

便携式工业测量温度仪的设计

刘家辉

(广西现代职业技术学院, 广西 河池 547000)

摘要: 在工业生产应用中, 经常需要对温度这个物理量进行读取, 以便对其进行适当的控制, 以达到符合生产工艺的要求。本设计采用可循环充电的锂电池进行供电, STC15W4K32S4 作为主控芯片, 通过 ADC 采集热电偶传感器数据, 经过单片机处理后, 在数码管显示测量温度。经过调试测量, 该温度测量仪的测量温度范围为 0 到 1300℃ 左右, 误差为 2℃、分辨率为 0.1℃。该温度计适合于对工业生产的炼焦炉、炼钢炉、砖窑、焚烧炉、物理实验室中的坩埚炉的温度进行温度测量, 并具有体积小、造价低、可 USB 充电、探头与控制系统可分离、方便携带等优点。

关键词: STC15W4K32S4; ADC 转换; 热电偶

热电偶是一种有源传感器并具有制作简单、测量温度高、能测量 -200~1800℃ 的温度、测量精度高、信号远距离传输稳定。随着科学的进步和对仪器设备的要求智能化和小型化, 传统的热电偶通过电气仪表 (二次仪表) 转换成被测介质的温度的显示温度计由于体积较为庞大已经慢慢不再受欢迎了, 越来越多的场合要求采用体积更小, 能直接读取温度的热电偶温度测量仪器。更多的是采用 51 单片机通过 ADC 实时采集热电偶的热电动势数据和冷端温度补偿数据并通过一定的算法运算, 最后通过显示器显示出来。

一、系统方案

本设计思路是: 由于热电偶的产生电动势比较低, 应先对热电偶的电动势进行差分放大, 然后把放大后的电动势通过 RC 低通滤波器把干扰信号滤除, 再用 ADC 对放大后的电动势采样并传给单片机处理, 待单片机处理好冷端补偿温度与热端温度后通过数码管显示出来, 其系统整体方案如图 1。

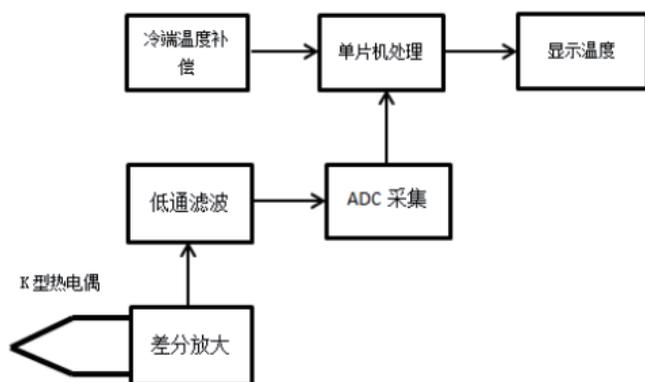


图 1 系统整体方案图

二、硬件设计方案

(一) 供电模块设计

采用一节锂电池供电, 可以反复充电, 由于一节锂电池的电压大概在 3.7V 左右不满足单片机和其他模块的 5V 供电要求, 所

以对其进行电压的升压。锂电池充电芯片采用 TP4056, 电池管理芯片采用 DW01, 可以实现过充、过放保护功能, 升压电路采用 HX3242 芯片进行升压。

(二) ADC 采集模块及低通滤波器设计

虽然 STC15W4K32S4 单片机内部集成的 10 位高速 AD, 但由于该单片机的内部 10 位高速 AD 采用电源电压作为 AD 的参考电压, 如果电源电压随着仪器的使用电源电压会慢慢地下降导致 AD 采集的数据不稳定。本设计采用选用 TM7707 独立 AD 芯片, 独立 AD 芯片的分辨率为 24 位, 选用 2.5V 外部电压作为芯片的基准电压, TM7707 内部增益可调, 可选增益 1 倍、2 倍、8 倍、16 倍、32 倍、64 倍、128 倍, 具灵活性, 选择 32 倍增益即可满足要求。ADC 的基准电压输入采用 TL431-2.5 稳压管, 2.5V 为 TM7707 提供一个较为稳定的 2.5V 基准电压, 用电容和磁珠对 ADC 芯片的工作电源进行滤波。热电偶输出信号经共模滤波电感、电容组成的低通滤波电路进行滤波后送入 ADC 芯片, 使 ADC 采集数据更加稳定。

(三) 冷端温度补偿传感器

由于热电偶的工作端和它的参比端离得非常近, 而辐射以及热传导等会影响到参比端的温度。除了这种情况之外, 周围的管道、设备以及环境温度等因素, 也会影响到参比端温度, 而且这些影响并不是规则的, 正是因为如此, 所以参比端温度会出现难以保持恒定的情况。为了解决参考端温度恒温问题, 通常采用补偿导线方法, 而中间温度定律为补偿导线的使用提供了理论依据。它表明, 如果热电偶的两个电极接点接入一根导线, 如果该导线的热电效应与其接点的热电偶相同, 那么热电偶的电动势与该接点的温度无关, 而是与接入导线的延长端的温度有关。热电偶的冷端补偿本设计采用 DS18B20 检测冷端温度, 可以随着周围的环境而智能读取冷端温度从而不需要像传统的仪表一样要校正冷端温度。

