音特电子
YINT ELECTRONICS

医疗电动椅电子电路电磁兼容解决方案

制作：音特电子　2025.July

音特电子
YINT ELECTRONICS

Catalogue

目录

1. 医疗电动椅行业标准

2. 行业标准里的EMC测试相关要求

3. 医疗电动椅的行业痛点

4. 电路设计对于EMC的解决方案

音特电子
YINT ELECTRONICS

1. 医疗电动椅行业标准

国际行业标准

音特电子 YINT ELECTRONICS

电动轮椅在国际市场，尤其是欧盟，销售需符合严格标准,如欧盟CE认证，电动轮椅归类为II类医疗器械，需遵循《欧盟医疗器械法规》MDR（EU）2017/745、低电压指令》LVD 2014/35/EU（若适用）、《电磁兼容指令》EMC 2014/30/EU（通常适用）以及《电池和蓄电池法规》（若使用锂电池）

关键协调标准包括

EN ISO 13485　医疗器械质量管理体系

EN ISO 14971　医疗器械风险管理

EN 12184　电动轮椅通用安全要求，规定性能、安全和试验方法

EN 60601- 1　医疗电气设备通用要求，涵盖电气安全、基本性能

EN 60601- 1- 2　电磁兼容性要求，进行EMC兼容性测试

EN 62366　医疗器械可用性工程，确保用户友好、避免误操作

EN ISO 10993系列　生物相容性测试，针对皮肤接触材料的生物安全评估

国内行业标准

音特电子 YINT ELECTRONICS

中国针对电动轮椅制定了专门标准，如：YY9706.102- 2021，旨在确保电动轮椅使用中的安全性和性能稳定性；其中验证测试要求涵盖静态和动态负载测试，以验证不同载重下的稳定性；电气安全测试，保障电路设计符合安全规范；还有长时间使用的耐久性测试，避免设备长时间使用后出现故障

设计要求方面，需符合人体工程学，操作简便，满足不同用户需求；具备防水功能，适应多样使用环境；材料符合环保及可回收性标准，减少环境影响。在用户安全上，必须配备制动系统、紧急停止按钮和过载保护功能

GB18268.1是中国医疗器械电磁兼容性的国家标准，适用于电动轮椅

它要求控制电磁干扰（EMI），确保在电磁环境中不产生过高干扰，不影响周围医疗设备；保证电磁抗扰度（EMS），使电动轮椅能抵御外部电磁干扰，保障使用安全，测试包括静电放电抗扰度测试和电磁场辐射抗扰度测试；还要求进行兼容性测试，确保在各种电磁环境下安全、有效地工作

