

硬件接口开发系列

USB 外围设备 设计与应用



USB 週邊裝置設計與應用

CY7C63 系列

许永和 编著
健莲科技 改编

268

TP 334

X79

硬件接口开发系列

USB 外围设备 设计与应用

USB 
USB 週邊裝置設計與應用
CY7C63 系列

许永和 编著
健莲科技 改编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书的内容包括了 USB 的基本结构、指令、传输格式等相关的知识, 以及基本的输入/输出接口实验。其中, 包含了 LED、指拨开关、键盘扫描、七段显示器以及 ADC 与 RS-232 系列。

本书全一册, 共 13 章, 依据理论与应用性的考虑, 编排了 4 个学习的阶段, 本书适用于相关的计算机专业人员参考使用, 也可以作为一般技职院校微电脑控制实习的相关教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

USB 外围设备设计与应用/许永和编著;
健莲科技改编. —北京: 中国电力出版社, 2002.6
ISBN 7-5083-1064-0

I.U... II.①许...②健... III.电子计算机, 外部设备—
设计 IV.TP334

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 032898 号

北京版权局著作权登记号 图字 01-2001-5071

本书中文简体字版由台湾全华科技图书股份有限公司独家授权出版。

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.infopower.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2002 年 7 月第一版 2002 年 7 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 19.5 印张 429 千字

定价 28.00 元

版 权 所 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

引用商标说明

CYPRESS 为新加坡商柏士半导体股份有限公司的注册商标

IBM PC、PC/AT 为 International Business Machines 公司的注册商标

MS-DOS、Windows3.1、Windows95、Windows98 为 Microsoft 公司的注册商标

除了上述注册商标外，本书所提到的电脑软件、网站及其他相关产品或文件，其商标及著作权分属各公司或个人所有，本书引用纯属介绍之用。绝无任何侵害之意。



Date: May 4, 2000

Dear Reader,

The purpose of this letter is to give **Dr. Y. H Sheu** full permission, free of any charges, to translate into Traditional Chinese characters and/or re-produce technical information pertaining to Cypress Semiconductor's USB microcontroller products and/or associated development tools, provided that all materials obtained from Cypress Semiconductor are clearly marked as such in the final publication - (**Book Title: USB Peripherals Design and Application - Using CY7C63xxx series product**).

It should be noted that Cypress Semiconductor does not accept any responsibility for errors or omissions in the materials provided. The materials are provided as is without any further liability.

Cypress Semiconductor is very pleased to be a part of your program and we look forward to co-operating again on future projects.

Best Regards,

Judy DeBoer

IPD Business Development
Cypress Semiconductor

19825 141st Place NE
Woodinville, WA 98072
(425) 398-3400

自序

PREFACE

在 USB (Universal Serial Bus) 通用串行总线逐渐被重视的今日, 以及在相关的书籍与杂志不断地介绍之下, 也不免让人好奇地想深入了解与探索。当然, USB 能逐渐成为 PC 的标准配备, 一定有其迷人或优点之处。但由于 USB 的规格或是较新的信息, 几乎都是艰涩难懂的原文, 或是纯理论的书籍。若要再进一步应用 USB 的话, 确实不知如何下手, 更别说进行设计或发展 PC 的 USB 外围设备了。

若要深入了解并设计出 USB 的外围设备, 不得不使用到内含 USB 接口的微控制器或是专用的接口控制芯片 (例如 PDIUSB D11, Philips)。当然, 若能在一般常用的 8051 系列或 PIC 系列中内建 USB 接口的话, 那是再好不过了, 可以免除学习新微处理器的困扰以及缩短开发的时间。另一种, 只好选择 USB 专用的微处理器。但以低价位、商品化的产品来看, 前者似乎尚未成熟, 且不符合实际所需。因此, 只好朝向第二种专用的微控制器来开发。

综观目前 USB 专用的微控制器种类甚多, 功能也截然殊异。其中以 Cypress 公司所推出的一系列的 USB 专用微控制器最为齐全, 且已售出了一千万件以上。因此, 它的稳定性与功能极佳, 再加上针对不同外围设备所推出的各类型的微控制器, 从最简单的 USB 鼠标或摇杆设备的 CY7C630/1XX 系列, 到含有 Hub 的 CY7C65/6XX 系列, 可以完全满足使用者在不同的应用设备的设计。

