

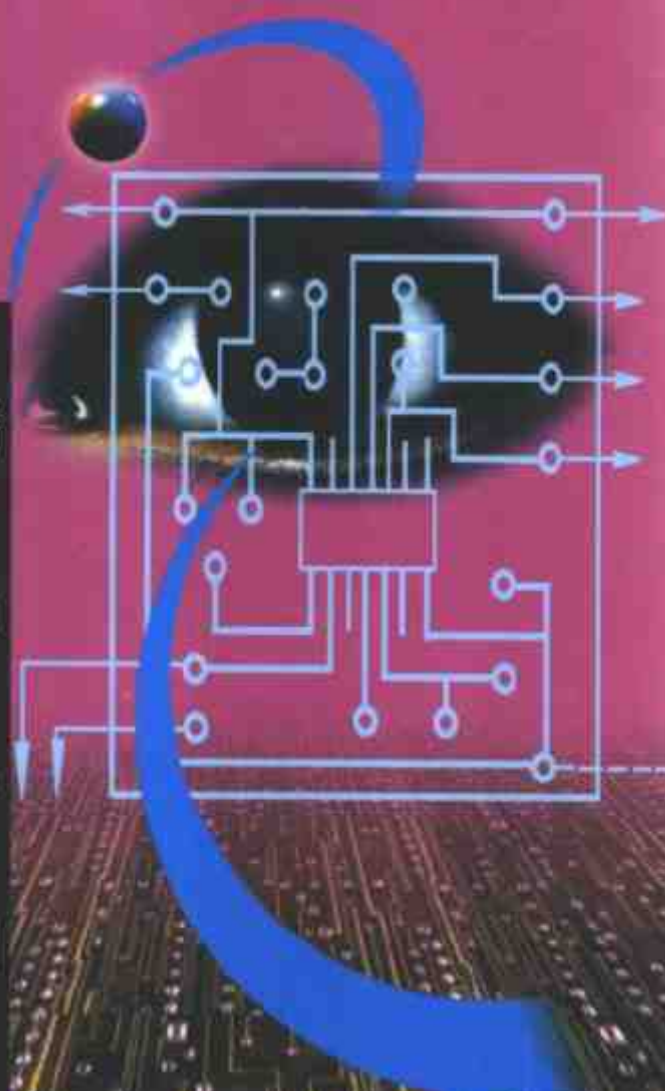
怎样看 无线电 电路图

(新修订本)

雷达萍 原著
沈长生 修订
雷达萍



精
品
系
列



无线电爱好者丛书

深受读者欢迎，重印
20余次，累计印数
已近 3000000 册

从最基本的器件和电路
单元开始，教您看常见
无线电电路图
的基本方法

学习无线电电子
技术，请从此书
入门

人民邮电出版社

怎样看 无线电 电路图

(新修订本)

数字
技术
教程



精品系列



无线电爱好者丛书

- ▶ 内容新颖实用，重点突出，便于自学
- ▶ 可作为中等专业学校、技工学校、电视大学、函授大学教材
- ▶ 可作为无线电爱好者、电子技术入门教材

人民邮电出版社

ISBN 7-115-06131-9



9 787115 061317 >

ISBN7-115-06131-9/TN·1080

定价:13.00 元

人民邮电出版社

无线电爱好者丛书精品系列 ----->

怎样看无线电电路图

(新修订本)

沈长生 雷达萍 原著
雷达萍 修订

人民邮电出版社



内容提要

本书介绍了各种无线电元器件，如电阻器、电容器、电感线圈、变压器、电声器件、晶体管、电子管、集成电路及接线元件的符号和外形图等基础知识；看无线电电路图的基本方法；调幅晶体管、电子管收音机和调频收音机、集成电路收音机电路的分析步骤及制作举例等。

本书主要为初学无线电知识的青少年编写的，可作为中小学生学习无线电小组及科技活动的指导用书；也可作为无线电爱好者的参考书。

无线电爱好者丛书精品系列 怎样看无线电电路图(新修订本)

- ◆ 编 著 雷达萍
修 订 沈长生 雷达萍
责任编辑 孙中臣
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ ptpb.com.cn
网址 <http://www.ptpb.com.cn>
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京朝阳隆昌印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本:787×1092 1/32
印张:10.125
字数:230千字 1998年3月第3版
印数:3010 101 - 3015 100册 2001年10月北京第30次印刷

ISBN 7-115-06131-9/TN·1080

定价:13.00元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话:(010)67129223

中国电子学会
《无线电爱好者丛书》编委会

主任：杜肤生

副主任：徐修存 宁云鹤 李树岭

编委：王亚明 刘宪坤 王明臣

刘 诚 孙中臣 安永成

郑凤翼 赵桂珍 聂元铭

郑迎春 孙景琪 李勇帆

刘文铎 陈有卿 徐士毅

于世均 贾安坤 张国峰

无线电爱好者丛书前言

众所周知,迅速发展着的无线电电子技术,是一门应用十分广泛的现代科学技术。它的发展水平和普及程度是现代化水平的重要标志。为了普及电子技术知识,培养更多的无线电爱好者,适应现代化建设的需要,中国电子学会和人民邮电出版社约请有关专家编写了这套《无线电爱好者丛书》。

本丛书从无线电爱好者的实际条件出发,按照理论联系实际的指导思想,深入细致地讲述各种无线电元器件和常用电子电路的原理;介绍各种家用电器、电子设备(如收音机、扩音机、录音机、电视机、录像机、电子计算机、计算器、复印机、电子相机、常用电子仪器仪表、电子钟表、电冰箱、空调器、洗衣机、吸尘器、电风扇、电热器具等)的工作原理、制作技术、使用和维修方法,为无线电爱好者提供所需的各种技术资料及有关工具书,使读者通过阅读本丛书和不断动手实践,能逐步掌握应用电子技术的基本技能。本丛书的读者对象是各行各业的广大无线电爱好者。

我们衷心希望广大电子科学技术工作者、专家、学者和无线电爱好者,对这套丛书的编辑出版工作提出宝贵意见;给予帮助。让我们共同努力,为普及无线电电子技术,为实现我国现代化做出贡献。

再 版 说 明

这本书从 1965 年出版以来,已修订了两次,印刷出版了 23 次。这次出版为第三次新修订版本。

该书出版三十多年以来,一直深受广大青少年、无线电爱好者的喜爱,被称作“无线电爱好者的入门向导”和“良师益友”。本次修订再版该书,是为适应无线电技术发展的形势和广大无线电爱好者的要求。这次修订对原书的内容进行了较大的修改:包括书中的图形符号、文字符号和计量单位,均采用国家新颁布的标准;对少部分不适合的内容如介绍黑白电视机电路的内容已删除;增加了新的实用的内容,如调频收音机、集成电路收音机电路的分析等。

修订后,对青少年、无线电爱好者全面学习掌握无线电基础知识,提高动手能力,培养兴趣,推动青少年科技活动有着重要意义。

另外,参加本书编写、审校、绘图、供给资料的有张国峰、石工、王新、张英杰等同志,在此一并表示感谢。

由于编者的水平所限,书中如有错误和不当之处,恳请读者批评指正。

编者 1997 年 6 月



第一章 什么是无线电电路图	(1)
第一节 简单的电路图和符号.....	(1)
第二节 为什么要学会看无线电电路图.....	(2)
第三节 无线电电路图的分类.....	(3)
第二章 无线电元器件	(8)
第一节 电阻器.....	(8)
第二节 电容器.....	(18)
第三节 电感线圈.....	(27)
第四节 变压器.....	(33)
第五节 电声器件.....	(39)
第六节 电源.....	(43)
第七节 半导体整流元器件.....	(46)
第八节 接线元件.....	(49)
第九节 带铁淦氧磁芯的元件.....	(55)
第三章 电子管及管座	(57)
第一节 电子管的构造和分类.....	(57)
第二节 电子管的接线法.....	(63)
第三节 管脚和管座.....	(63)
第四节 国产电子管命名法.....	(66)
第四章 晶体管	(69)
第一节 什么是晶体管.....	(69)
第二节 晶体二极管.....	(69)

第三节	晶体三极管及其放大原理	(72)
第四节	国产晶体管命名法	(77)
第五节	晶体管的极性及质量判别	(79)
第六节	场效应管工作原理	(85)
第七节	场效应管基本放大电路	(87)
第八节	场效应管的主要参数	(92)
第九节	场效应管使用注意事项	(93)
第五章	各种元件数值的识别	(95)
第一节	无线电电路图中常用的文字符号	(95)
第二节	元件数值读法	(96)
第三节	无线电元件数值计量单位的换算	(98)
第六章	看无线电电路图的方法	(106)
第一节	元件与符号的对照及连接	(106)
第二节	看电路图应注意的几个问题	(109)
第三节	看电路图的几点经验	(110)
第四节	如何看印制板电路图	(111)
第七章	调幅晶体管收音机电路分析	(114)
第一节	晶体三极管的三种基本放大电路	(114)
第二节	晶体管偏置电路	(116)
第三节	单管来复式晶体管收音机电路	(119)
第四节	放大器的级间耦合	(129)
第五节	晶体管两管收音机电路	(133)
第六节	晶体管四管收音机电路	(135)
第七节	晶体管超外差式六管收音机电路	(138)
第八节	OTL 低频功率放大电路	(151)
第八章	电子管收音机电路分析	(158)
第一节	收音机电路的结构表示法	(158)

目 录

第二节	电子管收音机的电源电路	(159)
第三节	电子管收音机的检波电路	(162)
第四节	电子管单管再生式收音机	(163)
第五节	电子管三管再生式收音机	(166)
第六节	电子管超外差式五管收音机	(171)
第七节	负反馈与音质调整电路	(179)
第九章	调频收音机电路分析	(182)
第一节	调频收音机的电路构成	(183)
第二节	高频放大器	(186)
第三节	变频电路	(201)
第四节	中频放大电路	(219)
第五节	调频解调器	(228)
第六节	调频调幅收音机电路	(243)
第十章	集成电路收音机	(261)
第一节	调幅集成电路收音机	(261)
第二节	调频调幅集成电路收音机	(266)
第三节	调频立体声集成电路收音机	(282)
第四节	集成电路收音机的安装与调试举例	(305)

第一章 什么是无线电电路图

第一节 简单的电路图和符号

无线电电路图是怎么回事？它究竟是做什么用的呢？让我们从一个最简单的电路谈起吧。

大家都用过手电筒，当我们按下按钮开关的时候，小灯泡就亮了，这是什么道理呢？我们把手电筒的电路图画出来分析一下就会明白了。

图 1-1-1 画出了一些符号，它们代表小灯泡、电池和按钮开关，手电筒外壳相当于导线，可以用连接线代表。把小灯泡、电池和按钮开关等符号连接起来，这就是一个手电筒的电路图。当我们按下按钮

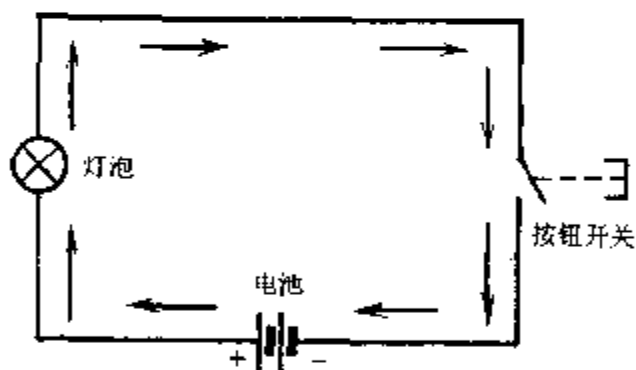


图 1-1-1 手电筒的电路图

开关时，电路便接通，电流就按照箭头所指的方向，从电池正极经过灯泡、开关，回到负极，同时小灯泡发亮了；放开开关，电路中断，电路内没有电流流动，小灯泡就不亮了。图 1-1-1 说明了手电筒的工作原理，表示了电筒的安装接线方法，也说明了电路图的用途。由于它表示了电路的来龙去脉，说明了电流的流动情况，所以我们叫它“电路图”。

从图 1-1-1 所示我们看到小灯泡、电池、开关等仅仅是一些符号,图 1-2-1 上才画出它们的实物形状。为什么要用符号来代表实物呢?这是为了画图简单,分析方便,尤其是在复杂的电路图中,如果都画出实物图来,不仅很费事,也不必要。而用符号来代表实物不但画起来方便,而且看起来也觉得清楚明显,简单扼要,说明问题。电路图中什么符号代表一种什么实物都是有统一规定的,也是无线电行业的共同“语言”。

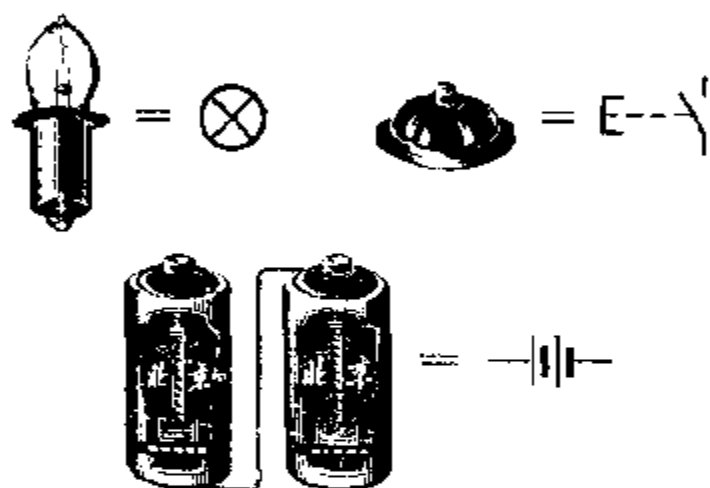


图 1-1-2 灯泡、电池、按钮开关和它们的符号

第二节 为什么要学会看无线电电路图

从上一节中我们了解了用符号和电路图来表示一个电器设备或无线电设备,要比用实物图来表示方便得多。比如我们打开一台半导体收音机的后盖,就会看到各种各样的元件安装在底板上,使人很难一下看懂它们的作用。如果有了它的电路图,那么对照一下就能一目了然,既可弄清它们的来龙去脉,又可知道各个元件的作用。因此,电路图可以帮助我们识别一部无线电设备的构造,了解它的工作原理。

当你要制作一台晶体管收音机时,必然要提出一些问题,装一台什么样的收音机好呢?需要哪些规格的元件呢?这时,如果有一本收音机的电路图集,就可以根据你的爱好和条件,选择合适的电路图来进行制作安装。

目前电子工业飞速向前发展,无线电的新产品、新设备日新月异,水平越来越高,结构也越来越复杂,如果我们想掌握、使用和修理这些新设备,有了它们的电路图,就会给我们的工作带来很大的方便。所以电路图是装配、维修工作者不可缺少的资料。

从以上几方面看,要学习无线电技术,掌握和应用无线电设备,就应该首先学会看电路图。

第三节 无线电电路图的分类

前面我们谈了谈电路图和无线电符号的一般概念。无线电电路图所表示的是各种无线电设备的电路。收音机是无线电设备的一种,其它的无线电设备还有很多很多。不过初学无线电的读者接触最多的是收音机,收音机线路比较简单,元件容易买到,装配也比较容易,所以本书是以讲收音机的电路图为主。

无线电电路图一般有电路原理图、安装图和方框图三种。

一、电路原理图

顾名思义,电路原理图是表示设备的工作原理的,图上用符号代表各种无线电元件。电路原理图表示出了各个元件和电路的连接情况,各个元件旁还注明元件的数值。有了这种电路图,就可以研究电路的来龙去脉,也就是电流怎样在机器的元件和导线里流动,从而分析机器的工作原理。图 1-3-1 所示的晶体单管收音机电路图,就属于电路原理图。

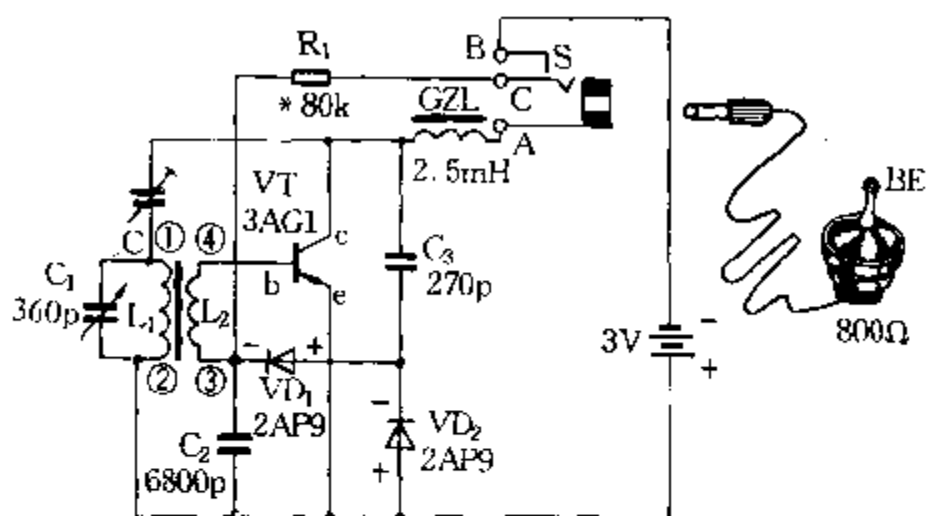


图 1-3-1 晶体单管收音机电路图

二、安装图

安装图也就是布线图，如果用元件的实际样子表示符号的布线图又叫实体图，如图 1-3-2 所示。原理图只说明电路的工作

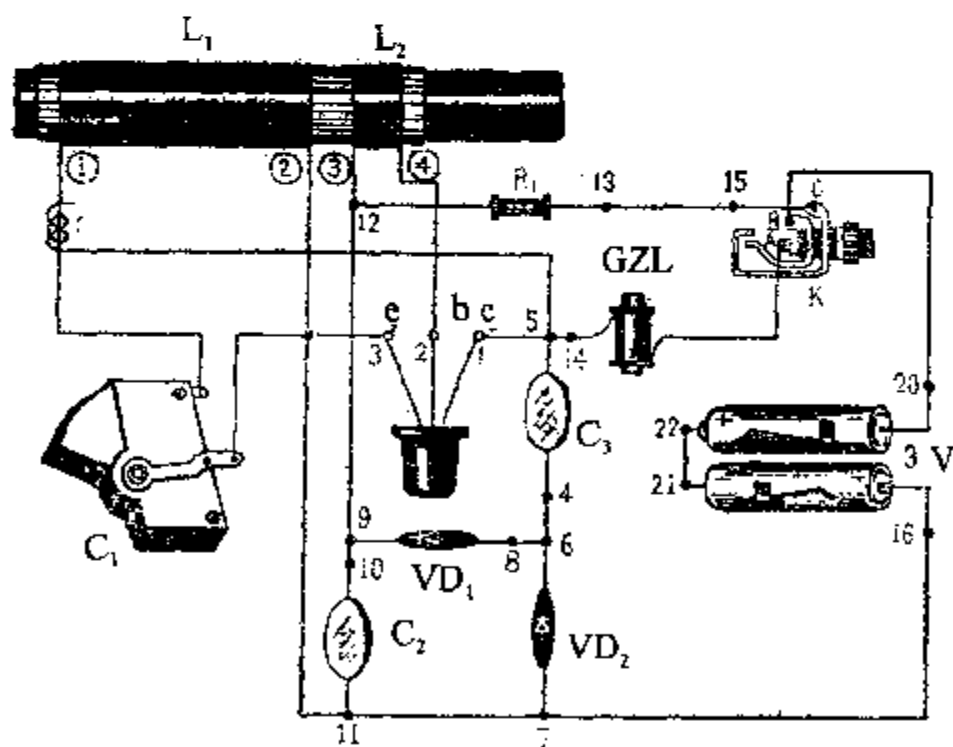
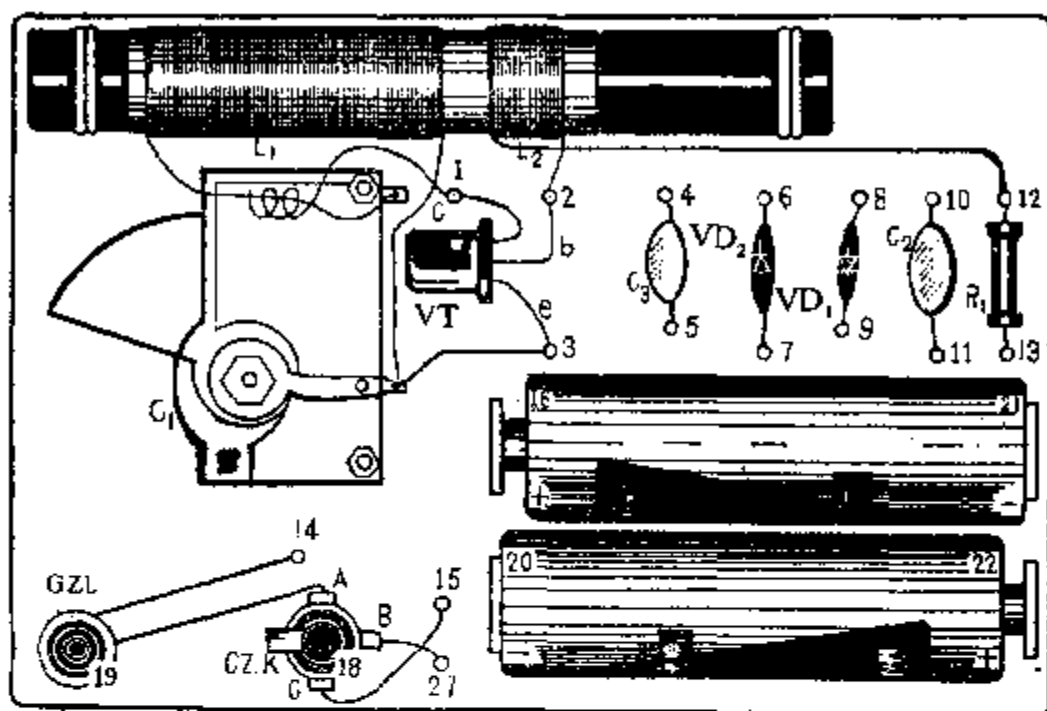
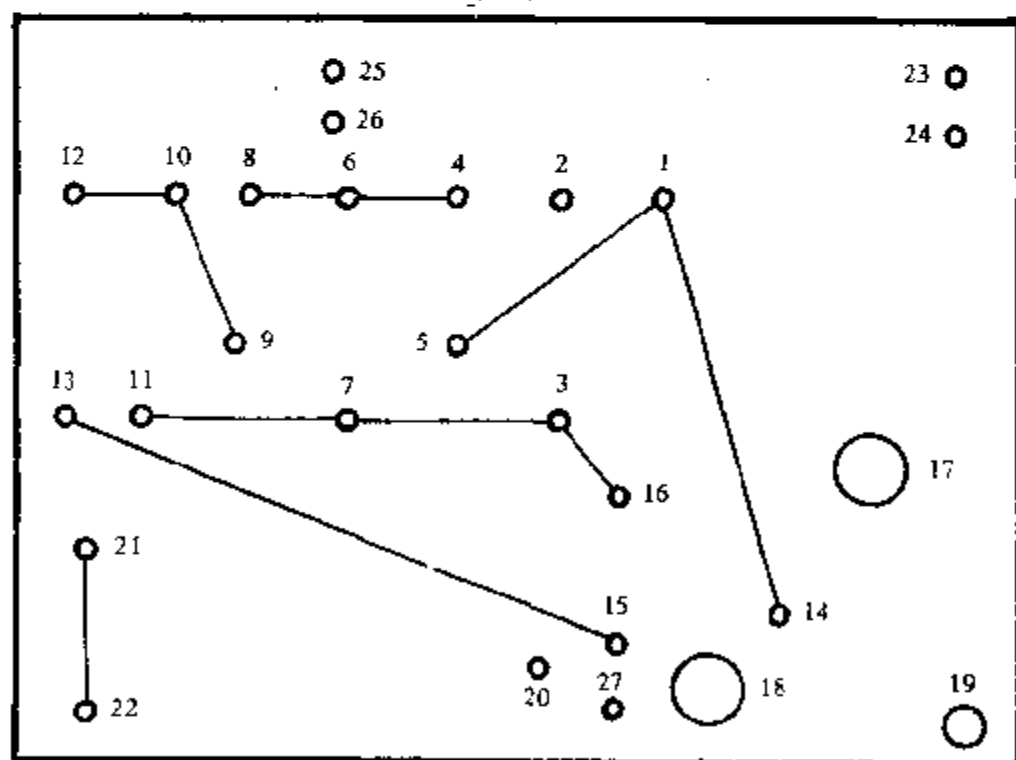


图 1-3-2 单管机实体接线图

第一章 什么是无线电电路图



(a) 正面



(b) 反面

图 1-3-3 单管收音机正面的元件安装和反面的导线连接图

原理,看不出各元件的实际形状以及在机器中是怎样连接的,位置在什么地方,而安装图就能解决这些问题。安装图一般很接近于实际安装和接线情况的。图 1-3-3 就很清楚地表明了一部单管晶体管收音机底板上边的元件排列和底板下边的接线。

如果采用印刷电路板,安装图就要用实物图或符号图示出每个元件在印刷板的什么位置,焊在那些接线孔上,如图 1-3-4 所示。

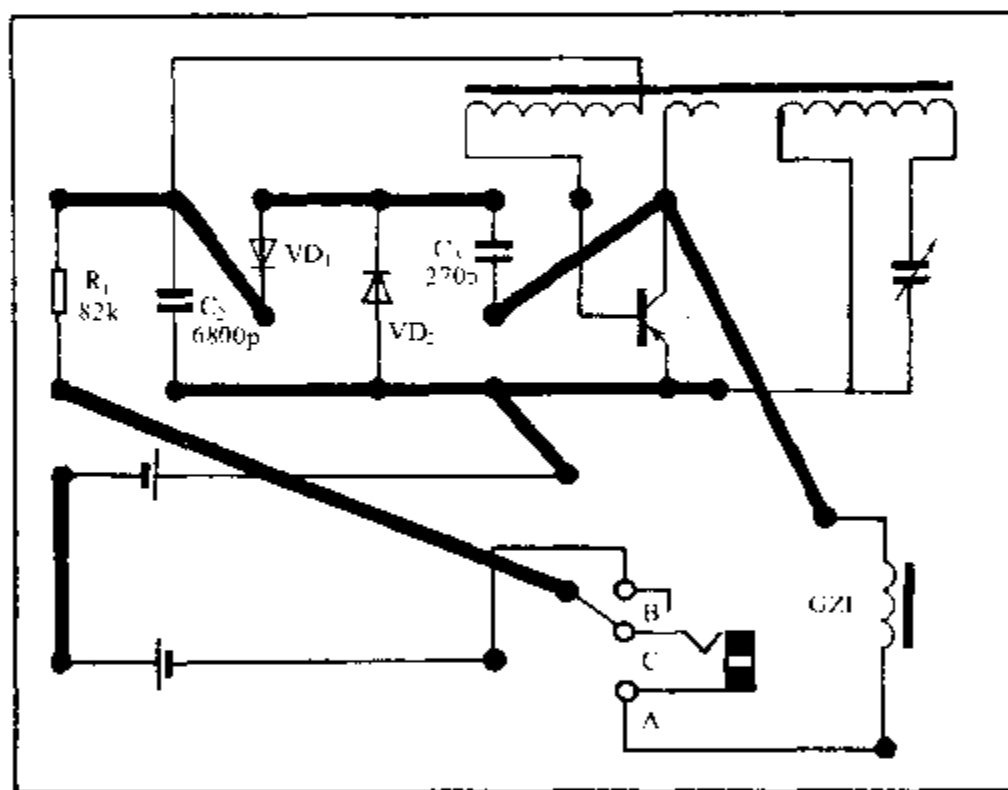


图 1-3-4 印刷电路板安装图

有了安装图我们就能很方便地知道各元件的位置,能顺利地装好收音机。

三、方框图

方框图仅仅表示整个机器的大致结构,即包括了哪几个部

第一章 什么是无线电电路图

分,每一部分用一个方框表示,有文字或符号说明,各方框之间用线条连起来,表示各部分之间的关系。方框图只能说明机器的轮廓以及类型,大致工作原理,看不出电路的具体连接方法,也看不出元件的型号数值。图 1-3-5 为单管机的方框图。

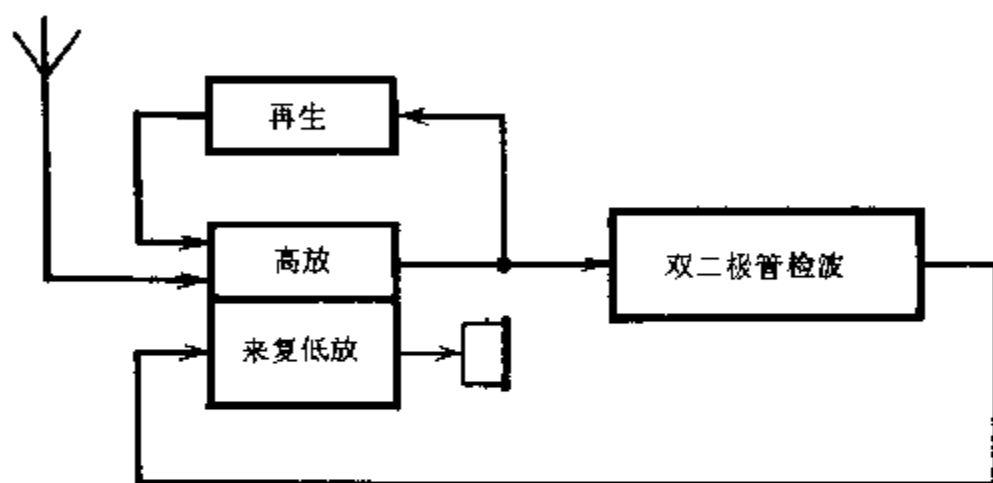


图 1 3-5 单管收音机方框图

以上讲到的原理图、安装图和方框图,都有它们自己的功用。其中电路原理图是最常用的,也是最能说明问题的,因此它是最重要的电路图。本书要讲的“怎样看无线电电路图”主要讲的就是怎样看电路原理图。

第二章 无线电元器件

当我们打开一张无线电电路图,就会发现上面画有各种不同的符号,这些符号分别代表电阻、电感和电容等无线电元件。要学会看电路图,就要掌握每一种符号代表什么元件;还要了解每种元件的用途和工作原理。下面我们就来谈谈常用的一些无线电元件。

第一节 电 阻 器

一、什么叫电阻器

在无线电设备的电路中,为了控制电路中的电压和电流,或者使放大的电压或电流表现它的工作效果,需要一种具有一定电阻数值的元件,这种元件我们就称它为电阻器,通常叫“电阻”。电阻在电路图中用字母“R”或“r”来表示。各种电阻器的符号如图 2-1-1 所示。

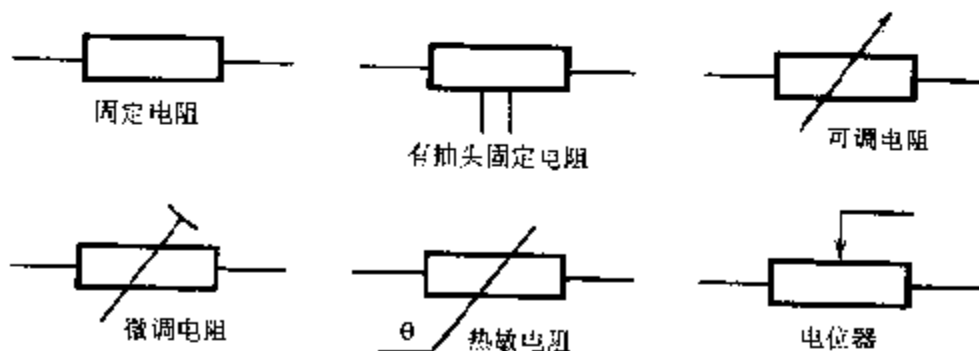


图 2-1-1 电阻器的符号

电阻器的基本单位是欧姆(简称欧),用符号“ Ω ”表示。如果在电阻两端加 1 伏的电压,能使电阻中流过的电流为 1 安培,那么,这个电阻的阻值就是 1 欧姆。通常还使用比欧姆更大的单位如千欧($k\Omega$)和兆欧($M\Omega$)。它们之间的换算关系如下:

$$1M\Omega = 1000k\Omega = 1000000\Omega.$$

二、电阻的主要指标

电阻的主要指标是指电阻标称数值、误差和额定功率。我们要根据电路图的要求去选用电阻,就必须了解电阻的主要指标。

1. 标称阻值和误差 使用电阻,首先要考虑的是它的阻值是多少。为了满足不同的需要,工厂生产出各种不同大小阻值的电阻。但是,决不可能也没有必要做到要什么阻值的电阻就有什么样的成品电阻。

为了便于大量生产,同时也让使用者在一定的允许误差范围内选用电阻,国家规定出一系列的阻值做为产品的标准,这一系列阻值就叫做电阻的标称阻值。另外,电阻的实际阻值也不可能做到与它的标称阻值完全一样,两者间总存在一些偏差。最大允许偏差值除以该电阻的标称值所得的百分数就叫做电阻的误差。对于误差,国家也规定出一个系列。普通电阻的误差可分为 $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ 和 $\pm 20\%$ 三种,在标志上分别以 I, II 和 III 表示。例如一只电阻上印有“47kII”的字样,我们就知道它是标称阻值为 47 千欧,最大误差不超过 $\pm 10\%$ 的电阻。误差为 $\pm 2\%$, $\pm 1\%$, $\pm 0.5\%$ ……的电阻称为精密电阻。

现在也有的电阻器用字母表示误差。即 J 表示误差为 $\pm 5\%$;K 表示误差为 $\pm 10\%$;M 表示误差为 $\pm 20\%$ 。

普通电阻的标称阻值系列参见表 2-1-1。表 2-1-1 说明:例如,对于误差为 $\pm 5\%$ 的电阻,只生产标称值为 1.0、1.1、1.2、1.3

怎样看无线电电路图

表 2-1-1 普通电阻的标称阻值系列

误差±5%	误差±10%	误差±20%
1.0	1.0	1.0
1.1		
1.2	1.2	
1.3		
1.5	1.5	1.5
1.6		
1.8	1.8	
2.0		
2.2	2.2	2.2
2.4		
2.7	2.7	
3.0		
3.3	3.3	3.3
3.6		
3.9	3.9	
4.3		
4.7	4.7	4.7
5.1		
5.6	5.6	
6.2		
6.8	6.8	6.8
7.5		
8.2	8.2	
9.1		

……9.1 的电阻或以这些数值乘以 10、100、1000……的电阻。举例说,对于表 2-1-1 中的 1.3 这个标称值,可以是 1.3Ω,也可以是 13Ω、130Ω、1300Ω、13k、130k 等。如果你需要一只 29Ω 的电阻,就可以选用 30Ω 的成品电阻,这时的误差为 $\frac{30-29}{30} = 3.33\%$ 仍在规定误差 5% 以内。

2. 电阻的额定功率 当电流通过电阻时,电阻因消耗功率而发热。如果电阻发热的功率大于它所能耐受的功率,电阻就会烧坏。所以电阻发热而消耗的功率不得超过某一数值。这个不致于将电阻烧坏的最大功率值就称为电阻的额定功率。

电阻器上消耗的电功率,是根据电阻器上通过的电流、电阻器两端的电压和电阻器的阻值这三个数值里已知其中任何两个数值来计算的。例如有一个电阻器,它的阻值是 1000Ω ,通过的电流是 0.1A ,显然,两端电压就是 $1000 \times 0.1 = 100\text{V}$,那末它消耗的电功率就可由任何两个已知数来求得,就是:

$$P = U \times I = 100 \times 0.1 = 10\text{W}$$

或者

$$P = I^2 \times R = 0.1^2 \times 1000 = 10\text{W}$$

或者

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{100^2}{1000} = 10\text{W}$$

式中 P 代表功率, I 代表电流, U 代表电压。

同标称阻值一样,电阻的额定功率也有标称值,通常有 $\frac{1}{8}$ 、 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{2}$ 、1、2、3、5、10、20W 等。图 2-1-2 画出了不同功率的电阻符号。

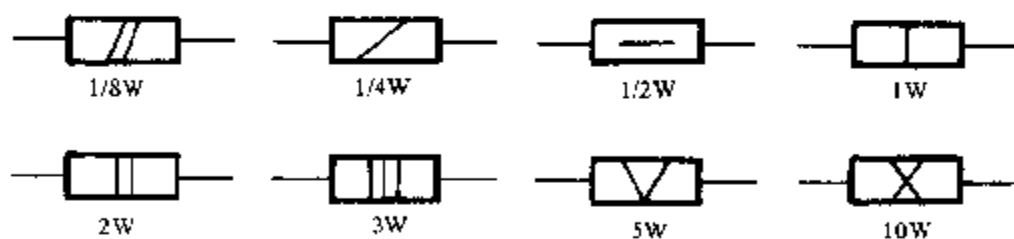


图 2-1-2 不同功率(瓦数)的电阻器符号

当有的电阻上没有瓦数标志时,我们就要根据电阻体积大小来判断,常用的碳膜电阻与金属膜电阻,它们的额定功率和体积大小的关系见表 2-1-2。

表 2-1-2 碳膜和金属膜电阻外形尺寸与额定功率的关系

额定功率(W)	碳膜电阻(RT)		金属膜电阻(RT)	
	长度(mm)	直径(mm)	长度(mm)	直径(mm)
$\frac{1}{8}$	11	3.9	6—8	2—2.5
$\frac{1}{4}$	18.5	5.5	7—8.3	2.5—2.9
$\frac{1}{2}$	28	5.5	10.8	4.2
1	30.5	7.2	13.0	6.6
2	48.5	9.5	18.5	8.6

三、各种电阻的简单介绍

下面列出了几种常用的电阻器,简要地介绍了它的结构和特点。

1. 碳膜电阻器

它是把碳氢化合物在高温真空下分解,使其在瓷管或瓷棒上形成一层结晶碳膜,然后用刻槽的方法来确定阻值,这种电阻稳定性较高,噪声也比较低

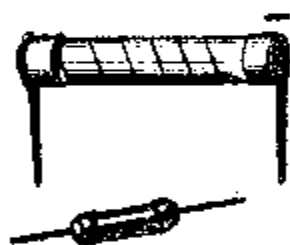


图 2-1-3 碳膜电阻器

2. 金属膜电阻器



一般用真空蒸发法或烧渗法在陶瓷体上生成一层薄膜,这种电阻具有噪声低,耐高温,体积小,稳定性和精密度高等特点

图 2-1-4 金属膜电阻器

3. 碳质电阻器

是将碳黑、树脂、粘土等混合物压制后经热处理而成；在电阻上用色环表示其阻值；它的特点是成本低，阻值范围广，容易制作，但阻值稳定性差，噪声和温度系数大



图 2-1-5 碳质电阻

4. 线绕电阻器

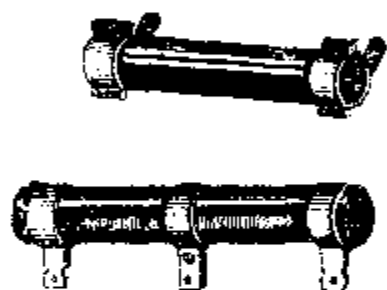


图 2-1-6 线绕电阻

是用电阻丝绕在瓷管上制成，这种电阻分固定和可变两种，其特点是工作稳定耐热性能好，误差范围小，适用于大功率场合，额定功率大都在 1W 以上

5. 电位器

(a) 线绕电位器：用电阻丝在环状骨架上绕成，其特点是阻值变化范围小，功率较大一般在 2W 左右

(b) 碳膜电位器：电阻体是在纸胶板的马蹄形基体上涂一层碳膜而成，它的稳定性较高，噪声较小

(c) 推拉式带开关碳膜电位器：它的开关部分和电位器部分各自独立，开关是采用轴向“推”或“拉”达到，所以调电位器到一定位置后，开关将不影响电位器位置，其特点是使用寿命长，调节方便

(a) 线绕电位器：用电阻丝在环状骨

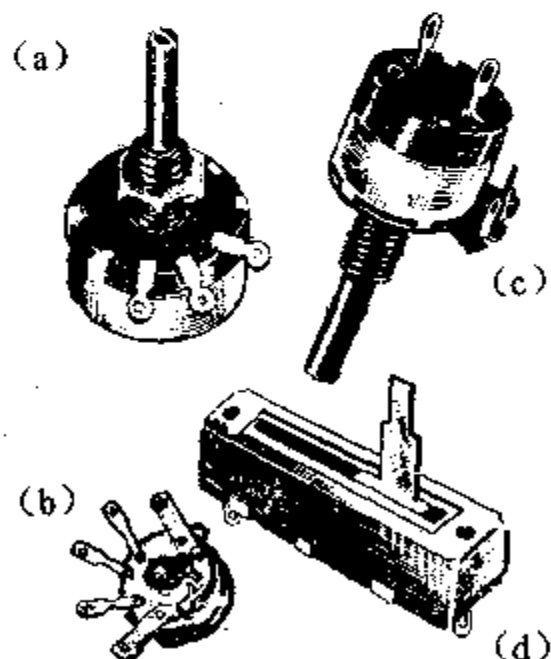


图 2-1-7 各种电位器

(d)直滑式碳膜电位器:它是靠一滑动杆在碳膜上滑动来改变电阻值的,其特点是节省安装位置,调节方便

四、电阻的类别和型号

随着电子工业的迅速发展,电阻的种类也越来越多,为了区别电阻的类别、阻值和误差等级,就在电阻上用字母标明如图所示。

表 2-1-3 是用来区别电阻类别的字母符号标志说明。第一字母为左边的一个,其余类推。如图 2-1-8 上的“RT”表示碳膜电阻,“RJ”表示精密金属膜电阻。电阻的功率、阻值和误差等级大都用数字直接标出,功率和误差分别标在阻值数字的左

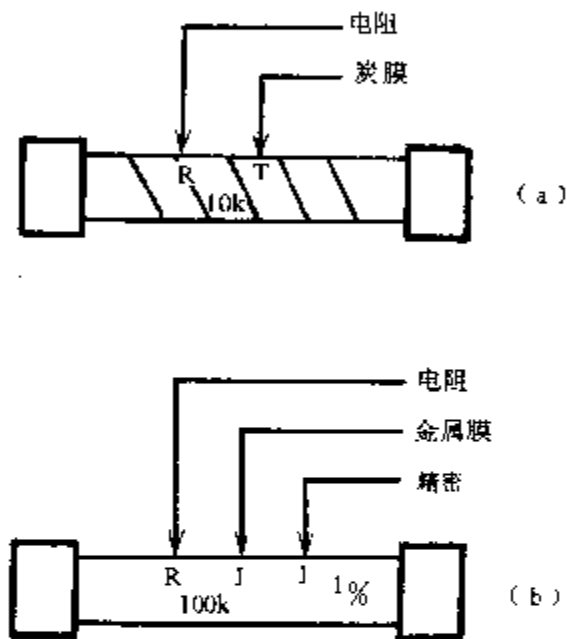


图 2-1-8 电阻上的字母标志

面和右面,有的标误差等级,也有的标误差百分数。

表 2-1-3 电阻的类别和型号标志

顺 序	类 别	名 称	简 称	型 号
第一位	主 称	电阻器	阻	R
		电位器	位	W
第二位	导体材料	碳 膜	碳	T
		金属膜	金	J
		金属氧化膜	氧	Y
		线 绕	线	X
第三位	形状性能等	大 小	小	X
		精 密	精	J
		测 量	量	L
		高 功率	高	G

五、色标阻值识别法

碳质合成电阻和有些小碳膜电阻的阻值和误差,一般用色环来表示(个别电阻也有用色点表示的)。在电阻器的一端上画

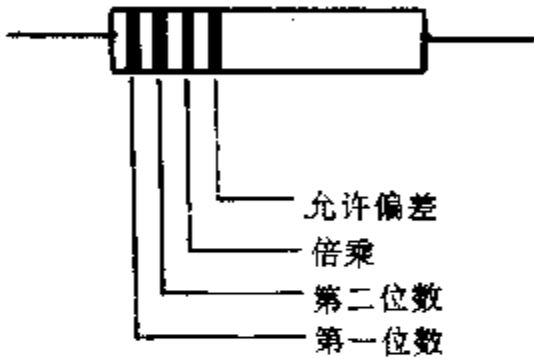


图 2-1-9 色环电阻标志法

有三道或四道色环(图 2-1-9)。紧靠电阻端的为第一色环,其余依次为第二、三、四色环。第一道色环表示阻值第一位数字,第二道色环表示阻值第二位数字,第三道色环表示阻值末尾加有几个零,第四道色环表示阻值的误差。

色环所代表数及数字意义见表 2-1-4。例如有一只电阻有四个色环,其顺序为红,紫,黄,银。这个电阻的阻值就是 270,000 欧,误差为 $\pm 10\%$ (即 $270k \pm 10\%$)。另有一只电阻标有棕,绿,黑三道色环,显然其阻值为 15 欧,误差 $\pm 20\%$ 。

表 2-1-4 色环所代表数及数字意义

色 别	第一色环 第一位数	第二色环 第二位数	第三色环 应乘位数	第四色环 误 差
棕	1	1	10	—
红	2	2	100	—
橙	3	3	1,000	—
黄	4	4	10,000	—
绿	5	5	100,000	—
蓝	6	6	1,000,000	—
紫	7	7	10,000,000	—
灰	8	8	100,000,000	—
白	9	9	1,000,000,000	—
黑	0	0	1	—
金	—	—	0.1	$\pm 5\%$
银	—	—	0.01	$\pm 10\%$
无色	—	—	—	$\pm 20\%$

还有一只电阻的四个色环颜色依次为：绿，棕，金，金，其阻值应为 $5.1\Omega \pm 5\%$ 。

用色点表示的电阻，其识别方法与色环表示法相同，这里不再重复。

现在还有用五条色环表示精密电阻器的阻值和允许误差。前三环表示电阻阻值的前三位有效数字，第四环表示倍率，第五环表示误差。详细情况见图 2-1-5。

例如某电阻色环为棕、蓝、绿、黑、棕则为 $165\Omega \pm 1\%$ ；若为红、绿、蓝、棕、红则为 $2560\Omega \pm 2\%$ 。

六、电阻器使用常识

1. 当我们现有的电阻中和要装置的无线电设备中所需的电阻阻值、功率不合适时，可以采取串联和并联的办法获得，其规律是，电阻串联阻值增加，即串联后的总电阻阻值 $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$ ；电阻并联后阻值减小，即并联后的总电阻阻值

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots}$$

如果把阻值相同的几只电阻串联或并联后的耐热功率等于各只电阻耐热功率的总和；但如果是阻值不同的几只电阻串联或并联，就要考虑每只电阻上的耐热功率是否超过了此电阻的额定功率。一般规律是：在串联电路中电阻阻值大的所分得的功率也大；在并联电路中则电阻值小的电阻分得的功率大。具体算法可根据前面讲过的功率计算方法来计算。

2. 应根据无线电设备的使用条件和电路中的具体要求来选用电阻的品种及误差，不要片面采用高精度电阻产品。在阻值方面要优先选用标称阻值系列的规格。所选用电阻的额定功率

颜色	第一位有效数字	第二位有效数字	第三位有效数字	倍率	允许误差
黑		0	0	10^0	
棕	1	1	1	10^1	$\pm 1\%$
红	2	2	2	10^2	$\pm 2\%$
橙	3	3	3	10^3	
黄	4	4	4	10^4	
绿	5	5	5	10^5	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	6	10^6	$\pm 0.25\%$
紫	7	7	7	10^7	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	8	10^8	
白	9	9	9	10^9	
金				10^{-1}	
银				10^{-2}	

图 2-1-10 五环色环电阻标志法

应比它实际承受的功率大 1.5~2 倍为好,以保证电阻的耐用可靠。

3. 小型电阻的引线不要剪得过短,一般应不小于 5mm,避免在焊接时热量传入电阻内部,引起阻值的变化。

4. 额定功率在 10W 以上的线绕电阻在使用时应固定在特制的支架上,同时要留有一定的散热空间,防止电阻温升过高或烤坏其它元件。可调式线绕电阻要安装在便于调整的地方,需要调整阻值时,要首先松掉环上的螺丝再进行调整,防止拉断电阻丝。

5. 电阻在使用前最好用仪表测量一下阻值,核对无误后再用。

6. 非线绕电阻在使用前,经过一次老炼,可以提高它的稳定性。老炼方法是电阻两端加上直流电压 U ,使电阻承受的功率为额定功率的 1.5 倍,即 $\frac{U^2}{R} = 1.5P_{\text{额定}}$, $U = \sqrt{1.5RP_{\text{额定}}}$ 。老炼时间要长达 5 分钟,再测量阻值。

7. 在装配中,放置电阻时,应使它的标志易于观察,以便于核对。在焊电子管收音机时,电阻应当架起来,以免和底板短路,同时也有利于散热。

第二节 电 容 器

一、什么叫电容器

电容器是一种能储存电能的元件。两块金属板相对平行而不相接触就构成一个最简单的电容器。

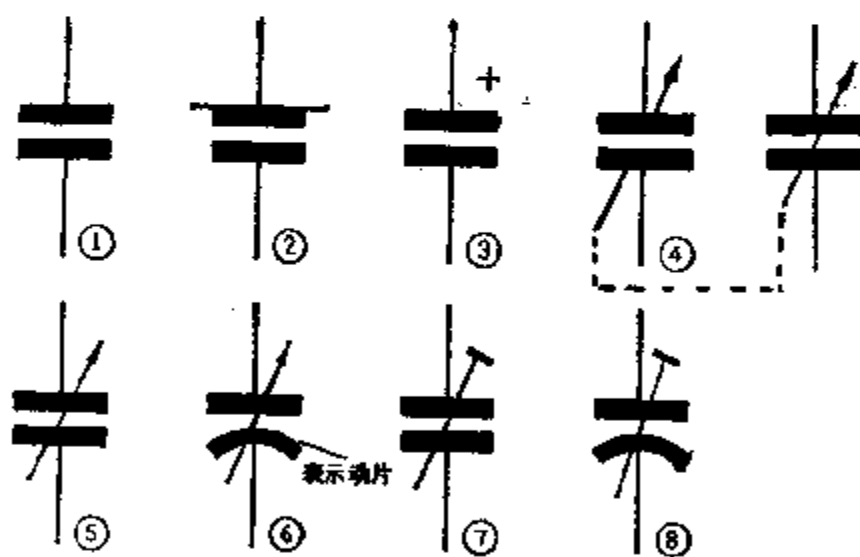
如果把金属板的两端分别接到电池的正、负极,那么接电池正极的金属板上的电子就会被电池的正极吸引过去而带正电荷;接电池负极的金属板,就会从电池负极得到大量的电子而带负电荷。这种现象就叫做电容器“充电”。充电的时候,电路里就有电流流动。当两块金属板所充的电荷而形成的电压与电池的

电压相等,充电就停止,电路就没有电流,这就等于一个电阻极高的电路接在电源上,相当于开路,这就是电容器能隔断直流的道理。

如果将电容器与电池拆开,用导线把电容器两金属板接起来,在刚接通的一瞬间,电路便有电流流通,这个电流与原充电的电流方向相反。随着电流流动,两金属板之间的电压很快降低,直到两金属板上的正、负电荷完全消失,这种现象叫“放电”。

如果电容器的两金属板接上交流电时,因为交流电的大小和方向在不断地变化着,电容器两端也必然交替地进行充电和放电,因此电路中就不停地有电流流动。这就是电容器能通过交流电的道理。

电容器在无线电电路图中用“C”来表示。各种电容器在电路图中常用的符号如图 2-2-1 所示。



①固定电容 ②穿板式电容 ③电解电容 ④双连可变电容
⑤⑥可变电容 ⑦⑧微调电容(半可变电容)

图 2-2-1 各种电容器的符号

电容器的基本单位是法拉。例如,如果 1 伏特的电压能使电

容器充电 1 库仑(1 安培的电流,连续通过 1 秒钟的电量),那末它的电容量就是 1 法拉。用字母“F”表示。在实际应用上,法拉这个单位太大了,最常用单位是用百万分之一法拉,称作微法,用“ μF ”表示;有时也用微法的百万分之一为单位,称作皮法拉,用“pF”表示。它们之间的换算关系如下:

$$1 \text{ 法拉} = 1,000,000 \text{ 微法 (即 } 10^6 \mu\text{F)}$$

$$1 \text{ 微法拉} = 1,000,000 \text{ 皮法 (即 } 10^6 \text{ pF)}$$

二、电容器的指标

电容器的主要指标有下面几个;

1. **额定直流工作电压** 就是电容器在线路中能够长期可靠地工作而不致被击穿所能承受的最大直流电压(又称耐压)。单位是伏特,用“V”表示。额定直流工作电压的大小与介质的种类和厚度有关。

2. **标称容量和允许误差范围** 为了生产和选用的方便,国家规定了各种电容器的电容量的一系列标准值,称为标称容量,也就是在电容器上所标出的容量。

实际生产的电容器的电容量和标称电容量之间总是会有误差的。根据不同的允许误差范围,规定电容器的精度等级。电容器的电容量允许误差分为五个等级;00级表示允许误差 $\pm 1\%$;0级表示允许误差 $\pm 2\%$;I级表示允许误差 $\pm 5\%$;II级表示允许误差 $\pm 10\%$;III级表示允许误差 $\pm 20\%$ 。

3. **绝缘电阻** 电容器绝缘电阻的大小,说明其绝缘性能的好坏。当电容器加上直流电压 U 长时间充电之后,其电流最终仍保留一定的值,称为电容器的漏电电流 I ,这时绝缘电阻 R 为 $R = \frac{U}{I}$ (式中 U 为伏, I 为微安时, R 为兆欧)。

电容器的绝缘电阻的大小和介质的体积,电阻系数,介质厚度以及极片面积的大小都有关系。为了减少漏电流的影响,要求电容器具有很高的绝缘电阻,一般应为 5000—10000MΩ 以上。

三、几种电容器的简单介绍

下面介绍了几种常用电容器的结构、特点和用途。

几种电容器的简单介绍

1. 纸介电容器

是由极薄的电容器纸,夹着两层金属箔作为电极,一起卷成圆柱体芯子,然后放在模子里浇灌上火漆制成,也有装在铝壳或瓷管内加以密封的,其特点是价格低,损耗大,体积也较大;宜用于低频电路

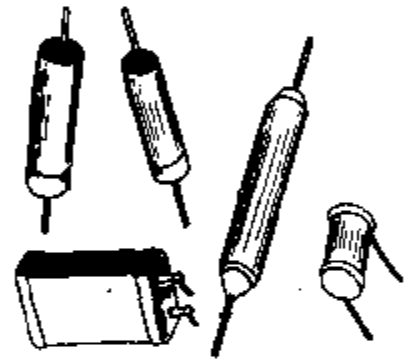


图 2-2-2 纸介电容器

2. 云母电容器

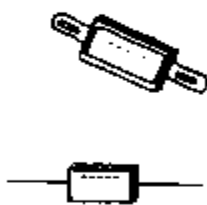


图 2-2-3 云母电容器

是用金属箔(锡箔)或喷涂银层和云母一层层迭合后,用金属模压铸在胶木粉中制成,其特点是耐高压、高温,性能稳定,体积小,漏电小,但电容量小,宜用于高频电路

3. 油质电容器

油质电容器是把纸介电容器浸在经过特别处理的油里,来增加它的耐压;这种电容器也叫油浸纸介电容器,

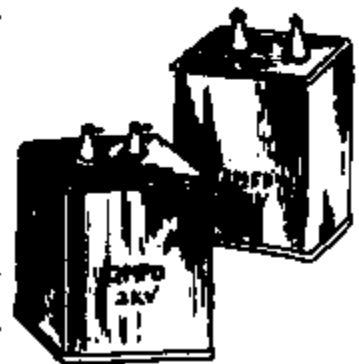


图 2-2-4 油质电容器

其特点是电容量大,耐压高,但体积大,常用于大电力的无线电设备中

4. 陶瓷电容器

是以陶瓷做介质,在两面喷涂银层,然后烧成银质薄膜做导体,引线后外表涂漆制成,其特点是耐高温,体积小,性能稳定,漏电小,但电容量小,可用在高频电路中

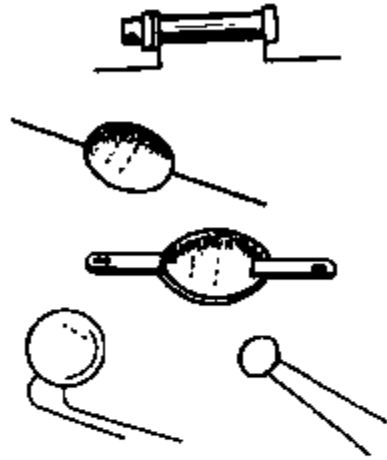


图 2-2-5 陶瓷电容器

5. 有机薄膜电容器

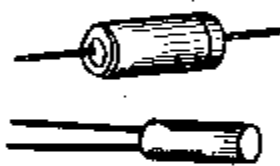


图 2-2-6 有机薄膜电容器

电容器的介质是聚苯乙烯和涤纶等,前者漏电小,损耗小,性能稳定,有较高的精密度,可用于高频电路中;后者介电常数高,体积小,容量大,稳定性较好,宜做旁路电容

6. 金属化纸介电容器

它是在电容器纸上被复一层金属膜代替金属箔,卷成筒形,它的体积小,电容量较大,受高电压击穿后,能“自愈”;即当电压恢复正常时,该电容器仍能照常工作,一般用在低频电路中

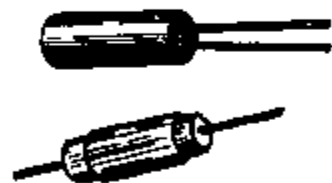


图 2-2-7 金属化纸介电容器

7. 钽(或铌)电容器

它是以金属钽(或铌)为正极,以稀硫酸等配液为负极,以钽(或铌)表面生成的氧化膜作为介质的电解电容器;它具有体积

小,容量大,性能稳定,寿命长,绝缘电阻大,温度特性好等优点,可用在要求较高的电子设备中



图 2-2-8 铝(或铌)电容器

8. 电解电容器

它是由铝圆筒做负极,里面装有液体

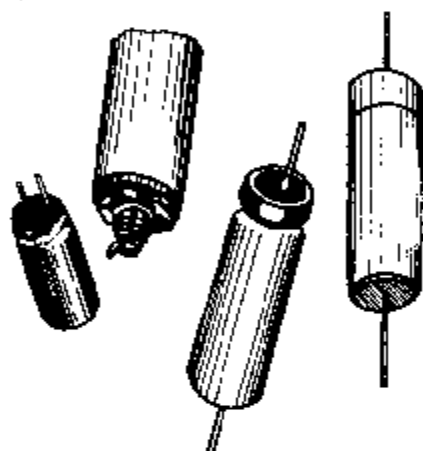


图 2-2-9 电解电容器

电解质,插入一片弯曲的铝带做正极而成,但需经直流电压处理,使正极片上形成氧化铝膜作介质,其特点是电容量大,有固定极性,漏电流大,损耗大,宜用于电源滤波电路和音频旁路

9. 微调电容器

它是由两片或两组小型金属弹

片中间夹有云母介质所组成,也有的是在两个瓷片上镀一层银制成,其特点是用螺钉调节两组金属片间的距离来改变电容量,一般用于收音机的振荡或补偿电路中

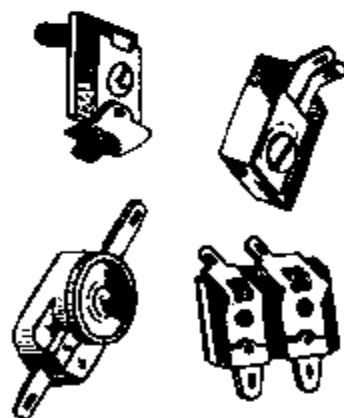


图 2-2-10 微调电容器(或叫半可变电容器)

10. 可变电容器

它是由一组(多片)定片和一组(多片)动片所构成,根据动片与定片之间所用介质不同,通常分为空气可变电容器和聚苯乙烯薄膜可变电容器

两种;把两组(动、定两组)互相插入并不相碰(同轴),定片组一

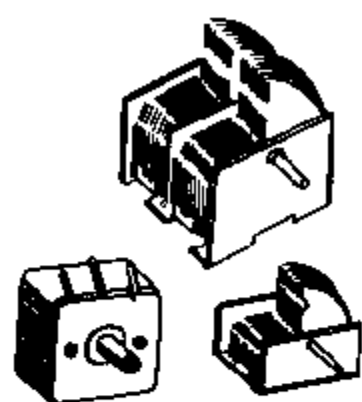


图 2-2-11 可变电容器

般与支架一起固定，动片组联旋柄可自由旋动，它们的容量随动片组转动的角度不同而改变；空气可变电容器多用于电子管收音机中，聚苯乙烯薄膜密封可变电容器由于体积小，多用于半导体收音机上

四、电容器的类别与型号

在固定电容器上，一般都印有许多字母来表示它的类别、容量、耐压和允许误差。现在分别介绍一下各种字母代表的意义。表 2-2-1 中第一个字母代表电容器；第二个字母代表电容器所用介质的材料；以后的字母分别代表形状结构等。如图 2-2-12 所示“CZX”代表小型纸介电容器。另外有些产品，型号是由两段标明，中间以短线“-”相连，如图 2-2-13 的“CZM-L”就是代表立式矩形密封纸介电容器。

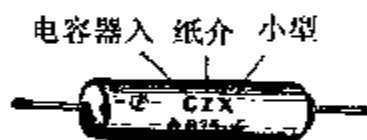


图 2-2-12 小型纸介电容器

表 2-2-1

类别	名称	简称	字母
主 称	电 容 器	容	C
介质材料	纸 介	纸	Z
	电 解	电	D
	云 母	云	Y
	瓷 介	瓷	C
	铁 电	铁	T

续表

类别	名称	简称	字母
形状	筒形 管状 立式矩形 圆片形	筒管 立圆	T G L Y
结构	密封	密	M
大小	小型	小	X

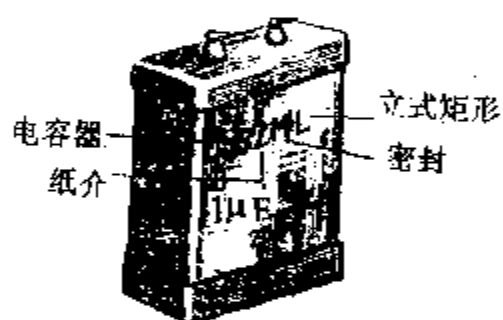


图 2-2-13 密封纸介电容器

电容器的容量和耐压,大多数都是在电容器上面直接标明,很容易识别。如图 2-2-13 中电容器的容量为 1 微法(μF),直流工作电压为 200V。

电容器容量允许误差的表示方法,有的是在电容器上面直接标出误差的百分数,如图 2-2-13

所示,也有的标出误差等级。

五、电容器使用常识

1. 当我们现有的电容器和要装的电路图所用的电容不相合或所需耐压不够时,都可用串联或并联的方法来解决。

电容器并联就等于极片的面积加大,因此并联后的总电容量是各个电容量的总和。它的计算公式是:

$$C_{\text{并}} = C_1 + C_2 + C_3 \dots$$

并联后的各个电容器,如果工作电压不相同,就必须把其中最低的作为并联后的工作电压。

电容器串联就等于增加电介质的厚度,也就是加大了电容器两极板之间的距离,电容量因而减小。串联后的电容量用下面公式计算:

$$\text{串联后总电容 } C_{\text{串}} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \dots}$$

如果两只容量相同的电容串联其总耐压可增加一倍。如果两只容量不等,而电容量小的那只所承受的电压要高于容量大的那只电容器。

2. 电容器接在电路中,其两端的电压不应超过电容器本身的耐压值。使用电解电容器时,除了注意耐压值外,还要注意正负极不能接错,否则电解电容器将被损坏,甚至发生危险。

3. 在不同的电路中应选用不同类型的电容。谐振电路中可应用云母、陶瓷等电容器;隔直流可选用纸介、涤纶、云母、电解、陶瓷等电容器;滤波可选用电解电容器;旁路可选用涤纶、纸介、陶瓷等电容器。

4. 电容器装入电路前应先检查其是否短路、漏电和断路,并核对其数值后再用。

5. 在装配中,放置电容器时,应使电容器的标志易于观察,以便核对。在装电子管收音机时,应将电容器紧贴底板,两条引出线都应固定,以免短路。

第三节 电感线圈

一、什么叫电感线圈

电感线圈就是用漆包线或纱包线或裸导线一圈靠一圈地绕

在绝缘管上或铁芯上而又彼此绝缘的一种元件。

电感线圈简称线圈，在电路图中用字母“L”表示，常用的符号如图 2-3-1 所示。

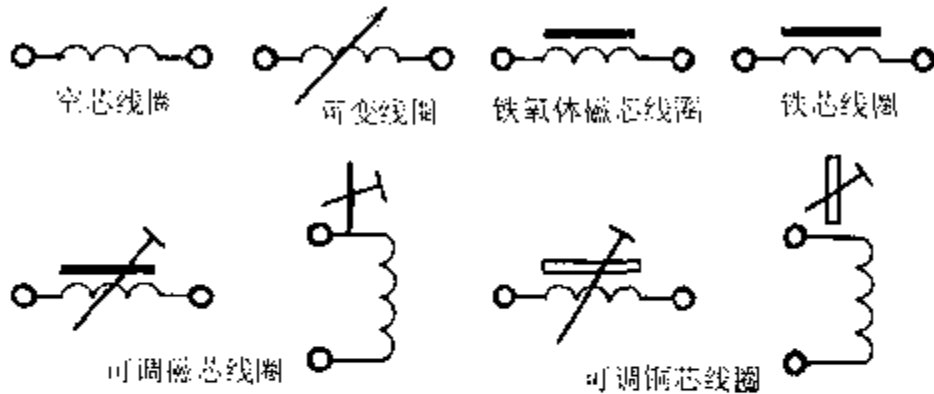


图 2-3-1 各种线圈的符号

二、线圈的自感

我们知道，任何导体当有电流通过时，导体周围就产生磁场；如果电流发生变化，磁场也随着变化，而磁场的变化又引起感应电动势的产生。这种感应电动势是由于导体本身电流的变化而引起的，所以叫做自感。

自感电动势的方向，可由楞次定律确定。即当线圈中电流增大时，自感电动势的方向和线圈中电流方向相反，以阻止电流的增大；当线圈中电流减小时，自感电动势的方向和线圈中电流的方向相同，以阻止电流的减小。总之，当线圈中电流发生变化时，自感电动势总是阻止电流的变化。

自感电动势的大小，一方面决定于导体中电流变化的快慢，另一方面还和线圈的形状、尺寸、线圈圈数以及线圈中介质情况等有关。

三、线圈的电感量

在一定数量变化电流的情况下,线圈产生感应电动势大小的能力,就称为该线圈的电感量,简称电感。电感常用字母“L”来表示。

电感的单位是亨利,用字母“H”表示。它的物理意义是,当通过线圈的电流每秒钟变动1安培所产生的感应电动势是1伏时,这时线圈的电感量是1亨利。在实际应用中,有时嫌亨利太大,往往采用亨利的千分之一做单位,称为毫亨,用字母“mH”表示;有时嫌毫亨也大,又用毫亨的千分之一做单位,称为微亨,用字母“ μH ”表示。它们之间的进位关系具体地是:

$$1 \text{ 亨 (H)} = 1000 \text{ 毫亨 (mH)} = 1000000 \text{ 微亨 } (\mu\text{H})。$$

四、线圈的互感

两只互相靠近的线圈,由于原线圈电流的变动,使副线圈产生感应电动势。原、副线圈之间虽然没有直接接通,但通过磁力线作耦合(或称交连),使原线圈的电能量转移到副线圈,这种作用称为互感。由互感作用产生的感应电动势,称为互感电动势。

次级线圈的互感电动势的大小,一方面与穿过次级线圈的磁力线数目的变化快慢成正比,也就是与初级线圈的电流变化快慢成正比;另一方面还决定于线圈本身的形状、大小、圈数和线圈周围介质情况以及两个线圈间的相对位置。

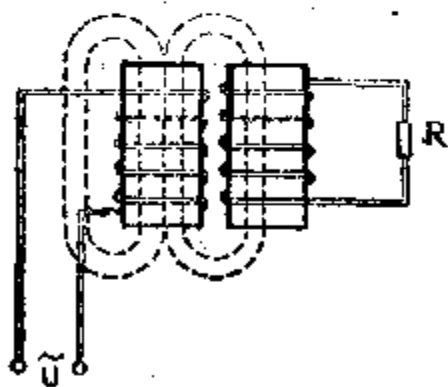


图 2-3-2 紧耦合

如果把初、次级线圈紧靠在一起(或套在一起),如图 2-3-2

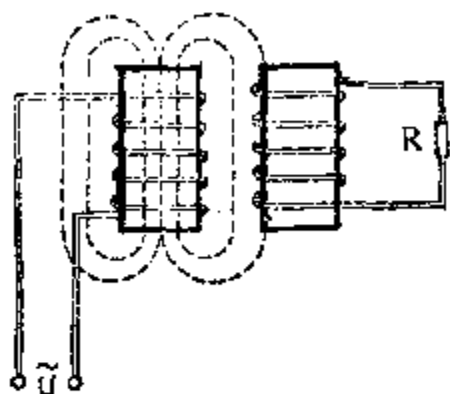


图 2-3-3 松耦合

用,这时互感量较小,这叫松耦合。

如果把初、次级线圈彼此垂直放置时,如图 2-3-4 所示,次级线圈上导线与初级线圈上的磁力线平行,这时初级线圈产生的磁力线与次级不相切割,因而没有磁感应作用,这叫无耦合。

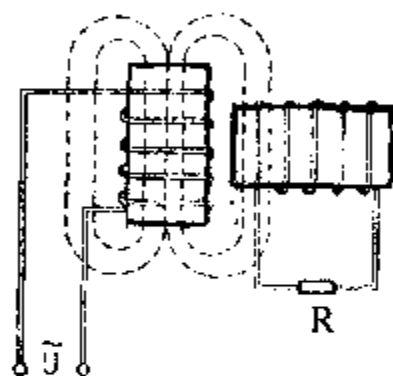


图 2-3-4 无耦合

五、常用线圈的种类和用途

1. 单层螺旋管线圈 单层螺旋管线圈是用绝缘导线逐圈



图 2-3-5 密绕

绕在纸筒或胶木筒上。若导线是一圈挨一圈绕的,如图 2-3-5 所示叫做密绕法。这种绕法简单,容易制作,一般较简单的收音机常用这种线圈。它的缺点是体积大,分布电容也较大。若导线是

一圈和一圈之间隔开了相当的间隙,如图 2-3-6 所示叫间绕法。它的特点是具有较高的品质因数和稳定度,多用于收音机的短波电路。如果用一



图 2-3-6 间绕

个管芯,在上边用较粗的线绕一些圈数,然后抽出管芯,把绕好的线圈拉开一定的距离,如图 2-3-7 所示,这种绕法叫脱胎绕。它的特点是分布电容小,具有较高的品质因数,改变线圈间的间距可以改变电感量。这种线圈一般多用于超短波电路,如电视伴音调谐线圈等。

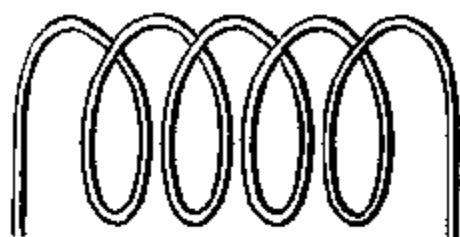


图 2-3-7 脱胎绕

2. 蜂房式线圈 如图 2-3-8 所示。它所绕的线圈平面不与旋转平面相平行,而是相交成一定的角度,当绕骨架旋转一周时,导线可能来回折弯二、三次或更多次。这种线圈体积小,分布电容小,电感量大。收音机中波段振荡电路多采用这种线圈。



图 2-3-8 蜂房式线圈

3. 铁粉芯或铁氧体芯线圈 为了调整方便,提高电感量和品质因数,常在线圈中加入一种特制材料——铁粉芯或铁氧体,不同的频率,采用不同的磁芯。利用螺纹的旋动,可调节磁芯与线圈的位置,从而也改变了这种线圈的电感量。目前,收音机中的振荡电路及中频调谐回路多采用这种线圈,如图 2-3-9 所示。

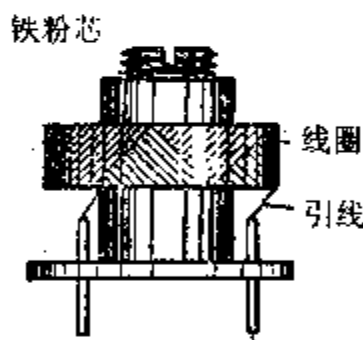


图 2-3-9 铁粉芯线圈

4. 铜芯线圈 为了改变电感量和调整可靠方便、耐用,在一些超短波范围用的线圈常采用铜芯线圈,利用旋动铜芯在线圈中的位置来改变电感量。目前黑白电视机中的“高频头”大多采用这种线圈,如图 2-3-10 所示。

5. 阻流圈 在电路中,用来限制交流电通过某一部分电路

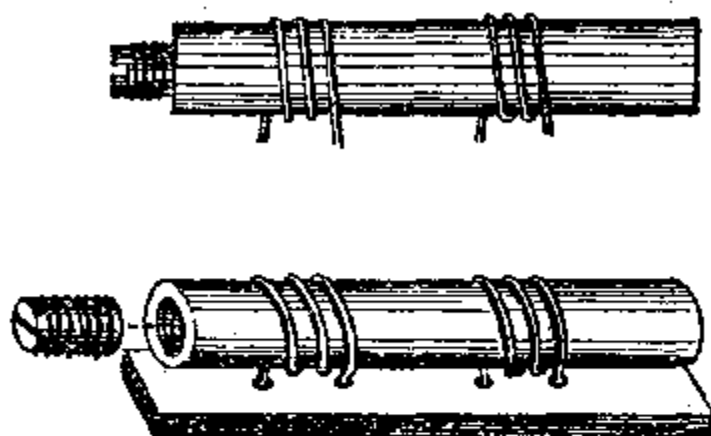


图 2-3-10 铜芯线圈

的线圈,叫做阻流圈。它分为高频阻流圈和低频阻流圈两种(见图 2-3-11)。

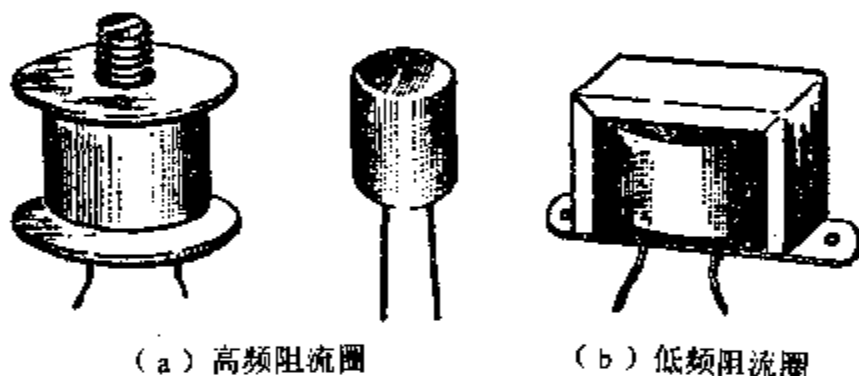


图 2-3-11 阻流圈

高频阻流圈是用来阻止高频信号通过而让较低频率的交流信号和直流通过的—种线圈。这种阻流圈的电感量较小(—般只有几毫亨),要求分布电容和介质损耗都小,所以通常采用陶瓷或铁粉芯做骨架。低频阻流圈在收音机中,常与电容器组成滤波电路,消除整流后残存的一些交流成分而只让直流通—。由于要求它具有较大的电感量(—般为几亨),线圈中都插有铁芯。

六、线圈使用常识

1. 每—只线圈都具有—定的电感量,如果将两只或两只以

上的线圈串联起来总的电感量是增大的,串联后的总电感量为:

$$L_{\text{串}} = L_1 + L_2 + L_3 + \dots$$

线圈并联起来以后总电感量是减小的,并联后的总电感量为:

$$L_{\text{并}} = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots}$$

上述的计算式,是针对每只线圈的磁场各自隔离而不相接触的情况,如果磁场彼此发生接触,就另作考虑了。

2. 在使用线圈时应注意不要随便改变线圈的形状、大小和线圈间的距离,否则会影响线圈原来的电感量。尤其是频率越高,即圈数越少的线圈。所以目前在电视接收机中采用的高频线圈,一般用高频蜡或其它介质材料进行密封固定。

3. 线圈在装配时互相之间的位置和其它元件的位置,要特别注意,应符合规定要求,以免互相影响而导致整机不能正常工作。如简单半导体收音机中的高频阻流圈和磁性天线的位置,就应安排合理;电子管超外差式收音机的输入线圈和振荡线圈应互相垂直等。

4. 可调线圈应安装在机器的易于调节的地方,以便调整线圈的电感量达到最理想的工作状态。

第四节 变 压 器

一、什么叫变压器

利用两个线圈的互感原理,我们很明显地看到初级上的电能可以由电磁感应作用传递到次级去(与电路输入端相接的称

初级线圈；与电路输出端相接的称次级线圈)利用这个原理制作并起交连、变压作用的元件称作变压器(图 2-4-1)。

为什么称作变压器呢？因为次级产生的感应电压不一定和初级的电压相同，初级线圈和次级线圈的圈数选用适当比例，可以把电路中的电压升高或降低。用公式可以近似地表示，即

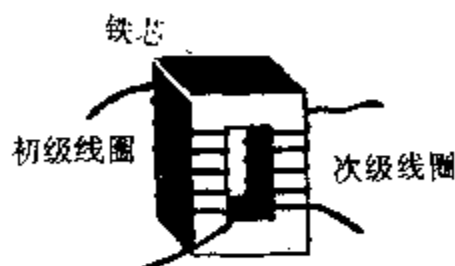


图 2-4-1 变压器

$$\frac{\text{初级电压}(U_1)}{\text{次级电压}(U_2)} = \frac{\text{初级圈数}(n_1)}{\text{次级圈数}(n_2)}$$

应该注意的是，任何一只变压器只能把电能由初级转移到次级，使电压升高或降低，但绝不能增大功率，也就是说变压器次级的功率只能等于或小于初级供给的功率。变压器初、次级的电压之比等于次、初级的电流之比，假如不考虑变压器的损耗，初、次级的电能也只能相等，也就是说初级输入的功率等于次级输出的功率。即

$$\text{初级的功率 } P_1 = \text{次级的功率 } P_2,$$

可写成

$$\text{初级电压}(U_1) \times \text{初级电流}(I_1) = \text{次级电压}(U_2) \times \text{次级电流}(I_2)。$$

变压器在电路中通常用字母“T”表示。

二、变压器的损耗

变压器在传递能量的过程中，有涡流、磁滞、漏磁以及导线电阻的热耗散等产生的损失。

1. 磁滞 变压器的初级加上交流电后，由于交流电的大小和方向在不断地变化，初级线圈上所产生的磁力线的多少和方

向也不断地跟着变化。磁力线变化的结果引起了铁芯内部物质分子间的相互摩擦,这种相互摩擦反过来又使磁力线的变化受到阻滞而跟不上电流变化,这种现象叫做磁滞。铁芯内部物质分子的相互摩擦消耗电能而转变为热量,使铁芯发热。交流电频率越高,磁滞越大,铁芯发热也越厉害,损耗电能也就越大。为了减小磁滞损耗,变压器的铁芯通常采用容易磁化的软铁材料(如硅钢)制成。

2. 涡流 涡流实际上就是一种感应电流。当变压器的初级加上交流电流,铁芯就有变化的磁力线通过,因而在与磁力线方向垂直的铁芯平面内,就有感应电流产生,称为涡流。铁芯截面积越大,产生的涡流也越大。涡流在变压器铁芯里急速循环流动,使变压器发热,从而影响绝缘材料的寿命,同时又消耗了一定的能量,这就叫涡流损耗。为了减少变压器铁芯的涡流损耗,往往将铁芯用互相绝缘的薄硅钢片(矽钢片)叠合而成。这等于把铁芯的截面积分裂成许多薄片,增大了内阻,从而大大减少了涡流损耗。

磁滞和涡流的影响都是随着频率的升高而增加的,因此高频或中频用的变压器铁芯都采用铁粉芯来减小损耗。铁粉芯是粒子间互相绝缘,而且很细的铁粉(还含有少量的镍、锌、钴等金属粉末)铸压而成的。

导线的热耗散是指绕制变压器的导线内阻在通电流时所消耗的电功率。这部分功率在变压器中转变为热量而耗散,有的把这种损耗叫铜损耗。

三、变压器的构造和分类

变压器的分类是根据变压器用在不同的交流电频率范围而

分低频、中频和高频三类。低频变压器都有铁芯,中频和高频变压器一般是空气芯或用特制的铁粉芯。

1. 低频变压器 低频变压器又分为音频变压器和电源变压器,这是变换电压或作匹配阻抗的元件。例如:低阻抗话筒用的输入变压器,收音机功率放大级和喇叭之间的输出变压器等都是用作匹配阻抗。电源变压器是变换电



图 2-4-2 输出变压器及其符号

压用的。图 2-4-2 是输出变压器,它的用处是使收音机输出级中的电子管或晶体管与喇叭的阻抗得到匹配。例如,电子管收音机输出级的电子管的最佳负载很高,有几千欧,而扬声器的阻抗只有几欧,如果直接把它们接在一起,电能将不能很好地传给扬声器。而输出变压器有一个特性,就是如果初级和次级线圈的圈数不同,初级的阻抗和次级的阻抗也将不一样。所以选用适当的线圈的比例,可以使初级阻抗和输出管阻抗一致,次级阻抗和喇叭阻抗相匹配。

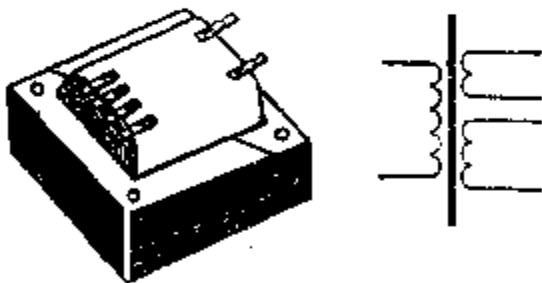


图 2-4-3 电源变压器及符号

图 2-4-3 是电子管收音机电源用的变压器。通常五灯或六灯收音机为 5 组线圈,两组初级线圈、一组次级高压线圈、一组整流管灯丝线圈和一组其它管灯丝线圈。初级可接 220V 或 110V

电源,接法是用一个专门的插头控制,或直接用线连接。如将两组初级线圈串联,可得 220V,并联则得 110V。

另外半导体收音机中用的小型输入、输出变压器也是属于

低频变压器范围的,其实际形状见图2-4-4。

2. 中频变压器 中频变压器(习惯上称中周)是用在超外差式收音机中频放大器里的元件。通常电子管收音机中频放大电路前后共用两只中频变压器,晶体管收音机中频放大电路前后共用三只中频变压器。



图 2-4-4 小型输入、输出变压器

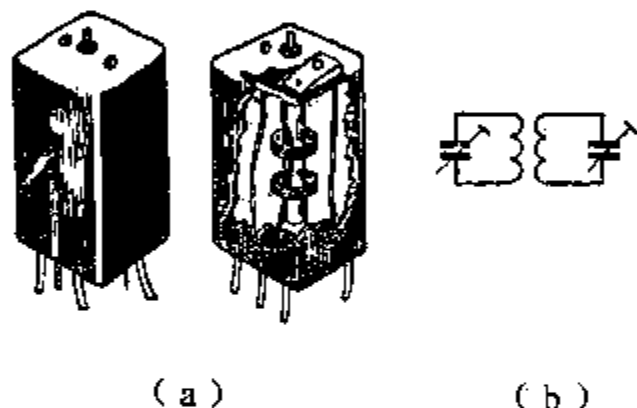


图 2-4-5 调容式中频变压器及符号

中频变压器有调容式和调感式两种。目前新式的中频变压器都是调感式的即通过调节线圈中的铁粉芯来改变线圈的电感量。

图 2-4-5 为电子管收音机中用的调容式中频变压器及其符号。

图 2-4-6 为电子管收音机中用的调感式中频变压器及其符号。

图 2-4-7 为晶体管收音机中用的小型中频变压器及其符号。

3. 高频变压器 收音机里所用的振荡线圈、高频放大器的负载回路和天线线圈等都是高频变压器。因为这些线圈是用在高频电路中,所以电感量可以很小。高频变压器多为空气芯的,也有加铁粉芯的。这种变压器又叫做耦合线圈或调谐线圈。符号及实物见图 2-4-8。

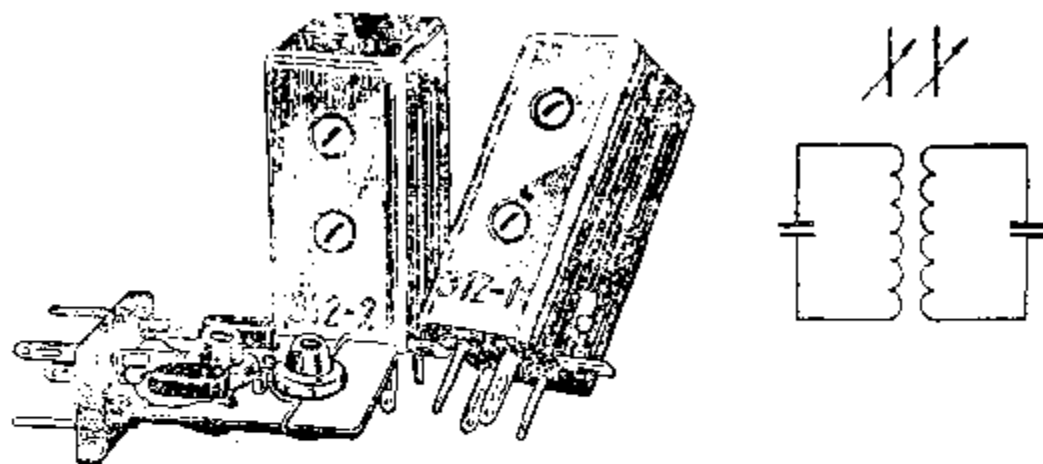
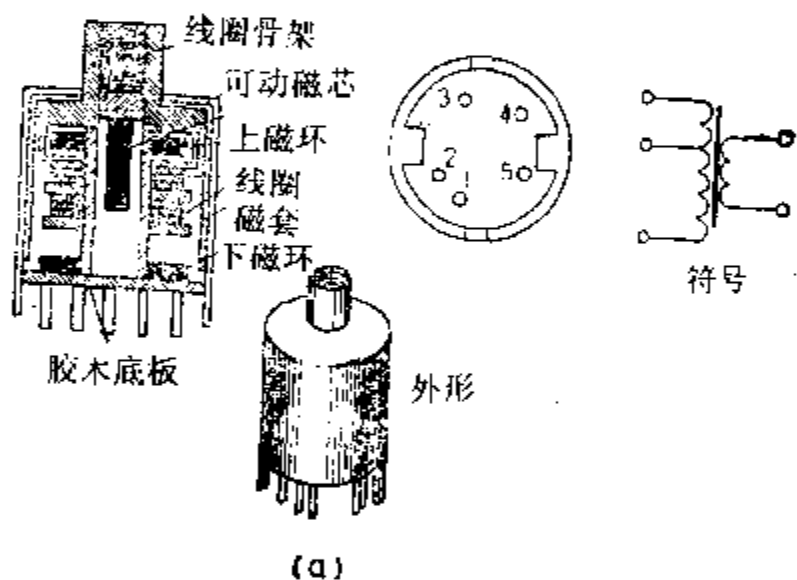
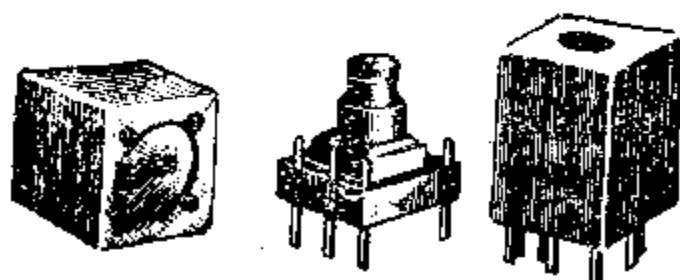


图 2-4-6 调感式中频变压器及符号



(a)



(b)

图 2-4-7 小型中频变压器及符号

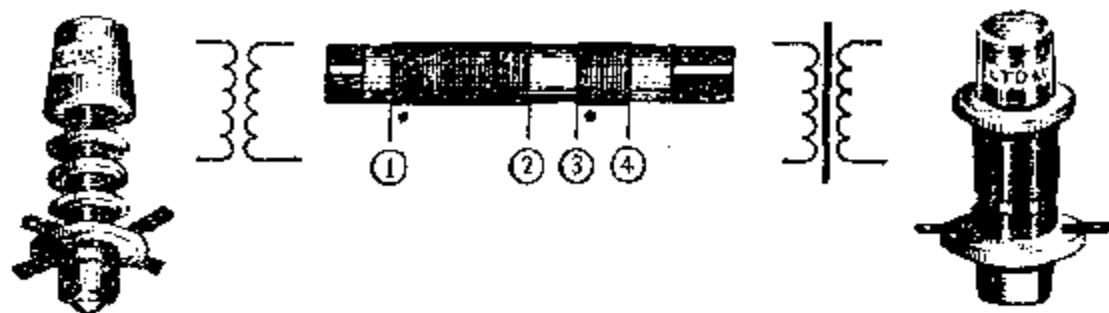


图 2-4-8 高频变压器及符号

四、变压器的使用常识

1. 使用变压器首先要分清它的初级和次级,例如,收音机电源变压器接 220V 的是初级,接灯丝和整流管屏极的是次级。

2. 要分清变压器的同名端,比如,有些晶体管收音机的天线线圈(相当于高频变压器)分成两部分绕在磁棒上,在图 2-4-8 中,这两部分绕向相同的线圈起端①和③或末端②和④叫做同名端,用星号“*”或圆点“·”标记在两个线头边;①和④或②和③则为非同名端(异名端)。同名端即表示此两点电压极性相同。而电压极性又是电路中必须要注意的问题,所以认识同名端也是看懂无线电电路图的一个重要问题。

3. 变压器是一种磁感应元件,所以它对周围的电感元件也有影响,因此,在安装变压器时一定要注意变压器之间的相互位置或变压器对周围元件的影响。有时还须采取必要的屏蔽措施。

4. 在电路里,工作中有发热的变压器,比如电源变压器,必须考虑到安放位置要有利于散热。

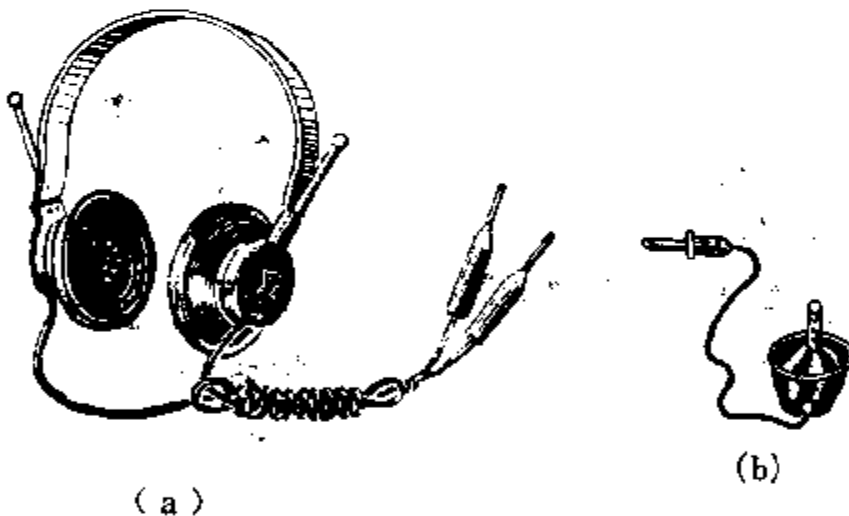
5. 变压器线圈要通过变化的电流才有感应作用,所以变压器的初级,如果接在直流电源上时,就没有感应作用,次级也就没有感应电压。线圈对直流电来说,是一个低电阻电路,如果电源变压器接在直流电源上,就要发高热而烧坏。

第五节 电声器件

简单地说,电声器件就是把电变成声或把声变为电的器件。也可以说它能将电能与声能互相转换,故常称电声器件为“换能器”。常见的有耳机、扬声器、电唱头和传声器等,分别叙述如下。

1. **耳机** 常用的耳机都是由磁铁、线圈与振动片组成。晶体耳机是用压电晶体(例如酒石酸钾钠)制成。通过音频电流后可以发声。耳机用字母“BE”表示。常用的耳机有以下几种。

头戴式耳机一般有高阻耳机,如 4000Ω 与 2000Ω 等几种。实物图及其符号见图 2-5-1(a)。



小型耳塞机见图 2-5-1(b)耳塞机的工作原理和用途与耳机相同,由于它可以塞入耳孔中,故取名耳塞机。它有高阻 800Ω 或 1500Ω 、低阻 8Ω 或 16Ω 等几种。现代的耳机品种繁多,除了有单声道的耳机外,更多的是立体声耳机,实物图如图 2-5-1(c)所示,阻抗有 4Ω 、 8Ω 的。

2. **扬声器**: 扬声器又称喇叭,用字母“BL”表示。收音机输

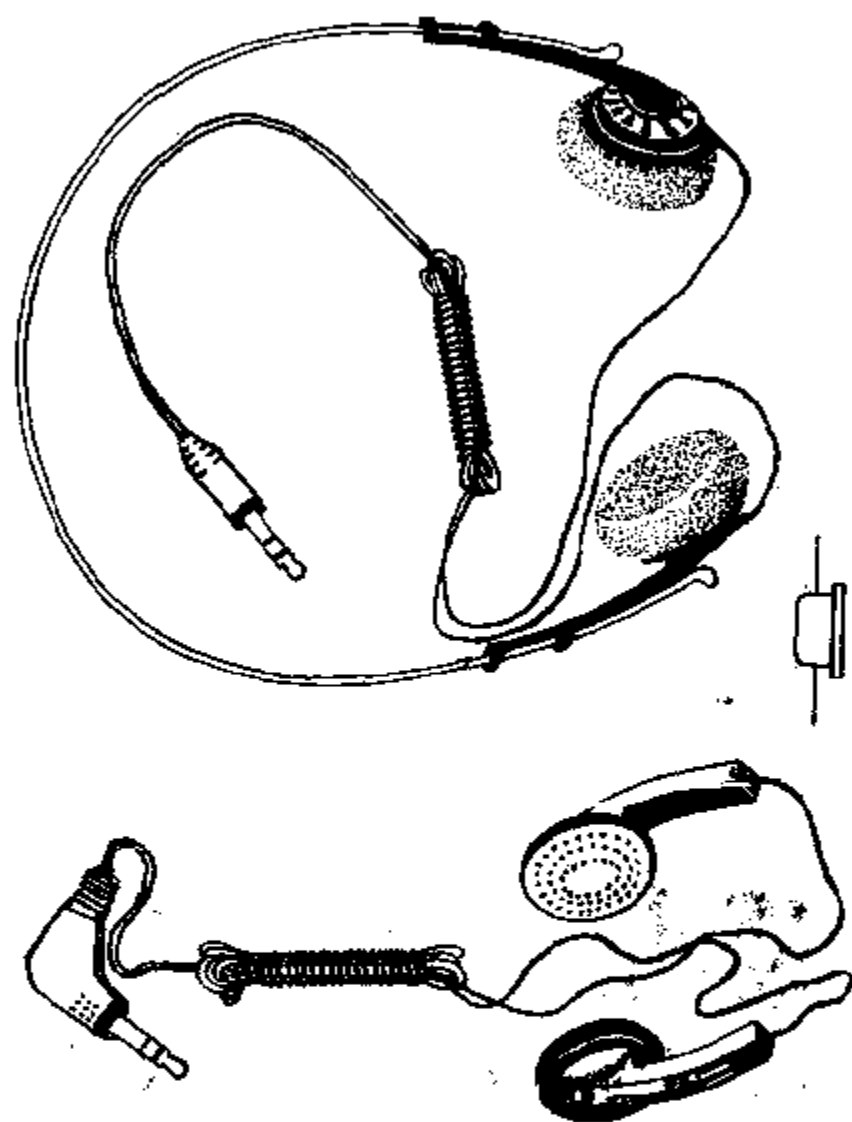


图 2-5-1 (a)耳机 (b)耳塞机 (c)立体声耳机

出的音频电流通过输出变压器送入扬声器的音圈中,音圈放在永久磁铁或电磁铁的磁场中,由于电磁作用,线圈在磁场中产生振动,带动纸盆发出声音。扬声器分为舌簧扬声器(图 2-5-2a)、永磁动圈扬声器(图 2-5-2b)、励磁动圈扬声器(图 2-5-2c)和晶体扬声器(图 2-5-2d)等许多种。

扬声器的大小以口径与输出功率来区分。通常电子管收音

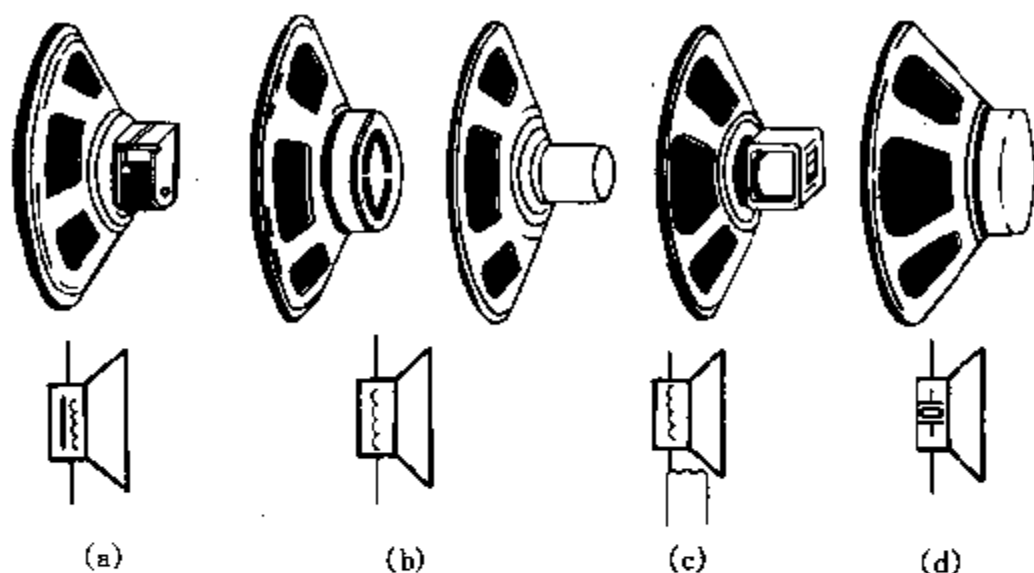


图 2-5-2 扬声器的外形和符号

机用 130mm 扬声器,输出功率 1~2W。舌簧扬声器有 165mm 和 200mm 两种,输出功率约为 0.5W。

目前,我国产的扬声器都用商标号代表。为便于识别,现举例说明。例如“BLD1-130”意思是:“BL”代表扬声器;“D”代表动圈式;1 代表 1W 功率;130 代表扬声器口径为 130mm。

晶体管收音机现在所用的扬声器从口径的大小看,有 55mm(2 英寸)、65mm(2½ 英寸)、100mm(4 英寸)等几种;从输出的阻抗来看,有高阻抗和低阻抗两种,常用的低阻抗有 3Ω、4Ω、8Ω、16Ω 等,高阻抗的达几千欧以上。

