

SHU ZI WEI BO JIE LI TONG XIN

数字微波接力通信

河北人民出版社

现代科学技术丛书

数字微波接力通信

孔宪正等

河北人民出版社

一九八〇年·石家庄

现代科学技术丛书

数字微波接力通信

孔宪正等

河北人民出版社出版

河北新华印刷一厂印刷

河北省新华书店发行

1980年5月第1版

1980年5月第1次印刷

印数 1—2,370

统一书号 13086·57 定价 0.94 元

前 言

“通信”是日常生活中常遇到的。比如交流思想、互通情报。诸如思想、情报之类的东西，在信息科学中通称为“信息”。各种“信息”的传输与交换又称为“通信”。对话、写信、拍电报、打电话、听广播、看电视等等，都属于通信的范畴。随着现代自动化技术的发展及电子计算机的广泛应用，一个由人建立的、反映人的意志的“机器社会”正在逐步形成，通信的范围更宽了。这样，就使通信联系不仅发生在人与人之间，而且也将出现于机器与机器及人与机器之间。其表现形式可以是声音、图象，也可以是数字、火花等等；其表达的内容更是千变万化的。但万变不离其宗，无非是客观物质世界的运动及其在人脑中的反映而已。既然如此，那么最简单的“信息单元”又是什么呢？

我们从汉字说起。常用汉字不超过一万个，如果用阿拉伯数字对它们进行编号，那么一万个汉字完全可用0000至9999这样一万个数字来代替。而这一万个四位数字组成的汉字，实际只用了十种基本数字，即0至9十个阿拉伯数字。汉字电报中应用的就是这个原理。阿拉伯数字还可以再分解，用“1”和“0”组成一个字来代替它们，如果我们用四位“1”和“0”组成一个字，如0000，0001，0010，……1111等，可以写出这样的组合共有16种。当然可以任

取其中 10 种分别与 10 个阿拉伯数字相对应，这十个阿拉伯数字进一步分解，成了仅有“1”及“0”两个数字的基本单元组成。这样，任何一个汉字，就可以用四个四位最简单的数字单元组成的数字来代替。比如电报中 6008 代表“要”字，我们又用四位最简单数字 0000 代表“0”，0110 代表“6”，1000 代表“8”，那么“要”就最终转化成这样最简单数字：

0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0

同理，所有的汉字，都可以用“1”及“0”二种最简单数字来代表。

语言文字是思维的工具。文字既可分解，那么人的思维也是可分的，而且分的结果，显然也是由“1”与“0”二个基本单元所组成的。这二个“1”与“0”，在信息论与数字通信中叫“比特”，这个“比特”就是信息的细胞，就是最基本的“信息单元”。

按上面分解汉字的方法，一个汉字是由 16 比特组成的。但这种分析方法中有漏洞，事实上，如果不经阿拉伯数字这一步，直接用“1”与“0”去代表汉字，那么 16 比特可以代表的汉字数目为 $2^{16} = 65536$ 个，远远超出一万字。

文字可以分解成基本信息单元，那么声音呢？图象呢？回答是一样的。无论是心电图，飞行体的飞行轨迹，炼钢炉的温度曲线，还是宇航员在月球上活动的电视图象……都可用类似的方法进行数字化处理，即分解为“1”与“0”。

把世上千变万化的“信息”转化成基本信息单元“比特”，各种信息就均可与近代电子计算机发生直接的联系，因

为电子计算机中亦只用“1”与“0”这两个数字。各种信息数字化以后，电子数字计算机就可对它们进行存储、运算、处理等操作了。换句话说，电子计算机可对来自客观世界的各种信息进行“思维”了。计算机加工的信息与人脑加工的信息实质上确实是一样的，它们都是用“比特”组成的，而“比特”又能在人与人之间、机器与机器之间以及人与机器之间自由来往。以“比特”为基础进行通信，是不是能更好地为现代社会服务呢？回答仍是很显然的。