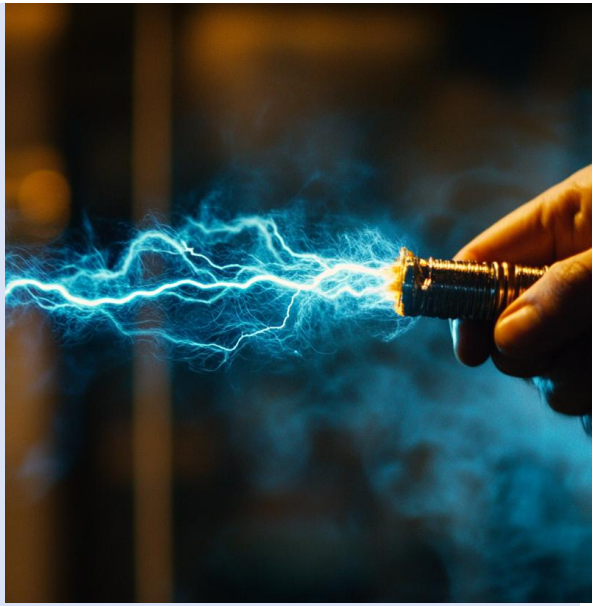
音特电子
YINT ELECTRONICS

2. 行业标准里的EMC测试相关要求

EMC测试项目与要求 ESD

音特电子 YINT ELECTRONICS

静电放电（ESD）抗扰度 GB/T17626.2/IEC61000-4-2



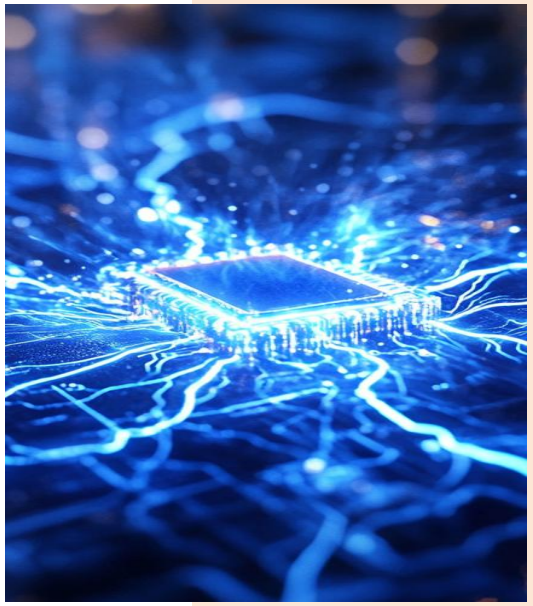
医用电气设备的EMC标准规定，医疗设备静电放电抗扰度指标为Air空气放电为±2KV、±4KV和±6KV ，测试时使用静电发生器模拟实际静电放电

Contact接触放电是将静电发生器的放电电极直接接触设备金属外壳部件放电；空气放电是将放电电极接近受试设备由火花放电；还有间接放电，即通过垂直放置于离被测设备壳体面10cm处的0.5m*0.5m大小的金属板，向该金属板放电，试验过程中设备是否符合要求，依据医疗设备抗扰度的符合性判据判定

通用等级：接触放电±6 kV，空气放电±8 kV（依据60601-1-2）

EMC测试项目与要求 EFT

音特电子 YINT ELECTRONICS



快速瞬变脉冲群抗扰度 GB/T17626.4/IEC61000-4-4

产生机理：医用电气设备使用的交流电源连接在公共电网，大功率电感性负载开关或继电器接点闭合产生的断续放电，会在电源线中形成快速瞬变脉冲群，可能干扰电网上的医疗设备

标准规定在AC和DC电源线上施加±0.5KV，±1KV和±2KV快速瞬变脉冲群的电平测试时，使用能产生特定波形的快速瞬变脉冲群发生器，通过耦合装置将瞬变脉冲群注入电源线或其它信号电缆及互连电缆线中，再根据医疗设备抗扰度的符合性判据判断设备是否符合要求

通用等级：电源端口±2 kV，信号端口±1 kV

EMC测试项目与要求 Surge

音特电子 YINT ELECTRONICS

雷击浪涌抗扰度Surge　GB/T17626.5/IEC61000-4-5

自然界雷电或大功率负载开关、电力系统故障时，会产生雷击浪涌，通过输电线或通讯线传送，干扰设备正常工作甚至造成损坏

标准要求对AC电源线的相对线对地施加±0.5KV，±1KV和±2KV；相线对相线施加±0.5KV，和±1KV

测试时，通过耦合装置将浪涌电压注入电源线中

通用等级：线对地±1 kV，线对线±0.5 kV

EMC测试项目与要求

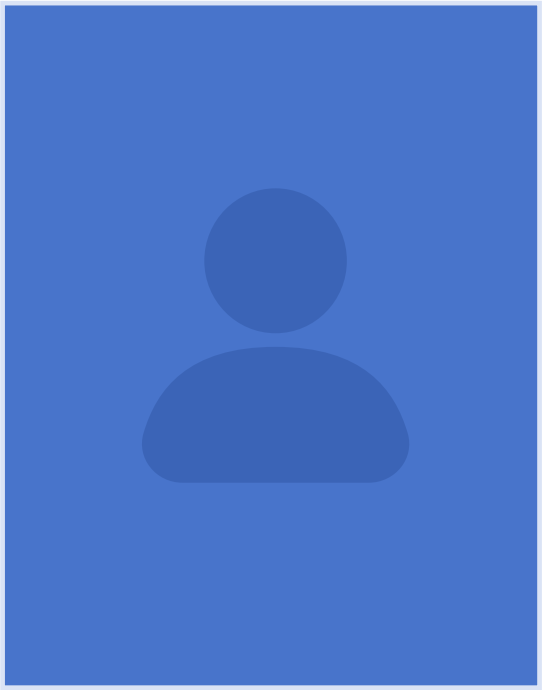
音特电子 YINT ELECTRONICS

电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度　GB/T17626.11/IEC61000-4-11

电源系统故障或负载激烈变化会引起供电中断或电压暂降。电压暂降指电气系统某点电压短时间下降后又恢复正常；短时中断指供电电压消失一段时间（一般不超过1分钟）

标准要求供电电源按规定作电压暂降、短时中断和电压变化。测试时，用调压变压器和开关按规定要求进行电压暂降和短时中断的试验，设备应能承受这种变化，维持正常功能或在短时变化恢复后恢复正常，试验方法适用国家标准