这一系列的专用微控制器中, 除了具备精简指令的结构外, 也提供了特殊的逻辑电路, 以便支持 USB 所需的输入/输出功能。当然, 最重要的是其内含 USB 串行接口引擎 (SIE), 能够符合 USB 规格 1.1 的通信协议。

话说回来, 若为了设计某一种外围设备, 再另外去学习新的微处理器的话, 实有因噎废食之嫌。但幸好的是, 这一系列的微处理器, 仅具有 35 个精简指令, 也提供了开发研究用的 EPROM 版本的芯片, 在学习的过程中, 不至过于困难。

本书的内容包括了 USB 的基本结构、指令、传输格式等相关知识, 以及基本的输入/输出接口实验。其中, 包含 LED、指拨开关、键盘扫描、七段显示器以及 ADC 与 RS-232 系列, 希望读者能结合理论与实践, 建立 USB 接口的 I/O 基本概念, 进而设计出 USB 的 PC 外围装置。

本书全一册共 13 章, 依据理论与应用的考虑, 编排了 4 个学习的阶段, 除了适用计算机专业人员的参考之用外, 也可用于一般技职院校微电脑控制学习的学生课程。

承蒙电子系卫祖赏主任与曾清标老师的鼓励与指导, Cypress 台湾分公司谢明忠经理的

大力协助，华亨企业公司陈顺隆先生的支持，许仕桦、邱世璋同学的帮忙，本书才得以顺利完成。此外，还有全华图书公司的支持以及郭家铭先生的协助，在此致以最大的谢意。

本书虽力求实用性与完美，但笔者才疏学浅，谬误难免，希望学者专家不吝指正赐教。

作者于台南

yhsheu@ksitcc.ksit.edu.tw

编辑部序

EDITORIAL PREFACE

“系统编辑”是我们的编辑方针，我们所提供给您绝不只是一本书，而是关于这门学问的所有知识，它们由浅入深，循序渐进。

诚如作者序中所言，功能强大的 USB 规格已逐渐成为 PC 的众多标准之一，钻研计算机科技的种种发展，都离不开 USB 的相关知识。本书内含完整的 USB 概念，并以用户接触最多的 Cypress CY7C63 系列作为探讨主题，作者克服了中文专业书难寻的困境，除提供最新的实用信息外，更细心规划了四个学习阶段：一、USB 各种规格及传输模式；二、Cypress 各系列 USB 专用微控制器；三、鼠标与键盘等人工接口装置的原理；四、实际设计一个 USB 输入/输出实习板。通过深入浅出的行文方式，让读者能循序渐进地阅读，从而快速进入 USB 的“外围世界”。本书适用于技职院校“微电脑接口实习”等相关课程的教材，适合计算机专业人员及有兴趣者研读参考。

同时，为了使您能有系统且循序渐进地研究相关方面的丛书，我们以流程图方式列出了各有关图书的阅读顺序，以减少您研究此门学问的摸索时间，并能对这门学问有完整的知识体系。若您在这方面有任何问题，欢迎来函联系，我们将竭诚为您服务。

目 录

自序 PREFACE

编辑部序 EDITORIAL PREFACE

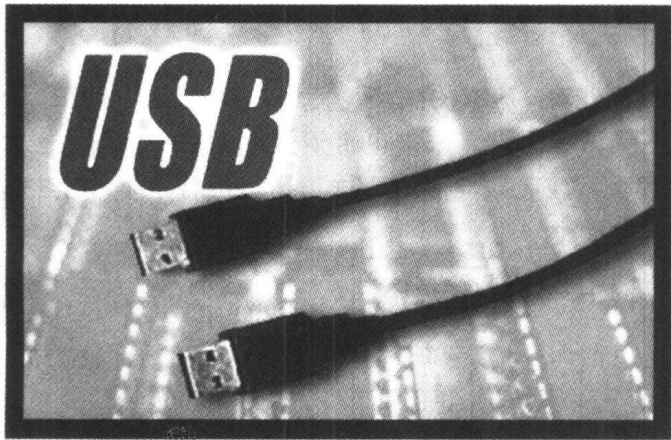
第 1 章 序论-USB 的基本结构与特征	1
第 2 章 USB 基本结构与特性	7
2-1 USB 协议总览.....	7
2-2 USB 的总线结构.....	8
2-3 USB 数据流的模式与管线的概念	9
2-4 USB 的传输类型.....	10
2-5 USB 的连接头与缆线.....	12
2-5-1 USB 接口的电气特性.....	14
2-5-2 USB 的电源管理	15
2-6 USB 的编码方式.....	16
2-7 USB 接口的通信协议.....	17
2-7-1 数据域位的格式	17
2-7-2 封包格式	19
2-7-3 数据交易格式	21
2-7-4 输出要求封包 (IRP)	24
2-8 USB 描述符	24
2-9 USB 的标准设备要求.....	30
2-10 USB 接口的重置、暂停、恢复与远程唤醒	32
2-11 USB 主机.....	33
2-12 设备类	35
2-13 结论	36
第 3 章 Cypress-USB 微控制器	37
3-1 主要特性与功能	39
3-2 CY7C63411/12/13 与 CY7C63511/12/13	41
3-3 CY7C63612 与 CY7C63613	44
3-4 CY7C64011/12/13~CY7C64111/12/13	45
3-5 CY7C64213 与 CY7C64313	47

