

深圳市赛盛技术有限公司

EMC 技术期刊

(2008 年上半年第二期)

编辑: 深圳市赛盛技术有限公司期刊编辑部

主编: 蒋万良

本期责任编辑: 杨志奇 赵五芹

支持网站: 赛盛技术 (网址: www.ses-tech.com)

地址: 广东省深圳市南山区科技园科发路 2 号朗峰大厦 606A **邮编:** 518057

电话: 0755-26532653 **传真:** 0755-26532652

E-mail: 51emc@163.com

如果需要订阅《EMC 技术期刊》，请填写真实的公司名称，姓名，联系电话，E-mail 等信息，发送邮件到: 51emc@163.com

※期刊摘要

- ◇ [行业动态](#)
- ◇ [整改案例](#)
- ◇ [技术文章](#)
- ◇ [知识点滴](#)
- ◇ [问题解答](#)

行业动态

21世纪电磁兼容技术展望及建议

(中国测控网资讯中心)

随着科学技术的进步,社会的物质财富及精神财富日益丰富多采,人们的生活条件更加便利,但另一方面却导致社会均衡遭到破坏,出现了许多副作用。在电工领域这一情况也毫不例外,随着电工技术的飞跃发展,陆续出现很多危害影响,例如,电气和电子设备的种类及数量的增加以及电能消耗量的加大,不必要的电磁能量也随之加大,由此将伴随产生大系统的误动作;又如微波及高压输电线的日益扩展,将对人类及动植物生态发生严重的影响。此外,超高层建和铁塔等设备将产生不必要的反射,从而出现重影响问题,而汽车数量的增加将使城市杂波加大等。

尽管环境已包括了种种因素(温度、湿度、日照、气压、空气成份、水质、人口密度,城市构造、地形、经济等),电磁能量还是不能不考虑的环境因素之一,我们把它称之为电磁环境,最近国内某些文献已指出环境因素应包括温度、湿度、大气压力、太阳辐射、风雨、水质、冰雪灰尘与砂岩、盐雾,大气污秽,腐蚀性气体、爆炸性混合物、核辐射、霉菌、昆虫及其它有害动物、振动、冲击、地震、噪声、电磁干扰、雷电、臭氧等20多个因素。

当前人们已进入信息化社会,人类的生存环境也已具有浓厚的电磁环境内涵。早在1975年专家学者就曾预言,随着城市人口的迅速增长,汽车、电子、通信、计算机与电报导设备大量进入家庭,空间人为电磁能量每年增长7%~14%,也就是说25年后环境电磁能量密度最高可增加26倍,50年增加500倍,21世纪电磁环境恶化已成定局。就电磁环境与人类的关系而论,除电磁环境会对人类生存产生直接影响外,电力和电子技术的进步以及社会生活的逐步发展还会对人类生活乃至人类的社会活动产生影响,因而探讨电磁环境与电工电子学的关系是极为重要的。基于这种原因,各国都已投入较多的人力物力,积极从事这方面的科研工作,多年来已陆续取得不少成果。我国由于原有工业基础比较薄弱,某些问题尚未充分暴露,矛盾还不够突出,因此某些部门对环境电磁学重要性的认识还很不够,目前仅有少数单位,少数人力从事这方面的科研工作,技术及特质条件都很贫乏,工作进度较慢。早在1984年1月7日中国科学院卢嘉锡院长在第二次全国环境保护会议闭幕会上的发言就曾指出:"重大的环境度果题必须进行多学吞各部门的协作,开展综合性研究"。呼吁尽快把环境科学技术搞上云并提出了在国家科委领导下设立环境研究中心的建议。作为环境电磁学的科研工作者,也应积极响应呼吁,抓紧做好这方面的工作。笔者有鉴于此,特撰写此文,经介绍环境电磁学的有

