

基于 PLC 的双机热备系统

吴影生

(中国电子科技集团公司 第 38 研究所,安徽 合肥 230088)

摘要:为解决某转台驱动系统的 24 小时连续不间断运行问题,设计了一种基于小型可编程逻辑控制器(PLC)的双机热备系统。借鉴计算机集群系统中的心跳机制概念,通过 PLC 的普通输入/输出端口,在 PLC 上实现心跳机制,监测主备系统的工作情况,形成双机冗余热备份。分析了该热备方法的工作原理,给出了心跳机制实现的具体软、硬件方法。在某转台驱动系统上进行了长达两年的连续试验验证。研究结果表明该系统结构合理、控制灵活、可靠性高,应用于类似的控制系统中,可以提高可靠性,降低故障率。

关键词:双机热备;可编程逻辑控制器;心跳机制

中图分类号:TP273;TH39

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2011)06-0739-03

A dual-redundancy system based on PLC

WU Ying-sheng

(No. 38 Research Institute, China Electronics Technology Group Corporation, Hefei 230088, China)

Abstract: In order to solve the 24-hour uninterrupted operation problem of a turntable driving system, a dual-redundancy control system based on programmable logic controller(PLC) was designed. With reference to the heartbeat mechanism concept, which was used in computer cluster technology systems, PLC input and output ports were designed to data monitoring channel to control the switching between the master and the slave. After analysis of the principle, the method of hardware and the software was given. The turntable driving system has been worked for two years and the operation results indicate that the system is advanced, reliable and flexible. The application of this dual-redundancy system in industry control system will help to improve reliability and reduce fault.

Key words: dual-redundancy; programmable logic controller(PLC); heartbeat mechanism

0 引 言

现代工业控制中,自动化设备的应用越来越广泛,极大提高了系统的安全性和可靠性,但在一些特定的场合,一旦控制设备发生故障,系统停机会造成严重后果^[1-2],因此一些公司开发了具有双机热备份功能的系统,从硬件上实现系统的冗余设计,增加可靠性,保障安全。但对一些中小型的控制系统来说,采用这样的硬件产品,设备量增加,成本过大^[3-4]。某转台驱动系统要求设备 24 h 工作,出现故障后不停机维修,需要设计成有冗余备份的系统。该设计采用了两套小型 PLC 产品,通过软、硬件冗余构成一套双机热备系统。

在双机热备系统中两套设备都处于热机状态,一旦一套出现故障,另一套设备立即接管所有工作任务。双机热备系统通常有两种运行方式:一种是 Online 方式,两套设备同时工作,分别担负不同的任务,均衡负

载;另一种是 Standby 方式,备机不工作,只监测主机的工作状况。这两种方式各有利弊,Online 方式的投入成本大,运行起来有一定困难,Standby 方式由于要在主、备机之间进行切换,切换时间主要由所使用的控制器来决定,所耗时间对有些系统来说可能太长^[5-6]。本研究考虑到该驱动控制系统主要用于转台驱动控制,允许的切换时间为 1 s,采用的 PLC 控制器可以将系统的切换时间控制在 10 ms 以内,因而采用 Standby 方式可以满足系统要求。

根据双机热备系统的要求,硬件结构除了实现系统控制功能外,还要兼顾双机热备功能的实现。两套 PLC 系统具有完全一致的硬件结构,主要由 CPU 模块、数字量输入输出模块、通讯模块等构成。系统之间互为备份,通过 I/O 端口、RS232 串口和以太网相连接,系统运行的关键数据在两个系统之间呈镜像存在。在正常工作时,控制权在主机上,主机采集各类状态信

息,控制各外部设备工作,主要数据通过通讯接口镜像到备机上。当主机发生故障时,按照设定的监测机制,在一定时间内,控制权切换到备机上,备机升级为主机工作,载入镜像数据,接管整个系统的控制运行。在不干扰备机的情况下,主机可脱离系统进行故障诊断和维修,修复后,投入运行,充当备机。

1 工作原理

双机备份思想的核心是将主要控制模块设计成互为备份的两套,同一时间有也仅有一套在运行,当主机出现故障,不能正常工作时,系统立即进行切换,备机接管系统,实现无扰动切换。

冗余备份系统在计算机技术中广泛采用,通常用心跳机制来不断监控系统,周期性地检测集群中节点机器的工作状态,发现故障点及时进行机器的切换。心跳机制(heartbeat)通过周期性地向系统中其他节点发送心跳信息并等待心跳回复信息来检测集群中节点机器的工作状态,当接受心跳检测的节点机器的工作状态变化时,它会把工作状态改变的情况封装在心跳回复中通知发送心跳检测的节点,如果发送心跳的节点在一定时间内没有收到心跳回复,则认为被检测的节点失效,通知集群管理软件或者采取其他相应措施,这就是心跳失效检测的原理^[7-8]。在计算机应用中,通过网络和专用心跳检测软件包来实现其功能。

