**Технические характеристики LCD-мониторов**

Одним из основных недостатков LCD-мониторов является отсутствие универсальности применения их для решения разноплановых задач. Качественный ЭЛТ-монитор пригоден для работы с текстом, для обработки фотографий, для игр и т. д.

Однако среди LCD-устройств можно назвать модели, подходящие только для игр, но непригодные для работы с фотографиями, или можно обнаружить модели, обладающие прекрасной цветопередачей, но плохо подходящие для динамичных игр.

К сожалению, сегодня отсутствует универсальная технология производства LCD-панелей, потребительские характеристики которых удовлетворяли бы всех пользователей. Поэтому выбор LCD-монитора дело непростое. Покупатель изучает колонки технических характеристик, сравнивает качество изображения стоящих рядом мониторов и старается сделать \"правильный выбор\". Иногда производители сознательно завышают параметры своих изделий, не указывая, что они понимают под тем или иным заявленным параметром и как они его измеряют. Техническим характеристикам LCD-мониторов и посвящена данная статья.

**Время отклика**

Время отклика является наиболее \"популярной\" характеристикой любого LCD-монитора, т.к. именно на него в первую очередь обращают внимание покупатели при выборе устройства.

Физика процесса. Яркость пиксела в LCD-панели меняется за счет изменения угла поворота жидких кристаллов под действием приложенного к ним электрического поля. Поскольку жидкие кристаллы - вещество вязкое, то поворот происходит не мгновенно, а за достаточно большое время - единицы или десятки миллисекунд.

Время отклика - это суммарное время переключения пиксела с черного цвета на белый и обратно (измеряется время изменения яркости пиксела от 10% до 90%). Момент начала загорания пиксела и момент достижения им яркости 100% невозможно достоверно определить из-за наличия шумов и ограниченной точности измерительного оборудования, поэтому говорят лишь о вхождении яркости пиксела в 10% интервал. Полученное таким образом время отклика является минимальным (т.е. это минимальное значение, которое может продемонстрировать матрица). Подобный подход к измерению времени отклика не даёт покупателю полного представления о том, как будет себя вести монитор при работе с динамичной графикой.

Напряженность электрического поля и угол поворота кристаллов. Во многих игрушках, имеющих преимущественно затемненные сцены, гораздо чаще происходит переключение пиксела не с черного на белый, а с черного на темно-серый цвет. В этом случае кристаллам необходимо повернуться на меньший угол, но скорость их поворота пропорциональна напряженности приложенного электрического поля (именно напряженностью поля и определяется угол поворота: чем меньший угол нам необходим, тем меньше должна быть напряженность прикладываемого электрического поля). Следовательно, мы имеем две противоположные тенденции. Как показывают исследования, с уменьшением угла поворота падает и скорость реакции пиксела. Т. о., в реальности время отклика всегда будет больше, чем при переключении с черного цвета на белый.

Тип матрицы. Исходя из паспортного времени отклика нельзя определенно сказать, насколько быстр монитор, т.к. у разных типов матриц зависимость времени отклика от начального и конечного состояния пиксела проявляется по-разному. Напрямую сравнивать мониторы, построенные на базе \"технологически различных\" матриц, полагаясь лишь на заявленные производителем цифры, некорректно. Для подобного сравнения необходим трехмерный график (поверхность) зависимости времени отклика от конечного состояния пиксела при всех возможных переходах, включая переходы между двумя промежуточными уровнями (между двумя градациями серого). Как правило, производители панелей и мониторов такой информации о своих детищах не предоставляют.

Отмеченная особенность LCD-панелей наиболее существенно будет сказываться в динамичных играх с недостаточно контрастным изображением (\"темных\" играх). Смазывание изображения может оказаться достаточно заметным, при малом заявленном времени отклика.

**Яркость и контрастность.**

Скорость переключения пиксела с черного на белый цвет не является абсолютным показателем времени отклика, т. к. она зависит от установленной на мониторе контрастности и яркости - снижение контрастности всегда ведет к увеличению времени отклика монитора.

