

672

71916-9
Z3/6

无线电话机故障诊断与处理技术

张治荃 主编

中 国 铁 道 出 版 社

2001年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书着重介绍调频(相)无线电话机故障处理及其相关问题。全书共分六章,内容包括:绪论,无线电话机中的电子元器件,无线电话机故障检修方法,无线电话机常见故障的分析及其处理,无线电话机故障检修实例,无线电话机的测试及检修仪表等。

本书可供从事无线电话机故障维修及生产调试等工作的人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

无线电话机故障诊断与处理技术/张治荃主编. —北京:中国铁道出版社,2001.2
ISBN 7-113-04041-1

I. 无… II. 张… III. ①无线电话—电话机—故障诊断②无线电话—电话机—维修 IV. TN916.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 01061 号

书 名:无线电话机故障诊断与处理技术

著作责任者:张治荃 主编

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

策划编辑:安颖芬

责任编辑:安颖芬

封面设计:冯龙彬

印 刷:北京市彩桥印刷厂

开 本:787×1092 1/16 印张:12.5 插页:7 字数:309 千

版 本:2001 年 9 月第 1 版 2001 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~2500 册

书 号:ISBN 7-113-04041-1/TN·130

定 价:26.50 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换

前 言

现代移动通信以它具有的快速高效、灵活方便等特点,倍受人们的青睐,成为当今社会中最受欢迎的通信方式。

随着移动通信的飞速发展和移动通信设备的日益普及,设备的维护和故障检修问题也逐渐地突出起来。广大的从事设备检修工作的人员迫切地希望不断地更新自己的知识和提高维修技术水平,以便在故障的诊断与修理过程中发挥主观能动性,减少盲目性,克服片面性,从而达到事半功倍的效果。

为适应当前移动通信发展的需要,笔者在中国铁道出版社的支持和鼓励下,结合自己多年的工作体会,主持编写了本书。希望本书能得到读者的喜欢。

为了提高本书的实用性和可读性,邀请了几位多年从事移动通信教学、科研、设备制造、故障检修等方面的教授、专家和工程师加盟工作。参加本书撰写以及资料的搜集整理和绘图人员有:林福华、王燕萍、郭玉翠、史炳荣、郝建平、张雨冬、李开成、张湘宁和张治荃等。本书是集体劳动的结晶。

此外,本书的出版还要衷心感谢中国惠普有限公司的陈力先生、何激扬先生的关心与支持,以及中国铁道出版社黄成士副编审和安颖芬编辑给予的热情指导和多方面的帮助。

由于编者水平所限,书中的缺点和错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

张治荃谨识

2001年2月于北京

第一章 绪 论

第一节 无线电话机概述

一、移动无线通信与无线电话机发展回顾

移动无线通信(或称移动通信)是当今社会中使用最为广泛和最受人们欢迎的通信方式。它以其快速、高效、灵活和方便等特点深受人们的青睐。进入 20 世纪 80 年代以来,移动通信以前所未有的高速度向前发展,至今方兴未艾。而设计精巧、性能优良、功能齐全的各种类型无线电话机,诸如蜂窝移动电话机、无线寻呼机、无绳电话机以及各类专用无线电话机已成为大众爱不释手的现代化通信工具。如今,BP 机、手持电话机已成为当代社会的新时尚。

移动通信发展的历史最早可追溯到 19 世纪末叶。1888 年德国物理学家 H·R·赫芝通过实验证实了电磁波的存在。1897 年意大利物理学家 M·G·马可尼(M. G. Marconi)首先利用无线电波成功地实现海上无线电报通信传输试验,从此开创了人类历史上移动无线通信的先河。在其后的年代中,移动通信大体上又经历了几个不同的发展阶段,才形成今天的规模和格局。20 世纪 20~40 年代主要是进行短波段无线电波传播试验、无线电通信试验以及建立单一的专用无线通信系统。例如 1921 年和 1932 年分别在美国底特律和纽约相继建立了公众安全部门的警车无线调度通信系统。使用的是短波 2 MHz 频率。40~60 年代除了相继开发出甚高频(VHF)和特高频(UHF)新的通信系统外,重点解决进入公众电话交换网的接续问题。1964 年美国建立的 IMTS 系统实现了自动拨号和自动信道追踪,首次采用蜂窝概念。嗣后,欧洲的英、法、德等国也相继推出各自的移动电话系统。至 70 年代中期,随着移动用户的增加,业务范围不断扩大,原有的频段已不能满足发展的要求,频道越来越拥挤不堪,频率资源短缺与供需矛盾日益尖锐,频率问题成了当务之急。其出路是一方面开拓新频段,如向 800 MHz 和 900 MHz 进军;另一方面,提高现有频谱的利用率,如采用频率复用和多信道共用等技术方式。1974 年美国联邦通信委员会(FCC)分配给 800 MHz~900 MHz 新系统试验频率。1978 年国际无线电咨询委员会(CCIR)第四研究组提出了关于提高陆地移动通信业务频谱效率和多波道共用系统的新课题,是这方面的重大举措。进入 80 年代移动通信得到空前的大发展,各种新系统、新产品如雨后春笋般的不断涌现出来。在公众移动通信方面,推出了大容量、全自动接入、频率可以复用的小区制蜂窝移动电话系统。例如,美国的 AMPS、北欧的 NMT、英国的 TACS、德国的 C 系统、日本的 HCMTS 等相继投入市场。1981 年带宽为 40 MHz 的 800 MHz~900 MHz 蜂窝移动电话也在美国问市。此外,物美价廉、经济实惠的无线寻呼和无绳电话争相投入商用。在专用移动通信方面,出现了多信道选取和动态分配信道的集群通信系统。这种新的集群通信系统最大的优点是实现了用户在频率资源、信道设备、建网费用、通信业务以及电波覆盖区等方面可以共同享有的权利(统称为资源共享),典型产品有摩托罗拉公司的智慧网(SMARTNET)、有利电公司的 FAST、诺基亚公司的 ACTIONET、日本的 MCA 等系统。

移动通信的发展必然带来移动通信市场的繁荣与进步,下面的事实就是最好的例证。1983 年投入运营的美国芝加哥蜂窝汽车移动电话系统,每年新增加的用户在 40 万户以上,年递增

率为 30%~40%。又如在我国,10 余年前蜂窝移动电话业务还是个空白点,自 1987 年首次开办此项业务以来,平均每年以 150% 的高速率增长,在短短的 10 余年时间内,我国移动电话手机用户已突破 5 000 万大关,仅次于美国,成为世界上第二大移动通信市场的国家。曾几何时,还被称为贵族手中的玩艺儿的它,现已进入寻常百姓家,这种发展速度大大超出人们意料和行家们的预测,在世界上也是少有的。因此,一个巨大的迅速发展的中国移动通信市场已成为各国大通信公司竞相争夺的目标,诸如摩托罗拉、爱立信、诺基亚、西门子、飞利浦等世界著名的大公司纷纷来到中国投资设厂,开办公司或设立商务代表处,开展了激烈的市场竞争。