关情况，希望能随着第三次产业革命的迅猛发展，引起相关部门对环境电磁学这一新兴边缘学科的重视，迅速组织力量，大力开展这一领域的科研工作，以便协调各项科学技术，加速在我国实现四个现代化的步伐。

电磁兼容的英文名称为Electromagnetic Compatibility，简称EMC。EMC是从过去的“电磁干扰”发展起来的，而对电磁干扰的研究工作可上溯到19世纪。到本世纪20年代后，各工业国家都日益重视电磁干扰的研究，成立了许多相关的国际组织。20世纪40年代为了解决飞机通信系统受到电磁干扰造成飞机事故的问题，开始较为系统地进行电磁兼容技术的研究。美国自1945年开始，颁布了一系列电磁兼容方面的军用标准和设计规范，并不断地加以充实和完善，使得电磁兼容技术进入新的阶段。高可靠性方向发展，其应用范围越来越广，渗透到了社会的每一个角落，正由于大规模集成电路的出现把人类带人信息时代，近年来信息高速公路和高速计算机技术成为人类社会生产和生活水平主导技术，同时也由于航空工业、航天工业、造船工业以及其他国防军事工业的需要，都使得EMC获得空前的大发展，放眼未来，EMC还将在信息安全和生物电磁学等方面获得较大的进展。

电磁兼容技术涉及的频率范围宽达0--400GHz，研究对象除传统设施外，涉及芯片级，直到各型舰船、航天飞机、洲际导弹，甚至整个地球的电磁环境。各种测试方法和测试标准已展开了全方位的研究，例如，VDE、FTZ、FCC、BS、MILSTD、VG、PTB、NACSIM、IEC、CICPR、ITU-T等标准逐年更新版本，趋向于全球公认化，各种规模的EMC论证、设计、测试中心如雨后春笋般地出现。各国都注重EMC教育和培训及学术交流，以1994年为例，就举办了25次国际性的一注解学术交流会和培训班，涉及东道国有美国、德国、日本、瑞士、波兰、西班牙、意大利、英国、澳大利亚、以色列等国家。研究的热点已涉及许多方面，如计算机安全；电信设备电磁兼容；无线设备、工业控制设备。自动化设备、机器人、移动通信设备、航空航天飞机、舰船、武器系统及测量设备的电磁兼容问题；各种线缆的辐射和控制；超高压输电线及交流电气铁道的电磁影响；电磁场生物效应；地震电磁现象，接地系统，屏蔽系统等。

