

微型机应用系统

抗干扰技术

刘振安 编著

人民邮电出版社



TP31
LZA/1

微型机应用系统抗干扰技术

刘振安 编著

1.4

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书以实际问题为宗旨,阐述了模拟系统、数字系统和微型机应用系统中软、硬件抗干扰技术。全书共分五章。第一章讲述噪声和干扰的概念,噪声传播途径及典型控制方法;第二章针对常见的模拟系统和数字系统噪声源阐述具体的解决方法;第三章和第四章讲述数字系统和计算机应用系统方面的特殊噪声及消除这些噪声的方法;第五章探讨计算机病毒的预防和消除。

本书内容丰富,实用性强,概念清晰,通俗易懂。对从事电路设计、微机应用等工作的科技人员,大专院校相关的教师及学生均有参考价值,也可作为学习班和选修课的教材,毕业实践的参考书。

JS267167
微型机应用系统抗干扰技术

刘振安 编著

*

人民邮电出版社出版发行

北京东长安街 27 号

顺义向阳胶印厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

*

开本: 787×1092 1/32 1991 年 8 月 第一版

印张: 7.20/32 页数: 122 1991 年 8 月北京第 1 次印刷

字数: 168 千字

印数: 1 10 000 册

ISBN7-115-04541-0/TN·472

定价: 4.60 元

前 言

干扰问题可以说是一个既老又新的问题。随着技术的进步，不仅会出现一些以前不曾有过的新的干扰源，而且干扰的危害性也越来越厉害，甚至危及人身安全。去年曾发生一起震惊世界棋坛的电脑棋手杀人案。苏联的国际象棋大师尼古拉·古德柯夫与一部超级电脑棋手对奕，在连克三局之后，正准备开第四局时，想不到电脑棋手忽然向金属棋盘释放出强大的电流，将这位象棋大师击倒。如今的电脑还不具备人的情感和思维能力，不可能因为连输三局而产生杀人动机。现已得到证实，罪魁祸首就是因电磁波干扰使电脑原来已编好的程序发生错误，以至使动作失误而突然放出强电流，酿成杀人悲剧。因电磁波干扰造成的事故也屡见不鲜。据日本统计，在最近两年中就有 11 名日本工人被机器人所杀。由此可见，抗干扰技术不仅是持续而持久的研究课题，而且还是相当艰巨的课题。

早期，把对信号的干扰，对信息传输的扰乱称为电子电路的噪声。例如用一电台对另一电台进行干扰，干扰的结果以声音的形式出现；电视机屏幕上的雪花，是以画面的形式出现；计算机的错误结果又以数字形式出现。由此可见，随着技术的发展，噪声的表现形式早已不仅仅是声音这种形式。除有用信号外的其它任何电流或电压都是干扰信号或噪声。所谓干扰就是干扰信号或噪声对有用信号的不良作用。显而易见，干扰指的范围更大了。但也仍含有噪声原来的含义。所以人们仍习惯地沿用噪声一词。

干扰对模拟电路的影响是连续的，且随着干扰程度的增加而加大，如干扰源消失，系统也恢复原来的状态。

数字电路所用逻辑元件都有各自的阈电平和与之相对应的噪声容限，只要外来干扰不超过逻辑元件的噪声容限，便不会影响电路。但是，如果侵入系统的干扰超过噪声容限，干扰就可能会破坏触发器和存储器所保存的信息。即使这时排除了干扰源，也不会再恢复原来的工作状态了。其实，即使含有微处理器的系统里的程序没遭破坏，若地址总线等受到干扰，也会有程序失控的危险，使系统进入预想不到的状态，甚至陷入无法摆脱的所谓意外停机状态。

