



21 世纪大学本科
计算机专业系列教材

张建忠 徐敬东 编著

计算机网络实验指导书

<http://www.tup.com.cn>

- 根据教育部高教司主持评审的《中国计算机科学与技术学科教程 2002》组织编写
- 与美国 ACM 和 IEEE/CS *Computing Curricula 2001* 同步



清华大学出版社

世纪大学本科计算机专业系列教材

计算机网络实验指导书

张建忠 徐敬东 编著

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书是学习计算机网络课程的实验指导教材。全书由12个精心设计的实验组成,其内容涵盖了异步串行通信、局域网网技术、网络数据包捕获、路由技术,以及域名服务、Web服务、邮件服务和网络安全等内容。实验的设计具有较强的可操作性,对实验环境要求不高。读者可在实验中进一步学习和掌握计算机网络的基本原理,增强处理实际问题的能力。

本书可以作为高等学校计算机科学与技术学科各专业及相关专业计算机网络课程的实验教材,也可以作为网络培训或工程技术人员自学的参考书。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13901104297 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用清华大学核研院专有核径迹膜防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络实验指导书/张建忠,徐敬东编著. —北京:清华大学出版社,2005.1

(21世纪大学本科计算机专业系列教材)

ISBN 7-302-10101-9

I. 计… II. ①张… ②徐… III. 计算机网络—高等学校—教学参考资料 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 130485 号

出 版 者: 清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机: 010-62770175

地 址: 北京清华大学学研大厦

邮 编: 100084

客户服务: 010-62776969

责任编辑: 张瑞庆

封面设计: 孟繁聪

印 刷 者: 北京嘉实印刷有限公司

装 订 者: 三河市新茂装订有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×230 印张: 12 字数: 250 千字

版 次: 2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-10101-9/TP·1042

印 数: 1~5000

定 价: 16.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770175-3103 或(010)62795704

21 世纪大学本科计算机专业系列教材编委会

名誉主任：陈火旺

主任：李晓明

副主任：钱德沛 焦金生

委员：(按姓氏笔画为序)

马殿富	王志英	王晓东	宁 洪	刘 辰
孙茂松	李大友	李仲麟	吴朝晖	何炎祥
宋方敏	张大方	张长海	周兴社	侯文永
袁开榜	钱乐秋	黄国兴	蒋宗礼	曾 明
廖明宏	樊孝忠			

秘书：张瑞庆

本书责任编辑：钱德沛

PREFACE

21 世纪是知识经济的时代,是人才竞争的时代。随着 21 世纪的到来,人类已步入信息社会,信息产业正成为全球经济的主导产业。计算机科学与技术信息产业中占据了最重要的地位,这就对培养 21 世纪高素质创新型计算机专业人才提出了迫切的要求。

为了培养高素质创新型人才,必须建立高水平的教学计划和课程体系。在 20 多年跟踪分析 ACM 和 IEEE 计算机课程体系的基础上,紧跟计算机科学与技术的发展潮流,及时制定并修正教学计划和课程体系是尤其重要的。计算机科学与技术的发展对高水平人才的要求,需要我们从总体上优化课程结构,精炼教学内容,拓宽专业基础,加强教学实践,特别注重综合素质的培养,形成“基础课程精深,专业课程宽新”的格局。

为了适应计算机科学与技术学科发展和计算机教学计划的需要,要采取多种措施鼓励长期从事计算机教学和科技前沿研究的专家教授积极参与计算机专业教材的编著和更新,在教材中及时反映学科前沿的研究成果与发展趋势,以高水平的科研促进教材建设。同时适当引进国外先进的原版教材。

