

Uart TFT 串口屏控制芯片

High Performance Uart TFT Graphics Controller

芯片介绍

LT7688 是一款高效能 Uart TFT 串口屏控制芯片。其内部结合了 乐升半导体 的 32bit MCU - LT32U02 及 TFT 图形加速器 - LT768 的核心架构，主要的功能就是提供 Uart、USB 串口通讯，让上位机 MCU 透过简易的指令就能轻易的将要显示到 TFT 屏的内容传递给 TFT 驱动器 (Driver)，除了自带 32 位 MCU 之外，内部硬件还提供图形加速、PIP (Picture-in-Picture)、几何图形绘图等功能，能够提升 TFT 显示效率，及降低 MCU 处理图形显示所花费的时间，LT7688 支持的 TFT 显示分辨率，可以由 320*240 (QVGA) 到 1280*1024 (SXGA)，显示屏则支持 16/18bits 的 RGB 接口。



LT7688 内部的 32 位 MCU 主频可达 72MHz，含有 64Kbytes Flash、8Kbytes SRAM，除了提供 Uart、USB 串口通讯，也提供一些模拟输入 AIN、PWM 及 INT 中断接口，这些接口也可以设置成普通 IO 接口，而为了达到多层次高分辨率的显示效果，LT7688 内建 128Mb 显示内存，可以支持从每像素 1bit 的 2 灰阶到高达每像素 18bits 的 262K 颜色显示。LT7688 也内建几何绘图引擎，支持画点、画线、画曲线、椭圆、三角形、矩形、圆角矩形等功能，同时内嵌的硬件图形加速引擎 (BTE) 提供了命令类型的图形操作，如显示旋转、画面镜射、画中画 (PIP/子母画面) 及图形混合透明显示等功能，若是配合 乐升半导体 的上、下位机软件更能发挥其显示效率，而不必为了 TFT 屏而去升级 MCU。LT7688 强大的显示功能非常适合用在有 TFT-LCD 屏的电子产品上，如各式智能家电、汽机车仪表盘、多功能事务机、工业控制、电子仪器、医疗设备、人机接口、检测设备等产品。

系统应用方块图

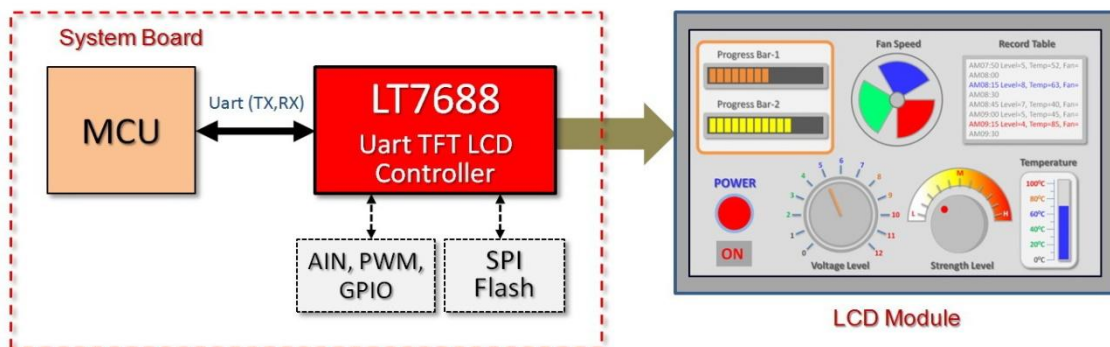


图 1: LT7688 设置在系统主板上

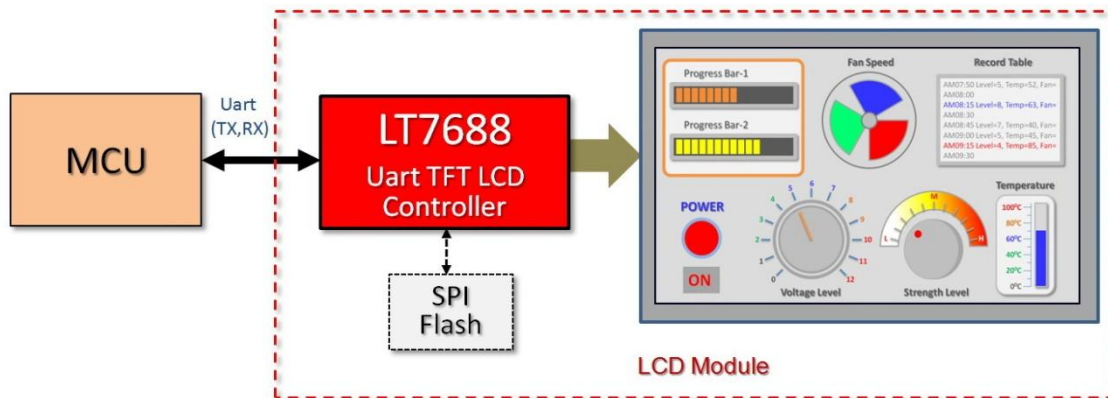


图 2: LT7688 设置在 LCD 模块上

内部方块图

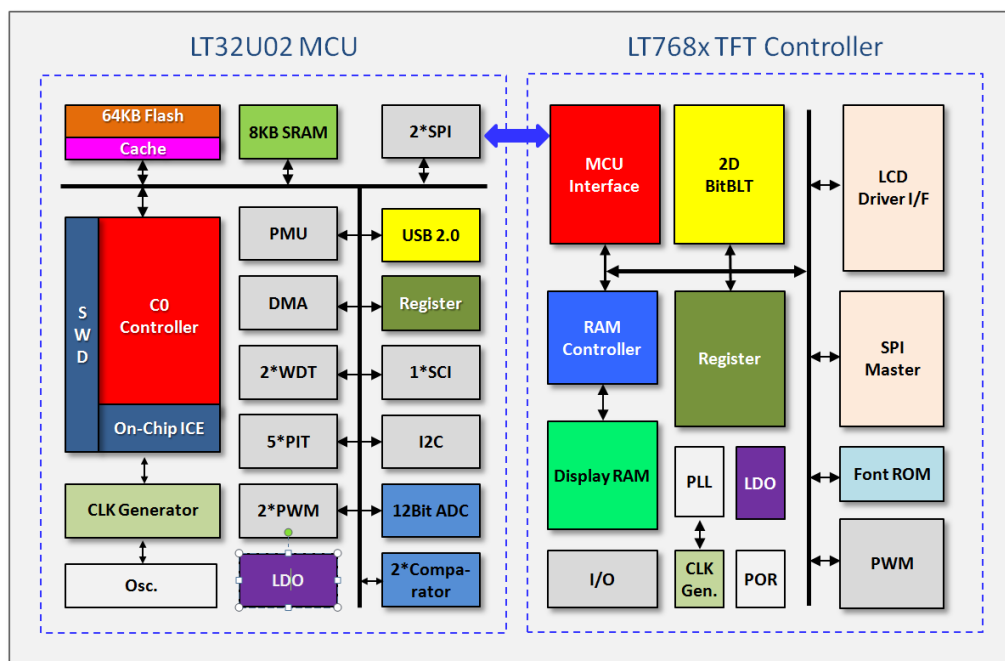


图 3: LT7688 内部方块图

型号信息

表 1: 型号说明

型号	封装	内建显示内存	最高分辨率	色彩
LT7688	QFN-80 (9*9)	128Mb	1280*1024	262K 色

功能简介

主控端 MCU 界面

- 支持 Uart、USB 接口。
- 内建高效能 32Bit MCU、主频 72MHz。

USB 界面

- 支持 USB2.0 Full Speed。

SCI (Uart)界面

- 支持标准 SCI (Serial Communications Interface)。

内存

- MCU 内建 64K bytes Flash。
- MCU 内建 8K bytes SRAM。
- TFT 控制器内建 128Mb 的显示内存 (Display RAM)。