对数字系统来说，尽管外来干扰是过渡性的，即使排除了干扰源，它仍会在系统内部的存储器件里留下痕迹。系统也不一定能恢复到原来的状态。这是与模拟系统的本质差别之处。

反过来，由于数字系统有存储功能、判断功能以及高速运算功能，因此又开辟了新的抗干扰途径。这又能大大简化硬件电路的设计。

电子电路技术发展趋势的主流是系统化，是数字系统技术。逻辑电路技术与软件技术的微妙结合正在成为抗干扰的有力武器。利用软件的抗干扰技术越来越引人注目，所占的比重也越来越大。

电气电子设备的增多，也加大了人为干扰源的密度。因此电磁环境“污染”日益严重，设计人员设计电路和设备时若不排除各种耦合所引起的干扰，便不能获得所期望的效果。如今正在电磁兼容性或噪声容限的概念下进行的这种耦合问题的研究，再进一步扩展，就是正在形成的被称之为“环境电磁学”的领域。

由上所述，可略见抗干扰技术之重要性。为了适应技术发

展的需要，结合本人的工作实践，并参考近年来国内外最新研究成果，写成此书，把它献给读者，以期达到抛砖引玉之目的。

本书主要从应用角度出发，尽量避免用复杂的计算公式，而采用图表来帮助说明问题，力求讲清物理概念和具体的实施方法。全书共分五章，涉及电子电路、数字电路、模数转换、智能仪器仪表、自动控制、单板机、单片微型计算机、长线传输、微机应用及计算机系统等不同领域的具体干扰问题。第一章讲述噪声和干扰的基本概念、传播途径及典型控制方法；第二章针对常见的模拟系统和数字系统干扰源进一步阐述具体的解决方法，该章分别讨论了电源、共模噪声、串扰、辐射干扰、接地环路、电噪声干扰、逻辑元件噪声容限、传输线反射、计算机系统的接地等等方面的具体问题，还从综合的角度列举了四个具体的实例；第三章和第四章则重点解决数字系统和计算机应用系统方面的特殊干扰问题，并对智能仪器仪表及控制系统中软、硬件结合的抗干扰技术详加叙述；第五章探讨计算机病毒的预防和消除。

安徽大学副校长、计算机系程慧霞教授在百忙中审阅了全部书稿，并提出了许多宝贵意见；我校高技术学院副院长、无线电系主任沈兰荪教授提供文献信息和宝贵意见；科大几个系的本科生也对书中内容提出了修改意见；计算机系学生艾欣、雷捷，无线电系学生蒋礼、戴方永等参加了第五章的研究工作，在此向他们表示衷心的感谢。并对被引用的著作和文献的作者表示感谢。由于作者水平有限，不当之处恳请读者批评指正。

刘振安

一九九〇年于中国科学技术大学

目 录

第一章 微型机应用系统及噪声控制技术

1.1 基本概念	2
1.1.1 噪声和干扰	2
1.1.2 噪声源	2
1.1.3 数字系统的噪声	3
1.1.4 电磁环境、新噪声源及对策	4
1.2 微型机应用系统概述	6
1.2.1 系统硬件组成简介	6
1.2.2 输入/输出过程通道	8
1.2.3 应用软件	9
1.3 噪声基本耦合方法	11
1.3.1 噪声耦合的主要物理现象	12
1.3.2 电导通路耦合	12
1.3.3 电噪声干扰	15
1.3.4 辐射干扰	17
1.4 噪声控制方法	17
1.4.1 单点接地	18
1.4.2 屏蔽	19
1.4.3 隔离和消除	24

