

**The Development Technology of
USB Interface**

USB 接口开发技术

胡晓军 张爱成 编著

*Specially Designed
for Engineers and Technicians of Electronics*



西安电子科技大学出版社

<http://www.xduph.com>

XDUP 177200

封面设计 鄢 昭

传播教育信息 共享教育资源

华信教育资源网
www.hxedu.com.cn

欢迎登录 获取优质教学资源



- ▶ 全面介绍USB系统概念和USB 1.1及USB 2.0协议的内容
- ▶ 几个不同公司出品的典型USB接口芯片的功能特点和应用方法
- ▶ 完整的开发实例介绍，包括电路图和程序源代码以及详细的讲解

读者对象

高校电子、计算机和通信专业的本科生及研究生，从事USB技术产品的研发人员和对此技术感兴趣的爱好者。

The Development Technology of USB Interface

ISBN 7-5606-1501-5



9 787560 615011 >

ISBN 7-5606-1501-5/TP · 0797

定价：30.00元

USB 接口开发技术

胡晓军 张爱成 编著

西安电子科技大学出版社

2005

内 容 简 介

本书共 10 章,可分为三个部分。第一部分为第 1~4 章,主要介绍 USB 系统概念和 USB 1.1 协议及 USB 2.0 协议的内容。这部分内容是学习后续内容的基础,其中提出的很多概念后面还要反复涉及。第二部分为第 5~8 章,分别介绍了四种不同公司出品的 USB 接口芯片,它们是 NS、Cypress、TI 和 Philips 公司的代表产品,也是开发中经常用到的芯片,很有实际意义。第三部分包括第 9 章和第 10 章,介绍了一个以 USBN9603 为核心的 USB 通信板,演示 USB 设备的软、硬件开发技术细节。其中,第 9 章介绍了通信板的硬件和软件开发,第 10 章介绍了内容较多且较为独立的 Windows 下的 USB 驱动程序设计。

本书可作为高等院校电子、计算机专业高年级学生学习掌握 USB 接口技术的参考书,同时可供 USB 技术产品的研发人员和对此技术感兴趣的爱好者参考。要全面掌握本书内容,读者必须有一定的数字电路设计和软件编程基础,并对 Windows 操作系统及其驱动程序设计有基础性的了解。

图书在版编目 (CIP) 数据

USB 接口开发技术 / 胡晓军等编著. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2005.5

ISBN 7-5606-1501-5

I. U… II. 胡… III. 电子计算机—接口—程序设计 IV. TP334

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 024793 号

策 划 毛红兵

责任编辑 王 瑛 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社 (西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com> E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2005 年 5 月第 1 版 2005 年 5 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 19.25

字 数 453 千字

印 数 1~4 000 册

定 价 30.00 元

ISBN 7-5606-1501-5 / TP·0797

XDUP 1772001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

前 言

通用串行总线 USB(Universal Serial Bus)是一种新兴的并逐渐取代其他接口标准的数据通信标准。现今基于 USB, 尤其是 USB 2.0 的设备开发非常活跃, 各院校也把它列为计算机接口技术中重要的课程内容。因此, 今后 USB 技术将成为电子工程师必须掌握的一门技术。本书的内容安排比较新颖, 书中以 USB 接口芯片为核心, 涵盖了 USB 协议、接口芯片、开发范例和驱动编程等 USB 开发中会涉及到的知识。从本书的内容安排可知, 虽然 USB 技术涉及的内容较多, 但对于开发者而言, 开发的核心是接口芯片。掌握了这个关键技术就可事半功倍地学习 USB 技术。

本书介绍了几种典型的 USB 接口芯片。它们在本质上是相同的, 因为它们都遵循 USB 协议, 但在具体功能和使用上又有各自的特点, 供读者对比分析。由于 USB 协议比较复杂, 读者可将其同接口芯片结合在一起来学习。同时, 结合自己原有的电子技术基础和本书提供的开发实例, 掌握起来就会更具体、更深刻。

写作这本书的最终目的是为广大读者提供一个更好的学习 USB 接口的参考和辅助资料, 使大家尽快掌握 USB 这门技术。

本书共 10 章, 可分为三个部分。第一部分为第 1~4 章, 主要介绍 USB 系统概念以及 USB 1.1 协议和 USB 2.0 协议的内容。这一部分是全书的基础。第二部分为第 5~8 章, 分别介绍目前最常用的, 由 NS、Cypress、TI 和 Philips 等四大公司出品的 USB 接口芯片, 它们是 USB 接口开发中经常用到的芯片, 很有实际意义。第三部分包括第 9 章和第 10 章, 这一部分以一个 USB 通信板的设计实现为例, 演示了 USB 设备的软、硬件开发技术细节。其中, 第 9 章介绍通信板的硬件和软件开发, 第 10 章专门介绍 Windows 下的 USB 驱动程序设计技术细节。

读者在阅读本书之前应注意以下几点:

(1) USB 1.1 协议是 USB 2.0 协议的基础, USB 2.0 协议是 USB 1.1 协议的扩展, 要掌握 USB 2.0 协议就必须首先理解 USB 1.1 协议。

(2) 读者应具有一定的计算机接口软、硬件基础知识和 Windows 编程的基础, 否则应首先补充相关知识。

(3) 阅读本书时不必完全按照章节顺序。建议初学者先泛读第一部分, 建立基本概念, 然后选择一种接口芯片来学习(最好先学习简单的), 遇到问题再回头参考第一部分。

(4) 第三部分的开发实例是在第 5 章介绍的芯片的基础上展开的，因此需要掌握第 5 章所介绍的 USBN9603 的内容。另外，第 10 章所涉及的驱动程序编程，在本书中不可能介绍得很详细，请参考相关资料。

本书由胡晓军、张爱成编著，参加编写工作的还有宋文峰、邢克飞、韩超、阮坚、王鹏、邓波、高宏伟、刘东、张雄明、潘海龙、张晖、史明宇等。由于作者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请各位专家、读者批评指正，作者将不胜感激。

