

# Особенности защищенных мониторов для ответственных применений

Игорь МАТЕШЕВ  
Андрей ТУРКИН

## Введение

Защищенные, или раггедизированные, мониторы — важный элемент современной системы для ответственных применений, управляемой человеком. Число таких систем, в которых монитор — ключевое звено для обмена информацией между оператором и машиной, постоянно увеличивается. Вспомним и о тренировочных комплексах водителей спецтехники, и о наземных станциях связи, о пультах управления транспортом и системах оперативного управления и контроля. В условиях импортозамещения многие российские компании задумались над созданием собственных защищенных мониторов для ответственных применений. Данная статья призвана рассказать о некоторых особенностях построения защищенных систем отображения информации на основе зарубежного опыта.

## ЖК-дисплей — основа защищенного монитора

Доступные в широком диапазоне разрешений и диагоналей, плоские жидкокристаллические дисплеи (ЖКД, LCD) — самый популярный выбор для систем отображения информации, поскольку отличаются компактными размерами, большим набором характеристик изображения, низким энергопотреблением и способностью адаптироваться к требованиям заказчика. Хотя защищенные мониторы и проектируются на основе коммерческих ЖК-панелей, обычно они значительно переработаны, чтобы удовлетворять требованиям к широкой амплитуде рабочих температур, читаемости, вибростойкости, ударной стойкости и электромагнитной защищенности. К тому же в подобные мониторы часто интегрируется сенсорный экран, а иногда и компьютер с установленной операционной системой.

Современный ЖК-дисплей обеспечивает отличную картинку и широкий температурный диапазон, особенно в сравнении с ЖК-дисплеями недавнего прошлого. Цветные плазменные дисплеи (которые иногда используются в телевизорах) имеют превосходное качество изображения и цветовую гамму, но не могут состязаться с ЖК в диапазоне рабочих температур, уровне защищенности

или уровне рассеиваемой мощности подготовленных ЖК-дисплеев.

Еще один важный момент — рынок коммерческих ЖК-дисплеев по-прежнему демонстрирует интенсивный рост, что позволяет производителям вкладывать деньги в исследования и разработку новых технологий, что, в свою очередь, ведет к появлению все более продвинутых дисплеев. Поскольку сфера применения для защищенных мониторов разнообразна и эволюция технологии происходит быстро, заказчики ищут мониторы, которые отвечают потребностям их конкретных проектов, а не используют стандартные решения. В результате большинство подсистем для отображения видеoinформации приходится дорабатывать, чтобы они точно соответствовали задачам клиентов. Среди параметров, которые чаще необходимо совершенствовать, — контрастность, размер, форма, вес, система крепления, система питания, диапазон рабочих температур, ударо- и вибростойкость, а также электромагнитная защищенность. Список солидный, но поскольку большинство из этих доработок основано на технологиях, успешно внедренных в производство и многократно протестированных, итоговая разработка занимает не так много времени и практически не несет рисков для заказчика.

## Особенности защищенных мониторов

В отличие от бытового телевизора, который работает в очень небольшом диапазоне температур окружающей среды, раггедизированный монитор часто нужен для работы в тяжелых условиях на открытом воздухе, при экстремально низких температурах и должен быть доступен для чтения при прямых солнечных лучах.

Прежде всего, необходимо рассмотреть вопрос защиты монитора от пыли, песка и солевого тумана. Например, морские суда (и их системы управления) подвергаются воздействию соленых брызг; к тому же на мониторе может образоваться конденсат. Монитор, открытый для окружающей среды (например, через вентиляторы или воздушные отверстия), при таких условиях будет поврежден. Следовательно, необходимо использовать герметичный монитор. Еще один распро-

страненный пример — частая мойка спецтехники под давлением (в том числе и кабины с приборами). Мониторы, применяемые в таких условиях, должны удовлетворять минимальному классу защиты IP 67 (защита от воздействия при погружении на глубину до 1 м в течение 30 мин).

