

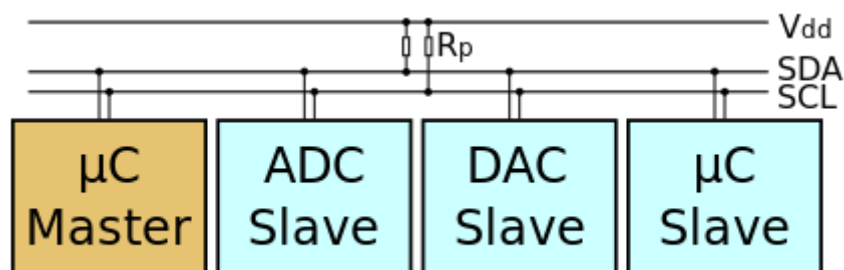
Основные интерфейсы отображения видеoinформации.

VGA

Вывод	Имя	Направление	Описание
1	RED	→	Красное видео (75 Ом, 0.7 В)
2	GREEN	→	Зелёное видео (75 Ом, 0.7 В)
3	BLUE	→	Синие видео (75 Ом, 0.7 В)
4	RES		Зарезервировано
5	GND	—	Земля
6	RGND	—	Земля для красного
7	GGND	—	Земля для зелёного
8	BGND	—	Земля для синего
9	KEY	-	Не используется
10	SGND	—	Земля для синхро сигналов
11	ID0	←	Не используется
12	SDA	←	I ² C двунаправленная передача данных
13	HSYNC or CSYNC	→	Горизонтальная синхронизация
14	VSYNC	→	Вертикальная синхронизация
15	SCL	←	I ² C синхро сигнал

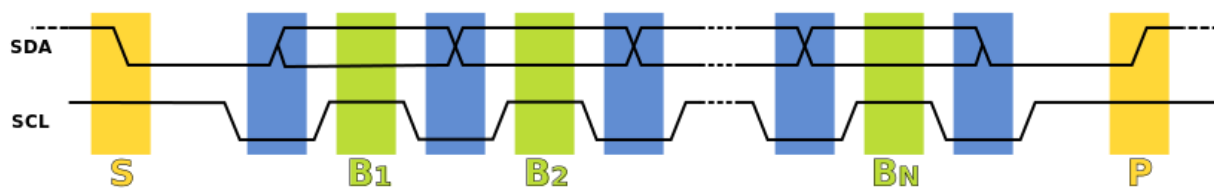
I²C

Данные передаются по двум проводам — проводу данных и проводу тактов. Есть ведущий (master) и ведомый (slave), такты генерирует master, ведомый лишь «поддакивает» при приёме байта. Всего на одной двухпроводной шине может быть до 127 устройств.



Пример схемотехники с одним главным микроконтроллером (µC Master) и тремя подчинёнными (slave) устройствами (ADC — аналого-цифровой преобразователь, DAC — цифро-аналоговый преобразователь и второй (подчиненный) микроконтроллер (µC Slave)), подтягивающими резисторами Rp

Тактировка последовательности передачи данных



I²C использует две двунаправленные линии, подтянутые к напряжению питания и управляемые через открытый коллектор или открытый сток — последовательная линия данных (SDA, англ. *Serial DAta*) и последовательная линия тактирования (SCL, англ. *Serial CLock*). Стандартные напряжения +5 В или +3,3 В, однако допускаются и другие. Классическая адресация включает 7-битное адресное пространство с 16 зарезервированными адресами. Это означает, что разработчикам доступно до 112 свободных адресов для подключения периферии на одну шину. Основной режим работы — 100 кбит/с; 10 кбит/с в режиме работы с пониженной скоростью. Также немаловажно, что стандарт допускает приостановку тактирования для работы с медленными устройствами.

Состояние СТАРТ и СТОП

Процедура обмена начинается с того, что ведущий формирует состояние СТАРТ: генерирует переход сигнала линии SDA из ВЫСОКОГО состояния в НИЗКОЕ при ВЫСОКОМ уровне на линии SCL. Этот переход воспринимается всеми устройствами, подключенными к шине, как признак начала процедуры обмена. Генерация синхросигнала — это всегда обязанность ведущего; каждый ведущий генерирует свой собственный сигнал синхронизации при пересылке данных по шине. Процедура обмена завершается тем, что ведущий формирует состояние СТОП — переход состояния линии SDA из НИЗКОГО состояния в ВЫСОКОЕ при ВЫСОКОМ состоянии линии SCL. Состояния СТАРТ и СТОП всегда вырабатываются ведущим. Считается, что шина занята после фиксации состояния СТАРТ. Шина считается освободившейся через некоторое время после фиксации состояния СТОП. При передаче посылок по шине I²C каждый ведущий генерирует свой синхросигнал на линии SCL. После формирования состояния СТАРТ ведущий опускает состояние линии SCL в НИЗКОЕ состояние и выставляет на линию SDA старший бит первого байта сообщения. Количество байт в сообщении не ограничено. Спецификация шины I²C разрешает изменения на линии SDA только при НИЗКОМ уровне сигнала на линии SCL. Данные действительны и должны оставаться стабильными только во время ВЫСОКОГО состояния синхроимпульса. Для подтверждения приёма байта от ведущего-передатчика ведомым-приёмником в спецификации протокола обмена по шине I²C вводится специальный бит подтверждения, выставляемый на шину SDA после приёма 8 бита данных.

Подтверждение

Таким образом передача 8 бит данных от передатчика к приёмнику завершаются дополнительным циклом (формированием 9-го тактового импульса линии SCL), при котором приёмник выставляет низкий уровень сигнала на линии SDA, как признак успешного приёма байта.

Подтверждение при передаче данных обязательно, кроме случаев окончания передачи ведомой стороной. Соответствующий импульс синхронизации генерируется ведущим. Передатчик отпускает (переводит в ВЫСОКОЕ состояние) линию SDA на время синхроимпульса подтверждения. Приёмник должен удерживать линию SDA в течение ВЫСОКОГО состояния синхроимпульса подтверждения в стабильном НИЗКОМ состоянии.

