

低功耗高精度数字温度计的设计*

徐治国

(盐城民航站,江苏 盐城 224051)

摘要:数字温度计设计主要从硬件选型和软件设计两方面着手,可有效降低功耗,延长工作时间,提高测量精度。软件设计采用间歇式工作模式,在保证系统性能要求的情况下缩短CPU的工作时间,使系统较长时间工作在低功耗模式下,有效地降低了系统的能耗;同时,使用集成于单片机内部的Slope A/D转换器,并采用多点校准技术和线性插值方法,提高温度采样的精度。

关键词:传感器;单片机 温度计;低功耗;A/D

中图分类号:TP368.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2007)02-0051-04

现代测温应用中,温度传感器趋于向数字化方向发展,近年来出现了由各种微控制器构成的数字式温度传感器。利用MSP430单片机具有极低功耗的特点,它的CPU可以在1.8~3.6 V电压、1 MHz的时钟条件下运行,耗电电流会因不同的工作模式而不同,利用该款单片机强大的运行模式和特殊功能,本文设计了一种由超低功耗单片机MSP430F435构成的数字式温度计,可方便快捷地实现低功耗测量。

1 低功耗温度计的总体设计

1.1 总体目标

智能温度计采用电池供电,LCD液晶显示,利用MSP430在不工作状态下低功耗的特点,使该温度计在不更换电池的情况下可以工作2年以上,达到高可靠性、误差小、抗震、工作温度范围0~100℃,生产成本较低。

1.2 设计思路

系统设计的总体思路是围绕如何实现低功耗开展。控制功耗,必须从内部着手。对于数字化的测量系统,通过适当地选择采样周期,在一个采样周期内,迅速地测量温度,然后进入电流消耗较低的“休息”状态,就可以大幅度地减小整个系统

的电流的消耗。假设采样可以在 $T_s = 10\text{ ms}$ 之内完成,采样时消耗的电流为 $I_s = 1\text{ mA}$,采样周期为 $T_A = 1\text{ s}$,非测量状态的电流消耗为 $I_b = 0.04\text{ mA}$,整个系统的平均电流消耗为:

$$I_{\text{平均}} = (T_s \times I_s + (T_A - T_s) \times I_b) / T_A = I_b + T_s / T_A \times (I_s - I_b) = 0.0496\text{ mA}$$

从公式中得出,在 T_s/T_A 采样时消耗的电流对整个系统的平均电流影响并不很大,只要恰当地选择 I_b, I_s, T_s, T_A 就可以达到降低功耗的目的。可以从以下几个方面入手:

(1)减小 I_b ,减小休息时的电流消耗,方法一是尽量减少在“休息”状态下还要工作的模块数量,二是选用低功耗元器件。

(2)减小 I_s ,采样时,工作的元件要尽量降低功耗,选择电流消耗较小的型号。

(3)减小 T_s ,减小工作时间,完成采样后尽快结束工作。

(4)增大 T_A ,加大采样周期,尽量多“休息”,使系统的响应变慢。

1.3 方案总体设计

温度系统由如图1所示的几个模块组成。

总体设计应该是全面考虑系统的总体目标,进行硬件选型,确定MSP430F435单片机为数字

* 收稿日期:2007-01-10

作者简介:徐治国(1973-),男,江苏盐城市人,工程师。

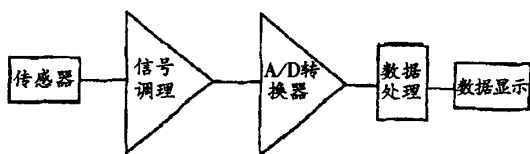


图 1 温度系统基本模块

Fig. 1 Thermometer system basic module

温度计的核心。并选择低功耗和低成本的存储器、放大器、液晶显示器等元件,总体方案系统的基本组成如图 2 所示。以单片机为核心,通过单片机来控制温度传感器和放大器的供电,传感器感受的温度信号转换为电信号后,经过放大器放大转化为适合于 A/D 转换的电压范围。然后通过 MSP430 单片机内部集成的 A/D 转换器进行 A/D 转换,温度信号就转换为数字。单片机根据存储于外部存储器中的校准数据计算出测得的温度送液晶显示器显示。

