

姚冬苹 编著
康士棣 审校

TW—42

超短波电台

中国铁道出版社

TW-42 超 短 波 电 台

姚冬苹 编著
康士棣 审校

中 国 铁 道 出 版 社

1 9 9 5 年 • 北 京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书按移动台的结构,以 TW-42 为例,介绍其采用的新理论、新技术和新器件,分析电路并对其控制部分给以详细说明,力求简明扼要地阐述电路与技术的基本原理和物理概念,而不拘泥于复杂的数学理论公式。

本书分六章,其内容是:第一章绪论,介绍一些基本知识,第二章发信机,介绍其原理与电路,重点在锁相频率合成器上;第三章收信机,介绍其原理电路;第四章控制,分析控制信流程;第五章电源;第六章整机指标。

本书可供从事无线通信工作人员学习参考,亦可作为培训教材。

TW-42 超短波电台

姚冬苹 编著 康士棣 审校

*

中国铁道出版社出版发行

责任编辑 黄成士 封面设计 翟 达

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:8 插页:4 字数:186 千

1995 年 4 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001— 2500 册

ISBN7-113-01919-6/TN·73 定价:9.20 元

目 录

第一章 绪 论	1
一、新型无线电台的结构	1
二、TW-42 机车台简介	2
第二章 发 信 机	5
第一节 发信机框图与技术指标.....	5
一、框 图	5
二、技术指标	6
第二节 音频处理部分.....	6
一、预加重电路	7
二、音频放大电路	7
三、限 幅 器	9
四、压 缩 器.....	10
第三节 锁相环频率合成器	11
一、锁相环(PLL)工作原理	12
二、锁相环路的数学模型.....	13
三、锁相环路的性能.....	17
四、数字锁相频率合成器.....	19
五、集成锁相环频率合成器.....	22
六、压控振荡器.....	31
第四节 调制电路	35
一、调频原理.....	35
二、调频方法.....	37
第五节 高频功率放大器	42
一、C 类放大器工作原理	43
二、高频功率放大器匹配电路.....	46
三、功率自动控制电路(APC)	53
第六节 发信机整机电路	55
一、语音处理部分.....	55
二、锁相环振荡和调制部分.....	55
三、高频功率放大部分.....	56
第三章 收 信 机	57

第一节 收信机框图与技术指标	57
一、框 图	57
二、技术指标	58
第二节 射频小信号放大器	59
一、射频小信号放大器的指标	59
二、低噪声放大器	63
三、集中滤波放大器	69
四、滤 波 器	72
第三节 混频器	77
一、混频器的指标要求	77
二、场效应管平衡混频器	77
三、差分对混频器	78
四、二极管环形混频器	79
五、集成电路混频器	79
第四节 解调器	80
一、移相乘积鉴频器	81
二、锁相环鉴频器	84
第五节 MC3361P 集成电路分析	85
第六节 静噪电路	87
一、常用静噪电路	88
二、TW-42 静噪电路	89
第七节 收信机电路	90
第四章 控 制	92
第一节 概 述	92
一、系统介绍	92
二、与 TW-12 型电台的差异	92
第二节 技术要求	93
一、一般要求	93
二、控制呼叫信号	94
第三节 控制盒面板与操作	94
一、控制盒面板说明	94
二、操作方法	96
三、测试程序	98
第四节 控制板集成电路说明	99
一、插线板说明	99
二、集成块说明	100
第五节 控制过程	104
一、控制电路框图	104
二、控制电路分析	105

第五章 电 源	108
第一节 晶体管直流稳压电源原理.....	108
一、整流电路	108
二、滤波电路	109
三、开关型稳压电源	111
第二节 TW-42 电源电路分析	112
第六章 发信机技术性能	114
第一节 发信机技术指标.....	114
一、定 义	114
二、指 标	115
第二节 收信机技术指标.....	116
一、定 义	116
二、指 标	117
参考资料.....	119

第一章 绪 论

随着社会的发展,人们期望能随时随地、及时可靠地、不受时空限制地进行信息交流,移动通信系统由于综合利用了有线和无线传输方式,能解决人们在活动中与固定终端或其它移动载体上的对象进行通信联系的要求,从而可提高工作效率、节约人力、物力和时间,有很大的社会效益和经济效益。

当前世界已进入信息时代,高效益的生产和活动促使人们更珍惜时间,据统计,美国人每天约有 20%的时间是在交通工具中渡过的,而移动通信为人们更有效的利用时间提供了可能,这是它近期迅速发展的原因这一,更重要的是由于微电子学和计算机科学技术突飞猛进的发展及计算机技术和通信技术的紧密结合,研制生产出了大规模集成电路、微处理器、锁相频率合成器等多方面的先进的高技术零部件,它们结合计算机软件技术,使生产价廉、可靠、节能、性能优越和便于使用的移动设备成为可能,从而把无线通信设备的性能和结构推进了更高层的发展阶段。

