

内 容 提 要

本书以布线逻辑控制、时间分割、脉冲幅度调制的全电子电话交换机为主，简单地介绍了电子交换机所用电子元件和基础电路，比较系统地说明了时分脉幅调制的通话原理和时分多路控制的方法。并对时分交换机的传输衰耗，串音和容量的扩大问题作了讨论。最后以200门时分脉幅交换机为例来说明交换机接续通话的全过程和主要电路的工作原理，使读者能够对这种交换机的通话和交换方式有一个比较明确的概念。

本书力求理论联系实际，避免烦琐的数学推导，内容通俗易懂，是一本有关时分电子交换机的入门性读物，可供从事电话交换工作的有关人员参考。

时分脉幅调制全电子电话交换机

上海市市内电话局电信设备四厂编著

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本：787×1092 1/32 1976年6月第一版

印张：78/32页数：116 1976年6月河北第一次印刷

字数：161千字 印数：1—2,1000册

统一书号：15045·总2119—市309

定价：0.59元

毛主席语录

思想上政治上的路线正确与否是决定一切
的。

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，
在一个不太长的历史时期内，把我国建设成
一个社会主义的现代化的强国。

出版说明

无产阶级文化大革命以来，广大电话通信工人、干部、技术人员在毛主席的无产阶级革命路线指引下，坚持“独立自主、自力更生”的方针，大搞技术革新和技术革命，各种类型的电子交换机迅速地得到了发展。

为了普及电子交换机的知识，向广大电话通信人员提供这方面的入门读物，我们请上海市市内电话局电信设备四厂编写了这本介绍全电子交换机的书，主要是介绍时分脉幅调制的全电子电话交换机。

时分脉幅调制全电子电话交换机是时分制全电子交换机中比较简单的一种，它的结构比较简单，机架少，布线少，没有机械动作部分，需要的机械加工少，便于自行设计制造。因此本书以这种制式的全电子交换机为典型，介绍全电子交换机的基本原理和技术知识。

上海市内电话局为编写本书成立了三结合编写组，在写作过程中，力求理论联系实际，着重基础概念的分析，通俗易懂。

由于我们对这项技术还很生疏，在编辑工作中难免会有缺点和错误，希望读者批评指正。

1976年2月

目 录

一、电子式电话交换机概述..... (1)

1. 什么是电话交换机..... (1)
2. 电子交换机有哪几种..... (2)
 - (1)全电子、半电子和准电子交换机..... (2)
 - (2)空间分割和时间分割..... (3)
 - (3)布线逻辑和存储程序控制..... (11)
3. 电子交换机的特点及优越性..... (12)

二、电子交换机用的元件..... (17)

1. 晶体二极管..... (17)
 - (1)晶体二极管的电特性..... (17)
 - (2)电子交换机中常用的晶体二极管..... (21)
2. 晶体三极管..... (23)
 - (1)晶体三极管开关运用原理..... (23)
 - (2)晶体三极管开关运用的电特性..... (26)
 - (3)电子交换机中常用的晶体三极管..... (29)
3. 其它晶体管元件..... (31)
 - (1)PNPN四积层二极管 (31)
 - (2)可控硅..... (34)
 - (3)稳压二极管..... (36)

(4)单结晶体管.....	(37)
4. 晶体管集成电路.....	(39)
三、电子交换机电路基础.....	(41)
1. 脉冲技术基础知识.....	(41)
(1) RC 电路的充放电特性	(43)
(2)脉冲变换电路.....	(45)
2. 逻辑门电路.....	(48)
(1)“与”门电路(Y).....	(49)
(2)“或”门电路(H).....	(51)
(3)“非”门电路(F).....	(53)
(4)复合门电路.....	(54)
3. 触发器.....	(56)
(1)双稳态触发器.....	(56)
(2)单稳态触发器.....	(60)
4. 计数电路.....	(65)
(1)二进制计数电路.....	(65)
(2)环形计数电路.....	(71)
5. 自激多谐振荡器.....	(75)
(1)集—基耦合自激多谐振荡器.....	(75)
(2)射极定时自激多谐振荡器.....	(77)
四、时间分割脉冲幅度调制全电子交换机原理.....	(80)
1. 时分制电子交换机的组成.....	(80)
2. 时分脉幅调制通话原理.....	(83)
(1)调制和解调.....	(83)
(2)取样脉冲的确定.....	(89)

