

2001' 广州
新世纪电磁兼容安全认证标准化
技术研讨会

高频开关电源的电磁兼容控制

论文作者：韩晓轩

工作单位：TCL 王牌电子多媒体研发中心

2001 年 10 月

由于开关电源与工频电源相比具有体积小、重量轻、效率高等优点，所以其运用范围越来越广泛，现在很多家用电器、信息技术设备等产品都普遍采用开关电源。但是，由于开关电源的工作频率高、开关脉冲富含高频谐波，所以其电磁干扰问题日益突出。

开关电源中，开关变压器、整流器、开关三极管和二极管电流、电压值快速上升或下降，构成了电磁干扰源（当然控制电路也会产生干扰，但不是主要的）。当把变换器输入电流设计成三角波时，则比把输入电流设计成方波所产生的射频干扰明显要小些。

一. 开关电源的辐射干扰

对于开关电源的直接辐射干扰而言，干扰电平随工作电流流经的回路面积、工作电流的大小、开关频率增大而增大。电磁兼容设计主要的目标是利用符合其它系统设计考虑的适当电路布线使开关电流回路面积趋于最小。使回路面积尽可能小，可得到降低辐射和敏感度的双重利益。开关电源回路的一个实例示于图 1：辐射回路是通过变压器（1）初级到开关晶体管的集电极（2）然后通过集电极到散热器电容（3）散热器（4）和接地通路（5）回到电源输入，然后回到变压器。

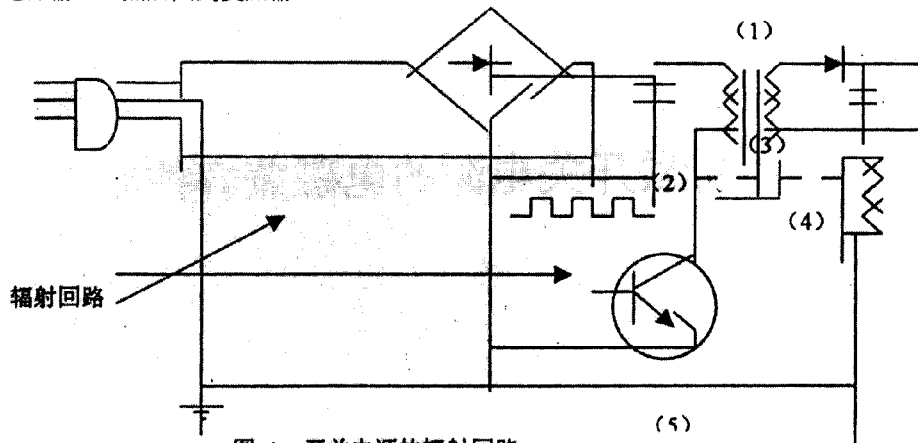


图 1. 开关电源的辐射回路

降低其辐射干扰的措施有：a. 在开关晶体管集电极和散热器之间安装法拉第屏蔽层，从而降低电容量 C 并使电流回到开关电路而不是进入地或底座。b. 将散热器与地隔离，并把它接到开关晶体管的发射极。在此情况中，散热器能起到集电极和接地外壳之间的法拉第屏蔽层的作用。c. 开关管工作时，集电极—发射极之间电压电流变化率很大，从而产生干扰。为此，要接入适当的电容或阻尼电路。考虑漏感的存在，高频变压器副边整流二极管也常常单独并上一个电容，其容量几十到几百皮法之间（根据功率大小和具体情况而定）。值得提出，这个电容既削减了开关管关断时出现的尖峰电压，又造成开启时尖峰电流的加大。为了抑制开机涌流，可在发射极上串联上小电感或者在管脚上套上小磁环或磁珠。

来自开关电源的辐射干扰还可以用屏蔽技术来抑制，而对耦合到系统内其它元件的干扰，可以通过在设备机柜或机壳内适当布置电源相对于其它元件如印刷电路板的位置来减小。

二. 开关电源的传导干扰

通常开关电源通过电源线引入和发出的干扰有两类：共模干扰（相对大地或系统参考点大小相等方向相反者）和差模干扰（相对大地或系统参考点大小相等方向相同者）。实际干扰是这两类干扰不同比例的合成。抗干扰线路如图 2，图中 $C1(y)$ 、 $C2(y)$ 串联后接在电源输入线两端，中点接地，抑制电源线传导的干扰，主要是将共模干扰入地。差模干扰经

C1(y)、C2(y)串联回路也减少了进入机内的分量。这电路是从向作用的，即同样起抑制开关电源注入电网和从电网进入开关电源的干扰。C3(x)、C4(x)和 L 称为电源线性滤波器，其中 L 是绕在同一磁芯上互感系数接近于 1 的两个线圈。在图示同轴端下共模干扰引起的磁通同向叠加，电感量增加 1 倍，加强了抑制效果。但对差模干扰电感量为 0，无抑制作用。所以必须加上 C3(x)、C4(x)来抑制差模干扰。这个环节也是双向的。整个输入滤波器应尽量装在电源的入线处，且应注意其接地方法。

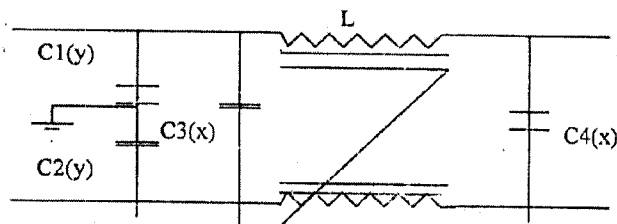


图 2. 抑制交流回路射频干扰的输入滤波器

上述组合部分的电容、电阻值可为下列推荐值：

C(x)：(0.1~0.47 μ F)

C(y)：(220PF~3300PF)

L：几 mH 到几十 mH，随工作电流不同而不同。

在滤波器元件的选择中，一定要保证输入滤波器的谐振频率低于开关电源工作频率。由于随着工作频率的升高，滤波器对噪声的抑制效果更明显，所以设计中首先要注意滤波器的低频抑制效果。

对于无工频变压器的整流线路，往往需要在四个桥式整流管上并接四个等容量的陶瓷电容器。在整流二极管截止期间，由输入和输出四个条线提供通道，所以对无论来自哪个方向的共模干扰和差模干扰都会有抑制作用。

将对于抑制开关电源的电磁干扰的措施归纳起来有：① 对于外来的干扰：应在交流进线配置线性滤波器，滤波器的频率特性应与电路相适应；② 对于开关电源内部的干扰：对高速开关元件用缓冲电路；应减小高速二极管的反向电流；尽可能减小旁路电容的引线电感；地线应短而粗；信号线和主回路线分离；远距离取样线和脉冲负载电流线分开配线；电源的交流输入和直流输出分开配线；对于控制回路和主回路，特别是地线具有公共阻抗，应绝对分离，应从电容器上分别引出各自的地线；对灵敏度高的装置中可采用屏蔽，静电屏蔽接地要良好。

总之，要提高开关电源的电磁兼容性能，必须综合使用滤波、接地、屏蔽等防护措施。单独使用其中任何一种防护措施，一般难以达到理想的抑制效果。

射频和天线设计培训课程推荐

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...



课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书,课程从基础讲起,内容由浅入深,理论介绍和实际操作讲解相结合,全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程,可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线,让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程,培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合,全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作,同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习,可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>