



# 血压监护仪电子电路电磁兼容 全解析：从痛点到解决方案



制作：音特电子



时间：2025.07

**目  
录**  
CONTENTS

- 一. 国际行业标准
- 二. 国内行业标准
- 三. 行业标准里涉及到的EMC测试相关要求
- 四. 血压监护仪的行业痛点
- 五. 电路设计对于EMC的解决方案

# 一. 国际行业标准





# 血压监测设备的主要国际标准



## 01

血压监测设备的标准主要有IEC60601系列标准，其中IEC60601-1-2是医疗电气设备电磁兼容性的关键标准，对设备在电磁环境中的正常工作以及不干扰其他设备的能力做出了明确规范

## 02

ISO11073-10407标准，聚焦于健康信息学中个人健康设备通信里血压监测仪的设备专业化要求，确保不同血压监测设备之间通信的兼容性和稳定性，方便医疗数据的准确传输和共享

## 03

美国电气与电子工程师协会（IEEE）制定的IEEE11073-10407标准，同样在健康信息学个人健康设备通信的设备专业化-血压监测仪领域发挥重要作用，为血压监测仪的技术实现和功能规范提供了依据

## 二. 国家行业标准





# 国内血压监护仪遵循的标准规范

国内的血压监护仪标准与国际接轨，同时也结合了国内的实际需求和医疗环境特点

YY9706.234-2021《医用电气设备 第2-34部分:有创血压监护设备的基本安全和基本性能专用要求》，对有创血压监护设备的基本安全和基本性能进行了严格规定，确保设备在临床使用中的安全性和有效性

YY0505标准是中国对医用电气设备的EMC要求，它基本与国际通用的IEC60601-1-2一致，涵盖了静电放电抗扰度、射频辐射抗扰度、电快速瞬变脉冲群抗扰度等多个关键测试项目，保证设备在复杂电磁环境下稳定工作的同时，不对周围其他设备产生干扰

## 三. 行业标准里涉及到的EMC测试相关要求





# EMC测试项目及重要性

## 静电放电抗扰度测试

测试要求血压监护仪在遭受静电放电时，仍能保持正常工作状态，不出现数据错误、死机、重启等异常现象，在日常生活中，人体与设备接触时可能产生静电放电，若监护仪不满足该测试要求，就可能导致测量数据不准确，影响医生对患者病情的判断

## 射频辐射抗扰度测试

测试旨在检验设备在射频辐射环境下的抗干扰能力；医院中存在各种无线通信设备，如Wi-Fi、蓝牙设备等，它们产生的射频辐射可能会干扰血压监护仪的正常工作。通过该测试，确保监护仪在这样的环境中能稳定运行，准确测量患者的血压数据

## 电快速瞬变脉冲群抗扰度测试

测试要求设备在承受电快速瞬变脉冲群干扰时，不出现功能故障。在医院的电气环境中，电机的启动、开关的通断等都可能产生电快速瞬变脉冲群，符合该测试要求的监护仪能够有效抵御这些干扰，保障测量的准确性和稳定性

## 传导发射测试

测试用于限制血压监护仪通过电源线或信号线向外部传导电磁干扰的强度。如果设备的传导发射超标，可能会影响同一电气网络中的其他设备正常工作，所以通过该测试，能确保监护仪不会对周围的医疗设备、电气系统等造成传导干扰

## 辐射发射测试

测试规定了设备向周围空间辐射电磁能量的限值。血压监护仪在工作时会产生一定的电磁辐射，若辐射发射超出标准限值，可能会干扰附近的其他电子设备，甚至对患者和医护人员的身体健康产生潜在影响，因此通过该测试可保障医疗环境的电磁兼容性