编 者

2004年10月

欢迎选购西安电子科技大学出版社工程应用类图书

程序员考试辅导	40.00	IEEE-1394 (Fire Wire) 系统原理与应用技术	22.00
网络管理员考试辅导	30.00	IEEE 1394 协议及接口设计	45.00
软件设计师考试辅导	45.00	IC 设计基础	32.00
数据库系统工程师考试辅导	50.00	IP 电话终端设备——原理、电路及应用	22.00
Linux 操作系统结构分析	40.00	Multisim 2001 与电子技术仿真实验	20.00
Power Designer 数据库建模技术	25.00	数字水印技术	20.00
Windows 环境下的设备驱动程序设计	28.00	单片机数据通信技术从入门到精通	27.00
Windows 声音应用程序开发指南	14.00	智能建筑设备自动化技术	20.00
系统安全工程能力成熟度模型		流行单片机实用子程序及应用实例	18.00
(SSE-CMM) 及其应用	18.00	单片机原理及实用技术:	
C/C++语言硬件程序设计		凌阳 16 位单片机原理及应用	30.00
——基于 TM320C5000 系列 DSPs	22.00	PWM 控制与驱动器使用指南及应用电路	
模糊聚类分析及其应用	21.00	——单端控制与驱动器部分	28.00
集成稳压器使用指南与应用电路	35.00	——双端控制与驱动器部分	30.00
新型集成电路使用手册及应用实例	43.50	组态软件设计与开发	28.00
专用集成电路设计基础	29.00	软件质量工程	18.00
电路设计与制版——Protel DXP 实用教程	27.00	便携式电子设备电源管理技术	39.00
在系统可编程技术及其器件原理与应用	26.00	传感器与检测技术	45.00
可编程模拟器件原理开发及应用	20.00	网络对抗原理	42.00
弱电系统综合布线	18.00	天线理论与技术	30.00
综合布线系统方案设计	30.00	通信光缆线路工程与维护	30.00
基于现场总线 Device Net		语音编码	24.00
的智能设备开发指南	22.00	变速率语音编码	34.00
工程电磁兼容性	19.00	MATLAB 基础与编程入门	23.00
无线局域网 (WLAN) ——原理、技术与应用	55.00	MATLAB 外部接口编程	20.00
TCP/IP 协议与网络编程	30.00	MATLAB 辅助模糊系统设计	22.00
网络技术	25.00	Simulink 建模与仿真	24.00
SDH 网络管理系统维护基础	30.00	Simulink 动态系统建模与仿真基础	26.00
FPGA 设计及应用 (含光盘)	30.00	MATLAB 辅助现代工程数学信号处理	24.00
基于 FPGA 的嵌入式系统设计	35.00	MATLAB 应用图象处理	22.00
MPC860/850 嵌入式系统开发入门与指导	33.00	MATLAB 及其在理工课程中的应用指南	
微型计算机嵌入式系统设计	34.00	(第二版)	20.00
USB 接口技术	25.00	MATLAB6.X 图形编程与图像处理	19.00
Verilog HDL 数字系统设计及其应用	25.00	基于 MATLAB6.X 的系统分析与设计	
VHDL 与复杂数字系统设计	29.00	——虚拟实现	22.00
CPLD 技术及应用	25.00	——神经网络 (第二版)	20.00
PC 计算机测控技术及应用	21.00	——时频分析	20.00
PCI 局部总线及其应用	29.00	基于MATLAB的系统分析与设计	
高性能 DSP 与高速实时信号处理 (第二版)	35.00	——小波分析 (第二版)	27.00
DSP 实用技术	30.00	——控制系统	18.50
DSP 接口电路设计与编程	24.00	——图像处理	16.00
DSP 程序开发		——模糊系统	14.00
——MATLAB 调试及直接目标代码生成	37.00	现代通信系统分析与仿真	
		——MATLAB 通信工具箱	28.00

欢迎来函索取本社最新书目和教材介绍, 欢迎投稿!

从邮局或银行汇款邮购者, 汇款单上务必写清收书人姓名、地址、邮编、电话。款到后我社将挂号发书, 加收5元包装邮寄费 (一次购书30元以上者可免收邮费)。

通信地址: 西安市太白南路2号 西安电子科技大学出版社发行部 邮 编: 710071

电 话: (029) 88201467

传 真: (029) 88213675

主 页: <http://www.xduph.com>

E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

目 录

第 1 章 USB 系统结构.....	1
1.1 USB 的概念及性能	1
1.2 USB 系统软、硬件结构	4
1.2.1 USB 系统硬件结构	4
1.2.2 USB 系统软件结构	7
1.2.3 层次对应关系	8
1.3 USB 系统的设备枚举	8
1.3.1 USB 设备的状态	9
1.3.2 USB 设备的枚举过程	11
1.4 USB 接口芯片的分类与选择	13
第 2 章 USB 1.1 协议解析.....	15
2.1 数据协议层	15
2.1.1 位定序和同步字段	15
2.1.2 包中的字段格式	15
2.1.3 循环冗余校验	17
2.1.4 包格式	18
2.1.5 事务格式	21
2.1.6 数据切换同步和重试	26
2.1.7 错误检测和恢复	29
2.2 USB 设备架构	31
2.2.1 通用 USB 设备操作	32
2.2.2 USB 设备请求	34
2.2.3 标准设备请求	35
2.2.4 描述符	41
2.2.5 标准描述符的定义	41
2.3 USB 主机的硬件与软件	46
2.3.1 USB 主机概况	46
2.3.2 主机控制器功能	49
2.3.3 主机软件功能概述	52
2.3.4 主机控制器驱动程序(HCD)	54
2.3.5 USB 驱动程序	55
2.3.6 操作系统环境	61