Например, регулировка \"Brightness\" в большинстве мониторов реализована изменением яркости ламп подсветки, не связана с матрицей и никак не влияет на время отклика. Однако существуют мониторы, в которых яркость регулируется трансформацией матрицы, например, в моделях от Sony присутствует отдельная регулировка \"Backlight\", изменяющая яркость ламп подсветки, и регулировка \"Brightness\", управляющая матрицей. В случае использования \"Brightness\" очевидно, что время отклика зависит от положения регулятора - при низких значениях, установленных пользователем, оно может существенно возрастать.

Несимметричность времени отклика пиксела - это разница между временем зажигания и временем гашения пиксела. Например, если мы изучим два монитора со временем отклика 20 мс, у первого из них соотношение времени зажигания и гашения будет 15/5 мс (TN-панель), а у второго - 10/10 мс (MVA- и PVA-панели), то движущиеся объекты на них будут выглядеть по-разному. Тонкие черные линии при движении на белом фоне у первого монитора будут выглядеть значительно тоньше, чем они должны быть, в то время как у второго они будут сохранять свою толщину, становясь лишь несколько светлее, что воспринимается глазом значительно лучше.

Вывод: покупатель может лишь субъективно оценить время отклика монитора на качественном уровне - \"меня устраивает\" или \"меня не устраивает\", наблюдая за отображением динамичной игры на экране LCD-панели.

**Углы обзора**

Если качество изображения на ЭЛТ-мониторе не страдает при взгляде почти параллельно плоскости экрана, то на многих LCD-панелях даже небольшое отклонение от перпендикуляра приводит к заметному падению контрастности и искажению цветопередачи.

Угол обзора - это угол относительно перпендикуляра к центру панели, при наблюдении под которым контрастность изображения в центре панели падает до 10:1.

Недостатки такого подхода к оценке углов обзора:

- Искажения изображения становятся заметны при падении контрастности уже до 100:1, т. е. используемый показатель мягок, т.к. заметить отличие картинки от идеальной можно и при меньших углах обзора. Отдельные производители указывают углы обзора для предельной контрастности не 10:1, а вдвое меньше - 5:1, в результате чего \"легким движением руки\" TN+Film-панель с углами обзора 150/140 градусов превращается в панель с углами уже 160/160 градусов.

- Измерения контрастности проводятся в центре экрана, в то время как пользователь, находящийся перед монитором, видит края экрана под другим углом, нежели центр.

- Производитель панели указывает контрастность, наблюдаемую при взгляде строго перпендикулярно экрану, и под каким углом эта контрастность упадет до 10:1, но мы ничего не знаем о том, как она изменяется между этими двумя точками.

- При измерении углов обзора учитывается только падение контрастности, но не искажение цветопередачи.

- Указывается суммарный угол обзора в обе стороны от нормали (т.е. с вертикальным углом обзора суммируются предельные углы при взгляде на панель сверху и при взгляде снизу). Например, для моделей на TN+Film-матрицах угол обзора сверху существенно больше, однако при взгляде сверху нижняя часть изображения сначала выцветает, а потом, по мере увеличения угла, инвертируется (белый цвет приобретает характерный синеватый оттенок и становится темнее светлых оттенков серого). В результате, в паспортных характеристиках указан большой угол обзора по вертикали, в реальности малейшее отклонение экрана монитора назад приводит к заметному потемнению его верхней части.

- Углы обзора по вертикали и горизонтали (т.е. именно те углы, которые указываются в характеристиках) максимальны, в то время как \"диагональные\" углы обзора существенно меньше.

Выводы. Техническая характеристика монитора \"углы обзора\" мало говорит о том, как будет выглядеть изображение на экране. С углами связано такое количество ограничений и допущений для различных типов матриц, что единственный пригодный для покупателя способ оценки качества монитора - это посмотреть на различные образцы воочию, не полагаясь на скупые паспортные данные, и принять решение.

Яркость и контрастность

Яркость - это яркость белого цвета (т. е. на матрицу подается максимальный сигнал) в центре экрана.

