

文章编号: 1673-1522 (2010) 01-0057-04

基于 MSP430 单片机的 固体助推器使用环境监测系统设计

展亮^{1a}, 吕红^{1b}, 李瑞亮²

(1. 海军航空工程学院 a. 研究生管理大队; b. 基础实验部, 山东 烟台 264001;

2. 92840 部队, 山东 青岛 266405)

摘要: 对舰载导弹固体助推器使用环境监测系统的需求进行了分析, 给出了基于 MSP430F149 单片机的监测系统总体方案。对监测系统硬件进行了选择, 给出了部分电路连接图和监测系统软件设计。对监测系统样机进行了测试, 结果表明该系统可用于固体助推器使用环境监测。

关键词: 固体助推器; MSP430F149; 环境监测系统

中图分类号: TJ760.3^{*3}

文献标志码: A

0 引言

环境对于武器装备效能的发挥有着极其重要的影响, 由于武器装备不适应预定环境而造成的经济损失、试验中止或是军事失利的事例比比皆是, 所造成的危害和教训也是十分深刻的。随着现代化战争向全天候、全方位、立体打击的演变, 现代化武器装备势必必要经受住比以往更复杂、多变的环境^[1]。

随着舰艇编队在海上遂行任务的时间大大增加, 与现行反舰导弹长期贮存于弹库、短期舰载出海遂行任务不同, 导弹将长期贮存在舰艇的贮运发射箱内随舰出海。因此, 舰载反舰导弹固体助推器将长期遭受海洋温度、湿度以及振动和冲击等各种恶劣环境的影响^[2]。开展海洋环境条件下舰载固体助推器使用环境监测系统的研究, 对于长期舰载条件下的维护与维修方案的研究、勤务维护信息化水平的提高、作战保障能力的提升以及维护与维修费用的节省, 都有着十分重要的意义。

国内外对导弹使用环境监测系统进行了大量研究^[3-6], 将使用环境监测数据和状态评估技术相结合, 发展了导弹远距离数据收集和诊断系统。本文将单片机与微型传感器结合, 针对某型反舰导弹的固体助推器设计了一套低功耗、小体积的环境监测

系统。

1 环境监测系统需求分析

1.1 环境监测参数的选择及其范围

海洋环境中, 高低温会引起固体助推器零部件的老化和物理膨胀; 高湿度则会引起装药的水解和脱粘; 冲击和振动会引起装药出现裂纹以及零部件机械应力疲劳等等。针对影响舰载反舰导弹固体助推器性能和寿命的诸多海洋环境因素, 选择了对其性能影响较大的温度、湿度和振动 3 个参数作为监测对象。参考某反舰导弹使用环境和国外军舰使用环境参数^[7], 确定监测参数范围如下: 温度: $-30 \sim +60^{\circ}\text{C}$; 湿度: $0 \sim 100\% \text{RH}$; 振动: $0 \sim \pm 5 \text{g}$ 。由于海浪对舰船的作用一般集中在 $0 \sim 5 \text{Hz}$ 的低频范围内, 根据采样定律, 监测系统振动采样频率应不低于 15Hz 。

1.2 监测系统安装限制和功能要求

该型反舰导弹贮运发射箱内部布局比较紧凑, 考虑到监测系统安装后应与导弹的正常发射互不影响, 可供监测系统安装固定的空间有限, 确定监测系统的外部尺寸不超过 $200 \text{mm} \times 100 \text{mm} \times 50 \text{mm}$ 。

为满足长期监测的要求, 设计出的环境监测系

收稿日期: 2009-03-10; 修回日期: 2009-10-15

基金项目: 国防预研基金项目

作者简介: 展亮 (1981-), 男, 硕士生。

统的功耗要低, 体积要小, 其自给电源供应能力须在半年以上, 并能有效地监测、存储和读取监测数据, 具有较高的可靠性和稳定性。

2 监测系统硬件设计

2.1 监测系统总体方案

使用环境监测系统方案如图1所示, 采用温湿度传感器和三轴加速度传感器作为数据采集的前端, 单片机提供指令控制与数据处理功能, 大容量Flash存储器为数据的本地存储提供充足的空间, USB接口用于与上位机进行通信导出监测数据。整个监测系统由大容量锂电池提供电能, 自持力在半年以上。

