

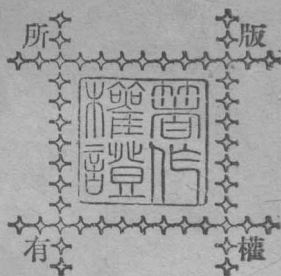
超 外 差 式
收 音 機 的 精 義

(原 理 及 特 性)

陸 鶴 壽 編 著

中 華 書 局 印 行

民國三十七年四月發行
民國三十七年四月初版



◎ 超外 收音機的精義 (原理及特性) (全一冊)

定價國幣四元五角

(郵運匯費另加)

編著者 陸 鶴 壽

發行人 李 虞 杰
中華書局股份有限公司代表

印刷者 中華書局永寧印刷廠
上海澳門路八九號

發行處 各埠中華書局

(一三六八九(滬印))

序

超外差式收音機爲無線電技術之優良出品，機構既複雜靈巧，性能又優異合用，流行普遍，進步迅速。今日世界所用收音機中，此式機件約占九成以上，國內採用此機式者，亦有增無減。唯其電路特性及工作原理能明瞭者，尙不多見，故不可不有專書以爲之介紹。

本書所論爲超外差式收音機之基本電路。文字力求淺顯，說明務期詳盡。分章討論，循序漸進，作串聯性之介紹，俾其內容與電訊正常傳遞路綫相配合，以符實際。

超外差式收音機之組織既較複雜，本書自難包羅全盡，故以「精義」二字爲名。又爲便于閱讀起見，全書分輯四冊，以（一）原理及特性、（二）試驗及修理、（三）選購及維護、（四）設計及製造爲各冊之中心資料，分冊討論，以免混淆不清之弊。讀者可各就需要購用，以合經濟原則。

在今推進建國科學化運動之下，無線電之地位日益重要，訓練班之設立，自將與日俱進。本書之編，雖作普通從業人員及收音機應用者之參考，但因內容新穎，說明淺顯，採作訓練班課本，亦極適用。

抗戰勝利既已在望，建國大業亦在邁進。遵照 總裁

手著「中國之命運」所指示，在最初十年內，需要無線電收音機一千八百萬具。如此龐大之數量，自又需要極多之使用人才。以吾國一般國民之科學學識而言，欲于短期內推行此種大計劃，則各種優良實用技術圖書之編印，實爲當務之急。本書之編著，亦基于此種信念。希於實行國父實業計劃稍有所貢獻耳。唯戰時參考資料有限，遺漏之處，在所不免。如蒙專家指正，則幸甚矣。

陸鶴壽識于四川重慶



2874575

目 次

序	1
第一章 無線電收發的基本原理	1
1.1 電波	1
1.2 差拍現象	2
1.3 成音週率與射電週率	3
1.4 電波的調幅	4
1.5 無線電波的輻射	5
1.6 無線電接收的條件	7
第二章 超外差式收音機的基本原理	9
2.1 引言	9
2.2 射週調諧式收音機的機構	9
2.3 外差基本原理	13
2.4 超外差式收音機的機構	14
2.5 超外差式收音機的優點	20
2.6 射週調諧式收音機及超外差式收音機的比較	22
第三章 射電週率放大器	25

3.1	射週放大器的效用	25
3.2	鄰台選擇性	25
3.3	假像週率的干擾	28
3.4	二次諧的假像干擾	30
3.5	雜跨調幅	31
3.6	射週放大器的基本電路	33
3.7	特種射週調諧電路的分析	36

第四章 變波器 37

4.1	變波大意	37
4.2	變波真空管的種類	38
4.3	變波器基本電路的分析	42
4.4	變波管電路	43
4.5	混合管電路	46

第五章 振盪器 49

5.1	振盪器總說	49
5.2	收音機內振盪器工作的基本條件	50
5.3	振盪器的輸出量	50
5.4	振盪器的輸出電壓	51
5.5	週率穩定度	51
5.6	諧波量及寄生振盪	53
5.7	振盪器的週率選擇	54
5.8	整問題	55

5.9 基本振盪電路的分析.....	57
--------------------	----

第六章 中間週率放大器 61

6.1 中週放大器的概況.....	61
6.2 中週放大器與射週放大器的比較.....	61
6.3 中間週率的選擇.....	63
6.4 中週變壓器的特性.....	66
6.5 中週放大器的特性.....	68
6.6 中週放大器的電路分析.....	69
6.7 特種中週放大器.....	71

