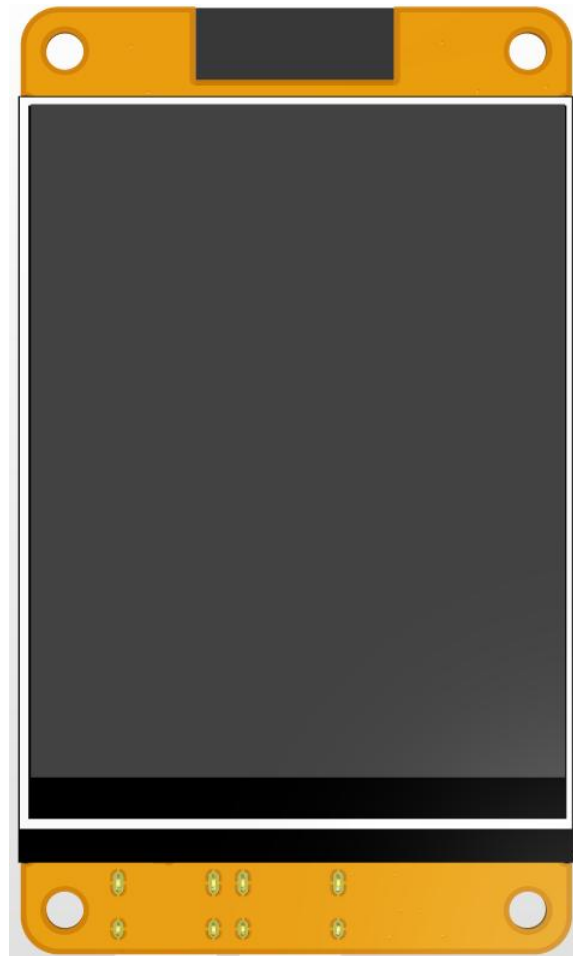


EC5R28T

2.8 寸 TN ESP32-C5 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：

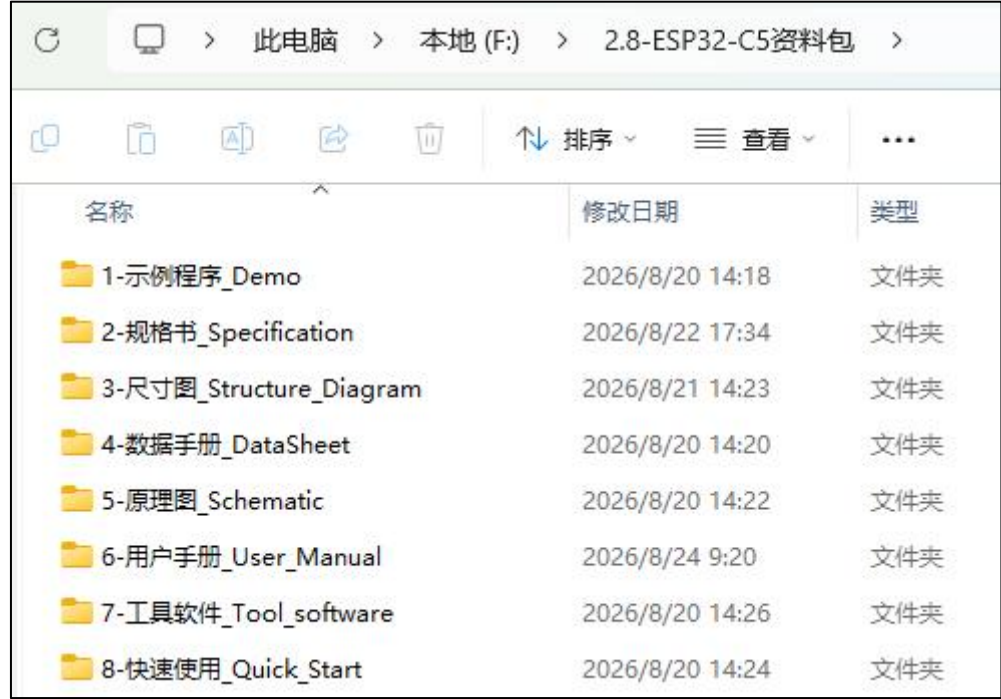


图 1.1 产品资料包目录

目录	内容说明
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、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。
3-尺寸图_Structure_Diagram	显示模块产品尺寸图
4-数据手册_DataSheet	液晶屏显示驱动 ST7789 数据手册、电阻触摸屏驱动 XPT2046 数据手册、ESP32-C5 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 AMS1117 稳压管数据手册、音频功放芯片 FM8002E 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-C5 模块 IO 资源分配表
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