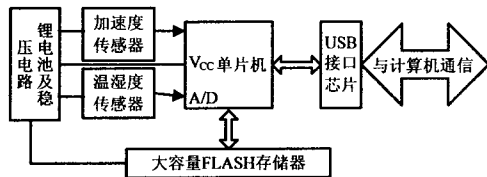


图1 监测系统总体方案图

2.2 硬件选择

通过对监测参数和系统功能要求的分析, 选择以下单元作为监测系统的硬件组成:

单片机选用TI公司生产的MSP430F149超低功耗单片机作为该监测系统的MCU。该单片机最主要的特点就是功耗低, 活动模式下(1 MHz、2.2 V)耗电280 μ A, 待机模式下耗电仅为1.6 μ A, 相比其他类型单片机在功耗上具有较大优势。同时, 它还具有8路快速12位的A/D转换器, 6个8位并行端口(其中P1、P2具有中断功能), 满足数据采集过程中的通道数量需求, 其电源电压采用1.8~3.6 V低电压, 工作环境温度-40~+85 $^{\circ}$ C。此外, 该单片机属于Flash型单片机, 并具有JTAG调试接口和丰富的软件, 便于开发^[8]。

温湿度传感器选用瑞士Sensirion公司生产的SHT75型传感器, 该型传感器的特点是集成度高、体积小、精度高, 提供全量程标定的数字输出, 无需标定就可互换使用, 两线制的数字接口设计使连接变得极为简便, 供电电压为2.4~5.5 V, 湿度量程0~100%RH, 温度量程-40~+123.8 $^{\circ}$ C, 满足温湿度测量要求。

加速度传感器选用飞思卡尔半导体公司生产的MMA7261QT型传感器, 该传感器最大量程为 ± 10 g, 使用软件控制能够实现 ± 2.5 g/ ± 3.3 g/ ± 6.7 g/ ± 10 g量程, 满足不同量程和精度的需求。其工作电压2.2~3.6 V, 工作环境温度-40~+105 $^{\circ}$ C, 外形尺寸仅为6 mm \times 6 mm \times 1.45 mm。

大容量Flash存储器选用三星公司生产的NAND非易失性Flash芯片K9WAG08U1A作为本地数据存储器, 其具有在突然断电时确保数据不丢失的能力, 容量大小为2 GB, 工作电压2.7~3.6 V, 读写操作耗电15 mA, 待机耗电20 μ A。

USB接口芯片选用Philips公司生产的PDIUSB12芯片, 它符合USB1.1版规范, 具备双电源操作功能, 电压范围3.0~5.5V, 使用环境温度-40~+85 $^{\circ}$ C。

电池选用1节良能LR226770型军品级锂离子充电电池作为监测系统的电源, 该电池电压3.7 V, 容量8 Ah, 外形尺寸22.5 mm \times 67 mm \times 70 mm。

2.3 硬件连接电路

根据监测系统总体方案和功能需求, 设计了系统硬件连接电路, 这里仅给出MSP430F149单片机与温湿度传感器和加速度传感器的连接方式。温湿度传感器SHT75与单片机的连接方式如图2, 其中SHT75的SCLK和DATA引脚分别与单片机的P3.3和P3.2引脚连接, SCLK引脚用于程序的时序控制, DATA引脚则是用于与单片机的串行数据通信。

三轴加速度传感器MMA7261QT的g-S1和g-S2作为加速度量程的选择通道, Xout、Yout和Zout分别为三个轴向加速度的输出引脚, 这些引脚与单片机的连接方式见图3。根据硬件连接电路, 设计制作了监测系统PCB板, 其尺寸为90mm \times 90mm。PCB板上保留JTAG调试接口, 用于程序的写入。

