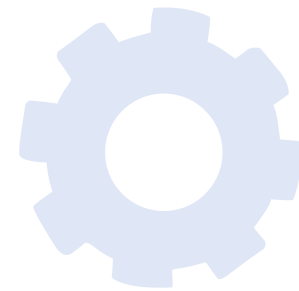




Yint[®] 音特电子
YINT ELECTRONICS

工控PLC电磁兼容解决方案

Electromagnetic Compatibility Solution for Industrial PLCs



改善 创新 节约 双赢

Ver.2025

目录

CONTENTS

一	<u>伺服驱动器产品 ····· 001</u>
二	<u>运动控制系统变频器产品 ····· 028</u>
三	<u>工业控制器I/O系统产品 ····· 055</u>
四	<u>工业物联网网关产品 ····· 084</u>
五	<u>工业控制器HMI系统产品 ····· 110</u>
六	<u>PLC可编程控制器产品 ····· 146</u>
七	<u>工业整体式控制器产品 ····· 176</u>

一、伺服驱动器产品





01 伺服驱动器：功能与应用

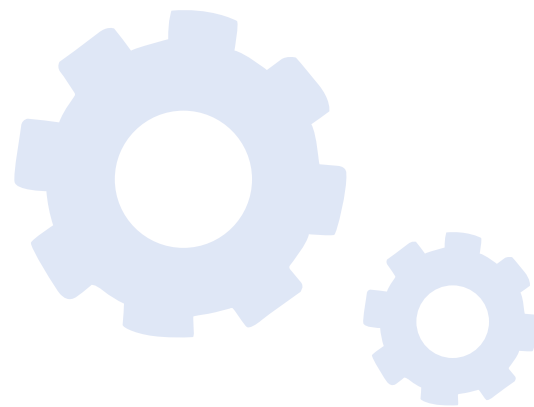


02 伺服驱动器行业标准解析

03 EMC电磁兼容标准及测试要求

04 实际使用痛点与常见问题

05 EMC电磁兼容思路与电路设计



01

伺服驱动器：功能与应用



- 伺服驱动器，又称伺服控制器或伺服放大器，是精确控制伺服电机运动的关键电子设备；它能接收上位控制器（如PLC、运动控制卡）的指令信号，实时调节电机的转速、转向、位置和力矩，实现高精度、高响应的运动控制



- 以闭环控制为核心，驱动器与电机内置的编码器（或光栅尺）构成闭环系统，实时反馈电机实际位置/速度，与目标值对比并动态调整输出，消除误差；信号处理功能将控制信号（如脉冲/方向、模拟量、总线指令）转化为电机所需的电流、电压，驱动电机按预设轨迹运动；同时，支持位置模式、速度模式、转矩模式等多模式控制，部分高级驱动器还支持全闭环（通过外部传感器二次校正）



- A. 电源模块负责将输入电源转换为适合电机的直流或交流电，为整个系统稳定供电
- B. 控制算法采用如PID调节、前馈补偿等，确保系统具备良好的动态响应与稳定性，精准调控电机运行
- C. 通信接口支持EtherCAT、CANopen、Modbus等工业协议，实现设备的网络化控制，便于与其他设备协同工作
- D. 具备过流、过压、过热、过载等保护机制，全方位保障设备运行安全，降低故障风险

工业自动化领域

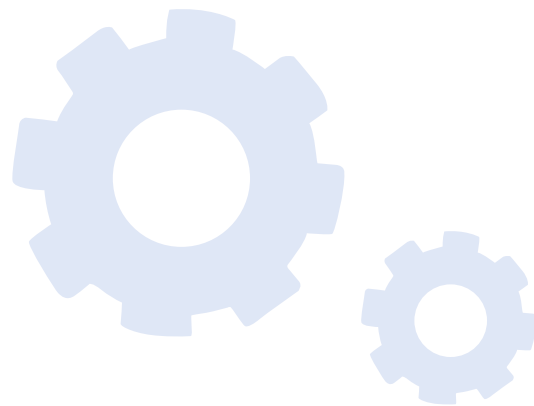
在机器人关节控制（如六轴机械臂）中，实现多关节联动，达到毫米级定位精度（ $\pm 0.01\text{mm}$ ），满足复杂动作需求；助力CNC机床的进给轴与主轴驱动，五轴加工中心主轴转速达30,000rpm时仍保持 $\pm 1\mu\text{m}$ 定位；为包装机械提供同步定位，保障生产流程的精准有序

新能源行业

光伏面板自动追日系统里，驱动器精确控制电机，使光伏面板始终对准太阳，提高太阳能转化效率；锂电池卷绕机的张力控制中，确保卷绕过程张力稳定，保障电池生产质量

医疗与精密设备范畴

医疗设备如CT扫描仪旋转机构，依靠伺服驱动器实现稳定、精准的旋转控制，辅助医生获取高质量影像；半导体晶圆切割/贴片机等精密设备，利用驱动器达到超高精度的位置控制，满足精细加工要求



02

伺服驱动器行业标准解析



国际标准分类中，伺服驱动器行业涉及航空航天用流体系统和零部件、橡胶和塑料工业设备等多领域；在中国标准分类里，涵盖航天用液压元件与附件、微型电机等方面

美国机动车工程师协会制定了SAE ARP988B电液机械反馈伺服驱动器等标准

中国团体标准有T/QGCML 1593-2023伺服驱动注塑机等；行业标准 - 机械包含JB/T 10184-2014交流伺服驱动器通用技术条件等，从不同角度规范产品

性能相关指标

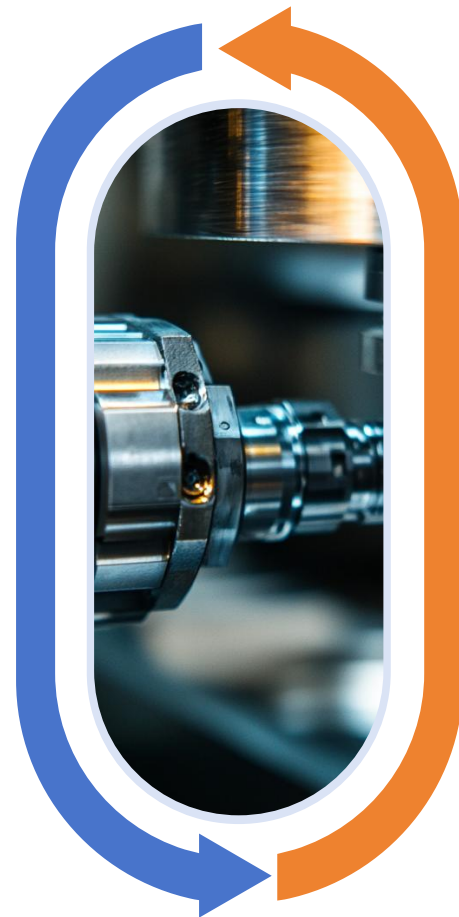
对驱动器的速度控制精度、位置控制精度等性能提出严格要求，如速度闭环的驱动器，在空载条件下，仅改变指令电压的极性，电动机的正反转速误差应 $\leq 3\%$ ，确保运动控制的精准度

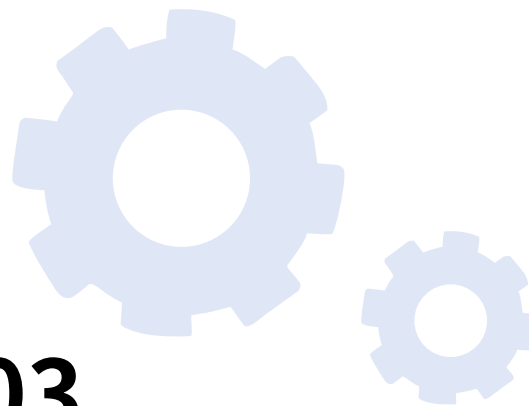
安全与防护指标

保护接地要求产品壳体有接地点，连接导线为黄、绿双色线，可能带电的金属部件之间电阻不得超过 0.1Ω ；外壳防护需符合GB 4208中IP54的要求，防止外物和水侵入，确保使用安全

环境适应性指标

气候环境适应性上，规定产品工作温度、贮存温度、相对湿度等范围，如工作温度一般在 $10\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，贮存温度 $0\sim 50^{\circ}\text{C}$ ，保障产品在不同环境下稳定运行；机械环境适应性方面，对振动适应性等作出规范，共振搜索频率范围、位移幅值、共振保持时间等都有明确数值要求





03

EMC电磁兼容标准及测试 要求



定义与重要性

电磁兼容性（EMC）是指电气设备或系统在电磁环境中能正常工作，同时不对该环境中的其他设备产生不可接受的电磁干扰，它关系到设备的稳定性和可靠性，是衡量现代电子设备质量的重要指标，良好的EMC设计可预防故障和安全事故

各组成部分协同

由设备的抗干扰能力和发射特性两部分组成。抗干扰能力体现设备承受外部电磁干扰的能力；发射特性指设备工作时对外界电磁环境的污染程度，两者共同决定产品的电磁兼容性水平

国际标准

IEC61800-3标准针对变频器、调速器及其电力电子变换器的工业设备，规定设备在特定应用环境下保证正常工作及对其他设备电磁兼容性的要求；CISPR11专门针对工业、科学和医疗(ISM)射频设备的发射干扰制定规范

伺服驱动器中的应用

以DS2伺服驱动器为例，在产品设计和制造过程中严格遵循国际标准如IEC61800-3，确保在各种工业环境中稳定工作，满足用户对设备性能和电磁环境质量的期望

常见测试项目

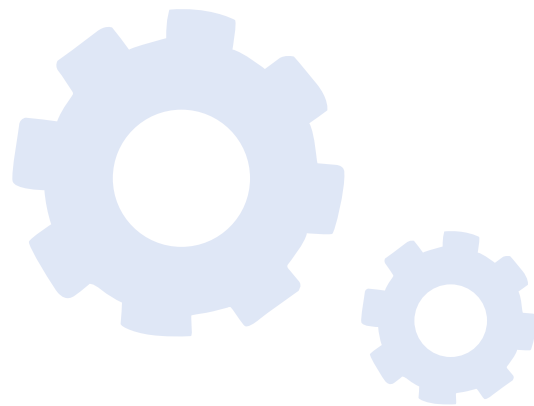
ESD静电放电测试，依据国际标准IEC 61000-4-2进行，模拟不同环境条件，测试伺服电机对静电干扰的承受能力，使用电压一般为2kV至16kV

EMC辐射检测，检验设备工作时发出的电磁辐射是否超出允许范围，根据GBT17626的相关规定，辐射检测的频率范围通常为30MHz至1000MHz

传导测试（RE辐射）和CE传导测试，关注设备通过电源线或信号线对外界产生的干扰，传导测试涵盖低频到几十兆赫兹的频率，CE传导测试确保设备不会通过电源线将过量干扰信号传播到其他设备

指标限值要求

在EN/IEC 61800 - 3标准中，将EMC分为发射和抗扰度两类，针对不同环境分类为C1 - C4；对于伺服驱动器，通常需满足C2或C3类要求，在9kHz至30MHz频率范围内抑制差模和共模噪声，衰减幅度至少30 - 60dB



04

实际使用痛点与常见问题



精度难以达标

在实际应用场景中，由于机械结构、控制系统和外部环境等因素影响，伺服驱动器控制精度难以达到理想状态，导致开料尺寸不准确、表面质量差等问题，严重影响产品质量和生产效率



稳定性欠佳

工作过程中，因电气元件老化、负载变化等原因，伺服驱动器稳定性受影响，出现突然停机、速度波动等问题，影响生产连续性和产品质量，如在自动化生产线中可能导致产品次品率上升

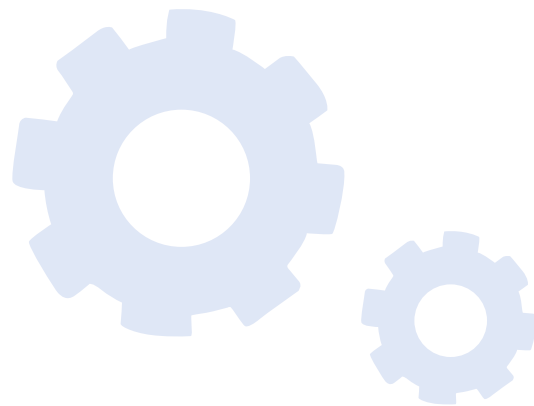
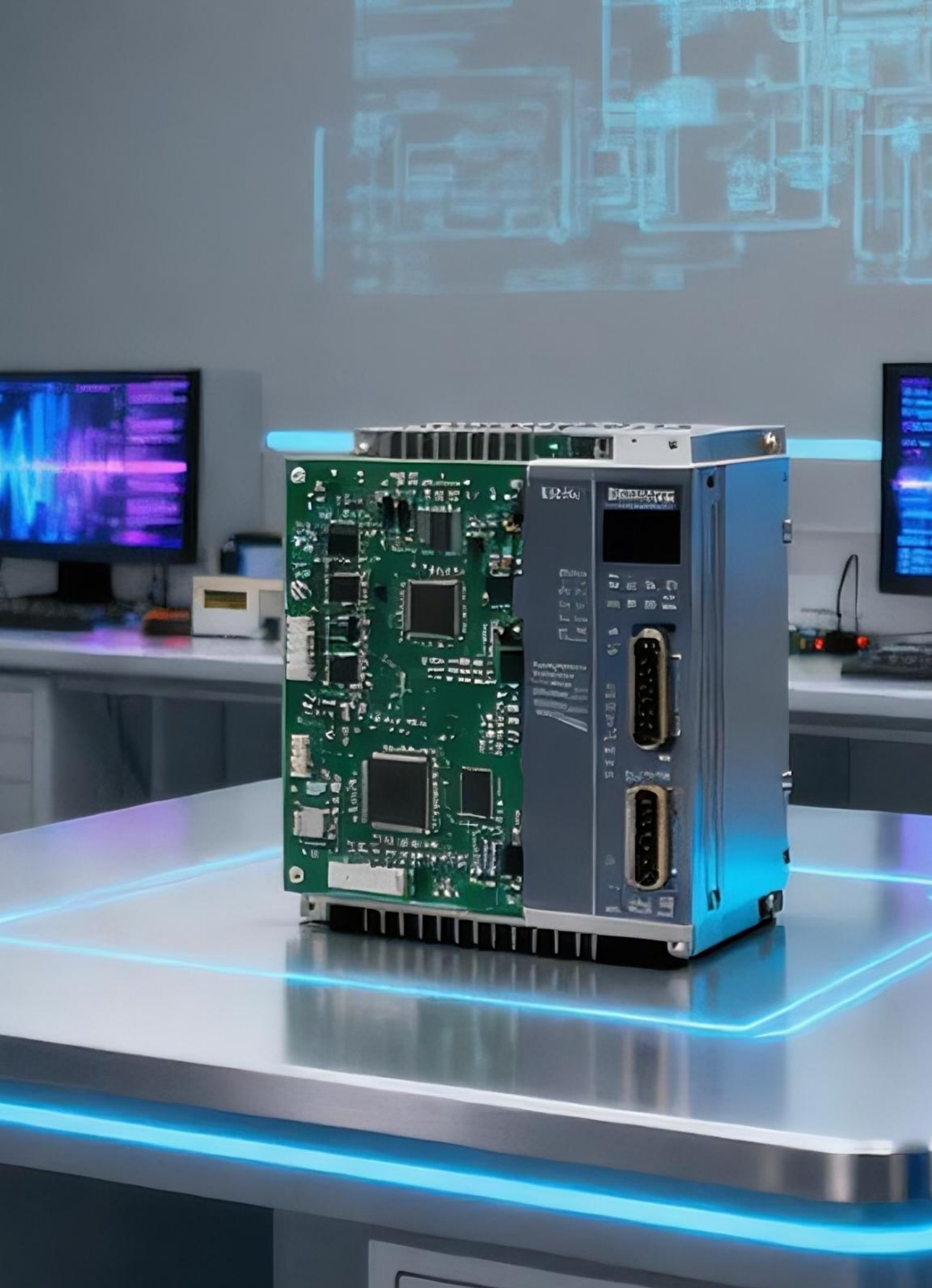
专业知识门槛高

伺服驱动器的调试和维护需要专业的知识和技能，实际生产中操作人员技术水平有限，难以有效解决出现的问题，导致生产延误、成本增加，例如故障诊断复杂，报警代码需专用软件解析，现场工程师排查耗时

维护成本高昂

以FANUC A06B - 6140 - H006伺服驱动器为例，单个驱动模块官方报价以万元为单位，且维修周期长达3周，维修成本高且周期长，严重影响产线连续性

- 1.热问题导致运行不稳定，电机过热影响性能，电磁干扰干扰驱动器正常工作，如长期高负载运行时易触发过热保护，实测壳体温度超60°C
- 2.通信故障引发通信中断、数据丢失等问题，影响控制系统稳定性和准确性，如通信线路连接松动、通信协议不匹配等都可能导致通信失败
- 3.参数设置不当引发电机无法正常工作、运动平稳性受影响等问题，如电流限制设定错误、速度曲线参数不准确等



05

EMC电磁兼容思路与电路设计



设计原则

确保供电系统在各种工作条件下都能提供稳定的电压和电流；使用隔离变压器和去耦电容等元件，减少开关电源带来的干扰；采用适当的滤波电路，如 π 型滤波器，抑制高频干扰的传导和辐射

前期评估要点

对潜在的电磁干扰源进行识别和分析，包括内部的高速开关器件产生的高频噪声、电源线上的谐波干扰等，以及外部的电磁场干扰、电源电压波动等；对可能影响电磁兼容性的设计要素进行预测和评估；预测设备在特定环境下的电磁兼容性表现。

电源电路设计

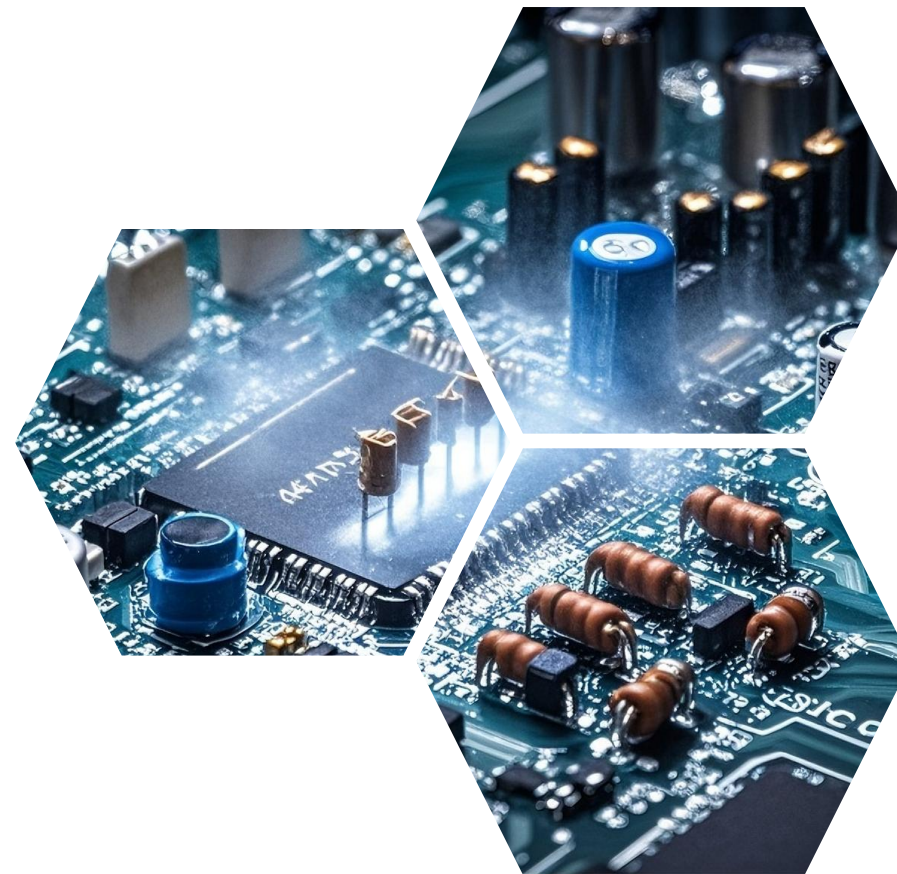
从供电系统稳定性出发，采用优质电源器件和稳压电路；在隔离与去耦方面，合理布置隔离变压器和去耦电容位置，增强抗干扰能力；滤波设计选用合适的电感、电容参数，优化滤波效果，如在电源输入端使用电感、电容组合成的滤波器，抑制高频干扰和谐波。

PCB布线优化

信号回路面积最小化，设计紧凑的信号回路，减少辐射；采用多层PCB并合理分配电源层、地层和信号层，降低干扰；高速信号尽量短直，避免长线走线和锐角，减少信号反射和串扰，在高速信号的传输线路上加入适当的阻抗匹配。

电磁屏蔽设计

根据所需阻隔的电磁频率范围选择合适的屏蔽材料，考虑材料的屏蔽效能；确保材料能适应工作环境中的温度、湿度等条件；在满足电磁屏蔽要求的前提下，兼顾材料成本和加工难度，如使用金属屏蔽罩阻挡电磁波传播。





编码注意事项

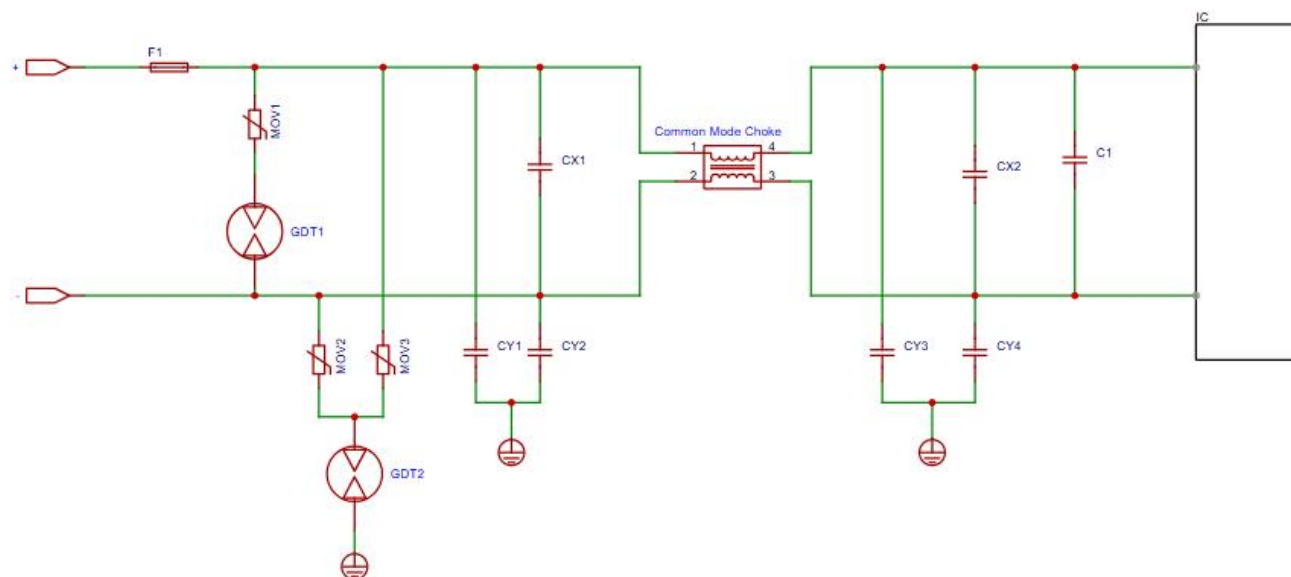
避免同时切换大量位，比如在并行I/O操作时，尽量分散数据位的切换时间，减少瞬间电磁干扰



算法优化助力

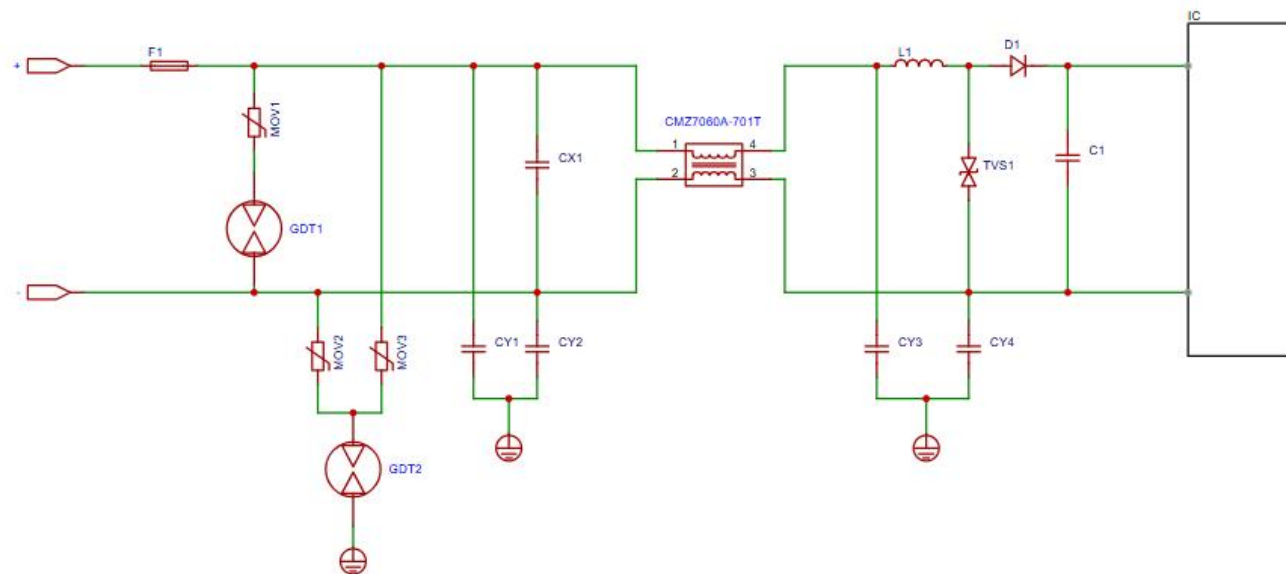
优化控制算法，如采用智能算法自适应调整控制参数，提高系统抗干扰能力，使设备在复杂电磁环境下仍能稳定运行

AC 电源接口： 用于连接外部220V交流输入



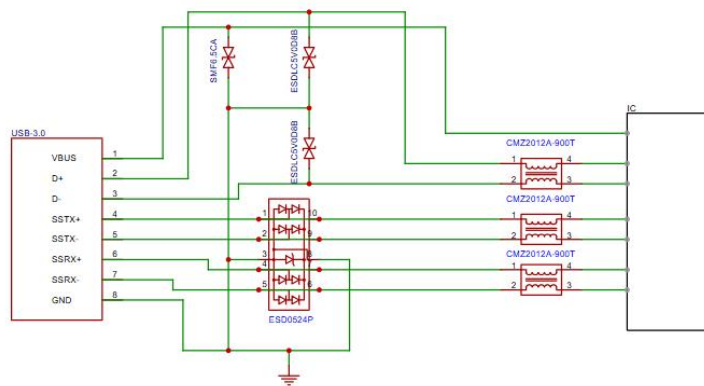
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
2R600L	GDT	电源接口	浪涌, 防雷 (户外产品, 关注续流问题)	2RXXXL
14D561K/14D511K	MOV	电源接口	浪涌, 防雷	14D
CMZ/CML	EMI 共模抑制器	电源接口	共模抑制	SMD

DC 电源接口： 用于连接外部电源适配器（如 12V/24V 直流输入）



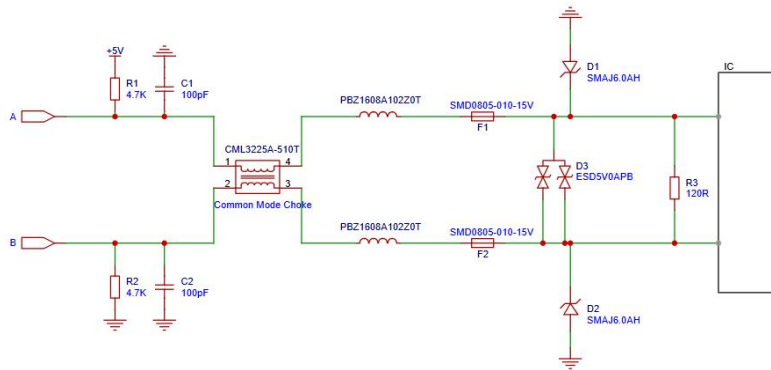
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
3R090L	GDT	电源接口	浪涌，防雷（户外产品，关注续流问题）	3RXXXL
SMBJ15CA	TVS 瞬态抑制二极管	电源接口	浪涌、抛负载	SMB
SMCJ30CA	TVS 瞬态抑制二极管	电源接口	浪涌、抛负载	SMC
CMZ7060A-701T	EMI 共模抑制器	电源接口	CE传导，共模抑制，电流更小，考虑小封装	7060

USB 3.0 接口:USB 3.0 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5Gbps，能快速传输大量数据，如机器视觉图像数据；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。



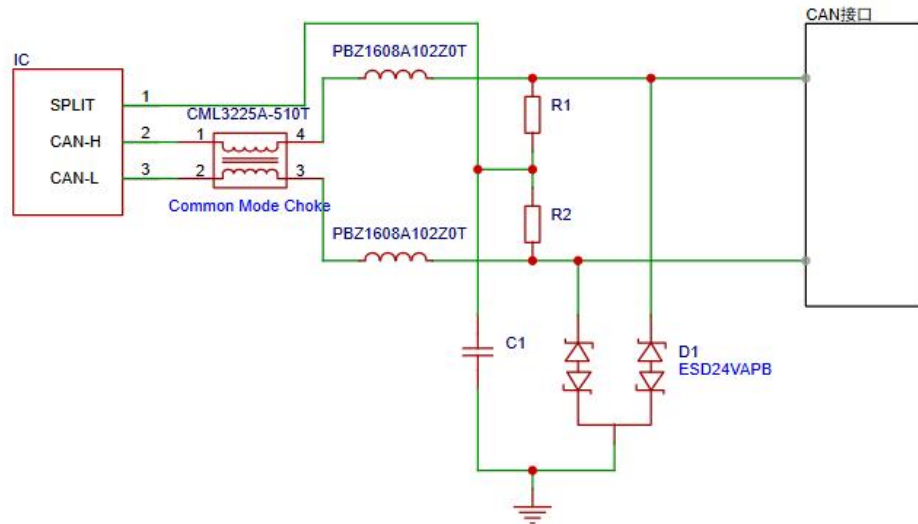
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD0524P	ESD	USB接口	浪涌、静电	DFN2510
ESDLC5V0D8B	ESD	USB接口	浪涌、静电	DFN1006
SMF6.5CA	TVS	USB接口	浪涌，抛负载	SOD123FL
CMZ2012A-900T	EMI	USB接口	共模抑制	2012

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
CMZ3225A-102T	共模电感	RS485接口	抑制共模噪声	2012/3225
PBZ1608A102Z0T	磁珠	RS485接口	消除高频干扰	1608
ESD5V0APB	ESD	RS485接口	浪涌、静电	SOT23
SMAJ6.0AH	TVS	RS485接口	浪涌、静电	SMA

CAN通讯接口：控制器局域网总线（CAN，Controller Area Network）是一种用于实时应用的串行通讯协议总线。CAN协议用于汽车中各种不同元件之间的通信，以此取代昂贵而笨重的配电线束。CAN协议的特性包括完整性的串行数据通讯、提供实时支持、传输速率高达1Mb/s、同时具有11位的寻址以及检错能力。



