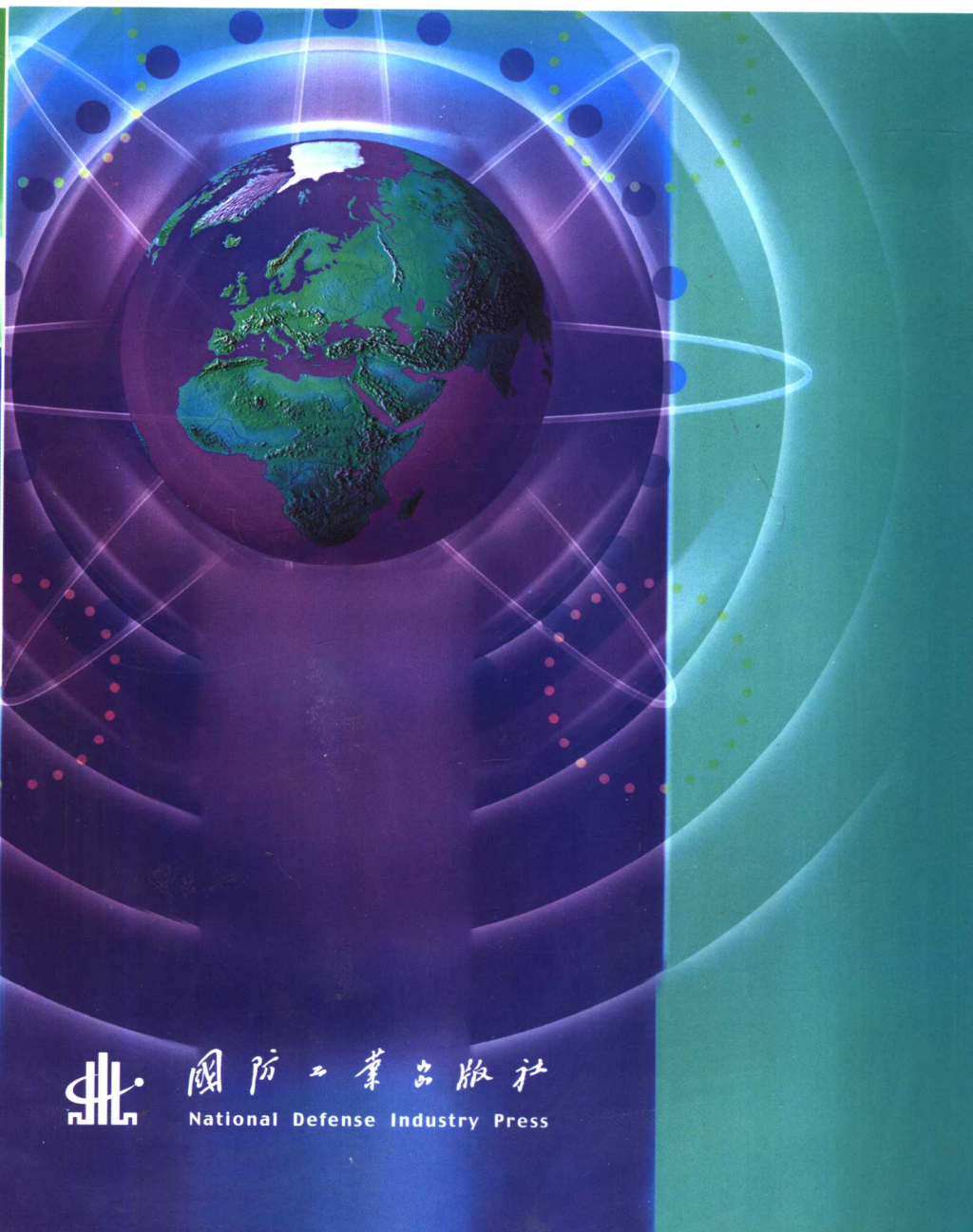
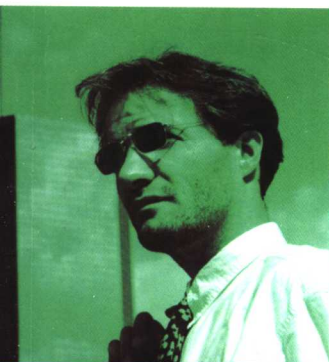


