

372293

TN: 16 0 27

S 23

1

S1240 程控数字电话交换系统

上 册

系统总体介绍

上海贝尔电话设备制造有限公司

人民邮电出版社

编 委 会 名 单

主 任 委 员： 麦志强

副主任委员： 陈芳烈

委 员： 裘祖聿 冯大慈 朱其亮 顾重威

汤庭龙 李树岭 叶锦铤

前 言

S1240(本书正文中简称 1240)程控数字电话交换系统,自 1985 年引进到我国公众电话网以来,不到十年间,发展非常迅速。截至 1992 年年底,各省、自治区和直辖市已开通投产的新建和扩容局所已达七百多个,共三百余万线。销售总量达七百余万线。从而确定了 1240 系统在我国公众网中的重要地位。

1240 系统是国际上第一套采取全分布控制方式的大容量程控数字电话交换系统。其优越性已在世界范围内得到验证。中国电话网的运行实践证明,该系统的工作稳定可靠,无全系统瘫痪之虞,话务负荷能力及忙时呼叫处理能力较高,便于在线扩容。

ELC 型是 1240 系统的第二代产品,包括有大中容量局(M/L)、小型独立局(SSA)及远端用户单元(RSU)等系列化产品,可以满足各种类型的长、市话局需要。高达四万门的市话局和两万余路端的长话局已在国内公众电话网投入运行。容量更大的长、市话局也将陆续开通。

为了适应 1240 系统迅速发展的形势,满足国内用户培训技术人员和日常维护管理的需要,特组织编写本套书。过去我们也有过这类图书,但由于多系国外原文版或国内翻译的培训教材,其内容不尽适合国内人员的水平,因而不能充分满足维护管理工作的实际需要。

本书共分三册。上册“系统总体介绍”,着重讲述了 1240 的硬软件系统结构、性能、技术指标及工作原理等基本知识,使读者对系统整体有较完整和全面的了解;中册“硬件结构”,按构成电话系统的各种功能模块,逐个说明其结构、组成和工作原理,对关键部件进行了详细剖析,并提供了主要技术数据和元器件排列,以满足日常维护调测的实际需要;下册“软件概论”,着重对系统软件的基本知识作简要讲述,其内容包括 CHILL 语言,数据结构,数据库,操作系统及软件生成等。

由于 1240 系统软件和硬件结构比较复杂,且在不断改进更新过程中,而本书编写历时较长,在此期间,软件和硬件都有些变化。加上大部分写作人员缺乏编写书稿的经验,谬误或疏漏之处,恐所难免,恳切希望广大读者及交换技术专家们对本书提出改进意见,不胜感谢。

参加本书的编写人员,除特邀的南京邮电学院陈锡生教授、北京邮电学院的王钟馨副教授,宋茂强副教授外,都是上海贝尔电话设备制造公司的高、中级工程技术人员和培训部部分年青教师,计有:

叶锦钊 宋树成 邬晓勤 郭浩根
谢玉琴 陈秋华 刘鹏程 沈毓文
王力衡 赵晓春 章 倩 李 晶
倪国树 李建红 梁灿文 陈建华

参加本书审校、定稿的教授,主任高工和高工,都是邮电部门的资深专家,计有:

袁祖聿 俞维扬 杨明干 汤庭龙
朱其亮 王钟馨 叶锦钊

在此谨向各位作者、审稿专家以及为本书出版作出努力的所有同志致以深切的谢意。

本书编委会

1993 年 4 月

目 录

第一章 数字程控电话交换原理简介.....	(1)
1.1 脉冲编码调制数字传输原理	(1)
1.1.1 模拟信号与数字信号	(1)
1.1.2 数字传输系统模型	(2)
1.1.3 数字传输的优点	(3)
1.1.4 脉冲编码调制传输系统	(4)
1.1.5 时分多路复用.....	(14)
1.1.6 定时与同步.....	(17)
1.1.7 高次群 PCM 系统	(18)
1.2 网同步.....	(19)
1.2.1 准同步方式.....	(19)
1.2.2 主从同步方式.....	(20)
1.2.3 相互同步方式.....	(20)
1.2.4 主从同步和准同步相结合的同步方式.....	(21)
1.2.5 我国的网同步方式.....	(21)
1.3 数字交换原理.....	(22)
1.3.1 时分(T)接线器	(23)
1.3.2 空分(S)接线器	(24)
1.3.3 TST 交换网络	(26)
1.3.4 空时结合数字智能交换单元.....	(28)
1.4 存储程序控制交换概念.....	(30)
1.4.1 程控交换机的控制方式.....	(30)
1.4.2 程控交换机对控制设备的要求.....	(32)
1.4.3 处理机的冗余配置.....	(32)
1.5 信号方式(信令).....	(33)
1.5.1 用户信号方式.....	(33)
1.5.2 局间信号方式.....	(34)
1.6 数字程控交换机的接口	(55)
1.6.1 数字程控转接局与电话网的接口.....	(55)
1.6.2 数字用户交换机与用户接入设备间的接口.....	(58)
1.6.3 数字程控交换机和操作、管理和维护设备(OAM)的接口	(59)
1.7 1240 系统的操作与维护简介	(60)
1.7.1 人机通信.....	(60)
1.7.2 操作.....	(61)
1.7.3 维护.....	(61)

