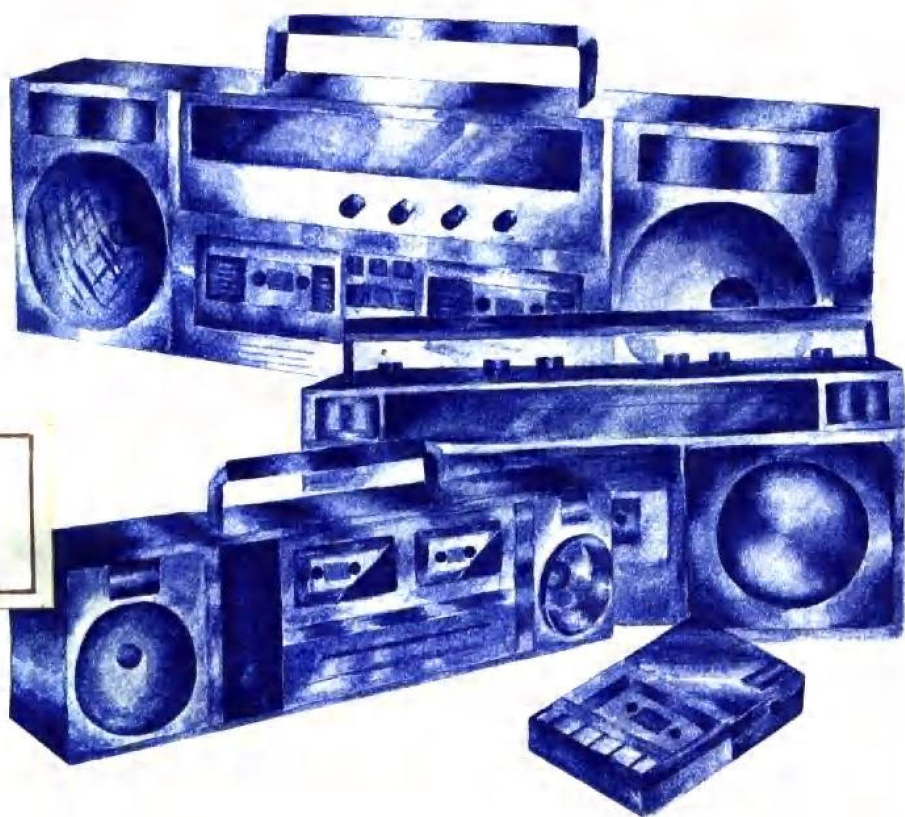

AM.FM TIAOXIEQI AM.FM TIAOXIEQI

AM、FM 调谐器

AM.FM TIAOXIEQI AM.FM TIAOXIEQI

王恭行 编著



内 容 简 介

本书主要介绍调幅 (AM)、调频 (FM) 收音机调谐器的电路原理、计算过程、测量及调试方法, 以及电路与性能的关系。

全书力求用通俗的语言及着重于物理概念来阐述, 并介绍了最少量的基本公式以分析和计算各种电路。

本书适合于具有中等文化程度的读者, 收音机、收录机研制人员及广大业余爱好者阅读参考。

AM、FM调谐器

王 恭 行 编 著

新时代出版社出版 新华书店北京发行所发行

国防工业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 11.375印张 249千字

1987年12月第1版 1987年12月北京第1次印刷

印数: 0001—3100册

ISBN7-5042-0012-3/TN2 定价: 2.85元

前 言

随着我国广播事业的发展,调幅广播已遍及全国,调频及调频立体声广播也在越来越多的省市和地区开展起来。与此同时,设计和制作调频、调幅收音机的专业和业余爱好者队伍也不断壮大。为此需要有一本直接介绍调频、调幅调谐器原理及计算方法的书,以供设计与制作参考。

为适合广大业余爱好者的需要,本书从每种电路的有关器件讲起,然后逐级分析调幅和调频调谐器的每一局部电路。因此本书系统性较强。对于初学者,可以从头阅起;对于专业工作者,则可根据需要全阅或选阅。

