

Модуль 1. Введение в компьютерную графику

Лекция 1.1. Введение в компьютерную графику

Компьютерная графика (также машинная графика) — область деятельности, в которой компьютеры используются в качестве инструмента как для **синтеза** (создания) изображений, так и для **обработки** визуальной информации, полученной из реального мира.

Современная компьютерная графика — это достаточно сложная, основательно проработанная и разнообразная научно-техническая дисциплина. Некоторые ее разделы, такие как геометрические преобразования, способы описания кривых и поверхностей, к настоящему времени уже исследованы достаточно полно. Ряд областей продолжает активно развиваться: методы растрового сканирования, удаление невидимых линий и поверхностей, моделирование цвета и освещенности, текстурирование, создание эффекта прозрачности и полупрозрачности и др.

Сфера применения компьютерной графики включает четыре основных области.

1. Отображение информации
2. Проектирование
3. Моделирование
4. Графический пользовательский интерфейс

Отображение информации

Проблема представления накопленной информации (например, данных о климатических изменениях за продолжительный период, о динамике популяций животного мира, об экологическом состоянии различных регионов и т.п.) лучше всего может быть решена посредством графического отображения.

Ни одна из областей современной науки не обходится без графического представления информации. Помимо визуализации результатов экспериментов и анализа данных натурных наблюдений существует обширная область математического моделирования процессов и явлений, которая просто немыслима без графического вывода. Например, описать процессы, протекающие в атмосфере или океане, без соответствующих наглядных картин течений или полей

температуры практически невозможно. В геологии в результате обработки трехмерных натурных данных можно получить геометрию пластов, залегающих на большой глубине.

В медицине в настоящее время широко используются методы диагностики, использующие компьютерную визуализацию внутренних органов человека. Томография (в частности, ультразвуковое исследование) позволяет получить трехмерную информацию, которая затем подвергается математической обработке и выводится на экран. Помимо этого, применяется и двумерная графика: энцефалограммы, миограммы, выводимые на экран компьютера или графопостроитель.

Проектирование

В строительстве и технике чертежи давно представляют собой основу проектирования новых сооружений или изделий. Процесс проектирования с необходимостью является итеративным, т.е. конструктор перебирает множество вариантов с целью выбора оптимального по каким-либо параметрам. Не последнюю роль в этом играют требования заказчика, который не всегда четко представляет себе конечную цель и технические возможности. Построение предварительных макетов - достаточно долгое и дорогое дело. Сегодня существуют развитые программные средства автоматизации проектно-конструкторских работ (САПР), позволяющие быстро создавать чертежи объектов, выполнять прочностные расчеты и т.п. Они дают возможность не только изобразить проекции изделия, но и рассмотреть его в объемном виде с различных сторон. Такие средства также чрезвычайно полезны для дизайнеров интерьера, ландшафта.

Моделирование

Под моделированием понимается имитация различного рода ситуаций, возникающих, например, при полете самолета или космического аппарата, движении автомобиля и т.п. В английском языке это лучше всего передается термином *simulation*. В телевизионной рекламе, в научно-популярных и других фильмах теперь синтезируются движущиеся объекты, визуально мало уступающие тем, которые могут быть получены с помощью кинокамеры. Кроме того, компьютерная графика предоставила

киноиндустрии возможности создания спецэффектов, которые в прежние годы были попросту невозможны. В последние годы широко распространилась еще одна сфера применения компьютерной графики - создание виртуальной реальности.

Графический пользовательский интерфейс

На раннем этапе использования дисплеев как одного из устройств компьютерного вывода информации диалог "человек-компьютер" в основном осуществлялся в алфавитно-цифровом виде. Теперь же практически все системы программирования применяют графический интерфейс. Особенно впечатляюще выглядят разработки в области сети Internet. Существует множество различных программ-браузеров, реализующих в том или ином виде средства общения в сети, без которых доступ к ней трудно себе представить. Эти программы работают в различных операционных средах, но реализуют, по существу, одни и те же функции, включающие окна, баннеры, анимацию и т.д.