3-6	CY7C65013 与 CY7C65113	49
3-7	CY7C660XX~CY7C661XX.....	51
3-8	结论	53
第 4 章	USB 微控制器的硬件与结构.....	56
4-1	I/O 端口	58
4-2	内存的规划	62
4-2-1	程序内存的规划	62
4-2-2	保密用的保险丝位.....	63
4-2-3	数据存储器的规划.....	63
4-3	重置	64
4-3-1	打开电源重置 (POR)	66
4-3-2	重置 (WDR)	66
4-3-3	USB 总线重置.....	66
4-4	内建的定时器	67
4-5	立即唤醒的功能 (在暂停模式下)	67
4-6	中断	68
4-6-1	中断的迟滞时间	70
4-6-2	GPIO 中断	70
4-6-3	USB 中断.....	72
4-6-4	定时器中断	72
4-6-5	唤醒中断	72
4-7	USB 引擎	72
4-7-1	USB 设备列举的过程.....	73
4-7-2	端点 0	74
4-7-3	端点 1	77
4-7-4	USB 状态与控制	78
4-8	结论	79
第 5 章	CYASM 汇编语言.....	80
5-1	如何执行 CYASM?	80
5-2	USB 微处理器.....	81
5-3	地址的空间规划	82
5-3-1	指令的格式.....	83
5-3-2	寻址的模式.....	83
5-3-3	指令执行后的目的地	84
5-4	汇编语言的语法	84

5-5	列表文件的格式	86
5-6	组译器指令	87
5-7	指令集	92
5-8	结论	114
第 6 章	以固件实现 USB 接口通信	119
6-1	固件技术	119
6-1-1	CPU 版本的差异	119
6-1-2	程序内存结构	121
6-2	USB 通信	126
6-3	如何使用 CY7C630/1/2XX 执行端点的通信工作	135
6-4	USB 通信程序（使用 CY7C630/1/2xx）	137
6-5	结论	146
第 7 章	Cypress USB 微控制器的开发系统	147
7-1	如何运用 Cypress USB MCU 工具进行快速、有效的设计	148
7-1-1	最初的概念性设计	148
7-1-2	以仿真器 Simulator/Emulator 来实现	149
7-1-3	以在线仿真器 ICE 来调试	149
7-1-4	最后的验证	149
7-2	USB Starter Kit-CY3640	150
7-2-1	功能与特性	150
7-3	低速 USB Developer's Kit-CY3650	152
7-3-1	USB 的开发环境	152
7-3-2	USB 的开发环境—安装硬件	153
7-3-3	USB 的开发环境—调试/监控软件	155
7-3-4	USB 的开发环境—如何操作	155
7-3-5	扩充接脚的描述	159
7-3-6	自我测试	162
7-4	低速 USB Developer's Kit-CY3651	163
7-4-1	S1 开关的设定	164
7-4-2	J1 连接器与目标芯片	164
7-4-3	自我测试	166
7-4-4	仿真板与 MCU 之间的差异	167
7-5	结论	167
第 8 章	程序的仿真、调试与刻录	168
8-1	基本的系统需求与安装	168