整改案例

汽车电子产品抗干扰整改

产品名称：倒车后视镜摄像头

功能描述：设备为倒车后视镜摄像头，与车载影音娱乐系统相连接，主要是倒车时观察车后的物品和人。

问题描述：该设备为金属外壳，后视镜摄像头与娱乐系统之间连接电缆使用非屏蔽电缆。

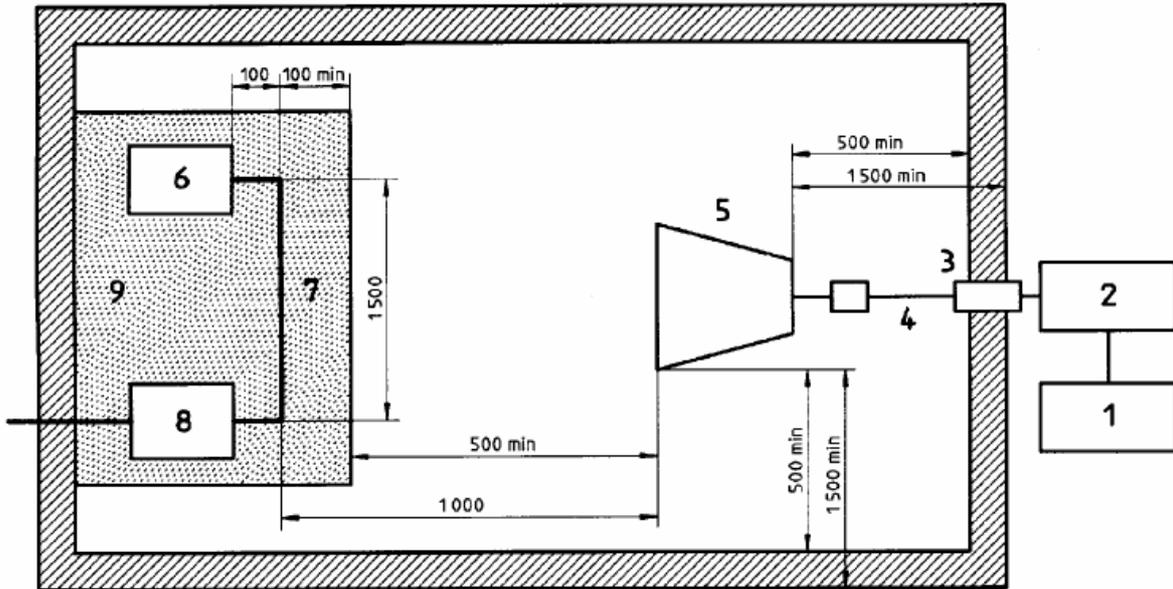
根据标准《ISO 11452-2 道路车辆 窄带辐射的电磁能量产生的电干扰》进行试验，测试场强为 25V/m，这是某汽车厂家所提出标准要求。此试验的方式是由通过功率放大，天线发射一定的场强电磁波，辐射扰动能量到待测件上，再观测待测件的耐受能力。测试频段为 200MHZ-1000MHZ。也就通常所说的自由场(free field) 试验方法。

测试过程中，产品不能满足标准要求，具体表现为画面图像斜纹干扰伴随抖动，有严重的干扰；如下图所示（放置在实验室外的显示系统），



测试方法：

测试布置如下图所示，其中 5 为测试发射天线，6 为被测试设备。



Key

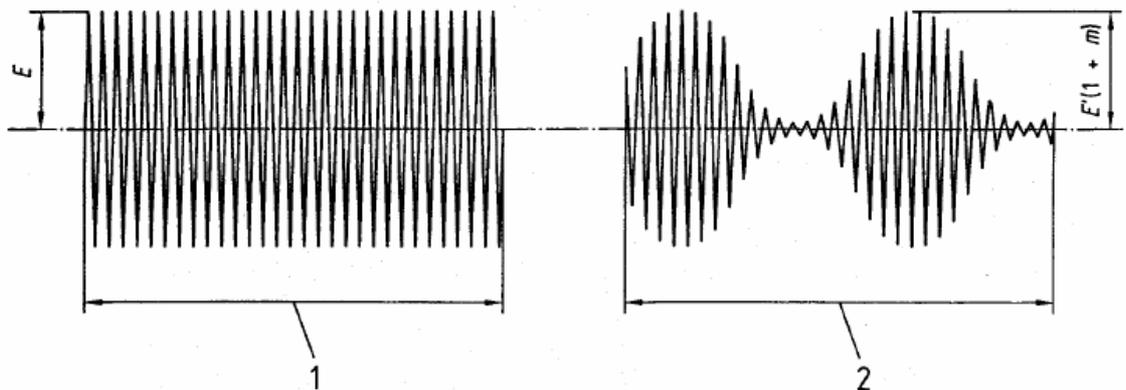
- | | |
|---------------------------------|---|
| 1 Signal generator | 6 Device under test |
| 2 Amplifier | 7 Wiring harness (power and signal lines) |
| 3 Bulkhead connector | 8 Artificial network (power lines) |
| 4 Double shielded coaxial cable | 9 Test bench |
| 5 Antenna | 10 Typical RF absorber |

问题分析:

自由场测试方法主要模拟汽车在复杂的环境中，外界以及自身的一些强电磁干扰对零部件以及电缆的辐射，要求零部件有一定的抗干扰能力；从实验配置可以得知，电缆放置处的场强为 25V/m，即耦合至电缆的干扰为 25V/m；