扬声器质量的好坏,对收音机的音质影响很大。质量好的扬声器比较灵敏,声音响亮而清晰。一般说来,输出功率在 30mW 以下的收音机用舌簧式扬声器为宜;输出功率在 30mW 以上的应选用动圈式扬声器。如果机壳装得下的话,则选用外径较大的扬声器。因为扬声器口径大些的比口径较小的声音效果要好一些。

目前还广泛地采用椭圆形动圈式扬声器,较好地解决了高、低音的音响问题。

3. 拾音器 拾音器又叫电唱头。它是把唱片上的机械振动能量转换为电能的一种换能器件。可分为磁电式和晶体式两种。晶体式比较轻巧,使用方便,现在被广泛采用。磁电式是在永久磁铁的磁场中放一个舌簧,舌簧上连着唱针,唱片转动时,声槽使舌簧在磁场中摆动,因而舌簧上套着的线圈内可以得出微量音频电流,经放大后再由扬声器变成声音。而晶体式,它是靠压电作用工作的,即唱针的摆动扭动唱头里的晶体片,晶体片便产生出音频电流来。电磁电唱头和晶体唱头的外形大致相同,如图 2-5-3 所示。图 2-5-3(a)是磁电式唱头外形和内部结构图;图 2-5-3(b)是晶体唱头内部的晶体片。

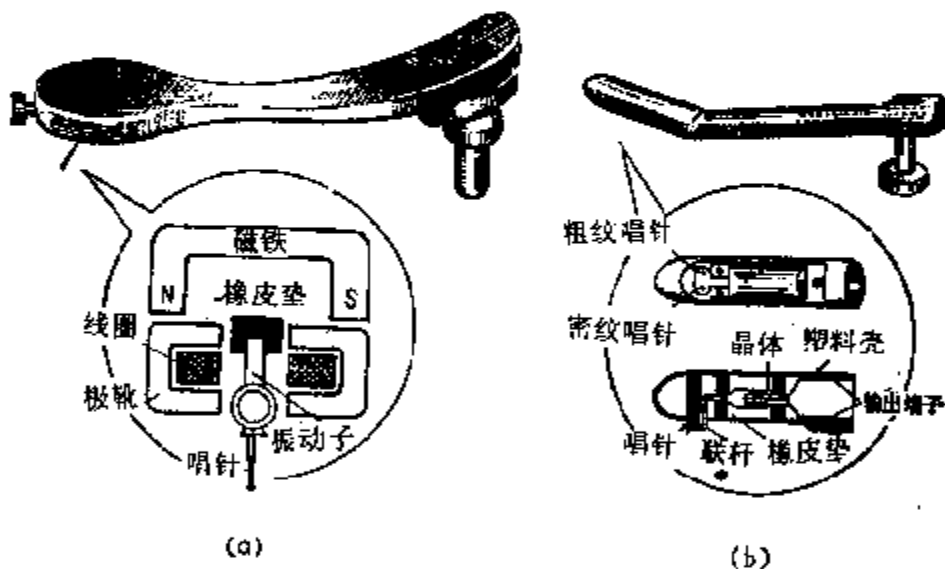


图 2-5-3 电唱头外形和内部结构

4. 传声器 传声器又名话筒或送话器,以前也有用译音叫做“麦克风”。话筒分成多种,如图 2-5-4 所示,有动圈式,晶体式,电容式和铝带式几种。它们的符号只是圆圈内稍有不同,图中(a)为动圈式,(b)为电容式,(c)为晶体式,(d)为铝带式(速率式)。如果中间不画就是一般地表示话筒。话筒的作用正好同耳机、喇叭相反,即话筒是将声转换成电,是膜片先受话音声波而

振动,带动音圈在磁场中运动,产生微弱电流,再经过变压器及电子管或晶体管组成的放大电路放大,还要经过电声变换器件——扬声器,才能发出声音。

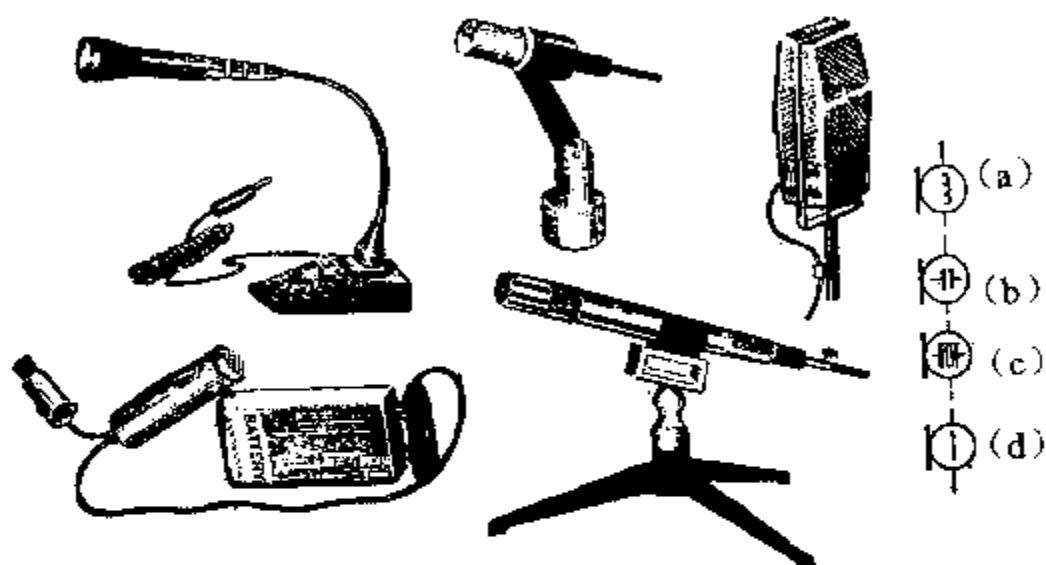


图 2-b-4 各种传声器和符号

第六节 电 源

供给无线电接收机的电源有交流电和直流电两种。在电路图上表示电源的符号是在电源接线端子旁画一符号“~”代表交流电或符号“-”表示直流,并且在旁边注明电压数值。交流电用字母“AC”表示,直流电用字母“DC”表示。图 2-6-1(a)表示 110V 直流电源,“+”表示接电源的正电位端,“-”表示接电源的负电位端。图 2-6-1(b)表示 220V 交流电源。

通常照明市电电源大多是交流电。利用交流市电做电源的收音机叫交流收音机。国内交流市电电压大都是 220V,个别地方也有 110V 的。为适应两种不同电压的需要,一般在收音机上

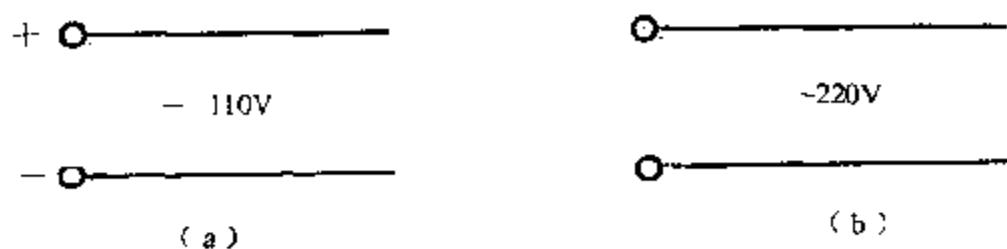


图 2-6-1 交、直流电源的符号

大都设有 220、110V 电源变换插子。改变它的插入位置,可使收音机适用于 220V 或 110V。图 2-6-2 画出了“东方红”收音机电源变压器及其电源变换插座的连接情况。当使用 220V 电源时,电源变换插子上的凸钮对着插座上 220V 的位置,插入后便得到图中插座里实线所示连接情况,即两组初级线圈串联。如果用于 110V 电源可将电源变换插子拔出转过一个角度,使凸钮对着 110V 的位置插入,电路连接便成为如图中虚线所示情况,即两组初级线圈并联。图中画有电源变换插子和开关、保险丝的符号,这在后面还要谈。

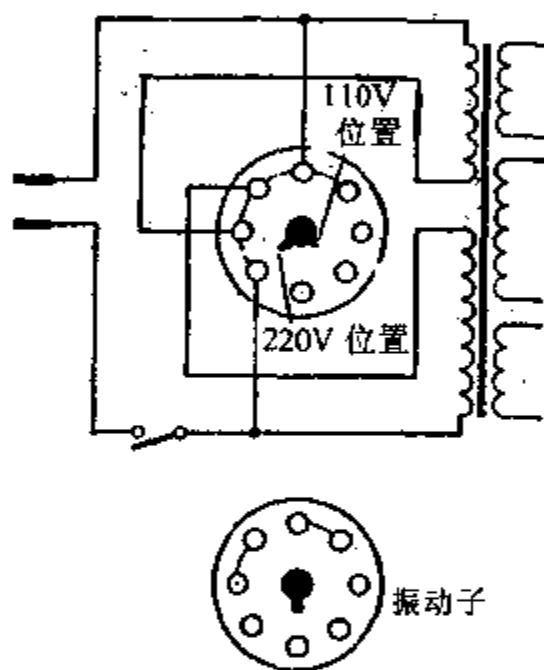


图 2-6-2 电源变换插座接线图

在没有市电的地方,收音机要用直流化学电源,即干电池或蓄电池等。收音机上用的一般有甲电池(供给直流电子管灯丝)和乙电池(供直流电子管屏极)。甲电池为 1.5V,有大号甲电池,一号、二号、四号及五号甲电池等。乙电池多是方形的,故也叫方

电,有 45V、67.5V、90V 等。还有一种积层电池,体积比较小,有 6V、9V、15V、22.5V 等。干电池的外形及符号(分别代表电池和电池组)见图 2-6-3。干电池的符号中细而长的黑线代表电池正极,短而粗的黑线代表负极。



图 2-6-3 各种电池外形及其符号

第七节 半导体整流元器件

半导体整流元件都是利用半导体的单向导电特点(这个特点在第四章中还要讲到)来工作的。常用的半导体整流元件有以下几种。

1. **整流片** 氧化亚铜和硒都具有单向导电的性能,也就是让电流在一个方向流过,反方向就流不过去。在实际应用中是将

许多氧化亚铜整流片或硒片叠在一起，按不同接法接起来，以适应具体情况的需要。

图 2-7-1 是硒整流器的实体图和符号。硒片的光面是正极，粗糙的一面是负极。氧化亚铜整流器现在多用于万用表中，所以一般氧化亚铜整流器都接成桥式整流方式，见图 2-7-2。

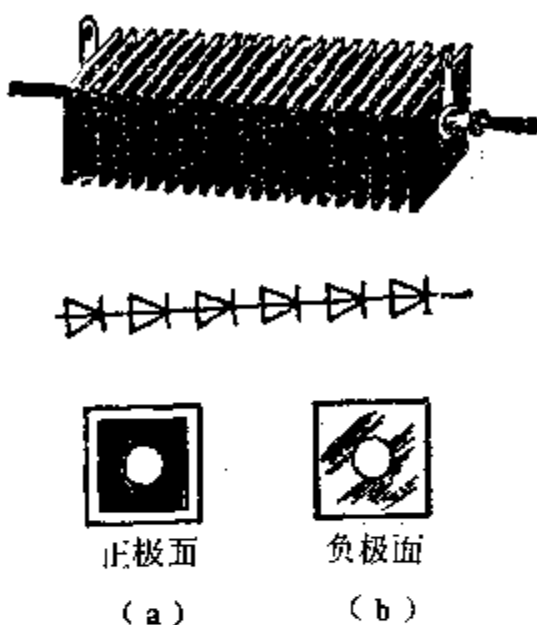


图 2-7-1 硒整流器



图 2-7-2 桥式氧化铜整流器

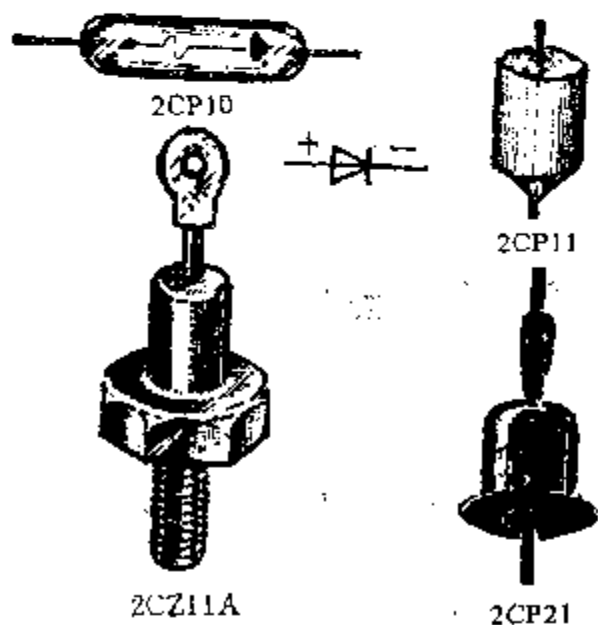


图 2-7-3 晶体整流二极管

2. 整流二极管 自从半导体二极管发展起来以后，它已成为无线电接收机的主要整流元件。整流二极管外形见图 2-7-3。2CP 型适合于电流较小的场合使用；2CZ 型适合于电流较大的场合使用。

3. 单向可控硅 由图 2-7-4 可见，单向可控硅是一个四层三端，三个 P-N 结的

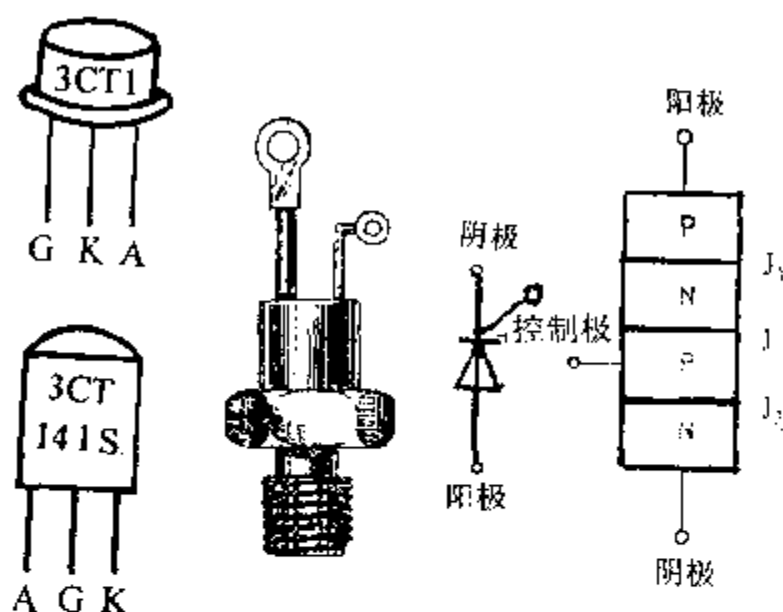


图 2-7-4 单向可控硅外形及符号

硅半导体器件。它相当于一只无触点的开关,其特点是:(1)可控硅元件具有单向导电性;(2)可控硅整流元件只有在阳极接正,阴极接负,同时向控制极加入适当的正触发信号时才能导通;(3)可控硅触发导通后,控制极就失去了作用。此时如果使电源电压降到接近于零,可控硅就不能维持导通而关断了。可控硅元件用 VS 表示。

4. 双向可控硅 图 2-7-5 为双向可控硅的符号和外形图。

从外形图上看,双向可控硅与单向可控硅很相似,也有 3 个电极,但内部结构就大不一样了。双向可控硅是一种 N-P-N-P-N 型五层结构的半导体器件,如图 2-7-6(a)所示。

双向可控硅除了其中一个电极 G 仍叫控制极外,另外两个电极通常不再叫阳极和阴极,而统称主电极 T1 和 T2。

双向可控硅两个方向均能触发导通,在双向可控硅的控制极(只有一个控制极)加上正脉冲或负脉冲均可使之正向或反向触发导通,所以双向可控硅也叫双向开关。双向可控硅相当于两

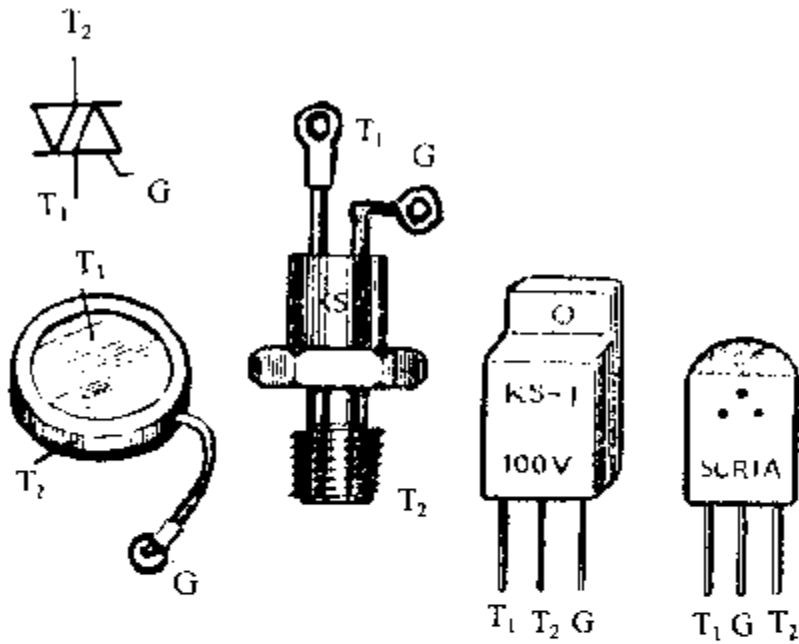


图 2-7-5 双向可控硅的符号和外形

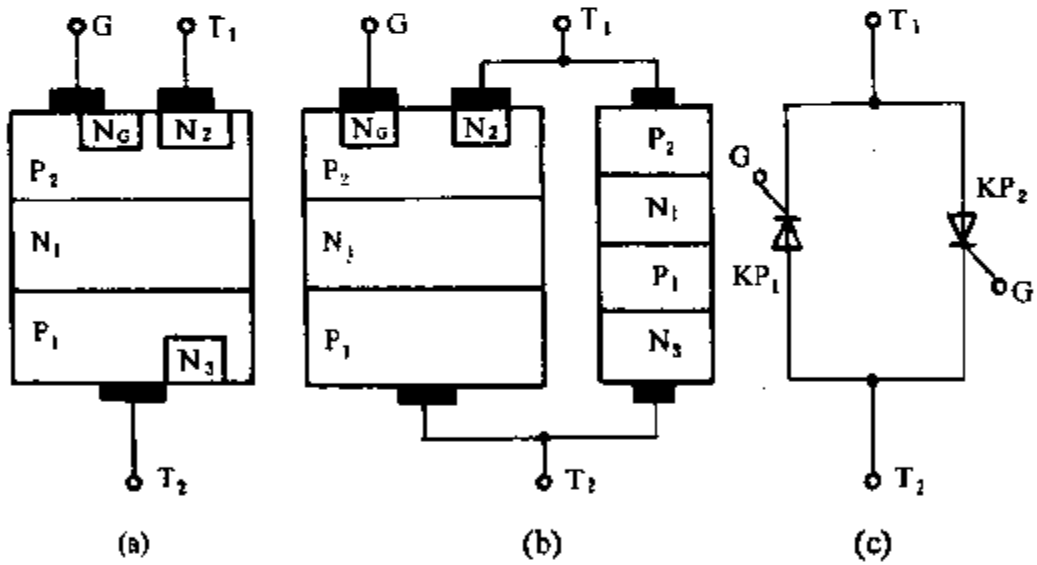


图 2-7-6 双向可控硅的结构

只单向可控硅反向并联,(如图 2-7-6(c)所示)这也正是双向可控硅为什么会有双向控制导通特性的根本原因。

第八节 接线元件

1. 开关 开关的种类很多。电源开关是控制电源进线或灯丝电源的,也有专门作切断其它电路的开关。一般常见的有单刀单掷开关,如图 2-8-1(a)和单刀双掷开关如图 2-8-1(b)两种。

波段开关是专门用作转换收音机收听波段用的。它的接点

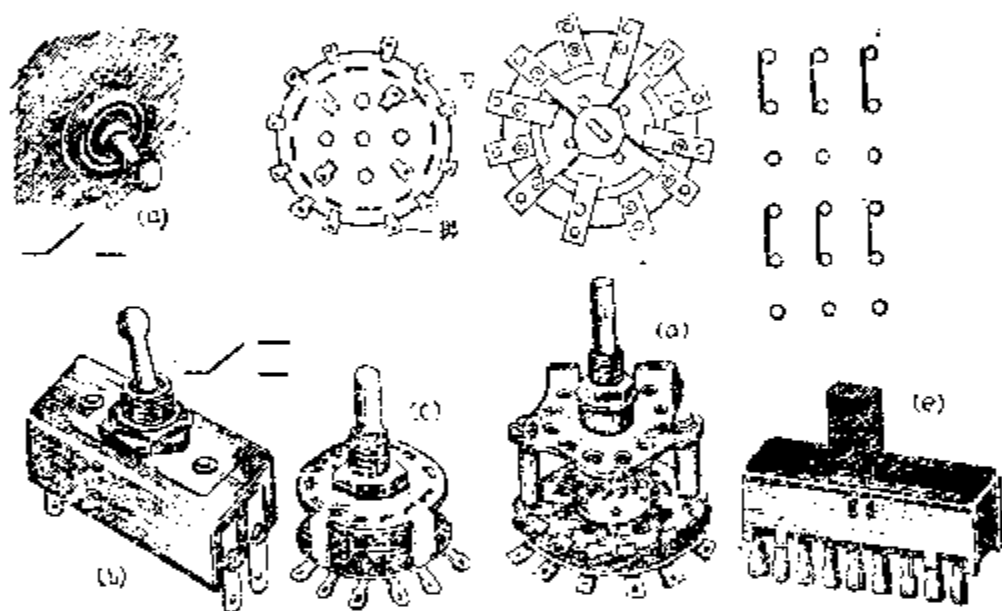


图 2-8-1 几种开关的外形和符号

很多,例如三波段超外差收音机上用的是四刀三掷开关;二波段超外差收音机用的是四刀二掷开关。半导体收音机二波段的用一种小型六刀二掷拨动开关,波段开关的外形分别见图 2-8-1(c)、(d)、(e)。

2. 插头及插座 插头一般用来连接电源,也有做其他用的。电源上用的有两个插脚或三个插脚,做其它用的有五脚、八脚等。它的形状和构造也很多,有橡皮、胶木和瓷质的等。图 2-8-2 画出了几种常用插头、插座和代表符号。

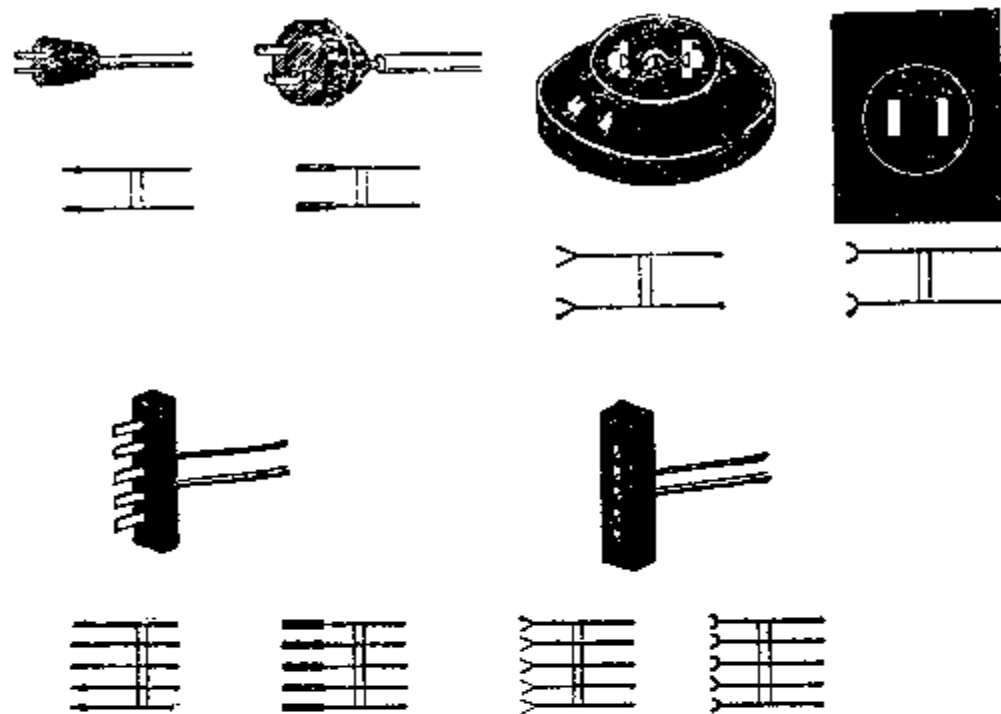


图 2-8-2 各种插头、插座及其符号

3. **分线器** 分线器是专为选接不同线头,转换位置用的。其符号和外形见图 2-8-3。转动旋轴,可以使中间的一个接片和周围的任何一个接片相接。

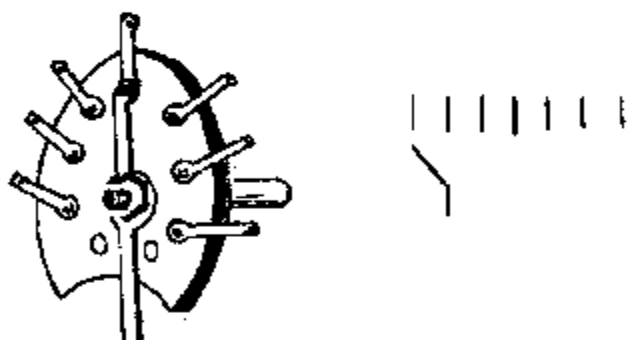


图 2-8-3 分线器及符号

4. **插头和插孔** 收音机上用的插头一般是二芯的,是供连接电唱头等用的。两根线头分别用螺钉固定或焊在插套及插尖上,这两部分互相绝缘。插孔是供插入插头用的(见图 2-8-4),这里(a)左图代表插孔符号,右图是实体;(b)左图代表插头符号,

右图是实体。下面是插头插入插孔的实体图,插孔常用字母“XS”表示;插头则用“XP”表示。

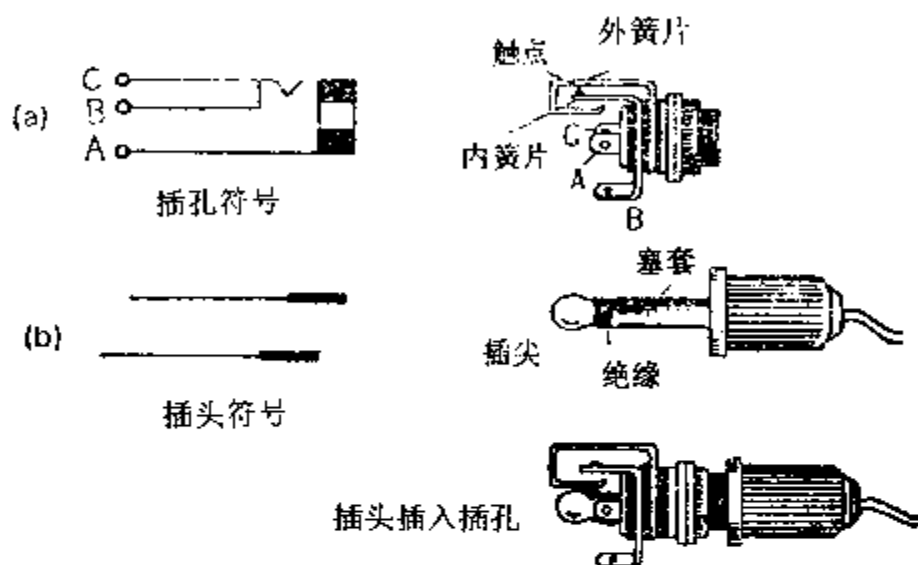


图 2-8-4 插头插孔和符号

5. 熔断器(保险丝) 保险丝的用途是防止收音机电路中某处短路使电流超过负荷而损坏元件。当发生短路使电流超过负荷时,保险丝立即烧断,使收音机和电源断开,不致损坏机内元件。熔断器(保险丝)的一种普通形状和符号见图 2-8-5。常用字母“FU”表示。

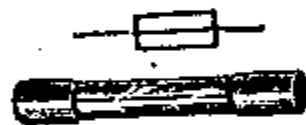


图 2-8-5 保险丝

6. 接线 收音机中的接线除了接地线(接机壳的母线和其它接地线)以外,都需要用绝缘线。为了适合各种不同用途,除了有颜色区别以外,还有多股、单股、软线和硬线等区别。但这些区别在电路图上表示不出来,在图上任何接线,除了隔离线是在直线外再加上一个虚线的外套或画一虚线圆圈接地来表示外,其它都用一直线来表示。不过导线的相接或不相接在图上是表示出来的。表示相接和不相接的符号习惯上有两种。图 2-8-6 中上面的画法是在书刊、杂志上主要采用的画法,即两线

交叉表示相交时,交叉处画上圆点,反之则无圆点。但在一些旧的书刊中或是在无线电爱好者画图时,相接和不相接的符号往往采用图 2-8-6 下面两种形式。两线交叉不画弧线表示相接,两线相交其中一条画上弧线表示不相接符号。这两种画法意义一样,可任选一种,但在同一个线路图中,一定不能混用,否则线路图就会出现混乱。

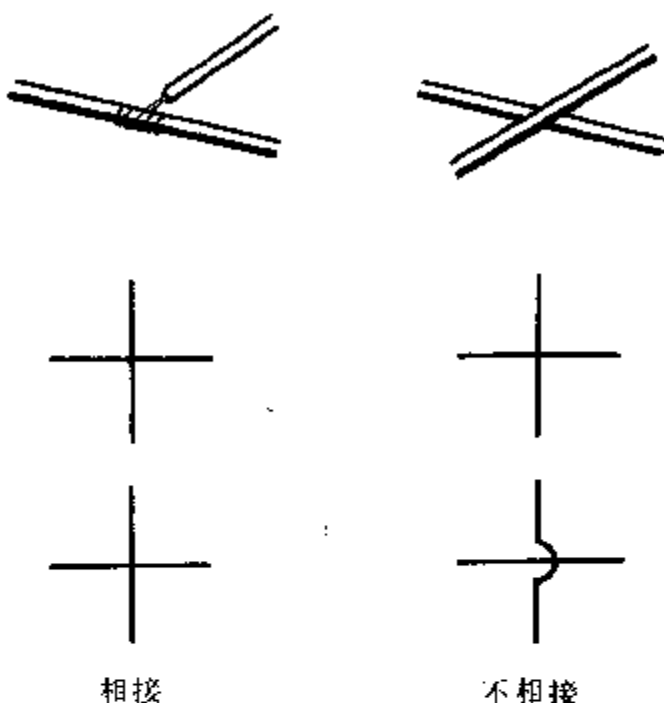


图 2-8-6 导线相接和不相接

7. 天、地线 天线形式很多,这里不能一一介绍。常见的是用铜线架在空中装成 Γ 型或 T 型,在大多数电子管收音机则干脆用一段拉在机外的导线作天线,还有半导体收音机中的拉杆天线,以及有的电视接收机中使用半波振子和折合振子天线,等等。地线是用金属导体埋在地下,一般收音机均可不接地线或将地线接在一条公用的金属线或金属机壳上。天、地线的外形和符号见图 2-8-7。

另外,装置在室外的天线,尤其是架得比较高的天线应注意加装避雷器,以确保安全。

8. 屏蔽及接机壳 屏蔽或称隔离。在收音机中往往某一部分要和其它部分用金属物隔开,以避免受到其它部分的磁场和电场的影响。例如某些电子管要用屏蔽(隔离)金属罩包起来,再

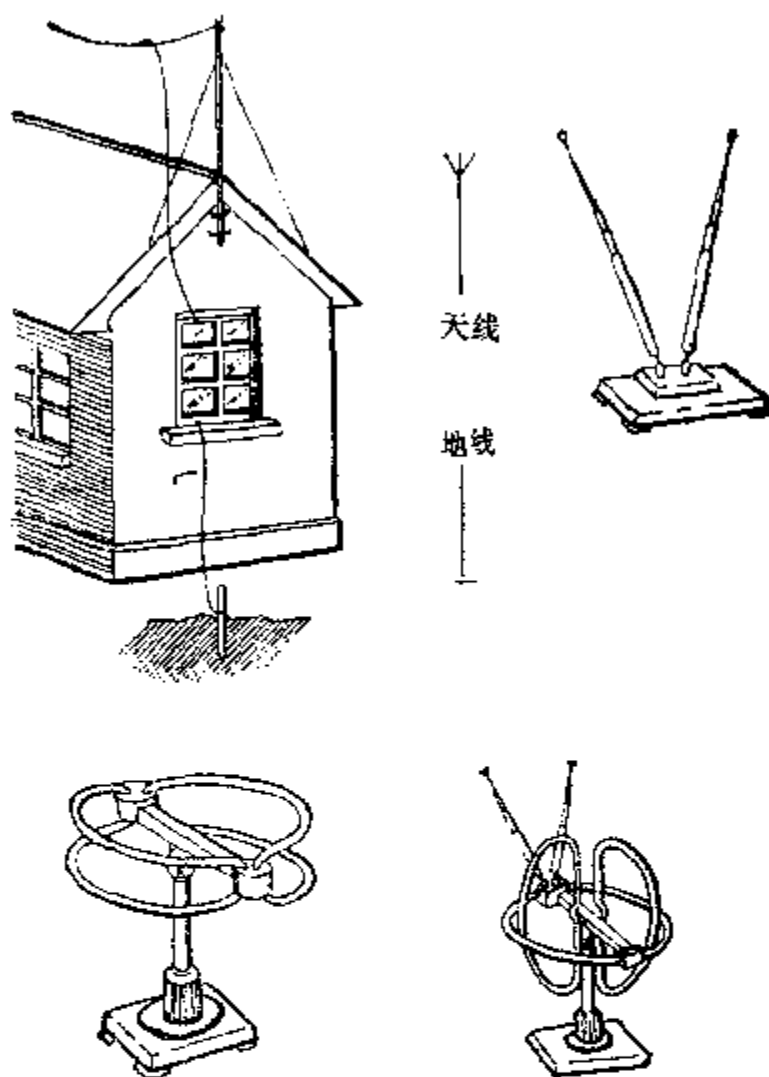


图 2-8-7 天、地线外形及符号

将金属罩接机壳,这样外界的电磁场就不会对它发生影响,如图 2-8-8(a)有时需要将某一部分或某一根线加上屏蔽。屏蔽的符号见图 2-8-8(b)和(c)。图中虚线部分表示屏蔽,一细竖一粗横(⊥)表示接地符号,也叫接机壳。电源变压器中为了防止初级引进的高频无线电波或其它干扰影响次级,也需要在初级和次级间加上屏蔽,如图 2-8-8(d)中虚线表示了这一点。

接地符号的意思不是接大地而是所有画“⊥”的元件一端都要用导线或直接连在一起;也可以焊在一条公用的金属线或金

属外壳上。

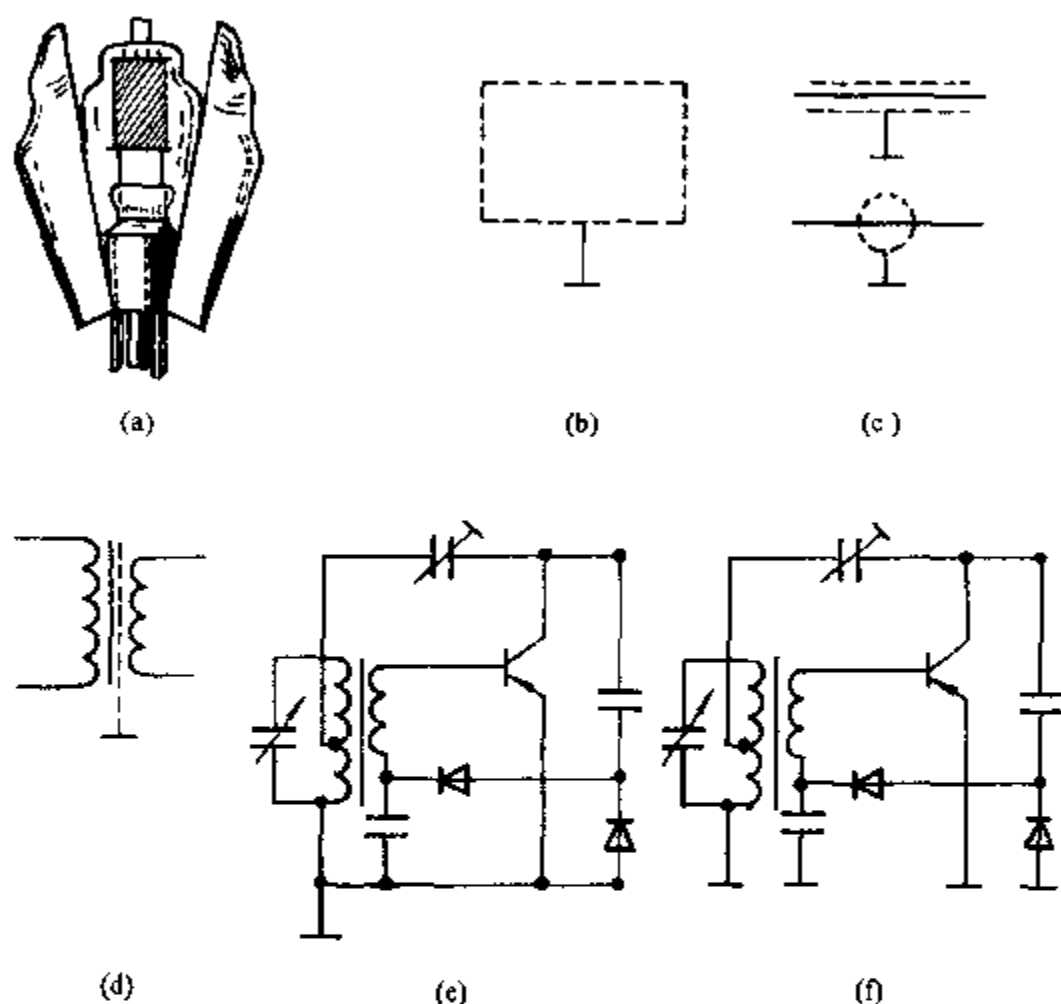


图 2-8-8 屏蔽及接机壳(地、或母线)的表示法

所有接机壳或母线的地方在画图时,都可以连至同一条线上,然后在某--处画接机壳的符号,如图 2-8-8(e),也可以在每一接机壳或母线处各画一接机壳的符号,如图 2-8-8(f)。

第九节 带铁淦氧磁芯的元件

1. 磁性天线 近年来由于半导体收音机的大量生产,用高频的铁淦氧做成棒形,把天线线圈套上即可以代替室外架空天

线,故取名“磁性天线”。其形状和符号见图 2-9-1,图中黑线表示

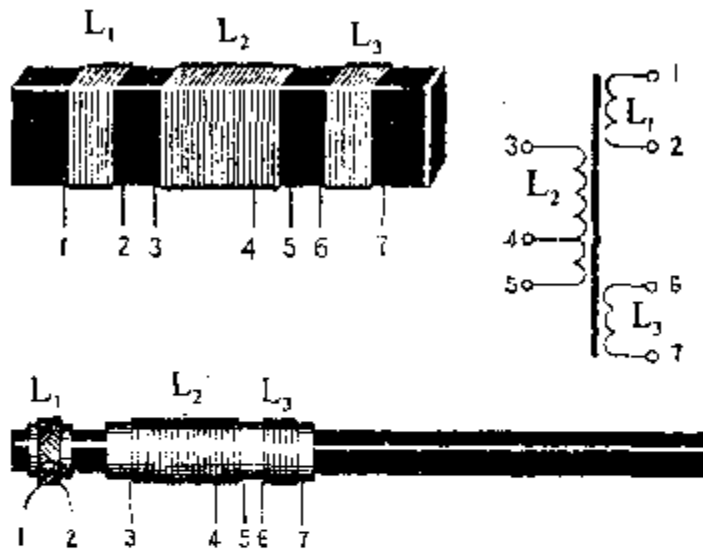


图 2-9-1 磁性天线及符号

铁淦氧磁棒。这种“磁性天线”有方向性,所以具有这种天线的收音机,收听节目时应转动收音机放置方向,直到收听效果最好为止。磁性天线磁棒的长度有 5cm、7cm、14cm、20cm 等多种。它的截面有圆形及扁方形的几种。磁棒在同样直径时,越长灵敏度越高。为了提高输入电路的 Q^* 值,绕制磁性天线的纱包线最好用 5~15 股的多股线,以提高选择性。

2. 带铁淦氧磁芯的变压器 这种变压器是适应高频小型元件要求而生产的。其符号和实体图见图 2-9-2。利用铁淦氧体压成环形、日字形或棒形磁芯,在磁芯上绕上几个线圈,就成为带铁淦氧磁芯的变压器。这种变压器多用于高频,但有时也可以代替过去常见的硅钢片制成的低频变压器。

目前电视接收机中的行输出变压器中就常采用 U 形铁淦氧磁芯。

* Q 是振荡回路的品质因数,即 $Q = 2\pi \frac{\text{回路内储藏的能量}}{\text{每周内消耗的能量}}$

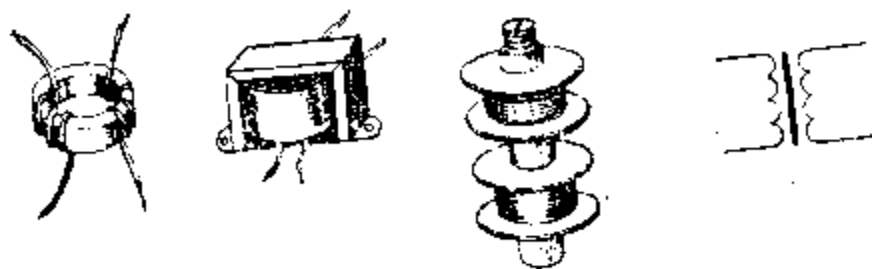


图 2-9-2 带铁氧体磁芯的变压器和符号

第三章 电子管及管座

电子管是第一代电子技术的主要器件,在 50 年代占主导地位,到 70 年代后逐渐被晶体管和集成电路所取代;但是 80 年代以后随着“发烧音响”的兴起,电子管又以其独特的音色重新受到广大电子爱好者的青睐。另外有些应用场合也还离不开电子管,更何况,现在广泛运用的示波管、显像管的基本原理与电子管一样,所以做为一个电子爱好者也应了解电子管的有关知识。

由于市面上介绍电子管的图书很少,因此本书介绍电子管的有关知识就显得更加必要。

第一节 电子管的构造和分类

一、二极管

最简单的电子管是二极管,它有两个电极即屏极(也有叫阳极或板极的)和阴极,屏极用字母“A”表示,阴极用“K”表示,如图 3-1-1 所示。阴极又有两种:一种是直热式,即将甲电直接接在阴极上,使它发热而发射电子,实质上这种阴极也就是灯丝,故称为直热式阴极。另有一种是旁热式阴极,这种仍由阴极发射电子,不过是用另外的灯丝加热,即接通甲电源使灯丝发热,把热量供给阴极,从而间接地使阴极受热而发射电子。

当阴极受热而发射电子后,如果屏极连接一直流电源的正极,阴极接负极,从阴极发射的电子会被屏极的正电场吸引(异

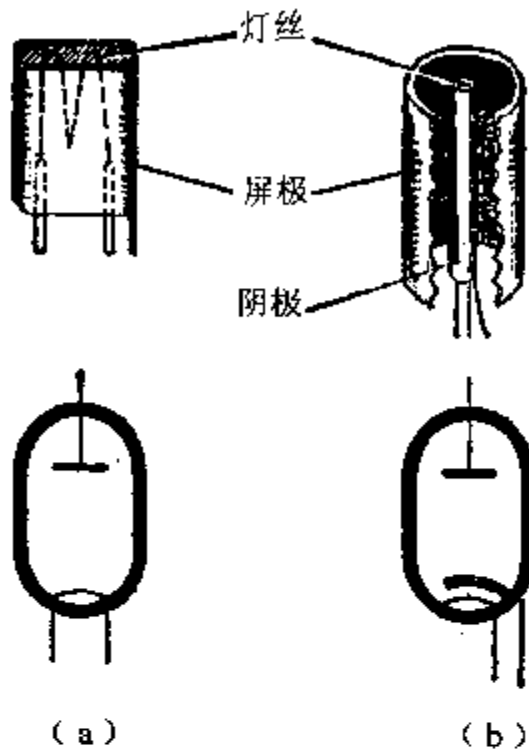


图 3-1-1 二极管和符号

性相吸)而飞向屏极,形成电子流,这时二极管就导电了。如若屏极接电源负极,阴极接正极,则从阴极发射的电子将受到屏极负电场的排斥(同性相斥)而不能飞向屏极,也不会产生电子流,这时二极管就不导电。当二极管的屏极和阴极间,接有交流电时,只有正半周时(屏极为正,阴极为负)二极管导电,负半周不导电。在收音机中,就是利用二极管的这种单向导电特性,把交流电变成直流电——即完成所谓“整流”的作用。因此,整流是二极管的主要用途之一。

二、三极管的构造

从上面的分析可以看出,二极管并不能完成放大作用。为了完成交流信号的放大,人们又发明了“真空三极管”。它是在二极管屏、阴极之间靠近阴极处再加入第三个电极,称为“控制栅极”(简称栅极)。一般是用金属丝在支架上绕成螺旋状的栅网构成栅极(见图 3-1-2)。

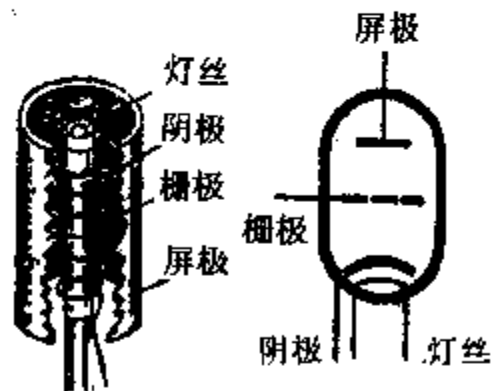


图 3-1-2 真空三极管的构造和符号

三、控制栅极的作用

三极管中的栅极究竟起什么作用呢?为了说明这个问题,我们先把三极管按图 3-1-3(a)电路连接起来。由于屏极对阴极来说加的是直流正电压,因而它会吸引从阴极发射出来的大量电子,并形成屏流 I_a 。但是栅极对阴极来说加的却是直流负电压,栅极会排斥电子。这种屏极吸引和栅极排斥的作用是互相抵消的。那么,电子还能不能穿过栅极飞向屏极去呢? 又有多少电子能越过去呢?

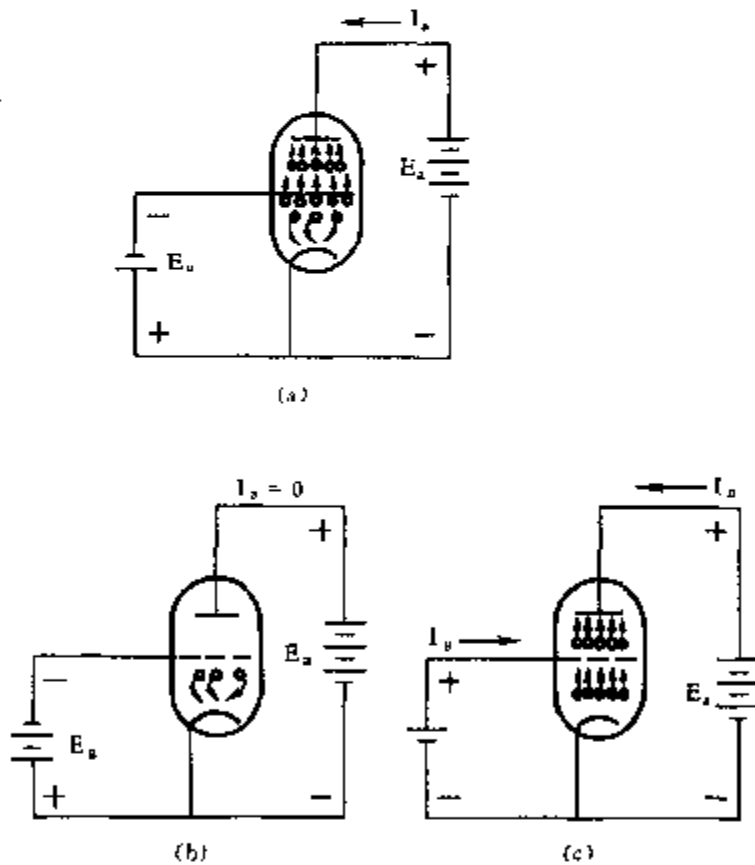


图 3-1-3 真空三极管控制栅极的作用

在栅极负电压一定的情况下,如果提高屏极的正电压,它对电子的吸引力也会加强,从而能增大屏流。与此相反,在屏压不变的情况下,如果栅负压大到它所产生的排斥力能把全部电子

都截住而返回阴极,这时就不会再有屏流了,见图 3-1-3(b)。当栅负压减小的时候,电子受到栅极电场的排斥力也会小些,穿过栅网飞向屏极的电子增多,形成屏流增大。栅负压越小,飞过的电子数也越多,屏流也就越大。如果栅极带正电时,很多电子还会飞向栅极,产生栅极电流,见图 3-1-3(c)。

显然屏极电压和栅极电压的大小都能决定屏流的大小。在屏压和栅压对屏流的影响中,究竟哪一个起主要作用呢?我们从三极管的构造可以看出,由于栅极距阴极较近,屏极距阴极较远。根据电的作用力特点,距离越近的相互作用力也越强,所以在同样的电压变化情况下,栅极电压的变化对屏流的影响比屏极电压变化对屏流的影响要大得多。正是由于二极管中加入了一个控制栅极,所以才使三极管具有了放大作用。

四、三极管对交流信号的放大

当在三极管的栅极加上交流信号时,栅压将随交流信号电压而变化,屏流也将随交流信号而变化。交流信号正半周时,会出现栅流,使三极管的工作情况变坏,放大后的输出信号波形也会“失真”。为了不致产生栅流,通常都在栅极上加一个负电压 E_g ,并使它的绝对数值大于信号电压的变化幅度,这样在交流信号的整个变化过程中就不会再产生栅流了。如图 3-1-4 所示,放大后的输出信号是从屏极负载电阻 R_a 上取出。当随栅极交流信号在很大范围内变化的屏流流过 R_a (高阻值电阻)时,根据欧姆定律:电压=电流×电阻,可知在 R_a 上将造成很大的电压降,也就得到了经放大后的交流信号电压。这里 R_a 的作用是把电流变化转变为电压变化,即通过 R_a 的电流变化越大,在 R_a 上的电压降变化也越大。很显然,如果 R_a 足够大,则输出电压的幅度要比栅极输入信号电压的幅度大很多倍,如不失真,其两者的变化规

律是一样的。这就达到了电压放大的目的。

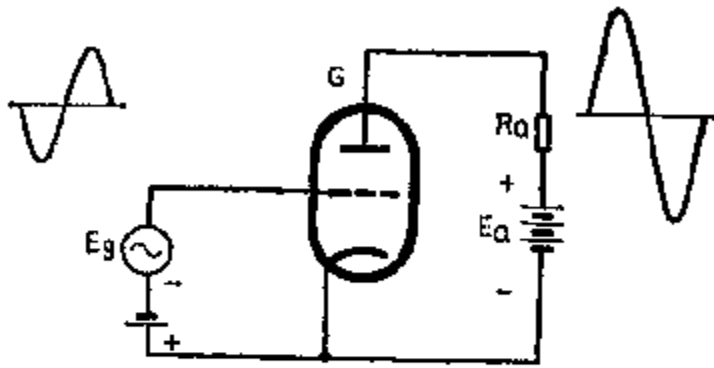


图 3-1-4 真空三极管对交流信号的放大

五、其它类型的电子管

三极管虽然能放大交流信号,但当信号频率太高或要求放大能力很大时,就不能很好地工作了。为了克服这一缺点,并提高电子管的放大能力、效率以及进一步增大屏流,相继出现了四极管、五极管和束射四极管。图 3-1-5 是它们的表示符号。

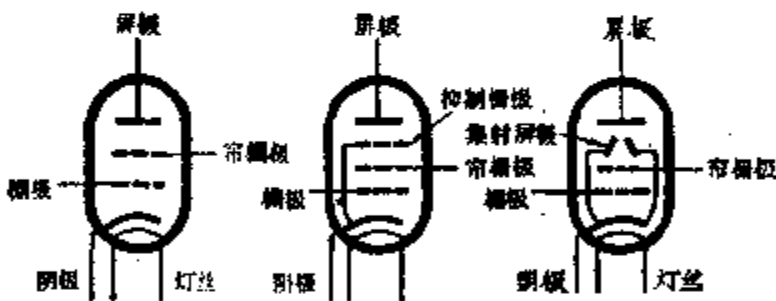


图 3-1-5 几种常用的电子管符号

收音机中常用的五极管,除阴极和屏极外,还有三个栅极:第一栅是控制栅极;第二栅叫做帘栅极;第三栅称为抑制栅极。束射四极管有阴极、控制栅极、帘栅极、屏极和束射屏的四极管。其中束射屏极装在帘栅极和屏极之间,并与阴极相连,以使电子流能从束射屏的开口处集中射向屏极,因而也就增大了屏流。

随着电子管不断进步,又出现了五栅管,它有五个栅极。所有电子管反映在电路图上都是把栅极绘成虚线,栅极多的管子只不过多绘上几条。此外还有一种复合管也是常见的,即一个电子管内包含两个电子管。图 3-1-6 所示双三极管 6N2 即为复合管的一种。复合管的代表符号有时将其分为两半画在两个地方,

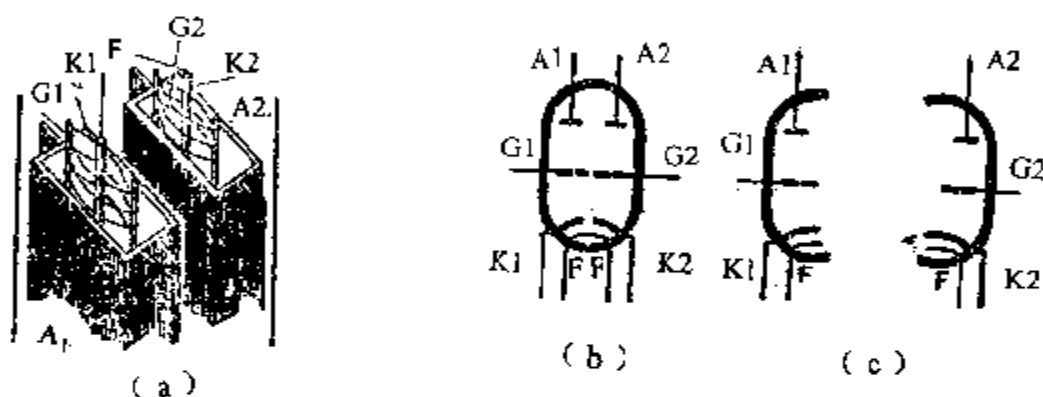


图 3-1-6 复合管和符号

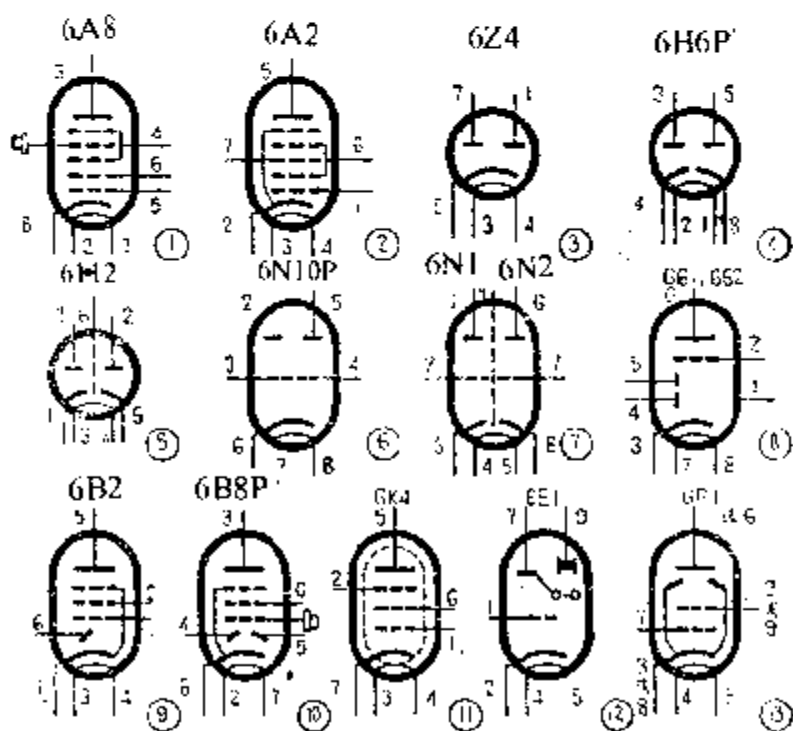


图 3-1-7 一些电子管的符号

如图 3-1-6(c)所示。还有一些其它构造的电子管,其代表符号如图 3-1-7 所示。其中①、②是七极变频管;③是共阴极双二极管;④是分阴极双二极管;⑤是两组电极隔开的双二极管;⑥是共阴极双三极管;⑦是两组电极隔开的双三极管;⑧是双二极—三极管;⑨是二极—五极管;⑩是双二极—五极管;⑪是有隔离的五极管;⑫是调谐指示管;⑬是输出束射四极管(或称功率放大束射四极管)。

第二节 电子管的接线法

下面我们要谈一谈电子管的接线法。一般内部每一电极都与一个管脚相接,但有些电子管在管内即把两个极联在一起,如小型七脚管 6A2,其抑制栅与阴极在管内是相连接的。也有些电子管有些电极是不独立存在的,没有引线引到管外,是在管内接好的。例如,功率放大束射四极管 6P1 中的小屏就是如此。有一个电极几个引出头,以便适应不同的条件。如 6P1 屏极就有两个引出头,接线时可以任接一脚。有的电子管内施加隔离,应将其引出线接机壳或公共地线。

熟悉电子管内部构造和接线方法是很重要的。这样,在使用电子管时将不致产生接线的错误。

第三节 管脚和管座

常见的电子管有玻璃管和金属管等,其中玻璃管有体积较大的 FU-7 和普通八脚管 6P6P 等,体积较小的如小七脚 6A2、6K4 等,小九脚如 6N1、6P1 等。它们的外形如图 3-3-1 所示。

电子管各电极的引出线大多是从管脚引出的(也有少数电

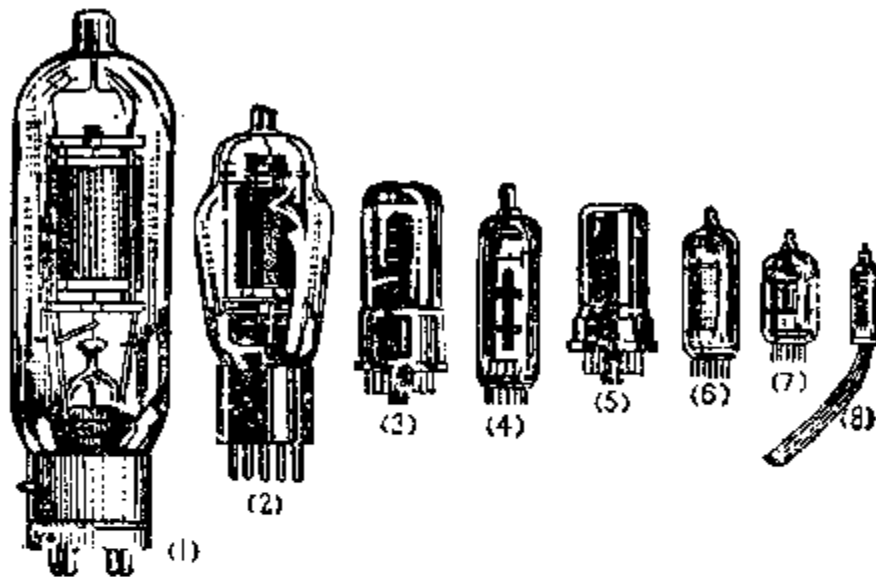


图 3-3-1 各种电子管的外形图

极是从管顶引出的),随着电子管电极数的增加,电子管的管脚数目也相应增加。常见的电子管管脚有 4、5、6、7、8、9、11、12、14、20、25 个等,最少的为 3 个脚。但是,3 个脚的管座在使用上不方便,所以都用 4 脚来代替,其中一个脚空着不用,如常用的 12F 管便是这样的。具有五六脚的管子一般都是旧式电子管。七脚管是小型花生式管子,它的管脚位置是按 8 个脚等分,而空一个脚不做引出线(图 3-3-2)以



图 3 3 2 小型管管脚

防止错接,如国产北京牌电子管 6K4 就是七脚小型管。八脚式管子的 8 个脚是等距的,为了防止插错位置又设一个中心管脚。八脚电子管样式如图 3-3-3 所示。九脚管是小型电子管,如国产北京牌 6P1 及 6N2 等,9 个脚设在 10 个平均等距位置中的 9 个位置上,其中一个位置空着没有管脚。另外还有一种老式的玻璃管,管脚粗细不一样,其中两只粗管脚接灯丝,其它各极用较细

的管脚,如FU-25等。其它有11、12、14、25脚的电子射线管。收音机上大多数应用的仍以七脚、八脚、九脚为最常见。管脚的编号是将电子管反转过来,管脚朝上,从最大缺口(小型管)或管柄凸起部分(八脚管),如果是管脚粗细不一样的电子管就从粗管脚左边沿圆周按顺时针方向来数,依次为1、2、3、4……。

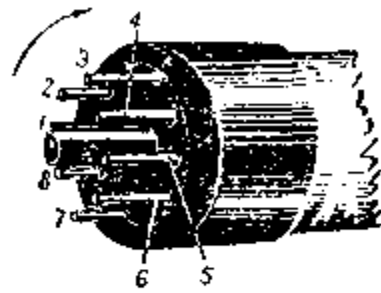


图 3-3-3 八脚管管脚

现在再来谈一谈管座。管座是用瓷料或电木等绝缘材料作成,有插孔与焊接片,插孔数与管脚数一般是一样的。不过有的电子管只有四只脚,但设计也得适用八脚管座。管座为配合不同电子管也相应设计有各式各样的。我国常见的国产小型管管座如图3-3-4(a)所示,每一种小型管管座中间还装有一个接地用的管座隔离心,如图3-3-4(b)。

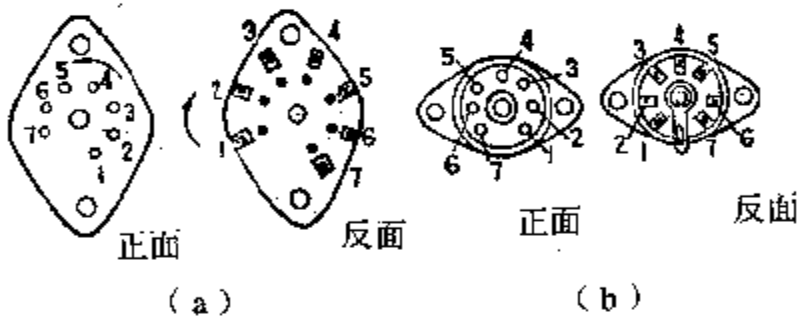


图 3-3-4 小型管座

八脚电子管管座如图3-3-5所示,中心有圆洞,圆洞有一处有缺口,以便插入电子管时保证插对位置。管座插孔的排列次序应和电子管一致,即在管座反面(焊片朝上)按顺时针方向,从插孔的最大一个间隔左边一插孔开始数(小型管)1、2、3……,或从中心圆洞的缺口左边一插孔开始数1、2、3、……(八脚管)。

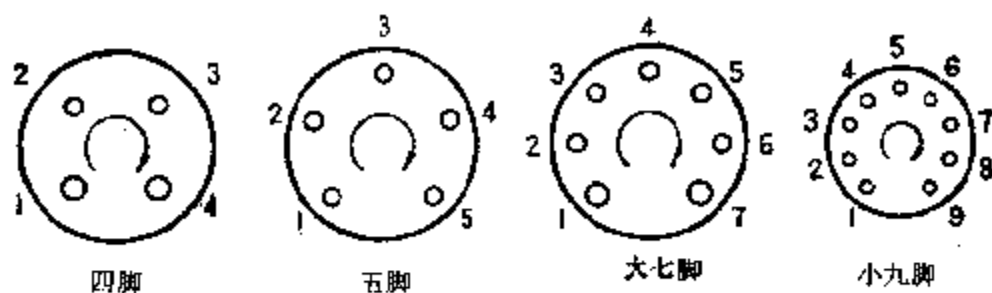


图 3-3-5 八脚管座

如果是从管座正面数,则从管座距离最大的一个间隔右边的一个(小型管)逆时针数 1、2、3、……,或从中心孔缺口右边一个孔逆时针数 1、2、3、……(八脚管)。

另外还有一些其它种类的管座,当它们的反面朝上(焊片朝上)时,数法如图 3-3-6 所示。

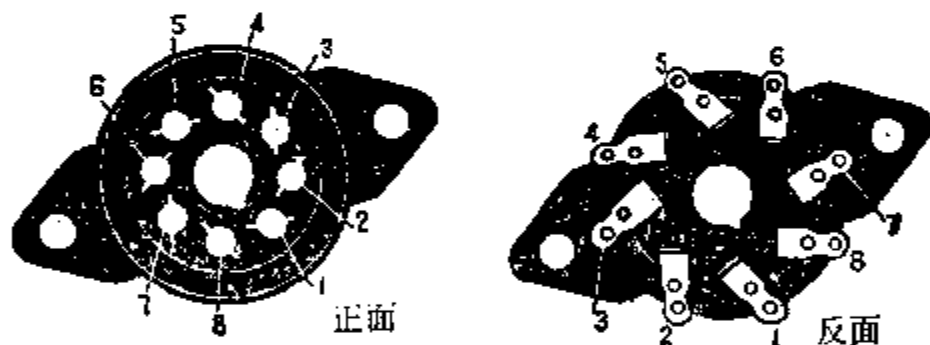


图 3-3-6 一些其它种类的管座

第四节 国产电子管命名法

我国有关部门规定了电子管的命名方法。这个方法是根据汉语拼音方案的原则,采用拉丁字母与数字作为型号的代号,还结合我国过去的习惯采用的代号来编制的。

国产电子管的编号方法分为两大类,每个型号一般包括四个部分。

第一类是从数字起首(用于收信、放大、调谐指示和小型整

流管等),它们的顺序数字和字母的代表意义如下:

第一部分:用数字表示灯丝电压的整数部分,如:1——表示灯丝电压 1.2V;2——表示灯丝电压 2.4V;6——表示灯丝电压 6.3V;12——表示灯丝电压 12.6V。

第二部分:用字母表示电子管的结构及用途,如:D——二极管;H——双二极管;C——三极管;N——双三极管;U——三极六极管和三极七极管;F——三极五极管;P——输出五极管和束射四极管;S——四极管;K——遥截止五极管和束射四极管;J——锐截止五极管和束射四极管;A——变频管;G——双二极管;B——双二极管;E——调谐指示管;Z——小功率二极管整流管。

第三部分:用数字表示同类型管的序号及性能。同样类型的管子但性能不同,如 6N1 和 6N2 都是双三极管,但前者是中等放大系数;后者有较高的放大系数。

第四部分:用字母表示电子管的材料和外型,如:P——具有玻璃外壳的电子管;无字母——表示花生管;J——橡胶管。

在了解上列四部分数字和字母的意义后,就可以知道电子管的类型、结构、材料、外型及灯丝电压大小等。举例说明如下:
6P1——灯丝电压为 6.3V,输出束射四极管,第 1 号,花生管。

6A2——灯丝电压为 6.3V,七极变频管,第 2 号,花生管。

6P6P——灯丝电压为 6.3V,输出束射四极管,第 6 号,玻璃管壳。

第二类,从字母开头(用于发射、稳压、闸流、高压整流管),它们的各部分字母,数字代表意义说明如下:

第一部分——用字母表示电子管的类别;

第二部分——用数字表示以区别离子管和光电管同类管的序号(但有些管子无第二部分,如发射管等);

怎样看无线电电路图

第三部分——用数字表示同类型管的序号(离子管有的没有第三部分);

第四部分——用字母表示外形。

例如:FU-5 是振荡三极管;FU-7 是振荡束射四极管。

另外在收信放大管、闸流管、稳压管等基本型号后面,附加电子管补充特性代号。例如高可靠性与高机械强度的电子管用字母“Q”表示;长寿命的电子管用字母“S”表示;脉冲电子管用字母“M”表示等。

还有用分数形式来表示充气整流管。分数的分子是表示允许的屏流平均值(即整流电流值),单位为安。分母是表示最大的反峰电压,单位是千伏。如 EG1-0.3/8.5(866)管,它的最大屏流平均值为 0.3A,最大反峰电压为 8.5kV。

为了供读者参考,下面列举若干常用国产电子管与其它国家产品互换使用的对照表。

表 3-4-1 常用电子管互换表

国 产 式	原 苏 联 式	美 式	欧 洲 式
1A2	1A2Π	1R5 · 1AB6	DK96
1K2	1K2Π	1T4 · 1AJ4	DF96
1B2	1B2Π	1S5 · 1AH5	DAF96
2P2	2Π2Π	3S4 · 3C4	DL96
6U1	6U1Π	6AJ8*	FCH81
6A2	6A2Π	6BE6	EK90
6K4	6K4Π	6BA6	EF93
6G2	6Γ2Π	6HV6	EBC91
6H2	6X2Π	6AL5	EAA91
6P1	6Π1Π	6HQ5*	EL90
6P14	6Π14Π	6BQ5*	EL84
6E1	6E1Π	6BR8*	EM80
6Z4	6H4Π	6X4*	EZ90
6N1	6H1Π	12HU7*	ECC82
6N2	6H2Π	12AX7*	ECC83
6N3	6H3Π	6AQ8*	ECC85
6P15	6Π15Π	12BY7A*	EL180

*管脚接法不同

第四章 晶体管*

晶体管以前也称半导体管,它具有体积小、重量轻、耗电省、寿命长和坚固耐震等优点。目前晶体管已广泛地应用在工业、农业、国防和科学研究等部门。我们要想看懂无线电电路图,正确地使用晶体管,就必须首先对半导体的一些特性有一个详细的了解。

第一节 什么是晶体管

由半导体材料制成的管子叫晶体管或半导体管。

在我们日常接触的物质中,一类是电阻率很小,容易导电的金属,如金、银、铜、铁、锡等,这类物质叫做导体;另一类是电阻率很大,几乎不能导电的物质,如橡胶、陶瓷、玻璃等,这类物质叫绝缘体。但是在自然界里面,还有一些物质,它们的导电本领即导电率,处在导体和绝缘体之间,这种物质我们叫它为半导体。目前用来制造晶体管的材料主要有锗、硅、硒等。

第二节 晶体二极管

晶体二极管也叫半导体二极管,它的符号和常见的实物形状如图 4-2-1 所示。

* 本书中讲的晶体管包括晶体三极管和晶体二极管。

怎样看无线电电路图

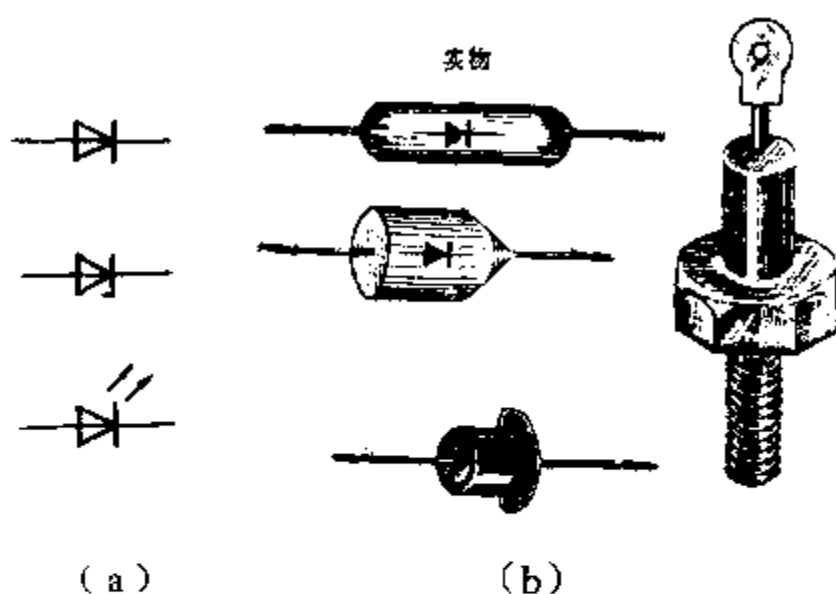


图 4-2-1 二极管的符号(a)和实物图(b)

晶体二极管的显著特性是单向导电。所谓单向导电，即是指向一个方向通电时它的电阻极小，近于短路；而向反方向通电时则电阻很大，可近似地看成开路。我们可以做一次如图 4-2-2 那

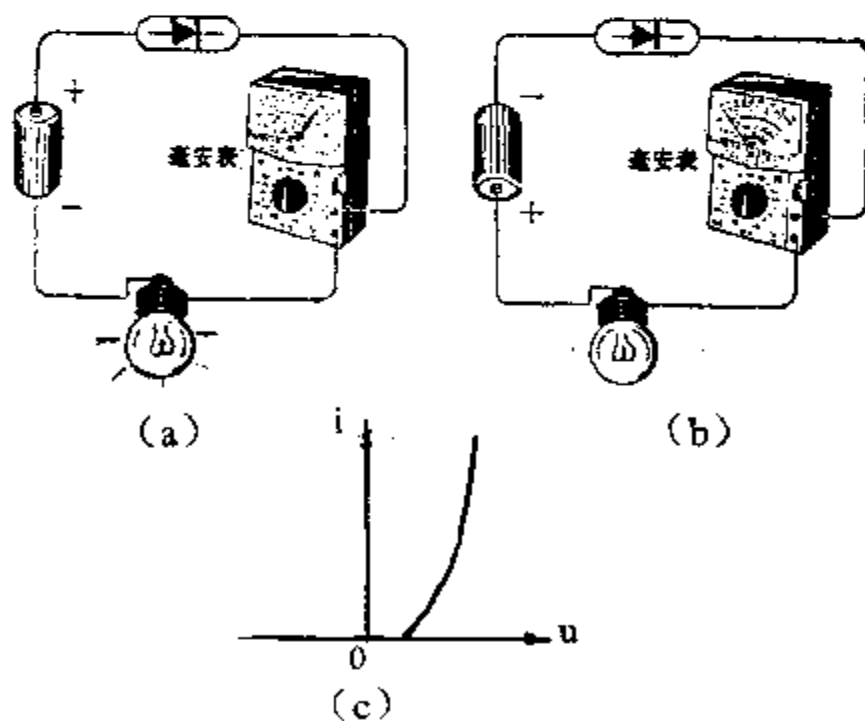


图 4-2-2 二极管单向导电特性实验和曲线

样的实验。首先像图(a)那样,将电池正极接在二极管正极,而电池负极则通过 2.5V 的小灯泡(这里作为限流电阻用)和电流表后接到二极管的负极。这时二极管处于正向导电状态,它的电阻很小,故有较大的电流。如果将电池的极性反接,如图(b)那样,这时由于二极管处于反向,它的电阻很大,故电流很小。它的导电特性若用图来表示,可画成图(c)那样的曲线。

由于二极管有单向导电特性,所以如果在二极管上加交流电源的话,则只有某一半周才能通过,而另一半周则不通,如图 4-2-3 所示。这也是二极管的二种基本作用,检波及整流的基本原理。

晶体二极管的另一个特点是:并不是只要是在二极管两端加的是正向电压(即正极加正电压,负极加负压),二极管即可通电,而事实上只有正向电压超过某一定值

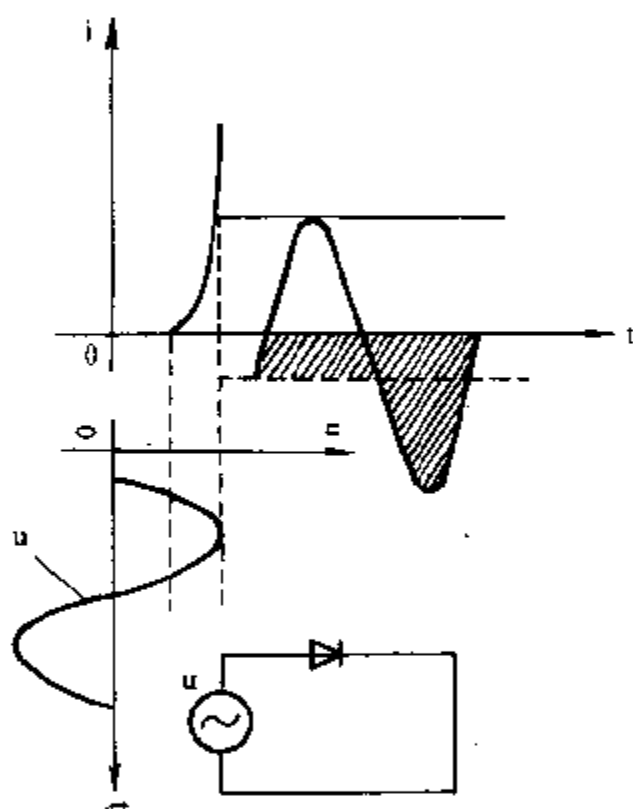


图 4-2-3 二极管的整流原理

(图 4·2c 中的 u_0 点)后才能导电,这个电压 u_0 叫做起始导电电压。对于锗管,这一电压为 0.2V 左右,而对于硅管则为 0.6V 左右。

晶体二极管的种类非常多,分类方法也很多,这里就不一一列举,而只把无线电爱好者常见的几种,做简单地介绍。

从材料来分,可分为锗管和硅管两种,它们最显著的特点就

是上面所说的,起始导电电压不同。

从应用角度分,二极管常见的有整流、检波、稳压及其它特殊用途的二极管,例如各种微波二极管,光电二极管,等等。

从结构上来分,可分点接触二极管和面接触二极管两种。所谓点接触二极管就是说它的一个极是由一根细金属丝(钨丝或金丝)构成,而另一极则是半导体片,如图4-2-4(a)。金属丝一端为正,半导体一侧为负极。点接触二极管能通过的电流较小,但能在较高频率下工作,故多作检波等用,当然也可以做为小功率整流之用,只要电流不超过二极管所能允许的最大电流就可以。

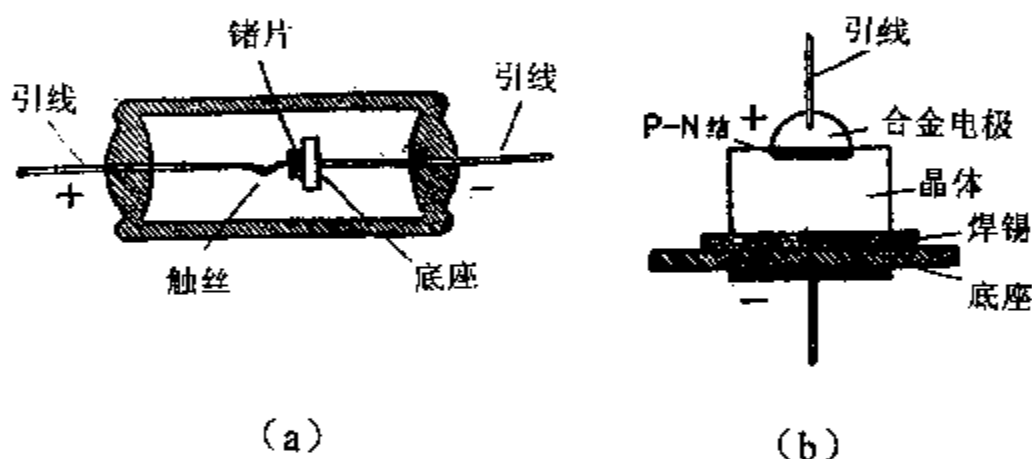


图4-2-4 点接触和面接触二极管结构示意图

另一种是面接触二极管。这种二极管的结构示意图如图4-2-4(b)所示。由于此种结构的二极管的两极的接触是一个面,面积较大,所以能通过较大的电流。一般整流用的都是这种二极管。

第三节 晶体三极管及其放大原理

一、晶体三极管的基本结构

为了深入了解晶体三极管的放大原理,我们先来看看它的

内部基本结构。

晶体三极管是由两个 P-N 结组成,如图 4-3-1(a)所示。所谓 PN 结,其结构与作用是上述二极管相似,P 区相当于二极管的正极,N 相当于负极。两个 PN 结按它们的作用不同,分别叫做发射结和集电结。这两个 P-N 结把一块晶体分成了三个区域,从左往右分别为发射区、基区和集电区。

如果中间的基区为 N 区,两边则是 P 区,我们称它为 PNP 型晶体三极管,它的代表符号中发射极箭头朝里,如图 4-3-1(a)和(b)所示。反之,如果中间的基区为 P 型区,两边为 N 型区,就称为 NPN 型晶体三极管,它的代表符号中发射极箭头朝外,如图 4-3-1(c)和(d)所示。在使用时需要把各个区域与外电路连接

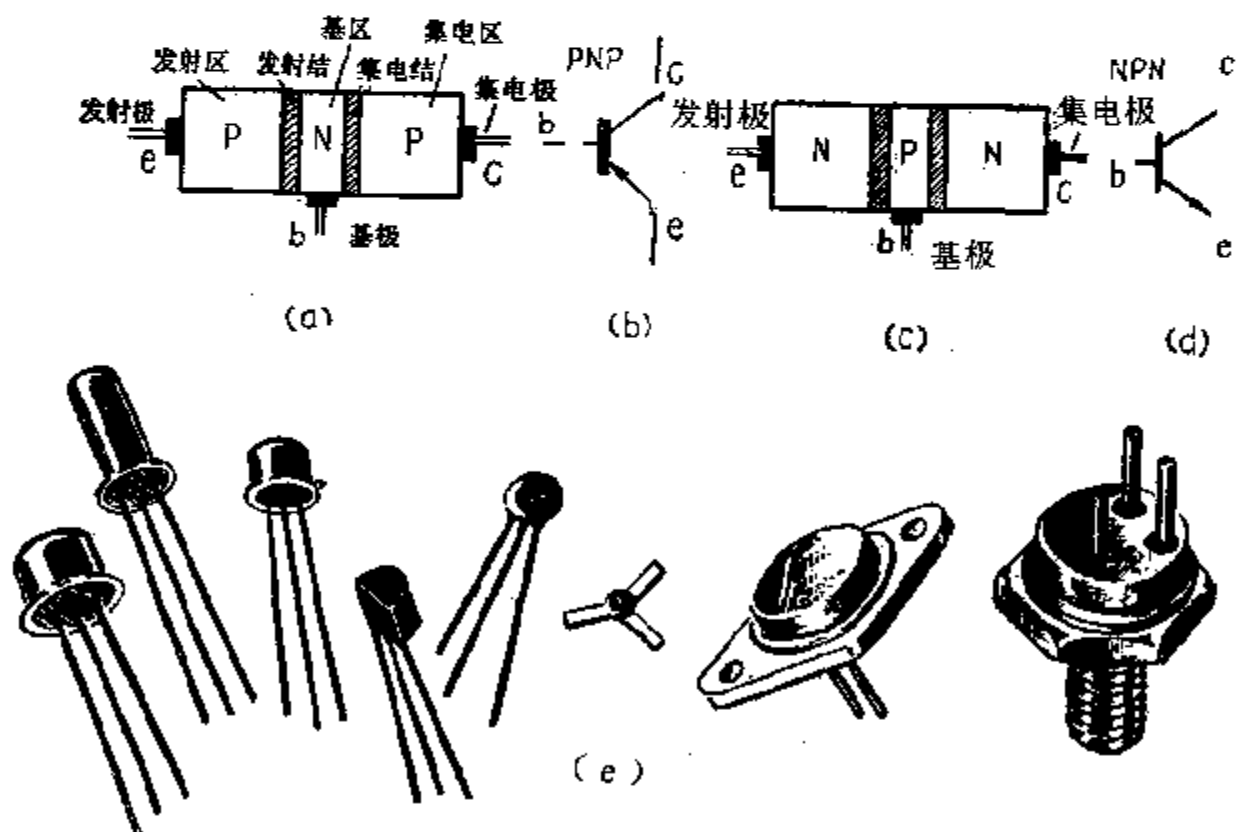


图 4-3-1 晶体三极管结构、符号及实物图

起来,这就必须在发射区、基区和集电区各作一个完善的引出电极。为了简便起见,常用字母“E”或“e”表示发射极,“B”或“b”表示基极,“C”或“c”表示集电极。图 4-3-1(b)、(d)还画出了晶体三极管在电路中的代表符号与各电极的表示法。图 4-3-1(e)画出了常见的各种三极管外形图。

二、晶体三极管的放大作用

晶体三极管的最基本的作用是放大。所谓放大就是把微弱的电信号转换成一定高强度的电信号。

1. 三极管的工作电压 如果要使三极管起到放大作用,就一定要给它的各电极加上合适的电压,否则三极管不但不能工作,有时甚至会损坏管子。

通常,我们在晶体三极管的发射极 e 和基极 b 之间加上一个正向工作电压“ U_{be} ”,这个电压称为“基极电压”或基极偏压, U_{be} 一般在零点几伏,而在发射极 e 与集电极 c 之间加上一个反向工作电压“ U_{ce} ”,这个电压称为集电极电压,确切地说是集—射电压,一般几伏到十几伏。从电位角度来讲,对于 PNP 型三极管的工作电位是这样的:以发射极为基准,集电极加较高的负电压,而基极加较低的负电压(锗管约 0.2V,硅管约 0.6V 左右)而集电极电位要低于基极电位;对于 NPN 型三极管则相反,集电极加较高的正电压,而基极加较低的正电压。因此,不管是 PNP 型还是 NPN 型三极管,它们在正常工作时,在发射结上加的都是正向电压,在集电结上加的都是反向电压。三极管加上了合适的基极电压和集电极电压就能使其工作,现以 PNP 型三极管为例,所加电压关系如图 4-3-2 所示。

2. 三极管的电流分配 当我们在晶体三极管上加上工作电压以后,到底电流在三极管内部是怎样流动的,这种流动具有

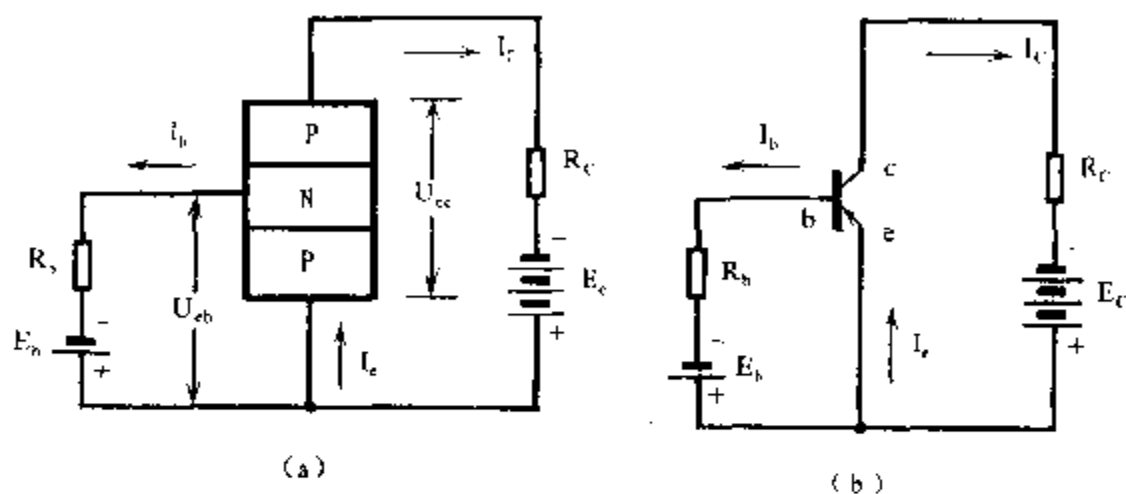


图 4-3-2 PNP 型三极管在工作时应加的正确电压

什么特点呢?我们用一只晶体三极管来作个实验,电路接法如图 4-3-2(b)所示。在线路中流过晶体管有三个电流,流过发射极的电流用 I_e 表示,流过基极的电流用 I_b 表示,流过集电极的电流用 I_c 表示。那么发射极电流 I_e 、基极电流 I_b 、集电极电流 I_c 三者之间的关系是怎样的呢?这可以在图 4-3-2 的电路中串接三个电流表(如图 4-3-3(a))来测量晶体管的三个电流。为了防止基极电阻 R_b 阻值调得过小而引起过大电流,以致烧坏管子,我们在基极回路中串接了一个固定电阻来限制基极电流,保护管子。用一个电位器作为可变电阻,调节基极电流。

先来看图 4-3-3(b)所示的发射极 e 与基极 b 之间的情况。由于发射极是 P 型半导体,基极是 N 型半导体,它相当于一个 P-N 结或一个二极管,当在二极管上加了正向电压 E_b ,就有较大的正向电流流过发射结,即有较大的电流由发射区流向基区,这个电流近似为发射极电流 I_e 。又因为基区做得很薄(一般为几个微米),而且在集电区上加有较大的负电压,所以从发射区到基区的电流就很容易穿过基区而大部分被集电区拉过去,这个电流就是集电极电流 I_c 。其中只有很小的一部分电流从基极引

出线流回电源 E_b 负端, 构成基极电流 I_b , 如图 4-3-3(b) 所示。

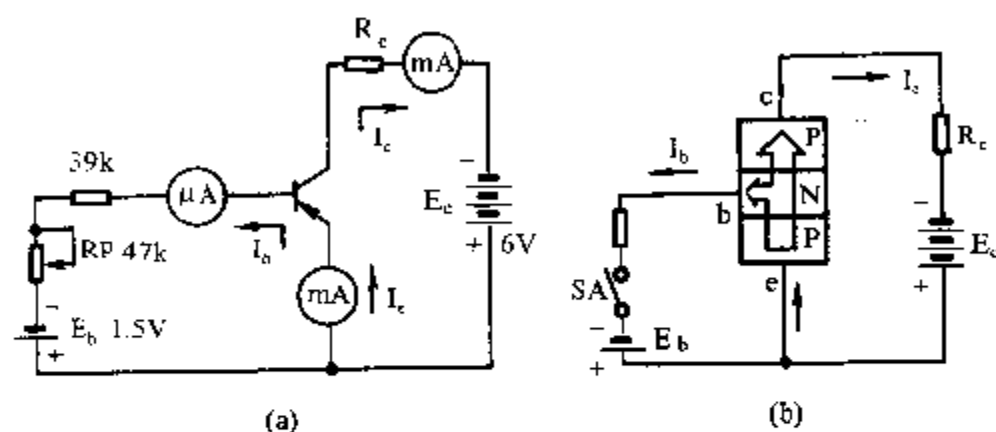


图 4-3-3 三极管的电流分配

由此可得出:

$$I_e = I_b + I_c$$

这就是三极管中的发射极、集电极和基极三者电流分配关系式。

3. 电流放大系数 H 在图 4-3-3 中若保持 e, c 极之间的电压不变, 那么通过调节电位器 RP 不断改变基极电流 I_b 的大小, 便可相应地得出一组集电极电流 I_c 和发射极电流 I_e 的数值, 现把测得的一些数据列于表 4-3-1。

表 4-3-1

I_c (mA)	0.300	1	2	3	5	10
I_e (mA)	0.300	0.990	1.972	2.960	4.935	9.890
I_b (mA)	0	0.010	0.028	0.040	0.065	0.110

从表 4-3-1 的实验数据中, 我们可以清楚地看出, 它们基本上是符合电流分配关系式的。更重要的是, 从表中我们可以看到当基极电流 I_b 从 0.010mA 变化到 0.028mA 时, I_c 却由 0.990mA 变化到 1.972mA。这两个变化量之比为:

$$\frac{1.972 - 0.990}{0.028 - 0.010} = \frac{0.982}{0.018} \approx 54$$

这就是说,集电极电流 I_c 的变化是基极电流 I_b 变化的 54 倍。可见 I_b 的微小变化,引起了 I_c 的较大变化。若用 ΔI_b 表示基极电流的微小变化 ΔI_c 表示集电极电流的相应变化, β 表示这两个变化量的比值,那么

$$\beta = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b}$$

显然, β 就是三极管的共发射极电路的电流放大系数。在表 4-3-1 中,当 $I_b = 0$ 时, I_c 不等于零,这时的 I_c 值叫做穿透电流,用 I_{ce0} 表示。所谓穿透电流就是在基极开路,在发射极与集电极之间加一电压时,流过集电极的电流。穿透电流对温度很敏感,当温度升高时,它就显著增加。选择管子时,一般希望 I_{ce0} 小, β 选在 40~100 为宜。如有特殊需要可自行选择。

第四节 国产晶体管命名法

目前,我国生产的晶体管品种很多,性能也各有差异。为了很清楚地区分每种晶体管的性能,人们给每种晶体管都起了个“名字”。每个名字都由五部分组成,第一部分用阿拉伯数字表示电极数目;第二部分用汉语拼音字母表示材料和极性;第三部分用汉语拼音字母表示类型;第四部分用阿拉伯数字表示序号;第五部分用汉语拼音字母表示规格号按这五个组成部分,国家标准规定的符号和意义是:

第一部分	符号	意 义
	2	二极管
	3	三极管

怎样看无线电电路图

第二部分	符号	意 义
	A	表示二极管时为 N 型锗材料(锗管)
	B	表示二极管时为 P 型锗材料(锗管)
	C	表示二极管时为 N 型硅材料(硅管)
	D	表示二极管时为 P 型硅材料(硅管)
	A	表示三极管时为 PNP 型锗材料(锗管)
	B	表示三极管时为 NPN 型锗材料(锗管)
	C	表示三极管时为 PNP 型硅材料(硅管)
	D	表示三极管时为 NPN 型硅材料(硅管)
第三部分	符号	意 义
	P	普通管
	V	微波管
	W	稳压管
	C	参量管
	Z	整流管
	L	整流堆
	S	隧道管
	U	光电管
	K	开关管
	X	低频小功率管(截止频率低于 3MHz , 耗散功率小于 1W)
	G	高频小功率管(截止频率大于或等于 3MHz , 耗散功率小于 1W)
	D	低频大功率管(截止频率低于 3MHz , 耗散功率大于 1W)
	A	高频大功率管(截止频率大于或等于 3MHz , 耗散功率大于 1W)

- T 可控硅元件
- 第四部分 同一类型产品的序号
- 第五部分 用汉语拼音字母表示规格号
- 根据上述规定,我们举例说明。

例: 3AG1B

3——三极管;

A——PNP型锗材料;

G——高频小功率;

1——序号;

B——规格号。

故为锗PNP型高频小功率三极管。

(注:虽然三极管中字母的含义是用汉语拼音定义的,但读字母时习惯上都读英文字母的发音。)

第五节 晶体管的极性及质量判别

一、晶体二极管的判别

晶体二极管的极性,一般来说有色点的一头是正极,如果是透明玻璃壳的,能看到其内部连触丝的一头是正极,连半导体片的一头是负极。如果没有色点,管壳也不透明则可用万用表来测量。根据二极管单向导电特性,即正向电阻小,反向电阻大。测量时,只要把万用表拨到“欧姆档”,一般是用 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 这两档(应当注意,一般不要用 $R \times 1$ 或 $R \times 10k$ 档,因为 $R \times 1$ 档使用的电流太大,容易烧坏管子;而 $R \times 10k$ 一档使用的电压太高,可能击穿管子),然后用表笔分别与二极管的两极相接,若阻值很小,则与黑笔相接的一端为二极管的正极;若阻值很大,

则与黑笔相接的一端为二极管的负极(图 4-5-1)。因为万用表红表笔在表内接电池负极,黑表笔接表内电池正极。

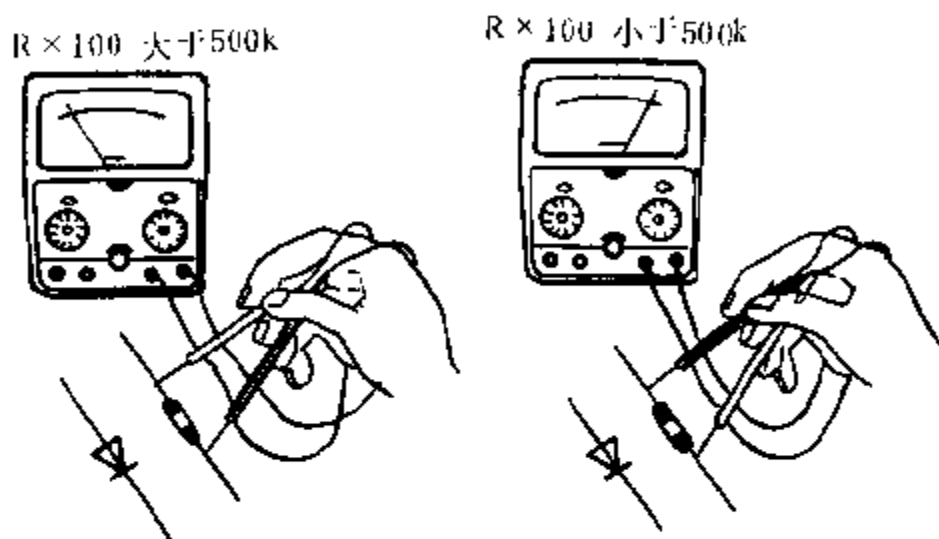


图 4-5-1 二极管的极性判别

一般的二极管当黑表笔接二极管负极,红表笔接二极管的正极时(二极管的反向电阻),电表所示阻值应大于 $100\text{k}\Omega$,阻值越大越好;当黑表笔接二极管正极,红表笔接二极管负极时(正向电阻),阻值应小于 $1.5\text{k}\Omega$,阻值越小越好*。若二极管的反向电阻很小,则说明管子内部短路;若正向电阻很大,说明管子内部断路。这两种情况都说明该管已坏,不能使用。

二、晶体三极管的判别

我们先看一看如何判别三极管的管脚。

1. 找出基极 根据 P-N 结正向电阻小,反向电阻大的性质,可以判断管子的基极和管子的类型(是 PNP 型还是 NPN 型)。用万用表 $R \times 100$ 或 $R \times 1\text{k}$ 档测试时,可以先假定一根引

* 至于具体数值则随所用万用表的型号、电阻档不同而不同,且与二极管材料有关,锗管量得的正向阻值小,而硅管的阻值要大得多。

线为“基极”，用红表笔接“基极”，黑表笔分别接触另外两根引线，如果测得的均为低阻值，则红表笔接的就是要找的“基极”，而且是 PNP 型的管子，见图 4-5-2(a)。再将红、黑表笔对调一下（即黑表笔接基极，红表笔接另外两根引线），若读数均为高阻值，则上述假定的基极是正确的。

如果用红表笔接触“基极”，照上述方法测量结果均为高阻值，而用黑表笔接触“基极”，红表笔接触另外两根引线，测得结果均为低阻值，则所接的“基极”是 NPN 型管子的基极，见图 4-5-2(b)所示。