(四) 单片机及显示电路

本设计采用的是 STC15W4K32S4 单片机作为主控 MCU, 采用

数码管显示, 由于要显示的温度大概 1300℃左右所以采用四位一体数码管显示就可以了。采用四位一体共阳数码管, 其驱动电路也较为简单, 只用 4 个 NPN 型三极管 8050 就可以驱动。为了使数码管显示更加人性化, 采用光敏电阻感觉环境光的变化, 环境亮度的改变会导致光敏电阻自身的电阻值发生变化, 而光敏电阻的电阻值跟光线的强度成反比关系, 光线越亮, 光敏电阻的阻值越小, 采用单片机内部的 AD 对电压进行采集, 就可知道环境的亮度。根据环境亮度产生 PWM 来控制 MOS 管的 G 极, 使通过数码管的电流能随 PWM 脉宽的变化而变化, 从而能根据环境亮度可智能调节数码管的亮度。

三、软件设计

(一) 软件总体设计

本设计采用的是 STC15W4K32S4 单片机作为主控 MCU, ADC 采样模块负责采样热电偶的电动势, DS18B20 负责系统的冷端补偿温度。软件程序的主要部分是对传感器数据的采集和处理。本设计的软件流程图如下图 2。

(二) 曲线的拟合

为了将测试的数据跟实际温度联系起来, 需要对测量得到的数据进行一个曲线拟合, 根据所测数据并参考胡向东主编. 机械工业出版社出版《传感器与检测技术》的第 8 章的表 8-3 的镍铬 -

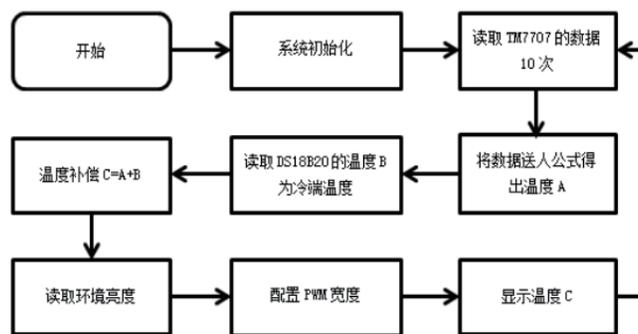


图 2 软件流程图

镍硅热电偶分度表进行使用 MATLAB 软件对其数据进行拟合, 根据最小二乘法对其表数据拟合后的曲线函数结果函数如下:

$$y=0.000000060021x^3-0.00013163x^2+0.8314x-49.629$$

y 为温度, x 为 ADC 芯片对热电偶进行采集的数据。

由于单次拟合所得的公式在低温偏差较大, 故采用分段拟合的方式, 对低于两百度的温度进行拟合, 其函数如下:

$$y=0.00000032149x^3-0.00026553x^2+0.70622x-38.363$$

四、系统调试

温度测试采用的是上海天页实验厂生产的坩埚电阻炉测量得到数据如下表所示。

表 1 温度测量数据表

温度 /℃	测得温度 /℃						
30	29.2	190	191.1	360	359.6	510	509.2
40	39.3	200	201.1	370	369.8	520	519.3
50	49.8	210	211.0	380	379.9	530	529.2
60	59.8	220	220.9	390	389.8	540	539.3
70	70.1	230	230.7	400	399.7	550	549.3
80	80.4	240	240.6	420	419.7	790	790.0
90	90.9	250	250.2	430	429.6	800	800.0

对温度测量数据表的数据进行误差分析, 分析结果如下: 由数据表可知, 本设计所测量的温度与标准仪器的误差在 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。

五、结论

本系统采用的是 STC 公司的单片机 STC15W4K32S4 芯片作为主控 MCU, 数码管作为显示模块, 锂电池结合在一起设计的工业热电偶温度计, 其测量温度精准, 是一款可循环充电便携式工业测量温度仪。

参考文献:

[1] 胡向东. 传感器与检测技术 [M] 北京: 机械工业出版社, 2013.

[2] 袁东. 51 单片机应用开发实战手册 [M] 北京: 电子工业出版社, 2021.

项目基金: 广西现代职业技术学院立项项目基于“以赛促学, 以赛促练”的《单片机应用技术》课程教学研究与实践 (GXXDYB202117)。

作者简介: 刘家辉 (1993-), 男, 汉族, 广西玉林人, 工作单位广西现代职业技术学院。