干扰信号如下图所示：

$$E_{CWpeak} = E_{AMpeak}$$



Key

- | |
|-------------|
| 1 CW signal |
| 2 AM signal |

Figure B.1 — Peak conservation

从上可以看出，耦合到设备上的干扰具有高频的成分。

从测试方法来看，找到解决方法比较容易；EMC 的三要素为干扰源、耦合途径、敏感设备；

缺少任意一个都不构成 EMC 问题；对于此问题，可以如下分析：

干扰源：该测试项目干扰源是人为实验室发射，去掉干扰源实验就没意义；

耦合途径：经分析发现，该设备有 2 种耦合途径，其一是干扰直接耦合到设备内部 PCB 信号走线，通过结构的缝隙。其二就是干扰耦合至连接电缆，通过电缆传导至设备；

敏感设备：即我们的摄像头，找出敏感点是一个复杂的工作，需要结合实际的干扰情况进行分析；分析是那一部分电路受到干扰引起的；由于该摄像头芯片集成度非常高，外围电路非常少；无法分析敏感源头；

测试定位与解决过程（由于篇幅的限制，我们只列举了一些关键点）

1、金属上下盖的搭接处存在 8CM 的缝隙，现场使用铜箔进行搭接处理；

试验结果：测试无明显的改善，干扰依旧，说明干扰不是通过结构屏蔽泄漏耦合进行单板；

2、信号接口中，视频信号中增加 π 型滤波电路；

试验结果：图像画面抖动现象减弱，但是斜纹干扰没有改善；

3、在 2 的基础上在电源口增加共模电感；

试验结果：图像画面试验过程中无异常，实验通过；图像如下：



定位总结：

由于该设备集成度高，外围电路简单，无法进行敏感源查找；只能通过切断耦合途径来解决。

技术文章

汽车电子产品 EMC 标准与常见解决方法

摘要: 本文主要介绍汽车电子产品供应商给车厂供货时, 由于严酷 EMC 要求, 往往电磁兼容验证不能通过, 导致供货受到一定的影响; 本文结合实际设计一个普通的产品 EMC 进行分析, 说明车厂的 EMC 要求以及常见问题与解决方法。

关键词: BCI (大电流注入实验)

CE (电源端口的传导骚扰实验)

RE (辐射发射实验)

RS (抗扰度实验)

随着汽车电控技术的不断发展, 汽车电子设备数量大大增加, 电路工作频率逐渐提高, 功率逐渐增大, 使得汽车工作环境中充斥着电磁波, 导致电磁干扰问题日益突出, 轻则影响电子设备的正常工作, 重则损坏相应的电器元件。

因此, 汽车应用电子产品都会涉及到共性问题——汽车电磁兼容技术。汽车电磁兼容技术关乎汽车特定电子系统及其周围电子系统运行的安全可靠性能, 关乎电子控制功能的运行的安全可靠性能。诸如电子控制汽车制动系统电子控制传动系统、电子控制转向系统。乃至影响汽车整车的安全可靠性能。因此, 汽车电子设备的电磁兼容性能越来越受重视, 目前迫切要求能广泛应用针对汽车子设备的电磁改进技术。

国内外各个车厂就针对这种环境制定出一系列的抗扰度测试标准, 同时为了保证良好的电磁兼容环境, 同时也对产品提出了一系列的电磁骚扰标准。

以下表格为国外汽车电子需要满足的标准, 国内大体上也是根据国外标准制定, 同时在我们国内的合资汽车厂商, 以及我们国内的相关汽车厂商也是遵循以下标准, 只是在具体要求上略有差异。

标准协会	标准号	标准名称
汽车电磁兼容国际标准	ISO 11451	道路车辆——窄带辐射电磁能量所产生的电气干扰——整车测试法 (Road vehicles—Electrical disturbances by narrowband radiated electromagnetic energy—Vehicle test methods)
	ISO	道路车辆——窄带辐射电磁能量所产生的电气干扰——零部件测试法