一、新型无线电台的结构

最初的点对点无线对讲机多为单频单工或双频单工制,功能也很简单。随着一点对多址及多址之间通信的要求,有了同频网及选呼功能,从而增加了信令系统。当同频网不能满足要求而发展到多信道时就有了多信道的控制和更复杂的信令系统。在早期,用户间的选呼,基本是利用音频编码实现的,多信道的实现则是靠更换不同频率的晶体而达到的。因此信道的数目不可能很多,由于音频编码的数量少,传输时间长,且不能给出复杂的信令,加之所使用的电路元件一般为分立元件,故在体积、重量及耗电方面受到了限制,尤其在功能和性能等方面满足不了用户的要求。

现在有了这些新理论、新技术和新器件,不仅解决了体积、重量和耗电等方面的问题,也解决了其功能和性能的问题。

如现在的铁路无线列调 TW-42 机车台,一块 MC3361 的大规模集成片,就把二本振、二混频、鉴频、滤波及静噪、消声功能全部完成,体积小、功耗低、可靠且维修方便;又如一块 MC145146 锁相频率合成器和存贮器的采用,使移动台具有了稳定度高的许多频点,可以具有扫描、存贮、预置、选呼等功能;特别是微处理器的介入,使电台的功能控制十分丰富、方便,微处理器结合其它的外围设备可以组成所谓微电脑,它可按人们的意愿(把人的意愿编写成微电脑认识的语言、程序,软件放入微电脑中),识别输入信号或数据流,进行相应的处理后给出高低电平,完成人们期望的控制功能。如收发开关、色灯显示;软件技术的发展,使许多靠硬件完成的功能可以靠软件来完成,缩小了移动台体积,降低了造价。

当然这些电路的结构复杂了,集成度也高了,零件的密度增加了,需要采用先进的 SMT(表面封装)平面元件及装配工艺,多层印制电路板结构等。这就需要采用电路计算机辅助设计(CAD)技术来完成。

换句话说,新的无线移动台已一反如图 1—1 所示的早期移动台那种结构,而变为如图 1—2 所示的新结构。

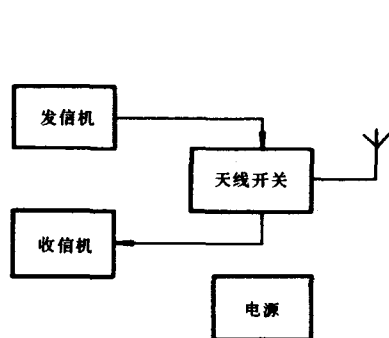


图 1—1 早期移动台结构

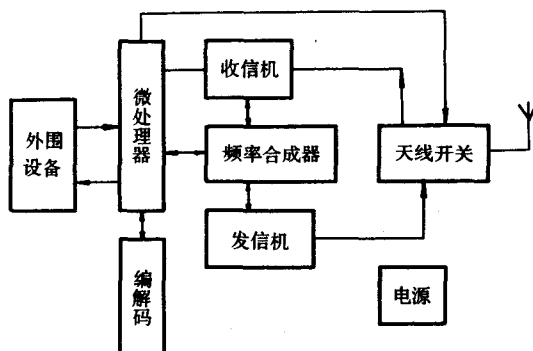


图 1—2 新型电台的结构

即从早期移动台只有收信机、发信机的简单结构发展成为具有收信机、发信机、频率合成及微处理器、外围设备、编解码等组成的新结构,当然还有支持它们工作的电源,换句话说,收发信机在移动台中已处于次要地位,而微处理器及频率合成部分占有重要的地位。

本书将按移动台的结构,并以铁路现在使用的无线调度车载台 TW-42 为例,介绍其采用的新理论、新技术和新器件,分析电路并对其控制部分给以详细说明,力求简明扼要地阐述清电路与技术的基本原理和物理概念,而不拘泥于复杂的数学理论公式。本书分六章,其内容是:第一章绪论,介绍一些基本知识;第二章发信机,介绍其原理与电路,重点在锁相频率合成器上;第三章收信机,介绍其原理电路;第四章控制,分析控制信号流程;第五章电源;第六章整机指标。

