

Brigdgetek Pte Ltd

FT800

(Embedded Video Engine)



FT800 是一个易于使用的图形控制器，主要针对用来产生高质量人机界面(HMIs)的嵌入式应用。FT800 具有以下特征：

- FT800 功能包括图形控制器，音频处理器，和电阻式触摸控制器
- 嵌入式图像引擎(EVE)与小部件(widget)支持可减轻系统微处理器(MPU)的负担并提供多样图形功能
- 内置的图形处理可以让那些拥有更专业技能的使用者创建出高质量的显示结果
- 结合了中值滤波及接触力传感的四线触摸屏控制器。硬件引擎可以识别触摸标签及追踪触摸运动。能提供高达 255 个触摸标记通知
- 标准串行接口连到微处理器/微控制器主机的速度：以 SPI 连接可达 30MHz，以 I²C 连接可达 3.4MHz
- 可程序化的中断控制器提供中断信号给主机 MPU/MCU。
- 内置 12MHz 晶体振荡器及锁相环电路可提供 48MHz 或 36MHz 的系统时钟
- 图像 RGB 并行输出(默认 RGB 数据宽度格式为 6-bit, 6-bit,6-bit)及 2-bit 的抖色处理；可经配置而能支持高达 512×512 的解析度及 bit 1~bit 6 的 LCD R/G/B 数据宽度。
- 以可程序化方式调整水平同步及垂直同步时序，而且可允许连接到多种显示装置
- 可支持 WQVGA(480×272)和 QVGA (320×240)格式的 LCD 显示，而且支持数据启用(DE)模式及 VSYNC/HSYNC 模式
- FT800 即使只有 6-bit(RBG-6,6,6)数据宽度的引脚，但仍可计算达 8-bit 的色彩；如此可改善半色调的外表
- 到 LCD 液晶屏的输出可由引脚 DISP 控制
- 单声道音频输出及脉宽调制输出
- 内置声音合成器
- 音频波形播放可分 8-bit 线性脉码调制、4-bit 自适应差分脉码调制、及 μ 律脉码调制的格式，采样频率从 8kHz 到 48kHz。内置的数据滤波器可减少外部滤波的系统复杂度
- 脉宽调制输出的 LED 背光调光功能
- 功耗低，以供便携式应用；有源状态下电流为 24mA(typical)，睡眠状态下电流为 250 μ A(typical)
- 不需帧缓冲区
- 先进的面向对象结构可允许采用低成本 MPU/MCU，并以 I²C 及 SPI 接口的方式连接，来作为系统主机
- 电源模式控制允许芯片有断电、睡眠和待机的状态。
- 主机接口信号(SPI/I²C)可支持 1.8V 至 3.3V 电压范围
- 内置稳压器给数字核心电路提供 1.2V 电源
- -40°C至 85°C的延伸操作温度范围
- FTDI 有提供无铅，符合 RoHS 标准的 VQFN-48，7mm × 7mm × 0.9mm 封装。

Neither the whole nor any part of the information contained in, or the product described in this manual, may be adapted, or reproduced in any material or electronic form without the prior written consent of the copyright holder. This product and its documentation are supplied on an as-is basis and no warranty as to their suitability for any particular purpose is either made or implied. Bridgetek Pte Ltd will not accept any claim for damages howsoever arising as a result of use or failure of this product. Your statutory rights are not affected. This product or any variant of it is not intended for use in any medical appliance, device, or system in which the failure of the product might reasonably be expected to result in personal injury. This document provides preliminary information that may be subject to change without notice. No freedom to use patents or other intellectual property rights is implied by the publication of this document. Bridgetek Pte Ltd, 1 Tai Seng Avenue, Tower A, #03-05, Singapore 536464. Singapore Registered Company Number: 201542387H.

1 典型应用

- 销售点机器
- 多功能打印机
- 仪表
- 家庭安全系统
- 图表触摸屏-远程、拨号键盘
- 远程图像会议
- 电话及电话总机
- 医疗器械
- 血压显示
- 心脏监护器
- 葡萄糖水平显示
- 体内酒量测定器
- 气相色谱仪
- 功率表
- 家庭电器装置
- 机顶盒
- 恒温器
- 自动洒水装置显示装置
- 医疗器械
- GPS/卫星导航
- 自动贩卖机控制面板
- 电梯控制
- ...以及其它更多

1.1 零件号码

零件号码	封装
FT800Q-x	48 Pin VQFN, pitch 0.5mm, body 7mm x 7mm x 0.9mm

表 1-图像控制器零件号码

注意：零件号码中封装代码 x 表示：

-R: 卷带包装, (每卷带有 2500 个 VQFN 料件)

-T: 托盘包装, (每托盘有 2500 个 VQFN 料件)

举例：FT800Q-R 是指卷带包装中有 2500 个 VQFN 料件

2 FT800 方框图

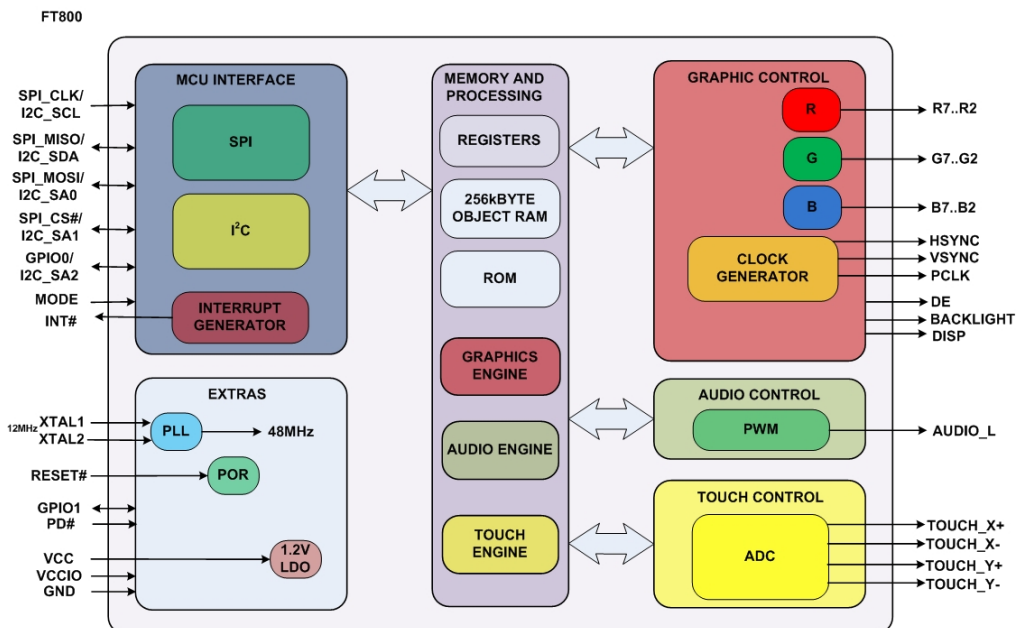


图 2-1FT800 方框图

每个功能的描述请参考第 4 节。

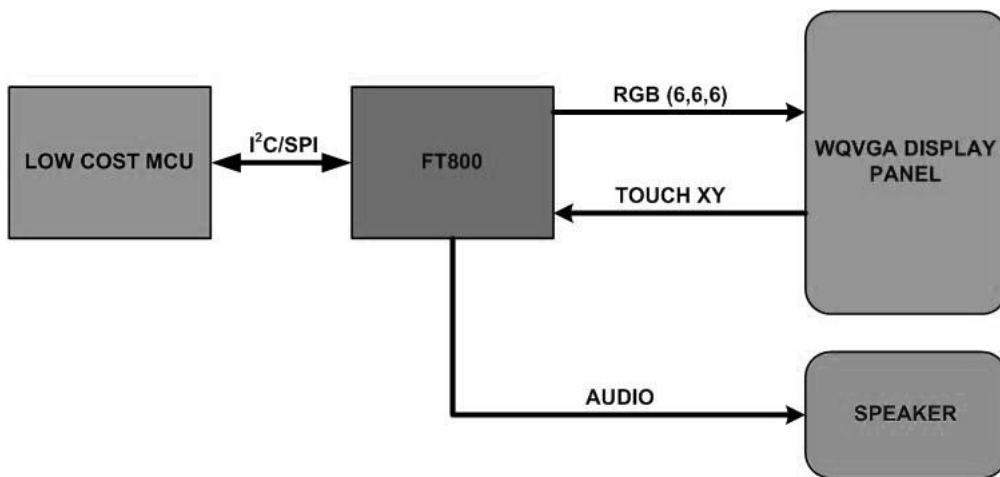


图 2-2FT800 系统设计框图

FT800 或 EVE(嵌入式图像引擎)简化了系统架构,专注于提供显示、音频,触摸方面的功能性,以及运用物件导向架构的方式来图形渲染,以提供更先进的人机界面(HMIs)嵌入式应用。

目錄

1	典型应用	2
1.1	零件号码	2
2	FT800 方框图	3
3	装置引脚分配及信号描述.....	7
3.1	VQFN-48 封装引脚分配.....	7
3.2	引脚描述	7
4	功能描述	12
4.1	串行主机接口	12
4.1.1	SPI 接口.....	14
4.1.2	I ² C 接口	14
4.1.3	串行数据通信协议	14
4.1.4	主机存储器读出.....	15
4.1.5	主机存储器写入.....	16
4.1.6	主机指令	16
4.1.7	中断.....	18
4.2	系统时钟	18
4.2.1	晶体振荡器	18
4.2.2	锁相环.....	19
4.2.3	时钟启用.....	19
4.2.4	时钟频率	19
4.3	图形引擎	19
4.3.1	概述.....	19
4.3.2	ROM 及 RAM 字体	20
4.4	并行的 RGB 接口	24
4.5	其它控制	25
4.5.1	背光控制引脚	25
4.5.2	DISP 控制引脚	25
4.5.3	通用 IO 引脚.....	25

4.5.4	引脚驱动电流控制	25
4.6	音频引擎声音合成器	26
4.6.1	声音合成器	26
4.6.2	音频播放	28
4.7	触屏引擎	28
4.8	电源管理	30
4.8.1	电源供应	30
4.8.2	内部稳压器及上电复位	31
4.8.3	电源模式	32
5	FT800 存储器映射	35
5.1	FT800 寄存器	36
6	芯片特性及额定值	39
6.1	绝对最大额定值	39
6.2	直流特性	39
6.3	触屏特性	40
6.4	AC 特性	41
6.4.1	系统时钟	41
6.4.2	SPI 主机接口模式 0	41
6.4.3	I2C 主机接口时序	42
6.4.4	RGB 图像时序	42
7	应用范例	44
7.1	LCD 接口连接方式范例	44
8	封装参数	45
8.1	VQFN-48 封装尺寸	45
8.1.1	正面	45
8.1.2	反面	45

8.2 VQFN-48 封装尺寸	46
8.3 回流焊温度曲线.....	47
9 Contact Information	48
Document References.....	49
附录 B -图示及表格清单	50
List of Figures.....	50
List of Tables	50
附录 C -修订记录.....	52

3 装置引脚分配及信号描述

3.1 VQFN-48 封装引脚分配

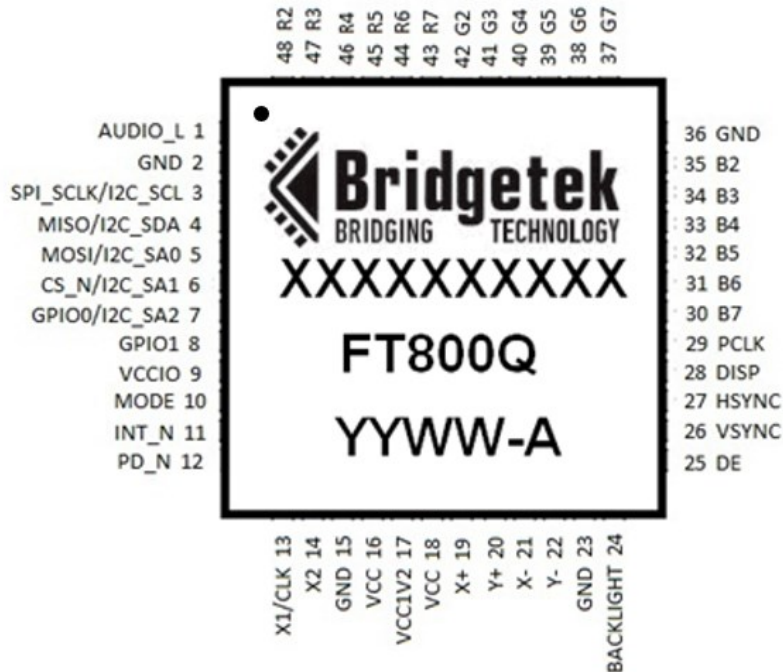


图 3-1 引脚配置 VQFN-48(俯视图)

3.2 引脚描述

表 3-1 FT800Q 引脚描述

编号	引脚名称	形式	描述
1	AUDIO_L	O	音频脉宽调制(PWM)输出，推挽式(push-pull)输出，16mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。Pad 由引脚 VCC 供电。
2	GND	P	接地
3	SPI_SCLK/ I2C_SCL	I	SPI 模式下的用途:SPI SCLK 输入。 I2C 模式下的用途: SCL 输入, 需外接 1kΩ ~ 4.7kΩ 上拉电阻至 VCCIO。 输入 pad 有施密特触发器，可承受 3.3V。 Pad 由 VCCIO 引脚供电。

4	MISO/ I2C_SDA	I/O	SPI 模式下的用途: SPI MISO 输出。 I2C 模式下的用途: SDA 输入/开漏(Open Drain)输出, 需要外接一个 $1k\Omega \sim 4.7k\Omega$ 的上拉电阻接到 VCCIO。输入 pad 有施密特触发器, 可承受 3.3V, 4/8/12/16mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。 Pad 由引脚 VCCIO 供电。
5	MOSI/ I2C_SA0	I	SPI 模式下的用途: SPI MOSI 输入。 I2C 模式下的用途: 作为 I2C 装置的 bit 0 地址的输入。 输入 pad 可承受 3.3V。 Pad 由引脚 VCCIO 供电。
6	CS_N/ I2C_SA1	I	SPI 模式下的用途: SPI CS_N 的输入, 低电平有效。 I2C 模式下的用途: 作为 I2C 装置的 bit 1 地址的输入。 输入 pad 可承受 3.3V。 Pad 由引脚 VCCIO 供电。
7	GPIO0/ I2C_SA2	I/O	SPI 模式下的用途: 输入及输出串口。 I2C 模式下的用途: 作为 I2C 装置的 bit 1 地址的输入。 推挽式, 三态输出, 可耐受 3.3V, 4/8/12/16mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。 Pad 由引脚 VCCIO 供电。
8	GPIO1	I/O	通用输入及输出串口。 推挽式, 三态输出, 可耐受 3.3V, 4/8/12/16mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。 Pad 由引脚 VCCIO 供电。