无线通信督导工程师培训教程（之一）



# — 通信及有线通信基础

魏楚千 编著



国防工业出版社  
National Defense Industry Press

# 无线通信督导工程师 培训教程(之一)

——通信及有线通信基础

魏楚千 编著

国防工业出版社

·北京·

## 内 容 简 介

《无线通信督导工程师培训教程》是为培训无线通信初学者而编写的一套书籍。本书是第一册。知识的认知是循序渐进的,为了能够顺利完成无线通信专业知识的学习,需要首先掌握一些必要的通信及有线通信知识。据此考虑本册书的内容安排,本册书内容有详有略,详细介绍的有:傅里叶频谱分析;一维概率密度函数(PDF)和分布函数(CDF),功率谱密度,随机过程和平稳随机过程概念,相关函数;线性分组码与循环码,m序列;数字信号基带与频带传输。对有线通信中的7号信令系统;ISDN与ATM;帧中继,DDN与ADSL;PCM30/32、PDH与SDH等作了适当的介绍。

本教程适合于准备从事无线通信工程督导、售前/售后技术支持、设备销售、产品推介岗位工作的无线通信新入门者。教程假定读者没有系统学习过无线通信知识,从培养一名合格无线通信督导工程师角度出发设置教程内容。教程注重工程实践,注意实践环节介绍,普及和易于自学是本教程编写时的一个主要考虑。

### 图书在版编目(CIP)数据

通信及有线通信基础 / 魏楚千编著. —北京:国防工业出版社,2008.1

无线通信督导工程师培训教程(之一)

ISBN 978-7-118-05381-4

I. 通... II. 魏... III. ①无线电通信-技术培训-教材  
②有线电通信-技术培训-教材 IV. TN91

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第150831号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100044)

四季青印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/16 印张 17 字数 380千字

2008年1月第1版第1次印刷 印数1—4000册 定价28.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010) 68428422

发行邮购:(010) 68414474

发行传真:(010) 68411535

发行业务:(010) 68472764



无线通信督导工程师岗位是无线通信行业中的一个重要岗位。各种无线通信设备的安装、调试都是在督导工程师的努力下逐一到位的。如果范围扩大一点,根据通信公司不同规模,公司对无线通信督导工程师工作职能的要求可能包括:公司产品推介、售前技术支持、产品销售、客户需求方案设计、现场设备安装和调测、售后技术支持。

根据本人从事无线通信工作的经历,感觉无线通信督导工程师岗位需要掌握以下通信基础知识和无线通信专业知识(如不考虑卫星通信)。

通信基础知识包括:信号与系统概念;傅里叶频谱分析;信号功率谱;概率论基础;随机信号分析基础;检错/纠错编码基础;数字信号的基带和频带传输;通信网络;有线通信基础。

无线通信专业知识包括:天线基本概念;无线通信电波传播;微波通信技术;移动通信基础;几种主要移动通信系统技术;无线局域(城域)网技术;其他地面固定无线通信系统技术;无线通信新技术。

无线通信涵盖很宽的专业领域,对督导工程师岗位的知识 and 技能要求只是其中很小的一部分。然而,如果不掌握这些必要的知识和技能,要成为一名合格的无线通信督导工程师是困难的。

根据以上认识,结合自己对无线督导工程师岗位的理解和多年来在公司从事培训工作的体会,本人编写了《无线通信督导工程师培训教程》。

在工作中经常看到,许多走上无线通信督导工程师岗位的年轻技术人员,大学所学并非通信专业,在从事无线通信督导工程师工作后,由于职业要求奔走于城市之间,无暇系统学习无线通信专业技术知识。缺乏对无线通信基础知识的较系统学习,在工作中往往专业文献和技术资料看不进去,在技术书籍阅读中遭遇大量拦路虎,难以从技术本质层面深刻理解本公司及竞争对手产品技术上的差异,以及各自的优缺点,学习新技术、理解新概念往往费时颇多却效果不好。

