

3.5 寸 IPS ESP32-S3 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.....	21

1. 资料包说明

资料目录如下图所示：

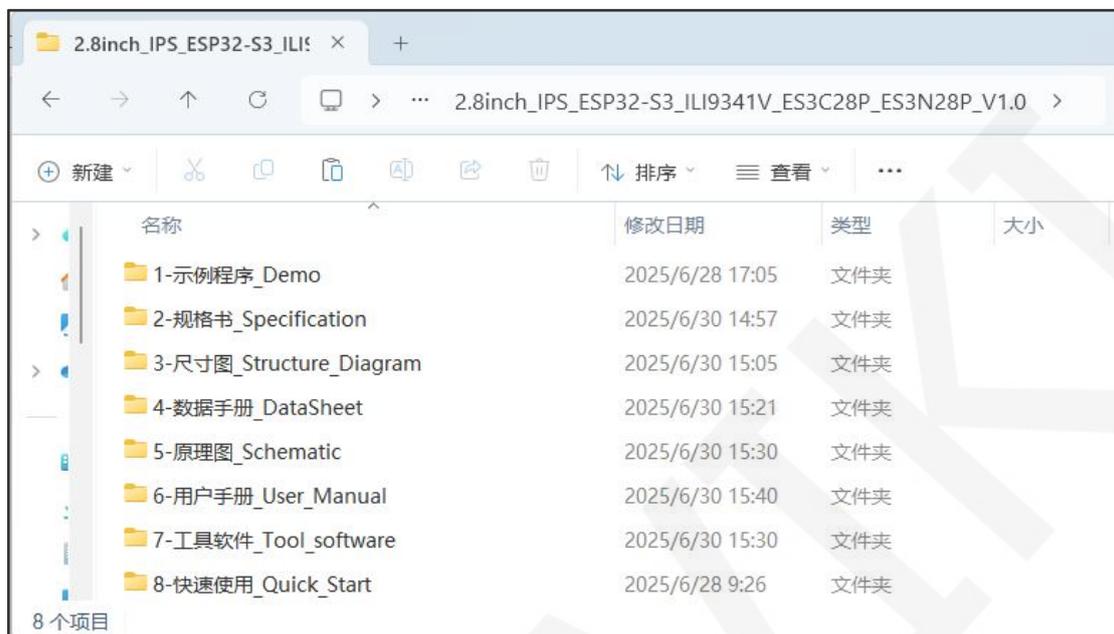


图 1.1 产品资料包目录

目录	内容说明
1-示例程序_Demo	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。
2-规格书_Specification	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。
3-尺寸图_Structure_Diagram	显示模块产品尺寸图、触摸屏尺寸图以及产品 3D 图
4-数据手册_DataSheet	液晶屏显示驱动 ST77922 数据手册、ESP32-S3 主控数据手册以及硬件设计指导文档、音频功放芯片 FM8002E 数据手册、5V 转 3.3V 稳压管数据手册、电池充电管理芯片 TP4054 数据手册、音频编解码芯片 ES8311 数据手册、下进式硅麦数据手册以及内置芯片的 RGB 三色灯数据手册。
5-原理图_Schematic	产品硬件原理图、ESP32-S3 模块 IO 资源分配表、原理图和 PCB 元器件封装
6-用户手册_User_Manual	产品用户说明文档
7-工具软件_Tool_software	WIFI 和蓝牙测试 APP 以及调试工具、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。
8-快速使用_Quick_Start	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

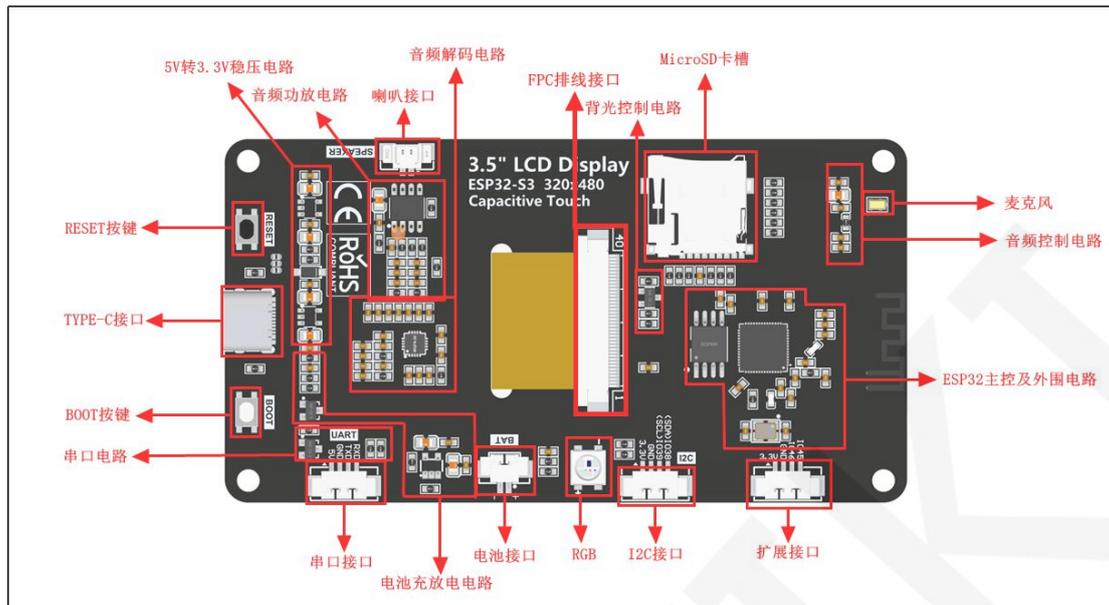


图 3.2 模块硬件资源 2

硬件资源说明如下：

1) 显示触摸屏

此为显示触摸一体化的 IPS 显示屏，触摸为电容屏，其尺寸为 3.5 寸，驱动 IC 为 ST77922，分辨率为 320x480。使用 QSPI 通信接口和 ESP32-S3 相连，通过排线连接 PCB 背部的 FPC 接口。

A、ST77922 控制器简介

ST77922 是由 LSI 设计的一款系统级芯片 (SoC) 驱动器，专为带有内置触摸屏控制器的 TFT 液晶控制器而设计，适用于小型至中型便携式设备。ST77922 能够支持高达 160,000 像素的分辨率，具有双栅极的 RAM，560RGBx640 无 RAM 的双栅极模式以及支持 16M 颜色。840 通道源驱动器具有真正的 6 位分辨率，通过内部 D/A 转换器生成 64 个伽马校正值。ST77922 能够直接连接到外部微处理器，并提供 8 位并行接口、8 位 RGB 接口、MIPI 接口、3/4 线串行外设接口 (3/4 SPI) 和四串行外设接口 (QSPI)。ST77922 通过标准集成电路总线 (I2C) 或串行外设接口 (SPI) 实现触摸协议。显示数据可以存储在片内显示数据 RAM 中。它可以在无需外部操作时钟的情况下执行显示数据 RAM 的读/写操作，以最大程度地减少功耗。此外，由于驱动液晶所需的集成电源电路的存在，可以构建具有最少组件的显示系统。

