

# E32R28T-1&E32N28T-1

2.8 寸 ESP32-32E 显示模块

用户手册



# 目 录

1. 资料包说明.....	3
2. 软件使用说明.....	4
3. 硬件使用说明.....	4
3.1. 显示模块硬件资源简介.....	4
3.2. 显示模块原理图详解.....	9
3.3. 显示模块使用注意事项.....	18

## 1. 资料包说明

资料目录如下图所示：

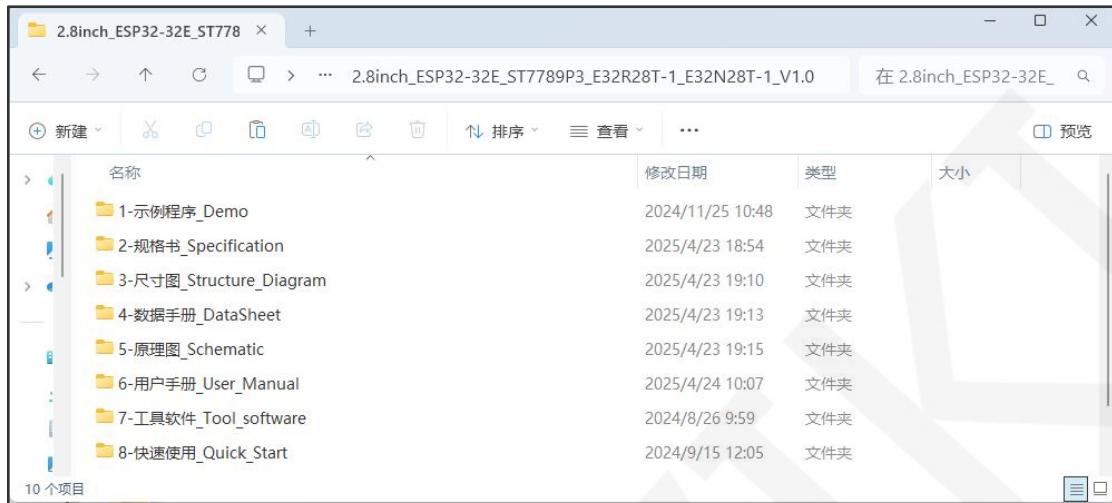


图 1.1 产品资料包目录

目录	内容说明
<b>1-示例程序_Demo</b>	示例程序代码、示例程序依赖的第三方软件库、第三方软件库替换文件、软件开发环境搭建说明文档以及示例程序说明文档。
<b>2-规格书_Specification</b>	显示模块产品规格书、液晶屏规格书以及液晶屏显示驱动 IC 初始化代码。
<b>3-尺寸图_Structure_Diagram</b>	显示模块产品尺寸图和产品 3D 图
<b>4-数据手册_DataSheet</b>	液晶屏显示驱动 ST7789P3 数据手册、电阻触摸屏驱动 XPT2046 数据手册、ESP32 主控数据手册以及硬件设计指导文档、USB 转串口 IC (CH340C) 数据手册、音频功放芯片 FM8002E 数据手册、5V 转 3.3V 稳压管数据手册以及电池充电管理芯片 TP4054 数据手册。
<b>5-原理图_Schematic</b>	产品硬件原理图、ESP32-32E 模块 IO 资源分配表、原理图和 PCB 元器件封装
<b>6-用户手册_User_Manual</b>	产品用户说明文档
<b>7-工具软件_Tool_software</b>	WIFI 和蓝牙测试 APP 以及调试工具、USB 转串口驱动、ESP32 Flash 下载工具软件、字符取模软件、图片取模软件、JPG 图片处理软件以及串口调试工具。
<b>8-快速使用_Quick_Start</b>	需要烧录的 bin 文件、flash 下载工具及使用说明文档。

## 2. 软件使用说明

显示模块软件开发步骤如下：

- A、搭建 ESP32 平台软件开发环境；
- B、如有需要，则导入第三方软件库作为开发基础；
- C、打开需要调试的软件项目工程，也可以新建一个软件项目工程；
- D、给显示模块上电，编译并下载调试的程序，然后查看软件运行效果；
- E、软件效果没达到预期，继续修改程序代码，然后编译并下载，直到效果到达预期；

