



西昌学院“质量工程”资助出版系列教材

# 计算机网络设备配置 与项目实训教程

主编 吴成茂



 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

西昌学院“质量工程”资助出版系列教材

# 计算机网络设备配置与 项目实训教程

主 审	曾陈萍	伍治林
主 编	吴成茂	
副主编	陈世琼	黎 华
参 编	宋敦波	刘尘尘

 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内 容 提 要

本书总结了编者积累的教学及实践经验,注重教材的实用性,将网络设备配置与管理的相关理论知识和实践技能编写成具体的网络工程项目。每个项目都设有项目分析、项目目标、相关理论知识及项目实训等内容。全书包含中小型企业网络规划、交换机的管理、企业内部网络的隔离及广播风暴控制、企业网络中主干链路的冗余备份、企业各个部门 VLAN 之间的互联、企业路由器的管理、通过路由协议实现企业总公司与分公司的联网、设置路由器控制企业员工访问互联网、构建无线局域网以及企业网络安全设置,通过相关知识介绍和具体项目分析,使学生掌握相应的网络基础知识以及网络设备调试的能力和技巧。每个项目还配有习题,以便学生深入学习。

本书既可作为高等学校计算机应用专业和网络技术专业理论与实训参考教材,也可作为管理信息系统开发人员的技术参考书。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

计算机网络设备配置与项目实训教程 / 吴成茂主编. —北京:北京理工大学出版社, 2014. 9

ISBN 978 - 7 - 5640 - 9786 - 8

I. ①计… II. ①吴… III. ①计算机网络 - 网络服务器 - 配置 - 教材 IV. ①TP368. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 221758 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京泽宇印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 15.75

字 数 / 360 千字

版 次 / 2014 年 9 月第 1 版 2014 年 9 月第 1 次印刷

定 价 / 42.00 元

责任编辑 / 钟 博

文案编辑 / 钟 博

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 马振武

---

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

# 序 言

西昌院校长 夏明忠

为了贯彻落实党中央和国务院关于高等教育要全面坚持科学发展观，切实把重点放在提高质量上的战略部署，经国务院批准，教育部和财政部于2007年1月正式启动“高等学校本科教学质量与教学改革工程”（简称“质量工程”）。2007年2月，教育部又出台了“关于进一步深化本科教学改革全面提高教学质量的若干意见”。从此，拉开了中国高等教育“提高质量，办出特色”的序幕，将中国高等教育从扩大规模正式向“适当控制招生增长的幅度，切实提高教学质量”的方向转变。这是继“211工程”和“985工程”之后，在高等教育领域实施的又一重大工程。

西昌学院在“质量工程”建设过程中，全面落实科学发展观，全面贯彻党的教育方针，全面推进素质教育；坚持“巩固、深化、提高、发展”的方针，遵循高等教育的基本规律，牢固树立人才培养是学校的根本任务，质量是学校的生命线，教学是学校的中心工作的理念；按照分类指导、注重特色的原则，推行“本科学历（学位）+职业技能素养”的人才培养模式，加大教学投入，强化教学管理，深化教学改革，把提高应用型人才培养质量视为学校的永恒主题。先后实施了提高人才培养质量的“十四大举措”和“应用型人才培养质量提升计划20条”，确保本科人才培养质量。

通过7年的努力，学校“质量工程”建设取得了丰硕成果。已建成1个国家级特色专业，6个省级特色专业，2个省级教学示范中心，3位省级教学名师，2个省级卓越工程师人才培养专业，3个省级高等教育“质量工程”专业综合改革建设项目，16门省级精品课程，2门省级精品课程资源共享课，2个省级重点实验室和1个省级人文社会科学重点研究基地，2个省级实践教学建设项目，1个省级大学生校外农科教合作人才培养实践基地，4个省级优秀教学团队等等。

为了搭建“质量工程”建设项目交流和展示的良好平台，使之在更大范围内发挥作用，取得明显实效；促进青年教师尽快健康成长，建立一支高素质的教学科研队伍，提升学校教学科研整体水平。学校决定借建院十周年之机，利用2013年的“质量工程”建设资金资助实施“百书工程”，即出版优秀教材80本，优秀专著40本。“百书工程”原则上支持学校副高职称的在职教学和科研人员，以及成果极为突出的中级职称或获得博士学位的教师。学校鼓励和支持他们出版具有本土化、特色化、实用性、创新性的专著，结合“本科学历（学位）+职业技能素养人才培养模式”的实践成果，编写实验、实习、实训等实践类的教材。