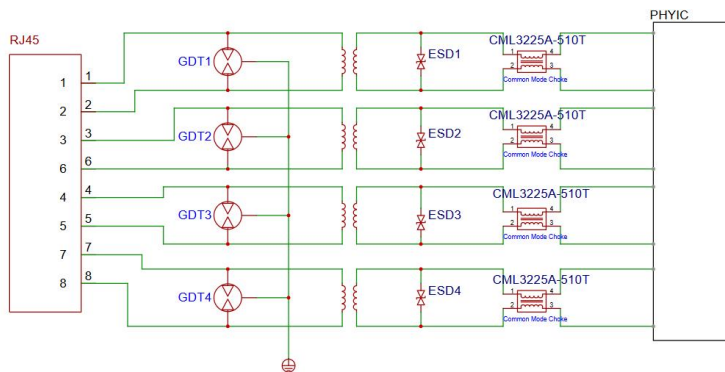
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
CML3225A-510T	共模电感	CAN通讯接口	抑制共模噪声	3225
PBZ1608A102Z0T	磁珠	CAN通讯接口	消除高频干扰	1608
ESD24VAPB	ESD	CAN通讯接口	浪涌、静电	SOT23

千兆网接口:支持有线网络连接;

千兆网接口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,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,满足设备在工业自动化、智能物流等领域对高速、稳定数据传输的需求;

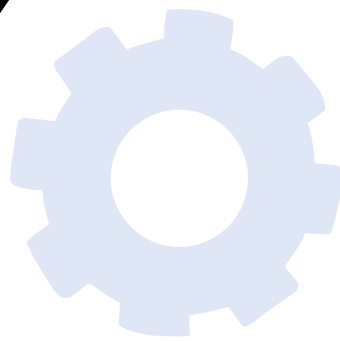
若是使用百兆网,可将共模电感更换为CMZ2012B-900T。



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
3R090L	GDT	千兆网接口	浪涌	3RXXXL
ESDLC3V3D3B	ESD	千兆网接口	浪涌、静电	SOD323
CML3225A-510T	共模电感	千兆网接口	共模噪声	3225

二、运动控制系统 变频器产品





01 变频器：功能与应用场景

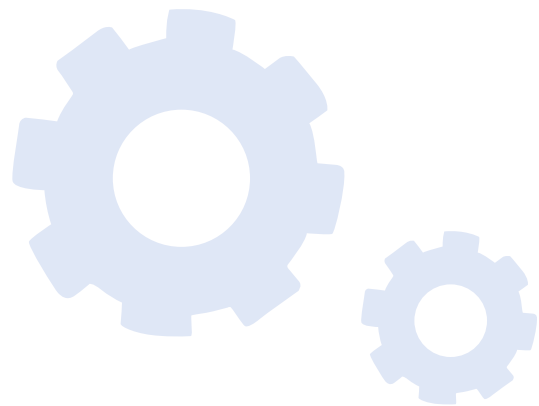
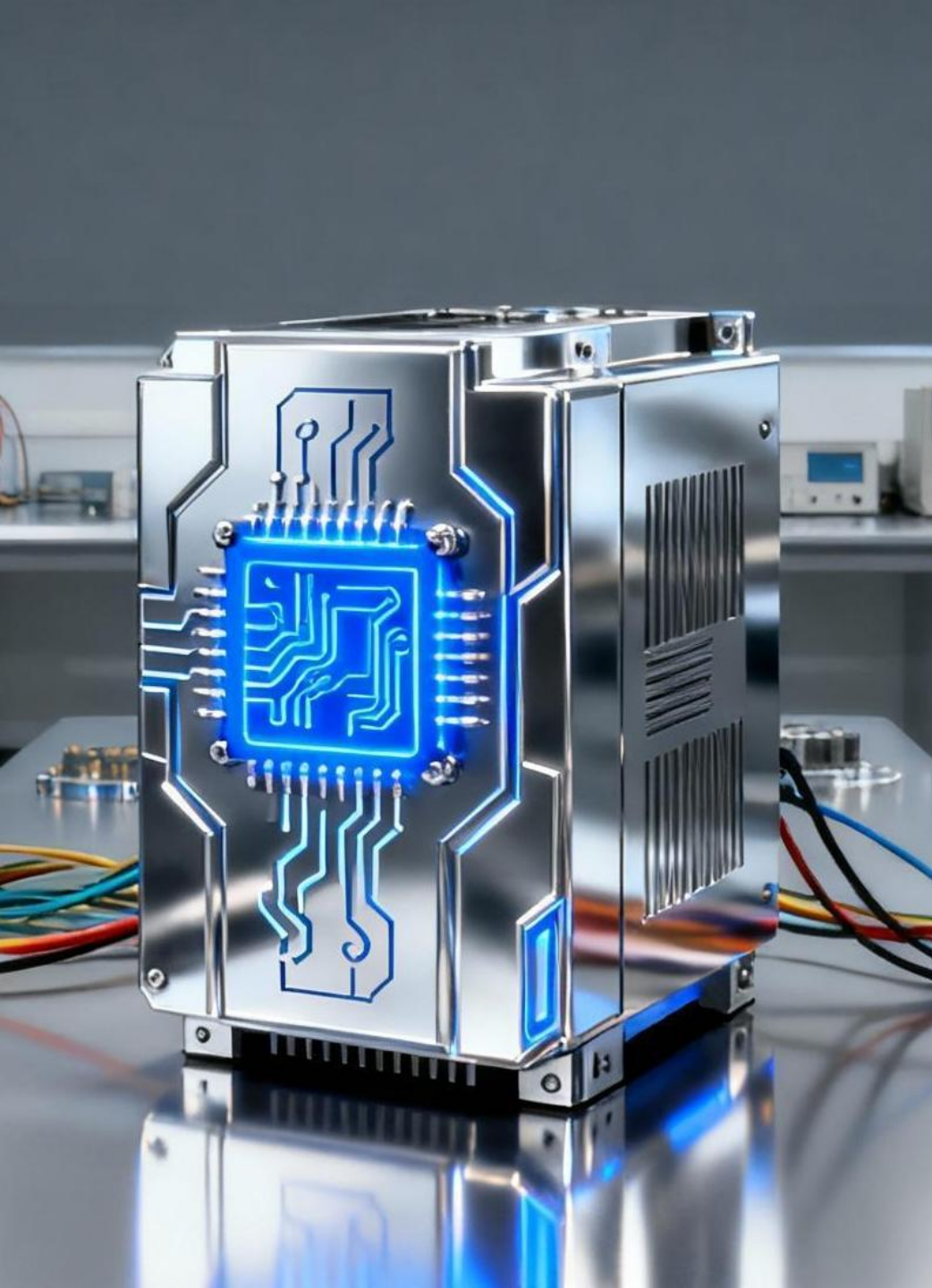
02 变频器行业标准

03 EMC电磁兼容行业标准

04 变频器实际使用痛点与常见问题

05 EMC电磁兼容思路与电路设计





01

变频器：功能与应用场景



01.

变频器是一种电力控制设备，核心功能是对交流电机的转速进行调节。通过改变电源的频率和电压，实现电机转速的精准控制，这使得电机能够根据实际需求灵活调整运行状态

02.

它还具备节能功能。在许多应用场景中，传统电机以恒定速度运行，往往会造成能源的浪费。而变频器可以根据负载的变化自动调整电机转速，当负载较低时降低转速，从而显著降低能源消耗，为企业节省大量电费支出



01



在制造业的机床加工环节，变频器发挥着关键作用。它能精确控制电机的转速和转矩，使机床在不同的加工工艺下都能保持高精度和高效率。例如：精密零件加工时，通过变频器精准调节电机转速，可以确保刀具与工件之间的最佳切削速度，从而提高产品质量，减少废品率

02



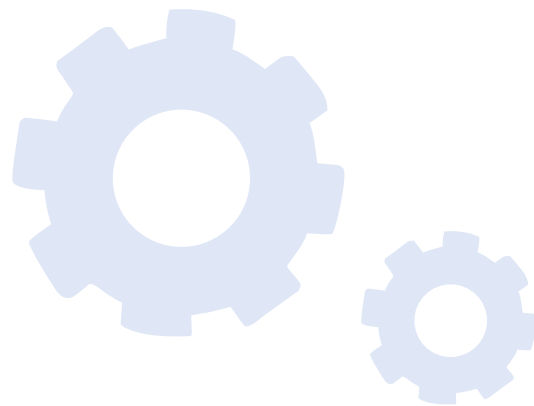
风机和水泵系统是变频器的重要应用场景之一。传统的风机和水泵通常以固定速度运行，无法根据实际需求调整功率。而安装变频器后，它们可以根据系统负荷自动调节转速。在空调系统中，当室内温度接近设定值时，风机和水泵的转速可以降低，减少能源消耗，同时延长设备使用寿命



在中央空调系统里，变频器根据室内外温度、人员数量等因素，自动调节空调主机和风机的运行速度。这样不仅能为用户提供更加舒适的室内环境，还能大幅降低能耗。据统计，使用变频器的中央空调系统相比传统系统，能耗可降低30%以上



对于电梯系统，变频器实现了电梯的平稳启动和停止，极大地提高了乘坐的舒适性和安全性。在电梯启动时，变频器逐渐增加电机的转速，避免了传统电梯启动时的冲击感；在停止时，又能平稳地降低转速，使电梯准确停靠在楼层



02

变频器行业标准



标准编号	标准名称	适用范围
IEC61800-3	可调速电气传动系统- 第3部分：EMC要求及特定试验方法	电磁兼容性要求，分为 C2 类 (居民区) 和 C3 类 (工业环境)
IEC61800-5-1	可调速电气传动系统 - 第5-1部分：安全要求 - 电气、热能与能量安全	安全要求，包括电击防护、隔离等
IEC61800-2	可调速电气传动系统 - 第2部分：一般要求额定值规范	额定值规范，包括功率、电压、电流等参数定义
GB/T 30844.1-2024	1kV 及以下通用变频调速设备 - 第 1 部分：技术条件	额定电压 \leq 1kV 的通用变频设备技术要求
GB/T 30844.2-2024	1kV 及以下通用变频调速设备 - 第 2 部分：试验方法	额定电压 \leq 1kV 的通用变频设备技术要求
GB/T 30844.3-2017	1kV 及以下通用变频调速设备 - 第 3 部分：安全规程	额定电压 \leq 1kV 的通用变频设备技术要求
GB/T 12668.3-2025	调速电气传动系统 - 第 3 部分：电磁兼容性要求	电气传动系统 EMC 要求

01

IEC61800系列标准是国际上关于变频器的重要标准。其中，IEC61800-3专门针对调速电气传动系统的电磁兼容性制定了详细要求，涵盖了抗扰度和电磁发射等方面的规范，确保变频器在复杂电磁环境下能够正常工作，同时不对其他设备产生干扰。

02

欧洲标准EN 50178则关注电子设备对供电网络的影响，对变频器在电压波动和闪烁等方面做出了限制，旨在维护电网的稳定性和电能质量。

中国国家标准GB/T 17626系列等同采用了IEC 61000系列标准，适用于在中国市场销售的变频器产品;这些标准对变频器的电磁兼容性进行了严格规定，要求产品必须通过一系列的测试

如:静电放电抗扰度测试、电快速瞬变脉冲群抗扰度测试等，以保障产品在国内电磁环境中的可靠性和兼容性

针对不同应用领域，我国也制定了相应的行业标准;在船舶电力推进领域，GB/T 35701 - 2017规定了船舶电力推进变频器的技术要求和试验方法，确保其在船舶复杂的电气环境和恶劣的工作条件下能够安全可靠运行

Siemens, USS 协议标准文档 (E20125-D0001-S302-A1-7600)

电缆选择 USS 通讯电缆必须采用屏蔽双绞线, 以减少电磁干扰

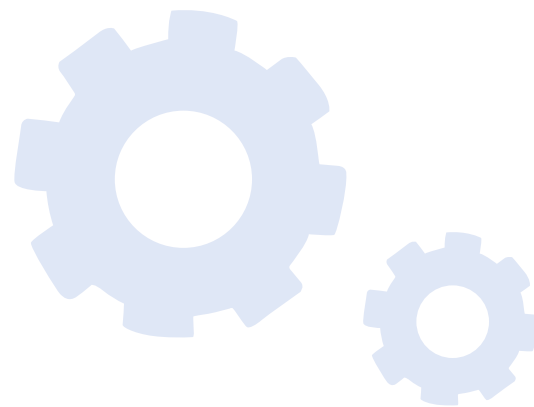
屏蔽接地 通讯电缆屏蔽层必须两端正确接地, 形成等电位连接

电缆布局 USS 通讯电缆必须远离机电电缆等干扰源, 间距应>200mm

节点接地 所有网络节点必须良好接地 (EMC 接地), 确保等电位

终端电阻 在 USS 网络两端应安装终端电阻, 减少信号反射

西门子变频器必须符合 EMC 指令 (2014/30/EU) 和产品标准 (IEC 61800-3), USS 通信系统作为产品一部分也必须满足这些要求



03

EMC电磁兼容行业标准



标准将设备分为四类 (C1~C4)，根据使用环境和电气参数区分

类别	适用环境	电气参数要求	发射限值严格程度
C1	第一类环境 (住宅 / 商业)	额定电压 < 1000V	最严格
C2	第一类环境 (受限使用)	额定电压 < 1000V，需专业安装，不可直接接入公共电网	严格 (比 C1 宽松)
C3	第二类环境 (工业 / 技术区)	额定电压 < 1000V	中等 (比 C2 宽松)
C4	第二类环境 (复杂系统)	额定电压 ≥ 1000V 或额定电流 ≥ 400A，工业复杂系统	最宽松 (部分无具体限值)

类别	传导发射频率范围	传导发射限值 (dB μ V)	辐射发射频率范围	辐射发射限值 (dB μ V/m)	辐射发射测试距离
C1	0.15~30MHz	准峰值: 40~46dB μ V 平均值: 34~40dB μ V	30~230MHz 230~1000MHz	30dB μ V/m 37dB μ V/m	10m
C2	0.15~30MHz	比 C1 宽松，但比 C3 严格	30~230MHz 230~1000MHz	34dB μ V/m 41dB μ V/m	10m
C3	0.15~30MHz	准峰值: 46~56dB μ V 平均值: 40~50dB μ V	30~230MHz 230~1000MHz	40dB μ V/m 47dB μ V/m	10m (或 3m 时 + 10dB)
C4	0.15~30MHz	无具体限值，需客户与制造商协商	30~1000MHz	无具体限值，需协商	通常参考 C3 标准

调速电气传动系统 第3部分：电气传动系统和机床的电磁兼容性要求及其特定的试验方法

类别	适用环境	电气参数要求	发射限值严格程度
C1	第一类环境 (住宅 / 商业)	额定电压 < 1000V	最严格的发射限值，较低的抗扰度要求
C2	第一类环境 (受限使用)	额定电压 < 1000V，需专业安装，不可直接接入公共电网	严格 (比 C1 宽松)
C3	第二类环境 (工业 / 技术区)	额定电压 < 1000V	中等 (比 C2 宽松)
C4	第二类环境 (复杂系统)	额定电压 ≥ 1000V 或额定电流 ≥ 400A，工业复杂系统	最宽松 (部分无具体限值)

EMI 发射要求 (限制设备对外部环境的干扰)

传导发射：

通过电源线、信号线等传导的干扰

辐射发射：

通过空间辐射的干扰，测试频段通常为 30MHz~1GHz

EMS 抗扰度要求 (确保设备在干扰环境中正常工作)

静电放电 (ESD) 抗扰度

射频电磁场辐射抗扰度

电快速瞬变脉冲群 (EFT) 抗扰度

浪涌 (Surge) 抗扰度

电压跌落、短时中断和电压变化抗扰度



04

变频器实际使用痛点与 常见问题

变频器出现过载报警，主要原因可能是设备负载过大，超出了变频器和电机的额定负载范围。长时间过载运行会导致电机过热，甚至损坏电机和变频器



解决方法是首先检查负载情况，查看是否有机机械故障导致负载异常增加，如皮带过紧、轴承卡死等。同时，根据厂家手册对变频器参数进行适当调整，例如增大过载保护的时间常数或调整电机的额定参数，以匹配实际负载

01

变频器运行过程中出现异常噪音，可能是由于内部元件松动，在运行时产生振动而发出噪音；也可能是某些元件受损，如电容漏电、电感磁芯松动等，导致电磁特性发生变化而产生异常声音

02

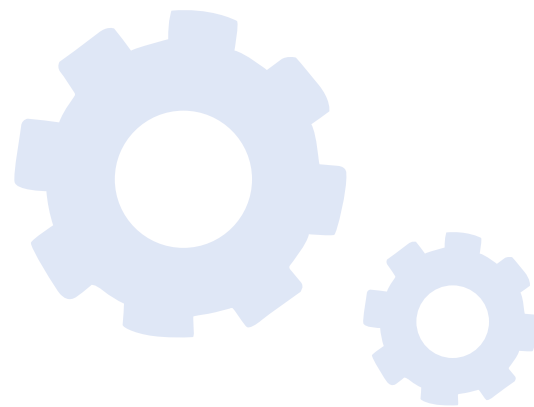
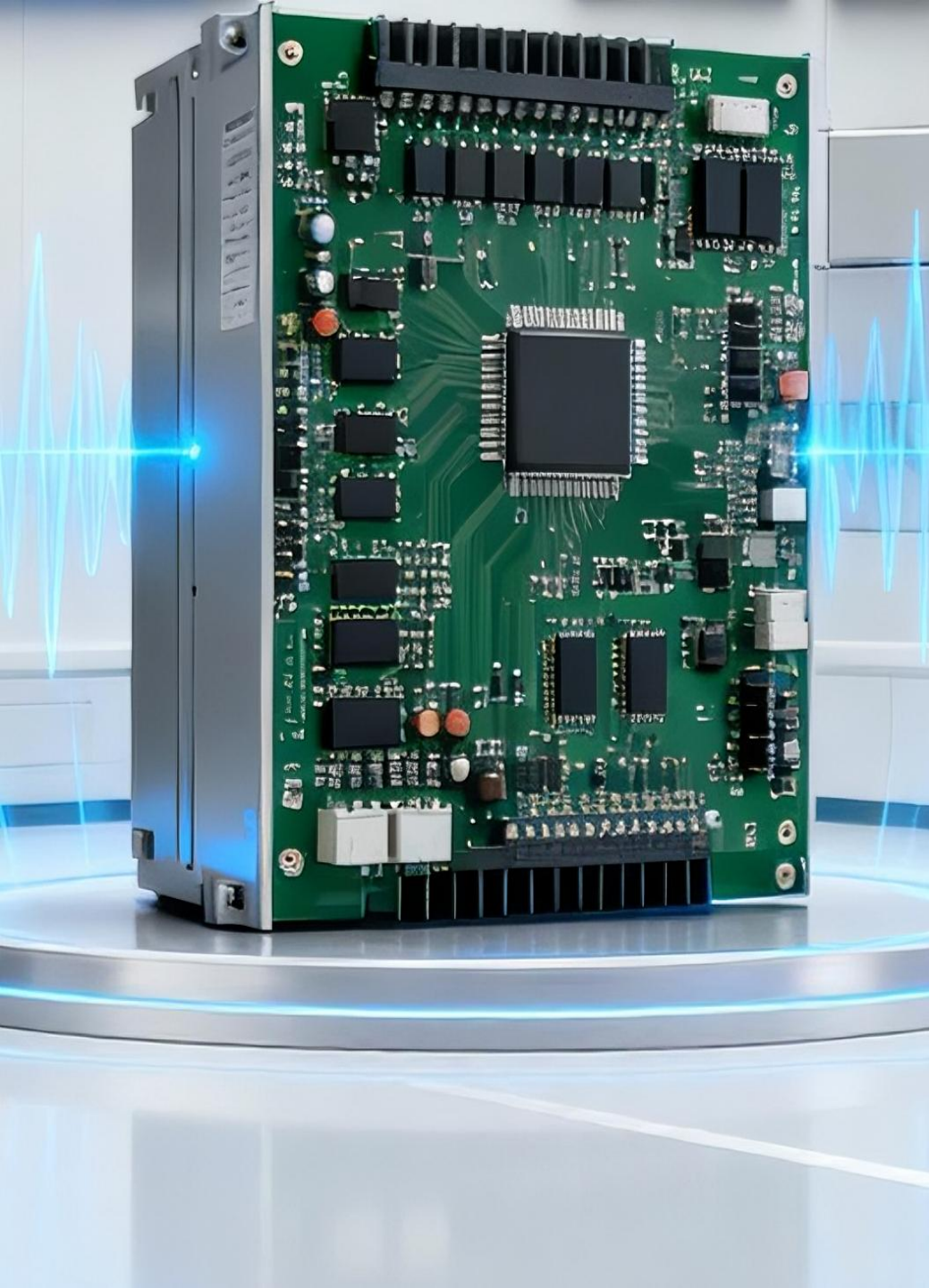
遇到这种情况，需要及时检查变频器内部元件的连接情况，紧固松动的螺丝和插件。对于受损的元件，应及时更换，确保变频器内部元件的正常工作状态，减少噪音产生



01.变频器无法启动，可能是电源故障引起的，如电源缺相、电压过低或过高、熔断器熔断等。电源问题会导致变频器无法正常供电，从而无法启动



02.设备本身故障也是常见原因，例如控制电路板故障、功率模块损坏、参数设置错误等。解决时，首先检查电源供应情况，使用万用表等工具测量电源电压和电流，确保电源正常。若电源无问题，则进一步检查变频器本身，可通过查看故障代码、进行硬件测试等方法，确定故障点并进行修复

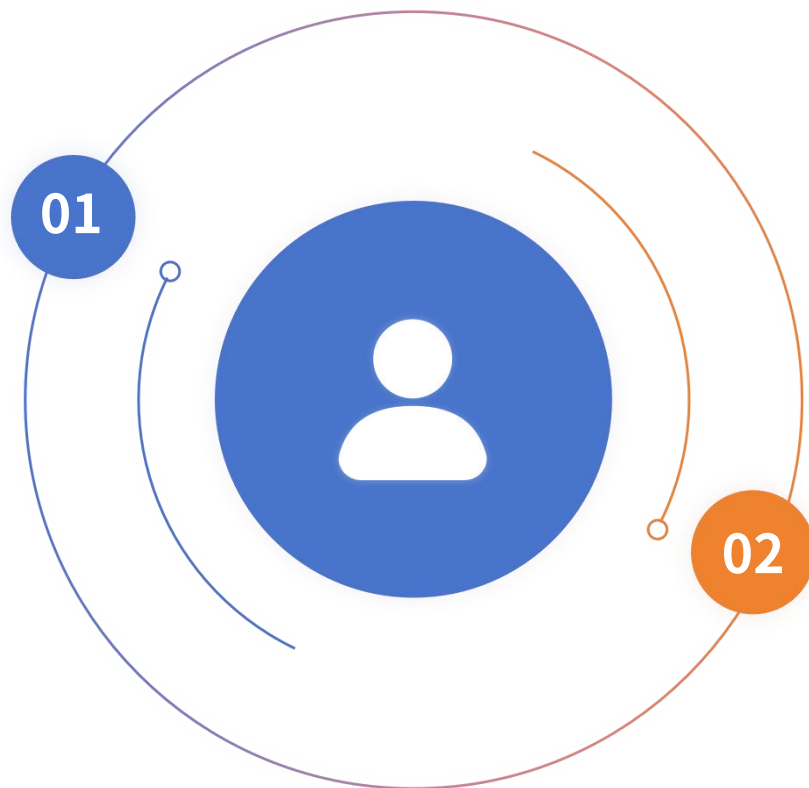


05

EMC电磁兼容思路与电路设计



在日益复杂的电磁环境中，变频器的EMC设计至关重要。良好的EMC设计不仅能确保变频器自身稳定运行，还能避免对周围其他电子设备产生电磁干扰，保证整个系统的可靠性和兼容性



随着电子设备的广泛应用，电磁干扰问题日益突出。如果变频器的EMC性能不佳，可能会导致控制系统误动作、通信信号中断等问题，影响生产效率和设备安全



整流电路在输入侧需要连接抗雷击过电压或操作过电压吸收电路，一般由星形连接的高频、高压电容器（如470p/2Kv）和压敏电阻（如20k/1Kv）组成。这个电路可以有效吸收电网中的瞬间过电压，保护变频器内部电路免受损坏



逆变器部分在高频开关状态时会产生电压尖脉冲，可能损坏IGBT模块并干扰驱动电路。常用的吸收电路有三种形式，可根据所用开关器件和功率等级来选择使用，通过吸收电压尖脉冲，保护IGBT模块，确保驱动电路的正常工作



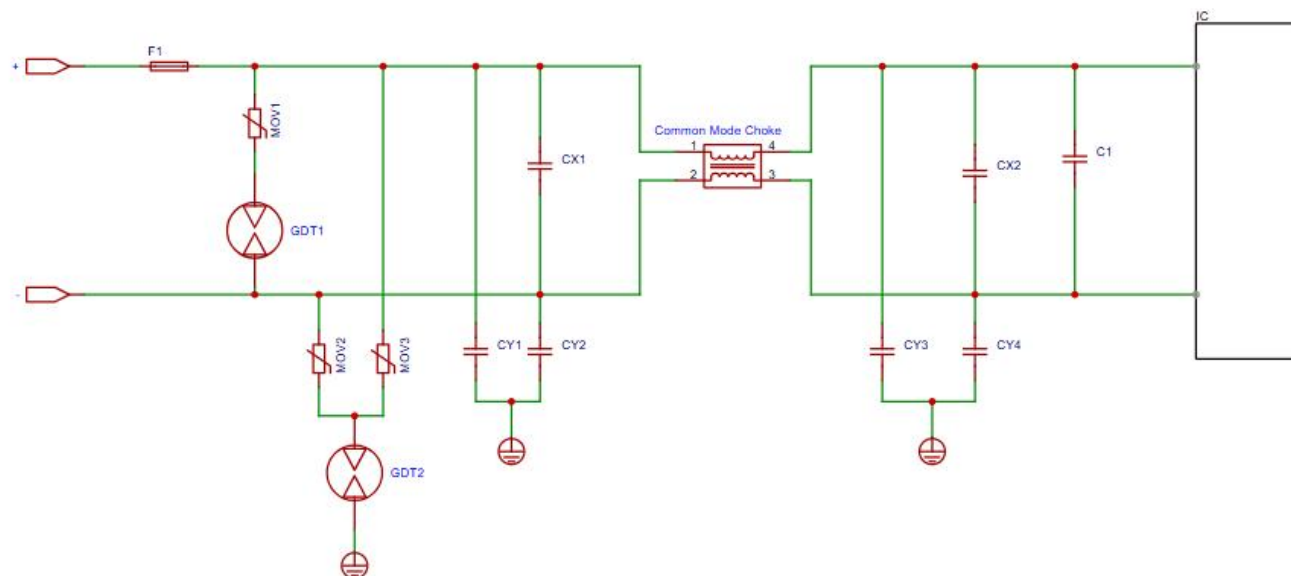
01.

在PCB布局时，要考虑PCB尺寸大小，过大可能导致成本增加和信号传输延迟，过小则可能影响散热和元件布局。特殊元件位置应合理安排，例如尽可能缩短高频元器件之间的连线，以减少信号传输干扰；加大存在较高电位差的元件或导线之间的距离，防止电气击穿

02.

