

• 其它 •

铁氧体在电磁兼容设计中的应用

刘天荣

(中国电子科技集团公司第三十研究所,成都 610041)

【摘 要】概述了铁氧体的特性,并重点论述了铁氧体抑制元件的应用场合,以及在电磁兼容设计中如何正确地选择及使用铁氧体抑制元件。

【关键词】铁氧体 电磁干扰 电磁兼容 阻抗 频率

Application of Ferrite in the EMC Design

Liu Tianrong

(NO. 30 Institute of CETC, Chengdu 610041)

【Abstract】We discuss the characteristic of ferrite in this paper, and emphasizes the application of ferrite as suppressors as well as how to choose and employ ferrite suppressors properly in the design of electromagnetic compatibility.

【Keywords】ferrite, EMI, EMC, impedance, frequency

1 引言

电磁干扰问题能在任何地方出现,而且电磁能量的耦合很难预测,其作用往往有害。形成电磁干扰必须具备三个基本要素,即干扰源、耦合途径、敏感设备。消除三个要素之一就可以有效减少干扰。在实际应用中,要从这三个要素入手进行分析,查清楚干扰源、耦合通道、敏感来自什么地方。这里将集中讨论电磁干扰传输问题,用铁氧体材料(磁环、磁珠等)抑制传输通道上的电磁干扰是一种经济简便而有效的方法,现已广泛应用于计算机等各种军用、民用电子设备中。

2 铁氧体的特性

2.1 材料特性

铁氧体是一种立方晶格结构的亚铁磁性材料。它的制造工艺和机械性能与陶瓷相似。由于颜色为黑灰色,故又称黑磁性瓷。铁氧体的分子结构为 $MO \cdot Fe_2O_3$, 其中 MO 为金属氧化物,通常是 MnO 或 ZnO。

衡量铁氧体磁性材料性能的参数有磁导率 μ , 饱和磁通密度 B_s , 剩磁 B_r 和矫顽力 H_c 等。在电磁兼容设计中,磁导率 μ 和饱和磁通密度 B_s 是最重要的参数。磁导率 μ 的定义为磁通密度随磁场强度的变化率,即 $\mu = \Delta B / \Delta H$ 。对于一种磁性材料来说,磁导率 μ 与磁场的大小、频率有关。当铁氧体受到外磁场 H 时,随着磁场 H 的增加,磁通密度 B 增加,当磁场 H 增加到一定值时,磁通密度 B 趋于饱和,磁导率 μ 迅速下降并接近空气的磁导率(相对磁导率为 1)。

2.2 阻抗 - 频率特性

当铁氧体元件作用在交流电路时,铁氧体元件是一个有损耗的电感器,其等效电路可视为电感 L 和损耗电阻 R 组成的串联电路,电磁兼容铁氧体元件最重要的特性是其阻抗 - 频率曲线,如图 1 所示。

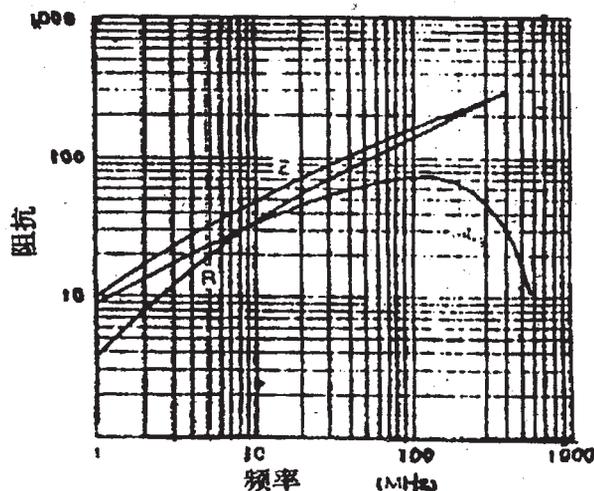


图 1 阻抗 - 频率曲线图

由图 1 可以看出,在低频段(小于 10MHz),阻抗小于 10Ω ,随着频率的增加,由于电阻分量增加而使阻抗增加,电阻逐渐成为主要部分,当频率超过 100MHz 时,阻抗将大于 100Ω ,这样就构成了一个低通滤波器。低频有用的信号的阻

