

Техническое описание платы сопряжения **ТФТ-Проводник**

Версия 1, вариант 2

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1</b>	<b>Назначение .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Описание работы .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Соединители.....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Характеристики .....</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Система команд.....</b>	<b>5</b>
5.1	Команда сброса (код 00h).....	6
5.2	Команда установки видимой и активной страницы (код 01h) .....	6
5.3	Команда поточной передачи данных (код 03h) .....	7
5.4	Команда изменения яркости подсветки (код 04h) .....	7
5.5	Команда установки координаты пиксела (код 05h).....	7
<b>6</b>	<b>Временные диаграммы .....</b>	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>Использование пользовательской палитры цветов .....</b>	<b>10</b>
<b>8</b>	<b>Чертеж печатной платы .....</b>	<b>11</b>
<b>9</b>	<b>Настройка под конкретный модуль.....</b>	<b>11</b>
<b>10</b>	<b>Поворот изображения на 180 градусов .....</b>	<b>12</b>
<b>11</b>	<b>Рекомендации по включению .....</b>	<b>12</b>
<b>12</b>	<b>Рекомендации по установке в корпус.....</b>	<b>14</b>
<b>13</b>	<b>Изменения .....</b>	<b>15</b>
<b>14</b>	<b>Ссылки .....</b>	<b>15</b>

## Плата сопряжения ТФТ-Проводник

- ✓ Позволяет подключать TFT-модуль на место стандартного монохромного ЖКИ без дополнительной обвязки;
- ✓ Имеет встроенный инвертор для CCFL-подсветки;
- ✓ Обеспечивает регенерацию экрана из встроенного ВидеоОЗУ;
- ✓ Управляет модулями A056DN01-2 (5.6", 320x234), C070FW01 (7", 480x234) и A085FW01 (8.5", 480x234) фирмы Promate;
- ✓ Уменьшает стоимость системы за счет использования дешевых аналоговых TFT-модулей.

### 1 Назначение

ТФТ-Проводник (ТФТ-П) предназначен для сопряжения аналоговых TFT-модулей и произвольного микроконтроллера (МК), имеющего достаточное количество линий ввода-вывода общего назначения. При этом обеспечивается максимальная простота подключения и минимальный расход ресурсов МК. Простота подключения достигается за счет размещения на плате ТФТ-П схем, необходимых для работы TFT-модуля, регенерации изображения и функционирования CCFL-подсветки. Экономия ресурсов МК достигается за счет использования палитры (до 256 цветов), и умеренного разрешения аналоговых TFT-модулей. Это приводит к 10-кратной экономии памяти, требуемой для хранения одной страницы (по сравнению с цифровыми TFT-модулями того же размера) и меньшим расходом вычислительных ресурсов на обслуживание интерфейса пользователя.

### 2 Описание работы

Функциональная схема ТФТ-П представлена на рис. 1.

*Блок обработки команд* принимает от пользовательского МК команды (см. п. 5) и данные, представляющие собой номера цветов (от 0 до 255) из палитры. Таким образом каждому пикселу изображения соответствует 1 байт данных в ВидеоОЗУ. Пользовательская система через блок обработки команд может установить страницу ВидеоОЗУ, отображающуюся на экране, и страницу, в которую будет производиться запись данных. Благодаря такому разделению, запись данных может производиться в невидимую страницу с невысокой скоростью.

*ВидеоОЗУ* содержит 4 страницы с изображением. Три из них – невидимые, четвертая используется для регенерации изображения TFT-модуля. Запись данных для отображения может производиться в любую страницу.

*Блок регенерации* считывает данные из видимой страницы ВидеоОЗУ, подставляет для каждого пиксела значения цветовых составляющих из таблицы палитры, и передает их вместе с сигналами синхронизации в схему тайминга.

*МК палитры* загружает палитру в блок регенерации при включении питания, либо при подаче сигнала сброса ТФТ-Проводника. Он выполнен на микроконтроллере ATtiny11L фирмы Atmel. Палитра, используемая ТФТ-Проводником, может быть задана в виде PAL-файла и установлена либо при заказе ТФТ-П, либо заказчиком самостоятельно при помощи программного обеспечения, поставляемого с ТФТ-П и программатора, способного программировать ATtiny11L.