1.7.4 网络服务中心简介.....	(63)
1.8 本章所用缩写词的中英文对照表.....	(63)
第二章 1240 系统概述	(65)
2.1 概述.....	(65)
2.1.1 1240 系统特点	(65)
2.1.2 应用范围和容量.....	(66)
2.1.3 1240 系统的主要性能	(67)
2.2 技术要求与技术指标.....	(69)
2.3 1240 系统的硬件基本结构及其功能简介	(70)
2.3.1 系统方框图.....	(70)
2.3.2 终端模块的功能简介.....	(71)
2.3.3 辅助控制单元的种类和功能.....	(76)
2.3.4 控制单元简介.....	(79)
2.3.5 数字交换网络简介.....	(81)
2.3.6 呼叫接续建立过程.....	(85)
2.4 1240 系统软件基本结构及其功能简介	(89)
2.4.1 有限消息机的特点、类型及基本结构	(89)
2.4.2 消息.....	(91)
2.4.3 系统支援机.....	(92)
2.4.4 系统软件的组成及其功能简介.....	(93)
2.5 本章所用缩写词的中英文对照表.....	(99)
第三章 1240 呼叫接续原理	(102)
3.1 局内呼叫接续	(102)
3.1.1 局内呼叫接续涉及的硬件和软件模块	(102)
3.1.2 模拟用户模块的电路组成	(103)
3.1.3 摘机检测	(106)
3.1.4 占用状态	(108)
3.1.5 拨号音状态	(112)
3.1.6 字冠检测状态	(115)
3.1.7 释放接收器状态、振铃状态及稳定状态.....	(121)
3.1.8 被叫用户应答	(124)
3.1.9 释放控制	(125)
3.2 出入局呼叫接续	(127)
3.2.1 出入局呼叫接续(多频互控信号方式)	(127)
3.2.2 出入局呼叫接续(No. 7 信号方式).....	(155)
3.3 长途呼叫接续工作原理	(178)
3.3.1 长途呼叫接续概念	(178)
3.3.2 多频互控时记发器信号发送顺序	(179)
3.3.3 采用 No. 7 信号方式的长途呼叫接续	(181)
3.4 本章所用缩写词的中英文对照表	(186)

第四章 1240 No. 7 公共信道信号系统	(191)
4.1 概述	(191)
4.2 No. 7 公共信道信号方式的基本概念	(191)
4.2.1 No. 7 信号系统的功能级结构	(191)
4.2.2 消息传递部分	(192)
4.2.3 MTP 用户部分	(198)
4.2.4 No. 7 基本信号单元的格式	(198)
4.2.5 No. 7 信号网	(199)
4.2.6 我国 No. 7 公共信道信号方式技术规范简介	(202)
4.3 1240 系统 No. 7 信号系统的总体构成	(206)
4.3.1 系统结构	(206)
4.3.2 信号业务的传递	(208)
4.3.3 IPP 通信方式	(208)
4.4 CCSM 硬件结构简述	(209)
4.5 1240 No. 7 信号系统软件	(210)
4.5.1 系统功能软件	(212)
4.5.2 操作、维护和管理软件	(216)
4.5.3 数据库软件	(216)
4.6 1240 No. 7 信号系统的 STP 功能	(218)
4.6.1 STP 的作用	(218)
4.6.2 全分散控制交换机实现 STP 的方法	(218)
4.6.3 1240 系统 STP 功能的特点	(219)
4.6.4 MSU 在 STP 中的传输时延	(219)
4.7 1240 No. 7 信号系统的监测、管理和维护	(221)
4.7.1 监测和统计功能	(221)
4.7.2 管理和维护	(222)
4.8 1240 No. 7 信号系统的性能指标	(225)
4.8.1 系统性能	(225)
4.8.2 系统指标	(226)
4.9 1240 No. 7 信号系统的发展	(226)
4.10 本章所用缩写词的中英文对照表	(227)
第五章 1240 远端用户单元	(231)
5.1 概述	(231)
5.1.1 RSU 的特点	(231)
5.1.2 容量及主要技术指标	(232)
5.1.3 主要功能	(232)
5.2 硬件结构及工作原理	(234)
5.2.1 硬件结构	(234)
5.2.2 配置及机架结构	(241)
5.2.3 多点落地功能	(241)

5.2.4 接口模块	(245)
5.2.5 信号方式及传输接口设备	(246)
5.3 启动过程简介	(246)
5.4 呼叫处理过程简介	(247)
5.5 本章所用缩写词的中英文对照表	(248)
第六章 小型独立交换机	(250)
6.1 概述	(250)
6.1.1 性能和设计特点	(250)
6.1.2 容量和应用范围	(250)
6.2 硬件基本结构	(252)
6.2.1 系统方框图	(253)
6.2.2 SSA 的网络	(253)
6.2.3 印制板和机架类型	(253)
6.3 SSA 软件	(254)
6.3.1 软件结构	(254)
6.3.2 系统 ACE 软件功能再划分	(256)
6.3.3 简化的中继线测试	(262)
6.3.4 其它软件变化	(263)
6.4 本章所用缩写词的中英文对照表	(264)

第一章 数字程控电话交换原理简介

1.1 脉冲编码调制数字传输原理

在通信系统中,任何信号,不管它代表的是符号、文字、语音、图像、或是数据都可以归结为两类:一类是模拟信号,另一类是数字信号。

1.1.1 模拟信号与数字信号

A. 模拟信号

如果信号幅度的取值是连续的(有无限个幅值),即不是离散的,则称为模拟信号。例如强弱连续变化的话音信号,见图 1—1(a)和亮度连续变化的图像(电视、传真)信号等。它们不仅在幅度取值上是连续的,而且在时间上也是连续的,故又被称为时间上连续的模拟信号。还有一种取样信号,如图 1—1(b)所示,它是对图 1—1(a)模拟信号每隔 T 时间取样一次所得的信号,虽然其波形在时间上是不连续的,或者说是离散的,但其幅度取值仍是连续的,而不是离散的,所以取样信号仍是模拟信号,并称为时间上离散的模拟信号,又称为脉冲幅度调制(PAM)信号。

