

子母弹抛撒过程中的存储遥测技术*

原晓洁, 范锦彪

(中北大学电子测试技术国家重点实验室, 太原 030051)

摘 要: 针对子母弹抛撒子弹环境的特殊性, 设计了一种存储遥测系统, 用于完成子母弹子弹抛撒实验参数的实时采集与无线传输。避免了繁重的装置装卸和数据读取工作, 并提高了实验时的安全系数。文中给出了系统的总体设计方案, 阐述了系统各组成部分的工作原理, 实现了多量程测试、多存储模式, 并进行了相应的实弹测试试验。经实验表明, 该系统在抛撒实验时很好的完成了数据存储和无线传输的功能, 误码率很低, 完全符合实验标准。

关键词: 存储遥测; 子母弹抛撒; 无线传输; 误码率

中图分类号: TN98 **文献标志码:** A

Telemetry Technology for Cluster Munitions Dispersion

YUAN Xiaojie, FAN Jinbiao

(National Key Laboratory for Electronic Measurement Technology, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: Aiming at the special environment for cluster munitions dispersion, a storage telemetry system for transmitting and collecting parameters in dispersion was designed. To avoid the heavy work of device handling and data acquisition and increase the safety factor of the experiment, the overall design of the system was given, the structure and the theory of the system were discussed, the multi-scale testing and multi-store model were realized. The experimental results show that the system is good at data storage and wireless transmission with low error rate, meeting the test standards.

Keywords: storage telemetry; cluster munitions dispersion; wireless transmission; error rate

0 引言

子母子弹的抛撒通常是通过炸药或气囊来实现的, 在做爆炸抛撒子弹实验时, 要记录子弹的各种数据, 实验数据需要传回计算机进行分析。由于实验的特殊性和危险性, 数据的回传通常采用无线实时传输或者先存储然后回读。这两种情况会出现数据传输不完整和实验效率不高的问题。针对以往做法的不足, 设计了存储遥测系统, 该系统采用的方法是在爆炸瞬间先把数据存储起来, 避开影响无线电波的一瞬间, 子弹在空中飞行过程中无线传回数据。使用该系统既完整的记录并回传数据, 又安全可靠, 实验装置的使用重复率比较高, 一次安装可多次实验。

1 系统的整体设计

存储遥测系统由存储模块和无线模块组成。

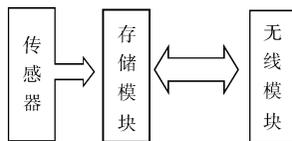


图 1 系统总体框图

具体工作原理是存储模块采集并保存传感器采集到

的数据, 无线模块在数据保存完毕后从存储模块中读取数据, 并发射出去。系统总体框图如图 1 所示。

1.1 存储模块的设计和实现

存储模块由调理电路、放大电路、A/D 转换器、存储器和控制器组成。存储模块采集传感器输出的信号并经过调理、放大和 A/D 转换后存入存储器。存储模块的原理框图如图 2 所示。

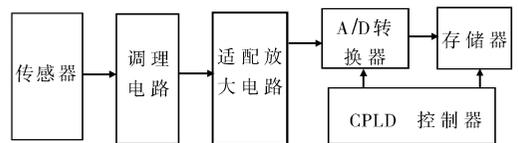


图 2 存储模块的框图

系统中 A/D 转换器采用的是 12bit 高速低功耗的 AD7492, 由于 AD7492 的模拟输入范围是 0~2.5 V。为了使 A/D 转换器能完整的转换传感器输出的正负信号, 需要对传感器的输出信号进行调理和放大。调理电路是将传感器输出的模拟信号转换为模拟电压信号, 并加入基线电压。如图 3 所示的电荷放大器。

