основным элементом изображения является точка, то в векторной графике – линия (при этом неважно, прямая это линия или кривая).

Разумеется, в растровой графике тоже существуют линии, но там они рассматриваются как комбинации точек. Для каждой точки линии в растровой графике отводится одна или несколько ячеек памяти (чем больше цветов могут иметь точки, тем больше ячеек им выделяется). Соответственно, чем

длиннее растровая линия, тем больше памяти она занимает. В векторной графике объем памяти, занимаемый линией, не зависит от размеров линии, поскольку она представляется в виде формулы, а точнее говоря, в виде нескольких параметров. Что бы мы ни делали с этой линией, изменяются только ее параметры, хранящиеся в ячейках памяти. Количество же ячеек остается неизменным для любой линии.

Линия – это элементарный объект векторной графики. Все, что есть в векторной иллюстрации, состоит из линий. Простейшие объекты объединяются в более сложные (например, объект четырехугольник можно рассматривать как четыре связанные линии, а объект куб еще более сложен: его можно рассматривать либо как 12 связанных линий, либо как 6 связанных четырехугольников). Из-за такого подхода векторную графику часто называют *объектно-ориентированной графикой*.

П р и м е р. В общем случае уравнение кривой третьего порядка можно записать в виде

$$x^3 + a_1y^3 + a_2x^2y + a_3xy^2 + a_4x^2 + a_5y^2 + a_6xy + a_7x + a_8y + a_9 = 0.$$

Видно, что для записи достаточно девяти параметров. Для задания отрезка кривой третьего порядка надо иметь на два параметра больше. Если добавить к ним параметры, выражающие такие свойства линии, как толщина, цвет, характер и прочее, то для хранения одного объекта достаточно будет 20-30 байтов оперативной памяти. Достаточно сложные композиции, насчитывающие тысячи объектов, расходуют лишь десятки и сотни Кбайт.

Как и все объекты, линии имеют *свойства*: форма линии, ее толщина, цвет, характер (сплошная, пунктирная и т.п.). Замкнутые линии имеют *свойство заполнения*. Внутренняя область замкнутого контура может быть заполнена *цветом, текстурой, картой*. Простейшая линия, если она не замкнута, имеет две вершины, которые называются *узлами*. Узлы тоже имеют свойства, от которых зависит, как выглядит вершина линии и как две линии сопрягаются между собой.

Заметим, что объекты векторной графики хранятся в памяти в виде набора параметров, но на экран все изображения все равно выводятся в виде точек (просто потому, что экран так устроен). Перед выводом на экран каждого объекта программа производит вычисления координат экранных точек в изображении объекта, поэтому векторную графику иногда называют *вычисляемой графикой*. Аналогичные вычисления производятся и при выводе объектов на принтер.

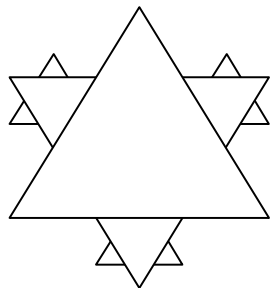
Достоинства векторной графики

1. полная свобода трансформации (изменение масштаба без потери качества и практически без увеличения размеров исходного файла);
2. огромная точность;
3. небольшой размер файла по сравнению с растровым изображением;
4. прекрасное качество печати;
5. отсутствие проблем с экспортом векторного изображения в растровое;
6. объектно-ориентированный характер векторной графики (возможность редактирования каждого элемента изображения в отдельности);
7. аппаратная независимость.

Недостатки векторной графики

1. отсутствие аппаратной реализуемости;
2. программная зависимость;
3. практически невозможно экспортировать из растрового формата в векторный (можно, конечно, трассировать изображение, хотя получить хорошую векторную картинку нелегко);
4. невозможно применение обширной библиотеки эффектов, используемых при работе с растровыми изображениями.

Фрактальная графика. Фрактальная графика, как и векторная – *вычисляемая*, но отличается от нее тем, что никакие объекты в памяти компьютера не хранятся. Изображение строится по уравнению (или по системе уравнений), поэтому ничего, кроме формулы, хранить не надо. Изменив коэффициенты в уравнении, можно получить совершенно другую картину.



Рассмотрим пример построения фрактального изображения. Простейшим фрактальным объектом является *фрактальный треугольник* (рис. 1).

1. Постройте обычный равносторонний треугольник со стороной a .
2. Разделите каждую из его сторон на три отрезка.
3. На среднем отрезке стороны постройте равносторонний треугольник со стороной, равной $1/3$ стороны исходного треугольника.

Рис. 1. Фрактальный треугольник

4. С полученными треугольниками повторите те же операции.

Из рисунка видно, что треугольники последующих поколений *наследуют свойства* своих родительских структур. Так рождается фрактальная фигура.

Процесс наследования можно продолжать до бесконечности. Фрактальными свойствами обладают многие объекты живой и неживой природы. Обычная снежинка, многократно увеличенная, оказывается фрактальным объектом. Фрактальные алгоритмы лежат в основе роста кристаллов и растений. Взгляните на ветку папоротникового растения, и вы увидите, что каждая дочерняя ветка во многом повторяет свойства ветки более высокого уровня.

Способность фрактальной графики моделировать образы живой природы вычислительным путем часто используют для автоматической генерации необычных иллюстраций.

Классы программ для работы с растровой графикой

Средства создания изображений:

- графический редактор Paint, входящий в состав ОС Windows;
- Painter;
- Fauve Matisse.

Эти программы ориентированы непосредственно на процесс рисования. В них акцент сделан на использование удобных инструментов рисования и на создание новых художественных инструментов и материалов.

Средства обработки изображений:

- Adobe Photoshop;
- Corel Photo-Paint;
- Photostyler;
- Picture Publisher;
- GIMP.

Эти растровые графические редакторы предназначены не для создания изображений "с нуля", а для обработки готовых рисунков с целью улучшения их качества и реализации творческих идей. Исходный материал для обработки на компьютере может быть получен разными путями: сканирование иллюстрации, загрузка изображения, созданного в другом редакторе, ввод изображения от цифровой фото- или видеокамеры, использование фрагментов изображений из библиотек клипартов, экспортирование векторных изображений.

Средства каталогизации изображений:

- ASDSee32;
- IrfanView.

Программы-каталогизаторы позволяют просматривать графические файлы множества различных форматов, создавать на жестком диске удобные альбомы, перемещать и переименовывать файлы, документировать и комментировать иллюстрации.

Средства создания и обработки векторных изображений

В тех случаях, когда основным требованием к изображению является высокая точность формы, применяют специальные графические редакторы, предназначенные для работы с векторной графикой. Такая задача возникает при разработке логотипов компаний, при художественном оформлении текста (например, журнальных заголовков или рекламных объявлений), а также во всех случаях, когда иллюстрация является чертежом, схемой или диаграммой, а не рисунком. Наиболее распространены следующие программы:

- Adobe Illustrator;
- Macromedia Freehand;
- CorelDraw;
- Inkscape.

Особую группу программных средств, основанных на принципах векторной графики, составляют системы трехмерной графики: 3D Studio Max, Adobe Dimension, LightWave 3D, Maya, Corel Bryce, Blender.

Средства создания фрактальных изображений

Основным производителем программ фрактальной графики является компания Meta Creations. Наиболее известны программы, позволяющие создавать фрактальные объекты или использовать их в художественных композициях (для фона, заливок и текстур каких-либо объектов):

- Fractal Design Painter (Corel Painter);
- Fractal Design Expression;
- Fractal Design Detailer;
- Meta Creations Art Dabbler.

Лекция 3

История КГ

Компьютерная графика в начальный период своего возникновения была далеко не столь эффективной, какой она стала в настоящие дни. В те годы компьютеры находились на ранней стадии развития и были способны воспроизводить только самые простые контуры (линии). Идея компьютерной графики не сразу была подхвачена, но ее возможности быстро росли, и постепенно она стала занимать одну из важнейших позиций в информационных технологиях.

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.

Первое реальное применение компьютерной графики связывают с именем Дж. Уитни. Он занимался кинопроизводством в 50-60-х годах и впервые использовал компьютер для создания титров к кинофильму.

Следующим шагом в своем развитии компьютерная графика обязана Айвэну Сазерленду, который в 1961 г., еще будучи студентом, создал программу рисования, названную им Sketchpad (альбом для рисования). Программа использовала световое перо для рисования простейших фигур на экране. Полученные картинки можно было сохранять и восстанавливать. В этой программе был расширен круг основных графических примитивов, в частности, помимо линий и точек был введен прямоугольник, который задавался своими размерами и расположением.

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).

В том же 1961 г. студент Стив Рассел создал первую компьютерную видеоигру Spacewar ("Звездная война"), а научный сотрудник Bell Labs Эдвард Зеджек создал анимацию "Simulation of a two-giro gravity control system".

В связи с успехами в области компьютерной графики крупные корпорации начали проявлять к ней интерес, что в свою очередь стимулировало прогресс в области ее технической поддержки.

Университет штата Юта становится центром исследований в области компьютерной графики благодаря Д.Эвансу и А.Сазерленду, которые в это время были самыми заметными фигурами в этой области. Позднее их круг стал быстро расширяться. Учеником Сазерленда стал Э.Кэтмул, будущий создатель алгоритма удаления невидимых поверхностей с использованием Z-буфера (1978). Здесь же работали Дж.Варнок, автор алгоритма удаления невидимых граней на основе разбиения области (1969) и основатель Adobe System (1982), Дж.Кларк, будущий основатель компании Silicon Graphics (1982). Все эти исследователи очень сильно продвинули алгоритмическую сторону компьютерной графики.

В том же 1971 г. Гольдштейн и Нагель впервые реализовали метод трассировки лучей с использованием логических операций для формирования трехмерных изображений.

В 1970-е годы произошел резкий скачок в развитии вычислительной техники благодаря изобретению микропроцессора, в результате чего началась миниатюризация компьютеров и быстрый рост их производительности. И в это же время начинает интенсивно развиваться индустрия компьютерных игр. Одновременно компьютерная графика начинает широко использоваться на телевидении и в киноиндустрии. Дж.Лукас создает отделение компьютерной графики на Lucasfilm.

В 1977 г. появляется новый журнал "Computer Graphics World".

В середине 1970-х годов графика продолжает развиваться в сторону все большей реалистичности изображений. Э.Кэтмул в 1974 г. создает первые алгоритмы текстурирования криволинейных поверхностей. В 1975 г. появляется метод закрашивания Фонга. В 1977 г. Дж.Блин предлагает алгоритмы реалистического изображения шероховатых поверхностей (микрорельефов); Ф.Кроу разрабатывает методы устранения ступенчатого эффекта при изображении контуров (антиэлайзинг). Дж.Брезенхем создает эффективные алгоритмы построения растровых образов отрезков, окружностей и эллипсов. Уровень развития вычислительной техники к этому времени уже позволил использовать "жадные" алгоритмы, требующие больших объемов памяти, и в 1978 г. Кэтмул предлагает метод Z-буфера, в котором используется область памяти для хранения информации о "глубине" каждого пикселя экранного изображения. В этом же году Сайрус и Бэк развивают алгоритмы клиппирования (отсечения) линий. А в 1979 г. Кэй и Гринберг впервые реализуют изображение полупрозрачной поверхности.

В 1980 г. Т.Уиттед разрабатывает общие принципы трассировки лучей, включающие отражение, преломление, затенение и методы антизализинга. В 1984 г. группой исследователей (Горэл, Торрэнс, Гринберг и др.) была предложена модель излучательности, одновременно развиваются методы прямоугольного клиппирования областей.

В 1980-е годы появляется целый ряд компаний, занимающихся прикладными разработками в области компьютерной графики. В 1982 г. Дж.Кларк создает Silicon Graphics, тогда же возникает Ray Tracing Corporation, Adobe System, в 1986 г. компания Pixar отпочковывается от Lukasfilm.

В эти годы компьютерная графика уже прочно внедряется в киноиндустрию, развиваются приложения к инженерным дисциплинам. В 1990-е годы в связи с возникновением сети Internet у компьютерной графики появляется еще одна сфера приложения.

Следует отметить, что приоритет в развитии данного направления в информационных технологиях достаточно прочно удерживают американские исследователи. Но и в отечественной науке тоже были свои разработки, среди которых можно назвать ряд технических реализаций дисплеев, выполненных в разные годы:

1968, ВЦ АН СССР, машина БЭСМ-6 – первый отечественный растровый дисплей с видеопамью 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.

Таким образом, в процессе развития компьютерной графики можно выделить несколько этапов.

В 1960-1970-е годы она формировалась как научная дисциплина. В это время разрабатывались основные методы и алгоритмы: отсечение, растровая развертка графических примитивов, закрашка узорами, реалистическое изображение пространственных сцен (удаление невидимых линий и граней, трассировка лучей, излучающие поверхности), моделирование освещенности.

В 1980-е графика развивается более как прикладная дисциплина. Разрабатываются методы ее применения в самых различных областях человеческой деятельности.

В 1990-е годы методы компьютерной графики становятся основным средством организации диалога "человек-компьютер" и остаются таковыми по настоящее время.

Развитие компьютерной графики, особенно на ее начальных этапах, в первую очередь связано и с развитием технических средств и в особенности дисплеев:

- *произвольное сканирование луча;*
- *растровое сканирование луча;*
- *запоминающие трубки;*
- *плазменная панель;*
- *жидкокристаллические индикаторы;*
- *электролюминисцентные индикаторы;*
- *дисплеи с эмиссией полей.*

Произвольное сканирование луча. Дисплейная графика появилась, как попытка использовать электроннолучевые трубки (ЭЛТ) с произвольным сканированием луча для вывода изображения из ЭВМ. Как пишет Ньюмен "по-видимому, первой машиной, где ЭЛТ использовалась в качестве устройства вывода была ЭВМ Whirlwind-I (Ураган-I), изготовленная в 1950г. в Массачусетском технологическом институте. С этого эксперимента начался этап развития векторных дисплеев (дисплеев с произвольным сканированием луча, каллиграфических дисплеев). На профессиональном жаргоне вектором называется отрезок прямой. Отсюда и происходит название «векторный дисплей».

При перемещении луча по экрану в точку, на которую попал луч, возбуждается свечение люминофора экрана. Это свечение достаточно быстро прекращается при перемещении луча в другую позицию (обычное время послесвечения – менее 0.1 с). Поэтому, для того чтобы изображение было постоянно видимым, приходится его перевыдавать (регенерировать изображение) 50 или 25 раз в секунду. Необходимость перевыдачи изображения требует сохранения его описания в специально выделенной памяти, называемой памятью регенерации. Само описание изображения называется дисплейным файлом.

Понятно, что такой дисплей требует достаточно быстрого процессора для обработки дисплейного файла и управления перемещением луча по экрану.

Обычно серийные векторные дисплеи успевали 50 раз в секунду строить только около 3000–4000 отрезков. При большем числе отрезков изображение начинает мерцать, так как отрезки, построенные в начале очередного цикла, полностью погасают к тому моменту, когда будут строиться последние.

Другим недостатком векторных дисплеев является малое число градаций по яркости (обычно 2–4). Были разработаны, но не нашли широкого применения двух–трехцветные ЭЛТ, также обеспечивавшие несколько градаций яркости.

В векторных дисплеях легко стереть любой элемент изображения – достаточно при очередном цикле построения удалить стираемый элемент из дисплейного файла.

Текстовый диалог поддерживается с помощью алфавитно–цифровой клавиатуры. Косвенный графический диалог, как и во всех остальных дисплеях, осуществляется перемещением перекрестия (курсора) по экрану с помощью тех или иных средств управления перекрестием – координатных колес, управляющего рычага (джойстика), трекбола (шаровой рукоятки), планшета и т.д. Отличительной чертой векторных дисплеев является возможность непосредственного графического диалога, заключающаяся в простом указании с помощью светового пера объектов на экране (линий, символов и т.д.). Для этого достаточно с помощью фотодиода определить момент прорисовки и, следовательно, начала свечения люминофора) любой части требуемого элемента.

Первые серийные векторные дисплеи за рубежом появились в конце 60–х годов.

Растровое сканирование луча. Прогресс в технологии микроэлектроники привел к тому, с середины 70–х годов подавляющее распространение получили дисплеи с растровым сканированием луча.

Запоминающие трубки. В конце 60–х годов появилась запоминающая ЭЛТ, которая способна достаточно длительное время (до часа) прямо на экране хранить построенное изображение. Следовательно, не обязательна память регенерации и не нужен быстрый процессор для выполнения регенерации изображения. Стирание на таком дисплее возможно только для всей картинке в целом. Сложность изображения практически не ограничена. Разрешение, достигнутое на дисплеях на запоминающей трубке, такое же, как и на векторных или выше – до 4096 точек.

Текстовый диалог поддерживается с помощью алфавитно–цифровой клавиатуры, косвенный графический диалог осуществляется перемещением перекрестия по экрану обычно с помощью координатных колес.

Появление таких дисплеев с одной стороны способствовало широкому распространению компьютерной графики, с другой стороны представляло собой определенный регресс, так как распространялась сравнительно низкокачественная и низкоскоростная, не слишком интерактивная графика.

Плазменная панель. В 1966г. была изобретена плазменная панель, которую упрощенно можно представить как матрицу из маленьких разноцветных неоновых лампочек, каждая из которых включается независимо и может светиться с регулируемой яркостью. Ясно, что системы отклонения не нужно, не обязательна также и память регенерации, так как по напряжению на лампочке можно всегда определить горит она ли нет, т.е. есть или нет изображение в данной точке. В определенном смысле эти дисплеи объединяют в себе многие полезные свойства векторных и растровых устройств. К недостаткам следует отнести большую стоимость, недостаточно высокое разрешение и большое напряжение питания. В целом эти дисплеи не нашли широкого распространения.

Жидкокристаллические индикаторы. Дисплеи на жидкокристаллических индикаторах работают аналогично индикаторам в электронных часах, но, конечно, изображение состоит не из нескольких сегментов, а из большого числа отдельно управляемых точек. Эти дисплеи имеют наименьшие габариты и энергопотребление, поэтому широко используются в портативных компьютерах несмотря на меньшее разрешение, меньшую контрастность и заметно большую цену, чем для растровых дисплеев на ЭЛТ.

Электролюминисцентные индикаторы. Наиболее высокие яркость, контрастность, рабочий температурный диапазон и прочность имеют дисплеи на электролюминисцентных индикаторах. Благодаря достижениям в технологии они стали доступны для применения не только в дорогих высокотехнологичных системах, но и в общепромышленных системах. Работа таких дисплеев основана на свечении люминофора под воздействием относительно высокого переменного напряжения, прикладываемого к взаимноперпендикулярным наборам электродов, между которыми находится люминофор.

Дисплеи с эмиссией поля. Дисплеи на электронно–лучевых трубках, несмотря на их относительную дешевизну и широкое распространение, механически непрочны, требуют высокого напряжения питания, потребляют большую мощность, имеют большие габариты и ограниченный срок службы, связанный с

потерей эмиссии катодами. Одним из методов устранения указанных недостатков, является создание плоских дисплеев с эмиссией полей с холодных катодов в виде сильно заостренных микроигл.

Таким образом, стартовав в 1950г., компьютерная графика к настоящему времени прошла путь от экзотических экспериментов до одного из важнейших, всепроникающих инструментов современной цивилизации, начиная от научных исследований, автоматизации проектирования и изготовления, бизнеса, медицины, экологии, средств массовой информации, досуга и кончая бытовым оборудованием.

