

Лекция 8: Видеокарта и монитор.

В компьютере предусмотрены специальные устройства для отображения информации. Чаще всего используются два устройства

- видеокарта
- монитор

Видеокарта служит для формирования изображения; монитор же служит для отображения сформированного видеоадаптером. Рассмотрим строение этих двух устройств.

Видеокарта.

Первоначальным назначением видеокарты было формирование изображения и вывод его на экран монитора. Отличались видеокарты только используемым интерфейсом монитора и стандартом формирования изображения. Позже в видеоадаптеры были внесены дополнительные функции

- ускорение 2D
- ускорение 3D
- поддержка математических операций

Рассмотрим обычный видеоадаптер стандарта VGA остальные устроены принципиально так же.

Схема адаптера VGA.

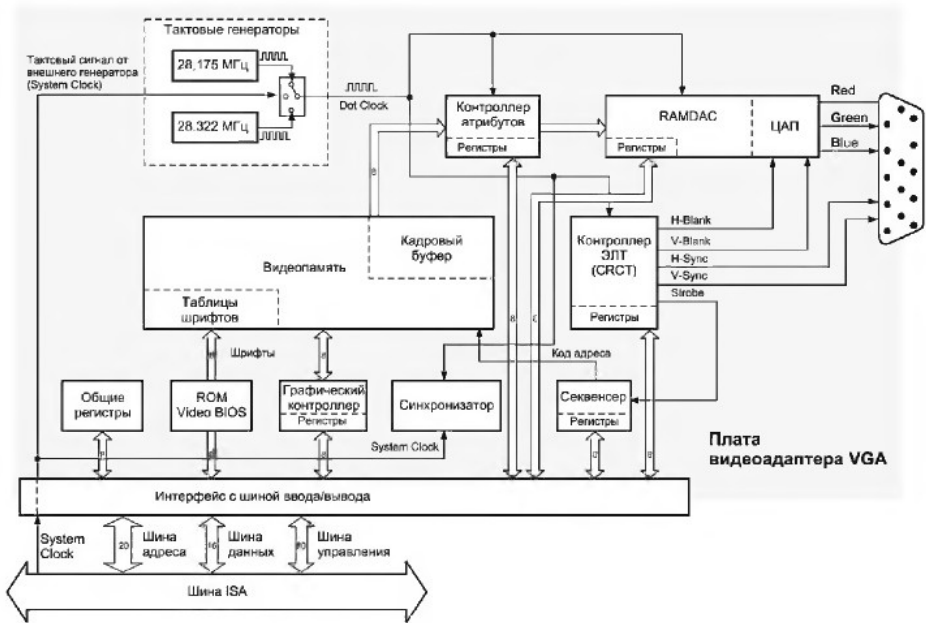
Рассмотрим строение обычного видеоадаптера, реализующего стандарт VGA и не обладающего функциями 3D ускорения.

Такие адаптеры уже не производятся и не используются.

Видеоадаптер содержит следующие компоненты

- графический чип
- видеопамять
- ROM videoBIOS
- RAMDAC
- контроллер вывода на монитор
- разъем монитора

- интерфейс системной шины
- дополнительные компоненты



Графический чип (или графический контроллер) выполняет управление и преобразование данных, предоставляемых центральным процессором для вывода на экран. В частности, контроллер выполняет графические примитивы

1. запись пиксела (или группы) по заданным координатам экрана
2. чтение значения пиксела по заданным координатам
3. модификация цвета пиксела, в том числе с использованием логических операций И, ИЛИ, циклический сдвиг и других
4. считывание из кадрового буфера пиксела (реализуется поиск пиксела по цвету)

Кроме того, VGA контроллер содержит дополнительные регистры защёлки (4 8-ми разрядных) для доступа к цветовым плоскостям.

