

# **ZXJ10 大型局用数字程控交换机**

叶 敏 主编

人民邮电出版社

## 前 言

自从 1965 年世界上出现第一台程控交换机以来,在短短的 30 余年中,交换技术发展十分迅速。尤其进入 90 年代以后,各个厂家纷纷推出新一代的交换设备,它们具有更强的处理能力、更灵活的系统结构和更为先进的软件系统,使得“90 年代的交换机”能进一步满足广大用户和有关电信部门对各种新业务的需求,同时也能适应电信网上新技术的发展要求。深圳市中兴通信股份有限公司推出的新一代数字程控交换机——ZXJ10,就是能够满足上述要求的一种新型的交换系统。为使广大用户能对 ZXJ10 交换机有一个系统的了解,我们编写了这本书。

深圳市中兴通信股份有限公司(以下简称中兴公司)是一家从事大型通信设备开发、制造的高科技企业。现有员工近 5000 人,其中中、高级技术、管理、经营人员约占员工总数的 75%,硕士以上学位的年轻技术人员 1500 余人。中兴公司在上海、南京设立了“中兴研究所”,在深圳成立了开发中心。1995 年中兴公司在全国交换机生产企业中首家获得 ISO9001 质量认证。1996 年中兴公司被国务院确定为全国 300 家重点国有企业之一,成为国内拥有自主知识产权的通信企业中唯一入选的厂家。目前,公司已拥有了交换、传输、接入、视讯、智能网、STP、GSM900/DCS1800 及 CDMA 数字蜂窝移动通信系统、数据通讯、电源、环境监控、集中网管等十一大类 30 多种通信产品。用户遍及全国(除台湾省以外),同时在非洲、东南亚也获得应用。

本书主要介绍中兴公司研制、生产的 ZXJ10 数字程控交换系统,对该系统的总体结构、业务功能、硬软件系统结构以及组网方式等内容进行了详细的介绍。在编写过程中尽量做到深入浅出,使读者在看完这本书以后能对 ZXJ10 交换系统有一个完整的了解。

全书由叶敏教授负责主编,卢仁华高级工程师协助主编。参加本书编写和审定的人员有丁明峰、卢仁华、卢平平、房海霞、朱宏军、崔毅、王翔、王晓明、唐决、薛彦冰、段玉洪、张云龙、戴存军等。

本书适合从事电信方面工作特别是从事程控交换方面工作的技术人员和管理人员参考,也可以作为培训教材。

由于作者多数为年轻人,知识面有限,并缺乏编写经验,书中难免有谬误之处,欢迎广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

第一章 程控数字交换机基础知识	1
第 1 节 语音信号的数字化原理	1
1 时间分割多路复用原理	1
2 抽样信号的量化和编译码	2
3 传输码型	5
4 几个基本概念	7
5 32 路 PCM 的帧结构	9
6 PCM 高次群	11
第 2 节 数字交换机的构成	11
1 数字交换原理	12
2 数字交换机的控制部分	19
3 远端模块	23
第 3 节 电话通信网	23
1 我国长途网向无级动态网过渡	24
2 本地电话网	25
3 用户交换机和虚拟用户交换机	29
4 虚拟用户交换机	32
第 4 节 中国 No.1 信令方式	32
1 局间直流线路信令方式	32
2 带内单频脉冲线路信令	34
3 局间数字型线路信令	35
4 多频记发器信令方式	37
第 5 节 中国 No.7 信令方式	40
1 No.7 信令系统的功能结构	40
2 信令网及信令方式	42
3 信令数据链路(第一级)	43
4 信令链路功能(第二级)	43
5 信令网功能(第三级)	44
6 电话用户部分 TUP(第四级)	45
7 综合业务数字网用户部分(ISUP)	46

8	信令连接控制部分(SCCP)	50
9	事务处理能力 TC	57
第 6 节	接入网和 V5 接口信令	58
1	什么是接入网	58
2	接入网的特点	60
3	接入网的拓扑结构	60
4	各种接入系统	62
5	V5 接口信令	64
<b>第二章</b>	<b>ZXJ10 系统特点和硬件结构</b>	<b>66</b>
第 1 节	ZXJ10 系统特点	66
第 2 节	ZXJ10 硬件系统结构	67
第 3 节	PSM + 外围交换模块	69
1	各单元简述	71
2	用户单元	71
3	数字中继接口单元 DTI	82
4	模拟信号子单元 ASIG	85
5	数字交换单元(NETU)	85
6	模块控制单元(MSM—CTL;消息交换模块控制器)	88
7	PSM + 的电源单元	89
第 3 节	PSM 外围交换模块	91
1	PSM 与 PSM + 的比较	91
2	PSM 结构形式	92
3	PSM 的接口形式	93
4	PSM 与 PSM + 以及 PSM 与中心交换网络 SNM 的组网方式	94
第 4 节	中心交换网络模块 SNM	96
1	16kTS × 16kTS 交换网络	96
2	ZXJ10 32kTS × 32kTS 中心交换模块	98
3	64kTS × 64kTS 交换网络模块	100
4	消息通信模块 MSM	102
第 5 节	远端交换模块 RSM	103
1	远端模块 RSM 与 PSM + /RSM 之间的话音通信	104
2	远端模块局与中心模块局之间的消息交换	105
第 6 节	操作维护模块 OMM 与话务台座席系统	106
1	操作维护模块 OMM	106
2	ZXJ10 话务台座席系统 OPS	108

第 7 节	远端用户模块 RLM .....	110
第 8 节	光纤接口单元 .....	112
1	FBI 基本工作原理 .....	112
2	光中继接口电路 ODT .....	114
第 9 节	移动交换系统 MSS 的实现 (PSM +) .....	114
1	MSS 移动交换系统的结构 .....	114
2	归属位置寄存器 HLR .....	116
3	访问者位置寄存器 VLR .....	116
4	移动业务交换中心 MSC .....	117
5	设备识别寄存器 EIR .....	117
6	鉴权中心 (AUC) .....	117
7	A D C E F G 及 Abis 接口主要功能 .....	117
8	ZXJ10 实现 MSC 的方案 .....	118
第 10 节	ZXJ10 系统宽带网接口 .....	121
1	内置式 SDH 宽带网接入接口 .....	121
2	ZXJ10 内置式 SDH 接口的实现 .....	121
3	ZXJ10 内置式 SDH 的作用说明 .....	130
<b>第三章</b>	<b>软件系统</b> .....	<b>135</b>
第 1 节	ZXJ10 的软件总体结构 .....	135
1	RTOS 实时操作系统 .....	135
2	控制子系统 .....	136
3	呼叫处理系统 .....	136
4	数据库子系统 .....	139
5	接口驱动子系统 .....	139
6	维护子系统 .....	139
7	人机接口子系统 .....	139
第 2 节	呼叫处理软件 .....	141
1	呼叫与呼叫进程 .....	141
2	本局呼叫 .....	143
3	随路信令局间呼叫 .....	143
4	No.7 信令的局间呼叫 .....	145
第 3 节	系统支撑软件 .....	154
1	ZXJ10 系统前台控制网络 .....	155
2	ZXJ10 后台维护网络 .....	155
3	进程调度 .....	155

