



国外经典教材·电子信息

PEARSON
Prentice
Hall

Electronic Communication Systems (Fourth Edition)

电子通信系统 (第4版)

(美) William Schweber 著

黄开枝 徐泓 张少华 译



清华大学出版社

国外经典教材·电子信息

电子通信系统

(第4版)

(美)William Schweber 著

黄开枝 徐泓 张少华 译

清华大学出版社

北 京

Simplified Chinese edition copyright © 2005 by PEARSON EDUCATION ASIA LIMITED and TSINGHUA UNIVERSITY PRESS.

Original English language title from Proprietor's edition of the Work.

Original English language title: **Electronic Communication Systems, Fourth Edition** by William Schweber, Copyright © 2002

EISBN: 0-13-091621-8

All Rights Reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall. This edition is authorized for sale only in the People's Republic of China (excluding the Special Administrative Region of Hong Kong and Macao).

本书中文简体翻译版由 Pearson Education 授权给清华大学出版社在中国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区)出版发行。

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2003-3094

版权所有, 翻印必究。举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有 **Pearson Education** (培生教育出版集团) 激光防伪标签, 无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

电子通信系统(第4版)/(美)谢韦伯(Schweber,W.)著;黄开枝,徐泓,张少华译. —北京:清华大学出版社,2006.1

书名原文: Electronic Communication Systems, Fourth Edition

(国外经典教材·电子信息)

ISBN 7-302-11662-8

I. 电… II. ①谢… ②黄… ③徐… ④张… III. 通信系统 IV. TN914

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 095812 号

出版者: 清华大学出版社 地址: 北京清华大学学研大厦
<http://www.tup.com.cn> 邮编: 100084
社总机: 010-62770175 客户服务: 010-62776969

组稿编辑: 曹 康

文稿编辑: 李 阳

封面设计: 康 博

版式设计: 康 博

印刷者: 北京国马印刷厂

装订者: 北京市密云县京文制本装订厂

发行者: 新华书店总店北京发行所

开本: 185 × 260 印张: 45.5 字数: 1165 千字

版次: 2006年1月第1版 2006年1月第1次印刷

书号: ISBN 7-302-11662-8/TN · 271

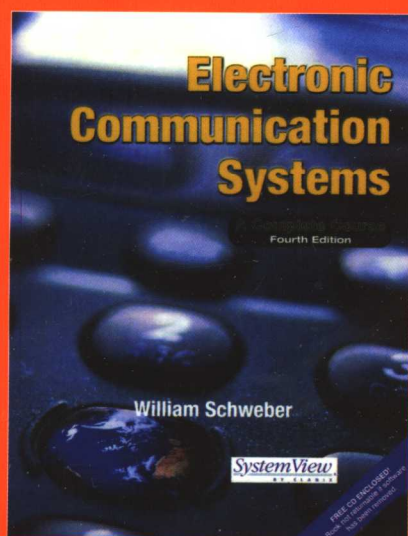
印数: 1 ~ 4000

定 价: 79.90 元

(美) William Schweber 著

作者简介

William Schweber毕业于马萨诸塞大学阿默斯特学院工程专业，拥有丰富的工作和教学经验，并著有多本畅销图书，他所编写的*Electronic Communication Systems: A Complete Course*已多次再版重印，受到广大读者的青睐。



黄开枝 徐泓 张少华 译

译者简介

黄开枝 清华大学电子工程系通信与信息系统专业工学博士，毕业后任职于解放军信息工程大学信息工程学院，研究方向包括分布式无线通信系统、无线接入与网络通信技术、空时信号处理、扩频无线通信等。曾编著和翻译有多本图书，包括《空时编码技术》、《网络防御与安全对策》等。