Видеопамять — модули полупроводниковой памяти,

расположенные на видеоадаптере. Служат для хранения образа выводимого изображения. Во встроенных адаптерах под видеопамять отводится часть оперативной памяти компьютера (технология UMA- Unified Memory Access), что существенно снижает как общую производительность системы, так и производительность видеоадаптера. В большинстве адаптеров используются выделенные чипы памяти. Часть этого объема занимает кадровый буфер. Необходимый для хранения буфера объем вычисляется исходя из используемого разрешения экрана и цветовой палитры. Для стандартного VGA разрешения 640 на 480 пикселей при 16 используемых цветах требуется около 150 кб. Для современных разрешений экрана требуется больше памяти. При используемой цветности в 32 бита на пиксел получают следующие значения

Разрешение	Объем памяти в Мб
1366x768	4
1920x1080	8
3840x2160	32

Этот объем ниже имеющегося объема видеопамати. В остальной части хранятся другие данные, например загруженные национальные шрифты.

Важной характеристикой видеопамати является её пропускная способность. Определяется путём умножения разрядности видеопамати на её частоту. В VGA адаптере использовалась 8-мибитная память, работавшая на частоте системной шины.

Таким образом. Максимальная пропускная способность видеопамати на процессоре — например — 386 получалась около 40 Мб в секунду (40 МГц умножаем на 1 байт). Для VGA разрешения этой скорости более чем достаточно. Но с ростом используемого разрешения экрана и повышением цветности изображения возникла проблема нехватки скорости передачи данным между видеопаматью и компонентами видеоадаптера: графическим чипом, RAMDAC и интерфейсом монитора.

Проблема в том, что сколько раз в секунду перерисовывается изображение на экране, столько же раз необходимо эти данные считать из видеопамати. Например, для изображения 1024 на 768 пикселей при цветности 24 бита и частоте смены кадров 75

раз в секунду (стандарт для середины 2000 ых годов) требуемая пропускная способность получается около 170 Мб/с. Это без учета необходимости графического чипа записывать изменения в кадровый буфер и прочих обращений к памяти. Для разрешения 1600 на 1200 и 32-бита на пиксел при тех же 75 кадрах в секунду требуется уже 550 Мб/с, а например процессор pentium-II имеет максимальную пропускную способность памяти в 528 Мб/с. Эти проблемы привели к появлению специализированных типов памяти для видеоадаптеров. На данный момент используются следующие типы памяти:

Тип памяти	Частота памяти МГц	Пропускная способность Гб/с
GDDR3	700-2400	5,6-156,6
GDDR4	2000-3600	128-200
GDDR5	3600-7000	130-370

С осени 2018 года в серии карт GeForce 20xx используется GDDR6 с пропускной способностью 768 Гб/с.

ROM video BIOS – это модуль ROM памяти, содержащий функции, реализующие минимальный необходимый набор команд по управлению режимами видеоадаптера и выводу информации на экран. Используется сейчас только на начальной стадии работы компьютера для вывода информации системы BIOS или UEFI. Раньше (в однозадачных ОС, типа MS-DOS)использовался и для основной работы с видеоадаптером.

RAMDAC (RAM digital alanog converter) – преобразователь кода цвета пиксела в аналоговый сигнал интерфейса монитора.

Включает в себя (для VGA платы):

- трехканальный 6-разрядный ЦАП
- схему адресации в пределах кадрового буфера
- выходной 18-ти разрядный регистр цвета (по 6 бит на каждую из трёх компонент)
- 256 18-ти разрядных регистров цвета, реализующих VGA палитру

Исходя из разрядности регистров получаем максимально возможное количество цветов равное 262144, но VGA адаптер способен принимать лишь номер цвета из своей встроенной

палитры. Поэтому одновременно в приложении можно использовать не более 256 цветов.

Контроллер вывода на монитор — присутствует для формирования сигналов горизонтальной и вертикальной развертки, генерирует сигналы инкремента счетчика ячеек памяти в кадровом буфере и сигналы чтения записи видеопамати. Содержит 26 регистров, хранящих данные и полное состояние режима работы видеомонитора. Смена режима осуществляется путем записи в эти регистры новых значений через специальный вызов системы BIOS (функция 00h прерывания 10h)/

VGA разъем служит для подключения монитора к видеокарте.