В современной компьютерной графике можно выделить следующие **основные направления**: изобразительная компьютерная графика, обработка и анализ изображений, анализ сцен (перцептивная компьютерная графика), компьютерная графика для научных абстракций (когнитивная компьютерная графика, т.е. графика, способствующая познанию).

Изобразительная компьютерная графика своим предметом имеет синтезированные изображения. Основные виды задач, которые она решает, сводятся к следующим:

- построение модели объекта и формирование изображения;
- преобразование модели и изображения;
- идентификация объекта и получение требуемой информации.

Обработка и анализ изображений касаются в основном дискретного (цифрового) представления фотографий и других изображений. Средства компьютерной графики здесь используются для:

- повышения качества изображения;

- оценки изображения - определения формы, местоположения, размеров и других параметров требуемых объектов;
- распознавания образов - выделения и классификации свойств объектов (при обработке аэрокосмических снимков, вводе чертежей, в системах навигации, обнаружения и наведения).

Анализ сцен связан с исследованием абстрактных моделей графических объектов и взаимосвязей между ними. Объекты могут быть как синтезированными, так и выделенными на фотоснимках. К таким задачам относятся, например, моделирование "машинного зрения" (роботы), анализ рентгеновских снимков с выделением и отслеживанием интересующего объекта (внутреннего органа), разработка систем видеонаблюдения.

Когнитивная компьютерная графика - только формирующееся новое направление, пока еще недостаточно четко очерченное. Это - компьютерная графика для научных абстракций, способствующая рождению нового научного знания. Технической основой для нее являются мощные ЭВМ и высокопроизводительные средства визуализации.

Краткая история компьютерной графики

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 1961 г. студент Стив Рассел создал первую компьютерную видеоигру Spacewar ("Звездная война"), а научный сотрудник Bell Labs Эдвард Зэджек 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 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 (антиалайсинг). 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 антиалайсинга. 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 Lucasfilm.

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.

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, закраска 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.

Научная графика - первые компьютеры использовались лишь для решения научных и производственных задач. Чтобы лучше понять полученные результаты, производили их графическую обработку, строили графики, диаграммы, чертежи рассчитанных конструкций. Первые графики на машине получали в режиме символьной печати. Затем появились специальные устройства - графопостроители (плоттеры) для вычерчивания чертежей и графиков чернильным пером на бумаге. Современная научная компьютерная графика дает

возможность проводить вычислительные эксперименты с наглядным представлением их результатов.

Деловая графика - область компьютерной графики, предназначенная для наглядного представления различных показателей работы учреждений. Плановые показатели, отчетная документация, статистические сводки – это объекты, для которых с помощью деловой графики создаются иллюстративные материалы. Программные средства деловой графики включаются в состав электронных таблиц. Конструкторская графика используется в работе инженеров-конструкторов, архитекторов, изобретателей новой техники. Этот вид компьютерной графики является обязательным элементом САПР (систем автоматизации проектирования). Средствами конструкторской графики можно получать как плоские изображения (проекции, сечения), так и пространственные трехмерные изображения.

Иллюстративная графика - это произвольное рисование и черчение на экране компьютера. Пакеты иллюстративной графики относятся к прикладному программному обеспечению общего назначения. Простейшие программные средства иллюстративной графики называются графическими редакторами.

Художественная и рекламная графика - ставшая популярной во многом благодаря телевидению. С помощью компьютера создаются рекламные ролики, мультфильмы, компьютерные игры, видеоуроки, видеопрезентации. Графические пакеты для этих целей требуют больших ресурсов компьютера по быстродействию и памяти. Передача освещенности объекта в зависимости от положения источника света, от расположения теней, от фактуры поверхности, требует расчетов, учитывающих законы оптики.

