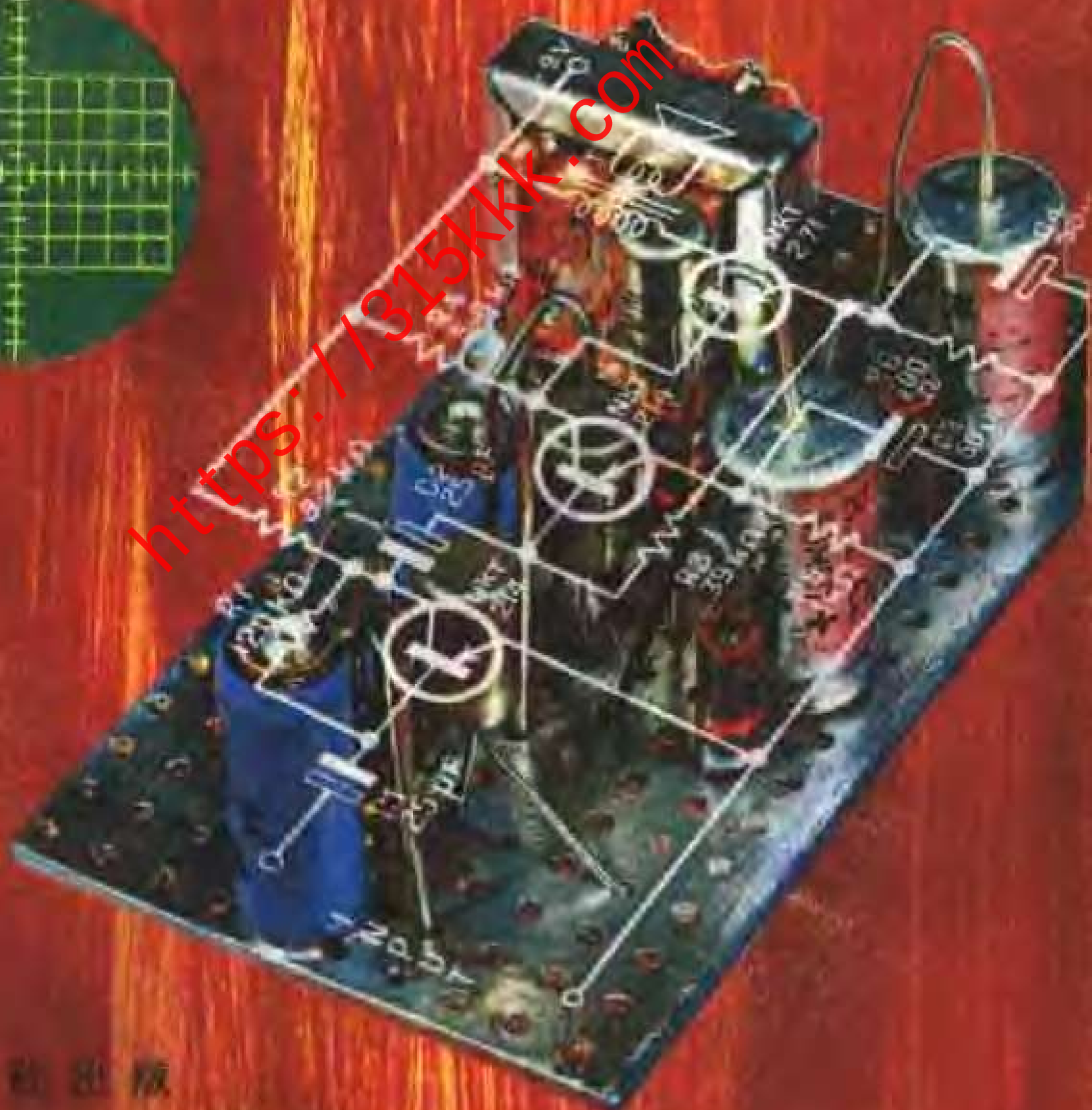
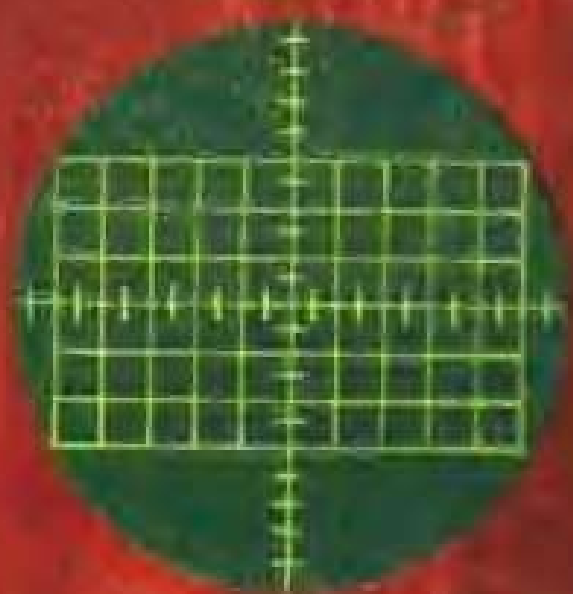


FM

超短波

收音機工作原理及修理

張松熙著



人民郵電出版社

FM收音機工作原理及修理

張松熙 著

<https://315kkk.com>

大光出版社有限公司

<https://315kkk.com>

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 熙

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.....	89
(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。

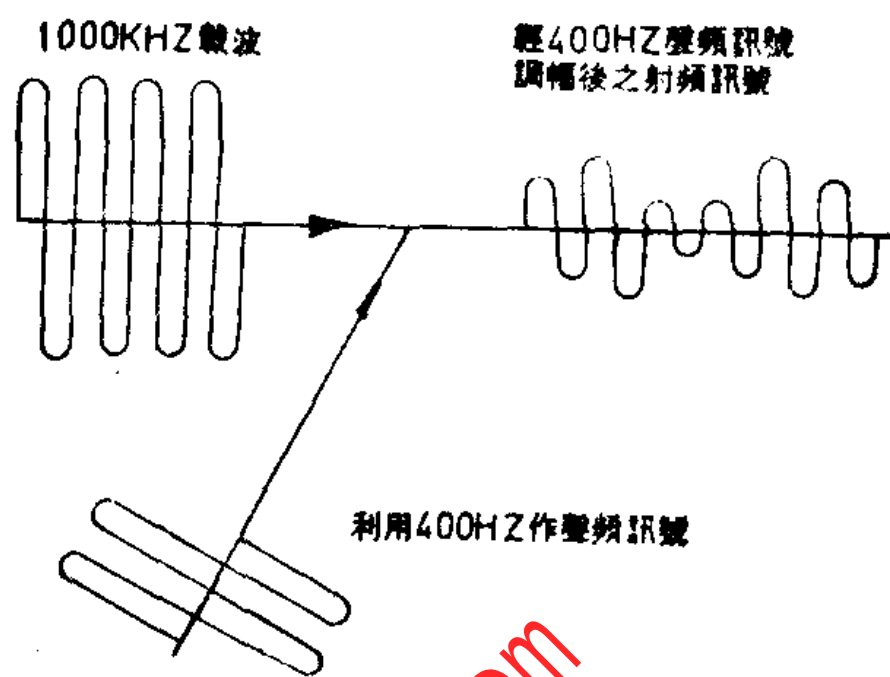


圖 1-1 AM訊號特性

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

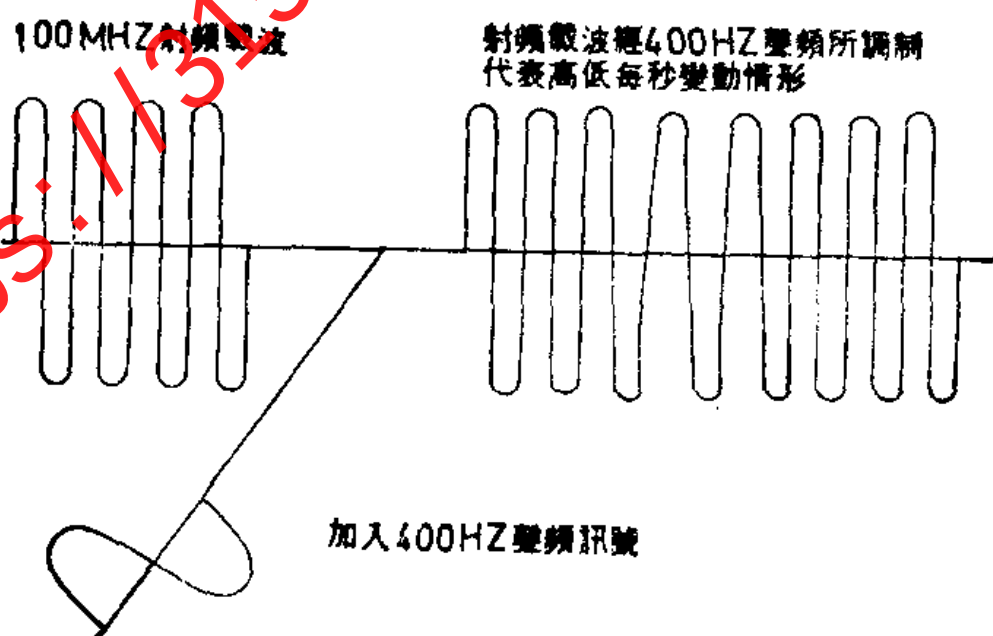


圖 1-2 FM訊號特性

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 0 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，當聲頻由正峯值降至爲 0 時，其頻率亦由最大回復爲正常（100MHZ）；第二循環（C 點）當聲頻訊號由 0 向負峯值降至最大時，其頻率亦由正常值減至最小值，即 $100 - 0.75 = 99.25$ MHZ。又如 D 點示，聲頻訊號由負峯值降至

