

基于单片机的海洋温深测量装置设计

苏里阳¹ 杨日杰¹ 姜超² 王同哲³

(1. 海军航空工程学院电子信息工程系 烟台 264001; 2. 烟台市建筑设计研究股份有限公司 烟台 264003;
3. 解放军 91046 部队 烟台 265200)

摘要: 海洋温深测量装置在海洋环境探测、海洋资源开发中有着重要意义。设计了一种海洋温深测量装置,该装置以 ATmega128L 单片机作为控制核心,利用温度传感器和压力传感器获取海洋的温深信息,并将所测数据实时存储在 SD 卡中,在装置回收后可由计算机读取所采集的数据,以便于对数据进行处理和应用。经测试,该测量装置可独立、准确、连续的测量、存储海洋温深信息,同时辅以时间信息,并凭借良好的接口设计,实现了与其他海洋测量装置集成的目的,达到了设计要求。

关键词: 海洋温深测量; SD 卡; 单片机

中图分类号: TN02 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.80.20

Equipment designed for ocean temperature and depth based on single chip microcomputer

Su Liyang¹ Yang Rije¹ Jiang Chao² Wang Tongzhe³

(1. Department of Electronic and Information Engineering of Naval Aeronautical and Astronautical University, Yantai 264001, China; 2. Yantai Architectural Design and Research Co. Ltd., Yantai 264003, China; 3. 91046 Troops of People's Liberation Army, Yantai 265200, China)

Abstract: In ocean environment detection and ocean resources development, an ocean temperature and depth measurement equipment is very important. In this paper, an ocean temperature and depth measurement equipment is designed. Controlled by a single chip microcomputer ATmega128L, the equipment acquires the data of ocean temperature and depth by sensor. Then the data will be stored in the SD card to ensure that the data can be read by computer when the equipment is recycled. Test result shows that the equipment can acquire the data of ocean environment and the time information independently, accurately and continuously. What is more, the equipment can be integrated with other equipments by a favorable interface design, meeting the design requirement.

Keywords: ocean temperature and depth measurement; SD card; single chip microcomputer

1 引言

海洋科学研究、海洋资源开发、海洋工程都与海洋环境密切相关,因此,海洋环境感知对于建设海洋强国有着十分重要的意义^[1]。我国在海洋环境参数测量技术上起步较晚,缺少对海洋环境大规模体系化的测量分析^[2]。近十几年间,我国的近海环境数据才逐渐被积累并形成系统资料,而远海环境信息仍处于大片盲区的状态^[3]。具体的海洋参数测量系统是实施各种海洋参数精确测量的前提^[4]。目前,国内外已有的海洋温深测量装置虽然测量精度相对较高,但其接口大多自闭设计,与其他设备兼容性

不强,集成使用时困难较大,导致装置使用范围严重受限。本文设计的海洋温深测量装置可以独立、连续、测量海洋环境数据,并进行实时传输和独立储存;也可以在保证测量精度的前提下,作为海洋环境测量附属部件通过良好的接口与其他设备集成,扩展了装置使用范围。

2 硬件设计

本文设计的海洋温深测量装置由温度测量、压力测量、模数转换、时钟、I/O 电压匹配、数据存取、数据收发、时序控制以及电源和充电管理模块组成,其原理如图 1 所示。

收稿日期:2015-04

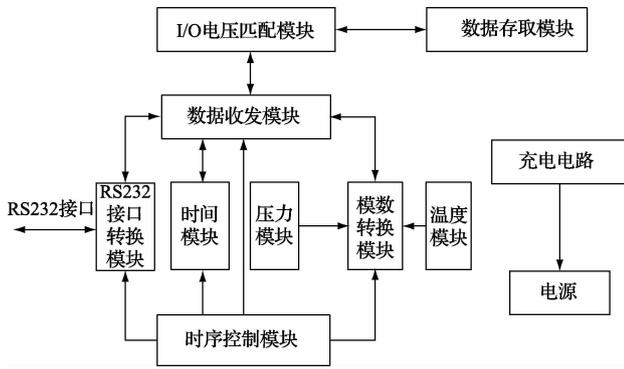


图1 海洋温深测量原理

温度测量模块由温度传感器、分压电阻、稳压电容构成,用于测量系统所处环境温度,并以电信号输出。

温度传感器核心部分为 NTC(热敏电阻器),其电阻值随温度升高而降低,NTC 热敏电阻的温度特性可以用下式表示为:

$$R_T = R_N \times e^{B \times (1/T - 1/T_N)} \quad (1)$$

式中: R_T 为 NTC 在温度 T 下的电阻值, R_N 为 NTC 额定温度 T_N 下的电阻值,单位为 Ω 。 T 单位为 K($T(K) = 273.15 + T(C)$)。 B 为 NTC 材料常数(Beta),称作为 B 值。

