

煤矿安全关键测控系统的抗干扰问题研究

徐 辉^{1,2}, 李敬兆¹, 孙 侠³, 王 辉^{2,4}

- (1. 安徽理工大学 计算科学与工程学院, 安徽 淮南 232001;
2. 合肥工业大学 计算机与信息学院, 安徽 合肥 230009;
3. 安徽理工大学 理学院, 安徽 淮南 232001;
4. 合肥工业大学 信息与网络中心, 安徽 合肥 230009)

摘要:煤矿安全关键测控系统能否可靠工作是测控系统应用、开发领域工作者十分关心的问题。对各种影响测控系统稳定工作的干扰进行了分析,并详细阐述了抗干扰措施,为煤矿现场测控系统应用和开发的工程技术人员提供了参考。

关键词:测控系统; 抗干扰; 硬件设计; 软件设计

中图分类号: TM93 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-5322(2012)02-0005-05

煤矿现场安全关键测控系统的抗干扰技术是其可靠工作的重要保证。由于工矿现场测控系统所处的现场环境比较恶劣、干扰严重,可能导致输出脱离输入指令的要求,在安全关键领域极易甚至引发设备事故。为了保证系统长期稳定运行,保证系统的输出精度,在工矿现场测控系统设计时进行抗干扰设计是很必要的^[1-4]。

1 干扰的来源及其表现

1.1 干扰的来源

交流供电网干扰。煤矿现场大功率开关的通断、启停会造成电网电压大幅度涨落,电网上常常出现很高的尖峰脉冲干扰,而现场几乎所有的工矿现场测控系统都是交流电源供电,因此必须采取措施克服来自交流电源的干扰。

过程通道干扰。在数据采集或实时控制中,开关量、模拟量的输入、输出接线(信号线、控制线)很多,如果同处一根电缆中或绑扎在一起,输出通道对输入通道会通过电磁感应而产生干扰,若将信号线与220 V电源线绑扎在一起,干扰会更为严重。另外,这些接线往往很长,若系统接地不完善,当有大的电气设备漏电时,通道中直接串入干扰信号。

空间辐射干扰。空间辐射干扰主要有来自太阳及其它天体辐射的电磁波;电台、通讯台发出的电磁波;空中雷电、变化的电磁场;系统周围的电气设备如发射机、中频炉、可控硅逆变电源等发出的电磁干扰^[1,5,6]。

1.2 干扰的表现

由于PC指针或者RAM出错导致程序运行错误,数据发生变化。在测控系统中,由于RAM是可读写的,在干扰的侵入下,RAM中的数据有可能发生篡改,使程序计算出错误的结果。干扰量的加入使输出误差加大,造成数字逻辑器件的逻辑状态改变,可能导致控制状态失常。这可能改变程序计数器PC值,程序将执行一系列毫无意义的指令,最后进入死循环,使输出严重混乱或死机^[7,8]。

干扰使得数据采集的误差加大。当干扰侵入测控系统的前向通道,叠加在测量信号上,会使数据采集误差加大,甚至淹没测量信号,这在检测一些微弱信号时,表现尤为突出。

干扰使得控制失灵。在工矿现场测控系统中,由于干扰的侵入,使得锁存电路与被控对象间的线路(包括驱动电路)受干扰而造成条件状态的判断模糊混淆,使输出的中间判断量误差加大,

收稿日期:2012-03-14

基金项目:安徽省高等学校省级优秀青年人才基金(2009SQRZ059,2011SQRL035);安徽省教育厅自然科学基金(KJ2009B071Z,KJ2009B174Z)

作者简介:徐辉(1979-),男,安徽寿县人,讲师,博士生,主要研究方向为嵌入式监控系统的设计与测试。

造成逻辑状态改变,最终导致控制失常。

2 硬件抗干扰

2.1 输入

在传感器端提高信号的幅值。提高信号的幅值是抗干扰的重要方法,但是提高信号的幅值有可能使信号本身成为干扰源,因此采用平衡线传输,才可避免信号变成干扰源。

使用 RS 触发器去除抖动^[9]。机械开关是最常用一种人机接口器件。机械开关在活动簧片离开固定触点时往往是干净利落的,而掷向固定触点时会产生多次弹动才能稳定下来。抖动持续时间一般在 10 ms 左右。这种抖动会造成误动作(如单击变成连击)。