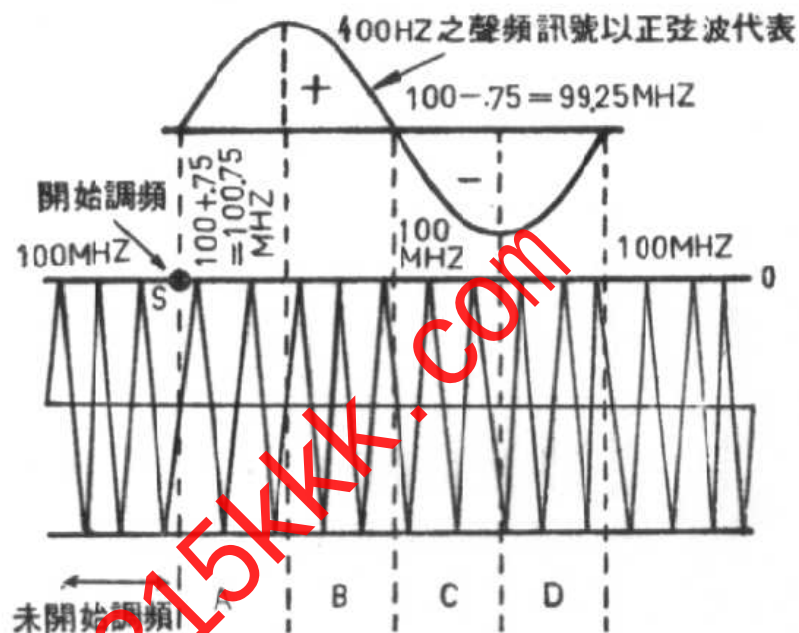


圖 1-3 調頻方法圖解

至爲 0 時，其頻率亦由最大回復爲正常（100MHZ）；第二循環（C 點）當聲頻訊號由 0 向負峯值降至最大時，其頻率亦由正常值減至最小值，即 $100 - 0.75 = 99.25$ MHZ。又如 D 點示，聲頻訊號由負峯值降至

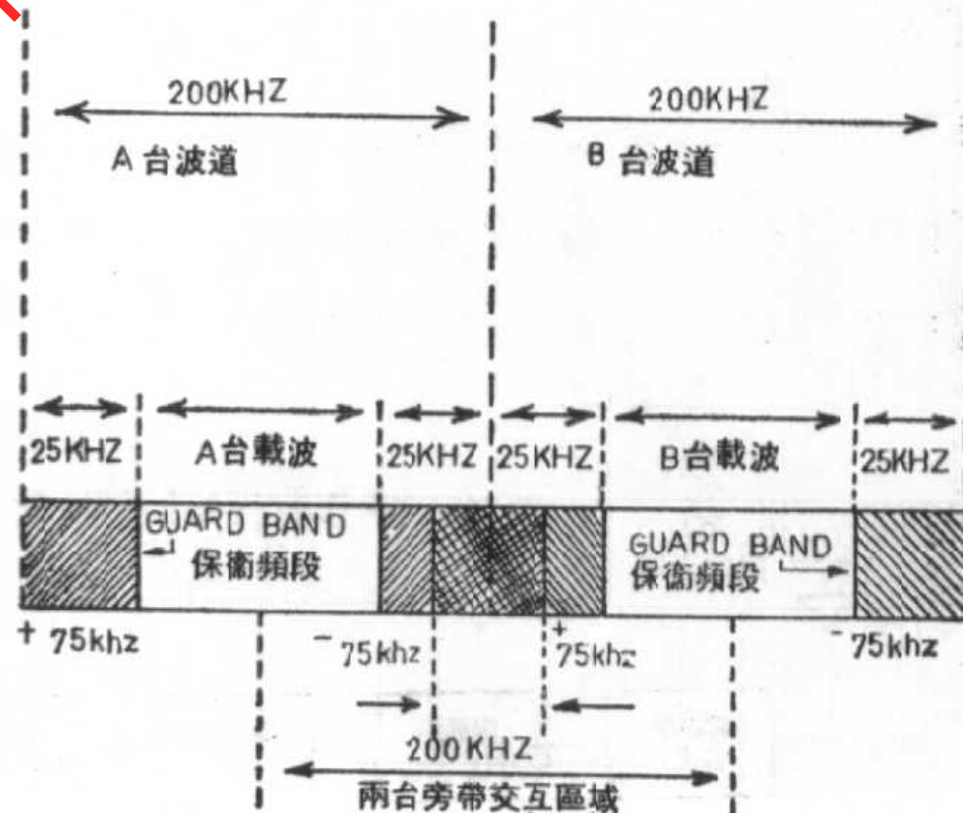


圖 1-4 各波道頻率示意圖

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88 MHz至108 MHz，而每台之波道為200 KHz (0.2 MHz)，最大頻移為150 KHz (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，並沒有因行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)，並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

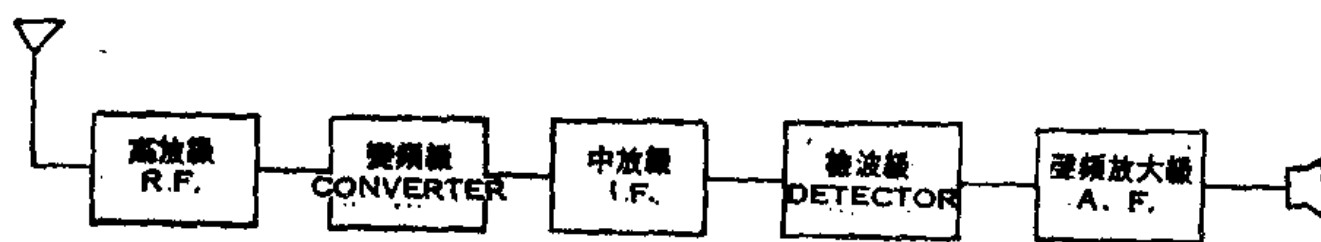


圖1-5A AM機方塊圖

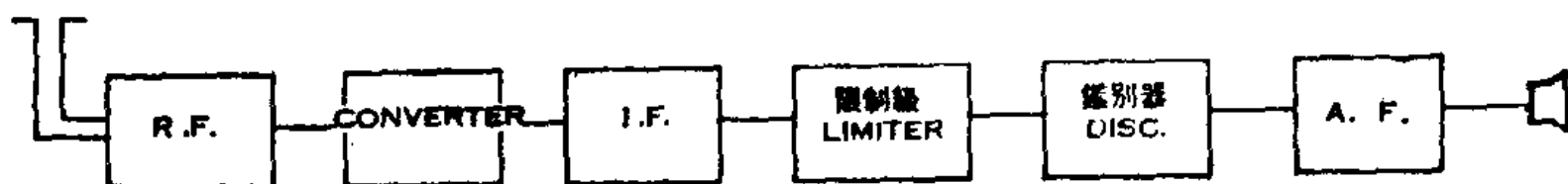


圖 1-5B FM機方塊圖

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

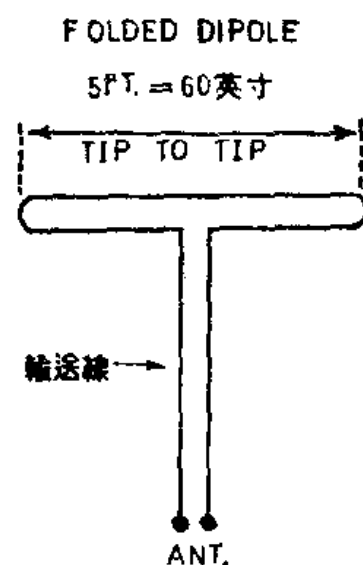


圖 1-6 天線圖解

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： $5,904 \div 98 = 60$ 英吋 (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