如果用上述方法测得结果一个是低阻值，一个是高阻值，则原假定的“基极”是错的。这就要另换一根引线假定为“基极”再测试，直到满足要求为止。

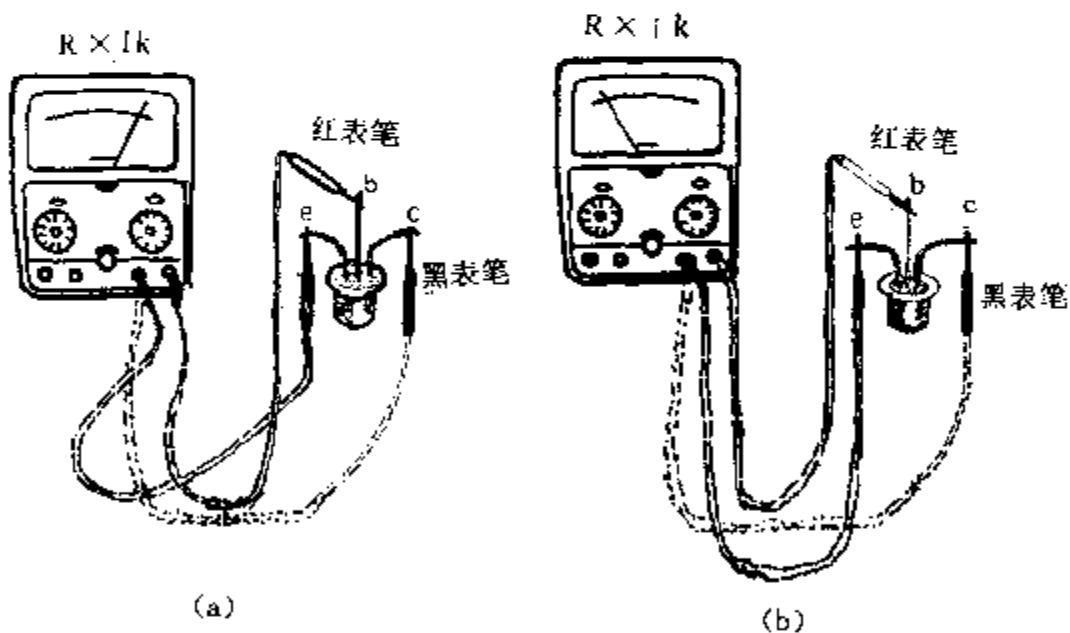


图 4-5-2 判别晶体三极管基极

2. 判别发射极与集电极 对于 PNP 型晶体管，判别方法如下：先假定红表笔接的是“集电极 c”，黑表笔接的是“发射极 e”，右手的手指蘸点水，用拇指和食指捏住红表笔和“集电极”，

用中指接触基极 b , 即通过手的电阻给晶体三极管的基极加一正向偏流, 使三极管导通, 记下此时的阻值。然后再假定另一引线为“集电极 c ”作同样的测试, 也记下阻值读数。比较两次读数的大小, 哪次阻值较小, 说明哪次假定是正确的, 即该次红表笔接触的就是集电极引线。如果是 NPN 型管, 只要将红、黑表笔对换一下(黑表笔接“集电极”), 照上述方法测试判别即可。

3. 粗略判断管子的质量 对于 PNP 型晶体三极管, 当用红表笔接集电极, 黑表笔接发射极时, 电阻值越大说明管子的穿透电流 I_{ce0} 越小; 若阻值很小, 或表针不稳定, 则说明该管的穿透电流大, 温度稳定性差。当按图 4-5-3 所示的方法给基极一正向偏流时, 电阻变化越大, 说明管子的放大倍数越大。

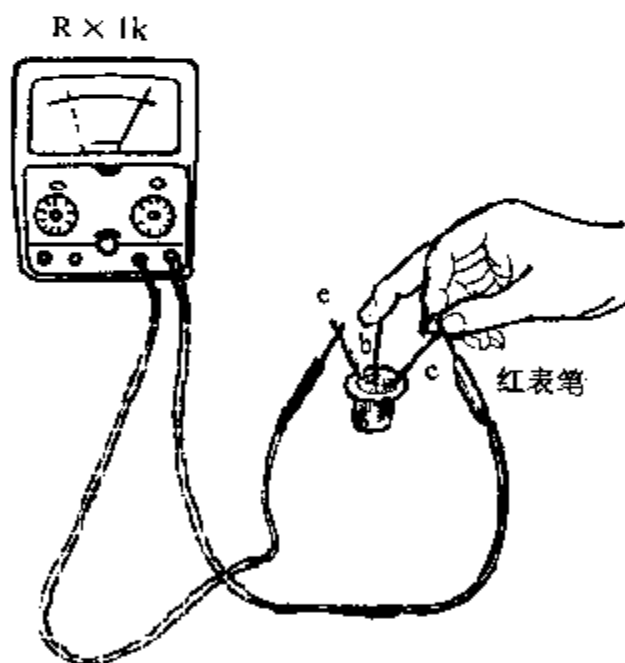
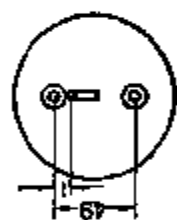
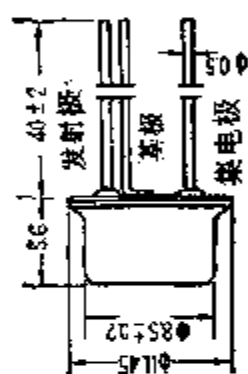


图 4-5-3 判别三极管的集电极、发射极和放大能力

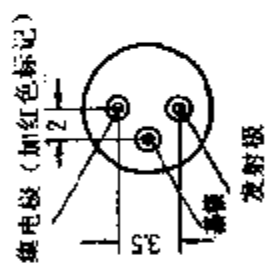
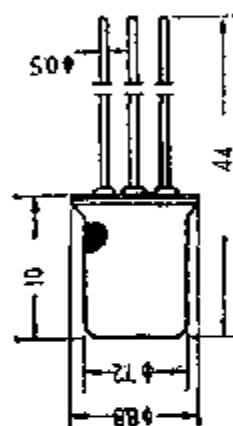
如果我们所用的是有型号标志的三极管就可以直接根据它的管脚规定找出 e 、 b 、 c 三个电极来。下面列举一些常用的三极管管脚位置供参考, 见图 4-5-4 所示。

第四章 晶体管

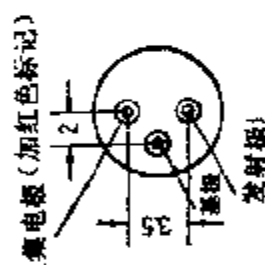
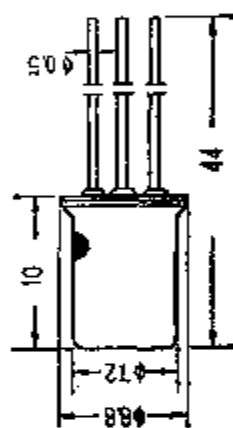
3AX1~3AX5
3AX6~3AX10
3AX11~3AX12



3AX13~3AX14



3AG1~3AG4



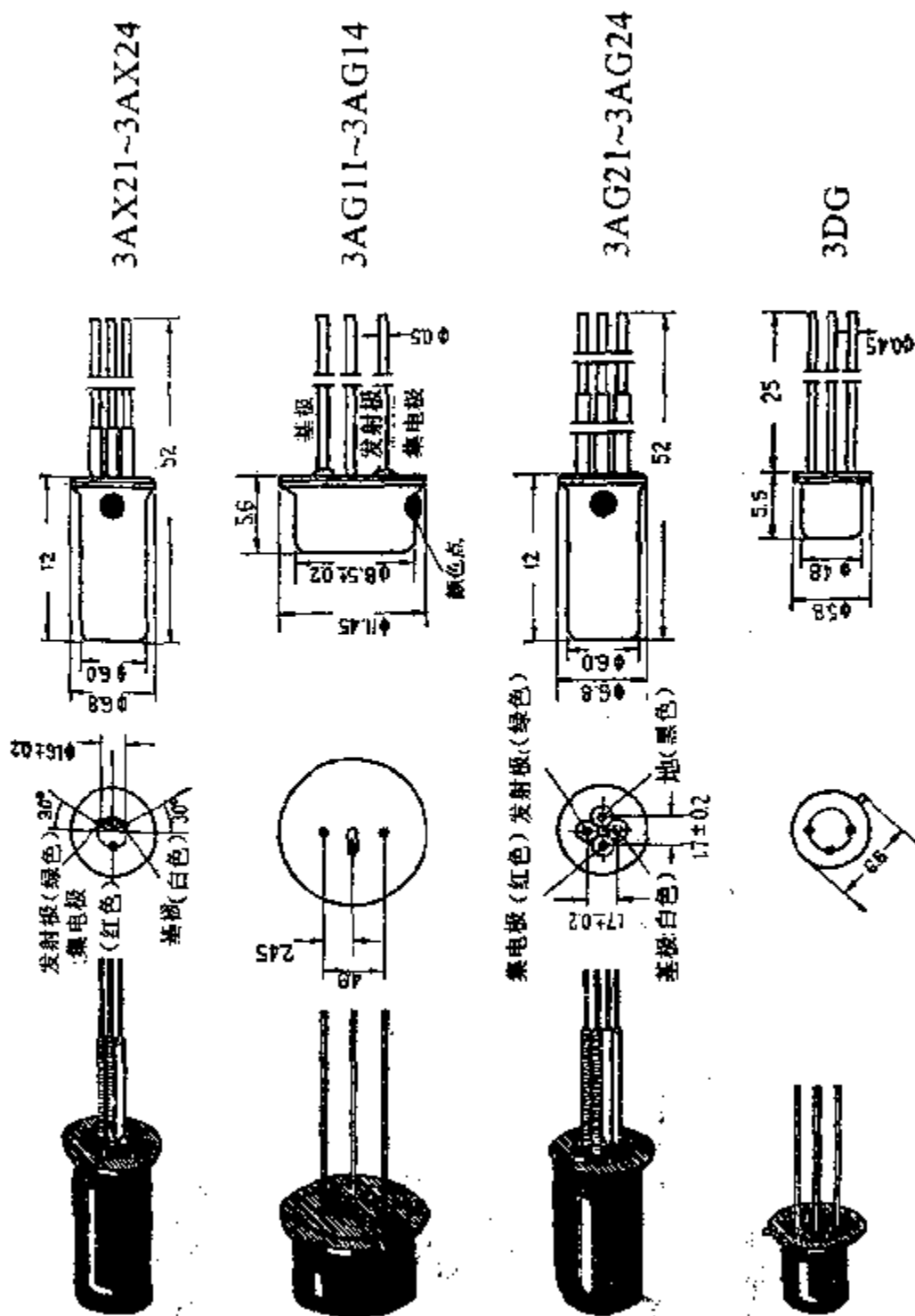


图 4-5-4 三极管管脚排列图

第六节 场效应管工作原理

场效应管是一种输入阻抗很高的半导体器件。场效应管分为结型场效应管和绝缘栅型场效应管两大类。结型场效应管又分为耗尽型 N 沟道和耗尽型 P 沟道；绝缘栅场效应管也分为耗尽型 MOS 场效应管和增强型 MOS 场效应管，同时也有 N 沟道及 P 沟道二种。

一、结型场效应管

N 沟道结型场效应管是把两个 P 型区连起来作为一个端子，称为栅极（用 G 表示）；在 N 型区两端引出的端子称为源极（用 S 表示）和漏极（用 D 表示）。N 沟道结型场效应管的外形图和符号如图 4-6-1 所示。如果在漏极和源极间加上电压时，从源极 S 到漏极 D 将有电流 I_D 流过，这个电流叫做漏极电流。如果在栅源极间加上一个反向偏压，即 G 为负，S 为正时，沟道的电阻变大，漏极电流 I_D 变小。当反向偏压 U_{GS} 越大时，沟道电阻越大，漏极电流 I_D 越小；当反向偏压 U_{GS} 越小时，漏极电流 I_D 越增大。因此，加在栅极上的电压能控制漏极电流的变化。这就是 N 沟道结型场效应管的基本工作原理。当栅源间反向偏压 U_{GS} 足够大时，就会使沟道“堵塞”即夹断沟道（ $I_D \approx 0$ ）。出现这一现象时的栅源电压，称作夹断电压，用 V_P 表示，通常 V_P 的值在 1~5V 范围。

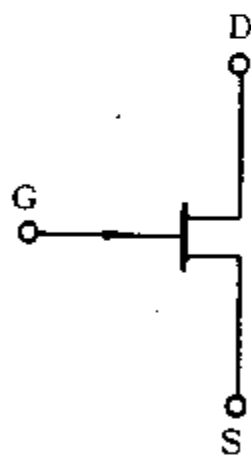


图 4-6-1 结型场效应管外形图符号

根据上述，改变栅极电压来控制漏极电流的原理，结型场效

应管可以用作放大器。

二、绝缘栅型场效应管

绝缘栅型场效应管是利用感应电荷的多少,改变沟道导电性来控制漏极电流的。绝缘栅场效应管的栅极与源极、漏极与基片都完全是绝缘的。

1. 耗尽型 MOS 场效应管

由于耗尽型 MOS 场效应管源、漏极间一开始就有一个 N 沟道连通,即使 $U_{GS} \approx 0$,在漏极电压的作用下,也有较大的漏极电流(用 I_{DSS} 表示)。耗尽型 MOS 场效应管的工作与结型场效应管相似。不过耗尽型 MOS 场效应管栅极电压可为正、零和负,并且基本无栅流。耗尽型 MOS 场效应管符号如图 4-6-2 所示。

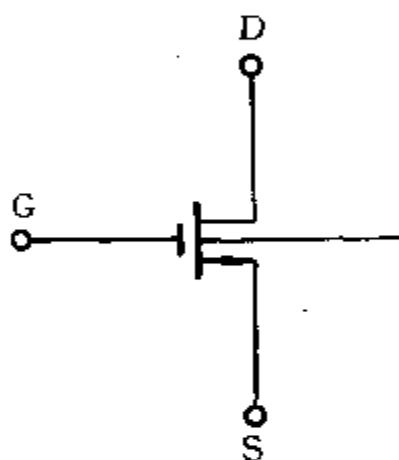


图 4-6-2 耗尽型 MOS 场效应管符号

2. 增强型 MOS 场效应管

增强型 MOS 场效应管未加栅偏压

时,即使加上 U_{DS} 也没有 I_D 通过。为了使管子导通,必须给栅极加上一个正电压,并且这个栅极电压增大到一个临界值(即称作开启电压),即形成一个有效的 N 沟道,管子才开始导电。同时改变所加栅极电压的大小,就可以控制漏极电流。这就是 N 沟道增强型 MOS 场效应管的基本工作原理。

关于 P 沟道增强型 MOS 场效应管的工作原理与上述类似,只不过它的栅极必须加负电压,形成一个 P 沟道,达到导电的目的。绝缘栅 N 沟道增强型 MOS 场效应管和 P 沟道增强型 MOS 场效应管的符号分别如图 4-6-3(a)和(b)所示。

3. 双栅 MOS 场效应管

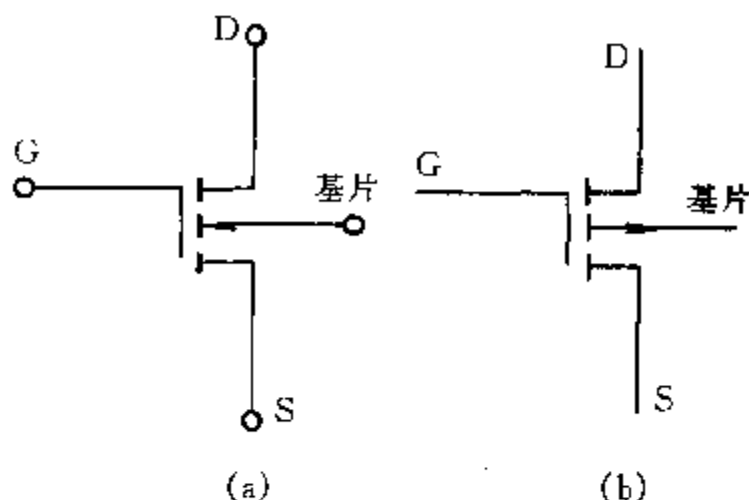


图 4-6-3 增强型 MOS 场效应管符号

图 4-6-4 示出了双栅 MOS 场效应管的符号。它有一个源极 S 和一个漏极 D, 还有两个栅极, 即第一栅极 G_1 和第二栅极 G_2 。相互独立的一对栅极, 使得双栅极 MOS 场效应管可以用来作高频放大器、增益控制放大器、混频器和解调器, 等等。

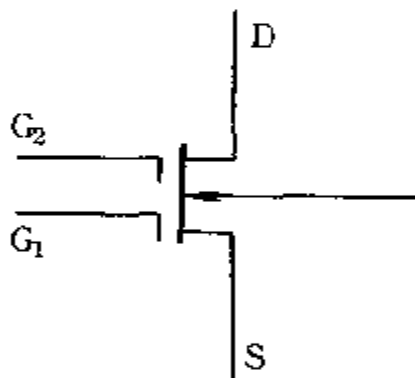


图 4-6-4 双栅耗尽型 MOS 场效应管符号

用作增益控制放大器时, 要放大的信号加到第一栅极, 而从自动增益控制电路来的直流电压加到第二栅极。同时, 对漏极与第一栅极起良好的隔离作用, 可使管子很好地工作在超高频段。

第七节 场效应管基本放大电路

一、场效应管的三种连接方式

场效应管与晶体管的功用相同, 可以用作放大、振荡和调制

等。连接方式有共源极、共栅极和共漏极三种,如图 4-7-1 所示。

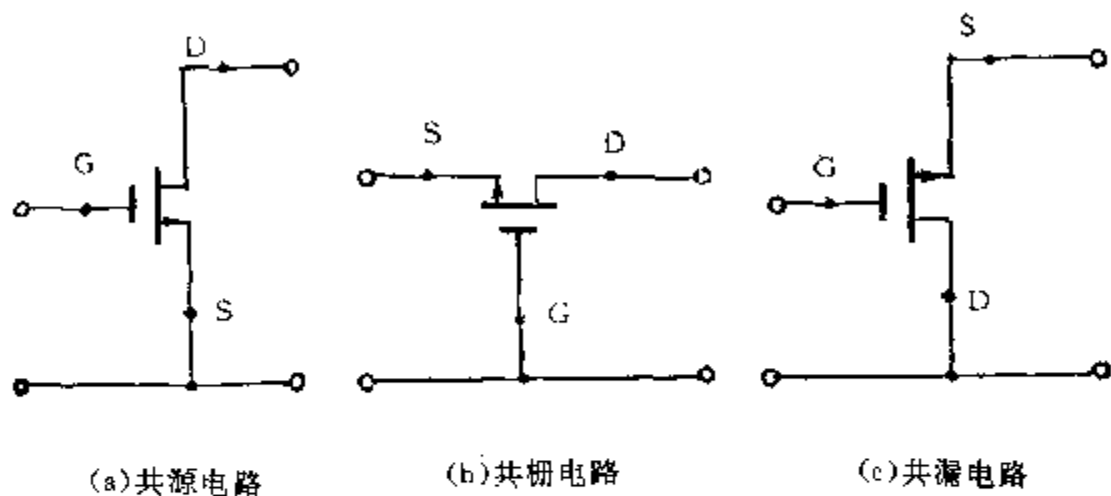


图 4-7-1 场效应管的三种连接方式

二、场效应管的偏置电路

与晶体管一样,场效应管也必须加上适当的偏置,才能正常工作。这里介绍常用的几种偏置电路。

1. 耗尽型 N 沟道结型场效应管的偏置电路

(1) 自偏置电路

图 4-7-2(a) 示出了结型场效应管的自偏置电路。它是利用漏极电路 I_D 流过源极电阻 R_S , 使得源极被提高了一个小的正电位。而栅极则保持零电位, 栅极相对于源极呈现负电压, 满足了它的反向偏置要求。 R_D 是漏极电阻, 起负载作用。静态工作点的漏极电流 I_{DQ} 受源电阻 R_S 控制, R_S 是通过改变栅—源电压 U_{GS} 来实现对 I_D 的控制。当 R_S 大, 则漏极电流小; 反之, 若 R_S 小, 则漏极电流大。 R_G 是栅极电阻, 它给栅源之间建立一条导电的通路。由于栅极流过的电流极小, 所以栅极仍保持零电位。

(2) 分压器式偏置电路

图 4-7-2(b) 示出了分压器式的偏置电路。分压器式偏置电

路类似晶体管的通用偏置。栅极电压 U_G 由电阻 R_1 和 R_2 构成的分压器提供。这种偏置稳定性比自偏置电路好。

(3)变形的分压器式偏置电路

图 4-7-2(c) 示出了变形的分压器式偏置电路。它的栅极电压由电源 U_{DD} 经电阻 R_1 、 R_2 分压得到,电阻 R_G 是为了提高输入阻抗用的。

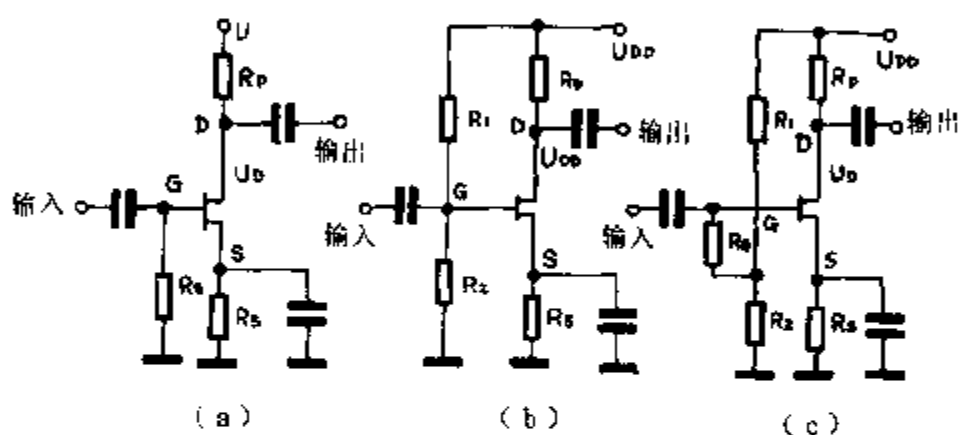


图 4-7-2 耗尽型 N 沟道结型场效应管的偏置电路

(a)	(b)	(c)
①栅源间电压 $-I_S R_S$;	① $U_{GS} = -(I_S R_S - \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD})$	① $U_{GS} = -(I_S R_S - \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD})$
②源极电压 $I_S R_S$;	② $U_S = I_S R_S$	② $U_S = I_S R_S$
③输入电阻 R_G 。	③输入电阻 $\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$	③输入电阻 $R_G + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

在图(b)和图(c)的偏置电路中的 R_S 和 C_S 的作用完全与图(a)的偏置电路中的 R_S 和 C_S 的作用相同。

2. MOS 场效应管的偏置电路

(1)耗尽型 MOS 场效应管的偏置电路

耗尽型 MOS 场效应管也可采用自偏置,源偏置和分压器式偏置,如图 4-7-3 所示。在这些电路中,对于 N 沟道耗尽型 MOS 场效应管来说,必须保持管子的栅极相对于源极为负向偏置,即栅极应比源极为负;对于 P 沟道管来说,栅极应比源极为正。

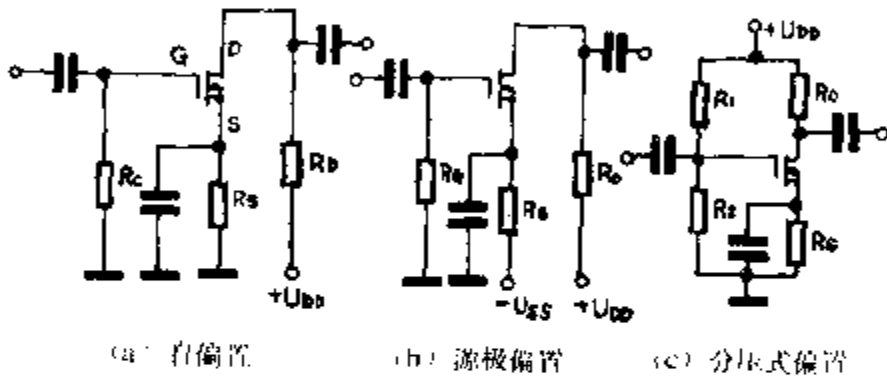


图 4-7-3 N 沟道耗尽型 MOS 场效应管的偏置

(2) 增强型 MOS 场效应管的偏置电路

增强型 MOS 场效应管要求栅源保持为正向偏置,而不能采用自偏置电路。图 4-7-4 示出了增强型管的几种偏置电路。

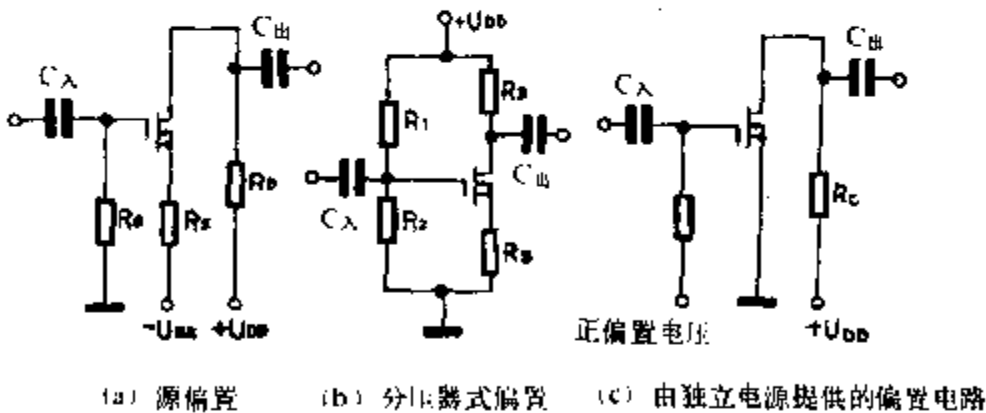


图 4-7-4 N 沟道增强型场效应管偏置电路

(3) 双栅 MOS 场效应管的偏置电路

双栅 MOS 场效应管的两个栅极都要求有偏置,常用的两

种典型偏置方式示于图 4-7-5。这种场效应管在使用中,总是将输入信号加到第 1 栅极 G_1 ,而自动增益控制电压或简单的固定直流电压加到第 2 栅极 G_2 。在超外差式收音机的变频器中,双栅 MOS 场效应管常用来作混频器,其中一个栅极加高频信号,另一栅极加本机振荡信号。在高频放大器的应用中,信号加到第 1 栅 G_1 上,第 2 栅 G_2 通过一个电容接地,保持交流地电位。

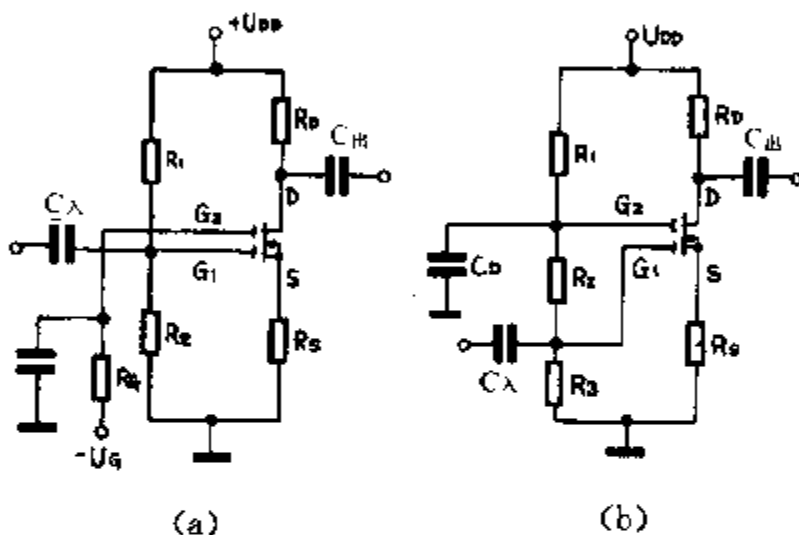


图 4-7-5 双栅 MOS 场效应管的两种偏置电路

对于 P 沟道双栅 MOS 场效应管的偏置,只要把图 4-7-5 中电源电压的极性反接即可。

总之,场效应管的偏置电路是:

耗尽型 N 沟道结型场效应管,栅源总是反向偏置,漏源为正向偏置;P 沟道结型场效应管栅源总是正向偏置,漏源为反向偏置。

耗尽型 N 沟道 MOS 场效应管,栅源为负、零或正偏置,漏源为正偏置;P 沟道 MOS 场效应管,栅源为正、零偏置或为负偏置,漏源为负偏置。

增强型 N 沟道 MOS 场效应管,栅源为正偏置,漏源为正偏置;P 沟道 MOS 场效应管,栅源为负偏置,漏源为负偏置。为了

便于读者掌握,各类型场效应管的偏置列于表 4-7-1。

表 4-7-1 各类场效应管偏置

类 型	沟 道	电压的极性	
		U_{GS}	U_{DS}
耗尽型结型场效应管	N	负偏置(-)	正偏置(+)
	P	正偏置(+)	负偏置(-)
绝缘栅耗尽 MOS 场效应管	N	负、零 或 正 (-) (0) (+)	正偏置(+)
	P	正、零 或 负 (+) (0) (-)	负偏置 (-)
绝缘栅增强 MOS 场效应管	N	正偏置 (+)	正偏置 (+)
	P	负偏置 (-)	负偏置 (-)

第八节 场效应管的主要参数

一、直流参数

场效应管除了夹断电压 U_P 外,还有一些主要直流参数。

1. 饱和漏电流 I_{DSS}

在耗尽型场效应管中,当栅源间电压 $U_{GS}=0$,漏源电压 U_{DS} 足够大时(一般大于 U_P),漏极电流的饱和值,称为管子的饱和漏电流 I_{DSS} 。

2. 直流输入电阻 R_{GS}

在场效应管输入端即栅源之间所加电压 U_{GS} 与栅极电流之比值,称为直流输入电阻 R_{GS} 。它的阻值可达 $10^9 M\Omega$ 。

检查管子的 R_{GS} ,可将 D、S 短接,用万用电表 10k 档,测 D、

S 与 G 之间的正反向电阻,其中正向应几乎等于零,反向应无穷大;否则表明管子已坏了。

3. 漏源击穿电压 $V_{(BR)DSO}$

当栅源电压 U_{GS} 一定时,在增加漏源电压的过程中,使漏电流 I_D 开始急剧增加时的漏源电压,称为漏源击穿电压 $V_{(BR)DSO}$ 。

二、交流参数

1. 跨导 g_m

在漏源电压 U_{DS} 一定时,漏电流 I_D 的微小变化 (ΔI_D) 与引起这一变化量的栅源电压 U_{GS} 的微小变化量 (ΔU_{GS}) 之比,称为跨导。它表征出栅源电压 U_{GS} 对漏极电流的控制能力。其表达式为:

$$g_m = \left. \frac{\Delta I_D}{\Delta U_{GS}} \right|_{U_{DS}} = \text{常数}$$

2. 漏源动态内阻 r_{DS}

当 U_{GS} 一定时, U_{DS} 的微小变化量 (ΔU_{DS}) 与相应的 I_D 的变化量 (ΔI_D) 之比,称为漏源动态内阻。其表达式为:

$$r_{DS} = \left. \frac{\Delta U_{DS}}{\Delta I_D} \right|_{U_{GS}} = \text{常数}$$

第九节 场效应管使用注意事项

一、防止栅极感应击穿

MOS 管的绝缘层很薄,在栅极与沟道之间如果加上几百伏的电压,就能使其击穿,损坏管子。由于 MOS 场效应管的输入阻抗较高 ($10^{12} \Omega$ 数量级),手指、电烙铁、仪器等感应来的很少

的静电电荷便能产生几百伏以上的高压,足以击穿绝缘层。因此,在使用和操作时,必须小心,注意良好的接地。焊接时,要先焊源极。

二、防止静电感应

MOS 场效应管在运输时,必须用金属丝、金属箔或特殊的导电泡沫塑料,将所有的管脚短路。使用安装时,在管子焊接到电路上后,再拿去短路管脚的金属丝和短路线。总之要采取克服静电感应的措施,防止静电感应击穿绝缘层。

有些 MOS 场效应管内部接有保护二极管,可以有效地限制栅极—沟道间的静电感应电压,这大大提高了安全系数,但在使用时,也得特别小心。

第五章 各种元件数值的识别

第一节 无线电电路图中常用的文字符号

在画无线电电路图时,常用汉语拼音(或拉丁文及希腊文)字母来表示无线电元件及部件,以便画图时既省事又方便。下面列表介绍有关字母的读法和常用元件、装置的代表文字符号。

表 5-1-1 希 腊 字 母

字 母	读 音	字 母	读 音	字 母	读 音
A α	阿尔法	I i	伊奥他	P ρ	罗
B β	拜他	K k	卡帕	Σ σ	西格马
Γ γ	伽玛	Δ λ	仑姆打	T τ	陶祆
Δ δ	待儿他	M μ	谬	Υ υ	伊浚西龙
E ε	艾浚西龙	N ν	牛	Φ φ	菲
Z ζ	兹以他	Ξ ξ	克斯依	X χ	希
H η	艾他	O ο	奥米克龙	Ψ ψ	勃斯依
Θ θ ϑ	斯以他	Π π	怕耶	Ω ω	奥米伽

表 5-1-2 拉 丁 字 母

字 母	读 音	字 母	读 音	字 母	读 音
A a	爱	J j	解	S s	爱斯
B b	比	K k	凯	T t	替
C c	新依	L l	爱儿	U u	尤
D d	底	M m	爱姆	V v	乌尾
E e	依	N n	恩	W w	达不溜
F f	爱弗	O o	噢	X x	爱克斯
G g	几	P p	疲	Y y	瓦也
H h	爱去	Q q	克依乌	Z z	兹依
I i	阿耶	R r	阿耳		

注:读音下有短划的要连着快念,拼成一个音。

怎样看无线电电路图

表 5-1-3 元器件和装置的文字符号

名 称	符 号	名 称	符 号	名 称	符 号
电阻器	R	受话器	B	发电机	G
电容器	C	耳机	BE	电磁铁	YA
电感器	L	磁头	B	晶体管	V
电位器	RP	压电晶体	BC	电子管	VE
变压器	T	蜂鸣器	HA	可控硅	VS
电流互感器	TA	电铃	HA	直 流	DC
电压互感器	TV	保险丝	FU	交 流	AC
插 头	XP	熔断器	FU	测量仪表	P
插 座	XS	指示灯	HL	放大器	A
开 关	S	避雷器	F	整流器	UR
继电器	K	电 池	GB	滤波器	Z
扬声器	BL	天 线	W	振荡器	G
传声器	BM	地 线	E		
拾音器	BP	电动机	M		

第二节 元件数值读法

通常在电路图中为了节省位置,常省略一些单位标号,而用数字附注在电阻,电容旁边。但有的是不同倍数又要附加一些符号。现在将国内无线电书刊中常用的表示办法介绍如下:

一、电阻数值的表示

1. 带有小数的,加单位(欧或 Ω),以便与非欧区别。如“ $R_1 1.5$ 欧”,即 R_1 为1.5欧。

2. 1—999 欧,单位(欧)省略。如“ R_2350 ”即 R_2 为 350 欧。
3. 1 000—999 000 欧,用 k(表示千欧)作单位。如“ R_347k ”,即 R_3 为 47 千欧或 47,000 欧。“ R_4200k ”,即 R_4 为 200 千欧。
4. 1 000 000 欧以上,单位省略,但加小数点和 0,表示兆欧。如“ $R_52.0$ ”,即 R_5 为 2 兆欧或 2 000 000 欧,“ $R_74.7$ ”即 R_7 为 4.7 兆欧或 4 700 000 欧。或者加一字母“M”来表示,如“ $R_52.0M$ ”即 R_5 为 2 兆欧。
5. 用单位表示小数点,如某电阻上标注 $5k1$,前面的数字 5 表示整数阻值,而单位符号 k 后面的 1 表示第一位小数数值。所以此电阻为 $5.1k\Omega$ 。

当然还须注意某些电路图上的特殊加注。

二、电容量的表示

1. 带有小数的,加单位(皮法),以便与微法区别。如“ $C_1-3.5$ 皮法”,即 C_1 为 3.5 皮法(或 $3.5pF$)。
2. 1—9999 皮法,单位(皮法)省略或加注 P。如“ C_2200 ”,即 C_2 为 200 皮法或 $200p$;“ C_35000p ”,即 C_3 为 5000 皮法。
3. 10 000—1 000 000 皮法以上,单位省略,但加小数点和 0,表示微法。如“ $C_40.05$ ”,即 C_4 为 0.05 微法;“ $C_54.75$ ”即 C_5 为 4.75 微法;“ $C_68.0$ ”,即 C_6 为 8 微法。有时微法也注上单位 μ 或 μF 。
4. 用国际单位制表示:用数字表示有效值,字母表示数值的量级,即 m 表示毫法($10^{-3}F$), μ 表示微法($10^{-6}F$),n 表示纳法($10^{-9}F$),P 表示皮法($10^{-12}F$)。字母有时也表示小数点的位置。如 $1m5$ 表示 $1.5mF$,即 $1500\mu F$, $4\mu 7$ 表示 $4.7\mu F$, $3n9$ 表示 $3.9nF=3900pF$, $47n$ 表示 $47nF=0.047\mu F$, $2p2$ 表示 $2.2pF$ 。
5. 数码表示法:电容器的数码表示法,一般用三位数来表示

容量的大小,其单位为 pF(皮法),从左起第一、二数字为有效数字位,第三位数字表示有效数字后边加零的个数。若第三位数字为数字“9”的话,表示前两位数要乘 10^{-1} 。如 102 表示 1000pF;223 表示 22000pF 即 $0.022\mu\text{F}$;229 表示 $22 \times 10^{-1} = 2.2\text{pF}$ 。

第三节 无线电元件数值计量单位的换算

在常见电路图中对元件数值的表示单位各有异同。如果能了解换算的基本方法,在实际看图中会更加方便。下面介绍几种常用计量单位的互换算法:

1. 电流 基本计量单位用“安培”,符号用大写拉丁字母“A”代表。

1 安培(A) = 1000 毫安(mA); 1 毫安 = $\frac{1}{1000}$ 安培, 1 毫安也可写成 10^{-3} 安培(指数负 3 即为 10 的 3 次方分之 1, 即 $10^{-3}\text{A} = \frac{1}{10^3}\text{A}$)。

电流单位也有用更小的单位“微安”。1 微安等于 1 安培的百万分之一,用“ μA ”代表,也可写成 10^{-6}A 。这样,电流单位可列表如下:

1 安(A) = 1000 毫安(mA);
1 毫安(mA) = 1000 微安(μA);
1 微安(μA) = 10^{-3} 毫安(mA)
1 微安(μA) = 10^{-6} 安(A)

2. 电压 基本计量单位用“伏特”,或简称“伏”,符号用大写拉丁字母“V”代表。

1 伏特 (V) = 1000 毫伏 (mV); 1 毫伏 = $\frac{1}{1000}$ 伏特, 1 毫伏也可写成 10^{-3} V。电压单位也有用更小的单位, 即“微伏”, 1 微伏等于 1 伏特的百万分之一, 用“ μ V”代表, 可写成 10^{-6} V。这样, 电压单位可列表如下:

<p>1 伏(V) = 1000 毫伏(mV); 1 毫伏(mV) = 1000 微伏(μV); 1 微伏(μV) = 10^{-3}毫伏(mV); 1 微伏(μV) = 10^{-6}伏(V)。</p>
--

3. 电阻 基本计量单位用“欧姆”, 或简称“欧”, 符号用大写希腊字母“ Ω ”代表。常用的还有千欧(k Ω , 常省去 Ω)及兆欧(M Ω , 常省去 Ω)。

1 千欧 = 1000 欧; 1 兆欧 = 10^6 欧。这样, 电阻单位可列表如下:

<p>$1\Omega = 10^{-3}$kΩ; 1k$\Omega = 1000\Omega$; 1M$\Omega = 1000000\Omega$; 1M$\Omega = 1000$kΩ。</p>
--

4. 电容 基本计量单位用“法拉”, 符号用大写拉丁字母“F”代表。在无线电技术中常用它的 10^{-6} 倍——微法, 写成“ μ F”。1 法拉 = 1000000 微法。实用中更小的电容量用“皮法”来表示, 写成“pF”。1pF 为 1 法拉的万亿分之一, 有时也简写成“pF”。而省去“F”。

这样, 电容单位可列表如下:

$$\begin{aligned}1\text{F} &= 10^6\mu\text{F}; \\1\mu\text{F} &= 10^{-6}\text{F}; \\1\text{pF} &= 10^{-12}\mu\text{F}; \\1\mu\text{F} &= 10^6\text{pF}.\end{aligned}$$

5. 电感 基本计量单位用“亨利”，或简称“亨”，符号用大写拉丁字母“H”代表。

1亨利=1000毫亨(mH)。实用中也有用更小的单位——微亨(μH)。一微亨为一亨利的百万分之一。

这样，电感单位换算可列表如下：

$$\begin{aligned}1\text{H} &= 1000\text{mH}; \\1\text{mH} &= 10^{-3}\text{H}; \\1\mu\text{H} &= 10^{-6}\text{mH}; \\1\mu\text{H} &= 10^{-9}\text{H}.\end{aligned}$$

6. 电功率 基本计量单位用“瓦特”，或简称“瓦”，符号用大写拉丁字母“W”代表。

1W=1000mW(毫瓦)，也有用更小单位——微瓦，为一瓦特之百万分之一，符号为“ μW ”。

这样，电功率单位换算可列表如下：

$$\begin{aligned}1\text{W} &= 1000\text{mW}; \\1\text{mW} &= 10^{-3}\text{W}; \\1\text{mW} &= 1000\mu\text{W}; \\1\mu\text{W} &= 10^{-6}\text{mW}.\end{aligned}$$

7. 时间 时间的基本计量单位用“秒”，符号用小写拉丁字母“s”代表。

第五章 各种元件数值的识别

1 秒 = 1000 毫秒(ms), 或 1 毫秒 = $\frac{1}{1000}$ 秒, 也可写成 10^{-3} s。时间单位也有用更小的单位, 即“微秒”, 等于 10^{-6} s 用“ μ s”代表。比“微秒”更小的单位是“纳秒”, 用“ns”代表, 等于 10^{-9} s。

这样, 时间单位可列表如下:

1 秒(s) = 1000 毫秒(ms);
 1 毫秒(ms) = 1000 微秒(μ s);
 1 微秒(μ s) = 1000 纳秒(ns)。
 1 毫秒(ms) = 10^{-3} 秒(s);
 1 微秒(μ s) = 10^{-6} 秒(s);
 1 纳秒(ns) = 10^{-9} 秒(s)。

除以上十进位制的时间单位外, 还有常用的 60 进位制的时间单位即分钟, 用“min”表示, 小时用“h”表示。它们和基本单位秒之间的进位可以列表如下:

1 小时(h) = 60 分钟(min);
 1 分钟(min) = 60 秒(s);
 1 小时(h) = 3600 秒(s)。

为了便于读者参考, 现将常用电学和磁学单位及符号列表于后:

表 5-3-1 电学和磁学

项号	量的名称	符号	单位名称	符号	备 注
1	电流	<i>I</i>	安[培]	A	在交流电技术中, 用 <i>i</i> 表示电流的瞬时值
2	电荷[量]	Q	库[仑]	C	$1C = 1A \cdot S$

怎样看无线电电路图

续表

项号	量的名称	符号	单位名称	符号	备注
3	电荷[体]密度	ρ	库[仑]每立方米	C/m^3	$\rho = Q/V$ (V : 体积)
4	电荷面密度	σ	库[仑]每平方米	C/m^2	$\rho = Q/A$ (A : 面积)
5	电场强度	E	伏[特]每米	V/m	$E = F/Q$ (F : 力) $1V/m = 1N/C$
6	电位(电势)	V, φ	伏[特]	V	$1V = 1W/A$
7	电位差, 电压	U	伏[特]	V	在交流电技术中, u 用于电位差的瞬时值
8	电动势	E	伏[特]	V	
9	电通[量]密度, 电位移	D	库[仑]每平方米	C/m^2	矢量, 其散度等于电荷体密度
10	电通[量], 电位移通量	Ψ	库[仑]	C	$\Psi = DA$ (A : 面积)
11	电容	C	法[拉]	F	$C = Q/U$ $1F = 1C/V$
12	介电常数(电容率)	ϵ	法[拉]每米	F/m	$\epsilon = D/E$ (E : 电场强度)
13	真空介电常数(真空电容率)	ϵ_0	法[拉]每米	F/m	
14	相对介电常数(相对电容率)	ϵ_r			无量纲 $\epsilon_r = \epsilon/\epsilon_0$
15	电流密度	J	安[培]每平方米	A/m^2	
16	电流线密度	A	安[培]每米	A/m	电流除以导电片宽度
17	磁场强度	H	安[培]每米	A/m	矢量, 其旋度等于电流密度(包括位移电流)

第五章 各种元件数值的识别

续表

项号	量的名称	符号	单位名称	符号	备注
18	磁位差	U_m	安[培]	A	$U_m = \int_1^2 H ds$ (ds : 距离的微分)
19	磁通势	F	安[培]	A	$F = \oint H ds$ (ds : 距离的微分)
20	磁通[量]密度, 磁感应强度	B	特[斯位]	T	$1T = 1Wb/m^2 = 1N/(A \cdot m) = 1V \cdot s/m^2$ 1Gs (高斯) = $10^{-4}T$
21	磁通[量]	Φ	韦[伯]	Wb	$\Phi = B \cdot A$ (A : 面积) 1Wb = $1V \cdot S$
22	磁矢位	A	韦[伯]每米	Wb/m	矢量, 其旋度等于磁通密度
23	自感	L	亨[利]	H	$L = \Phi/I$ 1H = $1Wb/A$
24	互感	M	亨[利]	H	$M = \Phi_1/I_2$ Φ_1 : 穿过回路1的磁通, I_2 : 回路2的电流
25	耦合系数	k	—		无量纲 $k = M/\sqrt{L_1 L_2}$
26	漏磁系数	σ	—		无量纲 $\sigma = 1 - k^2$
27	磁导率	μ	亨[利]每米	H/m	$\mu = B/H$ 1H/m = $1Wb/(A \cdot m) = 1V \cdot s/(A \cdot m)$
28	真空磁导率	μ_0	亨[利]每米	H/m	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}H/m$
29	相对磁导率	μ_r			无量纲 $\mu_r = \mu/\mu_0$

怎样看无线电电路图

续表

项号	量的名称	符号	单位名称	符号	备注
30	磁化强度	M, H	安[培]每米	A/m	$M = (B/\mu_0) - H$
31	电磁波传播速度	c, c_0	米每秒	m/s	若用 c 代表介质中的速度, 则真空中的速度用 c_0 表示
32	[直流]电阻	R	欧[姆]	Ω	$1\Omega = 1V/A$
33	[直流]电导	G	西[门子]	S	$1S = 1A/V$
34	电阻率	ρ	欧[姆]米	$\Omega \cdot m$	$\rho = RA/l$ (A : 面积; l : 长度)
35	电导率	γ	西[门子]每米	S/m	$\gamma = 1/\rho$
36	绕组的匝数	N			无量纲
37	相数	m			无量纲
38	极对数	P			无量纲
39	相[位]差, 相[位]移	φ	弧度	rad	
40	阻抗(复数阻抗)	Z	欧[姆]	Ω	$Z = Z e^{j\varphi} = R + jX$ $1\Omega = 1V/A$
41	阻抗模, (阻抗)	$ Z $	欧[姆]	Ω	$ Z = \sqrt{R^2 + X^2}$
42	电抗	X	欧[姆]	Ω	阻抗的虚部 $X = I\omega$ $-\frac{1}{C\omega}$ (当 L, C 串联时)
43	[交流]电阻	R	欧[姆]	Ω	阻抗的实部, 在交流电技术中, 电阻均指交流电阻, 如需与直流电阻区别, 则可使用全称
44	品质因数	Q		—	无量纲 $Q = X/R$

第五章 各种元件数值的识别

续表

项号	量的名称	符号	单位名称	符号	备注
45	导纳(复数导纳)	Y	西[门子]	S	$Y=1/Z$ $IS=IA/V$
46	导纳模	$ Y $	西[门子]	S	$ Y = \sqrt{G^2+B^2}$
47	电纳	B	西[门子]	S	导纳的虚部
48	[交流]电导	G	西[门子]	S	导纳的实部,在交流电技术中,电导均指交流电导,如需与直流电导区别,则可使用全称
49	功率	P	瓦[特]	W	$1W=1J/s=1V \cdot A$
50	视在功率(表现功率)	S	伏安	V·A	当 $u = \sqrt{2} U \cos \omega t$ $i = \sqrt{2} I \cos(\omega t - \varphi)$ 时, $S=IU$, I 为有效值, u, i 为瞬时值; φ 为相角
51	[有功]功率	P	瓦[特]	W	当 u, i 为 50 项所述时, $P=IU \cos \varphi$
52	无功功率	Q	瓦[特]	W	当 u, i 为 50 项所述时, $Q=IU \sin \varphi$
53	瞬时功率	p	瓦[特]	W	$p=iu$
54	功率因数	λ	—	—	无量纲 $\lambda = \cos \varphi$
55	电能[量]	W	焦[耳]	J	有功功率对时间的积分

第六章 看无线电电路图的方法

上面我们讲了很多无线电元件的知识,就是为了让读者对这些元件产生较深刻的印象。只有这样,读者看到“无线电电路图”中的元件符号,才能较快而准确地找出实际的元件,然后把这些元件按线路图规定的位置进行一步一步地焊接,组成一部完整的“无线电整机”。

第一节 元件与符号的对照及连接

我们熟悉了各种无线电元件的符号以后,就可以对照电路

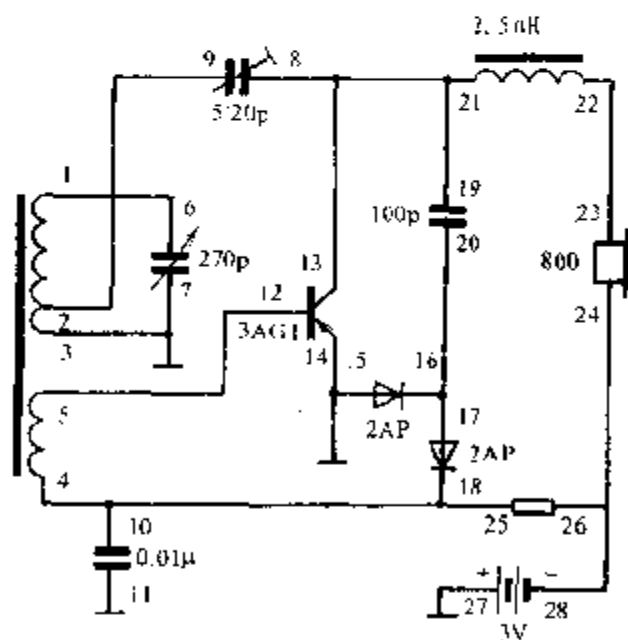






图 6-1-1 晶体管单管收音机电路图

图把这些元件装成“无线电整机”了。图 6-1-1 是一个单管收音机的电路图。我们可以看出这个线路图都是由前面讲过的无线电元件组成的,只不过里边连着很多线条而已。我们先不管这些线条,我们首先把每个无线电元件符号旁边摆一个它所对应的元件,把这些元件都摆在一块木板上,如图 6-1-2。

为了方便起见,我们把每个元件符号和所对应的元件都编上号。回过头来我们再对照图 6-1-1 来看电路图。比如我们看到 1 和 6 之间画了一条连接线,这条线就告诉我们需要用一条导线把磁性天线的 1 端和可变电容器的定片 6 端连起来(或焊起来)。我们再看图 6-1-1 中,8、13、21、和 19 四点间连接着一些线条而且中间打着“·”(圆点),凡是几条线交叉在一起中间用“·”圆点画上后就表示这几条线的金属部分要连接在一起,第二章第八节中画的“”导线连接的符号就是这个意思。具体地说,就是要把 8、13、21、19 四个元件的引出线用导线焊在一起。再看图 6-1-1 中磁性天线的 2 点和半可变电容的 9 点中间也画了一条连线,而且和 1 与 6 点的连线是交叉的,但我们发现 2 与 9 点连线和 1 与 6 点连线中间交叉地方没有打“·”圆点,所以这就表示只有 2 点与 9 点间用导线焊在一起,而不和 1 与 6 间的连线相通。也就是说 2 与 9 连线和 1 与 6 连线应互相绝缘。这就是第二章第八节所介绍的不连接符号“+”表示的意思。

另外,我们从图 6-1-1 中还可以看到很多“”符号,这个符号叫接地符号。意思是说凡是画有“”符号的元件都要用一条导线把它们连起来,这个接地不是说连起来以后接大地,而是表明这些接地点是在一个电位上(一般称零电位点),只要用一条导线把画“”符号的元件连起来就行了。图 6-1-1 中就是要用一条导线把 3、7、14、15、11 和 27 连起来。

综上所述,看电路图就是要看哪个元件和哪个元件连接在

怎样看无线电电路图

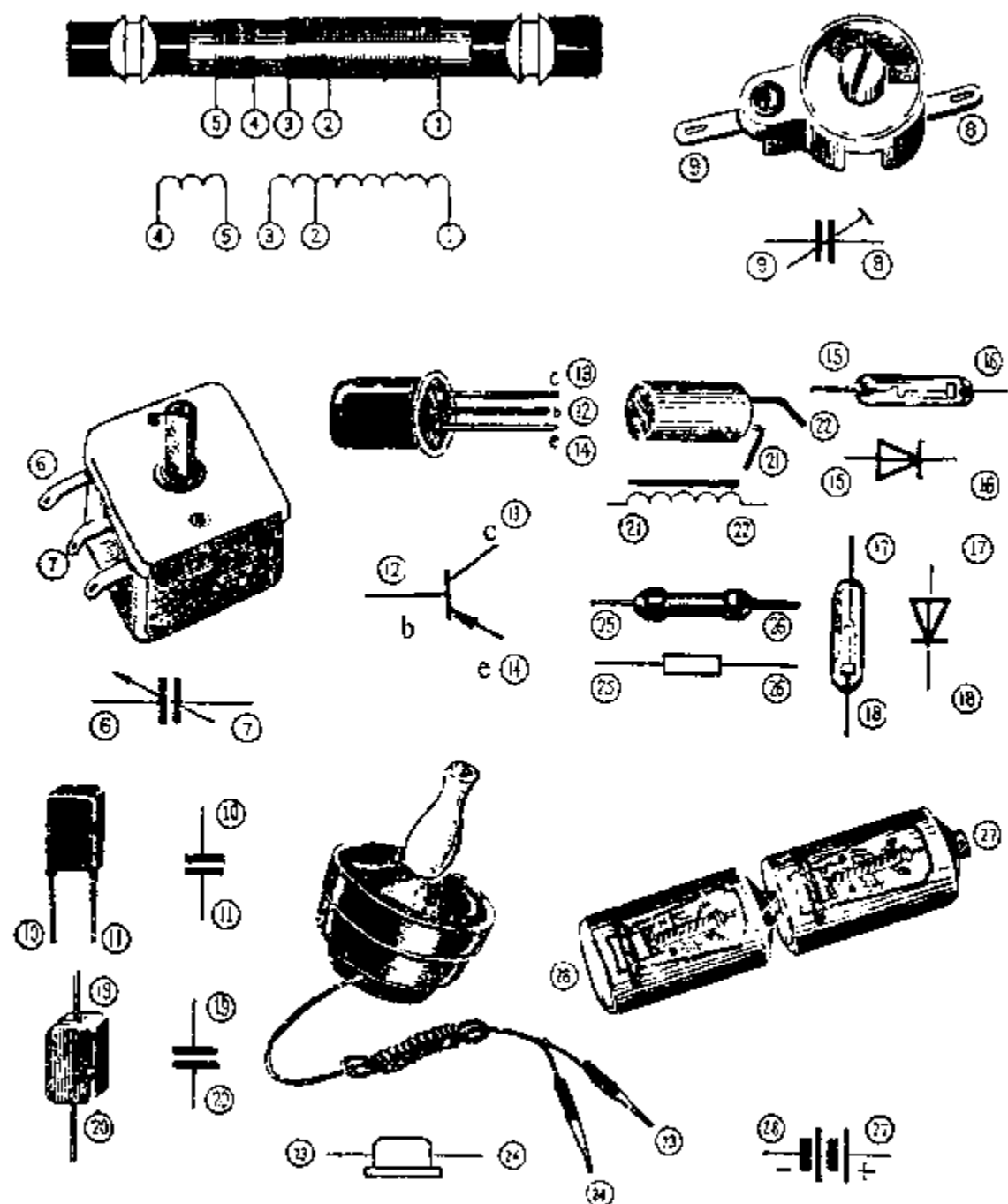


图 6-1-2 晶体管单管收音机元件与符号对照图

一起,连接完了,就算会看电路图了。

下边我们把单管半导体收音机中需要连接在一起的号码排列如下:1—6 连一起(以下凡是两个以上号码写在一起的就表

示要用导线连在一起);2-9;8-13-21-19;5-12;4-10-18-25;20-16-17;22-23;24-26-28;3-7-14-15-11-27。

第二节 看电路图应注意的几个问题

初学无线电的读者,由于对电路图不熟悉,对无线电元器件不熟悉,在看电路图时经常发生一些差错,所以要注意下面几个主要问题:

1. 应该做到元件对号入座,初学者有时会产生无线电元件和它的符号对不上号。比如二极管的符号,左边一个三角形右边一个长方形,三角形一边的引线代表正极,长方形一边的引线代表负极,所以连接二极管时,由于触丝代表二极管的正极,应当按线路接在二极管正极符号一边。比如图 6-1-1 中 15 点或 17 点的位置,如果错把二极管的正极一边接到 16 点或 18 点,这样这个线路图就整个接错了。另外像三极管的 *e*、*b* 和 *c* 三个电极;电解电容的正负极;输出,输入变压器的初、次级引线等,也经常会发生接错的现象。因此,这些问题一定要特别注意。

2. 应该避免把不该连接的地方连在一起。如图 6-1-1 中 2 点和 9 点连,1 点和 6 点连,但 2 和 9 点的连线与 1 和 6 点之间是不应该连接的(即导线金属部分不能连在一起)。

3. 注意区别焊完和未焊接头,严格按照电路一步一步往下进行。用过一个元件的一根引线后,本来应该用这个元件的另外一根引线去接别的元件,但由于不仔细,又用已经接过的那根引线去接别的元件了。如图 6-1-1 中电阻两端,即 25 和 26 两点,其中 26 点接电池负极和耳机就算焊完了。但再焊另外一根引线 25 点时,就接乱了;如图中本来 18 点、10 点和 4 点都和电阻 25

点这端连接,但有的读者在实验时就把 18 点错接到 26 点这端了。所以每个元件用过哪个头了没用过哪个头都应当心中有数不能搞错。有时可在装配图中做记号,以示区别。

4. 最后应该进行检查。电路焊好后,要仔细检查各部分连线是否有差错。

第三节 看电路图的几点经验

看电路图是一件认真,仔细的工作,要经常地看,不断地总结经验,这样才能熟练地掌握住看电路图的方法。我们在实践中总结了几条经验,可供读者参考。

1. 要记得“接地”符号的意思,记住接地符号和接地符号之间就等于导线接在一起一样。如图 6-1-1 中,三极管发射极 14 点是接地的, $0.01\mu\text{F}$ 电容 11 点也是接地的,如把 $0.01\mu\text{F}$ 的 11 点接到三极管的发射极上或者把发射极 14 点接到电容的 11 点都是一样的。

2. 假设有 A、B、C 三点,规定 A 点需和 B 点接,但如果 BC 两点已有线连接在前,那么把 A 点和 C 点连起来也就等于把 A 点和 B 点连起来一样。这一点在看电路图时是很重要的。比如图 6-1-1 中 24,26,28 三点是连在一起的,如果 24 已和 28 连好,那么 26 接一个 24(或接一个 28)这样三个点就等于都连在一起了。

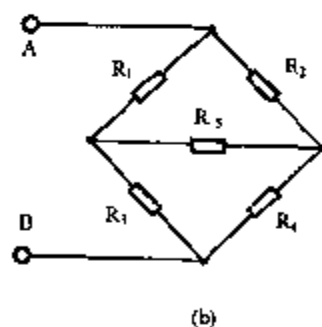
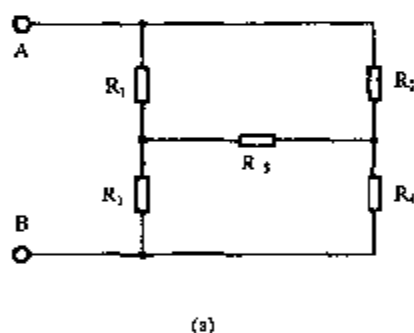


图 6-3-1 一个电路的两种不同画法

3. 看电路图安装收音机时,安装完一条线用红笔在电路图相应的这条线上描一下,如图 6-1-1 中焊完 1 和 6 这条连线,就用红笔在电路图 1 和 6 中间的黑线上描一下,这样图都描完了,收音机也就焊好了。这样做,可以避免收音机漏接,错接。这对初学无线电的读者显得格外重要。

4. 对于各种基本电路要熟悉它们的特点。例如各种放大、振荡和检波等基本电路都记熟了,以后看电路图就比较容易了。

5. 多看人家画的电路图,多看有关书刊上的电路图,同时有空自己也练习画电路图,看多了,画多了,就熟能生巧了。如图 6-3-1 中(a)和(b)的画法不一样,但电路都一样,所以读者就应当能很熟练地看出这个问题。总之,学会看电路图并不难,对无线电技术进行探讨也是能办得到的。

第四节 如何看印制板电路图

在制作各种小制作或各种电子装置时,经常会遇到印制板(俗称印刷电路板)电路图,如图 6-4-1 就是一种晶体管单管收音机的印制板图。

印制板电路图一般都是给出有铜箔一面的连线情况。以图 6-4-2 为例说明如何看印制板电路图。为了说明方便,我们把印制板图中的焊盘(插元、器件的小孔)都编上了号,实际印制板图没有这些编号。图 6-4-1 中标明①、⑦两个焊盘间要接一个 $82\text{k}\Omega$ 的电阻;④、⑨两个焊盘间要接一个二极管 VD_2 ,并且 VD_2 的负极接焊盘④;焊盘⑩、⑥、⑰分别应接 VT(三极管)的 e、b、c 三个电极……但实际安装时,并不是把元、器件安装在印制板铜箔一面,而是按图 6-4-2 把元、器件从印制板胶木板一面(无铜箔的一面)插在电路板上(图 6-4-2 中的编号和虚线是为说明清

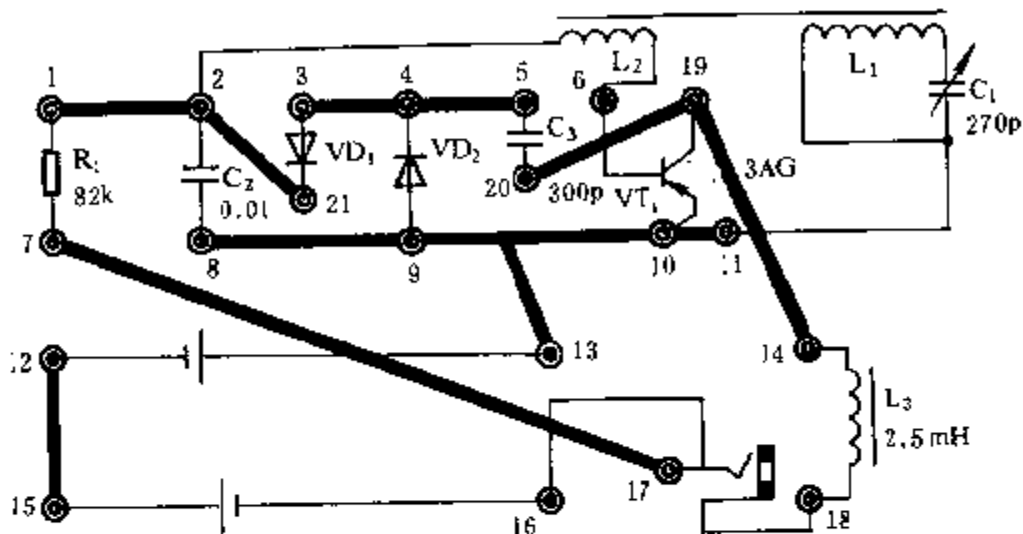


图 6-4-1 印制板铜箔一面

楚而加上的，实际电路板中没有，只有一个个小孔）。

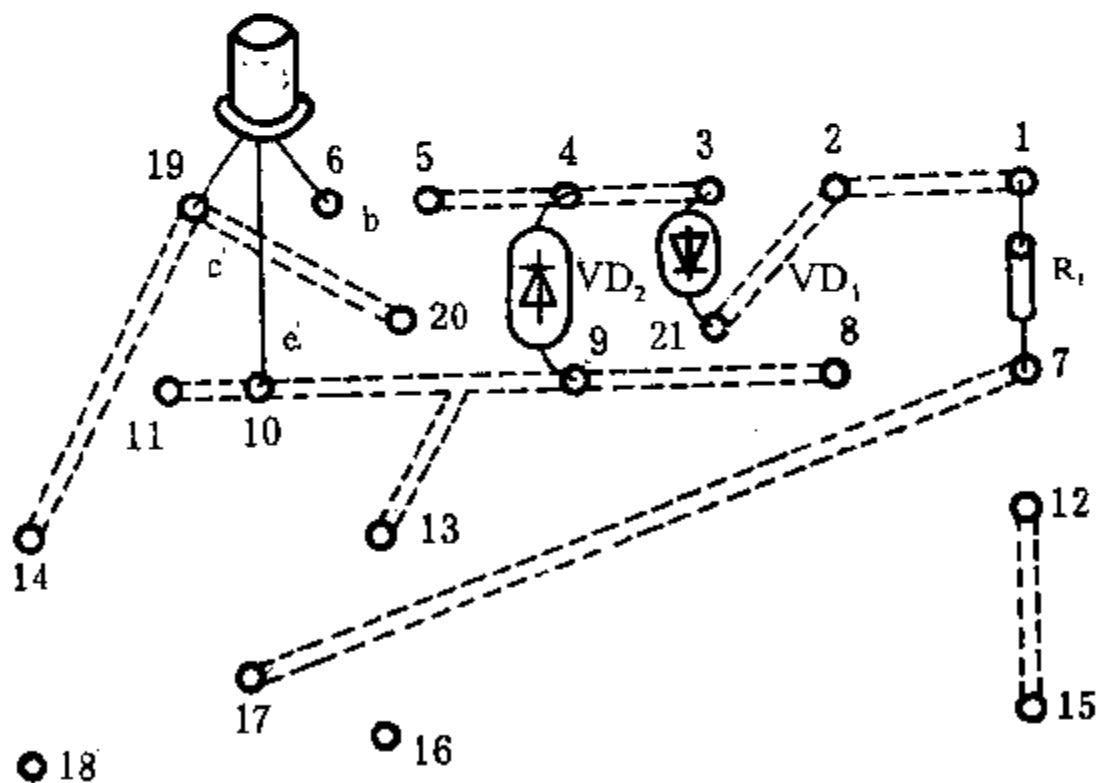


图 6-4-2 印制板胶木板一面

安装时找到图 6-4-2 中和图 6-4-1 中相对应的焊盘孔,如 R_1 82k 从①、⑦两个焊盘中插入; VD_2 的负极从焊盘④插入, VD_2 的正极从焊盘⑨插入; VT 的 e、b、c 三根引线分别从焊盘⑩、⑥、⑱插入……插好元件后,再翻到印制板有铜箔的一面,用电烙铁把元器件的引线焊在焊盘上。

实际安装时,可以从印制板胶木板一面插一个元件,然后翻到铜箔一面焊一个元件(业余无线电爱好者多采用这种方式);也可以从胶木板一面把所有元器件都插上,然后再翻到铜箔一面,一个个地焊接(一般工厂或在装机比赛时多采用这种办法)。焊好元器件后,应把多余的元器件引线齐根剪掉。

第七章 调幅晶体管收音机电路分析

上一章我们讲了如何看无线电电路图,但是只会看,而不懂得电路的原理,完成安装任务也是困难的。我们要想真正看懂电路图,并能安装一台收音机,就必须懂得电路的基本原理。下面我们就举几种常见的晶体管收音机电路来分析一下它们的工作原理。

第一节 晶体三极管的三种基本放大电路

在晶体三极管放大电路中,因为它与外部电源、信号源及元件的电路组合方式不同,所以它的工作特性也不同。按照输入电路与输出电路的交流信号公共端的不同,三极管放大电路可分为共基极、共发射极和共集电极三种基本放大电路。下面我们就来看看三种电路的工作原理图。

1. 共基极放大电路

图 7-1-1 是共基极放大电路图。它的特点是输入阻抗低,输出阻抗高。虽然它的电流放大系数小于 1,但是电压放大系数及功率增益仍

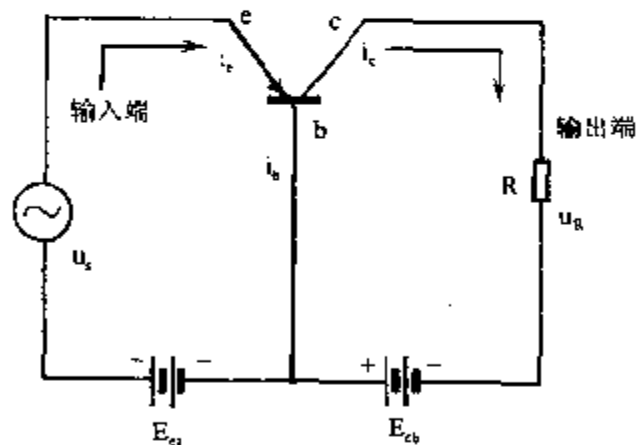


图 7-1-1 三极管共基极放大电路

然比较大。其缺点是输入阻抗低,需要输入信号供给较大的功率,同时也不易与前级匹配。所以这种电路在收音机的实际电路中应用不多。

2. 共发射极放大电路 这是无线电线路中最常用的一种,以后我们分析的无线电电路主要就是这种电路。它的电路原理图见图 7-1-2 所示。发射极为输入输出信号的公共端,基极电流为输入电流,集电极电流为输出电流。因基极电流比集电极电流

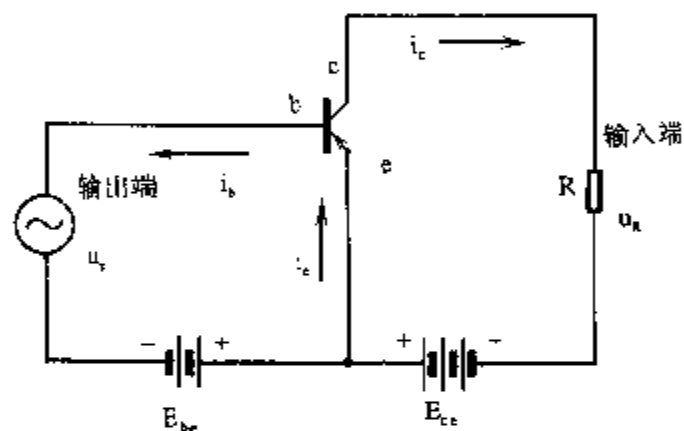


图 7-1-2 三极管共发射极放大电路

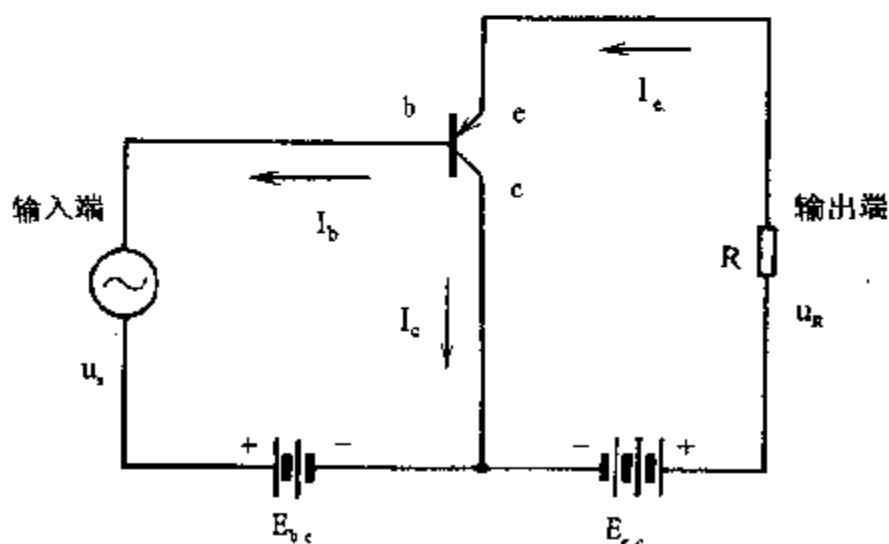


图 7-1-3 三极管共集电极放大电路

小得多,所以这种电路的电流放大系数(即 β)较大。这种电路电压放大系数(K)也比较大,因而功率放大系数(K_p)更大。不过它的频率特性较差,即强信号放大时失真较大。

3. 共集电极放大电路 集电极为输入和输出信号电路的公共端,如图 7-1-3 所示。这种电路的突出特点是输入阻抗高,输出阻抗低,常用作阻抗匹配电路。它的电压放大系数接近于 1,功率增益是三种电路最小的一种。

第二节 晶体管偏置电路

一、固定偏置电路

第四章图 4-3-3 说明三极管在工作时应加 E_b 和 E_c 两个电源,使用起来很不方便。如果我们仔细分析一下那个电路就会发现,电源 E_b 和 E_c 的正极在电路上是联接在一起的,所以如果我们提高 E_b 使 $E_b = E_c$,那么就可以把原来放大器的两个电源合并成一个,达到简化电路的目的。合并电源后电阻 R_b 一端接基极,另一端接 E_c 负极就可以了,如图 7-2-1 所示。当然,由于 E_b 提高了, R_b 的阻值也应该相应地增加。

供给三极管基极静态(无外来信号)工作电流的电路叫固定偏置电路如图 7-2-1 所示。流过三极管基极的直流电流 I_b 称为偏流。电阻 R_b 称为偏流电阻。基极和发射极之间的直流电压 U_{be} 称为偏压。在图 7-2-1 所示的电路中,电源 E_c 和偏流电阻 R_b 选定后偏流和偏压的大小也就固定了,所以称这种偏置电路为固定偏置电路。

在图 7-2-1 中,我们看到 R_b 和 R_e 接电池的负极,而电池符号在电路中并没画出,这也是一种画电路图的方法。图中所标明

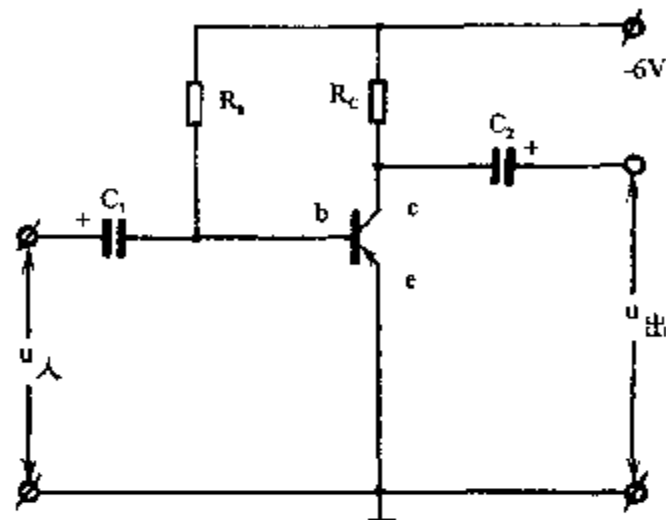


图 7-2-1 把放大电路中的两个电源简化成一个电源

的电源极性和数值是对地(⊥)而言的,即电路图在 $-6V$ 处接电池负极,地线接电池正极。

二、分压式电流负反馈偏置电路

上面讲的固定偏置电路虽然具有电路简单,使用元件少等优点,但因为它的温度稳定性很差,尽管 I_b 已经给定,由于温度的升高, I_{c0} 将急剧增加,使 I_c 也增加,导致三极管静态工作点发生变化。所以只在环境温度变化不大,温度稳定性要求不高的场合,才采用固定偏置电路。

图 7-2-2 是分压式电流负反馈偏置电路,它是最常用的工作点稳定的一种典型电路。

下面对分压式电流负反馈偏置电路的工作原理作简单地介绍。由基极电阻 R_1 和 R_2 组成分压电路,固定基极电位 U_b 。如果把 R_1 和 R_2 的阻值适当选小一点,此时基极电位 U_b 主要就由 R_1 、 R_2 和 E_c 来决定了。如果 R_1 、 R_2 和 E_c 已选定, U_b 就固定了。它基本上不随温度而变。

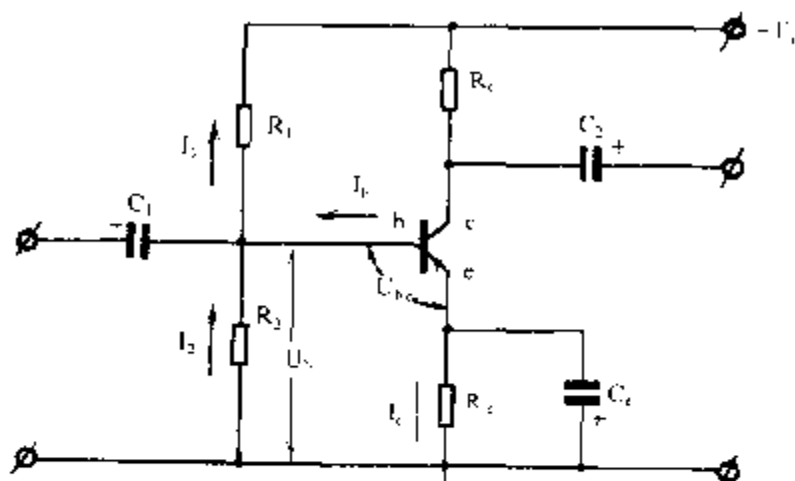


图 7-2-2 分压式电流负反馈偏置电路

通常把 R_1 叫上偏流电阻, R_2 叫下偏流电阻。电阻 R_c 是产生电流负反馈作用的。假设某一原因使集电极电流 I_c 增加, R_c 两端的电压降将成正比地增大, 因而基极和发射极上的偏压 $U_{be} = U_b - U_{Rc}$ 就减小, 于是 I_b 将减小, I_c 和 I_e 也随之减小。使得由于温度变化引起 I_c 的变化, 即 I_c 的幅度降下来, 以达到稳定工作点的目的。

所谓“反馈”就是指从输出(电压或电流)中取出一部分送回输入回路。“负反馈”是指反送的信号与输入信号相位相反, 对输入信号起减弱作用。与此相对应的还有“正反馈”, 它对输入信号起加强的作用。由于发射极电流 I_e 的增加, 导致基极电流 I_b 的减小, 从而限制了集电极电流的增加。所以, 这个电路叫电流负反馈电路。因为 R_c 是电流负反馈电阻, 所以 R_c 越大, 负反馈越深, 稳定性越好。不过 R_c 太大了, 在 R_c 上产生的直流电压降也越大, 在电源电压不变的情况下, 会使三极管集电极——发射极之间的电压 U_{ce} 减小, 所以 R_c 的阻值不能选得过大。

R_e 上并联的电容 C_e , 使交流信号能顺利地通过, 不形成负反馈。所以 C_e 叫发射极旁路电容。

第三节 单管来复式晶体管收音机电路

单管来复式(直接放大式)晶体管收音机是最简单的一种收音机。它的电路图如图 7-3-1 所示。第六章我们主要讲了单管机的接线方法。只要按照所讲的内容去组装,一般都能装好。为了进一步看懂单管机的电路图,有必要分析一下它的工作原理。

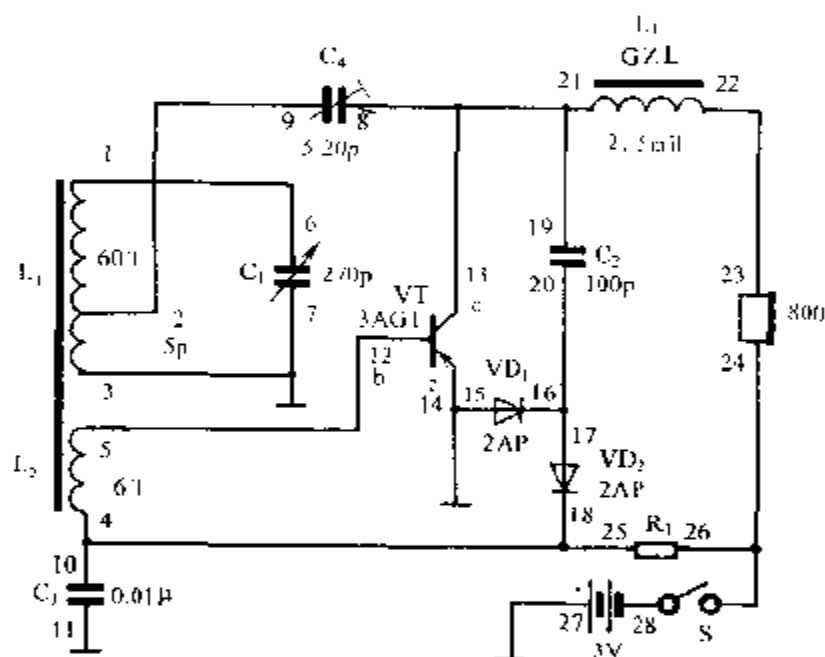


图 7-3-1 晶体管单管来复式收音机电路图

在单管机中一般说来有三种电流:高频信号电流、低频信号电流和直流电流。为了弄清电流是怎样流动的,我们说说电阻、电容和电感对三种电流的作用。

电阻(包括电位器)对上述三种电流都让通过。电阻数值越大,对电流的阻力也越大。电流在流动过程中,如遇有几条支路,总是朝阻力小的支路跑,所以电阻最小的支路中电流最大。

电容与电阻不同,它只能让交流电通过,而直流不能通过。

电容对交流电也有阻力,这种阻力叫容抗。交流电的方向是不断变化的,表示这种变化快慢的,即在单位时间内变化的次数叫频率(用符号“ f ”表示)。频率越高的交流电,愈容易通过电容,或者说电容对频率越高的交流电的电抗愈小。此外,电容愈大,对同样交流电的频率的容抗愈小。在电容数值足够大时,可以把电容看成对交流电短路。在画等效电路图时,可以把这个电容用导线代替(表示这个电容对交流电没有阻力),如图 7-3-2(a)中要画交流电通过这个电路的等效图,就可以简化成图 7-3-2(c)。在图 7-3-2(b)中可以看出,电阻 R 被短路了,因此把电容 C 叫做电阻 R 的旁路电容。

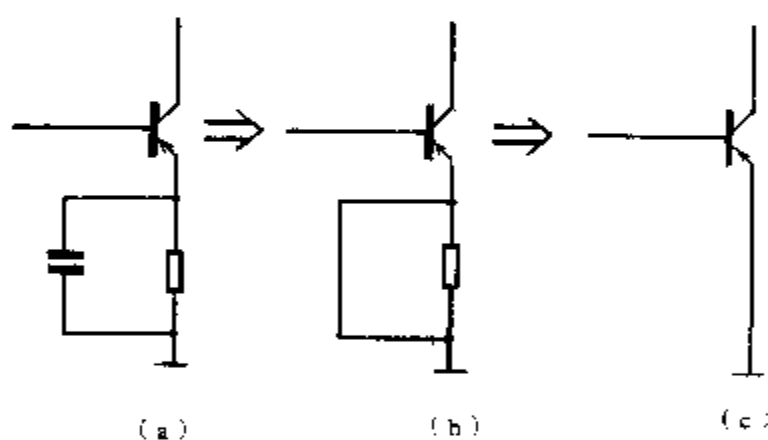


图 7-3-2 电容器的旁路作用

电感与电容相反,对直流电的阻力小,而对交流电的阻力较大。这种对交流电的阻力叫感抗。交流电的频率愈高,电感的感抗也愈大;电感的数值愈大,感抗也愈大。在电感数值较大,频率相当高时,可以认为交流电被阻断。因此,图 7-3-3 中的(a)可简化成图(b)。在图 7-3-3(b)中可看出,交流电被 L 阻断,因此 R_2 中没有交流电通过。在交流电频率很低,或者在直流电流的情况下,电流仍能通过 L (不通过 C),这时图 7-3-4(a)可简化成图 7-3-4(b)。如果电路中同时存在高频交流电和低频交流电,那么结

合图 7-3-3 和图 7-3-4 来看,这两种电流被 L 分开了,流过 R_2 的只有低频电流,高频电流则通过电容 C 回到电源。

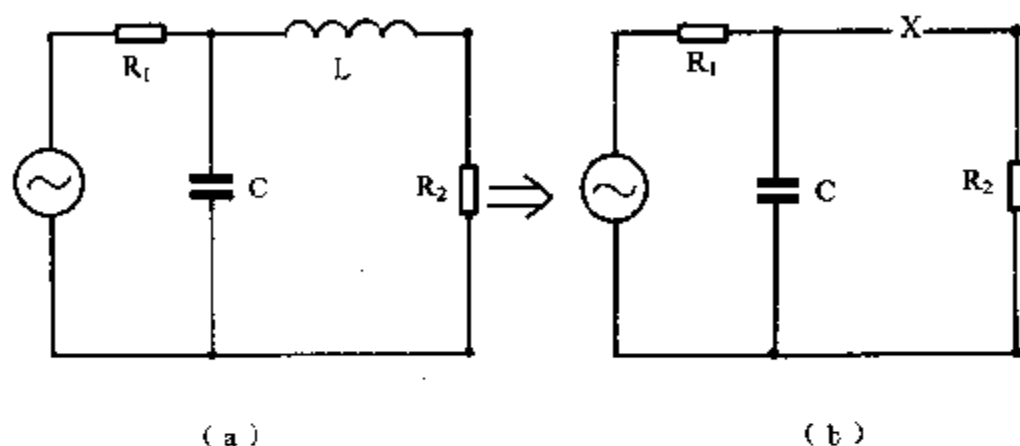


图 7-3-3 电感对高频电流的阻断作用

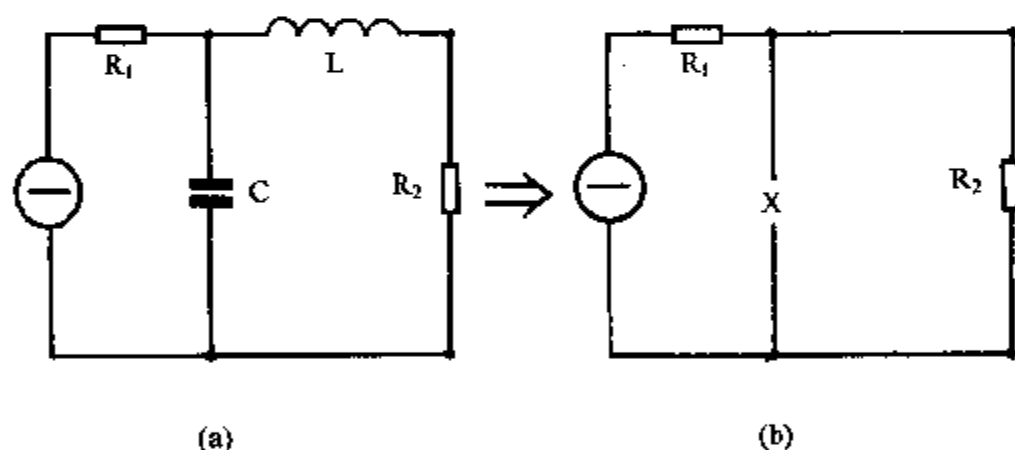


图 7-3-4 电感对低频电流的导通作用

不论是交流电或者是直流电,必须具备一个完整的通路才能流通。形成通路,一般是从电源的一端,回到电源的另一端。因此,看电路图时总是从电源的一端开始(一般从正极开始),寻找到电源的另一端。有时电路比较复杂,为了简便,可以找出通路中两个点,着重检查这两个点间的电流流通情况。

下面我们再看看二极管和三极管的情况。

至于二极管,由于它有单向导电特性,所以像在第四章中已

介绍过的那样,如果把它与一个交流电源相连接(见图 4-2-3),那么只有正半周才有电流流通,而在负半周时被截止了。这就是整流与检波的基本原理。至于检波,由于要取出信号,故还必须在电路中串入一个负载(可能是耳机或电阻),如图 7-3-5(a)所示。这里 u_c 是已调幅高频信号,也就是无线电台发射出来的信号。由于晶体二极管 VD 的单向导电作用,电流只有在正半周才能通过。

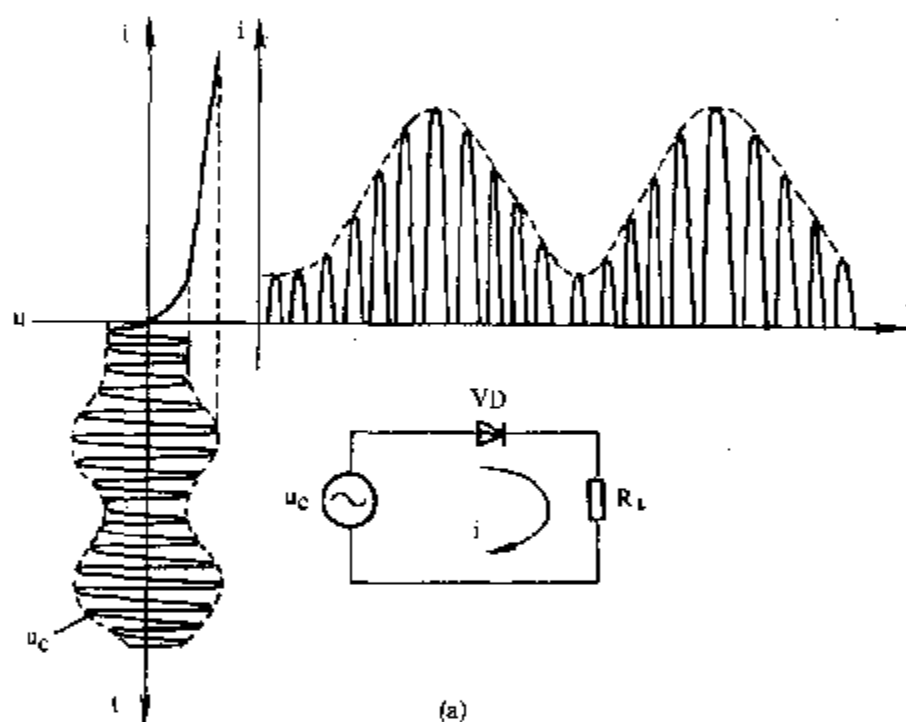


图 7-3-5(a) 二极管检波情况

从图 7-3-5(a)中可看到,经过负载 R_L 的电流是高频脉冲而不是低频信号。为了真正变成低频信号,在实际检波电路的负载电阻两端都并联一个电容器,将高频成分旁路掉。

但必须指出,加上这个电容器后,除了高频成分被旁路外,它还有一个副作用,就是使二极管加上了一个自动反向偏压。其过程是这样的:当 u_c 为正半周时有电流产生,它使电容器充电,

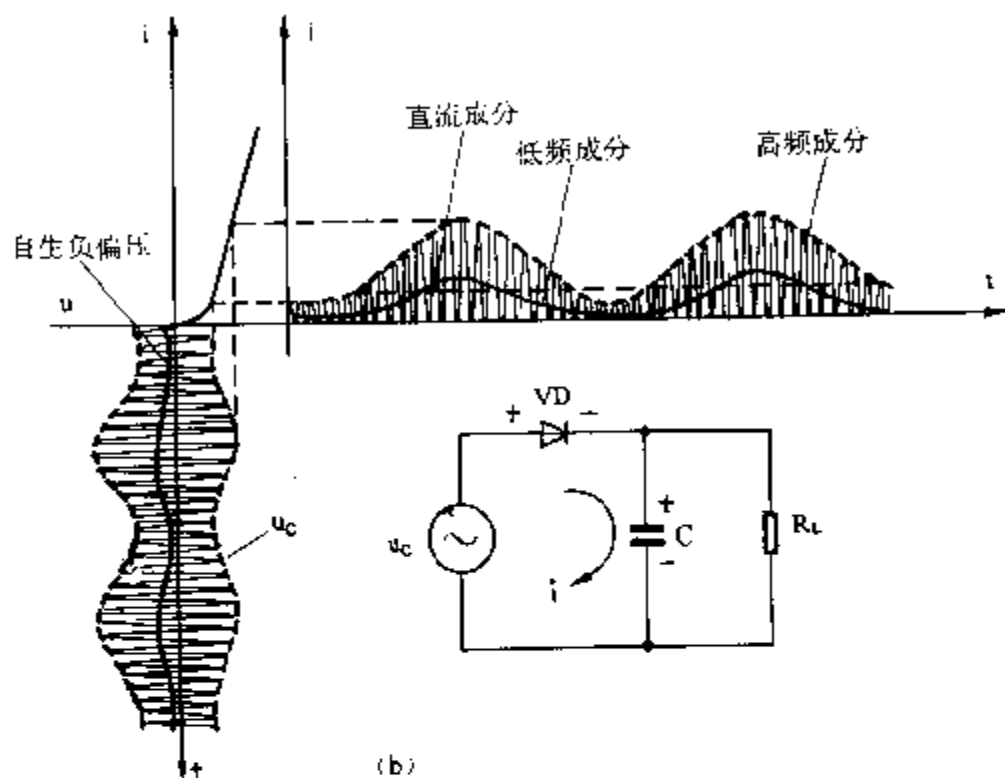


图 7-3-5(b) 二极管检波情况

充电极性是上正下负；在 u_c 为负半周时，通过二极管的电流停止，充电就停止，这时电容器 C 上充得的电荷就向负载电阻 R_L 放电，因而 C 上两端的电压逐渐降低。由于充电时 VD 的正向电阻很小，故充电很快，而放电时的 R_L 电阻则较大，所以放电的时间较长。这样， C 的充放电处于动态平衡状态。在有信号时电容器两端经常保持一个电压。此电压的极性从图 7-3-5(b) 中可以看出，正极接二极管的负极，而负极则接二极管的正极，就是说对二极管来说是负向偏压。很显然，这一负偏压的大小与高频信号的大小成比例，因而叫“自生负偏压”。

由于自生负偏压的作用，通过二极管的电流就和图(a)有点不同。通常二极管检波器的工作情况如图(b)所示那样。其中平均值就是 C 上的电压，也就是我们所需要的检波低频信号。

了解了普通二极管检波器之后，我们可以进一步地分析图

7-3-1 所示的单管来复式晶体管收音机电路图中的检波电路。为了便于分析,我们把这种检波电路绘制成如图,7-3-6(a)所示。

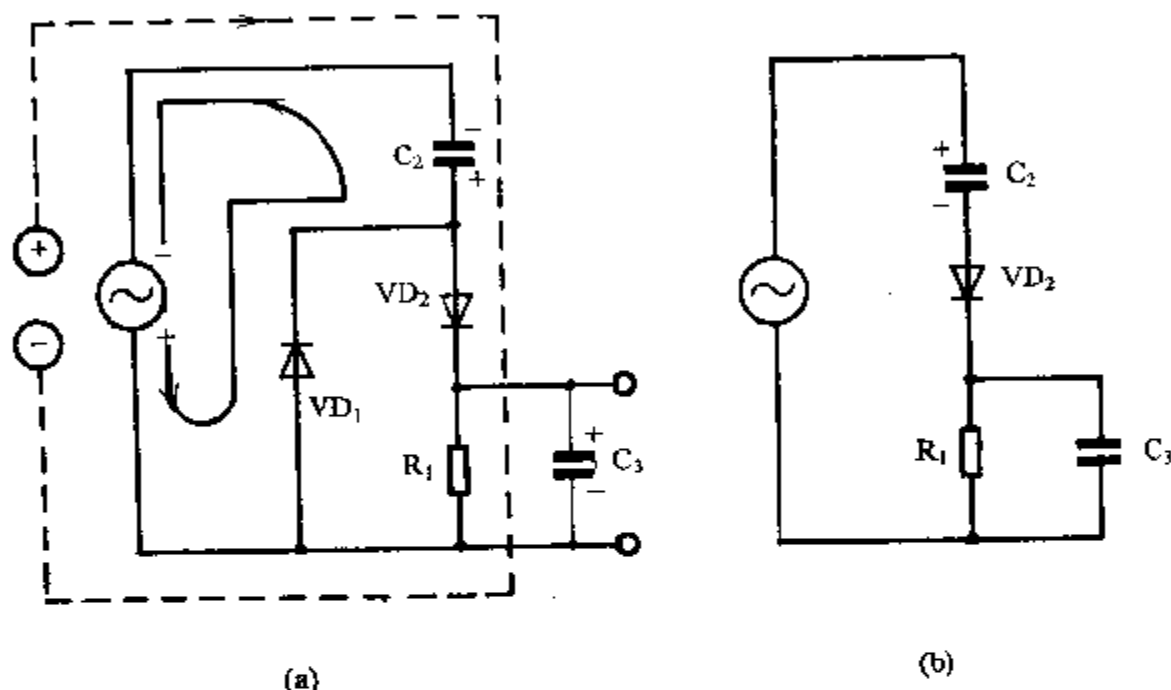


图 7-3-6 双二极管检波电路

上述电路通常称为双二极管检波电路,也俗称倍压检波电路*。现将它的基本原理说明如下:当外来已调幅高频信号在负半周时(上负下正),信号按框图内实线方向经二极管 VD_1 ,向电容 C_2 充电,此时 C_2 上的电压极性为上负下正;而当信号为正半周时(上正下负),如图中虚线方向信号电压和电容 C_2 上已充得的电压串联,通过检波二极管 VD_2 ,再流过负载 R_1 和 C_3 。从而取得低频信号,而将不必要的高频信号由 C_3 滤除。

VD_1 的作用,对检波器来说主要是起在负半周时给 C_2 一个

* “倍压检波”这一名称是由“倍压整流”而来,但实际上由于电源条件的不同(内阻不同),故在一般检波电路中是起不了倍压作用的, VD_1 在这里只不过作为检波电路中的直流通路而已。

放电的回路。否则,若无 VD_1 ,如图 7-3-6(b),则由于正半周时对 C_2 的充电电荷不能释放(由于负半周时 VD_2 因反偏置而不导通),使 C_2 上电压总是保持接近信号峰值电压(对 VD_2 来说是反向偏压),结果使在正半周时也不能使 VD_2 导通,故也无电流进入负载,也就不能工作。当然,这是指 VD_2 的反向电阻为无限大的情况,在实际电路中 VD_2 的反向电阻虽为有限值,但也很大, C_2 通过它而放电的电量是很微弱的。这时 VD_2 虽不致完全被截止,但由于反向偏压很高(相对于信号来说),检波效率很低。这就是说 VD_1 不是直接参与检波工作的,故我们也可以用 一个电阻或高频扼流圈来代替。

三极管可看成一个具有四个端子的电路元件,如图 7-3-7(a)所示。AB 两个端子一般叫输入端;CD 两个端子叫输出端。三极管只有三个极,因此有一个极是共用的,如图 7-3-7(b)所示,叫共发射极电路。三极管作放大器时,信号从 AB 输入,在 CD 输出的是放大了的信号。在实际电路中,为了使三极管正常工作,还要接直流电源,配合一些电阻、电容,以保证三极管各极有适当的直流工作电压,因此实际电路比较复杂。但是,理出它的四个端子,看电路时眉目就清楚了。

现在我们就来看看单管机中的电流是怎样流通的。单管机电路如图 7-3-1 所示。它的作用主要有:调谐(选择电台)、放大、再生、检波和来复低放等。下面我们各部分电路分别加以叙述。

