



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

● 高等学校计算机实践教学系列教材

计算机网络实验教程

(第2版)

李名世 费嘉 吴德文
郑宇辉 石英 等编著



高等教育出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等学校计算机实践教学系列教材

计算机网络实验教程

(第2版)

李名世 费嘉 吴德文 郑宇辉 石英 等编著

高等教育出版社

内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。本书对第1版实验教程进行了较全面的修订和改写,精心选择有助于剖析网络协议和融合网络技术的实验项目,结合主流网络操作系统和网络软件开发平台编写实验指导。实验内容涵盖物理线路连接,网络协议分析,Windows、Linux 与 IOS 网络服务架设,网络安全管理,网络通信程序开发等层面,同时设置若干课程设计以提高学生的综合应用能力。全书适应了基础与验证性、综合与设计性两个不同层次的实验要求,有助于学生深入理解各层协议的实际内涵,切身体验网络服务的架设与管理,初步感受网络应用的开发要领,为学生向网络技术的深度和广度发展奠定基础。

本书可作为高校计算机及信息类专业本科生和研究生网络实验课教材,也可作为相关培训机构的培训教材。教师可以根据讲授的课程、实验室条件、实验时数和学生的基础,从中选择适合的实验项目。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络实验教程 / 李名世等编著. —2 版. —北京: 高等教育出版社, 2009.6
ISBN 978-7-04-026297-1

I. 计… II. 李… III. 计算机网络-高等学校-教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 065294 号

策划编辑	刘 艳	责任编辑	俞丽莎	封面设计	于文燕	责任绘图	尹 莉
版式设计	王 莹	责任校对	胡晓琪	责任印制	韩 刚		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 廊坊市文峰档案印务有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 14.25
字 数 320 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 [http:// www.hep.edu.cn](http://www.hep.edu.cn)
[http:// www.hep.com.cn](http://www.hep.com.cn)
网上订购 [http:// www.landaco.com](http://www.landaco.com)
[http:// www.landaco.com.cn](http://www.landaco.com.cn)
畅想教育 [http:// www.widedu.com](http://www.widedu.com)

版 次 2003 年 6 月第 1 版
2009 年 6 月第 2 版
印 次 2009 年 6 月第 1 次印刷
定 价 18.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 26297-00

前 言

随着信息社会的形成与发展,计算机网络逐步渗透到社会生活的各个领域,成为人们日常工作和生活不可或缺的基础设施。培养大批熟悉网络原理与技术,具有架构网络、扩展应用等实际操作能力的网络技术人员,是现实社会的迫切需求,也是高校信息类专业的重要职责。

计算机网络是理论性与实践性都很强的学科,网络知识的掌握不能只停留在书本上,还需要经过严格的实验训练和切实的实践演练才能真正理解其协议与技术。提高实验教学质量是许多高校相关课程迫切需要解决的问题。几年来,校园网已经在高校普及,学生用机也大多联网,基本的网络运用作为一种基本素质已经为大部分学生所具备。但是,对于信息类专业的学生,不能仅充当网络服务使用者的角色,社会更期待他们以网络服务建设者和管理者的身份介入网络。这就需要他们深入理解并实际运用各种协议,切实理解网络系统集成与管理的技术内涵,逐步掌握网络应用的开发要领。为此,各高等学校的相关专业需要建立仿真的实验环境,规范实验内容,严格实验训练,这样才能使学生在步入信息技术领域时少走弯路。

本书旨在为高等学校信息类专业的网络实验课提供适宜的实验教材。全书适应了基础与验证性、综合与设计性两个不同层次的实验要求。再版时对第一版实验教程进行全面改写,精心选择能够剖析网络协议和融合网络技术的实验项目,结合新版网络操作系统和新型网络软件开发平台编写实验指导。内容包括物理线路连接,网络协议分析,Windows、Linux 与 IOS 网络服务配置,网络通信程序开发,网络安全管理等几个部分以及若干综合性实验。教师可以根据讲授的课程、实验室条件、实验时数和学生的基础,从中选择适合的实验项目。

参加本书编写的有李名世、费嘉、吴德文、郑宇辉、石英、辜萍萍、郑锋、蔡佳佳等。他们大多是长期从事网络理论与实验教学的教师和实验技术人员。在书稿编写过程中还得到了厦门大学实验办公室、信息科学与技术学院教学实验中心、厦门大学“985”智能信息技术中心机房的大力支持,在此谨表深深的谢意。由于网络技术涉及面广、发展迅速以及作者水平所限,书中疏漏之处在所难免,恳切希望广大读者点评指正,以便我们通过各种途径弥补改进。本书实验中所用到的一些工具软件,可通过上网搜索下载。需要本书的课件文稿、参考程序源代码,以及需要对本书提意见与建议的读者,请与厦门大学信息科学与技术学院网络教学实验室联系。

