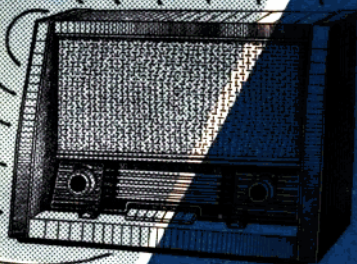


超外差式收音機

馮報本編著



大光出版社出版

目 录

第一章 超外差式收音机的工作概况

1. 什么是超外差式收音机? (1)
2. 超外差式收音机的组成部分 (3)
3. 超外差式收音机的特点 (4)
4. 差频 (5)

第二章 变频级

1. 混频 (9)
2. 本机振荡 (9)
3. 本机振荡和混频级的交連方法 (12)
4. 外來訊号和本机振荡的同步調諧 (13)
5. 象頻干擾 (18)
6. 变频管和混頻管 (20)
 - (1) 七极变频管—6A7、6A8等 (20)
 - (2) 新式七极变频管—6SA7等 (22)
 - (3) 三极·六极变频管—6K8等 (23)
 - (4) 三极·七极变频管—6J8G (24)
 - (5) 七极混頻管—6L7 (26)
 - (6) 各种变频管的比較 (26)
7. 变频电路 (27)
 - (1) 6A8 等变频电路 (27)
 - (2) 6SA7 等变频电路 (29)
 - (3) 6K8和6J8G 为变频电路 (29)
 - (4) 电池式变频管变频电路 (30)

(5) 振盪繞圈的換用	(32)
(6) 獨立振盪變頻電路	(34)
(7) 自差式變頻電路	(36)
(8) 柵負電壓和自動控制電壓	(38)
(9) 振盪柵漏電阻的阻值	(40)
8. 波段變換	(40)

第三章 中頻放大

1. 中頻的選擇	(46)
2. 中頻變壓器	(48)
3. 中頻放大電路	(50)

第四章 檢波級、自動增益控制電路和音頻放大級

1. 檢波方式的選擇	(56)
2. 二極管檢波	(57)
3. 自動增益控制	(59)
4. 檢波和音頻放大的實用電路	(62)
5. 延遲式自動增益控制	(64)
6. 功率放大級	(66)
7. 音調管理	(69)
8. 回輸裝置	(71)

第五章 超外差式收音機的全部電路和各種附加電路

1. 前置選擇和阻塞濾波器	(78)
2. 高頻放大級	(80)
3. 光調諧指示器——影示管	(85)
4. 加接電唱頭	(90)
5. 自動噪聲控制	(93)

第六章 電源供給

1. 電池式收音機電源	(97)
2. 交流式收音機的電源供給	(98)

3. 交直流二用式电源供给 (100)
 - (1) 灯丝电源 (101)
 - (2) 高压乙电供给 (104)
4. 交直流、电池三用式电源供给 (106)
 - (1) 灯丝电源 (106)
 - (2) 整流装置 (108)
 - (3) 功率放大管 (111)
5. 6 伏蓄电池电源供给 (113)
6. 热电堆发电器电源供给 (118)

第七章 线圈的使用和绕制方法

1. 售品线圈 (121)
2. 自制线圈的绕法 (124)
3. 线圈的校准 (127)

第八章 干电池超外差式收音机的装置

1. 单管电池外差式收音机 (128)
2. 广播段电池超外差式收音机 (130)
 - (1) GT管广播段电池超外差式收音机 (130)
 - (2) 花生管广播段电池超外差式收音机 (132)
 - (3) 自锁式管广播段电池超外差式收音机 (134)
3. 两波段电池超外差式收音机 (136)
 - (1) 花生管两波段电池超外差式收音机 (136)
 - (2) GT管两波段电池超外差式收音机 (136)
4. 三波段电池超外差式收音机 (139)
5. 两级中放电池超外差式收音机 (139)
 - (1) 变压器交连两级中放的电池超外差式收音机 (139)
 - (2) 电阻交连两级中放的电池超外差式收音机 (142)
6. 有高频放大的电池超外差式收音机 (144)
 - (1) 广播段高放电池超外差式收音机 (144)
 - (2) 电阻交连高放电池超外差式收音机 (147)