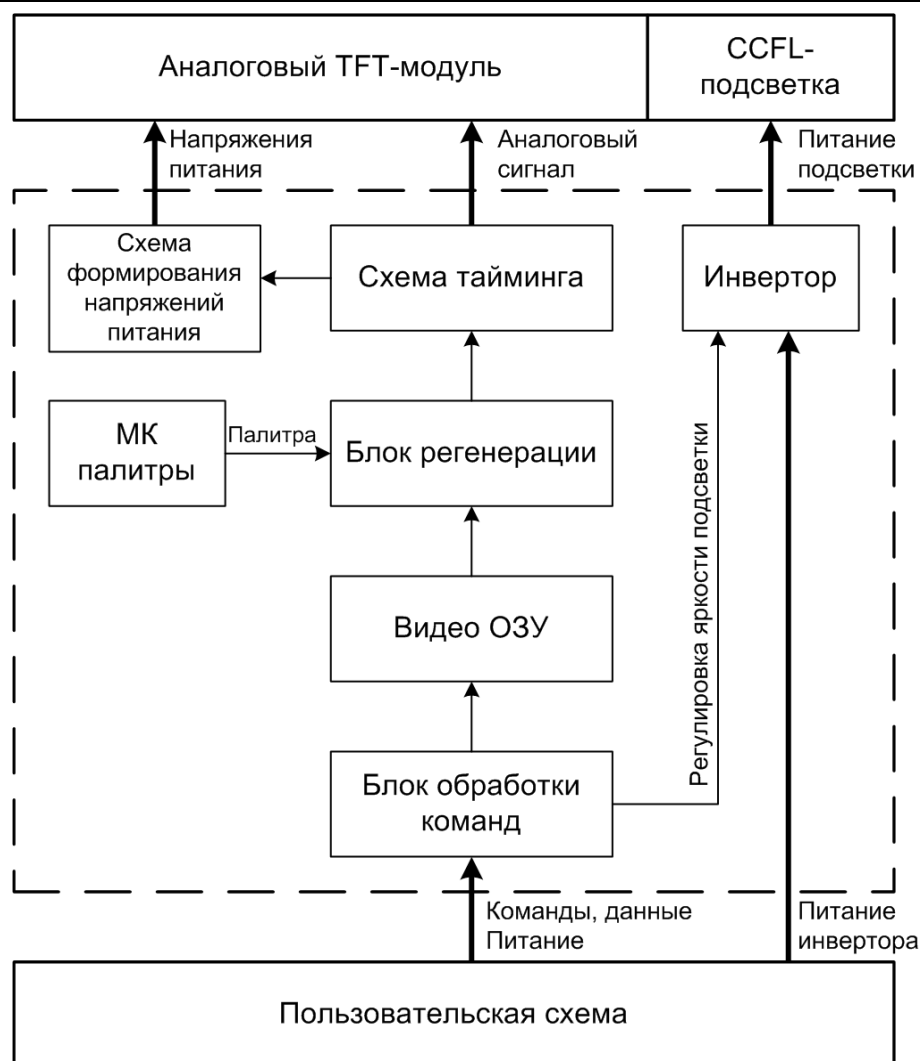


Рис. 1. Функциональная схема TFT-Проводника

*Схема тайминга* преобразует цифровые составляющие цветов, поступающие от блока регенерации в соответствующие аналоговые сигналы, управляющие изображением TFT-модуля.

*Схема формирования напряжений питания* подает на TFT-модуль питающие напряжения и напряжения, необходимые для работы модуля. Поскольку изменение значений этих напряжений требуется только при смене TFT-модуля, их регулировка реализована при помощи механических потенциометров (см. рис. 4).

*Инвертор* преобразует входное напряжение +5 В (6.2 В для 8.5") в напряжения питания CCFL-подсветки. Напряжение питания подсветки регулируется программно, по команде от пользовательской системы (см. п. 5.4). Это позволяет продлить срок службы подсветки и компенсировать падение ее яркости со временем. В связи с этим не рекомендуется выставлять максимальное значение яркости в начале эксплуатации TFT-модуля.

**Внимание!!! На выходе инвертора формируется опасное высокое напряжение (до 2 кВ). Запрещено касаться его выхода при поданном напряжении питания!**

### 3 Соединители

Плата TFT-проводника имеет четыре разъема:

1. 20-выводной для связи с пользовательской системой;
2. 2-выводной питания инвертора;
3. 2-выводной CCFL-подсветки;
4. 26-выводной для связи с TFT-модулем.

Размещение разъемов на плате показано на рис. 4.

Разъем для связи с пользовательской системой совпадает по выводам с разъемом стандартного монохромного графического ЖКИ. Физически он представляет собой два ряда отверстий с шагом 2.54 мм для установки прямой или угловой вилки IDC.