## 四. 血压监护仪的EMC电磁兼容

### 5大痛点





# 痛点一 抗扰度不足（射频）

## 痛点表现：

设备在医疗环境中易受其他高频设备（如手机、Wi-Fi、手术电刀）干扰，导致测量误差、屏幕闪烁或死机

设备在MRI室或大型变压器附近时，压力传感器输出漂移（如示值误差超±5mmHg）

## 典型场景：

ICU或手术室中，监护仪因电刀干扰显示异常血压值

**原因：**射频抗扰度（如YY0505/IEC60601-1-2标准中的射频场抗扰度测试未通过）

未对霍尔元件或模拟信号链采取磁屏蔽措施

IEC60601-1-2:2014（对应 YY0505-2012）第 6.8.3.3条

测试依据：IEC61000-4-6（频率范围 150kHz - 80MHz）

IEC 60601-1-2 第 6.8.3.2 条（参考 IEC 61000-4-8）



## 痛点二 传导发射超标

### 痛点表现:

设备电源线或信号线传导的电磁噪声超标，影响同一电网下的其他设备（如心电图机、输液泵）

### 典型场景:

多设备并联使用时，血压监护仪引发系统误报警，设备在Wi-Fi（2.4GHz）、手机（900MHz/1.8GHz）或医疗射频设备（如电外科设备）附近时，屏幕花屏、血压数值跳变

**原因:** 电源滤波设计不足或接地不良



## 痛点三 静电放电（ESD）失效

### 痛点表现：

接触设备按键或接口时，静电导致程序崩溃或硬件损坏

### 典型场景：

医护人员操作时触发放电，设备重启或数据丢失

### 原因：

外壳绝缘设计缺陷或未通过IEC 61000-4-2标准测试（如空气放电±8kV失败）

IEC60601-1-2第6.8.3.1条（依据IEC61000-4-2，接触放电±6kV/空气放电±8kV）



## 痛点四 辐射发射超标

### 痛点表现:

设备自身电磁辐射干扰其他设备，或无法通过监管检测（如FDA或CE认证）

### 典型场景:

辐射频段（如30MHz-1GHz）超出限值，导致整机认证失败

原因：PCB布局不合理或屏蔽措施不足（如电机驱动电路未隔离）

IEC 60601-1-2:2014 第 6.8.3.4 条（对应 YY 0505 第 36.202.4 条）

测试依据：IEC 61000-4-3（频率范围 80MHz - 2.7GHz，严酷等级 3V/m，重症监护设备需 10V/m）



## 痛点五 快速瞬变脉冲群（EFT/Burst）耐受性差

### 痛点表现：

电网波动（如设备启停）引发血压监护仪误触发或测量中断。

### 典型场景：

医院中央空调启动时，设备频繁重启。

### 原因：

电源电路或信号线未做瞬态抑制（未通过IEC61000-4-4测试）

电源模块未设计瞬态抑制电路（缺少压敏电阻和TVS）

**标准条款：** IEC60601-1-2第6.8.3.5条（依据 IEC61000-4-4，电源线±2kV/信号线±1kV）

# 电路设计对于EMC的 解决方案





# 标准中的关键限值要求

测试项目	标准依据	频率/严酷等级	通过条件
传导射频抗扰度	IEC 61000-4-6	150kHz - 80MHz, 3Vrms	功能正常, 无性能降级
辐射射频抗扰度	IEC 61000-4-3	80MHz - 2.7GHz, 10V/m (重症设备)	不允许任何误操作
工频磁场抗扰度	IEC 61000-4-8	50/60Hz, 30A/m	测量误差在临床允许范围内
静电放电 (ESD)	IEC 61000-4-2	±8kV (空气放电)	测试后自动恢复, 无硬件损伤
快速瞬变脉冲群	IEC 61000-4-4	±2kV (电源线)	不触发安全保护机制



在血压监护仪的外壳设计上，使用金属材料或具有屏蔽性能的复合材料，形成有效的电磁屏蔽层，阻挡内部电磁辐射泄漏到外部环境，同时防止外部电磁干扰进入设备内部。比如，采用铝合金外壳，不仅具有良好的屏蔽性能，还能保证设备的结构强度

