

# 平整度测试系统中 USB 通信模块的设计与实现

刘消寒, 王振翀, 严 芬, 张海波, 王燕敏

(中国矿业大学(北京)机电与信息工程学院, 北京 100083)

**摘 要:**充分利用了通用串行总线 USB 的技术特点, 在道路平整度测试系统中, 实现了利用 USB 进行数据采集传输, 改变了传统的利用 PCI 总线接口形式的 A/D 采集卡与上位机进行通信的方法。经测试, 完全可以满足快速实时的传输要求。同时具有即插即用、便携的优点, 并且大大降低了测试设备的成本。

**关键词:** USB; PDIUSBD12; AT89C52; 平整度

## Design and Implementation of USB Communication Module in Road Roughness Test System

LIU Xiaohan, WANG Zhenchong, YAN Fen, ZHANG Haibo, WANG Yanmin

(School of Mechanical, Electronic and Information Engineering, China University of Mining and Technology, Beijing 100083)

**【Abstract】**The paper makes full use of USB technology and realizes the USB communication in data acquisition in the road roughness test system. It changes the traditional communication modal using the PCI interface with the computer. It is proved that it meets the real-time demand and it has the advantages of plug-and-play, portative and cheapness.

**【Key words】** USB; PDIUSBD12; AT89C52; Road roughness

在现有的路面平整度测试系统中, 对路面状况的数据采集, 通常利用 PCI 总线接口形式的 A/D 采集卡与上位机进行通信。这种板卡不仅安装麻烦, 而且易受计算机插槽数量和地址、中断资源的限制, 且其价格通常都比较昂贵。通用串行总线(Universal Serial Bus, USB)的出现, 具有传输速度快、支持热插拔、即插即用、便携式的优点, 而且可以极大地降低设备的成本。USB 总线技术的出现, 可以很好地利用 USB 的众多优点, 开发基于 USB 的公路平整度测试系统。本文在公路平整度测试系统中上下位机之间设计与实现了平整度数据采集的 USB 传输。

### 1 硬件设计

#### 1.1 主要器件选型

系统主要由激光传感器、加速度传感器、脉冲发生器、A/D 转换器、微控制器(MCU)以及 USB 通信接口组成。系统的传感器、A/D 等的设计与选型可沿用传统的设计方法, 根据采集的精度、速率、通道等诸多元素选择合适的芯片, 设计时应充分注意抗干扰的性能, 尤其对 A/D 采集更是如此。

在微控制器和 USB 接口的选择上有 3 种方式: (1)专门为 USB 应用设计的微控制器; (2)基于通用系列的芯片; (3)连接到一般微控制器的芯片, 这种 USB 控制器必须被一个外部微控制器控制, PHILIPS 的 PDIUSBD12 就属于这种类型的芯片。作者在“基于 USB 的车载激光道路平整度测试系统”中就采用 Atmel 公司的 AT89C52 单片机和 PHILIPS 公司 PDIUSBD12 接口芯片构成系统, 取得了良好的效果。

#### 1.2 USB 数据采集原理<sup>[1]</sup>

整个系统以 AT89C52 微控制器和 PDIUSBD12 为核心, 负责启动 A/D 转换, 控制 FIFO 的读写及采样频率的设定, 与主机之间的通信及数据传输, 系统原理图见图 1。