B、QSPI 通信协议简介

QSPI 总线写模式时序如下图所示：

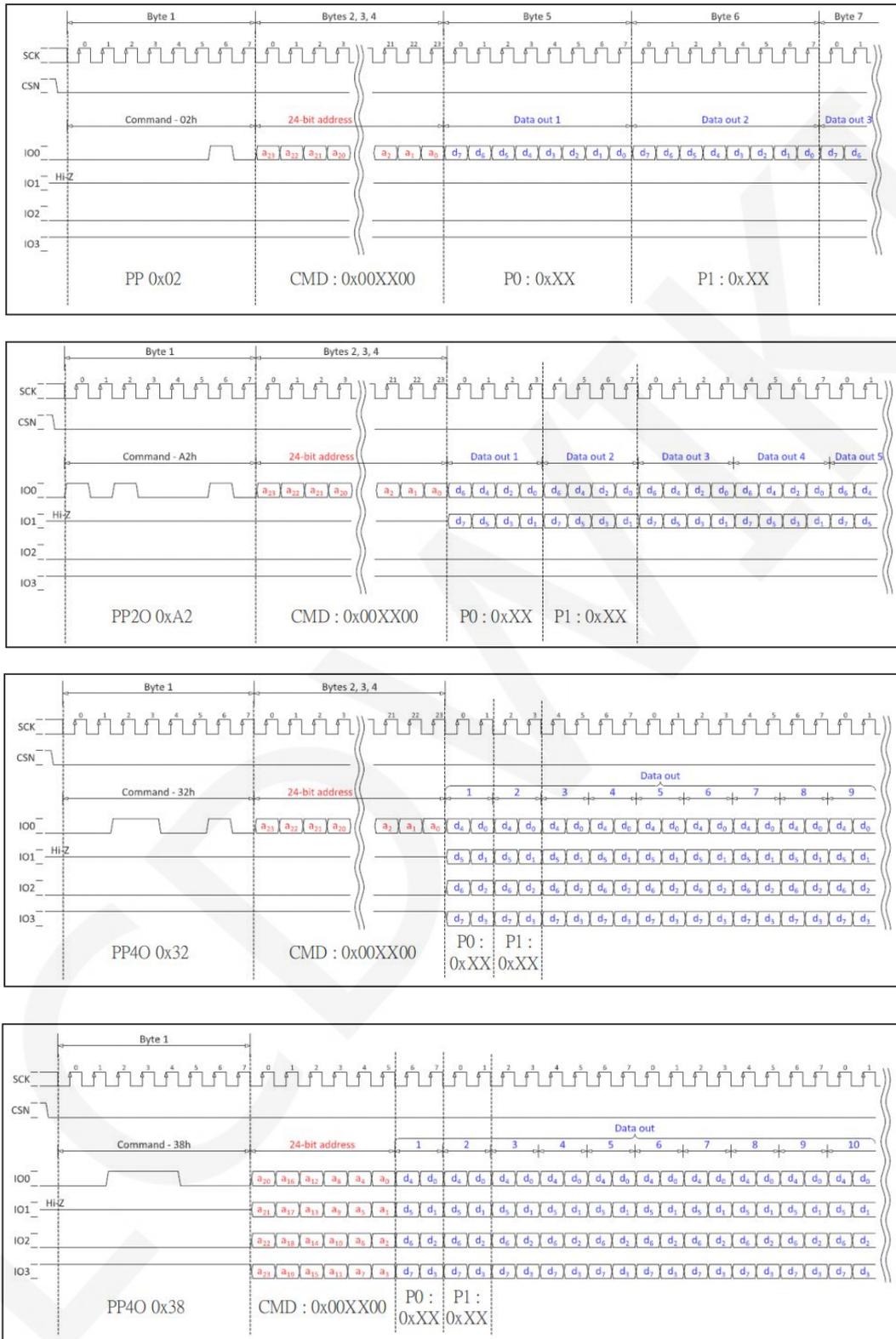


图 3.3 QSPI 总线写模式时序

当主机向 ST77922 写入命令或参数时，主机需要发送 1 个字节的写命令指令（0x02、0xA2、0x32 或 0x38）。然后，主机发送 3 个字节的 AD[23:0]，其由 1 个字节的 0x00、1 个字节的命令地址和 1 个字节的 0x00 组成。在主机发送指令和 AD[23:0] 后，接下来发送的数据就是参数。当参数的最后一个位发送完毕后，CSX 引脚应返回“高”电平。

QSPI 总线读取命令模式时序如下图所示：

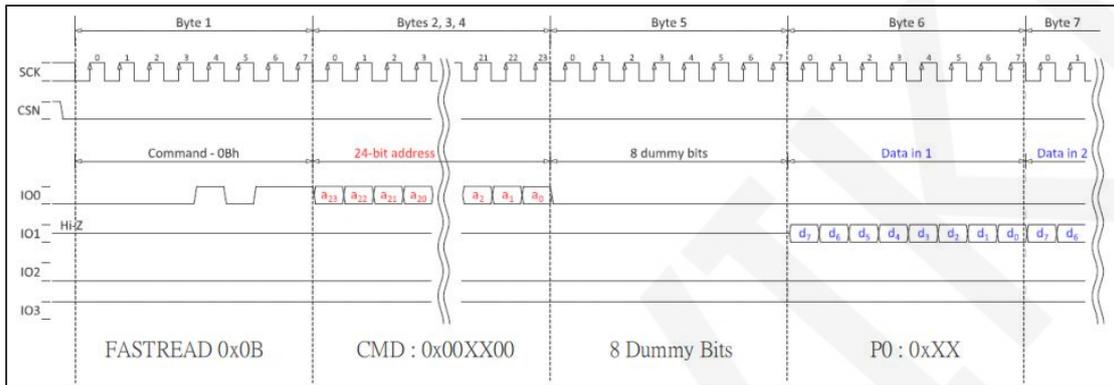
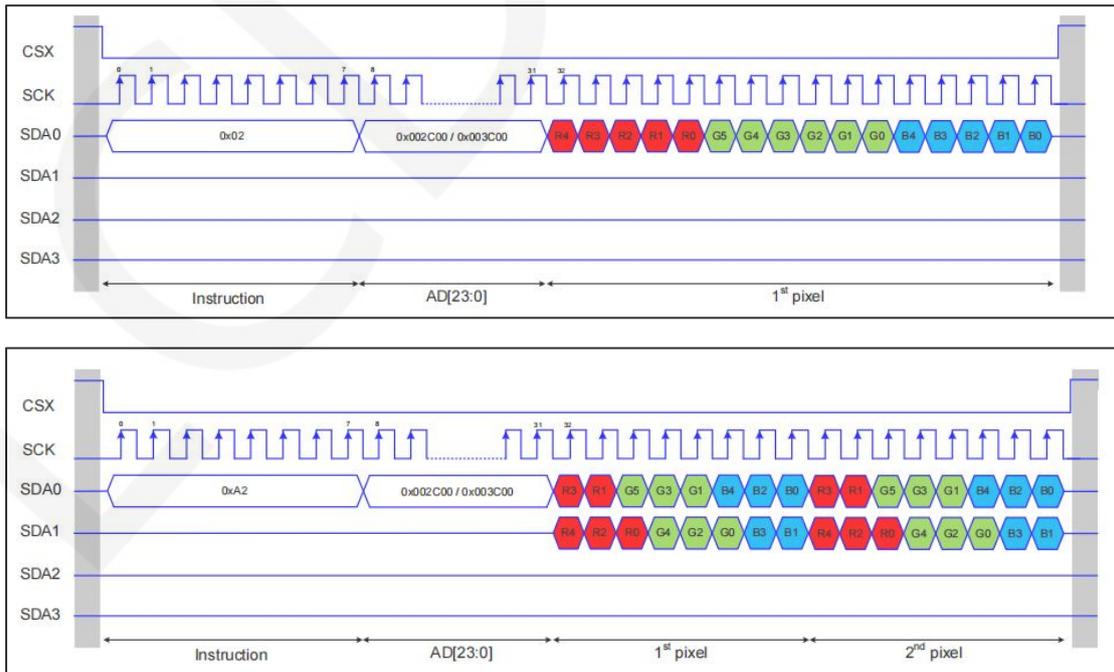