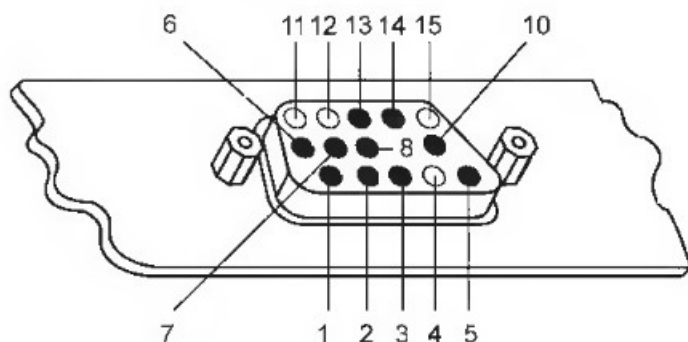


Таблица значений контактов

Номер контакта	Значение
1	красный
2	зелёный
3	синий
4	Бит идентификации ²
5	земля
6	Нулевой красный
7	Нулевой зеленый
8	Нулевой синий
10	Возврат синхроимпульса
11	Бит идентификации 0
12	Бит идентификации 1
13	Строчный импульс

14	Кадровый импульс
15	Не используется

Контакт 9 отсутствует и служит ключом для правильного подключения. По контактам 4,11 и 12 передаётся информация самоидентификации монитора, по которой видеоадаптер определяет допустимые и оптимальный режим работы монитора. По парам контактов 1-6, 2-7, 3-8 передаются данные о цветности каждого конкретного пиксела изображения. Синхронизация отображения информации осуществляется по линиям 10,13 и 14.

Так как передаваемый сигнал был аналоговым, то внешние помехи или даже некачественный кабель могли вызывать помехи при передаче информации и — соответственно — искажения изображения. Проблема решилась с переходом на цифровые мониторы и цифровые интерфейсы подключения: в такой схеме необходимость в RAMDAC преобразователе отпала.

Интерфейс системной шины — служит для подключения адаптера к материнской плате, то есть используется для получения питания адаптером и для обмена информацией по системной шине. VGA адаптеры использовали ныне устаревшие шины PCI и ISA.

Дополнительные компоненты.

Секвенсер — генератор сигналов синхронизации видеопамяти.

Контроллер атрибутов — используется в текстовом, или в графическом режиме с 16 цветами для управления цветом символа или пиксела.

Тактовые генераторы — кварцевые генераторы импульсов определенной частоты, для синхронизации работы адаптера.

Характеристики видеоадаптеров.

К важнейшим характеристикам адаптеров относятся

1. поддерживаемые режимы изображения и работы
2. объем видеопамяти и её тип
3. разрядность и быстродействие графического чипа
4. набор аппаратно ускоряемых инструкций

5. тип и количество интерфейсов подключения устройств вывода информации

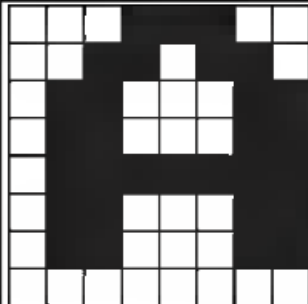
В характеристики раньше заносили так же

1. быстродействие и разрядность RAMDAC - на многих современных адаптерах отсутствует за ненадобностью
2. тип интерфейса системной шины — сейчас все адаптеры выпускаются на шине PCI-E 16x или являются встроенными.

Все современные адаптеры способны работать в двух **режимах работы**

- текстовом
- графическом

Исторически **текстовый режим** был первым и первый тип адаптеров MDA работал только в таком режиме. В нём пространство экрана разбивается на участки фиксированного размера, в каждый из которых может быть выведен один из символов таблицы символов алфавита. Стандартно размер экрана был 80 на 25 символов. Таблица — для x86 компьютеров — называется ASCII таблицей и содержит 256 символов.



