

基于MSP430单片机 设计研发微小型数字多路测温仪

张宇, 田英明*, 赵俊奎*

(重庆大学计算机科学与技术学院 重庆, 400037)

(*中国四联仪器仪表集团公司 重庆, 401121)

摘要: 利用MSP430x149单片机设计研发微小型数字多路测温仪的工作过程是采用按键的方式来选择不通的温度测试通道, 并将所选择测温通道的测温结果显示在LCM12CY液晶显示器上。本设计选用MAX6675数字转换器、K型热电偶、DS18B20一总线温度计及单片机内部温度传感器作为温度测试通道, 在MSP430x149上实现各路温度采样及采样处理。K型热电偶应用在单片机系统领域时, 存在非线性问题, 对它的使用必须建立数学模型来进行温度补偿修正, 才能达到良好的使用效果。

关键词: MSP430x149单片机; MAX6675数字转换器; K型热电偶; DS18B20一总线温度计; LCM12CY液晶显示器

Abstract: Adopting key-press way to select non-pass temperature test channel and show the test result on LCM12CY LCD is the working process of small size multiple thermometric indicator developed by MSP430x149 MCU's design. My design chose MAX6675 digital converter, K thermocouple, DS18B20 1-wire Digital and MCU internal temperature sensor as the test channels. Furthermore, it makes multiple temperature sampling and disposition happen on MSP430x149. There is non-linear problem when K thermocouple used on MCU system. As a result, we should establish mathematical model to carry on characterization modification in order to achieve good result of using.

Key words: MSP430x149 MCU; MAX6675 digital converter; K thermocouple; DS18B20 1-wire digital thermometer; LCM12CY LCD

中图分类号: TP368.1

文献标识码: B

文章编号: 1001-9227(2009)02-0054-04

1 硬件设计研发

1.1 MSP430x149单片机与K型热电偶、MAX6675的硬件设计

K型热电偶是一种感温元件, 它把温度信号转换成热电动势信号, 通过电气仪表转换成被测介质的温度, 其测温的基本原理是两种不同成份的均质导体组成闭合回路, 当两端存在温度梯度时, 回路中就会有电流通过, 此时两端之间就存在热电动势, 这就是所谓的塞贝克效应。K型热电偶是工业中常用的温度测温元件, 对于K型热电偶, 电压变化率为 $41\mu\text{V}/^\circ\text{C}$, 电压可以由线性公式 $V_{\text{out}} = (41\mu\text{V}/^\circ\text{C}) \times (T_r - T_{\text{amb}})$ 来近似热电偶的特性。上式中, V_{out} 为热电偶输出电压 (mV), T_r 是测量点温度; T_{amb} 是周围温度。^[1] 如果按照上式的输出方法来确定K型热电偶的温度输出值是很不科学的, 因为K型热电偶在一定的温度范围内是呈近似线性变化的, 但是在整个全温区内温度与热电动势是呈非线性变化的; 将K型热电偶引入到单片机领域中, 由于热电偶热电动势变化率为 $41\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 的特性, 在硬件设计时要考虑到对输出信号放大, 电路上衰

减与磁干扰也会影响到信号的失真, 所以要想使K型热电偶具有较高的测量精度就必须在硬件设计的过程中减少信号的衰减, 软件上进行温度补偿和线性修正。

MAX6675是Maxim公司推出的一个集成了热电偶放大器、冷端补偿、A/D转换器及SPI串口的热电偶放大器与数字转换器。该器件是一复杂的单片热电偶数字转换器, 内部具有信号调节放大器、12位的模拟/数字化热电偶转换器、冷端补偿传感和校正、数字控制器、1个SPI兼容接口和1个相关的逻辑控制。在测温应用中, 芯片自热将降低MAX6675温度测量精度, 误差大小依赖于MAX6675封装的热传导性、安装技术和通风效果。为降低芯片自热引起的测量误差, 可在布线时使用大面积接地技术提高MAX6675温度测量精度。MAX6675的测量精度对电源耦合噪声较敏感, 为降低电源噪声影响, 可在MAX6675的电源引脚附近接入1只 $0.1\mu\text{F}$ 陶瓷旁路电容。MSP430x149与热电偶, MAX6675的电路设计图见图1。