本书力求用物理概念来解释电路的原理,以便于理解。同时尽量从最基本的公式出发来计算各种电路,因此对于专业工作者来说,只需要记住少量基本公式,学会简单的推导,就能设计计算各种电路,避免了死记硬背公式的弊端。

根据实际制作中的需要,本书较详细地介绍了总体布局、印刷板走线设计、性能与电路的关系,调试与测量方法等,以供读者在设计与制作中参考。

由于作者水平有限,书中一定有不少错误与不妥之处,望读者随时指正,以便有机会时加以修改。

作者于上海 1984.5

目 录

第一章 调谐器的基本原理	1
1-1 超外差接收机的原理	5
1-2 半导体二极管和三极管	8
1-3 谐振回路特性	27
第二章 天线和输入回路	38
2-1 天线	38
2-2 输入回路	47
2-3 电容耦合输入回路	50
2-4 电感耦合输入回路	55
2-5 其他类型的输入回路	63
第三章 调幅高放电路	67
3-1 不调谐高频放大器	67
3-2 调谐式高频放大器	70
3-3 共基极调谐高频放大器	80
3-4 串联调谐高频放大器	81
3-5 场效应管高频放大器	84
第四章 变频器	89
4-1 变频原理	89
4-2 振荡器	93
4-3 变频电路	103
4-4 混频电路	111
4-5 超外差收音机的三点跟踪	125
4-6 波段划分与转换开关	135
第五章 调幅中频放大电路	138

5-1	单调谐中频放大电路	141
5-2	中频放大器的中和电路	145
5-3	双调谐中频放大电路	147
5-4	特殊中频放大电路	154
第六章	检波器	162
6-1	小信号检波	163
6-2	大信号检波	167
6-3	检波失真	171
6-4	常用检波电路计算	174
第七章	自动增益控制电路	177
7-1	常用的 AGC 电路	177
7-2	二次 AGC 电路	179
7-3	接连式 AGC 电路	181
7-4	多环路控制的 AGC 电路	182
7-5	AGC 电路的计算方法	184
第八章	调幅接收机性能测量及分析	190
8-1	频率范围	190
8-2	灵敏度	191
8-3	选择性	196
8-4	接收机的谐波失真	199
8-5	输出功率	200
8-6	整机频率响应特性	201
8-7	假像波道衰减	202
8-8	自动增益控制特性	204
8-9	单信号啸叫	204
8-10	高频机振抑制系数	207
8-11	调制交流声	209
第九章	调频天线和输入回路	211
9-1	调频天线	213

9-2 调频输入回路	215
第十章 调频高频放大电路	220
10-1 共发射极高频放大电路	220
10-2 共基极高频放大电路	225
10-3 场效应管高频放大电路	226
第十一章 调频变频器	229
11-1 变频电路	229
11-2 混频电路	236
11-3 常用高频头电路	240
第十二章 调频中频放大电路	252
12-1 单调谐中频放大电路	252
12-2 双调谐中频放大电路	256
12-3 陶瓷滤波器中频放大电路	259
12-4 调频调幅共用中频放大电路	261
第十三章 鉴频电路	264
13-1 相位鉴频器	265
13-2 比例鉴频器	269
13-3 自动频率微调电路	280
第十四章 立体声解调器	283
14-1 矩阵式解码器	285
14-2 开关式解码器	287
第十五章 调频立体声接收机性能测试及分析	296
15-1 我国的调频广播制式	296
15-2 测试方法的说明	298
15-3 灵敏度	300
15-4 抗干扰性	307
15-5 立体声效果	314
15-6 谐波失真	319
15-7 频率响应	321

15-8 调制交流声	323
15-9 互调失真	324
15-10 自动频率微调特性	329
15-11 本机振荡辐射	330
第十六章 接收机总体布局设计	332
16-1 元器件布局与性能的关系	332
16-2 印刷板走线与性能的关系	336
16-3 外壳、扬声器、结构布局与音质的关系	339
附录	342
一、半导体调幅广播收音机分类与基本参数	342
二、半导体调频广播接收机分类与基本参数	346