E-mail: netlab@xmu.edu.cn, 电话: (0592) 2580153, 邮编: 361005。

编 者

2009 年 1 月

目 录

录

第 1 章 绪论1	
1.1 网络教学实验室的软硬件配置.....1	
1.2 网络程序开发环境简介.....2	
1.2.1 C# .NET 程序开发环境.....2	
1.2.2 Linux C 程序开发环境.....3	
第 2 章 物理连接基础实验6	
2.1 RS-232 连线实验.....6	
2.2 RJ-45 接口连线实验.....9	
2.3 无线局域网的构建.....13	
第 3 章 网络协议分析23	
3.1 协议分析软件概述.....23	
3.2 使用 OmniPeek 捕获链路数据帧.....24	
3.3 分析由 FTP 命令产生的 TCP 数据包.....30	
3.4 使用 Linux C 设计数据帧捕获程序.....34	
3.5 使用 Linux C 设计 IP 包协议 分析程序.....37	
第 4 章 Windows Server 网络 服务的架设40	
4.1 IPv4 和 IPv6 网络参数配置.....40	
4.2 DNS 和 DHCP 服务器的架设.....48	
4.3 Web 和 FTP 服务配置.....62	
4.4 E-mail 服务配置.....67	
4.5 网络流媒体服务配置.....72	
第 5 章 IOS 路由与 VLAN 配置86	

5.1 交换设备和 IOS 简介.....86	
5.2 Cisco IOS 的基本操作和路由器的 常规配置.....91	
5.3 静态路由配置.....101	
5.4 动态路由协议 RIP 的配置.....110	
5.5 Cisco 路由器访问列表配置.....113	
5.6 基于交换机端口的 VLAN 配置.....119	
第 6 章 Linux Server 网络服务的配置131	
6.1 IPv4 网络参数的配置.....132	
6.2 使用 Yum 软件包管理器安装 更新软件.....138	
6.3 服务控制管理.....142	
6.4 Web 服务配置.....145	
6.5 FTP 服务配置.....150	
6.6 Samba 服务配置.....155	
第 7 章 网络安全与管理161	
7.1 Windows VPN 服务器架设.....161	
7.2 使用 Nessus 进行网络安全漏洞检测.....167	
7.3 Windows Server 网络监视器的应用.....172	
7.4 Windows Server 网管工具和性能 监视器的应用.....179	
第 8 章 网络通信程序设计183	
8.1 RS-232 通信程序设计.....183	
8.2 Modem 通信程序设计.....186	
8.3 使用停一等协议进行数据帧传输.....189	

8.4 多线程 Socket 通信程序设计.....	192
8.5 网上下棋通信程序设计.....	196
第 9 章 网络课程设计	199
9.1 典型企业网络综合架构.....	199
9.2 Windows 网络环境下活动目录的 设定与管理.....	202
9.3 网上投票原型系统设计与安装.....	210
9.4 微型计算机集群上 MPI 并行计算 环境配置与程序设计.....	212
第 2 章 IOS 路由与 VLAN 配置	80
2.1 IPv4 和 IPv6 网络参数配置.....	40
2.2 DNS 和 DHCP 服务器的架设.....	48
2.3 Web 和 FTP 服务器配置.....	62
2.4 E-mail 服务器配置.....	67
2.5 网络流媒体服务器配置.....	75
第 3 章 网络协议分析	33
3.1 协议分析软件概述.....	33
3.2 使用 Omnicap 捕获数据包.....	34
3.3 分析由 FTP 命令产生的 TCP 数据包.....	39
3.4 使用 Linux C 设计数据捕获程序.....	34
3.5 使用 Linux C 设计 IP 包协议 分析程序.....	37
第 4 章 Windows Server 网络 服务器的架设	40
4.1 IPv4 和 IPv6 网络参数配置.....	40
4.2 DNS 和 DHCP 服务器的架设.....	48
4.3 Web 和 FTP 服务器配置.....	62
4.4 E-mail 服务器配置.....	67
4.5 网络流媒体服务器配置.....	75
第 5 章 路由器的基本配置和路由策略	91
5.1 路由器的基本配置.....	91
5.2 静态路由配置.....	101
5.3 动态路由协议 RIP 的配置.....	110
5.4 动态路由协议 RIPv2 的配置.....	113
5.5 Cisco 路由器的 OSPF 配置.....	119
5.6 基于交换机的 VLAN 配置.....	119
第 6 章 Linux Server 网络服务的配置	131
6.1 IPv4 网络参数的配置.....	132
6.2 使用 Yum 软件包管理器安装 更新软件.....	138
6.3 服务控制管理.....	142
6.4 Web 服务配置.....	142
6.5 FTP 服务配置.....	150
6.6 Samba 服务配置.....	152
第 7 章 网络安全与管理	161
7.1 Windows VPN 服务器架设.....	161
7.2 使用 Nessus 进行网络安全漏洞检测.....	167
7.3 Windows Server 网络服务器的应用.....	172
7.4 Windows Server 网络工具的性能 测试器的应用.....	179
第 8 章 网络通信程序设计	183
8.1 RS-232 通信程序设计.....	183
8.2 Modem 通信程序设计.....	186
8.3 使用第一等协议进行数据传输.....	189

