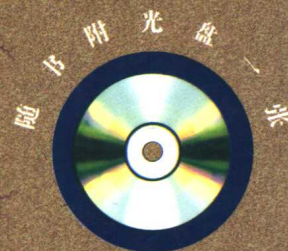


USB 2.0

原理与工程开发

王成儒 李英伟 编著



国防工业出版社
<http://www.ndip.cn>

内 容 简 介

USB 是一种应用在计算机领域的新型接口技术,它使得外设的连接具有单一化、即插即用、热插拔等优点。本书全面系统地介绍了 USB2.0 的总线规范、USB 设备的开发和应用,目的是使读者在了解 USB 基本原理的基础上,能较快掌握 USB 系统的设计及软硬件开发方法。

本书共 18 章,内容包括:USB 概述、USB 系统、USB 信号和电源、USB 事务处理、USB 数据传输、USB 设备、USB 主机、USB 设备类、USB 设备驱动程序开发基础、USB 设备即插即用的实现、USB 设备驱动程序编程接口、USB 设备驱动程序开发环境、三种常用 USB 接口芯片、USB 接口温度控制器、RS232-USB 转换器、USB 接口波形发生器、USB 接口数据采集卡、USB2.0 接口频谱分析仪。

本书内容新颖、举例丰富、实用性强,可供从事 USB 开发应用的广大技术人员阅读参考,也可作为研究生和高年级本科生的教材。

图书在版编目(CIP)数据

USB 2.0 原理与工程开发 / 王成儒,李英伟编著.
北京:国防工业出版社,2004.1
ISBN 7-118-03364-2

I. U... II. ①王...②李... III. 电子计算机-接口
IV. TP334

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 114630 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 30 691 千字

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷

印数:1—3000 册 定价:49.00 元(含光盘)

(本书如有印装错误,我社负责调换)

前言

USB(Universal Serial Bus,通用串行总线)是外围设备(简称外设)与计算机进行连接的新型接口,其最早是由 Compaq、Digital Equipment、IBM、Intel、Microsoft、NEC 和 Northern Telecom 7 家公司于 1994 年 11 月共同提出的,目的是简化外设的连接过程,使 PC 机接口的扩展变得更加容易。总的来说,USB 具有即插即用、热插拔、接口体积小巧、节省系统资源、传输可靠、提供电源、良好的兼容性、共享式通信和低成本等优点,是计算机外设连接技术的重大变革。

2000 年 4 月 27 日,Compaq、Hewlett - Packard、Intel、Lucent、Microsoft、NEC 和 Philips 7 家公司共同发布 USB2.0 版本,其传输速率提高到 480Mb/s,一时之间,USB 红遍全球。现在,USB 支持 3 种传输速率:低速(1.5Mb/s)、全速(12Mb/s)和高速(480Mb/s),4 种传输类型:块传输、同步传输、中断传输和控制传输。即 USB 应用起来灵活方便,能满足多种外设的需要。

随着 USB2.0 版本的发布,USB 越来越流行,目前它已经成为一种标准接口,现在市场上出售的所有 PC 机都百分之百支持 USB,而且很多外设只推出了 USB 版本,如移动硬盘和电子盘等。可以预见,USB 的应用肯定会越来越广泛,其传输速率也会越来越高。

在 USB 外设普及后,目前纠缠在 PC 机箱后面的各式各样的连接线将有所改观,大多数老式接口将被淘汰,如 ISA 接口、PS/2 接口、串并行接口等,取而代之的是各种 USB 接口的外设。但有些接口是 USB 无法取代的,如显示器接口、SCSI 接口和 IEEE-1394 接口等。不过,将来一台 PC 机使用三五个 USB 外设的情形是可以想象的,因此在 PC 机箱上提供多个 USB 接口也是发展趋势。

