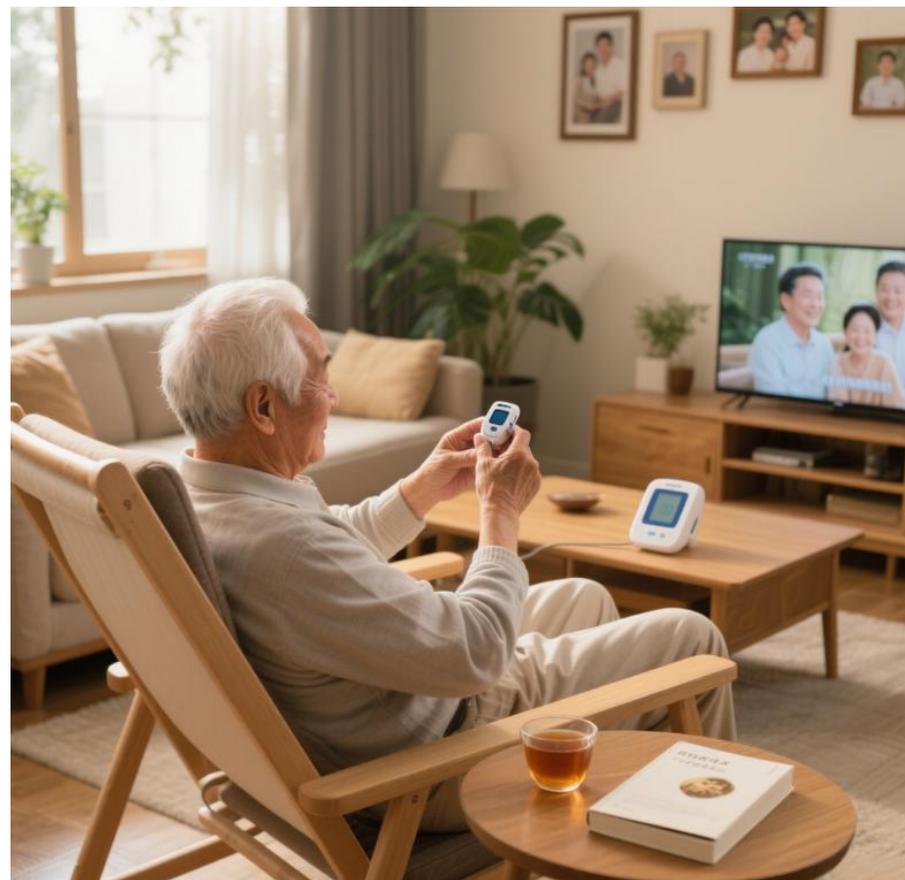


脉动式血氧计电子电路电磁兼容解决方案

 制作：音特电子 25-July



CONTENT

目录

01

行业标准解读

02

EMC测试相关要求

03

行业痛点剖析

04

电路设计EMC解决方案

一. 血氧计行业标准解读 (国际+国内)



1.1 国际行业标准

国际上，与脉动式血氧计相关的标准众多

ISO9919:1992 EN，规定了医疗用脉冲血氧计的各项要求，涵盖设备性能、安全性和可靠性等

其适用范围包括所有类型的医疗用脉冲血氧计，无论是手持式还是固定式设备。在性能要求方面，明确了准确度、稳定性、响应时间、重复性、测量范围和分辨率等指标，确保设备能精准测量患者血氧饱和度

在安全性和可靠性上，要求设备必须符合相关安全标准，CE认证，保障设备在各种条件下稳定可靠运行。还规定制造商要定期对设备进行校准和验证，并提供校准和验证记录，方便用户和医疗机构进行维护

ISO80601-2-61:2017对脉搏血氧计设备基本安全和基本性能提出特殊要求，涉及电气安全与电磁兼容性等多方面标准，确保设备在复杂电磁环境下也能正常工作，保障患者使用安全；也需要符合IEC60601-1-2



1.2 国内行业标准

国内医药行业中，YY0784-2010是与脉搏血氧仪产品相关的常用执行标准；该标准详细描述了适用于人体的脉搏血氧仪的基本安全和主要性能的专业要求，包括脉搏血氧监护仪、脉搏血氧探头、探头电缆延长线等正常使用中的必要部件

在脉搏血氧仪的主要技术参数方面，明确了血氧饱和度相关概念，如 SaO_2 为动脉氧饱和度， SpO_2 为脉搏血氧饱和度， FO_2 Hb为部分饱和度， SO_2 为功能氧饱和度，并给出数学表达式
对显示范围与声称范围进行区分，避免概念混淆，为产品的规范生产和使用提供明确指导

二. 仪器EMC测试相关要求



2.1 EMC测试项目ESD静电



静电放电抗扰度测试

依据IEC60601-1-2标准，模拟人体静电放电对脉动式血氧计的干扰

测试时，在设备的外壳、接口等部位施加不同等级的静电放电脉冲，观察设备是否能正常工作，有无功能异常、数据错误或损坏等情况

可能会在设备开机状态下，对其按键、显示屏边框等容易接触到人体的部位进行 $\pm 8\text{kV}$ 的空气放电测试和 $\pm 4\text{kV}$ 的接触放电测试，确保设备在日常使用中遇到静电干扰时仍能稳定运行



