

盐湖野外自动观测系统的可靠性设计

祁永唐 李天福

(中国科学院青海盐湖研究所, 西宁 810008)

摘要 根据野外仪器的使用环境和高可靠性的要求, 论述了野外智能仪器可靠性设计的方法, 并介绍了在盐湖卤水动态自动观测系统的硬件和软件设计中, 为提高仪器的可靠性而采取的措施。

关键词 自动观测系统 智能仪器 可行性设计 抗干扰措施

不同环境条件下使用的仪器有不同的特点和设计要求。野外仪器工作环境恶劣, 而且无人值守。因而不仅要求仪器自动化程度高, 而且特别要求其环境适应能力和抗干扰能力强, 工作长期稳定可靠。在野外智能仪器设计中, 还要求仪器能自检错误并自动排除某些故障。我们在承担国家重点科技攻关任务“青海盐湖提钾和综合利用”项目中, 在察尔汗盐湖建成一个“察尔汗盐湖卤水动态自动观测系统”, 该系统包括一个中心站及 20 个子站, 经运转证明, 该系统适应野外恶劣环境, 抗干扰能力强, 工作稳定可靠。我们在自动观测系统中, 对工作于野外现场的数据采集系统和智能测钾仪的硬件和软件都做了可靠性设计。仪器的可靠性与仪器设计、制造、使用维护以及环境因素等有关, 对于野外仪器, 首先要考虑环境的影响。例如, 冬夏昼夜温度变化范围大(特别冬季低温)、风沙大及空气中盐尘的腐蚀作用, 是盐湖野外仪器设计中必须考虑的因素。所谓仪器的可靠性设计, 就是在硬件和软件设计中采取各种措施提高仪器的稳定性、环境适应能力、抗干扰能力以及容错和纠错能力。

1 仪器硬件的可靠性

硬件的可靠性是仪器可靠性的基础。硬件可靠性设计, 是在精选元器件和材料的基础上, 从仪器的总体设计到电路和工艺设计等方面采取措施, 保证仪器的稳定性和可靠性。

1.1 元器件的可靠性讨论

分析元器件的失效机理, 使用精心筛选的元器件, 可以提高仪器的可靠性。在盐湖野外自动观测系统中的智能仪器设计中, 我们选用温度范围宽、密封好(防潮耐腐蚀)的元器件。例如微处理器和主要集成电路均选用军品或工品的 CMOS 元件, 继电器选用高可靠性的密封继电器, 都是提高野外仪器的环境适应能力的必要措施。此外, 元器件的选择还要考虑其输入信号、负载情况和工作状态等, 采取减额使用、加保护电路等方法提高器件的寿命和可靠性。

1.2 仪器的抗干扰设计

在实际环境中存在着很多外部噪声源。这些噪声对仪器的有用信号造成干扰, 将影响仪器

的正常工作。因而必须采取措施,使噪声不能对有用信号构成干扰。

根据外部噪声的干扰方式,可将其分为共模噪声和常模噪声两种。共模噪声是相对于一个公共点,同时出现在仪器两个输入端;常模噪声则串联在测量回路中。

外部噪声可以通过导线传导、阻抗耦合、磁场耦合和电磁辐射耦合等途径进入仪器,对有用信号形成干扰。其中由信号线、电源和地线引入的噪声是主要的干扰途径。

当输入信号线处于有噪声的环境时,将会把噪声信号引入系统中。往往由于有用信号电平较低,这些噪声就会对有用信号造成干扰,应尽可能隔离仪器输入输出信号与干扰信号的联系。使用光电耦合器和继电器等隔离器件,线路简单,可以达到很好的抗干扰效果。对 50Hz 及其谐波成分为主的工频干扰,利用 RC 无源滤波器可对噪声起到很好的抑制作用。盐湖野外自动观测系统采用无线数传机与中心站通信,为了防止电场、磁场和电磁波的干扰,对有关电路采取了整体或局部屏蔽措施。

不干净的供电电源本身就是一个噪声源。电源线也很容易检拾各种干扰信号,直接影响仪器工作的稳定性和可靠性。为防止电源系统引入干扰,可以采用隔离变压器、低通滤波器、高抗干扰的稳压电源和干扰抑制器等。在电源输入端和整流电路输出端加高频滤波器,对电源变压器初、次级的接地做不同的处理,都可收到抑制噪声的效果。在盐湖野外数据采集系统中,采用太阳能蓄电池组供电,避免了交流供电电源系统的干扰。