图 3.4 4 QSPI 总线读模式时序

当主机向 ST77922 读取指令或参数时，主机需要发送 1 个字节的写命令指令(0x0B)。然后，主机发送 3 个字节的 AD[23:0]，其由 1 个字节的 0x00、1 个字节的命令地址和 1 个字节的 0x00 组成。在主机发送读取命令和 AD[23:0] 后，接下来的输出数据就是命令地址参数（即参数）。当参数的最后一位输出完毕后，CSX 引脚应返回“高”电平。

QSPI RGB565 传输格式：



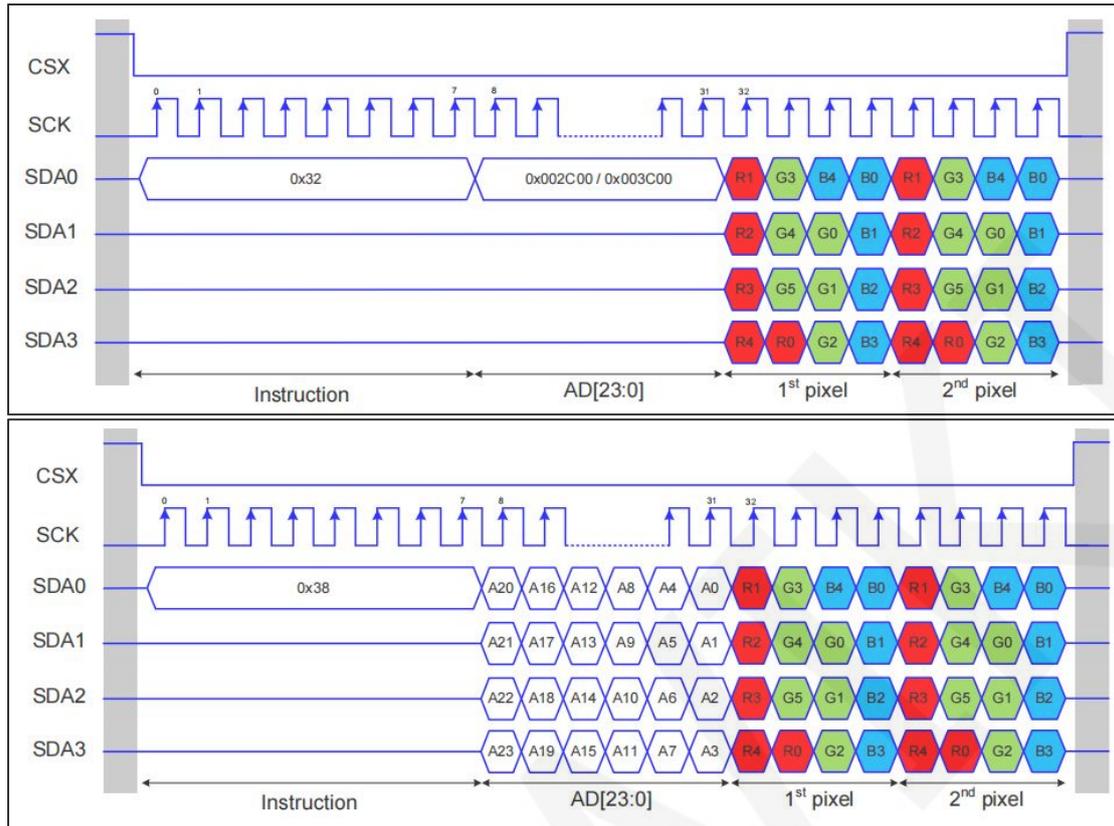


图 3.4.5 RGB565 传输格式

2) ESP32-S3 主控及外围电路

ESP32-S3 芯片内置 Xtensa 双核 32 位 LX7 双核微处理器，支持主频高达 240MHz。内部拥有 348KB ROM，512KB SRAM，16KB RTC SRAM，8MB 的 OPI PSRAM，外接 16MB QSPI Flash。支持 2.4GHz WIFI、蓝牙 V5.0 以及低功耗蓝牙模组。外置 45 个 GPIO 口，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、LCD、USB 等外设接口。外围电路包含电源滤波电路、外接 Flash 电路、PCB 板载天线电路、晶振电路等。

3) MicroSD 卡槽

使用 SDIO 通信方式和 ESP32-S3 连接，支持各种容量的 MicroSD 卡。

4) RGB 三色灯

使用含有内部 IC 的 RGB 三色灯。只需要一个 GPIO 输入不同的时序波形就可以控制灯的颜色和频率。

5) 串口

外接串口模块，用于模块串口通信。

6) 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。

7) 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。

8) 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-S3 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。

9) Type-C 接口

显示模块的主供电接口和程序下载接口。连接 ESP32-S3 内部 USB 接口，可模拟 USB 串口用于下载以及串口通信，还可以供电。

10) 5V 转 3.3V 稳压电路

包含两部电路：音频 5V 转 3.3V 电路和非音频 5V 转 3.3V 电路。音频 5V 转 3.3V 电路专门给音频相关的电路供电，非音频 5V 转 3.3V 电路专门给音频之外的电路供电。电路的核心器件是 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。

11) RESET 按键

显示模块通电后，按下会将 ESP32-S3 复位引脚拉低（默认状态为拉高），从而实现复位功能。

12) 扩展引脚

ESP32-S3 芯片的 2 个空闲 IO 口。引出来给外设使用。

13) 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。

14) 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。

15) 音频功放电路

核心器件是 FM8002E 音频功放 IC。此电路一端连接音频编解码 IC 的输出接口，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）。

16) I2C 外设接口

4 线的水平接口。将 ESP32-S3 的 I2C0 总线引出，用来外接 I2C 设备，和电容触摸以及音频编解码 IC 共用，如果不用触摸和音频功能，也可做普通 IO 口使用。

17) 音频编解码电路

核心器件是 ES8311 音频编解码 IC。其通过 I2C 总线（和电容触摸屏共用）进行配置初始化，然后通过 I2S 总线和 ESP32-S3 进行音频数据传输。另外 ES8311 还连接 MIC 输入音频，然后连接功放电路播放音频。