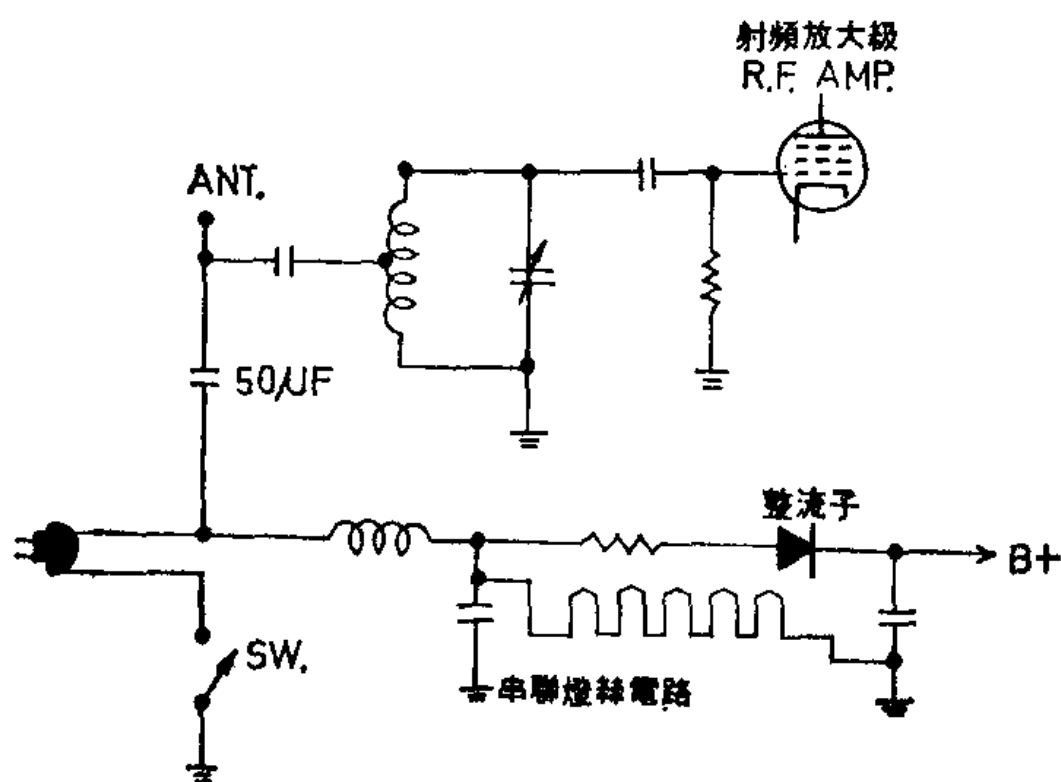


圖 1-7 代接天線法

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。

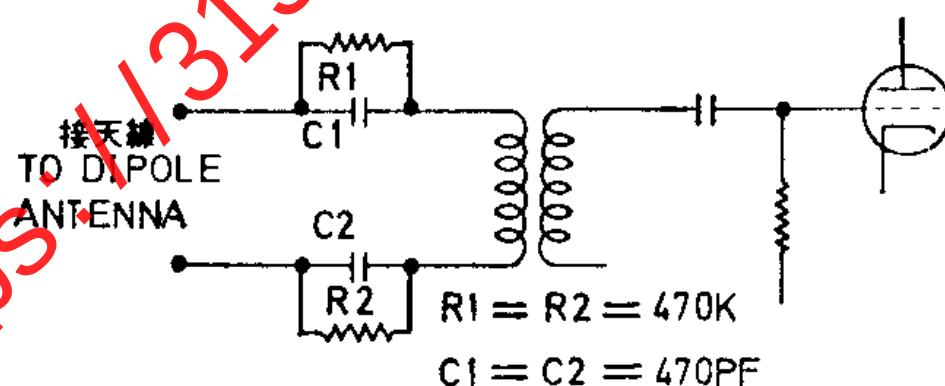


圖 1-8 交直流式收音機天線接法

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：

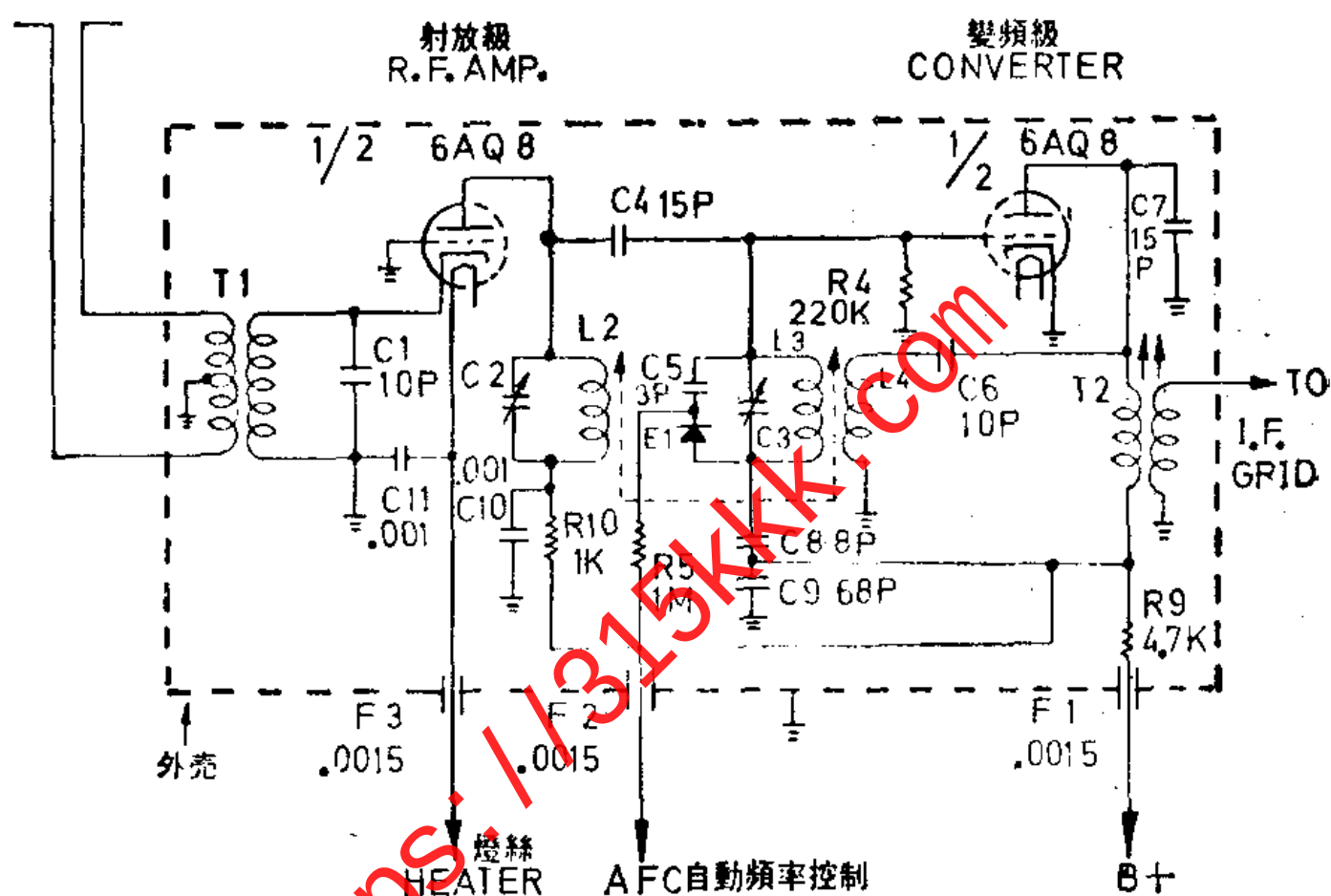


圖 1-9 FM 機射放級電路圖

圖 1—9 之 FM 機射於級及變頻級電路圖，採用 6AQ8 雙三極電子管，一邊三極作用於射頻放大級 (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爲封閉之用， $F_1 F_2 F_3$ 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，故被稱爲陰極輸入式。

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

L_2 、 C_2 是作並連成爲一諧振電路，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（稱爲變頻級）。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（稱爲混週），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。

7. 自動頻率控制

在高頻段之 FM 收音機中，通常要維持其諧振電路所振盪出的頻率不易受訊號強弱而引致變化。例如在訊號頻率正常時，其度盤所指示的位置亦正常，收音亦正常；但當訊號頻率增高或減低時，便會引起振盪頻率之變化，此時電台位置亦會發生偏移，如不再將度盤加以旋轉的話，揚聲器所輸出的聲音亦會因電台台位不正而引起雜音或有失真的感覺，此種現象通常會增加收聽者的困難，因此在設計電路上我們應考慮到自動頻率控制(Automatic Frequency Control)電路。在 AM 收音機中，亦有自動音量控制電路(即 A.V.C.)。設有自動頻率控制電路之 FM 收音機，在訊號頻率強或弱時亦能通過此一電路加以補償作用，因此可避免我們用人工再次旋轉度盤之麻煩，通常簡稱為 A.F.C.。其工作過程以下詳述。

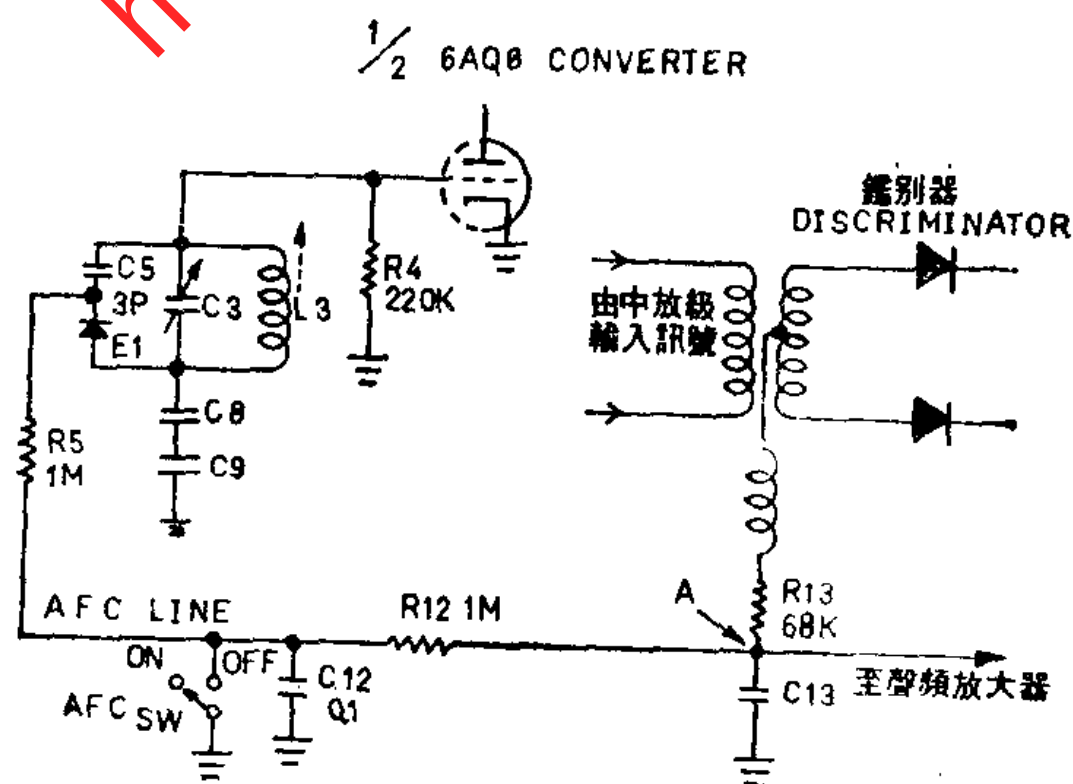


圖 1-10 自動頻率控制電路(AFC)

如圖 1—10 所示，是一自動頻率控制實際電路圖，自動控制作用是由晶體二極管擔任完成。 L_3 、 C_3 是並聯接成一諧振電路，決定其振盪所需頻率，而晶體二極管是與電容器 (C_5) 串聯後再跨接 C_3 之兩端，當電壓供給於晶體二極管後，便藉此改變電容器 (C_5) 之容量，由於 C_5 是跨接在 C_3 、 L_3 之諧振電路中，當容量變化時，其振盪頻率亦隨之而變化而完成自動頻率控制作用。至於其電壓又從何處可獲得呢？從圖中可以看出，在 FM 檢波電路中或鑑別器 (Discriminator) 電路中經電阻 R_{13} 及 R_{12} 再經 R_5 而迴授到達晶體二極管 (E_1)。而 AM 接收機之自動增益控制 (A.G.C.) 或稱自動音量控制 (A.V.C.)，亦是由檢波後所輸出之訊號電壓經電阻迴授至變頻級或中放級而完成自動控制作用。