第 3 章 集线器规范62

3.1 集线器的连接特性62

3.1.1 连接行为62

3.1.2 帧计时器63

3.1.3 内部端口63

3.1.4 下行端口64

3.1.5 上行端口66

3.1.6 转发中继器68

3.2 总线错误检测和恢复70

3.3 电源管理70

3.4 集线器的设备结构和配置71

3.5 集线器描述符72

3.5.1 标准描述符72

3.5.2 类指定描述符73

3.6 集线器的请求74

3.6.1 标准请求74

3.6.2 类指定的请求74

第 4 章 USB 2.0 协议解析.....80

4.1 USB 2.0 系统结构80

4.1.1 总线拓扑结构81

4.1.2 物理连线和电源管理81

4.1.3 系统组件82

4.2 USB 2.0 电气信号特征82

4.2.1 数据编码和数据帧82

4.2.2 高速设备检测83

4.3 USB 2.0 数据传输协议新特点83

4.3.1 新的数据包 PID.....83

4.3.2 SPLIT 事务及 SSPLIT/CSPLIT 令牌包84

4.3.3 数据 PID.....86

4.3.4 PING 事务和 NYET 应答86

4.3.5 ERR 数据包87

4.4 USB 2.0 带宽计算88

4.5 USB 2.0 的主机和集线器90

4.5.1 USB 2.0 的主机90

4.5.2 USB 2.0 的集线器90

4.6 USB 2.0 描述符和请求命令92

4.6.1 设备限定描述符92

4.6.2 其他速度配置描述符92

4.6.3 设备请求码	93
4.6.4 端点描述符	93
第 5 章 经济实用的 USB 设备接口芯片 USBN9603	96
5.1 USBN9603 的性能特点	96
5.2 USBN9603 的内、外结构	97
5.3 USBN9603 的工作状态	100
5.4 USBN9603 的端点操作	100
5.4.1 端点寻址	100
5.4.2 端点结构和内部寄存器	101
5.5 USBN9603 微控制器接口	103
5.5.1 并行地址/数据复用接口	104
5.5.2 并行非地址/数据复用接口	104
5.5.3 MICRWIRE/PLUS 接口	106
5.6 USBN9603 的内部寄存器	107
5.6.1 通用设置寄存器	108
5.6.2 端点 0 相关寄存器	115
5.6.3 接收/发送端点寄存器	117
第 6 章 Cypress 的 FX2 接口芯片	121
6.1 概述	121
6.2 FX2 的性能特点	121
6.3 FX2 的结构	123
6.4 FX2 的封装形式和引脚描述	124
6.4.1 FX2 的封装	124
6.4.2 三种封装形式的可用信号	128
6.4.3 引脚描述	130
6.5 FX2 内部功能总述	142
6.5.1 8051 微处理器	142
6.5.2 FX2 中断系统	147
6.5.3 FX2 存储器地址	149
6.5.4 程序/数据 RAM	150
6.5.5 外部 FIFO 接口	150
6.5.6 通用程序接口(GPIF)	151
6.5.7 自动指针的访问	152
6.5.8 FX2 寄存器	152
第 7 章 带内嵌功能的 4 端口 USB 复合接口芯片 TUSB2140	173
7.1 概述	173

- 7.1.1 特点173
- 7.1.2 引脚定义及其功能174
- 7.1.3 设备编号方式和排序信息177
- 7.2 功能描述177
- 7.3 内部寄存器180
- 7.4 电器特性182
- 7.5 定时特性183
 - 7.5.1 USB 收发器的定时特性183
 - 7.5.2 I2C 总线的定时特性185
 - 7.5.3 远程唤醒定时特性185
- 7.6 TUSB2140 的应用186
 - 7.6.1 电源管理186
 - 7.6.2 程序开发189
- 第 8 章 Philips 公司的 PDIUSB12 外设接口芯片190
 - 8.1 PDIUSB12 的特性190
 - 8.2 PDIUSB12 的结构191
 - 8.2.1 PDIUSB12 的引脚配置191
 - 8.2.2 PDIUSB12 的功能框图192
 - 8.2.3 端点描述195
 - 8.3 PDIUSB12 的功能实现196
 - 8.3.1 命令汇总196
 - 8.3.2 PDIUSB12时序.....205
- 第 9 章 USBN9603 通信板设计209
 - 9.1 USBN9603 通信板硬件电路设计.....209
 - 9.2 USBN9603 通信板软件程序设计.....211
 - 9.2.1 89C51 单片机的 C 语言编程及相关的 USB 定义声明211
 - 9.2.2 通信板描述符的定义212
 - 9.2.3 通信板程序的结构框架215
 - 9.2.4 通信板程序的初始化操作及中断响应215
 - 9.2.5 USB 设备请求的处理及端点 0 的操作217
 - 9.2.6 块传输端点操作222
 - 9.2.7 89C51 程序代码汇总.....225
 - 9.3 USBN9603 通信板 Windows 测试程序设计248
 - 9.3.1 测试程序 API 对设备的调用248
 - 9.3.2 测试程序的运行250

第 10 章 Windows 下的 USB 驱动程序设计.....251

10.1 WDM 驱动程序基础251

10.1.1 WDM 驱动程序的结构框架251

10.1.2 WDM 驱动程序的重要数据结构252

10.1.3 通信板驱动程序的数据通信实现261

10.1.4 即插即用功能的实现263

10.1.5 通信板驱动程序的开发工具265

10.2 USB 驱动程序接口268

10.2.1 USBDI 的定义268

10.2.2 USBDI 定义的各种描述符269

10.2.3 USBDI 内部功能码 IOCTL 及请求块 URB272

10.2.4 URB 的构造和发送275

10.2.5 USBDI 的配置接口选择277

10.2.6 USBDI 的数据读/写281

10.3 通信板驱动程序的源代码总结283

参考文献.....298

第 1 章

USB 系统结构

1.1 USB 的概念及性能

随着计算机的广泛应用, 计算机外设也在不断更新。计算机接口负责计算机内外设备之间的信息交换。由于外设种类很多, 在设计计算机系统时, 就必须预留出尽可能多的 I/O 接口, 这将造成系统成本过高, 外设连接过于繁琐。为了降低成本, 各计算机厂商推出了自己的接口规范, 产生了外设总线的概念, 旨在提高各种外设接口的兼容性, 同时实现外设的自动识别和配置。

USB 是 Universal Serial Bus 的简称, 译为通用串行总线。USB 是一种外设总线, 所不同的是, 它是由 Intel、Compaq、Digital、IBM、Microsoft、NEC 及 Northern Telecom 等几家计算机和通信公司联合制订的, 并成为了行业标准。目前 USB 1.1 标准得到了广泛支持。这种支持体现在从 Windows 操作系统到 USB 接口芯片等一系列软件与硬件产品中。2000 年初, USB 2.0 标准问世, USB 2.0 以 480 Mb/s 的传输速率得到了广泛关注, 在一定程度上代表了计算机接口的发展趋势。

USB 通用串行总线从 USB 0.9 到 USB 2.0 经历了 5 年的时间。目前 USB 外设广为流行, 鼠标、键盘、麦克风、游戏杆、摄像头、数码相机、扫描仪、打印机、外置硬盘甚至显示器等也加入到 USB 的行列。其他基于 USB 接口的开发和应用也非常活跃, 比如数据采集卡、快速存储器和软件加密卡等。

USB 的概念可以分为两种。一种是作为独特的计算机接口, USB 具有其特有的从主机到底层设备的硬件支持及硬件制造规范; 另一种是作为数据传输系统, USB 需要构建自己的通信协议来描述主机系统和 USB 外围设备间的数据传输(具体的通信协议将在第 2 章中介绍)。

作为 USB 设备开发者需要建立这样的概念, 即无论是 USB 的硬件规范还是通信协议, 都是围绕 USB 接口设计的初衷来构建的。USB 的设计初衷概括起来只有一点, 那就是全面提升原有接口的功能和性能, 以适应未来相当长一段时期内计算机及其外设发展的需要。

在此有必要了解一下传统接口所遇到的问题。传统上计算机外设的接口分为串口和并口。串口出现在 1980 年前后, 数据传输率是 115~230 kb/s, 一般用来连接鼠标和外置 Modem。并口传输率比串口快, 标准并口的数据传输率为 1 Mb/s, 一般用来连接打印机、扫描仪等。多年来这两种接口的功能和结构并没有什么变化, 随着计算机硬件和软件的迅