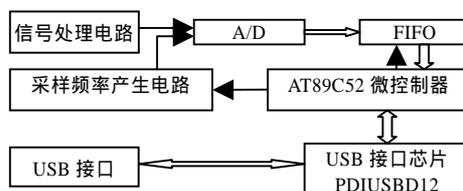


图 1 系统原理图

#### 1.3 USB接口的硬件电路设计<sup>[2]</sup>

微控制器 AT89C52 与 PDIUSBD12 的部分连接电路如图

2 所示。

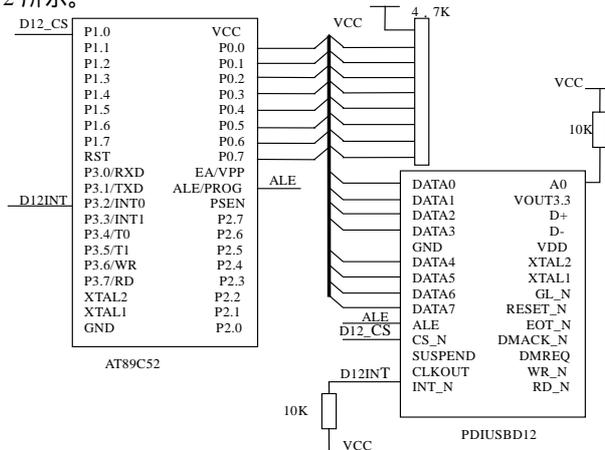


图 2 系统接口电路

**作者简介:**刘消寒(1982 -), 男, 硕士生, 主研方向: 计算机通信与嵌入式系统; 王振翀, 教授、博导; 严 芬、张海波、王燕敏, 硕士生

**收稿日期:** 2006-05-23 **E-mail:** mycoolhotmail@163.com

## 2 软件设计<sup>[3]</sup>

USB 应用系统软件设计分为 3 部分:USB 外设端的固件(Firmware), 主机操作系统上的客户驱动程序以及主机应用软件。

### 2.1 固件设计

固件主要完成控制 A/D 的采样和通过 USB 控制器与主机通信 2 个方面的工作。AT89C52 系统控制 A/D 采样属于普通的单片机编程范畴, 比较简单, 在此不作介绍。主要介绍 AT89C52 单片机系统通过 USB 控制器(PDIUSB12)与主机的通信工作。在实际开发中使用控制传输和批量传输两种传输方式, 控制传输用来实现位于主机上的 USB 总线驱动程序(USBD.SYS)以及编写的功能驱动程序对设备的各种控制操作, 而批量传输用来将采集数据从设备传送到主机。

固件设计的目标是使 D12 在 USB 上达到最大的传输速率。PDIUSB12 的固件设计成完全的中断驱动。当 CPU 处理前台任务时, USB 的传输可在后台进行。这就确保了最佳的传输速率和更好的软件结构, 同时简化了编程和调试。其原理图如图 3 所示。

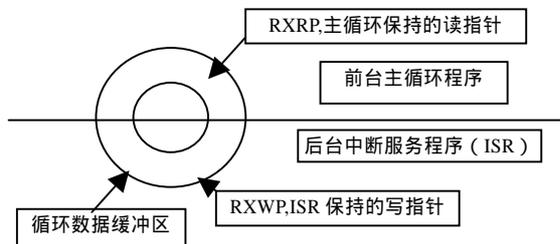


图 3 固件前后台数据交换原理框图

后台 ISR(中断服务程序)和前台主程序之间的数据交换通过事件标志和数据缓冲区来实现。当 D12 从 USB 收到一个数据包后, 就对 CPU 产生一个中断请求, CPU 立即响应中断。在 ISR 中, 固件将数据包从 D12 内部缓冲区移到循环数据缓冲区, 随后清零 D12 的内部缓冲区以便接收新的数据包。CPU 可以继续它当前的前台任务直到完成, 然后返回到主循环检查循环缓冲区内是否有新的数据并开始其它的前台任务。

### 2.2 设备驱动程序设计

USB 设备驱动程序可分为 USB 总线驱动程序和 USB 功能驱动程序, USB 总线驱动程序由操作系统提供, 它位于 USB 功能驱动程序的下面, 与实际的硬件打交道, 实现低层通信。驱动程序彼此之间使用 I/O 请求信息包 (IRP) 的结构来沟通, IRP 包含调用 USB 要求区块 (USB Request Blocks, URBs) 的结构, 来指定设置设备与传输数据的协议。USB 在 Windows DDK 内有文件说明。USB 功能驱动程序除负责处理应用程序的 I/O 请求外, 还要处理 PnP 请求, 支持设备的热插拔和即插即用功能。

