

# USB2.0 总线在光谱图像数据采集中的应用研究

陈建新\*

(中国科学院上海技术物理研究所, 上海, 200083)

## 1 引言

20 世纪 80 年代的成像光谱仪将成像技术和光谱技术结合在一起, 在探测物体空间特征的同时把每个空间像元色散成几十到上百个波段, 为地球科学开创了崭新的应用前景。到 20 世纪 90 年代, 新的成像仪器在保持空间分辨率和信噪比的基础上, 得到几百个波段的光谱图像数据。仪器动态范围大、位数高, 且一般采用 12 比特量化或更多, 导致数据量的急剧上升, 对数据的传输和记录造成了极大的压力。另一方面, 现在的成像光谱仪器正朝着小型、轻型、低功耗方面发展。它们迫切希望有一种新的接口技术, 采集海量数据, 使用方便, 甚至适于电脑应用。

## 2 USB 的发展

USB ( Universal Serial Bus ) 的中文名称是“通用串行总线”, 它是由 Intel、Microsoft、IBM 等七家计算机与通信工业公司组成的联盟所定义和倡导的。作为一种全新的总线标准, USB 设计的目的是为个人电脑与外围设备提供一个通用、简易的接口。在 1996 年, USB-IF 公布了 USB 规范 1.0, 这是第一个为 USB 产品提出设计要求的标准。然而当时的操作系统 Windows95 却不支持, 1998 年, 在进一步对以前版本的标准进行阐述和扩充的基础上, 发布了 USB 标准 1.1。而此时联盟仅剩四个核心公司, 它们

是 Compaq、Intel、Microsoft 和 NEC。由于 USB 的方向偏离了通信, IBM 和 Northern Telecom 退出了该联盟。而此时的 USB1.1 以其简单易用的优点成为现在 PC 中必不可少的标准接口之一 (详见图 1)。

USB2.0 标准在 2000 年 4 月底正式公布, 它的最高数据传输率达到 480Mbps, 是 USB1.1 的 40 倍! 而且 USB2.0 仍然将使用 USB1.1 的连接器和电缆, 完全兼容于 USB1.1。目前 USB 已经成为业界广泛采用的标准, 所以 USB2.0 成为今后 PC 机的主流接口也是必然趋势。

表 1

总线类型	最大传输速率
ISA	16 MB/s
EISA	33 MB/s
PCI	133 MB/s
USB1.1 ( USB2.0 )	12Mb/s ( 480Mb/s )
IEEE1394	400 Mb/s

## 3 研究的目的和意义

### 3.1 各种总线技术性能比较

传统的 ISA、和 EISA 总线由于其有限的带宽, 已很难满足海量图像数据记录的要求 (见表 1), Microsoft 和 Intel 在最新的 PC'2000 规范中已不再把 ISA 总线作为标准配置了, 因此建立在该总线上的各类板卡被淘汰也已是必然。目前市场上主流的数据采集卡大多是基于 PCI 总线的, 基本上能满足各类成像光谱仪数据采集

\* 2000 级硕士研究生

要求,但采用插卡结构有其固有的缺点:安装麻烦、易受机箱内环境干扰,而且受计算机插槽数量和地址、中断资源的限制,不可能挂接很多外

设。另外不能实现真正意义上的即插即用。因此现在 USB2.0 主要竞争对手只有 IEEE1394 了。表 2 是对 USB2.0 和 1394 技术方面进行的比较。