射频电磁场辐射抗扰度测试

按照标准，将设备置于射频电磁场环境中，频率范围通常为80MHz-2.7GHz

通过调节场强大小，测试设备在不同强度射频电磁场干扰下的性能

在1V/m的场强下，检查设备的血氧饱和度测量精度是否在允许误差范围内，脉率测量是否准确，以及设备是否会出现死机、重启等异常现象，以此评估设备对射频电磁场辐射的抗干扰能力

场强通常3 V/m或更高

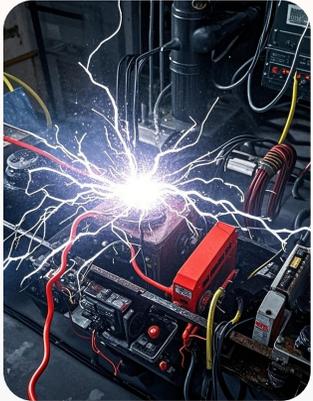


电快速瞬变脉冲群抗扰度测试

依据标准，向设备的电源端口、信号端口注入电快速瞬变脉冲群

脉冲的上升时间、脉冲宽度和重复频率等参数有严格规定，比如上升时间为5ns，脉冲宽度为50ns，重复频率为5kHz，观察设备在脉冲群干扰下能否保持正常工作，防止因电气环境中的瞬态干扰导致设备故障

典型等级：±2 kV电源线，±1 kV信号线



浪涌抗扰度测试

模拟电力系统中的开关操作、雷击等产生的浪涌现象，对设备的电源端口和通信端口进行测试

依据相关标准，设置不同的浪涌电压和电流等级，线-线之间施加1kV的浪涌电压，线-地之间施加2kV的浪涌电压，检测设备在浪涌冲击下的耐受能力，确保设备在恶劣电气环境下的可靠性

三. 行业EMC痛点剖析



3.1 测量准确性受干扰影响



在复杂的医疗环境中，存在大量的电磁干扰源，如其他医疗设备、无线通信设备等。这些干扰会影响脉动式血氧计的信号采集和处理，导致测量的血氧饱和度和脉率数据不准确；当附近有正在工作的高频手术设备时，其产生的强电磁辐射可能使血氧计的测量结果出现偏差，给医生的诊断和治疗带来误导

3.2 不同环境适应性差

脉动式血氧计可能会在不同的温度、湿度、气压等环境条件下使用

现有的一些产品在环境适应性方面存在不足。在高温高湿的环境中，设备内部的电子元件可能会受潮损坏，或者性能发生变化，影响测量精度；在低温环境下，电池的性能下降，可能导致设备工作不稳定，无法正常测量

部分脉动式血氧计在长时间连续工作过程中，会出现性能漂移的情况，导致测量结果逐渐偏离真实值

设备的抗干扰能力在长时间使用后也可能会下降，无法有效抵御电磁干扰，影响设备的稳定性和可靠性，无法满足临床长时间监测的需求

3.3 EMC电磁兼容痛点 Top 5

EMC测试项目	常见问题表现	主要原因	改进措施
射频辐射抗扰度 (IEC61000-4-3)	SpO ₂ /脉率读数跳变、信号丢失 (受Wi-Fi/手机干扰)	传感器电缆屏蔽不足、软件滤波算法不完善	优化PCB布局、增加电缆屏蔽层、改进数字滤波算法
静电放电 (ESD) (IEC61000-4-2)	设备死机、复位或误报“传感器脱落”	外壳接地不良、未使用ESD防护器件	加强接地设计、在接触点增加TVS二极管等保护元件
电快速瞬变脉冲群 (EFT/B) (IEC61000-4-4)	数据漂移、假报警 (如心率突然飙升)	电源滤波不足、信号隔离电路抗扰度差	增加 π 型滤波器、优化信号线共模滤波
传导发射 (CE) (CISPR 11)	电源线噪声超标, 干扰其他医疗设备	开关电源EMI滤波设计缺陷、未用屏蔽电缆	优化电源滤波电路 (X/Y电容、差模电感)、采用屏蔽线缆
工频磁场抗扰度 (IEC61000-4-8)	数值波动 (靠近变压器或大电流设备时)	传感器电路对磁场敏感、缺乏磁屏蔽	采用差分信号传输、关键部件使用高导磁合金屏蔽

四. 电路设计EMC解决方案



01.

滤波电路设计

在电源输入端和信号输入端分别设计滤波电路。对于电源输入，采用LC滤波电路，利用电感和电容的特性，阻挡高频干扰信号进入设备内部，同时平滑直流电源，减少电源波动对电路的影响。在信号输入端，根据信号频率选择合适的RC滤波电路，滤除混入信号中的高频噪声，提高信号的纯净度，确保测量信号准确传输和处理

02.

屏蔽设计

对设备的电路板进行屏蔽处理，使用金属屏蔽罩将电路板包围起来，阻止外部电磁干扰进入电路板，同时防止电路板内部产生的电磁干扰泄漏出去，影响其他设备。在屏蔽罩与电路板之间采用良好的接地措施，确保屏蔽效果。对于设备的电缆线，也采用屏蔽电缆，防止信号在传输过程中受到外部干扰

03.