Следующий пункт — возможность работать при экстремальных температурах окружающей среды. Обычные ЖК-дисплеи и мониторы, особенно больших диагоналей, не поддерживают достаточно широкого для ответственных применений диапазона температур. Чтобы устройство работало при температуре  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , компании-изготовители должны использовать различные методы расширения температурного диапазона ЖК-дисплея. К сожалению, отдельные производители закладывают в конструкцию обычный дисплей, надеясь, что он сможет работать и при температуре от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Кстати, интересно, что иногда коммерческие ЖК-дисплеи действительно могут работать при такой температуре, хотя срок их службы и будет значительно меньше (дело в том, что, как правило, ЖК при столь низких температурах почти полностью застывают и при включении в таком состоянии будут повреждены [1], однако повреждение может произойти не сразу, а сам дисплей даже способен пройти первоначальную проверку). Но задача ответственных разработчиков — сохранить продолжительный срок службы продукта при эксплуатации во всем диапазоне температур. В случае с защищенными мониторами разработчики применяют встроенный подогреватель (хитер), предназначенный для нагрева ЖК-дисплея до его паспортной рабочей температуры. Хотя предварительный нагрев и приводит к задержке включения, он значительно повышает надежность системы.

Хитеры для ЖК-дисплеев изготавливаются из прозрачной электропроводящей пленки (обычно из оксида индия-олова), вдоль краев которой наносятся токопроводящие шины с низким сопротивлением. Поверхность хитеров обычно покрыта прозрачным адгезивным слоем, с помощью которого хитер и крепится к дисплею. К шинам подается ток, обеспечивая равномерный нагрев поверхности. Как правило, используется мощность в пределах  $1\text{ Вт/дюйм}^2$  (рис. 1).



Рис. 1. Примеры хитеров

Использование хитеров позволяет расширить температурный диапазон дисплея. Например, для TN-матриц рабочий диапазон обычно находится в пределах  $-30...+80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а с хитером он расширяется до  $-55...+80\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Третье требование для рагедизированных мониторов — читаемость. В общем случае чем выше внешний контраст, тем легче наблюдателю считывать информацию в условиях яркого света [2]. Чтобы повысить внешний контраст, необходимо по возможности избавиться от отраженного от экрана света, например с помощью антибликовых и антиотражательных фильтров и поляризаторов, а также повысить яркость подсветки дисплея (рис. 2, таблица).

Высокая яркость обеспечивается применением мощных систем подсветки. Сейчас практически все производители используют светодиодную подсветку, поскольку она долго служит, мгновенно включается, легко переносит механическое воздействие и име-



Рис. 2. Пример защищенного монитора Boser в корпусированном и Open-Frame-исполнении [3]

ет широкий диапазон регулирования яркости без влияния на срок службы. Ко всему прочему, светодиодная система подсветки не требует высоковольтных схем питания, что очень важно, например во взрывоопасных зонах.

Что касается отраженного света, в основном во всех современных ЖК-дисплеях используются пленочные антибликовые и антиотражательные фильтры. Само по себе наличие таких пленок помогает увеличить внешний контраст, поскольку рассеивает и распределяет отражение света, однако проблема в том, что эти покрытия влияют только на внешний слой стекла дисплея, хотя свет также проходит через внутренние слои дисплея и отражается и от них, а антибликовые покрытия не могут этого предотвратить. И если в простых дисплеях зача-

Таблица. Характеристики защищенных мониторов Boser

Диагональ	12,1"	8,4"
Разрешение	1024×768	1280×1024
Яркость, кд/м <sup>2</sup>	800	1000
Интерфейс	HDMI/VGA	DVI/VGA
Корпус	Алюминиевый корпус IP 65	
Рабочая температура, °C	-40...+50	-40...+60
Опции	5-проводной резистивный сенсорный экран; Open-Frame-версия	5-проводной резистивный сенсорный экран

стую имеется три-четыре слоя, то в более сложных конструкциях количество слоев может доходить до семи-восьми. По мере того как свет проходит через каждый слой, изменяется показатель преломления, в результате чего неизбежно будут возникать отражения. Это искажение становится намного хуже у дисплеев, которые имеют воздушные зазоры между стеклянными слоями. Возникает вопрос: что с этим делать (рис. 3)?

