



Wiss Instruments
Basics and Applications
Third Edition

无线通信仪表 与测试应用 (第3版)



■ 张睿 周峰 郭隆庆 编著

实用性

本书以作者在测试工作中的实际经验为依托，配合图形和操作实例介绍仪表的使用方法和使用技巧，具有很强的实用性。

先进性

作者多年来参与我国无线通信测试标准的研究、制定和执行，深刻把握技术前沿，为本书精选典型的测试实例。

普遍适用性

本书所介绍的仪表新旧结合，以国内普遍使用的产品为主，兼顾国际著名厂商产品和国产仪表，具有普适性、代表性。

易学易用性

本书的指标介绍删繁就简，操作介绍简明清晰，测试实例典型翔实，知识结构体系化，便于读者学习、操作。



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

W

Wireless Instruments
Basics and Applications

Third Edition

无线通信仪表 与测试应用

(第3版)

■ 张睿 周峰 郭隆庆 编著

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

无线通信仪表与测试应用 / 张睿, 周峰, 郭隆庆编
著. — 3版. — 北京: 人民邮电出版社, 2018. 6
ISBN 978-7-115-48351-5

I. ①无… II. ①张… ②周… ③郭… III. ①无线电
通信—测试仪表 IV. ①TN92

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第073543号

内 容 提 要

仪表是无线通信工程测试的基础。本书介绍了当前无线通信测试中常用仪表(如示波器、信号发生器、频谱分析仪、网络分析仪、综合测试仪等)的基础理论和使用技巧,并结合目前主流无线通信技术标准,对这些仪表在2G/3G、LTE、LTE-Advanced、WLAN、MIMO OTA、物联网、卫星导航、无线电监测等系统中的测试应用进行了介绍,同时探讨了5G测试的相关技术。本书根据作者在测试工作中的实际经验编写,没有过多的理论推导,配合图形和操作实例来介绍仪表的使用方法和使用技巧,具有很强的实用性。

本书适合从事通信和电子工程领域工作,特别是研发、测试、测量和计量校准人员,以及大专院校无线电工程、通信工程、电子测量与仪器等专业的师生阅读参考。

◆ 编 著 张 睿 周 峰 郭隆庆

责任编辑 李 强

责任印制 彭志环

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

固安县铭成印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 35.5

2018年6月第3版

字数: 810千字

2018年6月河北第1次印刷

定价: 158.00元

读者服务热线: (010)81055488 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

本书编委会（第3版）

（按姓氏笔画排序）

马志刚 王 南 兰 涛 伍江念 刘 畅 米洪波 孙景禄 牟 丹
苏水金 李 东 李 伟 李 凯 李耀华 杨毅锋 张文魁 张吉林
张祖禹 张颖艳 张 霄 陈向民 陈林斌 陈 锋 金海良 孟艾立
宫 剑 高 琛 蒋政波 覃 聪 阚先胜

前 言

当我们完成本书第3版的修订工作时，我们想起了《诗经》中所言“周虽旧邦，其命维新”，此语的意思是说周族虽然是一个古老的邦国，但她通过不断革新获得了勃勃生机。无线通信测试也是这样，从马可尼、波波夫1896年的无线通信实验算起，至今已有一百多年，但是仍在不断创新与发展。

本书为《无线通信仪表与测试应用》第3版，第1版于2010年5月出版，第2版于2012年11月出版，发行后受到广大读者好评。依据最新技术发展动态和近几年读者的反馈，我们对第2版进行了修订，使图书内容更充实、实用。主要增删的原则为力求技术书籍服务于技术本身的新陈代谢，在原理说明方面更加清晰明了，删减了过时的内容，大幅增加了新型仪表和新测试热点、测试技术的介绍，应用实例一章也基本重新选取了测试样例，从基础的收发信机测试到较热点的LTE测试、终端测试、OTA测试等，希望更有实用性、代表性。