接地设计

建立完善的接地系统，将设备的金属外壳、电路板的接地层等进行可靠接地。采用单点接地和多点接地相结合的方式，对于低频电路，采用单点接地，避免地环路产生的干扰；对于高频电路，采用多点接地，降低接地电阻，提高抗干扰能力。确保接地电阻符合相关标准要求，一般要求接地电阻小于 $1\ \Omega$ ，有效释放设备产生的静电和电磁干扰

抗干扰算法设计

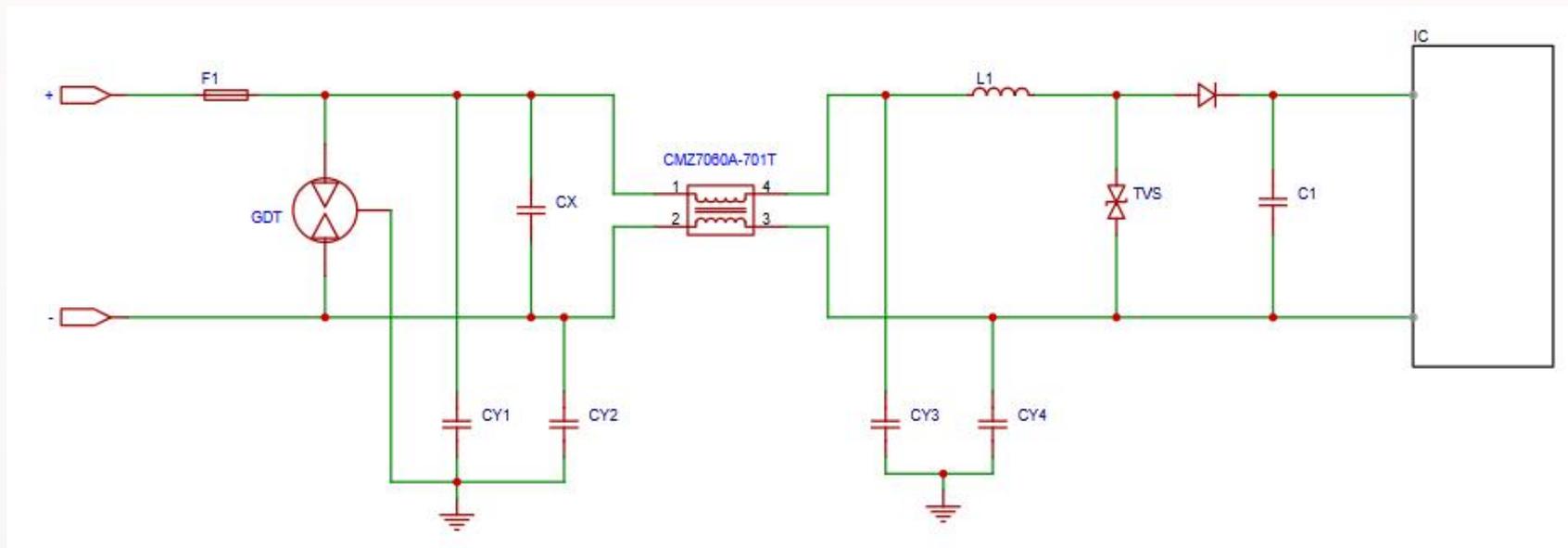
在软件中设计抗干扰算法，对采集到的信号进行处理。采用数字滤波算法，如均值滤波、中值滤波等，去除信号中的噪声和干扰。对于异常数据点，通过算法进行识别和剔除，避免其对测量结果产生影响。结合自适应滤波算法，根据环境干扰的变化自动调整滤波参数，提高信号处理的准确性和稳定性。

数据校验与纠错

在数据传输和存储过程中，采用数据校验和纠错技术。例如，使用CRC（循环冗余校验）算法对数据进行校验，在接收端对接收到的数据进行CRC校验，若发现数据错误，通过纠错算法进行纠正，确保数据的完整性和准确性，防止因电磁干扰导致数据传输错误而影响测量结果。

4.3 DC电源接口EMC及可靠性设计

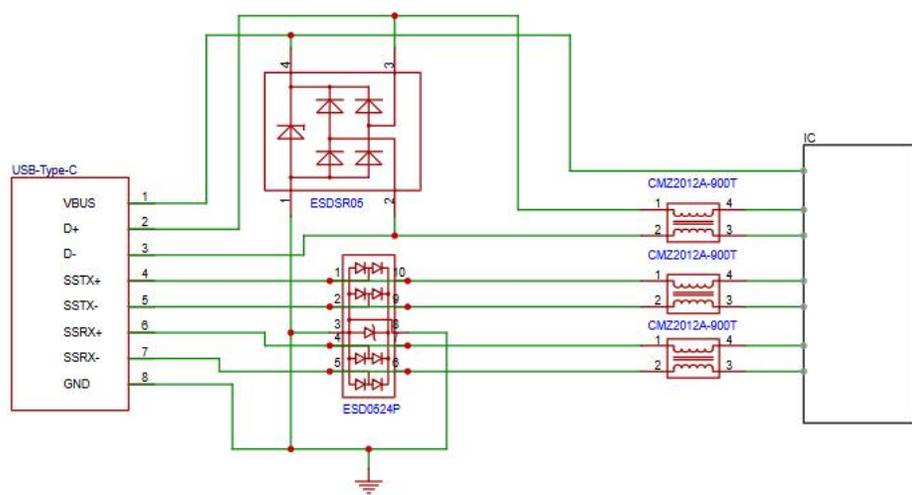
DC 电源接口：用于连接外部电源适配器（如 5V直流输入），部分主板芯片支持通过 USB 供电



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
3R090L	GDT	电源接口	浪涌, 防雷 (户外产品, 关注续流问题)	3RXXXL
SMBJ6.5CA	TVS 瞬态抑制二极管	电源接口	浪涌、抛负载	SMB/Do-214AA
CMZ7060A-701T	EMI 共模抑制器	电源接口	CE传导, 共模抑制, 电流更小, 考虑小封装	7060