通用等级：电压暂降50%（0.5周期），短时中断5秒后恢复



EMC测试项目与要求　CE与RE test

音特电子 YINT ELECTRONICS

传导发射（CE）

标准：CISPR 11/EN 55011 Class B（家用）或Class A（非家用）

限值：150 kHz~30 MHz，Class B限值更严格（如峰值≤60 dBμV）

辐射发射（RE）

标准：CISPR 11/EN 55011 Class B（推荐）

限值：30 MHz~1 GHz，Class B限值（如3m距离下≤40 dBμV/m）

射频辐射抗扰度

标准：IEC 61000-4-3

等级：3 V/m（80 MHz~2.7 GHz，需正常运作）

音特电子
YINT ELECTRONICS

3. 医疗电动椅的EMC痛点

电磁兼容相关痛点

音特电子 YINT ELECTRONICS

干扰导致设备故障

智能化，网联化的医疗系统，医疗电动椅在复杂电磁环境中，易受到周围设备电磁干扰

在医院中，周围的医疗设备如核磁共振、高频电刀等工作时产生的强电磁信号，可能会窜入电动椅的电子电路，导致电路中的微处理器出现误动作，使电动椅的控制指令错误，出现突然加速、减速或方向失控等危险情况，严重影响使用者的安全和设备的正常运行

自身电磁辐射影响其他设备

医疗电动椅运行时，其内部的电机、驱动电路等会产生电磁辐射。在医院等医疗设备密集的场所，这种电磁辐射可能干扰附近其他对电磁环境敏感的医疗设备

举例：心电监护仪、脑电图机等，造成这些设备监测数据不准确，影响医生对患者病情的判断，甚至可能引发误诊等严重后果

五大核心痛点与解决思路

音特电子 YINT ELECTRONICS

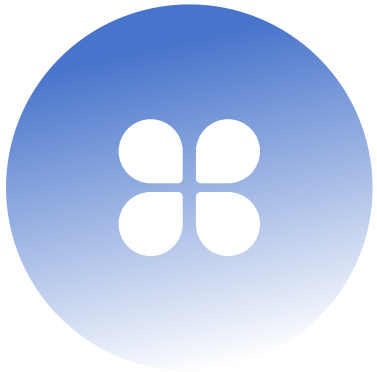
痛点	问题描述	影响	相关测试标准	解决方案
1. 电机驱动干扰	电机启停、PWM调速产生高频噪声，传导和辐射发射易超标	干扰其他医疗设备（如监护仪），导致测试失败（CISPR 11 Class B）	CISPR 11 EN 55011	优化PWM电路，增加RC缓冲；电机外壳屏蔽；电源线加磁环滤波
2. 电源传导发射超标	开关电源在150kHz~30MHz频段噪声传导超标，尤其是低成本非医疗级电源	无法通过CE/FCC认证，影响市场准入	IEC61000-6-4 CISPR 11	使用医疗级电源模块；优化PCB布局；增加共模扼流圈和X/Y电容滤波
3. 抗扰度不足误动作	在射频辐射（3V/m）或快速瞬变脉冲（EFT）测试中，MCU或传感器受干扰，座椅意外移动	患者安全风险（如跌落），违反IEC 60601-1-2性能判据（B/C类）	IEC61000-4-3 IEC61000-4-4	关键信号线屏蔽；软件增加看门狗；选用高抗干扰MCU（如STM32系列）
4. ESD导致系统崩溃	人体接触金属部件（按钮、扶手）时静电放电（±8kV），导致系统死机或复位	用户体验差，潜在安全风险（如电机失控）	IEC61000-4-2 （Level 4）	接口电路加TVS二极管；非金属外壳设计；ESD防护芯片（如USBLC6-4SC6）
5. 线缆辐射发射	电源线、电机线等长线缆成为天线，在30MHz~1GHz频段辐射超标	RE测试失败（如超过40dBμV/m @3m）	CISPR 11 FCC Part 15	缩短线缆长度；使用屏蔽线并良好接地；PCB布局优化高频回路

音特电子
YINT ELECTRONICS

4. 电路设计EMC的解决方案

硬件电路设计策略

音特电子 YINT ELECTRONICS



接地设计

采用合理的接地方式，如单点接地、多点接地或混合接地。对于医疗电动椅的电子电路，功率较大的驱动电路部分可采用单点接地，减少接地回路中的干扰电流；而信号处理电路部分，由于对信号精度要求高，可采用多点接地，降低接地电阻，提高抗干扰能力，确保设备在复杂电磁环境下稳定运行