The diagram illustrates the process of character rendering in text mode. On the left, a 16x16 grid shows the binary representation of the character 'H'. Black squares represent a value of 1 (foreground), and white squares represent a value of 0 (background). An arrow points from this grid to a table on the right. The table lists the 8-bit binary code for each character in the first 16 rows of the ASCII table, along with its hexadecimal address.

0	0	0	1	1	1	0	0	1Ch
0	0	1	1	0	1	1	0	36h
0	1	1	0	0	0	1	1	63h
0	1	1	0	0	0	1	1	63h
0	1	1	1	1	1	1	1	7Fh
0	1	1	0	0	0	1	1	63h
0	1	1	0	0	0	1	1	63h
0	0	0	0	0	0	0	0	00h

Для каждого символа таблицы существует бинарная карта отображения символа, где 1 означает цвет переднего плана (цвет отображения символа), а 0 — цвет заднего плана (фон символа).

При отображении на экране обычно за цвет переднего плана берется белый, а за задний план — чёрный. При печати — наоборот. Цвета отображения можно менять через вызовы video BIOS.

Таблица символов изначально хранится в ROM video BIOS, но допустимо загрузить и свою собственную таблицу символов, опять же через вызовы video BIOS. Как правило использовалась возможность для загрузки символов национального алфавита, начиная с 128-ого символа таблицы. Сейчас всегда включается **графический режим** работы адаптера. В том или ином виде этот режим поддерживался всеми видеоадаптерами, начиная с MGA адаптеров. В этом режиме экран представляется в виде прямоугольной матрицы одинаковых по размеру элементов — пикселей. Кадровый буфер в видеопамяти содержит матрицу значений цвета пикселей.

Графические режимы отличаются

1. размерами в пикселях по горизонтали и вертикали
2. количеством одновременно отображаемых цветов
3. частотой смены кадров

Чем выше разрешение и цветность, тем больше требуется частота работы адаптера и больше памяти для хранения кадрового буфера. Наиболее распространенными стандартными разрешениями были

- CGA – 320x240x4 color
- QVGA -320x240x256 color
- EGA – 640x350x16 color
- VGA – 640x480x256 color
- SVGA – 800x600x65536 color
- XGA – 1024x768x65536 color
- SXGA – 1280x1024x16M color

Все вышеуказанные разрешения ориентировались на соотношение сторон 4 на 3 (кроме последнего, там 5 на 4). Сейчас стандартом стала цветность 32 бита на пиксел (хотя для отображения каждой из компонент цвета всё равно используется 1 байт, кроме профессиональных решений) и соотношение сторон 16 на 9, что ближе к кинотеатральному, чем к типографскому. Это объясняется переходом компьютеров из офисной сферы в потребительскую, то есть раньше в основном на компьютере подготавливали документы, сейчас же используют для игр и просмотра фильмов. Стандартными

разрешениями сейчас являются

- WXGA – 1366x768
- fullHD – 1920x1080
- quadHD - 2560x1440
- ultraHD – 3840x2160

Увеличение разрешения накладывает дополнительные требования не только на видеокарту и монитор, но и на остальные компоненты компьютера.

Объем видеопамати и её тип.

Объем видеопамати является одной из характеристик видеокарты и существенно влияет на её производительность. Для хранения кадрового буфера требуется определенный объем памяти (до 32 Мб и более, как ранее указывалось). Для обработки 3D графики требуется дополнительная память и чем больше её, тем лучше. Современные адаптеры встречаются с объёмом 4 Гб и больше. Тип памяти играет также существенную роль, так как от типа памяти напрямую зависит ее быстродействие, а — как следствие — быстродействие загрузки и обработки графики и даже возможные разрешения монитора.