Возможное решение: выбор экрана с оптическим бондингом. Оптический бондинг — это процесс формирования слоев на ЖК-дисплее, состоящих из защитного стекла, сенсорного экрана и других дополнительных прослоек, например рефлективной пленки. Для того чтобы удалить воздушный зазор между этими слоями, используется силиконовый гель или другой адгезивный материал. Затем сборка термоотверждается, и застывший слой геля скрепляет получившийся «сэндвич». Таким образом оптический бондинг устраняет внутренние отражения между слоями, поскольку показатель преломления становится единым. В итоге получаем высокий показатель внешнего контраста. К тому же оптический бондинг дает и другие преимущества — укрепляет конструкцию дисплея, защищает от конденсата и осадков пространство между слоями и не влияет на температурный диапазон дисплея (рис. 4).

Но лучшим решением станет применение поляризатора и четвертьволнового фазосдвигающего фильтра. При его использовании внешний свет сначала проходит через поляризатор, а потом через фазосдвигающий фильтр. Таким образом отсекается до половины проходящего внешнего света, а потом происходит поворот плоскости поляризации на  $45^{\circ}$ . Затем свет отражается, снова проходит через фазосдвигающий фильтр, который доводит сдвиг вектора поля до девяноста градусов. Такое излучение уже полностью задерживается поляризационным фильтром. В результате получаем на выходе отсутствие отраженного от внутренних слоев света [4] (рис. 5).

И наконец, еще один важный момент — сам по себе дисплей, будучи всего несколько миллиметров толщиной, не обеспечивает достаточную жесткость корпуса. Более того, при определенных вибронагрузках

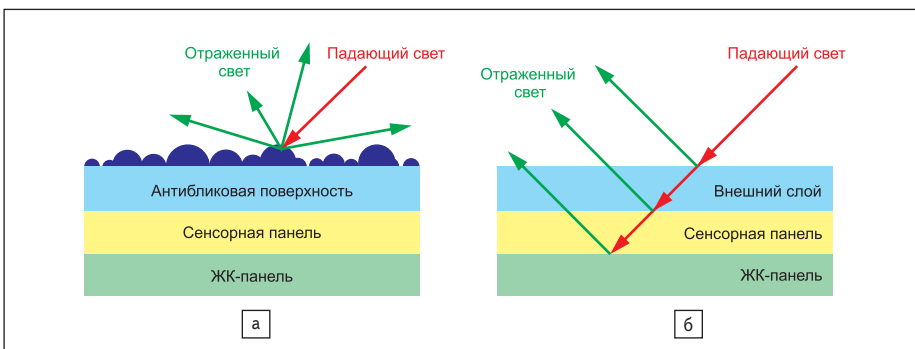


Рис. 3. Антибликовый фильтр: а) с фронтальным антибликовым покрытием; б) без фронтального антибликового покрытия

