

基于 MSP430 的低功耗便携式测温仪设计

默少丽, 邓 鹏

(内蒙古科技大学信息工程学院, 内蒙古自治区包头市 014010)

摘要:针对目前同类产品中测量误差偏大、功能单一等不足,设计了一种基于 MSP430F435 单片机的低功耗便携式测温仪。该仪表能够连续多点测温,具有记忆、打印等功能,可以连接打印机,打印已测量的数据。特别适合高炉热负荷水温差测量,或者连续多点温度测量场合。实际使用证明,该仪表具有可靠性高、功能齐全、功耗低、使用简便、适用场合广泛、测温精度高等特点。

关键词:温度测量仪;MSP430F435;单片机;传感器;低功耗

中图分类号:TM938.82

0 引言

便携式测温仪采用 16 位超低功耗单片机 MSP430F435 和热电阻传感器铂 1000 实现温度的信号处理和采集。采用 MSP430 系列单片机的一个最大优势是它具有低功耗和高集成度,非常适合于电池供电和空间受限的工作环境以及便携式应用场合。作为一个便携式应用系统,功耗是整个系统的功耗,不仅是处理器的功耗。比如处理器输入端口的漏电流对系统的耗电影响就较大,MSP430 单片机输入端口的漏电流最大为 50 nA,远低于其他系列单片机(一般为 $1\ \mu\text{A} \sim 10\ \mu\text{A}$)^[1]。该测温仪适合高炉热负荷水温测量,或者需要连续测量多点温度和温差的测量场合。

1 系统硬件设计

便携式测温仪主要由处理器、传感器接口、键盘、LCD(液晶显示器)、数据存储、打印和电源等模块组成。系统硬件组成框图如图 1 所示。

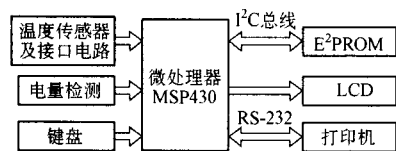


图 1 系统硬件组成

1.1 处理器模块

MSP430F435 是测温仪的控制中心,完成传感器数据结果处理、键盘的识别、串口通信的管理等。美国得州仪器(TI)公司的 MSP430F435 单片机是 Flash 类型单片机,内嵌 16 kB Flash 程序存储器和 512 B 数据存储器。其主要特点是:超低功耗、16 位指令、内置

A/D 转换器、串行通信接口、硬件乘法器、LCD 驱动器及高抗干扰能力等。因此,MSP430 单片机特别应用在智能仪表、防盗系统、智能家电、电池供电便携式设备等产品中。该芯片性能特点如下:低工作电压(1.8 V ~ 3.6 V);超低功耗(工作模式 4 下耗电仅为 $0.1\ \mu\text{A}$);16 位 RISC(精简指令集计算机结构);150 ns 指令周期^[2]。

1.2 电源模块

整个电路由 1 个 AA 电池供电,通过电压转换芯片获得处理器和外围电路所需电源。为保证测温仪正常工作,电源电路中还配有电池电量检测装置,在电池电量比较低、可能会影响到测温仪正常工作的情况下及时报警,提醒更换电池。采用 MSP430F435 内置比较器模块,无须外加专门的电池检测芯片,只需 2 个电阻就可以完成此功能。

1.3 传感器接口模块

传感器接口模块电路见图 2。传感器输出毫伏级的应变信号,通过高稳定度电桥变换,经由运算放大器 MAX492 组成的减法放大电路,然后经调零、滤波处理后,送至 MSP430F435 的 A/D 转换接口 ADC0,实现对温度信号的检测。单片机根据处理结果的值和范围进行查表,实现分段线性化,将传感器信号与温度对应。

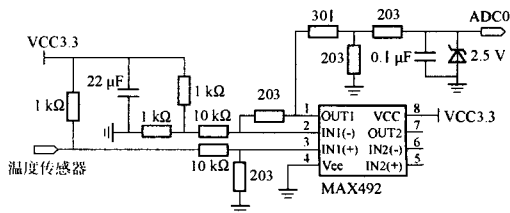


图 2 传感器接口模块电路

系统所采用的传感器是热电阻传感器铂 1000。铂电阻是目前广泛使用的精度高、稳定性好、性能可靠

的测温元件。但是,铂电阻温度传感器使用时也有不便之处,比如,输出信号非线性、信号弱、正负温度的分辨率不同、模拟量输出不能与单片机直接相连等。由于铂电阻的非线性,在应用时必须考虑非线性校正;由于仪表工作在小信号状态,抗干扰措施和合理电路工艺设计对整个仪表精度影响较大。设计时,严格将数字地与模拟地分开连接,再选一点共地,适当地增加数字滤波,这样可以提高抗干扰能力^[2]。