在“百书工程”实施过程中，教师们积极响应，热情参与，踊跃申报，一大批青年教师更希望借此机会促进和提升自己的教学科研能力；一批教授甘于奉献，淡泊名利，精心指导青年教师；各二级学院、教务处、科技处、院学术委员会等部门的同志在选题、审稿、修改等方面也做了大量的工作；北京理工大学出版社和四川大学出版社也给予了大力支持。借此机会，向为实施“百书工程”付出艰辛劳动的广大教师、相关职能部门和出版社等表示衷心

的感谢！

我们衷心祝愿此次出版的教材和专著能为提升西昌学院整体办学实力增光添彩，更期待今后有更多更好的代表学校教学科研实力和水平的佳作源源不断地问世，殷切希望同行专家提出宝贵的意见和建议，以利于西昌学院在新的起点上继续前进，为实现第三步发展战略目标而努力。

# 前 言

面向社会培养实用型人才战略计划已成为当前高等教育教学改革的重要内容，而计算机专业的学生要想成为一名合格的网络工程师，首先需要系统地学习网络知识和相关设备的使用。本书作者结合多年的计算机网络教学经验，从计算机网络教学特点出发，在写作过程中，以初学者的身份和心理量身编写和安排本书内容，同时列举了大量的具体实例。

在现代网络中，从简单的小型局域网到复杂的大型广域网，它们都是由各种各样的网络设备连接的。作为一名从事网络规划设计、网络配置和网络管理的专业人员，各种网络设备的配置与管理是网络工程师必须熟悉和掌握的基本技能。

本书以实际的网络环境为基础，把网络工程中组建网络的相关理论知识和操作技能分解到若干个教学项目中，每个项目包括若干任务。从基本的网络组建规划开始，通过对交换机的基本配置、网络隔离与广播风暴的控制、网络中链路的冗余备份、路由器的基本配置与远程管理、静态路由和动态路由实现网络互联、广域网协议的封装、访问控制列表的应用、利用 NAT 实现互联网的访问等项目任务实现，使学生掌握相应的网络基础知识，具备一定的网络设备的配置调试能力。

本书根据应用型院校当前普遍采用的“项目化、任务驱动”教学方式编写，在内容选取上遵循“实用为主、够用为度、应用为目的、适当拓展”的基本原则，并通过对相关企业调研和相关工作岗位的能力分析，尽可能地采用最新和最实用的相关网络知识。本书内容全面，实践性很强，旨在帮助学生在学习了计算机网络基础理论和基础知识的前提下，进行网络工程的应用训练，从基本的网络规划到常见的网络设备的配置与调试都做了详细的介绍。

本书重点突出、结构层次清晰、语言通俗易懂。本书实例众多，且所举出的实例针对性强，分析透彻，突出了本书以实例为中心的特点。相信阅读本书，会加深学生对计算机网络的理 解，提高其在具体网络环境中配置路由器和交换机的技巧。

本书由曾陈萍教授、伍治林副教授进行审阅，并提出了许多宝贵的意见，在此表示衷心的感谢，同时在编写过程中参考了许多国内同行的相关教材和文献，在此也深表谢意。最后感谢西昌学院“百书工程”项目，它为教师提供了提升自我、改进教学的平台。

本书由吴成茂主编，陈世琼、黎华任副主编，宋敦波、刘尘尘参加编写。其中吴成茂编写项目 1、项目 2，黎华编写项目 3、项目 4、项目 5、项目 6，陈世琼编写项目 7、项目 8，宋敦波编写项目 9，刘尘尘编写项目 10。