以上步骤的详细说明见“1-示例程序\_Demo”目录下的各个说明文档。

## 3. 硬件使用说明

### 3.1. 显示模块硬件资源简介

模块硬件资源如下两图所示：



图 3.1 模块硬件资源 1

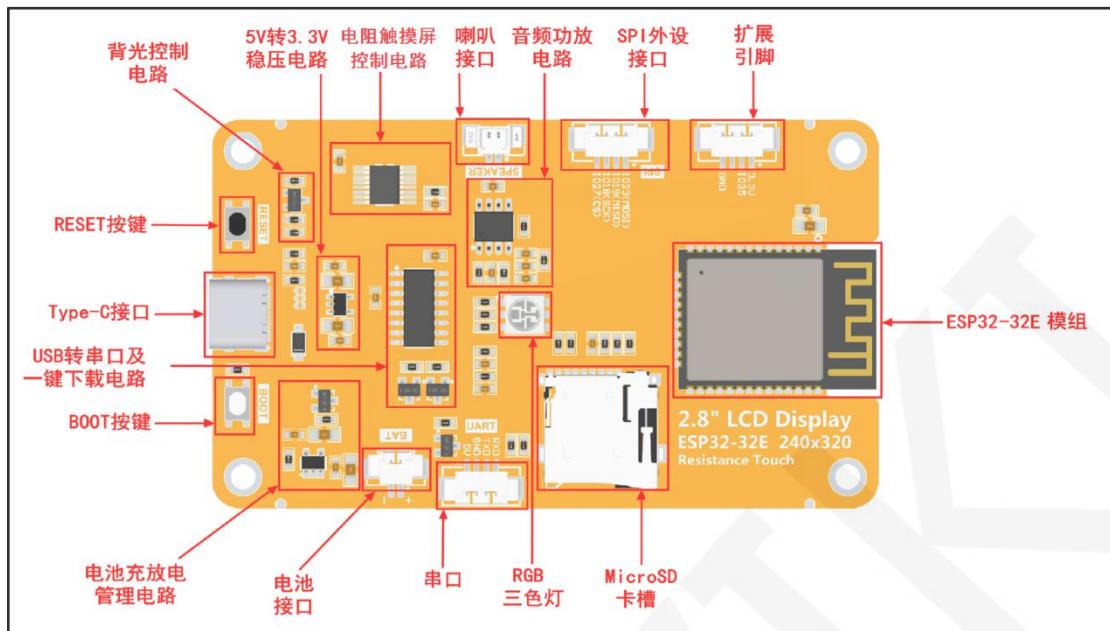


图 3.2 模块硬件资源 2

硬件资源说明如下：

### 1) 液晶屏

液晶屏显示尺寸为 2.8 寸，驱动 IC 为 ST7789P3，分辨率为 240x320。使用 4 线制 SPI 通信接口和 ESP32 相连。

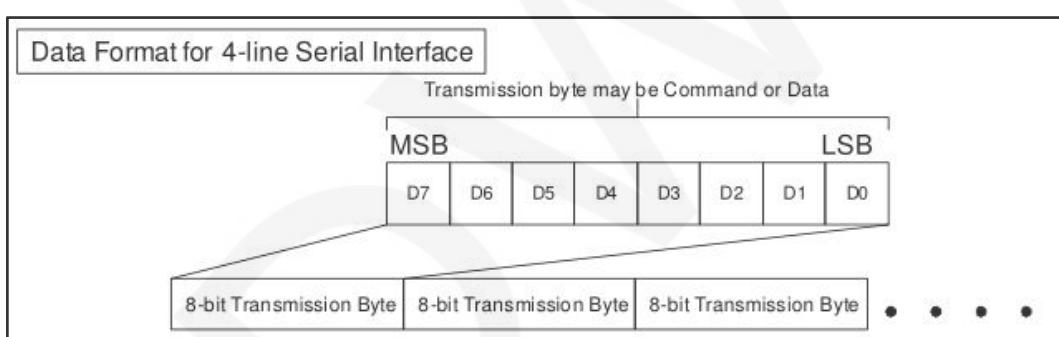
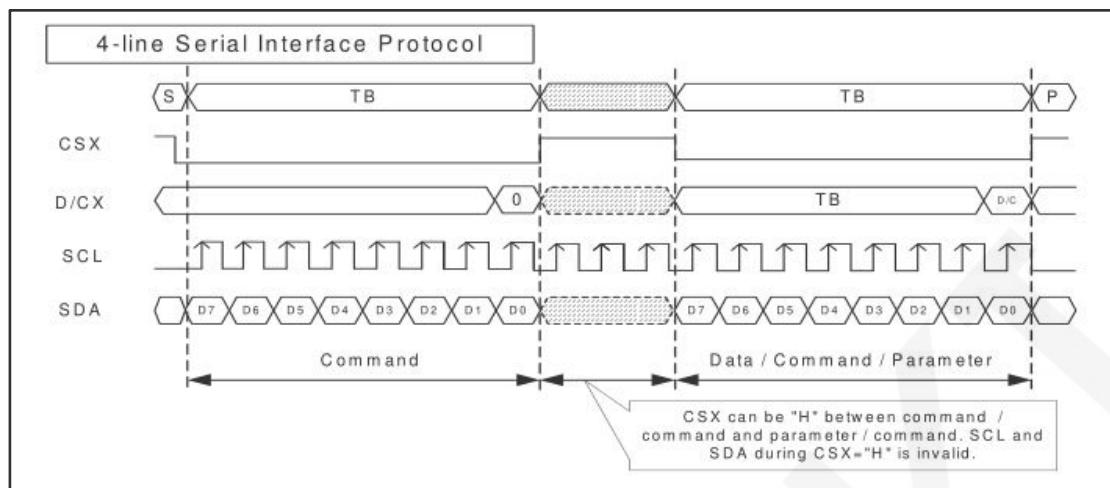
#### A、ST7789P3 控制器简介

ST7789P3 控制器支持的最大分辨率为 240\*320，拥有一个 172800 字节大小的 GRAM。同时支持 8 位、9 位并口数据总线，6 位 RGB 接口，还支持 3 线制、4 线制、2 根数据线的 SPI 串口。由于并行控制需要大量的 IO 口，所以最常用的还是 SPI 串口控制。ST7789P3 还支持 65K、262K RGB 颜色显示，显示色彩很丰富，同时支持旋转显示和滚动显示以及视频播放，显示方式多样。

ST7789P3 控制器使用 16bit (RGB565) 来控制一个像素点显示，因此可以每个像素点显示颜色多达 65K 种。像素点地址设置按照行列的顺序进行，递增递减方向由扫描方式决定。ST7789P3 显示方法按照先设置地址再设置颜色值进行。

#### B、SPI 通信协议简介

4 线制 SPI 总线写模式时序如下图所示：



## 2) 电阻触摸屏

电阻触摸屏尺寸为 2.8 寸，通过 XL、XR、YU、YD 四个引脚和 XPT2046 控住 IC 相连。

## 3) ESP32-32E 模组

此模组内置 ESP32-DOWD-V3 芯片，Xtensa 双核 32 位 LX6 微处理器，支持高达 240MHz 的时钟频率。拥有 448KB ROM, 520KB SRAM, 16KB RTC SRAM, 4MB QSPI Flash。支持 2.4GHz WIFI、蓝牙 V4.2 以及低功耗蓝牙模组。外置 26 个 GPIO，支持 SD 卡、UART、SPI、SDIO、I2C、LED PWM、电机 PWM、I2S、IR、脉冲计数器、GPIO、电容式触摸传感器、ADC、DAC、TWAI 等外设。

