

基于三维加速度计数字铅球的设计与实现

孙旺强¹ 宋光明^{1,2} 邱联奎^{1,2} 沈春山¹ 唐毅^{1,2} 葛运建¹

¹(中国科学院合肥智能机械研究所,合肥 230031)

²(中国科学技术大学自动化系,合肥 230017)

E-mail:sunwq@eyou.com

摘要 研制了一种能实时测量铅球飞行加速度的装置,探讨了数字铅球本体与数据采集系统的设计。利用链表结构和USB海量传输事务,实现了对铅球加速度信号的采集、存储和传输。

关键词 数字铅球 USB 链表结构 海量传输

文章编号 1002-8331-(2005)04-0102-03 文献标识码 A 中图分类号 TP311.5

Design and Implementation of Digital-shot Based on Three-axis Accelerometer

Sun Wangqiang¹ Song Guangming^{1,2} Qiu Liankui^{1,2} Shen Chunshan¹ Tang Yi^{1,2} Ge Yunjian¹

¹(Institute of Intelligent Machines, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031)

²(Department of Automation, USTC, Hefei 230017)

Abstract: This paper develops a kind of shot which is able to measure the acceleration of shot in real time. Also it researches the design of digital-shot and data acquisition system. Using the list structure and bulk transaction of USB, the sensor succeeds to gather the acceleration signal, saves the data to flash and transmits to PC.

Keywords: digital shot, USB, list structure, bulk transaction

随着传感器技术的日益发展,越来越多的传感器被应用于体育领域。例如, Masato Maeda 等设计出用来检测标枪投掷过程中的偏转和作用力的标枪^[1]; Yuji Ohgi 设计的用于测量游泳运动员手腕部分运动加速度的仪器^[2], 而国内在动力学数据采集相关技术方面显得落后。针对铅球运动, 中国科学院合肥智能机械研究所与河北师范大学体育学院联合率先推出基于三维力传感器的男子数字铅球, 解决了铅球投掷项目的动力学数据采集设备匮乏问题。但在实用化过程中发现基于三维力传感器的数字铅球存在一些问题, 铅球本体机械结构复杂、装配过程烦琐、测量精度不高, 为了解决这些问题, 笔者又联合研制了基于三维加速度计的女子数字铅球。该铅球采用模块化设计, 传感器与铅球本体分别设计加工, 方便了装配和维护, 采用了加速度传感器提高了测量精度, 为数字铅球的应用推广奠定了基础。

1 结构设计

数字铅球能实时获取铅球投掷过程中三个方向上的加速度信息, 其传感器核心部分是三组金属应变片, 它们按特定的方向粘贴在 E 形膜片表面上, 组成三组自动解耦的惠斯通全桥电路, 膜片下面悬挂质量块。当铅球具有加速度时, 质量块由于惯性作用引起膜片变形从而导致三个全桥电路输出电压的变化。电压变化量通过放大、模拟滤波以及 A/D 转换后送入单片机, 再经过单片机系统处理以一定的格式记录在 Flash 中, 最后通过 USB 接口将获得的三维加速度数据送入计算机。运用体育运动和生物力学方面的知识对这些数据进行力学分析,

找出运动员投掷铅球过程中技术动作的优点和不足。图 1 是传感器部分的效果图, 为了减小系统的阻尼, 首先将弹性膜片和质量块固定到一个空腔中, 然后在空腔中注入油, 增加系统的阻尼系数。经过密封后将传感器模块整体安装到铅球的下壳。图 2 是将传感器、下壳、电路部分装配效果图。