- (3)交换机的容量和话务量……………(91)
- 3. 时间分割脉幅调制交换机的控制原理……………(94)
 - (1)识别呼叫用户—扫描电路对用户号码
“编码”……………(96)
 - (2)取一条空闲的塞绳—占用空闲的启闭电
子门的话路脉冲……………(103)
 - (3)插塞插入塞孔—打开主叫用户电子门…(104)
 - (4)存储保持……………(113)
 - (5)收号、发号和打开被叫用户电子门……(114)

五、时分制电子交换机的传输衰耗, 串音和容量问题(122)

- 1. 时间分割脉幅调制的传输效率……………(122)
 - (1)传输衰耗……………(122)
 - (2)能量转移……………(124)
 - (3)电子门的衰耗……………(127)
 - (4)储能网络对衰耗的影响……………(130)
 - (5)变压器的传输衰耗……………(134)
- 2. 时间分割脉幅调制的串音……………(135)
 - (1)造成串音的原因……………(135)
 - (2)对电子门反向特性及结电容的要求……(138)
 - (3)用放电脉冲来解决能量转移不完善所引
起的串音……………(139)
 - (4)采用两组不同周期的取样脉冲来改善串
音……………(140)
- 3. 时分脉幅调制全电子交换机容量的扩大……(142)
 - (1)采用多根公通线……………(142)

(2)采用先时分后空分..... (145)

(3)采用先空分后时分..... (148)

六、200门时间分割脉幅调制全电子交换机 (150)

1. 接续过程..... (150)

2. 用户电路..... (159)

3. 话路脉冲源..... (164)

4. 扫描脉冲源..... (170)

5. 存储器..... (176)

6. 绳路..... (190)

7. 记发器..... (195)

8. 分配电路..... (200)

七、电子交换机的发展..... (207)

1. 广泛采用集成电路..... (207)

2. 电源问题..... (208)

3. 空分制电子交换机的发展..... (209)

4. 存储程序控制的广泛采用..... (210)

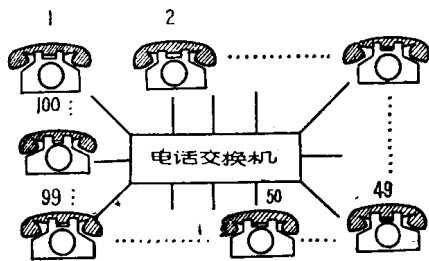
5. 时分制脉码交换机的发展..... (216)

一、电子式电话交换机概述

1. 什么是电话交换机

两个用户要进行通话，只要把两个用户的电话机连接到一起，就可以进行通话了。但是当三个或三个以上的用户中任意两个用户需要通话时，就必须通过电话交换机，把指定的两个用户连接起来进行通话，这就是电话交换机的作用。

图（1—1）表示一台交换机有一百个用户，分别以1号、2号……99号、100号表示。这100个用户中任意两个用户均能通过电话交换机进行通话，而且在同一时间内，要允许有很多对用户可以同时通话又不互相干扰。



图（1—1）电话交换机示意图

电话交换机要完成电话交换工作，必须具备以下的性能：

当任意一个用户要进行通话时，交换机必须能够随时知道，而且要知道是哪一个用户在要求通话；

当用户要呼叫某一被叫用户时，交换机应能记录下被叫用户的号码；

交换机应能测试被叫用户是空闲的、还是已经占用了；

当被叫用户空闲时，交换机应能将主、被叫用户连通；

当双方通话完毕时，交换机应能立刻知道，并解除接续。

例如1号用户要和99号用户通话时，当1号用户拿起话机，交换机立刻就应当知道是1号用户要打电话，并根据1号用户要和99号用户通话的要求，将1号和99号用户电话接通。上面举的例子中，电话交换机的用户数只有100个，这当然是比较简单情况，实际上交换机的容量可以大到几万个用户，可以有几百或上千对用户同时通话，而且还可以有很多交换机（即多局）共同工作。因此交换机不但要能够使同一个交换机内的用户进行通话，而且还要使不同交换机之间的用户能够进行通话。

电话和电话交换大约已经有一百年的历史了。一百年来，电话交换技术的发展，从比较简单的人工磁石式电话交换机发展到了目前性能比较完善的纵横制自动电话交换机以及各种电子式电话交换机。