11452	(Road ISO vehicles—Electrical disturbances by narrowband radiated electromagnetic energy —Component test methods)
ISO 7637	道路车辆——由传导和耦合产生的电气干扰 (road vehicles—electrical disturbances by conduction and coupling)
ISO TR 1060	道路车辆——静电放电产生的电气干扰 (road vehicles—electrical disturbances from electrostatic discharge)
CISPR 12	车辆、机动船和内燃发动机驱动装置的无线电骚扰特性的限值和测量方法 (Vehicles, boats, and internal combustion engine driven devices radio disturbance characteristics limits and methods of measurement)
CISPR 25	用于保护用在车辆、机动船和装置上车载接受机的无线电骚扰特性的限值和测量方法 (Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics for the protection of receivers used on board vehicles, boats and on devices)

以上标准可以分为两类，一类是设备对外的无线电骚扰，一类是外部对我们设备的干扰，要求我们的设备具有一定的抗干扰特性。这两方面大部分产品都不能顺利的测试通过，满足整车厂家的要求。那么如何提高我们汽车电子产品的自身抗扰度以及降低自身对外的电磁发射，满足各类整车制造厂家的要求？下面我们针对车载 DVD 产品作一些详细的分析。

车载 DVD 一般带有 FM 以及 AM 功能，同时 DVD 播放器必须带显示系统，所以一般配备一个 7 寸的 LCD 屏。设计技术比较高的厂商为了增加实用性，在 DVD 上面配备 USB Host 功能，以及 GPS 导航功能，车载 DVD 最终变成了车载娱乐导航系统。

由于车载娱乐系统功能复杂，大多采用高速数字电路，大家都知道由于数字电路上升沿比较陡，谐波分量比较丰富，最终导致设备对外界的辐射很强；通常不能满足 CISPR R25 的要求。如何降低娱乐系统对外的干扰，我们还需要将对外干扰进行分类，从干扰的性质来讲干扰主要分二类：

一、 传导发射（沿着设备对外电缆进行发射）

对于传导发射我们一般有几种方式来解决：

- A、源头抑制：查找发射的源头，精确定位到某个器件、信号，进行分析处理，主要针对时钟，高速时钟线进行处理；

B、在对外电缆接口处进行滤波处理，针对干扰的频率，性质有针对性的选用器件进行滤波，常用的器件有电感，电容等。

二、 空间发射（通过设备缝隙或本身对外进行发射）

对于空间发射我们一般的处理方法如下：

A、通过源头抑制对空间发射是一个很好的方法，主要是通过滤波电路，接口处理，PCB 布局，布线，多层板设计解决；

B、加强设备的屏蔽，对设备的结构缝隙进行处理；

以上方法有利有弊；比如降低源头的后果会导致信号质量变差，我们在降低源头的时候必须要首先保证功能的正常以及稳定；增加滤波器件，对信号质量不会有大的影响（选择器件的时候要有针对性的选择并且结合实际信号频率进行滤波选择），但是会导致设备成本增加；所以我们在操作的过程中要根据自己的情况灵活运用；

如何提高电子设备的抗扰度呢？我们先介绍车载 DVD 系统抗扰度实验常见的现象与解决方法：

1、 音频输出喇叭出现啸叫

对于音频输出喇叭啸叫，我们要分清楚啸叫的本质原因，常见的喇叭啸叫多数是因为干扰信号通过设备接口电缆耦合至内部电路（极少数是因为音频功放内部电路设计不合理所致），然后通过各种路径耦合至音频功放输入端，导致功放将无用的 1KHz 干扰载波信号进行放大输出，从而导致啸叫；解决方法一般有以下几种：

A、找出并切断耦合路径；

寻找耦合路径是一个复杂的分析过程，要具体的结合 PCB 布局、布线、原理图设计等各个因素综合进行分析，必要的时候可以借助示波器进行测试；一般可以用 CS（传导敏感度试验）进行 BCI 模拟试验；

