

基于 STM32 的多点温度检测系统设计

徐宏宇, 沈煌飞

(沈阳航空航天大学 电子信息学院, 辽宁 沈阳 110136)

摘要 针对航天器舱体温度场的测试方法问题, 设计一种基于 STM32 微控制器为核心的多点温度检测系统, 温度传感器 K 型热电偶对温度进行采集, 利用 ADG509 模拟开关的差分多输入一输出通道, 可解决多点温度和主控 CPU 的系统协调测试问题, 给出了系统各部分的硬件结构图与软件框图。该系统可实现对航天器各模块的实时温度检测, 并对各节点的数据进行传输。为保证系统的稳定运行, 通过恒温烤箱进行实验完成了温度测量任务, 温度误差值 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 试验结果验证了该系统的可行性和稳定性。

关键词 STM32; AD7710; 热电偶; 温度检测

中图分类号 TP216.1 **文献标识码** A **文章编号** 1007-7820(2016)05-158-04

Design of Multi-point Temperature Detection System Based on STM32

XU Hongyu, SHEN Huangfei

(School of Electronic Information, Shenyang University of Aeronautics and Astronautics, Shenyang 110136, China)

Abstract This paper presents a multi-point temperature and monitoring system based on microcomputer STM32 for the test of spacecraft cabin temperature. The K-type thermocouple temperature sensor is responsible for temperature acquisition. By using ADG509 analog switch differential MIMO, the test method solves the problems of multi-point temperature and master CPU system coordination test. The system hardware structure and software block diagram of each part are given. The system realizes real-time temperature detection of spacecraft module and data transmission of each node. Temperature measurements in a constant temperature oven show that the temperature error is $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, indicating good system stability.

Keywords STM32; AD7710; thermocouple; temperature detection

温度是日常生活、工农业生产、科学实验等领域中所不可或缺的普遍而重要的参数之一,传统的温度检测存在反应速度慢、检测精度低、采集数据不方便等缺点,随着电子技术的不断发展,各种基于单片机的温度检测系统先后被提出。多点温度检测系统具有测量点多、范围宽、精度高、反应快速、布线分散、现场监控等优点。在工业生产或科学实验等需要不断采集温度信息的场合,可解决多点温度和主控 CPU 的系统协调测试问题,以提高温度检测的精度和自动化水平,进一步提升产品的市场竞争力,同时对温度采集网络的设计施工和维护,提高信息化水平具有重要意义^[1]。

1 系统的工作原理及框图

根据对多点温度检测系统的功能分析,该系统主要由多点 K 型热电偶、信号调理补偿电路、A/D 模数

转换电路、CPU 主控电路、CAN 总线电路、LCD 屏显电路组成。工作原理框图如图 1 所示。

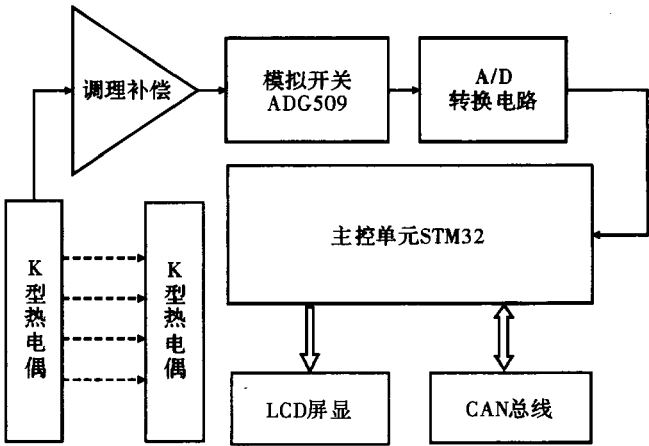


图 1 系统原理框图

2 系统硬件设计

多点温度检测系统的核心器件为意法公司出品的 STM32F103ZET6 微控制器芯片。该芯片专门为要求高性能、低成本、低功耗的嵌入式应用而设计的 ARM

收稿日期: 2015-09-21

作者简介: 沈煌飞(1992—), 男, 硕士研究生。研究方向: 信息获取与处理。

Cortex - M3 内核^[2]。STM32F103 系列是 STM32 系列增强型的其中之一,工作时钟频率可达 72 MHz,是同类产品性能最高的,其控制器内置 3 个 12 位 A/D 转换器,具有多达 21 个输入通道,支持串行调试 (SWD) 和 JTAG 接口,STM32F103 系列产品内置可支持 I²C、USART、SPI、USB 和 CAN 总线的多种通信接口。

