

【共模噪声知多少】



共模与差模电流

根据基尔霍夫定律，流入一个节点的电流总量等于流出这个节点的电流总量。很多电路图上只画出源发射到负载的信号线路，看不出流回信号源的回路；实际上，电流是经过地线流回到源的，地线作为电流返回到源的低阻抗路径。

差模电流：在一对差分信号线上，大小相同，方向相反的一对信号，一般是电路中的工作电流，对于信号线就是信号线与信号地线之间流动的电流。

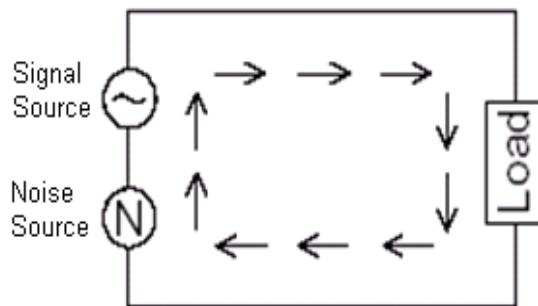


图 1 差模电流示意图

共模电流：在一对差分信号线上，大小相同，方向相同的一对信号（或噪音）。在电路中，一般对地噪音一般都是以共模电流的方式传输的，所以又称为共模噪声。

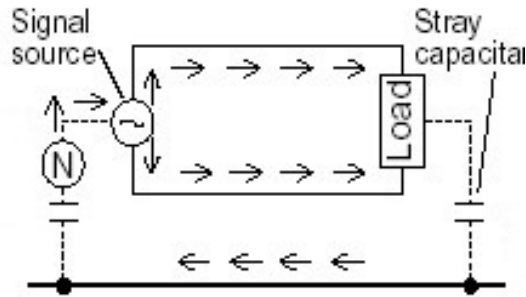


图 2 共模电流示意图

共模电流的产生

共模电流既可以由设备外部的因素在电缆上产生,也可以由设备自身的因素在电缆上产生。

外部因素:外部导致共模电流产生的主要因素是地线噪声电压和电磁场,次要原因则包括电磁波、雷电等空间干扰在电缆上感应出的共模电压感应出的共模电流。

地线噪声电压:电流总是沿着阻抗最低的线路流动,理想情况下地线是电流返回源的阻抗最低路径,然而实际的情况是,地线作为导线依然存在着阻抗,电流并不总是一定按照地线返回。特别是对于某些频率高的电流,因为杂散电容的存在,电流通过这一耦合通道流回源,而与地线上的电压形成了一个共模电流的驱动源。

电磁场:两根导线上感应出的共模电压是相同的,但由于两个导线对地的阻抗不同,使得产生的共模电流不同,导致差模电压产生,从而对原有的差模信号造成干扰。

设备产生较强电磁辐射的一个重要原因是共模电流,而共模电流来自于设备内部产生的共模电压,来源主要是以下几种:

工作的信号电压:因为电路周围导体存在杂散电容,电压通过杂散电容产生电流,大小取决于电压的幅度和回路阻抗的大小;

线路板的地线噪声:线路板上的地线作为信号回流线,总是会存在电压噪声,当有线缆连接到电路板上时就产生了共模电流;

设备内部的电磁耦合：当设备内部的电路产生较强的电磁场，处于这个电磁场中的导体都会感应出电压，而这个电压就会产生电流，从而对线路造成影响；

开关器件上的脉冲电压：主要是开关电源、逆变器等部件中的 IGBT 等器件，这些期间上具有较高的脉冲电压，其中含有大量高频成分，通过空间杂散电容在线路中形成共模电流。

共模电流抑制

为了减小电路的电磁干扰，需要对共模电流进行抑制，常见的抑制方法可分为以下几类：

1. 减小地线阻抗：地线上更小的阻抗意味着更低的噪声电压，高频下线路阻抗与长度的关系更密切，因此减小地线阻抗需要缩短地线长度。另外还可以采用多层线路板，其中一层专门作为地线，也是为了便于接地；

2. 更好的接地：对于较低频线路，使用单点接地的方式，减小电路的面积，从而减少电路所包围的磁通量，减少电磁感应；对于高速线路则采用多点接地，所有电路就近连接到地，保持地线最短以减小地线上的阻抗；

3. 将两个电路隔离：有时因为安全的目地，设备必须接地，单点接地不可能。这时可以使用隔离变压器或光耦隔离器来连接两台设备，切断两个设备之间的电气连接，差模信号通过磁场或光传送，同时切断地线产生的共模干扰；

4. 强干扰电路远离 I/O 端口：高速数字脉冲电路、时钟电路、振荡器电路等在工作时会产生较强的干扰，这些电路要尽量远离 I/O 接口电路，防止干扰耦合到 I/O 电缆上。

5. 使用旁路电容：有时为了抑制线路中的高频共模成分造成的辐射，会在线路中增加旁路电容作为高频噪声流入地的通道。但由于加入电容，使得共模回路的阻抗减小，会增大线路中感应出的共模电流，进而增大负载上的共模电压；

6. 使用共模扼流器：当无法对地线等部分进行修改，或者旁路电容使线路的共模抗干扰能力受影响时，可以在线路中串联共模扼流器件。这样做的目的是增大共模回路的阻抗，使得共模电流被扼流器所消耗，从而抑制线路中的共模噪声。