4	消息缓冲区管理 .....	156
5	时钟及定时管理 .....	157
6	系统运行监测 .....	158
7	版本升级 .....	158
8	模块间通信 .....	158
9	模块内通信 .....	158
10	主备机通信 .....	158
11	前后台通信网络 .....	159
第 4 节	系统文件管理软件 .....	159
<b>第四章</b>	<b>ZXJ10 交换机的各种功能 .....</b>	<b>161</b>
第 1 节	对 PSIN 用户提供电信业务功能 .....	161
1	基本业务功能 .....	161
2	PSTN 新业务功能 .....	162
3	特色业务功能 .....	162
第 2 节	话务台功能 .....	164
1	话务台类型 .....	164
2	话务台业务类别 .....	164
3	话务台的来话呼叫优先级 .....	164
4	排队机功能 .....	164
5	话务台基本呼叫处理功能 .....	164
6	业务处理功能 .....	165
7	话务台界面控制和设置功能 .....	165
8	人机界面操作功能 .....	165
9	其它功能 .....	165
第 3 节	随路信令功能 .....	166
1	数字型线路信令 .....	166
2	发码方式 .....	166
3	记发器信号(MFC)(MFP) .....	166
4	其它功能 .....	166
第 4 节	112 测试功能 .....	167
1	用户线的测试功能 .....	167
2	测试席其它测试功能 .....	168
3	受理功能 .....	168
4	查询功能 .....	168
5	派修功能 .....	169

6	排队功能 .....	169
7	库管理功能 .....	169
第 5 节	Centrex 业务 .....	169
第 6 节	ISDN 业务功能 .....	170
1	ISDN 基本概念 .....	170
2	ISDN 的业务特性及业务能力 .....	170
3	ISDN 与其它网络的互通 .....	174
第 7 节	ZXJ10 移动交换功能 .....	175
1	概述 .....	175
2	ZXJ10 移动交换系统 ZXMS 的构成 .....	177
3	MSC/VLR 总体结构 .....	179
4	HLR/AUC 总体结构 .....	183
5	OMC 总体结构 .....	185
第 8 节	智能网功能 .....	186
1	综述 .....	186
2	系统结构 .....	187
3	ZXJ10 主要智能业务 .....	190
4	中兴智能网的组网方式 .....	195
<b>第五章</b>	<b>No.7 信令在 ZXJ10 上的实现 .....</b>	<b>198</b>
第 1 节	概述 .....	198
第 2 节	基本物理结构 .....	199
1	总体结构 .....	199
2	OMM 模块中的 No.7 信令功能 .....	199
3	PSM+ 中的 No.7 信令功能 .....	199
4	No.7 信令功能级的分布 .....	201
第 3 节	各功能级介绍 .....	201
1	MTP 第二级功能结构 .....	201
2	MTP 第三级功能结构 .....	202
3	TUP 功能结构 .....	204
4	SCCP 软件功能结构 .....	205
5	ISUP 功能 .....	207
6	TCAP 软件功能结构 .....	207
7	INAP 功能结构 .....	209
8	No.7 信令跟踪系统 .....	209
第 4 节	ZXJ10 STP 功能 .....	210

1	中兴 STP 综合性能 .....	210
2	中兴 STP 设备 .....	211
<b>第六章</b>	<b>ZXA10 综合接入系统及 V5 接口 .....</b>	<b>215</b>
第 1 节	ZXA10 系统结构 .....	215
第 2 节	ZXA10 接入系统的特点 .....	216
1	ZXA10 是一个规范化的全透明网络 .....	216
2	ZXA10 具有灵活的组网能力 .....	217
3	ZXA10 能接入各种不同业务 .....	218
4	ZXA10 具有完善的网络管理功能 .....	219
5	对于未来宽带业务的适用性 .....	220
第 3 节	ZXA10 的综合业务接入能力 .....	220
1	POTS 普通电话业务的接入 .....	220
2	ISDN 综合数字业务的接入 .....	220
3	DDN 专线业务的接入 .....	222
4	CATV 接入 .....	223
5	透明的 2Mb/s 传输接口 .....	224
6	透明的二线和四线接口 .....	224
第 4 节	ZXJ10 的 V5 接口 .....	224
1	ZXJ10 系统结构(V5 部分) .....	224
2	ZXJ10 V5 功能特点 .....	226
<b>第七章</b>	<b>ZXJ10 系统的运行和维护 .....</b>	<b>227</b>
第 1 节	操作维护系统概论 .....	227
1	操作维护的内容 .....	227
2	操作维护设备和工具 .....	227
3	操作维护管理 .....	227
第 2 节	告警子系统 .....	228
1	概述 .....	228
2	告警信息浏览和分析 .....	230
3	系统状态指示和人机命令操作 .....	232
第 3 节	测试子系统 .....	232
1	诊断测试 .....	233
2	112 申告测试系统 .....	235
3	测试原理和设备 .....	237
4	用户电路的测试 .....	237
5	话路和单板测试 .....	238



6	测试系统的自检 .....	238
7	立即测试 .....	238
8	测试报告 .....	238
第4节	话务统计 .....	238
1	话务统计内容 .....	239
2	统计原理 .....	240
3	话务分析 .....	240
第5节	计费子系统 .....	241
1	系统的性能指标 .....	241
2	系统结构 .....	242
3	计费设置和结算汇总 .....	244
第6节	话务台座席系统及操作 .....	246
1	话务台的逻辑结构 .....	246
2	话务台功能 .....	247
3	话务台呼叫的排队规则 .....	247
第7节	数据与数据库管理系统 .....	248
1	引言 .....	248
2	静态数据配置 .....	249
3	传送数据 .....	260
4	动态数据管理 .....	260
第8节	内置式信令仪 .....	262
1	内置式信令仪功能 .....	262
2	内置式信令仪结构 .....	263
<b>第八章</b>	<b>ZXJ10 系统的组网特点与组网形式 .....</b>	<b>264</b>
第1节	概述 .....	264
第2节	PSM + 单模块局—ISDN/PSTN 组网形式 .....	264
第3节	多模块局 PSM + —PSM + —PSM/RSM 组网形式 .....	265
第4节	SNM—PSM + —RSM/PSM 三级组网形式 .....	266
第5节	ZXJ10 作为汇接局使用时组网形式 .....	267
1	PSM + 作为汇接局时的组网 .....	268
2	多模块汇接局形式 .....	268
第6节	移动交换系统组网形式 .....	269
第7节	ZXJ10 利用内置式 SDH 组网形式 .....	270
<b>附录</b>	<b>缩略语 .....</b>	<b>273</b>