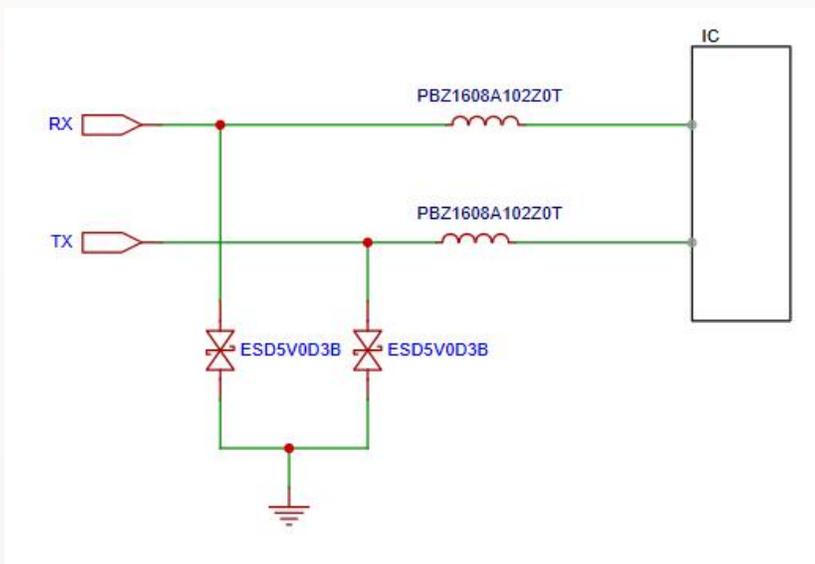
USB-Type-C 接口:

USB-Type-C接口具有高速数据传输能力，广泛应用于机器与外部存储设备、传感器等的连接。其高速模式下的数据传输速率可达10Gbps，能快速传输大量数据，如视觉图像数据；具备即插即用特性，方便用户随时连接和更换设备，提高机器使用的便捷性，在各类机器应用场景中发挥着关键作用。



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD0524P	ESD	USB接口	浪涌、静电	DFN2510
ESDSR05	ESD	USB接口	浪涌、静电	SOT143

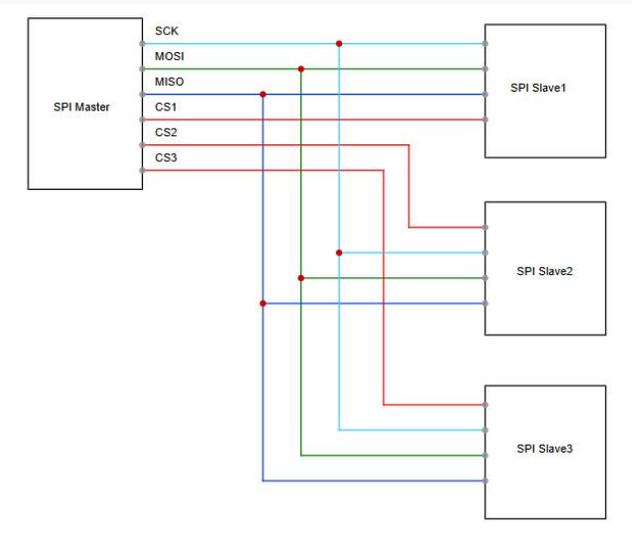
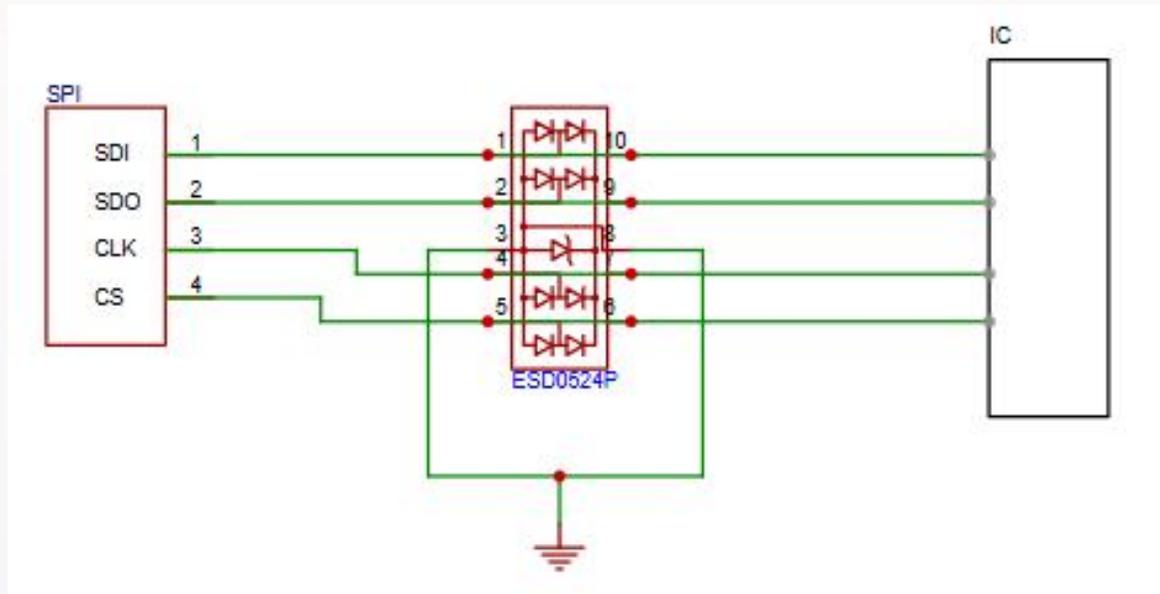
GPIO 接口（通用输入输出）：用于连接传感器、执行器等外设，支持自定义编程控制