显示色彩数据格式

- 1bpp : 单色 (1bit/像素)。
- 8bpp : 彩色 RGB 3:3:2 (1 byte/像素)。
- 16bpp : 彩色 RGB 5:6:5 (2bytes/像素)。
- 18bpp : 彩色 RGB 6:6:6 (3bytes/像素或是 4bytes/像素)。
 - Index 2:6 (64 索引色/像素, 含透明度属性)
 - α RGB 4:4:4:4 (4,096 索引色/像素, 含透明度属性)

面板接口与分辨率

- 支持 16、18bits RGB 接口面板。
- 支持的分辨率:
 - QVGA : **320*240** *16/18bits TFT 屏
 - WQVGA: **480*272** *16/18bits TFT 屏
 - VGA : **640*480** *16/18bits TFT 屏
 - WVGA : **800*480** *16/18bits TFT 屏
 - SVGA : **800*600** *16/18bits TFT 屏
 - XGA : **1024*768** *16/18bits TFT 屏
 - SXGA : **1280*1024***16/18bits TFT 屏

显示功能

- 支持使用者可自行定义 4 个 32*32 的图形光标。
- 提供虚拟显示功能: 虚拟显示可显示大于 LCD 面板大小的图像, 这样图像可以在任何方向上轻松滚动。
- 提供画中画 (PIP) 显示: 支持两个 PIP 窗口区域: 启用的 PIP 窗口显示在主窗口的上层, 而 PIP1 窗口显示在 PIP2 窗口的上层。
- 支持多重显示功能: 可以在显示缓冲区之间切换主显示窗口, 达到简单的动画显示效果。
- 支持唤醒时迅速显图像功能。
- 支持镜像和旋转、垂直与水平翻转显示功能。
- 彩带显示 (Color Bar Display) : 在没有对内部显示内存写入数据的情况下仍然可以以彩带的方式显示, 默认分辨率为 640*480 像素。
- 支持开机显示功能。

区块传输引擎 (BitBLT)

- 内建 2D BitBLT 引擎。
- 提供带光栅运算的复制图像功能。
- 提供颜色深度转换。
- 实心填充和图案填充功能:
 - 提供用户定义的 8*8 图像或 16*16 图像。
- 提供两个图像合成一个图像功能:
 - 色度键控功能 (Chroma-Keying) : 根据透明度将图像与指定的 RGB 颜色混合
 - 图形混合透明模式 (Window Alpha - Blending) : 根据指定区域内的透明度将两个图像混合。
 - 像素混合透明模式 (Dot Alpha - Blending) : 根据 RGB 格式及透明度将两个图像混合。

几何图形加速器

- 提供画点、线、曲线、椭圆、三角形、矩形、圆角矩形等绘图功能。

显示文字功能

- 内建 ISO/IEC 8859-1/2/4/5 的 8*16、12*24、16*32 字型。
- 支持使用者自定义半型字角与全型字 (8*16、12*24、16*32、16*16、32*32)。
- 支持 48*48、72*72 大全型字。
- 提供可程序文字光标。
- 支持垂直与水平放大字型 (*1, *2, *3, *4 倍)。
- 支持文字 90 度旋转。

SPI Master 界面

- TFT 图形加速器提供外部串行闪存 (Serial Flash) 数据复制至图框缓冲区。
- 兼容标准 SPI 规格。
- 提供 16bytes 读取 FIFO 及 16bytes 写入 FIFO。
- 在 Tx FIFO 完全清空并且 SPI Tx/Rx 引擎闲置时会发出中断。

I2C 界面

- MCU 提供 I2C 接口与外部 I2C 装置连接。
- 提供标准传输模式 (100kbps) 与快速传输模式 (400kbps)。

PWM 界面

- MCU 提供 4 个 PWM 接口。
- TFT 控制器内建 2 组 16bits 计数器, 提供 2 个 PWM 输出接口。
- 可程序化的工作周期定。

中断信号接口

- MCU 最多可提供 6 个中断输入接口。
- TFT 控制器提供 1 中断输出接口。

GPIO 界面

- MCU 最多可提供 10 个 GPIO 接口。
- TFT 控制器最多可提供 8 个 GPIO 接口。

模拟输入接口

- MCU 提供 2 个 ADC 的模拟输入接口。
- 内建比较器 Comparator

复位方式

- MCU 提供 电源开启复位、外部复位输入、软件复位、看门狗复位 和 电压侦测复位
- TFT 控制器提供电源启动复位、外部硬件复位和软件命令复位。

省电模式

- 提供 3 种省电模式: 待机 (Standby)、休眠 (Suspend) 与睡眠 (Sleep) 模式。
- 支持使用 MCU 唤醒。

时钟 (Clock)

- MCU 与 TFT 控制器独立时钟。
- MCU 内建精准高(72MHz)、低(128KHz) 频时钟
- 独立电源的外部 32KHz 晶振电路。
- TFT 控制器内建可程序化 PLL, 提供内部时钟、外部 LCD 时钟、内部显示内存时钟。

电源供应

- VDD 电压: 3.3V +/- 0.3V。
- 内建 1.5V、1.8V LDO。

封装型式

- QFN-80Pin 封装。

工作温度

- -40°C~85°C。

芯片脚位图

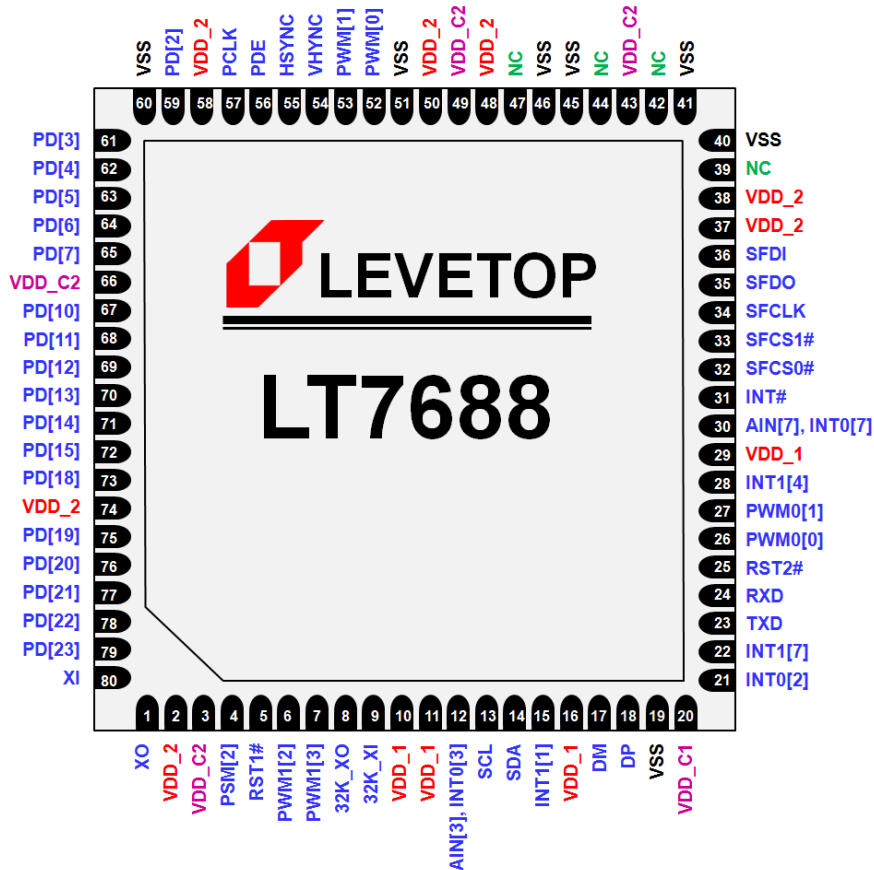


图 4: LT7688 引脚图 (QFN-80Pin)