## 4) MicroSD 卡槽

使用 SPI 通信方式和 ESP32 连接，支持各种容量的 MicroSD 卡。

## 5) RGB 三色灯

红、绿、蓝三种颜色 LED 灯，可用于指示程序运行状态。

## 6) 串口

外接串口模块，用于模块串口通信。

## 7) USB 转串口及一键下载电路

核心器件是 CH340C，一端连接电脑端 USB，一端连接 ESP32 串口，从而实现 USB 转 TTL 串口。另外还附加了一键下载电路，就是下载程序时，可以自动进入下载模式，无需在通过外部触摸。

## 8) 电池接口

两针接口，一针为正极，一针为负极，接入电池供电和充电。

## 9) 电池充放电管理电路

核心器件是 TP4054，此电路可控制电池充电电流，是电池安全充电到饱和状态，同时也可以安全控制电池放电。

## 10) BOOT 按键

显示模块通电后，按下会将 I00 拉低。如果在模块上电的瞬间或者 ESP32 复位时，拉低 I00 就会进入下载模式。其他情况可以做普通按键使用。

## 11) Type-C 接口

显示模块的主供电接口和程序下载接口。连接 USB 转串口及一键下载电路，可用于供电、下载以及串口通信。

## 12) 5V 转 3.3V 稳压电路

核心器件是 ME6217C33M5G LDO 稳压管。此稳压电路支持 2V~6.5V 宽电压输入，支持 3.3V 稳定电压输出，最大输出电流为 800mA，完全可以满足显示模块的电压和电流需求。

### 13) RESET 按键

显示模块通电后，按下会将 ESP32 复位引脚拉低（默认状态为拉高），从而实现复位功能。

### 14) 电阻触摸屏控制电路

核心器件是 XPT2046，通过 SPI 方式和 ESP32 通信。此电路为电阻触摸屏和 ESP32 主控的桥梁，负责将触摸屏上的数据传输给 ESP32 主控，从而获取触摸点的坐标。

### 15) 扩展引脚

ESP32 模组上一个没有使用的输入 IO 口、GND 以及 3.3V 引脚，引出来给外设使用。

### 16) 背光控制电路

核心器件是 BSS138 场效应管。此电路一端连着 ESP32 主控上的背光控制引脚，一端连着液晶屏背光 LED 灯的负极。背光控制引脚拉高，背光亮，反之则灭。

### 17) 喇叭接口

接线端子需垂直接入。用于接入单声道喇叭和扬声器。

### 18) 音频功放电路

核心器件是 FM8002E 音频功放 IC。此电路一端连接 ESP32 音频 DAC 值输出引脚，一端连接喇叭接口。此电路功能就是驱动小功率喇叭或者扬声器发声。5V 供电时，最大驱动功率为 1.5W（负载 8 欧）或者 2W（负载 4 欧）。

### 19) SPI 外设接口

4 线的水平接口。将一个没使用的片选引脚和 MicroSD 卡使用的 SPI 接口引脚引出，可以外接 SPI 设备，也可以做普通 IO 口使用。

### 3.2. 显示模块原理图详解

### 1) Type-C 接口电路

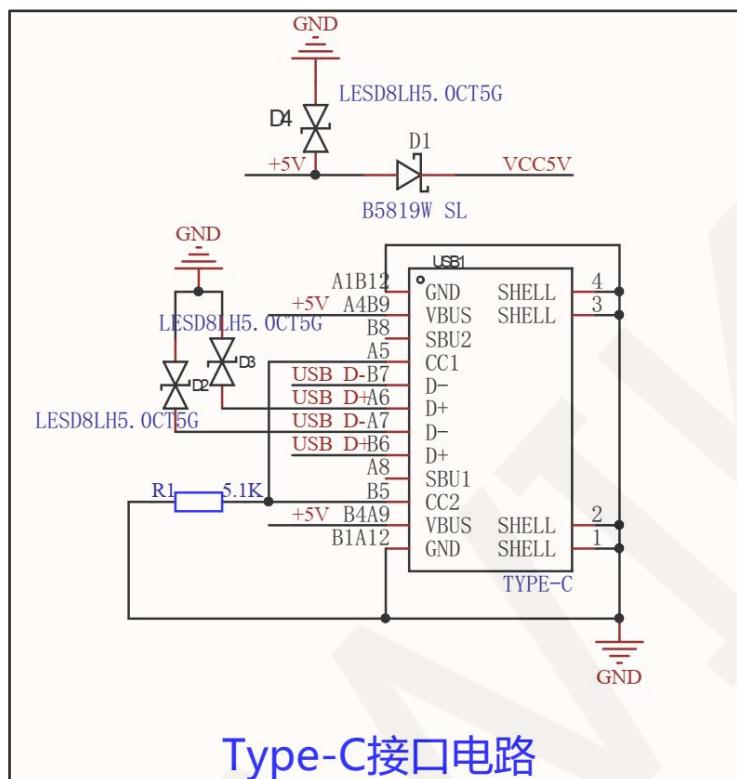


图 3.5 Type-C 接口电路

此电路中, D1 为肖特基二极管, 用来防止电流反向。D2~D4 为静电浪涌保护二极管, 防止因电压过大或者短路损坏显示模块。R1 为下拉电阻。USB1 为 Type-C 母座。显示模块通过 USB1 接入 Type-C 供电、下载程序以及串口通信。其中+5V 和 GND 为电源正电压和地信号, USB D- 和 USB D+ 为 USB 差分信号, 传输到板载 USB 转串口电路。