在 FM 收音機中，當振盪頻率諧振在正常時，“A”點對地應為零電位，而鑑別器所輸出之訊號亦屬正常。

假如 FM 收音機之振盪頻率稍為增加或減少時，其鑑別器或比率檢波器 (Ratio Detector) 之輸入變壓器之訊號電壓亦不能獲得平衡，在聲頻 (AF) 之輸出點 (A) 亦會趨向正或負電位，因此頻率亦跟隨變至高或低。例如振盪頻率變高時，其鑑別器所輸出之電壓使 A 點對地為正，再經 R_{12} 及 R_5 迴授至晶體二極管，使其電壓將較固有者為負，亦使其振盪電路所振出的頻率回復正常。

例如振盪頻率變低時，其鑑別器所輸出之電壓使 A 點對地為負，此時晶體二極管之電壓將較固有者為正，亦使其振盪頻率回復正常，而 AFC 之工作亦藉此起了作用。

8. 採用獨立振盪之 FM 機電路

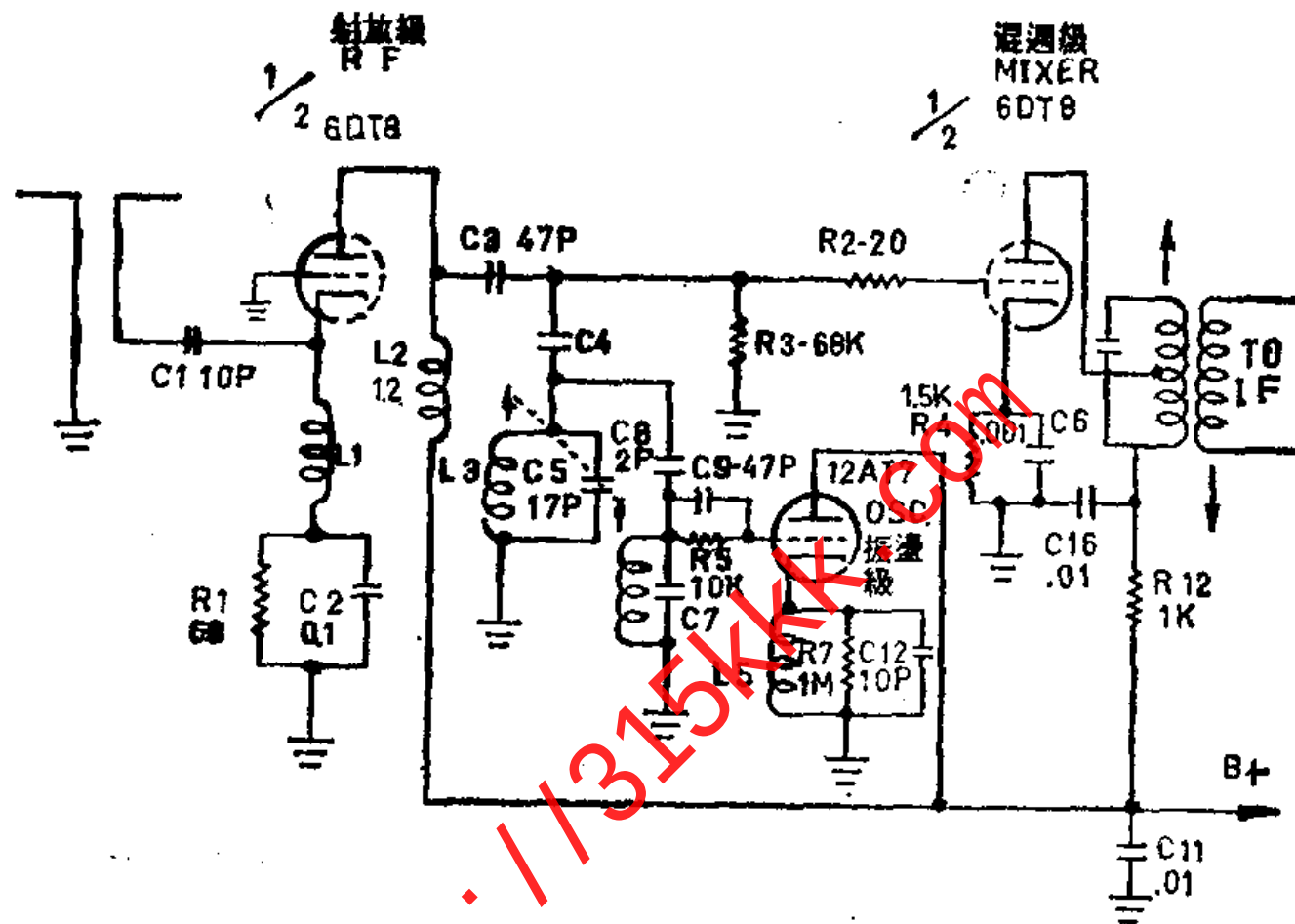


圖 1-11 採用獨立振盪之 FM 機電路

圖 1—11 所示，採用了一三極管擔任振盪 (12AT7)。射放級 (RF) 仍是採用一三極管，並採用柵極接地式，另一 $\frac{1}{2}$ 6DT8 則用於擔任混週級 (Mixer)。其振盪之訊號經電容器 (C4) 交連輸至混週級之柵極，在混週級屏極電路所輸出之訊號便是一固定的中頻訊號 (10.7 MHz) 了。經在屏極所接好的中頻變壓器 (I.F.T.) 而交連至中放級加以放大。

9. 中頻放大器

圖 1—12 是 FM 機之中頻放大器實際電路，電子管採用

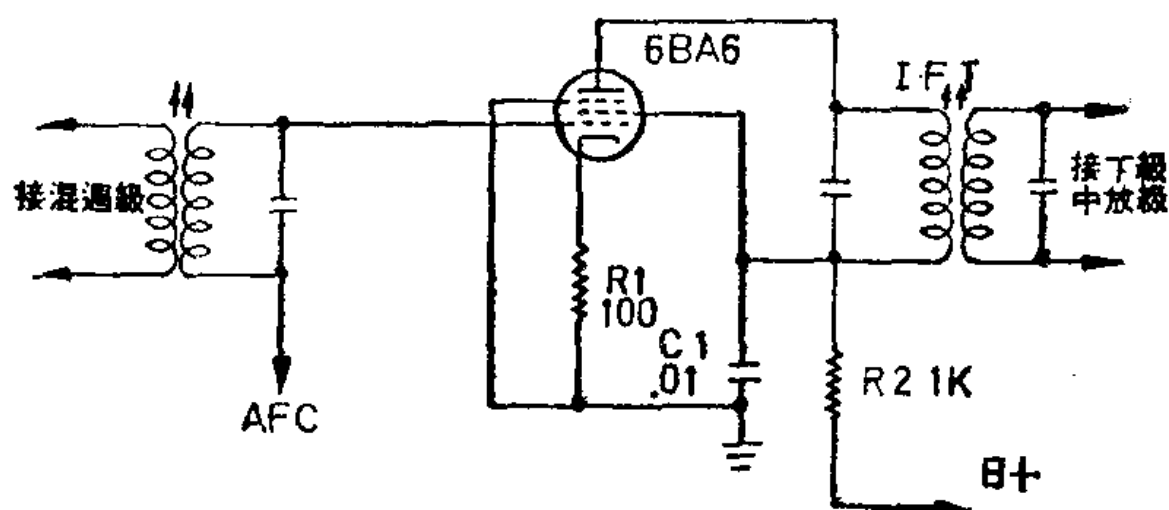


圖 1-12 中頻放大器電路

了最新式的 6BA6 擔任放大作用，線路圖是與 AM 收音機相似，所差異是中頻變壓器 (IFT) 之頻率。大家知道，AM 收音機是採用 455 KHZ 作為選用中頻頻率，而 FM 機則採用 10.7MHZ，兩者比較是 FM 收音機之頻段較 AM 收音機為闊，因此在 FM 收音機多用採用二至三級作中頻放大級，否則增益是不符合理想。

電阻 R_1 與電容 C_1 是一退交連電路，作用於防止有汽船聲。

10. 限制級

上面談及到 FM 收音機之射放級、變頻級及中頻放大器等，只是作一簡畧的敘述，因為這數級之工作原理實與 AM 收音機大同小異，差異點是採用頻率高低之問題，如讀者對 AM 收音機原理有基礎的話，對 FM 機亦不難領畧其工作原理的。

FM 收音機與 AM 收音機的最大差異點是 FM 機在中頻

放大級之後，有限制級(Limiter)及 FM 檢波級。現先將限制級的工作原理詳述如下。

在 FM 發射台所發射之訊號，是一種等幅發射訊號。但在市區，在傳播的途徑中，通常會受某種環境而發生有嘈音干擾，如一般家庭電器雜音等，此種嘈聲之加入就好像加入另一的聲頻訊號而令等幅發射訊號中發生振幅的變化，這種變化是不規則的，因此，在收音機中即成為雜聲而引致訊號嘈音比 (Signal To Noisy Ratio) 的惡化，為避免此一缺點，如果採用鑑頻器 (Discriminator) 作 FM 檢波電路的話，就必需在末級中放級加設一級限制級，如圖 1—13 所示：

