

数字电话原理与增量 调制设备

黄 骏 编
程克俊 审

1

2

3

4

5

6

7

8

9

*

0

#

人民邮电出版社

数字电话原理与 增量调制设备

黄 骏 编
程克俊 审

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书主要介绍了如何将模拟电话信号变为数字电话信号，其中较详细地讲述了两种编码制式——脉码调制和增量调制。然后重点介绍了64路增量调制终端机的调制、解调和定时、同步、监控系统及测试的原理。

本书语言简练，通俗易懂，便于自学。也可做为数字微波的培训教材。

数字电话原理与增量调制设备

黄 骏 编

程克俊 审

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 1988年2月第 一 版
印张：13²⁴/₃₂ 页数：220 1988年2月河北第1次印刷
字数：313千字 插页：5 印数：1—2 500册

统一书号：15045·总3384—有5511

定价：3.00元

前 言

为适应我国数字微波通信的迅速发展,更需要及时培训工程技术人员,因此,在南京邮电学院先后举办了几期数字微波训练班,本书是根据训练班的教材,经过修改和补充而写成的。

数字电话通信系统具有抗干扰能力强、保密性好、经济、终端设备便于集成化等优点,因而发展很快。而发展增量调制的数字电话通信系统,对于通信容量要求不大的军事保密电话通信、地区支线、或音频转接次数不多的数字通信网、石油管道、电力、工矿、农村等,都具有很大的实用价值。因为编、译码电路简单,生产使用、维护比较容易,并且每个话路比特率低和节省频带,对信道误码率指标要求不高。因而发展增量调制的通信系统与脉码调制的通信系统同样受到重视。

本书内容分两部分,第一部分包括第一、二、三章,叙述数字电话通信系统的组成,介绍两种编码制式(脉码调制和增量调制)的基本原理;第二部分包括第四、五、六、七、八章,结合国产典型设备,叙述增量调制终端机调制、解调、定时与同步系统、监控系统等的实用电路,同时也简单介绍了此端机的基本性能的测试。

本书由山西省微波通信总站总工程师程克俊同志审稿。在编写过程中也得到了孙仁琦教授的支持和帮助,谨致以感谢。由于本人水平和经验所限,书中不妥、疏忽、错误之处,在所难免,恳请读者批评指正。

作者

1985年3月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 模拟电话和数字电话	(1)
一、模拟电话通信	(1)
二、数字电话通信	(10)
第二节 数字电话通信系统.....	(22)
一、多路复用	(22)
二、数字电话通信系统的组成	(26)
第二章 脉码调制原理	(33)
第一节 PCM通信系统	(33)
第二节 模拟信号的抽样.....	(35)
一、抽样定理	(35)
二、抽样门	(48)
第三节 量化与编码	(52)
一、量化和量化噪声	(52)
二、编码	(56)
第四节 压缩与扩张	(65)
一、压缩与扩张原理	(65)
二、 μ 律压扩特性	(67)
三、A律压扩特性及十三折线编码	(71)
四、 μ 律十五折线编码	(82)
第三章 增量调制原理	(87)
第一节 简单增量调制 (ΔM 调制)	(88)
一、简单增量调制方框图	(88)
二、译码器	(89)
三、相减器	(94)

四、判决电路和码元展宽电路	(96)
五、波形图	(97)
第二节 增量调制的特性	(98)
一、过载特性	(98)
二、量化信噪比	(104)
三、动态范围	(109)
四、编码下限及编码范围	(113)
五、抗误码性能	(116)
第三节 $\Delta-\Sigma$ 调制	(122)
一、基本原理	(122)
二、基本性能	(124)
第四节 数字压扩增量调制	(132)
一、数字压扩增量调制方框图及基本原理	(133)
二、系统工作过程的图解说明	(137)
三、码流图案及若干基本关系式	(140)
四、控制特性	(150)
五、信噪比特性	(153)
六、数字压扩 $\Delta-\Sigma$ 调制	(162)
第五节 预加重 $\Delta-\Sigma$ 调制器	(163)
第四章 增量调制终端设备	(167)
第一节 帧结构	(167)
第二节 64路增量调制终端机的组成	(171)
一、用途及主要性能	(171)
二、方框图及信号流程	(172)
三、基本工作状态	(175)
四、时钟工作状态的选择	(178)
第五章 调制、解调电路	(179)
第一节 增量调制器电路	(179)
一、话音信号放大器	(183)

