

文章编号:1009-3486(2006)01-0027-04

基于 MSP430 单片机的海浪水压场自动测量系统

孙长国, 龚沈光, 任德奎

(海军工程大学 兵器工程系, 湖北 武汉 430033)

摘要: 提出了基于 MSP430 单片机的水压场自动测量系统的设计方案和实现方法; 并进行了实际测量, 解决了自动测量系统中的低噪声、低功耗、高分辨率、大容量存储等关键技术, 实验结果表明, 该系统具有自动运行、电池供电、记录时间长等特点, 适用于高海况条件下的海浪水压场的测量。

关键词: SCM; 测量; 海浪; 水压场; 低功耗

中图分类号: TP216

文献标识码: A

Auto-measuring system based on MSP430 MCU for ocean wave pressure field

SUN Chang-guo, GONG Shen-guang, REN De-kui

(Dept. of Weaponry Engineering, Naval Univ. of Engineering, Wuhan 430033, China)

Abstract: The design scheme and realization method are put forward based on MSP430F133 MCU for measure of ocean wave pressure field and are also tested in practice. Some key techniques for low noise, low power, high resolution and mass storage can be solved in the system. The experimental results show that the system has characteristics of auto-running, battery powered, a long time recording, etc. So the scheme is fit for the measure of ocean wave pressure field.

Key words: SCM; measure; ocean wave; hydraulic pressure field; low power

水雷水压引信是利用舰船水压场进行工作的, 由于舰船水压场的能量大, 难以模拟, 目前还没有投入实际应用的水压扫雷具, 因此水压引信具有很强的抗扫能力。但是, 另一方面, 海浪压力变化直接作用在水压接收器上, 对水压引信造成严重干扰。3、4 级海浪在海底产生的压力信号就大于多数目标舰船的信号, 而且其信号频带与目标舰船信号频带互相重叠^[1]。实践表明, 只有获得海浪水压场的实测数据, 并通过现代信号处理抑制海浪干扰, 才能有效提高水压引信的抗海浪干扰能力, 因此研究海浪水压场的意义重大。以往的海浪水压场数据的获取一般仅限于实验室模拟或低海况条件下的测量。然而, 在高海况条件下对海浪水压场测量系统要求较高, 需要解决系统低噪声、低功耗、智能自动运行、大容量存储等关键技术^[2], 本设计采用 MSP430 系列单片机结合中断程序设计方法达到了预期的效果。

1 系统组成及关键技术

基于 MSP430 单片机的水压场测量系统主要由压力传感器、信号调理电路、微处理器控制电路、闪存及辅助通讯电路等组成。系统原理图如图 1 所示。

收稿日期: 2005-09-04; 修订日期: 2005-10-20

基金项目: 中国船舶重工集团基金资助项目(J44.5.10)

作者简介: 孙长国(1978-), 男, 博士生。

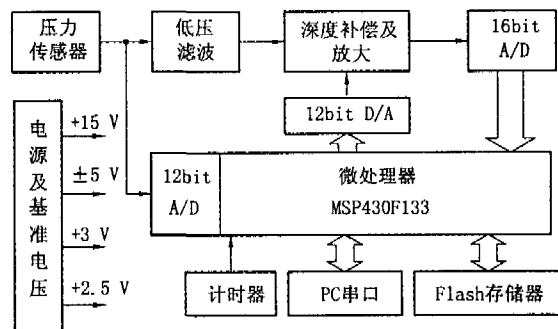


图 1 海浪水压场测量系统原理图

1.1 压力传感器

本文试验所使用的压力传感器是 PS10000 智能压力传感器,该传感器将压力信号转变为电信号的电路集成在内部,简化了转换电路的设计.该传感器的参数如下.供电电压:10~32 V;标准电信号输出:4~20 mA;输出电阻:小于 5 Ω;测量压力范围 0~200 kPa.

1.2 信号调理电路设计

信号调理电路的主要功能是对压力传感器输出的信号进行阻抗匹配、低通滤波、静压力补偿及放大等.兼顾系统低噪声和低功耗的要求,放大器选用 OP97.该器件是模拟仪器公司生产的低功耗、高精度运算放大器,其噪声电压密度为 $17 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 、最大供电电流 600 μA、共模抑制比 114 dB,是替代工业产品 OP07 的理性选择.