Разрядность и быстродействие графического чипа

напрямую влияют на быстродействие видеоадаптера, аналогично тому, как это обсуждалось для центрального процессора.

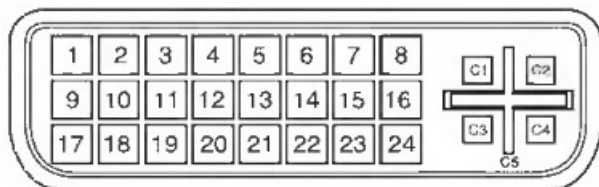
Набор аппаратно ускоряемых инструкций не существенно влияет на производительность, однако критичен для совместимости с программным обеспечением.

Тип и количество интерфейсов для подключения устройств вывода информации важен для определения возможности подключения того или иного устройства вывода. Кроме уже рассмотренного разъема VGA существует и ряд современных разъемов

- DVI
- HDMI

DVI – digital video interface – цифровой интерфейс подключения монитора. Разработан для устранения недостатков аналогового интерфейса VGA, однако для совместимости сохранил

возможность подключения старых мониторов через соответствующий переходник.



Для подключения используется кабель с 24 цифровыми и 5 аналоговыми контактами, длиной до 10 м. Рассмотрим назначение контактов:

- 6 — тактовые часы шины access bus (DDC Clock)
- 7 — данные шины access bus (DDC Data)
- 8 — кадровые синхроимпульсы
- 14 — питание +5Вольт
- 15 — земля питания
- 16 — идентификатор горячего подключения
- 22 — экран тактового сигнала
- 23 — тактовый сигнал
- 24 — нулевой тактового сигнала

Разъём позволяет подключать одновременно до 2 мониторов (по 3 канала на монитор), но это не обязательно

- 1 — нулевой канала 2
- 2 - данные канала 2
- 4 — нулевой канала 4
- 5 — данные канала 4
- 3 — экранирование сигнала для каналов 2 и 4

Аналогично контакты 9-13 для каналов 1 и 3 и контакты 17-21 для каналов 0 и 5.

Контакты C1-C3 для красного, зелёного и синего сигналов аналогового подключения. C4 для строчных синхроимпульсов, а C5 для общей земли аналогового сигнала.

Стандарт не накладывает ограничения на количество используемых контактов, поэтому могут быть разные типы штекеров и разъемов на видеоплатах.

- DVI — есть разъемы под все контакты
- DVI-D — отсутствуют аналоговые разъемы, как правило встречается на мониторах

На кабелях тоже могут быть разные наборы контактов

- DVI-I DualLink – все контакты есть
- DVI-D DualLink – все цифровые без аналоговых
- DVI-I SingleLink – аналоговые контакты и цифровые (без контактов 4,5,12,13,20,21)
- DVI-D SingleLink – только цифровые без контактов 4,5,12,13,20,21

Смысл производства кабелей single link не очень очевиден. Внешне на DVI очень похож разъём P&D, использовавшийся в Apple компьютерах. В нём группа цифровых контактов содержит на 3 контакта больше и он полностью не совместим с DVI оборудованием.

HDMI — high definition multimedia interface – интерфейс разработанный для подключения по цифровому стандарту бытовой видеоаппаратуры. Позволяет передавать сигнал в разрешении до ultraHD, одновременно с аудио каналами.

Монитор.

Основным устройством отображения информации является монитор. Все существующие мониторы относятся к типу **плоскопанельных** мониторов. Рассмотрим строение подобного устройства.

