

消费类电子产品集成电路应用手册

丛书二

通信产品

集成电路

◎ 段九州 主编



中国计量出版社

CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

消费类电子产品集成电路应用手册丛书二

通信产品集成电路

段九州 主编

中国计量出版社

图书在版编目(CIP)数据

通信产品集成电路/段九州主编. —北京:中国计量出版社,2005.8

(消费类电子产品集成电路应用手册丛书;2)

ISBN 7-5026-2186-5

I. 通… II. 段… III. 通信设备—集成电路—手册 IV. TN914-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 080441 号

内 容 提 要

本书是“消费类电子产品集成电路应用手册”丛书之一,内容包括通信的基本知识,电话信号处理集成电路,频率合成、调制与变换集成电路,基带信号变换及处理,混频及中频放大集成电路,射频接收与发射集成电路,通信控制与编译码电路,开关电容与有源滤波器电路等。除第 1 章作为全书的基础知识外,其余各章都自成体系,以方便读者作为工具书查阅。

本书可作为从事消费类电子产品研发、生产、维修人员的工具书,也可作为高等院校相关专业的师生进行课程设计和毕业设计的参考书。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话(010)64275360

<http://www.zgjl.com.cn>

北京市迪鑫印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787 mm×1092 mm 16 开本 印张 21.75 字数 523 千字

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 次印刷

*

印数 1—2 000 定价:45.00 元

前 言

在当今世界电子市场上,消费类电子产品已经成为比个人电脑增长更快的领域。据美国消费类电子协会 CEA (Consumer Electronics Association) 发布的统计数字,2004 年美国消费类电子产品的销售额首次突破千亿美元大关,达到 1 010 亿美元。一些业内专家甚至提出了“CE (消费类电子) 革命”的口号。消费类电子产品在电子信息产业中占有举足轻重的地位,其制造和销售已经成为电子信息产业中的一个支柱行业。近年来,中国消费类电子行业的发展也十分迅速,彩电、激光视盘机、手机等产品的产、销量已经稳居世界第一。国产的各类时新电器犹如“旧时王谢堂前燕,飞入寻常百姓家”,正在广泛进入普通家庭。国务院发展研究中心市场经济研究所、中国家电协会的多名专家均认为中国的消费类电子工业在未来十年内将继续保持高速增长的势头,驱动力在于中国的整体经济形势和中国在全球消费类电子产品市场中的主导地位。美国著名的市场分析公司 IDC 的预测报告称:到 2008 年,中国的消费类电子市场也将达到 1 000 亿美元。中国正在迎接消费类电子时代的到来,迎接“CE 革命”的到来。

消费类电子产品的几个主要领域包括:家庭娱乐视听产品、通信产品、家用电器监测控制等方面。现代消费类电子产品具有一个共同的特征,就是其电路部分采用了集成电路用作信号的控制、检测、变换和处理。了解这些集成电路的应用方法,掌握这些集成电路的应用特点,是掌握这些消费类电子产品设计、开发、生产、安装和维修技术的关键。在当今社会生活节奏越来越快的情况下,从事消费类电子产品设计和生产的人员如果面对每个电路都去进行原始设计,不但没有必要,还可能会贻误商机。为此,中国计量出版社约请了国内高校这方面的专家会同有实践经验的作者共同编写一套“消费类电子产品集成电路应用手册”丛书,首批编写的共有四本,本书是其中的一本。内容包括通信的基本知识,电话信号处理集成电路,频率合成与调制、变换集成电路,基带信号变换及处理,混频及中频放大集成电路,射频接收与发射集成电路,通信控制与编译码电路,开关电容与有源滤波器电路等。除第 1 章作为全书的基础知识外,其余各章都自成体系,以方便读者作为工具书查阅。利用这本工具书,读者只需按图索骥就可以完成设计、开发过程中许多耗工费时的任务。

本书由段九州主编,参加编写工作的有孙丽君、贾卢安、潘建军、李伟光等。参加编写的各位老师从浩如烟海的专业报刊、专业杂志中精选出实用的电路,再逐一对其分析、核实和修正,然后用精练的语言概括出各个电路的应用特点、关键参数和使用注意事项,其工作量非常巨大,参编人员为此付出了极大的努力。张威、宋艳丽、张幽、张志愿、郝景超等用计算机绘制了全书的插图;王春安教授对初稿进行了认真审校,并提出了许多有益的意见,编者在此对他们的辛勤劳动一并致谢。由于时间紧迫和编者的水平所限,书中仍可能存在着不尽人意的地方,希望读者不吝批评指正。