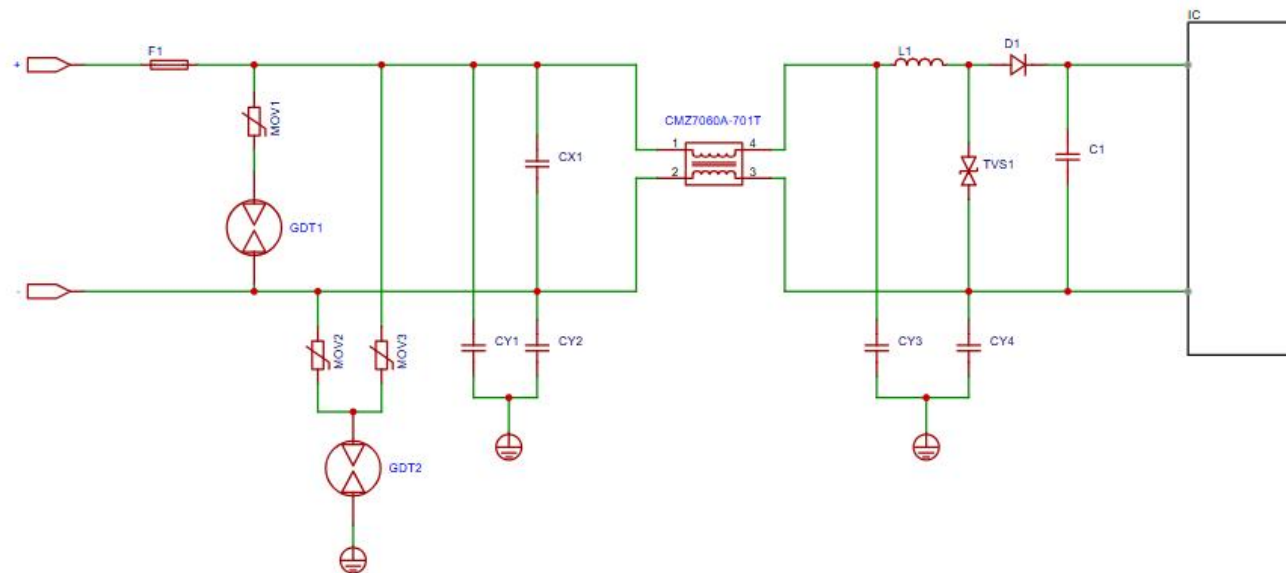
布线过程中，电路板尽量采用四层板，印制导线的布设应尽可能短，拐弯成圆角，以减少信号反射和电磁辐射。印制导线宽度最小不宜小于0.2mm，间距一般可取0.3mm，公共地线应尽可能粗，以降低接地电阻。布线顺序应遵循先布高频线（如PWM信号线）、干扰线（如晶振走线），后布普通线；数字区与模拟区尽可能隔离，并且数字地与模拟地要分离，以减少不同信号之间的干扰

AC 电源接口： 用于连接外部220V交流输入



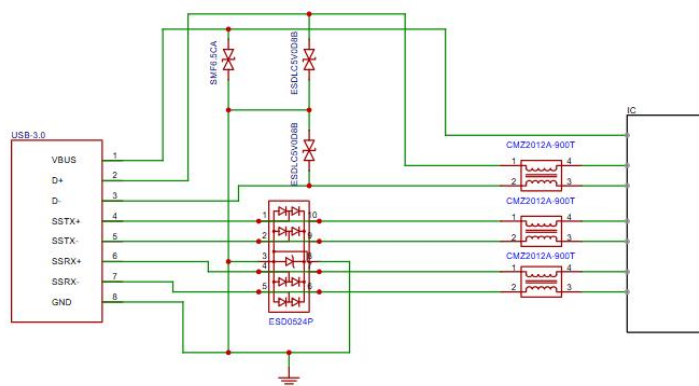
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
2R600L	GDT	电源接口	浪涌, 防雷 (户外产品, 关注续流问题)	2RXXXL
14D561K/14D511K	MOV	电源接口	浪涌, 防雷	14D
CMZ/CML	EMI 共模抑制器	电源接口	共模抑制	SMD

DC 电源接口： 用于连接外部电源适配器（如 12V/24V 直流输入）



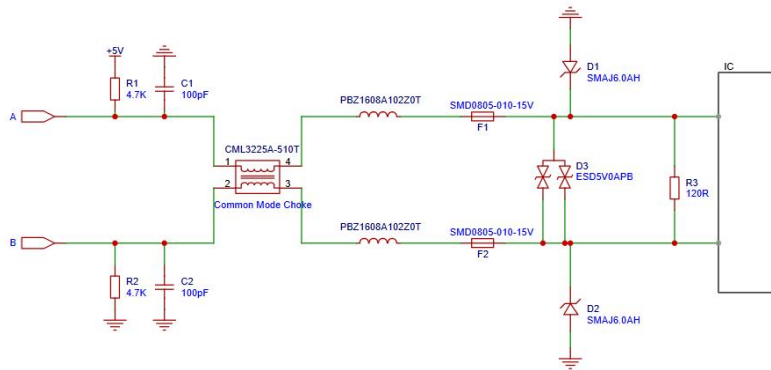
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
3R090L	GDT	电源接口	浪涌，防雷（户外产品，关注续流问题）	3RXXXL
SMBJ15CA	TVS 瞬态抑制二极管	电源接口	浪涌、抛负载	SMB
SMCJ30CA	TVS 瞬态抑制二极管	电源接口	浪涌、抛负载	SMC
CMZ7060A-701T	EMI 共模抑制器	电源接口	CE传导，共模抑制，电流更小，考虑小封装	7060

USB 3.0 接口:USB 3.0 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5Gbps，能快速传输大量数据，如机器视觉图像数据；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。



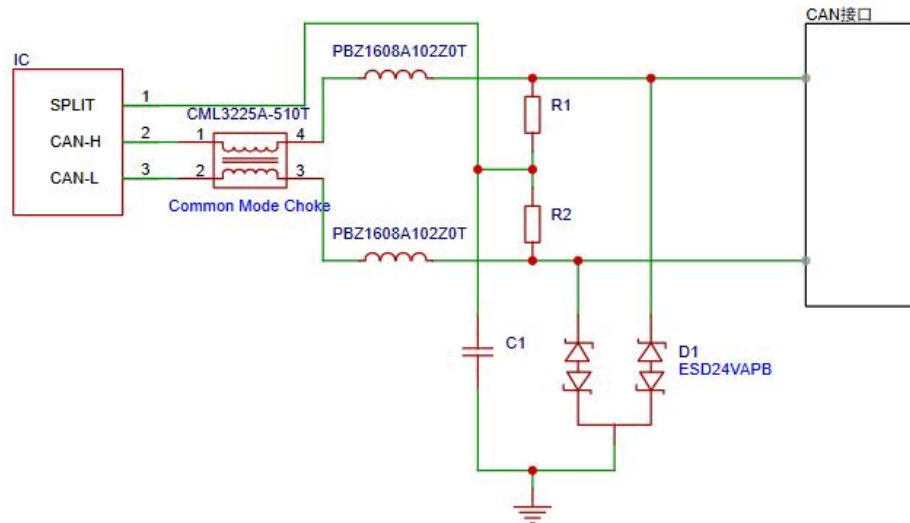
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD0524P	ESD	USB接口	浪涌、静电	DFN2510
ESDLC5V0D8B	ESD	USB接口	浪涌、静电	DFN1006
SMF6.5CA	TVS	USB接口	浪涌，抛负载	SOD123FL
CMZ2012A-900T	EMI	USB接口	共模抑制	2012

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
CMZ3225A-102T	共模电感	RS485接口	抑制共模噪声	2012/3225
PBZ1608A102Z0T	磁珠	RS485接口	消除高频干扰	1608
ESD5V0APB	ESD	RS485接口	浪涌、静电	SOT23
SMAJ6.0AH	TVS	RS485接口	浪涌、静电	SMA

CAN通讯接口：控制器局域网总线（CAN，Controller Area Network）是一种用于实时应用的串行通讯协议总线。CAN协议用于汽车中各种不同元件之间的通信，以此取代昂贵而笨重的配电线束。CAN协议的特性包括完整性的串行数据通讯、提供实时支持、传输速率高达1Mb/s、同时具有11位的寻址以及检错能力。



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
CML3225A-510T	共模电感	CAN通讯接口	抑制共模噪声	3225
PBZ1608A102Z0T	磁珠	CAN通讯接口	消除高频干扰	1608
ESD24VAPB	ESD	CAN通讯接口	浪涌、静电	SOT23

三、工业控制器I/O 系统产品





01 工业控制器I/O系统简介



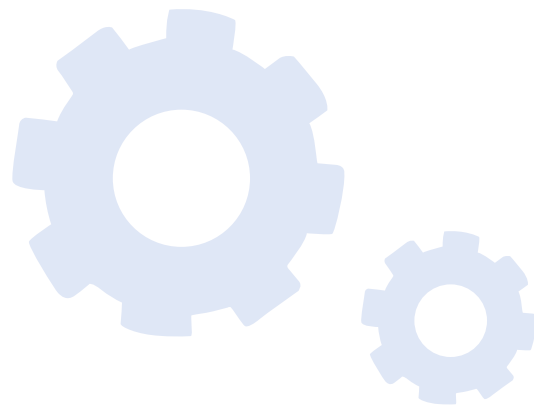
02 工业控制器I/O产品行业标准

03 产品电子硬件部份

04 EMC电磁兼容行业标准内容

05 I/O电子部分电磁兼容行业痛点

06 工业控制器I/O电磁兼容问题解决方案



01

工业控制器I/O系统简介

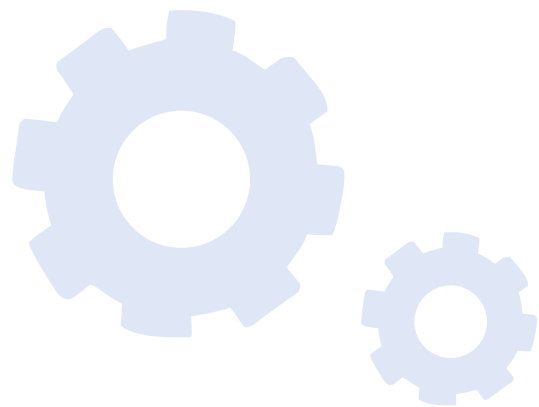


工业控制器I/O系统是工业自动化领域中至关重要的组成部分，用于连接和控制外部设备，实现数据的输入和输出，它能够使主机（如计算机、PLC或嵌入式系统）与外部设备

如：传感器、执行器等进行通信和控制、例如在汽车制造生产线中，I/O系统可实时采集机器人手臂位置传感器的数据，并根据预设程序控制机械臂的动作，确保精准完成焊接、装配等任务

实现工业设备之间的数据交互与控制指令传输，确保生产流程的自动化与智能化

以智能工厂为例，I/O系统将生产线上各种设备的数据汇总传输给中央控制系统，使管理者能实时掌握生产状态并做出调整



02

工业控制器I/O产品行业标准



IEEE相关标准，如IEEE802.11e、IEEE802.3等，涵盖通信、网络等方面，确保I/O系统在数据传输的兼容性与稳定性

802.3（以太网）：定义了有线以太网的 MAC 层（CSMA/CD 协议）和物理层（如 10BASE-T、1000BASE-T）

802.11（Wi-Fi）：规定了无线局域网的 MAC 层（CSMA/CA 协议）和物理层（如 Wi-Fi 6/6E/7）

802.15（蓝牙 / IoT）：针对无线个人区域网（WPAN），包括蓝牙和 ZigBee 的物理层规范

核心子标准与应用场景

802.3（以太网）：主导有线网络，支持从 10Mbps 到 400Gbps 的速率，广泛应用于工业自动化、数据中心

802.11（Wi-Fi）：覆盖无线接入，如 802.11ac（Wi-Fi 5）和 802.11ax（Wi-Fi 6），用于智能家居、企业办公

802.16（WiMAX）：提供宽带无线接入，适用于城域网覆盖

PROFIBUS & PROFINET International (PI)组织开发的Profinet标准，专为实时通信和分布式自动化系统设计，支持从现场设备到企业管理系统的无缝连接

以太网供电 (PoE)

802.3af (PoE) : 通过 4-5/7-8 或 1-2/3-6 线对供电, 输出功率15.4W, 适用于IP电话

802.3at (PoE+) : 支持 30W 输出, 用于高清摄像头

802.3bt (PoE++) : 利用全部四对线供电, Type4模式提供90W, 适用于工业机器人

设计要求:

PSE (供电设备) : 需检测 PD (受电设备) 的存在和功率等级, 支持过流/过压保护

PD (受电设备) : 需符合 24.9k Ω 检测电阻和功率分级 (如Class 8对应 71.3W)

低功耗设计

Wi-Fi 的节能机制: 如 802.11 的 PS-Poll (节能轮询) 和 Target Wake Time (目标唤醒时间), 要求无线 I/O 模块在休眠与唤醒间快速切换

以太网的能效 (EEE) : 802.3az 标准要求 PHY 在空闲时降低功耗, 如通过 LPI (链路脉冲间隔) 优化供电

有线接口设计规范，差分信号传输：

如以太网的 1000BASE-T 使用四对双绞线差分传输，需满足阻抗匹配（如 Cat6a 电缆差分阻抗 $100\Omega \pm 15\%$ ）

并行接口要求，GMII（千兆介质独立接口）：

8 位并行数据传输，需等长处理 TX/RX 信号（偏差 $\leq 50\text{ps}$ ），单端阻抗 50Ω ，信号过冲 $\leq \pm 0.6\text{V}$

XAUI（10 千兆附件单元接口）：

4对差分通道，AC耦合设计，差分阻抗 100Ω ，支持 3.125Gbps/通道

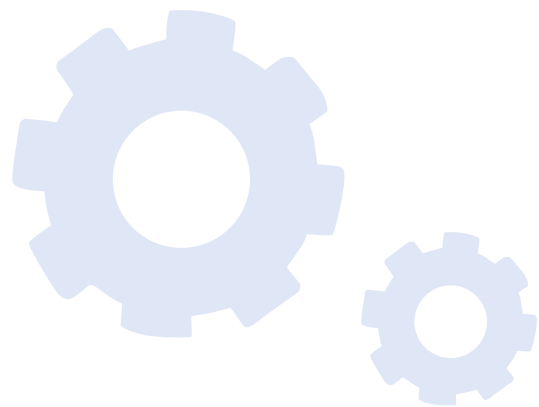
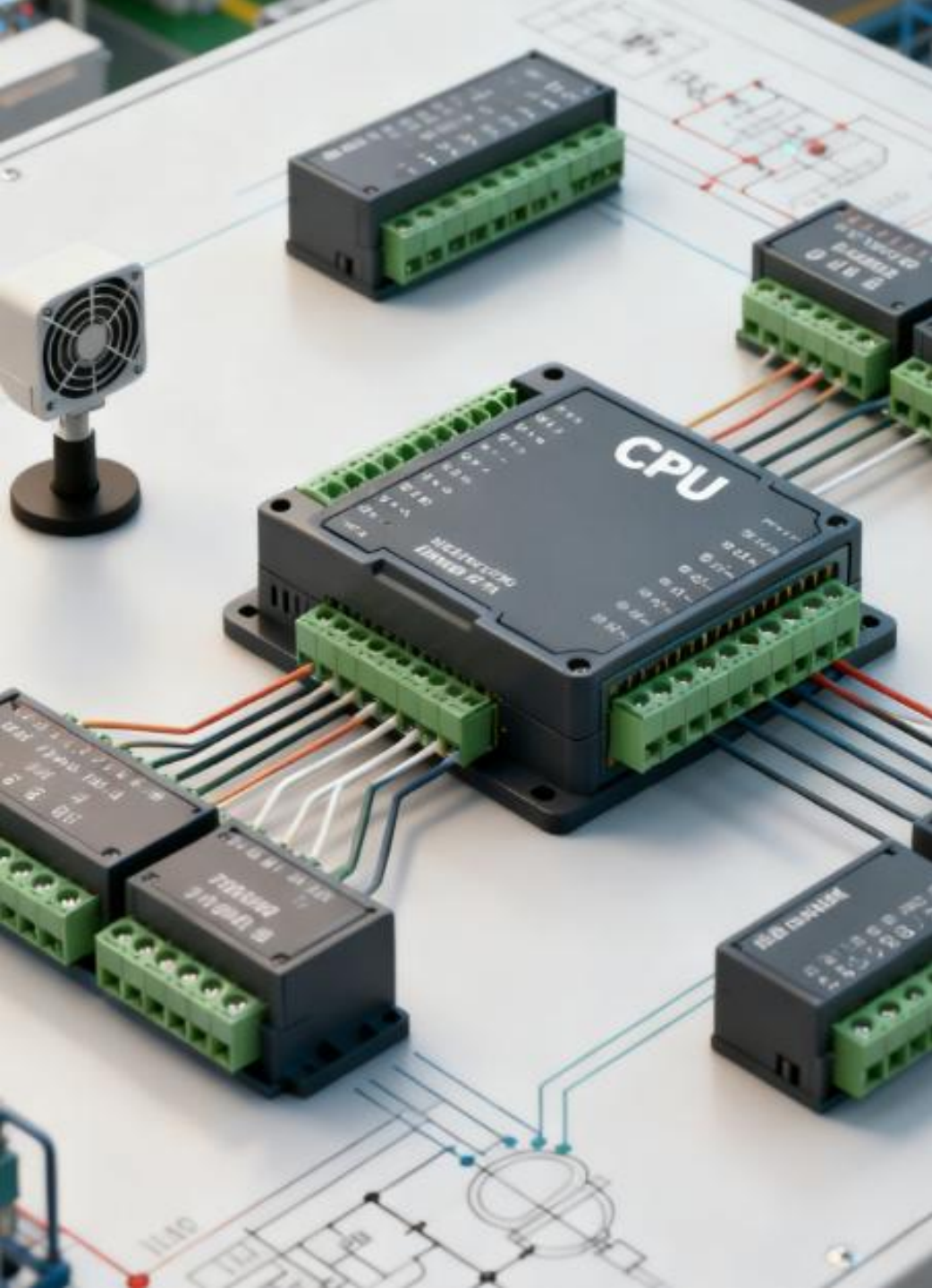
光纤接口：

如 10GBASE-SR 使用 850nm 多模光纤，需符合 IEEE 802.3ae 对光功率和色散的要求

Profinet需支持RT（Real-Time）和IRT（Isochronous Real-Time）模式，满足高精度、低延迟场景需求，像在对时间同步要求极高的高速生产线设备通信中发挥关键作用

IEC62443工业网络安全标准，具备防火墙、访问控制等功能，保障工业网络免受外部攻击和内部数据泄露风险

IEC62443的EMC要求通过安全功能设计、引用通用 EMC 标准和风险分级管理实现，强调在工业环境中确保设备安全功能的持续有效性；企业需将 EMC 测试与网络安全认证结合，以满足国际市场准入要求（如欧盟 CRA 法案、美国 NIST 标准）



03

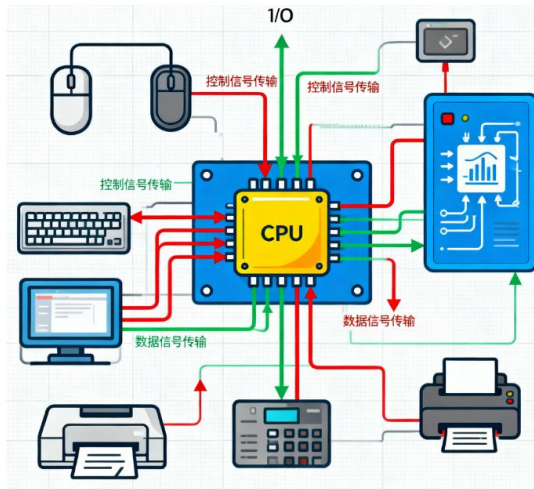
产品电子硬件部份





接口模块:

连接I/O设备与主机的中间电路，负责转换信号电平、数据格式以及提供缓冲功能，就如同不同电压设备连接时的变压器，保障信号适配



设备控制器:

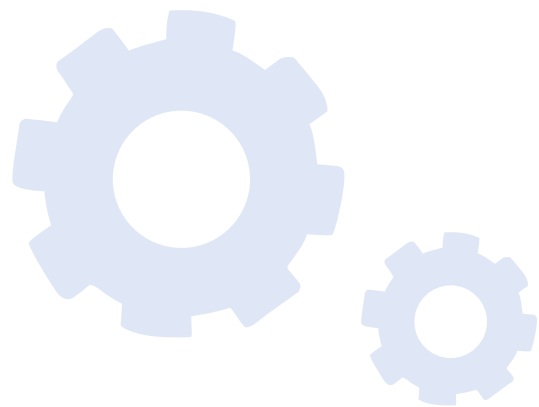
管理特定I/O设备的特殊处理器，执行I/O设备与通道或CPU之间的数据传输，如PLC中的I/O控制器，控制着各类输入输出信号的处理

01.

I/O总线作为连接各种I/O硬件组件的数据通路，负责在组件之间传输数据和控制信号，协调各硬件部分的工作，就像人体的神经系统，确保各器官信息传递与协同

02.

以一个自动化仓储系统为例，传感器数据通过接口模块传输到设备控制器，设备控制器根据中央控制系统指令，再通过I/O总线控制执行器完成货物的搬运操作



04

EMC电磁兼容行业标准内容



EMC是指在同一电磁环境中，不同设备或系统能够正常工作且互不干扰的状态。相关标准涵盖一系列测试项目，用于评估设备在电磁环境中的干扰和抗干扰能力

例如:在一个包含多种电子设备的工业环境中，各设备都需满足EMC标准，才能保证整个系统稳定运行

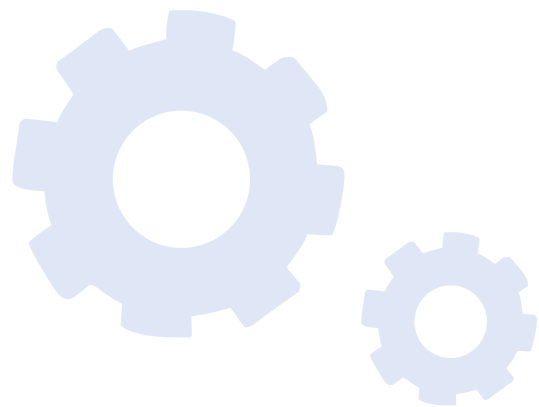
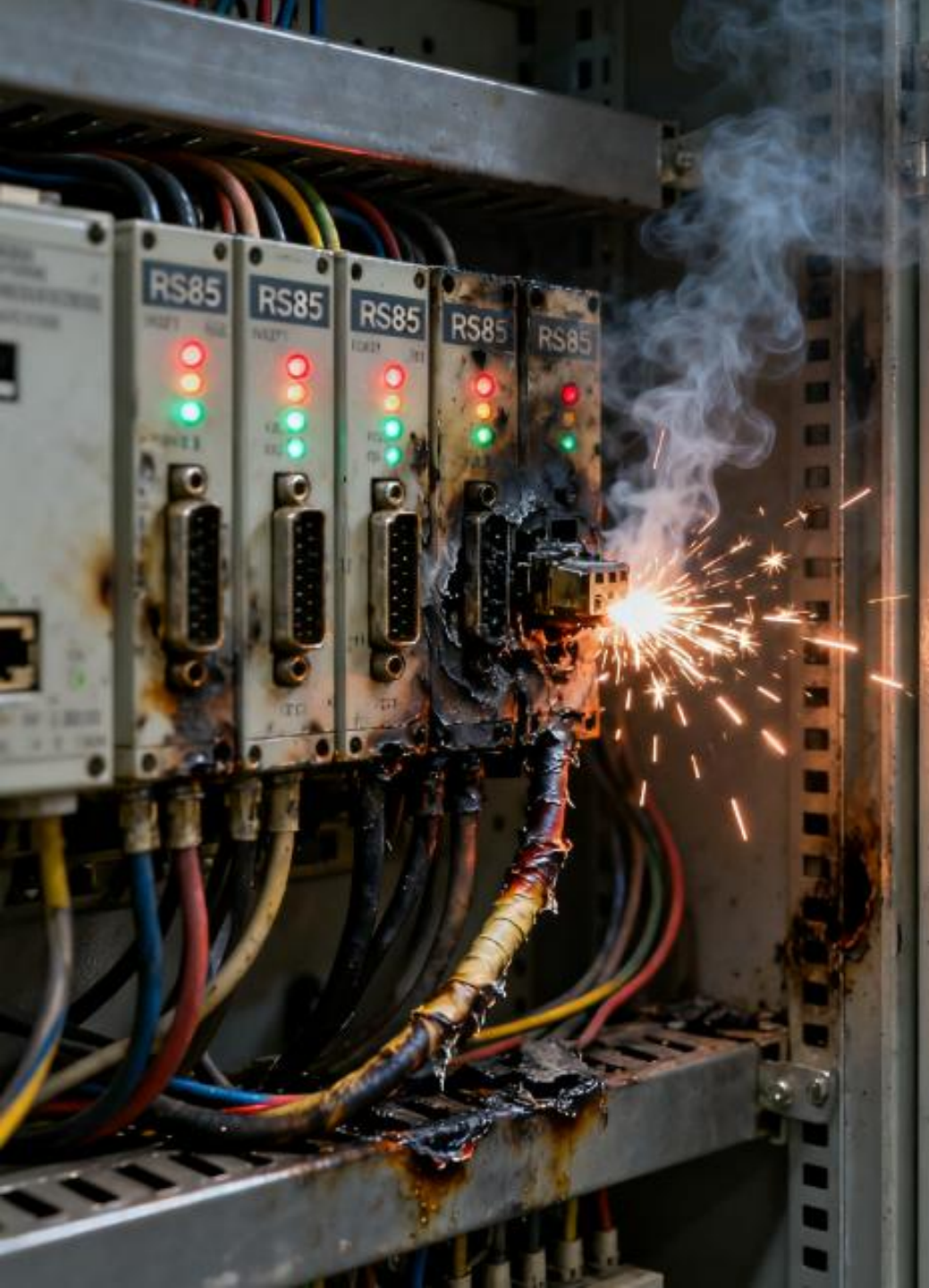
ESD静电放电抗扰度测试

模拟具有不同静电电位的物体互相靠近或直接接触引起的电荷转移，评估设备在电荷转移过程中对电路引起的干扰是否会造成功能紊乱，如：

在北方干燥地区，静电现象频繁，设备需通过此测试才能稳定工作

EMI射频场感应的传导骚扰抗扰度测试

评估设备在射频电磁场中的传导抗扰度，在无线通信设备众多的环境中，此测试能保证设备不受射频干扰影响



05

I/O电子部分电磁兼容行业痛点



抗干扰能力不足

在复杂电磁环境中，如5G基站附近、工业物联网现场，设备易受射频干扰导致信号中断甚至系统崩溃，影响生产的连续性和准确性

传导发射超标

设备内部电路产生的高频噪声通过电源线等传导路径发射，干扰其他设备正常工作，如开关电源的电磁干扰可能影响附近的精密测量仪器

生产中断

设备因电磁兼容问题故障，导致生产线停滞，造成巨大经济损失，如汽车生产线停工会使整车产量下降，增加生产成本

产品质量下降

干扰可能导致传感器数据不准确，使生产出的产品质量不稳定，影响企业声誉和市场竞争力



06

工业控制器I/O电磁兼容行业 解决方案



滤波设计:

在I/O接口使用滤波连接器，电缆上缠绕铁氧体磁环滤波，有效抑制传导骚扰

例如:

在电源线上加装滤波器，可降低高频噪声对设备的影响

屏蔽技术:

采用金属外壳、屏蔽罩等对设备或关键部件进行屏蔽，减少辐射干扰

例如:

电子设备的金属外壳可阻挡内部电磁辐射外泄

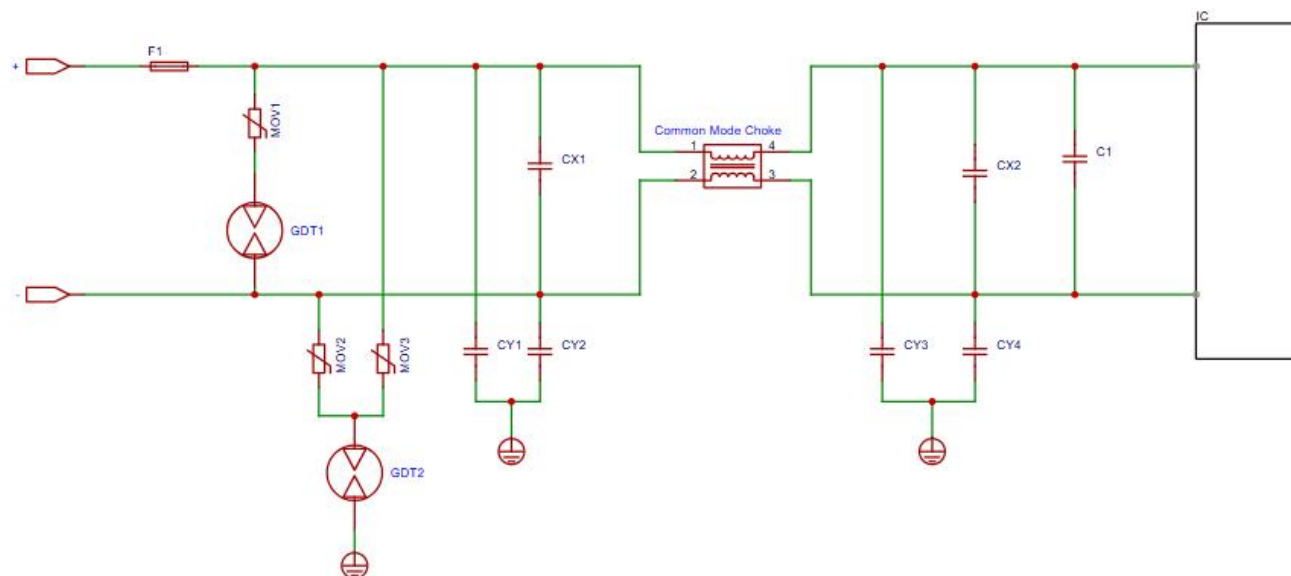
展频技术 (SSC) :

通过调制时钟频率，将能量峰值分散到更宽频带，降低电磁干扰强度，常用于Wi-Fi模块等设备，使其满足相关标准

跳频技术 (FHSS) :

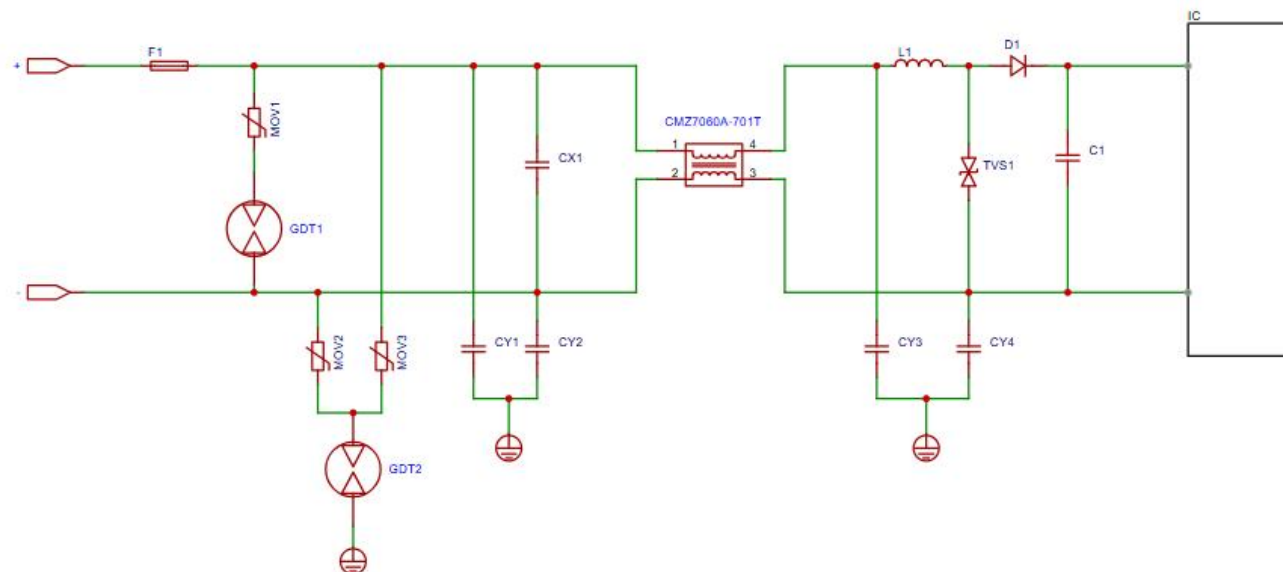
通过随机切换工作频点，避免持续干扰特定频段，保障通信稳定性，常用于蓝牙、Zigbee等短距离通信设备

AC 电源接口： 用于连接外部220V交流输入



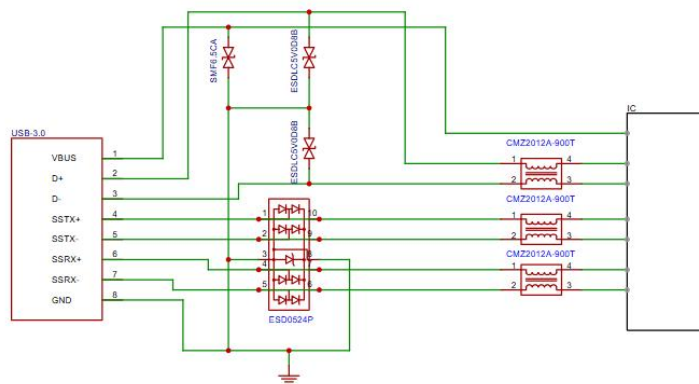
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
2R600L	GDT	电源接口	浪涌, 防雷 (户外产品, 关注续流问题)	2RXXXL
14D561K/14D511K	MOV	电源接口	浪涌, 防雷	14D
CMZ/CML	EMI 共模抑制器	电源接口	共模抑制	SMD

DC 电源接口： 用于连接外部电源适配器（如 12V/24V 直流输入）



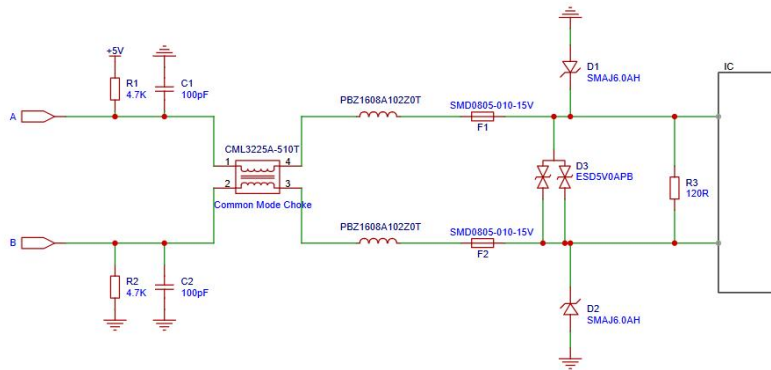
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
3R090L	GDT	电源接口	浪涌，防雷（户外产品，关注续流问题）	3RXXXL
SMBJ15CA	TVS 瞬态抑制二极管	电源接口	浪涌、抛负载	SMB
SMCJ30CA	TVS 瞬态抑制二极管	电源接口	浪涌、抛负载	SMC
CMZ7060A-701T	EMI 共模抑制器	电源接口	CE传导，共模抑制，电流更小，考虑小封装	7060

