

21
CENTURY

高等学校信息工程类专业规划教材

通信原理与通信技术

(第二版)

张卫钢 主编



403



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

面向 21 世纪高等学校信息工程类专业规划教材

通信原理与通信技术

(第二版)

张卫钢 主 编

吴潜蛟 任卫军 副主编



西安电子科技大学出版社



0667403

内 容 简 介

本书全面、系统地介绍了现代通信原理、数据通信原理和相关的通信技术。全书分为通信原理、数据通信和现代通信技术三篇共 21 章,内容包括通信与通信系统的基本概念、模拟调制、脉冲编码调制、增量调制、数字复接与同步数字系列、数字信号的基带传输、数字信号的频带传输、差错控制编码、数据通信与通信网、计算机网络体系结构、通信终端与通信设备、数据交换技术、网络互连设备及其通信概念、接入网技术、无线个人区域网络技术、IP 电话技术、光纤通信技术、卫星通信技术、移动通信技术、微波中继通信技术和 ITS 中的通信技术。

本书还精选了 21 篇有关历史人物、通信技术发明等方面的小资料,供学生课余学习。

本书是专为普通高校计算机专业及相关的非通信专业而编写的本科生教材,参考学时为 60 学时。本书不但考虑到满足教学要求,同时也顾及到适合自学,因此也可作为有志青年的自学教材和有关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

通信原理与通信技术 / 张卫钢主编. —2 版.

—西安:西安电子科技大学出版社,2008.1(2008.4 重印)

面向 21 世纪高等学校信息工程类专业规划教材

ISBN 978-7-5606-1248-5

I. 通… II. 张… III. ① 通信理论—高等学校—教材 ② 通信技术—高等学校—教材

IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 153033 号

责任编辑 张梁 云立实

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com> E-mail: xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2008 年 1 月第 2 版 2008 年 4 月第 6 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 27.375

字 数 640 千字

印 数 23 001~31 000 册

定 价 36.00 元

ISBN 978-7-5606-1248-5 / TN·0225

XDUP 1519012-6

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

目 录

第一篇 通信原理

第 1 章 通信与通信系统的基本概念	3
1.1 通信的概念	3
1.2 通信系统	4
1.2.1 通信系统的定义与组成	4
1.2.2 通信系统的分类	5
1.3 通信方式	8
1.4 信道和传输介质	9
1.4.1 信道的概念	9
1.4.2 传输介质	10
1.5 信号与噪声	16
1.5.1 信号的定义与分类	16
1.5.2 噪声的定义与分类	18
1.6 信号频谱与信道通频带	20
1.6.1 周期信号的频谱	20
1.6.2 非周期信号的频谱	23
1.6.3 信道通频带	24
1.7 信息的度量与香农公式	26
1.7.1 信息的度量	26
1.7.2 信道容量与香农公式	29
1.7.3 信道带宽与信道容量的关系	31
1.8 多路复用的基本概念	34
1.9 常用的通信手段	35
1.10 通信系统的性能评价	37
1.11 通信技术发展史	38
1.12 小资料——莫尔斯	40
思考题与习题	41
参考文献	42
第 2 章 模拟调制	43
2.1 调制的概念	43
2.2 抑制载波的双边带调幅(DSB)	45
2.2.1 DSB 信号的调制	45
2.2.2 DSB 信号的解调	47
2.3 常规双边带调幅(AM)	47
2.3.1 AM 信号的调制	47
2.3.2 AM 信号的解调	49

