

# 基于 M16C 单片机的温度测量计

刘丙圣<sup>1</sup> 黄浩乾<sup>1</sup> 刘明初<sup>2</sup> 陈熙源<sup>1</sup>

## 摘要

研制了一种模块化设计的瑞萨系列单片机实验系统.系统采用集成度高的温度传感器,运用模块化设计完成了基于 16 位单片机(M3062LFGPGP)的数字式温度计设计,同时在处理温度数据时运用一种新算法,温度精度通过主控模块软件和温度硬件校正处理得到提高.根据传统设计原理,结合瑞萨单片机 M3062LFGPGP 特点,系统将 A/D 转换模块和万年历模块集中于主控模块,实现了用软件编程替代 A/D 模块、万年历硬件模块的新型设计.设计需要模块仅为 3 个:主控模块、温度模块和显示模块,能够显示当前环境温度以及年、月、日、星期、时、分、秒.此设计可以大大降低系统功耗,减少硬件设计错误,提高系统的稳定性,计时准确,显示清晰,具有较高的应用价值.

## 关键词

模块化;M3062LFGPGP 单片机;温度传感器;万年历

中图分类号 TN98

文献标志码 A

收稿日期 2011-09-10

资助项目 江苏省六大人才高峰资助计划(2008143)

## 作者简介

刘丙圣,男,硕士生,主要研究测控技术与智能系统. lbs\_327@126.com

陈熙源(通信作者),男,博士,教授,博士生导师,主要从事精密仪器及机械、智能导航仪器理论与系统技术、智能测控技术等方面教学与科研工作. chxiyuan@seu.edu.cn

## 0 引言

与传统的温度测量计相比<sup>[1-3]</sup>,模块化设计的温度测量计有许多优点:系统测量可以实现重复扫描,温度显示精确,外形设计更加美观,利用电源即可正常工作,时间调整校对方便等.因此,在家庭、车站和办公室等场所,模块化温度测量计已经逐渐代替了传统的温度测量计.

利用 16 位单片机——瑞萨 M16C/62P 系列的 M3062LFGPGP 设计制作的温度测量计,能够通过液晶显示模块 LCD1602 准确地显示出当前环境温度,同时扩展了模块功能,显示当前年、月、日、星期以及时、分、秒,实验结果表明,系统运行稳定、准确,此设计电路相对其他电路更加优化,不需要外加专用时钟芯片、A/D 转换芯片.

## 1 系统设计

系统由主控模块、温度模块、液晶显示模块共 3 大部分组成.系统框如图 1 所示.

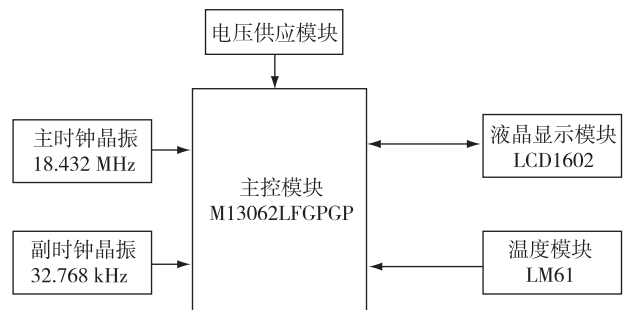


图 1 系统框

Fig. 1 Diagram of system block

### 1.1 主控模块选择

本文选择的是瑞萨生产的 M16C/62P 系列的 M3062LFGPGP 单片机,此系列单片机为 16 位处理器,最短指令执行时间是 41.7 ns,而普通单片机<sup>[4]</sup>执行时间为  $\mu\text{s}$  级.最重要的 2 个优势如下:

1) 单片机自带 A/D 转换功能, A/D 转换方式为逐次逼近式,分辨率为 10 位,且可以实现重复扫描,通过软件编程就可以实现 A/D 操作,不用外接 A/D 转换芯片.