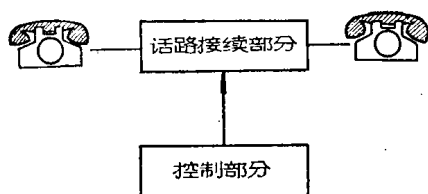
2. 电子交换机有哪几种

电子交换机在其发展的过程中，和其他制式的交换机一样，也出现了各种不同的类型。由于其分类的方法不同，存在着各种不同的名称，为了对各种类型的电子交换机有一个简单的概念，下面将按照常用的分类方法和习惯名称及其含意介绍如下。

(1) 全电子、半电子和准电子交换机

一般交换机总是由话路接续部分和控制部分两大部分组成，如图(1—2)所示。习惯上往往将交换机的话路接续部分和控制部分都由电子元件来构成的，称为全电子交换机；而将控

制部分由电子元件构成，
话路接续部分仍由机电元
件（例如纵横接线器）构
成的称为半电子交换机。



图（1—2） 交换机组成示意图

至于准电子交换机，一般
指其控制部分和半电子交

换机一样由电子元件构成，而其话路接续部分由笛簧或铁簧继电器构成。之所以称为准电子，是因为笛簧或铁簧继电器体积已大大缩小，动作速度也大为加快，比较接近电子元件的缘故。但近几年来，半电子和准电子已很难严格区分，因为纵横接线器小型化后，其动作速度和体积等已和笛簧或铁簧接线器相差不多了。

（2）空间分割和时间分割

空间分割和时间分割一般都是指交换机话路接续部分的组成方式而言的。所谓空间分割，是指在接续網路中，每个用户各占有一定的空间位置，各有自己的专用导线与控制部分连接。在连接通话时，必须把属于该用户相应的空间位置上的接点闭合，才能完成通话回路。如图(1—3)中，1、2、3、4 和 5 代表用户线，1'、2'、3'、4'、和5' 代表有关机键的出线（连至下级机键）。如果A'点接通，表示用户 2 已接通出线 1' 了。又如 B' 点接点接通，表示用户 4 已接通出线 3' 了。在接续网络中各级机键的接续都是这样。必须指出图(1—3)中画的是单线，实际上每根单线代表 2 根线或 2 根以上的导线。从以上可见，纵横制以及其他机电式、人工式交换机都是属于空间分割方式。

时间分割的概念就完全不同了，如图(1—4)所示，许多用户经接点K复接到一根公共通话线(简称公通线)上，如图(1—

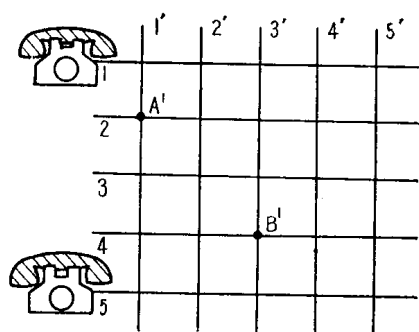


图 (1-3) 空分通话示意图

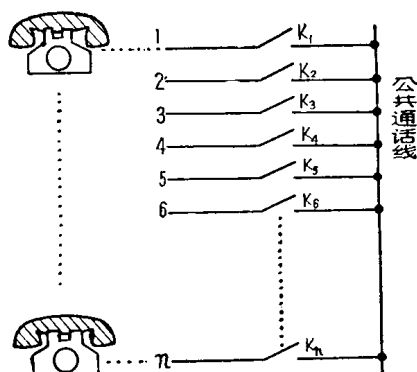


图 (1-4) 时分通话示意图

4) 中 1 与 2 用户要通话，只要闭合接点 K_1 与 K_2 就行了；3 与 4 用户要通话，则只要闭合接点 K_3 、 K_4 即可。但如要求 1 与 2，3 与 4 两对用户在同一时间内都能通话而又互不干扰，则显然使 K_1 与 K_2 闭合、 K_3 与 K_4 闭合这样简单的办法是不够的，因为这样一来会把 1 与 2，3 与 4 四个用户连在一起，形成四个用户互相通话。时间分割的概念是利用 K_1 与 K_2 闭合时，公共通话线上的其他接点均不闭合，而当 K_3 、 K_4 闭合时， K_1 、 K_2 和其他接点都不闭合。这样，接在公共通话线上的接点虽然很多，但在任一瞬间接通的接点只有一对。假如各对接点都轮流接通一小段时间，再断开一大部分时间，然后再重复接通、断开。这样就可利用各对接点闭合和断开时间上的错开，来达到在一根公通线上同时有许多对用户讲话而互不串音。或许有人要问，在讲话过程中接点未全部时间闭合，而是在一定的周期内只有一部分时间闭合，大部分时间断开，这样通话岂不成了断断续续的了？这样还能听懂吗？理论和实践都证明，只要满足一定的技术条件，这样做是完全可以的。条件就是每一对接点两次接通中间断开的时间不能太长，一般不

