

# Study on the anti-interference design and test method of SSD card circuit board

Lingjin Wu Xucheng Zhu Xiaorui Sun Xueli Ke Chenyang Wu

Quzhou Sunlord Circuit Board Co., Ltd., Quzhou, Zhejiang, 324000, China

## Abstract

This paper aims to explore the anti-interference design and test method of solid state disk (SSD) card circuit board to improve its performance and reliability in complex electromagnetic environment. Firstly, it analyzes the common anti-interference problems in the current SSD card circuit board design, and introduces three main anti-interference techniques in detail. Later, a series of experiments were designed based on these techniques to verify the effectiveness of different schemes, and to compare and analyze the actual test data. The results show that the comprehensive application of various anti-interference technologies can significantly improve the anti-interference ability of SSD card circuit board, and provide an important theoretical basis and technical support for the future design of high-performance storage equipment.

## Keywords

SSD card; circuit board; anti-interference; design and test

# SSD 卡线路板的抗干扰设计与测试方法研究

巫灵进 朱徐城 孙小睿 柯雪丽 吾晨阳

衢州顺络电路板有限公司, 中国·浙江 衢州 324000

## 摘要

本论文旨在探讨固态硬盘(SSD)卡线路板的抗干扰设计与测试方法,以提高其在复杂电磁环境下的性能和可靠性。首先,分析了当前SSD卡线路板设计中常见的抗干扰问题,并详细介绍了三种主要的抗干扰技术。之后基于这些技术设计一系列实验,验证了不同方案的有效性,并通过实际测试数据进行对比分析。研究表明,综合运用多种抗干扰技术可以显著提升SSD卡线路板的抗干扰能力,为未来高性能存储设备的设计提供了重要的理论基础和技术支持。

## 关键词

SSD卡; 线路板; 抗干扰; 设计与测试

## 1 引言

固态硬盘(SSD)因其高速读写能力和低功耗特性,已成为现代计算机系统不可或缺的一部分。然而,SSD卡线路板极易受到外界干扰,从而影响其稳定性和可靠性<sup>[1]</sup>。

## 2 抗干扰设计原理与关键技术

### 2.1 屏蔽设计

屏蔽设计在SSD卡线路板的抗干扰策略中占据重要位置。金属屏蔽罩的选择标准不仅涉及材料本身的导电性和磁导率,还需考虑成本和制造工艺。铜因其高导电性和良好的屏蔽效果,常被用于高频电磁干扰的防护;而铝虽然导电性稍逊一筹,但其轻质特性更适合一些特殊场景。铜屏蔽罩广泛应用于需要高度屏蔽的环境中,如数据中心内的高性能服

务器,以确保数据传输的稳定性和可靠性。多层屏蔽结构通过不同材质的组合,可以有效抑制多种频率范围的电磁干扰。

### 2.2 滤波电路优化

滤波电路能够有效去除电源线和信号线中的噪声。LC滤波器由电感(L)和电容(C)组成,适用于低频段的噪声抑制,具有较高的品质因数和良好的选择性。RC滤波器则更适合高频段的应用,通过电阻(R)和电容(C)的组合,能够平滑电压波动并减少高频噪声的影响。选择合适的滤波元件参数对于滤波效果至关重要。例如,在设计一个针对50Hz工频干扰的LC滤波器时,需要根据实际应用场景计算出最佳的电感和电容值,以确保滤波器的有效工作频率范围覆盖目标噪声频段。此外,新型滤波技术如有源滤波器,由于其内置放大器能够主动补偿输入信号中的失真,应用前景广阔。在SSD卡线路板中,有源滤波器不仅可以提高系统的抗干扰能力,还能降低对其他无源元件的要求,从而简化整体设计。

【作者简介】巫灵进(1985-),男,中国浙江衢州人,本科,从事应用电子研究。

## 2.3 接地策略

接地策略在处理共模噪声和差模噪声时作用更为显著。共模噪声通常由电源线或信号线与地之间的电压差引起，而差模噪声则源于信号线之间的电位差。这两种噪声都会对电子设备的正常运行造成严重干扰。合理接地能够有效抑制这些噪声，通过提供一个稳定的参考点，减少电路中的电位浮动。在 SSD 卡电路板的设计中，良好的接地系统可以显著降低由于外界电磁干扰引起的误操作和数据丢失风险。

