

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

ТАНАСИС РАХМАН
tanasis.rahman@ptelelectronics.ru



В современном промышленном оборудовании дисплеи становятся 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 неприятельную публику, охочую до яркого эффекта, от замысла автора, сути произведения. Люди мор-

щатся 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 про-

мышленной 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 передней 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 промышленной 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

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 ассоциируются слово «индустриальный», являются частым, но вовсе не обязательным их атрибутом.

очевидны: превосходные оптические характеристики — полноцветность, способность отображать высокодинамичную «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 слож-

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.

ность первых предполагала их в разы большую стоимость. Сегодня, с повсеместным распространением TFT-панелей (от миниатюрных 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.

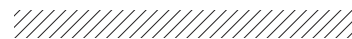
Для примера: 3,5" TFT-модуль, пришедший с рынка мобильных дисплеев, может стоить у нас в стране менее \$8, в то время как ЖКИ близкого размера с разрешением, допустим, 240×128 пикселей обычно не дешевле \$15. И не важно, что TFT-модуль сложнее и совершеннее: серийность мобильных устройств измеряется 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 KOE, 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



◀ Преимущества цветных TFT-модулей при необходимости отображения сложной параметрической информации очевидны

◀ TFT-модули, применяемые в телефонах, порой намного дешевле невзрачных монохромных ЖКИ равного размера



компании полного цикла, а компании, сделавшие себе имя на обычных ЖКИ (Eeastop, 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 несложно: 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 имен-

но 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, совсем небольшие (до 2,8") «телефонные» TFT-панели, чей век в производстве недолог. 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... Особо хотелось

бы отметить микроконтроллеры серии RZ компании Renesas RZ. Их цена — одна из самых низких на рынке (от \$3). 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 подход 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 уважении к индустриальному оборудованию, 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 «объекты 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

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

«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».

То есть, приняв решение о применении TFT-модуля, необходимо определиться 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.

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 противореча 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.

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 применить сенсорный экран, но останавливается на ЖКИ, довольно редки.

ПРАВИЛЬНЫЙ ВЫБОР — ЕГО ОТСУТВИЕ

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 объ-

ТАБЛИЦА 2. РАСПРОСТРАНЕННЫЕ ДИАГОНАЛИ И РАЗРЕШЕНИЯ МАЛОГАБАРИТНЫХ TFT-МОДУЛЕЙ

Диагональ, дюйм	Разрешение
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

еме 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. ●

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.