

基于 C8051F380 的弹丸表面压力数据采集系统

宁润果, 吴国东, 王志军, 刘 凯

(中北大学 机电工程学院, 太原 030051)

摘要:介绍了一种由传感器、信号调理电路、数据采集、存储器及通讯接口等部分组成的微型气压数据采集系统,它能够在不破坏弹体的情况下进行弹丸表面压力的采集,具有体积小、安装方便、能放置到被测体内等特点;以单兵火箭弹为例并进行相关试验;实验结果表明:该系统能够准确有效地进行火箭弹弹体表面压力信号的采集,并且采集数据与理论数据比较吻合。

关键词:火箭弹;数据采集;压力传感器;C8051F380

本文引用格式:宁润果,吴国东,王志军,等.基于 C8051F380 的弹丸表面压力数据采集系统[J].兵器装备工程学报,2016(1):113-116.

Citation format:NING Run-guo, WU Guo-dong, WANG Zhi-jun, et al. Design of Projectile Surface Pressure Data Acquisition System Based on C8051F380[J]. Journal of Ordnance Equipment Engineering, 2016(1):113-116.

中图分类号:TP274

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2016)01-0113-04

Design of Projectile Surface Pressure Data Acquisition System Based on C8051F380

NING Run-guo, WU Guo-dong, WANG Zhi-jun, LIU Kai

(College of Mechatronics Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: This paper introduced a kind of the micro air pressure data acquisition system that include sensors, signal conditioning circuit, data acquisition, storage, communication interface and other components. It can collect the projectile pressure on the surface without breaking the projectile. The system has some characteristics, such as small volume, convenient installation, that can be put into the tested body and so on. Taking the individual rocket as an example and some relevant tests were carried out. The result shows that the system can accurately and effectively acquire the rocket projectile surface pressure data when it flying and the acquisition of data is in accordance with the theory data in comparison.

Key words: rocket projectile; DAQ; pressure sensor; C8051F380

由于不同型号的弹丸能够满足各种不同复杂环境的作战需求,弹丸在大气中飞行时,其射程、飞行稳定性等参数直接受其空气动力大小的影响,而弹丸的外形结构、飞行姿势以及大气环境条件直接决定其所受空气动力的大小。近几年,国内外对弹丸的侵彻、毁伤等相关研究很多,而专门针对弹丸空气动力学相关的研究却不太多,因此对弹丸飞行时作用在其上的空气动力大小进行测试显得十分必要。

研究弹丸空气动力学的方法主要有理论计算法、数值模拟法、风洞试验法、飞行试验法。目前,通常采用的研究方法有数值模拟法与风洞试验法^[1-2]。采用数值模拟法可以获得理论的气动力参数,采用各种类型各种尺寸的风洞试验可以获得弹丸在实验条件下弹丸的空气动力数据,这些理论数据与实验数据在弹丸总体结构设计时可以作为重要依据。弹丸表面的气压测量是空气动力学实验中一项基本测量,目

收稿日期:2015-06-27;修回日期:2015-07-30

基金项目:国家自然科学基金资助项目(11402027);中北大学第十届研究生科技基金项目(20131020)

作者简介:宁润果(1989—),女,硕士,主要从事火炮、自动武器与弹药工程技术研究。

前所用测压装置主要是压力探头,该压力探头在测定物体表面某一点的压力时,需要在该点处开一个小孔,破坏了物体的结构^[9]。因此,文中针对此问题设计了一套以片状微型压力传感器为感压部分的瞬态压力测试系统。该压力传感器具有结构简单、安装方便、微型化、灵敏度高等特点。由于该传感器厚度小,将该传感器安装在弹丸表面,对弹丸表面气流流场影响小。因此,可以比较准确的测量弹丸表面的气压大小。

