



USB 2.0

原理与工程开发

(第2版)

李英伟 王成儒 练秋生 胡正平 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

USB2.0 原理与工程开发

(第2版)

李英伟 王成儒 练秋生 胡正平 编著

国防工业出版社

·北京·

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。本书首先全面介绍了 USB2.0 总线规范,它是 USB 系统设计的基础;之后详细阐述了 USB 设备驱动程序的开发,解决了 PC 机如何与 USB 设备进行通信的问题;最后具体讲述了 7 个 USB 设备实例的硬件电路设计和软件编程方法,这些实例涉及 USB2.0 规范中的 3 种传输速率(低速、全速、高速)和 4 种传输方式(控制、中断、块、同步)。

本书共 20 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 接口数字示波器、USB2.0 接口频谱分析仪、USB2.0 接口逻辑分析仪、USB2.0 接口数据采集卡。

本书内容新颖、举例丰富、实用性强,可供从事 USB 开发与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

USB2.0 原理与工程开发 / 李英伟等编著. —2 版.
北京:国防工业出版社, 2007.1
ISBN 7-118-04851-8

I. U... II. 李... III. 电子计算机—接口
IV. TP334

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 132433 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)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 30½ 字数 700 千字
2007 年 1 月第 2 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 52.00 元(含光盘)

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422
发行传真:(010)68411535

发行邮购:(010)68414474
发行业务:(010)68472764

前 言

USB(Universal Serial Bus,通用串行总线)是外围设备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、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)、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。也就是说,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 机都完全支持 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。

本书共 20 章,内容可分为三大部分。第一部分包含第 1 章~第 8 章,详细讲述了 USB2.0 总线规范。其中,第 1 章概述了 USB 产生背景及其系统的开发过程;第 2 章介绍了 USB 系统组成结构;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 4 种 USB 传输类型及其差错控制机制;第 6 章介绍了 USB 设备中的逻辑设备模块;第 7 章介绍了 USB 主机的组成及其各部分功能;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。

第二部分包含第 9 章~第 12 章,详细讲述了 USB 设备驱动程序的开发。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++ 开发环境的设置。

第三部分包含第 13 章~第 20 章,详细讲述了 7 个 USB 设备开发实例。其中,第 13 章介绍了三种常用 USB 接口芯片:CY7C63001A、AN2131QC 和 CY7C68013;第 14 章介绍了 USB 接口温度控制器,它具有实时显示外界环境温度、高温低温自动报警等功能;第 15 章介绍了 RS232-USB 转换器,它可把 RS232 串口转换成 USB 接口从而与 PC 机进行数

据传输;第16章介绍了USB接口波形发生器,其使用直接数字频率合成(DDFS)技术,实时将USB接收到的数据转换成各种频率的波形输出;第17章介绍了USB接口数字示波器,其可实时对1路模拟信号进行连续采集,输入信号幅度范围是 $-10\text{V} \sim +10\text{V}$,AD转换位数为12位,最高采样频率为 65536Hz ;第18章介绍了USB2.0接口频谱分析仪,其可同时对2路模拟信号进行频谱分析,单次分析点数为512点,输入信号幅度范围是 $0\text{V} \sim +3.3\text{V}$,AD转换位数为12位,最高采样频率为 500kHz ;第19章介绍了USB2.0接口逻辑分析仪,其可同时对8路信号进行逻辑分析,输入信号幅度范围是 $0\text{V} \sim +5\text{V}$,触发电平调节步进值为 20mV ,最高采样频率为 10MHz ;第20章介绍了USB2.0接口数据采集卡,其可对8路模拟信号进行不间断采集,输入信号幅度范围是 $-5\text{V} \sim +5\text{V}$ 或 $0\text{V} \sim +5\text{V}$,AD转换位数为12位,最高采样频率为 1MHz 。

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Win32应用程序,这些程序均经过Windows 98、Windows 2000和Windows XP操作系统测试。另外,我们还提供本书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。