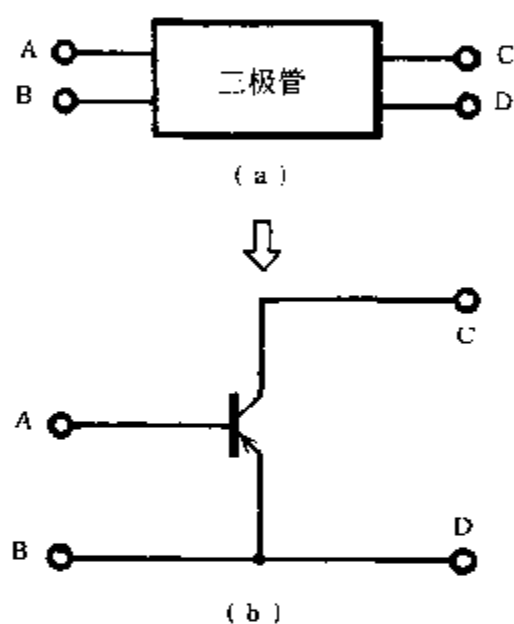


图 7-3-7 三极管的工作情况

高频信号通路：广播电台发射机通过天线发出的电磁波，由

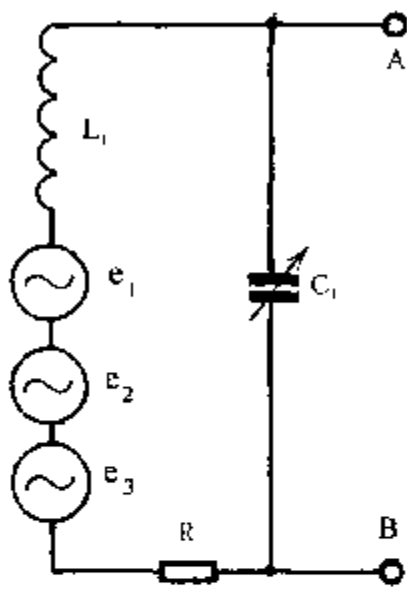


图 7-3-8 调谐电路

接收机的磁性天线接收下来，成为高频信号电流。从图 7-3-8 中看出，在调谐电路 L_1 、 C_1 中就有各个电台的电流存在，但是一定的 L_1 、 C_1 值，只能选择相应频率的电台信号，因此改变 C_1 值，就可以选出所要接收的电台信号。

把调谐电路的谐振频率调到与所要接收的电台频率一致，这在无线电技术中就叫“调谐”。由于初级线圈 L_1 和次级线圈 L_2 绕在同一根磁棒上并且绕向又是一致的，所以通过电磁

感应，在 L_2 上能产生高频信号电压（参阅图 7-3-1 及 7-3-10）。这个电压接在三极管的输入端⑫和⑬两点间，这里要注意的是 L_2 的⑫点是通过电容 C_2 通到⑪点，而⑪点又和⑬点是在一个电位上（都是接地的）。由于 C_2 为 $0.01\mu\text{F}$ 对高频信号电流容抗很小，所以可以忽略或称高频短路，而认为直接接至⑬点。故电流通路是⑤—⑫—⑬—⑪—④—⑤或反过来由④—⑪—⑬—⑫—⑤—④。由于三极管的放大作用，在输出端⑬和⑭相当于接了一个放大了的高频信号电源。输出端并联有三个支路，第一个支路接有一个半可变电容器 C_4 和线圈 L_1 的一部分，即⑬—⑧—⑨—②—③—⑭。改变电容 C_4 ，可以调整流过这个支路的高频信号电流的大小。由于线圈 L_1 中的②和③两个接点是 L_1 的共同组成部分，并且同绕在一根磁棒上，所以通过电磁感应形成“正反馈”。这样就使 L_1 中的信号加强，因此，可大大提高收音机的灵敏度。这种正反馈在收音机中叫“再生”。

具体实施再生的电路很多,图 7-3-9 列出了常用的一些具体再生电路,供大家参考。

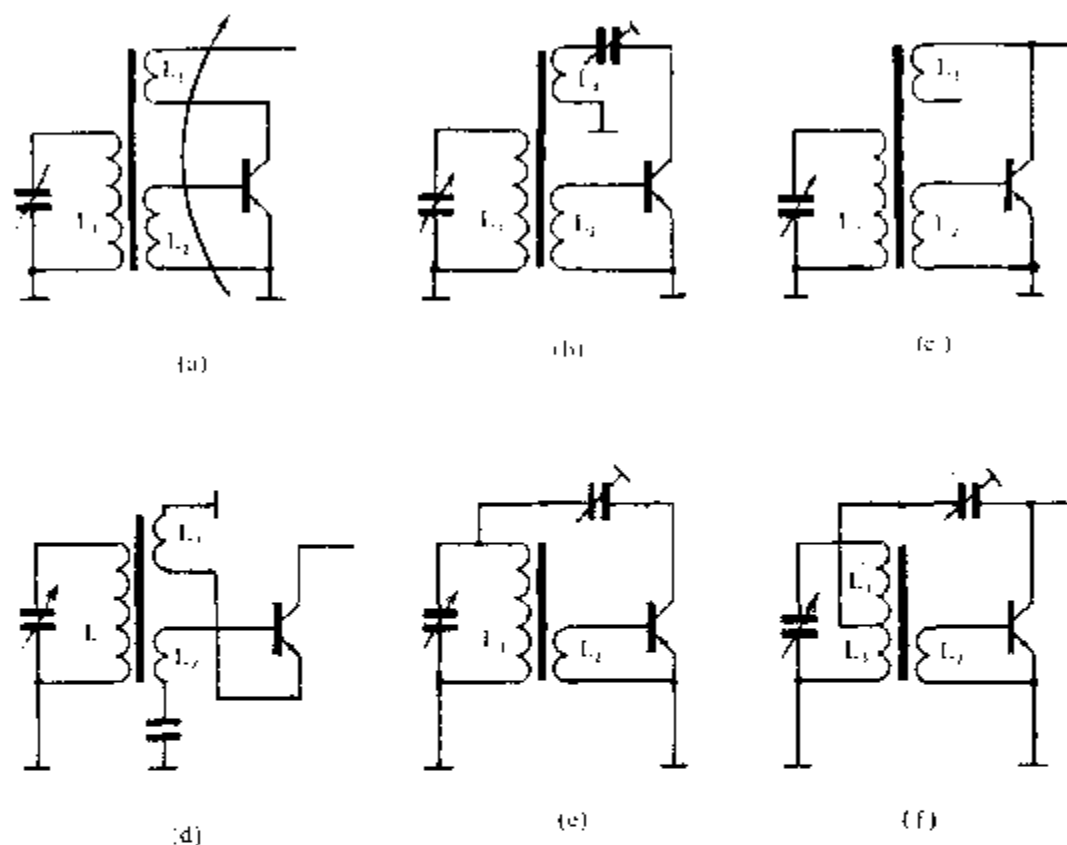


图 7-3-9 几种常用的再生电路

第二个支路,通过电容 C_2 (100p) 连接一个双二极管检波器。检波后的音频信号通过 L_2 又加到三极管输入端⑫和⑭点进行低频放大,由三极管放大后的音频信号在⑬和⑮点输出。由于 C_2 、 C_4 容量很小,对低频信号容抗很大,所以可认为低频信号不能进入第一和第二支路。

第三支路,接有电感 L_3 和耳机。电感 L_3 对高频信号电流起阻断作用,所以把这个电感线圈叫高频阻流圈(符号 GZL)。

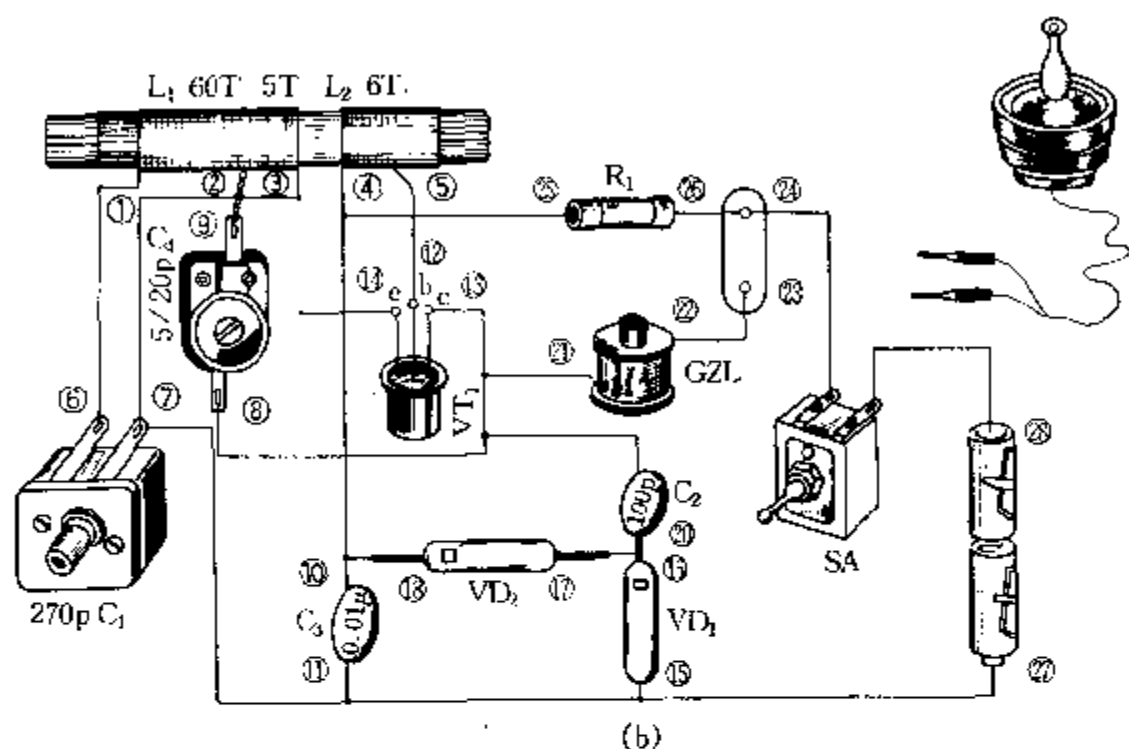


图 7-3-10(b) 单管机的直流通路和实体图

第四节 放大器的级间耦合

上一节我们分析了单管来复式收音机电路。由于只有一只三极管担任放大工作，它的放大量一般是比较低的，所以单管机只能用灵敏度较高的耳机收音。为了进一步把音频信号放大，去推动扬声器，就要加上几级低频放大器，才能获得较大的低频信号，使扬声器发出较大的声音。把前一级的信号送到下一级我们叫“级间耦合”。在一般收音机中，多级放大器间常用的耦合方式有两种：一种叫阻容耦合；一种叫变压器耦合。

一、阻容耦合

图 7 4-1 是一个两级阻容耦合放大器电路，第一级由晶体三极管 VT_1 和有关的阻容元件所组成；第二级由晶体三极管

VT₂ 和有关的阻容元件所组成。每级的电路实际上就是前面讨论过的分压式电流负反馈偏置电路。图中电容器 C 是起耦合作用的关键元件,所以叫耦合电容。有了电容 C,就可以隔断前后级的直流。这样,每一级放大器的直流工作点就可以单独考虑了。

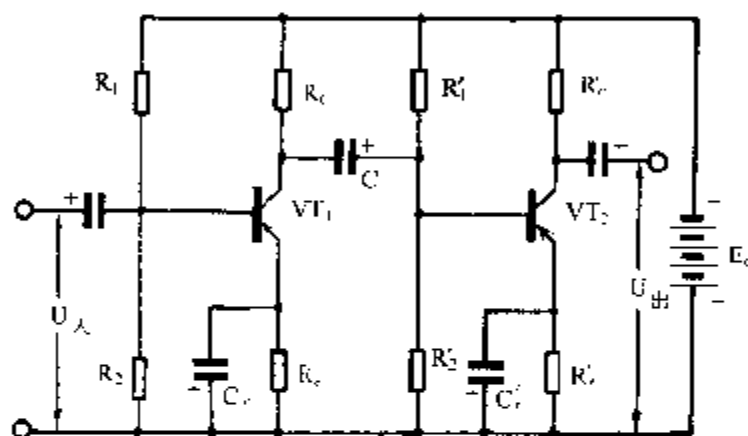


图 7-4-1 阻容耦合放大器

由于第一级的输出交流信号电压是从 R_c 上取出,一端通过电容 C 加到 VT₂ 的基极,另一端通过 E_c (E_c 对交流信号可视为短路,因为 E_c 的内阻很小), C_e' 加到 VT₂ 的发射极,所以第一级与第二级是通过电容 C、电阻 R_c 等所组成的耦合电路联系起来的,故称这种放大器为阻容耦合放大器。

二、变压器耦合

图 7-4-2 是变压器耦合放大器电路。它与阻容耦合放大器电路的不同点是把集电极接至一个耦合变压器的初级线圈,信号通过线圈的感应作用,传送到次级线圈上。再把次级线圈接入下一个三极管的基极电路中。

由于变压器也有隔直流作用,也就是说前级直流成分是不

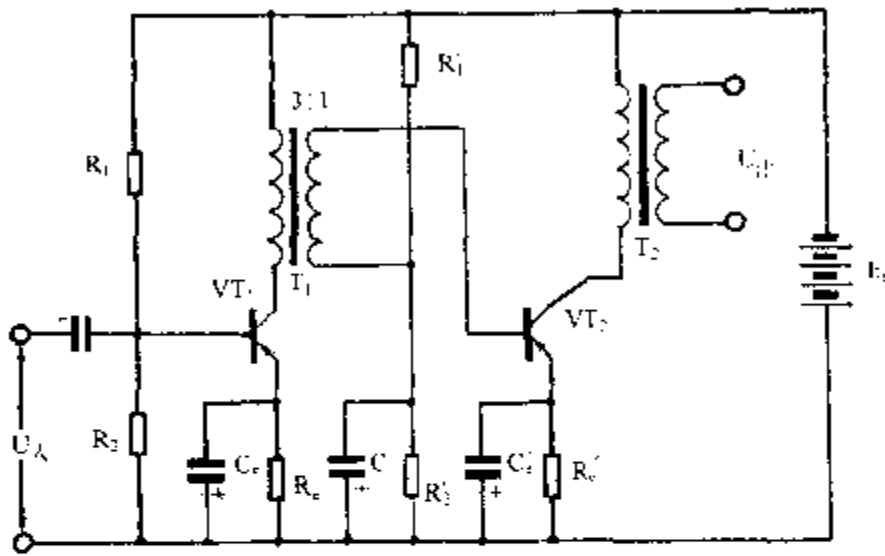


图 7-4-2 变压器耦合放大器

能通过变压器感应到次级的，所以每一级放大器的直流工作点可以单独考虑。

另外，我们要注意的是：在晶体管放大器共发射极电路中，输入阻抗比输出阻抗小得多，所以变压器都用降压式的（一般常用 2:1 至 5:1 左右）。

三、直接耦合放大器

图 7-4-3 是直接耦合放大器，其前后级是直接连在一起的。由于这种直接耦合没有隔直作用，前后级直流工作状态相互影响，所以调整时要特别仔细。但这种电路结构简单，频率响应好，所以也得到广泛应用。

四、多级放大器的电源退耦电路

前面已经讲过，放大器的基极电流和集电极电流都包含有

怎样看无线电电路图

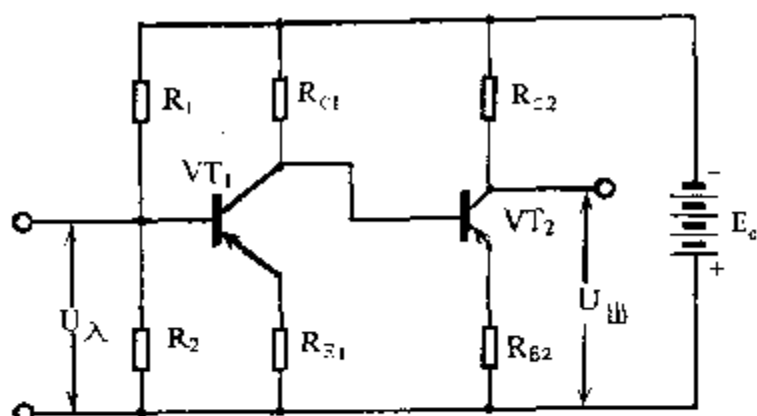


图 7-4-3 直接耦合放大器

直流和交流两种成分。如果这两种成分的电流都通过电源 E_c ，而电源 E_c 总有一定的内电阻，由于交流成分的影响，电源电压的大小就会不断地变化。对于多级放大器，由于各级的交流电流都通过同一个电源 E_c 供给，这样，就会导致放大器各级之间的相互干扰。另外，后级的信号通过电源反馈到前级时，如果正好形成正反馈，就会使放大器产生尖叫声而不能正常工作，这种现象就叫放大器“自激”。为了减小这些干扰，通常在各级放大器之间加有“退耦电路”，如图 7-4-4 所示。图中的 C_1 、 R_1 、 C_2 、 R_2 和 C_n 组成阻容滤波电路。这样各级电流中的交流成分大部分通过滤

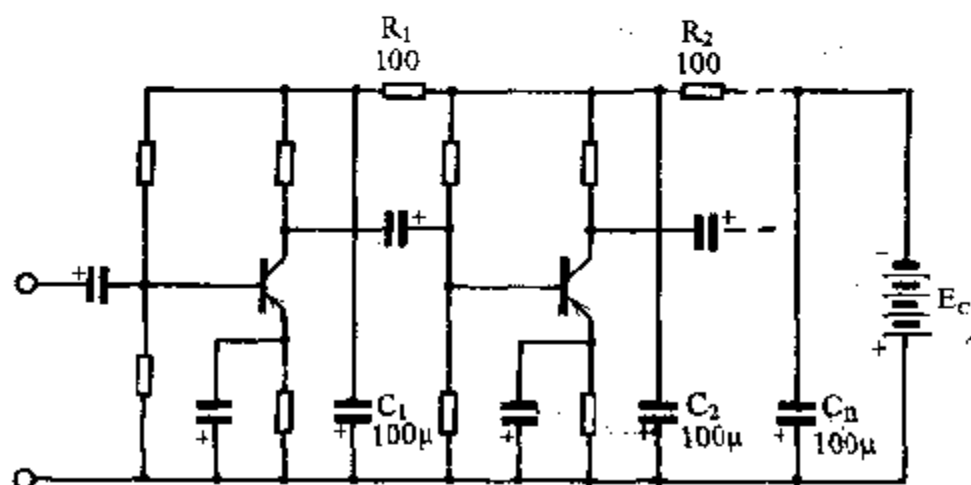


图 7-4-4 电源的退耦电路

波电容而被滤除,从而减小了由于共用一个直流电源而带来的放大器各级之间的相互干扰。退耦电路中用的电阻一般为 $50\sim 200\Omega$;退耦电容一般用 $30\sim 200\mu\text{F}$ 。

第五节 晶体管两管收音机电路

两管收音机是用扬声器放音的最简单的收音机,适合初学无线电的读者进行实验和制作。下面介绍一种比较典型的两管收音机的电路。

本机采用的是用变压器作级间耦合的来复再生式电路,如图 7-5-1 所示。

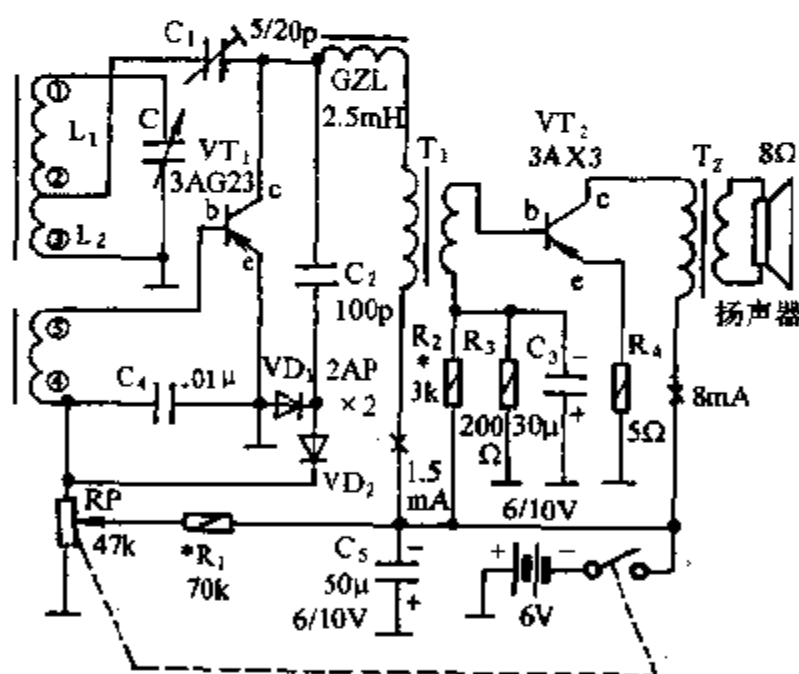


图 7-5-1 晶体管两管收音机电路图

两管机的工作原理是:广播电台的信号经磁性天线感应进来后,由初级线圈 L_1 和可变电容器 C 组成的调谐回路选出所要收听的电台信号,此信号经次级线圈 L_2 耦合到高频三极管 VT_1 ;

怎样看无线电电路图

—3AG23 的基极进行高频放大。放大后的高频信号由 VT_1 的集电极输出, 大部分经 C_2 耦合到二极管 VD_1 和 VD_2 检波电路检波。检波后的低频(音频)信号由音量控制电位器 RP 上取出, 再经 L_2 送到 VT_2 基极进行低频放大。放大后的高频信号有一小部分通过半可变电容器 C_1 (一般叫再生电容) 正反馈到调谐回路,

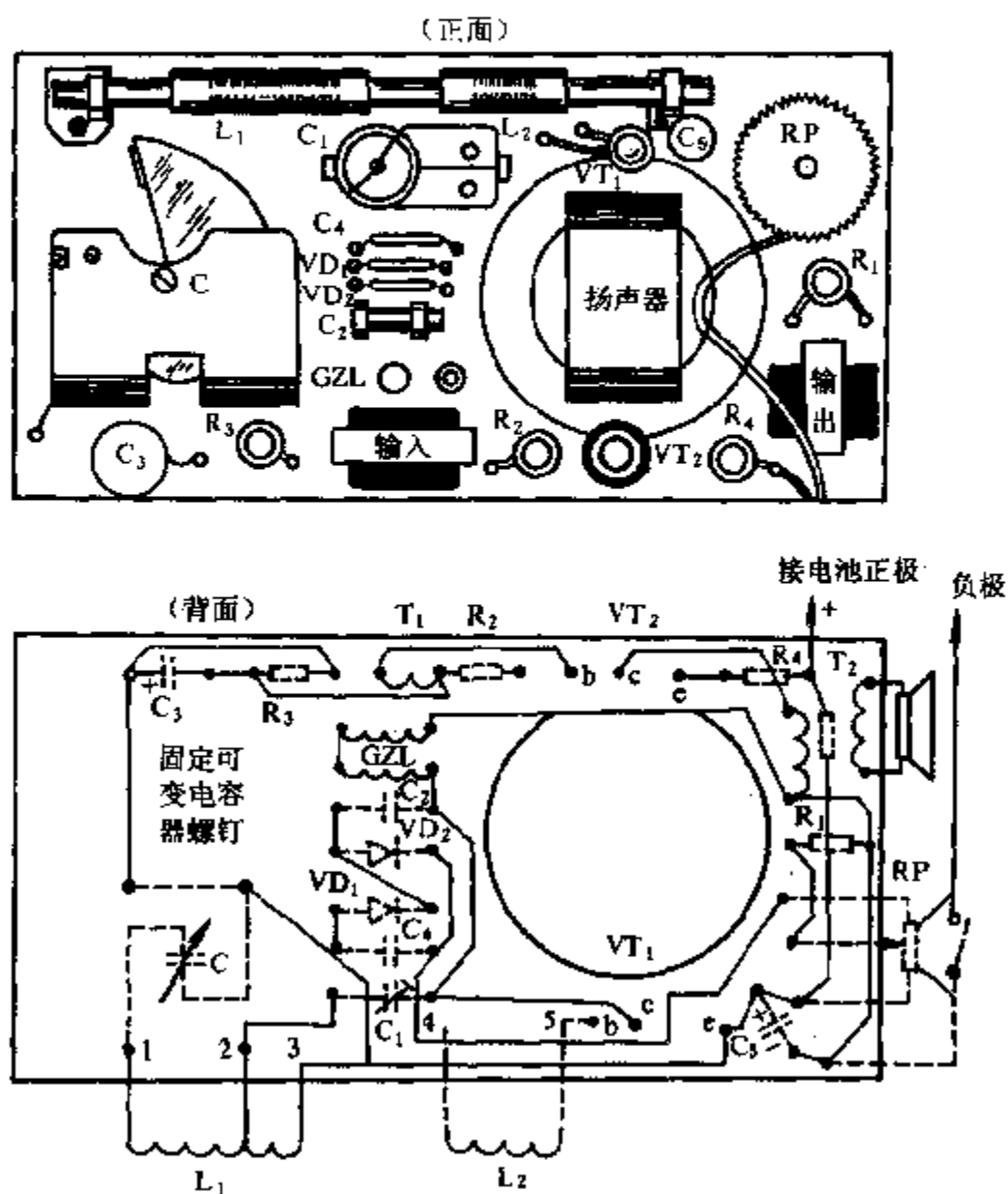


图 7-5-2 两管机元件安排和接线图

加强了输入信号的强度。

被三极管 VT_1 来复放大的低频信号通过高频阻流圈 (GZL) 由输入变压器 T_1 耦合到低频三极管 VT_2 进行低频功率放大。这是一级甲类功率放大 (管子 3AX3 的集电极电流在有信号和无信号时相差不多), 放大后的低频信号由输出变压器 T_2 推动扬声器发出声音。

C_1 是旁路电容器, 它对高频电流的阻抗很小, 能使线圈 L_2 上的高频信号顺利地加到三极管 VT_1 的基极和发射极之间, 进行放大。同时又能将检波后的残余高频成分滤除掉。高频阻流圈用来阻止高频电流通过, 低频信号则畅通无阻。 R_1 为三极管 VT_1 的偏流电阻, 调节电位器 RP 能相对地控制 VT_1 偏流的大小, 起到控制音量的作用。 R_2 为三极管 VT_2 的偏流电阻调整选择合适阻值后就可固定。 R_3 和 R_4 是用来稳定 VT_2 的工作点的。 C_3 是低频信号旁路电容。 C_5 为电池两端的并联电容, 它对低频信号的阻抗很小, 在电池用旧了内阻增加时, 可减小电池内阻的影响, 避免级间通过电池内阻的耦合产生寄生振荡, 使收音机能正常工作。

元件在底板上的安排和接线方法可参阅图 7-5-2。

第六节 晶体管四管收音机电路

前面我们分析了单管和两管收音机电路。如果在两管收音机的基础上再加一级推挽功率放大器, 就成为四管收音机了。推挽功率放大电路如图 7-6-1 所示, 在推挽功率放大器中, 晶体管工作在乙类状态, 即两只三极管无信号时, 处于截止状态 (基极对发射极的电压为零); 在有信号时, 晶体管 VT_3 和 VT_4 轮流工作。在信号正半周时, 上边管子相当于给基极加了正电压 (发射

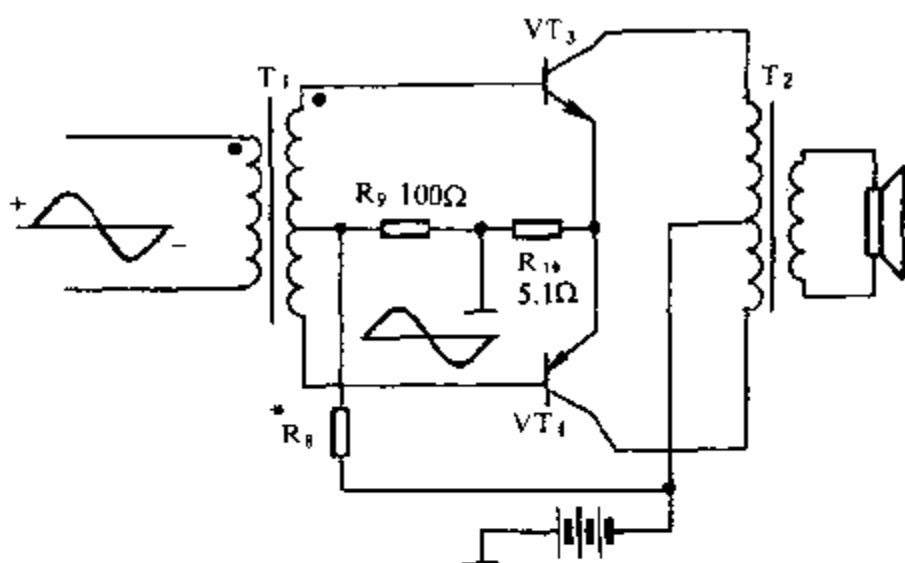


图 7-6-1 推挽放大原理图

结加了反向偏置),所以不工作,而下边管子的基极相当于加有负电压(发射结加了正向偏置),所以该管工作,对信号进行放大;在信号负半周时,与上述情况相反,下边三极管 VT_4 不工作,上边三极管 VT_3 工作,对信号进行放大。放大后的电流,通过输出变压器 T_2 耦合到扬声器,扬声器上得到了完整的信号。有关高频放大器、双二极管检波器、前置低频放大器的基本原理,前面已经叙述,这里不再重复。

但在实际电路中考虑到乙类工作状态在小信号时,会产生交越失真,因此在无信号时,基极给以一定的偏流,所以推挽功率放大实际上是甲乙类工作状态。

如用 3AX31 作甲乙类放大时,两管静态工作电流为 2~4mA。

下面我们结合图 7-6-2 来分析一下四管机的电路及元件的作用。

四管机的高频放大级工作原理和两管机高频放大部分基本相同,只不过再生的形式有所改变。图 7-6-2 的再生电路是从集电极接一根导线在磁棒上绕几圈来实现的。

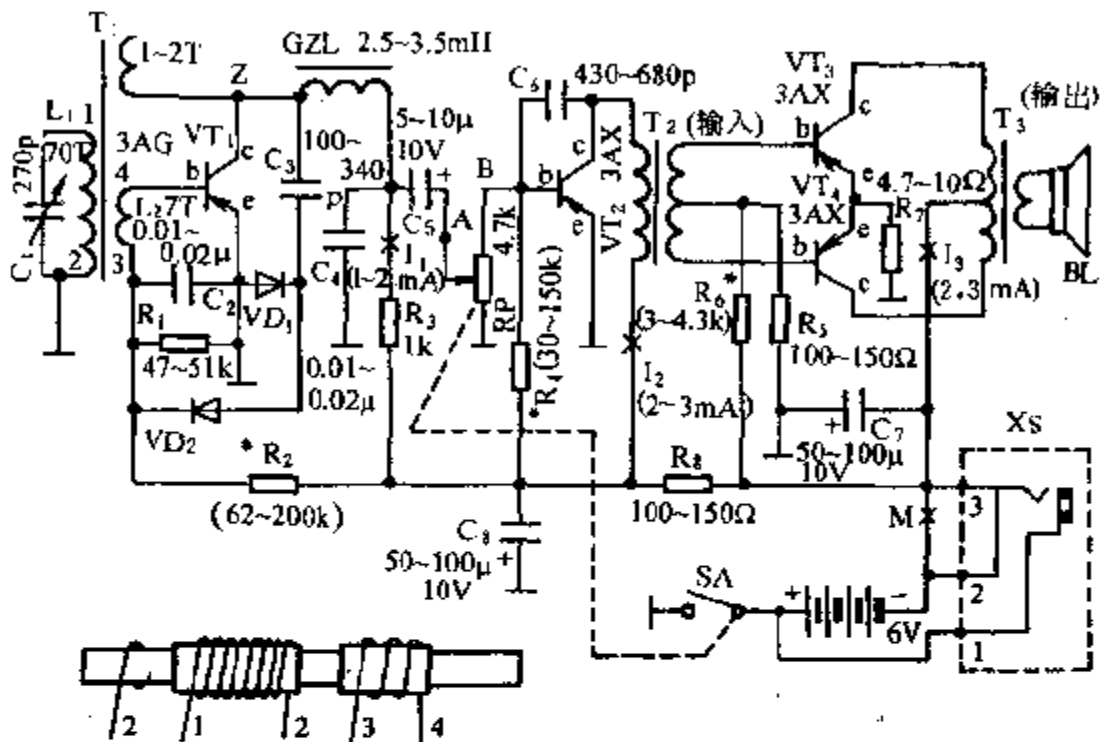


图 7-6-2 晶体管四管机电路图

图 7-6-2 中的电阻 R_1 ，既是双二极管检波电路的负载，同时又和 VD_1 、 VD_2 与 R_2 构成 VT_1 的偏置电路。 VT_1 的静态工作点是由调整 R_2 的阻值来实现的。

前置低频放大管 VT_2 和 高频放大管 VT_1 间采用阻容耦合。 R_3 上的低频信号电压，由电容 C_5 耦合至音量控制电位器 RP ，电位器 R_4 控制耦合到 VT_2 的低频信号的强弱，从而控制音量的大小。 RP 与 R_4 组成 VT_2 的偏置电路， VT_2 的静态工作点是由调整 R_4 的阻值来得到的。 C_6 是负反馈电容，起着削减高音，改善音质和降低噪声的作用。

经过 VT_2 放大后的低频信号，由输入变压器 T_2 耦合到 VT_3 和 VT_4 组成的推挽功率放大级，再进行一次放大使之有足够的功率输出。经过 VT_3 和 VT_4 放大后的低频信号，通过输出变压器 T_3 送至扬声器，发出声音。

电阻 R_5 、 R_6 和 R_7 组成 VT_3 和 VT_1 的偏置电路, R_6 是偏流电阻, R_5 和 R_7 是用来稳定工作点的。

旁路电容 C_7 是防止当电池用旧内阻增大时, 各级信号通过电池内阻, 产生有害的耦合, 而引起低频自激。

C_8 和 R_8 一方面起到与 C_7 相类似的作用, 另一方面是避免由于 VT_3 和 VT_4 随信号强弱引起电路中的电流变化而影响 VT_1 和 VT_2 的正常工作。

本机采用印刷电路板, 元件排列和安装见图 7-6-3。

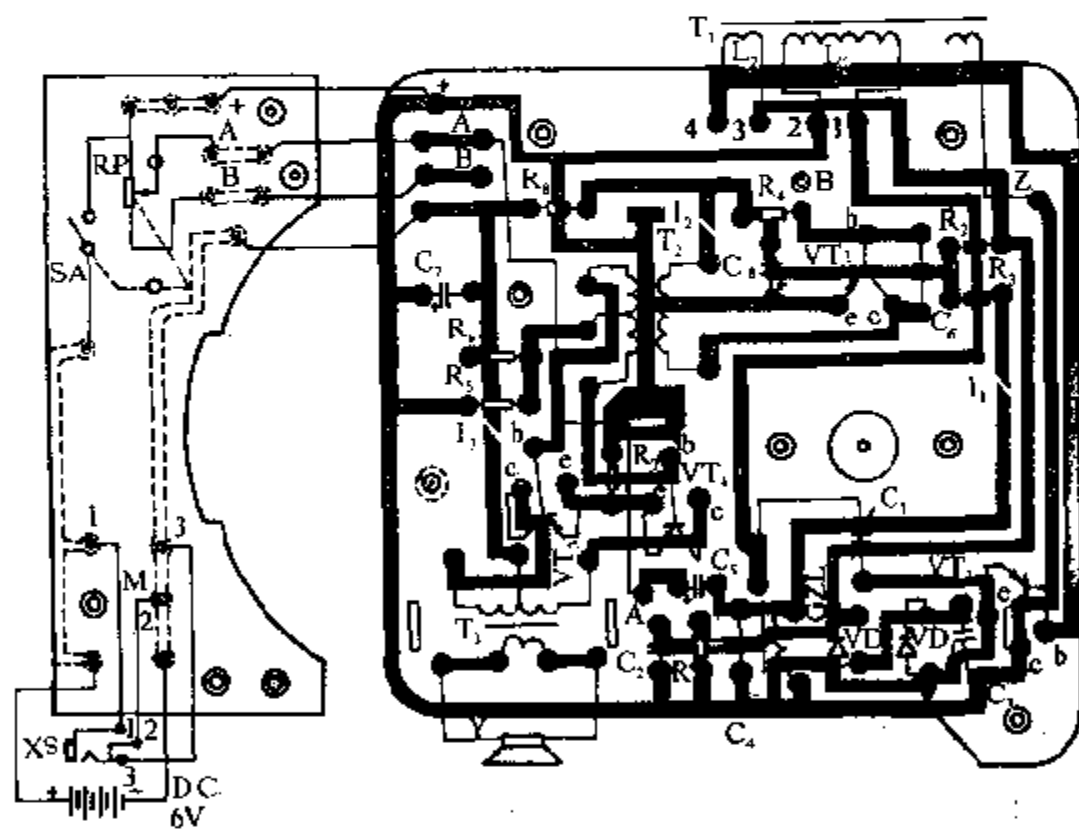


图 7-6-3 晶体管四管机印刷电路图

第七节 晶体管超外差式六管收音机电路

超外差式收音机通用电路常为六管收音机电路。下面我们

以六管收音机为例分析一下超外差式收音机的各级工作原理。

什么是超外差式收音机呢？在前面几节我们主要分析了来复再生式收音机，这种收音机的特点是：从天线上接收到的高频信号，在检波以前一直不改变它原来的高频频率（即高频信号直接放大），所以这种类型的收音机都叫直接放大式收音机。它的缺点是，在接收波段频率高端和频率低端的放大倍数不一样，整个波段灵敏度不均匀。而多波段收音机，这个矛盾更加突出。其次，当收听远距离电台时，要求增加灵敏度，必须增加高频放大的级数，由此带来高频放大级之间统一调谐的困难，又由于接收的高频信号频率高，尤其是短波波段，放大器增益不容易提高，而且容易产生自激。

如果把收音机收到的广播电台的高频信号，都变换为一个固定的中频载波频率（仅是载波频率发生改变，而其信号包络仍然和原高频信号包络一样），然后再对此固定的中频进行放大、检波，再加上低放级，这就成了超外差式收音机。这种接收机，在高频放大器和中频放大器之间需要增加一级变换器，通常称为变频器，它的根本任务是把高频信号变换成固定中频。由于中频频率（我们国家采用 465 千赫）较变换前的高频信号（广播电台的频率）低，而且频率是固定不变的，所以任何电台的信号都能得到相等的放大量。另外，中频的放大量容易做得比较高，而不易产生自激，所以超外差式收音机可以做得灵敏度很高。由于外来电台必须经过“变频”变成中频频率才能通过中频放大回路，所以可以提高收音机的选择性。

一般的超外差式收音机组成方框图如图 7-7-1 所示。

下面我们就分别把各级电路做一个简单的分析。

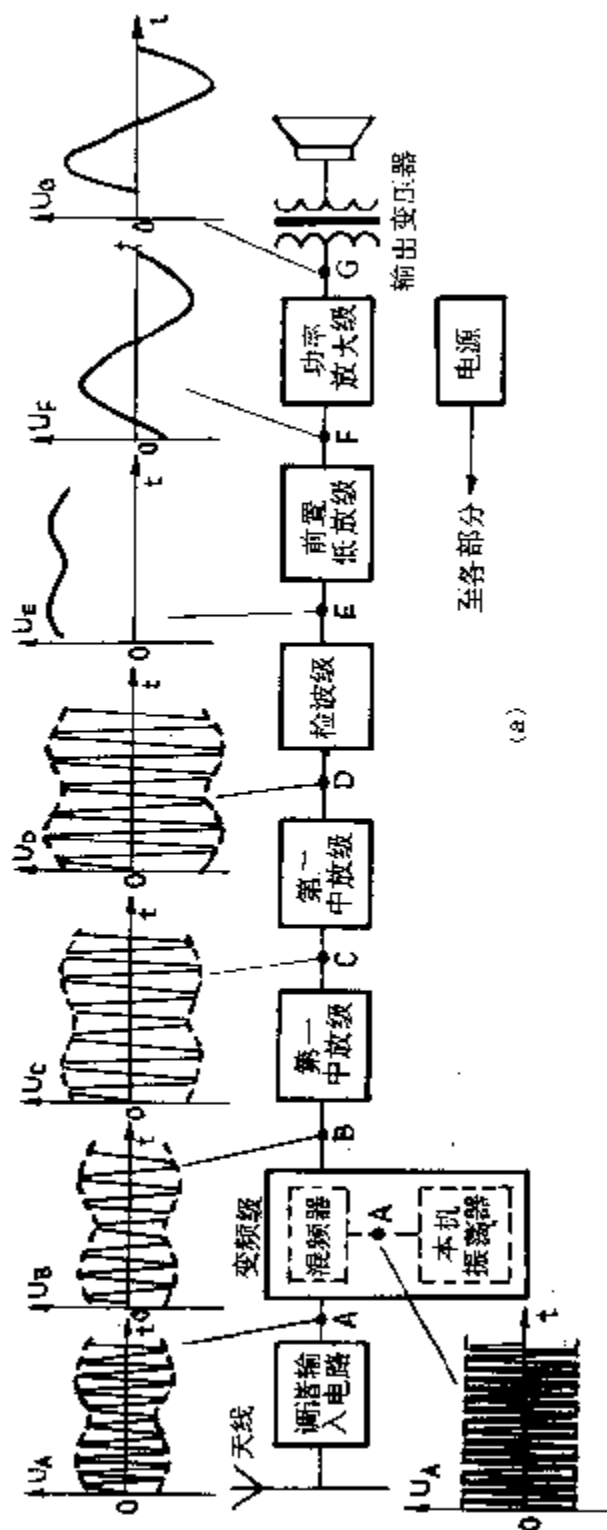


图 7-7-1 超外差式收音机方框图

一、变频级

从图 7-7-1 中我们可以看出超外差式收音机的变频级包括混频器和本机振荡器两个部分。接收天线收到的高频调幅信号经调谐输入回路的选择,送入变频级的混频器。本机振荡器(由变频级本身产生一个等幅的高频信号)产生的高频等幅振荡电流也送入混频器。通常本机振荡的频率高于外来信号的频率,而且高出的数值要保持一定值。两种信号在混频器中混频的结果,

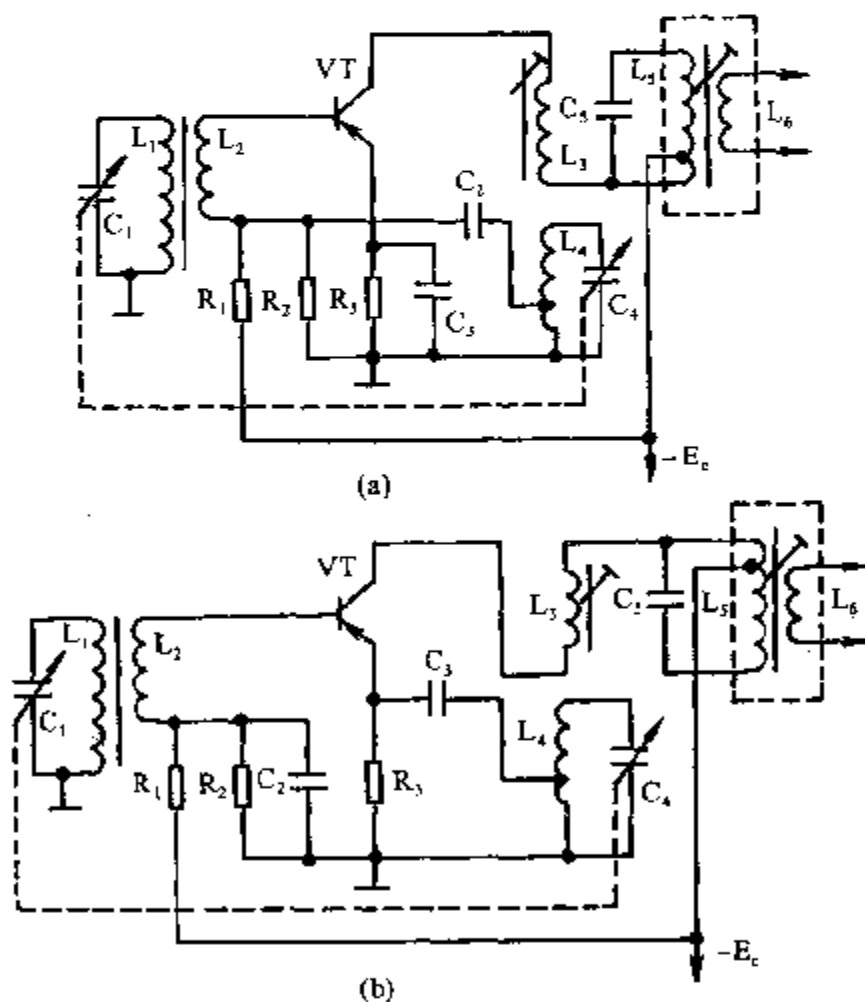


图 7-7.2 变频电路

产生一个新的频率信号,即“中频”信号,这就是“外差作用”。我国收音机中频频率规定为 465kHz,465kHz(千赫)的差频信号仍属高频范围,只是因为它比外来信号的载波频率低,才称为“中频”信号。外来的高频调幅信号,经过变频以后只是变换了载波频率,要求原来信号的调制规律不能改变,仍然调制在新的中频信号上,所以变频级输出的中频信号仍然是调幅信号。

常见的变频电路如图 7-7-2 所示。

图 7-7-2(a)所示为共发射极调基极振荡电路,图 7-7-2(b)为共基极调发射级振荡电路,它们的混频方式是不同的。图 7-7-2(a)中,外来的信号与本机振荡电压均同时加在变频管基极;图 7-7-2(b)中,外来信号加在变频管的基极,而本机振荡信号加在发射极。

常用的变频器的电路见图 7-7-3,现将此图中各元件的作用分别叙述如下:

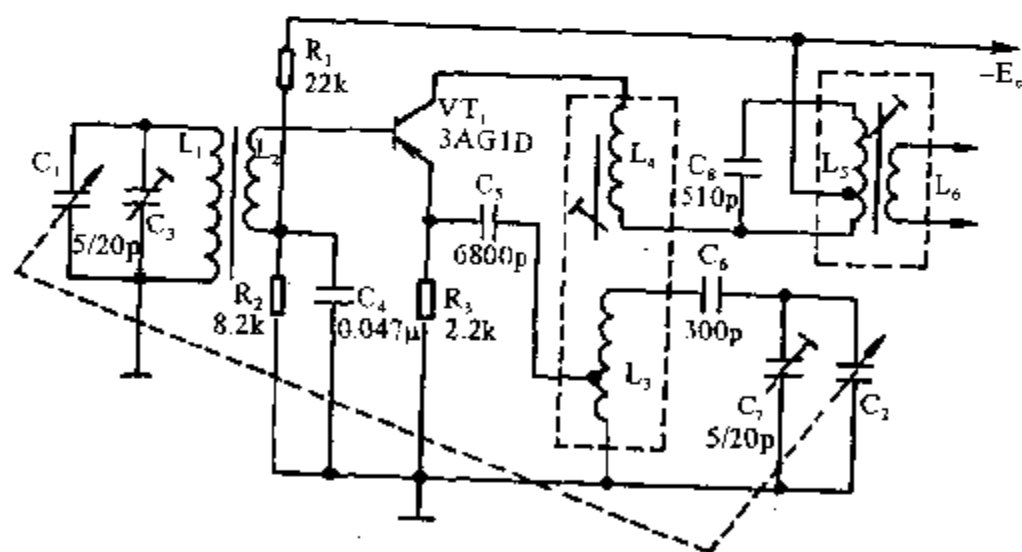


图 7-7-3 实用的变频级电路

L_1 是绕在磁性棒上的线圈, L_1 、 C_1 、 C_3 组成了高频调谐回路。磁性天线接收到的高频调幅信号,经调谐回路的选择,由耦

合线圈 L_4 加到变频管的基极和发射极之间(通过 C_1 、 L_3 的一部分和 C_5)。本机振荡器产生的高频等幅信号(比外来信号频率高一个固定中频)通过 C_5 、 C_6 和 L_2 也加到变频管的基极和发射极之间。我们知道半导体三极管的发射结(发射极和基极之间的 P-N 结)是个非线性元件(端电压和电流具有非正比关系的元件叫非线性元件),所以当外来信号和本机振荡信号加在发射极——基极回路时发生混频,产生了我们需要的差频(465kHz)。我们再通过接在集电极回路中的 L_5 、 C_8 组成的中频谐振回路(俗称中周),将被放大的中频信号选取出来,由 L_6 输出送至中频放大器。为了使本机振荡的频率和调谐回路的高频谐振频率之差始终为一个固定中频(465kHz),在改变调谐回路的谐振频率时(选择所要收听的电台时),必须同时调整振荡回路的振荡频率,这叫“统调”。为了简化使用时的调谐手续,在收音机中,上述两个回路是采用一只同轴双连可变电容(C_1 、 C_2)进行调整的。常用的双连可变电容是等容式的。例如有 $270\text{pF} \times 2$ 、 $365\text{pF} \times 2$ 等规格。使用等容双连可变电容时必须在本机振荡回路中的可变电容 C_2 上并联一个小电容 C_7 ,再串联一个电容 C_6 以便补偿波段高低端的统调偏差。所以要适当地选取 C_6 和 C_7 ,以便使两个回路得到较好的统调。

电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 组成分压式电流负反馈偏置电路。

实际生产中, L_4 和 L_3 共同装在一个金属小方壳内,叫中波振荡线圈。 L_5 与 L_6 也装在一个金属小方壳内叫“中周”。

另外还有采用独立的一个半导体管作为振荡的变频电路,如图 7-7-4 所示。

在图 7-7-4 中 VT_1 作混频用, VT_2 作振荡用,本振频率通过 L_3 送至 VT_1 的发射极。这种电路工作稳定,尤其是在短波段更稳定。

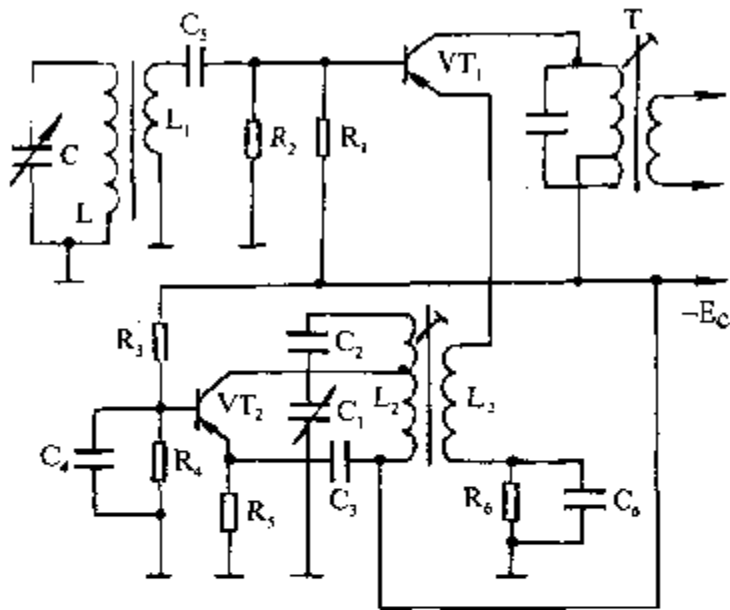


图 7-7-4 独立振荡变频电路

二、中频放大级

中频放大器是超外差式收音机的极其重要的组成部分，中放级的好坏对收音机的灵敏度、选择性和保真度等主要指标有决定性的影响。

收音机里的中频放大器其工作频率为 465kHz，用谐振回路作负载，这样可以大大提高收音机的灵敏度和选择性，常用的晶体管中频放大器电路如图 7-7-5 所示。

经过变频级转换成 465kHz 的中频信号通过中频变压器 T_2 耦合至 VT_2 基极，经过 VT_2 放大后由第二只中频变压器 T_3 耦合到 VT_3 进行第二次中频放大，经 VT_3 放大后的中频信号由第三只中频变压器 T_4 耦合到检波级进行检波。

R_6 是第一中放管 VT_2 的上偏置电阻， R_6 、 R_{12} 、 RP 和二极管 VD 的正向电阻合起来的总电阻是第一中放管的下偏置电阻。 R_7 是第一中放管的发射极电阻，起电流负反馈作用。 C_9 的任务

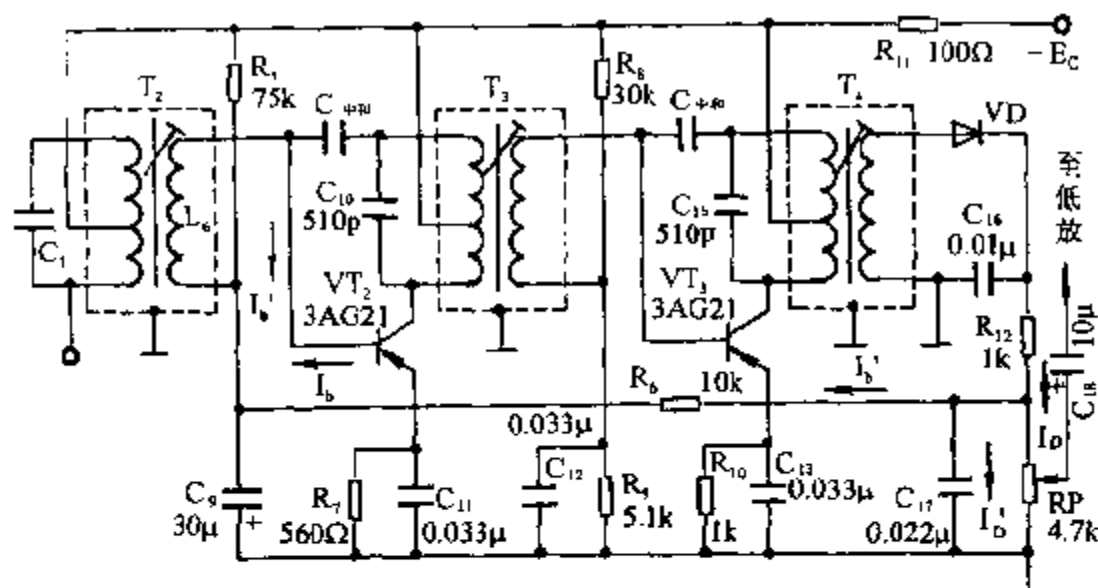


图 7-7-5 晶体管中频放大级电路图

之一是旁路中频信号, C_{11} 是第一中放管的发射极旁路电容。由第一中频变压器的次级线圈 L_6 输送来的中频信号, 通过 C_9 、 C_{11} 加到中放管 VT_2 的基极和发射极之间。

R_8 、 R_9 、 R_{10} 组成第二中放管 VT_3 的电流负反馈偏置电路。 C_{12} 、 C_{13} 也和 C_9 、 C_{11} 一样是旁路电容。各级中频放大器之间采用中频变压器进行耦合。图 7-7-5 所示的中频变压器。第一级变频器负载中频变压器 T_2 的磁帽顶端是黄色的, 标号是 SZP_1 ; 第二级中放中频变压器 T_3 的磁帽顶端是白色的, 标号是 SZP_2 ; 第三级中放中频变压器 T_4 的磁帽顶端是黑色的, 标号是 SZP_3 。 C_7 、 C_{10} 、 C_{15} 分别是三个中频变压器的谐振电容。

图 7-7-5 中两只 $C_{中和}$ 是中和电容, 就是用人为的外部反馈电流和管内极间电容 C_c (集电结电容) 形成的反馈电流大小相等, 相位相反, 互相抵消的办法, 来克服极间电容 C_c 的影响。中和电容接在基极和中频变压器的一端上。另外考虑到三极管输出阻抗较低, 阻抗要匹配, 所以电源供给从中频变压器初级中心

头接入。同时次级大多数是不调谐的且圈数很少,以便与下一级所接的三极管输入阻抗小的特点相适应。

三、检波和自动增益控制

在超外差式收音机中,通常采用二极管检波器。在图 7-7-5 中 VD 是检波二极管, C_{16} 、 C_{17} 、 R_{12} 是中频滤波电路, RP 是检波负载,兼音量控制电位器,检波后的音频信号由电位器的滑动臂经隔直电容 C_{18} 送到低频放大器。检波原理可参考本章第三节。

另外超外差式收音机一般都装有自动增益控制电路(简称 AGC)。它是利用检波输出电压的直流成分加到被控制管第一中放基极,来控制它的基极偏流,以便改变其增益大小。因此要求控制电压极性正好与原来的基极偏流的极性相反。这样,当外来信号越强,被控制管的总偏流就越小,增益就降低,从而保证输出信号电平稳定。

下面我们利用图 7-7-5 来分析一下自动增益控制部分的工作原理。当没有外来信号时,检波管没有输出,中放管 VT_2 的静态工作点由各偏置电阻决定。这时 VT_2 的基极电流设为 I_b , 相应的集电极电流为 I_c 。当外来信号进入收音机,经过变频和中放后,由二极管 VD 检波。检波后的高频分量由 C_{16} 、 R_{12} 、 C_{17} 滤掉,音频分量经 C_{18} 送至低频放大器。直流分量 I_D 的一部分 I_D 消耗在电位器上,另一部分直流成分 I_b' 通过 R_6 反馈到 VT_2 第一中放基极,这个电流就是自动增益控制电流。由于 I_b' 同 VT_2 的静态基极电流 I_b 流向相反,结果使 VT_2 的基极电流减小, VT_2 的集电极电流 I_c 也随之减小,从而使中频放大级的放大倍数降低。外来信号越强,检波后反馈到 VT_2 基极的 I_b' 愈大,导致 VT_2 的偏流愈小,中频放大器的放大倍数也越低;反之则中频放大器可保持较高的放大倍数,从而起到自动增益控制作用。 C_{16} 、 R_{12} 、

C_{15} 还起到中频滤波作用。 C_9 和 R_6 共同起到自动增益的直流分量滤波作用,同时 C_9 要滤除通过 R_6 过来的音频电流,而只让直流分量送到中放管 VT_2 的基极,起到稳定自动增益控制作用。

四、超外差式六管机全机电路分析

前面我们分析了超外差式半导体收音机的变频级、中频放大级、检波和自动增益控制电路。只要将它们同低频放大级、功率放大级连起来,就可以得到一个完整的整机电路。下面我们以前 XY-601B 型晶体管收音机为例说明整机电路的工作原理和各元件的作用。

让我们对照图 7-7-6 对该收音机电路图逐级进行具体分析。首先从输入端开始,磁性天线感应来的信号送到谐振回路 L_1 、 C_{1a} 中去,将 L_1 、 C_{1a} 调谐在接收的信号频率上,其它干扰信号相应地被抑制。然后通过 L_1 、 L_2 的耦合将高频信号送到变频级 VT_1 的基极。变频级的振荡电压通过 C_4 注入 VT_1 的发射级。 L_3 、 C_{1b} 组成振荡回路,反馈是由 L_4 来实现的,因此,这是一个振荡电压由发射极注入,信号由基极注入的变频级。 R_1 、 R_2 、 R_3 是偏置元件, C_3 作高频旁路之用,否则信号将有很大部分被 R_2 吸收掉。经变频之后,信号变换成 465kHz 的中频信号,由谐振于 465 千赫的中频变压器 T_2 取出送至由 VT_2 组成的第一中频放大级。第一中放级加有自动增益控制,所以它的偏置由 R_5 、 R_6 、 R_7 、 R_{12} 、 RP 与 VD 的正向电阻等联合决定。 C_9 是一个容量较大的电解电容器,其主要作用是滤除检波后的音频电流。 C_{11} 是发射极旁路电容。经过 VT_2 放大后的中频信号由 T_3 取出后送到第二中频放大级。 R_8 、 R_9 、 R_{10} 是第二中放级的偏置电阻, C_{12} 、 C_{13} 是旁路电容。经过二级中放后的信号由第三个中频变压器 T_4 耦合到检波二极管 VD 进行检波。 C_{16} 、 R_{12} 、 C_{17} 将残余的中频滤掉,

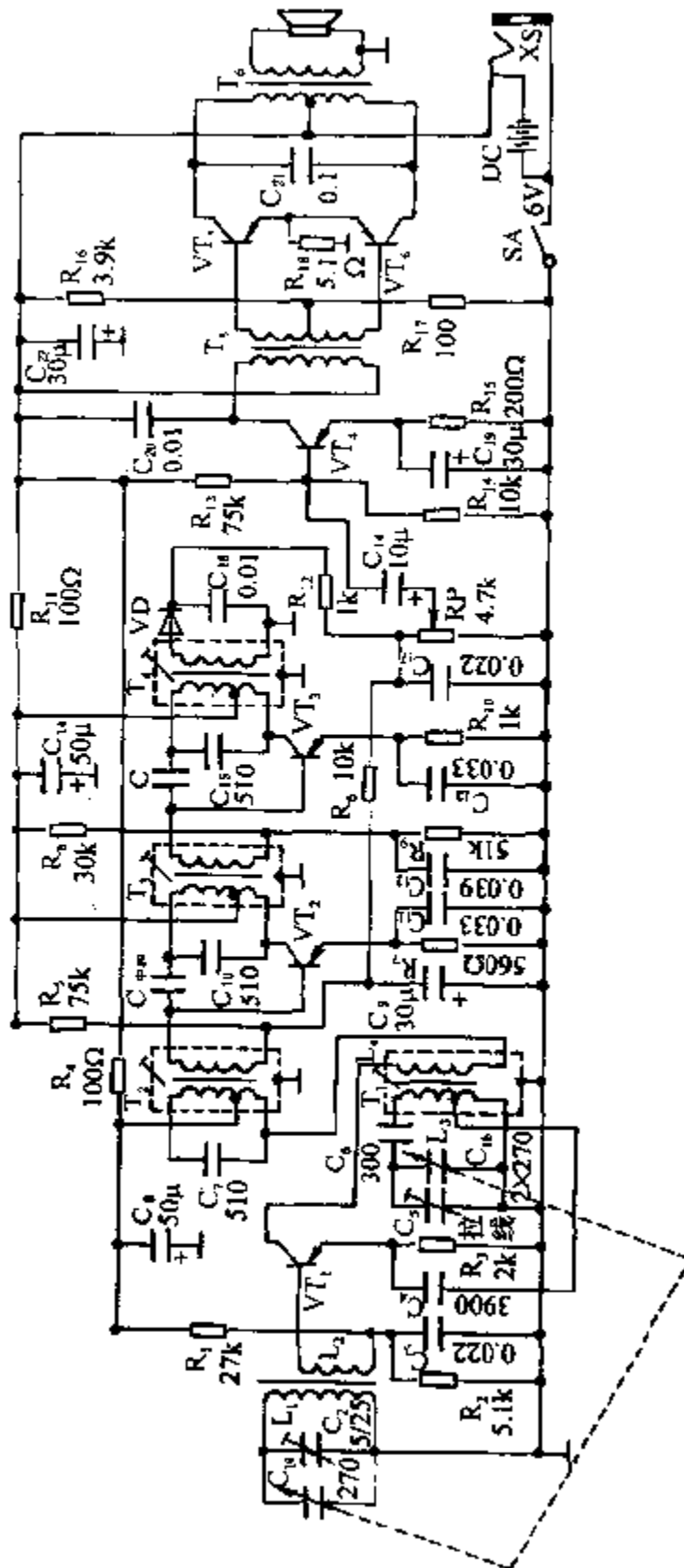


图 7-7-6 晶体管六管超外差式收音机电路图

怎样看无线电电路图

在电位器 RP 上的音频信号通过 C_{18} 耦合到 VT_1 组成的前置低放级。检波后的直流分量通过 R_6 加到中频放大器的 VT_2 的基极作自动增益控制。 VT_1 放大后的音频信号,经 T_5 送到由 VT_5 、 VT_6 组成的推挽功率放大级,最后输出较大的音频功率推动扬声器发出声音。 R_{13} 、 R_{14} 、 R_{15} 是 VT_1 的偏置电阻, C_{19} 是发射极旁路电容, R_{16} 、 R_{17} 、 R_1 是 VT_5 和 VT_6 推挽放大级的偏置电阻。 C_{22} 、 R_{11} 、 C_{14} 、 R_{13} 和 C_8 组成电源退耦电路,电容 C_{20} 、 C_{21} 用来改善音质。电容 C_2 、 C_5 是微调电容, C_6 是垫整电容。 C_7 、 C_{10} 、 C_{15} 分别是中频变压器 T_2 、 T_3 和 T_4 的谐振电容。 T_5 是输入变压器, T_6 是输出变压器。 XS 是外接电源插口。

XY-601B 印刷电路图见图 7-7-7。元件安排见图 7-7-8。

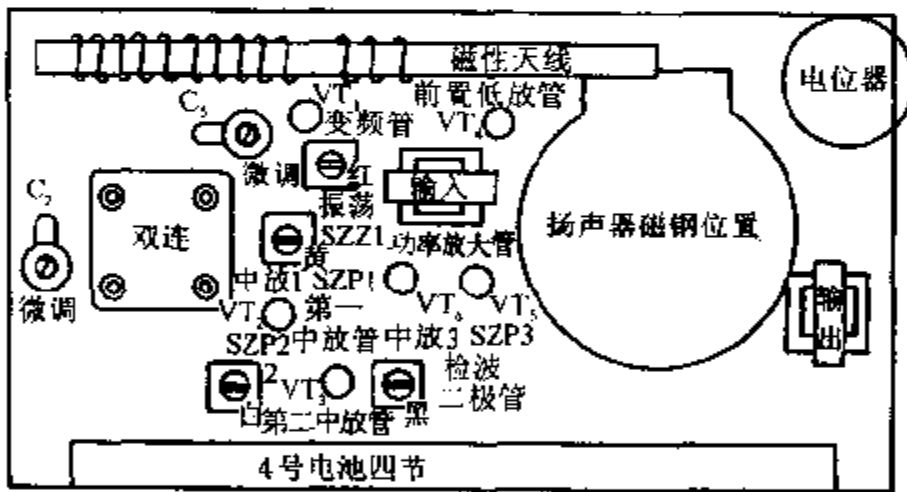


图 7-7-8 XY-601B 主要元件排列图

超外差式收音机比来复再生式收音机,用的特殊元件有振荡线圈和一套中频变压器。为便于认识这些特殊元件,我们把中频变压器和振荡线圈的结构和接线绘成于图 7-7-9。

图 7-7-7 电路图中用的中频变压器和振荡线圈为 T_1 、 $SZZ1$ 磁帽红色; T_2 — $SZP1$ 磁帽黄色; T_3 — $SZP2$ 磁帽白色; T_4 — $SZP3$ 磁帽黑色。

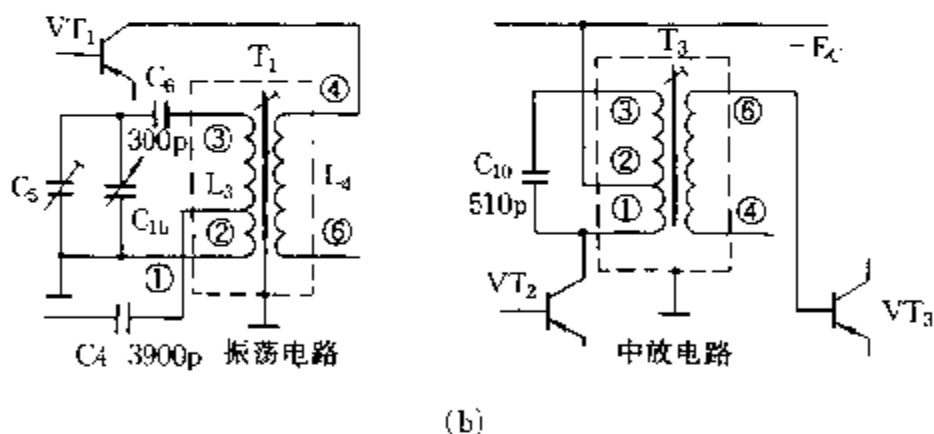
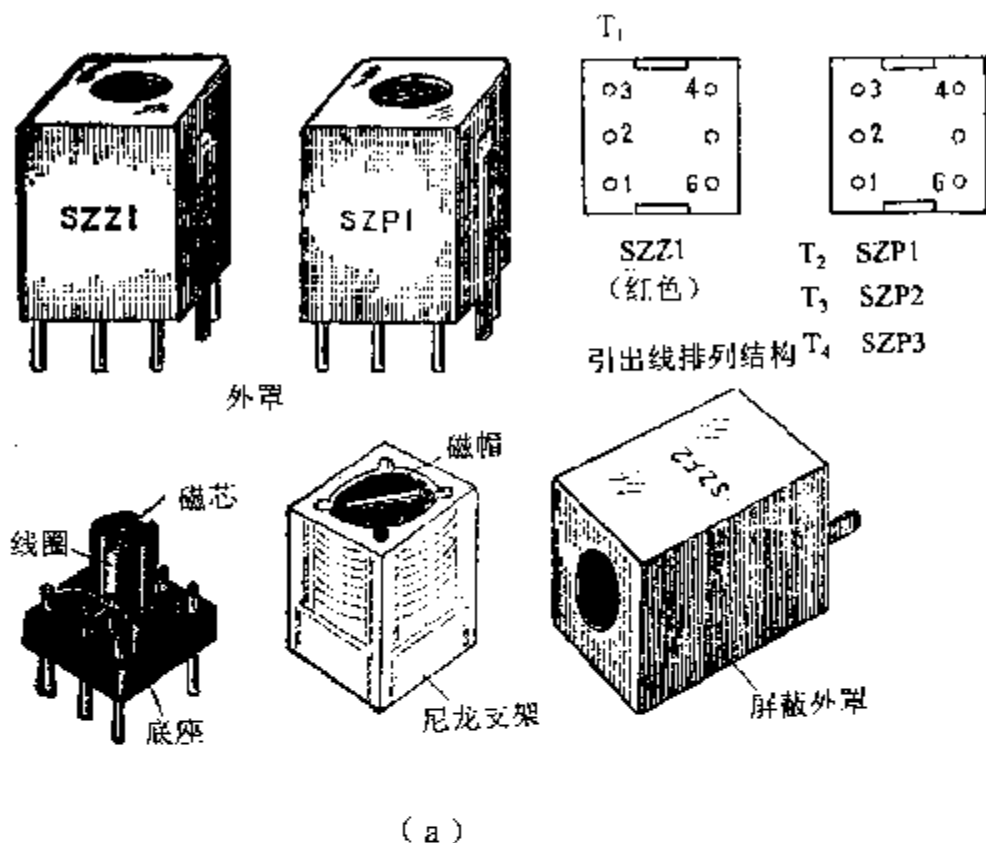


图 7-7-9(a)(b) 振荡线圈, 中频变压器接线与结构

第八节 OTL 低频功率放大电路

在国产晶体管收音机中,常采用一种无输出变压器的推挽

功率放大级电路(简称 OTL 电路)。采用这种电路的最大优点是省去输入输出变压器,故价格低,重量轻,音质好。因此,我们对这种电路应该有一定的了解。OTL 电路一般分为三大类:一类是无输出变压器电路,但有输入变压器作倒相用;二是互补对称式电路,它是利用 PNP 型三极管和 NPN 型三极管的导电极性相反,彼此互补对称,自动完成倒相作用,因此,既不用输出变压器,也不用输入变压器;第三类是复合互补对称电路。我们主要分析一下后两种 OTL 电路。

一、互补对称式推挽功率放大电路

让我们先来了解一下什么叫“互补对称”? 如图 7-8-1(a)所

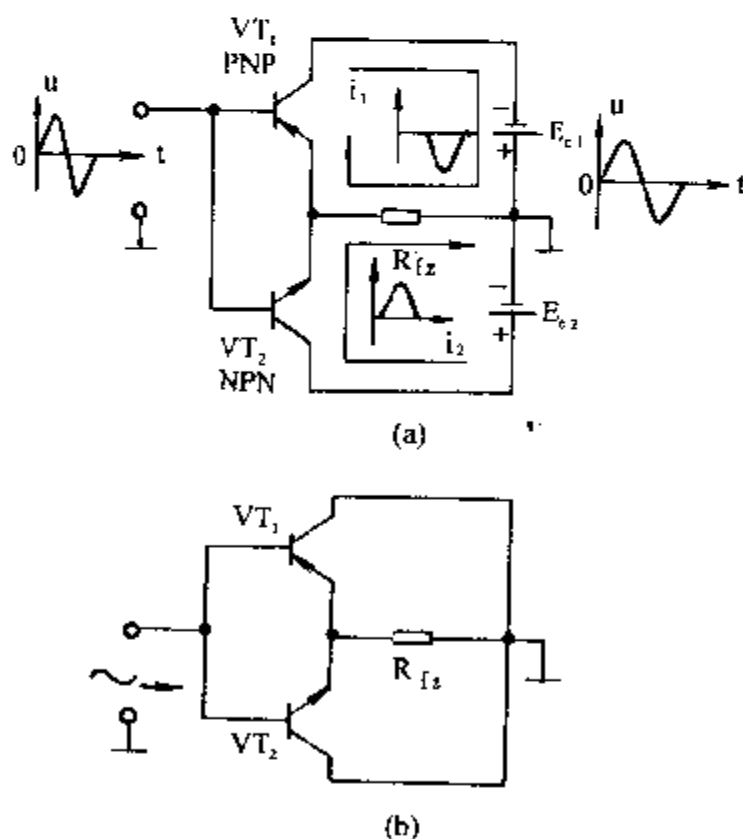


图 7-8-1(a)(b) “互补对称”电路的原理

示, VT_1 为 PNP 型, VT_2 为 NPN 型, 从导电特性来看两只管子是完全相反的。PNP 管对负信号导通, 而 NPN 管则对正信号导通, 由此可知, 该电路在其负载上可得到一个完整的信号, 这是由于它们彼此互为补偿的结果。而从电路连接方式来看, 上下两管的电路是完全对称的, 所以人们就称之为“互补对称”电路。

它的简单工作原理是: 当信号正半周时, 对 PNP 型的 VT_2 而言, 基极为正, 因此 VT_2 管导通, 其发射极电流 i_2 随信号而变化, 流过负载 R_L , 在 R_L 上就可得到相应的正半周信号。但对 PNP 型的 VT_1 管来说, 由于基极加正压, 所以这只管子是处于截止状态, $i_1 = 0$ 。反之, 当信号负半周时, 对 PNP 型的 VT_1 管加的是正向偏压, VT_1 导通, 其集电极电流 i_1 随信号而变化, 而对 NPN 型的 VT_2 管是反向偏压, VT_2 截止, $i_2 = 0$, 这时只有电流 i_1 流过负载 R_L , 在其上得到相应的负半周信号。这样, 两管轮流工作, 结果在一周内负载 R_L 上就可以得到一个完整的信号。由此可见, 这种电路只需要一个激励信号, 不需要倒相电路, 而由互补对称的 VT_1 、 VT_2 两管本身自动完成倒相作用。所以也称它为“单端推挽电路”。

由于直流电源的交流内阻很小, 故 VT_1 、 VT_2 的集电极都等于接地, 它的交流回路可以画成图 7-8-1(b) 那样。从这个图中可看出, 输入信号不管 VT_1 、 VT_2 都是加于基-集之间; 而输出又都是从两管的发-集之间取出。这就是说输入、输出所共用的是集电极, 因而对两管来说都是共集电极放大电路, 也就是发射极输出电路。

我们知道, 发射极输出电路的电压放大系数小于 1 而接近于 1, 但它有电流放大和功率放大作用; 还有很低的输出阻抗, 所以它不要输出变压器而可直接与扬声器相连接的另一方面的原因。

图 7-8-2 是互补对称推挽电路的实际电路图。VT₂、VT₃ 为功率输出级，VT₁ 为激励级。从直流通路上分析 R₃、R₄、R₅ 是 VT₁ 管的集电极负载电阻(主要是 R₄)。其中 R₅ 上的电压降决定 VT₂ 和 VT₃ 的偏流大小，从而决定 VT₂、VT₃ 的静态电流。R₅ 阻值越大，无信号时 VT₂、VT₃ 的电流也越大。

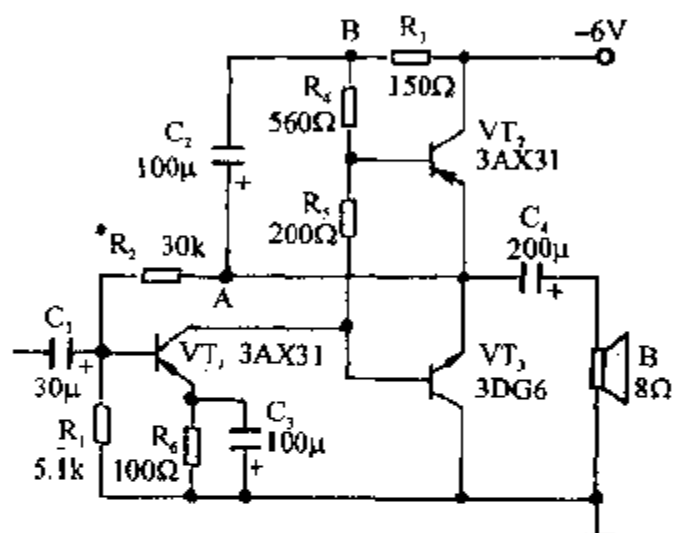


图 7-8-2 互补推挽电路的实际电路图

R₁ 为 VT₁ 的下偏置电阻，R₂ 是 VT₁ 的上偏置电阻，R₃ 又是跨接在输出端与 VT₁ 基极之间，所以具有负反馈作用，可以稳定工作点。R₄ 为 VT₁ 的发射极电阻，C₃ 为发射极旁路电容。

C₄ 既是隔直流电容，又是输出端与扬声器耦合的电容。C₄ 的数值常选在 200~1000μF 之间。

下面我们着重看一看 C₂ 在电路中起什么作用。

C₂ 是一个自举电容，它的作用是提高 VT₁ 的放大系数和增大输出级输出功率的能力。

另外，我们在看有些收音机的互补对称电路时，发现省掉了图 7-8-2 中的 R₃ 和 C₂。如 612A 机，它的功放电路如图 7-8-3 所示。这里除了取消图 7-8-2 中的 R₃、C₂ 外，还有一个很重要的一点变化，就是扬声器的另一端不是接至电源的正极而是接到电

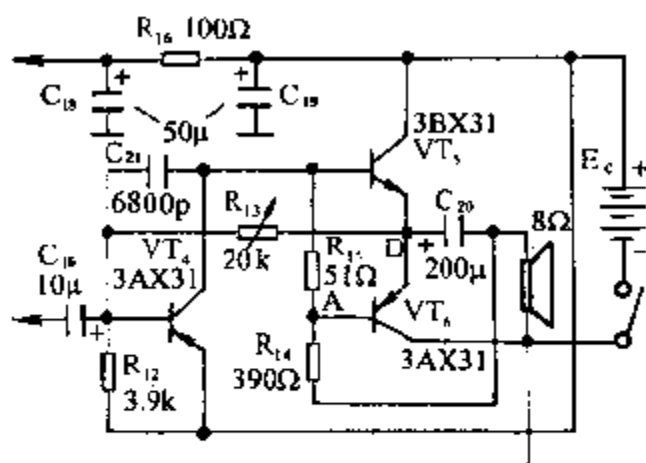


图 7-8-3 612A 的互补低放电路图

源的负极。我们知道,图 7-8-2 中 C_2 的作用是使 A 点的交流电位与输出端相同。而现在 R_{14} 直接接至输出端,其交流电位当然相同了。另外,由于 VT_4 的集电极电压需要负压,故扬声器必须改接至电源负极。扬声器除了作为输出级的负载外,还代替了图 7-8-2 中的 R_3 ,这样,因扬声器的接入,虽无 R_3 也不致使 VT_5 的集电极与发射极短路。电容 C_{21} 是交流负反馈电容器,用作高频抑制及防止自激用,使整机音质得到改善,工作性能稳定。 C_{19}, R_{16}, C_{18} 是一组电源退耦滤波电路。其它的元件同 7-8-2 所对应的元件作用相同。

二、复合互补对称式推挽功率放大电路

在输出功率要求较大时,常采用复合互补对称电路。它是在图 7-8-2 电路的基础上加两只晶体三极管与输出管复合而成的。这里我们先讲复合管的一般原理,然后再分析复合互补电路的工作原理。

复合管是把两个(或两个以上)晶体三极管的适当电极直接连接起来制成的。这里介绍两种复合管的连接方法:一种是由两个相同导电性的三极管构成,如图 7-8-4(a)、(b)所示;另一种

是由两只导电特性不同的三极管构成的,如图 7-8-4(c)、(d)所示。无论哪一种接法,都可以把组合起来的三极管看成一只管子,而输入到输出的电流放大系数近似等于两只管子放大系数的乘积(即 $\beta \approx \beta_1 \beta_2$)。

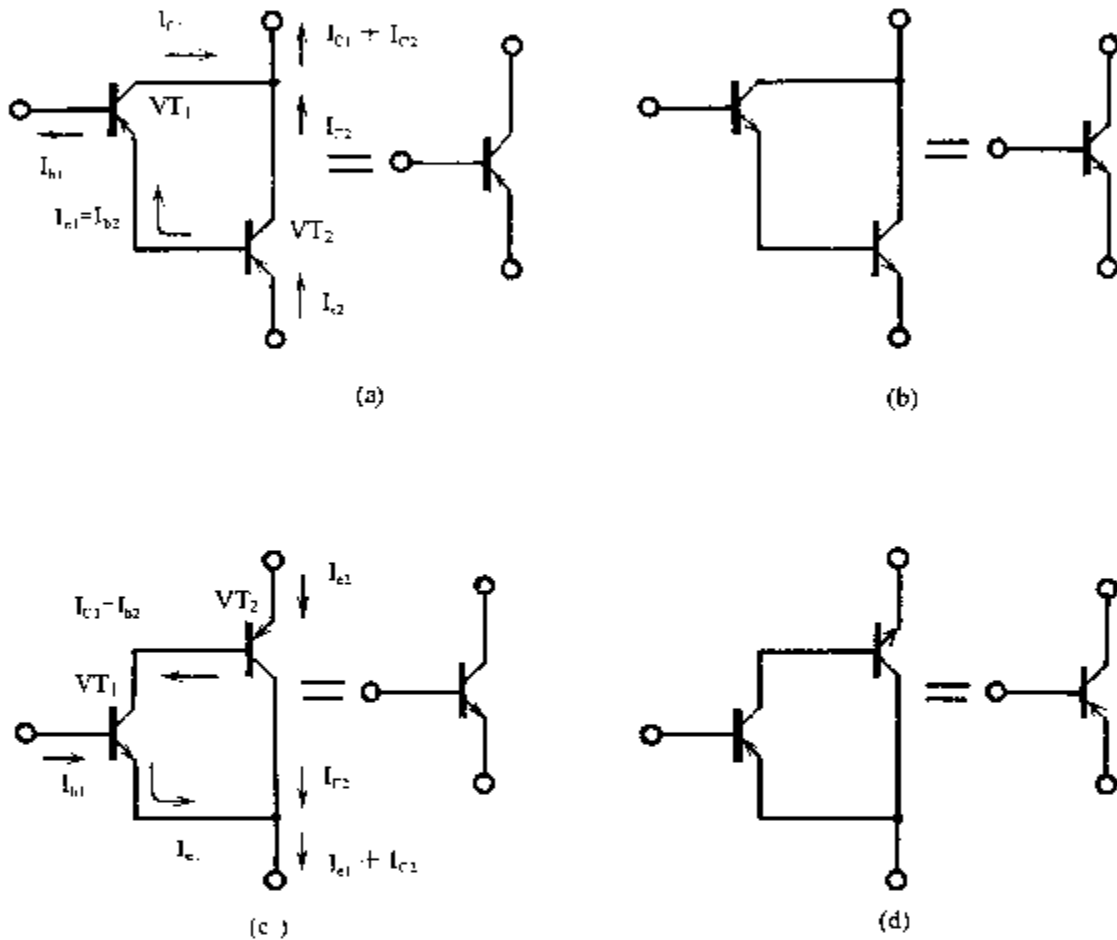


图 7-8-4 复合管的两种连接形式

现在我们来分析一下复合互补对称推挽功率放大电路的实例。如图 7-8-5 所示,它是一台中小功率扩音机的主放大器。

VT_1 是前置放大级, R_{16} 、 R_{17} 是该管的偏置电阻。其发射极电阻 R_{19} 上加有从输出端经反馈电阻 R_{21} 和反馈电容 C_{15} 引来的深度负反馈,用以改善音质。 R_{18} 是 VT_1 的集电极负载电阻, C_{18} 是耦合电容。

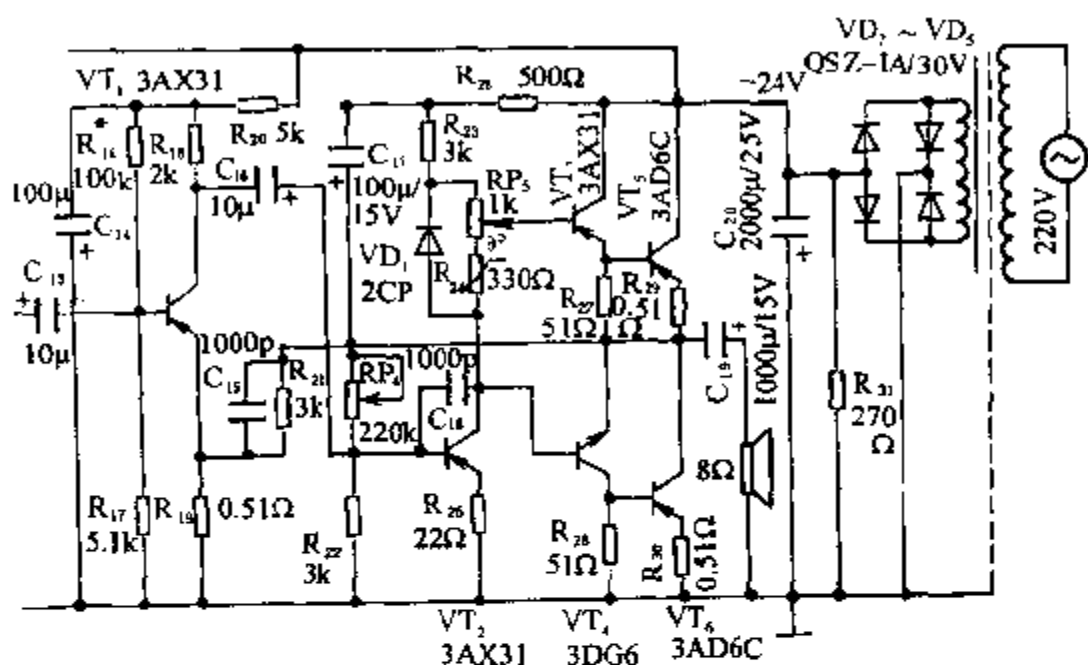


图 7-8-5 复合互补对称式放大电路图

VT_2 是激励级,从激励级以后的电路和图 7-8-2 电路基本相同,只不过 VT_2 和 VT_3 分别用复合管 VT_3+VT_5 和复合管 VT_4+VT_6 代替罢了。 R_{29} 、 R_{30} 用来稳定工作点。热敏电阻 R_{24} 同电位器 RP_5 串联后与二极管 VD_1 并联,相当于图 7-8-2 中的 R_5 ,但它可以获得热稳定性较好的效果。 RP_4 为直流负反馈电位器,也是 VT_2 的上偏置电阻,调整它可以调整 VT_5 及 VT_6 的电源电压分配。也就是可以使它们各得约 $\frac{1}{2}E_c$ (为 12V) 的电压。

第八章 电子管收音机电路分析

晶体管在我国虽然已经广泛地应用在国民经济的各部门,但是,目前我国也还有很多无线电设备是采用电子管的,尤其是经常使用的一些仪器中,有的还是采用电子管的。因为电子管在稳定性、大功率等方面还具有一定的优越性。因此,做为一个无线电爱好者,仍有必要对这些电子管的无线电电路图有所了解。下面我们主要谈谈如何看懂电子管收音机电路图,以便为我们今后看懂其它电子管的无线电电路图奠定基础。

第一节 收音机电路的结构表示法

在电子管收音机电路图中,有许多级,它们的功用各不相同。为了把这些级表示出来,使得对收音机的组成能一目了然,通常有一个简易方式,即以 $0 \cdots V \cdots 0$ 为基本关系式来表示。 V 是拉丁字母,表示检波的意思。

$0 \cdots V \cdots 0$, 就表示检波前后都没有放大。

$1 \cdots V \cdots 0$, 就是检波前有一级高频放大的二管机电路,这种形式采用不多,如图 8-1-1(a)。

$0 \cdots V \cdots 1$, 就是检波后有一级低频放大的电路,如图 8-1-1(b)。

$1 \cdots V \cdots 1$, 就是有一级高频放大,又有一级低频放大的电路,如图 8-1-1(c)。

$0 \cdots V \cdots 2$, 就是检波前没有放大,检波后有两级低放的

电路,如图 8-1-1(d)。

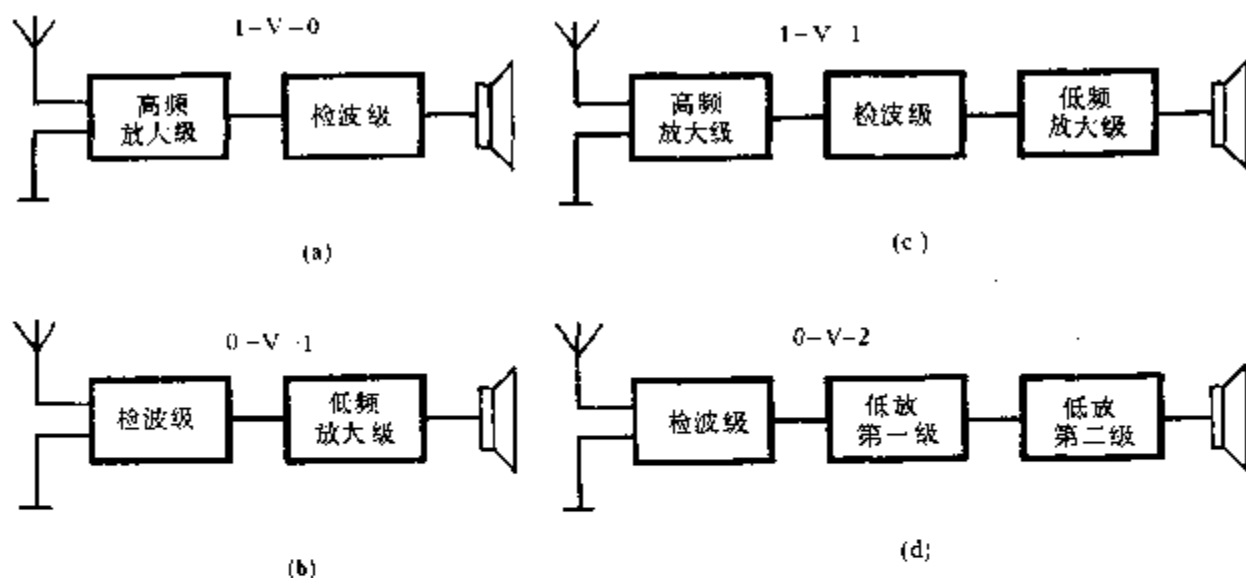


图 8-1-1 电子管收音机的方框图

第二节 电子管收音机的电源电路

电子管用来作为放大电路时(图 8-2-1),一定要在屏极(也叫阳极或板极)加上较高的直流正电压,在栅极上加一个较小的直流负电压,在灯丝上加一个直流或交流电压。这一节我们主要讲一讲交流收音机的整流器和电子管电源。

交流收音机电源电路最通用的是如图 8-2-2 那样的全波整流电路。从这个电路可以看出:由电源变压器初级输入交流电源,在变压器次级分成三个线圈,有一组高压线圈和两组灯丝线圈。高压线圈两端接整流管的

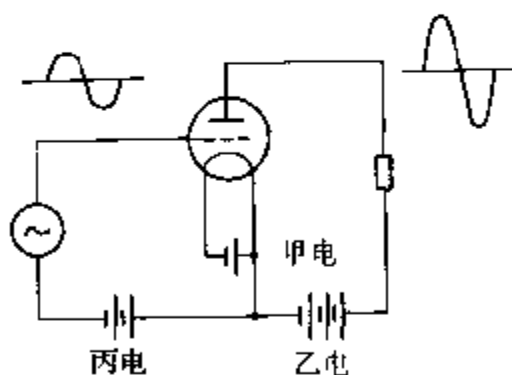


图 8-2-1 电子管在放大时应各级加的电压

两个屏极,它的中心抽头接乙₋端(实际上通常都是接机壳,收音机各屏极电源电路有一端是接机壳,这样电路就沟通了。为了让读者看得清楚一些,图中直接连通了乙₋端)。整流管灯丝线圈供整流管灯丝加热用。其它各管灯丝线圈则有 6.3V 电源送到各电子管灯丝。这就是全波整流电路的主要构成部分。当高压线圈上端为正,下端为负时,屏极 a 上加有正电压,有电流沿着实线箭头流通, R₁ 便有电流流过;当高压线圈下端为正,上端为负时,屏极 b 上加有正电压,因此有电流沿虚线箭头流通, R₁ 上又有电流流过,而且方向和上次一样,所以在交流电的正半周和负半周时,都有同方向电流流过 R₁。图上在乙₊和乙₋之间接了一个电阻 R₁,代表各电子管电路,实际电路中不接 R₁,而把乙₊接到各个电子管的屏极或帘栅板等电路中去,乙₋接机壳,便得到所需的直流高压电源。但经整流管整流后输出的直流电流并不是纯直流,还要经滤波器把交流成分再滤去。

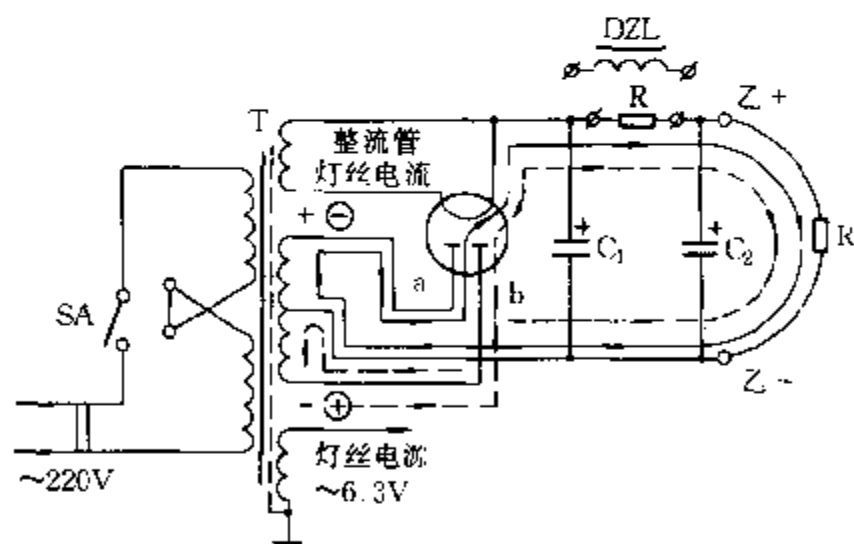


图 8-2-2 电子管整流电路

图 8-2-2 是一只由 R 与 C₁、C₂ 等元件组成的滤波器。滤波电路一般是由电解电容器与电阻构成,较考究的电路不用电阻,而改用低频阻流圈(图 8-2-2 中的 DZL)。电流经过上述过程后

就可以直接使电子管各部分工作。

除上面讲的全波整流电路外,还有如图 8-2-3 所示的半波整流电路。它的特点是节省了一个整流管,而变压器只要能将 220V 变成为 5.3V 的电压就行了。用半导体或硒片进行整流,由于半导体和硒片不需要灯丝电压,所以用起来就很方便。

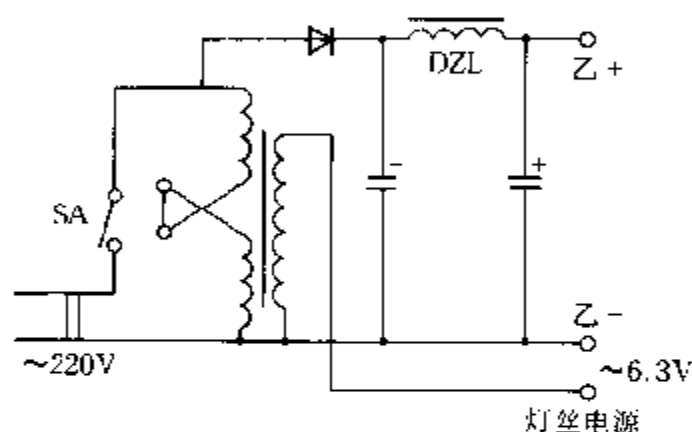


图 8-2-3 晶体管整流电路

电源电路还有常见的交、直流两用电源电路,如图 8-2-4 所示。

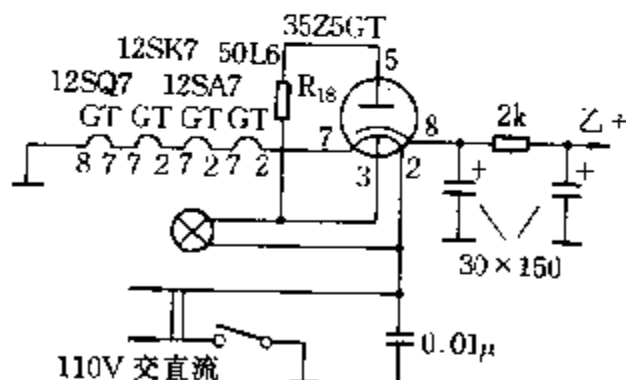


图 8-2-4 交、直流两用电源电路

这种电路是利用 35Z5 等整流管来工作。同时灯丝电源完全由交流电降压后来取得。因为没有单独灯丝变压器,所以全部

电子管灯丝要串联起来,直接接在电源上。各电子管灯丝电压之和为 122.8V,直接接在 110V 电源上即可,但两者电压不能相差太大。指示灯并联在一段灯丝上是为了减轻整流管灯丝的负担。整流电路是由电源插头的一根线,经过整流管 35Z5GT 的灯丝 2、3,再经过电阻 R(18Ω)、整流管屏极到阴极,再经过滤波电路到高压乙₁,加到各电子管去,然后由乙₋(图中未画出)回到机壳,再回到电源插头。

第三节 电子管收音机的检波电路

无论是简单的收音机或复杂的收音机都必须有检波电路。无线电信号只有经过检波才能听到广播节目的声音。图 8-3-1

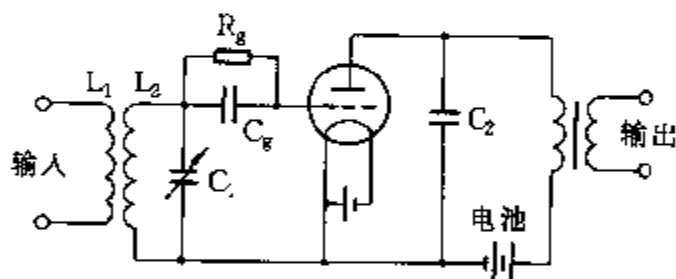


图 8-3-1 栅极检波电路

所示是一个电子管检波电路,因为应用电子管的栅极起检波作用,所以叫做“栅极检波”。由图中 L_2 和 C_1 组成的调谐电路选出了所需的电台信号。选出来的信号是高频调幅波,这一信号经过 R_g 、 C_g 加到电子管栅极上。电子管栅极相当于二极管的屏极,当它上面加有正电压时,阴极的电子能被它吸收,加负电压时则排斥电子。所以当高频调幅波加到栅极上时,正半周内电流流过 R_g ,负半周没有电流流过 R_g ,结果等于把高频调幅波的负半周取消了,得到了一个与图 7-3-5 相似的波形。从中提取所需的音频信号,从而完成检波任务。高频调幅波中的低频电流路径是由