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD5V0D3B	ESD	GPIO接口	浪涌、静电	SOD323
PBZ1608A102Z0T	磁珠	GPIO接口	消除高频干扰	1608

SPI 接口EMC及热插拔可靠性设计

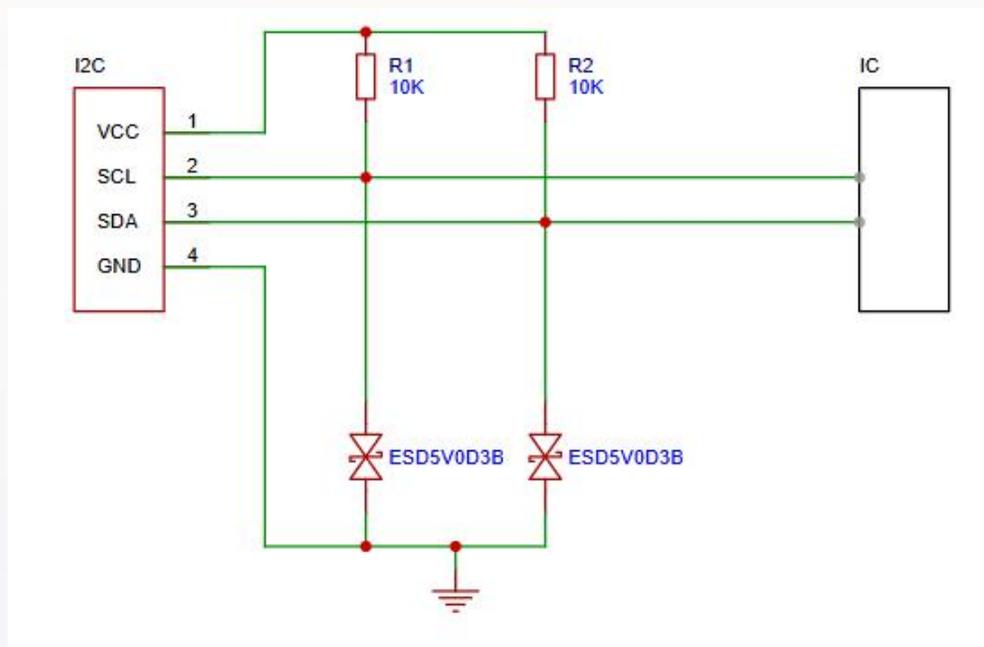
SPI 接口：高速串行通信接口，用于连接存储芯片、显示屏等



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD0524P	ESD	SPI接口	浪涌、静电	DFN2510

I²C 接口:

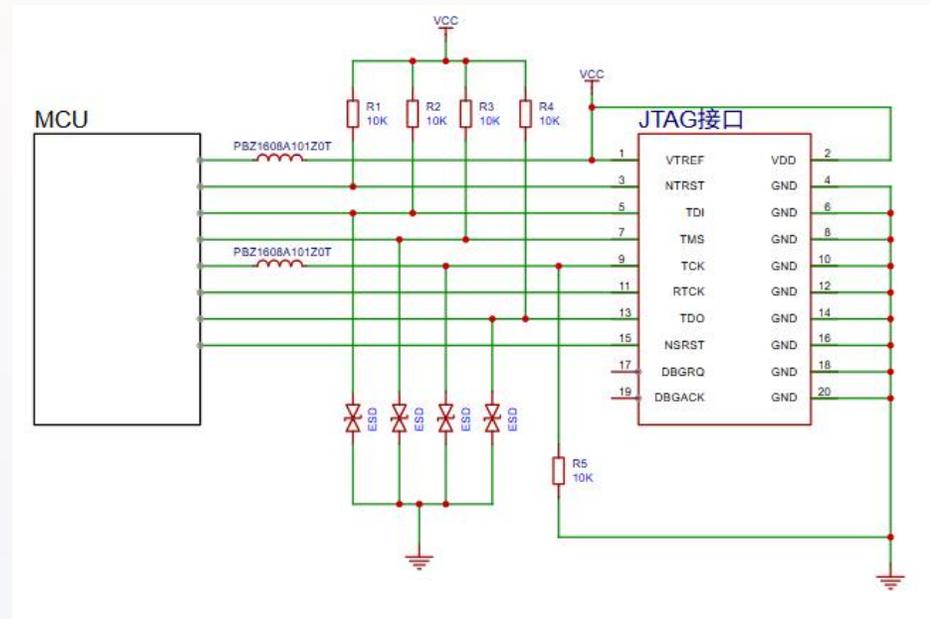
I²C (Inter-Integrated Circuit) 接口是一种常见的串行通信协议，广泛用于连接低速到中等速度的传感器、存储器芯片、以及其他外围设备。I²C接口由两个主要的信号线组成：串行数据线 (SDA) 和串行时钟线 (SCL)。



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD5V0D3B	ESD	I ² C接口	浪涌、静电	SOD323

