



'2000 广州

中国电磁兼容标准暨质量认证 技术研讨会

标题：EMI 的诊断与抑制的几点建议

论文作者：王贵虎 工程师

单位：信息产业部电子第五研究所质检中心

2000 年 5 月 14 日

EMI 的诊断与抑制的几点建议

EMI 是有害的电磁能量，它能中断、阻碍、降低或限制电子电气设备正常工作，严重时会出现 EMC 故障，当 EMC 方面出现问题时，必须进行 EMI 的诊断与排除。EMI 的诊断离不开 EMI 三要素（干扰源、传输耦合途径及接收响应）的准确判断，离不开对 EMI 现象的分析综合。试验是 EMI 诊断的基本手段。在诊断过程中，需要应用矛盾的法则、相关原则等，以发现干扰三要素之间的有机联系，揭示出其因果关系。另外制定必要的试验计划，避免杂乱无效果耗时的实验，一切有利于控制 EMI 信号的方法及措施、环境状况都应予以足够的重视。

一. EMI 的诊断方法

首先检查设备的结构及各个模块之间连接，以确定那些是主要诊断的对象。对带有天线的设备或系统，EMI 诊断应优先考虑干扰是从天线输入或输出的，对由传感器组成的设备或系统应优先检查传感器是否是电磁干扰的输入或输出单元。高灵敏度设备的信号线、机壳、地线、电源线、通风孔、高电平、大电流电缆均是诊断的重点。在设备和系统的各个模块中，应优先考虑电源设备和电源系统的电磁干扰。马达、变换器、斩波器、整流器、等也可能是干扰源。电源线互联电缆、PCB 板上的铜泊等常常是电磁干扰的传输耦合途径。干扰现象常同工作带宽、谐波、寄生响应与振荡、非线性工作元件等有关。环境干扰也是 EMI 诊断的一个重要方面。

其次根据不同的对象制订具体的诊断方法。如果对象是多系统、多模块组成的复杂系统，可采用自检和互检的方法进行诊断。关闭部分电源，使其对应部分不工作，这是 EMI 诊断的最简便的方法。如果条件允许的话，使两个模块或系统轮流关闭或选择性关闭电源的方法逐个判断，使怀疑的范围愈小。取代和替换怀疑的设备或元件可能有助于诊断。例如用工作稳定、可靠并成熟的产品代替新设备相应的部分。对新设备或系统的元件、电路进行临时性的屏蔽、滤波、接地等措施也有助于诊断。在线路中插入光隔离器是确定接地环路电流干扰的简便方法。采用频率管理控制是诊断的重要手段。以线、块为单元进行细化诊断也是常用的方法之一。在诊断及采取措施的过程中，不应产生新的电磁干扰，不应破坏诊断对象的电磁场结构。在诊断及采取措施的过程中要注意个人安全。采用频谱仪或接收机等高灵敏度的仪器及电场、磁场探头使诊断更具灵活性和实用性。

诊断实例

1. 如果有天线，首先应检查天线的方向性，天线的副瓣干扰，天线的接地线及接地点是否合乎要求，天线轴动机构（如电机）转动时产生的辐射和传导干扰，天线的接触不良、接点腐蚀后的非线性效应产生的干扰，天线安装不紧，或由于抖动变成电信号干扰，天线连线是否采用屏蔽线，或连线的屏蔽是否有不连续的断点，连线的走线及邻近的电磁环境。检查设备的机架及外壳、前后面板、PCB 等的工艺结构是否满足 EMC 要求。如外壳的开孔是否过大，是否采用导电橡胶垫圈或垫片、导电粘合剂、导电薄膜等可以诊断由于机壳屏蔽不良或接触不良造成辐射干扰，出入设备的信号线、控制线和电源线在机壳出入口处是否装有必要的滤波去藕装置，以阻止设备内部干扰的外泄和外部干扰的入侵。脉冲信号快速上升和下降的前后沿会产生频谱很宽的干扰。例如开关电