Контрастность - это отношение уровня белого цвета к уровню черного в центре экрана.

Говорить о \"яркости\" и \"контрастности\" монитора некорректно, т.к. в качестве этих параметров производители мониторов в большинстве случаев заявляют паспортные параметры панели, предоставленные им производителями этих панелей. Если на время отклика и углы обзора электроника всего устройства не оказывает существенного влияния, то в случае с яркостью и контрастностью ситуация меняется.

**Физика процесса.**

Проблема с контрастностью LCD-панелей вытекает из принципа их действия. В отличие от абсолютного большинства электронных устройств отображения информации, по отношению к свету матрица является не активным, а пассивным элементом. Она не способна излучать свет, а лишь способна модулировать световой поток, проходящий через нее. Поэтому позади LCD-матрицы всегда размещается модуль подсветки, а матрица лишь управляет прозрачностью, ослабляя свет от модуля подсветки в заданное количество раз. Регулировка прозрачности осуществляется за счет поворота плоскости поляризации с помощью жидких кристаллов, расположенных между двумя сонаправленными поляризаторами. Сонаправленность поляризаторов означает, что если свет между ними не изменил свою плоскость поляризации, то он преодолеет второй поляризатор без потерь. Если же плоскость поляризации была повернута жидкими кристаллами, то второй поляризатор задержит световой поток, и соответствующая ячейка будет выглядеть черной. Из-за неидеальности поляризаторов и расположения кристаллов задержать весь свет невозможно, поэтому какой-то процент светового потока всегда будет проходить через матрицу, слегка \"подсвечивая\" черный цвет монитора.

Измерения контрастности выполняются производителями панелей, а не мониторов. На специальном стенде панель подключается к источнику тестового сигнала, а лампы подсветки питаются током определенной величины, и получаются эталонные значения. В реальном мониторе добавляется влияние его электроники, которая:

- тактируется генератором сигналов, отличным от лабораторного;

- управляется пользователем, регулирующим яркость, контрастность, цветовую температуру и другие параметры.

Даже заявляемая многими производителями панелей контрастность 500...1000:1 далека от идеала. При такой контрастности монитор не может обеспечить глубокого черного цвета. Если посмотреть на экран при неярком внешнем освещении, то он может выглядеть темно-серым, но не черным.

Пользователь самостоятельно способен регулировать яркость и контрастность, что влияет на параметры изображения.

Некорректно говорить, что пользователь меняет яркость и контрастность ручками \"Brightness\" и \"Contrast\", т.к. непонятно - яркость чего он регулирует и за счет чего меняется контрастность. Регулировкой \"Contrast\" пользователь меняет яркость белого цвета (и всех оттенков серого, но вот черный цвет остается неизменным), а регулировкой \"Brightness\" - яркость как черного, так и белого одновременно.

В большинстве мониторов регулировкой \"Brightness\" изменяется яркость ламп подсветки. Встречается регулировка яркости с помощью матрицы - при увеличении яркости пользователем монитор добавляет к подаваемому на матрицу сигналу постоянную составляющую. При таком способе регулировки страдает контрастность, т. к. лампы подсветки всегда работают на мощности, необходимой для обеспечения максимально возможной для монитора яркости. Поэтому на небольшой яркости, даже если добавляемая к сигналу постоянная составляющая будет равняться нулю, такой монитор покажет заведомо более высокий уровень черного. Регулировка яркости с помощью матрицы негативно влияет и на время отклика.

У матриц с невысокой контрастностью часто страдает равномерность подсветки. Это проявляется в виде светлых или темных полос или пятен (светлые пятна могут соответствовать расположению ламп подсветки), иногда в виде светлых полос у края матрицы.

Вывод:

- целесообразно сравнивать два монитора на матрицах одинакового типа по паспортному значению контрастности;

- сравнивать мониторы на разных типах матриц и делать какие-то выводы о контрастности по одним заявленным производителем монитора цифрам вряд ли стоит;

- снова приходится выбирать на качественном уровне - \"лучше-хуже\".