В том случае, когда ведомый-приёмник не может подтвердить свой адрес (например, когда он выполняет в данный момент какие-либо функции реального времени), линия данных должна быть оставлена в ВЫСОКОМ состоянии. После этого ведущий может выдать состояние СТОП для прерывания пересылки данных. Если в пересылке участвует ведущий-приёмник, то он должен сообщить об окончании передачи ведомому-передатчику путём неподтверждения последнего байта. Ведомый-передатчик должен освободить линию данных для того, чтобы позволить ведущему выдать состояние СТОП или повторить состояние СТАРТ.

Синхронизация

Синхронизация выполняется с использованием подключения к линии SCL по правилу монтажного И. Это означает, что ведущий не имеет монопольного права на управление переходом линии SCL из НИЗКОГО состояния в ВЫСОКОЕ. В том случае, когда ведомому необходимо дополнительное время на обработку принятого бита, он имеет возможность удерживать линию SCL в низком состоянии до момента готовности к приёму следующего бита. Таким образом, линия SCL будет находиться в НИЗКОМ состоянии на протяжении самого длинного НИЗКОГО периода синхросигналов.

Устройства с более коротким НИЗКИМ периодом будут входить в состояние ожидания на время, пока не кончится длинный период. Когда у всех задействованных устройств кончится НИЗКИЙ период синхросигнала, линия SCL перейдет в ВЫСОКОЕ состояние. Все устройства начнут проходить ВЫСОКИЙ период своих синхросигналов. Первое устройство, у которого кончится этот период, снова установит линию SCL в НИЗКОЕ состояние. Таким образом, НИЗКИЙ период синхролинии SCL определяется наидлиннейшим периодом синхронизации из всех задействованных устройств, а ВЫСОКИЙ период определяется самым коротким периодом синхронизации устройств. Механизм синхронизации может быть использован приёмниками как средство управления пересылкой данных на байтовом и битовом уровнях.

На уровне байта, если устройство может принимать байты данных с большой скоростью, но требует определенное время для сохранения принятого байта или подготовки к приёму следующего, то оно может удерживать линию SCL в НИЗКОМ состоянии после приёма и подтверждения байта, переводя таким образом передатчик в состояние ожидания.

На уровне битов устройство, такое, как микроконтроллер без встроенных аппаратных цепей I²C или с ограниченными цепями, может замедлить частоту синхроимпульсов путём продления их НИЗКОГО периода. Таким образом скорость передачи любого ведущего адаптируется к скорости медленного устройства.

Адресация в шине I²C

Каждое устройство, подключённое к шине, может быть программно адресовано по уникальному адресу. Для выбора приёмника сообщения ведущий использует уникальную адресную компоненту в формате посылки. При использовании однотипных устройств ИС часто имеют дополнительный селектор адреса, который может быть реализован как в виде дополнительных цифровых входов селектора адреса, так и в виде аналогового

входа. При этом адреса таких однотипных устройств оказываются разнесены в адресном пространстве устройств, подключенных к шине.

В обычном режиме используется 7-битная адресация.

Процедура адресации на шине I²C заключается в том, что первый байт после сигнала СТАРТ определяет, какой ведомый адресуется ведущим для проведения цикла обмена. Исключение составляет адрес «Общего вызова», который адресует все устройства на шине. Когда используется этот адрес, все устройства в теории должны послать сигнал подтверждения. Однако устройства, которые могут обрабатывать «общий вызов», на практике встречаются редко.

Первые семь битов первого байта образуют адрес ведомого. Восьмой, младший бит, определяет направление пересылки данных. «Ноль» означает, что ведущий будет записывать информацию в выбранного ведомого. «Единица» означает, что ведущий будет считывать информацию из ведомого.

После того, как адрес послан, каждое устройство в системе сравнивает первые семь бит после сигнала СТАРТ со своим адресом. При совпадении устройство полагает себя выбранным как ведомый-приёмник или как ведомый-передатчик, в зависимости от бита направления.

Адрес ведомого может состоять из фиксированной и программируемой части. Часто случается, что в системе будет несколько однотипных устройств (к примеру, ИМС памяти, или драйверов светодиодных индикаторов), поэтому при помощи программируемой части адреса становится возможным подключить к шине максимально возможное количество таких устройств. Количество программируемых бит в адресе зависит от количества свободных выводов микросхемы. Иногда используется один вывод с аналоговой установкой программируемого диапазона адресов. При этом в зависимости от потенциала на этом адресном выводе ИМС, возможно смещение адресного пространства драйвера так, чтобы однотипные ИМС не конфликтовали между собой на общей шине. Все специализированные ИМС, поддерживающие работу в стандарте шины I²C, имеют набор фиксированных адресов, перечень которых указан производителем в описаниях контроллеров.

Комбинация бит 11110XX адреса зарезервирована для 10-битной адресации.

Как следует из спецификации шины, допускаются как простые форматы обмена, так и комбинированные, когда в промежутке от состояния СТАРТ до состояния СТОП ведущий и ведомый могут выступать и как приёмник, и как передатчик данных. Комбинированные форматы могут быть использованы, например, для управления последовательной памятью.

Во время первого байта данных можно передавать адрес в памяти, который записывается во внутренний регистр-защёлку. После повторения сигнала СТАРТ и адреса ведомого выдаются данные из памяти. Все решения об авто-инкременте или декременте адреса, к которому произошёл предыдущий доступ, принимаются конструктором конкретного устройства. Поэтому в любом случае лучший способ избежать неконтролируемой ситуации на шине перед использованием новой (или ранее не используемой) ИМС — следует тщательно изучить её описание (datasheet или reference manual), получив его с сайта производителя. Более того, производители часто размещают рядом более подробные инструкции по применению.

