

文章编号:1672-6413(2008)03-0164-02

# 基于MSP430的热量表温度测量设计

赵云峰, 田建艳

(太原理工大学 信息工程学院, 山西 太原 030024)

**摘要:** 准确的温度测量是对热量表的基本要求, 利用单片机 MSP430F147 的定时器 Timer-A 和比较器 Comparator-A 功能, 实现对阻性传感器的精密测量。

**关键词:** 温度测量; 热量表; 单片机; 设计

**中图分类号:** TH811 **文献标识码:** A

## 0 引言

热量表测温模块设计中包括进水温度采集和出水温度采集两部分<sup>[1]</sup>, 对热量表而言, 我们关心的是温差的测量。

利用 MSP430 系列单片机实现温度测量有以下两种途径: 一种是采用 A/D 转换芯片, 将转换后的结果存放到存储寄存器中; 另一种途径是利用 MSP430 单片机的比较器及部分外接电容的充电和放电电路实现 A/D 转换<sup>[2]</sup>。两种方法相比较, 第一种方法精度高、速度快, 但是价格高; 第二种方法成本低, 但是精度和速度都比专用的芯片要差一些。在实际应用中, 中小型系统一般对 A/D 转换的速度要求并不高, 相反对它的价格、通用性和使用的难易程度提出了一定的要求, 因此根据热量表的特点, 本文选用第二种方法完成温度测量。

## 1 温度测量方法和原理

本文采用 RC 充放电原理测量电阻(温度)以降低成本和简化设计。综合使用 MSP430F147 提供的 Timer-A(定时器 A)和 Comparator-A(比较器 A)的功能, 可以实现对阻性传感器的精密测量。Comparator-A 是一个实现模拟电压比较的功能模块, 将 Comparator-A 的比较输出 CAOUT 内部选择作为 Timer-A 的输入, Timer-A 定时器设为连续方式工作, 电容充放电时间可以用定时器捕获功能非常精确地测量, 而不必用软件去查询 CAOUT 的改变。温度测量原理图见图 1。将电容 C 充电至电源电压  $V_{CC}$ , 再分别通过参考电阻  $R_{ref}$  和待测电阻  $R_{sensor}$  放电至某一阈值电压, 并测量各自的放电时间  $T_{ref}$  和  $T_{sensor}$ 。其计算公式为:

$$R_{sensor} = R_{ref} T_{sensor} / T_{ref} \quad \dots\dots\dots (1)$$

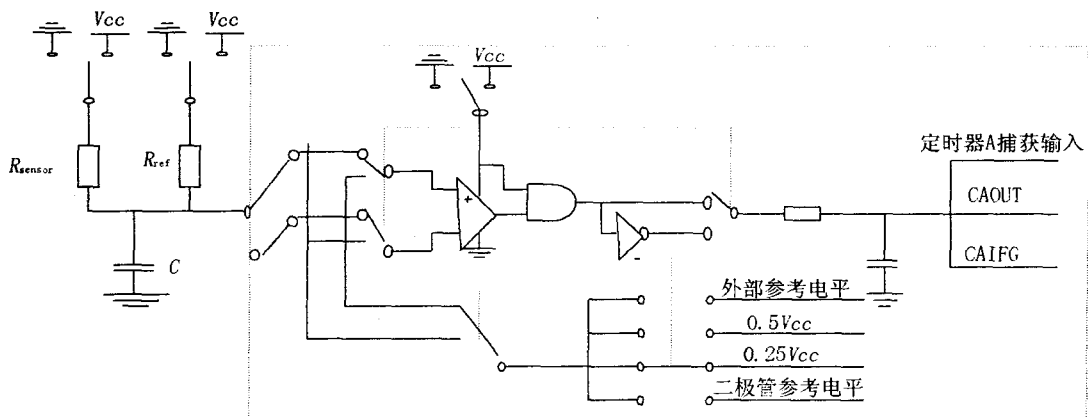


图1 温度测量原理图

电压  $V_{CC}$  和电容  $C$  的取值是不重要的, 这些因素在计算中已消除了, 只是要求  $V_{CC}$  和  $C$  的值在测量过

程中保持恒定。通过计算或查表的方法, 将电阻  $R_{sensor}$  的阻值换成相应的温度值, 与其他的非线性补偿技术

收稿日期: 2007-11-29; 修回日期: 2008-01-20

作者简介: 赵云峰(1981-), 男, 山西临猗人, 硕士研究生。

相比, 该方法比较简单。但是测量需要通过参考电阻  $R_{ref}$  和待测电阻  $R_{sensor}$  对电容  $C$  各充、放电一次才能得到一个测量值, 而系统最主要的功耗就是在温度测量上, 因此在应用中对测量进行了改进。图 1 中 Comparator-A 的参考电平可以选择外部参考电平、 $0.25V_{CC}$ 、 $0.5V_{CC}$  或二极管参考电平, 因此可以改变参考电平, 用  $V_{CC}$  通过参考电阻  $R_{ref}$  对电容  $C$  充电到  $0.5V_{CC}$ , 再通过待测电阻  $R_{sensor}$  对电容  $C$  放电到  $0.25V_{CC}$ , 每充、放电一次就能得到一个测量值。根据电路学原理, 用电压  $V_{CC}$  通过参考电阻  $R_{ref}$  对电容  $C$  充电时, 从  $0.25V_{CC}$  充电到  $0.5V_{CC}$  的时间间隔为:

$$T_2 - T_1 = f_{R_{ref}} C \ln 1.5 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:  $T_1$  ——  $0.25V_{CC}$  充电开始时间;

$T_2$  ——  $0.5V_{CC}$  充电结束时间;

$f_{R_{ref}}$  ——  $R_{ref}$  的充电频率。

时间间隔与充电的起始电压无关, 只需起始电压小于  $0.25V_{CC}$ 。将电容  $C$  通过待测电阻  $R_{sensor}$  对地放电时, 从电压  $0.5V_{CC}$  放电到  $0.25V_{CC}$  的时间间隔为:

$$T_4 - T_3 = f_{R_{sensor}} C \ln 2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:  $T_3$  ——  $0.5V_{CC}$  放电开始时间;

$T_4$  ——  $0.5V_{CC}$  放电结束时间;

$f_{R_{sensor}}$  ——  $R_{sensor}$  的放电频率。

式(2)与式(3)相比, 得到:

$$R_{sensor} = 0.585 R_{ref} (T_4 - T_3) / (T_2 - T_1) \quad \dots (4)$$

MSP430 系列单片机的每一个数字 I/O 端口都是双向口, 可以设置为输出或输入。端口设置为输出并且置位时, 相当于输出电源电压  $V_{CC}$  通过电阻对电容  $C$  充电, 复位时相当于接地, 使电容  $C$  通过电阻对地放电; 端口设置为输入时相当于该路电阻断开。通过控制数字 I/O 端口的状态, 可以控制对电容  $C$  的充放电以及进行相应的测量。从充放电公式可以知道: 测量的分辨率由电容  $C$  和系统的时钟频率  $f$  决定,  $C$  和  $f$  越大则分辨率越高, 但测量的功耗也将增大, 同时测量的范围应不超出 Timer-A 的 16 位定时器的计时范围。所以应该综合测量所需的分辨率、测量范围、系统功耗等因素来选择  $C$  和  $f$  的值。在  $C$  为  $2.2\mu F$ 、 $f$  为  $4MHz$  时, 测量分辨率约为  $0.04^\circ C$ 。Comparator-A 比较器的输入偏压对各个芯片都会不同, 会随温度、电源电压、输入电压而改变, 为了改进测量精度, 需要补偿输入偏压的影响。Comparator-A 模块提供了灵活的测量配置功能, 第 1 次测量时配置成比较器正端接电容  $C$  正端, 比较器负端连接到参考电平; 第 2 次测量时配置成比较器负端接电容  $C$  正端, 比较器正端连接到参考电平。将两次测量值相加平均后作为一个测量结果, 可以有效地减小比较器输入偏压的影响, 从而提高测量精度。