接上页

编号	引脚名称	形式	描述
9	VCCIO	P	I/O 电源供应, 接到一个 $0.1\mu\text{F}$ 去耦电容。 支持 1.8V、2.5V、3.3V。 注意: 只从引脚 3 至 12 提供 VCCIO 至 IO pads。
10	MODE	I	主机接口 SPI(下拉)或 I2C(上拉) 模式选择输入, 可承受 3.3V。 Pad 由引脚 VCCIO 供电。
11	INT_N	OD	主机中断, 开漏(open drain)输出, 低电平有效(active low), 连接一个 $1k\Omega \sim 10k\Omega$ 上拉电阻接到 VCCIO。
12	PD_N	I	掉电输入, 低电平有效, 可承受, 连接一个 $47k\Omega$ 上拉电阻接到 VCCIO 或一个 100nF 电容接到地。Pad 由引脚 VCCIO 供电。
13	X1/ CLK	I	晶体振荡器或时钟输入; 若没有使用接至 GND。 可允许 3.3V 峰值输入。 Pad 由引脚 VCC 供电。
14	X2	O	晶体振荡器输出; 若没有使用可以保持悬空。 Pad 由引脚 VCC 供电。
15	GND	P	接地
16	VCC	P	3.3V 电源输入。
17	VCC1V2	O	1.2V 稳压器输出引脚。接一个 $4.7\mu\text{F}$ 退耦电容至 GND。

18	VCC	P	3.3V 电源输入
19	X+	AI/O	连接到四线制触屏的 X 右电极。 Pad 由引脚 VCC 供电。
20	Y+	AI/O	连接到四线制触屏的 Y 上电极。 Pad 由引脚 VCC 供电。
21	X-	AI/O	连接到四线制触屏的 X 左电极。 Pad 由引脚 VCC 供电。
22	Y-	AI/O	连接到四线制触屏的 Y 下电极。 Pad 由引脚 VCC 供电。
23	GND	P	接地

接上页

编号	引脚名称	形式	描述
24	BACKLIGHT	O	LED 背光亮度脉宽调制(PWM)控制信号, 推挽(push-pull)输出, 4/8mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。Pad 由引脚 VCC 供电。
25	DE	O	LCD 数据启用, 推挽式(push-pull)输出, 4/8mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。Pad 由引脚 VCC 供电。
26	VSYNC	O	LCD 垂直同步, 推挽式(push-pull)输出, 4/8mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。Pad 由引脚 VCC 供电。
27	HSYNC	O	LCD 水平同步, 推挽式(push-pull)输出, 4/8mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。Pad 由引脚 VCC 供电。
28	DISP	O	用于 LCD 显示启用的通用输出引脚, 推挽式(push-pull)输出, 4/8mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。由写入寄存器 REG_GPIO 的第 7 位去控制。Pad 由引脚 VCC 供电。
29	PCLK	O	LCD 像素的时钟, 推挽式(push-pull)输出, 4/8mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。Pad 由引脚 VCC 供电。
30	B7	O	蓝色 RGB 信号的第 7 位, 推挽式(push-pull)输出, 4/8mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。Pad 由引脚 VCC 供电。
31	B6	O	蓝色 RGB 信号的第 6 位, 推挽式(push-pull)输出, 4/8mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。Pad 由引脚 VCC 供电。
32	B5	O	蓝色 RGB 信号的第 5 位, 推挽式(push-pull)输出, 4/8mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。Pad 由引脚 VCC 供电。
33	B4	O	蓝色 RGB 信号的第 4 位, 推挽式(push-pull)输出, 4/8mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。Pad 由引脚 VCC 供电。

34	B3	O	蓝色 RGB 信号的第 3 位，推挽式(push-pull)输出，4/8mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。Pad 由引脚 VCC 供电。
35	B2	O	蓝色 RGB 信号的第 2 位，推挽式(push-pull)输出，4/8mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。Pad 由引脚 VCC 供电。
36	GND	P	接地

接上页

编号	引脚名称	形式	描述
37	G7	O	绿色 RGB 信号的第 7 位，推挽式(push-pull)输出，4/8mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。Pad 由引脚 VCC 供电。
38	G6	O	绿色 RGB 信号的第 6 位，推挽式(push-pull)输出，4/8mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。Pad 由引脚 VCC 供电。
39	G5	O	绿色 RGB 信号的第 5 位，推挽式(push-pull)输出，4/8mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。Pad 由引脚 VCC 供电。
40	G4	O	绿色 RGB 信号的第 4 位，推挽式(push-pull)输出，4/8mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。Pad 由引脚 VCC 供电。
41	G3	O	绿色 RGB 信号的第 3 位，推挽式(push-pull)输出，4/8mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。Pad 由引脚 VCC 供电。Pad 由引脚 VCC 供电。
42	G2	O	绿色 RGB 信号的第 2 位，推挽式(push-pull)输出，4/8mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。Pad 由引脚 VCC 供电。Pad 由引脚 VCC 供电。
43	R7	O	红色 RGB 信号的第 7 位，推挽式(push-pull)输出，4/8mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。Pad 由引脚 VCC 供电。
44	R6	O	红色 RGB 信号的第 6 位，推挽式(push-pull)输出，4/8mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。Pad 由引脚 VCC 供电。
45	R5	O	红色 RGB 信号的第 5 位，推挽式(push-pull)输出，4/8mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。Pad 由引脚 VCC 供电。
46	R4	O	红色 RGB 信号的第 4 位，推挽式(push-pull)输出，4/8mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。Pad 由引脚 VCC 供电。

[接上页](#)

编号	引脚名称	形式	描述
47	R3	O	红色 RGB 信号的第 3 位，推挽式(push-pull)输出，4/8mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。Pad 由引脚 VCC 供电。
48	R2	O	红色 RGB 信号的第 2 位，推挽式(push-pull)输出，4/8mA 灌电流(sink current)/拉电流(source current)。Pad 由引脚 VCC 供电。
EP	GND	P	地。暴露的热风焊盘(thermal pad)。

Note:

P: 电源或地脚

I: 输入

O: 输出

OD: 开漏(Open drain)输出

I/O: 双向输入及输出

AI/O: 类比输入及输出

4 功能描述

FT800 是一个单芯片系统的嵌入式图形控制器，有以下的功能块：

- 串行主机接口
- 系统时钟
- 图形引擎
- 并行 RGB 图像接口
- 音频引擎
- 触屏引擎
- 电源管理

每一块的功能将在以下的小分段做简短的描述

4.1 串行主机接口

FT800 使用一个标准串行接口，沟通多种形式的微控制器及微处理器。接口的模式可在 **pin10(MODE)** 的引脚利用下拉器件配置到 **SPI** 模式或上拉式器件配置到 **I2C** 模式。图 4-1 展示两种不同模式的连接方式。

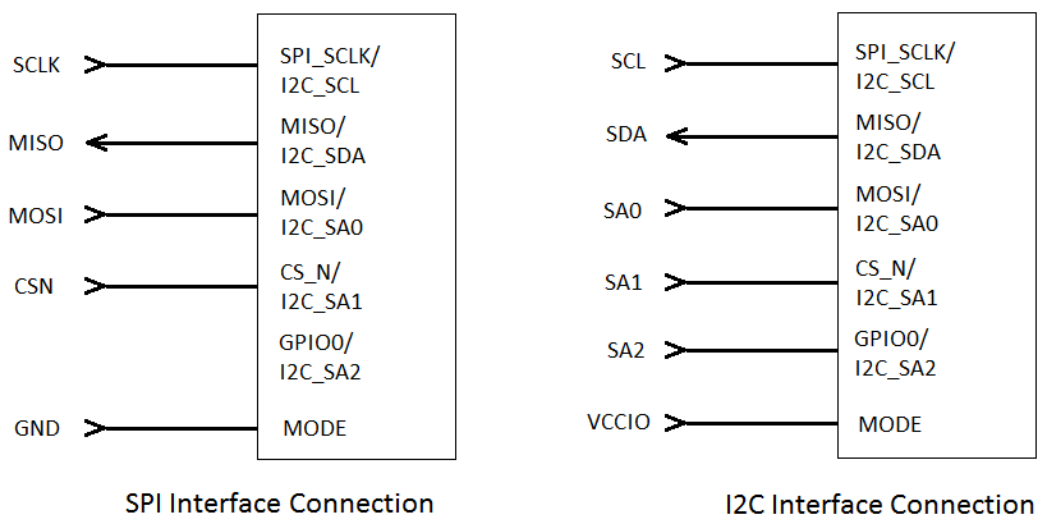


图 4-1 主机接口选项的连接方式

图 4-2 说明 FT800 直接接到 1.8~3.3V 范围 IO 的 MPU/MCU 的连接方式

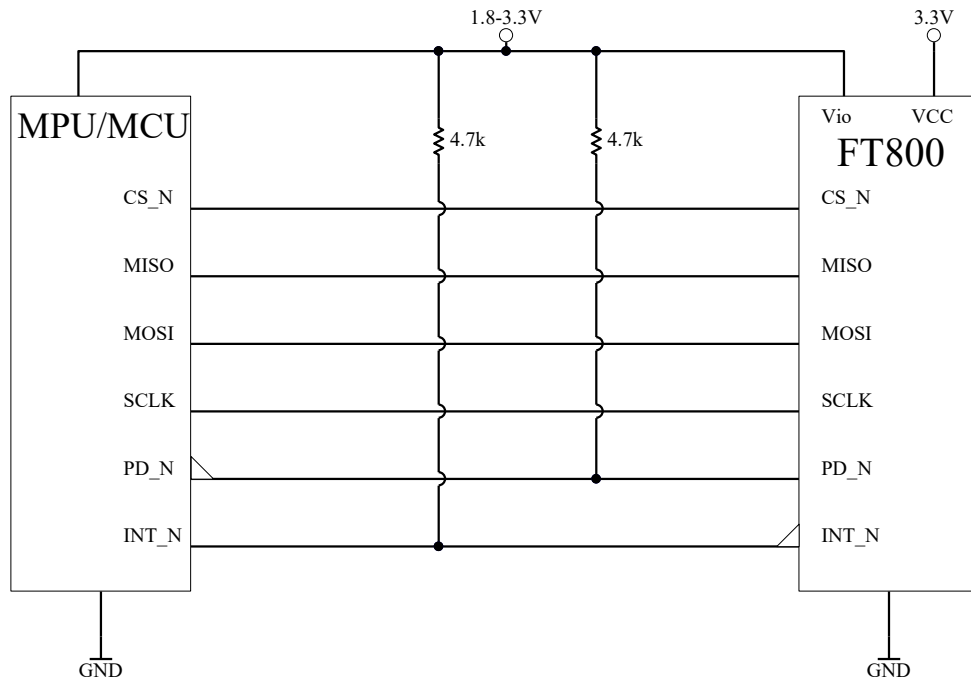
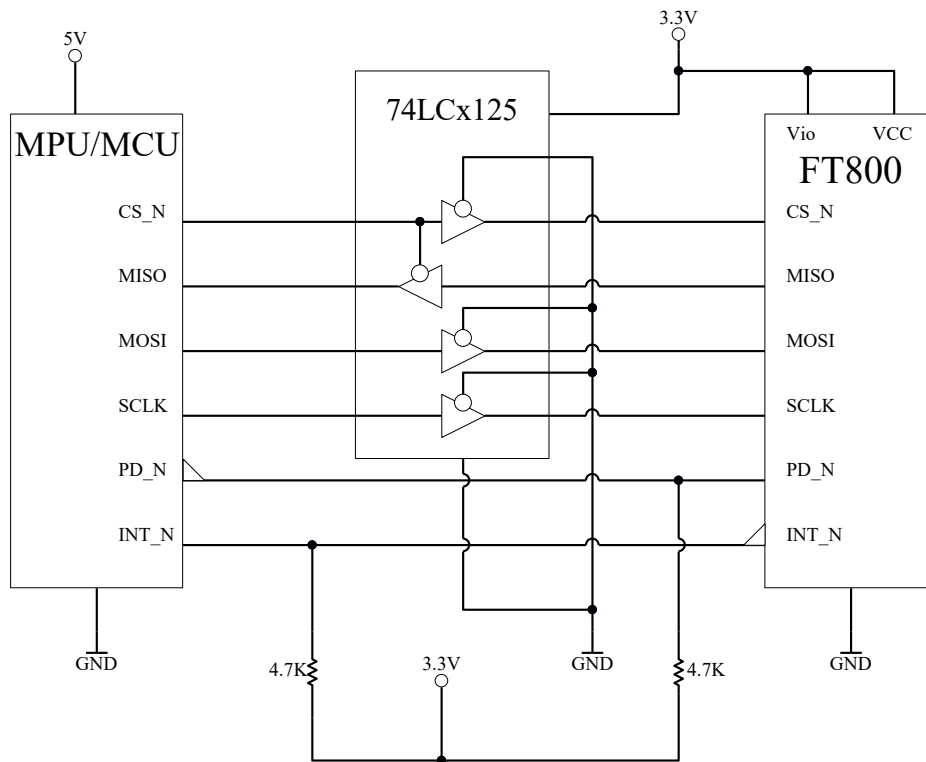


图 4-2 SPI 接口 1.8-3.3V 的连接方式

图 4-3 图 4-3 说明 FT800 接到一个 5V IO 的 MPU/MCU。图中 74LCX125 逻辑缓冲区可以承受从 MPU/MCU 来的 5V 信号，而 FT800 的输入信号最大限制在 3.3V。


图 4-3 SPI 接口 5V 的连接方式

4.1.1 SPI 接口

SPI 的从接口(slave interface)可操作至 30MHz，只支持 SPI 模式 0。详细的时序规格请参考 6.4.2。可通过把 MODE 引脚接到 GND，切换到 SPI 接口。

4.1.2 I²C 接口

I²C 的从接口(slave interface)可操作至 3.4MHz，可支持「标准模式」、「快速模式」、「更快速模式」以及「高速模式」。详细的时序规格可参考 6.4.3。

I²C 装置的地址可根据引脚 I2C_SA[2:0]引脚设定，把值配置在 20h~27h 这个范围。也就是说，7 位 I2C 从地址(slaveaddress)是 0b'0100A₂A₁A₀。

可藉由把 MODE 引脚接到 VCCIO，切换成 I²C 接口。

4.1.3 串行数据通信协议

FT800 对于主机 MPU/MCU 来说，是一个存储器映射的 SPI 或 I²C 装置。主机与 FT800 之间使用读出或写入一块存储地址空间(4MB)作沟通。这个地址空间里是给图形控制、音频控制、及触摸控制的专属区域。详细存储器映射可参考第 5 节。