В любом случае по спецификации шины все разрабатываемые устройства должны сбрасывать логику шины при получении сигнала СТАРТ или повторный СТАРТ и подготавливаться к приёму адреса.

Тем не менее, основные проблемы с использованием I²C шины возникают именно из-за того, что разработчики, «начинающие» работать с I²C шиной, не учитывают того факта,

что ведущий (часто — микропроцессор) не имеет монопольного права ни на одну из линий шины.

DVI (Digital Visual Interface, «цифровой видеоинтерфейс»)

- стандарт на интерфейс, предназначенный для передачи видеоизображения на цифровые устройства отображения, такие как жидкокристаллические мониторы, телевизоры и проекторы. Разработан консорциумом Digital Display Working Group. В 1999 году была представлена спецификация цифровой передачи сигналов изображения DVI. Предполагалось, что ЭЛТ-мониторы ещё долго будут существовать на рынке, поэтому в стандарт были включены линии VGA.

Формат данных, используемый в DVI, основан на PanelLink — формате последовательной передачи данных, разработанном фирмой Silicon Image. Использует технологию высокоскоростной передачи цифровых потоков TMDS (Transition Minimized Differential Signaling — дифференциальная передача сигналов с минимизацией перепадов уровней) — три канала, передающие потоки видео и дополнительных данных, с пропускной способностью до 3,4 Гбит/с на канал.

Максимальная длина кабеля не указана в спецификации DVI, потому что она зависит от количества передаваемой информации. Кабель длиной 10,5 м можно использовать для передачи изображения с разрешением до 1920×1200 точек. По кабелю длиной 15 метров получится передать в нормальном качестве изображение с разрешением 1280×1024 точек. Для усиления сигнала при передаче по кабелю большой длины применяются специальные устройства. При их использовании длина кабеля может быть увеличена до 61 м (в случае использования усилителя с собственным источником питания).



DVI-I (Single Link)



DVI-I (Dual Link)



DVI-D (Single Link)



DVI-D (Dual Link)



DVI-A

Разновидности разъёмов DVI

Single link (одинарный режим) DVI использует четыре витых пары проводов (красный, зелёный, синий, и тактовый сигнал), обеспечивающих возможность передавать 24 бита на пиксель. С ним может быть достигнуто максимальное возможное разрешение 1920×1200 (60 Гц) или 1920×1080 (75 Гц).

Dual link (двойной режим) DVI удваивает пропускную способность и позволяет получать разрешения экрана 2048×1536, 2560×1080, 2560×1600. Поэтому для самых крупных ЖК-мониторов с большим разрешением (с экраном более 30 дюймов) нужна видеокарта с двухканальным выходом DVI-D Dual-Link. Если у монитора максимальное разрешение экрана 1280×1024, то подключать его кабелем dual link не имеет смысла, поскольку он предназначен для мониторов с большим разрешением.

- DVI-A Single Link — только аналоговая передача.
- DVI-I — аналоговая и цифровая передача.
- DVI-D — только цифровая передача.

Видеокарты с DVI-A не поддерживают мониторы соответствующие стандарту DVI-D. Видеокарту с DVI-I можно подключить к DVI-D-монитору (кабелем с двумя коннекторами DVI-D-вилка).

Нумерация контактов, вид на гнездо

1	2	3	4	5	6	7	8	C1	C2
9	10	11	12	13	14	15	16	C5	
17	18	19	20	21	22	23	24	C3	C4

Назначение контактов.

Контакт	Название	Назначение
1	Данные TMDS 2-	Digital red – (1-й канал)
2	Данные TMDS 2+	Digital red + (1-й канал)
3	Данные TMDS 2/4 shield	
4	Данные TMDS 4-	Digital green – (2-й канал)
5	Данные TMDS 4+	Digital green + (2-й канал)
6	Строб DDC	
7	Данные DDC	
8	Аналоговая кадровая развёртка	
9	Данные TMDS 1-	Digital green – (1-й канал)
10	Данные TMDS 1+	Digital green + (1-й канал)
11	Данные TMDS 1/3 shield	
12	Данные TMDS 3-	Digital blue – (2-й канал)
13	Данные TMDS 3+	Digital blue + (2-й канал)
14	+5 В	Питание для монитора в спящем режиме
15	Заземление	Земля для контактов 14, 8 и C4
16	Определение подключения	
17	Данные TMDS 0-	Digital blue – (1-й канал) и цифровая синхронизация
18	Данные TMDS 0+	Digital blue + (1-й канал) и цифровая синхронизация
19	Данные TMDS 0/5 shield	
20	Данные TMDS 5-	Digital red – (2-й канал)
21	Данные TMDS 5+	Digital red + (2-й канал)
22	Экранирование строба TMDS	
23	Строб TMDS +	Digital clock + (1-й и 2-й каналы)
24	Строб TMDS –	Digital clock – (1-й и 2-й каналы)
C1	Аналоговый красный сигнал	
C2	Аналоговый зелёный сигнал	
C3	Аналоговый синий сигнал	
C4	Аналоговая строчная развёртка	
C5	Аналоговый — земля (GND)	Земля для аналоговых красного, зелёного и синего

High Definition Multimedia Interface (HDMI) — интерфейс для мультимедиа высокой чёткости, позволяющий передавать цифровые видеоданные высокого разрешения и многоканальные цифровые аудиосигналы с защитой от копирования (англ. *High Bandwidth Digital Copy Protection*, HDCP)

Разъём HDMI обеспечивает цифровое DVI-соединение нескольких устройств с помощью соответствующих кабелей. Основное различие между HDMI и DVI в том, что разъём HDMI меньше по размеру, а также поддерживает передачу многоканальных цифровых аудиосигналов.

