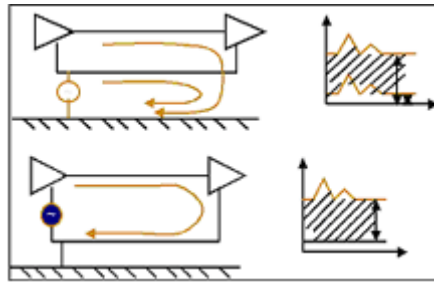


防电磁干扰的重要措施----滤波技术

防电磁干扰主要有三项措施，即屏蔽、滤波和接地。往往单纯采用屏蔽不能提供完整的电磁干扰防护，因为设备或系统上的电缆是最有效的干扰接收与发射天线。许多设备单台做电磁兼容实验时都没有问题，但当两台设备连接起来以后，就不满足电磁兼容的要求了，这就是电缆起了接收和辐射天线的作用。唯一的措施就是加滤波器，切断电磁干扰沿信号线或电源线传播的路径，与屏蔽共同构成完美的电磁干扰防护，无论是抑制干扰源、消除耦合或提高接收电路的抗能力。都可以采用滤波技术。

2 线上干扰的类型

线上的干扰电流按照其流动路径可以分为两类：一类是差模干扰电流，另一类是共模干扰电流。差模干扰电流是在火线和零线之间流动的干扰电流，共模干扰电流是在火线、零线与大地(或其它参考物体)之间流动的干扰电流，由于这两种干扰的抑制方式不同，因此正确辨认干扰的类型是实施正确滤波方法的前提。



共模干扰一般是由来自外界或电路其它部分的干扰电磁波在电缆与“地”的回路中感应产生的，有时由于电缆两端的接“地”电位不同，也会产生共模干扰。它对电磁兼容的危害很大，一方面，共模干扰会使电缆线向外发射出强烈的电磁辐射，干扰电路的其它部分或周边电子设备；另一方面，如果电路不平衡，在电缆中不同导线上的共模干扰电流的幅度、相位发生差异时，共模干扰则会转变成差模干扰，将严重影响正常信号的质量，所以人们都在努力抑制共模干扰。

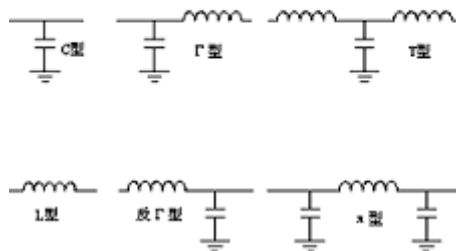
差模干扰主要是电路中其它部分产生的电磁干扰经过传导或耦合的途径进入信号线回路，如高次谐波、自激振荡、电网干扰等。由于差模干扰电流与正常的信号电流同时、同方向在回路中流动，所以它对信号的干扰是严重的，必须设法抑制。

综上所述可知，为了达到电磁兼容的要求，对共模干扰和差模干扰都应设法抑制。

3 滤波器的分类

滤波器是由集中参数的电阻、电感和电容，或分布参数的电阻、电感和电容构成的一种网络。这种网络允许一些频率通过，而对其它频率成份加以抑制。根据要滤除的干扰信号的频率与工作频率的相对关系，干扰滤波器有低通滤波器、高通滤波器、带通滤波器、带阻滤波器等种类。

低通滤波器的类型



低通滤波器是最常用的一种，主要用在干扰信号频率比工作信号频率高的场合。如在数字设备中，脉冲信号有丰富的高次谐波，这些高次谐波并不是电路工作所必需的，但它们却是很强的干扰源。因此在数字电路中，常用低通滤波器将脉冲信号中不必要的高次谐波滤除掉，而仅保留能够维持电路正常工作最低频率。电源线滤波器也是低通滤波器，它仅允许 50Hz 的电流通过，对其它高频干扰信号有很大的衰减。

●常用的低通滤波器是用电感和电容组合而成的，电容并联在要滤波的信号线与信号地之间（滤除差模干扰电流）或信号线与机壳地或大地之间（滤除共模干扰电流）电感串联在要滤波的信号线上。按照电路结构分，有单电容型（C型），单电感型，L型和反Γ型，T型，π型。

●高通滤波器用于干扰频率比信号频率低的情况，如在一些靠近电源线的敏感信号线上滤除电源谐波造成的干扰。

●带通滤波器用于信号频率仅占较窄带宽的情况，如通信接收机的天线端口上要安装带通滤波器，仅允许通信信号通过。

●带阻滤波器用于干扰频率带宽较窄，而信号频率较宽的情况，如距离大功率电台很近的电缆端口处要安装带阻频率等于电台发射频率的带阻滤波器。

不同结构的滤波电路主要有两点不同：

1. 电路中的滤波器件越多，则滤波器阻带的衰减越大，滤波器通带与阻带之间的过渡带越短。

2. 不同结构的滤波电路适合于不同的源阻抗和负载阻抗，它们的关系应遵循阻抗失配原则。但要注意的是，实际电路的阻抗很难估算，特别是在高频时（电磁干扰问题往往发生在高频），由于电路寄生参数的影响，电路的阻抗变化很大，而且电路的阻抗往往还与电路的工作状态有关，再加上电路阻抗在不同的频率上也不一样。因此，在实际中，哪一种滤波器有效主要靠试验的结果确定。