## 2 温度测量电路

本热量表利用 MSP430 芯片中相应的定时器 A 的捕获和比较寄存器实现连接 PT1000(铂电阻)的电阻和电容。利用 RC 电路的充放电时间不同, 通过 PT 电阻的变化, 由公式  $T=RC$  求出时间, 再通过 PT 表查出温度, 与其它 A/D 转化器比较节省了硬件。一对

经过严密选择的 PT1000 电阻在恒流源的驱动下, 感应出温度信号, 经多路开关分路, 分时向 CPU 提供入水与出水的温度值, 温度测量电路见图 2。将不同的入水、出水信号值量化成数字量, 通过串行读入 CPU, 此数字值经过数学运算, 还原成入水、出水的温度值。PT-1000(铂电阻)必须经过严格配对选取, 在一定的温度范围内, 满足行业标准提出的  $0.1^\circ C$  温差的指标。利用 MSP430F147 提供的比较器功能, 结合 MCU 内部提供的计数器对电阻电容充放电进行计数测量, 然后用公式(1)进行计算。在实际的测量过程中, 采用如下方式进行测量: 测量  $1k\Omega$  标准电阻需要的时间为  $T_{min}$ , 测量  $1.4k\Omega$ (应为  $1.384676k\Omega$ ) 电阻的时间为  $T_{max}$ , 然后代入下式计算:

$$R_{sensor} = 1000 + R_{sensor} (T_{max} - T_{min}) / 1000 \quad \dots\dots\dots (5)$$

这样测得的数据也能满足精度要求。

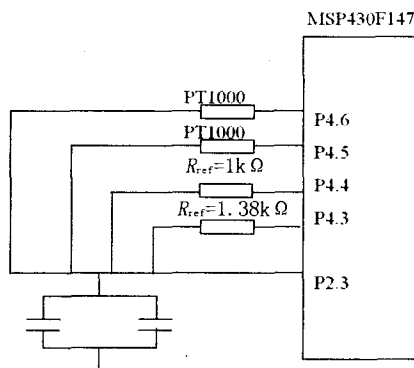


图 2 温度测量电路

## 3 温度测量软件设计

采用温度测量电路完成充放电动作的程序如下:

```
// P4.4 标准电阻(1kΩ)充放电输出端
// P4.5 传感器 2 充放电输出端
// P4.6 传感器 1 充放电输出端
unsigned int getplus(unsigned char channel) //channel:端口控制
{
    unsigned int aysi;
    WDTCTL = WDTPW + WDTCNTCL + WDTSSSEL; //设置看门狗
    P4DIR |= channel; //输出
    P4OUT |= channel; //充电
    delay(3000); //延时 3ms, 根据计算 RC 充电需要时间为 1000 * 2 * 0.000001 = 2ms
    TACCTL1 &= 0XFFFC; //1111, 1111, 1111, 1100, 清零 CCIFG1 and COV
    P4DIR = 0x00; //输入
    P4DIR |= channel;
    P4OUT &= ~channel; //放电
    TACTL |= (TACLR + MC1); //定时器清 0 并开始增计数
    while((TACCTL1 & CCIFG) == 0);
    delay(10);
    aysi = TACCR1; //读定时器
    //TACTL &= ~(BIT4 + BIT5); //停止定时器
    P4DIR |= 0x70; //1000 1111
    P4OUT |= 0x70; //1111 1111
    return aysi; }

```

## 4 结束语

本文利用电容充放电原理来测量电阻可以达到

(下转第 168 页)

装饰材料进行包装,既通风又遮阳,外形与别墅的外饰融为一体,看上去象景观小品,起到了美化环境的效果。

将会所、泵站、景观用电集中设置于一座2000kVA的用户站内。考虑到如果将开关站、用户站放置于别墅周围同样会给开发商带来销售压力,同时也影响到景观的整体效果,因此在强电设计中将这些设施全部放在会所的地下室室内。

小区采用环网供电方式,以每点3台箱变作为一个环,由于一环内3台箱变均放置于同一地点,故环间电缆大大减少,有效地节省了费用。同时因为整个小区内管线众多,做到所有管线均要满足规范距离要求很难,故减少电缆同样有利于现场的管线施工。