本书从第1版到第2版再到第3版，反映了无线通信仪表与测试技术领域的持续发展。这8年间，蜂窝移动通信系统从3G到4G，再到今天5G标准化的加速推进，此外还有物联网的发展，等等，相关测试技术也得到了同步发展。这种发展给社会带来了实实在在的好处，信息化红利惠及了大众。我们这个行业顺应着、推动着信息化的大潮，最终造福于人民。这是我们这个行业创新发展的动力之源。

在第3版的修订过程中，我们得到了国内外相关企业和技术专家的帮助，在此一并致谢。

由于学识有限，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。在较大的购书网站的留言和评论，我们都会注意到。此外，读者可通过本书编辑的电子邮箱(Liqiang@ptpress.com.cn)与我们联系。

作 者
2018年4月

目 录

第 1 章 无线通信系统的测试基础.....	1
1.1 无线通信系统	1
1.1.1 无线通信的基本概念	1
1.1.2 信号与通信系统概述	2
1.1.3 无线通信系统组成与电波传播	5
1.2 无线通信中的测量值	8
1.2.1 概述	8
1.2.2 相关量纲单位基础	9
1.2.3 电压 dB 与功率 dB 的区别	10
1.2.4 功率与电平	11
1.2.5 衰减和增益的计算	12
1.2.6 分贝与百分比之间的相互转化	13
1.2.7 dB 值的计算方法	14
1.2.8 dB μ V、dB μ V _{emf} 与 dBm	18
1.2.9 一些参考值	19
1.3 无线通信系统中的测量参数和相关测试仪表	22
1.3.1 信噪比	22
1.3.2 噪声	22
1.3.3 噪声因子和噪声系数	23
1.3.4 相位噪声	24
1.3.5 S 参数	25
1.3.6 场强	27
1.3.7 天线增益	27
1.3.8 峰值因子	28
1.3.9 信道功率和邻道功率	29
1.3.10 误差矢量幅度	29
1.3.11 A/D 和 D/A 转换器的动态范围	30
1.3.12 dB (FS)	31
1.4 测量不确定度	31
1.4.1 不确定度的概念	32
1.4.2 不确定度与误差的区别	32

1.4.3	不确定度的来源	33
1.4.4	不确定度参考标准和文件	33
参考文献		33
第2章 信号发生器		34
2.1	信号和信号发生器	34
2.1.1	基带信号发生器和任意波发生器	34
2.1.2	模拟信号发生器和连续波信号	37
2.1.3	矢量调制信号发生器	40
2.1.4	信号发生器使用技巧和注意事项	45
2.1.5	典型信号发生器介绍	48
2.2	有关信号发生器的测试实例	51
2.2.1	产生功率精准、稳定的连续波信号	51
2.2.2	产生多路相位相参信号	53
2.2.3	生成卫星导航信号	57
2.2.4	数字信号的误比特率测量	61
2.2.5	功率放大器数字预失真测量	63
2.2.6	LTE-A 信号产生方案	66
2.2.7	5G 信号生成的若干进展	70
参考文献		74
第3章 频谱分析仪		76
3.1	频谱分析仪原理	76
3.1.1	概述	76
3.1.2	快速傅里叶变换分析仪（FFT 分析仪）	77
3.1.3	超外差式分析仪	78
3.1.4	实时频谱分析仪	85
3.2	频谱分析仪的典型指标	86
3.2.1	中频滤波器特性	87
3.2.2	相位噪声	87
3.2.3	频谱分析仪的固有噪声	87
3.2.4	频谱分析仪的非线性特性	88
3.2.5	1dB 压缩点	89
3.2.6	动态范围	89
3.2.7	频谱测量精度	90
3.2.8	电平测量精度	90
3.3	典型频谱分析仪介绍	90
3.3.1	R&S 公司频谱分析仪	90
3.3.2	是德科技（Keysight，前身为安捷伦）频谱分析仪	92
3.3.3	安立（Anritsu）公司频谱分析仪	93
3.4	频谱分析仪使用注意事项及使用技巧	94
3.4.1	选择合适的分辨率带宽（RBW）	94

