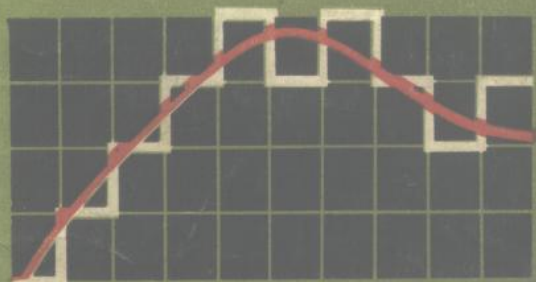


增量调制数字电话终端机

清华大学无线电系信源编码组编著



增量调制数字电话终端机

清华大学无线电系仪器编码组编著

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书结合一种典型数字通信设备—32路增量调制数字电话终端机,介绍增量调制数字化通信系统的原理和实用电路。对于增量调制的特性,作了深入浅出的理论分析,并对调制器、解调器、发送端及接收端定时系统、复帧定时同步系统、远距离通信中的均衡与再生转接等,作了详细讲述。书中除讨论各种制式用户电话信号的传输及其在中继站上的分支上下外,还讨论了数据信号、调度电话的传输问题以及数字通信网的同步问题。书末有一章专讲监控与测试。对广大电信工作人员、通信专业的学生学习与研制数字通信设备有参考价值,对有关维护人员也有帮助。

增量调制数字电话终端机

清华大学无线电系信源编码组编著

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 1977年6月第 一 版

印张: 10 18/32页数: 169 1979年10月河北第二次印刷

字数: 241千字 印 数: 12,001—26,500 册

统一书号: 15045·总2170—无633

定 价: 0.83 元

目 录

第一章 概论..... (1)

1.1 模拟电话通信及其主要部件 (1)

1.1.1 话音和话音信号的相互转换 (2)

1.1.2 话音信号的特点 (4)

1.1.3 混合线圈在模拟电话电路中的作用 (5)

1.2 数字电话通信系统的组成 (9)

1.2.1 数字电话及其主要优点 (9)

1.2.2 增量调制的概念 (12)

1.2.3 怎样实现多路? (17)

1.2.4 码流中帧同步信号的作用 (19)

1.2.5 均衡再生器 (21)

1.2.6 终端站和中继站 (21)

1.2.7 数字电话终端机的组成 (22)

第二章 增量调制器..... (26)

2.1 简单增量调制工作原理 (27)

2.2 增量调制的噪声特性 (35)

2.3 增量调制器的电路 (44)

2.3.1 话音信号放大器 (44)

2.3.2 相减放大器 (49)

2.3.3 比较器 (52)

2.3.4	数字码展宽器	(54)
2.3.5	脉冲调幅器 (相乘器)	(57)
2.3.6	数字式连 1、连 0 检测器	(66)
2.3.7	控制电压平滑电路	(67)
2.3.8	稳定电路	(71)
2.3.9	小结	(73)
2.4	增量解调器电路	(77)
2.4.1	概述	(77)
2.4.2	滤波器	(78)
2.4.3	放大器	(81)
2.4.4	音频终端	(82)
2.4.5	振铃呼叫系统	(84)
2.4.6	分路器	(87)
2.5	调制器和解调器的调测方法	(88)
2.5.1	调制器调测步骤	(89)
2.5.2	解调器调测步骤	(90)
2.5.3	音频终端调测步骤	(94)

第三章 增量调制的特性..... (97)

3.0	概述	(97)
3.1	简单增量调制器特性	(100)
3.1.1	过载特性	(100)
3.1.2	信号噪声比	(104)
3.1.3	动态范围	(111)
3.1.4	最小编码电平	(112)
3.1.5	小结	(114)
3.2	增量总和调制 (Δ - Σ 调制)	(115)

3.2.1	Δ - Σ 调制的工作原理	(116)
3.2.2	量化噪声	(118)
3.2.3	编码范围	(123)
3.3	数字式音节压缩扩张原理	(124)
3.3.1	基本原理	(125)
3.3.2	控制特性的分析	(127)
3.3.3	数字式压扩 Δ 调制的信噪比特性	(133)
3.3.4	结语	(138)
	附注(1)调制器电路的补充说明	(139)
	附注(2)预加重 Δ - Σ 调制器	(141)

第四章 发送端定时系统 (144)

4.1	多路复用方法	(144)
4.2	帧结构	(147)
4.3	发端帧定时系统	(149)
4.3.1	晶振及主时钟形成电路	(149)
4.3.2	分路定时脉冲的产生	(154)
4.3.3	帧同步码和对局告警码的产生	(167)
4.3.4	合路及总信码整形	(170)

