

# Дисплейные модули «Терраэлектроники» со встроенными графическими функциями

Владимир Бродин, [brodin@terraelectronica.ru](mailto:brodin@terraelectronica.ru)

Дмитрий Спирякин, Вадим Семенов, «Терраэлектроника»

**В** статье представлены универсальные дисплейные модули TE-ULCD35 и TE-ULCD56 компании «Терраэлектроника», выполненные на основе ARM7-микроконтроллера (МК) LPC2478 и цветных графических дисплеев с диагональю 3,5 и 5,6 дюймов. Модули имеют предустановленные библиотеки графических функций в памяти микроконтроллера. Обслуживание цветного графического дисплея с помощью специализированного 32-разрядного микроконтроллера позволяет разделить функции отображения информации и управления, реализовать современный и дружелюбный графический интерфейс как в 32-разрядных, так и в 16- и 8-разрядных системах. Модули представляют собой завершенные решения, готовые для установки в изделия в качестве устройств отображения цветной графической информации.

В настоящее время на рынке 32-разрядных МК имеется ряд моделей, имеющих встроенный контроллер цветного графического дисплея. Использование этих МК для создания систем, сочетающих управление объектами с отображением информации, позволяет получить весьма эффективные решения. Однако применение единственного в системе МК и для управления, и для обслуживания дисплея связано с непростыми расчетами временных соотношений этих процессов. Для создания развитого интерфейса пользователя требуется разработать библиотеку графики.

Задача проектирования производительной микроконтроллерной информационно-управляющей системы с развитым и дружелюбным интерфейсом оператора может быть решена с помощью структуры на основе двух или нескольких МК, каждый из которых специализируется на выполнении одной или

нескольких функций. Связи между МК часто целесообразно организовать через последовательные скоростные интерфейсы. При таком подходе отображение на цветном графическом дисплее может формировать специализированный 32-разрядный МК, а управление системой выполнять другой микроконтроллер, в т.ч. 16- или 8-разрядный (см. рис. 1).

Современным 32-разрядным МК, имеющим встроенный контроллер дисплея, является LPC2478, старшая модель семейства ARM7 компании NXP. Компания «Терраэлектроника» на основе этого микроконтроллера, а также цветных графических дисплеев с диагональю 3,5 и 5,6 дюймов разработала универсальные дисплейные модули TE-ULCD35 и TE-ULCD56.

В память программ МК на этапе изготовления загружается библиотека графических функций. Функции можно вызвать из прикладной программы при помощи SPI-команд. Это значительно упрощает формирование изображения на ЖК-дисплее, а также обслуживание сенсорного экрана. Имеется возможность обновления загруженной библиотеки. Для хранения графических объектов пользователя предназначена карта microSD.

Общий вид дисплейного модуля TE-ULCD35 представлен на рисунке 2.

Модуль TE-ULCD35 включает:

- дисплей с диагональю 3,5 дюйма, разрешением 320×240 точек и сенсорным экраном;
  - микроконтроллер LPC2478: 16/32-разрядное ядро ARM7TDMI-S, 72 МГц, 512 Кбайт флэш-памяти программ, 98 Кбайт SRAM, контроллер ЖКД;
  - внешнюю NOR флэш-память объемом 4 Мбайт и SDRAM объемом 8 Мбайт;
  - слот-карты microSD;
  - разъем порта SPI;
  - разъем питания +5 В;
  - посадочное место отладочного разъема JTAG 2×20;
  - посадочное место клеммного разъема питания +5 В;
- Размещение элементов на универсальной плате графического микроконтроллера представлено на рисунке 3.

Модуль TE-ULCD56 выполнен с использованием той же платы графического микроконтроллера, но имеет дисплей с диагональю 5,6 дюймов, разрешением 640×480 точек и сенсорным экраном.