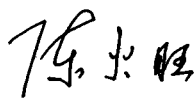
为了提高教学质量,需要不断改革教学方法与手段,倡导因材施教,强调知识的总结、梳理、推演和挖掘,通过加快教案的不断更新,使学生掌握教材中未及时反映的学科发展新动向,进一步拓广视野。教学与科研相结合是培养学生实践能力的有效途径。高水平的科研可以为教学提供最先进的高新技术平台和创造性的工作环境,使学生得以接触最先进的计算机理论、技术和环境。高水平的科研还可以为高水平人才的素质教育提供良好的物质基础。学生在课题研究中不但能了解科学研究的艰辛和科研工作者的奉献精神,而且能熏陶和培养良好的科研作风,锻炼和培养攻关能力和协作精神。

进入 21 世纪,我国高等教育进入了前所未有的大发展时期,时代的进步与发展对高等教育质量提出了更高、更新的要求。2001 年 8 月,教育部颁发了《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》。文件指出,本科教育是高等教育的主体和基础,抓好本科教学是提高整个高等教育质量的重点和关键。随着高等教育的普及和高等学校的扩招,在校大学本科计算机专业学生的人数将大量上升,对适合 21 世纪大学本科计算

机科学与技术学科课程体系要求的,并且适合中国学生学习的计算机专业教材的需求量也将急剧增加。为此,中国计算机学会和清华大学出版社共同规划了面向全国高等院校计算机专业本科生的“21 世纪大学本科计算机专业系列教材”。本系列教材借鉴美国 ACM 和 IEEE/CS 最新制定的 *Computing Curricula 2001* (简称 CC2001) 课程体系,反映当代计算机科学与技术学科水平和计算机科学技术的新发展、新技术,并且结合中国计算机教育改革成果和中国国情。

中国计算机学会教育专业委员会和全国高等学校计算机教育研究会,在清华大学出版社的大力支持下,跟踪分析 CC2001,并结合中国计算机科学与技术学科的发展现状和计算机教育的改革成果,研究出了《中国计算机科学与技术学科教程 2002》(China Computing Curricula 2002,简称 CCC2002),该项研究成果对中国高等学校计算机科学与技术学科教育的改革和发展具有重要的参考价值和积极的推动作用。

“21 世纪大学本科计算机专业系列教材”正是借鉴美国 ACM 和 IEEE/CS CC2001 课程体系,依据 CCC2002 基本要求组织编写的计算机专业教材。相信通过这套教材的编写和出版,能够在内容和形式上显著地提高我国计算机专业教材的整体水平,继而提高我国大学本科计算机专业的教学质量,培养出符合时代发展要求的具有较强国际竞争力的高素质创新型计算机人才。



中国工程院院士

国防科学技术大学教授

21 世纪大学本科计算机专业系列教材编委会名誉主任

2002 年 7 月

前 言

FOREWORD

计算机网络课程不仅是一门理论性很强的课程,同时也是一门实践性很强的课程。学生必须通过严格的实践训练才能真正掌握和深入理解计算机网络的基本理论、协议和算法。目前,随着高校教材建设的深入,国内外的出版社纷纷推出各种形式的计算机网络教材。但是,这些教材多以理论知识的介绍和讲解为主,很少谈及计算机网络实验的内容,计算机网络实验教材相对匮乏。因此,编写一本适合教学使用的计算机网络实验教材迫在眉睫。

本书是一本面向普通高等学校本科教育的计算机网络实验指导教材。作者在总结多年计算机网络教学经验的基础上,精心设计了 12 个实验,包括异步串行口编程实验、组网实验、网络数据包捕获和分析实验、路由器的配置和简单编程实验、域名服务器和 Web 服务器的配置实验、简化的 SMTP 邮件服务器编程实验、网络安全实验等内容。并在每个实验之后,给出了可以进一步掌握该实验内容的练习与思考题目。

本书在实验内容组织上具有较强的系统性和可操作性,所要求的实验环境相对简单和统一,实验内容可以在大部分学校计算机网络实验室环境中完成。学生通过完成设计的实验内容能够深入掌握和理解计算机网络内在的工作原理和工作过程,增强处理实际问题的能力。