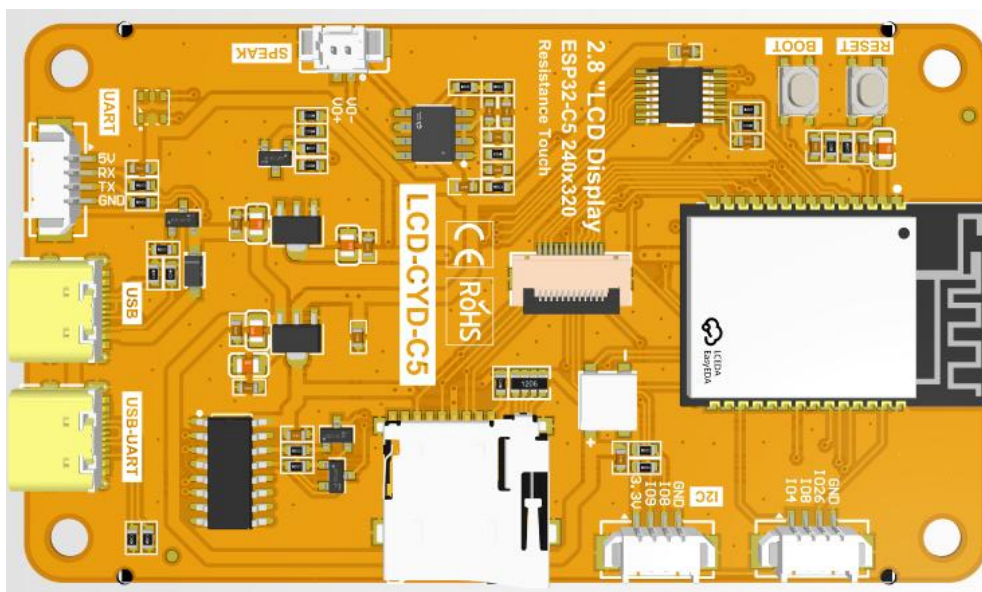


图 3.2 模块硬件资源 2

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 ST7789，分辨率为 240x320。使用 4 线制 SPI 通信接口和 ESP32-C5 相连。

A、ST7789 控制器简介

ST7789 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：

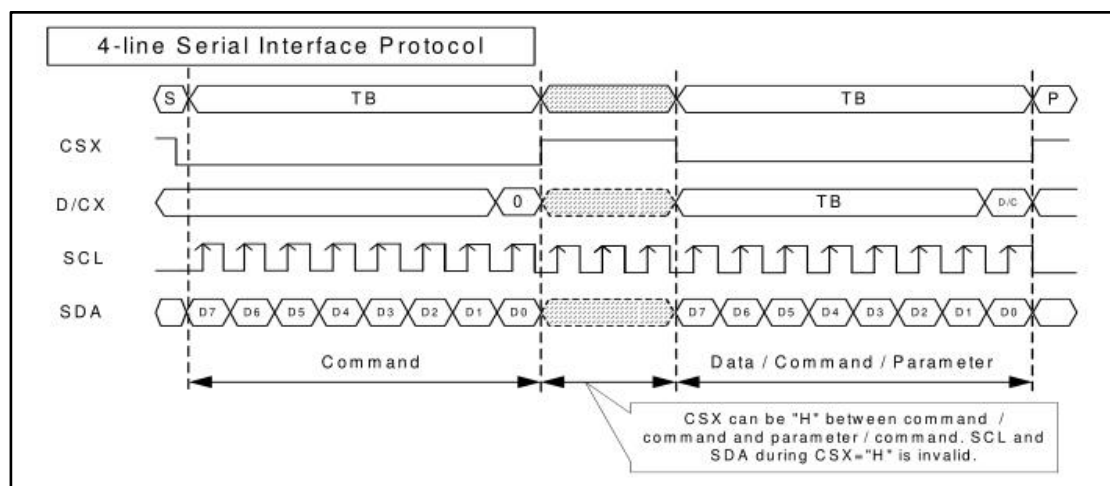


图 3.3 4 线制 SPI 总线写模式时序

CSX 为从机片选，仅当 CSX 为低电平时，芯片才会被使能。

D/CX 为芯片的数据/命令控制引脚，当 DCX 为低电平时写命令，为高电平时写数据

SCL 为 SPI 总线时钟，每个上升沿传输 1bit 数据；

SDA 为 SPI 传输的数据，一次传输 8bit 数据，数据格式如下图所示：

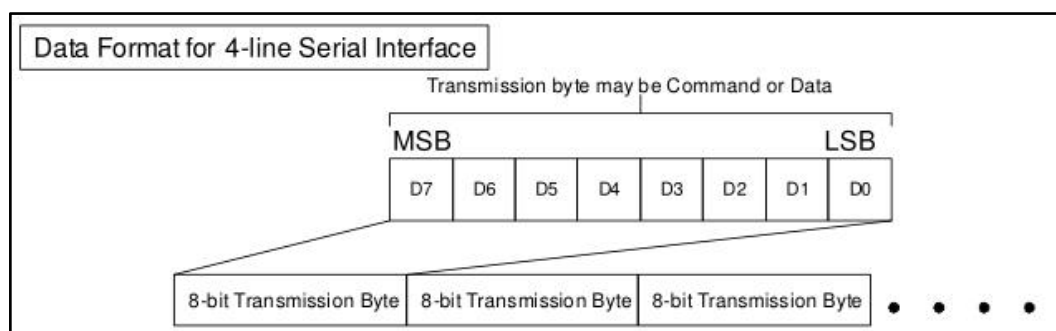


图 3.4 4 SPI 传输数据格式

高位在前，先传输。

对于 SPI 通信而言，数据是有传输时序的，即时钟相位（CPHA）与时钟极性（CPOL）组合：

CPOL 的高低决定串行同步时钟的空闲状态电平，CPOL = 0，为低电平。CPOL 对传输协议没有很多的影响；

CPHA 的高低决定串行同步时钟是在第一时钟跳变沿还是第二个时钟跳变沿数据被采集，当 CPHA = 0，在第一个跳变沿进行数据采集；

这两者组合就成为四种 SPI 通信方式，国内通常使用 SPI0，即 CPHA = 0，CPOL = 0。

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 控制 IC 相连。

3) ESP32-C5 模组

内置 ESP32-C5 芯片，RISC-V 32 位单核处理器，支持高达 240 MHz 的时钟频率。内部拥有 320KB ROM，384KB HP SRAM，16KB LP SRAM，8MB 的 OPI PSRAM，外接 16MB QSPI Flash。支持 2.4 & 5 GHz 双频段 WIFI、蓝牙 V6.0 以及低功耗蓝牙模组。外置 22 个 GPIO 口，支持 GPIO、SPI、并行 IO、UART、I2C、I2S、RMT(TX/RX)、脉冲计数器、LED PWM、USB 串口/JTAG 控制器、MCPWM、CAN FD 控制器、SDIO 从机控制器、比特调节器、事件任务矩阵、ADC、温度传感器、欠压监测器、模拟电压比较器、系统定时器、通用定时器、RTC 定时器、看门狗定时器等。

