

一、EMC 的定义

EMC即电磁兼容，EMC是英文Electromagnetic Compatibility的缩写。在我们生活、工作的环境中，时时刻刻都存在着各种各样的电磁能量，这些电磁能量可能会使电子设备的运行产生不应有的响应。我们把电磁能量对电子设备的这种影响称之为电磁干扰。电磁兼容就是研究电磁干扰的一门技术，对电磁兼容通俗的解释是：

这种技术的目的在于，使电气装置或系统在共同的电磁环境条件下，既不受电磁环境的影响，也不会给环境以这种影响。换句话说，就是它不会因为周边的电磁环境而导致性能降低、功能丧失或损坏，也不会在周边环境产生过量的电磁能量，以致影响周边设备的正常工作。

电磁兼容是电子产品的一个很重要的性能，电磁兼容问题既可能存在系统之间，也可能存在系统的内部。

从上面的定义可看出EMC包含了以下三个方面的含义：

1、**EMI电磁干扰**：即处在一定环境中设备或系统，在正常运行时，不应产生超过相应标准所要求的电磁能量；

2、**EMS电磁敏感度**：即处在一定环境中设备或系统，在正常运行时，设备或系统能承受相应标准规定范围内的电磁能量干扰，或者说设备或系统对于一定范围内的电磁能量不敏感，能按照设计性能保持正常的运行；

3、**电磁环境**：即系统或设备的工作环境。即使相同种类的设备也可能运用在不同的电磁环境中，对于应用在不同环境中的设备，对它们的电磁兼容要求也可能不是一样的。离开了具体的电磁环境，谈电磁兼容没有什么实际意义。

二、产品的EMC 目标

1、EMC标准

EMC标准通常可分为四大类：

（1）基础标准：对EMC术语的定义，对EMC现象、环境、测试方

法、试验仪器和基本试验装置的说明。例如：

IEC50（161）电磁兼容术语

CISPR16无线电干扰和抗扰度测试

IEC1000-4基础性电磁兼容性试验和测试技术

（2）通用标准：给定环境的所有产品的标准。例如：

IEC1000-6-1 通用EMS标准--住宅、商业和轻工业环境

IEC1000-6-2 通用EMS标准--重工业环境

IEC1000-6-3 通用EMI标准--住宅、商业和轻工业环境

IEC1000-6-4 通用EMI标准--重工业环境

（3）产品类别标准：指针对某一产品类别的标准。

（4）专用产品标准：某一专门的产品标准。

2、产品的EMC目标包括以下三个方面的内容：

—使产品满足相应EMC标准的要求；

—使产品满足实际电磁环境的需求；

—设备或系统内部的EMC要求。

3、我司产品主要为通讯类的产品，其EMC性能要求具体如下：

(1)、传导发射

AC电源线传导发射的要求请参见下表：

频率范围	平均值检波（dB μ V）	准峰值检波（dB μ V）
0.15~0.5MHz	56-46（随对数坐标线性下降）	66-56（随对数坐标线性下降）
0.5~5MHz	46	56
5-30MHz	50	60

DC电源线传导发射的要求请参见下表：

频率范围	平均值检波（dB μ V）	准峰值检波（dB μ V）
0.02~0.15MHz	---	79
0.15~0.5MHz	66	79
0.5~30MHz	60	73

要求：0.02~0.15MHz采用50 Ω /50uH+5 Ω LISN

0.15~30MHz 采用50 Ω /50uH LISN

测试设置必须符合EN55022的要求。

任一频率点的发射水平超过规定的极限值均视为不合格。

(2)、AC电源谐波干扰

测试频率范围50~2000HZ，测试方法及参数要求参见IEC1000-3-2。

(3)、AC电源电压波动

测试方法和参数要求请参见IEC1000-3-3。

(4)、辐射干扰

10m辐射发射的限制值如下表所示：

频率范围	限制值（准峰值）（dB μ V/M）
30~230MHz	30
>230~1000MHz	37

测试设置必须符合EN55022、ETS300 127[2]的要求。

任一频率点的发射水平超过规定的极限值均视为不合格。

(5)、ESD（静电放电）

静电放电的测试指标请参见下表：

	放电方式	试验水平	性能等级
Immunity	Air	$\pm 8KV$	B
Immunity	Contact	$\pm 6KV$	B
Resistibility	Air	$\pm 15KV$	R
Resistibility	Contact	$\pm 8KV$	R

测试布置及测试方法必须符合标准IEC1000-4-2的要求。
对EUT施加上表中的干扰信号后，EUT能达到表中的性能等级要求为合格。

(6)、EFT/B（快速瞬变脉冲串）

EFT/B的测试指标请参见下表：

Port	试验水平	耦合方式	性能等级
信号线（不包括传送计费、计时及控制信息的信号线）	$\pm 1KV$	耦合钳	B
其他信号线	$\pm 2KV$	耦合钳	B
AC/DC电源线	$\pm 2KV$	耦合网络	B