18) 麦克风控制电路

用来给麦克风供电和信号滤波，然后传输给音频编解码电路。

19) 麦克风

下进式 MEMS 硅麦克风，负责音频输入，将声音信号转为电信号。

3.2. 显示模块原理图详解

1) Type-C 接口电路

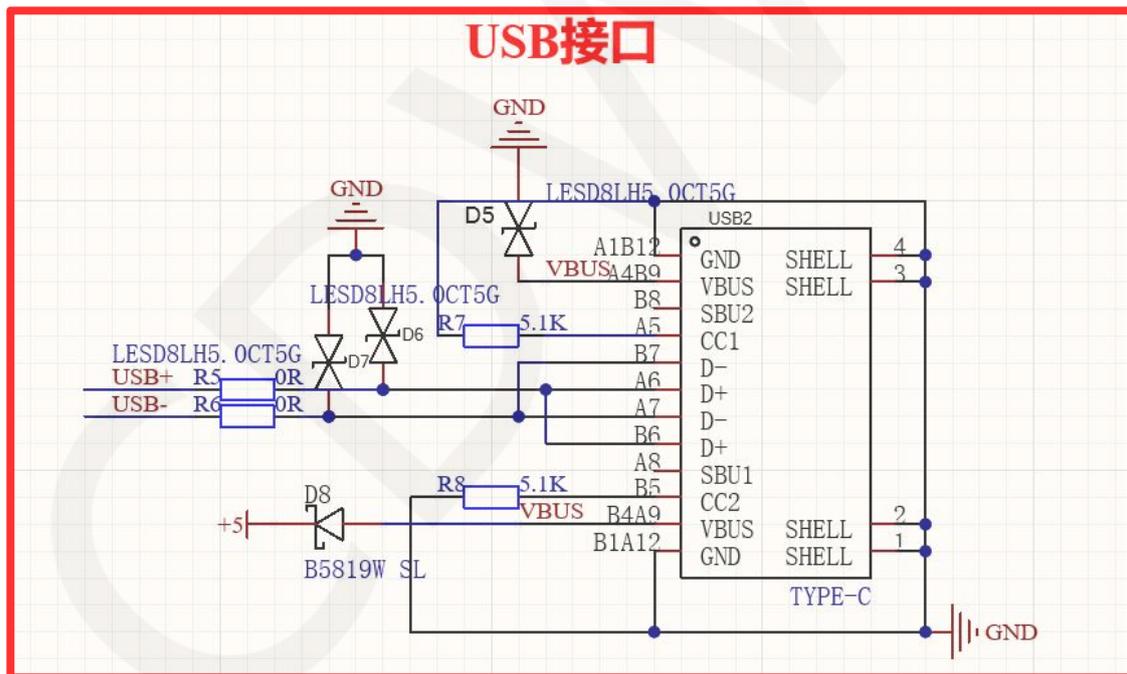


图 3.5 Type-C 接口电路

此电路中，D8 为肖特基二极管，用来防止电流反向。D6~D7 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。R7、R8 为下拉电阻。USB2 为 Type-C 母座。显示模块通过 USB2 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/音频 5V 转 3.3V 稳压电路

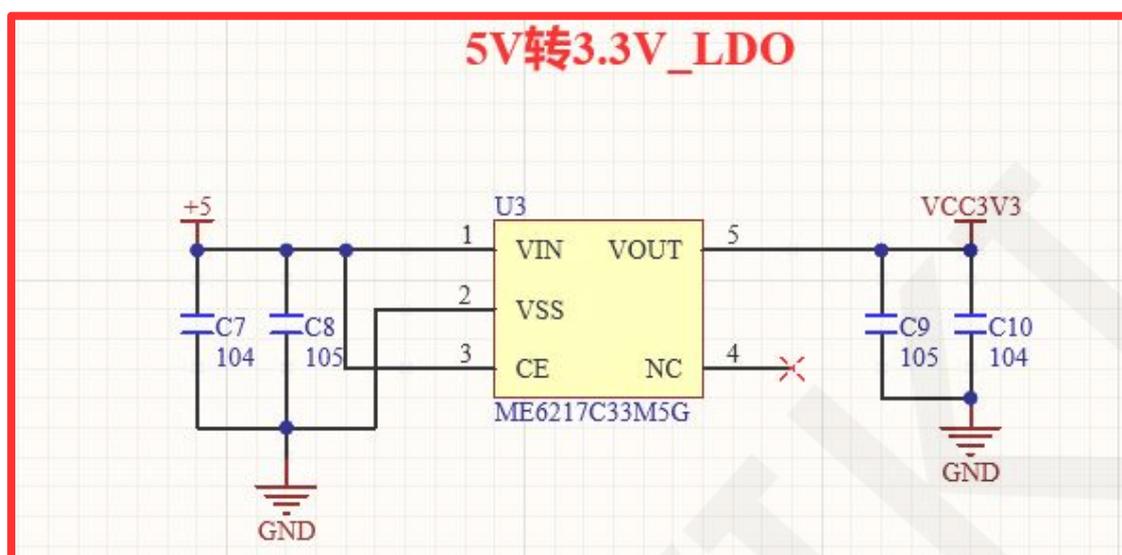


图 3.6 5V 转 3.3V 稳压电路

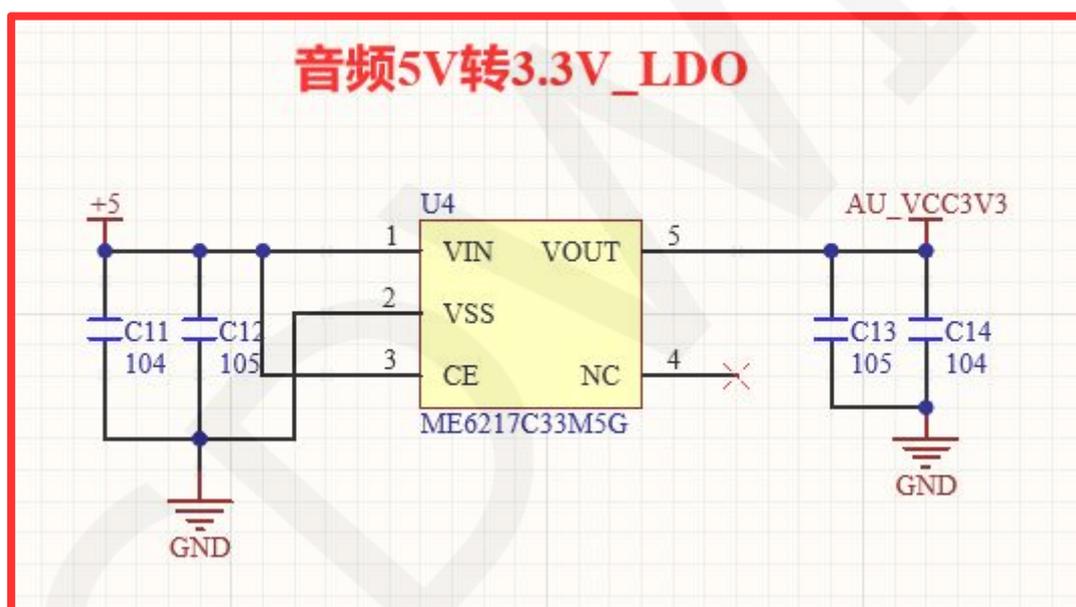


图 3.7 音频 5V 转 3.3V 稳压电路

此电路中，C7~C14 为旁路滤波电容，用来维持输入电压和输出电压稳定。U3、U4 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。音频 5V 转 3.3V 稳压电路是给音频电路供电。5V 转 3.3V 稳压电路是个除音频电路之外的电路供电。