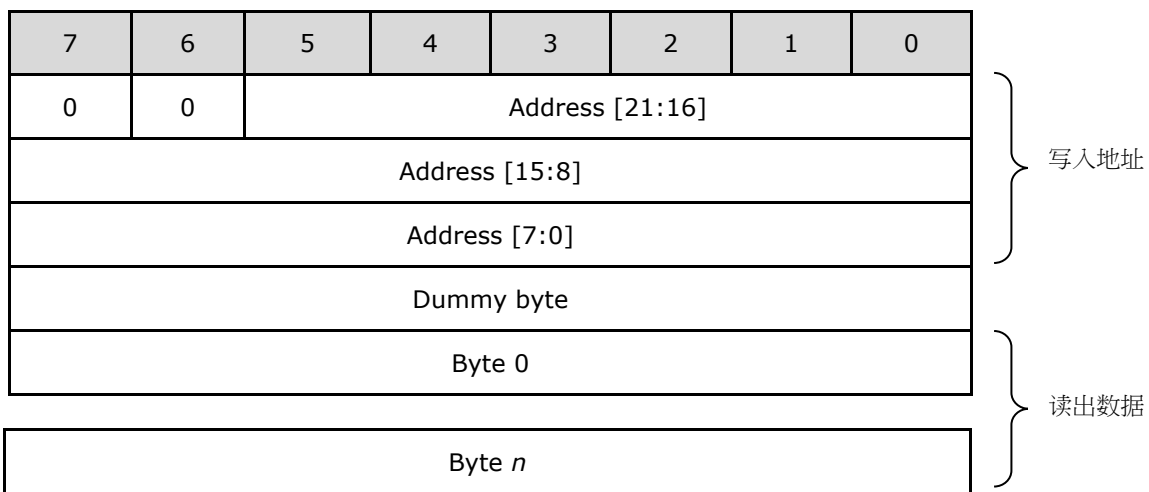
主机利用 SPI 或 I²C 的资料传输动作来读出和写入 FT800 地址空间。这些传输动作分别是存储器读出、存储器写入及命令写入。串行数据首先被最高有效位传送。对 I²C 资料传输来说，一样的字节序列在 I²C 通信协议里是被封包起来的。

对 SPI 操作来说，每一个资料传输动作是开始于 CS_N 拉至低电平的时候，并结束于 CS_N 拉至高电平的时候。在一个资料传输动作里，只要存储器地址是连续的，就没有数据长度的限制。

4.1.4 主机存储器读出

当进行 SPI 存储器读出的资料传输，主机会先传送两个零 bits，再传送 22 位写入地址，最后面接着一个虚字节(dummybyte)。当传完这个虚字节后，FT800 会以所需读出的数据回应主机。

表 4-1 主机存储器读出交易 (SPI)



当进行 I²C 存储器读出的资料传输，字节是以如下的方式包在 I²C 的通信协议里：

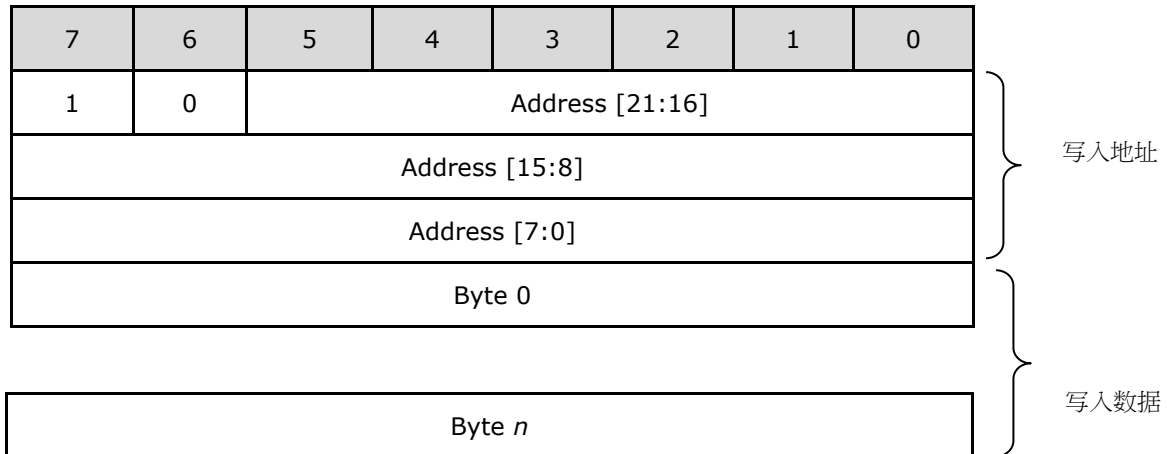
```

[start] <DEVICE ADDRESS + write bit>
<00b+Address[21:16]>
<Address[15:8]>
<Address[7:0]>
[restart] <DEVICE ADDRESS + read bit>
<Read data byte 0>
....
<Read data byte n>[stop]
  
```

4.1.5 主机存储器写入

当进行 SPI 存储器写入的资料传输，主机会送出 ‘1’ bit 和 ‘0’ bit 后，随后接着 22 位的地址。再接着的是需写入的数据

表 4-2 主机存储器写入动作 (SPI)



当进行 I2C 存储器读出的资料传输，字节是以如下的方式包在 I2C 通信协议里：

```
[start] <DEVICE ADDRESS + write bit>
<10b,Address[21:16]>
<Address[15:8]>
<Address[7:0]>
<Write data byte 0>
....
<Write data byte n>[stop]
```

4.1.6 主机指令

当送出一个指令，主机会传送一个 3 byte 的指令。表 4-1 列出了所有主机指令的功能。

注意：当 FT800 在睡眠或待机模式，ACTIVE 指令是由存储器地址 0 位置上的虚读产生。

当进行 SPI 的指令资料传输，主机会送出一个 ‘0’ bit 和 ‘1’ bit，随后接着一个 6 位的指令码，最后再接着一个 2 位的 00h。

表 4-3 主机指令资料传输 (SPI)

7	6	5	4	3	2	1	0
0	1	Command [5:0]					
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

当进行 I²C 存储器读出的资料传输，字节是以如下的方式包在 I²C 通信协议里：

[start] <DEVICE ADDRESS + write bit>

<01b,Command[5:0]>

<00h>

<00h>[stop]

表 4-4 主机指令表

1st Byte	2nd byte	3rd byte	指令	描述
电源模式				
00000000b	00000000b	00000000b	00h ACTIVE	从待机/睡眠模式切换到主动(ACTIVE)模式。从地址 0 虚读产生一个 ACTIVE 指令。
01000001b	00000000b	00000000b	41h STANDBY	让 FT800 的核心进入待机(STANDBY)模式。时钟被关断，但锁相环及振荡器维持在开的状态(预设)
01000010b	00000000b	00000000b	42h SLEEP	让 FT800 的核心进入睡眠(SLEEP)模式。时钟被关掉、锁相环及振荡器关闭。
01010000b	00000000b	00000000b	50h PWRDOWN	关掉 1.2V 内部稳压器。时钟、锁相环、振荡器关闭。
时钟切换				
01000100b	00000000b	00000000bN A	44h CLKEXT	启动以使晶体振荡器或外部的输入时钟信号当作锁相环的输入信号
01100010b	00000000b	00000000bN A	62h CLK48M	切换锁相环的输出时钟频率成 48MHz(预设)
01100001b	00000000b	00000000b	61h CLK36M	切换锁相环的输出时钟频率成 36MHz
其它				
01101000b	00000000b	00000000b	68h CORERST	传送复位脉冲冲到 FT800 核心。所有的寄存器和状态机都会被复位。

注意:任何没有被说明的指令码都是被保留的，不应该被软件所使用。

4.1.7 中断

中断输出引脚是由 REG_INT_EN 启用。当 REG_INT_EN 等于 0，INT_N 则为三态(可由上拉电阻上拉至高电平)。当 REG_INT_EN 等于 1，在以 REG_INT_MASK 掩码完之后，若在 REG_INT_FLAGS 上有任何中断标记为高电平，INT_N 则被驱动至低电位。若对 REG_INT_MASK 任何一个 bit 写入 '1' 会启用对应的中断动作。REG_INT_FLAGS 中每一个 bit 是被各别对应的中断源所设定。REG_INT_FLAGS 的值可在任何时间被主机所读出，当被读出时就会清掉 REG_INT_FLAGS 的值。

当 FT800 在睡眠模式，无论 REG_INT_EN 和 REG_INT_MASK 的设定是什么，只要一个触摸事件在触屏上被检测到，则会驱动 INT_N 引脚至低电平。MCU 可以使用这个信号当作一个唤醒事件。

表 4-5 中断标记 bit 分配表

Bit	7	6	5	4
中断源	CONVCOMPLETE	CMDFLAG	CMDEEMPTY	PLAYBACK
状况	触屏转换完成	指令 FIFO 标记	指令 FIFO 空白	音频播放结束
Bit	3	2	1	0
中断源	SOUND	TAG	TOUCH	SWAP
状况	音效结束	触屏标记值改变	触屏触摸被检测到	显示清单交换发生

4.2 系统时钟

4.2.1 晶体振荡器

(请参考表 4-4，主机指令表。为了芯片的正常运行，需要从晶体振荡器或外部时钟源启动 PLL。) FT800 晶体振荡器可产生作为系统时钟的输入时钟信号。图 4-4 显示这两种方式的连接方法。

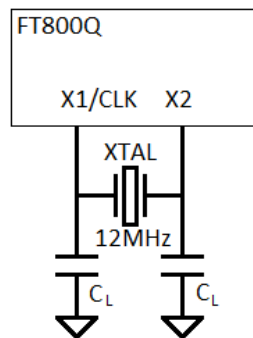
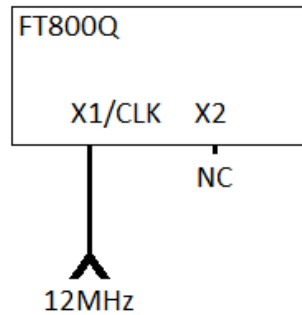


图 4-4 晶体振荡器的连接方式

**图 4-5 外接时钟源的连接方式**

4.2.2 锁相环

内部的锁相环是取振荡器的 12MHz 信号当作锁相环的输入。此锁相环的输出时钟信号是给全部的内部电路所使用，包括图形引擎、音频引擎、及触摸引擎。

4.2.3 时钟启用

当 FT800 的电源状态进入待机模式。系统时钟可依以下步骤启用：

- 主机送一个“ACTIVE”指令 (在地址 0 虚读)
- 主机送一个“CLKEXT”指令
- 主机以非零值(例如：5)写入 REG_PCLK

假如是使用 SPI 为主机接口，在系统时钟启用前，SPI 的时钟不能超过 11MHz。当系统时钟被适当启用后，SPI 的时钟则可允许到达至 30MHz。

4.2.4 时钟频率

预设的系统时钟频率为 48MHz。主机可以利用主机指令在 48MHz 或 36MHz 这两个频率切换去作为系统时钟，分别对应的主机指令是“CLK48MHz”及“CLK36MHz”。时钟切换的动作，也能在运行中被同步到 VSYNC 的波形边缘。这是为了避免在时钟切换时，导致图形造成错误。因此，时钟切换只会在 REG_PCLK 是非零值时，才会有效。

4.3 图形引擎

4.3.1 概述

图形引擎会对每一条水平线执行一次显示清单。图形引擎会在显示清单上执行原始对象并建立显示的线缓冲区。假如对象在水平线上是可被看见的，在线缓冲区的水平像素内容就会被更新。

图形引擎的主要功能有：

- 图形处理器支持的原始对象有：线、点、矩形、位图(广泛的格式)、文字显示、条线图、边沿衬条、线条带等等。
- 可利用以下的操作：如模版(stencil)测试、alpha 混合、掩盖等等，用来帮助创建出许多丰富的特效，如阴影、转场、展现、淡出、及拭去等等。
- 将原始对象(位图除外)的抗锯齿功能可以让观看者带来平滑的效果。
- 位图变换功能可以让使用者进行像转化、缩放、旋转等操作。
- 显示像素是以 1/16th 像素精度来绘制。
- 四层的图形状态
- 标记缓冲区检测

图形引擎也支持预先特殊定制好的 widgets 及一些功能，如 jpeg 解码、屏幕保护、校正等。图形引擎能藉由一个在 FT800 储存器 RAM_CMD 上的 4Kbyte FIFO，理解从 MPU 主机来的指令。MPU/MCU 写入指令至 FIFO，然后图形引擎读出并执行指令。MPU/MCU 更新寄存器 REG_CMD_WRITE 来指示在 FIFO 里有新的指令，而图形引擎会在指令执行之后更新 REG_CMD_READ。

主要支持的功能有：

- 小部件(Widget)绘图，如按钮、时钟、钥匙、尺度、文件显示、进度条、滑标、切换开关、拨号键、梯度线等等。
- JPEG 解码 (仅支持基线)
- 解压缩功能(支持 zlib 格式的解压缩)
- 定时中断(几毫秒后产生一个中断信号到主机处理器)
- 内建动画功能，如徽标显示、校正、转盘、屏幕保护及素描等功能
- 截图功能以抓取当前的图形显示。

若要参考图形引擎的完整显示指令清单及小部件，请参考 FT800 Programmers Guide [FTDI Document FT_000793]，第四章

4.3.2 ROM 及 RAM 字体

FT800 有内建的 ROM 字符的位图表。当图形引擎在画文字字体时，可以利用这些位图表。总共有 16 种 ROM 字体，以 handle 16-31 的数字当作编号。使用者可以利用 handle 0-15 范围的编号，去定义及载入用户化的字体位图表到 RAM_G 里。

每一个字体位图表有一个 148 byte 的字体表格，里面定义字体的参数及字体图像的指向。如图 4-6 所示。

表 4-6 字体表格格式

地址偏移	大小(byte)	参数描述
0	128	每一个字符的宽度，单位为像素
128	4	字体位图格式，如 L1、L4 或 L8
132	4	字体线步幅，单位为 bytes
136	4	字体宽度，单位为像素
140	4	字体高度，单位为像素
144	4	在存储器中字体影像数据的指针

ROM 字体存储在存储器空间 ROM_FONT 里。ROM 字体表格也是存储在 ROM 里。字体编号 16 的 ROM 字体表格的起始地址存储在 ROM_FONT_ADDR 里，后面接着其它的字体表格。ROM 字体表格及个别的字符宽度(以像素表示)列在表 4-7 到表 4-9。

表 4-7 ROM 字体表格

字体指数	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
字体格式	L1	L1	L1	L1	L1	L1	L1	L1	L1	L1	L4	L4	L4	L4	L4	L4
行间距	1	1	1	1	2	2	2	3	3	4	6	8	9	11	14	18
字体宽度	8	8	8	8	10	13	14	17	24	30	12	16	18	22	28	36
字体高度	8	8	16	16	13	17	20	22	29	38	16	20	25	28	36	49
图片指针的起始地址(十六进制)	FFBFC	FF7FC	FEFFC	FE7FC	FDAFC	FCD3C	FBD7C	FA17C	F7E3C	F3D1C	F201C	EDC1C	E7F9C	E01BC	D2C3C	BB23C

表 4-8 ROM 字体的字符宽度(1)

