



北京大学数字通信研究小组编

脉码调制 复接设备

人民邮电出版社

脉 码 调 制 复 接 设 备

北京大学数字通信研究小组编

人 民 邮 电 出 版 社

内 容 提 要

本书主要介绍脉冲编码调制二次群复接设备的工作原理，重点是介绍同步复接器的工作原理。全书共分七章。第一章综合讲述了复接器的基本概念和构成原理。第二章至第五章，分别介绍定时、码速变换和帧同步，等主要部分。第六章介绍监测、告警和自检等辅助电路。第七章介绍一种数字电话自动选址方案。全书比较通俗，可供从事数字通信的技术人员、工人和有关院校通信专业的师生参考。

脉 码 调 制 复 接 设 备

北京大学数字通信研究小组编

*

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 1981年2月 第 一 版

印张：6 12/32 页数：102 1981年2月河北第一次印刷

字数：144 千字 印数：1—3,500 册

统一书号：15045·总2453—有5191

定价：0.68 元

前 言

为了发展我国的数字通信事业，几年前，我们承担了几种数字通信终端设备的研制工作，同时从理论上和技术上进行了初步总结，并编写了讲义。本书是在这个基础上重新编写的，主要介绍脉码调制二次群同步复接一分接器。全书由曹金根同志执笔编写。张冰莹同志校阅了书稿，并对部分章节作了修改。先后参加设备研制等工作的还有潘君卓、余耀煌、石青云、刘有恒、黄桂森等同志，以及北京电源控制设备厂部分同志。

在编写本书过程中曾参阅了有关单位的资料，得到了一些单位的帮助，在此一并致谢。

由于编写者的水平所限，本书缺点、错误在所难免，恳请读者教正。

北京大学数字通信研究小组

1979年9月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 为什么要进行数字信号的复接	(1)
第二节 数字信号的复接	(8)
1. 同步	(8)
2. 复接	(6)
第三节 同步复接器的帧结构	(8)
第四节 异步复接器的帧结构	(14)
第五节 二次群同步复接器简介	(18)
1. 二次群同步复接器框图	(18)
2. 同步复接器的技术要求	(23)
第六节 二次群异步复接器简介	(25)
第二章 定时系统	(29)
第一节 同步复接器各种定时脉冲	(29)
第二节 定时系统框图	(31)
第三节 插入码的产生和检出	(35)
第四节 网同步简介	(38)
1. 采用高稳独立时钟	(38)
2. 主从同步方式	(39)
3. 互同步方式	(39)
第五节 收端主时钟的提取 (位同步)	(40)
1. 用滤波法提取主时钟	(40)
2. 用锁相法提取主时钟	(42)
第六节 异步复接器基群时钟的恢复	(46)

第三章 定时系统电路分析	(49)
第一节 主振荡器	(49)
1. 用集成电路组成的振荡器	(50)
2. 用分立元件组成的振荡器	(53)
第二节 复接分接脉冲、读写脉冲和勤务脉冲产生电路	(55)
1. 四分相电路	(56)
2. 三十三分频器	(58)
3. 八分相器	(62)
4. 复接分接脉冲的产生	(65)
5. 读写脉冲的产生	(66)
6. 勤务脉冲的产生	(67)
第三节 基群时钟产生电路	(68)
第四节 锁相电路	(74)
1. 鉴相器	(74)
2. 低通滤波器	(81)
3. 压控振荡器(VCO)	(85)
4. 锁相环的几个指标	(88)
5. 几个附加的设备	(89)
第五节 插入码产生和检出电路	(90)
第六节 异步复接器插入脉冲的产生与扣除	(92)
第四章 码速变换	(95)
第一节 码速变换的作用	(95)
第二节 电路分析	(97)
第三节 误码监测	(102)
第四节 输入端相位自动调整	(104)
第五节 异步复接器的码速调整电路简介	(106)
第五章 帧同步	(111)

