

本 期 目 录

1	电磁骚扰耦合机理
1.1	骚扰源与受害者
1.1.1	公共阻抗耦合
1.1.1.1	导电连接
1.1.1.2	磁场感应
1.1.1.3	电场感应
1.1.1.4	负载电阻的影响
1.1.1.5	空间间隔

1 电磁骚扰耦合机理

1.1 骚扰源与受害者

所有电磁兼容性问题毫无例外地包含两个因素，一个是骚扰发射源，另一个是对这个骚扰敏感的受害者。若这两者都不存在，也就没有电磁兼容性问题。如果骚扰源和受害者在同一设备单元内，称“系统内”电磁兼容性问题；如果骚扰源和敏感设备是两个不同的设备，例如，计算机监视器和无线电接收机，则称为“系统间”问题。大部分电磁兼容标准都是针对系统间电磁兼容的。同一设备在一种情况下是骚扰源，而在另一种情况下或许是受害者。

设备要满足性能指标，减小骚扰耦合往往是消除干扰危害的唯一手段，因此弄清楚骚扰耦合到受害者上的机理是十分必要的。通常减小骚扰发射的方法也能提高抗骚扰性，但为了分析方便，我们往往分别考虑这两方面的问题。

骚扰源和受害者在一起时，就有从一方到另一方的潜在干扰路径。组建系统时，你必须知道发射特征和组成设备的敏感性，以确定是否要做紧耦合实验。遵守已出版的发射和敏感度标准并不能保证解决系统的电磁兼容性问题。标准的编写是从保护特殊服务(在发射标准中，主要指无线电广播和远程通信)的观点出发的，并要求骚扰源和受害者之间有最小的隔离。

许多电子硬件包含着具有天线能力的元件，例如电缆、印制电路板的印制线、内部连接导线和机械结构。这些元件可以以电场、磁场或电磁场方式传输能量并耦合到线路中。在实际中，系统内部耦合和设备间的外部耦合，可以通过屏蔽、电缆布局以及距离控制得到改善。地线面或屏蔽面既可以因反射而增大干扰信号，也可以因吸收而衰减干扰信号。电缆之间的耦合既可以是电容性的，也可以是电感性的，这取决于其走向、长度和相互距离。绝缘材料也可以因吸收而减小场强，尽管这一因素在许多场合与导体相比可以忽略。

1.1.1 公共阻抗耦合

公共阻抗耦合是由于骚扰源与受害者共用一个线路阻抗而产生的。最明显的公共阻抗是阻抗实际存在的场合，例如骚扰源和受害者共用的导体；但公共阻抗也可以是由两个电流回路之间的互感耦合，或者由于两个电压节点之间的电容耦合产生的。理论上，每个节点和每个回路通过空间都能耦合到另一节点和回路。实际上耦合程度随距离增大而急剧下降。图1.3表示一对平行导线的互电容和互感与其分离程度的变化关系。

1.1.1.1 导电连接

当骚扰源（图1.1中系统1的输出）与受害者（系统2的输入）共用一个地时，则由于系统1的输出电流流过X—X段的公共阻抗，在系统2的输入端产生电压。公共阻抗仅

仅是由一段导线或印制板走线产生的。因为导线的阻抗呈感性，因此输出中的高频或高 di/dt 分量将更容易耦合。当输出和输入在同一系统时，公共阻抗构成反馈通路，这可能导致振荡。

解决方法如图1.2所示，在这个方法中，分别连接两个电路，因而在两个电路之间没有公共通路，也就没有公共阻抗。这个方法的代价是多用一根导线。这个方法可用于任何包含公共阻抗的电路，例如电源汇流条连接。大地是公认的最常见的公用阻抗因素，但在电路图中表示不出来。