* 收稿日期: 2010-05-05

作者简介: 原晓洁(1986-), 男, 山西河津人, 硕士研究生, 研究方向: 通信与信息系统。

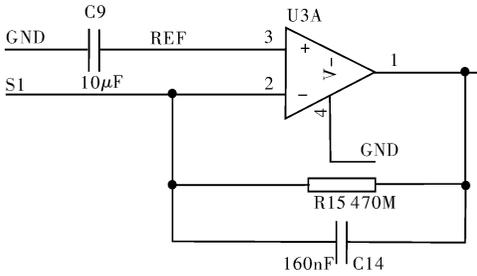


图 3 电荷放大器

图中 S1 为电荷信号输入端, REF 为基线电压, 电荷放大器输出电压由公式 $U = -\frac{Q}{C}$ 算得, Q 为 S1 端输入的电荷量, C 为反馈电容(图中 C14)。在确定所用的传感器后, 需要确定反馈电容的大小, 以确保在传感器满量程输出时, 电荷放大器的输出电压在 A/D 转换的模拟输入范围内。计算反馈电容的公式为: $C = -\frac{Q_1}{U_1}$, 其中 Q_1 为传感器输出的最大电荷量, U_1 由公式 $(U_1 + REF) \times 2 = 2.5V$ 算得。这样设计的电路仅仅只能使用一种固定量程的传感器, 而在实际试验时经常需要安装不同量程的传感器。要实现一个电路可以安装多种量程的传感器, 参阅以往的方法, 改变反馈电容来实现多量程, 在电路中并联多个反馈电容, 用模拟开关控制导通反馈电容, 由于模拟开关自身相当于一个电阻, 对反馈电容的影响很大, 常常导致数据不准确或在有效量程内出现曲线销顶的情况。在该系统中做了一个巧妙的设计避免了这种情况, 不改变反馈电容, 而在电荷放大器的输出端并联接入多个放大电路, 用模拟开关控制放大电路的导通和 REF 电压, 模拟开关导通几倍的放大电路, REF 电压缩小几倍, 传感器的量程就缩小几倍。实现了一个电路适用于多量程的传感器。经过实际电路验证, 这种方法有效可行。如图 4 所示为五倍放大电路。

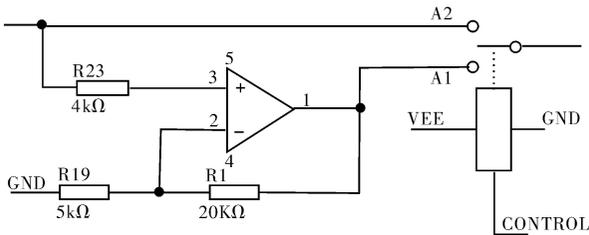


图 4 模拟开关控制导通五倍放大电路

调理后的模拟信号经过 A/D 转换后不断的写入存储器, CPLD 中设定触发值, 当信号大于阈值电压时, 电路触发, 利用负延时在存储器里存入触发前和触发后的数据, 同时发出一个标志信号 TC 并控制电路进入低功耗(数据保持)。在实际电路中选择的存储器容量通常偏大, 实验时有时采集到的有效数据比较少, 用大容量存储器不仅会造成一定程度的浪费而

且加长了数据的传输时间。在该系统中用 CPLD 程序改变存储器的存储地址, 实现了一片存储器可根据实际需要存储不同长度的数据, 使用起来更加方便灵活^[1]。

1.2 无线模块的设计和实现

无线模块由单片机、无线芯片和配置芯片组成。单片机是作为整个系统的中心控制芯片, 控制存储模块 START 开始工作, 配置存储模块的量程, 从存储器里读取数据, 并把数据发送给无线芯片, 采用的是 C8051F310 型单片机。无线芯片在接收到数据后, 先进行调制, 然后通过天线发射出去。无线芯片采用 Silicon Labs EZRadioPRO 系列 ISM 频段无线芯片 SI4432。单片机与射频芯片的连接框图如图 5 所示。

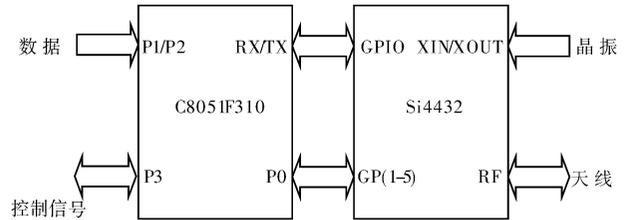


图 5 单片机与射频芯片连接框图

单片机的程序是在 Keil 软件环境下, 用 C 语言编写。单片机的程序首先要初始化, 紧接着配置存储模块的量程, 发送存储模块的 START 信号, 成功后开始等待 TC 信号, 当 TC 为真时, 发送 OE(存储器输出数据的使能时钟), 从存储器中读取数据, 并发送数据到无线芯片^[2]。单片机的程序流程图如图 6 所示。

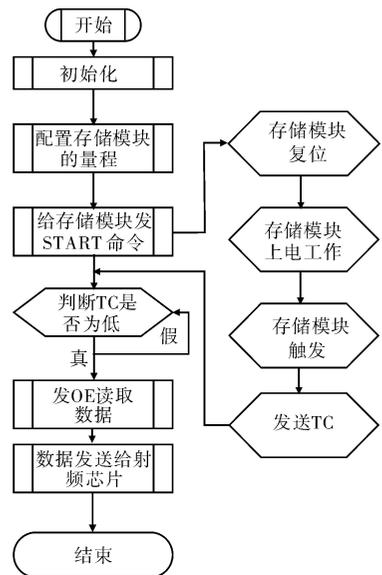


图 6 单片机程序流程图

单片机的 P1 口和 P2 口跟存储器的数据位相连, 存储器在不存入或输出数据时, 所有的数据 I/O 口为高阻态, 在单片机的程序里, 设置 P1 口和 P2 口为数字 I/O 模式(高阻态), 避免对存储器 I/O 口的影响,

