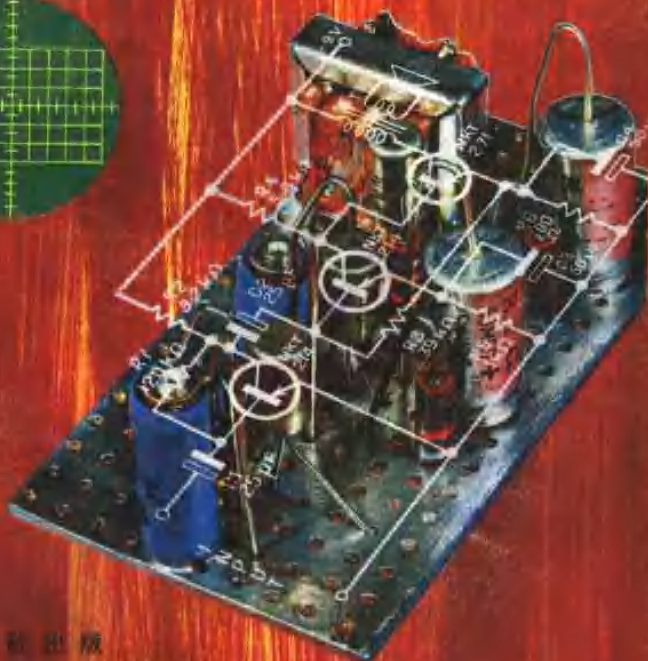
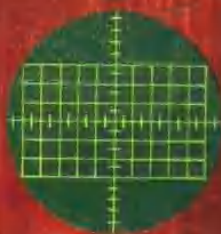


FM

超短波

收音機工作原理及修理

張 楊 熙 著



人民郵電出版社

FM收音機工作原理及修理

張松熙著

大光出版社有限公司

FM收音機工作原理及修理

著 者：張 松 熙

出 版 者：大光出版社有限公司
香港北角丹拿道52—58號A座二樓

承 印 者：志 豪 印 刷 公 司
香港柴灣祥利街七號
萬峯工業大廈十二樓A座

一 九 八 〇 年 四 月 版

版權所有・翻印必究

前 言

科學的發展是日新月異，尤其是無線電科學，日漸進步。收音機之改良亦不例外，由高放及再生機發展到調幅式超外差機，而至更優良的調頻(FM)式超外差收音機。前者之調幅式超外差機參考書本甚為流行，但FM收音機參考書籍稍為缺乏，筆者曾服務教學及在收音機製造廠工作多年，積累和搜集了一些實用資料而編寫成本書。

FM收音機之最大差異點是在其檢波部份，在本書中檢波電路之工作原理亦舉出多種例子分別說明。

全書共分三章，內容實際簡淺，適合一般程度閱讀，尤其是初學者更可作參考書本之用。

張松照

目 錄

第一章 FM 收音機工作原理

1. 概 說	1
2. AM 訊號及 FM 訊號之比較	1
3. FM 機之優點	4
4. AM/FM 機方塊圖	4
5. FM 機天線之安裝	5
6. FM 機射頻放大級及變頻級	7
7. 自動頻率控制 (AFC)	10
8. 採用獨立振盪之 FM 機電路	12
9. 中頻放大器	12
10. 限制級	13
11. FM 機 檢波器	19
(1) 振幅鑑別器	19
(2) 相移鑑別器	23
(3) 比率檢波器	31
① 平行式比率檢波器	31
② 不平行式比率檢波器	36
(4) 象限柵檢波器	38
12. 增強器及消強器	47

13. 聲頻放大器	49
-----------------	----

第二章 FM 收音機修理術

1. AM/FM 收音機之結構方塊圖	50
2. AM/FM 收音機實際電路圖	51
3. AM/FM 收音機修理步驟	54
4. FM 部份故障快速檢驗法	54
5. FM 機基本修理步驟	56
6. AM/FM 收音機之聲頻放大部份	56
7. FM 檢波級之故障及檢修	57
8. FM 限制級之故障及檢修	60
9. FM 中頻放大級故障及檢修	62
10. AM/FM 收音機之變週級故障及檢修	64
11. FM 收音機高放級之故障及檢修	68
12. FM 收音機電路上發生振盪測驗及檢修	70
13. FM 收音機故障分析表	71

第三章 FM 收音機之校準

1. 概 論	73
2. 在何種情況下需要重校手續	74
3. 校準零件之位置	74
4. 校準方法	75
(1) 利用 VTVM 及調幅訊號產生器校準相移鑑別器 輸入變壓器之方法	76
(2) 利用視覺法(示波器)校驗相移鑑別器 輸入變壓器之方法	78