同模拟通信相比,数字通信技术更为先进。数字通信不仅具有容量大、通话质量高、保密性能好、抗干扰能力强等优点,而且除了提供通话业务外,还能提供数据、传真、影视和电子商务等多种非话业务,并且容易进入综合业务数字网(ISDN)和国际互联网(Internet)。因此,80 年代初,欧洲、北美的一些国家和日本就着手研究开发第二代蜂窝移动电话系统,即数字蜂窝移动电话系统。经过几年的努力,80 年代末欧洲联盟率先推出了数字蜂窝移动电话系统 GSM(即泛欧数字移动电话网),实现了欧洲各国过网“漫游”通信。随后,美国的 ADC 和日本的 JDC 新型数字系统也相继面市,从而使移动通信发展进入到一个崭新阶段,人们称之为移动通信发展的第二个里程碑。90 年代初,人们又提出了发展个人通信业务(PCS)新概念。其基本含义是,地球上任何人,在任何时间、任何地点,能同地球上任何人以任何方式进行各种通信(包括话音、图像、数据、传真等电信业务)。显然,实现个人通信要求全球为一个通信网,个人拥有通信终端和个人通信号码(PIN),通信不受时间与空间的限制,从而达到所谓理想的通信境界。可以预料,目前的公众电话交换网、数字蜂窝移动通信网和数字公用无绳电话系统以及正在研制的各种低轨道移动卫星通信系统等,将是过渡到未来个人通信最重要的基础设施和中介手段。无疑,未来个人通信的实现将把人类带入到 21 世纪信息传递的新时代。

然而,就在这世纪之交,人类社会刚刚进入 2000 年时,一种符合 IS-2000 标准的 CDMA 2000 新系统已经面世。标志第三代移动通信(3G)已经到来。这种新系统,无论是在信息传输速率或者是在容量方面都是第二代的 GSM 系统不能相比的,具有上网功能,集话音、数据和多媒体等多种业务为一体的 CDMA 话机已显示出巨大的吸引力。

无线电话机是移动通信系统中的最基本组成部分。两者的关系犹如现代化的高楼大厦离不开钢筋与水泥一样,紧密相联、融成一体,相互支持与衬托,没有品质优良的无线电话机便不会有先进的通信系统。无线电话机发展的历史是同移动通信发展分不开的,也就是说同样经历了几个发展阶段。根据无线电话机所应用电子器件的不同,大致可归纳为下面几代机型:

第一代 真空电子管型

早期的无线电话机采用真空电子管作为电路设计的主体,分别承担电路中的信号放大、振荡、变频和调制解调等方面的功能。其显著特点是体积庞大、重量惊人、耗电量多、不便于携带使用,通常用于固定通信或装置在飞机、轮船、火车和移动车辆等交通工具上作为通信联络的手段。

第二代 半导体晶体管型

20 世纪中叶,随着半导体电子学理论的进展和半导体材料工艺研究的突破,1947 年世界上第一只半导体晶体三极管研制成功,标志着电子器件进入了新时代,从而为无线电话机的改型换代提供了新的契机。同电子管相比,晶体管具有体积小、重量轻、耗电量少、抗震性能好等优点。因此,很快地为无线电话机所采用。先是在中低频部分取代了电子管的使用。60 年代以后,半导体器件的生产工艺不断地改进和完善,高频大功率晶体管制造技术得到突破,从而使晶体管完全取代电子管成为可能,无线电话机最终实现了晶体管化。其结果是,一方面促使了无线电话机在

体积、重量和电量消耗等方面进一步下降,另一方面促进了便于携带使用的手持机的发展。各种类型的手持无线电话机相继面市,受到用户普遍的欢迎。市场调查表明,对携带无线电话机的需求量远远地超过了对固定无线电话机和移动无线电话机的需求量。因而手持机成为无线电话机家族中最年轻而又最赋生命力的新成员,从而完善了移动通信的制式系列。

第三代 集成电路型

随着电子科技不断地进步,70年代以来微电子工业异军突起,半导体集成电路的问世标志着第三代电子器件的诞生。这种新型电子器件电路的集成度几乎是以每两年翻一翻的速度向前发展,为无线电话机设计的各种模拟的或数字的集成电路纷纷登市。例如,用于频率合成器 MC145145 系列,用于发射机的 MC2831 系列,以及用于接收机的 MC3357 系列等等。新器件的广泛采用,有力地促进了无线电话机从晶体管分立元件电路向半导体集成电路发展,其结果是极大地加速了无线电话机的小型化和袖珍化。例如,90年代第二代数字蜂窝移动电话机其体积缩小到原来电子管型的 $1/60$,重量降低到 $1/40$,耗电量也大大地减少,而且功能增多、性能提高。从而,集成电路的应用又将无线电话机的发展提高到一个新的水平。

第四代 高科技数字型

80年代以来,随着半导体集成电路技术高速发展,大规模、超大规模集成电路相继问世,微型计算机的发展蒸蒸日上、欣欣向荣。以单片微机、数字锁相环频率合成器和可编程半导体存储器为代表的一批高科技产品进入无线通信机领域,它们之间有机结合从而产生了新一代无线电话机,这便是称之为高科技数字型无线电话机。其显著特点之一是它的可编程性能。用户只要对无线电话机重新编程,便可以根据自己的要求来修改原有的信道或呼叫信令,其操作简单、实现容易。这种要求在以往的无线电话机中需要通过重新设计硬件才能达到。高科技无线电话机是朝向数字化、多媒体、移动互联网及个人化通信发展的第一步。

第五代 多媒体网络型

当今世界信息通信技术发展速度之快是人们始料不及的。往往我们今天认为不可能的事情,也许明天出现在现实生活之中。国际互联网的兴起便是一个很好的例子。若干年前“互联网”一词仅仅是教科书上的专业技术词语,而今“网络时代”、“网络经济”、“网上冲浪”、“网上购物”等时髦用语媒体上随处可见,经常成为人们生活中谈论的话题。或许这一切正在改变我们的生活方式和各种思维观念。

随着互联网的广泛崛起,移动互联网也应运而生,因而又出现了新一代无线电话机,称之为无线应用协议(WAP)手机,通称为 WAP 手机。同第四代电话机相比,这一代电话机的显著特点是:具有上互联网功能,集话音、数据和多媒体功能于一身。为与前者区别,不妨称它为第五代多媒体网络型电话机。

