

文章编号: 2095—0411 (2013) 03 - 0053 - 04

一种新型的高温工业电视控制系统的设计^{*}

焦筱俊, 王天成, 王洪元, 贾冬勤

(常州大学 常州市过程感知与互联技术重点实验室, 江苏 常州 213164)

摘要: 介绍了一种以 C8051F330 控制器为核心, 结合物联网技术 (射频技术) 的新型高温工业电视远程控制系统的模块化设计方法, 实现对高温炉窑内多种信号的采集处理、设备保护、无线监控等功能。阐述了各个模块的软硬件设计方案, 给出了部分电路图和程序设计流程图。经实际应用证明可完全替代以 PLC 为核心的传统控制系统, 具有良好的应用推广价值。

关键词: C8051F330; 高温工业电视; 控制系统; 物联网

中图分类号: TM 29

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.2095—0411.2013.03.014

Design of a New Remote Monitoring System of High-Temperature Industrial TV

JIAO Xiao-quan, WANG Tian-cheng, WANG Hong-yuan, JIA Dong-qin

(Changzhou Key Laboratory of Process Perception and Interconnected Technology, Changzhou University, Changzhou 213164, China)

Abstract: To achieve a variety of signal acquisition and processing of high temperature furnaces, equipment protection, and wireless monitoring function, a new method of the modular design of the remote monitoring system of high-temperature industrial television is proposed, which uses C8051F330 controller as the core, combined with the IOT technology (RF technology). The various modules of the software and hardware design are elaborated and the part of the circuit diagram and program design is given. Application in practice proves it can completely replace the traditional control system with PLC as the core and has great value in promotion.

Key words: C8051F330; high-temperature industrial television; monitoring system; IOT

高温工业电视是在高温加热过程中, 通过对炉窑内的内壁状况、火焰形状、料面提升情况、颗粒状态等诸多因数进行综合有效的图像观测, 来控制炉窑内运行工况的一种监控设备。它广泛应用于冶金、电力、建材、化工机械等行业的加热炉、蒸汽炉等工业炉壁上, 直接远距离监控炉内工件运行、物料熔化和火焰形状等状况, 用来保证生产安全、

提高产品质量、改善工作环境、降低劳动强度、实现集中调度生产过程中的自动监控^[1-2]。

由于传统的高温工业电视监控系统体积过大、控制线路多, 如果现场环境不能满足使用要求的情况下, 极容易出现设备故障。另外由于高温工业电视设备的体积庞大, 有些工业炉窑的炉壁承重能力不能满足安装条件, 高温工业监控系统安全安装时

^{*} 收稿日期: 2013 - 03 - 06

基金项目: 江苏省产学研前瞻性联合研究项目 (BY2012097)

作者简介: 焦筱俊 (1987—), 男, 江苏淮安人, 硕士生; 通讯联系人: 王洪元。

不得不破坏工业炉窑的外观。为了减少高温工业监视系统故障率,又能小巧轻便的安装在工业炉窑上,本系统的控制系统采用 C8051F330 嵌入式微处理器控制组件取代了原先的 PLC 连接的传统控制模式,实现控制系统与退出装置(传动部分)的一体化以及结合射频技术的设备远程监控。本系统具有低功耗、体积小、集成度高等优点。

1 系统总体设计

基于物联网技术的新型高温工业电视控制系统组成与控制示意图如图 1 所示,本控制系统采用对传感器进行分时扫描的工作方式,控制端上电后将主动向传感器按照预定的编码发起连接请求,与传感器建立数据传输通路。利用温度传感器和压力传感器将采集到的窑炉内的现场数据经过简单的处理后,经过射频模块发送到控制器的接收端,控制端接收到数据后,若显示的温度一旦高于高温探头所能承受的 2 000℃ 的高温上限时,立即向发送端发出警报控制信息,并控制电机反转退出摄像头起到保护设备的作用。

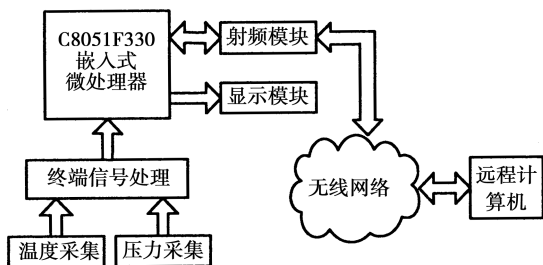


图 1 系统整体组成示意图

Fig. 1 Chart of the general architecture

2 系统硬件设计

本系统采用嵌入式数字集成电路进行控制,取代了传统的以 PLC 为核心的控制模式,节约了成本,简化了现场安装程序。系统采用控制芯片组件而不直接使用可编程控制器,是为了更好的把传感器采集到的信号整合到系统控制中去。硬件系统主要包括摄像头控制、信号(温度和压力)采集、探头断电保护、进退控制电机、探头旋转调节和无线发射模块,其系统硬件组成框图如图 2 所示。