数字输入通道的干扰抑制:数字输入通道主要用于开关量的采集和通讯,最有效的办法是采用光电隔离措施和增加必要的电路,将供电电源与主机电源分开独立使用。在微机的输入和输出端,用光电耦合器作为接口,可对信号及噪声进行隔离,从而起到抑制干扰的作用^[10,11]。

模拟输入通道的干扰抑制:测控系统的数据采集信号中,有不少为模拟信号,必须要转换成数字信号才能为测控系统所识别和接受,而测控系统的 A/D 转换器接受信号的方式一般为非平衡式输入,共模、差模干扰会混入信号中进入系统,即使是那些极低噪声,在模拟量输入幅值比较小时,其噪声干扰也不容忽视。因此对需要放大的模拟量输入信号可以采用前置放大差动电路,提高输入电阻,采用对称的电路结构,获得较大的共模抑制比,并将增益放大器安装在传感器附近,以减小干扰^[11-13]。

2.2 PCB

印制板是工矿现场测控系统中器件、信号线、电源线的高度复合体,在设计过程中一定要有相应的抗干扰设计,否则对其性能有很大的影响甚至不能正常工作。在设计印制板时采取以下抗干扰措施^[11]。

去耦电容:要重视每个集成块电源管脚边与地相连的去耦电容的作用,这些电容对类似尖脉冲的电源干扰特别有效,标准退耦电路是一只电容(要避免使用铝电解电容)并联上一只高频电容,这两个电容必须尽量放在靠近 V/V 的地方,以减少环路效应。除了用电容作退耦元件外,还可选用电感作为退耦元件,例如铁氧体磁环就是

较好的退耦器件^[8]。

电源与地:要特别注意电源地的设计。一般在测控系统中,除了强电地、弱电地之外,还有模拟地、数字地、电源地等不同类型的地线之分。这些地线要分别相连,最后在整个线路板上的某一点相连;同时,地要环绕电子元器件构成环路,构不成环路的地对屏蔽和抗干扰作用不大;地线要尽量粗或布满整个线路板的空余,但布线要尽量使用 45°折线或圆弧转折而不用 90°折线;对于测控系统来说,系统晶振特别重要,因此最好在晶振下面布满地。同时可考虑选择多层 PCB(印制电路板),其中的一层指定 100% 作地线,另一层指定 100% 作电源,这种选择能形成良好的退耦电路^[8,14]。

数模分开:线路板上的模拟小信号电路要远离数字逻辑、模拟大信号等易产生干扰的电路,如果条件允许,应尽可能单独制作模拟小信号线路板,这样可有效防止系统的内部干扰^[14]。

采用更可靠的器件^[3,15]。

在频率不高的场合应用 CMOS 电路比应用 TTL 电路有更强的抗干扰能力,因为 CMOS 电路许可的电平信号要高于 TTL 电路,有助于提高抗干扰的能力。

选用接触可靠的插座。选用接触可靠的插座,最好集成块直接焊在印制板上,防止器件接触不良。

选用抗干扰能力较强的微处理器。为了提高硬件系统自身的可靠性,各制造商在微控制器设计上采取了一系列措施。这些技术主要体现在:(1)降低外时钟频率。(2)时钟监测电路、看门狗技术与低电压复位。(3)EFT(Electrical Fast Transient)整形技术等,而且各种先进技术还在不断地发展和应用之中。因此,要选用抗干扰能力较强的微处理器。

采用非易失性存储器。系统受到干扰的最大担忧就是数据的丢失。目前,采用非易失性存储器,可保证数据在电源掉电时不丢失。

其他电子元件的选择。电阻器应尽可能选用金属膜电阻,同时缩短接线长度。电容器的选择,用于低频、旁路场合的电容器,可以采用纸介电容器;在高频和高压电路中,选用云母电容器或陶瓷电容器;在电源滤波或退耦电路中,用电解电容器。