## 2) 5V 转 3.3V 稳压电路

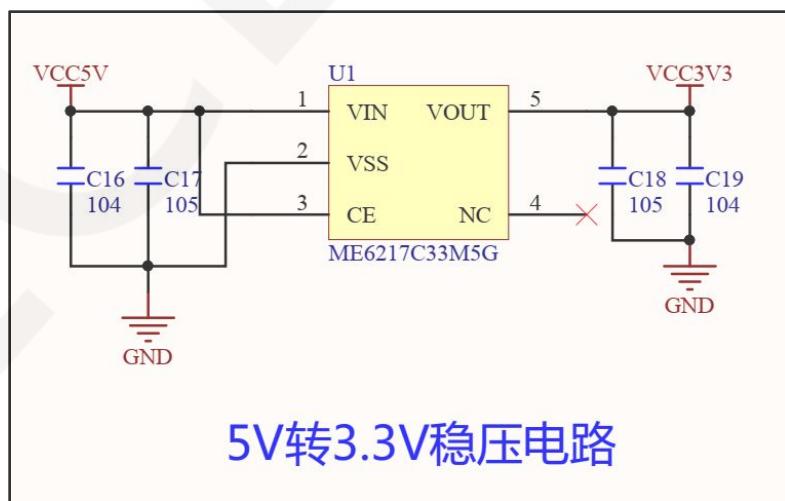
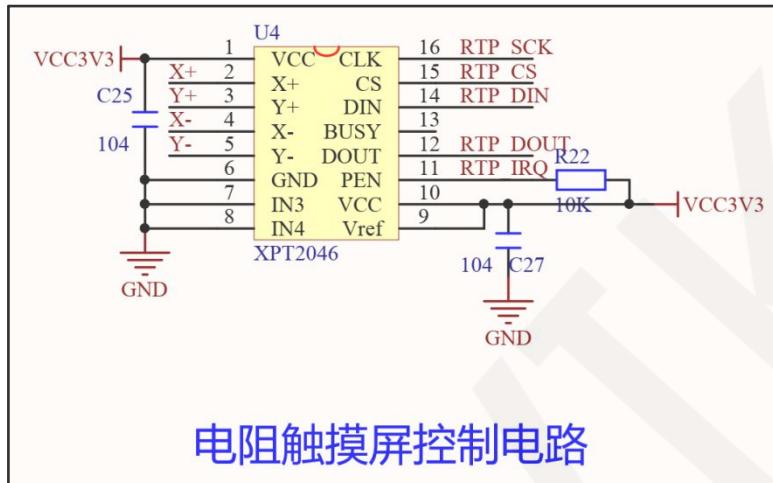


图 3.6 稳压电路

此电路中, C16~C19 为旁路滤波电容, 用来维持输入电压和输出电压稳定。U1 为 5V 转 3.3V LDO, 其型号为 ME6217C33M5G。因为显示模块上大部分电路需要 3.3V 供电, 而 Type-C 接口输入的电源基本上是 5V, 所以需要稳压转换电路。

### 3) 电阻触摸屏控制电路

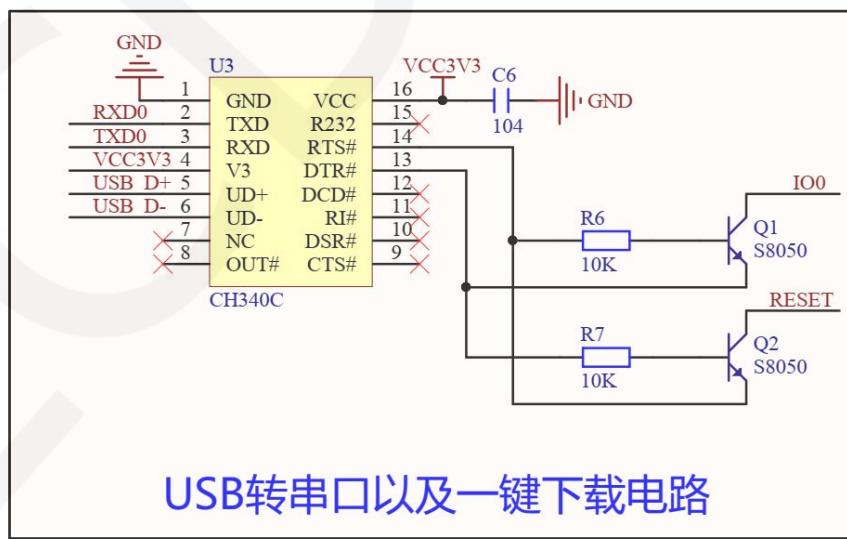


电阻触摸屏控制电路

图 3.7 电阻触摸屏控制电路

此电路中, C25、C27 为旁路滤波电容, 用来维持输入电压稳定。R22 为上拉电阻, 用来维持引脚默认状态为高电平。U4 为 XPT2046 控制 IC, 此 IC 的作用就是通过 X+、X-、Y+、Y-四个引脚获取电阻触摸屏触摸点的坐标电压值, 然后经过 ADC 转换, 将 ADC 值传输给 ESP32 主控。ESP32 主控再将 ADC 值转换为显示屏的像素坐标值。PEN 引脚为触摸中断引脚, 发生触摸事件时, 输入低电平。

### 4) USB 转串口以及一键下载电路



USB转串口以及一键下载电路

图 3.8 USB 转串口以及一键下载电路

此电路中, U3 为 CH340C USB 转串口 IC, 其无需外接晶振, 方便电路设计。C6 为

旁路滤波电容，用来维持输入电压稳定。Q1、Q2 为 NPN 型三极管，R6、R7 为三极管基极限流电阻。此电路的作用就是实现 USB 转串口和一键下载功能。USB 信号通过 UD+ 和 UD- 引脚输入和输出，转换后通过 RXD、TXD 引脚传输到 ESP32 主控。一键下载电路原理：