地线引入的干扰主要是地电位差形成的共模噪声。它对系统的影响决定于它变换成常模噪声的大小。当系统二输入端处于完全对称时,共模噪声对系统的影响可以忽略。但是任何优良的电路都不可能做到二输入端完全对称。抑制共模噪声可以从减小噪声源与信号回路的公共阻抗,增大噪声源两端的实际阻抗,短接干扰电流的通路,采用共模抑制能力强的差分测量放大器等方面采取措施。我们在盐湖野外仪器的设计中采用浮空技术加保护屏蔽层的方法,信号线屏蔽外皮与保护屏蔽端相接,而不接机壳。在仪器内部,把模拟地、数字地和系统地分开。模拟地和数字地分别单独接在一起,再把二者接到系统地。

1.3 自检电路

为了让系统能够判断自己的工作状态是否正常,设计了自检电路。这对无人值守的野外仪器非常重要。为此,要设计标准检测信号和转换电路。

盐湖数据采集系统用 4-16 译码器 CD4514 的输出信号进行自检。它输出的高电平经电阻分压后作为已知的模拟量送入 ADC0816 中进行模数转换,80C31 读取转换后的数据,判断其值,如在允许的误差范围内则正常,否则出错。

智能测钾仪采用标准方波多次分频后作为自检信号。该信号经模块开关切换接入脉冲输入端,记录单道脉冲分析电路输出脉冲数即可检测整个脉冲计数通道工作是否正常。

自检的内容越多越细,就越能迅速确定仪器是否正常工作以及故障在什么部位。但另一方面,自检内容增加,就增加了电路的复杂性,增大了功耗和系统运行的时间。因此设计时要做到二者兼顾。

1.4 后备功能电路的设计

盐湖数据采集系统采取双路间断供电方式,以降低系统的功耗。其中,常供电电路的可靠性要高,非常供电电路的可靠性要求较低。而 RAM 中的数据是可靠性要求最高的,所以给它加了后备电池,即使常供电电路断电,也不会丢失 RAM 中的数据。此外,采集的数据必须可靠

地传送到中心站去。系统采用无线遥测通信,在通信程序设计中充分考虑了通信的可靠性问题。但为了防止遥测通信中某个环节出现问题而不能正常工作,系统设计了遥测和自记两种工作方式,增设了用 PC-1500 袖珍计算机取数的接口电路,并编制了相应的程序。

2 软件的抗干扰设计

智能仪器可以发挥其微电脑的优势,利用它的存储功能、高速运算功能和数据处理功能,采用程序设计的手段来检测、防止以至排除外界干扰对系统的影响,这就是软件抗干扰设计。用硬件和软件抗干扰措施相结合的方法,可以大大提高系统的抗干扰能力。软件抗干扰设计还可以代替部分硬件抗干扰电路的功能,从而简化电路,提高了仪器的性能价格比。

2.1 系统运行的软件可靠性措施

在盐湖数据采集系统和智能测钾仪中,采用了以下软件措施提高系统运行的可靠性。

(A)系统自检

系统自检包括对系统通道的检查和对 RAM、ROM 的检查。对 RAM 的检查是在每个单元写入相同的或交替改变的数值,然后读出,与写入之值比较。对 ROM 的检测方法是在写入程序时,留最后一个字节存放检验字,采用奇偶校验,使程序的字节按位异或由所得字节算出检验字。

(B)软件冗余和指令冗余

在重要的指令(如开中断和关中断、跳转和返回等)的后面,再写上同样的指令,中间夹上几条空操作指令。如果前面的指令运行时遇到干扰,在大多数情况下后面的相同指令可使程序不受干扰而正常运行。

(C)空操作码和软件陷阱

在程序一些重要指令(如中断、跳转和返回指令)前,在子程序之间以及每隔数十条指令序列就插入几条空操作指令。因干扰而乱跳的程序在遇到空操作码后,会将空操作码作为当前执行的操作码的一部分解释执行,后面的程序计数器(PC)指针就会正常。在没有使用的剩余的 EPROM 空间里设置拦截措施,程序跑飞到这个区域,就让程序跳转进入初始状态或转到抗干扰处理程序。

(D)软件自监控法

如果跑飞的程序在系统程序内部跳转,要使用软件自监控法。程序采用模块化、子程序化设计,程序的执行也是一个模块一个模块地执行。在执行当前模块时,为下一模块设立一个码,进入下一模块后再检测标志码,如正确就正常执行。否则就转到错误处理程序。程序模块逐个传递,很容易判断程序运行是否正常。