第一节 帧同步的作用	(111)
第二节 帧同步码组的选择	(112)
1. 码组长短的选择	(112)
2. 码型的选择	(114)
第三节 帧同步码的产生	(117)
第四节 帧同步检出和保护的要求	(117)
第五节 强制置位同步法	(119)
1. 工作原理	(119)
2. 电路分析	(122)
第六节 逐码移位同步法	(134)
1. 工作原理	(134)
2. 电路分析	(135)
第七节 帧同步性能的测试	(141)
1. 同步引入时间的测试	(142)
2. 失步检测时间的测试	(143)
第八节 几个指标的近似分析	(144)
1. 系统平均持续工作时间 T_1	(144)
2. 同步引入的平均时间 T_2	(146)
3. 允许信号中断的时间 T_3	(149)
4. 失步检测时间 T_4	(149)
第六章 辅助设备	(153)
第一节 监测电路	(154)
1. 监测项目	(154)
2. 监测单元电路	(155)
第二节 切换方式考虑	(159)
1. 加切换为什么可以提高可靠性	(159)
2. 自动切换方式	(160)
3. 人工切换方式	(163)

第三节 告警	(164)
第四节 输出电路	(166)
1. 基群输出电路	(167)
2. 二次群输出电路	(168)
第五节 自检设备	(169)
1. 自检码的选择	(169)
2. 自检码的产生	(171)
3. 误码监测	(174)
第六节 邻站监测	(175)
第七节 和基群的接口设备	(176)
第七章 勤务电话选号方式介绍	(179)
第一节 概述	(180)
第二节 工作原理	(182)
1. β_F 码结构	(182)
2. 原理框图	(183)
第三节 电路分析	(184)
1. β_F 码的产生	(184)
2. 置位脉冲的形成	(188)
3. 码检出电路	(190)
4. 控制电路	(192)
5. 二极管—晶体管与非门电路	(193)
6. 中转门、回转门	(194)
第四节 使用说明	(196)
1. 打电话	(197)
2. 接电话	(197)

第一章 概 述

第一节 为什么要进行数字信号的复接

六十年代初期，国际上出现了一种新型的通信设备，叫做脉冲编码调制设备（简称脉码调制，或用PCM表示）。它是一种采用时分复用方式的数字通信设备。由于数字通信具有抗干扰能力强和便于加密等优点，所以发展很快。早期研制的脉码调制数字终端机，有24路和32路等几种集中编码的终端机，称为基群或一次群。此外还有增量调制数字终端机和传送数据的数字终端机。这些设备，有的能传电话，有的能传数据，有的电话、数据都能传。它们都是数字通信终端设备，输出的信号都是数字信号。目前国际上已广泛使用这些设备。

由于通信业务量越来越大，各种数字终端机越来越多，因此迫切需要研制中容量和大容量的数字传输系统。怎样扩大数字传输系统的容量呢？除了提高传输信道的频带外，还需要将不同的数字终端机合起来在一个信道上传输。例如在发送端将几个基群信码合起来成为一个二次群信码，通过传输信道送至接收端，在接收端把各个基群信号从二次群信码流中分出来，送给收端各个基群，这就是复接与分接（也叫合群与分群）。用同样的原理可由几个二次群合成三次群，由几个三次群合成四次群等等。由于各国情况不同，因而基群有24路和32路等几种型式，所以高次群的组群方案也不同。国际电报电话咨询委员会（简称为CCITT）推荐了两种组群方案，如表1—1所示。

表 1—1

	基 群	二 次 群	三 次 群	四 次 群
话 路 数	24	96	480或672	
数 码 率	1544千毕/秒	6312千毕/秒	32064 或44736千毕/秒	
话 路 数	32	120	480	1920
数 码 率	2048千毕/秒	8448千毕/秒	34368千毕/秒	139264千毕/秒

几个基群复接需要有复接的设备。研制脉码调制复接设备有很大的经济意义。这在中、长距离的通信中是很明显的。例如在两个相距几千公里的大城市间需要开通1920路电话，如果只采用32路的基群设备，则两头的终点站各需要64个基群终端机，此外还要提供64个传输信道，这要花费大量的人力、财力和物力。如果采用高次群复接设备，则需要一个四次群复接器和相应的低次群设备。从终端设备来说，用得比原来多。但是，传输信道却只需要一个。当然，高次群对信道的要求比基群对信道的要求高。但即使这样，还是采用高次群比较经济。