本书共 18 章,其内容可分为三大部分。第一部分详细讲述了 USB2.0 总线规范,由第 1 章~第 8 章构成。其中,第 1 章概述了 USB 的产生背景及其系统的开发过程;第 2 章介绍了 USB 系统的组成结构;第 3 章介绍了 USB 总线上信号传输的格式及电源供给;第 4 章介绍了各种 USB 事务处理的格式;第 5 章介绍了四种 USB 传输类型及差错控制机制;第 6 章介绍了 USB 设备中的逻辑设备模块;第 7 章介绍了 USB 主机的组成及各部分的功能;第 8 章介绍了 USB 设备类的基本概念,并着重讲述了集线器设备类和人机接口设备类。

第二部分详细讲述了 USB 设备驱动程序的开发,由第 9 章~第 12 章构成。其中,第 9 章概述了 USB 设备驱动程序的一些基础知识;第 10 章介绍了 PnP IRP(即插即用 I/O 请

求包)的处理方法;第 11 章介绍了 USB 总线驱动程序接口(USB DI)的调用方法;第 12 章介绍了 DDK(驱动开发工具包)的使用及其 Visual C++ 环境的设置。

第三部分详细讲述了五个 USB 设备开发实例,由第 13 章~第 18 章构成。其中,第 13 章介绍了 3 种常用的 USB 接口芯片:CY7C63001A、AN2131QC 和 CY7C68013;第 14 章介绍了 USB 接口温度控制器的实现,所使用的主要芯片为 CY7C63001A 和 DS1620,采用 USB 低速控制传输方式;第 15 章介绍了 RS232-USB 转换器的实现,所使用的主要芯片为 CY7C63001A 和 MAX232,采用 USB 低速中断传输方式;第 16 章介绍了 USB 接口波形发生器的实现,所使用的主要芯片为 AN2131QC 和 DAC0832,采用 USB 全速块 OUT 传输和全速同步 OUT 传输方式;第 17 章介绍了 USB 接口数据采集卡的实现,所使用的主要芯片为 AN2131QC 和 AD1674,采用 USB 全速块 IN 传输和全速同步 IN 传输方式;第 18 章介绍了 USB2.0 接口频谱分析仪的实现,所使用的 USB 接口芯片为 CY7C78013,采用 USB 高速块传输方式。

为帮助读者更好地学习 USB 系统的应用开发,本书附带光盘一张,内容包括本书 USB 设备实例的所有源程序:芯片固件程序、USB 设备驱动程序及其相应的 Win32 应用程序。另外,我们还提供本书所有 USB 设备实例的硬件评估板,用户可直接在其基础上进行软件开发和调试,如需要,请与 lyw@ysu.edu.cn 联系。

本书是作者多年来从事 USB 应用开发工作的总结。其中,李英伟编写了第 1 章~第 12 章;王成儒编写了第 13 章~第 18 章,并对全书进行了审校。特别感谢燕山大学电子实验中心的于莉娜老师,她绘制了本书所有的插图。另外,在本书编写过程中,得到了燕山大学信息科学与工程学院孔令富院长、潘明海教授、练秋生副教授和胡正平老师的大力支持和帮助,在此向他们表示衷心的感谢。

本书提到的所有注册商标的所有权均归各公司所有,书中仅仅引用了其名称。

由于作者水平有限,书中难免会有错误和不妥之处,恳请广大读者给予批评指正。

作 者

2003 年 9 月于燕山大学

目 录

第 1 章 USB 概述	1
1.1 USB 的产生	1
1.1.1 背景	1
1.1.2 USB 的特点	2
1.1.3 USB 的发展历史及前景展望	4
1.2 USB 系统描述	5
1.2.1 USB 主机	6
1.2.2 USB 设备	6
1.2.3 USB 的连接	8
1.3 USB 接口芯片	11
1.3.1 USB 主控制器芯片	11
1.3.2 USB 集线器芯片	11
1.3.3 USB 功能设备芯片	12
1.4 USB 系统的开发	14
1.4.1 选择芯片	14
1.4.2 开发环境	15
1.4.3 设计调试	16
第 2 章 USB 系统	18
2.1 USB 系统的结构	18
2.1.1 USB 主机	18
2.1.2 USB 设备	21
2.2 USB 系统的分层	23
2.2.1 功能层	24
2.2.2 USB 设备层	25
2.2.3 USB 总线接口层	26
2.3 USB 通信流	27
2.3.1 USB 传输管理	28