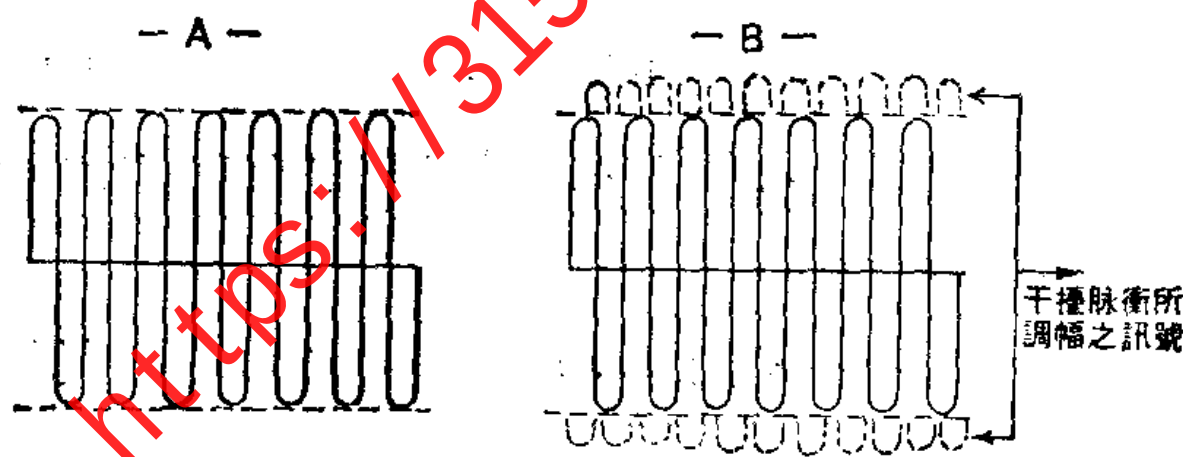


圖 1-13 訊號之比較

在未談及限制級之前，首先應說明嘈音訊號情形，如圖 1—13A，是由 FM 電台所發射出來之等幅 FM 訊號；又從圖 B 所示，即為被靜電干擾（包括家庭電器）脈衝所調幅之 FM 訊號，此種嘈音是含有 AM 成份的，在輸入鑑別器電路時，使輸出電壓亦隨 AM 成份而變，因此嘈音亦出現了。唯一的辦法是另設一限制級加以限制。

其工作原理是：當沒有訊號輸入時，限制級之柵極對陰

極電位爲零，但當中頻訊號(10.7 MHz)在正半週輸入時，即使柵極對陰爲正，此時即有柵流而將電容器(C)充電至峯值(Peak Value)。但當負半週之中頻訊號輸入時，柵流即失去。此時，貯在電容器(C)間之電荷即經電阻(R)放電(Discharge)。放電電流通過電阻(R)而在電阻兩端產生一電壓降(E_c)，

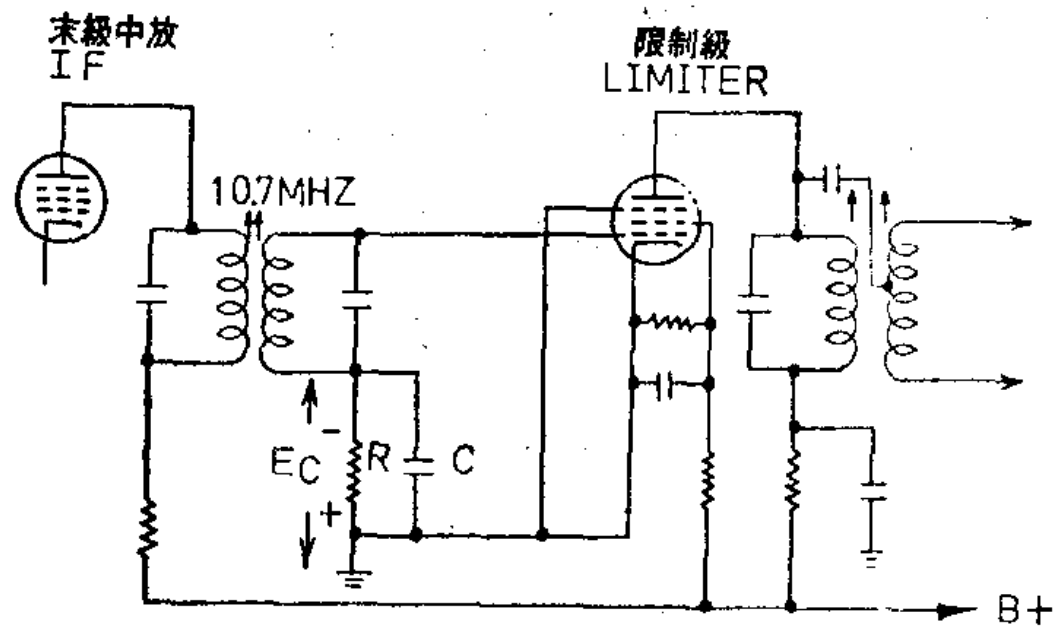


圖 1-14 採用自給偏壓限制法電路

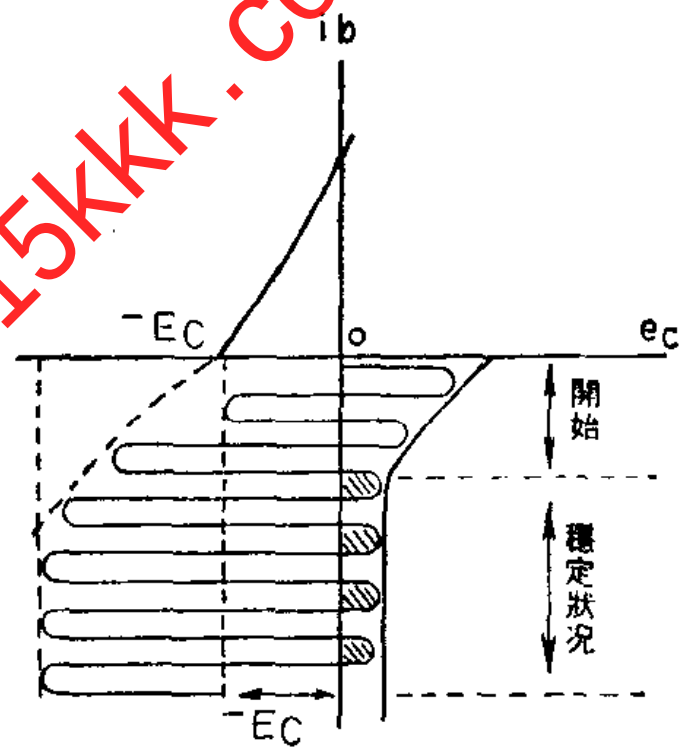


圖 1-15 限制級工作特性

此極向是令柵極對陰極爲負。又當中頻訊號在第二週之正半週輸入時，直至正電壓大於跨過電阻及電容器(R-C)間之負電壓(Negative Voltage)而再次使柵極帶有正電位(Positive Voltage)，再重置柵極電流而再將電容(C)充電至峯值，當第二週之負半週中頻訊號輸入時，柵極電流又告消失，於是，電容器(C)又經電阻(R)放電，如此重覆循環下去，經過若干週變換之後，跨過電阻與電容器(R-C)間之

偏壓可維持一穩定狀態，而在每一正峯值部份使柵極帶正，使電容器(C)充電，以彌補在已放去之電荷而達到穩定。

當輸入之中頻訊號是正常時，跨過電阻及電容(R-C)間之工作偏壓(Operation Bias)亦保持正常，使輸出之訊號保持振幅不變，如圖 1-16；又當輸入之 FM 中頻訊號突受嘈音訊號加入引致脈衝干擾，而將振幅突然增高時，電子管之工作偏壓

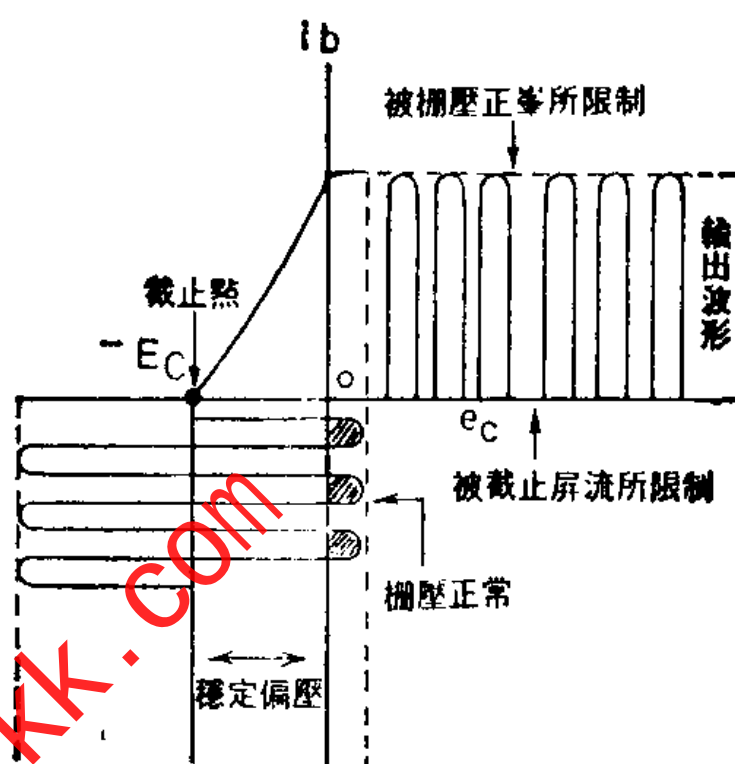


圖 1-16 輸出保持正常

($-E_c$)亦隨之而增加至($-E_{c1}$)，但限制級之作用亦會在此種情形中令柵壓之正峯保持穩定，使輸出訊號同樣可以保持等幅，不致有嘈音出現，如圖 1-17所示。