7. 声音宏亮的并联功率放大电池超外差式收音机	(147)
-------------------------------	---------

第九章 交流超外差式收音机的裝置

1. 自差式交流超外差式收音机	(150)
2. 經濟簡單的广播段交流超外差式收音机	(152)
3. 來复放大交流超外差式收音机	(154)
4. 兩波段交流超外差式收音机	(156)
(1) 6SA7GT变频兩波段式	(156)
(2) 6A8变频兩波段式	(159)
5. 三波段交流超外差式收音机	(159)
(1) 6K8变频三波段式	(159)
(2) 6SA7GT变频三波段式	(162)
(3) 6A8变频三波段式	(162)
6. 兩級中放交流超外差式收音机	(164)
(1) 电阻交連兩級中放电路	(164)
(2) 变压器交連兩級中放电路	(167)
7. 高放交流超外差式收音机	(167)
8. 延迟式自动增益控制交流超外差式收音机	(169)
9. 改善音质的設計	(171)
(1) 簡單的电压回輸和音調控制交流超外差式收音机	(171)
(2) 用回輸淺閘的电压回輸交流超外差式收音机	(171)
(3) 双路音频放大交流超外差式收音机	(174)

第十章 特种电源超外差式收音机的裝置

1. 交直流二用电源超外差式收音机	(177)
(1) 交直流二用电源外差式收音机	(178)
(2) 花生管交直流二用电源超外差式收音机	(178)
(3) GT管兩波段二用电源超外差式收音机	(178)
(4) 兩級中放二用电源超外差式收音机	(181)
(5) 高放二用电源超外差式收音机	(181)
(6) 二用电源收音机的使用要点	(181)

2. 交直流电池三用电源超外差式收音机 (184)
 - (1)花生管三用电源超外差式收音机(硒堆整流) (185)
 - (2)花生管三用电源两波段超外差式收音机(电子管整流)··· (185)
 - (3)GT管三用电源超外差式收音机 (188)
 - (4)两级中放三用电源超外差式收音机 (188)
 - (5)两种功率放大管的三用电源超外差式收音机 (188)
 - (6)三用电源收音机电源部分的校验要点 (192)
3. 6伏蓄电池电源超外差式收音机 (193)

第十一章 装璜的要点

1. 线圈 (196)
2. 波段开关 (196)
3. 电阻 (198)
4. 电容器 (199)
5. 中频变压器 (200)
6. 木箱和底盤 (201)
7. 焊接 (202)
8. 扬声器和输出变压器 (203)

第十二章 超外差式收音机的校验

1. 校验前的准备 (204)
2. 一般校验 (205)
 - (1)试验收音机各级的工作情况 (205)
 - (2)调准中频变压器 (206)
 - (3)校准调乱了的中频变压器 (208)
 - (4)调准变频调谐电路 (210)
3. 仪器校验 (214)
 - (1)电压测量 (214)
 - (2)用讯号发生器校验调谐电路 (215)
 - (3)用讯号发生器检查收音机的工作情况 (220)
 - (4)调整收音机时可能发生的故障 (222)

第十三章 校驗和修理用的儀器的製造

1. 訊號發生器 (225)
 - (1) 交流電源訊號發生器 (225)
 - (2) 簡單的訊號發生器 (228)
 - (3) 電池式訊號發生器 (229)
 - (4) 頻率的校準 (230)
2. 電眼伏特表和頻珠測試器 (232)
 - (1) 電眼伏特表 (232)
 - (2) 頻珠測試器 (233)
 - (3) 電眼伏特表和頻珠測試器的聯合裝置 (234)

第十四章 超外差式收音機故障的檢查和修理

1. 完全無聲 (240)
2. 聲音低弱 (243)
3. 叫嘯聲 (246)
4. 噪聲 (247)
5. 失真 (249)
6. 交流聲 (251)

附 錄 1

附 錄 2

附 錄 3

第一章 超外差式收音机

的工作概况

1. 什么是超外差式收音机？

什么是超外差收音机？要想知道它，可以跟我们已经熟悉的再生式电路比较一下，就可以得出一个简明的概念。

任何一个简单的收音机都必需有一个检波器，利用它从不可闻的高频电流中检出音频电流。如果我们要增加收音机的能力，常是装置高频放大和音频放大等电路。这些收音机，通常采用图1的电路。这种电路的特点是：从天线传输下来的电流，在检波以前，不改变它原来的频率，我们叫它做「直接放大式」电路。