第七章 第二檢波器 73

7.1 第二檢波總說.....	73
7.2 基本檢波原理.....	74
7.3 各種基本檢波電路及其比較.....	78
7.4 組合管檢波基本電路.....	80
7.5 實用第二檢波電路特點.....	83

第八章 自動音量控制電路 85

8.1 自動音量控制的意義及優點.....	85
8.2 自動音量控制的應用原理.....	86
8.3 基本自動音量控制電路.....	89
8.4 自動音量控制的實用電路.....	91
8.5 延緩性自動音量控制電路.....	93

8.6 特種自動音量控制電路	69
----------------------	----

第九章 成音週率放大器 99

9.1 音週放大器的特性	99
9.2 音週放大器的分類	101
9.3 第一音週放大電路	104
9.4 負回輸式及推挽式放大器的特性	106
9.5 輸出電力放大電路	109
9.6 揚聲器的種類及應用	110

第十章 電源整流器 113

10.1 交流電源總說	113
10.2 實用交流整流電路	116
10.3 倍壓管的工作原理	118
10.4 交直流二用收音機的電源電路	120
10.5 振動子整流電源的分析	122

第十一章 特種電路分析 125

11.1 靜音式自動音量控制	125
11.2 陰極射綫調諧指示電路	126
11.3 音質控制及音質補償	128
11.4 自動音量伸展電路	130
11.5 反相電路	131
11.6 自動週率控制	132

11.7	換波及展波設備	135
11.8	晶體濾波器	137
11.9	差拍振盪器	140
11.10	雜聲抑制電路	141
附	錄	145
1.	各種收音機電路常數表	145
2.	參考資料錄	152
3.	中西文名詞對照表	154

第一章

無線電收發的基本原理

1.1 電波

電波是一種有週期性變化而繼續的單純運動。在規定的時間中，週期變化的次數是電波基本特性的一種。因為電波傳遞的速度與光速相同，電波的波長，遂和週期變化的速率（通稱週率）有密切的關係。亦就是電波的波長越是增長，週率反而降低，反之則週率越高。現在知道光速是每秒 300 兆公尺，如果波長是 10000 公尺，週率應是 30 千週。又如波長是 15 公尺，則週率將增到 20 兆週。這種關係雖是簡單，一切的電作用，完全具有這種聯繫。

電波的特性除去波長及週率外，尚有波幅及相位。波幅是在任何瞬時電波強度的標示。如果電波的波形繪畫在一平面上，那麼波幅就是波形上任何一點的高度（可以向上或向下度量）。相位亦是一種瞬時值的函數。當電波從原始點開始時，相位是零（或任何一指定數值）。電波移動後，在任何瞬時，如果再與起點比較，則二者有相位的差別。反過來說，如果電波的相位已經知道，這電波在全週期移動的距離亦可推算得到。當然這相位可以引前或落後，在實用問題上關係較小，所以亦不加說明。

無線電波亦是一種電波，具有各種電波應有的特性。

不過，所謂無線電波，是指輻射在空間的電波。在收音機中的電波，與普通通信電路中所存在者類似，僅工作週率的範圍更是廣闊。

1.2 差拍現象

從日常經驗知道：每當二單純而不同的音調同時發生而繼續時，除去原有的二音外，尚有第三音調順帶而產生，這是差拍現象，由于二音波的混合而得。

設有二音波，週率不同。在任何一瞬時，二音波的相位遂亦可不同。這種相位的差異，可使二音波的強度（或波幅）或相疊加，或相消滅。於是在相位順正時，音波組合得一較高聲的差拍。在相位逆反時，二者互消，可以寂靜無聲。如此循環，遂是抑揚起落較慢的差拍音波。如果再計算其週率，必是二混合音波的差數。舉例說明：苟在琴上按中 C 鍵，即發生一週率是每秒 256 週的單純音調。同時再按次一鍵，即得 D 音，週率是每秒 280 週。當這二音繼續不變時，細聽之，除原來的 C 及 D 二音外，尚有一低音發生，週率當是每秒 24 週（ $=280-256$ ）。這種差拍現象最是明顯。當然，原音週率如有改變，合音的差拍週率亦不相同。

如果電路中有二個週率不同的電波同時存在，結果亦是一樣，隨時可有差拍現象發生。甲及乙二電波的差拍，如是每秒 10 週，則在一秒鐘的時間內，原電波的週率差數必是 10 週。亦就是說，在這規定的時間中，甲及乙二電波雖因為週率的不同而發生相位的差異，但在這時間中尚有十次回覆到相同的位置。這十次的循環就是一種新電波