# 第一章 程控数字交换机基础知识

## 第 1 节 语音信号的数字化原理

ZXJ10 是“数字交换机”，它交换的是“数字信号”。而我们的语音信号则是“模拟信号”。因此必须首先将模拟的语音信号数字化，转换成数字信号以后才能进入交换机进行交换。所谓“数字化”实际上包括了两种含义：复用和编码。在程控交换机中通常采用时间分割复用方法，因此，各路的语音信号在时间上是错开的。至于编码，就是将模拟信号变成用二进制数编码的数字信号。

模拟信号的数字化有各种调制方法。在程控交换机中常用的为脉冲编码调制，简称脉码调制，即 PCM。在这一节里我们准备向大家介绍有关 PCM 的一些基本概念。

### 1 时间分割多路复用原理

时间分割多路复用原理可由图 1-1 来说明。

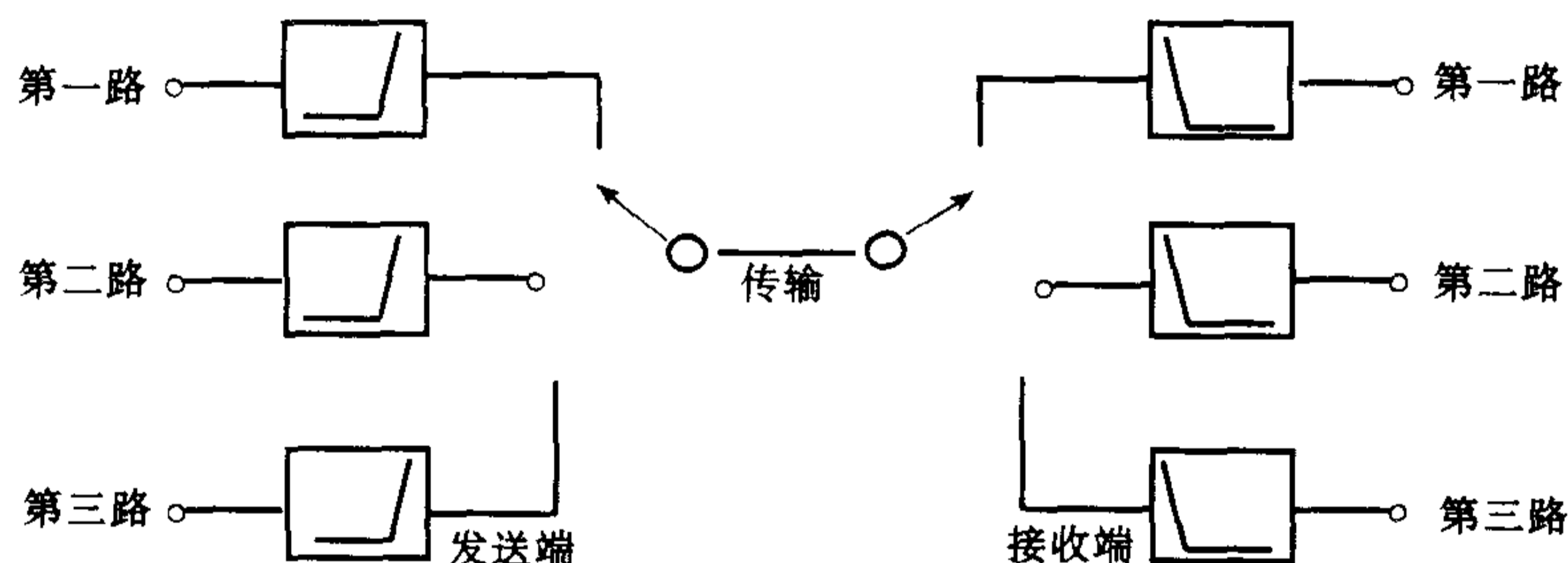


图 1-1 时间分割多路复用原理

图中设有三路信号(或三个用户),分别为第一路、第二路和第三路。在发送端有一个“选择器”按一定时间分别接通每一路信号。这样,在“选择器”的输出端就会是三个话路按时间分割的复用信号了。在接收端,由“选择器”按顺序将三路复用的语音信号分配给三个话路。这个“选择器”实际上是在完成语音信号数字化过程的第一项功能:抽样。图 1-2 示出了三路信号的抽样和时分复用的情况。

所谓“抽样”就是用很窄的矩形脉冲按一定周期读取模拟信号的瞬时值。图 1-2 中每一路信号就是用窄脉冲进行了抽样的。那么需要多高的抽样频率进行抽样才能在接收端恢复成