字体指数		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
ASCII 字符宽度(以像素表示)	0	NULL	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	SOH	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	STX	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	ETX	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	EOT	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	ENQ	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	ACK	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	BEL	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	BS	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	HT	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	LF	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11	VT	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	FF	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	13	CR	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	SO	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	SI	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	DLE	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	DC1	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18	DC2	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	19	DC3	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	DC4	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	21	NAK	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	22	SYN	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	23	ETB	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	24	CAN	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	25	EM	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	26	SUB	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	27	ESC	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	28	FS	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	29	GS	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	RS	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	31	US	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

字体指数		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
32	space	8	8	8	8	3	4	5	5	6	9	3	4	5	6	8	10
33	!	8	8	8	8	3	4	5	6	6	9	4	4	6	6	8	11
34	"	8	8	8	8	4	5	6	5	8	12	5	6	8	9	11	15
35	#	8	8	8	8	6	8	9	10	14	19	9	11	13	15	19	26
36	\$	8	8	8	8	6	8	9	10	13	18	8	10	12	14	18	24
37	%	8	8	8	8	9	12	14	16	22	29	10	12	15	18	23	31
38	&	8	8	8	8	8	10	11	13	17	22	9	11	13	15	19	26
39	'	8	8	8	8	2	3	3	3	6	6	3	4	5	5	7	9
40	(	8	8	8	8	4	5	6	6	8	11	5	6	7	8	11	14
41	)	8	8	8	8	4	5	6	6	8	11	5	6	7	8	10	14
42	*	8	8	8	8	4	7	6	7	10	13	6	7	9	10	13	18
43	+	8	8	8	8	6	9	10	10	14	19	8	10	12	14	18	24
44	,	8	8	8	8	3	3	4	5	6	9	3	4	5	5	7	9
45	-	8	8	8	8	4	4	5	6	8	11	6	8	9	11	14	19
46	.	8	8	8	8	3	3	4	5	6	9	4	5	6	6	8	11
47	/	8	8	8	8	3	4	5	5	7	9	6	7	9	10	13	17
48	0	8	8	8	8	6	8	9	10	13	18	8	10	12	14	17	24
49	1	8	8	8	8	6	8	9	10	13	18	8	10	12	14	17	24
50	2	8	8	8	8	6	8	9	10	13	18	8	10	12	14	17	24
51	3	8	8	8	8	6	8	9	10	13	18	8	10	12	14	17	24
52	4	8	8	8	8	6	8	9	10	13	18	8	10	12	14	17	24
53	5	8	8	8	8	6	8	9	10	13	18	8	10	12	14	17	24
54	6	8	8	8	8	6	8	9	10	13	18	8	10	12	14	17	24
55	7	8	8	8	8	6	8	9	10	13	18	8	10	12	14	17	24
56	8	8	8	8	8	6	8	9	10	13	18	8	10	12	14	17	24
57	9	8	8	8	8	6	8	9	10	13	18	8	10	12	14	17	24
58	:	8	8	8	8	3	3	4	5	6	9	4	4	5	6	8	11
59	;	8	8	8	8	3	4	4	5	6	9	4	4	5	6	8	11
60	<	8	8	8	8	6	8	10	10	15	19	7	9	11	12	16	21
61	=	8	8	8	8	5	9	10	11	15	19	8	10	12	14	17	24
62	>	8	8	8	8	6	8	10	10	15	19	7	9	11	13	16	22
63	?	8	8	8	8	6	8	9	10	12	18	7	8	10	11	15	20

表 4-9 ROM 字体的字符宽度(2)

字体指数		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
ASCII 字符宽度(以像素表示)	64	@	8	8	8	8	11	13	17	18	25	34	13	15	19	21	28	38
	65	A	8	8	8	8	7	9	11	13	17	22	9	11	13	15	20	27
	66	B	8	8	8	8	7	9	11	13	17	22	9	11	13	15	20	27
	67	C	8	8	8	8	8	10	12	14	18	24	9	11	13	15	20	27
	68	D	8	8	8	8	8	10	12	14	18	24	9	12	14	16	21	28
	69	E	8	8	8	8	7	9	11	13	16	22	8	9	12	13	17	23
	70	F	8	8	8	8	6	8	10	12	14	20	8	9	12	13	17	23
	71	G	8	8	8	8	8	11	13	15	19	25	9	12	14	16	21	28
	72	H	8	8	8	8	8	10	12	14	18	24	10	12	15	17	22	30
	73	I	8	8	8	8	3	4	4	6	8	9	4	5	6	7	9	12
	74	J	8	8	8	8	5	7	8	10	13	16	8	9	12	13	17	23
	75	K	8	8	8	8	7	9	11	13	18	22	9	11	14	15	20	27
	76	L	8	8	8	8	6	8	9	11	14	18	8	9	12	13	17	23

字体指数		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
77	M	8	8	8	8	9	12	13	16	21	27	12	15	18	21	27	36
78	N	8	8	8	8	8	10	12	14	18	24	10	12	15	17	22	30
79	O	8	8	8	8	8	11	13	15	18	25	10	12	14	16	21	29
80	P	8	8	8	8	7	9	11	13	16	22	9	11	13	15	20	27
81	Q	8	8	8	8	8	11	13	15	18	26	10	12	15	17	22	29
82	R	8	8	8	8	7	10	12	14	17	24	9	11	13	15	20	27
83	S	8	8	8	8	7	9	11	13	16	22	9	10	13	15	19	26
84	T	8	8	8	8	5	9	10	12	16	20	9	10	13	14	19	25
85	U	8	8	8	8	8	10	12	14	18	24	9	12	14	16	21	28
86	V	8	8	8	8	7	9	11	13	17	22	12	11	14	15	20	27
87	W	8	8	8	8	9	13	15	18	22	31	9	15	18	21	27	36
88	X	8	8	8	8	7	9	11	13	17	22	9	11	13	15	20	27
89	Y	8	8	8	8	7	9	11	13	16	22	8	11	13	15	20	27
90	Z	8	8	8	8	7	9	10	12	15	20	4	10	13	14	19	25
91	[	8	8	8	8	3	4	5	5	7	9	6	5	6	7	8	11
92	\	8	8	8	8	3	4	5	5	7	9	4	7	9	10	13	18
93	]	8	8	8	8	3	4	5	5	7	9	6	5	6	6	8	11
94	^	8	8	8	8	6	7	8	9	12	16	7	7	9	10	13	18
95	_	8	8	8	8	6	8	9	11	14	18	4	8	10	11	15	20
96	`	8	8	8	8	3	5	6	4	7	11	8	5	7	8	10	13
97	a	8	8	8	8	5	8	9	11	13	18	8	9	12	13	17	23
98	b	8	8	8	8	6	7	9	11	14	18	7	10	12	14	18	24
99	c	8	8	8	8	5	7	8	10	12	16	8	9	11	13	16	22
100	d	8	8	8	8	6	8	9	11	14	18	7	10	12	14	18	24
101	e	8	8	8	8	5	8	9	10	13	18	5	9	11	13	16	22
102	f	8	8	8	8	4	4	5	6	8	9	8	6	8	9	11	15
103	g	8	8	8	8	6	8	9	11	14	18	8	10	12	14	18	24
104	h	8	8	8	8	6	8	9	10	13	18	4	10	12	14	18	24
105	i	8	8	8	8	2	3	3	4	6	7	4	4	5	6	8	11
106	j	8	8	8	8	2	3	4	4	6	7	8	4	5	6	8	11
107	k	8	8	8	8	5	7	8	9	12	16	4	9	11	13	16	22
108	l	8	8	8	8	2	3	3	4	6	7	12	4	5	6	8	11
109	m	8	8	8	8	8	11	14	16	20	27	8	15	18	21	27	37
110	n	8	8	8	8	6	8	9	10	14	18	8	10	12	14	18	24
111	o	8	8	8	8	6	8	9	11	13	18	8	10	12	14	18	24
112	p	8	8	8	8	6	8	9	11	14	18	8	10	12	14	18	24
113	q	8	8	8	8	6	8	9	11	14	18	5	10	12	14	18	24
114	r	8	8	8	8	4	5	5	6	9	11	7	6	7	8	11	15
115	s	8	8	8	8	5	7	8	9	12	16	5	9	11	13	16	22
116	t	8	8	8	8	4	4	5	6	8	9	8	6	7	8	10	13
117	u	8	8	8	8	5	7	9	10	14	18	7	10	12	14	18	24
118	v	8	8	8	8	6	7	8	10	13	16	11	9	11	12	16	21
119	w	8	8	8	8	8	10	12	14	18	23	7	13	16	18	23	32
120	x	8	8	8	8	6	7	8	10	12	16	7	9	11	12	16	21
121	y	8	8	8	8	5	7	8	10	13	16	7	9	11	12	16	21
122	z	8	8	8	8	5	7	8	9	12	16	5	9	11	12	16	21
123	{	8	8	8	8	3	5	6	6	8	11	3	6	7	8	11	14
124	|	8	8	8	8	3	3	4	5	6	9	5	4	5	6	8	10
125	}	8	8	8	8	3	5	6	6	8	11	10	6	7	8	11	14

字体指数		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
126	~	8	8	8	8	7	8	10	10	14	19	3	12	14	16	21	29
127	DEL	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	2	4	5	6	8	10

4.4 并行的 RGB 接口

RGB 并行接口由 23 个信号所组成—DISP、PCLK、VSYNC、HSYNC、DE、以及 6 个给 R、G、B 的讯号。可利用寄存器来设定这些讯号的 LCD 操作，如下所示：

REG_PCLK 当作除数，预设为零，表示禁止 PCLK 信号的输出。

$$\text{PCLK 频率} = \text{系统时钟频率} / \text{REG_PCLK}$$

PCLK_POL 定义时钟的极性，若为 0 表示正边沿触发时钟脉冲，若为 1 表示负边沿触发时钟脉冲。

REG_CSPREAD 控制 RGB 信号对于 PCLK 时钟边沿触发时的信号转换。当 REG_CSPREAD=0，R[7:2]、G[7:2] 及 B[7:2] 信号会在 PCLK 时钟边沿触发后改变。当 REG_CSPREAD=1，R[7:2] 会早一个 PCLK 时钟周期转换，B[7:2] 会晚一个 PCLK 时钟周期转换，这样能帮助减少信号转换的杂讯。

REG_DITHER 启用抖色，预设是启用的。这个选项能改善在显示上半色调的外观。图形引擎在内部是以 8-bit 的精确度计算颜色值；然而，LCD 在较低精确度时的颜色也是足够的。FT800 每一个颜色的输出只有 6 bits，格式上为 6:6:6，而一个 2x2 的抖色矩阵可让截断的 bits 数用在最终的颜色值。

REG_OUTBITS 表示每一个颜色频道的 bit 数宽度，对于每一个 RGB 颜色，预设为 6,6,6。较低的值表示每一个颜色频道以较少的 bit 数宽度输出，这样表示也能在较低精确度的 LCD 显示装置上作抖色处理。

REG_SWIZZLE 控制输出颜色引脚的排列，是为了帮助 PCB 在布线上，能有不同的 LCD 屏的排列方式。寄存器的 Bit 0 可使在每一个颜色通道上的 bit 顺序相反。Bit 1-3 控制 RGB 的顺序。Bit 1 设为 1 能让 R 与 B 的颜色通道交换。Bit 3 设为 1 能启用转动功能。在 Bit 3 设为 1 的情况下，若 Bit 2=1，(R,G,B) 这样的通道顺序会向右转动。若 Bit 2=0，(R,G,B) 的通道顺序会向左转动。

表 4-10 REG_SWIZZLE RGB 引脚映射

REG_SWIZZLE				引脚			
b3	b2	b1	b0	R7, R6, R5, R4, R3, R2	G7, G6, G5, G4, G3, G2	B7, B6, B5, B4, B3, B2	
0	X	0	0	R[7:2]	G[7:2]	B[7:2]	Power on Default
0	X	0	1	R[2:7]	G[2:7]	B[2:7]	
0	X	1	0	B[7:2]	G[7:2]	R[7:2]	
	X	1	1	B[2:7]	G[2:7]	R[2:7]	
1	0	0	0	G[7:2]	B[7:2]	R[7:2]	
1	0	0	1	G[2:7]	B[2:7]	R[2:7]	
1	0	1	0	G[7:2]	R[7:2]	B[7:2]	
1	0	1	1	G[2:7]	R[2:7]	B[2:7]	
1	1	0	0	B[7:2]	R[7:2]	G[7:2]	
1	1	0	1	B[2:7]	R[2:7]	G[2:7]	
1	1	1	0	R[7:2]	B[7:2]	G[7:2]	
1	1	1	1	R[2:7]	B[2:7]	G[2:7]	

4.5 其它控制

4.5.1 背光控制引脚

背光控制引脚是一个被两个寄存器控制的脉宽调制信号：*REG_PWM_HZ* 以及 *REG_PWM_DUTY*。*REG_PWM_HZ* 可以设定 PWM 的输出频率，其范围为 250-10000 Hz。*REG_PWM_DUTY* 设定占空比，范围为 0-128。值为 0 表示脉宽调制完全关闭，值为 128 则表示脉宽调制完全打开。

4.5.2 DISP 控制引脚

DISP 引脚是一个可以用来启用或是当作针对一个 LCD 显示板的复位控制。这支引脚可透过写入寄存器 *REG_GPIO* 的 Bit 7 来控制。

4.5.3 通用 IO 引脚

引脚 *GPIO1* 及 *GPIO0* 预设上为输入引脚。写入'1'到 *REG_GPIO_DIR* 的 Bit 1 及 Bit 0 可以分别将两者改变成为输出引脚。在 I²C 模式下，*GPIO0* 不当作 GPIO 来使用，而是用来作为 SA2。

GPIO1 及 *GPIO0* 可以从 *REG_GPIO* 寄存器的 bit 1 或 bit 0 读出或写入。建议将 *GPIO1* 用作音频功率放大器的关闭控制。

4.5.4 引脚驱动电流控制

可以依下表所示，写入寄存器 *REG_GPIO* 的 bit[6:2]，以修改输出引脚的输出驱动电流。

表 4-11 输出驱动电流选择

REG GPIO	Bit[6:5]				Bit[4]		Bit[3:2]			
	00b#	01b	10b	11b	0b#	1b	00b#	01b	10b	11b
驱动电流	4mA	8mA	12mA	16mA	4mA	8mA	4mA	8mA	12mA	16mA
引脚	GPIO1 GPIO0				PCLK DISP VSYNC HSYNC DE R7..R2 G7..G2 B7..B2 BACKLIGHT		MISO INT_N			

注意：#表示该值是预设值

4.6 音频引擎声音合成器

透过一个脉宽调制的输出引脚 AUDIO_L，FT800 能提供单声道音频输出。它能输出两个音源：声音合成器及音频档案播放。

4.6.1 声音合成器

声音处理器 AUDIO ENGINE 是从一个小的 ROM 波形表格库产生音效。可藉由载入寄存器 REG_SOUND 一个码值并写入 1 到寄存器 REG_PLAY，即可播放表 4.3 中的音效。当音效正在播发的时候，可从寄存器 REG_PLAY 读出 1，反之，若音效播发结束时，可从寄存器 REG_PLAY 读出 0。某些音效可以持续播放，一直到被中断，或是被命令播放下一个音效。若要中断音效，可写入一个新的值到寄存器 REG_SOUND 及 REG_PLAY；例如：写入 0(静音)到 REG_SOUND 并写入 1 到 PEG_PLAY，即可停止音效。