“数字通信”就是符合上述逻辑的。它是在近二十多年时间内，蓬勃发展起来的新兴通信技术，就是以“比特”作为基础的通信方式。就整个数字通信领域而言，在技术上可以分为三大部分，即“信源编码”、“数字信息传输”与“数字信息交换”。本书“数字电话原理”，就是话音信源编码，可作为读者了解信源编码的一个入门介绍，是由杨世活同志编写的；“数字信息的调制解调原理”写了数字信息传输，是由朱先林、浦金凤、王永林、杨恩寿及田金亮五位同志编写的；“数字微波接力机”具体介绍了“数字信息”通过“微波接力”信道进行传输的原理，是由许新民、叶琼、曹录晋、张云生及舒清源五位同志编写的；“微波接力通信线路的监测与控制”，介绍了微波接力通信线路的无人值守维护技术，由黄荣兴及王贵忠二同志编写；“微波接力通信天线与馈线”，写了通信机的耳、目、口，它就是神话中的千里眼与顺风耳，是通信系统中不可缺少的部分，由陈木华同志编写；“微波视距传播、微波接力线路设计与微波站址选择”是“微波接力通信”系统设计中十分重要的内容，是罗世全同志编写的。

DAC 68/01

参加编写这本小册子的共十六名同志。由于我们水平所限，可能有很多缺点甚至错误，恳请读者指正。

孔宪正

一九七九年二月

目 录

前言.....(1)

数字电话原理

一、什么是数字电话.....(1)
二、数字脉冲信号的特征.....(3)
三、脉冲编码调制 (PCM 编码)(5)
四、增量调制 (ΔM)(13)
五、脉冲编码调制和增量调制的比较.....(21)
六、差值脉冲编码调制 (DPCM)(23)
七、数字声码器.....(26)
八、预测编码.....(33)
九、时分多路复用原理.....(35)

数字信息调制解调

一、数字信号传输系统的组成及主要特点.....(42)
二、基带传输.....(59)
三、正弦载波传输方式.....(82)
参考资料.....(117)

数字微波接力机

一、天线共用器.....(119)

二、数字微波发信机	(122)
三、数字微波收信机	(145)
四、数字微波机实例	(163)
五、数字微波接力机中微波信号源的组成及 主要技术指标	(166)
六、数字微波接力机中几种常用的微波部件	(176)

微波接力通信线路的监视与控制

一、监控系统的作用与组成	(214)
二、监控系统的基本机能	(218)
三、控制线	(224)
四、监控信号方式	(227)
五、一个实例——VJ—1 监控系统	(237)
六、监控系统的展望	(247)

微波接力通信的天线和馈线

一、馈线	(253)
二、馈线元件	(279)
三、天线	(283)
四、天线罩	(308)
附录 分贝与比值	(312)

微波视距传播、微波接力 线路设计与微波站址选择

一、微波视距传播	(317)
----------	-------

二、微波接力通信线路设计·····	(337)
三、微波接力站址选择·····	(342)
主要参考资料·····	(353)

数字电话原理

一、什么是数字电话

电话发明于 1875 年。早期电话的传递手段,是通过导线将电话机输出的连续信号,直接传递到对方的电话机。这种用连续信号直接传输电话的方式,称之模拟电话。目前大量应用的仍是模拟电话。从 50 年代中期开始发展一种新的电话,称之数字电话。

数字电话,是将电话机送来的连续话音信号,通过编码器变成“0”、“1”数字脉冲串来加以传送。接收端通过解码器,把收到的数字脉冲串还原成连续的话音信号,送入电话机。这种电话通信方式,称为数字电话通信。

(一) 数字电话的组成

近些年来,话音信号数字化的方法有很多新的发展。一般数字电话的组成如图 1-1。

由图 1-1 可见,数字电话由电话机、编码器、传输设备、解码器(或称译码器)组成。

电话机送话器将发话人的声音信号变成连续的话音电信号。

编码器将连续的话音电信号变成数字脉冲信号。

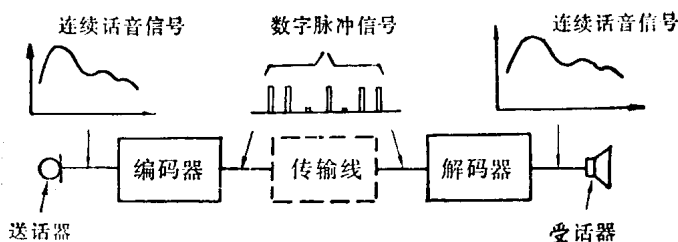


图 1-1

传输设备将数字脉冲信号传送到解码器。

解码器将收到的数字脉冲信号变换成连续的话音电信号。

电话机受话器将连续的话音电信号变换成发话人的声音。

(二) 数字电话的特点

从图 1 可以看到，数字电话，是将电话的连续信号变成数字脉冲信号来传送，而不是直接传送连续的电话信号。这样传送有许多优点：

1. 抗干扰性能强。只要在接收端正确地判别出脉冲的有无，就可以去掉在传送中引入的噪声和失真，就能全部恢复原来的数字信号。数字信号的这一特点，对长距离传输采用多次再生是特别有利的。