脉码调制设备输出的信号都是数字信号，所以高次群复接分接设备就是复接和分接数字信号的设备。

通信系统除了传输电话和数据外，也传输其它宽带信号，例如可视电话，频分制载波信号和电视等。为了提高通信质量，这些信号也可以采用脉码调制等方法，变成数字信号。这些数字信号可以单独传输，也可以和相应的脉码调制高次群一起复接成高一级的设备。图1—1画出了一种高次群混合构成示意图。

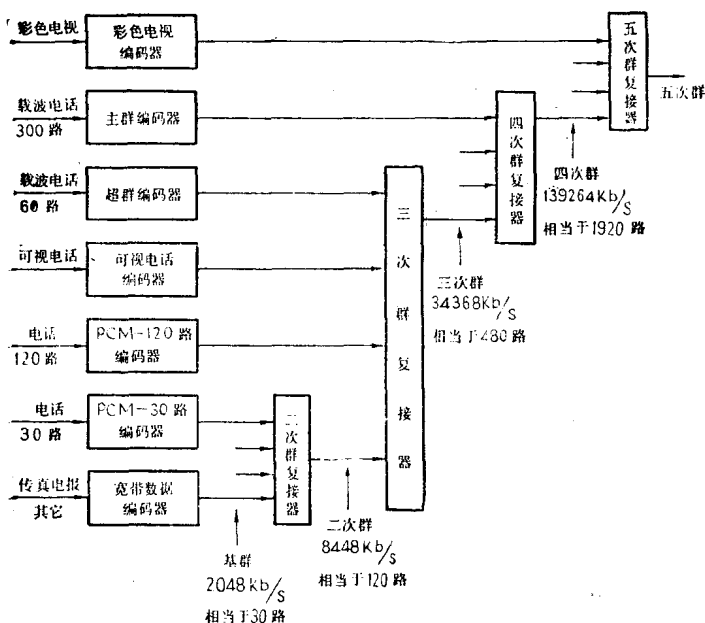


图 1-1

第二节 数字信号的复接

数字信号的复接，要解决两个问题：同步和复接。所谓同步就是要使几个数码率不同的数字信号变得一致起来（这时就称几个信号是同步的）。复接就是把几个数码率完全相等的信号合成一个总的数字信号。本节就介绍同步和复接的问题。

1. 同步

几个数字信号，如果是由各自的时钟产生的，即使它们的

标称数码率相等，例如都是2048千毕/秒，但由于它们都允许

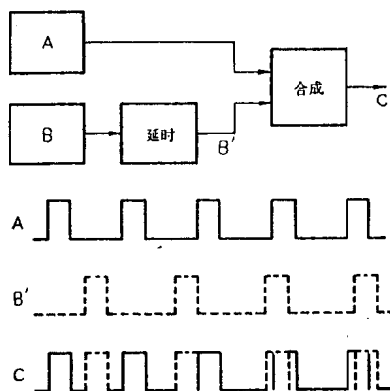


图 1-2

有 ± 100 毕/秒的误差，因此它们的瞬时数码率一般总是不相等的。这样的几个数字信号如果简单地用一个“或门”加起来是不行的。如图1—2所示， A 、 B 是两个数码率不同的数字信号， B 经过适当延时成为 B' ，然后和 A 信号合成为 C 信号。由图可见，开头几个码还好，但到后

来就出现重迭和错位现象。这样的合成信号就无法分开了，也就是无法恢复原来的 A 、 B 两个信号了。因为重迭、错位的信号，无法正确区分哪一个码是属于 A 的，哪一个码是属于 B 的。由此可见，不同数码率的数字信号不能直接合起来。

再看图1—3。如果 A 、 B 的时钟都由同一个主振荡器供给，这时 A 、 B 输出的数字信号数码率完全相等。如果将 B 信号适当延时变成 B' （ B' 的码刚好对准 A 信号码之间的空隙位置），然后将 A 和 B' 合起来，就得到总信号 C 。由图可见，这样合成的信号没有重迭和错位现象。将这样的合成信号分开（分接）就不会发生错误。

由此可见，只有数码率完全相等的数字信号才可以复接。图1—3表示的是一种简单的情况，即各个数字信号由同一个振荡器提供的时钟产生（这叫同源信号）。如果各个数字信号由不同的时钟源产生（叫做异源信号），就需要把数码率不同的信号变成一致，这就叫异源信号的同步（这里讲的同步和下面