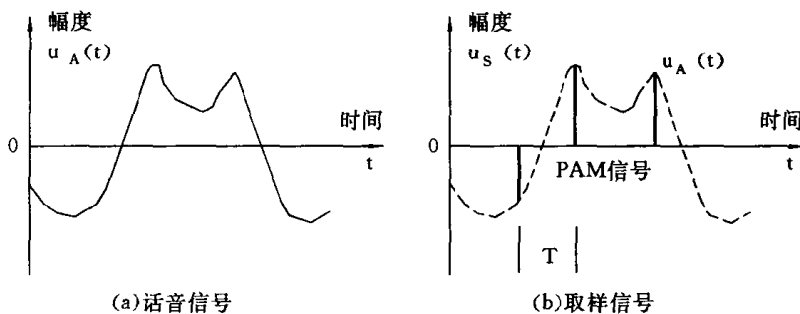


图 1—1 模拟信号

B. 数字信号

如果信号的幅度取值不是连续的(被限制在有限个数值之内),或者说是离散的,则称为数字信号。二进制码就是一种数字信号,如图 1—2 所示。

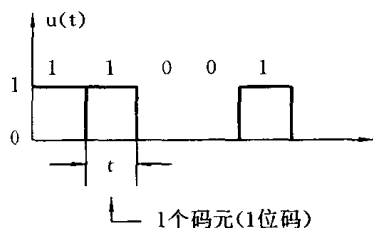


图 1—2 二进制码信号

二进制码在时间上划分为很多单元,每个单元仅出现 0 和 1 两个幅值中的一个幅值,即幅值是有限的、离散的,所以它是一种数字信号。一个单元称为一个码元或一位码。除二进制码外还有其它各种形式的数字信号,但由于二进制码受噪声的影响最小,且极易用数字电路进行处理,所以得到广泛的应用。

由上述讨论可知:模拟信号与数字信号的区别可根据幅度取值是否离散确定。

1.1.2 数字传输系统模型

以数字信号传输信息的方式称为数字传输。综合各种数字传输系统可得出数字传输系统的模型(即组成原理方框图),如图 1—3 所示。

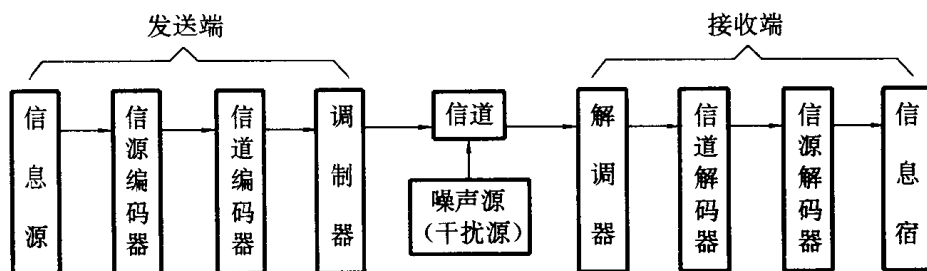


图 1—3 数字传输系统模型

下面就该系统中各部分的基本功能作一简要说明。

A. 信道和噪声

所谓信道是指传输信号的通道。信道按传输媒质可分为有线信道和无线信道两类。有线信道包括明线、对称电缆、同轴电缆和光缆等。无线信道包括中长波地波传播、短波电离层反射、超短波或微波视距传播(含微波中继和卫星中继)以及各种散射等信道。

信号在传输过程中会受到各种噪声干扰,通常把所有噪声干扰都折合到信道中,成为一个等效噪声源。

B. 信息源和信息宿

信息源(以下简称信源)的功能是把原始信息(话音、文字、图象、数据等)变换成原始电信号。常见的信息源有产生模拟信号的电话机、摄像机以及输出数字信号的电子计算机和各种数字终端设备等。信息宿的功能是把电信号变换回原始信息。

C. 信源编码器和信源解码器

当信息源输出的是模拟信号时,可将它变换成数字信号,以便在数字传输系统中传输。这种由模拟信号变换成数字信号的过程称为模/数变换(A/D 变换),它由信源编码器完成。信源解码器的功能是把数字信号变换成模拟信号,这种变换过程称为数/模变换(D/A 变换),也称解码。

D. 信道编码器和信道解码器

由于传输系统性能不完善,加上内外噪声干扰,数字信号在传输过程中可能会发生差错——误码,从而导致信息传输质量的下降。有时为了在接收端能自动检出错码或纠正错码,使差错控制在所允许的范围内,可以在信源编码后的数字信号中,按一定规律附加一定数量的数字码(称为监督码元)以引入冗余度,形成新的数字信号。这样虽然信号的比特数(码元个数)增多了,但信号码元间的关系形成较强的规律性,使接收端能用解码器按规律来检查所接收的信号是否有差错(检错),或纠正差错(纠错)。信道编码器和信道解码器就是用来附加监督码元和检错或纠错以完成差错控制功能的。

从编码器输出的数字信号是基带信号,如果将基带信号直接送至信道中传输,称为数字信号的基带传输。基带传输通常使用有线信道,如明线、对称电缆、同轴电缆等。但是基带传输的距离不太远,通信容量也不大。

E. 调制器和解调器

除了有线信道的明线和电缆可以直接传输基带数字信号外,其它各种信道媒质,如数字微波、卫星等无线信道和光缆信道都工作在较高的频段上,为了与这些信道配合,必须通过调制器将基带数字信号的频带搬移到适合信道传输的高频段上,变成载波数字信号,然后再进行传输。将基带数字信号经过调制,变换成载波数字信号,再送到信道进行传输的方式称为数字信号的频带传输,或数字信号的载波传输。在接收端的解调器就是将已调制的载波数字信号复原为原来的基带数字信号。载波数字信号可进行远距离传输。

应当指出,对具体的数字传输系统来说,其方框图并非一定要与图 1—3 的方框图完全一样。对此,举例说明如下:

a. 若信源输出的信号已是数字信号时,则信源编码器和信源解码器可去掉,直接构成数据传输系统。

b. 若传输距离不太远,且通信容量不太大时,一般采用电缆信道,即可采用不需要进行调制与解调的数字信号基带传输方式。

c. 若信源输出的是话音信号,则不需要信道编码和信道解码。这是因为话音信号中含有多余的信息,丢失多余的信息不会影响通话的正常质量。这种传输系统称为信源编码传输系统。

d. 对保密要求较高的传输系统,可在发送端的信源编码器之后加入加密器;同时在接收端的信源解码器之前加入解密器。

1.1.3 数字传输的优点

A. 抗干扰能力强、无噪声积累

因为数字信号以 0 和 1 两个数码形式进行传输,被噪声干扰和经过衰减后的数字信号,在没有恶化到不可正确判别的程度之前,可用再生的方法恢复成发送端的原始信号。只要再生设备设定的位置适当,可以认为噪声干扰等不会对传输信号产生不良影响,即不会出现噪声积累。即使噪声干扰引起数字信号出错,原则上也可用差错控制技术加以消除,因而数字传输适于较远距离的传输,也能适应性能较差的信道。