音效音量是由寄存器 REG_VOL_SOUND 控制。16-bit 的寄存器 REG_SOUND 中，较低的 8 位数会给 8-bit 大小的声音档使用。下表中，有些有标记“音高调整”的音效，高位 byte 包含一个 MIDI 音符时值。对于这些声音，音符时值为 0 表示是为 middle C 音阶。对于其它没有特别标记的音效，寄存器 REG_SOUND 的高位 byte 的值会被忽略。

表 4-12 音效表

值	音效	连续	音高调整
00h	Silence	Y	N
01h	square wave	Y	Y
02h	sine wave	Y	Y
03h	sawtooth wave	Y	Y
04h	triangle wave	Y	Y
05h	Beeping	Y	Y
06h	Alarm	Y	Y
07h	Warble	Y	Y
08h	Carousel	Y	Y
10h	1 short pip	N	Y
11h	2 short pips	N	Y
12h	3 short pips	N	Y
13h	4 short pips	N	Y
14h	5 short pips	N	Y
15h	6 short pips	N	Y
16h	7 short pips	N	Y
17h	8 short pips	N	Y
18h	9 short pips	N	Y
19h	10 short pips	N	Y
1Ah	11 short pips	N	Y
1Bh	12 short pips	N	Y

值	音效	连续	音高调整
32h	DTMF 2	Y	N
33h	DTMF 3	Y	N
34h	DTMF 4	Y	N
35h	DTMF 5	Y	N
36h	DTMF 6	Y	N
37h	DTMF 7	Y	N
38h	DTMF 8	Y	N
39h	DTMF 9	Y	N
40h	harp	N	Y
41h	xylophone	N	Y
42h	tuba	N	Y
43h	glockenspiel	N	Y
44h	organ	N	Y
45h	trumpet	N	Y
46h	piano	N	Y
47h	chimes	N	Y
48h	music box	N	Y
49h	bell	N	Y
50h	click	N	N
51h	switch	N	N
52h	cowbell	N	N

1Ch	13 short pips	N	Y	53h	notch	N	N
1Dh	14 short pips	N	Y	54h	hihat	N	N
1Eh	15 short pips	N	Y	55h	kickdrum	N	N
1Fh	16 short pips	N	Y	56h	pop	N	N
23h	DTMF #	Y	N	57h	clack	N	N
2Ch	DTMF *	Y	N	58h	chack	N	N
30h	DTMF 0	Y	N	60h	mute	N	N
31h	DTMF 1	Y	N	61h	unmute	N	N

表 4-13MIDI 音符效果

MIDI note	ANSI note	频率(Hz)	MIDI note	ANSI note	频率(Hz)
21	A0	27.5	65	F4	349.2
22	A#0	29.1	66	F#4	370.0
23	B0	30.9	67	G4	392.0
24	C1	32.7	68	G#4	415.3
25	C#1	34.6	69	A4	440.0
26	D1	36.7	70	A#4	466.2
27	D#1	38.9	71	B4	493.9
28	E1	41.2	72	C5	523.3
29	F1	43.7	73	C#5	554.4
30	F#1	46.2	74	D5	587.3
31	G1	49.0	75	D#5	622.3
32	G#1	51.9	76	E5	659.3
33	A1	55.0	77	F5	698.5
34	A#1	58.3	78	F#5	740.0
35	B1	61.7	79	G5	784.0
36	C2	65.4	80	G#5	830.6
37	C#2	69.3	81	A5	880.0
38	D2	73.4	82	A#5	932.3
39	D#2	77.8	83	B5	987.8
40	E2	82.4	84	C6	1046.5
41	F2	87.3	85	C#6	1108.7
42	F#2	92.5	86	D6	1174.7
43	G2	98.0	87	D#6	1244.5
44	G#2	103.8	88	E6	1318.5
45	A2	110.0	89	F6	1396.9
46	A#2	116.5	90	F#6	1480.0
47	B2	123.5	91	G6	1568.0
48	C3	130.8	92	G#6	1661.2
49	C#3	138.6	93	A6	1760.0
50	D3	146.8	94	A#6	1864.7
51	D#3	155.6	95	B6	1975.5
52	E3	164.8	96	C7	2093.0
53	F3	174.6	97	C#7	2217.5
54	F#3	185.0	98	D7	2349.3

55	G3	196.0
56	G#3	207.7
57	A3	220.0
58	A#3	233.1
59	B3	246.9
60	C4	261.6
61	C#4	277.2
62	D4	293.7
63	D#4	311.1
64	E4	329.6

99	D#7	2489.0
100	E7	2637.0
101	F7	2793.8
102	F#7	2960.0
103	G7	3136.0
104	G#7	3322.4
105	A7	3520.0
106	A#7	3729.3
107	B7	3951.1
108	C8	4186.0

4.6.2 音频播放

FT800 可以透过音频输出播放已录的声音，只要载入原始的声音数据到 FT800 的 RAM 里，然后设定寄存器的值即可进行播放。

控制音频播放的寄存器如下：

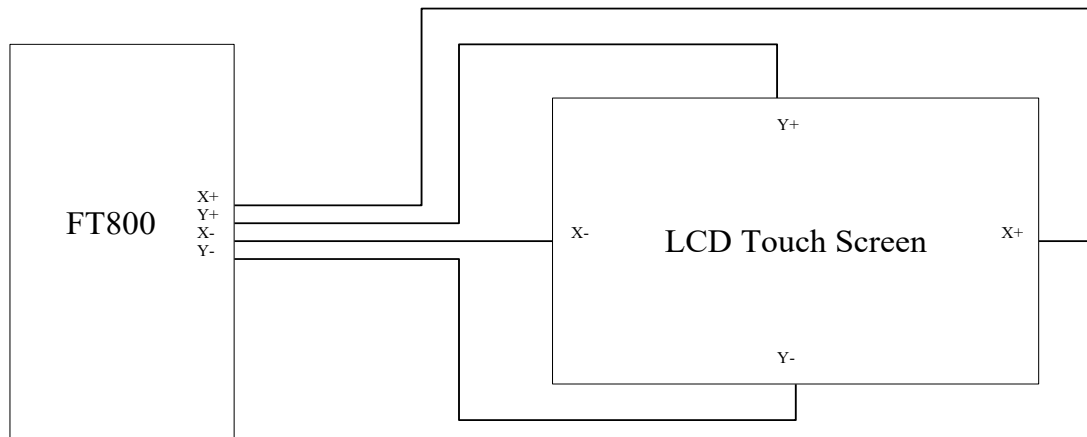
REG_PLAYBACK_START:	音频数据的起始地址
REG_PLAYBACK_LENGTH:	音频数据的长度，单位为 byte
REG_PLAYBACK_FREQ:	播放的采样频率，单位为赫兹
REG_PLAYBACK_FORMAT:	播放的格式，是下列三者其中之一：LINEAR SAMPLES、uLAW SAMPLES 或 ADPCM SAMPLES
REG_PLAYBACK_LOOP:	若值为 0，采样会被播放一次；若值为 1，采样会被一直被重复播放
REG_PLAYBACK_PLAY:	无论以 0 或 1 写入到这个位置，会触发音频播放的启始。若播放进行中，可读回 1 值，若播放结束，则读回 0 值。
REG_VOL_PB:	播放音量，范围 0-255

支持的单声道格式有 8-bit PCM(脉冲编码调制)、8-bit μ 律、及 4-bit IMA-ADPCM(互动多媒体协会-自适应差分脉冲编码调制)。对于 ADPCM_SAMPLES 这个寄存器而言，每个采样是 4 bits 的宽度，所以两个采样会被包成一个 byte。第一个采样位于 bits 0-3，第二个采样位于 bits 4-7。

当下的音频播放的读取指针地址可以藉由读出 REG_PLAYBACK_READPTR 的值去查询。利用一个大的采样缓冲区、循环、及这个指针读取的地址，主机 MPU/MCU 即可提共一个持续的音频流。

4.7 触屏引擎

触屏是由触屏引擎、模数转换器、轴开关、及模数转换器输入端的多工器所组成。触屏引擎从存储器的映射寄存器读出指令并产生所需的控制信号到轴开关、模数转换器、及模数转换器输入端的多工器。模数转换器的数据可从分别对应的寄存器所获得、经处理后、再进行数据更新的动作，以供 MPU/MCU 读出。


图 4-6 触屏的连接方式

主机藉由写入寄存器 REG_TOUCH_MODE 去控制触屏引擎的操作模式。

表 4-14 触屏控制操作模式

REG_TOUCH_MODE	模式	描述
0	OFF	停止触摸采集，只有触摸检测的中断信号有效。
1	ONE-SHOT	当每次 MPU 写入 1 值到 REG_TOUCH_MODE 时，执行一次触摸采集动作
2	FRAME-SYNC	每次帧同步时，执行一次触摸采集动作(大约每秒 60 次触摸采集)
3	CONTINUOUS	持续地执行触摸采集，大约每秒 1000 次触摸采集

触屏引擎获取触摸位置原始未经处理的 X 及 Y 坐标值，并写入寄存器 REG_TOUCH_RAW_XY。这些坐标值的范围为 0-1023。如果触屏没有被按压，从这两个寄存器 REG_TOUCH_RAW_XY 读到的值为 65535(FFFFh)。

这些触摸值会藉由寄存器 REG_TOUCH_TRANSFORM_A-F 的矩阵，转换成屏幕坐标。转换后的坐标值会存在寄存器 REG_TOUCH_SCREEN_XY。如果触屏没有被按压，这两个寄存器 REG_TOUCH_SCREEN_XY 读到的值为-32768 (8000h)。

若屏幕有被触摸，屏幕坐标会在屏幕的标记缓冲区 REG_TOUCH 里被查找，这个缓冲区会送出一个最终的 8-bit 的标记值。因为标记查找会占据一个完整的帧，而且触摸坐标会不断的改变，原始的(x; y)数据存在寄存器 REG_TOUCH_TAG_XY。

触屏压力存在寄存器 REG_TOUCH_RZ。这个值是触摸点上相对的阻力大小，较小的值表示按压的压力较大。当没有检测到触摸动作，这个寄存器的预设值为 32767。可以藉由设定寄存器 REG_TOUCH_THRESHOLD，使只有大于压力阈值的触摸才会被接受。

4.8 电源管理

4.8.1 电源供应

FT800 可以在当 VCC 引脚及 VCCIO 引脚都接 3.3V 电压的情况下运作。若 MPU/MCU 是运行在较低的电压，则需把 VCCIO 接到 MPU 的电源以匹配接口的供电电压。

表 4-15 电源供应

Symbol	典型值	描述
VCCIO	1.8V, or 2.5V, or 3.3V	此引脚只供电给主机接口的数位 I/O pad。 LCD 的 RGB 接口则是从 VCC 供电。
VCC	3.3V	供电给芯片的引脚。

4.8.2 内部稳压器及上电复位

1.2V 的内部稳压器提供电源到核心电路。当装置是在 POWERDOWN 的状态下，稳压器是关闭的。掉电可以由 SCU 写入指令或是将引脚 PD_N 维持在低电平至少 5 毫秒，以让 1.2V 上的去耦电容完全放电。稳压器只能由放开引脚 PD_N 启用。建议可以接一个 47kΩ 的电阻将 PD_N 上拉至 VCCIO，以及接一个 100nF 的电容至地，以延迟 1.2V 稳压器上电的时间于 VCC 及 VCCIO 稳定之后。

1.2V 内部稳压器需要一个补偿电容器才可以稳定。一个典型的设计是在引脚 VCC1V2 及 GND 之前接一个 $ESR > 0.5\Omega$ 的 4.7uF 电容。不要在这个引脚上连接任何负载。

当 1.2V 稳压器的输出电压上升超过上电复位的阈值，稳压器会产生一个上电复位的脉冲。上电复位会复位所有的核心数位电路。

也可以使用引脚 PD_N 当作一个非同步的硬件复位的输入。拉 PD_N 拉至低电平，维持至少 5 毫秒，然后再拉至高电平，即可复位 FT800 芯片。

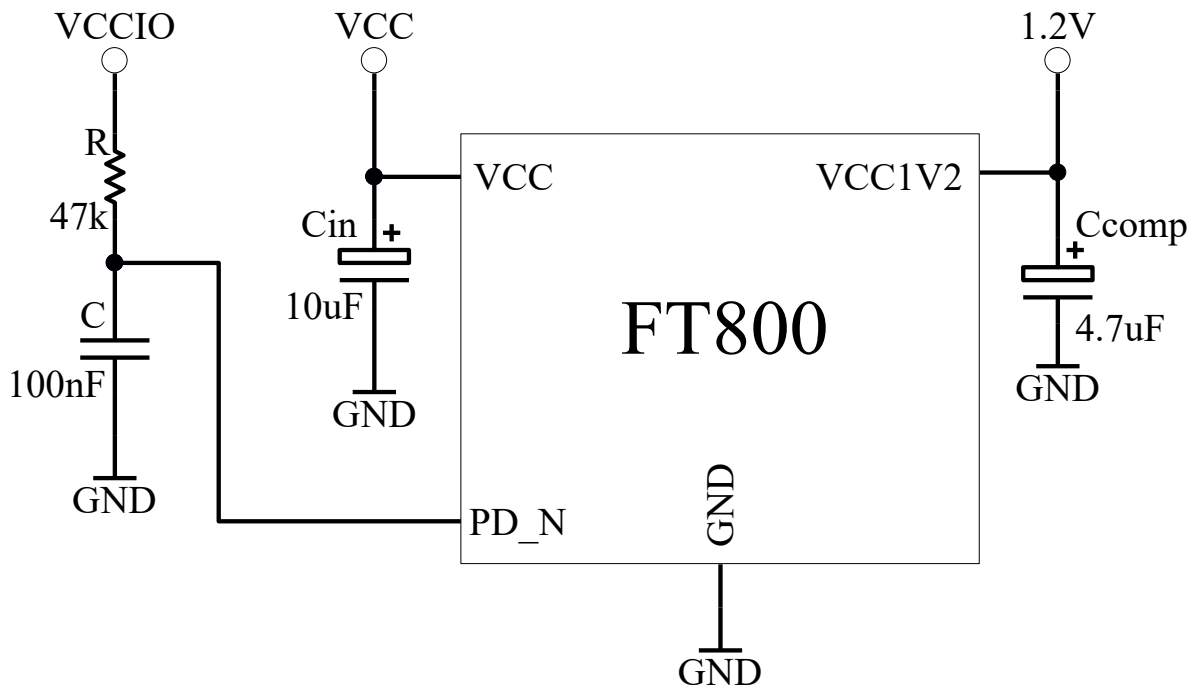


图 4-7 1.2V 稳压器

4.8.3 电源模式

当 VCCIO 及 VCC 的电源接上后，1.2V 内部稳压器是由 VCC 供电。在稳压器上电开始到稳定的过程中，会产生一个内部的上电复位脉冲。在初始上电后，FT800 会停留在 STANDBY 状态。当有需要的时候，主机可以藉由执行一个虚读到地址 0，以设定 FT800 至 ACTIVE 状态。为了省电，主机可以传送一个指令使 FT800 进入任何一个低电源的模式：STANDBY、SLEEP、以及 POWERDOWN。除此之外，无论当下是在什么状态之下，主机也可以藉由驱动 PD_N 至低电平使 FT800 进入 POWERDOWN 模式。电源状态转换可参考图 4-8。