2.1 嵌入式控制系统设计

作为整个系统的控制部分,嵌入式控制系统的设计对整个系统来说是最重要的部分,本系统应用嵌入式单片机芯片为主控制器并结合限位开关,实

现电机正转、反转以及限时动作控制等功能。使用 C 语言进行编程,其多个运动控制器通过 CAN 通讯接口互连,很容易组成多轴联动控制的方式。通过主控制器的简单处理来完成开关量输出功能。其原理框图如图 3 所示。

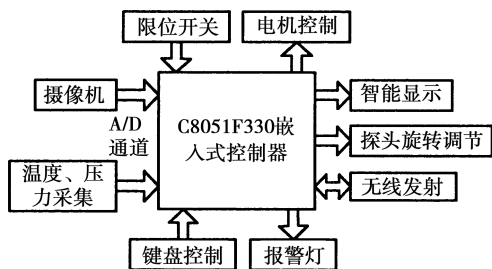


图 2 系统硬件组成框图

Fig. 2 Chart of the system hardware components

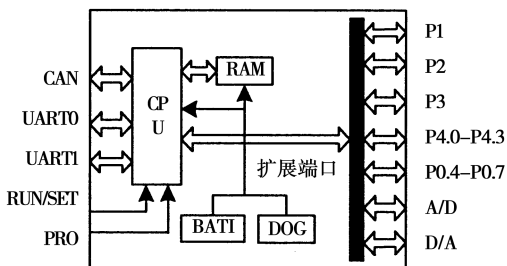


图 3 嵌入式控制系统原理框图

Fig. 3 Chart of the embedded control system

控制器芯片选用 C8051F330,其主要特性:高速流水线结构的 8051 兼容的 CIP - 51 内核,最高 25MIPS 执行速度;全速非侵入式的系统调试接口(片内,C2 接口);真正 10 位 200kbps 的 16 通道单端/差分 ADC,带模拟多路器;1 个 10 位电流型输出 DAC;高精度可编程的 25MHz 内部震荡器;8k 字节可在系统编程的 FLASH 存储器;768 (512+256) 个字节的片内 RAM;硬件实现的 SPI, SM-Bus/IIC 和 1 个 UART 串行接口;4 个通用的 16 位定时器;具有 3 个捕捉/比较模块的可编程计数器/定时器阵列;片内上电复位,看门狗定时器,1 个电压比较器,VDD 监视器和温度传感器;17 个 I/O 端口;-40~85℃ 工业级温度范围^[3]。

2.2 信号采集部分

本新型控制系统的信号采集部分主要包括温度采集、压力采集两个部分。压力采集包括压缩空气的采集和冷却水压的采集两个部分。

2.2.1 温度采集

温度采集通过热电偶采集摄像头周边的温度,确保设备的摄像头工作在允许的工作环境中。热电偶采

集到的温度信号传输到信号处理芯片中,进行模数转换。运算得出的温度值可通过显示窗口显示出来。

热电偶作为温度的信号，作冷端补偿，通过信号调理电路完成对传感器信号滤波、放大和限幅的功能，该电路除了放大功能外还具有滤波功能，消除无关的交流分量。模数转换选用 C8051F330 内部 10 位 200kbps 的 16 通道单端/差分 ADC 进行数字化处理，并用显示模块显示，其热电偶信号的采集及基本放大电路如图 4 所示。

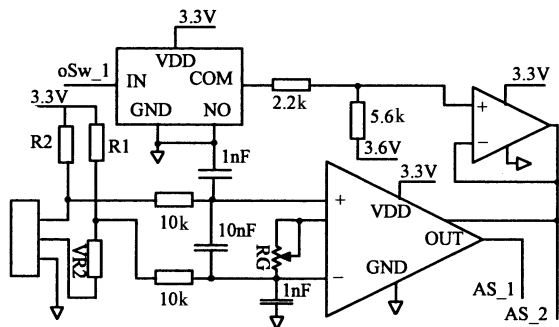


图 4 热电偶信号的采集及基本放大电路

Fig. 4 Circuit of thermocouple signal acquisition and the basic amplification

本系统配有 6 位键盘和 1 块 128 * 64 的 LCD 液晶显示器,可按自己需要设置报警值。把设定的数据存放到外部存储器中。选用 24C02 作存储器。当采集到的数据大于相对应的设定值 (2 000℃) 时,系统作报警提示。