3) 音频功放电路

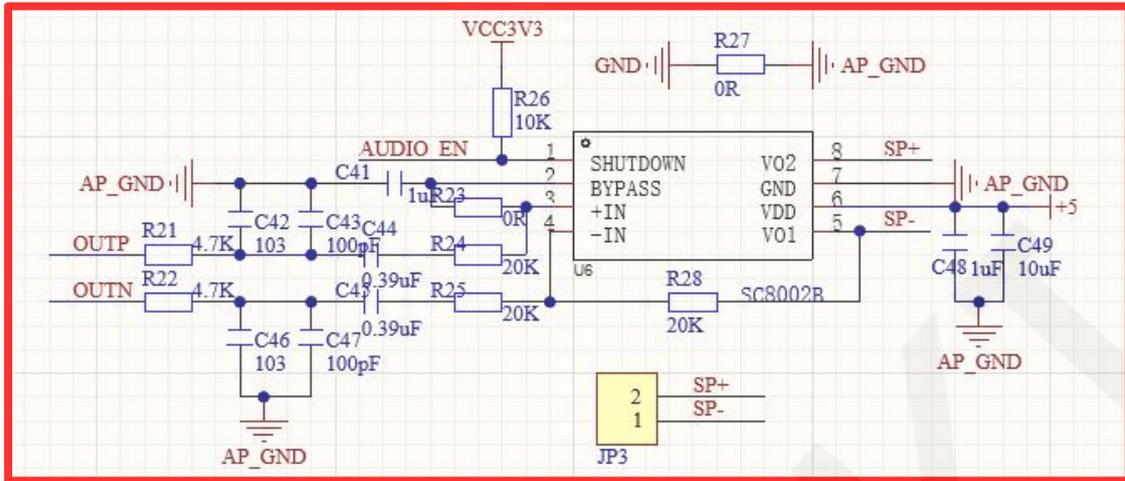


图 3.9 音频功放电路

此电路中 R21、R22、C42、C43、C46、C47 构成 RC 滤波电路，R24、R25、R28 为运算放大器增益调节电阻。音频输出为差分输出方式，当 R28 阻值不变时，同时减小 R24、R25 阻值，外接扬声器音量越大。C41、C48、C49 为输入耦合电容。C44、C45 为滤波电容，R26 为上拉电阻。R27 为 0R 电阻，用来连接音频功放电路模拟地和常规地。JP3 为喇叭/扬声器接口。U6 为 FM8002E 音频功放 IC。音频差分信号 **OUTP**、**OUTN** 经过编解码电路输入到 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。

4) ESP32-S3 主控电路

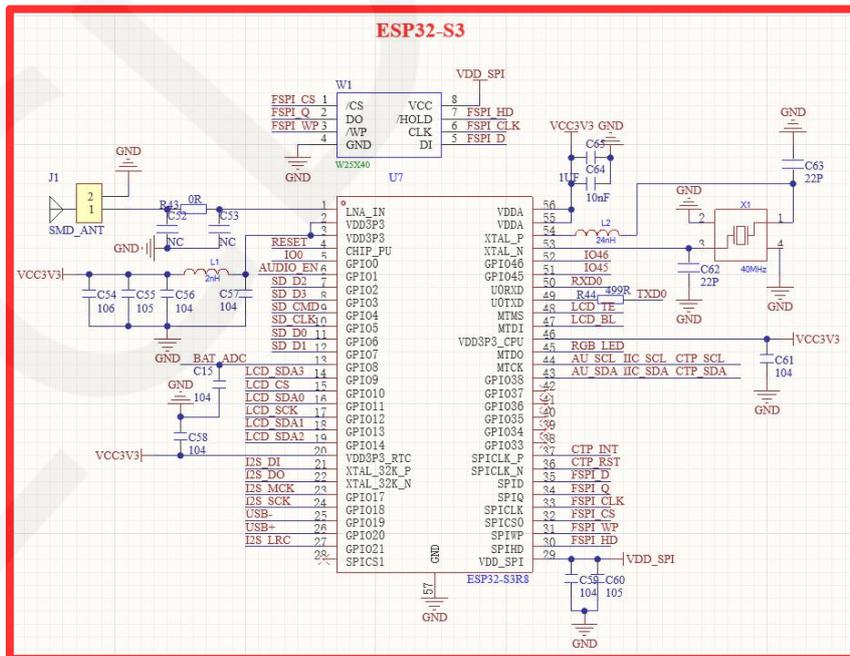


图 3.10 ESP32-S3 主控电路

此电路中，U7 为 ESP32-S3R8 主控芯片，其中 R8 表示芯片内部带有 8MB 的 oct-psram。J1、C52、C53、R43 一起构成了 PCB 板载天线电路。C54~C57、L1 一起构成了 ESP32-S3 芯片模拟电源的 CLC 滤波电路。C5、C58~C61、C64、C65 都是电源滤波电容。C62、C63、X1 一起构成了无源晶振电路。R44 为串口 TX 信号的阻抗平衡电阻。W1 为 16MB 的 QPI FLASH。电路详细介绍，请参考官方说明文档。

5) 按键复位电路

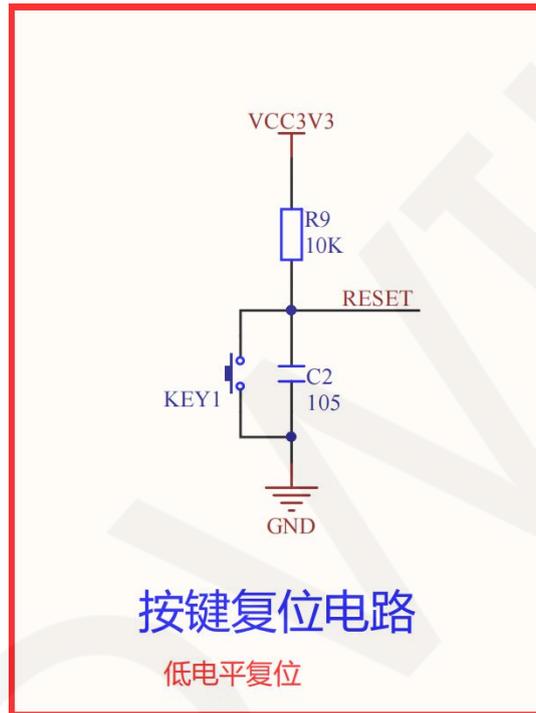


图 3.11 按键复位电路

此电路中，KEY1 为按键，R9 为上拉电阻，C2 为延时电容。复位原理：

- A、上电后，C2 充电，此时 C2 相当于短路，RESET 引脚接地，ESP32-S3 进入复位状态；
- B、C2 充电完成，此时 C2 相当于开路，RESET 引脚被拉高，ESP32-S3 复位结束，进入正常工作状态；
- C、按下 KEY1，RESET 引脚接地，ESP32-S3 进入复位状态，C2 通过 KEY1 放电；
- D、松开 KEY1，C2 充电，此时 C2 相当于短路，RESET 引脚接地，ESP32-S3 依然在复位状态，待 C2 充电完毕，RESET 引脚被拉高，ESP32-S3 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 C2 的容值，延迟 RESET 引脚低电平时间。