8-2	USB 开发系统软件.....	169
8-2-1	操作软件的结构.....	169
8-2-2	内部程序内存.....	170
8-2-3	内部主菜单栏.....	174
8-3	Cypress USB MCU 的刻录.....	177
第 9 章	USB 微控制器的实践入门.....	179
9-1	读取按钮的输入值.....	179
9-2	键盘扫描.....	180
9-3	调整 LED 亮度与光敏晶体管感度.....	182
9-4	读取电位计的电阻值.....	183
9-5	实现 RS-232 串行通信的接口.....	185
9-5-1	异步通信所传送数据的结构.....	185
9-5-2	执行 RS-232 的通信协议.....	186
9-6	结论.....	201
第 10 章	USB 鼠标.....	202
10-1	鼠标的基本构造.....	202
10-2	硬件设计.....	203
10-3	固件设计.....	206
10-3-1	USB 的接口.....	206
10-3-2	USB 鼠标描述符.....	209
10-3-3	电源管理.....	212
10-3-4	位移的计算.....	214
10-4	结论.....	214
第 11 章	USB 摇杆.....	215
11-1	模拟摇杆的基本结构.....	215
11-2	硬件的设计.....	216
11-3	固件的设计.....	217
11-3-1	USB 摇杆描述符.....	218
11-3-2	校准.....	222
11-3-3	位移偏移量的计算.....	223
11-4	结论.....	223
第 12 章	USB 键盘.....	224
12-1	PS/2 键盘的基本结构.....	224

12-1-1	键盘的开关与扫描矩阵	224
12-1-2	PS/2 控制器.....	225
12-1-3	PS/2 缆线.....	226
12-2	硬件的设计	226
12-3	固件设计	227
12-3-1	USB 键盘的描述符	229
12-4	功能与特性	231
12-4-1	主循环.....	231
12-4-2	扫描的工作	232
12-4-3	弹跳	234
12-4-4	按键码的表格.....	236
12-5	结论	236
第 13 章	USB 输入/输出设备	237
13-1	系统结构	237
13-2	USB 微控制器的固件规划.....	239
13-2-1	INC 包括文件.....	240
13-2-2	主程序.....	243
13-3	载入 WDM 的驱动程序	246
13-4	USB 设备的测试.....	254
13-5	Windows 应用程序的编写	258
13-6	结论	261
第 14 章	USB 输入/输出设备电路模块	262
14-1	主程序	262
14-2	输入-指拨开关.....	271
14-3	输出模块-LED 显示	272
14-4	输入模块-矩阵开关	273
14-5	输出模块-七段显示器	279
14-6	USB \leftrightarrow RS232 数据网桥.....	281
14-7	模拟/数字转换器	284
14-8	结论.....	288
附录	APPENDIX	289



1

序论-USB 的基本结构与特征

本章的内容主要是让读者如何阅读与使用本书，并且明了本书各章节的关联性与结构。并让读者深入浅出地了解 USB 的重要特性与功能，并能活用内含 USB 接口规格的微控制器—CY7C63XXX，进而设计出 USB 的 PC 外围设备。因此，本书依据理论与应用性的考虑，总共编排了四个阶段的章节段落，让读者能快速地进入 USB 的应用领域。

当然，如果原本就对 USB 的结构有基本概念的话，就可跳至第二阶段；同样地，如果在第三阶段中，有了若干的疑问或不解之处，也可再跳回前面的阶段稍加浏览翻阅即可。

下面，将依序介绍各个阶段的重点及内容：

第一阶段：包含第 2 章，主要的内容是介绍 USB 的基本结构、规格，在这个阶段中，我们将 267 页的 USB 1.1 规格中较为重要的部分整理出来，使读者能有初步的概念，以便衔接后面各个阶段的应用。

第二阶段：包含第 3~9 章，主要的内容是介绍 Cypress USB 的微控制器 CY7C63XXX 系列的结构与特性、CYASM 组译器的指令集以及如何以固件来实现 USB 的接口通信，并介绍如何通过各类型的开发工具作模拟、排错以及刻录。最后，以数个应用微控制器的实例，来描述如何使用 Cypress USB 微控制器。

第三阶段：包含第 10~11 章，在这个阶段的主要内容是以一般低速的外围设备如鼠标、键盘以及鼠标摇杆为范例，让读者了解如何运用 Cypress 低速的 USB 微控制器系列，设计出消费性的商品，并提供完全的解决方案。

第四阶段：包含第 13~14 章，最后一个阶段再以一个简单的数据输入/输出的 USB 设

备为范例，综合全部四个阶段的内容，让读者能了解要开发 USB 的 PC 外围设备所应该要了解的各个步骤。

基本上，通过这四个阶段的学习，大致已能对 USB 的结构、特性，以及应用 USB 专用的微控制器来设计一个 PC 外围设备有了大概的了解。未来也希望能将 USB 的运用提升至另一种应用层面，如以 USB 接口为主的数据获取或控制卡，这是另一种有别于 RS-232 串口与 Printer Port 并口的数据输入/输出的 PC 接口。

在我们进入第一阶段 USB 的结构与特性之前，首先对 USB 的许多基本概念作一些概略性的介绍。

你需要了解的 USB!

