

高等学校通信教材

gaodeng xuexiao tongxin jiaocai

© 吴德本 李惠敏 编著

XINBIAN DIANXIN
JISHU GAILUN

新编电信 技术概论

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

高等学校通信教材

新编电信技术概论

吴德本 李惠敏 编著

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

新编电信技术概论/吴德本,李惠敏编著. —北京:人民邮电出版社,2003.9

·高等学校通信教材

ISBN 7-115-11545-1

I. 新... II. ①吴...②李... III. 电信—技术—高等学校—教材 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 075934 号

内 容 提 要

本书讲述现代电信的相关概念、涉及的关键技术及工作原理。

全书共分 13 章。第一章基本概念,介绍信号的频域分析、模拟通信与数字通信、二进制、多进制等,为非通信专业人员阅读本书做知识准备。第二章数字化技术及 SDH,是学习后续各章的基础。其他各章内容包括数据通信技术,光纤通信,数字微波中继通信与卫星通信,移动通信,接入网,交换技术, No. 7 信令系统,多媒体技术,智能网,电信管理网(TMN)以及信息安全技术。

本书内容新颖,覆盖面宽。内容深入浅出、通俗易懂,注重从基本概念出发讲清关键技术的工作原理,避免了繁琐的数学推导。

本书可作为大专院校电信及相关专业的教学用书或教学参考书,也可供通信、广电等部门的工程技术人员及管理干部学习参考。

高等学校通信教材

新编电信技术概论

◆ 编 著 吴德本 李惠敏

责任编辑 须春美

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

读者热线 010-67194042

北京汉魂图文设计有限公司制作

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 27

字数: 647 千字

2003 年 9 月第 1 版

印数: 1-5 000 册

2003 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-11545-1/TN · 2145

定价: 34.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话:(010)67129223

作者简介

吴德本，1962年7月毕业于北京邮电学院（现北京邮电大学）无线电通信与广播专业。毕业后留校任教师，至今。曾任北京邮电大学教务处处长；现任北京邮电大学电信工程学院教授（2002年3月退休）。在北京邮电大学曾主讲线性代数、网络理论、最优化方法、通信概论、信息高速公路、现代电信技术概论等课程。在报纸及杂志发表多篇文章。《网络理论》一书的主编之一。主讲并录制《现代电信技术概论》VCD一套（共22张光盘），由人民出版社出版发行。

李惠敏，毕业于北京工业大学无线电技术专业。现任北京邮电大学电信工程学院副教授。在北京邮电大学校外曾主讲模拟电子电路、数字电路、程控交换、现代交换技术。

他们共同编著《通信概论》（与他人合编）、《信息高速公路》（以上由人民邮电出版社出版）、《现代电信技术概论》（由人民出版社出版）。

10多年来，他们多次应邀到全国各地为中国电信、中国网通、中国联通、中国广电、中兴通讯、巨龙通讯、润迅通信、润汇通信、大庆油田通信公司、大港油田通信公司、海军通信部、总参通信部等单位讲授现代电信技术，深受各类学生的好评和欢迎。

编者的话

物质、能源和信息是人类的三大资源。在农业社会和工业社会，人类开发的资源以物质和能源为主。当今社会已经进入信息社会，发展信息技术，开发信息资源是信息社会的主要特点之一。电信技术是信息技术的重要组成部分，它主要完成信息的传输和交换。

由于电信技术的飞速发展，为了满足广大师生、通信及广播电视管理干部和工程技术人员知识更新的需要，我们编写了《新编电信技术概论》一书。本书是在作者《通信概论》（与他人合编，1992年，人民邮电出版社）、《信息高速公路》（1994年，人民邮电出版社）、《现代电信技术概论》（1999年，人民大学出版社）的基础上，结合作者在校内、外多次授课的内容，并参考了国内外大量资料编写成的。