还有不少通信专业毕业的督导工程师,由于日常工作繁忙,基础及专业知识遗忘、荒疏严重,在工作中遇到不少困难。

在无线通信领域,技术发展迅速,知识更新周期快,在工作中需要不断自学,而打下一个基本的专业知识基础才能顺利完成自学。

编写本教程的初衷是希望能为刚走上无线通信督导工程师岗位的年轻工程师提供一

本程度不深、知识相对比较全面、突出基本概念、偏重物理概念和工程实践的岗位培训教程。

本教程具有以下特点：

- 阅读本教程不需要较高的理工科知识基础，有高中阶段的数学/物理知识，以及数学分析、线性代数、概率论（教程内有简介）知识便可顺利完成各篇、章的阅读。

- 对于无线通信专业的介绍不是面面俱到，但已介绍内容尽量完整；突出物理概念，精简数学推导；重要概念不同篇、章多次从不同侧面介绍。

- 本教程各章节安排了许多有助于自学者理解章节疑难内容的“提示”，希望通过此“提示”，在疑难问题冒出来的“现场”给初学者以帮助，帮助读者自学完成本教程。例如，采用“提示”方式，详细介绍了噪声系数的概念及计算；详细介绍了归一化信噪比( $E_b/N_0$ )的概念及应用；详细介绍了接收机热噪声的概念及计算。

- 本教程内容安排力求从满足无线通信督导工程师岗位的工作要求出发，涵盖上述列举内容。

- 本教程力求在不超过3个月（集中培训）的时间内，使学习者较全面掌握无线通信督导工程师岗位所要求的基本专业知识和技能。

- 本教程吸取了许多优秀通信教育家的经典思想和通俗易懂的讲解方法，并结合无线通信督导工程师岗位要求作了细化、归纳和拓展。

- 本教程立足于作为无线通信督导工程师培训的普及教程，希望能够成为督导工程师进一步自学和深造的铺路石。

- 对于学习非通信专业、希望毕业之后从事无线通信相关专业工作的在校生，通过本教程的学习，可以较快地掌握无线通信的基本知识和技能。

- 在本教程相关册的附录中，有针对性地收录了关于防雷及接地技术介绍，关于微波天线、电缆避雷器、射频电缆、射频连接器的指标，关于分贝各种表述的介绍，关于分贝与功率、电压的转换表，爱尔兰B表，关于复数计算等内容，以方便阅读者使用。

本教程共4册，本书为第一册，其中各篇是学习无线通信技术的基础篇。

第一篇由“信号与系统基本概念”、“确定信号时域分析简介”、“卷积积分与冲激响应”、“傅里叶频谱分析”和“能量谱密度与功率谱密度”共5章组成。通过本篇学习可以了解：信号及系统的定义；什么是冲激信号，什么是冲激响应；信号频域分析最基础、最常用的傅里叶变换方法；以及随机信号频谱分析中的重要概念——功率谱密度。

第二篇由“分布函数与概率密度”、“随机变量的数字特征”、“二维随机变量”和“随机过程”共4章组成。主要介绍：概率及相关概念；分布函数是“概率累加”、概率密度函数是“单位区间内的概率”概念；一维和二维随机变量；随机过程概念、平稳一遍历随机过程概念，相关函数与功率谱密度关系等。

第三篇由“差错控制编码”和“伪随机码”两章组成。前一章介绍了信道编码的基本概念，主要是线性分组码和循环码。后一章举例详细介绍了m序列的特点，主要是m序列的产生、自/互相关函数及功率谱密度。

第四篇由“基带数据传输”和“频带数据传输”两章组成。在基带数据传输一章中，详

细介绍了白噪声/限带白噪声的功率谱,符号、码元、二进制代码、进制、信号电平之间的关系,AMI、HDB<sub>3</sub>和CMI线路码,归零、不归零单/双极性码的功率谱,奈奎斯特第一准则,基带传输系统误码性能分析,以及广泛应用于通信误码分析的误差函数与Q函数。在频带数据传输一章中,详细介绍了2ASK、2PSK、2DPSK、2FSK、MSK、GMSK、QPSK、4DPSK、4QAM(16QAM)、OQPSK、 $\pi/4$ QPSK等调制技术的工作原理、波形、表达式、误码性能、频谱利用率及功率谱密度。