现在,人们应用 WAP 手机不仅可以进行通话、传数据,还可以随时随地进行移动办公、网上购物、股市交易等电子商务活动,以及旅游休闲时收看影视娱乐节目。WAP 手机让人们足不出户能分享现代通信带来的经济实惠,方便快捷的各种信息以及健康欢乐的生活环境;让古代神话中的“千里眼和顺风耳”成为现实;让旧时的“秀才不出门,全知天下事”变为可能。值得庆幸的是,人类成为信息时代的主人的日子已经到来。

综上所述,不难看出,无线电话机发展的历史就是移动通信发展的历史,也是电子通信科技不断进步的历史。无线电话机的发展经历了从大到小,从重到轻,从单工单信道单话路到双工多信道多话路,从低频到高频,从单一的通话业务到既能通话又能传输数据、图像和传真等多种非话业务。总之,无线电话机发展过程充分体现出事物发展总是由简单到复杂,由低级到

高级这一循序渐进的规律。

二、无线电话机在社会经济生活中的作用

如今,人类社会已进入 21 世纪。经济全球化、产业信息化、信息网络化是当今世界发展的大趋势。发达国家已从工业化经济转型到信息化经济。因此,对于跻身于市场经济中的企业家来说,“时间便是金钱,信息便是财富”成为其座右铭。在商机无限的大潮中,经理们不是在等待谈判结果,便是在等待决策层的回音。显然,方便快捷的无线电话机将为他们及时提供方便。其次,不论是政府的采购行动,还是市民的购物活动,如今使用无线电话机能随时随地进入互联网从事电子商务交易,从中得到最佳的回报。还有,在金融股票市场中,股市行情风云变幻,时刻牵动广大股民的心,成败得失全在一息之间的决择,因此股市信息成为他们的“生命线”。现在,使用无线电话机获取最新信息,不失为其明智的选择,不仅如此,无线电话机的用途还广泛表现在:电信部门的公众移动通信,政府机关的抢险救灾通信,公安警务通信,交通运输部门的指挥通信,以及工矿企业、农林牧副渔各业的生产调度通信等方面。其快速高效、灵活方便等特点是其他通信手段所不能替代的。仅以铁路运输为例,无线电话机的重要作用如下:

1. 提高劳动生产率,经济效益明显

铁路运输是国民经济大动脉。在现代铁路运输中,各国铁路都广泛采用无线电话通信来控制 and 指挥列车运行作业。其显著作用之一,是能提高劳动生产率和取得明显的经济效益。这是因为列车装备无线电话之后可提高线路的通过能力,增加运输流量以及提高车站的编组能力。

2. 确保行车安全,防止和减少事故的发生

安全是铁路运输的生命线,是保证铁路正常运输的重要前提。据多年资料统计,每年我国铁路列车无线电话就防止各类行车事故近 5 000 件,被列车乘务员称之为行车安全的保护神。

3. 改善作业条件,减轻劳动强度

在调车作业中由于采用了先进的无线通信工具,作业人员之间的相互联络极为方便,只要轻轻触下通话键仅仅几秒钟的对讲,就可以代替以往需要长时间的奔跑和大声呼喊的劳苦,既迅速又方便,实为举手之劳何而不为!

三、无线电话机传递信息基本过程及与有线电话机的主要区别

移动通信系统通常是由固定无线电话机(固定台/基地台)、移动无线电话机(移动台)和手持无线电话机(便携台)以及相关的控制和天线装置组成,如图 1.1 所示。无线电话机作为信息传递的基本工具其主要的工作过程如下:

第一,语言信息的采集。即通过声电变换器件(话筒)将话音声波转换成对应变化的电信号。这一过程称之为声电变换。

第二,语言信息的加工处理。如将话音信号滤波、压缩和提升、瞬时频偏控制以及模数变换等调制前的预处理工作。

第三,语言信息的传递。在无线通信中,调制的过程是将话音信息“装入”具有辐射能力的

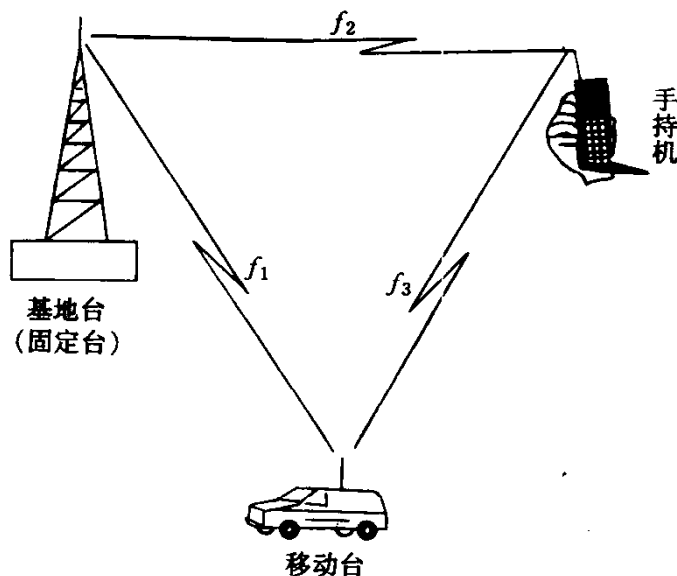


图 1.1 移动通信系统基本组成

射频信号中,然后,通过天线向空中辐射载有语言信息的电磁波信号。

第四,语言信息的还原。接收机在接收空中电磁波信号后,通过选频放大、变频、解调等反变换过程在电声器件(扬声器、耳机)中重现语言信息。这一过程称为电声转换。

以上的过程可以用图 1.2 表示。

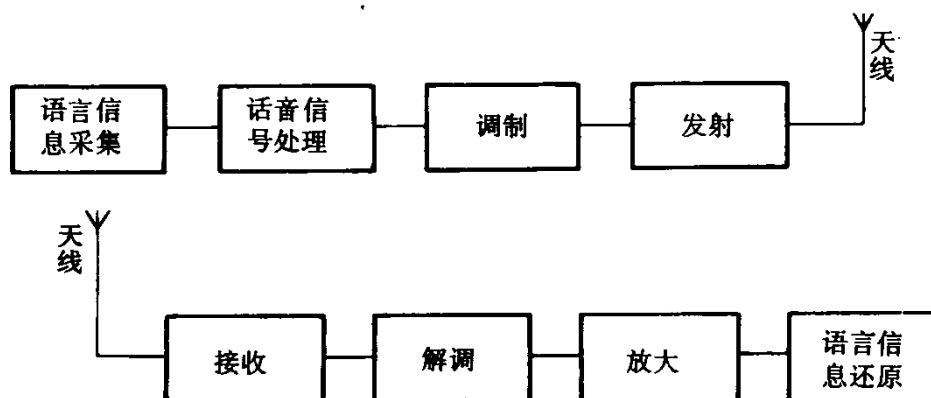


图 1.2 无线电话机信息传递基本过程

总之,无线电话机是集信息采集、储存、加工处理、变换控制和传输接收于一体的通信装置。从某种意义上讲,一部无线电话机好比是一个可移动的微型“电话局”。这正是,麻雀虽小,五脏俱全。小小电话机,真正的高科技。