Компьютерная анимация - это получение движущихся изображений на экране дисплея. Художник создает на экране рисунки начального и конечного положения движущихся объектов, все промежуточные состояния рассчитывает и изображает компьютер, выполняя расчеты, опирающиеся на математическое описание данного

вида движения. Полученные рисунки, выводимые последовательно на экран с определенной частотой, создают иллюзию движения.

Мультимедиа - это объединение высококачественного изображения на экране компьютера со звуковым сопровождением. Наибольшее распространение системы мультимедиа получили в области обучения, рекламы, развлечений.

По способам задания изображений графику можно разделить на категории:

Двухмерная графика

Трехмерная графика

Двухмерная (2D — от англ. two dimensions — «два измерения») компьютерная графика классифицируется по типу представления графической информации, и следующими из него алгоритмами обработки изображений. Обычно компьютерную графику **разделяют на векторную и растровую**, хотя обособляют ещё и **фрактальный** тип представления изображений.

Векторная графика представляет изображение как набор геометрических примитивов. Обычно в качестве них выбираются точки, прямые, окружности, прямоугольники, а также как общий случай, кривые некоторого порядка. Объектам присваиваются некоторые атрибуты, например, толщина линий, цвет заполнения. Рисунок хранится как набор координат, векторов и других чисел, характеризующих набор примитивов. При воспроизведении перекрывающихся объектов имеет значение их порядок.

Изображение в векторном формате даёт простор для редактирования. Изображение может без потерь масштабироваться, поворачиваться, деформироваться. При преобразовании растровой картинки исходными данными является только описание набора пикселей, поэтому возникает проблема замены меньшего числа пикселей на большее (при увеличении), или большего на меньшее (при уменьшении). Простейшим способом является замена одного пикселя несколькими того же цвета (метод копирования ближайшего пикселя: Nearest Neighbour). Более совершенные методы используют алгоритмы интерполяции, при которых новые пиксели получают некоторый цвет,

код которого вычисляется на основе кодов цветов соседних пикселей. Подобным образом выполняется масштабирование в программе Adobe Photoshop (билинейная и бикубическая интерполяция).

Растровая графика всегда оперирует двумерным массивом (матрицей) пикселей. Каждому пикселю сопоставляется значение — яркости, цвета, прозрачности — или комбинация этих значений. Растровый образ имеет некоторое число строк и столбцов.

Без особых потерь растровые изображения можно только лишь уменьшать, хотя некоторые детали изображения тогда исчезнут навсегда, что иначе в векторном представлении. Увеличение же растровых изображений приводит к квадратизации в изображении отдельных пикселей того или иного цвета.

В растровом виде представимо любое изображение, однако этот способ хранения имеет свои недостатки: большой объём памяти, необходимый для работы с изображениями, потери при редактировании.

Фрактал — объект, отдельные элементы которого наследуют свойства родительских структур. Поскольку более детальное описание элементов меньшего масштаба происходит по простому алгоритму, описать такой объект можно всего лишь несколькими математическими уравнениями.

Фракталы позволяют описывать целые классы изображений, для детального описания которых требуется относительно мало памяти. С другой стороны, фракталы слабо применимы к изображениям вне этих классов.

Трёхмерная графика (3D — от англ. three dimensions — «три измерения») оперирует с объектами в трёхмерном пространстве. **Обычно результаты представляют собой плоскую картинку, проекцию.** Трёхмерная компьютерная графика широко используется в кино, компьютерных играх.

В трёхмерной компьютерной графике все объекты обычно представляются как набор **поверхностей или частиц**. Минимальную поверхность называют полигоном. В качестве полигона обычно выбирают **треугольники**.