系统选用 K 系列的热电偶作为测温元件, 具有体积小, 价格低且测量速度快的特点。热电偶输出为毫伏级电压, 因此要加放大电路。本系统采用 OP - 07 设计信号放大电路, 其噪声峰 - 峰值为 $0.6\mu\text{V}$, 共模扼制比 CMRR 为 $106\text{DB}^{[3-4]}$ 。

信号控制部分采用 C8051F330 进行控制与数字运算后通过 nRF24L01 发送至系统监控端。热电偶测量时要进行冷端补偿。本系统采用三极管 PN 结的温度特性作温度补偿。PN 结在 $-100\sim 100^{\circ}\text{C}$ 范围内, 其端电压与温度有较理想的线性关系, 温度系数为 $2\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ [5]。

2.2.2 压力采集

压力采集包括压缩空气的采集和冷却水压的采集。本系统通过压力变送器将采集到的压力模拟信号传输到信号处理芯片上进行处理。并输出到显示器上,显示采集到的数据的真实值。

2.3 数据发送模块

数据发送与接收单元采用挪威 Nordic 公司推出的 nRF24L01 单片无线收发一体芯片,工作在

2.4GHz ISM 频段, 该芯片具有接收灵敏度高、外围电路少、发射功率低、传输速率高和功耗低等特点, 可以实现点对点、点对多点的通信。nRF24L01 通过 SPI 接口和 C8051F310 进行信息交换, CE 连接 P0.3, P0.6 与 CSN 连接, IRQ 连接在了 P0.7 端口, 可通过 C8051F330 的交叉开关将其配置为外部中端口, 其余的端口与 C8051F330 的 SPI0 端口连接。其发射模块原理图如图 5 所示。

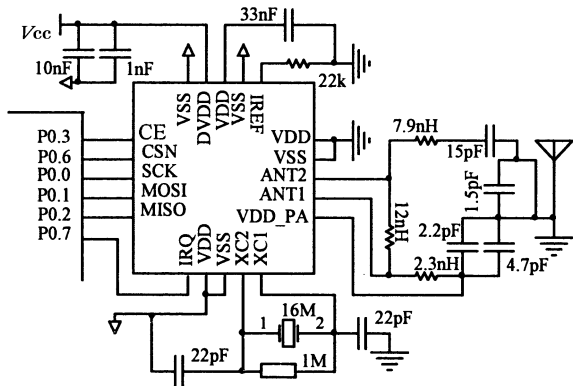


图 5 发射模块原理图

Fig. 5 Transmitter module schematics

2.4 远程控制

由于高温工业电视的特殊工作环境,采用无线射频监控的模式打破了时空的限制,远程计算机只发出控制命令,而由设备自主地完成这个命令,监控设备只对设备进行监视,在必要时对设备进行干预。这种模式可实现远程设备的无人控制,可应用于危险环境和人力所不能到达的地方等。

窑炉内的温度都通过发送模块实时的显示在远程计算机上,通过远程计算机可以实现对内窥探头(CCD 摄像机)的旋转控制,提高了火焰检测的直观性、灵敏性、准确性和鉴别能力。一旦窑炉内的温度高于设定的温度上限(一般为 2 000℃)时,远程计算机上会发出报警信号,并能自动发出控制信号,使电机反转,及时退出摄像头,提醒操作人员对工业炉窑进行检测^[7-8]。

3 系统软件设计

系统的软件设计分为两部分：计算机远程监控系统 and 硬件程序。远程监控系统软件采用 C# 编写，系统运行时实时监控整个系统的运行状态，对于突发的非正常情况进行声光报警，同时自动进行实时处理。软件采集到的实时数据定时存入历史数据库。用户可以对历史数据进行分析、统计和专家

诊断等操作。厂家对历史数据的分析结果，还可以作为产品的改进和升级的重要依据。用户还可以通过浏览器和手机查询控制系统的工作状态。计算机监控软件的功能如图 6 所示。

