

Мониторы

Быковских Дмитрий Александрович

09.11.2024

Введение

Первый монитор

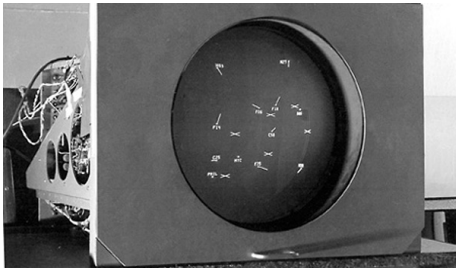


Рис. 1: MIT's Whirlwind 1: аппаратно-программный комплекс, 1951 г. (слева); дисплей отображающий позиций воздушные судна, 1953 г. (справа)

2024-11-16

Мониторы

└ Введение

Первый в истории монитор появился в 1951 году и использовался в компьютере Whirlwind I (Вихрь), созданном в Массачусетском технологическом институте (MIT).

Примечания.

1. Мотивация. Для отображения информации использовалась бумага. Прорыв заключался в том, что изменения можно было увидеть в реальном времени.
2. Назначение. Для научных исследований, а также военных нужд (как часть тренажеров пилотов или как радар).
3. Физические размеры. Монитор был большим и громоздким по сравнению с современными, поскольку использовалась электронно-лучевая трубка.

Некоторые характеристики монитора Whirlwind I:

- CRT (Cathode-Ray Tube) или ЭЛТ (электронно-лучевая трубка)
- Монохромное изображение (черно-белое изображения)

Введение
Первый монитор



Рис. 1: MIT's Whirlwind I: аппаратно-программный комплекс, 1951 г. (слева); дисплей отображающий позиций воздушные судна, 1953 г. (справа)

Характеристики мониторов

- Марка/Модель (год выпуска)
- Характеристики дисплея
- Периферия
- Поддержка звука
- Энергопотребление
- Внешний вид
- Крепление
- Условия эксплуатации
- Поддержка 3D

2024-11-16

Мониторы

Характеристики мониторов

Характеристики мониторов	
Марка/Модель (год выпуска)	
Характеристики дисплея	
Периферия	
Поддержка звука	
Энергопотребление	
Внешний вид	
Крепление	
Условия эксплуатации	
Поддержка 3D	

Терминология

Экран — поверхность, на которую выводится изображение, состоящее из пикселей.

Матрица — основа дисплея, отвечающая за формирование изображения на пиксельном уровне.

Дисплей — часть монитора, представляющая собой экран (матрицу, возможно, с подсветкой), на котором формируется изображение, а также некоторые базовые компоненты для отображения изображения, например, контроллеры и порты ввода.

Монитор — готовое устройство, которое включает в себя дисплей и другие компоненты, такие как корпус, порты, встроенные контроллеры и системы питания.

PPI (Pixels Per Inch)

PPI (Pixels Per Inch, число пикселей на дюйм) — показатель плотности пикселей на экране, который указывает, сколько пикселей помещается в одном дюйме экрана.

$$PPI = \frac{\sqrt{(\text{ширина}^2 + \text{высота}^2)}}{\text{диагональ}}$$

Этот показатель влияет в зависимости от того, как устройство далеко расположено от глаз.

Для монитора должно быть больше 90 PPI, а для смартфона — больше 350 PPI.

- Примеры.
- Монитор 27"Full HD (1920 x 1080 пикселей) имеет 81.59 PPI
 - Монитор 27"1440p (2560 x 1440 пикселей) имеет 108.79 PPI
 - Монитор 32"4K (3840 x 2160 пикселей) имеет 137.68 PPI
 - Samsung Galaxy S21 (6.2 дюйма, 2400 x 1080 пикселей) имеет 424.48 PPI

2024-11-16

Мониторы

└ PPI (Pixels Per Inch)

PPI (Pixels Per Inch) — показатель плотности пикселей на экране, который указывает, сколько пикселей помещается в одном дюйме экрана.

$$PPI = \frac{\sqrt{(\text{ширина}^2 + \text{высота}^2)}}{\text{диагональ}}$$

Этот показатель влияет в зависимости от того, как устройство далеко расположено от глаз.