屏蔽技术

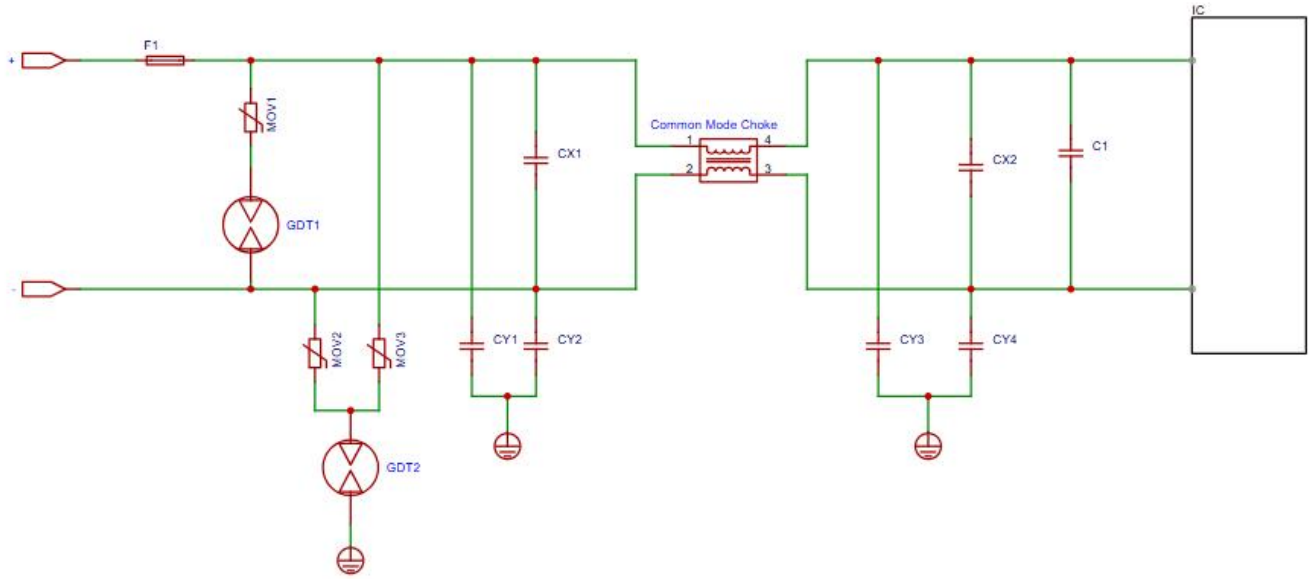
使用金属屏蔽罩对易受干扰或产生干扰的电路模块进行屏蔽。例如，将电动椅的电机用金属屏蔽罩包裹，阻止电机运行时产生的电磁辐射向外扩散，避免对其他电路造成干扰；同时，对敏感的信号传输线路采用屏蔽线，防止外界电磁干扰信号耦合到传输线路中，保证信号传输的准确性

滤波电路设计

在电源输入输出端以及信号传输线路上设置滤波电路。在电源输入端加入低通滤波器，滤除电源线上的高频干扰信号，保证为设备提供纯净的直流电源；在信号传输线路上，根据信号频率特性设计合适的滤波器，如带通滤波器，让有用信号顺利通过，阻挡其他频段的干扰信号，提高电路的抗干扰性能