2. 数字信号便于加密，而这种加密方法保密性较好。

3. 数字电话信号便于进行自动数字电话交换，以及数据交换。

4. 数字电话便于采用时分多路方式，其设备简单经济。

数字电话通信虽然具有很多优点，但仍有不足和不便之处。

1. 数字电话信号，是由原来的连续的话音信号转换成数字脉冲信号，而后在收端还要恢复成连续话音信号，这种转换必然产生与原语音信号的差别。这种差别类似噪声，通常称为量化噪声。这种噪声是模拟电话中所不存在的。

2. 目前，大部分数字电话信号所占的频带比一般连续的电话信号宽得多。

3. 数字电话收发端的脉冲信号在时间上必须合拍，这就是所谓的“同步”。在组成数字电话交换网时，同步的问题十分重要和突出，并且有相当的难度。

二、数字脉冲信号的特征

(一) 数字信号

什么是数字信号呢？数字信号就是代表数字信息的电信号，它有各种形式，在数字电话中通常采用数字脉冲波形这种形式。所谓数字脉冲，就是在幅度上只能取有限个值，在时间上分成等时间间隔的脉冲。如：幅度取三个不同值（-1、0、+1）的等时间间隔的脉冲，我们称“三元制”数字脉冲。如：幅度取两个不同值（0，1）的等时间间隔的脉冲，我们称“二元制”数字脉冲。其中“1”代表有脉冲（传号），“0”代表无脉冲（空号）。

数字信号也象常用的数字一样，可以用几位数字来表示一个值。 n 位二元制数可以表示 2^n 个不同的值。如： $n=3$ 位

二元制数，可以表示 $2^3 = 8$ 个不同的值（但这些值之间不一定存在数量上的关系）。如表 1 所示。

表 1-1

值 \ 位数	n		
1	0	0	0
2	0	0	1
3	0	1	0
4	0	1	1
5	1	0	0
6	1	0	1
7	1	1	0
8	1	1	1

一个二元制的数字叫一个比特，通常用“b”来简写它。每秒钟传输的比特数称为信息速度，写做“比特/秒”或“b/s”。

(二) 数字脉冲的波形及其所对应的数字关系

图 1-2 中，脉冲的时间间隔为 T （数字信号的周期），图 1-2a 所示称“满占空脉冲”，又称“不归另脉冲”，它在时间间隔 T 内的幅度是不变的。图 1-2b 所示称“半占空脉冲”，又称“归另脉冲”，在时间间隔 T 内它的幅度有变化。如：令脉冲宽度为 τ ，则对于不归另脉冲而言， $\tau = T$ ；对于归另脉冲而言， $\tau < T$ ，即当 $\tau < t < T$ 时脉冲幅度永远为另，因此，

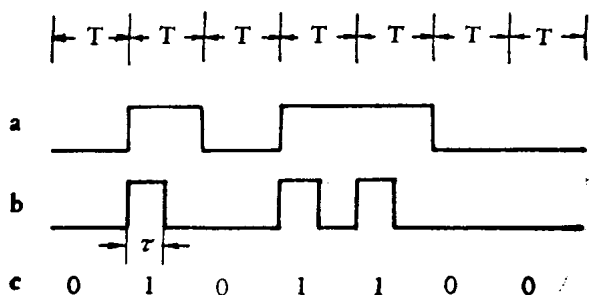


图 1-2

只有在 τ 间隔内的幅度状态才有意义。

(三) 数字信号速度及差错率

每秒内所传输的数字波形的数目，称之为信号速度，它的单位叫“波特”。在二进制数字信号中，数字信息速度与信号速度在数值上相等。

数字信号在传输中出现的错误是用差错率来衡量的。比特差错率的含义是：在传输中错了的比特数与传送中的总比特数之比。即：

$$\text{比特差错率 } P_e = \frac{\text{错误的比特数}}{\text{传输的总比特数}}$$

三、脉冲编码调制(PCM编码)