4) MicroSD 卡槽

使用 SPI 通信方式和 ESP32-C5 连接，仅支持 FAT32 文件系统，最大支持 32GB MicroSD 卡。

5) 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。

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) BOOT 按键

显示模块通电后，按下会将 I028 拉低。如果在模块上电的瞬间或者 ESP32-C5 复位时，拉低 I028 就会进入下载模式。其他情况可以做普通按键使用。

9) USB 接口

包含两部电路，USB 模拟串口和接入 USB 转串口 IC，两个 USB 接口均可作为显示模块的主供电接口和程序下载接口。均可连接 ESP32-C5 用于下载以及串口通信，还可以供电。

10) 5V 转 3.3V 稳压电路

包含两路电路：MCU 供电 5V 转 3.3V 电路和非 MCU 供电 5V 转 3.3V 电路。MCU 供电 5V 转 3.3V 电路专门为 MCU 单元供电，非 MCU 供电 5V 转 3.3V 电路专门为 MCU 以外的外设电路供电。电路核心器件为 AMS1117- 3.3 线性稳压器（LDO）。该稳压芯片最大输入电压可达 18V，推荐工作输入电压最高 12V，固定输出 3.3V，输出精度±2%，最大输出电流 1A，具备过流限制与过热关断保护；该 LDO 在输出 1A 电流时典型压差为 1.2V，可稳定输出 3.3V 电压，输出能力可充分满足显示模块的电压、电流使用需求。

11) RESET 按键

显示模块通电后，按下会将 ESP32-C5 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-C5 芯片的 3 个空闲 I/O 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。ESP32-C5 无硬件 DAC，采用 PWM 模拟音频输出，音质一般

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。

16) I2C 外设接口

4 线的水平接口。将 ESP32-C5 的 I2C 总线引出，用来外接 I2C 设备。

17) 拓展 FPC 接口

ESP32-C5 芯片的 10 个复用 I/O 口，包含 SPI、IIC、USB 等协议接口，引出来给外设使用。

3.2. 显示模块原理图详解

1) Type-C 接口电路

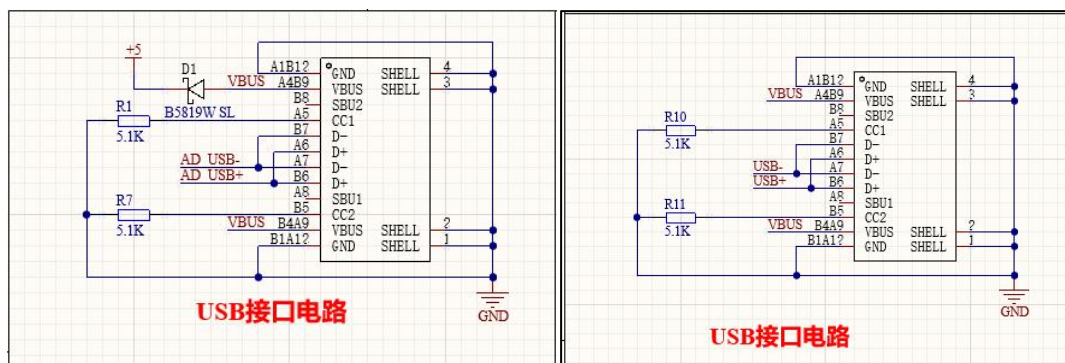


图 3.5 Type-C 接口电路

此电路中，D1 为肖特基二极管，用来防止电流反向。R1、R7、R10、R11 为下拉电阻。USB 为 Type-C 母座。显示模块通过 USB 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-和 USB+为 USB 差分信号，传输到 ESP32-C5 的 USB 接口 IO，AD_USB-和 AD_USB+为 USB 差分信号，传输到 USB 转串口自动下载电路。