出版说明

近年来,我国的电子信息产业发展迅速,力争要成为“21世纪的世界制造中心”。这就迫切需要我国的高校能够培养出大量符合企业需求的高素质电子信息类人才。但是,目前传统的电子信息类教材已经落后于时代发展对电子信息教育的要求,急需一批门类齐全、具有国际水平的经典教材。引进国外的优秀电子信息教材,一方面可以了解和吸收国际现今的教学思想和教学方法,推动国内高校的课程改革和教学国际化进程,乃至对国内重点大学建设国际一流大学都能够提供宝贵的借鉴作用;另一方面能够培育出更多具有国际水准的电子信息类人才,提高我国电子信息产业的核心竞争力。为此,清华大学出版社从全球最大的高等教育出版机构——培生教育出版集团(Pearson Education Group)引进了这套“国外经典教材·电子信息”教材。

在该套教材的引进和出版过程中,我们邀请了一大批国内高校电子信息类专业的知名教授和相应领域的专家,与我们共同成立了专门的教材编审委员会,根据国内高校电子信息各专业的课程体系和培养方向,分期分批地从 Pearson 出版的电子信息系列教材中挑选出质量高、针对性强、适合国内教学的优秀教材。确定选题后,编委会委员直接参与或组织教材的翻译和审校,以确保教材内容的高质量和适应性。另外,为了更好地服务于教学和增强立体化教学的力度,我们在引进教材的同时也引进了与教材相配套的教学资料。

该套教材的范围是电子信息 and 电子工程学科所属各专业的专业基础课和专业课,读者对象是对应专业的本科生,同时兼顾相关工程学科各专业的本科生或研究生。该套教材既可作为相应课程的教材或教学参考书,也适于相应技术领域的工程师和技术人员参考或自学。

由于我们自身能力所限,该套教材在使用过程中很可能还会发现一些缺憾或问题,欢迎使用过的广大师生向我们提出意见或建议。同时,也非常期望广大读者向我们推荐优秀的国外电子信息类教材,同我们一起建设适合我国高等院校电子信息类专业教学的优秀教材。

清华大学出版社

前 言

本书描述了当今通信系统的多样性、真实性、复杂性和普遍存在性。我们的社会是由瞬时的话音、图像、消息和数据链路连接在一起的，并且这些连接每天都在变得更快、更复杂和更加完整；许多人即使是在他们看到从太阳系的其他星球上传来的生活照片和科学数据的时候，也会感到厌倦。同时，现有的通信系统(例如基本的电话和电视)在制定系统性能和合格的标准时依旧起着主要作用。在较老的系统中应用诸如网络处理器和 Internet 协议等新技术，可以改善系统性能、降低费用和增强系统功能。

工程师和技术人员现在正在从 3 个完全不同的方面(与几年前相比)来研究通信系统：

- 虽然在几乎所有的设计和系统中都使用数字技术和信号，但是模拟问题和特性仍然是系统设计和挑战的一个固有和不可避免的部分。
- 系统使用复杂的处理器和软件实现信号和数据处理算法以及嵌入灵活的功能，从而使高速、低错误率的链路更为实用和健壮。
- 集成电路(在具有软件定义的参数的单封装组件上提供完整的系统功能)已经代替了大量“需要许多分立辅助组件”的电路，因此还减小了总体大小、费用和功耗。

本书虽然建立在仍然在使用中的老式系统的基础之上，但是它从全新的观点研究了通信系统。使用本书的学生不仅会了解实现系统的电路，还将熟悉功能块图级的系统，如何用特定的设计权衡准则和约束条件建立系统，以及系统是如何平衡速度、性能、复杂性、费用和功耗的。学生们还将了解系统级问题解答与组件级问题解答的不同之处，以及实际系统研究中所需要的基本和复杂的工具。

关于第 4 版

自本书的第 3 版问世以来，通信系统的各个方面在全世界都发生了惊人的指数增长。电子邮件将分散在世界各地的人们链接在一起，而 Internet 为有基本接入的所有用户提供了大量的信息和娱乐资源。移动电话无处不在，在一些国家已经超过了传统的有线电话的数量，并且可以从任何位置方便地接入话音和数据。

本书在以前版本的基础上添加并扩展了大量新主题，包括光纤、光放大器和波分复用；新的总线和互连标准(例如 CAN 总线)Internet Protocol(IP 协议)和 Voice over Internet Protocol(VoIP, IP 电话)、信道仿真器和无线噪声性能、短程蓝牙无线标准、蜂窝系统的智能天线、使用欠采样和过采样的、主要为数字形式的蜂窝电话体系结构，以及更新的电磁谱分配。