对内部电路板进行局部屏蔽，针对容易产生电磁干扰的关键电路模块，如电源模块、射频模块等，使用金属屏蔽罩进行隔离，减少模块之间的电磁耦合干扰



# 滤波电路设计

在电源输入端和信号输入端分别设计合适的滤波器，

低通滤波器

高通滤波器

带通滤波器等

滤除电源和信号中的高频干扰成分

保证输入到设备的电源和信号的纯净度





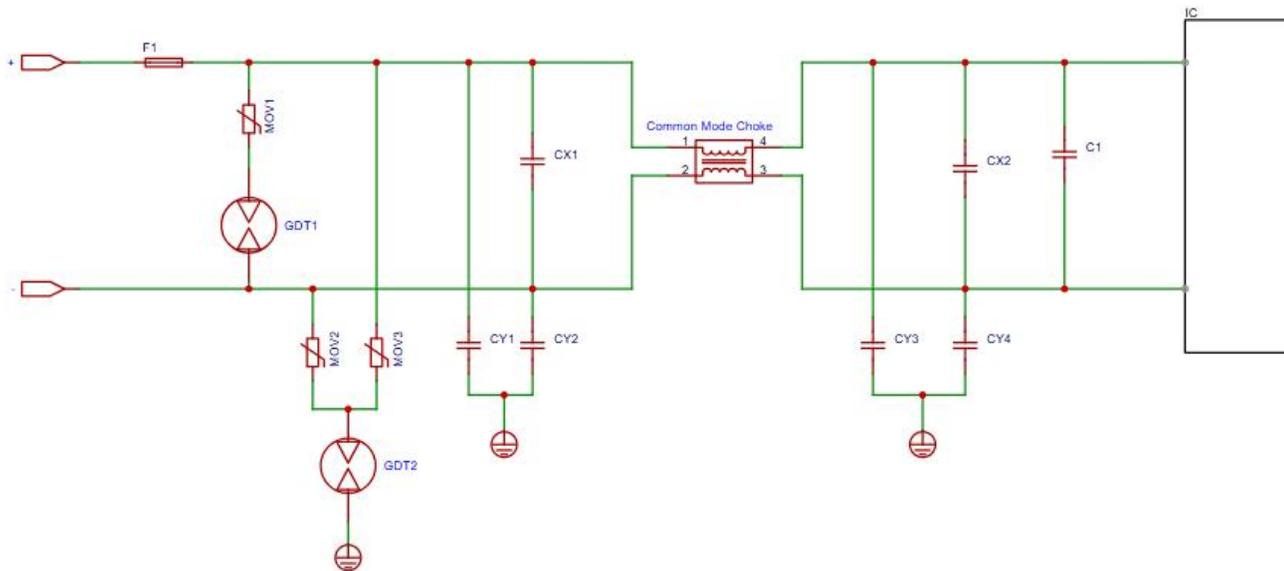
# 电路节点

1. AC/DC电源（反激式）输出12V
2. Buck转换器（3.3V/5V）输入12V，输出5V
3. MCU（STM32等）输入5V，并输出控制信号（GPIO）和接收ADC信号
4. 压力传感器（惠斯通电桥）输出差分信号
5. 仪表放大器（INA128）输入差分信号，输出放大后的信号
6. 滤波电路 输入放大信号，输出滤波后的信号到ADC
7. ADC（16/24位）输入滤波信号，输出数字信号到MCU
8. H桥驱动器（DRV8871）输入来自MCU的GPIO（PWM）信号，输出驱动充气泵
9. 充气泵（DC电机）由H桥驱动器驱动