本书讲述现代电信的相关概念、涉及的关键技术及工作原理。内容编排次序力求由浅入深，便于读者理解和接受。

全书共分十三章。第一章基本概念，介绍信号的频域分析、模拟通信与数字通信、二进制、多进制等，为非通信专业人员阅读本书做知识准备。第二章数字化技术及SDH，介绍数字通信系统、语音/图像信号的A/D变换、数字同步技术、数字传输技术、数字复接技术、SDH、ISDN。数字化技术是学习后续各章的基础。第三章数据通信技术，重点介绍OSI七层协议、TCP/IP、以太网、因特网（Internet）等。第四章光纤通信，在介绍光纤通信系统的基础上，讨论掺铒光纤放大器（EDFA）、光波分复用（WDM）、新型光纤、全光通信网等光纤通信领域的新技术。第五章数字微波中继通信与卫星通信。第六章移动通信，在对泛欧数字蜂窝系统（GSM）进行较深入讨论的基础上，介绍通用分组无线业务（GPRS）、码分多址（CDMA）数字蜂窝移动通信、第三代移动通信系统（3G）、后3G（4G）及正交频分复用（OFDM）等当前移动通信热点问题。第七章接入网，对光接入网（OAN）、双绞线接入网、混合光纤/同轴电缆（HFC）接入网和无线接入网进行较详细的介绍。第八章交换技术，在对电路交换、ATM交换进行讨论的基础上，介绍多协议标记交换（MPLS）和软交换技术。第九章No. 7信令系统。第十章多媒体技术，在对多媒体信息处理（压缩编码）技术进行讨论的基础上，介绍图像压缩编码标准、计算机支持的协同工作（CSCW）、多媒体终端之一——机顶盒。第十一章智能网技术。第十二章电信管理网（TMN）技术。第十三章信息安全技术。

本书的特点是：①覆盖面宽。书中内容基本上覆盖了电信技术涉及的方方面面。②由于电信技术发展极为迅速，作者在编写中力求内容新颖，对当前电信技术发展中的热点问题尽量给予较大的关注。③编写中努力做到深入浅出、通俗易懂，注重从基本概念出发讲清关键技术的工作原理，避免了繁琐的数学推导。

本书可作为关注电信技术的大专院校教学用书或教学参考书，也可供通信部门、广电部门的管理干部及工程技术人员学习参考。

参加本书编写工作的还有：张旭东、刘美霞、柯宏力、高锦春、匡天波、吴倩、王哲中、于化龙、柯欣、何钢。

由于本书涉及面广，加之编著者水平有限，时间紧迫，书中难免有不妥与错误之处，敬请读者批评指正。

编 者
2003 年 6 月

目 录

第一章 基本概念	1
1.1 信号和信道	1
1.1.1 正弦信号	1
1.1.2 信号的频域分析	2
1.1.3 信道	3
1.1.4 模拟信号和数字信号	4
1.2 信息和信息量、二进制和多进制	5
1.3 基础网、业务网、支撑网	6
1.3.1 基础网	6
1.3.2 业务网	7
1.3.3 支撑网	7
第二章 数字化技术及 SDH	8
2.1 数字系统概述	8
2.2 数字系统的主要性能指标	9
2.3 数字终端技术	10
2.3.1 A/D 变换	10
2.3.2 PCM 30/32 系统帧结构	13
2.4 同步技术	14
2.4.1 位同步	14
2.4.2 帧同步	14
2.4.3 复帧同步	15
2.4.4 数字同步网	15
2.5 数字传输技术	18
2.5.1 数字信号的基带传输	18
2.5.2 数字信号的频带传输	22
2.6 数字复接技术	23
2.6.1 数字复接系列	23
2.6.2 复接方法	24
2.6.3 正码速调整	24
2.7 电视信号数字化、卫星数字电视系统简介	26
2.7.1 电视信号	26
2.7.2 电视信号的 A/D 变换	27
2.7.3 数字图像信号的格式	28