第五篇由“7号信令系统”、“ISDN与ATM”、“帧中继、X.25、DDN及ADSL”和“PCM、PDH及SDH”共4章组成。本篇主要介绍有线通信基础概念。

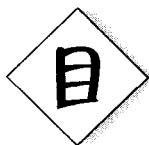
在本书编写过程中参阅了许多优秀通信教育家的著作,在此,对这些文献的作者以及出版这些文献的出版社表示衷心感谢。

由于个人能力有限,所编写的《无线通信督导工程师培训教程》很可能存在不足与谬误,希望得到专家和读者的批评指正。

本人联系方式:weichuqian@sina.com

魏楚千

2007年6月



## 第一篇 傅里叶级数与傅里叶变换

<b>第 1 章 信号与系统基本概念</b> .....	1
1.1 信号分类 .....	1
1.1.1 连续信号与离散信号 .....	1
1.1.2 确定信号与随机信号 .....	2
1.2 信号的时域分析与频域分析 .....	2
1.3 能量信号与功率信号 .....	2
1.4 系统分类 .....	3
1.4.1 连续时间系统与离散时间系统 .....	3
1.4.2 线性系统与非线性系统 .....	3
1.4.3 时不变系统与时变系统 .....	3
1.4.4 因果系统与非因果系统 .....	4
<b>第 2 章 确定信号时域分析简介</b> .....	5
2.1 确定信号时域描述 .....	5
2.2 普通信号时域描述 .....	5
2.2.1 直流信号 .....	5
2.2.2 指数信号 .....	5
2.2.3 正弦信号 .....	6
2.2.4 复指数信号 .....	7
2.3 奇异信号时域描述 .....	7
2.3.1 冲激信号 .....	8
2.3.2 阶跃信号 .....	9
2.3.3 斜坡信号 .....	10
2.4 冲激信号的性质.....	11
<b>第 3 章 卷积积分与冲激响应</b> .....	12
3.1 信号分解为直流分量与交流分量之和.....	12
3.2 任意信号可分解为无限多个冲激信号的叠加(冲激信号序列) .....	12

3.3	冲激响应	14
3.4	卷积与系统的输出响应(零状态响应)	15
3.5	卷积的性质	16
<b>第4章</b>	<b>傅里叶频谱分析</b>	<b>17</b>
4.1	周期信号的三角形式傅里叶级数展开式	17
4.2	周期信号的指数形式傅里叶级数展开式	20
4.3	周期信号频谱分析	23
4.3.1	周期信号的频谱特点	24
4.3.2	离散频谱特性	26
4.3.3	幅度衰减特性	27
4.3.4	周期信号的有效带宽与信号持续时间成反比	27
4.4	非周期信号的傅里叶变换	28
4.5	典型信号的傅里叶变换	30
4.5.1	单位冲激信号的傅里叶变换	30
4.5.2	直流信号的傅里叶变换	31
4.5.3	虚指数信号的傅里叶变换	32
4.5.4	正弦信号与余弦信号的傅里叶变换	32
4.5.5	周期信号的傅里叶变换	33
4.6	傅里叶变换的特性	34
4.7	系统频域分析	35
<b>第5章</b>	<b>能量谱密度与功率谱密度</b>	<b>37</b>
5.1	能量谱密度	37
5.1.1	帕什瓦尔能量守恒定理	37
5.1.2	能量谱密度推导	38
5.2	功率谱密度	39
5.2.1	功率谱密度推导	39
5.2.2	功率谱密度的物理意义	40
	参考文献	41

## 第二篇 随机过程

<b>第6章</b>	<b>分布函数与概率密度</b>	<b>42</b>
6.1	概率基础概念	42
6.1.1	随机现象	42
6.1.2	随机事件	42
6.1.3	概率定义	42
6.1.4	随机变量	45