Для монитора должно быть больше 90 PPI, а для смартфона — больше 350 PPI.

Примеры.

- Монитор 27"Full HD (1920 x 1080 пикселей) имеет 81.59 PPI
- Монитор 27"1440p (2560 x 1440 пикселей) имеет 108.79 PPI
- Монитор 32"4K (3840 x 2160 пикселей) имеет 137.68 PPI
- Samsung Galaxy S21 (6.2 дюйма, 2400 x 1080 пикселей) имеет 424.48 PPI

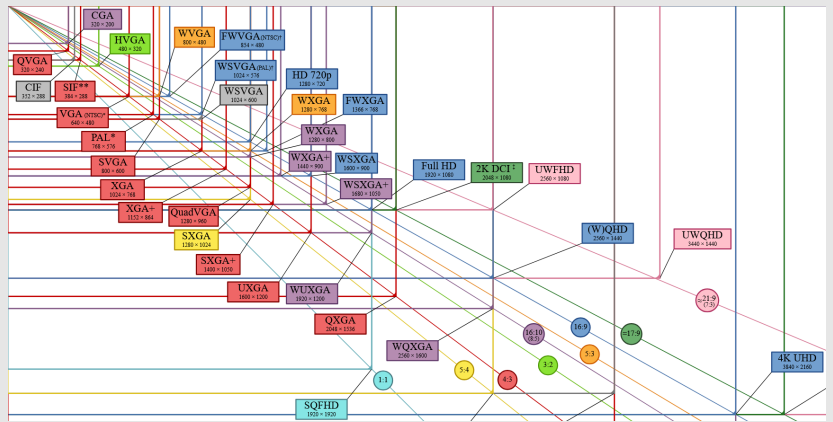


Рис. 2: Форматы разрешения экранов

Частота обновления экрана (Refresh Rate)

Частота обновления экрана f (Гц) — параметр, определяющий, сколько раз за одну секунду изображение на экране обновляется.



Рис. 3: Четкость изображения в зависимости от частоты обновления экрана

FPS (Frequency per seconds или число кадров в секунду) — количество кадров в секунду, которое успевает отрисовать видеокарта для конкретного приложения. Если частота обновления экрана f и FPS совпадают, изображение выглядит плавным. Когда FPS выше частоты обновления экрана f , монитор не может отобразить все кадры, и в этом случае могут появляться артефакты, например, разрывы изображения.

Мониторы

2024-11-16

Частота обновления экрана (Refresh Rate)

Частота обновления экрана (Refresh Rate)

Частота обновления экрана f (Гц) — параметр, определяющий, сколько раз за одну секунду изображение на экране обновляется.



Рис. 3: Четкость изображения в зависимости от частоты обновления экрана

FPS (Frequency per seconds или число кадров в секунду) — количество кадров в секунду, которое успевает отрисовать видеокарта для конкретного приложения. Если частота обновления экрана f и FPS совпадают, изображение выглядит плавным. Когда FPS выше частоты обновления экрана f , монитор не может отобразить все кадры, и в этом случае могут появляться артефакты, например, разрывы изображения.

Пример расчета времени отклика для монитора с частотой 240 Гц.

$$t = 1/240\text{Гц} = 4.1(6) \text{ мс}$$

Если кадры не синхронизированы, максимальная задержка t_{max} отображения может достигать половины периода обновления экрана.

$$t_{max} = \frac{T}{2} = \frac{1}{2f},$$

где T — период, f — частота.

Чтобы избежать этих проблем, можно использовать технологии синхронизации:

- V-Sync. Синхронизирует FPS и частоту обновления экрана, предотвращая разрывы изображения.
- Adaptive Sync. Динамически подстраивает частоту обновления под FPS для плавного изображения.
- G-Sync (NVIDIA) и FreeSync (AMD). Технологии для игровых мониторов, которые синхронизируют FPS с частотой обновления.

Яркость и контрастность экрана

Яркость экрана — мера интенсивности света, излучаемого экраном, и обычно выражается в нитах (nit, cd/m² или кд/м²).