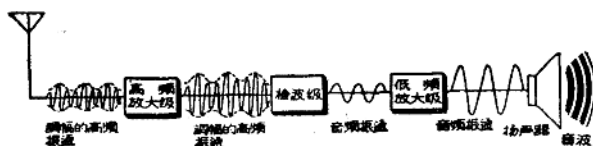


图 1. 直接放大式收音机方框图

这种电路设计者已经尽可能提高了它的选择性和灵敏度（利用再生装置）。然而它还存在着若干缺点：首先是对各个频带的放大效能很不平均，对于某一个频带（波段）收听得很好，但转换到另一个频带上，效果就会低落；就算是在中波广播段这个不大的范围里，它对1500千周附近一段和550千周一段的效力就不一样，装置过这种收音机的无线电爱好者，都会有这些经验。问题就是：电子

管配合在一个特定的調諧电路使用时，只在某一頻帶能有較好的工作情形，不可能对于各个頻帶都能工作得很好。其次的缺点是調諧手續麻煩，除非是經驗老手，很难把它調得恰到好处，接收远距离訊号时則更麻煩。

如果能把收音机固定在一个頻帶上工作，它的收音質量当然会配合得很好；不过，事实上广播电台是不能都挤在一个不大的頻帶上，而要分佈在一个很寬的頻譜中進行广播，这是因为：电台的数目很多；用途不同；又要照顧不同收音环境的地区在各个季节和时间都能够順利收听等等。因而，只能在收音机的电路上想办法，把这些分散在各个頻帶的电台，在收音机里变成一个預定的頻率，这样，就可以很好地配合了。

超外差式电路就是这样的装置，它将所要收听的电台在調諧电路里調好后，經過电路本身的作用，就变成另外一个預先确定好的頻率，然后再進行放大和檢波。收音机的工作很稳定，收音質量也很良好。这个固定的頻率，是由「差頻」的作用产生的。如果我們在收音机内制造一个振盪电波（通常称为“本机振盪”），它和外来訊号（收到的电波）同时送到一个电子管内混合，这种工作叫「混頻」。「混頻」的結果就会产生一个新的頻率，这就是「外差作用」，采用这种电路的收音机叫「外差式收音机」，混頻和振盪的工作，合称「变频」。

外差作用产生出来的差頻，习惯上我們采用易于控制的一种頻率，它比高频較低，但比音频高，这就是常叫的「中間頻率」（简称中頻）。任何电台的頻率，由于都变成了中頻，放大起来就能得到相等的放大量。

然而，从天綫收下来的訊号（調幅波）經過变频以后，只是变更了載波的頻率，加在它上面的音频电波并没有被改变，仍然載在新的中頻电流上面。中頻电流对人类的听觉仍是不起作用的；所以

要經一次檢波手續，才能檢出音頻。

在变频之后接入檢波器就可以進行檢波工作，不过，为了能够得到較好的選擇性和灵敏度，需要将得出的中頻电波再加以放大，所以，現代的收音机上，差不多都有中頻放大的电路，使收音质量得以大为提高，这就是通常所称的「超外差式」电路。沒有中頻放大的，則叫「外差式」电路。

我国常用的超外差式收音机，多是采用图2的结构程式。

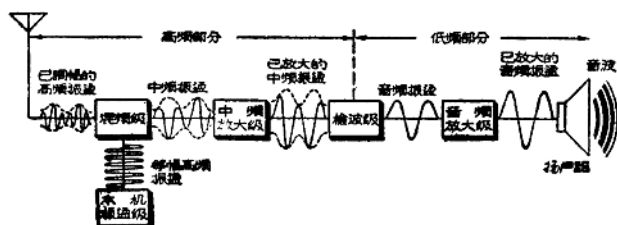


圖 2. 超外差式收音机方框圖

在变频級前面，还可以加入高频放大級。在中頻放大电路里，也可以用兩級中頻放大，使收音效率更加提高。或者，完全不用中頻放大等等。但是，主要的，仍以这种方框图的程式作为典型結構。