目前, 虽然 Windows 操作系统提供了多种 USB 设备的

驱动程序, 但还没有一种是专门针对数据采集系统的, 因此作者在针对“基于 USB 的车载激光道路平整度测试系统”中编制了自己的驱动程序。尽管系统已经提供了很多标准接口函数, 但编制驱动程序仍然是 USB 开发中较困难的一件事, 通常都是根据 Windows 驱动程序模型 (Windows Driver Model, WDM), 采用 Windows DDK 来实现。目前有许多第三方软件厂商也都提供了各种各样的生成工具, 如 Compuware 的 Driver Works, Jungo 的 WinDriver USB 等, 使用它们能在较短的时间内生成较高质量的 USB 的驱动程序。

### 2.3 用户软件的设计

以上两个程序设计都是开发者所关心的, 用户对其不太关心。用户关心的是如何高效地通过鼠标来操作设备, 如何处理和分析系统采集进来的大量数据, 因此还必须要有高质量的用户软件。用户软件必须有友好的界面、强大的数据分析和处理能力以及为用户提供进行再开发的接口。

在 Win32 系统中, 把每一个设备都抽象为文件, 此时的应用软件只需要通过几条简单的文件操作, API 函数就可以实现与驱动程序中某个设备通信。通常, 这些 API 函数有以下 5 个: CreateFile(), ReadFile(), WriteFile(), DeviceIoControl(), CloseHandle()。

ReadFile 与 WriteFile 是一般用途的函数, 用来读取与写入数据到驱动程序内。读取与写入的数据, 是存储在函数所指定的缓存区内。调用 ReadFile 函数时所得到的数据不一定是从设备读来, 可能是上一个要求所储存在缓冲区内数据。DeviceIoControl 是另一个传输缓冲区内数据的函数, 它包含一个码来识别一个特定的要求。与 ReadFile 和 WriteFile 不同的是, DeviceIoControl 函数可以双向传输数据。

在与 USB 设备进行数据交换之前, 应用程序必须先找到设备, 获取设备的有关信息, 也就是其独特标识符 (GUID)。在知道了设备路径名以后, 下一步的任务就是调用 CreateFile 打开这个设备, 获取设备的句柄。不再使用设备句柄时, 应该调用 CloseHandle 来关闭它。

在系统的开发中, 作者利用了 DeviceIoControl 来进行控制传输, 用 ReadFile、WriteFile 进行批量传输。

## 3 结束语

经测试该 USB 接口的通信模块, 完全可以满足在平整度测试车辆以 80km/h, 0.05m 间距的条件下采样, 进行数据传输。上位机部分实现了利用数据库技术对数据进行存储、计算国际平整度指数 IRI 以及显示、报表打印等功能。

### 参考文献

- 1 萧世文. USB 2.0 硬件设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- 2 马 伟. 计算机 USB 系统原理及其主/从机设计[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2004.
- 3 周立功. PDIUSB12 USB 固件编程与驱动开发[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.
- 3 Edition Research System Inc.. IDL User's Guide: Interactive Data Language Version 5.4[R]. 2000-09.
- 4 Doi A, Koide A. An Efficient Method of Triangulating Equi-valued Surface by Using Tetrahedral Cells[J]. IEICE Transactions, 1991, 74(1): 241-224.
- 5 Parker S, Parker M, Livnat Y, et al. Interactive Ray Tracing for Volume Visualization[J]. IEEE Transaction on Visualization and Computer Graphics, 1999, 5(3): 238-250.

(上接第 267 页)

### 参考文献

- 1 Robb R A. Visualization in Biomedical Computing[J]. Parallel Comput., 1999, 25(13/14): 2067-2110.
- 2 Lei Z, Li L H, Zheng Y, et al. 3D-Visuzlization of CT Images Under IDL Environment[C]//Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Signal Processing. 2000: 869-872.