第二章 典型噪声及其控制

2.1 电源	27
--------------	----

2.1.1	交流馈电	27
2.1.2	直流稳压	33
2.1.3	直流电源馈线	34
2.2	共模噪声	35
2.2.1	常模噪声和共模噪声	35
2.2.2	差分放大器的共模噪声	37
2.2.3	交流电网产生的共模干扰	37
2.2.4	信号源特性引起的共模电压	39
2.2.5	开关电源引起的共模干扰	40
2.2.6	偶然性共模干扰	41
2.2.7	常用抗共模干扰方法	41
2.3	串扰	45
2.3.1	串扰基本概念	45
2.3.2	典型串扰及其抑制	47
2.4	辐射干扰	54
2.4.1	外部辐射对系统的干扰	54
2.4.2	系统内部辐射源干扰	55
2.4.3	改变电路设计可提高抗干扰的能力	56
2.5	接地环路	56
2.5.1	等效干扰电势	56
2.5.2	合理选用地线及其接地方法	57
2.5.3	屏蔽	59
2.5.4	隔离	60
2.5.5	小结	64
2.6	电噪声干扰	65
2.6.1	静电噪声	65
2.6.2	电磁噪声	70

2.7 逻辑元件的噪声容限	78
2.7.1 直流电压噪声容限	79
2.7.2 交流噪声容限	79
2.7.3 能量噪声容限	80
2.7.4 改善 TTL 电路抗干扰能力	81
2.8 传输线反射	82
2.8.1 反射系数	83
2.8.2 反射干扰	84
2.8.3 点对点的传送技术	85
2.8.4 多支路方式	86
2.9 计算机系统的接地	88
2.9.1 计算机系统的系统地	89
2.9.2 计算机系统的接地地线的敷设	92
2.9.3 计算机系统的接地	93
2.9.4 接地实例	96
2.10 其它噪声源	99
2.11 实例	99
2.11.1 模拟量—数字量过程通道	100
2.11.2 逻辑元件的选用	104
2.11.3 总线及长线传输	108
2.11.4 组装	113

第三章 数字系统的特殊噪声

3.1 数字噪声和误差	116
3.2 软件干扰	118
3.3 测量数据中虚假点的剔除与替代	120
3.3.1 计算方法	121

3.3.2 流程图与实验结果	123
3.3.3 程序	123
3.4 数字滤波器	131
3.4.1 数值平滑滤波	133
3.4.2 防脉冲干扰平均值法	134
3.4.3 具有快速响应的数字滤波器	134
3.4.4 快速富里叶变换	135
3.5 微弱信号的提取	136

第四章 容错技术

4.1 软件容错技术	139
4.2 输入输出抗干扰措施	141
4.3 速率滤波	143
4.4 软件消除抖动	143
4.5 数据测量的抗干扰	144
4.6 软件抗干扰	154
4.6.1 干扰的影响	155
4.6.2 软件自恢复条件	157
4.6.3 几种常用抗干扰方法	162
4.7 用软件清除零点误差及漂移	167
4.8 PID 调节器抗失控措施	167
4.9 开辟多个存储器区抗干扰	168
4.10 软、硬件结合的抗干扰方法	171
4.10.1 监督定时器	172
4.10.2 中断请求复位	175
4.10.3 硬件自动复位	177
4.10.4 利用 E ² PROM 的抗干扰方法	177

4.10.5	设置软件陷阱	178
4.11	8096/8098 抗干扰编程方法	179
4.11.1	冷、热启动入口不同的处理方法	179
4.11.2	判别初始化区的数据是否被破坏	181
4.11.3	延长监视时间	181
4.11.4	正确地址的识别	184
4.11.5	其他未用外部存储器区的处理	184
4.11.6	复制初始化输入参数表	185

第五章 计算机病毒

5.1	计算机病毒的起源	186
5.2	计算机病毒侵袭实例	187
5.3	计算机病毒的特点	188
5.4	计算机病毒的传播及防治	190
5.5	计算机病毒原理	193
5.5.1	小球病毒	193
5.5.2	Yankee Doodle 病毒	196
5.6	典型病毒特征及病毒检查软件	199
5.7	目前国内 PC/XT 机病毒消除方法	206
5.8	目前国内流行的典型病毒	208
5.8.1	小球病毒	209
5.8.2	大麻病毒	213
5.8.3	洋基病毒	218
5.8.4	Cascade—1701 病毒	219
5.8.5	JEW (犹太人) 病毒	219
5.8.6	Brain 病毒	221
5.8.7	音乐病毒	221