Для разработчика дисплейные модули представляются в виде программно-логической модели, которая включает спи-

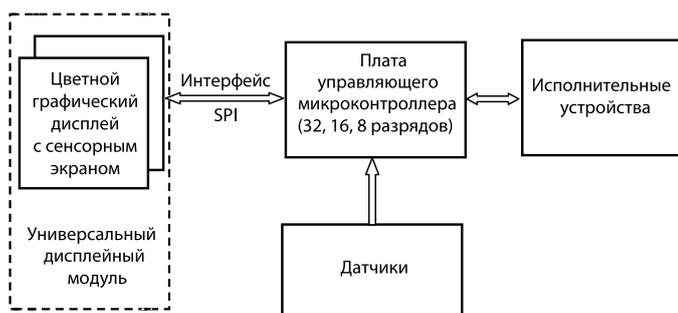


рис. 1. Структура микроконтроллерной системы с выделенным дисплейным модулем



рис. 2. Общий вид дисплейного модуля TE-ULCD35

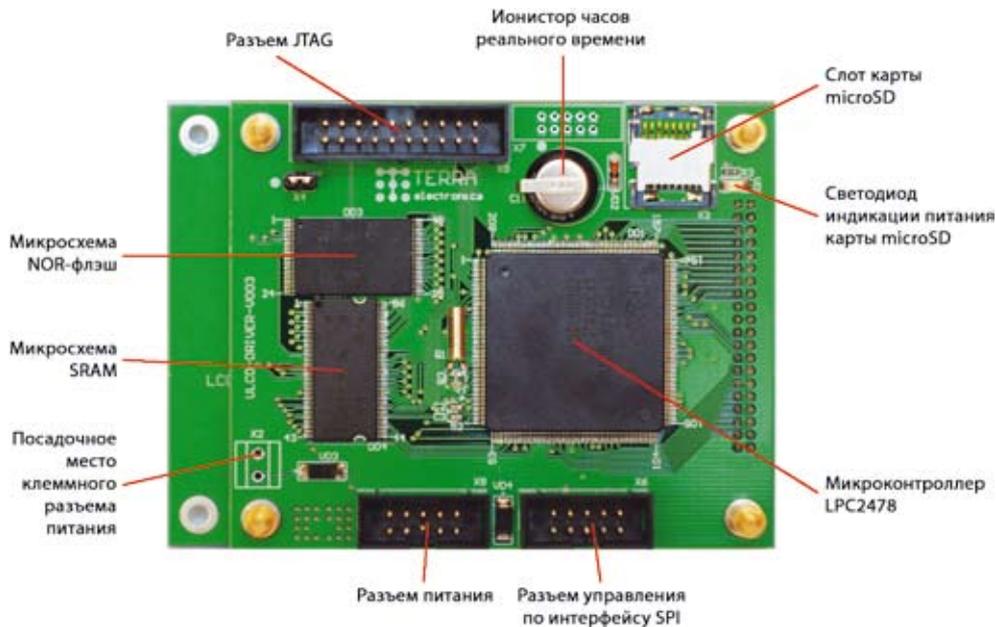


рис. 3. Размещение элементов на универсальной плате графического микроконтроллера

сок программно доступных регистров и набор SPI-команд. Определим некоторые термины, которые далее употребляются в тексте.

**Виджет** (англ. *widget*), или **элемент управления**, — примитив графического интерфейса пользователя, имеющий определенный внешний вид и выполняющий определенные действия. Примерами могут служить следующие элементы управления:

- кнопка (*button*);
- список (*list box*);
- панель инструментов (*toolbar*);
- панель (строка) статуса (*status bar*);
- полоса прокрутки (*scrollbar*);
- меню (*menu*);
- окно (*window*);
- дерево — элемент для отображения иерархии (*tree view*).

**Скрипт** (в этом тексте) — это последовательность команд по формированию виджетов. Механизм скриптов позволяет отлаживать программное обеспечение для дисплейного модуля автономно, без второго микроконтроллера, формирующего SPI-команды. Вместо команд можно записать скрипт на карту microSD, запустить его на выполнение и увидеть на дисплее результат.