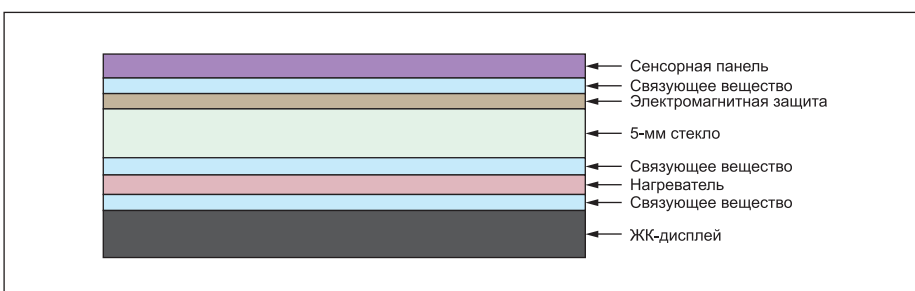


Рис. 4. Оптический бондинг

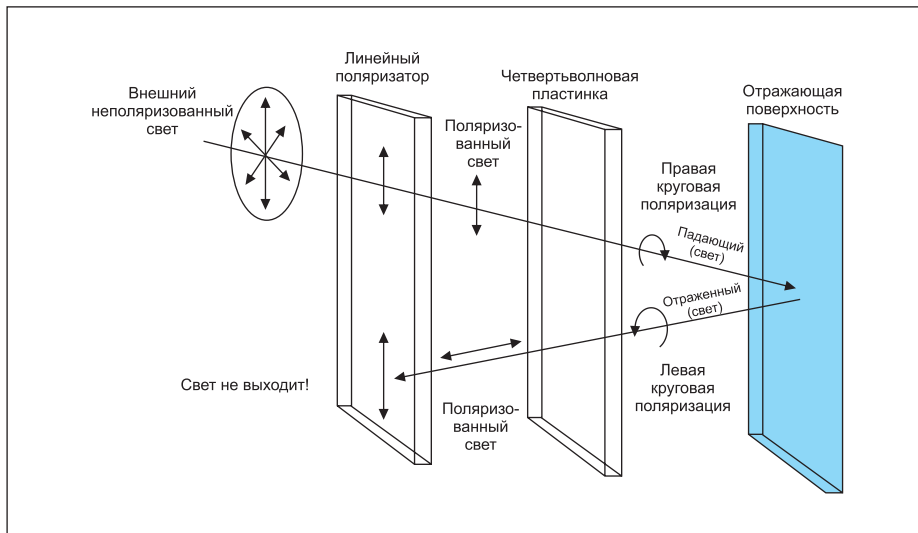


Рис. 5. Принцип работы поляризатора

сами ячейки жидких кристаллов могут разрушиться. Чтобы защитить монитор, ЖК-панель соединяется со слоем из закаленного стекла. Эта сборка может быть затем изолирована внутри корпуса для дополнительной защиты. Кроме механической защиты, слой стекла дает еще одно преимущество — он предлагает основу для нанесения многих видов покрытий, улучшающих оптические свойства дисплея, в том числе антибликовых и поляризационных. К тому же специальное

стекло может содержать электропроводящий слой для электромагнитной защиты.

И последнее. В современных интерфейсах человек-машина все чаще предусмотрены сенсорные экраны — в тех условиях, в которых предполагается эксплуатация системы, зачастую гораздо проще работать напрямую, чем использовать дополнительную клавиатуру и трекбол (к тому же они способны весьма серьезно увеличивать цену готового изделия).

## Заключение

Современные защищенные мониторы — это сложные устройства, которые подготовлены для использования в самых жестких условиях эксплуатации. При их создании инженеры должны решать множество задач, связанных с увеличением срока их службы и способности к работе в любых режимах.

Любой монитор, который претендует на «защищенность», должен удовлетворять основным базовым требованиям:

- стойкость к проникновению влаги и частиц внутрь корпуса;
- стойкость к высоким и низким температурам;
- стойкость к вибрации, падениям, ударам и другим видам внешних воздействий;
- высокий внешний контраст;
- длительный жизненный цикл.

## Литература

1. Беляев В. В. Вязкость нематических жидких кристаллов. Физматлит, 2002.
2. Самарин. А. Внешний контраст для OLED-дисплеев // Компоненты и технологии. 2007. № 7.
3. Матешев И. С. Защищенные мониторы Boser для жестких условий эксплуатации // Современная электроника. 2015. № 9.
4. Walker G. Optical bonding for improved LCD outdoor viewability. High Resolution. Veritas et Visus, Aug 2006.