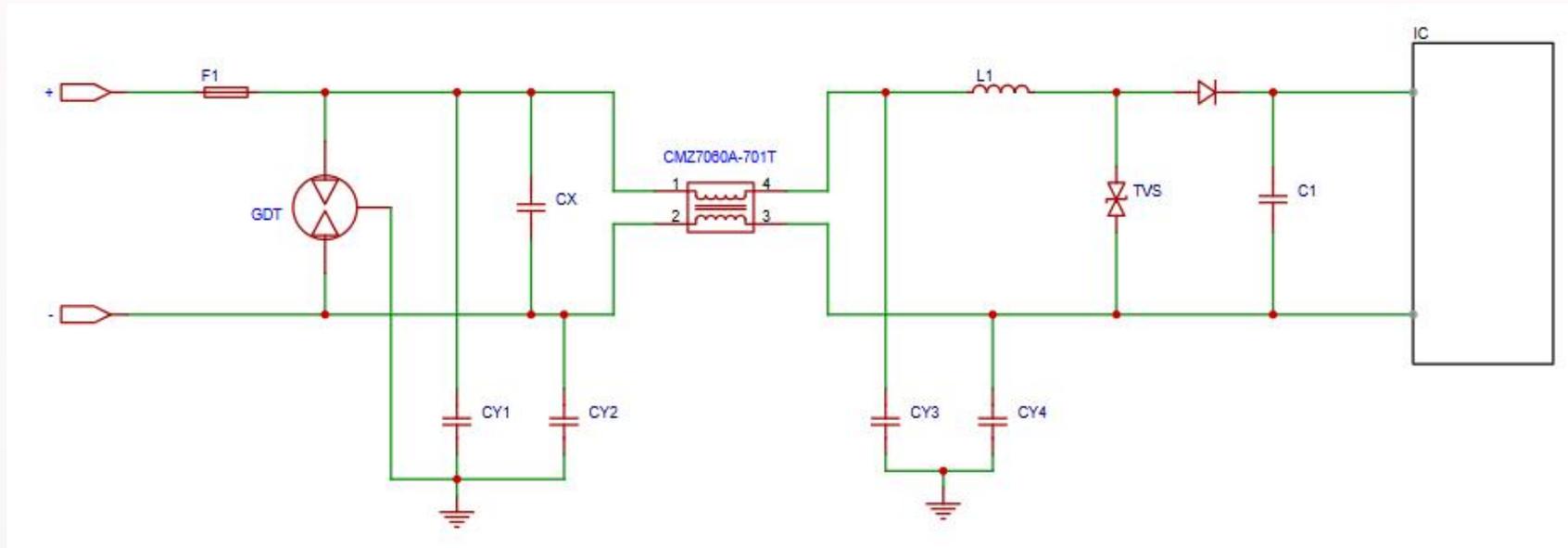
JTAG 接口:

JTAG(Joint Test Action Group , 联合测试行动小组) 是一种国际标准测试协议, 最高传输速率48MHz, 主要用于芯片内部测试及对系统进行仿真、调试, JTAG 技术是一种嵌入式调试技术, 它在芯片内部封装了专门的测试电路 TAP (Test Access Port , 测试访问口), 通过专用的 JTAG 测试工具对内部节点进行测试。



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD3V3D8B	ESD	JTAG接口	浪涌、静电	DFN1006
PBZ1608A101ZOT	磁珠	JTAG接口	消除高频干扰	1608

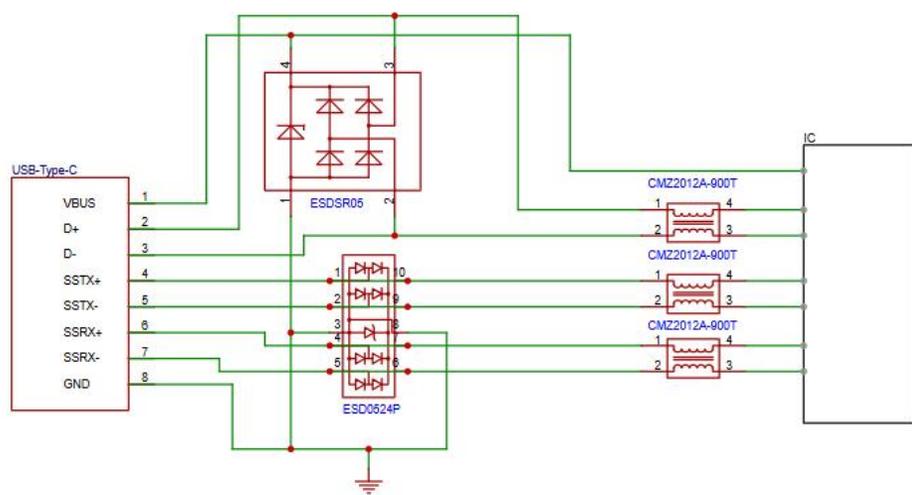
DC 电源接口：用于连接外部电源适配器（如 5V直流输入），部分主板芯片支持通过 USB 供电



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
3R090L	GDT	电源接口	浪涌, 防雷 (户外产品, 关注续流问题)	3RXXXL
SMBJ6.5CA	TVS 瞬态抑制二极管	电源接口	浪涌、抛负载	SMB/Do-214AA
CMZ7060A-701T	EMI 共模抑制器	电源接口	CE传导, 共模抑制, 电流更小, 考虑小封装	7060