本书第1版于2004年1月出版,且被台湾金华科技图书股份有限公司购得版权。第1版由王成儒和李英伟两位老师编写,其中第1章~第12章由李英伟执笔,其余各章均由王成儒执笔。本书的修订工作由李英伟、王成儒、练秋生、胡正平四位老师共同完成,于莉娜老师绘制了本书所有的插图。本书由燕山大学孔令富教授审阅,孔教授提出许多宝贵修改意见,这里谨致以衷心谢意。本书第1版的许多读者在使用过程中提出的宝贵建议,对完成本书也有极大的帮助,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自公司所有,书中仅仅是引用其名称。

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

2006年7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	5
1.2.2 USB 设备	6
1.2.3 USB 的连接	7
1.3 USB 接口芯片	10
1.3.1 USB 主控制器芯片	10
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	13
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	17
2.1 USB 系统的结构	17
2.1.1 USB 主机	17
2.1.2 USB 设备	20
2.2 USB 系统的分层	23
2.2.1 功能层	23
2.2.2 USB 设备层	24
2.2.3 USB 总线接口层	25
2.3 USB 通信流	27
2.3.1 USB 传输管理	27
2.3.2 传输中的事务处理	27
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	35
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)	47
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	55
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	62
5.2	传输类型	65
5.2.1	块传输	66
5.2.2	中断传输	73
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
6.1.1 连接状态	97
6.1.2 上电状态	97
6.1.3 缺省状态	98
6.1.4 地址状态	98
6.1.5 配置状态	98
6.1.6 挂起状态	98
6.2 总线列举	99
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 其它速率配置描述符 (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	131
8.3	HID 设备类	132
8.3.1	HID 概述	132
8.3.2	HID 设备类描述符	134
8.3.3	HID 设备类请求	141
第9章	USB 设备驱动程序开发基础	144
9.1	WDM 概述	144
9.2	WDM 驱动程序的分层	145
9.2.1	驱动程序的种类	145
9.2.2	驱动程序的分层	145
9.2.3	USB 驱动程序栈	147
9.2.4	设备对象和设备栈	149
9.2.5	USB 设备栈	150
9.3	WDM 内核模式对象	152
9.3.1	I/O 请求包 (IRP)	152
9.3.2	驱动程序对象	156
9.3.3	设备对象	157
9.3.4	设备扩展	159
9.4	WDM 驱动程序的组成	159
9.4.1	驱动程序入口例程 (DriverEntry)	160
9.4.2	即插即用例程	160
9.4.3	分发例程	164
9.4.4	电源管理例程	165

9.4.5 卸载例程	168
第 10 章 USB 设备即插即用的实现	169
10.1 即插即用体系结构	169
10.2 即插即用设备状态	171
10.3 启动设备	172
10.3.1 功能驱动程序启动设备	172
10.3.2 过滤驱动程序启动设备	173
10.3.3 总线驱动程序启动设备	173
10.3.4 USB 设备的添加和启动	174
10.4 停止设备	179
10.4.1 停止设备的处理过程	179
10.4.2 处理 IRP_MN_STOP_DEVICE IRP	180
10.5 删除设备	181
10.5.1 删除设备的处理过程	181
10.5.2 处理 IRP_MN_REMOVE_DEVICE IRP	183
10.6 PnP IRP 及其处理规则	185
10.6.1 PnP IRP	185
10.6.2 PnP IRP 的处理规则	186
10.6.3 沿设备栈向下传递 PnP IRP	187
10.6.4 推迟 PnP IRP 的处理直至其下层驱动程序处理完毕	188
第 11 章 USB 设备驱动程序编程接口	192
11.1 USBDI 概述	192
11.1.1 USBDI 的定义	192
11.1.2 USBDI 的通信管理	193
11.2 URB	194
11.2.1 URB 的结构	194
11.2.2 _URB_HEADER 的结构	195
11.3 USBDI 接口函数	198
11.4 USB 设备的配置	200
11.4.1 读取 USB 描述符	201
11.4.2 为 USB 设备选择一个配置	204
11.5 USB 设备的数据传输	206
11.5.1 USB 块传输和中断传输	207
11.5.2 USB 同步传输	207
11.5.3 USB 控制传输	208
第 12 章 USB 设备驱动程序开发环境	210
12.1 系统环境设置	210
12.2 BUILD 工具	212
12.2.1 环境变量	213