(3) 用 VTVM 校準比率檢波器之方法	79
(4) 用視覺法(示波器)校準比率檢波器	80
(5) 用 VTVM 校準中頻變壓器	82
(6) 用視覺法(示波器)校準中頻變壓器	83
(7) 比率檢波器電路之中頻校準法	85
(8) 射頻部份之校準	86
(9) 靈敏度之測驗	88
(10) 試棒使用法	91
(11) 自動頻率的測驗	92

附 錄

1. 歐姆定律及其公式轉變	94
2. 有關電子單位	94
3. 電容器顏色表	95
4. 各式晶體管符號及腳別	97
5. 代真天線電路圖	97

第一章 FM收音機工作原理

1. 概 說

FM 接收機(Frequency Modulation Receiver)全名是超短波調頻式接收機。它除在調頻波道廣播及接收外，就是目前無線電視接收機之伴音系統，都是利用了這種良好設計之電路作為聲頻部份(Sound System)，其方式亦是與調幅式接收機(AM)利用了超外差式。關於「超外差」這三個字，相信讀者亦會明白它的工作原理，在此亦不準備加以詳述，須要說明的是如何稱之為調頻？用何種方式作檢波？其檢波之工作原理如何？以及 AM FM 兩者訊號之比較等，分別詳述如下：

2. AM訊號及FM訊號之比較

圖 1—1 表示由發射台之發射機振盪器所振盪出來之等幅射頻訊號(1000KHZ)，再經在咪高峯前用400 HZ 聲頻訊號加入後所調制之情形。從圖 1—1 可見，加入了400 HZ 聲頻訊號後，其等幅之射頻訊號即變為不等幅之訊號了，即跟

隨聲頻訊號之高低而變，而形成等幅不等，故稱為振幅調制 (Amplitude Modulation)，簡稱調幅(AM)。所以AM機之命名就是這樣定的。

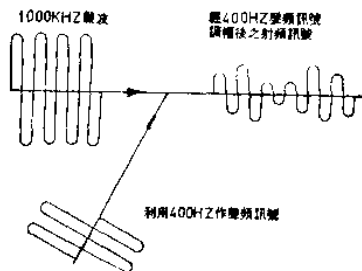


圖 1-1 AM訊號特性

圖 1-2 表示，亦是由 FM 發射台之 FM 發射機振盪器所振盪出來之射頻訊號(100MHz)，但它的差異點是：當加入了 400Hz 之聲頻訊

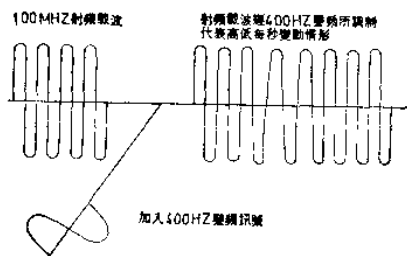
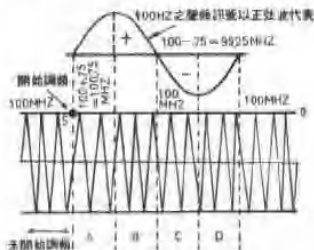


圖 1-2 FM訊號特性

號後，是不將射頻載波之振幅變動，而是將載波頻率跟隨 400 HZ 聲頻訊號發生增減而變，亦即是用 400 HZ 聲頻將 100 MHz (100 兆週) 載波調制時而使此載波頻率在每秒內由 100 兆週增高及降低變化 400 次，亦即是說因此而令頻率之移變，故被稱為調頻式接收機(FM)。

爲使讀者更能明白其調頻之意義，現再作圖示意如下。

如圖 1—3 示，我們更清楚地明白其調頻之意義。圖中之正弦波是代表 400 週之聲頻訊號，100 兆週 (MHZ) 是代表 FM 發射機振盪器所發出之載波訊號。當聲頻訊號未加入時，其頻率亦未起調變；當聲頻訊號加入時，S 點即起頻率變化，如 A 點示。當聲頻由 O 增至正方向最大時（正峯值），其頻率亦由正常值增至最大，即 $100 + 0.75 = 100.75$ MHZ。如 B 點示，



正常時，其頻率亦由最小值回復正常值(100MHz)。如此循環下去，頻移完全是隨聲頻正負方向變動而變，即起調頻(FM)作用。

在FM廣播波段中，其頻段是由88MHz至108MHz，而每台之波道為200KHz(0.2MHz)，最大頻移為150KHz(即 ± 75 KHz)，相當在100%調制。每一波道之頻段情形如圖1-4。

