

基于 AVR 单片机温度测量的设计与实现

丁万平 宋建平 胡治平

(河海大学理学院,江苏 南京 210098)

摘要:介绍了温度传感器 LM35D 能以 $10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ 的线性变化率输出与温度成正比的电压量.为了测量温度场的变化,设计了 AVR 单片机的温度测量系统.该系统通过 ATmega16(L) AVR 单片机实现对温度数据的采集、显示及通信,具有体积小、成本低、工作可靠等特点.

关键词:AVR 单片机;温度传感器;BASCOS-AVR;硬件设计;软件设计

中图分类号:TP212.11;TH811 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-198X(2006)06-0713-04

目前,许多温度测量系统都是采用高级语言编程的,特别是 C 语言非常适用于单片机,但是由于 C 语言在短时间内较难掌握,故不容易得到推广和应用.美国 MCS ELECTRONICE 推出了基于 AVR 系统的软件开发平台 BASCOM-AVR,极大地推动了 AVR 单片机的推广和应用.

本文根据某温度场的测量要求,基于新型 AVR 单片机的特点,设计了温度测量系统.在硬件电路设计上,该系统采用光电继电器选通多路温度传感器 LM35D,将温度变成电压输出到 A/D 采集通道,具有精度高、一致性好、抗干扰能力强和结构紧凑等优点,可以很好地满足以上要求.在软件编程设计上,该系统采用美国 MCS ELECTRONICE 推出的基于 AVR 系统的软件开发平台 BASCOM-AVR, BASCOM-AVR 如同 BASIC 语言一样,具有程序设计简单易学、用简单语句可实现较复杂功能等特点,在短时间内能够掌握其编程方法.该系统通过扩展,能够实时、高精度地测量 64 个测量点的温度.

某温度场温度测量系统的要求为:测温范围为 $2\sim 70^{\circ}\text{C}$,测量误差小于或等于 0.5°C ,采样速率大于或等于 30 Hz.模拟集成温度传感器^[1]和数字温度传感器^[2]是常用的新型温度传感器,但是前者测温精度不够高,后者转换时间太长.传统的电桥测量热电阻的测量方法^[3],由于测量元件多,故精度不高、抗干扰能力不强.因此常用的测温方法很难满足该温度场温度测量的特殊要求.为了达到测量要求,本文设计了基于 AVR 单片机的温度测量系统.

1 温度测量原理

LM35D 是由美国国家半导体公司开发的高精度集成电路温度传感器,其主要原理是当温度在 $-50\sim +150^{\circ}\text{C}$ 变化时,它能以 $10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ 的线性变化率输出与摄氏温度成正比的电压量,实现温度到电压的转换.按单电源接法,它可实现 $0\sim 150^{\circ}\text{C}$ 的测温,对应的输出电压是 $0\sim 1.5\text{ V}$,实际能被后级电路使用的输出电压约为 $0.20\sim 0.99\text{ V}$,而且不需要对其自身作任何校准.它的电源适应性强,能在 $4\sim 30\text{ V}$ 范围内工作,所需要的电流仅为 $60\mu\text{A}$,这就使得因电流热效应而产生的自身温升可以忽略不计^[4].它的输出电阻一般低达 0.1Ω ,有很好的带负载能力. LM35D 可以很方便地装到发热体上,只要将其字符所在平面紧贴在发热体上,用胶粘或弹簧钢片压紧即可.一般来说, LM35D 与用开尔文标准的线性温度传感器相比有更优越之处, LM35D 无需外部校准或微调,只有 $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$ 非线性值.