3.4.2	提高测量精度	96
3.4.3	优化低电平测量的灵敏度	97
3.4.4	为失真测量优化动态范围	100
3.4.5	识别内部失真成分	102
3.4.6	优化瞬态测量的测量速度	103
3.4.7	选择合适的检波/显示模式	104
3.5	使用频谱分析仪的典型测试实例	106
3.5.1	脉冲信号的测量	106
3.5.2	WCDMA 信号的邻道功率测量	111
3.5.3	杂散发射(传导)测量	114
3.5.4	使用便携式频谱仪进行基站信号的外场测试	123
	参考文献	126
第 4 章	矢量信号分析方法和仪表	127
4.1	矢量分析方法和矢量误差	127
4.1.1	矢量信号分析的技术背景	127
4.1.2	矢量调制误差的测量原理	128
4.2	矢量信号分析仪及使用	131
4.2.1	矢量信号分析仪的结构和使用	131
4.2.2	通过矢量信号分析仪判断调制误差原因	139
4.2.3	典型矢量信号分析仪介绍	147
4.2.4	矢量信号分析仪测量大失真信号的缺陷及改进	150
4.2.5	矢量信号分析仪的计量	154
4.3	使用矢量信号分析仪的测试实例	155
4.3.1	GSM 调制信号测试实例	155
4.3.2	定位多模基站不同制式间干扰问题	158
4.3.3	使用矢量信号分析仪测量 AM 和 PM 信号参量	160
4.3.4	DTMB 数字地面电视信号的解调分析	164
4.3.5	LTE 系统的数字调制测量	167
4.3.6	5G 信号矢量解调测量的进展	169
	参考文献	171
第 5 章	无线通信综合测试仪	174
5.1	综合测试仪原理	174
5.1.1	引言	174
5.1.2	原理和框图	174
5.2	综合测试仪主要指标介绍	177
5.3	综合测试仪典型仪表介绍	179
5.4	典型使用案例	182
5.4.1	使用综测仪进行 LTE 终端语音测量	182
5.4.2	使用多端口综测仪在非信令模式下提高产线测试速度	190
5.4.3	WCDMA 手机测试	192

5.4.4 使用综测仪进行 TD-LTE 手机测试	196
参考文献	208
第 6 章 功率计	209
6.1 概述	209
6.2 功率测量基本概念	209
6.2.1 微波功率的几个不同表达式	209
6.2.2 微波功率的几个不同定义	211
6.3 功率计的基本原理	214
6.3.1 热敏式功率计	214
6.3.2 热偶式功率计	217
6.3.3 二极管功率计	220
6.4 微波功率计的主要技术指标	224
6.4.1 频率范围	224
6.4.2 功率测量范围	224
6.4.3 参考校准源	224
6.4.4 功率测量线性度	224
6.4.5 功率传感器的阻抗特性	225
6.5 微波功率测量不确定度分析模型	225
6.5.1 失配误差	225
6.5.2 功率灵敏度的不稳定性	227
6.5.3 功率指示器的误差	227
6.6 微波功率计的选择	228
6.6.1 脉冲调制信号	228
6.6.2 AM/FM 信号	229
6.6.3 脉冲调制信号	229
6.6.4 互调测试	230
6.7 功率计典型应用	230
6.7.1 校准信号发生器输出功率	230
6.7.2 用脉冲功率传感器和功率计进行 WiMAX 信号测量	231
6.8 典型功率传感器介绍	234
参考文献	238
第 7 章 示波器	239
7.1 示波器概述	239
7.1.1 示波器与信号测量	239
7.1.2 模拟示波器和数字示波器	241
7.2 示波器的基本原理	243
7.2.1 数字示波器的采样	243
7.2.2 数字示波器的触发	246
7.2.3 示波器的抖动测量能力	249
7.2.4 数字示波器的波形平滑功能	252

