

ЦВЕТНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ. TFT-МОДУЛИ В ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ. ЧАСТЬ 1

В современном промышленном оборудовании дисплей становится полноценным окном общения между автоматикой и человеком. На фоне снижения цен на TFT-панели разработчики все чаще применяют их в своих изделиях взамен монохромных ЖК-индикаторов. Всегда ли оправдан такой выбор? Этой теме посвящена первая часть статьи.

Индустриальный – значит консервативный (?)

В культурной традиции первой половины XX в. к цветному изображению отношение сложилось очень неоднозначное. Цветное кино, цветная фотография порой воспринимались как баловство, отвлекающее непритязательную публику, охочую до яркого эффекта, от замысла автора, сути произведения. Люди морщатся от «безвкусицы», представляя античные статуи или средневековые гравюры раскрашенными, а в случае фотографии «черно-белость» – и вовсе последнее прибежище бездарного фотографа.

Нечто подобное происходило и в мире промышленной электроники. К началу XXI в. цветные TFT-панели повсюду применялись в телевизорах, мониторах, банкоматах, информационных киосках, но и сегодня в промышленной индикации монохромные ЖКИ с пассивной матрицей (для простоты будем называть их далее просто ЖКИ) не сдают своих позиций. Более 10 лет они героически сдерживают натиск не только все дешевеющих TFT, но и новой угрозы – OLED-панелей. Последние в лице своей самой передовой версии AM OLED должны были бы смести и TFT-модули, но пока не задалось. Впрочем, судьба OLED – это материал, достойный отдельной статьи.

Каковы же ближайшие перспективы TFT-модулей на консервативном рынке индустриальной электроники, смогут ли они потеснить графические ЖКИ с пассивной матрицей?

Поскольку диагонали ЖКИ с пассивной матрицей крайне редко превышают 6", то и TFT-модули мы будем рассматривать только малых размеров: до 5,7" включительно. Знакосинтезирующие ЖКИ (например, одно-, двух-, четырехстрочные) и вовсе не имеют прямых эквивалентов среди TFT-модулей и являются, по сути, особым видом индикаторов, с TFT-панелями напрямую не конкурирующих.

Монохромный ЖКИ vs TFT-модуль: трудности выбора

При абстрактном рассмотрении, то есть вне фактических аспектов закупки и применения, преимущества TFT-модуля

перед ЖКИ достаточно очевидны: превосходные оптические характеристики – полноцветность, способность отображать высокочастотную «картинку». Даже такие параметры, как яркость, контрастность и углы обзора, тоже можно считать преимуществом TFT-модулей: в теории они могут быть высокими и у ЖКИ, но обычно становятся жертвой стремления всячески удешевить последние и упростить их технологию.

Если упомянутые преимущества имеют решающее значение, как, например, в случае многоканальных безбумажных регистраторов или кардиографов, разнообразие выводимой текстовой и графической информации не оставляет альтернатив цветным TFT-панелям: монохромная картинка будет крайне трудной для восприятия. О применениях, которые предполагают сложную цветную графику, таких как картографирование или потоковое видео с камер, можно и не говорить – монохромные ЖКИ здесь не рассматриваются вовсе.

Безусловно, есть и такие применения, где ЖК-технология отвергается в принципе. Это могут быть устройства, предназначенные для работы в очень широком диапазоне температур, что предполагает применение вакуумно- и электролюминесцентных индикаторов, в крайнем случае – OLED-дисплеев.

Что же происходит в остальных, более простых случаях, когда базовые преимущества TFT не являются критически важными, но могли бы повысить информативность и маркетинговую привлекательность устройств заказчика? Это те самые генераторы частоты, устройства релейной защиты, датчики давления и температуры, контроллеры источников питания, коммутационное оборудование и т. д.

