

计算机的防电磁泄漏技术的研究

曾 玉

(西北师范大学数学与信息科学学院,甘肃 兰州 730070)

摘 要:计算机工作时会产生电磁发射,有可能造成信息泄漏,给信息安全带来很大隐患,因此必须采取措施减少电磁泄漏。本文介绍了计算机电磁泄漏的原理、特性以及计算机的 TEMPEST 技术。

关键词:辐射;电磁泄漏;电偶极子;电磁极子;TEMPEST

中图分类号:TP309 TN03

1 引言

计算机及其外部设备工作时,伴随着信息输入、传输、存储、处理、输出、显示等过程,有用的信息会通过寄生信号向外泄漏。研究表明,普通计算机的显示终端辐射带信息的电磁波,并在 1000m 以外还能够接收和复现。其他外部设备如键盘、磁盘驱动器和打印机在工作中也同样辐射带信息的电磁波。计算机及其外部设备在工作时能够通过地线、电源线、信号线、寄生电磁信号或谐波将有用信息辐射出去的过程,叫计算机的电磁泄漏。

电磁泄漏的危害有:危害人体健康;对周围的电子设备造成电磁干扰;导致信息泄密,可能造成重大政治、经济和军事损失;计算机可能会因电磁泄漏“通道”受到“轰炸”(包括核弹和非核弹)的袭击而被软杀伤或硬杀伤。计算机设备的电磁泄漏,不仅会造成信息的泄漏,而且直接危及密码和密钥的安全。这一问题对信息系统的安全和国家安全造成直接威胁,因此防电磁泄漏是信息系统安全的一个重要课题,是保障信息系统安全的一个重要环节。防电磁泄漏技术就是防止和抑制电磁泄漏的专门技术。

2 计算机的电磁泄漏特性

计算机及其外部设备内的信息,可以通过两种途径泄漏出去:一种是以电磁波的形式辐射,称为辐射泄漏;另一种是通过各种线路和金属管道传导,称为传导泄漏,往往传导泄漏也同时伴随着辐射泄漏。

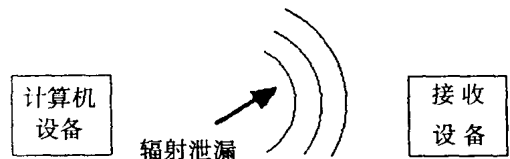


图 1 辐射泄漏图

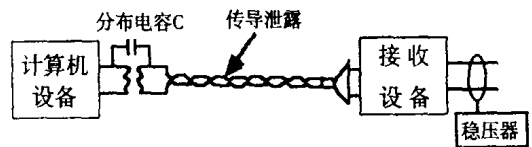


图 2 传导泄漏图

2.1 辐射场特性

计算机设备中的部分部件可以构成辐射单元,可以认为是由各种尺寸的电振子、电流环组成的。对于 1000MHz 以下的频段,又可以近似认为是由各种电偶极子、磁偶极子组成的。设电路中有一长度为 d 的电流源,将其等效为电偶极子进行分析,流过该电路的电流为 I ,在 $p(\theta, \phi)$ 点的电磁场为

$$E = \frac{2Idlk^3}{j4} \left(\frac{j}{k} + \frac{1}{k^2} \right) \frac{e^{-jk}}{k} \cos \theta \quad (1)$$

$$E = \frac{Idlk^3}{j4} \left(\frac{j}{k} + \frac{1}{k^2 - 1} - 1 \right) \frac{e^{-jk}}{k} \sin \theta \quad (2)$$

$$H = \frac{Idlk^2}{j4} \left(\frac{j}{k} - 1 \right) \frac{e^{-jk}}{k} \sin \theta \quad (3)$$

式中 $k = 2\pi/\lambda$, λ 为波长, $f = 2\pi/\lambda$ 。电偶极子中的电场有 E_θ 和 E_ϕ 分量,磁场有 H_ϕ 分量。电偶极子场总辐射功率为

$$P = \frac{Z_0 k^2 (Idl)^2}{12} \quad (4)$$

Z_0 为真空中的阻抗, $Z_0 = 120\pi \Omega$, $k = 2\pi/\lambda$; I 为流

过电偶极子的电流; dl 为电偶极子的长度; λ 为波长。将 Z_0 代入(4)式中得

$$P = 40^{-2} I^2 \left(\frac{dl}{\lambda}\right)^2 \quad (5)$$

将总辐射功率等效为一个电阻(辐射电阻) R_r 吸收的功率,则有

$$P = \frac{1}{2} I^2 R_r \quad (6)$$

$$R_r = 80^{-2} \left(\frac{dl}{\lambda}\right)^2 \quad (7)$$

辐射电阻越大,其辐射能力越大; dl/λ 的值越大,辐射能力越大,即频率越高,辐射能力越强。这就是高频辐射能力强的原因。要抑制辐射泄漏,可以减小辐射电流强度或减小辐射电阻,或尽量降低辐射电磁波的频率。