二、相减放大器	(184)
三、比较器	(186)
四、数字码展宽器	(189)
五、脉冲调幅器(相乘器)	(191)
六、数字式连1、连0检测器	(202)
七、音节电压平滑电路	(204)
八、稳定电路	(206)
第二节 增量解调器电路	(211)
一、概述	(211)
二、滤波器	(213)
三、放大器	(217)
第三节 “音终”电路	(218)
一、二、四线变换	(218)
二、各种电话接口	(220)
第四节 单片集成增量调制话路终端	(230)
一、复杂数字压扩双积分集成化增量调制解调器	(231)
二、单片集成话路滤波器	(245)
三、单片集成用户电话接口电路	(248)
第六章 定时与同步系统	(254)
第一节 “晶振”电路	(254)
一、振荡器	(256)
二、恒温器	(258)
三、集成电路构成的晶振电路	(261)
第二节 锁相电路	(262)
一、锁相环组成	(263)
二、锁相工作原理	(267)
三、时钟切换电路	(268)
第三节 发端子帧定时系统	(268)

一、发端子帧定时系统原理方框图	(270)
二、分路定时脉冲产生电路	(272)
三、信码的合路	(282)
四、信码的合群	(283)
五、前后群信码补偶和总信码输出检偶	(291)
第四节 收端定时同步系统	(300)
一、同步系统组成	(301)
二、分群电路	(303)
三、收端同步系统的工作原理	(311)
四、同步码传输质量的监视	(327)
五、同步系统性能分析	(329)
第五节 复帧定时同步系统	(337)
一、复帧发端定时系统	(338)
二、复帧收端定时同步系统	(354)
第七章 监控系统	(365)
第一节 系统位同步的监控	(366)
一、双钟主从位同步系统	(366)
二、单钟主从位同步系统	(368)
三、64路终端机的位定时系统	(375)
四、终端站时钟切换控制电路	(378)
第二节 系统帧同步的监控	(385)
一、帧同步的重要性	(385)
二、告警制止信号的几个原则	(387)
三、64路终端机告警制止信号电路	(388)
第三节 终端机的告警指示	(397)
一、铃流控制	(398)
二、警灯和警铃控制	(400)
三、“告警”指示灯控制	(400)

第八章 增量调制终端设备性能测试	(402)
第一节 主要指标的测试	(402)
一、信号总失真(包括量化噪声)	(403)
二、净衰耗频率特性	(407)
三、增益随输入电平的变化	(409)
四、空闲话路噪声	(410)
五、路际串话	(411)
六、往返串话	(411)
七、回波损耗	(413)
第二节 增量调制传输系统的测量	(414)
一、误码率测量	(414)
二、加抖动时的传输性能	(427)
附 几种常用电平符号的意义	(428)

第一章 概 述

第一节 模拟电话和数字电话

当今社会的发展，通信起着极为重要的作用。用电信号来相互传递信息给人们生活带来了极大的方便。有事拨一个电话就可以迅速通知对方。电话通信按传输信号的形式不同可分为两类，即模拟电话和数字电话。模拟电话自发明以来，早已普及并为人们所熟悉，但它存在着一系列缺点。数字电话是一种新的比较理想的通信方式，具有突出的优点；又由于晶体管和集成电路技术的应用，更推动其迅速的发展。

一、模拟电话通信

1. 声电的互相转换

模拟电话通信是以电信号模拟语声变化的一种通信方式。图1-1-1为模拟电话通信示意图。发端为送话器，收端为受话器，发端和收端之间通过传输线路连接。当发话者对着送话器讲话时，语声振动激励空气产生声波，声波作用于送话器，使送话器回路中的电流发生相应的变化，这个电流简称话流。话流沿线路传送到对方受话器。受话器在话流的作用下，把电流的变化转换成声波的振动，最后经过空气传给人耳的感觉器官。这就是电话的最基本原理。