为了简化硬件电路设计,本系统采用 ATmega16(L) AVR 单片机. AVR 单片机是 ATMEL 公司 1997 年推出的 RISC 单片机, RISC(精简指令系统计算机)是相对于 CISC(复杂指令系统计算机)而言的,传统的 MCS51 系列单片机所有的数据处理都是基于一个累加器的,因此累加器与程序存储器、数据存储器之间的数据交换就

成了单片机的瓶颈.在 AVR 单片机中,寄存器由 32 个通用工作寄存器组成,并且任何一个寄存器都可以充当累加器,从而有效避免了累加器的瓶颈效应,提高了系统的性能^①.电路中所用 ATmega16(L)AVR 是基于增强的 AVR RISC 结构的低功耗 8 位 CMOS 微控制器.

2 硬件组成

温度测量系统框图见图 1,AVR 单片机通过 I/O 口输出 6 位数字量到多路温度选通电路,选通单个 LM35D 传感器,经过温度测量电路处理后送入 A/D 通道.

2.1 温度测量电路

温度测量电路见图 2,sensor1~sensor64 为 LM35D 传感器,分别安装在各个测量点,采用光电继电器 KT1~KT64 选通各温度传感器.

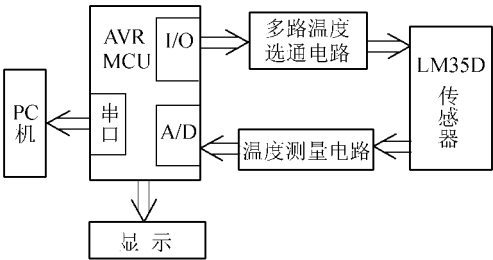


图 1 温度测量系统框图
Fig.1 Block diagram for temperature measurement system

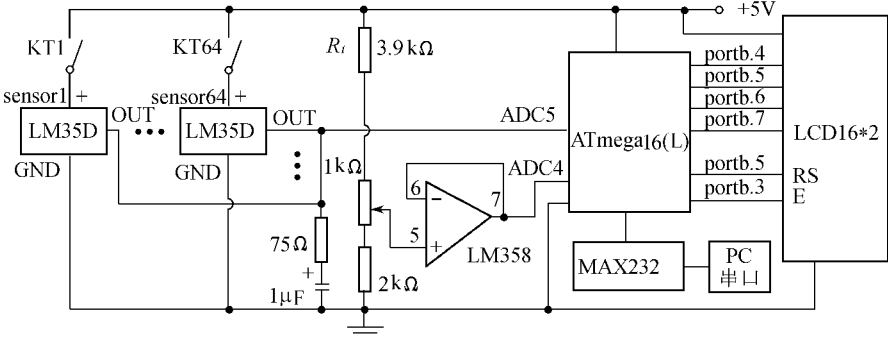


图 2 系统原理简图
Fig.2 Principle diagram of system

根据输出电压计算温度的公式如下：

$$T = 1023 \times \frac{U}{V_{ref}} + t$$

式中： U ——输出电压； V_{ref} ——内部参考电压(约 2.56 V)；1023——采用的 10 位模/数转换器； t ——系统传感器导线电阻和继电器导通电阻等造成的压降， t 为系统误差，可以通过温度补偿电路部分进行校正.

为了及时掌握温度场的分布情况,在 64 个温度监测点建立一套微型机自动测量系统,进行多点测量.温度自动测量系统主要由多路温度选通电路^[5]、LM35D 高精度集成电路温度传感器、运算放大器 LM358、10 位精度的 A/D 转换、ATmega16 单片机、稳压电源和 PC 机等组成.

2.2 温度补偿电路

常见的温度补偿电路是由冷端补偿和热电阻串联而成的,这样的接口电路很复杂,笔者在设计温度补偿电路时,外加一个补偿的 AD 通道,把补偿通道独立开来,补偿温度加上 LM35D 的测量温度就是实测温度.由于补偿温度范围较小,电路中用 TTC 热敏电阻 R_t (3.9 kΩ 左右),接口电路见图 2,ADC4 是数据采集的通道.

2.3 多点温度选通电路

模拟开关导通电阻太大,一般采用机器继电器实现多路温度的选通.但是机器继电器存在明显的噪音,开关速度和长期可靠性远远不能满足要求,而且和数字电路的接口需要附加驱动电路.采用光电继电器,可以很好地解决以上问题.