2.3.2 传输中的事务处理	29
第3章 USB 信号和电源	30
3.1 USB 信号	30
3.1.1 USB 信号的发送	30
3.1.2 USB 信号的接收	32
3.1.3 高速 USB 信号的眼图	33
3.1.4 USB 设备速度的识别	36
3.1.5 USB 信号状态	37
3.2 USB 电源	44
3.2.1 电源分配	44
3.2.2 电源管理	45
第4章 USB 事务处理	46
4.1 字段的格式	46
4.1.1 同步字段(SYNC)	46
4.1.2 包标识字段(PID)	47
4.1.3 地址字段(ADDR)	48
4.1.4 端点字段(ENDP)	48
4.1.5 帧号字段	49
4.1.6 数据字段	49
4.1.7 CRC 字段	49
4.2 信息包的格式	50
4.2.1 令牌包	50
4.2.2 数据包	52
4.2.3 握手包	53
4.3 事务处理	54
4.3.1 IN 事务处理	54
4.3.2 OUT 事务处理	55
4.3.3 PING 事务处理	56
4.3.4 SETUP 事务处理	56
4.3.5 SOF 事务处理	57
4.3.6 SPLIT 事务处理	57
4.3.7 PRE 事务处理	59
第5章 USB 数据传输	61
5.1 状态机制	61
5.1.1 主控制器状态机制	62
5.1.2 设备状态机制	63

5.2 传输类型	65
5.2.1 块传输	66
5.2.2 中断传输	72
5.2.3 同步传输	77
5.2.4 控制传输	82
5.3 差错控制	88
5.3.1 信息包错误控制机制	88
5.3.2 总线超时控制机制	89
5.3.3 EOP 错误控制机制	91
5.3.4 数据触发机制	92
5.3.5 串扰和活动丢失控制机制	94
第 6 章 USB 设备	96
6.1 设备状态	96
6.2 总线列举	98
6.2.1 USB 设备的连接	99
6.2.2 USB 设备的断开	101
6.3 描述符	101
6.3.1 设备描述符(Device)	102
6.3.2 设备限定描述符(Device _ Qualifier)	103
6.3.3 配置描述符(Configuration)	104
6.3.4 其他速率配置描述符(Other _ Speed _ Configuration)	105
6.3.5 接口描述符(Interface)	105
6.3.6 端点描述符(Endpoint)	107
6.3.7 字符串描述符(String)	108
6.4 设备请求	108
6.4.1 GetStatus 请求	109
6.4.2 ClearFeature 请求	111
6.4.3 SetFeature 请求	111
6.4.4 SetAddress 请求	112
6.4.5 GetDescriptor 请求	112
6.4.6 SetDescriptor 请求	113
6.4.7 GetConfiguration 请求	113
6.4.8 SetConfiguration 请求	114
6.4.9 GetInterface 请求	114
6.4.10 SetInterface 请求	114
6.4.11 SynchFrame 请求	115
第 7 章 USB 主机	116