本研究考虑到工控领域的应用特点,结合 PLC 的硬件构成,借用计算机控制中的心跳检测方法,在 PLC 组成的双机热备系统中,用两对普通 I/O 端口来作为心跳检测的联络线,同时,通过通讯端口来执行实时数据的传输同步。

心跳线用 PLC 的硬件输入/输出通道来进行硬件上的连接,用两对通道来做心跳检测的信号线,主、备系统间输入/输出通道相互交叉连接,如图 1 所示。一对用高低电平来表示系统的工作情况,称为主备信号,一对用脉冲信号来进行系统状态的同步,称为时序信号。在软件中进行相应设计,对 PLC 系统进行状态监测和数据同步。以两对输入/输出通道作为心跳检测电路,充分利用了 PLC 硬件的特点,实时性好,可靠性高,同时两对通道可以互为冗余备份,相互验证系统的工作状态。

1.1 主备信号

主备信号传递系统的工作状态,主机工作时,将一路输出通道的信号置高输出到备机的输入通道,备机将该输入信号置低再输出到主机的输入通道。备机通过输入通道监视主机的工作状态,当在规定的最大时

间间隔内,备机无法接收到主机的高电平信号,则认为主机已出现故障,备机自动切换到主机状态工作,相应的主备信号输出通道置高输出。同时,主机也不断监测备机的工作状态,当发现备机传送的主备信号异常时,发出故障指示。

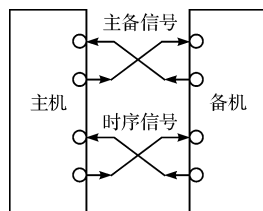


图 1 心跳监测线示意图

1.2 时序信号

时序信号除了传递系统的工作状态外,还用于系统之间的同步运行,硬件连接方法和主备信号一致。主机工作时,通过一路硬件输出通道产生连续脉冲信号输出到备机的输入通道,该脉冲在 PLC 的每个循环周期内反向一次,即该脉冲频率为循环周期的 2 倍,备机将接收到的脉冲信号反向,再输出到主机的输入通道。主机和备机各自根据接收到的脉冲信号情况来判断彼此的工作状态,以执行对应的操作。同时,主机根据自身脉冲信号的状态,在上升沿扫描执行用户程序一次,备机则根据接收到的主机时序信号,遵循同样的方法,在每个脉冲的上升沿扫描执行程序一次,保证两套系统程序的节拍一致,同步运行。

1.3 数据同步

在系统运行时,为保证外部输入/输出的一致性,实现无扰动主备切换,需要在主机和备机之间进行数据的实时同步^[9]。数据同步通过 PLC 的通讯端口来完成,同样采用冗余设计,利用 RS232 接口和网络同时将主机运行数据传递到备机,数据同步的速率和频率可根据用户程序的要求进行调节,但不能超过系统的循环周期。同步数据主要包括:主机从硬件通道直接获取的输入数据、主机程序运行所产生的外部输出数据、主机程序运行时产生的与程序历史进程相关的内部数据。在上述同步数据得到正确处理的前提下,备机无论何时投入运行,一旦切为主机,其控制输出行为都可以保证无扰动的切换。主备间数据同步示意图如图 2 所示。

双机热备系统建立后,在硬件上,任何一套正常工作的系统都可以作为主机,一旦主机停止工作,另一套系统马上取得控制权。在软件上,两套系统完全一致,对程序的任何在线更改不仅下载到主机上,同时也下载到备机上。

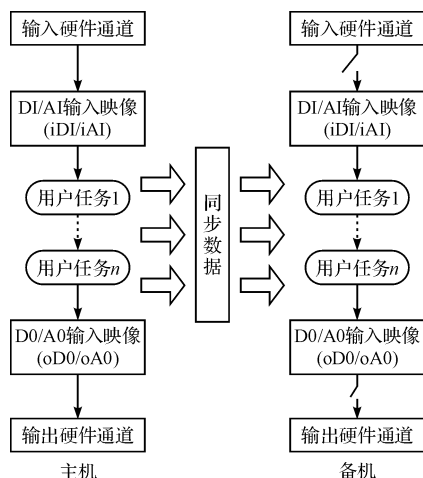


图2 主备数据同步示意图

由于本研究采用了心跳监测机制,系统依靠心跳脉冲来判断状态和同步数据,其最小监测时间由心跳脉冲的频率来决定,意味着心跳频率越高,系统状态刷新就越快,其切换时间也就越短。对该转台驱动系统来说,综合考虑 PLC 控制器和软件运行情况,其切换时间控制在 10 ms 之内。