应用架构图

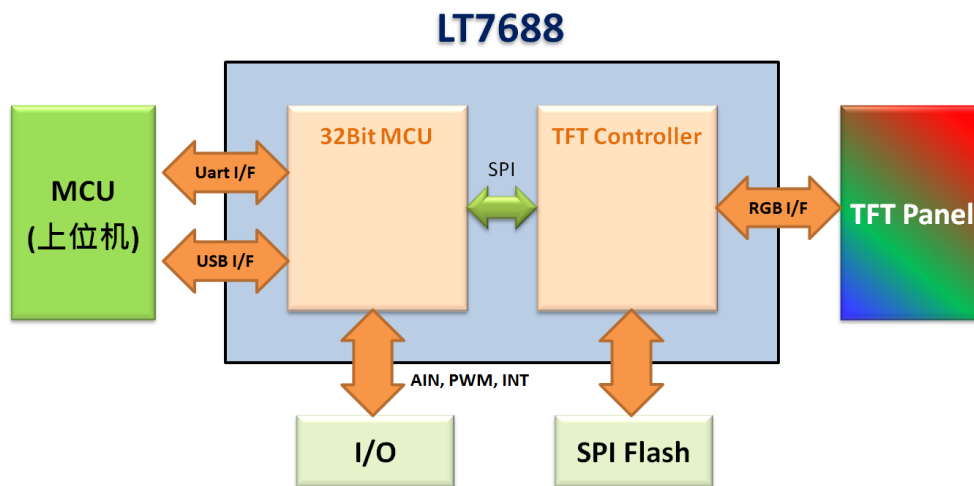


图 5: 应用架构图

引脚信号说明

Uart 串口信号 (2 根引脚)

表 2: MCU 串口信号

脚号	引脚名称	I/O	功能说明
24	RXD		串口通信(Uart) 接收数据输入 这是串行通信接口的模块信号 (SCI0)。此信号用于 SCI 接收器数据输入, 经由内部 MCU 的寄存器设定, 也可作为普通的 GPIO 接口使用。
23	TXD		串口通信(Uart) 发送数据输出 这是串行通信接口的模块信号 (SCI0)。此信号用于 SCI 发送器数据输出, 经由内部 MCU 的寄存器设定, 也可作为普通的 GPIO 接口使用。

USB 信号 (2 根引脚)

表 3: USB 接口信号

脚号	引脚名称	I/O	功能说明
18	DP	IO	USB 数据端 (Positive) 此为 USB 数据端 DP 的信号。
17	DM	IO	USB 数据端 (Negative) 此为 USB 数据端 DM 的信号。

I2C 信号 (2 根引脚)

表 4: I2C 接口信号

脚号	引脚名称	I/O	功能说明
13	SCL	IO	I2C 时钟信号 此信号为 I2C 的时钟信号, 经由内部 MCU 的寄存器设定, 也可作为普通的 GPIO 接口使用。
14	SDA	IO	I2C 数据信号 此信号为 I2C 的数据信号, 经由内部 MCU 的寄存器设定, 也可作为普通的 GPIO 接口使用。

LCD 屏接口信号 (22 根引脚)

表 5: LCD 屏接口信号

脚号	引脚名称	I/O	功能说明																																																											
79~75, 73, 72~67, 65~61, 59	PD[23:19], PD[18], PD[15:10], PD[7:3], PD[2]	IO	<p>LCD 数据总线 输出数据至 TFT-LCD 屏的数据总线, 可经由寄存器来设定连接相对应的 RGB 总线。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Pin Name</th> <th colspan="2">TFT-LCD Interface</th> </tr> <tr> <th>16bits</th> <th>18bits</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>PD[2]</td><td>GPIOD[6]</td><td>B0</td></tr> <tr><td>PD[3]</td><td>B0</td><td>B1</td></tr> <tr><td>PD[4]</td><td>B1</td><td>B2</td></tr> <tr><td>PD[5]</td><td>B2</td><td>B3</td></tr> <tr><td>PD[6]</td><td>B3</td><td>B4</td></tr> <tr><td>PD[7]</td><td>B4</td><td>B5</td></tr> <tr><td>PD[10]</td><td>G0</td><td>G0</td></tr> <tr><td>PD[11]</td><td>G1</td><td>G1</td></tr> <tr><td>PD[12]</td><td>G2</td><td>G2</td></tr> <tr><td>PD[13]</td><td>G3</td><td>G3</td></tr> <tr><td>PD[14]</td><td>G4</td><td>G4</td></tr> <tr><td>PD[15]</td><td>G5</td><td>G5</td></tr> <tr><td>PD[18]</td><td>GPIOD[7]</td><td>R0</td></tr> <tr><td>PD[19]</td><td>R0</td><td>R1</td></tr> <tr><td>PD[20]</td><td>R1</td><td>R2</td></tr> <tr><td>PD[21]</td><td>R2</td><td>R3</td></tr> <tr><td>PD[22]</td><td>R3</td><td>R4</td></tr> <tr><td>PD[23]</td><td>R4</td><td>R5</td></tr> </tbody> </table> <p>当 LCD 设置为 16bpp 功能模式, 则 PD[18, 2] 可被定义为 GPIO 引脚。</p>	Pin Name	TFT-LCD Interface		16bits	18bits	PD[2]	GPIOD[6]	B0	PD[3]	B0	B1	PD[4]	B1	B2	PD[5]	B2	B3	PD[6]	B3	B4	PD[7]	B4	B5	PD[10]	G0	G0	PD[11]	G1	G1	PD[12]	G2	G2	PD[13]	G3	G3	PD[14]	G4	G4	PD[15]	G5	G5	PD[18]	GPIOD[7]	R0	PD[19]	R0	R1	PD[20]	R1	R2	PD[21]	R2	R3	PD[22]	R3	R4	PD[23]	R4	R5
Pin Name	TFT-LCD Interface																																																													
	16bits	18bits																																																												
PD[2]	GPIOD[6]	B0																																																												
PD[3]	B0	B1																																																												
PD[4]	B1	B2																																																												
PD[5]	B2	B3																																																												
PD[6]	B3	B4																																																												
PD[7]	B4	B5																																																												
PD[10]	G0	G0																																																												
PD[11]	G1	G1																																																												
PD[12]	G2	G2																																																												
PD[13]	G3	G3																																																												
PD[14]	G4	G4																																																												
PD[15]	G5	G5																																																												
PD[18]	GPIOD[7]	R0																																																												
PD[19]	R0	R1																																																												
PD[20]	R1	R2																																																												
PD[21]	R2	R3																																																												
PD[22]	R3	R4																																																												
PD[23]	R4	R5																																																												
57	PCLK	O	<p>LCD 屏幕扫描时钟信号 屏幕扫描时钟信号连接至通用的 TFT 驱动接口讯号。此信号为内部 PPLL 驱动产生。</p>																																																											
54	VSYNC	O	<p>LCD 垂直同步信号 垂直同步信号 VSYNC 连接至通用的 TFT 驱动接口讯号。</p>																																																											

表 5: LCD 屏接口信号 (续)

脚号	引脚名称	I/O	功能说明
55	HSYNC	O	LCD 水平同步信号 水平同步讯号 HSYNC 连接至通用的 TFT 驱动接口讯号。
56	PDE	O	LCD 屏幕数据使能 此信号为连接至通用 TFT 驱动接口的数据有效或数据使能信号。

外部串行 Flash/ SPI Master 信号 (5 根引脚)