- A、CH340C 的 RST 和 DTR 引脚默认都输出高电平，此时 Q1、Q2 三极管都没导通，ESP32 主控的 IO0 引脚和复位引脚都被上拉至高电平；
- B、CH340C 的 RST 和 DTR 引脚都输出低电平，此时 Q1、Q2 三极管依然都没导通，ESP32 主控的 IO0 引脚和复位引脚依然都被上拉至高电平；
- C、CH340C 的 RST 引脚保持电平不变，将 DTR 引脚输出高电平，此时 Q1 依然截止，Q2 导通，ESP32 主控的 IO0 引脚依然被拉高，而复位引脚被拉低，ESP32 进入复位状态。
- D、CH340C 的 RST 引脚输出高电平，DTR 引脚输出低电平，此时 Q1 导通，Q2 截止，ESP32 主控的复位引脚因为所接电容充电，所以不会立即变为高电平，ESP32 还处于复位状态，而 IO0 引脚立即被拉低，此时就会进入下载模式。

## 5) 音频功放电路

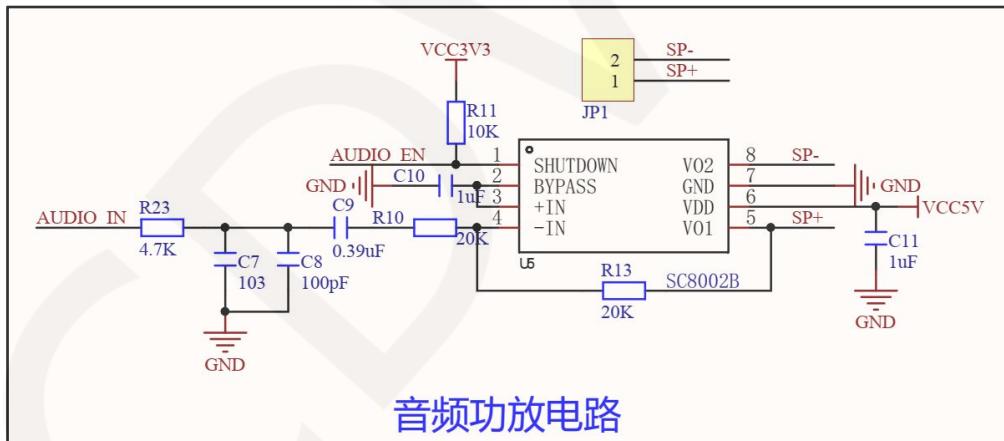


图 3.9 音频功放电路

此电路中 R23、C7、C8、C9 构成 RC 滤波电路，R10、R13 为运算放大器增益调节电阻，R13 阻值不变时，R10 阻值越小，外接扬声器音量越大。C10、C11 为输入耦合电容。R11 为上拉电阻。JP1 为喇叭/扬声器接口。U5 为 FM8002E 音频功放 IC。音频 DAC 信号 AUDIO\_IN 输入后，经过 FM8002E 增益放大后，由 V01、V02 引脚输出到喇叭/扬声器。SHUTDOWN 为 FM8002E 使能引脚，低电平使能，默认状态为高电平。