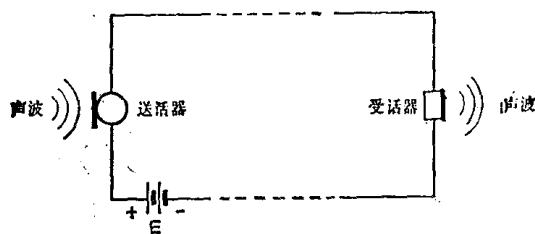


图 1-1-1 模拟电话通信示意图

从图1-1-1可知，要完成通话的过程，发端必须有声电的转换，收端必须有电声的转换。现说明送话器和受话器如何实现声电的互相转换的。

(1) 送话器

送话器又称话筒，是把人们讲话的声音变换成电信号的装置。图1-1-2为一般电话机送话器示意图。它的主要部分是碳精盒，里面装有碳精砂，它的直径只有零点几毫米。当对着话筒讲话时，由于声波的振动使膜片发生振动，连在膜片中央的前电极也跟着振动，迫使碳精砂时紧时松，于是两个电极之间的电阻就会时大时小，因此通过送话器电路中的电流将随着声

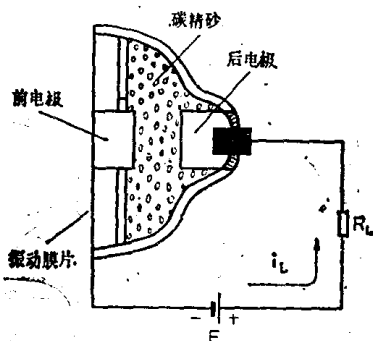


图 1-1-2 送话器示意图

音的大小而变化，成为话音电流，这就完成了声电的变换。

图1-1-3表示产生话音电流的过程。因为这个话音电流是模拟话音变化的，直接利用这个话音电流进行的通信称为模拟电话通信。现在的大部分市内电话和载波电话，以及通过模拟微波机传输的多路电话都属于模拟电话通信。

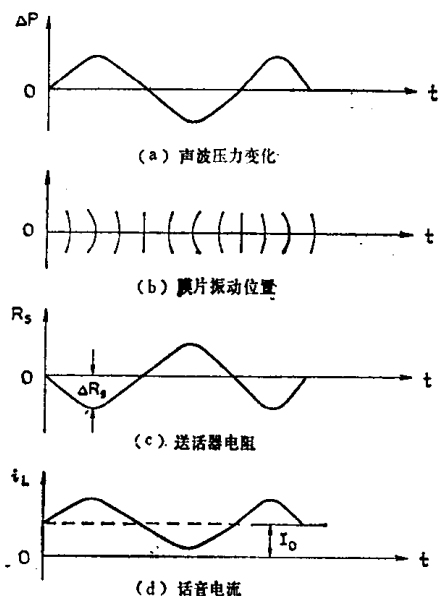


图 1-1-3 话音电流的产生

(2) 受话器

受话器又称耳机，它是将语声电信号还原成语声的装置。图1-1-4为一种受话器的示意图。它由永久磁铁、线圈、铁质振动膜片组成。当线圈中无话音电流 $i_{\text{话}}$ 时，永久磁铁使振动膜片略有弯曲。当输入话音电流时，假设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，则对铁质膜片的吸引力加强，使膜片更为弯曲；反之，假设话音电流为负半周时，信

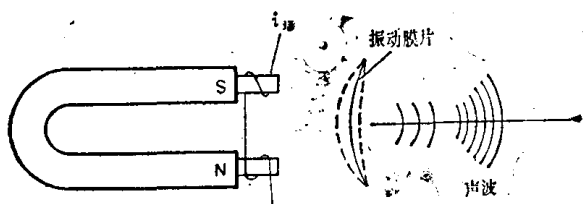


图 1-1-4 受话器示意图

号产生的磁场与永久磁铁磁场方向相反，则对铁质膜片的吸引力减弱，使膜片平直些。因此，在话音电流的作用下，振动膜片发生与话音信号规律一样的机械振动，激励附近的空气，使声波传入人耳，完成电声的变换。