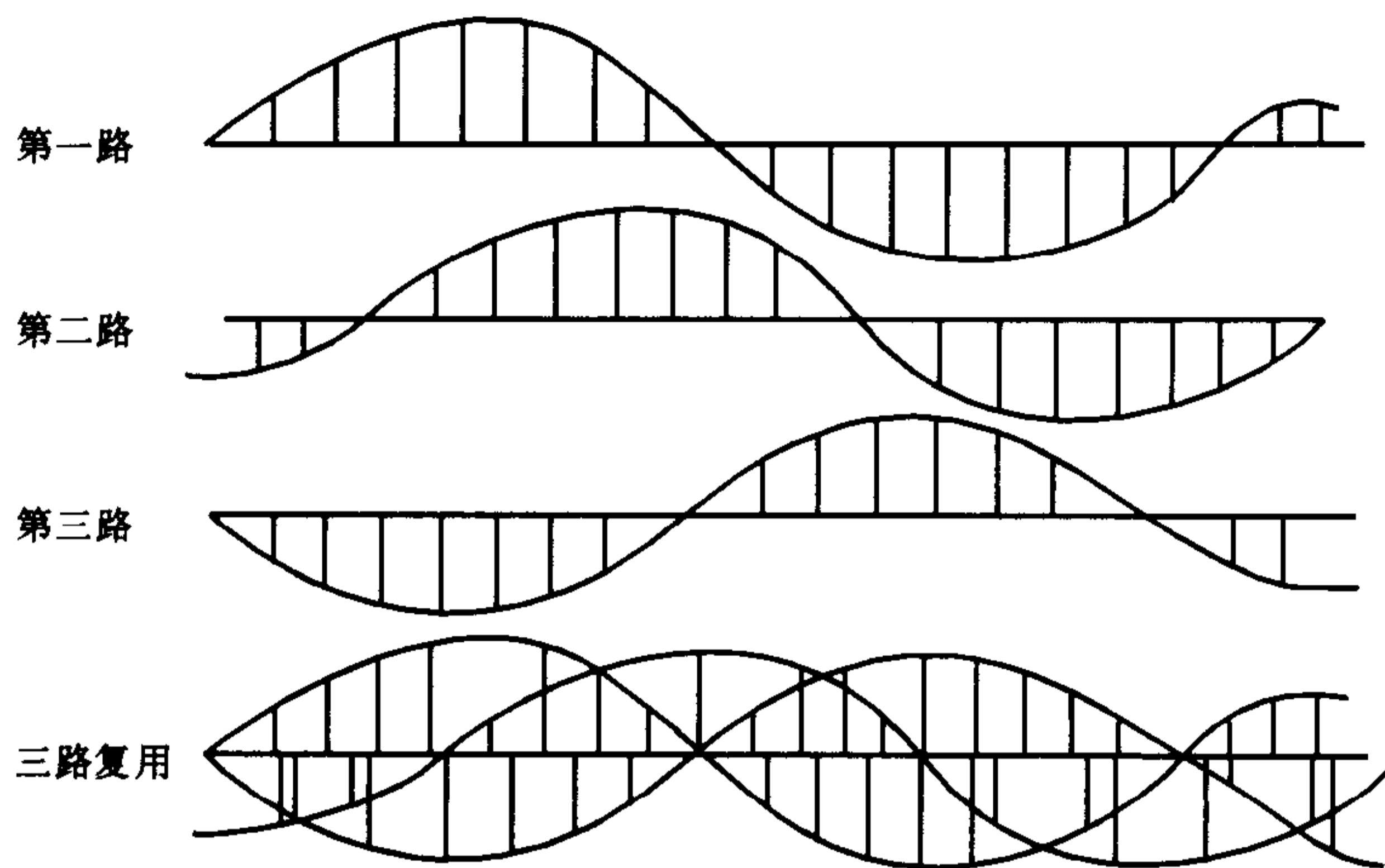


图 1-2 三路时分复用的波形图

原来的信号呢？有一个著名的抽样定理对此作了规定。抽样定理是这样规定的：传送限带连续信号时，只要传送该信号的单个抽样值（脉冲）的序列就足够了；这些抽样值的幅度等于连续信号在该时刻的瞬时值，而重复频率  $f_s$  至少等于所传交流信号的 2 倍。通常话路频带的带宽是 4000Hz（话音频带规定为 300 ~ 3400Hz）。因此，抽样频率取在  $f_s = 8000\text{Hz}$  就足够了。

抽样后的信号其幅度是随连续信号的瞬时值变化的，叫做脉冲幅度调制信号，简称脉幅调制信号（又叫 PAM 信号）。PAM 信号易受干扰，不适于传输，因此要将它变成抗干扰性能强的信号。这就要对抽样脉冲进行量化和编码。

## 2 抽样信号的量化和编译码

对抽样出来的信号要进行量化，所谓量化就是用有限个量值来表示抽样值的幅度。这好象我们平时生活中的“四舍五入”。但是四舍五入的量化方法是“均匀”的。也就是对不同幅度的信号其绝对误差是相同的。

量化的误差其后果是产生“量化噪声”。对于均匀分级的量化其量化噪声也是均匀的，也就是说对于大信号和小信号的噪声都一样大。在通信上衡量噪声有一个重要指标，叫做“信噪比”，它是信号电平和噪声电平比值的对数值：

$$\text{信噪比} = 10 \lg \frac{\text{信号}}{\text{噪声}} (\text{dB})$$

一般要求信噪比大于 26dB。显然上述的均匀量化对小信号是达不到要求的。必须降低小信号时的量化噪声，即降低小信号时的量化误差。一般说来有两种解决办法：一种办法是将量化级差分得细一些，这样可以减少量化误差。但是量化分级受编码位数的限制。现在的

PCM 编码限在 8 位码,分得太细显然不现实。另一种解决办法是采用不均匀量化分级,也就是说将小信号的量化级差分得细一些,将大信号的量化级差分得粗一些,使得在规定的量化级数下都能达到信噪比指标。这种做法叫做“压缩扩张法”,简称压扩法。

图 1-3 示出了压扩法的基本原理。在图中对两种不同的量化方法——线性量化法和压扩法进行了对比。图中有两个输入信号,一个是小信号,另一个是大信号。从图中可见,经过压扩法量化后的输出信号,其大信号被压缩了,而小信号被扩大了。