7.1	USB 主机的结构	116
7.2	客户软件	117
7.3	USB 系统软件	117
7.3.1	配置设备	118
7.3.2	资源管理	119
7.3.3	数据传输	119
7.4	USB 主控制器驱动程序	119
7.5	USB 总线驱动程序	120
7.5.1	命令机制	121
7.5.2	管道机制	122
7.6	USB 主控制器	123
第 8 章	USB 设备类	125
8.1	设备类的定义	125
8.2	集线器设备类	126
8.2.1	集线器的结构	126
8.2.2	集线器设备类描述符	129
8.2.3	集线器的标准 USB 描述符	130
8.2.4	集线器设备类请求	132
8.3	HID 设备类	133
8.3.1	HID 概述	133
8.3.2	HID 设备类描述符	135
8.3.3	HID 设备类请求	142
第 9 章	USB 设备驱动程序开发基础	145
9.1	WDM 概述	145
9.2	WDM 驱动程序的分层	146
9.2.1	驱动程序的种类	146
9.2.2	驱动程序的分层	146
9.2.3	USB 驱动程序栈	148
9.2.4	设备对象和设备栈	150
9.2.5	USB 设备栈	151
9.3	WDM 内核模式对象	153
9.3.1	I/O 请求包 (IRP)	153
9.3.2	驱动程序对象	157
9.3.3	设备对象	158
9.3.4	设备扩展	159
9.4	WDM 驱动程序的组成	160
9.4.1	驱动程序入口例程 (DriverEntry)	160

9.4.2 即插即用例程	161
9.4.3 分发例程	165
9.4.4 电源管理例程	166
9.4.5 卸载例程	169
第 10 章 USB 设备即插即用的实现	170
10.1 即插即用体系结构	170
10.2 即插即用设备状态	172
10.3 启动设备	173
10.3.1 功能驱动程序启动设备	173
10.3.2 过滤驱动程序启动设备	174
10.3.3 总线驱动程序启动设备	174
10.3.4 USB 设备的添加和启动	175
10.4 停止设备	180
10.4.1 停止设备的处理过程	180
10.4.2 处理 IRP_MN_STOP_DEVICE IRP	181
10.5 删除设备	182
10.5.1 删除设备的处理过程	182
10.5.2 处理 IRP_MN_REMOVE_DEVICE IRP	184
10.6 PnP IRP 及其处理规则	186
10.6.1 PnP IRP	186
10.6.2 PnP IRP 的处理规则	187
10.6.3 沿设备栈向下传递 PnP IRP	189
10.6.4 推迟 PnP IRP 的处理直至其下层驱动程序处理完毕	190
第 11 章 USB 设备驱动程序编程接口	194
11.1 USBDI 概述	194
11.1.1 USBDI 的定义	194
11.1.2 USBDI 的通信管理	195
11.2 URB	196
11.2.1 URB 的结构	196
11.2.2 _URB_HEADER 的结构	197
11.3 USBDI 接口函数	201
11.4 USB 设备的配置	203
11.4.1 USB 描述符	203
11.4.2 为 USB 设备选择一个配置	207
11.5 USB 设备的数据传输	209
11.5.1 USB 块传输和中断传输	210
11.5.2 USB 同步传输	210

11.5.3	USB 控制传输	212
第 12 章	USB 设备驱动程序开发环境	213
12.1	系统环境设置	213
12.2	BUILD 工具	215
12.2.1	环境变量	216
12.2.2	sources 文件	216
12.2.3	dirs 文件	218
12.2.4	makefile 文件	219
12.2.5	构造日志文件	219
12.2.6	BUILD 工具的调用	219
12.2.7	NMAKE	220
12.3	Visual C++ 环境设置	221
12.3.1	Makefile 项目	221
12.3.2	DrvBuild.bat 批处理文件	224
12.3.3	注意事项	225
12.3.4	USB 设备驱动程序开发框架	226
12.4	USB 设备驱动程序的安装	226
12.4.1	安装过程	227
12.4.2	INF 文件	231
第 13 章	三种常用 USB 接口芯片	243
13.1	CY7C630/1xxA	243
13.1.1	芯片结构	243
13.1.2	存储器	245
13.1.3	复位	247
13.1.4	通用 I/O 端口 (GPIO)	248
13.1.5	中断	249
13.1.6	USB 引擎	251
13.1.7	CY7C63001A 的编程	254
13.1.8	CY7C63001A 的开发者工具包	257
13.1.9	CY7C63001A 的 EPROM 编程器	260
13.2	EZ-USB	261
13.2.1	芯片结构	261
13.2.2	增强型 8051CPU	264
13.2.3	存储空间	267
13.2.4	I/O 系统	269
13.2.5	列举和重列举	271
13.2.6	USB 中断	276