Какие факторы влияют на выбор в пользу ЖК- или TFT-индикатора? Постараемся рассмотреть эти факторы в порядке, соответствующем их значимости в глазах большинства или, во всяком случае, значительной части потребителей, не особо искушенных в теме промышленных средств индикации.

Цена

До последнего времени было принято считать TFT-модули значительно более дорогими, нежели привычные ЖКИ. Это представление было вполне верным еще лет 7–10 назад, когда конструктивная и технологическая сложность первых предполагала их в разы большую стоимость. Сегодня, с повсеместным распространением TFT-панелей (от миниатюр-



Индустриальный класс – что это значит?

В отличие от прочих электронных компонентов, в мире средств отображения «индустриальный» класс не подразумевает обязательные расширенные эксплуатационные характеристики. Основным потребителем TFT-модулей являются производители бытовой и компьютерной видеотехники, мобильных устройств. Большинство TFT-панелей производится именно под нужды таких заказчиков, срок их нахождения в массовом производстве до снятия с конвейера (жизненный цикл) определяется жизненным циклом изделия заказчика. То есть действует следующий принцип: сняли телефон или телевизор с производства – нет и TFT-модулей к нему.

Для производителей промышленного оборудования выделен особый класс TFT-модулей с длительными жизненными циклами – до трех-пяти лет, а перед снятием их с производства обычно анонсируется модель-«преемник», близкая по характеристикам. Индустриальные модули существенно дороже (порой раза в три-четыре) своих близких по характеристикам «коммерческих» собратьев. Расширенный температурный диапазон и иные эксплуатационные характеристики, с которыми часто ассоциируется слово «индустриальный», являются частым, но вовсе не обязательным их атрибутом.

ных дисплеев мобильных телефонов до огромных телевизоров), ситуация кардинально изменилась. Именно массовость играет роль первой скрипки в формировании стоимости и, в конечном счете, цены TFT-панели.

Для примера: 3,5" TFT-модуль, пришедший с рынка мобильных дисплеев, может стоить у нас в стране менее \$8, в то время как ЖКИ близкого размера с разрешением, допустим, 240x128 пикселей обычно не дешевле \$15. И не важно, что TFT-модуль сложнее и совершеннее: серийность мобильных устройств измеряется сотнями тысяч и миллионами штук, а серийность какого-нибудь «толщиномер» или детектора обрыва цепи – в лучшем случае тысячами.

Индустриальные TFT-модули, особенно «премиальных» производителей, таких как Toshiba, Mitsubishi и КОЕ, значительно дороже: модели с диагональю 3,5–5,7", как правило, стоят не менее \$50. В особенности это касается моделей с улучшенными эксплуатационными характеристиками – расширенным температурным диапазоном или функцией читаемости на солнце. В этом случае цена 4,3–5,6" панелей может уходить далеко за \$100. Казалось бы, все возвращается к понятной схеме: ответственный заказчик окажется перед выбором – доступный по цене, но монохромный ЖКИ и дорогой, но информативный и цветной индустриальный модуль... Однако это было бы упрощением. На сегодня в Юго-Восточной Азии довольно много производителей, предлагающих доступные по цене TFT-модули, близкие по цене к ЖКИ. Как

правило, это не вертикально-интегрированные компании полного цикла, а компании, сделавшие себе имя на обычных ЖКИ (Easttop, Ampire, Powertip, Formike и проч.). Используя как исходный продукт, полуфабрикат, «стекла» (модуль без подсветки и рамки) коммерческих модулей производства ведущих компаний Innolux, AUO, Hannstar, они предлагают свои TFT-модули по ценам, близким к ЖКИ соответствующих габаритов. Что интересно, при этом обеспечивается жизненный цикл, порой близкий к классическим «индустриальным» модулям. Имея возможность дорабатывать интерфейс и, в известной степени, габариты, эти производители «второго эшелона» как бы демпфируют непредсказуемость судьбы коммерческих TFT-модулей, выпуская однотипную продукцию, даже если исходный продукт («стекло») несколько раз снимался с производства. Такие модули можно назвать «квазииндустриальными».