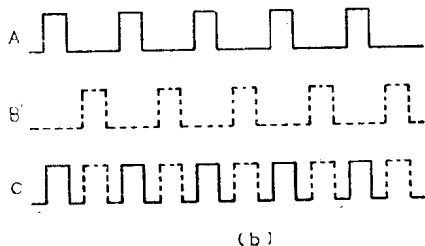
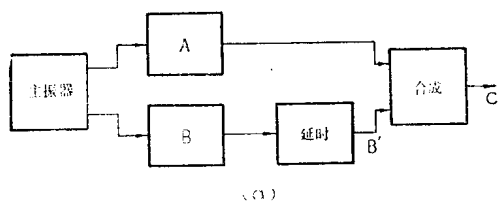


图 1-3

要介绍的帧同步不同)。

同步的方法，一般采用“脉冲插入法”。就是人为地在各个信号中插入一些脉冲，通过控制插入脉冲的多少来使各个信号瞬时数码率达到一致。这种方法用在各个信号数码率比较接近的场合。比如四个基群信号的瞬时数码率略有差别，我们在瞬时数码率低的信号中多插入一些脉冲，在瞬时数码率高的信号中少插入或不插入脉冲，使这些信号在分别插入适当的脉冲后，变成瞬时数码率完全一致的信号。这种方法，叫做“正码速调整”。

插入的脉冲，在接收端要去掉。去掉插入脉冲后，在信号中会留下空隙，也就是这时候码的宽度不相等，有的宽，有的窄，所以需要“平滑”一下，使不等宽的码尽可能等宽。但实际上，这种不等宽的现象还或多或少存在一些，这就叫“相位抖动”。采用正码速调整，相位抖动问题比较严重。但这种方

法比较容易实现，这是它的优点。

为了减小相位抖动，又提出了叫做“正负码速调整”的方法。它是这样调整码速的：对瞬时数码率较低的信号，插入一些脉冲；对瞬时数码率较高的信号，则适当抽出一些码，这样也可以使几个信号的瞬时数码率一致，达到同步的目的。抽出的信码，通过另外的信道传输到接收端，再补到原来的位置上。这种方法的优点是相位抖动小，但实现起来要困难一些。

对于数码率相差较大的信号，例如一个2048千毕/秒的信号和一个1544千毕/秒的信号复接，因为后者要插入很多不携带信息的脉冲，降低了信道利用率，因此一般是不能复接的。但是如果一个信号的数码率是其它信号的整数倍，例如一个信号数码率为4096千毕/秒，另外两个信号数码率都是2048千毕/秒，那么这样几个信号是可以复接的。

2. 复接

几个数字信号数码率完全相等，就可以复接了。所谓复接，就是对数字信号实行时分复用。也就是把时间分割成一个一个的间隔，令不同的信号占据不同的时间间隔。在接收端，再把占据不同时间间隔的信号一一分开，恢复成原来的信号，这就是分接。

通俗一点讲，我们可以设想在发送和接收两端各有一个开关，开关依次接通各个信号。看图1—3，把合成部分看成一个开关，它一会儿接通A，让A信号通过；一会儿接通B'，让B'信号通过。在接收端的开关和发送端的开关同步工作，在发端接通A时，接收端也接通A，把总信号中A的信号送给收端的A；在发端接通B时，收端也接通B。这样就可以实现复接和分接了。当然，这开关不能是机械开关，而是工作速度很

高的电子开关。实际上只要用一些与门和或门就可以组成电子开关，这将在第三章中介绍。

当电子开关依次接通各个信号时，各个信号就依次通过。但是，每个信号每次通过几个码呢？是每次通过一个码（象图1—3那样），还是每次通过几个码？这就是复接单位取多大的问题。一般有三种复接方法。

第一种叫“按位复接”，也叫“毕特单位复接”。这种方法每次只复接一位码。图1—3就是这种方法。如果复接四个基群的信号，则第一次取第一基群的第一位码，然后取第二基群的第一位码，再取第三基群、第四基群的第一位码。接下来取第一基群的第二位码，再取第二基群的第二位码，依次类推，往复循环。如图1—4所示。这种方法简单易行，应用最多。它的最大优点，就是它只需要容量很小的缓冲存贮器。为什么要缓冲存贮器呢？看图