在本书编写过程中,作者参考了国内外许多文献资料并做了大量实验。对于每个实验,作者都在实验室中亲自动手完成,以保证实验内容的正确性。在写作中,作者力求做到层次清楚,语言简洁流畅。希望本书对计算机网络的实验教学、对读者掌握网络基础知识有一定的帮助。

本书第 3 章由徐敬东编写,其他章节由张建忠编写。张建忠负责全书的统稿工作。吴功宜教授在编写过程中给予了很大帮助。限于作者的学术水平,加之时间仓促,在本书的选材、内容和安排上如有不妥与错误之处,恳请读者与同行批评指正。

作者的电子邮件地址为:zhangjz@nankai.edu.cn;xujd@nankai.edu.cn。

作 者

2004 年 10 月于南开园

目 录

CONTENTS

第 1 章 简单的异步串行通信编程实验	1
1.1 异步串行通信的基本概念	1
1.1.1 异步串行通信	1
1.1.2 RS-232 接口标准	2
1.2 简单的异步串行通信编程实验	4
1.2.1 实验环境	5
1.2.2 RS-232 电缆制作和测试	5
1.2.3 Visual C++ 中与串口相关的主要函数	7
1.2.4 简单的异步串行通信程序	14
练习与思考	19
第 2 章 利用停止等待协议传输数据文件	20
2.1 停止等待协议的基本概念	20
2.1.1 停止等待协议	20
2.1.2 差错检测	23
2.1.3 停止等待协议实例——BSC	25
2.2 停止等待协议编程实验	27
2.2.1 实验环境	27
2.2.2 简化的停止等待协议	27
2.2.3 停止等待协议编程实验指导	28
练习与思考	31
第 3 章 以太网组网实验	32
3.1 以太网的相关标准	32
3.2 组网所需的器件和设备	33

3.2.1	10M/100M 以太网集线器	33
3.2.2	10M/100M 网络接口卡	34
3.2.3	10M/100M 以太网中的非屏蔽双绞线	35
3.3	双绞线以太网的组网	37
3.3.1	单一集线器结构	37
3.3.2	多集线器级联结构	38
3.4	组装简单的以太网	40
3.4.1	设备、器件及测量工具的准备和安装	40
3.4.2	网络连通性测试	42
3.4.3	集线器级联	43
	练习与思考	44
第 4 章	虚拟局域网的配置	46
4.1	交换式以太网基础	46
4.1.1	以太网交换机的工作过程	47
4.1.2	以太网交换机的地址学习	48
4.1.3	通信过滤	49
4.2	虚拟局域网 VLAN	50
4.2.1	共享式以太网与 VLAN	50
4.2.2	VLAN 的组网方法	51
4.3	交换式以太网组网和 VLAN 配置	53
4.3.1	交换式以太网的组网	53
4.3.2	以太网交换机的配置	53
4.3.3	配置 VLAN	57
	练习与思考	61
第 5 章	网络数据包的监听与分析	62
5.1	以太网中的数据包	62
5.1.1	以太网帧格式	62
5.1.2	IP 数据报格式	64
5.1.3	TCP 报文段格式	65
5.1.4	UDP 用户数据报	67
5.2	网络数据包的监听与分析	67
5.2.1	实验环境	68
5.2.2	利用 WinPcap 捕获数据包	68