AC电源接口EMC及可靠性设计

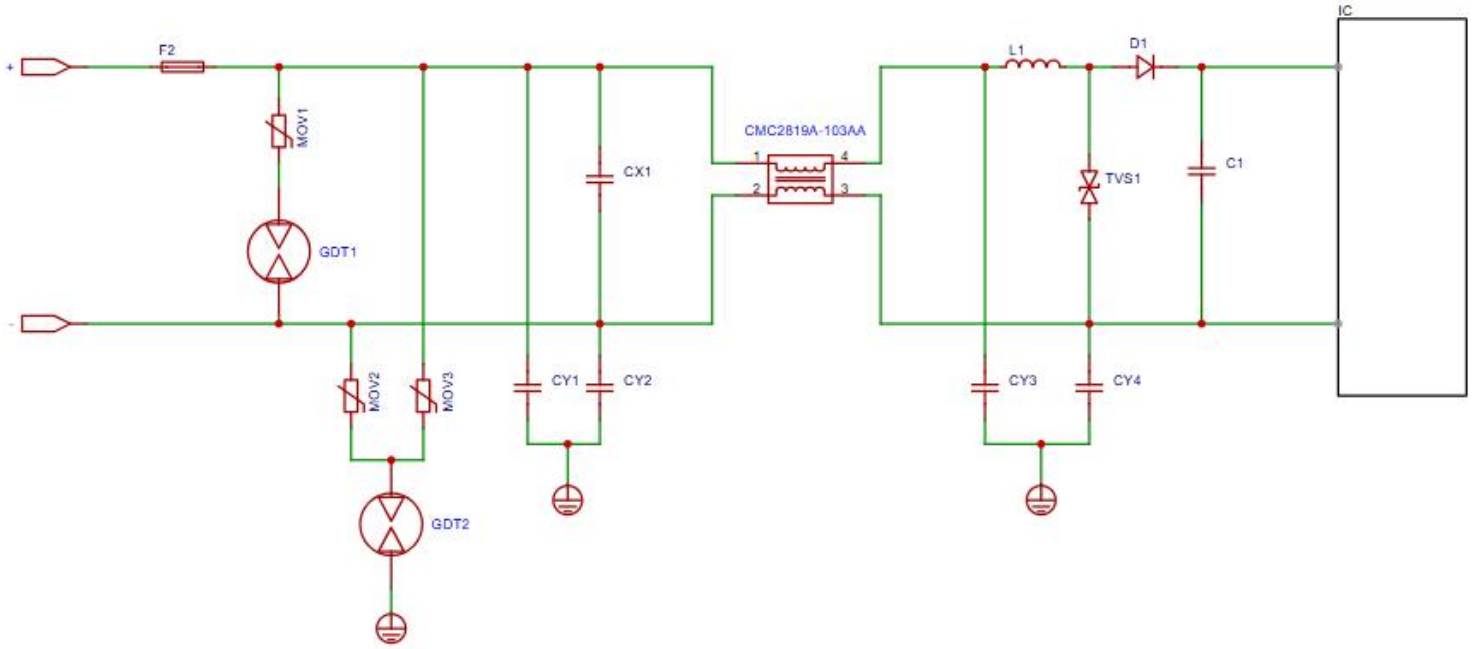
AC 电源接口：用于连接外部220V交流输入



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

12V/24V车载电源接口EMC及可靠性设计

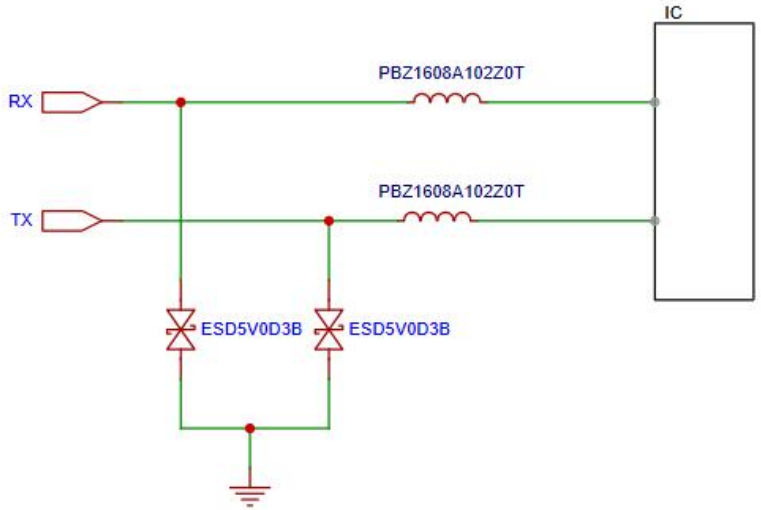
DC 电源接口：用于连接外部 12V/24V车载电源输入， 支持离线使用（如患者移动时）。



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
SMBJ24CA/SMBJ33CA	TVS	电源接口	浪涌，抛负载	SMB

GPIO/ UART/ I²C接口EMC及热插拔可靠性设计

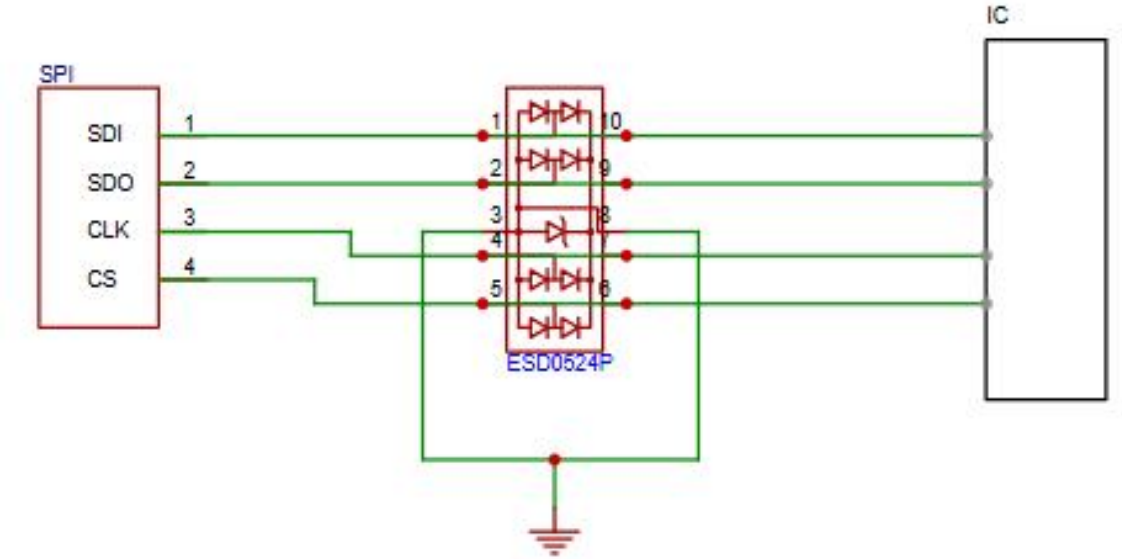
GPIO 接口（通用输入输出）：用于连接传感器、执行器等外设，支持自定义编程控制