表 6: 外部串行 Flash / SPI Master 信号

脚号	引脚名称	I/O	功能说明
32	SFCS[0]# GPIOC[3]	IO	外部 Serial Flash #0 或是 SPI #0 芯片选择信号 此信号为 LT7688 内部的 TFT 控制器所控制, 如果串行 SPI 功能被禁能, 则可以将此引脚设成为 GPIOC[3], 默认为输入功能。
33	SFCS[1]# GPIOC[4]	IO	外部 Serial Flash #1 或是 SPI #0 芯片选择信号 此信号为 LT7688 内部的 TFT 控制器所控制, 如果串行 SPI 功能被禁能, 则可以将此引脚设成为 GPIOC[4], 默认为输入功能。
34	SFCLK GPIOC[0]	IO	外部 SPI 串行频率信号 此引脚是串行时钟信号输出, 为 LT7688 内部的 TFT 控制器所控制, 连接到外部 Serial Flash 或是 SPI 装置。 如果串行 SPI 功能被禁能, 则可以将此引脚设成为 GPIOC[0], 默认为输入功能。
35	SFDO GPIOC[1]	IO	LT7688 的 SPI 数据输出信号 / 主输出从输入 (MOSI) 此信号为 LT7688 内部的 TFT 控制器所控制, 输出数据到外部的 Serial Flash 或是 SPI 组件。 单模式 (Single Mode) : SPI Flash 或 SPI 组件的数据输入。对于 LT7688 而言它是输出。 双模式 (Dual Mode) : 将信号用作双向数据#0 (SIO0)。仅在串行 SPI Flash DMA 模式下有效。 如果串行 SPI 功能被禁能, 则可以将此引脚设成为 GPIOC[1], 默认为输入功能。
36	SFDI GPIOC[2]	IO	LT7688 的 SPI 数据输入信号/ 主输入从输出 (MISO) 此信号为 LT7688 内部的 TFT 控制器所控制, 由外部的 Serial Flash 或是 SPI 组件读取数据。 单模式 (Single Mode) : SPI Flash 或 SPI 组件的数据输出。对于 LT7688 而言它是输入。 双模式 (Dual Mode) : 将信号用作双向数据 #1 (SIO1)。仅在串行 SPI Flash DMA 模式下有效。 如果串行 SPI 功能被禁能, 则可以将此引脚设成为 GPIOC[2], 默认为输入功能。

PWM 信号 (2 根引脚)

表 7: PWM 信号

脚号	引脚名称	I/O	功能说明
52	PWM[0] INITDIS GPIOC[7] CCLK	IO	<p>PWM #0 输出信号 此为一个可程序化的 PWM 输出信号，可以用来控制 TFT 屏的背光或是其他组件。PWM 的输出模式可经由 TFT 控制器的寄存器来设定。</p> <p>PWM[0] 这根引脚在复位 (Reset) 周期被当成 INITDIS 「开机显示」引脚，复位时会被检测是否为默认的低电位，如果是则「开机显示」功能被禁止，如果有外部上拉电阻，则复位周期时会检测到高电位，那么「开机显示」功能被使能 (Enable)。</p> <p>此引脚与 GPIOC[7] 共享，如果 PWM 被禁能，默认 GPIOC[7] 是输入功能或是输出系统时钟信号 (CCLK)。</p>
53	PWM[1]	IO	<p>PWM #1 输出信号 此为一个可程序化的 PWM 输出信号，可以用来控制 TFT 屏的背光或是其他组件。PWM 的输出模式可经由 TFT 控制器的寄存器来设定。</p>
6, 7	PWM1[2], PWM1[3]	IO	<p>PWM1 输出信号 可以作为 PWM 输出或是 GPIO 使用，由内部 MCU 的寄存器来设定。</p>
26, 27	PWM0[0], PWM0[1]	IO	<p>PWM0 输出信号 可以作为 PWM 输出或是 GPIO 使用，由内部 MCU 的寄存器来设定。</p>

GPIO 信号 (7 根引脚)

表 8: 通用 IO 口信号

脚号	引脚名称	I/O	功能说明
52, 33, 32, 36, 35, 34	GPIOC[7] GPIOC[4:0]	IO	<p>GPIO 输出/输入信号 GPIOC[7] 的输出数据与 PWM[0] 共享引脚。 GPIOC 功能只有在 PWM 与 SPI Master 的功能被禁止时才能使用; GPIOC[4:0] 与 { SFCS1#, SFCS0#, SFDI, SFDO, SFCLK } 共享引脚，只有在 PWM 与 SPI Master 的功能被禁止时才能使用。 这些引脚的输出模式可经由 TFT 控制器的寄存器来设定。</p>
73, 59	GPIOD[7:6]	IO	<p>GPIO 输出/输入信号 GPIOD[7] 的输出数据与 PD[18] 共享引脚。 GPIOD[6] 的输出数据与 PD[2] 共享引脚。 GPIOD[7:6] 只有在 LCD 屏幕数据总线设成 16bits 时才能使用。 这些引脚的输出模式可经由 TFT 控制器的寄存器来设定。</p>

Interrupt 中断信号 (7 根引脚)

表 9: 中断信号

脚号	引脚名称	I/O	功能说明
21, 12, 30	INT0[2], INT0[3], INT0[7]	IO	INT0 输出信号 可以作为 MCU 的中断输入或是 GPIO 使用, 由内部 MCU 的寄存器来设定。 INT0[3] 与 AIN[3] 为共享脚位; INT0[7] 与 AIN[7] 为共享脚位。
15, 28, 22	INT1[1], INT1[4], INT1[7]	IO	INT1 输出信号 可以作为 MCU 的中断输入或是 GPIO 使用, 由内部 MCU 的寄存器来设定。
31	INT#	O	中断输出信号 当 TFT 控制器设定的中断条件发生, 此引脚变成低电位, 用来产生一中断输出告知 MCU。

Analog 模拟输入信号 (2 根引脚)

表 10: 模拟输入信号

脚号	引脚名称	I/O	功能说明
12, 30	AIN[3], AIN[7]	IO	ADC (Analog-to-Digital Converter) 模拟输入 为 ADC 的模拟输入, 由内部 MCU 的寄存器来设定。 AIN[3] 与 INT0[3] 为共享脚位; AIN[7] 与 INT0[7] 为共享脚位。

复位信号 (2 根引脚)

表 11: 复位信号

脚号	引脚名称	I/O	功能说明
5	RST1#	I/O	复位输入信号 当 RST1# = 0 时, 并且维持 256 个时钟周期长度, LT7688 内部的 TFT 控制器将产生复位动作。
25	RST2#	I/O	复位输入信号 当 RST2# = 0 时, 将对内部 MCU 产生复位动作, 除了少数由 POR 才能复位的寄存器外, 大多数由 MCU 控制的寄存器将回复到默认值。

电源与时钟信号 (25 根引脚)

表 12: 电源与时钟信号

脚号	引脚名称	I/O	功能说明
80	XI	I	晶振 (Crystal) / 时钟信号输入 此引脚连接至外部晶振, 为内部 TFT 控制器的晶振电路输入信号, 当使用有源晶振或是外部时钟信号可以由此脚输入 。晶振频率 (OSC) 范围在 8MHz ~ 15MHz 之间。
1	XO	O	晶振 (Crystal) 输出 此引脚连接至外部晶振, 为内部 TFT 控制器的晶振电路输出信号。
9	32K_XI		32.768Khz 晶振输入 此引脚连接至外部 32.768Khz 晶振,
8	32K_XO		32.768Khz 晶振输出 此引脚连接至外部 32.768Khz 晶振,
4	PSM[2]	I	必须接到高电位。
20	VDD_C1	PWR	内核电源输出 每根 VDD_C 引脚必须外接一个 1uF 和一个 0.1uF 滤波电容到地。
3, 43, 49, 66	VDD_C2	PWR	内核电源输出 每根 VDD_C 引脚必须外接一个 1uF 和一个 0.1uF 滤波电容到地。
10, 11, 16, 29	VDD_1	PWR	3.3V 电源输入
2, 37, 38, 48, 50, 58, 74	VDD_2	PWR	3.3V 电源输入
19, 40, 41, 45, 46, 51, 60,	VSS	PWR	GND 接地
-	Thermal Pad	-	散热焊盘 IC 的背部散热焊盘直接接地。