Яркость можно померить с помощью люксометра, направленный строго перпендикулярно экрану на расстоянии 1 метра, т.е. измерив световой поток в люменах и разделив на косинус угла получим канделы (кд), а площадь экрана можно вычислить исходя из его размера.

Например, для офисного использования или работы в тёмной комнате экраны с яркостью около 200-300 нит будут комфортными. В ярко освещённой комнате или для наружных экранов требуется статическая яркость выше 500 нит.

Контрастность обычно измеряется как отношение яркости самого светлого белого к самому темному черному.

$$\text{Контрастность} = \frac{\text{Яркость белого}}{\text{Яркость черного}}$$

Например, если белый цвет на экране имеет яркость 500 кд/м² (кандел на квадратный метр), а черный — 0,5 кд/м², то контрастность составляет 500/0.5=1000:1.

2024-11-16

Мониторы

Яркость и контрастность экрана

Яркость и контрастность экрана

Яркость экрана — мера интенсивности света, излучаемого экраном, и обычно выражается в нитах (nit, cd/m² или кд/м²).

Яркость можно померить с помощью люксометра, направленный строго перпендикулярно экрану на расстоянии 1 метра, т.е. измерив световой поток в люменах и разделив на косинус угла получим канделы (кд), а площадь экрана можно вычислить исходя из его размера.

Например, для офисного использования или работы в тёмной комнате экраны с яркостью около 200-300 нит будут комфортными. В ярко освещённой комнате или для наружных экранов требуется статическая яркость выше 500 нит.

Контрастность обычно измеряется как отношение яркости самого светлого белого к самому темному черному.

Контрастность = $\frac{\text{Яркость белого}}{\text{Яркость черного}}$

Например, если белый цвет на экране имеет яркость 500 кд/м² (кандел на квадратный метр), а черный — 0,5 кд/м², то контрастность составляет 500/0.5=1000:1.

Регулировка яркости с помощью:

1. ШИМ (Широтно-Импульсная Модуляция)
Яркость экрана регулируется за счет включения и выключения подсветки с высокой частотой.
2. аналогового управления (Direct Current Dimming или DC Dimming)
Регулировка яркости постоянным током, т.е. яркость на светодиодах регулируется с помощью напряжения.
3. гибридного подхода
При высоких уровнях яркости используется ШИМ с высокой частотой или DC Dimming, а при низких уровнях яркости применяется ШИМ с меньшей частотой.

Регулировка яркости экрана с помощью ШИМ

ШИМ (Широтно-Импульсная Модуляция) используется для управления яркостью экрана. Светоизлучающие диоды (LED) — основные источники света в большинстве современных мониторов — могут изменять свою яркость с помощью управляемой силы тока.

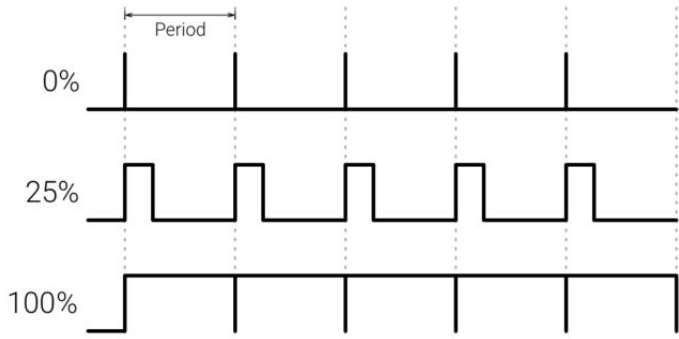


Рис. 4: Яркость пикселя в зависимости от длительности импульса

2024-11-16

Мониторы

Регулировка яркости экрана с помощью ШИМ

ШИМ нужен для контроля яркости светодиодов, он управляет длительностью импульсов электрического тока. Длинный импульс — светодиод светится ярко, а если короче — тусклее.

ШИМ обеспечивает плавный переход между яркими и темными областями изображения на экране. Также модуляция позволяет снизить энергопотребление, поскольку длительность импульсов можно регулировать, чтобы достичь оптимальной яркости с минимальным расходом энергии.

Примечания.

