

芯路恒 TFT_V3.0 电容触摸显示屏

用户手册

模块介绍

芯路恒 TFT5.0" _V3.0 / TFT4.3" _V3.0 显示屏模块是武汉芯路恒科技有限公司，小梅哥 FPGA 团队专为广大 FPGA 学习和应用群体开发的一款分辨率为 800*480，支持 5 点触控的通用型电容触摸屏模块。该显示屏不仅能够用于本公司生产销售的各个型号的 FPGA 开发板，而且可以直接用于众多的 Linux 开发板。同时，由于模块提供了有 2.54mm 间距的排针连接端子，对于部分有 DIY 需求的客户，也可以使用优质杜邦线将显示屏连接到各种硬件板卡上。



该显示屏共分为 2 个版本，4.3 寸版本的 TFT4.3" _V3.0 和 5.0 寸版本的 TFT5.0" _V3.0。两者 PCB 背板电路完全相同，接口脚位定义完全相同，接口时序也完全相同，仅使用的显示屏模组尺寸不同。设计两个尺寸的主要目的是适配不同的开发板使用，以获得较好的物理结构兼容性。下图 1 为 4.3 寸电容触摸显示屏背板，下图 2 为 5.0 寸电容触摸显示屏背板，在背板的右侧，使用文字标注了