6) 串口模块接口电路

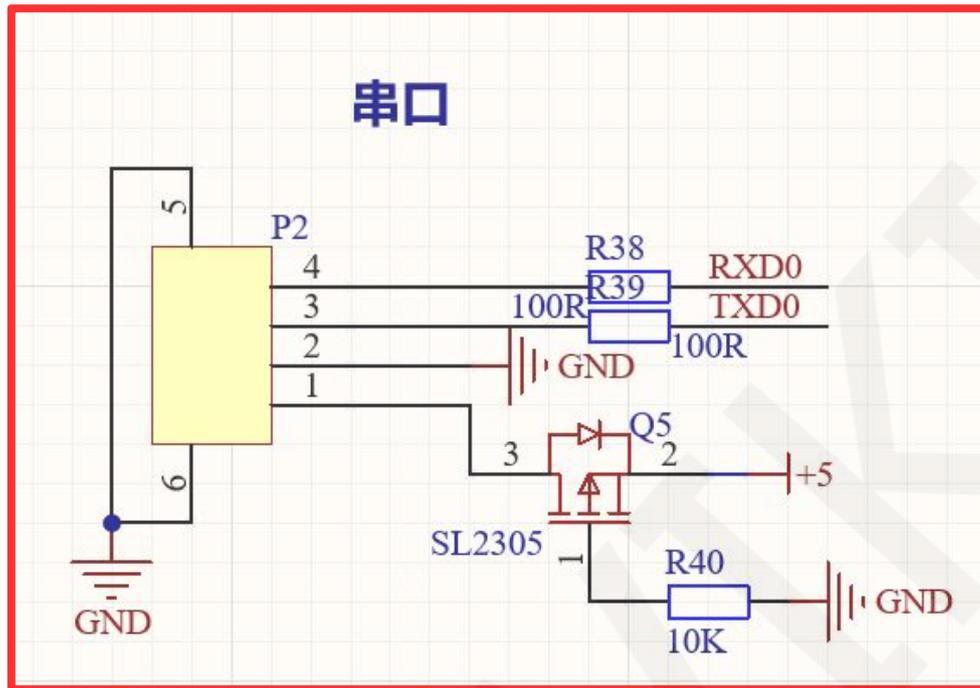


图 3.12 串口模块接口电路

此电路中，P2 为 4P 1.25mm 间距座子，R38、R39 为阻抗平衡电阻，Q5 为控制 5V 输入电源的场效应管。R40 为下拉电阻。RXD0 和 TXD0 接串口引脚，其他两个引脚供电。Q5 和 R40 可以组成防反接电路。

7) 扩展 I/O 及外设接口电路

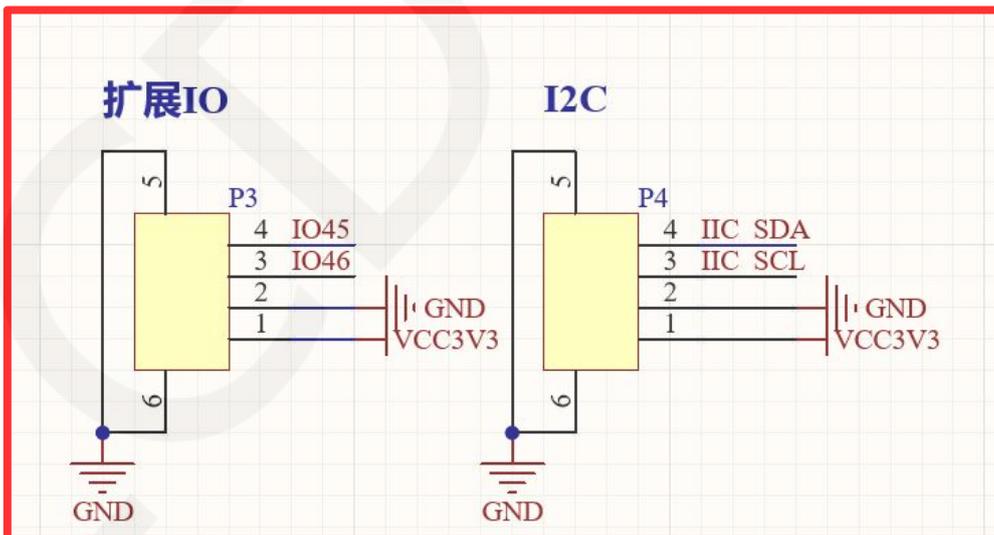


图 3.13 扩展 I/O 及外设接口电路

此电路中，P3、P4 为 4P 1.25mm 间距的座子。IO45、IO46 为 2 个空闲 I/O 口，可接外设使用。IIC_SDA 和 IIC_SCL 为外扩的 I2C 接口，可以外接 I2C 设备。需要注意：IIC_SDA 和 IIC_SCL 不能做普通 I/O 使用。

8) 电池充放电管理电路

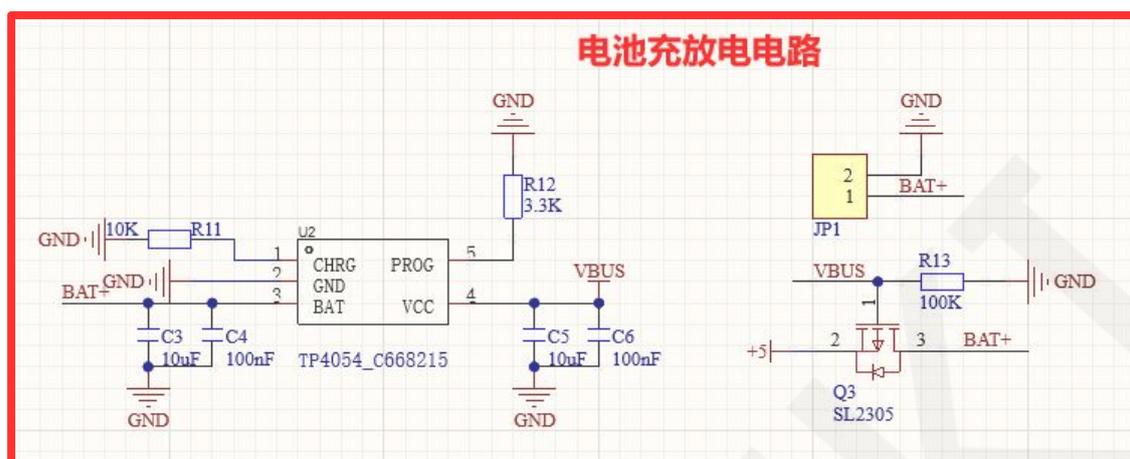


图 3.14 电池充放电管理电路

此电路中，C3~C6 为旁路滤波电容。U2 为 TP4054 电池充电管理 IC。R12 为电池充电电流调节电阻。JP1 为 2P 1.25mm 间距座子，接电池。Q3 为 P 沟道场效应管。R13 为 Q3 栅极下拉电阻。TP4054 通过 BAT 引脚给电池充电，R12 阻值越小，充电电流越大，最大为 500mA。Q3 和 R13 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。