2.4	AM 和 DSB 的性能比较	50
2.5	单边带调制(SSB)	50
2.6	残留边带调制(VSB)	53
2.7	插入载波的包络检波	55
2.8	频分复用(FDM)	56
2.9	角调制	57
2.9.1	角调制的基本概念	57
2.9.2	窄带角调制和宽带角调制	60
2.9.3	调频信号的产生与解调	61
2.9.4	频率调制的特点	64
2.9.5	输出信噪比与信道带宽的关系	64
2.10	调制的功能与分类	65
2.11	小资料——麦克斯韦	67
	思考题与习题	68
	参考文献	70
第 3 章	脉冲编码调制(PCM)	71
3.1	PCM 的基本概念	71
3.2	抽样	71
3.3	量化	73
3.4	编码	77
3.5	抽样定理	78
3.5.1	低通抽样定理	78
3.5.2	带通抽样定理	81
3.6	时分复用	82
3.7	小资料——赫兹	85
	思考题与习题	85
	参考文献	86
第 4 章	增量调制	87
4.1	简单增量调制	87
4.1.1	增量调制的基本概念	87
4.1.2	增量调制的调制原理	88
4.1.3	增量调制的解调原理	89
4.1.4	增量调制存在的问题	89
4.2	增量总和调制($\Delta-\Sigma$)	92
4.2.1	$\Delta-\Sigma$ 的调制原理	92
4.2.2	$\Delta-\Sigma$ 的解调原理	94
4.3	小资料——贝尔	94
	思考题与习题	95
	参考文献	95
第 5 章	数字复接与同步数字系列	96
5.1	PCM 复用与数字复接	96
5.1.1	基本概念	96

5.1.2	数字比特系列与复接等级	96
5.1.3	PCM 基群帧结构	98
5.1.4	数字复接的原理与分类	99
5.2	同步数字系列(SDH)简介	101
5.2.1	SDH 的基本概念	101
5.2.2	SDH 的帧结构	103
5.2.3	SDH 的复用结构	104
5.3	小资料——马可尼	105
	思考题与习题	106
	参考文献	106
第 6 章	数字信号的基带传输	107
6.1	基带信号的概念	107
6.2	数字基带信号的码型	107
6.2.1	码型及码型变换	107
6.2.2	二元码	108
6.2.3	三元码	111
6.2.4	多元码	113
6.2.5	数字基带信号的功率谱	114
6.3	无码间串扰的传输波形	116
6.3.1	码间串扰的概念	116
6.3.2	第一无失真条件及传输波形	117
6.4	扰码和解扰	123
6.4.1	m 序列的产生及其性质	123
6.4.2	扰码和解扰原理	127
6.4.3	m 序列在误码测试中的应用	129
6.5	眼图	129
6.6	小资料——真空管的发明	131
	思考题与习题	132
	参考文献	133
第 7 章	数字信号的频带传输	134
7.1	二进制幅移键控(2ASK)	134
7.1.1	2ASK 的基本原理	134
7.1.2	2ASK 的频域特性	136
7.1.3	2ASK 调制器	137
7.1.4	2ASK 解调器	137
7.2	二进制频移键控(2FSK)	137
7.2.1	2FSK 的基本原理	137
7.2.2	2FSK 的频域特性	138
7.2.3	2FSK 调制器	139
7.2.4	2FSK 解调器	139
7.3	二进制相移键控(2PSK)	141
7.3.1	2PSK 的基本原理	141
7.3.2	2PSK 的频域特性	142

7.3.3	2PSK 调制器	142
7.3.4	2PSK 解调器	142
7.4	二进制差分相移键控(2DPSK)	144
7.4.1	2DPSK 的基本原理	144
7.4.2	2DPSK 解调	144
7.5	多进制数字调制	146
7.5.1	多进制幅移键控(MASK)	146
7.5.2	多进制相移键控(MPSK)	148
7.5.3	多进制频移键控(MFSK)	152
7.6	小资料——晶体管的发明	154
	思考题与习题	155
	参考文献	156
第 8 章 差错控制编码		157
8.1	差错控制编码的基本概念	157
8.2	差错控制方式	159
8.3	差错控制编码的分类	161
8.4	检错和纠错原理	161
8.5	几种常用的检错码	164
8.5.1	奇偶校验码	164
8.5.2	水平奇偶校验码	165
8.5.3	二维奇偶校验码	165
8.5.4	群计数码	166
8.5.5	恒比码	167
8.6	线性分组码	167
8.7	循环码	172
8.8	小资料——香农	174
	思考题与习题	175
	参考文献	176

第二篇 数据通信

第 9 章 数据通信与通信网		179
9.1	数据通信与数据通信系统	179
9.1.1	数据通信的定义及特点	179
9.1.2	数据通信系统的组成	182
9.1.3	数据通信的主要性能指标	183
9.1.4	数据通信方式	184
9.2	通信网	187
9.2.1	通信网及其结构	187
9.2.2	通信网拓扑结构	189
9.2.3	通信网服务质量	190
9.2.4	网络的服务性能保障机制	191
9.3	现代通信网的支撑技术	193