1 东南大学 仪器科学与工程学院,南京,210096

2 南京杰思尔设备工程有限公司,南京,210042

2) M3062LFGPGP 单片机含有副时钟,直接外接晶振,通过软件编程就可以实现万年历操作,不需要外接时钟芯片,因此大大降低了功耗,使得硬件设计更加简单,减少了很多硬件错误。

## 1.2 显示模块选择

图1中,液晶显示 LCD1602 材料具有驱动电压低、功耗微小、可靠性高、成本低廉以及便于携带等优点,故选择液晶显示,没有选择数码管显示。

## 1.3 温度模块选择

图1中,LM61 测试范围为  $-30 \sim +100 \text{ }^\circ\text{C}$ ,与传统系统相比<sup>[5]</sup>,具有操作简单、集成度高、功耗低和稳定等优点。供电后,通过输出口再经过 A/D 转换,并经过算法处理,即可将温度值显示在液晶上。

## 2 硬件电路设计

### 2.1 单片机主控系统

为正常实现温度测量计功能,M3062LFGPGP 单片机系统需要包括电源供应、主晶振电路、副晶振电路等,这是单片机能够正常工作的最简电路。

### 2.2 温度模块

LM61 是集成度高的温度传感器,供电电压为  $+3.3 \text{ V}$ ,输出电压为  $+10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ ,正常输出电压值为  $+300 \text{ mV}$ (对应温度值为  $-30 \text{ }^\circ\text{C}$ )到  $+1600 \text{ mV}$ (对应温度值为  $+100 \text{ }^\circ\text{C}$ )之间。

$$T = T_0 + (V_{\text{out}} - V_0)/K. \quad (1)$$

其中: $T_0 = -30 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $V_0 = 300 \text{ mV}$ ;  $K = 10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ 。

### 2.3 显示模块

LCD1602 是普遍使用的液晶显示模块,因其操作简单,时序图易懂,在电子行业应用较广。LCD1602 共计 16 个引脚,包括电源正负极 2 个引脚;背景正负极 2 个引脚;8 个数据引脚;3 个控制引脚;1 个调节屏幕对比度引脚。通过 3 个控制引脚,将数据传送到显示器中,同时可以读取显示器传回来的数值。

## 3 温度校正处理及测量算法

### 3.1 温度校正处理

为了滤除高频噪声,滤除电源中的交流成分干扰,在电源和地之间接电容 C5,如图 2 所示。

温度信号的 2 个影响因素如下:

1) 当温度传感器信号由 LM61 输出后,需要进行信号处理,考虑到有源滤波电路适用于小电压小

电流的场合,且便于信号处理,故本文采用有源滤波 RC 滤波电路;

2) 考虑到由于  $50 \text{ Hz}$  的干扰信号较强,故在滤波电路中为了防止交流电源干扰而将滤波电路降到  $50 \text{ Hz}$  以下,且滤波器在  $0 \sim 30 \text{ Hz}$  平坦特性比较好,可以有效地抑制高频噪声的干扰。

因此,本文采取低通滤波滤出  $30 \text{ Hz}$  左右干扰信号。

在滤波去耦电路中,电容一般小于  $10 \text{ } \mu\text{F}$ ,本文选择  $1 \text{ } \mu\text{F}$ 。由

$$R = \frac{1}{2\pi fC} \quad (2)$$

得  $R = 5.3 \text{ k}\Omega$ ,考虑到实际情况,取  $R = 4.99 \text{ k}\Omega$ 。校正原理见图 2。

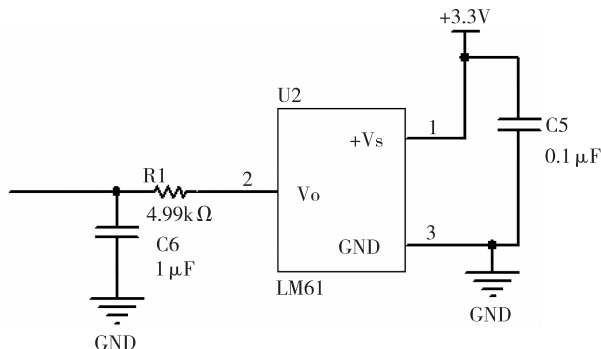


图 2 校正原理

Fig. 2 Correction schematic

### 3.2 温度测量算法——综合加权平均法

考虑到温度本身的特殊性,集成芯片对于温度的反应会有些迟缓,为提高精度,本文采用新综合加权平均法将所得的数据处理,可以有效地提高温度显示反应时间,减小因芯片迟缓造成的误差。本算法通过控制器的软件部分实现。算法方法如下:

1) 设置控制器 A/D 重复巡回检测功能,连续读入 20 个温度数值  $X_i (i = 1 \sim 20)$ ,并将其存入到内部存储器中;

2) 将 20 个数每相邻 2 个数做差(后一个数减前一个数),得

$$\Delta_j = X_{j+1} - X_j, \quad (3)$$

其中  $j$  取值范围为  $1 \sim 19$ ;

3) 将  $\Delta_j$  取平均值,记为  $\bar{\Delta}$ ,

$$\bar{\Delta} = \frac{\sum_{j=1}^k \Delta_j}{k}, \quad (4)$$

其中  $k = 19$ ;

4) 若  $\Delta_j < \bar{\Delta}$ , 则将得到  $\Delta_j$  的 2 个数 ( $X_j$  和  $X_{j+1}$ ) 从数组中去掉;

5) 将滤除后剩余的数加权处理, 考虑温度一维数组的特殊性, 加权单位相同, 可得

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad (5)$$

其中  $\bar{X}$  是待求温度最优值,  $\sum_{i=1}^n X_i$  是滤除不良值后的数据总和,  $n$  是经 4) 滤除后数据剩余的总个数;

6) 数据处理完后, 将所得数据进行显示, 同时返回 1), 往复执行此算法。

由上可知, 此方法剔除一些差值较大数值, 求出温度当前的最优值, 免去了硬件在此方面的操作, 大大改善温度响应时间, 减小了迟缓误差。

### 4 软件程序设计

软件程序设计主要包括: 1) 程序的 I/O 口初始化操作程序; 2) 看门狗监视程序; 3) 主控制器复位程序; 4) 主时钟及副时钟程序; 5) 温度传感器接收及转换程序; 6) 万年历程序、温度测量算法程序; 7) LCD1602 初始化程序及显示程序。

主程序流程如图 3 所示。

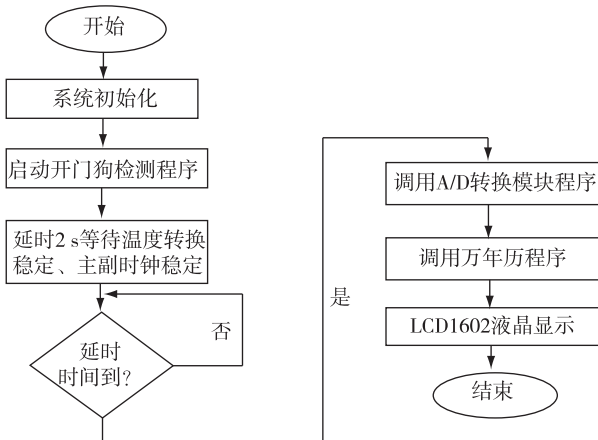


图 3 主程序流程  
Fig. 3 Main program flowchart

用 C 语言实现<sup>[6]</sup>设计程序, 液晶显示部分程序<sup>[7]</sup>如下:

```

...
void display()
{
    uchar i=0,j=0,k=0;
    lcd_pos(1,2); //设置起始显示位为第一行的
  
```

```

//第三位,显示年、月、日、星
//期
for(i=0;i<12;i++)
{
    lcd_wdat(dis1[i]);
    lcd_delay(10);
}
lcd_pos(2,2); //设置起始显示位为第二行的
//第三位,显示时、分、秒
for(j=0;j<8;j++)
{
    lcd_wdat(dis2[j]);
    lcd_delay(10);
}
lcd_pos(2,12); //设置起始显示位为第二行的
//第三位,显示温度数值
for(k=0;k<4;k++)
{
    lcd_wdat(dis3[k]);
    lcd_delay(10);
}
}
...
  