5.9 国外流行的典型病毒	222
5.10 病毒激发	223
5.10.1 小球病毒	224
5.10.2 洋基病毒	224
5.10.3 雪崩病毒	225
5.10.4 犹太人病毒	225
5.11 计算机病毒的交叉传染	225
5.11.1 同类病毒的交叉传染	226
5.11.2 不同类型的病毒交叉传染	226
主要参考文献	227

第一章 微型机应用系统及噪声控制技术

电子元件从电子管发展到晶体管、集成电路，而后又发展到大规模集成电路和超大规模集成电路。随着电子元件的发展，其电源电压和信号电平在降低，于是噪声问题变得突出起来。许多国家对用上述电子元件构成的装置及系统的电磁兼容性(EMC)也提出了多种评价方法。德·伍海特对 EMC 的定义如下：

装置或系统在其预定的设置场所实际运行时，要具有既不受周围电磁环境影响，也不影响周围环境、又不发生性能恶化和误动作，而能按设计要求正常工作的能力。

日本主要根据电器用品管理法对家用电器的传导噪声做出规定。国际无线电干扰特别委员会(CISPR)也在制定规范。美国联邦通信委员会(FCC)从1981年1月1日对列为计算设备的大部分电子装置产生的无线电干扰做出规定。

由此可见，我们设计的电子系统既要有良好的抗干扰性能，又不能成为干扰其它系统的噪声源。因此，从开始设计时起，就要对噪声干扰给予足够的重视。

1.1 基本概念

1.1.1 噪声和干扰

一般对电子电路噪声的定义是：对信号进行干扰，对信息传输进行阻碍的扰乱。

噪声的影响会以多种形式表现出来。它有时可以是声音，它有时使画面产生重影、出现雪花等等；有时它也可用数字来表示，如检测值偏移量、计算机的错误结果等。

除有用信号以外的其它任何电流或电压都是干扰信号或噪声。所谓干扰就是干扰信号或噪声对有用信号的不良作用。显而易见，干扰指的范围更大了，但也仍含有噪声的原来含义。为了习惯起见，所以在数字电路里也沿用噪声一词。当然，干扰的概念还指设备间的相互干扰。

1.1.2 噪声源

发生噪声的地方称为噪声源。一般分为

1. 人为噪声源和自然噪声源 由自然现象产生的噪声源称为自然噪声源，如电路部件的热噪声和空中雷电是自然噪声源。由人为造成的噪声源称为人为噪声源，如电子电路内的无用耦合和汽车点火时产生的火花是人为噪声源。电子设备和系统的增加及家用电器的普及，使人为噪声源相应增加。设备和系统间的相互干扰常引起各种各样意想不到的事故。

2. 外部噪声源和内部噪声源 在电子电路或设备内部

的噪声源叫内部噪声源，如电路元件的热噪声是内部自然噪声源。在设备外部的噪声源叫做外部噪声源，如电动机电刷的火花是外部噪声源。

1.1.3 数字系统的噪声

噪声对模拟电路的影响是暂时性的，但对数字电路来讲，因数字电路的存储功能能把噪声信号保存起来，这就可能使电路产生料想不到的误动作。

数字集成电路的高功能化对数字系统的结构有重大影响。因系统功能器件实现集成电路化、封装成黑盒子形状，故硬件设计几乎一直都是在黑盒式器件之间进行简单的逻辑接线，往往不考虑高速电子电路物理现象，这也是出现噪声干扰的原因。随着微处理机的普及，依靠软件进行数字系统设计的比例逐日增多，也使上述问题更加激化。