参考电压 V_{cc} 经过 NTC 热敏电阻 R_N 和测量电阻 R_m (精密电阻)串联分压后,输出电压 AD_0 是一个随着温度值变化电压值,可以反映 NTC 电阻阻值,欧姆定律可得:

$$AD_0 = V_{cc} \cdot \frac{R_m}{R_m + R_N} \quad (2)$$

联立式(1)和(2)两式即可得到当前温度 T 。

压力测量模块由 KYB18 型压力变送器和分压电阻组成,用于测量系统所处深度水压,并以电信号形式输出^[5]。压力测量模块将 0~7 MPa 压强线性转化为 0~5 V 电压输出给模数转换模块。

水中某处压强与该处深度计算公式为:

$$P = \rho g d \quad (3)$$

式中: P 为测量所得水压, ρ 为海水密度, g 为测量地区重力加速度, d 为水深。使用压力测量模块测量的压强数据,利用式(3),即可计算得到水深信息。

模数转换模块由两个 AD7892AR-3 模数转换芯片、上拉电阻、保护电容构成。温度测量模块和压力测量模块的输出信号均为模拟量,均需要模数转换模块对信号进行转换。AD7892AR-3 型芯片是逐次逼近式 12 位 ADC,其输入信号范围为 ± 2.5 V,满度范围(FSR)为 5 V;最小分度(LSB)为 $FSR/4096$,即 1.22 mV。可以将输入的模拟信号转化为数字量由 DB11~DB0 输出^[6]。

时钟模块由 DS1302 时钟/日历芯片、晶振、电源保护电容、电池等构成^[7]。其具有独立的晶振和电源,在系统断电的情况下独立进行时间计数,包括年、月、日、时、分、秒和星期等信息,当前时间可通过指令设置和读取。

I/O 电压匹配模块由 74HC08 芯片构成,用于数据

存取模块的 Micro SD 卡和单片机 I/O 引脚间的电压匹配。

数据存取模块使用 Micro SD 卡。其具有 SD 和 SPI 两种工作模式,不同工作模式下引脚有不同的功能,SD 模式读写速度快,SPI 模式则有更好的硬件接口兼容性。ATmega128L 型单片机拥有 SPI 硬件接口,使用 SPI 模式进行硬件连接相对简单^[8-9]。因此,根据读写速度要求不高的实际需求和便于对 Micro SD 卡进行操控,选用 SPI 模式。

数据收发模块用来实现对温度测量模块、压力测量模块、模数转换模块和时钟模块信息的读取和缓存,并发送给数据存取模块进行存储。

时序控制模块用于产生海洋环境参数采集系统正常工作所需的时序信号和控制信号,协调系统的工作。

RS232 接口转换模块用于将接收到的 RS232 电平信号转换为符合控制系统输入要求的 TTL 电平信号。

电源为系统提供电力供应,充电电路则负责充电管理^[9]。

3 软件设计

在海洋温深测量装置中,使用单片机作为主控系统,同时应用了多个其他可编程器件,如 DS1302 芯片、Micro SD 卡等,均需通过编程实现其功能。

单片机程序包括模数转换模块控制程序、时钟模块驱动程序、SPI 收发程序和数据缓存程序。其结构如图 2 所示。

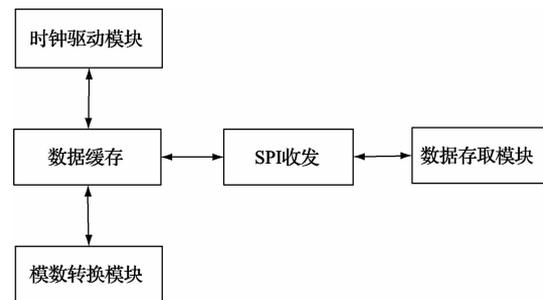


图2 单片机程序

如图 3 所示,时钟模块驱动程序用于完成时钟模块与单片机的数据通信,一方面生成驱动时钟模块接收外部指令和发送数据的时钟信号;另一方面向时钟模块发送控制指令并接收返回的时间信息。单片机通过 3 个引脚实现对时钟模块的驱动,分别用于使能时钟模块、产生驱动时钟模块的时钟信号和通信。单片机向时钟模块发送数据时,首先使能时钟模块,然后调用单字节写程序发送若干字节,最后关闭时钟模块输入输出引脚。单片机读取时钟模块时,首先使能时钟模块,然后调用单字节写程序发送读指令,之后调用单字节读程序读取若干模块,最后关闭时钟模块输入输出引脚。