注：上表中的量值高于欧洲标准的要求，是根据我们公司的实际情况提出来的。

测试布置及测试方法必须符合标准IEC1000-4-4的要求。
对EUT施加上表中的干扰信号后，EUT能达到表中的性能等级要求为合格。

(7)、传导敏感度（CS）

CS的测试指标请参见下表：

Port	试验水平	相关参数	性能等级
Signal、AC /DC	3V（非调制） 0.15~80MHZ	80% 调制 源阻抗150 Ω	A

注：1 对信号线、DC电源线，标准要求仅当线长可超过3m时测试。
对2 应用于恶劣环境中的产品，要求在同等条件下，施加10V的干扰。

测试布置及测试方法必须符合标准IEC1000-4-6的要求。
对EUT施加上表中的干扰信号后，EUT能达到表中的性能等级要求为合格。

(8)、辐射敏感度：（RS）

RS的测试指标请参见下表：

Port	试验水平	相关参数	性能等级
Enclosure	3V/M 80~1000MHZ	80% 调制	A

注： 对于应用在恶劣环境中的产品，要求在同等条件下，施加10V /M的干扰。

测试布置及测试方法必须符合标准IEC1000-4-3的要求。

对EUT施加上表中的干扰信号后，EUT能达到表中的性能等级要求为合格。

(9)、Surge（浪涌）

Surge的测试指标请参见下表：

	Port	试验水平	性能等级
Immunity	Outdoor Signal	1KV 10/700	B
Immunity	Indoor Singal	0.5KV 1. 2/50 (8/20)	B
Immunity	AC(DC)	Line-Line 1KV Line-Earth 2KV 1. 2/50 (8/20)	B
Resistibility	Outdoor Singal	4KV 10/700	R
Resistibility	AC(DC)	Line-Line 2KV Line-Earth 4KV 1. 2/50 (8/20)	R

注： 1 标准未要求测试DC电源，对DC电源的要求是根据公司产品的实际情况确定的。

对于室内信号线，仅当其长度可能长于10m时才要求测试，耦合阻抗为42欧。

对3室外线进行4KV试验时，要求提供保护装置。

难于室内信号线，根据实际情况可测试到1KV。

测试布置及测试方法必须符合标准IEC1000-4-5的要求。

对EUT施加上表中的干扰信号后，EUT能达到表中的性能等级要求为合格。

(10)、DIP（电压跌落）

DIP的测试指标请参见下表：

Port	试验水平	性能等级
AC	70% 1000ms	B
AC	40% 200ms	B
AC	0% 10ms	B
AC	0% 5000ms	C
DC	0% 50ms	C
DC	40% 100ms	C

注：1 标准未要求测试DC电源电压跌落，此要求是根据公司产品的实际情况确定的。

2公司产品的电源以DC电源为多，考虑到产品的实际使用情况，我们也要求在前一级电源，即AC电源口施加干扰。

测试布置及测试方法必须符合标准IEC1000-4-11的要求。

对EUT施加上表中的干扰信号后，EUT能达到表中的性能等级要求为合格。

(11)、Power induction（电压感应）

DIP的测试指标请参见下表：

Port	试验水平	性能等级
Out door Signal Line	300V 50HZ 200ms	R

测试布置及测试方法必须符合标准K.20的要求。

对EUT施加上表中的干扰信号后，EUT能达到表中的性能等级要求为合格。

(12)、工频磁场敏感度 (MS)