速发展，传统的接口方式越来越不适应计算机的需求。首先，接口不灵活，造成改装极不方便。其次，接口的可扩展性差，原则上每一个外设必须插在一个接口上，如果机器所提供的接口均被占用，那么只能通过添加插卡来扩展接口，这样使得外围设备的添加总是被限制在相当有限的端口数目上。最后，数据传输速度有限，缺少一个能与外设进行双向通信且能覆盖高、中、低速范围的廉价总线，限制了外围设备的开发。

USB 作为新一代计算机接口，具备如下特点。

(1) 低成本。为了把外围设备连接到计算机上去，USB 提供了一种低成本的解决方案。所有系统的智能机制都驻留在主机并嵌入芯片组中，方便了外设的制造。

(2) 热插拔。USB 实现了真正的“即插即用”(PnP, Plug and Play)功能。设备连接后由 USB 自检测，并且由软件自动配置，完成后立刻就能使用，不需要用户进行干涉。在操作系统方面，由主机负责扫描总线上的所有接口，自动识别 USB 设备的插拔，并相应地加载或卸载设备驱动程序，实现了即插即用功能。

(3) 单一的连接类型。USB 定义了一种简单的连接器，仅使用一个四芯电缆，即可用来连接任何一个 USB 设备。多个连接器可以通过 USB 集线器连接。

(4) 最多可通过网络连接 127 个设备。每个 USB 总线支持 127 个设备的连接，其树型拓扑结构如图 1.1 所示。

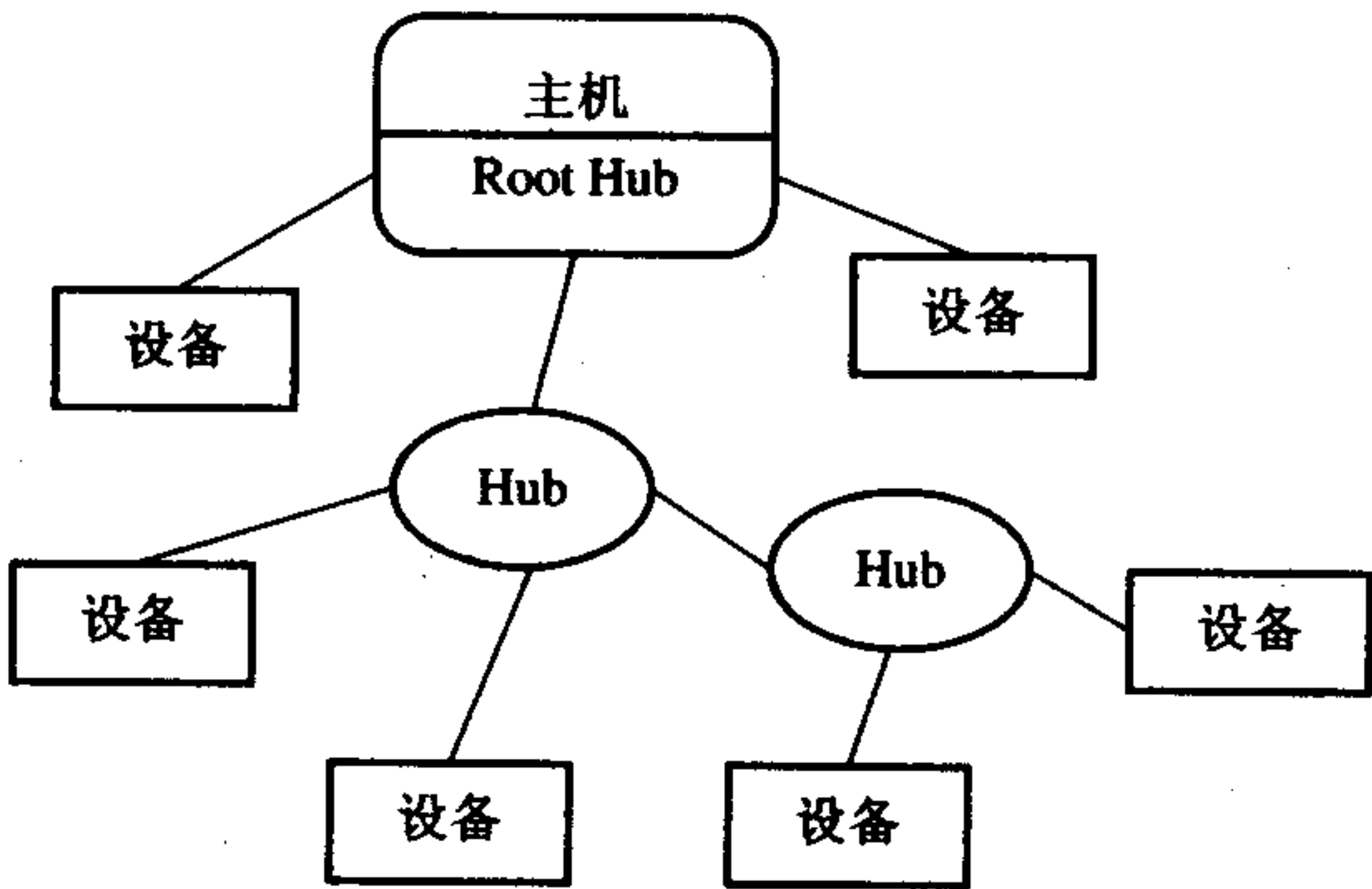


图 1.1 树型拓扑结构示意图

在图 1.1 中，每个 Hub 集线器可向上连接到另一个 Hub，深度可达 5 层。由于协议中规定使用 8 位数据寻址，因此每一个主机最多可连接 127 个设备(其中 0x00 地址用于缺省地址，在设备刚入网或复位时使用)。

(5) 如图 1.1 所示，无论多少个设备连接在系统中，主机只给 USB 主控制器分配固定的 I/O 地址和中断向量，不会额外占用系统资源。

(6) 低速或全速设备。USB 1.1 有两种设备传输速率：1.5 Mb/s 和 12 Mb/s，并且两种速率能够自适应转换。USB 2.0 的传输速率可达 480 Mb/s。

(7) 独立供电。USB 通过集线器向设备提供电源。当外设的电源要求电压为 5 V 且电流小于 500 mA 时，可以直接从 USB 总线获取电源，这样，USB 设备就无需专用电源线，从而降低了设备的成本。

(8) 错误检测和恢复。USB 事务处理包括错误检测机制，它们用以确保数据无错误发送。在发生错误时，事务处理可以重新进行。

(9) 电源保护。如果连续 3 ms 没有总线活动，则 USB 会自动进入挂起状态。处于挂起状态的设备消耗的电流不超过 500 μA 。

(10) 支持四种类型的传输方式。USB 定义了四种不同的传输类型来满足不同设备的需求，这些传输类型包括等待传输(适用于音、视频设备等，无纠错)、块传输(适用于打印机、扫描仪、数码相机等)、中断传输(适用于键盘、鼠标、游戏杆等)和控制传输。