功能说明

LT7688 内部结合了高效能的 32bit MCU 及 TFT 图形加速器,此 MCU 的主体架构与本公司的 LT32U02 相同,其功能可以直接参考 LT32U02 规格书及应用手册,因此针对 32bit MCU 的功能部份本规格书将不再详细说明。另外 TFT 图形加速器是采用本公司的 LT768x 硬件架构,其与 MCU 的连接方式如下图所示,本规格书将以 TFT 显示控制部分的规格来说明。

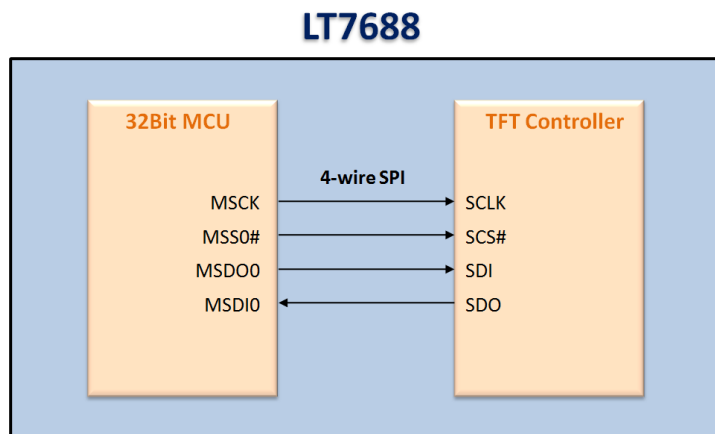


图 6: LT7688 内部 MCU 与 TFT 图形加速器的连接图

1. 上位机 MCU 通讯接口

LT7688 与上位机 MCU 通信的模式有 2 种,一个是透过 UART 接口,另一个是透过 USB 接口,相关的软件设置可以参考 LT32U02 规格书及应用手册,或是使用本公司的上下位机软件来进行通讯,至于 LT7688 内部 MCU 程序的开发,本公司也提供完整的开发环境或刻录工具。

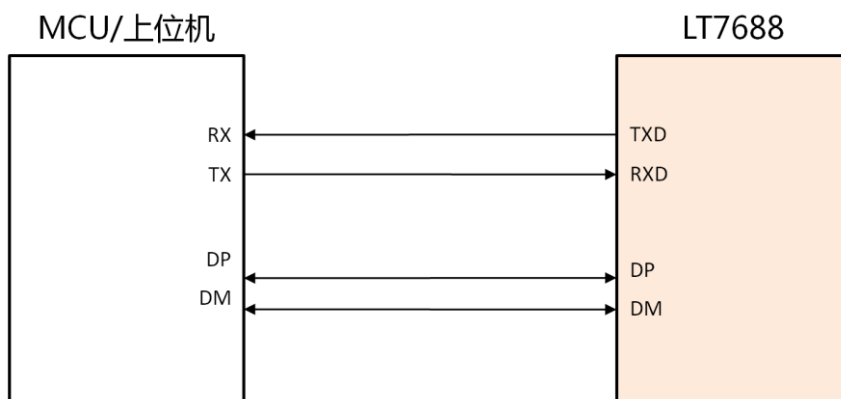


图 7: 与上位机 MCU 的通信模式

2. IO 界面

LT7688 的 MCU 模块还提供许多 IO 接口，如下图左半部，包括 2 个模拟输入接口，6 个中断信号输入接口，4 个 PWM 信号输出，这些接口由内部 MCU 的寄存器来设定，也都可以作为普通 GPIO 使用。同时 Pin 脚名称与 LT32U02 一致，详细运作可参考 LT32U02 规格书及应用手册。而在 TFT 控制器内也提供一些 GPIO 接口，上图右半部，可以作为 MCU 接口的延伸，通常这些 GPIO 接口都是与其他控制信号共享脚位，请参考下表 13 所示，只有在这些控制信号被禁止时才能使用。

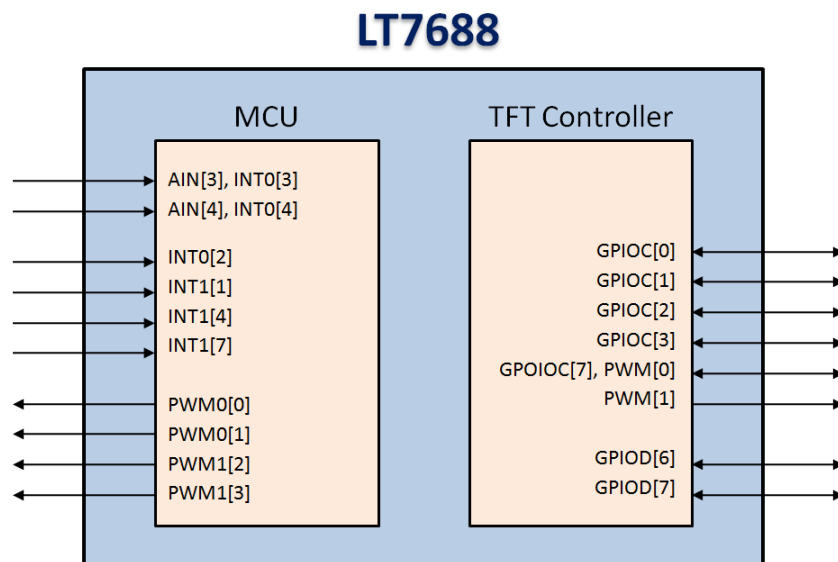


图 8: LT7688 内部 MCU 模块控制的 IO 接口

表 13: GPIO 接口与其他控制信号共享脚位

GPIO 界面	共享信号
GPIOC[7]	PWM[0]
GPIOC[4:0],	{ SFCS1#, SFCS0#, SFDI, SFDO, SFCLK }
GPIOD[7:6],	{ PD[18], PD[2] }

这些 GPIO 接口是设定为输出或是输入，以及输出数据或是读取输入数据的 TFT 控制器寄存器为 REG[F0-F6h]，请参考 LT768x 规格书第 14 章寄存器说明。

3. 时钟信号

LT7688 内部的时钟信号如下图所示，MCU 部分包括一独立电源的 32KHz 晶振电路、2 个内部高精度时钟电路（72MHz, 128KHz），TFT 控制器部包括一外部 10MHz 晶振电路、3 个内部 PLL 电路，其中时钟信号可藉由 MCU 的一组 PWM 输出产生，或是使用一外部 10MHz 晶振电路（如图 10 所示）。