第五章 接收端定时系统 (173)

5.1	同步系统及其工作原理	(173)
5.1.1	逐码移位同步方式的一般原理	(174)
5.1.2	捕捉态的工作逻辑	(176)
5.1.3	同步系统的抗干扰问题——同步的保护	(184)

5.2	总信码分路	(189)
5.3	帧同步系统分析	(190)
5.3.1	捕捉时间	(190)
5.3.2	同步保护电路的分析	(195)
5.3.3	抗信号中断能力	(197)
5.4.4	校核计数器对捕捉时间的影响	(199)
第六章	复帧定时、同步系统.....	(201)
6.1	复帧结构	(201)
6.2	发送端复帧定时系统	(202)
6.2.1	组和位脉冲的产生	(203)
6.2.2	复帧同步码组的形成	(204)
6.2.3	用户话路信号码的形成	(204)
6.2.4	监控告警码的形成	(208)
6.2.5	勤务话路信号码的产生	(208)
6.2.6	调度电话信号码的产生	(209)
6.3	复帧同步系统	(209)
6.3.1	复帧同步的捕捉	(212)
6.3.2	复帧同步的保护	(214)
第七章	均衡与再生.....	(216)
7.1	传输数字码的方法	(216)
7.2	数码的有线传输	(217)
7.3	传输电缆	(220)
7.3.1	电缆的衰耗频率特性和阻抗频率特性...	(222)
7.3.2	电缆的串话特性	(223)
7.4	波形均衡	(224)

7.5	均衡放大器	(231)
7.6	位定时恢复	(234)
7.6.1	滤波法	(235)
7.6.2	锁相法	(240)
7.7	信码再生	(247)
7.8	传输码型	(250)
7.8.1	常用码型介绍	(251)
7.8.2	码型变换电路	(254)
第八章	数字通信电路的数码传输	(265)
8.1	数字微波通信电路的组成	(265)
8.2	数字微波通信电路上传输的消息	(266)
8.3	用户电话在电路上的传输	(274)
8.3.1	用户电话的接入	(274)
8.3.2	用户电话的分支上、下	(280)
8.3.3	数据信号的中继转发	(288)
8.4	勤务电话在电路上的传输	(289)
8.5	调度电话在电路上的传输	(291)
8.6	数据信号在电路上的传输	(293)
8.6.1	同步数据信号的传输	(293)
8.6.2	异步数据信号的传输	(294)
8.7	数字通信电路的时钟同步	(297)
8.7.1	单钟主从网同步系统	(301)
第九章	监控与测试	(308)
9.1	监控系统的作用	(308)
9.2	传输质量的监视	(309)

9.2.1	帧误码检测电路	(309)
9.2.2	信号码的误码检测电路	(310)
9.3	告警信号和告警指示	(311)
9.3.1	告警信号	(311)
9.3.2	告警指示及其电路	(313)
9.4	话路系统监测电路	(314)
9.5	量化噪声的测试	(318)
附录 I	逻辑组件	(319)
附录 II	T 和 π 型衰耗器	(325)
附录 III	小同轴电缆特性	(327)

第一章 概 论

各种通信的目的都是为了传递消息。借助于电来传递消息的叫做“电通信”，例如电话、电报等，它们都是靠传送代表消息的电信号而实现通信的。

电通信可以分为两大类：一为模拟通信，一为数字通信。模拟信号的数字化通信又有多种方式，如脉码调制、增量调制等。本书主要介绍增量调制数字电话通信系统（简称“数字电话”）和它的一种设备——32路增量调制终端机（包括中继机）。

本章主要是对完成模拟通信所需的几个主要部件及增量调制如何把模拟信号数字化及数字通信系统的组成等，作一简单的介绍，以使读者对本书以后各章所要详细讨论的内容，先有一个整体的和基本的概念。

1.1 模拟电话通信及其主要部件

本书所讲的增量调制通信系统是一种话音信号数字化的通信系统。那么，我们为什么还要讲点模拟通信方面的问题呢？这是因为：第一，话音信号本身是模拟信号（下面就要说明），所以讲点模拟通信的知识，可以帮助我们更好地理解增量调制通信的话音部分；其次，数字化终端机的某些电路，如二线—四线变换电路，和模拟通信中所用的一样；数字通信的两头所用器件—话筒和耳机，和模拟通信中所用的也相同。因此结合介绍模拟电话电路来加以说明，比较方便。