Основные даты:

Дата	Событие	Технологии
1956	Первые эксперименты Бена Лапоски "oscillons" (США, с 1950г) и Герберта Франка (Германия). Эта дата была определена Jasia Reichardt как начало Компьютерного Искусства	
1957	Получено первое цифровое изображение в Национальном Бюро Стандартов (США)	
1958	Сэр Джон Уитни использует аналоговый компьютер для создания анимации (США)	
1959	Выставка "Экспериментальная эстетика" в музее Angewandte Kunst (Вена, Австрия), показ "oscillons" и т.д.	
1963	Проводится первое соревнование по компьютерному искусству, спонсором которого выступил американский журнал Computers and Automation. В 1965 г. Его выигрывает Майкл Нолл (США) и в 1966 Фрайдер Нейк (Германия). Выходит в свет первый созданный на компьютере фильм Эдварда Зайека (Bell labs, США) Чарльз Ксури создает свои первые компьютерные работы (США)	Иван Сазерленд представляет Sketchpad – программу для интерактивной работы с компьютерной графикой на конференции. Работа была начата в 1961г. В Массачусетском технологическом институте.
1965	Первая выставка цифрового искусства в Technische Hochschule в Штутгарте организованная Фрайдером Нейком, Майклом Ноллом и Джорджем Нисом (Германия) Первая выставка цифрового искусства в США в галерее Howard Wise в Нью Йорке. Были выставлены компьютерные работы Бела Джулса и Майкла Нолла (США) Три первые общественные выставки компьютерного искусства: 5–19 февраля, Generative Computergrafik. Georg Nees. Studien–Galerie des Studium Generale, TH Stuttgart. Открыта Максом Бенсом (Германия). 6–24 апреля, изображения созданные с помощью компьютера. Майкл Нолл, Бела Джулс, Howard Wise Gallery, Нью Йорк (США). 5–26 ноября, Computergrafik. Фрайдер Нейк, Джордж Нис. Галерея Wendelin Niedlich, Штутгарт. Открыта Максом Бенсом (Германия)	
1966	IBM присуждает звание Artist–in–Residence Сэру Джону Уитни	
1967	Эксперименты в искусстве и технологии начаты в Нью Йорке группой художников и техников, включая художника Robert Rauschenberg и инженера Billy Kluver (США)	
1968	Cybernetic Serendipity: Выставка компьютерных технологий и искусства, в институте современного искусства, Лондон. Курирует Джеша Ричарт (директор ICA и автор Компьютер в Искусстве). Музей современного искусства приобретает работу Ксури "Hummingbird" Джон Лэнсдаун (архитектор) и Алан Сатклиф (пионер компьютерной музыки) создают Общество Компьютерного Искусства как подразделение Британского Компьютерного Общества Бруклинский музей (США) – эксперименты в цифровом искусстве.	
1969	SIGGRAPH, Special Interest Group on Computer Graphics сформировано с помощью ACM (the Association for Computing Machinery). В 1967г. по инициативе Сэма Матса и Андриас ван Дама (США) организован Special Interest Committee. Основана СТГ (Computer Technique Group) (Япония) Generative Computer–Grafik публикуется первая докторская диссертация по компьютерному искусству Generative Computer–Grafik Джорджа Ниса, под руководством Макса Бенса представленную в Университете Штутгарта. (Германия)	

1971	Впервые в мире проводится персональная выставка работ по компьютерному искусству; Манфред Мор, Музей современного искусства, Франция, Париж. Герберт Фрэнк публикует 'Computer Graphics – Computer Art' (Германия)	
1972–1973		Ричард Шуп создает SuperPaint, 8ми битную графическую программу в исследовательском центре Xerox Palo Alto (США)
1974	Фильм "Голод" Питера Фолдса получает Приз Жюри на Каннском фестивале кино за лучшую анимацию (Канада)	
1975	Фракталы – Бенуа Мандельбро (IBM, США)	
1976	Руфь Левитт публикует "Художник и компьютер" (США)	
1979	'Sunstone' анимация Эда Эмшвиллера (NYIT, США)	
1980		Фирма "Quantel" представляет Paintbox (Великобритания)
1983	Гарольд Коэн выставляет работу AARON в Tate gallery (Лондон, Великобритания)	Дэвид Эм работает в лаборатории Jet Propulsion в Калифорнийском Технологическом институте
1984	Питер Перлштайн использует графическую систему в Нью-Йоркском Технологическом институте	Продан первый компьютер Macintosh. Так же рекламный ролик получает награду международного фестиваля рекламы фестиваля Clío
1986	Рисование светом – Дэвид Хокни, Говард Ходжкинс, Сэр Сидни Нолан и Ларри Риверс приглашены на BBC для использования Qantel Paintbox на телевидении. (Великобритания) Энди Вархол использует Amiga для создания своего автопортрета и портрета певицы Деборы Харри (США) фильм "Lixo Jr" Джона Лассетера (фирма PIXAR) показан на конференции Siggraph (США)	Томас и Джон Нолл, работая на Lucasfilm, пишут 24 битную графическую программу Photoshop
1988	Первый международный симпозиум по электронному искусству в г. Утрехт (Германия) Кливлендская галерея, выставка Искусство и Компьютер, г. Мидлсбороу (Великобритания)	
1989	Выставка "Electronic Print" в музее Arnolfini в г. Бристоль. Под руководством Мартина Райзера. (Великобритания)	Релиз Photoshop для Macintosh (США)
1992	Первый Digital Salon в Нью-Йорке (США)	
1995	Первая конференция по CADE, Брайтон (Великобритания)	
1997	В Лондоне открыта Collville Place Gallery (Великобритания)	
1998	Вольфганг Лайзер основывает Музей Цифрового Искусства	

Лекция 4

Основные понятия КГ

Разрешение изображения и его размер

Следует четко различать разрешение экрана, разрешение печатающего устройства и разрешение изображения. Все эти понятия относятся к разным объектам. Друг с другом эти виды разрешения никак не связаны, пока не потребуется узнать, какой физический размер будет иметь картинка на экране монитора, отпечаток на бумаге или файл на жестком диске.

Разрешение экрана – свойство компьютерной видеосистемы (зависит от параметров монитора и видеокарты) и операционной системы (зависит от настроек Windows). Разрешение экрана измеряется в

пикселах на дюйм (ppi - pixel per inch) и определяет размер изображения, которое может быть размещено на экране целиком.

Разрешение принтера – свойство принтера, выражающее количество отдельных точек, которые могут быть напечатаны на участке единичной длины. Оно измеряется в единицах dpi (dots per inch – точки на дюйм) и определяет размер изображения при заданном качестве или, наоборот, качество изображения при заданном размере.

Разрешение изображения – свойство самого изображения. Оно измеряется в точках на дюйм (dpi) и задается при создании изображения в графическом редакторе или с помощью сканера. Значение разрешения изображения хранится в файле изображения и неразрывно связано с другим свойством изображения – его физическим размером.

Физический размер изображения. Может измеряться как в пикселах, так и в единицах длины (миллиметрах, сантиметрах, дюймах). Он задается при создании изображения и хранится вместе с файлом.

Если изображение готовят для демонстрации на экране, то его ширину и высоту задают в пикселах, чтобы знать, какую часть экрана оно занимает. Если изображение готовят для печати, то его размер задают в единицах длины, чтобы знать, какую часть листа бумаги оно займет. Нетрудно пересчитать размер изображения из пикселей в единицы длины и наоборот, если известно разрешение изображения (см. таблицу).

Связь между размером иллюстрации (в пикселах) и размером отпечатка (в мм) при разных разрешениях отпечатка

Размер иллюстрации в пикселах	Размер отпечатка, мм при разрешениях			
	75 dpi	150 dpi	300 dpi	600 dpi
640x480	212x163	108x81	55x40	28x20
800x600	271x203	136x102	68x51	34x26
1024x768	344x260	173x130	88x66	44x33
1152x864	390x292	195x146	98x73	49x37
1600x1200	542x406	271x203	136x102	68x51

Понятие растра

Появление и широкое использование растра основано на свойстве человеческого зрения воспринимать изображение, состоящее из отдельных точек, как единое целое. Эту особенность зрения с давних пор использовали художники. На ней основана и технология полиграфической печати.

Изображение проецируется на светочувствительную пластину через стекло, на которое равномерно нанесена непрозрачная растровая решетка. В результате непрерывное полутоновое изображение оказывается разбитым на отдельные ячейки, которые называются **элементами растра**. Растр получил широкое распространение при изготовлении различного рода печатной продукции: газет, журналов, книг.

Понятие непрерывного полутонового изображения пришло из фотографии. На самом деле фотографический отпечаток при просмотре его через оптический прибор с очень большим увеличением тоже состоит из отдельных элементарных точек. Однако они настолько малы, что неразличимы невооруженным глазом.

Другие методы представления изображений: полиграфия, распечатка на принтере, вывод на монитор – используют сравнительно большие по размеру элементы растра.

Свет и цвет

Свет как физическое явление представляет собой поток электромагнитных волн различной длины и амплитуды. Глаз человека, будучи сложной оптической системой, воспринимает эти волны в диапазоне длин приблизительно от 350 до 780 нм. Свет воспринимается либо непосредственно от источника, например, от осветительных приборов, либо как отраженный от поверхностей объектов или преломленный при прохождении сквозь прозрачные и полупрозрачные объекты. Цвет - это характеристика восприятия глазом электромагнитных волн разной длины, поскольку именно длина волны определяет для глаза видимый цвет. Амплитуда, определяющая энергию волны (пропорциональную квадрату амплитуды), отвечает за яркость цвета. Таким образом, само понятие цвета является особенностью человеческого "видения" окружающей среды.

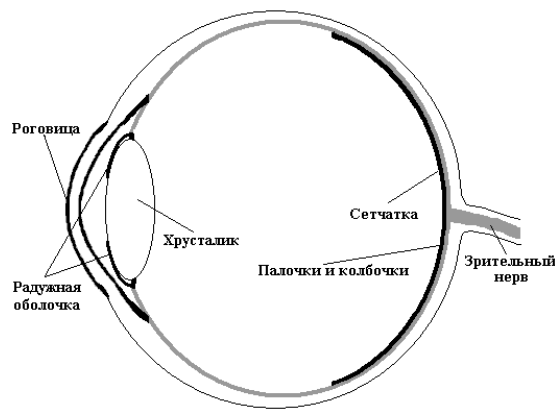


Рис. 1. Глаз человека

На рис. 1 схематически изображен глаз человека. Фоторецепторы, расположенные на поверхности сетчатки, играют роль приемников света. Хрусталик - это своеобразная линза, формирующая изображение, а радужная оболочка исполняет роль диафрагмы, регулируя количество света, пропускаемого внутрь глаза. Чувствительные клетки глаза неодинаково реагируют на волны различной длины. Интенсивность света есть мера энергии света, воздействующего на глаз, а яркость - это мера восприятия глазом этого воздействия. Интегральная кривая спектральной чувствительности глаза приведена на рис. 2; это стандартная кривая Международной комиссии по освещению (МКО, или CIE - Comission International de l'Eclairage).

Фоторецепторы подразделяются на два вида: палочки и колбочки. Палочки являются высокочувствительными элементами и работают в условиях слабого освещения. Они нечувствительны к длине волны и поэтому не "различают" цвета. Колбочки же, наоборот, обладают узкой спектральной кривой и "различают" цвета. Палочек существует только один тип, а колбочки подразделяются на три вида, каждый из которых чувствителен к определенному диапазону длин волн (длинные, средние или короткие.) Чувствительность их также различна.

На рис. 3 представлены кривые чувствительности колбочек для всех трех видов. Видно, что наибольшей чувствительностью обладают колбочки, воспринимающие цвета зеленого спектра, немного слабее - "красные" колбочки и существенно слабее - "синие".

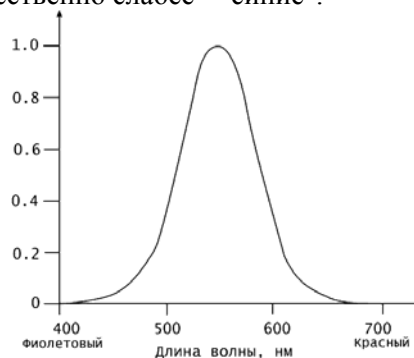


Рис. 2. Интегральная кривая спектральной чувствительности глаза

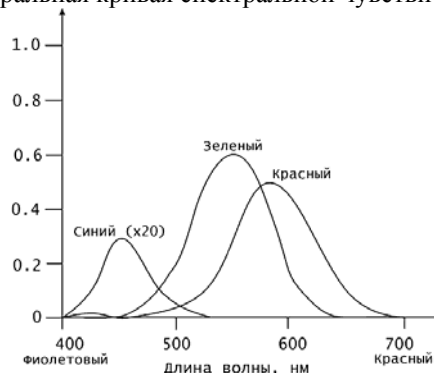


Рис. 3. Кривые чувствительности различных рецепторов

Основы теории цвета

При работе с цветом используют понятия **цветовое разрешение** (его еще называют глубиной цвета) и **цветовая модель**. Цветовое разрешение определяет метод кодирования цветовой информации, и от него зависит то, сколько цветов на экране может отображаться одновременно. Для кодирования двухцветного (черно-белого) изображения достаточно выделить по одному биту на представление цвета каждого пиксела. Выделение одного байта позволяет закодировать 256 различных цветовых оттенков. Два байта (16 битов) позволяют определить 65536 различных цветов. Этот режим называется High Color. Если для кодирования цвета используется три байта (24 бита), возможно одновременное отображение 16,5 млн цветов. Этот режим называется True Color.

Цвета в природе редко являются простыми. Большинство цветовых оттенков образуется смешением основных цветов. Способ разделения цветового оттенка на составляющие называется цветовой моделью. Существует много различных типов цветовых моделей, но в компьютерной графике, как правило, применяется не более трех. Эти модели известны под названиями RGB, CMYK и HSB.

Цвет – один из факторов нашего восприятия светового излучения. Для характеристики цвета используются следующие **атрибуты**.

Цветовой тон. Можно определить преобладающей длиной волны в спектре излучения. Цветовой тон позволяет отличить один цвет от другого, например, зеленый от красного, желтого и других.

Яркость. Определяется энергией, интенсивностью светового излучения. Выражает количество воспринимаемого света.

Насыщенность или чистота тона. Выражается долей присутствия белого цвета. В идеально чистом цвете примесь белого отсутствует. Если, например, к чистому красному цвету добавить в определенной пропорции белый цвет (у художников это называется разбелом), то получится светлый бледно-красный цвет.

Указанные три атрибута позволяют описать все цвета и оттенки. То, что атрибутов именно три, является одним из проявлений трехмерных свойств цвета.

Наука, которая изучает цвет и его измерения, называется **колориметрией**. Она описывает общие закономерности цветового восприятия света человеком.

Одними из основных законов **колориметрии** являются законы смешивания цветов. Эти законы в наиболее полном виде были сформулированы в 1853 г. немецким математиком Германом Грассманом:

1. *Цвет трехмерен - для его описания необходимы три компоненты. Любые четыре цвета находятся в линейной зависимости, хотя существует неограниченное число линейно независимых совокупностей из трех цветов.*

Иными словами, для любого заданного цвета (Π) можно записать такое цветовое уравнение, выражающее линейную зависимость цветов:

$$\Pi = k_1 \Pi_1 + k_2 \Pi_2 + k_3 \Pi_3,$$

где Π_1, Π_2, Π_3 – некоторые базисные, линейно независимые цвета, коэффициенты k_1, k_2 , и k_3 – количество соответствующего смешиваемого цвета. Линейная независимость цветов Π_1, Π_2, Π_3 означает, что ни один из них не может быть выражен взвешенной суммой (линейной комбинацией) двух других.

Первый закон можно трактовать и в более широком смысле, а именно в смысле **трехмерности** цвета. Необязательно для описания цвета применять смесь других цветов, можно использовать и другие величины, но их обязательно должно быть три.

2. *Если в смеси трех цветовых компонентов один меняется непрерывно, в то время как два других остаются постоянными, цвет смеси также изменяется непрерывно.*
3. *Цвет смеси зависит только от цветов смешиваемых компонентов и не зависит от их спектральных составов.*

Смысл третьего закона становится более понятным, если учесть, что один и тот же цвет (в том числе и цвет смешиваемых компонентов) может быть получен различными способами. Например, смешиваемый компонент может быть получен, в свою очередь, смешиванием других компонентов.

Лекция 5

Цветовые модели и палитры. Цветовые профили

Способы образования цвета в природе:

- источники света (солнце, лампочка и т.д.) излучают свет различных длин волн спектра. Этот свет воспринимается глазом как цветной.
- свет отражается и поглощается, попадая на поверхность несветящихся предметов. Отраженное излучение воспринимается глазом как окраска предметов.

Для описания излучаемого и отраженного цвета используются разные математические модели. Их называют **цветовыми моделями**. В каждой модели определенный диапазон цветов представляют в виде 3D пространства. В этом пространстве каждый цвет существует в виде набора числовых координат. Этот метод дает возможность передавать цветовую информацию между компьютерами, программами и периферийными устройствами.

Цветовые модели могут быть **аппаратно-зависимыми** (их пока большинство, RGB и CMYK в их числе) и **аппаратно-независимыми** (модель Lab). В большинстве "современных" визуализационных пакетов (например, в Photoshop) можно преобразовывать изображение из одной цветовой модели в другую.

Основные цветовые модели:

- RGB
- CMY (Cyan Magenta Yellow)
- CMYK (Cyan Magenta Yellow Key, причем Key означает черный цвет)
- HSB
- Lab
- HSV (Hue, Saturation, Value)
- HLS (Hue, Lightness, Saturation) и другие

Таблица значений некоторых цветов в числовой модели RGB

Цвет	R	G	B
Красный (red)	255	0	0
Зеленый (green)	0	255	0
Синий (blue)	0	0	255
Фуксин (magenta)	255	0	255
Голубой (cyan)	0	255	255
Желтый (yellow)	255	255	0
Белый (white)	255	255	255
Черный (black)	0	0	0

Аддитивная цветовая модель RGB

Эта модель используется для описания цветов, которые получаются с помощью устройств, основанных на принципе излучения. В этой модели работают мониторы и бытовые телевизоры. Любой цвет считается состоящим из трех основных компонентов: красного (Red), зеленого (Green) и синего (Blue). Эти цвета называются *основными*. Считается также, что при наложении одного компонента на

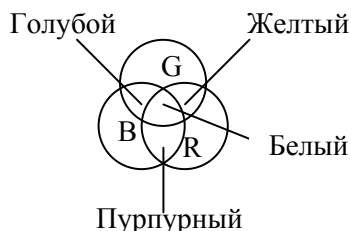


Рис. 1. Цветовая модель RGB

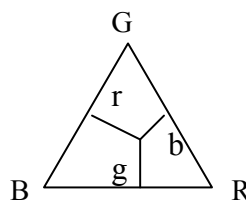


Рис. 2. Треугольник Максвелла

другой яркость суммарного цвета увеличивается. Совмещение трех компонентов дает нейтральный цвет (серый), который при большой яркости стремится к белому (рис. 1).



Предысторией системы RGB явились опыты Томаса Юнга (три фонаря с цветными светофильтрами: красным, зеленым и синим). Некоторое время спустя Джеймс Максвелл изготовил первый колориметр, с помощью которого человек мог сравнивать монохроматический цвет и цвет смешивания в заданной пропорции компонентов RGB. Регулируя яркость каждого из смешиваемых компонентов, можно добиться уравнивания цветов смеси и монохроматического излучения. Это описывается следующим образом:

$$\text{Ц} = rR + gG + bB,$$

где r, g, b – количество соответствующих основных цветов.

Соотношение коэффициентов r, g, b Максвелл наглядно показал с помощью треугольника, впоследствии названного его именем. Треугольник Максвелла является равносторонним, в его вершинах располагаются основные цвета: R, G и B (рис. 2). Из заданной точки проводятся линии, перпендикулярные сторонам треугольника. Длина каждой линии и показывает соответствующую величину коэффициента r, g или b . Одинаковые значения $r = g = b$ имеют место в центре треугольника и соответствуют белому цвету. Следует также отметить, что некоторый цвет может изображаться как внутренней точкой такого треугольника, так и точкой, лежащей за его пределами. В последнем случае это соответствует отрицательному значению соответствующего цветового коэффициента. Сумма коэффициентов равна высоте треугольника, а при высоте, равной единице, $r + g + b = 1$.

К настоящему времени система RGB является официальным стандартом. Решением Международной комиссии по освещению – МКО (CIE – Commission International de l'Eclairage) – в 1931 г. были стандартизированы основные цвета, которые рекомендовано использовать в качестве R, G и B . Это монохроматические цвета светового излучения с длинами волн соответственно: $R - 700 \text{ нм}$; $G - 546,1 \text{ нм}$; $B - 435,8 \text{ нм}$.

Еще одним важным параметром для системы RGB является цвет, получаемый смешением трех компонентов в равных количествах. Это белый цвет. Оказывается, для того, чтобы смешиванием компонентов R, G и B получить белый цвет, яркости соответствующих источников должны быть не равны друг другу, а находиться в пропорции $L_R : L_G : L_B = 1 : 4,5907 : 0,0601$.