第一章 调谐器的基本原理

调谐器的任务是接收由电台发射、在空中传播的高频无线电调制波，并进行放大、解调，最后取出调制波上的音频信号。如果将调谐器输出的音频信号送给音频功率放大器进行放大，再推动扬声器发声，我们就能听到广播电台播送的节目。调谐器是接收机的前半部，音频功率放大器是接收机的后半部。本书主要介绍接收机的前半部，即调幅(AM)和调频(FM)调谐器。

目前，无线电广播使用调幅和调频两种制式。中波、短波波段采用调幅广播；超短波采用调频广播。这两种广播发射的调制波是不同的。

1. 调幅波

调幅波的特点是：载波的幅度随音频调制信号成正比例变化，而载波频率是固定不变的，如图 1-1 所示。

如果载波是 $U_{\omega m} \cos \omega t$ ，音频调制波是单音调制的信号 $U_{\Omega m} \cos \Omega t$ ，则调幅波可用数学式表为

$$u(t) = (U_{\omega m} + kU_{\Omega m} \cos \Omega t) \cos \omega t$$

式中， $U_{\omega m}$ 是载波振幅；

k 是系数；

ω 是载波角频率；

Ω 是调制信号角频率，一般 $\omega \gg \Omega$ ；

$U_{\Omega m}$ 是调制波(音频)的振幅。

可将上式改写成：

$$u(t) = U_{\omega m}(1 + m_A \cos \Omega t) \cos \omega t$$

式中, $m_A = U_{\Omega m} / U_{\omega m}$ 是调幅度。

从图 1-1 可看出, 如果 $U_{\Omega m} > U_{\omega m}$, 包络会被削波而产

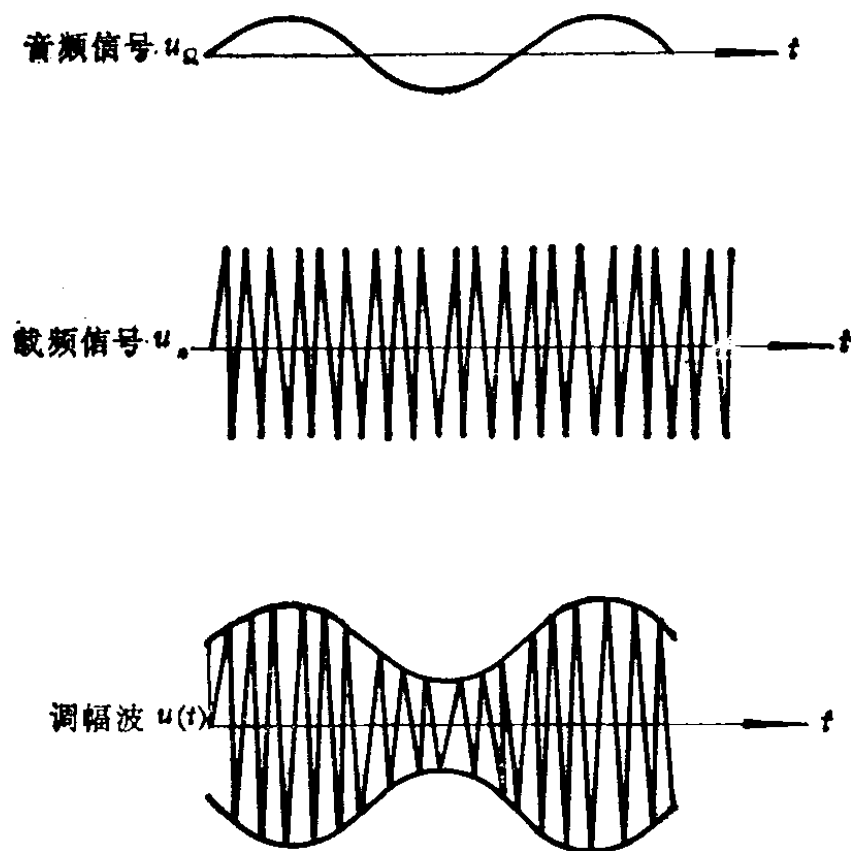


图 1-1

(a) 单一频率的音频调制信号 u_Q ; (b) 载频信号 u_{ω} ;
(c) 调幅波 $u(t)$ 。

生失真, 所以调幅波最大调幅度是 1。目前调幅广播规定的最大调幅度是 80%。

将 $u(t)$ 用三角公式展开, 可得

$$u(t) = U_{\omega m} \cos \omega t + \frac{1}{2} m_A U_{\omega m} \cos(\omega + \Omega) t \\ + \frac{1}{2} m_A U_{\omega m} \cos(\omega - \Omega) t$$