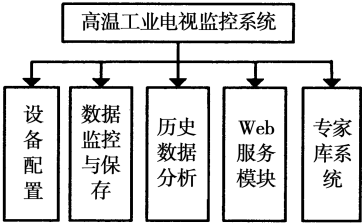


图 6 计算机监控软件功能图

Fig. 6 The function diagram of computer monitoring software

硬件程序分流程控制和数据采集与通信处理两部分。流程控制程序主要负责高温工业电视的流程控制，数据采集与通信程序主要负责检测信号的采集与远程计算机通信，通信模块将数据接收过滤后传送给远程计算机。其流程如图 7 和图 8 所示。

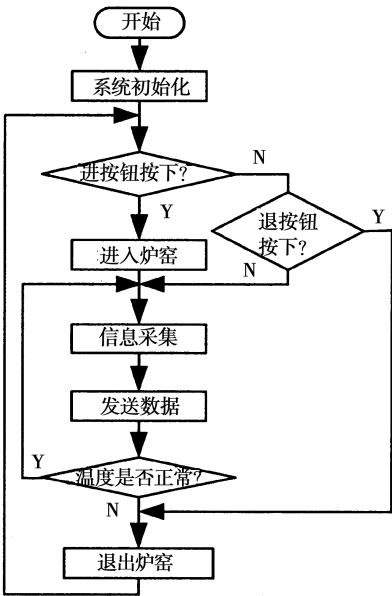


图 7 系统采集端程序流程图

Fig. 7 The program flow chart of capture terminal

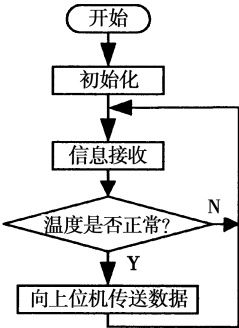


图 8 系统接收端程序流程图

Fig. 8 The program flow chart of receiving terminal

系统数据采集端使用 C 语言编程，并添加了

中断管理系统，通过 PLC 无法实现的硬实时操作来增强系统的灵敏性和准确性，一旦检测到窑炉内温度高于系统设置的温度上限时，控制系统能够迅速发出控制命令，使电机反转，退出摄像头，起到保护设备的作用，同时发出报警信号。

本系统设计的软件具有以下特点：①以 C 语言为内核，添加了中断管理系统，能实现 PLC 无法实现的硬实时操作；②强化运算能力，增加了 CANBUS 函数库、浮点数库、嵌入式 WEB 等，丰富了本系统的功能；③提供开放式扩展结构，支持第 3 方开发扩展单元的接线；④增加了网络互连功能，在远程端加载专用浏览器后，即可实现远程实时监控。

4 结 论

本系统已成功应用工业产品中。从实际应用和客户反映来看，该系统具有低功耗、体积小、集成度高、安装方便等优点。进一步缓解了传统的高温工业电视监控系统因体积过大、控制线路多，在现场环境不能满足使用要求的情况下，极容易出现设备故障的问题。另外本系统还有效缓解了传统高温工业电视设备中因体积过于庞大，有些工业炉窑的炉壁承重能力不能满足安装条件，安装时不得不破坏工业炉窑外观的问题。本系统不仅能减少高温工业监视系统的故障率，又能小巧轻便的安装在工业炉窑上，具有较好的应用推广价值。

参考文献：

[1] 李静, 王芳, 申凌云, 等. LCG07 - 01QD 型高温工业电视监视系统 [J]. 自动化应用, 2011 (11): 61 - 62.

[2] 李振强, 焦志敏, 陈新峰. 内窥式高温工业电视监控系统的设计 [J]. 硅谷, 2011 (5): 69.

[3] 刘鹏, 于立新, 覃辉, 等. 常见嵌入式微处理器调试技术综述 [J]. 微处理机, 2011 (4): 16 - 19.

[4] 李春林, 程健. 基于 ARM 和 nRF2401 的嵌入式无线网络测控平台 [J]. 自动化仪表, 2007, 28 (8): 8 - 11.

[5] 樊俊霞, 李新娥. 基于单片机的数据采集与无线收发系统的研究 [J]. 山西电子技术, 2011 (6): 48 - 50.

[6] 罗强, 程皓. 直插式高温工业电视系统的优化和应用 [J]. 宝钢技术, 2011 (3): 65 - 66.

[7] 陈庆昉, 陈宇灿, 杨守建, 等. 一种基于 C8051F330 单片机的无线温湿度监控系统 [J]. 农机化研究, 2011 (11): 199 - 202.

[8] 杨卫中, 俞国光. 炉窑三维智能视频检测系统的分析和研制 [J]. 工业炉, 2008, 30 (5): 199 - 202.