**Регистр** — область памяти размером 32 бит. Бывают регистры общего назначения и регистры специального назначения, у каждого регистра имеется адрес. Регистры специального назначения делятся на регистры конфигурации модуля и регистры управления виджетами. Регистры управления виджетами делятся на регистры работы с SPI-командами и регистры для команд из скриптов.

**Контейнер** — область памяти произвольного размера.

**Шрифт** — это тип, объявляющий, что содержимое контейнера является шрифтом.

**Объект** — это экземпляр одного из типов: контейнер, виджет, шрифт. У объекта есть идентификатор (id). При создании объекта его идентификатор записывается в регистр CURRENT. Таким образом, текущим может быть только один объект, с которым оперируют все команды. Регистров CURRENT два: один для SPI-команд, другой — для команд из скриптов. У всех объектов типа виджет, кроме Frame, указываются виджет-родители. Родители полностью управляют дочерними объектами, координата объекта отсчитывается от родительского объекта.

Для создания графического интерфейса на дисплеях модулей TE-ULCD35 и TE-ULCD56 программист может использовать набор виджетов, который в настоящее время включает описанные ниже элементы.

#### ЭЛЕМЕНТЫ ГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА

Виджет **Frame** является корневым окном, предназначенным для размещения других компонентов. Компонент всегда имеет размер, равный размеру ЖКИ, который не может быть изменен. Координата размещения компонента всегда равна нулю. Окно можно назначить в качестве родителя для любого элемента.

Виджет **Window** представляет собой пустое окно. Окно обладает набором свойств, каждое из которых можно изменять соответствующими командами. Это координата, размер, цвет фона. Свойства данного компонента также присущи всем остальным компонентам. Окно обрабатывает базовые события, такие как нажатие на панель, отпускание панели, нажатие и удержание, перевод указателя из-за пределов окна в его пределы, и наоборот.

Виджет **Panel** является панелью для размещения других компонентов. В отличие от компонента Frame, компонент Panel обладает размером и может быть размещен как на компоненте Frame, так и на других компонентах Panel. Кроме того, компонент обладает всеми свойствами компонента Window и обрабатывает аналогичные события. Окно можно назначить в качестве родительского для других элементов. Компоненту могут быть установлены стили для рамки.

Виджет **StaticLine** представляет собой линию с тенью. Он может быть использован в интерфейсе для отделения одних компонентов от других. Свойства и события окна соответствуют компоненту Window. Элементу могут быть установлены стили для ориентации.

Виджет **Button** позволяет поместить кнопку в окне и выполнить какие-либо действия при ее нажатии во время выполнения программы. Компонент обрабатывает только событие нажатия на кнопку и имеет все свойства компонента Window, кроме фоновой цвета. Компоненту также могут быть назначены данные (текст метки), шрифт и цвет текста.

Виджет **Text** служит для отображения текста на экране. Кроме стандартных свойств компонента Window ему могут быть назначены данные (текст метки), шрифт и цвет текста. Размер компонента устанавливается автоматически, в зависимости от

таблица 1. Регистры общего назначения

Адрес (8-бит)	Имя, назначение
0x0–0x1F	Регистры специального назначения для конфигурации модуля «Регистр 0 — Регистр 31»
0x21	Регистр статуса бит 0 — занят бит 1 — выполняется скрипт бит 2 — ошибка выполнения команды бит 3 — ошибка выполнения скрипта
0x28	Регистр настройки ЖКИ биты 0—7 — подсветка ЖКИ (0—00)
0x2A	Регистр ширины ЖКИ — значение в пикселах
0x2B	Регистр высоты ЖКИ — значение в пикселах
0x30	Регистр прерывания бит 0 — запрос на прерывание

таблица 2. Специальные регистры для управления виджетами

Адрес	Имя, назначение
0x40	PARENT — указывается идентификатор родителя. Если создается объект Frame и Panel, то после выполнения команды в этот регистр записывается идентификатор созданного объекта
0x41	CURRENT — указывается идентификатор текущего объекта
0x42	POINTER — указатель данных внутри контейнера
0x48	OPERANDO — регистр хранения операнда команды
0x49	OPERAND1 — регистр хранения операнда команды
0x4A	RESULT0 — регистр хранения результата команды
0x4B	RESULT1 — регистр хранения результата команды
0x58	ERROR — код ошибки