2.1 信号调理补偿电路

该检测系统的温度检测传感器选用 K 型热电偶, 其主要是利用塞贝克效应将温度信号转换为热电势^[3]。该热电偶具有测温精度高、范围宽、线性度较好、热电势率比较高、灵敏度好、抗氧化能力强, 并在氧化和还原气氛中输出热电势都比较稳定等特点。该部分要求前置放大器的低噪声和各通道独立设计, 将降低各通道间的串扰, 提高测试精度。电路图如图 2 所示, 输入端 IN 为热电偶正负接口。

信号调理补偿电路实现热电偶输出信号的放大和冷端补偿,基于对所放大信号的要求选择 AD8495 芯片。AD8495 内置一个固定增益的仪表放大器,能针对 K 型热电偶所产生的 $5\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ 的微弱热电偶信号进行放大。该放大器具有高共模抑制性能,能够抑制热电偶长引线拾取的共模噪声,其信号链较为简洁,无需任何软件编辑,简化电路结构。同时 AD8495 还内置一个用于冷端补偿的温度传感器,此温度传感器用来测量热电偶的冷端温度并用于冷端补偿。另外,AD8495 还有抑制环境温度的特点,电路结构如图 2 所示。

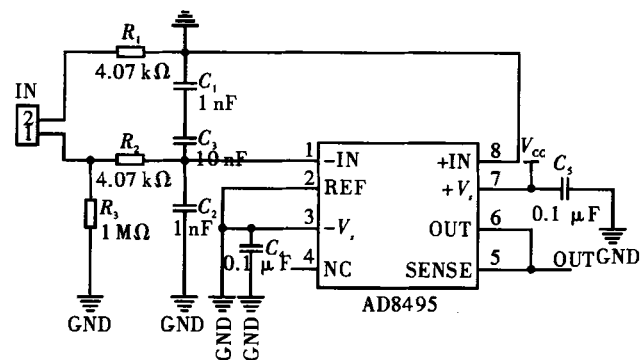


图2 AD8495 接口电路

2.2 模拟开关电路

模拟开关电路结构如图 4 所示,该电路起在此检测系统中起到多点温度检测间切换的作用。ADG509 是一款低压 CMOS 模拟多路复用器,内置 4 个差分通道。其根据 2 位二进制地址线 A_0 和 A_1 所确定的地址,将 4 路差分输入之一切换至公共差分输出,DA、DB 为选通信号输出端。该器件提供 EN 输入,用来使能或禁用器件。禁用时,所有通道均关断。