Интерфейсы

Замечательным свойством большинства ЖКИ является простота интерфейсов: как правило, их драйверы поддерживают связь со внешним миром посредством параллельных восьми- и четырехбитных интерфейсов, а порой и рядом последовательных (SPI, реже I²C и UART). В этом смысле ЖКИ является обычным электронным компонентом, с ним справится практически любой квалифицированный инженер-схемотехник, поскольку дисплей здесь лишь одно из периферийных устройств. С точки зрения поставщика продвигать ЖКИ также не



Рис. 1. Преимущества цветных TFT-модулей при необходимости отображения сложной параметрической информации очевидны



Рис. 2. TFT-модули, применяемые в телефонах, порой намного дешевле невзрачных монохромных ЖКИ равного размера

сложно: никакой особой технической поддержки, как правило, не требуется.

В общем случае TFT-модуль стоит особняком. Большой объем данных, которые он призван отображать, поступает к нему обычно через

специализированные, свойственные в основном только TFT, интерфейсы – параллельный D-RGB (он же CMOS либо TTL) или LVDS на основе дифференциальных пар. В подавляющем большинстве TFT-модулей ведущих производителей применяются именно эти интерфейсы. Для инженера это само по себе создает сложности, поскольку большинство существующих микроконтроллеров напрямую работать с такими интерфейсами не умеет. Задача преобразования интерфейса усложняется небольшой распространенностью подобных микросхем-драйверов на рынке электронных компонентов и нежеланием самих инженеров работать с нетипичными для микроконтроллерной техники интерфейсами.

Существует несколько путей решения такой проблемы. Во-первых, даже в линейке основных производителей встречаются модули, обладающие, кроме основного D-RGB, также и 8/16-бит MCU/CPU- и SPI-интерфейсами, но это, в основном, создает небольшие (до 2,8") «телефонные» TFT-панели, чей век в производстве недалек. Во-вторых, на помощь приходят уже упомянутые производители «второго эшелона», предлагающие TFT-модули с доработанными интерфейсами: зачастую это серийный модуль того же Innolux или Hannstar с приклеенной платой преобразования. Такие продукты составляют значительную долю упомянутых выше «квазииндустриальных» модулей.

Если же заказчик ориентирован на применение только «брендового» индустриального модуля, то задачу преобразования интерфейса придется решать самостоятельно. В ряде случаев на помощь приходят некоторые китайские компании, произрастающие на ниве дисплейной периферии.

Они готовы предоставить (а иногда и разработать «под заказ») готовые платы преобразования. Правда, цена их порой приближается к стоимости самого модуля.

Хорошим и вполне бюджетным решением является изначальное применение микроконтроллеров, поддерживающих, среди прочих, интерфейсы D-RGB (CMOS) и, в ряде случаев, LVDS. Все больше таких устройств встречается в линейках ведущих производителей – STMicroelectronics, Texas Instruments, NXP... Особенно хотелось бы отметить микроконтроллеры серии RZ компании Renesas RZ. Их цена – одна из самых низких на рынке (от \$8). Как правило, такие микроконтроллеры представляют собой модификации наиболее производительных решений того или иного производителя. Применяя их, разработчик решает задачу в комплексе, получая одновременно и мощное ядро, и «периферию», и возможность работать с TFT-модулем напрямую. Другое дело, что этот поход требует порой некоторой смены мировоззрения. Необходимо признать, что дисплей – ключевой игрок в новой разработке, а не вспомогательный компонент, о котором можно подумать попозже. В таблице 1 для наглядности приведено сравнение одного из классов TFT-модулей.

Свобода выбора

В отличие от ЖКИ, которые производятся множеством азиатских, порой полукустарных, компаний, TFT-модуль – продукт технологичный. Производители полного цикла – компании солидные: не только электронные, но и химико-технологические концерны с оборотами в миллиарды долларов США. При всем ува-

МОДУЛЬ, ДИСПЛЕЙ, МОНИТОР?