1.1.1 话音和话音信号的相互转换

在电话通信中所要处理的对象，就是人们讲话时发出的声音，简称“话音”。话音来源于声带的振动。声带的振动激动了空气，空气的振动又激动了耳膜，于是使听者有声音的感觉。我们可以拿图 1-1 所示的弹性钢片做个试验，只要敲它一下让它振动，就会发音，成音的道理是很明显的。

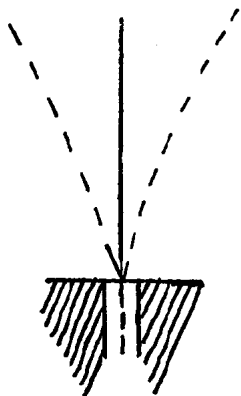


图 1-1 成音原理示意图

但是，人耳并不是对所有的振动都有声音的感觉，人耳所能感觉到的声音，其每秒振动的次数一般在 20Hz 到 10000Hz ，对超出这个“音频”范围的振动，人耳是没有声音的感觉的。因此，在电话通信中，音频范围以外的声带的振动，不起什么作用。

通电话时，在发送端，必须用话筒把话音转化为“话音电流”；在接收端，又必须用耳机把话音电流还原为话音。在电路中实际传送的、对通话真正起作用的是这个话音信号。因此我们应当研究话音信号，了解它与话音是怎样相互转换的，分析用怎样的话音信号才切合我们通话的需要。

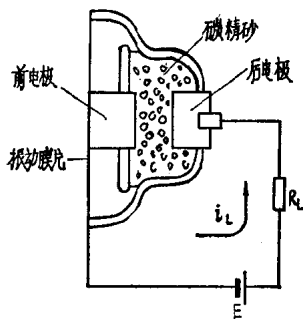


图 1-2 送话器示意图

话筒又叫送话器。图 1-2 为一种送话器的示意图。它的主要部分是碳精盒，里面装有碳精砂，它们的直径只有零点几毫米。当

对着话筒讲话时，由于声带的振动使膜片发生振动，连在膜片中央的一个电极也跟着振动，迫使碳精砂时紧时松，于是两个电极之间的电阻时大时小，因此通过送话器的回路电流 i_L 将模仿讲话的声音的变化而变化，成为话音电流。这就完成了声—电变换。

图 1-3 表示产生话音电流的过程。因为这个话音电流的变化代表了话音的变化，所以话音电流是一种模拟电流；而直

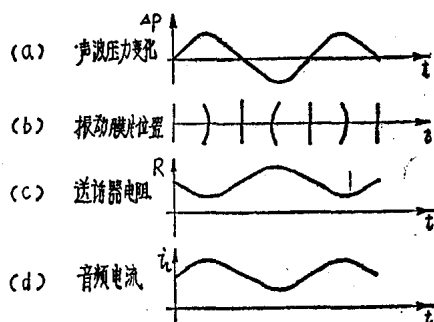


图 1-3 话音电流的产生

接利用这个话音电流来进行的通信，也就叫做“模拟通信”。

现在大部分市内电话和载波电话，都属于模拟通信。

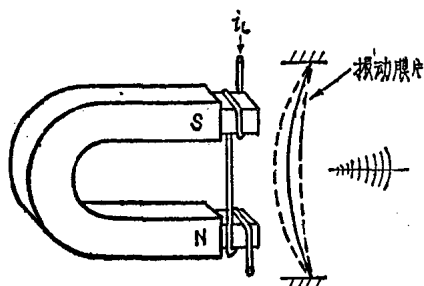


图 1-4 受话器示意图

耳机又叫受话器。图 1-4 为一种受话器的示意图。它由永久磁铁、线圈、铁质振动膜片所组成。当线圈中无话音电流时，永久磁铁使振动膜片略有弯曲。

当输入话音电流 i_L 时，假定其正向电流在线圈中产生的磁场与永久磁铁的磁场方向一致，对铁质膜片的吸力加强，使膜片更为弯曲；而其反向电流的作用恰好相反，即使膜片的曲度减小。因此，在话音电流作用下，膜片将随电流的变化而振

动，发出声音。这就完成了电—声变换。

1.1.2 语音信号的特点

对于一个语音通信系统，必须研究如何使它有较好的传话效率。为此，需要首先分析语音信号的频率特性和振幅特性。

对话音信号所作的分析表明：它是由许许多多频率分量组成的。其最低频率男声约为 100Hz ，女声约为 300Hz ，并因人而异；最高的频率分量可以高达 $6-7\text{KHz}$ 以上。但是，从能听懂讲话人的词句或单词百分比的角度来衡量各频段的影响时，则发现高于 3200Hz 的频率，对单词的清晰度已经影响不大。虽说传输的频率范围愈宽，语音质量愈高，但传输的频带在 $200-6000\text{Hz}$ 时，对音质已经没有任何可以觉察到的影响。