# AC电源接口EMC及可靠性设计

AC 电源接口：用于连接外部220V交流输入

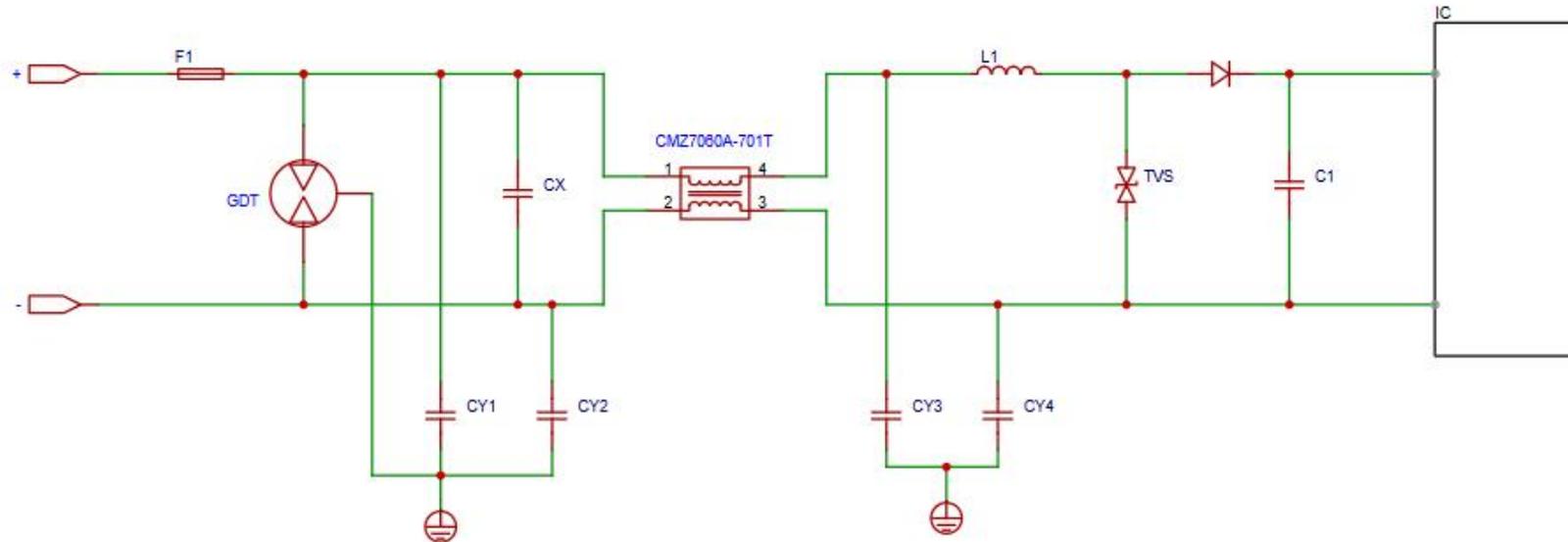


型号	器件类型	使用位置	作用	封装
2R600L	GDT	电源接口	浪涌，防雷（户外产品，关注续流问题）	2RXXXL
14D561K/14D511K	MOV	电源接口	浪涌，防雷	14D
CMZ/CML	EMI 共模抑制器	电源接口	共模抑制	SMD