(11) USB 系统在设计上保持了向上继承性。向上继承性包括两个方面：一是新版本的协议可兼容旧版本的协议；二是传统的基于串口和并口的设备可经过简单转换连接到 USB 接口上。如图 1.2 所示的游戏杆即可通过一个简单的转换接口连接到 USB 接口上。

USB 总线的应用将对现有的计算机系统构架产生深远影响。如图 1.3 所示，典型的计算机主板上很大一部分物理空间被 PCI 和 ISA 插槽所占据。



图 1.2 可转接 USB 接口的游戏杆

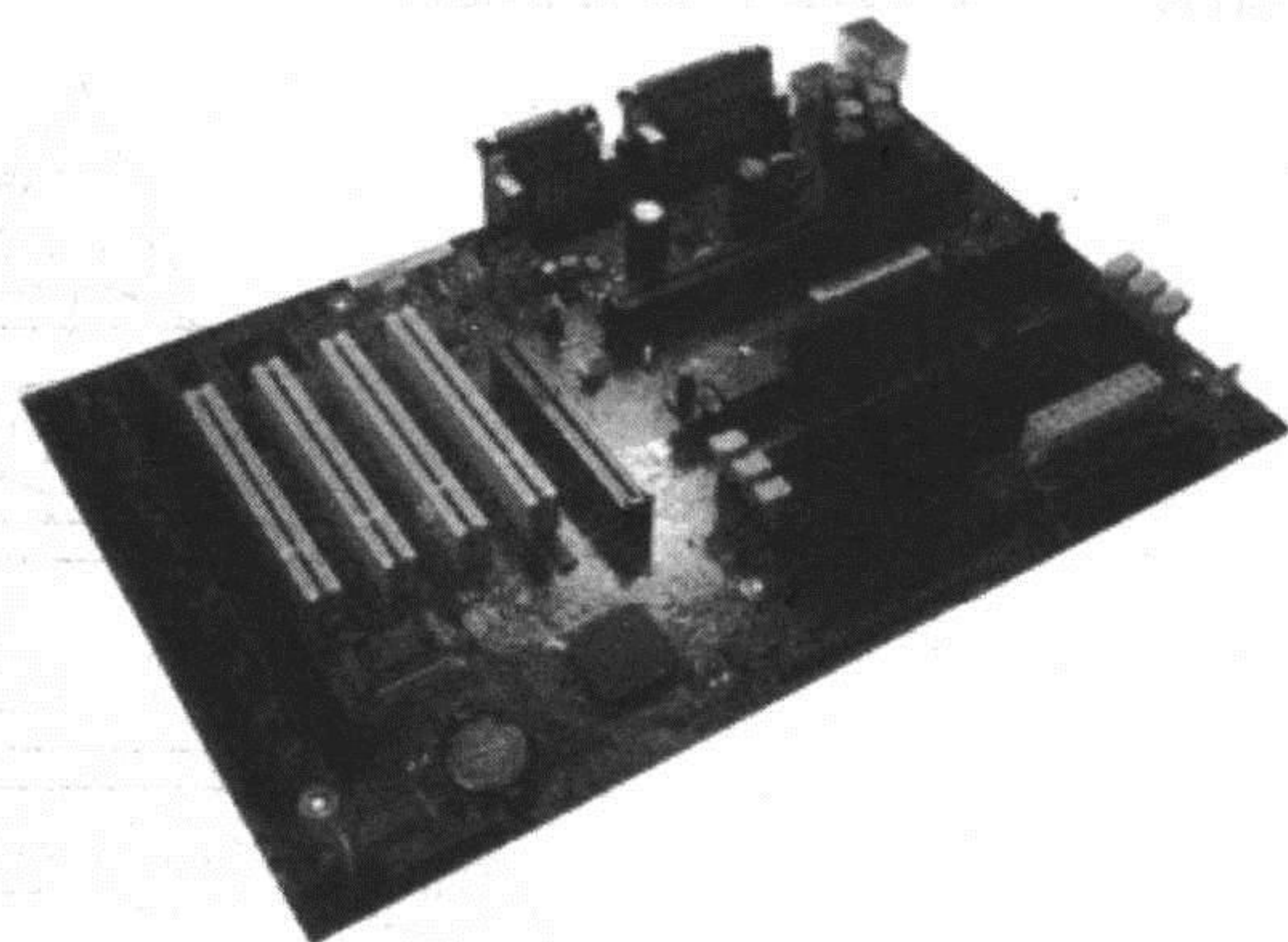


图 1.3 PC 主板

如果 I/O 接口全部扩展到外部则将带来两方面的好处：一是计算机内部的耗电量和发热量可以减少；二是通过减少主板面积可以增强计算机外形设计的小型化、多样化和美观化。如图 1.4 所示为简化后的小型主板。