收稿日期 2003 - 02 - 26。

刘天荣:工程师,主要从事电子设备的电磁兼容方面的设计工作。

抗很小,而对高频信号产生很大的衰减。实际上,铁氧体元件可以看成是随频率变化的电阻器。在低频端,它呈现出非常低的感性阻抗值,不影响电路有用信号的传输,EMI信号被反射而受到抑制。在高频端,从10MHz左右开始,阻抗增大,其感抗分量保持较小,电阻性分量迅速增加,EMI干扰能量以热能形式吸收并耗散。

电磁兼容滤波器中的电感一般使用铁氧体材料做磁芯。导线穿过铁氧体磁芯构成的电感的阻抗随着频率的升高而增加,但在不同的频率上,其机理是不同的。低频时,阻抗由电感的感抗构成。磁芯的磁导率较高,电感量大。并且损耗较小,整个器件是一个低损耗、高Q特性的电感,但容易造成谐振;高频时,阻抗由电阻成分构成。随着频率的升高,磁芯的磁导率降低,导致电感的电感量减小,感抗成分减小,但磁芯的损耗增加,电阻成分增加,导致总的阻抗增加,当高频信号通过铁氧体时,电磁能量以热量的形式耗散掉;当穿过铁氧体磁芯的导线有电流时,会在铁氧体磁芯中产生磁场,当磁场的强度超过一定的量值时,磁芯发生饱和,磁导率急剧降低,电感量减小,滤波器的低频插入损耗会发生一定变化。高频时,磁芯磁导率较低,磁芯的损耗起主要作用。

3 铁氧体的应用

铁氧体元件广泛应用于抑制PCB、电源线和数据线上的噪声和尖峰干扰,同时具有能吸收静电脉冲的能力,使电子设备能达到电磁兼容(EMC)和静电放电(ESD)相应的国家标准。

3.1 铁氧体在PCB上的应用

电磁兼容(EMC)设计的主要方法是抑源法,即抑制PCB上的EMI干扰信号,将噪声限制在较小的区域,避免高频噪声耦合到其他电路而可能产生更大的辐射。PCB上的EMI干扰源来自周期开关的数字电路(如时钟电路),其高频电流在电源线和地之间产生一个共模电压降,造成共模干扰。PCB上的印制线和各种I/O电缆会将高频噪声传导或辐射出去。电源线和地之间的去耦电容常常会引起高频谐振,造成新的干扰。在电路板的电源进口或产生强干扰器件的引线上加上铁氧体抑制磁珠会有效地将高频噪声衰减掉。

3.2 铁氧体在电源线上的应用

电源线会把外界电网的干扰、开关电压的噪声传到设备内部。在电源的出口和PCB电源线的入口设置铁氧体抑制元件,即可抑制电源与PCB之间的高频干扰传输,也可抑制PCB之间高频噪声的相互干扰。

由于在电源线上应用铁氧体元件时有DC偏流存在,铁氧体的阻抗和插入损耗随着DC偏流的增加而减少。当偏流增加到一定值时,铁氧体抑制元件会出现饱和现象。在电磁兼容(EMC)设计时要考虑饱和或插入损耗降低问题。铁氧体的磁导率越低,插入损耗受DC偏流的影响越小,越不易饱和。所以用在电源线上的铁氧体抑制元件要选拔磁导率低的材料和横截面积大的元件。当偏流较大时,可将电源的出线和回线同时穿入一个磁环,可以避免饱和。