9.3.1	应用层技术	193
9.3.2	业务网技术	194
9.3.3	传送网技术	195
9.3.4	支撑网技术	196
9.4	通信网与计算机网络的发展历程	196
9.5	小资料——收音机的发明	201
	思考题与习题	202
	参考文献	203
第 10 章	计算机网络体系结构	204
10.1	网络体系结构概述	204
10.2	网络体系结构的几个重要概念	205
10.2.1	网络协议	205
10.2.2	网络服务	208
10.2.3	面向连接服务与无连接服务	210
10.3	ISO/OSI 的参考模型	211
10.3.1	物理层	212
10.3.2	数据链路层	212
10.3.3	网络层	213
10.3.4	传输层	213
10.3.5	会话层	213
10.3.6	表示层	213
10.3.7	应用层	213
10.4	TCP/IP 网络体系结构	214
10.4.1	TCP/IP 协议分层	214
10.4.2	网络体系结构	215
10.5	TCP/IP 模型的特点及其与 ISO/OSI 模型的比较	225
10.6	小资料——电视的发明	226
	思考题与习题	227
	参考文献	228
第 11 章	通信终端与通信设备	230
11.1	电话机	231
11.1.1	电话机原理	231
11.1.2	拨号盘式电话机	233
11.1.3	按键式电话机	234
11.1.4	电话通信中的通信原理知识	235
11.2	收音机	235
11.2.1	收音机分类及原理框图	235
11.2.2	输入电路	236
11.2.3	变频电路	237
11.2.4	中放电路	239
11.2.5	检波电路	239
11.2.6	低频放大和功率放大电路	239
11.2.7	广播通信中的通信原理知识	241

11.3	电视机	241
11.3.1	电视机信号传输原理	241
11.3.2	电视机原理	243
11.3.3	广播电视中的通信原理知识	245
11.4	数据终端	245
11.4.1	数据终端的组成及分类	245
11.4.2	多媒体通信终端	248
11.5	通信设备	250
11.5.1	调制解调器	250
11.5.2	多路复用器	251
11.5.3	集中器	251
11.5.4	前端处理器	252
11.5.5	协议转换器	252
11.6	小资料——雷达的发明	252
	思考题与习题	253
	参考文献	253
第12章	数据交换技术	255
12.1	交换的概念	255
12.2	交换的基本功能	257
12.3	常用的交换技术	257
12.3.1	线路交换	257
12.3.2	报文交换	259
12.3.3	分组交换	261
12.3.4	异步转移模式 ATM	264
12.4	小资料——自动电话交换机的发明	274
	思考题与习题	275
	参考文献	275
第13章	网络互连设备及其通信概念	276
13.1	网络互连的基本概念	276
13.2	网络互连设备	277
13.2.1	中继器(Repeater)	277
13.2.2	网桥(Bridge)	279
13.2.3	路由器(Router)	282
13.2.4	网关(Gateway)	287
13.3	几种“信道”概念的理解	289
13.4	小资料——万维网	291
	思考题与习题	292
	参考文献	292

