

基于 AD7791 的海水温度和深度测量系统的设计

党武松, 范寒柏, 胡杨

(华北电力大学 电气与工程学院, 河北 保定 071003)

摘要: 针对海洋环境恶劣、测量仪器投放和回收困难等问题, 描述了一个大容量、高精度和低功耗的测量温度和深度的设计方案及其工作原理。该系统以 AVR 单片机 ATmega64 为控制芯片, 运用比值法计算得到温度及其压力的 AD 值, 再经过一系列计算得到所需的温度和深度。

关键词: 温度; 深度; 大容量; 高精度; 低功耗

中图分类号: TP342.3

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)20-0025-04

Design of temperature and depth measurement system based on AD7791

Dang Wusong, Fan Hanbai, Hu Yang

(School of Electrical & Electronic Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: As the marine environment is bad and the launch and recovery of the measuring instrument are difficult, the system describes a large capacity, high precision and low power design scheme and principle of work for measuring temperature and depth. The system uses AVR microcontroller ATmega64 as the control chip. The system calculates the AD value of temperature and pressure by the ratio method in order to obtain temperature and pressure needed after a series of calculations.

Key words: temperature; depth; large capacity; high precision; low power

在开发利用海洋的过程中, 温度和深度扮演着非常重要的角色, 这使它成为海洋观测中的重点观测对象。因长期地球变化或其他地理因素变化引起海洋温度和深度的变化, 这关系到近海资源的开发和利用^[1]。因此, 本文设计了一种大容量、高精度和低功耗的测量温度和深度的系统以满足对其测量的需求。该系统可以采集不同区域、不同深度水域环境要素的温度、压力, 然后通过对压力进行分析和一系列计算得到海洋深度。

1 系统总体设计

本系统采用 Atmel 公司的 ATmega64 单片机作为控制芯片, 主要分为 A/D 数据采集部分、时钟定时控制部分以及数据存储部分。系统总体结构图如图 1 所示。ATmega64 是基于增强的 AVR RISC 结构的低功耗 8 位 CMOS 微控制器。由于其先进的指令集以及单时钟周期指令执行时间, ATmega64 的数据吞吐率高达 1 MIPS/MHz, 从而可以缓减系统在功耗和处理速度之间的矛盾。

本系统由 CR123A 3V 锂电池供电, 晶振为 3.686 4 MHz, 使系统功耗非常低; 采用 24 位精度高、功耗低的 AD7791 模/数转换器, 将采集到的温度和压力模拟量转化为数字量; 采用带有 PC 总线接口的、具有极低功耗

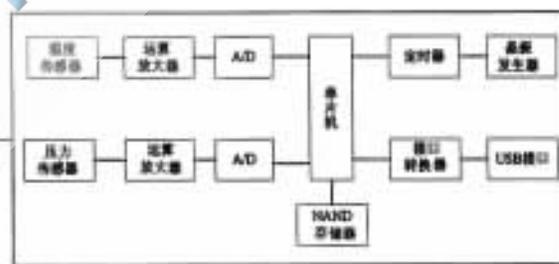


图 1 系统总体结构图

的 PCF8583 作为时钟控制芯片, 将采样时间、采样间隔、采样频率等写入 PCF8583 来控制单片机工作或休眠, 大大降低了功耗; 由于测量采集时间长且采集数据量大, 所以采用具有非易失性和读写速度快的大容量 NAND 存储器^[2]。

2 系统电路分析

AD7791 是美国 ADI 公司推出的一种高分辨率 24 位模/数转换器, 精度高、功耗低, 其灵活的串行接口使 AD7791 可以很方便地与微处理器或移位寄存器相连接。由于 AD7791 采用了和-差 ($\Sigma-\Delta$) 转换技术, 使它不受噪声环境的影响, 适用于宽动态范围、低频信号的测量。所以温度采集电路和压力采集电路的 A/D 都选用