6.1.5	离散型随机变量与连续型随机变量	45
6.1.6	离散型随机变量的分布列	45
6.1.7	互不相容事件与互不相容事件概率加法定理	46
6.1.8	条件概率、概率乘法定理与随机事件独立性	46
6.1.9	全概公式	47
6.2	分布函数(CDF)与概率密度函数(PDF)	48
6.2.1	分布函数	48
6.2.2	概率密度函数	51
6.2.3	小结	53
6.3	正态分布	54
6.3.1	正态分布定义	54
6.3.2	正态分布性质	55
<b>第7章</b>	<b>随机变量的数字特征</b>	<b>56</b>
7.1	数学期望	56
7.1.1	数学期望定义	56
7.1.2	数学期望的4个性质	57
7.2	方差与均方差	58
7.2.1	方差定义	58
7.2.2	方差的计算	58
7.2.3	均方差(标准差)	59
7.2.4	方差的性质	59
7.3	原点矩与中心矩	59
7.3.1	原点矩	59
7.3.2	中心矩	60
<b>第8章</b>	<b>二维随机变量</b>	<b>61</b>
8.1	二维随机变量的分布	61
8.2	二维随机变量的分布函数	62
8.3	二维连续随机变量的概率密度函数及联合分布与边际分布	63
8.3.1	二维连续随机变量的概率密度函数	63
8.3.2	二维连续随机变量的联合分布与边际分布	64
8.4	随机变量的独立性	65
8.5	二维随机变量的数字特征	65
8.6	相关系数 $\rho_{\xi\eta}$	67
8.7	中心极限定理概念	69
8.8	小结	69
<b>第9章</b>	<b>随机过程</b>	<b>70</b>
9.1	随机过程基本概念	70

9.2 随机过程的分布函数和概率密度函数	71
9.2.1 一维分布函数和概率密度函数	71
9.2.2 二维分布函数和概率密度函数	72
9.2.3 随机过程的数字特征	72
9.3 平稳随机过程	75
9.3.1 平稳随机过程定义	75
9.3.2 各态历经性与时间平均	76
9.3.3 平稳随机过程自相关函数的性质	78
9.4 平稳随机过程的功率谱密度	78
9.4.1 随机过程的功率谱密度	78
9.4.2 平稳随机过程的功率谱密度与自相关函数的关系 (维纳-辛钦定理)	79
9.4.3 平稳随机过程功率谱密度的性质	80
参考文献	81

### 第三篇 差错控制编码与伪随机码

<b>第10章 差错控制编码</b>	<b>82</b>
10.1 差错控制基本概念	82
10.2 差错控制方式	82
10.3 纠错编码基本概念	83
10.4 模2运算规则	85
10.5 奇偶监督码与水平奇偶监督码	85
10.6 汉明(Hamming)码	86
10.7 线性分组码	89
10.7.1 监督矩阵 $H$	89
10.7.2 生成矩阵 $G$	91
10.7.3 利用校正子的和进行错码检测	92
10.7.4 线性分组码小结	93
10.8 循环码	94
10.8.1 循环码的循环特性	94
10.8.2 循环码的生成多项式 $g(x)$ 和生成矩阵 $G$	99
10.8.3 循环码的编码方法	102
10.8.4 循环码的解码方法	103
10.8.5 循环码小结	104
10.8.6 循环冗余码(CRC)	104
10.9 卷积码	106

<b>第 11 章 伪随机码</b> .....	107
11.1 伪随机序列 .....	107
11.2 m 序列的均衡、游程和移位相加性质 .....	110
11.3 m 序列的自相关函数 .....	110
11.3.1 周期函数的自相关函数 .....	110
11.3.2 一般二进制序列的自相关函数 .....	111
11.3.3 m 序列的相关函数 .....	111
11.4 二进制序列和 m 序列的互相关函数 .....	113
11.4.1 一般二进制序列的互相关函数 .....	113
11.4.2 m 序列的互相关函数 .....	113
11.5 m 序列的功率谱密度 .....	114
11.6 m 序列的伪噪声特性 .....	115
参考文献 .....	116