2.3 通道

隔离技术^[5,14]。a. 光电隔离:在干扰比较严重的应用环境中,模拟信号和数字信号都需要光电隔离。光电隔离不仅可以抑制窜入隔离电路原端的干扰信号,还能隔离电路功能模块间的相互影响,并对信号具有一定的整形作用,这些都有利于提高系统的可靠性。b. 物理隔离。物理隔离一般是对测控系统前端的输入信号线而言的,如在一些工业测量仪表里一般分为两部分:一部分为传感器称为一次仪表;另一部分是显示及控制部分称为二次仪表,有时一次仪表与二次仪表之间距离较远,那么信号在传输过程中极易受到干扰,其中信号线要远离大功率导线,如果实在做不到远离,则要将信号线和功率线分别套入钢管进行屏蔽。

双绞线传输。传输线要讲究。对于通信各站的连线、交流引线及一些直流引出线(稳压电源的输出、各种印刷板的电源线、驱动放大器的电源等)要采用双绞线,双绞线因走线相反,可大致相互抵消磁场干扰的影响。对直流弱信号线采用双绞金属屏蔽线,屏蔽金属层一端接地,另一端开放,即进入计算机屏蔽线金属地悬空,以抑制电场、交变磁场的干扰^[12]。

变换调制方式。注意信号传输过程中的衰减,并采用灵活的调制方式。如把电压模拟信号调制为脉冲信号(V-F转换)或者转换为4~20 mA环流信号(V-I转换)传输也具有一定的抗干扰能力^[14]。

2.4 输出

数字输出。工矿现场测控系统的数字输出信号,在条件可能的情况下都需加隔离和驱动电路,经常使用的有光耦合器和继电器隔离。输出级都需要带一定的负载,是整个系统耗电较多的一部分。为了防止输出级的通断干扰经电源影响主机,一般也要采用独立电源,并与主机不共地^[14]。

模拟输出。可以经锁存器保存测控系统输出的信息,经光耦合器隔离驱动D/A转换器,将内部的二进制码转换成直流电平,这样经隔离后就可以抑制输出电路的干扰^[10]。

2.5 硬件看门狗

在选择单片机芯片时,尽量采用带看门狗的芯片,或在不带看门狗的单片机选用外接WDT芯片。看门狗技术就是通过一个可靠的硬件计数器对单片机的系统运行进行监督。如果系统运行

正常,则通过程序中设计的指令定时对计数器进行清零。如果遇到了故障,陷入了死循环,或者跑飞时,硬件计数器就会溢出,让单片机重新执行,而内部RAM内的数据不变,从而对系统有一定的监控和自恢复功能。应用看门狗功能时,可把一些特别重要的数据保存在速度极快的铁氧存储体内。这样,不管任何干扰引起的程序跑飞,WDT均能产生复位信号,使系统不会产生死机现象^[9,14]。

3 软件抗干扰

3.1 数字滤波^[16]

数字滤波是用程序实现的,不用增加硬件设备,可多通道共用,具有可靠性高和稳定性好的特点。可对低频信号滤波,而模拟RC滤波器受电容量的限制频率不能太低。数字滤波灵活性好,改变程序就可改变不同的滤波方法,常用数字滤波的方法有3种:

(1)算术平均值法。算术平均滤波法就是连续对A/D采样 N 次,然后将采样的数据累加求算术平均。这种方法对一般具有随机干扰的信号进行滤波,这种信号的特点是有一个平均值,信号在某一数据范围附近上下波动。 N 的值应视具体情况选取,对于一般流量测量,通常取 $N=10$;若为压力,则 $N=4$;若为交流电流、电压、温度,一般 $N=8$ 。

(2)比较取舍法。在脉冲干扰比较严重的场合,如果采用一般的算术平均值法,则干扰将会平均到结果中去,故算术平均值法不易消除由于尖脉冲干扰而引起的误差,为此,可连续采样 N 次(N 取偶数),将其累加求和,同时,找出最大值和最小值,并从累加和中减去最大值和最小值,再按 $N-2$ 个采样值求平均,即得有效采样值。