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 27

硬件纵横

Hardware Technique

AD7791。温度采集电路和压力采集电路都采用比值法的思想,避免了因电源电压不稳引起的漂移,大大提高了温度和压力的测量精度。

2.1 温度采集电路

温度采集电路如图2所示。U1在温度采集电路中起到了电压跟随器的作用, R_t 采用NTC热敏电阻,电阻 R_1 和 R_t 及U1和AD7791由相等电压供电。由图2可知, $V_o=V_{CC}\times R_t/(R_1+R_t)$,AD7791输入电压 $A_{IN}=V_o$,参考电压 $V_{REF}=V_{CC}$ 。

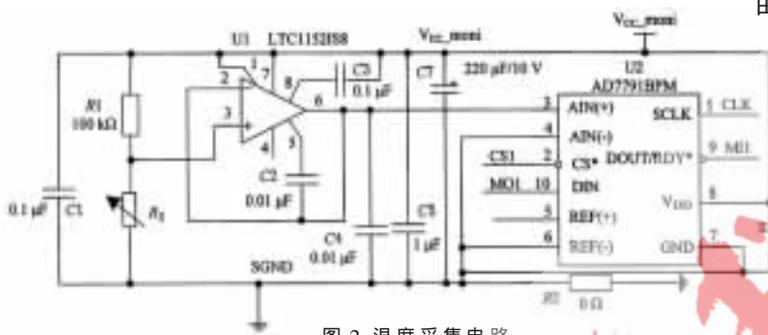


图2 温度采集电路

输出码值为: $Code=2^N \times R_t(A_{IN}/V_{REF})$,采用电阻比值法计算出的温度AD值 $Code=2^N \times R_t/(R_1/R_t)$,与电路供电电压无关,从而消除了由于电源电压不稳引起的漂移,提高了测温电路的精确度。如果把模拟地和数字地大面积直接相连,会导致互相干扰。 R_2 为 0Ω 电阻,相当于很窄的电流通路,能够有效地限制环路电流,使噪声得到抑制,提高电路的稳定性^[3]。

测温电路通过固定电阻 R_1 和热敏电阻 R_t 分压,得到热敏电阻的电压值;再经过电压跟随器,将AD采集到的热敏电阻的电压送给单片机进行数据分析。

2.2 压力采集电路

压力传感器选用keller压力传感器,它是一种阻压式OEM压力传感器。当压力传感器上有压力产生时,电阻会发生形变,相对的两个电阻阻值变大,另外相对的两个电阻阻值变小,压力传感器两端电压不变。

只有电桥中间产生压差,即引起电桥输出电压的变化,产生的电压变化作为输出来反映压力的大小。由于

电桥输出的变化电压非常小,所以将压力变化值经过运算放大器U6进行放大,送入AD7791,再将得到的AD值送入单片机,压力采集电路如图3所示。

R_8 和 U_5 构成恒流源,流过 R_8 的电流 $I=V_{CC}/R_8$ 。由于流过电桥两支路的电流相等,则 $V_{32}=V_3-V_2=0.5I\times(R_9-R_{10})$ 。 U_6 起差分放大的作用,其输出电压 $V_{out}=V_{32}\times G$, G 为放大增益。信号放大后送入AD7791进行模/数转换。输出码值为: $Code=2^N \times (A_{IN}/V_{REF})$,参考电压 $V_{REF}=V_{CC}$,AD7791输入电压 $A_{IN}=V_{out}$ 。

由计算得到 $Code=2^{N-1}\times(R_9-R_{10})\times G/R_8$,即通过比值法最后得到的AD值与电压的大小无关,从而消除了电压变化引起的温漂,提高了系统的稳定性和压力采集数据的精度。

2.3 时钟控制电路

PCF8583是一个时钟控制芯片,带有256B的静态RAM,使用PC总线接口传输地址和数据。PCF8583带有内部32.768kHz晶振,并且前8B用于时钟、日历和计数功能;其后的8B可作为闹钟寄存器;剩余的240B是自由RAM区,可用来存放数据及其他标志位或采样间隔等常数。