5.2.3 网络数据包的捕获与分析实验指导	73
练习与思考	79
第6章 获取以太网中 IP 地址与 MAC 地址的对应关系	81
6.1 ARP 协议	81
6.1.1 ARP 协议的基本思想	81
6.1.2 ARP 协议的改进	81
6.1.3 完整的 ARP 工作过程	83
6.1.4 ARP 数据的封装和报文格式	84
6.2 利用 ARP 协议获取 IP 地址与 MAC 地址的对应关系	85
6.2.1 实验环境	85
6.2.2 利用系统提供的命令获取 IP 地址与 MAC 地址的对应关系	85
6.2.3 利用 WinPcap 编程获取 IP 地址与 MAC 地址的对应关系	87
练习与思考	90
第7章 路由配置和简单的路由程序	91
7.1 路由选择的基本原理	92
7.1.1 标准路由选择算法	92
7.1.2 子网选路——标准路由选择算法的扩充	93
7.1.3 路由表中的特殊路由	94
7.1.4 统一的路由选择算法	95
7.2 路由表的建立与刷新	96
7.2.1 静态路由	96
7.2.2 动态路由	96
7.3 路由配置	97
7.3.1 实验环境的选择	97
7.3.2 静态路由的配置	99
7.3.3 RIP 的配置过程	101
7.3.4 测试配置的路由	102
7.4 简单的路由程序设计	103
7.4.1 实验环境	103
7.4.2 路由软件应处理的主要内容	103
7.4.3 利用 WinPcap 编制简单的路由程序	104
练习与思考	105

第 8 章 编写简单的客户/服务器程序	107
8.1 相互作用的客户/服务器模型.....	107
8.1.1 什么是客户/服务器模式?	107
8.1.2 客户与服务器的特性.....	108
8.2 实现中需要解决的主要问题	109
8.2.1 标识一个特定的服务.....	109
8.2.2 服务器对并发请求的响应.....	109
8.3 编写简单的客户/服务器程序.....	110
8.3.1 网络编程界面 socket	110
8.3.2 利用 CAsyncSocket 编制网络应用程序	111
8.3.3 简单的客户/服务器程序实验指导	116
练习与思考.....	119
第 9 章 域名服务器的配置.....	120
9.1 互联网的命名机制	120
9.1.1 层次型命名机制.....	120
9.1.2 TCP/IP 互联网域名	121
9.1.3 Internet 域名	122
9.2 域名解析	123
9.2.1 TCP/IP 域名服务器与解析算法	124
9.2.2 提高域名解析的效率.....	125
9.2.3 域名解析的完整过程.....	127
9.3 对象类型与资源记录	128
9.3.1 对象类型与类别.....	128
9.3.2 资源记录.....	128
9.4 配置 DNS 服务器	129
9.4.1 域名服务器管理的域名树.....	129
9.4.2 配置 Windows 2000 DNS 服务器	129
9.4.3 测试配置的 DNS 服务器	132
练习与思考.....	134
第 10 章 编写简化的 SMTP 邮件服务器并观察其通信过程	135
10.1 电子邮件系统的基本知识.....	135
10.1.1 电子邮件系统.....	135

10.1.2 TCP/IP 互联网上电子邮件的传输过程	136
10.2 电子邮件传递协议	137
10.2.1 简单邮件传输协议 SMTP	137
10.2.2 第三代邮局协议	138
10.3 电子邮件的报文格式	140
10.3.1 RFC822	141
10.3.2 多用途因特网邮件扩展协议 MIME	142
10.4 编写简化的 SMTP 邮件服务器并观察其通信过程	143
10.4.1 编写简化的 SMTP 服务器实验指导	143
10.4.2 观察 SMTP 客户与服务器的交互过程	144
练习与思考	145
第 11 章 Web 服务器的配置和管理	146
11.1 Web 的基本知识	146
11.1.1 Web 系统的传输协议	146
11.1.2 Web 系统的页面表示方式	148
11.2 配置和管理 Web 服务器实验指导	149
11.2.1 IIS 的基本配置方法	150
11.2.2 IIS 的安全性控制	154
练习与思考	159
第 12 章 利用 SSL 实现安全数据传输	160
12.1 数据加密和数字签名	160
12.1.1 数据加密	160
12.1.2 数字签名	161
12.2 SSL 协议	163
12.3 利用 SSL 实现安全数据传输实验指导	164
12.3.1 安装证书管理软件和服务	164
12.3.2 为 Web 服务器申请和安装证书	165
12.3.3 验证并访问安全的 Web 站点	173
练习与思考	175
参考文献	176