本文介绍了一种以 C8051F380 单片机为主控制器的气压数据采集与存储系统。该系统具有结构简单、抗过载能力高等特点,可以直接安装在弹丸上进行数据采集并存储。

1 总体方案设计

在气压数据的采集过程中,由于测试系统要与弹丸一起运动,所以要求测试系统具有体积小、功耗低、抗过载、灵敏度高特点。系统采用 C8051F380 作为主控制器,设计相应的电路模块,逻辑相对简单,减少电路体积。

系统主要由压力传感器、信号调理电路、C8051F380 主控制器、数据存储模块、电源模块、按键、以及 LCD 液晶显示电路等组成。系统结构组成如图 1 所示。

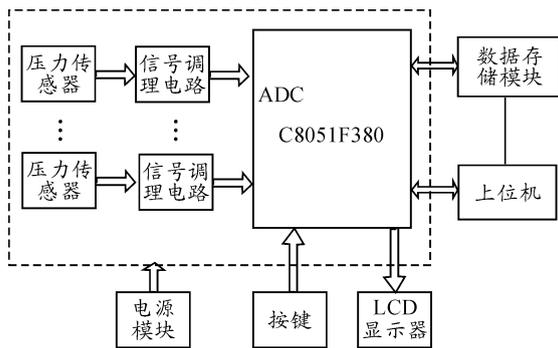


图 1 系统结构框图

传感器信号经过放大、滤波、AD 转换后,主控制器控制采集数据,采集数据通过 SPI 总线接口写入到存储芯片,并且采集数据可以通过 LCD 显示出来,通过 RS232 接口可以将存储芯片上的数据直接拷贝到上位机上进行后续处理。

2 硬件设计

2.1 传感器的选择

系统采用的是 Endevco 公司 8515C-50 压力传感器,该压力传感器内部为全桥结构,具有高的灵敏度和宽的频率响应,传感器中包含了所有的温度补偿电路和零位平衡电路。该传感器的直径只有 6.3 mm,厚度只有 0.76 mm,对流场的影响小。该传感器安装方便,可以使用 RTV 硅胶或胶带粘在被测物体的表面。因此满足该系统的测试要求。在供电电压为 10 V 时,满量程输出电压为 200 mV,为了使其灵敏度不变,供电电压必须为精密电源提供,供电电压通常为

10 V,该传感器如图 2 所示^[4]。

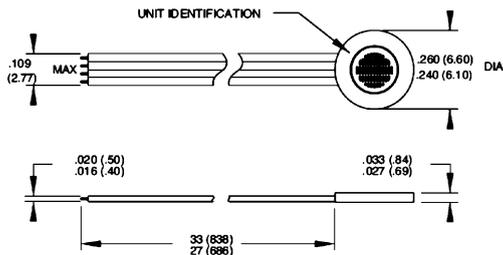


图 2 Endevco 8515C-50 压力传感器

2.2 信号调理电路

该压力传感器输出的模拟电压信号为 mv 级,AD 转换器可以进行转换的电压输入范围为 0 ~ 2 V,因此,该压力传感器输出的模拟电压信号需要经过相应放大后才能够被采集。经计算可知,需放大倍数大约为 25 ~ 30 倍,调理电路如图 3 所示。压力传感器输出的模拟电压信号 BG1 经过 AD623 集成单电源仪表放大器进行差分放大^[11]。在单电源 (+3 ~ +12 V) 下,该放大器能够提供满电源幅度的输出,它允许使用单个增益设置电阻进行增益编程,在图 3 中通过改变可调电阻器 VR₇ 的阻值,可以改变该仪表放大器的放大倍数,使传感器输出的模拟电压信号放大到一个合适的倍数。放大后的信号通过电容 C₂₃ 与电阻 R₁₆ 组成的 RC 低通滤波器进行滤波,该系统的采样频率为 50 ~ 100 kHz。