编 者

2005 年 7 月

目 录

第1章 通信的基本知识	(1)
1.1 信息与信号	(1)
1.2 通信系统的模型	(1)
1.3 通信的分类	(2)
1.3.1 常见分类方法	(2)
1.3.2 模拟通信与数字通信	(3)
1.4 数字通信系统的性能指标	(4)
1.4.1 有效性	(4)
1.4.2 可靠性	(5)
1.5 数字信号基带传输	(5)
1.5.1 数字基带信号的码型	(6)
1.5.2 数字通信的特点	(7)
1.6 数据通信	(8)
1.6.1 数据传输方式	(8)
1.6.2 数据通信的网络体系结构	(9)
1.7 调制和解调基础知识	(10)
1.7.1 调制的基本概念	(10)
1.7.2 幅度调制	(11)
1.7.3 角度调制	(14)
1.7.4 数字调制	(17)
1.7.5 模拟信号数字化	(19)
第2章 电话信号处理集成电路	(22)
2.1 拨号集成电路 ET40992	(22)
2.2 脉冲/双音频拨号电路 ET91210	(23)
2.3 脉冲/双音频拨号集成电路 HM9102A/D	(25)
2.4 脉冲/双音频拨号电路 HM9104	(27)
2.5 拨号集成电路 LH2560C	(30)
2.6 双音多频拨号集成电路 LH95088	(31)
2.7 脉冲拨号集成电路 LR40993	(32)
2.8 脉冲拨号集成电路 M2560A	(33)
2.9 脉冲/双音频拨号电路 MC145412	(35)
2.10 脉冲拨号集成电路 OM1032P (OM1032CP)	(36)

2.11	脉冲/双音频拨号电路 PCD3310P	(41)
2.12	脉冲拨号集成电路 PCD3321P	(42)
2.13	双音多频拨号集成电路 PCD4421	(43)
2.14	双音多频拨号集成电路 TEA1046P	(48)
2.15	双音多频拨号集成电路 TEA1075P	(54)
2.16	脉冲拨号集成电路 TP50981	(54)
2.17	脉冲拨号集成电路 UM9151	(56)
2.18	脉冲拨号集成电路 UM91611	(57)
2.19	脉冲/双音频拨号电路 W91×××S	(58)
2.19.1	W91310S 系列集成电路	(60)
2.19.2	W91320S 系列集成电路	(60)
2.19.3	W9133×S 系列集成电路	(62)
2.19.4	W9134×S 系列集成电路	(63)
2.19.5	W9135×S 系列集成电路	(64)
2.19.6	W9141×S 系列集成电路	(65)
2.19.7	W914××S 系列集成电路	(66)
2.19.8	W9144×AS、W9144×BS 系列集成电路	(67)
2.19.9	W9146×S、W9146×-1 系列集成电路	(68)
2.19.10	W9151×、W9151×A 系列集成电路	(69)
2.19.11	W9152×、W9152×A 系列集成电路	(70)
2.19.12	W9153×、9153×A 系列集成电路	(71)
2.19.13	W9154×、W9154×A 系列集成电路	(72)
2.20	脉冲/音频 (P/T) 兼容拨号集成电路 W91414	(74)
2.21	双音多频拨号集成电路 W91810A	(77)
2.22	脉冲拨号集成电路 WE9104	(78)
2.23	脉冲/双音多频兼容拨号集成电路 WE9140 系列	(79)
2.24	脉冲/双音多频兼容拨号集成电路 WE9142	(82)
2.25	多功能电话机用集成电路 WE9148	(82)
2.26	双音多频拨号集成电路 WE9187	(87)
2.27	双音多频拨号集成电路 WE9188	(90)
2.28	二进制数据双音多频发生器 TP5088	(90)
2.29	通话集成电路 MC34014	(92)
2.30	免提通话集成电路 MC34018	(93)
2.31	通话集成电路 MC34114	(98)
2.32	免提通话集成电路 MC34118	(101)
2.33	双前置放大器 SL30	(102)
2.34	通话集成电路 TEA1060 系列	(105)
2.35	具有拨号接口的低电压通话电路 TEA1062	(108)
2.36	免提通话集成电路 TEA1094	(113)

2.37	通话集成电路 WE9185	(115)
2.38	通话集成电路 TP5700A	(118)
2.39	振铃专用集成电路 CSC1512AEP	(120)
2.40	专用集成电路 KA2410/KA2411	(120)
2.41	振铃专用集成电路 LH1240	(121)
2.42	振铃专用集成电路 LM8204	(122)
2.43	振铃专用集成电路 MC34017 - X	(125)
2.44	双音多频收发信集成电路 M - 8880	(126)