2.7.4	卫星数字电视系统的构成及各部分功能	29
2.7.5	卫星数字电视系统中的纠错编码	30
2.8	同步数字系列(SDH)	33
2.8.1	同步数字系列的产生	33
2.8.2	SDH的基本概念和特点	34
2.8.3	SDH网络单元	35
2.8.4	SDH的速率与帧结构	38
2.8.5	SDH复用结构	42
2.8.6	映射和同步复用原理	44
2.8.7	SDH的组网技术	49
2.9	综合业务数字网(ISDN)与宽带 ISDN(B-ISDN)	51
2.9.1	ISDN出现的背景	51
2.9.2	ISDN的基本概念	51
2.9.3	ISDN的业务及应用	55
2.9.4	宽带综合业务数字网(B-ISDN)简介	57
第三章	数据通信技术	58
3.1	数据通信概述	58
3.1.1	数据通信的特点	58
3.1.2	数据通信系统构成	59
3.1.3	通信软件	60
3.1.4	传输代码	60
3.1.5	数据传输方式	61
3.1.6	差错检测及控制	62
3.1.7	数字数据网(DDN)	64
3.2	计算机网络体系结构	67
3.2.1	网络协议及网络体系结构	67
3.2.2	物理层	69
3.2.3	数据链路层	74
3.2.4	网络层	77
3.2.5	运输层	80
3.2.6	高层协议	81
3.3	计算机局域网	82
3.3.1	局域网的特点	82
3.3.2	局域网的组成	82
3.3.3	局域网协议——IEEE 802 标准	85
3.3.4	以太网及 IEEE 802.3 标准	89
3.3.5	令牌总线(802.4 标准)	96
3.3.6	令牌环(802.5 标准)	97
3.3.7	光纤分布式数据接口(FDDI)	97

3.3.8 无线局域网(WLAN)	98
3.4 TCP/IP	104
3.4.1 TCP/IP 简介	104
3.4.2 TCP/IP 的优点	105
3.4.3 TCP/IP 的组成	105
3.4.4 TCP/IP 协议地址	108
3.4.5 网际层	111
3.4.6 运输层	116
3.4.7 应用层	118
3.5 网络互连设备	119
3.5.1 网络互连设备分类	119
3.5.2 中继器	119
3.5.3 集线器(Hub)	119
3.5.4 网桥	120
3.5.5 路由器	121
3.6 广域网	126
3.6.1 X.25 协议标准	126
3.6.2 X.75 协议	128
3.6.3 帧中继(Frame Relay)技术	129
3.7 因特网(Internet)	135
3.7.1 Internet 的优点	135
3.7.2 Internet 的工作文件	135
3.7.3 Internet 运行管理的组织机构	136
3.7.4 Internet 的基本信息服务	136
3.7.5 IP 电话(IP Phone)技术	141
3.7.6 IP 虚拟专用网(IP-VPN)	146
第四章 光纤通信	153
4.1 概述	153
4.1.1 光纤通信的概念及发展方向	153
4.1.2 光纤通信的工作窗口	154
4.2 光纤	154
4.2.1 光纤的结构和分类	154
4.2.2 光纤的传输特性	154
4.3 光发射机	155
4.3.1 光源	155
4.3.2 光发射机的组成	156
4.3.3 数字光纤通信的线路码型	157
4.4 数字光接收机	158
4.4.1 光接收机的组成	158