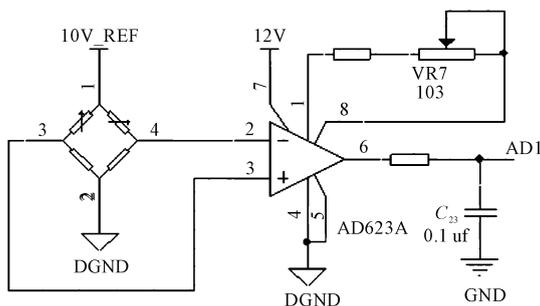


图 3 信号调理电路

2.3 AD 转换模块

系统采用 C8051F380 单片机为主控制芯片,C8051F380 单片机是采用美国 Silabs 公司的 CIP-51 为内核而制作的一款高速单片机,其内部具有 10 位 AD 转换器和 USB 控制器/收发器。AD 转换器的转换速率可达 200 ksp,INL 为 ± 1 LSB,基准电压 VREF 可以选择外部 VREF 或内部 VREF,单片机的 20 个 I/O 引脚可以作为 ADC 的输入^[5]。为了使整个数据采集系统的结构简单,系统稳定,因此可以选择该主控制器 C8051F380 内部的 AD 转换器进行模数转换。在图 3 中,通过信号调理电路调理后的模拟电压信号 AD1 传输到 C8051F380 单片机,利用 C8051F380 单片机内部的 AD 转换器对从信号调理电路传输过来的模拟电压信号 AD1 进行 AD 转换。本系统是具有 4 个通道的表压测试系统,因此输入模拟信号具有 4 路,分别是 AD1、AD2、AD3、AD4。信号调

理电路输出的 4 路模拟电压信号经过模拟多路选择器 (AMUX) 选择 AD 转换器的正输入与负输入并进行 AD 转换,通过 C 语言的逻辑控制,将转换后的数据输出。如图 4 所示是 C8051F380 单片机与信号调理电路调理后的模拟电压信号的接口电路。

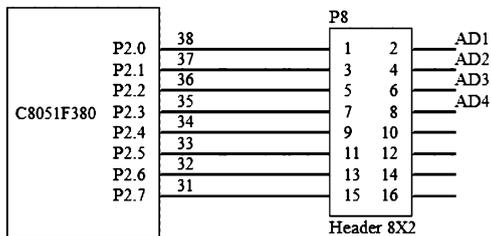


图 4 信号输入电路

2.4 数据采集电路

由于 C8051F380 单片机内部具有 64K 的闪存,不能够满足系统的存储要求,因此需要外扩数据存储器空间。由 10 位 ADC 可知,存储一个采样值需要占用两个字节的空,本系统采样频率为 50 ~ 100 kHz,采样时间为 10 ~ 20 s,通过计算可得出外扩 1 MB 的容量即可满足该测试系统的要求。系统选用具有 50 MHz SPI 总线接口的串行闪存 M25P128 作为外扩存储器。M25P128 是具有 128 Mbit,低电压,满足设计要求,可以通过 SPI 串行外设接口将 AD 转换后的数据从主控制器传输到该闪存上^[6],如图 5 所示。

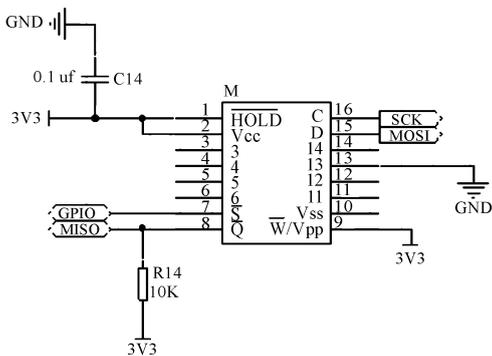


图 5 M25P128 引脚及外接电路

本系统中,上位机的串行外设接口为 RS232 串口,RS232 接口的电平为 RS232 电平,C8051F380 单片机所使用的电平为 TTL 电平。为了使上位机与单片机 C8051F380 通过串口能够实现通信功能,必须将两者之间的电平进行换。MAX3232 在 3.0 ~ 5.5 V 电源供电时,利用双电荷泵即可实现 RS232 电平与 TTL 电平之间的转换,转换后可以将 AD 转换后的数据利用 RS232 串口传输到上位机上并进行后续处理^[7]。