此式表明调幅波是由三个成分组成：一是载频 f ，另外两个是两个旁频： $f + F$ ， $f - F$ 。这里 $f = \frac{\omega}{2\pi}$ ， $F = \frac{\Omega}{2\pi}$ ，可由图 1-2 所示的频谱图表示。

从图 1-2 可看出，调幅接收机的带宽应是音频调制频率的二倍，这样就能使音频调制信号全部通过，不会产生频率失真（即高音衰减）。例如：调幅广播的音乐频响是 5kHz，那么接收机的带宽需要 10kHz。接收机带宽也称通频带。

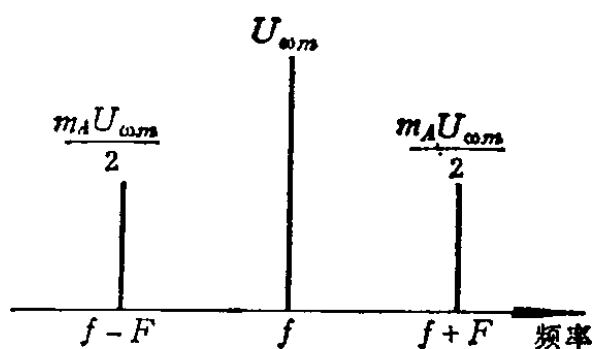


图1-2 单音调制的普通调幅波频谱

2. 调频波

调频波的特点是：载波的幅度是不变的，也就是等幅波；而载波的频率是随音频调制信号幅度大小成正比例变化，如图 1-3 所示。

如果载波是 $U_{\omega m} \cos \omega t$ ，调制音频波是单音信号 $U_{\Omega m} \cos \Omega t$ ，则调频波的数学表示式可写成

$$u(t) = U_{\omega m} \cos[\omega_c t + m_f \sin \Omega t]$$

式中， $m_f = \frac{\Delta \omega_m}{\Omega} = \frac{\Delta f_m}{F}$ 称调频波的调频指数或调频系数。