2. 通话电路

(1) 不能使用的通话电路

上面已经介绍了声电互相转换和送话器、受话器的原理，很容易构成如图1-1-5所示的通话电路。使用这种电路可以实现双方通话，哪一方说话都可以听到。但是这个电路有很大缺点，不能实际应用。其主要原因是：

①在受话器中有直流通过。我们知道耳机中有永久磁铁，

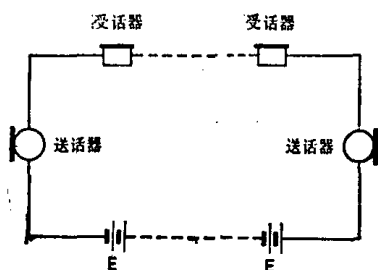


图 1-1-5 不能使用的通话电路

当耳机线圈中有直流通电时，就产生一个恒定磁场，这个磁场加在永久磁铁的磁场上，结果要么使磁力减弱，音量变小，要么使磁极饱和，引起话音失真。

②不能进行较长外线的通话。这是因为外导线有电阻，线路越长电阻越大，当电阻很大时，送话器电流很小，因此不能实现长距离通话。

③存在着侧音效应。就是耳机中能听到自己说话的声音。侧音会引起听觉疲乏，因而降低人耳收听电话的灵敏度。线路越长，对方的话音音量越小，则侧音效应越严重，当话音电流小时，室内背景噪声也会降低受话质量。

(2) 转电线圈的应用

造成以上①、②两个缺点的原因是电路中直流电流和交流电流（话音电流）混合在一起所造成的。因此可以利用变量器（转电线圈）来解决这个问题。如图1-1-6所示。这里直流不会流过受话器，因而不会影响永久磁铁的作用。另外直流电流不通过外线，外线电阻的影响可以忽略不计，而变量器初级电阻很小，因而可以保证送话器电流不随外线加长而变化。另外利用变量器可以实现阻抗匹配，使送出去的话音电流最大，从而提高传输信号的效率。

但是，图1-1-6的电路还不能防止侧音效应。这就是说自

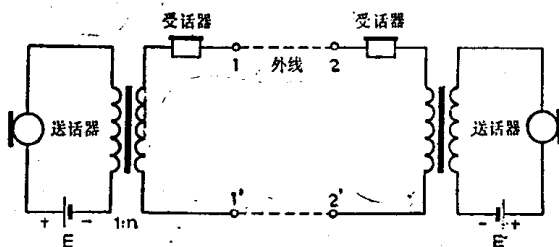


图 1-1-6 使用变量器的通话电路

已说话自己从耳机中还可以听到。如果在变压器次级抽一个头，改成图1-1-7的电路，就会使侧音大大减小。

(3) 实用通话电路

图1-1-7为什么会使侧音减小呢？我们将图1-1-7的电路改画成图1-1-8的等效电路。（这里将直流电源略去，只考虑交流成分）。

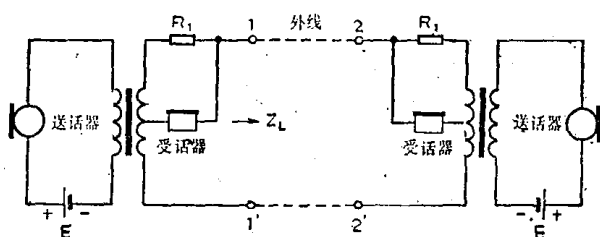


图 1-1-7 实用通话电路

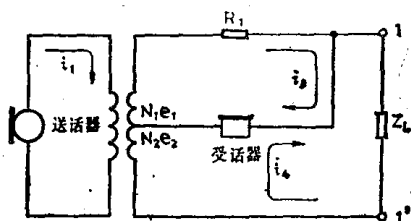


图 1-1-8 图 1-1-7的等效电路

i_1 在变压器初级流过，次级产生感应电动势，且满足：

$$N_1 = N_2; N_1 e_1 = N_2 e_2,$$

$$Z_L = R_1; i_3 = i_4$$

因 i_3 与 i_4 大小相等，方向相反，在耳机中电流抵消，可使侧音大大减小。上述电路只适用近距离通信。随着外线加长，话音电流在外线上衰减加大，到达接收端耳机中的电流很小，所以发出的声音很小，听不清楚。