的波形。至于產生這差週率的電波可有各種不同的週率。甲電波可爲11週、1035週、265000週或5700080週等。如果乙電波亦能依次爲21週、1025週、265010週或5700070週等。混合所得，總是10週波的差別，並且甲電波的週率亦不必一定大於乙電波的週率。

由此可知，差拍現象發生的條件是：（一）二電波的週率不同。（二）二電波的強度不必相等。（三）原電波並未因差拍的產生而歸消滅。（四）二電波週率相同時得零拍現象。（五）二電波週率相差較小時，固可得差拍現象；即使二電波的週率相差極大，亦能得一差拍。（六）甲電波的週率可高于乙電波的週率，反之亦然。（七）二電波混合時，尙有一新電波，其週率爲二電波週率的總和。因非差數，所以以前未加提示。（八）電波波幅如同時亦有變化，差拍現象仍可發生。

1.3 成音週率與射電週率

當言語或音樂在播音室經傳聲器（俗稱話筒）或拾音器收集後，即變成一種電波。這種電波的週率並不高，通常是每秒數十週至數千週，最高亦有達一萬數千週的。但是言語或音樂的音質不同，而每一種單音的電波，又均有一定的週率。例如音調越尖，電波的週率亦越高。所以普通言語或音樂的正確代表必是一種多數有關週率的組合波。當然這種組合波中，各週率的電波波幅並不必相同。實際上亦是如此，除去最低週率電波占重要的地位外，其餘各週率的電波均較小，且是最低週率的諧波。這種週率

統稱為成音週率（簡稱音週），在波譜上占一小段的地位，廣泛的代表一切言語及音樂。

不過音週電波並不能作輻射之用，所以每一座電台必須另由振盪器產生一種具有輻射性的電波。這種電波在廣播應用時的週率是由500至1500千週，合波長是600公尺至200公尺。短波廣播週率，在現階段中，最高約達20兆週，合波長15公尺。這種週率因能輻射，所以稱為射電週率（簡稱射週）。如與成音週率比較，即可顯見二種週率的差別，射電週率約高數百倍至數千倍以上。

1.4 電波的調幅

現在言語或音樂的聲波，已可改變成一種等值的電波。同時，具有輻射性能的射週電波亦已能產生。進一步的問題是如何利用二種性質不同的電波，完成廣播的目的。這重要的程序，在工程學中名為調幅。簡單的說，就是利用具有輻射性的射週電波為傳遞媒介，將成音週率電波載于其上而同時輻射（仍應注意，音週電波本身並無輻射性能）。在這種情形下，射週電波遂另有載波一名稱。

調幅以前，載波是一種射週繼續波，波幅恆定不變，音週電波則循言語或音樂的抑揚銳鈍而變化。調幅作用是使載波照音週電波的波形發生類似的變化。這種現象發生後，音週電波已經疊加于射週電波之上，目的亦已達到。

現在再分析調幅後的週率組織。假使舉例說明，先令音週電波的週率是九千週，射週載波的週率是1000千週。當這二週率混合調幅時，立即發生週率之差拍現象。實際

調幅所得，除去這二週率外，尚有這二電波週率的差數及和數，在這例中分別是991千週（ $1000-9=991$ 千週），及1009千週（ $1000+9=1009$ 千週）。在這四種週率中，以991千週、1000千週及1009千週三週率最是接近，相差不及百分之一，其中1000千週固是原有的射電週率，其餘二週率（991千週及1009千週）都是新產生的射電週率，亦有輻射的性能，且與音週電波有密切的關係。如果成音週率變化，這二週率即在載波週率的上下對稱變化。所以實際上，在載波週率的上下二旁是一移位後的成音週率段。現在又因為這二週率段所占的位置是在載波的二旁，于是普通皆稱之為旁波帶。

根據上面所述的事實，可以歸納及補充調幅的特殊現象：（一）載波已照音週電波發生類似的變化，所以言語或音樂的內容，又寄附在輻射性的射週電波之上。（二）調幅後的混合波中，除原有的射電週率及成音週率外，又因電波的差拍作用，新產生二旁波帶，位在載波的上下二旁。（三）實際輻射的調幅波中，僅有載波及二旁波帶。原型的音週電波刪而未取，故不存在。（四）實際具有言語或音樂內容的是二旁波帶。