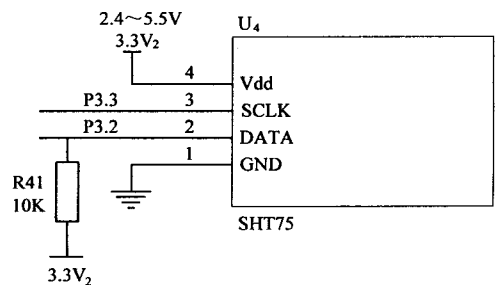


图2 SHT75与MSP430F149连接电路图

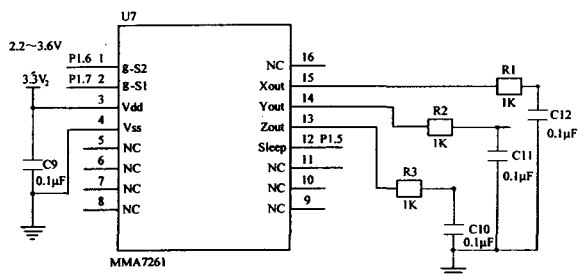


图 3 MMA7261QT 与 MSP430F149 连接电路图

3 系统软件设计

系统上电后，各模块完成初始化。由于贮运发射箱内的温度和湿度变化相对不是很快，利用温湿度传感器对温度和湿度每分钟进行一次采样，其余时间处于休眠状态。三轴加速度传感器则以不低于 15Hz 的频率进行三个方向的加速度测量，所测数据暂存于单片机自身内存中，等到数据存储到一定数量时由单片机批量写入三星 Flash 存储器中。同时，单片机侦测有无来自 USB 接口芯片的中断信号，当有中断信号时，系统中断各项参数的测量，并将三星 Flash 存储器中存储的数据通过 USB 接口发送至上位机。

监测系统软件利用 IAR Embedded Workbench 软件进行开发，它同时支持汇编语言和 C 语言。本系统采用 C 语言开发，利用 JTAG 接口和 LSD-FET430UIF 仿真器对监测系统进行程序调试和代码下载。为了节省内存空间，便于编写、阅读和修改程序，测控程序采用模块化设计，其主要流程如图 4 所示。

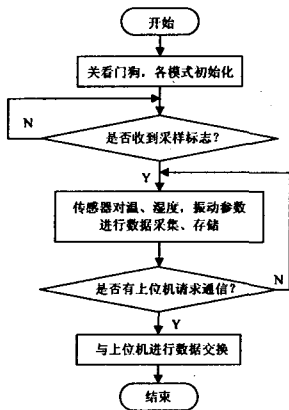


图 4 监测系统软件主流程图

4 实测数据分析

基于上述硬件和软件设计，制作了监测系统样机并进行了温度、相对湿度和振动测试。温度和相

对湿度测试环境选取在受温度影响较大的简易密闭箱内，采样频率为每分钟一次，图 5 给出了 24 h（9:30am 至次日 9:30am）箱内温度和相对湿度变化曲线。从该图可以看出，在密闭的环境下，空气中的水分是一定的，随着空气温度的升高后，其含水汽能力也会随之升高，因此空气中的相对湿度就会降低，相反则会相应地升高。

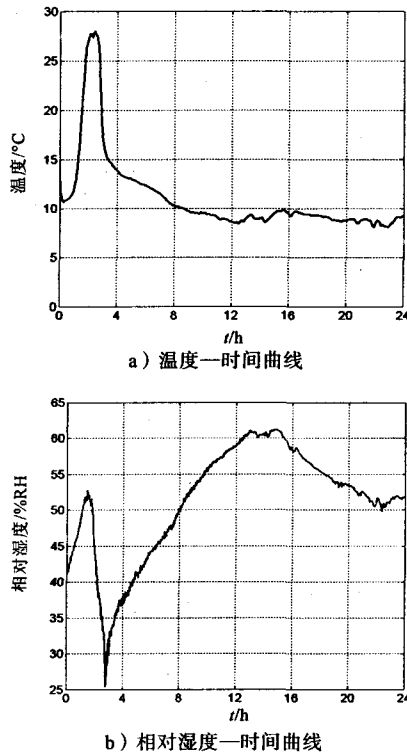
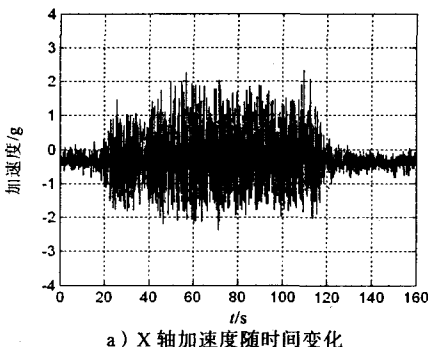