```

### 5 系统调试

系统调试分为硬件调试、软件调试和联机调试。硬件调试主要是检测硬件电路是否有短路、断路、虚焊等故障, 包括设计性错误和工艺性错误。软件调试是利用开发工具进行在线仿真。硬件和软件调试正确后就可以联机调试, 将程序烧写到单片机中, 独立运行, 检验其功能及可靠性。经过联机调试, 温度测量计正常工作, 性能稳定。调试结果如图 4 所示。



图 4 调试结果  
Fig. 4 Debug result

### 6 结论

本文提出了一种模块化温度测量计设计电路,

实践证明,此设计可以大大降低功耗,具有温度算法实用,硬件设计简单,运行稳定可靠等优点.未来可以对模块化温度测量计功能进行扩充,比如加入语音报时、高低温警戒、红外遥控操作、键盘操作,甚至可以利用特殊传感器将天气情况进行处理后进行显示,真正实现实时天气预报.

## 参考文献

### References

- [ 1 ] 黄保瑞,贾之豪,邵婷婷.基于AT89C51单片机的温度测控系统设计[J].现代电子技术,2011,34(6):142-143  
HUANG Baorui, JIA Zhihao, SHAO Tingting. Design of temperature measurement and control system based on AT89C51 [J]. Modern Electronics Technique, 2011, 34(6): 142-143
- [ 2 ] Collier M, 孙秀娟.单片机原理及应用[M].东营:中国石油大学出版社,2010  
Collier M, SUN Xiujuan. Introduction and application of MCU [M]. Dongying: China University of Petroleum Press, 2010

- [ 3 ] 吴健,侯文,郑宾.基于STC89C52单片机的温度控制系统[J].电脑知识与技术,2011,7(4):902-903  
WU Jian, HOU Wen, ZHENG Bin. A temperature control system based on STC89C52 MCU [J]. Computer Knowledge and Technology, 2011, 7(4): 902-903
- [ 4 ] 王伟,李树荣.基于8051单片机温度采集及无线发送[J].现代电子技术,2011,34(1):146-149  
WANG Wei, LI Shurong. Temperature collection and wireless transmission based on 8051 MCU [J]. Modern Electronics Technique, 2011, 34(1): 146-149
- [ 5 ] 丁镇生.传感器及传感技术应用[M].北京:电子工业出版社,1998  
DING Zhensheng. Sensors and sensing technology application [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 1998
- [ 6 ] 谭浩强. C 程序设计[M]. 3 版. 北京:清华大学出版社,2005  
TAN Haoqiang. Programming in C [M]. 3rd ed. Beijing: Tsinghua University Press, 2005
- [ 7 ] 杨会保.基于51单片机的温度日期显示系统[J].信息化研究,2009,35(4):58-60  
YANG Huibao. Temperature and date display system based on 51 single chip [J]. Informatization Research, 2009, 35(4): 58-60

## 16-bit MCU-based thermometer

LIU Bingsheng<sup>1</sup> HUANG Haoqian<sup>1</sup> LIU Mingchu<sup>2</sup> CHEN Xiyuan<sup>1</sup>

1 School of Instrument Science & Engineering, Southeast University, Nanjing 210096

2 Jie Sier Equipment Engineering Company Limited, Nanjing 210042

**Abstract** A modular Renesas singlechip experimental system is developed to design digital thermometer. The system uses highly integrated temperature sensor, adopts modular design scheme and completes the thermometer design which is based on 16-bit singlechip microcontroller (M3062LFGPGP). A new algorithm is introduced to process temperature data. Temperature measuring precision could be improved by using main control software and appropriate hardware correction technique. According to traditional design principles and the characteristics of Renesas microcontrollers M3062LFGPGP, the system integrates A/D converter module and calendar module into the main control module, and uses software program instead of the above-mentioned two hardware modules and realize their functions simultaneously. The system consists of control module, temperature module and display module. The system can display the current temperature with time like year, month, day, week, hour, minute, second, etc. This design can significantly reduce system's power consumption and decrease hardware design errors, thus improve system stability. This digital thermometer can accurately measure and clearly display the current temperature and time, which is highly valuable in application.

**Key words** modular; M3062LFGPGP single-chip; temperature sensor; perpetual calendar