USB 3.0 接口:USB 3.0 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5Gbps，能快速传输大量数据，如机器视觉图像数据；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。



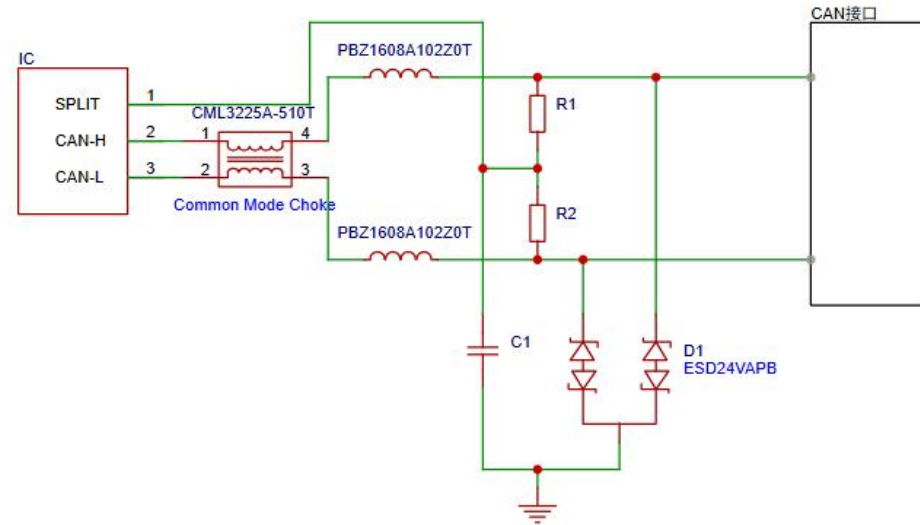
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD0524P	ESD	USB接口	浪涌、静电	DFN2510
ESDLC5V0D8B	ESD	USB接口	浪涌、静电	DFN1006
SMF6.5CA	TVS	USB接口	浪涌，抛负载	SOD123FL
CMZ2012A-900T	EMI	USB接口	共模抑制	2012

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。



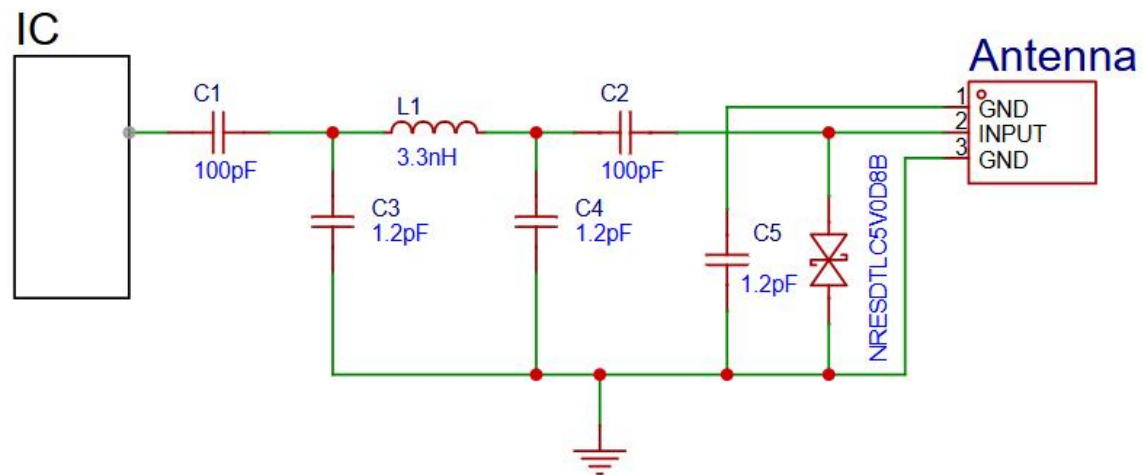
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
CMZ3225A-102T	共模电感	RS485接口	抑制共模噪声	2012/3225
PBZ1608A102Z0T	磁珠	RS485接口	消除高频干扰	1608
ESD5V0APB	ESD	RS485接口	浪涌、静电	SOT23
SMAJ6.0AH	TVS	RS485接口	浪涌、静电	SMA

CAN通讯接口：控制器局域网总线（CAN，Controller Area Network）是一种用于实时应用的串行通讯协议总线。CAN协议用于汽车中各种不同元件之间的通信，以此取代昂贵而笨重的配电线束。CAN协议的特性包括完整性的串行数据通讯、提供实时支持、传输速率高达1Mb/s、同时具有11位的寻址以及检错能力。



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
CML3225A-510T	共模电感	CAN通讯接口	抑制共模噪声	3225
PBZ1608A102Z0T	磁珠	CAN通讯接口	消除高频干扰	1608
ESD24VAPB	ESD	CAN通讯接口	浪涌、静电	SOT23

WIFI天线: WIFI天线是用于传输和接收电磁波的设备，通过发射和接收电磁波实现无线通信。同时天线通过特定形状和尺寸选择性地接收或发射特定频率的电磁波，实现电信号与电磁波的相互转换。



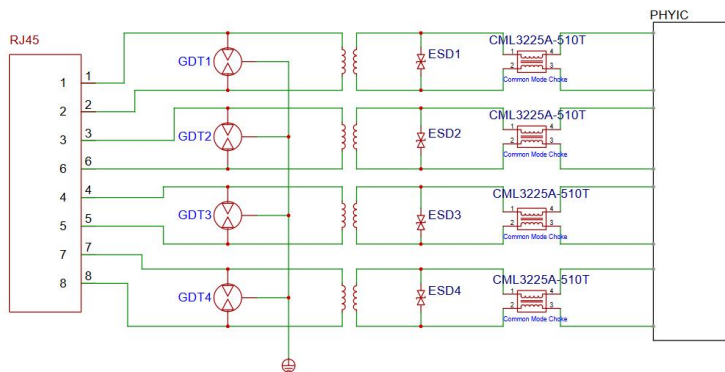
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
NRESDTLC5V0D8B	ESD	WIFI天线	浪涌、静电	DFN1006

千兆网接口:支持有线网络连接;

千兆网接口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,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,满足设备在工业自动化、智能物流等领域对高速、稳定数据传输的需求;

若是使用百兆网,可将共模电感更换为CMZ2012B-900T。



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
3R090L	GDT	千兆网接口	浪涌	3RXXXL
ESDLC3V3D3B	ESD	千兆网接口	浪涌、静电	SOD323
CML3225A-510T	共模电感	千兆网接口	共模噪声	3225

四、工业互联 物联网关产品





01 物联网关：功能与应用



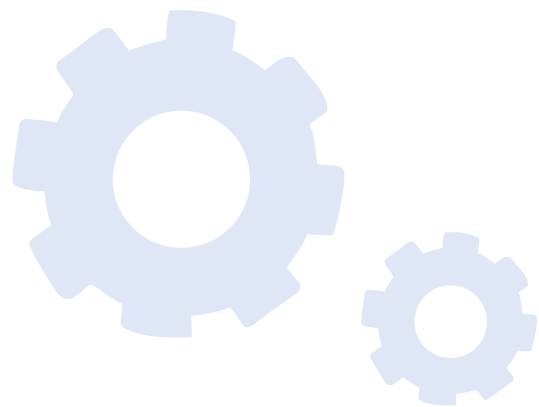
02 物联网关产品的行业标准

03 物联网关EMC电磁兼容标准

04 物联网关实际使用痛点与常见问题

05 EMC电磁兼容思路与电路设计



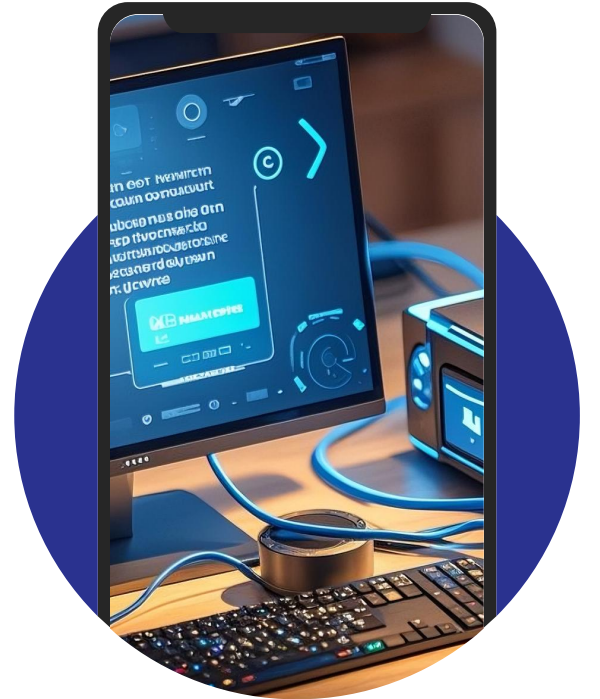


01

物联网关：功能与应用



- ① 物联网网关是连接边缘设备（如传感器、执行器等）和云端或本地服务器的硬件设备，在物联网系统中扮演着至关重要的角色，是不同网络之间的桥梁
- ② 核心功能丰富多样，包括数据聚合，能够从多个源收集数据，并将其传输到云端或本地系统
- ③ 实现数据的集中管理与分析；协议转换，把设备使用的原始协议转换为可用于进一步处理的标准协议，打破设备间的通信壁垒；数据预处理，对数据进行过滤、聚合和存储，减少传输量和延迟，还可实现断网续传，确保数据的完整性与时效性
- ④ 安全防护，提供数据加密和安全认证，有效保护设备免受网络攻击；设备管理，可远程监控设备状态，进行配置和故障排除，提高设备的运维效率

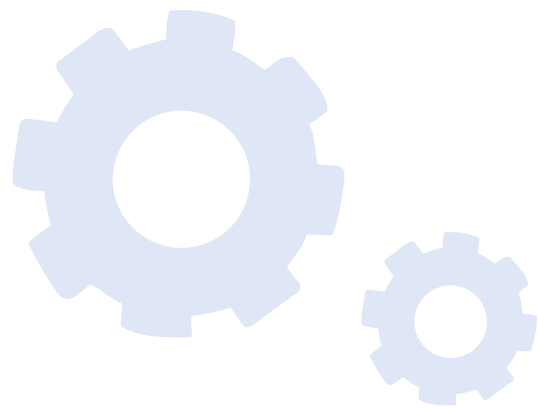


A 工业自动化领域：在工业物联网（IIoT）中，物联网关用于连接生产线上的各种传感器和机器，实时监控生产状态。通过对设备运行数据的分析，能够预测维护需求，提前安排维护工作，减少设备故障带来的停机时间；还能优化制造流程，提高生产效率和产品质量，助力工业企业实现智能化生产

B 智慧城市建设方面：物联网网关连接城市基础设施，如交通信号灯、监控摄像头、环境监测站等。通过整合这些设备的数据，城市管理者可以实时了解城市的运行状况，实现智能交通管理，优化交通流量，减少拥堵；加强环境监测与治理，及时发现环境污染问题并采取相应措施，提升公共服务效率，打造宜居、宜业的智慧城市

C 农业物联网的应用：物联网关通过连接土壤、气候监测设备，帮助实现精准农业。根据土壤湿度、养分含量以及气候条件等数据，自动控制灌溉、施肥等作业，实现水资源和肥料的合理利用，提高农作物产量和质量，推动农业现代化发展

D 医疗健康行业的应用：连接医疗设备和健康监测装置，物联网网关有助于远程医疗服务的开展。医生可以实时监测患者的健康状况，如心率、血压、血糖等数据，及时发现异常并进行诊断和治疗，为患者提供更加便捷、高效的医疗服务，尤其是对于偏远地区或行动不便的患者



02

物联网关产品的行业标准



物联网关行业标准是确保产品质量、性能和兼容性的重要依据，由国际组织、国家和行业协会共同制定，对物联网关的设计、生产、测试和应用等方面进行规范

随着物联网技术的快速发展和应用场景的不断拓展，统一的行业标准对于促进物联网关的互联互通、保障系统的稳定运行以及推动产业的健康发展具有关键作用，能够减少产品开发的不确定性，降低成本，提高市场竞争力

国际电工委员会（IEC）标准：

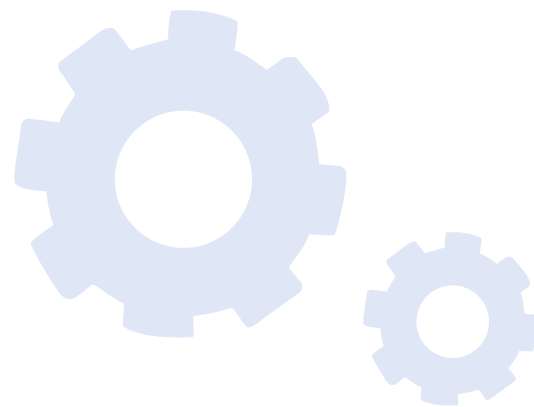
IEC制定的标准在全球范围内具有广泛影响力，涵盖了电磁兼容、通信协议、安全等多个关键领域；例如：在电磁兼容方面，对物联网关在电磁环境中的抗干扰能力和自身电磁辐射限制做出了明确规定，确保设备在复杂电磁环境下能正常工作且不干扰其他设备

欧洲电信标准协会（ETSI）标准：

ETSI标准侧重于通信技术相关规范，对物联网关的无线通信性能、频谱使用等方面提出严格要求，以保障设备在欧洲市场的合规性和良好通信质量，适应欧洲地区的通信网络和应用需求

中国国家标准：

我国针对物联网关制定了一系列国家标准，《信息技术设备的电磁兼容性限值和测量方法》等；这些标准结合国内实际情况，在参考国际标准的基础上，对物联网关的各项性能指标进行详细规定，推动国内物联网关产业的标准化发展，促进国内市场的规范和有序竞争



03

物联网关EMC电磁兼容标准



该标准由国际电工委员会（IEC）发布，欧洲标准化委员会（CENELEC）将其采纳并根据欧洲法规和需求进行修改补充，形成适用于欧洲市场的标准，在全球电子设备认证中具有重要地位，是物联网关进入国际市场必须遵循的规范

EMC电磁兼容标准用于评估和确保电子设备在电磁环境下的兼容性，涵盖了设备在电磁环境中正常工作且不对其他设备产生不可接受电磁干扰的能力要求

该标准由国际电工委员会（IEC）发布，欧洲标准化委员会（CENELEC）将其采纳并根据欧洲法规和需求进行修改补充，形成适用于欧洲市场的标准，在全球电子设备认证中具有重要地位，是物联网关进入国际市场必须遵循的规范

电磁辐射测量：评估物联网关在正常操作时产生的电磁辐射水平

常用测试标准EN 55032针对工业、科学和医疗设备的辐射要求；EN55011用于家用电器、信息技术设备和电信设备的辐射要求。通过对设备辐射的电场强度、磁场强度等指标进行测量，确保其辐射水平在合理范围内，避免对周围其他电子设备造成干扰

电磁感应测量：检测物联网关对外部电磁场干扰的敏感程度

EN55024 针对工业、科学和医疗设备的电磁感应抗扰度要求

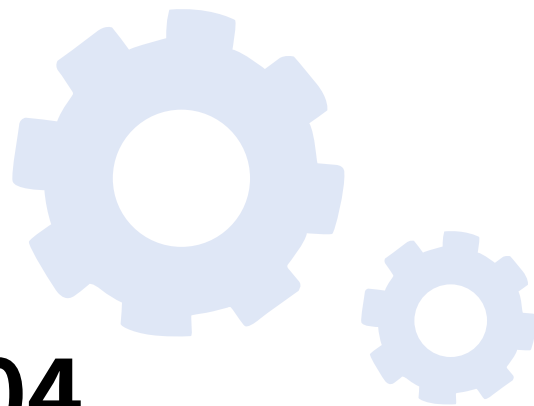
EN61000-6-1 适用于住宅、商业和轻工业环境的电磁感应抗扰度要求;通过模拟不同强度和频率的外部电磁场，观察设备的性能变化，判断其对电磁感应的抵抗能力

EN61000-4-2 对静电放电抗扰度的要求，模拟人体或物体静电冲击，测试设备在不同放电电压下的工作状态

EN61000-4-3 针对射频辐射抗扰度的要求，检验设备抵抗空间射频电磁波干扰的能力

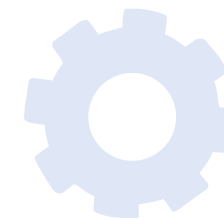
EN61000-4-4 用于测试快速瞬变抗扰度，模拟开关感性负载产生的瞬时干扰

EN61000 -4-5 测试浪涌抗扰度，模拟雷击或大功率设备切换产生的浪涌干扰。通过这些测试，确保设备在各种干扰情况下仍能正常工作



04

物联网关实际使用痛点与 常见问题



01设备间相互干扰：物联网设备种类繁多，不同设备工作时产生的电磁信号可能相互干扰，影响物联网关的数据传输和处理，导致设备性能下降甚至出现故障，降低了整个物联网系统的稳定性和可靠性

02复杂电磁环境挑战：随着无线通信技术的广泛应用，物联网关所处的电磁环境日益复杂，周围存在众多电磁骚扰源，如其他无线设备、工业设备等。这些干扰源产生的电磁波可能对物联网关的通信和运行产生负面影响，增加了设备正常工作的难度

03小型化与低功耗矛盾：为满足市场对物联网设备小型化和低功耗的需求，物联网关在设计时往往需要在尺寸和功耗上进行优化。然而，这可能会导致设备在电磁兼容性方面的性能下降，例如散热空间减小、电路布局紧凑等因素，使得设备更容易受到电磁干扰，同时自身产生的电磁辐射也可能增加

04法规与标准遵循困难：各国对物联网设备的电磁兼容性有不同的法规和标准要求，物联网关需要满足多个国家和地区的标准才能进入全球市场。这对企业来说，增加了研发、生产和测试的成本与难度，需要投入更多的资源来确保产品符合各种法规和标准

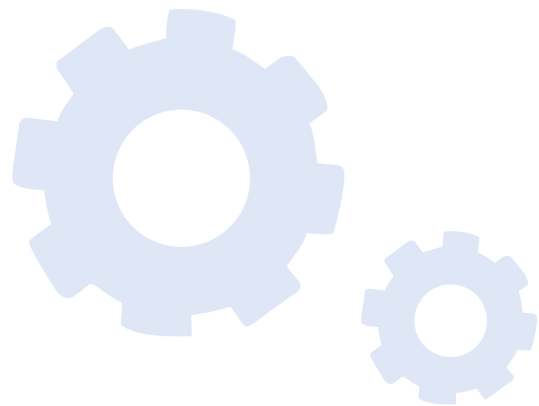
01 电源端口传导干扰超标：电源端口可能会将设备内部的电磁干扰传导到外部电源网络，影响其他设备的正常运行；这可能是由于电源滤波电路设计不合理、元器件性能不佳等原因导致，需要优化电源滤波电路，选用高质量的滤波元器件来解决

02 辐射骚扰超标：物联网关在工作时通过空间辐射出的电磁骚扰超过标准限值，会对周围的无线通信设备、电子设备等造成干扰。原因可能包括PCB布局不合理、信号走线过长、屏蔽措施不完善等，可通过优化PCB布局、缩短信号走线、加强屏蔽等措施来降低辐射骚扰

03 静电放电问题：在日常使用中，人体或物体与物联网关接触时可能产生静电放电现象，静电放电产生的瞬间高电压可能会损坏设备内部的电子元件，导致设备故障。解决方法包括增加静电防护器件、优化接地设计等，提高设备的静电抗扰度

04 通信中断或不稳定：由于电磁干扰、网络信号波动等原因，物联网关与其他设备之间的通信可能会出现中断或不稳定的情况，影响数据的实时传输和系统的正常运行。可通过增强通信抗干扰能力、优化网络配置、采用冗余通信链路等方式来提高通信的稳定性

05 兼容性问题：物联网关需要与多种不同类型的设备进行连接和通信，但不同设备可能采用不同的通信协议和接口标准，导致物联网关与部分设备之间存在兼容性问题，无法实现正常的交互和设备控制。这需要物联网关具备更强的协议转换和兼容性适配能力，或者通过开发适配软件和硬件来解决兼容性问题



05

EMC电磁兼容思路及电路设计



形成三要素

思路一

干扰源抑制：从源头上减少电磁干扰的产生，例如优化电路设计，降低信号传输过程中的噪声和谐波；选用低噪声的元器件，减少元器件自身产生的电磁干扰；合理设计时钟电路，降低时钟信号的辐射强度

思路二

传播路径切断：采取屏蔽、滤波、接地等措施，阻断电磁干扰的传播途径；通过屏蔽技术，使用金属屏蔽外壳或屏蔽材料，阻止电磁干扰的空间传播；利用滤波电路，对电源线和信号线进行滤波处理，去除高频干扰信号；优化接地设计，确保良好的接地，为干扰电流提供低阻抗的回路路径，减少干扰信号在电路中的传导

思路三

提高设备抗扰度：增强物联网关自身对电磁干扰的抵抗能力，通过合理的PCB布局，将敏感电路与干扰源隔离；增加去耦电容，提高电路的抗干扰能力；采用电磁屏蔽材料对敏感部件进行屏蔽保护，提高设备在复杂电磁环境下的稳定性

PCB分层设计：“七分层，三分布”原则至关重要。关键信号层必须紧邻完整地平面，以减少信号传输过程中的干扰；时钟、高速总线等敏感信号应夹在两个地平面之间（地-信号-地结构），最小化回流路径面积，降低电磁辐射；电源平面“内缩”处理，电源层相对地平面内缩 $5H\sim 20H$ （ H 为层间介质厚度，常用设计 $20H$ ），抑制边缘辐射效应；避免相邻布线层平行走线，当布线层必须相邻时，增大层间距至2倍以上，并确保信号层与回流层间距最小化；

高频信号禁止表层走线， $\geq 50\text{MHz}$ 信号必须走在内层，避免空间辐射，如必须走表层，需增加铜箔屏蔽带

不同层数的PCB有各自的黄金结构

4层板采用信号→地→电源→信号的布局，具有较好的EMC性能

6层板适合高速信号，采用信号→地→信号→电源→地→信号的结构

8层板则为信号→地→信号→电源→地→信号→电源→信号

离高电压、大电流信号与小电流，低电压的弱信号，将模拟信号与数字信号分开，高频信号与低频信号分开，高频元器件的间隔要充分，减少信号之间的相互干扰；

接口放置“EMC三剑客”

即ESD防护器件→共模电感→滤波电容，顺序不可颠倒，网口、USB等高速接口需增加 π 型滤波器，提高接口的抗干扰能力；Bulk电容（100-470 μ F）放在电源入口、大功率器件旁，去耦电容（0.1 μ F）放在每个IC电源引脚5mm范围内，高频电容（1 - 10nF）放在时钟芯片、RF模块旁，形成有效的电容矩阵，抑制不同频率的干扰信号

遵循3W原则

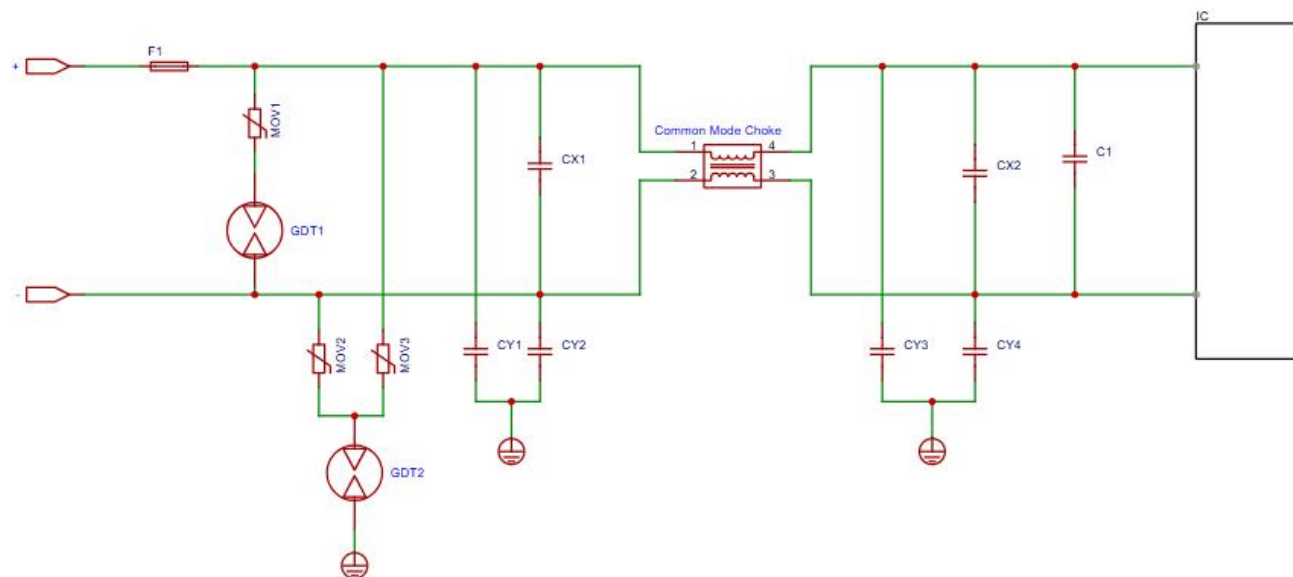
信号线间距 ≥ 3 倍线宽，时钟线推荐 $\geq 5W$ ，可减少70%串扰；关键信号(如时钟)与回流路径形成的环路面积需 $< 1\text{cm}^2$ ，实测表明，减小环路面积可有效降低辐射；严禁高速信号跨越平面分割间隙，避免回流路径绕行和产生差模辐射；差分对的线距保持恒定 ≤ 2 倍线宽，长度差 $< 15\text{mil}$ （严格可以控制5mil），全程等阻抗，避免参考平面切换；高速信号距板边 $\geq 3H$ （H为线到参考面高度），或增加接地Guard Trace，防止边缘辐射

电源完整性设计采用“三级防护网”，输入口使用TVS管 + π 型滤波器（ $10\mu\text{F}$ + 磁珠 + $0.1\mu\text{F}$ ），对电源进行初步滤波和过压保护；电源平面进行多级解耦，使用Bulk电容和陶瓷阵列，去除不同频率的电源噪声；芯片端使用0402封装 $0.1\mu\text{F}$ 电容 + 1nF 高频电容，进一步降低电源噪声

避免不同电源域重叠，如3.3V与5V投影重叠可能会导致电源干扰，电源层边界间距 $\geq 2\text{mm}$ ，高速区域禁用平面层开槽，防止干扰信号通过电源平面传播

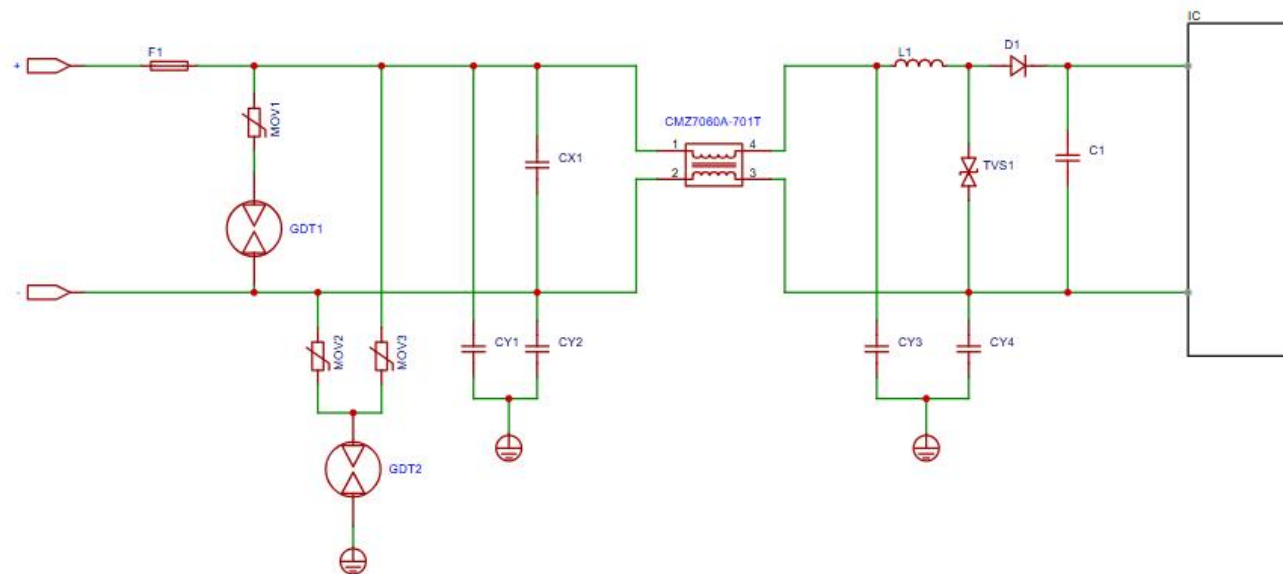
低频电路（ $< 1\text{MHz}$ ）采用单点接地，高频电路（ $> 10\text{MHz}$ ）采用多点接地，混合信号电路采用分区隔离 + 单点桥接的接地策略，确保接地系统的合理性，减少接地噪声

AC 电源接口： 用于连接外部220V交流输入



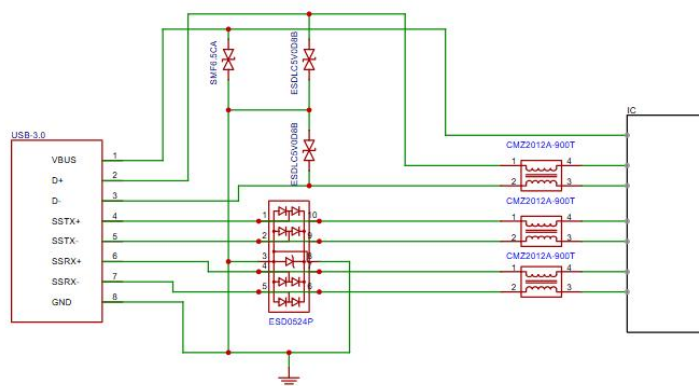
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
2R600L	GDT	电源接口	浪涌, 防雷 (户外产品, 关注续流问题)	2RXXXL
14D561K/14D511K	MOV	电源接口	浪涌, 防雷	14D
CMZ/CML	EMI 共模抑制器	电源接口	共模抑制	SMD

DC 电源接口： 用于连接外部电源适配器（如 12V/24V 直流输入）



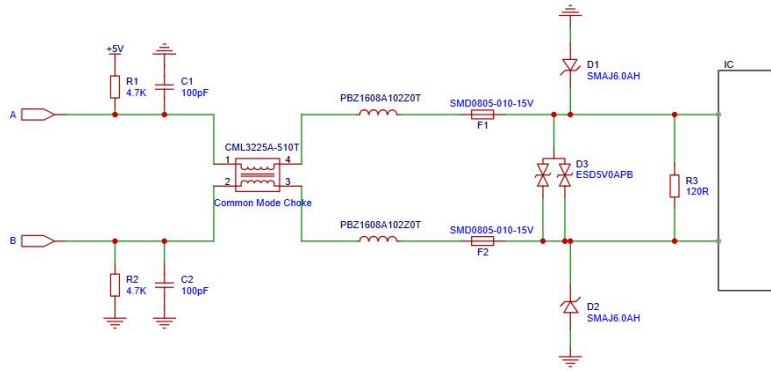
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
3R090L	GDT	电源接口	浪涌，防雷（户外产品，关注续流问题）	3RXXXL
SMBJ15CA	TVS 瞬态抑制二极管	电源接口	浪涌、抛负载	SMB
SMCJ30CA	TVS 瞬态抑制二极管	电源接口	浪涌、抛负载	SMC
CMZ7060A-701T	EMI 共模抑制器	电源接口	CE传导，共模抑制，电流更小，考虑小封装	7060