# DC电源接口EMC及可靠性设计

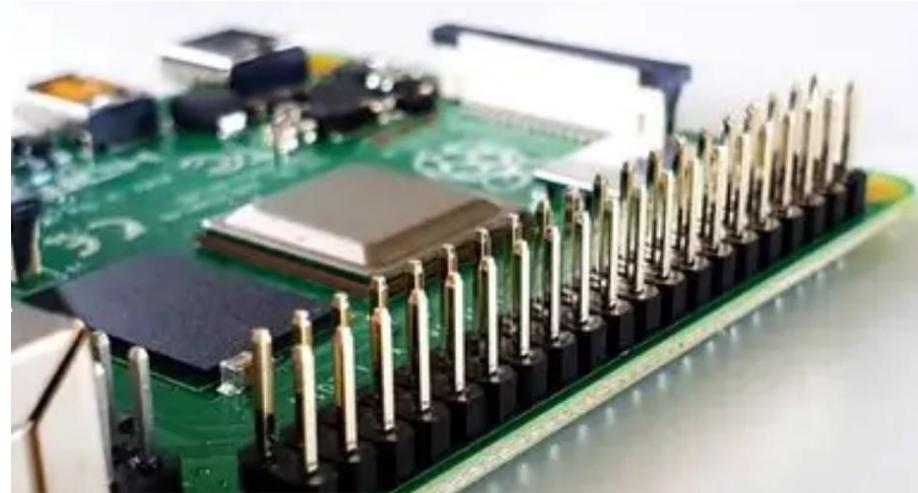
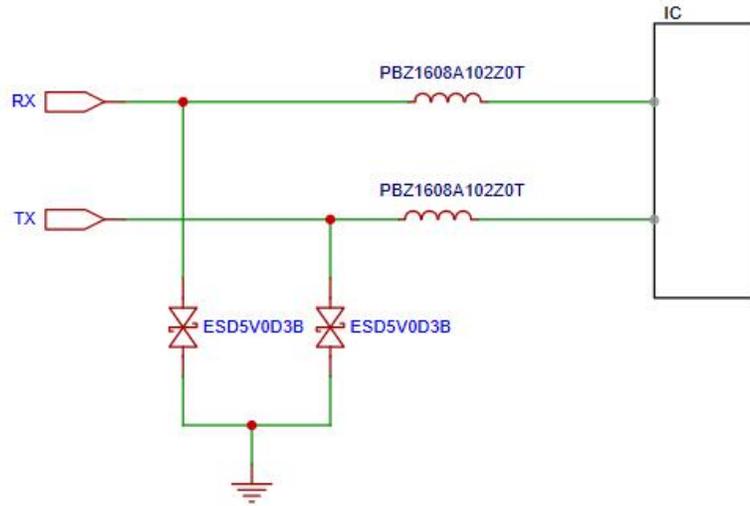
**DC 电源接口：**用于连接外部电源适配器（如 5V/12V 直流输入），部分主板芯片支持通过 USB 供电



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
SMCJ15CA	TVS 瞬态抑制二极管	电源接口	浪涌、抛负载	SMC/Do-214AB
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

# GPIO/ UART/ I<sup>2</sup>C接口 EMC及热插拔可靠性设计

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



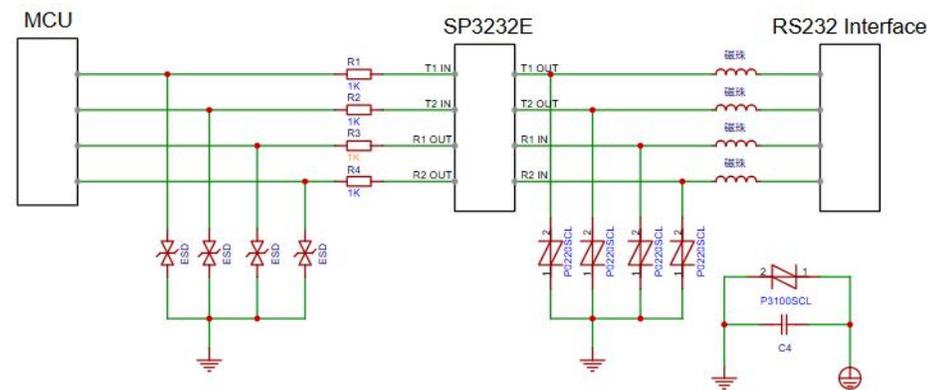
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD5V0D3B	ESD	GPIO接口	浪涌、静电	SOD323
PBZ1608A102Z0T	磁珠	GPIO接口	消除高频干扰	1608



# RS232转TTL (SP3232E) 接口EMC及热插拔可靠性设计

## RS232 接口:

常用的串行通信接口之一，RS232适用于短距离设备互联（如打印机、鼠标等），且需通过电平转换芯片（如 SP3232E ）适配不同逻辑电平；此处用于连接老式医用打印机，一般速率115.2kbps。