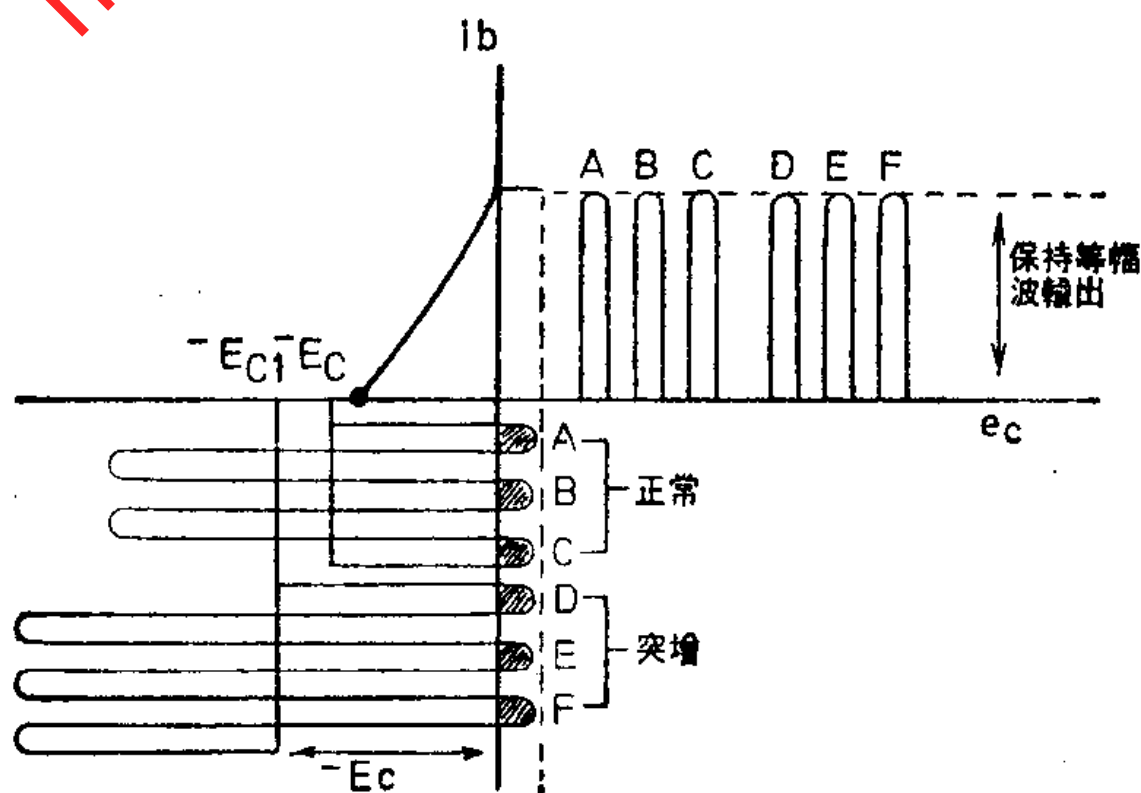


圖 1-17 訊號突增時而被限制級限制後保持等幅輸出

當 FM 訊號輸入突受嘈音脈衝干擾而減低時，電子管之偏壓亦隨之而減，由 $-E_c$ 減至 $-E_{c2}$ ，使柵極電壓正峯保持常數，使輸出訊號同樣可以保持等幅，如圖 1—18 所示。

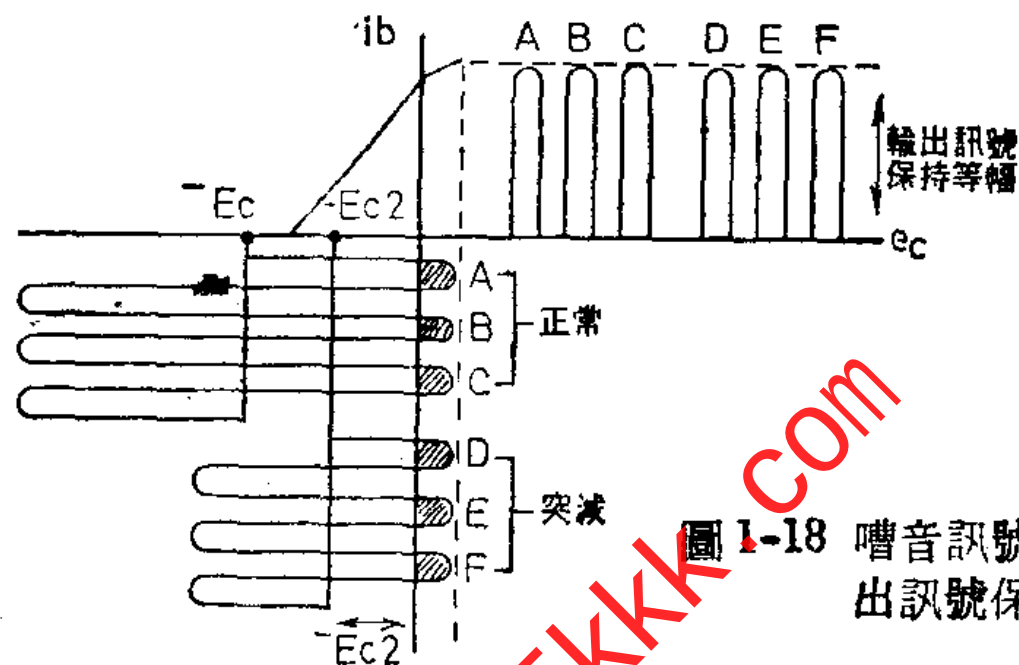


圖 1-18 嘈音訊號減低時輸出訊號保持等幅

綜合上述，不論輸入訊號正常，受嘈音干擾突增，及受嘈音干擾突減，有了限制級都能限制一切的干擾，使輸出訊號永遠保持等幅，這就是採用了限制級之區別。

但在限制級電路中，如採用自給偏壓限制電路(圖 1—14)，其缺點有：因 $R-C$ 間之時間常數對於極迅速變化之干擾脈衝訊號所產生之響應不甚靈敏，常使輸出訊號含有 AM 成份在內，為徹底改正以上缺點，因此可採用低工作電壓限制法，其電路圖如圖 1—19 所示。

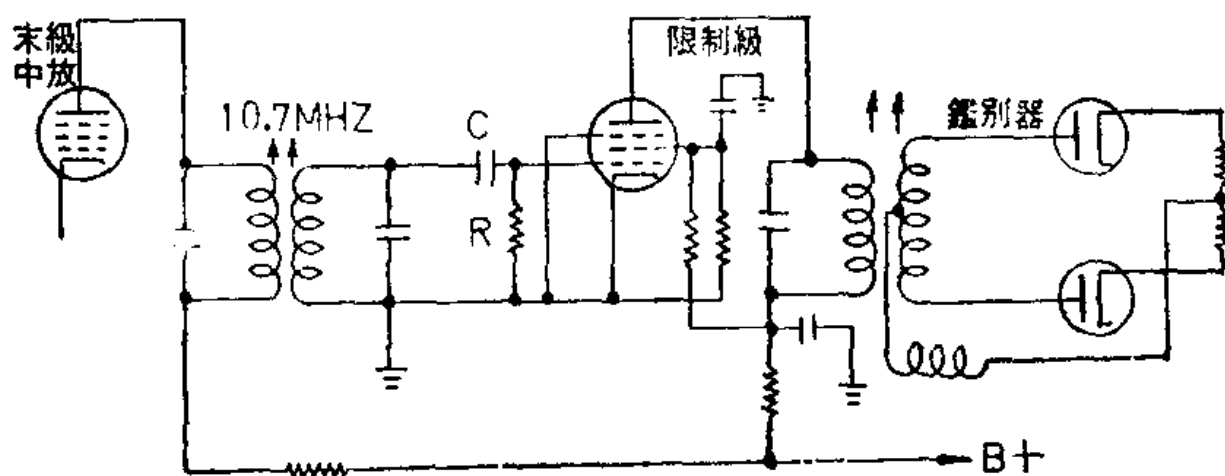


圖 1-19 低工作電壓限制法電路圖

從圖 1—19 示，低工作電壓限制法與自給偏壓限制法之區別是：將電容器 (C) 移至與中頻變壓器 (I F T) 之次級串聯而接至限制級柵極，電阻 (R) 亦移至近柵極，其中一端落地，這是一非常普通的接法。

電子管各極之工作電壓愈低，其屏流截止點所需之負偏壓亦愈低，同時屏流飽和點亦愈低，故被稱為「低工作電壓」，其特性曲線如圖 1—20 所示。

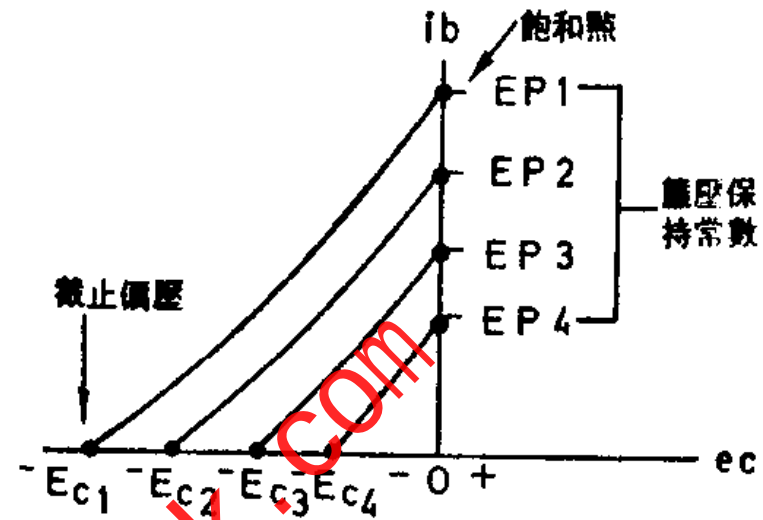


圖 1-20 各極電壓、特性曲線

在圖 1—20 中，偏壓 $-E_{C1} > -E_{C2} > -E_{C3} > -E_{C4}$ ， $E_{P1} > E_{P2} > E_{P3} > E_{P4}$ 。將屏至簾極之工作電壓降低後，雖然犧牲了放大增益，但可獲得良好之限制效果，使嘈音干擾不論在增、減之情形下，其輸出均能保持等幅，而沒有 AM 成份存在。請參看圖 1—21。

