

## 1、引言

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。

变压器、共模扼流圈和自耦变压器的端接法,对在局域网(LAN)和通信接口电路中减小共模干扰起关键作用。

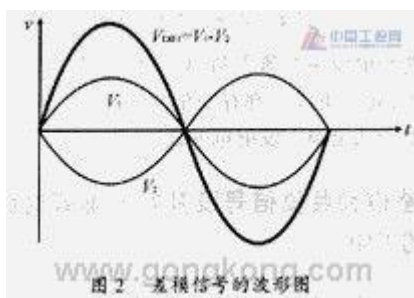
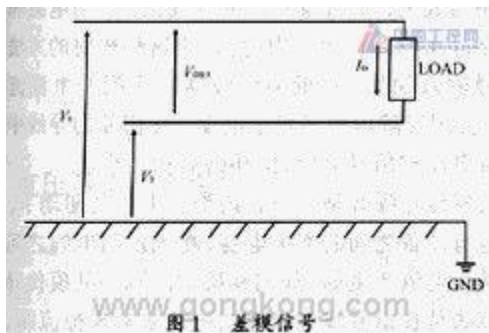
共模噪音在用无屏蔽对绞电缆线的通信系统中,是引起射频干扰的主要因素,所以了解共模噪音将有利于更好地了解我们关心的磁性界面的电磁兼容论点。

本文的主要目的是阐述差模和共模信号的关键特性和共模扼流圈、自耦变压器端接法主要用途,以及为什么共模信号在无屏蔽对绞电缆线上会引起噪音发射。

在介绍这些信号特点的同时,还介绍了抑制一般噪音常用的方法。

## 2、差模和共模信号

我们研究简单的两线电缆,在它的终端接有负载阻抗。每一线对地的电压用符号  $V_1$  和  $V_2$  来表示。差模信号分量是  $V_{DIFF}$ ,共模信号分量是  $V_{COM}$ ,电缆和地之间存在的寄生电容是  $C_p$ 。其电路如图 1 所示,其波形如图 2 所示。



### 2.1 差模信号

纯差模信号是:  $V_1 = -V_2$ , (1)

大小相等,相位差是  $180^\circ$ ,

$V_{DIFF} = V_1 - V_2$  (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。所有的差模电流 ( $I_{DIFF}$ ) 全流过

负载。在以电缆传输信号时,差模信号是作为携带信息“想要”的信号。

局域网 (LAN) 和通信中应用的无线收发机的结构中安装的都是差模器件。

两个电压 ( $V_1+V_2$ ) 瞬时值之和总是等于零。

## 2.2 共模信号

纯共模信号是:  $V_1 = V_2 = V_{COM}$  (3)

大小相等,相位差为  $0^\circ$ ,

$V_3=0$  (4)

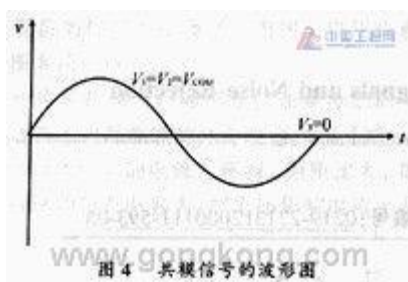
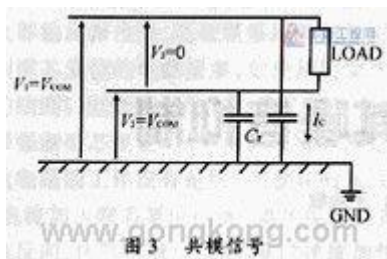
共模信号的电路如图 3 所示,其波形如图 4 所示。

因为在负载两端没有电位差,所以没有电流流过负载。所有的共模电流都通过电缆和地之间的寄生电容流向地线。

在以电缆传输信号时,因为共模信号不携带信息,所以它是“不想要”的信号。

两个电压瞬时值之和 ( $V_1+V_2$ ) 不等于零。

相对于地而言,每一电缆上都有变化的电位差。这变化的电位差就会从电缆上发射电磁波。



## 3、差模和共模信号及其在无屏蔽对绞线中的 EMC

在对绞电缆线中的每一根导线是以双螺旋形结构相互缠绕着。

流过每根导线的电流所产生的磁场受螺旋形的制约。

流过对绞线中每一根导线的电流方向,决定每对导线发射噪音的程度。

在每对导线上流过差模和共模电流所引起的发射程度是不同的,差模电流引起的噪音发射是较小的,所以噪音主要是由共模电流决定。

### 3.1 对绞线中的差模信号

对纯差模信号而言,它在每一根导线上的电流是以相反方向在一对导线上传送。如果这一对导线是均匀的缠绕,这些相反的电流就会产生大小相等,反向极化的磁场,使它的输出互相抵消。