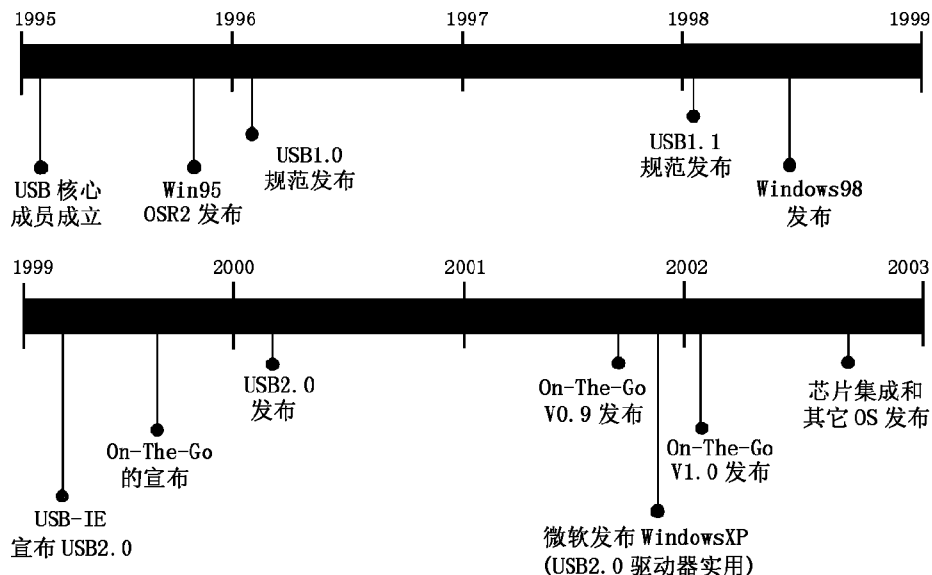


图 1 USB 总线发展历程

表 2

	USB2.0	IEEE1394a
传输速率	480Mbps	400Mbps
支持长度	5m	4.5m
系统拓扑	主 / 从	对等
支持系统	Win98	Win98
支持特性	PnP、热插拔	PnP、热插拔
支持设备	127 个	63 个
版权	免费	0.25cents/system
外部设备	键盘、鼠标、游戏杆、Modem、 数字相机、打印机	DVD、摄像机、HDTV、 硬盘、打印机

在性能方面: USB2.0 和 1394a 在数据传输率方面性能相当,二者的总线带宽都超过 400Mbps。由于在接下来的几年内,大多数的设备和用户应用不可能再超过这速率,所以数据速率不再是用来对二者进行比较的一个重要的性能参数了。

在功能方面: USB 和 1394 都提供热插拔,自动对外围器件配置。二者的主要不同在于: USB 是一种主机为中心的总线,而 1394 是对等

总线。对大多数连接到 PC 机的外围设备,这种对等的功能是不需要的,因此这种情况下低费用、主机为中心的 USB 的链接模式成为最好解决途径。1394 这种对等的性能特点在消费者电子互联模式方面具有优势,但这也是二者费用不同的一个原因。

在费用方面: 费用来源有很多方面,比如模板大小、体积、复杂性等等,因此很难比较。可能最好的办法是单纯从门的数量上比较。当然

各个厂商之间是不同的，不过从几个厂商（包括 Intel）的平均估计来看，1394 主控制器的门数量大约是 USB2.0 的二到三倍，而 1394 外围控制器的门数量则大约是 USB2.0 的四到五倍，另外 Intel 打算将 USB2.0 主控制器集成到未来的一个芯片里，这样的话集成度高，门数量少了，

那么 USB2.0 的费用也就相应地减少了。

总的说来，USB 和 1394 是互补的总线，只是应用的场合不同。USB2.0 偏向大多数 PC 的外设，而 1394 则倾向声音图像的电子设备，就像数字可携式摄像机、数字录像机、DVD 和数字电视等等。

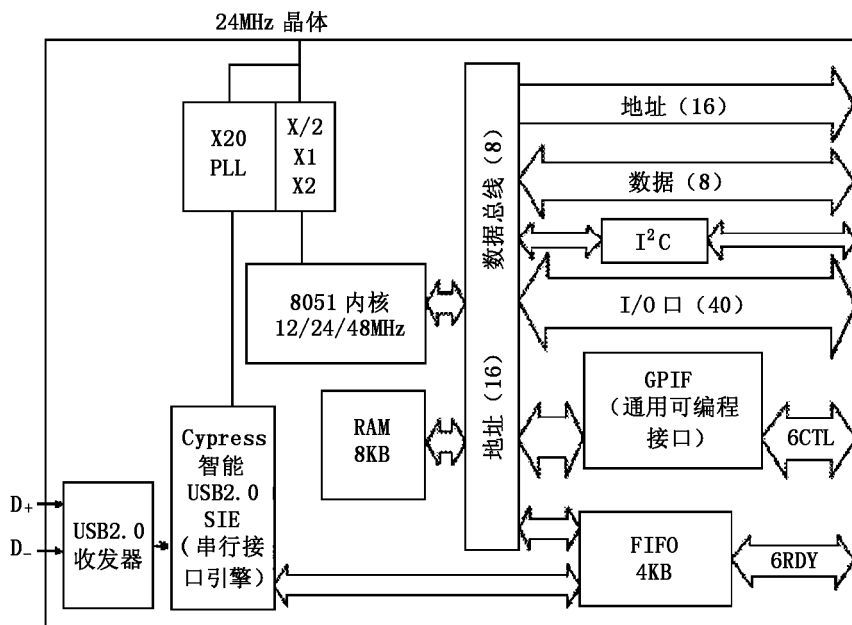


图 2 USB2.0 的工作模式

### 3.2 USB 接口的优点

外设的安装十分简单

所有的 USB 外设利用 ONE-SIZE-FITS-ALL 连接器都可简单方便地接入计算机中，安装过程高度自动化，即不必打开机箱入插卡，不必考虑资源分配，也不必关掉计算机电源（热插拔）。