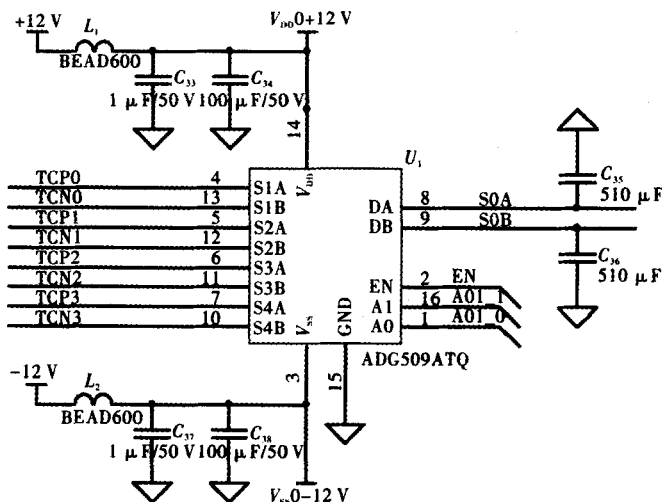


图3 ADG509 接口电路

2.3 模数转换电路

模数转换电路主要将经过选择后的电压信号转换为数字信号,通过计算用来表征温度大小。该电路由一个集成 A/D 转换器 AD7710 完成,同时将利用其内部 PGA 完成仪表放大器的差分放大功能。AD7710 是适合低频测量的高精度 A/D 转换器,可直接接收来自传感器或变换器传送的微弱信号,因此去掉了传统的信号放大电路,从而有效降低了电路的复杂程度并提高工作的可靠性^[4]。片内含有 2 个输入通道 A_{IN1} 和 A_{IN2} ,能将模拟信号转换成串行数据输出。利用 AD7710 实现数据转换采集的原理电路如图 5 所示,实际工作时需要对其进行配置,采用双电源供电。 $A_{IN2} +$ 和 $A_{IN2} -$ 为热电偶所采集的差分信号输入端口。

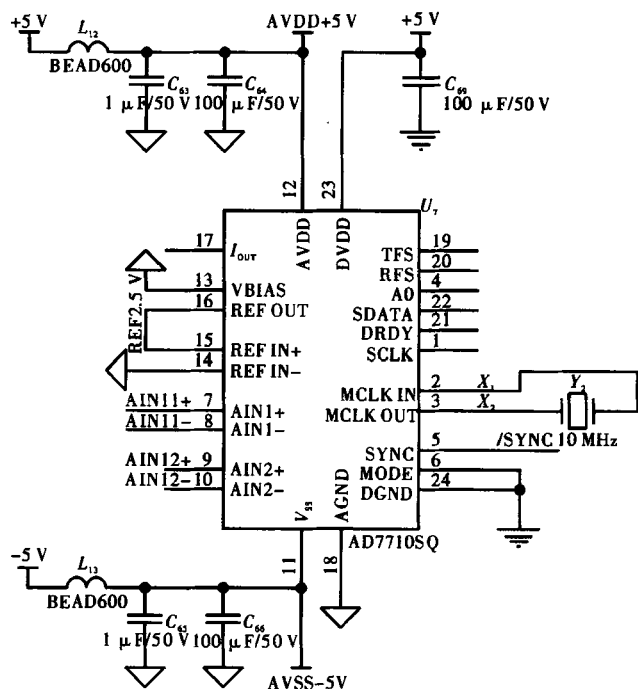


图4 AD7710 接口电路

2.4 CAN 网络

数据传输与通信功能是建立在微控制器与 CAN 总线协议之间的数据传输通道。STM32F103ZET6 片内具有 CAN 控制模块,可与 CAN 收发器连接构成一个 CAN 接口。在此之前加上一个双通道光电隔离器

进行电路保护同时电平转换将 5 V 电压转换为 3.3 V,如图 5 所示。当总线的通信速度比较高,或传输距离较长时,为保持其高频特性终端需要加上匹配电阻^[5],如图 5 中的 R_3 和 R_4 。