第3章 频率合成、调制及变换集成电路

3.1	FFSK 调制解调器 FX469	(128)
3.2	低电压/高速 GSMK 调制解调器 FX589	(129)
3.3	FSK 调制解调器 FX809	(131)
3.4	1.1GHz 频率合成集成电路 LMX1501A/LMX1511	(131)
3.5	双频率合成器 LMX2330A/LMX2331A/LMX2332A	(133)
3.6	双频率合成器 LMX2335/LMX2336/LMX2337	(136)
3.7	4bit 数据总线输入锁相环频率合成器 MC145146 - 2	(138)
3.8	并行输入锁相环频率合成器 MC145151 - 2	(138)
3.9	并行输入锁相环频率合成器 MC145152 - 2	(140)
3.10	1.1G 锁相环频率合成器 MC145190/MC145191	(141)
3.11	锁相环调谐电路 MC44802A	(143)
3.12	锁相环调谐电路 MC44807/17	(145)
3.13	锁相环调谐电路 MC44810	(148)
3.14	I/Q 发送/调制集成电路 SA900	(150)
3.15	双向 I ² C 总线控制 1.3GHz 频率合成器 TSA5511	(151)
3.16	无线电调谐锁相环频率合成器 TSA6057/TSA6057T	(154)
3.17	小功率频率合成器 UMA1014	(156)
3.18	小功率双频率合成器 UMA1015M	(157)
3.19	连续可变增量调制解调器/译码器 FX609	(159)
3.20	语音存储恢复 CVSD 编码器/译码器 FX709	(160)
3.21	语音存储恢复 CVSD 编码器/译码器 FX802	(162)
3.22	连续可变斜率增量调制/解调器 MC34115	(164)
3.23	连续可变增量调制器 HC - 55564	(164)
3.24	自适应脉冲编码调制集成电路 PCD5032	(166)

第4章 基带信号变换及处理

4.1	信噪比改善放大器 FX002	(169)
4.2	话音频带变换集成电路 FX004	(169)
4.3	双工频率变换器 FX118	(170)

4.4	音频带通滤波器 FX326	(172)
4.5	移动无线音频处理器 FX506	(173)
4.6	音频信号处理器 FX803	(175)
4.7	音频信号处理器 FX806A	(175)
4.8	音频存储和恢复编码/译码器 FX812	(178)
4.9	音频处理器 FX826	(179)
4.10	带关闭断路模式的 1/2W 自动功率放大器 LM4861	(181)
4.11	小功率音频放大器 MC13060	(181)
4.12	电子衰减器 MC3340	(182)
4.13	音频放大器 TDA1190/TDA3190	(182)
4.14	基带处理器 LMX2411	(183)

第 5 章 混频及中频放大集成电路..... (185)

5.1	低噪声放大器/混频器 LMX2216	(185)
5.2	中频处理集成电路 LMX2240	(186)
5.3	宽带调频中频集成电路 MC13155	(187)
5.4	IF/FM 放大器 MC1351	(189)
5.5	带检波器的 IF/FM 放大器 MC1357	(189)
5.6	IF/FM 放大器 MC1358	(190)
5.7	高增益调频中频集成电路 MC3359	(191)
5.8	低功耗调频中频集成电路 MC3361B	(193)
5.9	调频中频集成电路 MC3371	(195)
5.10	调频中频集成电路 MC3372	(196)
5.11	低电压、低噪声放大器/混频器 (1GHz) SA601	(196)
5.12	混频/调频中频集成电路 SA606	(198)
5.13	低噪声放大/混频/压控振荡器 (1GHz) SA620	(198)
5.14	高性能混频器/调频中频集成电路 SA636	(201)
5.15	数字中频接收集成电路 SA637	(201)
5.16	调频前端集成电路 TDA1574	(203)
5.17	调频前端集成电路 TDA1574T	(204)
5.18	镜像干扰抑制前端 UAA2072M	(204)

第 6 章 射频接收与发射集成电路..... (208)

6.1	单片 FM 集成电路 TDA7021T	(208)
6.2	FM 双变频窄带接收集成电路 MC13135	(208)
6.3	FM 双变频窄带接收集成电路 MC13136	(210)
6.4	宽带 FSK 接收集成电路 MC3356	(212)
6.5	FM 双变频接收集成电路 MC3362	(214)
6.6	FM 双变频接收集成电路 MC3363	(216)