B. 保密性强、易于实现检错、纠错功能

数字信号是模拟信号经过信源编码后形成的,它本身已具有一定的保密性,同时数字信号便于码型变换,进行加密处理。它还可以通过信道编码实现检错,纠错功能。

C. 便于建立综合通信网

数字传输和数字交换结合,有利于传输和交换多种业务(话音、图文和数据等)的数字信息,实现多种业务信息的综合通信,为建立综合业务数字网(ISDN)提供了必要的条件。

D. 设备可集成化、微型化

由于设备多数属于数字电路,可采用集成元件,能做到集成度高、体积小、耗电少和成本低,且便于生产和维护。

但是数字信号传输也有缺点,它与模拟信号传输相比,占用传输频带较宽,如传输一路数字化话音信息需占 20~60kHz 的带宽,而传输一路模拟话音信息只需占 4kHz 的带宽。然而随着微波和卫星信道以及光缆信道的迅速发展(它们有很宽的频带),使占用传输频带较宽的矛盾逐步缩小,因而数字传输的应用日趋广泛。

1.1.4 脉冲编码调制传输系统

如前所述,要将模拟话音信号在数字传输系统中进行传递,就必须用信源编码器对话音信号进行模数变换。话音信号模数变换的方法很多,如脉冲编码调制(PCM)、增量调制和参数编码等,其中用得较为广泛的是脉冲编码调制。

脉冲编码调制传输系统框图如图 1—4 所示。

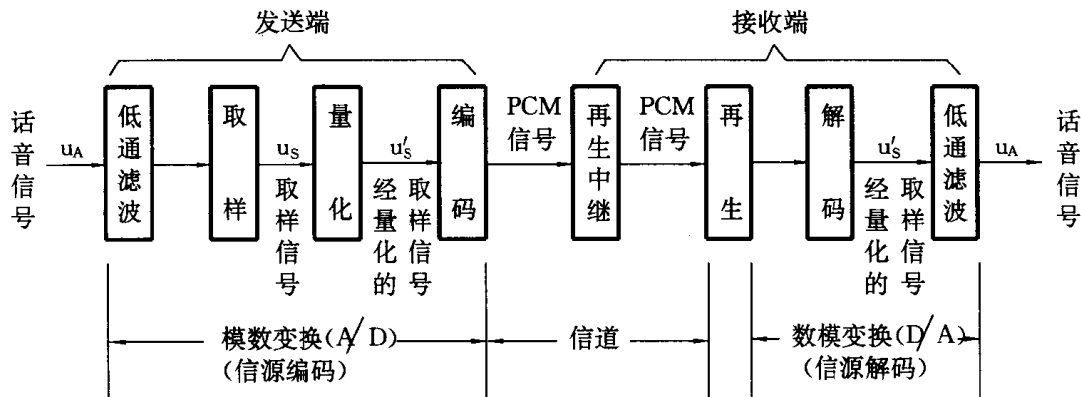


图 1—4 脉冲编码调制传输系统(基带传输)框图

它由三部分组成,即(1)相当于信源编码部分的模数变换(A/D);(2)相当于信道部分的再生中继;(3)相当于信源解码部分的数模变换(D/A)。

1.1.4.1 语音信号的数字化—模数变换

语音信号(模拟信号)数字化的过程是:取样—量化—编码。

A. 取样—信号在时间上的离散化

语音信号不仅在幅度取值上是连续的,而且在时间上也是连续的,参见图 1—1(a)。取样就是每隔一定的时间间隔(T)对在时间上连续的语音信号抽取瞬时幅值的过程,简称取样或抽样。取样后所得到的一串在时间上离散的序列信号称为样值序列信号,或取样信号,参见图 1—1(b)。

将语音信号取样后,所得取样信号在信道上占用的时间被压缩了,因而它为时分复用奠定了基础,同时也为数字化提供了条件。但取样信号中必须含有原始语音信号的信息,并要求在接收端能将取样信号恢复成原始语音信号。为了达到上述要求,取样的时间间隔 T (取样周期)不能太长,或者说取样频率不能太低。

由取样定理——奈奎斯特定理可知:取样频率(f_s)应大于传输信号中最高频率(f_m)的两倍。即 $f_s > 2f_m$ 。

要完全反映语音信号的信息,其最高频率需高达 8000 赫,但在电话通信系统中,用 3400 赫作为最高频率(f_m)已能很好满足用户的要求。目前 PCM 通信规定语音信号的取样频率 f_s 为 8000 赫,即 $f_s = 8000$ 赫。

取样周期 $T = 1/f_s = 1/8000 = 125\mu s$ (微秒)。

为了在取样前把语音信号中大于 f_m ($f_m = 3400$ 赫)的频率成分去掉,在取样器要设置一个上限频率为 3400 赫的低通滤波器,使最高频率限制在 3400 赫。

B. 量化—信号在幅值上的离散化

取样后所得到的取样信号虽在时间上是离散的,但它在幅度取值上仍是连续的,即它可以

是输入模拟信号幅值中的任意幅值,或者说可有无限多种取值,它不能用有限个数字来表示,它仍属模拟信号。要想使它成为数字信号,还需把它的取样值进行离散化处理,将幅值为无限多的连续信号,变换成幅值为有限数目的离散信号,这一幅值上离散化处理的过程称为量化。量化就是“分级”的意思,量化采用类似“四舍五入”的方法,使每一个取样值用一个相近的幅值来近似。量化方法可分为线性量化法和非线性量化法。

a. 线性量化

线性量化也称均匀量化,它把输入的取样值的范围划分为若干等距离的小间隔,每个小间隔叫做一个量化级。当某一输入的取样值落在某一间隔内时,就用这个间隔内的中间值来近似地表示这个取样值的大小,并以此值输出。现以图 1—5 来加以说明。