二、TW-42 机车台简介

(一)用途

1. 本电台是铁路列车调度系统的主要设备,装在列车机车上,由司机使用。可用于机车和调度、车站、其它机车、车长便携台之间通信使用。

2. 司机与调度之间采用双工通话,与车站、司机单工通话,在隧道内或隧道较多的山区通过 LCX 设备和邻近的站台采用异频单工方式。此时,用控制导音频将邻近站台转换成中继工作状态。

(二)特点

1. 本电台集成化程度高,体积小,重量轻,结构坚固,满足机车的使用环境的要求。
2. 控制部分指示明显,操作简便,且各单元分立便于检测与维修。
3. 主机采用 PLL 频率合成器和 CPU 微机控制等先进电路,故本设备具有多功能、高可靠性的优点。

4. 为确保机车在不同区域行驶中的正常通信和通话质量,采用“四频组”方式,场强检测和导音频控制等自动跟踪功能。机车随着行驶区域的变化,可自动地进行扫描接收。

5. 采用四个“四频组”手控切换。本设备在不同调度区段均可以使用。

(三)设备的组成

主机	SC406CND 型机车台	1 台
控制盒	机车台主、副控制盒	各 1 台
话筒		2 个
扬声器	ZP74B 型	2 个
连接电缆	主机与主控盒之间 BW608A	1 根
	主控制盒与副控制盒之间 BW608B	1 根
电源线	电源与主机之间(5m)	1 根
高频电缆	5D—2V(7m)	1 根
天线	ZA83 型 VHF 宽频带天线	1 副
防震架		1 个
保险丝	5A	2 个

其连接如图 1—3 所示。

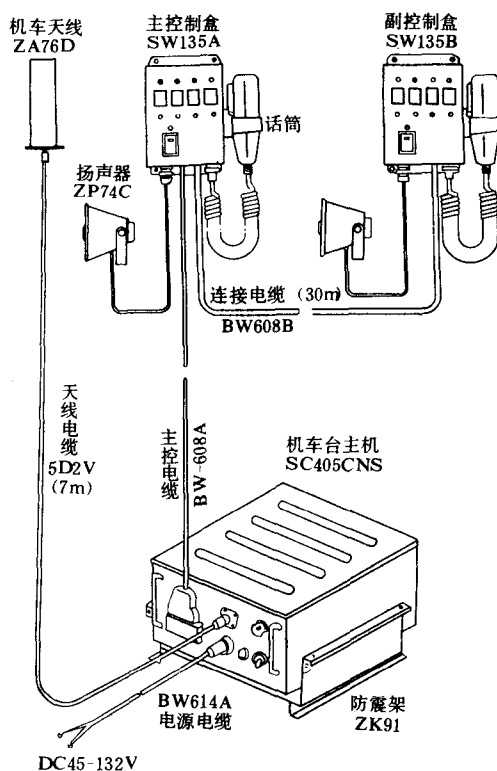


图 1—3 机车台连接图

(四)主机各部分说明

1. 连接插座 连接主控制盒 135A 多芯电缆插座。
2. 天线插座 连接天线电缆的插座。
3. 频钮开关 频组转换开关。

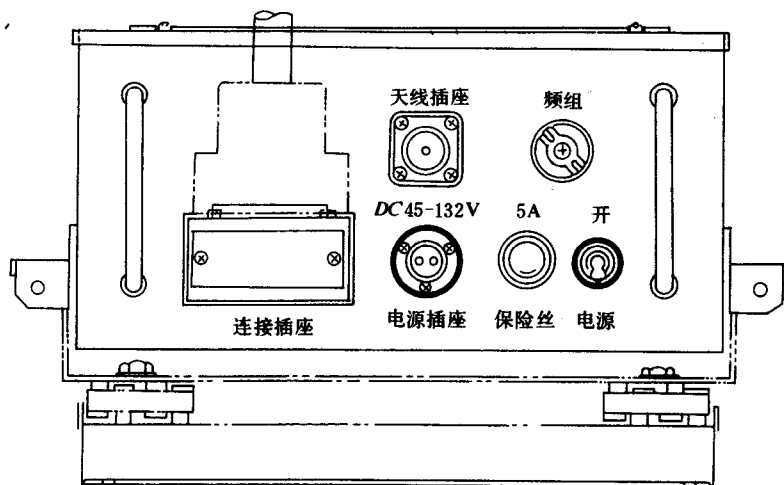


图 1—4 主机前面板示意图

4. 电源插座 DC45~132V 的电源插座。

5. 保险丝(5A)DC 电源保险丝。

6. 电源开关 主机电源通/断开关。

主机内部有电源板、控制板及发/单工收信机板,双工收信机板等四大部分,另加双工器,从控制板引出控制盒,如图 1—5 所示。

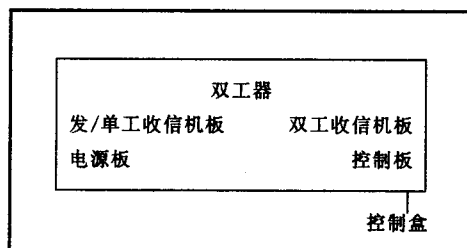


图 1—5 主机内部结构

我们的五个章节将分别以其为例说明其原理与物理概念及电路。

第二章 发 信 机

第一节 发信机框图与技术指标

一、框 图(如附图 3CD-9314E)