## 6) ESP32-32E 主控电路

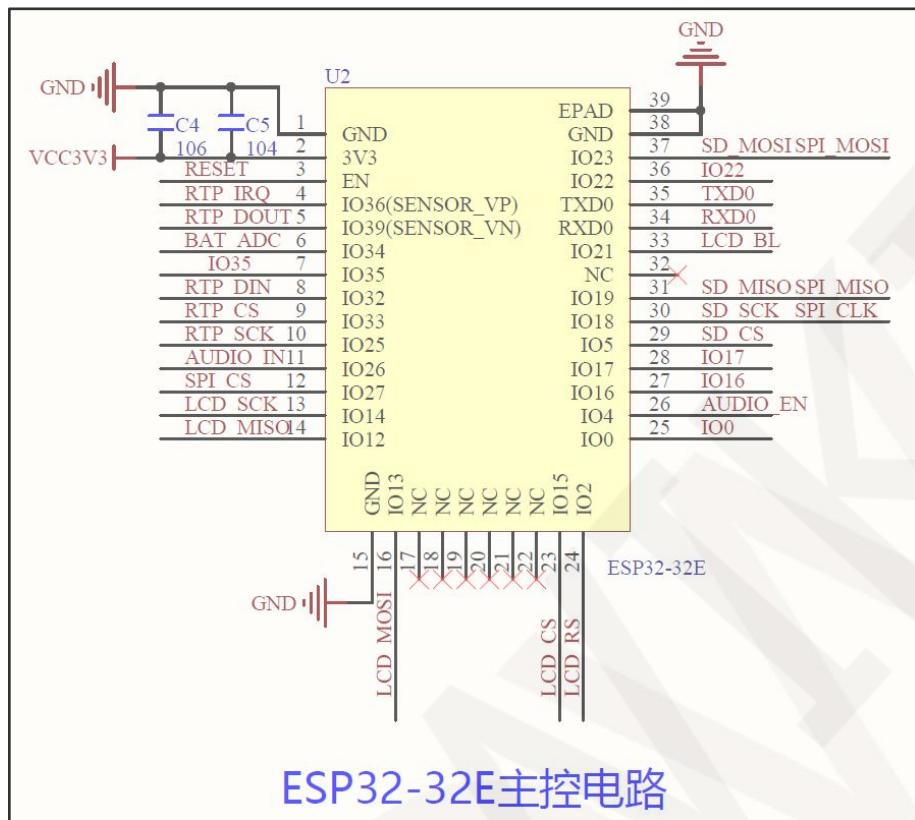


图 3.10 ESP32-32E 主控电路

此电路中，C4、C5 为旁路滤波电容，U2 为 ESP32-32E 模组，关于此模组内部电路详细介绍，请参考官方说明文档。

### 7) 按键复位电路

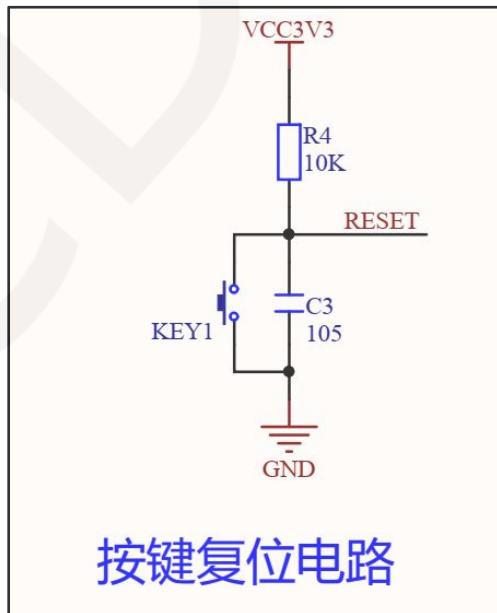


图 3.11 按键复位电路

此电路中，KEY1 为按键，R4 为上拉电阻，C3 为延时电容。复位原理：

- A、上电后，C3 充电，此时 C3 相当于短路，RESET 引脚接地，ESP32 进入复位状态；
- B、C3 充电完成，此时 C3 相当于开路，RESET 引脚被拉高，ESP32 复位结束，进入正常工作状态；
- C、按下 KEY1，RESET 引脚接地，ESP32 进入复位状态，C3 通过 KEY1 放电；
- D、松开 KEY1，C3 充电，此时 C3 相当于短路，RESET 引脚接地，ESP32 依然在复位状态，待 C3 充电完毕，RESET 引脚被拉高，ESP32 复位结束，进入正常工作状态；

如果复位不成功，可以适当增大 C3 的容值，延迟 RESET 引脚低电平时间。

#### 8) 串口模块接口电路

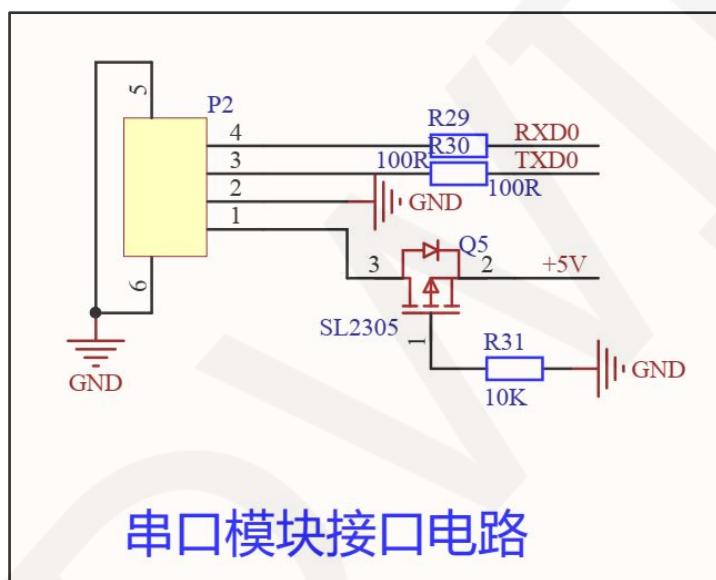


图 3.12 串口模块接口电路

此电路中，P2 为 4P 1.25mm 间距座子，R29、R30 为阻抗平衡电阻，Q5 为控制 5V 输入电源的场效应管。R31 为下拉电阻。RXD0 和 TXD0 接串口引脚，其他两个引脚供电。此接口和板载 USB 转串口模块接在同一个串口上。

## 9) 扩展 IO 及外设接口电路

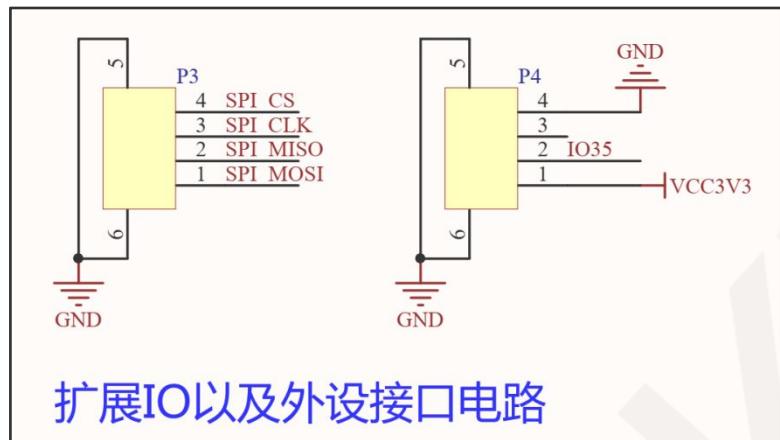


图 3.13 扩展 IO 及外设接口电路

此电路中，P3、P4 为 4P 1.25mm 间距的座子， SPI\_CLK、SPI\_MISO、SPI\_MOSI 引脚和 MicroSD 卡 SPI 引脚共用。SPI\_CS、IO35 引脚没有被板载设备使用，所以引出来接 SPI，也可做普通 IO 使用。需要注意的地方：