Δf_m 是载频受调制以后产生的最大频偏，此频偏与调制信号幅度成正比。国际上规定调频广播最大频偏是 75kHz。

F 是调制信号频率。最高音频信号是 15kHz，故调频广播的调制度 $m_f \geq 1$ ，与调幅度 $m_A \leq 1$ 是不同的。

如果将 $u(t)$ 用贝塞尔函数展开, 可得

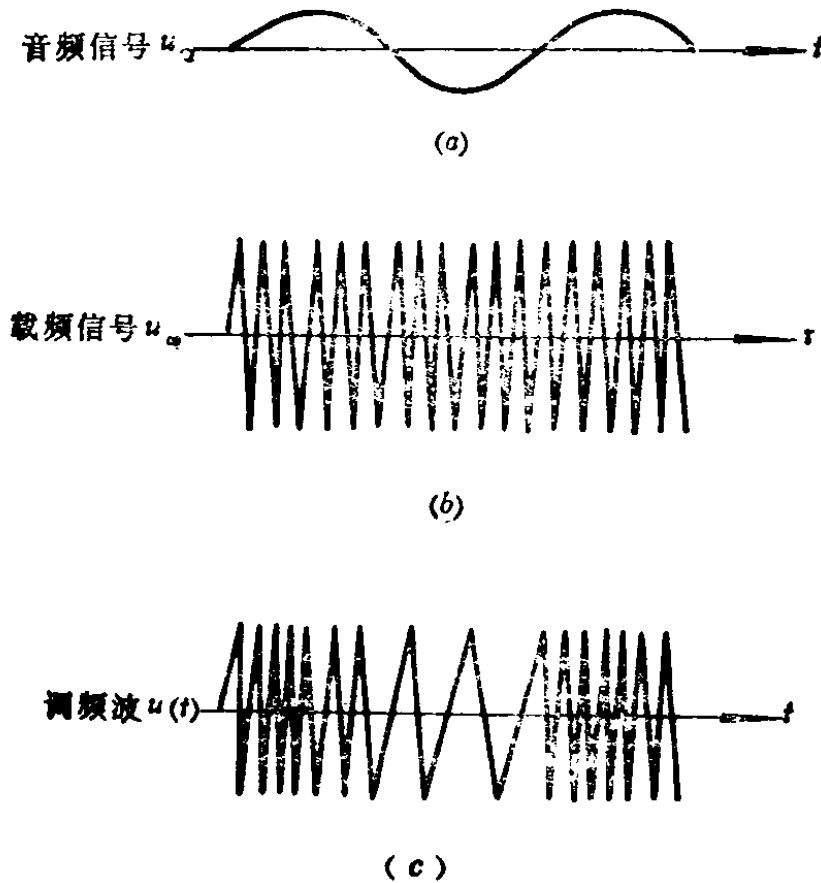


图 1-3

(a) 音频调制信号; (b) 载频信号; (c) 调频波。

$$u(t) = U_{om} \{ J_0(m_f) \cos \omega_c t + J_1(m_f) [\cos(\omega_c + \Omega)t - \cos(\omega_c - \Omega)t] + J_2(m_f) [\cos(\omega_c + 2\Omega)t + \cos(\omega_c - 2\Omega)t] + \dots \}$$

式中 $J_0(m_f)$ 、 $J_1(m_f)$ 、 $\dots$ 、 $J_n(m_f)$ 是系数为 m_f 的零阶、1 阶 $\dots$ n 阶贝塞尔函数。阶数越高, $J_n(m_f)$ 越小。可由图 1-4 的频谱图表示。

因此, 调频广播要求调频接收机的带宽为无穷大。这当然是不可能做到的。通常 $m_f \ll 1$ 为窄带调频, 这时, 要求带宽 $B = 2F$; 而 $m_f > 1$ 为宽带调频, 这时, 要求带宽 $B = 2(m_f +$

3) F (这是高保真接收机要求的带宽；一般单声道调频机带

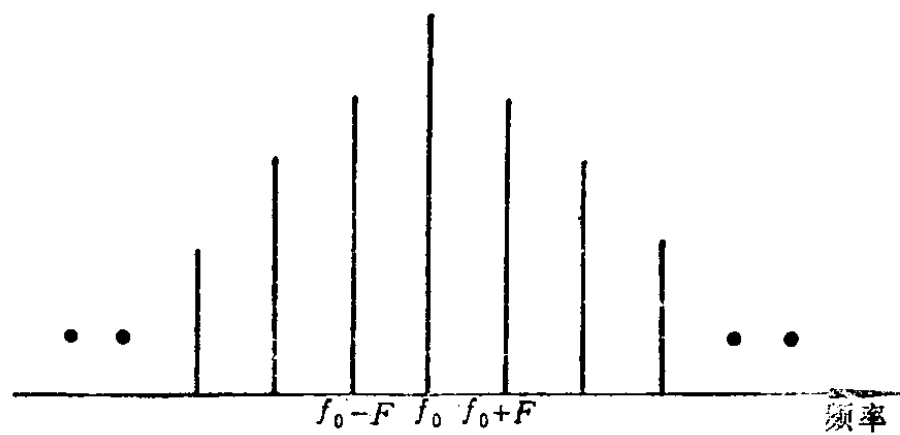


图1-4 调频波的频谱

宽为 $B = 2(m_f + 1)F$ 即可)。

1-1 超外差接收机的原理

无线电接收机的任务是将天线接收到的调制波有选择地进行放大、解调、取出音频信号，再通过低频放大后推动扬声器放音。

接收机的工作方法不尽相同。早期的调幅收音机常采用直接放大(也称来复再生式)的工作方式。图 1-5 是直放式接收机的方框图。

直放式接收机的原理是将天线接收到的电台信号(调幅波)直接进行放大，再通过检波器将调幅波还原成原来的调制信号，也就是取出调幅波中的音频信号，然后将这音频信号经过放大，再去推动耳机或扬声器发声。