таблица 3. Команды доступа к регистрам

КОП-команды	Операция
0x01/0x02	Чтение регистра/запись регистра
0x03	Пересылка из регистра в регистр
0x04/0x05	Инкремент значения регистра/декремент значения регистра

таблица 4. Команды для работы с контейнерами

КОП-команды	Операция
0x08/0x09	Создание контейнера/удаление контейнера
0x0A/0x0B	Установка размера контейнера/чтение размера контейнера
0x0C/0x0D	Побайтная запись в контейнер/побайтное чтение из контейнера
0x0E	Загрузка данных с диска в контейнер
0x0F	Выполнить контейнер как последовательность команд

таблица 5. Команды создания/удаления шрифтов

КОП-команды	Операция
0x18/0x19	Создание объекта типа шрифт/удаление шрифта

таблица 6. Другие команды

КОП-команды	Операция
0x00	NOP
0xFF	Запуск процедуры калибровки сенсорной панели

таблица 7. Команды управления виджетами

КОП-команды	Операция
0x20/0x21	Создание виджета/удаление виджета
0x22	Установить виджет главным (верхним) окном только для Frame
0x23	Перерисовать виджет, идентификатор которого записан в регистр CURRENT
0x24/0x25	Установить обработчик события/прочитать обработчик события
0x26/0x27	Установить координату виджета/прочитать координату виджета
0x28/0x29	Установить размеры виджета/прочитать размеры
0x2A/0x2B	Установить стиль/прочитать стиль
0x2C/0x2D	Установить цвет фона/прочитать цвет фона
0x2E/0x2F	Сбросить цвет фона/установить цвет текста
0x30/0x31	Прочитать цвет текста/сбросить цвет текста
0x32/0x33	Установить шрифт/прочитать шрифт
0x34/0x35	Установить данные (текст, изображение, др.)/прочитать данные

шрифта и текста. Объект обрабатывает все стандартные события компонента Window.

Виджет **Bitmap** предназначен для вывода на экран изображения в формате bmp. На данный момент поддерживаются только 24-битные изображения. Свойства и события окна соответствуют компоненту Window. Изображение устанавливается компоненту с помощью команды установки данных.

### РЕГИСТРЫ

Регистры модели графического микроконтроллера 32-битные, их набор включает регистры общего назначения, специальные регистры для управления виджетами, регистры специального назначения для управления виджетами из скриптов (см. табл. 1—2).

### КОМАНДЫ

Для управления модулями используется интерфейс SPI. Данные передаются по 8 бит за один раз, старшим битом вперед. Команды передаются последовательно побайтно. Первым байтом передается код операции (КОП). В случае если у команды есть операнд, он передается сразу за кодом.

Для некоторых команд требуется, чтобы были установлены соответствующим образом некоторые из регистров. Например, для команды создания компонента Frame необходимо последовательно записать по интерфейсу SPI 2 байта: 0x20 и 0x01. При этом в регистре статуса будет установлен флаг занятости. После завершения операции флаг занятости снимается, а в регистры CURRENT и PARENT записывается идентификатор созданного компонента.

Ниже приведены списки команд графического микроконтроллера (см. табл. 3—7), которые позволяют понять специфику формирования изображений и особенности разработки программного обеспечения для этого. Например, видно, что калибровка сенсорной панели выполняется с использованием единственной команды.

Отлаживать программное обеспечение дисплейных модулей можно с использованием скриптов, записанных на SD-карту графического микроконтроллера. Примеры создания графических изображений на дисплее, переключения их при нажатии на изображения клавиш через сенсорный экран приведены в приложениях к документу «Руководство программиста». Аппаратные средства модулей TE-ULCDxx описаны в документе «Руководство пользователя».