- 1. Некоторые люди могут испытывать дискомфорт или напряжение в глазах при длительном использовании мониторов с ШИМ из-за мерцания экрана.
- 2. Пульсация освещенности выше 300 Гц не оказывает влияния на общую и зрительную работоспособность. ГОСТ Р 54945-2012



Рис. 4: Яркость пикселя в зависимости от длительности импульса

Глубина цвета

Глубина (битность) цвета (Color Depth) — количество битов, которые используются для представления оттенков цвета для каждого субпикселя на экране.

Примеры

- 8-битная глубина цвета позволяет отображать 16.7 миллионов цветов (256x256x256).
- 10-битная глубина цвета дает палитру в 1.07 миллиарда цветов.

Цветовой охват (Color Gamut) — диапазон цветов, которые экран может воспроизводить. Обычно измеряется в процентах в зависимости от цветового охвата.

Известные цветовые охваты, используемые для сравнения, sRGB, Adobe RGB (1998), Wide Color Gamut (WCG), делящийся на DCI-P3 и Rec. 2020 (BT.2020), и др.

HDR (High Dynamic Range) — технология, увеличивающая диапазон яркости и контрастности изображения.

Мониторы

└ Глубина цвета

FRC (Frame Rate Control) — технология, имитирующая более высокую битность цвета на дисплеях с ограниченной глубиной цвета.

Примеры.

(FRC) 8-битная панель может использовать FRC для имитации 10-битного цвета, чередуя быстро отображаемые оттенки для создания промежуточных цветов. Это помогает снизить полосы на градиентах, делая изображение более плавным.

(Яркость) Когда говорят о дисплее с яркостью 400 нит, обычно имеется в виду статическая яркость, то есть уровень, который экран может поддерживать постоянно.

Если этот экран поддерживает HDR, его пиковая яркость может составлять 600-1000 нит. Но режим работы будет кратковременным, чтобы избежать перегрева и снижения долговечности светодиодов.

Типы матриц дисплея

Категории

- LCD (Liquid Crystal Display) или ЖК (жидко-кристаллический) дисплей
- LED (Light-Emitting Diode) дисплей
- OLED (Organic Light-Emitting Diode) дисплей

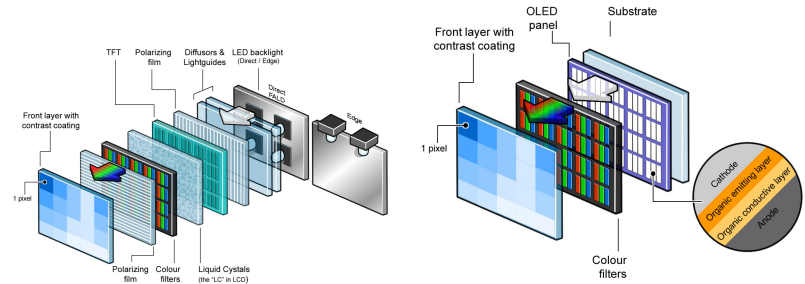


Рис. 5: Матрицы дисплея: LCD (слева); OLED (справа)

2024-11-16

Мониторы

└ Типы матриц дисплея



LCD (Liquid Crystal Display) или ЖК (жидкокристаллические) дисплеи работают на основе жидких кристаллов, которые не светятся самостоятельно, поэтому используется LED(Light-Emitting Diode) подсветка.

Эти кристаллы размещаются между двумя слоями стекла. При подаче электрического напряжения они меняют свою ориентацию, позволяя пропускать свет или блокировать его частично, создавая изображение. Цветные фильтры. Каждый пиксель состоит из трех субпикселей — красного, зеленого и синего. Изменяя степень пропускания света через каждый из субпикселей, дисплей создает разные цвета.

LED для подсветки ЖК-дисплеев. Светодиоды в таких дисплеях размещены позади ЖК-матрицы и служат источником света. LED-подсветка бывает боковой (edge-lit) или распределенной по задней поверхности (full-array), где светодиоды равномерно освещают ЖК-панель.

В OLED-дисплеях каждый пиксель состоит из органических соединений, которые светятся сами по себе при прохождении через них электрического тока. Это устраняет необходимость в дополнительной подсветке.