Основателями HDMI являются компании Hitachi, Matsushita Electric Industrial, Philips, Silicon Image, Sony, Thomson (RCA)

HDMI имеет пропускную способность в пределах от 4,9 (HDMI 1.0) до 48 (HDMI 2.1) Гбит/с.

2.1	4 января 2017	<p>Поддержка более высокой частоты обновления экрана и разрешений 4K, 8K и 10K (когда такие дисплеи появятся), увеличенная до 48 Гбит/с пропускная способность.</p> <p>Список поддерживаемых разрешений:</p> <ul style="list-style-type: none">• 4K50/60Hz• 4K100/120Hz• 5K50/60Hz• 5K100/120Hz• 8K50/60Hz• 8K100/120Hz• 10K50/60Hz• 10K100/120Hz <p>Также новинка поддерживает цветовые пространства BT.2020 с 10, 12 и 16 битной цветовой разрядностью.</p> <p>HDMI 2.1 появился во втором квартале 2017 года.</p>
-----	---------------	---

HDMI-кабель состоит из следующих частей:

1. Внешняя оболочка.
2. Экранирующая оплётка из проволок с дополнительной медной неизолированной жилой для пайки.
3. Экран из алюминиевой фольги.
4. Полипропиленовая оболочка.
5. Экранированные витые пары пятой категории с волновым сопротивлением 100 Ом для сигнала синхронизации и сигналов данных. Экран каждой витой пары имеет внешнюю изоляцию и проволоку для пайки (дренажный проводник).
6. Неэкранированная витая пара для сигналов SDA SCL.
7. Отдельно идущие проводники для питания и управляющих сигналов.

DisplayPort — стандарт сигнального интерфейса для цифровых мониторов. Принят VESA (Video Electronics Standard Association) в мае 2006, версия 1.4 принята 1 марта 2016.

DisplayPort предполагается к использованию в качестве наиболее современного интерфейса соединения аудио- и видеоаппаратуры, в первую очередь для соединения

компьютера с дисплеем или компьютера и систем домашнего кинотеатра. Имеет свой логотип и торговую марку.

Технология, реализованная в DisplayPort, позволяет передавать одновременно как графические, так и аудиосигналы. Основное отличие от HDMI — чуть более широкий канал для передачи данных (10,8 Гбит/с вместо 10,2 Гбит/с). Максимальная длина кабеля DisplayPort составляет 15 метров. Вместо HDCP, защиты от копирования HDMI, будет реализована технология DPCP (англ. *DisplayPort Content Protection*), основанная на 128-битном AES шифровании.

DisplayPort 1.2 имеет максимальную скорость передачи данных 21,6 Гбит/с на расстоянии до 3 метров, что больше, чем HDMI Type B (2x10,2 Гбит/с). Также поддерживает несколько независимых потоков, пропускная способность вспомогательного канала в стандарте увеличена с 1 до 720 Мбит/с.

Таким образом, через интерфейс DisplayPort 1.2 можно подключить до двух мониторов, воспроизводящих картинку размером 2560 x 1600 точек с частотой 60 Гц, либо до четырёх мониторов с разрешением 1920 x 1200 точек. При использовании одиночного монитора поддерживаемое разрешение возрастает до 3840 x 2400 точек с частотой 60 Гц, монитор с поддержкой частоты обновления 120—165 Гц поддерживается при разрешениях до 2560 x 1600 точек.

Кабель	Dual-link DVI	DisplayPort 1.2a	HDMI 1.4b
Макс. разрешение	2560×1600	3840×2160	3840×2160
Поддержка аудио	Нет	Да	Да
Поддержка AMD FreeSync	Нет	Да	Да
Поддержка Nvidia G-Sync	Нет	Да	Нет
Поддержка > 24 bpp	Да	Да	Да
Лицензионные отчисления	Без отчислений	0,20\$ за единицу	0,04\$ за единицу + фиксированный налог

Жидкокристаллический дисплей

Жидкие кристаллы были открыты в 1888 году австрийским ботаником Ф. Рейнитцером, в 1927 году русским физиком В. К. Фредериксом был открыт переход Фредерикса, ныне широко используемый в жидкокристаллических дисплеях. В 1970-х годах компанией RCA был впервые представлен жидкокристаллический монохромный экран.

Жидкокристаллические дисплеи начали использоваться в электронных часах, калькуляторах, измерительных приборах. Потом стали появляться матричные дисплеи, воспроизводящие черно-белое изображение. В 1987 году компания Sharp разработала первый цветной жидкокристаллический дисплей диагональю 3 дюйма.

Характеристики ЖК-дисплеев:

- тип матрицы — определяется технологией, по которой изготовлен ЖК-дисплей;
- класс матрицы; стандарт ISO 13406-2 выделяет четыре класса матриц по допустимому количеству «битых пикселей»;
- разрешение — горизонтальный и вертикальный размеры, выраженные в пикселях. В отличие от ЭЛТ-мониторов, ЖК-дисплеи имеют одно фиксированное разрешение, а поддержка остальных реализуется путём интерполяции (ЭЛТ-мониторы также имеют фиксированное количество пикселей, которые также состоят из красных, зеленых и синих точек, однако из-за особенностей технологии при выводе нестандартного разрешения в интерполяции нет необходимости);
- размер точки (размер пикселя) — расстояние между центрами соседних пикселей. Непосредственно связан с физическим разрешением;
- соотношение сторон экрана (пропорциональный формат) — отношение ширины к высоте (5:4, 4:3, 3:2 (15÷10), 8:5 (16÷10), 5:3 (15÷9), 16:9 и др.);
- видимая диагональ — размер самой панели, измеренный по диагонали. Площадь дисплеев зависит также от формата: при одинаковой диагонали, монитор формата 4:3 имеет большую площадь, чем монитор формата 16:9;
- контрастность — отношение яркостей самой светлой и самой тёмной точек при заданной яркости подсветки. В некоторых мониторах используется адаптивный уровень подсветки с использованием дополнительных ламп, приведённая для них цифра контрастности (так называемая динамическая) не относится к статическому изображению;
- яркость — количество света, излучаемое дисплеем (обычно измеряется в канделах на квадратный метр);
- время отклика — минимальное время, необходимое пикселю для изменения своей яркости. Составляется из двух величин:
 - время буферизации (*input lag*). Высокое значение мешает в динамичных играх; обычно умалчивается; измеряется сравнением с кинескопом в скоростной съёмке. Сейчас в пределах 20—50 мс; в отдельных ранних моделях достигало 200 мс;
 - время переключения. Указывается в характеристиках монитора. Высокое значение ухудшает качество видео; методы измерения неоднозначны. Сейчас практически во всех мониторах заявленное время переключения составляет 1—6 мс;
- угол обзора — угол, при котором падение контраста достигает заданного, для разных типов матриц и разными производителями вычисляется по-разному, и часто не подлежит сравнению. Некоторые производители указывают в технических параметрах своих мониторов углы обзора, такие, к примеру, как: CR 5:1 — 176/176°, CR 10:1 — 170/160°. Аббревиатура CR (англ. *contrast ratio*) обозначает уровень контрастности при указанных углах обзора относительно контрастности при взгляде