版本型号。

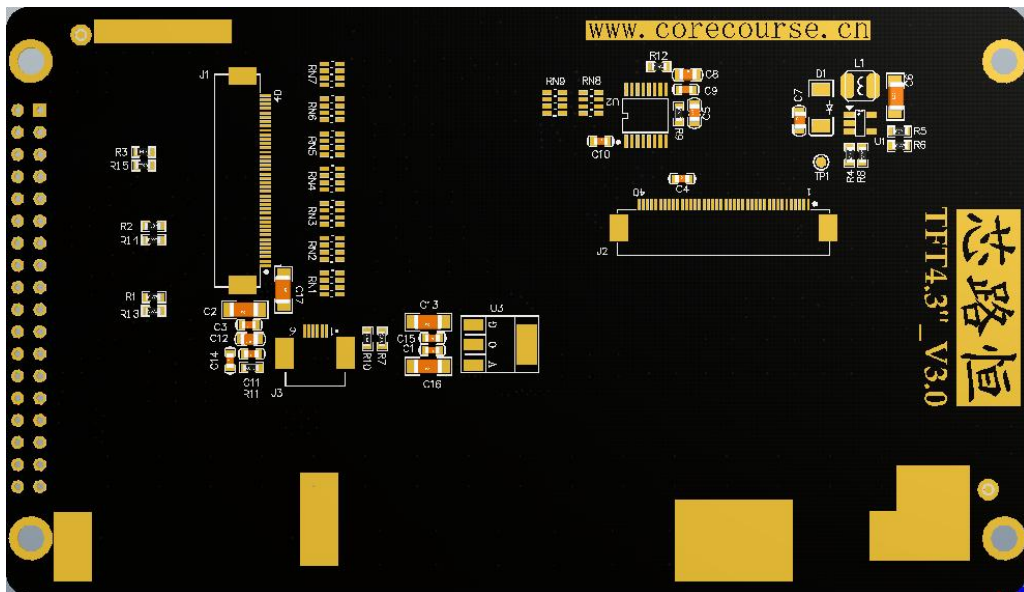


图 1 4.3 寸电容触摸显示屏 TFT4.3" _V3.0 背板

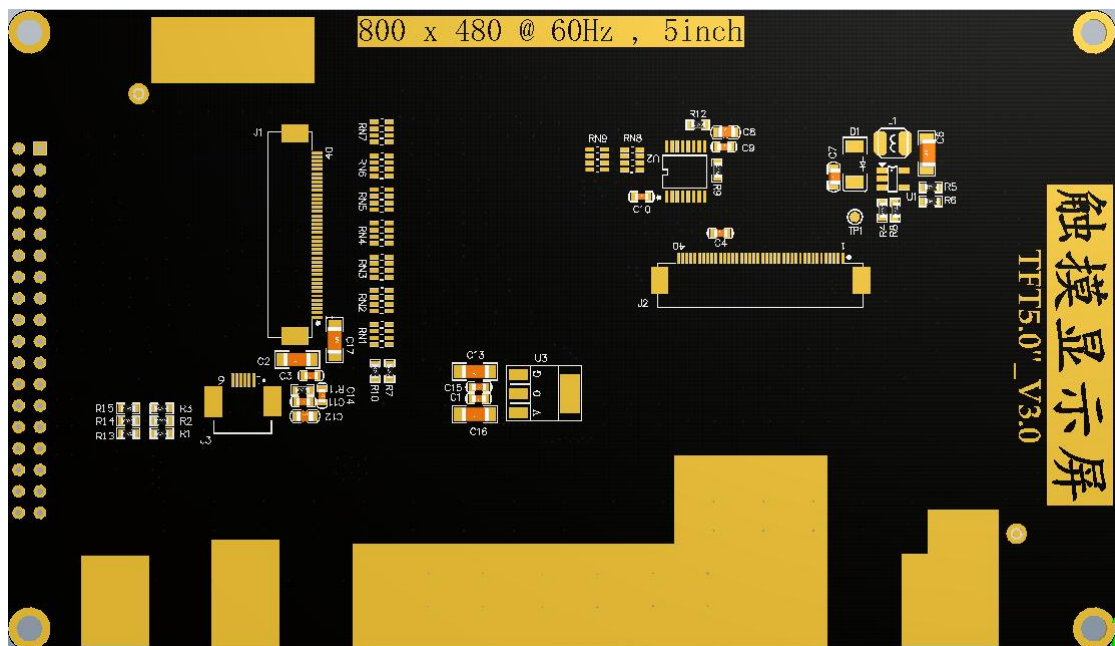
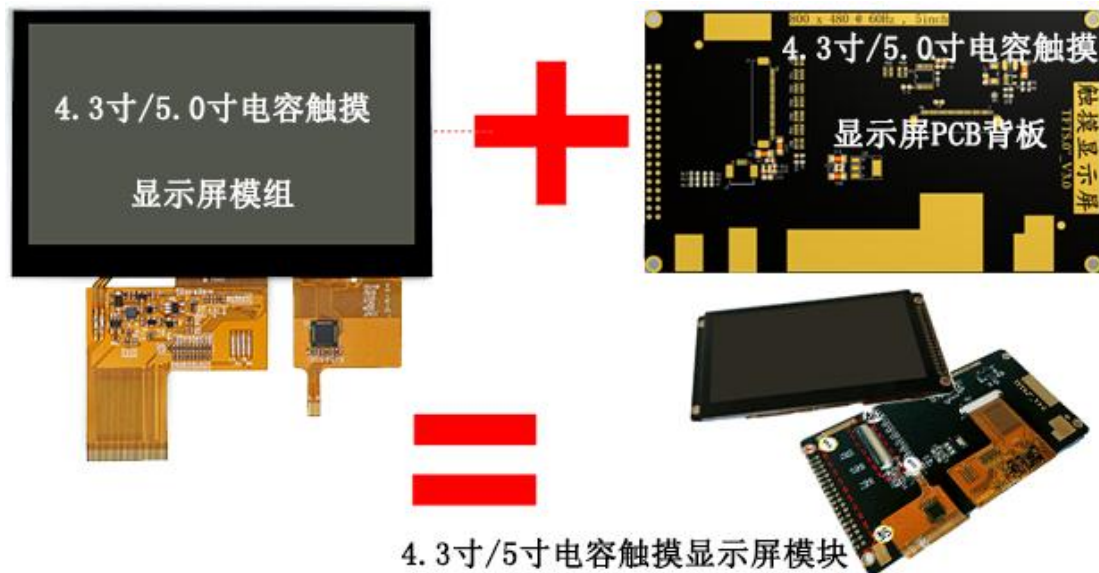