标准未对磁场敏感度提要求，但如果产品中使用了磁敏感元件则必须预先提出，根据实际情况，我们再提出具体的测试指标。

工频磁场敏感度的测试布置及测试方法必须符合标准IEC1000-4-8的要求。

关于上述表格中性能等级的说明：

A级：EUT在试验中，试验后始终正常地工作，没有出现超过产品说明书允许限度的

性能降低。

B级：EUT在试验中出现了超过产品说明书允许限度的性能降低，但没有出现存储数

据丢失和EUT工作状态发生改变的现象。试验后，EUT立即自动恢复正常。

C级：在试验中，EUT出现临时的功能丢失，但不存在EUT物理损坏和系统软件损坏

的现象。试验后，EUT需要经过人工操作，能恢复正常工作。

R级：试验后，设备没有出现损坏或故障（如软件损坏或保护装置的误动作）现象。

外部干扰信号引起保险丝以及其他保护装置的损坏是允许的，在替换保护装置

置，重新设置运行参数后，设备能正常运行。

注：1 上述的要求主要根据欧标提出。

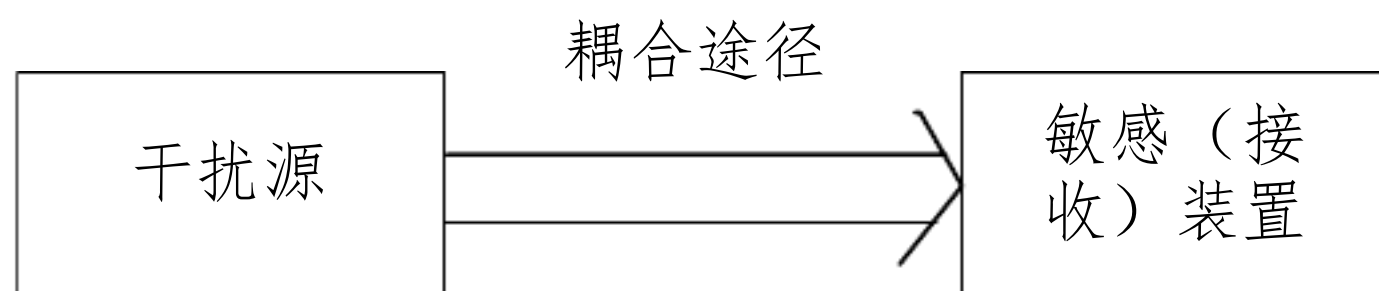
2上述的要求主要针对交换、传输、通讯电源以及通讯监控等

各方面的设备。上述的要求是从严提出的，对于具体的设备，其要求可能有一定的差异。

三、电磁干扰三要素

- 1、干扰源
- 2、耦合途径
- 3、敏感（接收）装置

它们之间的关系如下图所示：



解
途
途
以

三个要素缺一不可，少一个就构不成电磁兼容问题，所以要
决电磁兼容问题首先就要从这三个要素着手。我们注意到，耦合
径在这三个要素中处于关键的位置。对于一个具体的产品，耦合
径往往既是EMI信号的耦合途径，又是EMS信号的耦合途径。所
耦合途径对于电磁兼容问题有着更重要的意义。