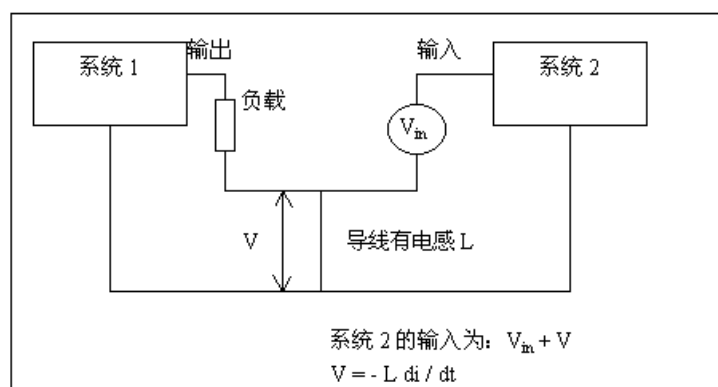


图1.1 传导性2共阻抗耦合

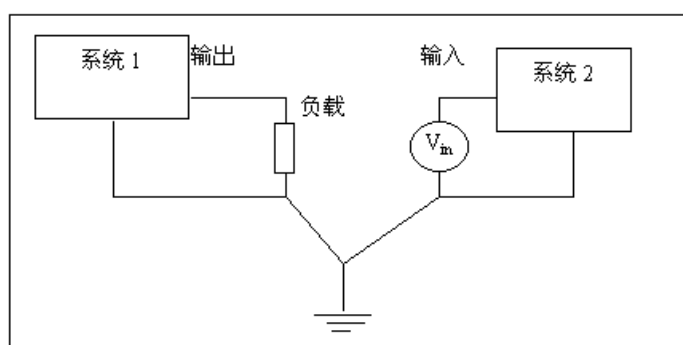


图1.2 传导性公共阻抗耦合

1.1.1.2 磁场感应

导体中流动的交流电流会产生磁场，这个磁场将与相邻的导体耦合，在其上感应出电压（图1.3）。受害导体中感应电压由公式（1.1）计算：

$$V = -M \frac{di}{dt} \quad (1.1)$$

式中： M 是互感，单位亨利。 M 取决于骚扰源和受害电路的环路面积、方向、距离，以及两者之间有无磁屏蔽。互感的计算公式在附录中给出，通常靠近的短导线之间的互感在 $0.1 \sim 0.3(H)$ 之间。磁场耦合的等效电路相当于电压源串接在受害者的电路中。值得注意的是两个电路之间有无直接连接对耦合没有影响，并且无论两个电路对地是隔离还是连接的，感应电压都是相同的。

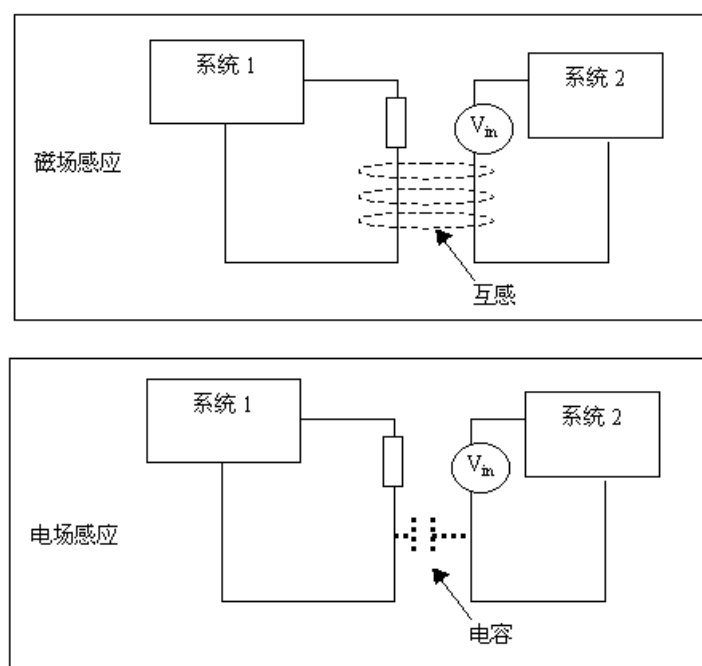


图1.3 磁场和电场感应

1.1.1.3 电场感应

导体上的交流电压产生电场，这个电场与临近的导体耦合，并在其上感应出电压（图1.3）。在受害导体上感应的电压由公式(1.2)计算：

$$V = C_c \times Z_{in} \times dV_L/dt \quad (1.2)$$

式中 C_c 是耦合电容， Z_{in} 是受害电路的对地阻抗。

这里假设耦合电容阻抗大大高于电路阻抗。噪声似乎是从电流源注入的，其值为 $C_c \times dV_L/dt$ 。

C_c 的值与导体之间距离、有效面积以及有无电屏蔽材料有关。典型例子是两个平行绝缘导线，间隔0.1英寸时，其耦合电容大约为每米50pF；未屏蔽的中等功率电源变压器的初次级间电容大约为100——1000pF。

在上述情况中，两个电路都必须连接参考地，这样耦合路径才能完整。但是如果有一个电路未接地，并不意味着没有耦合通路。未接地的电路与地之间存在杂散电容，这个电容与直接耦合电容串联。另外，即使没有任何地线，系统1至系统2的低电压端之间也存在寄生电容。噪声电流还是能够加到 R_L 上，但其值由 C_c 和杂散电容的串联值决定。

1.1.1.4 负载电阻的影响

需要注意的是，磁场和电场耦合的等效电路之间的差异决定了电路负载电阻的变化引起的结果是不同的。电场耦合随 R_L 增加而增大，而磁场耦合随 R_L 增加而减小。这个性质可以用于诊断：比如你在观察耦合电压时，改变 R_L ，你能够推断哪一种耦合模式起主导作用。同样道理，磁场耦合对低阻抗电路的影响更大，而电场耦合对高阻抗电路影响更大。

1.1.1.5 空间间隔

互电容和互感都受骚扰源和受害导体之间的物理距离的影响。图1.4表示在给出了自由空间中两平行导线之间的距离对其互电容的影响，以及对地平面（为每个电源提供回流通路）上两导体的互感的影响。

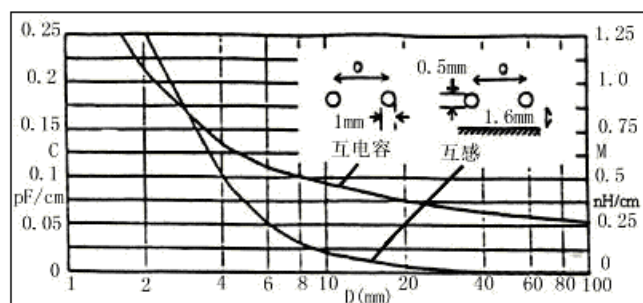


图1.4 互电容与互电感与距离的关系

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>