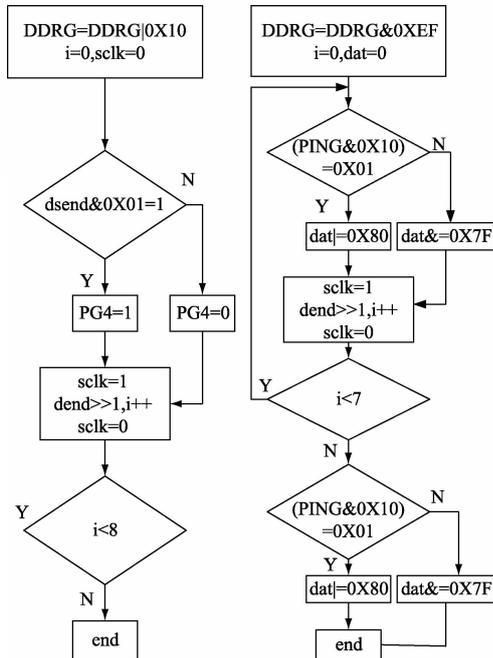


图3 时钟模块单字节写程序(左)与读程序(右)流程

模数转换控制程序用于启动模数转换模块进行模数转换,并判断转换是否完成,如完成则接收转换后的数字信号。实际应用中模数转换模块时刻保持工作状态,单片机使用一个引脚控制两个 AD7892 芯片启动模数转换,使用两个引脚来分别获得两个 AD7892 芯片的模数转换进程。AD7892 上电完成后,得到转换结束标志,并接收来自每个芯片 12 个数据传输引脚的数据,其中首先保存高 4 位数据至 data 数组,然后保存低 8 位数据至 data 数组。

SPI 收发程序用于完成数据存取模块和单片机间的数据通信^[10]。一方面单片机将指令和数据发送给数据存取模块控制数据存取模块进行初始化、存数据、读数据等操作;另一方面接收数据存取模块对单片机各项指令的反馈和读出的数据^[11]。

数据缓存程序用于将把各模块的数据进行存储,并按规则排列,形成固定格式的数组。存储顺序为:时间(包含年、月、日、时、分、秒)、温度、深度,每次存储所需空间为 14 字节,单片机内为其准备的存储空间为 1 024 字节。当存储空间存满后调用数据存取程序,将存储空间内数据存入数据存取模块。

4 测试

装置设计中预留有 RS232 接口,便于其与其他设备集成。装置使用中,一方面可以将测得的海洋环境数据存储在 SD 卡中,以便于在装置回收后处理、利用;另一方面可以通过 RS232 接口与其他设备进行集成,实时传输环境数据。

温度测量模块输出量为电信号,利用式(1)和式(2)可

以计算得到热敏电阻所测温度。温度计所测温度和温度测量模块所测温度见表 1。

温度测量模块测试		℃
温度计测温	温度测量模块测温	
51.5	51.24	
40.5	41.00	
33.5	33.37	
28.5	28.62	
25.5	25.41	
23.0	23.06	
21.5	21.55	
20.5	20.48	
20.0	19.99	
19.5	19.51	

由测量数据可知,温度测量模块的测量误差在±1%以内,符合海洋温深测量装置设计要求。

压力测量模块的精度测试在消声水池内进行,水池深度为 7 m。因压力传感器已设置 1 标准大气压为计量零点,在室内空气中测量压力以测试零点精度。通过调节绳缆长度,调整压力测量模块入水深度。分别测量 0 m(空气中)、1 m、2 m、3 m、4 m、5 m、6 m 水深处压力,用式(3)换算出对应深度后与实际深度作对比。测量点的重力加速度为 9.789 5 m/s²,测试结果见表 2。

压力测量模块测试		m			
实际深度	测量深度				
0	-0.15	0.20	0.16	-0.16	0.12
1	1.06	1.14	1.20	1.01	0.97
2	1.82	2.15	1.90	2.01	1.96
3	3.00	3.12	3.14	2.86	3.02
4	4.12	4.13	4.00	3.89	4.15
5	5.11	5.12	4.91	5.03	5.16
6	5.96	5.81	6.12	6.03	5.83

由测量数据可知,压力测量模块的测量误差在±0.2 m以内,符合海洋温深测量装置的设计要求。

5 结论

本文设计的海洋温深测量装置能够独立、准确、连续的测量温度、深度信息,同时辅以时间信息,并将采集到的信息存储在 SD 卡中。经测试,温度测量误差在±1%以内,深度测量误差在±0.2 以内,误差较小,实现了该装置对海洋环境的实时监测,达到了设计要求。

参考文献

- [1] 杨日杰,高学强,韩建辉.现代水声对抗技术与应用[M].北京:国防工业出版社,2008:1-25.
- [2] 黄谟涛,翟国君,欧阳永忠,等.海洋测量技术的