В информационно-управляющей системе с разделением функций управления и отображения графической информации (см. рис. 1) SPI-команды на дисплейный модуль должен подавать управляющий микроконтроллер.

В компании «Терраэлектроника» разработан модуль TE-STM32F107 на основе 32-разрядного МК STM32F107 компании STMicroelectronics. Этот МК имеет ядро Cortex-M3; порт Ethernet; порт USB OTG и два порта CAN. Конструктивные и схемные решения модуля TE-STM32F107 позволяют использовать его для управления модулями TE-ULCDxx при создании системы с разделением функций.

Отличительные особенности модуля TE-STM32F107:

- микроконтроллер STM32F107VCT6: 72 МГц Cortex-M3; 256 Кбайт флэш-памяти программ; 64 Кбайт ОЗУ; два 12-разрядных АЦП (16 внешних каналов); два 12-разрядных ЦАП; Ethernet MAC 10/100; USB OTG; 2xCAN; 5xUSART; 3xSPI; I2C; SDIO; корпус LQFP100;
- SPI флэш-память AT45DB161D (16 Мбит);
- разъем и драйвер порта Ethernet;
- разъем порта USB OTG;
- 2 разъема и драйверы портов CAN;
- 2 разъема портов RS232;
- разъем JTAG;
- аудиоусилитель и динамик;

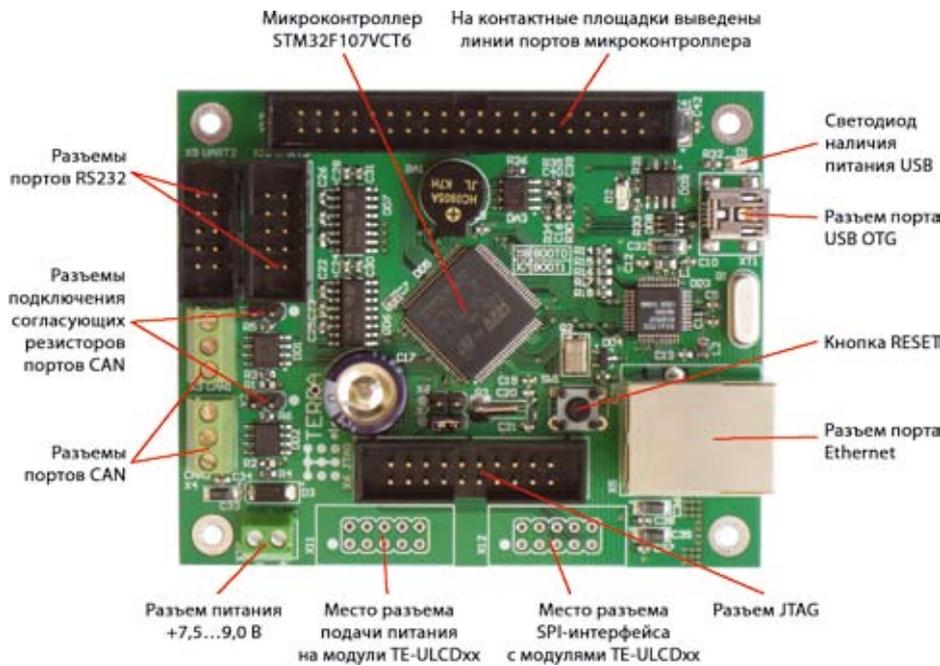


рис. 4. Размещение элементов на верхней стороне платы TE-STM32F107

- 31 линия портов микроконтроллера выведена на разъем;
- разъем питания +7,5...9,0 В;
- размеры платы модуля 85×70 мм.

Размещение элементов на плате модуля TE-STM32F107 представлено на рисунке 4.

Для подключения к дисплейным модулям TE-ULCDxx на плате TE-STM32F107 имеются посадочные места разъемов X11 и X12. Через первый из них подается питание, а второй служит для организации SPI-интерфейса.