在我们日常生活中,还广泛使用另一种型式的电话机,这就是先于无线电话机问世的有线电话机。它也是传递语言信息的重要工具。虽然无线电话机和有线电话机同属用户终端设备,由用户直接操纵,但是它们之间在电路构成方面存在着根本差别。这是由于两者分属不同的通信技术方式,各自传输的媒体不同,各自在系统中所起的作用也不一样,因而就决定了电话机在设计制造过程中的技术要求也不尽相同。例如,无线电话机中同时存在高、中、低三种不同的频率成分和与之对应的振荡、变频、调制、解调等信号变换电路,而在有线电话机中不存在上述电路。又如无线电话机经常用于户外,这就要求它们不仅体积小、重量轻、操作灵活、携带方便,而且还要求能适应恶劣气候环境以及具有抗冲击、耐振动等结构性能。这些性能也是有线电话机所不具有的。可见,无线电话机与有线电话机相比,技术上要求高、电路复杂、工艺结构严格、加工制造困难。尤其是在现代无线电话机中,应用了微机等一批新技术成果以后,更加使得无线电话机成为高科技通信产品。

四、无线电话机分类

无线电话机用途广泛、种类繁多、制式功能不尽相同。可从服务对象、设置方式、使用频段、信号制式、通信方式、调制方式等方面对无线电话机进行分类。

(一)服务对象

1. 公众无线电话机 为大众所使用。如蜂窝移动电话机、“BP”机、无绳电话机,可与公众电话交换网互联,具有过网“漫游”功能。

2. 专用无线电话机 供政府机关、企事业单位指挥控制和调度等用。一般不与公众网互联,也不要求过网“漫游”。

3. 业余无线电话机 供业余无线电爱好者使用。工作在指定无线电频段。

(二)设置方式

1. 固定无线电话机 常设置于指挥调度中心或基站。

2. 移动无线电话机 通常设置于飞机、列车、轮船和各种移动车辆等交通运输工具上。

3. 手持无线电话机 供户外流动人员通信联络之用。

(三)使用频段

1. 高频(HF)无线电话机 通常指工作在 $3\sim 30\text{ MHz}$ 频段的无线电话机,对应波长为 $100\sim 10\text{ m}$ 。

2. 甚高频(VHF)无线电话机 指工作在 $30\sim 300\text{ MHz}$ 频段,对应于波长为 $10\sim 1\text{ m}$ 的无线电话机。

3. 特高频(UHF)无线电话机 指工作在 $300\text{ MHz}\sim 3\text{ GHz}$ 频段,对应波长 $1\sim 0.1\text{ m}$ 的无线电话机。目前,除已广泛使用的 450 MHz 、 800 MHz 和 900 MHz 频段的机型外,一种既能适用蜂窝模式又能用于卫星模式的多模无线电话机已面市。

(四)信号制式

1. 模拟无线电话机 用于传统模拟制式系统之中,只能提供话音业务。

2. 数字无线电话机 用于数字制式系统中,话音质量高、保密性能好、业务种类多,是能进入互联网的新一代机型。

(五)通信方式

1. 单工无线电话机 交替进行送话和受话,按频率又分为同频和不同频单工机型。

2. 双工无线电话机 同时进行送受话,通常为收发不同频率机型。

3. 单向无线电发射机 只发信不能收信,常用于广播和舞台等系统中,也称为无线话筒。

4. 单向无线电接收机 只能收信,不能发信,如无线寻呼机(BP机)、广播接收机等。

(六)调制方式

1. 调幅无线电话机(AM) 对射频幅度进行调制,如单边带(SSB)无线电话机。

2. 调频无线电话机(FM) 对射频频率进行调制,抗干扰性好,是使用最多的机型。

3. 调相无线电话机(PM) 对射频相位进行调制,抗干扰性能好,是使用最广泛的机型。

此外,可以占用通道带宽分为窄带无线电话机和宽带无线电话机,还可以发信功率的大小来进行分类等。

五、无线电话机常用的名词术语

无线电话机是有其技术特性的。它表征无线电话机品质的优劣。检定和评价无线电话机性能的客观依据是无线电话机的各类技术标准,而这些标准的制订是根据当时的科技水平、国家的有关技术政策、制造企业的生产能力以及结合用户的要求等方面的因素来进行的。每当我们在阅读技术资料或检定测试电话机的技术指标时,常常会涉及到各种技术术语。窄带调制无线电话机常用的术语有:

(一)载频频率稳定度

载频频率稳定度是指发射机在规定条件下工作时其未调制频率与标称载频之差值。它表征发射机保持预定工作频率的能力。发射机载频稳定度取决于载频信号源的稳定度,亦即载频振荡器的稳定度,在晶体控制的振荡器中,决定于晶体谐振器的稳定特性。随着电子科技的进步,发射机频率稳定特性也在逐渐提高。从早期的真空电子管型机到90年代全固态集成电路

机型,其频率稳定度指标分别从 20×10^{-6} 提高到 5×10^{-6} 以上。发射机频率稳定性越高意味着无线电频谱越能得到有效的利用。无线电信道的间隔从早期的 100 kHz 缩小到现在的 25 kHz 和 12.5 kHz 这一事实,是频率稳定度提高的结果。载频稳定度特性是无线电话机一项非常重要的指标,使用未调载频偏离预定载频的最大百分数来表示,即用频率差值与标称值之比的最大百分数来表示。

(二)调制特性

调制特性是无线电话机重要技术特性之一,表征发射机调制特性包括:

1. 调制灵敏度 是指发射机取得额定频偏值所需的标准调制信号值,通常用“mV”计量。

2. 调制限制 是表示发射机电路防止由于调制产生的频偏超过系统额定频偏的能力。

3. 音频频率响应 是指发射机频偏和一个从 300~3 000 Hz 每倍频程 6 dB 的加重特性的重合程度。

4. 高调制频率时发射机频偏 是指输入调制频率在 3 kHz 以上时发射机频偏下降特性。

(三)杂波辐射

杂波辐射是指发射机在保证正常的信息传输而占有一定频带之外存在的一种无线电频率发射。降低杂波发射并不影响信息传输。杂波辐射包括由倍频电路和末级功放电路的非线性所产生的各次谐波、分谐波以及其他一些非谐波成分。杂波辐射能对接收机产生一定的影响。因此,在设计和制造无线电话机时需要加以认真考虑并采取相应的技术措施。减少杂波辐射的措施是提高主振频率、减少倍频次数和应用抑制带外信号的滤波器等。