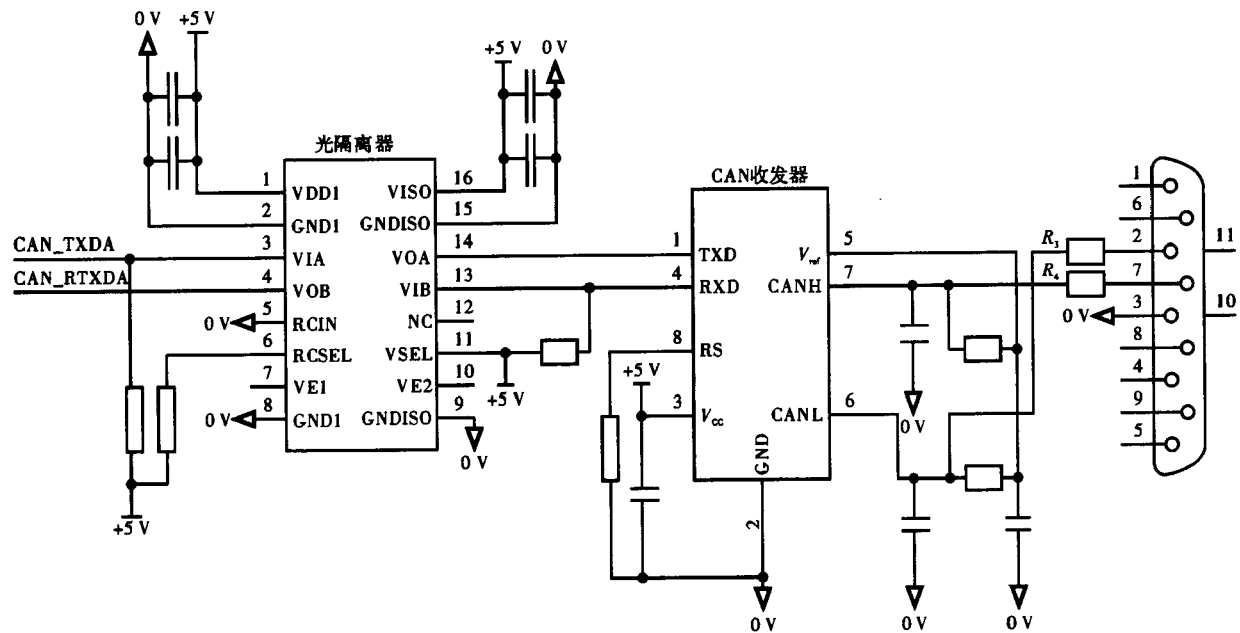


图 5 CAN 接口电路

3 软件设计

热电偶数据采集程序即数据输入、输出处理。硬件电路已实现了温度补偿功能,因此软件设计相对简单。系统流程如图 6 所示。

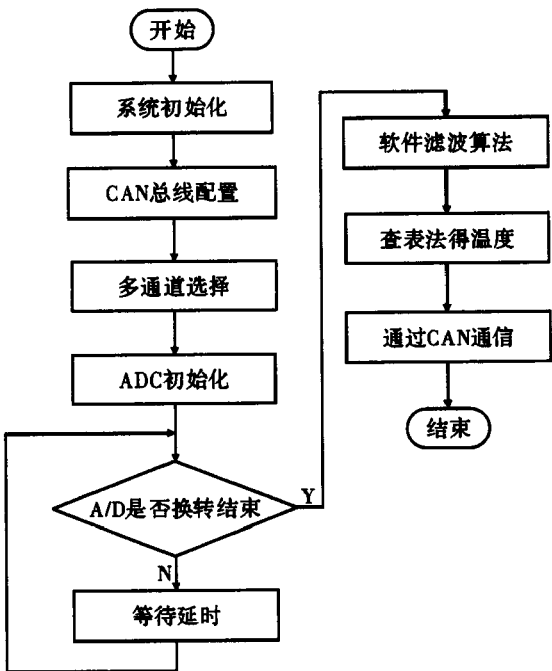


图 6 系统流程图

根据系统流程图,主控板应用程序在初始化完毕后,分别进行 CAN 总线配置、多通道的选择,发送使能和地址位控制模拟开关。进入下一步的 ADC 采集初始化,根据采集到的指令,判断 A/D 采样是否完成,在接收到规定数量的数据后根据软件滤波算法对数据进行处理,之后根据信号处理部分把经热电势线性放大后的电信号换算成温度,就必须进行非线性校正。本软件采用查表法,即将热电偶分度表按一定的排列写入内存,测得的热电势采用软件搜索的方法查到对应温度。但由于热电偶分度表数据占用内存较多,因此将热电偶分度表的数据经变换组织成一个占内存空间较少的表格^[6],根据测得的热电偶热电势准确快速地查出对应的温度值。最终通过 CAN 总线协议传输至上位机。