12.2.2	sources 文件	213
12.2.3	dirs 文件	215
12.2.4	makefile 文件	216
12.2.5	构造日志文件	216
12.2.6	BUILD 工具的调用	216
12.2.7	NMAKE 工具	217
12.3	Visual C++ 开发环境设置	218
12.3.1	Makefile 项目	218
12.3.2	DrvBuild.bat 批处理文件	221
12.3.3	注意事项	222
12.3.4	USB 设备驱动程序开发框架	223
12.4	USB 设备驱动程序的安装	223
12.4.1	安装过程	224
12.4.2	INF 文件	228
第 13 章	三种常用 USB 接口芯片	240
13.1	CY7C630/1xxA	240
13.1.1	芯片结构	240
13.1.2	存储器	241
13.1.3	复位	243
13.1.4	通用 I/O 端口 (GPIO)	244
13.1.5	中断	245
13.1.6	USB 引擎	247
13.1.7	CY7C63001A 的编程	250
13.1.8	CY7C63001A 的开发者工具包	253
13.1.9	CY7C63001A 的 EPROM 编程器	256
13.2	EZ-USB	257
13.2.1	芯片结构	257
13.2.2	增强型 8051CPU	260
13.2.3	存储空间	262
13.2.4	I/O 系统	264
13.2.5	列举和重列举	266
13.2.6	USB 中断	270
13.3	EZ-USB FX2	273
13.3.1	芯片结构	273
13.3.2	增强型 8051CPU	276
13.3.3	存储空间	279
13.3.4	I/O 系统	281
13.3.5	列举和重列举	284
第 14 章	USB 接口温度控制器	288

14.1	系统概述	288
14.2	系统硬件设计	289
14.2.1	USB 接口电路	290
14.2.2	功能单元电路	290
14.3	芯片固件程序	290
14.3.1	63001. inc	290
14.3.2	DS1620. inc	291
14.3.3	USB. asm	292
14.3.4	DS1620. asm	305
14.4	设备驱动程序	306
14.4.1	通用结构定义	306
14.4.2	DriverEntry 例程	308
14.4.3	AddDevice 例程	308
14.4.4	IRP_MJ_PNP 处理例程	310
14.4.5	分发例程	321
14.4.6	电源管理例程	325
14.4.7	卸载例程	327
14.5	Win32 应用程序	327
14.5.1	Module1 模块	328
14.5.2	Form1 窗体	331
第 15 章	RS232 - USB 转换器	335
15.1	系统概述	335
15.2	系统硬件设计	336
15.2.1	USB 接口电路	337
15.2.2	功能单元电路	337
15.3	芯片固件程序	337
15.3.1	Ram. inc	338
15.3.2	Hiduart. asm	339
15.3.3	Usbcode. asm	343
15.4	Win32 应用程序	350
15.4.1	连接按钮	351
15.4.2	接收线程	353
15.4.3	发送按钮	354
15.4.4	组合框	355
15.4.5	断开按钮	356
第 16 章	USB 接口波形发生器	357
16.1	系统概述	357
16.2	系统硬件设计	358
16.2.1	USB 接口单元	360

