

基于 MSP430 控制的温度采集系统的设计

A Design Of Temperature Collection System Based On MSP430

(南京工业大学) 何术利 洪厚胜

HE Shu-li HONG Hou-sheng

摘要: 本文介绍了利用 MSP430F413 单片机实现温度采集的一种方法,并将卡尔曼滤波应用于测量系统,提高了系统的测量精度,移植了 MODBUS 协议,使本系统可以和具有支持标准 MODBUS 协议的上位机通讯。

关键词: MSP430F413;LM331;卡尔曼滤波

中图分类号: TP216 **文献标识码:** B

Abstract: This paper describes a method of temperature collection based on MSP430F413 Microcontroller and apply Kalman filter to temperature measurement, improved the precision of the system, And transplanted MODBUS protocol to MSP430F413 Microcontroller, so it can communication with the main controller which sustain MODBUS protocol.

Key words: MSP430F413;LM331;Kalman filter

1 概述

温度是工业生产中常见和最基本的参数之一,在生产过程中常需对温度进行监控。采用单片机进行温度检测、数字显示、信息存储及实时控制,对于提高企业生产效率和产品质量、节约能源等都有重要的作用。为此,我们设计了一种采用 MSP430F413 单片机控制的温度采集系统,并移植 MODBUS 协议于本设计,使本系统可以和具有安装标准 MODBUS 协议软件的上位机通讯,便于温度数据存储等。

2 系统硬件设计

2.1 系统接口电路

图 1 给出系统整体接口电路,图中省略了 MSP430F413 的最小外围系统电路及电源模块。温度传感器的输出信号经温度变送模块转化为 0-5V 标准的电压信号,由 VIN 进入电压/频率(V/F)转换模块,转换为 0-100 kHz 的频率输出至 MSP430F413,经 MSP430F413 采样计算后显示在液晶模块上。本设计所用液晶模块显示为 CM240128。CM240128 是一个中英文文字与绘图模式的点矩阵液晶显示模块,内建 512KByte 的 ROM 字形码,可以显示中文字型,数字符号,英,日,欧文等字母,并且内建双图层的显示内存,在文字模式中可接收标准中文文字内码,直接显示中文而不需要进入绘图模式以绘图方式描绘中文,可以节省许多微处理器时间。

设置 P4 端口为液晶显示模块数据输入口。P3.0—P3.3 引脚为输出,P3.4 为输入。P3.0 定义为 RS,P3.1 定义为 /WR,P3.2 定义为 /CS1,P3.3 定义为 /RD,P3.4 定义为 BUSY,判断液晶模块是否忙碌。

由于 MSP430F413 没有通讯接口,所以要进行通讯必须用 I/O 口模拟,本设计用 P2.1 口做为 RXD 接收数据,P2.5 口做为

TXD 发送数据。

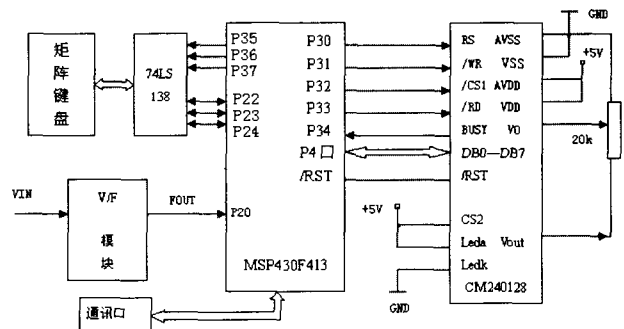


图 1 系统接口电路

2.2 键盘设计

键盘采用矩阵式薄膜键盘,共 20 个,其中用一片 74LS138 译码器用于键盘的列选择,共 6 根线可以扩展 20 个按键,节省了系统的 I/O 口。键盘接口采用行列扫描的方法实现,在系统工作时使用 I/O 口中断方式实现键盘输入。而 MSP430F413 的 P1、P2 口均可用于对外部事件的中断处理。本设计中 MSP430F413 的 P2 口接键盘,提高了 MCU 的效率。