于是我們从上面的一些簡單敘述中，可以看出超外差式收音机和再生式（直接放大式）收音机的主要区别在于：超外差式的檢波频率和訊号频率不同。

2. 超外差式收音机的組成部分

超外差式收音机比再生式（有高放或无高放）的收音机来得复杂，它由几部分电路組成一个整体；而这些組成部分，却是搞过简单收

音机的无线电爱好者所熟識的：例如，最独特的变频級是由「混頻」和「本机振盪」兩部分組成，本机振盪就是一个再生式电路，不过，它的回輸电能量不是用来收音而是用来产生振盪，以便和外来訊号混合，产生出差頻（即中頻）电流来。中頻放大級則是一个固定調諧的中頻放大电路。除此以外，檢波級和音頻放大級和簡單收音机里所用的完全相同。

这几部分电路，組合起来就成为超外差式收音机的整体电路。明了这点，我們研究起来就很方便了。这种收音机上还有一些附属装置，例如：「自动增益控制」、「調諧指示」、「噪声自动控制」、「負回輸」……等等。加了这些使得收音机在使用上和質量上都更趋于完善，而且其中有些附属电路已經成为不可缺少的部分了。

这里，我們主要的是研究一下各个部分的工作情况，相互之間的关系，和需要什么条件才能使它們的效率提高等問題。

3. 超外差式收音机的特点

超外差式收音机的中頻放大器采用了固定調諧的电路，这一特点使它比其它收音机优越得多，綜合起来，它有下列几个主要的优点：

(1) 用作放大的中頻（差頻） 可以选择那些易于控制的、有利于工作的頻率，以便适合于电子管和电路的性質，能够得到較为稳定和最大限度的放大量。

(2) 各个波段的輸入訊号都变成了一种固定的頻率（中頻），电路将不因为外来頻率性質的差異而影响工作，这样各个頻带就能够得到均匀的放大，这对于頻率相差很大的高頻訊号（短波）來說，是特別有利的。

(3) 如果外来訊号和本机振盪相差不是預定的差頻，就不能進

入放大电路；因此在接收一个需要的訊号时，混进来的干扰电波，首先就在变频电路被剔除掉；加以中频放大电路是一个調諧好了的帶有濾波性質的电路，所以收音机的選擇性很高。

超外差式电路具备有这些独特的优点，今天之被人广泛地使用是必然的了。

然而它也不是完全没有缺点的，虽然它的装置比較复杂能为它优秀的性能所补偿，但这种电路常会遭遇到多种干扰，其一是因为灵敏度增高，使天电干扰和工业干扰的程度增加了；其次是因为变频級的差频关系所产生的特有的「象频干扰」——即是一个电台在度盘上的两个标度出现，或者一个标度上重叠着两个电台等现象（这些原因下面还要说明）；最后就是那些和中間頻率相等的电波会直接进入中频电路，和收听中的訊号相混，产生干扰。

这些干扰可以利用种种专门的电路将它除去或減輕，但是，这么一来，收音机的装置又会更加复杂起来。

4. 差 頻

超外差式电路既是利用中間頻率進行放大的，产生中頻的变频級是工作的关键，要研究变频級的工作，必先明白发生差頻的过程。

并不是隨便把两个电波在一个电路里面混合起来就能产生差頻

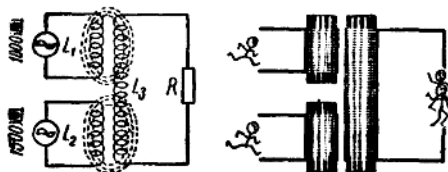


圖 3. 差拍电路

的电波。如图 3，在感应线圈的两个初级线圈 L_1 和 L_2 内，分别通入 1,000 周和 1,500 周的交流电波，次级线圈 L_3 和负载 R 的闭合电路里，并不能得到 $1,500 - 1,000 = 500$ 周频率的电波；而只是混合起来的电波的振幅每秒钟变动 500 次，见图 4。这种现象叫[差拍]，它不能产生新的频率，因为电路里并没有加入能够发生差频的特殊零件的缘故；在一般的导线、线圈、电阻、电容器等的电路内，电流和电压的变化是成正比例的，将频率不同的两个电波送入这些电路里，只能发生上述差拍的现象。