4 滤波器的基本原理

滤波器是由电感和电容组成的低通滤波电路所构成，它允许有用信号的电流通过，对频率较高的干扰信号则有较大的衰减。由于干扰信号有差模和共模两种，因此滤波器要对这两种干扰都具有衰减作用。其基本原理有三种：

A) 利用电容通高频隔低频的特性，将火线、零线高频干扰电流导入地线（共模），或将火线高频干扰电流导入零线（差模）；

B) 利用电感线圈的阻抗特性，将高频干扰电流反射回干扰源；

C) 利用干扰抑制铁氧体可将一定频段的干扰信号吸收转化为热量的特性，针对某干扰信号的频段选择合适的干扰抑制铁氧体磁环、磁珠直接套在需要滤波的电缆上即可

5 电源滤波器高频插入损耗的重要性

尽管各种电磁兼容标准中关于传导发射的限制仅到 30MHz（旧军标到 50MHz，新军标到 10MHz），但是对传导发射的抑制绝不能忽略高频的影响。因为，电源线上高频传导电流会导致辐射，使设备的辐射发射超标。另外，瞬态脉冲敏感度试验中的试验波形往往包含了很高的频率成份，如果不滤除这些高频干扰，也会导致设备的敏感度试验失败。

电源线滤波器的高频特性差的主要原因有两个，一个是内部寄生参数造成的空间耦合，另一个是滤波器件的不理想性。因此，改善高频特性的方法也是从这两个方面着手。

内部结构：滤波器的连线要按照电路结构向一个方向布置，在空间允许的条件下，电感与电容之间保持一定的距离，必要时，可设置一些隔离板，减小空间耦合。

电感：按照前面所介绍的方法控制电感的寄生电容。必要时，使用多个电感串联的方式。

差模滤波电容：电容的引线要尽量短。要理解这个要求的含义：电容与需要滤波的导线（火线和零线）之间的连线尽量短。如果滤波器安装在线路板上，线路板上的走线也会等效成电容的引线。这时，要注意保证时机的电容引线最短。

共模电容：电容的引线要尽量短。对这个要求的理解和注意事项同差模电容相同。但是，滤波器的共模高频滤波特性主要靠共模电容保证，并且共模干扰的频率一般较高，因此共模滤波电容的高频特性更加重要。使用三端电容可以明显改善高频滤波效果。但是要注意三端电容的正确使用方法。即，要使接地线尽量短，而其它两根线的长短对效果几乎没有影响。必要时可以使用穿心电容，这时，滤波器本身的性能可以维持到 1GHz 以上。

特别提示：当设备的辐射发射在某个频率上不满足标准的要求时，不要忘记检查电源线在这个频率上的共模传导发射，辐射发射很可能是由这个共模发射电流引起的。

6 滤波器的选择

根据干扰源的特性、频率范围、电压和阻抗等参数及负载特性的要求，适当选择滤波器，一般考虑：其一，要求电磁干扰滤波器在相应工作频段范围内，能满足负载要求的衰减特性，若一种滤波器衰减量不能满足要求时，则可采用多级联，可以获得比单级更高的衰减，不同的滤波器级联，可以获得在宽频带内良好衰减特性。其二，要满足负载电路工作频率和需抑制频率的要求，如果要抑制的频率和有用信号频率非常接近时，则需要频率特性非常陡峭的滤波器，才能满足把抑制的干扰频率滤掉，只允许通过有用频率信号的要求。其三，在所要求的频率上，滤波器的阻抗必须与它连接干扰源阻抗和负载阻抗相失配，如果负载是高阻抗，则滤波器的输出阻抗应为低阻；如果电源或干扰源阻抗是低阻抗，则滤波器的输入阻抗应为高阻；如果电源阻抗或干扰源阻抗是未知的或者是在一个很大的范围内变化，很难得到稳定的滤波特性，为了获得滤波器具有良好的比较稳定的滤波特性，可以在滤波器输入和输出端，同时并接一个固定电阻。其四，滤波器必须具有一定耐压能力，要根据电源和干扰源的额定电压来选择滤波器，使它具有足够高的额定电压，以保证在所有预期工作的条件下都能可靠地工作，能够经受输入瞬时高压的冲击。其五，滤波器允许通过应与电路中连续运行的额定电流一致。额定电流高了，会加大滤波器的体积和重量；额定电流低了，又会降低滤波器的可靠性，其六，滤波器应具有足够的机械强度，结构简单、重量轻、体积小、安装方便、安全可靠。

7 滤波器的使用

为了提高电源的品质、电路的线性、减少各种杂波和非线性失真干扰和谐波干扰等均使用滤波器。对武器系统来讲，使用滤波器的场所有：其一，除总配电系统和分配电系统上设置电源滤波器外，进入设备的电源均要安装滤波器，最好使用线至线滤波器，而不使用线至地滤波器。其二，对脉冲干扰和瞬变干扰敏感的设备，使用隔离变压器供电时，应在负端加装滤波器。其三，对含电爆装置的武器系统供电时，应加滤波器。必要时，电爆装置的引线也要加装滤波器。其四、各分系统或设备之间的接口处，应有滤波器抑制干扰，确保兼容。其五，设备和分系统的控制信号，其输入和输出端均应加滤波器或旁路电容器。