发信机的任务是将所要传送的基带信号(话音、信令)经调制,将频谱搬移到发信频率,再经过放大达到额定输出功率,然后馈送给天线。

我们知道,发信机的音频端接有话筒,它的输出是与输入声音变化规律相同的交变电压,为了提高通信质量,首先应对此信号进行预加重,这种交变电压的幅度一般很小,通常只有几毫伏至零点几伏,需要用音频放大器(AF AMP)加以放大,放大后的信号送入瞬时频偏控制电路(IDC)中,否则可能会产生邻道功率,造成邻道干扰,假如信道间隔 25kHz,最大频偏限定为 5kHz,最高调制频率为 3kHz,此时发信机的辐射带宽(按 Carson 准则, $B=2(\Delta f+l)$)为 16kHz,即国际上通称的 16F3 制。这个带宽与最大频偏和最高调制频率有关,最高调制频率对话音来说是 3kHz,而最大频偏与调制信号的幅度有关,为了控制这个频偏,必须将调频信号的幅度限制在一定范围之内。换句话说,瞬时频偏控制电路就是一个限幅器。由于限幅器的输出接近于矩形波,包含有电平相当高的高次谐波,为了避免调制边带的加宽而干扰邻近信道,在瞬时频偏控制电路之后要加入低通滤波器(LPF),使带外的高次谐波衰减,所以这个低通滤波器有时又称为邻道干扰滤波器。通过话音处理后,再将话音送入调制器就会得到足够大但又不超过最大允许值的频偏值。信令信号同话音信号一样由于幅度很弱,需要放大,但由于这个信号采用的是恒定幅度的固定频率,所以不需送入瞬时频偏控制电路。在低通滤波器与瞬时频偏控制电路之间引入了一个消音信号(MIC MUTE),其作用在于在收信时切断发信机的音频输入,或在传输信令信号时切断话音信号。从低通滤波器输出的信号被送入锁相环路中进行调制。

为什么要进行调制,而不直接将音频信号辐射到空中去呢?原因之一是声音信号的频率约为 20~20000Hz,即其波长范围是 $15\times 10^3\sim 15\times 10^6\text{m}$,而要使天线能够实现有效的辐射,天线的高度应与波长相接近(一般为波长的 $1/4\sim 1/20$),显然要制造出这样大尺寸的天线是困难的。原因之二是各种发信机都发未加调制的音频信号,由于这些信号频率相同,它们在空中混在一起,收听者无法进行选择。原因之三是便于放大、滤波电路的实现。因此要想把声音传播出去,就需要先把声音信号调制到较高频率,然后由天线辐射出去,这样天线尺寸小,不同的发信机采用不同的高频频率,彼此互不干扰。调制的方法很多,模拟制移动台通常采用调频制。

锁相环路是由前置分频器(PS)、程序分频器和鉴相器(PLL)、低通滤波器、发射压控振荡器(TX VCO)、接收(单工)压控振荡器(RX VCO)、温度补偿晶体振荡器(TCXO)和三级缓冲放大器(BUFF)组成,而整个环路的工作受计数器(COUNTER)和可擦抹程序存储器(EPROM)的控制。此环路具有振荡和调制两大功能。发信时,发信机压控振荡器工作,而收信机压控振荡

器不工作,收信时,则相反。它们的工作与否由压控振荡器开关电路控制(VCO SW),开关电路的工作受来自电源的 10T 信号控制。发信时,环路给出高稳定度的高频振荡信号,同时来自话音和信令的音频信号送入发信压控振荡器上去调制高频信号,而其中的亚音频信号则经低频放大后去调制基准振荡频率源。锁相环路只有锁定时,发信机才能工作,这一控制由未锁定开关(UNLOCK SW)完成。已调波经三级缓冲放大后送入射频开关(RF SW)。收信时,环路给出稳定的一本振信号,送入射频开关。射频开关把已调波信号送入射频放大器,而把一本振信号送入收信机的一混频电路。