2) MCU 供电 5V 转 3.3V 稳压电路/非 MCU 供电 5V 转 3.3V 稳压电路

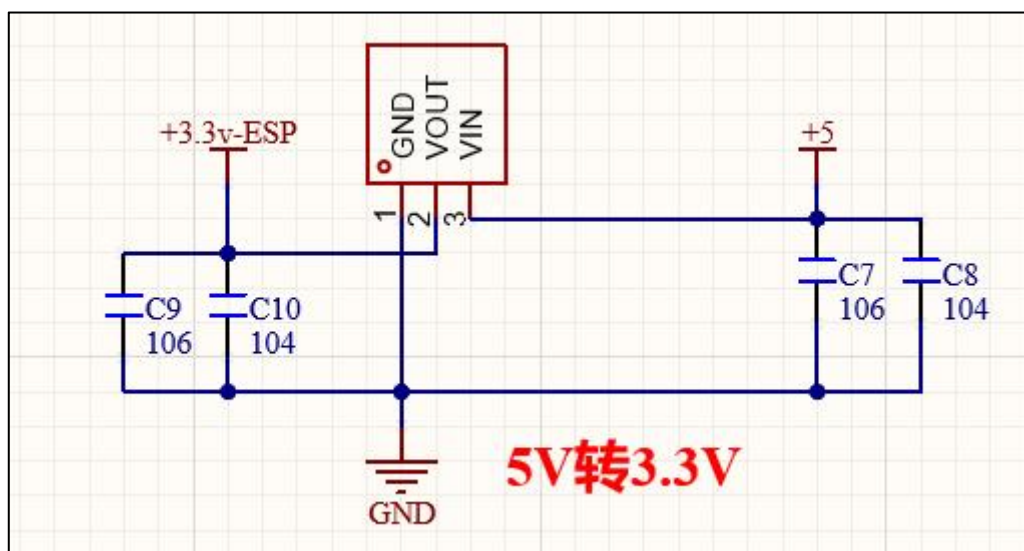


图 3.6 MCU 供电 5V 转 3.3V 稳压电路

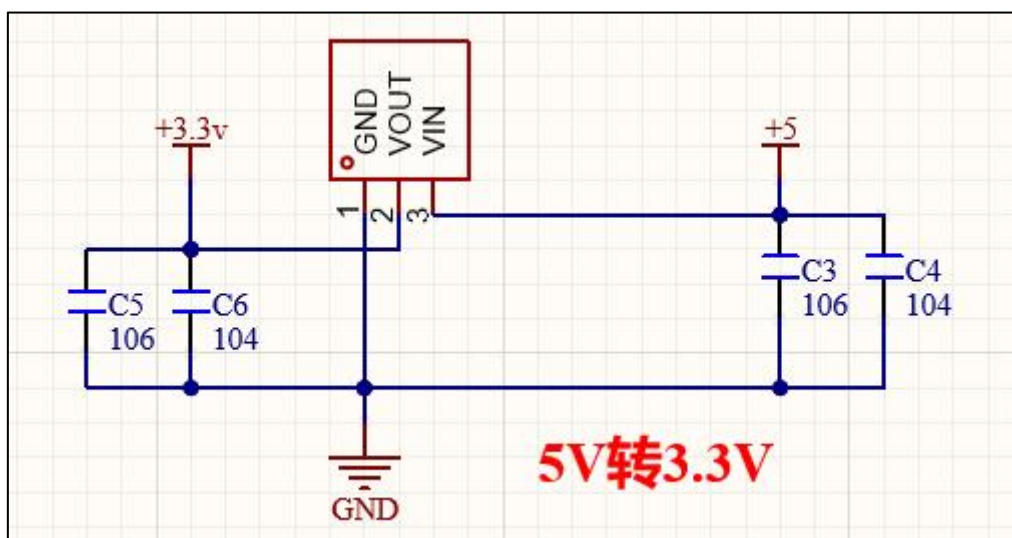


图 3.7 非 MCU 供电 5V 转 3.3V 稳压电路

此电路中，C3~C10 为旁路滤波电容，用来维持输入电压和输出电压稳定。U2、U3 为 5V 转 3.3V LD0，其型号为 AMS1117。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。MCU 供电 5V 转 3.3V 稳压电路是给 MCU 供电。非 MCU 供电 5V 转 3.3V 稳压电路是个除 MCU 之外的电路供电。

3) 电阻触摸屏接口电路

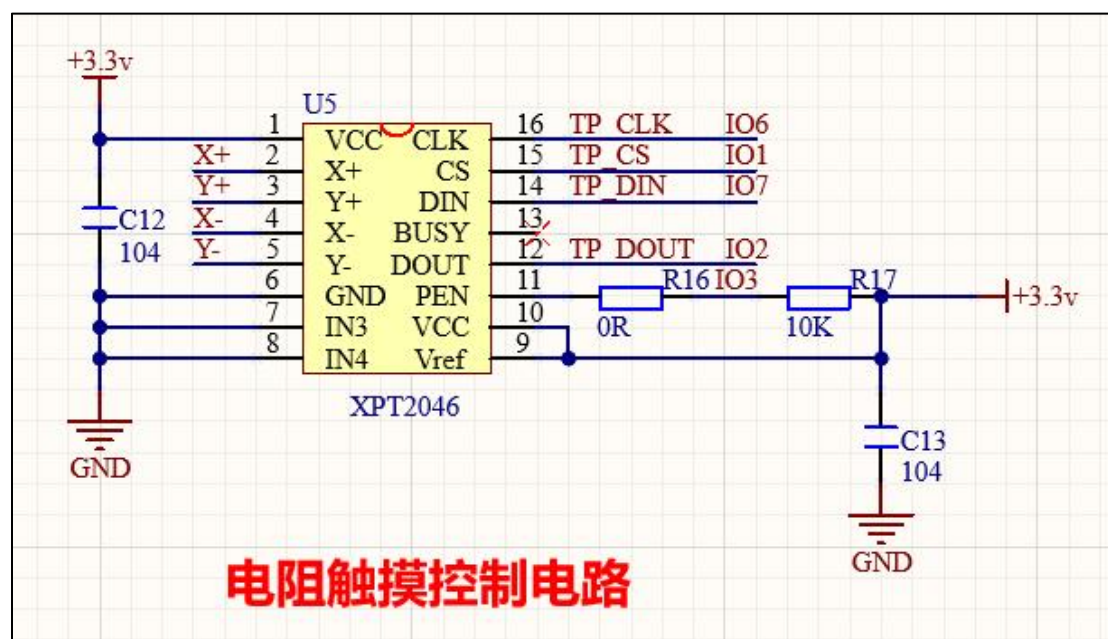


图 3.8 电阻触摸屏接口电路

此电路中，C12、C13 为旁路滤波电容，用来维持输入电压稳定。R16 为可切换电阻，不焊接则不连接中断 IO3，默认焊接，R17 为上拉电阻，用来维持引脚默认状态为高电平。U5 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。IO3 引脚为触摸中断引脚，发生触摸事件时，输入低电平。注意：SPI 总线复用