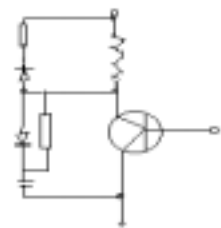


图1

源的开关信号，如果脉冲信号上升或下降时间越短，则开关电源的效率越高，可是如果片面的追求效率，其产生的电磁干扰就有可能达到无法抑制的地步。因此在效率和电磁兼容性方面应作出很好的平衡。可在开关管上增加电流和电压缓冲网络来抑制电磁干扰，见图 1。检查是否采用了具有高抗干扰能力和低噪声的电子电路和集成块。检查集成电路和工作在非线性元件的输出波形中的振荡是否以采取抑制措施加以滤除；选用的滤波电容及磁珠是否满足要求，印制板线条的阻抗过大造成干扰；检查带状线是否采用地线-信号线-地线-信号线-地的布置。

2. 检查电源板上滤波和去藕电容是否满足 EMC 的要求，如滤波去藕电容的引脚是否过长，所选电容的谐振频率是否远大于要抑制的频率等。公共电源的使用会使设备的干扰相互交叉感染，电源变压器不满足要求时会在电源线上产生严重的传导干扰。

3. 搭接是否满足 EMC 要求。出现射频干扰时，应先检查电子设备机箱上的搭接片是否搭到机架上，机箱内的底盘与机箱的搭接，辐射场内紧密结合的金属部件均应与底盘搭接，检查搭接所有的接触面是否已锈蚀，搭接片是否满足 EMC 的要求（长：宽=5：1），搭接片的长度是否比波长短得多，检查接插件与机壳，接触件与电缆等的接触是否良好。

4. 布线检查。检查电源线是否靠近地线布置，是否将电平相差 40dB 以上的强弱信号线或导线捆扎在一起，或者彼此距离很近，检查布线是否将输入输出隔离，单点接地的屏蔽套地线是否远离强干扰电缆和强电磁场区，检查电路模块是否按图 2 布置，电磁干扰较强的元件与其他敏感元件轴线是否按垂直的方法排列元件。

5. 接地状况检查。检查接地线是否过长，检查信号线与电源线是否有公共地线。对低频电子线路中主要检查是否有地环路干扰。几点接地一般按如下原则：频率 1MHz 以下采用单点接地，10MHz 以上采用多点接地，1MHz-10MHz 时，如果接地线的长度小于 1/20 时，可采用单点接地，否则采用多点接地。检查地线是否够粗，地线的走线是否平滑等。

6. 检查滤波器。滤波不良或不加滤波器是造成干扰的主要原因，检查滤波器是否靠近滤波的设备以减小干扰，检查滤波器的输入输出是否隔离，对开关、继电器是否加以滤波。

一. EMI 抑制的建议

在诊断清楚的基础上，对主要产生干扰的部位施加方案，并对所施加的方案加以检验，检验其有效性和可能带来的新问题，权衡利弊加以取舍。根据电磁骚扰产生的机理及传播的方式可从以下几个方面着手考虑：

1. 采用合适的接地搭接技术解决安全及 EMC 问题

理想的地线是一个零阻抗，零电位的物理实体，它不仅是信号的参考点，而且电流流过时不会产生电压降。在具体的电气电子设备中，这种理想地线是不存在的，当电流流过地线时必然会产生电压降。据此可根据地线中干扰形成机理可归结为以下两点，第一，减小低阻抗和电源馈线阻抗。第二，正确选择接地方式和阻隔地环路。按接地方式来分有悬浮地、单点接地、多点接地、混合接地。如果敏感线的干扰主要来自外部空间或系统外壳，此时可采用悬浮地的方式加以解决。但是悬浮地设备容易产生静电积累，当电荷达到一定程度后，会产生静电放电，所以悬浮地不宜用于一般的电子设备。单点接地适用于低频电路，为防止工频电

