

共模和差模信号与滤波器

山东莱芜钢铁集团动力部周志敏(莱芜 271104)

1 概述

随着电子技术的发展和应用,电磁兼容已成为研究微电子装置安全、稳定运行的重要课题。抑制电磁干扰采用的技术主要包括滤波技术、布局与布线技术、屏蔽技术、接地技术、密封技术等。而干扰源的传播途径分为传导干扰和辐射干扰。传导噪声的频率范围很宽,从 10kHz ~ 30MHz,仅从产生干扰的原因出发,通过控制脉冲的上升与下降时间来解决干扰问题未必是一个好方法。为了解共模和差模信号之间的差别,对正确理解脉冲磁路和工作模块之间的关系是至关重要的。在抑制电磁干扰的各项技术中,采用滤波技术对局域网(LAN)、通信接口电路、电源电路中减少共模干扰起着关键作用。所以掌握滤波器的工作原理和其实用电路的结构及其正确应用,是微电子装置系统设计中的一个重要环节。

2 差模信号和共模信号

差模信号又称为常模、串模、线间感应和对称信号等,在两线电缆传输回路,每一线对地电压用符号 V_1 和 V_2 来表示。差模信号分量是 V_{DIFF} 。纯差模信号是: $V_1 = -V_2$; 其大小相等,相位差 180° ; $V_{DIFF} = V_1 - V_2$, 因为 V_1 和 V_2 对地是对称的,所以地线上没有电流流过,差模信号的电路如图 1 所示。所有的差模电流 (I_{DIFF}) 全流过负载。差模干扰侵入往返两条信号线,方向与信号电流方向一致,其一种是由信号源产生,另一种是传输过程中由电磁感应产生,它和信号串在一起且同相位,这种干扰一般比较难以抑制。

共模信号又称为对地感应信号或不对称信号,共模信号分量是 V_{COM} , 纯共模信号是: $V_{COM} = V_1 = V_2$; 大小相等,相位差为 0° ; $V_3 = 0$ 。共模信号的电路如图 2 所示。干扰信号侵入线路和接地之间,干扰电流在两条线上各流过二分之一,以地为公共回路;原则上讲,这种干扰是比较容易消除的。在实际电路中由于线路阻抗不平衡,使共模信号干扰会转化为不易消除的串扰干扰。

3 滤波器

滤波器可以抑制交流电源线上输入的干扰信号及信号传输线上感应的各种干扰。滤波器可分为交流电源滤波器、信号传输线滤波器和去耦滤波器。交流电源滤波器大量应用在开关电源的系统中,既可以抑制外来的高频干扰,还可以抑制开关电源向外发送干扰。来自工频电源或雷击等瞬变干扰,经电源线侵入电子设备,这种干扰以共模和差模方式传播,可用电源滤波器滤除。在滤波电路中,有很多专用的滤波元件(如铁氧体磁环),它们能够改善电路的滤波特性,恰当地设计和应用滤波器是抗干扰技术的重要手段。例如开关电源通过传导和辐射出的噪声有差模和共模之分,差模噪声采用 π 型滤波器抑制,如图 3(a)所示。图 3(a)中,LD 为滤波扼流圈。若要对共模噪声有抑制能力,应采用如图 3(b)所示的滤波电路。图 3(b)中,LC 为滤波扼流圈。由于 LC 的两个线圈绕向一致,当电源输入电流流过 LC 时,所产生的磁场可以互相抵消,相当于没有电感效应,因此,它使用磁导率高的磁芯。LC 对共模噪声来说,相当于一个大电感,能有效地抑制共模传导噪声。开关电源输入端分别对地并接的电容 CY 对共模噪声起旁路作用。共模扼流圈两端并联的电容 CX 对共模噪声起抑制作用。R 为 CX 的放电电阻,它是 VDE 0806 和 IEC 380 安全技术标准所推荐的。图 3(b)中各元件参数范围为: $CX = 0.1 \mu F \sim 2 \mu F$; $CY = 2.0 nF \sim 33 nF$; $L_C =$ 几 ~ 几十 mH, 随工作电流不同而取不同的参数值,如电流为 25A 时 $L_C = 1.8 mH$, 电流为 0.3A 时 $L_C = 47 mH$ 。另外在滤波器元件选择中,一定要保证输入滤波器的谐振频率低于开关电源的工作频率。