我们知道，广播电台使用的频率范围是很广的。我国中短波频率范围是从 525kHz 到 30MHz。直放式的高频放大器要放大这么高的频率，而且是这么宽的频率范围，是极其困难的。虽然人们用再生方法尽可能地提高灵敏度和选择性，但

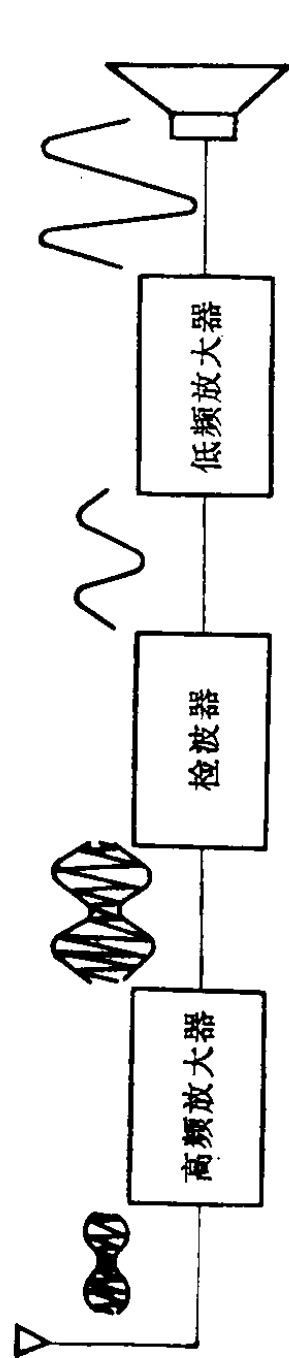


图1-5 直放式接收机方框图

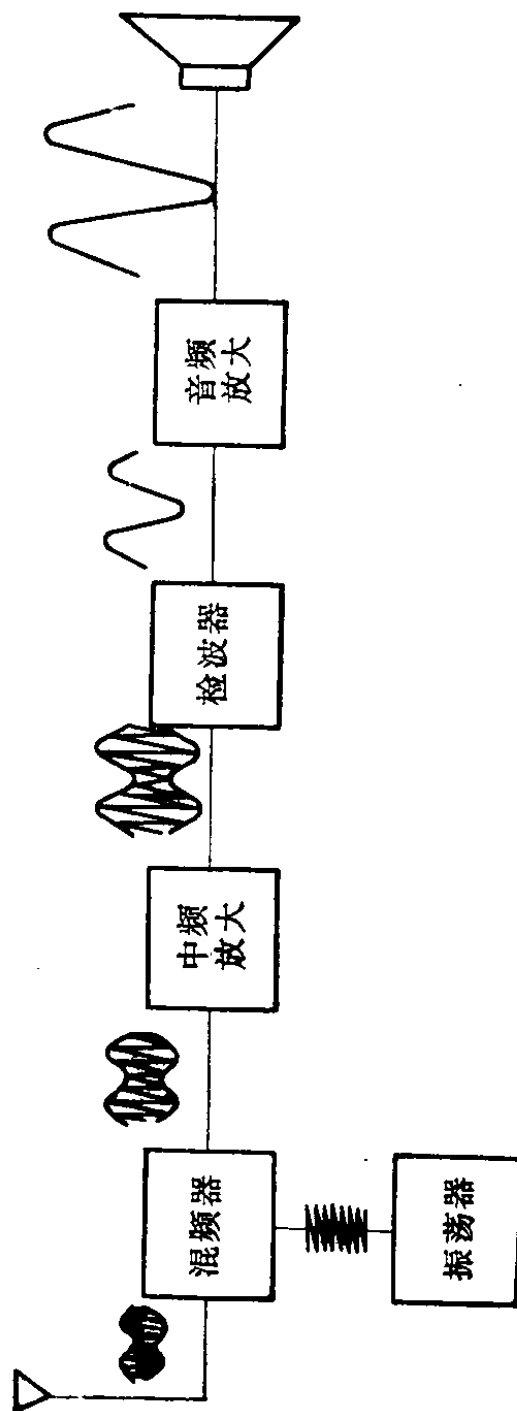


图1-6 超外差式接收机方框图

还是存在不少技术问题。首先是波段覆盖内灵敏度均匀性很差、在某一频段时灵敏度很高，其它频段灵敏度很低。同时邻近频道选择性很差，串音严重。直放式还存在调试困难，很容易自激等缺点。