6.7	变频 FM 接收集成电路 MC3367	(218)
6.8	单片 FM 发射芯片 MC2833	(220)
6.9	FM 发射集成电路 BA1404	(221)
6.10	甚高频 FM/AM 发送集成电路 MC13175/MC13176	(223)
6.11	低功耗 FM 发送集成电路 MC2831	(225)
6.12	接收集成电路 MICRF007	(226)
6.13	宽带 FSK 接收集成电路 MC13055	(227)
6.14	内嵌微处理器发射集成电路 AT86RF401	(229)
6.15	多调制方式发射电路 MAX2900	(231)
6.16	FSK 发射集成电路 nRF402	(233)
6.17	FSK 发射集成电路 nRF902	(235)
6.18	OOK/ASK 接收集成电路 RX6000	(237)
6.19	模拟/数字接收集成电路 TH71112	(239)
6.20	FSK 收发集成电路 nRF403	(243)
6.21	GMSK/GFSK 收发集成电路 nRF903	(245)
6.22	FSK 收发集成电路 AT86RF211	(248)
6.23	FSK 收发集成电路 MICRF500	(251)
6.24	FM/FSK 接收集成电路 CMX018	(254)
6.25	ASK./FSK 接收集成电路 T5760	(255)
6.26	ASK./FSK 接收集成电路 U3741	(259)
6.27	ASK/OOK 接收集成电路 RF2919	(261)
6.28	FM/FSK 接收集成电路 RX3930	(263)
6.29	ASK 接收集成电路 MAX1470	(267)
6.30	ASK/OOK 发射集成电路 MICRF104	(270)
6.31	ASK 发射集成电路 MICRF102	(271)
6.32	OOK 接收集成电路 MICRF008	(273)
6.33	FM/FSK 无线发射集成电路 CMX017	(275)
6.34	ASK/FSK 发射集成电路 T5750	(278)
6.35	FSK/ASK 发射集成电路 U2741	(279)

第 7 章 通信控制与编译码电路 (282)

7.1	双数字控制的放大器阵列 FX029	(282)
7.2	CTCSS 编码器 FX315	(282)
7.3	呼叫进程音译码器 FX623	(284)
7.4	串行 13bit 线性编/译码器 MC145402	(285)
7.5	APCM 编码/译码器 MC145540	(287)
7.6	3V 多特征编/译码器 MT91L60	(289)
7.7	5V 多特征编/译码器 MT9160	(290)
7.8	POCSAG 寻呼译码器 PCD5003	(291)

7.9	对数放大器 TDA8781T	(294)
7.10	数据处理集成电路 UMA1000LT	(296)
7.11	脉冲拨号器 M-969	(298)
7.12	LM6511 比较器	(299)
7.13	可调整高效 DC-DC 升压控制器 MAX1771	(299)
7.14	+5V/可调低降落电压稳压器 MAX667	(300)
7.15	3.3V/+5V 或可调 DC-DC 变换器 MAX866/MAX867	(301)
7.16	3.3V/+5V 或可调线性稳压器 MAX882/883/884	(302)
7.17	传呼控制集成电路 MN6108AC	(303)

第 8 章 开关电容与有源滤波器电路 (306)

8.1	FX306 音频滤波器阵列	(306)
8.2	集成 RC 滤波器 FLT-U2	(307)
8.3	集成 RC 滤波器 AF151	(307)
8.4	集成低通滤波器 5G6514	(309)
8.5	集成低通滤波器 5G6515	(309)
8.6	CMOS 单片滤波器 LB101	(310)
8.7	单片集成滤波器 OM4031T	(311)
8.8	双可调谐低通抽样数据滤波器 MC145414	(311)
8.9	滤波器阵列 FX336 R2000	(313)
8.10	四滤波器阵列 FX366	(315)
8.11	脉冲编码调制单片滤波器 TP3040/TP3040A	(316)
8.12	通用滤波器 MF10	(318)
8.13	甚低频有源低通滤波器	(320)
8.14	三阶低通滤波器	(320)
8.15	10Hz 四阶巴特沃斯低通滤波器	(321)
8.16	8 次低通滤波器	(321)
8.17	有源低通滤波器	(322)
8.18	用相同参数构成的每倍频程 24dB 低通滤波器	(322)
8.19	10MHz 低通滤波器	(322)
8.20	1MHz 高通滤波器	(323)
8.21	每倍频程衰减 -18dB 的有源高通滤波器	(323)
8.22	具有锐截止特性的有源高通滤波器	(323)
8.23	有源高通滤波器	(324)
8.24	低电压带通滤波器	(325)
8.25	0.1~10Hz 带宽的滤波器	(325)
8.26	高 Q 值带通滤波器	(326)
8.27	有源窄带滤波器	(326)
8.28	低 Q 值高增益带通滤波器	(326)

8.29 可同时获得四种特性的滤波器 (327)

8.30 具有低通/高通/带通三种特性的有源滤波器 (327)

8.31 Q 值可调的带阻滤波器 (327)

8.32 频率可调的滤波器 (328)

8.33 频率和 Q 值可调的滤波器 (329)

8.34 用单个运放组成的单峰特性滤波器 (329)

8.35 高 Q 值陷波滤波器 (330)

8.36 陷波滤波器 (330)