Всеми визуальными преобразованиями в 3D-графике **управляют матрицы** (см. также: аффинное преобразование в линейной алгебре). В компьютерной графике используется три вида матриц:

- матрица **поворота**
- матрица **сдвига**
- матрица **масштабирования**

Любой полигон можно представить в виде набора из координат его вершин. Так, у треугольника будет 3 вершины. Координаты каждой вершины представляют собой вектор (x, y, z) . Умножив вектор на соответствующую матрицу, мы получим новый вектор. Сделав такое преобразование со всеми вершинами полигона, получим новый полигон, а преобразовав все полигоны, получим новый объект, повернутый/сдвинутый/масштабированный относительно исходного.

Устройства ввода и вывода графической информации

Электронно-лучевая трубка (ЭЛТ), кинескоп — электровакуумный прибор, преобразующий электрические сигналы в световые.

Принципиальное устройство:

-**электронная пушка**, предназначена для формирования электронного луча, в цветных кинескопах и многолучевых осциллографических трубках объединяются в электронно-оптический прожектор;

-**экран, покрытый люминофором** — веществом, светящимся при попадании на него пучка электронов;

-**отклоняющая система**, управляет лучом таким образом, что он формирует требуемое изображение.

Конструкция ЖК Монитора

Принято выделять три агрегатные состояния вещества — твердое, жидкое и газообразное. Но некоторые органические вещества способны при плавлении в определенной фазе проявлять **свойства, присущие как кристаллам, так и жидкостям**. Приобретая текучесть, свойственную жидкостям, они в этой фазе не теряют упорядоченности молекул, свойственной твердым кристаллам.

Пространственная ориентация молекул ЖК в так называемом положении отдыха называется порядком жидких кристаллов. Согласно классификации Фриделя, различают три основные категории порядка ЖК: **смектический, нематический и холестерический**

Смектические ЖК наиболее упорядочены и ближе по структуре к обычным твердым кристаллам. У них, кроме простой взаимной ориентации молекул, присутствует еще и деление их на плоскости.

Направление преимущественной ориентации длинных осей молекул в жидких кристаллах обозначается вектором единичной длины, называемым директором.

Основной интерес представляют материалы с нематическим порядком, они применяются в современных жидкокристаллических панелях всех типов (TN, IPS и VA). В нематиках нормальным состоянием является положение молекул с упорядоченной по всему объему ориентацией молекул, свойственной кристаллам, но с хаотическим положением их центров тяжести, свойственным жидкостям. Молекулы в них сориентированы относительно параллельно, а вдоль оси директора смещены на различные расстояния.

Жидкие кристаллы с **холестерическим порядком** по структуре напоминают нематики, разбитые на слои. Молекулы в каждом последующем слое повернуты относительно предыдущего на некоторый небольшой угол и директор плавно закручивается по спирали.

Порядок в жидких кристаллах определяется **междумолекулярными силами**, которые **создают упругость ЖК** материала.

Упругость ЖК меньше упругости обычных кристаллов на несколько порядков и дает совершенно уникальную возможность управлять их положением при помощи внешних воздействий. Таким воздействием может служить, к примеру, **электрическое поле**.

Возьмем образец, состоящий из **двух стеклянных пластин**, пространство между которыми заполнено нематическим материалом. Расстояние между верхней и нижней пластиной и, соответственно, **толщина слоя жидких кристаллов составляет несколько микрон**.

Для задания нужной ориентации директора молекул в материале применяется специальная обработка поверхности подложек. Для этого на поверхность наносится тонкий слой прозрачного полимера, после чего специальной протиркой (rubbing) поверхности придается рельеф — **тончайшие бороздки в одном направлении**. Вытянутые молекулы кристаллов в слое, непосредственно соприкасающемся с поверхностью, ориентируются вдоль рельефа. Межмолекулярные силы заставляют все остальные молекулы принимать такую же ориентацию.