四、耦合机制及相应的对策措施简介

耦合机制可分为两大类：

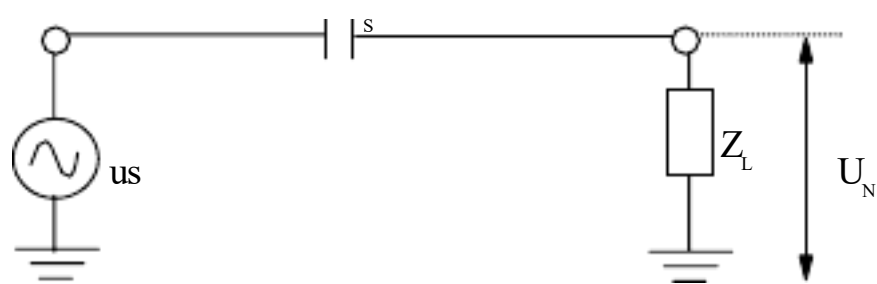
- 一传导
- 一非传导

传导耦合有两种模式：

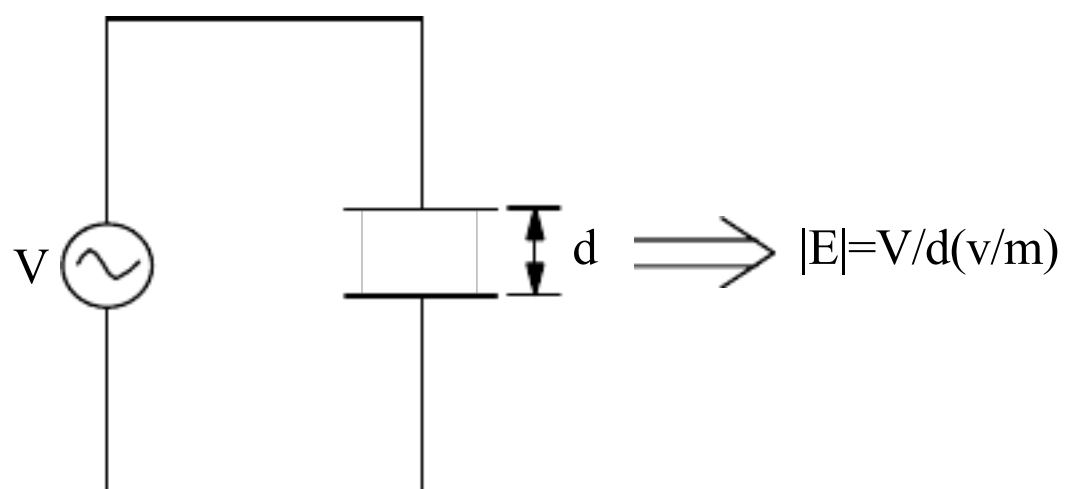
- 一直接传导
- 一公共阻抗，例如可通过公共地阻抗进入到线路。

非传导耦合有三种模式：

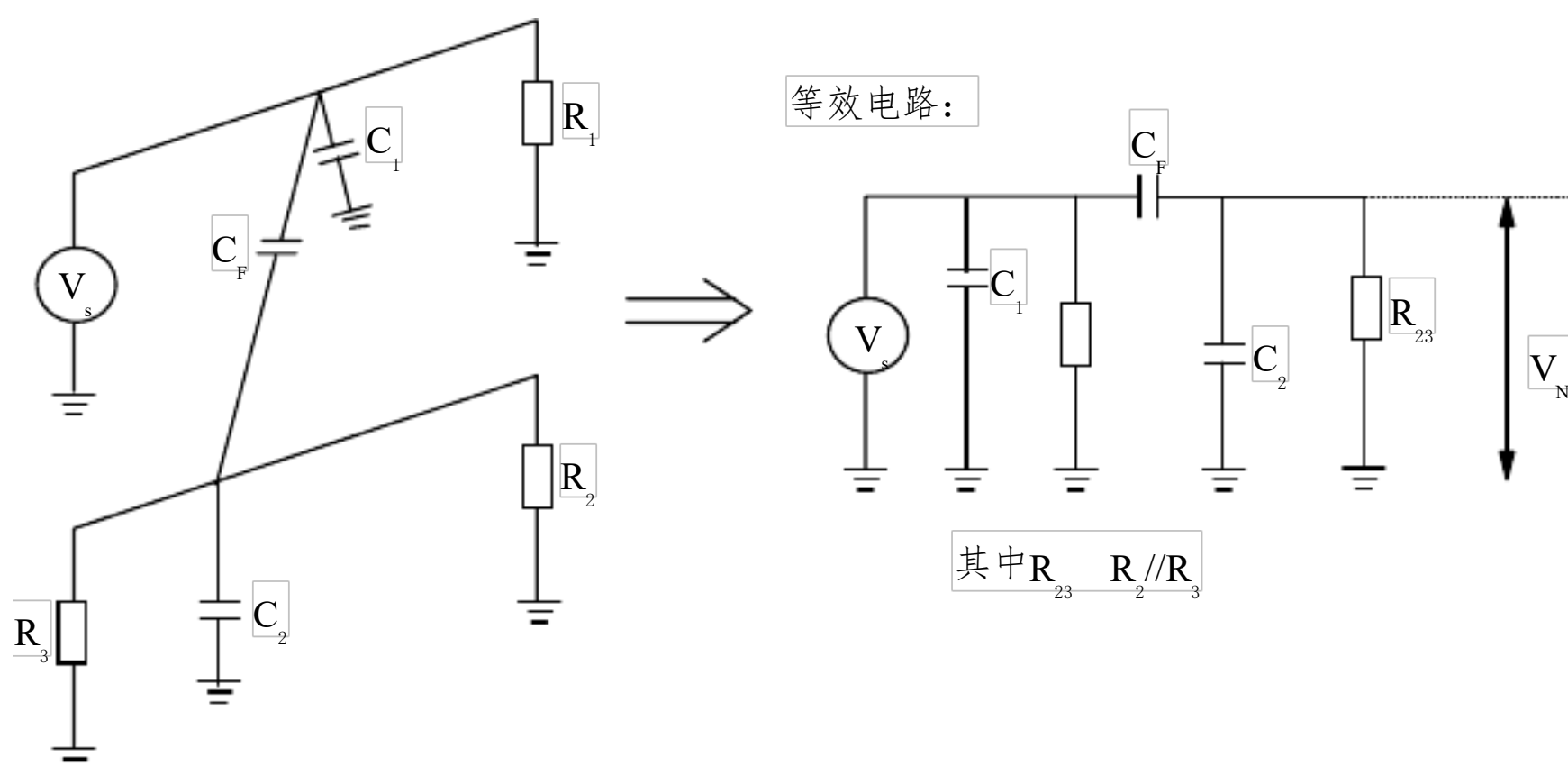
- 一电场



电场的定义：

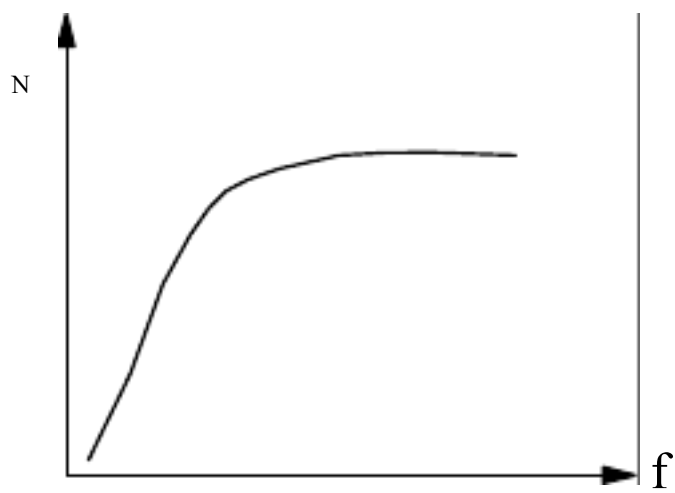


电场的耦合模型如下图所示：