Если расчеты цвета производятся для источников излучения с одинаковой яркостью, то указанное соотношение яркостей можно учесть с соответствующими масштабными коэффициентами.

Теперь рассмотрим другие аспекты. Цвет, создаваемый смешиванием трех основных компонентов, можно представить вектором в трехмерной системе координат R, G и B (рис. 3). Черному цвету соответствует центр координат – точка $(0, 0, 0)$. Белый цвет выражается максимальным значением компонентов. Пусть это максимальное значение вдоль каждой оси равно единице. Тогда белый цвет –

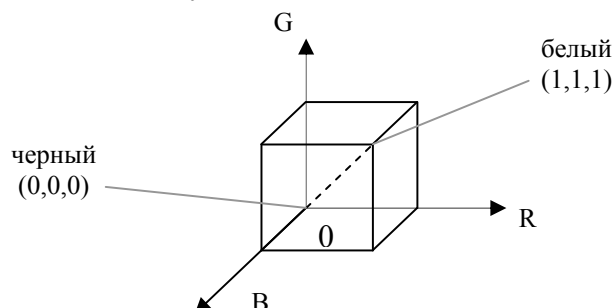


Рис. 3. Представление цвета в трехмерной системе координат RGB

это вектор $(1, 1, 1)$. Точки, лежащие на диагонали куба от черного к белому, соответствуют равным значениям: $R_i = G_i = B_i$. Это градации серого – их можно считать белым цветом различной яркости. Вообще говоря, если все компоненты вектора (r, g, b) умножить на одинаковый коэффициент ($k = 0 \dots 1$),

то цвет (кг, kg, kb) сохраняется, изменяется только яркость. Поэтому для анализа цвета важно соотношение компонентов. Если в цветовом уравнении

$$\text{Ц} = rR + gG + bB$$

разделить коэффициенты r , g и b на их сумму:

$$r' = \frac{r}{r + g + b}$$

$$g' = \frac{g}{r + g + b}$$

$$b' = \frac{b}{r + g + b}$$

то можно записать такое цветовое уравнение:

$$\text{Ц} = r' R + g' G + b' B.$$

Это уравнение выражает векторы цвета (r' , g' , b'), лежащие в единичной плоскости $r' + g' + b' = 1$. Иными словами, мы перешли от куба к треугольнику Максвелла.

Заметим, что система RGB имеет неполный цветовой охват – некоторые насыщенные цвета не могут быть представлены смесью указанных трех компонентов. В первую очередь, это цвета от зеленого до синего, включая все оттенки голубого (ненасыщенные голубые цвета смешиванием компонентов RGB получить можно). Несмотря на неполный охват, система RGB широко используется в настоящее время, в первую очередь в цветных телевизорах и дисплеях компьютеров. Отсутствие некоторых оттенков не слишком заметно.

Еще одним фактором, способствующим популярности системы RGB, является ее наглядность – основные цвета находятся в трех четко различимых участках видимого спектра.

Кроме того, одной из гипотез, объясняющих цветовое зрение человека, является *трехкомпонентная теория*, которая утверждает, что в зрительной системе человека есть три типа светочувствительных элементов. Один тип реагирует на зеленый, другой – на красный, а третий – на синий цвет. Такая гипотеза высказывалась еще Ломоносовым, ее обоснованием занимались многие ученые, начиная с Т.Юнга. Впрочем, трехкомпонентная теория не является единственной теорией цветового зрения человека.

Модель является аппаратно-зависимой, так как значения базовых цветов (а также точка белого) определяются качеством примененного в вашем мониторе люминофора. В результате на разных мониторах одно и то же изображение выглядит неодинаково.

Субтрактивная цветовая модель CMYK

Эта цветовая модель используется для описания цвета при получении изображений на устройствах, которые реализуют принцип поглощения (вычитания) цветов.

Эту модель используют для подготовки не экранных, а печатных изображений. Они отличаются тем, что их видят не в проходящем, а в отраженном свете. Чем больше краски положено на бумагу, тем больше света она поглощает и меньше отражает. Совмещение трех основных красок поглощает почти весь падающий свет, и со стороны изображение выглядит почти черным, рис. 4. В отличие от модели RGB увеличение количества краски приводит не к увеличению визуальной яркости, а, наоборот, к ее уменьшению. Поэтому для подготовки печатных изображений используется не *аддитивная* (суммирующая) модель, а *субтрактивная* (вычитающая). Цветовыми компонентами этой модели являются не основные цвета, а те, которые получаются в результате вычитания основных цветов из белого:

Голубой (Cyan) = Белый - Красный = Зеленый + Синий

Пурпурный (Magenta) = Белый - Зеленый = Красный + Синий

Желтый (Yellow) = Белый - Синий = Красный + Зеленый

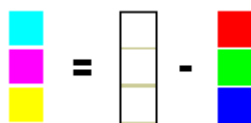


Рис. 4 . Цветовая модель CMYK

Эти три цвета называются *дополнительными*, потому что дополняют основные цвета до белого.

Существенную трудность в полиграфии представляет черный цвет. Теоретически его можно получить совмещением трех основных или дополнительных красок, но на практике результат

оказывается неудовлетворительным. Поэтому в цветовую модель CMYK добавлен четвертый компонент - черный. Ему эта система обязана буквой К в названии (blacK).

Данная модель является основной для полиграфии и также является аппаратно-зависимой.

Цветodelение. В типографиях цветные изображения печатают в несколько приемов. Накладывая на бумагу по очереди голубой, пурпурный, желтый и черный отпечатки, получают полноцветную иллюстрацию. Поэтому готовое изображение, полученное на компьютере, перед печатью разделяют на четыре составляющих одноцветных изображения. Этот процесс называется *цветodelением*. Современные графические редакторы имеют средства для выполнения этой операции.

Преобразование между моделями RGB и CMYK

Графические редакторы позволяют работать с цветным изображением в разных цветовых моделях, но все-таки модель RGB для компьютера "ближе". Это связано с методом кодирования цвета байтами. Поэтому создавать и обрабатывать цветные изображения принято в модели RGB, а при выполнении цветodelения рисунок преобразовывают в модель CMYK. При печати рисунка RGB на цветном четырехцветном принтере драйвер принтера также преобразует рисунок в цветовую модель CMYK.

Соотношение для перекодирования цвета из модели CMY в RGB:

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix}$$

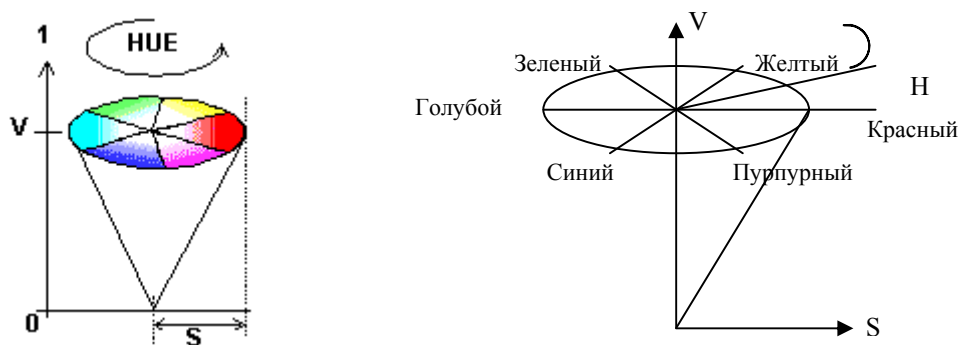
и обратно - из модели RGB в CMY:

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}.$$

Здесь считается, что компоненты кодируются числами в диапазоне от 0 до 1.

Цветовая модель HSV

Модель **HSB** (Hue Saturation Brightness = Тон Насыщенность Яркость) построена на основе субъективного восприятия цвета человеком. Предложена в 1978 году. Эта модель тоже основана на цветах модели RGB, но любой цвет в ней определяется своим цветом (тоном), насыщенностью (т.е.



добавлением к нему белой краски) и яркостью (т.е. добавлением к нему черной краски). Фактически любой цвет получается из спектрального добавлением серой краски. Эта модель аппаратно-зависимая и не соответствует восприятию человеческого глаза, так как глаз воспринимает спектральные цвета как цвета с разной яркостью (синий кажется более темным, чем красный), а в модели HSB им всем приписывается яркость 100%.

Рис. 5. Модели HSB и HSV

H определяет частоту света и принимает значение от 0 до 360 градусов.

V или **B**: **V** - значение (принимает значения от 0 до 1) или **B** - яркость, определяющая уровень белого света (принимает значения от 0 до 100%). Являются высотой конуса.

S - определяет насыщенность цвета. Значение ее является радиусом конуса.



Рис. 6. Цветовой круг при $S=1$ и $V=1$ ($B=100\%$)

В модели HSV (рис. 5) цвет описывается следующими параметрами: цветовой тон **H** (Hue), насыщенность **S** (Saturation), яркость, светлота **V** (Value). Значение **H** измеряется в градусах от 0 до 360, поскольку здесь цвета радуги располагаются по кругу в таком порядке: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый. Значения **S** и **V** находятся в диапазоне (0...1).

Приведем примеры кодирования цветов для модели HSV. При $S=0$ (т.е. на оси **V**) - серые тона. Значение $V=0$ соответствует черному цвету. Белый цвет кодируется как $S=0$, $V=1$. Цвета, расположенные по кругу напротив друг друга, т.е. отличающиеся по **H** на 180° , являются дополнительными. Задание цвета с помощью параметров HSV достаточно часто используется в графических системах, причем обычно показывается развертка конуса.

Цветовая модель HSV удобна для применения в тех графических редакторах, которые ориентированы не на обработку готовых изображений, а на их создание своими руками. Существуют такие программы, которые позволяют имитировать различные инструменты художника (кисти, перья, фломастеры, карандаши), материалы красок (акварель, гуашь, масло, тушь, уголь, пастель) и материалы полотна (холст, картон, рисовая бумага и пр.). Создавая собственное художественное произведение, удобно работать в модели HSV, а по окончании работы его можно преобразовать в модель RGB или CMYK, в зависимости от того, будет ли оно использоваться как экранная или печатная иллюстрация.

Существуют и другие цветовые модели, построенные аналогично HSV, например модели HLS (Hue, Lighting, Saturation) и HSB также использует цветовой конус.

Цветовая модель Lab

Модель **Lab** является аппаратно-независимой моделью, что отличает ее от описанных выше. Экспериментально доказано, что восприятие цвета зависит от наблюдателя (если вспомнить дальтоники, существует разница в возрастном восприятии цвета и т.д.) и условий наблюдения (в темноте все серое). Ученые из Международной Комиссии по Освещению ([CIE](#)=Commission Internationale de l'Eclairage) в 1931 г. они стандартизировали условия наблюдения цветов и исследовали восприятие цвета у большой группы людей. В результате были экспериментально определены базовые компоненты новой цветовой модели XYZ. Эта модель аппаратно независима, поскольку описывает цвета так, как они воспринимаются человеком, точнее "стандартным наблюдателем CIE". Ее приняли за стандарт. Цветовая модель Lab, используемая в компьютерной графике, является производной от цветовой модели XYZ. Название она получила от своих базовых компонентов **L**, **a** и **b**. Компонент **L** несет информацию о яркостях изображения, а компоненты **a** и **b** - о его цветах (т. е. **a** и **b** - хроматические компоненты). Компонент **a** изменяется от зеленого до красного, а **b** - от синего до желтого. Яркость в этой модели отделена от цвета, что удобно для регулирования контраста, резкости и т.д. Однако, будучи абстрактной и сильно математизированной эта модель остается пока что неудобной для практической работы.

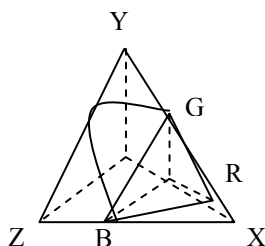


Рис. 7. Цветовая модель XYZ

$$L \text{ (Hunter Lightness)} = 100 \left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$a \text{ (Hunter Red - Green)} = 175 \left(\frac{0.0102 X_0}{Y / Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{X}{X_0} - \frac{Y}{Y_0} \right)$$

$$b \text{ (Hunter Yellow - Blue)} = 70 \left(\frac{0.00847 Z_0}{Y / Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{Y}{Y_0} - \frac{Z}{Z_0} \right)$$

Поскольку все цветовые модели являются математическими, они легко конвертируются одна в другую по простым формулам. Такие конверторы встроены во все "приличные" графические программы.

Цветовые профили

Изложенные выше теории восприятия и воспроизведения цвета на практике используются с серьезными поправками. Образованный в 1993 г. Международный консорциум по цвету (ICC) разработал и стандартизировал системы управления цветом (Color Management System, CMS). Такие системы призваны обеспечить постоянство цвета на всех этапах работы для любых устройств, учитывая особенности конкретных устройств при воспроизведении цвета.

В реальности не существует устройств с цветовым охватом, полностью совпадающим с моделями RGB, CMYK, CIE и любыми другими. Поэтому для приведения возможностей устройств к некоторому общему знаменателю были разработаны *цветовые профили*.

Цветовой профиль – средство описания параметров цветовоспроизведения.

В компьютерной графике всякая работа начинается в пространстве RGB, поскольку монитор физически излучает эти цвета. По инициативе компаний Microsoft и Hewlett Packard была принята стандартная модель sRGB, соответствующая цветовому охвату монитора среднего качества. В таком цветовом пространстве должна без проблем воспроизводиться графика на большинстве компьютеров. Но эта модель весьма упрощенная, и ее цветовой охват существенно уже, чем у качественных мониторов.

В настоящее время практически повсеместным стандартом стали цветовые профили, создаваемые в соответствии с требованиями ICC. Основное содержание такого профиля составляют таблицы (матрицы) соответствия цветов при различных преобразованиях.

Самый заурядный профиль монитора должен содержать как минимум матрицы для преобразования CIE – RGB и таблицу для обратного преобразования, параметры белого цвета и градационную характеристику (параметр Gamma).

Главная особенность ICC-профиля печатающего устройства - необходимость учета взаимовлияния цветов. Если на мониторе точки люминофора излучают практически независимо, то при печати краски накладываются на бумагу и друг на друга. Поэтому профили печатающих устройств содержат огромные матрицы для пересчета взаимных преобразований пространств XYZ и Lab, математические модели различных вариантов таких преобразований.

Лекция 6

Кодирование цвета. Палитра

Кодирование цвета

Для того чтобы компьютер имел возможность работать с цветными изображениями, необходимо представлять цвета в виде чисел - кодировать цвет. Способ кодирования зависит от цветовой модели и формата числовых данных в компьютере.

Для модели RGB каждая из компонент может представляться числами, ограниченными некоторым диапазоном, например дробными числами от нуля до единицы либо целыми числами от нуля до некоторого максимального значения. Наиболее распространенной схемой представления цветов для видеоустройств является так называемое RGB-представление, в котором любой цвет представляется как сумма трех основных цветов – красного, зеленого, синего – с заданными интенсивностями. Все возможное пространство цветов представляет собой единичный куб, и каждый цвет определяется тройкой чисел (r, g, b) – (red, green, blue). Например, желтый цвет задается как (1, 1, 0), а малиновый – как (1, 0, 1), белому цвету соответствует набор (1, 1, 1), а черному – (0, 0, 0).

Обычно под хранение каждого из компонентов цвета отводится фиксированное число n бит памяти. Поэтому считается, что допустимый диапазон значений для компонент цвета не $[0; 1]$, а $[0; 2^n-1]$.

Практически любой видеоадаптер способен отобразить значительно большее количество цветов, чем то, которое определяется размером видеопамати, отводимой под один пиксел. Для использования этой возможности вводится понятие палитры.

Палитра – массив, в котором каждому возможному значению пиксела ставится в соответствие значение цвета (r, g, b). Размер палитры и ее организация зависят от типа используемого видеоадаптера.

Наиболее простой является организация *палитры на EGA-адаптере*. Под каждый из 16 возможных логических цветов (значений пиксела) отводится 6 бит, по 2 бита на каждый цветовой компонент. При этом цвет в палитре задается байтом вида 00rgbRGB, где r,g,b,R,G,B могут принимать значение 0 или 1. Таким образом, для каждого из 16 логических цветов можно задать любой из 64 возможных физических цветов.

16-цветная стандартная палитра для видеорежимов EGA, VGA. Реализация палитры для 16-цветных режимов адаптеров VGA намного сложнее. Помимо поддержки палитры адаптера EGA, видеоадаптер дополнительно содержит 256 специальных DAC-регистров, где для каждого цвета хранится его 18-битовое представление (по 6 бит на каждый компонент). При этом с исходным логическим номером цвета с использованием 6-битовых регистров палитры EGA сопоставляется, как и раньше, значение от 0 до 63, но оно уже является не RGB-разложением цвета, а номером DAC-регистра, содержащего физический цвет.

256-цветная для VGA. Для 256-VGA значение пиксела непосредственно используется для индексации массива DAC-регистров.

В настоящее время достаточно распространенным является формат True Color, в котором каждый компонент представлен в виде байта, что дает 256 градаций яркости для каждого компонента: $R=0\dots255$, $G=0\dots255$, $B=0\dots255$. Количество цветов составляет $256 \times 256 \times 256 = 16.7$ млн (2^{24}).

Такой способ кодирования можно назвать *компонентным*. В компьютере коды изображений True Color представляются в виде троек байтов, либо упаковываются в длинное целое (четырехбайтное) - 32 бита (так, например, сделано в API Windows):

C = 00000000 bbbbbbbb gggggggg gttttt.

Индексные палитры

При работе с изображениями в системах компьютерной графики часто приходится искать компромисс между качеством изображения (требуется как можно больше цветов) и ресурсами, необходимыми для хранения и воспроизведения изображения, исчисляемыми, например, объемом памяти (надо уменьшать количество байтов на пиксел). Кроме того, некоторое изображение само по себе может использовать ограниченное количество цветов. Например, для черчения может быть достаточно двух цветов, для человеческого лица важны оттенки розового, желтого, пурпурного, красного, зеленого, а для неба – оттенки голубого и серого. В этих случаях использование полноцветного кодирования цвета является избыточным.

При ограничении количества цветов используют палитру, предоставляющую набор цветов, важных для данного изображения. Палитру можно воспринимать как таблицу цветов. Палитра устанавливает взаимосвязь между кодом цвета и его компонентами в выбранной цветовой модели.

Компьютерные видеосистемы обычно предоставляют возможность программисту установить собственную цветовую палитру. Каждый цветовой оттенок представляется одним числом, причем это число выражает не цвет пиксела, а индекс цвета (его номер). Сам же цвет разыскивается по этому номеру в сопроводительной цветовой палитре, приложенной к файлу. Такие цветовые палитры называют индексными палитрами.

Индексная палитра – это таблица данных, в которой хранится информация о том, каким кодом закодирован тот или иной цвет. Эта таблица создается и хранится вместе с графическим файлом.

Разные изображения могут иметь разные цветовые палитры. Например, в одном изображении зеленый цвет может кодироваться индексом 64, а в другом этот индекс может быть отдан розовому цвету. Если воспроизвести изображение с "чужой" цветовой палитрой, то зеленая елка на экране может оказаться розовой.

Фиксированная палитра

В тех случаях, когда цвет изображения закодирован двумя байтами (режим High Color), на экране возможно изображение 65 тысяч цветов. Разумеется, это не все возможные цвета, а лишь одна 256-я доля общего непрерывного спектра красок, доступных в режиме True Color. В таком изображении каждый двухбайтный код тоже выражает какой-то цвет из общего спектра. Но в данном случае нельзя приложить к файлу индексную палитру, в которой было бы записано, какой код какому цвету соответствует, поскольку в этой таблице было бы 65 тыс. записей и ее размер составил бы сотни тысяч байтов. Вряд ли есть смысл прикладывать к файлу таблицу, которая может быть по размеру больше самого файла. В этом случае используют понятие *фиксированной палитры*. Ее не надо прилагать к файлу, поскольку в любом графическом файле, имеющем 16-разрядное кодирование цвета, один и тот же код всегда выражает один и тот же цвет.