1.4 显示、键盘模块

LCD 和键盘显示是进行人机交互的重要手段。MSP430 内部有 LCD 驱动模块,最大可驱动 160 段的 LCD。采用 4 位 8 段低功耗模块,这种 LCD 非常适合于要求功耗低的仪表(如电子水表、电表、煤气表等)以及便携式系统中^[3]。测温仪面板上设置有 2 个手动键,1 个功能键,1 个确认键,以完成实时显示、保存测量值和打印等功能。在按功能键的同时,LCD 会有相应的数值显示,用户可以读出相关的信息,或者按确认键执行相应的功能。

1.5 数据存储模块

MSP430F435 外扩了 2 kB 的 E²PROM, E²PROM 通过 I²C 总线与单片机连接,用于保存采集的温度值,以备打印机打印。

1.6 打印机模块

打印机选用北京炜煌科技的汉字微型打印机,与单片机串口直接相连,接口电路相对简单,通过用软件使其按指定的格式打印出温度值。

1.7 键盘模块

便携式测温仪面板上设置了 2 个键,以完成实时显示测量值和打印等功能。使用按键与单片机的 I/O 口线直接连接的方法构成,采用查询方式获得按键值。

2 系统软件设计

整个系统软件设计主要由温度采集、低功耗设计、LCD 显示、读写 E²PROM 和打印处理 5 部分组成。本系统的工作流程图如图 3 所示。

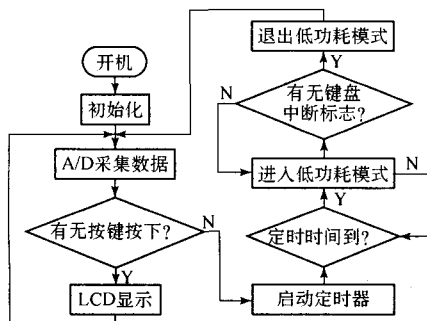


图 3 主程序流程

硬件初始化后,开始采集当前温度值,检测是否有按键按下。如果有按键按下,则执行按键相对应的功能,然后由 LCD 显示程序显示不同功能所对应的信息。如果没有任何按键按下,则显示当前实测温度值,等待用户的下一步操作。如需打印测得的数据,则进入打印处理程序。

2.1 温度采集

温度数据采集采用单片机 MSP430F435 自带的 A/D 转换器,A/D 转换的精度可达 12 位。MSP430 单片机内部提供了方便的 A/D 转换器初始化寄存器,只需简单地设置几个 A/D 转换器控制寄存器,就可完成对 A/D 转换器的初始化。软件设计的重点是温度与热电势间非线性关系的线性化标度变换算法和关于传感器温度数据噪声干扰的滤波算法。其中标度变换采用分段(每 10 ℃ 分段)线性化的方法,提高了系统的测温精度;而滤波采用中位值滤波算法。算法的具体实现过程是:首先连续采集 15 次,然后把 15 个温度数据按由小到大的顺序排列,取中位值作为本次采样值。中位值滤波能有效地克服因偶然因素引起的波动干扰。对温度、液位等缓慢变化的被测参数,采用此方法能收到良好的滤波效果^[4]。实际使用证明这样的滤波算法可保证小数点后 1 位数据保持稳定。

2.2 低功耗

对于便携式设备,设计时应尽量降低功耗,使系统尽可能长时间停留在低功耗状态。因此,考虑设备在适当的时候自动关机。这里采用了一个定时器。当定时器大于 0 时,系统处于开机状态;当定时器倒数到 0 时,系统进入休眠状态并且关掉 LCD 模块和 A/D 模块。当处理器处于休眠状态时,键盘程序就不好用了,处理器不会主动去扫描键盘。而键盘接在 P1 口,P1 口具有外部中断的功能,当处理器进入休眠状态时打开按键中断。当有按键按下时,CPU 响应外部中断,系统被唤醒,回到正常工作模式。具体操作是:开机时,对定时器初始化一个大于 0 的值,并且在每按一次有效键时,系统重新初始化这个值。因此,当没有按任何有效键时,3 min 后就会自动关机,从而实现降低功耗的目的。

