

A Module of General-Purpose for Temperature Measurement Based on MSP430

YE Dunfan, LIN Lijuan

Department of Mechanical and Electronic Engineering, China University of Geosciences, Wuhan, China

Abstract: This paper shows a general-purpose temperature module. The module based on MSP430F149 can achieve the functions of transmission and memory and signal conditioner circuits for analog sensors. The article focuses on the realizing of the signal conditioner circuits for thermal resistance, thermocouple and LM35. The characteristics of the module is, combine the characteristics of a variety of temperature sensors, through the rational design of hardware and software to achieve the standard analog and digital signal output. It is small and suitable for multi-precision, wide range of temperature measurement site.

Keyword: general-purpose; standard; small; multi-precision; wide-range

基于 MSP430 的通用测温模块

叶敦范, 林丽娟

中国地质大学, 武汉, 中国, 430070

摘要: 本文介绍了一种通用的测温模块。模块以 MSP430F149 为核心, 完成模拟传感器的信号调理和传输存储等功能, 文中着重阐述了热电阻, 热电偶, LM35 三类温度传感器的信号调理电路的实现。电路设计的特点主要在于结合各种传感器的测温特点, 通过软硬件的合理设计, 实现了标准的模拟和数字信号的输出及体积的最小化, 适用于多精度, 宽范围的测温现场。

关键词: 通用; 标准; 体积小; 多精度; 宽范围

1 引言

温度测量在工业领域应用广泛, 热电偶, 热电阻, 集成温度传感器 (如 LM35, LM75 等) 已成为测量仪器普遍采用的温度传感器。大多数测温仪器只适用于一种温度传感器, 当用户需要测量较宽范围的温度时, 就出现了需要多台测温设备的麻烦。如果有多种温度传感器的通用接口模块, 就无需更换测温设备, 实现不同精度和范围的温度测量。

本文介绍的通用测温模块, 在结合各种温度传感

器特点的基础上, 通过合理利用控制器内部资源, 实现了数字信号和标准 0~5V 的模拟电压信号的输出。

这种温度传感器接口应用非常广泛, 比如在仪器设备中, 可以作为仪器测温的通用组件; 在工业控制领域, 用户可根据需要此板进行不同类型传感器的自由组合将待测的温度方便接入控制记录系统, 避免了重复设计。

2 硬件结构

硬件电路主要由传感器的信号调理电路模块和 MSP430 信号处理模块组成。本模块硬件原理框图如图 1 所示。

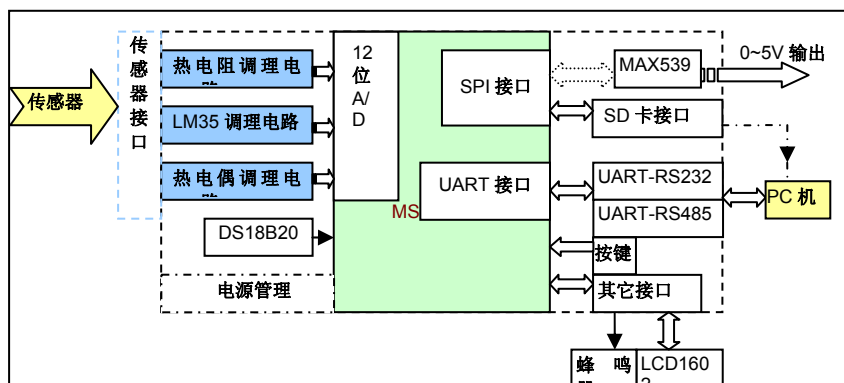


Figure 1. Functional block diagram

图 1 硬件原理框图

模块中选用 MSP430F149 作为模块核心部件, 完成对前级信号的采集、存储、处理、校正、显示和通信, 主要基于以下几点考虑:

1) 丰富的片上外围模块, 12 位 A/D、2 个 16 位定时器、看门狗、2 个 SPI 接口, 2 个 UART 接口等, 便于扩展外围电路, 节省 PCB 空间, 同时也减轻了软件编程的负担^[1]。