栅极回到阴极,经 L_2 、 R_g (C_1 和 C_g 对低频的阻力很大,所以低频不容易通过)到栅极。高频部分不是我们需要的,它经电子管放大以后经 C_2 旁路,不让它到输出端去。低频部分加到电子管栅极上,经电子管放大后送到输出端去。在栅极检波器中的栅漏电阻与电容,应该选取适当的数值。具体地说, C_g 的阻抗,对高频要很小,而对最高的音频要相当大,通常为栅极与阴极的极间电容的十倍,即 50 至 250pF 为合适。普通单管机用 100pF 即可。 R_g 的大小对信号强弱有些影响,以 2~10M Ω 为合适。

第四节 电子管单管再生式收音机

在再生式收音机中,除了利用电子管作栅极检波之外,它又多了一个零件,名叫“再生线圈”(图 8-4-1 中的 L_3)。利用这个再生线圈的感应作用,把放大后的高频电能又反馈给栅极电路,补偿了能量的损失,增加了栅极上的信号强度,这种作用叫“再生”。如果再生过强,即反馈能量过多,会发生振荡,即经过电子管放大的信号大量回送到栅极去,除去抵消了损耗以外,还有富裕,结果被二次放大,放大后又反馈到栅极,结果经第三次放大,依次反复,这样下去就会产生自激振荡。如果适当控制反馈的能量大小,把再生调到不发生自激振荡的强度,既能补偿能量的损失,又增强信号电压,这样就提高了收音机的效率。再生式收音机就因此而得名。

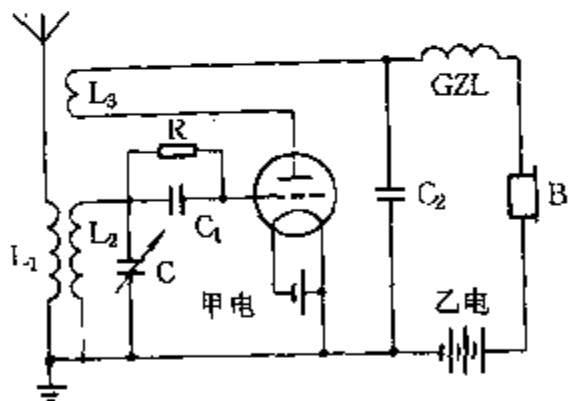


图 8-4-1 再生式收音机电路

再生式收音机中调节再生强弱的方法有下面几种：

(1)改变线圈的位置。如图 8-4-2(a)所示,使线圈 L_2 和 L_1 间的距离改变,以达到加强或减弱电感耦合程度,从而改变再生强度。这种方法不太稳定,应用不多。

(2)改变可变电容的容量。如图 8-4-2(b),再生线圈 L_3 和屏极电路并联。 L_3 和 C_2 串联成一回路,改变电容 C_2 便能控制高频电流的大小,以达到控制反馈电能量的大小,从而改变再生。

(3)改变帘栅极电压。图 8-4-2(c)中,帘栅电压从电位器的滑臂和一端取出,加到帘栅极上,移动滑臂,可使加到帘栅极上的电压加高或降低,于是使电子管内的电子流增加或减小,使通过反馈线圈 L_3 的高频电流增减,从而控制再生量大小。图中 C_3 是帘栅极的旁路电容器,使帘栅上的交流成分经过它回到阴极,不致在帘栅电路内引起电压降,造成不良的影响。

(4)在再生线圈的两端接一电位器,以控制再生。如图 8-4-2(d)的接法,便有电流流过电位器。调节电位器的滑臂,再生线圈里的电流将增大或减少,从而控制再生。

下面我们介绍一种在有交流市电的地方,读者制作的单管再生式接收机。我们从图 8-4-3 可知:当广播电台发送的调幅波经天线 TX,首先进入 L_1 ,再由 L_1 感应到 L_2 ,由于 L_2 和 C_1 配合起谐振作用,这时,当谐振频率和外来电台的频率相同时,收音机的输出为最大。所以调节 C_1 ,变动 L_2 、 C_1 回路的谐振频率,就可以选择外来电台的信号。

栅极电容 C_1 以及栅极电阻 R_1 ,和电子管 6N8P 左边的栅极配合起检波作用,经过电子管把音频信号放大送到耳机中。同时再生线圈内有检波管输出的高频电流流过,又由于 L_3 和 L_2 的交连作用,反馈一部分能量到 L_2 ,这样使谐振回路损耗减小,因

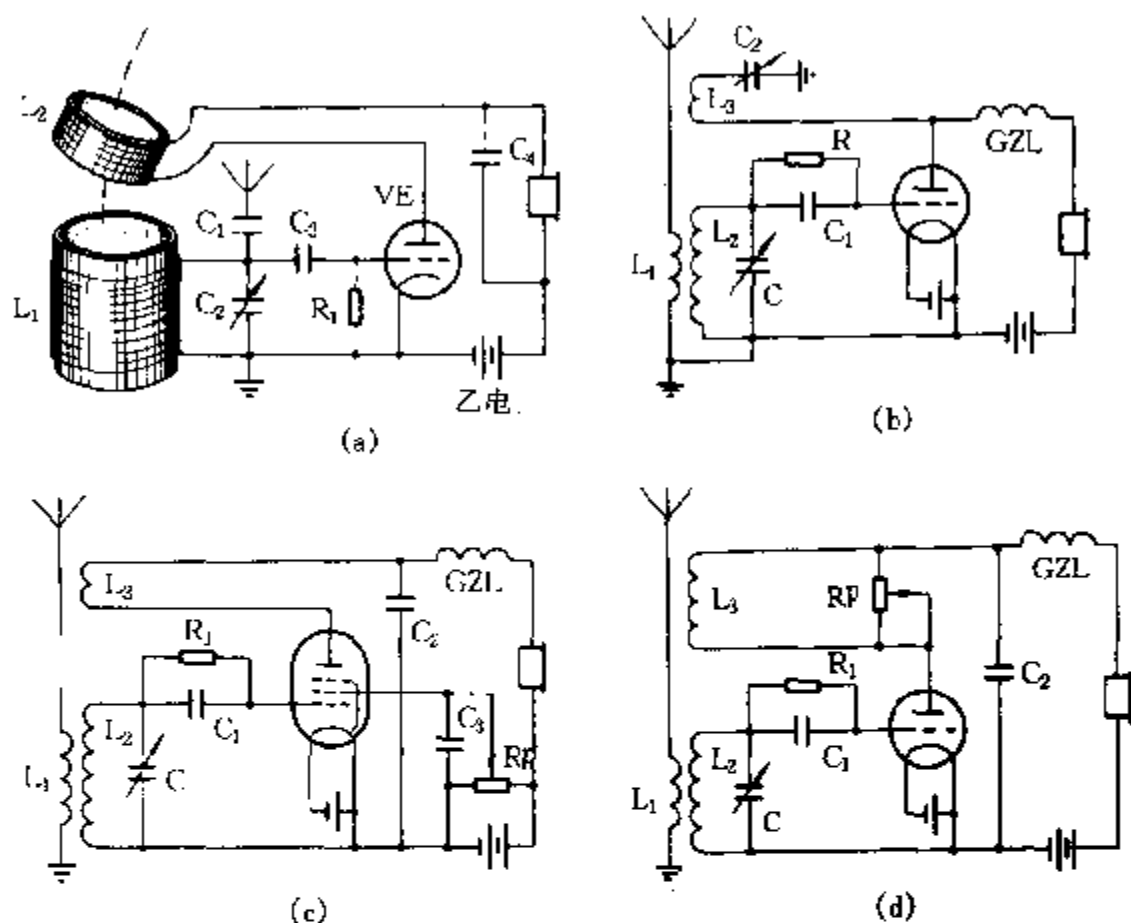


图 8-4-2 控制再生的方法

而提高效率。在这个电路的屏极回路中有 C_2 和 C_2 串联起来控制再生的强弱。这个电路的电源由 6N8P 的另一半，把屏极与栅极经过 R_1 并联起来，接成一个二极管，进行半波整流，供作乙电。整流后电流从阴极输出，经 C_3 、 C_4 、 R_2 滤波后，再供给屏极使用。 R_2 是滤波后的泄放电阻，它可以用来稳定直流电压，使电子管工作稳定。本机使用的是 6N8P 双三极管，因此制作起来即经济又方便。电子管 6N8P 也可以用国产小型电子管 6N1 或 6N2 等代替，只要管脚作相应变动外，其它元件数值均可不变。

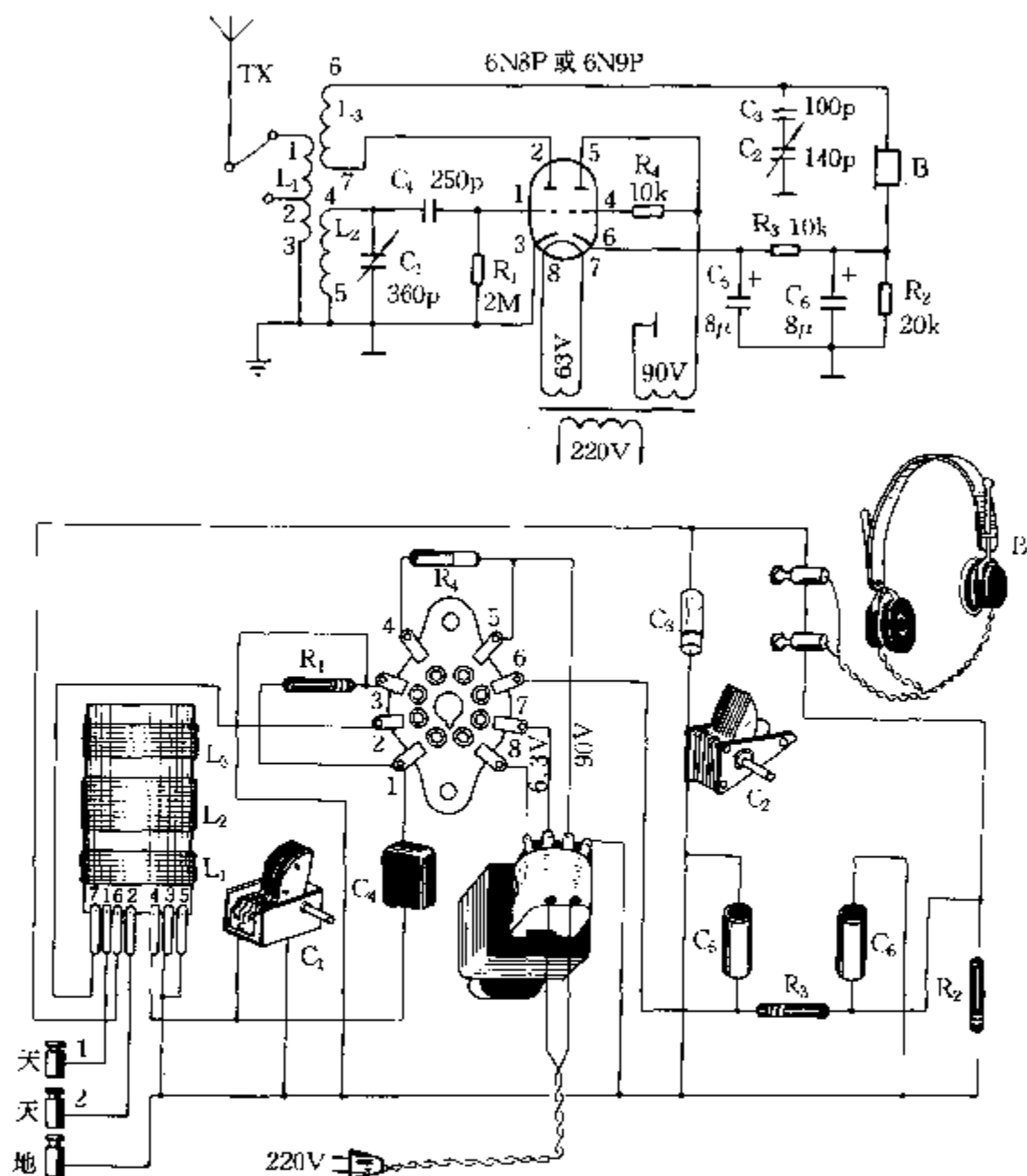


图 8-4-3 电子管再生式单管收音机电路图

第五节 电子管三管再生式收音机

单管再生式收音机如果加一级低频放大电路声音会更响，

图 8-5-1 就是这种加有低放的收音机放大部分,采用阻容耦合方式。从负载电阻 R_2 将检波后的低频电压通过 C_3 加到 VE_2 的栅极上,被 VE_2 放大后,从扬声器发出声音来。前一级是检波级,它的作用在上面已经讲

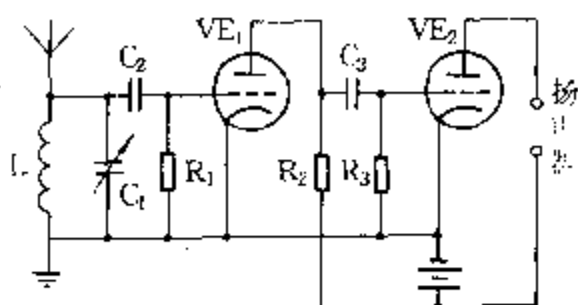


图 8-5-1 阻容耦合电路

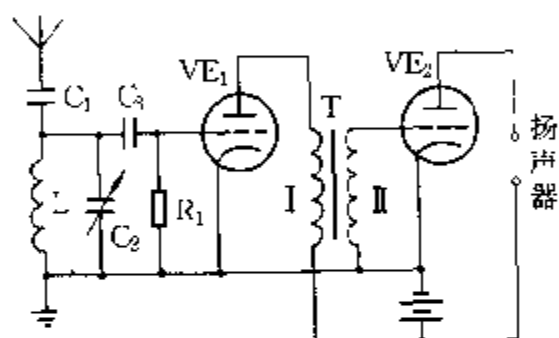


图 8-5-2 变压器耦合电路

过。图 8-5-2 是另一种加有低频放大的电路。它是用变压器在二级间传递电能。利用 1:3 音频变压器将 VE_1 检波后的信号送到 VE_2 的栅极上,将它放大后放出声音来。在这两图中,因为只为了说明其大致工作原理,所以灯丝电路等都没有画出来。

如果在上面的电路图中加上一个电子管整流电路,就是一台交流再生式三管收音机。

图 8-5-3(a)就是交流三管再生式收音机的电路图。它是由一级再生式栅极检波,一级音频放大,再加上一级电源电路构成的。

电源供给采用比较简单的半波整流电路,其工作原理简介如下:将 6Z4 的两个屏极并接起来当作一个二极管使用,再加上其它元件就组成整流电路。为了分析方便,我们画出原理电路如图 8-5-3(b)所示。由图可知:当电源变压器的高压线圈在正半周的时候(接屏极端为正,接地端为负),加在整流管屏极上的电压为正,这时候屏极吸收电子产生屏流,它的方向是从电源变压器次级高压线圈上端,流经整流管、电阻 R_0 和各个电子管的屏

怎样看无线电电路图

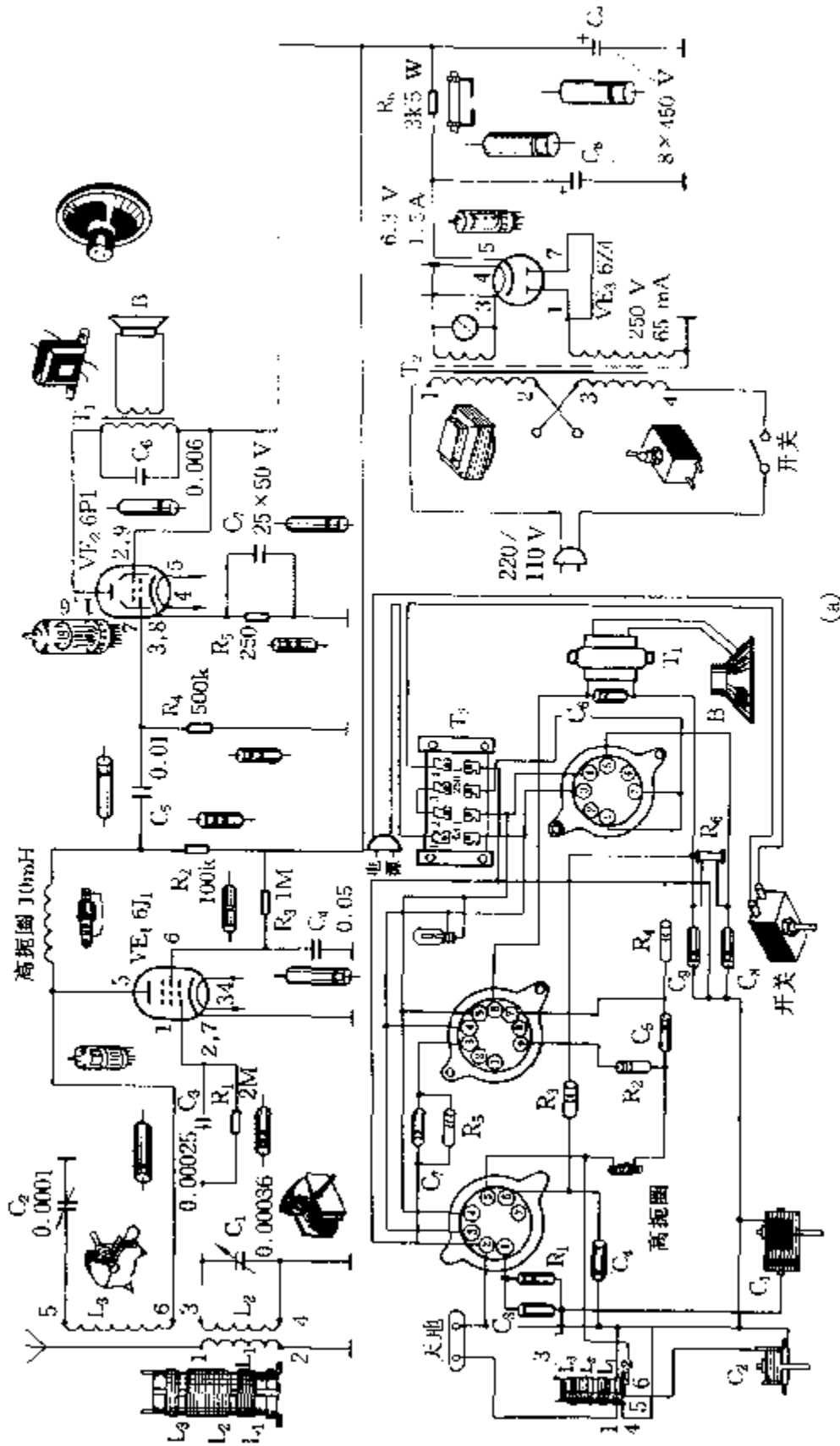


图 8-5-3(a) 电子管三管再生式收音机

极、帘栅极和阴极到地,再回到高压线圈下端,如图中箭头所示。这时的负载就是消耗电能的各个电子管,显然有半波电流流通,整流波形图如图 8-5-3(b)所示。而在交流负半周(高压线圈上端负、下端正)的时候,整流管的屏极带负电,排斥电子,没有屏流

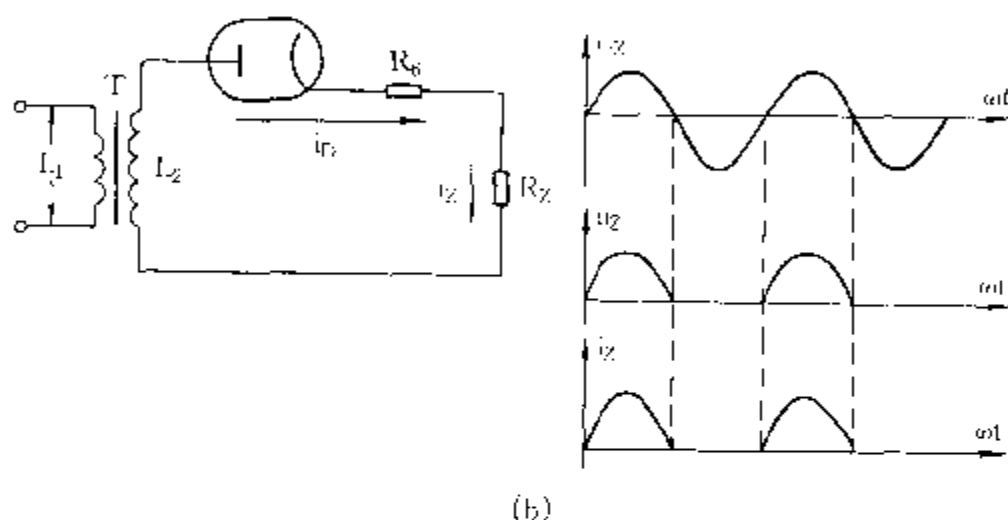


图 8-5-3(b) 半波整流基本原理图

产生,负载上就没有电流。高压线圈上的交流电虽然不停地变化,但是经过整流管的作用,负载上只有正半周的电流流过,因此负载上的电压也只能是半波。因为负半周被截去了,所以这种整流方式叫“半波整流”。

这样的整流器输出的电流虽然只向一个方向流动,但它的大小还是时刻在变化的,所以它是单方向的脉动电流,可以看作是带有交流成分和直流成分的合成电流,波动性很大,不能使用,所以必须经过滤波器,使电流“平滑”(更接近直流)以后才能使用。该电路所采用的平滑滤波器实际上是由 $C_8-R_6-C_9$ 组成的 π 型 RC 滤波器。至于其它种类的滤波器绘于图 8-5-3(c),可按不同要求进行选用。

收音机上大多数是采用“电容输入”式的滤波器,即由 C_8 、 C_9 两个大电容和 R_6 构成滤波器。它的输入端(即整流器的输出

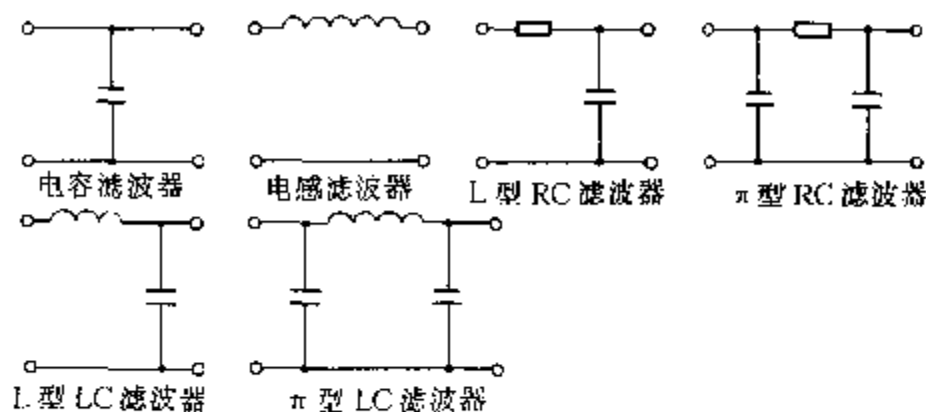


图 8-5-3(c) 各种平滑滤波器

端)并上 C_8 后,当整流管开始输出电流的时候, C_8 也开始充电,一直充到近于交流电的最大值;当整流管输出电流减小,以及在负半周没有输出的时候, C_8 就一直向负载放电,到第二个正半周整流管又有输出时, C_8 才又开始充电。由于 C_8 这种充、放电的作用,使得电流的波动程度减小。滤波电阻 R_6 则是阻止交流成分通过的,在滤波器的输出端再经 C_9 充、放电的作用,就能使输出的电流更接近于平滑的直流电了。

收音机的检波管是锐截止式五极管 6J1,其原理在上边已经介绍了。音频放大级是采用功率输出管 6P1,这样可以得到比较大的输出功率,可以推动一只永磁式扬声器发音。检波输出和功率放大级之间是采用阻容耦合方式(R_2 、 C_5 和 R_4)。功率放大级的栅偏压是利用阴级电流流过栅偏压电阻 R_5 时,在它上面造成的电压降而得到的。 C_7 是电子管 6P1 的阴极电流交流成分的旁路电容器,使栅极对阴极的负电位得到纯直流。输出变压器 T_1 初级阻抗是 $5K\Omega$ 左右的,配合 6P1 使用,次级要和扬声器的音圈匹配,一般为 3.5Ω 。电容器 C_9 是用来实现音质改善和高频旁路。

第六节 电子管超外差式五管收音机

电子管超外差式五管收音机,灵敏度高,选择性好,音响较佳,是目前仍然很适用的收音机。电子管超外差式收音机和半导体管超外差式收音机原理相同,这里就不再重复,下面我们主要分析一下电子管超外差式收音机的电路。

在目前超外差式收音机中,产生本机振荡和变频是在一个多极电子管中完成的。现在我们先来看看变频级的实际电路。

图 8-6-1 是采用 6A2 管子组成变频电路的,它是由五栅管 6A2 完成本机振荡和混频任务的。它的本机振荡线圈是用抽头式的,这种电路使阴极电流流过本机振荡线圈的下部将能量反馈至第一栅极,从而产生振荡,这种变频电路是目前应用比较普

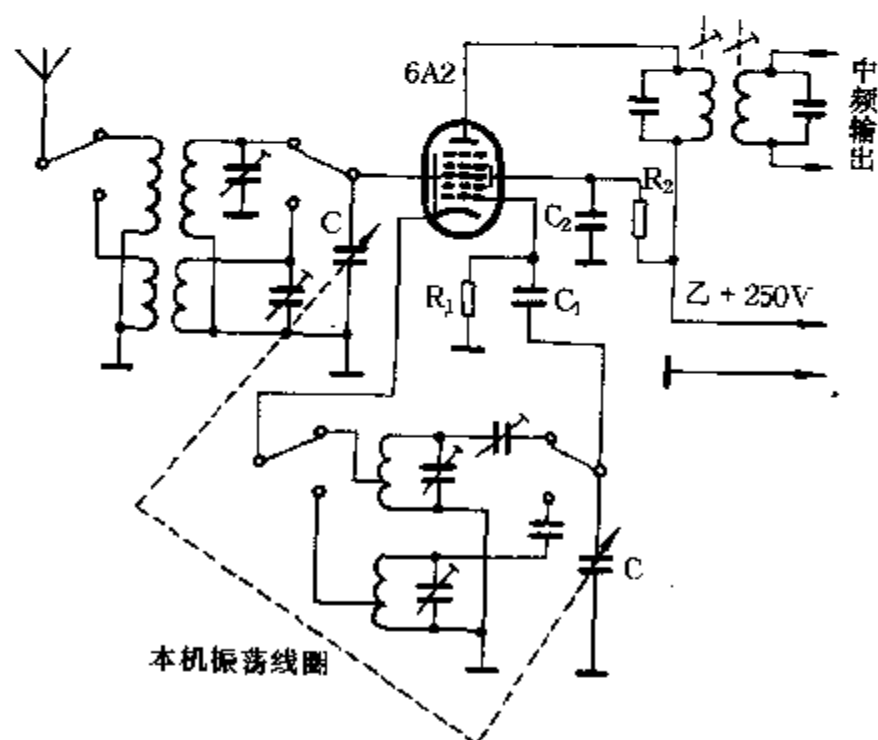


图 8-6-1 6A2 变频电路

遍的一种。利用图中的波段开关可以转换变频波段工作在中波或短波波段。

图 8-5-2 是另一种变频电路,它是由复合管 6U1 组成变频

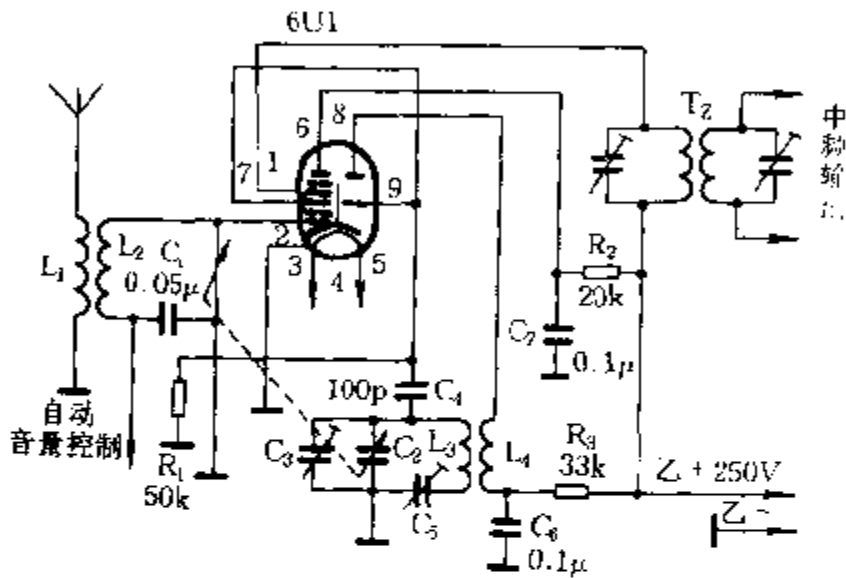


图 8-6-2 6U1 变频电路

的电路,6U1 分两部分:一部分是七极管;另一部分是三极管。图中是用三极管部分独立完成本机振荡,而用七极管部分来完成混频任务的。它的工作原理是这样的,当加上电源后,由于电源电路或其它原因,三极管部分的屏流将产生一个很小的波动,这个电流波动在通过 L_4 时会使 L_3 中也感应出一个很小的变动电压及电流,使 L_3 、 C_2 组成的振荡回路中产生一微弱的振荡。这个振荡的频率取决于 L_3 及 C_2 的大小。这个振荡电压经过 C_4 加至三极管部分的控制栅上,因而被放大,其输出经过 L_4 然后又回输至 L_3 。这样,三极管就产生一定振幅的振荡了。改变 C_2 的电容量就可以改变三极管的振荡频率。 C_3 是微调电容器, C_5 是垫整电容器,用以保证本机振荡和输入信号总是差一个中频。

三极管产生的本机振荡由栅极引出加至七极管部分第三栅极,与输入高频信号产生差拍作用而产生中频信号。

现在我们举出一个超外差式五管收音机的实用电路(见图 8-6-3)来分析一下它的电路原理。

本电路用电子管 6A2 作为变频, 6K4 作为中放, 6N2 作为检波和电压放大, 6P1 作为末级功率放大, 整流管采用 6Z4。

本电路中的变频级在上面已讲过了, 这里不再重复。

从输入调谐电路选出来的所需电台高频调幅波①和本机振荡器产生的高频等幅波②在电子管 6A2 中进行混频后, 使高频调幅波变成了中频调幅波③。然后经过输入中频变压器加到中放管 6K4 的栅极上(管脚 1)。经过中放管放大, 再由输出中频变压器上选出幅度增大但波形不变的中频调幅波(即放大后的中频信号)④。中放级的 R_3 、 C_3 是产生中放管所需的自给栅偏压的。变频管 6A2 和中放管所需的高压乙电从整流级输出经过两个中频变压器的初级加到各自的屏极上。它们所需的帘栅电压是公用的, 从乙₊经 R_4 降压后取得。 C_4 是旁路电容器。

在本电路中, 把 6N2 中的一个三极管部分的屏极 1 和阴极 3 接在一起, 与栅极 2 形成一个二极管, 作为检波器。

我们知道二极管只有在它的屏极(在这里就是指栅极 2)上加有正电压时才有电流通过。在本电路中就是当输出中频变压器次级线圈上端为正时, 6N2 的管脚 2 上即加有正电压, 此时有电流在二极管电路内流通。结果这电流的通路如图 8-6-3 中箭头所示, 电容器 C_6 和 C_7 充电。当上端为负时, 则无电流通过, 此时 C_6 、 C_7 经电阻 R_5 和电位器 RP_1 放电。结果在电阻 R_5 和电位器 RP_1 中流过的是中频调幅波的许多正半波脉冲(所有负半波都被二极管阻断了)。这许多脉冲形成了一低频电流⑤, 它的波形和脉冲的幅度变化形状一致, 即与广播电台用来调制高频波包络形状一致。从而获得了所需要的音频信号, 这就是检波的结果。

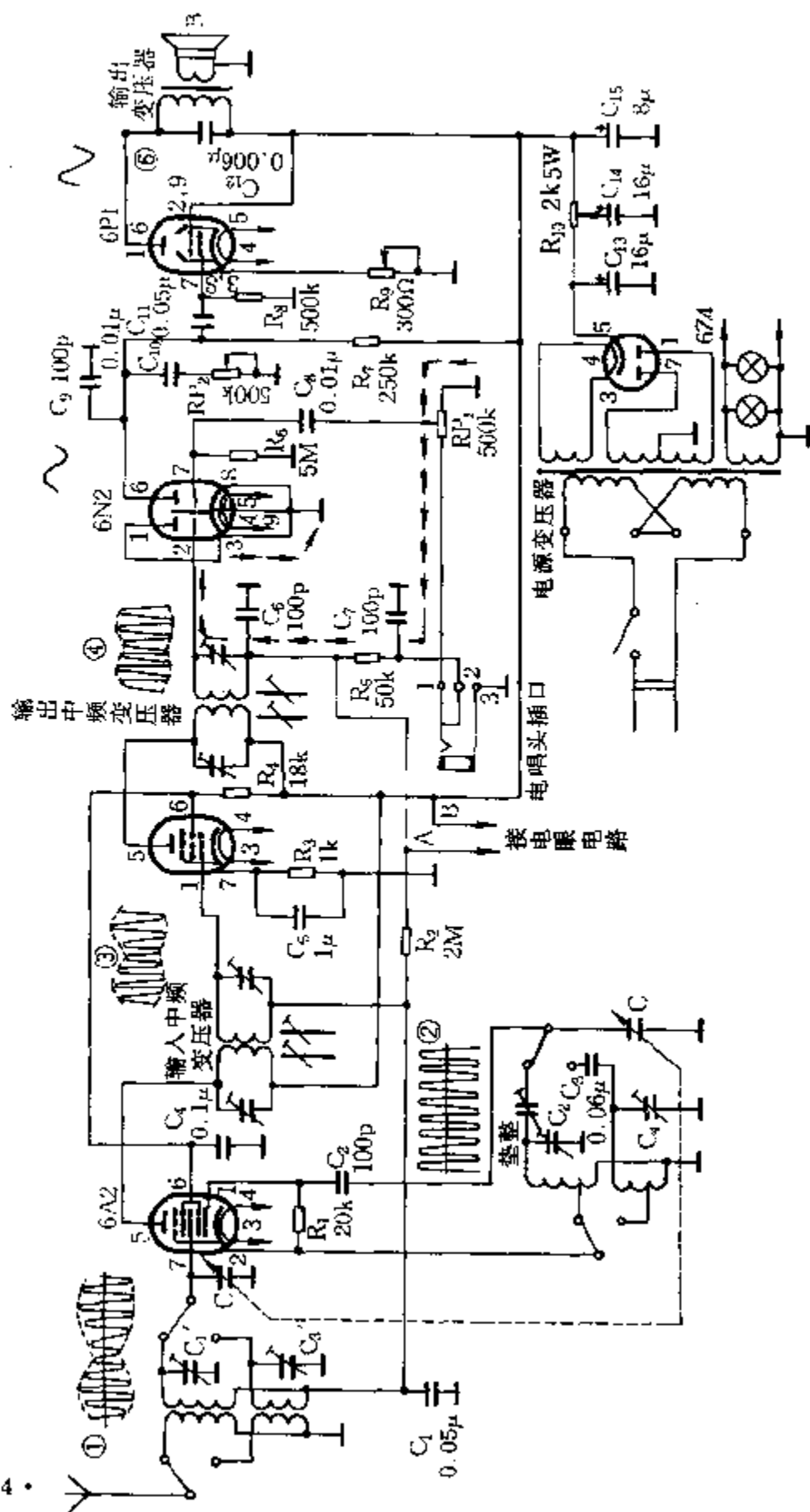


图 8-6-3 电子管超外差式五管机电路图

检波后的音频电流流过电位器 RP_1 , 在它上面产生电压降。将电位器滑动接点(图中箭头)与机壳之间的音频电压加到电子管 6N2 的另一三极管部分的栅极上(加在它的栅极电路内, 即机壳—电位器的一部分— C_8 —管脚 7—阴极—机壳)。这一三极管把音频电压放大。改变电位器 RP_1 的滑臂, 就使得机壳到箭头这一段电阻加大或减小, 因而使加到栅极上的音频电压增大或减小, 从而使经过功率放大, 由扬声器放出来的声音跟着变大或变小。所以电位器能改变音量的大小, 故叫它“音量控制器”。电容器 C_8 的作用是不让直流通过。 R_6 是栅漏电阻。 C_9 的作用是使残余的高频旁路。 C_{10} 和电位器 RP_2 是改善音质(音调)用的。

经过电压放大后的音频电流在负载电阻 R_7 上产生电压降, 将此电压经过电容器 C_{11} 加到末级功率放大管 6P1 的栅极上去。 C_{10} 的作用在于不让直流流到下级去破坏下一级的工作。 R_8 是 6P1 的栅漏电阻。

为了获得大的能量来带动扬声器, 还需要把检波后的音频信号经过功率放大。输出功率管 6P1 的作用就在于此。输出功率管常常需要较大的输入电压来驱动它的栅极工作, 所以我们把检波后得到的音频信号先经过电压放大(或称前置放大)。把从 R_7 取得的音频电压加到 6P1 的栅极上, 在它的输出端便得到功率很大的音频信号⑥, 经过输出变压器驱动扬声器而发出声音。 C_{12} 的作用是使残余高频旁路, 不致到达扬声器。 R_9 是供给栅偏压的。

电压放大级和功率放大级所需的高压乙电都从整流级输出乙₊端取得。整流管用 6Z4, C_{13} 、 C_{14} 、 C_{15} 和 R_{10} 组成电源滤波器, 用以使整流后的脉动直流更接近于直流。电源级的工作前面已详细讲过, 这里不再重复。

图中的电唱头插口是连接电唱机时用的。收音时插口中的

簧片 1、2 始终接着。电唱机的插头(或叫插塞)上有两处金属部分,相互绝缘,这两部分和电唱机输出线相连。该接线通常是用金属隔离线,当中有一根芯线,外包橡皮(或塑料)绝缘,再外面有一层金属网状外套。插头的二金属部分分别和芯线及金属外套相连。金属外套接机壳,用作回线及隔离外界干扰。使用电唱机时,可将插头插入插口,簧片 1、2 便分开,如图 8-6-4 所示,切断收音电路。其中一处金属部分和 1 相接,另一处和 3 相接。这样电唱机输出的音频信号便送入收音机,加到电位器上,经 6N2 及 6P1 放大后推动扬声器发出声音。

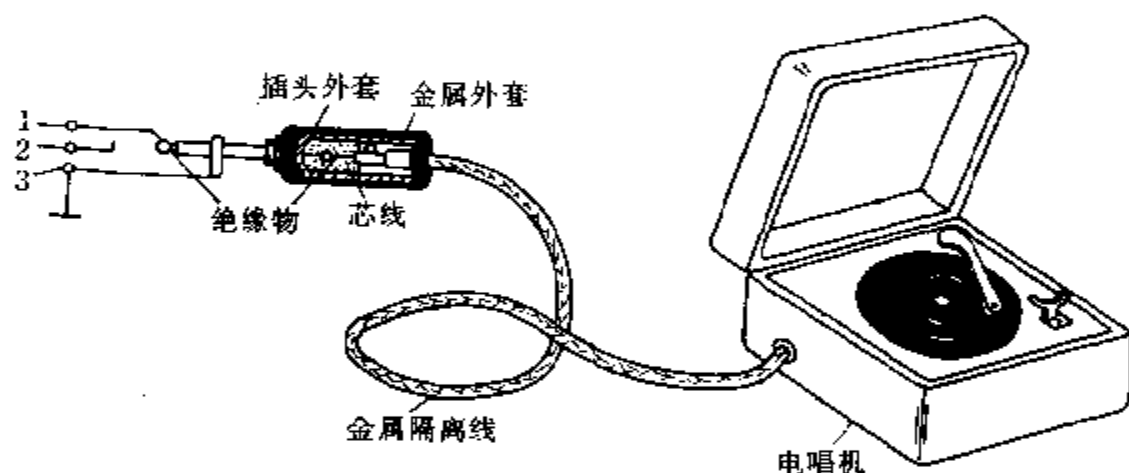


图 8-6-4 电唱头接法

图 8-6-3 的 R_5 还引出一线,经电阻 R_2 后分别和输入中频变压器次级线圈及输入高频调谐线圈相连,这就是自动音量控制电路。我们知道收音机音量随外来信号强弱而变化,这在收听短波电台时最为显著。为了使收音机对强弱信号都能很好地接收,维持恒定的音量,就需要应用自动音量控制电路或称 AGC 电路。检波后从电阻 R_5 上得到了的直流负电压(对机壳而言)的大小是随输入信号成正比例变化的,把它加到前面各高频和中频级的控制栅极上便控制了它们的栅极电位。有些电子管栅极上加了高的负电压后,它的放大能力会减小。这样当外来信号强

的时候, R_5 上得到的负电压就高, 从而使前面各电子管的放大量减小。当外来信号弱时, 得到负电压时, 使前面各电子管的放大量减小得很少。这样就自动起到控制音量大小的作用。但电阻 R_5 上还有音频电压, 不能让它跑到前面各级去, 否则会破坏正常正作。电阻 R_2 、 C_1 的作用就是滤去音频成分。自动音量控制电路见图 8-6-5。

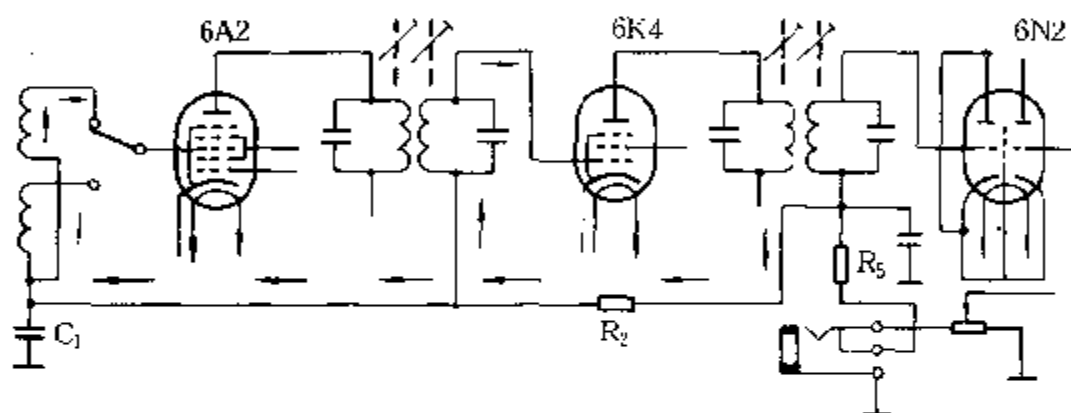


图 8-6-5 自动音量控制电路

最后我们谈一谈调谐指示器——“电眼”的电路。

6E1 是一种特殊构造的电子管, 称为“调谐指示管”或“电眼管”, 图 8-6-6(a) 是它的电路图; 它的构造如图 8-6-6(b)。这种管子包括两部分: 一部分是一个三极管, 由屏极 4、栅极 2 和阴极 1 组成; 另一部分是一荧光屏 6 和控制电极 5。灯丝 10 和一般的电子管灯丝一样, 用 6.3V 交流供电。阴极是一个很长的管子, 里面插有灯丝。阴极外面的下部围绕着栅极和屏极 (组成三极管), 与三极管相垂直处放一个半圆柱体状荧光屏, 在荧光屏的底部有一个控制极 (一个 U 形小棒)。荧光屏始终加有正电压, 所以电子射到它上面产生出美丽的绿光, 但控制极上加有负电压 (对荧光屏来说), 所以把一部分电子挡住, 跑不到荧光屏上去, 结果在荧光屏上产生两个扇形暗区。如果使它上面的负电压减小, 即向正的电位变化, 那么它阻挡电子的作用就要减小, 结

怎样看无线电电路图

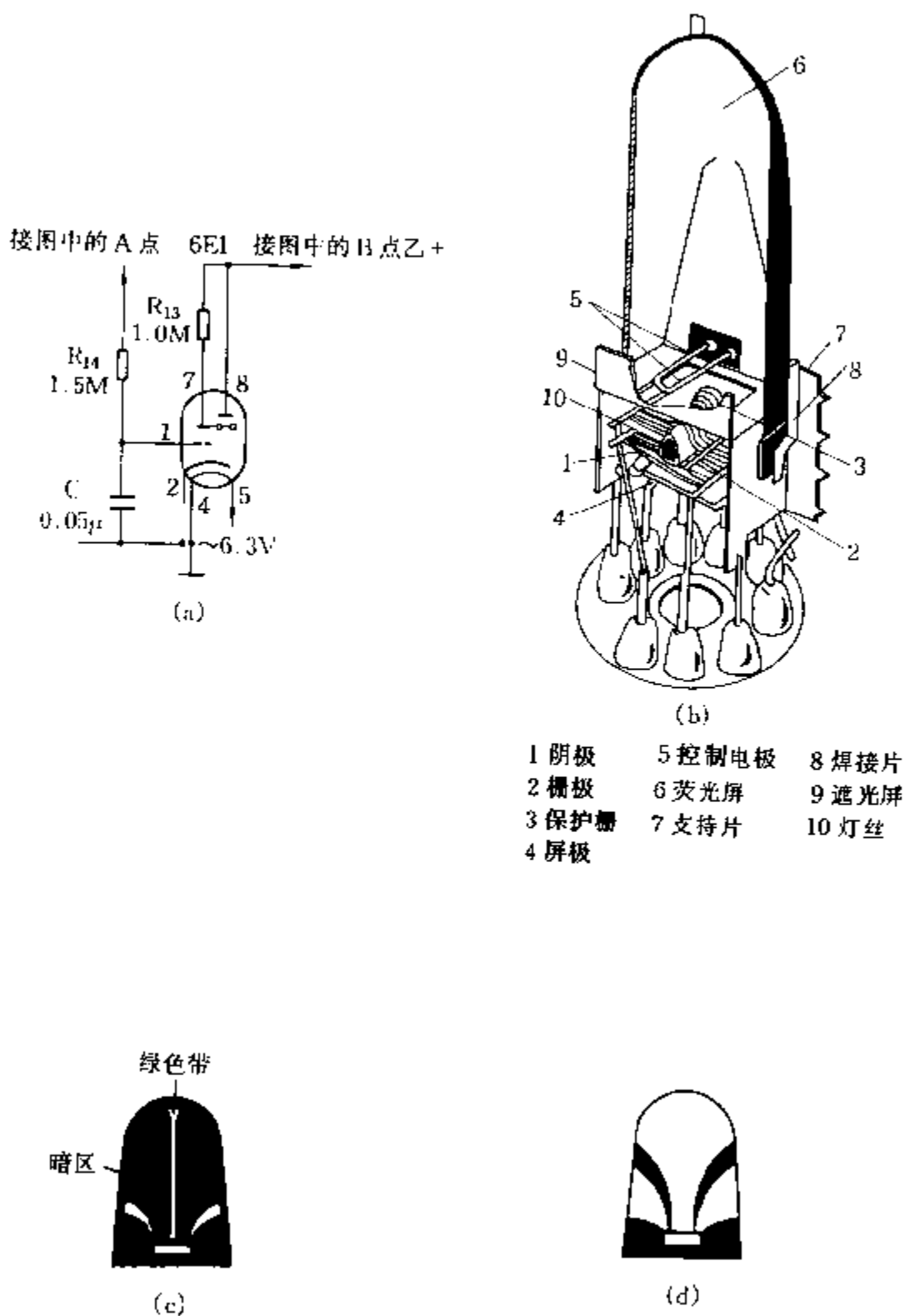


图 8-6-6 “电眼”电路

果荧光屏上的暗区就缩小,直到变成两条线或完全消失。

把电眼管如图 8-6-6(a)那样接好,在没有信号时,由于电阻 R_{L3} 产生的电压负端加在控制电极上,使得它有一个比荧光屏为负的电位。接收信号时,三极管的控制栅 C 上存在一个从检波电路负载电阻取出的一个负电压,这就使三极管的屏流减小,电阻 R_{L3} 的电压降也随之减小,因而使得控制极的负电压减小。当没有信号时,它的电位比荧光屏低得多,如上所述荧光屏上产生暗区如图 8-6-6(c)。当收音机调准到电台上时,收到信号最大,从检波电阻上得到的负电压也最大,这时控制极上的电位将不是比荧光屏电位低很多,而是很接近它。这时荧光屏上的暗区就缩得很小。当电路设计准确,调准到所需电台时,暗区刚好变成两条细线如图 8-6-6(d)。那末我们在调收音机时,根据这扇形面的大小就能判断出是否调准了。这就是电眼管的作用。一般在转动调谐旋钮时,使暗区面积缩到最小,就是调准了台电。

第七节 负反馈与音质调整电路

在收音机电路中为了改善音质和减低交流声,常加有负反馈与音质调整电路。它的基本原理是:把本级或后面某一级放大级的一部分输出信号电压(或电流)再反馈给本级或前面某一级的输入回路,且使反馈的电压的相位正好与原来的输入信号的相位相反(指一个信号为正时另一个信号为负时的情况),这样虽然会抵消一部分输入信号,却能改善放大级的质量,减小失真,使工作稳定。图 8-7-1 介绍的是二种负反馈的典型电路。其中图(a)是本级自身的负反馈。它是利用输出至扬声器音圈上的电压再反馈给本级电子管的阴极。图(b)为二级负反馈,它是把音圈上的电压反馈至前一级低放管阴极。

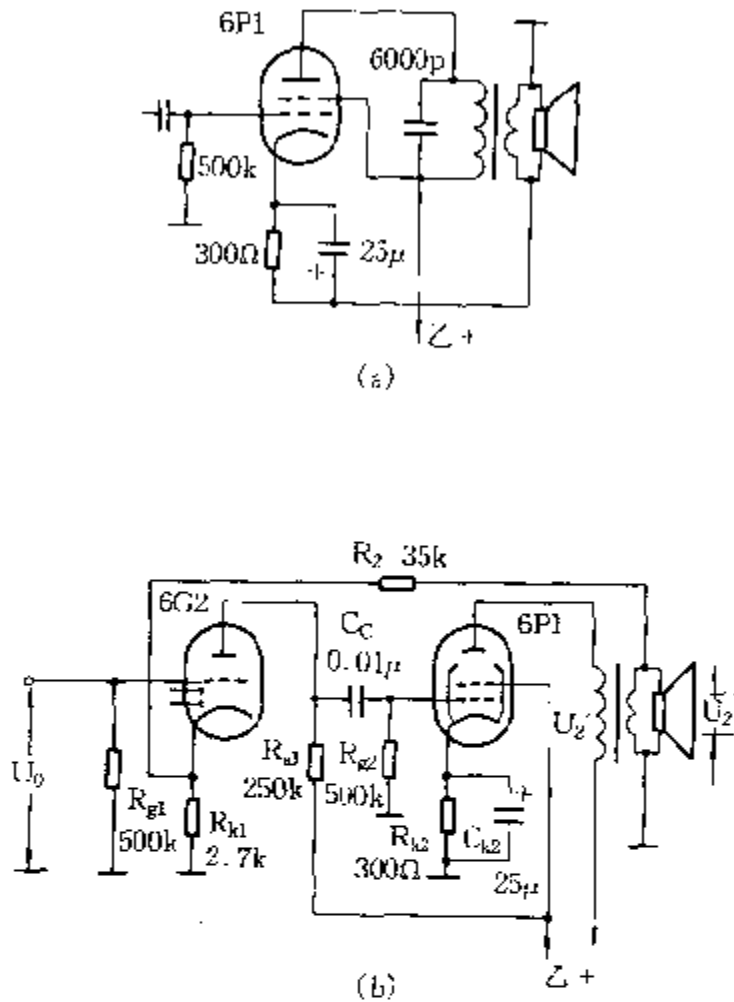


图 8-7-1 负反馈电路

在收音机电路中常见有音质调整电路。图 8-6-3 中的 RP_2 及 C_{10} 即为这种电路。当 RP_2 的滑臂向上移时, 经过 C_{10} 而入“地”的高音部分旁路就多, 扬声器中的高音就少; 反之当滑臂往下时, 被旁路的高音就少, 扬声器中的高音相对地就强。

有时常将负反馈和音质调整电路结合起来使用, 图 8-7-2 就是这种电路图。 R_1 、 C_2 与 R_k 是负反馈电路, C_1 、 RP 是音质调整电路。当电位器 RP 的滑臂在最下端时, C_2 被短路, 而 C_1 被电阻值很大的 RP 串联, 也不能起旁路作用, 这时输出电压从输出变压器次级线圈中通过电阻 R_1 , 将一部分信号反馈给前级电子

管阴极,抵消了一部分信号,使输出减低但失真减小。当电位器 RP 滑臂在上端时,电压放大管输出的高频部分可以通过电容 C_1 及输出变压器次级而旁路掉了。同时在负反馈部分由于 C_2 的作用低音部分反馈弱,而高频部分反馈相对地较强,这样输出到扬声器的高音成分就少了,低音成分就相对地加强了。也就是说,调整电位器就可以改变音质(通常叫“音调”)。

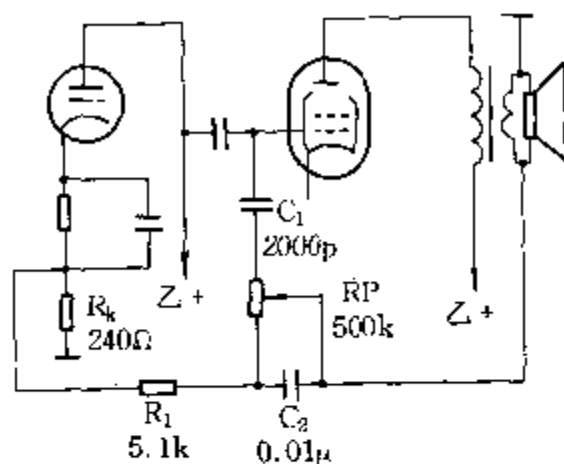


图 8-7-2 负反馈音质调整电路

第九章 调频收音机电路分析

本章主要介绍调频收音机及其各级电路和有关电路的工作原理。

调频广播和接收具有许多优点：

1. 抗干扰能力强,信噪比高

我们所处的空间是非常复杂的,存在许许多多的干扰,如天电、工业、家用电器等的干扰。对调频广播用的超短波来说,大气的干扰几乎不起作用,也不会有电波衰落现象。在消除噪声干扰方面,调频比调幅更为优越。因此,采用调频方式就可以进行宽带话音传输和高保真的音乐广播。

2. 频带宽,音质好

调频广播使用的是超高频频段,由于其频率高,在绝对频宽一定的情况下,其相对频宽就窄得多。目前规定超高频段的频道间隔为 200kHz。然而同一地区相邻两电台至少应相距 800kHz,因此,调频收音机的通带做到 180~250kHz 是完全可以的。这样,使放声频带可以达到 50~15000Hz。为实现高保真的声音广播奠定了基础。

3. 频道容量大,解决了电台拥挤问题

超短波频段的开发利用率高,可以增加 100 个频道;而且本地的超短波电台对其他地方的电台不会引起干扰,同时受别的电台的干扰也小。因此,只要离数百 km,还可以重复用相同频率。

另外,调频广播还有发射功率小,设备制造、维修方便等优点。

第一节 调频收音机的电路构成

一、调频收音机方框图

调频收音机也是采用超外差方式,它与调幅超外差式收音机的电路结构很相似。一般调频收音机电路都由高频放大器、变频器、中频放大器、限幅器、鉴频器、前置低频放大器、功率放大器及自动频率微调(AFC)等附加电路所组成,如图 9-1-1 所示。很显然,它与调幅超外差式收音机的方框图相比,多了一个限幅器,检波电路也不一样。由于调频与调幅所采用的频率不同,调制方式也不相同。因此,每级具体电路的原理和性能指标都有许多差异。

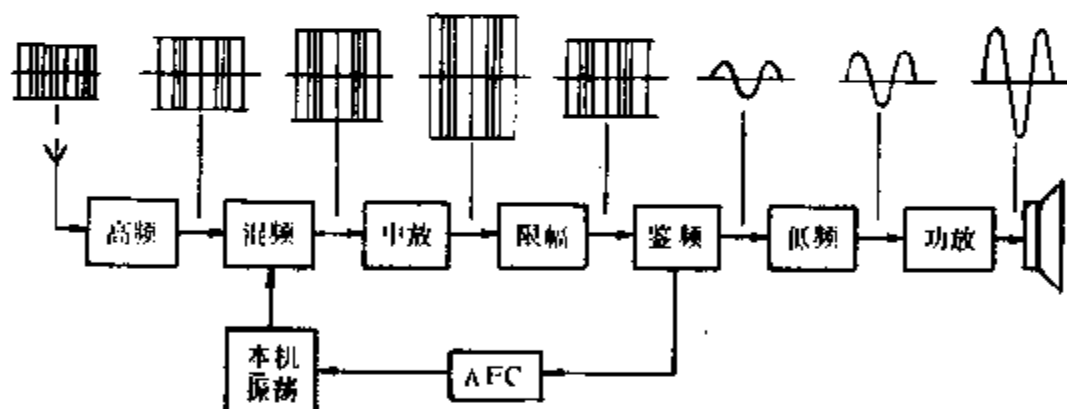


图 9-1-1 调频收音机的方框图

从图 9-1-1 中示出的波形图来看,高频放大器放大的输入调频波信号的调制频率没有改变。变频级利用了晶体管的非线性作用,把高频放大器送来的信号和本机振荡电路产生的无调制波进行混频。混频的结果得到了 10.7MHz 的中频信号,即完成变频任务。变频的过程是只改变信号的载波频率,而没有改变原来调制信号的内容。10.7MHz 的中频信号经中频放大器放大

后送到限幅器。限幅器的作用是切除调频波上的幅度干扰和噪声,使中频信号变成一个等幅的调频波,然后送至鉴频器。鉴频器的功能是将频率变化的信号转变成电压变化信号,即把调频信号变化恢复成音频电压变化信号。所以,鉴频器也常称作频率——电压变换器。前置低放级和功率放大级与调幅收音机的完全相同。

调频收音机的本机振荡频率很高,为了防止由电源电压温度变化而引起的振荡频率漂移,造成失谐,电路中还设有自动频率微调(AFC)电路。为了充分发挥出调频收音机的优点,低频放大电路应尽可能地做到频响宽、失真小、功率余量大,并配优质的扬声器和音箱,以得到高保真的放声效果。

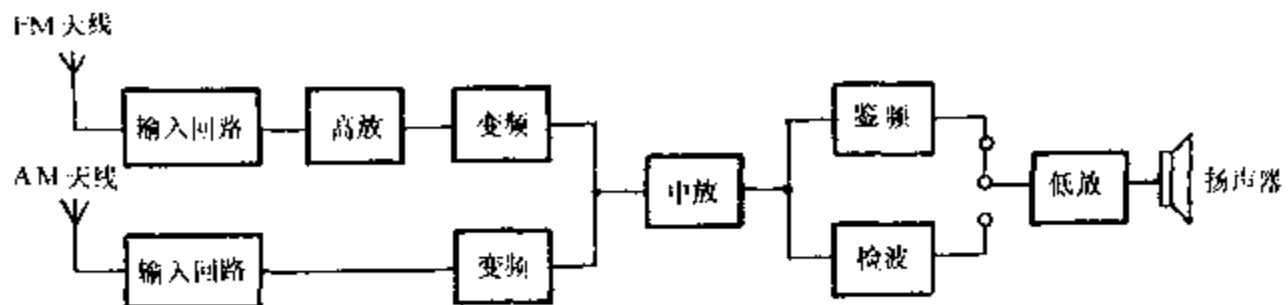
二、调频调幅收音机电路方框图

由于调频收音机与调幅收音机有许多相同之处,有些地方完全可以共用,因此,实际上调频收音机总是与调幅收音机组合在一起,构成调频调幅(FM/AM)收音机。通过波段转换开关,就可以实现FM或AM的波段工作选择。

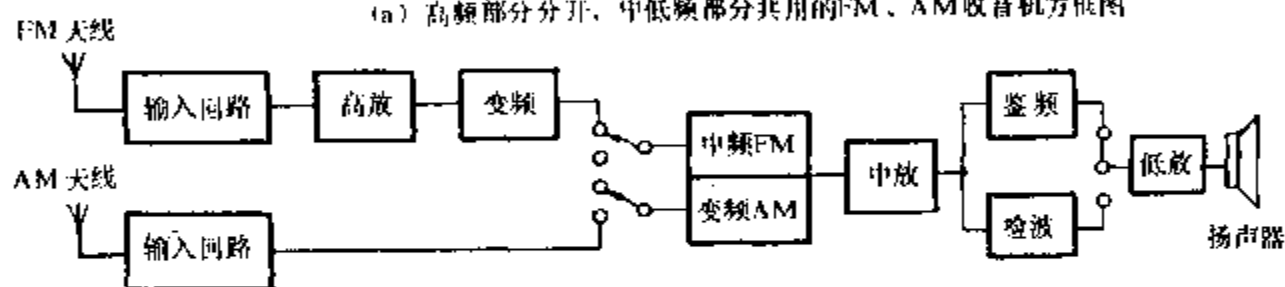
一般调频调幅收音机的电路程式有几种,它随着对整机的要求不同而不同。调频收音机与调幅收音机的主要区别在解调部分,这部分不能结合共用。对于其他各共用部分要作一些具体分析。调频收音机的高频头(指高频放大器和变频器),工作在甚高频段(V,H,F),频率比较高,天线阻抗和高放级的输入阻抗不宜太高。调幅收音机的工作频率比调频机低得多,两者的频段差很多,开关连线增多后会造成不稳定。因此,调频机的调谐器都不兼调幅部分的工作,而是单独做成一个部件。

调频机的中频部分和调幅机一样,是决定整机的灵敏度和选择性的关键部分。不同的是调频机要求中放增益尽量高,用以

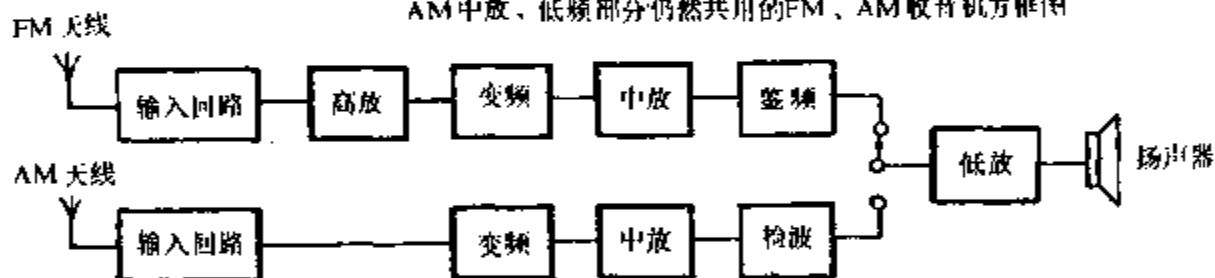
第九章 调频收音机电路分析



(a) 高频部分分开, 中低频部分共用的FM、AM收音机方框图



(b) FM第一中放管兼AM变频, FM第二、三中放管兼AM中放、低频部分仍然共用的FM、AM收音机方框图



(c) 高中频部分分开, 仅低频部分共用的FM、AM收音机方框图

图 9-1-2 调频调幅收音机的基本电路方框图

提高限幅性能, 从而提高整机的信噪比、调幅抑制比以及改善俘获特性。因此, 高档的调频机的中放级数较多, 就是普及机中放级也不少于 3 级。这样调频机中放管可兼用调幅机高、中频部分的放大管, 再加上调频机和调幅机的中频部分工作状态相同, 频率又相差很大, 用于调频机调频中放的晶体管也可在调幅状态工作, 因此, 普及机中这是相互结合的主要部分。调频机的调频波经鉴频器解调后输出音频信号, 经一套低放系统, 最后推动扬

声器发声；调幅机的调幅波经幅度检波后输出音频信号，但受到中频带宽的限制，放声频带较窄。而调频机的中频带较宽，放声频带可达 15000Hz。正是由于这一点，调频机的低频放大部分用于调幅机中是绰绰有余的。因此，低频部分不论是普及机或高档机总是兼用的。

综合上述，调频调幅收音机的基本电路程式有三种：

①高频部分分开，中、低频部分共用，如图 9-1-2(a)所示；

②调频部分第一中放管兼调幅部分变频级的变频管，调频部分第二、三中放管兼调幅部分中放、低频管，这两部分共用，如图 9-1-2(b)所示；

③调频和调幅部分的高、中频分开，只有低频部分共用，如图 9-1-2(c)所示。

第二节 高频放大器

这里的高频放大器是指收音机中变频器之前的放大器，它是调频收音机的一个重要组成部分。它的主要作用是从天线上收到的各种信号选出欲接收的电台信号并加以放大，同时防止本振信号的泄漏。因此，它的优劣在很大程度上决定收音机的灵敏度和选择性，特别是整机的信噪比。我们知道，收音机天线所接收到的广播信号多是 μV 级的。因此，作为第一级高频放大器，要求增益高、频带宽、动态范围大、噪声低、工作稳定。

这一节，我们将介绍调频或调频调幅收音机常用的晶体管和场效应管高频放大器，同时也介绍一些与高频放大器有关的电路。

一、晶体管高频放大器

1. 输入回路

输入回路由 L_1 、 C_1 (包括 C_2 、 C_3) 组成, 如图 9-2-1 所示。它能把天线接收的调频无线电波耦合到高频放大器。因此, 它不仅是一个阻抗匹配网路, 而且也应该是一个频率选择电路。对接收调频信号的收音机的输入回路来说, 它应具有宽的通频带, 并能获得较好的阻抗匹配。我们知道, 拉杆天线与输入回路的耦合方式, 是采用电感耦合或电容耦合 (与调幅机一样)。电感耦合方式在天线与输入回路的匹配和传输均匀性上比电容耦合方式好。调频收音机的天线和电视接收机天线一样, 它的特性阻抗是 300Ω (平衡式) 或 75Ω (不平衡式), 而高频放大器的输入阻抗一般设计成 75Ω 。天线信号经馈线加到收音机的输入端; 为提高其传输效率, 高放输入回路必须与 300Ω 或 75Ω 的天线阻抗匹配。天线一般有平衡式和不平衡式两种, 而高放输入回路是不平衡的。因此, 一般在天线与高放输入端之间多加有一个称为阻抗变换器的宽带变压器来实现阻抗匹配, 所以阻抗变换器又叫阻抗匹配器。它是用双线并绕在具有高导磁率的双孔磁芯上制成的。当天线阻抗为 300Ω 平衡式或 75Ω 不平衡式输入时, 变压器将输出 75Ω 加到输入回路的输入端, 起到阻抗变换作用。又因变换器输入端是中点接地, 输出端是一端接地, 所以在较低档或中档收音机中, 为了降低成本, 有的将输入回路的初级线圈设计成对 300Ω 和 75Ω 都能匹配的抽头式高频变压器形式, 并可同 300Ω 平衡式和 75Ω 不平衡式输入天线直接连, 如图 9-2-1 所示。

2. 共发射极高频放大器

图 9-2-2 所示为常用的共发射极高频放大器。电阻 R_1 、 R_2

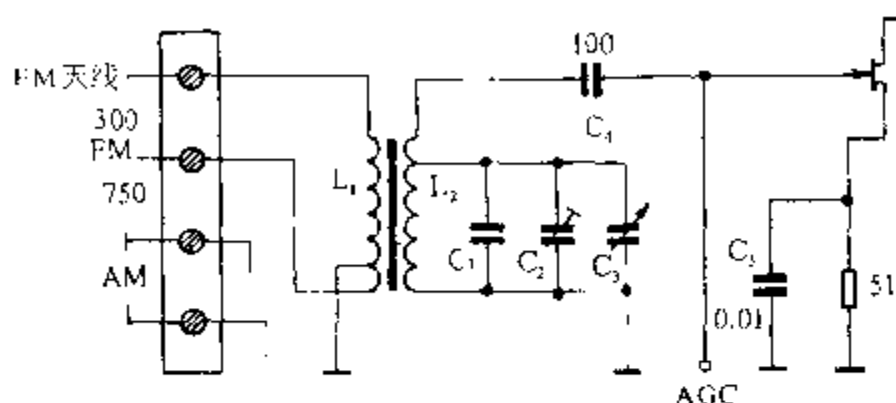


图 9-2-1 采用输入变压器的输入回路

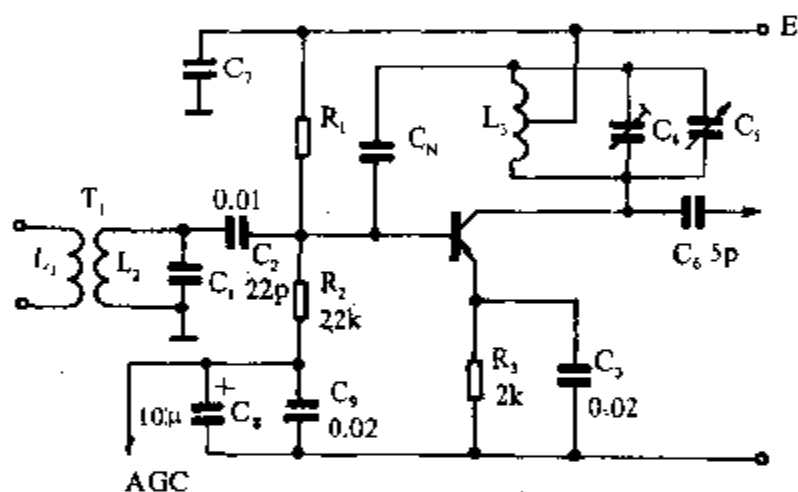


图 9-2-2 共发射极高频率放大器

和 R_3 组成了放大器的通用偏置电路，改变 R_1 的阻值，可以改变放大管的工作电流。偏置电压是由电源电压和自动增益(AGC)控制电压提供的。电容器 C_3 是发射极旁路电容，它使发射极保持交流地电位。AGC 控制电压经电容器 C_8 ($10\mu\text{F}$) 滤波后，通过 R_2 加到晶体管基极。放大器的宽频带输入回路是由 T_1 的次级线圈 L_2 和 C_1 组成。输入回路的中心频率，可以通过高频磁芯来调节，以保证灵敏度在整个广播频段内均匀一致。放大器的集电极接有 L_3 、 C_4 和 C_5 组成的并联调谐回路，用来选择所需的频率。 C_4 是微调电容器； C_5 是主调谐电容器，它与变频级本振回路

的调谐电容器是同轴连动的,从而保证本振频率低于或高于信号频率一个固定数值,即 10.7MHz ; C_N 为中和电容器。放大器的电源供给不是直接接在电感 L_3 的上端,而是接在 L_3 的抽头上(抽头比为 $1/3 \sim 3/4$),这样可以减小晶体管输出阻抗变化对调谐回路的影响,从而提高放大器的稳定性。放大后的信号经电容器 C_5 耦合到变频级, C_5 还兼隔直流的作用。

3. 共基极高频放大器

图 9-2-3 所示为调频收音机所使用的共基极高频放大器。

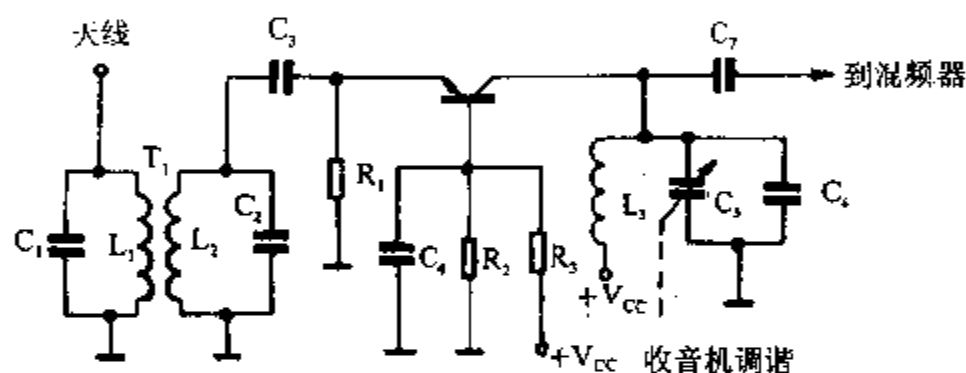


图 9-2-3 共基极高频放大器

电阻 R_1 、 R_2 和 R_3 组成放大器的通用偏置电路。由 L_3 、电容器 C_5 和 C_6 组成的并联谐振电路形成集电极的负载。天线信号通过变压器 T_1 和耦合电容器 C_3 送到高放管的发射极,旁路电容 C_4 保持了基极交流信号的地电位。尽管电容器 C_5 和 C_6 好像并不是与电感 L_3 并联,因为这两个电容器的下端接地,而电感 L_3 的下端接电源正极上,但事实上,电源正极是通过一个大电容接地。所以对于高频信号来说,电源正极也就是等于接地。因此,电感 L_3 同电容器 C_5 、 C_6 都接地,从而组成并联谐振回路。 C_5 是可变电容器,用收音机的调谐旋钮控制。 C_6 是微调电容器,用来调整跟踪。

图 9-2-4 所示的也是一种共基极放大器。本电路采用了变

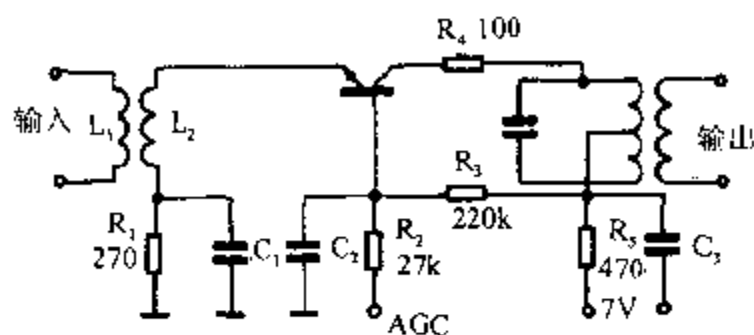


图 9-2-4 具有 AGC 控制的共基极高频放大器

形的通用偏置,它由集电极的直流反馈电压和自动增益控制 (AGC) 电压提供的。 R_1 为发射极电阻器; C_1 是旁路电容器。显然,该电路的发射极电流是流经输入变压器的次级 L_2 ,这是与上一电路不同之处。在集电极电路中,当集电极电流增加时,电阻 R_5 仅仅影响直流电压,而不影响交流工作状态。为了提高电路的稳定性,上偏置电阻 R_3 连接到 R_5 的上端,形成具有集电极反馈的偏置电路。自动增益 (AGC) 控制电压是通过下偏置电阻 R_2 加到放大器的基极,以完成 AGC 作用的。当信号电平增加时,将由 AGC 电路产生更负的电压加到 R_3 上,使晶体管的工作点移到增益较低的位置上。电容器 C_2 保持基极为信号地电位。电阻器 R_4 的作用:在输入信号极大的(也可能是噪声脉冲)情况下,很可能使集电极电压降得很低,从而产生集—基结电容的突然增加。这种现象将造成电路的不稳定,甚至使电路产生暂时的振荡。接入电阻 R_4 后,则可克服此现象。 R_4 称为集电极稳定电阻,其阻值为 $50 \sim 200 \Omega$ 。在此集电极电路中,所接的电阻 R_4 为 100Ω ,这是这种高频电路的特点。

二、场效应管高频放大器

场效应管的许多特性,例如输入阻抗高,这样输入输出电路的 Q 值容易取得高,从而能有效地改善镜像比,而且输入输出

电路可为升压型,因此可使信噪比得到改善;又如,它的转移特性的非线性,更容易实现反向自动增益(AGC)控制,等等。因此,高灵敏度收音机的高频放大器常常采用场效应管。

1. 结型场效应管高频放大器的典型连接方式

如图 9-2-5 所示,该放大器的偏置是采用变形的自偏电路,因为它的栅极电阻 R_3 的下端连接到自动增益(AGC)电路,而不是接地。它的源电阻 R_2 由电容器 C_5 对地旁路。电阻 R_4 和电容器 C_4 组成一个电源去耦网路,使高频信号通过 C_4 入地,而不是通过 R_4 流到电源。由天线接收到的信号经 C_1 耦合到 L_1C_2 谐振回路,再经 C_3 送到场效应管的栅极。 C_3 是接到 L_1 的抽头上,以获得与栅极电路的阻抗匹配。由 L_2C_6 等组成的并联谐振回路构成了放大器的漏极负载。电容器 C_7 把输出信号耦合到下一级。电阻 R_4 与漏极谐振回路 L_2C_6 并联,用来降低回路 Q 值,以获得较宽的通频带。为了在 L_2 的下端产生一个与漏极相位相反的信号,漏极电源电压应接到 L_2 的抽头上,这就形成了经 C_N 反馈到栅极的中和。

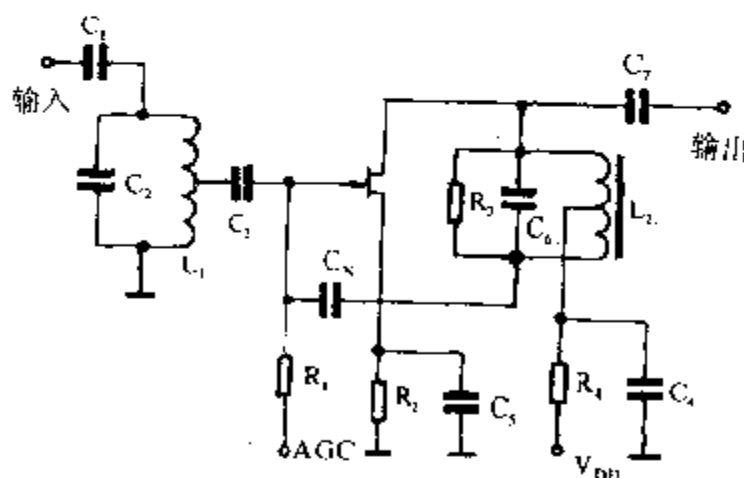


图 9-2-5 典型的中和式结型场效应管高频放大器

2. 单栅 MOS 场效应管高频放大器

典型的 MOS 场效应管高频放大器如图 9-2-6 所示。在 MOS 场效应管高频放大器中,由于漏极和栅极间存在较大的极间电容,必须提高放大器的稳定性,克服可能出现的寄生振荡。为了抑制寄生振荡,通常可使用中和法,或者使输入输出阻抗稍微失配的方法。其中电容桥式中和电路是最常用的一种方法。本高频放大器采用了电容桥式中和电路,电容器 C_1 、 C_2 和 C_N 以及漏极与栅极之间的极间电容 C_{DG} 组成了电容电桥式中和电路,如图 9-2-6(b)所示。而电阻 R_3 将 L_1 的下端与电源信号“地”隔开。因此,在 L_1 两端得到漏极输出信号,从而 L_1 也就成为这个电容电桥的信号源。选择电容 C_N 使该电桥平衡($C_{DG} \cdot C_2 = C_N \cdot C_1$)时,则漏极反馈到栅极的信号被抵消,从而提高了放大器的稳定性。

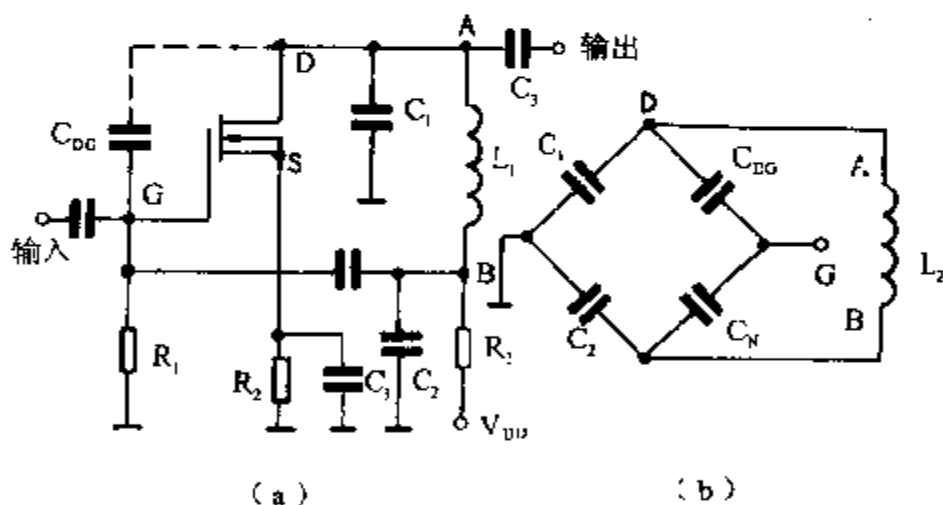


图 9-2-6 采用桥式中和的 MOS 场效应管高频放大器

3. 双栅 MOS 场效应管高频放大器

双栅 MOS 场效应管的工作方式与单栅 MOS 场效应管基本相同,它的第二栅 G_2 可提供对漏极电流的附加控制,如常用来作 AGC 控制用。其次,在双栅场效应管中,如果两个信号分别加到两个栅极上,就可以作成栅混频器(以后讲);如果将第二

栅交流接地时,它将能够减少漏极对第一栅极 G_1 (信号输入栅) 的反馈。像这样连接的双栅 MOS 场效应管高频放大器就很少要求中和。图 9-2-7 所示为一个典型双栅 MOS 场效应管高频放

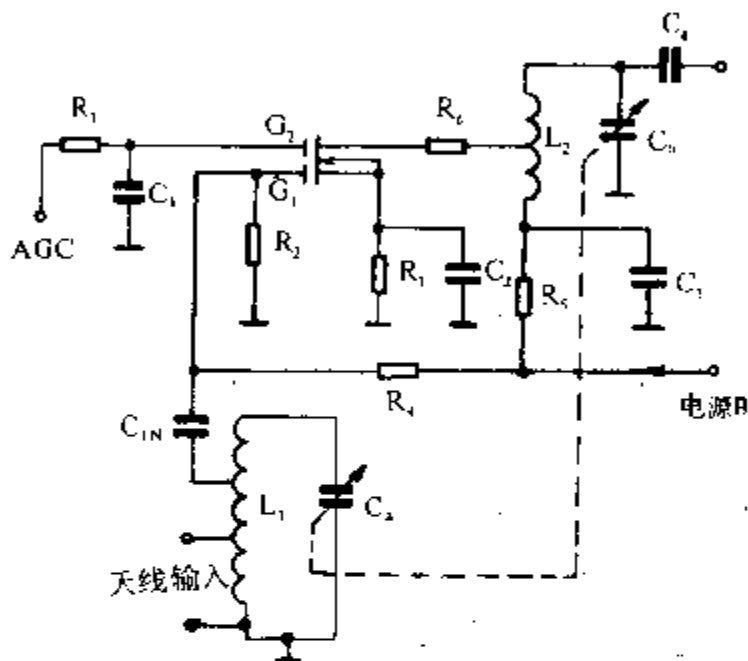


图 9-2-7 双栅 MOS 场效应管高频放大器

大器,由天线上来的输入信号加到 L_1 的抽头上, L_1 上的抽头给天线馈送到场效应管的信号输入栅提供了适当的阻抗匹配。电阻 R_1 和 R_2 组成的电阻分压器为第一栅 G_1 提供了合适偏置电压。 G_2 用来获得 AGC 控制电压,并由 AGC 电路提供偏置(此时 AGC 需加放大器)。电阻 R_3 和电容 C_2 起一个滤波器作用,防止交流信号进入 AGC 电路中,或者加到 AGC 控制栅 G_2 上。由于 G_2 紧靠场效应管的漏极,所以 G_2 和漏极之间将会产生一些耦合。漏极负载由并联谐振电路 L_2 和可变电容器 C_6 构成,而 L_2 的抽头提供了适当的阻抗匹配。电阻 R_5 和电容 C_3 构成退耦滤波器,以阻止高频信号进入电源。漏极电阻 R_6 称为稳定电阻或防振电阻,起稳定电路和抑制振荡的作用。整个放大器的输出由

C₁ 耦合到下一级。

图 9-2-8 所示的电路是双栅 MOS 场效应管高频放大器的实例。调频信号由天线通过变压器耦合到 C_{1a}、C₂、L₂ 组成的输入回路。输入回路预选出有用的信号加到 MOS 场效应管的第一栅极 G₁ 上(即信号栅上);第二栅极 G₂ 交流接地,并加有一定的直流偏压 V_{G2S}(3~6V),从而构成共源共栅级联放大器。R₁、R₂、C₄ 为第二栅极的偏置电阻和旁路电容,共偏置电压也取自电源电压。为了提高第一栅 G₁ 的输入阻抗,不使栅极 G₁ 电阻 R₄ 对输入阻抗分路,一般串接一个很大的电阻 R₃(1MΩ 左右)。这里的 AGC 加在第一栅极 G₁,不过也可以加到第二栅。加到第二栅上时,需加接 AGC 放大器,将此处 R₂ 接到 AGC 放大电路上,保证在小信号时(AGC 未起作用时),高放管的 V_{G2S}=3~6V;而在强信号时,V_{G2S}应为零或负值。这种 AGC 控制效果更明显。场效应管的源极接有电阻 R₅ 及其旁路电容器 C₆。通过选择 R₅,可使场效应管工作在零偏压或负偏压状态。R₅ 越大,双栅管输出特性越平直,线性越好,输出、输入阻抗也有所改善;而跨导有所降低,使放大器的增益有所下降。放大器的负载为由 L₃、C_{1b}、C₃ 组成的调谐回路。它与输入回路一起决定着高频放大级的选择性。R₇、C₇ 组成了场效应管的漏极供电退耦电路。R₆ 为防振电阻,一般为 50~100Ω。高频放大器选出的有用信号经 C₉ 耦合到混频器。

用于高频放大器的双栅 MOS 场效应管,一般选 $I_{DSS} \geq 4\text{mA}$, $g_{m0} \geq 5\text{mV}$, 静态特性曲线平直,夹断电压 V_p 较小(V_p ≤ 1.5V),转移特性为锐截止,高频噪声系数 N_{FH} ≤ 3dB 的管子。双栅 MOS 场效应管也可由两只单栅管组合而成。这里就不赘述了。

图 9-2-9 所示的电路是具有三重调谐回路的高频放大器的

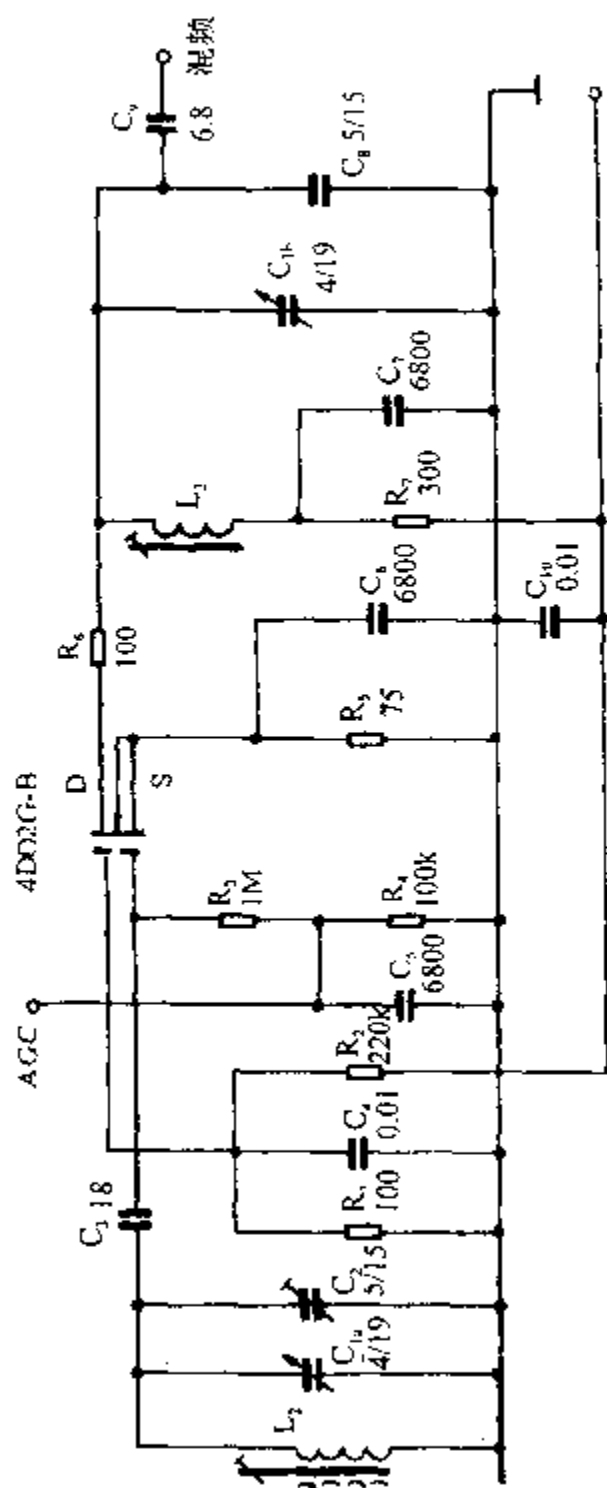


图 9-2-8 双 MOS 场效应管高频放大器实例

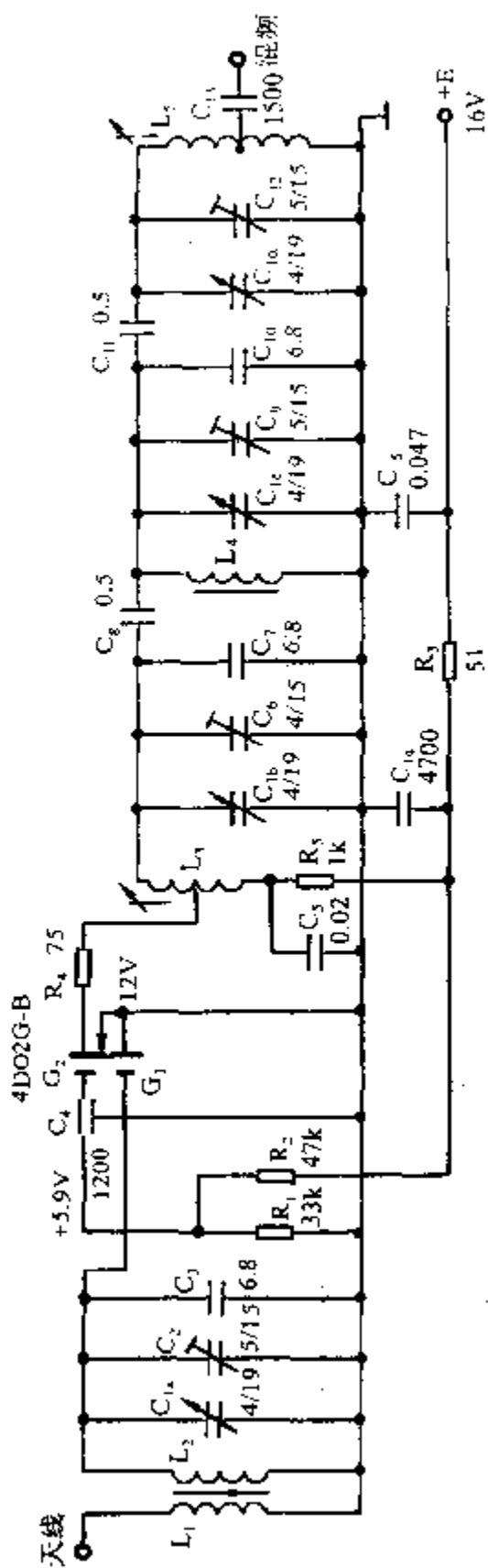


图 9-2-9

典型电路。与前述放大器不同的是场效应管的第一栅 G_1 经 L_2 到地,为零偏置。漏极负载有三个调谐回路。靠电容器 C_8 、 C_{11} 分别进行耦合。前后两个回路分别与高放和混频级阻抗匹配(都用电感抽头),而中间回路的有载 Q 值很高,因此,放大器的增益很高。

总之,调频收音机的高频放大电路,用 MOS 场效应管和晶体管的较多,用结型场效应管的较少;在中、高档机中,一般多用共射极电路和共源极电路。但在一部分使用非调谐式输入回路的简易收音机中,大多采用共基极电路,以提高增益,降低噪声。场效应管高放比晶体管高放的增益略低,但抗干扰能力比较好。

三、自动增益控制电路(AGC)

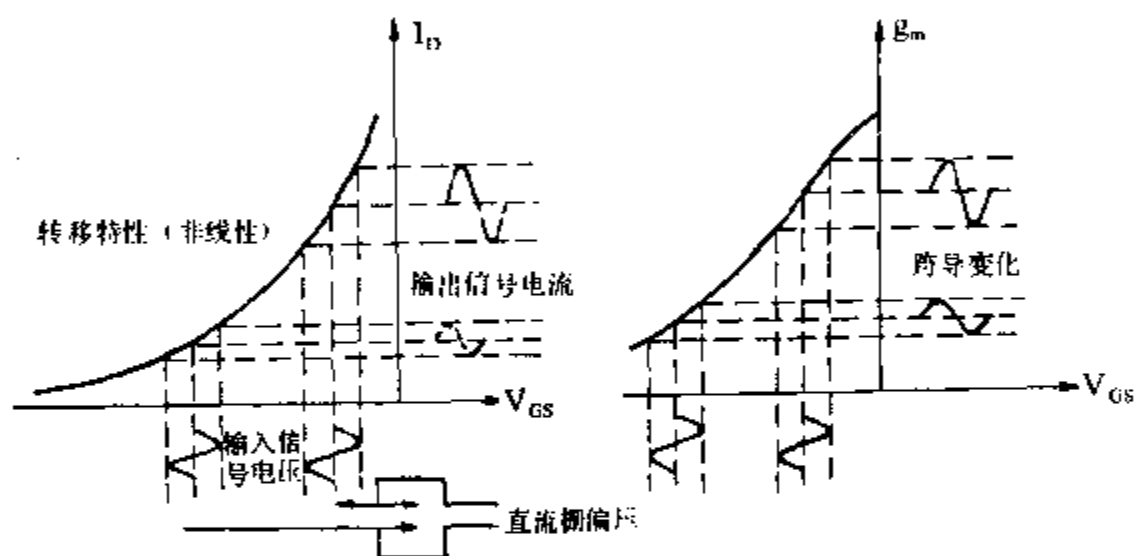
AGC 电路的基本原理是:根据输入信号的强弱变化,得到一个按其平均幅度变化的直流控制电压,这个电压反馈到前级,自动控制级可控制增益放大器的增益,即信号强时,减小增益;信号弱时,提高增益。这一点调频收音机的 AGC 与调幅收音机的 AGC 都是一样的。但调频机和调幅机 AGC 电路受控级的选择和具体电路是有差别的。因此,对 AGC 电路还要作些介绍。

1. 可控增益放大器原理

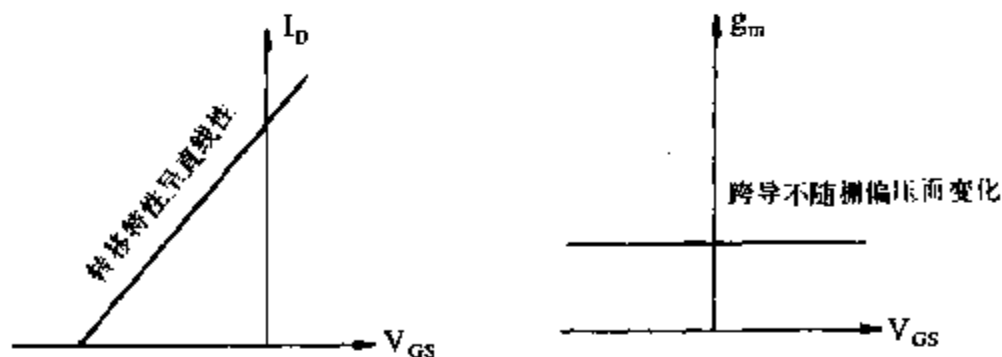
一个高频放大器的增益近似等于跨导 g_m 和负载阻抗的乘积。用于可控放大器的晶体管、场效应管等有源器件,其跨导 g_m 有随着直流工作点而变化的性质,即 g_m 是随着基极或栅极偏置电压的变化而变化,这样就能够控制这个放大器的增益。这时,AGC 电路电压通常作为可控制这个放大器基极或栅极的偏置电压或其一部分。在收音机中,高频放大器的信号电平与管子整个动态范围相比较是很小的。这样,任何时刻,放大器所工作的范围仅仅是放大器整个动态范围中的一小部分。由于跨导 g_m 正

怎样看无线电电路图

比于转移特性曲线(表示栅压 V_{GS} 与漏极电流 I_D 的变化关系曲线)的斜率,因此,具有不同斜率的曲线的各个部分,也将产生不同的增益。由此,我们得出结论:为了使放大器具有可控制增益的功能,转移特性曲线上的各点必须具有不同的斜率,即转移特性必须为一曲线,而不能为一直线,否则跨导特性将呈一水平线(图 9-2-10b),增益将不随偏压而变化,这一点可由图 9-2-10 来证明。



(a) 实际场效应管的转移特性及 g_m 变化曲线



(b)

图 9-2-10

2. 调频机的 AGC 电路

调幅机受控级的选择,一般是在第一中放级和高放级(指有高放的话);调频机受控级的选择,一般只有高放级,变频级不能加 AGC 电路。因为变频级加 AGC 电压会使其集电极电流减小,从而引起本振频率漂移,甚至停振。此外,混频器一般也不加 AGC,因为 AGC 电压也会导致电路的不稳定。调频机与调幅机的 AGC 电路是有差别的:调幅机的 AGC 电压一般由调幅检波所得的直流成分,经滤波后获得,加到第一中放和高放;调频机中送到鉴频器的信号是由限幅器提供的,几乎是恒定幅度的信号,所以解调所得的音频信号幅度几乎不随天线接收信号幅度而变化。因此,在调频机中,中放不必要加 AGC 电路,AGC 电压也不取之于解调所得的信号,而是从未经限幅的中频信号里检波取得。其方框图如图 9-2-11 所示。在高放级中,AGC 电路是非常必要的,因为天线接收到的信号幅度变化很大,在大信号时,高放和变频级都可能因过载而工作在非线性区,因而交调、互调失真增加,假响应干扰增多。同时还会因输入、输出阻抗和有源器件结电容的变化,引起调谐回路 Q 值和选择性的变化,甚至引起本振频率的漂移。所以为了防止变频级过载,高放级一般需要加 AGC 控制电路。另外,AGC 电路的滤波时间常数选择要适当,即比调幅机的时间常数要小。