3.3 铁氧体在信号线上的应用

铁氧体抑制元件最常用的地方就是信号线,例如计算

机中,EMI信号会通过主机到键盘的电缆传入到主机的驱动电路,而耦合到CPU,使其不能正常工作。主机的数据或噪声也可以通过电缆线辐射出去。铁氧体磁珠可用在驱动电路与键盘之间,将高频噪声抑制。由于键盘的工作频率在1MHz左右,数据可以几乎无损耗地通过铁氧磁珠。扁平电缆也可用专用的铁氧体抑制元件,将噪声有效抑制,降低辐射。

4 铁氧体的选择

铁氧体抑制元件有各种材料和形状、尺寸。工程师应根据需要抑制的EMI干扰信号的频率特点及使用场合选择合适的铁氧体元件,对噪声起到更有效的抑制。

不同的铁氧体抑制材料,有不同的最佳抑制频率范围,这与磁导率有关。通常材料的磁导率越高,适用抑制的频率就越低。在有DC或低频AC偏流情况下,考虑到抑制性能的下降和饱和等因素,尽量选用磁导率低的材料。

一般来说,铁氧体的体积越大,抑制效果越好。横截面积越大,越不容易饱和,可承受较大的偏流。内径越小,抑制效果越好。铁氧体磁环在实际使用中应使磁环的内径与线径相接近为佳,这样可使靠近导线上的弱干扰信号都可有效吸收。

5 应用铁氧体的注意事项

为了取得有效EMI抑制效果,应用铁氧体元件应注意以下事项:

(1) 为避免输入与输出引线的重新耦合,导线穿过铁氧体时可多绕几圈,但绕的圈数越多,高频抑制效果越差。

(2) 过大的电流会降低铁氧体的抑制效果,甚至使铁氧体饱和而失去作用,因此尽量使导线对穿过铁氧体。

(3) 铁氧体应尽量靠近干扰产生器件或敏感器件,对于I/O电缆,应靠近屏蔽机箱的出入口处。

(4) 对于差模衰减,应将铁氧体元件安装在滤波元件的输入或输出引脚上。对于共模衰减,应将铁氧体元件安装在整根导线的周围,包括0V导线及其回路^[1]。

(5) 由于铁氧体材料较脆弱,安装过程应注意机械力,避免碰撞。

(6) 当使用分开式铁氧体元件时,应注意可能产生的空气间隙,接触面要压紧。

6 结束语

电磁兼容问题是电子设备或电子系统中一个很重要的问题,世界上许多国家对电子产品的电磁兼容性都有强制性的测试和验收标准。这里介绍了铁氧体材料用于抑制传输通道上的电磁干扰,是一种很有效的方法,而且使用方便,不象其他滤波方式需要接地,对设备的结构设计、线路设计没有特殊要求。在电磁兼容设计中,只要正确地使用铁氧体元件,就能起到事半功倍的效果。

参考文献

- 1 刘萍. 电磁干扰排查及故障解决的电磁兼容技术. 北京: 机械工业出版社, 2002

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。

易迪拓培训推荐课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/tuijian/>



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>

手机天线设计培训视频课程

该套课程全面讲授了当前手机天线相关设计技术,内容涵盖了早期的外置螺旋手机天线设计,最常用的几种手机内置天线类型——如 monopole 天线、PIFA 天线、Loop 天线和 FICA 天线的设计,以及当前高端智能手机中较常用的金属边框和全金属外壳手机天线的设计;通过该套课程的学习,可以帮助您快速、全面、系统地学习、了解和掌握各种类型的手机天线设计,以及天线及其匹配电路的设计和调试...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/133.html>



WiFi 和蓝牙天线设计培训课程

该套课程是李明洋老师应邀给惠普 (HP) 公司工程师讲授的 3 天员工内训课程录像,课程内容是李明洋老师十多年工作经验积累和总结,主要讲解了 WiFi 天线设计、HFSS 天线设计软件的使用,匹配电路设计调试、矢量网络分析仪的使用操作、WiFi 射频电路和 PCB Layout 知识,以及 EMC 问题的分析解决思路等内容。对于正在从事射频设计和天线设计领域工作的您,绝对值得拥有和学习! ...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/134.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 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>

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>



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>