多路温度选通电路见图 3,D1~D6 为数字量输入,U0~U8 为 74HC138 三-八译码器,实现 64 选 1.光电继电器 KT1~KT64 用于多路温度传感器选通,其中 1 kΩ 电阻为光电继电器的限流电阻.

① ATMEL. AVR RISC Microcontroller Data Book. <http://www.atmel.com/>

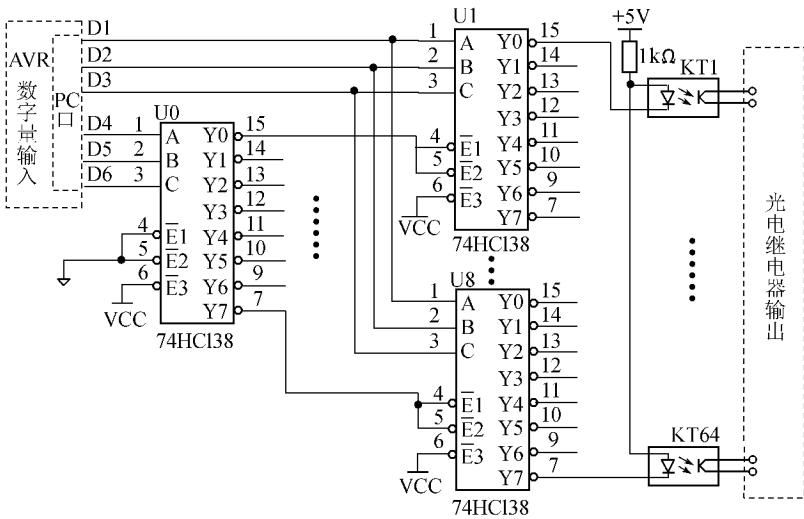


图 3 多路温度选通电路
Fig.3 Multiplexed temperature selection circuit

3 软件编程

3.1 AVR 单片机开发平台 BASCOM-AVR

BASCOM-AVR 软件开发平台^[6-7]完全具有 BASIC 语言简单易学的特点,并且它又针对单片机的特点,扩展了专门面向通用接口且功能强大的语句,使得设计人员可以在很短的时间内完成一个功能模块的设计编程和调试.在程序下载到单片机之前,先仿真运行程序,仿真正确后,再将程序下载到单片机,提高编程效率.由于 BASCOM-AVR 软件的国内用户很少,可查阅的资料远不及 MCS51 系列单片机资料,文中给出了部分功能的程序.

3.2 A/D 采集及显示的程序

```
$ regfile = "m16def.dat"
$ crystal = 8000000
Config Lcdpin = Pin ,Db4 = Portb.4 ,Db5 =
Portb.5 ,Db6 = Portb.6 ,Db7 = Portb.7 ,E =
Portd.5 ,Rs = Portd.3
Config Lcd = 16 * 2
Sound Portc.0 2 ,5956 '自检 通过哔兹发声部分
Lcd "2222222222222222" '自检倒计时数部分
Waitms 20
Lcd "1111111111111111"
Waitms 20
Lcd "0000000000000000"
Portc.0 = 1
Cls
Sound Portc.0 2 ,5956 '自检正确 哔兹发声部分
Portc.0 = 1
Lcd "DING Wan - Ping AD" '显示界面设计
Lowerline
Lcd " * AD temperature * "
Waitms 20
Deflcdchar 0 2 ,1 4 2 32 ,1 2 4
replace ? with number (0 - 7)
Deflcdchar 1 31 ,1 29 21 29 ,1 5 3
replace ? with number (0 - 7)
Deflcdchar 2 2 ,1 4 2 32 ,1 2 4
replace ? with number (0 - 7)
Deflcdchar 3 12 31 32 31 21 31 21 31
replace ? with number (0 - 7)
Deflcdchar 4 2 ,10 15 10 3 6 ,10 2
replace ? with number (0 - 7)
Deflcdchar 5 12 31 9 ,19 5 9 23 3
replace ? with number (0 - 7)
Deflcdchar 6 32 7 2 7 2 3 6 32
replace ? with number (0 - 7)
Deflcdchar 7 31 21 31 21 31 ,14 4 31
replace ? with number (0 - 7)
Portc.0 = 1
Cls
Lcd " * * * " ; Ch( 0 ) ; Ch( 1 ) ; Ch( 2 ) ; Ch( 3 ) ; Ch( 4 ) ;
Ch( 5 ) ; Ch( 6 ) ; Ch( 7 ) ; " * * * "
Config Adc = Single ,Prescaler = Auto ,Reference =
Internal
Start Adc
Dim W As Word ,Channel As Byte ,B As Single ,
Cdk As Single ,D As Single
Cdk = 4.974
加插 5V 的短路块
```