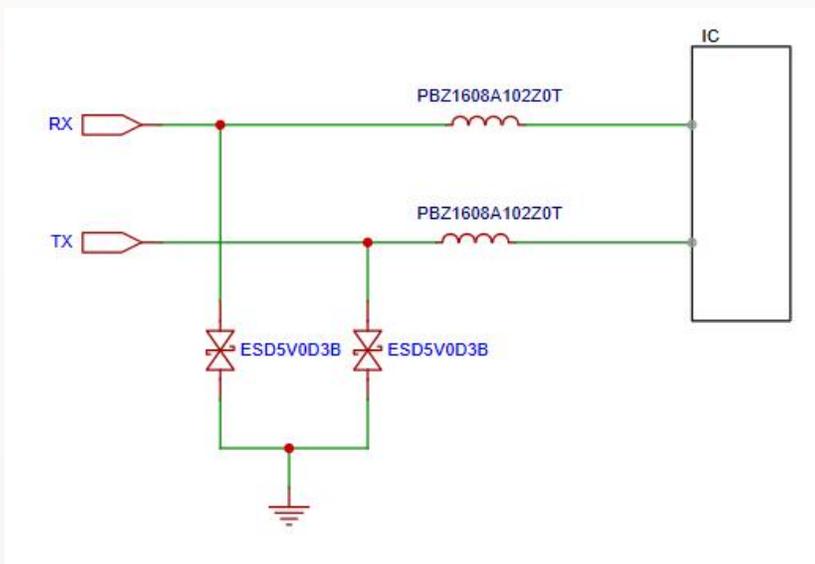
USB-Type-C 接口:

USB-Type-C接口具有高速数据传输能力，广泛应用于机器与外部存储设备、传感器等的连接。其高速模式下的数据传输速率可达10Gbps，能快速传输大量数据，如视觉图像数据；具备即插即用特性，方便用户随时连接和更换设备，提高机器使用的便捷性，在各类机器应用场景中发挥着关键作用。



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD0524P	ESD	USB接口	浪涌、静电	DFN2510
ESDSR05	ESD	USB接口	浪涌、静电	SOT143

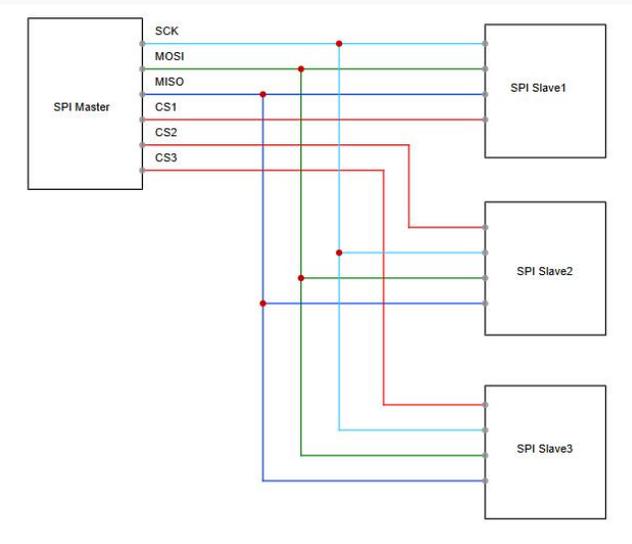
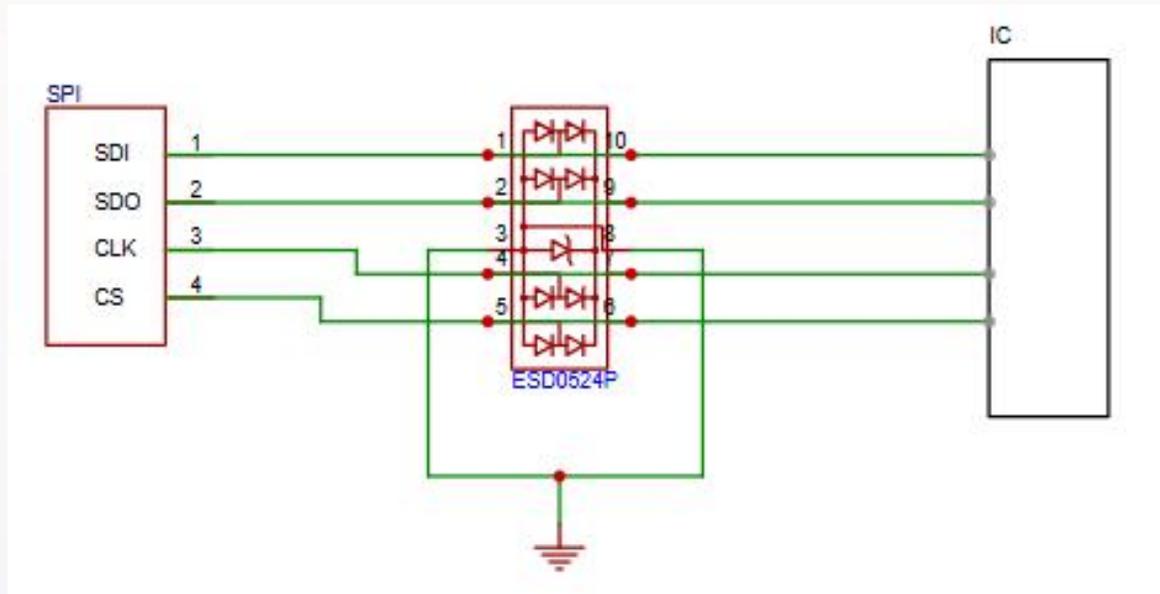
GPIO 接口（通用输入输出）：用于连接传感器、执行器等外设，支持自定义编程控制



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD5V0D3B	ESD	GPIO接口	浪涌、静电	SOD323
PBZ1608A102Z0T	磁珠	GPIO接口	消除高频干扰	1608