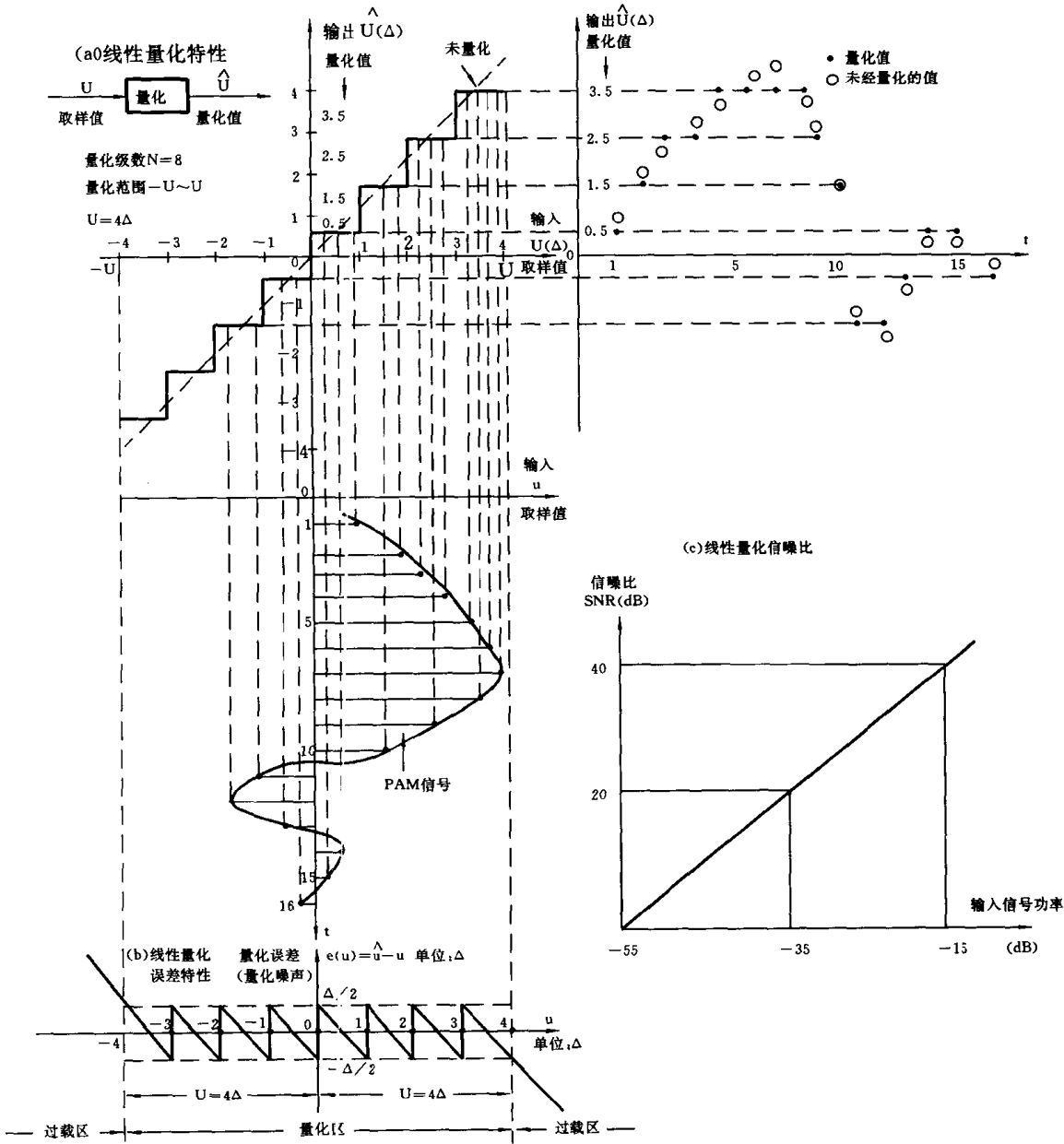


图 1—5 线性量化

由图 1—5(a)可知,线性量化的输出 $\hat{u}$ 与输入 u 之间的特性是一个均匀的阶梯关系。输入信号 u 的范围限定为 $-U \sim U$,该范围被均匀等分为 N (图中 $N=8$)个量化间隔,每个量化间隔

为 Δ , N 称为量化级数, U 称为过载电压, $-U \sim U$ 内的区域称为量化区, 超出 $-U \sim U$ 的区域称为过载区。在量化区内, 输出值(量化值) $\hat{u}_i$ 与输入值(取样值) u_i 的关系是:

$$\hat{u}_i = (u_{i-1} + u_i) / 2$$

$$\text{而 } \Delta u_i = u_i - u_{i-1} = \Delta$$

即量化值 $\hat{u}_i$ 等于每个量化级的中间值。例如图中, 当输入取样信号值的范围为 $(u_{i-1} \sim u_i) = (2\Delta \sim 3\Delta)$ 时, 其输出量化值 $\hat{u}_i = (u_{i-1} + u_i) / 2 = (2\Delta + 3\Delta) / 2 = 2.5\Delta$ 。这样就把一个量化级内幅值为连续的输入样化值 $(u_{i-1} \sim u_i)$, 量化成一个离散的输出量化值 $\hat{u}_i$ 。把 $-4\Delta \sim 4\Delta$ 间连续变化的输入取样值量化为8个离散的输出量化值。

表1—1是输入取样值和输出量化值的关系。

表1—1 取样值与量化值的关系 ($N=8$)

取样值(连续值)		量化值	量化级数 N	离散值数目
量化区	$\pm(0 \sim \Delta)$	$\pm 0.5\Delta$	8	8
	$\pm(\Delta \sim 2\Delta)$	$\pm 1.5\Delta$		
	$\pm(2\Delta \sim 3\Delta)$	$\pm 2.5\Delta$		
	$\pm(3\Delta \sim 4\Delta)$	$\pm 3.5\Delta$		
过载区	$\pm(4\Delta \sim \infty)$	$\pm 3.5\Delta$		