Назначение выводов разъема связи с пользовательской системой Таблица 1

Номер	Название	Назначение
1	Vss	Общая точка
2	Vdd	Питание +5 В
3	NC	Не используется
4	#RD	Сигнал чтения. Активный уровень – низкий
5	#WR	Сигнал записи. Активный уровень – низкий
6	C/#D	Линия выбора команды («1»)/данные («0»)
7	D0	Двунаправленная шина данных. Младший разряд
8	D1	
9	D2	
10	D3	
11	D4	
12	D5	
13	D6	
14	D7	Двунаправленная шина данных. Старший разряд
15	#CS	Выбор TFT-П. Активный уровень – низкий
16	#RST	Сброс TFT-П. Активный уровень – низкий
17-20	NC	Не используются

Назначение выводов разъема питания инвертора Таблица 2

Номер	Название	Назначение
1	Vss	Общая точка
2	V+	Питание +5В (6.2 В для 8.5”)

Назначение выводов разъема CCFL-подсветки и TFT-модуля можно найти в документации на соответствующий модуль.

### 4 Характеристики

Максимально допустимые значения:

1. Напряжение питания платы, В .....-0.3...+6.0
2. Напряжение питания инвертора, В.....-0.3...+9.0
3. Напряжение на логических входах, В .....-0.3...+3.6
4. Рабочая температура, град. С .....-20...+60\*
5. Температура хранения, град. С .....-40...+85

\*Примечание: при температуре выше +50 град. С требуется принудительная вентиляция для предотвращения перегрева платы от лампы CCFL-подсветки TFT-модуля.

Рекомендуемые условия работы:

1. Напряжение питания платы, В .....+4.75...+5.25
2. Допустимые пульсации напряжения питания, не более.....100 мВ
3. Напряжение питания инвертора модулей A056DN01-2 и C070FW01 , В  
.....+4.9...+9
4. Напряжение питания инвертора модуля A085FW01 , В .....+6.2...+9

Потребление:

1. Типовое потребление платы TFT-проводника, мА .....140
2. Типовое потребление инвертора при максимуме яркости, мА:  
для модуля A056DN01-2 при напряжении 5 В .....870  
для модуля C070FW01 при напряжении 5 В.....1150  
для модуля A085FW01 при напряжении 6.5 В .....1250

Частота работы инвертора, кГц .....75

## 5 Система команд

Формат команд

Таблица 3

Код команды	Данные	Описание
00h	-	Остановка выполнения текущей команды, возврат в начальное состояние.
01h	Номера страниц	Установка номеров видимой и изменяемой (активной) страниц
03h	Данные	Поточная запись данных
04h	Яркость подсветки	Установка яркости подсветки от 0 до 15
05h	Координаты точки, направление изменения адреса	Установка координаты изменяемого пиксела и направление изменения координаты

Состояние выполнения команды отображается в регистре состояния:

7	6	5	4	3	2	1	0
-	-	-	-	-	-	DR	CR

Бит CR устанавливается при получении новой команды, и сбрасывается по завершении ее выполнения. При установленном CR в TFT-П можно передавать только команду остановки (00h). Передача в этот момент любой другой команды может привести к неверному выполнению предыдущей и передаваемой команды.

Бит DR устанавливается при получении новых данных для текущей операции. Сбрасывается по завершении обработки данных. Передаваемые при установленном DR данные будут потеряны.

Считать содержимое регистра состояния можно с шины данных TFT-П, выставив активные уровни #CS и #RD («0») при неактивном #WR («1»).

Временные диаграммы передачи команд и данных приведены в п. 6.

Последовательность передачи команд следующая:

1. Выставляем неактивный уровень на линиях #RD и #WR («1»);
2. Выставляем активный уровень #CS («0») и C/#D («1»);
3. Считываем регистр состояния. Перед передачей любой команды, кроме 00h, имеет смысл считать регистр статуса и убедиться, что ТФТ-П готов к приему новой команды, т.е. бит CR регистра статуса равен нулю.
4. Выставляем код команды на шину данных и стробируем его импульсом по линии #WR;
5. Если команда сопровождается данными, то переводим линию C/#D в состояние «0», выставляем данные на шину данных и стробируем их импульсом по линии #WR;
6. Если команда сопровождается не одним байтом данных, то ждем пока бит DR регистра статуса не станет равен нулю, и повторяем п.п. 5 и 6 для передачи необходимого количества байт. Линия #CS между байтами данных может переводиться в неактивное состояние («1»). При поточной передаче данных и установке координаты пиксела передача завершается подачей команды 00h в соответствии с п.п. 1, 2, 4.
7. Ожидаем перевода бита CR регистра статуса в нулевое состояние.
8. Выключаем линии интерфейса ТФТ-П, переводя линию #CS в неактивное состояние («1»).

### 5.1 Команда сброса (код 00h)

Команда сброса приводит к возвращению внутренних переменных к начальному состоянию. Она не изменяет номера активной и видимой страницы, не изменяет значение яркости. Передача команды сброса **не** эквивалентна подаче сигнала аппаратного сброса #RST.

Рекомендуется выполнять команду сброса перед передачей любой другой команды.