为了克服直放式接收机的缺点，我们设法在所有接收到的调制波进入收音机后先将它变成一个便于放大的固定频率信号，那么我们只需将这个固定的频率信号进行放大就容易得多了。各项性能也均能提高。这就是目前接收机普遍采用的超外差工作方式。图 1-6 是超外差接收机的方框图。

从方框图可看出，直放式和超外差式不同之处是超外差电路由混频器[●]和中频放大器代替了直放式的高频放大器。混频器作用是将天线接收下来的高频调幅波变成一个固定的中频调幅波。混频结果虽然改变了载频频率，但是在中频载波上面的音频调制信号包络仍然保持不变。信号经中频放大器放大后送至检波器，就可检出音频调制信号再送音频放大器进行放大。因为混频器的作用是进行频率变换，所以混频器也称变频器。通常将接收机混频电路称变频级电路。

我国规定调幅广播用的中频频率是 465kHz，它比天线上接收到的载波频率要低得多。因此中频放大器能较容易提高增益和选择性，而且稳定性也好。这样，接收机的性能就可大大提高。

前已述及，变频级的目的是进行频率变换，而变频过程是一个非线性变换过程。根据非线性变换理论，任何两个不同频率的信号通过非线性元件，必然会产生许多新的频率，其中有一个新频率是该两个不同频率之差。我们就根据这个

● 混频电路分他激式（本振电压由独立振荡器产生）和自激式（本振电压由混频电路本身产生）两类。通常自激式混频器又称变频器。

原理来完成变频任务。当接收机接到任何不同频率信号时，本机振荡总是产生一个比它高 465kHz 频率的等幅波，和它一同送入混频器，使混频器产生新的 465kHz 调幅波，这就完成了变频器的任务。由于新的频率是利用本机振荡与外来信号之差得来的，在调幅接收机一般都采用本机振荡频率高于外来信号，所以将这种方式称作超外差式。在调频接收机中也有采用本机振荡频率低于外来信号频率的方式，则称内差式接收机。

超外差式接收机在灵敏度、选择性、稳定度等方面都远远超过了直放式接收机，因此现在直放式接收机大多被淘汰了。当然超外差式接收机也不是没有缺点的，首先它的电路要比直放式复杂得多，使成本增加。同时因外差方式的特点，将产生各种干扰，如镜像干扰、中频干扰，组合干扰等。为了克服这些干扰，在高级的接收机中使用了一些特殊电路来提高接收机的性能，如调谐式高放、二次变频等。

1-2 半导体二极管和三极管

无论是多么复杂的电路，它总是由半导体三极管、二极管、电阻、电容、电感等元器件组成，因此充分了解元器件的性能对熟悉电路是十分重要的。为了容易理解接收机的各种电路，这里将二极管和三极管的性能及其在电路中的应用作一些简单的介绍。

一、半导体二极管

在了解三极管之前，必须先了解二极管，因为半导体三极管是在二极管的基础上发展起来的。

半导体二极管是一个 PN 结两端加上引线组成，它具有单向导电的特性，如图 1-7 所示。

了解到二极管的特性后，就能将它的特性用在接收机的电路中。利用二极

管的正向导通，反向不导通的特性，可用作接收机的检波电路和整流电路。作检波器用时，应考虑二极管的截止频率要大大超出工作频率，通常使用的是 2AP 型高频二极管如 2AP9