要想把已调波信号送到很远的地方,必须使信号具有足够的输出功率,即已调波要送入功率放大电路,此电路是将已调高频波先后送入射频放大器(RF AMP)、驱动电路(DRIVE)和功率放大电路(PA),完成高效率的功率放大的。放大后的高频信号经天线开关(ANT SW)接通到低通滤波器上,滤除不需要的谐波和杂波后送入天线,通过天线把电能转换为电磁能,以电磁波的形式辐射出去。

在功率放大级,常常会因过激励而烧坏功率管,如多频率电台更换频道,晶体振荡器输出电压大小不同,电源电压变化等都会引起过激励,在电路中采用功率自动控制(APC)电路,可以防止过激励情况的发生,保护电路正常工作。功率自动控制是将功率放大器输出的信号进行检波(DET)后送入直流放大器放大(DC AMP),这个直流信号作用于功率自动控制电路,使之当功率过大时,送出给功放级的直流供电下降,从而减小功放级的功率输出,起到保护末级功放管子正常工作的目的。

可以看出,发信机的任务就是产生一个受信息调制的高频振荡,经功率放大后送到天线辐射出去,即完成振荡、调制和放大的任务,由音频处理部分、高频振荡部分、调制部分和功放部分组成。

下面我们将用几节分别说明它们的工作原理。

二、技术指标

发射功率 $5W_{+15\%}^{-20\%}$

最大频偏 $\pm 5\text{kHz}$

频率稳定性 $\pm 5 \times 10^{-6}$

调制频率特性 300Hz~3kHz 时, +1, -3dB, 6dB/oct

(1kHz 标准)

$S/N > 45\text{dB}$ (1kHz, 50%调制时)

调制失真 $< 5\%$ (1kHz, 60%调制时)

杂波辐射 $> 70\text{dB}$

第二节 音频处理部分

不同的调制方式音频信号的处理有不同的要求。对于通信机采用的窄带调频制来说,音频处理部分包括预加重、放大、瞬时频偏控制(限幅)和滤波。能同有线电视通信的电台,为了提高话音质量,还应在预加重电路之前加入压缩电路。

一、预加重电路

调频信号解调后的噪声功率谱呈抛物线分布,频率越高,噪声越大。为了改善信噪比接收端通常接有每倍频程 -6dB 的去加重电路,在发信端就需要相应地将音频信号每倍频程提高 6dB ,也就是通过预加重使整个传输过程不产生频率失真。最简单的预加重电路如图2-1所示,它是用 RC 组成的微分电路,其时间常数应满足:

$$RC \ll \frac{1}{F_{\max}} \quad (2-1)$$

式中, $F_{\max}$ 是话音频带的上限频率。如 $F_{\max}$ 为 3000Hz , RC 时间常数远小于 0.3ms 时,在 $300\sim 3000\text{Hz}$ 话音范围内就可得到每倍频程 6dB 的预加重特性。

一般在语音放大器中,根据放大器的输入阻抗,选取较小的耦合电容就能达到预加重的要求,放大器的输入电阻接近 $10\text{k}\Omega$,输入端耦合电容为 1000pF ,时间 $\tau = RC = 0.01\text{ms}$ 。

在发信端采用了预加重电路的通信机,在其收信端要相应采用去加重电路。图2-2所示的是去加重电路及其频率特性。

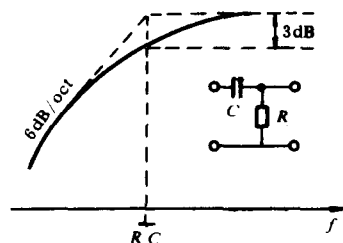


图2-1 微分电路及其频率特性

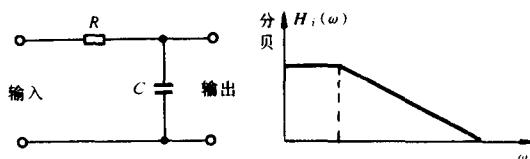


图2-2 积分电路及其频率特性

二、音频放大电路

集成运算放大器以其优良的性能,而广泛采用。

(一)集成电路组成

集成运算放大器的所谓集成是指采用了集成电路,集成电路分为线性电路、数字电路和金属—氧化物—半导体(MOS电路),集成运放是线性(模拟)集成电路。

集成电路也是由晶体管、电阻和电容组成的。但集成电路中的这些元件与分立电路中的元件有很大不同,集成电路中的三极管是用硅平面工艺制成的,二极管和三极管的结构完全相同,根据不同用途,可把三极管的三个极适当组合,组成性能不同的二极管,最常用的是把集电极与基极短路,和发射极组成二极管,这种组态的优点是正向电压低(0.85V),高频特性好。

