

# TFT – теория и практика

Печатается с разрешения журнала Chip News Украина (chipnews.com.ua)

**Евгений Рахно (г. Киев, Украина)**

Компания Microchip всегда славилась всесторонней поддержкой пользователя и обилием AppNotes, но, не смотря на это, многие вопросы до сих пор кажутся пользователям чересчур сложными. К таким вопросам относится и тема TFT-индикаторов. В данной статье мы с точки зрения как теоретиков, так и практиков, попробуем разобраться в данном вопросе.

Нельзя сказать, что рынок TFT-индикаторов для встроенных систем переполнен, однако даже сейчас трудно разобраться, что же в действительности поставляет тот или иной поставщик, предлагая весьма заманчивые цены.

Для начала давайте определимся, из чего же состоит TFT-индикатор (при кажущейся простоте вопроса всё несколько сложнее, чем кажется):

- «стекло»;
- буфер памяти;
- графический контроллер;
- Touch-пад (опционально).

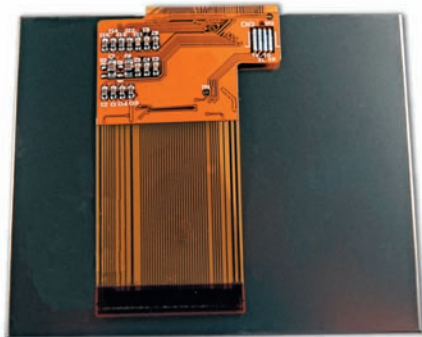


Рис. 1. TFT-индикатор без графического контроллера

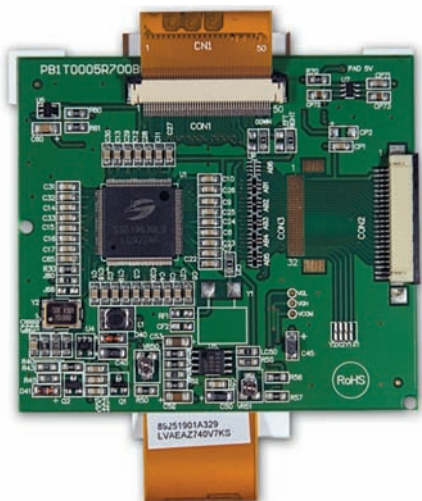


Рис. 2. TFT-индикатор RFC57A1 – «все включено»

## «СТЕКЛО»

*Теория.* Со «стеклом» всё более-менее понятно – это то, на чём отображается картинка. «Негативное стекло» и «синяя подсветка» в случае с TFT-индикатором неуместны, ведь главное в TFT – правильное изображение. Стекло может как быть «голым», так и иметь установленные микросхемы для управления «развёрткой экрана». Если контроллер, при помощи которого вы собираетесь управлять TFT-индикатором, довольно таки мощный и имеет на борту встроенный буфер памяти и встроенный графический контроллер, то «голового» стекла вам будет вполне достаточно и переплачивать лишние деньги не следует. Руководствуясь именно этими соображениями, многие фирмы-производители выпускают TFT-индикаторы без буфера памяти и без графического контроллера (рис. 1)!

*Практика.* Цена «голового» TFT кажется весьма заманчивой, но для управления требуется контроллер с огромным ОЗУ и очень высокой производительностью (150 MIPS и выше).

## БУФЕР ПАМЯТИ (FRAME)

*Теория.* В буфере памяти хранится «слепок» экрана. Так как мы имеем дело с цветным индикатором, необходимо затронуть вопрос цвета. Для формирования одного в TFT-индикаторе используется RGB-модель – аддитивная цветовая модель, в которой красный (Red), зелёный (Green) и синий (Blue) смешиваются воедино, воссоздавая полный спектр цветов (на практике это выглядит как три микроскопических прямоугольника). Управляя яркостью каждого из них, мы и получаем цвет. На сегодня самыми распространёнными моделями RGB-цветности для встроенных приложений являются RGB 565 и RGB 666:

- RGB 565: red – 5 бит, green – 6 бит, blue – 5 бит, 16 бит – 65 536 цветов. Для хранения информации о точке требуется два байта;
- RGB 666: red – 6 бит, green – 6 бит, blue – 6 бит, 18 бит – 262 144 цвета. Для хранения информации о точке требуется три байта.

*Практика.* RGB 565 охватывает меньший цветовой диапазон, но требует в полтора раза меньше ОЗУ для хранения информации о точке, нежели RGB 666. Советуем перевести монитор своего компьютера из режима 32 бит в режим 16 бит – разница между режимами не так уж и велика, не говоря уже о разнице 16/18. Зачастую TFT-индикаторы работают именно в 18-битном режиме, но даже в этом случае мы всё равно советуем использовать систему 565, а для согласования с 666 выполнять сдвиг R- и B-каналов на один бит влево: RGB 565 (RRRRR GGGGG BBBBB) × RGB 666 (RRRRR0 GGGGG BBBBB0).

Расчёт объёма буфера памяти для индикатора 320 × 240 с глубиной цвета 16 бит даёт нам следующие цифры: буфер = «количество точек» × «глубина цвета» = 320 × 240 × (16/8) = 153 600. Согласитесь, далеко не каждый контроллер способен безболезненно отдать такой объём ОЗУ под графику.

## ГРАФИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛЕР (CONTROL BOARD)

*Теория.* Графический контроллер – это микросхема (или набор микросхем) для обмена данными между буфером памяти и «стеклом», а также для «связи с внешним миром» посредством параллельного интерфейса Intel 8080 или Motorola 6800. Также графический контроллер может иметь набор команд «графического ускорителя», например, команды для черчения линий, окружностей, многоугольников, заливки области определённым цветом, инверсии, наложения изображений.

*Практика.* Графический контроллер включает в себя всё необходимое для управления «голым» стеклом, включая буфер памяти, и размещается он на обратной стороне TFT-индикатора. Исхо-

для из финансовых соображений, наиболее оптимальным решением является покупка TFT с графическим контроллером на борту (TFT+Frame+ControlBoard), например, RFC57A1 (5,7", 320 × 240, управляющий контроллер на борту, touch-pad) и RFC35B1 (3,5", 320 × 240, управляющий контроллер на борту, touch-pad) (рис. 2).

## ПОДКЛЮЧЕНИЕ К МИКРОКОНТРОЛЛЕРУ

**Теория.** В случае «голого» стекла сам факт подключения вызывает сомнения, а для подключения к графическому контроллеру по протоколу Intel 8080 вам понадобятся следующие сигнальные линии: Data [0..7], WR/RD/CS/DC(RS). В случае использования аппаратного параллельного мастер-порта микроконтроллера данные сигналы вешаются напрямую на мастер-порт. В случае, если контроллер не имеет такой периферии, данную проблему можно решить на программном уровне.

Также вам понадобится подключить напряжение питания (3...3,3 В), напряжения подсветки и сигнал RST сброса графического контроллера. Опционально – подключения Touch-pad.

**Практика.** Все управляющие сигналы и линии питания подключаются через гибкий 20-контактный шлейф (CON2 на рис. 2). Touch-pad – гибкий четырёхконтактный шлейф (шлейф является частью TFT-индикатора).

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

**Теория.** Всё сложно. Самостоятельно написать программное обеспечение для работы с TFT-индикатором, конеч-


но, возможно, но займёт это не один месяц.

**Практика.** Как уже отмечалось выше, компания Microchip предоставляет полную техническую поддержку, в рамках которой пользователь абсолютно бесплатно получает графическую библиотеку Microchip (условием бесплатного распространения библиотеки является её использование совместно с микроконтроллерами Microchip).

Библиотека содержит в себе такие функциональные блоки:

- инициализация микроконтроллера;
- доступ к параллельному мастер-порту (PMP);
- инициализация графического контроллера;
- функция «точка»: точки заданного цвета в видимой области TFT-индикатора;
- функции основных графических примитивов: линия, многоугольник, окружность, закрашенный многоугольник и т.д.;
- функции сложных графических объектов: кнопки, вывод текста (включая выравнивание слева/по центру/справа и т.д.), check box, progress bar, scroll, поля ввода и редактирования данных, построение диаграмм, графиков и т.д.;
- функции отображения графики и анимации, добавление пользовательских шрифтов.

Данная библиотека поставляется в виде открытого кода – все «исходники» доступны. Структурная схема графической библиотеки Microchip приведена на рис. 3. Изначально она рассчитана на работу с цветом в формате RGB 565.

Изображение на TFT-индикатор выводится при помощи функции putpixel, которая и контактирует с «железом» индикатора, остальные объекты просчитываются программно и выводятся на дисплей при помощи функций putpixel и getpixel. Такой подход позволил получить гибкую библиотеку, теоретически совместимую с любым индикатором, присутствующим на рынке. Полный перечень графических контроллеров, поддерживаемых данной библиотекой, можно найти на сайте [www.microchip.com/qvga](http://www.microchip.com/qvga). 

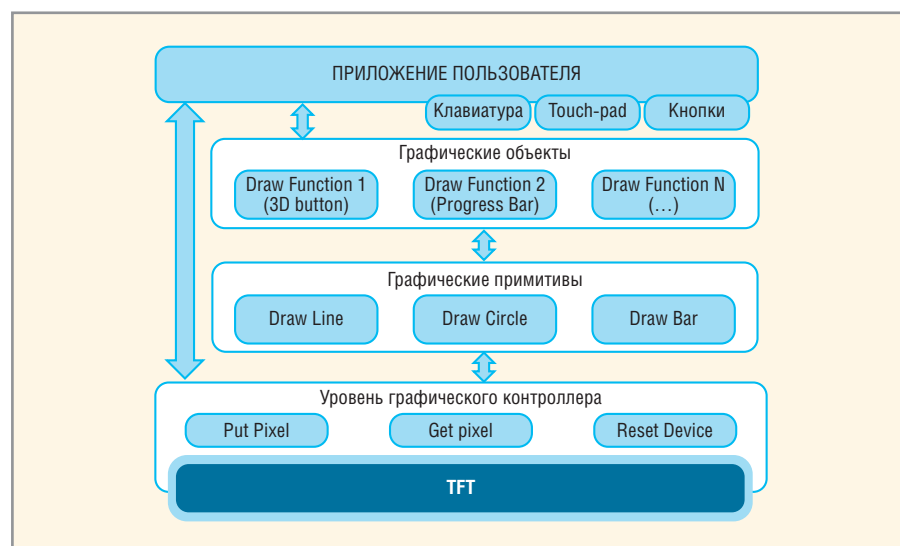


Рис. 3. Структурная схема графической библиотеки Microchip