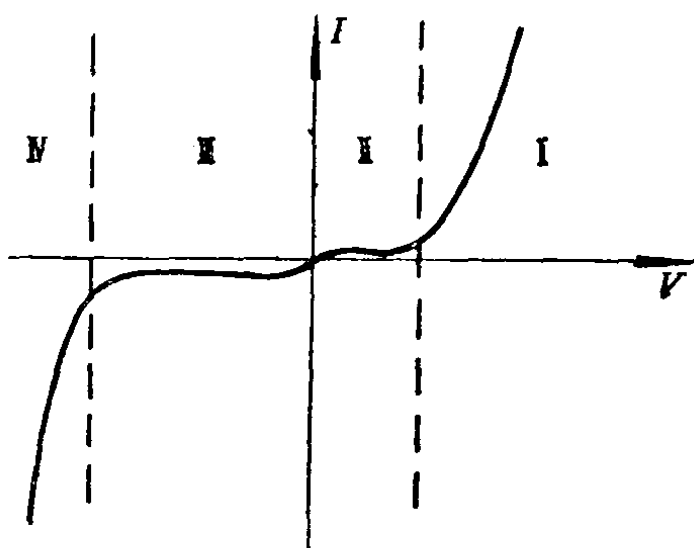


图1-7 半导体二极管的特性

等。作整流用时，应考虑二极管正向电流要大于工作电流，反向击穿电压要大于工作电压，所以通常使用的是 2CP、2CZ 型低频整流二极管。

利用二极管反向电压减小时二极管内阻也减小的特性，可用作接收机中的二次 AGC 电路。

利用二极管在击穿区导通电流很大而电压变化很小的特性，可做成各种稳压管。适当控制半导体内的掺杂质成分，使击穿电流受到限制，也即二极管进入击穿区域后不会立即损坏，从而达到稳压效果。

利用二极管正向导通后电压变化不大的特性（如硅管是 0.6V，锗管是 0.2V），可作为低电压稳压管使用。在需要限幅的电路中二极管还可用作限幅器和保护电路。此外二极管还可用作噪声抑制、多级控制的 AGC 电路等。

总之，我们熟悉了二极管的特性，就可将它应用于各种电路中。

二极管是单向导电器件，它不能放大信号，所以不是放大元件。半导体三极管则是在二极管基础上发展的放大元件。

二、半导体三极管

1. 三极管是怎样放大的

半导体三极管是由两个 PN 结构成，可分为 NPN 和 PNP 两种结构型式。通常 NPN 型管由硅材料制成， PNP 管由锗材料制成。

PNP 和 NPN 两种管子的符号区别，是以基极和发射极组成的 PN 结箭头方向来表示的。箭头代表 PN 结正向接法下的电流方向，所以 NPN 管箭头朝外，而 PNP 管子箭头朝内。

现以 PNP 型管为例，这种三极管是由两个反向的 PN 结组成，如图 1-8 所示。

e 是发射极， b 是基极， c 是集电极。在 be 极间的外电路接正向电压，也就是在 be 极间的 PN 结上加一正向导通电压。 be 结称为发射结， bc 结称为收集结。在 bc 极间加上一个反向电压，且 $|-V_c| > |-V_b| > |-V_e|$ 。

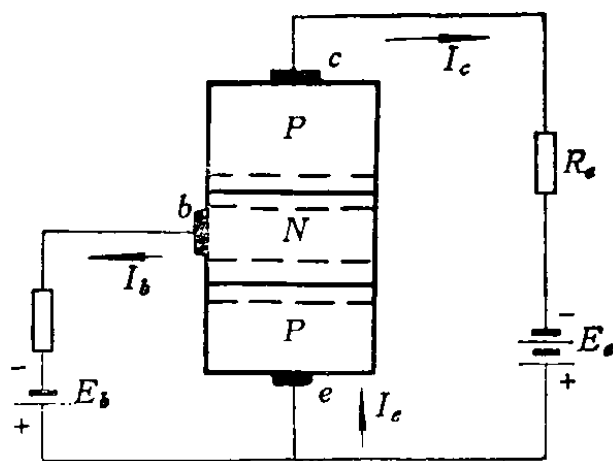


图1-8 三极管原理

通过对二极管的分析我们知道，当 PN 结上加了正向偏压， PN 结导通，产生正向导通电流。这时发射结的空穴流过 PN 结到达基极 b （空穴的极性为正，与电流方向相同；电子极性为负，与电流方向相反）。空穴与基区的电子复合产