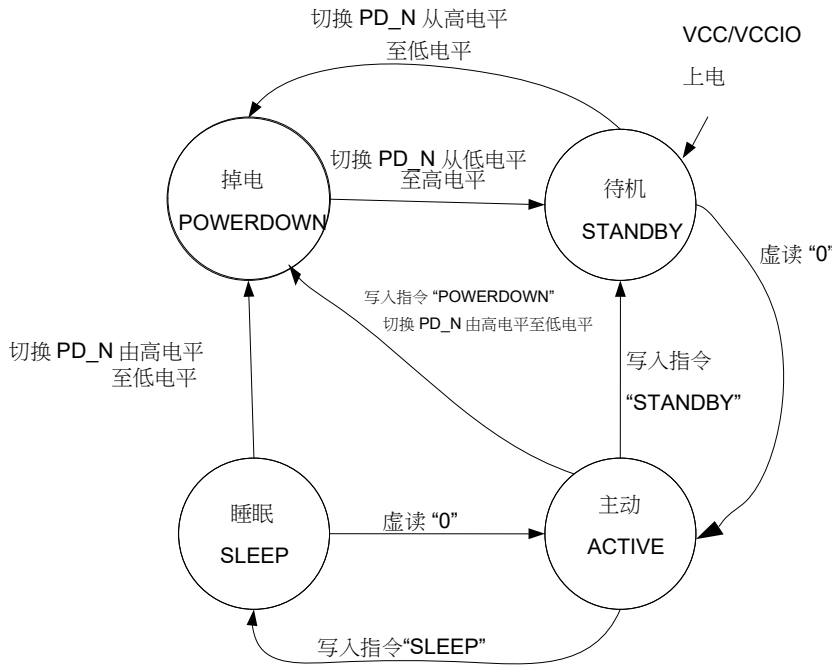


图 4-8 电源状态转换

4.8.3.1 ACTIVE 状态

在 ACTIVE 状态下，FT800 处于正常的操作。晶体振荡器及锁相环正常工作。用于 FT800 核心引擎的系统时钟被启用。

4.8.3.2 STANDBY 状态

在 STANDBY 状态下，晶体振荡器及锁相环维持正常工作；用于 FT800 核心引擎的系统时钟被关闭。所有寄存器的内容保留。

4.8.3.3 SLEEP 状态

在 SLEEP 状态下，晶体振荡器、锁相环及用于 FT800 核心引擎的系统时钟被关闭。所有寄存器的内容保留。

4.8.3.4 POWERDOWN 状态

在 POWERDOWN 状态下，供电给核心数位逻辑电路的 1.2V 内部稳压器、晶体振荡器、锁相环、以及用在 FT800 核心的系统时钟是被关闭的。所有寄存器的内容丢失，当下次芯片启动时会复位至预设值。

4.8.3.5 从其它电源状态唤醒至 ACTIVE 状态

从 POWERDOWN 状态唤醒，需要主机将引脚 PD_N 拉至低电平后放开，这是藉由低到高电平的切换启用了 1.2V 稳压器。当 1.2V 稳定之后，可以产生 POR(上电复位)，而当内部振荡器及锁相环起来后，FT800 会切换到 STANDBY 模式(从 PD_N 上升边缘开始算起，最长约 20 毫秒)。4.2.3 节提到的时钟启用程序会被执行以适当地将系统时钟启动。

若原本在 SLEEP 状态，主机 MPU 从地址 0 虚读，以唤醒 FT800 进入 ACTIVE 状态。主机需等待至少 20 毫秒，才能开始使用任何寄存器或指令。这是为了确保晶体振荡器及锁相环有起来且保持稳定。

若原本在 STANDBY 状态，主机 MPU 从地址 0 虚读，以唤醒 FT800 进入 ACTIVE 状态。主机可立即开始使用任何寄存器或指令。

4.8.3.6 不同电源状态下的引脚状态

FT800 引脚的状态取决于芯片的电源状态。更多细节可看下面的表格。电源状态从 ACTIVE 切到 STANDBY 或 ACTIVE 切到 SLEEP，所以有引脚保留他们之前的状态。软件在发出电源状态转换指令之前，需要设定 AUDIO_L、BACKLIGHT、以及 PCLK 成已知的状态。

表 4-16 引脚状态

引脚名称	复位后的状态 (VCC / VCCIO ON)	复位后的状态 (VCC / VCCIO ON) Default Output Drive Strength	主动/待机/睡眠状态 (VCC / VCCIO ON)	掉电状态 (VCC ON / VCC1.2 OFF)	混合状态 (VCC OFF / VCCIO ON)
AUDIO_L	三态输出 (高阻态)	16mA	输出	保留之前的状态	
SPI_SCLK/ I2C_SCL	输入 (浮接)		输入		输入 (浮接)
MISO/I2C _SDA	三态输出 (高阻态)	4mA	输入/输出		三态输出 (高阻态)
MOSI/I2C _SA0	输入 (浮接)		输入		输入 (浮接)
CS_N/I2C _SA1	输入 (浮接)		输入		输入 (浮接)
GPIO0/I2C _SA2	输入 (浮接)		输入/输出		三态输出 (高阻态)
GPIO1	三态输出 (高阻态)	4mA	输入/输出		三态输出 (高阻态)
MODE	输入		输入		输入 (浮接)
INT_N	开漏输出 (高阻态)	4mA	开漏输出		三态输出 (高阻态)
PD_N	输入		输入		输入 (浮接)
X1/CLK	输入 (浮接)		晶体振荡器输入 CLK 输入		注意: 若使用内部钟源, 外接在 X1/CLK 引脚上的时钟源应被移除
X2	输出 (高阻态)		晶体振荡器输出		

接上页

引脚名称	复位后的状态 (VCC/VCCIO ON)	复位后的状态 (VCC/VCCIO ON) 预设输出驱动电流	主动/待机/睡眠状态 (VCC / VCCIO ON)	掉电状态 (VCC ON / VCC1.2 OFF)	混合状态 (VCC OFF / VCCIO ON)
X+	三态输出 (高阻态)		输入/输出	保留之前的状态	
Y+	三态输出 (高阻态)		输入/输出	保留之前的状态	
X-	三态输出 (高阻态)		输入/输出	保留之前的状态	
Y-	三态输出 (高阻态)		输入/输出	保留之前的状态	
BACKLIGHT	输出	4mA	输出	保留之前的状态	
DE	输出	4mA	输出	输出低电平	
VSYNC	输出	4mA	输出	输出低电平	
HSYNC	输出	4mA	输出	输出低电平	
DISP	输出	4mA	输出	输出低电平	
PCLK	输出	4mA	输出	输出低电平	
R(7:2), G(7:2), B(7:2)	输出	4mA	输出	输出低电平	

5 FT800 存储器映射

所有在 FT800 核心的存储器及寄存器都是利用 2-bit SPI/I2C 指令的前缀部份，映射在 22-bit 地址空间的位置。前缀为 0'b00 表示读取地址空间，0'b10 表示写入地址空间，0'b01 表示保留给主机指令，0'b11 表示未定义。以下是有定义的存储器地址。

表 5-1 存储器映射

起始地址	结束地址	大小	名称	描述
000000h	03FFFFh	256kB	RAM_G	主要图形 RAM
0C 0000h	0C0003h	4 B	ROM_CHIPID	FT800 芯片识别及版本信息 Byte [0:1] 芯片 ID: "0800" Byte [2:3] 版本 ID: "0100"
0B B23Ch	0F FFFBh	275kB	ROM_FONT	字体表格及位图
0F FFFCh	0F FFFFh	4 B	ROM_FONT_ADDR	字体表格指针地址
10 0000h	10 1FFFh	8 kB	RAM_DL	显示清单 RAM
10 2000h	10 23FFh	1 kB	RAM_PAL	调色板 RAM
10 2400h	10 257Fh	380 B	REG_*	寄存器
108000 h	10 8FFFh	4 kB	RAM_CMD	指令缓冲区

注意:这个表格以外的地址都是被保留的，禁止进行写入或读出动作。

5.1 FT800 寄存器

表 5.1 列出完整的 FT800 寄存器清单 FT800。有关详细的寄存器功能，可参考“**FT800 Programmers Guide**”(FTDI Doc FT_000793) 的第二章。

表 5-2 FT800 寄存器概观

地址	寄存器名称	Bits	访问	复位值	描述
102400h	REG_ID	8	r/o	7Ch	识别寄存器，值永远为 7Ch
102404h	REG_FRAMES	32	r/o	00000000h	从复位后开始计算的帧计数器
102408h	REG_CLOCK	32	r/o	00000000h	从复位后开始计算的时钟周期数
10240Ch	REG_FREQUENCY	27	r/w	2DC6C00h	主要时钟频率
102410h	REG_RENDERMODE	1	r/w	00h	渲染模式： 0=正常，1=单条线
102414h	REG_SNAPY	9	r/w	00h	RENDERMODE 为 1 情况下的扫描线选择
102418h	REG_SNAPSHOT	1	r/o	-	RENDERMODE 为 1 情况下的截图触发
10241Ch	REG_CPURESET	1	r/w	00h	图形、音频、及触屏引擎复位控制
102420h	REG_TAP_CRC	32	r/o	-	实时图像点击的 crc 校验。每一次 DL_SWAP 会计算帧 CRC。
102424h	REG_TAP_MASK	32	r/w	FFFFFFFFh	实时图像点击遮盖
102428h	REG_HCYCLE	10	r/w	224h	水平总周期计数
10242Ch	REG_HOFFSET	10	r/w	02Bh	t 水平显示开始时间偏移量
102430h	REG_HSIZE	10	r/w	1E0h	水平显示像素计数
102434h	REG_HSYNC0	10	r/w	000h	水平同步下降时间偏移量
102438h	REG_HSYNC1	10	r/w	029h	水平同步上升时间偏移量
10243Ch	REG_VCYCLE	10	r/w	124h	垂直总周期计数
102440h	REG_VOFFSET	10	r/w	00Ch	垂直显示开始时间偏移量
102444h	REG_VSIZE	10	r/w	110h	垂直显示线计数
102448h	REG_VSYNC0	10	r/w	000h	垂直同步下降时间偏移量
10244Ch	REG_VSYNC1	10	r/w	00Ah	垂直同步上升时间偏移量
102450h	REG_DLSWAP	2	r/w	0h	显示清单交换控制
102454h	REG_ROTATE	1	r/w	0h	屏幕 180 度旋转
102458h	REG_OUTBITS	9	r/w	1B6h	输出 bit 解析度, 3x3x3 bits
10245Ch	REG_DITHER	1	r/w	1h	输出抖色启用
102460h	REG_SWIZZLE	4	r/w	00h	输出 RGB 信号拌和
102464h	REG_CSPREAD	1	r/w	1h	输出时钟展频启用
102468h	REG_PCLK_POL	1	r/w	0h	PCLK 极性： 0 = 在 PCLK 上升沿输出， 1 = 在 PCLK 下降沿输出
10246Ch	REG_PCLK	8	r/w	00h	PCLK 除频器, 0 = 关闭
102470h	REG_TAG_X	9	r/w	000h	标签查询 X 坐标
102474h	REG_TAG_Y	9	r/w	000h	标签查询 Y 坐标
102478h	REG_TAG	8	r/o	00h	标签查询结果
10247Ch	REG_VOL_PB	8	r/w	FFh	播放声音
102480h	REG_VOL_SOUND	8	r/w	FFh	合成器声音音量

地址	寄存器名称	Bits	访问	复位值	描述
102484h	REG_SOUND	16	r/w	0000h	音效选择
102488h	REG_PLAY	1	r/w	0h	开始音效播放
10248Ch	REG_GPIO_DIR	8	r/w	80h	GPIO 引脚方向, 0 = 输入, 1 = 输出
102490h	REG_GPIO	8	r/w	00h	GPIO 引脚值 (bit 0,1,7); 输出引脚驱动强度(bit 2-6)
102494h	Reserved	-	-	-	保留
102498h	REG_INT_FLAGS	8	r/o	00h	中断标记, 藉由读取清除
10249Ch	REG_INT_EN	1	r/w	0h	全域中断启动
1024A0h	REG_INT_MASK	8	r/w	FFh	中断启动遮盖
1024A4h	REG_PLAYBACK_START	20	r/w	00000h	音频播放 RAM 开始地址
1024A8h	REG_PLAYBACK_LENGTH	20	r/w	00000h	音频播放样本长度 (bytes)
1024ACh	REG_PLAYBACK_READPTR	20	r/o	-	音频播放电流读取指针
1024B0h	REG_PLAYBACK_FREQ	16	r/w	1F40h	音频播放采样频率 (Hz)
1024B4h	REG_PLAYBACK_FORMAT	2	r/w	0h	音频播放格式
1024B8h	REG_PLAYBACK_LOOP	1	r/w	0h	音频播放回圈启用
1024BCh	REG_PLAYBACK_PLAY	1	r/o	0h	开始音频播放
1024C0h	REG_PWM_HZ	14	r/w	00FAh	背光脉宽调制输出频率(Hz)
1024C4h	REG_PWM_DUTY	8	r/w	80h	背光脉宽调制输出占空因数 0=0%, 128=100%
1024C8h	REG_MACRO_0	32	r/w	00000000h	显示清单宏指令 0
1024CCh	REG_MACRO_1	32	r/w	00000000h	显示清单宏指令 1
1024D0h - 1024E0h	Reserved	-	-	-	保留
1024E4h	REG_CMD_READ	12	r/w	000h	指令缓冲区读出指针
1024E8h	REG_CMD_WRITE	12	r/w	000h	指令缓冲区写入指针
1024ECh	REG_CMD_DL	13	r/w	0000h	指令显示清单偏移量
1024F0h	REG_TOUCH_MODE	2	r/w	3h	触屏采样模式
1024F4h	REG_TOUCH_ADC_MODE	1	r/w	1h	选择单端(较低功耗)或差分(较精确)采样
1024F8h	REG_TOUCH_CHARGE	16	r/w	1770h	触屏充电时间, 以六个周期为单位
1024FCh	REG_TOUCH_SETTLE	4	r/w	3h	触屏建立时间, 以六个周期为单位
102500h	REG_TOUCH_OVERSAMPLE	4	r/w	7h	触屏过采样因子
102504h	REG_TOUCH_RZTHRESH	16	r/w	FFFFh	触屏阻值阈值
102508h	REG_TOUCH_RAW_XY	32	r/o	-	触屏原始未处理坐标 (x-MSB16; y-LSB16)
10250Ch	REG_TOUCH_RZ	16	r/o	-	触屏电阻
102510h	REG_TOUCH_SCREEN_XY	32	r/o	-	触屏屏幕(x-MSB16; y-LSB16)
102514h	REG_TOUCH_TAG_XY	32	r/o	-	供标记查找的触屏屏幕(x-MSB16; y-LSB16)
102518h	REG_TOUCH_TAG	8	r/o	-	触屏标记结果
10251Ch	REG_TOUCH_TRANSFORM_A	32	r/w	00010000h	触屏转换系数 (s15.16)
102520h	REG_TOUCH_TRANSFORM	32	r/w	00000000h	触屏转换系数 (s15.16)