9) 40P 显示触摸屏 FPC 排线接口

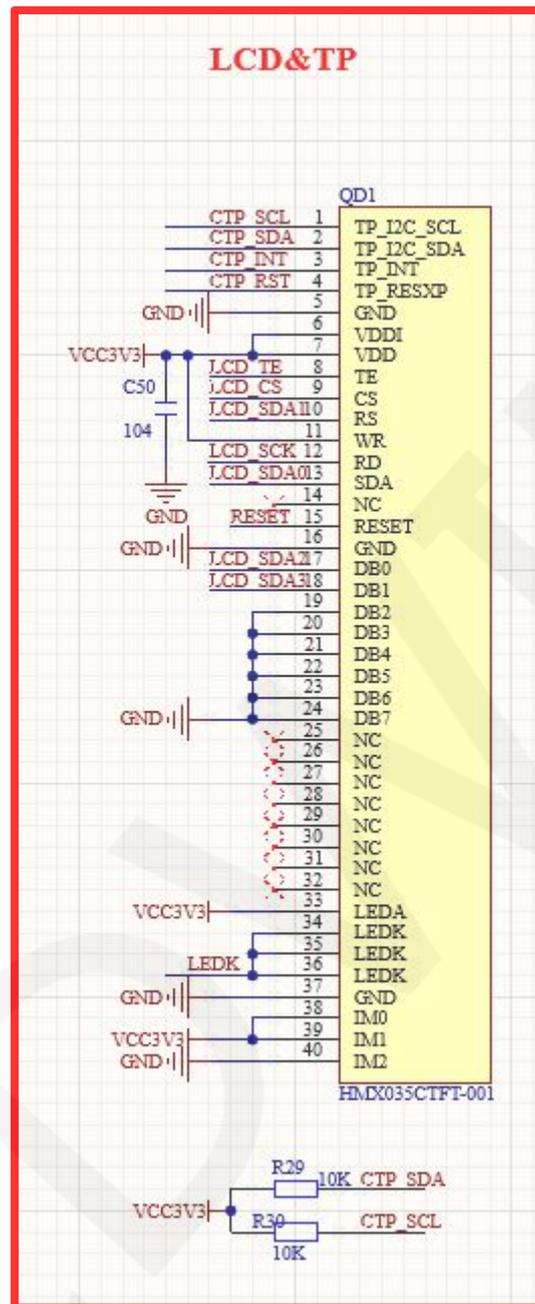


图 3.15 40P 液晶屏 FPC 排线接口

此电路中，C50 为旁路滤波电容，QD1 为 40P 0.5mm 间距的 FPC 排线接口，R29~R30 为 I2C 上拉电阻。QD1 上有电容触摸屏信号引脚，液晶屏电压引脚、QSPI 通信引脚、控制引脚以及背光电路引脚。ESP32-S3 就是通过这些引脚来控制液晶屏和触摸屏。

10) 下载按键电路

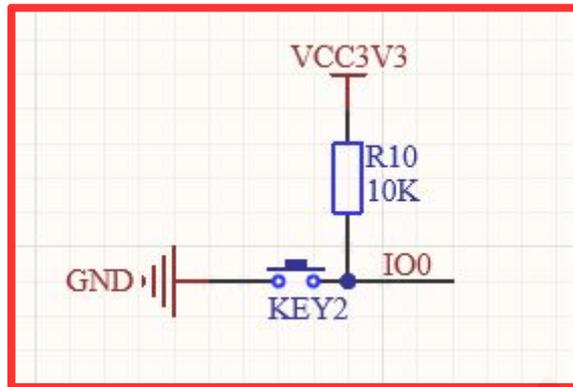


图 3.16 下载按键电路

此电路中，KEY2 为按键，R10 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。

11) 电池电量检测电路

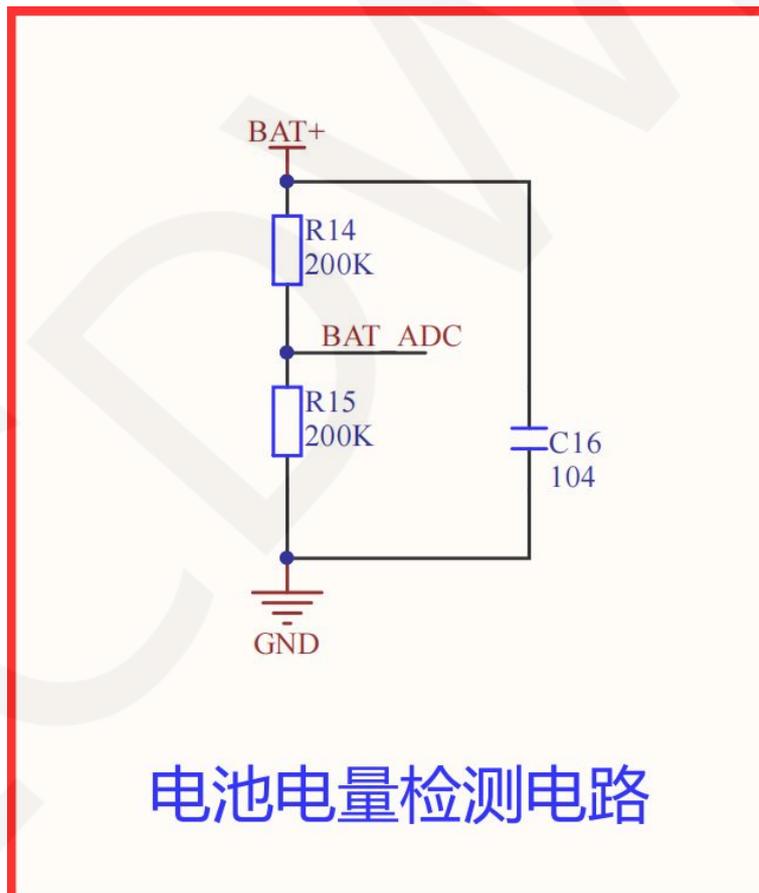


图 3.17 电池电量检测电路

此电路中，R14、R15 为分压电阻，C16 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 R15 两端电压值，通过带有 ADC 输入功能的 IO 引脚传输给 ESP32-S3 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-S3 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。

12) 液晶屏背光控制电路

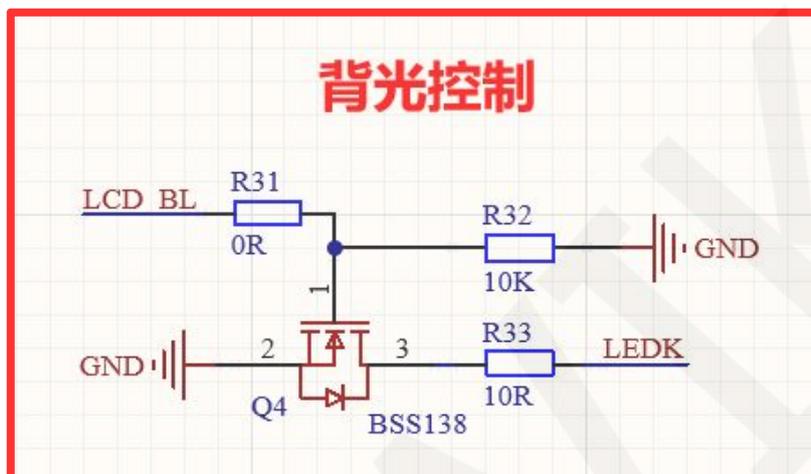


图 3.18 液晶屏背光控制电路

此电路中，R31 为调试电阻，暂时保留。Q4 为 N 沟道场效应管，R32 为 Q4 栅极下拉电阻，R33 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 R33 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。

13) RGB 三色灯控制电路

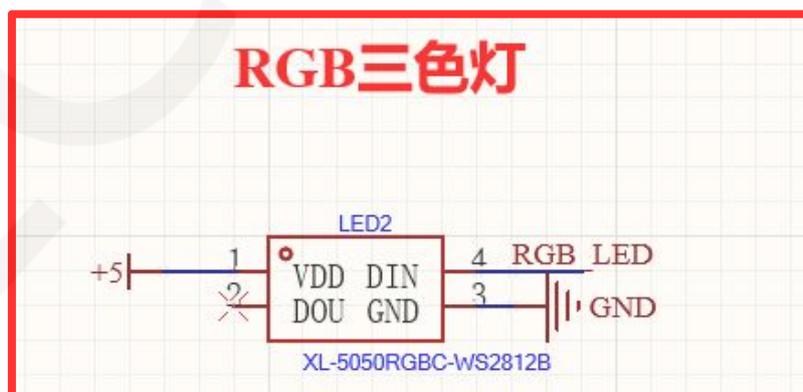


图 3.19 RGB 三色灯控制电路

此电路中，LED2 为内部带有控制 IC 的 RGB 三色灯。其采用 5V 供电，只需要一个 IO 口控制，这样节省了 IO 资源。其原理就是通过 RGB_LED 信号输入不同的时序波形来驱动不同颜色的灯发光。