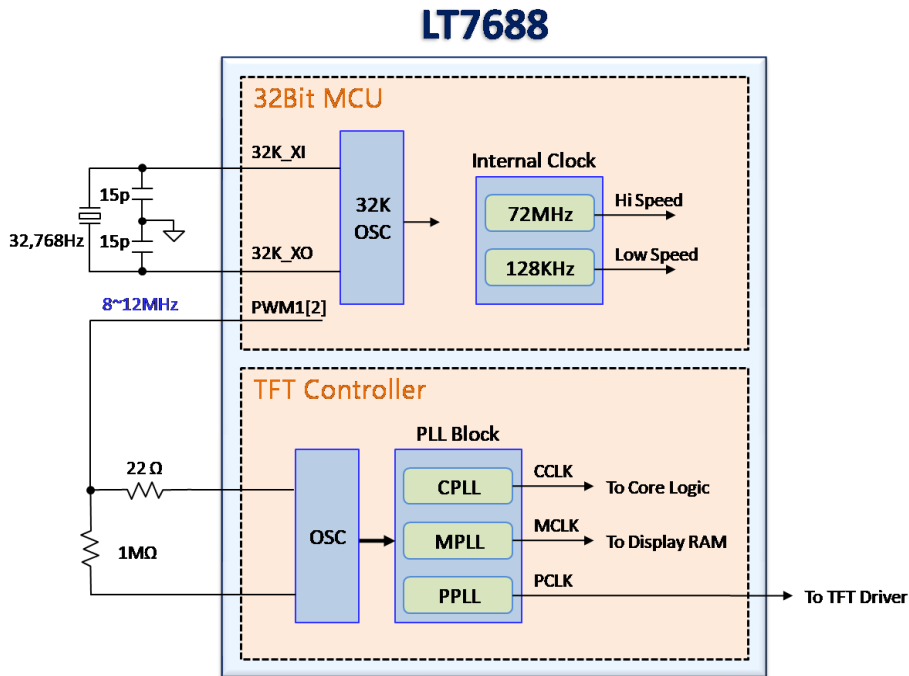


图 9: LT7688 时钟信号结构图

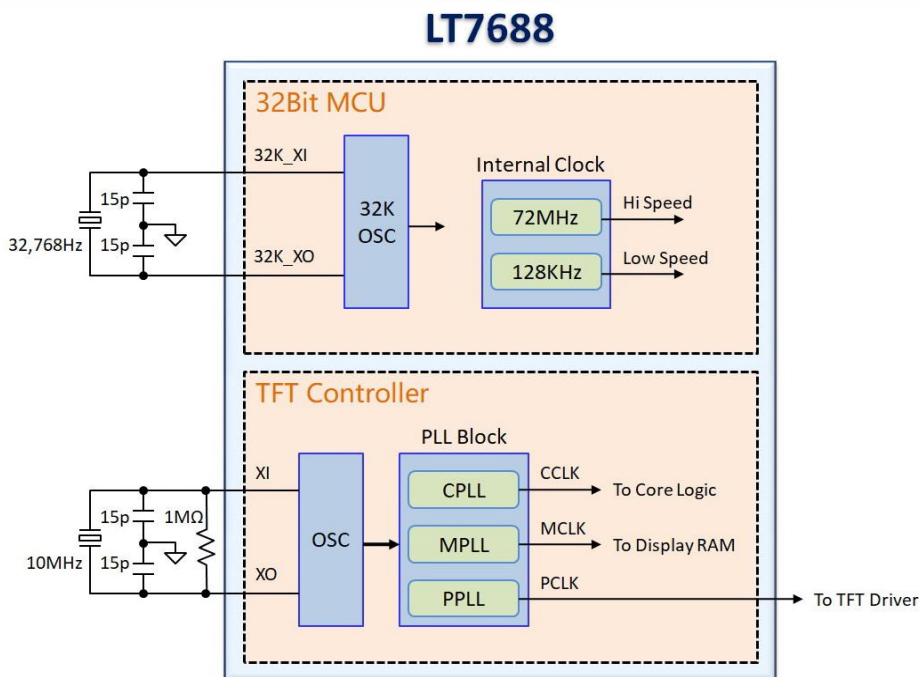


图 10: TFT 控制器使用外部 10MHz 晶振电路

4. 串口显示功能

LT7688 内部 MCU 程序已经包含了串口协议，支持大约 70 个乐升半导体的 TFT 屏串口指令，用户可以用乐升半导体提供的串口屏开发软件，将已经设计好的图片、动画等 UI 结构流程导入，完成 TFT 显示的开发，基本上不需要修改 LT7688 内部 MCU 程序，也不需要了解 LT7688 内部寄存器及控制方式，主控端 MCU 程序只需要依据产品应用负责发送串口协议的指令格式，及接收、解读 LT7688 发出的反馈信息，因此在 TFT 屏显示开发工作上节省许多时间，有关串口屏开发软件及外部应用原理图请参考 LT7688 的串口屏应用手册“LT7688_UartTFT_AP Note_Vxx_CH.pdf”。

4.1 串口屏指令集

LT7688 支持的 TFT 串口屏指令，包括图片静态显示、图片动态显示、文字显示、几何图形等等，如下表 2-1 所示。

表 13: LT7688 串口屏指令集

主功能	细项功能	指令码 (1Byte)	主功能	细项功能	指令码 (1Byte)
显示图片	单张/多张图片	80h, 8Ah, 8Fh	显示字库	字库-1~4	C0h, C1h, C2h, C3h
	循环播放	81h, 84h	显示字库	大字库-1	D0h
	透明图片	82h		大字库-2	D1h
	GIF 动画	88h, 89h		大字库-3	D2h
	设定显示缓冲区	8Eh		大字库-4	D3h
	弹出图片	D8h	背光亮度	设置亮度	BAh
	循环卷动	D9h, DBh		On/Off	BCh
	数字图片	90h, 91h	Wav 檔	播放	B8h
		停止		B9h	
显示控件 图片	控件滑条	94h, 95h	开机指令	开机指令	9Ah / 00
	单一控件图片	A0h, A1h	合并指令	合并执行多个指令	9Ah
	虚拟控件	A2h, A3h	LT7688 复位	Reset LT7688	BDh
	全屏滑动图片	B4h	串口屏侦测	联机检查	BEh
	显示底图及控件图片	9Bh, 9Ch		版本检查	BFh
指标与造图	进度条指标图	B0h			
	指针指标图	B1h			
	环形指标图	DCh			
	二维码生成	98h			
	设定圖形光标	86h			
	显示圖形光标	87h			

表 13: LT7688 串口屏指令集 (续)

主功能	细项功能	指令码 (1Byte)	主功能	细项功能	指令码 (1Byte)
几何图形	画点	DFh	几何图形	实心圆角矩形	EBh
	直线	E0h		带框圆角矩形	ECh
	空心圆形	E1h		空心三角形	EDh
	实心圆形	E2h		实心三角形	EEh
	带框实心圆形	E3h		带框三角形	EFh
	空心椭圆	E4h		空心四边形	F0h
	实心椭圆形	E5h		实心四边形	F1h
	带框实心椭圆	E6h		空心五边形	F2h
	空心矩形	E7h		实心五边形	F3h
	实心矩形	E8h		圆柱体	F4h
	带框矩形	E9h		方柱体	F5h
	空心圆角矩形	EAh		表格视窗	F6h

4.2 LT7688 串口屏协议表

表 14: 主控端与 TFT 串口屏协议表

主功能	细项功能	主控端发送 (TFT 串口屏接收)						主控端接收 (TFT 串口屏发送)					
		起始码 (1Bytes)	指令码 (1Byte)	序号 (1Byte)	指令参数	CRC 码 (2Bytes)	结束码 (4Bytes)	起始码 (1Bytes)	指令码 (1Byte)	序号 (1Byte)	信息码/ 反馈码 (1Bytes)	CRC 码 (2Bytes)	结束码 (4Bytes)
显示图片	单张/ 多张图片	Start	80h	nn		CRC	End	Start	80h	nn	信息码	CRC	End
	单张/ 多张图片	Start	8Ah	nn		CRC	End	Start	8Ah	nn	信息码	CRC	End
	单张图片	Start	8Fh	nn	X, Y, PNG, Pnn	CRC	End	Start	8Fh	nn	信息码	CRC	End
	循环播放	Start	81h	nn		CRC	End	Start	81h	nn	信息码	CRC	End
	取消循环 播放	Start	84h	nn		CRC	End	Start	84h	nn	信息码	CRC	End
	透明图片	Start	82h	nn		CRC	End	Start	82h	nn	信息码	CRC	End
	GIF 动画	Start	88h	nn		CRC	End	Start	88h	nn	信息码	CRC	End
	取消 GIF 动画	Start	89h	nn		CRC	End	Start	89h	nn	信息码	CRC	End
	设定缓冲区	Start	8Eh		0, 1	CRC	End	Start	8Eh	00	信息码	CRC	End
	弹出图片	Start	D8h	nn		CRC	End	Start	D8h	nn	信息码	CRC	End
	循环卷动	Start	D9h	nn		CRC	End	Start	D9h	nn	信息码	CRC	End
	取消循环 卷动	Start	DBh	nn		CRC	End	Start	DBh	nn	信息码	CRC	End
	数字图片-1	Start	90h	nn	ddd.d	CRC	End	Start	90h	nn	信息码	CRC	End
	数字图片-2 (Option)	Start	91h	nn	ddd.d	CRC	End	Start	91h	nn	信息码	CRC	End
显示控件图片	全屏滑动 图片	Start	B4h	nn		CRC	End	Start	B4h	Nn	信息码	CRC	End
	显示单一控 件图片	Start	A0h	nn		CRC	End	Start	A0h	Nn	信息码	CRC	End
		按下控件图片时						Start	A0h	Nn	31h	CRC	End
	放开控件图片时						Start	A0h	Nn	30h	CRC	End	
	取消单一控 件图片	Start	A1h	nn		CRC	End	Start	A1h	Nn	信息码	CRC	End
	虚拟控件	Start	A2h	nn		CRC	End	Start	A2h	nn	信息码	CRC	End
		按下控件区域时						Start	A2h	nn	31h	CRC	End
		放开控件区域时						Start	A2h	nn	30h	CRC	End
	取消虚拟控 件	Start	A3h	nn		CRC	End	Start	A3h	nn	信息码	CRC	End
	显示底图 及所有控 件图片	Start	9Ch	00		CRC	End	Start	9Ch	00	信息码	CRC	End
		屏幕滑动后						Start	9Ch	页号	信息码	CRC	Start
按下控件图片时						Start	9Bh	图标 ID 号	31h	CRC	End		
放开控件图片时						Start	9Bh	图标 ID 号	30h	CRC	End		