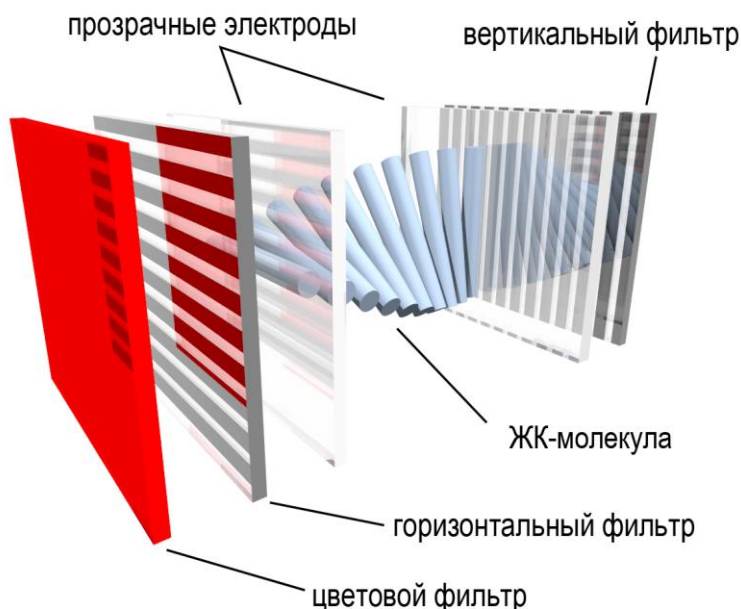
перпендикулярно экрану. В приведённом примере, при углах обзора $170^\circ/160^\circ$ контрастность в центре экрана снижается до значения не ниже, чем 10:1, при углах обзора $176^\circ/176^\circ$ — не ниже, чем до значения 5:1.

Конструктивно дисплей состоит из следующих элементов:

- ЖК-матрицы (первоначально — плоский пакет стеклянных пластин, между слоями которого и располагаются жидкие кристаллы; в 2000-е годы начали применяться гибкие материалы на основе полимеров);
- источников света для подсветки;
- контактного жгута (проводов);
- корпуса, чаще пластикового, с металлической рамкой для придания жёсткости.

Состав пикселя ЖК-матрицы:

- два прозрачных электрода;
- слой молекул, расположенный между электродами;
- два поляризационных фильтра, плоскости поляризации которых (как правило) перпендикулярны.



Если бы жидких кристаллов между фильтрами не было, то свет, пропускаемый первым фильтром, практически полностью блокировался бы вторым фильтром.

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

Если же к электродам приложено напряжение, то молекулы стремятся выстроиться в направлении электрического поля, что искажает винтовую структуру. При этом силы упругости противодействуют этому, и при отключении напряжения молекулы возвращаются в исходное положение. При достаточной величине поля практически все молекулы становятся параллельными, что приводит к непрозрачности структуры. Варьируя напряжение, можно управлять степенью прозрачности.

Если постоянное напряжение приложено в течение долгого времени, жидкокристаллическая структура может деградировать из-за миграции ионов. Для решения этой проблемы применяется переменный ток или изменение полярности поля при каждой адресации ячейки (так как изменение прозрачности происходит при включении тока, вне зависимости от его полярности).

Во всей матрице можно управлять каждой из ячеек индивидуально, но при увеличении их количества это становится трудновыполнимо, так как растёт число требуемых электродов. Поэтому практически везде применяется адресация по строкам и столбцам. Проходящий через ячейки свет может быть естественным — отражённым от подложки (в ЖК-дисплеях без подсветки). Но чаще применяют искусственный источник света, кроме независимости от внешнего освещения, это также стабилизирует свойства полученного изображения.

Преимущества и недостатки.

Преимущества – низкое потребление, нет видимого мерцания. Ориентированы на цифровое отображение.

Недостатки.