SPI 接口EMC及热插拔可靠性设计

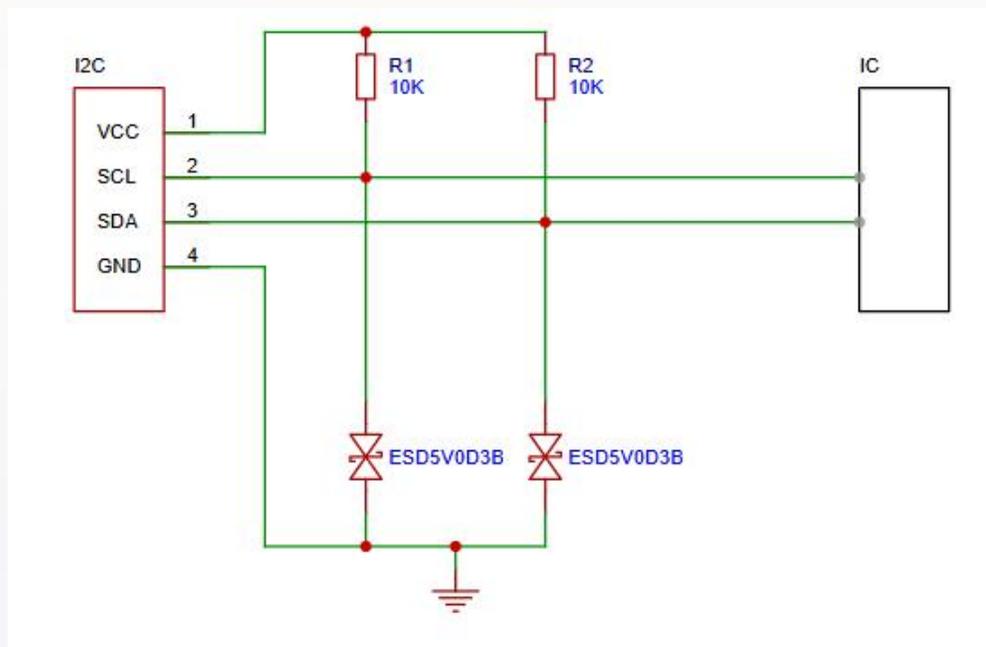
SPI 接口：高速串行通信接口，用于连接存储芯片、显示屏等



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD0524P	ESD	SPI接口	浪涌、静电	DFN2510

I²C 接口:

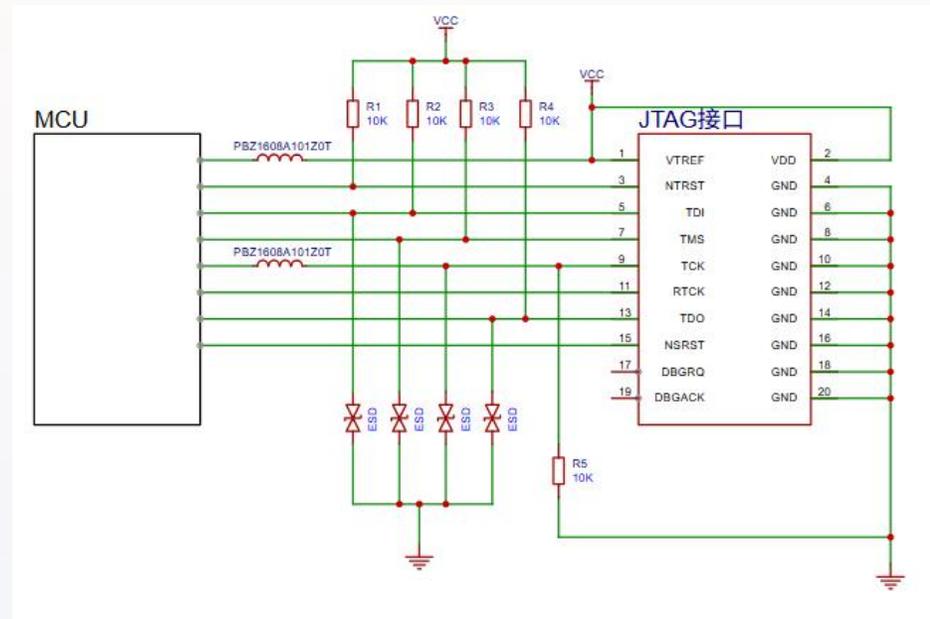
I²C (Inter-Integrated Circuit) 接口是一种常见的串行通信协议, 广泛用于连接低速到中等速度的传感器、存储器芯片、以及其他外围设备。I²C接口由两个主要的信号线组成: 串行数据线 (SDA) 和串行时钟线 (SCL)。



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD5V0D3B	ESD	I2C接口	浪涌、静电	SOD323

JTAG 接口:

JTAG(Joint Test Action Group ，联合测试行动小组) 是一种国际标准测试协议，最高传输速率48MHz，主要用于芯片内部测试及对系统进行仿真、调试， JTAG 技术是一种嵌入式调试技术，它在芯片内部封装了专门的测试电路 TAP （ Test Access Port ，测试访问口），通过专用的 JTAG 测试工具对内部节点进行测试。



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD3V3D8B	ESD	JTAG接口	浪涌、静电	DFN1006
PBZ1608A101ZOT	磁珠	JTAG接口	消除高频干扰	1608

谢谢大家

了解更多：www.yint.com.cn

+ 联系我们：sales@yint.com.cn