第三篇 现代通信技术

第14章	接入网技术	295
14.1	接入网的概念	295

14.2 接入网的接口技术	298
14.2.1 接入网的界定与功能模型	298
14.2.2 V5 接口	299
14.3 接入网的分类	300
14.4 接入技术	301
14.4.1 铜线接入技术(xDSL)	301
14.4.2 混合光纤同轴电缆接入网	305
14.4.3 无线接入网技术	306
14.4.4 光接入网(OAN)	308
14.5 小资料——集成电路的发明	313
思考题与习题	314
参考文献	314
第 15 章 无线个人区域网络技术	315
15.1 无线个人区域网络概述	315
15.2 蓝牙技术	316
15.2.1 “蓝牙”的由来	316
15.2.2 蓝牙技术概述	317
15.2.3 蓝牙技术的特点	319
15.2.4 蓝牙系统的组成	319
15.2.5 蓝牙技术的应用	321
15.2.6 蓝牙技术与无线局域网	323
15.3 ZigBee 技术	324
15.3.1 Zigbee 技术概述	324
15.3.2 ZigBee 系统的组成	325
15.3.3 ZigBee 技术的应用	325
15.3.4 ZigBee 和蓝牙性能参数的比较	326
15.4 NFC 技术	327
15.4.1 NFC 技术概述	327
15.4.2 NFC 原理和组成	327
15.4.3 NFC 技术的应用	329
15.4.4 NFC 与蓝牙技术的比较	329
15.5 UWB 技术	329
15.6 小资料——计算机的发明	330
思考题与习题	331
参考文献	331
第 16 章 IP 电话技术	332
16.1 IP 电话概述	332
16.2 IP 电话基本工作原理	332
16.2.1 IP 电话的系统组成	333
16.2.2 IP 电话的实现方式	335
16.3 IP 电话的相关技术标准	336
16.4 IP 电话的服务质量及发展前景	337
16.5 小资料——传真机的发明	338

思考题与习题	339
参考文献	339
第 17 章 光纤通信技术	340
17.1 光纤通信概述	340
17.1.1 光纤通信的概念	340
17.1.2 光纤通信使用的波长	340
17.1.3 光纤通信的特点	341
17.2 光纤通信原理	342
17.3 光纤通信系统的组成	342
17.3.1 光端机	343
17.3.2 中继器	345
17.3.3 监控系统	346
17.4 几种光纤通信技术	347
17.5 光纤通信的发展趋势	349
17.6 小资料——“光纤之父”高锟	350
思考题与习题	351
参考文献	351
第 18 章 卫星通信技术	352
18.1 卫星通信概述	352
18.1.1 卫星通信的概念	352
18.1.2 卫星通信的工作频段	353
18.1.3 卫星通信的特点	354
18.2 卫星通信系统	355
18.2.1 卫星通信系统的分类	355
18.2.2 卫星通信系统的组成	355
18.2.3 卫星通信系统的工作过程	356
18.3 通信卫星	357
18.3.1 通信卫星的分类	357
18.3.2 同步卫星中继的通信范围	358
18.3.3 通信卫星的组成	359
18.4 卫星通信地面站	362
18.4.1 地面站的分类	362
18.4.2 地面站的组成	362
18.5 卫星通信的多址技术	364
18.6 卫星通信的新技术	367
18.7 小资料——人造卫星史话	369
思考题与习题	369
参考文献	369
第 19 章 移动通信技术	370
19.1 移动通信概述	370
19.1.1 移动通信的概念及特点	370
19.1.2 移动通信系统的分类	371

19.1.3	移动通信系统的组成	372
19.1.4	移动通信中的多址技术	374
19.2	第一代移动通信系统	374
19.3	第二代数字移动通信系统	375
19.3.1	GSM 移动通信系统	375
19.3.2	CDMA 移动通信系统	382
19.4	第三代移动通信系统	385
19.4.1	第三代移动通信系统的特点	387
19.4.2	第三代移动通信系统提供的业务	388
19.4.3	第三代移动通信系统的关键技术	388
19.5	小资料——手机的发明	389
	思考题与习题	390
	参考文献	390
第 20 章	微波中继通信技术	391
20.1	微波中继通信的概念	391
20.2	微波中继通信的频率范围	392
20.3	微波中继通信的特点	392
20.4	微波中继通信系统的组成	393
20.5	微波中间站的转接方式	395
20.6	数字微波的收发信设备	396
20.7	数字微波通信的关键技术	398
20.8	小资料——莫尔斯电码和电报机	399
	思考题与习题	400
	参考文献	401
第 21 章	ITS 中的通信技术	402
21.1	ITS 概述	402
21.2	ITS 中的通信系统	404
21.3	ITS 中的通信技术	405
21.3.1	ITS 中的通信技术概述	405
21.3.2	专用短程通信标准(DSRC)	407
21.3.3	ETC 中的几种短程通信技术	409
21.4	GPS 系统	413
21.4.1	GPS 概述	413
21.4.2	GPS 系统组成	413
21.4.3	GPS 定位原理	415
21.5	国外有关系统介绍	416
21.5.1	Ali-Scout 系统	416
21.5.2	AMTICS 系统	418
21.6	小资料——中国电信简史	419
	思考题与习题	420
	参考文献	420