由于本书的编写时间比较紧张，书中难免存在一些错误和疏漏之处，在此欢迎广大师生指出错误和提出宝贵意见。

编 者

# 目 录

项目 1 中小型企业网络规划 .....	1
1.1 基础知识 .....	1
1.1.1 IP 地址的分配和应用 .....	1
1.1.2 掩码及子网掩码 .....	4
1.1.3 子网划分的概念 .....	6
1.1.4 网关 .....	8
1.2 项目实例 .....	9
1.3 拓展知识 .....	13
1.3.1 常见网络故障的排除方法 .....	13
1.3.2 排除网络故障一般方法 .....	13
1.3.3 Packet Tracer 软件基本操作 .....	15
1.4 项目实训 .....	18
1.5 小结 .....	18
1.6 习题 .....	18
项目 2 交换机的管理 .....	20
2.1 基础知识 .....	20
2.1.1 交换机和集线器的概念 .....	20
2.1.2 交换机和集线器的分类 .....	21
2.1.3 交换机和集线器的特点 .....	21
2.1.4 交换机配置 .....	22
2.1.5 交换机帮助命令“?”的使用 .....	23
2.1.6 命令书写规则 .....	25
2.1.7 命令中的 no 和 default 选项 .....	26
2.1.8 交换机配置信息的保存 .....	26
2.2 交换机远程管理的常见问题 .....	27
2.2.1 交换机系统的版本问题 .....	27
2.2.2 检查线路连接状态 .....	27
2.2.3 检查端口工作状态 .....	28
2.3 交换机集群技术在企业网的应用 .....	28
2.4 项目实例 .....	29
2.5 拓展知识 .....	38
2.5.1 D-LINK 网络交换机的 CLI 的配置说明书 .....	38



2.5.2 华为交换机的 telnet 远程登录配置 .....	39
2.5.3 锐捷和华为相关命令的区别 .....	40
2.6 项目实训 .....	41
2.7 小结 .....	41
2.8 习题 .....	42
<b>项目3 企业内部网络的隔离及广播风暴控制 .....</b>	<b>44</b>
3.1 基础知识 .....	44
3.1.1 VLAN 概述 .....	44
3.1.2 广播风暴现象 .....	48
3.1.3 企业 VLAN 划分 .....	51
3.2 项目实例 .....	51
3.3 拓展知识 .....	56
3.3.1 PVLAN .....	56
3.3.2 华为的相关命令 .....	61
3.4 项目实训 .....	63
3.5 小结 .....	64
3.6 习题 .....	64
<b>项目4 企业网络中主干链路的冗余备份 .....</b>	<b>66</b>
4.1 基础知识 .....	66
4.1.1 端口聚合 .....	66
4.1.2 快速生成树提供冗余备份链路 .....	69
4.1.3 生成树概述 .....	71
4.2 项目实例 .....	76
4.3 拓展知识 .....	79
4.3.1 网桥协议数据单元 .....	79
4.3.2 STP 计时器 .....	80
4.3.3 STP 端口状态 .....	80
4.3.4 RSTP 端口状态和端口角色 .....	81
4.3.5 RSTP 快速收敛原理 .....	81
4.3.6 MSTP .....	81
4.3.7 华为的相关命令 .....	82
4.4 项目实训 .....	87
4.5 小结 .....	87
4.6 习题 .....	88
<b>项目5 企业各个部门 VLAN 之间的互联 .....</b>	<b>90</b>
5.1 基础知识 .....	90



5.1.1 VLAN 之间的通信 .....	90
5.1.2 D-LINK 交换机 VLAN 设置案例 .....	93
5.2 项目实例 .....	96
5.3 拓展知识 .....	105
5.3.1 交换机的端口类型 .....	105
5.3.2 子接口 .....	106
5.3.3 华为的相关命令 .....	107
5.4 项目实训 .....	109
5.5 小结 .....	110
5.6 习题 .....	110
<b>项目 6 企业路由器的管理 .....</b>	<b>112</b>
6.1 基础知识 .....	112
6.1.1 路由器概述 .....	112
6.1.2 路由器功能及组成 .....	112
6.1.3 路由器的配置 .....	114
6.1.4 路由器的工作模式 .....	116
6.1.5 常用命令 .....	117
6.2 项目实例 .....	119
6.3 拓展知识 .....	122
6.3.1 路由器的接口类型 .....	122
6.3.2 华为路由器的相关设置 .....	123
6.4 项目实训 .....	124
6.5 小结 .....	124
6.6 习题 .....	125
<b>项目 7 通过路由协议实现企业总公司与子公司的联网 .....</b>	<b>126</b>
7.1 基础知识 .....	126
7.1.1 路由的概念 .....	126
7.1.2 路由表 .....	127
7.1.3 路由的类型 .....	128
7.1.4 路由选择协议介绍 .....	131
7.1.5 路由的匹配原则 .....	131
7.1.6 动态路由协议的分类 .....	131
7.2 项目实例 .....	132
7.3 拓展知识 .....	159
7.3.1 路由环路 .....	159
7.3.2 路由环路的解决方法 .....	160
7.3.3 路由黑洞 .....	161

