

多路高精度热电偶采集板研制

袁建挺, 姜周曙*, 黄国辉

(杭州电子科技大学 自动化学院, 浙江 杭州 310018)

摘要: 为了满足工业应用现场多点测温的需求, 研制了 16 路热电偶高精度数据采集板。选取 ADI 公司的高性能芯片 AD μ C834 作为主芯片, 利用其片上 24 位 Σ - Δ 型 A/D、外部高精度参考电压模块, 结合信号调理电路和下位机软件的设计, 实现了高精度数据采集。采用多路转换芯片, 可实现了 16 路采集通道间的切换。采用热电阻 PT100 传感器采集热电偶冷端温度实现冷端补偿。实验结果表明, 该采集板具有多通道、精度高、成本低、测温范围宽、操作简单等优点。

关键词: AD μ C834; 热电偶; 16 路; 冷端补偿; 高精度

中图分类号: TH811; TP274

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2011)01-0087-03

Development of multi-channel high-accuracy thermocouple acquisition-board

YUAN Jian-ting, JIANG Zhou-shu, HUANG Guo-hui

(School of Automation, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In order to meet the requirement that industrial field need to measure lots of temperatures, 16-channels high-accuracy thermocouple acquisition-board was developed, the AD μ C834 chip made by ADI Corporation was chased as main chip. By using the on-chip 24bit Σ - Δ type A/D, external high-accuracy reference-voltage module, combined with the rational design of signal conditioning circuit and MCU program, the high-accuracy acquisition was realized. Multi-channel conversion chip could switch 16 channels. To realize cold junction compensation, thermal resistance PT100 was used to acquire the cold-side temperature. The experiments show that the acquisition-board has the merits of multi-channel switch, high-accuracy, low cost, wide metrical range of temperature, simple operation, etc..

Key words: AD μ C834; thermocouple; 16-channels; cold junction compensation; high-accuracy

0 引言

随着工业的不断发展, 测温技术越来越多地应用在化工、冶金、机械、食品等行业, 在生产过程中有极其重要的地位。工业测温元件主要有热敏电阻、热电阻和热电偶等。热电偶作为工业上最常用的温度检测元件之一, 它主要有测量精度高、测量范围广、构造简单、使用方便等特点。

很多工业现场都需测量多个温度点, 为此, 笔者研究开发了 16 路热电偶高精度采集板。该采集板采用了美国 ADI 公司 AD μ C834 芯片作主芯片, 利用片上 24 位的 Σ - Δ 型 A/D 和外部高精度参考源, 用热电阻

PT100 传感器实现热电偶的冷端补偿, 结合单片机程序的合理设计, 可实现 16 路热电偶高精度采集。

1 硬件电路设计

采集板选用的核心芯片是美国 ADI 公司生产、内含 24 位 A/D 转换器的 SoC 芯片—AD μ C834。AD μ C834 是全集成的高性能数据采集系统, 内部集成了 200 μ A 恒流源和 2 路独立的高精度 (16 位和 24 位) Σ - Δ 型 A/D, 体积小, 功耗低, 非常适用于各类智能仪表。AD μ C834 芯片有 3 个主要的优点: 率先集成了精密 ADC、DAC 及快闪存储器于微转换器中, 这一特点特别适合于测控系统和仪表; 用 RS232 或一根口线实现

是低通 $\sin c^3$ 滤波器,可滤除由调制器引入的量化噪声。滤波器的转折频率和抽样数据输出速率(A/D 更新频率)可通过写入 SF 滤波器控制字实现。

经研究发现热电偶采集精度与 A/D 更新频率、A/D 量程和 A/D 转换次数有关。A/D 更新频率越快,采集精度越低,但更新频率过慢,会导致采集时间过长;由于采集微小的热电偶毫伏信号,A/D 量程不能过大,否则采集精度也会降低;ADC 不断对模拟输入信号进行变换, $\sin c^3$ 滤波器交替输出 $+V_o$ 和 $-V_o$ (V_o 代表通道的失调),这些失调由每两个数平均一次进行消除,模拟输入信号的每一次变换在 ADC 此刻的两个输出数据中并不能够完全反映出来,但在紧接着的第 3 个输出数据中能够得到完全的响应,经过多次 A/D 采样后的数据才是正确的。A/D 通道输入发生非连续的输入变化是 ADC 建立时间如图 5 所示。

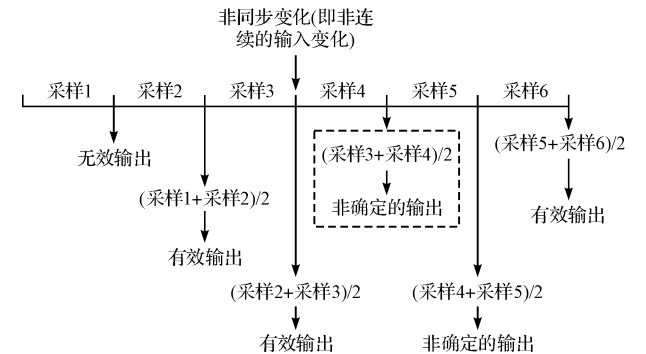


图 5 输入发生同步变化后 ADC 建立时间

最终设计的热电偶采集子程序流程图如图 6 所示。首先设置 A/D 更新频率为 19.79 Hz,然后通过控制光耦开关来进行通道选择,具体选择通道进行数据采集。接着通过 PGA 进行量程选择后完成 3 次 A/D 单次转换,最后将 A/D 采集到的数据存放到单片机内存单元中。