在此基础上设计的计算机外形将更加新潮，如图 1.5 所示即为一款应用 USB 技术的 Intel 概念机型。

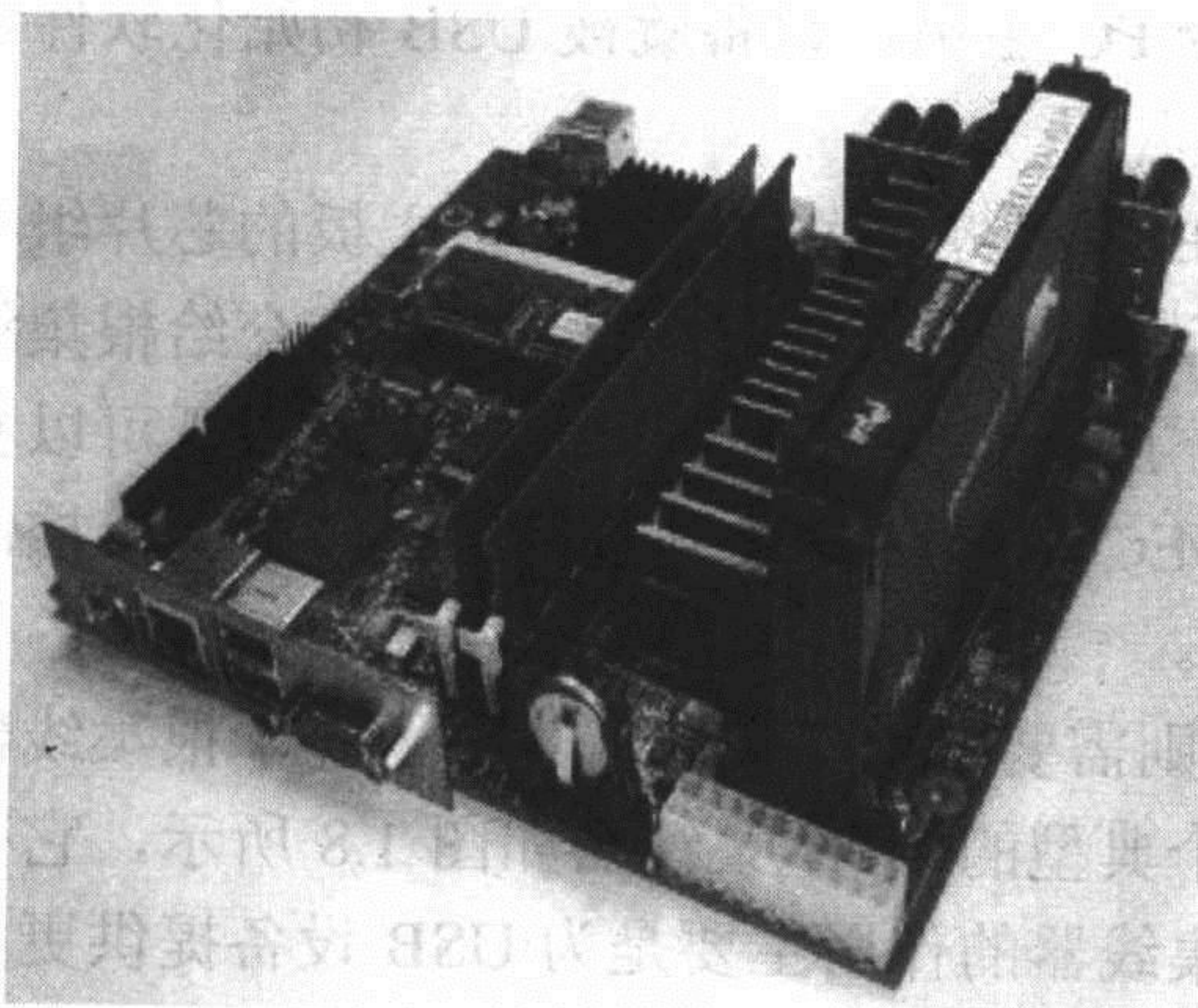


图 1.4 小型 PC 主板

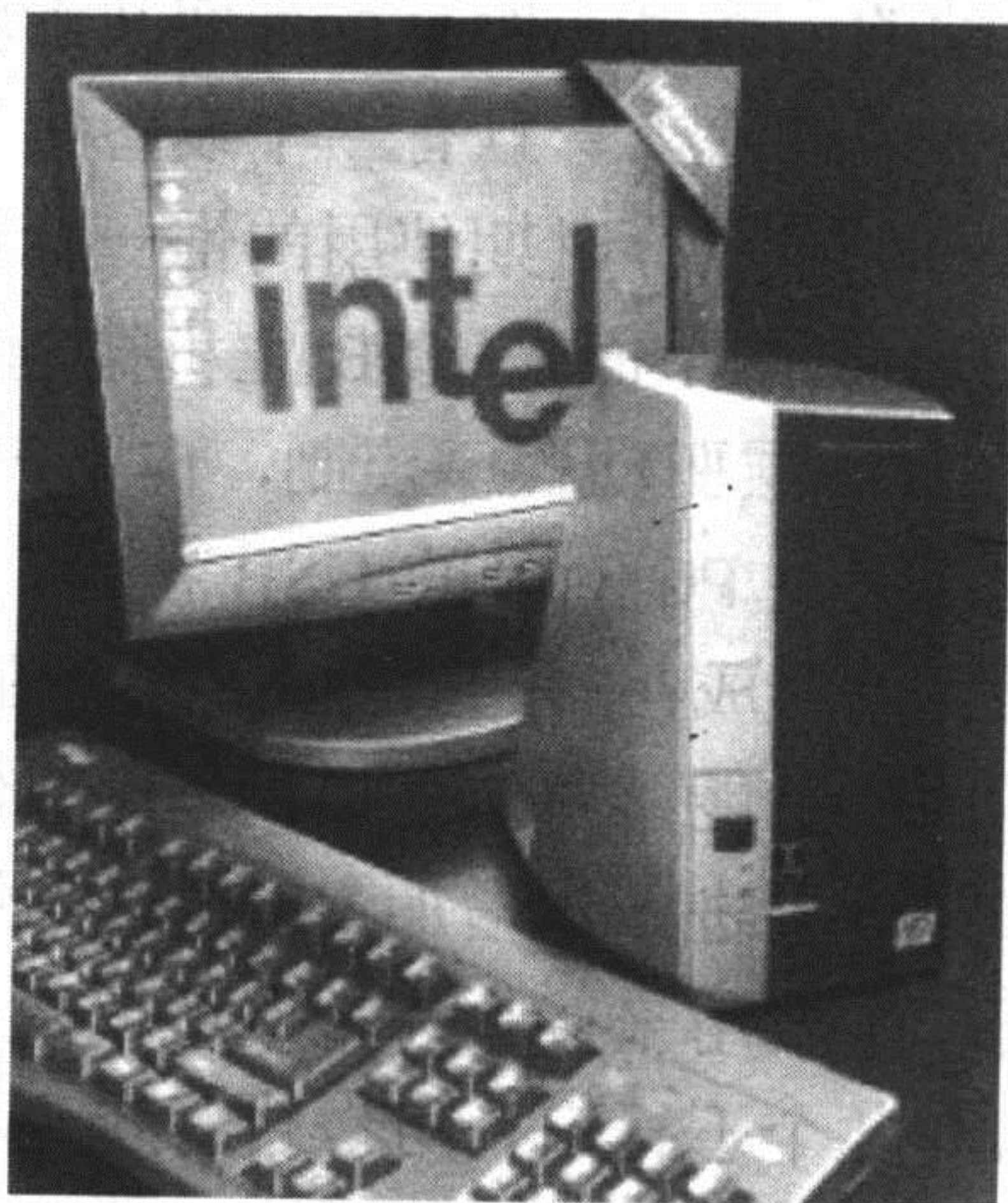


图 1.5 Intel 的概念机

1.2 USB 系统软、硬件结构

USB 系统是一个典型的软、硬件结合的系统，英语中将其形象地称为 firmware (固件)。因此有必要从软、硬件两方面了解 USB 系统。USB 系统中的软件和硬件互相支持，互为补充，共同实现 USB 的协议功能。本节首先介绍 USB 的硬件系统。