1.5 無線電波的輻射

無線電波自電台傳達到天線時，已經具有言語或音樂內容。電波的組織遂是一附有二旁波帶的射週載波。現在問題是如何將這電波廣播傳達到每一個聽衆。

無線電在發明的初期，因為技術上的困難，射電週率

並不高，大約都在100千週至500千週之間，這種電波的特性是沿地輻射，所以輻射的要素是地波。不過大地有阻力，傳導不能遠。當時唯一的辦法遂是增加無線電台的電力。

不久，無線電因真空管的改良，載波的射電週率已可提高至1500千週左右，于是廣播的週率段亦達1500千週。這種週率較高的電波，在日間仍是賴地波傳導，所以廣播的距離亦不遠。迨日落天黑後，無線電波輻射的情形完全不同。除去地波外，還有一種天波。這種天波因為日落後天空中結集游子，組成電離層而發生反射作用，傳遞的距離較遠，所以在夜間常能收聽到距離較遠的電台。在這種情形下，除去增加輻射電力外，如果改用較高的載波週率，輻射的距離同樣可以增加。

無線電的技術在每日進步之中，所以載波週率亦能逐漸提高，這是現在盛行的短波（或稱高週率）。短波的傳播幾乎完全是依賴由天空反射的天波，夜間如此，日間亦然。所以短波廣播的距離，常是極遠，幾千里並不足為奇。不過短波的特性有：（一）傳播既是靠反射作用，常有距離近處聽眾收聽不到的電台，在距離較遠的地方反能收聽如意。（二）天空中的電離空層如果上下飄浮變動，收到的言語或音樂亦將時隱時現，忽響忽衰。這種現象的專門名詞是選擇性衰落。（三）載波週率越高或波長越短，選擇性衰減現象亦越顯。（四）短波最高的限度是10公尺或30兆週，廣播所用的週率不到此限度。（五）無線電波

週率過份提高，電波在天空將直穿而不反射，或反射而不能達到地球面上。

無綫電波實在是有點神祕，幾百里幾千里外來去無踪。凡是傳播所達的地方，雖有萬鈞之力亦阻止不着。房屋雖緊閉密縫，亦無聲無嗅的穿透自如。無綫電波不理睬地球上人爲的國家界限，凡是備有收音機的聽衆，均可自由收聽，平等享受。牠能給人快樂，牠更能傳播文化，但是還需要人們正確的提倡。

1.6 無線電接收的條件

在地球面上任何一處的空間，均充滿了各種性質的無綫電波。週率有高低，強度有大小。其來源固不相同，內容亦各異。聽衆對於這種複雜交錯的無綫電波，在接收之時，第一步必須設法能從波羣中自由選擇所需要的任何一電波，同時其他不需要的電波又必須不發生干擾現象。這種選波的問題，並不難解決，電感與電容的並聯諧振電路即可以利用。如果電感（用一綫圈）不變，電容量改變時，電路的諧振週率亦將有改變。當外來電波與並聯電路的振諧週率符合一致時，這電波即在並聯諧振電路產生一電壓。其餘電波因為週率不同，被摒而不起和諧作用。

諧振電路所應的電訊電壓與電台發射的電波完全相同，所以除去射週的載波外，還有二旁波帶。不過這種電壓極微，大約遠弱電訊的強度是50微伏（即0.00005伏），平均電訊約有5毫伏（即0.005伏），本地近電訊約達0.1伏，如果是強電訊則所應電壓亦可達2伏之值。

電波既經選出，次一步工作當是使人耳能發生感覺。這程序的第一步名是檢波或去調幅。方法是使旁波帶脫離載波的聯繫而回到波譜上原占的位置。故當外來電訊經過檢波器之後，如再查視其電壓波形，已僅有收到電波上半截餘剩，這上半截電壓波，原是旁波帶性質的代表，其輪廓亦完全循成音週率電波的形態變化，所以檢波器已將調幅作用除去。

檢波器輸出的電波雖已將音樂或言語的內容由射電週率恢復到成音週率的原位上，但這仍是電波，人耳感覺不到。于是第二步的工作是再將電波改變成聲波，普通的變換器材就是耳機或聽筒，因為電波的變化能激勵聽筒的薄膜，結果空氣及耳膜諧振共鳴，聲音乃告重生。現在為使多人收聽便利起見，還可用揚聲器以發聲。

無線電的收發並不神祕而是靈巧的。本章中所介紹的，僅是現階段技術中一小部份的事實，故不論是由聲波到電波，或由電波到聲波，過程中間均利用過成音週率及射電週率，又利用過載波及旁波帶。此外如調幅，如檢波，不但不可以缺少，即其實施，亦必須配合得當，方能得到美滿的結果。