### 5.2 Команда установки видимой и активной страницы (код 01h)

Вслед за командой установки видимой и активной (изменяемой) страницы передается байт данных с номерами этих страниц (от 0 до 3). После получения данных ТФТ-Проводник дожидается окончания цикла регенерации экрана, и меняет страницу между двумя циклами регенерации. Это позволяет избежать «всплесков» при смене страницы.

Из-за ожидания окончания регенерации экрана команда установки видимой страницы может выполняться значительное время (более 10 мс). Статусный бит CR снимается после смены страницы. После подачи сигнала #RST видимой является страница 0.

Формат байта данных, передаваемого вслед за командой 01h:

7	6	5	4	3	2	1	0
-	-	-	-	AP1	AP0	VP1	VP0

AP[1:0] – номер активной страницы, VP[1:0] – номер видимой страницы.

### 5.3 Команда поточной передачи данных (код 03h)

Перед подачей команды поточной передачи данных рекомендуется подать команду 00h.

После приема кода команды ТФТ-Проводник переходит в режим приема данных. Данные принимаются и последовательно записываются в активную страницу ВидеоОЗУ по текущему адресу, который задается командой 05h. Одному пикселу при этом соответствует один байт данных. После записи очередного байта адрес автоматически увеличивается на 1 по оси, установленной командой 05h (X или Y). Цвет 255 считается прозрачным – адрес увеличивается, но пиксел по этому адресу не изменяется. Это полезно при выводе пунктирных линий и символов.

Следует помнить, что при поточной передаче данных изменяется содержимое только одной строки/столбца. Для перехода на другую строку нужно прервать выполнение текущей команды (00h), и передать команду 05h с номером следующей строки/столбца.

Работу в этом режиме можно прервать, дав команду 00h.

При управлении ТФТ-Проводником посредством сравнительно медленного МК возможна передача данных без опроса бита DR. Это сократит время передачи страницы. Максимальное время обработки одного байта приведено в п. 6.

### 5.4 Команда изменения яркости подсветки (код 04h)

Вслед за командой изменения яркости подсветки передается байт данных со значением от 0 до 15. 15 соответствует максимальной яркости подсветки. При записи 0 подсветка выключается. После включения питания подсветка выключена, и включается примерно через полсекунды с максимальным значением яркости. Желательно более низкую яркость подсветки устанавливать только после включения лампы – то есть примерно через секунду после подачи питания, так как при низкой яркости могут быть проблемы с включением CCFL-лампы при пониженной температуре.

Значения яркости подсветки 1, 2 и 3 запрещены, так как при таких значениях работа подсветки может быть неустойчивой. При попытке изменить значение яркости на запрещенное команда игнорируется.

### 5.5 Команда установки координаты пиксела (код 05h)

Вслед за командой установки координаты пиксела идет три байта:

1. Координата Y пиксела;
2. Координата X пиксела (младший байт);
3. Координата X пиксела (старший бит) и направление автоинкремента адреса;

Формат 3-го байта данных:

7	6	5	4	3	2	1	0
DIR	-	-	-	-	-	-	X8

X8 – старший бит координаты X, DIR – направление автоинкремента. При DIR=0 после записи очередного байта данных происходит увеличение координаты X на 1. При DIR=1 – увеличение координаты Y на единицу.

После приема координаты пиксела ТФТ-Проводник переходит в режим приема данных о цвете пикселов, и записывает поступающие данные в ВидеоОЗУ. То есть после передачи команды 05h не требуется подавать другие команды для записи цвета пиксела по указанной координате. Достаточно просто передавать данные. Для выхода из этого режима нужно передать команду 00h.

Цвет 255 считается прозрачным – адрес увеличивается, но пиксел по этому адресу не изменяется. Это полезно при выводе пунктирных линий и символов.

Следует помнить, что при передаче данных изменяется содержимое только одной строки/столбца. Для перехода на другую строку нужно прервать выполнение текущей команды (00h), и передать команду 05h с номером следующей строки/столбца.

Работу в этом режиме можно прервать, дав команду 00h.

При управлении ТФТ-Проводником посредством сравнительно медленного МК возможна передача данных без опроса бита DR. Это сократит время передачи страницы. Максимальное время обработки одного байта приведено в п. 6.



## 6 Временные диаграммы

Временные диаграммы передачи и выполнения команды на примере команды сброса (код 00h) представлены на рис. 2.