本书根据这几年所发生的大量和快速的变化，重新编写了网络、蜂窝系统、无线和有线系统以及光纤等章节。频谱、调制、发射机、接收机、电缆、天线和数字概念的基本知识仍与前几个版本一样。本书的大部分内容都用于介绍实际的应用，例如视频、电话、标准和 DSL 调制解调器、RS-232(以及类似的标准)、蜂窝系统、网络、雷达、以太网、Internet 和万维网(World Wide Web)、有线和无线系统、卫星、蓝牙、全球定位系统和光纤。

本书介绍了每一种应用的目的、它的实现方式、它使用的功能块和组件、它的局限性，以及该应用的约束条件和权衡标准。在标准确定性能的章节中，了解了标准定义的内容和定义的原因，以及尚未定义的内容及其不足之处所在。此外还客观介绍了不同通信系统存在一定相互重叠、相互合作甚至相互竞争的情况；从长远角度来看，一些实现将会存在下去，而另一些实现则可能无法存在——只有时间和市场才能决定。

另外，第4版介绍了仿真在系统设计和分析中所起的重要作用。和将IC作为系统级构建模块一样，当今的设计和技术人员使用基于软件的仿真工具(在块图级模仿通信功能，然后在仿真模式下运行这些模块)开发和理解系统和权衡标准。

读者对象

本书主要面向初学的新生。每一章开始部分都包括“本章学习目标”和“简介”等内容。每一小节后提供有“复习题”，用以巩固刚刚学习的内容。此外，每章末包括了“小结”(对应于本章目标)、“总复习题”和“练习题”，以帮助学生温故知新。

目 录

第 1 章 电磁波频谱	1
1.1 现代通信系统简介	1
1.2 电磁波和电磁能	5
1.2.1 传输速率	6
1.2.2 电磁传播特性	8
1.3 电磁频谱与分配	9
1.3.1 标准频率分配	10
1.3.2 重叠分配	11
1.4 带宽和信息容量	11
1.4.1 带宽	11
1.4.2 信息容量	13
1.5 单工、双工和半双工系统	14
1.6 本章小结	16
1.7 总复习题	16
第 2 章 傅里叶频谱分析	18
2.1 时域和频域	18
2.2 频谱分析仪	20
2.3 傅立叶分析: 示例	21
2.4 调制和频谱	25
2.5 数字信号的频谱	27
2.5.1 理想的数字信号	27
2.5.2 实际的数字信号	28
2.6 叠加	30
2.7 功率和能量谱	33
2.8 本章小结	34
2.9 总复习题	34
第 3 章 分贝与噪声	36
3.1 信号测量与范围	36
3.2 分贝计算: 示例	37
3.3 分贝参考值	39
3.4 采用 dB 的系统测量	42
3.5 分贝和带宽	46
3.6 噪声及其影响	48

3.7 噪声源和噪声类型	50
3.7.1 外部噪声	50
3.7.2 内部噪声	51
3.8 噪声测量	55
3.8.1 信噪比	55
3.8.2 噪声系数	56
3.9 本章小结	58
3.10 总复习题	59
第 4 章 幅度调制	62
4.1 调制的功能	62
4.2 调幅的基本原理	63
4.2.1 AM 的结果	63
4.2.2 不同的载波和 AM	65
4.3 调制指数和信号功率	67
4.3.1 调制指数	67
4.3.2 调制指数和功率	68
4.3.3 确定 m 值	70
4.4 AM 电路	72
4.5 抑制载波和信号边带	75
4.5.1 抑制载波	75
4.5.2 DSB-SC 电路	76
4.5.3 单边带	77
4.5.4 SSB 功率	78
4.5.5 两种选择	79
4.6 SSB 发射机电路	80
4.7 连续波调幅	83
4.8 发射机功能和测试	85
4.8.1 发射机功能	85
4.8.2 测试发射机	87
4.9 本章小结	89
4.10 总复习题	89
第 5 章 调幅接收机	92
5.1 接收机的功能	92
5.2 接收机技术和分级	94