(E)用定时器监控程序运行

利用 CPU 内部空闲时的定时器进行定时监控,定时器的溢出周期比主循环程序正常运行一个循环的时间长,在主程序运行过程中要刷新定时器的时间常数。正常时循环程序不断运行,定时器不断刷新,不会溢出产生中断。当程序受到干扰跑飞或出现死循环而不能正常刷新定时器时,定时器就会溢出,产生中断,请求处理或将系统复位。

2.2 输入信号的有效性

(A)输入通道的检查

为保证系统输入信号的有效性,要对系统输入通道进行检查维护。一是对传感器信号和放大器的零漂进行检查,通过软件判断,进行错误报警;二是对接口芯片的控制字在工作前重新写入,确保正确控制。

(B)数字滤波

数字滤波,就是用一定的计算方法对系统的输入信号进行数学处理,提高输入信号的信噪比。数字滤波的方法有很多种,我们主要采用了以下几种方法:①程序判断滤波法:对每个采样的信号多次采样。根据数学规律或经验,确定出两次采样信号可能出现的最大偏差。实际偏差若超过此值,则表明该次采样信号中申入了干扰,应当舍弃;若偏差小于此值,则采样信号有效;②算术平均法:把多次采样的所有采样值相加,求其平均值,作为该采样点的采样结果;③中值滤波法:去掉多次采样值中偏大和偏小的数据,保留居中的值。这样可以滤除脉冲性干扰。此外,还有一阶滞后滤波、高通滤波、带通滤波等方法。为了增强滤波效果,常把两种以上的滤波方法结合起来使用,并要根据信号和干扰的特点来选择适当的滤波方法。

2.3 系统通信的可靠性

盐湖卤水动态自动观测系统由一个中心站和 20 个子站组成,中心站微型机与各个子站之间通过无线数传机进行半双工异步串行通信。为了保证系统的可靠通信,给每个子站规定一个站号;当中心站与某一子站通信时,首先呼叫该子站的站号;子站通过判断中心站的呼叫信号来确定是否呼叫自己;只有当确定是呼叫自己时,才进行响应。这时子站向中心站发回本站的站号码,中心站判断子站响应正确,则联络成功,于是向子站发出命令码,子站根据收到的命令做相应的工作。如果联络失败,则重复上述联络过程,直到成功。为使通信联络和遥测命令传送可靠,中心站和子站采用反复“询问”和“应答”的方式工作。

在通信联络过程中,中心站和子站都要不断改变收发状态。为了避免通信中发生错误,在改变收发状态时要加一些延时。而当中心站和子站之一方状态转变时,另一方也必须随之转变。这种同步关系是靠通信程序中的状态持续时间常数和延时常数来实现的。同时,在发送数据时,也需要各个数据之间加一些延时,并保证发送数据的字节间隔延时大于接收数据的字节间隔延时,以避免传输过程中数据丢失。

另外,在无线遥控通信中不可避免地会遇到各种干扰。为了防止由这些干扰引起数据传输的差错,提高通信的效率和可靠性,用软件方法对传输中发生的错误进行检查。子站在发送测量数据前,先发送一些特征码。中心站接受数据时,首先对收到的特征码进行判别,以此来检验错误。

为了保证通信程序的快速性和收发状态转换的灵活性,中心站呼叫联络程序用汇编语言编写。而通信主程序用 BASIC 语言编写,便于数据的存储、转换和增强人机交互能力。这样就使两种语言的优点都得到充分发挥。

由于采取了以上硬件和软件可靠性设计措施,盐湖野外自动观测系统从开始运行以来,实现了长期稳定可靠工作。

参 考 文 献

- [1]何立民, MCS—51 单片机系统设计—系统配置和接口技术, 北京航空航天大学出版社, 1990.
- [2]沈兰荪, 智能仪器与信号处理技术, 科学出版社, 1990.
- [3]祁永唐, 微型机盐湖卤水动态自动观测网络系统, 西部电子, 1990(4):55—59.
- [4]李天福, 野外低功耗智能仪器设计, 中国科学院青海盐湖研究所: 硕士论文, 1993.

The Reliable Designing of the Automatic Observing System on the Salt Lake

Qi Yongtang Li Tianfu

(Qinghai Institute of Salt Lakes, Academia Sinica, Xining, 810008)

Abstract

In this paper, the methods of designing the high reliable intelligent instruments used in the fieldwork under the bad weather condition are discussed. Some special treatments of designing including software and hardware were also introduced, in order to make automatic dynamic observing system reliable and less interferential.

Keywords Automatic observing system, Intelligent instrument, Reliable designing, Less interferential treatment.