2.3 LCD 显示

LCD 显示部分的实现要与键盘处理程序相配合,根据不同功能显示不同的信息。要实现 LCD 的正常显示至少需要下面几个重要步骤:选择 LCD 驱动模式、制定相应驱动模式下 LCD 的 BCD 码显示存储表、设置 LCD 时钟、设置通用 I/O 端口属性和更新 LCD 显示缓存区。本仪表选择静态 LCD 驱动模式,制定了 0 ~ F 的 BCD 码显示存储表,采用 1 024 Hz 的时钟频

率,设置通用 I/O 口属性为输出,根据不同功能实时更新 LCD 显示缓存区的内容。

2.4 其他部分

E²PROM 模块用于保存测量的温度值和测量点。串行通信模块用于实现测温仪与打印机连接,打印测量的温度值。这两部分程序较简单,这里不再叙述。

3 测温仪功能及主要技术性能

测温仪功能如表 1 所示。当功能号为 0、1 时,用于确认保存当前测量点温度值,然后自动转到下一个测量点位置测量;当功能号为 2 时,用于显示和保存记录已经测量的测量点位置;当功能号为 3 时,用于显示已经测量的测量点位置和清除上次测量的记录;当功能号为 4 时,用于确认打印。

表 1 测温仪功能

功能号	功能
0	显示和保存 A 组当前测量点的测量值
1	显示和保存 B 组当前测量点的测量值
2	显示已经测量的 A 组温度的测量点位置
3	显示已经测量的 B 组温度的测量点位置
4	打印两组已经测量的数据

仪表分辨率可达 0.1 °C,测量误差小于 ±0.1 °C。MSP430 系列单片机均为工业级器件,运行环境温度为 -40 °C ~ 85 °C 运行稳定,可靠性高,所设计的产品适用于各种民用和工业环境^[1]。所以该测温仪可以用于测量高炉热负荷水温差测量,或者需要对连续多

点的温度测量场合。

4 结束语

本文研制的便携式低功耗便携式测温系统克服了传统测量系统存在的不足,具有结构简单、工作稳定可靠、测量精度高、功耗低、便携性好、功能齐全、适用场合广泛等优点。与其他测温仪的突出不同之处在于,本系统采用新型低功耗 16 位单片机 MSP430 F435 作为整个系统的控制核心。由于采用了功能强大的 MSP430 单片机,本系统设计的硬件电路与以往有较大差异。MSP430 F435 有着丰富的外围模块,因此比较容易实现温度信号的采集、处理、显示、存储及打印,从而使整个硬件电路得到极大的简化。实际使用证明该测温仪完全符合工厂应用的需要,性能稳定,可靠性高,设备操作简单方便。

参 考 文 献

- [1] 沈建华,等. MSP430 系列 16 位超低功耗单片机原理与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [2] 王幸之,等. 单片机应用系统抗干扰技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [3] 魏小龙. MSP430 系列单片机接口技术及系统设计事例[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [4] 沙占友. 智能传感器系统设计与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2004.

默少丽(1960-),女,高级实验师,现从事电子实现方面的研究工作。

Design of Low Power Consumption Portable Multifunctional Temperature Measurer Based on MSP430

MO Shaoli, DENG Peng

(College of Information Engineering, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010, China)

Abstract: In view of the shortages of present similar products, such as bigger measurement error, single function and so on, a device for measuring temperature is designed which has low power consumption and is well portable. This device based on MSP430F435 can sequentially measure multiple points, with functions of memory and printing and so on; it can connect the printer and print the data you have measured whenever you want. Particularly it suits the field of furnace shaft thermal burden difference in water temperature, or the field of sequentially multiple points measuring. It is proved in practical application that there are several characteristics such as high dependability, multifunctional, low power consumption, convenient for use, broad application situation, high precision measurement and so on.

Keywords: temperature measurer; MSP430F435; single chip microcomputer; sensor; low power consumption