图 5 24 h 内温度和相对湿度变化曲线

振动测试选在比大型舰船振动更为苛刻的小型快艇上进行，X、Y、Z 三个方向的加速度采样频率设定 25 Hz，快艇从低速到高速再到低速阶段的 160 s 内三个方向及合成加速度变化情况见图 6。从该图可以看出，X、Y、Z 三个方向的加速度数值均未超过 ±5 g，且合成加速度的最大值在也只在 3.7 g 左右，因此推测实际舰载贮运发射箱内的加速度值也不会超过这个数值。



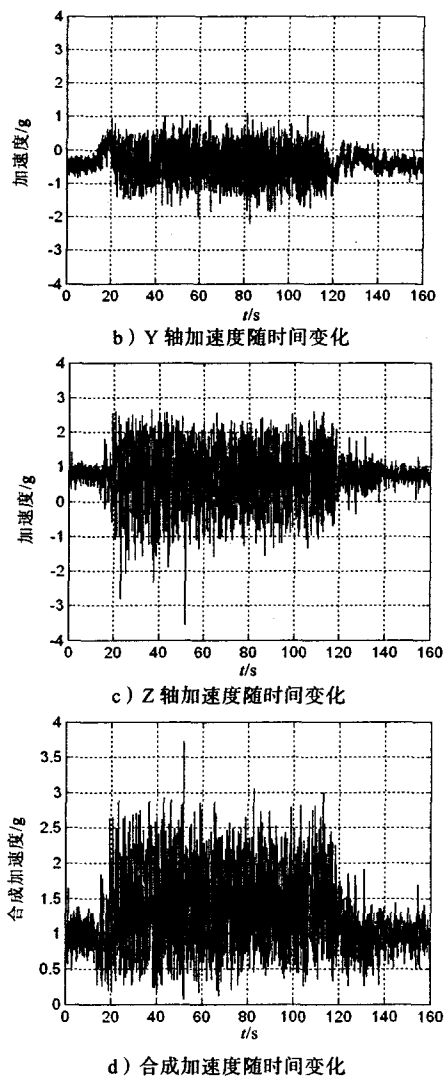


图6 160 s内各方向及合成加速度随时间变化图

5 结论

通过试验测试,可得到结论:密闭箱体,温度升高,相对湿度降低,反之则会升高;实际舰载反舰导弹贮运发射箱各个方向的加速度数值均不会超过 ± 5 g;本文设计的监测系统可用于舰载导弹固体助推器的使用环境监测。

参考文献:

- [1] 马丽娥. 舰船武器装备环境适应性研究与分析[J]. 船舶科学技术, 2006,28(2):42-43.
- [2] 吴红光, 董洪远, 齐强, 等. 舰载武器装备海洋环境适应性研究[J]. 海军航空工程学院学报, 2007,22(1):161-165.
- [3] RUDEMAN G A. Health management issues and strategy for air force missiles[R]. ADA446283, 2005.
- [4] SMITH P J. Health monitoring of munitions[R]. ADA425186, 2004.
- [5] STEVE M, et al., Remote readiness asset prognostics/diagnostics system[R]. ADA394526, 2001.
- [6] MILLER T, et al, Modeling and simulation of a health monitoring system in an analog motor[G]. ADA414570, 2003.
- [7] 石志儒. 导弹运输与发射装置的动力学环境模拟试验技术[J]. 航天地面设备, 2000,2(2):50-51.
- [8] 谢兴红, 林凡强, 吴雄英. MSP430单片机基础与实践[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.

Design of Environment Monitoring System for Solid Booster Based on MSP430

ZHAN Liang^{1a}, LV Hong^{1b}, LI Rui-liang²

(1. Naval Aeronautical and Astronautical University

a. Graduate Students' Brigade; b. Department of Basic Experiment, Yantai Shandong 264001, China;

2. The 92840th Unit of PLA, Qingdao Shandong 266405, China)

Abstract: The requirements of environment monitoring system for solid booster of shipboard missile were analyzed, and the frame of environment monitoring system based on MSP430F149 was given. The hardware had been chosen, some circuits and software design were also given. The prototype of environment monitoring system had been tested, and the test results showed that the system could be used for environment monitoring.

Key words: solid booster; MSP430F149; environment monitoring system