5.2.1	TRF 接收机	94	6.6.1	数字 PLL	143
5.2.2	超外差接收机	94	6.6.2	PLL 捕获与锁定	144
5.3	RF 级	96	6.6.3	PLL 的应用	144
5.4	混频器和本地振荡器	99	6.6.4	立体声 FM 解调器	146
5.4.1	LO 和接收机校准	100	6.7	相位调制	148
5.4.2	电子调谐	100	6.8	比较 AM、FM 和 PM	149
5.5	IF 级	103	6.9	FM 接收机系统	151
5.5.1	选择 IF 频率	103	6.10	FM 测试与设备	154
5.5.2	图象和其他 IF 频率	105	6.11	本章小结	155
5.5.3	IF 级电路	106	6.12	复习题	155
5.6	AM 解调和音频级	107	第 7 章	电线和电缆	158
5.6.1	AGC 电路	109	7.1	电线和电缆的参数	158
5.6.2	AM 接收机的重要性	110	7.2	平衡线和非平衡线	159
5.7	SSB 和 CW 解调	110	7.3	线路驱动器和接收机	162
5.8	完整的接收机	112	7.3.1	转换速率	163
5.8.1	噪声限制器	113	7.3.2	模拟驱动器	165
5.8.2	静噪电路	114	7.3.3	数字驱动器	165
5.8.3	信号强度指示	115	7.3.4	数字线路驱动器/接收机 IC	166
5.9	幅度调制: 特性和缺点	116	7.4	双绞线和同轴电缆	167
5.10	测试 AM 接收机	117	7.4.1	双绞线	168
5.11	本章小结	119	7.4.2	同轴电缆	168
5.12	总复习题	119	7.5	时域反射仪	170
第 6 章	调频和调相	122	7.6	本章小结	172
6.1	频率调制的基本概念	122	7.7	总复习题	172
6.2	FM 频谱和带宽	123	第 8 章	传输线	175
6.2.1	FM 和功率	127	8.1	阻抗和传输线基本概念	175
6.2.2	FM 广播	128	8.2	微带线和带状线	179
6.3	发射机	128	8.3	波导管	180
6.3.1	直接调频	129	8.3.1	传播模式	182
6.3.2	间接调频	129	8.3.2	波导耦合器	184
6.3.3	立体声 FM 和发射机	132	8.3.3	缝隙耦合	185
6.3.4	FM 发射机 IC	134	8.3.4	波导损耗	186
6.4	接收机的功能	135	8.4	线路和负载匹配	186
6.5	FM 解调器	137	8.4.1	驻波	190
6.5.1	斜率鉴频器	137	8.4.2	反射系数	191
6.5.2	Foster-Seeley 和比例鉴频器	138	8.4.3	线路/负载匹配技术	192
6.5.3	正交鉴频器	139	8.5	史密斯图	195
6.5.4	CA3089 FM IF 系统 IC	140	8.6	测试设备	197
6.6	锁相环和立体声解调	141	8.6.1	功率表	198