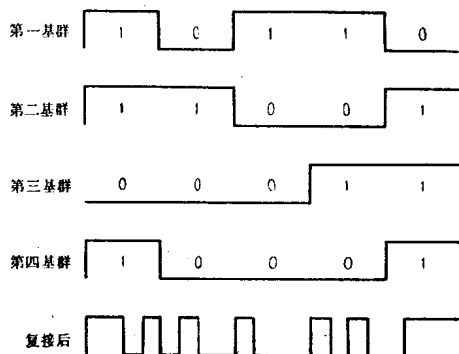


图 1-4

1—4，因为在复接第二、第三和第四基群的信号时，第一基群的信号还是在送来，可是还轮不到复接它，所以要有一个缓冲存贮器来存贮它。每个基群都需要缓冲存贮器。不过，采用“按位复接”方法时，因为在其它三个基群复接期间，第一基群只送来差不多一位码，再留点富裕量，这缓冲存贮器只要能存贮两位码就够了（这缓冲存贮器的容量就叫2毕特）。这样小容量的缓冲存贮

器，实现起来非常容易。复接后每位码的宽度只有原来的四分之一宽了。

第二种方法叫“按字复接”。对基群来说，八位码代表话音的一个取样值，所以八位码可以算一个“字”。这种复接法每次复接某个基群的八位码，四个基群的码轮流被复接。这种方法需要容量较大的缓冲存贮器。因为在复接第二、三、四基群的各八位码时，第一基群的码还是源源而来，这些码都要在缓冲存贮器中存贮起来。由于需要容量较大的缓冲存贮器，致使电路复杂，因此这种方法目前应用很少。

第三种方法叫“按帧复接”，就是依次复接每个基群的一帧码（每个基群一帧有256个码）。这种方法不破坏原来各个基群的帧结构，这是它的优点。但是，它需要容量很大的缓冲存贮器，因此极少使用。

我们要介绍的二次群复接器，就是采用“按位复接”的方法。

第三节 同步复接器的帧结构

将几个数字信号流合起来叫复接，在接收端将合成的总信号分成几个数字信号叫分接。完成复接和分接任务的设备叫复接一分接器，有时也简称为复接器。将四个基群复接起来的设备就叫做二次群复接一分接器。

如果四个基群由同一个主振荡器提供时钟信号，则它们输出的信码数码率完全相等，也即这四个被复接的信号是“同步”的。这样的复接器叫同步复接器。如果复接的四个信号是异源的，就叫异步复接器。

是否只能复接四个32路的基群呢？当然不一定。脉码调制

有个缺点：少量话路上下不方便（因为它是集中编译码的，只能一个基群上或下），而增量调制上下话路却很方便（因为它是单路编译码的），所以在长距离中继通信中，如果其中有一个增量调制的设备，就可以满足许多小的中继站上下少量话路的需要，显得非常灵活。当然，增量调制的话音质量比脉码调制的稍差一些。所以长距离的话路还是用脉码调制设备。如果采用脉码调制和增量调制混合组群，则总的数码率仍然是8448千毕/秒，因为一个64路的增量调制设备的数码率也刚好是2048千毕/秒，和一个32路的脉码调制基群的数码率一样。所以仍可理解为由四个数码率为2048千毕/秒的基群复接。

本节介绍同步复接器的帧结构。所谓帧结构就是指一帧内的时间分配关系，也就是一帧内各个码位如何分配。下面先介绍对几个基本问题的考虑。

采用“按位复接”方法的同步复接器，它的缓冲存贮器的容量由下式决定

$$M = \frac{U(m-1)}{m} + 1 (\text{毕特})$$

其中 U 为复接单位的毕特数， m 为复接的基群数。将 $U = 1$ ， $m = 4$ 代入上式，得

$$M = \frac{1 \times (4-1)}{4} + 1 = 1.75 < 2 (\text{毕特})$$

因此缓冲存贮器的容量取2毕特就够了。

四个基群信码用“按位复接”法复接起来，每个基群的数码率是2048千毕/秒，所以总信号的数码率为 $4 \times 2048 = 8192$ 千毕/秒。但是，这样合成的信码流，因为其中没有帧同步码，所以无头无尾，无法辨认哪一位码是哪一个基群的，因而在接收端无法正确地分接。为了解决分接问题，在总信码中插入