- в отличие от ЭЛТ, могут отображать чёткое изображение лишь при одном («штатном») разрешении. Остальные достигаются интерполяцией;
- по сравнению с ЭЛТ, ЖК-мониторы имеют малый контраст и глубину чёрного цвета. Повышение фактического контраста часто связано с простым усилением яркости подсветки, вплоть до некомфортных значений. Широко применяемое глянцевое покрытие матрицы влияет лишь на субъективную контрастность в условиях внешнего освещения;
- из-за жёстких требований к постоянной толщине матриц существует проблема неравномерности однородного цвета (неравномерность подсветки) — на некоторых мониторах есть неустраняемая неравномерность передачи яркости (полосы в градиентах), связанная с использованием блоков линейных ртутных ламп;
- фактическая скорость смены изображения также остаётся заметно ниже, чем у ЭЛТ и плазменных дисплеев. Технология overdrive решает проблему скорости лишь частично;
- зависимость контраста от угла обзора до сих пор остаётся существенным минусом технологии. В ЭЛТ-дисплеях эта проблема полностью отсутствует;
- массово производимые ЖК-мониторы плохо защищены от механических повреждений. Особенно чувствительна матрица, не защищённая стеклом. При сильном нажатии возможна необратимая деградация;
- существует проблема дефектных пикселей. Предельно допустимое количество дефектных пикселей, в зависимости от размеров экрана, определяется в международном стандарте ISO 13406-2 (в России — ГОСТ Р 52324-2005). Стандарт определяет 4 класса качества ЖК-мониторов. Самый высокий класс — 1, вообще не допускает наличия дефектных пикселей. Самый низкий — 4, допускает наличие до 262 дефектных пикселей на 1 миллион работающих. Мониторы с ЭЛТ этой проблеме не подвержены;
- пиксели ЖК-мониторов деградируют, хотя скорость деградации наименьшая из всех технологий отображения, за исключением лазерных дисплеев, вообще не подверженных ей.
- не очень большой диапазон рабочих температур: происходит ухудшение динамических характеристик (и далее неработоспособность) при даже небольших отрицательных температурах окружающей среды.

Основные технологии изготовления ЖК-дисплеев.

TN+film

TN + film (Twisted Nematic + film) — самая простая технология. Слово «film» в названии технологии означает «дополнительный слой», применяемый для увеличения угла обзора (ориентировочно — от 90 до 150°). В настоящее время приставку «film» часто опускают, называя такие матрицы просто TN. Способы улучшения контрастности и углов обзора для панелей TN пока не нашли, причём время отклика у данного типа матриц является на настоящий момент одним из лучших, а вот уровень контрастности — нет.

Матрица TN + film работает следующим образом: если к субпикселям не прилагается напряжение, жидкие кристаллы (и поляризованный свет, который они пропускают) поворачиваются друг относительно друга на 90° в горизонтальной плоскости в пространстве между двумя пластинами. И поскольку направление поляризации фильтра на второй пластине составляет как раз угол в 90° с направлением поляризации фильтра на первой пластине, свет проходит через него. Если красные, зеленые и синие субпиксели полностью освещены, на экране образуется белая точка.

К достоинствам технологии можно отнести самое малое время отклика среди современных матриц, а также невысокую себестоимость. Недостатки: худшая цветопередача, наименьшие углы обзора.

IPS (SFT)

Технология IPS (*in-plane switching*), или **SFT** (*super fine TFT*), была разработана компаниями Hitachi и NEC в 1996 году.

Эти компании пользуются разными названиями этой технологии — NEC использует «SFT», а Hitachi — «IPS».

Технология предназначалась для избавления от недостатков TN + film. Хотя с помощью IPS и удалось добиться увеличения угла обзора до 178°, а также высокой контрастности и цветопередачи, время отклика осталось на низком уровне.

Если к матрице IPS не приложено напряжение, молекулы жидких кристаллов не поворачиваются. Второй фильтр всегда повернут перпендикулярно первому, и свет через него не проходит. Поэтому отображение чёрного цвета близко к идеалу. При выходе из строя транзистора «битый» пиксель для панели IPS будет не белым, как для матрицы TN, а чёрным.

При приложении напряжения молекулы жидких кристаллов поворачиваются перпендикулярно своему начальному положению и пропускают свет.

Улучшенной разновидностью IPS является *H-IPS*, которая наследует все преимущества технологии IPS с одновременным уменьшением времени отклика и увеличением контрастности. Цветность лучших H-IPS-панелей не уступает обычным мониторам ЭЛТ. H-IPS и более дешёвая e-IPS активно используется в панелях размером от 20". LG Display, Dell, NEC, Samsung, Chimei остаются единственными производителями панелей по данной технологии.

AS-IPS (*Advanced Super IPS* — расширенная супер-IPS) — также была разработана корпорацией Hitachi в 2002 году. В основном улучшения касались уровня контрастности обычных панелей S-IPS, приблизив его к контрастности S-PVA панелей. AS-IPS также

используется в качестве названия для мониторов корпорации NEC, созданных по технологии S-IPS, разработанной консорциумом LG Display.

H-IPS A-TW (Horizontal IPS with Advanced True White Polarizer) — разработана LG Display для корпорации NEC. Представляет собой H-IPS панель с цветовым фильтром TW (True White — «настоящий белый») для придания белому цвету большей реалистичности и увеличения углов обзора без искажения изображения (исключается эффект свечения ЖК-панелей под углом — так называемый «глоу-эффект»). Этот тип панелей используется при создании профессиональных мониторов высокого качества.

AFFS (Advanced Fringe Field Switching, неофициальное название — S-IPS Pro) — дальнейшее улучшение IPS, разработана компанией BOE Hydis в 2003 году. Увеличенная напряжённость электрического поля позволила добиться ещё больших углов обзора и яркости, а также уменьшить межпиксельное расстояние. Дисплеи на основе AFFS в основном применяются в планшетных ПК, на матрицах производства Hitachi Displays.

VA/MVA/PVA

Технология VA (сокр. от *vertical alignment* — вертикальное выравнивание) была представлена в 1996 году компанией Fujitsu. Жидкие кристаллы матрицы VA при выключенном напряжении выровнены перпендикулярно по отношению ко второму фильтру, то есть не пропускают свет. При приложении напряжения кристаллы поворачиваются на 90°, и на экране появляется светлая точка. Как и в IPS-матрицах, пиксели при отсутствии напряжения не пропускают свет, поэтому при выходе из строя видны как чёрные точки.