Как ни странно, терминология в мире средств отображения до сих пор не устоялась. В статье дисплей рассматривается как функциональный узел, отвечающий только за отображение информации. В случае решений на основе TFT-матрицы будем использовать термины «панель» и «модуль» – то есть, сборка из «стекла», заготовки на основе TFT-матрицы, поляризаторов, светофильтров и пр., подсветки с некоторыми «базовыми» интерфейсами. Обычно это параллельный RGB или LVDS, реже – SPI и 8/16-бит CPU (MCU). Для модулей не характерны композитные, VGA, DVI и подобные им интерфейсы, а также наличие органов управления – кнопок и переключателей. Это прерогатива другого класса изделий, мониторов.

В отличие от индустриального оборудования, содержащему TFT-модули в своем составе, его производители редко могут похвастаться серийностью в сотни тысяч и миллионы штук, как в случае рынка бытовой техники и мобильных устройств, наиболее потенциального для таких грандов, как Samsung, AU Optronics, Innolux.

Для рынка промышленной электроники предлагается сравнительно ограниченная индустриальная линейка диагоналей/разрешений.

В ином случае придется подбирать «объедки со стола феодала», выбирая из того, что предлагается для производителей мобильных телефонов, планшетников и наладонников – тех самых Nokia, HTC, Lenovo, Fly... Сами производители TFT-модулей крайне неохотно продают такие продукты «на сторону» по официальным каналам. Разработка же заказного индикатора «с нуля», столь популярная в мире ЖКИ, в случае TFT-модуля обойдется минимум в \$150–200 тыс. с обязательством выкупить не менее нескольких десятков тысяч изделий. В случае производителей «второго эшелона» за умеренные деньги (несколько тысяч долларов) под ваши требования могут доработать интерфейсы или выводы, но никак не само «стекло».

Таблица 1. Сравнение классов малогабаритных TFT-модулей

Класс TFT-модуля	Индустриальный	Коммерческий	«Квазииндустриальный»
Жизненный цикл	3–5 лет	не заявлен	от года
Типичные интерфейсы	D-RGB (CMOS, TTL)	D-RGB (CMOS, TTL), для ряда моделей – SPI, 8/16-бит CPU	D-RGB (CMOS, TTL); SPI, 8/16-бит CPU опционально
Стоимость условной панели 3,5" в России, \$	30–70	от 10	от 20

То есть, приняв решение о применении TFT-модуля, необходимо примериться к существующему предложению, а не рассчитывать на то, что ответ найдется потом – с необходимыми характеристиками, да еще и идеально совпадающий с окном на лицевой панели прибора. Если уж выбор пал не на индустриальную TFT-панель, то лучше рассматривать популярные диагонали/разрешения (табл. 2): это упростит жизнь разработчиков (корпусов, как минимум) при снятии TFT-модуля с производства. Даже если TFT-панель с диагональю 4,8" и разрешением 800×480 так и просится в изделие, стоит пожертвовать красотой и информативностью, выбрав нечто более стандартное.

Таблица 2. Распространенные диагонали и разрешения малогабаритных TFT-модулей

Диагональ, дюйм	Индустриальный
2,4	320×240 240×320 («портретный»)
2,8	320×241 240×320 («портретный»)
3	320×242 240×320 («портретный»)
3,5	320×243 240×320 («портретный»)
4,3	480×272 272×480 («портретный»)
5,6–5,7	320×240 640×480

Подсветка

Да, ЖКИ могут применяться без подсветки, экономя сотни милливатт энергопотребления и при этом неплохо читаясь на солнце, – если выполнены по отражательной (т. н. reflective) или совмещенной (transflective) технологии. Современные же TFT без подсветки практически бесполезны. Немногочисленные (единичные) и очень дорогие TFT-модули, выполненные по transflective технологии, – это, скорее, исключение, подтверждающее правило. Отраженный свет используется в них как дополнительная подсветка, а при высокой освещенности изображение различимо и при отключенной подсветке. Насколько разовьется эта технология – пока судить рано.