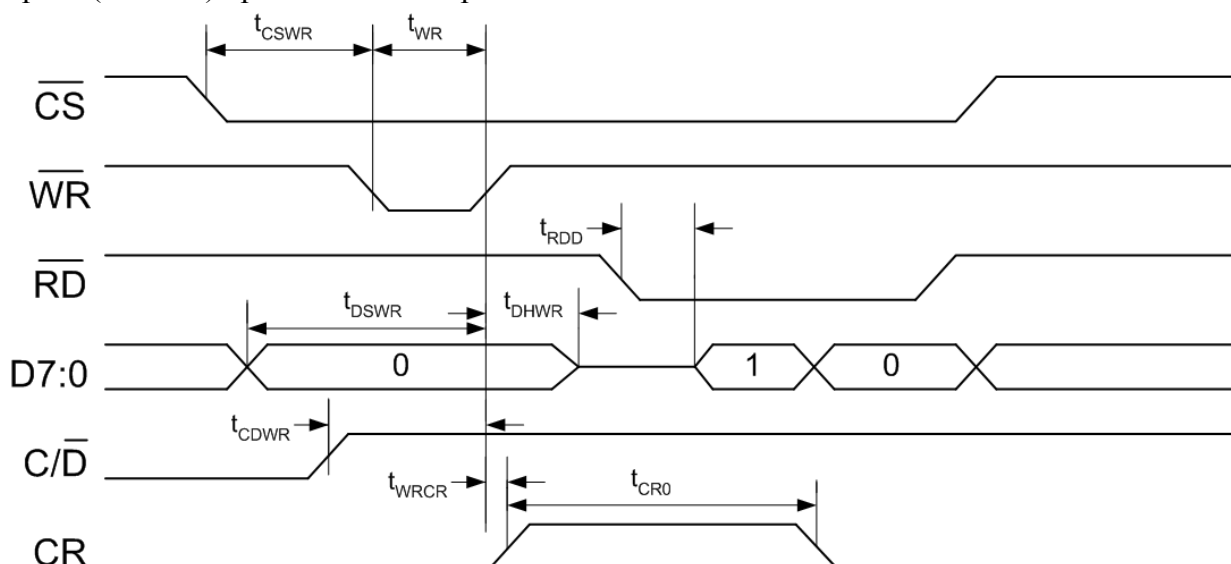


Рис. 2. Временная диаграмма подачи команды 00h

Временные диаграммы передачи данных вслед за командой поточной передачи данных (код 03h) или командой установки координаты (код 05h) представлены на рис. 3.

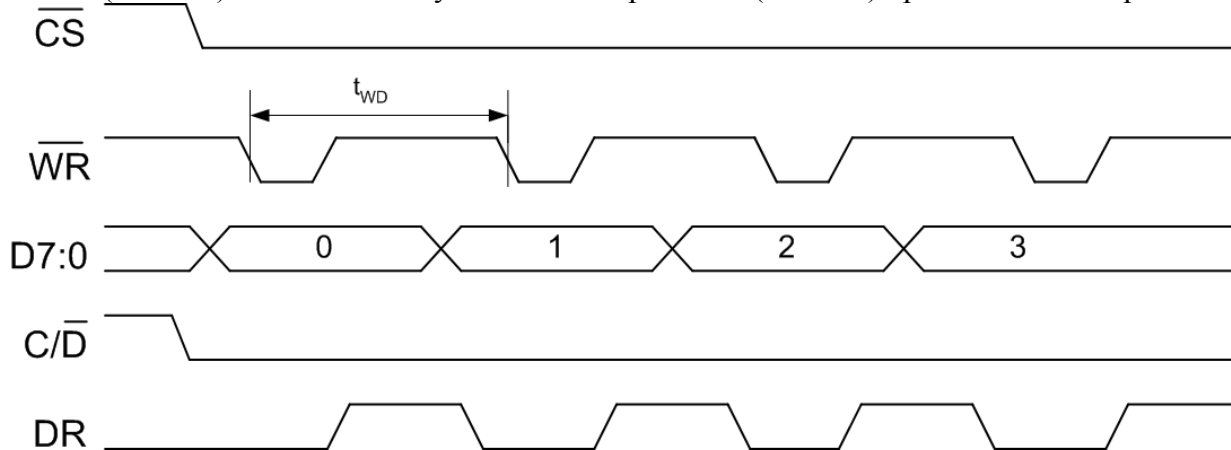


Рис. 3. Временная диаграмма поточной передачи данных

Значения временных параметров передачи приведены в таблице.

Временные параметры

Таблица 4

Параметр		5.6"		7", 8.5"		Ед. изм.
		min	max	Min	Max	
Длительность #RST		50	-	50	-	нс
От среза #CS до среза #WR	$t_{CSWR}$	0	-	0	-	нс
Длительность #WR	$t_{WR}$	10	-	10	-	нс
От выставления данных до среза #WR	$t_{DSQR}$	10	-	10	-	нс