8.37 15~3500Hz 带通滤波器 (330)

8.38 10MHz 带通滤波器 (331)

8.39 10kHz 可变 Q 值滤波器 (332)

8.40 10kHz 调谐电压滤波器 (332)

8.41 交流声滤波器 (333)

8.42 电源频率噪声滤波器 (334)

8.43 60Hz 输入陷波滤波器 (334)

参考文献 (336)

第 1 章 通信的基本知识

人类社会已经进入信息时代，现代通信设备和技术与人们的日常生活需求密不可分。现代通信设备的硬件核心是各种各样的通信专用集成电路。为了掌握这些电路的应用，需要具备一些相关的通信技术基本常识。通信的内容涵盖很广，本章择要介绍有关通信技术的基础知识，重点是关于信息和信号的概念、通信系统的一些分类情况、通信技术中重要的调制与解调概念以及模拟信号的数字化等内容。

1.1 信息与信号

现代社会的所谓通信，简单说来就是利用电子技术的各种手段传递消息 (message)。为了能使用通信系统传递这些消息，需要把消息变换成某种电信号的波形，这里的电信号波形简称为信号 (signal)。

通信系统传递的消息并不等同于信息 (information)，信息是一个抽象的概念。在接收者得到发送来的消息之前，消息的内容对于接收者来说是未知的——否则，这个消息就不含有信息，也无需通信系统来传递。比较通俗一点说，信息就是消息中的有用分量。信息的多少可以用信息量来衡量，信息量的单位是比特 (bit)。消息中的内容越是能出乎接收者意料之外，则此信号的信息量越大，可见消息中的信息量与接收者对消息的未知程度有关。计算机中使用的二进制数 1 和 0 作为消息发送出去时，如果 1、0 出现的概率相同，则它的每一位 (1、0) 都有一比特的信息量。由于这个原因，计算机技术中把二进制数的 1 位也叫做 1 比特。

如此看来，使用通信系统传递信号的真正目的是为了把信息传递给接收者。

1.2 通信系统的模型

通信系统是指完成通信所需的全部技术设备和传输媒质所构成的总体。为了便于分析，通信工程界人士常常把通信系统抽象为一个模型 (model)，简称通信模型。

通信系统的基本模型由以下几部分组成 (见图 1-1)。

信源 (information source)：又称信息源。信息源的输出多为低频电信号，一般是由自然界中的声音或物像经传感器件变换而成，例如话筒的输出、摄像机的输出、各种敏感探测器件的输出等等。

发送器 (transmitter)：其作用是把信号转换为易于传送的形式。发送器一般包括信号处理电路和频率变换电路两部分，最典型的频率变换电路是调制器 (modulator)。

信道 (channel)：系指从发送端到接收端之间使用的传输介质，如电线、电缆、光纤、

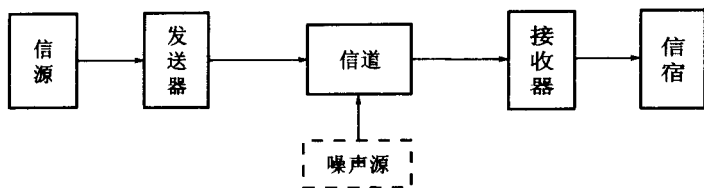


图 1-1 通信系统基本模型

电磁波等。

噪声源 (noise source): 这是信道上存在的以及系统内部不可避免的干扰与噪声的集中表示。噪声严重地限制了通信的能力, 也造成了通信电路和设备的复杂性。如果没有噪声, 我们使用极小的功率就可以把电信号传送到遥远的宇宙中去。

接收器 (receiver): 接收信号并转换信号为其原始形式。接收器一般也包括信号处理电路和频率变换电路。接收器中最典型的频率变换电路是解调器 (demodulator)。解调是调制的反变换过程。

信宿 (lodge, sink): 信息的归宿——即信息的最终收受端, 又称收终端。

1.3 通信的分类

随着通信的发展, 通信的内容和形式不断丰富, 通信的种类也层出不穷, 这就需要进行归类分析。

1.3.1 常见分类方法

随着通信的发展, 通信的内容和形式不断丰富, 通信的种类也层出不穷, 这就需要归类分析。分类的方法很多, 最为常见的有下列几种:

(1) 按消息的形式分, 可以分为语音、数据、图像、文字等。如果所传递的信息形式只是上述之一, 则分别叫做语音通信、数据通信、图像通信、文字传真等; 如果所传递的信息包含了上述的两种以上形式, 则常常把它叫做多媒体通信 (multimedia communication)。更具体些, 如果传递的消息是语言, 则称电话通信; 消息只是文字和符号, 则叫做电报; 传送固定图像, 则称为传真; 传送活动图像则称为电视, 等等。