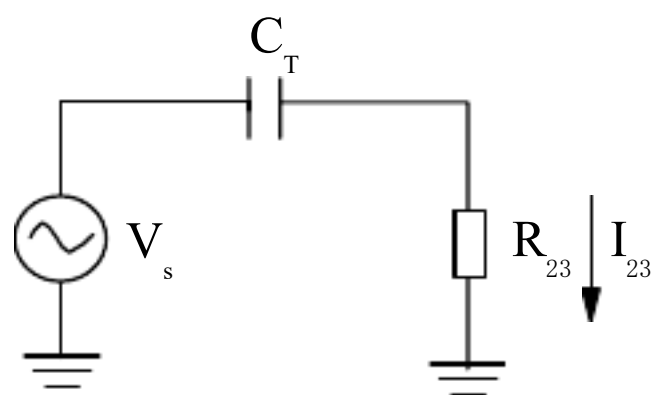
从等效电路可以算出耦合的干扰电压：
由此式可得干扰电压和信号频率的关系图：

V_s



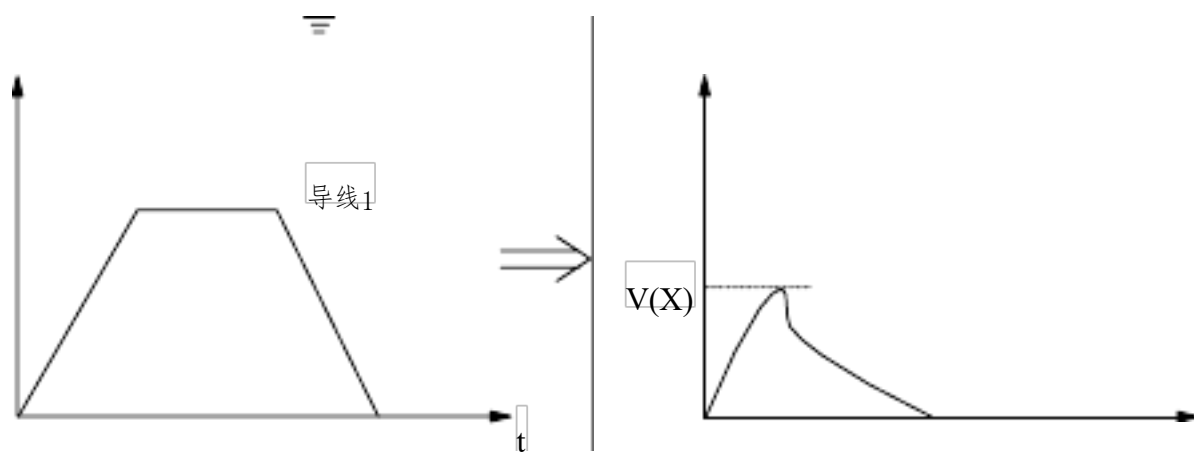
从图可可知，在低频时耦合的干扰信号较少。

我们将模型再度简化：



其中：

图示是两根导线产生的串音干扰的示意图：

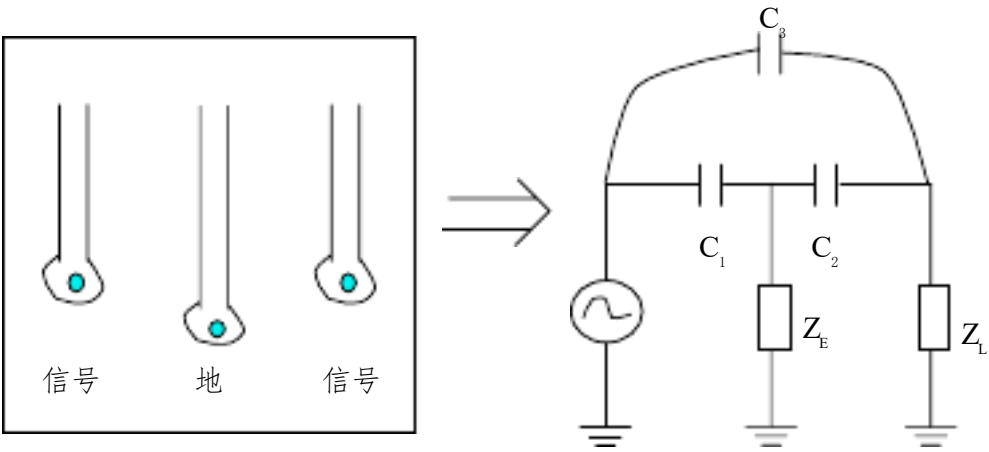


由上我们可以找到抑制电场耦合的方法：

一尽可能使导线间的分布电容降低：

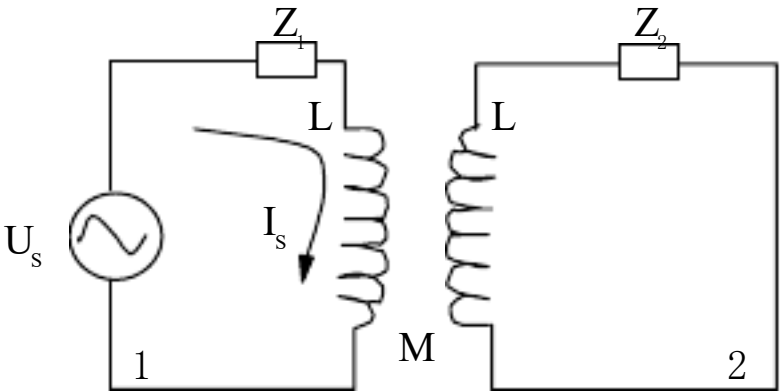
- 使导线间的距离拉大；