Параметр		5.6"		7", 8.5"		Ед. изм.
		min	max	Min	Max	
От среза #WR до снятия данных	$t_{DHWR}$	10	-	10	-	нс
От среза #RD до появления регистра статуса на шине данных	$t_{RDD}$	-	20	-	20	нс
От смены C/#D до среза #WR	$t_{CDWR}$	10	-	10	-	нс
От среза #WR до выставления бита CR или DR	$t_{WRCR}$	-	20	-	20	нс
Длительность выполнения команды сброса (код 00h)	$t_{CRO}$	-	150	-	115	нс
Время обработки одного байта данных при поточной передаче данных (код 03h)	$t_{WD}$	-	210	-	160	нс

## 7 Использование пользовательской палитры цветов

На плате ТФТ-Проводника установлен микроконтроллер с защитой в него палитрой цветов. При включении или подаче сигнала #RST палитра загружается в блок регенерации экрана. Палитра представляет собой таблицу, где каждому номеру цвета (от 0 до 255) сопоставлены три байта цветовых составляющих: красного, зеленого и синего цвета. Цвет 255 - прозрачный.

При регенерации используются только старшие 6 бит цветовых составляющих, что позволяет получить 262144 цвета.

Палитру, записываемую в МК палитры по умолчанию, можно загрузить с сайта [www.schemov.com](http://www.schemov.com). В случае если стандартная палитра не удовлетворяет требованиям проекта, можно сформировать свою палитру в формате PAL, и отослать ее при заказе ТФТ-Проводника, либо самостоятельно сформировать файл прошивки и записать ее в МК при помощи любого программатора, способного программировать МК ATtiny11L.

Сформировать файл прошивки можно при помощи программы pal2tiny, которую можно также загрузить с нашего сайта. Программа запрашивает палитру в формате PAL, и на ее основе формирует бинарный файл прошивки.

## 8 Чертеж печатной платы

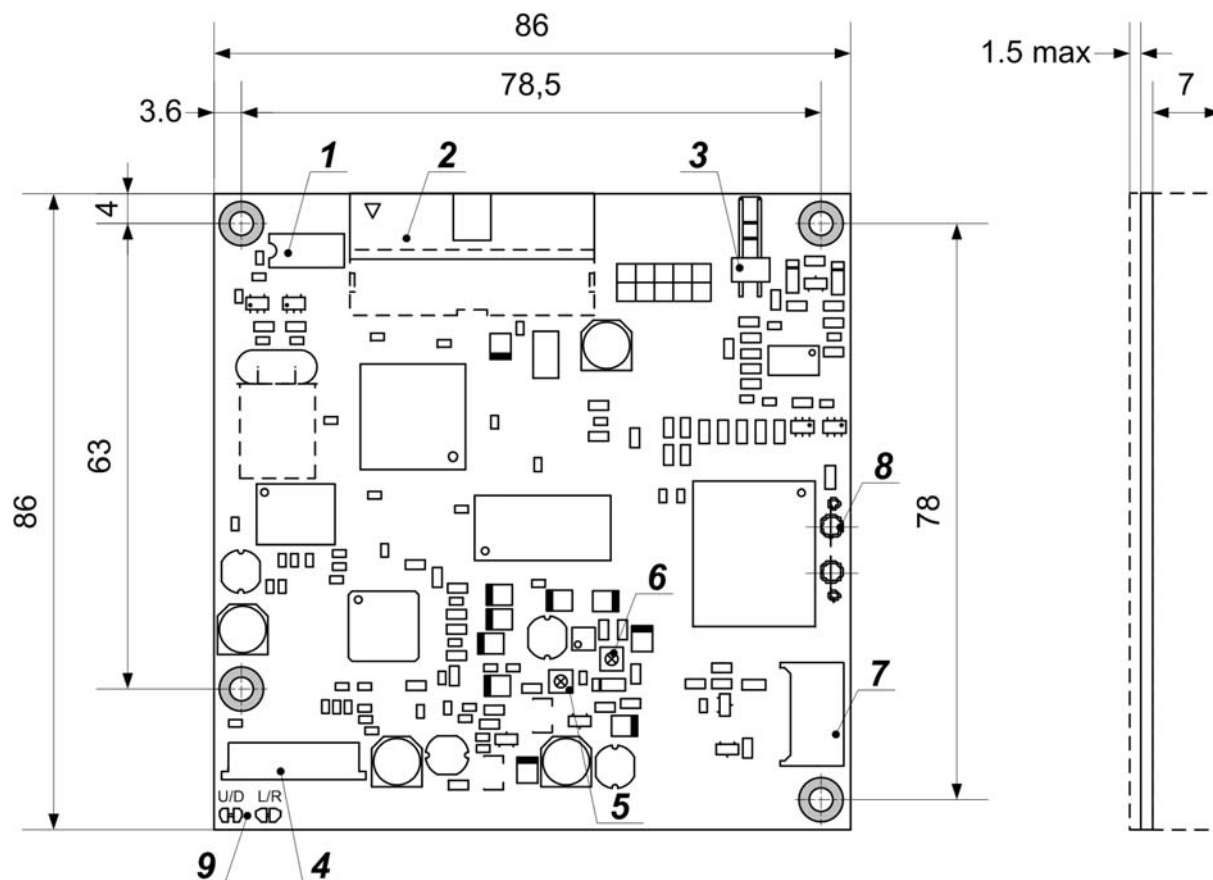


Рис. 4. Печатная плата TFT-Проводника

На рисунке:

1. Микроконтроллер палитры ATtiny11L;
2. Разъем интерфейса связи с пользовательской системой. На плате имеются площадки для установки прямого или углового разъема типа IDC-20;
3. Разъем питания инвертора типа угловой WF-2;
4. Разъем для подключения шлейфа TFT-модуля;
5. Потенциометр для регулировки постоянного смещения напряжения VCOM;
6. Потенциометр для регулировки амплитуды напряжения VCOM;
7. Разъем для подключения лампы CCFL-подсветки TFT-модуля;
8. Отверстия для присоединения корпуса TFT-модуля к общей точке платы напрямую или через высоковольтный конденсатор;
9. Переключки для поворота изображения на 180 град. (см. п. 10).

## 9 Настройка под конкретный модуль

После установки и подключения платы TFT-Проводника к модулю требуется настроить постоянное смещение и амплитуду напряжения VCOM.

При изготовлении платы постоянное смещение VCOM выставляется приблизительно равным +1 В, амплитуда - равной +4.5...+5.5 В. Но после подключения к конкретному TFT-модулю может потребоваться регулировка этих параметров, поскольку

они влияют на качество изображения, и их неправильные значения могут привести к мерцанию изображения.

Регулировка производится при визуальном контроле изображения. Амплитуда влияет на яркость изображения, и регулируется потенциометром 5 на рис. 4. Постоянное смещение влияет на контрастность и стабильность изображения, и регулируется потенциометром 6 на рис. 4. Мерцание изображения устраняется при помощи этого потенциометра.

## 10 Поворот изображения на 180 градусов

В зависимости от потребностей пользователя, есть возможность повернуть изображение на 180 градусов. Поворот изображения задается переключками 9 на рис. 4.

По умолчанию левый верхний угол изображения совпадает с левым верхним углом индикатора. При этом переключка “L/R” разомкнута, “U/D” – замкнута. Для поворота изображения нужно изменить состояние обеих переключек: “L/R” – замкнуть, “U/D” – разомкнуть.

После смены состояния переключек и поворота изображения цветовые составляющие при регенерации поменяются местами: вместо RGB будет последовательность BGR. Чтобы это скомпенсировать, нужно программой pal2tiny сформировать новую прошивку, запустив ее со следующими параметрами:

```
pal2tiny.exe <файл палитры> Y
```

Программа запишет новую прошивку в бинарный файл tinypal.bin, и после прошивки МК палитры будет содержать цветовые составляющие в нужном порядке.

## 11 Рекомендации по включению

Экран TFT-модуля должен быть соединен с общей точкой схемы либо напрямую, либо через высоковольтный конденсатор, если прямое соединение невозможно.

Поскольку инвертор TFT-Проводника является импульсным преобразователем со значительными коммутируемыми токами на низкой стороне, и высоким напряжением до 2 кВ – на высокой, он производит электромагнитное излучение (ЭМИ), которое может нарушать работу чувствительных узлов пользовательской схемы. Для минимизации влияния ЭМИ и помех от инвертора:

1. Рекомендуется поставить фильтр по питанию инвертора для уменьшения помех по цепям питания на рабочей частоте инвертора.
2. Следует максимально удалить от инвертора и высоковольтных проводов подсветки TFT-модуля чувствительные части схемы: аналоговые цепи, генераторы тактовых сигналов и т.д.
3. Для снижения уровня побочных гармоник высокого напряжения CCFL - подсветки напряжение питания инвертора рекомендуется выбирать минимальным (в пределах рабочего диапазона).

Следует помнить, что минус инвертора гальванически связан с общей точкой остальной платы.

Нужно уделить особое внимание подключению питания инвертора:

1. Провода питания сделать короткими, рекомендуемый провод – МГТФ 0.35.
2. Провода должны приходиться на пользовательскую плату как можно ближе к источнику питания.
3. Трассировка питания от источника к инвертору и остальной схеме должна производиться «звездой», во избежание наложения помех от инвертора на цепи

питания остальной схемы. Может понадобиться фильтрация питания для остальной схемы в случае мерцания изображения при средней (8) яркости подсветки.

Невыполнение этих рекомендаций может привести к пульсациям в напряжении питания инвертора, всей схемы и, как следствие, мерцанию подсветки и всего изображения. Это мерцание практически незаметно при максимуме подсветки (15) и сильно заметно при средней яркости подсветки (8).