4.4.2 光电检测器	158
4.5 光中继器	159
4.6 掺铒光纤放大器(EDFA)	159
4.7 光波分复用(WDM)	160
4.7.1 波分复用系统的基本形式	161
4.7.2 波分复用系统的基本结构与工作原理	162
4.7.3 波分复用系统的主要特点	165
4.8 新型光纤	167
4.8.1 非零色散光纤(G.655 光纤)	167
4.8.2 全波光纤	167
4.8.3 用于局域网的新型多模光纤	168
4.9 全光通信网简介	169
4.9.1 全光网的基本概念	169
4.9.2 全光网的特点	169
4.9.3 全光网的关键技术	170
4.9.4 当前全光网发展中存在的一些问题	172
第五章 数字微波中继通信与卫星通信	173
5.1 数字微波中继通信	173
5.1.1 微波通信的特点	173
5.1.2 数字微波通信系统的组成	173
5.1.3 数字信号的调制与解调	173
5.2 卫星通信	178
5.2.1 卫星通信概述	178
5.2.2 卫星通信系统的组成	179
5.2.3 卫星通信的技术体制	182
5.2.4 甚小天线地球站(VSAT)卫星网络系统	184
第六章 移动通信	186
6.1 移动通信概述	186
6.1.1 移动通信的特点	186
6.1.2 移动通信网具有的功能	187
6.1.3 移动通信系统的组成	187
6.1.4 移动通信系统的体制	187
6.1.5 我国蜂窝移动通信的发展	188
6.2 泛欧数字蜂窝系统(GSM)	189
6.2.1 GSM 系统概述	189
6.2.2 GSM 系统涉及的主要技术问题	197
6.2.3 GSM 系统的接口、区域定义和系统编号	202
6.2.4 GSM 无线接口的信道、帧和突发脉冲	206
6.2.5 GSM 提供的业务	210

6.2.6 接续过程举例	214
6.3 通用分组无线业务(GPRS)	216
6.3.1 概述	216
6.3.2 GPRS 的主要特点	217
6.3.3 GPRS 的业务	218
6.3.4 GPRS 总体结构、接入接口和参考点	219
6.3.5 GPRS 的协议	222
6.3.6 空中接口的信道构成	223
6.3.7 GPRS 的路由管理	224
6.4 码分多址(CDMA)数字蜂窝移动通信	225
6.4.1 码分多址系统概述	225
6.4.2 CDMA 技术基本原理	226
6.4.3 CDMA 系统的特点	228
6.4.4 CDMA 的关键技术	231
6.5 第三代移动通信系统(3G)	233
6.5.1 概述	233
6.5.2 第三代移动通信的标准化	234
6.5.3 3G 涉及的若干技术	240
6.6 后 3G(4G)及正交频分复用(OFDM)	243
6.6.1 后 3G(4G)	243
6.6.2 OFDM	243
第七章 接入网	248
7.1 接入网的由来及含义	248
7.2 接入网的适用对象	249
7.2.1 接入网的适用业务	249
7.2.2 接入网适用通道	249
7.2.3 接入网采用的传输媒质	250
7.2.4 接入网的接口标准	250
7.3 接入网的接口技术	250
7.3.1 V5 接口概述	250
7.3.2 V5 接口的协议结构	250
7.4 接入网的传输技术	251
7.5 光接入网(OAN)	252
7.5.1 基本概念	252
7.5.2 光纤接入网的参考配置	252
7.5.3 光纤接入网的应用类型	254
7.5.4 光纤接入网的业务支持能力	255
7.5.5 光配线网(ODN)	255
7.6 双绞线接入网	256