- 因为分布电容与导线的长度成正比，所以要尽可能缩短导线的长度；
- 导体下增加一块接地平面可减小导线间的分布电容；

—隔离的方法。图示中的隔离地线的长度必须短于信号频率的波长。

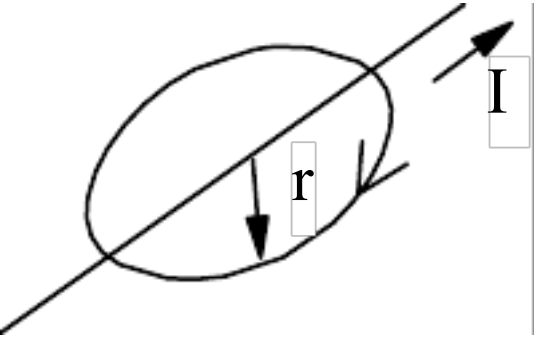


- 降低 dv/dt 。例如使用沿时间较长的器件；
- 可能的情况下降低负载阻抗；
- 增加旁路电容。
- 屏蔽。

—磁场

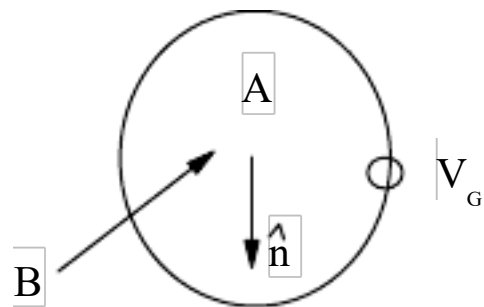


磁场的产生：



$$\pi r$$

当变化的磁力线穿过一个闭合回路，在此回路中会产生一感应电压。



(适用于低频的情况：所有的尺寸都比 λ 小)