第 2 章 物理连接基础实验	6
2.1 RS-232 连接实验.....	6
2.2 RJ-45 接口连接实验.....	9
2.3 无线局域网的搭建.....	13
第 3 章 网络协议分析	33
3.1 协议分析软件概述.....	33
3.2 使用 Omnicap 捕获数据包.....	34
3.3 分析由 FTP 命令产生的 TCP 数据包.....	39
3.4 使用 Linux C 设计数据捕获程序.....	34
3.5 使用 Linux C 设计 IP 包协议 分析程序.....	37
第 4 章 Windows Server 网络 服务器的架设	40
4.1 IPv4 和 IPv6 网络参数配置.....	40
4.2 DNS 和 DHCP 服务器的架设.....	48
4.3 Web 和 FTP 服务器配置.....	62
4.4 E-mail 服务器配置.....	67
4.5 网络流媒体服务器配置.....	75
第 5 章 IOS 路由与 VLAN 配置	80
5.1 路由器的基本配置.....	91
5.2 静态路由配置.....	101
5.3 动态路由协议 RIP 的配置.....	110
5.4 动态路由协议 RIPv2 的配置.....	113
5.5 Cisco 路由器的 OSPF 配置.....	119
5.6 基于交换机的 VLAN 配置.....	119
第 6 章 Linux Server 网络服务的配置	131
6.1 IPv4 网络参数的配置.....	132
6.2 使用 Yum 软件包管理器安装 更新软件.....	138
6.3 服务控制管理.....	142
6.4 Web 服务配置.....	142
6.5 FTP 服务配置.....	150
6.6 Samba 服务配置.....	152
第 7 章 网络安全与管理	161
7.1 Windows VPN 服务器架设.....	161
7.2 使用 Nessus 进行网络安全漏洞检测.....	167
7.3 Windows Server 网络服务器的应用.....	172
7.4 Windows Server 网络工具的性能 测试器的应用.....	179
第 8 章 网络通信程序设计	183
8.1 RS-232 通信程序设计.....	183
8.2 Modem 通信程序设计.....	186
8.3 使用第一等协议进行数据传输.....	189

第1章 绪论

第1章 绪论

1.1 网络教学实验室的软硬件配置

网络教学实验室的作用在于让学生在获得构建与管理网络系统、分析网络协议、设计网络通信程序、提供网络应用服务的专业训练。因此，网络教学实验室设备的配置应不同于一般的联网计算机房。这里强调网络教学实验室的两大特点：一是仿真性，能够类似网络中心那样提供网络服务，而不仅仅是将一批计算机连上校园网；二是实验性，服务设备性能不一定要求很高，但大部分设备要让学生能够反复进行从裸机开始的配置练习。与实验内容相适应，网络教学实验室配置的设备和器材大致可以分为物理线路连接器材、服务器系统设备、网络交换设备 and 安全防护设备四大类。各类设备的构成分述如下。

1. 物理线路连接器材

利用物理接口和传输介质实现主机与交换设备以及交换设备之间的物理连接，是构建计算机网络系统的先决条件，也是网络技术人员应该掌握的基本技能。为了进行以太网 RJ-45 接口的连线实验，实验室应为每个实验小组准备一套剥线器、压线钳和测线器以及若干水晶头和双绞线；进行 RS-232 串行接口的连线实验，则应准备 DB-9 连接器、电烙铁、双绞线和焊锡等器材和耗材。

相对有线连接，无线连接避免了网络布线带来的种种不便，正日益成为办公室局域网的常用连接方式。进行无线局域网的组网实验，通常需要为每台入网计算机配置无线网卡（通常采用 USB 接口），另外在实验室还要配置无线接入点（AP）。

网络教学实验室的布线除了通常的五类或六类双绞线外，如果要进行串行通信、Modem（调制解调器）数据通信以及路由器借助公用电话交换电话网（Public Switched Telephone Network, PSTN）的广域连接实验，则还需为每台主机配置 Modem 以及布设连接到实验室小型电话交换机的电话线。

2. 服务器系统设备

网络教学实验要让每个学生充当网络系统管理员，能够熟练运用网络操作系统配置各项网络服务，因而要求每台计算机的硬件配置都能支撑 Windows 和 Linux 服务器软件的流畅运行。这意味着其 CPU 主频、内存和硬盘都要有较高的配置，比如内存至少需要 512 MB 以上。另一方面，由于每次网络服务配置实验需要从原始状态开始，为了减少服务器软件重新安装的时间，主机应配置硬盘保护和还原卡。

另外，服务器系统要能够分区安装不同网络操作系统的服务器版，同时兼作客户机使用。

必要时还可以利用网络操作系统提供的服务,将主机配置成路由器、防火墙和拨号访问服务器等网络设备。

3. 网络交换设备

网络教学实验室除了要有保证服务器系统正常连网所需固定的交换设备(第二层和第三层交换机等)以外,还需要配备额外的交换机和路由器以便学生可以实际进行组网实验。有条件的实验室可以按实验小组来配备这类设备,这样学生可以直接体验到对网络交换设备的实际操作,加深感性认识。

路由器用于连接多个不同网络,尤其是局域网与广域网。路由器之间的互连除了以太网连接外,如果实验室配备集团电话交换机,则还可以进行路由器的广域连接配置,当然这时路由器必须加插相应的广域通信模块。