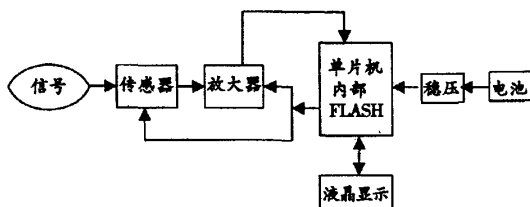


图 2 系统的基本组成

Fig. 2 Basic composition of the system

2 软件设计

本文着重介绍软件的设计,系统初始化之后,首先切断传感器和放大器的供电,进入节电模式,根据设定的采样时间进入等待延时循环,经过一个采样周期后,计时结束,系统退出节电模式,打开传感器、放大器电源,开始测量,进行 A/D 转换,然后进行数据处理和计算,最后将结果送显示器显示,整个过程结束后,立刻进入节电模式,开始下一个采样周期循环,系统就这样周而复始地运行。

软件设计中主要采用模块化设计,分别编制子程序,然后组合,完成任务。主要子程序模块包括:系统初始化、主程序循环、A/D 转换子程序、温度采集子程序、线性插值子程序、LCD 显示子程序、看门狗设定、中断响应子程序、延时等待子程序等。

2.1 系统初始化程序

系统初始化程序是为了在进入主程序循环之

前,做好必要的准备工作,包括如下内容:

(1) 停止 MSP430 内部的看门狗。

(2) 设定 I/O 端口状态,根据不同要求设定 I/O 口的输入与输出,包括脉冲信号输入端设置, JTAG 接口的设置。

(3) 锁相环 FLL + 的初始化,选择有效电容产生可靠的晶振,选择主系统时钟为 DCOCLK。

(4) LCD 初始化,开启 LCD,选择 4MUX,缓存内容清零。

(5) 比较器_A 初始化,比较器开放,两个输入端接外部信号源,比较器输出经过 RC 低通滤波。

(6) 总中断允许(GEE General Interrupt Enable)设为 1。

2.2 程序的主循环框架

程序的主循环框架见图 3,在系统进行一系列的准备工作即初始化之后,程序就进入主循环,主循环的工作是进行采样时间控制、控制测量过程、slope A/D 转换、数据非线性处理、线性插值、数据显示,然后周而复始地进行主循环程序。在主程序循环的过程中随时响应按键中断,进入中断程序。

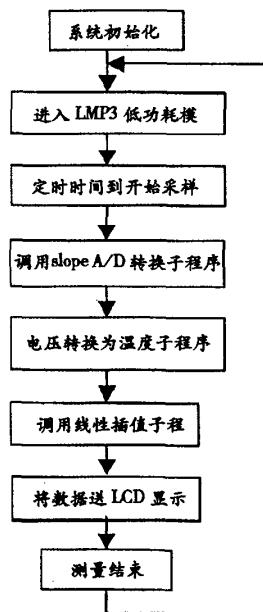


图 3 主程序框图

Fig. 3 Major program diagram

2.3 LCD 液晶显示程序

LCD 显示驱动程序采用模块化方式,包括将

LCD 显示缓冲区数据传送到 LCD 的程序、显示数字的程序、处理小数点程序等。程序以十进制的形式送去显示,使显示程序比较简单。FLASH 保存接受二进制数,为了把重要数据保存起来的话,须把十进制数转换为二进制数,可采用 2-10 进制转换程序。

2.4 测温子程序流程图

如图 4 所示。

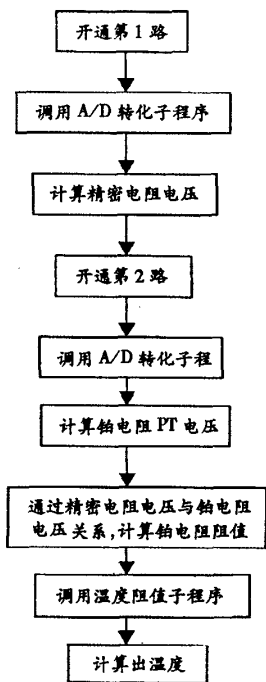


图 4 测温流程图

Fig. 4 Flow chart of temperature measurement

2.5 等待延时程序

为了最大限度地实现系统低功耗的目标,用于等待充电等的等待延时子程序可以采用 TimerA 的比较寄存器 2 (CCR2) 来进行计时,在等待过程中系统运行在 LPM0 模式下。采用软件来实现系统的延时,程序如下:

```

void delay(int val)
{ for(i=0;i<val;i++)
  _NOP();
}
  