表 14: 主控端与 TFT 串口屏协议表 (续)

主功能	细项功能	主控端发送 (TFT 串口屏接收)						主控端接收 (TFT 串口屏发送)					
		起始码 (1Bytes)	指令码 (1Byte)	序号 (1Byte)	指令参数	CRC 码 (2Bytes)	结束码 (4Bytes)	起始码 (1Bytes)	指令码 (1Byte)	序号 (1Byte)	信息码/ 反馈码 (1Bytes)	CRC 码 (2Bytes)	结束码 (4Bytes)
指标与造图	进度条 指标图	Start	B0h	nn	Value (2 Bytes)	CRC	End	Start	B0h	nn	信息码	CRC	End
	指针指标图	Start	B1h	nn	Angle (2 Bytes)	CRC	End	Start	B1h	nn	信息码	CRC	End
	环形指标图	Start	DCh	nn	S_Angle, A_Angle	CRC	End	Start	DCh	nn	信息码	CRC	End
	二维码生成	Start	98h	nn	字符串	CRC	End	Start	98h	nn	信息码	CRC	End
触控滑条控制	设置触控 滑条	Start	94h	nn		CRC	End	Start	94h	nn	信息码	CRC	End
		触控滑条被按下时						Start	94h	nn	Value (1 Byte)	CRC	End
	移除触控 滑条	Start	95h	nn		CRC	End	Start	95h	nn	信息码	CRC	End
显示 字串	字库-1	Start	C0h	nn	字符串	CRC	End	Start	C0h	nn	信息码	CRC	End
	字库-2	Start	C1h	nn	字符串	CRC	End	Start	C1h	nn	信息码	CRC	End
	字库-3	Start	C2h	nn	字符串	CRC	End	Start	C2h	nn	信息码	CRC	End
	字库-4	Start	C3h	nn	字符串	CRC	End	Start	C3h	nn	信息码	CRC	End
	大字库-1	Start	D0h	nn	字符串	CRC	End	Start	D0h	nn	信息码	CRC	End
	大字库-2	Start	D1h	nn	字符串	CRC	End	Start	D1h	nn	信息码	CRC	End
	大字库-3	Start	D2h	nn	字符串	CRC	End	Start	D2h	nn	信息码	CRC	End
	大字库-4	Start	D3h	nn	字符串	CRC	End	Start	D3h	nn	信息码	CRC	End
图形光标	光标 On/Off	Start	86h		00/01/02	CRC	End	Start	86h	nn	信息码	CRC	End
	显示光标	Start	87h	N	X, Y	CRC	End	Start	87h	N	信息码	CRC	End
背光 亮度	设置亮度	Start	BAh		BL (00~0Fh)	CRC	End	Start	BAh	BL (00~0Fh)	信息码	CRC	End
	On/Off	Start	BCh		00 或 01	CRC	End	Start	BCh	00 或 01	信息码	CRC	End
Wav 檔	播放	Start	B8h		REP(Bit7) + WAV 编 号	CRC	End	Start	B8h	REP(Bit7) + WAV 编 号	信息码	CRC	End
	停止	Start	B9h			CRC	End	Start	B9h	00	信息码	CRC	End
开机指令	开机指令	Start	9Ah	00		CRC	End	Start	9Ah	00	信息码	CRC	End
合并指令	合并指令	Start	9Ah	nn		CRC	End	Start	9Ah	nn	信息码	CRC	End
串口屏 侦测	联机检查	Start	BEh			CRC	End	Start	BEh	00	5Ah, or 55h	CRC	End
	版本检查	Start	BFh			CRC	End	Start	BFh	MCU Code(5) + Module Info. (42)	信息码	CRC	End

表 14: 主控端与 TFT 串口屏协议表 (续)

主功能	细项功能	主控端发送 (TFT 串口屏接收)						主控端接收 (TFT 串口屏发送)					
		起始码 (1Bytes)	指令码 (1Byte)	序号 (1Byte)	指令参数	CRC 码 (2Bytes)	结束码 (4Bytes)	起始码 (1Bytes)	指令码 (1Byte)	序号 (1Byte)	信息码/ 反馈码 (1Bytes)	CRC 码 (2Bytes)	结束码 (4Bytes)
电阻屏校验	电阻屏校验	Start	8Bh			CRC	End	Start	8Bh	00	信息码	CRC	End
LT7688 复位	Reset LT7688	Start	BDh			CRC	End	Start	BDh	00	信息码	CRC	End
几何图形	画点	Start	DFh	nn	X,Y	CRC	End	Start	DFh	nn	信息码	CRC	End
	直线	Start	E0h	nn		CRC	End	Start	E0h	nn	信息码	CRC	End
	空心圆形	Start	E1h	nn		CRC	End	Start	E1h	nn	信息码	CRC	End
	实心圆形	Start	E2h	nn		CRC	End	Start	E2h	nn	信息码	CRC	End
	带框实心圆形	Start	E3h	nn		CRC	End	Start	E3h	nn	信息码	CRC	End
	空心椭圆	Start	E4h	nn		CRC	End	Start	E4h	nn	信息码	CRC	End
	实心椭圆	Start	E5h	nn		CRC	End	Start	E5h	nn	信息码	CRC	End
	带框实心椭圆	Start	E6h	nn		CRC	End	Start	E6h	nn	信息码	CRC	End
	空心矩形	Start	E7h	nn		CRC	End	Start	E7h	nn	信息码	CRC	End
	实心矩形	Start	E8h	nn		CRC	End	Start	E8h	nn	信息码	CRC	End
	带框矩形	Start	E9h	nn		CRC	End	Start	E9h	nn	信息码	CRC	End
	空心圆角矩形	Start	EAh	nn		CRC	End	Start	EAh	nn	信息码	CRC	End
	实心圆角矩形	Start	EBh	nn		CRC	End	Start	EBh	nn	信息码	CRC	End
	带框圆角矩形	Start	ECh	nn		CRC	End	Start	ECh	nn	信息码	CRC	End
	空心三角形	Start	EDh	nn		CRC	End	Start	EDh	nn	信息码	CRC	End
	实心三角形	Start	EEh	nn		CRC	End	Start	EEh	nn	信息码	CRC	End
	带框三角形	Start	EFh	nn		CRC	End	Start	EFh	nn	信息码	CRC	End
	空心四边形	Start	F0h	nn		CRC	End	Start	F0h	nn	信息码	CRC	End
	实心四边形	Start	F1h	nn		CRC	End	Start	F1h	nn	信息码	CRC	End
	空心五边形	Start	F2h	nn		CRC	End	Start	F2h	nn	信息码	CRC	End
实心五边形	Start	F3h	nn		CRC	End	Start	F3h	nn	信息码	CRC	End	
圆柱体	Start	F4h	nn		CRC	End	Start	F4h	nn	信息码	CRC	End	
方柱体	Start	F5h	nn		CRC	End	Start	F5h	nn	信息码	CRC	End	
表格视窗	Start	F6h	nn		CRC	End	Start	F6h	nn	信息码	CRC	End	