使用实物交换机和路由器进行组网实验也有不足的一面。除了需要大量投资以外,一是通常每个小组配备的交换设备数量不多,模块和功能有限,能够组成的网络结构过于简单;二是学生拥有超级用户权限后,常会修改用户名和密码,给设备管理和后继实验带来不便。有鉴于此,使用仿真软件进行组网配置也不失为一种高效实用的替代方案。仿真实验可以构造拓扑结构复杂的网络,选择不同型号交换设备,设定每一个入网设备运行的环境以及检验模拟系统各个环节的连通性。其逼真程度已经接近真实环境。采用这种方式实验效果良好,而实验室则只需要配备少量实物交换设备进行演示即可。

4. 安全防护设备

实验用的网络安全防护设备主要是防火墙、入侵检测系统和虚拟专用网(Virtual Private Network, VPN)服务器等。实验项目主要是安全规则配置。有条件的实验室也可以购置专用硬件设备。若受经费限制,则可利用主机系统安装相应软件代替,同样也可以达到较好的实验效果。

网络实验室设备的采购必须根据实际需要尽可能优化,力求达到最佳性价比。

1.2 网络程序开发环境简介

本教程使用的网络程序开发工具主要是 Visual C# .NET 2005 (或 2008) 和 Linux C++。

1.2.1 C# .NET 程序开发环境

Microsoft .NET 是微软公司战略的一个重要转折点。微软公司原总裁兼首席执行官鲍尔默说过:“.NET 代表了一个集合、一个环境、一个可以作为平台支持下一代 Internet 的可编程结构”。与 .NET 同生共长的 Visual C# 是 .NET 技术的核心开发语言,是 .NET 技术最忠实的实践者和现实者,已经成为编程人员常用的一种主流开发工具。

在 C# 之前,通常对微软开发环境最先想到的编程语言是 Visual Basic。Visual Basic 因其开发简单与快速的特点使得它拥有数以百万计的用户。尽管 VB 本身是成功的,但它至少有三大

缺憾：首先 Visual Basic 不是面向对象的，而事实上面向对象技术已经成为软件设计与开发的主流技术；其次，Visual Basic 的功能远不够强大，对于一些看上去简单的要求，都需要调用 Windows API 函数来实现；最后，Visual Basic 的语法不够简洁；还有其他不尽如人意的地方，这里不再一一列举。Visual C++ 虽然克服了 Visual Basic 所存在的缺憾，但其自身却并不完美。Visual C++ 是在 C 语言基础上扩展了面向对象的特性后发展而成的。本身变得庞杂难懂，对于实际项目的开发效率相对较低。

相比之下，Sun 公司当时推出的 Java 语言具有很明显的优势，它简单、完全面向对象、拥有丰富且功能强大的类库并具有跨平台的特性。微软公司也意识到自己所面临的尴尬，在其 .NET 战略的大背景下，它需要一种更适用于 .NET 环境的编程语言，于是 C# .NET 应运而生。C# 吸取了其他语言的精华并融入了最近 20 年的软件技术成果，具有 Visual C++ 语言的强大功能、Visual Basic 和 Delphi 语言的方便快捷以及 Java 语言的跨平台特性等众多优秀品质。

C# 并不生成可直接执行的 x86 机器码，而是生成 MSIL (Microsoft Intermediate Language)，也就是 .NET 平台的中间语言。MSIL 代码是独立于机器、操作系统和 CPU 的。有些类似于 Java 的字节码。它由 .NET 定义，并由实时编译器 (Just In Time, JIT) 编译解释执行；因此它在执行时的响应速度比 Visual C++ .NET 生成的可执行程序速度慢。不过，其慢的速度现在基本可以忽略。

C# 语言建立于 .NET Framework 之上。.NET Framework 是一种全新的计算平台，它提供了在 Windows 操作系统执行应用程序所需的服务以及相关的应用程序接口，其中包含了两个主要部分：公共语言运行库 (Common Language Runtime, CLR) 以及 .NET Framework 类库 (Class Library, CL)。CLR 控制和管理程序代码的动作，并提供了各种服务，例如，多线程管理、内存管理以及类型检查等。应用程序的源代码在这样的机制下，确保了其安全性与正确性。类库提供开发应用程序所需的各类功能。其涵盖的功能相当广泛，从最基本的数据流 I/O、创建丰富多彩的用户界面、多线程应用程序的编写，到提供复杂的分布式远程服务应用程序开发，程序开发人员几乎都可以在其中找到相关的支持。基于 .NET Framework 类库的支持，使用 C# 可以开发出各种功能强大的应用程序。

C# 中程序结构的关键概念为程序、命名空间、类型、成员和程序集。C# 程序包括一个或多个源文件。程序中声明类型，类型包含成员并能够被组织到命名空间中。类和接口是类型的例子。字段、方法、属性和事件则是成员的例子。当 C# 程序被编译时，它们被物理地打包到程序集中。程序集的文件扩展名一般为 .exe 或者 .dll，这取决于它们是实现为应用程序还是类库。

1.2.2 Linux C 程序开发环境

C 语言最早是由贝尔实验室为 UNIX 的辅助开发而设计的，其后又出现了 C 语言的面向对象的扩展 C++。20 世纪 80 年代末期，美国国家标准协会 (American National Standards Institute, ANSI) 发布了一个被称为 ANSI C 的 C 语言标准。这更加保证了在不同平台上 C 语言的一致性。几十年来，C 语言一直是世界上使用最广泛的计算机语言。Linux 上通常使用 GNU C 和 C++ 编