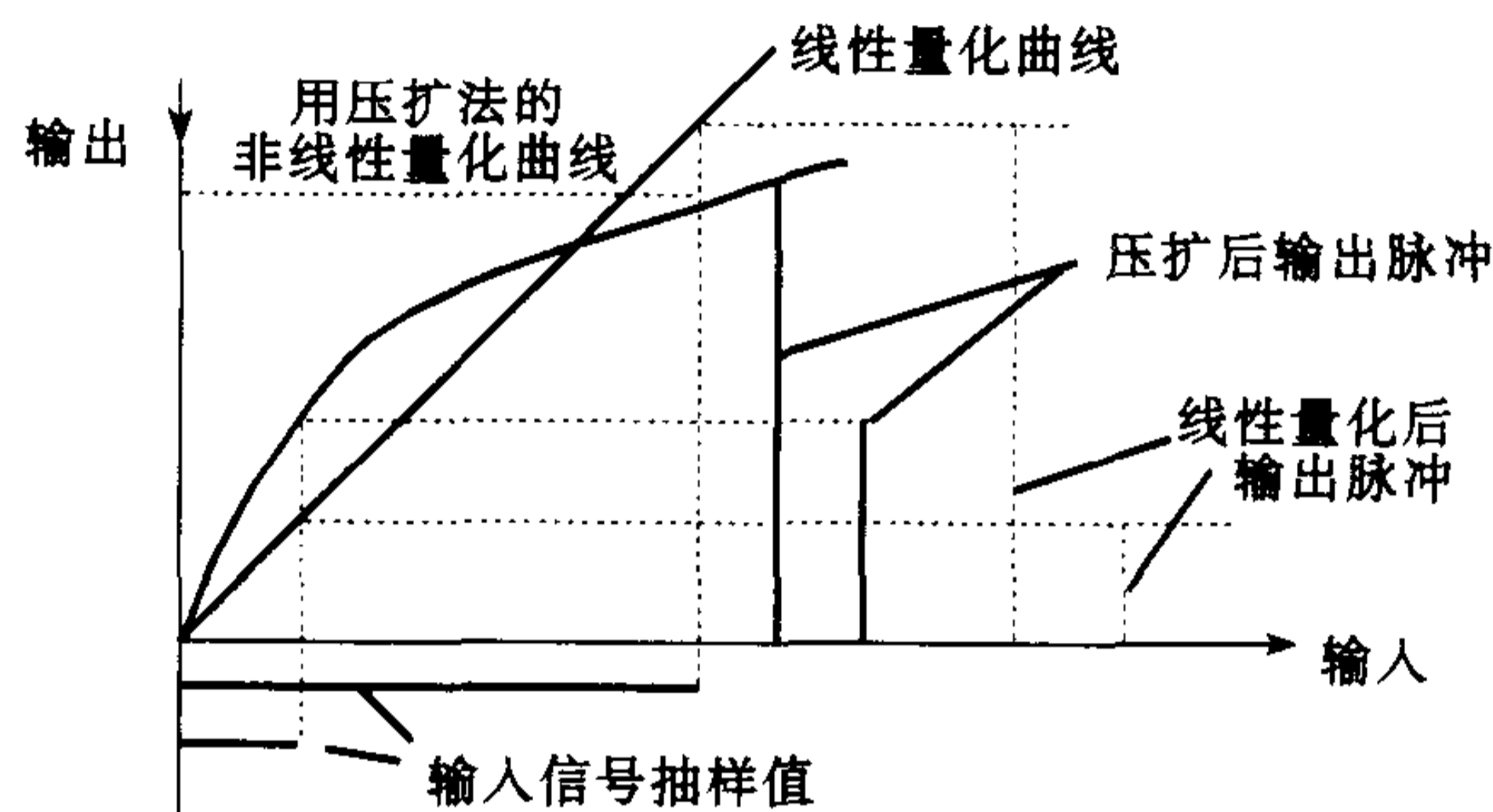


图 1-3 压扩法基本原理

压扩法是一种非线性的量化方法。通常采用近似于对数函数的特性。CCITT 曾建议采用的压扩律叫做 A 律或  $\mu$  律。A 律通用于欧洲,它为 30/32 路 PCM 所采用。 $\mu$  律通用于北美和日本,它为 24 路 PCM 所采用。我国采用 A 律,下面仅对 A 律进行一些介绍。

A 律的输入电压  $u_x$  和输出电压  $u_y$  的关系如下式所示:

$$u_y = \frac{A u_x}{1 + \ln A} \quad 0 \leq u_x \leq \frac{1}{A} \text{ (小信号)}$$

$$u_y = \frac{1 + \ln A u_x}{1 + \ln A} \quad \frac{1}{A} \leq u_x \leq 1 \text{ (大信号)}$$

上式中,第一个公式适用于  $u_x \leq \frac{1}{A}$  的小信号;而第二个公式适用于  $u_x \geq \frac{1}{A}$  的大信号。其中  $u_x$  和  $u_y$  均为归一化信号。要求输入电压  $u_x$  经过压扩以后输出电压  $u_y$  的增量  $\Delta u_y$  为常数。

从上式可见,在小信号时,  $u_x$  和  $u_y$  是线性关系;在大信号时,它们是对数关系。当  $u_x = 0$  时,原点的斜率应为:

$$\left. \frac{du_y}{du_x} \right|_{u_x=0} = \frac{A}{1 + \ln A}$$

若令比值等于 16,则可得  $A = 87.6$ 。这就是当前采用的 A 律的压扩常数。

将这个 A 值代入上面两式,同时令  $\Delta u_y = 1/8$ ,即  $u_y$  值按照 1/8 线性增长,可得表 1-1 中  $u_x, u_y$  的对应值。在表中每一项取  $u_x$  的近似值  $u_{x近}$ ,使得每一段的斜率是一个整数。

表 1-1

13 折线表

$u_y$	0	$\frac{1}{8}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{4}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{8}{8} = 1$
$u_x$	0	$\frac{1}{128}$	$\frac{1}{60.6}$	$\frac{1}{30.6}$	$\frac{1}{15.4}$	$\frac{1}{7.79}$	$\frac{1}{3.93}$	$\frac{1}{1.98}$	1
$u_{x近}$	0	$\frac{1}{128}$	$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1
$\frac{\Delta u_y}{\Delta u_x}$	16	16	8	4	2	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	

根据表中结果,画出了如图 1-4 的曲线。表 1-1 中  $u_x$  和  $u_y$  的关系是曲线;而  $u_{x近}$  和  $u_y$  的关系却是一种用二幂次分割的折线。这两条折、曲线很接近。在图 1-4 中只画出了  $u_y$  和  $u_{x近}$  的折线。它将  $y$  轴分为均匀的 8 段,  $x$  轴则是不均匀的 8 段。正负共有 16 段。但在  $u_x = 0 \sim 1/128$  和  $u_x = 1/128 \sim 1/64$  这两段中的斜率都是 16,也就是说这两段是一条直线,相当于一。再加上  $u_x, u_y$  为负数时也有同样两条斜率为 16 的线,也可合在一起。这样在最小值时的 4 段合为一段,16 段变成 13 段,形成图 1-4 中的 13 折线。图中对大信号的分段粗,对小信号的分段细。这就提高了小信号的信噪比,使其满足 26dB 的指标。