2.3 V/F 模块设计

系统用 V/F 转换芯片将 0-5V 电压信号转变成频率输出至单片机,既节省了 IO 口,也节省了 AD 转换芯片,降低了系统成本。压控振荡器 LM331 是一电压/频率转换芯片,它的突出特点是把模拟电压转换成抗干扰能力强,可远距离传送并能直接输入计算机的脉冲串。由 MSP430 单片机的 Timer 模块检测输入频率以实现 AD 转换功能。LM331 使用了温度补偿能隙基准电路,因而具有极佳的温度稳定性,同时该器件的脉冲输出可与任何逻辑形式兼容;LM331 可单、双电源供电,电压范围为 5-40V;满量程范围 1Hz~100kHz;最大非线性误差为 0.01%。LM331 其电压频率对应关系为:

$$F_0 = KV_i, \text{ 其中 } K = RS(2.09R_i * C_i * RL), R_s = R_{s1} + R_{s2}$$

为了提高系统的抗干扰能力,在输出部分加了一片光耦隔

何术利:在读研究生

离,提高了系统的抗干扰能力,有利于信号的远距离传输。

3 Modbus 协议

3.1 协议简介

Modbus 协议工业领域全球最流行的协议。Modbus 支持传统的 RS-232、RS-422、RS-485 和以太网设备。许多工业设备,包括 PLC、DCS,智能仪表等都在使用 Modbus 协议作为它们之间的通讯标准。

控制器通信使用主-从技术,即仅一设备(主设备)能初始化传输(查询)。其它设备(从设备)根据主设备查询提供的数据作出相应反应。从设备回应消息也由 Modbus 协议构成,包括确认要行动的域、任何要返回的数据、和错误检测域。

3.2 传输模式

Modbus 分为两种传输模式—ASCII (美国标准信息交换代码)和 RTU(远程终端单元)模式。控制器能设置为两种传输模式中的任何一种在标准的 Modbus 网络通信。用户选择的模式,包括串口通信参数(波特率、校验方式等),配置每个控制器的的时候,在一个 Modbus 网络上的所有设备都必须选择相同的传输模式和串口参数。

本设计中所用传输模式为 RTU 传输模式。

RTU 模式传输格式如表 1 所示。

表 1 Modbus-RTU 传输模式

地址	功能代码	数据数	数据 1	数据 n	CRC 高字	CRC 低字
8Bit	8Bit	8Bit	8Bit	8Bit	8Bit	8Bit

实际发送中每个字节的格式如下:

- 1 个起始位
- 8 个数据位,最小的有效位先发送
- 1 个奇偶校验位,无校验则无
- 1 个停止位(有校验时),2 个 Bit(无校验时)

使用 RTU 模式,消息发送至少要以 3.5 个字符时间的停顿间隔开始。传输的第一个域是设备地址,如 0x01。在最后一个传输字符之后,一个至少 3.5 个字符时间的停顿标定了消息的结束。一个新的消息可在此停顿后开始。整个消息帧必须作为一连串的流转输。如果在帧完成之前有超过 1.5 个字符时间的停顿时间,接收设备将假定下一字节是一个新消息的地址域。

3.3 基于 MCGSE 的 Modbus 移植

MCGSE 的 Modbus-RTU 设备构件把寄存器的通道分为只读,只写,读写三种情况,只读通道用于把设备中的数据读入到 MCGSE 的实时数据库中,只写通道用于把 MCGSE 实时数据库中的数据写入到设备中,读写通道既可以从设备中读数据,也可以向设备中写数据。MCGSE 可操作的数据类型有:1 输入继电器(位操作只读);0 输出继电器(位操作,可读可写);3 输入寄存器(字,双字,只读);4 输出寄存器(字,双字,可读可写)。

本设备构件可操作的几种 Modbus 寄存器类型的读写和从设备的寄存器对应关系及功能码如表 2 所示。移植时需要注意的是,MCGSE 中的地址和实际下发的地址相差 1,即选择地址 1,则下发的命令是 0。

表 2 Modbus 寄存器类型及功能码

寄存器类型	功能	设备寄存器	读功能码	写功能码
1 输入继电器	开关量输入,只读	Coil[]	2 号功能码	无
0 输出继电器	开关量输出,读写	CoilShad[]	1 号功能码	5 号功能码
3 输入寄存器	数值量输入,只读	Reg[]	4 号功能码	无
4 输出寄存器	数值量输出,只写	RegShad[]	3 号功能码	6 号功能码 对于 4 字节数据,用 10 号功能码下发批写命令。

4 软件设计

系统程序框图如图 2 所示。系统初始化,显示开机画面之后开启基本定时器,用于定时唤醒单片机采样并显示实时温度。显示完温度后进入低功耗模式 3,等待外部键盘中断和定时器中断,中断返回后再次进入低功耗模式 3,从而降低了电能消耗。MODBUS 子程序用于响应主控制器的查询,上报测量温度数据等。