第 1 章

简单的异步串行通信编程实验

串行口是一种最基本的通信接口,基本上所有的个人计算机及通信终端设备都配有这种接口。尽管异步串行通信受到传输距离和速率的限制,但由于它简单实用,至今仍然应用于各个领域之中。即使是在网络应用十分广泛的今天,异步串行通信依然是必不可少的。

1.1 异步串行通信的基本概念

1.1.1 异步串行通信

在计算机系统中,每个字符一般使用一个 8 位二进制代码表示。在数据通信中,通常将待传送的每个字符的二进制代码按照由低位到高位顺序依次发送的方式称为串行通信。图 1-1 是串行通信的示意图。由于串行通信只需在发送方和接收方之间建立一条通信信道,因此可以减小通信系统的造价。在远程通信中,一般采用串行通信方式。

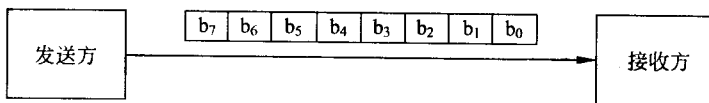


图 1-1 串行通信示意图

同步是数据通信中必须解决的一个重要问题。所谓同步就是要求通信的收发双方在时间基准上保持一致。在串行通信中,“异步”是同步收发双方通信的重要方式。在异步串行通信中,每个字符作为一个独立的整体进行发送,字符之间的时间间隔可以是任意的。为了实现同步,需要在每个字符的第一位前加 1 位起始位(逻辑 1),并在字符的最后一位后加 1 位、1.5 位或 2 位停止位(逻辑 0)。异步串行传输的比特流结构如图 1-2 所示。

常用的串行通信接口标准包括 RS-232、RS-449、V. 24、V. 35 等。其中,RS-232 是最常用的串行通信标准之一。个人计算机及终端系统中配备的串行接口几乎都符合 RS-232 标准。

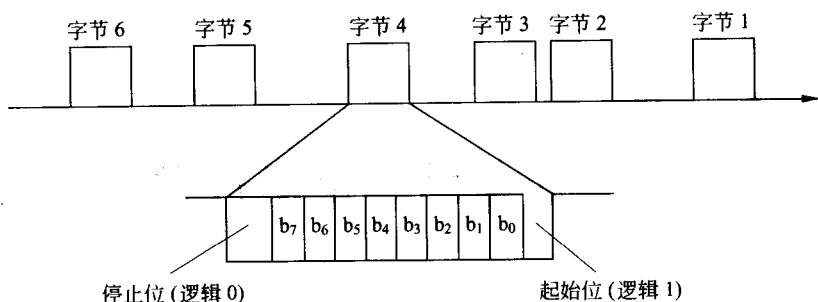


图 1-2 异步串行传输的比特流结构

1.1.2 RS-232 接口标准

在数据通信中,通常将数据终端设备简称为 DTE(data terminal equipment),而将数据通信设备简称为 DCE(data circuit equipment)。DTE 是具有一定数据处理能力以及发送和接收数据能力的设备,而 DCE 的主要作用是在 DTE 和传输线路之间提供信号变换和实现编码功能,并且负责建立、保持和释放数据链路的连接。DTE 可以是计算机或终端,也可以是各种 I/O 设备,而与模拟话路相连接的调制解调器(MODEM)则是典型的 DCE。RS-232 的主要内容就是定义 DTE 和 DCE 之间的接口标准。

RS-232 是美国电子工业协会 EIA 推荐使用的串行通信标准。其初衷是为了促进利用电话网进行数据通信应用的发展,现在也普遍用于各类计算机或终端设备之间的短距离连接。一个利用 RS-232 进行串行通信的典型示意图如图 1-3 所示。