7.6.1 高速数字用户线(HDSL)	256
7.6.2 非对称数字用户线(ADSL)	257
7.6.3 甚高速率数字用户环路(VDSL)	259
7.6.4 其他 DSL 技术	259
7.7 混合光纤/同轴电缆(HFC)接入网	259
7.7.1 HFC 的结构	260
7.7.2 HFC 的频谱分配	260
7.7.3 HFC 的优缺点	261
7.7.4 HFC 的前景	261
7.8 无线接入网	261
7.8.1 无线接入网概述	261
7.8.2 固定无线接入网	262
7.8.3 移动无线接入	265
第八章 交换技术	268
8.1 电信交换概述	268
8.1.1 交换机和通信网的概念	268
8.1.2 交换机的基本功能	269
8.1.3 各种交换方式	270
8.2 电路交换原理	271
8.2.1 数字交换概念	271
8.2.2 数字交换网络	271
8.2.3 数字交换机的组成	275
8.2.4 电路交换过程	276
8.3 ATM 交换技术	277
8.3.1 ATM 的基本概念	277
8.3.2 ATM 的复用	279
8.3.3 信元结构和虚通道(VP)、虚通路(VC)概念	279
8.3.4 ATM 协议模型	284
8.3.5 ATM 交换系统	288
8.4 ATM 网络支持 IP	294
8.4.1 IP 与 ATM 结合是 Internet 发展的需要	294
8.4.2 IP 与 ATM 结合的方式	295
8.4.3 IP 交换技术	296
8.5 多协议标记交换	298
8.5.1 MPLS 基本概念	298
8.5.2 MPLS 涉及的专业术语	299
8.5.3 MPLS 基本网络结构及标记交换过程	299
8.5.4 MPLS 的技术特点	301
8.5.5 标记及其分配方式	302

8.5.6 标记交换路径(LSP)的建立	303
8.5.7 MPLS 相关技术	304
8.5.8 数据驱动与控制驱动	305
8.6 软交换技术概述	306
8.6.1 软交换技术的产生	306
8.6.2 软交换的定义和特点	306
8.6.3 基于软交换的网络框架结构	307
8.6.4 软交换的主要功能	308
8.6.5 软交换技术有待研究的问题	310
第九章 No.7 信令系统	311
9.1 信令的基本类型	311
9.1.1 按信令的作用区域划分	311
9.1.2 按信令的功能划分	311
9.1.3 按信令传输方式划分	312
9.2 中国 No.1 信令简介	313
9.2.1 线路信令	313
9.2.2 记发器信令	313
9.3 No.7 信令系统的基本概念	313
9.3.1 No.7 信令系统的功能结构	313
9.3.2 信令单元的类型及格式	316
9.4 信令连接控制部分(SCCP)和事务处理能力(TC)	318
9.4.1 包含 SCCP 及 TC 的 No.7 信令规程结构	318
9.4.2 SCCP 模块对 MTP 功能的扩展	319
9.4.3 SCCP 业务功能	320
9.4.4 事物处理能力协议(TC)	320
9.5 No.7 信令网的组成结构	321
9.5.1 几个术语	321
9.5.2 信令工作方式	321
9.5.3 No.7 信令网结构	322
9.5.4 信令网编号	323
第十章 多媒体技术	324
10.1 多媒体技术概述	324
10.1.1 什么是多媒体	324
10.1.2 多媒体技术的特征	325
10.1.3 多媒体系统的类型	325
10.2 多媒体信息处理(压缩编码)技术简介	326
10.2.1 压缩编码技术概述	326
10.2.2 图像数据压缩的基本方法	327
10.3 图像压缩编码标准	331

10.3.1	CCIR601 建议(电视演播室数字编码的国际标准)	331
10.3.2	JBIG 二值图像通信压缩标准	332
10.3.3	JPEG(T.81)静止图像编码标准	332
10.3.4	H.261 可视电话、电视会议编码标准	333
10.3.5	MPEG-1 存储介质图像编码标准	333
10.3.6	MPEG-2(H.26X)一般视频编码标准	334
10.3.7	MPEG 的音频编码	338
10.3.8	AC-3 系统	339
10.3.9	MP3	339
10.3.10	MPEG-4 简介	340
10.3.11	MPEG-7 简介	342
10.3.12	MPEG-21 简介	343
10.3.13	HDTV 简介	344
10.4	多媒体通信和同步技术	344
10.4.1	概述	344
10.4.2	多媒体通信提供的业务	345
10.4.3	多媒体通信的特点	346
10.4.4	多媒体对通信网的要求	346
10.4.5	多媒体通信的同步技术	348
10.5	流媒体技术简介	350
10.5.1	流媒体系统的实现与组成	351
10.5.2	流媒体传输方式	352
10.6	计算机支持的协同工作(CSCW)	352
10.6.1	基本概念	352
10.6.2	CSCW 的关键技术	353
10.7	多媒体终端	354
10.7.1	多媒体计算机	354
10.7.2	机顶盒	356
第十一章	智能网	359
11.1	智能网概述	359
11.1.1	智能网的基本概念	359
11.1.2	智能网的特点	361
11.1.3	智能网业务	362
11.2	智能网的概念模型	364
11.2.1	业务平面(SP)	365
11.2.2	全局功能平面(GFP)	366
11.2.3	分布功能平面(DFP)	369
11.2.4	物理平面(PP)	371
11.3	实例	373