USB 3.0 接口:USB 3.0 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5Gbps，能快速传输大量数据，如机器视觉图像数据；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。



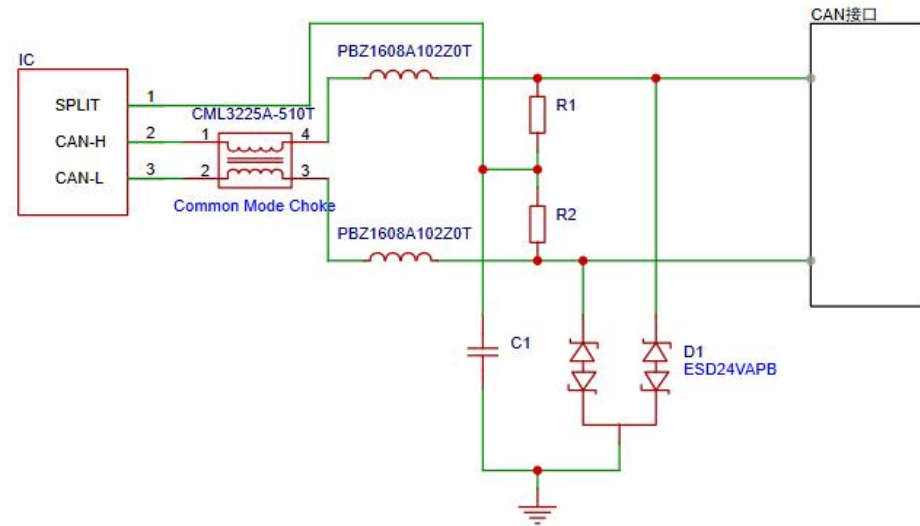
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD0524P	ESD	USB接口	浪涌、静电	DFN2510
ESDLC5V0D8B	ESD	USB接口	浪涌、静电	DFN1006
SMF6.5CA	TVS	USB接口	浪涌，抛负载	SOD123FL
CMZ2012A-900T	EMI	USB接口	共模抑制	2012

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。



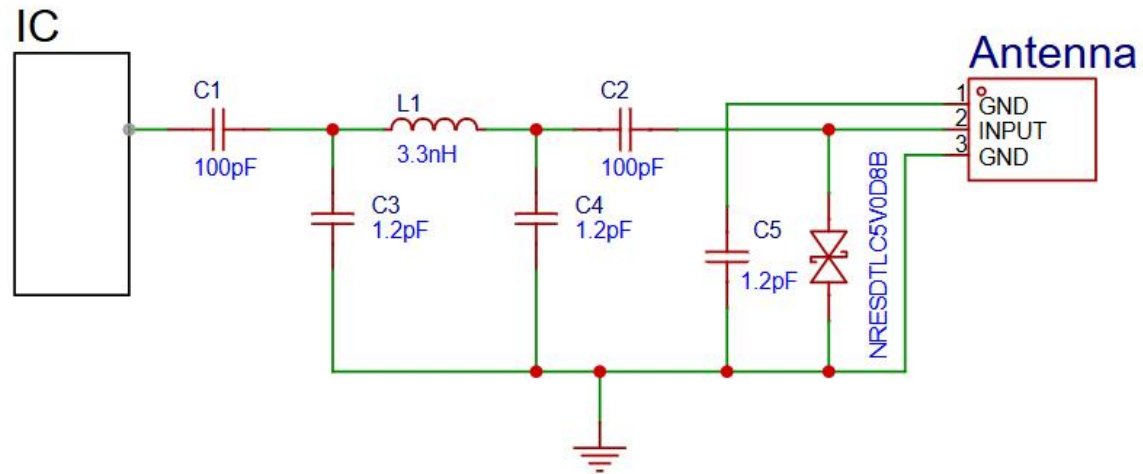
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
CMZ3225A-102T	共模电感	RS485接口	抑制共模噪声	2012/3225
PBZ1608A102Z0T	磁珠	RS485接口	消除高频干扰	1608
ESD5V0APB	ESD	RS485接口	浪涌、静电	SOT23
SMAJ6.0AH	TVS	RS485接口	浪涌、静电	SMA

CAN通讯接口：控制器局域网总线（CAN，Controller Area Network）是一种用于实时应用的串行通讯协议总线。CAN协议用于汽车中各种不同元件之间的通信，以此取代昂贵而笨重的配电线束。CAN协议的特性包括完整性的串行数据通讯、提供实时支持、传输速率高达1Mb/s、同时具有11位的寻址以及检错能力。



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
CML3225A-510T	共模电感	CAN通讯接口	抑制共模噪声	3225
PBZ1608A102Z0T	磁珠	CAN通讯接口	消除高频干扰	1608
ESD24VAPB	ESD	CAN通讯接口	浪涌、静电	SOT23

WIFI天线: WIFI天线是用于传输和接收电磁波的设备，通过发射和接收电磁波实现无线通信。同时天线通过特定形状和尺寸选择性地接收或发射特定频率的电磁波，实现电信号与电磁波的相互转换。



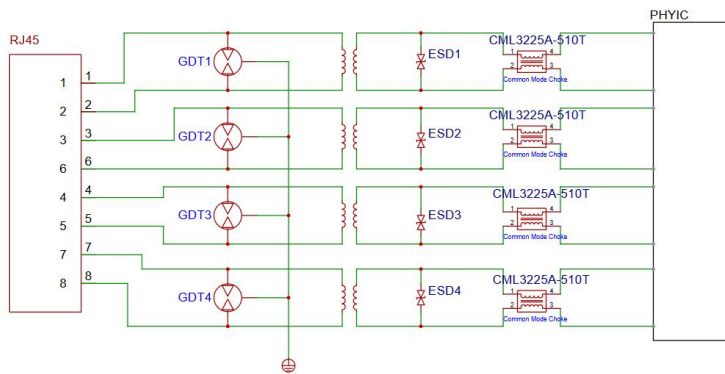
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
NRESDTLC5V0D8B	ESD	WIFI天线	浪涌、静电	DFN1006

千兆网接口:支持有线网络连接;

千兆网接口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,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,满足设备在工业自动化、智能物流等领域对高速、稳定数据传输的需求;

若是使用百兆网,可将共模电感更换为CMZ2012B-900T。



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
3R090L	GDT	千兆网接口	浪涌	3RXXXL
ESDLC3V3D3B	ESD	千兆网接口	浪涌、静电	SOD323
CML3225A-510T	共模电感	千兆网接口	共模噪声	3225

五、工业控制器HMI 系统产品





01 HMI系统是什么

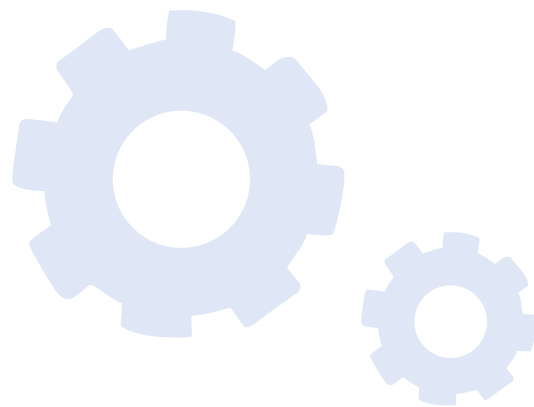
02 产品行业标准

03 产品硬件/固件

04 EMC电磁兼容行业标准内容

05 电子部分电磁兼容行业痛点

06 电磁兼容行业解决方案



01 HMI系统是什么





工业控制机器人界面HMI系统，全称为Human- Machine Interface，是连接人与工业控制设备的关键纽带。它能够利用显示屏展示信息，并通过输入单元，如触摸屏、键盘、鼠标等，实现人与机器之间的信息交互，让操作人员可以便捷地控制和监控工业设备的运行状态。

实时控制

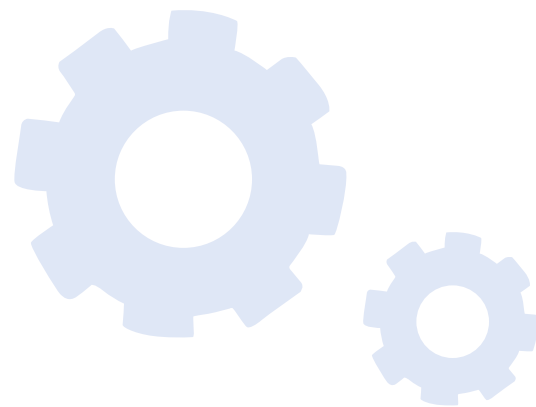
操作人员通过HMI系统的界面，可直接对工业设备进行启动、停止、调整参数等操作，确保设备按照生产需求稳定运行。比如在自动化生产线上，能即时调控设备的运转速度、加工精度等关键参数

数据可视化

HMI系统以图形化界面展示数据，将复杂的设备运行数据转化为直观的图表、指示器等形式，使操作人员能快速、准确地理解系统状态。例如，用柱状图呈现设备各时段的产量，用折线图展示温度、压力等参数的变化趋势

故障诊断

HMI系统具备强大的故障诊断功能，一旦设备出现异常，能迅速显示错误信息和警告，详细指出故障类型、位置等关键信息，为操作人员提供故障排除的方向和指导，从而有效缩短设备停机时间，降低生产损失



02 产品行业标准



行业标准是HMI系统产品质量和性能的重要保障，它确保了不同品牌、不同型号的HMI产品在功能、安全性、兼容性等方面达到一定的规范要求。

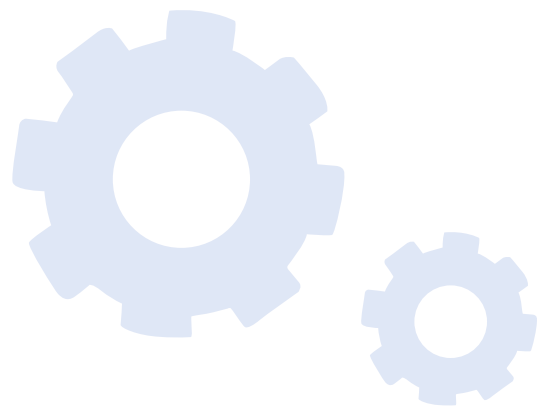
遵循标准生产的产品，具有更高的可靠性和稳定性，能更好地满足工业生产的严苛需求，同时也有助于降低用户的学习成本和使用风险

GB/T 45283.3 - 2025标准解析

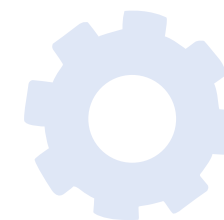
作为GB/T 45283系列标准的第三部分，该标准重点解决工业控制系统HMI组态软件在复杂场景下的扩展交互需求。通过标准化XML文件结构，实现IO设备驱动、变量链接、函数库等元素的跨平台交换。例如，在Modbus协议扩展配置中，详细规定了systemBits（系统位数）和byteOrder（字节顺序）等关键参数，确保不同设备厂商的配置兼容；对于工业物联网场景，对OPC UA的安全配置提出了严格要求，必须支持enableEncryption加密开关、securityPolicy安全策略等9项核心参数，以满足IEC 62443安全要求。

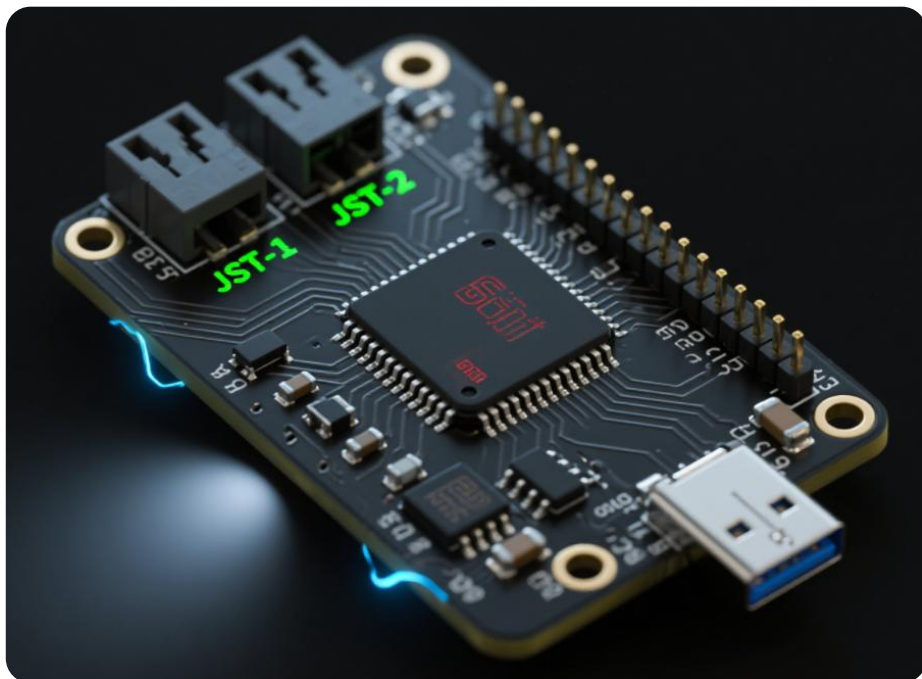
其他国际与国内标准介绍

国际上，如ISO相关标准对HMI产品的人机工程学设计、易用性等方面做出规范，确保产品在全球范围内的通用性和用户友好性。国内除了上述GB标准外，还有一些行业协会制定的团体标准，从产品的电磁兼容性、环境适应性等角度进行补充规范，进一步完善了HMI系统的标准体系。



03 产品硬件/固件





处理器是HMI系统硬件的核心单元，其性能直接决定了HMI产品的运行速度和数据处理能力。根据HMI的产品等级不同，可分别选用8位、16位、32位的处理器。高端HMI产品通常采用32位处理器，能快速响应大量的操作指令和数据处理需求，保证系统的流畅运行；而一些简单应用场景的HMI可能采用8位或16位处理器，以控制成本并满足基本功能需求。

显示单元负责将设备运行状态、操作界面等信息直观地呈现给用户



常见的显示技术有LCD（液晶显示器）、LED（发光二极管显示器）和OLED（有机发光二极管显示器）

LCD具有成本低、显示效果稳定的特点，广泛应用于各类HMI产品；LED亮度高、寿命长，在一些对显示亮度要求较高的工业环境中表现出色；

OLED则具有自发光、对比度高、视角广等优势，能提供更清晰、逼真的显示效果，逐渐在高端HMI产品中得到应用

触摸屏

是HMI系统中最常用的输入设备之一，以其操作便捷、直观的特点深受用户喜爱；常见的触摸屏技术有电容式、电阻式和表面声波式。电容式触摸屏通过感应人体电场来实现触摸操作，具有响应速度快、支持多点触控的优点，常用于智能手机和平板电脑等消费电子设备，在工业HMI中也逐渐普及；电阻式触摸屏则通过压力感应实现操作，精度较高，但响应速度相对较慢，且不支持多点触控，适用于一些对操作精度要求高、操作频率较低的工业场景；表面声波式触摸屏利用声波在触摸面上的传播变化来检测触摸位置，具有稳定性好、寿命长的特点，但容易受灰尘、油污等环境因素影响

按钮和开关

是基础的输入设备，用于直接控制机器的启动、停止、急停等关键操作；它们具有操作简单、可靠性高的特点，在工业控制中起着不可或缺的作用。例如，在一些对安全性要求极高的工业设备上，急停按钮是保障人员和设备安全的最后一道防线，必须具备明显的标识和可靠的性能

键盘和鼠标

是操作员提供了更精确的控制方式，常用于复杂的人机交互界面，如在工业监控中心的操作台上，操作员可以通过键盘输入复杂的指令，通过鼠标精准地选择和操作界面元素，实现对工业系统的精细控制，尤其适用于需要大量文本输入和复杂图形操作的场景

串行接口

串行接口是一种常用的通讯接口，如RS-232、RS-485等；RS-232接口主要用于短距离、低速的数据传输，常用于连接计算机和一些简单的工业设备，如调试设备、小型传感器等；RS-485接口则具有抗干扰能力强、传输距离远、支持多节点连接的特点，广泛应用于工业自动化领域，实现多个设备之间的数据通信和控制，如在工业现场总线系统中，多个HMI设备和PLC（可编程逻辑控制器）之间常通过RS-485接口进行数据交互

USB/Type-c接口

USB接口具有高速传输、即插即用、支持热插拔等优点，在HMI系统中得到了广泛应用。它可用于连接外部存储设备，如U盘，方便用户备份和传输数据；也可连接打印机、扫描仪等外部设备，实现数据的输出和输入；还能用于连接一些高性能的输入设备，如工业级鼠标、键盘等，提升操作体验

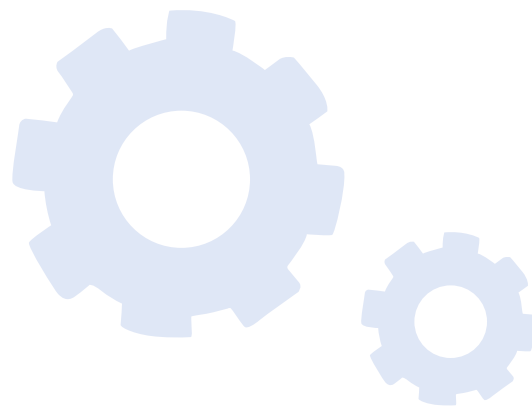
以太网接口

以太网接口是实现HMI系统网络化的关键接口，它支持高速数据传输，可将HMI设备接入企业内部网络或互联网，实现远程监控、数据共享和远程维护等功能。通过以太网接口，操作人员可以在办公室或远程地点实时监控工业现场设备的运行状态，进行远程操作和故障诊断，大大提高了生产管理的效率和灵活性



数据存贮单元用于存储HMI系统的运行数据、历史记录、用户设置等重要信息

常见的数据存储方式有内存、闪存和硬盘;内存用于临时存储正在运行的程序和数据,具有读写速度快的特点,但断电后数据会丢失;闪存则具有非易失性,即使断电数据也能保存,常用于存储系统配置文件、历史数据等重要信息,如一些小型HMI设备使用闪存芯片来存储用户设置和运行日志;硬盘则具有大容量存储的优势,适用于存储大量的历史数据和复杂的应用程序,在一些高端HMI系统或工业监控服务器中,常采用硬盘来存储海量的生产数据,以便后续的数据分析和挖掘。



04

EMC电磁兼容行业标准内容



EMC，即电磁兼容性（Electromagnetic Compatibility），是指设备在复杂电磁环境中正常工作，同时不对其他设备造成干扰的能力。对于HMI系统而言，良好的EMC性能至关重要，因为它通常处于多个系统的交汇点，上连PLC、DCS等控制系统，下接传感器、执行器等设备，中间还有无线模块、触摸屏、显示屏等组件。如果EMC没做好，轻则出现显示异常、误操作等问题，重则导致整个控制系统瘫痪。

静电放电抗扰度

以GB/T 17626.2标准为例，它规定了HMI设备必须能承受至少8kV接触放电（人体静电）和15kV空气放电（物体之间放电）。在实际工业环境中，人体静电和物体之间的静电放电现象较为常见，如果HMI设备的静电放电抗扰度不达标，就可能在这些情况下出现重启、死机、数据丢失等故障，严重影响生产的正常进行

电快速瞬变脉冲群抗扰度

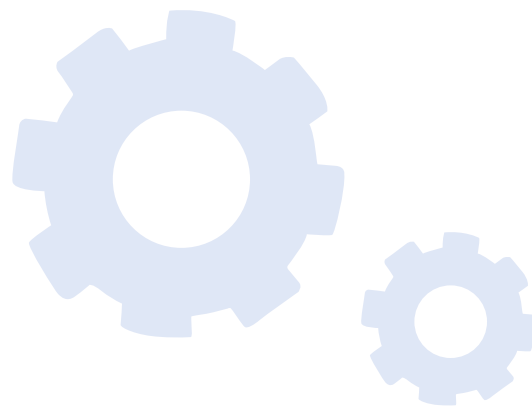
标准规定了HMI设备在电源端口和信号线、控制线端口应能承受一定强度的电快速瞬变脉冲群干扰。在工业现场，开关电源切换、电机启停等操作会产生电快速瞬变脉冲群，这些脉冲群可能通过电源线或信号线传入HMI设备，干扰设备的正常运行。因此，HMI设备需要具备足够的电快速瞬变脉冲群抗扰度，以确保在这种复杂电磁环境下稳定工作

浪涌和雷击抗扰度

对于可能遭受浪涌和雷击的工业环境，相关标准对HMI设备在电源端口和信号线、控制线端口的浪涌和雷击抗扰度提出了要求。例如，在户外工业设备或靠近高压输电线路的工业场所，HMI设备可能受到雷击产生的浪涌电压冲击，或者因附近电气设备的操作产生的浪涌干扰。如果设备的浪涌和雷击抗扰度不足，就可能被损坏，导致生产中断和经济损失

辐射抗扰度与传导抗扰度

辐射抗扰度要求HMI设备能够抵御来自空间的电磁辐射干扰，如高频通信设备（如Wi-Fi、蓝牙）、大功率射频设备（如雷达、微波炉）等产生的电磁辐射。传导抗扰度则关注设备对通过电源线、信号线等传导进来的电磁干扰的抵抗能力。在工业环境中，这些干扰源广泛存在，HMI设备必须满足相应的辐射抗扰度和传导抗扰度标准，才能保证自身的正常运行以及不对其他设备造成干扰



05

电子部分电磁兼容行业痛点



在工业现场，存在着大量的电磁干扰源，如电机、继电器、高频设备等，它们产生的电磁波会对HMI系统的电子信号产生干扰

这种干扰可能导致HMI系统的显示异常，如画面闪烁、花屏；也可能造成触摸屏的误操作，影响操作人员对设备的控制；甚至会引发通信中断，使HMI系统与其他设备之间的数据传输受阻，严重影响工业生产的连续性和稳定性



HMI系统在硬件设计上采取了一些防护措施，如添加屏蔽层、滤波电容等，但这些措施存在一定的局限性；屏蔽层可能由于安装工艺问题或长期使用后的老化，导致屏蔽效果下降

滤波电容也只能对特定频率范围内的干扰信号起到滤波作用，对于一些复杂的宽频干扰信号，难以完全消除；硬件防护措施的成本较高，增加了产品的生产成本，限制了其在一些对成本敏感的应用场景中的应用

部分HMI系统的软件在抗干扰方面存在不足，缺乏有效的数据校验和纠错机制

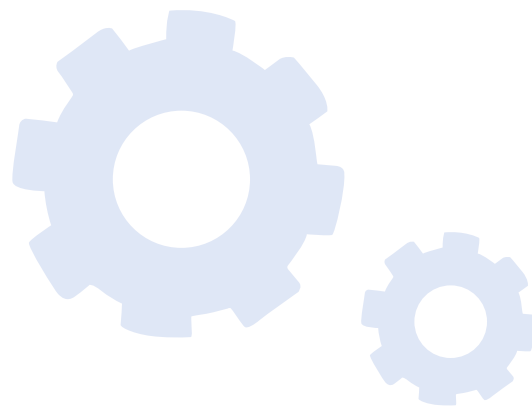
当受到电磁干扰导致数据传输错误或丢失时，软件无法及时发现并纠正，可能会导致系统做出错误的控制决策

例如: 在接收传感器数据时，如果数据受到干扰发生错误，软件不能准确识别，就可能使HMI系统对设备状态的判断出现偏差，进而影响整个生产过程的正常运行

在工业自动化系统中，HMI系统需要与多种设备协同工作，如PLC、传感器、执行器等。然而，不同设备的电磁特性各不相同，它们之间的电磁兼容性协调存在困难

当这些设备在同一电磁环境中工作时，可能会相互干扰，导致整个系统的性能下降。

例如，HMI系统与附近的无线通信设备可能会产生相互干扰，影响各自的正常工作，如何解决不同设备间的电磁兼容性协调问题，是当前行业面临的一大挑战



06

电磁兼容行业解决方案



01.加强屏蔽设计

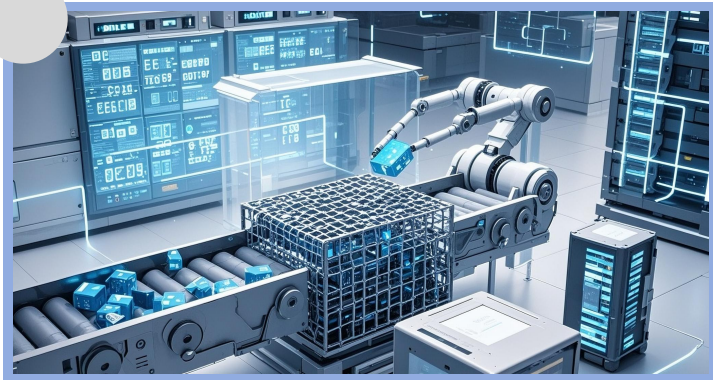
采用优质的金属材料制作HMI设备的外壳，形成良好的电磁屏蔽层，阻挡外界电磁辐射进入设备内部。同时，在外壳的缝隙、接口等部位使用导电衬垫或导电胶条，确保屏蔽的完整性。例如，在设备的显示屏边框、接口连接处等容易出现电磁泄漏的地方，安装导电衬垫，有效减少电磁辐射的泄漏，提高设备的抗干扰能力

02.优化滤波电路

在电源入口和信号线上加装高性能的滤波器，如 π 型滤波器、共模扼流圈等，对电源和信号中的干扰进行有效过滤。 π 型滤波器可以对电源中的高频噪声进行衰减，共模扼流圈则能抑制共模干扰信号在信号线上的传输。通过合理设计和选择滤波器的参数，使其能够针对工业环境中常见的干扰频率进行有效滤波，提高HMI系统的电磁兼容性

03.选用抗干扰能力强的元器件

在硬件设计中，优先选用具有高抗干扰能力的芯片和元器件。这些元器件通常具有更好的电气性能和抗干扰特性，能够在复杂电磁环境下稳定工作。例如，选择具有高抗静电能力的芯片，可有效减少静电放电对设备的影响；采用抗干扰能力强的电容、电阻等元件，能提高电路的稳定性，降低干扰信号对电路的影响



增加数据校验与纠错机制

在软件中加入数据校验算法，如CRC（循环冗余校验）、奇偶校验等，对接收和发送的数据进行校验，确保数据的准确性。当检测到数据错误时，通过纠错算法进行纠正，或者要求重新发送数据。例如，在HMI系统与PLC进行数据通信时，对传输的数据进行CRC校验，若发现数据错误，立即通知对方重新发送，保证数据的可靠传输。



采用看门狗机制

引入看门狗定时器，定期监测软件的运行状态。如果软件出现异常，如死机、程序跑飞等情况，看门狗定时器将在设定时间内未收到软件的正常心跳信号时，自动复位系统，使软件重新启动，恢复正常运行。这一机制能够有效提高HMI系统在受到电磁干扰时的稳定性和可靠性，避免因软件故障导致的生产事故。

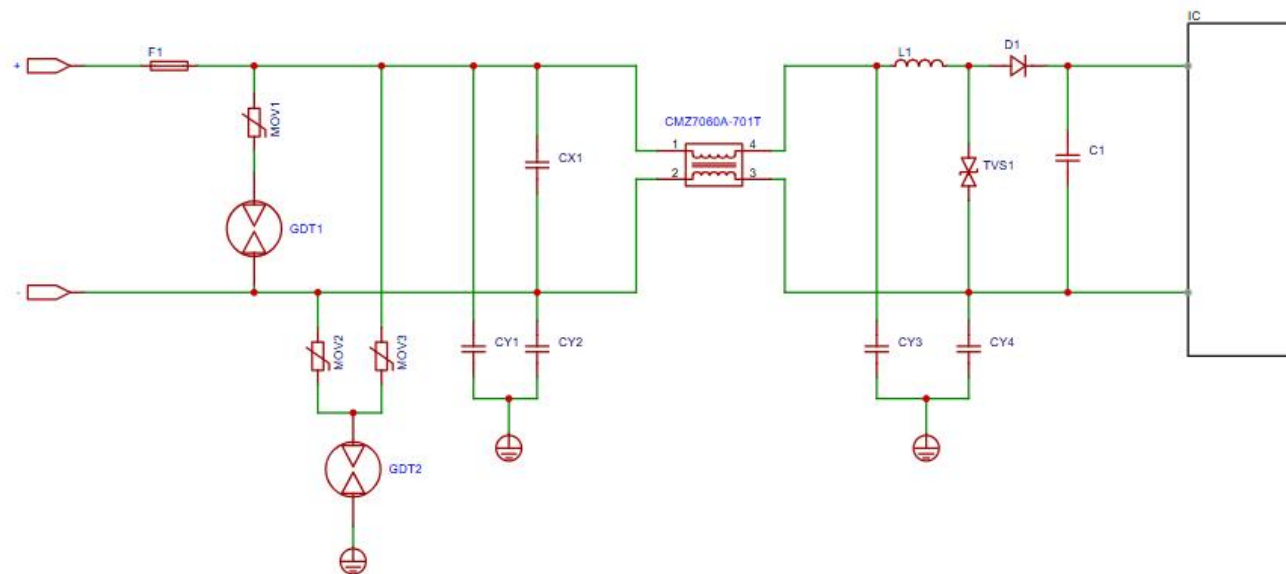
合理布局设备

在工业现场安装HMI系统时，充分考虑设备之间的电磁兼容性，合理布局HMI设备与其他电子设备的位置。避免将HMI设备与强干扰源，如大功率电机、射频设备等放置过近，减少电磁干扰的影响。同时，注意设备之间的布线，将电源线和信号线分开布置，避免信号之间的串扰。

统一电磁兼容标准与测试

整个工业自动化系统的各个设备应遵循统一的电磁兼容标准进行设计和生产，确保设备之间的电磁兼容性。在系统集成前，对每个设备进行严格的电磁兼容测试，验证其是否符合标准要求。通过统一标准和严格测试，减少设备之间的电磁干扰问题，提高整个系统的稳定性和可靠性。

DC 电源接口：用于连接外部电源适配器（如 12V/24V 直流输入）



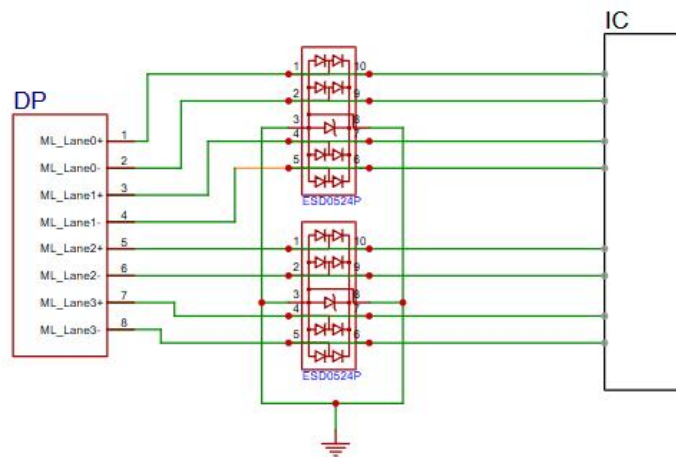
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
3R090L	GDT	电源接口	浪涌，防雷（户外产品，关注续流问题）	3RXXXL
SMBJ15CA	TVS 瞬态抑制二极管	电源接口	浪涌、抛负载	SMB
SMCJ30CA	TVS 瞬态抑制二极管	电源接口	浪涌、抛负载	SMC
CMZ7060A-701T	EMI 共模抑制器	电源接口	CE传导，共模抑制，电流更小，考虑小封装	7060

