

基于 MSP430 单片机 高精度温度测量的补偿方法

燕山大学 金海龙

摘要 用 MSP430P325 单片机的 A/D 转换器,实现阻性温度传感器的电阻检测;用查表和线性插值相结合的方法,简化标度变换的算法结构。对电池电压的降低进行补偿的同时分析补偿电阻的精度对温度检测的影响。

关键字 单片机 线性插值 补偿 温度检测

引言

长期以来,人们在测量温度时,大部分使用常规的测量方法测量。检测精度要求较高时,调理电路复杂、A/D 的位数高,使设计的系统成本居高不下,很难普及。随着电子技术的发展,出现了很多功能完备的低功耗、低电压大规模集成电路,为设计便携式高精度测温系统提供了硬件基础。本文介绍的高精度便携式测温仪,使用了非常适合作低功耗便携式测试设备的美国 TI 公司的 MSP430P325 为控制器,用 Pt500 铂电阻完成温度检测,检测的温度通过液晶显示器显示。本测试仪的测温精度达到 0.03℃。

硬件电路设计

MSP430P325 单片机内部集成了可切换的精密恒流源。精密恒流源的电流大小由外部精密电阻确定,同时内部又集成了 6 个 14 位的 A/D 转换器和液晶控制器。这样的内部结构,适合驱动阻性传感器。因此,可减少信号调理环节和显示环节的扩展,大大地简化了系统结构,有效降低了系统功耗。

1. 温度传感器数学模型

温度敏感元件采用铂电阻 Pt500,在 0~630.75℃ 温度范围内铂电阻阻值与温度关系为

$$R_t = R_0(1 + at + bt^2) \quad (1)$$

$$a = 3.96847 \times 10^{-3} / C$$

$$b = -5.847 \times 10^{-7} / (C)^2$$

根据上式进行温度计算,需要求解二阶方程的解,计算程序复杂,精度也难以保证。为此本文使用表格法和线性插值法进行温度标度变换。方法如下:首先,以温度增加 1℃ 对应的绝对电阻值建立 120 个表格,A/D 转换结果与表格内的电阻值进行比较,直到 $R_n \leq R < R_{n+1}$ 时停止比较,求出温度整数部分,根据 $R - R_n$ 和 $R_{n+1} - R_n$ 的比值求解温度的小数部分,就可求出温度值。这种方法计算简单方便,也能满足设备精度要求。

2. MSP430P325 单片机的 A/D 转换原理

MSP430 系列单片机具有低功耗、高抗干扰、高集成度等优点。其中 MSP430P325 单片机具有 6 个通道的 14 位 A/D 转换器,如图 1 所示。6 个通道中 A0~A3 可编程为恒流源工作、适合于外接电阻性、无源传感元件的应用场合。SVCC 端是 A/D 转换的参考电压端,它可连接于片内的 AVCC,也可由外部稳压源提供。A/D 转换采用逐次逼近原理,由内部一个电阻网络和一个开关电容网络配合 D/A 及比较器等电路来实现,由时钟 ADCLK 控制转换的进程。转换过程经过两步,首先通过电阻阵列分压值与输入信号的比较来确定输入信号电压的范围,这个电压范围是将参考电压分成 4 等分,由低到高分别称为范围 A、B、C、D,然后由开关电容阵列逐位改变电容量,来搜索与输入信号最接近的电压值,由于电容量是以二进制幂排列的,完成搜索后开