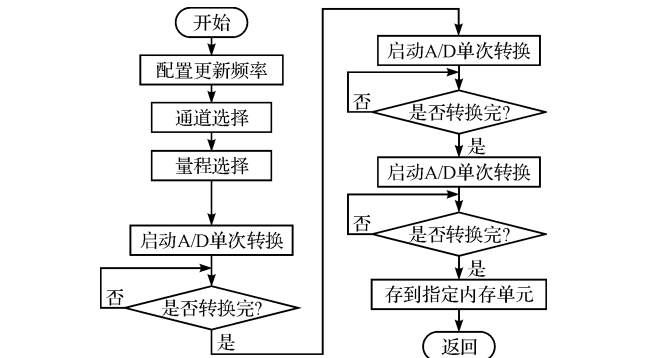


图 6 热电偶采集子程序流程图

3 采集板精度分析

由于 PT100 和热电偶都有非线性因素存在,需要

对 PT100 电阻/温度曲线和热电偶电势/温度曲线进行拟合,最大程度上逼近实际值。

实验过程如下:首先进行 PT100 电阻/温度曲线拟合。将实验用的 PT100 放入湖州双林信立仪表厂生产的 RST-35A 制冷恒温槽中,以 10 ℃ 为单位递增调节恒温槽温度,采集板采集数据并记录采集电阻值,得到多组数据后计算得到相应温度对应的电阻平均值,然后利用拉格朗日插值法拟合出相应的 PT100 电阻/温度曲线。

其次进行热电偶电势/温度曲线拟合。将实验用的 K 型热电偶放入 RST-35A 制冷恒温槽中,将热电偶冷端延伸至另一个小恒温槽中并将小恒温槽温度设为 10 ℃。然后以 10 ℃ 为单位递增调节 RST-35A 恒温槽温度,采集板采集数据并记录采集电势值,得到多组数据后计算得到相应温度对应的电势平均值,然后同样利用拉格朗日插值法拟合出相应的热电偶电势/温度曲线。

最后,将拟合出来的曲线函数应用到上位机软件处理采集值,将 PT100 置于空气中测量冷端温度,热电偶置于 RST-35A 恒温槽温度,对应不同的真实温度值通过上位机软件就可得到采集板的采集值。得到采集板精度分析表如表 1 所示,其中真实值是 RST-35A 恒温槽温度显示值。

表 1 采集板精度分析表

采集值/(℃)	真实值/(℃)	绝对误差/(℃)	相对误差/(‰)
15.050 34	15	0.050 34	3.356
21.996 42	22	-0.003 58	-0.163
24.986 7	25	-0.013 3	-0.532
35.008 33	35	0.008 33	0.238
51.003 56	51	0.003 56	0.070
65.004 42	65	0.004 42	0.068
71.997 85	72	-0.002 15	-0.030
84.998 33	85	-0.001 67	-0.020
92.996 59	93	-0.003 41	-0.037

从图表中可以看到,采集板的温度测量偏差保持在 $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之内,相对误差保持在 4‰ 之内,热电偶采集板精度较高,符合工业测控系统温度采集要求。

4 结束语

该 16 路热电偶高精度采集板软硬件已调试成功,具有精度高、抗干扰性强、性价比高等诸多优点。该采集板符合工业高精度温度采集要求,具有良好的应用前景。目前已成功应用于上海海事大学圆球导热系统、横管自然对流实验系统和上海交大热泵实验台中,运行情况良好。下一步要完成的工作是采用嵌入式技术将热电偶采集板和 ARM 板结合,最终研发完成带显示、触摸功能的高精度热电偶采集仪。(下转第 114 页)

同输入条件和控制对象的 PID 控制系统响应曲线如图 10(b)所示,经比较可证明,模糊控制系统响应时间快,超调量小,比传统的 PID 磨球机压力控制的效果要好。

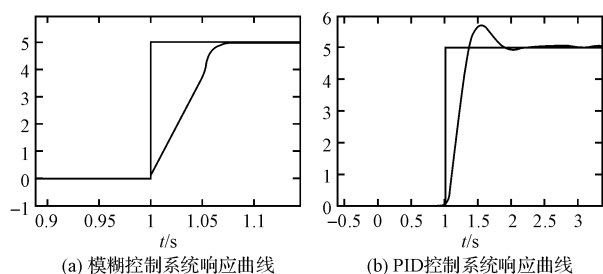


图 10 系统响应曲线

本研究进行偏心磨球和双自转磨球实验,并对两种控制系统的控制效果进行了比较,对比的双方所设定的上磨盘载荷相同,上下磨盘转速变化一致,磨削液材料浓度相同,所磨球来自同一批次。