当输入取样值落在过载区时, 均被量化为最大的量化值(正值或负值), 如 $+4\Delta$ 以上的取样值均被量化为 $+3.5\Delta$, -4Δ 以下的取样值均被量化为 -3.5Δ 。由表可知, 共有8个离散值(量化值), 编码时可用三位二进制码来表示($2^3=8$)。

为了对有量化特性(经过量化器量化)与无量化特性(即量化器为直通电路)进行比较, 图1—5(a)中画出了 45° 的斜虚线, 它表示无量化时输出与输入的关系。

由于量化值(离散值)与取样值(连续值)在一般情况下不相等, 因而就会产生误差, 此误差称为量化误差 $e(u)$ 。

量化误差 = 量化值 - 取样值

$$\text{即 } e(u) = \hat{u} - u$$

量化误差的曲线如图1—5(b)所示。在量化区内的最大误差 $e_{\max}(u)$ 等于:

$$e_{\max}(u) = \Delta / 2$$

由于落在过载区的取样值(在本例图中为大于 $+4\Delta$ 或小于 -4Δ 的取样值)均被量化为绝对值最大的量化值(图中为 $+3.5\Delta$ 或 -3.5Δ), 所以在过载区的量化误差超过 $\Delta/2$, 即:

$$e(u) > \Delta / 2$$

量化误差对收听者来说, 好象在模拟取样值上叠加一个额外的噪声, 该噪音称为“量化噪声”, 它是数字通信中特有的噪声。量化误差越大, 量化噪声就越大。但在通信中, 噪声对通信的影响不只是决定于噪声本身值的大小, 而主要看信号功率 S 和噪声功率 N 的比值, 此比值称为信噪比(SNR)。

由于线性量化对大信号和小信号采用等间隔的级差, 不论信号大小, 其最大量化误差都相同(图中为 $\Delta/2$), 这样, 小信号的信噪比就较大信号的信噪比低。由图1—5(c)可知, 输入信号越小, 信噪比越低。特别在电话通信中, 小信号出现的概率要比大信号出现的概率大得多, 为了保证传输质量, 要求小信号的信噪比足够大。一般要求话音信号功率在规定范围内, 其信噪比

应不低于 26dB。而从图 1—5(c)的线性量化信噪比可知,当输入信号功率大时(例如-15dB 时),信噪比能满足要求,而当输入信号功率较小(例如-30dB)时,虽然它仍在规定范围内,但信噪比已低于 26dB,不能满足要求。增加量化级数虽然可以减少量化噪声,提高信噪比,但分级越多,所需二进制码的位数也越多,传输速率也会越高,设备就越复杂。为了既提高小信号的信噪比,又不增加总的量化级数,目前普遍采用非线性量化方法。

b. 非线性量化

非线性量化(又称非均匀量化)就是使用不等的量化级差(间隔),小信号分级密,量化级差小;大信号分级疏,量化级差大。或者说量化间隔 Δ_i 随着信号幅值的减小而缩小,使信号幅值在较宽的动态范围内的信噪比都能达到指标规定的要求。

图 1—6 是一种非线性量化的具体例子。

图 1—6(a)为非线性量化特性,由于幅值为正(第 I 象限)的量化特性与幅值为负(第 III 象限)的量化特性对称于原点,为了简化说明,只讨论前者。此外,为了与线性量化作比较,仍保持过载电压 $U=4\Delta$,量化级数 $N=8$ 。幅值为正时有 4 个量化级,即有(1)~(4)4 个量化级(幅值为负时也有 4 个量化级)。但各量化级的量化间隔 Δ_i 不同,其具体划分如表 1—2 所示。

表 1—2 非线性量化的 Δ_i 与 $\hat{u}_i$ (举例)

量化级序号	(1)	(2)	(3)	(4)
各量化级输入 u 的范围(Δ)	0~0.5	0.5~1	1~2	2~4
量化间隔 Δ_i (Δ)	$\Delta_1=0.5$	$\Delta_2=0.5$	$\Delta_3=1$	$\Delta_4=2$
输出的量化值 $\hat{u}_i$ (Δ)	0.25	0.75	1.5	3

由图 1—6(a)及表 1—2 可知,靠近原点的(1)、(2)两级的量化间隔最小且相等($\Delta_1=\Delta_2=0.5\Delta$),而以后的量化间隔以两倍关系递增,所以它满足了“信号越小,量化间隔也越小”的非均匀量化的要求。由图 1—6(b)和图 1—6(c)可知,小信号的量化噪声由于量化间隔的减小而降低,信噪比 SNR 得到提高。例如当输入信号功率很小在-40dB 时,SNR=27.6dB,仍满足 SNR>26dB 的要求;而在输入信号功率较大时,虽然其 SNR 较线性量化的 SNR 降低,但也能满足大于 26dB 的要求。

非线性量化是利用压缩和扩展的方法来实现的。其示意图如图 1—7 所示。

在发送端,话音取样信号 u_s (PAM 信号)先经过一个压缩器,送入线性量化器的是经过压缩后的信号 $f(u_s)$ 。压缩器的输入输出特性(压缩特性)如图 1—8 所示。

由于第 I 象限(幅值为正)与第 III 象限(幅值为负)对称于原点,下面只讨论幅值为正的压缩特性,并用图 1—9(a)来作进一步讨论。

图 1—9(a)中的压缩特性曲线是图 1—8 中第 I 象限的曲线的放大图。从图 1—9(a)可见,输入信号 A 和 B 经压缩器压缩后分别变为 A' 和 B'。也就是说,不同幅值的信号经过具有上述压缩特性的放大器后对小信号的幅度有较大的放大作用,而对大信号的幅度则有压缩作用。这样在对经过放大后的取样小信号进行量化时,就使小信号的量化误差相对减少,信噪比得到改善,如果放大作用大,则改善的程度也大;至于大信号经压缩、量化后,信噪比将降低,结果使话音信号在整个动态范围内的信噪比基本上相差不多,且都能满足规定的要求。

经过压扩、量化和编码后的 PCM 信号送至接收端;在接收端,经过解码后的信号 $f(u_s)$ 还需经过一个扩展器才能恢复成原来的话音取样信号 u_s 。扩展器的扩展特性与压缩器的压缩特