要将两个频率在电路里发生差频，得使用特殊的零件，技术上叫做[非线性元件]，这就是专用的电子管、半导体（检波矿石、整流的确堆等）之类，电流在它上面通过时，会和电压产生特殊的复杂关系（电流变化和电压变化不成正比），两个电波经过了，便会产生新的频率——差频。

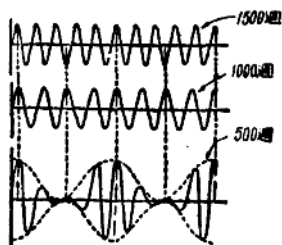


图 4. 差拍作用

假如在图 3 的电路里加入一颗矿石，如图 5，情形就不同了，在次级线圈的负载 R 上，将会有一个新的 $1,500 - 1,000 = 500$ 周的频率出现（图 5）。

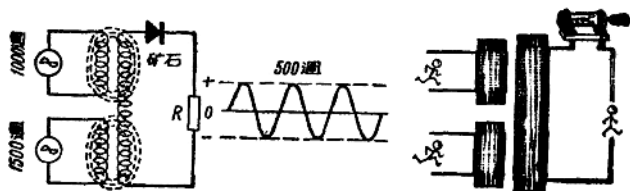


图 5. 重生差频的电路

收音机里的变频就是应用上面这种产生差频的原理。天线上收

到的调幅波和本机振荡电波在混频管里混频，结果得出差频——中频。图6表示信号的混频过程：甲图是外来信号调幅波(f_1)，它和

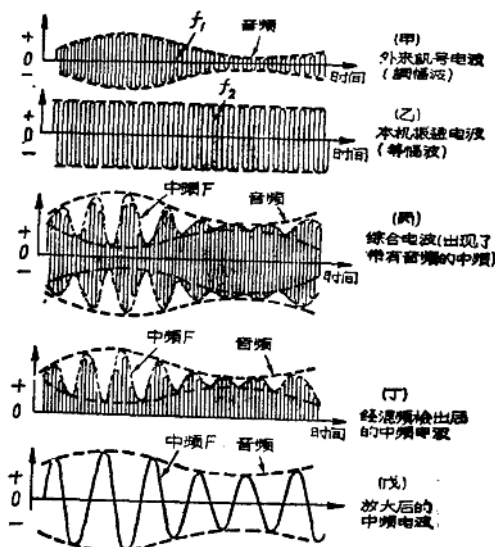


图 6. 调幅波的变频作用

乙图的本机振荡等幅波(f_2)相加，产生了综合电波如丙图，这是在混频管上的总电压。在综合电波的波幅上出现了中频 F ； F 的波幅仍载着(f_1)原来的音频，也就是它的波幅还是按照音频变化着。经混频管检出后的中频电波如丁图那样（就是丙图的上半部），这是混频管的屏极电流。经过中频放大之后，波形如戊图，仍然是一个调幅的中频电波。从甲图和戊图比较，可以看出，波幅上的音频并没有变更，但是载波的频率改变了。

这种载波变化的过程，就是超外差式电路的特点：它不是将输

入的訊号频率放大，而是将它变为另一个频率后才进行放大，和直接放大式电路有本质上的差别，从这样得到差频（中频）之后，以后几级的工作就能发挥它们所具有的优越性。

第二章 变频级

变频级是由混频和本机振荡两部分构成的；外差式电路刚一发明时，是由两个电子管分别担任：由一个电子管产生等幅振荡，外来的讯号和振荡电波同时输入另一个电子管作混频工作，并由它把差频送出来（图7）；因为振荡需要另外的电子管供给，所以叫做「他励式变频」，也就是「外差式」这个名词的由来。