经过低通滤波后的压力信号主要由 2 部分组成:①海水深度产生的压力;②海浪在海底产生的压力.对于水深产生的压力即静压力,其量值很大,是海浪压力的数十倍.然而,我们需要的是海浪压力信号,因为静压力的存在会使测试系统动态范围明显下降.因此,必须实施静压补偿.静压补偿一般采用深度自动补偿技术,其主要优点是可以获得长时间的连续数据并在一定程度上简化硬件和软件设计.但也存在缺点,主要是测量数据失去了潮汐变化信息,以至于在进行信号处理时,实际上变成了假设无潮汐或潮汐已处理完毕的情况.本系统采用非连续自动补偿方法,这样测得的数据是原始数据.该方法是:混合信号反向后首先经过一个 12 位 A/D,采集的数据经过微处理器处理后由 12 位数模转换器 DAC7513 输出平均压力值至加法器一端,另一端接入混合信号,这样加法器输出的就是纯海浪水压场信号.考虑 DA 器件的电压输出是缓慢漂移的,实测表明,其峰-峰值可达 23 μV,经换算后,因漂移引起的误差约 3 Pa,在实际海浪测量中,有用数据都在数百、上千 Pa 以上,所以误差在允许范围内.

加法器输出的纯海浪压力信号需要进行放大后才能采样.数据采集器采用 16 位低功耗数模转换器 AD7705,该器件具有可编程增益及系统自校准功能,能够消除器件本身和系统的增益以及偏移误差.设计放大器放大倍数为 16,采样速率为 10 Hz.因为一般的海浪平均周期在 4~5 s 左右,而在高海况条件下,海浪的平均周期约在 10~15 s,数据采样速率为 10 Hz,满足信号处理要求.

1.3 低功耗设计

在低功耗的电子系统设计中,首先要考虑的是单片机型号的选择.选择单片机除了要考虑功能和开发环境外,在低功耗系统设计中特别要关注单片机本身的功耗和提供的节能措施.本设计采用 TI 公司的 MSP430F133 型单片机.MSP430F133 是专门为低功耗系统而研制的新型 16 位单片机.它具有 LMP0~LMP4 五种低功耗模式,其供电电压可以在 1.8~3.6 V 范围内变化;只要外接一个 32.768 kHz 的晶振,结合片内的数字控制振荡器(DCO)即可使单片机工作在高频率下,以便对系统硬件请求和事件做出快速反应^[3].

另外,对其它器件的选择也着重考虑了功耗.AD7705 是 CMOS 器件,3 V 电压时,最大功耗为

1 mW,等待电流的最大值为 $8 \mu\text{A}$,满足测量系统对精度和功耗的要求.而 K9F1208 也是 CMOS 结构的与非阵列存储器,功耗相对较低.

结合 MSP430F133 单片机的多种节能模式,低功耗设计主要采取以下措施:

(1) 对各模块供电进行控制,即根据工作需要接通相应功能模块的电源,以降低功耗.当要进行水压数据采集时,才给传感器、运算放大器供电,结束采样时立即关断相应部分的电源.

(2) 充分利用 MSP430F133 所提供的低功耗模式,当不进行信号采样及处理、数据存储等工作时单片机均处于 LMP3 模式下.

经测试,系统待机时的电流为 0.7 mA ,工作时耗电仅为 4.9 mA (不包括传感器电流).

1.4 大容量存储技术

出于安全考虑,测量体只能在风浪较小时进行布放和打捞,同时还要求能够测量到风浪由弱至强的发展过程的海浪水压场及风浪较大时的海浪水压场的情况.所以,对仪器的存储容量有较高要求.本系统数据采集速率为 10 Hz ,测量 1 h 的数据量可达 70.3 k 字节,若以工作 10 d 计算,则要求存储器容量要达到 10 M 字节.非易失性闪存存储器 K9F1208UOM 是 SAMSUNG 公司生产的采用 NAND 技术的大容量、高可靠性存储器件.该器件采用 CMOS 浮置门技术和与非存储结构,存储容量为 $64 \text{ M} \times 8$ 位,完全满足系统对存储容量和低功耗的要求.器件所提供的片内控制器、状态寄存器和专用命令集使其可以灵活应用于各种存储系统电路,其 8 位 I/O 端口可以方便地实现地址、数据和命令的多路复用,便于系统今后扩充存储容量而不需改变系统板结构设计^[4].

2 软件设计

MSP430 的内核 CPU 结构是按照精简指令集和高透明指令的宗旨设计的,使用的指令有硬件执行的内核指令和基于现有硬件结构的高效率仿真指令.本系统软件开发采用 MSP430 系列单片机专用的集成开发环境 IAR Embedded Workbench,编程采用 C 语言,使得系统设计十分方便^[5].

为了降低整个系统的功耗,光靠硬件是不行的.充分利用 MSP430 单片机提供的多种低功耗模式,软件设计采用中断方式为主的程序设计.主程序完成相应的设置和初始化后,其它任务都有中断服务程序去完成.系统软件流程如图 2 所示.