8.6.2	仿真负载	199	10.2.4	二进制和多进制数字信号	249
8.7	本章小结	200	10.3	抽样、带宽和比特速率	251
8.8	总复习题	200	10.4	数字测试	253
第 9 章	传播与天线	203	10.4.1	逻辑探针和逻辑分析仪	253
9.1	传播和天线功能	203	10.4.2	网络分析仪	256
9.2	传播模式	204	10.5	本章小结	256
9.2.1	地波或者表面波	205	10.6	总复习题	257
9.2.2	空间波	205	第 11 章	数字通信基础	259
9.2.3	天波	207	11.1	模数转换和数模转换	259
9.2.4	临界和最大可用频率: 临界角	208	11.2	脉冲编码调制	261
9.2.5	卫星波	209	11.2.1	模拟输入滤波器	262
9.3	天线特性	211	11.2.2	时钟	262
9.3.1	测量方向图	212	11.2.3	并-串和串-并转换器	263
9.3.2	天线尺寸	215	11.2.4	压扩	267
9.4	天线基本原理	217	11.3	同步	270
9.4.1	赫兹(偶极子)天线	217	11.3.1	同步选择	270
9.4.2	多频带偶极子天线	218	11.3.2	特殊比特	272
9.5	基本天线	220	11.3.3	帧同步	272
9.5.1	长线天线	220	11.4	增量调制	273
9.5.2	折叠偶极子天线	221	11.4.1	增量调制器性能	274
9.5.3	环形和平板天线	221	11.4.2	增量调制比特速率	276
9.5.4	马可尼(垂直接地)天线	222	11.5	故障处理	276
9.6	高级的多单元天线	225	11.6	本章小结	277
9.6.1	天线阵	225	11.7	总复习题	278
9.6.2	对数周期天线	227	第 12 章	数字通信系统	280
9.6.3	相控阵天线和智能天线	229	12.1	数字通信的复杂性	280
9.6.4	缝隙天线	230	12.2	编码	283
9.7	高级的单单元天线	231	12.2.1	非打印 ASCII 字符	283
9.7.1	螺旋天线	231	12.2.2	数字信息	284
9.7.2	碟形天线	233	12.3	格式	286
9.8	本章小结	236	12.4	物理接口和吞吐量	289
9.9	总复习题	237	12.4.1	电压级	289
第 10 章	数字信息	240	12.4.2	数据直流级	290
10.1	通信中的数字信息	240	12.4.3	数据速率	292
10.2	数字规格	246	12.5	协议和状态图	294
10.2.1	精确度	246	12.6	异步和同步系统以及有效 吞吐量	298
10.2.2	分辨率	246	12.6.1	异步 IC	299
10.2.3	动态范围	248	12.6.2	同步系统	301

12.6.3	协议 IC	302	14.6	MPEG 编码、数字电视和卫星 直播电视	359
12.7	检错和纠错	304	14.7	本章小结	365
12.7.1	奇偶校验比特	305	14.8	总复习题	366
12.7.2	校验和	306	第 15 章 频率合成器和直接变换	368	
12.7.3	检错和纠错	308	15.1	直接和间接频率合成	368
12.7.4	误码率	311	15.2	基本的间接频率合成	371
12.8	本章小结	313	15.2.1	VCO	373
12.9	总复习题	313	15.2.2	参考振荡器	373
第 13 章 数字调制与测试	316		15.2.3	鉴相器	373
13.1	基本调制和解调	316	15.2.4	滤波器	374
13.1.1	二进制和多进制数字调制	317	15.2.5	分频器	375
13.1.2	比特率和波特	318	15.3	扩展合成器	376
13.1.3	幅度调制	318	15.4	合成器和微处理器系统	380
13.1.4	频率调制	320	15.5	中频到基带转换、欠抽样和 宽带数字接收机	385
13.1.5	相位调制	321	15.6	本章小结	387
13.2	正交幅度调制	322	15.7	总复习题	387
13.3	环回测试、误比特率和眼图	325	第 16 章 电话系统	390	
13.3.1	环回	325	16.1	系统简介	390
13.3.2	误码率	326	16.2	电话设备和本地环路	393
13.3.3	眼图	328	16.2.1	语音信号	395
13.4	随机比特的产生和数据加密	331	16.2.2	环路信号电平	395
13.4.1	随机比特的产生	331	16.2.3	拨号	395
13.4.2	数据加密	333	16.2.4	DTMF 信号的产生	398
13.5	本章小结	336	16.2.5	本地环路特性	400
13.6	总复习题	336	16.3	中心局和环路监控	401
第 14 章 电视/视频和传真	339		16.4	中心局和交换	404
14.1	成像基础	339	16.4.1	建立连接	405
14.2	电视信号	343	16.4.2	干线特性	407
14.2.1	调制和带宽	344	16.4.3	测量环路和干线性能	409
14.2.2	电视声音	345	16.5	电子交换系统	410
14.2.3	水平分辨率	345	16.6	回波和回波抑制	415
14.3	彩色电视	346	16.6.1	回波参数	415
14.4	电视接收机	349	16.6.2	回波的解决方法	416
14.4.1	RF 和 IF 部分	351	16.7	数字信号和交换	418
14.4.2	同步分离器	351	16.7.1	干线和放大器	419
14.4.3	亮度处理	352	16.7.2	电路与分组交换	419
14.4.4	色度处理	352	16.8	本章小结	420
14.4.5	伴音	354			
14.5	传真	354			