B、在设备信号口进行滤波，让干扰信号无法进入设备内部；

在信号口滤波，一般选用共模滤波方式进行抑制（有时候也会用电容进行滤波）；选用共模电感时要有针对性的进行选择；如啸叫发生在 60MHz，需要选择针对 60MHz 有效滤波器件；

2、屏幕乱码、抖动、系统死机、复位；

对于这几种情况，我们就要重点找出受干扰的具体电路，比如系统复位，此时我们就要关注复位电路、电源电路、控制电路等；如果屏幕乱码，我们就要关注视频处理电路、视频处理电路的控制信号、逻辑信号等；具体可以结合示波器进行观察，最终找出敏感源，一般按照以下两类情况进行分析。

一类：从设备信号口注入或者耦合至设备信号口的干扰；

对于这类干扰，最节省成本的办法是找出我们设备的敏感点，提高此点的抗干扰能力，但是这需要花费大量的时间以及精力，而且还必须要具备良好的电路、电磁场理论知识；我们现行的企业，一般到做 EMC 试验的时候，时间都是非常紧急，根本就没有足够的时间对设备进行详细的分析定位以及试验；所以在设备信号接口进行滤波不外是一个不错的选择；由于我们很明确干扰直接从电缆传导至设备内部，我们完全可以运用 EMC 器件将干扰在接口进行滤除，避免干扰传导至单板其他的电路；只要干扰在信号接口被滤除，我们的设备出现的问题也会随之消失；这种方法往往会导致成本有一定的上升；所以这种方法需要结合实际的情况进行考虑；

二类：从设备缝隙耦合至设备内部的干扰；

从缝隙耦合的干扰，直接可以将缝隙“堵住”进行试验；一般由缝隙引起的抗扰度问题着重处理缝隙即可，如果需要查找敏感源，就需要结合实际试验现象进行分析；

小结

对于汽车电子产品来讲，要通过严格的汽车电子电磁兼容标准要求，需要在结构，接口，单板滤波设计，PCB 设计方面进行全方位考虑。

（本文从实际的工程设计中总结的经验，欢迎大家与赛盛技术工程部交流探讨）

知识点滴

1. EMI 滤波时，如何选用滤波电容？

答：滤波电容在开关电源中起着非常重要的作用，如何正确选择滤波电容，尤其是输出滤波电容的选择则是每个工程技术人员都十分关心的问题。

50Hz 工频电路中使用的普通电解电容器，其脉动电压频率仅为 100Hz，充放电时间是毫秒数量级。为获得更小的脉动系数，所需的电容量高达数十万 μF ，因此普通低频铝电解电容器的目标是以提高电容量为主，电容器的电容量、损耗角正切值以及漏电流是鉴别其优劣的主要参数。而开关电源中的输出滤波电解电容器，其锯齿波电压频率高达数十 kHz，甚至是数十 MHz，这时电容量并不是其主要指标，衡量高频铝电解电容优劣的标准是“阻抗-频率”特性，要求在开关电源的工作频率内要有较低的等效阻抗，同时对于半导体器件工作时产生的高频尖峰信号具有良好的滤波作用。

普通的低频电解电容器在 10kHz 左右便开始呈现感性，无法满足开关电源的使用要求。而开关电源专用的高频铝电解电容器有四个端子，正极铝片的两端分别引出作为电容器的正极，负极铝片的两端也分别引出作为负极。电流从四端电容的一个正端流入，经过电容内部，再从另一个正端流向负载；从负载返回的电流也从电容的一个负端流入，再从另一个负端流向电源负端。

由于四端电容具有良好的高频特性，为减小电压的脉动分量以及抑制开关尖峰噪声提供了极为有利的手段。高频铝电解电容器还有多芯的形式，即将铝箔分成较短的若干段，用多引出片并联连接以减小容抗中的阻抗成份。并且采用低电阻率的材料作为引出端子，提高了电容器承受大电流的能力。