对于刚接触 USB 的人来说，或许它仅是 PC 机壳后侧多了两个不曾使用的外围端口而已。但随着各类型应用 USB 的产品陆续推出后，就不得不正视它的存在。除了省去在安装一些需要通过适配卡、串口或并口的外围设备所需繁复的驱动程序的设定外(如果遇到 DMA 与 I/O 地址彼此相冲突时，需不断地调整)，它还大大地简化了 PC 机壳后面杂乱的连接缆线与连接端口。

所以，早在 1994 年 11 月时，Intel 公司率先提出这种 USB 构想后，获得了 NEC、IBM、Microsoft、Compag、Northern、Telcom 等各大厂商的支持。但最重要的组织却是于 1995 年 7 月所成立的“USB Implementer's Forum (USB-IF)”，至今还主导各种 USB 外围设备的开发。所以从 1995 年 11 月 13 日制定了 1.0 规格版本后，至今已准备推出 2.0 的版本了。所有相关 USB 的信息，读者都可以从 <http://www.usb.org> 的网址中下载取得。

除了解决上述所提及的缺点外，还具有下列的便利性：

(1) 即插即用 (Plug-and-Play) 的特性，并具有自动检测的功能，所以无须顾虑到系统资源是否有冲突的情形。

(2) 可扩充至 127 个外部设备，足以解决各类型的设备同时连接的困扰。因此，未来的 PC 机壳后侧，可能仅剩下两个 USB 连接端口；顶多加上视频卡、SCSI 卡与网卡 (LAN) 而已。

(3) 热插拔 (Hot Attach & Detch)，也就是外围设备的插入与拔取无需再关闭电源，节省了关机再装设的时间。

(4) 安装简易，无须再拆卸 PC 机壳，使用更为简易。

(5) 高速的 12Mbps 传送速度，已能满足大部分外围设备的传输使用。

如何安装 USB 设备?

在安装 USB 设备之前，必须先确认所使用 Windows 操作系统是否有支持 USB 的设备，基本上，必须要 Win95, Ver.4.00.950b, OSR2.1 以上的版本才支持。但是似乎现在的操作系统都已升级至 Win98 了。如果还是无法确定是否支持 USB，那么可以使用 <http://www.usb.org> 网站所提供的程序-usbready.exe，就可以立即获悉。

如图 1-1 所示，显示了在执行 usbready.exe 后，操作系统具有完全支持 USB 的特性。



图 1-1 操作系统具有完整的 USB 的支持

目前在 USB 专属网站里又提供了两个功能更为强大的测试软件 USBCheck Ver. 3.2 和 HIDVIEW Ver.3.6, 供用户测试。但是这些测试程序必须操作于 Windows 98 第二版的操作系统。不然的话, 会产生一些错误的信息。相同地, 在此也强烈建议读者若要充分且“快乐地”应用 USB, 而不会发生一些无从下手解决的错误的话, 最好是具备这项“标准”的操作系统。我们在最后一个阶段的输入/输出设备, 也同样是操作于 Windows 98 第二版的操作系统下。

倘若已具备了 USB 的支持, 那么我们可以在“控制面板”、“系统”、“设备管理器”中看到通用串行总线控制卡的设备, 而在其中又含有两个项目, 如图 1-2 所示, 分别是:

- (1) Intel 82371 AB /EB PCI to USB Universal Host Controller.
- (2) USB Root Hub – 根集线器。