4) 音频功放电路

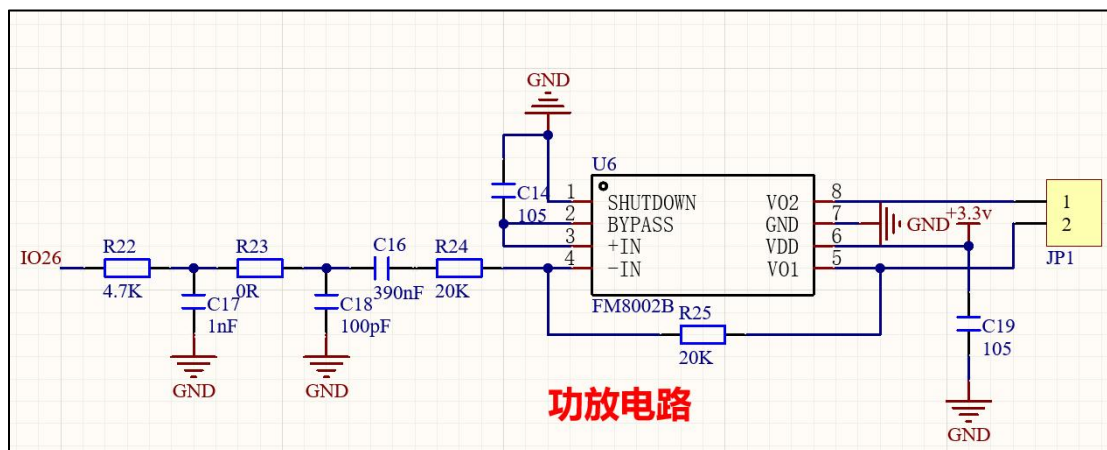


图 3.9 音频功放电路

此电路中 R22、C17 构成一级 RC 低通滤波电路，R23、C18 构成第二级 RC 低通滤波电路，R24、R25 为 FM8002B 功放的增益调节电阻。音频输出为差分输出方式，在芯片内部固定参数不变时，同时减小 R24、R25 阻值，电路增益变大，外接扬声器音量越大。C16 为音频输入隔直耦合电容。C14、C19 为电源与输出端滤波电容，R23 为 0 Ω 电阻，用于信号通路短接。JP1 为喇叭/扬声器接口。U6 为 FM8002B 单声道 D 类音频功放 IC。IO26 输入 PWM 音频信号，经过两级 RC 滤波、隔直电容送入 FM8002B 放大后，由 V01、V02 引脚差分输出驱动喇叭。SHUTDOWN 引脚直接接地，芯片永久处于工作使能状态。

5) ESP32-C5 主控电路

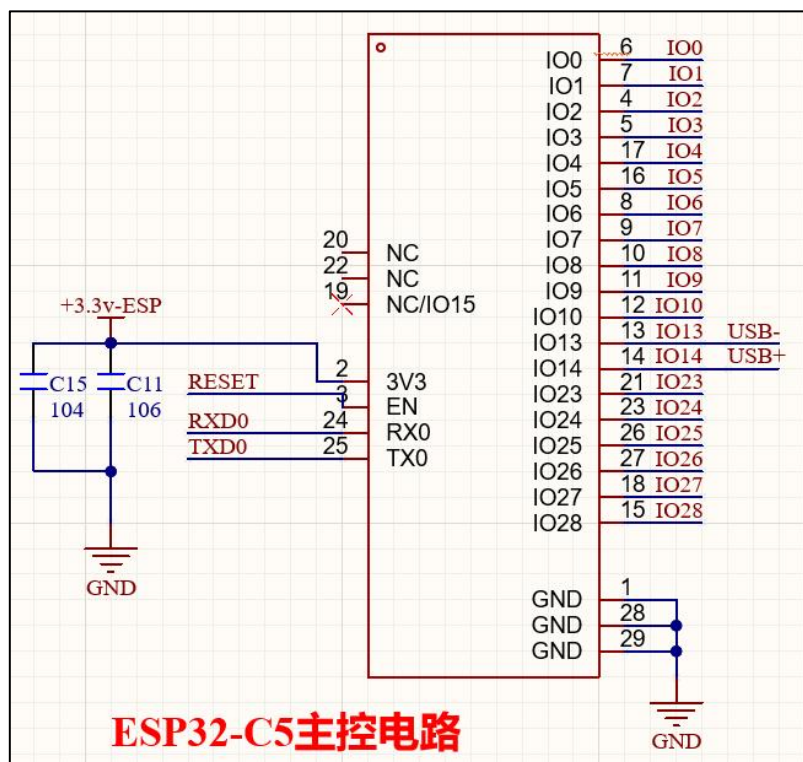


图 3.10 ESP32-C5 主控电路

此电路中，U4 为 ESP32-C5 模组 C15 和 C16 为电源滤波，其余均为引出的引脚。

6) 按键复位电路

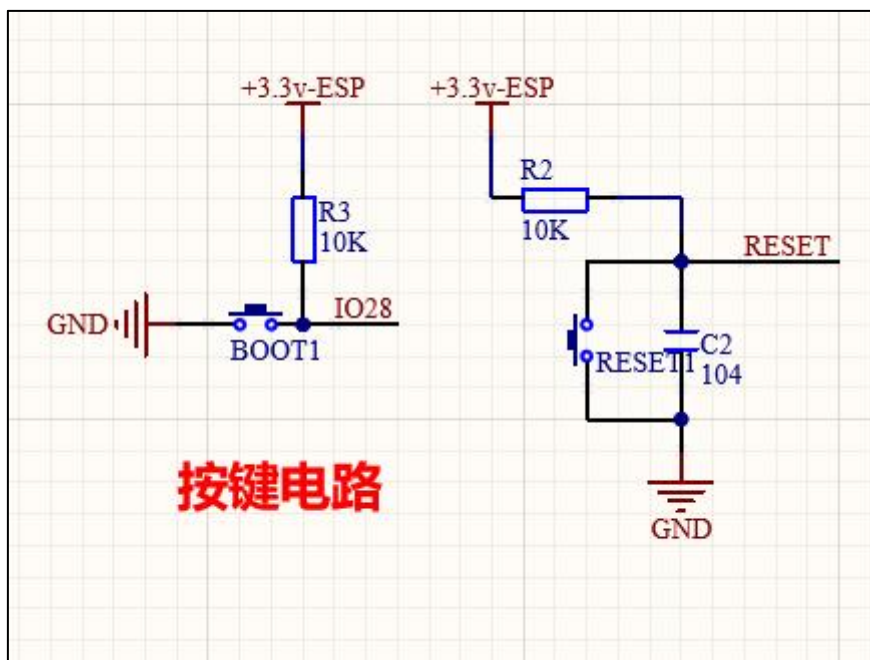


图 3.11 按键复位电路

RESET 电路中，RESET1 为按键，R2 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-C5 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-C5 复位结束，进入正常工作状态；