Y_1 为PCF8583提供稳定的32.768kHz晶振,电路如图4所示。单片机通过PC总线给PCF8583设定采样时间,采样间隔等采样参数。当PCF8583定时器计数溢出时,产生定时器溢出中断来控制单片机在采样、待机和休眠3种状态间转换,降低了功耗。

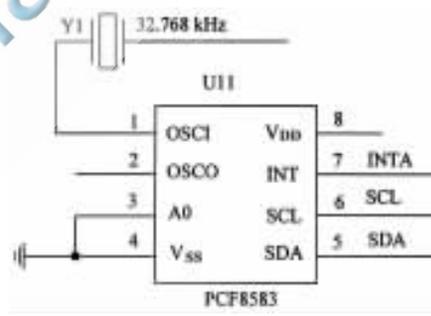


图4 时钟控制电路

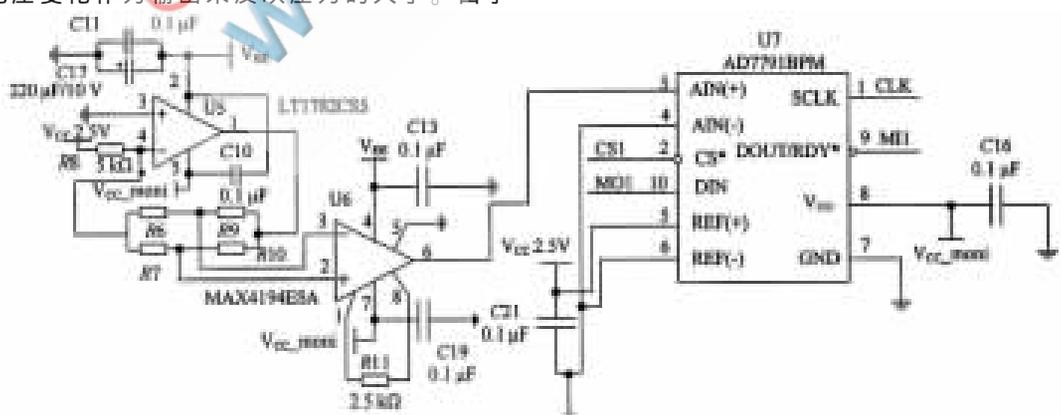


图3 压力采集电路

2.4 数据存储

由于该系统用于测量海洋等恶劣环境,受客观因素影响,其投放和回收都很困难,并且要想观测的温度和深度信息准确必须采集长期大量的数据,因而必须要有大的数据存储容量来满足测量需要。鉴于此,本系统采用三星公司的 K9F1G08,它是 128 M×8 bit NAND Flash。K9F1G08 由 1 046 个块组成,每一个块包含 64 个页,而一页是 2 KB+64 B=2048 B+64 B=2 112 B。K9F1G08 以页为基本单元进行存储,以块为基本单元进行擦除,具有很快的写入和擦除速度,是一种比硬盘驱动器更好的存储设备。

单片机先将采集的数据放到自身 RAM 中,等数据达到一页时再存入 K9F1G08,从而提高了时间利用率,降低了系统功耗。

3 系统软件设计

系统软件主要完成了数据采集、数据存储、外部中断和定时中断控制等功能,主程序由中断控制工作在采样、休眠和待机 3 种状态,大大降低了系统功耗。程序流程图如图 5 所示。