13.3	EZ-USB FX2	279
13.3.1	芯片结构	279
13.3.2	增强型 8051CPU	282
13.3.3	存储空间	285
13.3.4	I/O 系统	287
13.3.5	列举和重列举	292
第 14 章	USB 接口温度控制器	295
14.1	系统概述	295
14.2	系统硬件设计	296
14.2.1	USB 接口电路	297
14.2.2	功能单元电路	297
14.3	芯片固件程序	297
14.3.1	63001.inc	297
14.3.2	DS1620.inc	298
14.3.3	USB.asm	299
14.3.4	DS1620.asm	313
14.4	设备驱动程序	314
14.4.1	通用结构定义	314
14.4.2	DriverEntry 例程	316
14.4.3	AddDevice 例程	317
14.4.4	IRP_MJ_PNP 处理例程	318
14.4.5	分发例程	330
14.4.6	电源管理例程	334
14.4.7	卸载例程	336
14.5	Win32 应用程序	336
14.5.1	Module1 模块	336
14.5.2	Form1 窗体	340
第 15 章	RS232-USB 转换器	344
15.1	系统概述	344
15.2	系统硬件设计	345
15.2.1	USB 接口电路	346
15.2.2	功能单元电路	346
15.3	芯片固件程序	346
15.3.1	Ram.inc	347
15.3.2	Hiduart.asm	348
15.3.3	Usbcode.asm	352
15.4	Win32 应用程序	360

15.4.1	连接按钮	360
15.4.2	接收线程	363
15.4.3	发送按钮	365
15.4.4	组合框	365
15.4.5	断开按钮	366
第 16 章	USB 接口波形发生器	367
16.1	系统概述	367
16.2	系统硬件设计	368
16.2.1	USB 接口电路	369
16.2.2	功能单元电路	369
16.3	芯片固件程序	369
16.3.1	testregs.h 和 testregs.inc	370
16.3.2	testheader.h	371
16.3.3	dscrptr.a51	371
16.3.4	delayms.a51	372
16.3.5	jmptable.a51	373
16.3.6	main.c	373
16.3.7	function.c	379
16.4	设备驱动程序	383
16.4.1	loader.sys	383
16.4.2	usbda.sys	389
16.5	Win32 应用程序	397
16.5.1	DA0832 组按钮	398
16.5.2	AN2131 组按钮	399
16.5.3	USB 组按钮	399
第 17 章	USB 接口数据采集卡	406
17.1	系统概述	406
17.2	系统硬件设计	407
17.2.1	USB 接口电路	409
17.2.2	功能单元电路	409
17.3	芯片固件程序	409
17.3.1	main.c	410
17.3.2	function.c	412
17.4	Win32 应用程序	417
17.4.1	块传输的实现	418
17.4.2	同步传输的实现	422

第 18 章 USB2.0 接口频谱分析仪	426
18.1 系统概述	426
18.2 系统硬件设计	427
18.3 芯片固件程序	428
18.3.1 testregs.h 和 testregs.inc	428
18.3.2 testheader.h	429
18.3.3 testdly.h	430
18.3.4 dsctrptr.a51	431
18.3.5 delayms.a51	432
18.3.6 jmptable.a51	433
18.3.7 main.c	433
18.3.8 function.c	438
18.4 设备驱动程序	440
18.4.1 loader.sys	441
18.4.2 bulktest.sys	441
18.5 Win32 应用程序	442
18.5.1 8051 锁定和复位按钮	443
18.5.2 下载程序按钮	444
18.5.3 设置按钮	446
18.5.4 开始按钮和结束按钮	446
 附录 A CY7C63001A 寄存器	450
附录 B EZ-USB 寄存器	451
附录 C EZ-USB FX2 寄存器	456
附录 D 关于光盘	466