C、按下 RESET1，RESET 引脚接地，ESP32-C5 进入复位状态，C2 通过 KEY1 放电；

D、松开 RESET1，C2 充电，此时 C2 相当于短路，RESET 引脚接地，ESP32 依然在复位状态，待 C2 充电完毕，RESET 引脚被拉高，ESP32-C5 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。

BOOT 按键电路中，BOOT1 为按键，R3 为上拉电阻。IO28 默认状态为高电平，BOOT 按下，则为低电平。按住 BOOT1，上电或者复位，ESP32 会进入下载模式。其他情况下，BOOT1 可以做普通按键使用。

7) 串口模块接口电路

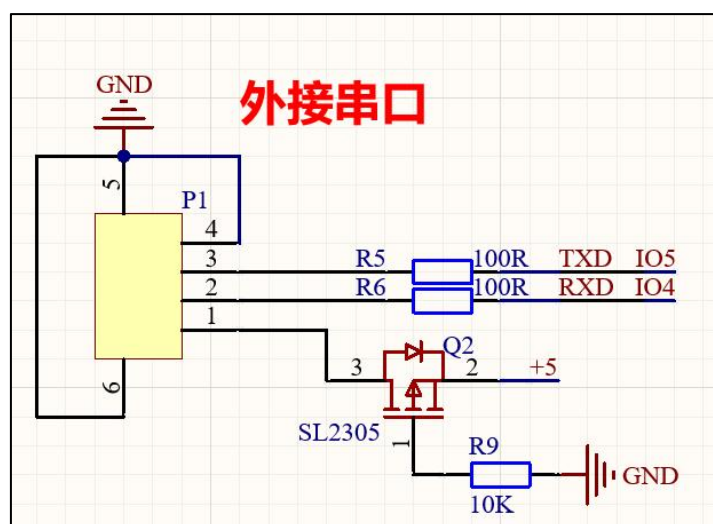


图 3.12 串口模块接口电路

此电路中，P1 为 4P 1.25mm 间距座子，R5、R6 为阻抗平衡电阻，Q2 为控制 5V 输入电源的场效应管。R9 为下拉电阻。RXD 和 TXD 接串口引脚，其他两个引脚供电。Q2 和 R9 可以组成防反接电路。

8) 扩展 I/O 电路

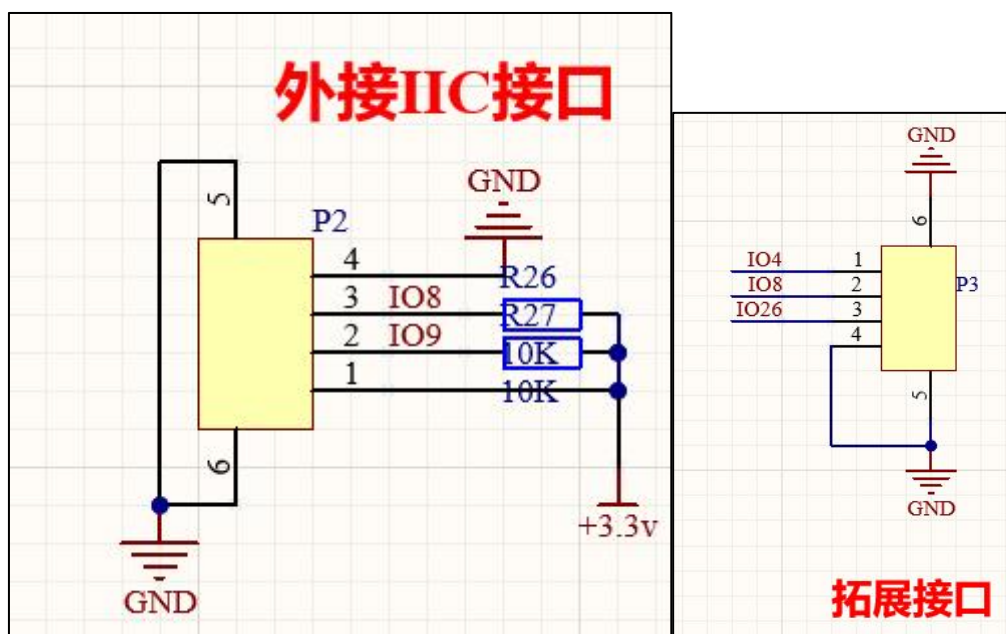


图 3.13 扩展 I/O 接口电路

此电路中，P2、P3 为 4P 1.25mm 间距的端子。IO4、IO8、IO26 为 3 个空闲 IO 口，可接外设，使用。IO8 和 IO9 为外扩的 I2C 接口，可以外接 I2C 设备。需要注意：IO8、IO9 为硬件 I2C 接口，板载已经焊接上拉电阻，请勿外部额外增加上拉，避免电流异常。不能当做普通 GPIO 使用。