图 1 5.0 寸电容触摸显示屏 TFT5.0" _V3.0 背板

在介绍该模块功能时，所有内容对 4.3 寸和 5 寸屏版本均完全适配。以下不再区分尺寸说明，全部以 TFT_V3.0 为名进行讲解。

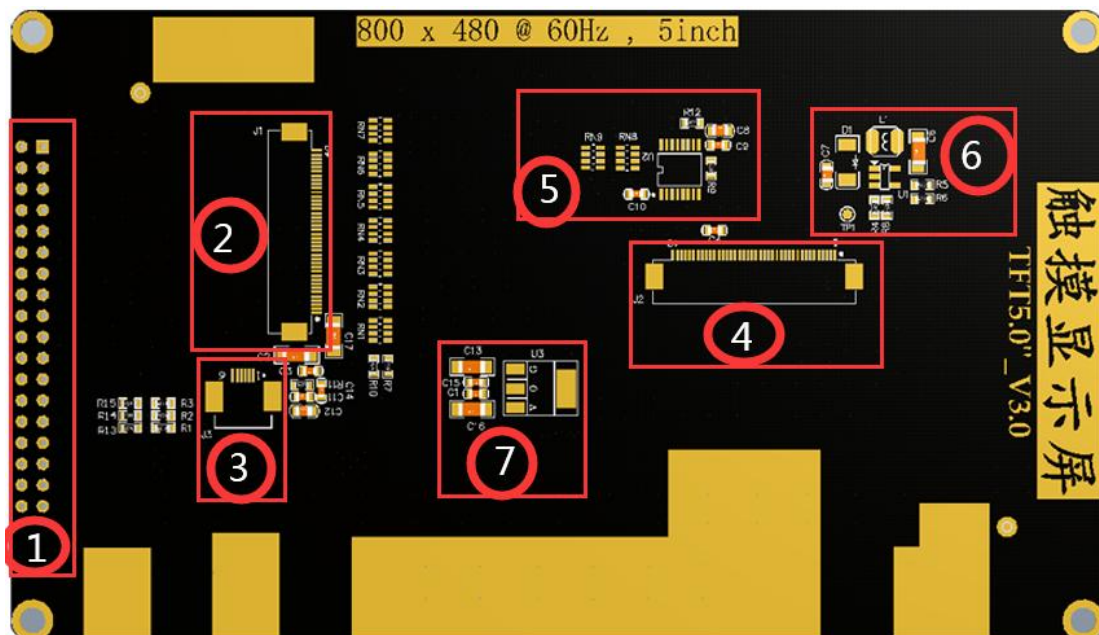
显示屏由我们设计的专用的 5 寸或 4.3 寸 PCB 背板和显示屏模组厂家提供的

显示屏模组经贴合而成。总结就是：芯路恒 TFT_V3.0 显示屏模块 = 通用 TFT 显示模组+芯路恒定制的屏幕 PCB 背板。如下图所示：



屏幕 PCB 背板设计：

4.3 寸和 5 寸显示屏 PCB 背板电路设计相同。设计时，PCB 背板兼顾考虑了对支持电阻触摸屏和电容触摸屏的支持，在该背板上集成了电阻触摸屏转换器 XPT2046 和 19.2V 的背光升压电路，以提供显示屏组件正常工作的必备条件。以下介绍 PCB 背板上的各个功能电路：



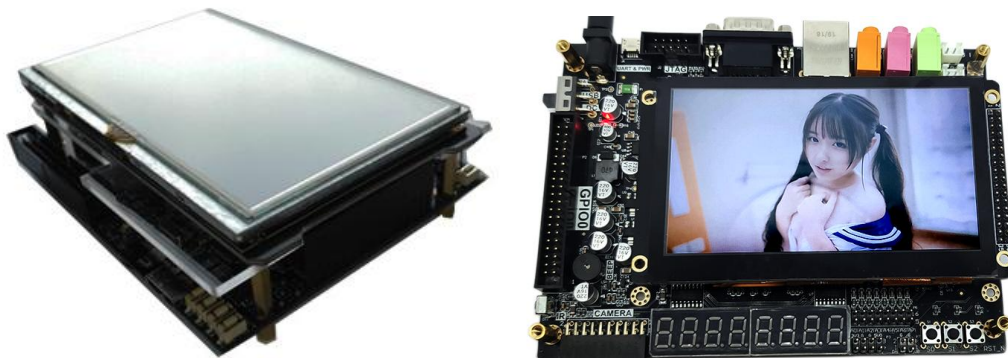
下表为各个功能电路的功能说明

功能单元	序号	功能说明	备注
用户接口	1	2*18 排针，接开发板显示扩展接口	两个接口二选一即可
	2	FPC 接口，可用 FPC 排线连接主板	
模组接口	3	电容触摸屏连接器，接入电容触摸屏信号线	
	4	显示屏连接器，接入显示屏信号线	
功能电路	5	电阻触摸控制器电路	基于 XPT2046 芯片
	6	背光升压电路	5V 升 19.2V
	7	电源降压电路	5V 降压到 3.3V