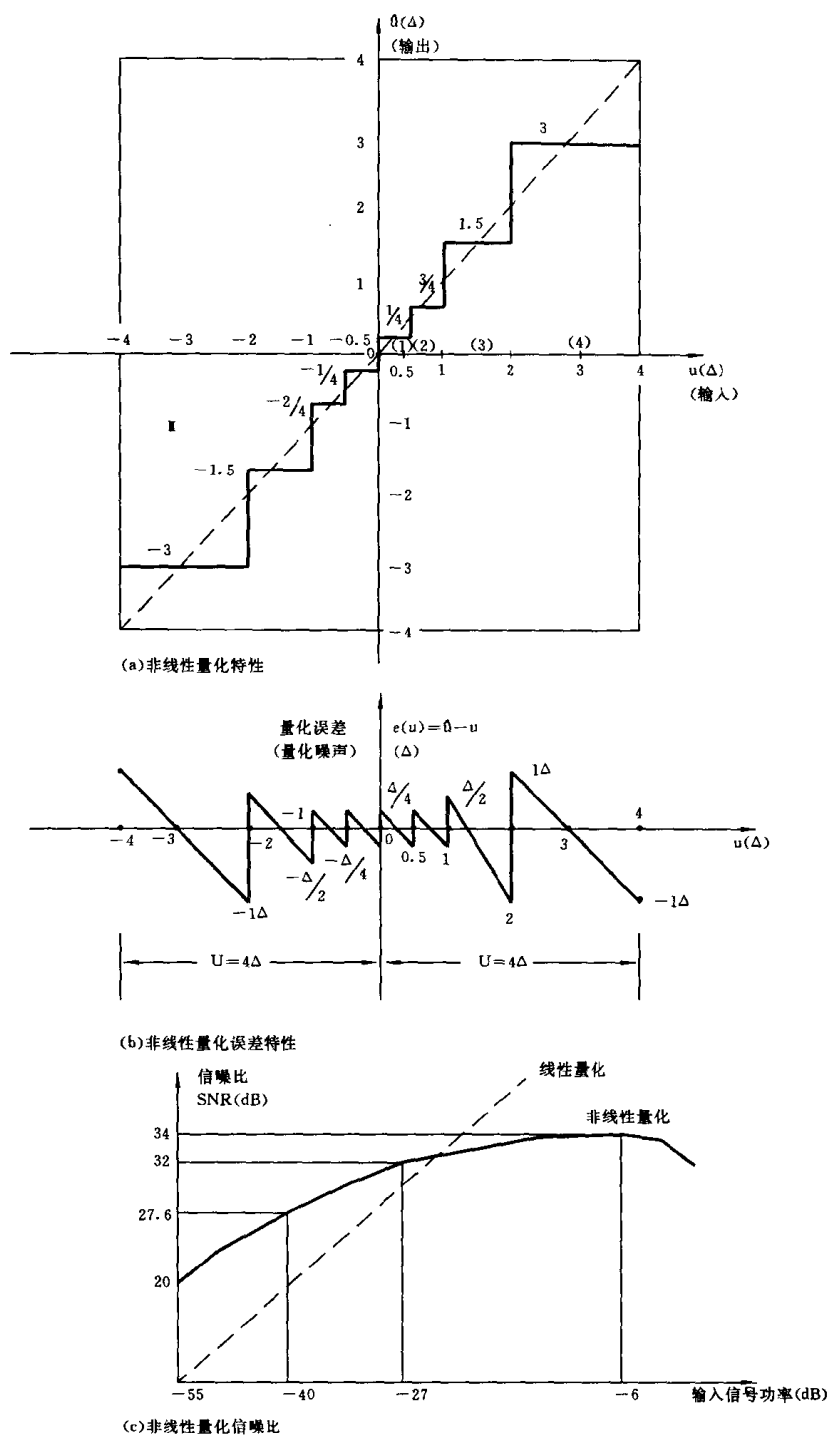


图 1—6 非线性量化

性相反,两者必须具有互补对称关系,如图 1—9(b)扩展特性所示,它对小信号压缩,对大信号放大,结果使扩展器输出的取样信号与发送端未经压扩的取样信号一致。

应该指出,图 1—9 非线性量化的压、扩方法是一种模拟压、扩法,压缩和扩展的均为模拟信号,其压缩特性和扩展特性(如图 1—9 所示)均由模拟电路来实现。然而,采用模拟电路难以很好地满足压缩与扩展特性的互补对称关系。目前普遍采用的压扩法是数字压扩法,压缩器置于线性量化和编码之后,压缩的是经过编码的数字信号;而扩展器则置于解码之前,扩展的是未经解码的数字信号。数字压、扩法的压扩特性是用数字逻辑电路取得的折线形压扩特性,它