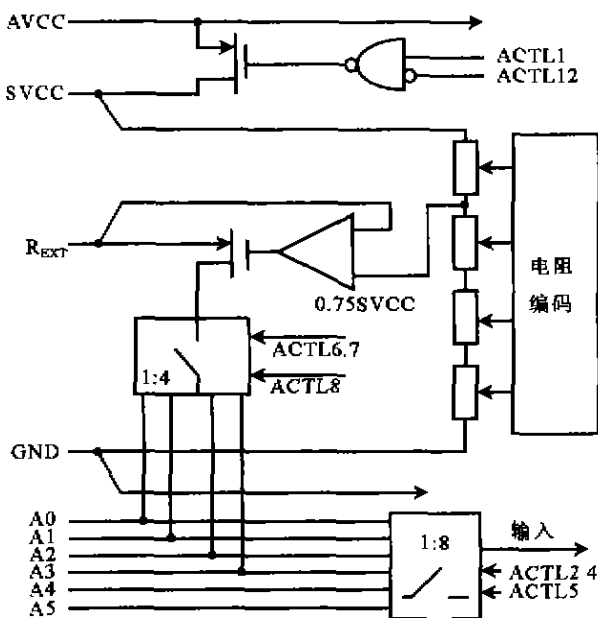


图1 ADC原理图

关的接通状态即为输入信号的 A/D 转换值。实际上是由电阻网络确定转换值的高 2 位,由开关电容网络确定了转换值的低 12 位。

当启动转换时在 ACTL 中设定了信号电压范围,实际已确定了转换数据的高 2 位,经过电阻网络的高 2 位判别就不必进行了,因此转换速度较快,它的转换速度为 96 个 ADCLK 周期。而如果启动转换时在 ACTL 中设定为自动搜索输入电压范围,ADAT 中的将出现全部 14 位转换数据,这时转换时间增加到 132 个 ADCLK 周期。输入端输入信号是经过电阻型传感元件实现时,A/D 输入端中的 A0~A3,可以编程为恒流源输出端对传感元件供电。要实现这一功能,除了要对 ACTL 定义外,还要在引脚 SVCC 和 REXT 之间连接一个外接电阻,以构成恒流源,恒流由 A/D 输入端输出。这时检测的信号是传感元件上的电压值。关系为 $V_{IN} = 0.25 \times V_{SVCC} \times R_{SEN} / R_{EXT}$ 。其中, V_{SVCC} 是参考电压, R_{SEN} 是传感元件电阻, R_{EXT} 是构成恒流源的外接电阻, V_{IN} 即为在传感元件上检测到的电压值。A/D 转换的精度较高时,数据低位受干扰的可能性也增大了。因此, MSP430P325 单片机的模拟和数字的供电是分开的,包括 AVCC、AGND、DVCC、DGND 等引脚。为保证 A/D 转换精度,在电路中不应将它们简单地连接在一起。分成两组电源供电比较理想,但

是在实际电路中往往难以做到。可采用在 AVCC 与 DVCC 之间加 LC 滤波去耦电路来隔离。在 AGND 与 DGND 间串入反向并联的二极管可使两点在电压低于 0.7V 时处于断开状态。空闲的输入端用作数字通道时,要防止对相邻模拟通道的干扰。这种干扰是经通道间的电容引入的。避免的方法是 A/D 转换期间避免数字通道出现信号跳变。由于 A/D 转换过程利用了开关电容网络,当信号源的内阻过大时会因为 RC 常数过大而影响转换精度。A/D 输入端的等效输入阻抗大约相当于 $2k\Omega$ 电阻与 $42pF$ 电容的串联电路。ADCLK 为 1MHz 时,信号源内阻低于 $27k\Omega$ 才能保证转换精度。

3. 外加电阻与测试精度的关系

使用铂电阻进行测温时,外加电阻与恒流源电流之间的关系式为

$$I_{SET} = 0.25 \times V_{SVCC} / R_{SET} \quad (2)$$

式中: I_{SET} 为恒流源电流, V_{SVCC} 为电源电压, R_{SET} 为外加电阻。

铂电阻到地的电压 V_{IN} 为

$$V_{IN} = R_i(t) \times I_{SET} \quad (3)$$

从式(2)中可以看出,影响铂电阻两端电压检测精度的因素有两种:一个是电源电压的波动,另一个是外加电阻的精度和温度稳定性。从仪表使用情况来看,仪表的供电电池的电压随时间推移逐渐减小,如果没有相应的补偿方法,铂电阻的温度检测精度是无法保证的,因此本文提出如下补偿方法。