2. 如何在电路设计中实现的阻抗匹配？

电路设计中如果驱动端输出阻抗是恒低,接收端阻抗是恒高的(稳态条件),用在驱动端串电阻和在接收端并电阻(阻值接近传输线特性阻抗)的方式进行匹配,则传输线实现了全匹配.这时传输线在驱动端面对的是输出阻抗为传输线特性阻抗的等效源阻抗,末端面对的是与传输线特性阻抗相同的负载(包括器件输入阻抗),从传输线任一点向任一方向看去输入阻抗都是一样的,所以线上不存在反射波,也没有多次反射发生,否则会有多次反射发生,使某些频率分量的幅度发生改变,造成波形失真,出现信号完整性问题.

3. 电容的滤波效果说明

许多人认为电容器的容值越大，滤波效果越好，这是一种误解。电容越大对低频干扰的旁路效果虽然好，但是由于电容在较低的频率发生了谐振，阻抗开始随频率的升高而增加，因此对高频噪

声的旁路效果变差。表 1 是不同容量瓷片电容器的自谐振频率，电容的引线长度是 1.6mm（你使用的电容的引线有这么短吗？）。

表 1

电容值	自谐振频率 (MHz)	电容值	自谐振频率 (MHz)
1m F	1.7	820 pF	38.5
0.1m F	4	680 pF	42.5
0.01m F	12.6	560 pF	45
3300pF	19.3	470 pF	49
1800 pF	25.5	390 pF	54
1100pF	33	330 pF	60

尽管从滤除高频噪声的角度看，电容的谐振是不希望的，但是电容的谐振并不是总是有害的。当要滤除的噪声频率确定时，可以通过调整电容的容量，使谐振点刚好落在骚扰频率上。

4、如何减小差模和共模干扰？

减小差模和共模的关键点：

- 1、减小设计单板中差模信号环路面积；
- 2、减小设计单板中共模信号回路路径；
- 3、加大共模阻抗，减小高频噪声电流；
- 4、增加干扰源和敏感电路之间的距离

5、传导干扰性质如何分类？

传导的测试频段一般为 150KHz—30MHz

根据开关电源产生共模差模干扰的特点，可以将整个频段划分为 3 个部分

0.15MHz—0.5MHz 差模干扰为主

0.5MHz—5MHz 差、共模干扰共存

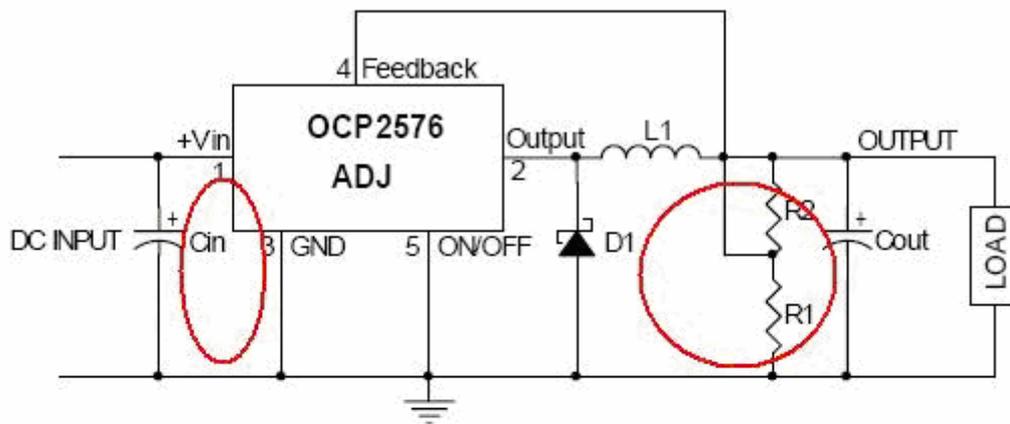
5MHz—30MHz 共模干扰为主

问题解答

我们在广大读者的提问中选取具有代表性的问题，作为后期（问题解答）栏目中的问题。欢迎各位读者踊跃提出自己的问题，我们将有专家为您解答。

读者甲：我现在用一个开关电源（PWM 电源内部振荡频率为 50KHZ 左右）做一个试验，当作设备的主电源，请教一下，怎么在原理上处理，可以尽可能将 EMC 问题尽量将至最小？布线时要注意些什么？