7.2.5	数字示波器的直流测量能力	254
7.2.6	示波器的测量速度	255
7.2.7	数字示波器的 FFT 和混合域分析	256
7.3	示波器的配套探头	259
7.3.1	探头和探头附件概述	259
7.3.2	探头使用的注意事项	263
7.4	示波器的指标和典型仪表	267
7.4.1	示波器的指标	267
7.4.2	示波器典型仪表介绍	273
7.5	示波器的操作和使用	275
7.5.1	示波器 4 个基本系统的设置	275
7.5.2	示波器的使用注意事项	280
7.6	测量实例	283
7.6.1	若干简单测量项目	283
7.6.2	高速信号互连测试系统	284
7.6.3	脉冲信号的瞬态参量测试	291
7.6.4	射频调制脉冲参数测量	295
7.6.5	基于示波器的矢量解调	300
7.6.6	混合域示波器在物联网研发中的应用	303
	参考文献	308
第 8 章	矢量网络分析仪	310
8.1	概述	310
8.2	微波网络的散射参数	310
8.2.1	线性散射参数的概念	310
8.2.2	二端口网络的反射特性和传输特性	312
8.2.3	非线性散射参数的概念	318
8.3	网络分析仪基础	323
8.3.1	网络分析仪的基本原理	323
8.3.2	网络分析仪的基本结构	323
8.4	网络分析仪的校准技术	328
8.4.1	网络分析仪测量误差模型	328
8.4.2	网络分析仪的校准方法	332
8.5	网络分析仪典型应用	342
8.5.1	滤波器的测试	343
8.5.2	放大器的测试	344
8.5.3	无线充电设备的测试	356
8.5.4	器件脉冲参数的测试	362
8.5.5	噪声系数的测试	366
8.5.6	自适应天线的测试	373
8.6	网络分析仪使用技巧	377
8.6.1	灵活的扫描方式	377

8.6.2	灵活的测试开放接口	378
8.6.3	时域选通功能	380
8.6.4	测试点数对测试结果的影响	382
8.6.5	双源激励的新应用模式	383
8.6.6	接收机电平精度校准	385
8.7	矢量网络分析仪典型型号介绍	389
8.7.1	Keysight 公司矢量网络分析仪典型型号	389
8.7.2	R&S 公司矢量网络分析仪典型型号	392
8.7.3	Anritsu 公司矢量网络分析仪典型型号	394
	参考文献	395

第 9 章 其他测量仪表介绍 396

9.1	噪声系数测量仪表	396
9.1.1	概述	396
9.1.2	噪声系数概念	396
9.1.3	噪声系数测量方法	398
9.1.4	如何提高噪声系数测量精度	401
9.1.5	噪声系数频率扩展测量	409
9.1.6	典型噪声源和噪声系数测试仪介绍	412
9.2	无线信道模拟仪表	413
9.2.1	无线信道模型概述	413
9.2.2	无线信道传播特性	414
9.2.3	无线信道模拟器的原理	418
9.2.4	典型应用	419
9.2.5	无线信道模拟器典型仪表介绍	431
9.3	路测类仪表	439
9.3.1	路测仪的结构和功能	439
9.3.2	典型的路测仪表介绍	441
9.4	天馈线测量仪表	447
9.4.1	典型测试实例	447
9.4.2	典型天馈线测试仪介绍	451
9.5	无源互调测量仪表	453
9.5.1	无源互调基本概念和原理	453
9.5.2	无源互调测试系统的基本结构	456
9.5.3	无源互调测试应用	459
9.5.4	无源互调测试仪典型仪表介绍	461
9.6	相位噪声测量仪表	464
9.6.1	相位噪声基本概念	464
9.6.2	相位噪声测量方法	467
9.6.3	相位噪声测量典型仪表介绍	472
	参考文献	475