```

定时功能,是用 Basic_timer1 来实现的。利用基本定时器中断次数和频率的关系来实现精确的定时。

3 系统特点

在基于 MSP430 的低功耗温度计的设计中,低功耗、低成本是两条主线。在低功耗设计方面,首先是选择低功耗元件,从单片机、显示器、串行通信芯片、到传感器,都尽量选择市场上功耗最低的产品;其次软件设计要融入低功耗思想,核心的方法就是在最短的时间内把需要的工作完成,然后立即进入休息状态。采样间歇状态时,关闭单片机内部除看门狗定时器之外的所有模块,切断对外部器件的供电,将 LCD 液晶置于“休眠状态”,最大限度地降低了功耗,可以成功地控制了温度计的功耗。在降低成本的方面,尽量选择能满足性能的低成本元件,单片机采用比较实用的 MSP430F435,利用其内部的 Slope A/D 转换器,省略了外部 A/D 转换器,软件算法采用线性插值的方法,简化仪表的设计等,这些措施的综合应用,最大限度地降低了整个系统的成本。本设计应用性较强、应用范围较广,通过改变温度传感器就可以实现不同温度范围和精度的测量,该系统可以安装在热水器、实验室等对温度有要求的场合进行实时测量。

4 结束语

随着电子技术的不断进步,新型号的单片机等产品的价格会逐渐下降,可以根据设计目标和市场定位选用性能更好、集成度更高的高性价比的单片机,进一步简化设计,例如,选用 MSP430F43X 系列单片机,可以采用集成于单片机内部的 12 位高速 A/D,而放弃转换速度相对较慢的 Slope A/D,这样可以提高转换速度,使得工作和休息的时间比例加大,进一步降低功耗、提高相应速度等,另外 MSP430F435 可以通过定时器软件模拟串行通信,这样方便为系统增加串行通讯功能。这样就使得系统的集成化更高,朝着多功能的方向发展。除了选择新型号,集成度更高的单片机外,还可以对低功耗表进行系列化发展,可增加红外线传输技术能力,或增加 RS232 或 RS485 串行通讯口,将测得的数据直接传送到主控计算机。低功耗温度计设计正朝着多功能、系列化、智能化的方向发展。

参考文献:

- [1] 魏小龙. MSP430 系列单片机接口技术及系统设计实例[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2003.
- [2] 万福君. 单片微机系统设计与应用[M]. 北京:中国科学技术大学出版社,2001.
- [3] 赵负图. 传感器集成电路手册[M]. 北京:化学工业出版社,2002.
- [4] 胡大可. SP430 系列超低功耗 16 位单片机原理与应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2004.

The Design of the Low Power Loss and High Accuracy Digital Thermometer

XU Zhi - guo

(Yancheng Civil Aviation Station, Jiangsu Yancheng 224051, China)

Abstract: The digital thermometer design mainly starts from the hardware shaping and software design, which can effectively reduce the power loss, lengthen the operating time, increase the measuring accuracy. The software design uses the inter mittent working pattern, which reduces the operating time of CPU in guarantee system performance so that the system always works in low - consumption patterns and the system energy consumption is very low. Meanwhile, the slope A/D converter integrated in the microcontroller, multi - point calibration technology and the linear interpolation method are used in order to improve the system precision.

Keywords: sensor; single - chip computer; thermometer; low power consumption; A/D

(上接第 17 页)

3 结论

在 UG 二次开发过程中,确定选择哪种方法访问外部数据,取决于具体的应用系统要求。通过 UG/Open API 编程较适合于对外部文本文件的访问,可方便实现用户与 UG 信息窗口交互等

功能;通过 ODBC 和 ADO 技术可以访问各种支持的数据源,包括文本文件、Excel 表及各种关系型数据库表等,ADO 与 ODBC 相比,ADO 技术使用更加简便,免去了繁琐的配置数据源工作,但有些数据库仅支持 ODBC,不直接支持 ADO 数据库技术。

参考文献:

- [1] 董正卫,田立中,付宜利. UG/OPEN API 编程基础[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
- [2] David J Kruglinski. Visual C + + 技术内幕[M]. 北京:清华大学出版社,2001.

Research of Data Access in the Second Development Based on UG

HUANG Shu - rong, QIN Ke, HAN Dong - bing

(CAD Center of Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, China)

Abstract: In the UG application systems, it is important to access various external data sources, such as text file, Excel sheet, and Database table. Approaches to accessing external data, instructions for how to program, key sample source codes, and their applicable domain and characteristics, were introduced in this paper, which provide reference to the extension/customizing development based on UG.

Keywords: the second development based on UG; data access; UG/Open API; MFC