2*18 排针接口：

该接口主要用来连接小梅哥各个开发板上的通用显示扩展接口，支持但不限于 AC620、AC6102、AC501、AC609、Starter、ACX735 等开发板。

显示扩展接口一般位于开发板右侧部位，为 36pin 排母连接器。插接时，显示屏模块覆盖在开发板上方，如下图所示：



关于该接口上的各个信号分布，在本手册后续内容会进一步详细介绍。

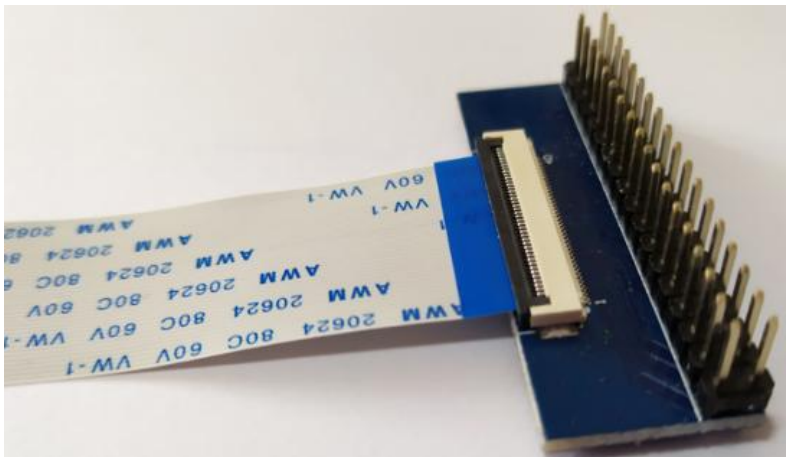
40p FPC 连接口：

该接口完全兼容芯路恒科技的 AC520-SOC 开发板、芯路遥科技的 Linux 开发板、正点原子阿波罗 STM32 开发板、阿尔法 Linux 开发板上的显示屏接口，可以直接使用 FPC 排线接到这些开发板上使用，尤其是 4.3 寸版本，可以与这些开发板实现功能到机械结构的全兼容。用于三个厂家的板卡时，驱动程序和模式设置也都兼容，无需进行任何更改即可直接适配。对于部分做项目设备的客户，也可

以使用该接口连接开发板，从而实现屏幕与开发板机械脱离，在 AC620 开发板上该接口使用方法如下图所示：



由于 AC620 上没有设计 FPC 拍线接口，因此如果有用户出于屏和开发板分离的目的需要使用 FPC 排线连接方式（AC620 默认可以直接使用排针形式与屏幕连接），需要使用一个转接板。我们提供有该转接板，用户可以根据自己实际需求自行选购。<https://item.taobao.com/item.htm?id=589261594658>



背光升压电路

显示屏模组正常工作时，其背光电路需要高达 19.2V 的供电电压，因此在 PCB 背板上设计了一个从 5V 升压到 19.2V 的背光升压电路。该电路带一个控制信号，名为 LCD_BL，当该信号为高电平时，背光被点亮，否则背光熄灭。如果需要调整