集成电路中的电阻是由P型和N型半导体组成的,称为扩散电阻。温度系数为正,阻值随温度变化很显著,阻值在 $50\Omega\sim 30\text{k}\Omega$ 范围,击穿电压低,频率特性不好。高阻值电阻是由薄膜或夹断道沟构成,精度很差。

集成电路中的电容是利用PN结的结电容或二氧化硅为介质的平板电容原理制成的,PN结电容容量小,有极性, Q 值低,电容量还随电压变化。电感现在还无法集成。

集成电路中的所有元件都同时制作在一小块硅片上,元件之间用PN结作隔离。

(二)运算放大器工作原理

运算放大器实质上是一个放大倍数很高的直流放大器,运算放大器主要用在模拟计算机中作加、减、微分、积分等运算,也可以作程序控制、有源滤波、非线性函数发生器,近年来又被

推广到通信电路中作中放、低放等。由于其性能十分优良而且工作可靠,电路简单,又无需调整工作点,所以是很有发展前途的电路。

运算放大器之所以具有优良的性能,是因为它可以等效成一个理想放大器,如图 2—4 所示。一个理想的放大器应该具备的条件是放大倍数、带宽和输入阻抗无穷大,失调电压(电流)和输出阻抗等于零,此外最好是双端输入,单端输出。运算放大器可近似认为满足上述条件,需要指出的是理想放大器只不过继续借用运算放大器的名字而已。

一个完整的运算放大器是由内部电路,反馈电路和附属电路三部分组成。内部电路就是运算放大器本身的电路,可以等效为上述理想放大器,反馈电路是最重要的外围元件,它决定了运算放大器的功能,电路特性取决于反馈网络参数,于内部电路无关,这就是运算放大器的通用性,附属电路包括馈电、调零、消振和防堵塞等电路,它是保证放大器正常工作所不可缺少的部分。

运算放大器的内部电路可以说是一个性能良好的差分放大器,不管什么型号,其内部电路均可分为输入放大级,电压驱动级和输出级三部分。

输入放大器要求输入阻抗高、失调小、温度漂移小和噪声低,采用恒流源差分放大器。

电压驱动级主要作用是获得尽可能高的电压增益,并提供足够的驱动电流以推动输出级。主要电路形式有双端输入、单端输出差分放大,恒流源负载单管电压放大。

输出级要求以零电位为中心输出正向和负向电压。输出电路以互补推挽和射极输出器为主要形式。

图 2—3 是 8FC1 型运算放大器的内部电路。 BG_2, BG_3 组成输入放大级,其输出加到 BG_4, BG_5 组成的驱动级, BG_6, BG_7 组成复合射极输出极。 BG_1 和 BG_8 是恒流电路, BG_9 作温度补偿。

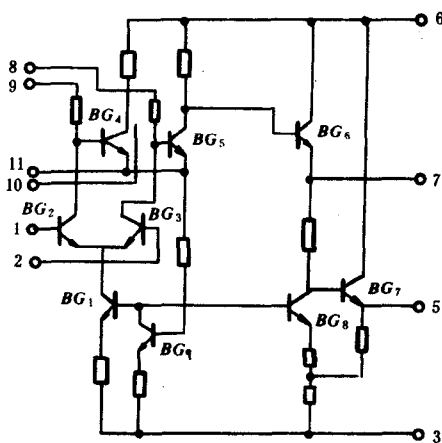


图 2—3 8FC1 型运算放大器

下面来看运放的外围反馈电路,图 2—4 中的三角形是个高增益的直流放大器 1, 2 是输入, 9 是输出端, A 表示输入输出间的开环电压增益, “-”号表示输入电压信号与输出端电压信号反相, 故“1”端叫反相输入端。“+”号表示输入电压信号与输出端电压信号同相, 故“2”端叫同相输入端。

用理想运算放大器构成反相型反馈电路, 如图 2—5 所示, 由于 $R_i = \infty$, 电流 I_i 将由 R_i 旁路而不流经 R_i , 于是 $I_i \approx I_f$, 又由于开环增益 A 很大, 而输出电压 V_o 有限, 所以负反馈电路输入