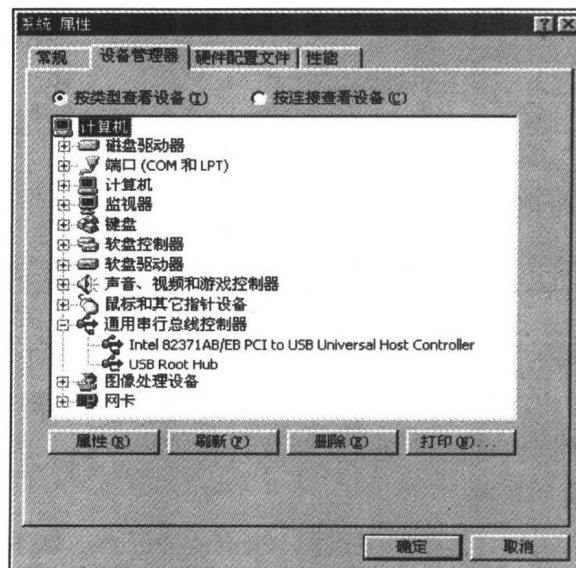


图 1-2 系统所提供的 USB 主机控制器以及根集线器

这两者皆是属于主机硬件的部分。由于所有 USB 的沟通都是由主机来启动的, 所以 USB 主机控制器负责启动 USB 系统上的数据交易 (Transaction)。根集线器则提供连接端口给 USB

设备使用。此外还要再提及的一点就是 USB 的主机控制器的驱动程序接口又可分为下列两种：

- (1) 开放式主机控制器 (Open Host Controller, OHC)。
- (2) 通用式主机控制器 (Universal Host Controller, UHC)。

因此每部 PC 的主机控制器是不太一样的。OHC 则是由 Microsoft、Compaq 以及 National Semiconductor 等大厂所制订的，而 UHC 则是由 Intel 所开发的。虽然使用的方法有一点不同，但是它们却执行相同的功能。读者的台式 PC 大部分应具有 UHC 的主机控制器。至于如何判别是使用何种的主机控制器呢？在第 14 章我们将有进一步的介绍。

当我们将 USB 缆线接到 PC 主机时，就会在计算机屏幕上显示“发现新硬件”的信息，此时，只需将厂商所提供的驱动软件按照一般安装的程序执行即可。但是如果所连接的外围设备属于人工接口设备 (Human Interface Device, HID)，并在 C:\Windows\INF\HIDDEV.INF 内已被定义的话，就无须再使用额外的驱动软件，例如键盘或鼠标等设备，如图 1-3 所示。至于 INF 文件的功能我们另外将在第 14 章中再加以介绍。

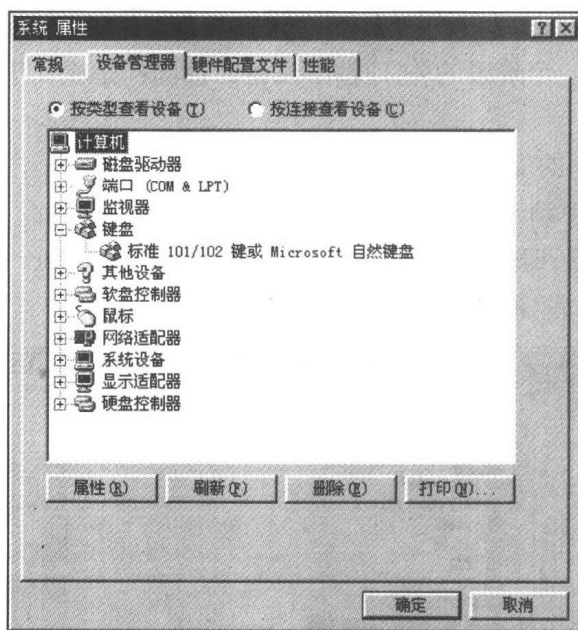


图 1-3 具有人机接口设备的安装结果

若已安装完毕，我们将在“设备管理器”的键盘项目中，发现符合 HID 的 USB 键盘设备。如果还要再安装不同设备的话，也必须执行相同的步骤。在图 1-4 中，显示了多个 USB 设备同时连接至主机的状况。

在上图中的 USB 设备中，包含了集线器、General Purpose USB Hub、USB 复合设备、Solid Year Composite USB Device，以及 USB 网桥 (USB Bridge Cable)。但细心的读者是否已发现，图 1-4 显示了使用不同的 USB 主机控制器，也就是通用式主机控制器 (UHC)。

若一一拔除这些设备，“设备管理器”内就立即删除这个设备。但是如果还要将之前已安装过的设备再一次连接上去的话，就无须重新安装驱动程序了，因为 PC 主机已经“认