(四)发射机噪声

发射机噪声是指发射机在无外加调制信号情况下,在发射机的输出端呈现出调频或调幅信号特性,所以又称之为发射机剩余调频或剩余调幅。产生发射机剩余调制的主要原因是由于在发射机内部电路存在热噪声和电源电路滤波不良,如尖峰、毛刺脉动等所致。此外,由于电路的非线性引起发射机边带扩展而产生边带噪声。发射机噪声的存在将降低接收机的信噪比(S/N),其边带扩展的噪声将会对工作在邻近频率的其他接收机产生干扰,但在实际上影响最大的还是后者。克服和降低发射机噪声成为电路设计中要认真对待的问题。通常的措施有减少倍频电路次数,避免采用 DC-DC 方式供电,最好采用纯净的直流电源以及应用邻道干扰滤波器等。

(五)接收灵敏度

接收灵敏度是表示接收机接收弱信号的能力。由于测试方法不同,对灵敏度的定义也不一样。如有用噪声系数(NF)表示的,用信噪比表示的(SNR),用信纳比表示的(SINAD),还有用 20 dB 噪声抑制表示的,此外也有用静噪开启门限值来表示的,凡此等等。实际中常用的有:

1. 可用灵敏度 是指接收机在标准测试条件下,音频输出端得到的信纳比为 12 dB 和不少于 50%额定输出功率时,所需最小射频输入信号值,以“ μ V”计量。

2. 抑噪灵敏度 是指能在接收机音频输出端获得 20 dB 噪声抑制时所需的无调制的最小射频信号值。

3. 音频静噪灵敏度 是指接收机在无输入信号情况下,先将噪声抑制电路调整到音频输出端恰好无噪声,然后加入标准测试输入信号时能开启接收机静噪状态下的最小输入信号值。故音频静噪灵敏度又称之为静噪开启灵敏度或门限静噪灵敏度。

(六)调制接收带宽

调制接收带宽是指接收机接收高于实测可用灵敏度 6 dB 时所允许的频偏,调制接收带宽应能满足 90% 信号能量通过。

(七)邻道选择性

邻道选择性是指接收机在相邻频道上存在已调信号时接收机接收有用信号的能力。

需要指出:调制接收带宽与邻道选择性均取决于接收机中频放大器的特性。

(八)寄生响应抗扰性

寄生响应抗扰性是指接收机抑制工作频率以外存在各种频率信号的能力。对工作频率以外的各个频率的响应称之为寄生响应,它对接收机是一种有害的干扰,需要认真对待克服它。寄生响应抗扰性也称为寄生灵敏度抑制或寄生响应衰减。

(九)互调干扰特性

互调干扰特性是指接收机抗拒两个与有用信号具有特定关系的无用信号的能力。产生互调干扰原因在于电路中存在非线性,由于混频作用产生新的频率,从而导致对第三者的干扰。需要指出,互调干扰不仅存在接收机中而且也存在于发射机中,其中以三阶互调危害性最大。从根本上消除互调干扰是相当困难的,但可以通过系统设计和采取多种措施最大限度降低它的影响。例如,选择合适的通信方式、无互调频率点、天线及其位置的设置,以及提高无线电话机的抗互调干扰的能力等。

六、调频无线电话机的基本组成

(一)三种基本调制方式

在无线电通信系统中,调制与解调是实现信息发送与接收的两个基本环节。所谓调制是指用一个信号去控制载波信号某一电参数的变化过程。例如,既可以控制载波信号的振幅变化,又可以控制载波信号的频率或相位的变化。因此,在无线通信中有三种基本的调制方式,即:

调幅(AM)——载波信号振幅随着调制信号的瞬时值成比例变化的调制方式。

调频(FM)——载波信号的瞬时频率对其中心频率的偏移值随着调制信号的瞬时值成比例变化的调制方式。

调相(PM)——载波信号的相位对其参考的相位的偏移值随着调制信号的瞬时值成比例变化的调制方式。

其中,调频是当前应用最为广泛的一种调制方式。同调幅方式相比,调频最显著的优点是具有良好的抗噪声干扰能力。它能有效地抑制电火花等非周期脉冲噪声干扰,能明显地改善接收机的信噪比,这正是提高无线通信质量所必需的。其次,调制电路简单,无需调制信号功率,并具有较高的发射机效率等。

调频的不足之处是占用频带较宽。所以,调频方式只在 VHF 以上的频段中采用。此外,调频指数不能太高(通常取值为 1~2 之内),否则造成接收门限值过高,将会降低信号的接收能力。

(二)FM 无线电话机的基本组成

传统的调频无线电话机通常是由接收机、发射机、收发控制电路和供电电源四个基本部分组成,如图 1.3 所示。各个部分彼此之间既相对独立,又相互联系成为一个统一的有机体,共同实现无线电话机的各项功能。这里,将着重介绍收发信机的基本组成框图及其作用。

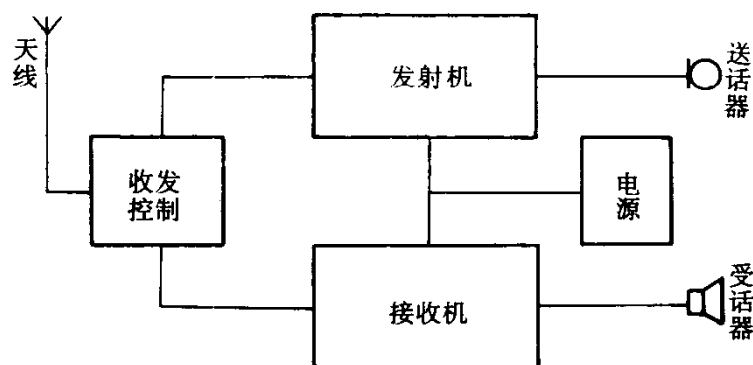


图 1.3 调频无线电话机基本组成

1. 发射机基本电路框图

简化的调频发射机方框图如图 1.4 所示。

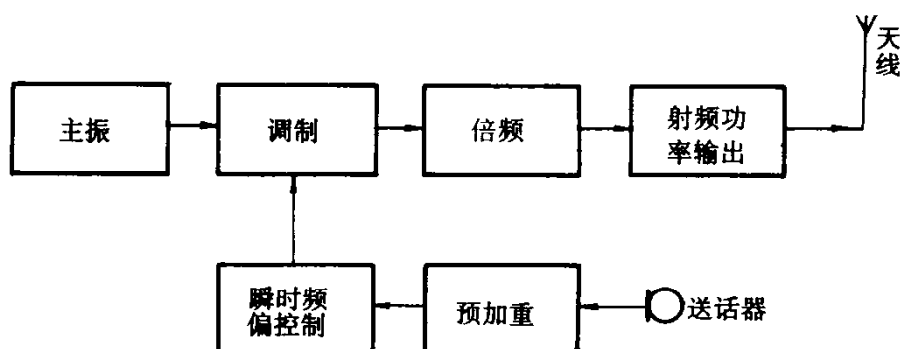


图 1.4 调频发射机组成框图

它是由振荡电路、倍频电路、射频功率输出电路、预加重电路、瞬时频偏控制电路和调制电路等组成,其电路功能如下:

振荡电路(OSC) 用来产生发射所需的载频频率信号(称之为主振频率信号)。其稳定度决定了发射机频率的稳定度。在电路设计中,常采用高稳定特性的晶体谐振器进行控制。

倍频电路(MULT) 对已调载波(基波)信号进行倍频放大,使其达到所需的发射频率值。

射频功率输出电路(RFPA) 将倍频信号加以放大,使之达到所需的发射功率电平值。

预加重电路(Preemphasis) 用来均衡话音带内高频与低频信噪比,并使其保持一致的话音处理网络。

瞬时频偏控制电路(IDC) 用于控制发射机最大频偏,使之保持在额定值之下。实现对调制信号的限幅控制作用。

调制电路(MOD) 用于实现将话音信号对载频信号参数的控制过程。在调频发射机中,载波频率偏离中心频率的变化是随着话音信号的瞬时值而变化的。

2. 接收机基本电路方框图

典型的调频接收机电路方框图如图 1.5 所示。各部分电路功能如下:

射频输入放大电路(RFA) 具有信号放大、电路匹配和抑制第一中频镜像频率等多种功能。

混频电路(MIX) 变射频信号为中频信号。

本振电路(LO) 产生中频与有用信号的和频或差频信号。

在大多数接收机中,为了得到足够的整机增益和选择性,通常采用两次变频方式。为此,需要设置两个本振电路和两个中放电路。通常称之为双超外差电路。

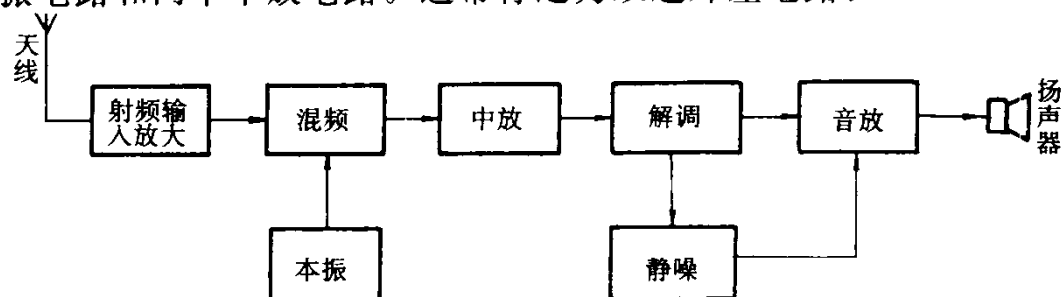


图 1.5 接收机电路框图

解调电路(DEM) 是由限幅电路和鉴频电路组成。前者用来抑制迭加在信号上的噪声,后者用来将信号还原成话音信号。

中频放大电路(IFA) 提供接收机所需的足够的增益和选择性。

音频放大电路(AFA) 将解调后的音频信号放大到接收机所需的信号电平。

静噪控制电路(SQC) 当接收机输入信号微弱或接收机输出噪声过大时,具有切断音频输出电路功能,达到静噪目的。

第二节 现代无线电话机大观

一、现代无线电话机基本组成框图

图 1.6 中表示的是一个典型的微机控制可编程的无线电话机组成方框图。由图可见,它是由接收机、发射机、单片微型机、数字锁相环(PLL)频率合成器、半导体电可抹可编程只读存储器(E²-PROM)、键盘控制显示器以及天线开关电路等部分组成。与本章第一节中介绍的传统无线电话机构成相比,不难发现,现代无线电话机的显著特点是采用了诸如微机、频率合成器和半导体存储器等一批高科技电子器件。其结果引发了无线电话机在设计制造领域内一次新技术革命,简化了电路的设计,提高了机器的性能,增加了许多的新功能,最终导致出体积小、重量轻、美观耐用的新型无线电话机的诞生。

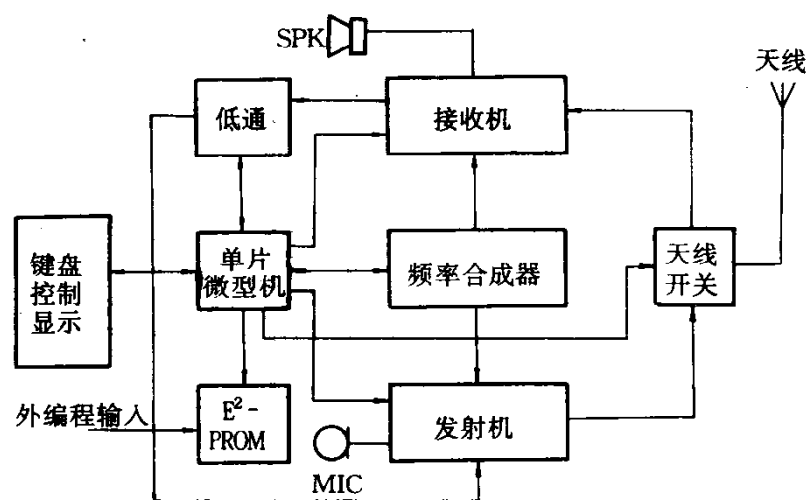


图 1.6 微机控制的无线电话机框图

二、现代无线电话机的主要技术特色

以数字移动电话机为代表的现代无线电话机以其优良的性能、齐全的功能、灵活的操作和

便于携带等方面的特点深受人们的喜爱,是早期的无线电话机所不能相比的。尤其是那些外形精美、小巧玲珑的袖珍机犹如掌中之宝爱不释手。概括起来,现代无线电话机主要技术特色有:

(一)应用人体工程学的小型化设计

所谓人体工程学就是从医学、心理学、工程学等方面研究人与其操作的机械设备之间关系的一种新兴边缘学科。在移动通信中,直接参与通信的个人是无线电话机的直接操作者。首先,必须设计适合人的生理特点和心理特性的通信产品,从而使操作者能得到最大的满足,因此现代无线电话机具有体积小、重量轻、便于携带的小型化结构;其次,操作灵活简便;第三,结构坚固耐用,具有流线形精美的外观。目前市场上推出的各种无线电话手持机在运用人体工程学的整体设计上达到前所未有的水平,能够满足普通用户的需求。

(二)适应恶劣的工作环境

所谓恶劣的环境条件是指高温 60°C 以上,相对湿度为 90% 以上,和零下 30°C 以下的寒冷气候以及风沙雨雪的大气环境。此外还要经受各种冲击振动的考验。无线电话机长期在室外使用,要求在这种恶劣环境条件下仍能保持正常工作。可以说现代无线电话机能完全达到要求。