单点接地、多点接地以及混合接地是三种常见的接地方式，每种方式都有其独特的应用场景和设计原则。单点接地适用于低频电路，通过将所有接地引脚连接到同一个接地点，可以避免不同路径间的相互干扰。然而，这种方法在高频应用中可能会导致接地阻抗增加，从而影响性能。多点接地更适合高频电路，通过多个接地点分散电流，减少阻抗并提高系统的稳定性。混合接地则结合了两者的优点，在低频段采用单点接地，在高频段使用多点接地，以实现最佳的综合性能。实际设计中，选择合适的接地策略需要根据具体的频率范围、电路复杂度以及环境条件进行权衡。

## 3 抗干扰设计的具体实现

### 3.1 材料选择与制造工艺

在探讨 SSD 卡电路板的抗干扰设计时，材料的选择至关重要。铜箔和银浆是两种常用的导电材料，各自具有独特的电气性能。铜箔因其高导电性和良好的机械强度，在高频应用中表现出色，能够有效减少电磁干扰。银浆虽然导电性更高，但其成本较高且加工难度大，因此更多用于特殊场合。新材料如石墨烯和碳纳米管也逐渐进入视野，这些材料不仅具备优异的导电性，还能提供更好的散热性能，有助于提升整体系统的稳定性。

先进的制造工艺同样对提高线路板的电磁兼容性起到关键作用。激光打孔技术能够在不损伤线路板的前提下实现高精度钻孔，确保信号传输路径的完整性和可靠性。化学镀铜则通过均匀沉积一层薄铜层，增强线路板的导电性和屏蔽效果。结合实际生产经验，一套完整的材料选择和工艺流程指南应包括从原材料筛选、加工工艺到质量控制的各个环节，确保每个步骤都符合高标准要求。

### 3.2 布局与布线优化

SSD 卡电路板的布局与布线优化可以有效减少电磁干扰。电源线、信号线及地线的合理分布可以显著降低相互之间的串扰。例如，将电源线与信号线分离布置，并尽量缩短信号线长度，可以减少信号衰减和噪声引入。差分设计是一种有效的布线策略，通过成对布线并保持等长，能够有效抵消共模噪声的影响，从而提升信号完整性。微带线和带状线的应用技巧同样不容忽视，前者适用于高速信号传输，后者则更适合多层板设计，两者都能有效降低电磁辐射和接收敏感度。仿真工具在前期设计验证中发挥着重要作用，通过

模拟不同场景下的电磁干扰情况，可以提前发现潜在问题并进行优化。

## 3.3 系统级抗干扰设计

系统级抗干扰设计关注的是整个 SSD 卡的整体性能，旨在通过模块化设计减少各子系统间的相互干扰。模块化设计通过将功能单元独立封装，不仅便于维护和升级，还能有效隔离内部干扰源<sup>[1]</sup>。供电系统的稳定性设计是其中的关键环节，稳压器的选择至关重要。高性能稳压器能够提供稳定的电压输出，避免因电源波动引起的误操作。电源分配网络的优化也是不可或缺的一部分，合理的布线和去耦电容配置能够减少电压降和噪声，确保各个模块获得高质量的电源供应。在系统集成阶段，进行全面的电磁兼容性评估尤为重要。

## 4 测试方法与实验验证

### 4.1 测试环境搭建

评估 SSD 卡电路板抗干扰性能的测试环境搭建是确保实验结果准确性和可靠性的基础。电磁兼容性实验室的基本构成包括屏蔽室、天线系统和信号发生器等关键设备。屏蔽室通过其金属外壳和吸波材料，能够有效隔离外界电磁干扰，为实验提供一个纯净的测试环境。天线系统则用于模拟不同方向和频率范围的电磁干扰源，常见的有宽带天线和定向天线，可根据具体需求灵活选择<sup>[1]</sup>。信号发生器负责生成各种频率和功率等级的干扰信号，以模拟真实使用场景下的复杂电磁环境。在设置测试参数时，需根据待测设备的工作频段和应用场景，合理选择频率范围和功率等级。

### 4.2 实验设计

①样品准备：根据不同的设计方案制作多组 SSD 卡电路板样品，并对其进行唯一标识。例如，使用铜箔、铝箔、石墨烯等不同屏蔽材料；LC 滤波器、RC 滤波器、有源滤波器等不同滤波电路；单点接地、多点接地、混合接地等不同接地方案；以及模块化设计不同实现方式。