译器，可以从 RedHat Linux 的发行光盘上获取。

1. C 源程序的编辑

C 源程序的编写可以使用任何文本编辑器，常用的是 vi、gedit、kedit 等，这些编辑器都已提供图形用户界面，可以类似 Windows 界面那样方便地使用。由于编译时通常在字符方式下进行，故常需要在两种界面间切换。可以用 Alt+Ctrl+F2 组合键从图形界面切换到字符方式，使用 Alt+F7 组合键返回图形界面。

2. GNU C 编译器 (GCC)

GNU C 编译器是一个全功能的 ANSI C 兼容编译器。编译 C 和 C++ 程序命令的基本用法如下：

```
$ gcc [options] [filenames]
$ g++ [options] [filenames]
```

GCC 编译器有许多选项，-o 选项表示要求输出的可执行文件名；-c 选项表示只要求编译器输出目标代码，而不必输出可执行文件；-g 选项表示要求编译器在编译的时候提供以后对程序进行调试的信息。例如，将一个 test1.c 的 C 程序编译为名叫 test1 的可执行文件，可以输入下面的命令：

```
$ gcc -o test1 test1.c
```

3. 调试程序

Linux 包含一个用来调试 C 和 C++ 程序的强力调试器 GDB (GNU Debugger)。它使用户能监视程序中变量的值，既可以设置断点使程序在指定的代码上停止执行，也可以逐行执行代码。为了使 GDB 正常工作，必须使程序在编译时包含调试信息。调试信息包含程序里的每个变量的类型和在可执行文件里的地址映射以及源代码的行号。GDB 利用这些信息使源代码和机器码相关联。在编译时用 -g 打开调试选项：

```
$ g++ -g -o welcome welcome.cpp
$ gdb welcome
```

当 GDB 启动后，可以在命令行上指定许多选项，在命令行上键入 gdb -h 可得到有关这些选项说明的简单列表。要了解 GDB 的详细使用可参考 GDB 的指南页。

4. 使用 man 命令获取帮助信息

Linux 可以使用 man 命令来获得外部程序的用法或者某个函数的格式说明，例如：

```
man gcc
man fprintf
```

输入 q 则退出 man 环境。

5. 系统程序和应用程序的存放目录

使用 Linux C 进行软件开发时，必须清楚地了解系统程序和应用程序的存放目录，这样在开发成功某类软件之后，才能合理地根据软件的用途，将其存放在相应的目录下。以下是若干常用目录：

- 所有用户均可使用的系统程序存放在 /bin 中。

- 超级用户才能使用的系统程序存放在/sbin 中。
- 所有用户皆可使用的应用程序存放在/usr/bin 中。
- 超级用户才能使用的应用程序存放在/usr/sbin 中。

在 C 和很多其他计算机语言中，需要利用头文件来定义结构、常量以及声明函数的原型。几乎所有 C 的头文件都存放在/usr/include 及其子目录下。引用这一目录中的头文件在编译的时候无须加上路径信息，但是如果程序中引用了其他路径的头文件，在编译的时候则要用-I 选项，例如：

```
$ gcc -I /usr/openwin/include ex1.c
```

函数库是以重复利用为目的、经过编译的函数集合。比如 stdio (Standard Input Output) 库就是输入/输出函数的集合，dbm 则是数据库函数的集合。标准的系统函数库都存放在/lib 和 /usr/lib 两个目录下，C 编译器在连接的时候需要这些函数库。

6. 查找文件

Linux 使用了大量的文件，其中包含了大量的程序和命令以及很多配置文件。这使得有时很难定位应该查找的具体目标。Linux 系统提供了许多命令用于查找指定文件所在位置，例如 find、whereis、which、locate 等命令。用户还可以通过 makewhatis 命令构造一个 whatis 数据库 (Red Hat 配置的一个默认数据库)，该库提供给用户一个从命令手册页中派生出的简短总结，其后使用 whatis 命令帮助找出指定文件是什么工具；使用 apropos 命令将按照用户指定的关键字来查找一条命令或一个文件。

第2章 物理连接基础实验

2.1 RS-232 连线实验

一、实验要求

- 掌握 RS-232 接口的标准及其特点;
- 学会 RS-232 接口的基本接线方法;
- 能够使用 ComTools 串口测试软件测试接口的连通性。

二、实验条件

- 带有 RS-232 接口的计算机、双绞线、电烙铁、焊锡等;
- ComTools 串口测试软件 (可从网上搜索下载)。

三、实验指导

1. RS-232 串口标准

RS-232C 标准是美国电子工业联合会 (Electronic Industries Association, EIA) 与 BELL 等公司一起开发并于 1969 年公布的通信协议。它允许一个发送设备连接到一个接收设备以传送数据, 其原始规范的最大传输速率为 20 Kbps, 直接连接的最大物理距离为 15 m。但事实上, 现在的应用早已超出这个范围。它常用于连接到一个 Modem, 或其他带 RS-232 接口的设备上, 也可以直接应用于各种类型计算机之间的简单连接。