2) 内部提供 2.5V 参考电压, 可省去 ADC 外接基准电压的麻烦。

3) 具有 flash 存储器和 JTAG 接口, 程序调试简便。

信号调理电路模块包含了热电阻 pt100 调理电路, K 型热电偶调理电路, LM35 调理电路和 DS18B20。电源部分为各个模块提供合适的工作电压, 主要由稳

压和电压转换芯片组成。按键控制部分设置了三个按键, 除了用于电路复位的按键外, 另外两个分别用于数字信号/模拟信号输出选择及 SD 卡的数据存储选择。SD 卡用于异地显示数据所需。液晶显示接口的设计方便了测试和校准的调试。12 位的 A/D 转换器 MAX539 将处理器处理后的数字信号转换为标准的 0-5V 模拟信号输出。

3 信号调理电路设计

3.1 pt100 调理电路

热电阻信号调理部分采用恒流源方式将热电阻的阻值变化转换成电压信号变化, 具体实现电路如图 2 所示。为简化电路, 采用 MCU 内部 2.5V 参考电压, 因此调理电路输出端电压应在 0~2.5 范围内。

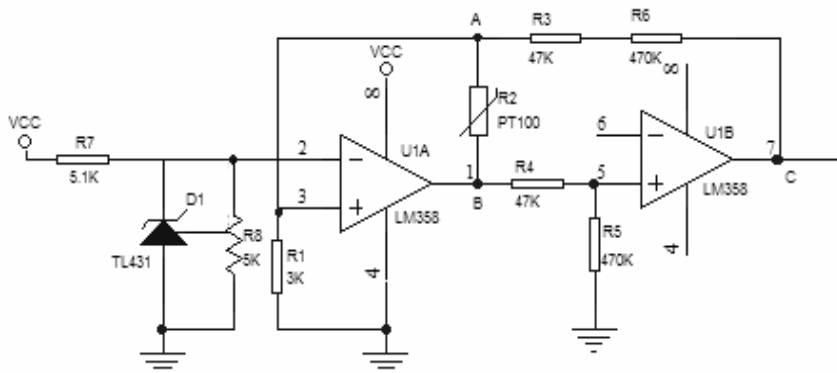


Figure 2. Conditioner circuit for the thermal resistance Pt100

图 2. 热电阻 Pt100 调理电路

图 2 中, U1A、R1、R8、D1 和 R7 组成一个恒流源为 PT100 提供合适的电流, Pt100 上的压降仅和其自身变化的电阻值有关, 不必考虑导线电阻的影响。调节 R8 的阻值得到电压值 2.165V, 根据虚地概念, 运放 U1A 的“+”端和“-”端电位 $V_+ = V_- = 2.165V$; 假设运放 U1A 的输出脚 1 对地电压为 V_o , 根据虚断概念, $(0 - V_-) / R1 + (V_o - V_-) / R_{Pt100} = 0$, 因此电阻 Pt100 上的压降 $V_{Pt100} = V_o - V_- = V_- * R_{Pt100} / R1$, 因 V_- 和 $R1$ 均不变, 所以虚线框内的电路等效为一个恒流源流过一个 Pt100 电阻, 电流大小为 $V_- / R1$, 即 7.21mA。Pt100 上的压降仅和其

自身变化的电阻值有关^[2]。当 PT100 的阻值随被测环境温度温度的改变而变化, 由于通过 PT100 的电流恒定, A、B 两端的电压随即改变, 从而调理电路的输出端口 C 的电压值与环境温度相关。

3.2 LM35 调理电路

LM35 的信号调理电路将 LM35 输出的 -0.25~0.75V 信号电压调理为 0~2.5V 的直流电压, 运放采用 LM358, 如图 3 所示。LM35 采用正负双电源供电模式, 可提供正负温度的测量^[3]。