第 一 篇

通 信 原 理

第1章 通信与通信系统的基本概念

1.1 通信的概念

谈到通信(Communication),我们每个人都不陌生。古代的烽火报警,就是把敌人入侵的消息通过烽火传达给远方的人们(类似的例子还有抗日战争时期的“消息树”);舰船上的灯语和旗语通过灯的闪烁和旗子的挥动与另一舰船或港口进行无声的对话;传统的信函以文字形式把游子的思乡之情浓缩于尺素之中,再利用邮政媒体送达家人;在各种建设工地上,工人们经常使用对讲机相互联络,协调工作;在电影、电视中经常看到军人或警察利用无线电台进行作战指挥;还有电报、电传、电话、寻呼、移动电话、有线广播、无线广播、有线电视、无线电视等当代最为普及的通信手段都是现实生活中我们所熟悉的通信实例。

在上述实例中我们发现,无论是远古狼烟滚滚的烽火,还是今天四通八达的电话,无论是饱含情谊的书信,还是绚丽多彩的电视画面,尽管通信的方式各种各样,传递的内容千差万别,但都有一个共性,那就是进行信息的传递。因此,我们对通信下一个简练的定义:所谓通信,就是信息的传递。这里的“传递”可以认为是一种信息传输的过程或方式。

随着计算机技术和计算机网络技术的飞速发展,计算机网络通信也进入了我们的生活。通过因特网(Internet),我们足不出户就可看报纸、听新闻、查资料、看电影、玩游戏、上课、看病、聊天、购物、收发电子邮件。网络通信丰富多彩的功能极大地拓宽了通信技术的应用领域,使通信渗入人们物质与精神生活的各个角落,成为人们日常生活中不可缺少的组成部分,有关通信方面的知识与技术也就成为当代人应该了解和掌握的热门知识之一。

在这里,我们所讨论的通信不是广义上的通信,而是特指利用各种电信号和光信号作为通信信号的电通信与光通信。

作为一门科学、一种技术,现代通信所研究的主要问题概括地说就是如何把信息大量地、快速地、准确地、广泛地、方便地、经济地、安全地、长距离地从信源通过传输介质传送到信宿。各种通信技术都是围绕着这样几个目的而展开的,而“通信原理”就是介绍支撑各种通信技术的通信基本概念和数学理论基础。

由于“交通”与“通信”具有较强的类比性,因此我们在书中用了一些交通运输(包括公路和铁路运输)实例作为比较对象,比如运输/传输、运载工具/信号、货物/信息、道路/信道等。希望这样的比喻可以帮助大家更透彻地理解通信原理中的许多概念和问题。

1.2 通信系统

1.2.1 通信系统的定义与组成

交通是把货物(乘客)从出发地运输(搬移)到目的地,通信是把信息从信源传输到信宿。如果把用于运输货物或乘客的人、车、路的集合称为交通系统的话,那么,用于进行通信的设备硬件、软件和传输介质的集合就叫做通信系统(Communication System)。需要强调的是,过去对通信系统的定义没有软件部分,但随着计算机进入通信系统,通信软件就成为组成通信系统的基本要素,因此我们在定义中加入软件这一模块。从硬件上看,通信系统主要由信源、信宿、传输介质和接收、发送设备五部分组成,如图 1-1 所示(注意,图中的干扰可以理解为通信系统的一部分,因为在实际应用中,一个通信系统无法彻底消除干扰)。

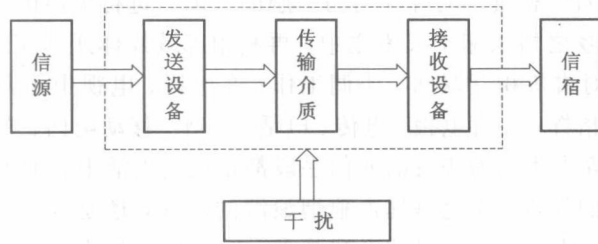


图 1-1 模拟通信系统的一般模型

有线长途电话通信系统包括送话器、电线、交换机、载波机、受话器等要素。广播通信系统包括话筒、扬声器、发送设备、无线电波、接收设备(收音机)等。两个通信系统实例示意图如图 1-2 所示。