Безопасная палитра

Термин *безопасная палитра* используют в Web-графике. Поскольку скорость передачи данных в Интернете пока оставляет желать лучшего, для оформления Web-страниц не применяют графику, имеющую кодирование цвета выше 8-разрядного.

При этом возникает проблема, связанная с тем, что создатель Web-страницы не имеет ни малейшего понятия о том, на какой модели компьютера и под управлением каких программ будет просматриваться его произведение. Он не уверен, не превратится ли его "зеленая елка" в красную или оранжевую на экранах пользователей.

В связи с этим было принято следующее решение. Все наиболее популярные программы для просмотра Web-страниц (браузеры) заранее настроены на некоторую одну *фиксированную палитру*. Если разработчик Web-страницы при создании иллюстраций будет применять *только эту палитру*, то он может быть уверен, что пользователи всего мира увидят рисунок правильно. В этой палитре не 256 цветов, как можно было бы предположить, а лишь 216. Это связано с тем, что не все компьютеры, подключенные к Интернету способны воспроизводить 256 цветов.

Такая палитра, жестко определяющая индексы для кодирования 216 цветов, называется *безопасной палитрой*.

Лекция 7

Графические интерфейсы и стандарты программирования компьютерной графики

Стандартизация в компьютерной графике направлена на обеспечение мобильности и переносимости прикладных программ, унификацию взаимодействия с графическими устройствами и обеспечение возможности обмена графической информацией между различными подсистемами. Использование стандартов позволяет сократить сроки разработки графических систем и увеличить их жизненный цикл. Сегодня в практике использования средств КГ применяется большое количество стандартов, различающихся по назначению и функциональным возможностям. Они имеют разную степень официальности - от фактических до международных стандартов.

Отправной точкой в работах по стандартизации графических средств следует считать 1976 год. Именно тогда во французском городе Сейлак собралось первое совещание по обсуждению графических стандартов. С этого момента графическими стандартами занимаются в различных национальных и международных организациях по стандартизации, связанных с использованием компьютеров: ISO, ANSI, NBS, DIN, ANFOR, ECMA и др. Кроме того, большое влияние на стандартизацию оказывают крупнейшие фирмы производители аппаратуры и программного обеспечения. С 1987 года деятельность по графическим стандартам возглавляет и координирует 24-й подкомитет первого объединенного технического комитета - ISO/IEC JTC1/SC24.

Классификация

В основе разработки графических стандартов лежит *принцип виртуальных ресурсов*, позволяющий разделить графическую систему на несколько слоев - прикладной, базисный и аппаратнозависимый. При этом каждый слой является виртуальным ресурсом для верхних слоев и может использовать возможности нижних слоев с помощью стандартизованных программных интерфейсов. Кроме того, графические системы могут обмениваться информацией с другими системами или подсистемами с помощью стандартизованных файлов или протоколов. В соответствии с этими соображениями первоначально были выделены три основных направления стандартизации

- **базисные графические системы,**
- **интерфейсы виртуального устройства,**
- **форматы обмена графическими данными.**

Стандартизация базисных графических систем направлена на обеспечение мобильности прикладных программ и основана на концепции ядра, содержащего универсальный набор графических функций, общих для большинства применений.

Наиболее известными проектами по стандартизации базисных систем являются Core System, GKS, GKS-3D, PHIGS, PHIGS+. Основное направление развития этих проектов заключалось в усилении изобразительных возможностей для визуализации геометрических объектов (2D, 3D, удаление скрытых линий и граней, полутоновая закрашка, текстурирование и пр.). Стандарт на базисную графическую систему включает в себя функциональное описание и спецификации графических функций для различных языков программирования.

Концепция виртуального устройства начала разрабатываться с момента появления аппаратно-независимых графических систем. Интерфейс виртуального устройства разделяет аппаратно-зависимую и аппаратно-независимую части графической системы. Он обеспечивает заменяемость графических устройств (терминальную независимость), а также возможность работы с несколькими устройствами одновременно. Интерфейс виртуального устройства может существовать в форме программного интерфейса и/или протокола взаимодействия двух частей графической системы. Наиболее четко концепция виртуального устройства представлена в проекте CGI.

Развитие этой концепции совпало с активным перемещением графических средств на персональные компьютеры и графические станции. При этом основными интерактивными устройствами стали растровые дисплеи, а устройствами для получения твердых копий - растровые принтеры. Это привело к необходимости выделения отдельного набора растровых функций, позволяющих использовать функциональные возможности растровых устройств.

Дальнейшее развитие растровых функций связано с появлением многооконных графических систем X Window и MS Windows (а также NeWS и Display Postscript), обеспечивших удобные средства для манипулирования растровыми изображениями. Эти средства явились основой для развития систем обработки изображений и для организации эффективного многооконного пользовательского интерфейса с использованием меню, диалоговых панелей, полос просмотра и пр. Традиционные средства вывода геометрических примитивов (линий, дуг, многоугольников) и текстов также имеются в этих системах.

Графические системы класса 2D

GKS – стандарт ISO на базисную графическую систему. Впервые опубликован в 1982 году. Принят в качестве международного стандарта в 1985 году. Разработаны спецификации GKS для языков C, Fortran, Pascal, Ada. В соответствии или с учетом стандарта GKS разработано большое количество графических систем, например GKS-3D и PHIGS.

- Функции управления обеспечивают работу с несколькими логическими рабочими станциями ввода/вывода. Одной из категорий рабочих станций является метафайл. Поддерживается таблица состояния системы, а также таблицы конфигурации и состояния рабочих станций. Имеется более 100 функций опроса возможностей и текущего состояния системы.
- Функции вывода поддерживают шесть примитивов - ломаная линия, набор маркеров, заполненная область, текст, массив ячеек и обобщенный графический примитив. Более 30 функций управления атрибутами (линий, маркеров, заполнения и текста) обеспечивают индивидуальное изменение атрибутов и объединение их в группы, связанные с рабочими станциями.
- Поддерживается сегментация. Атрибуты сегментов - видимость, выделенность, приоритет, преобразование. Сегменты могут копироваться на рабочую станцию, удаляться, включаться в другие сегменты.
- Растровые функции отсутствуют. Используемая цветовая модель - индексированная таблица RGB.

- Функции ввода поддерживают логические устройства ввода координат, линий, чисел, текстовых строк, а также устройства выбора и указания. Устройства ввода могут работать в режимах запроса, опроса и обработки событий.

PostScript (Adobe Systems, 1985) - язык описания страниц для растровых печатающих устройств. Отличительная особенность - широкие изобразительные возможности при минимальном наборе графических функций. Множество графических систем и настольных издательских систем поддерживают PostScript. Некоторые производители лазерных принтеров обеспечивают его аппаратную поддержку.

Широкие изобразительные возможности языка PostScript обеспечены понятием траектории (path), которая может быть составлена из линий, дуг, сегментов кривой Безье и текстовых символов. В процессе вывода траектории могут подвергаться произвольным линейным преобразованиям. Замкнутые траектории могут быть закрашены, заполнены растровым образцом. Заполнение может производиться по различным правилам. Линии могут быть различного типа, переменной толщины и иметь скругления в точках соединения. Работа с текстами происходит на основе богатой библиотеки шрифтов. Поддерживается несколько цветовых моделей - RGB, CMY и HSV.

CGI - проект стандарта (ISO, 1986) на интерфейс виртуального устройства. CGI ориентирован не на прикладных, а на системных программистов, занимающихся разработкой графических систем. Функциональные возможности CGI сформированы с учетом разработанных ранее проектов GKS и CGM (Computer Graphics Metafile). Заметно влияние проектов PostScript и X Window System.

- Функции вывода поддерживают работу с линиями, многоугольниками, прямоугольниками, маркерами, текстами, дугами, секторами и сегментами круга и эллипса, а также замкнутыми фигурами, составленными из этих примитивов. Замкнутые объекты могут закрашиваться, заштриховываться или заполняться растровым образцом. Набор атрибутов CGI аналогичен набору атрибутов GKS. Конвейер преобразования ограничен преобразованием рабочей станции.

- Функции сегментации аналогичны имеющимся в GKS.

- Растровые функции поддерживают работу с отображаемыми и виртуальными битовыми картами. Первые являются частью видеопамати устройства. Вторые могут быть полноцветными или двухцветными матрицами пикселей в неотображаемой памяти. Двухцветные виртуальные битовые карты могут служить в качестве маски для операции заполнения областей, а также для задания символов, маркеров, курсоров и пр. Атрибутами карт являются прозрачность, основной и фоновый цвет. Введены различные режимы наложения цветов при выводе пикселей (and, or, xor, ...).

- Функции ввода аналогичны имеющимся в GKS с некоторыми дополнениями. Введено понятие триггера, позволяющего установить режим срабатывания отдельных устройств в зависимости от некоторого события. Более четко, определены понятия подсказки, эха и подтверждения. Введены два новых логических устройства ввода - растровая область и обобщенное устройство ввода.

X Window System - многооконная графическая система, разработанная в Массачусетском Технологическом институте. Первые публикации появились в 1986 году. Одна из основных целей разработки - обеспечение сетевой прозрачности и возможности использования широкого спектра цветных и монохромных графических станций.

- Система разделена на две части, клиент и сервер, взаимодействующие с помощью X-протокола. Прикладному программисту предоставлена библиотека базисных функций X Lib и надстроенная над ней библиотека инструментальных средств X Toolkit. Функции управления обеспечивают возможность манипулирования системой окон и контроля за действиями пользователя. Параметры графических функций включают в себя идентификаторы дисплея и окна, а также графический контекст, содержащий значения атрибутов и другие параметры отображения.

- Функции вывода обеспечивают изображение точек, линий, дуг, окружностей, прямоугольников, а также заполнение многоугольников, секторов, сегментов и прямоугольников. Аналогично языку PostScript имеются атрибуты, определяющие способ скругления ломаных линий и правило заполнения. Функции вывода текстов поддерживаются богатой библиотекой шрифтов. Конвейер преобразования координат отсутствует.

- Структуризация или сегментация данных не поддерживается.

- Растровые функции обеспечивают широкие возможности для манипулирования с битовыми и пиксельными матрицами (Bitmap, Pixmap). Кроме того, пиксельные матрицы могут использоваться в качестве образца заполнения, а битовые - в качестве маски отсечения. Используемая цветовая модель - RGB.

- Функции ввода на базисном уровне обеспечивают развитый механизм обработки событий, от мыши и клавиатуры. Функции более высокого уровня (X Toolkit и библиотека виджетов) обеспечивают работу с меню, диалоговыми панелями, полосами просмотра и пр.

Microsoft Windows - многооконная надстройка над операционной системой MS DOS на IBM PC. Версия Windows NT трансформировалась в полноценную операционную систему. Обеспечивает многозадачный режим. Графические функции системы аналогичны имеющимся в X Window, однако в параметрах функций нет идентификатора дисплея. Поддерживается метафайл.

Графические системы класса 3D

Core System - первый проект (ANSI) по стандартизации базисной графической системы. Функциональное описание было опубликовано в 1977 году. На этот проект были замкнуты усилия многих разработчиков графических средств в течение последующих 5 лет. Построен на концепции рисующего элемента (2D и 3D) и обеспечивает работу только с линиями, маркерами и текстами. Для управления параметрами проектирования используется аналогия с камерой. Поддерживается сегментация. После появления стандартов GKS-3D и PHIGS проект Core System потерял свою актуальность.

GKS-3D - расширенный вариант GKS (ISO, 1987), позволяющий работать с трехмерными графическими объектами. В этот проект включены следующие дополнительные (по отношению к GKS) возможности:

- Функции вывода дополнены семью 3D-примитивами - те же, что в GKS с приставкой 3D и набор заполняемых областей 3D. Для последнего примитива введены атрибуты контура, аналогичные атрибутам линий. Введен атрибут для управления алгоритмами удаления скрытых линий и граней. Введены 3D-преобразования 3D-нормализация, видовое преобразование, 3D-преобразование рабочей станции. Видовое преобразование позволяет производить параллельное и центральное проецирование.
- Функции сегментации расширены возможностью работы с 3D-сегментами. Введено преобразование 3D-сегментов.
- Функции ввода дополнены двумя логическими устройствами для ввода координат 3D и линий 3D.

PHIGS - альтернативный по отношению к GKS-3D стандарт (ANSI-1986, ISO-1989), обеспечивающий возможность интерактивных манипуляций с иерархически структурированными графическими объектами. Получил дальнейшее развитие в проектах PHIGS+ и PEX. Сравнительные с GKS-3D характеристики следующие:

- Набор примитивов и атрибутов аналогичен имеющимся в GKS-3D. Поддерживается несколько цветовых моделей - RGB, CIE (Commission Internationale de l'Eclairage), HSV (Hue-Saturation-Value), HLS (Hue-Lightness-Saturation). Вместо 3D преобразования нормализации введено модельное преобразование.
- Вместо сегментов введены иерархические структуры данных. Структуры могут включать в себя примитивы, атрибуты, преобразования, неграфические данные, а также ссылки на другие структуры. Средства редактирования позволяют удалять и копировать элементы структур. Включен механизм фильтрации, осуществляющий выборочное отображение элементов, их выделение и пр.

PHIGS+(или PHIGS-PLUS) - проект расширения PHIGS (ISO/ANSI Draft 1990), направленный на обеспечение основных требований прикладных программ в области - освещения, полутоновой закрашки и эффективного описания сложных поверхностей. Для этих целей в PHIGS+ включен следующий набор примитивов:

- набор полилиний с данными,
- кривая нерационального B-сплайна,
- кривая нерационального B-сплайна с данными,
- полигональная область с данными, набор полигональных областей с данными,
- набор треугольников с данными,
- полоса треугольников с данными, набор четырехугольных ячеек с данными,
- поверхность нерационального B-сплайна,
- поверхность нерационального B-сплайна с данными.

Примитивы, имеющие суффикс "с данными" позволяют включить дополнительную информацию, являющуюся частью определения примитива. Например, в случае набора треугольников для каждой грани и/или вершины можно задать комбинации цвета, нормаль и прикладные данные. Далее, существует механизм управления, позволяющий определить, какие данные следует использовать, а какие пропустить во время отображения. PHIGS+ различает переднюю и заднюю поверхности грани на

основе геометрической нормали. Различные значения цвета и другие атрибуты могут быть определены для передней и задней граней. Для вычисления освещенности кроме геометрических характеристик задаются отражательные свойства поверхности, а также расположение источников цвета и их характеристики.

OpenGL. Современные графические ускорители (видеоадаптеры) обладают большим набором возможностей и высокой производительностью, но при этом они часто имеют и серьезные внутренние различия. Для того чтобы эффективно работать с такими ускорителями, не привязываясь к особенностям какого-либо конкретного устройства, обычно применяются библиотеки, предоставляющие некоторый унифицированный интерфейс к нему.

На сегодняшний день для персональных компьютеров существует два таких интерфейса: OpenGL, уже более 10 лет являющийся стандартом, и Direct3D, предложенный и поддерживаемый компанией Microsoft.

Одним из наиболее известных графических интерфейсов является OpenGL. Этот интерфейс в виде библиотеки графических функций представляет собой открытый стандарт, разработанный и утвержденный в 1992 г. девятью фирмами, среди которых были Digital Equipment Corp., Evans & Sutherland, Hewlett Packard Co., IBM Corp., Intel Corp., Silicon Graphics Inc., Sun Microsystems и Microsoft. В основу стандарта легла библиотека IRIS GL, разработанная фирмой Silicon Graphics Inc. Этот стандарт поддерживается многими операционными системами (в том числе и Windows), а также производителями графических акселераторов.

Другим известным графическим интерфейсом является DirectX с подсистемой трехмерной графики Direct3D, а также подсистемой DirectDraw, которая обеспечивает, в частности, непосредственный доступ к видеопамати. Этот интерфейс разработан Microsoft и предназначен только для Windows.

В отличие от OpenGL, который сразу разрабатывался для функционирования с графическими ускорителями, Direct3D был изначально ориентирован на программный рендеринг. Кроме того, Direct3D фактически не является стандартом в строгом смысле этого слова – это лишь некоторый интерфейс, объявленный и полностью контролируемый компанией Microsoft.

OpenGL представляет собой открытый процедурный интерфейс к видеоадаптеру, позволяющий легко задавать объекты в пространстве и операции над ними.

С самого начала OpenGL разрабатывался как эффективный, аппаратно- и платформенно-независимый интерфейс. Он не включает в себя специальных команд, привязанных к какой-либо конкретной операционной системе. Для выполнения операций работы с окнами и организации ввода-вывода существуют дополнительные библиотеки.

Библиотека OpenGL позволяет легко создавать объекты из геометрических примитивов (точек, линий, граней), располагать их в трехмерном пространстве, выбирать способ и параметры проектирования, вычислять цвета пикселей с использованием текстур и источников света.

Поскольку OpenGL разрабатывался как открытый стандарт, то производители видеоадаптеров легко могут добавлять в него свои функции, реализующие дополнительные возможности.

Работа с OpenGL основывается на модели клиент-сервер. Приложение выступает в роли клиента - оно генерирует команды, а сервер OpenGL выполняет их.

Библиотека OpenGL поддерживает различные палитровые режимы, позволяет работать в режимах непосредственного задания цвета High Color и True Color.

Для облегчения работы с OpenGL, и в частности работы с окнами и вводом, удобно использовать библиотеку glut. Эта кросс-платформенная библиотека позволяет легко создавать переносимые приложения, использующие OpenGL. Библиотека glut (OpenGL Utility Toolkit) является прозрачным интерфейсом для написания переносимых программ, использующих OpenGL и взаимодействующих с оконной системой. Она позволяет писать программы на ряде языков, включая C++, Delphi.

Для рисования геометрических объектов OpenGL организует несколько буферов: буфер изображения (фрейм-буфер), буфер глубины (z-буфер), буфер трафарета и аккумулирующий буфер.

Библиотека OpenGL может выводить точки, линии, полигоны и битовые изображения. Под линией в OpenGL понимается отрезок, заданный своими начальной и конечной вершинами. Под гранью (многоугольником) подразумевается замкнутый выпуклый многоугольник с несамопересекающейся границей.

Все геометрические примитивы задаются в терминах вершин. Каждая вершина задается набором чисел.

OpenGL работает с однородными координатами (x, y, z, w). Если координата z не задана, то она полагается равной 0. Если координата w не задана, то она полагается равной единице.

В процессе построения изображения координаты вершин подвергаются различным преобразованиям (видовым, проектирования, перспективного деления и др.). В OpenGL существуют две матрицы для преобразования координат точки: матрица моделирования (modelview matrix) и матрица проектирования (projection matrix). Первая служит для задания положения объекта и его ориентации, а вторая отвечает за выбранный способ проектирования. Кроме того, существует матрица преобразования текстурных координат (texture matrix). Имеется набор различных процедур, умножающих текущую матрицу (моделирования или проектирования) на матрицу выбранного геометрического преобразования. Если последовательно указано несколько преобразований, то в результате текущая матрица будет последовательно умножена на матрицы соответствующих преобразований.

Чтобы задаваемые объекты могли быть нарисованы, необходимо задать способ проектирования. Преобразование проектирования определяет, как объекты будут проецироваться на экран и какие части объектов будут отсечены как не попадающие в поле зрения. OpenGL поддерживает два вида проектирования: параллельное и перспективное. Поле зрения при перспективном преобразовании является усеченной пирамидой. В случае параллельного проектирования полем зрения является прямоугольный параллелепипед.

OpenGL поддерживает модель освещенности, в которой свет приходит из нескольких источников, которые по отдельности могут быть включены или выключены. Кроме того существует еще и общее фоновое освещение (ambient). Для правильного освещения объектов необходимо для каждой грани задать материал, обладающий определенными свойствами. Материал может испускать свой собственный свет, рассеивать падающий свет во всех направлениях (диффузное отражение) или отражать свет в определенных направлениях подобно зеркалу. Пользователь может определить до восьми источников света, каждый со своими свойствами (цвет, расположение, направление).

Линия или заполненная грань может быть нарисована одним цветом (плоское закрашивание) или путем интерполяции цветов в вершинах (закрашивание методом Гуро).

Текстурирование позволяет наложить изображение на многоугольник и вывести этот многоугольник с наложенной на него текстурой, преобразованной соответствующим образом. OpenGL поддерживает одно- и двухмерные текстуры и различные способы их наложения.