Принцип работы LCD

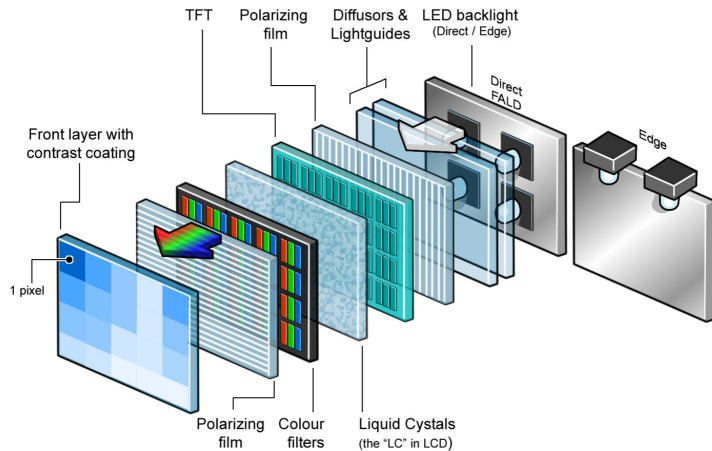


Рис. 6: Принцип работы LCD

2024-11-16

Мониторы

└ Принцип работы LCD

Принцип работы LCD

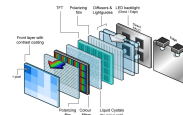


Рис. 6: Принцип работы LCD

LED Backlight [Direct / Edge] (LED подсветка)

Источник света для подсветки ЖК-слоя. Использует светодиоды, которые могут быть расположены на задней стенке или по бокам.

Diffusors Lightguides (Диффузоры и световоды)

Часть подсветки, отвечающая за равномерное распределение света от источников (LED). Диффузоры смягчают свет, а световоды направляют дальше.

Polarizing Films (Поляризационные плёнки)

Преобразуют неполяризованный свет от подсветки в поляризованный за счет ориентации.

Liquid Crystals (Жидкие кристаллы)

Жидкие кристаллы представляют собой особое состояние вещества, которое сочетает свойства как жидкостей, так и твердых кристаллов. Эти кристаллы могут изменять свою ориентацию под воздействием электрического поля, что позволяет контролировать, как свет проходит через них. Жидкие кристаллы расположены между стеклянными пластинами с электродами, создающие поле.

Thin-Film Transistor или TFT (Тонкоплёночный транзистор)

Каждому пикселю соответствует один транзистор, который регулирует подачу электрического сигнала.

Front Layer with Contrast Coating (Верхний слой с контрастным покрытием)

Внешний слой дисплея, который включает антибликовое (AR) или антиотражающее покрытие, а также защитное стекло или плёнку.

Типы LCD

Категории
TN (Twisted Nematic)
VA (Vertical Alignment)
IPS (In-Plane Switching)

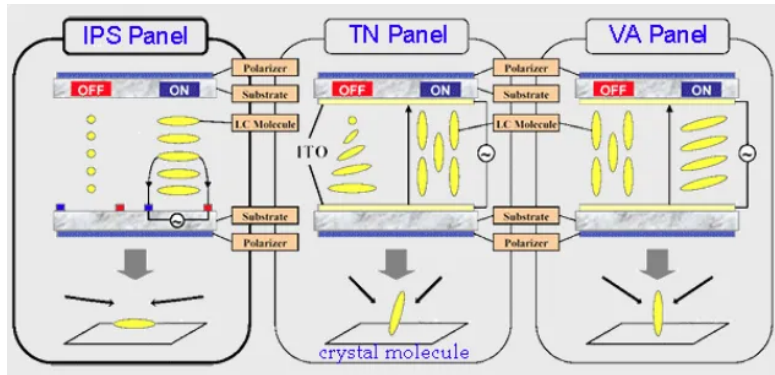
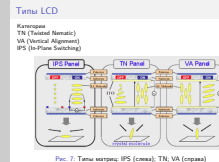


Рис. 7: Типы матриц: IPS (слева); TN; VA (справа)

2024-11-16

Мониторы

Типы LCD



Виды

TN (Twisted Nematic или скрученный нематик)

В TN матрицах кристаллы при включении «скручиваются» между поляризаторами, что позволяет изменять их ориентацию и регулировать прохождение света.