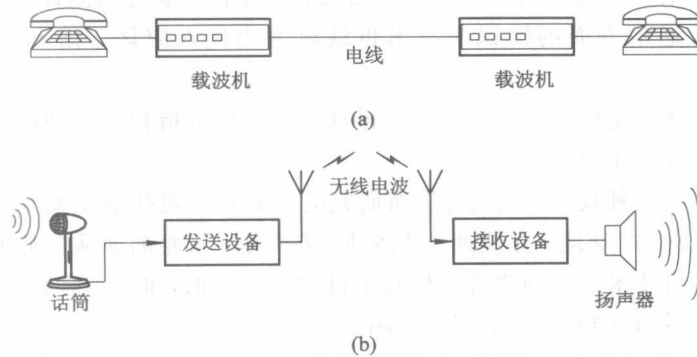


图 1-2 通信系统实例示意图

(a) 有线长途电话通信系统示意图; (b) 广播通信系统示意图

1.2.2 通信系统的分类

1. 按信号种类分类

根据信道传输信号种类的不同,通信系统可分为两大类:模拟通信系统(Analog Communication System)和数字通信系统(Digital Communication System)。信道中传输模拟信号的系统称为模拟通信系统,如大家熟悉的广播;信道中传输数字信号的系统称为数字通信系统(模型如图1-3(a)所示),比如数字移动通信系统。

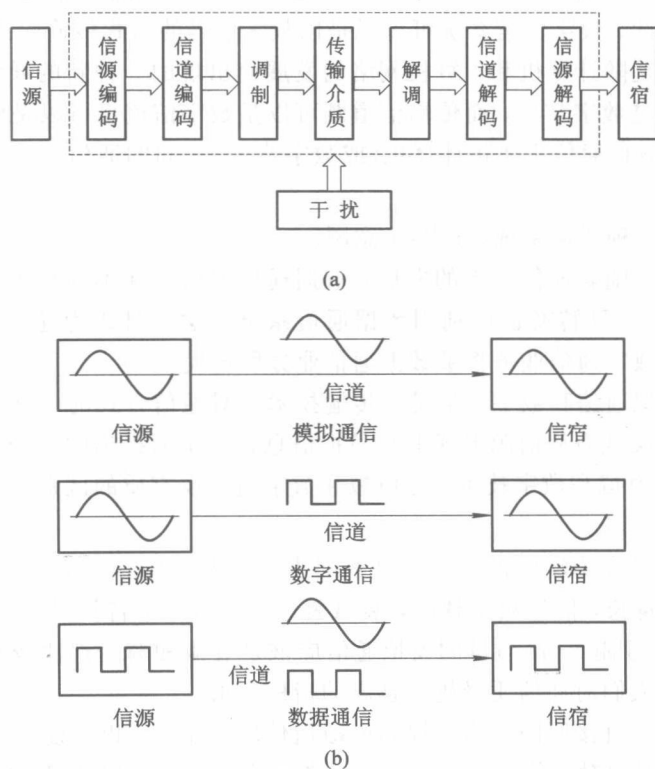


图1-3 数字通信系统示意图

(a) 数字通信系统模型; (b) 三种通信系统示意图

从图1-3(a)中我们看到,数字通信系统与图1-1的主要区别是多了信源编码、解码和信道编码、解码功能模块,而这正是数字通信系统的特点所在。信源编码主要完成的是将模拟信息(模拟信号)转换成数字信号的功能(信源解码的功能相反);信道编码是将信源编码输出的数字信号(一般是经自然编码后的数字信号。自然编码指的是用高电平表示“1”,低电平表示“0”的简单编码方式)变成适合于信道传输的码型(信道解码的功能相反),以提高传输的有效性和可靠性。有关内容我们在后面会有详细介绍。

需要说明的是,自从有了数据通信系统之后,这种以信道传输信号的种类为标准对通信系统进行的分类就显得不够严谨了,因为数据通信系统的信道可以是传输数字信号的信道,也可以是传输模拟信号的信道,或者说数据通信中的数据信号既可以以数字信号的形式在数字信道中传输(比如局域网),也可以以模拟信号的形式在模拟信道中传输(比如通