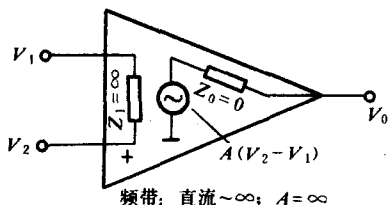


图 2—4 理想运放

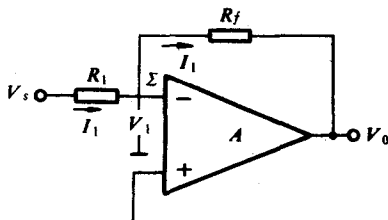


图 2—5 反相型反馈

端 Σ 点的电压 V_{Σ} 很小,可近似地认为 V_{Σ} 为零,即 $V_{\Sigma} \approx 0V$,这样一来, V_{Σ} 即低到接近于地面而不真等于地的电位,故 Σ 点常被人称为“虚地”,因为不是真正接地。

这样,反相输入端与同相输入端之间的电位差为零,即:

$$V_i - 0 = I_i R_i \quad (2-2)$$

$$0 - V_o = I_f R_f \quad (2-3)$$

由于 $I_i \approx I_f$

$$A_f = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_f}{R_i} \quad (2-4)$$

可见闭环增益只决定于外接元件 R_f 和 R_i ,而与放大器的闭环增益无关,负号表示输入电压与输出电压反相。

用理想运放构成的同相型反馈放大器,如图 2—6 所示。

对理想放大器来说, Σ 点的电位 V_{Σ} 等于:

$$V_{\Sigma} = V_o \frac{R_i}{R_i + R_f} \quad (2-5)$$

由于 $A = \infty$,所以反相输入端与同相输入端子之间的电位差为零,于是:

$$V_i = V_o \frac{R_i}{R_i + R_f} \quad (2-6)$$

$$A_f = \frac{V_o}{V_i} = \frac{R_i + R_f}{R_i} = 1 + \frac{R_f}{R_i} \quad (2-7)$$

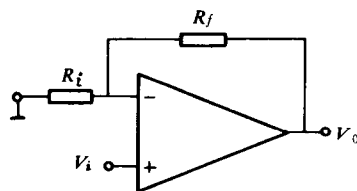


图 2—6 同相型反馈

这种电路的闭环增益 A_f 为 $1 + R_f/R_i$,它与外接阻抗有关,而与放大器的开环增益 A 无关,而且是同相的。

实际的放大器并非理想放大器,所以这些值在实际的放大器时需要加以修正。

其附属电路这里就不再说明。

三、限幅器

调频时频偏正比于音频信号的电压幅度,为使频偏不超过规定的最大值,必须对音频信号的幅度进行限制。

用间接调频实现调频的发射机,在调相前需将音频信号积分。最简单的积分器就是 RC 积分电路。话音频率为 $300 \sim 3000Hz$ 时,其时间常数应满足:

$$RC > \frac{1}{F_{\min}} \quad (2-8)$$

式中, $F_{\min}$ 是话音频带的下限频率。

图 2—7 是整个音频处理电路的频率特性。

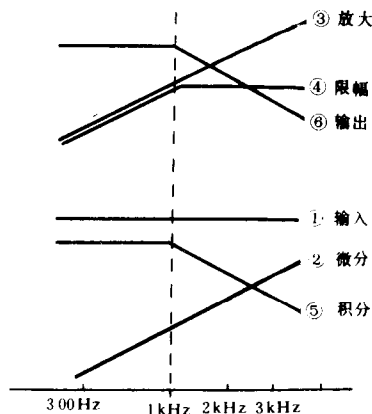


图 2—7 音频处理电路的频率特性

四、压 缩 器

据有打电话功能的移动电台,为了能比较好的话音质量与有线电话相联接,在预加重电路之前还要采用语音压缩电路。这种电路由三部分组成,即运算放大器、整流电路和电压控制的可变电阻器。

如图 2—8(a)所示的运算放大器其输出电压为:

$$V_{out} = -\frac{R_f}{R_{in}} V_{in} \quad (2-9)$$

式中 V_{in} , V_{out} 分别为运算放大器的输入输出电压, R_f , R_{in} 为电阻。

当用运算放大器组成压缩器时,如图 2—8(b)反馈电阻 R_f 受整流电压控制,即控制反馈电流,整流电压取自放大器输出端,即:

$$R_f = \frac{K}{V_{out}} \quad (2-10)$$

此时运算放大器的输出电压为:

$$V_{out} = -\frac{R_f}{R_{in}} V_{in} = -\frac{K}{R_{in} V_{out}} V_{in} \quad (2-11)$$

即 $V_{out} \propto \sqrt{V_{in}}$ 。

在发信端采用了压缩器的通信机,在其收信端要相应采用扩展器电路。

当用运算放大器组成扩展器时,如图 2—8(c)输入电阻 R_{in} 受整流电压控制,即控制输入电流,整流电压取自放大器输入端,即:

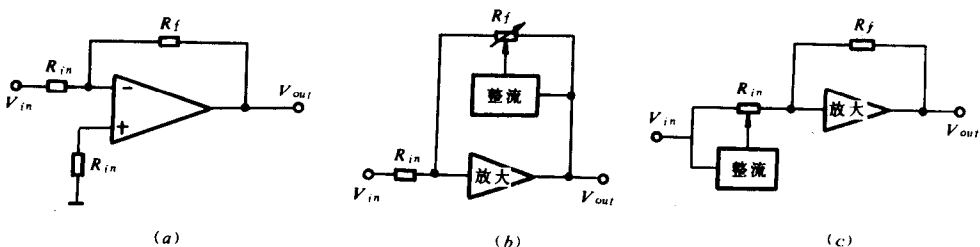


图 2—8 压扩器原理

$$R_{in} = \frac{K}{V_{in}} \quad (2-12)$$

此时运算放大器的输出电压为:

$$V_{out} = -\frac{R_f}{R_{in}} V_{in} = -\frac{R_f}{K} V_{in}^2 \quad (2-13)$$

即 $V_{out} \propto V_{in}^2$ 。

这是压扩比为 2 的压扩电路,可见压扩比取决于受控电阻随控制电压而变化的程度。CCITT 推荐的压扩比为 2,单片集成压扩电路的压扩比一般为 2,若需要压扩比为 4 的压扩器,可将两个 2 压扩器串联。

第三节 锁相环频率合成器

锁相技术最早(1932年)是用于同步接收中为同步检波提供一个与输入信号同频同相的本地参考信号。其普遍应用是在1943年开始的,首先在黑白电视机水平同步电路中应用,它可以减少噪声对同步的影响,使电视图象的同步性能得到很大的改善。锁相环在空间技术中的应用是从1956年国外发射第一批人造卫星开始的。这些飞行器功率低,但传输距离却有数百至数千公里以上(发射与接收信号在时间上有滞后),因而接收的信号是异常微弱的,加之频率偏移,移动体产生的多普勒频移及发信机频率的漂移,收信机的带宽要求很宽,而噪声强度与带宽成正比,这样信噪比就相当低,此时只有采用锁相环路做成的窄带锁相跟踪接收机才能把深埋在噪声中的信号提取出来,而普通的接收技术是无能为力的。

锁相环路在电子技术各领域的广泛应用,使它逐渐成为电子设备中常用的一种基本部件,为了便于调整、降低成本和提高可靠性,锁相环路已经进行了集成化。

频率合成器是指从一个基准频率出发,通过频率的相加和相乘的方法产生大量的频率输出,这些频率称为合成频率,所采用的方法称为频率合成技术,合成具有一定的频率范围,有一定的间隔,与基准频率稳定度相同的一组频率。

表征频率合成器性能有一系列指标,基本的指标有:

1. 频率范围

频率范围指频率合成器最低输出频率 $f_{0\min}$ 和最高输出频率 $f_{0\max}$ 之间的范围,其覆盖系数为 $K=f_{0\max}/f_{0\min}$,如果覆盖系数 $K>2\sim 3$ 时,整个频移可以划分为几个波段。在频率合成器中,分频段的覆盖系数取决于压控振荡器的特性。

2. 频率分辨力

频率合成器需要在指定的频率范围内产生大量离散的频率。频率分辨力是指两相邻频点之间的间隔,故也称频率间隔。不同用途的频率合成器的分辨率相差很大,如调频通信机的分辨力一般为 25kHz,而单边带通信机则要 100Hz, 10Hz。

3. 频率转换时间

频率转换时间是指频率合成器从某一工作频率转换到另一工作频率并达到稳定时所需要的时间。

4. 频率准确度是指频率合成器实际输出频率偏离标称工作频率的程度,频率稳定度是指在一定的时间间隔内,合成器输出频率变化的大小。

5. 频谱纯度

频率合成器频谱纯度是指除需要的频率以外的其它频率成分的多少,影响频谱纯度的因素主要有两个,一是相位噪声,二是寄生干扰。

目前频率合成器可分为直接频率合成法,间接频率合成法和直接数字频率合成法三种。

直接频率合成法是利用一个或几个基准频率源,经过混频和滤波的方法选出所需的各种频率。这种直接法的优点是频率切换速度快,输出相位噪声小,频率间隔小,在技术上比较成熟,因此,在早期的通信机中曾大量采用。直接法的缺点是需要使用大量的混频器和滤波器,体积庞大,成本昂贵,而且输出的寄生成分难以抑制。

间接频率合成法,也即锁相频率合成法,是利用锁相环实现频率合成的,这种合成器具有