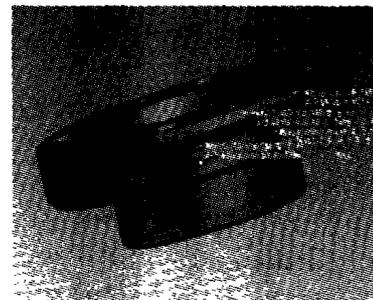


图 1 加速度传感器



图 2 装配图

该铅球和女子标准铅球相比具有相同的尺寸和重量,完全符合训练和比赛要求,可以保证运动员在接近真实环境下进行测量。

2 信号处理电路设计

数字铅球数据采集系统必须安装在铅球内部,受到女子铅球物理尺寸的严格限制,整个电路板直径须小于 75mm,而可用布线空间直径则小于 60mm;又因为不可能把数据实时送入计算机,所以系统必须自身具备大容量数据存储;整个系统采用电池供电,必须考虑能耗问题。基于以上原因笔者采用了 Cygnal 公司的 C8051F320 外加大容量 Flash 的设计方案,C8051F320 是一款集成 USB 控制器并兼容 51 指令系统的单片机,确保了整个设计紧凑可靠。采用 Flash 可以利用它掉电不丢失内容的特性,不使用时关闭电源,在一定程度上降低系统的能耗,延长了电池的使用寿命。硬件设计框图如图 3。

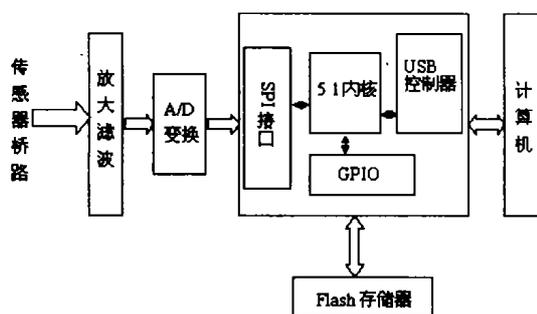


图 3 硬件结构

在铅球数据采集现场,E形膜片上惠斯通桥路输出经过放大滤波和模/数变换后通过 SPI 接口送入单片机,然后由单片机通过 GPIO 写入 Flash。需要分析数据时,则使用 USB 电缆直接将计算机和数字铅球上的 USB 接口相连,配以相应的驱动程序和应用程序,就可以转存到计算机上。

3 Firmware 设计

3.1 数据采集存储模块

采用 Flash 存储器虽然带来了硬件设计简单,降低能耗和使用方便等优点,但同时也造成了软件设计复杂化。Flash 采用分页存储,固件程序必须对页面进行管理;Flash 写入数据之前必须预先擦除,否则数据存储错误;Flash 读写速度远远慢于 SDRAM,为了协调 A/D 和 Flash 固件程序必须采用合适的数据结构。

这里采用改进的单链表结构,首先将数据缓存在 C8051F320 自带的 1KB SDRAM 中,然后把链表中 A/D 数据送入 Flash 缓冲区中,当 Flash 缓冲区装满时,再由单片机发送写存储区指令,将 Flash 缓冲区数据存储起来。链表结构定义如下:

```
typedef struct ListNode
{
    unsigned char AdcData[6];
    struct ListNode xdata* next;
} LISTNODE,*PLISTNODE;//链表节点元素
typedef struct ListHead
{
    unsigned int nodenum;//链表元素数量
```

```
struct ListNode xdata* end;//指向链表末尾元素
struct ListNode xdata* next;
} LISTHEAD,*PLISTHEAD;//链表头节点
整个链表处理只需要两个函数:
void AppendNode (LISTHEAD xdata* _PListHead,LISTNODE
xdata* _PListNode)//实现在链表末尾添加节点。
void DelNode (LISTHEAD xdata* _PListHead)//用于删除链表的
第一个 ListNode。
启动单片机后首先初始化链表
void ListInit()
{
    init_mempool(LISTINITADD,LISTENDADD);//创建缓冲池
    PListHead=(LISTHEAD xdata*)
    malloc(sizeof(LISTHEAD));//分配头节点内存
    PListHead->nodenum=0x00;//初始化头节点
    PListHead->end=NULL;
    PListHead->next=NULL;
}
```