第十二章 电信管理网(TMN)	375
12.1 概述	375
12.1.1 电信管理网的产生	375
12.1.2 ITU-TMN与各专业网管系统的关系	376
12.1.3 电信企业的管理需求	376
12.1.4 TMN综合应用平台涉及的先进技术	377
12.2 基于NSA体系结构的网络管理系统	377
12.3 电信管理网(TMN)的组成	378
12.3.1 TMN体系结构概念	378
12.3.2 TMN的组成	379
12.3.3 TMN的标准接口	380
第十三章 信息安全技术	382
13.1 现代电信系统安全的重要性	382
13.1.1 现代电信系统面临的威胁	382
13.1.2 信息安全保护需求	383
13.2 信息安全技术的实现	383
13.2.1 信息系统安全对策	384
13.2.2 实体安全技术	384
13.2.3 数据安全技术	384
13.2.4 软件安全技术	386
13.2.5 计算机病毒的防治	387
13.2.6 网络安全技术	388
13.3 防火墙技术简介	390
13.3.1 防火墙在网络安全中的重要性	390
13.3.2 防火墙的主要技术	391
13.3.3 防火墙存在的问题	393
13.3.4 新一代防火墙	394
13.4 因特网安全及其防范措施	394
13.4.1 因特网安全问题	394
13.4.2 因特网安全防范措施	395
附录1 RS-232的引脚分配	398
附录2 空调制解调器(Null Modem)连接	400
英文缩写词汇	401

第一章 基本概念

1.1 信号和信道

电信是以电信号（包括光信号，光信号是频率更高的电信号）驮载待传输的信息进行传输和交换的通信方式。

为什么要有交换？设有 5 部电话机彼此要进行通话，最直观但不是最好的办法是每两部电话机之间建立直达通路，为此，需要 10 条线路，如图 1-1-1 所示。这样做，线路的利用率不高。若设置交换机，每部电话机和交换机相连，则只需要 5 条线路，如图 1-1-2 所示，线路数减少了一半。

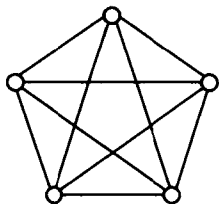


图 1-1-1 五部电话机两两直连

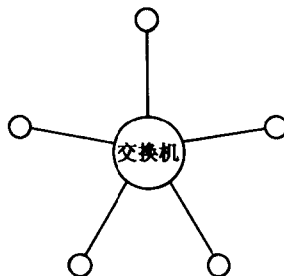


图 1-1-2 五部电话机通过交换机相连

推广到一般情况， N 部电话机两两直连，需要 $N \times (N-1)/2$ 条线路。若 $N = 10000$ ，则需要约 5000 万条线路。而通过交换机相连，仅需要 1 万条线路，线路数仅为直连时的五千分之一。现在中国固定电话用户数约 2 亿，可以计算出线路数减少了多少。这就是设置交换机的目的。