(3)中值滤波法。中值滤波法是对某一被测参数连续采样 N 次(N 常取奇数),存入内存,然后将 N 次采样值进行排序,从小到大或从大到小,然后取中间值作为本次的采样值。中值滤波能有效地克服因偶然因素引起的波动干扰,对温度、液面等变化缓慢的被测参数利用此法能收到良好的滤波效果。但对于流量、速度等快速变化的参数,不宜采用此算法。在实际应用中,还有递推平均滤波法、程序判断滤波法等。

3.2 软件拦截技术^[8]

软件陷阱。在程序存储器中总会有一些区域

未使用,如果因干扰导致单片机的指令计数器 PC 值被错置,程序跳到这些未用的程序存储空间,系统就会出错。软件陷阱是在程序存储器的未使用的区域中,加上若干条空操作和无条件跳转指令,无条件跳转指令指向程序“跑飞”处理子程序的入口地址。如果程序跳到这些未用区域,就会执行无条件跳转指令,转到相应的程序出错“跑飞”处理程序,从而强迫程序转入初始状态。

指令冗余。当 CPU 受到干扰后,往往将一些操作数当作指令码来执行,引起程序混乱,这时要尽快将程序引入正轨,应该多用单字节指令,并在关键地方人为地插入一些单字节指令 NOP;对于程序流向起决定作用的指令(如 RET、RETI、LJMP)和某些对系统工作状态有重要作用的指令(如 SETBEA 等)的后面,可重复写上这些指令,以确保这些指令的正确执行,这样的方法称之为指令冗余技术。

指令冗余与软件陷阱相似,但有区别:软件陷阱用在程序存储器的未使用区域中,而指令冗余通常用在程序区中。

4 电源部分干扰抑制

由电源引起的干扰处处存在。电网中的瞬态干扰能通过变压器、整流电路和稳压电路进入微控制器和存储器,引起电平翻转而造成逻辑和时序混乱,从而使系统发生“死机”,或程序数据被冲掉。为了防止供电系统的干扰电压对系统的影响,必须采取有效措施使各种干扰电压消除或削弱,才能确保工矿现场测控系统可靠工作^[2,7,9,17]。采取具体措施主要是在供电配置上下工夫:

采用交流滤波和快速响应式交流稳压器。交流进线端加交流滤波器,可滤除高频干扰,如电网上大功率设备启停造成瞬间干扰,对工作在环境恶劣的电网中,还要设计快速响应式交流稳压器,防止电源系统过压与欠压,有利于提高整个系统的可靠性。

采用隔离变压器。在供电系统中加隔离变压器,隔离变压器的初级和次级绕组间用屏蔽层隔离,以减小分布电容,提高共模干扰能力。

采用低通滤波器。电源滤波器由 LC 低通网络构成,或者说由共模和差模滤波电路综合构成。

实际上,在电源线中往往同时存在共模和差模干扰。为减少经公共电源内阻在几个公用电路之间形成的噪声耦合,对直流电源输出应加低频滤波,在直流电源端应该加高频滤波。当一个直流电源对几个电路同时供电时,应在每个电路的电源进线与地线之间加装退耦滤波电容。

由于雷击等原因从电网侵入的偶然性的浪涌电压会使控制器不能正常工作,可以在交流电源滤波器后加入压敏电阻或者 TVS 器件来吸收电路中的浪涌干扰。

此外,对电源变压器还要采取磁屏蔽措施,利用高导磁材料将变压器严密地屏蔽起来,以减少漏磁通影响。

5 系统自恢复程序

对顺序要求严格的一些过程控制系统,系统非正常复位后,一般都要求从失控的那一个模块或任务恢复运行。所以,测控系统要及时作好重要数据单元、参数的备份,如系统运行状态、系统的进程、当前的输入、输出值,观测单元值等,这些数据既要定时备份,同时若有修改也应立即备份,以保证恢复数据的可靠性。数据备份有两种方法。一种方法是采用两个独立数据存储器进行数据存储与备份;另一种方法是利用同一数据存储器的不同区域进行数据备份^[18]。

在进入自恢复程序之前,首先要查验 RAM 内容是否破坏,最简便的方法是检查在程序入口处设置的标志是否丢失,只要丢失一个标志便应转入停机状态,等待人工干预。当在已判别出系统非正常复位的情况下,先要恢复一些必要的系统数据。其次再对测控系统的运行状态、运行参数等予以恢复。之后再把复位前的任务、参数、运行时间等还原,然后才能进入系统运行状态。