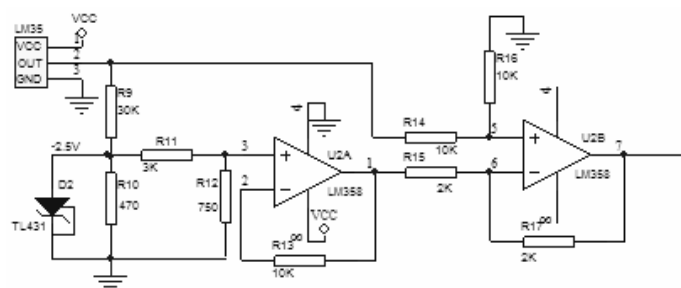


Figure 3. Circuit of LM35

图 3. LM35 调理电路

图3中, TL431 提供-2.5V 稳定电压, 经电阻 R11, R12 分压, 在 U2A 的“+”端得到-0.5V 的输入电压, 这样由 U2A 构成的电压跟随器, 就提供了一个-0.5V 的“基准”电压。这个基准经过 2 个 2K 的电阻到达 U2B 的输出端。同时, 电阻 R14, R15, R16, R17 和 U2B 组成减法电路, U2B 输出端 7 的电压是 LM35 输出的信号电压与“基准”电压的差值, 相当于将 LM35 的输出信号都抬高 0.5V。调理电路最终输出 0~2V 的电压信号。

3.3 热电偶调理电路

在传统的设计中, 由于热电偶输出电势及其微弱, 而且存在冷端温度误差和输出电势与被测温度的非线性问题, 易引起较大测量误差。尤其在以单片机为核心器件的智能装置中, 需进行复杂的信号放大、A/D 转换、查表线性、温度补偿及数字化输出接口等软硬件设计, 硬件芯片使用过多, 软件编写任务重, 不能适应现阶段产品集成化、模块化的需要^[4]。

本模块中选用 MAX6675 对热电偶的输出信号进行调理。MAX6675 是基于 SPI 总线的 K 型热电偶专用串行模数转换器, 能独立完成信号放大、冷端补偿、线性化、A/D 转换及 SPI 串口数字化输出功能, 大大简化了热电偶测量装置的软硬件设计。模块中 K 型热电偶与 MAX6675 的连接的原理图如图 4 所示。

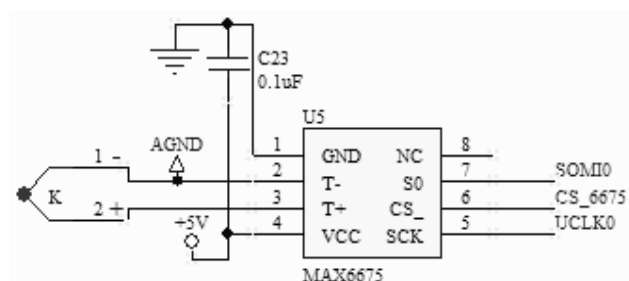


Figure 4. The interface of K-thermocouple and MAX6675

图 4. K 型热电偶与 MAX6675 的连接

4 其它

4.1 模拟信号输出及串口通讯

模拟信号输出的实现采用了 12 位电压输出型 D/A 转换器 MAX539, 单+5V 工作电源, 输出电压值 0~VDD。符合 SPI 接口标准, 可方便地与 MSP430 连接。

板上有 RS485 和 RS232 接口, 分别用于实现远距离传输和与 PC 机的短距通信。此外, 用户可方便地将待测的温度接入其它控制记录系统, 实现再次开发。

4.2 存储和显示电路

利用可携带的 SD 卡实现数据的异地显示功能。

MSP430F149 自带的 SPI 接口可方便实现 SD 卡读写。SD 卡在进行读写操作时, 最重要的是控制好读写的时序^[3]。

模块中的 LCD1602 的接口, 主要用于模块测试和校准用。在不与其它控制记录系统连接时可作为一个独立的温度测量仪器使用, 达到一板多用的目的。

4.3 软件设计和测试结果

系统软件的主要任务是控制完成 PT100, LM35 输入信号的 A/D 转换; MAX6675 和 DS18B20 的数据读取; 完成与 PC 的串口通信和 SD 卡数据的存储。通常, 当环境温度发生剧烈变化, 就会对温度传感器的敏感性产生影响, 此时就要调用系数校准程序对测量的温度进行人为的校准。软件设计流程图如图 5 所示。