3. FM 機之優點

FM 式接收機有如下兩種優點：

①在我們收聽FM波段時，容易發覺很少有嘈音出現，能聽出清晰的音樂或語言，並沒有因雷閃電而引致一種嘈雜的「火花」聲，或吱吱聲(Whistles)或交流音(Hum)等。

②由於FM機在頻段中是採用較高的超短波調頻，故在FM機系統中，能保持一種極優良的聲音供給人收聽，即使將收音機聲音輸出較強(大聲)，亦不致引起損失傳真度。但值得注意的是，聲頻放大部份，如果聲頻放大級在設計上有所疏忽的話，亦會影響其優點。

4. AM/FM 機方塊圖



圖 1-5A AM機方塊圖

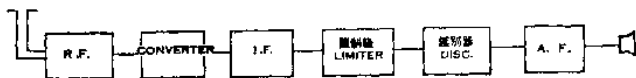


圖 1-5B FM 機方塊圖

從上兩個方塊圖可以看到，中放級(IF)之前是FM機與AM機大同小異，不同之處是在中放級(IF)之後。在圖1-5B中可以看出FM機中放級以後還有限制級(Limiter)和鑑別器(Discriminator)，而最特別和複雜之處亦是這兩個電路。至於其工作原理，以後會詳細述明。

5. FM 機天線之安裝

通常的FM機有些是裝有室外天線，但目前各製造廠家不論是入口或是本港製造者，由於經精工的設計，故不需安裝天線。如果是半導體機的話，祇在機本身加上一節節的伸縮天線就可接收到任何FM電台之訊號，因此本節關於天線的問題亦不準備多談，祇選出一些較為實用的作一詳述。

至於FM機天線的安裝，與電視機天線的安裝法大同小異，但是電視機是用畫面之清晰度來判斷天線之方向是否正確，而FM機則用聲音之強弱來判斷天線方向的正確與否。此種室外天線市面亦有出售，形狀與電視天線相似，參看圖1-6。

圖1-6，是一Dipole式天線，其兩端

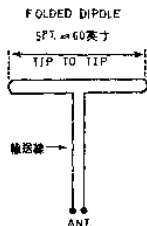


圖 1-6 天線圖解

是摺疊起來的，所採用之任何天線，定要在高低頻段有良好之響應，例如 FM 之廣播波段是由 88—108MHz 的。除此之外，我們又如何去決定其所需之長度呢？在這裏簡單說明一下，電視天線的製造，是採用 $\frac{1}{2}$ 波長作計算，FM 機亦是同樣道理，採用中段諧振點。例如 $88 + 108 = 196 \text{ MHz}$ ，如採用中段的話，則將 $196 \div 2 = 98 \text{ MHz}$ 。而 Dipole 天線之長度是採用 5,904 (常數) 除以中段之頻率，例如 98MHz，計算方式是： $5,904 \div 98 = 60$ 英寸 (兩尖端之間“Tip To Tip”)。

還有一主要因素我們要考慮的是天線的輸入阻抗 (Input Impedance) 一定要配合收音機之阻抗，有些 FM 收音機之阻抗是 73Ω 的，故此天線之輸送線 (Transmission Line) 亦要採用 73Ω ，此點與目前本港電視機天線一樣。

但有些 FM 收音機是 300Ω 的輸入阻抗 (購買時要詢問清楚)，遇上這種情形，我們可採用摺疊形之 Dipole 天線，如圖 1—6 示。上述因素決不能忽畧，如任意採用輸送線，其阻抗與收音機不配

合的話，便會損失音調或失真。

有些較袖珍型的 FM 收音機，通常亦需安裝室外天線。如圖 1—7 所示，是一種非常簡單之

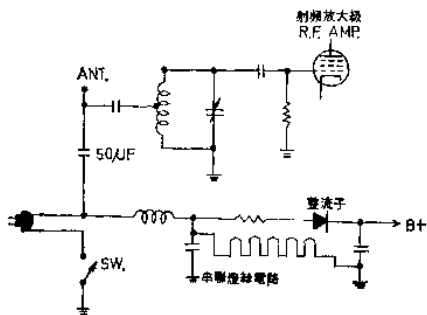


圖 1-7 代接天線法

代接天線法。方法是用一個 $50\mu\text{f}$ 的電容器，一端接在 FM 收音機射放級之輸入電路，另一端是接在電源線，利用電源線來代替天線，這個方法既簡單又安全。

交直流 (AC/DC) 式之 FM 收音機在安裝連接室外天線時更應特別留意，為安全計，通常在室外天線之連接點要有一隔離 (Isolated) 作用，其連接方法如圖 1-8。