## 第四篇 基带及频带数据传输

<b>第 12 章 基带数据传输</b> .....	117
12.1 数据通信基本概念 .....	117
12.1.1 通信系统组成 .....	117
12.1.2 信息的度量 .....	118
12.1.3 比特率与波特率 .....	120
12.1.4 数据传输方式 .....	121
12.1.5 (平均)误码率与频谱利用率 .....	122
12.1.6 信道容量 .....	122
12.1.7 白噪声及限带白噪声 .....	123
12.2 基带信号定义与基带传输系统的构成 .....	125
12.2.1 基带信号定义 .....	125
12.2.2 基带传输系统的构成 .....	125
12.3 6 种典型数字信号波形以及波形、码元、电平(状态)和进制之间的关系 .....	126
12.4 3 种常用线路码(AMI、HDB <sub>3</sub> 和 CMI) .....	129
12.5 基带数据信号的功率谱密度 .....	131
12.5.1 基带数据信号描述 .....	131
12.5.2 随机数据序列功率谱密度一般表达式 .....	132
12.5.3 双极性归零序列功率谱密度 .....	133
12.5.4 双极性不归零序列功率谱密度 .....	134
12.5.5 单极性归零序列功率谱密度 .....	134
12.5.6 单极性不归零序列功率谱密度 .....	135

12.6	奈奎斯特第一准则	136
12.7	具有滚降幅频特性的低通网络	139
12.8	部分响应形成系统	141
12.9	时域均衡与扰码	142
12.9.1	时域均衡	142
12.9.2	数据序列的扰乱与解扰	142
12.10	基带信号接收及基带传输系统误码性能分析	143
12.10.1	加性白高斯噪声信道的组成	143
12.10.2	低通滤波器解调方案及误码率	143
12.11	$Q$ 函数和误差函数 erf	149
12.11.1	$Q$ 函数及其性质	149
12.11.2	误差函数 erf	150
12.11.3	互补误差函数 erfc	150
12.11.4	$Q$ 函数与误差函数的关系	151
<b>第 13 章</b>	<b>频带数据传输</b>	<b>152</b>
13.1	频带传输概论	152
13.2	二进制振幅键控(2ASK)	152
13.2.1	2ASK 调制/解调工作原理及波形	153
13.2.2	2ASK 信号表达式及功率谱密度	153
13.2.3	振幅键控调制中的几个分支	158
13.3	二进制相移键控(2PSK 和 2DPSK)	158
13.3.1	2PSK 和 2DPSK 调制波形及工作原理	158
13.3.2	2PSK 信号的功率谱密度	161
13.3.3	2PSK 信号的矢量表示	162
13.3.4	2PSK 和 2DPSK 信号的产生与解调	162
13.4	匹配滤波器	164
13.5	二进制频带传输的误码性能	168
13.5.1	接收端采用相干解调时的系统误码性能	168
13.5.2	接收端采用非相干解调时的系统误码性能	169
13.6	二进制数字调制系统的性能比较	170
13.6.1	误码率	170
13.6.2	频谱利用率 $\eta$	172
13.7	信噪比 $S/N$ 、 $E_b/n_0$ 及各种定义下的带宽	172
13.8	多进制正交幅度调制(MQAM)	174
13.8.1	正交幅度调制工作原理及表达式	174
13.8.2	正交幅度调制的星座表示法	176
13.8.3	正交幅度调制信号的功率谱密度、误码率和频谱利用率	176

13.8.4	格雷码 .....	178
13.9	QPSK 及 4DPSK 调制 .....	179
13.9.1	MPSK 信号表达式 .....	179
13.9.2	QPSK 及 4DPSK 工作原理 .....	180
13.9.3	QPSK 信号的误码率(误比特率) .....	185
13.9.4	QPSK 信号的功率谱密度 .....	185
13.9.5	MPSK 信号的频谱利用率 .....	186
13.10	OQPSK 调制与 $\pi/4$ QPSK 调制 .....	186
13.10.1	偏移四相相移键控(OQPSK) .....	187
13.10.2	$\pi/4$ 四相相移键控( $\pi/4$ QPSK) .....	190
13.11	GMSK 调制 .....	193
13.11.1	2FSK 调制 .....	194
13.11.2	最小频移键控(MSK) .....	196
13.11.3	数字调频信号的相关系数 .....	197
13.11.4	MSK 信号的产生原理 .....	198
13.11.5	MSK 信号功率谱密度 .....	200
13.11.6	高斯最小频移键控(GMSK)调制 .....	201
	参考文献 .....	201