- 研究进展与展望[J]. 海洋测绘, 2008, 28(5): 77-82.
- [3] 方长芳, 张翔, 尹建平. 21世纪初海洋预报系统发展现状和趋势[J]. 海洋预报, 2013, 30(4): 93-102.
- [4] 罗续业, 王项南, 吴迪, 等. 国家级海上试验场建设构想[J]. 海洋开发与管理, 2010, 27(11): 1-3.
- [5] 康宇测控. 标准型压力变送器-KYB18型[Z]. www.chinakangyu.com.
- [6] 荣少巍. 基于STM32的实收实发超声波检测系统研究[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(9): 54-58.
- [7] 孙战先, 储飞黄, 王江, 等. 通信接收机干扰容限自动测量方法研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2012, 26(11): 999-1004.
- [8] SanDisk Corporation. SD Memory Card Specification Part1: Physical Layer Specification Version2.0[Z]. 2008: 15-49.
- [9] 王同哲, 杨日杰, 赵轩坤, 等. 基于SD卡和单片机的水下目标辐射噪声模拟器设计[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(9): 63-67.
- [10] 何秋生, 徐磊, 吴雪. 锂电池充电技术综述[J]. 电源技术, 2013, 37(8): 1464-1466.
- [11] 张洪涛, 莫文承, 李兵兵. 基于SPI协议的SD卡读写机制与实现方法[J]. 电子元器件应用, 2008, 32(3): 42-43.
- [12] 李天植, 徐熙平, 佟洋, 等. 基于LPC1752的SPI数据分析系统的设计[J]. 电子测量技术, 2013, 36(10): 115-118.

作者简介

苏里阳, 1991年出生, 硕士研究生。主要研究方向为水声工程。

E-mail: 1193804552@qq.com

杨日杰, 1963年出生, 博士, 硕士生导师, 教授。主要研究方向为水声工程。

是德科技推出针对 DDR4×16 设计的逻辑分析仪 BGA 内插器探测解决方案

解决方案旨在帮助工程师突破设计空间限制

2015年8月13日, 是德科技公司(NYSE:KEYS)宣布推出配合逻辑分析仪执行 DDR4×16 DRAM(动态随机存取存储器)设计测试的全新 BGA(球形栅格阵列)内插器解决方案。借助 Keysight W4636A DDR4×16 BGA 内插器解决方案, 工程师能够快速且精确地捕获地址、命令信号和数据信号子集, 以完成高达 2 400 Mb/s 的设计调试和功能验证测量。

Keysight W4636A BGA 内插器适用于逻辑分析仪, 是全球最小巧的 DDR4×16 BGA 内插器解决方案, 非常适合测试空间紧凑的设计。

随着存储器产业界全面转向 DDR4 设计, 工程师在开发和测试用于服务器与嵌入式设备等应用的下一代存储器系统时将面临严峻挑战, 而精确探测和捕获信号对全新设计调试与验证的重要性正在日益凸显。W4636A DDR4×16 双边、低 KOV(排除容量)BGA 内插器是 W4630A 系列 DDR4 BGA 内插器系列的新成员, 可以帮助工程师观察 DDR4×16 DRAM 流量, 并能适应 KOV 有限的被测系统。该解决方案允许工程师使用 ADD/CMD 信号对 DDR4 器件执行功能一致性测试。

W4636A 内插器解决方案可以直连符合 JEDEC 标准的 DDR4×16 96 球 DRAM 球, 具有最小的负载效应, 能够最大

限度地降低对嵌入式系统设计信号完整性的影响。此内插器解决方案与 Keysight U4154B 逻辑分析系统、E5847A ZIF(零插拔力)探头和 U4201A 电缆搭配使用, 以便对 ADC/CMD 和 DQ(数据)子集执行功能一致性测试、性能验证和分析。

是德科技副总裁兼示波器和协议事业部总经理 David Cipriani 表示:“客户需要全新的 DDR4 BGA 内插器覆盖各种各样的系统设计。W4636A 内插器结合 U4154B 逻辑分析仪系统, 可以满足设计空间有限的工程师对他们系统中的 DDR4×16 DRAM 的测试需求。”

W4633A×4/×8 DDR4 BGA 内插器和 W4631A×16 DDR4 BGA 内插器支持高达 3.2 Gb/s 的数据速率, 能够捕获所有的 ADD/CMD/DQ/DQS 信号, 可以满足工程师远高于当前 2 400 Mb/s 的 DDR4×16 数据速率测试需求。

U4154B 逻辑分析模块提供 4 Gb/s 状态速度, 可以支持工程师可靠地触发特定的事件并捕获 DDR4 信号。结合全新 DDR4 内插器解决方案、B4621B DDR 解码器、B4622B 一致性测试软件工具套件, U4154B 模块可以提供功能测试功能, 满足存储器系统集成测试需求, 支持高达 2 400 Mb/s 的数据速率。