对于电话通信系统，只要它能使传递的单词被听准确达到 $80-90\%$ ，句子到 100% 的要求也就可以了，对音色的要求并不太高。这样的系统，既满足通话的质量要求，又使所需的传输频带比较窄，就有利于较经济地实现通信装备的设计与生产。电话通信中现在选用的两种语音信号频带为 $300-2700\text{Hz}$

(或 2400Hz)和 $300-3400\text{Hz}$ 。

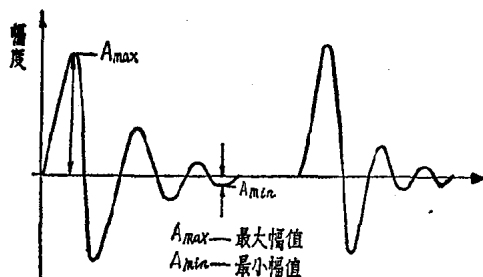


图 1-5 “阿”字的波形

对于语音信号所作的分析又表明：它的幅度是随时间而变化的，时大时小，而波形也是很复杂的。

例如图1—5所示，就是一个“阿”字的波形。

即使在音量不变的情况下，语音信号的幅度也在变化。当

讲话的音量变化时，同样是“阿”字，其波形虽不变化，而其绝对值将随音量的增加而增大。为了表明这种变化的情况，我们称话音信号的最大幅值和最小幅值之比为话音信号的动态范围。若以分贝表示，则从电话机输出的信号的动态范围约 $20dB$ 。如果考虑到电话机到终端机的线路上的衰耗变化也约为 $20dB$ ，则进入终端机的话音动态范围为 $40dB$ 左右。

1.1.3 混合线圈在模拟电话电路中的作用

把混合线圈用在模拟电话电路上有一个逐步进化的过程。下面我们详细介绍这个过程，借以说明混合线圈的作用，并借以使读者对模拟电话通信的实用电路有所了解。

上面已经说到了电一声的互相转换和送、受话器的基本原理。有了送、受话器，很容易构成如图 1-6 所示的通话电路。用这个电路，可以双向通话，哪一方都可以说话，也都可以听到。但是这个电路有很大缺点，不能实际应用。这是因为：

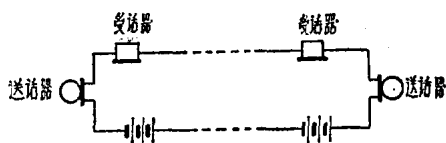


图 1-6

①在受话器中有直流通过。我们知道，耳机中有永久磁铁，当耳机线圈中有直流通过时，就产生一个恒定的磁场，这个恒定磁场叠加在永久磁铁的磁场上，结果是要么使磁力减弱，音量变小；要么使磁极饱和，引起话音失真。

②不能进行较长距离的通话。这是因为外导线有电阻，线路愈长，电阻愈大。当电阻很大时，通过送话器的电流很小，因此不能实现较长距离的通话。当然，可以增加电源电压；但这是不经济的。

③有侧音效应，就是在耳机中能听到自己说话的声音。有侧音效应的缺点是会引起听觉疲乏，因而降低了人耳收听来话的灵敏度。线路越长对方的话音电流愈小，这种效应愈严重。当话音电流小时，室内的背景噪声，也会降低受话质量。

还有其它一些原因，使这个电路不实用。这主要是电路中直流电流和话音电流（交流电流）混在一起所造成的。因此可以利用变压器来解决这个问题。如图 1-7 所示。这里，直流电流不通过耳机，因而不会影响永久磁铁的作用。另外，由于直流电流不通过外线，外线电阻的影响可以不计，而变压器的初级电阻很小，因此可以保证送话器电流不随外线的加长而变化。

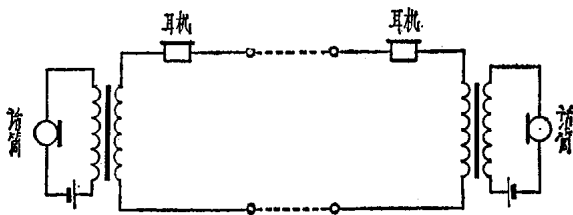


图 1-7

但是，图 1-7 的电路还不能防止侧音效应。这就是说，自己说话自己从耳机中还是可以听得到。如在变压器次级抽一个头，把它改成图 1-8 所示的电路，就会使侧音大大减小。