1.2 MSP430x149单片机与DS18B20一总线温度计硬件设计

DS18B20数字温度计以9位数字量的形式反映器件的温度值, 它通过一个单线接口发送或接受信息, 因此

收稿日期: 2008-11-25

作者简介: 张宇(1979-), 在读硕士, 毕业于黑龙江齐齐哈尔大学计算机科学与技术专业, 专业方向为控制软件。

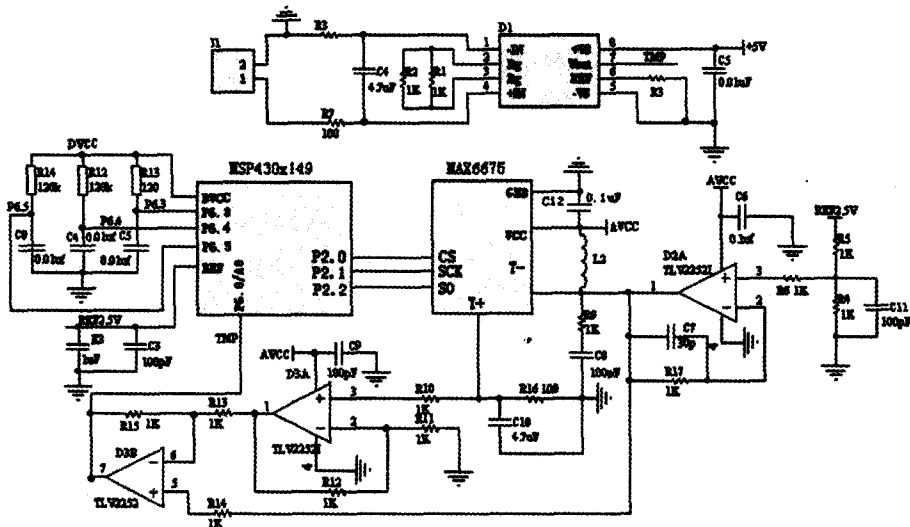


图1 MSP430x149与热电偶、MAX6675的电路设计图

MSP430x149单片机和DS18B20之间仅需一条连接线。用于读写和温度转换的电源可以从数据线本身获得,无需外部电源。值得注意的是单线总线只有一条定义的信号线,每一个挂在总线上的器件都能在适当的时间驱动它,为此每一个总线上的器件都必须漏极开路或三态输出;DS18B20的单总线端口是漏极开路式的,所以单线总线需要一个约5kΩ的上拉电阻^[2]。MSP430x149与DS18B20硬件设计见图2。

1.3 MSP430x149单片机与LCM12CY液晶显示器硬件设计

LCM12CY为12位8段液晶显示模块,3~4线串行接口,可与任何单片机的I/O口相接,具有低功耗的特性。在本设计中LCM12CY是作为操作菜单的显示单元和多路温度输出显示的界面。液晶模块在上电使用后,软件初始化模块应延时200ms以上再送命令,为实现低功耗方式,每次读/写命令或数据之后,应将/CS、/RD、/WR、DATA置高电平或悬空;一旦模块掉电再上电时,应上电延时后对/CS进行几个10μs以上的高电平脉冲,让模块复位^[3]。MSP430x149与LCM12CY硬件设计见图2。

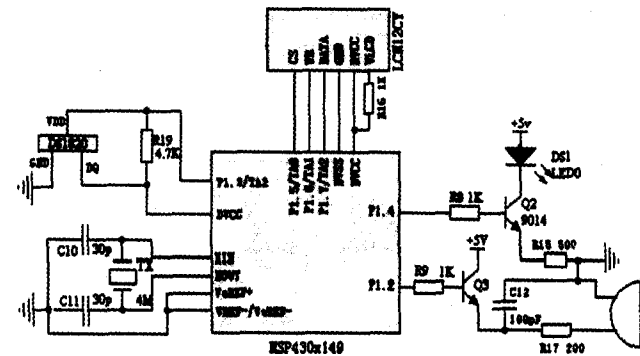


图2 MSP430x149与DS18B20、LCM12CY、声光报警的电路图

1.4 温度极限的声光报警设计

每一个测温通路都有自己的测温范围,在其各自的测温量程内都有很高的测温精度,将多路温度测试仪应用于生产生活中,一旦出现超量程的测温时就会向使用用户发出声光报警信号。使用用户也可以根据实际的应用通过程序来改变超温报警的范围,这对于应用者是很方便,更具有实际的使用意义,声光报警的电路设计见图2。