Первые плоскопанельные мониторы назывались жидкокристаллическими, из-за использованной технологии формирования изображения. Сам монитор состоит из нескольких комплектующих

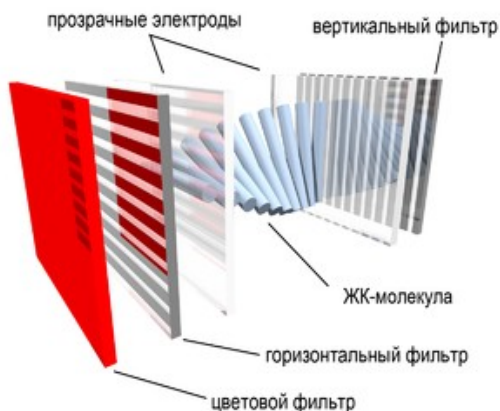
- матрица
- подсветка
- плата контроллера
- блок питания
- корпус

Рассмотрим **матрицу**: она состоит из отдельных элементов — ЖК-ячеек или пикселей. Ячейка состоит из

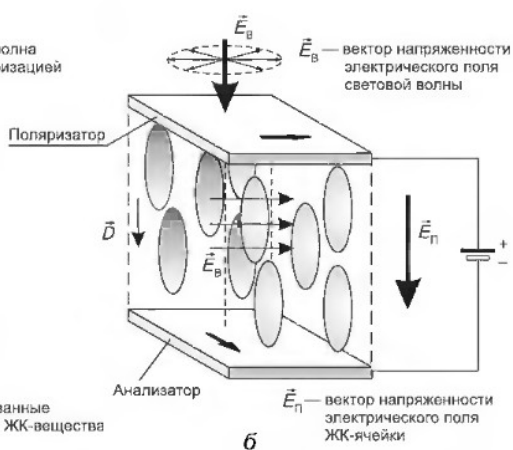
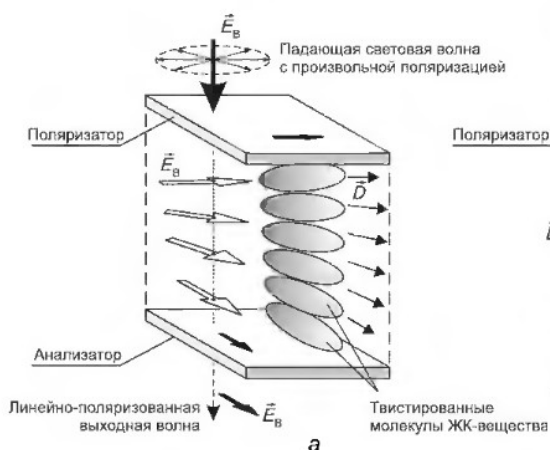
- двух прозрачных проводников, называемых поляризатор

и анализатор

- слой жидкокристаллического вещества между электродами, имеющего молекулы вытянутой формы
- снаружи располагаются два поляризационных фильтра, плоскости поляризации которых перпендикулярны



При отсутствии кристаллов между электродами свет, пропускаемый первым фильтром практически полностью блокируется вторым.



Электроды обработаны так, что изначально молекулы вещества находятся в виде спирали между электродами, что позволяет свету пройдя через первый фильтр, постепенно в ЖК веществе поменять поляризацию волны на 90^0 и спокойно пройти через второй фильтр.

При применении электричества к электродам возникает электромагнитное поле, молекулы разворачиваются вдоль линий поля и свет не проходит через второй фильтр так как не происходит смены поляризации световой волны.

ЖК матрица является лишь фильтром света, но не является его источником. Для появления изображения на экране необходима **подсветка** экрана, которая располагается непосредственно за матрицей. Подсветка состоит из матового светопроводящего слоя, который служит для равномерного рассеивания света по всей поверхности экрана. И источника света, которым изначально были компактные электролюминесцентные лампы, а в настоящий момент являются светодиоды. Переход на светодиоды позволил сократить энергопотребление мониторов и повысить их надёжность.

Изначально подсветка располагалась за рассеивающим стеклом (экраны с задней подсветкой), но теперь она располагается сбоку (экраны с боковой подсветкой). Последние получились намного тоньше.