16.2.2	DDFS 控制单元	360
16.2.3	波形输出单元	360
16.3	芯片固件程序	361
16.3.1	testregs. h 和 testregs. inc	361
16.3.2	testheader. h	362
16.3.3	dscrptr. a51	362
16.3.4	delayms. a51	363
16.3.5	jmp table. a51	363
16.3.6	main. c	364
16.3.7	function. c	369
16.4	设备驱动程序	371
16.4.1	loaderwave. sys	372
16.4.2	usbwave. sys	377
16.5	Win32 应用程序	382
16.5.1	波形选择组按钮	383
16.5.2	输出控制组按钮	385
16.5.3	USB 组按钮	387
第 17 章	USB 接口数字示波器	388
17.1	系统概述	388
17.2	系统硬件设计	389
17.2.1	数据采集单元	391
17.2.2	控制信号产生单元	391
17.2.3	USB 接口单元	391
17.3	芯片固件程序	392
17.3.1	dscrptr. a51	392
17.3.2	main. c	392
17.3.3	function. c	393
17.4	设备驱动程序	396
17.4.1	loadergraph. sys	396
17.4.2	usbgraph. sys	396
17.5	Win32 应用程序	398
17.5.1	采集控制组按钮	399
17.5.2	开关量输出组按钮	401
17.5.3	USB 组按钮	402
第 18 章	USB2.0 接口频谱分析仪	404
18.1	系统概述	404
18.2	系统硬件设计	405
18.2.1	信号预处理单元	407
18.2.2	AD 采集 &FFT 运算单元	407

18.2.3	USB 接口单元	407
18.3	芯片固件程序	408
18.3.1	testregs. h 和 testregs. inc	408
18.3.2	testheader. h	409
18.3.3	testdly. h	409
18.3.4	dscrptr. a51	410
18.3.5	delays. a51	411
18.3.6	jmptable. a51	412
18.3.7	main. c	413
18.3.8	function. c	417
18.4	设备驱动程序	419
18.4.1	loaderfft. sys	419
18.4.2	usbfft. sys	420
18.5	Win32 应用程序	421
18.5.1	分析控制组按钮	422
18.5.2	USB 组按钮	425
第 19 章	USB2.0 接口逻辑分析仪	428
19.1	系统概述	428
19.2	系统硬件设计	429
19.2.1	电压比较单元	431
19.2.2	控制信号产生单元	431
19.2.3	USB 接口单元	431
19.3	芯片固件程序	432
19.3.1	function. c	432
19.3.2	gpif. c	434
19.4	设备驱动程序	436
19.4.1	loaderlogic. sys	436
19.4.2	usblogic. sys	437
19.5	Win32 应用程序	438
19.5.1	分析控制组按钮	439
19.5.2	USB 组按钮	440
第 20 章	USB2.0 接口数据采集卡	442
20.1	系统概述	442
20.2	系统硬件设计	443
20.2.1	数据采集单元	445
20.2.2	控制信号产生单元	445
20.2.3	USB 接口单元	445
20.3	芯片固件程序	446
20.3.1	function. c	446

20.3.2	gpif. c	449
20.4	设备驱动程序	450
20.4.1	loadersample. sys	450
20.4.2	usbsample. sys	451
20.5	Win32 应用程序	452
20.5.1	采集控制组按钮	453
20.5.2	USB 组按钮	455
附录 A	CY7C63001A 寄存器	457
附录 B	EZ - USB 寄存器	458
附录 C	EZ - USB FX2 寄存器	463
附录 D	关于光盘	472

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 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,其目的是使用 USB 来取代 PC 机现有的各种外围接口,使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。另外,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诸多问题。这时用户需要采用手工的方法来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,这个过程都是相当繁琐的。

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。表 1.1 把 USB 和其它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

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,与其它老式 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,并且用户立刻就可以使用,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。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。和其它老式 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。

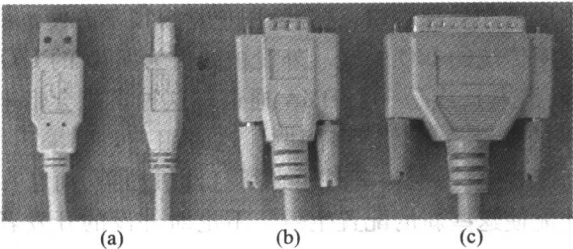


图 1.1 USB 接口和 RS232 接口体积的对比
(a) USB 接口; (b) RS232 接口; (c) 并行接口。