(2) 按收发两地有无一条具体的线路 (line) 来划分, 可分为有线通信和无线通信。有线的如架空明线、电缆、光缆、军用被覆线等; 无线的如短、中、长波通信, 微波接力通信, 卫星通信等。

(3) 按通信对象数量的不同, 通信方式可分为点到点通信 (即通信是在两个对象之间进行)、点到多点通信 (一个对象和多个对象之间的通信) 和多点到多点通信 (多个对象相互之间的通信) 三种, 如图 1-2 所示。

(4) 根据信号传输方向及时间的不同, 任意两点间的通信方式可分为单工通信、双工通信、半双工通信。通信方式指通信双方 (或多方) 之间的工作形式和信号传输方式, 它是通信各方在通信实施之前必须首先确定的问题。

单工通信 (simplex) 是在任何一个时刻信号只能从甲方向乙方单向传输, 甲方只能发信, 乙方只能收信, 比如广播电台与收音机、电视台与电视机的通信 (点到多点)、遥控玩

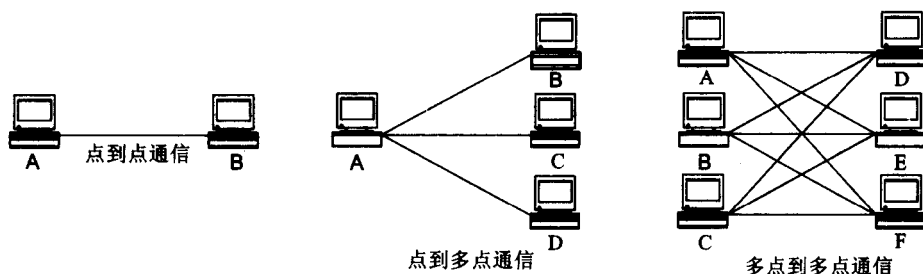


图 1-2 点到点、点到多点和多点到多点通信示意

具、航模（点到点）等均属此类。双工通信（duplex）是在任何一个时刻信号能够双向传输，每一方都能同时进行收信与发信工作，比如普通电话、手机。半双工通信（half-duplex）是在任何一个时刻信号只能单向传输，或从甲方向乙方，或从乙方向甲方，每一方都不能同时收、发信息，比如对讲机、收发报机以及问询、检索等之间的通信。三种通信方式的示意如图1-3所示。

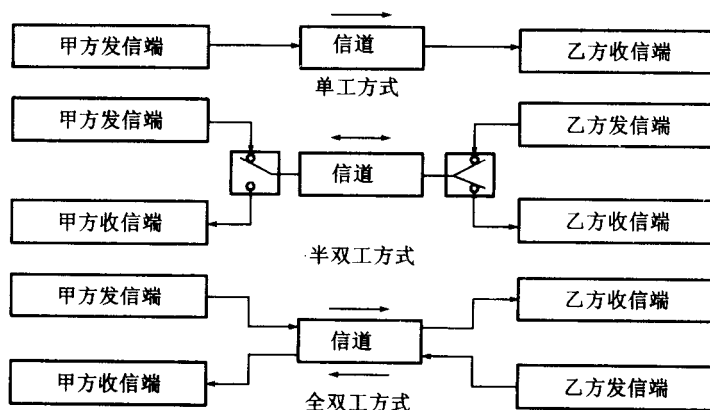


图 1-3 单工、半双工、全双工通信方式示意

(5) 按信号的性质分，可分为模拟（analog）、通信和数字（digital）通信。如果通信系统中所传递的是模拟信号，则称为模拟通信；如果通信系统中所传递信号的是数字信号，则称为数字通信。模拟信号常常是由传感器采集到的连续变化的物理量直接转换形成的电信号，例如温度、压力、声音、图像等物理量，经过相应的传感器变换，可以形成幅度连续变化的电信号——模拟信号。数字信号则多为模拟信号经量化编码后得到的幅度离散的值，例如在计算机中用二进制代码表示的音频、视频、图形等数据。

1.3.2 模拟通信与数字通信

模拟通信和数字通信是按系统中传递的是模拟信号还是数字信号进行划分的，因此有必要对模拟信号和数字信号的特征作明确的区分和说明。

模拟信号的振幅可以取连续的无限个值，且其取值与所传送的信息一一对应，例如话筒输出的话音信号、摄像机输出的电视信号等都属于模拟信号。

数字信号与模拟信号的主要区别是其幅度为不连续的离散值。数字通信所要求的线路质

量更高，所占用的系统带宽要比模拟通信更宽。例如电话通信中，一路模拟电话信号通常占4kHz 带宽足够，而一路数字电话则要占 20~60kHz 甚至更多的带宽。

模拟通信系统中，最受关注的问题是如何实现调制和解调。这是因为，给定信道的适用频率通常与信源的实际频率不同，并且信道的频带宽度也不一定满足信源的带宽要求。由信源产生的信号通常具有丰富的低频分量，这种信号称为“基带”（baseband）信号，基带信号一般不能直接在电磁波、光纤等信道中传输。为此，在发送端应设法把它转换成适合于信道传输的频率，这个转换过程就是调制（modulation）。经过调制后的信号称做已调信号（modulated signal）。已调信号一方面在频率方面能适合信道的传输，同时又携带有来自信源的信息。换句话说，传递已调信号就传递了信源的信息。