频率采集滤波采用卡尔曼滤波法。卡尔曼滤波能解决最佳线性过滤和估计的问题,通过状态方程和递推方法进行处理。它以最小均方误差为准则,用前一个估计值和最近一个观测数据来估算,适用于实时处理。因此,我们采用卡尔曼滤波算法对时间差进行滤波处理。

单片机不同于计算机,其计算能力有限,为了能将卡尔曼滤波应用于单片机必须对卡尔曼滤波进行简化。把发酵罐看成一个系统,然后对系统建模。由于采样时间非常短,温度变化不大,因此本文假设 K 时刻跟 K-1 时刻的温度相同,所以 A=1。没有控制量,所以 U(k)=0。因此简化后的卡尔曼模型为:

$$X(k|k-1)=X(k-1|k-1) \dots\dots\dots(1)$$

$$P(k|k-1)=P(k-1|k-1)+Q \dots\dots\dots(2)$$

$$X(k|k)=X(k|k-1)+K_g(k)(Z(k)-X(k|k-1)) \dots\dots\dots(3)$$

$$K_g(k)=P(k|k-1)/(P(k|k-1)+R) \dots\dots\dots(4)$$

$$P(k|k)=(1-K_g(k))P(k|k-1) \dots\dots\dots(5)$$

其中 X(k|k-1)是利用上一状态预测的结果,X(k-1|k-1)是上一状态最优的结果,P(k|k-1)是 X(k|k-1)对应的协方差,P(k-1|k-1)是 X(k-1|k-1)对应的协方差,Q 是系统过程的协方差,Z(k)是 k 时刻的测量值,Z(k)=H X(k)+V(k),V(k)表示测量的噪声,它被假设成高斯白噪声,其的协方差为 R,Q 为 W(k)(过程噪声,它被假设成高斯白噪声)的协方差,(这里本文假设它们不随系统状态变化而变化,在算法中设置了 Q=0.001,R=1)。K_g 是卡尔曼增益。为了令卡尔曼滤波器开始工作,我们需设定卡尔曼两个零时刻的初始值,及 X(0|0)和 P(0|0)。这里设定 X(0|0)为初次测量值,P(0|0)为 2。

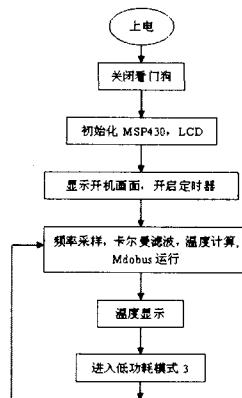


图 2 程序框图

技术创新

5 结论

本设计采用了压频转换技术实现 A/D 转换,并可以进行信号的远距离传输,用 6 个 I/O 口和一片 74LS138 扩展了 20 个矩阵式键盘,节省了系统 IO 口和开发费用。移植了 MODBUS 协议,使系统可以和具有安装标准 MODBUS 协议软件的上位机通讯,便于温度数据读取,存储等。本系统可以和 PLC 等其他控制器同处一个总线,扩大了其使用范围,根据不同需要本设计可应用于多种温度检测系统。本文创新点为移植了基于 MCGSE 的 MODBUS 协议于 MSP430 单片机,使本系统可以挂接在标准的 MODBUS 网络上,做为从设备和主设备通讯。

参考文献

[1] 王晓银等. 基于 MSP430F149 单片机的温度监测系统的设计[J]微计算机信息,2006(22)7。

[2] 胡大可. MSP430 系列单片机 C 语言程序设计与开发[M]. 北京航空航天大学出版社,2003,143-196。

[3] MSP430x4xx Family User's Guide-slau056c.Texas Instruments [EB/OL], 2003。

[4] 孟开元.Modbus 通信协议中 CRC 校验的快速 c 语言算法[J]. 福建电脑,2004,11:63-64。

作者简介:何术利(1982--)男(汉)河北省,南京工业大学自动化学院控制理论与控制工程专业在读研究生.主要从事发酵过程控制及嵌入式控制系统的研究;洪厚胜(1965--)男(汉)江西省.南京工业大学制药与生命科学学院副教授,研究生导师,主要从事生化工程及生化反应器的研究。

Biography:He Shuli(1982---),male(Han). HeBei province. Nanjing University Of Technology, College of Automation, graduate student. Major in process control of fermentation and Embedded Control System;