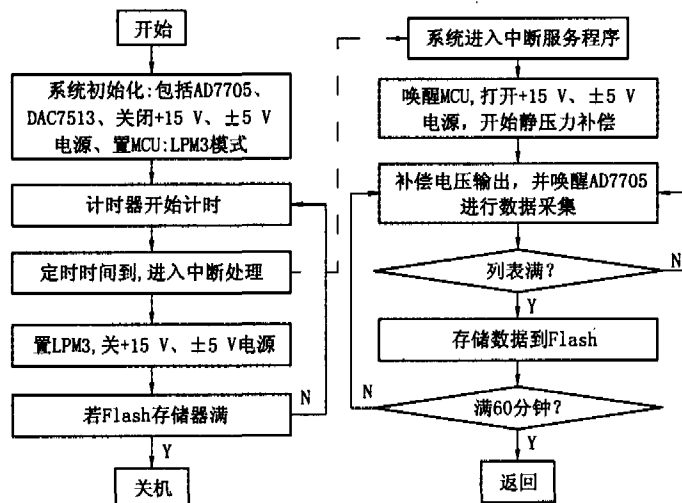


图 2 软件流程图

3 测量实验及数据

本系统采用碱锰电池供电, 电池容量为 $6 \text{ A} \cdot \text{h}$, 共使用 2 组电池, 分别为 6 V 和 15 V . 经功耗测试后, 系统可自动运行 40 d 左右, 完全满足测量要求. 海上测试前, 本系统通过水杯试验进行了静态标定, 其噪声约为 5 Pa , 零点误差为 500 Pa . 因为只需要海浪水压场的动态数据, 所以对零点误差可不予考虑. 要进行海上试验并获得有意义的实验数据, 对试验海区的要求应满足以下几点:

- (1) 首先海区应该设有海洋观测站, 以便取得浪高、海浪平均周期等相关数据.
- (2) 测试时间内, 海区应该有 3~4 级海浪或以上, 否则获取的数据意义不大.
- (3) 要求测试海区水深在 $10 \sim 20 \text{ m}$ 左右.

图 3 是 2005 年 2 月在山东省龙口市纪姆岛海区测得的数据. 2 个曲线测量时间分别为 25 min 和 1 min. 从图 3 可以看出, 长时间的测量曲线是向上倾斜的, 这是因为涨潮引起的压力变化; 短时间的曲线可以看出海浪的平均周期约为 4 s (采样频率为 10 Hz). 以上数据与海洋观测站的观测情况进行了对比, 结果十分吻合, 从而证明了本测量系统的有效性.

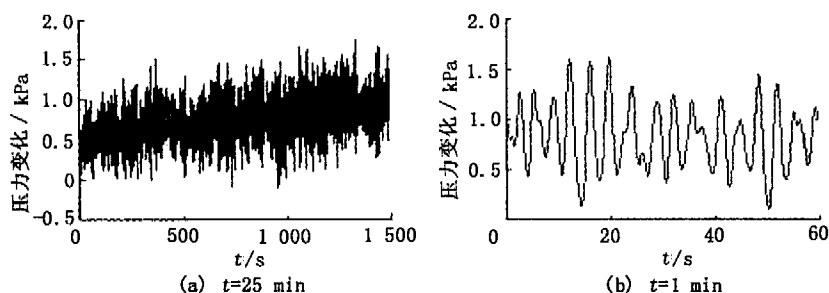


图 3 测量数据

4 结 论

基于 MSP430 单片机的水压场测量系统同时从硬件和软件 2 个方面进行了低功耗设计, 并采用了大容量闪速存储器作为存储介质. 解决了海浪水压场测量对功耗和存储容量的要求. 实验结果表明, 该水压场测量系统具有低噪声、低功耗、高分辨率、自动运行, 电池供电、大容量存储等特点. 能够应用于高海况条件下的海浪水压场数据的测量.

参考文献:

- [1] 叶平贤, 龚沈光. 舰船物理场 [M]. 北京: 兵器工业出版社, 1992.
- [2] 张晓兵, 玄兆林. 使用双水压传感器抗风浪干扰原理 [J]. 海军工程大学学报, 2003, 15(5): 65-67.
- [3] MSP430X1XX User Guide [Z/OL]. <http://www.ti.com>, 2002-02-01/2005-03-08.
- [4] SAMSUNG Corp. Datasheet of $64\text{M} \times 8\text{Bit}$ NAND Flash Memory K9F1208UOM [DB/OL]. <http://www.samsungsemiconductor.com>, 2002-02-01/2005-03-08.
- [5] 胡大可. MSP430 系列单片机 C 语言程序设计与开发 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.