2 软件流程与设计研发

2.1 微小型数字多路测温仪软件流程

微小型数字多路测温仪的下位机软件主要完成按键扫描, SPI总线实现MAX6675测温数据的读取,一总线实现DS18B20测温数据的读取以及热电偶和MSP430x149片内温度的AD采样。使用用户依据需要来选择不同量程的测温通道,实现温度的测量。多路温度测试仪在温度测量过程中用户可以依据实际的需要来设定测温的上下限,一旦测量温度不在测量范围时就会及时的向用户发出报警信息。软件的整体流程见图3。

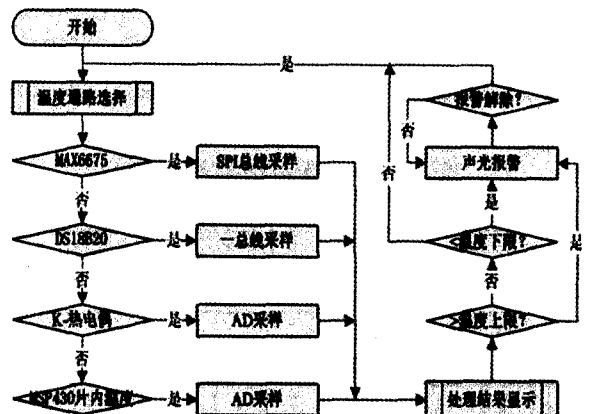


图3 多路测温仪的软件流程

2.2 MSP430x149的I/O模拟SPI总线实现

MAX6675采样和LCM12CY液晶的读写操作。MAX6675采用标准的SPI串行外设总线与MSP430x149的I/O相接,且MAX6675只能作为从设备。MAX6675 SO端输出温度数据的格式见表1, MAX6675 SPI接口时序见图4。

表1 MAX6675 SO端输出数据格式

	12位温度读														热电偶输入	设备身份	状态		
位	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0			
	0	MSB											LSB			0			三态

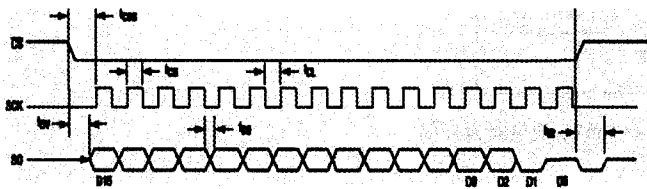


图4 MAX6675 SPI接口时序

MAX6675从SPI串行接口输出数据的过程如下:单片机使CS变低并提供时钟信号给SCK,由SO读取测量结果。CS变低将停止任何转换过程;CS变高将启动一个新的转换过程。一个完整串行接口读操作需16个时钟周期,在时钟的下降沿读16个输出位,第1位和第15位是一伪标志位,并总为0;第14位到第3位为以MSB到LSB顺序排列的转换温度值;第2位平时为低,当热电偶输入开放时为高,开放热电偶检测电路完全由MAX6675实现,为开放热电偶检测器操作;第1位为低,以提供MAX6675器件身份码,第0位为三态。采用MSP430x149的I/O模拟SPI总线,严格按照MAX6675 SPI接口时序,即可实现软件对MAX6675的温度采样过程。

在MSP430x149实现对LCM12CY液晶显示器的读写操作与MSP430x149实现对MAX6675采样基本上相同,都是采用单片机的I/O口模拟SPI串行总线,按照读写命令或数据的时序实现液晶显示器的控制与操作。MSP430x149的I/O口模拟SPI串行总线实现对LCM12CY液晶显示器的读格式见表2, LCM12CY液晶显示器的写命令格式见表3, LCM12CY液晶显示器的写数据格式如表4所示。