Лекция 8

Стандарты обмена графическими данными

Стандарты обмена графическими данными можно условно разделить на следующие группы:

- **графические метафайлы,**
- **проблемно-ориентированные протоколы,**
- **растровые графические файлы.**

Графический метафайл представляет собой описание изображения в функциях виртуального графического устройства (в терминах примитивов и атрибутов). Он обеспечивает возможность запоминать графическую информацию единым образом, передавать ее между различными системами и интерпретировать для вывода на различные устройства. Характеристики метафайла определяются его функциональными возможностями и способом кодирования информации.

Метафайл обычно разрабатывается как составная часть какой-либо графической системы. При этом его функциональные возможности однозначно соответствуют возможностям этой системы. Способ кодирования выбирается по одному из следующих критериев:

- минимальность объема кодированной информации,
- минимальность времени для кодирования и декодирования,
- наглядность (возможность чтения и редактирования).

В зависимости от выбранного способа кодирования метафайл может использоваться в качестве средства хранения и передачи изображений, протокола взаимодействия отдельных подсистем, языка описания изображений.

GKSM - стандарт de-facto на графический метафайл в рамках системы GKS. По функциональным возможностям GKSM полностью соответствует системе GKS, поэтому он легко интерпретируется в соответствующих стандартах систем GKS. Кодирование в GKSM текстовое, что позволяет просматривать и редактировать метафайл GKS.

CGM (Computer Graphics Metafile) - стандарт ISO на графический метафайл. Функционально CGM соответствует стандарту CGI. В CGM предусмотрены три способа кодирования - символьное,

двоичное и текстовое. Символьное кодирование наиболее компактно и предназначено для хранения и транспортировки информации. Двоичное кодирование требует минимальных усилий по кодированию/декодированию и предназначено для внутрисистемного использования. Текстовое кодирование наиболее наглядно и обеспечивает возможность визуального просмотра и редактирования графических файлов.

HPG (Hewlett Packard Graphics Language) - стандарт компании Hewlett-Packard на протокол взаимодействия с графическими устройствами (в первую очередь графопостроителями), выпускаемыми этой фирмой. Он содержит небольшое количество графических функций, легко читается и интерпретируется. В некоторых графических системах на персональных компьютерах HPGL используется в качестве графического метафайла.

PostScript (Adobe Systems' Language) - является языком описания страниц для электронных печатающих устройств, в первую очередь лазерных принтеров. Он обеспечивает возможность получения высококачественных документов на устройствах разного разрешения. PostScript обладает широкими возможностями для описания сложных изображений. Естественно, что вследствие наглядности PostScript, как и другие языки программирования, неоптимален в смысле минимальности кодирования информации. Поэтому его использование в качестве графического метафайла представляется нецелесообразным. Однако он становится незаменим при передаче тексто-графических документов, предназначенных для воспроизведения на печатающих устройствах с высоким разрешением.

WMF (Microsoft Windows MetaFile), GEM (GEM Draw File Format), PIC (Lotus Graphics File Format), SLD (AutoCad Slide File Format) и др. - это локальные стандарты на метафайл в рамках соответствующих программных систем. Прикладные или проблемно-ориентированные графические протоколы обеспечивают наиболее эффективный способ хранения и передачи графических данных в прикладных системах. Кодирование информации в этих протоколах производится без потери семантики и в наиболее сжатой форме, что обеспечивает минимальность объема хранящейся или передаваемой информации и допускает свободу в выборе различных способов графического представления данных.

Сегодня в части стандартизации прикладных графических протоколов наиболее проработанной является область машиностроительных и электронных САПР. Здесь уже имеется ряд отраслевых и международных стандартов:

IGES - Initial Graphics Exchange Specification

SET - Standard d'Exchange et de Transfert

PDDI - Product Data Definition Interface

MAP - Manufacturing Automation Protocol

VDAFS - Verband der Deutschen Automobilindustrie-Flachen-Schnittstelle

PDES - Product Data Exchange Standard

STEP - Standard for Exchange Product Model Data

EDIF - Electronic Design Interchange Format

DXF - Autocad Data eXchange Format

В других отраслях существуют пока только локальные стандарты, используемые в рамках одной или нескольких организаций.

Растровые графические файлы стали активно применяться для хранения и транспортировки графической информации, в системах обработки данных и подготовки научно-технической документации, использующих персональные компьютеры, а также лазерные и струйные печатающие устройства. Основными характеристиками растровых файлов являются метод упаковки (сжатия) информации и тип поддерживаемой цветовой модели.

Первоначально растровые файлы содержали только статические изображения.- В последнее время появились проекты по стандартизации форматов динамических (анимационных) изображений. Сегодня используется уже большое количество разнообразных форматов растровых файлов. Некоторые из них (например, GIF, TIFF, PCX) получили широкое распространение и поддержку, другие ждут общественного признания, третьи поддерживаются только их разработчиками.

НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫЕ ФОРМАТЫ ГРАФИЧЕСКИХ ФАЙЛОВ

BMP (Windows Device Independent Bitmap). Наиболее распространенный формат файлов для растровых изображений в системе Windows. В файле этого формата сначала записывается палитра, если она есть, а затем растр в виде битового (а точнее, байтового) массива. В битовом массиве

последовательно записываются байты строк растра. Число байтов в строке должно быть кратно четырем, поэтому если количество пикселей по горизонтали не соответствует такому условию, то справа в каждую строку дописывается некоторое число битов (выравнивание строк на границу двойного слова).

Формат служит для обмена растровыми изображениями между приложениями ОС Windows. Формат поддерживает большинство цветовых моделей, вплоть до 24-битного пространства RGB. Полиграфический стандарт CMYK не поддерживается.

В качестве алгоритма сжатия применяется RLE (Run Length Encoding) - компрессия без потери информации.

Сфера применения - электронные публикации.

Файлы в данном формате занимают значительный объем, для них характерно низкое качество изображений, выводимых на печать.

GIF (CompuServeGraphics Interchange Format). Разработан в 1987 г. фирмой CompuServ для представления в Интернете графики, "независимой" от аппаратного обеспечения. Модернизирован в 1989 г. (версия GIF89a). Формат поддерживает функции прозрачности цветов и некоторые виды анимации. Запись изображения происходит через строку, т.е. полукадрами, аналогично телевизионной системе развертки. Благодаря этому на экране сначала появляется картинка в низком разрешении, позволяющая представить общий образ, а затем загружаются остальные строки.

Этот формат поддерживает 256 цветов. Один из цветов может получить свойство прозрачности благодаря наличию дополнительного двухбитового альфа-канала. Допускается включение в файл нескольких растровых изображений, воспроизводимых с заданной периодичностью, что обеспечивает демонстрацию на экране простейшей анимации.

Все данные в файле сжимаются методом Lempel-Ziv-Welch (LZW) без потери качества, что дает наилучшие результаты на участках с однородной заливкой.

PNG (Portable Network Graphics). Появился как альтернатива устаревающему GIF. Формат также основан на дискретной записи, однако, не только по строкам, но и по столбцам. Метод восстановления изображения на экране остался прежним. Глубина цветового охвата возросла до 48 бит. Альфа-канал поддерживает 8-битную градацию яркости (256 уровней), что позволило применять эффекты неполной прозрачности.

Абсолютно новой функцией стала запись в файл информации о гамма-коррекции, т.е. поддержания одинакового уровня яркости изображения независимо от особенностей представления цвета в различных операционных системах и приложениях.

Сохранилась возможность подкачки растровых изображений для создания анимации.

Применен усовершенствованный метод сжатия без потери информации Deflate, принципиально схожий с LZW. Новый метод сжатия позволил сократить объем файлов.

JPEG (Joint Photographic Expert Group). По существу является методом сжатия изображений с потерей части информации. Традиционно файлы с расширением jpg считают записанными в данном формате, хотя и другие форматы поддерживают сжатие методом JPEG.

Преобразование данных при записи происходит в несколько этапов. Независимо от исходной цветовой модели изображения все пиксели переводятся в цветовое пространство CIE LAB. Затем отбрасывается не менее половины информации о цвете, спектр сужается до палитры, ориентированной на особенности человеческого зрения. Далее изображение разбивается на блоки размером 8x8 пикселей. В каждом блоке сначала кодируется информация о "среднем" цвете пикселей, а затем описывается разница между "средним" цветом блока и цветом конкретного пикселя.

Очевидно, что крупные элементы изображения будут представлены меньшим набором чисел, чем мелкие. На этом основан принцип действий на следующем этапе: выбранный уровень качества определяет сохранность мелких элементов. Чем ниже уровень качества, тем более крупные элементы "выбрасываются" из картинки.

На последнем этапе кодовая последовательность сжимается методом Хаффмана.

Применение компрессии JPEG позволяет до 500 раз уменьшить объем файла по сравнению с обычным bitmap. Вместе с тем искажение цветовой модели и деградация деталей не позволяют использовать этот формат для хранения изображений высокого качества.

Обычно используется для электронных публикаций.

PCD (PhotoCD - Image Pac). Разработан фирмой Kodak для хранения цифровых растровых изображений высокого качества.

Файл имеет внутреннюю структуру, обеспечивающую хранение изображения с фиксированными величинами разрешений, и поэтому размеры любых файлов лишь незначительно отличаются друг от друга и находятся в диапазоне 4-5 Мбайт. Каждому разрешению присвоен собственный уровень, отсчитываемый

от так называемого базового (Base), составляющего 512x768 точек. Всего в файле пять уровней – от Base/16 (128x192 точек) до Base*16 (2048x3072 точек). При первичном сжатии исходного изображения применяется метод субдискретизации, практически без потери качества. Затем вычисляются разности Base-Base*4 и Base*4-Base*16. Итоговый результат записывается в файл. Чтобы воспроизвести информацию с высоким разрешением, производится обратное преобразование.

Для хранения информации о цвете использована модель YCC.

Обеспечивает высокое качество полутоновых изображений.

PCX (PC Paintbrush File Format). Растровый формат. Впервые появился в программе PC Paintbrush для MS-DOS. После лицензирования программы Paintbrush для Windows стал использоваться рядом приложений Windows.

TGA (TarGa Image File). Растровый формат. Используется для работы с видео- и фотоизображениями. Разработан компанией Truevision при создании графических адаптеров Targa, Vista, NuVista для компьютеров PC и Macintosh.

TIFF (Tagged Image File Format). Считается лучшим форматом для записи полутоновых изображений.

Популярность формата объясняется его широкими возможностями: поддержка множества цветовых моделей, наличие 8-битного альфа-канала, сохранение обтравочных контуров, различные алгоритмы сжатия без потери информации.

Формат распознается практически всеми графическими программами и позволяет хранить изображения высочайшего качества.

Последние версии формата поддерживают несколько способов сжатия изображений: LZW (без потери информации), ZIP (без потери информации), JPEG (с потерей части информации). Универсальным считают метод сжатия LZW.

WMF (Windows MetaFile). Является "внутренним" форматом ОС Windows на платформе IBM PC. Изначально предназначен для обмена векторными данными между приложениями через буфер обмена. Однако "универсальность" сослужила ему плохую службу, поскольку не все программы умеют правильно обрабатывать его код. Типичными ошибками при переносе изображений являются искажения цветов, неправильная установка толщины контуров и свойств заливки, непонимание многих параметров объектов, заданных в векторных редакторах. Кроме того, в формат WMF нельзя включить растровое изображение. Таким образом, хранить что-либо ценное в данном формате не рекомендуется, а перенос векторной графики между приложениями возможен лишь для самых простых объектов.

PS (PostScript). Строго говоря, является языком описания страниц, разработанным фирмой Adobe для лазерных устройств вывода. Файл с расширением ps содержит команды, позволяющие печатному устройству, оснастному интерпретатором PostScript, верно вывести графику и текст любой сложности.

Файл включает сам документ, все связанные с ним растровые и векторные файлы, используемые шрифты, информацию о цветовой модели, параметрах цветоделения, линиатуре раstra, форме растровой точки и другие данные, необходимые устройству вывода.

Не каждое приложение способно сгенерировать правильный код PostScript. Наилучшие результаты дают программы Adobe: Illustrator, Photoshop, PageMaker, InDesign, последние версии Corel Draw.

EPS (Encapsulated PostScript). Является форматом, поддерживающим упрощенную версию PostScript. Используется в профессиональной среде компьютерного дизайна, при допечатной подготовке.

Не поддерживает многостраничные документы, не содержит ряд команд управления параметрами устройства вывода. Сохраняет все необходимые данные о свойствах самого изображения, цветовая модель, канал прозрачности, обтравочный контур, треппинг (перекрывание цветов на границах), внедренные шрифты, параметры внедренной растровой картини.

Специальный раздел в файле EPS выделен под заголовок, который представляет собой растровый образ (эскиз) документа.

Открыть файл EPS для просмотра и редактирования способны немногие программы, в частности Adobe Illustrator и CorelDraw.

PDF (Portable Document Format). Переносимый формат представления документов. Является развитием языка PostScript в направлении интерактивной работы. Если PostScript изначально создавался как язык выводных устройств, то целью создания PDF была задача разработки единого формата, как для электронных публикаций, так и для вывода на печать.

Формат позволяет включать в документ мультимедийные расширения (звук, видео), создавать диалоговые экранные формы, поддерживает гиперссылки, как внутри одного документа, так и между документами.

Лекция 9

Электронная типография

Методы и средства электронной подготовки информации к изданию (основные понятия и определения, классификация, основные характеристики, достоинства и недостатки).

Развитие современной техники, в частности печатного оборудования, привело к появлению так называемых **настольных издательств** - комплексов оборудования, позволяющих создавать и издавать небольшими тиражами книги, точнее брошюры.

Настольная электронная типография должна осуществлять:

1. *допечатную подготовку*:
 - набор;
 - корректуру;
 - обработку иллюстраций;
 - верстку;
 - вывод на печатающее устройство;
2. *тиражирование*;
3. *послепечатную обработку*:
 - листоподборку;
 - фальцевание;
 - проволокосвейное, бесшвейное (клеевое) скрепление.

Для этого необходимо следующее оборудование:

1. *персональный компьютер и программное обеспечение*:
 - текстовый редактор (например, Microsoft Word) для набора и правки текста;
 - программа для обработки изображений (например, Adobe Photoshop);
 - программа для верстки (например, PageMaker);
2. *устройство для ввода в компьютер графической информации* - сканер (сканер устройство, преобразующее информацию на бумаге в электронный вид аппаратными и программными средствами.);
3. *печатающее устройство* - принтер;
4. *ризограф* (цифровой дупликатор) или, возможно, *ксерокс* для размножения
5. *устройства послепечатной обработки*:
 - переплетные (брошюровальные) устройства
 - ламинаторы (ламинирование - покрытие бумажного носителя слоем полимерной пленки)
 - фальцевальные аппараты (аппараты для складывания бумаги)
 - резаки
 - листоподборщики
 - сталкиватели.

Офисное послепечатное оборудование

Для решения проблемы качества и презентабельности офисной и деловой документации эффективно использовать **переплетные устройства ламинаторы** и резаки.

Офисные переплетчики представляют собой аппараты, которые одновременно и перфорируют, и сшивают документы.

Различают четыре вида переплета:

1. Переплет пластиковыми пружинами (самый распространенный вид переплета, при котором документ перфорируется (пробиваются отверстия) в аппарате. Далее с помощью специального устройства разгибается пластиковая пружина на нее насаживается документ, и затем пружина сшивается.);
2. Переплет металлическими пружинами. Документ перфорируется в аппарате. Далее он насаживается на пружину и затем пружина закрывается с помощью специального устройства. Различают перфорацию с шагом 4:1, 3:1, 2:1 (количество отверстий на дюйм);

3. Переплет спиралями (документ перфорируется в аппарате, на него автоматически навинчивается спираль и закрепляется.)
4. Термопереплёт производится с помощью обложек, в основании которых клей, или с помощью термокорешков. Под воздействием температуры клей расплавляется, и в него вставляют документ. Остывая, клей схватывает листы.

Основные параметры офисных переплетных машин:

- перфорация - количество листов, пробиваемых за один раз;
- объем переплетаемого блока - максимальное количество страниц, которое можно переплести;
- ширина переплетаемого блока - максимальная ширина переплета за одну операцию;
- механическая или электрическая перфорация;
- наличие глубины перфорации - отверстие может пробиваться ближе или дальше от края бумаги;
- отключаемые ножи - отверстие может не пробиваться по желанию пользователя, что позволяет работать с произвольными форматами;
- горизонтальная или вертикальная загрузка бумаги для перфорации;
- наличие одной или двух ручек для перфорации и переплета;
- производительность.

Переплет металлическими, в отличие от переплета пластиковыми пружинами, невозможно расшить и дополнить новыми листами. Термопереплет также можно дополнить новыми листами, хотя это и сопровождается некоторыми сложностями.

Ламинаторы

Старение документов, грозящее их утратой, - весьма серьезная проблема. Способ, позволяющий успешно справиться с ней, носит название "ламинирование" - покрытие слоем полимерной пленки бумажного носителя. Ламинаторы могут быть:

- ролевые и пакетные. Ролевые - использование рулонной пленки, возможность одностороннего ламинирования. Пакетные - работа с пакетами (спаянные по одной стороне две форматные пленки);
- с постоянной и регулируемой температурой и скоростью ламинирования. Для определенной толщины пленки необходима различная температура;
- с холодными и горячими валами. Для более качественного ламинирования, тиснения фольгой, ламинирования фотографий применяются аппараты с горячими валами;
- по формату (ролевые - до формата А0, пакетные - до формата А2);
- по типу корпуса (пластиковый или металлический). Ламинаторы в металлическом корпусе рассчитаны на более продолжительный период работы (в том числе с принудительным охлаждением);
- пленка для ламинаторов может иметь различную толщину и формат, может быть глянцевой и матовой, иметь различную фактуру.

Резаки

Есть такое понятие - "нужный формат". Поэтому необходимы устройства для обрезания бумаги - резак. Резаки могут быть:

- электрические и механические как по прижиму, так и по приводу ножа;
- дисковые, сабельные или гильотинные;
- могут отличаться по длине реза (формат), по высоте стопы (количество одновременно разрезаемых листов), по виду прижима (ручной, автоматический, электрический) и т.д.

Дисковые резак используются в основном для качественной подрезки отдельных листов бумаги.

Сабельные - в офисах, для того чтобы разрезать тираж.

Гильотинные - в копировальных и издательских центрах для выполнения большого объема работ.

Резаки с электрическим прижимом и резом рассчитаны на работу в средних и крупных типографиях.

Лекция 10

Электронные издания

Электронные издания (ЭИ) имеют много разнообразных форм. Они отличаются друг от друга дидактической направленностью, степенью эффективности и массой технических характеристик.

Электронный документ - документ на машиночитаемом носителе, для использования которого необходимы средства вычислительной техники.

Электронное издание - электронный документ (группа электронных документов), прошедший редакционно-издательскую обработку, предназначенный для распространения в неизменном виде, имеющий выходные сведения.