При подаче напряжения молекулы будут стремиться повернуться вдоль поля. Но они изначально сориентированы по рельефу внутренних поверхностей образца, созданных протиркой и связаны с ними довольно значительным сцеплением. Как следствие, при изменении ориентации директора будут возникать крутящие моменты обратного направления. Пока поле достаточно слабое, силы упругости удерживают молекулы в неизменном положении. **При увеличении напряжения, начиная с некоторого значения E_c , ориентационные силы электрического поля превышают силы упругости, и начинает происходить поворот молекул.** Эта переориентация под воздействием поля носит название **перехода Фредерикса**. Переход Фредерикса является фундаментальным для организации управления жидкими кристаллами, на нем основан принцип работы всех ЖК-панелей.

Образуется работоспособный механизм: — с одной стороны, электрическое поле будет заставлять молекулы жидких кристаллов поворачиваться на нужный угол (в зависимости от значения приложенного напряжения); — с другой стороны, упругие силы, вызванные межмолекулярными связями, будут стремиться вернуть исходную ориентацию директора при сбросе напряжения.

Все жидкокристаллические панели для мониторов являются **трансмиссивными** — изображение в них формируется за счет **преобразования светового потока от расположенного сзади источника**. Модуляция светового потока осуществляется за счет оптической активности жидких кристаллов (их способности вращать плоскость поляризации проходящего света). Реализуется это

следующим образом. При прохождении через **первый поляризатор** свет от ламп подсветки становится линейно поляризованным. Далее он следует через слой жидких кристаллов, заключенный в пространстве между двумя стеклами. **Положение молекул ЖК** в каждой ячейке панели регулируется электрическим полем, создаваемым за счет подачи напряжения на электроды. От положения молекул зависит поворот плоскости поляризации проходящего света. Таким образом, за счет подачи на ячейки нужного значения напряжения происходит **управление поворотом плоскости поляризации**.

Для доставки напряжения к субпикселю служат **вертикальные** (data line) и **горизонтальные** (gate line) линии данных, представляющие собой металлические токопроводящие дорожки, нанесенные на внутреннюю (ближайшую к модулю подсветки) стеклянную подложку. Электрическое поле создается напряжением на электродах — общем и пиксельном. **Тонкопленочный транзистор** играет роль переключателя, который замыкается при выборе адреса требуемой ячейки на линии сканирования, разрешает «записать» требуемое значение напряжения и по окончании цикла сканирования вновь размыкается, позволяя сохранять заряд в течение некоторого периода времени. Однако, собственной емкости жидкокристаллического материала недостаточно для сохранения заряда в интервале между циклами обновления, что должно вести к спаду напряжения и, как следствие, снижению контрастности. Поэтому, кроме транзистора, каждая ячейка оснащается **запоминающим конденсатором**, который также заряжается при открытии транзистора и помогает компенсировать потери напряжения до начала очередного цикла сканирования.

Для доставки напряжения к субпикселю служат **вертикальные** (data line) и **горизонтальные** (gate line) линии данных, представляющие собой металлические токопроводящие дорожки, нанесенные на внутреннюю (ближайшую к модулю подсветки) стеклянную подложку. Электрическое поле создается напряжением на электродах — общем и пиксельном. **Тонкопленочный транзистор** играет роль переключателя, который замыкается при выборе адреса

требуемой ячейки на линии сканирования, разрешает «записать» требуемое значение напряжения и по окончании цикла сканирования вновь размыкается, позволяя сохранять заряд в течение некоторого периода времени. Однако, собственной емкости жидкокристаллического материала недостаточно для сохранения заряда в интервале между циклами обновления, что должно вести к спаду напряжения и, как следствие, снижению контрастности. Поэтому, кроме транзистора, каждая ячейка оснащается **запоминающим конденсатором**, который также заряжается при открытии транзистора и помогает компенсировать потери напряжения до начала очередного цикла сканирования.

После слоя жидких кристаллов расположены цветные фильтры, нанесенные на внутреннюю поверхность стекла панели и служащие для формирования цветной картинки. Используется обычный трехцветный аддитивный синтез: цвета образуются в результате оптического смешения излучений трех базовых цветов (красного, зеленого и синего). Ячейка (пиксель) представляет собой три отдельных элемента (субпикселя), каждому из которых сопоставлен расположенный над ним цветовой фильтр красного, зеленого или синего цвета, комбинациями из 256 возможных значений тона для каждого субпикселя можно получить до 16,77 миллионов цветов пикселя.