在无屏蔽对绞线中,不含噪音的差模信号不产生射频干扰。

在无屏蔽对绞线系统中的差模信号如图 5 所示。



图 5 无屏蔽对绞线系统中的差模信号

### 3.2 对绞线中的共模信号

共模电流  $I_{CM}$  在两根导线上以相同方向流动,并经过寄生电容  $C_p$  到地返回。在这种情况下,电流产生大小相等极性相同的磁场,它们的输出不能相互抵消。

在无屏蔽对绞线中,共模信号产生射频干扰。

如图 6 所示,共模电流在对绞线的表面产生一个电磁场,它的作用正如天线一样

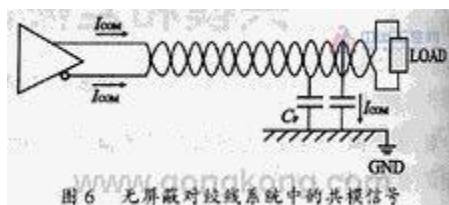


图 6 无屏蔽对绞线系统中的共模信号

### 3.3 电缆线上产生的共模、差模噪音及其 EMC

电子设备中电缆线上的噪音有从电源电缆和信号电缆上产生的辐射噪音和传导噪音两大类。这两大类中又分为共模噪音和差模噪音两种。

差模传导噪音是电子设备内部噪音电压产生的与信号电流或电源电流相同路径的噪音电流,如图 7 所示。

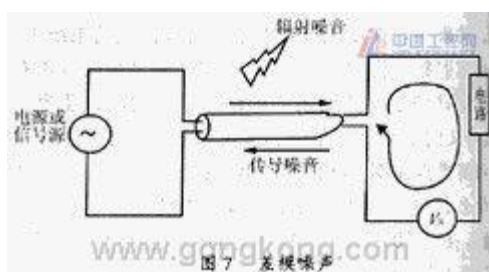
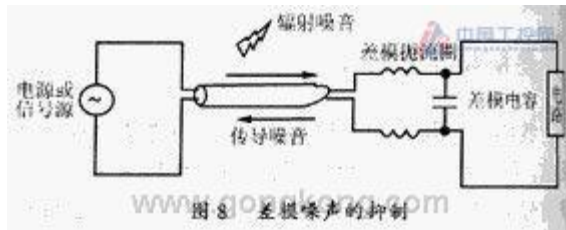


图 7 差模噪声

减小这种噪音的方法是在信号线和电源线上串联差模扼流圈、并联电容或用电容和电感组成低通滤波器,来减小高频的噪音,如图 8 所示。

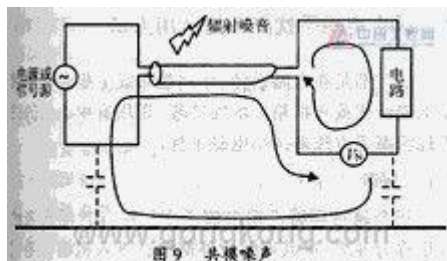


差模辐射噪声是图 7 电缆中的信号电流环路所产生的辐射。

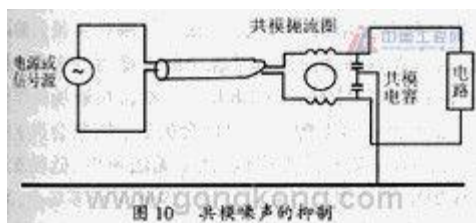
这种噪声产生的电场强度与电缆到观测点的距离成反比,与频率的平方成正比,与电流和电流环路的面积成正比。

因此,减小这种辐射的方法是在信号输入端加 LC 低通滤波器阻止噪音电流流进电缆;使用屏蔽电缆或扁平电缆,在相邻的导线中传输回流电流和信号电流,使环路面积减小。

共模传导噪声是在设备内噪音电压的驱动下,经过大地与设备之间的寄生电容,在大地与电缆之间流动的噪音电流产生的,如图 9 所示



减小共模传导噪声的方法是在信号线或电源线中串联共模扼流圈、在地与导线之间并联电容器、组成 LC 滤波器进行滤波,滤去共模传导噪声。其电路如图 10 所示。



共模扼流圈是将电源线的零线和火线（或回流线和信号线）同方向绕在铁氧体磁芯上构成的,它对线间流动的差模信号电流和电源电流阻抗很小,而对两根导线与地之间流过的共模电流阻抗则很大。

共模辐射噪声是由于电缆端口上有共模电压,在其驱动下,从大地到电缆之间有共模电流流动而产生的。辐射的电场强度与电缆到观测点的距离成反比,（当电缆长度比电流的波长短时）与频率和电缆的长度成正比。

减小这种辐射的方法有：通过在线路板上使用地线面来降低地线阻抗,在电缆的端口处使用 LC 低通滤波器或共模扼流圈。

另外,尽量缩短电缆的长度和使用屏蔽电缆也能减小辐射。

在有些电路中也可接入图 11 所示的抗干扰变压器来防止差模和共模噪音。