DP接口:DisplayPort (DP) 是由 视频电子标准协会制定的 高性能数字音视频接口，专为高分辨率显示器和多屏应用设计。

其核心特性包括：高带宽：DisplayPort 2.0支持 77.37 Gbps (UHBR 13.5) ，可传输 16K@60Hz 或 8K@120Hz (DSC压缩) ；

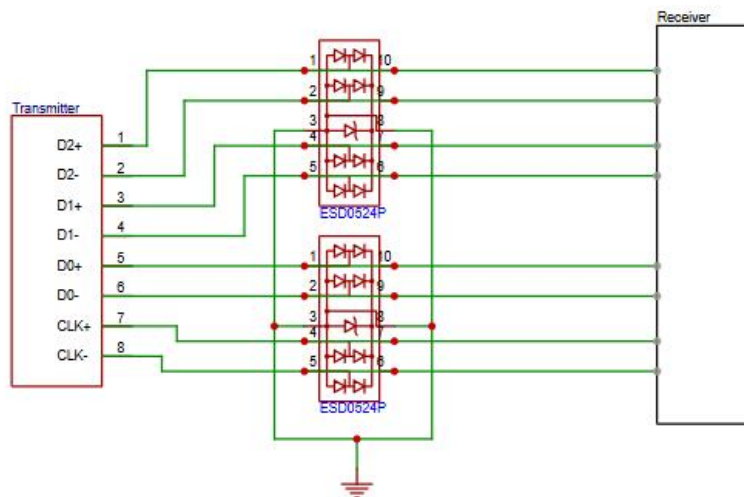
灵活扩展：支持多流传输 (MST) 、菊花链 (Daisy Chain) 及USB-C Alt Mode；

开放标准：免版权费，广泛集成于PC、显卡及专业显示设备。



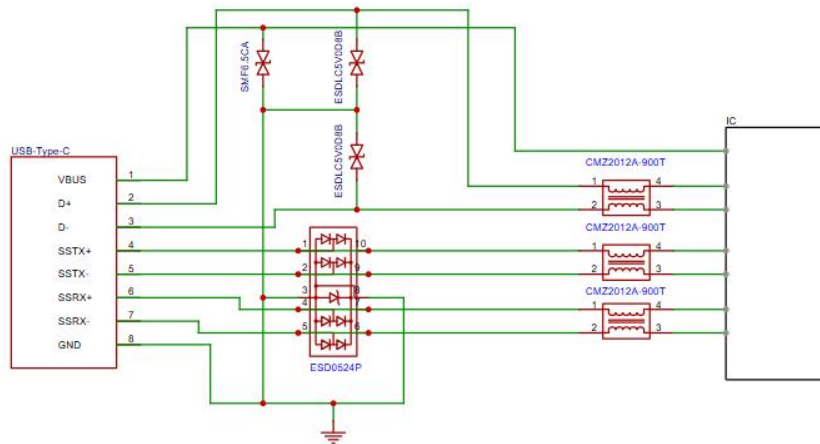
型号	器件类型	使用位置	作用	封装	特点
ESD0524P	ESD	DP接口	浪涌、静电	DFN2510	用量大，价值比高

HDMI 接口: 用于连接显示器输出视频信号 (部分开发板支持)



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

USB-Type-C 接口:USB-Type-C接口具有高速数据传输能力，广泛应用于机器人与外部存储设备、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，如机器人视觉图像数据；具备即插即用特性，方便用户随时连接和更换设备，提高机器人使用的便捷性，在各类机器人应用场景中发挥着关键作用。



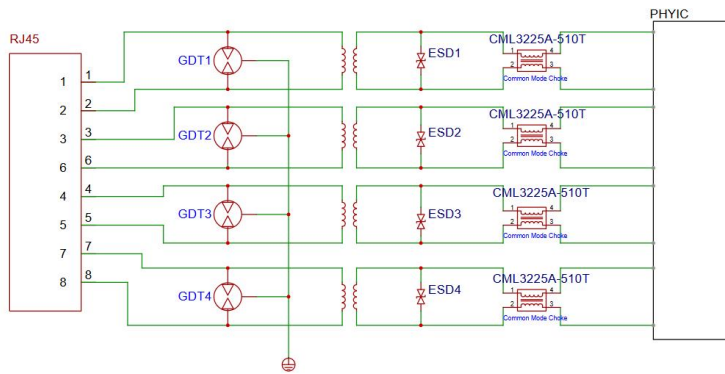
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD0524P	ESD	USB接口	浪涌、静电	DFN2510
ESDLC5V0D3B	ESD	USB接口	浪涌、静电	SOD323
SMF6.5CA	TVS	USB接口	浪涌、抛负载	SOD123FL

千兆网接口:支持有线网络连接;

千兆网接口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,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;

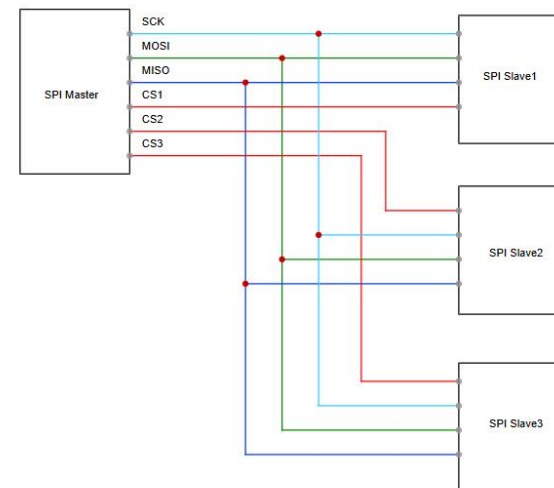
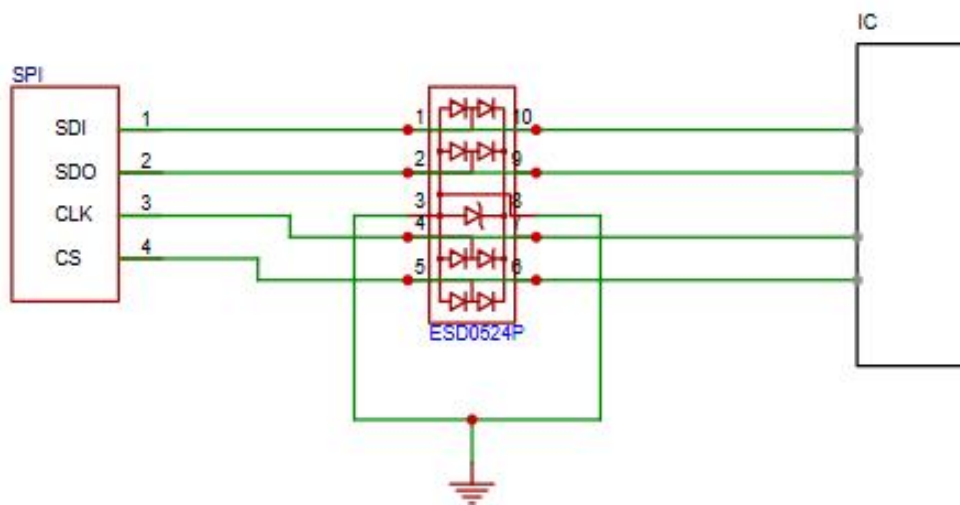
其传输速率可达1000Mbps甚至更高,满足设备在工业自动化、智能物流等领域对高速、稳定数据传输的需求;

若是使用百兆网,可将共模电感更换为CMZ2012B-900T。



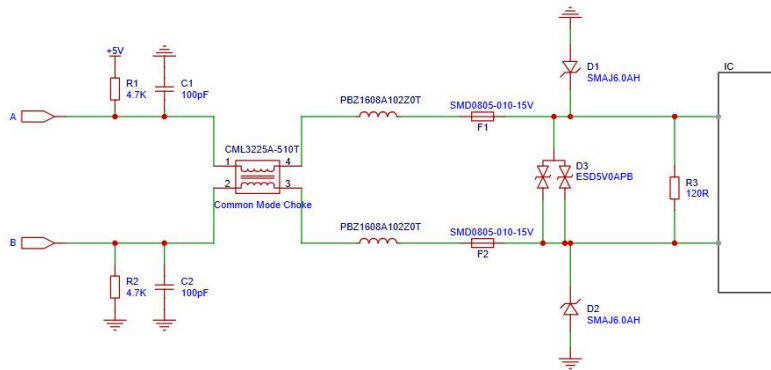
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
3R090L	GDT	千兆网接口	浪涌	3RXXXL
ESDLC3V3D3B	ESD	千兆网接口	浪涌、静电	SOD323
CML3225A-510T	共模电感	千兆网接口	共模噪声	3225

SPI 接口： 高速串行通信接口，用于连接存储芯片、显示屏等



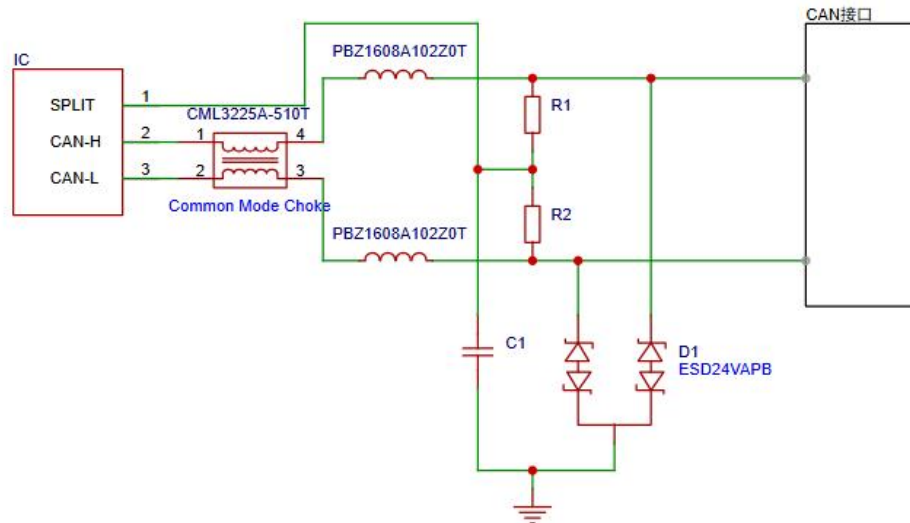
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD0524P	ESD	SPI接口	浪涌、静电	DFN2510

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。



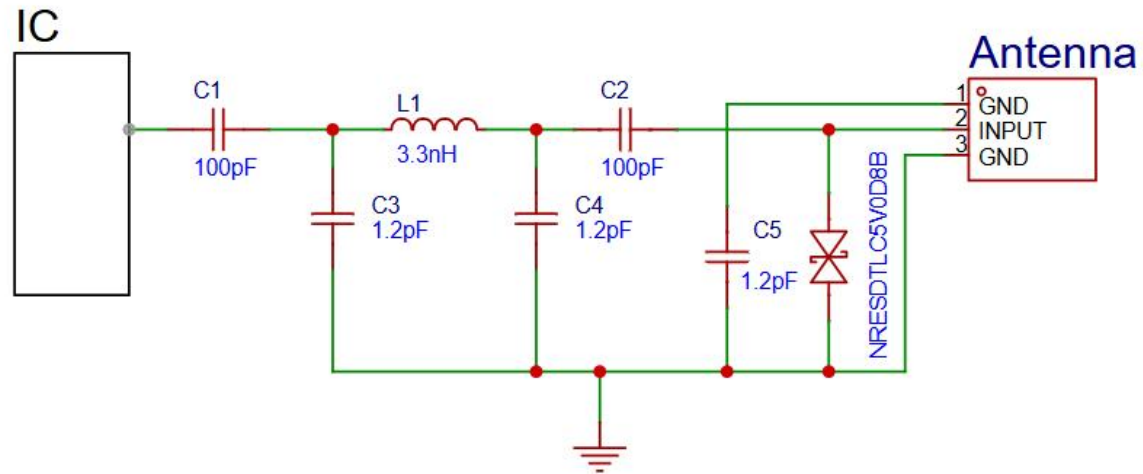
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
CMZ3225A-102T	共模电感	RS485接口	抑制共模噪声	2012/3225
PBZ1608A102Z0T	磁珠	RS485接口	消除高频干扰	1608
ESD5V0APB	ESD	RS485接口	浪涌、静电	SOT23
SMAJ6.0AH	TVS	RS485接口	浪涌、静电	SMA

CAN通讯接口：控制器局域网总线（CAN，Controller Area Network）是一种用于实时应用的串行通讯协议总线。CAN协议用于汽车中各种不同元件之间的通信，以此取代昂贵而笨重的配电线束。CAN协议的特性包括完整性的串行数据通讯、提供实时支持、传输速率高达1Mb/s、同时具有11位的寻址以及检错能力。



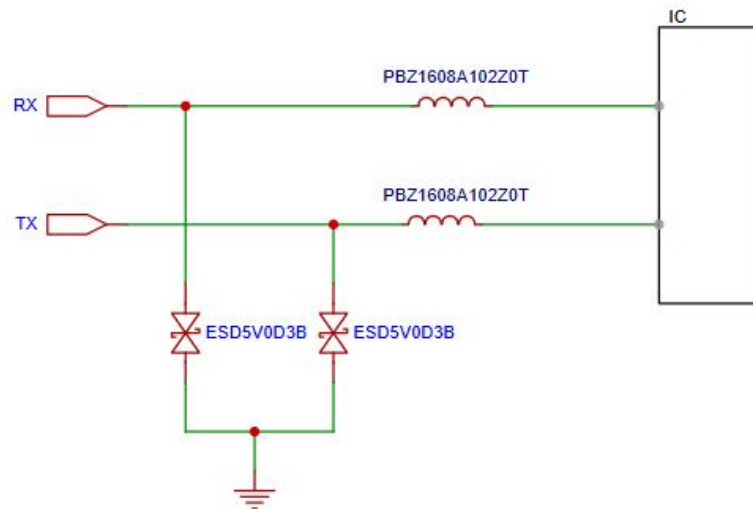
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
CML3225A-510T	共模电感	CAN通讯接口	抑制共模噪声	3225
PBZ1608A102Z0T	磁珠	CAN通讯接口	消除高频干扰	1608
ESD24VAPB	ESD	CAN通讯接口	浪涌、静电	SOT23

WIFI天线: WIFI天线是用于传输和接收电磁波的设备，通过发射和接收电磁波实现无线通信。同时天线通过特定形状和尺寸选择性地接收或发射特定频率的电磁波，实现电信号与电磁波的相互转换。



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
NRESDTLC5V0D8B	ESD	WIFI天线	浪涌、静电	DFN1006

GPIO 接口（通用输入输出）：连接外部设备（如继电器、传感器），实现逻辑控制与模拟量采集。



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

六、PLC可编程控制器 产品





01 可编程控制器：自动化控制



02 可编程控制器的产品行业标准

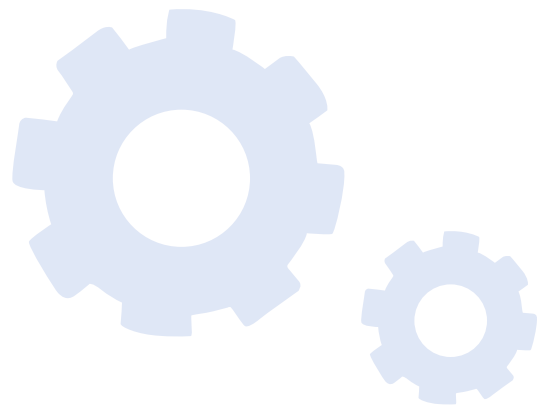
03 可编程控制器的硬件结构剖析

04 EMC电磁兼容行业标准内容

05 电子部分电磁兼容行业痛点

06 电磁兼容问题解决方案





01

可编程控制器：自动化控制



1.1 可编程控制器是什么

可编程控制器（Programmable Logic Controller，简称PLC），是一种专门为在工业环境下应用而设计的数字运算操作电子系统;它采用一种可编程的存储器，在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令，通过数字式或模拟式的输入输出来控制各种类型的机械设备或生产过程

例如:汽车制造生产线，PLC可控制机械手臂的精准动作，完成零部件的抓取、焊接、组装等工序；在化工生产中，能实时监测和调节反应温度、压力、流量等参数，确保生产过程的安全和高效

在制造业、能源、交通、医疗等多个领域的广泛应用。在制造业中，实现生产自动化，提高生产效率和产品质量；在能源领域，用于电力系统的监控和调度、石油化工的生产控制；在交通方面，可控制交通信号灯、实现轨道交通的自动化运行；在医疗行业，协助医疗设备的精准控制和医院环境的自动化管理



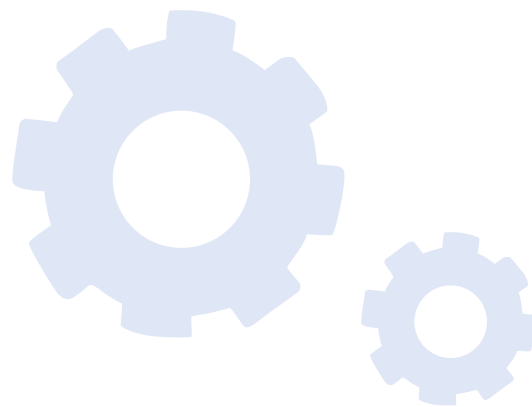


在工业自动化发展的早期阶段，传统的继电器控制系统占据主导地位；随着工业生产规模的不断扩大和生产工艺的日益复杂，继电器控制系统逐渐暴露出诸多局限性，灵活性极差，当生产流程需要调整时，往往需要重新布线和更换大量硬件，耗时费力；同时，可靠性也欠佳，大量的机械触点在频繁开合过程中容易出现故障

随着PLC的发展，为规范编程软件 and 应用程序开发，国际电工委员会（IEC）于1982年启动PLC标准规范开发，1992年完成并推出PLC编程语言标准IEC1131-3，1994年更名为IEC61131-3，统一了多种编程语言。同时，PLC的硬件和软件也实现了多样化发展，不同品牌和型号的PLC产品能够满足各种不同的工业控制需求。

进入21世纪，随着物联网、大数据、云计算等新兴技术的兴起，PLC技术也迎来了新的发展机遇

PLC开始与这些新技术深度融合，具备了数据分析、远程监控、设备集成等功能。同时，PLC的编程环境日益友好，支持多种编程语言和开发工具，还出现了图形化编程向导、多语言支持以及AI辅助编程等创新功能，降低了编程难度，提高了开发效率



02

可编程控制器的产品行业标准



国际上关于可编程控制器的主要标准，如IEC 61131系列标准

该系列标准是可编程控制器领域最为重要的国际标准，涵盖了可编程控制器的通用信息、编程语言、通信、功能安全等多个方面，为全球范围内的PLC产品设计、生产和应用提供了统一的规范和准则

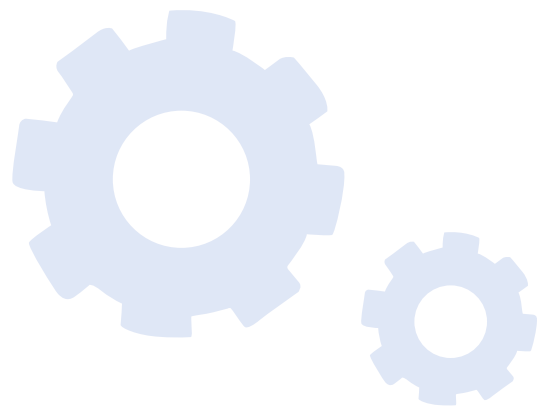
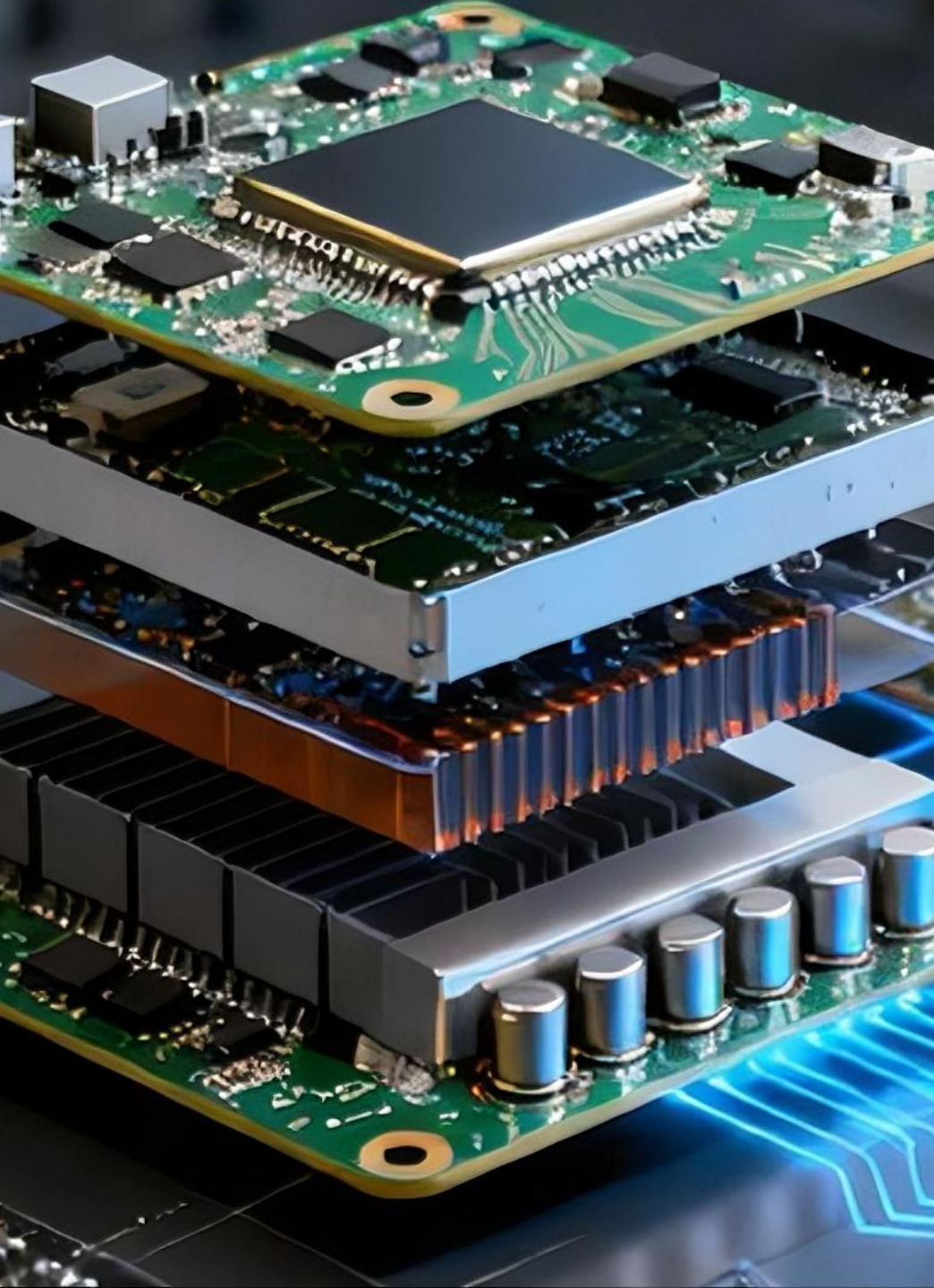
分析这些标准对产品设计、生产和应用的规范作用；在产品阶段，指导厂家遵循标准要求设计硬件和软件，确保产品的性能和质量；生产过程中，保证产品符合标准规定的各项指标，提高产品的可靠性和稳定性；应用层面，使得不同厂家的PLC产品能够在统一的标准下实现互联互通和互操作性，方便用户进行系统集成和应用开发

国内可编程控制器相关标准的制定情况，如GB/T39007-2020《基于可编程控制器的工业机器人运动控制规范》等

国内标准在参考国际标准的基础上，结合我国国情和产业发展需求，对PLC在特定领域的应用进行了规范和指导，促进了国内PLC产业的健康发展

对比国内标准与国际标准的异同点，分析国内标准如何与国际标准接轨和融合

在一些关键技术指标和基本要求上，国内标准与国际标准保持一致，以确保国内产品能够满足国际市场的需求；同时，针对国内特殊的应用场景和产业特点，国内标准也制定了一些具有针对性的条款和规范，体现了中国特色。通过积极参与国际标准的制定和修订工作，加强与国际标准化组织的交流与合作，推动国内标准与国际标准的深度融合，提升我国在可编程控制器领域的国际话语权



03

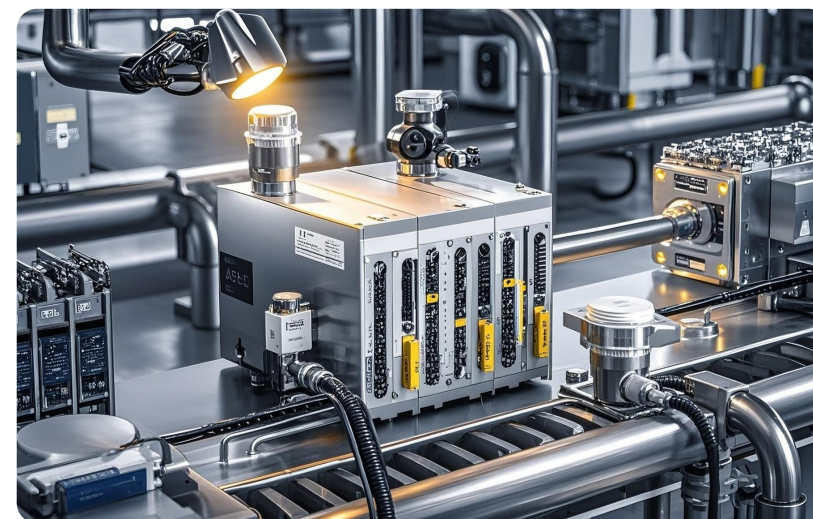
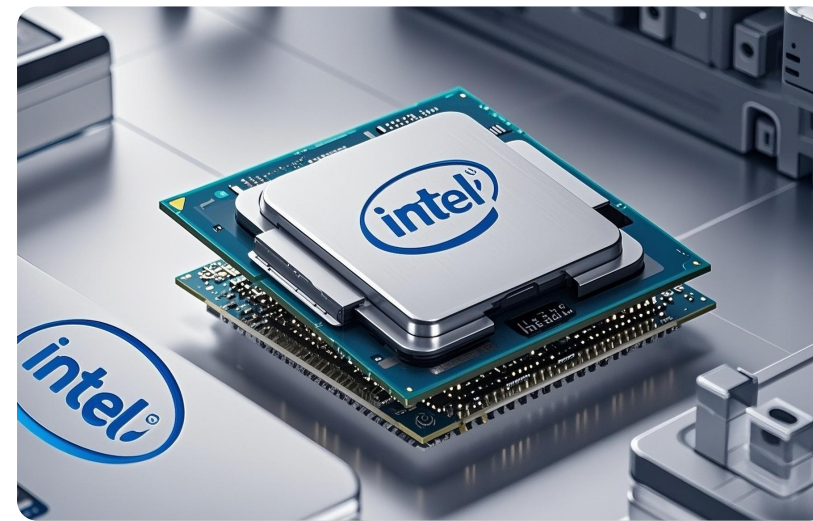
可编程控制器的硬件结构剖析



CPU模块是可编程控制器的核心部件，主要由微处理器（CPU芯片）和存储器组成。微处理器负责执行用户程序，进行逻辑运算、算术运算和数据处理等操作；存储器则用于存储程序和数据，包括系统程序存储器和用户程序存储器。

I/O模块是连接外部现场设备和CPU模块的桥梁，分为输入模块和输出模块。输入模块用于接收和采集来自外部设备的各种信号，如按钮、传感器等的开关量信号和电位器、变送器等的模拟量信号；输出模块则将CPU模块处理后的控制信号输出到外部执行机构，如：继电器、接触器、调节阀。

输入输出信号的处理方式和电气隔离措施；在I/O模块中，通过光电耦合器、光电可控硅、小型继电器等器件实现外部输入电路和负载的电气隔离，有效防止外部干扰信号对CPU模块的影响，提高系统的抗干扰能力和可靠性。对于模拟量输入输出信号，通常还需要进行信号调理和模数/数模转换等处理，以满足CPU模块的处理要求。



电源模块

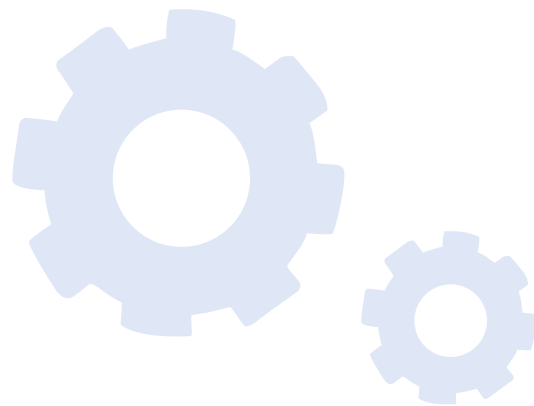
为可编程控制器提供稳定的电源供应，通常可使用220V交流电源或24V直流电源。它不仅为CPU模块、I/O模块等内部电路供电，还可为外部输入电路和一些电子检测装置提供所需的直流电源

电源模块的稳定性对系统运行的重要性。稳定的电源是保证PLC正常工作的基础，电源波动或干扰可能导致系统故障、数据错误甚至硬件损坏。因此，电源模块通常具备过压保护、过流保护、滤波等功能，以确保输出电源的稳定性和纯净度，为系统的可靠运行提供有力保障

辅助硬件

编程器用于用户程序的输入、编辑、调试和监控，方便用户进行程序开发和系统维护；存储卡可用于存储用户程序、数据记录等信息，实现数据的备份和转移；通信模块则负责PLC与其他设备之间的通信，如与上位机、其他PLC、智能仪表等进行数据交换和远程控制

这些辅助硬件如何协同工作，提升可编程控制器的整体性能。它们与核心硬件组件相互配合，编程器和存储卡方便了用户对程序和数据的管理，通信模块实现了系统的网络化和智能化，使得PLC能够与其他设备组成复杂的控制系统，实现更高级的自动化控制功能，从而提升了可编程控制器的整体性能和应用范围



04

EMC电磁兼容行业标准内容



EMC（电磁兼容）的定义

设备或系统在其电磁环境中能正常工作且不对该环境中任何事物构成不能承受的电磁骚扰的能力;它包括两个方面：一是设备自身具备抗电磁干扰的能力，二是设备产生的电磁骚扰不影响其他设备的正常工作

随着电子设备的广泛应用和电磁环境的日益复杂，EMC问题变得愈发关键;如果电子设备不具备良好的电磁兼容性，可能会在运行过程中受到其他设备的电磁干扰而出现故障，同时自身产生的电磁干扰也可能影响周围其他设备的正常运行，甚至对整个系统的稳定性和可靠性造成威胁。因此，确保电子设备的电磁兼容性是保障其正常运行和系统稳定的必要条件