16.9	总复习题	421	18.3.1	命令/响应	469
第 17 章	RS-232 接口标准、调制解调器和高速 POTS 链路	424	18.3.2	中断-驱动	470
17.1	接口标准的作用	424	18.3.3	令牌传递	471
17.2	RS-232 工作原理	426	18.3.4	冲突检测	472
17.2.1	信号电平	426	18.4	网络示例	474
17.2.2	信号线	427	18.4.1	AppleTalk	474
17.2.3	信号和比特定时	430	18.4.2	控制器局域网	476
17.2.4	比特周期和定时	431	18.4.3	以太网	477
17.2.5	RS-232 工作顺序	431	18.4.4	IEEE-488	480
17.2.6	缓存	432	18.4.5	光纤信道	482
17.2.7	软件握手协议	433	18.4.6	PHY 和 MAC	482
17.3	RS-232 IC	434	18.4.7	测试设备	483
17.4	RS-232: 示例和故障解决	436	18.5	广域网和分组交换	484
17.4.1	RS-232 应用	437	18.6	高级网络: ISDN、SONET、 FDDI 和 ATM	489
17.4.2	RS-232 测试工具	439	18.6.1	ISDN 的数据速率	490
17.5	调制解调器功能	442	18.6.2	SONET	492
17.5.1	发起和应答模式	443	18.6.3	FDDI	493
17.5.2	高级的调制解调器	444	18.6.4	ATM	493
17.5.3	用于非电话链路的调制解调器	447	18.7	Internet 和 World Wide Web	494
17.6	用于 POTS 线路的标准调制解调器	449	18.7.1	Internet 结构	496
17.6.1	Bell 103 调制解调器	449	18.7.2	IP 电话	498
17.6.2	Bell 212 调制解调器	450	18.7.3	嵌入式 Internet	499
17.6.3	传真调制解调器	451	18.8	专用网络: FireWire、通用串行 总线、IrDA 和家庭自动化	500
17.6.4	高级的调制解调器标准	451	18.8.1	FireWire	500
17.7	其他的“RS”通信标准	454	18.8.2	通用串行总线	502
17.7.1	RS-423 标准	455	18.8.3	IrDA	503
17.7.2	RS-422 标准	456	18.8.4	家庭自动化	504
17.7.3	RS-485 标准	456	18.9	扩频系统	507
17.8	使用 xDSL 的高速 POTS 链路	457	18.9.1	FHSS 和 DSSS	510
17.9	本章小结	460	18.9.2	IEEE 802.11	511
17.10	总复习题	460	18.9.3	蓝牙技术	512
第 18 章	局域网和广域网、专用链路	463	18.10	本章小结	515
18.1	网络应用	463	18.11	总复习题	515
18.2	拓扑结构	466	第 19 章	卫星通信、导航和全球定位	518
18.3	协议和接入	469	19.1	通信和轨道	518
			19.1.1	卫星辐射场强图	519
			19.1.2	高度	520