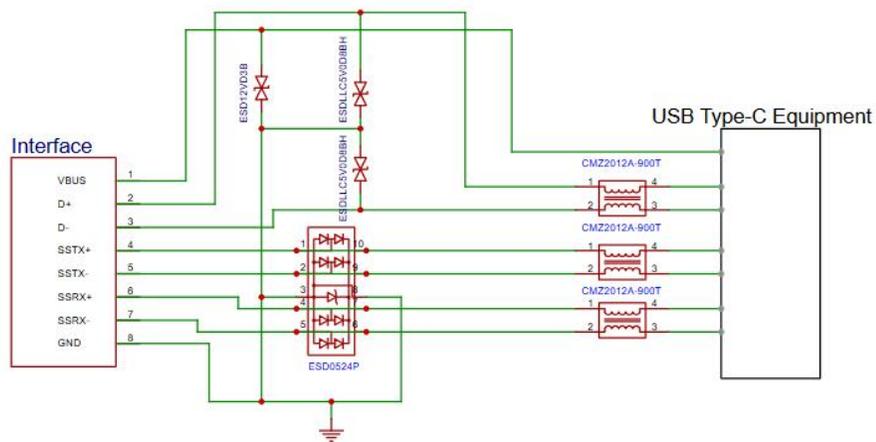


型号	器件类型	使用位置	作用	封装
P0220SCL	TSS	RS232接口	浪涌、静电	SMB
P3100SCL	TSS	RS232接口	雷击、浪涌、静电	SMB
ESD5V0D3B	ESD	MCU接口	浪涌、静电	SOD323
PBZ1608A102Z0 T	磁珠	RS232接口	消除高频干扰	1608

# USB-TYPE-C PD (支持9V/2A快充) EMC及热插拔可靠性设计

## USB-Type-C 接口:

USB接口具有高速数据传输能力，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；如高速数据传输（如基因序列数据、质谱原始数据），测序仪、质谱仪；并且所有接口需通过YY 0505（医用电气设备EMC标准）测试，所以共模抑制显的十分重要。



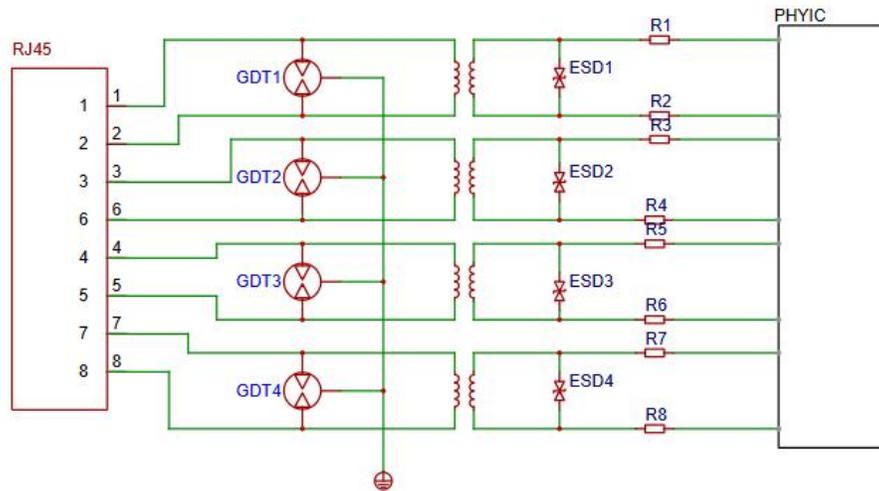
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD0524P	ESD	USB接口	浪涌、静电	DFN2510
ESD5V0D8BH	ESD	USB接口	浪涌、静电	DFN1006
CMZ2012A-900T	EMI 共模抑制器	USB接口	共模抑制	2012
ESD12VD3B	ESD	USB接口	浪涌、静电	SOD323