由于 RS-232 并未定义连接器的物理特性, 因此, 目前出现了 DB-25、DB-15 和 DB-9 几种类型的连接器, 其针脚的定义各不相同。下面主要介绍目前 PC 上常用的 DB-9 类型的连接器。DB-9 提供异步通信的 9 个信号线, 其针脚的排列如图 2.1 所示, 针脚的说明如表 2.1 所示。EIA 对 RS-232 的电器特性、逻辑电平和各种信号线功能都作了规定。

在 TXD 和 RXD 上:

逻辑 1 (MARK) = $-3 \sim -15$ V;

逻辑 0 (SPACE) = $+3 \sim +15$ V。

在 RTS、CTS、DSR、DTR 和 DCD 等控制线上:

信号有效 (ON 状态, 高电平) = $+3 \sim +15$ V;

信号无效 (OFF 状态, 低电平) = $-3 \sim -15$ V。

表 2.1 DB-9 的常用信号脚说明

针 号	功 能 说 明	缩 写
1	数据载波检测	DCD
2	接收数据	RXD
3	发送数据	TXD
4	数据终端准备	DTR
5	信号地	GND
6	数据设备准备好	DSR
7	请求发送	RTS
8	清除发送	CTS
9	振铃指示	BELL

图 2.1 DB-9 连接器示意图

RS-232 串行口信号分为 3 类：传送信号、联络信号和信号地。

传送信号 (TXD 和 RXD)：经由 TXD 传送和 RXD 接收的信息格式。一个传送单位由起始位、数据位、奇偶校验位和停止位组成。

联络信号有以下几种：

- **RTS：**PC 向 Modem 发出的联络信号。ON 表示 PC 请求向 Modem 传送数据。
- **CTS：**Modem 向 PC 发出的联络信号。ON 表示 Modem 响应 PC 发出的 RTS 信号，且准备向远程 Modem 发送数据。
- **DTR：**PC 向 Modem 发出的联络信号。ON 表示 PC 处于就绪状态，本地 Modem 和远程 Modem 之间可以建立通信信道；若为 OFF，则强迫 Modem 终止通信。
- **DSR：**Modem 向 PC 发出的联络信号。它指出本地 Modem 的工作状态，ON 表示 Modem 没有处于测试通话状态，可以和远程 Modem 建立通道。
- **DCD：**Modem 向 PC 发出的状态信号。ON 表示本地数据通信设备 (DCE)，接收到远程 Modem 发来的载波信号。
- **BELL：**Modem 向 PC 发出的状态信号。ON 表示本地 Modem 收到远程 Modem 发来的振铃信号。

信号地 (GND)：为相连的 PC 和 Modem 提供同一电势参考点。

2. RS-232 串口通信基本接线方法

通信距离较近时 (<15 m)，可以用电缆直接连接标准 RS-232 端口，最为简单且常用的是三线制接法，即两个 RS-232 端口的信号地、接收数据和发送数据 3 脚分别相连，接线方法如图 2.2 所示。其他类型的串口，如 DB-25 之间或 DB-9 与 DB-25 之间的连线，如表 2.2 所示，只要记住“接收数据针脚与发送数据针脚相连，彼此交叉，信号地对应相接”原则即可。

另外，为了保证串口物理上可以正常工作，可以制作堵头测试该口是否正常。堵头的制作

很简单，只需将堵头（DB-9 母头）的 2，3 针短接即可。测试方法为：将堵头插入要测试的串口上，启动 ComTools 串口测试软件，连接以后，在 ComTools 的“发送文本框”中输入字符，若在“接收文本框”中显示出输入的字符，则说明该串口物理功能正常。测试界面如图 2.3 所示。ComTools 同样可以用于测试双机串口互联接线的连通状况。