MSP430P325 有 4 个恒流源输出 A/D 转换通道(可以切换的),在另一个通道接一个与外加电阻 R_{SET} 相同阻值的电阻,每次 A/D 转换时进行电阻电压降低补偿。补偿方法如下:

恒流源给铂电阻供电时铂电阻两端电压为

$$V_{IN} = 0.25 \times V_{SVCC} \times R_i(t) / R_{SET} \quad (4)$$

给固定电阻供电时两端电压为

$$V = 0.25 \times V_{SVCC} \times R / R_{SET} \quad (5)$$

A/D 转换以后铂电阻两端电压的数字量为 N_x ,固定电阻的两端电压的数字量为 N ,因为 A/D 的转换精度和位数是一致的,因此得出如下结果:

$$N_x / N = R_i(t) / R \quad (6)$$

从式(6)可以看出,铂电阻两端电压的 A/D 转换结果与电源电压没有关系,这种方法也可以补偿芯片的基准电压离散性。要保证检测精度,外加的

便携式微电脑多参数生理监护仪的研制

重庆大学生物工程学院 郭兴明 张思立 彭承琳

摘要 介绍一种便携式微电脑多参数生理监护仪的工作原理、系统构成及软、硬件设计。该系统由二个 Intel-196 单片机构成双 CPU 系统,完成数据的采集、处理、显示,对病人进行实时监控,并可采用串行通信的方式将数据送给 PC 机,对数据进行进一步的分析处理。

关键词 便携式 多参数 生理监护

前言

多参数生理监护仪能为医学临床诊断提供重要的病人信息,可实时检测人体的心电信号、心率、血氧饱和度、血压、呼吸频率和体温等重要参数,实现对各参数的监督报警。信息存储和传输,是一种监护病人的重要设备,但目前国内的监护仪一般功能单一,多为 CRT 显示,体积较大,移动不方便,存在着不足。

该便携式微电脑多参数生理监护仪,检测参数多,设计紧凑,体积小,携带方便,既可用于病房,也可用于室外,可以定时、连续、长时间地检测病人的重要生命特征参数,它在保障病人的生命安全方面具有重要的临床使用价值。

固定电阻 R 的精度是关键因素。如果温度检测范围为 $0\sim 100^{\circ}\text{C}$,外加的固定电阻 R 的精度大小应如何选择?下面进行定量分析。

$$N_x/(N\pm\Delta N)=R_x(t)/(R\pm\Delta R) \quad (7)$$

式(6)和式(7)相除得出如下结果:

$$(N\pm\Delta N)/N=(R\pm\Delta R)/R \quad (8)$$

如果外加电阻 R_{SET} 和 R 的阻值均为 500Ω 时,要求电阻精度影响数字量的大小为 1LSB (温度检测精度 0.03°C),那么电阻 R 的精度为 0.02% 。

结束语

从 MSP430P325 的 A/D 转换原理入手,详细

面具有重要的临床使用价值。

工作原理

1. 系统工作原理

便携式微电脑多参数生理监护仪的主机由两个 16 位微控制器 80C196 组成。

系统通过信号检测与预处理模块将生物医学信号转换成电信号,并进行干扰抑制、信号滤波和放大等预处理。然后,通过数据提取与处理模块进行采样、量化,并对各参数进行计算分析,结果与设定阈值比较,进行监督报警,将结果数据实时存储到 RAM,并可实时传送至 PC 机上,在 PC 机上可实时显示各参数值。

论述了电源电压的波动对检测精度的影响,同时分析了补偿原理及补偿电阻的精度选择方法,为其它精密温度测量场合提供了极好的应用实例。本文提出的补偿方法在一家电子公司已成功的应用,补偿效果令人满意。

参考文献

- 1 胡大可. MSP430 系列超低功耗 16 位单片机原理与应用. 北京:北京航空航天大学出版社,2000
- 2 胡大可,等. 应用 MSP430 微控制器时需注意的问题. 电子产品世界,2000(3)