第 1 章 USB 概述

本章首先介绍 USB 的产生背景及其体系结构中的一些基本概念:USB 主机、USB 设备和它们之间的连接;然后详细列举各种 USB 接口芯片:主控制器芯片、集线器芯片和功能设备芯片;最后着重讲述 USB 系统的开发过程。本章的目的是给读者一个 USB 系统的轮廓,为以后各章的学习打下基础。

1.1 USB 的产生

USB(Universal Serial Bus,通用串行总线)是一种应用在计算机领域的新型接口技术,最早是由 Compaq、Intel、Microsoft 等多家公司于 1994 年 11 月共同提出的,其目的是用 USB 来取代 PC 现有的各种外围接口,使外围设备(简称外设)的连接具有单一化、即插即用、热插拔等特点。它的出现大大简化了 PC 机和外设的连接过程,使 PC 机接口的扩展变得更加容易。可以说,USB 是计算机外设连接技术的重大变革。

1.1.1 背景

在 USB 产生之前,外设与 PC 机的通信主要是通过 PC 机主板所提供的各种接口来实现的,如 ISA 接口、PCI 接口、PS/2 接口、串行接口、并行接口等。这些老式的接口最初是由 IBM 公司在 20 世纪 80 年代早期设计提出的,存在很多缺陷:

(1) 它们是非共享式接口,只支持单个外设的连接,即在同一时刻一个接口只能连接一个外设。而当前 PC 机接口的数量是有限的,根本无法满足大量外设连接的需要。这时,PC 机的可用接口数就显得越来越紧张了。

(2) 这些接口的体积庞大。它们几乎占用了 PC 机主板面积的一半,而硬件厂商不可能无限制地增加主板的面积来扩充这些老式的接口。而且,大体积的接口不利于 PC 机外设的小型化。

(3) 这些接口的规格不一。当用户需要把一些外设连接到 PC 机时,他们不得不面对种类繁多的 I/O 扩展槽和外部端口,这会使用户觉得很不方便。

(4) 这些接口采用传统的 I/O 模式。外设被映射为 CPU 的 I/O 地址空间,并被分配一个指定的 IRQ(中断请求),或是一个 DMA 通道。这种模式会带来诸如 I/O 地址冲突、所指定的 IRQ 已被别的外设占用等问题。这时用户需要采用手工的方法设置一些开关和跳线以重新配置这些设备,有时还必须打开机箱盖,而且在设置完毕后,用户必须重新启动计算机,才能使这些新的配置生效。不论对外设的开发者还是使用者来说,这个过程都相当繁琐。

为了克服老式接口的上述缺陷,PC 机制造商和用户迫切需要一种新型的外设连接方式。这时 USB 应运而生,它是一种快速、双向、同步、廉价,并支持热插拔功能的串

行接口。它支持多个外设的连接,一台 PC 机(含一个 USB 主控制器时)可以连接多达 126 个 USB 外设;而且所有外设上行接口的规格都是相同的,用户可以简单方便地将其连入 PC 机。USB 的即插即用(Plug and Play)和热插拔功能,使得用户可以在不断电的情况下直接将 USB 外设连接到 PC 机上,并马上被操作系统所识别。所以,USB 为外设的连接提供了一个很好的解决方案。表 1.1 把 USB 和其他常用计算机接口进行了比较。

表 1.1 常用计算机接口的性能对比(典型值)

接口类型	数据格式	传输速率/(b/s)	最大设备数/个	电缆长度/m	是否支持热插拔
USB	串行	1.5M、12M、480M	126	3.5 ^①	是
RS232	串行	20k	2	15~30	否
RS485	串行	10M	32	1200	否
IEEE-1394	串行	400M、3.2G	63	4.5	是
以太网	串行	10M、100M、1G	1024	500	否
并行端口	并行	8M	2 或 8	3~9	否
ISA	并行	128M	—	—	否
EISA	并行	266M	—	—	否
PCI	并行	1056M、2112M	—	—	否
AGP	并行	≥2112M	—	—	否
注:① USB1.0 规定低速 USB 电缆最长为 3m,全速 USB 电缆最长为 5m。USB1.1 和 USB2.0 对电缆长度无要求。					