表2 LCM12CY液晶显示器的读数据格式

位	8	7	6	5	4	3	2	1	0
格式	1	1	0	0	A4	A3	A2	A1	A0
	读模式				RAM ADDR				

表3 LCM12CY液晶显示器的写命令格式

位	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
格式	1	0	0	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	C0	0
	写命令模式			命令代码								

表4 LCM12CY液晶显示器的写数据格式

位	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
格式	1	0	1	0	A4	A3	A2	A1	A0	D0	D1	D2	D3
	写数据模式				RAM ADDR					DATA			

2.2 MSP430x149实现对DS18B20数据采样

DS18B20依靠一个单线端口通讯,在单线端口条件下,必须先建立ROM操作协议,才能进行存储器和控制器操作,所以DS18B20需要严格的协议以确保数据的完整性。DS18B20间的任何通讯都需要以初始化序列开始,初始化序列开始见图5。

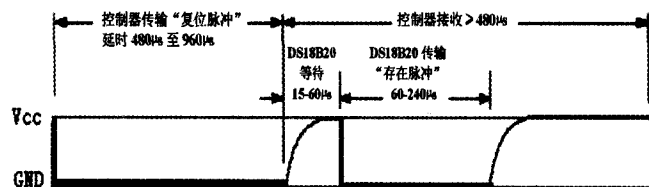


图5 DS18B20初始化序列

一个复位脉冲跟着一个存在脉冲表明DS18B20已经准备好发送和接收数据。DS18B20的数据读写是通过时间隙处理位和命令字来确认信息交换;当主机把数据线从逻辑高电平拉到逻辑低电平的时候,写时间隙开始,所有写时间隙必须最少持续60µs,包括两个写周期至少1µs的恢复时间。I/O线电平变低后,DS18B20在15µs到60µs时间内对I/O线采样,如果线上是高电平则写1,否则写0;当主机把数据线从逻辑低电平拉到逻辑高电平的时候,读时间隙开始,从DS18B20输出的数据在读时间隙的下降沿出现后15µs内有效。因此,主机在读时间隙开始后必须停止把I/O引脚驱动为低电平15µs,以读取I/O引脚状态。DS18B20读/写时序见图6^[4]。

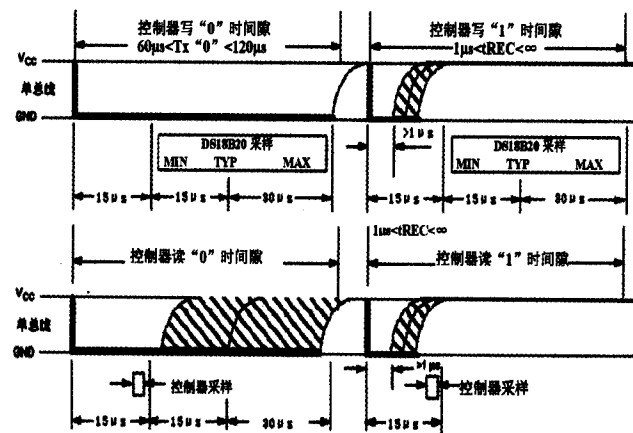


图6 DS18B20读/写时序

3 温度线性修正的算法

可以看到此时的SOC不再受不确定的 I_b 的干扰,因此,提高了检测的准确性。这样做,也带来了一定的损耗,也就是充电开关断开那一瞬间会有电能的损失,但这是可以尽量克服的,主要从两方面着手:一方面把蓄电池的充电检测分为两个阶段,第一阶段当蓄电池电量较少时,不使用电流置零检测法,而是使用常规在线电压检测法,这样就没有电能的损失,第二阶段当蓄电池电量快满时,改为电流置零检测法,这时会有一些电能的损失,但提高了检测的准确度;另一方面采用电流置零检测法引起的电能损失比例可以表示如下: $\eta = \frac{\Delta t}{t}$,其中, η 是损失电能的比例, Δt 是每次检测之前充电开关断开的时间, t 是两次检测之间的时间间隔。在实际中,可以取 $\Delta t = 20\text{ms}$, $t = 300\text{s}$,这样 $\eta = \frac{\Delta t}{t} = \frac{0.02}{300} = 0.6 \times 10^{-4}$,即万分之0.6,这个比例非常小,可以忽略不计。