9) 扩展 FPC 电路

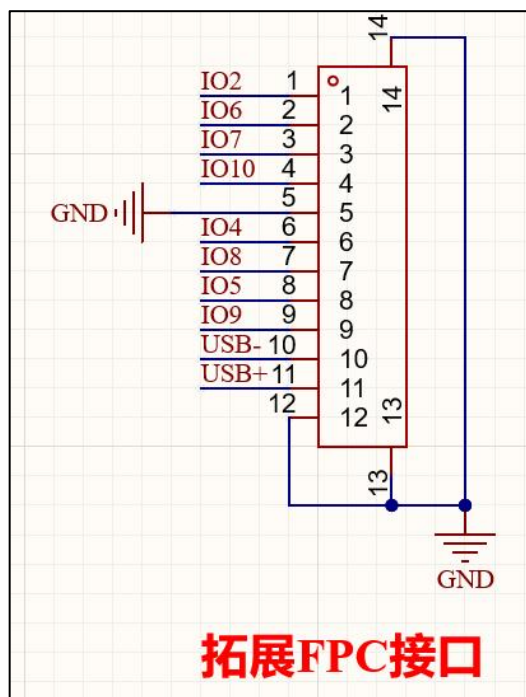


图 3.14 扩展 FPC 电路

此电路中，FPC 为 12P 的 FPC 端子。接入 IO2、IO6、IO7、IO10、IO4、IO8、IO5、

I09、I013、I014 等复用 I0，使用时主要 I0 复用情况。

10) 18P 液晶屏排线焊接接口

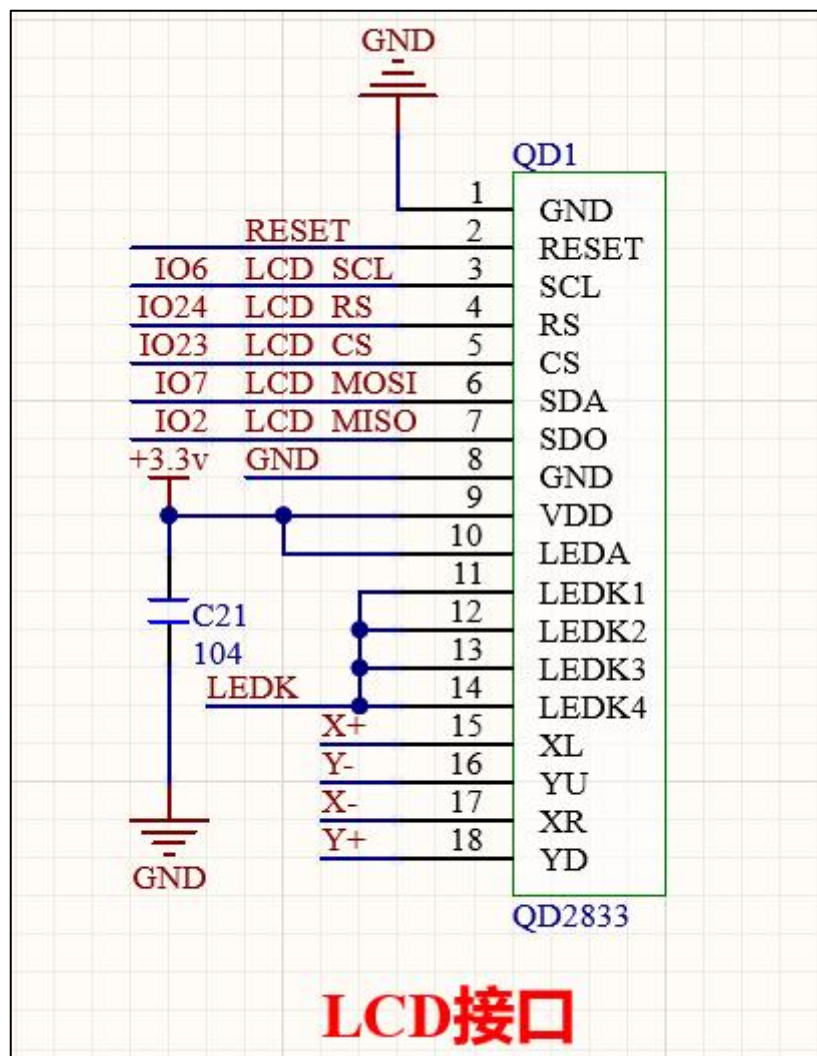


图 3.15 18P 液晶屏排线焊接接口

此电路中，C21 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-C5 就是通过这些引脚来控制液晶屏和触摸屏。注意：SPI 总线复用

11) 液晶屏背光控制电路

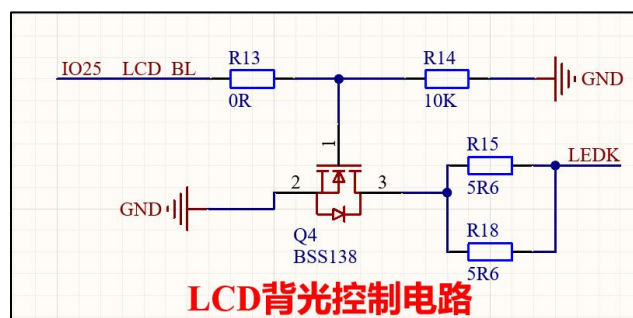


图 3.16 液晶屏背光控制电路

此电路中，R13 为调试电阻，暂时保留。Q4 为 N 沟道场效应管，R14 为 Q4 栅极下拉电阻，R15，R18 为背光限流电阻，并联使用。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 R15、R18 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。