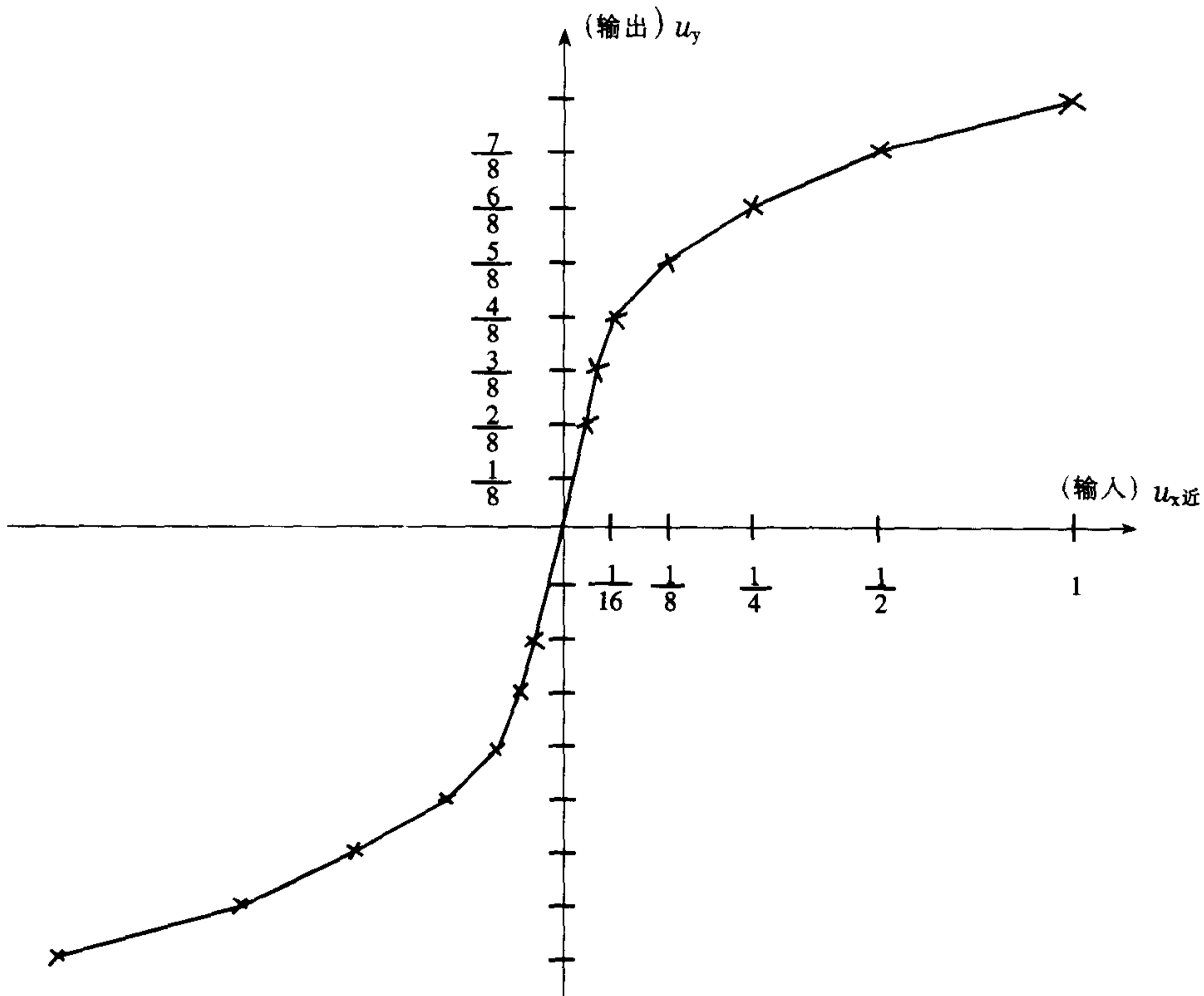


图 1-4 13 折线图

从图中可见,量化共分为  $\pm 8$  段,每一段可以进一步区分为 16 个等分,每一等分为一个量化级。这样应该共有  $\pm 8 \times 16 = \pm 128$  量化级。因此,可以用 8 位码来表示。8 位码共分为三部分:最高位为极性码,代表信号的极性;剩下 7 位码正好代表 128 个量化级。其中高三位为段落码,共有 8 段;低四位为段内码,即每一段分为 16 个量化级。

### 3 传输码型

编码器的输出有几种不同的码型,如图 1-5 所示。

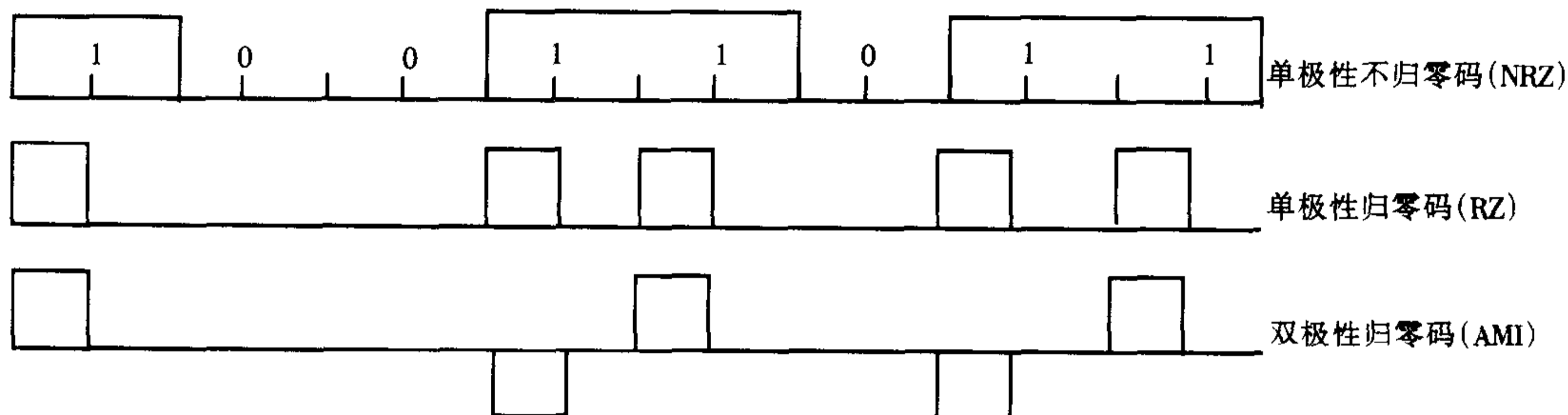


图 1-5 PCM 码型

单极性不归零码(NRZ),其特征是信号“1”有脉冲,信号“0”无脉冲。其占空比为 100%;  
单极性归零码(RZ),其占空比为 50%。

这两种码型只适合在机架内部或邻近机架间作短距离传输,不适合在线路中传输。这是因为它存在一些缺点。首先,它们存在直流分量和较丰富的高频分量,占用频带宽,这在线路中传输是不利的。为解决这一问题,人们将它变成“双极性归零码”(见图 1-5)。在这种码型中,“0”仍由空号传送,但是“1”则由两种交替极性的“传号”(脉冲)传送。如图中第一个“1”是正极性的,第二个“1”则是负极性的,接着第三个“1”又是正极性的,第四个“1”又是负极性的……如此交替。所以这种码型又叫“交替极性倒置码”(Alternate Mark Inversion Code),简称 AMI 码。这种码型不存在直流分量,高频分量也比前两种码型少,从而频带宽度可以减少一半。

其次,在对话路的输入信号进行统计分析以后,人们了解到在大部分开机时间内,话路处于零信号或小信号状态。在以上三种码型中(见图 1-5),“0”信号实际上是“空号”,即没有脉冲输出。码组中若有多个连续“0”会使中继器长时间收不到信号而影响定时提取时钟脉冲的工作,因此我们希望在整个脉冲序列中出“0”和出“1”的概率大体相同。为此对编码器输出的码组进行隔位翻转,即将偶数位码的“0”变为“1”,“1”变为“0”,奇数位码不变,这就成了隔位翻转码。