Наследницей технологии VA стала технология MVA (*multi-domain vertical alignment*), разработанная компанией Fujitsu как компромисс между TN- и IPS-технологиями. Горизонтальные и вертикальные углы обзора для матриц MVA составляют 160° (на современных моделях мониторов до 176—178°), при этом, благодаря использованию технологий ускорения (RTC), эти матрицы не сильно отстают от TN+Film по времени отклика. Они значительно превышают характеристики последних по глубине цветов и точности их воспроизведения.

Достоинствами технологии MVA являются глубокий чёрный цвет (при перпендикулярном взгляде) и отсутствие как винтовой структуры кристаллов, так и двойного магнитного поля. Недостатки MVA в сравнении с S-IPS: пропадание деталей в тенях при перпендикулярном взгляде, зависимость цветового баланса изображения от угла зрения. Аналогами MVA являются технологии:

- PVA (*patterned vertical alignment*) от Samsung;
- Super PVA от Sony-Samsung (S-LCD);
- Super MVA от CMO;
- ASV (*advanced super view*), также называется ASVA (*axially symmetric vertical alignment*) от Sharp.

Матрицы MVA/PVA считаются компромиссом между TN и IPS, как по стоимости, так и по потребительским свойствам.

PLS

PLS-матрица (*plane-to-line switching*) была разработана компанией Samsung как альтернатива IPS и впервые продемонстрирована в декабре 2010 года.

PLS и IPS

Компания Samsung не давала описания технологии PLS. Сделанные независимыми наблюдателями сравнительные исследования матриц IPS и PLS под микроскопом не выявили отличий. То, что PLS является разновидностью IPS, косвенно признала сама корпорация Samsung своим иском против корпорации LG: в иске утверждалось, что используемая LG технология AH-IPS является модификацией технологии PLS

Подсветка.

Типы источников света:

- Миниатюрные лампы накаливания;
- Электролюминесцентный излучатель;
- Люминесцентная лампа с холодным катодом (CCFL);
- Люминесцентная лампа с горячим катодом (HCFL);
- Люминесцентная лампа с внешними электродами (EEFL);
- Единичные светодиоды;
- Светодиодная матрица;

В жидкокристаллических дисплеях компьютеров и телевизоров изначально была очень популярна подсветка люминесцентными лампами с холодным катодом (CCFL), которая впоследствии так же была практически вытеснена белой светодиодной.

Светодиодные (LED) подсветки для ЖК-дисплеев делятся на категории по следующим признакам:

- цвет свечения: белый либо RGB;
- равномерность освещения: статическая либо динамическая;
- конструктивное исполнение: матричное либо боковое.

RGB-подсветка используется, как правило, для возможности тонкой подстройки спектра свечения. Кроме того, часто применяется дополнительная компенсация изменения спектра излучения светодиодов со временем.

В случае, если яркость подсветки матрицы регулируется одинаково по всей площади, подсветка называется статической. Если же существует возможность управления подсветкой индивидуальных частей матрицы (как правило, в зависимости от сюжета), подсветка называется динамической.

В зависимости от конструктивного исполнения, светодиодная подсветка может быть боковой, то есть устанавливаться по бокам от панели вместо обычных ламп подсветки, таким образом требуя рассеивателя, либо позади ЖК-матрицы. В последнем случае светодиоды организуются в матрицу того или иного разрешения, возможно, с индивидуальным управлением

OLED дисплей.

Органический светодиод (organic light-emitting diode, сокр. OLED) — полупроводниковый прибор, изготовленный из органических соединений, эффективно излучающих свет при прохождении через них электрического тока.

Основное применение OLED-технология находит при создании устройств отображения информации (дисплеев).

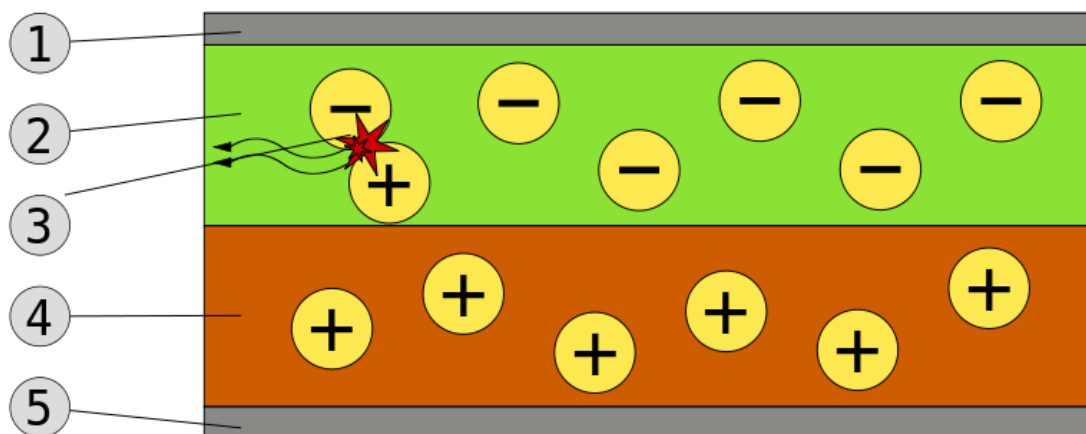


Схема 2-слойной OLED-панели: 1. Катод(-), 2. Эмиссионный слой, 3. Испускаемое излучение, 4. Проводящий слой, 5. Анод (+)

Для создания органических светодиодов (OLED) используются тонкоплёночные многослойные структуры, состоящие из слоев нескольких полимеров. При подаче на анод положительного относительно катода напряжения поток электронов протекает через прибор от катода к аноду. Таким образом, катод отдает электроны в эмиссионный слой, а анод забирает электроны из проводящего слоя или, другими словами, анод отдает дырки в проводящий слой. Эмиссионный слой получает отрицательный заряд, а проводящий слой — положительный. Под действием электростатических сил электроны и дырки движутся навстречу друг к другу и при встрече рекомбинируют. Это происходит ближе к эмиссионному слою, потому что в органических полупроводниках дырки обладают большей подвижностью, чем электроны. При рекомбинации электрон теряет энергию, что сопровождается излучением (эмиссией) фотонов в области видимого света. Поэтому слой и называется эмиссионным.