(三)具有足够宽的信号变化动态范围

移动通信特点之一是电波传播特性受地形地物变化的影响很大,接收点场强起伏变化不定,瞬时变化值可达 $20\sim 30\text{ dB}$ 以上,这表明发射机功率得不到充分有效的利用,仅为几十分之一。在接近发射机的地区信号很强,接收机需要具有抗大信号堵塞的能力,而在离发射机远的地区信号微弱,需要高灵敏度接收。这就要求无线电话机具有相当宽的动态接收信号范围的能力。对此,现代无线电话机已有十分出色的表现。

(四)优良的抗干扰特性

现实情况表明,在同一地区往往有多个无线电通信系统同时工作,因而无线电话机经常受到来自其他无线电话机的干扰,如同频干扰、邻道干扰和互调干扰等。此外,还可能受到城市工业噪声和各种车辆、电气化铁道等产生的火花干扰。因此,要求无线电话机具有优良的抗干扰能力。现代无线电话机在进行设计和制造时已经注意到上述干扰与噪声的影响并采取相应的技术措施。数字移动电话机就具有十分优良的抗干扰特性。

(五)健康安全的防护性能

随着移动通信事业的发展,无线电通信工作频率已逐渐由低端向高端开拓。目前, 800 MHz 和 900 MHz 频段各种移动通信系统已普遍投入市场使用。然而,这个频段称之为微波,其波长为厘米级。实验研究表明,长期接受微波辐射会危害人体的健康,导致头痛、失眠和易于疲劳等症状的出现。这种情况已引起人们的注意。因此,要求无线电话机尤其是手持机必须是健康安全型的,以保护广大使用者的身心健康。

(六)智能的全新服务功能

现代无线电话机普遍应用微机技术,而且微机器件已成为无线电话机中极为重要的部件。微机的应用不仅控制和管理整个无线电话机,使其在移动通信系统中更加卓有成效地工作,充分发挥出本身的价值,而且微机化的无线电话机还能为用户提供许多全新的服务功能。以数字无线电话机为例,其新功能包括:

1. 简短信息服务 用户在关机后或离开其服务区时,其他的用户传给他的简短信息将被存储在短信息中心的信箱内,一旦用户开机或回到服务区内,信息中心将立即向用户手机发送短信息。该功能实现了无线电话机与寻呼机一体化,极大地方便了用户使用。

2. 语音信箱服务 当用户无法收听电话时,可录下对方的留言。目前的语音信箱可接收保留 10 条留言,每一条信息不超过 60 s,保留时间为 24 h。

3. 主呼号码显示服务 这一功能是指用户在接到电话呼叫时,无线电话机的显示屏上将显示出对方的电话号码,用户可以自由决定是否通话,以节省不必要的电话费用开支。

4. 呼叫等待服务 当用户在通话过程中,又有第三方来电话时,手机将发出“滴滴”的提示音,此时可按下手机的发送键与第三者通话,同时还保持前面的通话不被中断,待通话结束后,便可恢复与第一个继续通话过程。

5. 呼叫转移服务 该功能是指将手机接收到的电话转移到预先设定的语音信箱、寻呼机或指定的普通电话机上,使用户能在各种情况下都不会错过任何一个电话机会。

6. 数据通信服务 通过数据卡、传真机或笔记本电脑和无线电话机相连接,可提供用户进行传真或进入互联网(Internet)以获取各种信息资源,成为现代可移动“办公室”。

总之,上述的全新服务功能使用户的无线电话机既具有电子“秘书”功能,又具有流动“办公室”功能,将令您随时随地传递信息,并协助用户快速和高效率完成各项工作任务。

三、现代无线电话机中的新技术、新工艺

现代无线电话机应用了多种新技术、新器件、新材料和新工艺。诸如微机、频率合成器与锁相环技术(PLL)、数字信号处理技术(DSP)、编码呼叫技术、DTMF 拨号技术、声表面波技术(SSW)、话音处理技术、收发信机专用集成电路、新型调制解调技术、多功能大屏幕液晶显示技术以及表面安装贴片技术(SMT)、无引线连接焊接工艺和多层印制线路板材料的应用等。但是在这诸多的技术中,对无线电话机影响最大和最重要的莫过于微机、频率合成器及半导体存储器这三项带有关键性的新技术的应用。

(一)单片微型机的应用

众所周知,微型计算机的问世是继电子计算机发明之后又一项重大的科技成就。它的广泛应用极大地推动了社会经济各个领域巨大变革和迅速发展。微机进入无线通信领域是当今信息社会发展的必然趋势和必然的结果。微机应用于无线电话机始于 20 世纪 80 年代初。1983 年在美国盐湖城举行的第 49 届国际公众安全通信年会上,通用电气公司(GEC)就展示了两种用微机控制的具有可编程功能的新型无线电话机(DETA-S 和 PHONIX-SX),引起人们广泛的注意。嗣后又经过十几年的发展,现在微机已成为无线电话机中必不可少的基本部件。先是在固定机和移动机中采用。而今手持机也实现了微机化。所用微机类型以单片机型为多见。所谓单片机是指将中央处理单元即 CPU、半导体存储器以及输入输出接口电路等集成于一块半导体芯片之上的微型计算机。故其占用空间体积小。这一特点非常适用于小型化通信机,尤其是袖珍型的手持机。典型产品有摩托罗拉公司的 M68000 系列和英特尔公司的 8080 系列等。其特点是,功能全、型号多、软件丰富且兼容性强、性能价格比高等优点。目前所应用的微机已从早期的 4 位机发展到 8 位机并进一步向 16 位机发展。现代无线电话机的微机概括起来具有下列的作用:

1. 控制功能

从图 1.6 中可以看出,微机控制的对象包括频率合成器、接收机、发射机、存储器、功能键盘的显示屏、天线开关等部分。各种输入数据、操作指令在 CPU 的控制下,使微机有条不紊地工作,从而发挥微机成为无线电话机的控制中心作用。犹如人的大脑中神经中枢一样控制身体的全部活动。

2. 存取功能

通过微机中的存储器(ROM 和 RAM)将输入数据和指令信息事先存储起来,一旦需要再行调出。例如,信道编程、呼叫编码、指定优先扫描信道、预置存储多个常用电话号码、缩位拨号,以及重拨等功能的各种数据、操作指令和程序事先存入半导体存储器(ROM)中,便可实现上述功能要求。此外,根据用户要求在 CPU 控制下,也可将其取出进行修改即重新编程,操作简单、使用方便。