一般外设有足够的带宽和连接距离

USB 允许三种数据传送速度规格。低速传送为 1.5Mbps，全速传送为 12Mbps，高速传送为 480Mbps。全速传送时，节点连接距离为 5m，连接使用 4 芯电缆（电源 2 条，信号线 2 条）。该速率与一个标准的串行端口相比，大约快出一百倍，与一个标准的并行端口相比，也快出近 10 倍。因此，USB 能支持高速接口（如 ISDN、PRI、T1），使用户拥有足够的带宽供新的数

字外设使用。

支持多设备连接，减少了 PC 机 I/O 接口数量

利用菊花链的形式对端口加以扩展，最多可在一台计算机上同时支持 127 种设备，避免了 PC 上插槽数量对扩充外设的限制。

提供内置电源

USB 电源能向低压设备提供 5V 的电源，因此新的设备就不需要专门的交流电源了，从而降低了这些设备的成本并提高了性价比。

提供了对电话的两路数据支持

USB 可支持异步以及等时数据传输，使电话与 PC 集成，共享语音邮件及其他特性。

具有高保真音频

由于 USB 音频信息生成于计算机外，因而减小了电子噪音干扰声音质量的机会，从而使音频系统具有更高的保真度。

## 4 USB2.0 的工作模式及原理

图 2 示出 USB2.0 总线的工作原理图。

实际上 2.0 完全可以看成是 USB1.1 的简单速度升级, 它们的工作原理没什么本质上的差别。USB2.0 的最大特色是其高达 480Mbps 的传输带宽, 比 USB1.1 全速的 12Mbps 快了 40 倍, 和传统串口的 115200bps 的速度相比, 快了 4 000 多倍。USB2.0 标准使 USB 确实成为未来能满足高速应用场合的标准连接总线, 这些高速应用场合包括海量存储器、因特网接入设备、局域网及无线 LAN 等, 而这些场合是以前的 USB1.1 所无法适用的, 光谱图像数据的记录与存储正是其中的一种。

在 USB1.1 总线协议中规定同步模式下每毫秒发送一帧数据, 而在 USB2.0 标准中引入了“微帧”的概念, 即每毫秒发送 8 ~ 10 微帧 (Micro-Frame) 作为一帧, 这样做不仅可以极大地提高传输速率, 同时对缓存的容量要求也大大降低了。USB2.0 完全向下兼容, 主机控制器会自动检测连接的外设是 USB2.0 还是 USB1.1 的, 并自动调整带宽。更妙的是, 当一个 USB2.0 外设和一个 USB1.1 外设同时连接倒主机上时, 它们能按照自己所要求的带宽, 互不干扰地同时稳定工作。

主控制器负责主机与 USB 设备间数据流的传输。USB 共支持四种基本的数据传输模式: 控制传输、中断传输、同步传输和块传输。

### 4.1 控制传输

用于在外设初次连接时对器件进行配置; 对外设的状态进行实时检测; 对控制命令的传送等; 也可以在配置完成后被客户软件用于其它目的。Endpoint Zero 通道只可以采用控制传输方式。它为外设与主机之间提供一个控制通道。每种外设都必须支持控制传输类型, 这样主机与外设之间才可以传送配置和命令、状态信息。

### 4.2 同步传输

支持有周期性、有限的时延和带宽且数据传输速率不变的外设与主机间的数据传输。该

类型具有很高的传输速率, 虽无差错校验, 但基本上能保证正确的数据传输, 适用于有高实时性要求的诸如图像获取设备, 计算机 - 电话集成系统以及音频系统与主机间的数据传输。

### 4.3 中断传输

广泛应用于手柄、鼠标和键盘等输入设备, 这些设备与主机间数据传输量小, 无周期性, 非连续, 但对响应时间敏感, 要求及时响应。

### 4.4 块传输

适用于进行批量的、非实时数据传输。可用于打印机、扫描仪、数码相机等外设, 这些外设于主机间传输的数据量大, 实时性要求低, USB 在满足带宽的情况下才进行该类型的数据传输。