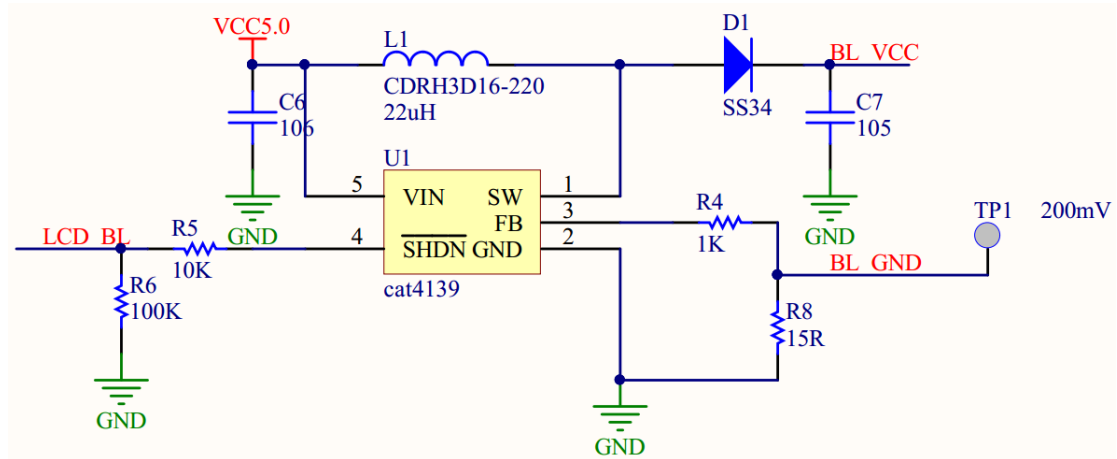
店铺：<https://xiaomeige.taobao.com>

技术博客：<http://www.cnblogs.com/xiaomeige/>

官方网站：www.corecourse.cn

技术群组：615381411

TFT 背光的亮度，可以给该信号连接 1KHz 左右的 PWM 波，通过调整 PWM 波的占空比来调整背光的亮度。

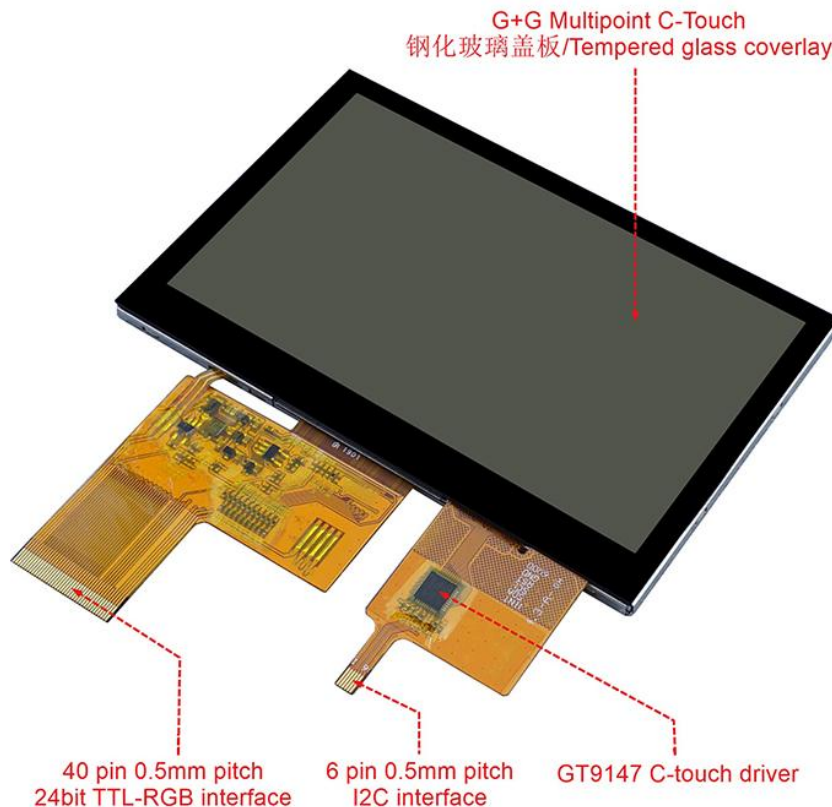


电阻屏触摸控制器

电阻触摸控制屏以其灵敏的触控能力和强大的抗干扰能力，常用于工业设备中。因此本屏幕背板上设计了一个触摸控制器，用来控制和处理电阻触摸屏。因为电阻触摸屏产生的是模拟电压信号，而 FPGA 只能传输和处理数字信号，所以需要使用一个能够实现触摸屏电压信号转化为数字信号的触摸控制器。本 PCB 背板上触摸控制器使用 XPT2046，该控制器能够读取电阻触摸屏的坐标值并通过 SPI 接口传递给控制器（如单片机、FPGA），实现触摸读取功能。

屏幕模组接口

正常市面销售的 TFT 模组仅仅是将背光 LED 灯、显示屏液晶和触摸屏组装到一起的模组，如下图所示。



这些模组一般以 40pin 的 FPC 排线连接点提供对外连接。TFT 模组本身是无法直接正常工作的，需要给其提供工作电压和背光驱动电压。所以在本 PCB 背板上使用 1 个 40pin 的 FPC 母座来连接该 TFT 模组。该接口将 TFT 屏线接口上的所有信号引入到 PCB 板，然后再分别接到与开发板连接的排针接口、FPC 接口以及背光供电。

电容触摸屏接口

相较于电阻触摸屏，电容触摸屏的触摸坐标定位实现更加的复杂，一般都需要使用专用的电容触摸控制器来完成多点触摸信号的感应。所以大部分电容触摸模组都集成了电容触摸控制器，对外提供标准的 I2C 总线接口，使用时，只需要主机通过 I2C 总线读取该触摸控制器芯片中存储的实时坐标值即可。