可编程控制器相关标准中对EMC的测试项目和指标要求，如: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、传导发射、辐射发射等测试项目

对于静电放电抗扰度，规定了设备在遭受静电放电时应能保持正常工作，不出现数据错误、死机等异常现象

射频辐射抗扰度要求设备在一定强度的射频辐射环境下仍能稳定运行等

通过对这些测试项目和指标的严格要求，使得可编程控制器在设计和生产过程中充分考虑电磁兼容性问题，采取有效的屏蔽、滤波、接地等措施，提高设备的抗干扰能力和抑制自身电磁骚扰的能力，从而确保其在工业现场等复杂电磁环境下能够可靠地运行，准确地执行控制任务，避免因电磁干扰而导致的生产事故和经济损失

标准号	GB/T 39007-2020	IEC 61131-2:2017
EMC 要求性质	间接（依赖 GB/T 39004-2020 等外部标准）	直接规定发射与抗扰度限值及测试方法
适用领域	工业机器人运动控制，可扩展至医疗辅助设备	工业控制设备（PLC、PAC 等），不直接覆盖医疗设备
医疗场景合规	需额外遵循 GB 9706.1/YY 9706.102 等医疗标准	需结合 IEC 60601-1-2 等医疗设备标准
测试严格性	按工业标准（如 GB 4824），较医疗标准宽松	按工业标准（如 CISPR 11），较医疗标准宽松

发射限值：

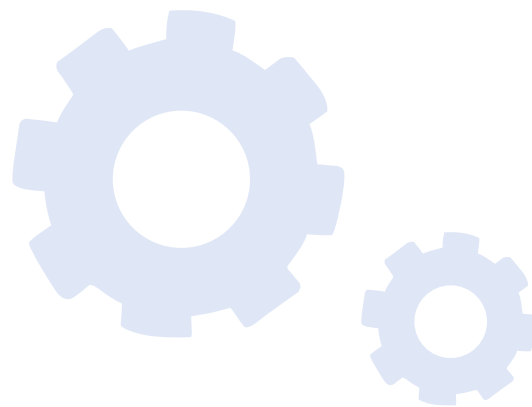
传导骚扰（150kHz~30 MHz）和辐射骚扰（30MHz~1GHz）需符合CISPR 11（工业、科学和医疗设备或CISPR 32（信息技术设备）的限值
谐波电流（IEC61000-3-2）和电压波动（IEC61000-3-3）需满足相应标准。

抗扰度要求：

静电放电（±6 kV接触 /±8 kV空气）、射频电磁场（10V/m，80MHz~2.5GHz）、电快速瞬变脉冲群（±2 kV）等测试需通过 IEC 61000-4 系列标准

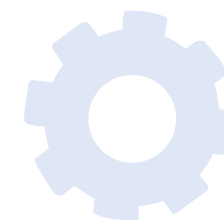
特殊场景要求：

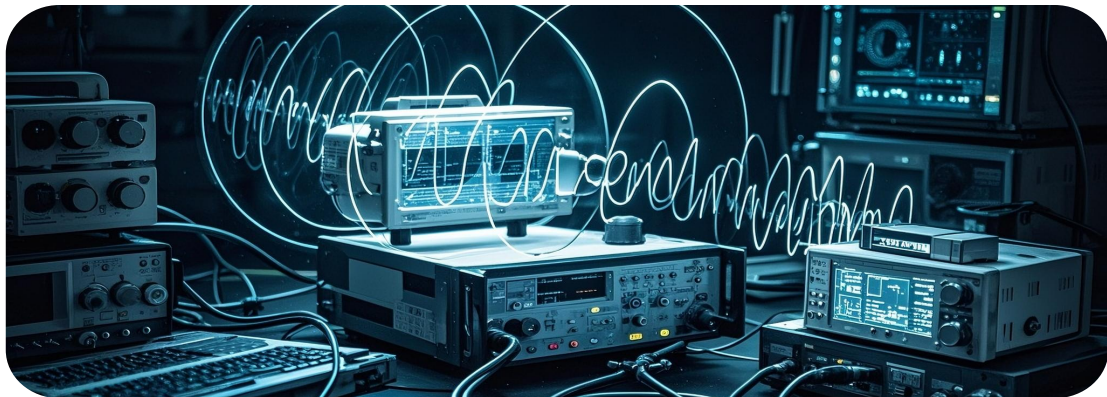
针对工业环境，新增 2.7GHz~6GHz 频段的射频抗扰度测试，以应对无线通信设备的干扰



05

电子部分电磁兼容行业痛点





抗干扰能力不足电子设备在复杂电磁环境下易受干扰的情况，如在医院手术室等存在大量高频设备的环境中，电子设备可能受到手术电刀、高频设备等的干扰，导致设备功能异常，如医疗设备的测量数据不准确、控制系统的误动作等

传导发射和辐射发射超标,说明电子设备传导发射和辐射发射超标的现象，即设备通过电源线、信号线等传导方式或向周围空间辐射方式，将电磁干扰传播出去，影响同一电气网络中的其他设备或附近的电子设备正常工作

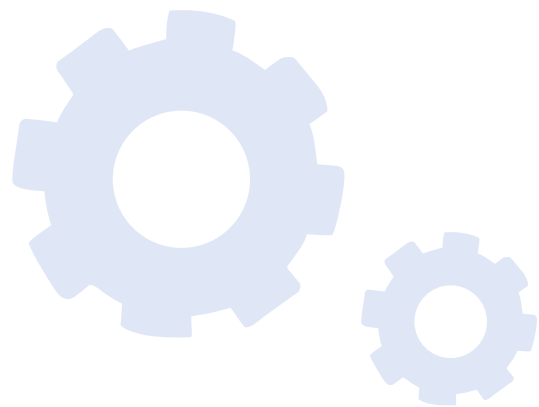
分析电磁兼容问题对电子设备可靠性、稳定性和使用寿命的影响;

电磁干扰可能使电子设备内部的电路产生误动作、数据错误,从而降低设备的可靠性和稳定性;

长期处于电磁干扰环境中,还可能加速电子元件的老化和损坏,缩短设备的使用寿命

举例:

医疗、航空航天、交通等,电磁兼容问题可能引发的严重后果;在医疗领域,电磁干扰可能导致医疗设备的测量结果不准确,影响医生的诊断和治疗决策,甚至危及患者的生命安全;在航空航天领域,电磁干扰可能干扰飞行器的导航、通信和控制系统,引发飞行事故;在交通领域,电磁干扰可能影响交通信号系统、列车控制系统等,导致交通混乱和事故发生。这些案例充分说明了电磁兼容问题在关键领域的严重性和危害性,必须引起足够的重视和关注



06

电磁兼容问题解决方案



滤波技术

滤波技术在抑制电磁干扰方面的作用，通过在电源线路、信号线路上安装滤波器，滤除高频干扰信号;电源滤波器可有效抑制电源线上的传导干扰，防止外部电源干扰进入设备内部，同时也可防止设备内部的电磁干扰通过电源线传播到外部；信号滤波器则用于对信号线路上的干扰进行滤波，保证信号的纯净和稳定。

常见滤波器的类型和适用场景。常见的滤波器有低通滤波器、高通滤波器、带通滤波器和带阻滤波器等。低通滤波器主要用于允许低频信号通过，抑制高频干扰信号，适用于电源滤波和对低频信号要求较高的场合；高通滤波器则相反，用于允许高频信号通过，抑制低频干扰，常用于射频信号处理等领域；带通滤波器只允许特定频率范围内的信号通过，可用于选频和抗干扰；带阻滤波器则用于抑制特定频率的干扰信号，常用于消除电源线上的特定频率噪声

屏蔽技术

屏蔽技术的原理和应用，如采用金属外壳、屏蔽罩等对电子设备进行屏蔽，阻挡电磁干扰的传播;金属外壳能够将电子设备内部产生的电磁干扰限制在一定范围内，防止其向外辐射；屏蔽罩则可用于对关键电路或元件进行局部屏蔽，减少外部电磁干扰对其的影响

不同屏蔽材料和结构的特点及效果。常见的屏蔽材料有铜、铝、铁等金属，它们具有良好的导电性和导磁性，能够有效地反射和吸收电磁干扰。屏蔽结构的设计也很关键，如屏蔽层的厚度、接缝的处理、通风孔的大小和位置等都会影响屏蔽效果。例如:采用多层屏蔽结构可以进一步提高屏蔽效能，对屏蔽层的接缝进行良好的电气连接可以避免电磁泄漏

优化电路设计

通过优化电路设计来提高电磁兼容性的方法，如合理布局电路元件、缩短信号传输线长度、减少信号交叉干扰等；合理的电路布局可以减少电磁干扰的产生和传播路径，将易受干扰的元件和电路与干扰源分开，降低干扰的影响；缩短信号传输线长度可以减少信号传输过程中的损耗和干扰；避免信号交叉干扰可以提高信号的完整性和可靠性

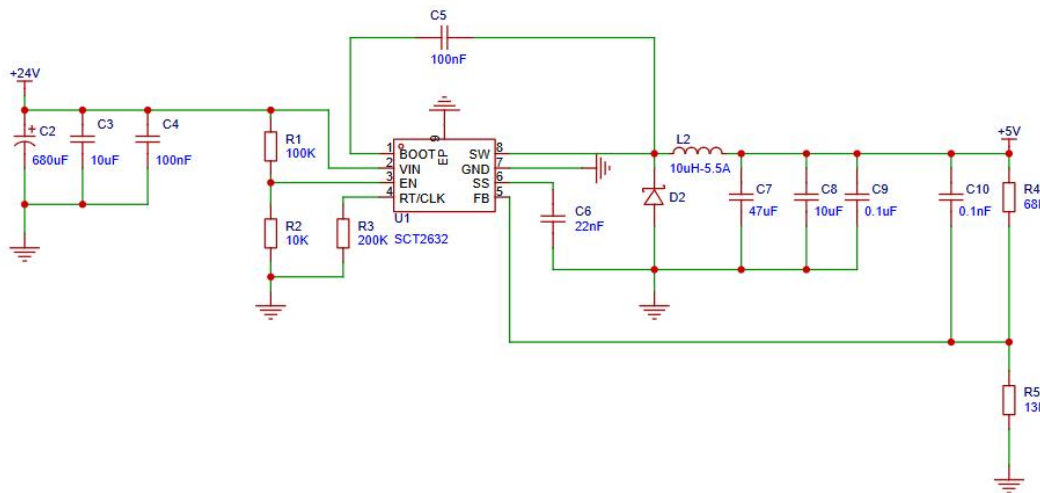
软件工具在电路设计中的应用，如使用电子设计自动化（EDA）软件进行电路仿真和优化；EDA软件可以对电路进行各种仿真分析，如电磁兼容性仿真、信号完整性仿真等，通过仿真结果可以提前发现电路设计中存在的电磁兼容问题，并进行针对性的优化和改进。例如，在设计PCB时，利用EDA软件可以对电路板的布局、布线进行优化，模拟不同布局和布线方案下的电磁干扰情况，选择最优的设计方案，从而提高电路的电磁兼容性

智能算法与控制策略

智能算法在电磁兼容中的应用，如自适应滤波算法、智能控制策略等，以提高设备对电磁干扰的自适应能力和抗干扰性能；自适应滤波算法可以根据电磁环境的变化自动调整滤波器的参数，实时有效地抑制干扰信号；智能控制策略可以根据设备的运行状态和电磁环境的变化，自动调整设备的工作模式和参数，优化设备的电磁兼容性

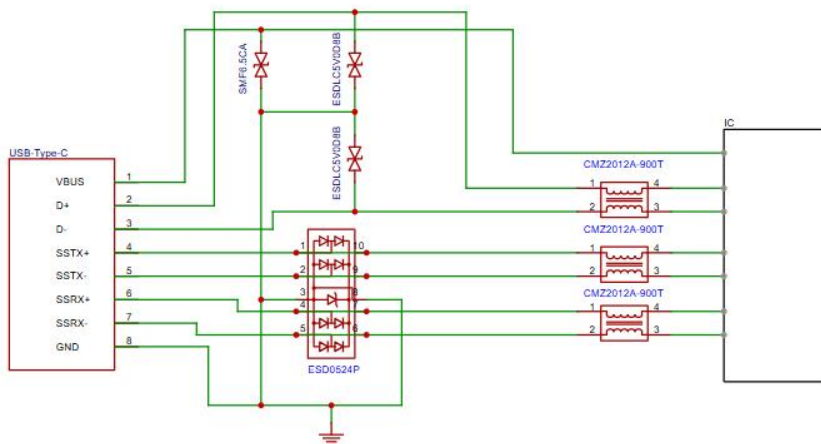
分析这些软件层面解决方案的优势和发展前景,软件层面的解决方案具有灵活性高、可扩展性强、成本低等优势，可以在不改变硬件结构的前提下，通过软件升级和优化来提高设备的电磁兼容性；随着人工智能、大数据等技术的不断发展，软件层面的解决方案将不断创新和完善，为电磁兼容问题的解决提供更加高效、智能的方法，具有广阔的发展前景。未来，智能算法和控制策略有望在更多领域得到应用，进一步提升电子设备的电磁兼容性和可靠性

BUCK电路:BUCK电路是一种降压型直流-直流变换电路，通过开关器件的周期性通断实现电压转换。其核心结构由开关管、电感、续流二极管和滤波电容组成，利用电感储能与释放的原理实现降压功能。



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
PMS0660-100M0T	功率电感	BUCK电路	存储释放能量	0660
SS36	SCHOTTKY	BUCK电路	续流	SMA

USB-Type-C 接口:USB-Type-C接口具有高速数据传输能力，广泛应用于机器人与外部存储设备、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，如机器人视觉图像数据；具备即插即用特性，方便用户随时连接和更换设备，提高机器人使用的便捷性，在各类机器人应用场景中发挥着关键作用。



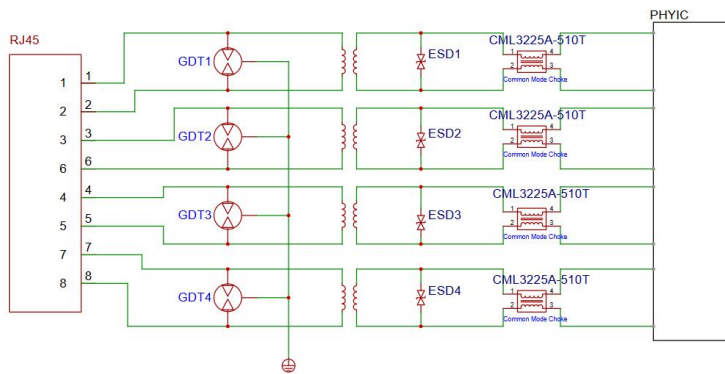
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD0524P	ESD	USB接口	浪涌、静电	DFN2510
ESDLC5V0D3B	ESD	USB接口	浪涌、静电	SOD323
SMF6.5CA	TVS	USB接口	浪涌、抛负载	SOD123FL

千兆网接口:支持有线网络连接;

千兆网接口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,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,满足设备在工业自动化、智能物流等领域对高速、稳定数据传输的需求;

若是使用百兆网,可将共模电感更换为CMZ2012B-900T。



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
3R090L	GDT	千兆网接口	浪涌	3RXXXL
ESDLC3V3D3B	ESD	千兆网接口	浪涌、静电	SOD323
CML3225A-510T	共模电感	千兆网接口	共模噪声	3225

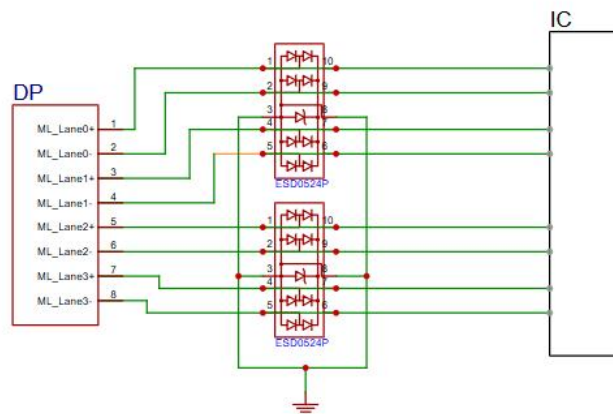
DP接口:DisplayPort (DP) 是由 视频电子标准协会制定的 高性能数字音视频接口，专为高分辨率显示器和多屏应用设计。

其核心特性包括：

高带宽：DisplayPort 2.0支持 77.37 Gbps (UHBR 13.5) ，可传输 16K@60Hz 或 8K@120Hz (DSC压缩) 。

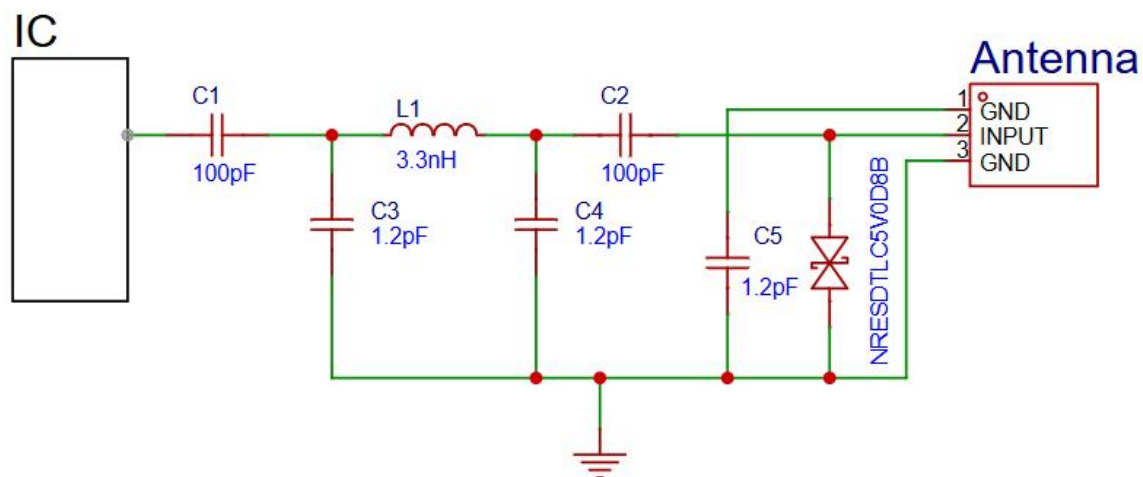
灵活扩展：支持多流传输 (MST)、菊花链 (Daisy Chain) 及USB-C Alt Mode。

开放标准：免版权费，广泛集成于PC、显卡及专业显示设备。



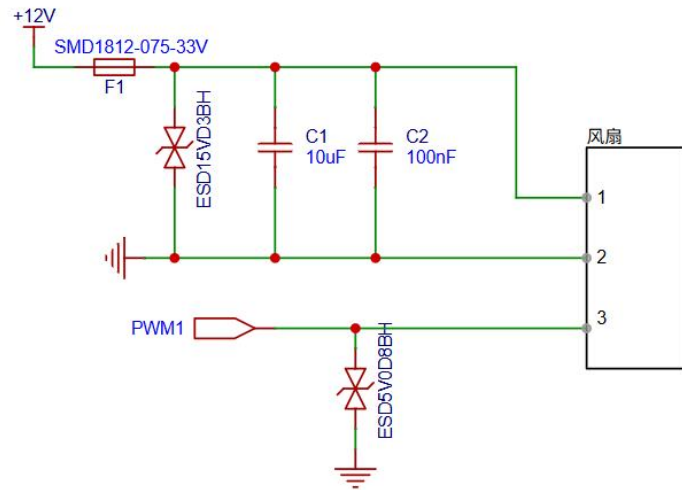
型号	器件类型	使用位置	作用	封装	特点
ESD0524P	ESD	DP接口	浪涌、静电	DFN2510	用量大，价值比高

WIFI天线： WIFI天线是用于传输和接收电磁波的设备，通过发射和接收电磁波实现无线通信。同时天线通过特定形状和尺寸选择性地接收或发射特定频率的电磁波，实现电信号与电磁波的相互转换。



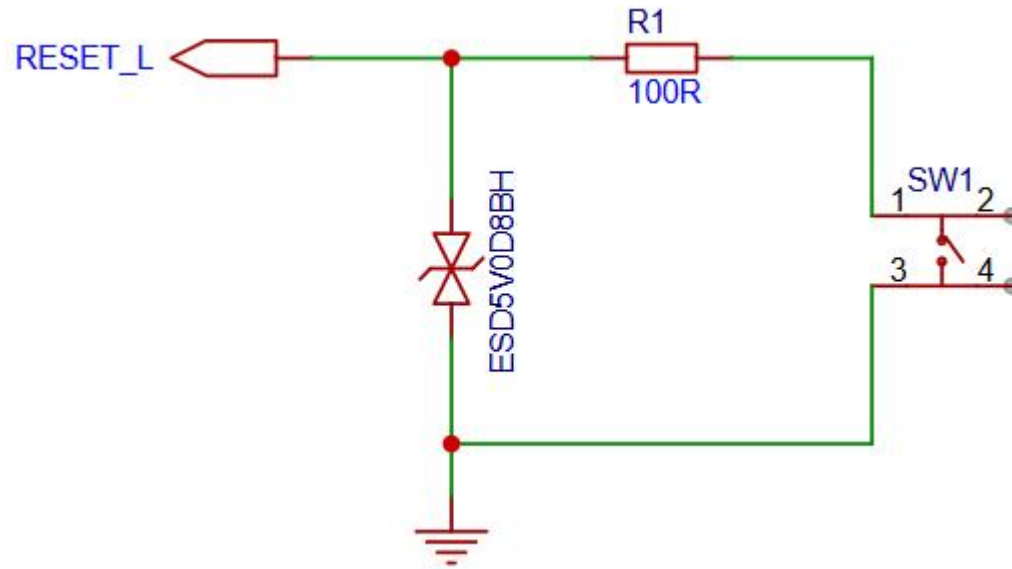
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
NRESDTLC5V0D8B	ESD	WIFI天线	浪涌、静电	DFN1006

风扇电路：风扇作为散热器是通过增强产品底部空气流动或直接抽吸内部热量来辅助散热的装置，常见类型包括底座式与抽热式。其核心功能为降低产品温度，通常采用铝合金材质以提升导热效率，并配备供电的风扇结构，部分型号支持调速功能以平衡散热与噪音。



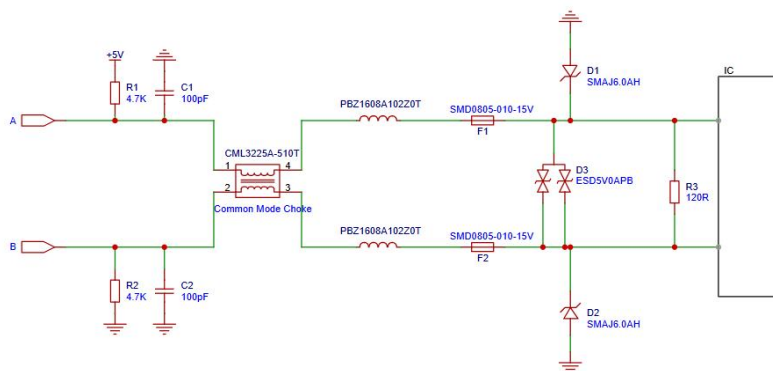
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD15V0D3BH	ESD	风扇电路	浪涌、静电	SOD323
ESD5V0D8BH	ESD	风扇电路	浪涌、静电	DFN1006

复位键：复位键（RESET）是电子设备中用于重新启动或恢复出厂设置的物理按键或指令，常见于电脑、路由器、智能手机等设备。其功能是在设备死机或配置错误时通过硬件或软件方式重启系统，可在不断电状态下清除运行数据。



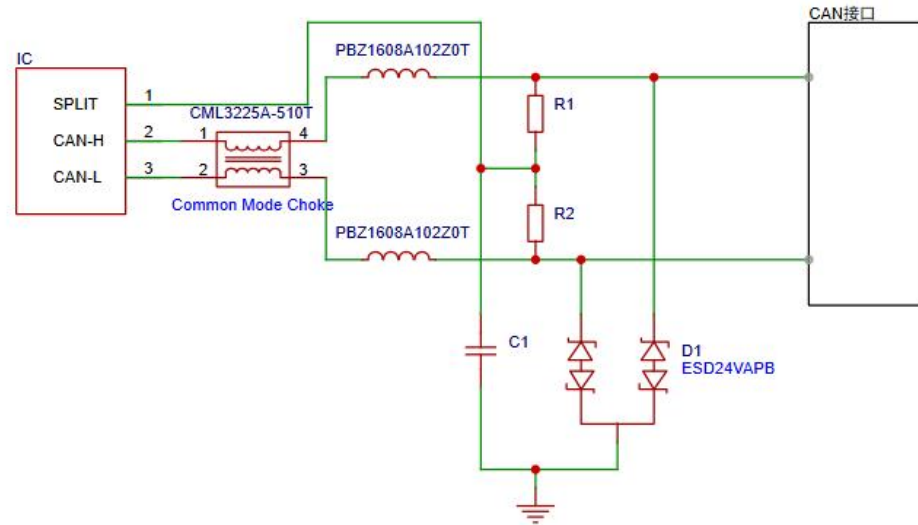
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD5V0D8BH	ESD	风扇电路	浪涌、静电	DFN1006

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
CMZ3225A-102T	共模电感	RS485接口	抑制共模噪声	2012/3225
PBZ1608A102Z0T	磁珠	RS485接口	消除高频干扰	1608
ESD5V0APB	ESD	RS485接口	浪涌、静电	SOT23
SMAJ6.0AH	TVS	RS485接口	浪涌、静电	SMA

CAN通讯接口：控制器局域网总线（CAN，Controller Area Network）是一种用于实时应用的串行通讯协议总线。CAN协议用于汽车中各种不同元件之间的通信，以此取代昂贵而笨重的配电线束。CAN协议的特性包括完整性的串行数据通讯、提供实时支持、传输速率高达1Mb/s、同时具有11位的寻址以及检错能力。



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
CML3225A-510T	共模电感	CAN通讯接口	抑制共模噪声	3225
PBZ1608A102Z0T	磁珠	CAN通讯接口	消除高频干扰	1608
ESD24VAPB	ESD	CAN通讯接口	浪涌、静电	SOT23

七、工业整体式控制器 产品





01 整体式控制器



02 整体式控制器行业标准

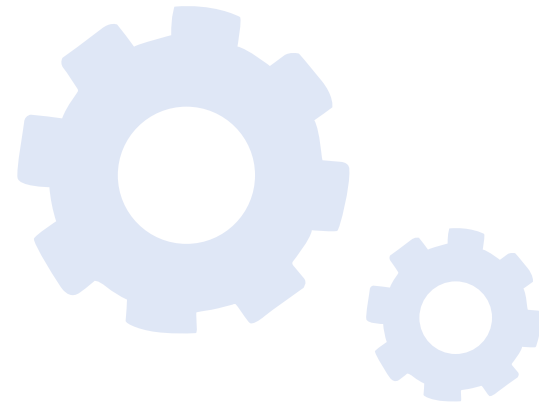
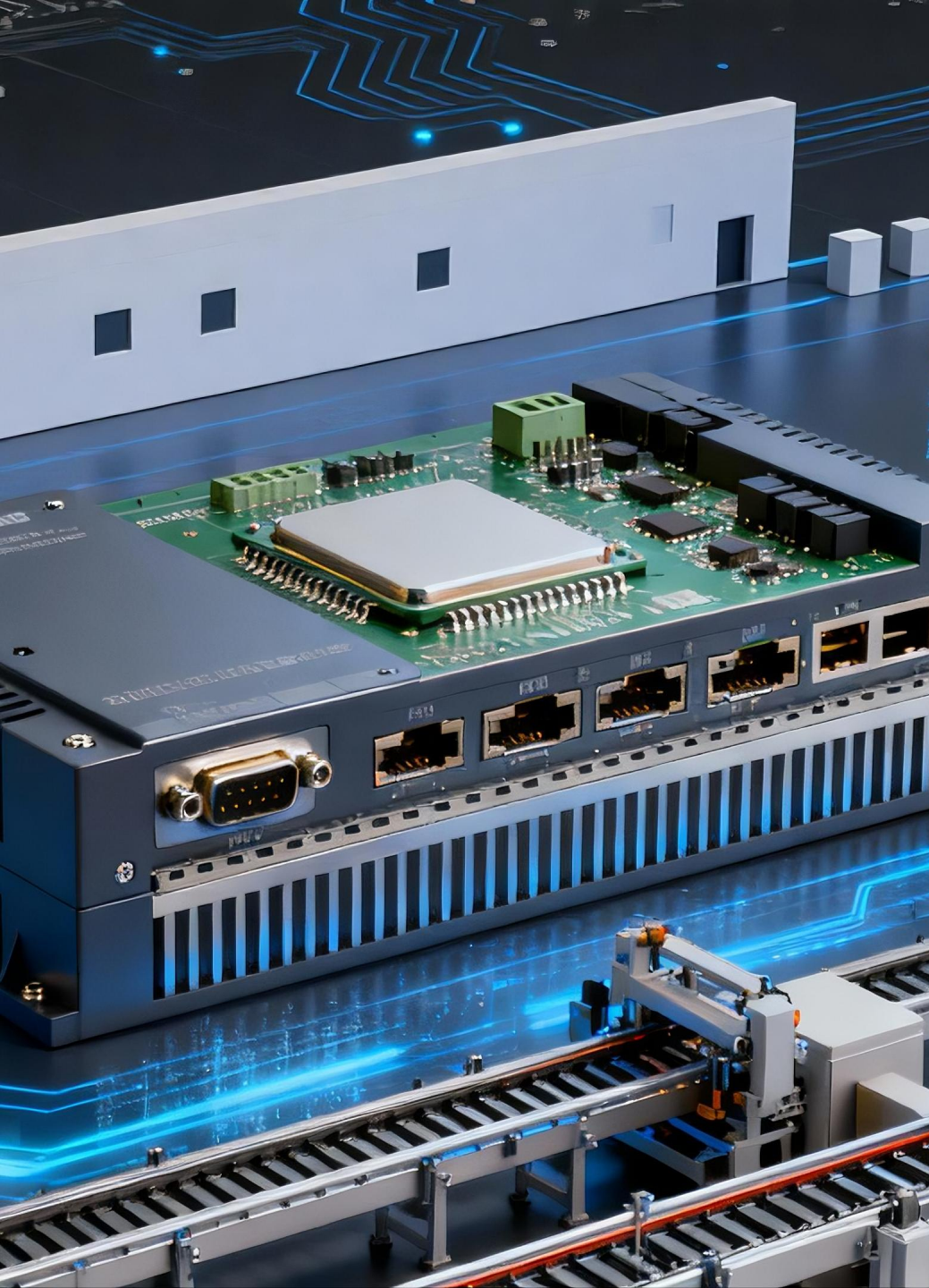
03 整体式控制器产品固件及组成部份