## 5 USB 在成像光谱仪数据采集中的应用

到目前为止, USB 已经在 PC 机的多种外设上得到应用, 包括扫描仪、数码相机、数码摄像机、音频系统、显示器、输入设备等等。

### 5.1 一般应用

扫描仪和数码相机、数码摄像机是从 USB 中最早获益的产品。传统的扫描仪, 在执行扫描操作之前, 用户必须先启动图像处理软件和扫描驱动软件, 然后通过软件操作扫描仪。而 USB 扫描仪则不同, 用户只需放好要扫描的图文, 按一下扫描仪的按钮, 屏幕上会自动弹出扫描仪驱动软件和图像处理软件, 并实时监控扫描的过程。USB 数码相机、摄像机更得益于 USB 的高速数据传输能力, 使大容量的图像文件传输在短时间内即可完成。

USB 在音频系统应用的代表产品是微软公司推出的 Microsoft Digital Sound System80(微软数字声音系统 80)。使用这个系统, 可以把数字音频信号传送到音箱, 不再需要声卡进行数模转换, 音质也较以前有一定的提高。USB 技术在输入设备上的应用很成功, USB 键盘、鼠标器以及游戏杆都表现得极为稳定, 很少出现问题。

早在 1997 年,市场上就已经出现了具备 USB 接口的显示器,为 PC 机提供附加的 USB 口。这主要是因为大多数的 PC 机外设都是桌面设备,同显示器连接要比同主机连接更方便、简单。目前市场上出现的 USB 设备还有 USB Modem、Iomega 的 USB ZIP 驱动器以及 eTek 的 USB PC 网卡等等。

对于笔记本电脑来说,使用 USB 接口的意

义更加重大,通用的 USB 接口不仅使笔记本电脑对外的连接变得方便,更可以使笔记本电脑生产厂商不再需要为不同配件在主板上安置不同的接口,这使主板的线路、组件的数量以及复杂程度都有不同程度的削减,从而使系统运行中的散热问题得到了改善。这也将促进更高主频的处理器在移动计算机中的应用,使笔记本电脑与桌面 PC 的差距进一步缩小。

表 3 国内外主要凝视型成像光谱仪

	CASI	AISA	PHI	FLI	MERIS	ROSI
国家	加拿大	芬兰	中国	加拿大	EAS	德国
波段数	288	288	244	288	15	85
光谱范围 (nm)	418 ~ 926	430 ~ 900	400 ~ 850	430 ~ 805	400 ~ 1 005	430 ~ 850
光谱分辨率 (nm)	2.9	1.8	< 5	2.6	1.25	5
帧速率 (Fr/Sec)	100 (MAX)	100 (MAX)	60 (MAX)	25		
行像元数	512	360	376	385		512
数据编码 (bit)	12	12	12	12	12	8

## 5.2 成像光谱数据采集中使用 USB 2.0

表 3 列出目前国内外主要成像光谱仪的相关性能。以中国的 PHI 系统为例,244 个波段,60 帧的速率,376 个像元,12bit 的量化,这样的采样速率最少要满足 66Mbps,加拿大的 CASI 系统为 176Mbps,所以 USB2.0 的 480Mbps 的带宽足够满足这样的要求。

在光谱成像系统的数据采集领域里,国内外现在很大部分还是用 PCI 来进行采集,这是当时的 USB1.1 的速度瓶颈所致。现在 USB2.0 已经成为了现实,因此它的 480Mbps 的速度在今后几年内还是能够适应需要的。现在很多研究所已经开始对其进行开发研究了。

## 6 结束语

如果在光谱成像系统中运用 USB2.0,将会很好地解决许多数据采集卡所无法克服的缺点,使光谱成像系统在降低成本、提高可靠性、方便安装、缩短开发和更新周期、提高设计灵活性、实现多点数据同时采集方面向前迈进一

大步。

## 参考文献

- [1] EZ-USB Series 2100 Technical Reference Manual.
- [2] FX2 USB2.0 Microcontroller Fact Sheet.
- [3] User guide for EZ-USB Control Panel.
- [4] MCS-51 单片机原理及接口技术 马家辰等编著 哈尔滨工业大学出版社 1998 年 9 月。
- [5] 单片机高级语言 C51 应用程序设计 徐爱钧等编著 电子工业出版社 1999 年 8 月。
- [6] USB2.0 特性及 USB 单片机 陈汝全 电子科技大学。
- [7] USB 大全 Jan Axelson 著 陈逸译 中国电力出版社 2001 年 5 月。
- [8] USB 总线系统及其在多媒体传输系统中的应用 赵慧民 庄宏成 中山大学信息科技学院电子系。
- [9] 通用串行总线 (USB) 的特点和应用 李希文 西安电子科技大学。
- [10] 《Universal Serial Bus Class Definitions for Communication Devices》Version 1.1 January 19, 1999.
- [11] 《CY7C68013 EZ-USB FX2 USB Microcontroller High-Speed USB Peripheral Controller》Cypress November 20, 2000.