C8051F380 单片机集成了一个完整的全速/低速 USB 功能控制器,USB 功能控制器和收发器符合通用串口总线规范 2.0 版,其具有全速 (12 Mbps) 和低速 (1.5 Mbps) USB 通信功能,并且该 USB 具有集成收发器的功能,使用时无需外接

电阻器件。具有结构简单,传输速率高等特点。该系统中,在单片机的控制下,同样可以将 AD 转换后的数据通过单片机的 USB 控制器传到上位机上并进行后续处理。

本系统利用以上两种方式都可以将采集到的数据传输到上位机上并在上位机上进行后续处理,保证了整个系统数据传输的可靠性。

2.5 电源电路

在该系统中,有 3 种供电方式:5 V EXT、5 V JATG、5 V USB 供电。通过三端线性稳压电路 ASM1117 - 3.3 获得 3.3 V 电压,供电给单片机、存书芯片等大部分器件使用。本系统中,由于 AD623 放大器需要 12 V 供电,8515C - 50 传感器需要 10 V 供电。在该系统中,5 V 电压通过 12 V 或可调升压型 DC-DC 控制器 MAX1771 芯片升压获得 12 V 电压,或者直接由外部 12 V 电源给整个供电^[8]。升压芯片 MAX1771 具有高效率、低功耗等优点。该 12 V 电压一方面给 AD623 仪表放大器供电,另一方面再由 AD584 精密基准电压源获得 10 V 基准电压和 2.5 V 基准电压。AD623 提供引脚可编程的四种常用电压,分别为 10 V、7.5 V、5.0 V、2.5 V。该 10 V 精密基准电压给压力传感器供电,2.5 V 精密基准电压可以作为单片机 C8051F380 内部 AD 转换器的基准电压。

2.6 LCD 液晶显示器接口电路

本系统选用 LCD12864 液晶显示模块作为系统数据显示器件。12864 液晶显示器具有 4 位/8 位并行、2 线/3 线串行多种接口方式;内置 8 192 个汉字字库和 128 个点阵字符,既可以显示汉字,也可以将图形显示出来;显示内置 DC-DC 转换电路,无需片选信号,低电压、低功耗、高频率。该液晶显示器与同类型的点阵显示器相比,其外围电路及显示程序都比较简单,且价格也相对便宜^[10]。LCD12864 液晶显示器与主控制器 C8051F380 的接口电路如图 6 所示。

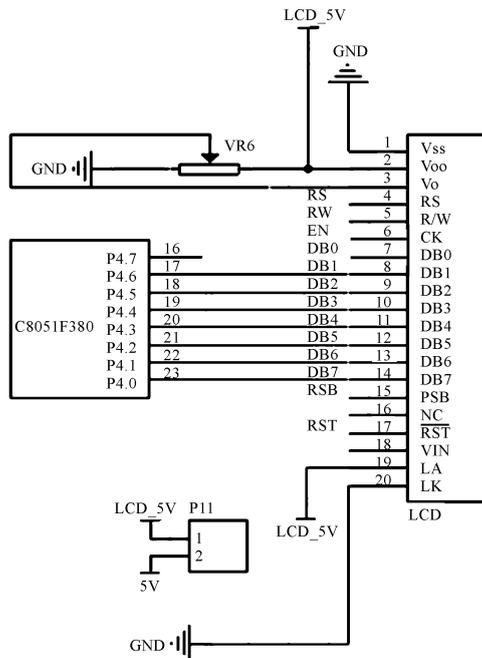


图 6 LCD12864 与 C8051F380 接口电路

3 软件设计原理

以 C 语言设计主控制器 C8051F380 的控制逻辑, 逻辑流程图如图 7 所示。为了使整个系统结构简单, 稳定性强, 系统只设计了一个按键, 当控制逻辑程序下载到主控器上后, 通过这个按键可以控制整个系统的运行。整个系统的逻辑可以分为两大部分, 第一部分为数据传输模式, 第二部分为预采集模式。