当单片机收到存储模块发送的 TC 后,再设置 P1 口和 P2 口为模拟输入模式,等待数据的进入^[3-4]。

无线芯片把接收到数据经过 FSK 方式调制后,通过天线发射出去,无线芯片 SI4432 可以同时监听多个频段,同时回传多组数据^[5-6]。在本系统还有一难点就是天线的选择,由于是做爆炸抛撒实验,子弹在抛撒后会硬着陆,普通天线在爆炸和着陆这两个时刻极容易损坏,影响数据的传输。所以设计了在子弹表面覆铜做天线,有效的降低了天线的损坏,保证了数据的可靠传输。

2 实验结果

为了验证系统的可靠性,进行了相应的爆炸抛撒实验,实验时只采集了抛撒过程中子弹受到的加速度信号。实验装置如图 7 所示。

图中可看到炸药引爆点、天线安装点,系统电路安装在试验弹内部,加速度传感器固定在试验弹内表面的孔中。真实实验时只一个试验弹上安装了两套电路,两幅天线,4 个传感器。同时采集弹两头正反两面受到的 4 种加速度信号,图 8、图 9 只显示了一头的正反方向的两组信号,另一方面采用高精度相机拍摄抛撒的整个过程,采用的照相机最快一秒可拍五万张照片,精度非常高。实验后,系统传回的数据如图 8、图 9 所示。



图 7 实验装置图

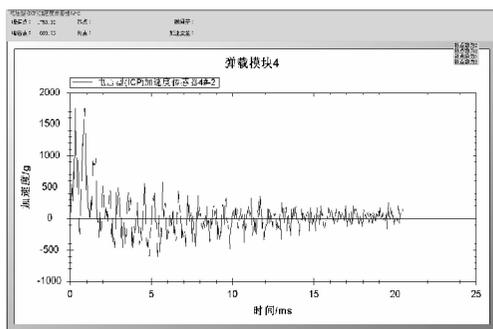


图 8 正面传感器采集的数据

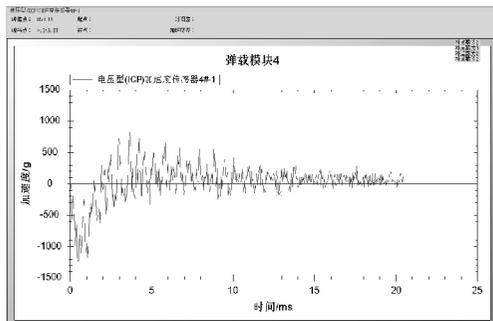


图 9 反面传感器采集的数据

通过多次实验表明,数据都能完好的传回计算机,上图中为一次丢点实验数据,图中数据共 1024 个点,其中有两个丢点,丢点处按前一个点的数据进行了补点,总体数据良好。从图中数据可见在爆炸瞬间有很高的波峰,冲击波在试验弹内部不停地回荡,所以会看到来回波动的曲线,曲线迅速衰减,15ms 后几乎为零。从图中曲线可分析得出爆炸产生的冲击波对子弹的作用时间非常短暂,且峰值很大。通过简单的数据处理,可以得出子弹抛撒时的速度 A 。高精度照相机拍出的照片经过简单的计算和处理,也可以得出子弹抛撒过程的速度 B 。以照相机算出的速度为标准,系统的相对误差为: $\frac{A-B}{B} \times 100\% = 0.1\%$,由此可得出系统的误差非常小,测出的数据真实可信。

3 结论

文中介绍了一种爆炸环境下的存储遥测系统。该系统可用于爆炸等危险环境下的试验,经实验证明,该系统出色的完成了存储遥测的任务,试验弹在高速抛撒过程中,能有效的采集到数据,并传回计算机,数据完整度达到 99.8% 以上,误码率极小且精度很高。使用该系统极大的降低了爆炸环境下实验的危险系数。由于时间和水平的限制,本系统还有许多需要改进的地方。

参考文献:

- [1] 陈曠. CPLD/FPGA 与 ASIC 设计实践教程[M]. 2 版. 北京:科学出版社,2010.
- [2] 郭天祥. 新概念 51 单片机 C 语言教程[M]. 北京:电子工业出版社,2009.
- [3] 黄智伟. 无线发射与接收电路设计[M]. 2 版. 北京:北京航空航天大学出版社,2007.
- [4] 李文仲,段朝玉. C8051F 系列单片机与短距离无线数据通信[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2007.
- [5] 尚晓峰,徐鹏飞. 基于射频的无线通信技术研究[J]. 现代电子技术,2010(19): 11-15.
- [6] Si4430/31/32 ISM Transceiver DATA SHEET[Z].