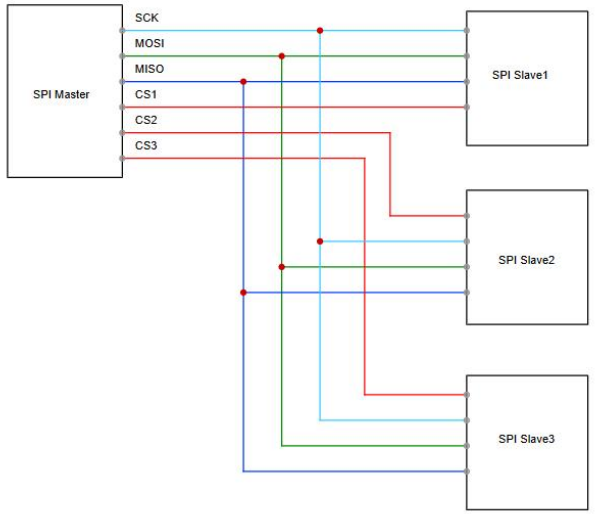


型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD5V0D3B	ESD	GPIO接口	浪涌、静电	SOD323
PBZ1608A102Z0T	磁珠	GPIO接口	消除高频干扰	1608

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

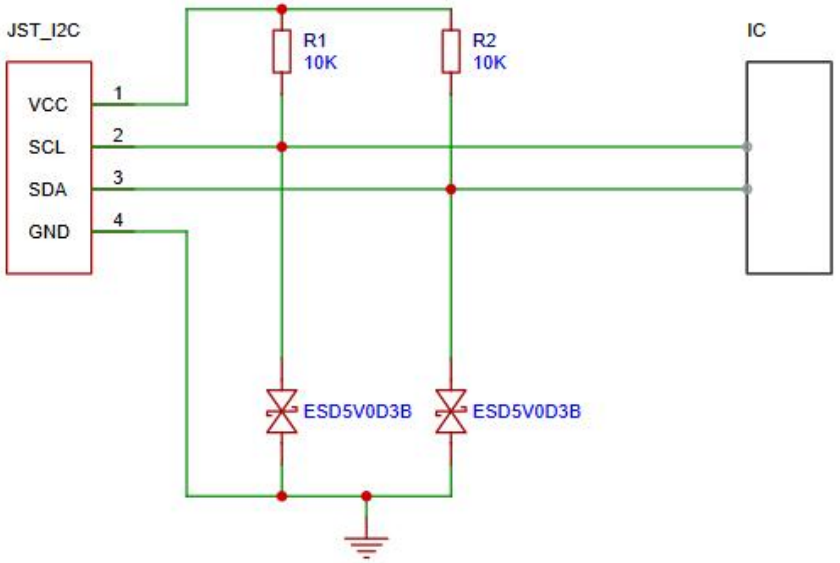


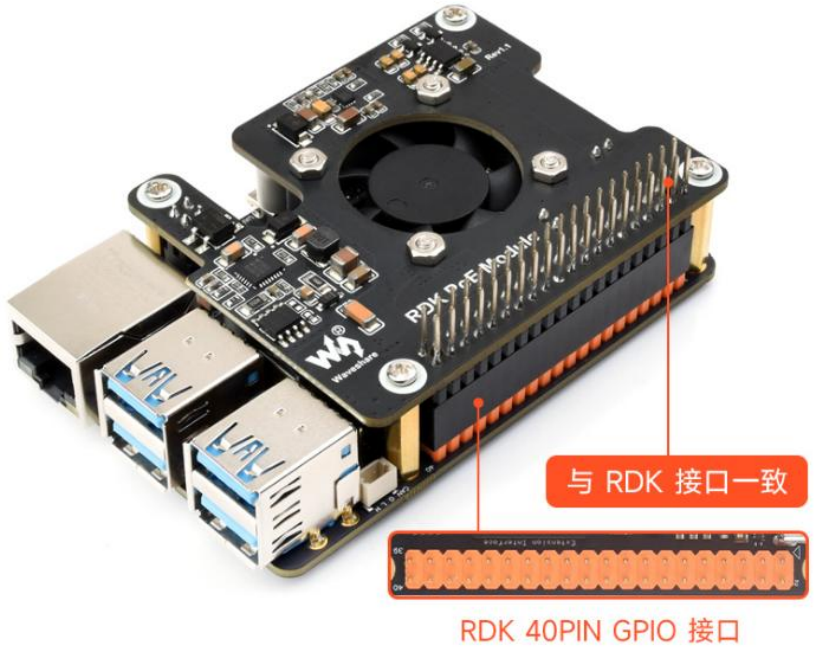


型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD0524P	ESD	SPI接口	浪涌、静电	DFN2510