# 以太网接口EMC及热插拔可靠性设计

## 以太网 接口:

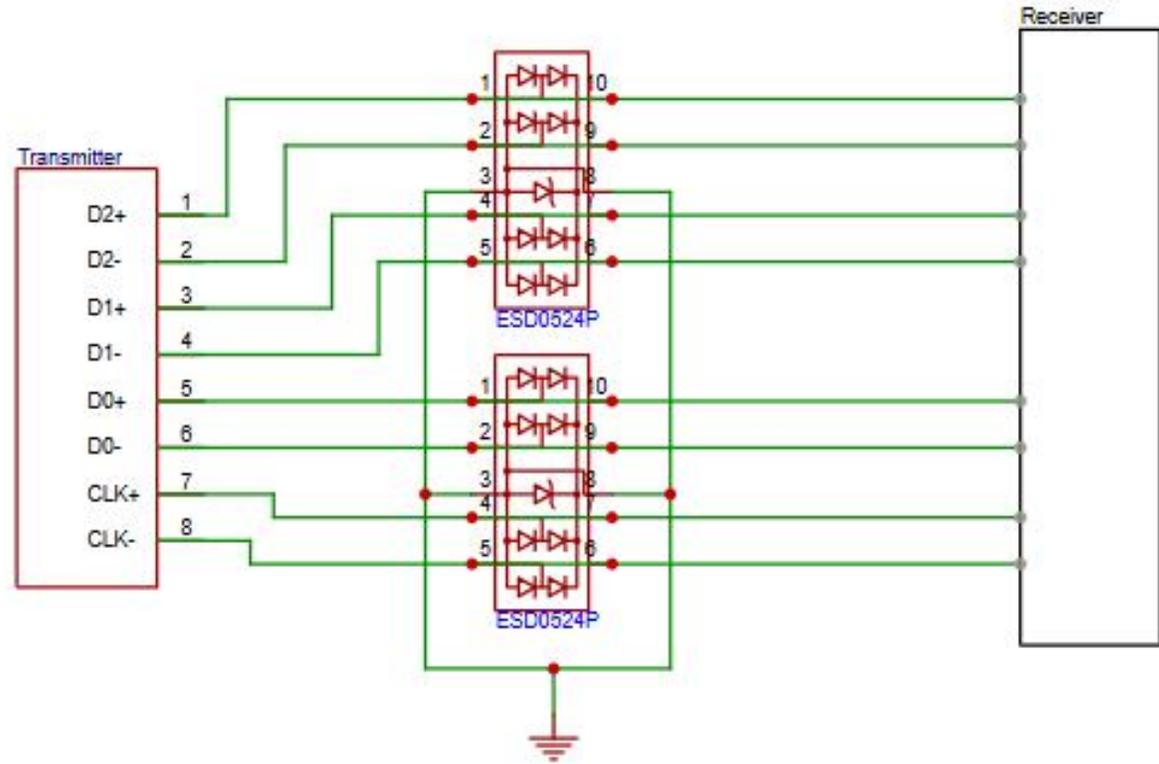
支持有线网络连接；以太网接口为机器提供稳定的网络连接，支持远程控制和数据交互。通过以太网，机器可实时上传工作数据至云端，接受远程指令，实现智能化远程操作；其传输速率可达1000Mbps甚至更高，满足机器在自动化、智能化等领域对高速、稳定数据传输的需求。



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
3R090L	GDT	以太网接口	浪涌	3RXXXL
ESDLC3V3D3B	ESD	以太网接口	浪涌、静电	SOD323