На рисунке 5 представлен вид микроконтроллерной системы на основе модулей TE-ULCD35 и TE-STM32F107, а на рисунке 6 — структура и набор интерфейсов этого тандема.

Для фиксации дисплейных модулей в корпусе или на лицевой панели пульта управления предусмотрены четыре отверстия на подложке дисплея. При объединении их с управляющим модулем TE-STM32F107 последний устанавливается на стойках дисплейного модуля. При этом питание передается с управляющего модуля через разъем X11 на дисплейный модуль. Это же посадочное место может быть использовано для установки любой другой платы управляющего микроконтроллера.

Модули TE-ULCD35 и TE-ULCD56 являются бюджетными решениями, готовыми для интеграции в промышленные, торго-



рис. 5. Микроконтроллерная система на основе TE-ULCD35 и TE-STM32F107

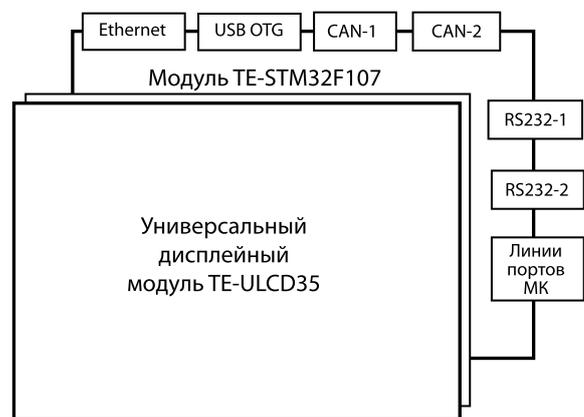


рис. 6. Интерфейсы системы на основе тандема TE-ULCD35 и TE-STM32F107

вые, бытовые терминалы и устройства, которые для управления требуют формирования цветных графических изображений и интерактивной связи с оператором. С их помощью можно добавить современный и дружелюбный графический интерфейс к уже существующим системам управления.

**НОВОСТИ РЫНКА | КОМПАНИЯ SAMSUNG ОБЪЯВИЛА О НАЧАЛЕ ПРОИЗВОДСТВА 3D LED-ТЕЛЕВИЗОРОВ НА СВОЕМ РОССИЙСКОМ ЗАВОДЕ В КАЛУГЕ**

Завод Samsung в Калуге будет производить две модели серии 7000 с диагональю экрана 40 и 46 дюймов. Встроенный 3D-процессор LED-телевизоров способен в режиме реального времени конвертировать стандартное 2D-изображение в 3D, благодаря чему обычные фильмы получают эффект объема.

Модели серии 7000 выполнены в фирменном стиле Crystal Design, и заключены в тонкий корпус толщиной 2,65 см. Телевизоры дают возможность записывать и воспроизводить видео непосредственно с USB-носителя, поддерживают популярный VoIP-сервис Skype, а также службу контент-сервиса Internet@TV с платформой для приложений Samsung Apps, которая позволяет работать с такими веб-сервисами, как YouTube, Twitter, AccuWeather, FaceBook и другими. Кроме того, новые LED-телевизоры отличаются развитыми возможностями соединения благодаря поддержке DLNA и четырем HDMI-портам.

LED-телевизоры серии 7000 появятся в розничной продаже в апреле по цене 84 990 и 99 990 рублей соответственно. Одновременно с телевизорами в продажу поступят активные 3D-очки, в том числе разные по дизайну модификации для взрослых и детей. Среди них будут представлены как модели, работающие на батарейках, так и те, которые можно подзаряжать через USB. Стоимость очков составит от 2 990 руб. При этом комплект из двух пар очков в подарок смогут получить покупатели, которые приобретут 3D LED-телевизор Samsung в течение месяца после начала продаж.

На сегодняшний день все крупнейшие поставщики телевизоров объявили о производстве 3D моделей. В то же время, об их доступности на территории России пока заявили компании LG и Panasonic. Информации о ценах 3D-телевизоров данных компаний на сегодняшний день нет.