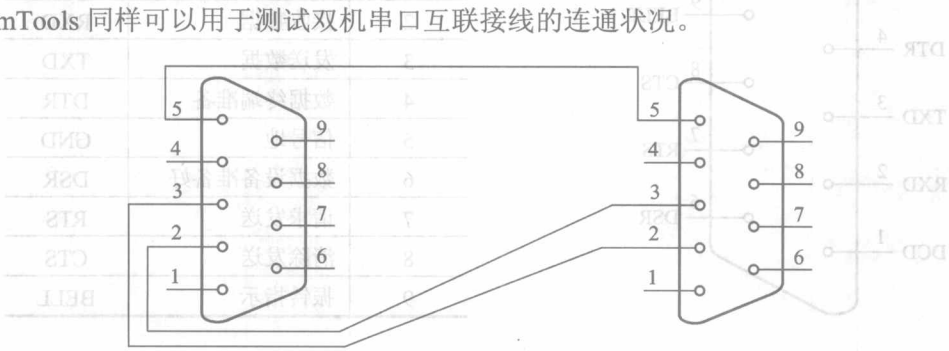


图 2.2 DB-9 基本连线图

表 2.2 不同类型连接器的接线方法

9 针—9 针		25 针—25 针		9 针—25 针	
2	3	3	2	2	2
3	2	2	3	3	3
5	5	7	7	5	7

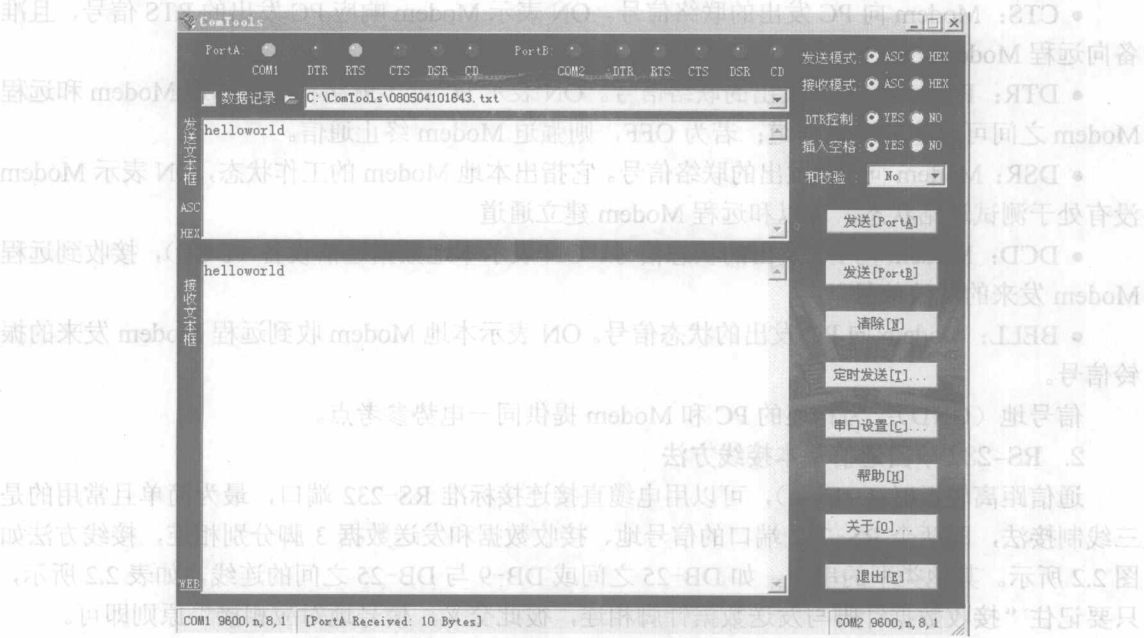


图 2.3 ComTools 测试界面

如果想在直接连接时,同时启用 RS-232C 的联络控制信号,则采用 7 线制,按照 DTE 和 DCE 之间信息交换协议的要求连接(如图 2.4 所示)。从图 2.4 中可以看出,RS-232C 接口标准定义的所有信号线都用到了。

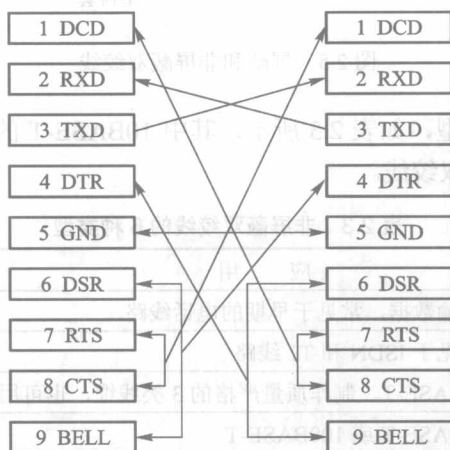


图 2.4 DB-9 7 线制连线图

2.2 RJ-45 接口连线实验

一、实验要求

掌握使用双绞线作为传输介质实现以太网连接的方法,学会制作两种类型的 RJ-45 接头。

二、实验条件

以太网集线器、微型计算机(带 RJ-45 接口的网卡)、五类双绞线、水晶头、卡线钳、测线器或万用电表。

三、实验指导

IEEE 于 1990 年批准双绞线可用于网络互联,目前它已经成为一种非常流行的通信介质。双绞线的结构如图 2.5 所示,分为屏蔽双绞线(Shielded Twisted-Pair, STP)和非屏蔽双绞线(Unshielded Twisted-Pair, UTP)两种。双绞线是指两根绝缘导线互相绞结在一起的通用传输介质。它可减少线间电磁干扰,适用于模拟或数字数据通信。屏蔽双绞线是为了提高双绞线的抗干扰能力,在外层增加铝箔屏蔽层而形成的。非屏蔽双绞线抗干扰能力虽然不强,但价格相对便宜,而且易于安装,是现在局域网上最常用到的网络电缆。

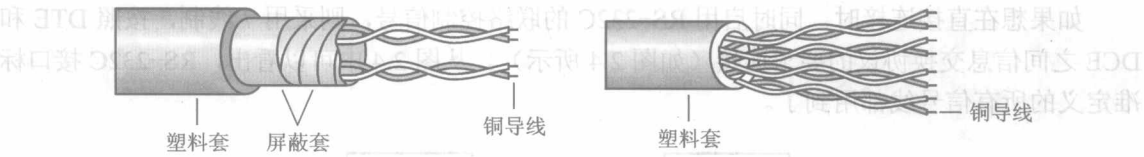


图 2.5 屏蔽和非屏蔽双绞线

非屏蔽双绞线有 6 种类型，如表 2.3 所示，其中 10BASE-T 的定义是传输速率是 10 Mbps，信号采用基带方式，T 表示双绞线。

表 2.3 非屏蔽双绞线的 6 种类型

类别	应 用	
Cat 1	可传输语音，不用于传输数据，常见于早期的电话线路	电信系统
Cat 2	可传输语音和数据，常见于 ISDN 和 T1 线路	
Cat 3	带宽 16 MHz，用于 10BASE-T，制作质量严格的 3 类线缆，也可用于 100BASE-T	计算机网络
Cat 4	带宽 20 MHz，用于 10BASE-T 或 100BASE-T	
Cat 5	带宽 100 MHz，用于 10BASE-T 或 100BASE-T。制作质量严格的 5 类线缆，可用于 1000BASE-T	
Cat 6	带宽高达 200 MHz，可稳定运行千兆以太网 1000BASE-T	