1.1.2 USB 的特点

USB 从传统 I/O 模式的桎梏中解放出来,开辟了一条外设与 PC 机连接的新方法。与其他老式 PC 机接口相比,USB 具有如下优点:

(1) 热插拔。用户可以把 USB 外设连接到一台正在运行的 PC 机上,操作系统能自动识别,并且用户可以立刻使用,而不需要重新启动 PC 机。用户也可以在任何时候断开 USB 外设,而不管计算机是否正在运行,这都不会损坏 PC 机和外设。

(2) 即插即用。USB 实现了自动配置,它不需要用户手工配置 I/O 地址和中断请求(IRQ)。当 USB 外设接入 PC 机时,操作系统会自动检测到这个连接,并加载合适的驱动程序。对用户来说,只需稍稍等几秒钟,USB 外设的安装就完成了。如果是外设的第一次连接,操作系统可能会需要用户为其选择合适的设备驱动程序,除此之外,所有的安装都是自动的。

(3) 共享式接口。USB 端口支持多个外设的连接,采用“菊花瓣”式的连接方式。通过 USB 集线器,一个 USB 主控制器上最多可以连接 126 个外设。

(4) 接口体积小巧。和其他老式 PC 机接口相比,USB 接口小且薄,更适合于外设体积的小型化。图 1.1 是 USB 接口、RS232 接口和并行接口体积的对比图。

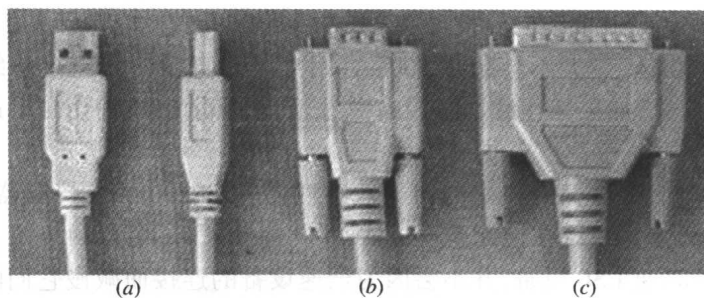


图 1.1 USB 接口和 RS232 接口体积的对比

(a) USB 接口; (b) RS232 接口; (c) 并行接口。

(5) 节省系统资源。在 USB 系统中,只有 USB 主控制器需要使用一根 IRQ 线和一些 I/O 地址空间。对 USB 外设来说,它需要的仅仅是 USB 系统为其分配一个惟一的地址,而这个地址只有 USB 子系统知道。

(6) 灵活。USB 支持三种类型的传输速率:1.5Mb/s 的低速传输、12Mb/s 的全速传输和 480Mb/s 的高速传输;4 种传输类型:块传输、同步传输、中断传输和控制传输,这使其能适应多种外设的需要。表 1.2 列出了 USB 的应用范围及特性。

表 1.2 USB 的应用范围和特性

速 度	应 用	特 性
低速(LS): ·交互设备 ·10kb/s ~ 100kb/s	键盘、鼠标、 输入笔、 游戏外设、 虚拟现实外设	价格低廉、 易于使用、 热插拔、 可支持多种外设
全速(FS): ·电话、音频信号 ·500kb/s ~ 10Mb/s	ISDN、 PBX、 POTS、 音频	价格低廉、 易于使用、 热插拔、 可支持多种外设、 保证带宽、 保证时延
高速(HS): ·视频、磁盘 ·25Mb/s ~ 400Mb/s	视频、 磁盘	价格低廉、 易于使用、 热插拔、 可支持多种外设、 保证带宽、 保证时延、 高带宽

(7) 低成本。USB 能实现强大的功能,它比以前的接口更加复杂。但是,它的组件和电缆并不贵,带有 USB 接口的外设和具有同样功能的老接口外设相比,所需费用差不多,有时会更少一些。