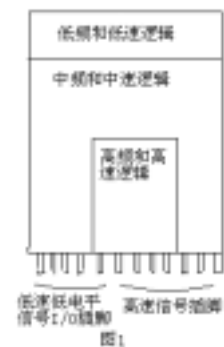


图1

流及其他杂散电流在信号地线上各点之间产生地电位差，信号地线与电源及安全地线隔离，在电源线接大地处单点连接。多点接地是高频信号唯一实用的接地方式。在射频时会呈现传输线特性，为使多点接地的有效性，当接地导体长度超过最高频率 $1/8$ 波长时，多点接地需要一个等电位接地平面。

2. 采用滤波技术，从频域的角度，尽量把不需要的频率分量去除，从而在传导与辐射两个方面达到减小电磁骚扰的目的。

在加滤波元件的过程中，要认真仔细的选择滤波元件，认真考虑元件的使用频率范围及其使用的其他条件。在追加滤波器的时候，要认真考虑滤波器的插入损耗、频率特性、阻抗特性、额定电流及其自身的电磁兼容性、安全性、可靠性等。滤波器的安装应遵循如下的原则：滤波器应安装在适当的位置；滤波器应加屏蔽，屏蔽体应与金属设备壳体良好搭接。若设备为非金属外壳，则滤波器屏蔽体应于滤波器地线相连；滤波器中的电容和其他元件正交安装，以减小相互间的耦合；滤波器的输入输出线不能交叉，输入输出之间应有屏蔽层；安装滤波器的时候尽量使阻抗不匹配，以达到良好的衰减。

3. 采用屏蔽技术

屏蔽是提高电子系统和电子设备电磁兼容性能的重要措施之一，它能有效地抑制通过空间传播的各种电磁干扰。屏蔽分磁场屏蔽与电场屏蔽。采用电场屏蔽时应注意以下几点：a. 选择高导电性能的材料，并且要有良好的接地。b. 正确选择接地点及合理的形状。磁场屏蔽不需要接地。在实际的整改过程中视具体需要而定选择何种屏蔽。

4. 更换怀疑的元器件

在诊断的基础上，用已知符合 EMC 要求的元件替换被怀疑的元件，其效果有时是用其他的方法很难达到的。例如某厂生产的电子石英灯的适配器就是一个开关电路，功率 150 瓦。使用国外某厂家的开关管时，测量传导干扰如图 3 所示，换用另一厂家的功率管时测量传导干扰如图 4 所示。由此可见，选用合适的元件也是十分重要的。

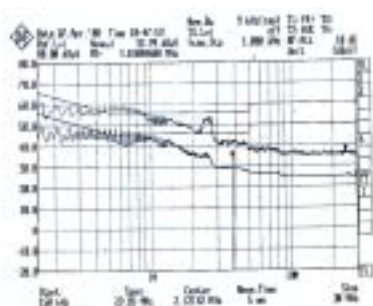


图 3

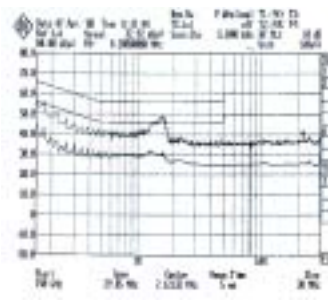


图 4

5. 减小干扰源

对于很多带有晶振的产品，一个主要的干扰源是由晶振频率的倍频或各晶振与其他晶振的基波或谐波的合成产生的。可考虑适当减小这些晶振的输出能量，在倍频或分频电路中，在输出时通过串联电阻或磁珠或并联电阻的方法来减小晶振及其谐波的输出能量。但不管采用何种方法，都以不改变晶振的工作频率及正常的工作为原则。

在实际的工作中，用单独的方法很难达到目的，这时候需要同时采用以上提到的多种方法。