3. 混合线圈的作用

要增加通信距离，必须解决对话音信号放大问题，但线路话音电流是双方向的。为了把两个方向的话音电流放大，就必须把一对线换成二对线，即把二线换成四线，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1-1-9所示。

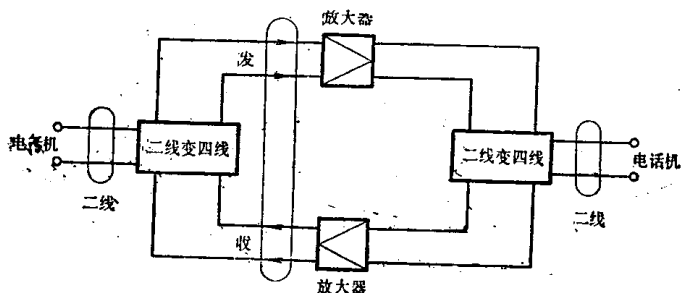


图 1-1-9 带有放大器的实用通话电路

那么什么样的器件可以完成二线/四线的转换呢？这可由混合线圈来完成。它是应用平衡线圈的原理制成的，其电路如图1-1-10所示，等效电路如图1-1-11所示。11'端接用户二线，

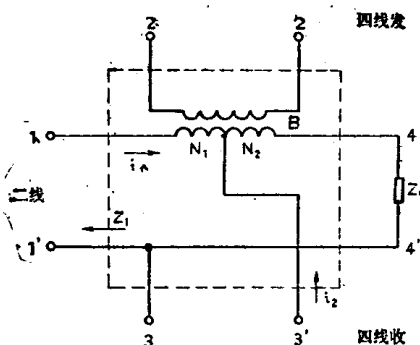


图 1-1-10 混合线圈原理电路

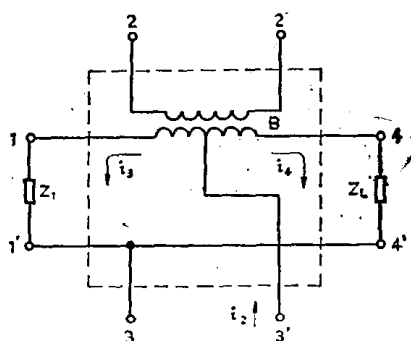


图 1-1-11 混合线圈等效电路

22' 端接四线发，33' 端接四线收，44' 端接匹配阻抗 Z_L ，使 Z_L 等于从 11' 端看进去的阻抗 Z_1 。

从二线来的话音电流 i_1 流经 N_1 、 N_2 ，在次级 22' 产生感应电动势，这就是四线发的输出信号。

i_1 在 33' 端也产生电压，但由于四线收的线路上有放大器，它不能反向工作，所以 33' 端对四线收电压不会有什么影响。

i_2 从 33' 端来的四线收电流进入变压器后分为 i_3 、 i_4 ，且因 $N_1 = N_2$ ， $Z_1 = Z_L$ ，所以 $i_3 = i_4$ ，由于 i_3 、 i_4 大小相等方向相反，在 22' 端感应电势相抵消，对发端没有影响。 i_3 流经 11' 端送至用户电话机。这样完成二线到四线的转换。

有了混合线圈以后，由于可在通信线路上加入放大器补偿线路的衰耗，使通信距离加长，可见在模拟电话通信线路上它是很重要的部件。

在数字电话终端机中，混合线圈同样是起二线到四线相互转换的作用。

实际应用混合线圈时，必须根据放大器增益和混合线圈制造工艺所能达到的平衡程度和线路阻抗变化范围等做合理的设计，否则电路会产生不稳定现象即振鸣，这在通信电路上是不可