地址	寄存器名称	Bits	访问	复位值	描述
	RM_B				
102524h	REG_TOUCH_TRANSFO RM_C	32	r/w	00000000h	触屏转换系数 (s15.16)
102528h	REG_TOUCH_TRANSFO RM_D	32	r/w	00000000h	触屏转换系数 (s15.16)
10252Ch	REG_TOUCH_TRANSFO RM_E	32	r/w	00010000h	触屏转换系数 (s15.16)
102530h	REG_TOUCH_TRANSFO RM_F	32	r/w	00000000h	触屏转换系数 (s15.16)
102534h - 102470h	Reserved	-	-	-	保留
102574h	REG_TOUCH_DIRECT_X Y	32	r/o	-	触屏直接(x-MSB16; y-LSB16)转变
102578h	REG_TOUCH_DIRECT_Z 1Z2	32	r/o	-	触屏直接(z1-MSB16; z2-LSB16)转变
109000h	REG_TRACKER	32	r/w	00000000h	追踪寄存器(Track value - MSB16; Tag value - LSB8)

注意：所有寄存器的地址都是 4-byte。除非有额外指明，在“Bits”栏位的数字表示从 bit 0 数来的有效 bit 数，其它 bits 都是保留的。

6 芯片特性及额定值

6.1 绝对最大额定值

FT800 芯片的绝对最大额定值如下。这些数据遵守绝对最大额定值系统(IEC 60134)。超过这些数值可以造成永久性的芯片损坏。

表 6-1 绝对最大额定值

参数	值	单位
存储温度	-65 至+150	°C
工厂周围(30°C / 60% 相对湿度)的地板寿命 (Out of Bag)	168 (IPC/JEDEC J-STD-033A MSL Level 3 Compliant)*	小时
周围温度 (有电源情况下)	-40 至+85	°C
VCC 供电电压	0 至 +4	V
VCCIO 供电电压	0 至 +4	V
DC 输入电压	-0.5 至 +(VCCIO + 0.3)	V

*若芯片在封装外存储，超过这个时间限制，装置在使用前需要进行烘烤。装置的温度应该以斜坡上升的方式上升至 125°C 以上，并烘烤达到 17 个小时。

6.2 直流特性

表 6-2 操作电压及电流

(周围温度 = -40°C to +85°C)

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位	状态
VCCIO	VCCIO 的操作供电电压	1.62	1.80	1.98	V	正常操作
		2.25	2.50	2.75	V	
		2.97	3.30	3.63	V	
VCC	VCC 的操作供电电压	2.97	3.30	3.63	V	正常操作
Icc1	掉电模式电流	-	1.0	-	µA	掉电模式
Icc2	睡眠模式电流	-	250	-	µA	睡眠模式
Icc3	待机模式电流	-	1.5	-	mA	待机模式
Icc4	操作电流	-	24	-	mA	正常操作
VCC1V2	稳压器输出电压	-	1.20	-	V	正常操作

表 6-3 数位 I/O 引脚特性 (VCC/VCCIO = +3.3V, 标准驱动水平)

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位	状态
Voh	输出电压高电平	2.4	-	-	V	Ioh=4mA
Vol	输出电压低电平	-	-	0.4	V	Iol=4mA
Vih	输入高电平电压	2.0	-	-	V	
Vil	输入低电平电压	-	-	0.8	V	
Vth	施密特磁滞电压	0.3	0.45	0.5	V	
Iin	输入漏电流	-10	-	10	µA	Vin = VCCIO或0
Ioz	三态输出漏电流	-10	-	10	µA	Vin = VCCIO或0

表 6-4 数位 I/O 引脚特性 (VCCIO = +2.5V, 标准驱动水平)

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位	状态
Voh	输出电压高电平	VCCIO-0.4	-	-	V	Ioh=4mA
Vol	输出电压低电平	-	-	0.4	V	Iol=4mA
Vih	输入高电平电压	0.7 X VCCIO	-	-	V	-
Vil	输入低电平电压	-	-	0.3 X VCCIO	V	-
Vth	施密特磁滞电压	0.28	0.39	0.5	V	-
Iin	输入漏电流	-10	-	10	uA	Vin = VCCIO或0
Ioz	三态输出漏电流	-10	-	10	uA	Vin = VCCIO或0

表 6-5 数位 I/O 引脚特性 (VCCIO = +1.8V, 标准驱动水平)

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位	状态
Voh	输出电压高电平	VCCIO-0.4	-	-	V	Ioh=4mA
Vol	输出电压低电平	-	-	0.4	V	Iol=4mA
Vih	输入高电平电压	0.7 X VCCIO	-	-	V	-
Vil	输入低电平电压	-	-	0.3 X VCCIO	V	-
Vth	施密特磁滞电压	0.25	0.35	0.5	V	-
Iin	输入漏电流	-10	-	10	uA	Vin = VCCIO或0
Ioz	三态输出漏电流	-10	-	10	uA	Vin = VCCIO或0

6.3 触屏特性

表 6-6 触屏特性 (VCC=3.3V)

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位	状态
Rsw-on	X-,X+,Y-,及 Y+ 驱动通态电阻	-	5	10	Ω	
Rsw-off	X-,X+,Y-,及 Y+ 驱动关态电阻	10M	-	-	Ω	
Rpu	触屏上拉电阻	72k	100k	128k	Ω	
Vth+	触摸检测上升沿阈值水平	1.53	1.7	1.87	V	
Vth-	触摸检测下降沿阈值水平	1.17	1.3	-1.47	V	
Vhys	触摸检测磁滞	0.36	0.39	0.4	V	
RI	X-axis and Y-axis 驱动负载电阻	200	-	-	Ω	

表 6-7 ADC 特性 (VCC=3.3V)

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
ADC Resolution	-	10	-	bits	
Integral Nonlinearity	-	+/-1	-	LSB	
Differential Nonlinearity	-	+/-0.5	-	LSB	
Offset Error	-	+/-2	-	LSB	

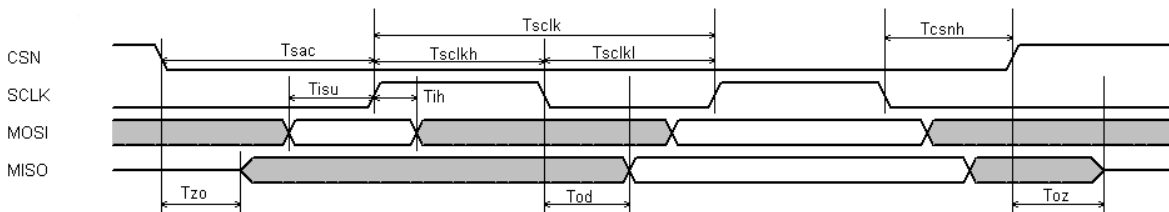
6.4 AC 特性

6.4.1 系统时钟

表 6-8 系统时钟特性 (周围温度 = -40°C to +85°C)

参数	值			单位
	最小值	典型值	最大值	
晶体				
频率	-	12.000	-	MHz
X1/X2 电容	-	5	10	pF
外部时钟输入				
频率	-	12.000	-	MHz
占空比	45	50	55	%
在引脚 X1/CLKIN 上的输入电压	-	3.3	-	Vp-p

6.4.2 SPI 主机接口模式 0


图 6-1 SPI 接口时序
表 6-9 SPI 接口时序规格

参数	描述	VCC(I/O)=1.8V		VCC(I/O)=2.5V		VCC(I/O)=3.3V		单位
		最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值	
Tsclk	SPI 时钟周期	60	-	40	-	33	-	ns
Tsckll	SPI 时钟低电平持续期	25	-	16	-	13	-	ns
Tscklh	SPI 时钟高电平持续期	25	-	16	-	13	-	ns
Tsac	SPI 存取时间	16	-	16	-	16	-	ns
Tisuh	输入建立时间	12	-	11	-	11	-	ns
Tih	输入保持时间	3	-	3	-	3	-	ns
Tzo	输出启动延迟时间	0	30	0	20	0	16	ns
Toz	输出关闭延迟时间	0	30	0	20	0	16	ns
Tod	输出数据延迟	0	24	0	15	0	12	ns
Tcsnh	CSN 保持时间	0	-	0	-	0	-	ns

6.4.3 I2C 主机接口时序

表 6-10 I2C 接口时序

参数	描述	标准模式		快速模式		超快速模式		高速模式		单位
		最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值	
Fscl	I2C SCL 时钟频率	0	100	0	400	0	1000	0	3400	kHz
Tscll	时钟低电平时间	4.7	-	1.3	-	0.5	-	0.16	-	µs
Tsclh	时钟高电平时间	4.0	-	0.6	-	0.26	-	0.06	-	µs
Tsu	数据建立时间	250	-	100	-	50	-	10	-	ns
Thd	数据保持时间	0	-	0	-	0	-	0	70	ns
Tr	上升时间	-	1000	-	300	-	120	10	40	ns
Tf	下降时间	-	300	-	300	-	120	10	40	ns

6.4.4 RGB 图像时序

表 6-11 RGB 图像时序特性

参数	描述	VCC=3.3V			单位
		最小值	典型值	最大值	
Tpclk	像素时钟周期	78	104	-	ns
Tpclkdc	像素时钟占空比	40	-	60	%
Thc	Hsync 时间至时钟	30	-	-	ns
Thwh	HSYNC 时间宽度 (REG_HSYNC1-REG_HSYNC0)	1	41	-	Tpclk
Tvwh	VSYNC 时间宽度 (REG_VSYNC1-REG_VSYNC0)	1	10	-	Th
Th	HSYNC 周期 (REG_HCYCLE)	-	525	-	Tpclk
Tvsu	VSYNC 建立时间	30	-	-	ns
Tvhd	VSYNC 保持时间	10	-	-	ns
Thsu	HSYNC 建立时间	30	-	-	ns
Thhd	HSYNC 保持时间	10	-	-	ns
Tdsu	DATA 建立时间	20	-	-	ns
Tdhd	DATA 保持时间	10	-	-	ns
Tesu	DE 建立时间	30	-	-	ns
Tehd	DE 保持时间	10	-	-	ns