На плате ТФТ-Проводника имеется тактовый генератор на кварцевом резонаторе. Во избежание нарушений в его работе не следует размещать источники значительного ЭМИ вблизи генератора.

## 12 Рекомендации по установке в корпус

Рекомендуемый способ крепления ТФТ-Проводника к ТФТ-модулю показан на рис. 5. На рисунке приведено крепление ТФТ-П с 5.6" модулем. Основой данной конструкции является несущая пластина, к которой на двусторонний скотч приклеивается ТФТ-модуль с одной стороны, а с другой – на стойках устанавливается плата ТФТ-П. Пластина, в свою очередь, на стойках привинчивается к лицевой панели.

Материал пластины – произвольный, но мы рекомендуем 1 мм сталь, либо 1.5 мм стеклотекстолит, либо 1.5 мм алюминий.

Размеры несущей пластины для ТФТ-модуля с диагональю 5.6" приведены на рис. 6.

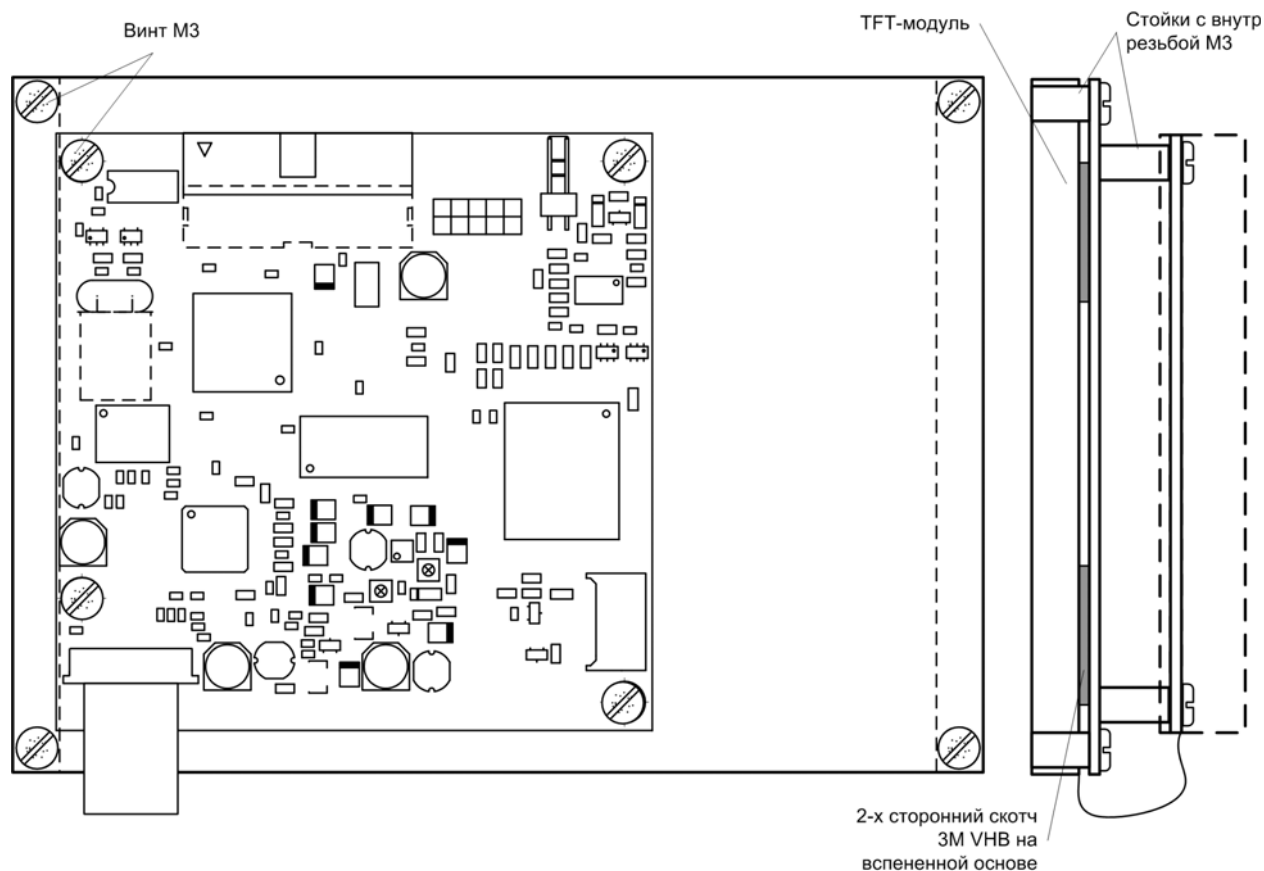


Рис. 5. Рекомендуемый способ крепления в корпус