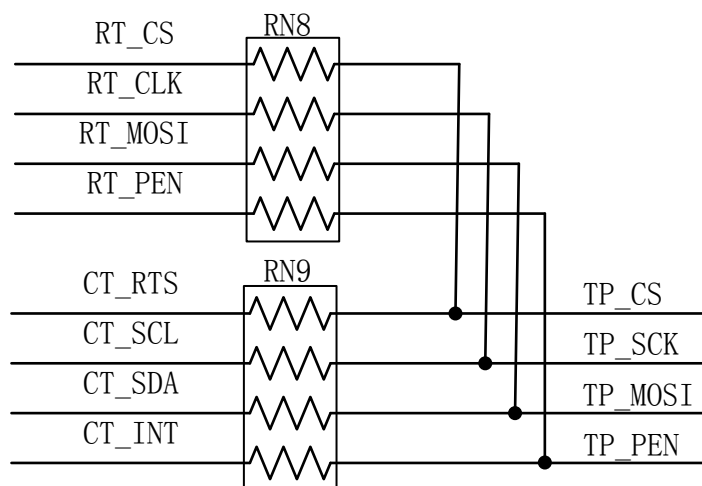
也因如此，在电容触摸屏模组对外的接口上，实现反而比电阻触摸屏简单，由于 I2C 控制器直接传输的就是数字信号，因此不需要再使用像 XPT2046 这种模数转换器来转换坐标位置，所以在 PCB 背板上，只需要使用一个简单的 4Pin 连

接座将触摸屏模组的 I2C 接口映射到与主机控制器连接的排针或 FPC 排座上即可。

电容电阻触摸屏选择

虽然本屏幕模块的 PCB 背板上设计了支持电容触摸屏和电阻触摸屏，但是两者是不能，也不会同时使用的。为了降低对控制器管脚的占用，电阻触摸屏和电容触摸屏通过跳线的方式选择具体连接哪种接口的触摸屏到控制器。

在 PCB 背板上，使用两个 33R 的排阻作为跳线，选择是将电阻触摸屏控制器的 SPI 接口的控制信号还是电容触摸屏的 I2C 接口的控制信号连接到用户接口的对应脚上，其示意图如下图所示。



图中，TP_XXX 信号连接到了 2*18 排针和 40P FPC 连接器的用户接口上，而具体该引脚连接到 PCB 背板上的哪种触摸屏接口，则根据 RN8 和 RN9 是否焊接来决定，如果 RN8 焊接，而 RN9 不焊接，则将电阻触摸屏的控制信号接到用户接口，进而连接到处理器上，如果 RN9 焊接，而 RN8 不焊接，则将电容触摸屏的控制信号接到用户接口，进而连接到处理器上。

通用 TFT 显示模组

通用显示屏模组采用久经市场检验的 4.3 寸或 5 寸显示屏模组。这两种模组功能相同，接口相同，时序参数也都完全相同，仅在 FPC 排线的物理位置上有所区别，使用时驱动和程序可以完全互通。

关于 PPI

另外说一句题外话，经常有网友问我们为什么只有 4.3 寸、5 寸的屏幕，没有 7 寸的。因为他们觉得屏幕尺寸越大，效果就越清晰。事实上这种看法是不对的，最起码是不准确的。一个屏幕清晰度如何，既不是单单看物理像素数量，也不是看物理尺寸大小，而是看屏幕像素密度，也就是 PPI（每英寸屏幕所拥有的像素数），PPI 的计算公式为：

$$PPI = \frac{\sqrt{\text{横向 Pixel}^2 + \text{纵向 Pixel}^2}}{\text{屏幕尺寸 inch}}$$

所以说，相同物理像素数量的情况下，屏幕尺寸越小，像素密度越高，显示效果就越细腻。所以，同样都是 800*480 分辨率的显示屏，5 寸屏的 PPI 肯定比 7 寸的高，显示效果更加细腻，4.3 寸屏的 PPI 又比 5 寸屏高，显示效果更加细腻。

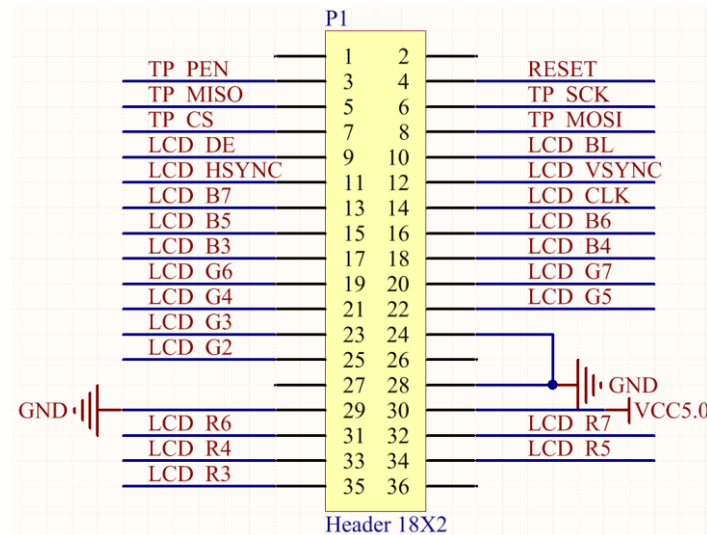
常见的 7 寸分辨率有 800*480 和 1024*600 两种。因此，在对显示屏物理尺寸没有特别要求的情况下，如果仅需要 800*480 的分辨率，使用 5 寸或 4.3 寸的屏幕，不仅显示效果更佳细腻，而且从便携性，成本各方面都具有更大的优势。