19.1.3	角度	520	20.7	总复习题	573
19.1.4	频率	521	第 21 章	雷达系统	575
19.1.5	延迟和传播时延	522	21.1	雷达概念和显示器	575
19.2	卫星设计	523	21.1.1	雷达截面积	576
19.2.1	电源子系统	524	21.1.2	雷达距离	577
19.2.2	遥测和控制子系统	525	21.1.3	雷达显示器	579
19.2.3	主推进子系统和辅助推进 子系统	525	21.2	脉冲形状	581
19.2.4	通信信道子系统	526	21.2.1	多普勒雷达	582
19.2.5	天线	527	21.2.2	雷达脉冲和匹配滤波器	585
19.3	地面站	529	21.2.3	啁啾波形	586
19.4	LORAN 导航	532	21.3	雷达系统电路和器件	588
19.5	卫星导航	535	21.3.1	发射机	588
19.5.1	控制部分	536	21.3.2	接收机	589
19.5.2	空间部分	536	21.3.3	双工器	589
19.5.3	用户部分	537	21.3.4	天线	590
19.6	本章小结	541	21.3.5	雷达的固态器件	590
19.7	总复习题	541	21.4	高级雷达系统	591
第 20 章	蜂窝电话和高级无线系统	543	21.4.1	双基地雷达和多基地雷达	591
20.1	蜂窝概念	543	21.4.2	超视距雷达	592
20.2	蜂窝系统实现	548	21.4.3	合成孔径雷达	593
20.2.1	基站	549	21.5	本章小结	595
20.2.2	分集和智能天线	550	21.6	总复习题	595
20.2.3	蜂窝电话详解	551	第 22 章	多路复用技术	598
20.2.4	蜂窝电话中使用的 IC	553	22.1	多路复用简介	598
20.2.5	软件无线电	555	22.1.1	数字和模拟信号多路复用	599
20.3	蜂窝系统协议和测试	560	22.1.2	恢复多路复用的信号	599
20.4	高级系统和下一代蜂窝系统	563	22.2	空分多路复用	600
20.4.1	IS-54 TDMA 数字蜂窝 标准	564	22.3	频分多路复用	602
20.4.2	IS-95 CDMA 数字蜂窝 标准	564	22.3.1	FDM 和群信号	602
20.4.3	其他的高级无线技术	565	22.3.2	其他的 FDM 应用	603
20.4.4	第三代蜂窝业务	567	22.3.3	FDM 电路和性能	604
20.4.5	无线应用协议	569	22.3.4	FDM 与 SDM 相对比	605
20.5	基本和高级的寻呼系统	569	22.4	时分多路复用	606
20.5.1	寻呼系统协议	571	22.4.1	用于模拟信号的 TDM	606
20.5.2	双向寻呼机	572	22.4.2	数字 TDM	608
20.6	本章小结	573	22.4.3	比特与“一次一个值”的 TDM	611
			22.4.4	时钟和数据恢复	611
			22.4.5	用户数和带宽	612

22.4.6	TDM 与 FDM 和 SDM 的对比	612	24.3.2	调制光源	659
22.5	多级多路复用	615	24.3.3	光检测器	660
22.5.1	后跟 FDM 的 TDM	615	24.3.4	光波长	662
22.5.2	FDM 和 TDM	616	24.4	完整的系统和网络; 光交换、 光复用器和光放大器	663
22.6	本章小结	617	24.4.1	标准的光纤元件	664
22.7	总复习题	618	24.4.2	光纤和网络	665
第 23 章	微波设备和器件	620	24.4.3	光交换、复用和放大器	668
23.1	测试设备和方法	620	24.4.4	光放大器	672
23.1.1	微波测试设备	622	24.5	光纤测试	674
23.1.2	连接器和适配器	622	24.5.1	信号源	674
23.1.3	衰减器	624	24.5.2	功率计	675
23.1.4	放大器	624	24.5.3	测量光缆衰减	676
23.1.5	开关和分离器	624	24.5.4	测量连接器损耗	676
23.1.6	功率计	625	24.5.5	光时域反射仪	678
23.1.7	频谱分析仪	626	24.6	本章小结	681
23.1.8	计数器和频率计	627	24.7	总复习题	681
23.1.9	示波器	627	附录 A	部分习题答案	684
23.1.10	信号发生器、信号源和 功率放大器	627	附录 B	Internet 传输协议(TCP/IP)	707
23.2	电子管器件	629	附录 C	有用的网络资源和参考资料	711
23.2.1	速调管	631			
23.2.2	磁控管	632			
23.2.3	行波管	635			
23.3	半导体器件	638			
23.3.1	隧道二极管	639			
23.3.2	耿氏二极管	639			
23.3.3	其他的微波二极管	640			
23.3.4	晶体管	641			
23.4	声表面波	643			
23.5	本章小结	645			
23.6	总复习题	645			
第 24 章	光纤	647			
24.1	光纤系统的特性	647			
24.2	光纤	649			
24.2.1	光纤类型	652			
24.2.2	光纤的性能	653			
24.3	光源和光检测器	656			
24.3.1	光源	658			