## 第五篇 通信技术基础

第 14 章	7 号信令系统 .....	202
14.1	信令的基本概念 .....	202
14.1.1	信令的概念 .....	202
14.1.2	信令方式 .....	203
14.1.3	信令系统 .....	203
14.2	信令的分类 .....	203
14.2.1	随路信令和共路信令 .....	203
14.2.2	线路信令、路由信令和管理信令 .....	204
14.2.3	用户线信令和局间信令 .....	204
14.3	7 号信令的产生 .....	205
14.4	7 号信令的协议结构 .....	205
14.4.1	MTP(消息传递部分) .....	206
14.4.2	TUP(电话用户部分) .....	206
14.4.3	ISUP(ISDN 用户部分) .....	206
14.4.4	SCCP(信令连接控制部分) .....	206
14.4.5	ISP(中间业务部分) .....	207

14.4.6	TCAP(事务处理能力应用部分)	207
14.4.7	TC-用户	207
<b>第15章</b>	<b>ISDN与ATM</b>	<b>208</b>
15.1	ISDN技术	208
15.1.1	ISDN基本概念	208
15.1.2	ISDN网络	208
15.1.3	ISDN的应用	209
15.2	ATM技术	209
15.2.1	ATM概念	209
15.2.2	ATM传输通道	210
15.2.3	ATM信元结构	210
15.2.4	ATM网络通信过程	211
15.2.5	ATM网络接口	212
15.2.6	ATM分层模型和支持的4类业务	213
15.2.7	ATM的优点与缺点	215
15.3	3种ATM传输网络	216
<b>第16章</b>	<b>帧中继、X.25、DDN及ADSL</b>	<b>218</b>
16.1	帧中继技术	218
16.1.1	帧中继基本概念	218
16.1.2	帧中继的技术特点	218
16.1.3	帧中继的应用	219
16.2	X.25技术	219
16.2.1	X.25基本概念	219
16.2.2	X.25网络的优点和缺点	220
16.3	数字数据网(DDN)	221
16.3.1	DDN基本概念	221
16.3.2	DDN的复用及数字交叉连接系统	224
16.4	X.25、帧中继与DDN的对比	225
16.5	ADSL	226
16.5.1	ADSL技术产生背景	226
16.5.2	xDSL技术系列	227
16.5.3	ADSL采用离散多音频调制	228
16.5.4	ADSL系统	229
16.5.5	ADSL应用	231
<b>第17章</b>	<b>PCM、PDH及SDH</b>	<b>233</b>
17.1	脉冲编码调制	233
17.2	时分多路复用	235

17.2.1	时分多路复用原理 .....	235
17.2.2	PCM30/32 复用制式的帧结构 .....	236
17.3	准同步数字序列 .....	238
17.3.1	PDH 基本概念 .....	238
17.3.2	PDH 体系的优缺点 .....	239
17.4	SDH(以及 SONET) .....	240
17.4.1	SDH 的引入 .....	240
17.4.2	SDH 概念及其优缺点 .....	240
17.4.3	SDH 传输系统的再生段、复用段和通道 .....	241
17.4.4	SDH 的速率体系 .....	241
17.4.5	SDH 的帧结构 .....	243
17.4.6	SDH 的复用结构 .....	244
	参考文献 .....	247
附录 1	抽样函数波形及数值计算 .....	249
附录 2	常用三角函数公式、指数与对数 .....	250
附录 3	偶函数与奇函数性质、欧拉公式 .....	252
附录 4	复数 .....	253

# 第一篇 傅里叶级数与傅里叶变换

## 第 1 章 信号与系统基本概念

### 1.1 信号分类

#### 1.1.1 连续信号与离散信号

信号分类有许多种,从信号函数自变量  $t$  (时间)和幅度  $A$  的取值形式出发,可以分为连续信号和离散信号两大类。如果信号随时间连续变化,也就是在连续时间的观测过程中信号函数有定义,则称其为连续时间信号,用  $f(t)$  表示,如图 1-1 (a)和(b)所示。若信号函数仅在规定的离散时刻有定义,则称其为离散时间信号,用  $f(t_k)$  表示。这时  $t_k$  是某特定离散时刻,如图 1-1 (c)和(d)所示。