能超过 125 微秒，如果符合这个条件，用户就一点也不会有通话时断时续的感觉了。其原理将在本书第四章中再介绍。

从上面的叙述可以知道，时间分割要求接点闭合和断开的必须是微秒级的，目前只有电子元件能做到，机电元件是做不到的，所以一般时间分割的电子交换机总是全电子的。而空间分割的电子交换机大多是半电子或准电子的，但也存在空间分割的全电子交换机，即接线器由电子元件构成的空间分割交换机。关于空间分割的全电子交换机的简单情况在第七章中还要谈到。

时间分割电子交换机按其脉冲调制的方法又有模拟型及数字型两种。模拟型又因调制的方式不同而分脉幅调制，脉宽调制，脉位调制等三种。数字型则分脉码调制及增量调制等两种。时间分割电子交换机中以脉幅调制，脉码调制及增量调制使用得最普遍，故下面只对这三种调制方式作一些介绍：

a. 脉幅调制(PAM) 所谓脉幅调制，是脉冲幅度调制的简称，它是利用脉冲幅度的变化来模拟原始信号的变化，也就是脉冲的幅度随原始信号幅度的变化而变化。时间分割通话的原理已在前面叙述过，如图(1—5)所示，某一用户经一电子接点K连至公共线，接点K由持续时间为 τ (即脉冲宽度)，

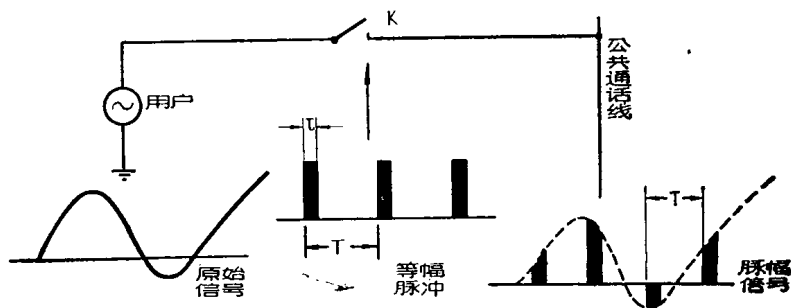


图 (1—5) 单个用户时间分割脉幅调制原理图

周期为 T 的等幅脉冲所控制。在脉冲到来的持续时间 τ 内，接点闭合，用户连至公通线，当脉冲没有的时候，接点 K 断开，用户和公通线脱离。这样，用户讲话的原始信号本来是连续的，经过接点 K 之后，变成一系列持续时间为 τ ，周期为 T 的脉冲了，脉冲幅度当然也不再是等幅的了，而是随用户原始信号而变的脉冲幅度调制信号了，这就是脉冲幅度调制名称的由来。在公通线上的调幅脉冲经过解调之后，仍可还原为原来的连续信号，所以通话并不会受到影响。关于怎样还原(解调)，在第四章中再介绍。图(1—6)表示两个电子接点 K_1 和 K_2 同时接至公通线， K_1 和 K_2 都受脉冲控制，而控制脉冲的持续时间都为 τ ，周期为 T ，但控制 K_1 和控制 K_2 的脉冲时间位置不同，因而 K_1 和 K_2 并不是同时导通，而是轮流导通，即 K_1 脉冲使 K_1 接点导通的时候， K_2 并无脉冲而断开；当 K_2 脉冲使 K_2 接点导通时， K_1 早已断开了。从公通线上的波形也可清楚地看出有两串脉冲串，它们分别是用户 1 和用户 2 的原始信号的脉冲幅度调制波。时间分割多路合用一条公通线的概念，从图(1—6)中可更清楚地了解。从图(1—6)中还可以看出，在周