第 10 章 无线通信系统测试中仪表的典型应用	476
10.1 移动通信系统收发信机测试	476
10.1.1 概述	476
10.1.2 发射机测试	477
10.1.3 接收机测试	485
10.2 终端（手机）射频测试	487
10.2.1 终端（手机）射频测试概述	487
10.2.2 主要射频测试项目和测试示例	488
10.2.3 终端射频一致性认证测试平台	491
10.3 移动终端的空中性能测试	494
10.3.1 空中性能测试（OTA）的概念	494
10.3.2 OTA 的测试参数	494
10.3.3 OTA 的测试方法和测试系统	494
10.3.4 MIMO OTA 测试	496
10.4 GNSS 原理及测试方案	500
10.4.1 GNSS 概述	500
10.4.2 导航卫星模拟器	502
10.4.3 R&S 导航接收机测试	503
10.5 无线电信号监测	507
10.5.1 无线电信号监测概述	507
10.5.2 无线电信号监测技术	508
10.5.3 使用便携式频谱分析仪进行无线电信号监测的应用实例	512
10.6 车载紧急呼叫（eCall）系统测试	516
参考文献	519
第 11 章 测试自动化	520
11.1 自动测试系统的概念与组成	520
11.2 虚拟仪器	521
11.2.1 虚拟仪器的概念	521
11.2.2 虚拟仪器的特点	522
11.3 自动测试系统软件开发环境	525
11.3.1 LabView	525
11.3.2 LabWindows/CVI	528
11.3.3 VEE	531
11.3.4 CMWcards	534
11.4 自动测试系统总线技术	535
11.4.1 GPIB 总线技术	535
11.4.2 VXI 总线技术	538
11.4.3 PXI 总线技术	541
11.4.4 LXI 总线技术	545

11.5 应用及编程实例548

11.5.1 实例 1——基于模块化仪器的 RFID 测试系统.....548

11.5.2 实例 2——使用矢量信号发生器产生 GSM 脉冲调制信号550

参考文献552

第 1 章

无线通信系统的测试基础

1.1 无线通信系统

1.1.1 无线通信的基本概念

1. 概述

利用电磁波的辐射和传播，经过空间传送信息的通信方式称为无线电通信（Radio Communication），也称为无线通信。利用无线通信可以传送电报、电话、传真、数据、图像以及广播和电视节目等通信业务。

2. 无线通信使用的频率和波段

1895 年意大利的马克尼（Guglielmo Marconi）利用电火花产生的电磁波，先后在 9m、975m 和 3 000m 的地方收到电报信号（差不多同时，俄国的波波夫也进行了电磁波传送电报信号的实验），从此开辟了无线通信的先河。无线通信初创时期使用的频率较低，频率范围较窄，波段主要限于长波和中波。随着科学技术的不断进步，使用的频率范围逐步扩大。目前无线通信使用的频率从超长波波段到亚毫米波波段（包括亚毫米波以下），乃至光波。无线通信使用的电磁波的频率范围和波段如表 1-1 所示。

表 1-1 无线通信使用的电磁波的频率范围和波段

频段名称	频率范围	波段名称	波长范围
极低频（ELF）	3~30Hz	极长波	10~100Mm（ $10^7\sim10^8\text{m}$ ）
超低频（SLF）	30~300Hz	超长波	1~10Mm（ $10^6\sim10^7\text{m}$ ）
特低频（ULF）	300~3 000Hz	特长波	100~1 000km（ $10^5\sim10^6\text{m}$ ）
甚低频（VLF）	3~30kHz	甚长波	10~100km（ $10^4\sim10^5\text{m}$ ）
低频（LF）	30~300kHz	长波	1~10km（ $10^3\sim10^4\text{m}$ ）
中频（MF）	300~3 000kHz	中波	100~1 000m（ $10^2\sim10^3\text{m}$ ）
高频（HF）	3~30MHz	短波	10~100m（ $10\sim10^2\text{m}$ ）
甚高频（VHF）	30~300MHz	超短波（米波）	1~10m

续表

频段名称	频率范围	波段名称		波长范围
特高频（UHF）	300~3 000MHz	微波	分米波	0.1~1m（ 10^{-1} ~1m）
超高频（SHF）	3~30GHz		厘米波	1~10cm（ 10^{-2} ~ 10^{-1} m）
极高频（EHF）	30~300GHz		毫米波	1~10mm（ 10^{-3} ~ 10^{-2} m）
至高频（THF）	300~3 000GHz		亚毫米波	0.1~1mm（ 10^{-4} ~ 10^{-3} m）
		光波		3×10^{-5} ~ 3×10^{-3} mm （ 3×10^{-8} ~ 3×10^{-6} m）