# HDMI接口EMC及热插拔可靠性设计

HDMI 接口：用于连接显示器输出视频信号

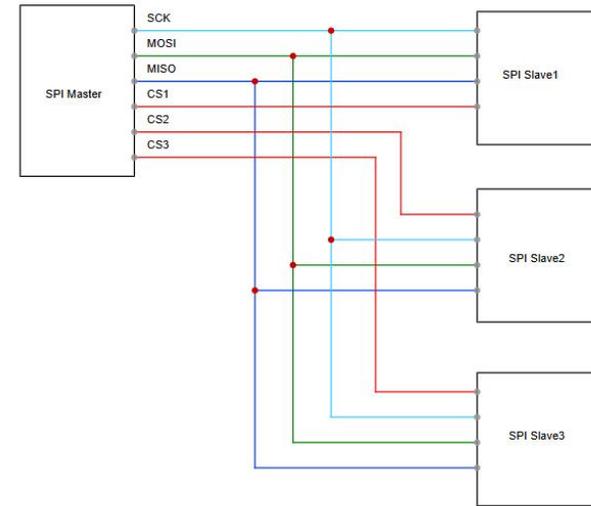
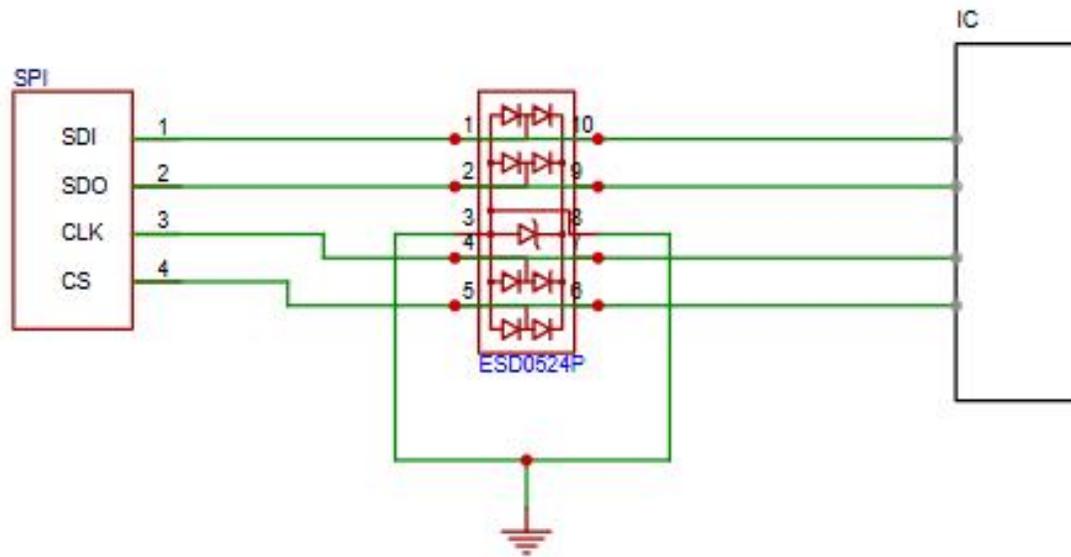


型号	器件类型	使用位置	作用	封装	特点
ESD0524P	ESD	HDMI接口	浪涌、静电	DFN2510	用量大，价值比高



# 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

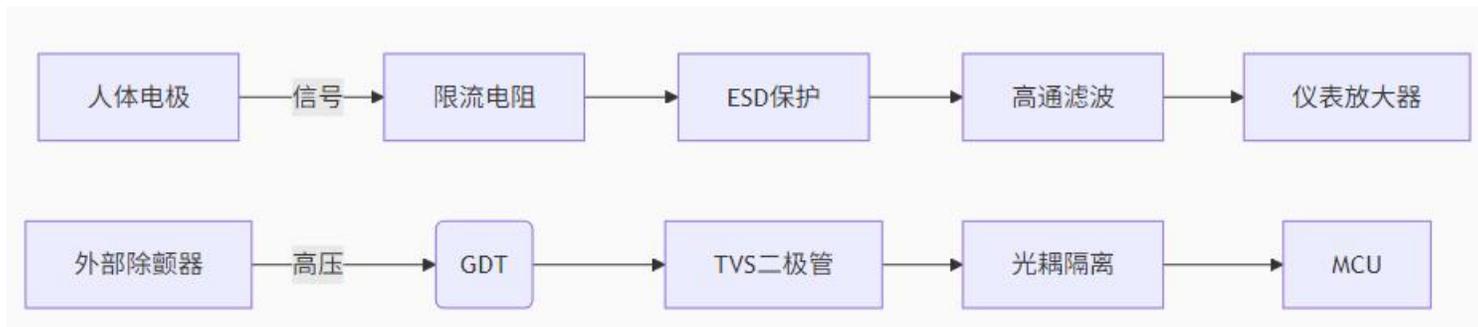


型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD0524P	ESD	SPI接口	浪涌、静电	DFN2510



# ECG导联插座

Electrocardiogram, ECG 连接人体电极的关键接口，用于采集心电信号，IEC60601-2-25: ECG设备专项标准





谢谢大家