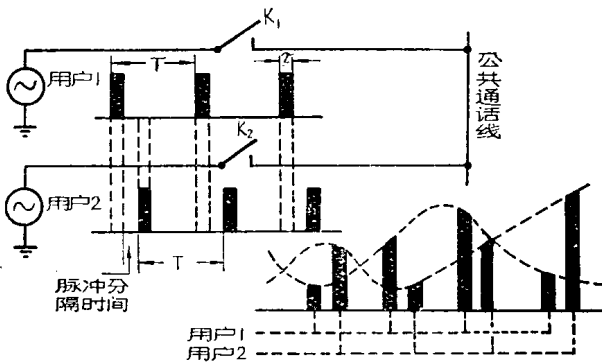


图 (1—6) 两用户时间分割脉幅调制原理图

期 T 内，容纳持续时间为 τ 的脉冲个数是有限的，因而在一条公通线上能够同时工作的接点数也是有限的，因此连接到一条公通线上的用户数目也将是有限的，这在以后的章节中还要深入分析。

脉幅调制的优点是设备简单，实现起来比较容易。利用脉幅调制制成的时分制全电子交换机体积比较小。脉幅调制的缺点是它的抗干扰性能差，不能通过外线进行传输。这点可以从图(1—7)中清楚地看出，图中脉幅调制的一串幅度代表原始信号的脉冲，在传输过程中，由于受到干扰，使接收端各脉冲的幅度与原始信号的幅度不一致，因而在解调还原后的波形就和原始信号波形不同，产生了严重的失真。而且沿线的干扰是累积的，因此线路愈长，干扰就愈严重。此外，由于调幅脉冲的谐波成分很多，而线路的高频响应不好，这也使得经过传输后的脉冲调幅波形发生畸变，虽然这点可以采用频率衰减均衡的办法补偿，但终究很难使波形完全不发生畸变。由于以上原因，脉幅调制很少用于远距离传输，而只限于用在调制、解调都在同一部机器内部可以避免或减少干扰和畸变的场合。而电子交换机的调制和解调都是在同一部机器内部进行，因此虽然它的抗干扰能力差，但因为没有外线上的干扰来源或干扰较小，因而问题不大。实践证明利用脉幅调制的时分制全电子交换机是可行的，本书所介绍的时分制脉幅调制全电子交换机就是

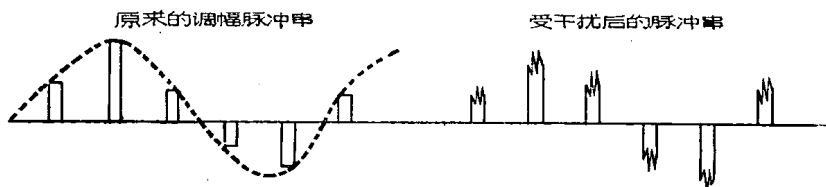


图 (1—7) 脉幅调制脉冲串受干扰示意图

这种方式的典型例子。

b. 脉码调制 (PCM) 所谓脉码调制, 是脉冲编码调制的简称。这种调制方式的抗干扰能力特别强, 可以通过长距离的外线传输。

脉码调制是在脉幅调制的基础上进一步用一系列的二进位编码脉冲来代表取样脉冲的幅度, 也就是说, 用不同的二进位编码脉冲, 代表不同的脉冲幅度信号来进行传输, 在接收端再将此二进位编码脉冲还原为它所代表的幅度, 然后进行类似于脉幅调制的解调, 就可以还原成为原来的信号。

二进位编码所需的位数, 一般讲位数愈多, 所能代表的幅度等级也愈多, 例如一位二进位编码, 它只有两个状态, 即 0 和 1, 因而它只能代表两种幅度等级; 两位二进位编码, 就可以有四个状态, 故能代表四个幅度等级。依此类推, 三位二进位编码代表 8 个幅度等级, 四位代表 16 个, 五位代表 32 个, 六位代表 64 个, 七位代表 128 个等。它的规律是, 如 n 代表二进位位数, 则可代表的幅度等级为 2^n 个。

二进位位数愈多, 能代表的幅度等级愈多, 因而在将不同幅度转变为其相应的二进位编码时, 误差愈少, 通话质量愈高。但是, 二进位位数愈多, 也带来频谱愈高的缺点, 一般实用上取七位或八位二进位编码。为了便于说明, 现以三位二进位编码为例说明如下: 三位二进位编码可以有八个幅度等级, 如表 1—1 所示, 0 到 7 代表八个幅度等级, 分别由不同的三位二进位编码来表示。所谓二进位编码的“0”, 它表示无脉冲。所谓二进位编码的“1”, 它表示有脉冲。图 (1—8)a 的曲线表示讲话的原始信号, 图 (1—8)b 是对此原始信号隔一定周期 T 进行取样, 所谓取样, 实际上就是如上述脉幅调制那样接点接通至公通线, 图 (1—8)c 是对取样脉冲进行量化, 所谓量化, 就