Channel = 5

Do

W = Getadc(channel)

B = W * 110

D = B/1023

D = D + 10

Lowerline

Lcd "AD - Temp(C)= "; D

Loop

End

ATmega16(L)单片机内部具有 V_{ref} (参考电压),由于各个不同的芯片其参考电压均不相同,在 2.56 V 左右,因此在程序设计中,要给出所用芯片的参考电压值,作为 AD 转换的参考.单片机通过串口与计算机设备相连,所编写的程序通过 ISP 下载线送入 AVR 的 Flash 存储器中.为了进行精确的测量,必须将信号中的噪音和干扰消除掉.为了消除干扰,在保持单片机硬件不变的基础上,采用平滑滤波方法(算术平均值法),用软件的方法有效地消除其影响.

4 结 束 语

利用温度传感器 LM35D 开发的温度测量系统经过反复试验、测试,工作稳定可靠,具有体积小、灵敏度高、响应时间短、抗干扰能力强等特点.该系统成本低廉,器件均为常规元件,有很高的工程实用价值,已成功地用于某温度场的温度测量.现场应用表明,该系统测量精度可达到 0.4℃(在 + 25℃时).每分钟可采集约 1 940 个数据.温度测量范围 0 ~ 150℃.该系统的智能开发具有通用性和可移植性,可供广大智能仪表研制开发人员参考.

参考文献：

[1] 张志利,蔡伟.基于 AD590 的温度测控装置研制[J].自动化与仪器仪表,2001(2) 37-39.
[2] 金伟正.单线数字温度传感器的原理与应用[J].电子技术应用,2000(6) 42-47.
[3] 蒋晴霞.DS18B20 在桥梁混凝土测温中的应用[J].单片机与嵌入式系统应用,2001(9) 56-59.
[4] RAMON P A ,JOHN G W.传感器和信号调节[M].张伦,吴常津,译校.北京:清华大学出版社,2003:9-13.
[5] 古启军,陈以方,郭大勇.卫星电池组温度监测系统[J].电子技术应用,2002(5) 41-43.
[6] 聂士忠.用 LM35D 集成温度传感器制作数字温度计[J].大学物理实验,2003(16) 58-59.
[7] 耿德根,宋建国.AVR 高速嵌入式单片机原理与应用[M].北京:北京航空航天大学出版社,2000:82-86.

Design and realization of temperature measurement
system based on AVR MCU

DING Wan-ping , SONG Jian-ping , HU Zhi-ping
(College of Sciences , Hohai University , Nanjing 210098 , China)

Abstract :A temperature measurement system based on ATmega16(L) AVR MCU was designed by adoption of LM35D , a series of precise integrated-circuit temperature sensors , with the output of voltage positively proportional to the Celsius temperature at a linear variation ratio of 10 mV/℃ . The system realizes the acquisition , visualization , and communication of temperature data , and it is characterized by small volume , low cost , and high reliability of operation.

Key words :AVR MCU ; temperature sensor ; BASCOM-AVR ; hardware design ; software design