显示屏模块用户接口

前面介绍完了整个显示屏的物理和电路结构，这些结构对于想弄清楚整个 TFT 显示屏的实现细节是有用的，但是对于我们用户使用来说，只需要了解用户接口上的相关信号即可。

2*18 排针接口

显示屏模块提供两个用户接口，一个为 2*18 的 36 针排针接口，使用该接口可以直接插接到小梅哥所有的 FPGA 开发板以及部分 FPGA 核心板上。该接口信号顺序如下图所示：



这些信号中，以 TP 开头的信号为触摸板的数字接口（基于 SPI 或 I2C 协议），以 LCD 开头的代表显示屏的数字接口。RESET 信号实际没有任何作用，LCD_BL 为背光控制脚，为高电平时点亮背光。以下为该显示屏的所有信号功能介绍：

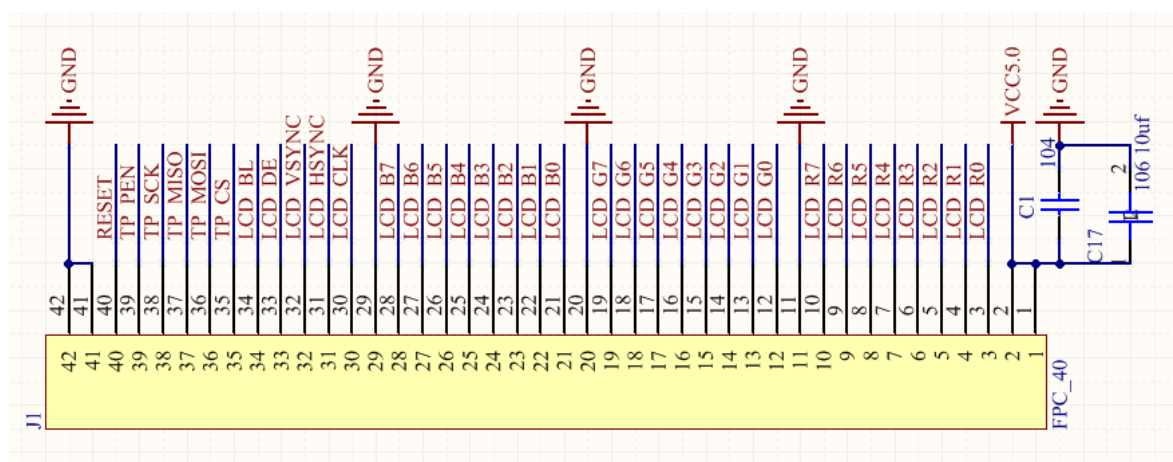
信号分类	信号名称	信号功能
电阻触摸 控制器接口	TP_PEN → RT_PEN	触摸屏笔触中断信号，当检测到触摸屏被按下时，可以变低，从而向外产生触摸按下通知信号，作为中断信号
	TP_MISO	SPI 数字接口的从机数据输入接口，由主机（MCU、FPGA）向触摸控制芯片 XPT2046 传输控制命令。
	TP_MOSI → RT_MOSI	SPI 数字接口的从机数据输出接口，由触摸控制芯片 XPT2046 向主机（MCU、FPGA）传输采样到的坐标点。
	TP_CS → RT_CS	SPI 接口的片选信号
	TP_SCK → RT_SCLK	SPI 接口的串行时钟接口
电容触摸 控制接口	TP_PEN → CT_INT	电容触摸屏的中断信号
	TP_MOSI → CT_SDA	电容触摸屏的 I2C 接口的数据线
	TP_SCK	电容触摸屏的 I2C 接口的时钟线