Недостатки ЖК экранов:

- низкая скорость смены изображения — на изменение ориентации кристаллов требуется до 0,5 с, такие экраны не подходили для динамических изображений
- монохромное изображение
- ограниченный угол обзора: при отклонении от перпендикулярного угла начинает сказываться влияние соседних пикселей друг на друга и изображение теряет контрастность, вплоть до инверсии цветов

Первая проблема была устранена в улучшенных экранах с **активными жк ячейками**. Для каждой ячейки создан свой собственный транзистор, который позволяет при существующем управляющем напряжении в 0,7 вольт генерировать на кристаллы напряжение в десятки вольт, что приводит к резкому росту скорости переориентации кристаллов,

а значит и скорости формирования изображения. Так как транзисторы — ключи ячеек — выполняются по тонкопленочной технологии, то общее название таких дисплеев получилось — **TFT-экран** (Thin Film Transistor).

Благодаря точному управлению ячейками удалось победить и проблему монохромного изображения — каждый пиксел теперь формируется из трёх субпикселей разных цветов: синего, зелёного и красного. Изменяя уровень напряжения на каждом отдельно взятом субпикселе можно получать разные комбинации яркости разных цветов. А значит и в сумме получить на пикселе любой желаемый цвет.

Смешение при восприятии цветов трёх субпикселей в один цвет пикселя обеспечивается свойством человеческого зрения — пространственным смешением цветов. При достаточном удалении от цветных объектов они перестают распознаваться по отдельности и сливаются. А цвет формируется из цветов объектов по законам смешения цветов.



TFT экраны имеют свои сильные стороны

- высокая скорость формирования изображения (как

правило измеряется скорость изменения цвета пиксела после подачи команды. Эта характеристика называется временем отклика)

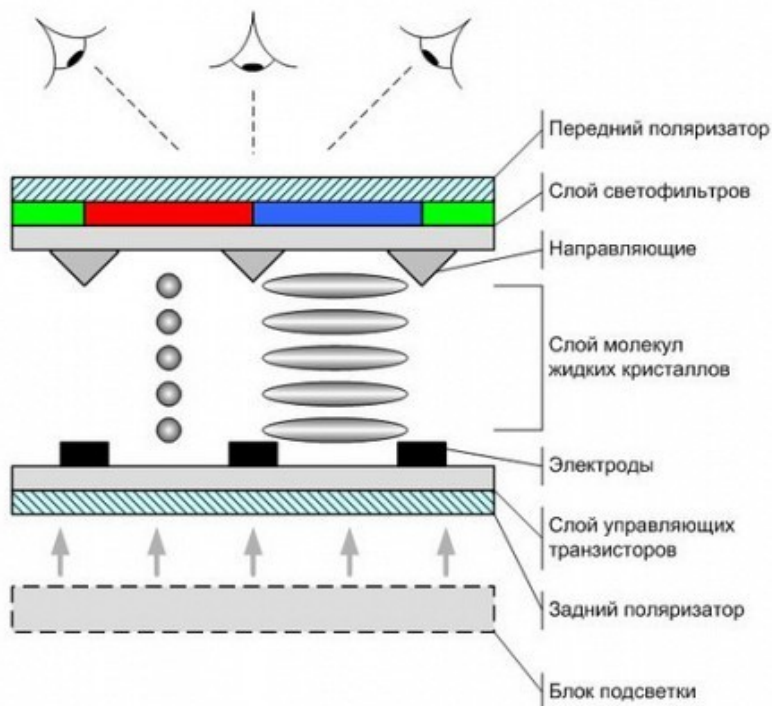
- низкая себестоимость производства

но есть и недостатки

- низкая контрастность
- сильные искажения при отклонении от перпендикуляра
- как следствие предыдущего недостатка — низкое качество цветопередачи

Устранить эти недостатки призвана технология **IPS (in-plane switching)**, разработанная Hitachi и Nec в 1996 году. В основе лежит модификация технологии TFT заключающаяся в том, что кристаллы ЖК вещества при отсутствии напряжения не повернуты в спираль, а располагаются в одной плоскости.