第 1 章 电磁波频谱

本章学习目标

- 现代通信系统的主要问题
- 频率、波长、和传输速率之间的关系
- 整个电磁波频谱的范围和外观
- 带宽的涵义，以及它对系统信息量的影响
- 单工、半双工和全双工通信系统的基本区别

简介

通信系统的目的就是将信息从一地传至另一地。这是通过将信息以电磁能的形式发送出去，并通过真空、空气、电线(缆)，或是一束玻璃和塑料组成的光纤传送而实现的。能够传递信息的电磁能的频率和波长的范围极其宽，占据了电磁波谱的很大一部分。本章将讨论定义通信系统的一些基本物理元素：电磁波的频率、波长和速率；能量、能量带宽和能量所能承载的信息；单向通信和双向通信。

电磁波频谱又分为几个部分，或者叫做波段。每个波段都有一些独特的特征和特性。为避免干扰，不同用户都分配有波段中特定的频率。发送信息需要一定范围的频率，相对以较低的速率发送信息而言，以较高的速率发送信息时，需要更宽的频率范围。通信系统也可以划分为以下几类：信息只在一个方向上进行传输；在两个方向上同时进行传输；在两个方向上传输，但在同一时刻只有一个方向有信号。

1.1 现代通信系统简介

通信系统和现代电子学已经可以使消息能够方便可靠地传输很远的距离，同时也可以快速地从一点向另一点发送大量信息。通信带来的便利已经渗入到我们生活的点点滴滴，我们现在已很难想像过去的人们通信的困难，尽管那时的人们认为当时的技术所能达到的通信水平已经是最好的了。

现代通信系统利用很宽的频率范围和各种各样的电子设备来满足用户的需求。手持雷达(如图 1-1 所示)可以直接与附近的基站建立连接。小型卫星碟形天线可以与轨道卫星进行通信，而更大一些的碟形天线系统可以与数百万公里以外的空间站和太空卫星进行通信(如图 1-2 所示)。商业广播电台和电视台使用大功率的发射机和天线将信号送至数百公里内的听众(或观众)。无论天气好坏，或者是否在白天，雷达都能检测到轮船或飞机的位置(如图 1-3 所示)。近年来，通信系统越来越多地传输数字消息，这些数字消息或是直接来自计算机，或是来自其他一些信源，已经将这些信源发出的信号转换为与计算机兼容的数字格式。在通信系统中，通信的范围可以远至另一颗卫星，或是整个地球，也可以近到从一个电子发射部件的一个部分到另一个部分。



图 1-1 手持无线电通信设备可以与附近的基站直接进行双向通信(经 Tandy 公司授权)

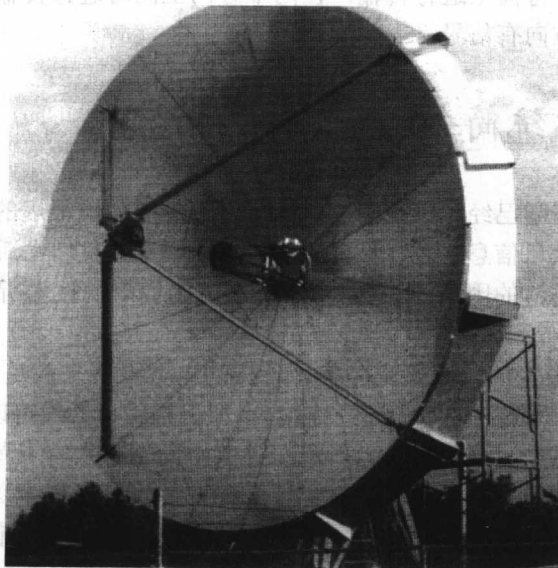


图 1-2 远距离通信需要的碟形卫星天线(经 Elecreonic Space Systems Corp.[ESSCO]公司授权)