**Цветопередача**

Производители обычно указывают лишь одну цифру - количество цветов, которое традиционно равняется 16,2 млн. или 16,7 млн. Однако многие из выпускаемых сегодня матриц (а из \"быстрых\" матриц - все поголовно) не умеют отображать более 262 тысяч цветов (что равно 18 битам, или по 6 бит на каждый из трех базовых цветов).

Физика процесса. Производители панелей используют Frame Rate Control (FRC) - метод эмуляции недостающих цветов, при котором цвет пиксела меняется с каждым кадром в небольших пределах. Допустим, нам необходимо вывести цвет RGB:{154; 154; 154}, который наша матрица физически не поддерживает, однако она поддерживает два соседних цвета - RGB:{152; 152; 152} и RGB:{156; 156; 156}. Если поочередно (с частотой кадровой развертки) выводить эти два цвета, то в результате близости цветов и инерционности человеческого глаза и матрицы мы будем видеть усредненный цвет, то есть искомый RGB:{154; 154; 154}. Однако эмуляция не дотягивает до полноценной \"true color\"-цветопередачи, поэтому в описаниях мониторов с такими матрицами обычно указывают, что он воспроизводит 16,2 млн. цветов.

Применяются более сложные механизмы FRC, работающие в сочетании с привычным для пользователей дизерингом (когда нужный цвет формируется несколькими расположенными рядом пикселами с незначительно различающимися цветами), т. е. меняющие на каждом кадре цвет не одного пиксела, а группы из четырех пикселов. Это позволяет более точно передавать недоступные матрице оттенки цвета, однако суть от этого не меняется - \"полноцветными\" такие матрицы можно называть лишь условно. Качество цветопередачи подобных матриц определяется качеством реализации FRC.

Цветовая температура. Цветовая температура определяет тональность изображения на экране монитора. Чем ниже температура, тем теплее цвета (таково восприятие цветовой температуры человеком. Как более холодный он воспринимает спектр излучения тела, которое на самом деле более горячее). Необходимость в цветовой температуре возникает потому, что нет универсального белого цвета, который глаз всегда бы воспринимал как белый. В зависимости от условий глаз подстраивается под определенный цветовой диапазон. Оттенок белого цвета на экране монитора будет слегка меняться в зависимости от внешнего освещения, под которое подстраивается и глаз. Рекомендуется устанавливать на экране монитора такую цветовую температуру, при которой белый цвет на экране не имеет каких-то дополнительных оттенков.

Специфичные для LCD-мониторов особенности установки цветовой температуры:

- цветовая температура может существенно различаться для разных оттенков серого.

- если ЭЛТ-мониторы позволяют плавно (с шагом 50...100 К) регулировать цветовую температуру от 5000 К до 9300 К, то LCD-мониторы имеют три-четыре значения температуры, из которых пользователь выбирает наиболее подходящее. При снижении температуры экран LCD-мониторов приобретает розоватый или даже зеленоватый оттенок, при увеличении серый цвет настолько ударяется в синеву, что калибратор зашкаливает при попытке измерить его цветовую температуру.

Цветовой охват. Сегодня все мониторы соответствуют стандарту sRGB. Диапазон цветов sRGB весьма мал по сравнению с видимым глазом диапазоном, а потому многие цвета на этапе получения изображения оказываются за его пределами (sRGB-монитор в принципе не способен воспроизвести ни один действительно чистый цвет). Различия между моделями (вплоть до различий между ЭЛТ и LCD-мониторами) не столь велики, чтобы заметно влиять на цветопередачу, поэтому ее качество ограничивается другими факторами.

Ожидается появление LCD-мониторов с отличным цветовым охватом за счет применения белой светодиодной подсветки вместо привычных ртутных ламп дневного света с холодным катодом. Лампы имеют неровный спектр излучения, в то время как у светодиодов он равномерен и хорошо вписывается в полосы пропускания светофильтров матрицы, что и позволяет существенно улучшить изображение.

Вывод: обеспечение качественной цветопередачи - сложная и комплексная задача. Одна надпись \"16,7 millions of colors\" не говорит практически ни о чем.