系统上电后, 第一次判断按键是否按下, 假如按键按下, 系统进入数据传输模式, 当单片机接收到上位机指令后, 单片机将执行写存储器等指令; 假如按键没有按下, 系统进入预采集模式, 接着第二次判断按键是否按下, 假如按键按下, 则系统进行数据采集, 数据采集完成, 将按键抬起, 采集结束。

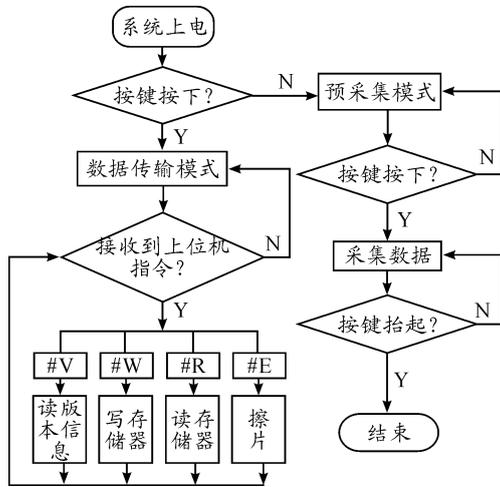


图 7 弹丸表面气压数据采集系统软件流程

4 实验结果与分析

为了验证系统能否准确、高效的实现预期目标, 将该数据采集系统安装在单兵火箭弹上进行相关的数值模拟试验, 以验证该采集系统的可靠性与仿真数据的准确性。分别在该单兵火箭弹的头部、肩部、弹身、尾翼安装了该压力传感器, 在不同的来流攻角和飞行速度下, 通过多次试验, 将采集到的数据与数值仿真的数据相比较, 两者采集到的气压数据

基本相近, 较满足实际要求。

5 结论

本文所设计的弹体表面压力测试系统电路, 实现了弹丸表面气压数据的实时采集。该系统具有电路尺寸小, 抗过载能力强, 结构简单, 系统稳定等优点, 经过试验验证, 该设计能够比较准确的测量弹丸表面气压的大小, 满足系统的应用要求。设计的该数据采集系统通用性较强, 针对飞机飞行时的表面气压、高速列车行驶时表面的气压等类似情况, 可通过改变系统相应的逻辑参数来满足系统数据采集的要求。

参考文献:

- [1] 张连煜, 甘小红, 谭宗攀, 王更. 单兵火箭弹空气动力特性的数值分析与试验研究[J]. 弹箭与制导学报, 2012, 32(4): 168-169.
- [2] 赵洪章, 岳春国, 李进贤. 基于 Fluent 的导弹启动特性计算[J]. 弹箭与制导学报, 2007, 27(2): 15-18.
- [3] 常霞, 马建伟. 基于 STM32 的列车空气动力学数据采集系统[J]. 仪表技术与传感器, 2011(4): 45-47.
- [4] 潘琢金, 施国君. C8051Fxxx 高速 SOC 单片机原理与应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002, 22-35.
- [5] 阎航. Flash 存储卡文件系统的研究:[D]. 北京: 北京交通大学, 2007, 27(2): 15-18.
- [6] 张鹏, 任勇峰, 李辉景. 基于 FPGA 的多路 ICP 数据采集装置的设计[J]. 计算机测试与控制, 2013, 21(8): 301-302.
- [7] 陈燕秀. 基于单片机的压力测量控制系统研发[J]. 微计算机信息, 2008, 24(3/2): 102-103.
- [8] 沈仲书. 弹丸空气动力学[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005: 197-199.
- [9] 王征宇, 章少云. 基于数字测试系统的 LCD 控制驱动电路测试方法[J]. 电子与封装, 2013, 13(2): 11-13.
- [10] 张徽, 高国旺, 李汉兴, 等. 新型压电式传感器前置放大电路的设计[J]. 电子测试, 2010, 6(6): 11-12.

(责任编辑 杨继森)