把连续的话音信号编码成数字脉冲信号的方法有好几种，主要是脉冲编码调制、增量调制、差值脉冲编码调制、声码器、预测编码等。

(一) 什么是脉冲编码调制

图 1-3 为单路话音脉冲编码调制组成的方框图及各点波形。

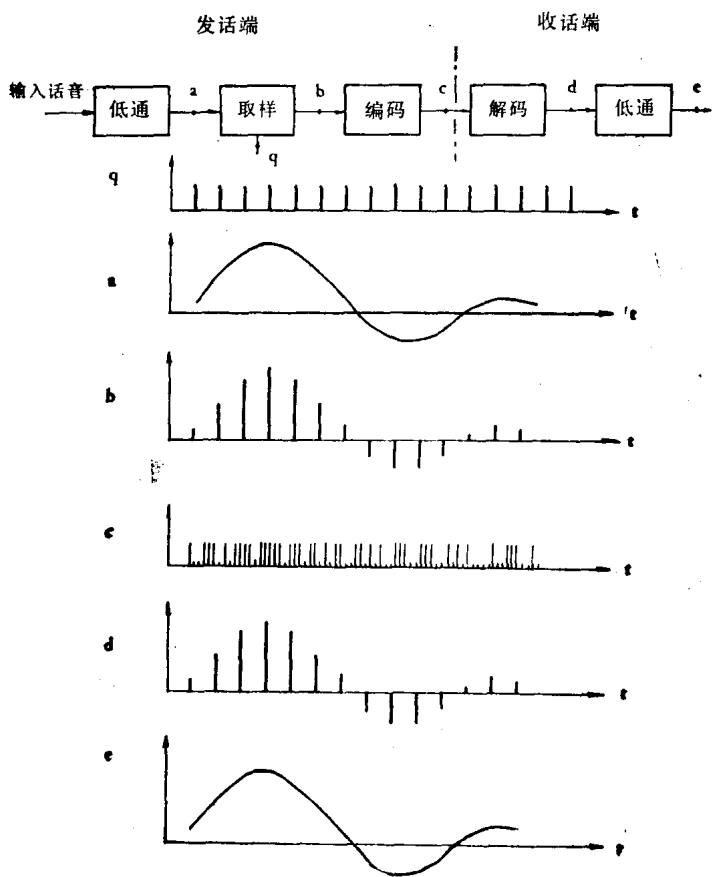


图 1-3

在发话端输入话音信号，先经过低通滤波器滤去不必要的高频成分（即得到 a 点波形），然后经过取样电路由周期性脉冲 q 进行取样，取出信号各点的瞬时值（即 b 点波形），再将每一样值编成一定位数的二元制数码脉冲（即 c 点波形）输出。在收话端，输入的二进制数码（即 c 点波形）经过解码器还原为原取样信号（即 d 点波形），再经过低通滤波器恢复成原话音信号（即 e 点波形），以上这样对话音处理的过程，称之为脉冲编码调制，简称脉码调制，简写为 *PCM*。

（二）脉冲编码调制的工作原理及特点

1. 取样 对连续信号进行脉冲编码调制时，为了最后变换成在时间上等间隔的数字信号，首先要在时间上等间隔地取出信号的样值。每秒钟内取一定数量的样值，就能表征原连续信号的全部信息。或者说，对于具有一定频带宽度的连续变化的信号，可以用一定数量的瞬时取样值来表征它。在最小取样频率和连续信号的频带之间有一定的关系。表示这种关系的定理，称之为取样定理。

取样定理一般地叙述如下：对于一个具有有限带宽的信号 $f(t)$ ，其最高频率分量为 f_m ，则当取样频率 f_s 大于或等于两倍的信号最高频率分量 f_m 时，取样后的样值信号完全可以表征原信号 $f(t)$ 。

目前，一般的话音脉冲编码调制设备的取样频率，为每秒 8,000 次。所以，送入编码器的话音信号频带上限频率限于 4,000 赫以下。

图 1-4 为简化的取样保持电路。取样的窄脉冲作用在二极管桥路，使话音信号通过，并使电容器充电到取样的瞬时