Примечание. Нематик — один из типов жидких кристаллов, которые представляют собой вещества с упорядоченной ориентацией молекул.

VA (Vertical Alignment или вертикальное выравнивание)

В VA матрицах кристаллы выстраиваются вертикально, что улучшает контрастность, так как в отключенном состоянии они блокируют свет лучше.

IPS (In-Plane Switching или переключение в плоскости)

В IPS матрицах кристаллы расположены параллельно экрану, что позволяет более точно управлять ими и обеспечивать широкие углы обзора.

Примечание. Технология **FAST IPS** с быстрым временем отклика (1-2 мс.)

Примечания связанные с LED подсветкой.

1. QLED (QD-LED) подсветка Quantum Dot (Квантовые точки). Вместо традиционного фосфорного люминофора используют слой, так называемых, квантовых точек, позволяющий увеличить цветовой охват LCD матрицы и сделать цвета более насыщенными.
2. Mini-LED — подсветка, состоящая из тысяч миниатюрных светодиодов.

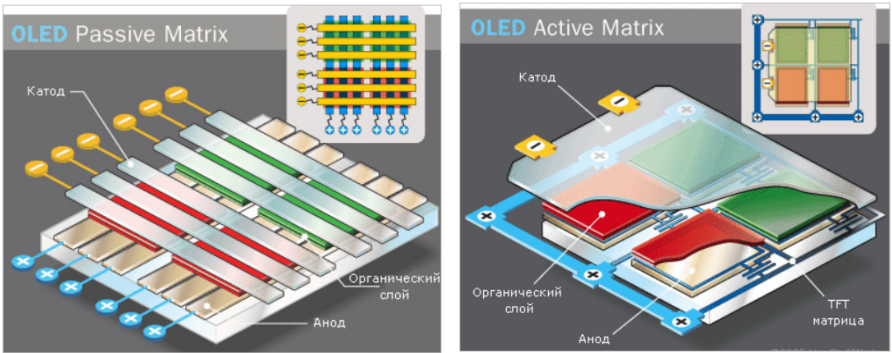
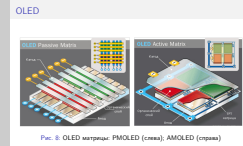


Рис. 8: OLED матрицы: PMOLED (слева); AMOLED (справа)

Принцип работы основан на электролюминесценции OLED-дисплеи используют органические материалы, которые могут излучать свет при подаче электрического тока. Эти материалы размещены в виде тонких слоев между двумя электродами. Один из электродов — анод (прозрачный), а другой — катод. При подаче напряжения электроны и дырки (положительные заряды) встречаются и рекомбинируются, что вызывает эмиссию света.

Passive-matrix OLED (PMOLED)
OLED с пассивной матрицей состоит из многочисленных полосок-катодов, органических слоев и полосок-анодов. Место пересечения катодов и анодов - испускающие свет пиксели. В зависимости от того, какой пиксель нужно "включить на ту или иную пару катод/анод подается напряжение. PMOLED несложен в производстве, однако он потребляет больше энергии, чем другие типы OLED.

Active-matrix OLED (AMOLED)
OLED с активной матрицей использует лишь одну пару катод/анод (в этом случае применяются не полоски, а настоящие панели). Кроме того, анод имеет подложку из тонкопленочных транзисторов (TFT или Thin-Film Transistor), которая и «указывает», к какой области слоя подается электрический ток. AMOLED потребляет меньше энергии и, поэтому, может использоваться в дисплеях большего размера.

Итоговое сравнение

Матрица	Время отклика	Частота обновления	Цветопередача	Угол обзора*	Контрастность
TN	~1 мс	До 240 Гц	45–60% sRGB	160°	~1000:1
VA	4–6 мс	До 240 Гц	70–90% sRGB	178°	~3000:1 (выше)
IPS	4–5 мс	До 144 Гц	95–100% sRGB	178°	~1000:1
Fast IPS	1–2 мс	До 360 Гц	95–100% sRGB	178°	~1000:1
OLED	<1 мс	До 240 Гц	100% DCI-P3 / sRGB	178°	Бесконечная**

Таблица 1: Сравнение технологий дисплеев

Примечания.