7.3.4	有类别路由协议与无类别路由协议	161
7.3.5	浮动静态路由	161
7.3.6	华为的相关命令	162
7.4	项目实训	167
7.5	小结	169
7.6	习题	169
<b>项目 8</b>	<b>设置路由器控制企业员工访问互联网</b>	<b>171</b>
8.1	基础知识	171
8.2	ACL 的设定类型	177
8.3	项目实例	180
8.4	拓展知识	198
8.4.1	基于 MAC 的 ACL	198
8.4.2	专家 ACL	199
8.4.3	地址空间重叠的网络处理	200
8.4.4	TCP 负载均衡	201
8.5	项目实训	201
8.6	小结	202
8.7	习题	202
<b>项目 9</b>	<b>构建无线局域网</b>	<b>204</b>
9.1	基础知识	204
9.1.1	WLAN 概念	204
9.1.2	IEEE 802.11 简介	208
9.1.3	无线 AP	209
9.2	项目实训	213
9.3	拓展知识	216
9.3.1	BSS 基本服务集	216
9.3.2	扩展服务集 (ESS)	216
9.3.3	WLAN 安全性	217
9.4	总结	218
9.5	习题	218
<b>项目 10</b>	<b>企业网络安全设置</b>	<b>220</b>
10.1	基础知识	220
10.1.1	防火墙概述	220
10.1.2	防火墙工作原理	221
10.1.3	防火墙的种类	221
10.1.4	防火墙工作模式	221

10.1.5 防火墙规则优先级.....	228
10.2 项目实例.....	228
10.3 拓展知识.....	233
10.3.1 DHCP 攻击.....	233
10.3.2 IP 地址欺骗及 IP 源防护技术简介.....	234
10.3.3 ARP 攻击及 ARP 检测技术简介.....	234
10.4 项目实训.....	235
10.5 小结.....	236
10.6 习题.....	236
参考文献.....	237

# 项目 1

## 中小型企业网络规划

### 项目分析

规划与设计一个中小型企业网络，满足企业用户对网络的需求，并说明企业网络规划与设计任务、步骤等；根据 IP 理论和实际划分与分配原则，为实际企业及其子公司进行网络划分与 IP 地址分配，并说明 IP 划分与分配原则。

### 项目目标

- 理解网络规划相关概念并掌握相关基础知识。
- 了解 IP 地址的组成及应用。
- 掌握网络各层的功能与特点。
- 掌握子网的划分方法。

## 1.1 基础知识

### 1.1.1 IP 地址的分配和应用

在 TCP/IP 网络系统中，对于一台计算机或者路由器、交换机等设备来说，要实现设备之间正常通信的前提条件是拥有一个正确的 IP 地址。计算机、路由器、交换机等网络设备统称为主机（或节点）。在通信过程中，无论使用什么样的通信协议，所有的数据都必须封装为 IP 数据包，这就是说必须要为第一个数据指定 IP 地址，通过 IP 地址来告诉计算机将数据发给谁。同样的道理，计算机在接收到一个数据包时也可以根据 IP 地址清楚地知道该数据包是由谁发出的。IP 地址的划分和管理不是无序的，它必须遵守相应的规定和规律。

#### 1. IP 地址的格式及组成

数据包在网络上传输时，由于它的目标 IP 地址是始终不变的，因此，路由器的任务是根据自己的路由表，选择到目标 IP 的最佳路径，然后重写数据包第二层的帧头（MAC 地

址) 信息, 让数据包往下发送。不变的 IP 地址是将数据包正确发往目的地的基础。

目前广泛应用的 IP 版本为 IPv4, 它使用 32 位的二进制地址, 每个地址由 4 个八位组构成, 每个八位组被转化成十进制并用 “.” 来分割, 即常说的 “点分十进制表示法”。

二进制:

11000000	10101000	00001010	00000001
----------	----------	----------	----------

十进制:

192	168	10	1
-----	-----	----	---

### 2. 网络地址与主机地址

凡是利用 TCP/IP 通信的主机都需要一个唯一的 IP 地址, IP 地址又被分成网络地址和主机地址两部分, 这种寻址策略类似每个房屋的确切地址都由自己的街道和门牌号来共同决定, 对整个城市来说, 某个街道和门牌号都是唯一的, 用户可以通过街道和门牌号找到某个房屋。比如, 要去某处 (长安路 10 号) 时, 应先找到该处所在的街道 (长安路), 然后再依照门牌号寻找确切的地址 (10 号)。IP 地址中的网络地址就好比街道的地址, 用来标识整个网段; 主机地址就好比门牌号, 用来标识某个主机。对于一个 IP 地址来说, 外界只看它的网络地址, 而不关心其内部的网络结构。如果外界要向某个主机发送数据包时, 只看主机 IP 地址中的网络地址, 当数据包到达目标主机所在的网段后, 再依靠主机地址将数据包发给目标主机。

如路由器将对所有地址为 192. 168. 1. 0 的数据包做相同的处理, 当路由器收到一个发往 192. 168. 1. 2 的数据包时, 它查看路由表, 发现通过 E1 口可以到达 192. 168. 1. 0 网络, 于是路由器就直接将数据包发往 E1 端口, 而不用关心目标 IP 地址的主机地址具体是多少; 当数据包到达 E1 口以后, 路由器发现本地连接着 192. 168. 1. 0 的网络, 于是它查看 ARP 表得到主机 192. 168. 1. 1 的 MAC 地址, 最后将 IP 数据包发送给目标主机。也就是说 “名字、地址和路由这些概念有很大的不同。一个名字说明找的东西, 一个地址说它在哪里, 一个路由说明如何到达那里”。

在 TCP/IP 网络中, 设备地址由 IP 地址和 MAC 地址组成。IP 地址是一个逻辑地址, 它可以由网络管理通过相应的机制进行指定; 而 MAC 地址是一个物理地址, 在设备出厂时就已经被分配了一个全球唯一的 MAC 地址。在实际通信中, 逻辑地址最终要转换成物理地址。

### 3. IP 地址的分类

IPv4 是基于 32bit (位, 比特) 地址方案, 理论上可以支持 40 多亿台主机。为了适应不同的网络需求, IPv4 地址被分成了 5 类, 分别是 A 类、B 类、C 类、D 类和 E 类, 其分配由互联网地址授权委员会 (IANA) 统一管理。

A 类:

网络	主机	主机	主机
----	----	----	----

B 类:

网络	网络	主机	主机
----	----	----	----

C类:

网络	网络	网络	主机
----	----	----	----

D类:

组播地址
------

E类:

供 IETF 科研用
------------

(1) A类地址。

A类地址是网络中最大的一类地址，它的缺省子网掩码是255.0.0.0，它使用IP地址中的第一个八位组表述网络地址。A类地址的结构使每个网络拥有的主机数非常多，因此A类地址是为巨型网络（或超大型网络）所设计的。A类地址的第一个八位组的第一位总是被设置为0，这就是限制了A类地址的第一个八位组的值始终小于127，也就是仅有127个可能的A类地址。

0xxxxxxx	主机	主机	主机
----------	----	----	----

实际上，A类地址的范围是1~126。虽然从理论上讲，127.x.x.x和0.0.0.0也属于A类地址，但是127.x.x.x已经被保留做回路测试时使用，网络0.0.0.0也保留于广播地址（未知网络），所以它们不能分配给任何网络。因为有3个八位组用于表示主机地址，所以每个A类网络的主机数的可能值是16777216（ $2^{24}$ ），但是由于全0的主机地址表示网络、全1的主机地址表示到这个网络的定向广播，所以实际的主机数比可能的主机数少2。主机地址的运算方法是 $2^n - 2$ （ $n$ 是主机部分的位数，例如A类地址就是24）。

(2) B类地址。

B类地址的缺省子网掩码255.255.0.0，B类地址使用前2个八位组表示网络地址，后2个八位组表示主机地址。设计B类地址的目的是支持中到大型网络。B类地址的第一个八位组的前2位总是被置为10，所以B类地址的范围是从128.0.0.0到191.255.0.0。

10xxxxxx	xxxxxxx	主机	主机
----------	---------	----	----

B类地址可能拥有的网络数是16384（ $2^{14}$ ）（实际上要减去2个特例），每个网络可能拥有的主机数是65536（ $2^{16}$ ）。

(3) C类地址。

C类地址的缺省子网掩码是255.255.255.0，C类地址使用前3个八位组表示网络地址，最后一个八位组表示主机地址。设计C类地址的目的是支持大量的小型网络，因为这类地址拥有的网络数目很多，而每个网络所拥有的主机地址数却很少。C类地址的第一个八位组的前3位总是被置为110，所以C类地址的范围是从192.0.0.0到223.255.255.0。

110xxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	主机
----------	---------	---------	----

C类地址可能拥有的网络数是 2097152 ( $2^{21}$ ), 每个网络可能拥有的主机数是 256 ( $2^8$ )。

(4) D类地址。

D类地址用于 IP 网络中的组播 (多点广播)。它不像 A 类、B 类、C 类地址有网络号和主机号, 一个组播地址标识了一个 IP 地址组。因此可以同时把一个数据流发送到多个接收端, 这比为每个接收端创建一个数据流的流量小得多, 它可以有效地节省网络带宽。D 类地址的第一个八位组的前 4 位总是被置为 1110, 所以 D 类数据地址的范围从 224.0.0.0 到 239.255.255.255。

1110xxxx	28bit 组 ID
----------	------------

D 类地址拥有 268435456 ( $2^{28}$ ) 个组, 任何主机都可以自由地加入或离开任何组。组播地址没有所谓的子网掩码。

(5) E类地址。

E 类地址虽然被定义, 但却为 IETF (Internet Engineering Task Force, Internet 工程任务组) 保留做科研使用, 因此 Internet 上没有可用的 E 类地址。E 类地址的第一个八位组的前 4 位恒为 1, 因此有效的地址范围从 240.0.0.0 到 255.255.255.255。

1111xxxx	xxxxxxxx	xxxxxxxx	xxxxxxxx
----------	----------	----------	----------

### 1.1.2 掩码及子网掩码

网络设备如何区分网络地址 (网络 ID) 和主机地址 (主机 ID) 呢? 这里就要引出掩码这个概念。网络设备通过使用掩码来确定 IP 地址的组成, 具体来说, 就是通过掩码可以确定哪一部分属于网络, 哪一部分属于子网, 哪一部分属于主机。掩码由 32 位 0 和 1 组成, 与 IP 地址的组成相似, 既可以用二进制表示, 也可以用点分十进制表示。与 IP 地址的表示不同, 表示掩码的 1 是连续的, 而不是由 0 和 1 混合组成。掩码包含了两个组成部分: 网络域和主机域, 这些域分别代表网络 ID 和主机 ID 如表 1-1 所示。

表 1-1 网络域和主机域

十进制表示	255	255	0	0
二进制表示	11111111	11111111	00000000	00000000
作用表示	网络域	网络域	主机域	主机域
表示 IP 地址的	网络 ID	网络 ID	主机 ID	主机 ID

掩码用于划分 IP 地址的哪些位属于网络 ID, 哪些位属于主机 ID。每一类地址都有缺省的掩码, A 类地址的缺省掩码为 255.0.0.0, B 类地址的缺省掩码为 255.255.0.0, C 类地址的缺省掩码为 255.255.255.0。A 类、B 类、C 类 IP 地址缺省掩码的表示如表 1-2 所示。



表 1-2 缺省掩码

IP 地址的类别	十进制表示	二进制表示
A 类	255.0.0.0	11111111.00000000.00000000.00000000
B 类	255.255.0.0	11111111.11111111.00000000.00000000
C 类	255.255.255.0	11111111.11111111.11111111.00000000

前面介绍的是掩码的缺省状态，可以发现每一类 IP 地址仅有一个缺省的掩码。这在实际的 IP 地址管理中是很不实用的，所以经常要根据应用和管理的需要重新划分 IP 地址的网络 ID 和主机 ID，这时就引入了子网掩码的概念。

子网掩码主要用于子网的划分。在缺省情况下，一个 IP 地址由网络 ID 和主机 ID 组成，但通过子网掩码的划分，可以将 ID 中的部分 IP 地址作为网络 ID 使用，将缺省状态属于主机 ID 的这部分 IP 地址称为子网 ID。这样，在引入子网掩码后，IP 地址将由网络 ID、子网 ID 和主机 ID 部分组成。有了子网掩码，原来的网络结构和层次发生了变化。