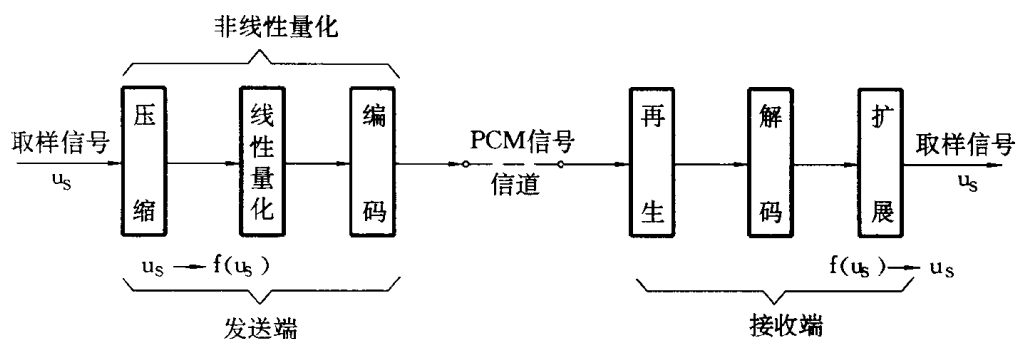


图 1-7 非线性量化压扩过程示意图

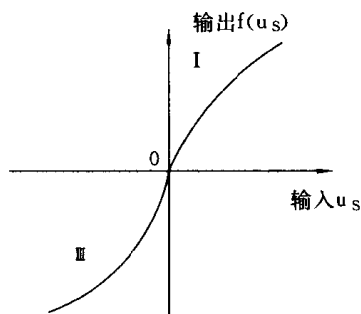


图 1-8 压缩特性

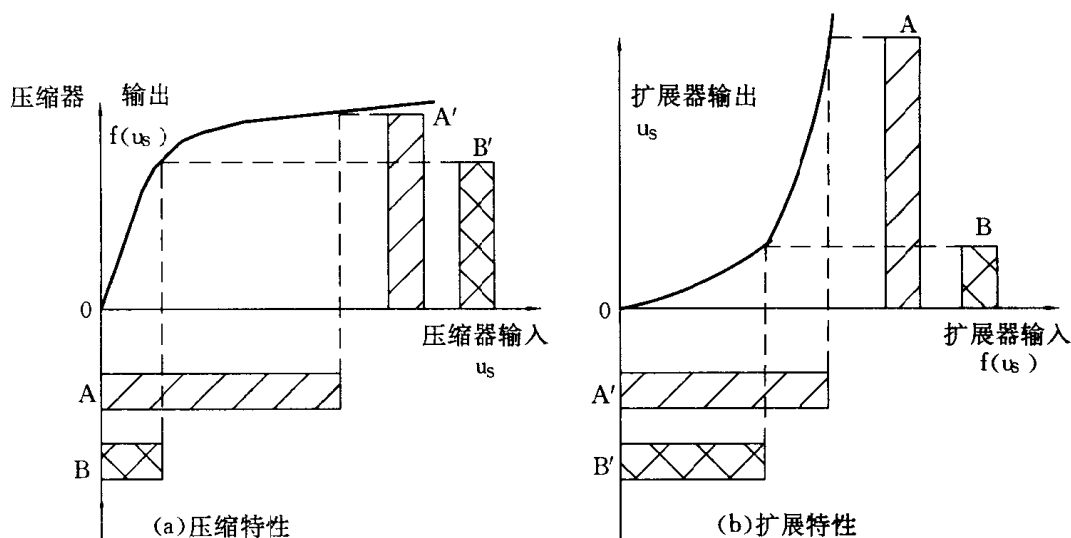


图 1-9 压缩、扩展特性

们有较好的互补对称关系,有利于降低量化噪声。

国际上允许采用两种折线形压扩特性:13 折线 A 律压扩特性和 15 折线 μ 律压扩特性,北美采用 μ 律,我国与欧洲规定采用 A 律。

c. 编码

模拟信号经过取样和量化以后,在时间上和幅度取值上都变成了离散的数字信号。如果量化级数为 N ,则信号幅度上有 N 个取值,形成有 N 个电平值的多电平码。但这种具有 N 个电平值的多电平码信号在传输过程中会受到各种干扰,并会产生畸变和衰减,接收端难以正确识别和接收。如果信号是二进制码,则只要接收端能识别出是“1”码还是“0”码即可。所以二进制码具有抗干扰能力强的优点,且容易产生,在数字通信中,一般都采用二进制码。

从表 1-1 可知,量化级为 N (表中 $N=8$)时,则量化离散值共有 N 个。将每个离散值用一

组二进制码表示,这组二进制码就被称为码字。设一组二进制码的位数(比特数)为 l ,则有以下关系:

$$2^l = N$$

式中: l :码字位数

N :量化级数

由于表 1—1 中 $N=8$,所以 $l=3$ 位。

把多电平码变换成二进制码的过程称为编码。如果把所有的量化值,按其量化电平的大小次序排列起来,并列出各自对应的码字,这个整体称为码型。

在话音信号编码中常用的码型有两种:即一般二进制码(又称自然代码)和折叠二进制码(又称对称代码)。为了说明方便起见,现仍以三位码为例来进行说明。三位码共有 $2^3=8$ 个量化电平,用三位码表示上述两种码型的所有码字的编码情况列于表 1—3 中。

表 1—3 码型表($U=4\Delta$)

电平序号		量化值 (Δ)	自然代码 $a_1 \ a_2 \ a_3$	对称代码 $b_1 \ b_2 \ b_3$
7	正值	3.5	1 1 1	1 1 1
6		2.5	1 1 0	1 1 0
5		1.5	1 0 1	1 0 1
4		0.5	1 0 0	1 0 0
3	负值	-0.5	0 1 1	0 0 0
2		-1.5	0 1 0	0 0 1
1		-2.5	0 0 1	0 1 0
0		-3.5	0 0 0	0 1 1

a. 自然代码

在自然代码中,各位码有一固定的权值,设三位的码字为 $a_1a_2a_3$,各位码的权值依次为 $2^{3-1}, 2^{3-2}, 2^0$ 。量化电平序号(注意:它不是各量化级的量化值)与各位码的对应关系是:

$$a_12^{3-1} + a_22^{3-2} + a_32^0 = \sum_{i=1}^3 a_i2^{3-i}$$

最高位 $a_1=1$ 表示幅值为正

$a_1=0$ 表示幅值为负

所以最高位称为符号位(或称符号比特)。

a_2a_3 为幅度码

表中“0”为无脉冲,“1”为有脉冲。

例:量化值为 -3.5Δ (最大负值)时, $a_1a_2a_3=000$,其电平序号为 0;量化值为 3.5Δ (最大正值)时, $a_1a_2a_3=111$,其电平序号为 7。

自然代码简单易记,但对于有正、负双极性的信号来说,不如对称代码方便。

b. 对称代码

对称代码的最高位也为符号位,这与自然代码相同,且幅值为正的幅度码也与自然代码相同。所不同的,只是幅值为负的幅度码,它是由幅值为正的幅度码(上半部)对折而形成,或者说对称代码中的幅度码上、下对称(见表 1—2),“折叠二进制码”和“对称代码”的名称即由此而