Структура панели (металлические вертикальные и горизонтальные линии данных, тонкопленочные транзисторы) и пограничные области ячеек, где нарушена ориентация молекул, **должны быть скрыты под непрозрачным материалом**, чтобы избежать нежелательных оптических эффектов. Для этого применяется так называемая **черная матрица** (black matrix), которая напоминает тонкую сетку, заполняющую промежутки между отдельными цветовыми фильтрами. В качестве материала для черной матрицы используется хром или черные смолы.

Заключительную роль в формировании картинки играет второй поляризатор, часто называемый анализатором. Его направление поляризации смещено относительно первого на 90 градусов.

Принтер

Принтер (от англ. print — печать) — периферийное устройство компьютера, предназначенное для перевода текста или графики на физический носитель из электронного вида малыми тиражами (от единиц до сотен) без создания печатной формы. Этим принтеры отличаются от полиграфического оборудования и ризографов, которое за счёт печатной формы быстрее и дешевле на крупных тиражах (сотни и более экземпляров).

Получили распространение многофункциональные устройства (МФУ), в которых в одном приборе объединены функции принтера, сканера, копировального аппарата и телефонакса.

По принципу переноса изображения на носитель принтеры делятся на:

- матричные;
- лазерные (также светодиодные принтеры);
- струйные;
- сублимационные
- твердочернильные

По количеству цветов печати — на чёрно-белые (монохромные) и цветные.

По соединению с источником данных (откуда принтер может получать данные для печати), или интерфейсу:

по проводным каналам:

- через SCSI кабель
- через последовательный порт
- через параллельный порт (IEEE 1284)
- по шине Universal Serial Bus (USB)
- через локальную сеть (LAN, NET)
- **посредством беспроводного соединения:**
- через ИК-порт (IRDA)
- по Bluetooth
- по Wi-Fi (в том числе с помощью AirPrint)

Некоторые принтеры (в основном струйные фотопринтеры) располагают возможностью **автономной** (то есть без посредства компьютера) печати, обладая устройством чтения flash-карт или портом сопряжения с цифровым фотоаппаратом, что позволяет осуществлять печать фотографий напрямую с карты памяти или фотоаппаратов. Принтеры, поддерживающие технологию AirPrint, дают возможность распечатывать документы и фотографии с непосредственно мобильных устройств на базе iOS без использования кабеля (соединение осуществляется по Wi-Fi). AirPrint доступна для iPad, а также для iPhone и iPod Touch не ниже третьего поколения.[1]

Сетевой принтер — принтер позволяющий принимать задания на печать от нескольких компьютеров, подключенных к локальной сети. Такое решение является наиболее универсальным, так как обеспечивает возможным вывод на печать из различных операционных систем, чего нельзя сказать о Bluetooth- и USB-принтерах.

Матричные принтеры

Матричные принтеры — старейшие из ныне применяемых типов принтеров, их механизм был изобретён в **1964** году японской корпорацией Seiko Epson.

Изображение формируется печатающей головкой, которая состоит из **набора игло**к (игольчатая матрица), приводимых в действие электромагнитами. Головка передвигается построчно вдоль листа, при этом иголки ударяют по бумаге через **красящую ленту**, формируя точечное изображение.

Основными недостатками матричных принтеров являются монохромность (хотя существовали и цветные матричные принтеры, по очень высокой цене), очень низкая скорость работы и высокий уровень шума, который достигает 65 дБ.