В качестве материала анода обычно используется оксид индия, легированный оловом. Он прозрачен для видимого света и имеет высокую работу выхода, которая способствует инжекции дырок в полимерный слой. Катод часто изготавливают из металлов, таких как алюминий и кальций, так как они обладают низкой работой выхода, способствуя инжекции электронов в полимерный слой.

Преимущества.

- меньшие габариты и вес
- отсутствие необходимости в подсветке
- большие углы обзора — изображение видно без потери качества с любого угла

- мгновенный отклик (на несколько порядков быстрее, чем у ЖК) — по сути, полное отсутствие инерционности
- высокая контрастность
- возможность создания гибких экранов
- большой диапазон рабочих температур

Разновидности.

PHOLED

PHOLED (англ.) (Phosphorescent OLED) — технология, являющаяся достижением Universal Display Corporation (UDC) совместно с Принстонским университетом и университетом Южной Калифорнии. Как и все OLED, PHOLED функционируют следующим образом: электрический ток подводится к органическим молекулам, которые испускают яркий свет. Однако, PHOLED используют принцип электрофосфоресценции, чтобы преобразовать до 100 % электрической энергии в свет. К примеру, традиционные флуоресцентные OLED преобразовывают в свет приблизительно 25-30 % электрической энергии.

Из-за их чрезвычайно высокого уровня эффективности энергии, даже по сравнению с другим OLED, PHOLED изучаются для потенциального использования в больших дисплеях типа телевизионных мониторов или экранов для потребностей освещения. Потенциальное использование PHOLED для освещения: можно покрыть стены гигантскими PHOLED-дисплеями. Это позволило бы всем комнатам освещаться равномерно, вместо использования лампочек, которые распределяют свет неравномерно по комнате. Также к преимуществам PHOLED-дисплеев можно отнести яркие, насыщенные цвета, а также достаточно долгий срок службы.

TOLED

TOLED (Transparent and Top-emitting OLED) — технология, позволяющая создавать прозрачные (Transparent) дисплеи, а также достигнуть более высокого уровня контрастности.

Прозрачные TOLED-дисплеи: направление излучения света может быть только вверх, только вниз или в оба направления (прозрачный). TOLED может существенно улучшить контраст, что улучшает читаемость дисплея при ярком солнечном свете.

Так как TOLED на 70 % прозрачны при выключении, то их можно крепить прямо на лобовое стекло автомобиля, на витрины магазинов или для установки в шлеме виртуальной реальности. Также прозрачность TOLED позволяет использовать их с металлом, фольгой, кремниевым кристаллом и другими непрозрачными подложками для дисплеев с отображением вперед (могут использоваться в будущих динамических кредитных картах). Прозрачность экрана достигается при использовании прозрачных органических элементов и материалов для изготовления электродов.

За счёт использования поглотителя с низким коэффициентом отражения для подложки TOLED-дисплея контрастное отношение может на порядок превзойти ЖКИ (мобильные телефоны и кабины военных самолетов-истребителей).

По технологии TOLED также можно изготавливать многослойные устройства (например, SOLED) и гибридные матрицы (Двунаправленные TOLED TOLED делают возможным удвоить отображаемую область при том же размере экрана — для устройств, у которых желаемый объем выводимой информации шире, чем существующий).

FOLED

FOLED (Flexible OLED) — главная особенность — гибкость OLED-дисплея. Используется пластик или гибкая металлическая пластина в качестве подложки с одной стороны, и OLED-ячейки в герметичной тонкой защитной пленке — с другой. Преимущества FOLED: ультратонкость дисплея, сверхнизкий вес, прочность, долговечность и гибкость, которая позволяет применять OLED-панели в самых неожиданных местах.

SOLED

Stacked OLED — технология экрана от UDC (сложенные OLED). SOLED используют следующую архитектуру: изображение подпикселей складывается (красные, синие и зеленые элементы в каждом пикселе) вертикально вместо того, чтобы располагаться рядом, как это происходит в ЖК-дисплее или электронно-лучевой трубке.

В SOLED каждым элементом подпикселя можно управлять независимо. Цвет пикселя может быть отрегулирован при изменении тока, проходящего через три цветных элемента (в нецветных дисплеях используется модуляция ширины импульса). Яркостью управляют, меняя силу тока.

Преимущества SOLED: высокая плотность заполнения дисплея органическими ячейками, посредством чего достигается хорошее разрешение, а значит, высококачественная картинка.

Пассивные и активные OLED

Passive/Active Matrix (AMOLED)

Каждый пиксель цветного OLED-дисплея формируется из трех составляющих — органических ячеек, отвечающих за синий, зелёный и красный цвета.

В основе OLED — пассивные и активные матрицы управления ячейками.

Пассивная матрица представляет собой массив анодов, расположенных строками, и катодов, расположенных столбцами. Чтобы подать заряд на определённый органический диод, необходимо выбрать нужный номер катода и анода, на пересечении которых находится целевой пиксель, и пустить ток. Используется в монохромных экранах с диагональю 2-3 дюйма (дисплеи сотовых телефонов, электронных часов, различные информационные экраны техники).

Активная матрица: как и в случае LCD-мониторов, для управления каждой ячейкой OLED используются транзисторы, запоминающие необходимую для поддержания светимости пикселя информацию. Управляющий сигнал подается на конкретный транзистор, благодаря чему ячейки обновляются достаточно быстро. Используется технология TFT (Thin Film Transistor) — тонкопленочного транзистора. Создается массив транзисторов в виде матрицы, который накладывается на подложку прямо под органический слой дисплея. Слой TFT формируется из поликристалльного или аморфного кремния.