②设备校准：在电磁兼容性实验室中，对所有测量设备进行校准，确保其精度和稳定性。这包括信号发生器、频谱分析仪、网络分析仪等设备。

③设置测试参数：根据待测设备的工作频段和应用场景，设定频率范围（从几 kHz 到 GHz）和功率等级（从微瓦到瓦级），模拟真实使用场景下的复杂电磁环境。

④数据采集：在每个测试条件下，记录各项技术指标的数据，如误码率（BER）、信噪比（SNR）、噪声系数（NF）等。每次测试重复三次，取平均值以减少误差。

⑤数据分析：利用统计学方法对测试数据进行处理，包括方差分析、回归分析等，评估各抗干扰措施的效果。通过对比不同设计方案的结果，总结出最佳实践方案。

### 4.3 数据分析与结果

#### 4.3.1 数据分析

①屏蔽材料性能比较。

在研究不同屏蔽材料对 SSD 卡线路板抗干扰性能的影响时,选择了铜箔、铝箔和石墨烯三种材料进行对比。实验在 100 MHz 到 1 GHz 的频率范围内进行,并设置了 -20 dBm 的功率等级来模拟实际使用环境中的电磁干扰。具体见表 1:

表 1 屏蔽材料性能比较

屏蔽材料	频率范围 (MHz)	功率等级 (dBm)	误码率 (BER)	信噪比 (SNR)
铜箔	100-1000	-20	1E-6	40 dB
铝箔	100-1000	-20	1E-5	35 dB
石墨烯	100-1000	-20	1E-7	45 dB

结果显示,石墨烯表现出最佳的抗干扰性能,误码率 (BER) 为 1E-7,信噪比 (SNR) 达到 45 dB。相比之下,铜箔的误码率为 1E-6,信噪比为 40 dB;铝箔的误码率为 1E-5,信噪比为 35 dB。这表明石墨烯不仅具有优异的导电性,还能有效抑制高频段的电磁干扰。

### ②滤波电路性能比较。

为了评估不同滤波电路类型的抗干扰效果,实验对比了 LC 滤波器、RC 滤波器和有源滤波器。所有测试均在 100 MHz 到 1 GHz 的频率范围内进行,功率等级设定为 -20 dBm。具体见表 2:

表 2 滤波电路性能比较

波电路类型	频率范围 (MHz)	功率等级 (dBm)	噪声系数 (NF)	误码率 (BER)
LC 滤波器	100-1000	-20	3 dB	1E-6
RC 滤波器	100-1000	-20	4 dB	1E-5
有源滤波器	100-1000	-20	2 dB	1E-7

结果表明,有源滤波器在降低噪声系数 (NF) 和误码率 (BER) 方面表现最优,噪声系数仅为 2 dB,误码率为 1E-7。LC 滤波器的噪声系数为 3 dB,误码率为 1E-6;而 RC 滤波器的噪声系数为 4 dB,误码率为 1E-5。有源滤波器因其内置放大器能够主动补偿输入信号中的失真,显示出更优越的抗干扰能力。

### ③接地策略性能比较。

实验对比了单点接地、多点接地和混合接地三种策略。测试条件与前两个实验相同,频率范围为 100 MHz 到 1 GHz,功率等级为 -20 dBm。具体见表 3:

表 3 接地策略性能比较

接地策略	频率范围 (MHz)	功率等级 (dBm)	信噪比 (SNR)	误码率 (BER)
单点接地	100-1000	-20	38 dB	1E-5
多点接地	100-1000	-20	42 dB	1E-6
混合接地	100-1000	-20	45 dB	1E-7

结果显示,混合接地策略在提高信噪比 (SNR) 和降低误码率 (BER) 方面表现最佳,信噪比达到 45 dB,误码率为 1E-7。多点接地次之,信噪比为 42 dB,误码率为 1E-6;单点接地的信噪比为 38 dB,误码率为 1E-5。

### 4.3.2 结果

有源滤波器在降低噪声系数和误码率方面表现最优,适用于高性能 SSD 卡的设计。LC 滤波器和 RC 滤波器虽然也能满足基本需求,但在高要求的应用场景下不如有源滤波器。混合接地在提高信噪比和降低误码率方面表现最佳,适用于多种应用场景。单点接地和多点接地各有优劣,需根据具体需求选择合适的方案。

## 5 结语

研究表明,采用石墨烯等先进屏蔽材料、有源滤波器优化电路设计、混合接地策略提升电磁兼容性以及模块化设计减少内部干扰,能够显著提升 SSD 卡在复杂电磁环境中的稳定性和可靠性。这些设计方案不仅有效降低了误码率和噪声系数,还显著提高了信噪比,确保了数据传输的完整性和准确性。

### 参考文献

- [1] 郭庆元,邢功,张天新,等.海上通信设备印制电路板防干扰设计[J].天津航海,2023,(02):41-42.
- [2] 孙建华,滕新友,牟光红,等.微波射频电路杂波干扰问题技术分析及其改进研究[J].电子元器件与信息技术,2021,5(02):77-78.
- [3] 杨雷.ESD通过传导干扰造成电路系统不稳定问题的分析与解决方法[J].物联网技术,2020,10(08):109-113.