在计算机中,一个直径远小于波长的电流环可看成是一个磁偶极子。一个磁偶极子在空间 $p(x, y, z)$ 点的电磁场分量为

$$H = \frac{2I_S k^3}{4} \left(\frac{j}{k} + \frac{1}{k^2}\right) \frac{e^{-jk}}{k} \cos \quad (8)$$

$$H = \frac{I_S k^3}{4} \left(\frac{j}{k} + \frac{1}{k^2} - 1\right) \frac{e^{-jk}}{k} \sin \quad (9)$$

$$H = \frac{I_S \sin \theta k^2}{4} \left(1 - \frac{j}{k}\right) \frac{e^{-jk}}{k} \sin \quad (10)$$

S 为电流环面积, $S = a^2$, a 为电流环半径。磁偶极子在有磁场,也有电场。磁偶极子所产生的总辐射功率为

$$P = \frac{Z_0 k^4 (I_S S)^2}{12} \quad (11)$$

$$\text{将 } S = a^2 \text{ 代入,即 } P = 160^{-6} (I_S a)^4 I^2 \quad (12)$$

其辐射电阻为

$$R_r = 320^{-6} (I_S a)^4 \quad (13)$$

对于同样线长度的电偶极子和磁偶极子,即 $dl = 2a$,在电流 I 相同的情况下,磁偶极子的辐射能量比电偶极子的辐射能量要大的多。

2.2 传导场特性

差模传导是信号电流在传输线及其回流线(信号地)构成的环路中流动所产生的。差模传导的预测可采用小环天线模型,这时最大传导方向上的电场强度为

$$E = 131.6 \times 10^{-7} \frac{f^2 \Delta I}{r} \quad (14)$$

式中, f 为传导电流频率; A 为环路面积; I 为信号电流强度; r 为观测点距辐射源的距离。由于差模电流都是电路工作所需要的电流,其流向、频率、

强度等均为已知量,在设计中可以采取各种措施使差模传导降到最低。由上式可以看出减小差模传导的方法;首先在线路设计上应尽量减小信号电流和工作频率,但这两个参数往往要受到系统性能的制约。减小电流的有效途径是选用低功耗电路和适当增加缓冲器,采用缓冲器可使传导泄漏降低 3/4 左右(约减少 12dB),实际设计中应考虑缓冲器的延时影响降低频率的有效途径是减小脉冲信号的高次谐波,其方法有两个:一是选用低速器件;二是使用适当截止频率的低通滤波器。共模传导是由信号在传输线与大地构成的环路中的共模电流所产生的。共模电流不是电路工作所需要的,而是由于设计不当而伴随产生的,因此其预测十分困难。这时,最大传导方向上的电场强度为

$$E = 12.6 \times 10^{-7} \frac{fLI}{r} \quad (15)$$

式中, f 为共模电流的频率; L 为线缆长度; I 为共模电流的强度; r 为观测点距传导源的距离。抑制共模传导的有效方法是减小共模电流 I 。当共模电流环路阻抗较低时,使用共模扼流圈能取得明显效果,但当共模电流环路阻抗较高时,共模扼流圈则无明显作用。在这种情况下,只有改善屏蔽和滤波。抑制共模辐射的屏蔽和滤波所使用的地线必须十分干净,否则反而可能加大传导泄漏。

计算机中的传导泄漏可能有两种基本模式:共模泄漏和差模泄漏,或者是两种模式的混合。

3 计算机的 TEMPEST 技术

TEMPEST (Transient Electro Magnetic Pulse Emanations Standard Technology) 技术是美国国家安全局(NSA)和国防部(DOD)联合进行研究与开发的一个极其重要的项目,主要研究计算机系统和其他电子设备的信息泄漏及其对策,也就是研究如何抑制信息处理设备的辐射强度,或采取有关的技术措施使对手不能接收到辐射的信号,或从辐射的信息中难以提取出有用的信号。计算机中的 TEMPEST 技术有:屏蔽技术、布线与元器件选择、滤波技术、设备间接口。计算机的简易防泄漏措施有:选用低辐射设备、距离防护、利用噪声干扰源、屏蔽措施、套上铁氧体瓷环等。

参考文献:

- [1] 李海泉,计算机网络安全与加密技术,科学出版社 2001
- [2] 王家礼,电磁场与电磁波,西安电子科技大学出版社
- [3] 贾根发,计算机保养与维修,山西经济出版社