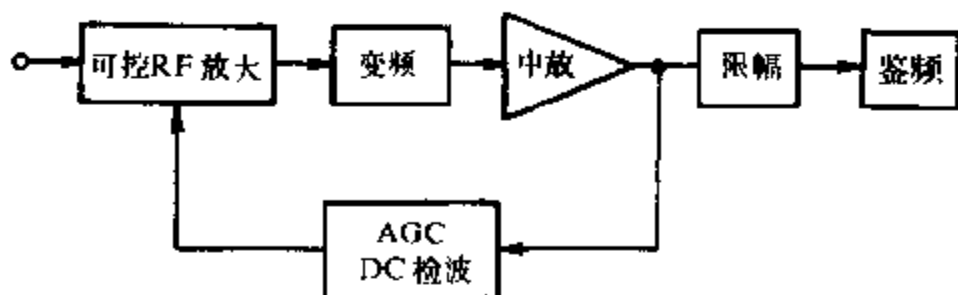


图 9-2-11 调频机的 AGC 电路方框图

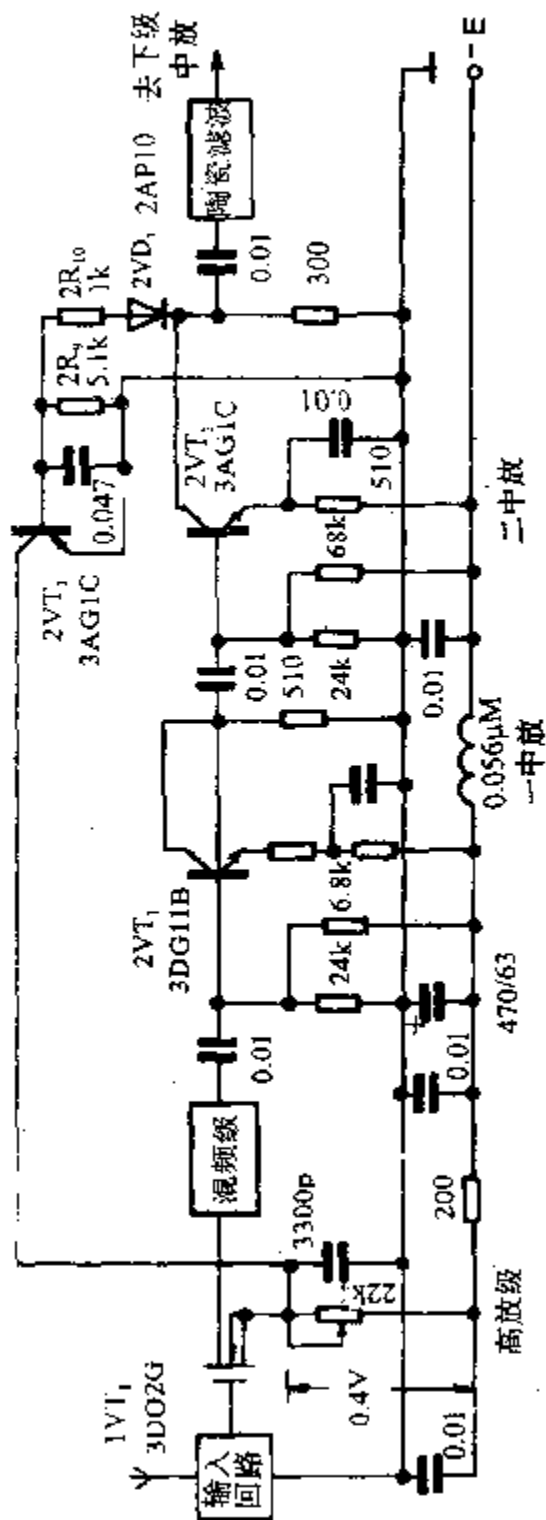


图 9-2-12 调频机的 AGC 电路图

3. 调频机的 AGC 实用电路

图 9-2-12 是调频机的 AGC 实用电路,也是 MOS 场效应管放大器的 AGC 电路。MOS 场效应管高频放大器的增益也决定于管子的跨导,而这个跨导是随管子的工作点和漏电压而变化的。场效应管的反向 AGC 电路(用减小正向偏置电压来减小增益的为反向 AGC)意味栅偏压向负方向移动将减小跨导;正向 AGC 电路(用增加正向偏置电压来减小增益的为正向 AGC)则意味着负的栅偏压向正电压方向移动时跨导 g_m 减小。如果在漏极电源串接一个电阻,则随着漏电流的增加,这个电阻两端将有一个附加压降,从而使漏极电压降低,这也在一定程度上起到了降低跨导,减小增益的作用。本电路中的 AGC 控制电压是由两中放集电极的中频信号经 $2VD_1$ 、 $2R_{10}$ 、 $2R_9$ 和 $2C_6$ 的幅度检波所得,经 $2VT_2$ 放大后加到高放管 VT_1 的源极,起到自动控制高放增益的作用。

第三节 变频电路

调频收音机的变频电路和调幅收音机的变频电路都是采用基本相同的超外差原理。在设计上,调频收音机中所用的变频电路比调幅收音机的变频电路更加严格。因为调频广播频段所占用的频率比调幅的高 100 倍,有些电路在调幅广播频率时能工作得很好,而在更高的调频广播频率时却不能很好地发挥作用。其原因:一方面因频率高使增益下降;另一方面本机振荡器的牵制也比较严重,稳定性差。调频收音机的调谐机构与调幅收音机的也有所不同。调频收音机的可变电容器容量很小,一般为 $3\sim 20\text{pF}$;回路电感量也仅仅为零点几到几个 μH ,一般用几圈导线绕成。下面我们将介绍变频级的有关几种电路。

一、电容三点(考毕茨)振荡器

1. 基本振荡电路

图 9-3-1(a)是电容三点式基本振荡电路;图(b)是它的交流

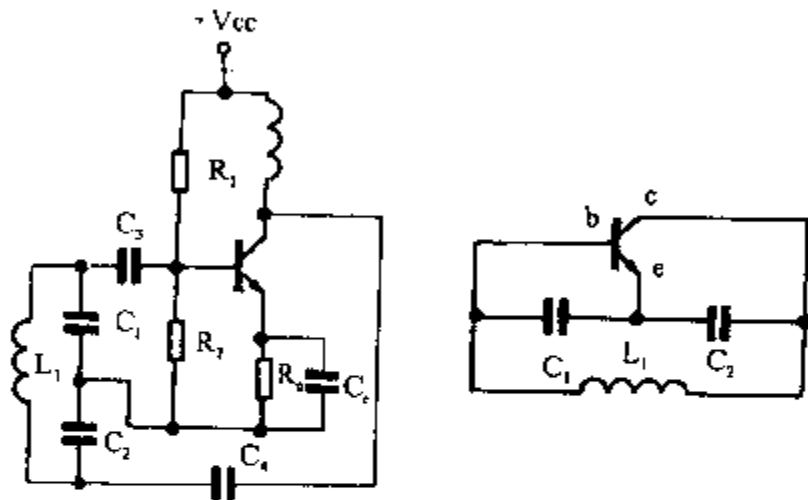


图 9-3-1 电容三点式电路

等效电路。这种振荡电路的特点是把振荡回路的一个电容分成两个串联电容,与振荡管的 E、B、C 各极连成所谓“电容三点式”。 C_1 、 C_2 与 L_1 组成振荡回路。显然 C_1 和 C_2 的串联等效电容

和电感 L_1 基本上决定了电路的振荡频率,即 $f_0 \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C}}$ (式

中 C 为 C_1 、 C_2 串联等效电容)。维持振荡的正反馈是依靠 C_1 和 C_2 串联分压来实现的。当基极相对于发射极的电压降低时,集电极电流减小,电压升高。此升高的电压通过 C_1 、 C_2 加到 C_1 的下端(即发射极端),使发射极 e 相对于基极的电压增高。从而使集电极电压进一步升高,而实现了维持振荡的正反馈。改变 C_1 与 C_2 的比值,就可以改变反馈量,满足振荡幅度条件的要求。

2. “锡拉”振荡电路

图 9-3-2(a)是一种变形的电容三点式振荡电路,叫“锡拉”振荡电路。图(b)示出了它的交流等效电路。从等效电路中可以看出,它与图 9-3-1(b)基本相似,只是在谐振回路与晶体管基极电路间串联一个小电容 C_1 (4.7pF),使晶体管的极间电容对振荡频率的影响减小,从而增加了频率的稳定性。

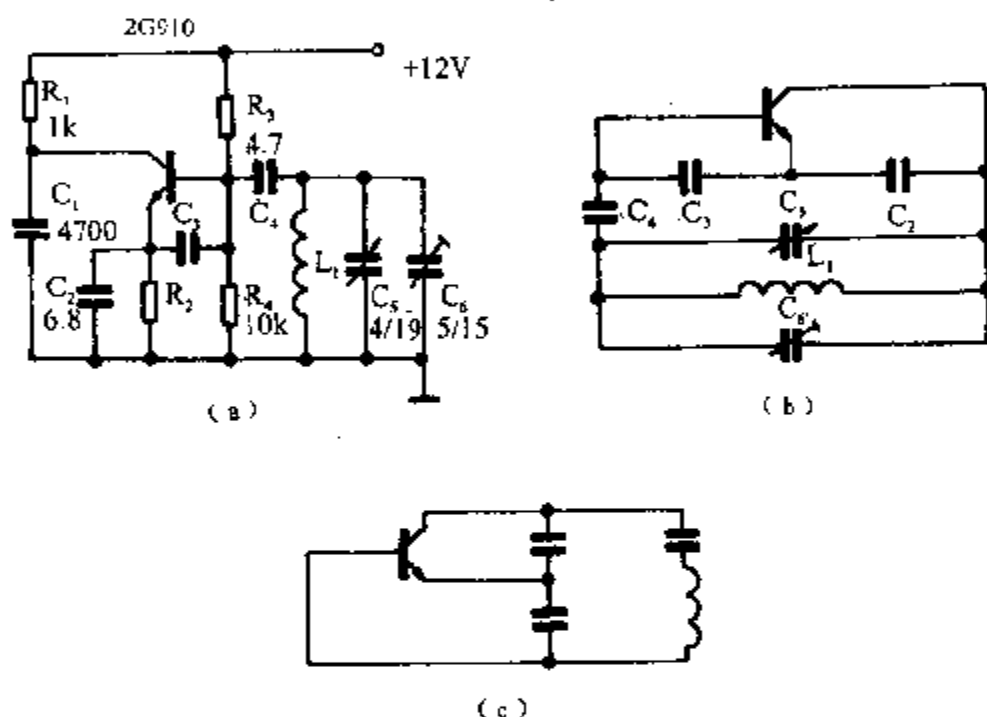


图 9-3-2 变形的电容三点式振荡电路

3. 克拉泼电路

除了上述外,还有一种变形电容三点式电路,其等效电路如图 9-3-2(c)所示,叫“克拉泼”电路,它与“锡拉”电路的作用相似。这种电路形式可减小晶体管参数变化对振荡频率的影响。为了提高振荡电路的稳定性,在本振电路中还加了起缓冲作用的结场效应管放大级,如图 9-3-3 所示。它能有效地防止强信号输入对本振的影响。振荡管的选择,一般选用 $f_b \geq (2 \sim 10)f_0$, 饱和压降小,输出线性好的管子,如 3DG32D、2G910 等型号的管子。管子的工作点一般选在靠截止区,即甲乙类工作点,取 $I_c = 2 \sim$

4mA。如果工作点选得过高,有可能进入饱和区,造成波形失真,Q 值降低,乃至停振。

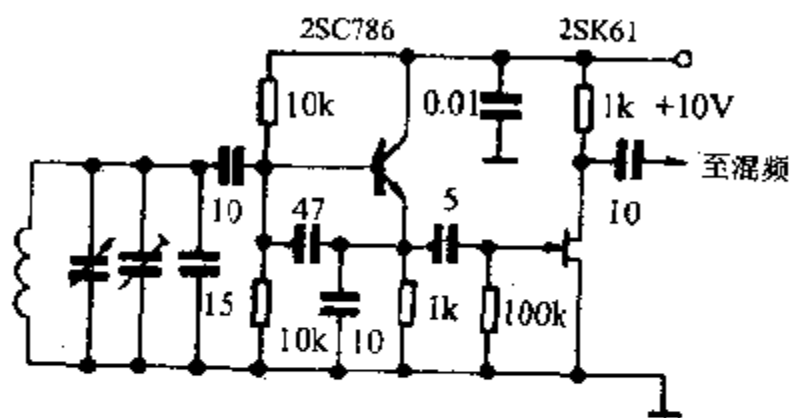


图 9-3-5 具有缓冲放大器的振荡器

总之,考毕茨振荡器的优点是:由于采用电容反馈,通路的高频信号阻抗低,因此,可使振荡时产生的高次谐波反馈减弱,输出波形失真较小,同时振荡频率可以做得较高。在调频收音机中,大都采用这种振荡器。这种振荡器的缺点是:电容器的电容量大小容易影响起振条件,所以调节范围小,适宜做窄频带振荡器。带缓冲放大器的振荡器,适宜高档机采用。

二、差动振荡器

图 9-3-4(a)示出了差动振荡器的典型电路,它是采用两个低噪声管组成的差动振荡器。这种振荡器对管子的 f_T 要求不高,却具有波形好,谐波分量少、频率漂移小等特点,使假响应大为减小。为便于分析本差动振荡器,我们将其简化成如图 9-3-4(b)所示的交流等效电路。显然,此等效电路可以看成是一个共集-共基的反馈放大器。

振荡回路是由 L_1 、 C_5 、 C_6 和 C_7 组成的。它与晶体管 VT_1 的基极通过 C_4 相耦合。 VT_1 为共集电极电路,它对振荡回路呈现

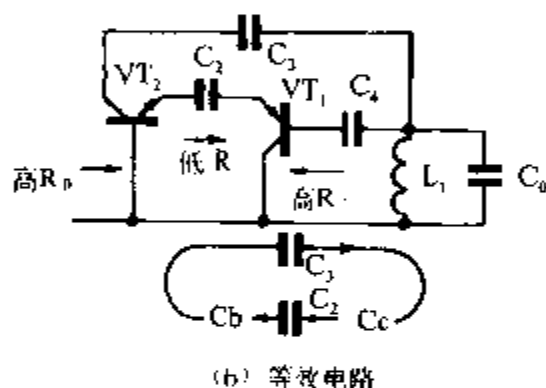
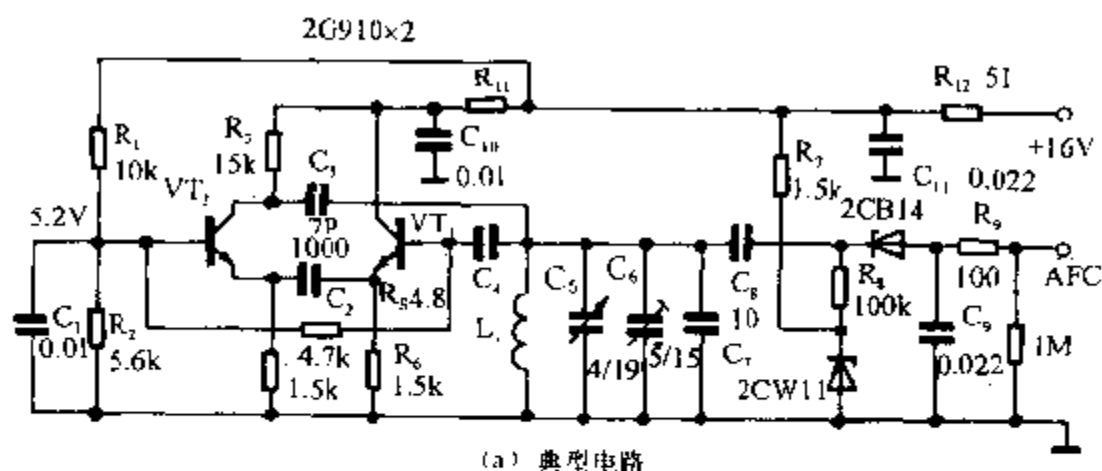


图 9-3-4 差动振荡器

出很高的输入阻抗,而输出则呈现低阻抗(射极跟随器)。它的射极输出通过 C_2 耦合到 VT_2 的发射极。 VT_2 为一共基极电路,基极通过 C_1 交流接地。其低的输入阻抗正好与共集电路相配合,而高的输出阻抗又通过反馈电容 C_3 将能量回送到振荡回路。当某种原因使 VT_1 的基极电位升高时,因 VT_1 实为一个射极跟随器,其基极和发射极电位是同相的,所以发射极电位升高, VT_2 的射极电位也升高。而 VT_2 为共基极接法,发射极电位的增高,使集电极电流减小,而电位增高,这电位的增高,通过 C_3 和 C_4 又反回到 VT_1 的基极,从而构成了正反馈,产生振荡。电路中, C_3 、 C_4 容量都很小,管子对回路影响小,使回路有载 Q 值较高,频率稳定,信号幅度大。这种振荡器所选的管子,只要 $f_T \geq$

300MHz 的皆可使用。但为了减小调制噪声,改善大信号时的信噪比,宜选取低噪声管子较好。本电路中,也接有 AFC 电路(以后介绍),它通过变容二极管的作用,自动地使信号频率与本振频率良好地跟踪,使接收经常保持在最佳调谐状态。

三、混频器

调频收音机的混频器,一般采用晶体管、结型场效应管、MOS 场效应管等,下面分别介绍几种混频器。

1. 晶体管混频器

在前面已介绍了本振信号注入混频器的三种方式。目前在调频收音机中,采用基极注入方式较多。为了减小本振与混频,输入回路与本振回路之间的互相影响,本振信号注入混频器时,一般是通过小的耦合电容($1\sim 2\text{pF}$)来实现的。图 9-3-5 是晶体管混频器的典型电路。 VT_1 是混频管, VT_2 是振荡管。本机振荡电路采用变形考毕茨振荡电路。电阻 R_5 、 R_6 、 R_7 和 R_8 为 VT_2 提供了具有集电极直流反馈的通用偏置电路, C_{12} 将集电极交流接地。 L_2 、 C_6 、 C_7 、 C_8 以及 C_{10} 和 C_{11} 组成了并联谐振回路,振荡频率主要由这几个元件决定。维持振荡的正反馈主要由 C_{10} 和 C_{11} 串联分压来实现; C_9 是耦合电容,它的容量(1pF)不大,还具有隔离管子与回路的作用。这个振荡电路与图 9-3-2 的振荡电路是一样的,只是在具体接法上稍有差异。另外,振荡回路的可变电容器 C_8 与输入回路和高放回路的可变电容器是同轴的。

本振信号经过电容 C_5 加到混频管 VT_1 的基极;来自高放的输入信号经过电容 C_1 也加到混频管的基极。由于 VT_1 的非线性作用,在其集电极得到输入信号频率、本振频率以及它们的和频和差频。在混频器的输出端,由电容 C_4 和中频变压器的初级线圈组成的并联谐振回路(谐振在 10.7MHz)选出所需要的

10.7MHz 中频信号, 作为混频器的输出, 送到后面的中放级。在混频管 VT_1 的基极接有电感 L_1 , 它与电容 C_3 组成串联谐振电路, 谐振于中频 10.7MHz。此电路称中频陷波器。它的作用是: ①防止加在基极上的本振信号和输入信号旁路, 起高频扼流作用; ②对中频起陷波作用, 防止中频自激, 提高变频增益以及防止外来中频的干扰。

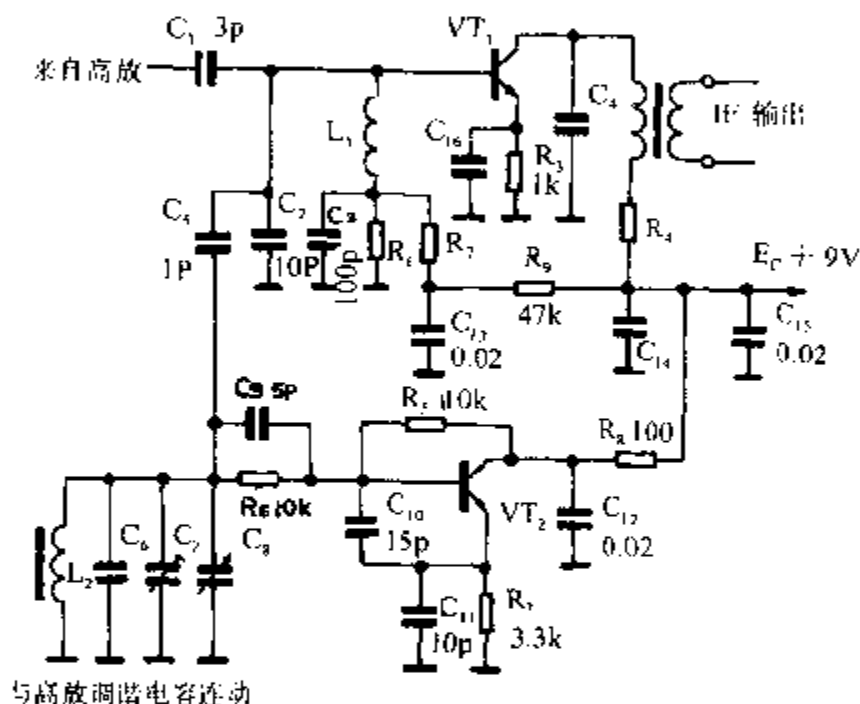


图 9-3-5 晶体管混频器

2. MOS 场效应管混频器

(1) 单栅 MOS 场效应管混频器

单栅 MOS 场效应管混频器与晶体管混频器的电路接法基本一样, 具体电路如图 9-3-6 所示。但是单栅 MOS 场效应管混频与晶体管混频有所不同, 其漏电流 i_D 是直流偏置 (V_{DS} 、 V_{GS}) 和交流信号 (信号电压 u_s , 本振电压 u_o 和中频电压 u_i) 的函数。漏电流 $i_D = U_m \cos \omega_s t$, 若跨导 g_m 为常数, i_D 中仅有信号 U_s 成分, 不能变频。只有 g_m 随着偏置电压不同而改变即 g_m 为非线性

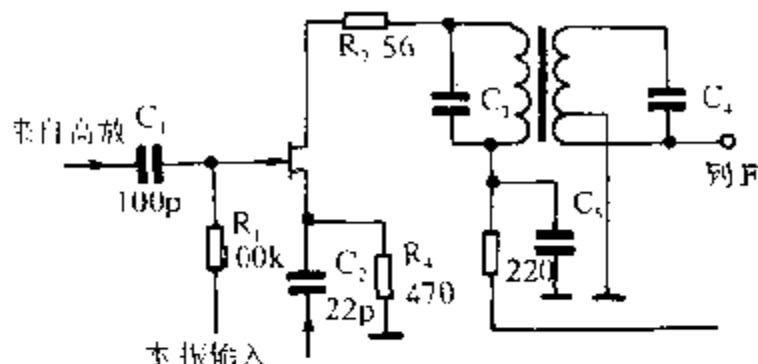


图 9-3-6 单栅 MOS 场效应管混频器

时,才能起混频作用。因此,在 MOS 场效应管混频电路中,本机振荡电压的作用是改变变频管的跨导。最佳变频工作点应选在 g_m-U_{GS} 曲线直线部分的中点(见图 9-3-7)。

(2) 双栅 MOS 场效应管混频器

双栅 MOS 场效应管混频器如图 9-3-8 所示。很显然,双栅 MOS 管是由两只单栅管组合而成的。因此,为了使变频跨导随本机振荡电压作大幅度变化,提高变频效率,一般是将输入信号加到管子第二栅极 G_2 上;而将振荡信号电压加到第一栅极 G_1 上,此时漏电流 i_D 是 V_{DS} 、 V_{GS} 、 V_{G2S} 、 u_D 和 u_S 的函数。一般信号电压 u_S 很小($\mu V \sim mV$ 级),而本振信号电压却很大(约几百 mV),因振荡信号电压对跨导的影响很大,即跨导 g_m 随着本振信号电压 u_O 变化而变化。要注意,在双栅 MOS 场效应管混频器中,管子的非线性不仅体现在 $i_D \sim u_g$ 曲线的弯曲部分,即使这些曲线都是直线,但只要它们彼此不平行,仍可产生变频作用。因为 MOS 场效应管是绝缘栅型的,偏置可正可负,不会产生偏流,因此工作状态可根据最佳变

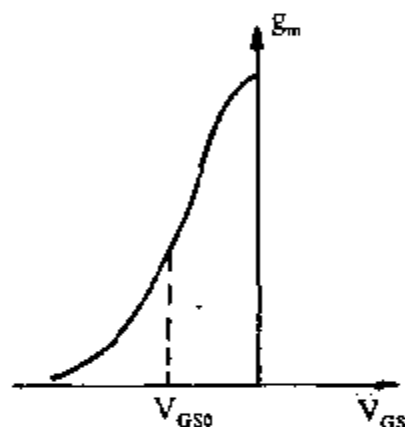


图 9-3-7 单栅 MOS 管的 g_m-U_{GS} 曲线

频效果而定。此外,用双栅 MOS 场效应管混频时,因信号和本振电压分别加在两个栅板上,彼此可以减小高放回路与本振回路之间的牵引,假响应也少,有利于减小本振辐射。但是,变频增益要比单栅场效应管和晶体管低。混频管的选择:要选跨导 g_m 高 ($g_m \geq 10$)、夹断电压 V_p 低 ($V_p < 1V$)、特征频率 f_T 高、噪声系数 N_F 小的管子。直流工作状态选在 $g_m \sim u_a$ 曲线斜率最大的部分。实验表明,混频管 $V_{DS} = 11V$, $V_{G1S} = 0$, $V_{G2S} = 0.6V$ 时,能获得较大的变频增益和较小的变频噪声。此时,要求本振注入电压为 $0.55 \sim 0.8V$,变频增益约为 $0 \sim 1(dB)$ 。

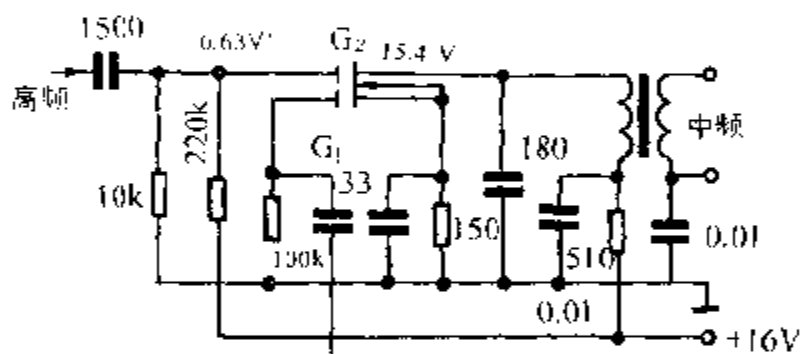


图 9-3-8 双栅 MOS 管混频器

四、变频器

我们知道,变频器是由一只管同时完成本机振荡和混频两个功能的频率变换电路。图 9-3-9(a)示出了调频收音机的这种变频电路;图(b)示出了该电路振荡器的等效电路。在这电路中,电阻 R_1 和 R_2 为晶体管提供了偏置,电容 C_4 将基极保持为交流接地,而信号电压则从 C_1 注入发射极,所以对信号来说,这是一个共基极接法的放大电路。晶体管的集电极有两个串联的并联谐振回路,其中 L_2 、 C_6 、 C_7 、 C_8 以及 C_2 和 C_5 组成本机振荡

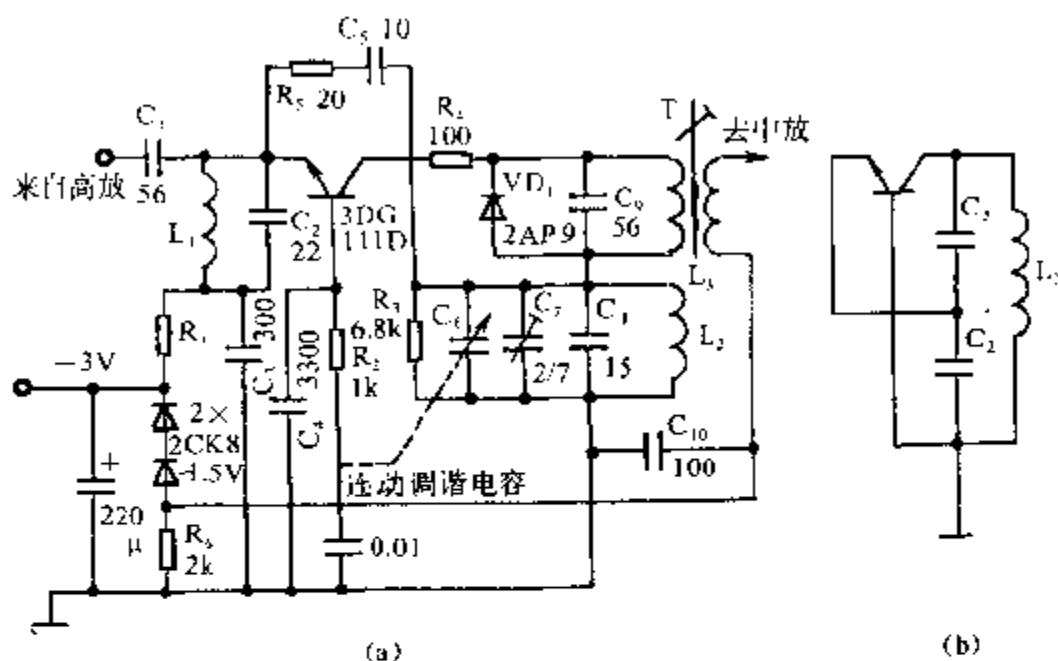


图 9-3-9 晶体管变频器

器的振荡回路；中频变压器 T 的初级线圈 L_3 的电感与 C_9 组成调谐在 10.7MHz 的中频调谐回路。这两个谐振回路只对各自的谐振频率呈现出很大的阻抗，而对其他频率成分很容易通过，即视为短路。因此，当该级作为振荡器时， L_2 的上端可视为接在集电极上；同时，经 C_5 和 R_5 接到发射极上； L_2 的下端接地，也就是与基极相接。而电容 C_2 （有的利用基-射极结电容就省去 C_2 ）上端接发射极，下端通过较大电容 C_3 也与地及基极电容相接。显然，这是由 L_2 谐振回路与 C_2 、 C_3 组成的共基极电容三点式振荡器。电阻 R_5 起稳定振荡幅度和改善波形的作用，振荡回路中的 R_3 起着降低振荡回路 Q 值的作用，电感 L_1 和 C_3 起中频陷波作用。当该级作为混频器工作时，来自高放的输入信号经 C_1 注入晶体管的发射极，振荡电压通过 C_5 和 R_5 也加到发射极，两个信号在晶体管中的差拍，从而完成频率变换。由于中频变压器 T 的初级线圈 L_3 与 C_9 并联谐振在 10.7MHz，所以它选

出了所需的中频信号,并经T的次级 L_1 耦合到中放级。这样,就由一只晶体管和两个串联而谐振在不同频率上的谐振回路,既维持了振荡,又实现了混频。中频谐振回路中的二极管 VD_1 起过载阻尼作用,在信号特大时,它趋于导通,从而可以降低回路的Q值,减小本级增益,防止中放过载。在变频管的基极供电电路中,串接有两个二极管(2CK9),主要起稳定基极电压的作用。

在调频收音机中,本机振荡频率都较高(在100MHz以上),所以要求振荡管的截止频率比较高。由于共基极电路比共发射极电路的截止频率高得多,即 $f_c \gg f_\beta$,因此对变频管的要求可以降低,电路也容易起振。所以普及式调频收音机,多采用共基极变频电路。

混频器和变频器相比较,很明显,混频器的振荡和混频是分开由两只管完成的,这样振荡和混频电路之间的牵制比较小。同时,两只管可调在各自最佳的工作状态,因此混增益高,噪声低,振荡频率稳定,振幅在波段内均匀性好,调整也较方便;但电路较复杂,用的元件较多,所以混频器一般用于高级的调频收音机。变频器是由一只管完成振荡和混频任务,振荡和信号相互牵引比较大。当变频管处于振荡最佳工作状态时,而混频就不一定是最佳工作状态,同时处于最佳状态比较困难,必须在振荡和混频这两者最佳工作状态之间进行折衷。因此,变频器一般稳定性较差,信号失真大,也不便于调整。但它用的元件较少,也较简单,所以它在普及式调频收音机采用较多。

五、自动频率控制电路(AFC)

调频收音机的自动频率控制电路能够自动控制本机振荡频率,从而提高收音机的稳定性。自动频率控制的作用有两点:①

AFC 电路能够阻止振荡器频率的任何变化,即有效地减小振荡器的频率漂移;②只要收听者把收音机调谐到所需要收听的电台频率附近,即不必调得很准确,AFC 电路就能够使振荡器进入“锁定”在该电台所需的本振频率上。AFC 用得较多的是变容二极管控制法。

1. 变容二极管控制法

在介绍变容二极管控制法之前,先简单地介绍一下变容二极管。变容二极管是专门作为“压控可变电容器”的二极管,利用它可以得到很宽的容量变化范围和很高的 Q 值。变容二极管的导电特性与一般检波二极管相似,但在结构上却有所不同。一般检波二极管多是点接触型的,而变容二极管为获得较大的结电容和较宽的可变范围,多用面接触型和台面型。变容二极管的符号如图 9-3-10(a)所示;(b)是它的等效电路。图中 C_j 为可变电容, R_s 为串联电阻, L_s 为引线电感。变容二极管在收音机中主要用于电子调谐和自动频率控制,它起着可变电容器的作用。

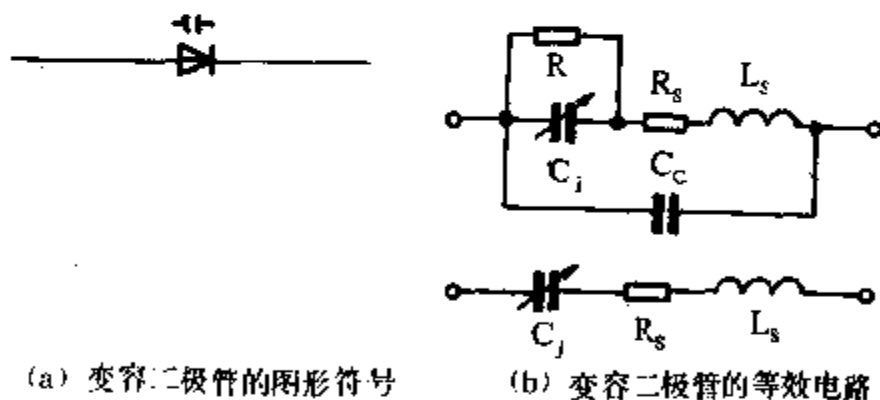


图 9-3-10 变容二极管

变容二极管在 AFC 电路中,是作为压控可变电容器而接入振荡回路的。在使用变容二极管时,要注意:①避免变容二极管的直流控制电压源(调频鉴频器)与振荡电路直流供电系统之间的相互影响,通常采用电感或大电阻来实现这两者的隔离,典型

电路如图 9-3-11 所示。②变容二极管的工作点要选择适当(即直流反偏压要选适当)。一般要选择相对容量变化大的反向偏压小的为好。

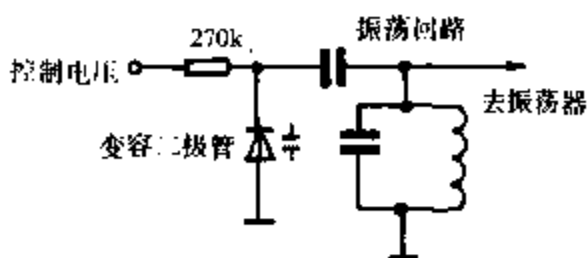


图 9-3-11 控制振荡器频率的典型变容二极管电路

在调谐一个具有 AFC 电路的调频(FM)收音机时,应首先断开 AFC,把收音机调谐在所需收听电台频率上或其附近,然后再接通 AFC。这样 AFC 电路就很容易地“捕捉”所需电台的频率。因为任何 AFC 电路都有一定的捕捉和牵引范围(一般 FM 收音机的 AFC 捕捉范围在 $\pm 50\text{kHz}$,牵引范围在 $\pm 100\text{kHz}$)。如果一开始就偏离所需收听电台频率太远,AFC 就可能捕捉不住。如果不事先关掉 AFC 电路而调谐,由于 AFC 的牵引作用,又可能漏掉收听的电台,或者难以从两个邻近电台中选收任一个电台。

2. 具有 AFC 的混频器电路

图 9-3-12 所示的是具有 AFC 的混频器电路。 VT_1 (3DG11B)为混频管, VT_2 (3DG11B)为本机振荡管。混频器与图 9-3-5 所示的晶体管混频器完全一样,只是集电极采用电容耦合式的双调谐回路;本振采用共基极电容三点式振荡器。 L_2 、 C_{10} 、 C_{11} 组成并联可调振荡回路。振荡回路的下端与地相接,又经电容 C_7 接到基极,再利用基射结电容和 C_9 组成一个电容三点式振荡器。振荡回路的电容还应包括变容二极管的等效电容和 C_{12} 。由于变容二极管 VD_1 的反向偏压受鉴频器来的 AFC 控制电压(约 $\pm 0.3\text{V}$)控制,因此,振荡器频率也受 AFC 电压控制。与变容二极管 VD_1 串联的电容 C_{12} 有几个作用:①它隔断了 AFC 直流控制电压经 L_2 到地的通路。②在高频时,变容二极管

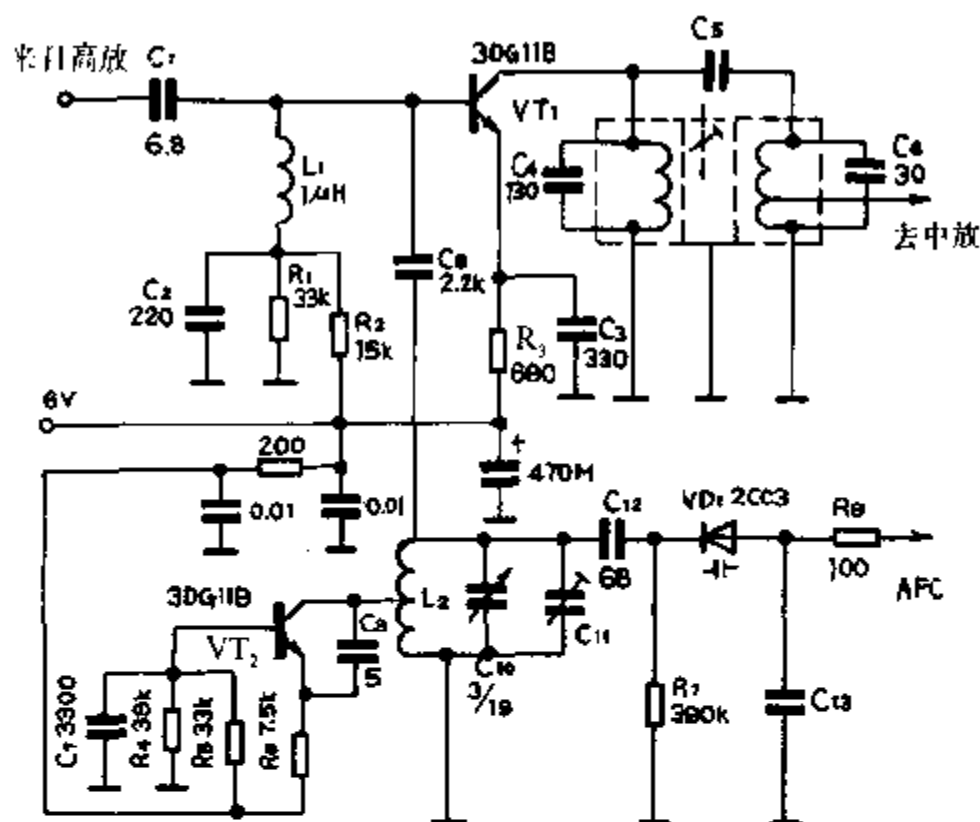


图 9-3-12 具有 AFC 混频器电路

的 Q 值较低,这样,将对谐振回路产生严重影响。串入 C_{12} 后就可以减小此影响,所以 C_{12} 提高了该支路的 Q 值。很显然, C_{12} 应选择高频低损耗的电容器。③ C_{12} 能控制变容二极管的频率灵敏度,也就是说,通过适当地选择 C_{12} ,就能控制偏置电压的单位变化量所引起的振荡频率的变化量,即 AFC 控制特性的斜率。当 C_{12} 值选得较大时,变容二极管对振荡频率的影响也大, C_{12} 的大小能够控制 AFC 捕捉和牵引范围。为了限制变容二极管过大的容量变化,即限制一定的 AFC 的作用范围, C_{12} 必须是一个小容量的电容器。此外, C_{12} 与 VD_1 串联分压作用,使得加到 VD_1 上的信号幅度稍微减小。当一个大的交流信号加上时,二极管能起到整流器的作用,从而增加变容二极管的反偏压。

3. 具有 AFC 的调谐器

(1) 图 9-3-13(a) 是场效应管调谐器电路, VT_1 为 MOS 场

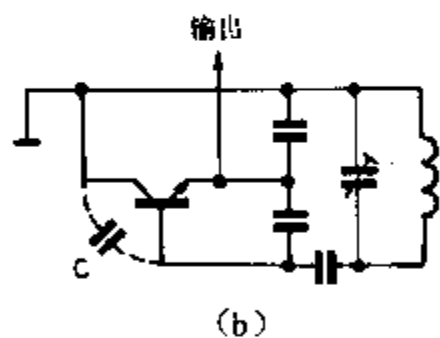
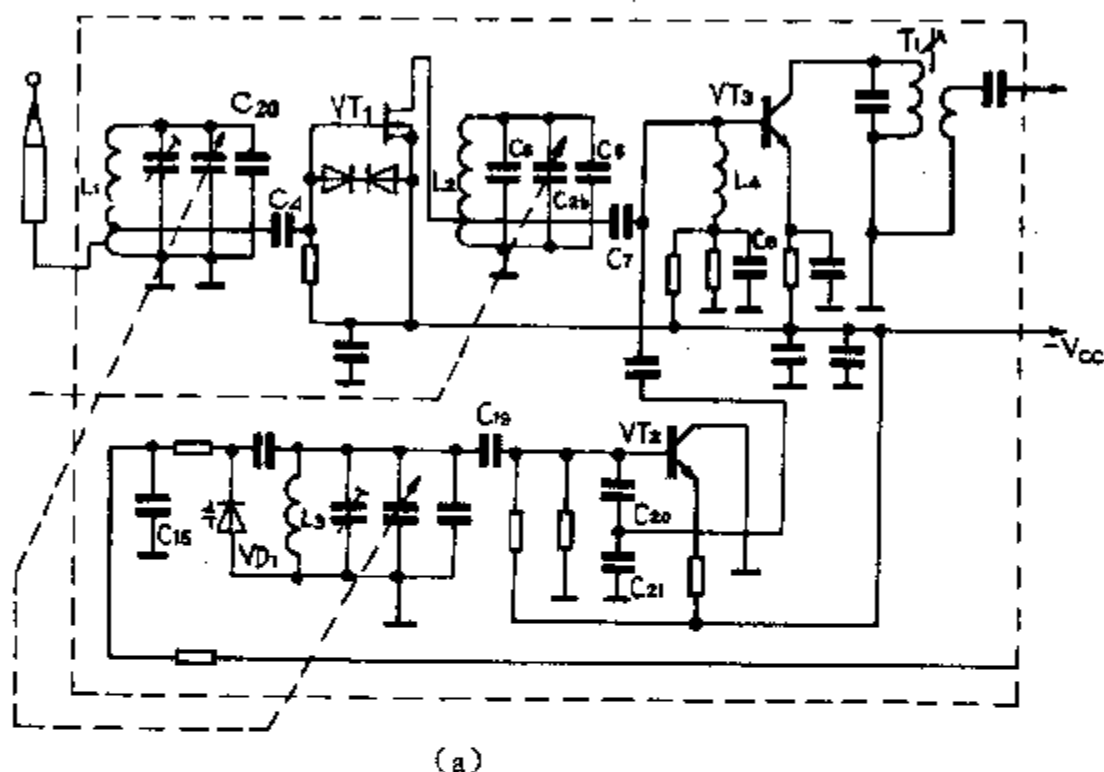


图 9-3-13 场效应管调谐器

效应管高频放大器。为了改善本机振荡频率的稳定性,由 VT_2 组成独立振荡器,并选用改进的电容三点式振荡电路,即克拉泼振荡器。其等效电路如图 9-3-13(b)所示。由于在电路内增加了耦合电容 C_9 ,使晶体管的集电结电容 C 对回路的影响大大减

小。这样因为 C 值的差异引起本机振荡电路的频率改变就小得多,因此,频率稳定性变好是这种电路的一个优点。另外,这种电路耦合到混频级的振荡输出端经电容分压以低电平,低阻抗输出,有利于减轻负载对本机振荡电路的影响,并可以进一步提高频率的稳定性。这样减小本机振荡电路向外辐射的程度,而且振荡回路输出的波形也好。振荡管 VT_2 的 I_c 约取 1.5mA ,耦合到混频管 VT_3 的基极的本机振荡电压保持在 $60\sim 90\text{mV}$ 范围。混频管 VT_3 的 I_c 约取 1.2mA ,并由 L_4 、 C_8 组成中频 10.7MHz 串联谐振电路。 VD_1 为变容二极管,用作 AFC 控制。为了简化电路, VD_1 没有预先置于直流负偏压,因此,AFC 控制范围在正负频偏时不十分对称。

(2)图 9-3-14 是专业 FM 收音机的调谐器电路,它也具有 AFC 电路。这里高频放大器用双栅 MOS 场效应管,而混频器中的变容二极管不再为零偏置,而是具有一定的反向偏置的。其正端通过 $220\text{k}\Omega$ 和 $1\text{M}\Omega$ 接地电阻;另一端由 R_{16} 和 R_{17} 分压提供大约 $+6\text{V}$ 的电压。因此,变容二极管工作在 6V 左右的反偏置状态下,具有较高的 Q 值和良好的线性。实践证明,当 AFC 控制电压为 $\pm 0.3\text{V}$ 时,AFC 的作用范围为 $\pm 185\text{kHz}$,两边的对称性也较好。此外,通过改变 R_{16} 的阻值,可以改变加在变容二极管上的反向偏置电压大小,因而可以很方便地调整 AFC 控制范围。本调谐器中,高频放大器、混频器和本振电路与前面介绍过的有关电路基本相同,这里不再赘述。

(3)图 9-3-15 是另一种 FM 收音机的实用调谐器电路,其中变频器部分采用了 AFC 电路。该电路的特点是 AFC 控制电压经 R_9 和 C_{18} 隔离和滤波后,还通过扼流圈 L_8 加到变容二极管 VD_2 上,而 VD_2 仍采用简单的固定零偏置。高放是一个共基极电路,变频器与图 9-3-9 基本相同,不再赘述。

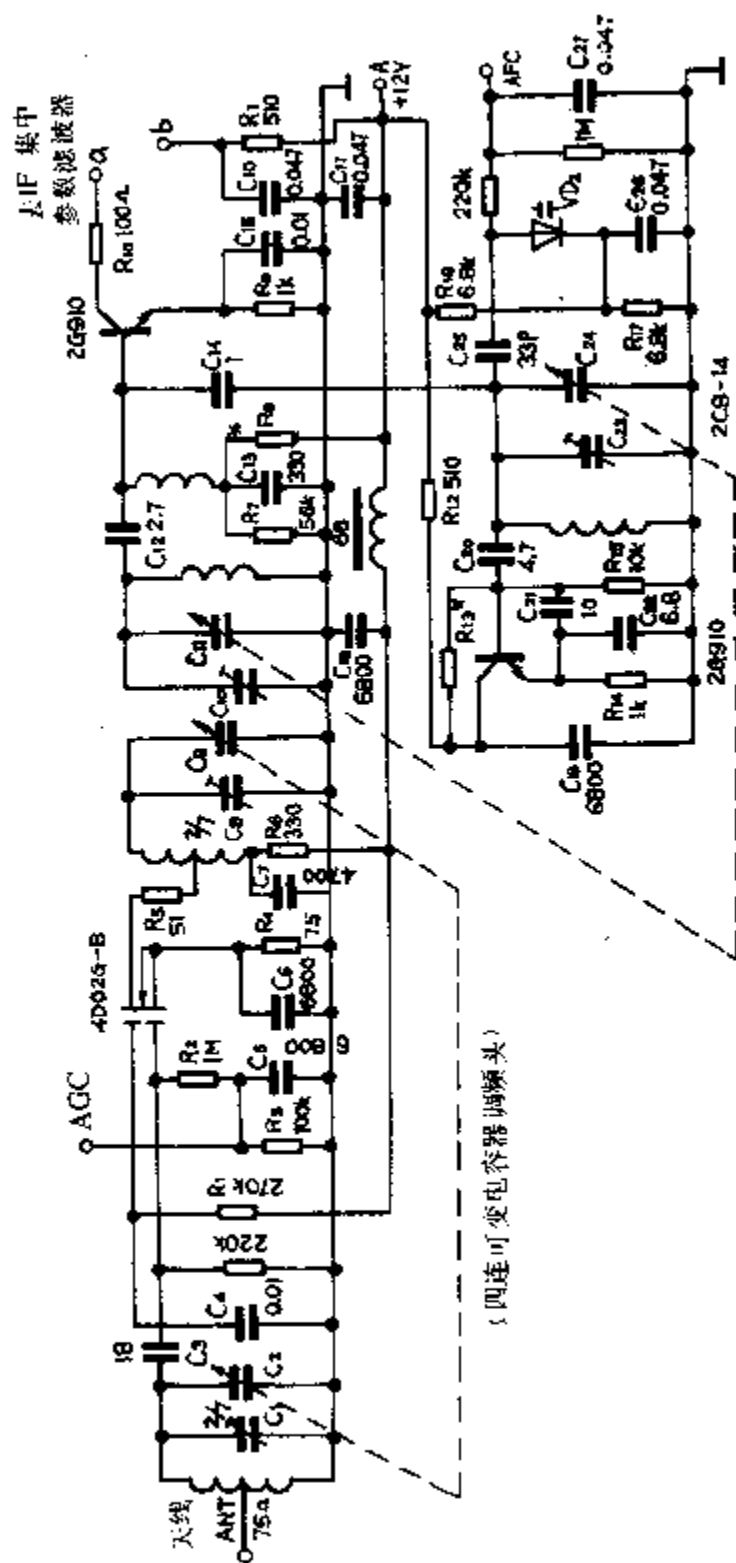


图 9-3-14 具有 AFC 的 FM 收音机调谐电路

第四节 中频放大电路

中频放大电路也是调频收音机的重要组成部分。它不仅关系到整机的灵敏度和选择性等主要性能指标,而且它的限幅性能,对消除幅度干扰,提高信噪比,改善调幅抑制比,减小失真,加宽通带起着重要作用。对中频放大电路的主要要求是:功率增益高、稳定性好,通带宽度合适、选择性好和有良好的限幅性能。当然,选择性与通带也是有矛盾的,选择性好了,通带就窄了;反之亦然,这就要根据情况,两者要兼顾。为了提高音质,防止调制频率的相位变化而引起解调信号失真,在调幅收音机中不被重视的带内相移特性,而在调频收音机中却要特别重视,即要求中放具有较好的线性相移特性,以降低失真。中频放大器的电路程式通常有两种:一种是放大器和谐振回路(单调谐、双调谐、固定滤波)交替组合的形式。另一种是集中滤波器(LC回路或陶瓷滤波器)加上多级阻容耦合的宽带放大器(或集成电路)形式。

调频收音机中频放大电路与调幅收音机中频放大电路形式很相似,只是工作频率不一样。调频收音机中放频率为10.7MHz,其调谐回路有多种形式,如LC单调谐回路,双调谐回路、多回路以及陶瓷滤波器等。下面简单地介绍常见的几种中频放大电路。

一、单调谐中频放大电路

图9-4-1示出了调频/调幅收音机共用中频通道单调谐中频放大电路。各放大管基极偏置电压由主电源经 R_1 (2k Ω)及二极管 VD_1 、 VD_2 稳压至1.5V后供给,级间都采用单调谐耦合。各放大管的集电极都有两个串联谐振回路,即调频的调谐在

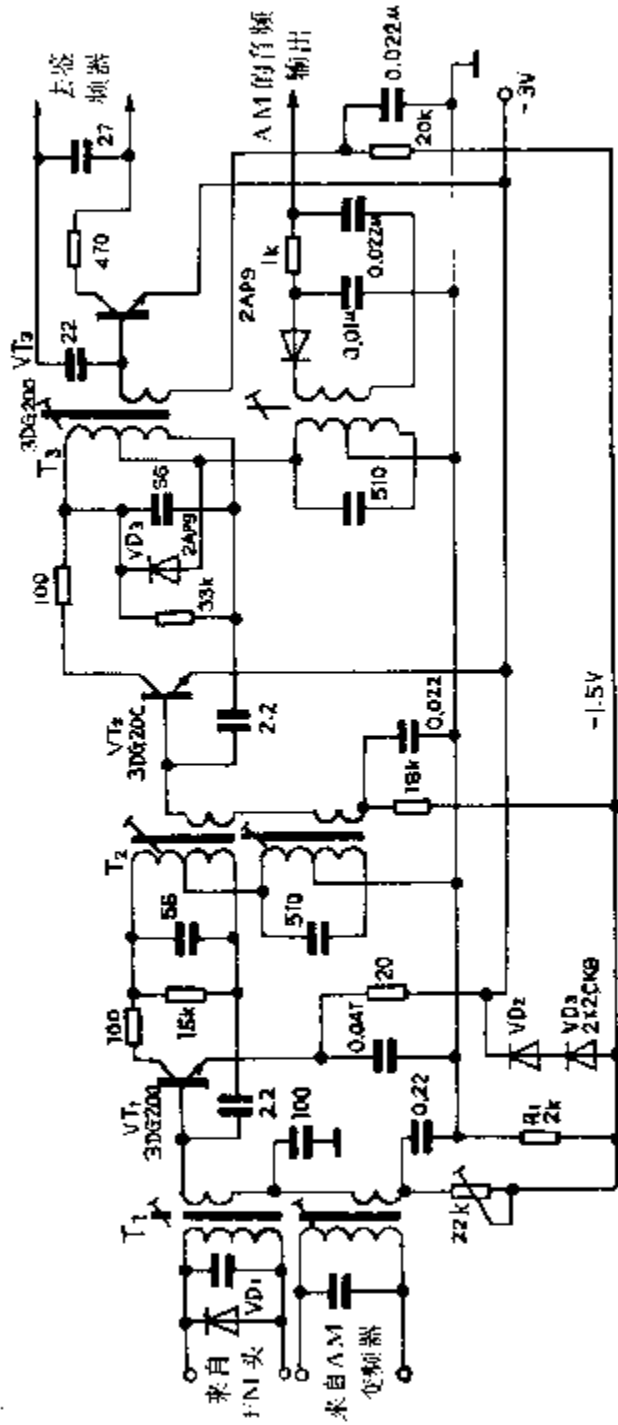


图 9-4-1 单调谐耦合的 FM/AM 中频放大器

10.7MHz;调幅的调谐在465kHz。由于这两个频率离得很远,调频中频谐振回路的电感、电容都很小;调幅中频谐振回路的电感和电容较大。所以调频谐振回路的电感对调幅中频的阻抗很小,可视为短路;调幅中频谐振回路的电容对调频中频的阻抗也很小,也可视为短路。因此,两种回路串在一起仍能各自独立工作,互不影响。 VD_3 是阻尼二极管,起限幅作用。信号从调幅(AM)第二级中放管 VT_2 输出以后,即进行检波;而调频(FM)通道在此级输出后还要加一级中放(VT_3)再进入鉴频器进行解调。单调谐放大电路优点是电路简单,但单调谐放大电路的选择性和通频带特性不太好,所以多用于简单或普及机中。

二、双调谐中频放大电路

单调谐放大器很难满意地解决选择性和通频带要求之间的矛盾,采用双调谐放大电路,这个矛盾就会得到较好的解决。双调谐回路一般也有两种耦合方式,即电感耦合和电容耦合,这在前面已介绍过了。图9-4-2(a)和(b)分别是这两种耦合方式的双调谐放大器。电感耦合双调谐电路中,采用的是基极偏置。 VT_1 加有AGC控制。其中和电路由 L_3 和 C_3 构成。为了减少晶体管参数变化对回路特性的影响,双调谐回路初、次级线圈均采用抽头电感,这样可提高谐振回路的有载Q值,改善耦合回路的选择性。电感的抽头位置由前级输出阻抗与下一级的输入阻抗的匹配情况来决定。两个调谐回路之间的耦合是通过电感 L_1 和 L_2 之间的互感 M 来实现的。改变回路的抽头位置即改变回路Q值或改变 L_1 和 L_2 之间的距离可以改变耦合程度。为了使耦合稳定,一般将两个谐振回路共同装进一个电磁屏蔽盒内;或将初级回路和次级回路分开屏蔽,而把初级(或次级)的一部分放在次级(或初级)屏蔽盒内,并与次级实行紧耦合。经过实验,可

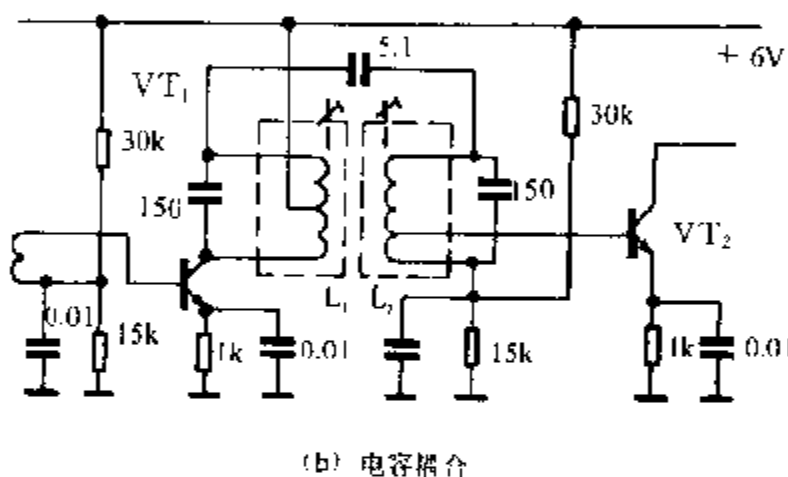
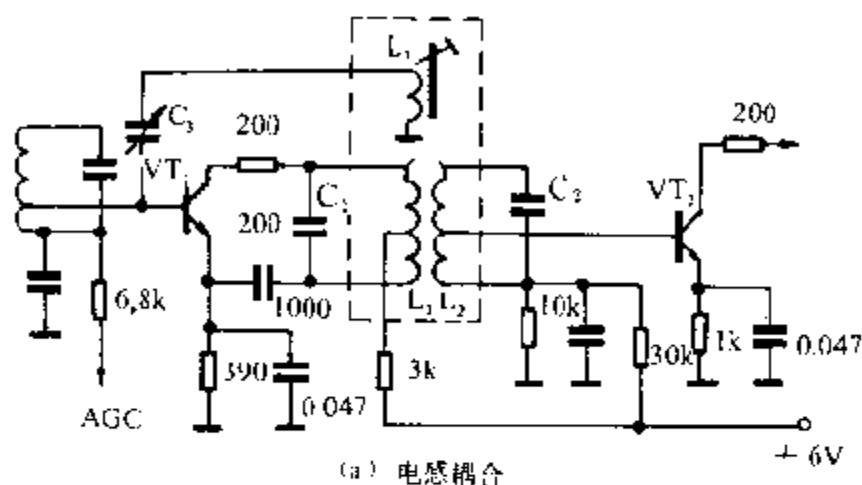


图 9-4-2 双调谐放大器电路

以确定最佳耦合时的这部分圈数,也可以直接改变这部分圈数来调节耦合的程度。为了获得良好的通频带特性和选择性,以获得最大增益,两个回路之间一般选择在临界耦合附近。

电感耦合时的谐振频率为

$$f_0 \approx \frac{1}{2\pi \sqrt{L_1(C_1 + C'_0)}} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_2(C_2 + C''_0)}}$$

式中 C'_0 为放大管输出电容反射到初级回路的电容; C''_0 为下级输入电容反射到次级回路的电容; C_1 和 C_2 分别为初、次级回路电容。

图 9-4-2(b)所示的电容耦合双调谐放大电路与电感耦合的双调谐放大电路在本质上是一样的。计算上两者可以通用。为使谐振曲线对称,常选 $C_1=C_2=C, L_1=L_2=L$ 。为了减小晶体管对回路性能的影响,常取回路电容 $C \gg C_0 (C_0')$ 。这样,回路电感为

$$L = \frac{1}{(2\pi f_0)^2 C} = \frac{25300}{f_0^2 (\text{MHz}) C (\text{pF})}$$

$$\text{回路有载阻抗 } R_L = \omega_0 L Q_L = \frac{1}{\omega_0 C_0} Q_L$$

$$\text{回路有载 } Q \text{ 值 } Q_L = \omega_0 C R_L = \frac{R_L}{\omega_0 L}$$

图 9-4-3(a)、(b)分别示出了另外一种电感和电容耦合的双调谐放大电路。这两个电路与图 9-4-2 所不同的是,其基极输入端用独立的阻抗匹配电感,而不用抽头电感。因为回路总的电感线圈圈数少,不容易掌握抽头的位置,而改用独立的电感线圈,可以直接改变其圈数来实现匹配。总之,双调谐放大电路的选择性和通频带特性都比单调谐的好得多,其谐振曲线更接近于矩形,较好地解决了选择性和通频带之间的矛盾,但多调谐回路,调试较麻烦。

三、集中滤波中频放大电路

1. 集中滤波器

在收音机的中频放大器或高频放大器中,通常都加有 AGC,由于 AGC 电压的变化,会改变放大晶体管的工作状态,从而使其结电容也发生变化。这样一来,使与其相接的输出、输入谐振回路失谐,而引起偏调。为了避免这一点,可将中放各级做成宽带式的,如 RC 耦合放大级或以低 Q 值回路为负载的放大级。为了获得好的选择性,把多级调谐回路都集中放在放大器

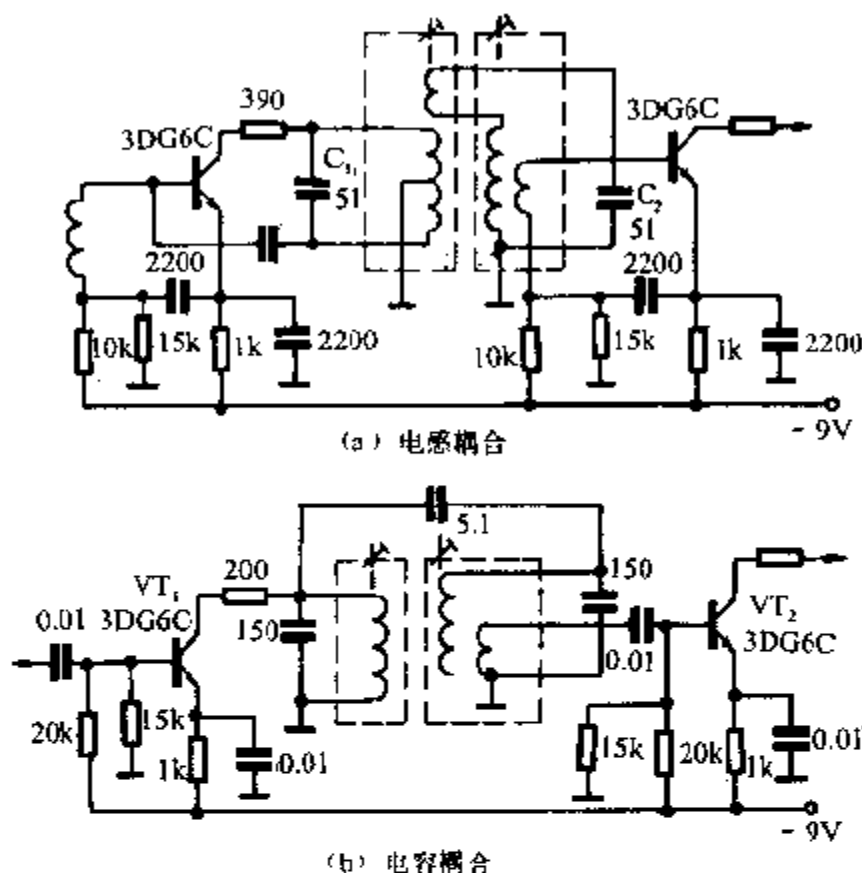


图 9-4-3 采用独立匹配的双调谐放大器

的输入端或输出端而形成一个滤波器,这种滤波器常称作为“集中滤波器”。收音机中常用的集中滤波器实际是由多个 LC 调谐回路耦合而形成的复合调谐回路。按其耦合方式,可分为内耦合、外耦合和复合耦合三种形式。图 9-4-4 所示电路为外耦合式四回路集中滤波器。显然,它是由四个 LC 并联谐振回路经几个电容耦合而成。在这里的耦合电容不参与各回路的谐振过程。这种耦合方式的优点是耦合电容外接,便于调整。缺点是耦合电容容量较小,容量误差大,不容易控制耦合度。

图 9-4-5 所示是内电容耦合方式的集中滤波器。它与外耦合方式不同的只是并联谐振回路中的回路电容由两个串联电容组成,其中一个电容上的电压被耦合到下级。这样,谐振电容和

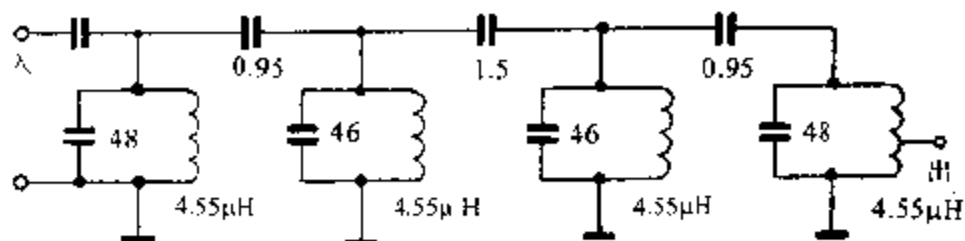


图 9-4-4 外耦合式集中参数滤波器

耦合电容量都可以选得大一些,调整方便,与外耦合式相比,这是一个优点。

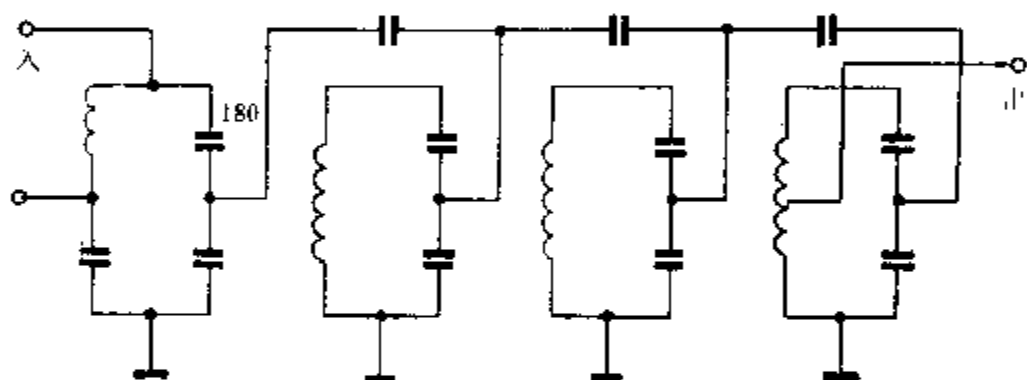


图 9-4-5 内耦合式集中滤波器

图 9-4-6 所示是复合式集中滤波器,它的原理与前两种集中滤波器是一样的,只是电感和电容耦合同时用。

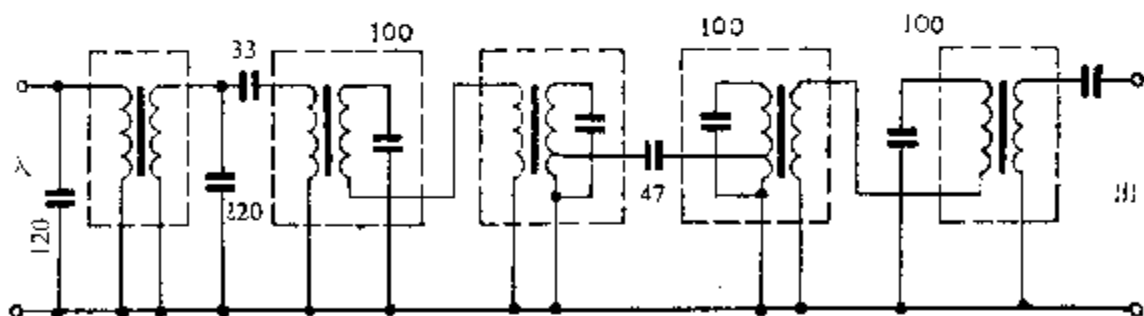


图 9-4-6 复合耦合式集中滤波器

2. 集中滤波中频放大器

图 9-4-7 所示是实用 FM 收音机中采用的两个四回路的

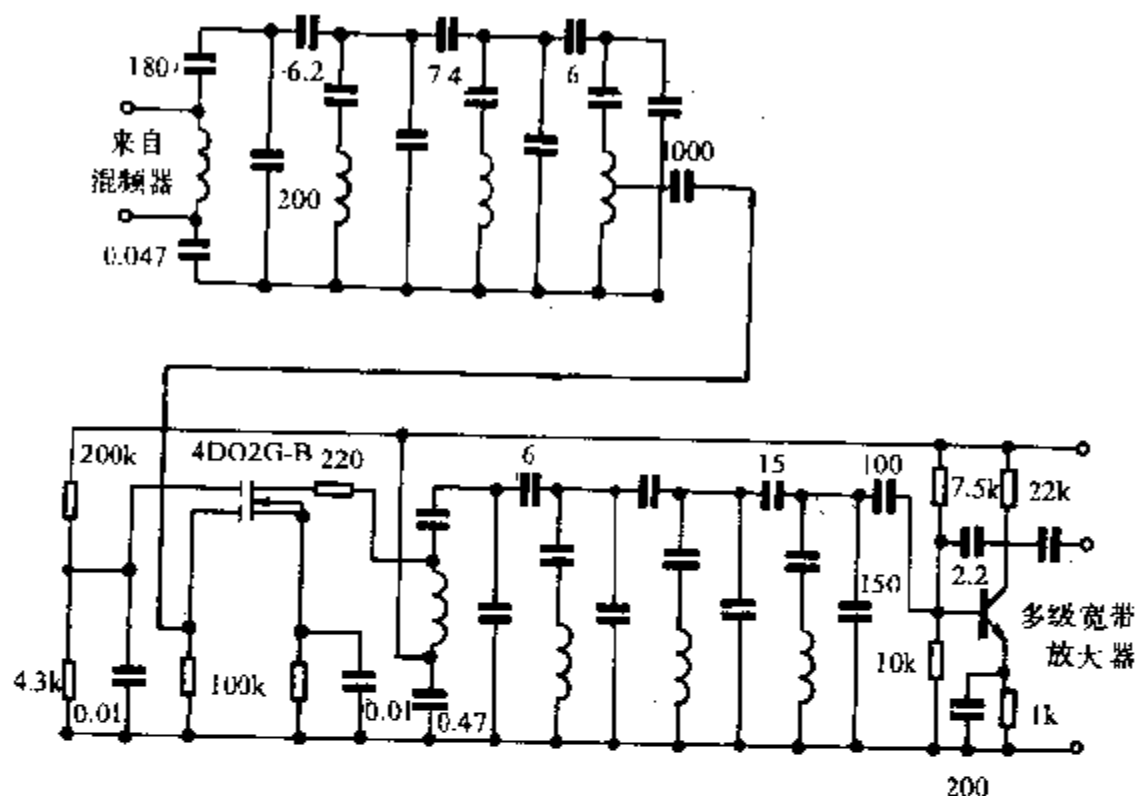


图 9-4-7 实用 FM 收音机中频放大器电路

LC 集中滤波放大器。其第一中放采用双栅 MOS 场效应管。这种电路的优点：首先是选择性好，通带宽，整个选择性曲线可调成馒头状，因此能获得线性的相位特性。其次，由于晶体管参数对调谐回路的影响只限于开始和结尾两个回路，这不仅大大提高了通带特性的稳定，而且可以充分地发挥中间回路高 Q 值的特点，从而减小了插入损耗。第三，适合采用集成电路，这样可以简化电路结构，缩小体积。第四，由于对不需要的信号进行集中的较早的滤波，可以减小随后的有源器件的非线性影响，从而减小交叉调制和非线性失真。集中滤波器也有缺点，因回路多而衰减大，造成信噪比低。为弥补这一缺点，要求高频头和宽带放大器有较高的信噪比和增益。此外，调试也较复杂。

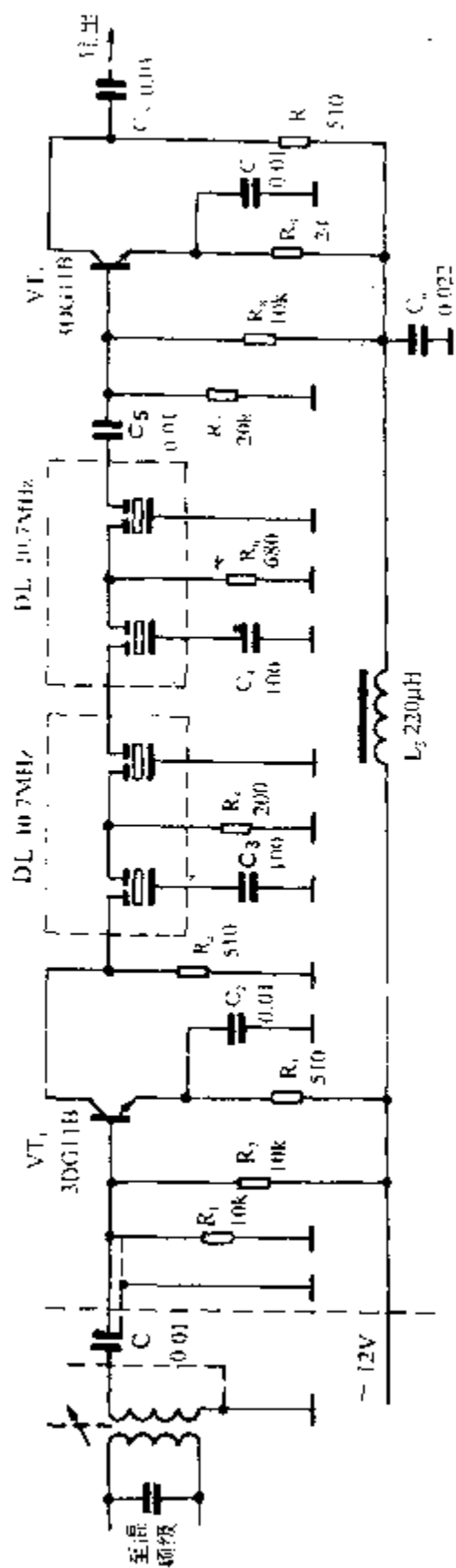


图 9-4-8 采用陶瓷滤波器的中频放大电路

四、用固定滤波器中频放大电路

以采用陶瓷滤波器的中频放大器为例,来说明固定滤波器的中频放大电路。图 9-4-8 示出了采用四块三端子陶瓷滤波器的中频放大器。自混频器送来的信号,首先经过 VT₁ 高增益宽带放大,以弥补陶瓷滤波器的插入损耗。 R_1 为滤波器输入匹配电阻,电阻 R_3 、 R_4 和电容 C_3 、 C_4 是滤波器特性的调整元件,通过改变其大小,可以改善幅频特性和相频特性,能使 $\pm 250\text{kHz}$ 处的衰减增加 10dB 左右,而通带内插入损耗仅增加 1.5dB 左右。这些电阻的阻值一般在 $200\sim 1000\Omega$ 内,如果滤波器的等效电阻(R)太小,插入损耗将增大,还会出现双峰;电阻值增加时,可使通带向高频扩展移动。调整滤波器的等效电容(C)的容量一般在 $100\sim 500\text{pF}$,C 减小时,可以使通带向高频扩展和移动。至于中频放大器部分,一般多采用阻容耦合放大器,总电压增益大于 70dB。为了限制由于宽带而引起的噪声,后面通常还加一级双调谐耦合放大器。

关于集成电路中频放大器,在谈到集成电路收音机时,结合整机进行介绍,这里就不做介绍了。

第五节 调频解调器

调频解调器通常包括限幅器和鉴频器。本节将重点介绍鉴频器,在介绍鉴频器之前,先介绍几种限幅器电路。

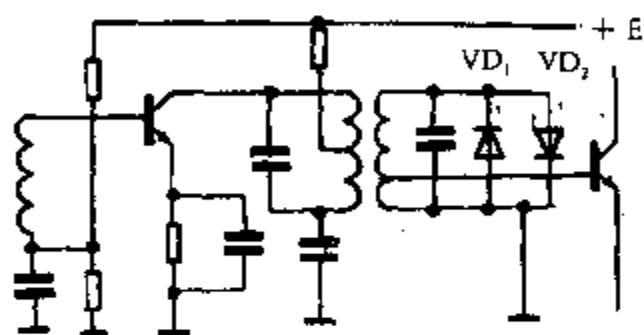
一、限幅器

在调频收音机中,限幅器放置在鉴频器之前。限幅器的功能是切除输入信号的幅度变化,提供一个等幅的输出信号。这个信

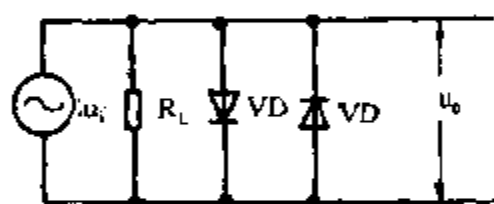
号保持输入信号频率的变化规律,但输入信号的幅度一定要大于限幅器的门限幅值,才能起到限幅作用。

1. 二极管限幅器

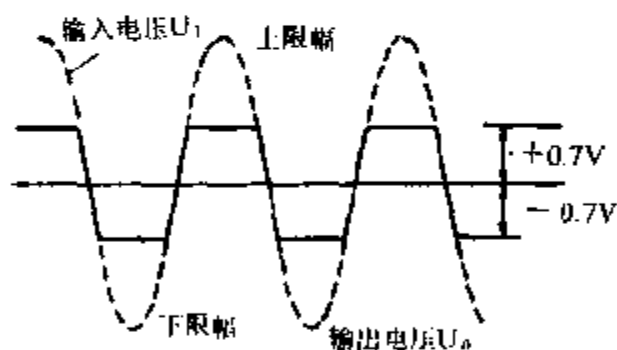
在中频放大器的调谐回路上并联一对反向连接的二极管就



(a) 限幅器电路



(b) 等效电路



(c) 输入正弦波时限幅器的输出波形

图 9-5-1 二极管限幅器

构成了二极管限幅器,如图 9-5-1(a)所示。其中二极管 VD_1 、 VD_2 就并联在中频变压器 T 的次级回路中。这个二极管限幅器的等效电路如图 9-5-1(b)所示, u_i 为限幅器的输入电压, u_o 为输出电压。当回路两端输入信号电压 u_i 大于二极管的正向结电压

时,二极管导通,放大器的负载阻抗变小,增益降低,这样使输出电压钳定在二极管结电压值左右。对于具有理想导通特性的二极管在导通时,正向电阻 r_D 很小,而且基本上保持恒定;在反向截止时,电阻呈无穷大。输入为正弦波时,限幅器的输出波形如图 9-5-1(c)所示。

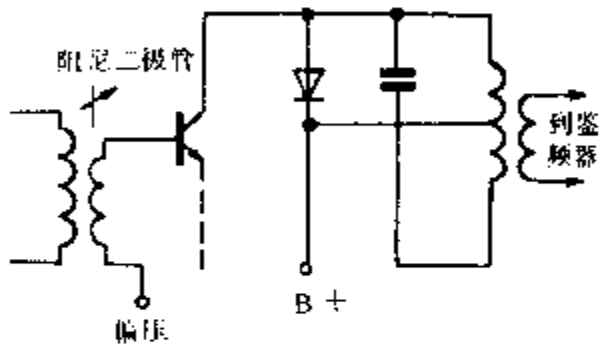


图 9-5-2 阻尼二极管限幅器

还有阻尼二极管限幅器,如图 9-5-2 所示。限幅二极管并接在中放管的集电极调谐回路上,即中频变压器初级回路上,而且只用一只二极管,常称作阻尼二极管或过载二极管。

其工作原理是:当在大信号时,二极管导通,谐振回路 Q 值降低,从而使放大的信号减小,并限制在某一定电平上。

为了提高限幅性能,可采用多级独立限幅器,即放大——限幅——放大——限幅的形式。

2. 晶体三极管限幅器

晶体三极管限幅电路如图 9-5-3 所示。它的限幅作用可以通过放大器工作在过激励状态来获得。如果晶体管的集电极电压很低,输入适当的信号,就可使该放大器工作过激励。当输入信号为正峰值时,晶体管饱和;而在负峰值时,晶体管则完全截止,从而就起到限幅作用。在晶体管起限幅

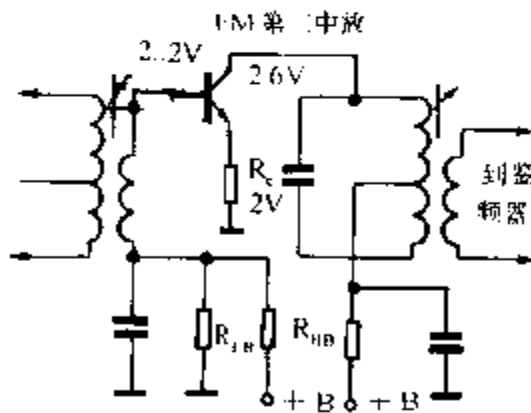


图 9-5-3 晶体三极管限幅器

作用时,输入电路可看作是一个二极管整流电路。因为整流电流通过偏置电路,所以偏置电压随输入信号即整流电压而改变。因此,晶体三极管限幅器的偏置电压应选低一些。为了抑制集电极电流变化,应尽可能选大的发射极电阻 R_e 。又为了对小的输入信号也能起限幅作用,所选用的负载电阻应使晶体管容易进入饱和或截止区,并且使饱和及截止点相对于工作点是对称的,以获得对称的限幅波形。

二、鉴频器

鉴频器是调频收音机中的重要电路之一,它的功能是将收音机收到的已调频信号恢复为原来的调制信号。这一作用就是对已调频波进行解调,以获得原来调制的音频信号。频率检波通常要经过两个过程:第一,用频-幅变换器将调频波转变成调幅波,使其幅度的变化正比于调频波频率的变化,如图 9-5-4(a)。而它的载频则仍然是调频波,所以实际上是一个调幅的调频波,如图 9-5-4(b)所示的波形。第二,用一般的幅度检波器检出调幅的调频波的幅度变化部分,即其包络。这就是我们需要的并与原来调频波频率变化成正比的音频信号,如图 9-5-4(c)所示。

由于将调频波的频率变化转换为幅度变化的方式不同,鉴频器的形式有多种,这里只介绍收音机中常用的两种鉴频器,即相位鉴频器和比例鉴频器的工作原理。

1. 相位鉴频器

相位鉴频器的基本电路如图 9-5-5 所示。它的工作原理可分为两部分来分析:第一部分是频-幅变换器,它是由互相耦合并且调谐在同一频率 f_0 (即信号的中心频率 10.7MHz) 的两个谐振回路构成的。即 L_1 、 C_1 组成初级调谐回路; L_2 、 C_2 组成次级调谐回路。 L_2 具有中心抽头,抽头上下两半部分的电压相等,即

怎样看无线电电路图

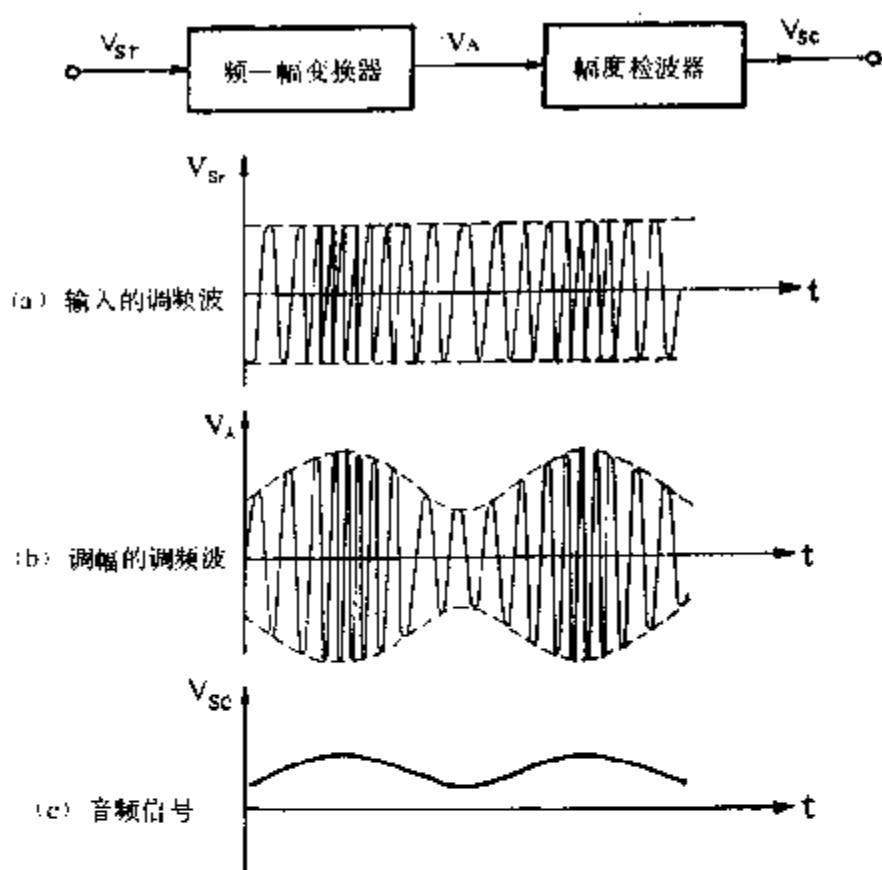


图 9-5-4 调频检波的两个过程及波形

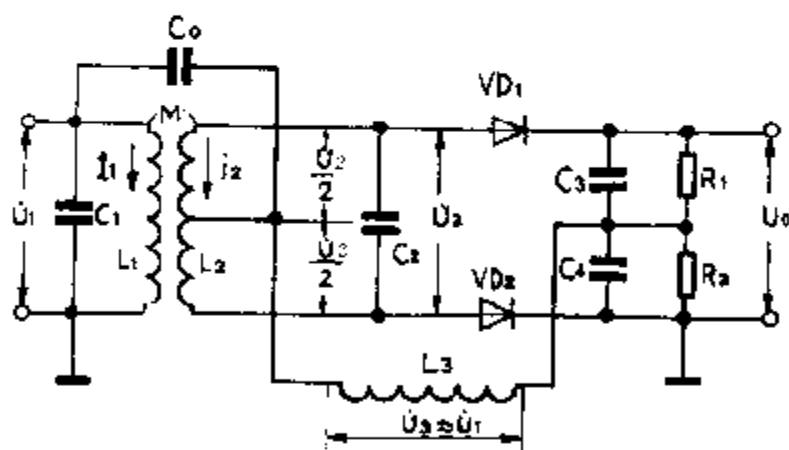


图 9-5-5 相位鉴频器

为 $U_2/2$ 。这部分先将调频信号频率的变化转换为两个电压间相位的变化，并将这相位变化构成对应的幅度变化。也就是说，将

调频波转换为调频调幅波,这时载波虽然仍是调频波,但其幅度有了变化,即包络相应于调制的音频信号。第二部分是一般的调幅检波器,它由两个二极管检波器平衡地连接而成,所以常称为这种电路为平衡鉴频器。 R_1C_3 和 R_2C_4 分别是检波二极管 VD_1 和 VD_2 的负载。它可以从调频调幅波中幅度变化成分检出音频信号。 C_0 是隔直电容器,对高频来说相当于短路。 L_3 是高频扼流圈,主要给二极管以直流通路,并使通过 C_0 耦合的信号电压不被短路,可以认为 $U_3 \approx U_2$ 。

为了说明这种鉴频器的工作原理,可将相位鉴频器电路画成如图 9-5-6 所示的等效电路。从图中可见,加在二极管 VD_1 和 VD_2 上的高频电压为:

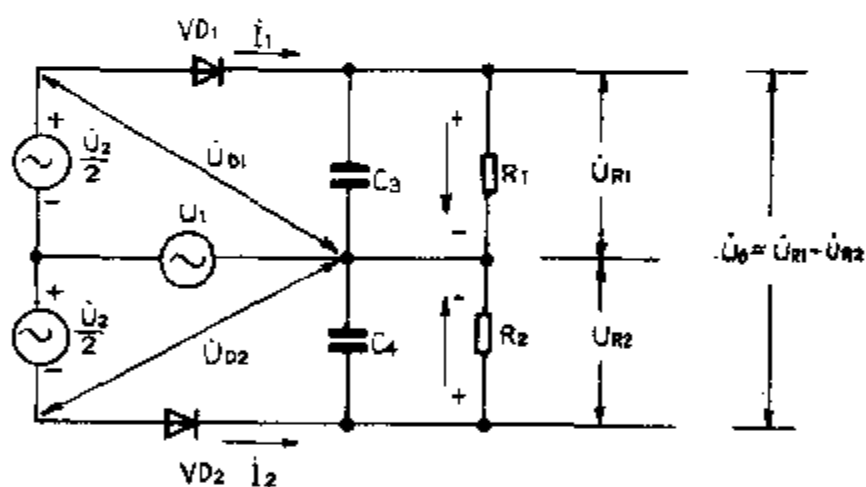


图 9-5-6 相位鉴频器的等效电路

$$U_{D1} = U_3 + \frac{U_2}{2}$$

$$U_{D2} = U_3 - \frac{U_2}{2}$$

因为 U_{D1} 、 U_{D2} 分别为 U_3 与 $U_2/2$ 的矢量和及矢量差,所以它们的大小不仅取决于 U_3 和 U_2 的幅度值,而且取决于它们之间的相位。此相位关系又将与输入调频波的瞬时频率有关。为

了搞清 U_3 与 U_2 之间的相位关系, 我们把与 U_2 有关的电路画成图 9-5-7 的形式, 其中 E_M 为次级互感电动势。这里的互感耦合为松耦合, 所以可忽略次级回路中的电容、电阻等对初级回路参数的影响。这样, 得到初级电感 L_1 中的电流为

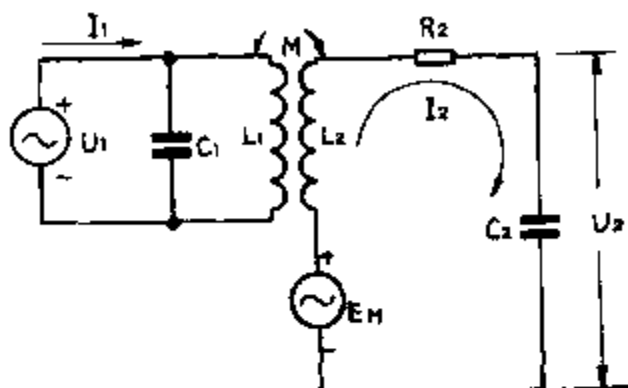


图 9-5-7 鉴频矢量图

$$I_1 = \frac{U_1}{j\omega L_1}$$

即 I_1 滞后于 U 90° 。 I_1 通过互感 M 耦合在次级回路 L_2 上的感应电动势 E_M 为:

$$E_M - j\omega M I_1 = j\omega M \cdot \frac{U_1}{j\omega L_1} = \frac{M}{L_1} U_1$$

即 E_M 超前于 I_1 90° 度, 而 E_M 与输入信号 U_1 是同相位。显然, E_M 与输入信号 U_1 的频率无关。

而次级回路 $L_2 C_2$ 中感应的电流为

$$I_2 = \frac{E_M}{Z_2} = \frac{U_1}{r_2 + j\left(\omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2}\right)} \cdot \frac{M}{L_1}$$

式中 r_2 是线圈 L_2 的损耗电阻。

由此得到次级回路两端的电压 U_2 为

$$U = j\omega L_2 I_2 = \frac{j\omega L_2 U_1}{r_2 + j\left(\omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2}\right)} \cdot \frac{M}{L_1}$$

由此式可见, U_2 与 U_1 (U_3) 间的相位关系是由输入信号的频率所决定的, 并且有三种情况。

(1) 当输入信号频率等于回路的谐振频率 f_0 , 即 $f = f_0$ 时,

$$\omega_0 L_2 - \frac{2}{\omega_0 C_2} = 0, \text{得}$$

$$U_2 = \frac{j\omega_0 L_2 U_1}{r_2} \cdot \frac{M}{L_1}$$

即 U_2 超前于 U_1 90 度, 如图 9-5-8(a) 所示。鉴频器初、次级回路都处谐振状态, 回路呈纯电阻性, 所以电流 I_2 与 E_M 及 $U_1 (U_3)$ 是同相位。而 I_2 在电感 L_2 上的电压 U_2 要超前 I_2 90 度, 也就是 U_2 比 $U_1 (U_3)$ 超前了 90 度。所以加到两个检波二极管上的合成电压幅值相等, 即

$$U_{D1} = U_{D2}$$

它们在检波负载上产生的电压分别为

$$U_{R1} = K_u U_{D1}, U_{R2} = K_u U_{D2}$$

因为 $U_{R1} = U_{R2}$, 但极性相反, 所以输出电压 $U_0 = U_{R1} + (-U_{R2}) = K_U (U_{D1} - U_{D2}) = 0$

(2) 当输入信号的频率高于回路谐振频率, 而 $f > f_0$ 时, $\omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2} > 0$, 回路处于失谐状态, 阻抗呈感性, I_2 就不和 E_M 同相, 而滞后 E_M 一个角, 可见 U_2 超前于 $U (U_3)$ 为 $90 \sim \theta$, 但 U_2 始终与 I_2 保持 90 度角, 所以 U_2 要向顺时针方向旋转一个角度 θ , 如图 9-5-8(b) 所示。这时, 加到二极管 VD_1 、 VD_2 的合成电压幅值不等, 即 $U_{D1} > U_{D2}$ 。它们在检波负载上产生的电压 $U_{R1} > U_{R2}$, 所以输出电压 $U_0 > 0$ 。频率 f 越高, 鉴频器输出的正值电压越大(但不能超过一定范围)。

(3) 当输入信号频率小于回路谐振频率, 即 $f < f_0$ 时, $\omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2} < 0$, 回路处于失谐状态, 阻抗呈容性。 I_2 超前 E_M 一个角度 θ , 可见 U_2 超前于 $U_1 (U_3)$ 为 $90^\circ + \theta$ 。所以 U_2 向反时针方向转

一个角度 θ ，见图 9-5-8(c)。此时， $U_{D1} < U_{D2}$ ，同样 $U_{R1} < U_{R2}$ ，所以输出电压 $U_0 < 0$ 。频率 f 越低，鉴频器输出的负值越大。

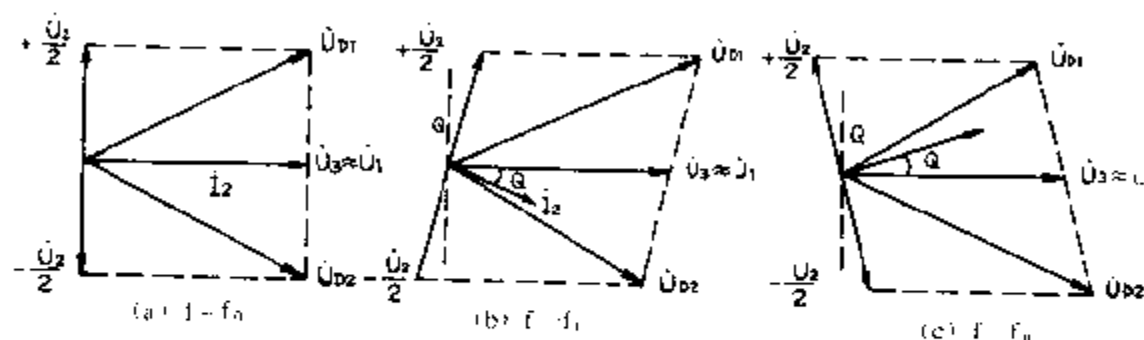


图 9-5-8

这样，通过 U_1 (U_0) 与 U_2 相互间的相位关系，就可将输入信号的频率变化转换成幅度的变化。当信号频率 f 与回路谐振频率 f_0 相差越远， θ 角就越大，即 U_2 与 U_1 的相位差偏离 90 度越

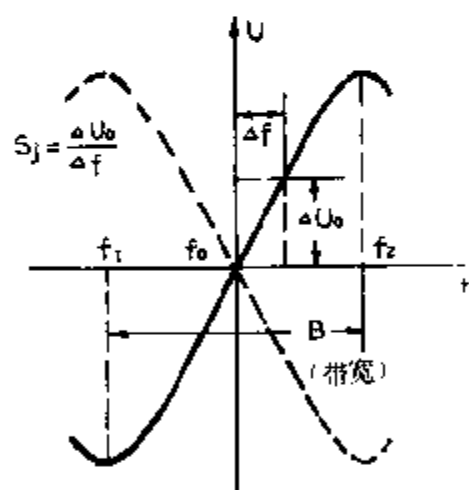


图 9-5-9 鉴频特性曲线

多，幅值 U_{D1} 与 U_{D2} 也相差越大了。当信号频率变化时，在 $f = f_0$ 处， $U_0 = 0$ ；而在 $f > f_0$ 或 $f < f_0$ 处， U_0 在正负值之间变化，也就是说，当调频波的频率按调制信号在中心频率 f_0 左右变化时，经过鉴频器后，其输出电压和原来调制信号一模一样，即实现了频率检波。

上述鉴频器的鉴频特性，可以画出电压随信号频率变化的曲线，

如图 9-5-9 所示，称为鉴频特性曲线。因为它的形状像“S”，所以常称“S”形曲线。对鉴频特性的要求是线性好，非线性失真小；同时鉴频特性曲线要有较大的斜率。由图可见，在一定范围内，鉴频器输出电压是与输入信号频偏成线性关系的。只要输入信号的频率变化范围不超过线性区，鉴频输出的非线性失真很

小。如果曲线的斜率越大,则表明鉴频灵敏度越高。

从相位鉴频器的工作原理分析中,可以看出:这里的频率与幅度的改变是通过 U_1 与 U_2 的相位关系随频率改变实现的,因此才叫相位鉴频器。相位鉴频器本身没有限幅作用,它的输出电压与输入电压有关。如果鉴频器输入端的信号有寄生调幅的话,则其输出的低频信号会失真或受到干扰,所以相位鉴频器的输入端必须加有限幅器。

2. 比例鉴频器

(1) 比例鉴频器的工作原理

比例鉴频器的基本电路如图 9-5-10 所示,它和上述的相位

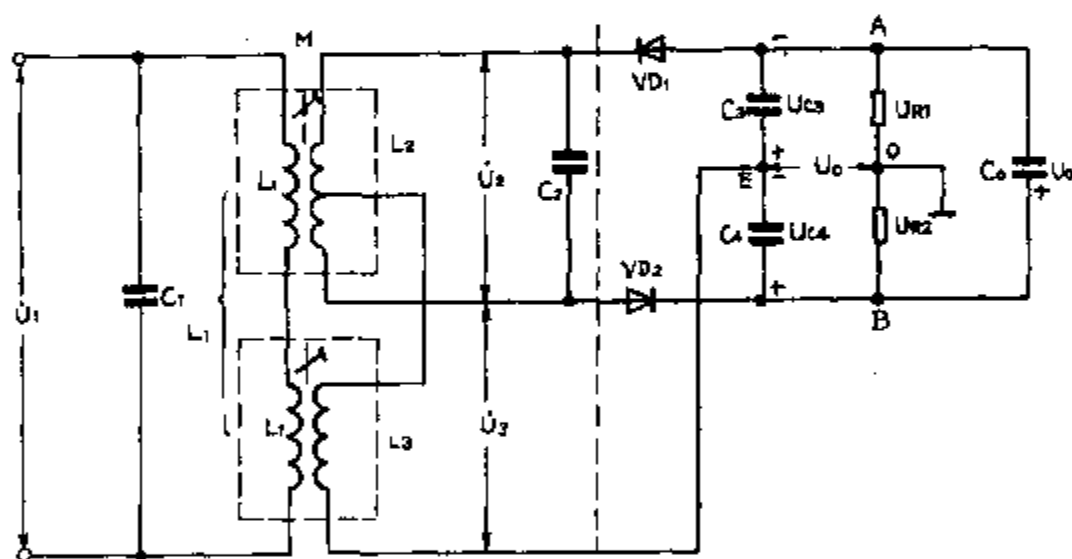


图 9-5-10 比例鉴频器的电路

鉴频器电路相似。图中虚线左半部分为频率—幅度变换电路,用来将输入的已调频波转换为调频—调幅波;右半部为幅度检波器,用来对调频—调幅波进行幅度检波。 L_1C_1 组成初级调谐回路, L_2C_2 组成次级调谐回路。比例鉴频器的频率—幅度变换电路与相位鉴频器的频率—幅度变换电路基本相同,只是 L_2 两端的电压 U_2 不由初级输入信号通过电容耦合得到,而是由初级输入信号通过互感 M 由 L_2 中得到(多数采用本电