对于数字通信系统，除了调制和解调之外，其发送过程还应包括有信源的编码/解码、信道的编码/解码这些重要步骤。其接收过程中，除了解调，还应有相应的信源译码和信道译码部分。典型的数字通信系统模型如图 1-4 所示。

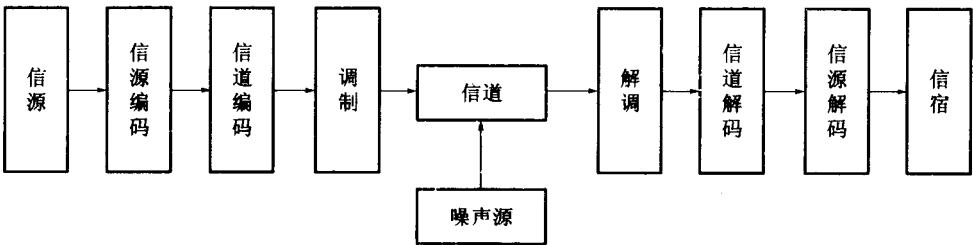


图 1-4 数字通信系统模型

编码器通常由信源编码（source coding）和信道编码（channel coding）两部分构成。信源编码器的主要作用是把模拟信号变为数字信号（A/D 转换）；信道编码则主要是纠错编码，以提高信道传输的可靠性。此外，数字通信中还需要考虑数字信号的识别判定和同步等问题。

1.4 数字通信系统的性能指标

数字通信系统的技术指标分成两大类：传输的有效性和可靠性。有效性即效率，系指在给定的信道带宽下能传输多少信息；可靠性系指接收信息的准确程度。

1.4.1 有效性

衡量数字系统有效性的指标是传码率 R_B 、传信率 R_b 。

传码率又称传输速率、码元速率、波形速率等。在数字通信中，数字信号的每一位叫作一个“码元”，每个码元都由有限个数字信号波形来表示。系统中每秒钟传送的码元数就是码元速率 R_B ，简称传码率，单位是波特 B（Baud）。例如，某系统每秒传送 2 400 个码元，则称其传输速率为 2 400 波特，或记为 2 400B。

一个通信系统的传码率取决于其系统带宽和所传送信号的带宽。系统带宽是系统工作时的可用频率范围，信号带宽是信号具有的频谱范围，二者的关系就像“马路”和“车辆”的

关系。路越宽，在路上允许并行奔跑的车就可以越多。

仅用码元速率表示有效性常常不够，因为传输速率仅仅表征了单位时间内传送的数字波形多少，而每种波形所含的信息量不见得相同。例如，阴晴云雨用 4 进制数表示，可用 1、2、3、4 四个码元与之对应，每次预报用一个码元足矣。若用二进制表示，需要 00、01、10、11 与之对应。同样若每秒报告一次天气，则每次应传送两个码元（0 和 1 的组合），传码率为 $2B_0$ 。

虽然以上传码率相差一倍，信息量却相同（可见二进制的—个码元和四进制—个码元的信息量不同）。要正确而合理地表示通信系统的有效性，还应考虑其“每秒传送的信息量”，这就是传信率 R_b 。

传信率 R_b 又称信息速率。顾名思义，信息速率是信息传送的速度，即每秒传送的信息量。信息量的单位——比特，其大小正好是一个二进制码元所携带的信息量，因此传信率的单位是 bit/s。对同—种进制来说，传码率越高，传信率也高，这是因为它们的每个码元具有相同的信息量。