Стереотипы – они существуют

Все упомянутые факторы так или иначе связаны со стереотипными точками зрения, но есть и чисто психологические моменты.

Да, выбор в пользу TFT-панели однозначно повышает информативность, маркетинговую привлекательность изделия, даже скучный автомат релейной защиты выглядит модно и современно с цветным дисплеем высокого разрешения. Однако это же многоцветие порой пугает, как бы противоречу утилитарности прибора, и кажется чем-то избыточным, несерьезным. Все же большинство ЖКИ – это именно идейные наследники аналоговых, электролюминесцентных, газоразрядных индикаторов, а никак не телевизоров. Ситуация, правда, меняется: цветных дисплеев вокруг так много, что даже самые консервативные разработчики преодолевают стереотипы, цвет побеждает.

БЫВАЮТ ЛИ ЦВЕТНЫМИ ЖКИ С ПАССИВНОЙ МАТРИЦЕЙ?

Правильный ответ – были. Еще несколько лет назад такая технология применялась, а на рынке эти индикаторы часто обозначались как CSTN (Color STN). Подобные ЖКИ могли отображать 4/16 цветов, но качество, особенно если изображение было динамичным, заставляло желать лучшего: картинка выглядела смазанной, нечеткой. С повсеместным распространением TFT-технологии данный тип индикаторов практически исчез.

Интересно, что стереотипы играют на руку и TFT-панелям. Допустим, сенсорные экраны могут применяться практически с любым типом индикатора, а то и вовсе без него, но ассоциируются именно с цветными TFT-дисплеями. Случаи, когда заказчик тверд в намерении применять сенсорный экран, но останавливается на ЖКИ, довольно редки.

Правильный выбор – его отсутствие

Качественное улучшение отображения информации в изделии посредством перехода на цветной TFT-модуль требует некоторых затрат и усилий. Заказчик может столкнуться с такими проблемами, как высокая стоимость проекта, необходимость в дополнительных услугах разработчиков и т. д. и т. п. В то же время сегодня выбор в пользу TFT-модуля – не такое уж драматичное решение. Эта индустрия, как и производство сопутствующих решений, сегодня достаточно развита, чтобы предоставить разработчику известную свободу выбора, часто даже без увеличения себестоимости изделия.

Означает ли это отказ от монохромных графических ЖКИ? Ни в коем случае! Уменьшение их доли в общем объеме промышленных индикаторов происходит, но они не исчезнут. Их преимущества – простота интерфейсов, возможность недорогой разработки и модификации под требования заказчика, практически неограниченный жизненный цикл... Заказ будет исполнен, даже при объеме 100 шт. в год им гарантировано место под солнцем. Более того, оптические характеристики и разнообразие подсветки порой подталкивают заказчиков сделать выбор в пользу ЖКИ, особенно если на другой чаше весов TFT-модуль сомнительного происхождения, который могут снять с производства в любой момент.

Стоит ли говорить, что пока в нашей жизни остается место и для многих других технологий – электролюминесцентной, вакуумно-люминесцентной с их малой чувствительностью к температуре окружающей среды, и т. п. Даже потенциальные «могильщики» ЖКИ – OLED-модули – уже добрый десяток лет мирно сосуществуют с ЖКИ, не предлагая пока столь же широкую номенклатуру и столь же доступные цены.

Настоящее и пока почти безраздельное царствование TFT-технологии начинается в области диагоналей выше 5,7". Перед заказчиком встает проблема совсем иного плана: самостоятельное решение на основе TFT-модуля или приобрести готовый промышленный монитор. Об этом мы поговорим в следующей части статьи.