路的电感耦合形式)。这里的 L_1 与 L_3 为紧耦合则, U_3 与 U_1 的相位是相同的。这样, 当输入调频波的瞬时频率变化时, U_3 和 U_1 间的相位相应地改变, 使加到二极管的电压幅值随着变化, 达到了变调频波为调频——调幅波的目的, 这部分的工作原理与相位鉴频器相同。

比例鉴频器与相位鉴频器在电路上区别较大的是幅度检波部分, 主要有三点: 第一, 两个检波二极管的连接方向相反, 形成环路顺向。因为 L_3 没有接到 O 点, 这样使二极管经 R_1 、 R_2 构成了直流通路。第二, 输出端的位置不同, 比例鉴频器 R_1 、 R_2 的中点 O 接地, 输出由 E、O 两点取出, 而不是在 A、B 两点间取出。第三, 在 A、B 两端, 多并联了一个大容量的电容器 C_0 (一般 $10\mu\text{F}$), 时间常数 $C_0(R_1 + R_2)$ 约为 $0.1 \sim 0.2\text{s}$ 。在检波过程中, A、B 两端的电压对音频来说可以看成是基本不变的。从比例鉴频器的等效电路即图 3-5-11 中看出, 两个二极管 VD_1 、 VD_2 是顺向连接, 所以在 R_1 和 R_2 上的电压 U_{R1} 和 U_{R2} 是同相的, 即 C_0 两端电压为

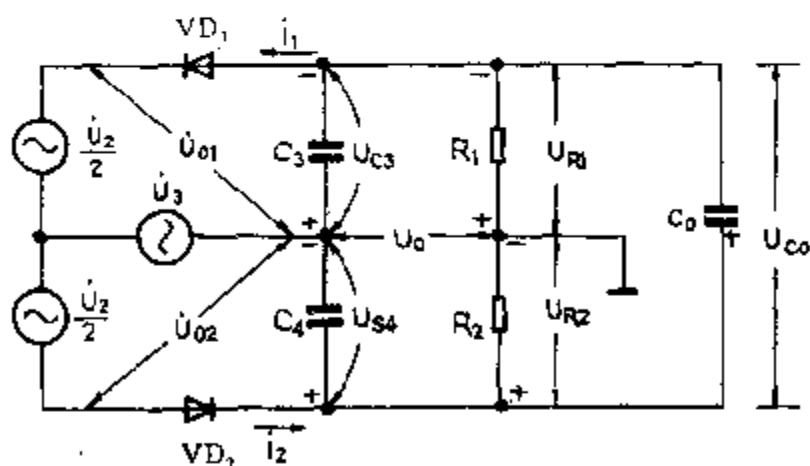


图 9 5 11

$$U_{C_0} = U_{C_3} + U_{C_4} = U_{R_1} + U_{R_2}$$

一般本电路上、下两边的元件是对称的,即 $R_1 = R_2, C_3 = C_1$, 所以常称为对称的或平衡的比例鉴频器。两个二极管的特性也相同,其传输系数 $K_{r1} = K_{r2} = K_U$ 。这样,经过二极管包络检波后,它的输出电压为:

$$U_{C3} = K_U \cdot U_{D1}, U_{C1} = K_U U_{D2}$$

其中 U_{D1} 和 U_{D2} 分别是加到 VD_1 和 VD_2 上的高频电压振幅。因为 $R_1 = R_2$, 所以

$$U_{R1} = U_{R2} = \frac{U_{C0}}{2} = \frac{U_{C3} + U_{C1}}{2}$$

可见,比例鉴频器的输出电压为

$$\begin{aligned} U_O &= U_{C3} - U_{R1} = U_{C3} - \frac{U_{C3} + U_{C1}}{2} \\ &= \frac{1}{2} (U_{C3} - U_{C1}) = \frac{1}{2} K_U (U_{D1} - U_{D2}) \end{aligned}$$

当 $f = f_0$ 时。因为 $U_{D1} = U_{D2}$, 所以

$$U_O = \frac{1}{2} K_U (U_{D1} - U_{D2}) = 0$$

当 $f > f_0$ 时, 因为 $U_{D1} > U_{D2}$, 则 $U_O > 0$

当 $f < f_0$ 时, 因 $U_{D1} < U_{D2}$, 则 $U_O < 0$

显然,输出电压就能随输入调频波的瞬时频率而变化。由此可画出比例鉴频器特性与相位鉴频器特性,即与图 9-5-9 所示的曲线一样。从上面分析中,我们知道,相位鉴频器的输出电压 $U = K_U (U_{D1} - U_{D2})$; 比例鉴频器的输出电压 $U_O = \frac{1}{2} K_U (U_{D1} - U_{D2})$ 。

可见,在同样的输入电压和元件参数时,比例鉴频器的输出电压为相位鉴频器输出电压的一半,即其鉴频灵敏度要低一半。这是比例鉴频器的缺点;但是它具有限幅作用的优点。

(2) 比例鉴频器的限幅作用

比例鉴频器检波后的输出电压 U_o 不取决于 U_{D1} 和 U_{D2} 本身的大小, 而取决于其比值 $\frac{U_{D1}}{U_{D2}}$, 这就是“比例鉴频器”名称的由来。在没有寄生调幅时, 当调频波的瞬时频率在中心频率 f (10.7MHz) 上下变化时, U_{D1} 和 U_{D2} 的大小也跟着变化, 因此能检出调频波的调制信号; 当有寄生调幅存在时, 调频波的振幅是变化的, 但它对 U_{D1} 和 U_{D2} 造成的影响却是相同的。即当输入信号的振幅增加时, U_2 和 U_3 都随着增大, 所以其合成矢量的幅值 U_{D1} 和 U_{D2} 同样增大; 反之亦然。可见 U_{D1} 和 U_{D2} 是按一定比例同时增加和减小的, 其比值 $\frac{U_{D1}}{U_{D2}}$ 则是保持不变的。再一方面, 比例鉴频器负载上并接有一个大电容器 C_o , 其放电时间常数 $C_o(R_1 + R_2)$ 很大, 所以 C_o 充电后放电很慢, 当输入信号有寄生调幅时, 只要其幅度变化较 C_o 放电快, 可以认为 U_{C0} 是保持不变的。可见, 既然比值 $\frac{U_{D1}}{U_{D2}}$ 和 U_{C0} 都不受寄生调幅的影响, 所以输出电压 U_o 就能在信号幅度变化时保持恒定, 达到限幅的作用。如果遇到的寄生调幅很慢, 甚至低于 C_o 充放电的速率时, U_{C0} 将不能保持恒定而使输出受到干扰。但如果其频率变化甚低时, 会被低放电路或其他耦合电容所滤除, 不致产生有害的影响。

比例鉴频器电路有时会变得“过稳定”, 即当信号幅度突然变大时, 比例鉴频器的输出电压反而暂短的下跌, 这种现象也叫“过限幅”。另外, 如果两个二极管的特性不完全相同或次级回路上下不对称, 这都会使鉴频器输出受到调幅分量的干扰, 出现“S”形曲线不对称、线性差等现象。为了减小这些影响, 纠正“过限幅”, 可在鉴频器检波二极管与 C_o 之间串入电阻 R_3 和 R_4 , 如图 9-5-12 所示。这两个补偿电阻变成了二极管负载电阻的一部分。但 R_3 和 R_4 的电压降不被 C_o 所稳定, 将随输入信号的大小

而变化。如果电阻值选择适当,还可以改善电路的平衡程度,并减小其调幅分量的干扰。 R_3 和 R_4 常称为调平衡电阻。除了平衡作用外,也可解释为:当寄生调幅分量增加时,流过 R_3 、 R_4 的电流也增加(极性见图)。 R_3 和 R_4 上的压降将使 VD_1 、 VD_2 的负偏压增加,从而使输出减少,抑制了寄生调幅分量。

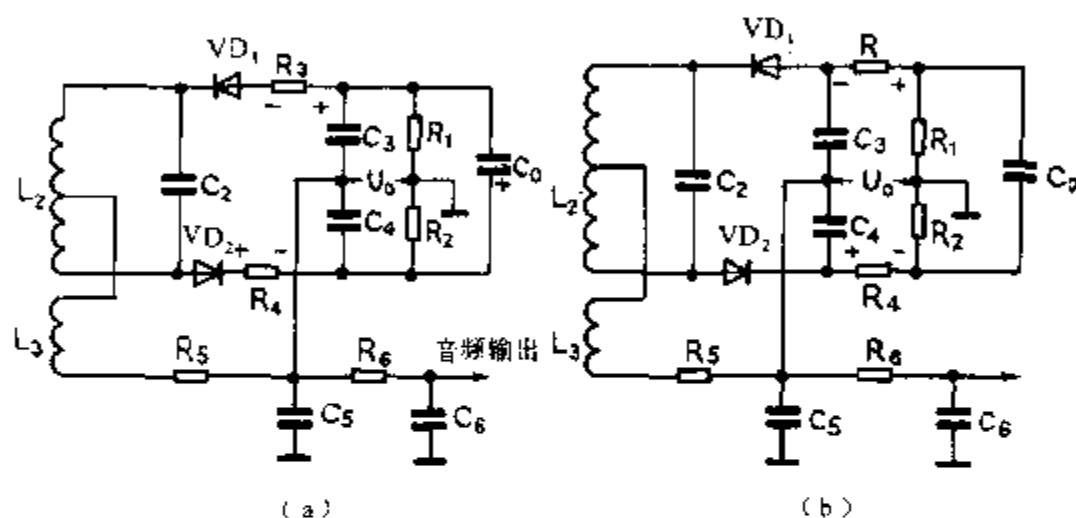


图 9-5-12 加上平衡电阻后的比例鉴频器

(3) 不对称的比例鉴频器

在实际应用中,为使电路简化,调整方便,常采用如图 9-5-13 所示的电路,本电路中上下两组检波器对地是不对称的,所以常称为不对称的或不平衡的比例鉴频器。它的第三线圈上的电压经过 C_5 和 C_6 可以回到两个二极管上,因此可以省去电容 C_3 和 C_4 。 R_1 和 R_2 由 R 代替,但不包括补偿电阻,其工作原理与对称比例鉴频器基本相同。由于 C_4 和 C_5 的电容值对中频 (10.7MHz) 信号的阻抗很小,可视为短路。因此,中频 U_3 和 U_2 同对称的鉴频器一样对称地加到二极管上。这时检波电路的直流通路如图中虚线所示,但它的交流分量通路则反方向对 C_5 进行充电(如图另一种虚线),输出信号由 C_5 上取出。因为输出点经 L_3 直接连到 L_2 的中心抽头,所以其直流电压等于 $\frac{1}{2}U_{AB}$ 。这

一点在调整时很有用。在调整时,首先调整前级和初级回路,使 U_{AB} 值到最大,然后再调整次级回路,使输出点 E 上的直流电压等于 $\frac{1}{2}U_{AB}$,即可认为调好了。另外, C_4 的电容量虽然很大,但在甚低频率时, C_1 的容抗不为零,所以对其交流分量两管是不平衡的。因而限幅的能力较对称的鉴频器稍差。

3. 去加重电路

在图 9-5-13 中鉴频器的输出电路中串入一个 RC 网络,此网络称作为“去加重电路”。下面我们将说明加此电路的原因。

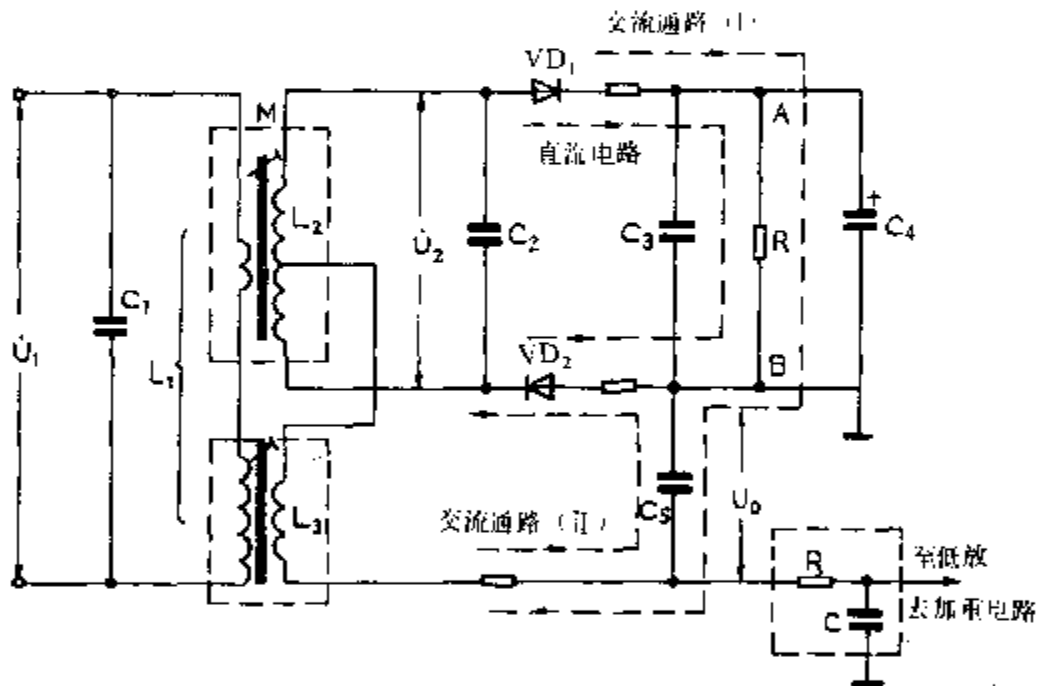


图 9-5-13 不对称的比例鉴频器

众所周知,已调频波的频偏越大,它的抗干扰能力就越强。在语言和音乐的频谱中,高频的能量总是较低频的能量小。因此调制的结果必然是高频的频偏小,低频的频偏大;加上接收机输出端的噪声频谱总是高频时噪声较大。这就使高频端的信噪比较低,也就是高频端的抗干扰能力较差。为了解决这个问题,在发射机中人为地将信号的高频段提升,称之为“预加重”。一般

“预加重”电路多采用高通滤波器的形式,如图 9-5-14(a)所示为其电路和频率响应曲线。在接收机鉴频器的输出端,为了恢复原来的调制信号的能量分布,把在发射机中所提升的那部分高频分量连同噪声一起加以降低,因此,在接收机中加入了“去加重”电路。“去加重”电路采用的是低通滤波的形式,其电路和频率的响应曲线如图 9-5-14(b)所示。为了使发射端对高频的提升和接收端对高频的降低相一致,其“预加重”电路和“去加重”电路的时间常数应该相等。我国规定标准:“预加重”电路的时间常数为 $50\mu\text{s}$ (微秒),即 $R \cdot C = 50\mu\text{s}$;所以接收机的“去加重”电路的时间常数 $R \cdot C$ 一般为 $50\mu\text{s}$ 。 R 、 C 的值可以根据音频放大器和扬声器的频率响应以及人的听觉需要,在调整中确定。

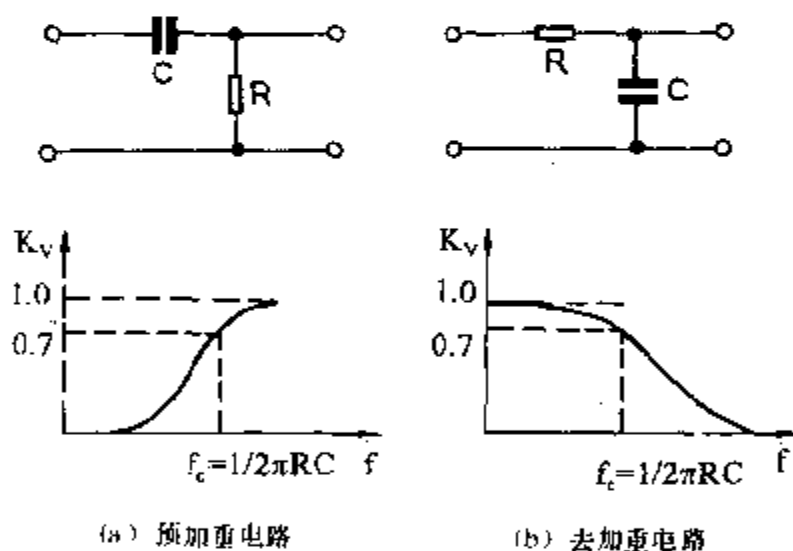


图 9-5-14 预加重和去加重电路及其频率响应

第六节 调频调幅收音机电路

对调频收音机的基本工作原理和电路结构已经做了介绍。为把各部分的工作联系起来,本节再具体介绍调频收音机和调

频调幅收音机典型电路实例。

一、典型调频收音机电路

1. 调谐器电路

图 9-6-1 示出了调频收音机的调谐器电路。它包括输入回路、高频放大器、变频级、本机振荡和自动频率控制(AFC)等部分。

(1) 输入回路

由图可见,输入的天线线圈的初级有中心抽头并接地,这可以连接两种天线。一种是外接天线,即“V”型天线或室外天线,其特性阻抗为 300Ω ,可以用双线平行电缆加到 L_1 的两端。另一种是不平衡式单根拉杆天线,其特性阻抗为 75Ω 。输入回路由电感 L_2 和电容器 C_2 组成,高频信号可以通过电容器 C_3 被耦合到 VT_1 的基极和发射极。这是普及式收音机里常采用的宽带不调谐输入方式,这种结构简单,调谐可变电容器只要用双连就行了,即其一连用于高效输出回路,一连用于本振回路。这样,高放输入阻抗和天线阻抗均较低,致使输入回路的有载 Q_L 值很低 ($Q_L < 10$),所以通频带可以大于调频广播的频率范围 (20MHz)。因此,只要使回路谐振于波段之中,灵敏度可以做到较均匀。

(2) 高频放大器

VT_1 是高频放大管,这里采用共基电路。这种接法在甚高频下比共发射极电路具有较多的优点。晶体管在共基极状态下的截止频率 f_c 比共发射极的截止频率 f_β 高得多;共基极电路内反馈小,工作稳定可靠,能给出较高的稳定功率增益;共基极状态输入阻抗较低,容易与天线阻抗匹配。高放管 VT_1 的负载为一个可变的调谐回路,它由双连可变电容器中的一连 C_{2a} 、微调

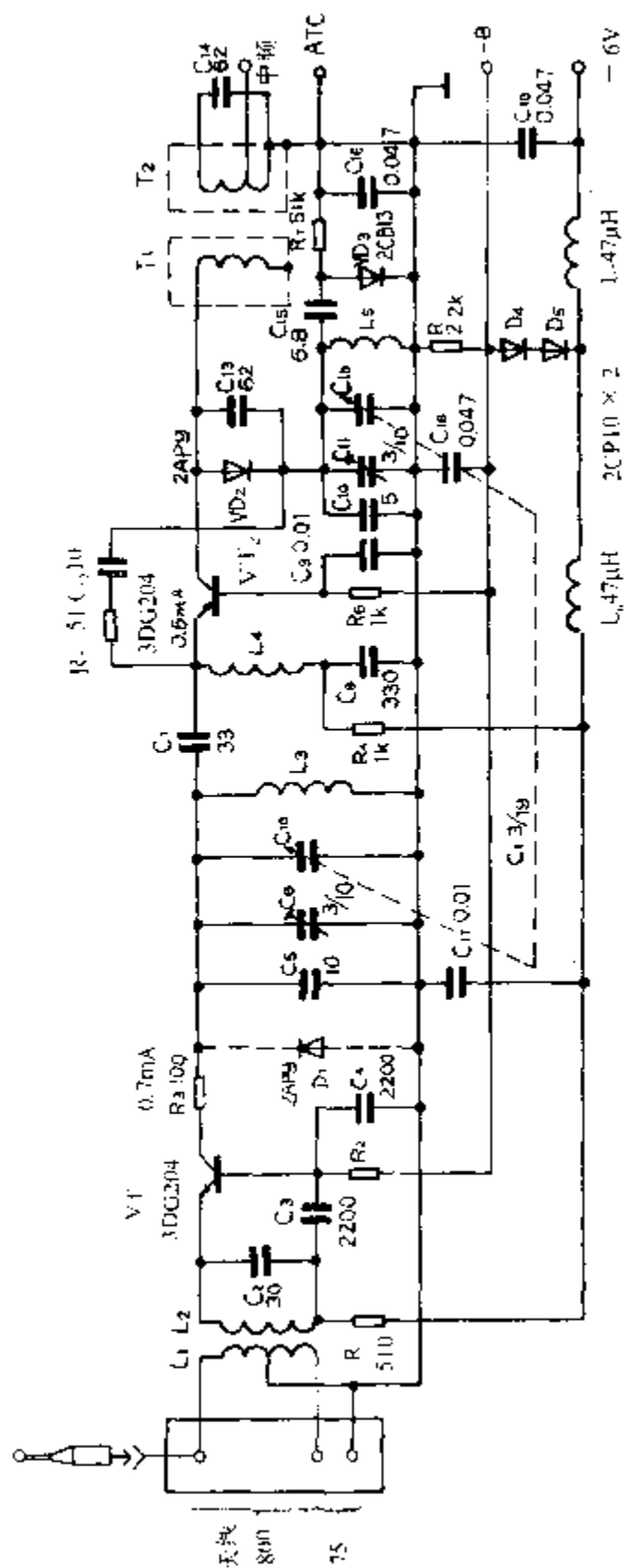


图 9-6-1 调谐电路

电容器 C_6 、补偿电容器 C_5 和 高频线圈 L_3 组成。改变 C_{10} 的容量,就可使高放回路谐振在我们欲接收的电台频率上,从而选出欲接收的电台信号。 C_{10} 从最大旋到最小(指容量)时,频率从低端 87MHz 变到高端 108MHz。 C_{10} 并联的电容器 C_5 、 C_6 保证了在高频端与振荡器的频率统调。 R_1 为发射极稳定电阻,并为晶体管提供直流通路。 R_2 为基极限流电阻,它的一端和固定偏置电压 B 相连接。高放管 VT_1 的直流工作电流一般调在 0.8~1.5mA 范围。 R_3 用来减小管子 VT_1 的输出阻抗变化对槽路的影响,并可防止自激。 R_3 一般取 50~200 Ω ,这里取 100 Ω , R_3 取值过大会降低高频放大器的增益。 C_3 为旁路电容器,为输入信号加到 VT_1 的基-射极提供了最短的通路。 C_4 为基极旁路电容器。还需要说明的是:在甚高频下,较小的电容量就能提供足够低的容抗 $\frac{1}{\omega C}$ 。因此在甚高频电路中,旁路电容器的容量一般用得不大(数千 pF),而且最好采用瓷介电容器,不能用纸介或电解电容器(因甚高频下,有不可忽视的分布电感)。电源滤波采用扼流圈(L_6 、 L_7)比滤波电阻要好,因为扼流圈是用漆包线绕在磁芯上制成的,其交流阻抗(ωL)很大,而直流电阻很小,其损耗小,又使滤波效果好。

(3)变频电路

变频管 VT_2 ,既作本机振荡器,又作混频器。高频输入信号经匹配耦合电容器 C_7 加到 VT_2 的发射极。 C_{12} 为反馈电容器,它将输出端的一部分能量反馈到输入端,以维持振荡。并且将本机振荡的信号注入到变频管的输入端,与高放送来的信号一起送入变频管,变频后的中频信号,通过输出端的中频变压器(T_1 、 T_2)选取送到中频放大器去,从而完成变频任务。 C_{13} 、 C_{14} 和中频变压器 T_1 、 T_2 的线圈组成变频管的负载回路,即第一中频双调

谐回路。其初级与本振回路相串接,该中频回路对振荡频率呈现很低阻抗,可视为短路。另一方面,振荡回路对中频来说,阻抗很小,也可视为短路。因此,这两个回路能各自独立工作,互相影响很小。 L_4 和 C_8 构成中频陷波器,10.7MHz时呈现串联谐振,使变频器输入端的中频输入阻抗很低,从而避免了由中频反馈而引起的中频自激,提高了变频器的增益。然而,它对高频信号频率和本振频率又处于失谐状态,起到高频扼流作用。 R_4 为 VT_2 的发射极电阻,并为晶体管提供馈电通路。 R_5 为其基极偏置电阻, C_9 为基极旁路电容器。 C_8 除了作中频陷波器串联谐振回路电容外,还兼作 R_4 的高频旁路电容器,其容量一般为300~1000pF,与 L_4 ($L_4 = \frac{1}{\omega^2 C_8}$)统筹考虑。由于它又是谐振回路的一部分,要选用云母电容器。 L_4 还为发射极提供了直流通路。 C_7 的选择很重要,它使高频放大器与变频器之间达到匹配,还关系到电路的稳定性, C_7 容量过小容易引起电路自激振荡,过大则使增益下降,一般取3~4.7pF为宜。

(4)本机振荡回路

本机振荡回路由 L_5 、 C_{11} 、 C_{10} 和 C_{12} 组成。与 C_{12} 和变频管的输入电容组成三点式振荡器。维持振荡所需的反馈能量,通过 C_{12} 提供。这种电路在甚高频下工作稳定,容易起振。电阻 R_5 的作用是保证振荡电压在波段内均匀。

(5)自动频率控制(AFC)

AFC电路是由 VD_3 、 C_{15} 、 R_7 和 C_{16} 构成的。其中变容二极管 VD_3 通过耦合电容 C_{15} 跨接于本机振荡回路的两端, R_7 为隔离电阻, C_{16} 是滤波电容。变容二极管 VD_3 的电容量,是随其两极间所加的反向偏压而变化的。AFC控制电压来自鉴频器的输出端,经电解电容器滤除交流分量后,只将直流成分送到AFC的

输入端。当收音机准确调谐时,鉴频器输出的直流电压为零;当本机振荡器由于某种原因(如温度、湿度、电源电压等)而改变时,振荡频率就会发生漂移。假定振荡频率升高,那么中频频率也升高,此时鉴频器送出的直流控制电压不再为零,而是为正零点几伏的电压,此电压经 C_{16} 滤波后通过 R_7 加到变容二极管上,使变容二极管的反偏压减小,导致容量变大。因变容二极管通过 C_{15} 跨接在振荡回路两端,使振荡回路的频率下降,从而避免了原来振荡频率的上升。

AFC 具有捕捉和牵引输入信号的功能,牵引范围一般为士 100kHz。有的收音机带有 AFC 开关,使用时为避免过失谐,应先断开关,待调准了电台后,再接通 AFC 开关,这样便可长时间地保持收音机工作在准确的调谐状态。若希望接收一个强电台附近的弱电台信号时,应该断开 AFC 开关,否则 AFC 将牵引收音机离开弱台至强台上,使弱台信号接收不到。

(6) 晶体管和工作电流的选择

调频机中的高放管和变频管一般选截止频率大于 600MHz,高频噪声系数及反馈电容小的晶体管。硅管比锗管的反馈电容小,截止频率高,漏电流小,因此硅管比锗管的有用功率增益高,工作稳定可靠。本电路选用的是 3DG204 型塑封管,价格也较便宜;也可选用 3DG11B、3DG32D 等型号管。从稳定增益出发,高放级管工作电流选 1.5mA 左右,但考虑到管子的噪声,实际工作电流为 0.8~1.5mA。变频级根据增益和振荡电压在波段内的均匀性,一般也选为 0.8~1.5mA,此时振荡电压约 100mV。

2. 中频部分电路

中频部分电路包括三级中频放大器和鉴频器。三级放大器采用两个单调谐回路和一个双调谐回路;鉴频部分带有去加重

网络和 AFC 供电电路。整个电路如图 3-6-2 所示。

(1) 中频放大器

调频机的中频放大器也是决定灵敏度和选择性等指标的关键部分,其中放级要求增益尽量高。主要原因是为了提高限幅性能,以便提高整机的信噪比和调幅抑制比,加宽有效带宽和减小失真,并改善俘获特性等。因此,在较高档的调频机中,中放级数较多,增益做得很高。但普及型收音机中,中放只有三级。本电路的中频变压器电感线圈,未全接入集电极回路,为了提高负载阻抗,采用抽头接入。 C_{22} 和 C_{26} 是中和电容器。 C_{24} 和 C_{27} 是旁路电容器,使中频信号能直接送到 VT_4 和 VT_5 的基极和发射极间。各中放管集电极串联的电阻 R_{11} 、 R_{13} 和 R_{16} 是用来减小晶体管对调谐回路参数的影响。因为信号大小变化,特别是大信号限幅时,由于管子的工作状态和参数发生较大变化,即使管子的输入阻抗有较大的变化,会引起回路失谐。这些电阻还有消除寄生自激的作用,使放大器稳定性提高,但增益也会有一定损失。有的在调谐回路上还并接一只二极管,其作用是,在大信号输出电压时,使其适当导通,阻抗变小,这样回路 Q 值降低,通频带变宽,可以减小因管子参数变化引起调谐回路失谐的影响。

(2) 鉴频器

此电路的鉴频器采用的是比例鉴频器。它是由 VT_5 、 T_5 、 T_6 、 VD_6 、 VD_7 等构成的。因其有限幅作用,省去了中放电路的限幅器。 VT_5 的负载电路有两个特殊联接的初次级谐振回路。初级为 L_1 、 C_{29} ,次级由 L_2 、 C_{30} 以及第三线圈 L_3 组成。 L_3 直接绕在 L_1 上,一端接到次级线圈 L_2 的中心抽头上,另一端接到 C_{31} 和 C_{32} 的接点 E 。这样,加在二极管 VD_6 和 VD_7 上的电压 U_{D6} 、 U_{D7} 为第三线圈上的电压加上或减去第二线圈上电压的一半,而鉴频器的输出电压(由 E 、 O 间取出)只取决于两只二极管上电压

怎样看无线电电路图

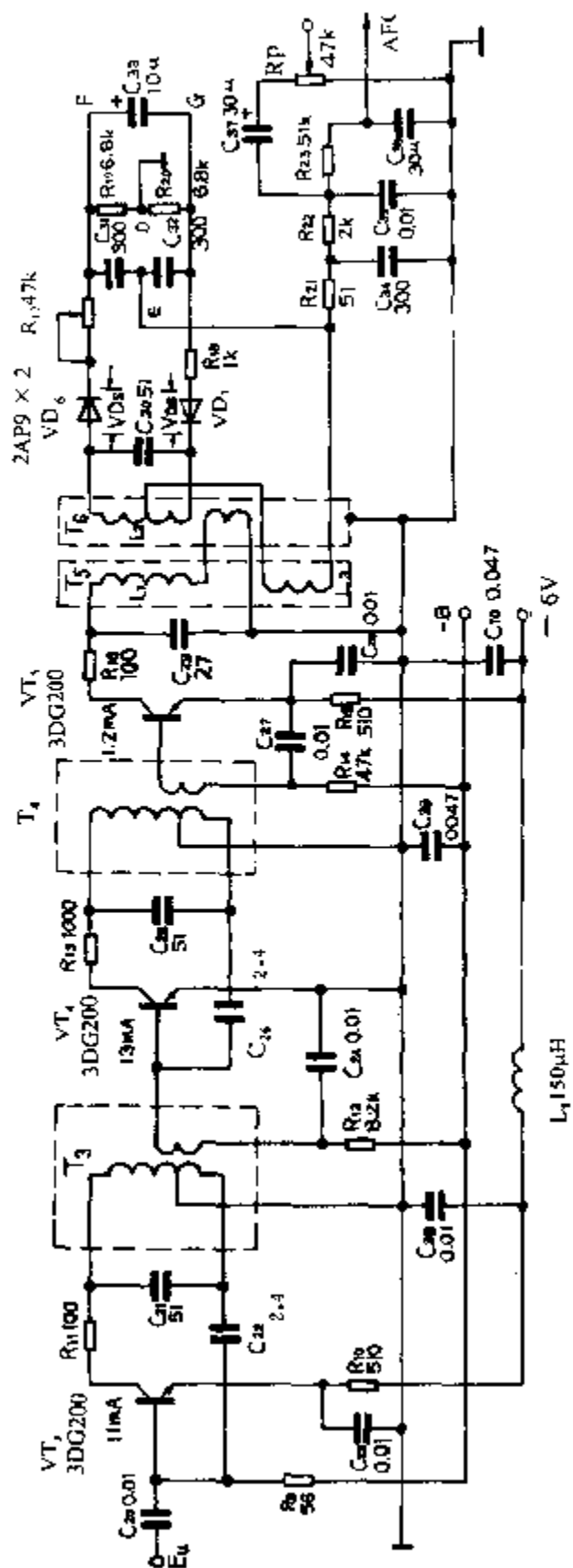


图 9-6-2 中频部分电路

的比值。当输入信号的频率变化时, $\frac{U_{D6}}{U_{D7}}$ 的值跟着变化, 输出电压也随着变化。然而, 当输入信号的幅度变化时, U_{D6} 、 U_{D7} 的大小虽然也改变, 但是两个二极管上的电压比值不变, 因此输出电压与输入信号幅度的变化无关, 这就起到限幅作用, 从而有效地抑制了窜入的脉冲和噪声干扰。检出的音频信号从 R_{22} 端输出, 残余的中频信号被 C_{34} 和 C_{35} 滤除, R_{19} 和 R_{20} 是 VD_6 和 VD_7 的直流负载电阻。电阻 R_{17} 、 R_{18} 用来减小 L_2 线圈抽头的不对称和二极管特性的不平衡。大电容 C_{33} 具有限幅作用, 因为它的容量较大 ($10\mu\text{F}$), 短时间的幅度变化在它上面反应不出来。电阻 R_{21} 用来减小寄生调幅的影响, 电阻 R_{22} 和电容 C_{35} 是去加重网络, 用来衰减预加重时所抬高的影响, 使之恢复平坦特性, 同时噪声也随着受到衰减, 从而提高了整机的信噪比。

(3) 晶体管及工作电流的选择

中频和鉴频用的晶体管, 应选择在 $f_T \geq 100\text{MHz}$ 、 C_c 小的管, 如 3DG200、3DG11B 等。中放各级的工作电流为 $1\sim 2\text{mA}$ 。各谐振回路电容 C_{21} 和 C_{25} 的值均取得较小 (51pF)。这样回路电感可以相对大一些, 以提高谐振阻抗, 得到较高的中频增益。中频变压器用 NX-40 磁芯, $Q \geq 100$ 。鉴频器中用的二极管, 要选用正向电阻小, 特性一致的两个锗管, 如 2AP9 等。

二、典型调频调幅收音机电路

图 9-6-3 所示电路为普及型 FM/AM 收音机电路。它的高频部分是分开的, 中频部分共用。高、中频部分的典型电路如图 9-6-3(a)、(b)、(c)、(d) 所示, 其中图 (a) 为调频头; 图 (b) 为调幅的变频级; 图 (c) 为调频调幅中频放大器和调幅检波器; 图 (d) 为比例鉴频器。调频信号从图 9-6-3(a) 8 和 9 端平衡输入, 经过

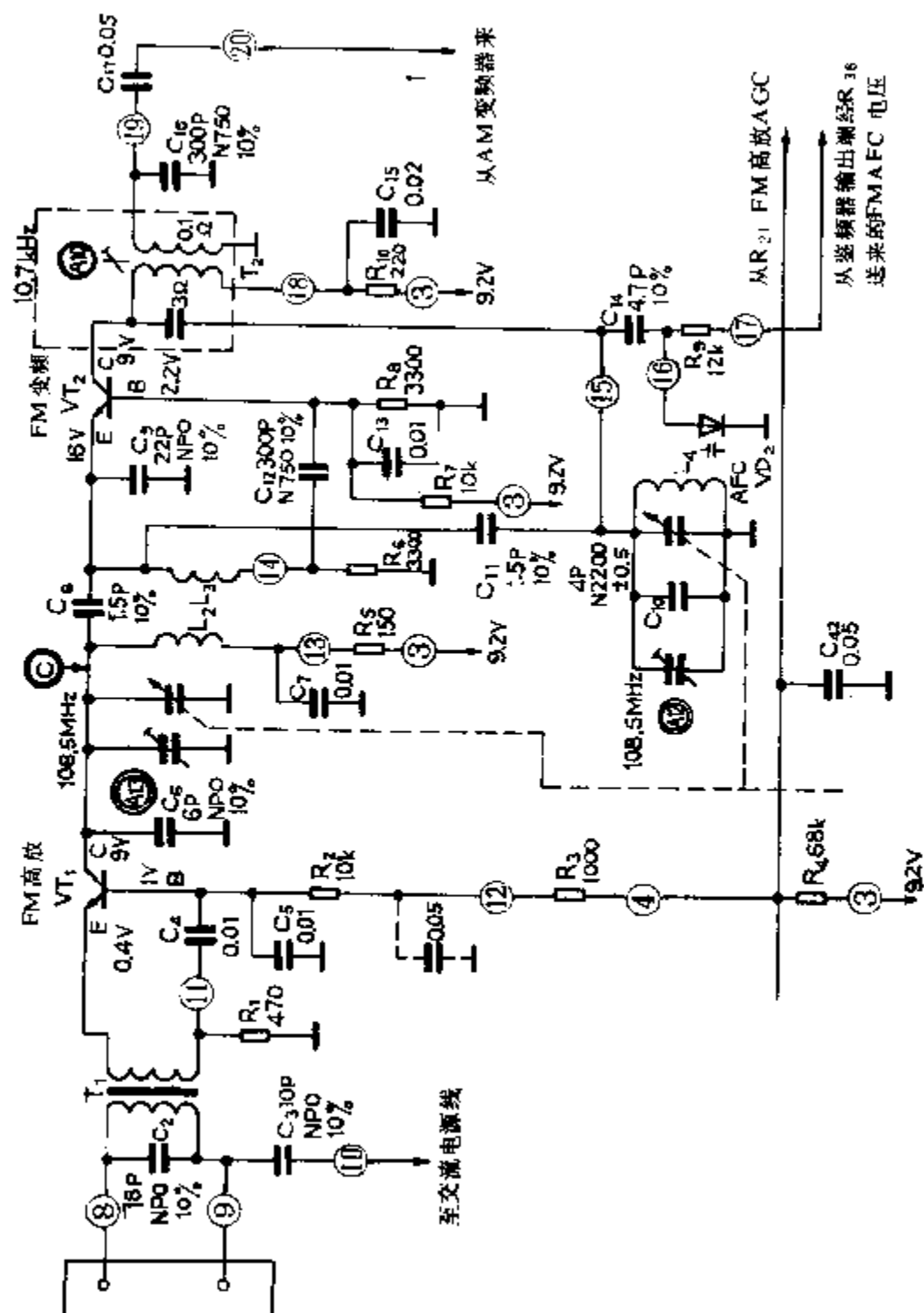
VT₁ 高频放大,送到 VT₂,并进行 FM 变频,得到 10.7MHz 中频信号,这个中频信号经调频调幅中频放大器放大送往比例鉴频器,并经过频率检波,音频信号从图(d)中 R₃₃的一端输出。调幅信号从图(b)中的磁性天线回路输入,经过调幅变频管 VT₃ 变频得到 465kHz 的中频信号,再经中频放大、检波,从图(c)R₂₇的一端取出。这是 FM/AM 收音机高、中频部分的基本工作过程。

1. 高频电路

本电路的调谐器和调幅变频级都是独立工作的,没有相互兼顾的问题,也不存在相互间的影响。

图 9-6-3(a)中,⑧和⑨为 300Ω 外接天线插口,C₂ 和 T₁ 的初级组成输入谐振回路。电容 C₃ 把调频输入电路和交流电源线耦合起来。这样电源线上感应的高频电台信号,通过它就可耦合到接收机的输入端,为调频收音机提供了一种可供选择的外接天线。VT₁ 的基极和 AGC 电路相接,以便控制该级的增益,防止强信号时高放和高频级过载。VT₂ 采用固定偏置。微调电容器 C₁₀、同轴可变电容器的一连和 L₄ 组成本机振荡回路。VT₂ 的集电极电流中的振荡分量经中频变压器的初级回路电容、点⑮加到线圈 L₄ 上。振荡回路的输出电压经 C₁₁ 和 C₉ 分压后又反馈到输入端(VT₂ 发射极)。由于在共基极电路中,集电极与发射极上的信号是相同的,为了达到正反馈,在反馈支路中不要加反相网络。高放和变频级的耦合采用双调谐回路外电容耦合。L₃ 和 C₁₂ 组成串联谐振回路,这个回路对 10.7MHz 中频阻抗(对地)极小,这就防止了变频管在中频上发生自激。

AFC 电路包括 C₁₄、变容二极管 VD₂ 和隔直电阻 R₉。这里要说明两点:第一,变容二极管的结电容和 C₁₄ 串联后再并到本振回路的两端,因此,C₁₄ 容量的大小会影响变容二极管对振荡频率的控制作用。第二,图中变容二极管的接法为零偏置,从比



(a) FM/AM收音机的FM高频头电路

图 9-6-3(a)

例鉴频器送来的 AFC 电压可正可负。那么,如何通过 VD_2 的两个电极的接法,来判断 AFC 的电压极性。我们知道,变容二极管上的反偏压越高,结电容越小,振荡频率将升高,利用这个原理就可以判断了。假定本机振荡频率“偏低”了,那就说明加到变容二极管上的校正电压应该使变容管的反偏压更高。由于校正电压来自比例鉴频器的输出,也就等于告诉了比例鉴频器输出电压的极性。

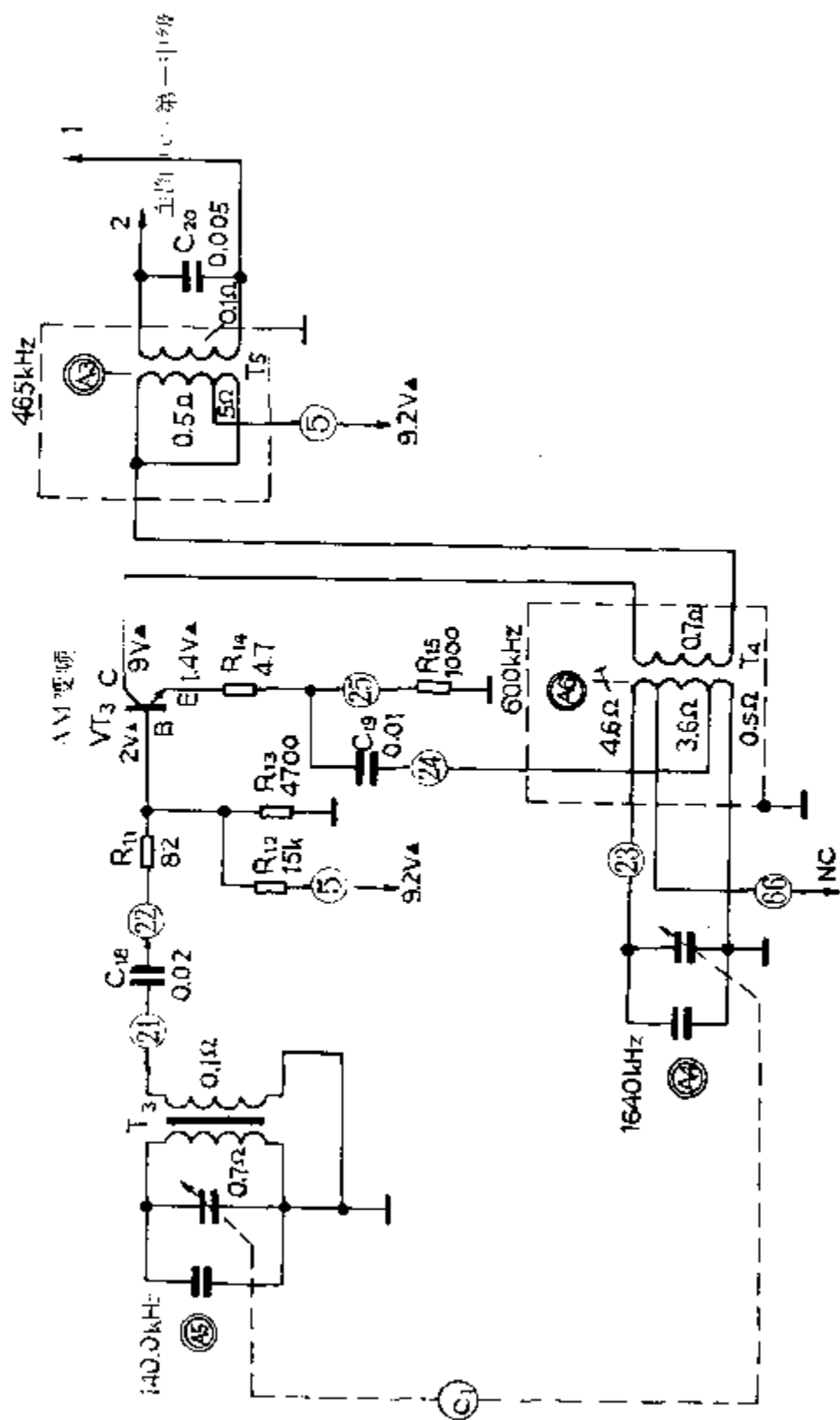
图 9-6-3(b)所示是 FM/AM 收音机的独立变频电路。变频后的送出的中频信号(465kHz)经 1、2 送往共用中频放大级。

2. 中频电路

图 9-6-3(c)为 FM/AM 收音机的中频电路。 VT_4 和 VT_5 是共用中放管。AM 和 FM 的中频变压器串联起来,即调频中频变压器 T_6 与调幅中频变压器 T_7 串联, T_8 与 T_9 串联。 VT_6 为第三中频放大管即鉴频管。调频高放管的 AGC 电压,由 VT_5 集电极电路上的二极管 VD_2 提供。调频信号经比例鉴频器解调后,输出的音频信号从 R_{33} 上取出,经功能开关 S 送至低频放大级;另一路经 R_{35} 、 C_{49} 、 R_{36} 滤波后作为 FM 的 AFC 控制电压,加到 FM 变频级的变容管上。调幅检波电路位于 VT_5 集电极 AM 中频变压器的次级。检波后的音频信号,经功能开关 S 送到同一个低频放大级。调幅 AGC 电压加至第一中放管 VT_4 基极,并由检波电路提供(经 R_{37} 、 C_{39} 滤波)。AM 的 AGC 电压控制第一中放的增益。

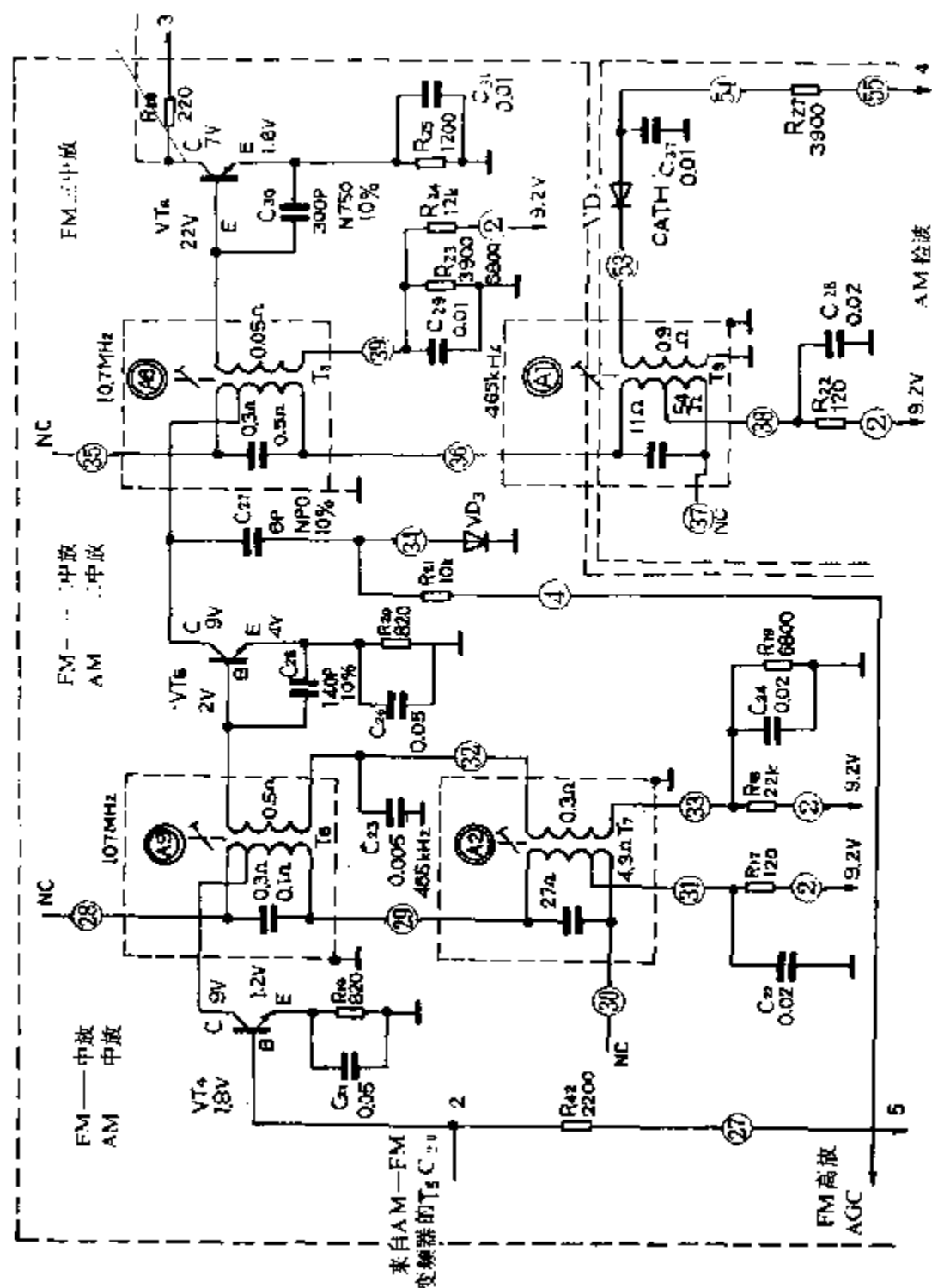
(1)调频/调幅第一中频放大器

VT_4 是调频/调幅共用的第一中频放大器,点 2 处的电阻 R_{40} 、 R_{40} 是偏置电路上偏流电阻。在调幅工作时,调幅的 AGC 电压会使点 2 的偏置电压变动,其中 R_{42} 作为基极电路上的限流电阻;在调频工作时,调幅检波器输入端就没有信号了,所以调幅



b. FM/AM收音机AM高频部分

图 9-6-3(b)



(c) FM AM 中频部分电路

图 9-5-3(c)

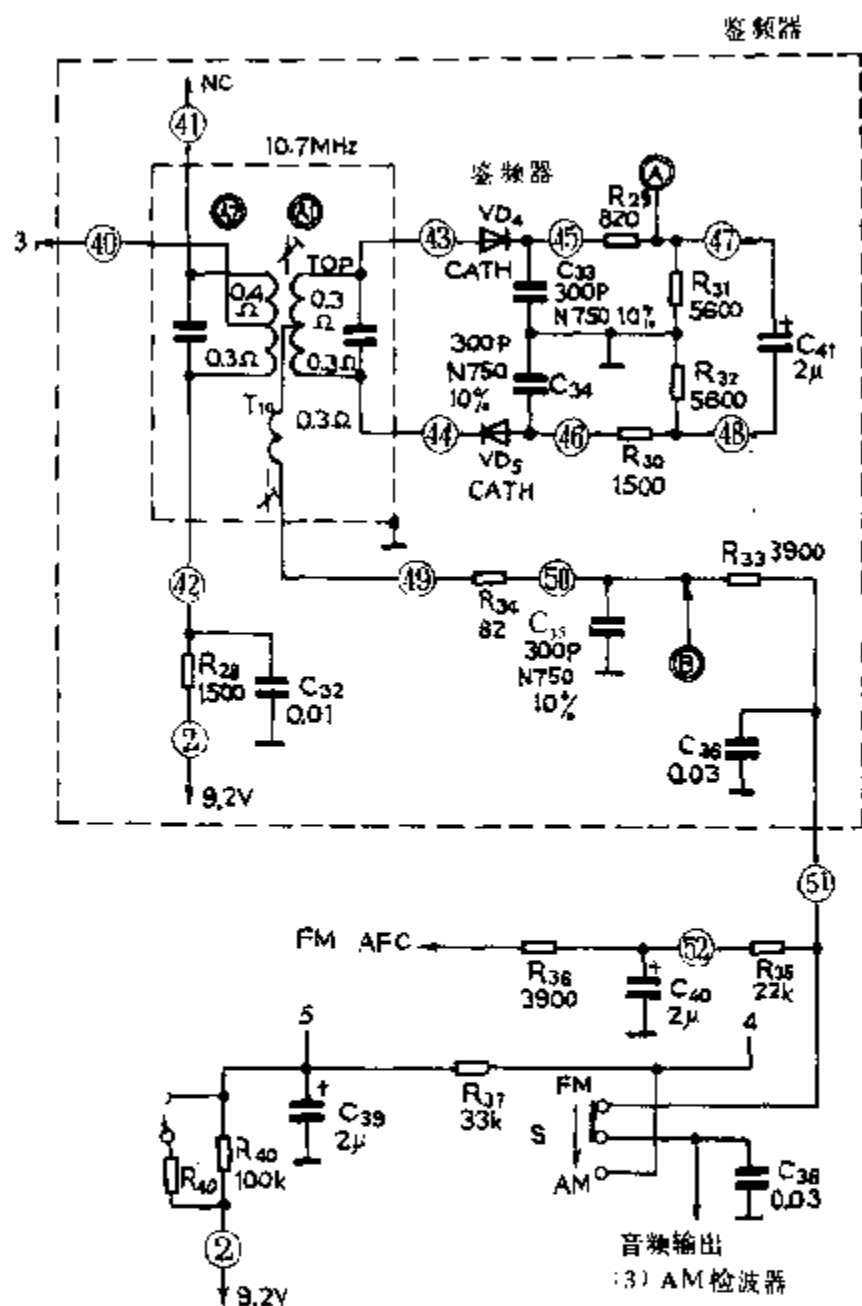


图 9-6-3(d)

AGC 不起作用。这时调幅检波电路上的 R_{27} 和 R_{37} 、检波二极管 VD_5 和 T_0 的次级线圈串联起来作为调频工作 VT_4 的下偏置电路。此时二极管正向导通,利用了它的正向压降,起一点温度补

偿作用,除此之外无其他作用。

从调频或调幅变频级送来的中频信号,加到 VT_4 的基极。调幅部分工作时, VT_4 负载回路 T_7 的两端产生 465kHz 的中频信号经 T_6 送到 VT_5 的基极。调频部分工作时, VT_4 负载回路即 FM 中频变压器 T_6 上产生 10.7MHz 中频信号,并通过 T_6 的次级耦合到 VT_5 的基极。 C_{23} 将 FM 中频信号交流接地,电容 C_{25} 和 T_6 的次级组成一个 10.7MHz 的并联谐振回路。在调频和调幅中频变压器中,因为两者的中频频率高低相差很远,调频中频为 10.7MHz,回路的电感量和电容量都很小;而调幅中频为 465kHz,回路的电感量和电容量都较调频大得多。鉴于 FM 谐振回路对于 AM 中频呈现较大失谐,阻抗很低,可以视为短路;而 AM 中频回路同样对 FM 中频也处于严重失谐状况,也可视为短路。因此,这两种回路串在一起仍能各自工作在自己的谐振频率上而互不影响。 VT_4 的工作电流,由于调频工作时与调幅工作时稍有些矛盾,要折衷选取,一般取 0.5~0.8mA。从 AGC 特性出发,电流要求小一点,这时可用开关来改变偏置电路,使中放管的工作电流随波段转换而改变。调频工作时,把 R_{10} 接上,以加大工作电流。

(2) 调频/调幅第二中频放大器

实际上,第二中频放大器的工作原理完全同于第一中频放大器。这里只讨论调频 AGC 信号电路,它是由 C_{27} 、 R_{21} 和二极管 VD_3 组成。为了说明 AGC 信号源的产生,我们只需分析 10.7MHz 中频信号的半个周期就能清楚了。假定 VT_5 集电极信号处于正半周上升时, VD_3 导通,则电容 C_{27} 充电,形成上正下负电压;信号从正半周峰点下降时, VD_3 截止。 C_{27} 只能通过 R_{21} 流到 AGC 电路,形成负电压。随着信号强度越大, VT_5 集电极上电压也越高,在测试点④出现的 AGC 电压也越负。AGC 电路

上的负压经电容 C_{42} 平滑后, 加到调频高放管的偏置电路, 见图 9-6-3(a), 控制其 VT_1 基极偏流。当中频信号增加时, 则 AGC 负压也随着加大, 高放管 VT_1 上的偏压就随着变负, 从而减小了管子的放大系数, 起到自动增益控制作用。 R_{37} 是 AGC 的滤波电阻, C_{38} 是 AGC 的滤波电容器。

(3) 调频第三中频放大器和比例鉴频器

第三中频放大器和比例鉴频器电路都是标准形式的, 比例鉴频器是平衡型的, 与前面讨论过的相似, 只是第三线圈上的中频信号经 R_{34} 、 C_{35} 接地, 然后再从地经 C_{33} 和 C_{34} 接点加到两只二极管 VD_4 、 VD_5 上。AFC 电压是经 R_{35} 、 R_{36} 和 C_{40} 滤波后送出, 去控制本振电路的变容二极管 VD_2 。AFC 是直流电压, 因此, 在比例鉴频器的输出端不能串接电容器, 隔直流电容应接在音量控制器的后面。

3. 双调谐回路中频放大器

图 9-6-4 所示是双调谐回路中频放大电路。从调频变频级来的中频信号, 经 VT_5 加到调谐负载 T_7 上, 再经电容 C_{45} 耦合到 T_8 的初级, 随后 T_8 的次级把信号送到 VT_6 的基极。 C_{43} 起中和作用, 它能将 T_7 次级中频信号耦合到 VT_5 的基极。调频第二中放的耦合方式与第一级基本相同。调频高放的 AGC 电压由 VT_6 集电极电路上的 C_{54} 及二极管 VD_6 和 VD_7 产生, 输出为负极性。送到 VT_6 去的调幅信号, 也是采用上述的双调谐耦合电路。并联在谐振回路上的 VD_3 和 VD_5 是过载保护二极管。

怎样看无线电电路图

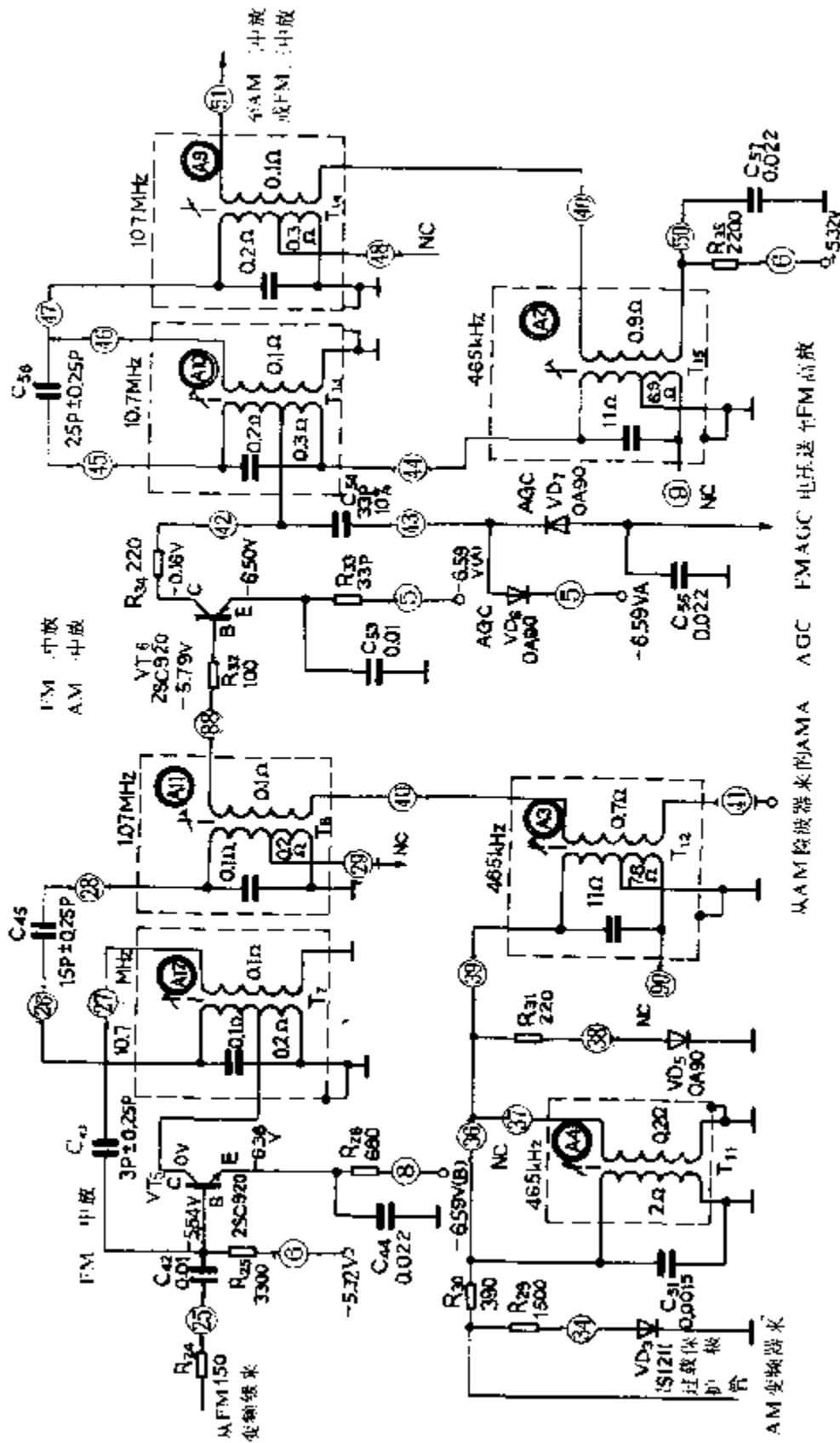


图 9-6-4 从 AM 鉴频器来的 AM/AGC 电压送至 FM 鉴频器

图 9-6-4

第十章 集成电路收音机

集成电路收音机是由集成电路配有适当的外围元器件构成的。本章主要介绍调幅集成电路收音机；调频调幅集成电路收音机和调幅调频立体声集成电路收音机。

第一节 调幅集成电路收音机

目前，调幅集成电路收音机的种类较多，最常见的是单片集成电路调幅收音机。下面将介绍集成电路 TA7641BP 组成的单片调幅收音机。

一、TA7641BP 调幅收音机电路

由集成电路 TA7641BP 及外围元器件组成的调幅收音机电路图如图 10-1-1 所示，图中： T_1 是磁棒天线。双连电容器 C_{1a} 与 T_1 的初级线圈组成天线输入回路，用来选择电台的信号，并通过 T_1 次级电感线圈加到集成电路的⑩脚； T_2 是本机振荡线圈，双连电容器 C_{1b} 与 T_2 的初级线圈组成本机振荡回路，产生本振信号并通过 T_1 次级线圈加到⑩脚，进行变频； T_3 是变频级的负载回路，调谐在 465kHz，选出的中频信号通过③脚送到集成电路内的中频放大级； T_4 是 465kHz 中频变压器，即中放级的负载回路。RP 是带开关的音量调节电位器，可将音频信号送到集成电路的⑬脚，经低频放大和功率放大后由⑨脚输出送往扬声器发出声音。 C_2 和 C_3 分别是变频级和中频放大级旁路电容器。

怎样看无线电电路图

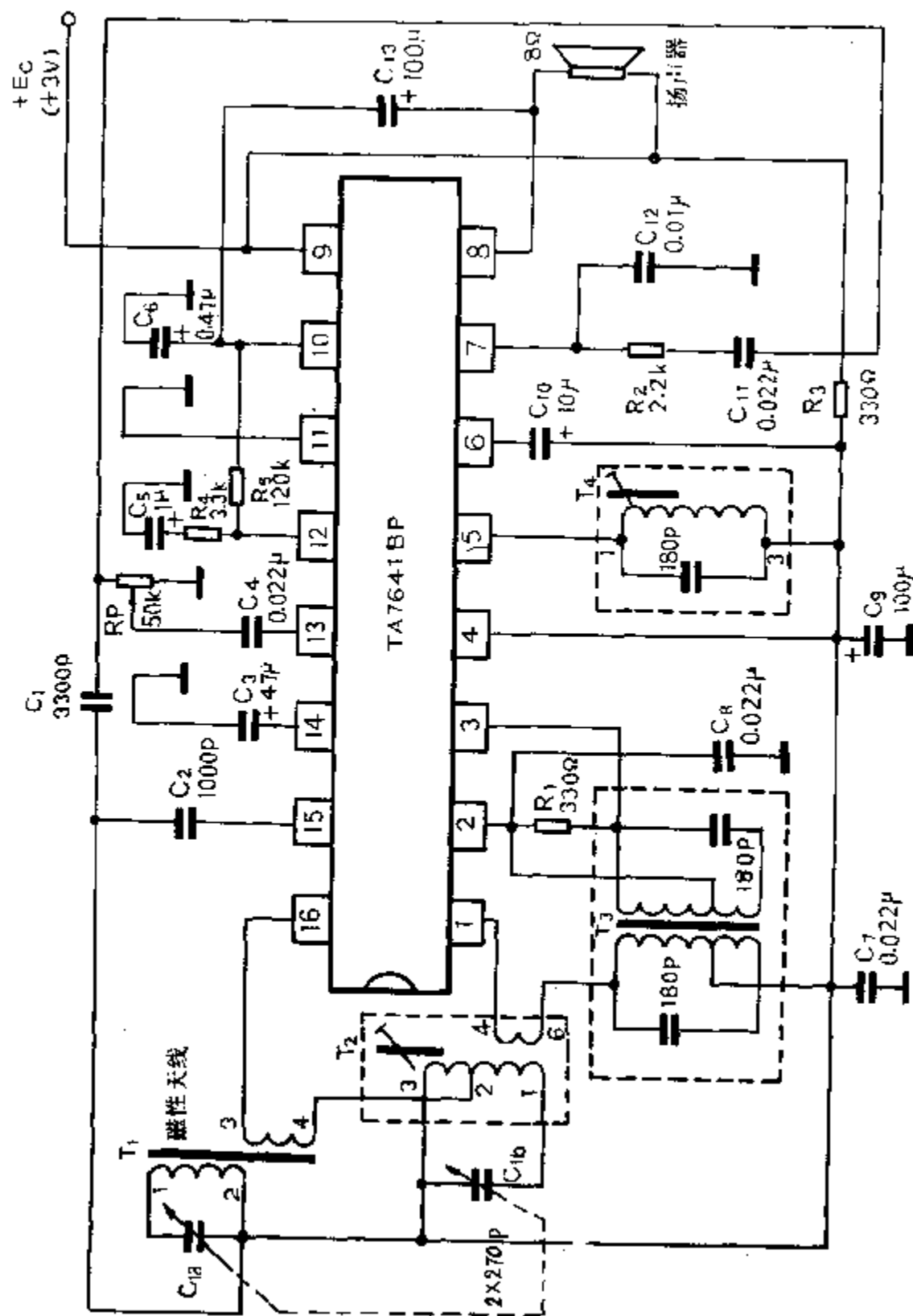
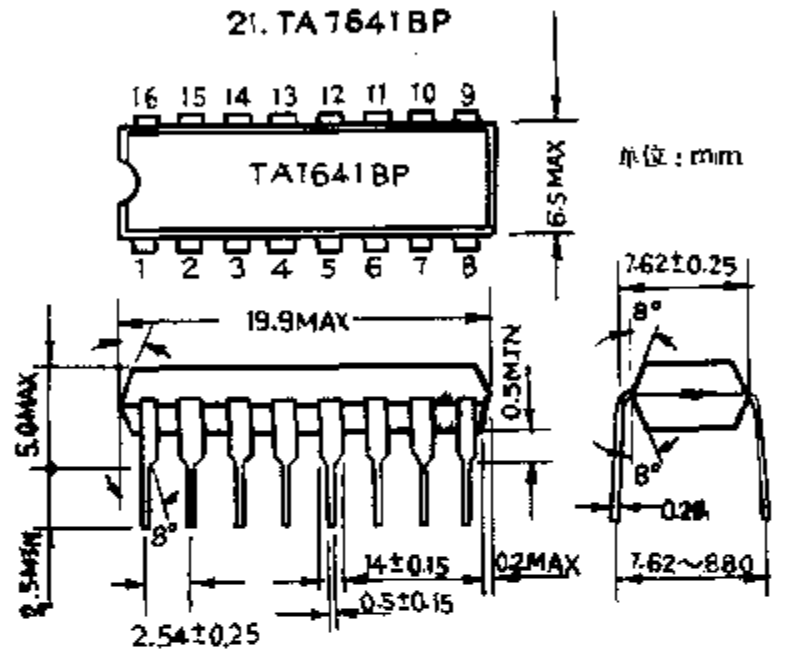


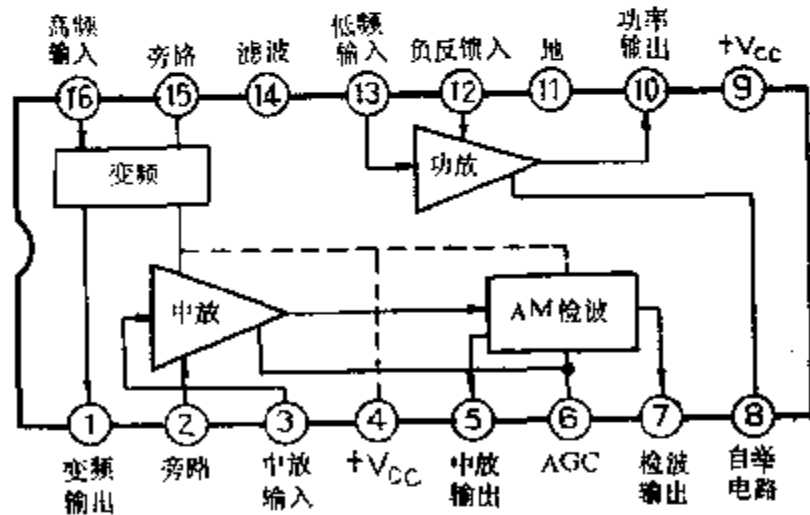
图 10-1-1

二、TA7641BP 收音机的工作原理

图 10-1-2(a)是 TA7641BP 单片机的外形图；图(b)是其内



(a)



(b)

图 10-1-2 TA7641BP 外形图和方框图

部方框图及各引脚功能图。从外形图可以看出,它是采用⑩脚双列直插塑料封装结构。其内部组成包含变频、中频放大、AM 检波、低频和功率放大等电路。由天线回路接收的高频调幅信号从⑩脚送入单片内,与本机振荡信号进行混频后,产生调幅中频信号从①脚输出,经外接中频调谐回路选频,得到的中频信号(465kHz)由③脚输入单片内中频放大器,被放大的中频信号送往检波器,检出的音频信号从⑦脚输出。音频信号经单片外电位器 RP 控制后,由⑬脚输入单片内功率放大器进行放大,放大后的音频信号由⑩脚输出加到外接扬声器上。

单片内电路中设置了 AGC 电路,以控制中放级的增益稳定性。⑥脚外接音频信号滤波电容器 C_{10} ($10\mu\text{F}$),来控制集成电路内部中频放大器各发射极电流。当收音机输入信号较强时,AGC 控制电流 I_{AGC} 能自动地使中放级的增益下降;当输入信号较弱时,AGC 电流 I_{AGC} 也能自动地使中放级增益上升。这样,经过 AGC 电路的自动调节作用,达到自动增益控制的目的。

外接电容器 C_{13} ($100\mu\text{F}$) 既是音频信号耦合电容器,又是音频放大器的等效电源。所以,它的电容量大小和质量的好坏,对内电路性能影响较大。

电阻 R_4 ($3.3\text{k}\Omega$)、 R_5 ($120\text{k}\Omega$) 和电容器 C_5 ($1\mu\text{F}$) 构成负反馈电路。它的作用一是对交流信号产生电压串联负反馈,改善整个电路的性能;二是自动调节输出端的直流电平,使其输出管(内电路)供电稳定。

C_3 是⑭脚外接滤波电容器 ($47\mu\text{F}$),滤除反馈环路中的交流信号。所以这个环路只有直流反馈,没有交流反馈。

电路中的④脚和⑨脚是供 3V 的直流电压,保障电路正常工作。 R_3 (330Ω) 是滤波电阻器; C_7 和 C_9 是滤波电容器。

三、TA7641BP 型集成电路特点和电参数

这种集成电路是国外生产的(进口)AM 单片收音机电路。外形是双列直插式 16 脚塑料封装结构。它外部用的元件少;静态电流低,在 $V_{cc}=3V$ 时,静态电流 $I_0=1.6mA$;输出功率 $P_0=100mW$;允许电源电压的范围为 $2\sim 5V$ 。国内生产的集成电路:EF7641、XG7641、TB7641 与 TA7641BP 均可代换。

表 10-1-1 TA7641BP 型集成电路电参数
($V_{cc}=3V; T_c=25^\circ C; m^* = 30\%$)

参 数	单 位	测试条件	最小值	典型值	最大值
静态电流	mA	输入 $u_i=0$	0.7	1.6	3.0
最大灵敏度	mV	$u_i=20dB, \mu V,$ $u_R=\max$	200	—	—
输出功率	mW	$u_i=40dB, \mu V,$ $R_L=8\Omega, u_R=\max$	80	100	—
谐波失真	%	$u_i=42dB, u_i=200mV$	—	2	6
信噪比	dB	$u_i=42dB, u_i=200mV$	—	44	—
输出噪声电压	mV	$u_i=0, u_R=\max$	—	3.5	—
⑩脚输入 阻抗	电阻(k Ω) 电容(pF)	$f=1MHz$	—	500	—
⑪脚输入 阻抗	电阻(k Ω) 电容(pF)	$f=1MHz$	—	500	—
⑫脚输入 阻抗	电阻(k Ω) 电容(pF)	$f=500kHz$	—	60	—
⑬脚输入 阻抗	电阻(k Ω) 电容(pF)	$f=500kHz$	—	2.2	—
⑭脚输入 阻抗	电阻(k Ω) 电容(pF)	$f=500kHz$	—	100	—
			—	3.0	—

m^* 为调幅系数。

四、本收音机主要技术指标

频率范围:中波 525~1650kHz
最大灵敏度:41dB/m(输出 $P_o=5\text{mW}$ 时)
实用灵敏度:49dB/B(信噪比=20dB 时)
信噪比:44dB(输入为 74dB/m 时)
检波输出:131mV(输入为 74dB/m)
输出功率:100mW(谐波失真为 10%时)
谐波失真:2%(输入为 74dB/m 时)
输出阻抗:8 Ω
电源:3V(直流)。

第二节 调频调幅集成电路收音机

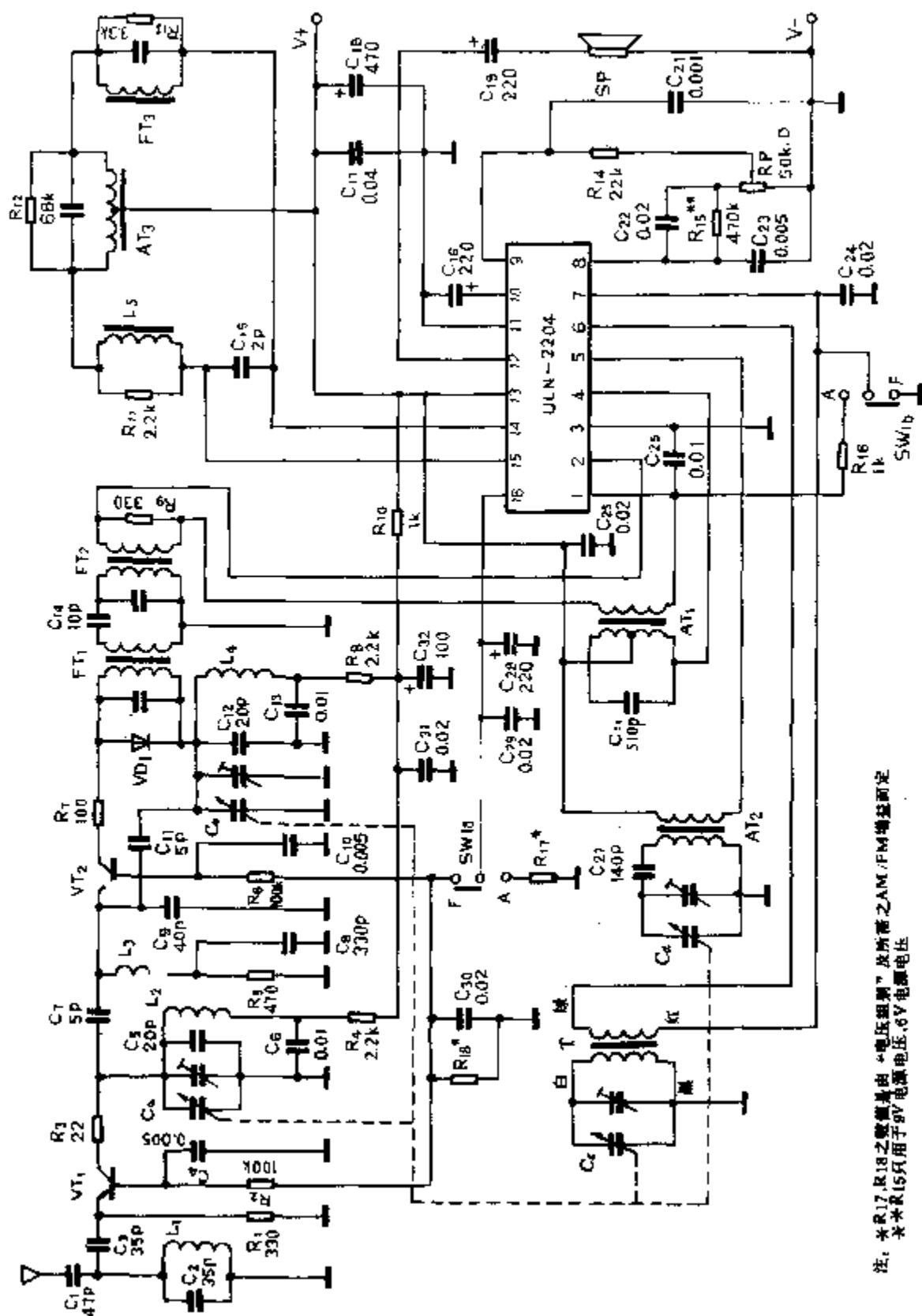
最常见的典型的调频调幅集成电路收音机是 ULN-2204A 单片收音机。本节将介绍该收音机的工作原理。

一、ULN-2204A 单片调频调幅收音机电路

图 10-2-1(a)示出了 ULN-2204A 单片调频调幅收音机的整机电路。显然,本机是由 ULN2204A 集成电路和外接晶体管 VT_1 、 VT_2 及其他外围元件组成的。图 10-2-1(b)是内部方框及引脚功能图。

二、ULN-2204A 单片调频调幅收音机的工作原理

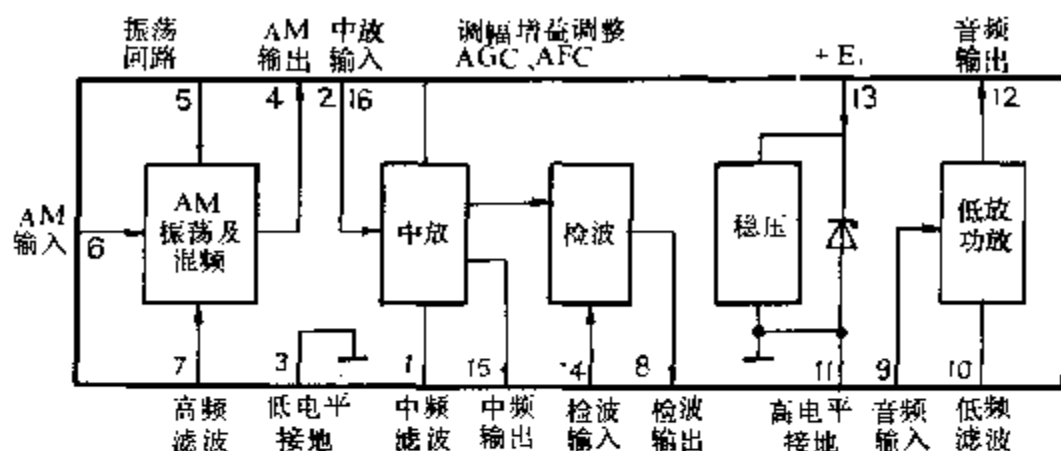
ULN-2204A 集成电路中,包含了调幅变频、调频和调幅中放、调幅检波、调频鉴频、前置低放和功放以及稳压电源系统。调频部分自天线接收的信号先经外接的 VT_1 和 VT_2 组成的高放



注：* R17及R18之数值由“电压控制”及所需之AM/FM增益而定
 ** R15只用于9V电源电压，6V电源电压

图 10-2-1 ULN2204A 单片机电路图(a)

怎样看无线电电路图



(b)

图 10-2-1 ULN2204A 单片机电路图(b)

级和变频级电路。变频后的中频信号通过外接的双调谐中频变压器 FT_1 和 FT_2 ，然后进入集成电路中放输入端②脚。调幅部分高频电路的外接元件有磁性天线 T 的输入回路和本振线圈 AT_2 及其振荡回路。调幅变频后的中频输出自集成电路④脚引出，接中频变压器 AT_1 ，其次级线圈则和调频中频变压器 FT_2 的次级线圈串联起来，一起送入集成电路的中放输入端②脚。鉴频或检波后的音频信号通过⑧脚输出，经过外接的音量电位器，再从⑨脚输入片内低放电路，从⑫脚输出信号，推动扬声器发声。

此外，鉴频或检波输出的信号还有一部分从片内部回送到一个可变稳压电源电路中，作为调频的自动频率微调电路和调幅自动增益控制电路。其作用是：当调频鉴频器输入准确的中频时，输出为基准点的直流信号；当本振频率偏移，鉴频器输入的中频高于或低于准确的中频时，反馈到可变稳压电源的信号也相应的正负变化，使高频电路的基准偏置随之变化。利用其基极发射极间电容的变化而改变本振频率，使本振频率的变化作相反的补偿，使其回复到原来的正确值。

调幅时 AGC 的作用:与一般调幅一样,即当接收信号强时,检波输出直流成分供给中放的电源电压变低,从而降低了中放增益;当接收信号弱时,检波输出直流成分,供中放电源电压相对升高,从而中放增益上升,起到了 AGC 作用。

调频调幅两波段具体接收过程是:

(1) 调幅波段接收电台信号过程

当波段开关旋置 AM 端时,收音机就可以接收调幅电台信号了。也就是天线线圈 T 的初级电感与可变电容器 C_0 连组成的调谐回路,选择出欲接收的调幅信号,经次级电感加到了集成电路的⑥、⑦脚;中波振荡线圈 AT_2 的初级电感与可变电容器 C_d 连组成的振荡回路,产生的振荡信号频率比欲接收的调幅信号频率(载频)高 465kHz,并通过振荡线圈 AT_2 的次级(阻抗在谐振时约为 800Ω)电感馈送给集成电路(振荡电压约为 150mV)⑤脚。这两个信号进入集成电路内调幅变频器进行变频。中频变压器 AT_1 的初级线圈与电容器 C(510pF)组成的调谐回路,调谐于中频 465kHz,作为变频管的负载回路(AT_1 无载 $Q \approx 140$;有载 $Q \approx 100$),恰好从变频管的输出端④脚选出 465kHz 中频信号。中频信号又经过 AT_1 的次级,通过调频中频变压器 FT_2 的次级电感线圈加到集成电路的②脚送至中频放大级。这里因为 FT_2 谐振于 10.7MHz,其电感量很小,对 465kHz 调幅中频信号来说几乎是短路,毫无影响。

中频变压器 AT_3 的谐振回路也谐振于 465kHz,作为中频放大级的负载(无载 $Q=130$)。经中频放大器的调幅中频信号,从集成电路⑬脚输出,经电感 L_5 ,再经中频变压器 AT_3 选频后通过调频中频变压器 FT_3 送入集成电路④脚到检波器。因为⑬脚是中放的末级输出端,输出的中频信号幅度较大,所以信号检波是属于大信号检波。又因为 L_5 及 FT_3 均是调频中频

10.7MHz 的电感中频变压器,所以,对调幅中频 465kHz 信号来说,阻抗很小,几乎短路,毫无影响。⑮脚的静态电流是 $160\mu\text{A}$; AT_3 的阻抗约 $18\text{k}\Omega$ 。

由⑪脚进入检波器的中频信号,经检波得到的音频信号从⑧脚输出,并由外接音量电位器($50\text{k}\Omega$)的调节作用取出回送到⑨脚,进入低放级进行放大,最后由⑫脚送到外接扬声器发出声音。电容器 C_{21} 和电阻 R_{14} 组成低通滤波器,滤除检波后剩余的 465kHz 信号及其谐波成分。 R_P 是调幅中频放大器级增益调节电位器。 C_{24} ($0.02\mu\text{F}$) 是外接高频旁路电容器。

⑬脚是调幅增益调整部分,外接电容器 C_{28} 、 C_{29} 作音频滤波用,滤除检波后信号中所含的音频分量,使 AGC 电压仅反映高频信号中的载波分量的强弱。电容器 C_{28} 、 C_{29} 的大小确定了 AGC 和 AFC 电路的时间常数,即低通滤波器的时间常数。

⑭脚外接电容器 C_{25} ($0.01\mu\text{F}$) 为高频滤波电容,所以⑭脚是高频地电位。外接电解电容器 C_{16} ($220\mu\text{F}$) 有两个作用;一是滤除反馈信号中的纹波;二是作音频反馈电容,⑭脚接地。

外接大电解电容器 C_{19} ($200\mu\text{F}$ 以上) 用来隔断直流,将音频信号耦合到扬声器;同时 C_{19} 上的直流电压为内电路提供能量(是 OTL 电路的特点)。

外接 C_{17} ($0.047\mu\text{F}$)、 C_{18} ($470\mu\text{F}$) 和 C_{31} ($0.02\mu\text{F}$)、 C_{32} ($100\mu\text{F}$) 均为电源 V_{cc} 滤波电容器,⑬脚是供电电源 V_{cc} 。

(2) 调频波段接收电台信号过程

调频信号载波频率范围是 $88\sim 108\text{MHz}$,所以调频接收时的高频放大、本机振荡、混频等部分常用分立元件构成,这部分电路叫高频调谐器,俗称高频头。经过混频,将频率较高的信号变成 10.7MHz 的固定中频信号,然后送入集成电路作其他过程处理。因此,变成 10.7MHz 中频信号以后的调频接收电路与

调幅中频信号的处理电路相同。调频调谐器的电压增益大致为20dB。下面对调频接收机的片外电路工作进行简单介绍。

C_1 是调频天线与输入回路间耦合电容器。由电感 L_1 和电容器 C_2 组成了固定式谐振输入回路,其谐振频率大到固定在波段的中间,即 98MHz 左右。因为调频收音机的频率覆盖较窄(87~108MHz),通常多采用两点统调,即波段两端的灵敏度较高,中间有点失调,增益较低,所以将输入回路的谐振频率调到中间,可以补偿一下波段中间的增益。由于要求输入回路能通过整个波段的信号,所以输入回路的谐振特性要平坦,这一点是靠降低谐振回路的有载 Q_L 值来达到的。大家知道,晶体管共基电路的输入阻抗很低,因此,当输入电路采用固定式谐振回路时,调频高放通常接成共基电路。它的低输入阻抗通过耦合电容器 C_1 相当于使谐振回路 L_1C_2 并联了一个较低的阻抗。再加上天线的阻抗也较低(不平衡单根天线特性阻抗约为 75Ω),耦合到谐振回路的阻抗也较低,所以谐振回路的有载 Q_L 值变为很低,谐振特性就较为平坦了。其次,由于共基极放大器的输入阻抗低,和天线的阻抗比较接近,所以可以达到较好的匹配,传输系数较好。

输入回路电容器 C_2 选在 $10\sim 35\text{pF}$,用太大 L_1 在结构上难于绕制; C_2 太小了,则受分布电容的影响,工作不稳定。

VT_1 为共基极电路的高频放大管; R_1 是发射极直流稳定电阻; R_2 用来防止高频放大管 VT_1 寄生自激以及大信号限幅时减小管子的输出电抗对槽路的影响。电感 L_3 和电容器 $C_3(330\text{pF})$ 构成中频陷波器,对 10.7MHz 中频谐振,使外来的中频信号在变频级的基极端短路,不能通过变频管 VT_2 放大;同时变频管 VT_2 输出端的中频信号也不易反馈到输入端,使变频管工作稳定。

L_2 与 C_5 和四连电容器 C_4 组成调谐回路, 作为 VT_1 的负载回路。

变频管 VT_2 同时兼作振荡与混频, 常称作自激式混频器。本振电路是基极接地的电容三点式振荡器, 集电极输出端振荡槽路的电压通过 C_{11} 和 C_9 分压, 反馈到 VT_2 的 B-E 输入端, 作为再激励信号, 维持振荡(有时加一个电阻与 C_{11} 串联, 可以使振荡电压在波段的高低端比较均匀)。电容三点式振荡器与一般中短波常用的电感三点式振荡器比较, 其优点是工作频率高, 谐波少, 稳定性好, 非常适合于在超短波段工作。

混频器 VT_2 接成共基极电路, 自高放输出的外来信号和本振信号一起加到混频管 VT_2 的发射极, 经混频后的中频信号在输出端的中频变压器 FT_1 的初级调谐回路选出并耦合到次级回路中, 经中频变压器 FT_2 送入集成电路②脚到中频放大级。

四连可变电容器 C_6 、 C_{12} 、 C_{13} 与 L_4 构成的振荡回路和中频变压器 FT_1 的初级中频回路都串联接在 VT_2 的集电极, 对振荡频率来说, FT_1 初级回路电容器较大, 阻抗很小, 和短路差不多; 而 L_4 对中频来说, 阻抗很小, 也同短路一样。因此, 这两个回路能独自工作, 互相影响不大。 C_9 一方面作为电容三点振荡电路中发射极对地(也即对基极)的电容, 得到所需的正反馈电压和相位, 以维持稳定的振荡; 另外它还和 L_3 、 VT_2 的输入阻抗等组成 98MHz 左右的并联谐振, 以补偿波段中间的增益。

由 L_5 、 FT_3 和 C_{15} 组成了调频波的移相电路, FT_3 与回路电容谐振于 10.7MHz。移相电路是为了脉冲均值鉴频的需要而设置的。对于调频波的中心频率(10.7MHz)而言, 小电容 C_{15} 和谐振回路 FT_3 产生 90° 的相移。

鉴频输出端⑧脚, 其外接电容器 C_{23} (4700pF) 与集成电路内部的 $7.5k\Omega$ 等效电阻组成的低通电路即为去加重电路。

由⑩脚输出的电压受到鉴频器输出电压的影响,这个电压加到振荡管 VT_2 上,使管子的结电容受到控制,发生变化,取得自动频率控制(AFC)的效果。

C_3 (35pF)、 C_7 (5.1pF)是耦合电容器。 R_7 (100 Ω)和 VD_1 都是为了减小在大信号限幅时由于管子输出阻抗的变化而引起的中频回路失调。这时 R_7 能起隔离作用,而 VD_1 在大信号时其阻值减小,加宽中频回路的通带,避免失调。同时它还限制了中频输出电压的大小,避免中放级过载。

R_1 、 R_5 和 R_2 、 R_6 为偏置电阻器,稳定 VT_1 、 VT_2 的工作点。 C_{16} 、 C_{17} 、 C_{18} 和 C_{24} 、 C_{25} 、 C_{26} 均为滤波电容器。

调频接收波段的工作过程:从天线接收的信号经 C_1 耦合到 L_1 、 C_2 调谐回路,选择出要接收电台的调频信号并通过 C_3 耦合到 VT_1 的发射极,经高频放大后从集电极输出,又经 L_2 、 C_4 调谐回路的选择,通过 C_5 耦合到变频管 VT_2 的发射极。由 L_4 、 C_6 组成的振荡回路产生的振荡信号(比外来信号高 10.7MHz)也加到 VT_2 的发射极。这两个信号混频后经 VT_2 集电极调频中频变压器 FT_1 、 FT_2 选择出 10.7MHz 中频信号,并加到集成电路②脚进入中频放大器,放大后的中频信号又加到鉴频器,得到音频信号由⑧脚输出,经电位器取出并加到集成电路⑨脚到低频放大器,又经过音频功率放大由⑫脚输出加到扬声器发出声音。这就调频波段接收电台信号的全过程。

三、ULN-2204A 单片调频调幅收音机的调整

我们知道,无论装配好的还是维修的收音机,都要进行调整。下面将介绍 ULN2204A 单片收音机的调整方法。

1. ⑩脚电压的测量

正常情况,ULN2204A 在出厂时,⑩脚的电压 U_{16} 是给定

的,每个集成电路封装外壳上都刻有型号和该电路 U_{16} 的大小。如“ULN2204A- $\times\times$ ”这个标注,其后的“ $\times\times$ ”中的第一位数表示在 FM 工作状态时,中放级此点的电压值;末位数表示在 AM 工作状态时,中放级的电压值。调整单片收音机时,首先应注意集成电路上的这个电压标注。

调整时,用万用表检测⑩脚的电压,正常工作时,这个电压值为:AM 工作状态,无信号输入时, $U_{16}=1.5\sim 1.6\text{V}$;FM 工作状态,无信号时, $U_{16}=1.8\sim 2\text{V}$ 。

如果电压 U_{16} 高出上述范围,收音机的灵敏高,但其噪声也随着增大,稳定性变差。调整的办法:在 AM 工作状态时,调电阻 R_{17} ;在 FM 工作状态时,调电阻 R_{18} 。这样使集成电路⑩脚电压 U_{16} 达到上述值。

2. 调幅接收时的调整

调整包括:中频频率的校准、波段频率覆盖和三点跟踪特性的调整。其调整与分立元件收音机的调整方法基本相同。下面将简单介绍。

(1) 中频频率校准

新的中频变压器装在收音机上,由于与其并联的回路电容器的容量总存在误差,加上印制电路板的布线间、元件间的分布电容、引线电感等种种原因,都会使中频变压器失谐;一些使用已久的收音机,由于磁芯老化,元件变质等也会使中频变压器失谐。因此,认真调整中频变压器是装修收音机时不可缺少的一项工作。中频频率校准得正确与否,对收音机的灵敏度、选择性等指标会有很大影响。

中频频率校准主要调准中频变压器 AT_1 、 AT_2 ,使其回路都谐振在 465kHz 的中心频率上。

中频频率的校准,通常用中频图示仪或标准信号发生器来

检测。在业余条件下,可以利用电台广播信号来调整,也可以达到满意的效果。

①用中频图示仪校准

将收音机的波段开关旋至 AM 位置,接通电源,把中频图示仪的输出电缆接到中波天线调谐回路两端,输入电缆接到 ULN2204A ⑧脚或其印制板引线附近,即检波输入端;可变电容器旋至最大角度位置或将振荡回路中可变电容定片对地短路,使外来信号无法进入中频级,避免外来信号干扰;音量电位器不必开大。用无感螺丝刀调整各中频变压器,先调 AT_1 后调 AT_3 ,使中频图示仪荧光屏上的谐振曲线左右对称,高度合适,中心位置正好对准在 465kHz 处,如图 10-2-2 所示。

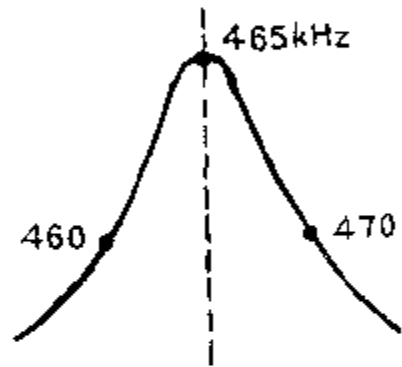


图 10-2-2 中频特性

如果曲线过尖,则中放级通频带过窄;曲线峰点过低,中频增益不够;曲线上有毛刺(不光滑),则有自激存在。

②用高频信号发生器校准

高频信号发生器输出载频为 465kHz,调制度为 39% 的调幅信号,将此信号接至(耦合至)收音机的天线回路;将毫伏表或示波器接到扬声器的两端;收音机的频率指示放在中波低端位置,即可变电容器全旋入,使收音机比较容易接收 465kHz 中频信号;音量电位器放在音量最大位置。

调整时,由小到大缓缓调节信号发生器的输出,使扬声器发出声音,示波器上看到低频信号。用无感螺丝刀调 AT_1 、 AT_3 ,使输出达到最大,如此反复几次。如果中频变压器 AT_1 、 AT_3 的回路谐振频率偏离过大,则 465kHz 调幅信号输入后,扬声器不发

声,这时应左右偏调信号发生器的频率,试一下信号发生器在什么频率扬声器才有音频输出,然后由此频率逐步向 465kHz 位置逼近,同时调节 AT_1 、 AT_3 ,直到 465kHz 中频频率调准为止。

(2) 统调

① 统调原理

收音机的中波段通常规定在 525~1605kHz 的范围(实际都留有余地即频率范围略宽)。统调主要是调整天线回路即输入回路和本振回路。由于这两个回路公用一个同轴双连(或四连)可变电容器,所以它们间有密切关系。我们知道,本振回路的调整就是频率刻度的校准;天线回路的调整就是调整补偿,这两种调整,任何收音机都是必不可少的。

在安装、修理收音机时,常常会碰到调谐指针的位置与所收电台的频率不一致,不是偏高,就是偏低。例如,在 700kHz 的位置上收到 640kHz 的电台信号,或在 600kHz 的位置上收到 700kHz 的电台信号。为此,必须要校准收音机的频率刻度。

根据混频原理: $f_{\text{本}} - f_{\text{信}} = 465\text{kHz}$ 此式表明在刻度盘指定的位置上,本振回路所产生的振荡信号的频率总要比输入的电台信号的载频高 465kHz。如果在刻度盘指定位置上本振信号的频率偏高或偏低,它与外来信号的频率差就不是 465kHz,收音机就无信号输出;只有偏离指针,在另一位置上,本振信号的频率与外来电台信号的频率差 465kHz 中频,收音机才有信号输出。因此,刻度盘的指针所示频率就偏高或偏低。例如,在收听 640kHz 电台信号时,信号通过天线回路加到收音机变频级,此时在度盘 640 刻度处本振信号频率应该是 1105kHz,则经过混频会产生差额: $1105 - 640 = 465\text{kHz}$ 。

如果此处本振信号的频率偏低,那么在该位置振荡回路的

电感或电容偏大,只有将可变电容器调小,即只有将刻度指针调高,才能使本振信号的频率满足 1105kHz 的要求,从而达到指针准确指示所要收听电台信号的频率刻度位置。

总之,凡是在指针指示频率偏高的位置上收听到频率较低的电台信号,它表明本振回路的振荡频率偏低;而在指针偏低的位置上收听到频率较高的电台信号,它表明本振回路的振荡频率偏高。显然,这两种情况都须调整。

②统调方法

第一,利用广播电台的信号进行调整

频率刻度盘的校准:先在低端 640kHz 附近接收一个电台信号,若在频率刻度指针偏高或偏低的位置上才能收听到这个电台信号时,可用无感螺丝刀调振荡线圈 AT_2 的磁芯,改变振荡回路的电感量,使本振信号的频率在规定的刻度位置上比所收电台信号高 465kHz ,满足混频、中放的需要。

低端调好后,再调高端。在 1500kHz 附近接收一个正在广播的电台信号,调节振荡回路中并联在可变电容器上的微调电容器,使频率指针回到正常所规定的位置。此时,本振信号的频率一定比所收电台的载频高 465kHz 。

高低端调好后,再在频道中间某个位置如 1000kHz 附近接收一个电台作适当调整。这样,高、中、低三点,尤其是高、低两点反复多次调整,就可以达到频率刻度盘校准的要求。

天线回路的调整:频率刻度盘校准后,表明本振回路已调好了,可以调输入回路了。因为在接收电台信号时,输入回路在规定的刻度处不一定谐振在所收到的电台频率上,这样所收到的信号不是最强,使收音机的灵敏度下降。调整时,也是在低端找一个电台,调节磁棒上线圈的位置,使输出的声音最大;再在高端收一个电台,调天线回路的微调电容器,使输出信号最大。这

样,反复调几次,就可调好。

上述调整,指明了天线回路低端位置时要调整电感;高端位置时要调微调电容器,才能完成调整工作。

第二,用高频信号发生器进行调整

高频信号发生器实际上就是一个小的调幅发射机。它输出信号的载频频率和幅度大小均可随意调节。调整时,将高频信号发生器的输出信号耦合到收音机天线,然后在 600kHz、1500kHz、1000kHz 三点位置(在刻度盘上)对收音机统调。方法同上,不赘述。

3. 调频接收时的调整

(1) 中频频率校准

第一步先将扫频仪的输出电缆探头串接一只 15pF 的小电容器,把扫频信号耦合到调频调谐器变频管 VT_2 的外壳;扫频仪的输电缆探头(不带检波器)串接一只 $0.047\mu\text{F}$ 的电容器,接到 ULN2204A 的⑧脚或它的印制板引线附近;音量电位器调到最小位置。

第二步按顺序调节调频调谐器变频级的负载回路 FT_1 、 FT_2 及第⑭、⑮脚外接的鉴频中频变压器 FT_3 ,使扫频仪屏幕上显出一条合适的鉴频 S 曲线。曲线中心的频率值为 10.7MHz,曲线的上下两个峰值尽可能高,两峰间的线性尽可能好,频率间距应大于等于 400kHz。

调整时,可能要重复几次,且 FT_1 、 FT_2 、 FT_3 要互相调配好,才能使 ULN-2204A 的鉴频特性调到最佳状态。

(2) 频率刻度与跟踪校准

用扫频仪进行校准。

① 频率刻度校准

第一步先将扫频仪输出电缆探头接到调频调谐器的天线回

路上(C_1 处),然后把扫频信号送到调频收音机中;扫频仪的输入电缆探头(不带检波器)串接一个 0.047pF 的小电容器,并接到ULN-2204A的⑧脚或它的印制电路引线附近,将鉴频输出的信号回送到扫频仪中;可变电容器全部旋入到容量最大位置。

第二步调整调频调谐器本振回路 L_4 的磁芯,即调整本振信号的频率,使扫频仪屏幕上S曲线的中心频率为 87MHz ,且S曲线峰值最高,这就是频道低端的调整。

低端调好后,调高端。把四连可变电容器全部旋出,置可变电容为最小位置;调节本振回路中的微调电容器,使扫频仪屏幕上S曲线的中心频率为 109MHz ,且S曲线峰值最高,这就是高端的调整。如此反复几次,即可将频道的高低端完全调好,满足 $88\sim 108\text{MHz}$ 频率覆盖的要求。

②跟踪校准

跟踪主要是调高放的负载回路,使其谐振在所接收电台的载波频率上。

调整时,使扫频仪输出信号的中心频率为 88MHz ;转动可变电容器,使频率指针对准已刻好的 88MHz 位置上;调整 L_2 线圈的匝距,使扫频仪屏幕上S曲线的峰值最高。

低端调好后,调高端。把扫频仪的中心频率调到 108MHz ;旋动可变电容器,使指针对准已刻好的 108MHz 位置;调高放负载回路中的微调电容器,使S曲线为最高。重复上述步骤几次,使高、低频端输出达到最大值为止。

调频调谐器的天线回路 L_1C_2 是不调谐的,Q值很低,通频带很宽,不需跟踪。

怎样看无线电电路图

表 10-2-1 ULN-2204 调幅工作时电参数

参 数	单 位	测 试 条 件	最 小 值	典 型 值 ; 最 大 值	
灵 敏 度	μV	最大音量 最佳噪声匹配, 信号源内阻为 $2\text{k}\Omega$		5	10
检 波 输 出	mV		300		
实 用 灵 敏 度	μV		20	30	
混 频 输 入 电 阻	$\text{k}\Omega$		4.5		
混 频 输 入 电 容	pF		5.5		
混 频 输 出 电 阻	$\text{k}\Omega$		2.5		
混 频 输 出 电 容	pF		3.0		
中 频 输 入 电 阻	$\text{k}\Omega$		100		
中 频 输 入 电 容	pF		3.0		
第 ① 脚 电 压	V		1.3		
第 ⑧ 脚 电 压	V	1.7			
静 态 电 流	mA	$E_c = 6\text{V}$		10	
		$E_c = 9\text{V}$		13	

条件: $E_c = 6\text{V}$, $T = 25^\circ\text{C}$,

中频频率 $f_c = 465\text{kHz}$, 调制频率 $F = 400\text{Hz}$

高频载频 $f_c = 1\text{MHz}$, 调幅度 $m_A \approx 30\%$

四、ULN-2204A 型集成电路特点和电参数

1. 电路特点

- (1) 具有五级中放, 总增益很大, 灵敏度高;
- (2) 功耗较小, 额定值为 600mW , 最大允许功耗为 1W ;
- (3) 调频工作时, 中放输入限幅临界值很高, 为 $30 \sim 40\mu\text{V}$;
- (4) 调幅抑制比优良;
- (5) 谐波失真小;
- (6) 音频放大器的输入阻抗高, 约为 $250\text{k}\Omega$;
- (7) 功率放大器的输出范围宽可接 $8 \sim 45\Omega$ 的扬声器负载;
- (8) 功率放大器工作稳定, 并具有短路保护;
- (9) 电源电压范围较大, 为 $3 \sim 12\text{V}$ 。

第十章 集成电路收音机

2. 电参数

ULN-2204A 在调幅工作时的电参数见表 10-2-1; 调频工作时见表 10-2-2; 音频放大部分见表 10-2-3。

表 10-2-2 ULN-2204 调频工作时电参数

参 数	单 位	测 试 条 件	最小值	典型值	最大值
输入限幅临界值	μV	输入信号 $U_i = 10\text{mV}$ $U_i = 10\text{mV}$ 调幅度 30%	35	30	40
鉴频输出	mV			300	
鉴频输出失真度	%			1	
调幅抑制比	dB			40	
中频输入电阻	$\text{k}\Omega$			40	
中频输入电容	pF			4	
第①脚电压	V			1.9	
第⑧脚电压	V			1.2	
静 态 电 流	mA	$E_c = 6\text{V}$		13	
		$E_c = 9\text{V}$		16	22

条件: $E_c = 6\text{V}$, $T = 25\text{C}$

中频频率 $f_c = 10.7\text{MHz}$

调制频率 $F = 400\text{Hz}$

最大频偏 $\Delta f = \pm 75\text{kHz}$

表 10-2-3 ULN-2204 中的音频放大器参数

参 数	单 位	测 试 条 件	最小值	典型值	最大值
音频放大倍数	dB		37	43	46
输 出 功 率	mW	$E_c = 3\text{V}$, 失真度 10%		50	
		$E_c = 6\text{V}$, 失真度 10%	250	350	
		$E_c = 9\text{V}$, 失真度 10%	700	900	
输出失真度	%	输出功率 $P_o = 50\text{mW}$		2	
音频输入电阻	$\text{k}\Omega$			250	
第⑩脚电压	V			1.1	
第⑫脚电压	V			2.2	

条件: $E_c = 6\text{V}$, $T = 25\text{C}$

音频频率 $F = 400\text{Hz}$

负载电阻 $R_L = 8\Omega$

第三节 调频立体声集成电路收音机

调频立体声收音机有多种多样,电路也有多种形式。但其基本功能是相同的,主要组成部分也一样。调频立体声信号接收包括输入回路、高放、变频和本振、中放、鉴频、复合信号解码、左右声道音频低放和功能等部分。

本节主要介绍调频立体声集成电路收音机整机电路及其工作原理。为此,我们先介绍调频立体声广播。

一、调频立体声广播

我国规定调频广播的频率范围为 88~108MHz,中频频率为 10.7MHz,最大频率偏移为 75kHz,考虑到音乐、语言信号的最高可听频率为 15kHz,则每个调频信号所占的带宽约为 180kHz。

对立体声调频广播的基本要求之一是应具有“兼容性”。

1. 调频立体声广播的兼容问题

目前在各地调频广播与调频立体声广播是共存的。接收调频广播节目的单声道收音机要能收听到双声道调频立体声的广播节目(当然收到的是单声道效果),而接收调频立体声的双声道收音机要能收听普通的调频广播节目,这就是兼容。那么,在调频立体声广播中如何实现兼容呢?