对于二进制来说，传信率和传码率具有相同的数值： $R_{b2} = R_{r2}$ ，如—个二进制数字传输系统具有 2 400 波特的码元速率时，它的信息速率也是 2 400 bit/s。这里要注意它们具有不同的单位。如果不是二进制系统，则二者数值不会相同。对 N 进制信号，传信率 R_b 和传码率 R_B 之间的关系是：

$$R_b = R_B \log_2 N$$

可见，在同样码元速率时 N 进制传输的信息量要大—些。

有时我们需要对系统频带宽度的利用情况进行衡量。衡量频带宽度的指标是频带利用率 δ ，它指的是“单位频带内的传码率”，可记为

$$\delta = \text{传码率} / \text{带宽} (\text{波特} / \text{赫兹})$$

1.4.2 可靠性

数字通信系统的传输可靠性常用误码率 P_e 或误信率 P_b 来衡量。

误码率 $P_e = \text{错误接收码元数} / \text{传输的总码元数}$

误信率 $P_b = \text{错误接收的信息量} / \text{传输的总信息量}$

P_e 或 P_b 越小，数字传输的可靠性就越高，通信质量就越好，对于实际的通信系统，可依具体情况规定 P_e 或 P_b 的数值。例如，在数字电话系统中， P_e 为 10^{-4} 量级即可；而在数据传输系统中，要求 $P_e \leq 10^{-6}$ 量级。

1.5 数字信号基带传输

不经过调制直接传输数字基带信号的通信系统称为数字基带传输系统。数字基带信号是以不同的电位变化或波形来表示相应的数字信息。传输数字基带信号需要考虑的问题主要有两个：选择何种波形和选择何种码型。常用的数字脉冲波形种类并不多，有矩形波、升余弦波、高斯波形、钟形脉冲等，而码型种类就非常多，并且随着技术的发展还在不断的增加。

1.5.1 数字基带信号的码型

为了便于在线路中传输，常常需要把信号进行码型转换，使其成为适于信道特性的传输码（线路码）。一个好的传输码应满足：

- ① 码型中的过高、过低的频率成分尽量少，频带要窄；
- ② 易于产生，易于接收；
- ③ 有同步或定时信息，以便定时提取；
- ④ 具有一定的纠错能力。

现以矩形脉冲为例介绍几种常见的码型，如图 1-5 所示。图中的码元宽度 T_s 是指传输一个码元所需的时间，脉冲宽度 τ 为电平持续时间。脉冲宽度与码元宽度之比 τ/T_s 称做占空比。图中各波形 a~g 解释如下。

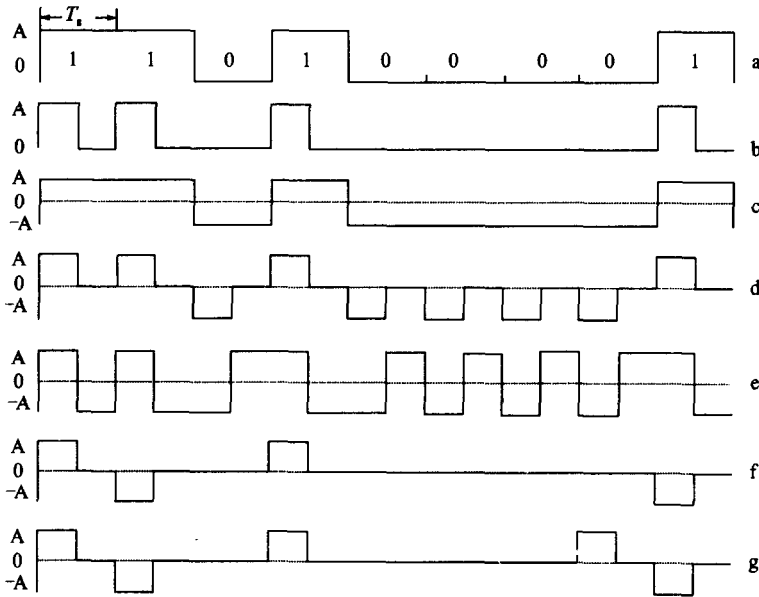


图 1-5 七种常见的码型

a. 单极性不归零码：又称单极性全占空电位信号，这是一种最简单的基带信号，它是用一个脉冲宽度等于码元间隔的矩形脉冲的有无来表示信息，如有脉冲（也称有电、传号）表示“1”，无脉冲（也称无电、空号）表示“0”。计算机输出的二进制序列通常都是这种形式的信号。特点是产生办法简单，但信号含有直流成分，对传输不利，且难以直接提取同步信号。

b. 单极性归零码：这种形式的数字基带信号与单极性不归零码相似，也是用脉冲的有无来表示信息，只是脉冲的宽度不是等于而是小于码元间隔。因此，每个有电脉冲都在相应的码元间隔内回到零电位，故称归零码。特点：在同样的码元间隔情况下，归零码的有电脉冲宽度比不归零码窄，因而它的频带比不归零码要宽，有直流成分，难以直接提取同步信号。

c. 双极性不归零码：它是用宽度等于码元间隔的两个极性相反的矩形脉冲来表示信息，如正脉冲表示“1”，负脉冲表示“0”。特点：“0”、“1”等概时，直流分量近似为零。判决