2 软件实现方法

根据上述的设计思想,本研究在软件设计过程中除了考虑系统功能的实现外,还要增加必要的应用程序接口,作为主备系统之间的传输通道,实现心跳监测机制,保证数据同步。软件中用一个单独的任务来进行心跳监测处理、接口变量和同步数据的传递^[10]。

为了实现心跳机制,程序开始运行后,本研究在初始化里将一套系统默认为主机,另一套默认为备机,根据硬件通道的设置在主机的对应端口输出主备信号和时序信号,备机接收信号并反向输出给主机,按照心跳机制,主、备机同时开始循环监测系统状态。主备监测切换框图如图 3 所示,实际应用中考虑上位机的作用,允许上位机自由切换主备机,方便系统退出运行,进行检修维护。当前为主机时,心跳线输出主备和时序信号,开启硬件输入/输出通道,同时监测备机状态,上位机发出主备切换信号后,将本机置为备机;当前为备机时,监测心跳线信号,信号有效时,保持当前备机状态,关闭输入/输出通道。当心跳信号异常时,延时等待,超出设定时间后自动将本机置为主机运行,接管系统工作并告警。

在主备系统上,编制的应用程序是完全对等的,为了实现数据同步,软件中开辟 iDI、iAI、oDO、oAO 镜像数组,将硬件输入量映射到 iDI、iAI 镜像数组中,应用程序通过访问 iDI、iAI 来实现对外部输入信号的采集,oDO、

oAO 镜像数组输出数据到外部硬件输出通道,应用程序通过访问 oDO、oAO 来实现对外部输出通道的访问。

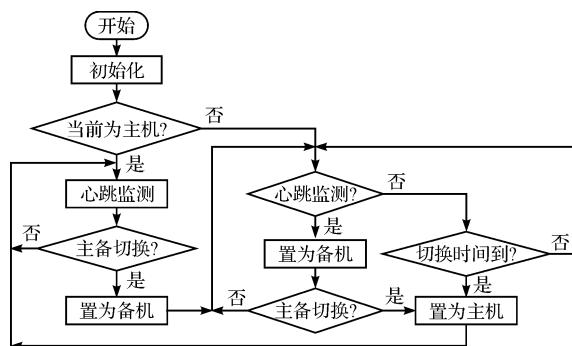


图3 主备切换策略流程图

3 结束语

整个系统在 PLC 硬件的基础上,采用 Standby 工作方式,利用两对心跳线来保证主备系统之间能够安全有效同步运行,系统数据在两个系统之间传递,刷新时间 10 ms,出现故障后,能及时进行切换。同时程序中引入多线程的设计思想,降低应用成本,使整个系统对外界呈现高可靠性的单机工作特性。

该转台驱动系统在实际工作环境中进行了两年多的实验验证,实践结果证明,系统设计可靠,运行稳定,效果良好,适用于对系统可靠性要求较高的各类控制监测系统。

参考文献 (References):

- [1] AGGAWAL K K. Redundancy optimization in general systems [J]. *IEEE Transactions on Reliability*, 1976, 25 (5): 330-320.
- [2] COIT D W, SMITH A E. Redundancy optimization of series-parallel systems using a genetic algorithm [J]. *IEEE Transactions on Reliability*, 1996, 45 (2): 254-266.
- [3] 赵强,顾德英,汪晋宽,等. PLC 双机热备系统设计及性能优化 [J]. *仪器仪表学报*, 2005, 26 (8): 636-638.
- [4] 文吉,丁杰雄,张步良. 小型 PLC 双机数据交换模式研究 [J]. *机械*, 2000, 27 (5): 35-37.
- [5] 鲁连奎,张保平. PLC 程控系统的数据通信和双机热备 [J]. *测控技术*, 2000, 19 (5): 62-64.
- [6] 徐鹏. PLC 双机热备的建立及其实现 [J]. *工业控制计算机*, 2005, 18 (6): 78-79.
- [7] HOU Zong-hao, HUANG Yong-xiang, ZHENG Shou-qi, et al. Design and Implementation of Heartbeat in Multi-machine Environment [C]//17th International Conference on Advanced Information Networking and Applications, AINA 2003. Xi'an: [s. n.], 2003: 583-586.
- [8] BUYA R. High performance cluster computing architecture and system [M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2001.
- [9] 史文路. 双机热备系统的研究与设计 [D]. 南京工业大学电子与信息工程学院, 2006: 43-48.
- [10] 韦奕,蒋式勤,陈维. 软件方法实现欧姆龙 PLC 双机热备 [J]. *微计算机信息*, 2003, 19 (9): 34-35.

[编辑:李辉]