A、IO35 只能做输入引脚；

## 10) 电池充放电管理电路

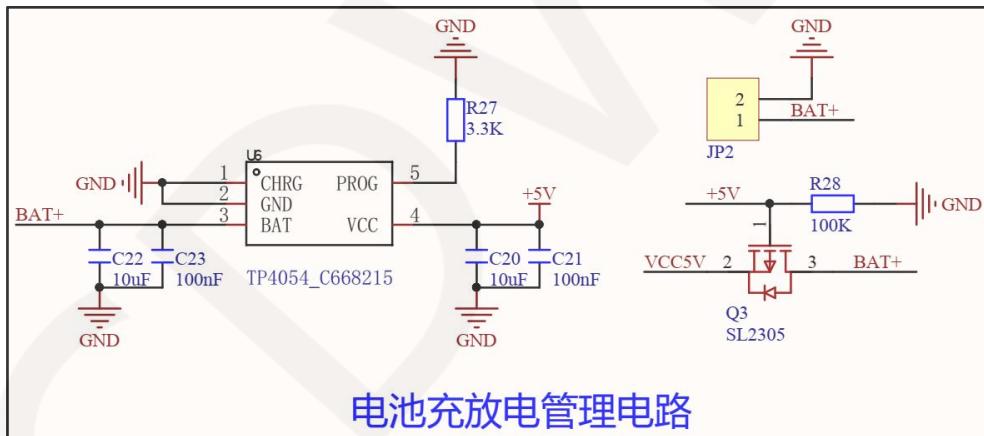


图 3.13 电池充放电管理电路

此电路中，C20、C21、C22、C23 为旁路滤波电容。U6 为 TP4054 电池充电管理 IC。R27 为电池充电电流调节电阻。JP2 为 2P 1.25mm 间距座子，接电池。Q3 为 P 沟道场效应管。R28 为 Q3 栅极下拉电阻。TP4054 通过 BAT 引脚给电池充电，R27 阻值越小，充电电流越大，最大为 500mA。Q3 和 R28 共同构成了电池放电电路，当没有通过 Type-C 接口供电时，+5V 电压为 0，此时 Q3 栅极被下拉到低电平，漏极和源极导通，电池给整个显示模块供电。当通过 Type-C 接口供电时，+5V 电压为 5V，此时 Q3 栅极为 5V 高电平，漏极和源极截止，电池供电中断。

## 11) 18P 液晶屏排线焊接接口

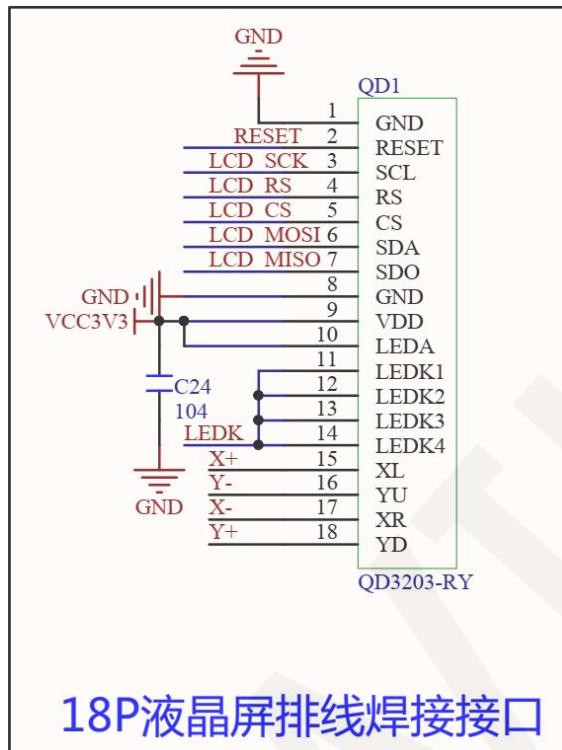


图 3.14 18P 液晶屏排线焊接接口

此电路中，C24 为旁路滤波电容，QD1 为 18P 0.8mm 间距液晶屏焊接接口。QD1 上有电阻触摸屏信号引脚，液晶屏电压引脚、SPI 通信引脚、控制引脚以及背光电路引脚。ESP32 就是通过这些引脚来控制液晶屏和触摸屏。

## 12) 下载按键电路

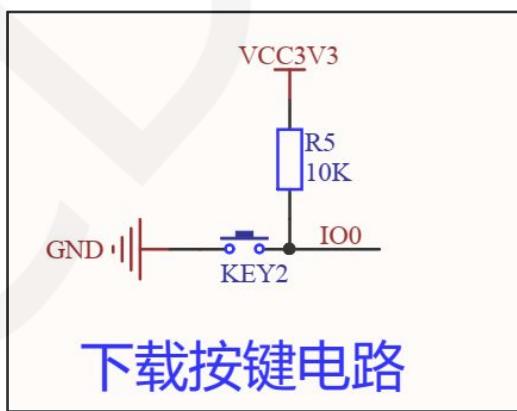


图 3.15 下载按键电路

此电路中，KEY2 为按键，R5 为上拉电阻。IO0 默认状态为高电平，KEY2 按下，则为低电平。按住 KEY2，上电或者复位，ESP32 会进入下载模式。其他情况下，KEY2 可以做普通按键使用。

## 13) 电池电量检测电路

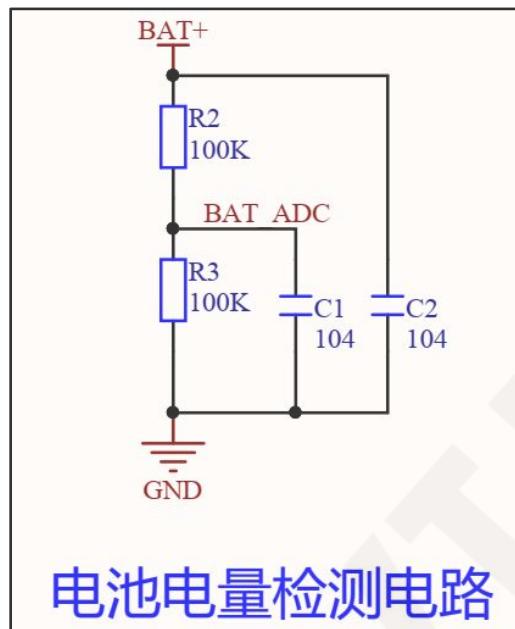


图 3.15 电池电量检测电路

此电路中，R2、R3 为分压电阻，C1、C2 为旁路滤波电容。电池电压 BAT+信号输入经过分压电阻。BAT\_ADC 为 R3 两端电压值，通过输入引脚传输给 ESP32 主控，然后经过 ADC 转换，最终获取到电池电压值。之所以使用分压电阻，是因为 ESP32 ADC 转换的最大值为 3.3V，而电池饱和电压为 4.2V，超出范围。获取的电压值乘以 2 就是实际的电池电压值。