1. RJ-45 连接器和双绞线线序

双绞线和以太网接口的连接是通过 RJ-45 连接器实现的，RJ-45 连接器俗称水晶头，结构如图 2.6 所示，它有 8 个金属针脚，以太网接口与之相对应也有 8 个针脚。根据这 8 个针脚的定义不同可将以太网接口分为两类，如表 2.4 和表 2.5 所示。

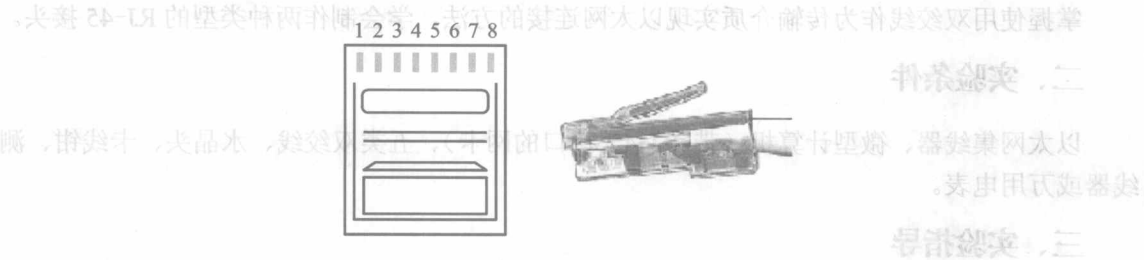


图 2.6 水晶头

表 2.4 第一类以太网接口针脚信号定义

第一类以太网接口（计算机和路由器上的以太网接口）								
针脚序号	1	2	3	4	5	6	7	8
信号定义	TD+	TD-	RD+	NC	NC	RD-	NC	NC

表 2.5 第二类以太网接口针脚信号定义

第二类以太网接口（交换机、集线器上的以太网接口）								
针脚序号	1	2	3	4	5	6	7	8
信号定义	RD+	RD-	TD+	NC	NC	TD-	NC	NC

计算机和路由器上的以太网接口属于第一类；交换机、集线器上的以太网接口属于第二类。一根 5 类双绞线线缆由 8 根线组成，这 8 根线分成 4 对互绞在一起，颜色分别为：

[橙白、橙]、[绿白、绿]、[蓝白、蓝]、[棕白、棕]。

在以太网网络中，用来连接网络设备的双绞线有两种：一种是直通线，用于连接数据终端设备（DTE）与数据通信设备（DCE）。例如用于微型计算机与交换机、交换机与路由器之间的连接线。直通线两端水晶头的导线排列顺序如图 2.7 所示，即两端水晶头的导线排列顺序必须一样。另一类是交叉线，用于连接网络中的相同设备，比如 PC 之间、交换机之间、路由器之间的连线。交叉线的导线排列顺序如图 2.8 所示，即一端水晶头第 1 根线的颜色要与另一端的第 3 根线一样，而第 2 根的要与第 6 根的一样。其他的导线的排列顺序与直通线一样。



图 2.7 直通线连接示意图

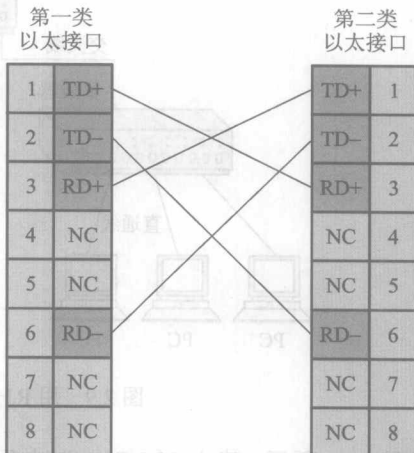


图 2.8 交叉线连接示意图

2. 双绞线线头的制作步骤

压制水晶头需要使用专用卡线钳，按照下述步骤制作：

① 剥线：用卡线钳剪线刀口将线头剪齐，再将双绞线线头伸入剥线刀口，使线头触及前挡板，然后适度握紧卡线钳同时慢慢旋转双绞线，让刀口划开双绞线的保护胶皮，剥下保护胶皮取出线头。

② 理线：双绞线由 8 根有色导线两两绞合而成，将其按照橙白、橙、绿白、蓝、蓝白、绿、棕白、棕顺序平行排列，整理完毕用剪线刀将前端修齐。

③ 插线：右手捏住水晶头（有弹片一面向下），左手捏平双绞线，用力将排好的线平行插