4 实验测量与数据分析

4.1 恒温箱实验测量

首先将 K 型热电偶接入测量系统,并置入高精度恒温箱中(温控精度 0.01 ℃)进行整个温度测量系统定标测量^[7]。测量时要注意恒温箱的密封,以提高环境温度稳定性;恒温箱温度稳定后,每隔 2 min 对同一温度点进行 20 次测量。测量温度值数据及处理结果如表 1 所示。由于设备条件所限,测量温度范围只有

10 ~ 150 ℃。

表 1 恒温箱测量结果及误差 /℃		
恒温箱温度	测量温度平均值	系统误差
10.00	10.34	0.34
30.00	30.22	0.22
50.00	50.31	0.31
70.00	69.76	0.24
90.00	90.09	0.09
110.00	110.18	0.18
130.00	130.11	0.11
150.00	149.92	0.08

表 1 中,系统误差是恒温箱设定温度与本温度测量系统测量温度平均值的差值。由表 1 中数据可见,测量系统的最大随机误差为 0.08 ℃,且在可测最大温度时最小;测量系统的最大系统误差为 0.34 ℃,说明 K 型热电偶传感器的定标误差较小,精度也较高,能满足高精度温度测量系统的测量要求,但温度低端误差较大,可能与恒温箱温度控制精度有关,有待于进一步定标。

4.2 系统稳定性测试

由于待测环境如锅炉、机房等,需要长时间监测环境温度变化,因此进行了系统稳定性试验,对 K 型热电偶在模拟环境下测量的准确性和稳定性进行验证,试验时间 72 h,试验温度由恒温箱设定在 200 ℃,试验数据如表 2 所示。

表 2 恒温箱测量数据分析表 /℃			
热电偶路号	最大	最小	跳动
1	199.79	199.65	0.14
2	199.77	199.55	0.22
3	199.78	199.67	0.12
4	199.73	199.63	0.1

表 2 中分别对 4 路热电偶进行监测,在各自的采集数据中取最大最小温度值,其跳动值最大值为 0.22 ℃,所有数据均满足技术指标,具有良好的稳定性。

5 结束语

利用 K 型热电偶,多点温度检测系统经过不间断的重复测试,工作性能稳定,技术指标良好,各项参数达到了期望值^[8-9]。在相同环境采集得到的一组温度数据中,传感器间的误差为 0.5 ℃,能满足大多数的工作要求。进一步说明,此温度采集系统可以按一定的要求进行外围扩展,增加一些新功能,以满足新的需求。

参考文献

[1] 潘勇,孟庆斌. 基于 DS18B20 的多点温度测量系统设计[J]. 电子测量技术,2008,31(9):91-93.

[2] 李宁. 基于 MDK 的 STM32 处理器开发应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2008.

[3] 周立功. ARM 嵌入式系统实验教程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2004.

[4] 郭凌,吴付祥. $\Sigma-\Delta$ 模数转换芯片 AD7710 原理及应用[C]. 重庆:中国电工技术学会 2004 年电工理论与新技术学术研讨会,2004.

[5] 王建英. 基于虚拟仪器技术和 CAN 总线的监测系统设计[D]. 武汉:武汉理工大学,2009.

[6] 李吉林. 常用热电偶、热电阻分度表[M]. 2 版. 北京:中国计量出版社,2010.

[7] 柏逢明. 过程检测及仪表技术[M]. 北京:国防工业出版社,2010.

[8] 黄俊霖,董洁,吴垣春,等. 环境参数监测系统设计[J]. 电子科技,2013,26(4):53-54,59.

[9] 郝雯,沈金鑫,梅成. 基于 STM32 单片机的存储式数据采集系统设计[J]. 电子设计工程,2013,21(17):80-82.

欢迎 订 阅 2016 年《电子科技》杂志

邮 发 代 号 52 - 246