6 结语

煤矿安全关键测控系统工作环境复杂且其正常工作对于人员、财产安全极为重要,其干扰问题必须得以解决。通过对测控系统的抗干扰设计的全面考虑,能有效地对测控系统所受干扰进行抑制,使工矿现场测控系统零故障运行,保证系统准确、可靠的运行,为矿山安全生产提供有力保障。

参考文献:

- [1] 陶安利,吴剑,王霞,等. 矿用测控设备中的对地干扰及其抑制[J]. 工矿自动化,2003(4):45-46.
- [2] 王亚玲,冯涛,张燕. 单片机控制系统中电磁干扰及抗扰措施研究[J]. 江西电力职业技术学院学报,2008(3):51-53.
- [3] 张军,彭宣戈. 嵌入式系统硬件抗干扰技术[J]. 微计算机信息,2006(14):16-18.
- [4] 肖栋,姜琛,马衍坤. 矿用多路信号同步传输干扰问题的研究[J]. 煤炭科学技术,2010(11):77-80.
- [5] 杨常松,贾策,杨志刚. 单片机测控系统干扰分析与抗干扰措施[J]. 自动化与仪器仪表,2003(1):53-56.
- [6] 付永胜,韩伟. 选煤厂自动控制系统中的干扰与抑制[J]. 选煤技术,2006(4):37-39.
- [7] 来清民. 单片机供电系统存在的干扰因素及抗干扰设计[J]. 河南教育学院学报:自然科学版,2003(1):18-20.
- [8] 李永. 单片机干扰问题刍议[J]. 电脑知识与技术(学术交流),2006(2):166,168.
- [9] 黄大勇,乔建良. 单片机应用系统中的干扰及对策[J]. 许昌学院学报,2003(2):28-30.
- [10] 赵广宁,张锡恩,谷宏强,等. 对于防止单片机系统过程通道中干扰的探讨[J]. 半导体技术,2003(2):50-52.
- [11] 牟顺海,刘小玲. 汽车黑匣子抗干扰技术[J]. 中国测试技术,2006(4):141-143.
- [12] 黄延福,吴云洁,刘柏廷. 基于干扰观测器的高性能转台伺服系统内模控制方法研究[J]. 系统仿真学报,2011(8):1664-1667.
- [13] 王新新,马蕾,蔡新景,等. 抗强电磁干扰的高电压同步控制系统[J]. 高电压技术,2010(3):632-636.
- [14] 于复生,沈孝芹,何军田. 工程机械单片机测控系统的防干扰措施和可靠性设计[J]. 工程机械,2004(3):1-3.
- [15] 黄樱,彭代文,刘君,等. 嵌入式系统硬件抗干扰技术研究[J]. 科技资讯,2007(11):27.
- [16] 王月姣,朱家驹. 单片机测控系统软件抗干扰的探讨[J]. 电气自动化,2004(4):58-60.
- [17] 蒋云昊,潘启军,唐健,等. 自适应干扰对消系统中的积分控制与低通控制[J]. 电工技术学报,2011(12):148-155.
- [18] 余冬生. 微机控制系统抗干扰软件设计初探[J]. 烧结球团,2003(4):18-20.

Research on Anti - interference of Coal - Mine Safety Detecting and Control System

XU Hui^{1,2}, LI Jing-zhao¹, SUN Xia³, WANG Hui^{2,4}

- | | |
|--|---|
| 1. School of Computer Science and Engineering, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui 232001, China;
2. School of Computer and Information, Hefei University of Technology, Hefei Anhui 230009, China;
3. School of Science, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui 232001, China;
4. Information and Network Center, Hefei University of Technology, Hefei Anhui 230009, China |) |
|--|---|

Abstract: Researchers who work for the development and application the Coal - mine safety detecting and controlling system always concern of its reliability. In the present paper, interference affecting the reliability of detecting and control systems is analyzed, and anti - interference measures are presented in detail. It is useful for researchers who use and develop this systems in mining field.

Keywords: detecting and controlling system; Anti - interference; hardware design; software design

(责任编辑:张振华)