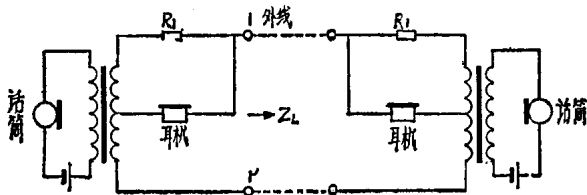


图 1-8

这样接法为什么会使侧音减小呢？把由 $11'$ 两端向右看去的阻抗作为线路的输入阻抗 Z_L ，我们可将图 1-8 的电路改画成图 1-9（这里将直流电源略去，只考虑交流成分）。流过变压器 B_1 初级的话音电流 i_1 在其次级产生感应电动势。如果变压器次级圈数 N_1 和 N_2 相等而且 R_1 与 Z_L 相等，那么在 N_1 和 N_2 中的感应电动势 e_1 和 e_2 相等，在耳机上产生的电流 i_3 和 i_4 大小相等，而方向相反，则在耳机中由话音电流 i_1 产生的侧音将互相抵消。所以侧音被大大减小。因此，图 1-8 是个较为实用的通话电路。

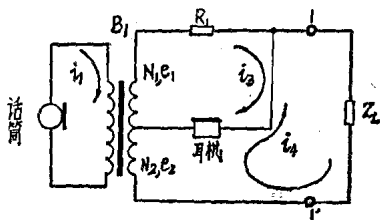


图 1-9

上述通话电路只能用于近距离通信。随着外线的加长，话音电流在外线上的衰减加大，到达接收端时通过耳机的话音电流很小，接收者会听不清楚。因此，要增加通信距离，必须解决对话音信号的放大问题。但是，线路上的话音电流是双向的，如果用一般只有单方向放大作用的晶体管放大器接入线路，不可能把双向电流都放大。为了把两个方向的电流都放大，就必须把一对线换成两对线，即须把二线换为四线，以便把双向话音电流分开，并在两个方向各加一个放大器。其电路如图 1-10 所示。

那么什么样的器件可以完成由二线到四线的转换呢？二线到四线转换的器件就称为“混合线圈”。它是应用平衡线圈的原理制成的，其电路如图 1-11 所示。来自用户的二线接于 $11'$ 两端，四线发接于 $22'$ ，四线收接于 $33'$ 。在 $44'$ 两端直接接以阻抗 Z_L ，使 Z_L 等于从 $11'$ 向左看去的阻抗 Z_1 。从二线来的话音电流 i_1 流经变压器 B 的初级线圈 N_1 和 N_2 ，在其次级 $22'$ 两端得

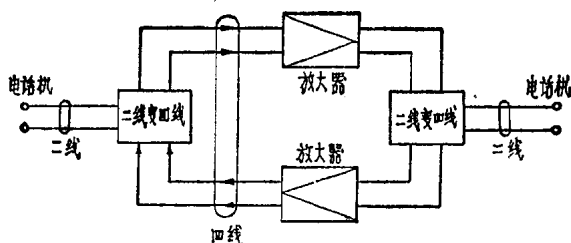


图 1-10

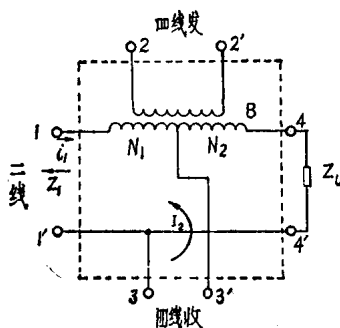


图 1-11

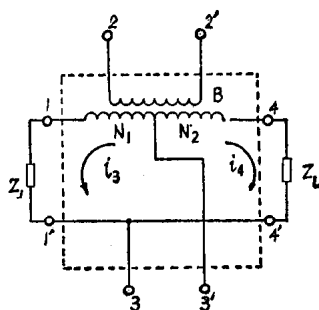


图 1-12

到话音电流 i_1 的感应电动势，这就是发端的输出信号。话音电流 i_1 在 $33'$ 两端也产生电压，但由于四线收的线路上有放大器，它不能反方向工作， $33'$ 两端的电压不会产生什么影响。从 $33'$ 两端来的四线收电流 i_2 进入变压器 B 后，分为 i_3 和 i_4 ，且因 $N_1 = N_2$ ， $Z_1 = Z_L$ ，故 $i_3 = i_4$ 。其等效电路如图1-12所示。由于 i_3 和 i_4 的大小相等，而方向相反，在 B 的次级 $22'$ 两端感应出的电动势相互抵消，因此话音收电流对于发端没有影响。另一方面， i_3 又可由 $11'$ 两端输出，送至用户电话机。这样，就完成了二线到四线的转换。四线收发两端也可交换使用。