14) MicroSD 卡槽接口电路

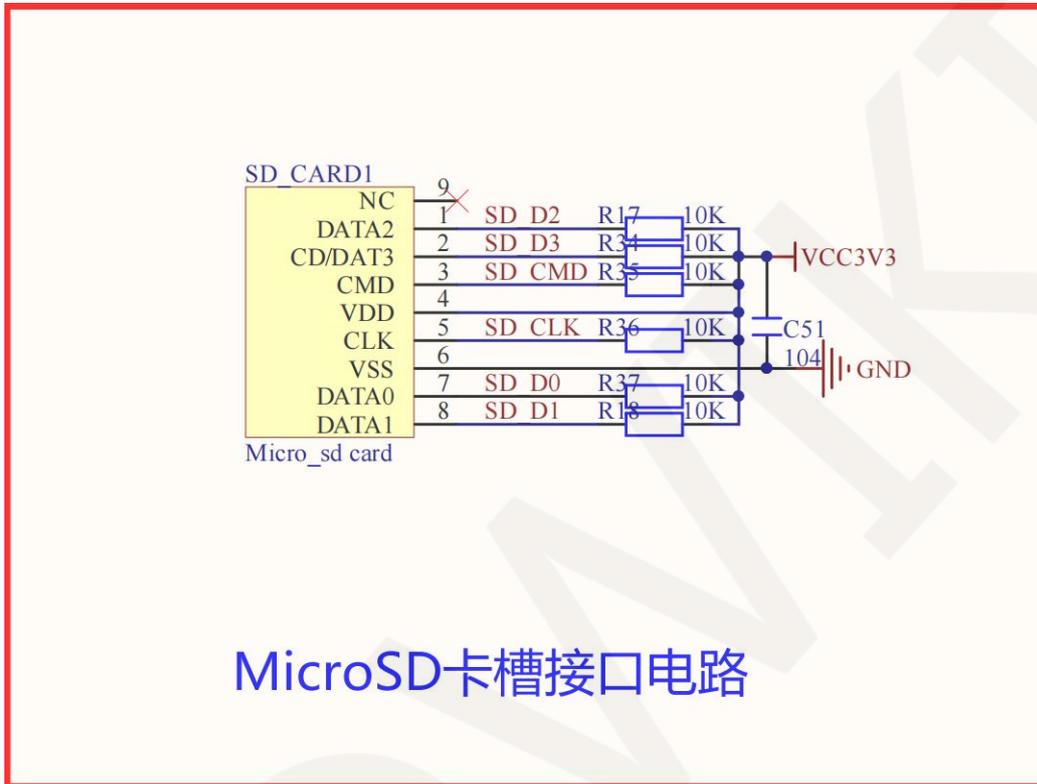


图 3.20 MicroSD 卡槽接口电路

此电路中，SD_CARD1 为 MicroSD 卡槽。R17、R18、R34~R37 为各个引脚上拉电阻。C51 为旁路滤波电容。此接口电路采用 SDIO 通信方式，比 SPI 方式通信速度更快。支持高速存储 MicroSD 卡。

15) 音频解码控制电路

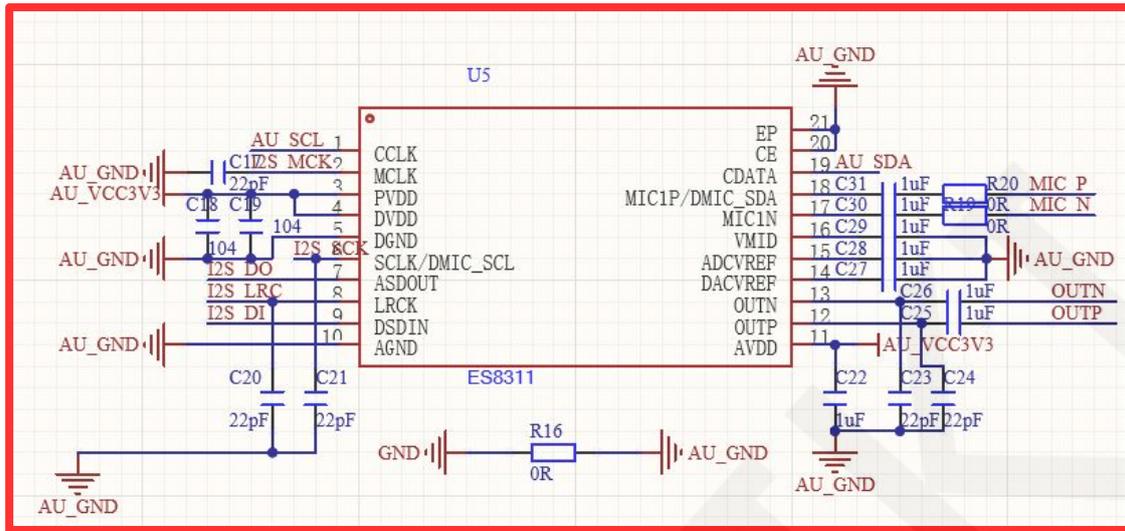


图 3.21 音频解码控制电路

此电路中 C17~C24 都是旁路电容，C25~C31 为滤波电容。U5 为 ES8311 音频编解码 IC。R19、R20 为阻抗平衡电阻。R16 为 0R 电阻，用来连接音频编解码电路模拟地和常规地。ES8311 通过 I2C 和 ESP32-S3 主控通信进行初始化配置，从设备地址为 0x18。音频数据通过 I2S 总线传输。其将 MIC 输入的音频信号经过 ADC 转换编码后，发送给 ESP32-S3 主控，主控经过处理后再发送给 ES8311，然后经过 DAC 转换解码后，通过喇叭输出。

16) MIC 控制电路

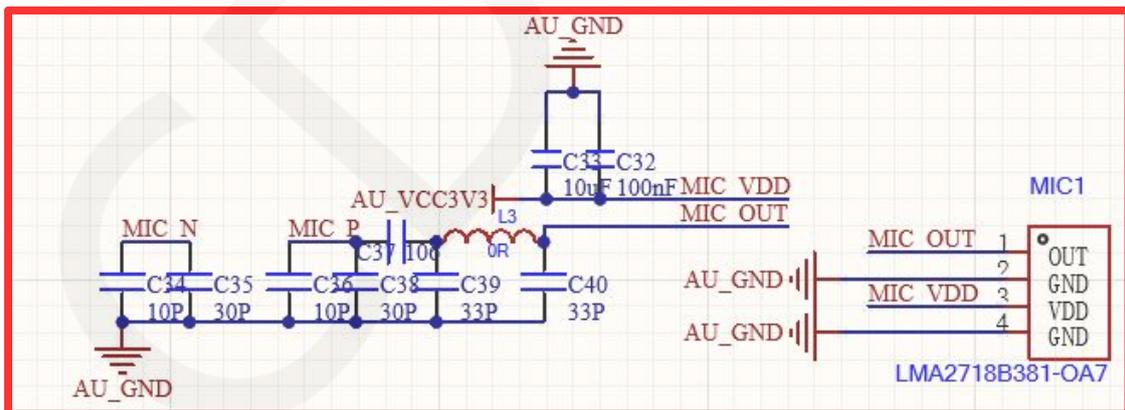


图 3.22 MIC 控制电路

此电路中 C32~C36、C38 都是旁路电容。C37 为滤波电容。C39、C40、L3 一起构成了 CLC 滤波电路。MIC1 为下进式 MEMS 硅麦克风。通过 MIC 输入声音，经过滤波后传输给音频编解码电路。

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。