Электронные издания различают:

— *по наличию печатного эквивалента*

электронный аналог печатного издания: Электронное издание, в основном воспроизводящее соответствующее печатное издание (расположение текста на страницах, иллюстрации, ссылки, примечания и т. п.),

самостоятельное электронное издание: Электронное издание, не имеющее печатных аналогов;

— *по природе основной информации*

текстовое (символьное) электронное издание: Электронное издание, содержащее преимущественно текстовую информацию, представленную в форме, допускающей посимвольную обработку,

изобразительное электронное издание: Электронное издание, содержащее преимущественно электронные образы объектов, рассматриваемых как целостные графические сущности, представленных в форме, допускающей просмотр и печатное воспроизведение, но не допускающей посимвольной обработки,

звуковое электронное издание: Электронное издание, содержащее цифровое представление звуковой информации в форме, допускающей ее прослушивание, но не предназначенной для печатного воспроизведения,

программный продукт: Самостоятельное, отчуждаемое произведение, представляющее собой публикацию текста программы или программ на языке программирования или в виде исполняемого кода,

мультимедийное электронное издание: Электронное издание, в котором информация различной природы присутствует равноправно и взаимосвязанно для решения определенных разработчиком задач, причем эта взаимосвязь обеспечена соответствующими программными средствами;

— *по целевому назначению*

официальное электронное издание: Электронное издание, публикуемое от имени государственных органов, учреждений, ведомств или общественных организаций, содержащее материалы нормативного или директивного характера,

научное электронное издание: Электронное издание, содержащее сведения о теоретических и (или) экспериментальных исследованиях, а также научно подготовленные к публикации памятники культуры и исторические документы,

научно-популярное электронное издание: Электронное издание, содержащее сведения о теоретических и (или) экспериментальных исследованиях в области науки, культуры и техники, изложенные в форме, доступной читателю-неспециалисту,

производственно-практическое электронное издание: Электронное издание, содержащее сведения по технологии, технике и организации производства, а также других областей общественной практики, рассчитанное на специалистов различной квалификации,

нормативное производственно-практическое электронное издание: Электронное издание, содержащее нормы, правила и требования в разных сферах производственной деятельности,

учебное электронное издание: Электронное издание, содержащее систематизированные сведения научного или прикладного характера, изложенные в форме, удобной для изучения и преподавания, и рассчитанное на учащихся разного возраста и степени обучения,

массово-политическое электронное издание: Электронное издание, содержащее произведение общественно-политической тематики, агитационно-пропагандистского характера и предназначенное широким кругам читателей,

справочное электронное издание: Электронное издание, содержащее краткие сведения научного и прикладного характера, расположенные в порядке, удобном для их быстрого отыскания, не предназначенное для сплошного чтения,

электронное издание для досуга: Электронное издание, содержащее общедоступные сведения по организации быта, разнообразным формам самодеятельного творчества, различным видам увлечений, компьютерные игры,

рекламное электронное издание: Электронное издание, содержащее изложенные в привлекающей внимание форме сведения об изделиях, услугах, мероприятиях с целью создания спроса на них,

художественное электронное издание: Электронное издание, содержащее произведения художественной литературы, изобразительного искусства, театрального, эстрадного и циркового творчества, произведения кино, музейную и другую информацию, относящуюся к сфере культуры и не являющуюся содержанием научных исследований;

— **по технологии распространения**

локальное электронное издание: Электронное издание, предназначенное для локального использования и выпускающееся в виде определенного количества идентичных экземпляров (тиража) на переносимых машиночитаемых носителях,

сетевое электронное издание: Электронное издание, доступное потенциально неограниченному кругу пользователей через телекоммуникационные сети,

электронное издание комбинированного распространения: Электронное издание, которое может использоваться как в качестве локального, так и в качестве сетевого;

— **по характеру взаимодействия пользователя и электронного издания**

детерминированное электронное издание: Электронное издание, параметры, содержание и способ взаимодействия с которым определены издателем и не могут быть изменяемы пользователем,

недетерминированное (интерактивное) электронное издание: Электронное издание, параметры, содержание и способ взаимодействия с которым прямо или косвенно устанавливаются пользователем в соответствии с его интересами, целями, уровнем подготовки и т. п. на основе информации и с помощью алгоритмов, определенных издателем; 3

— **по периодичности**

непериодическое электронное издание: Электронное издание, выходящее однократно, не имеющее продолжения,

сериальное электронное издание: Электронное издание, выходящее в течение времени, продолжительность которого заранее не установлена, как правило, нумерованными и (или) датированными выпусками (томами), имеющими одинаковое заглавие,

периодическое электронное издание: Сериальное электронное издание, выходящее через определенные промежутки времени, постоянным для каждого года числом номеров (выпусков), не повторяющимися по содержанию, однотипно оформленными нумерованными и (или) датированными выпусками, имеющими одинаковое заглавие,

продолжающееся электронное издание: Сериальное электронное издание, выходящее через неопределенные промежутки времени, по мере накопления материала, не повторяющимися по содержанию, однотипно оформленными нумерованными и (или) датированными выпусками, имеющими общее заглавие,

обновляемое электронное издание: Электронное издание, выходящее через определенные или неопределенные промежутки времени в виде нумерованных или датированных выпусков, имеющих одинаковое заглавие и частично повторяющееся содержание. Каждый следующий выпуск содержит в себе всю оставшуюся актуальную информацию и полностью заменяет предыдущий. Пример приведен в приложении А;

— **по структуре**

однотомное электронное издание: Непериодическое электронное издание, выпущенное на одном машиночитаемом носителе,

многотомное электронное издание: Непериодическое электронное издание, состоящее из двух или более пронумерованных частей, каждая из которых представлена на самостоятельном машиночитаемом носителе, представляющее собой единое целое по содержанию и оформлению,

электронная серия: Сериальное электронное издание, включающее совокупность томов, объединенных общностью замысла, тематики, целевым или читательским назначением, выходящих в однотипном оформлении.

– **по виду поддерживаемой учебной деятельности:**

электронная лекция;

электронная лабораторная работа;

ЭИ для проверки знаний (для входного, выходного и промежуточного контроля);

электронная хрестоматия;

электронный справочник.

Электронное учебное пособие – это издание, частично или полностью заменяющее или дополняющее учебник и официально утвержденное в качестве данного вида издания. Электронными учебными пособиями являются издания по отдельным наиболее важным разделам дисциплин Государственного образовательного стандарта специальностей и направлений, по дисциплинам примерного и рабочего плана, а также сборники упражнений и задач, альбомы карт и схем, атласы конструкций, хрестоматии по дисциплинам примерного и рабочего учебного плана, указания по проведению учебного эксперимента, указания к практикуму, курсовому и дипломному проектированию, справочники, энциклопедии, тренажеры и др.

ЭИ учебного назначения – это целостная дидактическая система, основанная на использовании компьютерных технологий, ставящая целью обеспечить обучение студентов по индивидуальным и оптимальным учебным программам с управлением процессом обучения. К числу существенных отличий электронных изданий от традиционных можно отнести:

- 1) систему управления процессом обучения, включающую средства структурирования и оптимизации учебного материала, средства проверки знаний, обратную связь и т.п.;
- 2) словесные методы, позволяющие значительно ускорить познавательные процессы;
- 3) графические средства, обеспечивающие высокий уровень наглядности;
- 4) средства моделирования, позволяющие организовать виртуальный лабораторный практикум.

Основное отличие ЭИ от традиционных печатных изданий и электронных книг заключается в обязательном наличии интерактивного взаимодействия (ИВ) между студентом и компьютером. ПК играет роль, схожую с ролью консультанта, помогающего учащемуся организовывать обучение.

Виды интерактивного взаимодействия

1. Гипертекст.

Гипертекст представляет собой собрание текстовых элементов, выводимых на монитор, в которых выделенные слова или фрагменты указывают, к каким смежным по смыслу текстам можно перейти в данный момент. Переход осуществляется пользователем.

Все разновидности гиперссылок (ГС) можно условно разделить на следующие группы:

- 1) ГС внутри одного документа;
- 2) ГС на другие документы;
- 3) ГС на фрагменты других элементов.

2. Гипермедиа.

В системах гипермедиа смысловые переходы могут иметь место между элементами разнородной информации: текстом, изображениями, речью, музыкой, видеофрагментами и т.п. Элементы этой информации связаны аналогично тому, как это имеет место в обычном гипертексте. Благодаря синтезу различных видов информации достигается огромный ни с чем не сравнимый обучающий эффект.

3. Моделирование.

Считается, что в ЭИ есть моделирование, когда наряду с изучением материала пользователь имеет возможность изменять некоторые параметры специально созданной ситуации, наблюдать изменение результата. При этом может проводиться демонстрация действий (иногда, для обозначения такого вида моделирования используют термин «управляемая анимация»), или просто состояние экспериментальной системы скачкообразно переводится в конечную фазу.

4. Проверка знаний.

В любой системе образования важнейшая роль принадлежит объективному контролю качества знаний и оценке эффективности методик обучения.

Средства контроля знаний обычно вводят для следующих целей:

- 1) самоконтроль;
- 2) выходной контроль (выставление оценки);
- 3) определение и коррекция пути прохождения через ЭИ; сюда относятся входной и промежуточный виды контроля.

В ЭИ находят применение четыре способа проверки знаний:

- 1) вопрос в открытой форме;
- 2) вопрос в закрытой форме;
- 3) задача на установление соответствия (разновидность второго способа);
- 4) задача на установление правильной последовательности (разновидность второго способа).

Лекция 11

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ

Классификация, принципы реализации, основные характеристики, преимущества и недостатки технических средств КГ (графических дисплеев, графопостроителей, планшетов, принтеров, сканеров, комплексов).

КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Технические средства в компьютерной графике делятся на:

1. Устройства ввода графических изображений

1. Мышь
2. Световое перо
3. Трекболл
4. Тачпад и трекпойнт
5. Джойстик
6. Сканер
7. Дигитайзер
8. Цифровая фотокамера

2. Устройства вывода графических изображений

- Дисплей
- Принтер
- Плоттер

УСТРОЙСТВА ВВОДА

МАНИПУЛЯТОР "МЫШЬ"



Наряду с клавиатурой мышь является важнейшим средством ввода информации. В современных программных продуктах, имеющих сложную графическую оболочку, мышь является основным инструментом управления программой. Компьютерная мышь появилась в 1964 году. Её изобрел Дуглас Карл Энгельбарт из Стэнфордского исследовательского института. Это была небольшая деревянная

коробочка с двумя дисками. Один из дисков поворачивался, когда устройство двигали вперед и назад, второй отвечал за движение мыши вправо и влево. Энгельбарт говорит, что назвал устройство мышью из-за его небольшого размера и провода, похожего на хвост.

По принципу действия мыши делятся на:

1. Механические;
2. Оптико-механические;
3. Оптические.

Подавляющее число компьютерных мышек используют **оптико-механический принцип** кодирования перемещения. С поверхностью стола соприкасается тяжелый, покрытый резиной шарик сравнительно большого диаметра. Ролики, прижатые к поверхности шарика, установлены на перпендикулярных друг другу осях с двумя датчиками. Датчики, представляющие собой **оптопары** (светодиод-фотодиод), располагаются по разные стороны дисков с прорезями. Порядок, в котором освещаются фоточувствительные элементы, определяет направление перемещения мыши, а частота приходящих от них импульсов - скорость. Хороший механический контакт с поверхностью обеспечивает специальный коврик.

Более точного позиционирования курсора позволяет добиться **оптическая мышь**. Для нее используется специальный коврик, на поверхности которого нанесена мельчайшая сетка из перпендикулярных друг другу темных и светлых полос. Расположенные в нижней части мыши две оптопары освещают коврик и по числу пересеченных при движении линий определяют величину и скорость перемещения. Оптические мыши не имеют движущихся частей и лишены такого присущего оптико-механическим мышам недостатка, как перемещение курсора мыши рывками из-за загрязнения шарика. Разрешающая способность применяемого в мыши устройства считывания координат составляет 400 dpi (Dot per Inch точек на дюйм) и выше, превосходя аналогичные значения для механических устройств.

Для оптимального функционирования мышь должна передвигаться по ровной поверхности. Лучше всего подходят специальные коврики (**Mouse Pad**). Указатель мыши передвигается по экрану синхронно с движением мыши по коврику. Устройством ввода мыши являются кнопки (клавиши). Большинство мышей имеют две кнопки, существуют также 3-х кнопочные мыши и имеющие большее количество кнопок.

Одной из важных характеристик мыши является ее разрешение, которое измеряется в dpi. Разрешение определяет минимальное перемещение, которое способен почувствовать контроллер мыши. Чем больше разрешение, тем точнее позиционируется мышь, тем с более мелкими объектами можно работать. Нормальное разрешение мыши лежит в диапазоне от 300 до 900 dpi. В усовершенствованных мышках используют переменный баллистический эффект скорости, заключающийся в том, что при небольших перемещениях скорость смещения курсора - небольшая, а при значительных перемещениях - существенно увеличивается. Это позволяет эффективнее работать в графических пакетах, где приходится обрабатывать мелкие детали.

По принципу передачи информации мыши делятся на:

1. *Последовательные* (Serial Mouse), подключаемые к последовательному порту COM1 или COM2;
2. *Параллельные* (Bus Mouse), использующие системную шину. Bus Mouse подключается к специальной карте расширения, входящей в комплект поставки мыши.

Параллельные мыши предпочтительнее в тех системах, где к компьютеру требуется подключить много периферийных устройств, особенно занимающих последовательные порты, и где компьютер подвержен конфликтам прерываний периферийных устройств (Bus Mouse не использует прерывания).

Существует несколько стандартов **последовательных мышей**. Самым распространенным является стандарт MS-Mouse. Альтернативными стандартами являются PC-Mouse, используемый для трехкнопочных мышей фирмы Genius, и редко используемый PS/2. MS-Mouse и совместимые с ней PC-Mouse для работы требуют установки соответствующих драйверов. Большинство программного обеспечения для персональных компьютеров ориентировано на MS-Mouse. Стандарт PS/2 не требует подключения драйверов.

К основным тенденциям развития современных мышей можно отнести постепенный переход на шину USB, а также поиски в области эргономических усовершенствований. К ним можно отнести беспроводные (Cordless) мыши, работающие в радио- или инфракрасном диапазоне волн, а также мыши с дополнительными кнопками. Наиболее удачными решениями являются наличие между двумя стандартными кнопками колесика (мышь Microsoft IntelliMouse) или качающейся средней кнопки (мышь Genius NetMouse NetMouse Pro), которые используются для быстрой прокрутки документа под Windows 95/98/NT/XP/Vista/7.

К наиболее известным производителям мышей относятся компании Genius, Logitech, Microsoft, Mitsumi и др.

СВЕТОВОЕ ПЕРО (LIGHT PEN)

Световое перо - это светочувствительное устройство, предназначенное для снятия координат точек экрана, ввода данных в информационную систему.

Световое перо, по форме напоминающее пишущую ручку, именуемое также **пером** предназначено для взаимодействия с экраном монитора. В наконечнике пера устанавливается фотоэлемент, который реагирует на световой сигнал, передаваемый экраном в точке прикосновения пера и момент этой реакции сообщается системе. Здесь сопоставляется время появления сигнала с синхросигналом развертки изображения. В результате, определяется положение светового пера на экране.

Световое перо не требует создания специального экрана или его покрытия, как у сенсорного устройства. Сказанное позволяет выделять точку, указываемую пользователем, и благодаря этому вводить информацию в систему.

Таким образом, можно записать и, затем, осуществить распознавание рукописного текста, нарисовать рисунок.

ДЖОЙСТИКИ

Джойстик является координатным устройством ввода информации и наиболее часто применяется в области компьютерных игр и компьютерных тренажеров.

Джойстики бывают:

1. Аналоговые (обычно используются в компьютерных тренажерах);
2. Цифровые (в игровых компьютерах).

Аналоговые джойстики обеспечивают более точное управление, что очень важно для программных приложений, в которых объекты должны точно позиционироваться. Для удобства работы конструкция джойстика должна быть достаточно прочной и устойчивой. Джойстик подключают к внешнему разъему карты расширения, имеющей соответствующий порт.

Для подключения джойстика к компьютеру используют игровой порт. **Игровой порт (или адаптер)** может быть расположен на плате асинхронного последовательного адаптера, на плате мультипорта, на отдельной плате или системной плате компьютера. К одному игровому порту может быть подключено два джойстика. Разъем игрового порта имеет 15 выводов.

ТРЕКБОЛ (TRACKBALL)



Трекбол (Trackball) - это устройство ввода информации, которое можно представить в виде перевернутой мыши с шариком большого размера. Принцип действия и способ передачи данных трекбола такой же, как и мыши. Наиболее часто используется оптико-механический принцип регистрации положения шарика. Подключение трекбола, как правило, осуществляется через последовательный порт.

Основные отличия от мыши:

- стабильность положения за счет неподвижного корпуса;
- не нужна площадка для движения, так как позиция курсора рассчитывается по вращению шарика.

Первое устройство подобного типа было разработано компанией Logitech. Миниатюрные трекболы получили сначала широкое распространение в портативных ПК. Встроенные трекболы могут располагаться в самых различных местах корпуса ноутбука, внешние крепятся специальным зажимом, а к интерфейсу подключаются кабелем. Большого распространения в ноутбуках трекболы не получили из-за своего недостатка постепенного загрязнения поверхности шара и направляющих роликов, которые бывает трудно очистить и, следовательно, вернуть трекболу былую точность. Впоследствии их заменили

тачпады и трекпойнты.

ТАЧПАД (TOUCHPAD) И ТРЕКПОЙНТ (TRACKPOINT)

Трекпойнт (TrackPoint) - координатное устройство, впервые появившееся в ноутбуках IBM, представляет собой миниатюрный джойстик с шершавой вершиной диаметром 5-8 мм. Трекпойнт расположен на клавиатуре между клавишами и управляется нажатием пальца.

Тачпад (TouchPad) представляет собой чувствительную контактную площадку, движение пальца по которой вызывает перемещение курсора. В подавляющем большинстве современных ноутбуков применяется именно это указательное устройство, имеющее не самое высокое разрешение, но обладающее самой высокой надежностью из-за отсутствия движущихся частей.

TouchPad поддерживает следующие протоколы:

1. PS/2;
2. RS-232;
3. ADB - протокол, используемый компьютерами семейства Apple Macintosh.

В каждом из этих случаев TouchPad поддерживает индустриальный стандарт "mouse" плюс собственные, специфические, расширенные протоколы. Поддержка "mouse" означает, что, при подключении к компьютеру TouchPad сразу можно использовать ее как обычную "мышку", без инсталляции ее собственного драйвера. После инсталляции драйвера пользователь получает целый набор дополнительных возможностей.

Дальнейшим развитием TouchPad является TouchWriter - панель TouchPad с повышенной чувствительностью, одинаково хорошо работающая как с пальцем, так и со специальной ручкой и даже с ногтем. Эта панель позволяет вводить данные привычным для человека образом - записывая их ручкой. Кроме того, ее можно использовать для создания графических изображений или для подписывания документов.

СКАНЕРЫ

Сканер – это устройство ввода в персональный компьютер цветного и черно-белого изображения с бумаги, пленки и т.п.

Принцип действия сканера заключается в преобразовании оптического сигнала, получаемого при сканировании изображения световым лучом, в электрический, а затем в цифровой код, который передается в компьютер. Подобное преобразование осуществляется с помощью CCD-чипа.

Сканеры разделяют на:

1. Черно-белые;
2. Цветные.

Черно-белые сканеры могут в простейшем случае различать только два значения - черное и белое, что вполне достаточно для чтения штрихового кода. Более сложные сканеры различают градации серого цвета.

Цветные сканеры работают на принципе сложения цветов, при котором цветное изображение получается путем смешения трех цветов: красного, зеленого и синего.

Технически это реализуется двумя способами:

1. при сканировании цветной оригинал освещается не белым светом, а последовательно красным, зеленым и синим. Сканирование осуществляется для каждого цвета отдельно, полученная информация предварительно обрабатывается и передается в компьютер;
2. в процессе сканирования цветной оригинал освещается белым светом, а отраженный свет попадает на CCD-матрицу через систему специальных фильтров, разлагающих его на три компонента: красный, зеленый, синий, каждый из которых улавливается своим набором фотоэлементов.

А также сканеры делятся на:

4. Ручные;
5. Барабанные;
6. Листовые;
7. Планшетные.

Ручные сканеры - это относительно недорогие устройства небольшого размера, удобны для оперативного сканирования изображений из книг и журналов. Ширина полосы сканирования обычно не превышает 105 мм, стандартное разрешение 300-400 dpi. К недостаткам ручного сканера можно отнести зависимость качества сканирования от навыков пользователя и невозможность одновременного сканирования относительно больших изображений.

В *барабанном сканере* сканируемый оригинал располагается на вращающемся барабане. В настоящее время используются только в типографском производстве.

В *листовых сканерах* носитель с изображением протягивается вдоль линейки, на которой расположены CCD-элементы. Ширина изображения как правило составляет формат А4, а длина ограничена возможностями используемого компьютера (чем больше изображение, тем больше размер файла, где хранится его цифровая копия).

Планшетные сканеры осуществляют сканирование в автоматическом режиме. Оригинал располагается в сканере на стеклянном листе, под которым головка чтения с CCD-элементами сканирует изображение построчно с равномерной скоростью. Размеры сканируемых изображений зависят от размера сканера и могут достигать размеров большого чертежного листа (А0). Специальная слайд-приставка позволяет сканировать слайды и негативные пленки. Аппаратное разрешение планшетных сканеров достигает 1200 dpi.