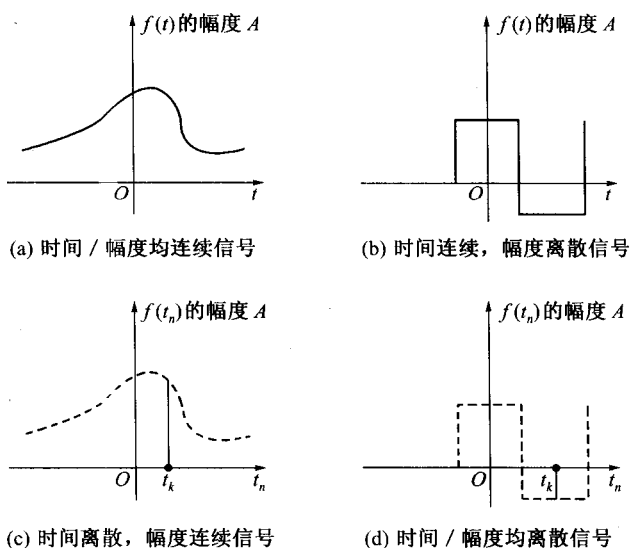


图 1-1 连续信号与离散信号分类



### 1.1.2 确定信号与随机信号

依据信号随时间变化的状况,信号被分为确定信号和随机信号。如果信号的未来值可以用某个时间函数准确地描述,则这类时间信号称为确定信号,如正弦信号,它可以用正弦函数描述,给定某一时刻就可确定相应的函数值,所以在相同条件下能够准确地重现。反之,如果给定任一时刻,信号的值是随机的,换句话说信号的未來值不能用精确的时间函数来描述,无法准确地预测,在相同条件下也不能准确地重现,则称该信号为不确定信号或随机信号。由于这类信号的未來值随时间推移随机地变化,因此只能用概率分布来描述,或用统计平均值来表征,所以又通称为统计时间信号。

如做进一步的划分,确定信号可分为周期信号和非周期信号;随机信号可分为平稳随机信号和非平稳随机信号。应该承认,确定信号只是理论上的抽象,实践中的通信信号几乎都是随机变化的:它们要么在幅度,要么在频率,要么在相位上是不可预知的,而幅度、频率和相位是构成信号的三要素,因而它们都是随机信号。研究随机信号的变化规律是十分重要的(尤其是在数字/数据通信中)。经一定的简化处理后可将随机信号视为确定信号来研究,于是大大降低了学习和工程分析中的难度。因此,一般先研究确定信号,在一定条件下许多确定信号的变化规律也适用于随机信号。本章仅讨论确定信号。

## 1.2 信号的时域分析与频域分析

信号的时域分析主要是借助不同的时间函数研究不同形式的信号波形,分析信号随时间稳定变化和随时间瞬间变化的规律。通过分析给出各种量的幅值关系,如幅值的大小、幅值对时间的分布、起始时间和持续时间、时间滞后、相位滞后以及波形的畸变(失真)等。时域分析的自变量(波形曲线横坐标)为时间。

频域分析是对信号在频率域内进行分析,通过频域分析可以知道信号通过某个系统前后各种频率分量的变化情况,得到各种频谱曲线、幅度频谱和相位频谱、功率频谱和功率谱密度等信息。频域分析的自变量(频谱曲线横坐标)为频率。

## 1.3 能量信号与功率信号

区别能量信号与功率信号具有实践意义。通信工程中涉及到的信号大多数是功率信号。

如果把信号  $f(t)$  看做是随时间变化的电压或电流,则当信号  $f(t)$  通过  $1\Omega$  电阻时,信号在时间间隔  $-T \leq t \leq T$  内所消耗的能量称为归一化能量,即

$$W = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-T}^T f^2(t) dt$$

而在上述时间间隔  $-T \leq t \leq T$  内的平均功率称为归一化功率,即