解决过多连续“0”的另一种码型为 CCITT 建议 G.703 中所提出的 HDB3 码(High Density Bipolar of Order 3),叫三阶高密度双极性码。在这种码型中,连续“0”数限制在 3 个以下。图 1-6 示出了一个从单极性不归零码变成 HDB3 码的例子。

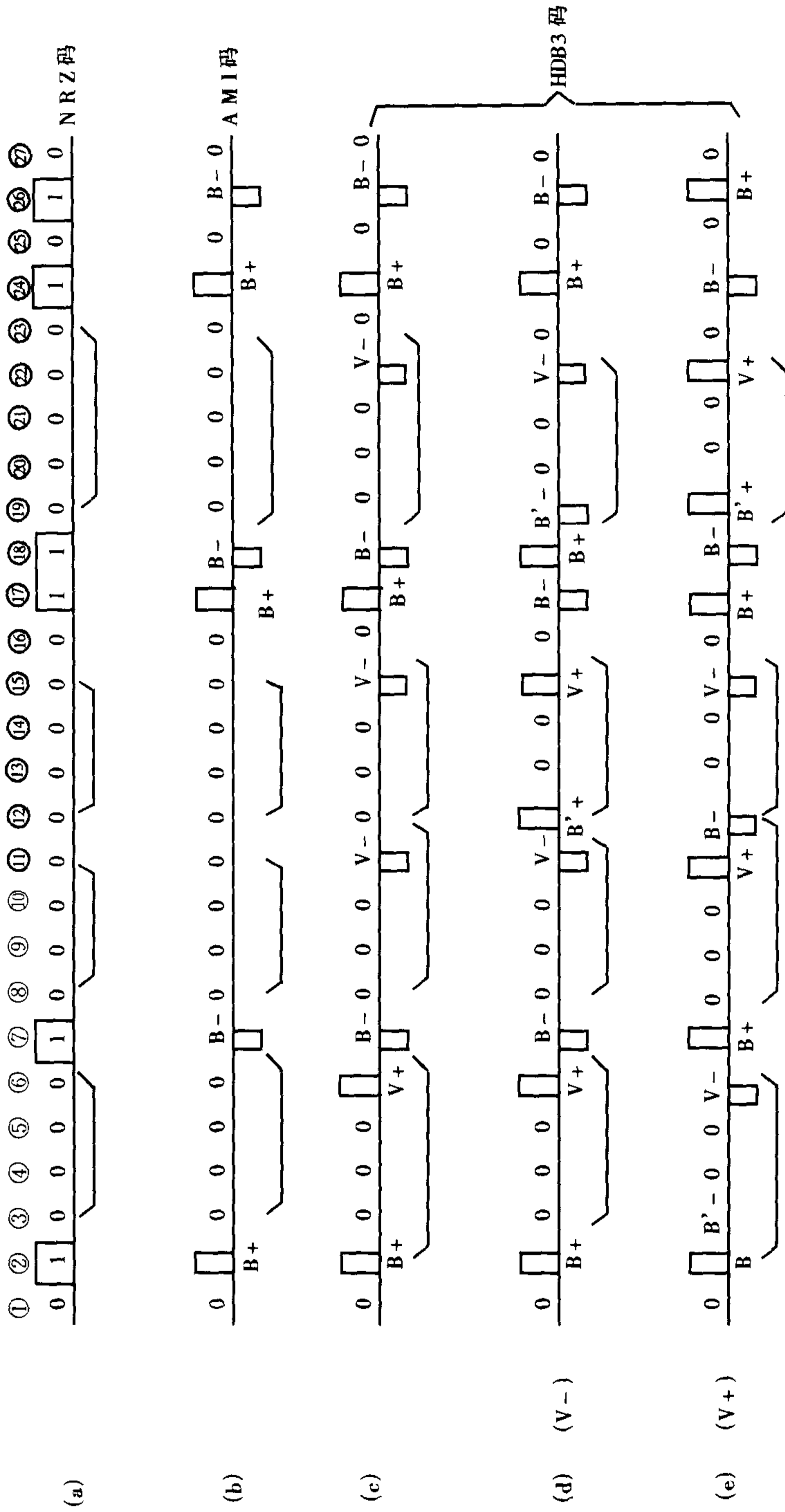


图 1-6 HDB3码

图 1-6(a)为单极性不归零码;(b)为相应的 AMI 码;(c)、(d)和(e)是将其转换成 HDB3 码的过程。图中画出了 27 个信元①~⑳。为使说明清楚一些,信号中的“0”信号较多,并且有若干处连续“0”。

首先将单极性不归零码转换成单极性归零码,这部分图中没有画出,然后再将它转换成 AMI 码。参考图 1-5 可以将图中的偶数号“1”进行极性倒置,而奇数号“1”不变。于是图中的偶数号“1”,即信元⑦、⑱、㉑极性倒置由  $B_+$  变成  $B_-$ ,如图 1-6(b)所示。

转换成 HDB3 码的过程如下:

(1) 依次将 4 个连续“0”编为一组,如图中的信元③~⑥、⑧~⑪、⑫~⑮、⑰~⑳)各编成组,共 4 组。用方括号括起来,见图 1-6(b)。

(2) 每组最后一个“0”用“1”取代,以  $V_+$  或  $V_-$  表示。新加上的  $V_+$  和  $V_-$  和前面一个“1”信号( $B_+$  或  $B_-$ )同极性。但这样做就破坏了原来的“+”和“-”的交替规律,将  $V_+$  和  $V_-$  叫做“破坏点”。这样得到了图 1-6(c)的波形。

(3) 为保证线路中没有直流分量,要求相邻两个破坏点的极性不一样。这可以通过使两个破坏点间保证有奇数个“1”来达到。也就是说在两个破坏点间遇到偶数个(或零个)“1”时,中间加一个“1”。具体的做法是把前一个破坏点后面的连续“0”组中的第一个“0”改成“ $B'_+$ ”或“ $B'_-$ ”,其极性和前一个破坏点相反。这样可以得到图 1-6(d)的图形。