1.1.1 正弦信号

在电信号中使用最多的信号是正弦信号。正弦信号的波形如图 1-1-3 所示。

正弦信号的数学表达式为：

$$u(t) = U_m \times \sin(\omega t + \varphi)$$

式中： U_m 称为正弦波的振幅，表示正弦波的最大值。

ω 称为正弦波的角频率。 $\omega = 2\pi f$, f 为正弦波的频率, 表示正弦波随时间变化的快慢, f 的单位为 Hz。

φ 称为正弦波的初相角。当 $t = 0$ 时, $u(0) = U_m \times \sin\varphi$, 所以 φ 值决定 $u(0)$ 的大小。

电话通信是传统的电信业务。语音信号由耳朵接收。耳朵对振幅及频率极为敏感, 振幅表示声音的大小, 频率表示音调的高低。在电视网中, 图像信号的传输占有重要的地位。图像信号由眼睛来接收, 眼睛对初相角 φ 十分敏感。

以上 3 个参数称为正弦波的三要素。只要这三个参数确定了, 正弦波的波形也就确定了。

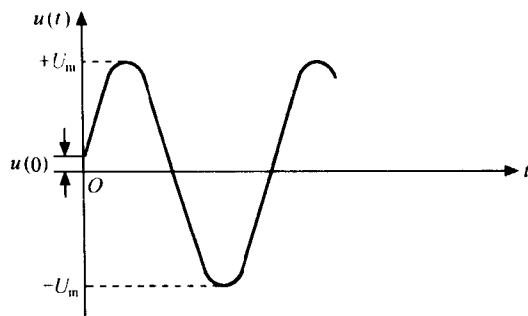


图 1-1-3 正弦信号

1.1.2 信号的频域分析

图 1-1-4 中有两个正弦波, 一个振幅为 3V, 频率为 1Hz (图中以虚线表示); 另一个振幅为 1V, 频率为 3Hz (图中以点划线表示)。现将这两个正弦波点点相加, 得合成波形如实线所示。

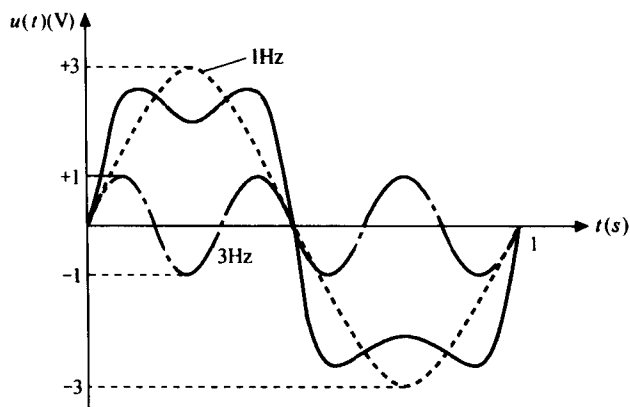


图 1-1-4 两个正弦信号的叠加

我们也可以说实线波形可以分解为上述两个不同振幅、不同频率正弦波的叠加。这个结论可以用频谱图形象地表示出来, 如图 1-1-5 所示。频谱图中, 两条谱线的长度分别代表两个正弦波的振幅; 谱线在频率轴上的位置分别为两个正弦波的频率。

上述特例可以推广到一般情况: 任何模拟波形的信号都可以分解为若干个不同振幅、不同频率正弦波的叠加。例如, 语音信号就可以分解为 $f = 20 \sim 20 \times 10^3$ Hz 的很多个正弦波的叠加。语音信号的波形及其频谱如图

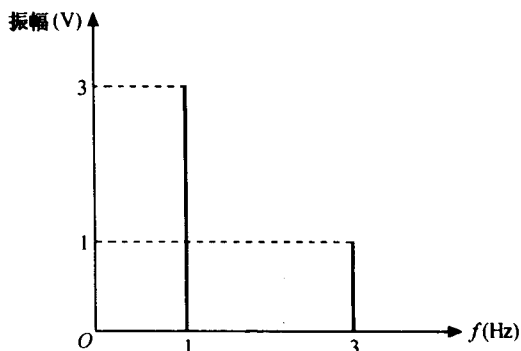


图 1-1-5 图 1-1-4 波形的频谱图