(210009 江苏南京 南京工业大学)何术利 洪厚胜

(Nanjing University Of Technology, Nanjing ,210009)He Shuli Hong Housheng

通讯地址:(210009 南京 南京工业大学丁家桥校区 99 号信箱)何术利

(收稿日期:2008.03.13)(修稿日期:2008.4.25)

(上接第 17 页)

非常适合于嵌入式系统的应用。本系统使用 Boa 实现 Web 服务器程序主要通过修改 boa.conf 和 mime.types 文件进行修改来实现。boa.conf 位于 user/boa/examples/目录下,在文件中完成的工作包括指定端口、服务器运行的用户和组属性、服务器名称、HTML 文档的根目录、最大用户连接数、网页的字符编码以及支持的文件类型等。mime.types 位于 user/boa/examples/目录下,该文件定义了 Boa 支持的文件类型及此种文件的类属。

本文作者创新点:在基于建立无缝的企业信息集成的发展趋势,32 位嵌入式处理器系统与工业以太网技术相互结合的先进控制理念下,本文提出的高性能嵌入式工业以太网监控系统的设计方案,重点分析并实现了新型嵌入式工业以太网监控装置的硬件架构和嵌入式软件体系。

本项目预计可产生经济效益约 60 万元。

参考文献

[1] 熊育悦,赵哲身等,工业以太网在控制系统中的应用前景,仪表技术,2002.3:37-39

[2] 宰守刚,王智,孙优贤等,交换机在工业以太网中的应用探讨,化工自动化及仪表,2003,30(1):48-51

[3] 王学龙编著,嵌入式 Linux 系统设计与应用,北京:清华大学出版社,2002

[4] 任海兵,陈照章. 工业以太网技术及改进方案,微计算机信息,2007.2-3:130-132

作者简介:李蔚(1958--),男,汉族,籍贯:河南驻马店,副教授,硕士生导师,主要研究方向:数据库与信息集成,内存数据库,嵌入式技术;郭一帆(1972--),男,汉族,籍贯:河南濮阳市,硕士研究生,主要研究方向:内存数据库,嵌入式技术。

Biography: Li Wei (1958--), Male, Native Place: Zhumadian city of Henan province, Associate professor, the specialty of database system, Main Memory database and Embedded Technology;Guo Yifan (1972--), male, born in 1972, Native Place: Puyang city of Henan province, master of graduate. Major in Main Memory database and Embedded Technology. E-mail: guoyifan72@163.com (450002 河南 郑州 郑州轻工业学院 计算机与通信工程学院) 李蔚 郭一帆

(School of Computer and Communication Engineering, Zhengzhou University of light industry, Zhengzhou, Henan 450002) Li Wei Guo Yifan

通讯地址:(450002 河南省郑州市郑州轻工业学院研究生处)李蔚 (收稿日期:2008.03.13)(修稿日期:2008.4.25)

《现场总线技术应用 200 例》

现场总线技术是现代工厂、商业设施、楼宇、公共设施运行、生产过程中的现场设备、仪表、执行机构与控制室的监测、控制装置及管理、控制系统之间的数字式、多点通信互连的,数据总线式智能底层控制网络。

现场总线技术保证了现代工厂、商业设施、智能楼宇、公共设施(自来水、污水处理、输变电、燃气管道、自动抄表、交通管理等),高可靠、低成本、安全绿色生产运行,同时易于改变生产工艺,多品种生产过程。

本书 200 个应用案例,介绍了 profibus、FF、CANbus、DeviceNET、WorldFIP、INTERbus、CC-Link、LonWorks 及 OPC、工业以太网、TCP/IP 在石油、化工、电力、冶金、铁路、制烟、造酒、制药、水泥、电力传动、机械、交通、设备管理、消防、自来水厂、电解铜、电解铝、继电保护、粮仓及储运、汽车检测、油库管理、造纸、气象、远程抄表、电缆生产、暖通空调、电梯、楼宇自动化及安防、……,各方面的应用。

本书是工程设计人员、设备维护人员、设备采购人员、技术领导干部、大、中专学校教师的案头参考书,同时也是大专院校本科生、研究生做课题、搞毕业设计的必备参考书。有志向有兴趣的高中以上文化水平的人均为本书读者。

本书已出版。大 16 开,每册定价 110 元(含邮费)。预购者请将书款及邮费通过邮局汇款至

地址:北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室

微计算机信息编辑部

邮编:100081

电话:010-62132436

010-62192616(T/F)

http://www.autocontrol.com.cn

http://www.autocontrol.cn

E-mail:editor@autocontrol.com.cn;

E-mail:control-2@163.com