12) RGB 三色灯控制电路

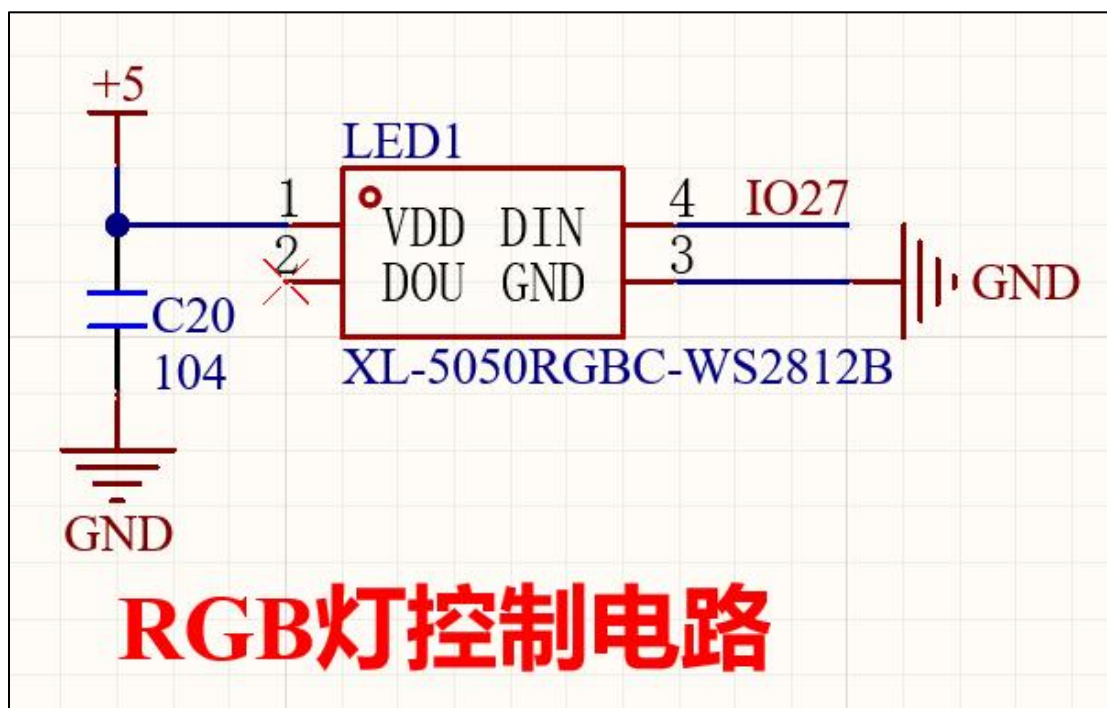


图 3.17 RGB 三色灯控制电路

此电路中，LED1 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。

13) MicroSD 卡槽接口电路

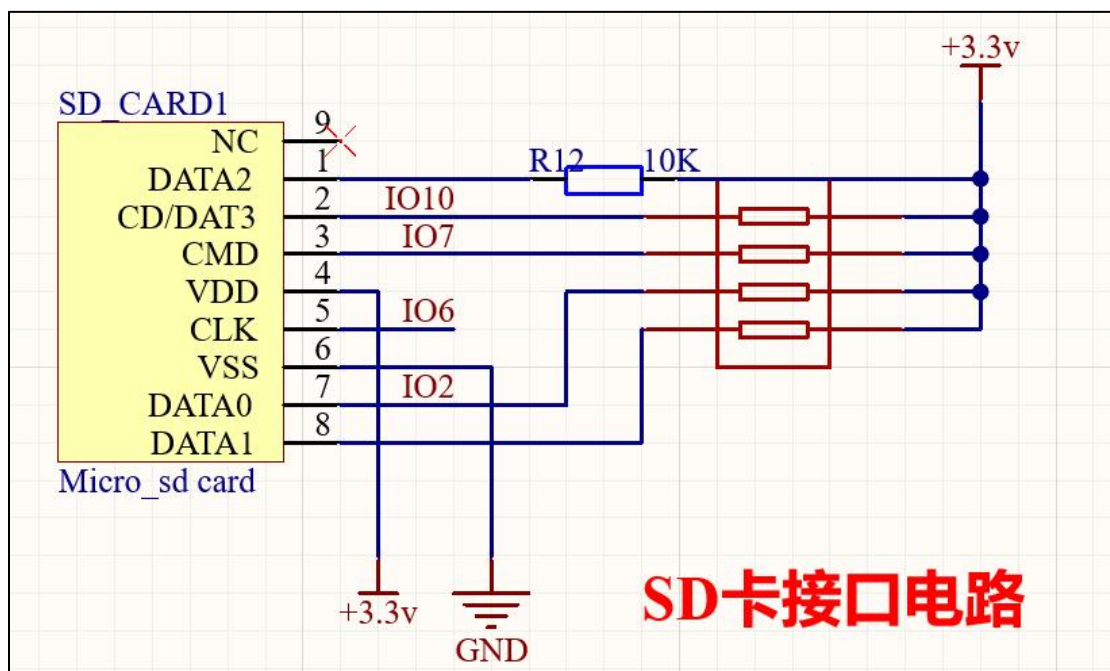


图 3.18 MicroSD 卡槽接口电路

此电路中，SD_CARD1 为 MicroSD 卡槽。R12，和 10K 排阻为各个引脚上拉电阻。

此接口电路采用 SPI 方式通信。支持高速存储 MicroSD 卡。注意：SPI 总线复用

3.3. 显示模块使用注意事项

- 1) 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。
- 2) 由于使用触摸，SD 卡，显示功能都使用同一个 SPI 总线，使用 CS 区分设备，代码注意不要重复初始化 SPI。
- 3) 两个 USB 口均可串口烧录，烧录方式不一样：USB-UART 口使用 CH340 ，依靠硬件电路自动复位进入下载模式；USB 口使用原生 USB-I/O 通过芯片内置 USB 协议完成烧录。
- 4) IO28 为 ESP32- C5 的 B00T 启动配置引脚。软件请勿主动拉低 IO28；若上电/复位瞬间 IO28 被拉低，芯片会强制进入下载模式，造成开机异常。复位完成后可作为普通按键使用。
- 5) 安全合理的使用该产品。