JST接口EMC及热插拔可靠性设计

JST 接口：用于连接传感器等设备的专用接口



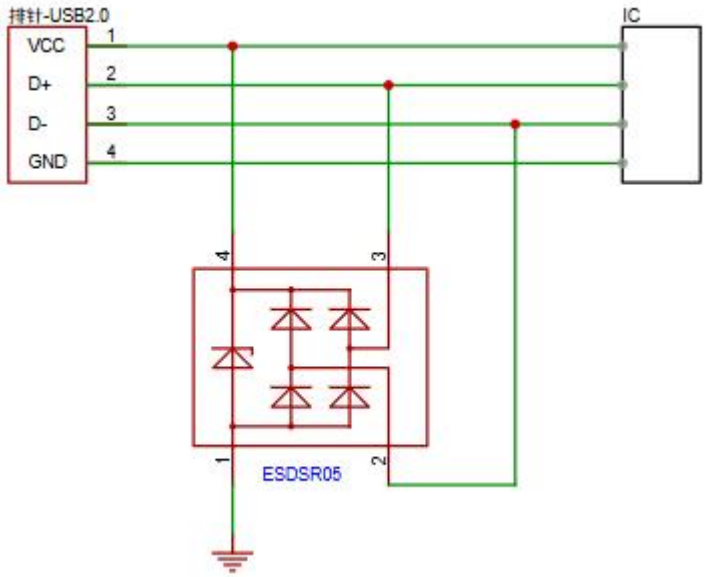


型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD5V0D3B	ESD	I2C接口	浪涌、静电	SOD323

排针接口EMC及热插拔可靠性设计

音特电子 YINT ELECTRONICS

排针接口：用于插接线缆或扩展板，实现功能拓展



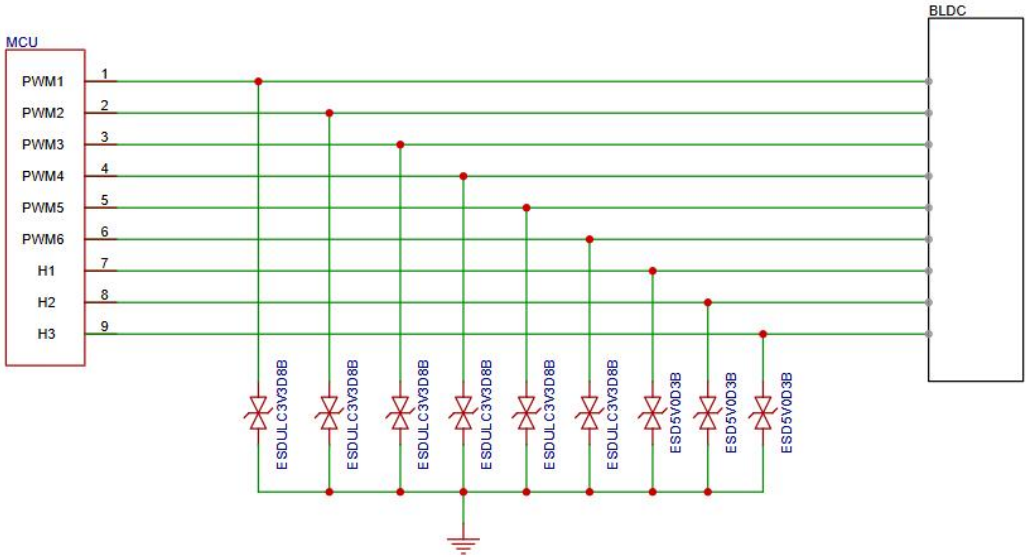
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESDSR05	ESD	USB接口	浪涌、静电	SOT143