(8) 性能可靠。USB 系统通过硬件设计和数据传输协议两方面来保证其传输的可靠性。USB 发送器、接收器和电缆的硬件规范消除了大多数可能引起数据错误的噪声。在 USB 协议中包含了数据错误的检测机制,用来确保数据准确无误地发送和接收。

(9) 提供电源。USB 电缆向外设提供了一根 +5V 的电源线,电流的大小取决于集线器端口,最小为 100mA,最大不会超过 500mA,用户可以直接使用这个总线电源。另外,USB 支持低功耗模式,如果其连续 3ms 没有总线活动的话,USB 就会自动进入挂起状态,以节省电能消耗。

(10) 兼容性。USB 规范有良好的向下兼容性,如 USB2.0 的主控制器就能很好地兼容 USB1.1 的产品,操作系统在检测到全速 USB 设备接入时,会自动按照 12Mb/s 的速率进行传输,而其他高速 USB 设备,并不会因为全速设备的连接而减慢它们的传输速率,它们仍可继续使用 480Mb/s 的速率进行传输。

当然,USB 还不能完成一切,其 480Mb/s 的传输速率还不是很,仅为 IEEE-1394 3.2Gb/s 传输速率的六分之一,这使其只适用于连接低速和中速的外设,如键盘、打印机、视频等。同时,USB 还有许多不尽人意之处,如缺少对老硬件设备的支持,连接距离有限,协议太复杂等等。

虽然 USB 存在着一些缺点,但其突出的优点使之得到了广泛的应用。随着操作系统、硬件厂商对 USB 的进一步支持,其缺点会慢慢消失的。

1.1.3 USB 的发展历史及前景展望

1994 年 11 月 11 日,USB 总线规范 0.7 版问世,标志着 USB 的正式诞生,但这时它还不够完善,当然用户也很少,直到 1996 年 1 月 15 日 USB1.0 版本发布后,USB 技术才相对成熟,但 windows95 的 OSR 2.1 版本公布后,它才首次在 PC 机上使用,而且 USB 接口的外设也很少。可是 1998 年 6 月 windows98 和同年 9 月 USB1.1 版发布后,情况就不同了,USB 开始变成一个流行的接口,市场上出现了大量的 USB 外设,但其传输速率仅限于 12Mb/s。2000 年 4 月 27 日,USB2.0 版发布,其传输速率提高到 480Mb/s,这使其能应用于更广泛的场合,一时之间,USB 红遍全球。

USB 自 1994 年提出,到现在盛行,已经历了 8 年多的发展,早期的 USB 很不受重视,其原因主要有以下几点:

(1) PC 机主板的支持不够。早期的 PC 机主板,主要以 AT 结构为主,USB 接口在许多主板上都是一种选配的功能,大多数制造商为了节省成本,而在其主板上省去了 USB 接口。而且,在主板的 BIOS 固件方面也缺乏支持,当时有很多主板只是提供了 USB 接口,但其 BIOS 并没有真正支持 USB。

这种情形一直到 ATX 结构的主板诞生后才有所改观。不过一开始 ATX 主板在支持 USB 方面做的也不是很好,因为一般 ATX 主板外部接口都设计成一层的高度,其所能使用的接口空间都被老式的串行接口和并行接口所占用。所以当时要使用 USB 接口,还需使用 USB 转接卡才能够实现。后来 ATX 主板被设计为两层,USB 接口才有了立足之地。

(2) 操作系统的支持不够。微软在 Windows95 OSR 2.1 版才开始支持 USB,但仅限于极少数 USB 设备,如最基本的 USB 键盘和鼠标等。直到 Windows98 推出后,才全面支持 USB,随后的 Windows Me 和 Windows2000 增加了对 USB 设备类的支持,但 USB 版本仍是 1.1。对于使用 USB2.0 的外设,这些操作系统虽能识别出来,也能使其工作,但并不能充分发挥外设的性能优势,系统会提示说该 USB 设备需要优化,只有通过安装特定的 USB 驱动程序,这个问题才能够得到解决。现在微软公司只有 Windows XP 的 Service Pack1 版