### 3 业主使用电气相关设施的安全可靠性

高品质的生活首先应该以安全可靠为前提。在别墅电气设计中,应该通过规范设计和使用高性能的电气产品来保证业主在使用电气相关设备时的可靠与安全。在别墅小区A的电气设计中采用了完善的防雷接地系统和浪涌保护器来增加电气设备使用的安全可靠性的。

#### 3.1 防雷接地系统设计

在防雷接地系统设计中,尽管所有的别墅都只有两层高,但还是按照三级防雷等级设计,采用联合接地,接地电阻不大于 $1\Omega$ 。总配电间设总等电位箱,强弱电箱箱体、进出楼金属管道、联合接地体均通过热镀锌扁钢引到总等电位箱。考虑到虽然所有卫生间、浴室、游泳池、室外水池所用电源都设计了漏电保护器,

但类似于过电压线路高次谐波过大、感应雷电过电压、电子式漏电断路器的工作电压低于额定电压的85%等因素都会造成漏电断路器的误动和拒动,所以这些地方均设计了局部等电位,其做法按标准图集02D501-2中规定做法设计。在屋脊、屋檐、露台敷设避雷带,由于别墅的外立面对整体效果的影响较大,故避雷带全部采用暗敷方式,采用金属屋面的将金属屋面通过固定角钢多点与避雷系统可靠连接。

#### 3.2 浪涌保护器

在别墅总配电箱、楼层等各级配电箱都设计了浪涌保护器,用以截阻并泄放掉来自于配电网的感应雷击脉冲和网内产生的操作过电压。

### 4 结束语

别墅的电气系统全面而复杂,在设计中不仅要满足住宅设计规范,还要满足其它电气设计规范和手册及图集的要求;不仅要保证设计的可靠性、合理性,同时还要做到人性化、高档化的要求。在设计过程中要掌握新技术、新产品的应用,做到电气与使用、电气与景观的完美统一。

#### 参考文献:

- [1] 中国建筑东北设计研究院. JGJ/T16-92 民用建筑电气设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,1993.
- [2] 建设部工程质量安全监督与行业发展司,中国建筑标准设计研究所. 全国民用建筑工程设计技术措施(电气部分)[M]. 北京:中国计划出版社,2003.
- [3] 冷志铎,沈春雷. 埋地式变压器在城市配网供电工程中的应用[J]. 现代电力,2004,21(2):41-45.

## Electric Design of Intelligent Villa Community

ZHANG Xu-dong

(Shanghai Zhongkai Real Estate Co. Ltd., Shanghai 201602, China)

**Abstract:** The key points were analyzed in electric design of intelligent villa community. Input-output ratio, the requirement of landscape design, safety and reliability were studied. The problems in electric design were pointed out and the proposals were put forward for optimizing design.

**Key words:** villa; electric design; supply and distribution facilities; grounding system

(上接第165页)

10位以上的A/D测量精度。另外该热量表系统在休眠状态下电流小于4A,只用一节3V、2Ah高性能电池可供系统正常工作5年以上。在测量范围内(4℃~96℃),温度测量误差为±0.4℃,流量测量误差为±2.0%。通过用热量整体测量装置对该热量表系统进

行整体测试,其计量准确度达到国家三级表的标准。

#### 参考文献:

- [1] 朗四维,徐伟,邹瑜,等. 集中供暖地区按热量计费的供热采暖技术研究[J]. 区域供热,1998(6):38-49.
- [2] 李月香,袁涛,木合塔尔. 单片机低功耗技术及应用[J]. 电子技术应用,2001(12):17-19.

## Design of Temperature Measurement of Heat-meters Based on MSP430

ZHAO Yun-feng, TIAN Jian-yan

(College of Information Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

**Abstract:** Accurate temperature measurement is the essential requirement for a heat-meter. This paper adopted MSP430F147 with timer-A and comparator-A to achieve accurate resistance measurement.

**Key words:** temperature measurement; heat meter; single chip microcomputer; design