4.3 RS-232(UART) 通讯协议

主控端的系统或是主板透过 UART 串口传递显示命令给 LT7688 串口屏时，除了 **指令码**、**序号**、**指令参数** 外还要加上 1 个 Byte 的 **起始码** (固定为 0xAA)、2 个 Byte 的 **CRC 码**、4 个 Byte 的 **结束码** (固定为 0xE4、0x1B、0x11、0xEE)，指令信息格式如下表：

表 15: 串口屏接收的指令信息

起始码	指令码	序号	指令参数	CRC 码	结束码
0xAA (1 Byte)	1 Byte	1 Byte	n Bytes	2 Bytes	0xE4、0x1B、0x11、0xEE (4 Bytes)

CRC 码协议如下：

```
chkSum = Rx_CRC_CCITT(txBuf,txLen);
txBuf[txLen++] = (chkSum>>8)&0xFF;
txBuf[txLen++] = chkSum&0xFF;
```

```
unsigned int Rx_CRC_CCITT(unsigned char *puchMsg, unsigned int usDataLen)
{
    unsigned char i = 0;
    unsigned short wCRcIn = 0x0000;
    unsigned short wCPoly = 0x1021;
    unsigned char wChar = 0;

    while (usDataLen--)
    {
        wChar = *(puchMsg++);
        wCRcIn ^= (wChar << 8);
        for(i = 0; i < 8; i++)
        {
            if (wCRcIn & 0x8000)
                wCRcIn = (wCRcIn << 1) ^ wCPoly;
            else
                wCRcIn = wCRcIn << 1;
        }
    }
    return (wCRcIn);
}
```

串口屏在收到主控端的系统或是主板指令后会通常会响应 10 个 Byte 信息，包括 **起始码、指令码、序号、信息码、CRC 码、结束码**，第一个 Byte 是**起始码**，然后是传回所收到的指令，第三个是**序号**，第四个传回串口屏执行结果的**信息码**，第五、六个是 **CRC 码**，最后是 4 个 Bytes 的 **结束码**：

表 16: 串口屏返馈的信息

起始码	指令码	序号	信息码	CRC 码	结束码
0xAA (1 Byte)	1 Byte	一般指令 (1 Byte) 8Dh 指令 (8 Bytes) BFh 指令 (47 Bytes)	1Byte 0x00: 执行完该指令 0x01: 串口指令参数错误 0x02: 不存在该指令 0x03: 指令 Flash 配置溢出 0x04: CRC 码校正错误 0x05: Flash 数据异常 BEh 指令: 0x5A: Ready 0x55: Not Ready 94h 触控滑条指令: 代表进度条指标的百分比位置 A0h, A1h, 9Ch/9Bh 控件指令: 0x31: 按下控件 0x30: 放开控件	2 Bytes	0xE4、0x1B、 0x11、0xEE (4 Bytes)

在串口屏返馈的信息结构中，序号在某些指令也代表不同的意思，如控件滑动的 9Ch 指令其序号代表页号、9Bh 指令其序号代表图标 ID 号、设置亮度 BAh 指令其序号代表背光亮度、Wav 播放 B8h 指令其序号代表 WAV 编号、读取时钟 8Dh 指令其序号有 8 个 Bytes 代表时钟信息、版本检查 BFh 指令其序号有 47 个 Bytes 代表串口屏信息。详细请参考 LT7688 的串口屏应用手册

封装信息

LT7688 (QFN-80pin)

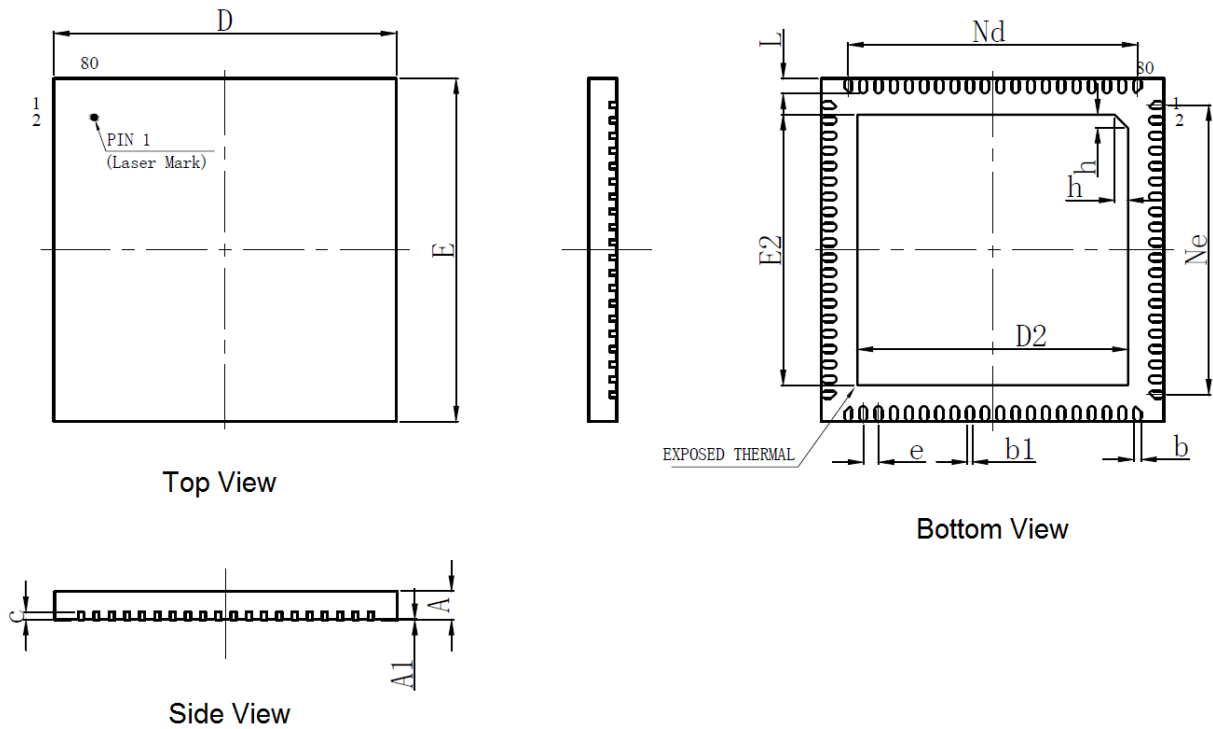


图 10: QFN-80Pin 外观尺寸图

提示: PCB 布局时, LT7688 背部的散热焊盘 (Thermal Pad Zone) 必须直接接地。

表 14: QFN-80Pin 尺寸参数

Symbol	Millimeter			Symbol	Millimeter		
	Min.	Nom.	Max		Min.	Nom.	Max
A	0.70	0.75	0.8	E	8.9	9.0	9.10
A1	-	0.02	0.05	Ne	7.40BSC		
b	0.15	0.20	0.25	L	0.35	0.40	0.45
b1	0.14REF			E2	7.00	7.10	7.20
c	0.18	0.20	0.25	h	0.30	0.35	0.40
D	8.90	9.00	9.10	载体尺寸	295*295		
e	0.40BSC						
Nd	7.40BSC						