1.2.1 USB 系统硬件结构

图 1.6 所示为一般应用场合下 USB 硬件系统的连接方式。协议中规定，一个系统内同时只能有一个主机处于活动状态。

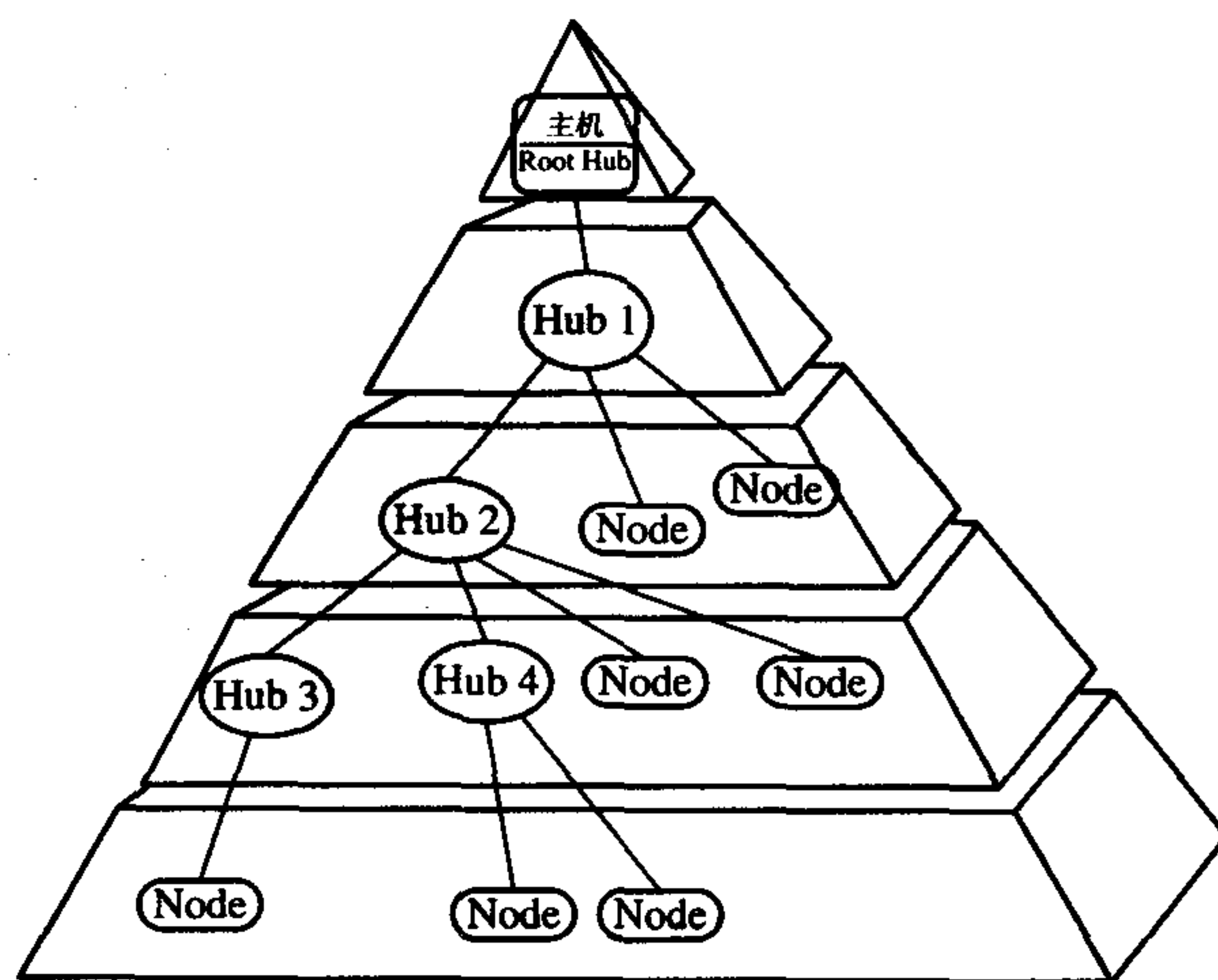


图 1.6 USB 硬件系统

在图 1.6 中，最上层的是 PC 主机。PC 主机应运行支持 USB 的操作系统软件，它支持两种不同的功能：设备初始化和监控设备运行过程。USB 初始化软件不仅在 PC 主机启动期间是活动的，而且在所有运行期间都应该是活动的。正因为这样，USB 设备在任何时间都可以增加或删除。一旦有一个设备接入到一台 PC 主机，设备就被 USB 初始化软件识别并且分配一个在运行时期使用的惟一标识符。

PC 主机的下面是 USB 主机控制器。USB 主机控制器位于计算机主板的芯片组中，向上受 USB 底层驱动程序控制，向下产生对外设的处理动作，并把处理动作交给根集线器。根集线器提供 PC 对外的 USB 接口。在硬件构成上，主机控制器和根集线器既可以独立分布，又可以集成在一起。图 1.7 所示的基于 NEC μ PD720101 芯片的 USB 2.0 主机控制卡就集成了上述功能，并对外提供 5 个 USB 接口。

如果需要进一步增加 USB 接口的个数，则需要使用集线器。集线器介于根集线器与外设之间，主要用来接收和转发通信数据。一个典型的 USB 集线器如图 1.8 所示，它有一个上行口和几个下行口，可以进行星型拓扑。集线器的作用主要是为 USB 设备提供更多的连接接口，同时负责管理电源。这类芯片的品种很多，例如 GL652 和 Intel8x931 等。