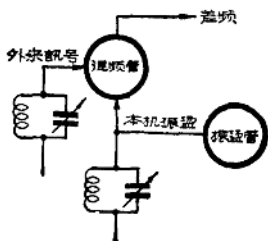


图 7. 他励式变频

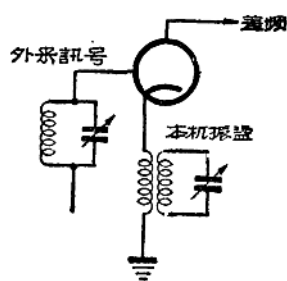


图 8. 自励式变频

后来，为了经济节省起见，就利用混频管中的阴极电流引起振荡（图8），省去了上面说的发生振荡的电子管，这种叫做「自励式变频」，我国无线电爱好者叫它做「自差式」，因为装置上比较节省，以前曾流行过一个时期；但是这种变频方法的效果并不良好，例如振荡不易，以及不能在高频一段（短波段）使用等，现在在商业产品中已被淘汰，但有时还被业余者所欢迎。下面在装置这种电

路時，我們還要談到它的性能。

外差式收音機流行後，專用的變頻管就出現了，它的內部有兩組電極，分別擔任振盪和混頻的工作，兩種頻率在電子流內匯合，直接輸出差頻（圖9）。在外形來看，它只是一個電子管，但從電路的結構分析，它是屬於「他勵式變頻」的電路，現代的超外差式收音機，絕大部分都採用這種專用的變頻管作變頻工作。

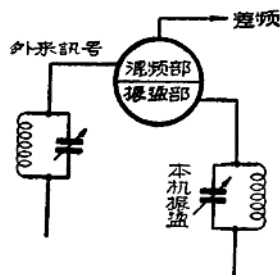


圖9. 專用的變頻管變頻

下面，我們將分別研究一下混頻和本機振盪。

1. 混 頻

混頻是將輸入訊號和本機振盪混合的一步手續，它具有檢波作用，但和一般檢波作用不同之處，就是它輸出的不是可聞的音頻，而是不可聞的中頻。所以，有時也稱混頻為第一檢波，後面檢出音頻的檢波級則叫第二檢波。

混頻電路所用的檢波方法，一般都是採用屏極檢波，而且是用五極管工作，使輸出可以得到更高的增益。

2. 本 機 振 盪

本機振盪的工作，是要產生一個等幅振盪，使它和外界訊號能夠發生預定的差頻；它的工作原理和再生式的電路極為相似，大致的差別就是：前者的差頻是和高頻相似的中間頻率，而後者的差頻則是可聞的音頻。

对于本机振盪的要求是：它在振盪时不要影响其它部分的工作，振盪頻率力求稳定，保证收音机随时得到均匀的收音质量。

变频級输出的波幅和外来輸入訊号电压的大小有直接关系；另一方面，又和本机振盪电压的大小有关，为了使变频后输出的差頻增益加大起见，本机振盪电压通常約有5伏。

本机振盪既然要和外来訊号之間維持一个預定頻率的差数——差頻，它的頻率，只要比外来訊号頻率高一个差頻或小一个差頻都可以得到同样的結果。例如：預定得到的差頻是465千周，那末在接收的外来訊号为1,000千周时，本机振盪所用的頻率是1,465千周或是535千周，都可以得到465千周的差頻。因为变频的結果是 $1,465 - 1,000 = 465$ 千周或 $1,000 - 535 = 465$ 千周。結果是沒有分別的。但是在实际制作上，我們常是采用比外来訊号高的本机振盪頻率，因为这样可使本机振盪調諧电路的复盖系数，即最高頻率与最低頻率之比較小，因而調諧电容器的电容变动范围小，电容器易于制作，此点在中波上尤为重要。

任何电子管振盪电路都可以作为本机振盪之用。图10举出来的各种电路，是目前比較流行的；虽然現在已很少用独立的振盪管，然而它們的作用則是相同的，除了交連到混頻部分的方法不同之外，其它地方差別不大。

甲图是利用屏极回輸的三极管振盪电路，和再生式电路相似，由于屏极回路 L_1 和柵极回路 L_2 互相交連引起振盪。振盪电路是从柵极回路輸出送到混頻部分去。振盪頻率是由 L_2 和 C 所組成的調諧电路調諧的； C_1 和 R_1 相当于再生式电路中的柵极电容器和柵漏电阻； R_2 是屏极回路的降压电阻， C_2 是它的傍路电容器。

乙图是用抽头式綫圈的三极管振盪电路；振盪是由阴极电流通过部分綫圈而引起的，工作情况，也和再生式电路采用抽头式綫圈一样。这种电路，有时也叫「三点式振盪」（綫圈上只有三点）或