定时器中断启动 AD 开始采集数据,采完一组后,利用 *AppendNode()* 函数将数据添加到链表,而主函数中则不断将链表数据写入 Flash,每写完一组则利用 *DelNode()* 函数删除该组数据。从图 4 看,该链表类似于一个长度可变的队列。实验结果表明改进链表结构有效解决了 A/D 与 Flash 的协调问题。

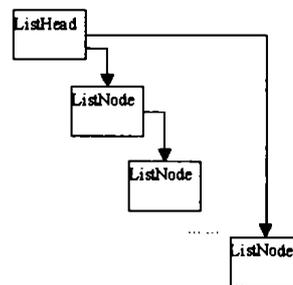


图 4 链表结构

3.2 USB 通讯模块

USB 协议是由康柏、惠普、英特尔和微软等七家公司于 1994 年联合制定的,2000 年又推出了 2.0 版。该协议标准可以把众多外围设备使用相同的接口接入 PC,为了适用于多种设备,USB 协议规定了三种传输速度,1.5M/s、12M/s 和 480M/s (2.0 版本)。支持即插即用和热插拔功能,使用方便灵活,USB 设备的连接电缆可以达到 5 米,通过 usb 集线器多层拓扑连接最多达到 127 个 usb 设备。

USB 协议定义了四种数据传输类型:控制传输(Control Transfers),同步传输(Isochronous Transfers),中断传输(Interrupt Transfers),海量传输(Bulk Transfers)。控制传输用来支持主机与设备之间关于设置、命令、状态信息的传送;同步传输保证通道上恒定数据传输速率,但是如果由于错误而造成传送失败,并不重新传送数据;中断传输支持数据量不大,服务有一定时限的数据通讯,海量传输支持不确定时间大数据量的通讯。对于数据采集系统一般使用海量传输。

限于篇幅该文不予以说明 USB 标准请求处理,下面主要说明一下海量传输输入过程处理。BulkIn 事务框图如图 5 所示。当主机准备好了接收海量传输数据的时候,它首先发出输入(IN)标记数据包,设备端口返回数据包,如果不能返回数据,则返回 NAK 或 STALL 握手作为应答。NAK 表示功能部件暂时

不能返回数据,而 STALL 表示端口永久地被停止,需要 USB 系统软件的干预。如果主机收到合法的数据包,则它用 ACK 握手来应答。如果收到数据时主机检测到错误,它不返回握手包给设备。实现海量输入事务流程图如图 6。

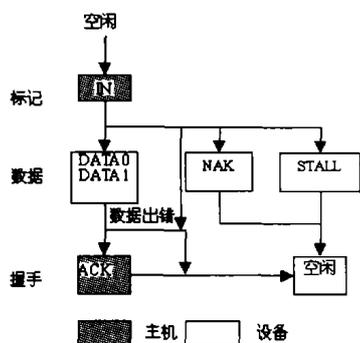


图 5 海量传输事务处理

设备接受到主机发出 IN 数据包后,首先打开所请求的端点,然后读该端点的状态,如果端点没有被挂起,则开始处理 STALL。如果 USB 先入先出队列空闲,则写入 DATA0/DATA1。如果超时或端点被停止,硬件自动发出 NAK 或 STALL 数据包。

4 结论

该文研制了一种实时测量铅球加速度的数字铅球,该铅球的尺寸和重量完全符合训练要求。论述了铅球的结构、测量原理和数据采集系统软硬件设计,并利用链表结构和 USB 海量传输事务解决了 A/D 同 Flash 协调以及数据传输问题。实现了对铅球加速度信号的采集、存储和传输。

(收稿日期:2004 年 8 月)

(上接 59 页)