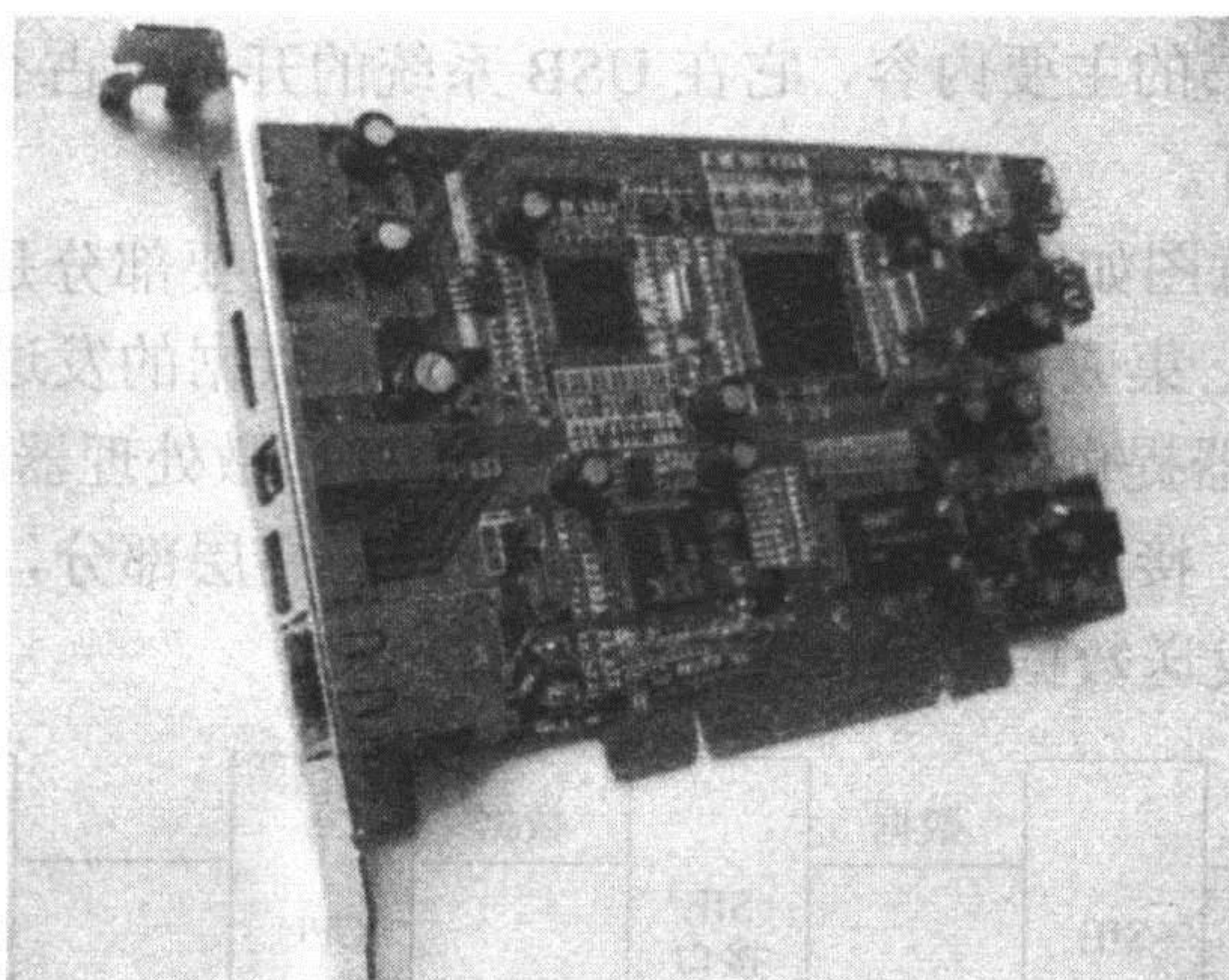


图 1.7 NEC 主机控制卡



图 1.8 USB 集线器

目前常见的 USB 接头有两种，如图 1.9 所示。一种是方形的 A 型头，另一种是扁形的 B 型头。两种接头都有四个引脚，中间的两个引脚用来传输数据，侧面的两个引脚用来给 USB 设备提供电源。

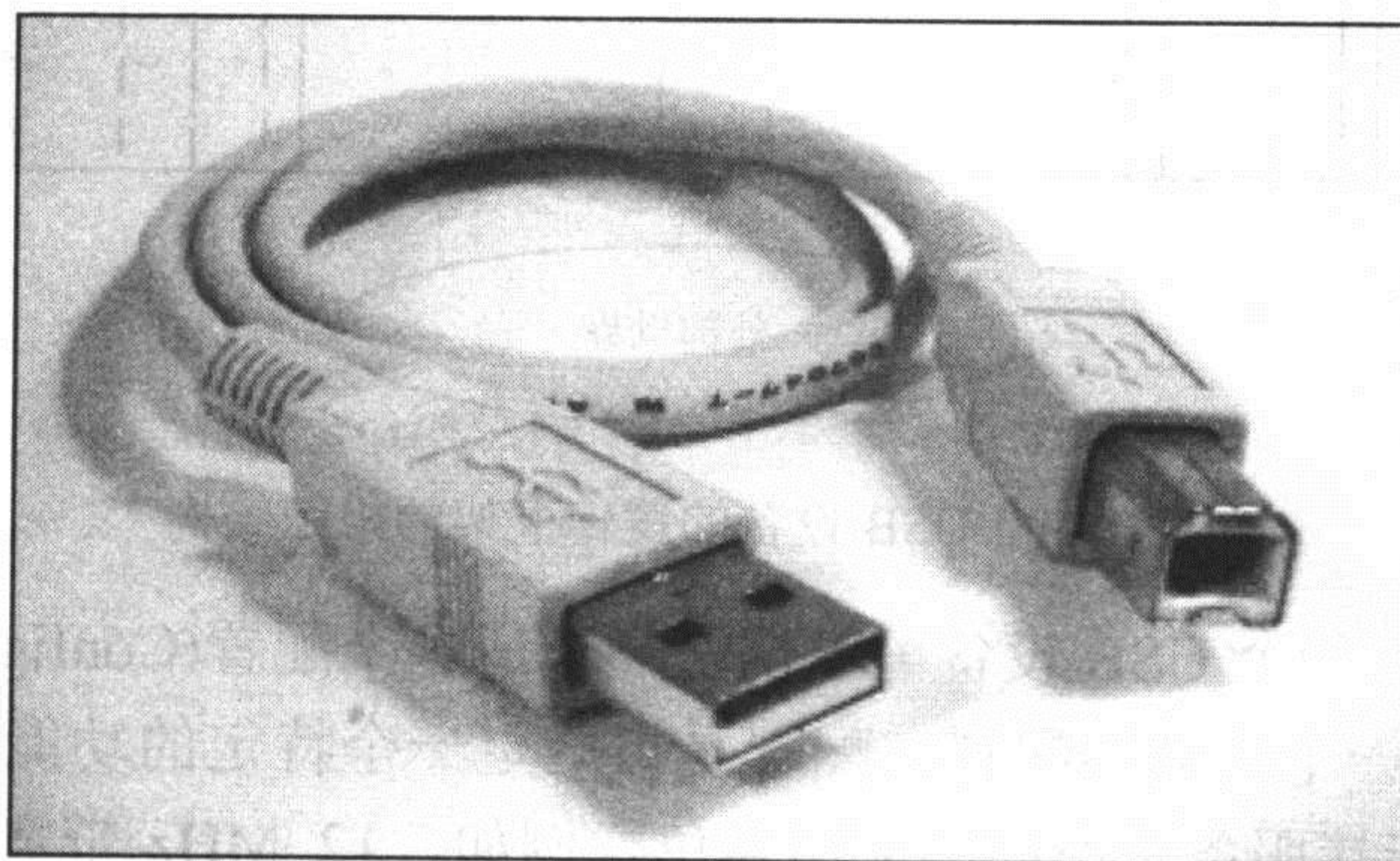


图 1.9 USB 接头

在数据线的后端连接着各种类型和功能的 USB 设备，如摄像头、扫描仪、键盘和鼠标等。每个 USB 设备内都有一个负责与主机进行通信的接口芯片。它负责接收、发送数据和解析协议，并与外部控制器芯片(如 8051 单片机)或内部嵌入 CPU 控制器相联系，实现对外围设备器件的信息传输控制。