## 14) 液晶屏背光控制电路

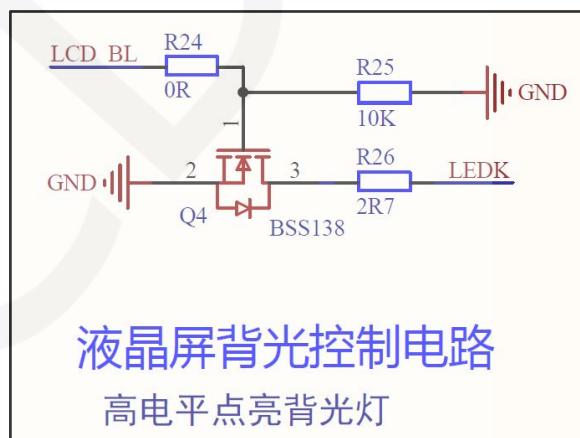


图 3.16 液晶屏背光控制电路

此电路中，R24 为调试电阻，暂时保留。Q4 为 N 沟道场效应管，R25 为 Q4 棚极下拉电阻，R26 为背光限流电阻。液晶屏背光 LED 灯为并联状态，正极接 3.3V，负极接 Q4 的漏极，当控制引脚 LCD\_BL 输出高电平时，Q4 的漏极和源极导通，此时液晶屏背

光负极接地，背光 LED 灯导通发光；当控制引脚 LCD\_BL 输出低电平时，Q4 的漏极和源极截止，此时液晶屏背光负极悬空，背光 LED 灯不导通。默认状态下液晶屏背光灯是不亮的。减小 R26 阻值，可以增大背光灯最大亮度。此外，LCD\_BL 引脚可以输入 PWM 信号调节液晶屏背光灯亮度。

### 15) RGB 三色灯控制电路

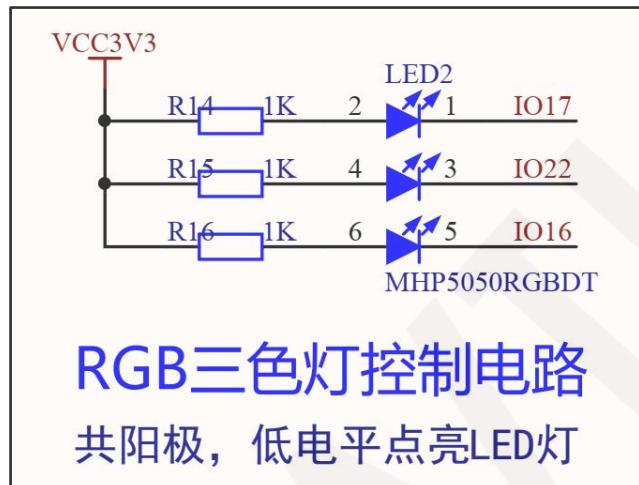


图 3.17 RGB 三色灯控制电路

此电路中，LED2 为 RGB 三色灯，R14~R16 为三色灯限流电阻。LED2 包含红、绿、蓝三色 LED 灯，为共阳极连接，IO16、IO17、IO22 为三个控制引脚，低电平点亮 LED 灯，高电平熄灭 LED 灯。

### 16) MicroSD 卡槽接口电路

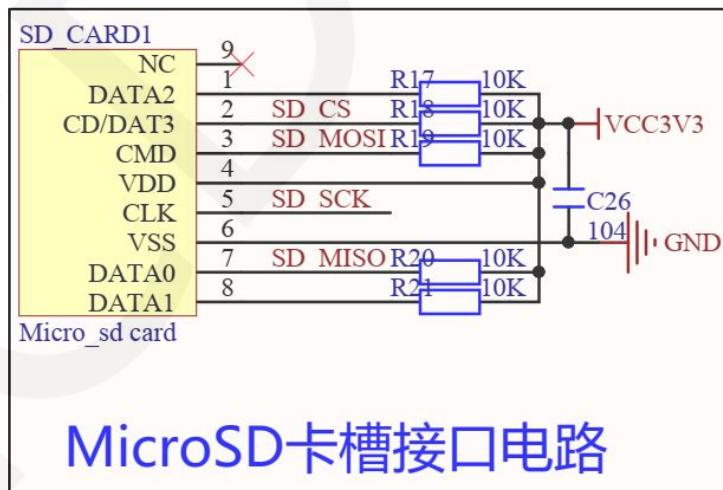


图 3.18 MicroSD 卡槽接口电路

此电路中，SD\_CARD1 为 MicroSD 卡槽。R17~R21 为各个引脚上拉电阻。C26 为旁路滤波电容。此接口电路采用 SPI 通信方式。支持高速存储 MicroSD 卡。需要注意的是此接口和 SPI 外设接口共用 SPI 总线。

### 3. 3. 显示模块使用注意事项

- 1) 显示模块接电池充电, 外接喇叭播放音频, 显示屏也工作, 此时总电流可能超过 500mA。这种情况下需要注意 Type-C 线支持的最大电流以及供电接口支持的最大电流, 避免供电不足。
- 2) 在使用过程中, 不要用手接触 LDO 稳压管和电池充电管理 IC, 避免被高温烫伤。
- 3) 接引出来的 IO 口时, 注意 IO 使用情况, 避免接错导致和程序代码定义不匹配。
- 4) 安全合理的使用该产品。