图 1-6(d)中设信元①以前的破坏点为  $V_-$  (图中用括号内  $V_-$  表示)。这意味着两个破坏点(①以前的  $V_-$  和⑥的  $V_+$ )间有奇数个“1”,当然这一段符合要求,不用加什么。再往下发现信元⑪和⑮间有两个  $V_-$  而没有“1”,即为偶数个“1”。需要在⑪的  $V_-$ ,以后的⑫位置上加一个  $B'_+$ 。此外,为保证上述规则(2),即保证破坏点  $V$  的极性和前面一个“1”同极性,应该将⑮中的  $V_-$  改成  $V_+$ ,并且依次将⑰和⑱的  $B$  倒转。⑮和⑳之间又是偶数个“1”,那么在⑮  $V_-$  的下一组连续“0”的第一个“0”⑰上改成  $B'_-$ 。从图 1-6(d)中看到应该改成  $B'_-$ 。⑱的  $V_-$  恰好和前面新加上的(19)  $B'_-$  同极性。符合规律(2)要求。不用改变极性,这样就变成 HDB3 码了。图 1-6(e)中假设在①以前的破坏点为  $V_+$ ,这时按照上述规则应加上②  $B'_-$ ,并且⑥  $V_-$  和⑦  $B_+$  倒换极性……以下按照上述规律办理就可以了。

## 4 几个基本概念

### 4.1 时隙和帧

前面已经说过,抽样重复频率为 8000Hz,也就是每隔  $125\mu\text{s}$  抽样一次。对每一个话路来说,每次抽样值经过量化以后可编成 8 位 PCM 码组,这就是一个“时隙”。在 30/32 路 PCM 系统中,采用 32 路复用,即在  $125\mu\text{s}$  范围内要有 32 个时隙,因此每一个时隙占  $125\mu\text{s}/32 = 3.9\mu\text{s}$ 。而 32 路合起来的  $125\mu\text{s}$  时间内由 32 时隙合成一个“帧”,16 帧合成一个“复帧”。一个帧占时  $125\mu\text{s}$ ,一个复帧占时  $125\mu\text{s} \times 16 = 2\text{ms}$ 。



## 4.2 数字信号传输速率

现在我们通过图 1-7 的例子来说明数字信号传输速率的定义和单位。

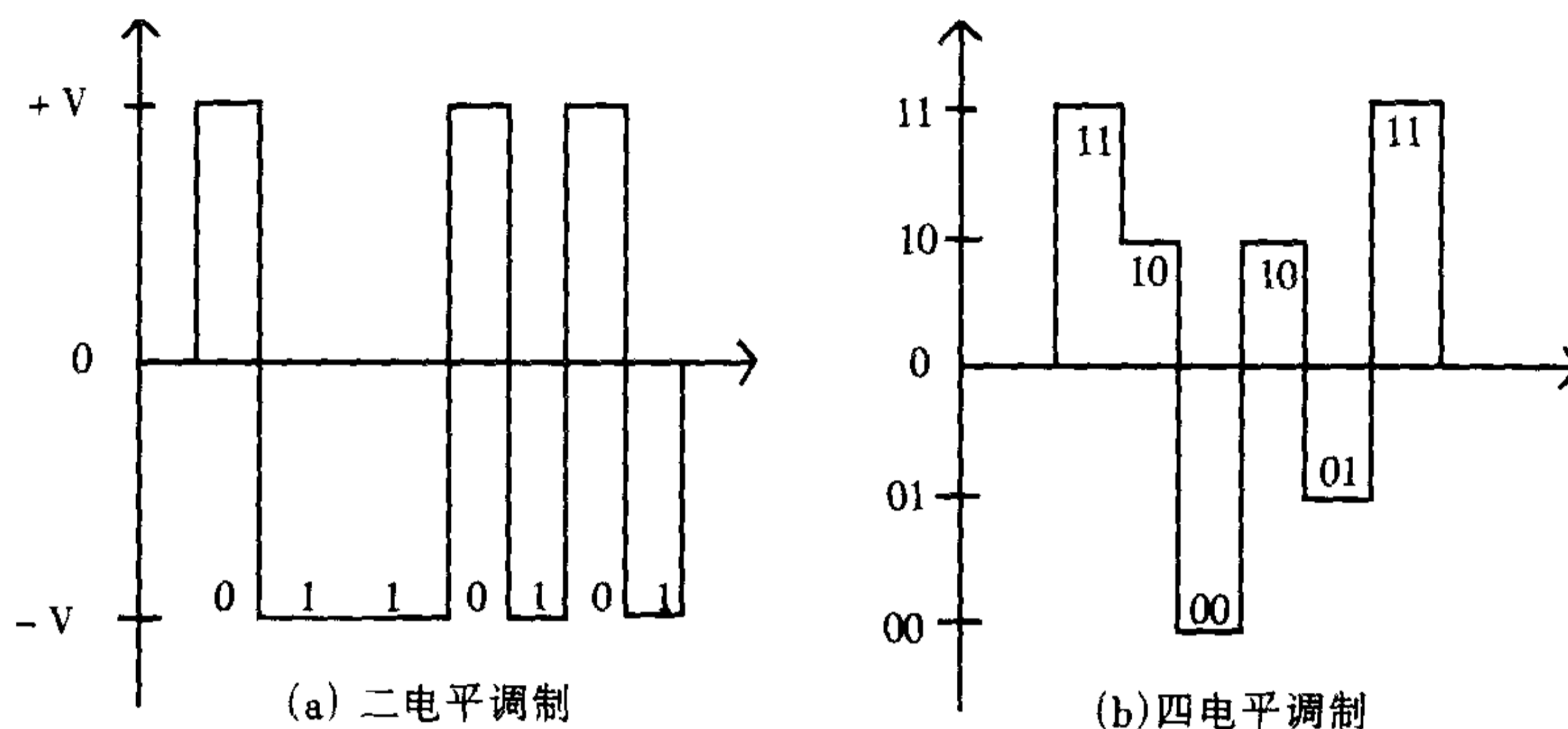


图 1-7 传输速率

(1) 调制速率, 又称波特率。单位为波特(Baud), 简写为 Bd。

$$\text{波特率} = \frac{\text{信元数}}{\text{单位时间}}$$

图(a)为二电平调制信号, 设一个信元占时 20ms, 即一秒钟有 50 个信元, 计算得:

$$\text{波特率} = \frac{50}{1} = 50(\text{Bd})$$

图(b)为四电平调制信号。根据上述定义, 波特率仍为 50Bd。

(2) 数据率——数据信号速率。单位为比特/秒(bit/s)。它表示单位时间内能传输的代码个数:

$$\text{数据率} = \frac{\text{信元数}}{\text{单位时间}} \times \log_2 n$$

其中  $n$  为信元状态数。对于图 1-7(a), 其状态数为 2; 对于图 1-7(b) 则为 4。这样可以得到:

图 1-7(a) 中数据率 =  $50 \times \log_2 2 = 50 \text{bit/s}$

图 1-7(b) 中数据率 =  $50 \times \log_2 4 = 100 \text{bit/s}$