Сканеры подключаются к персональному компьютеру через **специальный контроллер** (для планшетных сканеров это чаще всего SCSI контроллер). Сканер всегда должен иметь соответствующий драйвер, так как только ограниченное число программных приложений имеет встроенные драйверы для общения с определенным классом сканеров.

Для Windows-программ чаще всего для связи компьютера со сканером используют стандарт TWAIN. TWAIN-совместимые сканеры обслуживаются такими программными продуктами как PhotoShop, CorelDraw, PageMaker, PhotoStyler, PicturePubliher и др. Сканеры являются составной частью систем распознавания текста. С их помощью сначала сканируется текст с бумажного оригинала, а затем специальное программное обеспечение (например FineReader или CuneiForm) переводит графические символы в коды ASCII.

ДИГИТАЙЗЕРЫ

Дигитайзер предназначен для профессиональных графических работ. С помощью специального программного обеспечения он позволяет преобразовывать движение руки оператора в формат векторной графики. Первоначально дигитайзер был разработан для приложений систем автоматизированного проектирования, так как в этом случае необходимо определять и задавать точное значение координат большого количества точек. В отличие от мыши дигитайзер способен точно определять и обрабатывать абсолютные координаты.

Дигитайзер состоит из специального планшета являющегося рабочей поверхностью и, кроме этого, выполняющего разнообразные функции управления соответствующим программным обеспечением, и светового пера или, чаще, кругового курсора, являющихся устройствами ввода информации.



Одной из разновидностей дигитайзера является графический или **рисовальный планшет**. Он представляет собой панель, под которой расположена электромагнитная решетка. Если провести по его поверхности специальным пером, то на экране монитора появится штрих. В планшете реализован принцип абсолютного позиционирования: изображение, нарисованное в левом нижнем углу планшета, появится в левом нижнем углу экрана монитора. Обычно рисовальные планшеты имеют размеры коврика для мыши, но рабочая поверхность несколько меньше.

Имеются планшеты, обладающие чувствительностью к нажиму, с помощью которых, регулируя нажим, можно получать на экране линии различной толщины.

Специальная пластмассовая пленка, прилагаемая к планшету, позволяет копировать подложенные под нее изображения на бумажных оригиналах. Планшеты подключаются к последовательному порту персонального компьютера.

Графический планшет может иметь различные форматы: от A2 - для профессиональной деятельности и меньше - для более простых работ.

Сканирование фотографий или других плоских документов - дело сравнительно простое: оригинал кладется на стеклянную пластину планшетного сканера, закрывается крышка и производится пуск аппарата. Но сканирование в трех измерениях, определяющих наш мир, гораздо сложнее и требует большого труда, поэтому до сих пор задача эта для пользователей ПК была почти неразрешима.



Дигитайзер представляет собой настольное устройство, способное отображать объекты небольших и средних размеров в виде точных трехмерных файлов. Внешне сканер напоминает миниатюрную зубоорачебную бормашину.

Примером может служить **прибор для оцифровки трехмерных объектов** MicroScribe-3D компании Immersion, который использует современные достижения в различных отраслях технического прогресса.

Компания Immersion разработала уникальную механическую технологию оцифровки, которая компактна, доступна и легка в использовании. Каждое соединение использует цифровые оптические датчики, работа которых не зависит от любого относящегося к окружению влияния. Результат - универсальная система, которая может работать практически в любой среде и сканировать объекты из любого материала.

Но кроме этого, есть и другие технологии трехмерного сканирования:

3. Ультразвуковое сканирование.
4. Магнитное сканирование.
5. Лазерные сканеры.

Из всех трехмерных технологий сканирования, *ультразвуковые системы* наименее точны, наименее надежны и наиболее восприимчивы к геометрическим искажениям. Вследствие того, что скорость звука зависит от воздушного давления, температуры и других атмосферных условий, эффективность ультразвуковых систем может изменяться вместе с погодой. Кроме того, они восприимчивы к работе различного оборудования, даже шуму ламп дневного света.

Магнитные трехмерные цифровые преобразователи работают на том же принципе, что и "ультразвуковые системы", т.е. используют магнитное поле. Они невосприимчивы к атмосферным изменениям и очень чувствительны к искажениям от близлежащего металла или магнитных полей. Металлические стулья, платы, компьютеры или другое оборудование, размещенные близко от магнитного цифрового преобразователя, исказит данные. Кроме того, такие системы нельзя использовать для оцифровки объектов с металлическими частями.

Лазерные сканеры в 10-100 раз дороже, чем системы механической оцифровки. Системы, использующие лазеры, имеют много ограничений. Объекты с отражающими или яркими поверхностями, большие объекты и объекты с вогнутыми поверхностями, которые затеняют прямой путь лазерного луча - главная проблема для лазерных систем.

ЦИФРОВАЯ ФОТОКАМЕРА



Цифровая фотокамера отличается от обычного фотоаппарата тем, что изображение не фиксируется на фотопленке химическим путем, а воспринимается матрицей ПЗС, после чего записывается в микросхемы памяти фотокамеры. Матрица ПЗС ("Прибор с Зарядовой Связью") состоит из большого количества ячеек. Падающий на отдельный датчик ПЗС свет создает на нем электрический заряд, величина которого определяется интенсивностью падающего света.

Изображение делится на множество ячеек, и каждая ячейка реального изображения соответствует ячейке ПЗС. Ячейки реагируют только на яркость, к цвету они безразличны, поэтому для получения цветного изображения перед матрицей ставят цветные фильтры. Каждый из пикселей регистрирует свет либо в красной, либо в зеленой, либо в синей части оптического спектра. Затем изображение обрабатывается в процессоре, и на основе этих трех цветов восстанавливается вся картина.

Основной характеристикой цифровой фотокамеры является количество пикселей матрицы ПЗС. Для представленной фотокамеры это 2,1 млн. пикселей. Глубина цветопередачи для серого изображения 8 бит, для цветного изображения от 10 бит и выше. Разрешение 1600x1200 (интерполированное 2048x1536).

Файлы изображения хранятся в сжатом виде в формате JPEG. Сжатие уменьшает размер файла от десятых долей процента до ста раз. Процесс сжатия приводит к потерям в качестве изображения. В дорогих профессиональных камерах для хранения изображения используют несжатый формат TIFF или несжатый и необработанный формат RAW.

Для записи и хранения изображений используются либо встроенная память, либо сменные носители информации (Compact Flash (Type I, Type II) card, Ultra Compact Flash card и др. с объемом памяти от 8 Мбайт и выше). Основные требования к таким носителям - малые размеры и низкое энергопотребление. Для данной фотокамеры на входящей в комплект карте SM 8 Мбайт можно хранить до 8 снимков размером 1600x1200 или до 22 снимков размером 640x480. Изображение с фотокамеры поступает в компьютер, где происходит окончательная доводка картинки (ретушь, монтаж и т.д.), записывается во внешнюю память компьютера и распечатывается на принтере.

УСТРОЙСТВА ВЫВОДА

ДИСПЛЕИ (МОНИТОРЫ)

Одной из наиболее важных составных частей персонального компьютера является его видеоподсистема, состоящая из монитора и видеоадаптера. Монитор предназначен для отображения на экране текстовой и графической информации, визуально воспринимаемой пользователем персонального компьютера. В настоящее время существует большое разнообразие типов мониторов. Их можно охарактеризовать следующими основными признаками:

4 Режим отображения:

1. РАСТРОВЫЕ

2. ВЕКТОРНЫЕ

В **векторных дисплеях** с регенерацией изображения на базе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) используется люминофор с очень коротким временем послесвечения. Такие дисплеи называют *дисплеями с произвольным сканированием*. Из-за того, что время послесвечения люминофора мало, изображение на ЭЛТ за секунду должно многократно перерисоваться или регенерироваться. Минимальная скорость регенерации должна составлять, по крайней мере, 30 (1/с), а предпочтительнее 40-50 (1/с). Скорость регенерации меньшая 30 приводит к мерцанию изображения.

Кроме ЭЛТ, для векторного дисплея необходим дисплейный буфер и дисплейный контроллер. **Дисплейный буфер** – непрерывный участок памяти, содержащий всю информацию, необходимую для вывода изображения на ЭЛТ. Функция **дисплейного контроллера** заключается в том, чтобы циклически обрабатывать эту информацию со скоростью регенерации. Сложность рисунка ограничивается двумя факторами - размером дисплейного буфера и скоростью контроллера.

Для векторных дисплеев используется геометрический процессор (рис.1, первая схема). Геометрические данные, посылаемые ЦПУ графическому дисплею, обрабатываются до сохранения в дисплейном буфере, содержащий только те инструкции, которые необходимы генератору для вывода изображений. Контроллер считывает информацию из дисплейного буфера и посылает генератору. При достижении конца дисплейного буфера контроллер возвращается на его начало, и цикл повторяется снова.



Рис.1. Блок-схемы векторных дисплеев с регенерацией

При 1-й схеме используется **двойная буферизация**. Так как в такой конфигурации геометрический процессор не успевает сгенерировать сложное новое или измененное изображение во время одного цикла регенерации, то дисплейный буфер делится на две части. В то время как измененное изображение обрабатывается и записывается в одну половину буфера, дисплейный контроллер регенирует ЭЛТ из другой половины буфера. При завершении изменения изображения буферы меняются ролями, и этот процесс повторяется. Таким образом, новое или измененное изображение может генерироваться каждый второй, третий, четвертый и т.д. циклы регенерации. Использование двойной буферизации предотвращает одновременный вывод части старого и части нового измененного изображения в течение одного и более циклов регенерации.

Во 2-й схеме геометрический процессор работает быстрее. В этом случае исходная геометрическая база данных, посланная из ЦПУ, сохраняется непосредственно в дисплейном буфере, а векторы обычно задаются в пользовательских координатах в виде чисел с плавающей точкой. Дисплейный контроллер за один цикл регенерации считывает информацию из дисплейного буфера, пропускает ее через геометрический процессор и результат передает генератору векторов. При таком способе обработки геометрические преобразования выполняются "на лету" в течение одного цикла регенерации.

Растровое устройство рассматривается как матрица дискретных ячеек (точек), каждая из которых может быть подсвечена, т.е. является точечно-рисующим устройством. Невозможно непосредственно нарисовать отрезок прямой из одной адресуемой точки или пиксела в матрице в другую адресуемую точку. Отрезок можно только аппроксимировать последовательностями точек (пикселов), близко лежащих к реальной траектории отрезка. Эту идею иллюстрирует рисунок 2.

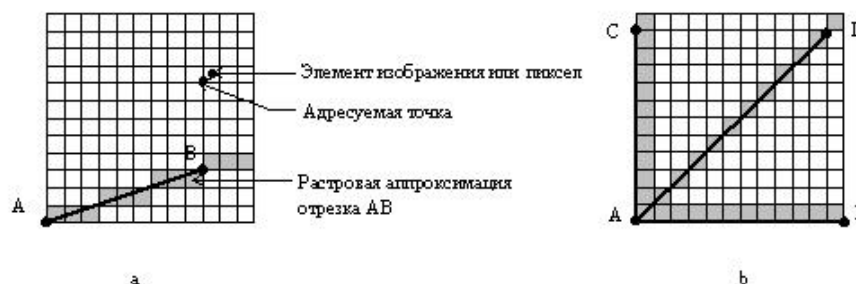


Рис. 2. Растровая развертка отрезка.

Отрезок прямой из точек получится только в случае горизонтальных, вертикальных или расположенных под углом 45° отрезков. Все другие отрезки будут выглядеть как последовательности ступенек. Это явление называется **лестничным эффектом** или **эффектом ступенчатости**.

Чаще всего для графических устройств с растровой ЭЛТ используется буфер кадра. **Буфер кадра** представляет собой большой непрерывный участок памяти компьютера. Для каждой точки или пиксела в растре отводится как минимум один бит памяти. Эта память называется **битовой плоскостью**. Для квадратного растра размером 512×512 требуется 2^{18} , или 262144 бита памяти в одной битовой плоскости. Из-за того, что бит памяти имеет только два состояния (двоичное 0 или 1), имея одну битовую плоскость, можно получить лишь черно-белое изображение. Битовая плоскость является цифровым устройством, тогда как растровая ЭЛТ - аналоговое устройство. Поэтому при считывании информации из буфера кадра и ее выводе на графическое устройство с растровой ЭЛТ должно происходить

преобразование из цифрового представления в аналоговый сигнал. Такое преобразование выполняет цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). На рисунке 3 приведена схема графического устройства с черно-белой растровой ЭЛТ, построенного на основе буфера кадра с одной битовой плоскостью.

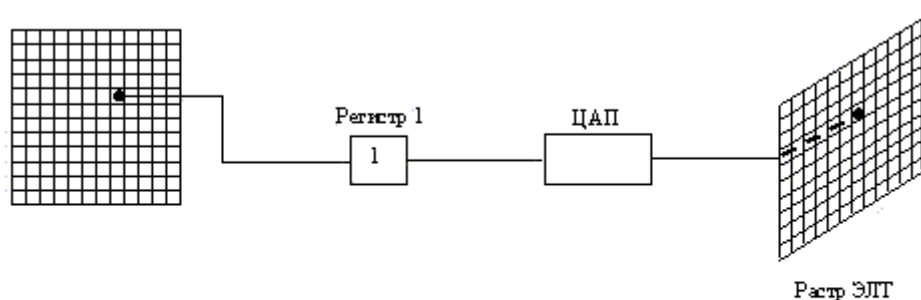


Рис. 3. Черно-белый буфер кадра (с одной битовой плоскостью) для растрового дисплея.

Цвета или полутона серого цвета могут быть введены в буфер кадра путем использования дополнительных битовых плоскостей. На рисунке 4 показана схема буфера кадра с N битовыми плоскостями для градации серого цвета.

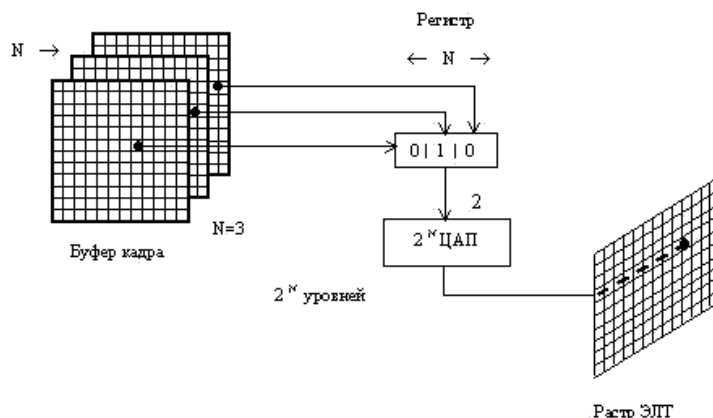


Рис. 4. Полутоновой черно-белый буфер кадра с N битовыми плоскостями.

Интенсивность каждого пиксела на ЭЛТ управляется содержимым соответствующих пикселей в каждой из N битовых плоскостей. В соответствующую позицию регистра загружается бинарная величина (0 или 1) из каждой плоскости. Двоичное число, получившееся в результате, интерпретируется как уровень интенсивности между 0 и $2^N - 1$. Буфер кадра с тремя битовыми плоскостями для растра 512×512 занимает 786432 ($3 \times 512 \times 512$) битов памяти.

Число доступных уровней интенсивности можно увеличить, незначительно расширив требуемую для этого память и воспользовавшись таблицей цветов, как схематично показано на рисунке 5.

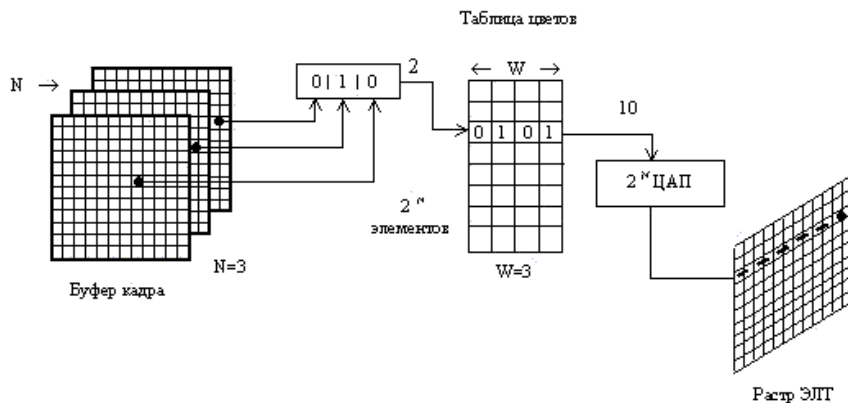


Рис. 5. Полутоновой черно-белый буфер кадра с N битовыми плоскостями и W -разрядной таблицей цветов.

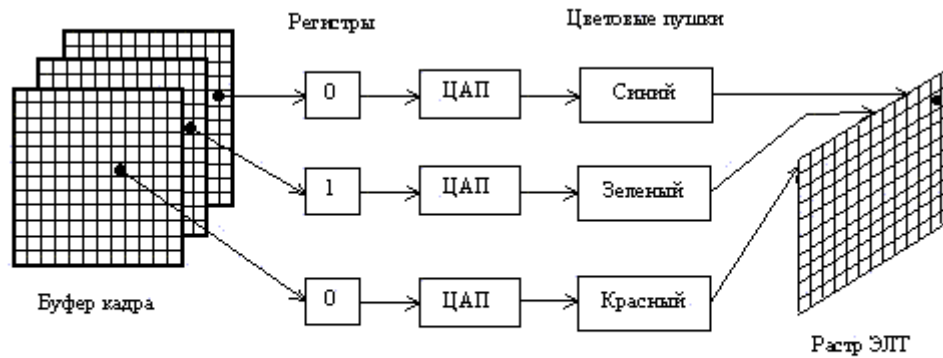


Рис. 6. Простой цветной буфер кадра.

После считывания из буфера кадра битовых плоскостей получившееся число используется как индекс в таблице цветов. В этой таблице должно содержаться 2^N . Каждый ее элемент может содержать W бит, причем W может быть больше N .

Поскольку существует три основных цвета, можно реализовать простой цветной буфер кадра с тремя битовыми плоскостями, по одной для каждого из основных цветов. Каждая битовая плоскость управляет индивидуальной электронной пушкой для каждого из трех основных цветов. Три основных цвета, комбинируясь на ЭЛТ, дают восемь цветов. Схема простого цветного растрового буфера показана на рисунке 6. Чтобы увеличить количество цветов для каждой из трех цветных пушек используются дополнительные битовые плоскости.

- **Тип экрана:**

1. Дисплеи на основе ЭЛТ;
2. Жидкокристаллические (ЖК);
3. Плазменные.

Чтобы понять принципы работы растровых дисплеев и векторных дисплеев с регенерацией, нужно иметь представление о конструкции ЭЛТ и методах создания видеоизображения.

На рисунке 7 схематично показана ЭЛТ, используемая в видеомониторах.

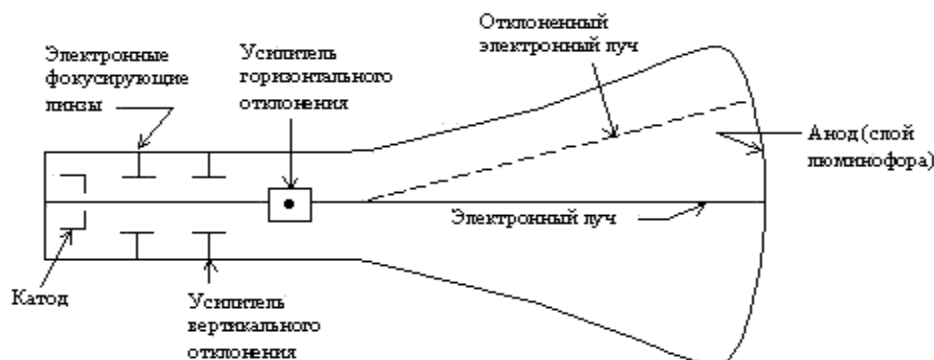


Рис. 7. Электронно-лучевая трубка

Катод (отрицательно заряженный) нагревают до тех пор, пока возбужденные электроны не создадут расширяющегося облака (электроны отталкиваются друг от друга, так как имеют одинаковый заряд). Эти электроны притягиваются к сильно заряженному положительному аноду. На внутреннюю сторону расширенного конца ЭЛТ нанесен люминофор. Облако электронов с помощью линз фокусируется в узкий, строго параллельный пучок, и луч дает яркое пятно в центре ЭЛТ. Луч отклоняется или позиционируется влево или вправо от центра и (или) выше или ниже центра с помощью усилителей горизонтального и вертикального отклонения. Именно в данный момент проявляется отличие векторных и растровых дисплеев. В векторном дисплее электронный луч может быть отклонен непосредственно из любой произвольной позиции в любую другую произвольную позицию на экране ЭЛТ (анод). Поскольку люминофорное покрытие нанесено на экран ЭЛТ сплошным слоем, в результате получается почти идеальная прямая. В отличие от этого в растровом дисплее луч может

отклоняться только в строго определенные позиции на экране, образующие своеобразную мозаику. Эта мозаика составляет видеоизображение. Люминофорное покрытие на экране растровой ЭЛТ тоже не непрерывно, а представляет собой множество тесно расположенных мельчайших точек, куда может позиционироваться луч, образуя мозаику.