首先将录得的左(L)、右(R)两路声道信号相加,形成一个和信号,即

$$M=L+R$$

这和信号又称主信道信号,简称主信号。它代表了声源的全部信息,这个信号可以成为单声道调频收音机的信息来源。

同时将录得的左、右两路声频信号相减,形成一个差信号,即

$$S=L-R$$

这差信号又称副频道信号。这个信号在双声道调频立体声收音机的解码器中将与和信号 M 作用,还原出左、右两声道的音频信号:

$$M+S=(L+R)+(L-R)=2L$$

$$M-S=(L+R)-(L-R)=2R$$

如果用单声道调频收音机接收这种既有和信号,又有差信号的立体声节目时,解调出来的仅仅是和信号 M , M 包含有节目的全部内容,这样就实现了兼容。

这种将左(L)、右(R)两声道信号变成和及差信号来传送立体声信号的方式,称为和差方式。这是目前调频立体声广播所采用的一种方式。

2. 双声道调频立体声信号

要想掌握调频立体声收音机的工作原理,必须首先了解调频立体声中各种信号的波形、频谱。

我国采用导频制双声道调频立体声广播。导频制双声道调频立体声信号的波形与频谱大致如图 10-3-1 所示。其中图 10-3-1(a)为左声道音频信号,称作 L 信号;图(b)为右声道音频信号称作 R 信号,波形可能与 L 信号不一样,但频率范围一致;图(c)是和信号,即主信道信号,为 $M=L+R$,它也是音频信号,反映声源的全部信息;图(d)是差频信号,为 $S=L-R$,同样是音频信号,频率范围与和信号一致;图(e)是副载波的波形,频率一般为 38kHz ;图(f)是用差信号 S 对副载波进行平衡调幅后所得的平衡调幅波形。要注意,平衡调幅波的包络不反映低频调制信号的形状。因此,平衡调幅波是不能用包络检波器检波的,而要

怎样看无线电电路图

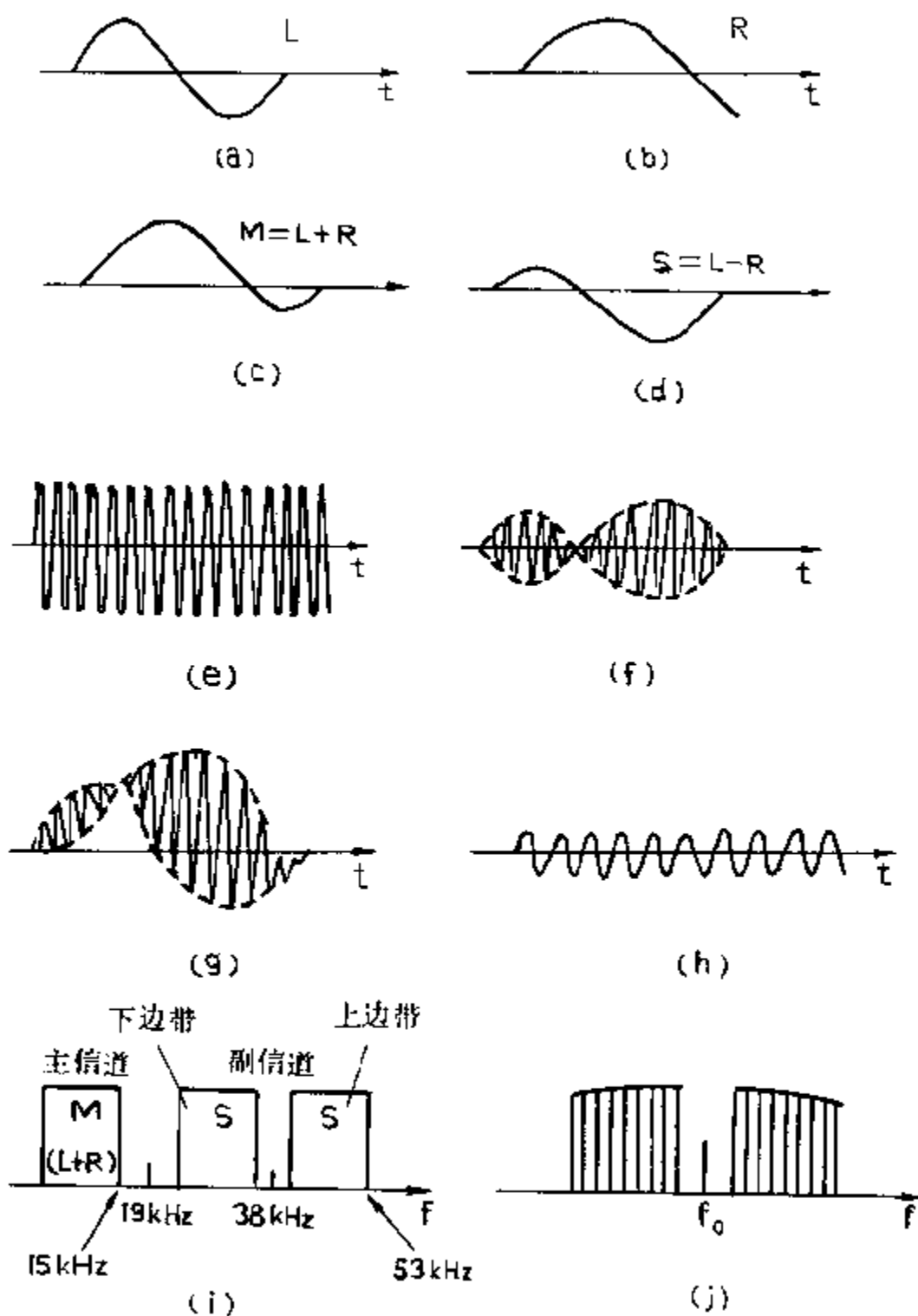


图 10-3-1 导频制立体声信号波形及频谱

用同步检波电路才能还原出原调制信号。图(g)是和信号 M 与

副信道信号线性相加后的波形,即为图(c)和图(f)相加的结果,也称复合信号。图(h)是导频波形,其频率值常取副载波的二分之一,通常是

$$38\text{kHz} \div 2 = 19\text{kHz}, \text{其幅值为 } 10\%$$

图(i)是图(g)、图(h)两信号合成后的复合信号频谱,这就是导频制立体声信号。它由三个部分组成:第一部分是左、右两声道音频信号之和,即 M 信号、为主信道;第二部分是左、右两声道音频信号之差 S 对副载波 38kHz 进行平衡调幅后的两个边带,为副信道;第三部分是导频信号,目的是为了在接收机中能顺利地恢复 38kHz 副载波。图(j)是立体声复合信号对主载波进行调频后所得的调频立体声射频信号的频谱。导频制中规定:对主载波进行调制时,频偏 75kHz 为 100%调制,对和信号 M 和差信号 S 的上、下边带的副信号来说,最大调制度均为 90%,即最大频偏为 $\pm 67.5\text{kHz}$,对导频最大调制度为 10%,即最大频偏为 $\pm 7.5\text{kHz}$ 。

3. 导频制立体声调频广播发送系统方框图

导频制双声道立体声调频广播发送系统方框图如图 10-3-2

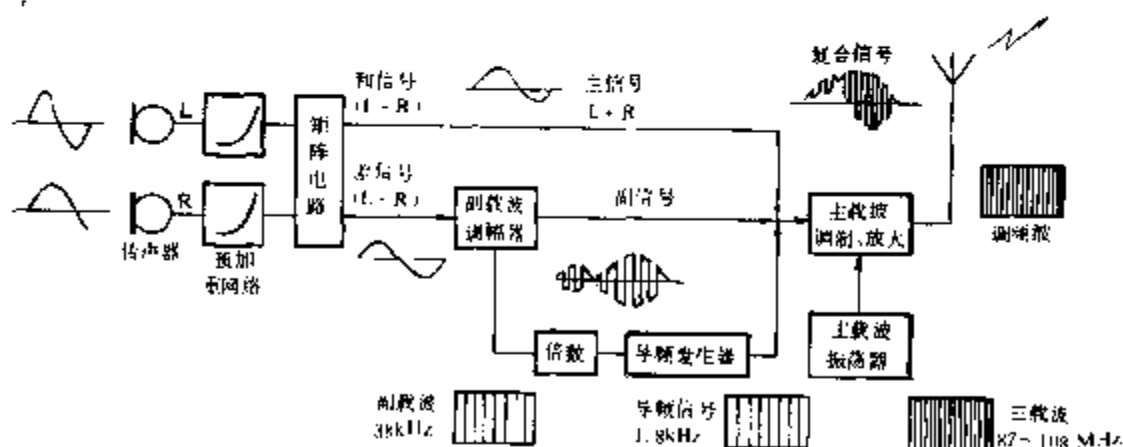


图 10-3-2 导频制双声道立体声调频广播发送系统方框图

所示。这立体声的节目源可以来自播音室里的立体声录音机或电唱机给出的左、右两路音频信号,也可以在演播室或剧场用立体传声器直接检拾得来,以及其他不管用什么方式得到的 L、R 两路信号。此信号首先经过预加重网络,然后加到矩阵电路,变换成和信号 $L+R$ 及差信号 $L-R$ 。

和信号作为主信道,并直接加到混合器;差信号则先经过副载波调幅器实现副载波 38kHz 平衡调幅,获得上、下两个边带副信道的副信号并馈送到混合器。平衡调幅所需的 38kHz 副载波是由 19kHz 导频振荡器提供的。19kHz 振荡器输出一路作为导频信号,直接加到混合器;另一路经倍频器将 19kHz 信号转换成 38kHz 副载波供给平衡调幅器。混合器将主信道信号 M、副信道信号、导频信号三者叠加在一起,形成所需的立体声复合信号。

调频发射机对导频制的立体声信号进行处理,然后用主载波(87~108kHz)进行频率调制,再做必要的功率放大,最后馈至发射天线发射出去,以供接收。

二、调频立体声收音机方框图

图 10-3-3 示出了双声道调频立体声收音机方框图。从图中可以看出,调频立体声收音机与普通单声道调频收音机相比,有下列几点不同:

第一是在鉴频器后增加了立体声解码器,其作用是从立体声信号中恢复左、右两声道低频信号;第二是有两个低频通道,分别放大处理左、右声道信号,最后送到扬声器发出声音;第三是去加重网络从鉴频器的后面移到立体解调器的后面。

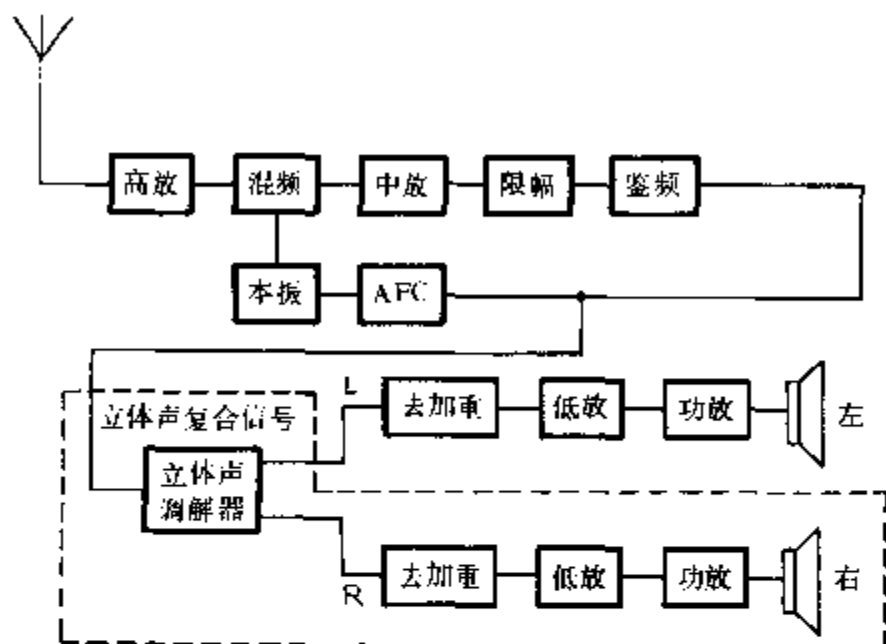


图 10-3-3 调频立体声收音机方框图

三、锁相环立体声解调器

这种解调器是利用锁相环的原理,来得到一个稳定的并与发送端副载波保持严格同步的开关信号,这样可以得到非常好的分离度及其他性能,因此被广泛地采用。

锁相环立体声解调器集成电路外围电路很简单,外用元件很少。这种集成电路的型号很多,如 ULN3809A、MC1309、TA7604AP、AN7410、HA11227、BA1330 和 LA3361 等型号。这几种电路的引出脚排列位置都一样,因此可以稍改电路元件数值互换。我们将以 LA3361 型为例,介绍锁相环解调器工作原理。

1. LA3361 型锁相环集成电路功能方框图

LA3361 型是最为广泛应用的集成电路。它是⑩脚双列直插塑封式结构,外形图如图 10-3-4 所示。

图 10-3-5 示出了 LA3361 型集成电路的功能方框图。它主

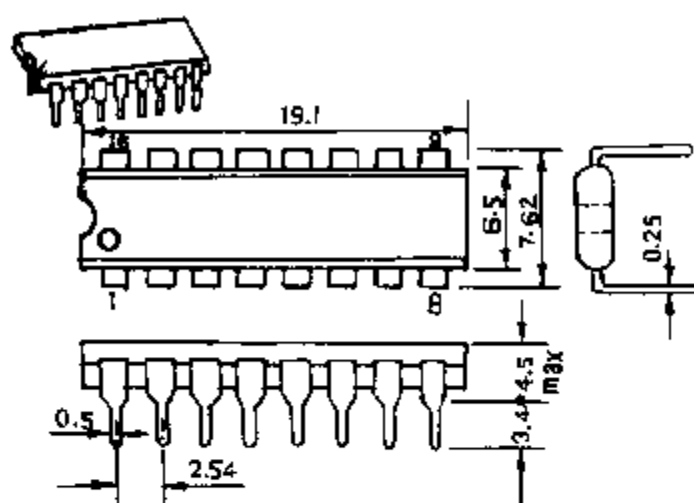


图 10-3-4 LA3361 型集成电路外形图

要由输入放大器、副载波锁相环路、立体声解调电路、单声道/立体声转换电路、指示灯驱动电路等几个部分组成。为了说明本电路的功能和工作原理，首先把内电路的有关电路作一简单介绍。

2. LA3361 型集成电路

我们将 LA3361 型集成电路内各有关电路分别进行分析。LA3361 型集成电路内电路见图 10-3-6。

(1) 稳压电路

LA3361 内部稳压电路是由 $VT_1 \sim VT_4$ 、 $VD_1 \sim VD_3$ 、 $R_1 \sim R_7$ 和电容 C 组成的，如图 10-3-7 所示。它是一个串联型负反馈电压调整电路。 VT_1 、 VT_2 是复合调整管，电容 C 接在 VT_1 基极上，可滤除脉冲信号的串入成分，消除寄生振荡。 VT_3 、 VT_4 是差动式取样放大器， VT_3 的基准电压由 VD_2 、 VD_3 提供。 R_1 为放大器提供通路； R_3 、 R_4 是取样电阻； R_6 、 R_7 、 VD_1 是分压器； R_5 是偏置电阻。

(2) 输入放大器

本电路由 VT_5 、 VT_7 、 R_8 、 R_9 、 R_{10} 、 R_{12} 、 R_{13} 组成，如图 10-3-8 所示。立体声复合信号进入②脚加到 VT_7 ，经隔离放大，一路由

第十章 集成电路收音机

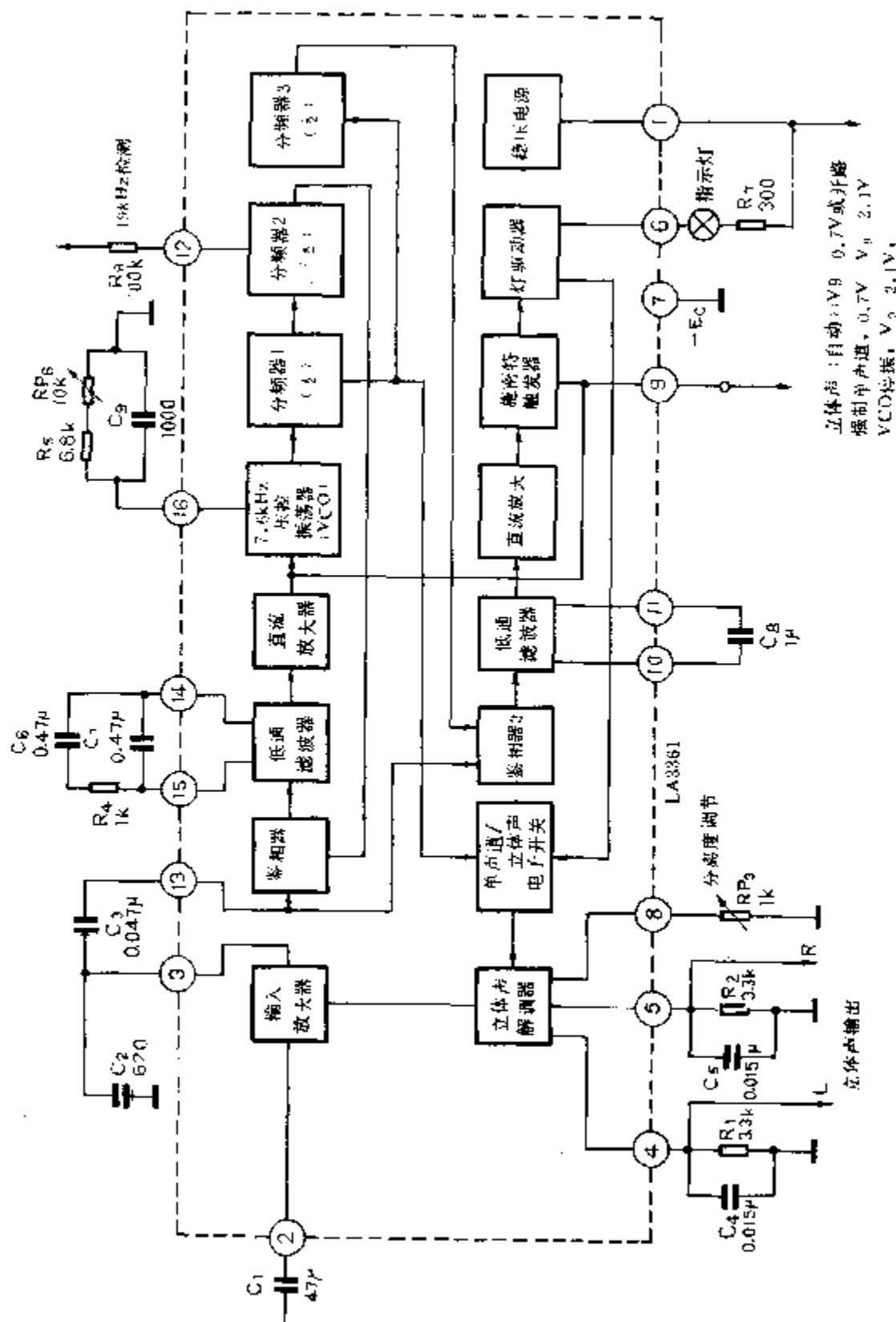


图 10-3-5 LA3361 集成电路收音机方框图

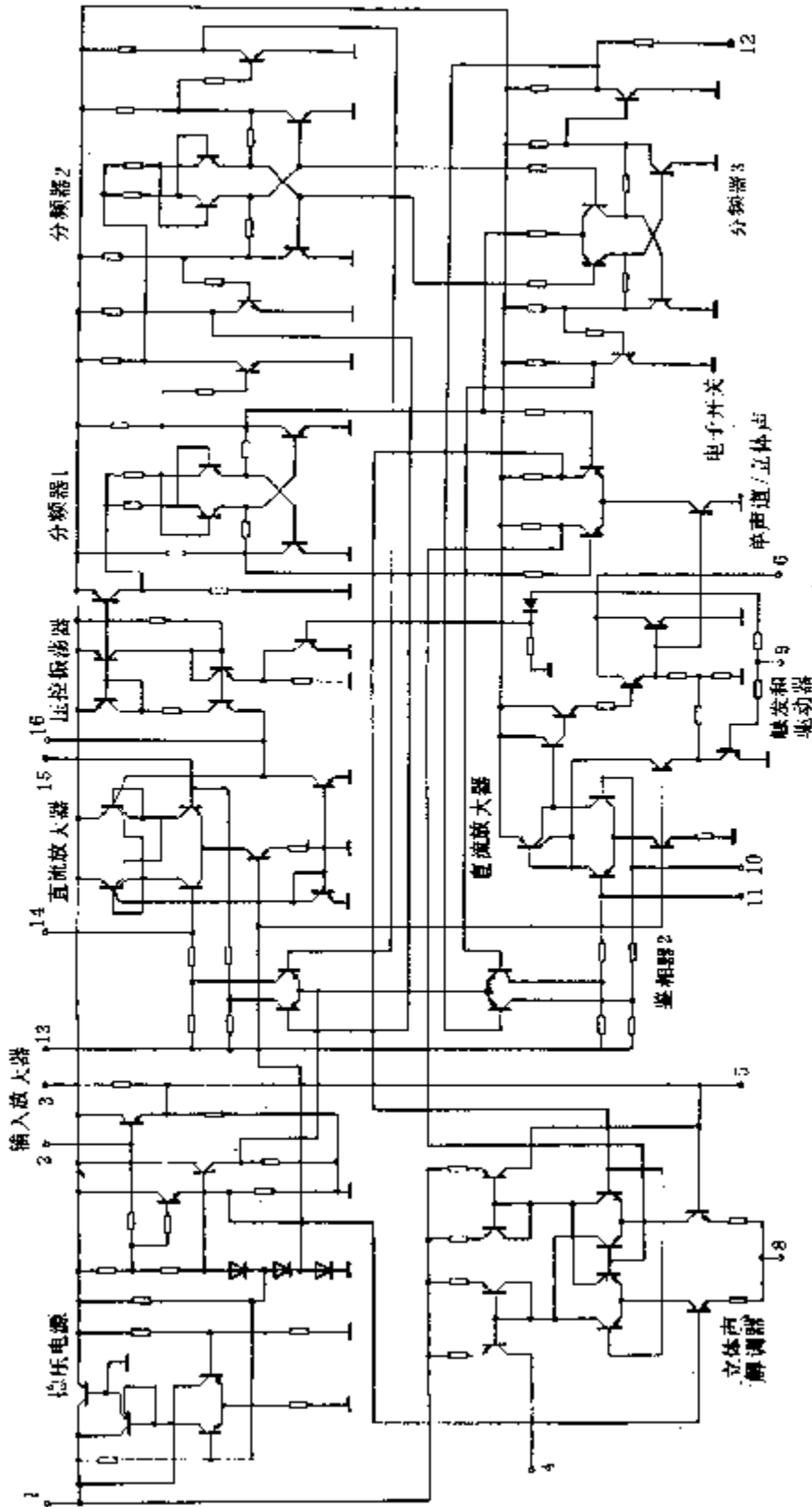


图 10-3-6 LA3361 型集成电路内电路图

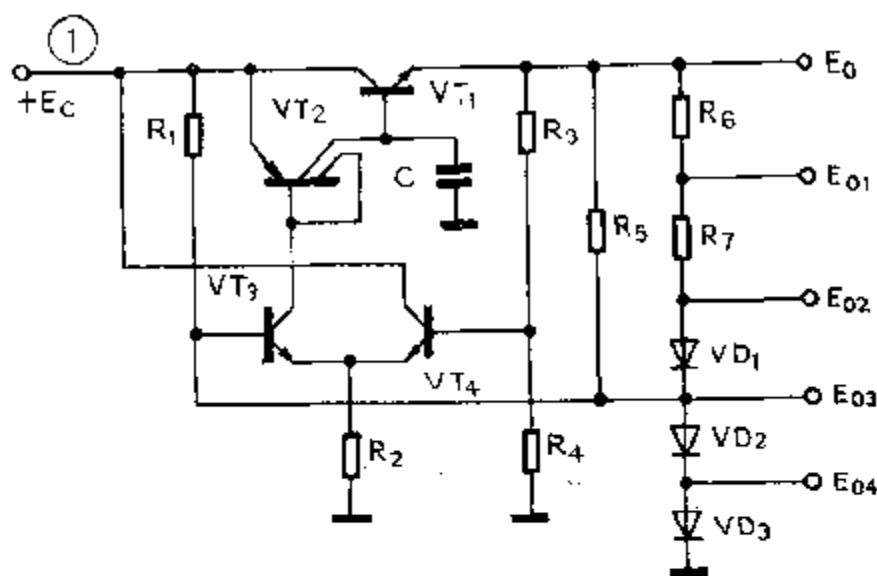


图 10-3-7 LA3361 内稳压电路

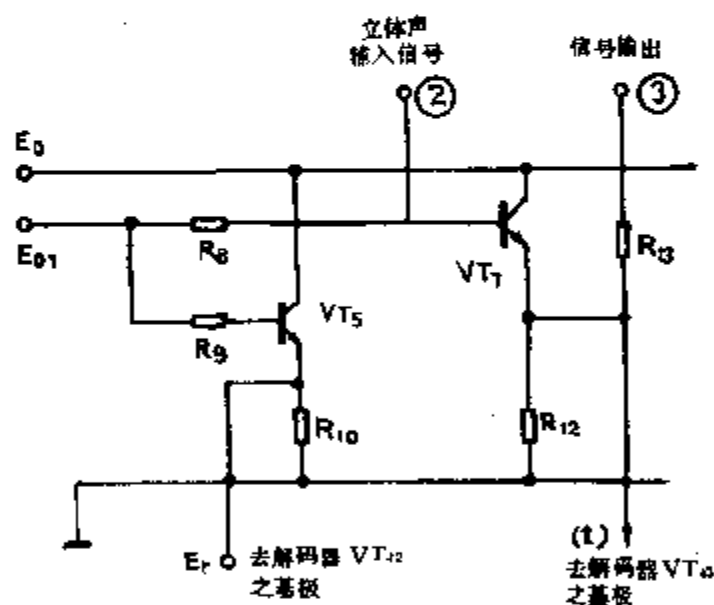


图 10-3-8 LA3361 内输入放大器

③脚经电容 C_3 (见图 10-3-5) 耦合到⑬脚进入鉴相器作基准信号, 另一路送进解码器加在差动管 VT_{48} 的基极作解码用; 同时由②脚输入的信号经 VT_5 送进解码器另一个差动管 VT_{12} 的基极。③脚外接电容 C_2 与内电路电阻 R_{13} 组成了 RC 网络, 对馈入鉴相器的立体声信号产生延时, 以补偿锁相环路中 38kHz 信号

因经二分频器所产生的延时,确保鉴相器输入的两路信号相位符合要求。

(3) 锁相环路

副载波锁相环路是锁相环集成电路的主要电路。它包括鉴相器、低通滤波器、直流放大器、压控振荡器、两组二分频器等(见图 10-3-5 方框图内电路中)。

锁相环电路的主要功能是产生与接收信号同步的副载波,即副载波频率与接收信号频率相同,相位差一定值的跟随关系。

① 鉴相器与低通滤波器

电容 C_6 、 C_7 , 电阻 R_4 组成了集成电路外接的低通滤波器,并通过⑭脚和⑮脚与鉴相器相连,如图 10-3-9 所示。

鉴相器是这样工作的: VT_8 、 VT_9 的基极电位受压控振荡器经分频的 19kHz 开关信号所控制,所以它们是轮流导通的电

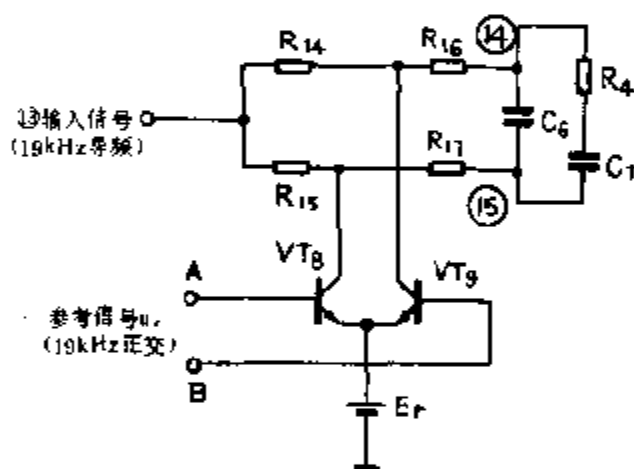


图 10-3-9 鉴相器与低通滤波器

子开关。当 19kHz 的开关信号与外来的导频信号相位差为 0° 时,见图 10-3-10(a),设开关信号 A 端为正,B 端为负,则 VT_9 阻断, VT_8 导通。设此时导频信号也为正半周,则电流从⑬脚 $\rightarrow R_{14} \rightarrow R_{16} \rightarrow$ 直流放大器的输入阻抗(即⑬脚至⑭脚间电阻 R_L) $\rightarrow R_{17} \rightarrow VT_8 \rightarrow R_{11} \rightarrow$ 地(见图 10-3-6),在 R_L 上得到正半周的电压。当开关信号为负半周,即 A 端为负,B 端为正时,则 VT_8 阻断, VT_9 导通。因此时导频信号也为负半周,则电流从地 $\rightarrow R_{11} \rightarrow VT_9 \rightarrow R_{16} \rightarrow R_L \rightarrow R_{17} \rightarrow R_{15} \rightarrow$ ⑬脚, R_L 上得到的仍然是正半周的

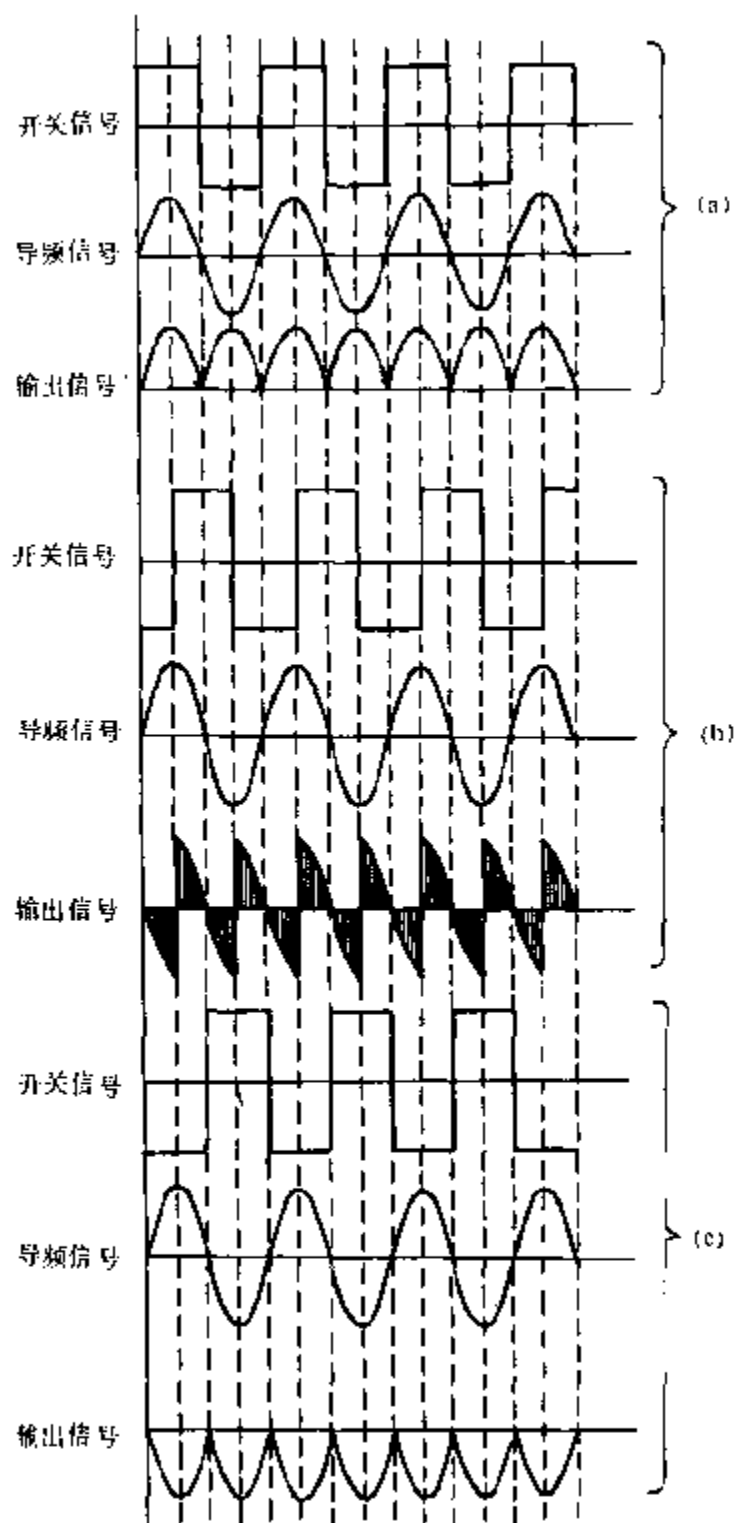


图 10-3-10 鉴相器工作信号变化过程

电压。两信号继续重复上述过程，鉴相器输出的平均电压是正电

压。

如果开关信号与外来导频信号相位滞后 90° 时,见图 10-3-10(b)。一开始开关信号为负半周,即 A 端为负,B 端为正,VT₉ 导通。此时导频信号已在正半周,故电流方向为⑬脚→R₁₅→R₁₇→R_L→R₁₆→VT₉→R₁₁→地,于是 R_L 上的电压为负半周的前半段。接着开关信号方向转向正半周,而导频信号尚处在正半周的后半段,VT₈ 导通,所以电流流通的方向变为⑬脚→R₁₄→R₁₆→R_L→R₁₇→VT₈→R₁₁→地,R_L 上的电压为正半周的后半段。

当开关信号为正半周的后半段时,导频信号方向改变为负半周,VT₈ 仍导通,但电流方向相反,由地→R₁₁→VT₈→R₁₇→R_L→R₁₅→R₁₄→⑬脚,于是 R₁₅ 上的电压变为负半周的前半段。在开关信号转向负半周时,导频信号已转入负半周的后半段。在开关信号转向负半周时,导频信号已转入负半周的后半段,于是 VT₉ 导通,电流从地→R₁₁→VT₉→R₁₆→R_L→R₁₇→R₁₅→⑬脚,R_L 的电压又成为正半周的后半段。如此重复上述过程,使鉴相器输出上下半边对称的电压,其平均直流电压为零。

当开关信号与外来导频信号的相位滞后 180° 时,见图 10-3-10(c),按上述原理,便可导出鉴相器输出的平均电压为负值。

在其他相位差时,输出的直流电压就在 0° 时的最大正电压和 180° 的最大负电压之间变化。

压控振荡器的频率与鉴相器输出的直流电压关系:当压控振荡器的开关频率高于外来导频频率时,鉴相器输出正的电压,使振荡频率变低;当开关频率低于导频频率时,输出负的电压并使开关频率变高。只有在开关频率与外来导频频率相差 90° 时,直流放大器输出为零,振荡频率不变,锁定在导频频率上,以确保收音机和发射机中的导频与副载波严格同步。低通滤波器可滤除由鉴相所得到信号中的不需要成分,使取得的电压仅反映

输入两信号间的相位关系,相位差为 90° 时无输出;相位大于或小于 90° 时,输出为正或负,这就是所需要的误差电压。

② 直流放大器

为了使鉴相、滤波获得的误差电压能有效地控制压控振荡器,还需对它进行放大。直流放大器如图 10-3-11 所示,可见由

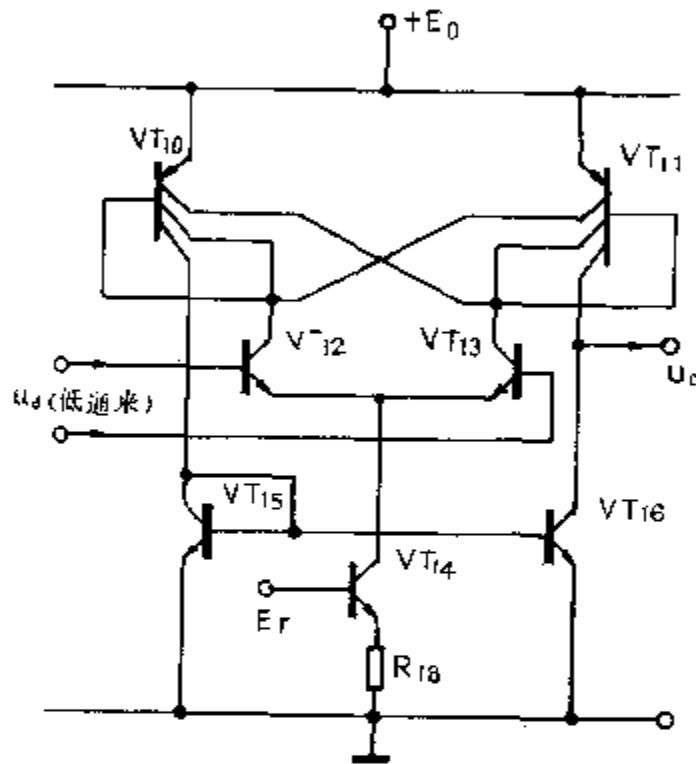


图 10-3-11 直流放大器

VT_{12} 、 VT_{13} 、 VT_{14} 组成第一级差动放大, VT_{14} 、 R_{18} 是差放管射极恒流源。 VT_{10} 、 VT_{11} 是第一级差放的有源负载, 其本身又组成一级差动放大电路, 并将双端输入变成单端输出。 VT_{15} 、 VT_{16} 为镜像恒流源, 分别是 VT_{10} 、 VT_{11} 差动放大管集电极的有源负载。当输入电压变化时, 有三条路径影响输出电压。因输出端接到压控振荡器中 VT_{20} 的射极, 因此输出电压高低或流出的电流大小就能改变压控振荡电路中充放电的状况, 达到调整频率的作用。因直流放大器的增益可以做得很高, 控制压控振荡器的作用也就

很明显。

③压控振荡器(VCO)

压控振荡器由 VT_{17} 、 VT_{18} 、 VT_{19} 、 VT_{20} 、 VT_{21} 和 R_{19} 、 R_{20} 、 R_{21} 、 R_{22} 与外接电阻 R_5 、电位器 RP_6 、电容 C_9 构成的阻容网络组成,如图 10-3-12 所示。 VT_{20} 是振荡管,其射极电流由前级直流放大器的输出电流(或电压)的大小来控制。压控振荡频率由阻容网络所决定,为 76kHz。 VT_{21} 、 R_{21} 、 R_{22} 为 VT_{20} 基极确定了基准电位。 VT_{17} 、 R_{19} 是 VT_{20} 集电极镜像恒流源负载。 VT_{18} 为 VT_{20} 提供正反馈信号以满足振荡条件而产生振荡, VT_{19} 为放大输出管。

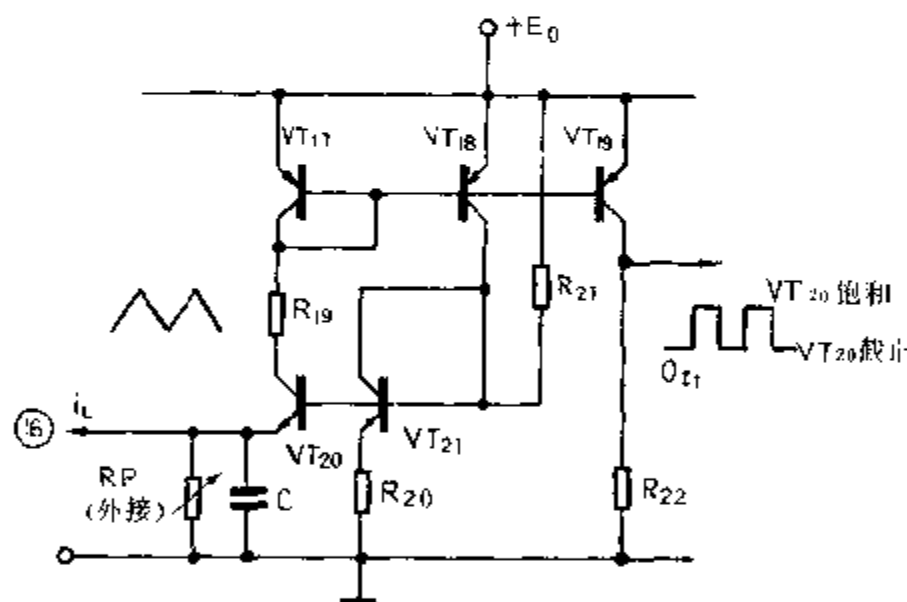


图 10-3-12 压控振荡器

压控振荡器的工作过程是:当接通电源后, R_{20} 、 R_{21} 、 VT_{21} 使振荡管 VT_{20} 的基极电位升高而开始导通,由于 VT_{20} 射极外接电容 C_9 ,其电压不能突变,开始时, VT_{20} 的 U_{20be} 很高,使 VT_{20} 处于饱和导通状态。 i_{20c} 很大,即 i_{17c} 很大,使 i_{18c} 、 U_{18c} 很大, $U_{18c} = U_{21b} = U_{20b}$,这就形成了正反馈, VT_{20} 很快处于深饱和状态。

在正反馈进行的同时,即 VT_{20} 饱和导通时, C_9 被充电, VT_{20} 的射极电位升高,使 U_{20be} 减小,在 U_{20be} 减到一定值时, VT_{20} 退出饱和区而回到放大状态, i_{20c} 产生下降,此时又产生了另一正反馈过程,使 VT_{20} 截止。尔后,电容 C_9 要通过并联电阻 $(R_5 + RP_6)$ 放电, C_9 放电后, U_9 下降, U_{20be} 上升,当上升到 VT_{20} 开启时, VT_{20} 又导通, C_9 又充电,正反馈又要开始,重复上述过程,进行下个周期。

这样, C_9 放电的快慢,决定 VT_{20} 的导通提前或推后。若 RC ($R = R_5 + RP_6$) 时间常数小,则振荡频率就高,所以调整 RP_6 就可以调整振荡频率。

电容 C_9 上的电压波形与输出端电压的波形如图 4-3-12 所示。因为 VT_{20} 、 VT_{17} 、 VT_{18} 、 VT_{19} 均工作在饱和和截止两种状态,所以输出信号为方波,也恰好满足解码器和鉴频器的需要。

误差信号即直流放大器的输出信号的变化,会使 C_9 充放电电流的大小发生变化,因而 VT_{20} 射极电位也受到影响,起到控制频率的作用。

另外, R_{19} 的作用, R_{19} 与 VT_{17} 串联,使 VT_{20} 的集电极电流在 R_{19} 上分去一定的电压,这样就使 VT_{20} 进入饱和状态时需要一定的时间,即输出方波有一定的延时,也就有信号相位变化。在鉴相器中,参考信号(方波四频频信号)与接收的导频信号所差的 90° 相位就是由此产生的。

我们知道,通过⑩脚上的外接元件中的电位器 RP_6 ,可以调整振荡频率,使一开始就与导频信号相差不远,以便易于进入锁定状态。要注意,如果 C_9 用得较小时,捕捉范围较宽,但是压控振荡器频率的晃动也大; C_9 用得太大时则相反。另外,⑫脚用来检测振荡频率。其中 R_8 为缓冲电阻,阻值大小得合适,用小了,振荡频率受外部检测计的影响较大,易产生频率不稳定; R

用得过大时,则检测计的输入电平就会不够。接于②脚的输入隔直流电容 C_1 的大小需注意,其电容量用得太小时,低端频响变差,使分离度下降;用得过大时,容易引起锁相锁定状态变动。接于③和⑬脚之间的电容 C_3 是用于隔断锁相环路的直流,其容量较小时,低端频响差,也会使分离度变差。环路低通滤波器的元件 C_6 、 C_7 、 R_4 接于外部,当其数值用得大时,信噪比好,但捕捉范围变窄;如果用得较小时,则相反,并且立体声的高音失真变大。

(4) 立体声解调系统的电路原理

立体声解调器由 $VT_{34} \sim VT_{43}$ 、 $R_{41} \sim R_{46}$ 及集成块外 R_1 、 C_1 、 R_2 、 C_5 低通网络等组成,如图 10-3-13 所示。这是一个双差动乘法电路, $VT_{38} \sim VT_{41}$ 的负载是采用了恒流源电路,也就是 VT_{34} 、 VT_{35} 、 VT_{36} 、 VT_{37} 两组恒流源电路分别作差动管的负载。

参见图 10-3-5(方框图),叙述立体声解调电路的工作原理。分频器 1 输出的 38kHz 经过分频器 3 输出一个 19kHz 和零相位的信号,送到鉴相器 2 与⑬脚来的复合信号中的 19kHz 导频信号相比较。当两者频率相同,而且相位差为零时,鉴相器 2 输出的正电压最大。这个电压经过低通滤波器和直流放大器,送到施密特触发器。当输入的立体声复合信号达到一定电平,即其中导频的 19kHz 信号达到一定电平时,就会使触发器得到触发,并使驱动器工作。触发器工作后,供给驱动器 VT_{53} 基极一个正电压,使 VT_{53} 、 VT_{54} 导通,指示灯亮。与此同时, VT_{53} 的发射极电阻上有一个正向电压加给 VT_{54} 的基极,使 VT_{54} 导通。 VT_{56} 、 VT_{57} 开始工作,将 38kHz 开关信号加到立体声解调器,电子开关转向立体声状态。

从②脚输入的复合信号经 VT_7 射极放大器后加到 VT_{43} 的基极, VT_7 发射极上的电压是 VT_{43} 的正向偏置,而 VT_5 发射极电阻上的电压是 VT_{47} 的正向偏置。

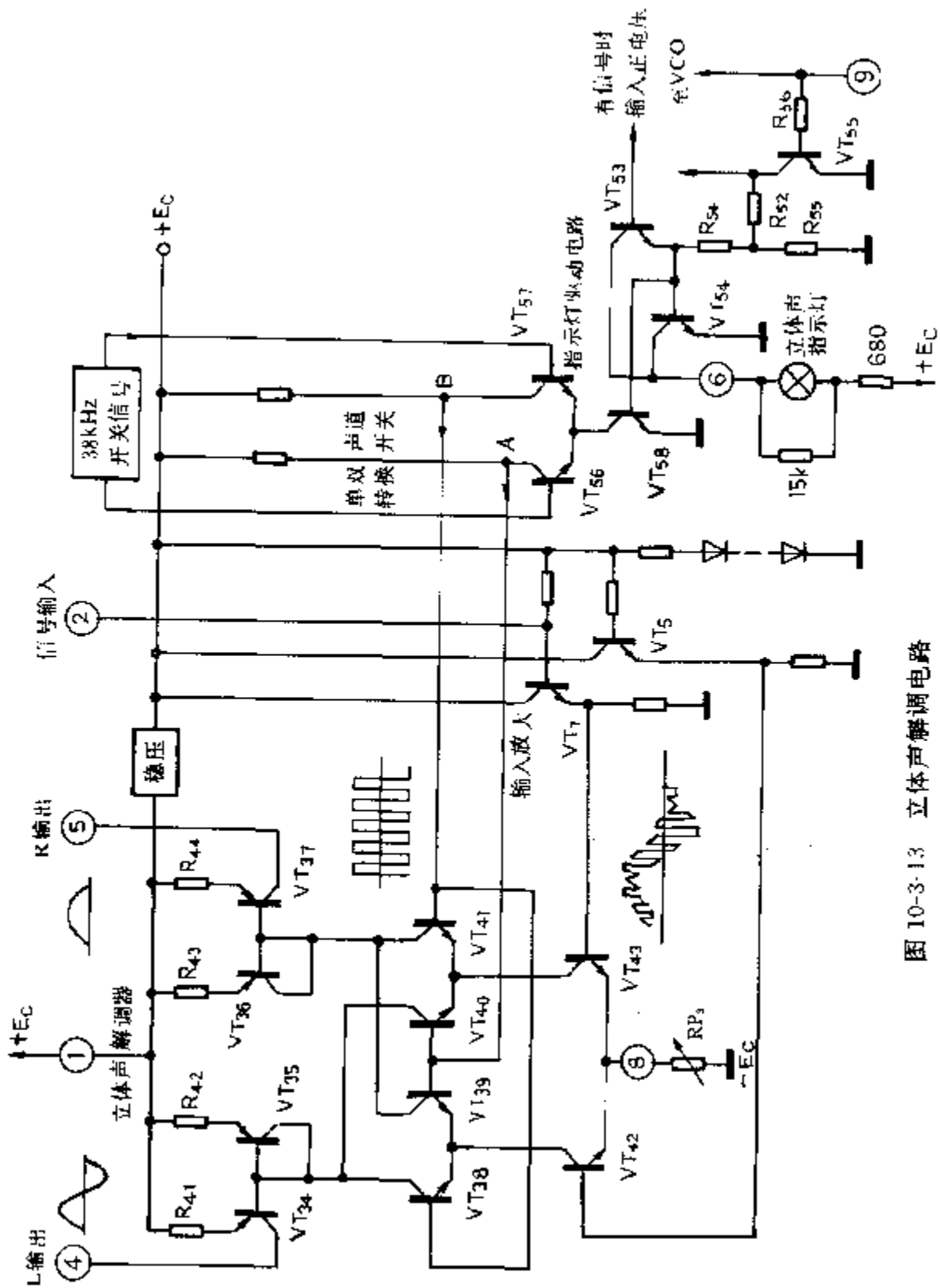


图 10-3-13 立体声解调电路

设单双声道转换开关 A 端为正, B 端为负, 当开关信号为正脉冲时, VT_{39} 、 VT_{40} 导通, 若此时 VT_{43} 处在 L 信号的包络时, 在 L 通道负载上经过 VT_{40} 、 VT_{43} 输出 L 信号。另外, 在 VT_{42} 、 VT_{43} 的公共发射电阻(电位器) RP_3 上有一个 L 信号的压降, 使 VT_{42} 基极同时加上一个反相的 L 信号, 经 VT_{39} 在 R 通道输出一个与 L 通道相位相反的一 ΔL 信号。可以调整 RP_3 的大小, 使这个相位相反的一 ΔL 信号与 R 通道中混入的一 ΔL 信号大小相同, 则互相抵消, 提高了分离度。

同理, 在开关信号处于 A 端为负 B 端为正时, 并且此时 VT_{43} 输入信号为包络时, 只有 R 通道的负载上经过 VT_{41} 、 VT_{43} 输出 R 信号, 并且通过 RP_3 的电压降在 VT_{42} 加一个反相的 R 信号, 经 VT_{38} 在 L 通道输出一个一 ΔR 信号, 以抵消混入 L 通道的 ΔR 信号。

RP_3 是从⑧脚外接的电位器, 由于 L 和 R 信号所需的大小不一定相等, 所以调整 RP_3 时, 应兼顾 L 和 R 通道的分离度, 选择适当的位置。

这样分离出的左、右声道信号, 分别从④、⑤脚输出。④、⑤脚外接的阻容元件 R_1 、 C_4 、 R_2 、 C_5 为去加重网络, 时间常数为 $50\mu s$ 。 R_1 、 R_2 的推荐阻值为 $3.3k\Omega$, 用得较小时, 输出电压低; 用得较大时, 降压特性不好。与指示灯串联的电阻 R_7 是为了限制灯亮时冲击电流, 以保护集成电路。 R_7 为 $\frac{1}{2}W$ 的电阻, 用太小的电阻时, 保护作用小; 用得太大时, 灯的亮度降低。另外, ⑩脚与⑪脚间的电容 C_8 ($1\mu F$) 为指示灯电路的低通滤波器, 容量小时, 指示灯容易出现错误动作; 容量太大时, 灯亮时间会延迟。

当输入是单声道的信号, 无导频信号或很弱的立体声信号时, VT_{53} 的发射极电阻上没有正电压, 电子开关电路 VT_{58} 不工

作,处于单声道状态。 VT_{56} 、 VT_{57} 也不导通,其集电极A、B处的电位为 $+E_c$ 的直流高电位,也就是 $VT_{38} \sim VT_{41}$ 的基极都加上了较高的正向偏置,均导通,单声道或立体声信号从左右两路输出相同的信号。此时, VT_{54} 也不能导通,所以立体声指示灯也不亮。

⑨脚还可以作手动控制用,当⑨脚输入一个直流电压 V_9 , $0.7 < V_9 < 2.1V$ 时, VT_{55} 导通, VT_{58} 和 VT_{54} 因偏压不足而截止,电子开关便转入单声道状态,立体声灯也不亮;当 $V_9 > 2.1V$ 时,则更进一步使压控振荡器停振,进入单声道工作,也减小噪声和干扰。

当立体声指示灯烧坏时,与其串联的驱动器不能工作,立体声开关电路和解调器等也都不能工作,只能处于单声道状态。如果在指示灯上并联一只 $15k\Omega$ 的电阻,即使指示灯烧断了,驱动器仍有电源,这样立体声的功能可以保持。

双平衡解调器对 $19kHz$ 和 $38kHz$ 都处于共模输入,所以能抑制其输出,但由于实际电路的不平衡总是会有泄漏,从而引起分离度和信噪比的下降,失真增大。为此,最好在④、⑤脚输出端接入一个低通滤波器。

四、锁相环解调器的调整

集成电路锁相环解调器没有调谐回路,其调整比较简单,只要调整压控振荡器的振荡频率和分离度控制电位器就行了。所以,压控振荡器自由振荡频率的准确性和分离度电位器调整的好坏,对锁相环解调器的性能影响很大。下面以集成电路LA3361锁相环解调器为例,简述其调整过程。

图10-3-14示出了锁相环解调器的整机调试电路(也可参见图10-3-5方框图)。这里除了采用调频立体声信号发生器外,

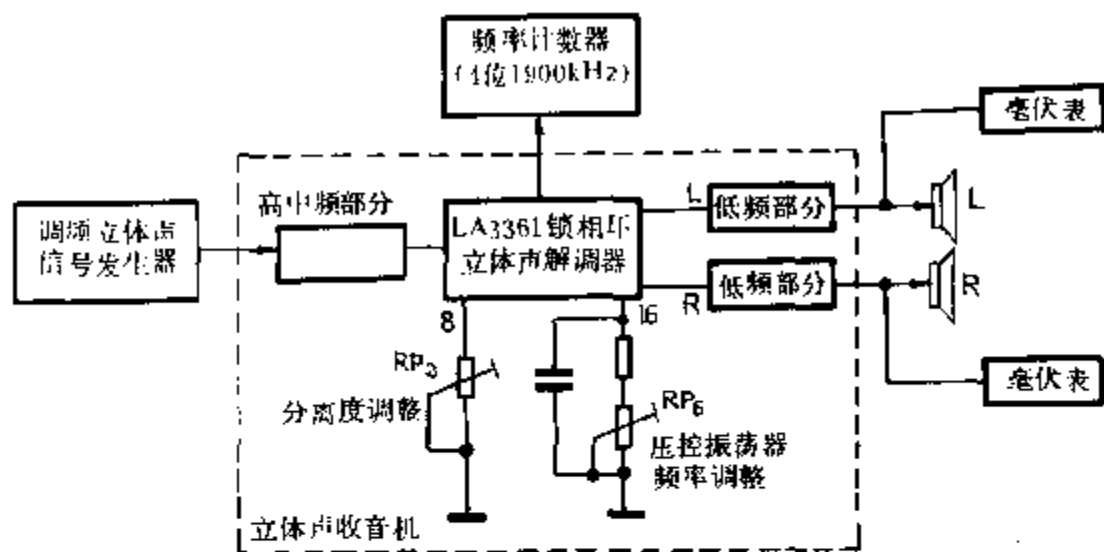


图 10-3-14 LA3361 锁相环解调器的整机调试

还要采用数字频率计或同步示波器,来检测 LA3361 锁相集成电路⑫脚上 19kHz 的振荡频率。此 19kHz 频率是由压控振荡器产生的 76kHz 的振荡两次分频后得到的。因此,19kHz 频率的准确性是反映了压控振荡频率的精确度。通过改变⑯脚上的压控振荡器频率调节电位器就可以使 19kHz 振荡频率与导频信号完全地同步了。振荡频率原则上调准在 19kHz,而实际上还应考虑到各种因素如指示灯电流、开关转换后的时间以及温度和电源电压等的影响。对于 LA3361 集成电路来说,指示灯电流越大,频率降低越大;开关接通后的时间越长、电源电压越高,频率降低得也越多;而随温度的上升,振荡频率将要增高。

由于压控振荡器的频移而引起分离度的变化。为了得到较好的分离度,即分离度的变化要小,希望压控振荡器的频率等于或略微高于 19kHz 为好。

在调试时,要增加对解调器的调整。将频率计接在⑫脚上,调⑯脚的电位器 RP₆,使⑫脚测出的频率为 19kHz(或略高于 19kHz)。接着调分离度,此时在⑫脚输入 200mV 的立体声复合

信号,调节⑧脚上的电位器 RP_3 ,使其位于左、右分离度能兼顾的较好的位置。最后加大输入信号,找出失真允许下的最大输入电压,并设法控制前面电路的最大输出电压不超过此值。

在业余条件下,可利用接收调频立体声广播电台的信号,调整⑬脚上的电位器 RP_6 ,使接在⑥脚的导频信号指示灯亮,并处在从左旋动开始亮灯处和从右边旋入时开始亮灯处的中间位置。分离度只靠经验来调整了。

表 10-3-1 列出 LA3361 各脚的正常工作电压

脚号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
电压 (V)	6	2.2	1.8	1.1	1.1	4.5	0	0.6	1	1.3	1.3	1	1.5	1.3	1.3	1.0

五、集成电路调频立体声收音机

此集成电路调频立体声收音机是由 ULN2204A、LN3361 + ULN2283B 组成的,如图 10-3-15 所示。集成电路 ULN2204A (可参见 10-2-1 图)鉴频后从第⑧脚输出的立体声复合信号,经过 VT_1 放大,送入 LA3361 的第②脚,解调以后的左、右声道信号分别从④、⑤脚输出,左路信号经音量电位器又送到 ULN2204A 的⑨脚,利用其内部的低放部分,从⑫脚输出端接扬声器。右路信号经音量电位器送到另加的集成电路 ULN2283B。本集成电路的特性与 ULN2204A 内部低放部分基本相同,可以配对。它的工作电压在 3~15V 的范围。其余各部分的调整与前面已介绍过的 ULN2204A 单片调频调幅收音机的调整方法相同。

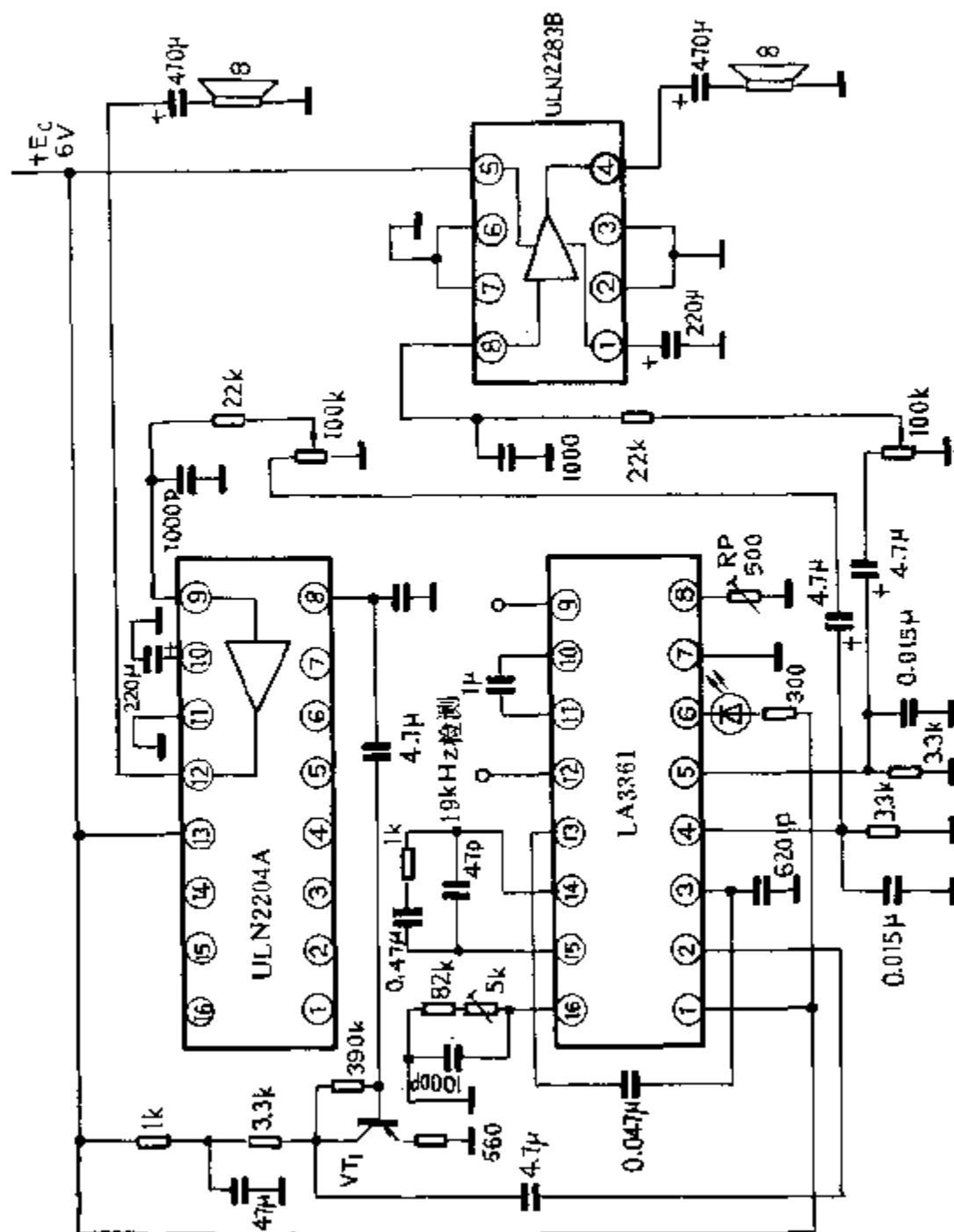


图 10-3-15

第四节 集成电路收音机的安装与调试举例

一、集成电路的使用方法

1. 集成电路的管脚

集成电路有扁平封装和双列直插两种封装形式。

扁平型结构见图 10-4-1(a),外壳为陶瓷或塑料,两侧有对称的电极引线,大多数为 14 根引脚或 16 根引脚。识别引脚排列顺序时,先根据型号印章标记将电路正放,自左下角起按逆时针方向数,依次为 1、2、3……

双列直插型结构见图 10-4-1(b),外壳材料为塑料或陶瓷。外引脚在集成块两侧,向下弯,引脚强度比较大,比扁平型牢固,不易折断,并可以插入专用的插座中,更换容易。引脚排列顺序是:引脚向下,外壳缺口(或其它起始标记)在左边,从左下角起按逆时针方向数,依次为 1、2、3……

2. 集成电路的插座

扁平封装的集成电路由于引脚线软而短所以配合这种封装的集成电路插座制作起来比较复杂而且体积比较大,因此在电子产品中很少应用,一般都是直接将扁平集成电路焊接在电路板上。

在使用双列直插型集成电路时,可配用专用的插座,如图 10-4-2 为 14 脚的插座。习惯上把双列直插集成电路的插座叫 IC 插座。市场上常见的有 8 脚、14 脚、16 脚、18 脚、20 脚、24 脚、40 脚等多种。

在使用双列直插型集成电路时,最好使用 IC 插座,即把 IC 插座焊接在集成电路适当的位置上。在电路调试时再插上集成

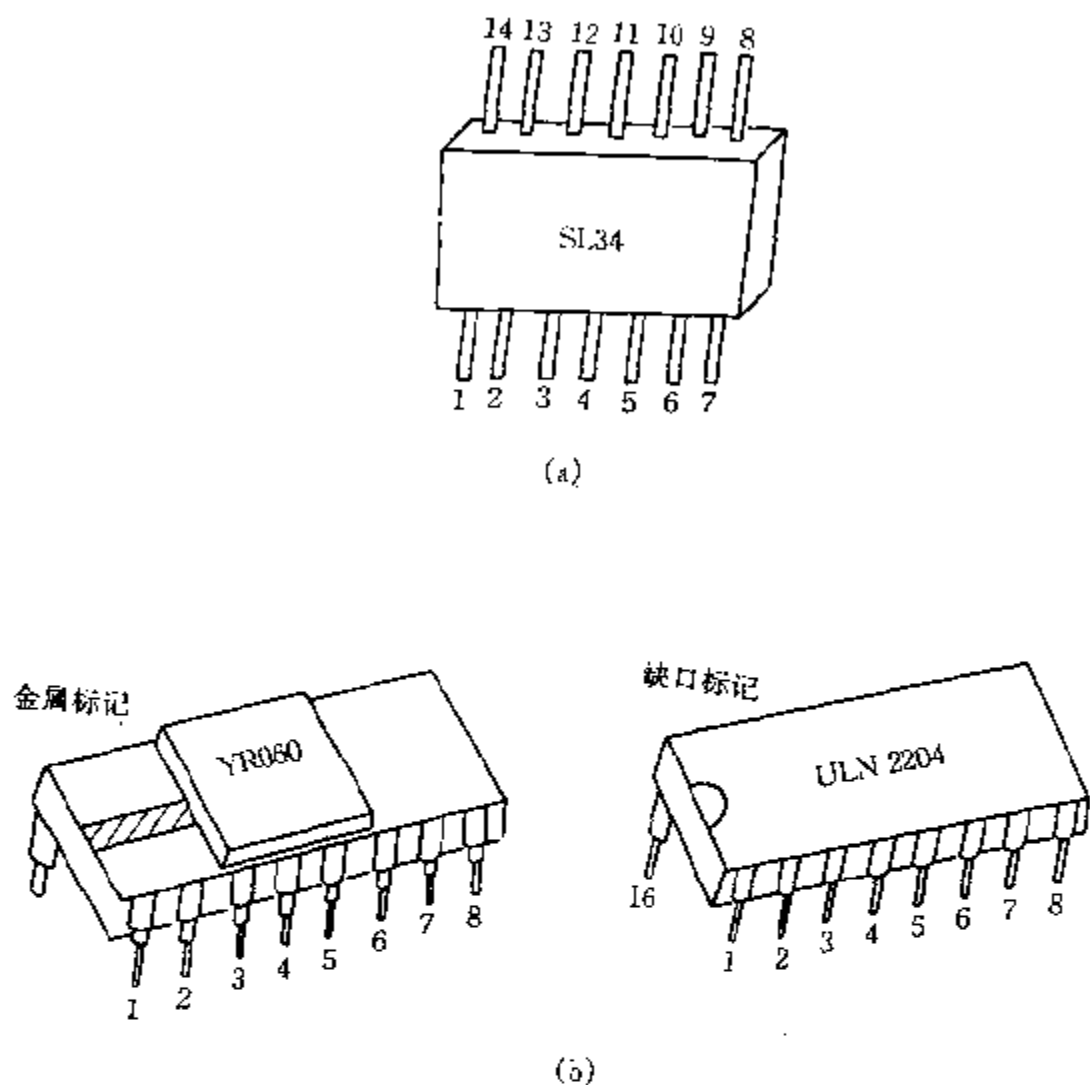


图 10-4-1 两种集成电路的引脚排列

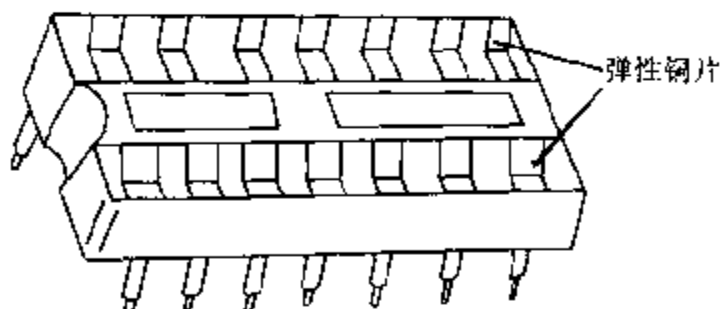


图 10 4-2 IC 插座外形

电路片子,这样安装集成电路在检修和更换时都比较方便。

3. 使用集成电路注意事项

集成电路内部结构复杂,引脚多而密,所以使用集成电路时应注意以下几点:

(1)尽量不要弯折集成电路的引脚,尤其不要从引脚根部弯折,只要有一根引脚折断,整个集成电路就要报废。

(2)使用集成电路时最好使用插座。必须直接焊接的应注意焊接时间不宜太长,相邻的引脚不要焊在一起。如果焊接的是MOS型集成电路(是否为MOS型可查看集成电路说明),电烙铁应妥善接好地线,或利用电烙铁余热(把电烙铁加热后拔下插头)焊接。

(3)务必要弄清集成电路引脚顺序,错误的连接很容易烧坏集成电路。

(4)集成电路的工作电压范围一定要看清楚,按要求电压安装。电压太低集成电路不能正常工作;电压太高会烧坏集成电路。

(5)安装或拆卸集成电路时,必须关断电源,避免带电操作烧坏集成电路。

(6)功能相同、型号不同的集成电路可以互相代换,但应弄清引脚顺序是否一致。

二、D3839A 型集成电路收音机电路

利用单片收音机集成电路组成的超外差式收音机具有性能好、线路简单、不用调试直流工作点等特点,因此很受无线电爱好者欢迎。现以3839A集成电路收音机为例,介绍集成电路D/ULN 3839A的功能以及整机工作原理。

1. D/ULN3839A 集成电路

D3839A(国产型号)或ULN-3839A(美国史普拉格公司型

号)是单片式 AM(调幅)收音机专用 IC(集成电路),它的外形见图 10-4-3,内部功能方框图如图 10-4-4 所示。它具备标准超外差式 AM 收音机的全部功能:变频、中放、检波和低放,并具有

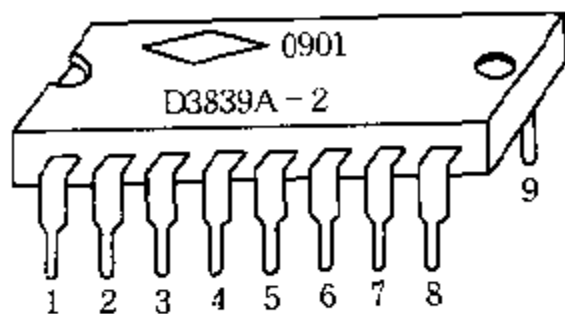


图 10-4-3 D3839A 集成电路外形

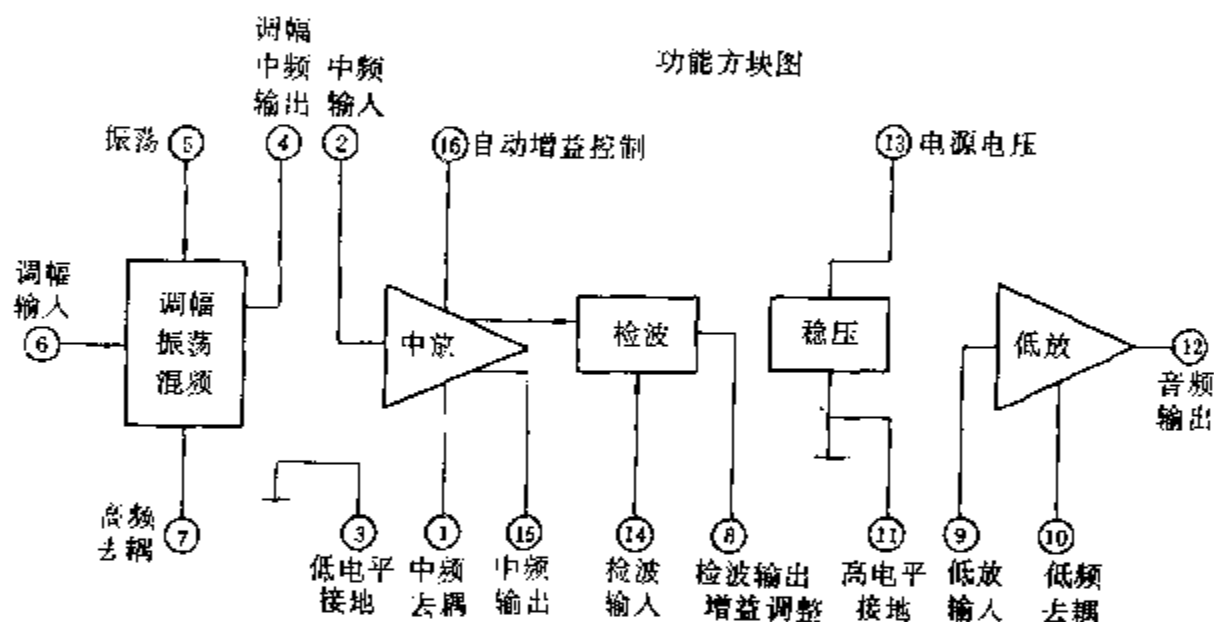


图 10-4-4 D3839 集成电路功能方框图

AGC 功能。工作电压范围为 1.8~10V,适用于 3~9V 电源电压。

ULN-3839 的第 8 脚上需接增益调整电阻(图 10-4-5 中的 R_3),其数值应依从所用 ULN-3839A 的组别及所需的增益而定:ULN-3839 A-1 接 $150\text{k}\Omega \sim \infty$; D3839 A-2 接 $47 \sim 56\text{k}\Omega$; D3839 A-3 接 $33 \sim 39\text{k}\Omega$ 。

ULN-3839A 内部的乙类音频功率放大器,静态电流很低,在额定输出功率时有很高的工作效率,能适用于多种类型的扬

声器和耳机,而放大器的失真也很小。

由图 10-4-3 可知 ULN 3839A 为 16 脚双列直插式塑料封装,其引脚数法:型号对着自己从左边缺口逆时针数为 1、2、3、……16。

2. 3839A 集成电路收音机工作原理

3839A 集成电路收音机的原理图如图 10-4-5 所示。

磁性天线 T_2 将感应来的调幅广播信号,送到由 L_1 和 C_{18} 组成的谐振回路中,经调谐选择后由 L_2 送到 IC 的第⑥、⑦脚。本机振荡信号由 T_2 和 IC 内的晶体管产生,其振荡频率完全取决于和 L_4 相耦合的振荡回路参数。这种振荡能否起振与振荡线圈 T_2 初、次级线圈的极性正、反无关。本振电压由 IC 内部直接送到混频级。在⑤脚可测得 300mV 的本振电压。混频后的中频信号(465kHz)由④脚送到第一中频变压器 T_3 。其次级电压由①、②脚送到 IC 内部的中频放大器进行放大,放大后的中频信号由⑮脚送到第 2 中频变压器 T_4 。经第 2 级中频放大后的信号由⑭脚送入 IC 内进行峰值检波,检波后的音频电压由⑧脚输出经过 C_{15} 、 R_P 及 R_4 送入⑨脚经 IC 进行音频放大。由于放大器的输入端是基极开路式,故要在⑨脚外加一电阻接地为直流通路,此电阻可由音量控制电位器兼用。

放大后的音频信号由⑫脚输出经 C_{17} 耦合到扬声器发出声音。

接在①脚和⑦脚之间的 R_1 起自动增益控制作用。

第⑧脚所接的相应电阻 R_3 是增益控制电阻,其数值大小可以控制⑮脚电压,从而达到改变中频放大器的增益,通常采用调整 R_3 的数值,使⑮脚的电压数值在 1.3~1.7V 之间。

⑮脚的外接电容器 C_7 决定了 AGC 时间常数, C_8 起高频去耦作用。

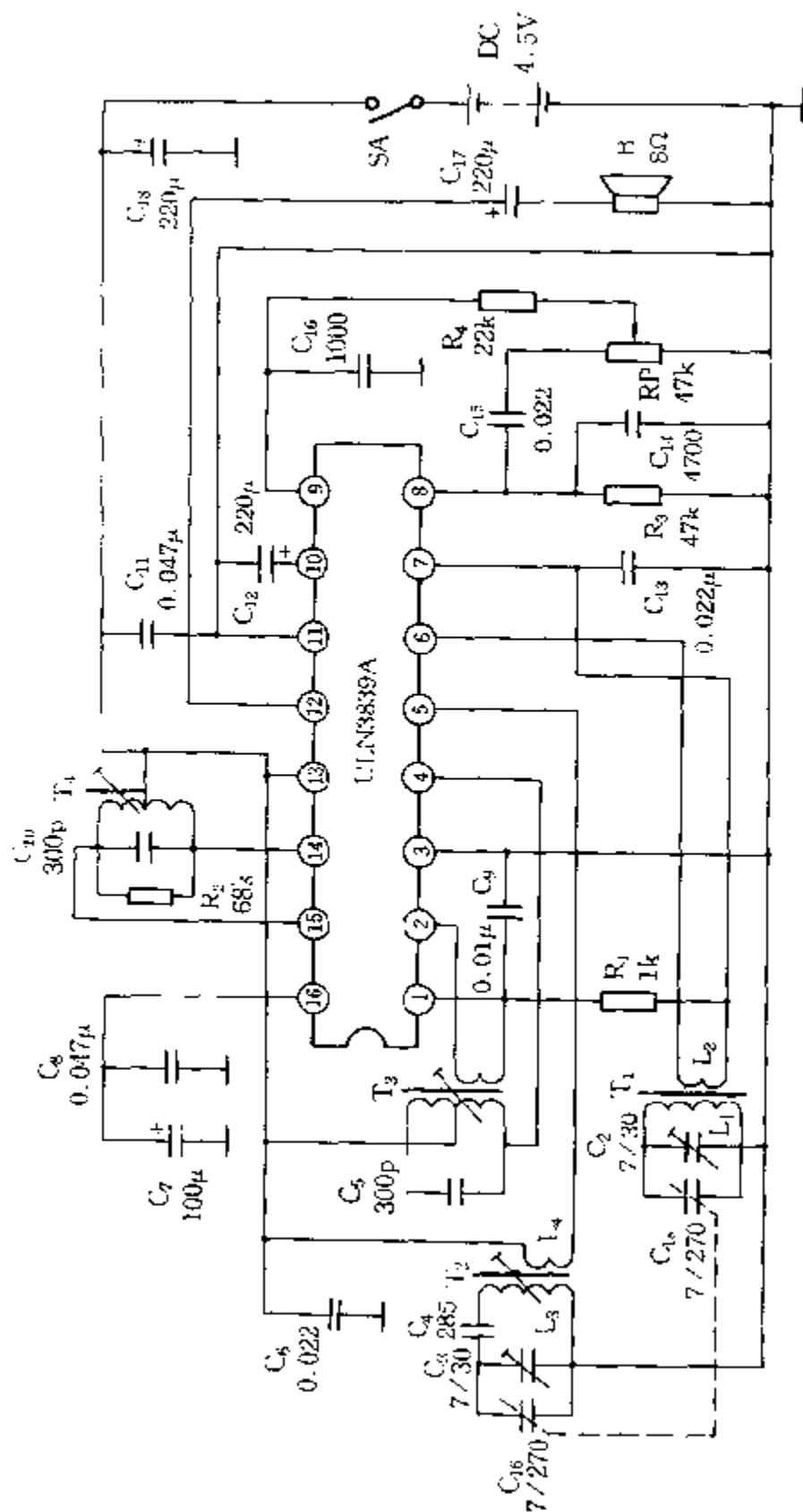


图 10-4-5 3839A 集成电路收音机原理图

C_{13} 为高频旁路电容。

跨接在①、③脚的 $0.01\mu\text{F}$ 是中频旁路电容,其数值变化,会影响中频的增益及稳定性。

R_2 阻值为 $68\text{k}\Omega$ 是中频变压器 T_4 的阻尼电阻,目的是展宽 T_4 的通频带,提高整机音质。

C_{14} 及 C_{16} 为残余中频滤波电容,接在⑩脚的 C_{12} 为音频去耦电容。 C_6 、 C_{17} 、 C_{18} 为电源滤波电容。 C_4 为垫整电容, C_5 、 C_2 为补偿电容。

3. 3839A 集成电路收音机的安装与调试

(1) 安装方法

3839A 集成电路收音机的印制板图如图 10-4-6 所示。

安装单片 IC 收音机时,首先要检查一下套件中的所有电阻器、电容器和电感器的数值和质量好坏。这里主要谈一下电感器的检查方法:本机电感元件有 T_1 、 T_2 、 T_3 和 T_4 。 T_1 为磁性天线。 T_2 为中波振荡线圈,磁帽为红色。 T_3 、 T_4 为中频变压器,磁帽颜色分别为黄色和白色。具体数据见图 10-4-7。在检查时,测量一下各组线圈的电阻值(图 10-4-7 所示)是否正常,再检查每个变压器两组线圈之间绝缘是否良好。还要测一下 T_2 、 T_3 、 T_4 各线圈与金属外壳绝缘是否良好。

因单片 IC 收音机不用调整直流工作点,所以整机安装时,所有元件可一次装好。按以下次序可使安装工作进行顺利:

①最好能在焊集成电路处焊上一个 16 脚 IC 插座,这样做有利于保护集成块不被烫坏,也有利于收音机出现故障时检查和更换集成块。注意在焊接集成电路插座时,电烙铁头要挫尖些,焊接时最好使用松香焊剂,不使用焊油等腐蚀性大的焊剂。而且不要把相邻两根引脚线焊到一起。当插座焊完后要马上检查相邻两管脚绝缘是否良好。如发现有短路现象应马上排除,方

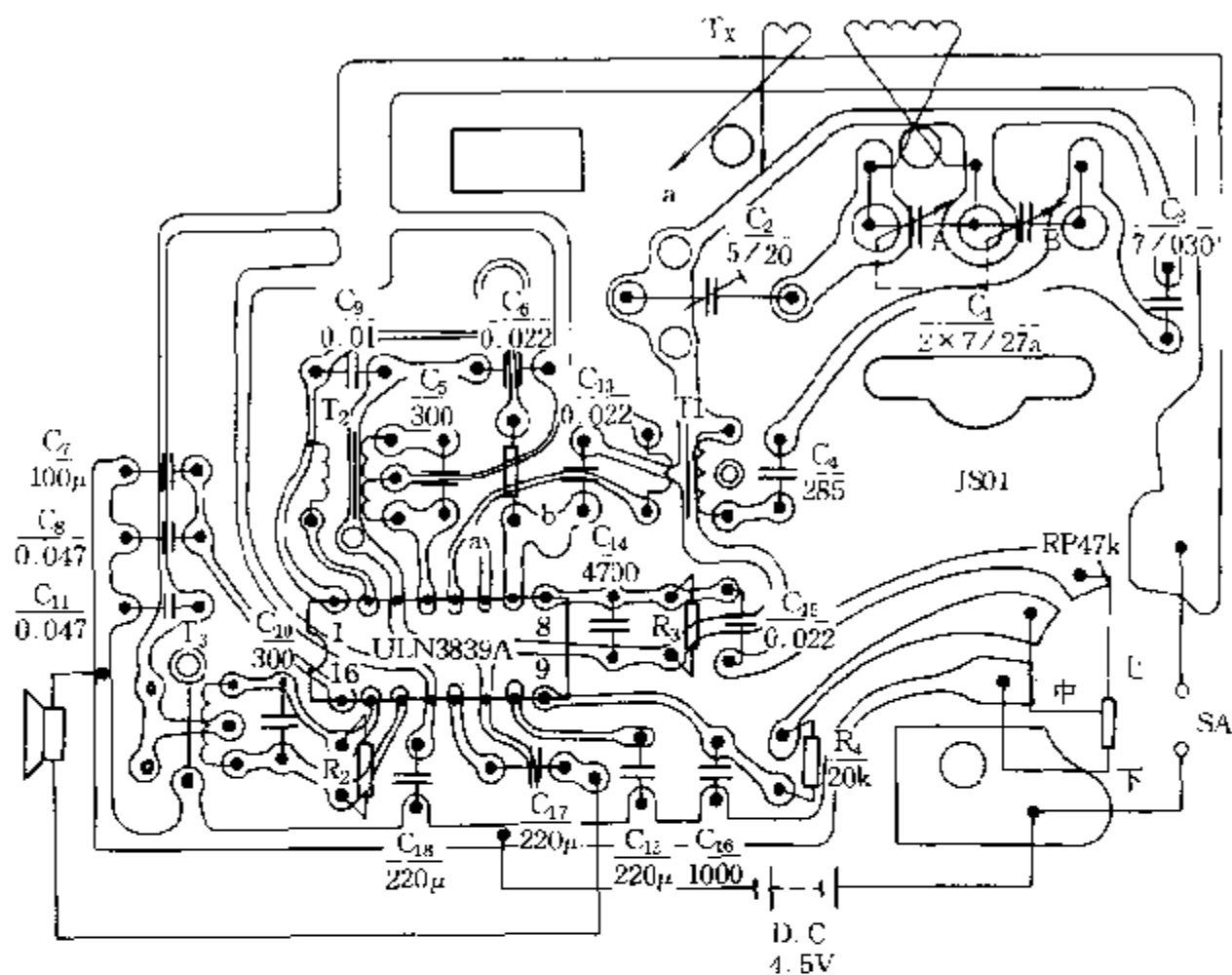


图 10-4-6 3839A 集成电路收音机印制板图

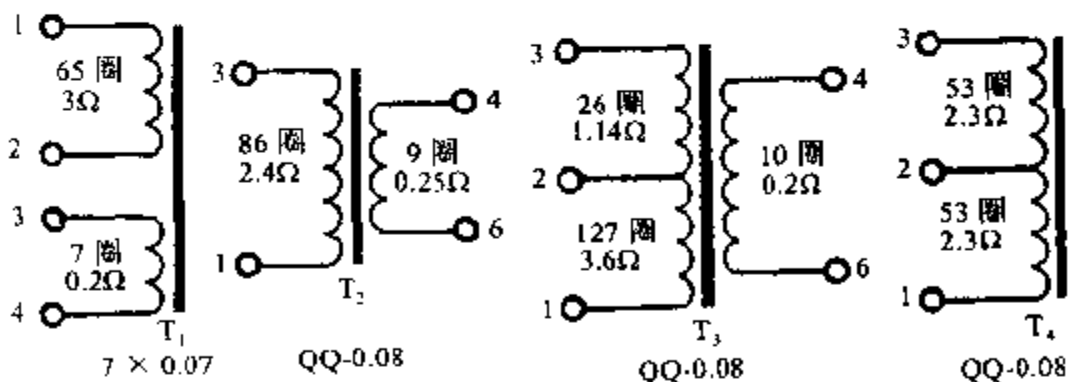


图 10-4-7 电感器数据

法是：把电烙铁头上的焊锡甩净，然后多蘸点松香，边烫短路处

的焊锡边往两边引脚上带锡。一次不行可按上述方法再来一次，直到把短路处的焊锡烫开。如果不用 IC 插座，应最后焊集成块。

②安装双连可变电容器、 T_1 、 T_3 、 T_2 等几个大型元件，并把它们焊接好。

③按照原理图，从右到左顺序把所有电容器、电阻器焊好。

④把集成块 D3839A 安装在插座上(不用插座的可把集成块焊在电路板上)，如图 10-4-2 所示。

集成电路收音机安装成功的关键就在于各焊点要牢靠，相邻两根印刷铜箔不要出现短路现象。

单片集成电路收音机所用外壳和分立元件超外差式收音机一样。

(2) 单片集成电路收音机的调试

①ULN-3839A 各引脚的正常电压值：因集成电路内部接有稳压电路，所以收音机安装好后不需要调整直流工作点即可正常工作。为保证整机增益达到正常值，可调整 R_3 使⑬脚的电压在 1.3~1.7V 之间。

表 10-4-1 列出 D3839A 或 ULN-3839A 在收音机中各引脚正常电压值，供检查、修理此种收音机时参考(电源电压为 4.5V 时)。

表 10-4-1 3839A 各引脚电压值

引脚号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
电压值 (V)	1.2	1.2	0	4.5	4.5	1.2	1.2	1.4	0	0.6	0	2	4.5	4.5	4.5	1.4

②单片集成电路收音机交流电路调试

单片集成电路收音机的调试工作和分立元件超外差式收音机一样，分为以下 3 项：

a. 调整中频频率，使 T_3 、 T_4 谐振在 465kHz。

b. 调整频率范围, 低频端调整 T_2 中的磁帽, 高频端调整 C_3 拉线电容。

c. 统调, 低频端调 T_1 在磁棒上的位置, 高频端调 C_2 微调电容。

3839A 集成电路收音机主要元件排列图见图 10-4-8 所示。

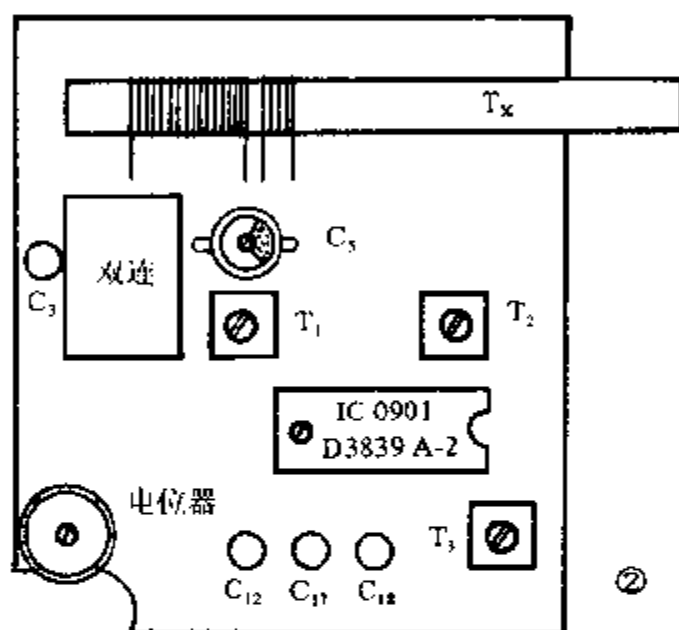


图 10-4-8 3839A 集成电路收音机主要元件排列图

[G e n e r a l I n f o r m a t i o n]

书名 = 无线电爱好者丛书 精品系列怎样看无线电电路图 (新修订本)

作者 = B E X P

页数 = 3 1 4

下载位置 = <http://202.118.180.121/ebook1/sjy02/diskanaa/anaa97/08/!00001.pdg>