具体来说，使用了子网掩码后，原来从“网络 ID + 主机 ID”的二层结构将转换成“网络 ID + 子网 ID + 主机 ID”的三层结构。子网掩码的应用打破了缺省掩码的限制，使用户可以根据实际需要自行定义和管理网络地址。因为子网掩码确定了子网域的界限，所以当给予网域分配了一些特定的位数（连续的二进制位数 1）后，剩余的位数就是新的主机域了。例如，172.16.1.1 为 B 类 IP 地址，缺省掩码为 255.255.0.0，即该 32 位 IP 地址的前 16 位表示网络域，后 16 位表示主机域。未划分子网的缺省掩码如表 1-3 所示。

表 1-3 未划分子网的缺省掩码

网络		主机	
11111111	11111111	00000000	00000000
255	255	0	0

如果将原来属于主机域的前 8 位作为子网域，这时这个 B 类网络的掩码将变为 255.255.255.0，主机域将由原来的 16 位变成了 8 位。划分子网后的掩码如表 1-4 所示。

表 1-4 划分子网后的掩码

网络		主机	
11111111	11111111	11111111	00000000
255	255	255	0

子网掩码实际上是一个过滤码，将 IP 地址和子网掩码“按位求与”就可以过滤出 IP 地址中应该作为网络地址的那一部分。按位求与就是将 IP 地址中的每一位和相应的子网掩码进行与 (&) 运算（即进行二进制的加法运算）。表 1-5 就是 172.16.1.1 与 255.255.0.0 进行子网掩码运算的一个实例。

表 1-5 运算实例

	网络		主机	
172. 16. 1. 1	10101100	00010000	00000001	00000001
255. 255. 0. 0	11111111	11111111	00000000	00000000
与运算	10101100	00010000	00000000	00000000

经过与运算后被过滤出来的 172. 16. 0. 0 就是 172. 16. 1. 1 的网络地址。通常情况下，在 IP 地址后加 “/n” 来表示一个具体的 IP 地址（n 是子网掩码中 “1” 的个数，如子网掩码 “255. 255. 255. 0” 通常写成 “/24”）。

### 1.1.3 子网划分的概念

每类 IP 地址都有自己的缺省子网掩码，但是这些缺省子网掩码并不能让用户有效地利用 IP 地址。如果在缺省子网掩码后面再添加几位连续的 “1”，掩码中的全 “1” 位变得更长，会出现什么情况呢？将 B 类网络 172. 16. 0. 0/16 的子网掩码延长为 24 位，这样就可以 “创造” 出更多的新网络，不过每个网络所拥有的主机数减少了。这种被额外创建的网络就是子网。

#### 1. 为什么要进行子网划分

Internet 的发展快得让人难以置信，当前 IP 地址（IPv4）已经面临即将耗尽的危机。如果不对 IP 地址进行子网划分，那么用户很可能会浪费许多 IP 地址。一个 B 类网络可以寻址 65534 个系统，但是对于一个单一的局域网而言，它的地址实在是太多了。使用子网掩码 255. 255. 255. 0 将 B 类网络 172. 16. 0. 0/16 分成许多更小的网络，如图 1-1 所示，这样可以保证 IP 地址的运用更加有效。

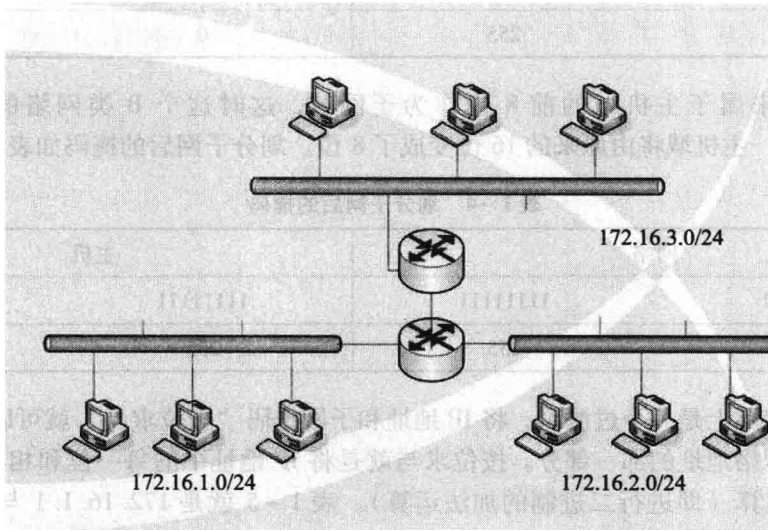


图 1-1 子网划分

在这个例子中，网络 172. 16. 0. 0 被划分成许多子网：172. 16. 1. 0、172. 16. 2. 0、