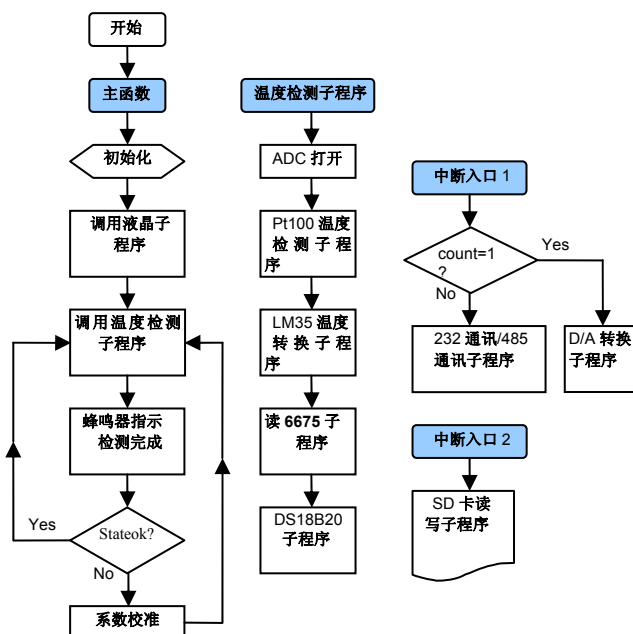


图 5. 软件设计流程图

Figure 5. Software design flowchart

通过软硬件的合理利用, 模块最终可实现-90~-1023.75℃范围的温度测量, 测试结果如表1所示。

Table 1. Result of module test

表1. 模块测试结果

模块接入的传感器类别	实现测温范围	达到的分辨率及精度
LM35	-50~150℃	显示分辨率0.1℃, 精度±0.2℃
PT100	-90~590℃	显示分辨率0.1℃, 线性度±1%
K型热电偶	0~1023.75℃	显示分辨率0.01℃, 精度±0.3℃
DS18B20	55~+125℃	选择12位分辨率, 精度为±0.5℃。

5 结束语

本文主要介绍了集温度传感器 LM35, DS18B20, 铂热电阻 Pt100 和 K 型热电偶四种温度传感器于一体的通用测温模块的电路设计实现。系统体积小, 易携带, SD 卡接口设计可实现数据温度的异地显示。

References (参考文献)

- [1] SHEN Jian-hua, FLASH-based MSP430 series ultra-low power 16-bit single-chip Principle and Application [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2004.
沈建华. MSP430 系列 FLASH 型超低功耗 16 位单片机原理与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [2] KANG Hua-guang, Analog part of the basis of electronic technology [M]. Beijing: Higher Education Press, 1987.
康华光. 电子技术基础模拟部分[M]. 北京: 高等教育出版社, 1987.
- [3] WANG Jing-jing, Based on the LM35 temperature measurement system [J]. Modern electronic technology, 2007,244 (5) :157-158.
王景景. 基于 LM35 的温度测量系统[J]. 现代电子技术, 2007, 244 (5) : 157-158.
- [4] Fang Yan-jun, et al, A new type of thermocouple temperature measuring device design [J].Journal of Transducer Technology , 2005,24 (11) :47-49.
方彦军, 等. 一种新型热电偶温度测量装置的设计[J]. 传感器技术, 2005, 24(11): 47-49.
- [5] Zhang Hong-tao, et al, SPI-based SD card reader agreement and implementation of mechanisms [J]. Application of electronic components, 2008,10 (3) :42-47.
张洪涛, 等. 基于 SPI 协议的 SD 卡读写机制与实现方法[J]. 电子元器件应用, 2008, 10 (3) : 42-47.