3 结束语

本文提到的一些光伏控制器的问题,都是作者在工程实践中遇到的具体问题,所述的一些解决方法,也是实践经验的总结,本文提到的两个原创技术:用有源整

流代替防逆充二极管和电流置零检测法,都已经被运用到嘉善玛仕兰电子有限公司的相关光伏产品之中,取得了一定的实际效果。未来几年,光伏产品还会迅速发展,光伏控制器也会不断完善,作者认为未来中小型光伏控制器的发展方向是引入新型传感检测技术,会更加准确,集成度更高,功能更加完善。比如说可能会把电力电子变换电路也和光伏控制器集成起来,在蓄电池内部放置专门的传感器,可以和光伏控制器接口等等。总之,面前的一条阳光大道,需要我们进一步去探索。

参考文献

- 1 王超.独立运行光伏发电系统控制器的研究与设计[D].杭州,浙江大学,2004
- 2 D. A. J. Rand (主编),郭永椰(译).阀控式铅酸蓄电池[M].北京:机械工业出版社,2007:181~189
- 3 唐有根.镍氢电池[M].北京:化学工业出版社,2007,16~33
- 4 计长安,张秀彬,何斌等.基于MCU的光伏控制系统[J].微计算机信息,2005(3):46~48
- 5 乔兴宏,吴必军,王坤林等.基于模糊控制的光伏发电系统MPPT[J].可再生能源,2008(10):13~16

(上接第56页)

热电偶应用在单片机系统领域中具有非线性,并且冷端的温度会随着环境温度而变化以及模拟小信号无法满足数字化输出要求的问题,要改善这些问题,必须进行信号放大、A/D转换,还要建立数学模型进行温度补偿和线性修正。在设计中,热电偶的线性修正采样了三次多项式拟合,实现精度要求。拟合公式 $F(X) = aX_3 + bX_2 + cX + d$,式中, $F(X)$ 为温度输出值, a 、 b 、 c 、 d 为常系数, X 为温度采样值。在温度补偿区内取四点 $(X_0, F(X_0))$, $(X_1, F(X_1))$, $(X_2, F(X_2))$, $(X_3, F(X_3))$,则满足下式:

$$F(X_0) = aX_0^3 + bX_0^2 + cX_0 + d$$

$$F(X_1) = aX_1^3 + bX_1^2 + cX_1 + d$$

$$F(X_2) = aX_2^3 + bX_2^2 + cX_2 + d$$

$$F(X_3) = aX_3^3 + bX_3^2 + cX_3 + d$$

根据矩阵算法求得对应系数 a 、 b 、 c 、 d 。在测试中,通过叠代求解求得 $F(X)$ 温度测量压力值。

$$F(X) = d + X \times (c + X \times (b + X \times a))$$

4 结束语

微小型数字多路测温仪以单片机、数字型温度传感

器、热电偶及放大电路为设计基础,实现了高精度、抗干扰、多路温度测量的能力,并且整体设计的价格也比较低廉,能够满足实验室、烘箱及生活等条件下多个测量点使用的要求。在软件上实现温度测量中的自动校准和非线性数字补偿,很好地解决了热电偶零点漂移和非线性的问题。该测量仪同时具有自动报警的功能,极大地提高了使用的方便程度,这对于进行实时监控温度的工业现场和生活空间具有重要意义。

参考文献

- 1 MAX6675 Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple to-Digital Converter[Z]. USA: DALLAS Corporation
- 2 刘威.基于DS18B20和nRF9E5的多点无线测温系统[D].吉林:吉林大学,2008
- 3 LCM12CY12位8段液晶显示模块技术说明书[Z].北京:青云创新科技发展有限公司
- 4 DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer [Z]. USA: DALLAS Corporation
- 5 李士雨.数据处理与数值计算[M].北京:化学工业出版社,2005
- 6 张宇,田英明. Ad hoc网络拜年发现算法综述[J].自动化与仪器仪表,2009,1,8~10