解答：如图片所示

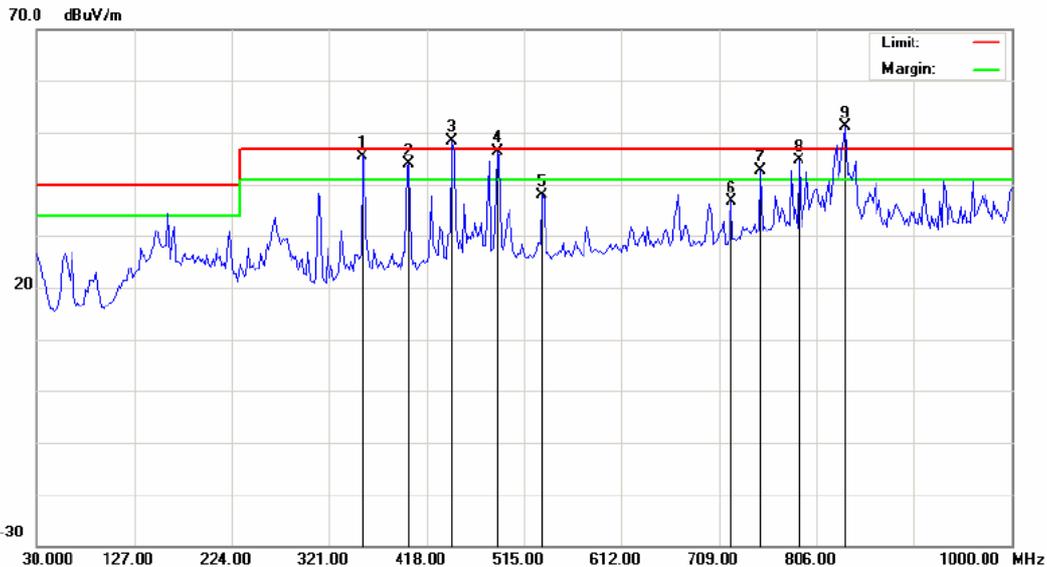


Adjustable Output Voltage Versions

PCB:布局时控制好图示的2个环路，面积要尽可能的小；

原理图：建议在输入输出设计滤波电路；可以选差模、共模电感，或者电容

读者乙：请帮忙分析一下下面的便携式 DVD 测试数据，分析一下主要从哪里出来的；



解答:

- 1、首先你要定位是通过线束出来还是空间出来（关注一下液晶显示屏）；
- 2、如果是空间出来看一下是否结构没有屏蔽；
- 3、假如是非屏蔽设备，高频超标比较多，根据我们的经验，液晶显示板以及主板的时钟是主要源头这些源头通过内部连接电缆、以及 PCB 环路辐射，你需要重点关注；
- 4、具体的细节问题需要了解系统的结构、单板原理图以及 PCB 设计。

欢迎各位读者对我们的期刊提出改进意见和建议，
对想了解的知识问题提出来，以便我们后续改进。

如有什么技术问题也欢迎给我们回复邮件或者在我们的技术支持网站——赛盛技术（www.ses-tech.com）提出，我们会有技术工程师专门在线解答，对于问题问的比较多的，我们将在下一期中罗列出来统一解答！

欢迎你的来电和邮件垂询，希望“我们的努力，值得你期待！”

我们将竭诚为您服务，打造一流的EMC技术服务！