表 1—1 三位二进位编码与
8级幅度等级对照表

三位 二进 位编 码	波 形	代 度 表 等 幅 级
000		0
001		1
010		2
011		3
100		4
101		5
110		6
111		7

是把代表信号的脉冲的幅度按其大小分成不同的等级，而两级之间的信号四舍五入后，归并到相应的幅度级。例如：0至0.5并入0级，0.5至1.5并入一级等等。量化后再进行编码，所谓编码，就是将有关幅度级转变为如表 1

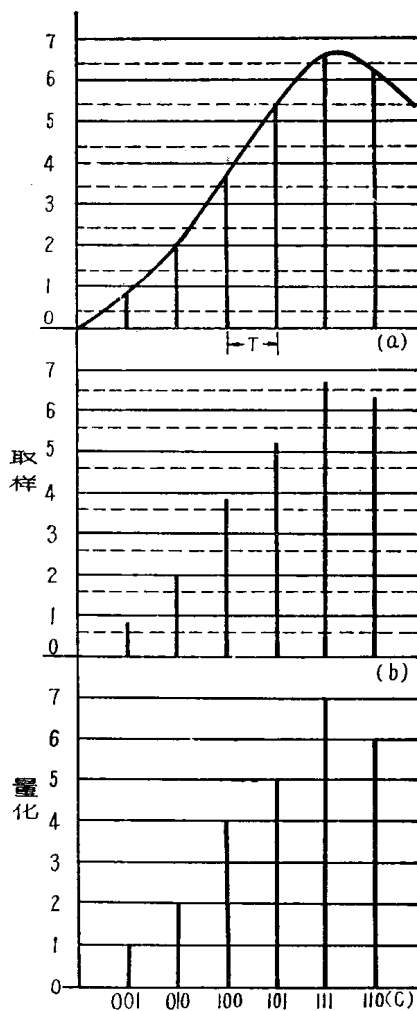


图 (1—8) 脉码调制取样量化原理示意图
一 1 所示的二进位脉冲。因此真正在线路上传输的就是一连串的二进位的编码脉冲。

脉码调制在线路上传输的是一系列的二进位脉冲码，这些

脉冲码的频率是很高的，线路衰减很大，故隔一定距离要加再生器。再生器的任务是收到二进位脉冲码后加以再生，变成无失真的二进位码再输出。由于再生器中只鉴别脉冲的有无，故即使信号经过传输受到干扰也影响不大，经过再生后干扰即可消除，这样，沿线的干扰就不会积累，这是脉码调制的很大优点。关于脉码调制的进一步详细情况，因为不是本书的范围，故不再赘述。

脉码调制的原理早在三十年代已经出现，但限于当时的电子器件水平，无法实现。六十年代由于半导体技术的发展使脉码调制得到了实际的应用，24路或32路脉码调制端机大量出现，其产量几乎已超过短距离载波设备。六十年代脉码调制还限于在远距离传输中应用的脉码端机，进入七十年代以后，脉码调制的应用更广泛了，这就是脉码交换机的出现。采用脉码交换的结果是有可能做到传输和交换合一，即组成所谓数字通信网，这也是电子交换机发展的重要方面。

c. 增量调制 脉码调制的缺点是编码器和译码器都很复杂，特别是二进码位数多时更是如此。是不是可以只用一位二进码呢？因一位二进码只有1和0两种状态，显然用它来代表信号的幅度是不可能的，但是可以用一位二进码来代表信号幅度的增量（即幅度的变化）。当取样频率增高（即脉幅调制中两脉冲间的时间间隔 T 减小），信号在两个相邻取样时间之间的变化量（增量）较小，完全有可能用一位码来表示它的增加或减小。当信号的幅度是增大时，就输出“1”码（即有脉冲），当信号的幅度是减小时，就输出“0”码（即无脉冲）。当信号幅度连续增长，就连续输出“1”码；当连续降低时，就连续出“0”码。图(1—9)表示增量调制中信号变化和输出脉码的关系。增量调制由于在线路上传输的也是一连串的二进位脉