微波波段分为 L、S、C、X、Ku、K、Ka 等波段（或称子波段），具体见表 1-2。

表 1-2 无线通信中所使用的部分微波波段

频率和波长 波段代号	频率范围	波长范围
L	1~2GHz	15~30cm
S	2~4GHz	7.5~15cm
C	4~8GHz	3.75~7.5cm
X	8~13GHz	2.31~3.75cm
Ku	13~18GHz	1.67~2.31cm
K	18~28GHz	1.07~1.67cm
Ka	28~40GHz	0.75~1.07cm

1.1.2 信号与通信系统概述

1. 信号

(1) 信号传递方式

通信的目的是传递信息。人类社会中有需要传递的信息可以是声音、文字、符号、音乐、图像和数据等。

在现代通信技术中，主要运用的传输方式是电通信技术，即以电信号的形式来传递信息。在实际通信中，首先是在发送端采用传感器将一般的信息转换成电信号，然后再在接收端将收到的电信号还原。

(2) 信号的分类

电信号通常分为模拟信号和数字信号两大类。

① 模拟信号

模拟信号是指电信号的某一参量的取值范围是连续的，因此可有无限多个取值，如话筒产生的话音电压信号、摄像机所产生的图像电流信号等。

模拟信号通常是连续时间函数，也有离散时间函数的情况，但无论时间是否连续，

其取值一定是连续的。最简单的模拟信号如图 1-1 所示，图 1-2 所示为时间离散的模拟信号。

② 数字信号

数字信号是指电信号的某一参量携带着离散信息，其取值是有限个数值，如电报信号、数据信号、遥测指令等，如图 1-3 所示。

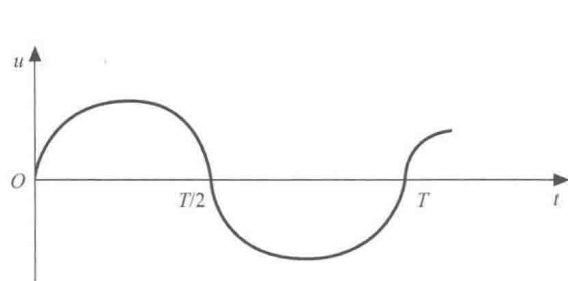


图 1-1 时间连续的模拟信号

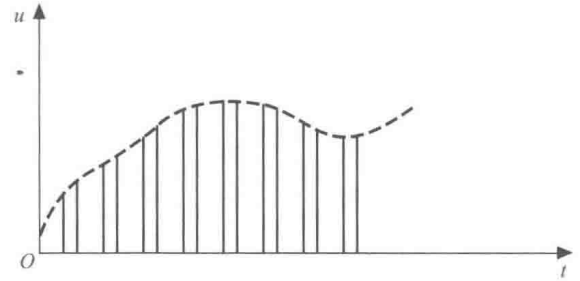


图 1-2 时间离散的模拟信号

2. 通信系统的组成及工作原理

通信是将信息从发信者传递给在另一个时空点的收信者。由于完成这一信息传递的通信系统的种类繁多，因此它们的具体设备和业务功能各不相同，经过抽象概括，通信流程可用图 1-4 所示的基本模型来表示。整个流程是由信源、发送变换器、信道（或传输媒质）、接收变换器和信宿 5 部分组成的。

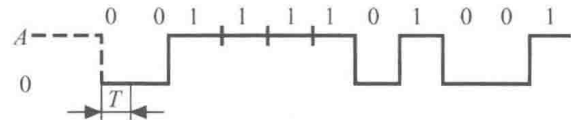


图 1-3 数字信号

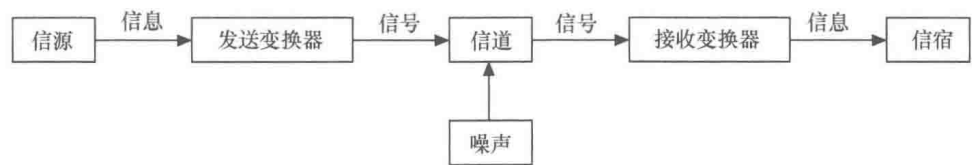


图 1-4 通信系统的基本模型

3. 通信系统的分类

根据传输信号的特征，通信系统可分为模拟通信系统和数字通信系统两大类。

(1) 模拟通信系统

在模拟通信系统中传输的是模拟信号，图 1-5 所示为模拟通信系统的基本组成，用调制器取代了图 1-4 中的发送变换器，用解调器取代了图 1-4 中的接收变换器。这里的调制器和解调器对信号的变换起着决定性的作用，直接关系着通信质量的优劣。