其中： $\hat{n}$ 为环路垂直矢量
 A 为回路面积

B 为变化的磁通量

B_0 为磁通密度的峰值

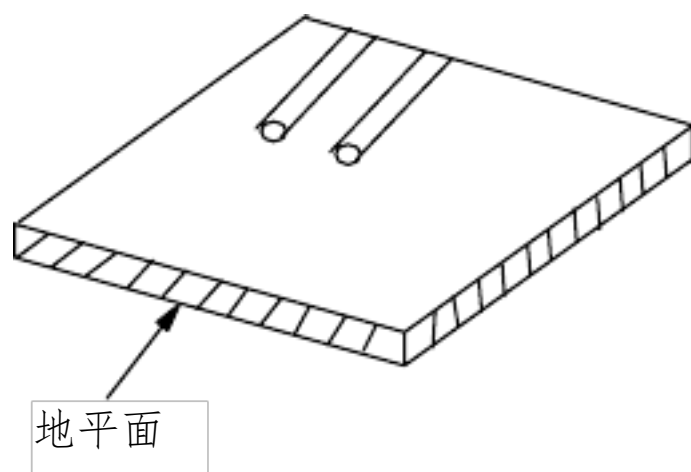
θ 为磁通与环路垂直矢量的夹角

两根导线之间的磁场耦合通常由下式决定：

$$V_N = \frac{dM}{dt}$$

其中： M 是互感

互感 M 跟导线的长度、形状以及离地平面的高度等因素有关，例：



地平面上两圆导线间的互感由下式决定：

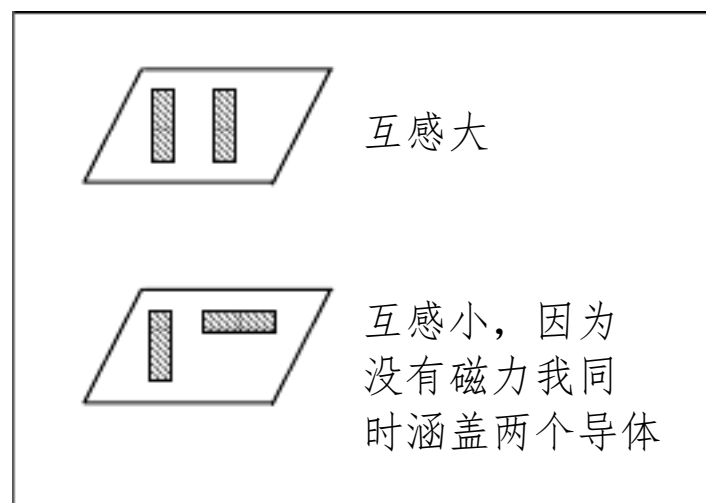
其中： h 为平行导线到地的距离

D 为两导线间的距离，且大于导线直径

a 为常数

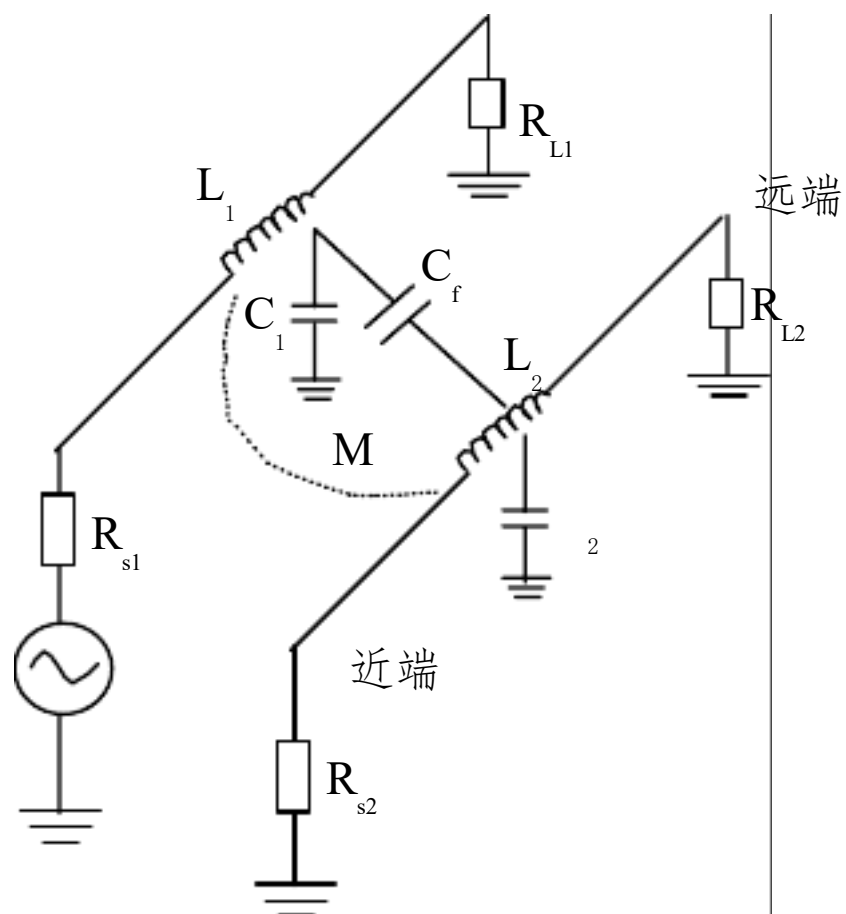
从上面的分析，我们可以得出减少磁场耦合的方法：

- 减少回路所涵盖的面积
- 使回路和干扰源的距离尽可能远
- 使回路方向与磁场方向平行
- 降低磁场干扰源的强度
- 减小回路间的互感：
 - ☐两导线的间距拉大；
 - ☐缩短导线的长度；
 - ☐使导线尽可能接近地平面；
 - ☐使各自磁场方向相互垂直，如下图所示：