使用的触摸类型，与电阻屏二选一	➔ CT_SCL	
	TP_CS	电容触摸屏的复位控制信号
	➔ CT_RST	
TFT 显示接口	LCD_DE	LCD 驱动时序的数据有效信号，当传输需要显示的图像时，该信号需要为高电平
	LCD_HSYNC	LCD 驱动的行同步信号
	LCD_VSYNC	LCD 驱动的场同步信号
	LCD_R[7:0]	LCD 颜色数据的红色分量部分，在 2*18 的排针接口上仅用了 LCD_R[7:3]共 5 位，在 40 FPC 排线接口上全部使用
	LCD_G[7:0]	LCD 颜色数据的绿色分量部分，在 2*18 的排针接口上仅用了 LCD_G[7:2]共 6 位，在 40 FPC 排线接口上全部使用
	LCD_B[7:0]	LCD 颜色数据的蓝色分量部分，在 2*18 的排针接口上仅用了 LCD_B[7:3]共 5 位，在 40 FPC 排线接口上全部使用
其他控制信号	LCD_BL	LCD 背光控制信号，高电平点亮背光，可以使用 PWM 控制
	RESET	虽名为 RESET 信号，实际未做任何功能，因为 TFT 屏无非接口，也无需复位，此脚可以不关心。

需要说明的是，无论是 4.3 寸还是 5 寸的显示屏模组，都是支持 RGB888 的 24 位色模式，但是在实际使用时，为了节省存储器、节省 IO 用量，或是为了提升存储器可用带宽，往往会采用 RGB565 的模式来进行显示。既将 LCD_R[7:3]、LCD_G[7:2]、LCD_B[7:3]取出，用来传递图像数据，而将 LCD_R[2:0]、LCD_G[1:0]、LCD_B[2:0]直接接地或者接高电平。这样就能够使用 16 位的数据来驱动 24 位色的显示屏且保证颜色基本不失真了。

40pin FPC 排线接口

40Pin 的 FPC 排线接口如下图所示：



可以看到，该接口上的信号利用率比较高，RGB 的 0~7 位都用到了，也就是能够支持 RGB888 的颜色模式。但是请注意，前文说的那个转接板，虽然也是使用 FPC 将屏幕和开发板连接，由于开发板接口的限制，实际上也是只能使用 RGB565 模式，无法支持到 RGB888 模式。如果一定要用到该显示屏的 RGB888 模式，则可能需要自己制作能够和这个 FPC 接口对接的转接板，接到其他数量足够的接口上。

显示屏模块接口时序

该显示屏的接口时序和大家所熟知的 VGA 时序几乎一模一样。如果接触过 VGA 时序的用户肯定会非常熟悉。或者，换句话说，使用已有的 VGA 驱动代码，修改几个参数的数值就能够直接用来驱动该显示屏。关于该显示屏的详细驱动时序和驱动逻辑设计，我们已经在《FPGA 系统设计与验证实战指南》或者《FPGA 自学笔记——设计与验证》这本书里讲过了，大家看这个文档或者书籍相关的内容即可。教程章节名为“TFT 显示屏驱动设计与验证”。以下为 800*480 分辨率显示屏的时序参数：

时序参数	5 寸屏参数值
H_Total_Time	1056
H_Right_Border	0
H_Front_Porch	40
H_Sync_Time	128
H_Back_Porch	88
H_Left_Border	0
V_Total_Time	525
V_Bottom_Border	8
V_Front_Porch	2
V_Sync_Time	2
V_Back_Porch	25
V_Top_Border	8

显示屏的用处

前面已经做了这么多的该显示屏的介绍，那么请问该显示屏在 FPGA 系统中能够用来做些什么呢？事实上，根据目前我们所做过的基于该显示屏的应用，其应用场合大致可以分为以下三种：

- a) 基于 HDL 的图像显示，例如摄像头采集的图像实时显示在该显示屏上。
- b) 基于 SOPC 系统的人机界面设计，比如我们做的基于 ucGUI 的人机交互界面；基于 SOPC 做的数字存储示波器
- c) 使用 HDL 设计的一些简单的图形界面，例如 10 通道逻辑分析仪。

显示屏提供的例程

本显示屏模块不单独提供独立的应用例程，例程都随开发板一起提供。只需要看到我们提供的工程实例中标题含有 TFT50 或者 TFT800 的，都是可以运行在本显示屏上的实例。

总结

- 关于该显示屏，以《FPGA 系统设计与验证实战指南》或者《FPGA 自学笔记——设计与验证》这本书里的“TFT 显示屏驱动设计与验证”一节作为教程内容。
- 关于例程，都提供在各个开发板配套的资料里了。

应用效果

以下为该显示屏的实际使用效果图：



基于 AC620 的数码相框



基于 IMX6UL 工控板的桌面系统