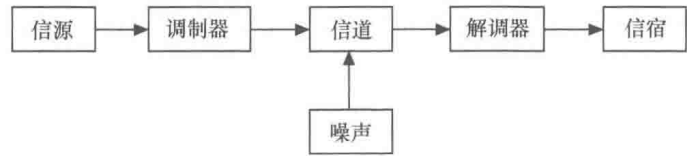


图 1-5 模拟通信系统的基本组成

(2) 数字通信系统

在数字通信系统中传输的是数字信号。数字通信系统的基本组成如图 1-6 所示，除包括调制器和解调器外，还包括信源编码器、信道编码器、信道译码器、信源译码器等。此外，还包括同步系统。

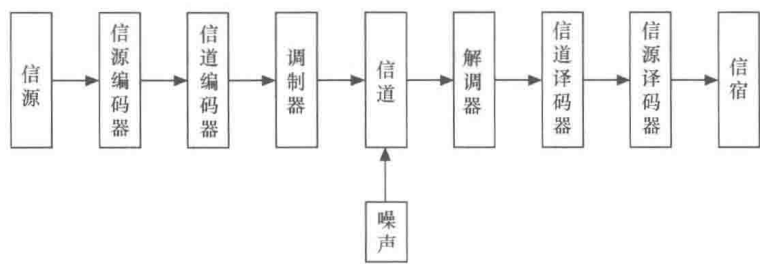


图 1-6 数字通信系统的基本组成

① 数字通信系统的组成

a. 信源编码器。信源编码器的主要作用是提高数字信号传输的有效性。如果信息源是数据处理设备，还要进行并/串变换，以便进行数据传输。通常的数字加密也可归并到信源编码器中。收端的信源译码是信源编码的逆变换。

b. 信道编码器。信道编码器主要是为了提高数字信号传输的可靠性。由于传输信道内噪声的存在和信道特性不理想造成的码元间干扰，通信系统很容易产生传输差错，而信道的线性畸变所造成的码间干扰可通过均衡办法基本消除，因此信道中的噪声是导致传输差错的主要原因。减小这种差错的基本做法是在信码组中按一定规则附加上若干监视码元（或称冗余度码元），使原来不相关的数字信息序列变为相关的新的序列，然后在接收端根据这种相关的规律性来检测或纠正序列码组中的误码，提高可靠性，因此信道编码器又被称作差错控制编码器。接收端的信道译码器是信道编码器的逆过程。

c. 同步系统。同步系统用于建立通信系统收、发相对一致的时间关系。只有这样，收端才能确定每位码的起止时间，并确定接收码组与发送码组的正确对应关系，否则收端无法恢复发端的信息。因此，同步是数字通信系统正常工作的前提，通信系统能否有效地、可靠地工作，很大程度上取决于同步系统性能的好坏。同步可分为载波同步、位同步、帧同步和网同步四大类。

注：对于模拟通信系统中的时分多路脉冲调制系统、图像（电视）传输系统和采用相干解调的连续波调制系统也同样存在同步问题。

② 数字通信系统的特点

模拟通信系统与数字通信系统各有特点，但从总体上看，数字通信系统与模拟通信系统相比，其具有以下优点：

- a. 抗干扰能力强，数字通信系统可通过再生中继器消除噪声积累；
- b. 可采用差错控制技术，从而提高数字信号传输的可靠性；
- c. 便于进行各种数字信号处理，如计算机存储和处理，使数字通信和计算机技术相结合而组成综合化、智能化的数字通信网；
- d. 数字通信系统可使传输与交换相结合，电话、数据和图像传输相结合，有利于实