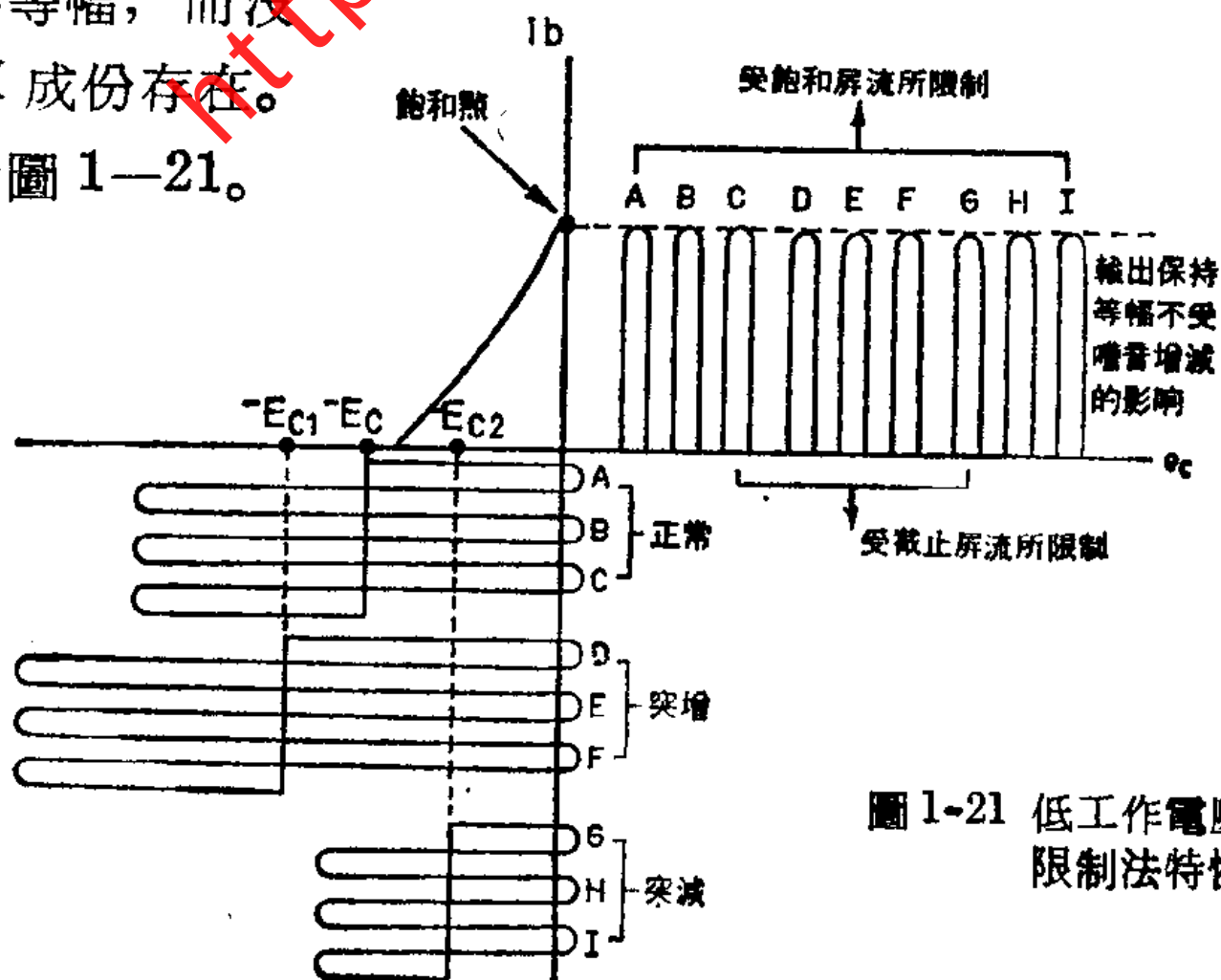


圖 1-21 低工作電壓限制法特性

11. FM機檢波器

上述曾提及 FM 機檢波器是與 AM 機檢波器有極大之差別，而在 FM 收音機中不可以忽畧之 FM 檢波原理，目前不論電視機之聲音系統及 FM 式收音機所採用之檢波電路大致分：

振幅鑑別器 (Amplitude Discriminator)；相移鑑別器 (Phase-Shift Discriminator)；比率檢波器 (Ratio Detector)，又分爲：①平行式比率檢波器 (Balanced Ratio Detector)；②不平行式比率檢波器 (Unbalanced Ratio Detector)；象限柵檢波器 (Quadrature Grid Detector)。工作原理分述如下。

(1) 振幅鑑別器

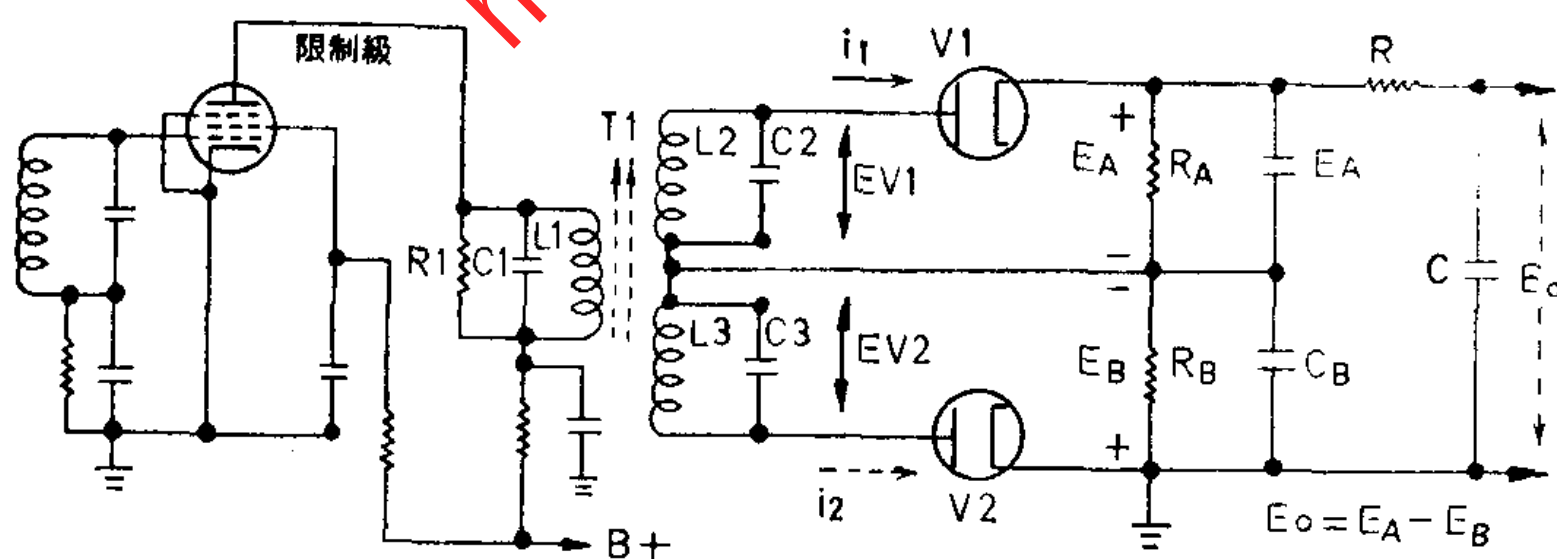


圖 1-22 振幅鑑別器實際電路圖

圖 1—22 振幅鑑別器之電路組織零件包括有：輸入變壓器 (T_1)， $C_1 L_1$ 組成一初級諧振電路，諧振範圍爲 $\pm 75\text{KHz}$ 。

R_1 是跨接在 L_1C_1 諧振電路之兩端，作用於穩定 L_1C_1 之諧振範圍及減低其 Q 值，使有較理想之平頂範圍。 Q 值之公式是： $Q = \frac{2\pi FL}{R}$ 。

L_2C_2 組成爲次級圈，接在 V_1 之輸入電路，其諧振頻率爲 10.8MHz； L_3C_3 亦組成爲次級圈，亦是接在 V_2 之輸入電路，其諧振範圍則爲 10.6MHz。 V_1V_2 是一雙二極管，一般用 6AL5, EB91，或可用二枚晶體二極管代替之，此電路亦可稱爲推挽式檢波電路。 R_A 及 R_B 是加載電阻， C_A 及 C_B 是濾波電容器， EV_1 是輸入 V_1 之訊號電壓， EV_2 是輸入 V_2 之訊號電壓，而 E_A 則是 V_1 之輸出電壓， E_B 則是 V_2 之輸出電壓， E_o 是該電路輸出之總電壓， $i_1 i_2$ 分別是流入 $V_1 V_2$ 管之電流。由於輸入變壓器(T_1)是包含有三組線圈，一組是初級，另兩組是次級，現將其響應曲線示意如圖 1—23。