Струйные принтеры

Принцип действия струйных принтеров похож на матричные принтеры тем, что **изображение на носителе формируется из точек**. Но вместо головок с иглами в струйных принтерах используется **матрица дюз** (т. е. головка), печатающая жидкими красителями. Печатающая головка может быть **встроена в картриджи** с красителями (в основном такой подход используется на офисных принтерах компаниями Hewlett-Packard, Lexmark). В других моделях

офисных принтеров используются **сменные картриджи**, печатающая головка, при замене картриджа не демонтируется.

Существуют **два способа** технической реализации способа распыления красителя:

Пьезоэлектрический (Piezoelectric Ink Jet) — над дюзой расположен пьезокристалл. Когда на пьезоэлемент подаётся электрический ток, он (в зависимости от типа печатающей головы) изгибается, удлиняется или тянет диафрагму вследствие чего создаётся **локальная область повышенного давления** возле дюзы — формируется капля, которая впоследствии выталкивается на материал. В некоторых головках технология позволяет изменять размер капли.

Термический (Thermal Ink Jet) (также называемый BubbleJet, разработчик — компания Canon, принцип был разработан в конце 1970-х годов) — в дюзе расположен **микроскопический нагревательный элемент**, который при прохождении электрического тока мгновенно нагревается до температуры в несколько сотен градусов, при нагревании в чернилах образуются газовые пузырьки (англ. bubbles — отсюда и название технологии), которые выталкивают капли жидкости из сопла на носитель.

Лазерные принтеры

Технология — прародитель современной лазерной печати появилась в **1938** году — Честер Карлсон изобрёл способ печати, названный электрография, затем переименованный в ксерографию.

Принцип технологии заключался в следующем. По поверхности фотобарабана коротроном (скоротроном) заряда (вал заряда) равномерно распределяется статический заряд, после этого светодиодным лазером (в светодиодных принтерах — светодиодной линейкой) в нужных местах этот заряд снимается — тем самым на поверхность фотобарабана помещается скрытое изображение.

Далее на фотобарабан наносится тонер. Тонер притягивается к разряженным участкам поверхности фотобарабана, сохранившей скрытое изображение. После этого фотобарабан прокатывается по бумаге, и тонер переносится на бумагу коротроном переноса (вал переноса). После этого бумага проходит через блок термозакрепления (печка) для фиксации тонера, а фотобарабан очищается от остатков тонера и разряжается в узле очистки.

Цветовая модель RGB

RGB (аббревиатура английских слов Red, Green, Blue — красный, зелёный, синий) — аддитивная цветовая модель, как правило, описывающая способ синтеза цвета для цветовоспроизведения.

Выбор основных цветов обусловлен особенностями физиологии восприятия цвета сетчаткой человеческого глаза. Цветовая модель RGB нашла широкое применение в технике.

Изображение в данной цветовой модели состоит из трёх каналов. При смешении основных цветов (основными цветами считаются красный, зелёный и синий) — например, синего (B) и красного (R), мы получаем пурпурный (M magenta), при смешении зеленого (G) и красного (R) — жёлтый (Y yellow), при смешении зеленого (G) и синего (B) — циановый (C cyan). При смешении всех трёх цветовых компонентов мы получаем белый цвет (W).

В телевизорах и мониторах применяются три электронных пушки (светодиода, светофильтра) для красного, зелёного и синего каналов.

В компьютерах для представления каждой из координат традиционно используется один октет, значения которого обозначаются для удобства целыми числами от 0 до 255 включительно.

В HTML используется #RrGgBb-запись, называемая также шестнадцатеричной: каждая координата записывается в виде двух шестнадцатеричных цифр, без пробелов. Например, #RrGgBb-запись белого цвета — #FFFFFF.

COLORREF — стандартный тип для представления цветов в Win32. Используется для определения цвета в RGB виде. Размер — 4 байта. При определении какого-либо RGB цвета, значение переменной типа COLORREF можно представить в шестнадцатеричном виде так:

0x00bbggrr

rr, gg, bb — значение интенсивности соответственно красной, зеленой и синей составляющих цвета. Максимальное их значение — 0xFF.