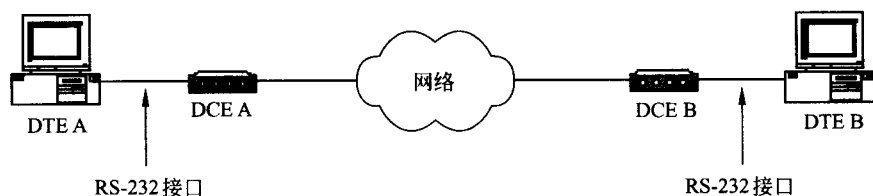


图 1-3 利用 RS-232 进行串行通信的典型示意图

RS-232 使用的连接器包括 DB-25、DB-15 和 DB-9 等几种类型,不同类型连接器使用的引脚定义也各不相同。目前,个人计算机配备的 RS-232 连接器通常为 DB-9,如图 1-4 所示,它提供异步串行通信需要的 9 个信号。图 1-5 显示了 DB-9 针型和孔型连接接口,其中个人计算机上通常安装针型接口。图 1-6 显示了 DB-9 连接电缆。

如果使用 DB-9 作为连接器,其引脚的排列、信号名称和信号方向如图 1-7 所示。

RS-232 采用负逻辑,逻辑 0 相当于对信号地有 +3~+15V 的电压,逻辑 1 相当于对



图 1-4 个人计算机通常配置的串行口连接器

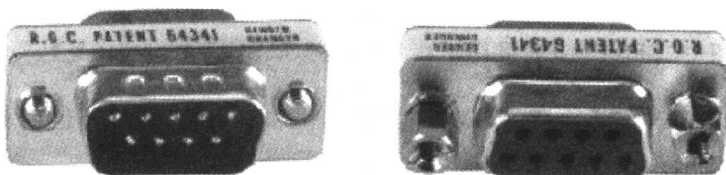


图 1-5 DB-9 型接口

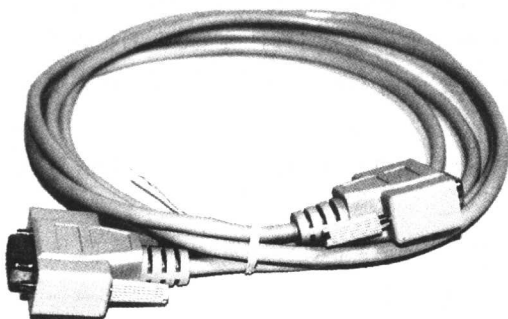


图 1-6 DB-9 连接电缆

信号地有 $-3\text{V}\sim-15\text{V}$ 的电压。在 $-3\text{V}\sim+3\text{V}$ 的过渡区,逻辑状态不定。逻辑 0 相当于数据线的 0(space,空号)或控制线的“接通(ON)”状态,逻辑 1 相当于数据线的 1(mark,传号)或控制线的“断开(OFF)”状态。标准规定在通信速率低于 20Kb/s 时,RS-232 所直接连接的最大物理距离为 15m 。