Гамут sRGB — 35%; Гамут DCI-P3 — 45%

*Угол обзора по вертикали и горизонтали одинаковый.

******Это возможно, если устройство, например, OLED-дисплей, использует самосветящиеся пиксели, каждый из которых может быть полностью выключен для отображения черного.

Мониторы

Итоговое сравнение

Итоговое сравнение

Матрица	Время отклика	Частота обновления	Цвета/глубина	Угол обзора*	Контрастность
TN	~1 мс	до 240 Гц	45-60% sRGB	160°	~1000:1
IPS	~5 мс	до 240 Гц	70-90% sRGB	178°	~1000:1 (Real)
VA	~4-5 мс	до 240 Гц	95-100% sRGB	178°	~1000:1
Fast IPS	1-2 мс	до 360 Гц	100% sRGB	178°	~1000:1
OLED	<1 мс	до 240 Гц	100% DCI-P3 / 400% sRGB	178°	Бесконечная**

Таблица 1: Сравнение технологий дисплеев

*Это возможно, если устройство, например, OLED-дисплей, использует самосветящиеся пиксели, каждый из которых может быть полностью выключен для отображения «чистой

Технологии, разработанные для защиты зрения

- Flicker-Free (Отсутствие мерцания при низких уровнях яркости)
- Low Blue Light (Пониженное синее свечение)
- Anti-Glare Coating (Антибликовое покрытие)
- Adaptive Brightness (Адаптивная яркость) или любая подобная технология

Примечание.

TUV Rheinland — сертификация международным концерном, подтверждающая, что монитор прошел испытания на безопасность для зрения. Сертифицированные модели обычно оснащены технологиями Flicker-Free и Low Blue Light.

Остальные характеристики монитора

- Энергопотребление
- Порты (HDMI, DisplayPort (DP), ThunderBolt, HUB, USB Type-C)
- Дизайн и внешний вид
 - Размер
 - Свойства материала (цвет, глянцевый, матовый и т.д.)
 - RGB подсветка
- Вес
- Условия эксплуатации
- Крепление
- Поддержка звука

Остальные характеристики монитора

Стандарт	Год выпуска	Максимальное разрешение	Частота обновления
DP 1.1	2008	2560x1600	60 Гц
DP 1.2	2010	3840x2160 (4K)	60 Гц
DP 2.0	2019	3840x2160 (4K)	240 Гц (4K)
DP 2.0	2019	10240x4320 (10K)	60 Гц
HDMI 2.0	2013	3840x2160 (4K)	60 Гц
HDMI 2.1	2017	3840x2160 (4K)	120 Гц
HDMI 2.1	2017	7680x4320 (8K)	60 Гц

Таблица 2: Характеристики версий DisplayPort и HDMI

Крепление

- Подставка монитора (с дополнительной регулировкой угла наклона и поворота)
- Совместимость с креплением VESA (использовать кронштейн)



Рис. 9: Passive 3D Stereo Monitor

2024-11-16

Мониторы

└ Поддержка 3D

Поддержка 3D



Рис. 9: Passive 3D Stereo Monitor

Поддержка 3D в мониторах означает, что они могут отображать изображения, создающие иллюзию глубины, что позволяет зрителю видеть «объемные» изображения или видео. Это достигается путем отдельного показа изображения для левого и правого глаза, что в мозге формирует стереоскопический эффект. Основные технологии 3D-дисплеев включают:

- Активные затворные очки. Основано на чередовании кадров.
- Поляризационные очки.
- Автостереоскопические дисплеи. Специальные линзы (или параллакс-барьеры) с ограниченным углом обзора.

Пик популярности 2010-х годов.

Причины непопулярности.

1. Ограниченный контент дорожное производство.
2. Неудобство использования из-за дополнительных аксессуаров
3. Усталость глаз и головная боль.