圖 1-8 所示是 AC/DC 機天線安全連接法， C_1 及 C_2 用於隔絕其電源週率 (即開路 50Hz) 及讓 FM 訊號 (約 1MHz) 能經此電容通過，或稱高頻段導通器 (High Frequency By Pass)。電阻 R_1 及 R_2 作用於洩放 $C_1 C_2$ 所充之充電量，連接方法是與電容器作並

聯 (跨接電容兩端)。

此種裝置只可用在 AC/DC 兩用機之上，如有電源變壓器之收音機不需採用此法。

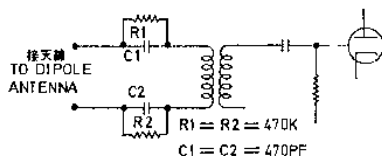


圖 1-8 交直流式收音機天線接法

6. FM 機射頻放大級及變頻級

FM 收音機之射頻放大級及變頻級，其作用是與 AM 收音機相同，所差異的是頻率問題，FM 收音機是採用超高頻段，故此一般製造廠商在設計時，首先應考慮用真空管或半導體管的重要問題，盡量選用極間分佈電容最少的，而有良好的隔離作用的，以免引起高頻振盪及因極間電容而所引致

的迴授現象(Feedback)否則會發生振盪及哨叫聲。

有些較為精細的廠家設計時，通常將此兩級另作安裝，四週加以封密隔離，這樣，在工作於高頻段來說就能獲得更優良的效果。其實際電路如圖 1—9 所示：

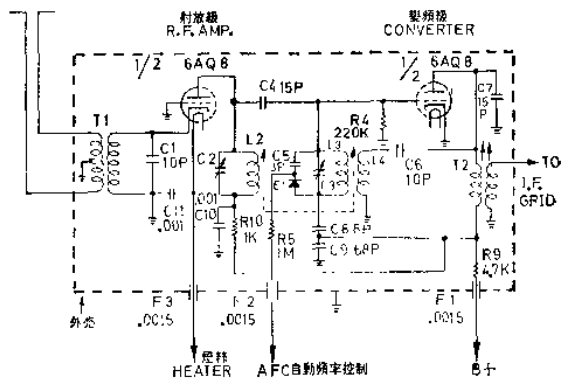


圖 1-9 FM 機射頻放級電路圖

圖 1—9 之 FM 機射頻放級及變頻級電路圖，採用 6AQ8 雙三極電子管，一邊三極作用於射頻放級 (R.F.Amp.) 另一邊三極用於變頻級 (Converter)。從圖中可以看出，RF 級之三極部份是採用柵極接地式 (Grounded Grid) 放大電路，原因是因三極管屏柵間之極間電容極為顯著，故對高頻工作來說，很容易發生迴授振盪。利用此式放大電路便能避免上述缺點，目前各式電子管式 FM 機或電視機之射放級多採用此方式。

圖中虛線所示是一外殼作為封閉之用， $F_1 F_2 F_3$ 是電容器，是連接於外殼及接地，作用於在電源線濾波之用。 C_{11} 是燈絲旁路電容，防止燈絲電路所引起之交流音。

天線輸入電路是經一輸入變壓器將天線所拾取之訊號交連至 6AQ8 之陰極，故被稱為陰極輸入式。

輸入變壓器(T_1)是一不調諧式，在設計時要考慮到有關頻帶，如 88—108MHz，FM 機之廣播波段。

L_2 、 C_2 是作並連成為一諧振電路，接於 6AQ8 之屏極電路，作用於欲想調諧至所理想接收之電台訊號，而 L_2 之製造是用一銅線繞成約三至四圈， C_2 亦是一可調整式補償電容(Trimmer)，作用於校準之用(如何校準，下章詳述)。

在 RF 級之屏極電路中，還接着一電容器(C_4)，作用於將 RF 級所放大之射頻訊號通過此電容(C_4)而交連至混週級(Mixer)之柵極。

另一三極部份是擔任變頻級(Converter)，其中包括有本機振盪及混週級(稱為變頻級)。屏極所輸出之訊號是經由電容器(C_6)迴授至線圈 L_4 。藉此迴授訊號而感應交連至線圈 L_3 。由於 L_3 是與 C_3 並聯相接，因此接受了由 L_4 感應交連之訊號後，即形成有連續性之變動而發生振盪，此訊號是交連至 6AQ8 之柵極電路(稱為混週)，再在屏極輸出之中頻訊號(10.7MHz)經 T_2 初次級之感應交連而輸至中頻放大級之柵極電路(I F Grid)，加以放大，此點實與 AM 式收音機超外差原理相同。