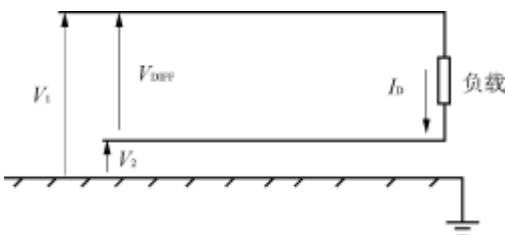


图 1 差模信号

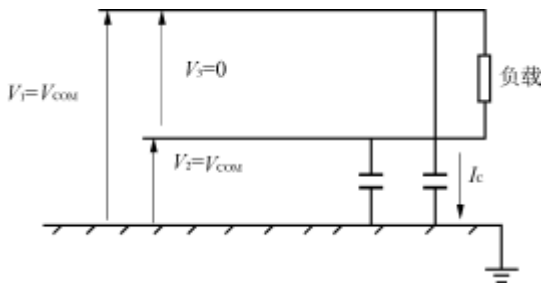


图 2 共模信号

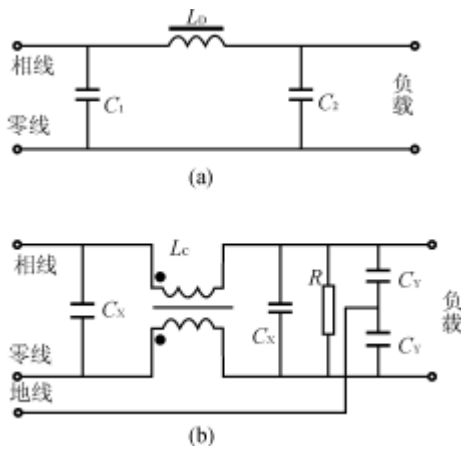


图 3 滤波器结构图

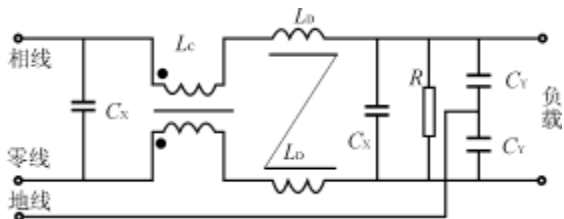


图 4 改进后的滤波器

图 4 所示的滤波器可进一步提高对差模噪声的抑制能力。CX 上除加有电源电压外，还会叠加上相线和零线之间存在的各种电磁干扰峰值电压。为保证电容器失效后，不危及人身安全，并考虑到应用中最坏的情况，CX 安全等级分为两类，即 X1 和 X2 类，X1 等级用于设备的峰值电压大于 1.2kV 场合，X2 类用于设备峰值电压小于 1.2kV 的一般场合。另外，通过限制 CY 的容量可达到控制在规定的电压频率作用下，流过该电容器漏电流的大小。若为装设在可移动设备上的滤波器，其交流漏电流应低于 1mA，若为装设在位置固定且接地的设备上的滤波器的交流漏电流应小于 3.5mA，再根据漏电流 I_i 的要求计算 CY 的容量，其关系式为：

$$I_i = 2 \sqrt{f C_Y U}$$

式中：f——电源频率；

U——电源供电电压。

LD 是用来进一步抑制差模噪声的差模扼流圈。因为 LD 的引入将使电容 CX 充电电流减少，达到了抑制差模噪声的目的。

4 滤波器的安装与布线

交流滤波器的安装及布线直接影响滤波器的性能，在其安装布线中应注意以下几点：

(1) 滤波器应安装在机柜底部离设备电源入口尽量近的部位，并加以绝缘，不要让未经过滤波器的电源线在机柜内迂回，如果交流电源进入机柜内到电源滤波器之间有较长的距离时，则这段线应加以屏蔽。

(2) 电源滤波器的外壳必须用截面积大的导线以最短的距离与机壳连为一体，并尽量使电源滤波器的接地点与机壳接地点保持最短的距离，输入输出线应靠近机壳底部布线以减少耦合，并将输入输出线严格分开，绝不允许将滤波器的输入线和输出线捆扎在一起或靠得很近，否则，当干扰频率达到数兆 Hz 以上时，这时输入输出线会相互耦合而降低其对高频干扰信号的衰减效果。插座式交流电源滤波器从结构上实现了输入输出的隔离，对某些直接用机壳做屏蔽的电子设备来说，是一种较理想的抗干扰元件。滤波器输出线应采用双绞线或屏蔽线，其屏蔽应可靠接地。

(3) 机壳内的其它用电器（照明灯、信号灯等）或电磁开关等应从滤波器前端引线接到负载，或为这些干扰源单独加装滤波器。