一般讲来，电磁干扰是否成为数字系统或电子电路的噪声源，这要由发生源和具体系统或电路之间的相互关系来决定。因此，某电磁量是否是噪声源乃由对象线路的电磁特性来决定。数字系统的信号频率从 0Hz 可到几百 MHz，外来干扰若具有急剧电磁变化的特性，大多都会成为噪声源。另一方面，数字系统本身的内部逻辑电路在接通和断开时，虽然电平低，可是电压、电流急剧变化，这也成为数字系统固有的噪声源。

数字系统开关电源里的大功率开关动作向外发射电磁波，往往对无线电收发装置造成干扰。另外，现代数字系统朝着分散系统演变，很多分散系统间的相互联系由采用同轴电缆的通信线路来实现。这种通信速度若与一些噪声同步，就会混入收发装置。所以我们设计的数字系统还要尽量减少对外部的干扰。

模拟系统通过模/数转换与数字系统联系起来,这又产生了特殊的量化噪声。由于计算机的字长不同,精度也就不同,由此也会产生噪声。由于数字计算机是进行的近似计算,这又带来了运算误差。软件编程不合理,同样也会产生干扰。还有长线传输带来的反射等等问题。这都是具有特殊性的问题。

1.1.4 电磁环境、新噪声源及对策

现在人们已经认识到大城市因人口过密而产生了环境问题。环境污染已经成为公害,引起了社会的关注。但人们是否认识到无意识放出的脉冲和电磁波如果对邻近的电子设备形成干扰,也一样是公害呢?

由于电子设备和器件的密集程度增加,工作速度加快,就使信号和噪声一方面展宽频段,一方面在时间上又高度密集,故我们周围的电磁场在时间和空间上都是高度密集的,这是出现噪声问题的基本背景。

环境问题是高度密集的电磁场所造成的问题,所以用“电磁环境”这个词代表高度密集的电磁场,同时把噪声问题作为电磁环境中的环境问题来考虑是条正确的途径。

应该认识到在时间和空间都高度密集的电磁环境中,高速工作的电子电路易受脉冲噪声的影响,同时也向周围放射脉冲噪声而成为施害者。所以说不放射噪声和提高抗噪声性能二者是相辅相成的。

目前电子电路技术正在沿着下述四个方面发展:

- (1) 高速化带来的宽频带化;
- (2) 信号能量的减少导致的高灵敏度化;
- (3) 元件集成化带来的高密度和小型化;

(4) 系统化产生的高功能和复杂化。

今后电子电路技术仍将沿着这几个方向继续前进，其结果将出现：

(1) 速度高和频带宽的电路对其它电路来说，将成为宽频带噪声源，同时本身也易受噪声影响；

(2) 高灵敏度不单对信号敏感，对噪声也同样敏感，所以原来不是噪声的电量也成为噪声源；

(3) 高密度化会使元件间的相互干扰增加，产生耦合噪声；

(4) 实现系统化的高级电子设备将使噪声引起的问题更加复杂。

电子设备的进一步推广和普及还会使电磁环境更加恶化。电子设备普遍应用时，一些没掌握足够知识和技术的人操作高性能装置会形成新的噪声源。汽车电子化就是一个例子。

不只是人为噪声源在增加，自然噪声源中也出现了新情况。例如集成电路的封装材料中含有微量的天然放射性同位素铀和钍，铀和钍原子的裂变产生 α 射线，造成存储器件的软误差。这个问题在大规模集成电路向超大规模集成电路演进的过程中显得越发突出。今后在大规模集成电路投入实际使用的阶段，必需从元件制造技术和系统技术两个方面探索和解决防止软误差的措施。

当然，今后的噪声控制技术仍要和以往一样，继续努力降低噪声源的噪声电平。同时还需要大力提高电路和系统的抗干扰能力。

提高抗干扰所采用的手段也仍然应该在前面提到的四个方面进一步开拓和探索。例如采用频谱扩展方式的新型信号处理方式已大大提高了抗干扰能力。以此可以推测，将来也会开发出不受噪声影响的宽带通信方式。