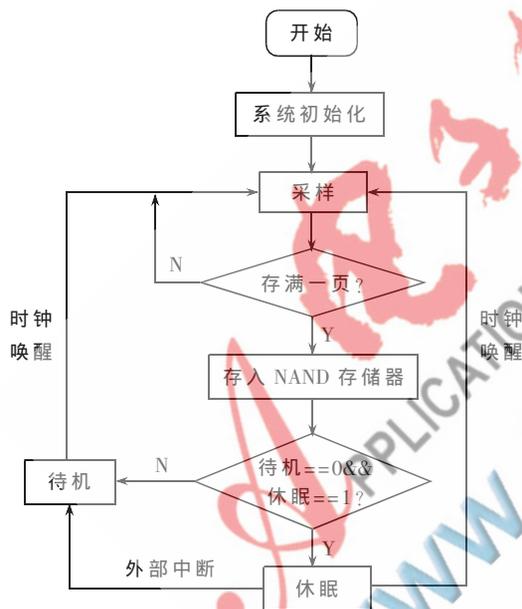


图 5 程序流程图

4 温度、压力和深度的计算

4.1 计算温度值

测温原理遵循式(1):

$$R_t = R_0 \times e^{B(1/T_t - 1/T_0)} \quad (1)$$

其中, R_0 为温度为 0°C 的阻值; R_t 为温度为 $t^\circ\text{C}$ 时的阻值; B 为常数,与材料结构有关。热敏电阻的温度随时间的改变可表示为:

$$T = T_A + (T_1 + T_A)e^{-t/t_0} \quad (2)$$

其中, T_1 为环境温度, T_A 为电阻体初始温度, t 为时间。时间常数 t_0 与式(1)中的 B 相似,与材料和结构形状有

关, t_0 满足下式:

$$t_0 = C/A \quad (3)$$

其中, A 为散热系数, C 为热敏电阻的热容量。

4.2 压力传感器所测 AD 值换算压力值

A/D 芯片对压力电压信号的测量原理为:

$$\frac{N}{2^{24}} = \frac{V_p}{V} \quad (4)$$

其中, N 为 A/D 转换芯片对电压值的转换结果, 2^{24} 为 24 bit A/D 的测量最大值, V_p 为待测压力电压, V 为 A/D 基准源。

压力值随不同的压力传感器而定,本设计采用的压力传感器规格为: 9.48 mV/bar(当电流为 1.000 mA 时)。本测量系统电流 $I=0.5\text{ mA}$, 则压力为:

$$p = \frac{1.000 V}{4.74} \quad (5)$$

其中, p 为所求压力值。

4.3 计算深度值

设压力传感器测得的总压力(滤掉波压变化后的平均值)为 p , 大气压为 p_a , 水压为 p_w , 传感器至海面的海水密度为 ρ , 测量点处的重力加速度为 g , 从压力传感器至水面的垂直高度为 h , 则有:

$$p_w = p - p_a = \rho gh \quad (\text{dbar}) \quad (6)$$

假定在某一时段内,忽略海水密度 ρ 和重力加速度 g 的变化,则由压力传感器测得的总压力和岸上气压计测得的大气压即可计算出海面高度,从而求得深度。即:

$$h = \frac{p_w}{0.980665 \rho} \quad (7)$$

然而在实际测量时海水密度是变化的,重力加速度随纬度变化也是不同的^[4]。则有:

$$x = \sin(\text{latitude}) \quad (8)$$

其中, latitude 为当地的纬度。

$$g = 9.780318(1.0 + 5.2788e^{-3x^2} + 2.36e^{-5x^4} + 1.092e^{-6p}) \quad (9)$$

其中, g 为测量时当地的重力加速度。

$$h = \frac{1}{g} \sum_{i=1}^4 c_i \cdot p_i \quad (10)$$

其中, $c_1=9.72695$, $c_2=-2.2512e^{-5}$, $c_3=2.279e^{-10}$, $c_4=1.82e^{-15}$ 。

2012 年 10 月将此测量系统投放到青岛中苑码头进行标定,该测量系统被投放到码头水平面下 8 m 左右的地方进行采样。投放 24 h 后将测量系统取出与计算机连接,通过相应的后台软件将采集到的 A/D 数据从大容量存储器 NAND 读出,通过上述计算方法将温度、压力、深度算出并绘制成图。温度如图 6 所示,压力如图 7 所示,深度如图 8 所示。