用耳机进行实验。对于每个语音都有下列步骤:纯净语音和带噪语音均被重复播放两次;每个测试信号都被重复两次,且以随机顺序播放三次。

测试的结果表明:利用该文方法增强的语音在初始信噪比为-3dB 以上时,没有残留音乐噪声。在信噪比更低的情况下,残留噪声对语音的干扰比频谱减法要小得多。

5 结论

单通道谱减系统在减少背景噪声上很有效,然而它带来了可感知的令人烦躁的残留噪声。该文提出了基于人耳听觉掩蔽效应的语音增强方法,通过与其他方法比较,该文提出的方法具有很好的听觉效果,特别是对于信噪比较低的情况去噪增强效果更为明显。主观听觉测试也说明该方法残留噪声对语音的干扰比频谱减法要小得多。(收稿日期:2004 年 8 月)

参考文献

- 1.S F Boll.Suppression of acoustic noise in speech using spectral subtraction[J].IEEE Trans Acoust,Speech Signal Processing,1979-04; ASSP-27:113-120
- 2.J S Lim,A V Oppenheim.Enhancement and bandwidth compression of noisy speech[C].In:Proc of the IEEE,1979;67(12):1586-1604

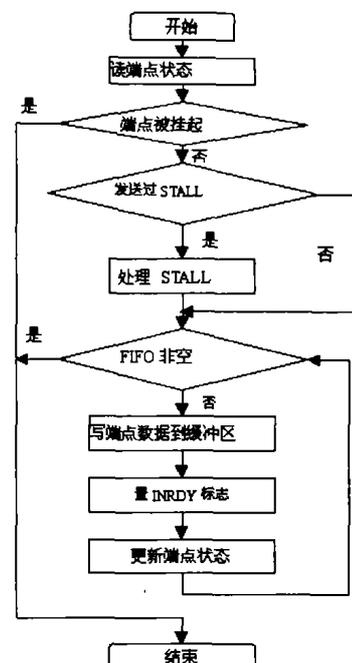


图 6 海量输入事务流程图

参考文献

- 1.Masato Maeda,Eiji Shamoto,Toshimichi Moriwaki et al.Measurement of Applied Force and Deflection in the Javelin Throw[J].Journal of Applied Biomechanics,1999;15(4):429-442
- 2.Microcomputer-based acceleration sensor device for sports biomechanics-stroke evaluation by using swimmer's wrist acceleration[C].In:Proceedings of IEEE,2002-06;12:699-704
- 3.Universal Serial Bus Specification Revision 2.0.2000-04
- 4.宋光明,唐毅,袁红艳等.获取三维力信息的数字铅球设计与实验研究[C].见:梅涛,汪增幅,葛运建编.信息获取科学与技术应用,合肥:中国科学技术大学出版社,2003:133-135
- 5.M Berouti,R Schwartz,J Makhoul.Enhancement of speech corrupted by acoustic noise[C].In:proc IEEE ICASSP, Washington, DC, 1979-04:208-211
- 6.J D Johnston.Transform coding of audio signal using perceptual noise criteria[J].IEEE J Select Areas Commun,1983-02:314-323
- 7.T Gulzow,A Engelsberg,U Heute.Comparison of a discrete wavelet transformation and a nonuniform polyphase filterbank applied to spectral-subtraction speech enhancement[J].Signal Processing,1998; 64:5-19
- 8.Nathalie Virag.Single channel speech enhancement based on masking properties of the human auditory system[J].IEEE Transactions on speech and audio processing,1999;7(2):126-137
- 9.M Unoki,M Akagi.A method of signal extraction from noisy signal based on auditory scene analysis[J].Speech Communication,1999;27: 261-279
- 8.Bronkhorst.The cocktail party phenomenon:a review of research on speech intelligibility in multiple-talker condition[J].Acoustica,2000; 86:117-128
- 9.Wei Wei,chen Yanpu.Speech enhancement by spectral component selection[C].In:Proceedings of ICSP,2000:674-678
- 10.Mark Klein,Peter Kabal.Signal subspace speech enhancement with perceptual post-filtering[C].In:Proc IEEE Int Conf Acoustics,Speech, Signal Processing,2002-05;1:537-540