Экран **ЖК-дисплея** состоит из двух стеклянных пластин, между которыми находится масса, содержащая жидкие кристаллы, которые изменяют свои оптические свойства в зависимости от прилагаемого электрического заряда. Жидкие кристаллы сами не светятся, поэтому ЖКД нуждаются в подсветке или во внешнем освещении. Основным достоинством ЖКД являются их габариты (экран плоский). К недостаткам можно отнести недостаточное быстродействие при изменении изображения на экране, что особенно заметно при перемещении курсора мыши, а также зависимость резкости и яркости изображения от угла зрения.

ЖК-дисплеи обладают неоспоримыми *преимуществами* перед конкурирующими устройствами отображения:

1. **Размеры.** ЖК-дисплеи отличаются малой глубиной и небольшой массой и поэтому их более удобно перемещать и устанавливать, чем ЭЛТ-мониторы, у которых размер в глубину приблизительно равен ширине.

2. **Энергопотребление.** ЖК-дисплей потребляет меньшую мощность, чем ЭЛТ-монитор с сопоставимыми характеристиками.

3. **Удобство для пользователя.** В ЭЛТ электронные лучи при развертке движутся по экрану, обновляя изображение. Хотя в большинстве случаев можно установить такую частоту регенерации (число обновлений экрана электронными лучами в секунду), что изображение выглядит стабильным, некоторые пользователи все же воспринимают мерцание, способное вызвать быстрое утомление глаз и головную боль. На экране ЖК-дисплея каждый пиксел либо включен, либо выключен, так что мерцание отсутствует. Кроме того, для ЭЛТ-мониторов характерно в небольших количествах электромагнитное излучение; в ЖК-мониторах такого излучения нет.

Недостаток - высокая цена.

Еще одно достижение, которое повлекло к снижению цен – применение технологии панелей на супертвистированных нематических кристаллах (dual supertwist nematic, DSTN). DSTN-дисплеи всегда были дешевле, чем ЖК-устройства на тонкопленочных транзисторах (thin-film transistors, TFT), но несколько уступали им по качеству: DSTN-дисплеи не обеспечивают такой контрастности и четкости, как матрицы TFT, а их медленная реакция приводит к мерцанию и появлению повторных изображений на экране, особенно при отображении движущихся объектов. Однако фирма Sharp, крупнейший поставщик DSTN-панелей, недавно провела презентацию панели, в которой используется разработанная ею технология HCA (High-Contrast Addressing - высококонтрастная адресация).

HCA-панели обеспечивают такую же контрастность изображения, как TFT-матрицы, и почти не уступают им по скорости реакции при воспроизведении видео. Фирма Arithmos разработала процессор визуализации для DSTN-панелей, который позволяет еще более улучшить качество изображения.

В ЖК-дисплеях угол обзора не только мал, но и асимметричен: обычно он составляет 45° по горизонтали и +15...-30 по вертикали. Излучающие дисплеи, такие как электролюминесцентные, плазменные и на базе ЭЛТ, как правило, имеют конус обзора от 80 до 90 по обеим осям. Хотя в последнее время на рынке появились модели ЖК-дисплеев с увеличенным углом обзора 50-60°.

Nitachi при создании своего нового дисплея SuperTFT воспользовалась иной технологией - IPS. Как известно, в обычных ЖК-дисплеях молекулы жидкого кристалла меняют свою ориентацию с горизонтальной на вертикальную под воздействием электрического поля, а адресующие электроды помещаются на две расположенные друг против друга стеклянные подложки. В IPS(in-plane switching)-дисплеях, наоборот, происходит чередование двух углов в горизонтальной плоскости, причем оба электрода находятся на одной из подложек. В результате угол обзора как по горизонтальной, так и по вертикальной оси достигает 70°.

Газоплазменные мониторы состоят из двух пластин, между которыми находится газовая смесь, светящаяся под воздействием электрических импульсов. Такие мониторы не имеют недостатков, присущих ЖКД, однако их нельзя использовать в переносных компьютерах с аккумуляторным и батарейным питанием, так как они потребляют большой ток.

Характеристики дисплеев

Размер по диагонали (расстояние от левого нижнего до правого верхнего угла экрана) приводится в дюймах.

Теневая маска (Dot Pitch) экрана. Единицей измерения является расстояние между отверстиями

маски в мм. Чем меньше это расстояние и чем больше отверстий, тем выше качество изображения. Этот параметр часто отождествляют с **зерном экрана** монитора (обычно от 0.25 до 0.31 мм);

Разрешение измеряется в пикселах (точках), помещающихся по горизонтали и вертикали видимой части экрана. В настоящее время наиболее распространены мониторы с расширением не менее 1024*768 пикселей;

Кинескоп. Наиболее предпочтительны следующие типы кинескопов: Black Trinitron, Black Matrix и Black Planar. Данные кинескопы очень контрастны, дают отличное изображение, однако их люминофор чувствителен к свету, что может сократить срок службы монитора. К тому же при работе с контрастным монитором быстрее устают глаза;

Потребляемая мощность. У мониторов с диагональю 14" потребляемая мощность не должна превышать 60 Вт, иначе повышается вероятность теплового перегрева монитора, что сокращает срок его службы. У более крупных мониторов потребляемая мощность соответственно выше;

Антибликовое покрытие. Для дешевых мониторов используют пескоструйную обработку поверхности экрана. При этом качество изображения ухудшается. В дорогих мониторах на поверхность экрана наносится специальное химическое вещество, обладающее антибликовыми свойствами;

Защитные свойства монитора. В настоящее время распространены мониторы с низким уровнем излучения (LR-мониторы). Они отвечают нормам стандарта MPRI или MPRII.

Цветность. Цветные и монохромные.

Частота кадров (обычно от 50 до 100 Гц).

Все современные аналоговые мониторы условно можно разделить на следующие типы:

1. с фиксированной частотой развертки;
2. с несколькими фиксированными частотами;
3. и многочастотные (мультичастотные).

Мультичастотные мониторы обладают способностью настраиваться на произвольные значения частот синхронизации из некоторого заданного диапазона, например, 30-64 кГц для строчной и 50-100 Гц для кадровой развертки. Разработчиками мониторов данного типа является фирма NEC. В названии таких мониторов присутствует слово Multisync. Эти мониторы относятся к наиболее распространенному типу мониторов с электронно-лучевой трубкой.

Видеодиапазон (обычно от 65 до 200 МГц).

Видеосигнал: Цифровой и аналоговый.

Под цифровыми мониторами понимаются устройства отображения зрительной информации на основе электронно-лучевой трубки, управляемой цифровыми схемами. К цифровым относятся монохромные мониторы, снабженные видеоадаптерами стандартов MDA и Hercules, цветные RGB-мониторы, предназначенные для подключения к видеоадаптеру стандарта EGA. Монохромные мониторы способны отображать на экране только темные и светлые точки, иногда точки могут различаться интенсивностью. Hercules-мониторы имеют разрешение до 728*348 пикселей, небольшие габариты и вес. Блок развертки монитора получает синхроимпульсы от соответствующего видеоадаптера. RGB-мониторы способны отображать 16 цветов, однако разрешение экрана у них меньше, чем у Hercules-мониторов.

Электронно-лучевая трубка мониторов данного типа управляется аналоговыми сигналами поступающими от видеоадаптера. Принцип работы электронно-лучевой трубки монитора такой же, как у телевизионной трубки. Аналоговые мониторы способны поддерживать разрешение стандарта VGA (640*480) пикселей и выше.

Дисплеи обладают также такими характеристиками: функция управления растром, система энергосбережения, защита от излучения, вес, габариты, потребляемая мощность.

ПРИНТЕРЫ

Принтеры в зависимости от порядка формирования изображения подразделяются на **последовательные, строчные и страничные**. Принадлежность принтера к той или иной группе зависит от того, формирует ли он на бумаге символ за символом или сразу всю строку, а то и целую страницу.

По физическому принципу действия принтеры делятся на **матричные, струйные и лазерные**.

Матричный принтер имеет печатающую головку, представляющую собой матрицу из отдельных иглоочек. Таким образом, на бумаге образуются символы, состоящие из точек-отпечатков, оставляемых ударами иглоочек по красящей ленте. В зависимости от конструкции печатающая головка матричного принтера может иметь 9, 18 иглоек или 24 иглоки.



Печатающие головки струйных принтеров вместо иголок содержат тоненькие трубочки - сопла, через которые на бумагу выбрасываются капельки чернил. Печатающая головка струйного принтера содержит от 12 до 64 сопел, диаметры которых тоньше человеческого волоса. Известно несколько принципов действия струйных печатающих головок. В одной из конструкций на входном конце каждого сопла расположен маленький резервуар с чернилами. Позади резервуара располагается нагреватель (тонкопленочный резистор). Когда резистор нагревается проходящим по нему током до температуры 500 градусов, окружающие его чернила вскипают, образуя пузырёк пара. Этот расширяющийся пузырек выталкивает из сопла капли чернил диаметром 50...85 мкм со скоростью около 700 км/час.

В другой конструкции печатающей головки источником давления служит мембрана, приводимая в движение пьезоэлектрическим способом.

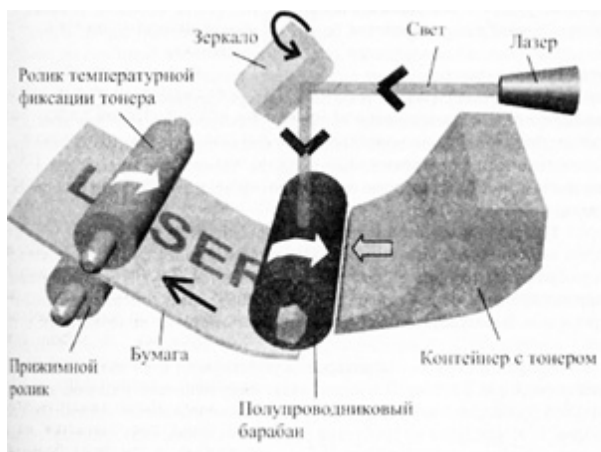
В матричных и струйных принтерах электромеханические устройства перемещают печатающую головку и бумагу так, чтобы печать происходила в нужном месте.

В отличие от матричных в струйных принтерах пишущее устройство не находится в постоянном соприкосновении с твёрдой поверхностью, а потому изнашивается не скоро и работает практически бесшумно.

Важнейшей особенностью струйной печати является возможность создания высококачественного цветного изображения.

В лазерных принтерах используется электрографический принцип создания изображения. Процесс печати включает в себя создание невидимого рельефа электростатического потенциала в слое полупроводника с последующей его визуализацией. Визуализация осуществляется с помощью частиц сухого порошка - тонера, наносимого на бумагу. Тонер представляет собой частички железа, покрытые пластиком. Наиболее важными частями лазерного принтера являются полупроводниковый барабан, лазер и прецизионная оптико-механическая система, перемещающая луч.

Лазер генерирует тонкий световой луч, который, отражаясь от вращающегося зеркала, формирует электронное изображение на светочувствительном полупроводниковом барабане. Поверхности барабана предварительно сообщается некоторый статический заряд. Для получения изображения на барабане лазер должен включаться и выключаться, что обеспечивается схемой управления. Вращающееся зеркало служит для разворота луча лазера в строку, формируемую на поверхности барабана. Поворот барабана на новую строку осуществляет прецизионный шаговый двигатель. Это смещение определяет разрешающую способность принтера и может составлять, например, 1/300, 1/600 или 1/1200 часть дюйма. Процесс развертки изображения на барабане во многом напоминает построение изображения на экране монитора (создание раstra). Когда луч лазера попадает на предварительно заряженный барабан, заряд "стекает" с освещенной поверхности. Таким образом, освещаемые и неосвещаемые лазером участки барабана имеют разный заряд.



В результате сканирования всей поверхности полупроводникового барабана на нем создается скрытое (электронное, невидимое для человека) изображение.

На следующем этапе работы принтера происходит проявление изображения, то есть превращение скрытого электронного изображения в видимое изображение. Заряженные частицы тонера притягиваются только к тем местам барабана, которые имеют противоположный заряд по отношению к заряду тонера.

Когда видимое изображение на барабане построено, и он покрыт тонером в соответствии с оригиналом, подаваемый лист бумаги заряжается таким образом, что тонер с барабана притягивается к бумаге. Прилипший порошок закрепляется на бумаге за счет нагрева частиц тонера до температуры плавления.

Кроме лазерных принтеров существуют светодиодные принтеры, которые получили своё название из-за того, что полупроводниковый лазер в них заменен линейкой светодиодов. В этом случае не требуется сложная механическая система вращения зеркала. Изображение одной строки на полупроводниковом барабане формируется одновременно.

Характеристики	Тип принтера		
	Матричный	Струйный	Лазерный
Разрешающая способность, dpi	60...240	300...720	300...1200
Производительность (листов А4 в минуту)	2	1...8	4...16

ПЛОТТЕРЫ

Плоттер – устройство отображения, предназначенное для вывода данных в графической форме на бумагу, пластик, фоточувствительный материал или иной носитель путем черчения, гравирования, фоторегистрации или иным способом.

Плоттер (графопостроитель) - это устройство автоматического построения диаграмм или других изображений, вырисовываемых линиями.

Различают:

6. **Планшетные графопостроители (flatbed plotter)** для формата А3 - А2, с фиксацией листа электростатическим способом и пишущим узлом, перемещающимся в двух координатах (на плоскости);
7. **барабанные графопостроители (drum plotter)** с носителем, закрепляемым на вращающемся барабане;
8. **рулонные или роликовые графопостроители (roll-feed plotter)** с чертежной головкой, перемещающейся в одном направлении при одновременном перемещении носителя в перпендикулярном ему направлении. Ширина бумаги формата А1 или А0. Такие плоттеры используют рулоны бумаги длиной до нескольких десятков метров.

Плоттеры изготавливаются в **напольном (floor)** и **настольном (table)** исполнении.

По принципу построения изображения подразделяются на:

3. Векторные графопостроители (vector plotter);
4. Растровые графопостроители (raster plotter).

Векторные графопостроители создают изображение с помощью шариковых, перьевых рапидографов, фломастера, карандаша. В настоящее время практически сняты с производства.

Растровые графопостроители, наследуя конструктивные особенности принтеров, создают изображение путем строчного воспроизведения.

По способу печати растровые графопостроители подразделяются на:

- электростатические графопостроители (electrostatic plotter) с электростатическим принципом воспроизведения;

- струйные графопостроители (ink-jet plotter), основанными на принципе струйной печати (выдавливании красящего вещества через сопла форсунок);
- лазерные графопостроители (laser plotter), воспроизводящие изображение с использованием луча лазера;
- светодиодные графопостроители (LED-plotter), отличающиеся от лазерных способом перенесения изображения с барабана на бумагу;
- термические графопостроители (thermal plotter);
- микрофильм-плоттеры, фотоплоттеры (microfilm-plotter, photographic film recorder, photo plotter) с фиксацией изображения на светочувствительном материале.

Основные конструктивные и эксплуатационные характеристики графопостроителей, кроме названных выше: *формат воспроизводимого изображения-оригинала*, варьирующего обычно от А4 до А0 для графопостроителей планшетного типа или измеряемого рабочей длиной барабана и максимальной длиной рулона (до нескольких десятков метров), *размер рабочего поля* (plotting area), *точность* (ассигасу), *разрешение растровых графопостроителей* (обычно в пределах 300-2500 dpi), *скорость прорисовки* (plotting speed) или изготовления единицы продукции заданного формата, наличие или отсутствие *собственной памяти* (буфера), *программное обеспечение* (драйверы, программы растеризации), наличие *сетевой платы*. Некоторые модели графопостроителей комплектуются или могут оснащаться насадками, дополняющими их функциями сканера.

Плоттеры различаются также по типу пишущего узла:

8. Пишущий узел перьевого типа (Pen-plotter). Они используют специальные фломастеры или ручки с возможностью их автоматической замены;
9. Пишущим узлом струйного типа;
10. использующие эффект притягивания частиц краски электростатическим зарядом.

Большинство струйных аппаратов обеспечивают печать графических файлов формата TIFF, BMP, PCX. Стандартным языком управления для плоттеров является HP-GL (Hewlett-Packard Graphics Language), а типовым интерфейсом - последовательный RS232 (скорость передачи данных - до 38,4 Кбайт/с).

На базе перьевых плоттеров было создано еще одно периферийное устройство - cutter, в котором пишущий узел заменен на режущий инструмент. Такое устройство использует специальную полимерную пленку или бумагу на самоклеющейся основе и применяется для создания рекламно-информационной продукции (ярлыки, наклейки и т.п.).

ОГЛАВЛЕНИЕ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ	1
ЛЕКЦИЯ 1.....	1
ВВЕДЕНИЕ В КОМПЬЮТЕРНУЮ ГРАФИКУ	1
Основные направления компьютерной графики	1
Классификация компьютерной графики.....	3
Деловая графика.....	4
ЛЕКЦИЯ 2.....	4
Виды компьютерной графики. Программные средства компьютерной графики	4
Виды компьютерной графики.....	4
Классы программ для работы с растровой графикой	7
Средства создания и обработки векторных изображений.....	7
Средства создания фрактальных изображений	7
ЛЕКЦИЯ 3.....	8
История КГ	8
ЛЕКЦИЯ 4.....	12
Основные понятия КГ	12
Разрешение изображения и его размер.....	12
Понятие раstra.....	13
Основы теории цвета.....	15
ЛЕКЦИЯ 5.....	16
Цветовые модели и палитры. Цветовые профили	16
Аддитивная цветовая модель RGB	16
Субтрактивная цветовая модель CMYK.....	18
Преобразование между моделями RGB и CMYK	19
Цветовая модель HSV.....	19
Цветовые профили.....	21
ЛЕКЦИЯ 6.....	21
Кодирование цвета. Палитра	21
Кодирование цвета	21
Индексные палитры.....	22
Фиксированная палитра.....	23
Безопасная палитра.....	23
ЛЕКЦИЯ 7.....	23
Графические интерфейсы и стандарты программирования компьютерной графики	23
ЛЕКЦИЯ 8.....	28
НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫЕ ФОРМАТЫ ГРАФИЧЕСКИХ ФАЙЛОВ	29
ЛЕКЦИЯ 9.....	32
ЛЕКЦИЯ 10.....	33
ЛЕКЦИЯ 11.....	37
1. Мышь	37
2. Устройства вывода графических изображений.....	37
УСТРОЙСТВА ВВОДА	37
МАНИПУЛЯТОР "МЫШЬ"	37
СВЕТОВОЕ ПЕРО (LIGHT PEN)	39
ДЖОЙСТИКИ	39
ТРЕКБОЛ (TRACKBALL).....	39
ТАЧПАД (TOUCHPAD) И ТРЕКПОИНТ (TRACKPOINT)	40
СКАНЕРЫ.....	40
ДИГИТАЙЗЕРЫ	41
ЦИФРОВАЯ ФОТОКАМЕРА.....	42

<i>УСТРОЙСТВА ВЫВОДА</i>	43
<i>ДИСПЛЕИ (МОНИТОРЫ)</i>	43
<i>ПРИНТЕРЫ</i>	48
<i>ПЛОТТЕРЫ</i>	50