RS-232 串行口信号分为传送信号、联络信号和信号地 3 类。

传送信号包括 TxD(发送数据)和 RxD(接收数据),它们是经由 TxD 传送和 RxD 接

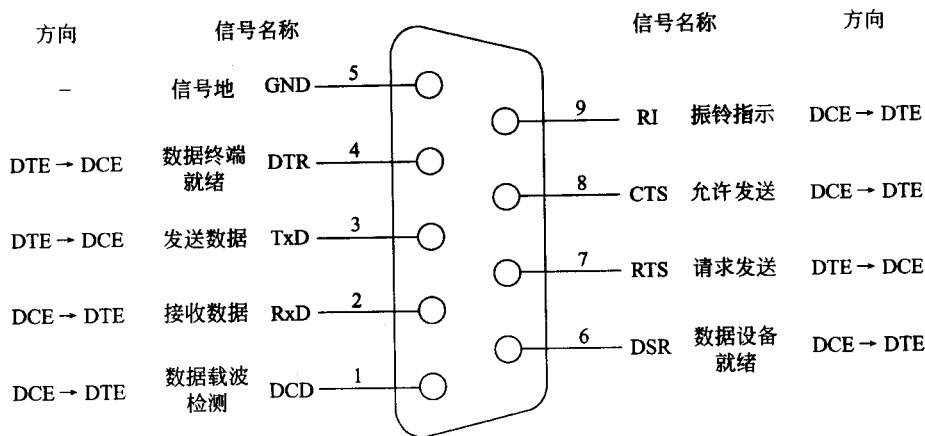


图 1-7 RS-232 在使用 DB-9 作为连接器时的引脚排列、信号名称和方向

收的信息比特流。一个传送单位由起始位、数据位和停止位(有时还包含奇偶校验位)组成。如图 1-2 所示。

信号地 GND 为相连的 DTE 和 DCE 提供统一的电势参考点。

联络信号包括 RTS、CTS、DTR、DSR、DCD 和 RI。这些信号的主要功能如下：

- RTS 请求发送。DTE 发送 ON 信号至 DCE,以请求允许在 TxD 上发送数据。该信号和 CTS 一起用来控制从 DTE 到 DCE 的数据流。
- CTS 允许发送。DCE 向 DTE 发送信号,ON 状态表示后者已做好接收数据的准备。
- DTR 数据终端就绪。DTE 向 DCE 发出的联络信号,ON 状态表示数据终端设备准备好。
- DSR 数据设备就绪。DCE 向 DTE 发出的联络信号。当该信号为 ON 时,表示 DCE 已处于数据传输状态。
- DCD 数据载波检测。当 DCE 接收到来自远程 DCE 的正确载波信号时,便通过 DCD 向 DTE 发送一个 ON 信号。
- RI 振铃指示。DCE 用此信号作为电话振铃指示,在振铃期间 RI 为 ON 状态,铃不响时为 OFF 状态。

1.2 简单的异步串行通信编程实验

将两台计算机的串行口进行直接连接,并通过简单的编程,实现键盘输入的对话功能,如图 1-8 所示。通过这个实验,可以较为深入地了解 RS-232 接口的主要特点,掌握

RS-232 接口的基本接线方法,学习利用高级语言控制个人计算机 RS-232 串行通信的基本过程。



图 1-8 异步串行通信编程实验总体结构示意图

1.2.1 实验环境

为了完成简单的异步通信编程实验,需要带有 RS-232 接口的计算机、铜缆、DB-9 接头等设备和器件,具体需要的设备及器件的名称和数量见表 1-1。其中,为了完成 RS-232 接口的连线,电烙铁和焊锡是必需的。

表 1-1 简单的异步串行通信编程实验所需要的设备和器件清单

设备和器件名称	数 量
带有 RS-232 接口(DB-9 针型接头)的个人计算机	2 台
3 芯以上的铜缆	若干米(与通信计算机的距离有关,通常不应大于 15m。)
DB-9 孔型接头	2 个
电烙铁	1 把
焊锡	若干

1.2.2 RS-232 电缆制作和测试

1. 制作 RS-232 电缆

RS-232 定义的是 DTE 和 DCE 之间的接口标准,因此,如果一个 DTE 设备(如个人计算机)和一个 DCE 设备(如 MODEM)相连,连线相对比较简单,通常采用一对一的连接方法(即 DTE 接口的 1 引脚连接 DCE 接口的 1 引脚,DTE 接口的 2 引脚连接 DCE 接口的 2 引脚……)。在该实验中,由于两台计算机之间的距离较近,因此,可以将 DCE 设备省略掉,用电缆直接连接两台计算机之间的 RS-232 接口。在这种情况下,最简单最常用的连线方法是 3 线连接法。3 线连接法只使用电缆中的 3 条线,一条作为信号地线,一条作为发送线,一条作为接收线。在连接这种电缆时需要注意,电缆中的发送线和接收线需要交叉,也就是说,一台计算机的 RS-232 发送引脚需要和另一台计算机的 RS-232 接