Схема строения ЖК-панели типа IPS



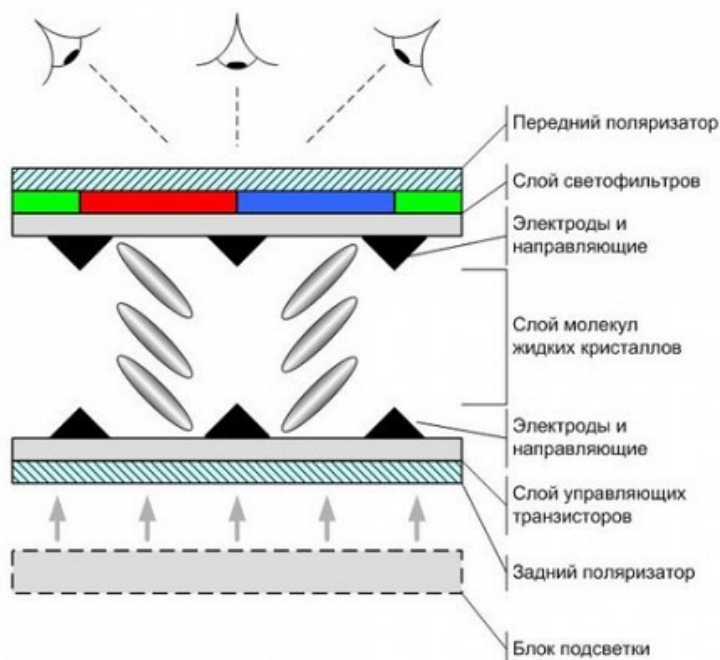
При приложении к ним поля кристаллы поворачиваются все

сразу. Фильтры в этой технологии так же повернуты на 90° , поэтому при отсутствии напряжения пиксел не пропускает свет. Благодаря этому IPS экраны отображают практически идеальный чёрный цвет, что и случит основой отличной цветопередачи.

Так же IPS матрицы практически не искажают изображение при смене угла обзора.

Альтернативной технологией является **VA матрица**.

Схема строения ЖК-панели типа VA



Такая матрица имеет лучше время отклика, чем IPS, но и есть определенная зависимость от угла обзора.

Аналогом IPS так же являются

1. **PLS** – разработка Samsung. На 2018 год подробности технологии не опубликованы, но судя по искам к LG эта технология аналог IPS
2. **IZGO** – вместо кристаллов аморфного кремния используется сплав на основе оксида индия, галлия и

цинка. За счёт этого увеличивается энергоэффективность (не нужна сильная подсветка) и увеличивается плотность пикселей за счёт более мелких элементов.

OLED матрицы построены по совершенно другому принципу и не рассматриваются в рамках нашего курса.

Общей бедой всех матриц является проблема **битых пикселей**. При изготовлении транзисторов может быть допущен брак и какой либо из них может быть неработоспособным. В этом случае, управляемая им ячейка не будет функционировать и соответствующий пиксел будет некорректно менять цвет или вовсе оставаться всегда белым. В зависимости от модели монитора некоторое количество битых пикселей будет считаться нормой и не подлежат гарантийной замене монитора.

В матрицах IPS и VA битый пиксел будет всегда чёрным, что значительно лучше всегда белого пиксела в TFT матрице. Фиксированность количества пикселей в жк матрице приводит ещё к одному свойству: матрица способна работать только при определенном разрешении экрана. Благодаря контроллеру и драйверу на экране можно выбрать другое разрешение, но оно будет имитироваться программно и выглядеть нечетким.

Плата контроллера отвечает за прием информации по интерфейсу от видеокарты и формирование изображения на матрице экрана. При получении аналогового сигнала (по интерфейсу VGA или по аналоговой части DVI) контроллер вынужден проводить преобразование сигнала обратно в цифровой. Поэтому подключение жк экрана по аналоговому интерфейсу является источником дефектов на изображении и не рекомендовано.

Назначение **блока питания** и **корпуса** очевидны и не рассматриваются.