在偏心磨球实验时,测得传统 PID 控制系统下材料去除率为 $56 \mu\text{m}/\text{h}$ 左右,平均球度为 $4.6 \mu\text{m}$,而模糊控制系统下平均去除率为 $60 \mu\text{m}/\text{h}$ 左右,平均球度为 $4.3 \mu\text{m}$;在双自转磨球实验中,测得传统 PID 控制系统下材料去除率为 $13 \mu\text{m}/\text{h}$ 左右,平均球度为 $2.0 \mu\text{m}$,而模糊控制系统下平均去除率为 $15 \mu\text{m}/\text{h}$ 左右,平均球度为 $1.8 \mu\text{m}^{[11-13]}$ 。

6 结束语

经过仿真与实验证明,模糊策略的引入提高了材料去除率,也改善了球度,由于系统响应较快,又达到了减少振动的效果,从而实现了提高加工效率和加工精度的目标,同时也延长了设备的使用寿命。

参考文献 (References):

[1] YUAN Ju-long, WANG Zhi-wei, LV Bing-hai. Simulation

study on the developed eccentric V-grooves lapping mode for precise ball [J]. **Key Engineering Material**, 2006 (304-305):300-304.

[2] 周兆忠,赵 萍,陈苗青,等.精密球体研磨技术的现状与发展方向[J]. 新技术新工艺,2005(5):25-28.

[3] UMEHARA N, KIRTANE T, GERLICK R, et al. A new apparatus for finishing large size/large batch silicon nitride (Si_3N_4) balls for hybrid bearing applications by magnetic float polishing (MFP) [J]. **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, 2006, 46(2):151-169.

[4] YE Bin, ZHU Cheng-zhi, GUO Chuang-xin. Fuzzy modeling strategy for control of nonlinear dynamical systems[J]. **Lecture Notes in Computer Science**, 2005, 36(13):882-885.

[5] SALA A, GUERRA T M, BABUŠKA R. Perspectives off uzzzy systems and control [J]. **Fuzzy Sets and Systems**, 2005(156):432-444.

[6] 贾玉坤,胡克佳,王华东,等.基于 ATmega128 的高效精密球体研磨机控制系统[J]. 机电工程,2009,26(6):24-27.

[7] 武星星,朱喜林,李晓梅.模糊推理系统在 DSP 上的实现和优化[J]. 微计算机信息,2007(8):177-179.

[8] 陈晓龙. DSP 在现代测控技术中的应用[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2007.

[9] 王茂飞,程 昱. TMS320C2000DSP 技术与应用开发[M]. 北京:清华大学出版社,2007.

[10] 刘建辉,冀常鹏. 单片机智能控制技术[M]. 北京:国防工业出版社,2007.

[11] 曲其飞. 压力容器接管焊接过程中焊接质量的控制[J]. 现代制造技术与装备,2009(6):44-45.

[12] 刘 秉,刘 俊,张凯凯. 交流伺服电机为动力的包装压力试验机设计[J]. 轻工机械,2010(1):67-69.

[13] 孟宏君,姜献峰. 手柄曲向压力分布测试系统设计关键技术[J]. 轻工机械,2009(6):66-68.

[编辑:张 翔]

(上接第 89 页)

参考文献 (References):

[1] 李 刚,林 凌,何 峰. AD μ C845 单片机原理、开发方法及应用实例[M]. 北京:电子工业出版社,2006.

[2] 马明建. 数据采集与处理技术[M]. 2 版. 西安:西安交通大学出版社,2005.

[3] 李 霖. 高集成度热电偶温度变送器的研制[J]. 郑州轻工业学院学报,2000,15(1):37-40.

[4] 张 震,黄国辉,王 剑,等. 高性能的工业通用型数据采集卡的研制[J]. 自动化仪表,2009(12):72-75.

[5] 陈玉林,徐 飞,杨永梅,等. 新型热电偶温度测量仪的研制[J]. 实验室研究与探索,2009,28(4):31-33.

[6] 王建新,任勇峰,焦新泉. 仪表放大器 AD623 在数采系统中的应用[J]. 传感器与仪器仪表,2007,23(3):169-170.

[7] 郭松林,张礼勇,林海军. $\Sigma-\Delta$ A/D 转换器的原理与分析[J]. 电测与仪表,2002,11(39):21-24.

[8] 陈胜勇,张凯翔. 多点温度采集控制系统的分析与研究[J]. 宁夏机械,2007(1):19-22.

[9] 陈旭灿,姜周曙,黄国辉. 基于 AD μ C834 的低温测量仪表设计[J]. 工业与自动化装置,2009(2):96-98.

[10] Analog Devices, Inc. . MicroConverter, Dual 16 - /24 - Bit ADCs with Embedded 62 KB FLASH MCU AD μ C834 Datasheet [M]. Analog Devices, Inc. , 2002.

[编辑:李 辉]