—屏蔽

—混合形式（电场、磁场同时作用或电磁场）



在低频的条件下，可以将混合的模型理解为电场和磁场的叠加。

在高频的条件下，应采用传输线的理论进行分析，也就是将每一条耦合线路用电容、电感元件来替代。

注：可通过比较耦合线路的长度和线路上信号的波长来区分高低频

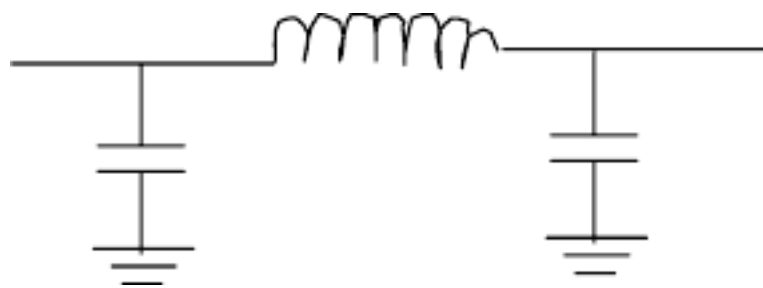
在实际的电路中，往往是电场耦合与磁场耦合同时存在，我们可通过接收电路阻抗来判断那一种耦合方式占优势：

- 当接收电路为高阻抗时，电场耦合占优势；
- 当接收电路为低阻抗时，磁场耦合占优势。

当然也有可能这两种耦合形式均不占优势或者是没有那一种耦合形式占明显的优势。

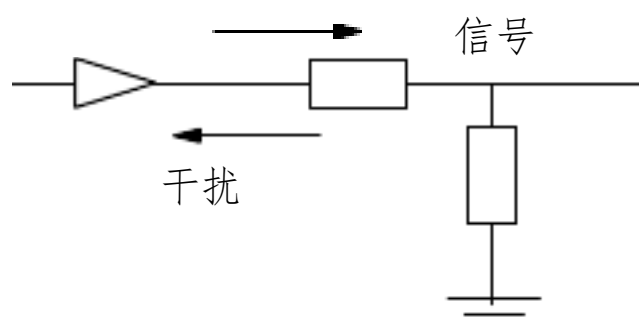
对于传导类耦合机制的对策措施：

- 滤波



滤波电路有多种形式，有单元件滤波、组合电路滤波。也有其他的分法，但这些都不重要，关键在于具体电路的需要。

一隔离



在数字或模拟电路中可以利用变压器、光隔离器件等来减少电磁干扰的传播。使用时的限制因素是他们的输入输出容抗（通常是在pF范围内），该阻抗允许高频噪声旁路光隔离器。

一衰减

在抑制干扰源等方面有着重要的作用。

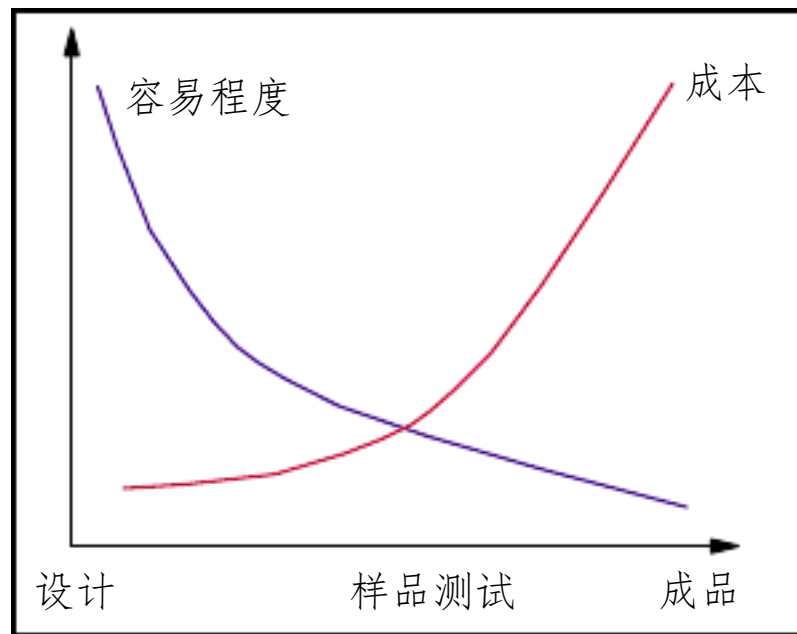
抑制非传导类干扰的一些共性的对策措施：

- 一降低（干扰信号的）发射和接收天线的灵敏度
- 一拉开发射和接收天线间的距离
- 一屏蔽

五、解决EMC问题的时机、过程以及方法

1、时机

解决产品EMC问题的容易程度与解决问题的成本存在这样的关系：



所以从设计阶段开始考虑EMC问题，成本最低，也最容易。

2、过程

A、论证阶段：

B、方案阶段

C、工程研制阶段，即实现产品EMC性能的全过程，必要时需要进行

一些模拟试验。

D、定型阶段：完成对产品的EMC性能鉴定，形成相关文件。

E、生产阶段：强调生产的过程与工艺要保证产品的EMC性能。

3、解决方法

(1) 确认干扰源，并确定其干扰的量级；

(2) 确认敏感（接收）装置，对敏感电路进行识别和等级划分；

(3) 确认耦合机制；

(4) 问题的解决；

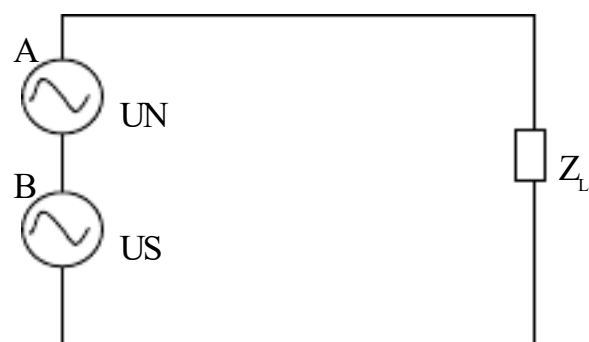
(5) 用实验确认结果。

六、解决EMC问题所涉及的技术简介

1、滤波

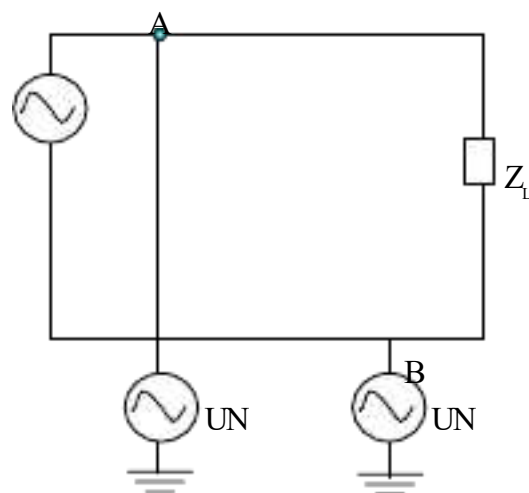
(1)共模干扰、差模干扰的概念：

差模：



例：电源的火线与中线之间的干扰。

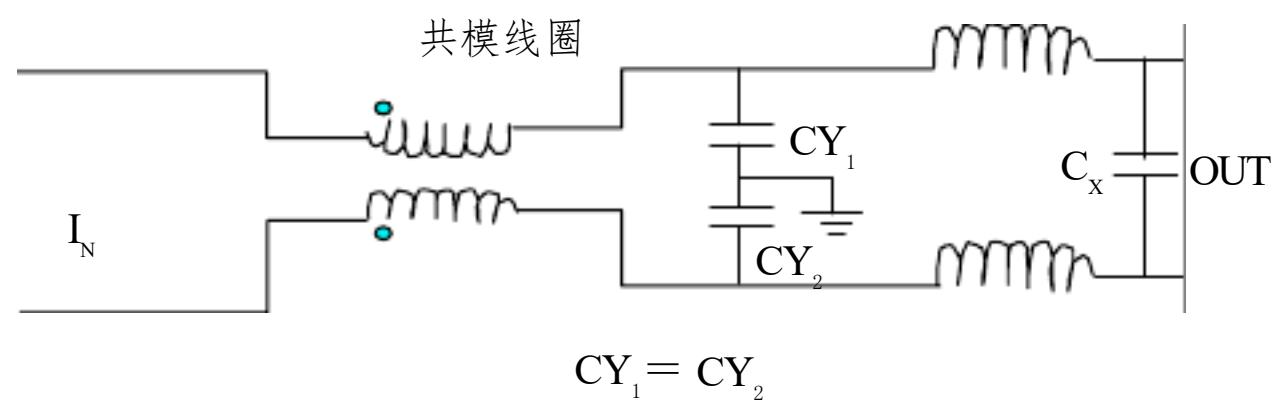
共模：



例：火线和中线与地之间的干扰。

共模干扰在转换成差模干扰后才会对电子线路构成影响。

(2)典型的电源滤波电路：



其中共模线圈、CY1、CY2是针对共模干扰，差模线圈、CX是针对差模干扰。

(3)注意事项:

□滤波器应放在干扰信号的入口处或敏感元件旁。电源滤波器应放

在机体入口处;

□滤波器的输入、输出线禁止捆扎在一起,也禁止就近平行走线;

□滤波器外壳必须良好接地,接地线尽量短,最好外壳紧贴在金属

机壳上;

□对信号线而言,滤波的方法必须能保证信号的完整性;

□滤波元件的选择必须有针对性;

□滤波方法必须与线路、结构相容,必须容易实现且很好地重复;

□滤波必须完全彻底;

□防止由滤波元器件构成意外振荡;

□滤波要有层次。一个系统不仅系统的对外接口要采取滤波措施,

而且系统内各分系统(装置)间也要采取相应的滤波措施。

□必须正确地放置滤波元器件。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/105213243224011104>