3. 管理功能

微机的管理功能包括无线电话机的内部电路自检、故障报警、信道占用指示、节省电力消耗的“睡眠”状态、通话计时和计费、主呼电话号码的显示、电话的转移和等候以及通话的阻止限制等等。例如,当开启无线电话机时,微机可按预定程序检查内部电路系统,并能给出一个单音信号表示机器正常,从而避免使用有故障机器的可能。又如,当无线电话机处在等待接收状态时,先进的微机能够关掉不必要的电路,让电话机处在“睡眠”状态,从而降低电能的消耗,既可延长电池的使用时间,又能减少充电次数提高充电的周期,有益于电池寿命的延长,具有一定的经济效益。

4. 编程功能

在现代无线电话机中,当用户打算修改现有无线电话机的某些参数时,例如,改变信道频率或呼叫编码,便可以通过一条输送程序的电缆将无线电话机同 IBM 一类的 PC 机连接起来,对其进行重新编程。摩托罗拉公司的 GSM d628 型机具有 21 种自定义功能键,用户可选择 9 种进行自定义编程。

5. 复制功能

根据用户通信组网的需要,可以复制出两个或多个工作参数(如信道频率和呼叫的编码指令)完全相同的“克隆”无线电话机,既迅速又方便经济,且操作十分简单,只需一根普通的转录线将两电话机连接起来就能实现复制的要求。例如,摩托罗拉公司的 HT600 型机便具有这种功能。

值得指出,无线电话机中应用微机技术一个最显著的优点是可以通过修改软件来取代对硬件的重新设计、加工和调整过程,这样既节省投资又提高效率,从而达到事半功倍的目的。以修改信道频率为例,在传统的无线电话机中其办法是:首先定制晶体谐振器(通常需要 3 个月左右的时间),然后重新设计、加工和调整电路,甚至有可能涉及到整机结构的重新设计、加工和调整。因而相当麻烦费事,以往许多厂家都不愿意承担这项令人头痛的工作。然而,应用微机技术之后,在不改变现有硬件条件下,可以通过修改软件重新进行编程,便能轻而易举实现这一功能。其速度之快可达到“立等可取”的地步。

(二)数字锁相环(DPLL)频率合成器的应用

频率合成技术在当今应用电子技术领域内应用十分广泛。诸如在通信控制、广播电视、航空航天、电子仪表等技术领域中已成为其中一个基本部件。诚然,现代无线电话机中也不例外。所谓频率合成是指以一个或几个高稳定度的频率为基准,通过频率分析或合成的方法获得一系列与基准频率相同稳定度的离散频率信号。这种方式称之为直接频率合成。而锁相环(PLL)频率合成器则是指由压控振荡器(VCO)、鉴相器(PD)、环路滤波器(LPF),可变分频器等组成的闭环电路受控于另一个基准频率信号,通过环路的锁相作用,使压控振荡器的输出频率的相位同基准频率的相位保持一致,从而达到稳定频率的目的。如果改变环路中分频器的分频系数,则在压控振荡器的输出端便可以得到一系列与基准频率同样稳定度的频率信号。这种

合成方式又称之为间接频率合成。其中以数字锁相环(DPLL)频率合成技术应用最为广泛,是目前最常用的频率合成方式,其电路原理图如图 1.7 所示。

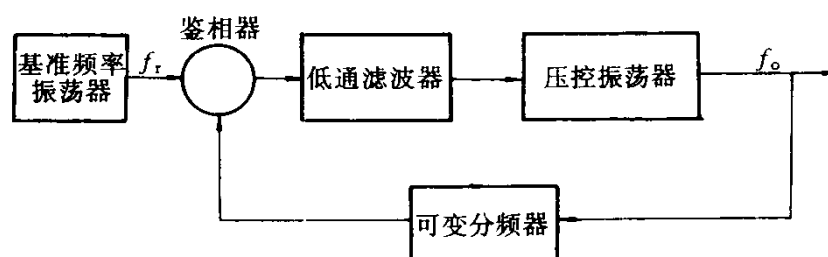


图 1.7 数字锁相环频率合成器框图

频率合成技术的应用可追溯到 20 世纪 30 年代。为了取得高稳定度频率信号系统,人们就提出频率合成概念。限于当时的科技发展水平,早期的频率合成器体积庞大、耗电量高、电路复杂、调整极为麻烦,而且价格昂贵,只限于军事和航空等少数部门使用,难于推广。直到 70 年代前发展速度仍相对缓慢。随着微电子技术领域半导体集成电路的迅速发展,大规模和超大规模集成电路相继问世,为锁相环频率合成器的发展提供了良好的条件。如今已能将基准频率振荡器及其分频器、鉴相器和可变程序分频器等分立元件电路集成到一块大规模半导体电路芯片上,再配上压控振荡器和环路滤波器就组成了一个基本的数字频率合成器。锁相环频率合成器经历了从模拟到数字发展过程。这种高科技微电子产品一经投入市场便受到广大用户的青睐,并给电子通信设备带来了一场深刻的技术革命。以现代无线电话机为例,在以往的多信道无线电通信设备设计和制造过程中,为了提高载频的稳定性,通常采用高稳定度的石英晶体来控制振荡器,因而频道越多需要的晶体越多。其数量通常为频道数量的 2 倍以上。众多数量的晶体必然占用通信机相当多的体积空间,导致机器体积庞大、重量增加。另一方面,石英晶体大都来自天然矿产或人工合成,其产量有限,而且加工制作精度要求相当高、工序严格复杂、成品率低、生产周期长,因而价格昂贵,从订货到交货通常需一个季度时间。此外,以往的频率合成器电路调整的制作也相当麻烦,如为了保证频率达到规定的稳定度和准确度需要考虑温度变化的影响,为此从低温到高温范围要采取温度补偿措施,导致电路更加复杂和电路调整更加困难。与数字电路不同,模拟电路频率的调整往往无一定规律可循,同设计的参数差别较大,难于实现标准化生产。上述的问题也许是使频率合成器进展不快的重要原因。如今,采用集成锁相环频率合成技术,使得这一切变得简单容易,仅仅使用一块石英晶体控制器,便可以获得成百上千个高稳定度频率信号。其结果是频率合成器电路设计简化,电路调整变得容易,体积、重量下降,生产成本相应降低,产品性能提高和便于标准化大量生产等。现代的频率合成器在微机的控制下,用户只要对微机进行编程便能很迅速取得自己所需要的频率。其方便的程度是前所未有的。可见,数字锁相环频率合成器的应用无论是给厂家或是给广大用户都带来了极大的好处。

目前,市场上已有多种规格型号的专用频率合成集成电路问市,可供选用。典型的产品如摩托罗拉公司的 MC145145 系列,在无线电话机中得到广泛的使用。

总之,现代数字锁相频率合成器的应用有力地促进了无线电话机的发展,成为现代无线电话机中一项极为关键的技术之一。

(三) 半导体存储器的应用

半导体存储器是在 70 年代随着半导体集成电路迅速的发展而发展起来的。它是一种新型