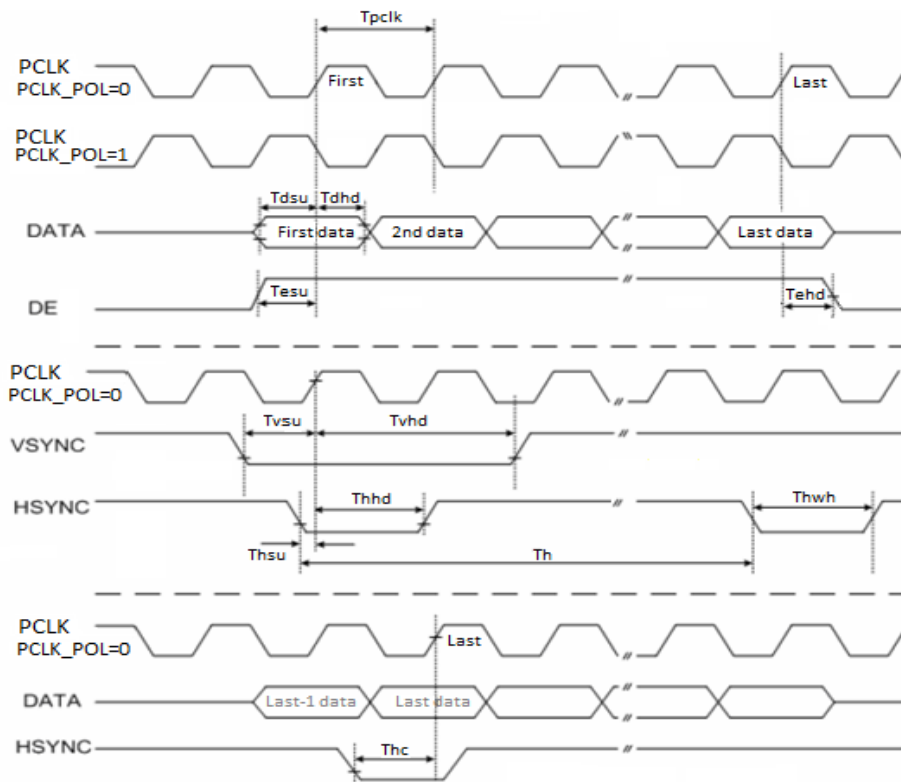


图 6-2 RGB 图像信号时序

7 应用范例

7.1 LCD 接口连接方式范例

Reference design for 3.3 V IO Interface

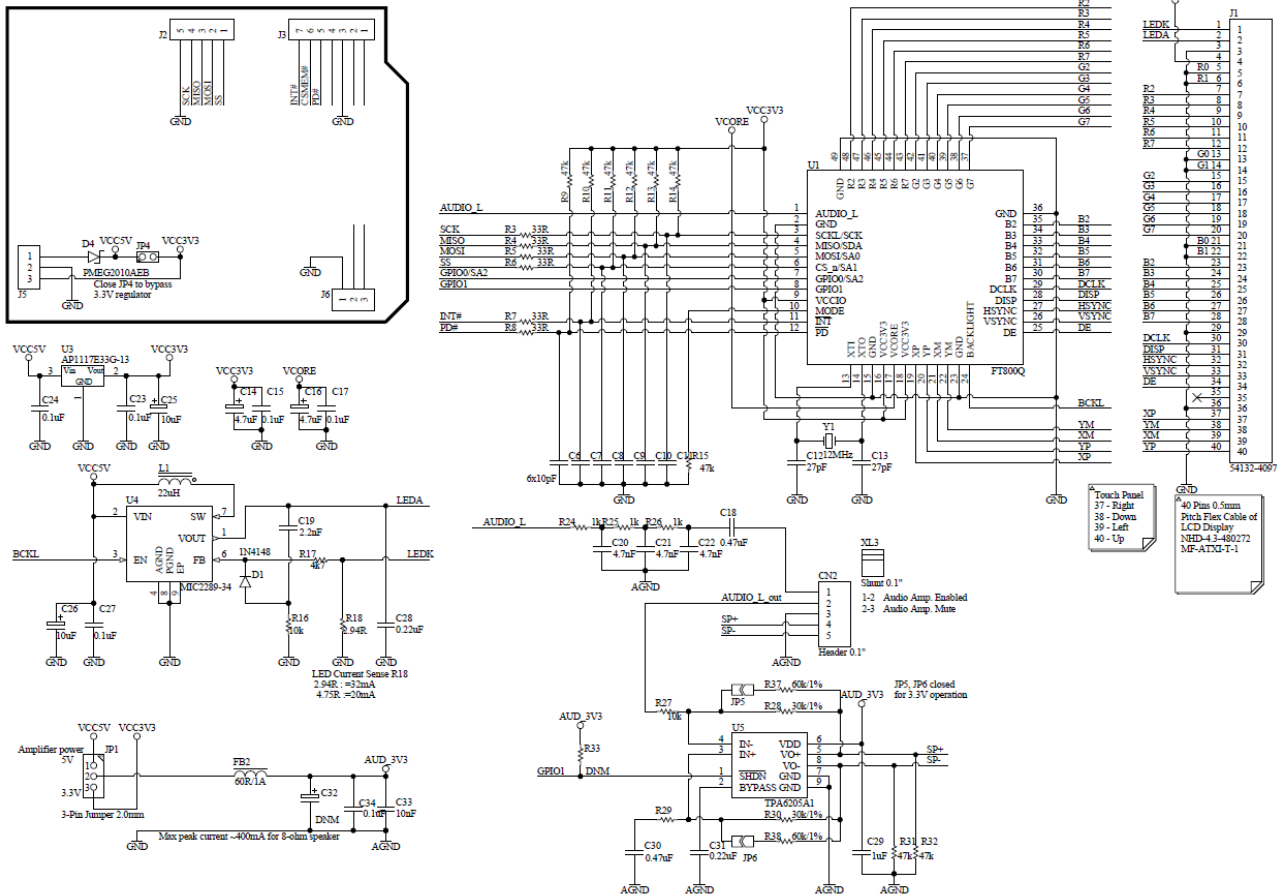


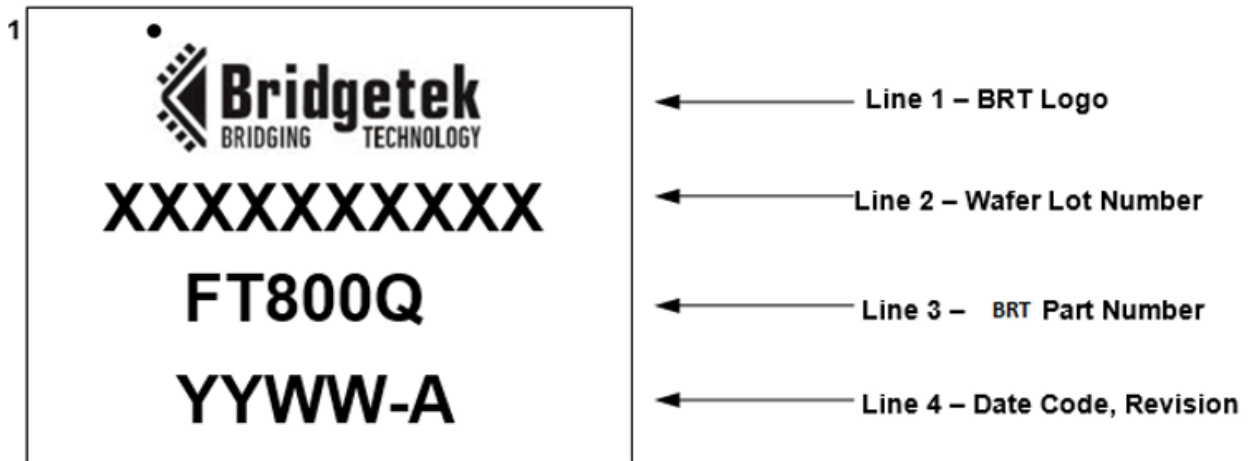
图 7-1 FT800 参考设计线路图

8 封装参数

FT800 有 VQFN-48 的封装形式。所有封装的回流焊温度曲线在以下的小节有描述。

8.1 VQFN-48 封装尺寸

8.1.1 正面



注释：

1. YYWW = 日期代码，其中 YY 是年份，WW 是星期号。
2. 预设日期代码 1727，公司标志是 FTDI。
3. 标记对齐必需是中心对齐
4. 必需使用激光打标
5. 所有标记尺寸应按比例标记。标记字体必需使用标准字体（Roman Simplex）

8.1.2 反面

底部不应有任何标记。

8.2 VQFN-48 封装尺寸

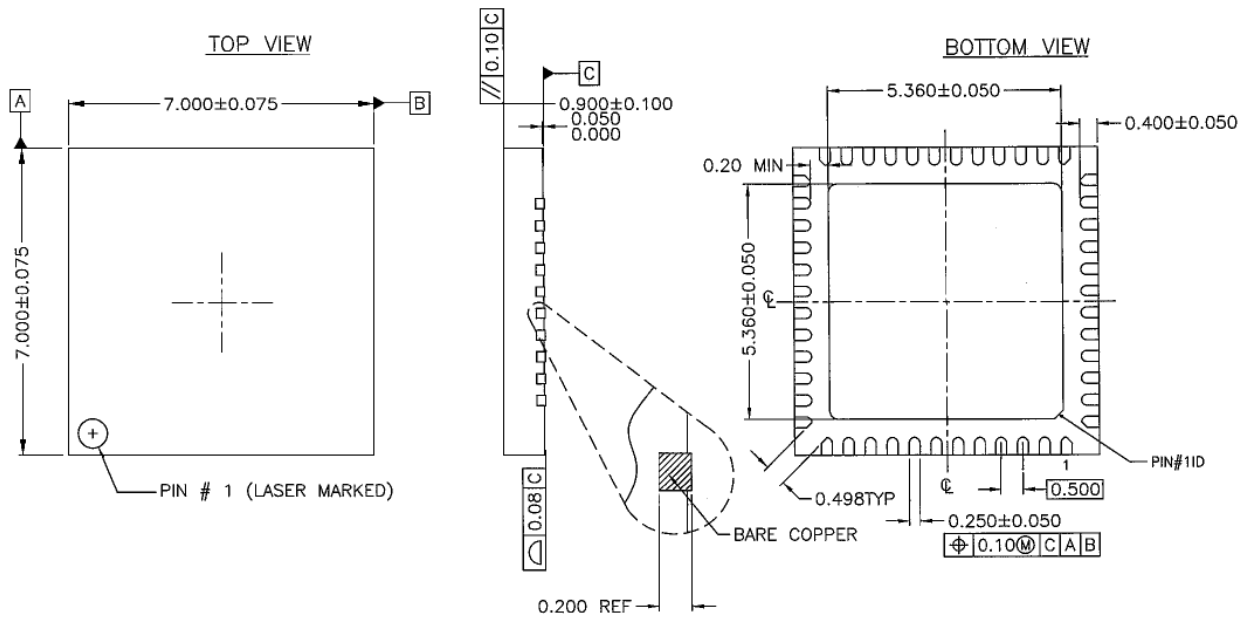


图 8-1 VQFN-48 封装尺寸

8.3 回流焊温度曲线

FT800 是以无铅的 VQFN-48 封装方式所提供。建议的封装回流焊温度曲线如图 8-2 所示。

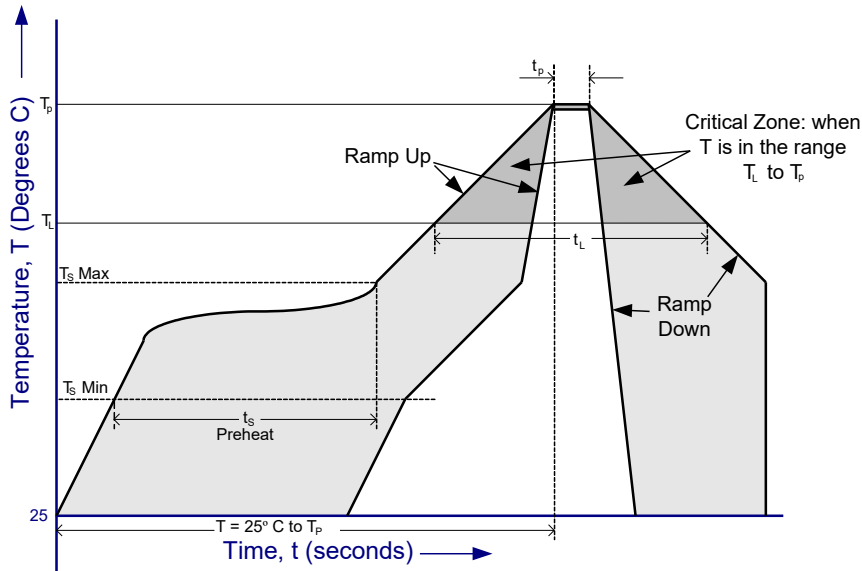


图 8-2 FT800 回流焊温度曲线

回流焊温度曲线的推荐值在表 8-1 有详细的描述。无铅焊处理(指 FT800 以无铅焊锡处理)及非无铅焊处理(指 FT800 以非无铅焊锡处理)的数值都有整理在表 8-1。

表 8-1 s 回流焊温度曲线参数值

温度曲线特色	无铅制程	非无铅制程
平均斜坡上升速率 (Ts 至 Tp)	3°C / 每秒最大	3°C / 每秒最大
预热 - 最小温度 (Ts Min.) - 最大温度 (Ts Max.) - 时间 (ts Min 至 ts Max)	150°C 200°C 60 至 120 秒	100°C 150°C 60 至 120 秒
温度维持在临界温度 T _L 以上的时间: - 温度 (T _L) - 时间 (t _L)	217°C 60 至 150 秒	183°C 60 至 150 秒
峰值温度 (Tp)	260°C	240°C
在峰值温度 5°C 内的时间 (tp)	20 至 40 秒	20 至 40 秒
斜坡下降速率	6°C / 每秒最大	6°C / 每秒最大
从 25°C 到峰值温度 Tp 的时间	最大值 8 分钟	最大值 6 分钟

9 Contact Information

Refer to <https://brtchip.com/contact-us/> for contact information.

Distributor and Sales Representatives

Please visit the Sales Network page of the [Bridgetek Web site](#) for the contact details of our distributor(s) and sales representative(s) in your country.

System and equipment manufacturers and designers are responsible to ensure that their systems, and any Bridgetek Pte Ltd (BRT Chip) devices incorporated in their systems, meet all applicable safety, regulatory and system-level performance requirements. All application-related information in this document (including application descriptions, suggested Bridgetek devices and other materials) is provided for reference only. While Bridgetek has taken care to assure it is accurate, this information is subject to customer confirmation, and Bridgetek disclaims all liability for system designs and for any applications assistance provided by Bridgetek. Use of Bridgetek devices in life support and/or safety applications is entirely at the user's risk, and the user agrees to defend, indemnify and hold harmless Bridgetek from any and all damages, claims, suits, or expense resulting from such use. This document is subject to change without notice. No freedom to use patents or other intellectual property rights is implied by the publication of this document. Neither the whole nor any part of the information contained in, or the product described in this document, may be adapted, or reproduced in any material or electronic form without the prior written consent of the copyright holder. Bridgetek Pte Ltd, 1 Tai Seng Avenue, Tower A, #03-05, Singapore 536464. Singapore Registered Company Number: 201542387H.

附录 A – 参考资料

Document References

[FT800 Series Programmers Guide](#)

[AN_240 FT800 from the Ground Up](#)

[AN_245 Sample Application Introduction for VM800B & VM800C Development Kits and Windows PC](#)

[AN_246 VM800 Series 'Sample App'](#)

[AN_252 FT800 Audio Primer](#)

[AN_299 FT800 FT801 Internal Clock Trimming](#)

附录 B - 图示及表格清单

List of Figures

图 2-1 FT800 方框图	3
图 2-2 FT800 系统设计框图	3
图 4-1 主机接口选项的连接方式	12
图 4-2 SPI 接口 1.8-3.3V 的连接方式	13
图 4-3 SPI 接口 5V 的连接方式	14
图 6-1 SPI 接口时序	41
图 6-2 RGB 图像信号时序	43
图 7-1 FT800 参考设计线路图	44
图 8-1 VQFN-48 封装尺寸	46
图 8-2 FT800 回流焊温度曲线	47

List of Tables

表 3-1 FT800Q 引脚描述	7
表 4-1 主机存储器读出交易 (SPI)	15
表 4-2 主机存储器写入动作 (SPI)	16
表 4-3 主机指令资料传输 (SPI)	17
表 4-4 主机指令表	17
表 4-5 中断标记 bit 分配表	18
表 4-6 字体表格格式	20
表 4-7 ROM 字体表格	21
表 4-8 ROM 字体的字符宽度(1)	21
表 4-9 ROM 字体的字符宽度(2)	22
表 4-10 REG_SWIZZLE RGB 引脚映射	24
表 4-11 输出驱动电流选择	25
表 4-12 音效表	26
表 4-13 MIDI 音符效果	27
表 4-14 触屏控制操作模式	29
表 4-15 电源供应	30
表 4-16 引脚状态	34
表 5-1 存储器映射	35
表 5-2 FT800 寄存器概观	36

表 6-1 绝对最大额定值.....	39
表 6-2 操作电压及电流.....	39
表 6-3 数位 I/O 引脚特性 (VCC/VCCIO = +3.3V, 标准驱动水平).....	39
表 6-4 数位 I/O 引脚特性 (VCCIO = +2.5V, 标准驱动水平).....	40
表 6-5 数位 I/O 引脚特性 (VCCIO = +1.8V, 标准驱动水平).....	40
表 6-6 触屏特性 (VCC=3.3V).....	40
表 6-7 ADC 特性 (VCC=3.3V).....	41
表 6-8 系统时钟特性 (周围温度 = -40°C to +85°C).....	41
表 6-9 SPI 接口时序规格.....	41
表 6-10 I2C 接口时序.....	42
表 6-11 RGB 图像时序特性.....	42
表 8-1 S 回流焊温度曲线参数值.....	47

附录 C – 修订记录

Document Title : FT800 Embedded Video Engine Datasheet
Document Reference No. : BRT_000040
Clearance No. : BRT#002
Product Page : <http://brtchip.com/product>
Document Feedback : [DS_FT800 Embedded Video Engine Simplified Chinese](#)

Revision	Changes	Date
Version 1.3	Dual branding to reflect the migration of the product to the Bridgetek name – logo changed, copyright changed, contact information changed	13-09-2016
Version 1.4	Document Migrated from Dual branding (FTDI/BRT) to Bridgetek – Dual branding logo replaced with BRT Logo; All document reference hyperlinks updated to point BRT website as required; Updated the chip markings from FTDI to BRT in 图 0-1 引脚配置 VQFN-48(俯视图); Product image on the cover page updated	30-06-2017
Version 1.5	Updated the following – IC Product Image on the cover page; BRT Logo line of the package marking; Company Address	03-02-2025