04 行业标准里的EMC电磁兼容内容

05 电子部分电磁兼容行业痛点



06 电磁兼容行业的解决方案



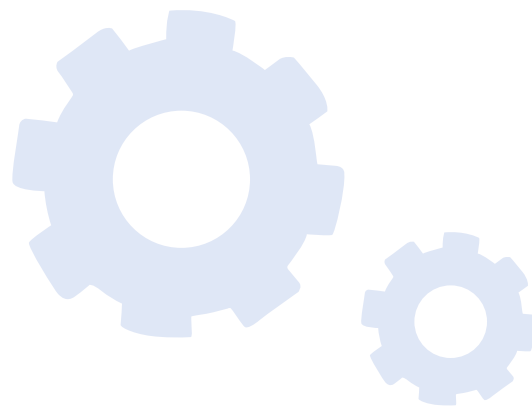
01 整体式控制器



整体式控制器，是工业自动化领域的核心设备，它将控制单元、输入输出接口、电源等部件高度集成在一个紧凑的机壳内，就像一个全能的指挥官，对工业生产过程进行精准的控制与管理，这种集成化设计优势显著，不仅大大缩小了设备的体积，还降低了安装和布线的难度，就如同把复杂的工业控制体系浓缩在一个小巧的“智慧盒子”里，使得工业控制系统的搭建更加简便高效

整体式控制器广泛应用于制造业、能源行业、交通运输等众多领域；在制造业中，它能精确控制生产线上的各种设备，保障产品的质量和生产效率；在能源行业，可实现对发电、输电设备的稳定监控；在交通运输领域，能助力交通信号系统的智能调控，确保道路的顺畅通行





02

整体式控制器行业标准



标准类型	标准编号及名称	发布机构	发布年份	核心要求与适用场景
基础技术标准	IEC61131-3:2025 工业自动化系统编程语言	IEC	2025	定义PLC运动控制器的统一编程语言框架（梯形图、结构化文本等），支持跨厂商设备的兼容性和互操作性
	GB/T16655-2008/ISO 11161:2007 机械安全 集成制造系统基本要求	ISO/CNIS	2007/2008	规定多设备联动生产线的安全设计、安装和操作要求，包括风险评估、能量隔离和故障诊断。整体式控制器作为系统中枢需满足实时监控和协同控制的安全性
功能安全与可靠性	IEC61508:2010 电气 / 电子 / 可编程电子安全相关系统的功能安全	IEC	2010	定义安全完整性等级（SIL1-SIL4），要求安全相关系统在危险情况下正确执行功能。高风险场景（如化工、轨道交通）的整体式控制器需通过SIL认证
	GB/T16855.1-2008/ISO 13849-1:2006 机械安全 控制系统安全相关部件	ISO/CNIS	2006/2008	针对机械控制系统的安全部件（传感器、执行器）提出设计和验证要求，包括故障检测和冗余架构，整体式控制器需满足安全信号处理和响应时间规定
	UL508A:2025 工业控制设备标准	UL	2025	北美地区工业控制面板核心标准，2025年修订版放宽紧急停止（E-Stop）要求，允许更灵活的电路设计，并明确浪涌保护器（SPD）的短路电流额定值（SCCR），集成配电功能的整体式控制器需符合电气安全和EMC要求

- I. 整体式控制器的行业标准丰富多样，涵盖技术要求、性能要求、环境适应性要求和安全要求等多个维度;在技术要求方面，对控制器的输入输出特性、通信接口、故障诊断等功能有着明确规定，确保其能与各类设备实现稳定高效的交互
- II. 性能要求关乎控制器的动态响应、效率、能耗等关键指标，这些指标直接影响着工业生产的效率和成本;例如:快速的动态响应能使控制器在面对生产过程中的突发变化时迅速做出调整，保障生产的连续性
- III. 环境适应性要求则充分考虑了控制器可能面临的各种恶劣工作环境，包括工作温度范围、湿度范围、抗振性能等。无论是高温炎热的工厂车间，还是潮湿多尘的户外环境，亦或是振动频繁的机械设备中，控制器都需能稳定运行
- IV. 安全要求是重中之重，包括过流保护、过压保护、过温保护等多重防护机制。这些保护措施如同坚固的盾牌，能有效避免控制器在异常情况下发生损坏，确保工业生产的安全可靠

➤ 优先级选择:

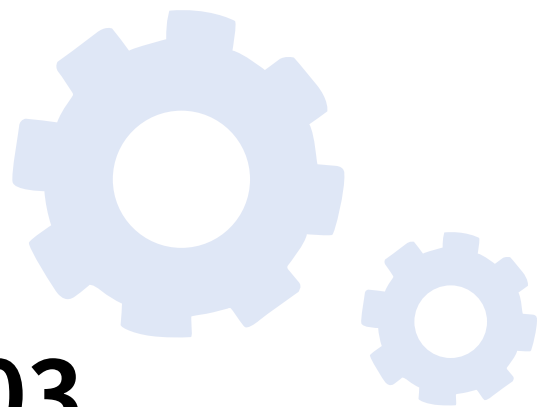
工业环境下的整体式控制器优先满足 CISPR 11/GB 4824（发射）和 IEC 61000-4 系列 / GB/T 17626 系列（抗扰度）

行业延伸：若用于车载、轨道交通等场景，需额外符合对应行业标准（如 CISPR 25、EN 50121-3-2）

➤ 认证标记:

通过测试后，可申请 CE 标志（EMC 指令 2014/30/EU）或国内 CQC 标志，增强市场认可度

以上标准覆盖了整体式工业控制器在电磁兼容方面的核心要求，企业需根据产品应用场景选择适用的标准组合，确保设备在复杂电磁环境下的稳定性与合规性



03

整体式控制器产品固件 及组成部份



01

中央处理器（CPU）是控制器的“大脑”，承担着数据处理和运算的核心任务。它的性能直接决定了控制器的处理速度和响应能力，就像人的大脑，思考速度越快，应对各种情况就越迅速



02

内存用于存储程序和数据，是数据的临时存放空间。充足的内存容量能确保控制器在运行复杂程序和处理大量数据时的高效性，避免出现数据拥堵和处理延迟的情况



03

输入输出（I/O）接口是控制器与外部设备进行信息交互的桥梁。通过各类I/O接口，控制器可以接收来自传感器、开关等设备的信号，同时向执行器、电机等设备发送控制指令，实现对工业生产过程的精确控制

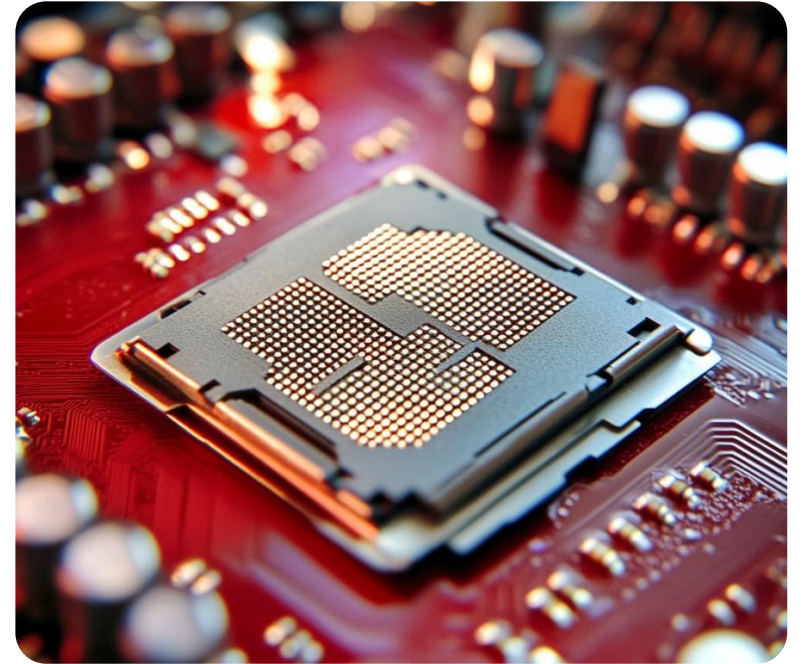


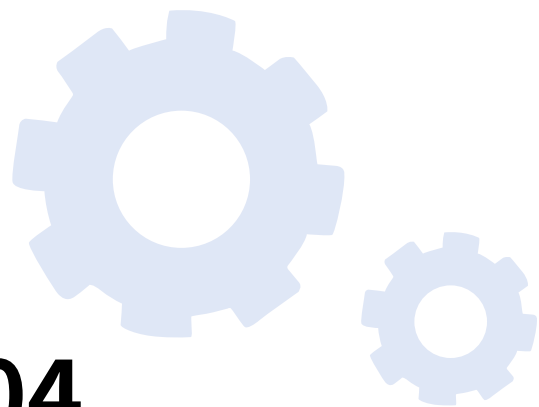
04

电源模块为整个控制器提供稳定的电力支持，就像人体的心脏，源源不断地输送能量。稳定可靠的电源是控制器正常工作的基础，一旦电源出现故障，整个控制器将无法运行



- ▶ 各个硬件部分紧密协作，共同完成工业控制任务；CPU就像指挥官，根据内存中存储的程序和数据，对输入的信号进行分析和处理，然后通过I/O接口向外部设备发送控制指令
- ▶ 内存则在这个过程中起到了数据存储和传输的关键作用，它就像一个高效的仓库，随时为CPU提供所需的数据，同时将CPU处理后的数据存储起来，等待下一步的处理或输出
- ▶ I/O接口负责与外部设备的连接和通信，它如同繁忙的交通枢纽，确保信号的准确传输和控制指令的有效执行；而电源模块则为所有硬件部分提供稳定的电力，保障整个系统的正常运转





04

行业标准里的EMC电磁兼容 内容



4.1 行业EMC电磁兼容发射标准内容

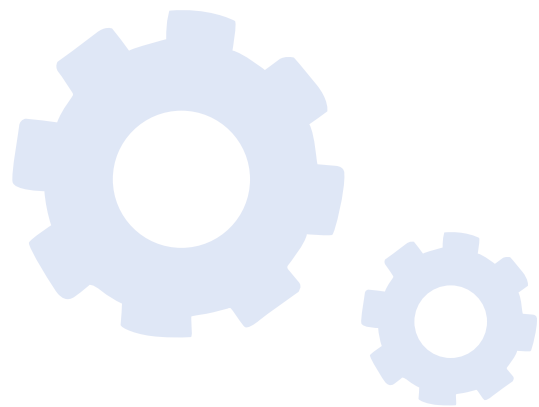
标准编号	名称	核心要求	适用场景
CISPR 11:2016	工业、科学和医疗 (ISM) 设备 射频骚扰特性	规定 150kHz-30MHz (传导) 和 30MHz-1GHz (辐射) 的骚扰限值, 分为 Group 1 (非工科医设备) 和 Group 2 (工科医设备)。整体式控制器通常按 Group 1 考核, 辐射限值 $\leq 40\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ (30-1000MHz)	工业自动化、制造业
CISPR 22:2015	信息技术设备 (ITE) 射频骚扰 特性	适用于带数字接口的控制器 (如集成以太网的 PLC), 限值与 CISPR 11 类似, 但测试配置更贴近信息技术设备	带IT功能的工业控制器

4.2 行业EMC电磁兼容抗扰度标准内容

标准编号	标准名称	基本要求	测试项目
IEC 61000-4-2	静电放电 (ESD) 抗扰度	接触放电±4kV、空气放电±8kV (工业环境等级)，要求设备在静电干扰下无功能失效	操作人员接触、环境静电干扰
IEC 61000-4-4	电快速瞬变脉冲群 (EFT) 抗扰度	电源端口±4kV、信号端口 ±2kV，模拟电网开关、电磁感应产生的脉冲干扰	工业电网瞬变干扰
IEC 61000-4-5	浪涌 (冲击) 抗扰度	电源端口±4kV (线-线)、±6kV (线-地)，模拟雷击或开关大负载的电压冲击	雷击、电网负载突变
IEC 61000-4-6	射频场感应的传导骚扰抗扰度	150kHz-80MHz，场强 10V/m (工业环境)，模拟射频信号通过电缆耦合的干扰	射频设备 (如对讲机) 的传导干扰
IEC 61000-4-8	工频磁场抗扰度	磁场强度 30A/m (工业环境)，模拟变压器、电机等产生的工频磁场	强电磁环境下的性能稳定性

行业专标：新能源汽车CISPR 25、工业自动化IEC 61800-3、轨道交通EN 50121-3-2:2016、医疗IEC 60601-1-2等等

1. 辐射发射测试用于测量设备以电磁波形式发射的能量，评估这些能量是否会对周围环境中的设备造成干扰。测试通常在电波暗室中进行，使用EMI接收机、高/低频接收天线等专业设备，就像在一个安静的实验室里，检测设备发出的“噪音”是否超标
2. 传导骚扰测试主要测量设备通过电源线、信号线等传导路径产生的电磁骚扰。测试使用传导骚扰测量仪，确保设备在正常工作状态下，不会通过传导路径对其他设备产生不可接受的电磁干扰，就像检查水管是否会漏水，避免干扰信号通过线路“泄漏”出去
3. 静电放电抗扰度测试模拟具有不同静电电位的物体互相靠近或直接接触引起的电荷转移，评估设备在电荷转移过程中对电路引起的干扰是否会造成功能紊乱。测试设备为静电放电发生器，通过模拟日常生活中可能出现的静电放电情况，检验设备的抗干扰能力
4. 射频场感应的传导骚扰抗扰度测试评估设备在射频电磁场中的传导抗扰度。测试设备包括射频信号发生器、功率放大器和测量仪器，测试频率范围一般为80MHz至1GHz，确保设备在复杂的射频电磁环境中能稳定工作



05

电子部分电磁兼容的行业痛点



电子设备在复杂电磁环境中易受干扰，导致运行异常;在医院手术室等场所，周围存在大量的医疗设备和高频设备，如手术电刀、监护仪等，这些设备产生的电磁干扰可能会影响电子设备的正常运行，导致数据错误、设备死机等问题

以工业控制系统为例，当附近有大型电机启动或停止时，会产生强烈的电磁干扰，可能使控制器的控制信号出现偏差，从而影响生产过程的稳定性和产品质量

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

在一个工业厂房中，如果多台设备共用一个电网，其中一台设备的传导发射超标，就可能通过电源线将电磁噪声传播到其他设备，导致其他设备出现故障或误动作

比如：一台工业电脑的传导发射超标，可能会干扰同一网络中的打印机、扫描仪等办公设备，影响办公效率

接触设备按键或接口时，静电可能导致程序崩溃或硬件损坏

在日常生活中，我们经常会遇到静电现象，当我们触摸电子设备的按键或接口时，静电可能会瞬间释放，产生高电压，击穿设备内部的电子元件，导致设备故障

例如: 在干燥的季节，我们在操作手机时，如果手机的静电防护措施不到位，就可能因为静电放电而导致手机重启或数据丢失

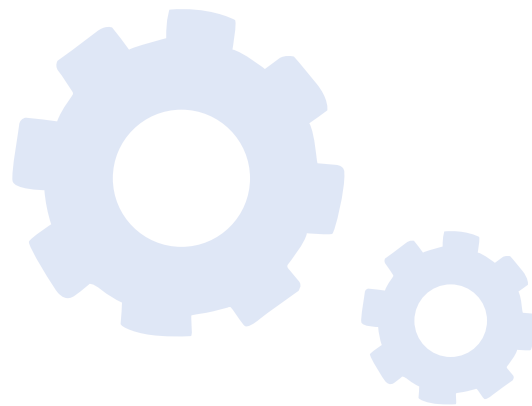
设备自身电磁辐射干扰其他设备，或无法通过监管检测。一些电子设备在工作时会产生较强的电磁辐射，如果辐射发射超标，不仅会干扰周围的电子设备，还可能对人体健康造成潜在威胁

比如:某些无线路由器的辐射发射超标，可能会干扰附近的电视、收音机等设备的信号接收，同时也可能影响用户的身体健康。此外，辐射发射超标还会导致设备无法通过相关的监管检测，无法进入市场销售

电网波动引发设备误触发或测量中断

在工业生产中，电网的稳定性往往受到多种因素的影响，如大型设备的启停、电力系统的故障等，这些因素可能导致电网出现快速瞬变脉冲群，使电子设备受到干扰

例如:医院中的医疗设备如果对快速瞬变脉冲群的耐受性差，当电网出现波动时，可能会导致设备误报警、测量数据不准确等问题，影响医疗诊断和治疗的准确性



06

电磁兼容行业的解决方案



使用屏蔽材料，如金属外壳、屏蔽罩等，阻挡电磁干扰的传播;金属外壳可以像一个坚固的盾牌，将设备内部的电磁信号屏蔽起来，防止其泄漏到外部环境中，同时也能阻止外部的电磁干扰进入设备内部

对不同功能的电路进行隔离，减少相互干扰;通过合理的电路布局和设计，将敏感电路和干扰源电路隔离开来，避免它们之间的信号相互干扰，就像在不同的房间之间设置隔音墙，减少噪音的传播

在电源和信号线上添加滤波器，去除高频干扰信号。电源滤波器可以有效滤除电源线上的杂波和干扰信号，为设备提供纯净的电源；信号滤波器则能对信号进行处理，去除其中的高频干扰成分，确保信号的准确性和稳定性

例如，在电脑的电源线上添加滤波器，可以减少电源波动对电脑硬件的影响，提高电脑的稳定性；在通信线路上添加滤波器，可以提高通信信号的质量，减少信号失真

良好的接地可以有效降低电磁干扰;接地就像给电磁干扰找到了一个“泄洪通道”，将设备中的静电和电磁干扰电流引入大地，从而保证设备的正常运行

介绍正确的接地方法和注意事项;接地电阻要尽可能小，以确保电流能够顺利地流入大地；接地线路要保持良好的导电性，避免出现断路或接触不良的情况；同时，要注意区分工作接地、保护接地和防雷接地等不同类型的接地，确保接地系统的合理性和有效性

在设计阶段充分考虑电磁兼容性，合理布局电路和选择元器件；通过优化电路布局，减少信号传输路径中的干扰源和敏感点；选择具有良好电磁兼容性的元器件，从源头上降低电磁干扰的产生

例如，在设计电路板时，将数字电路和模拟电路分开布局，避免数字信号对模拟信号的干扰；选择低噪声、高抗干扰能力的芯片和电阻、电容等元器件，提高电路的整体性能

4层板的布线建议：

TOP：信号层（布局数字信号、控制电路、接口电路等，优先走低速 / 中速信号（如 GPIO、串口）

Layer2：地层（作为连续地平面，为 Top 层信号提供参考平面，同时屏蔽 Power 层的电源噪声，减少串扰

Layer3：电源层（铺铜形成电源平面（如 DC 5V、24V），降低电源阻抗，为功率元件（如继电器、MOS 管）提供稳定供电）

Bottom 信号层（布局模拟信号、高频信号（如通信总线 RS485、以太网）、功率元件（如电源芯片、驱动 IC）

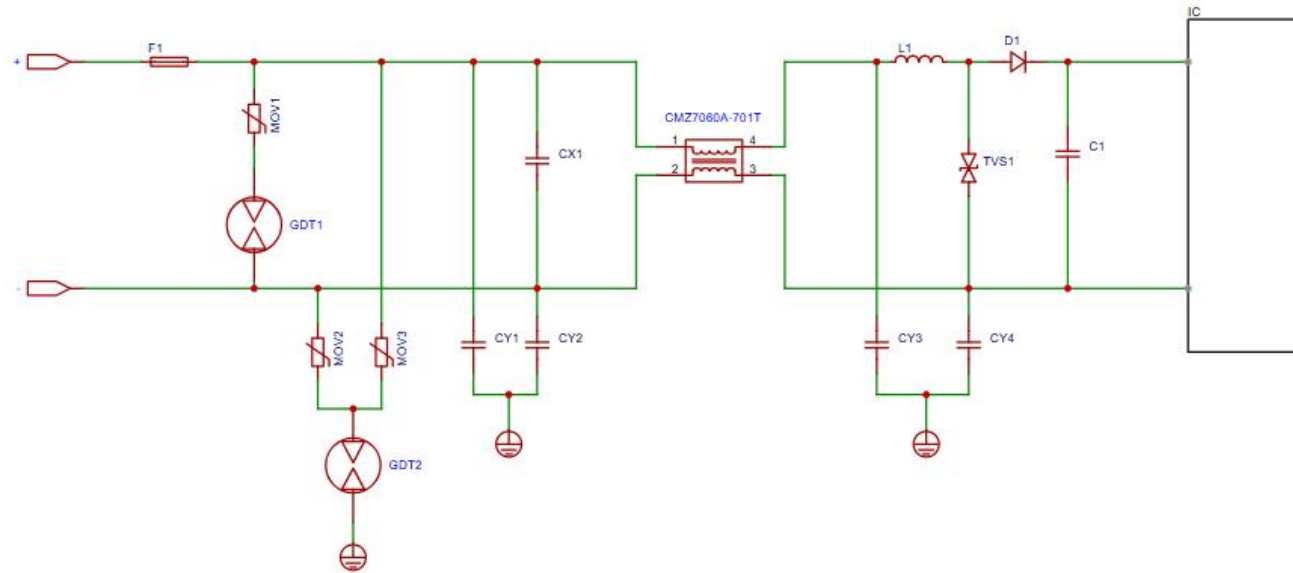
对于地的理解：

模拟信号层：布局传感器信号、AD采样电路等，需与数字区域物理隔离，模拟地与信号地，有条件分层处理更优解！

通过软件算法对干扰进行检测和处理，提高设备的抗干扰能力;软件可以实时监测设备的运行状态，当检测到干扰信号时，通过相应的算法对信号进行滤波、纠错等处理，确保设备的正常运行

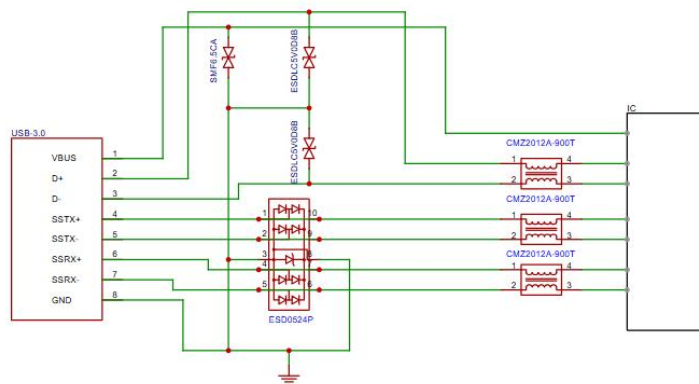
例如:在通信软件中采用纠错编码技术，当接收到的信号受到干扰出现错误时，软件可以通过纠错算法自动纠正错误，保证通信的准确性；在控制系统软件中采用抗干扰逻辑，当检测到干扰导致的异常信号时，软件可以自动采取相应的措施，如重新发送指令、调整控制参数等，确保系统的稳定性

DC 电源接口： 用于连接外部电源适配器（如 12V/24V 直流输入）



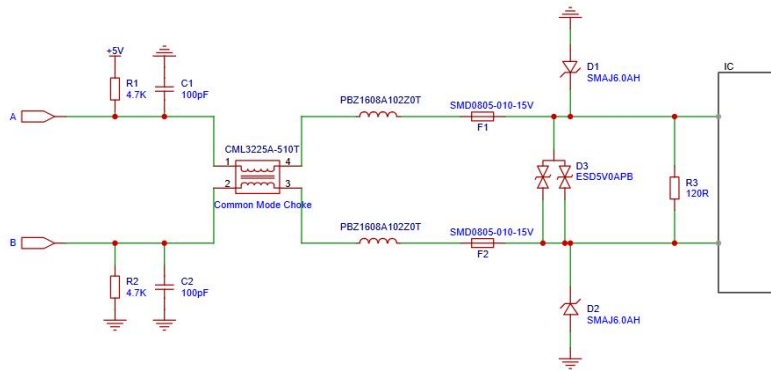
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
3R090L	GDT	电源接口	浪涌，防雷（户外产品，关注续流问题）	3RXXXL
SMBJ15CA	TVS 瞬态抑制二极管	电源接口	浪涌、抛负载	SMB
SMCJ30CA	TVS 瞬态抑制二极管	电源接口	浪涌、抛负载	SMC
CMZ7060A-701T	EMI 共模抑制器	电源接口	CE传导，共模抑制，电流更小，考虑小封装	7060

USB 3.0 接口:USB 3.0 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5Gbps，能快速传输大量数据，如机器视觉图像数据；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。



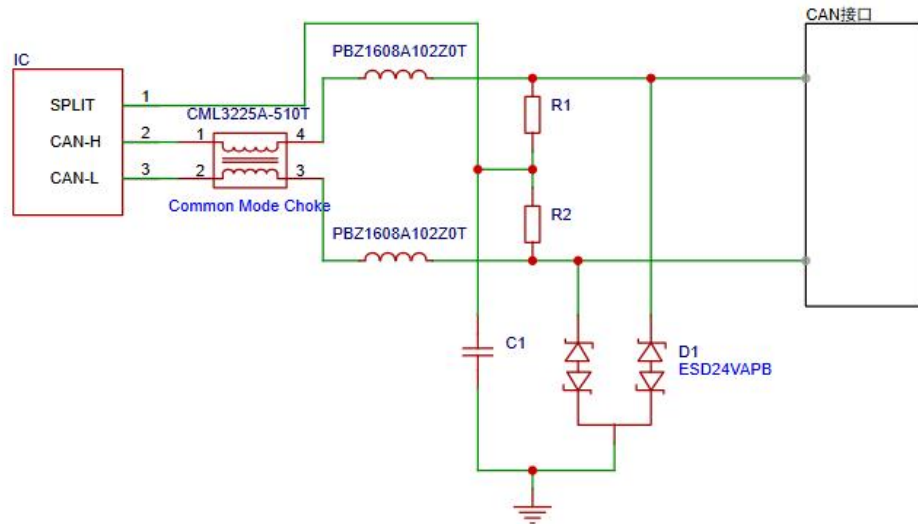
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
ESD0524P	ESD	USB接口	浪涌、静电	DFN2510
ESDLC5V0D8B	ESD	USB接口	浪涌、静电	DFN1006
SMF6.5CA	TVS	USB接口	浪涌，抛负载	SOD123FL
CMZ2012A-900T	EMI	USB接口	共模抑制	2012

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。



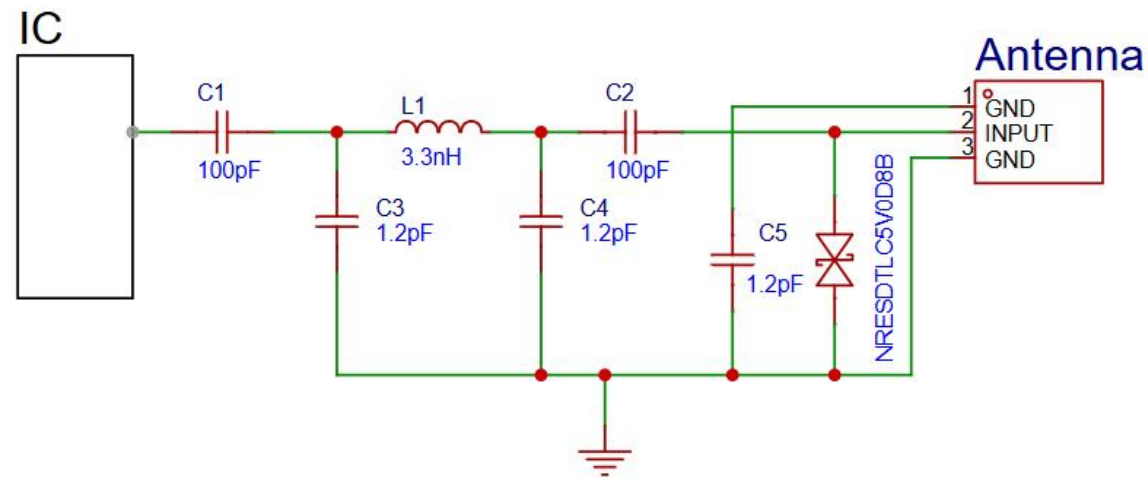
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
CMZ3225A-102T	共模电感	RS485接口	抑制共模噪声	2012/3225
PBZ1608A102Z0T	磁珠	RS485接口	消除高频干扰	1608
ESD5V0APB	ESD	RS485接口	浪涌、静电	SOT23
SMAJ6.0AH	TVS	RS485接口	浪涌、静电	SMA

CAN通讯接口：控制器局域网总线（CAN，Controller Area Network）是一种用于实时应用的串行通讯协议总线。CAN协议用于汽车中各种不同元件之间的通信，以此取代昂贵而笨重的配电线束。CAN协议的特性包括完整性的串行数据通讯、提供实时支持、传输速率高达1Mb/s、同时具有11位的寻址以及检错能力。



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
CML3225A-510T	共模电感	CAN通讯接口	抑制共模噪声	3225
PBZ1608A102Z0T	磁珠	CAN通讯接口	消除高频干扰	1608
ESD24VAPB	ESD	CAN通讯接口	浪涌、静电	SOT23

WIFI天线：WIFI天线是用于传输和接收电磁波的设备，通过发射和接收电磁波实现无线通信。同时天线通过特定形状和尺寸选择性地接收或发射特定频率的电磁波，实现电信号与电磁波的相互转换。



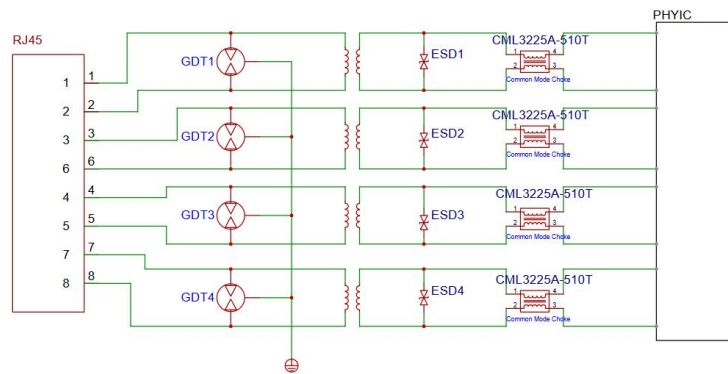
型号	器件类型	使用位置	作用	封装
NRESDTLC5V0D8B	ESD	WIFI天线	浪涌、静电	DFN1006

千兆网接口:支持有线网络连接;

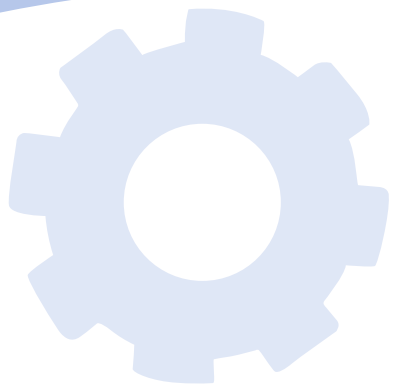
千兆网接口提供稳定的网络连接,支持远程控制和数据交互。通过以太网,可实时上传工作数据至云端,接受远程指令,实现智能化远程操作;

其传输速率可达1000Mbps甚至更高,满足设备在工业自动化、智能物流等领域对高速、稳定数据传输的需求;

若是使用百兆网,可将共模电感更换为CMZ2012B-900T。



型号	器件类型	使用位置	作用	封装
3R090L	GDT	千兆网接口	浪涌	3RXXXL
ESDLC3V3D3B	ESD	千兆网接口	浪涌、静电	SOD323
CML3225A-510T	共模电感	千兆网接口	共模噪声	3225



研发总部：中国上海松江

R&D Headquarters: Songjiang, Shanghai, China

Tel: +86-21-22817269

Fax: +86-21-67689607

Email: sales@yint.com.cn

<http://www.yint.com.cn>



公司官网

改善 创新 节约 双赢