通过对采集数据进行分析,可得温度精度达到 $\pm 0.002^\circ\text{C}$ (ITS-90 标准),深度传感器精度为满量程的

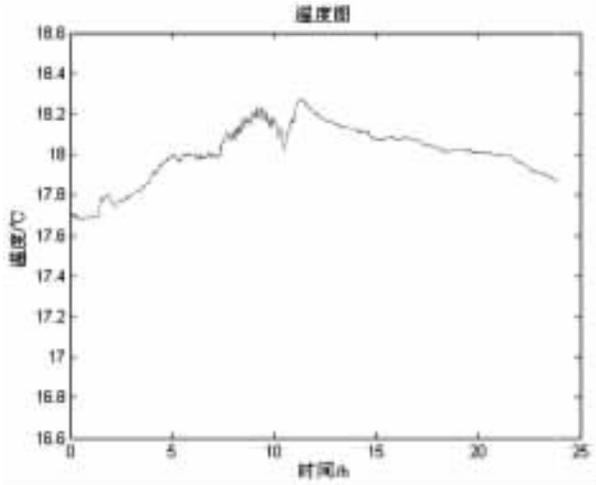


图6 温度

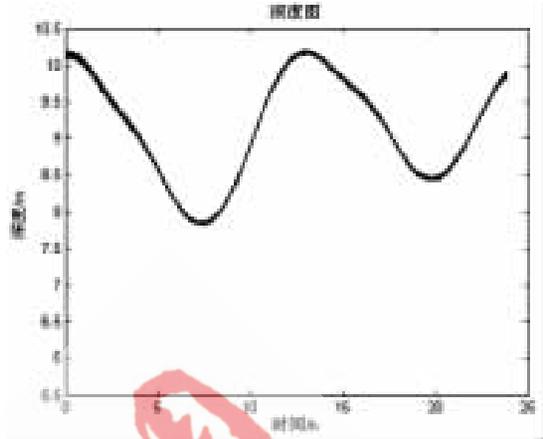


图8 深度

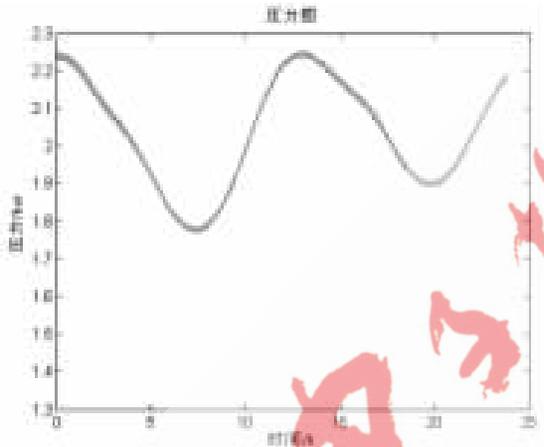


图7 压力

0.05%，满足了高精度、低功耗的测量要求。

本文介绍了温度和深度的测量方法和工作原理，整个测量系统性能可靠，存储量大，功耗低，精确度高，因

此在海洋温深测量方面具有非常广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 毕永良,孙毅,黄漠涛,等.海洋测量技术研究进展与展望[J].海洋测绘,2004,24(3):65-7.
- [2] 王盛安,龙小敏,陈俊昌,等.大容量快闪存储器在压力式波潮仪中的应用[J].仪表技术与传感器,2000(10):31-32.
- [3] 康华光.电子技术基础模拟部分[M].北京:高等教育出版社,1999.
- [4] FOFOONOFF N, MILLARD R. Algorithms for computation of fundamental properties of seawater[J].UNESCO Technical Papers in Marine Science,1983(44):1-53.

(收稿日期:2013-06-28)

作者简介:

党武松,男,1986年生,硕士,主要研究方向:嵌入式系统与智能检测等。