共模扼流器的原理

以共模磁环为例。在一铁氧体磁环上绕上同向的一对线圈，当交变电流通过时，因为电磁感应而在线圈中产生磁通量。对于差模信号，产生的磁通量大小相同方向相反，两者相互抵消，因而磁环产生的差模阻抗非常小；而共模信号产生的磁通量大小方向均相同，两者相互叠加从而使磁环产生了较大的共模阻抗。这一特性使得共模扼流器对于差模信号的影响较小而对共模噪声具有很好的滤波性能。

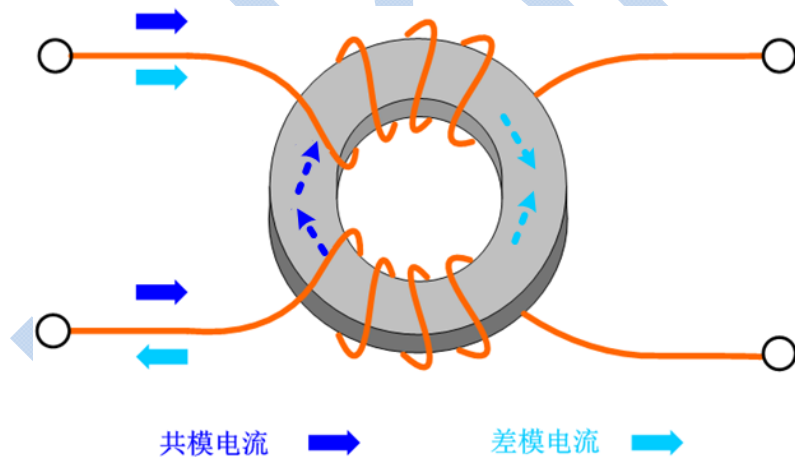


图 3 共模磁环的结构

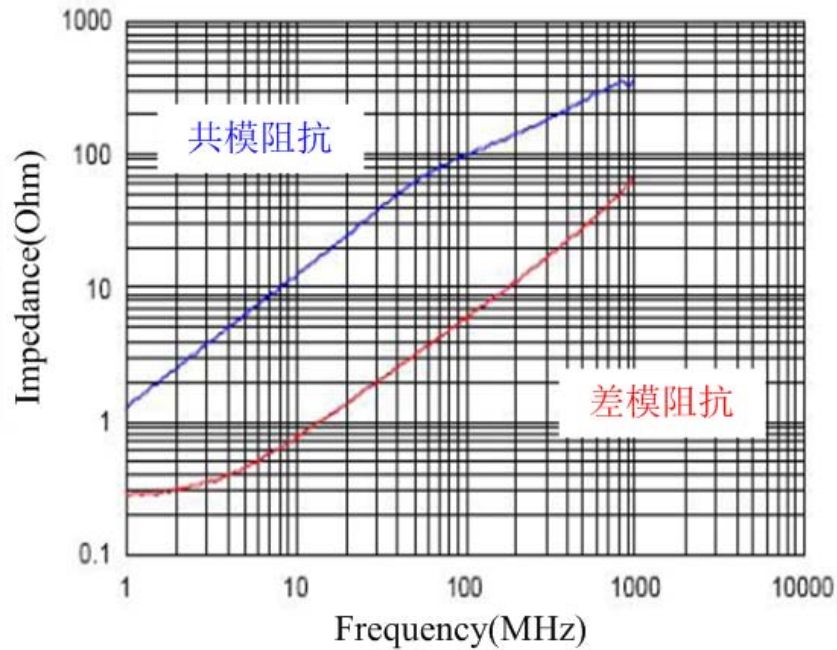


图 4 共模扼流器的频谱图

针对一些数据传输接口，例如 USB2.0 及以上的接口，其传输速率很高，此时信号和噪音的频率差别不大。在这种情况下若使用磁珠滤波，虽然滤除了噪音，但是也削弱了有用信号，而使用共模扼流器则能够对差模信号与共模噪声进行分别，滤除噪音保留信号。

产品信息

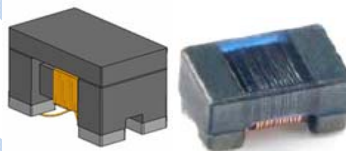


图 5 顺络共模扼流器（左）与低背系列（右）的外观

顺络结合自身在绕线类产品上的设计与开发经验，推出了 SDCW 绕线片式扼流器产品，其具有优秀的电性能和可靠性；同时针对现在常见的数据接口类型，开发出-S/-H/-U 等不同的系列，以满足不同类型接口对频率、传输速率和插入损耗的要求。另外亦有-C/-CH 低背系列满足产品尺寸小型化的要求。

表格 1 SDCW 系列共模扼流器参数

Type 系列	Usage 用途	Dimension 尺寸	Common Mode Impedance@ 100MHz 共模阻抗	Max. Rated Current 额定电流
SDCW	USB2.0/LVDS/Audio	2012/3216	30 ~ 2200 Ω	150~450 mA
SDCW-S	USB2.0/LVDS/Audio	1210/1608/2520/ 3225/4532	20~1400 Ω	240~1100 mA
SDCW-C	USB2.0/LVDS/Audio	2012	67~180 Ω	250~330 mA
SDCW-H	HDMI/DVI	1210/2012	35~120 Ω	280~320 mA
SDCW-CH	HDMI/DVI	2012	67~120 Ω	200~250 mA
SDCW-U	USB3.0	1210/2012	14~90Ω	280~600 mA

生产情况

已量产