MCU驱动BLDC电机模块

音特电子 YINT ELECTRONICS

MCU接口： MCU 控制 BLDC（无刷直流电机）通常涉及多种类型的接口，常见的有 PWM 输出接口、霍尔传感器输入接口等；

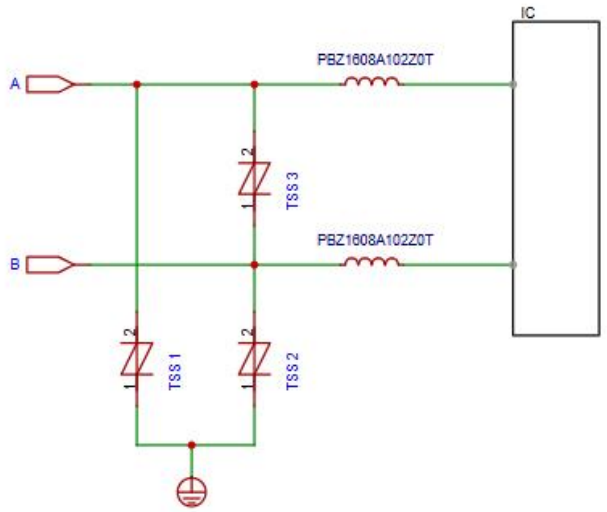
引脚定义：MCU会输出 6 路 PWM 信号，用于控制三相桥的上下桥臂；另外会有 3 路输入接口接入霍尔传感器信号，以获取电机转子的位置信息，实现正确的换向。



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESDULC3V3D8B	ESD	MCU接口	浪涌、静电	SOD882
ESD5V0D3B	ESD	MCU接口	浪涌、静电	SOD323

RS485接口EMC及热插拔可靠性设计

RS485 接口：RS-485 是一种串行通信标准，可以支持多个设备通过同一条串行总线进行通信；且适用于中长距离通信，具有较好的抗干扰能力和数据传输稳定性。



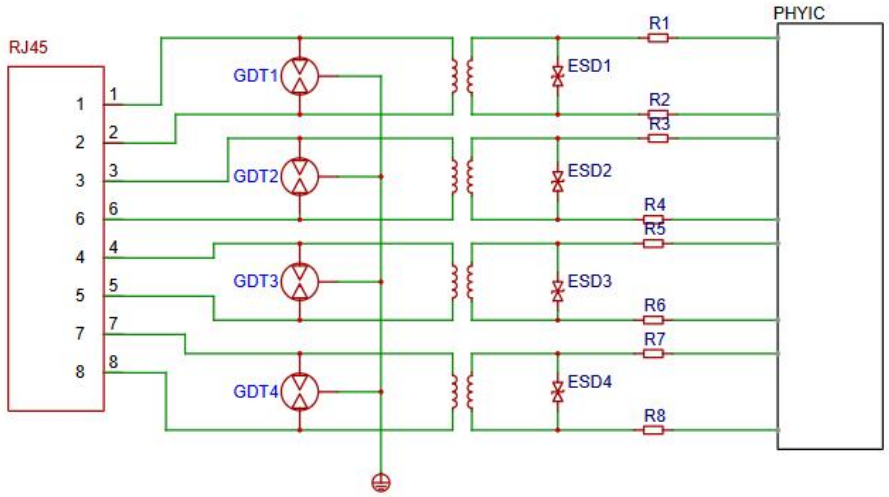
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
P0080SCL	TSS	RS485接口	浪涌、静电	SMB
PBZ1608A102Z0T	磁珠	RS485接口	消除高频干扰	1608

以太网接口EMC及热插拔可靠性设计

音特电子 YINT ELECTRONICS

以太网接口:

支持有线网络连接，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

软件算法优化辅助

音特电子 YINT ELECTRONICS

抗干扰编程

在软件编程中，加入抗干扰算法

例如：采用数字滤波算法对采集到的传感器信号进行处理，去除信号中的噪声干扰，提高信号的可靠性；在控制指令的发送和接收过程中，采用校验和、CRC（循环冗余校验）等方式，确保数据传输的准确性，避免因电磁干扰导致数据错误，进而保证电动椅的控制精度和安全性

故障诊断与自恢复

开发故障诊断程序，实时监测电动椅电子电路的工作状态

当检测到因电磁干扰等原因导致的异常情况时，能够快速定位故障点，并采取相应的自恢复措施，如重新初始化电路、调整控制参数等，使设备尽快恢复正常工作，减少因故障对使用者造成的不便和危险

音特电子
YINT ELECTRONICS

谢谢大家

了解更多： www.yint.com.cn
联系我们：sales@yint.com.cn