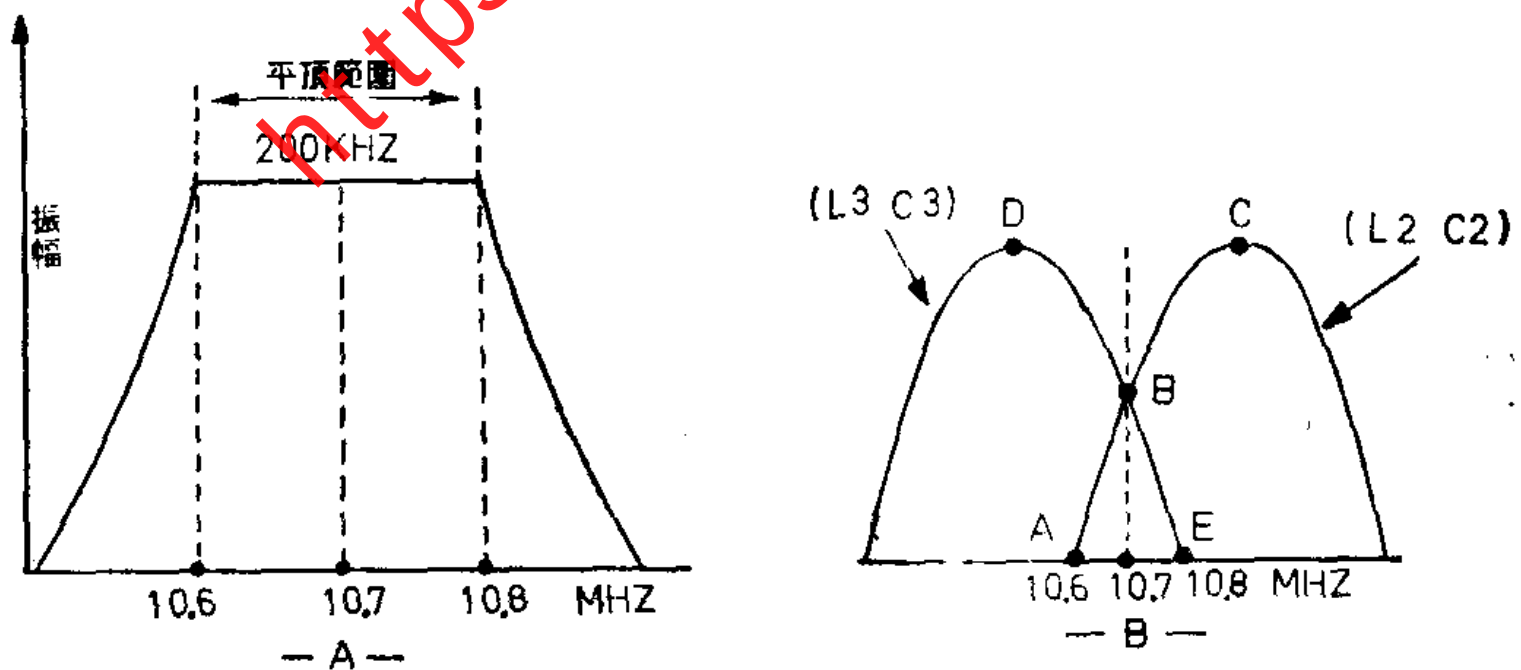


圖 1-23 變壓器之響應曲線

圖 1—23A 爲初級圈之諧振響應曲線，B 則爲兩次級圈之諧振響應曲線，10.7MHz 是 FM 中頻之中心頻率，其高低

之變動則為 10.8MHz 及 10.6MHz，前者稱為 $\Delta + F$ ，後者稱為 $\Delta - F$ (Δ = 變化之意思)，故為 $\pm 0.1\text{MHz} = 0.2\text{MHz} = 200\text{KHz}$ ，稱之為 200KHz 之平頂範圍(圖 A 示)。

而兩次級之線圈是與初級線圈作電磁耦合，在線圈的繞圈方法上剛好使其次級感應電壓 EV_1 和電壓 EV_2 互成倒相。 L_2C_2 電路的電壓(EV_1)在 10.8MHz 時最大，而 L_3C_3 電路的電壓(EV_2)在 10.6MHz 時最大。

現設當輸入之訊號為正常時，即當 FM 電台沒有開始廣播節目之前，所發射之訊號為純等幅載波，而收音機變頻級之輸出中頻訊號等於其中心頻率(10.7MHz)，此時，鑑別器之輸入變壓器 (T_1) 初級所輸出的電壓是在 10.6—10.8 MHz 範圍內保持常數。

又因 L_2C_2 之諧振電路為 10.8MHz， L_3C_3 之諧振電路諧振點是 10.6MHz，當 10.7MHz 輸入時，兩者因是互成倒相，結果其感應電壓亦相等。在圖 1—23B 之響應曲線可以看出，剛好是在 B 點上。此時，兩管之電壓為：

$$EV_1 = EV_2, V_1 = V_2, \text{ (兩管之特性相同)}$$

$$i_1 = i_2, R_A = R_B, E_A = i_1 R_A, E_B = i_2 R_B,$$

於是 $E_A = E_B$ ，在輸出線電壓(E_O)來說，則：

$$E_O = E_A - E_B = 0, \text{ 即表示無聲頻輸出。}$$

當電台開始廣播節目時，聲頻即將射頻加以調頻，而收音機變頻級所輸出之中頻訊號亦會跟隨聲頻而變，現假定外來之 FM 訊號使中頻由中心頻率 10.7MHz 向 10.75MHz 增加時， L_1C_1 之輸出電壓保持常數，但 L_2C_2 之感應電壓便

如圖 1—23B 所示，由 B 點向 C 點增加，而 L_3C_3 之感應電壓則由 B 點向 E 點下降，於是 EV_1 及 E_A 漸增，而 EV_2 及 E_B 則漸減，在兩電路之輸出總電壓則為： $E_O = E_A - E_B =$ 正壓，瞬值輸出。例如，在輸入頻率正常時， $EV_1 = EV_2 = 5V$ ，當頻率在增至某瞬值上，而使 EV_1 及 E_A 由 $5V$ 增至 $7V$ ，而 EV_2 及 E_B 由 $5V$ 減至 $3V$ ，此時，電路之輸出總電壓為： $E_O = E_A - E_B = 7 - 3 = 4V$ 即代表聲頻之正半週瞬值輸出。

當外來之 FM 訊號使中頻由中心頻率 $10.7MHz$ 向 $10.65MHz$ 減少時，此時， L_1C_1 之輸出電壓亦是保持常數，但 L_2C_2 之感應電壓則由 B 點向 A 點下降，而 L_3C_3 之感應電壓則由 B 點向 D 點增加，於是 EV_1 及 E_A 正與上述相反

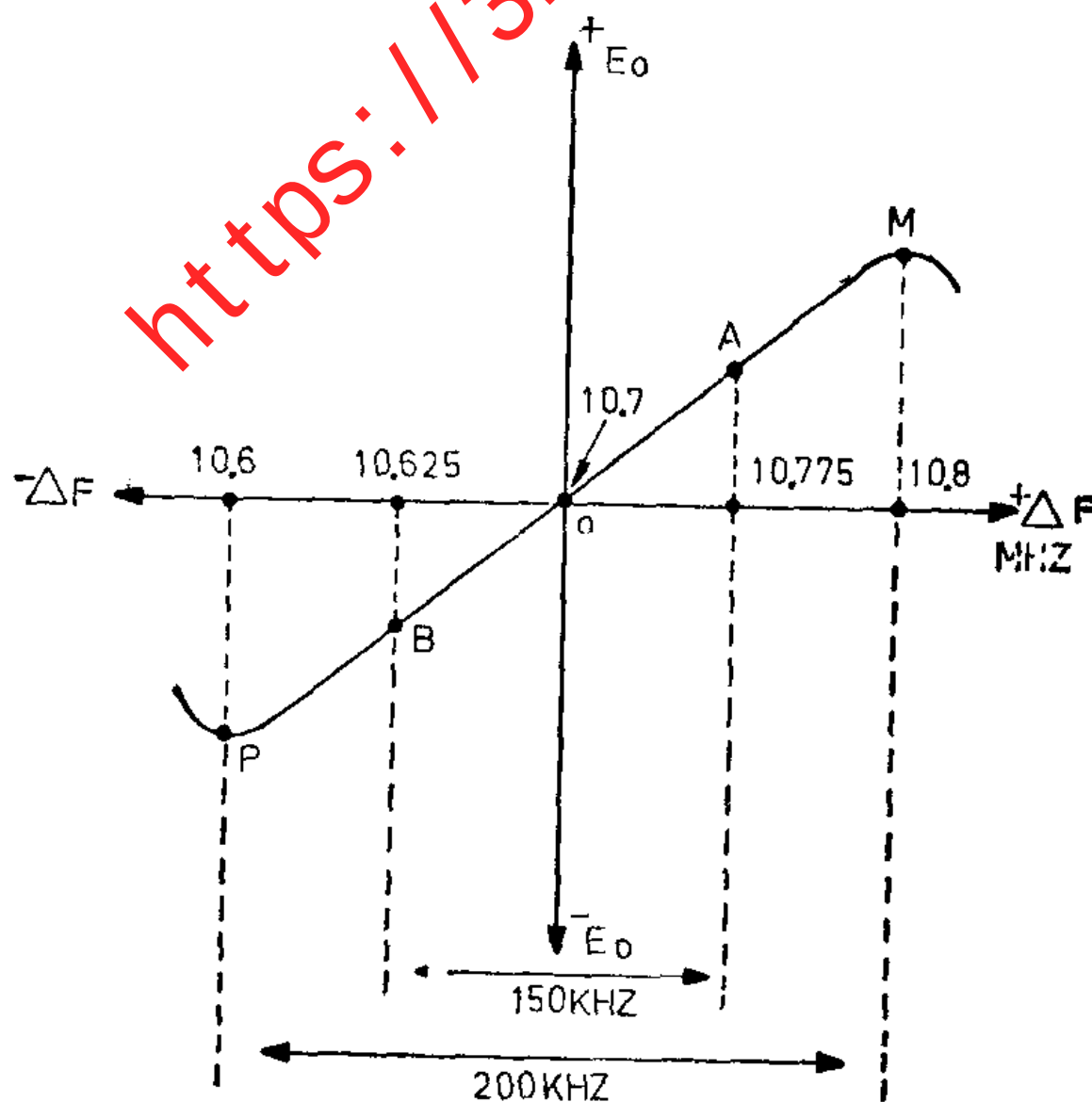


圖 1-24 檢波級輸出之“S”形

(即漸減)，而 EV_2 及 E_B 則增加，此時電路上所輸出之總電壓(E_O)爲： $E_O = E_A - E_B =$ 負電壓瞬值輸出。例如，在正確中心頻率中， $EV_1 = EV_2 = 5V$ ，而當頻率減少時，使 EV_1 及 E_A 由 $5V$ 減至 $3V$ ， EV_2 及 E_B 則由 $5V$ 增至 $7V$ ，因此，輸出總電壓 $E_O = E_A - E_B = 3 - 7 = -4V$ ，代表 AF 之負半週瞬值輸出。

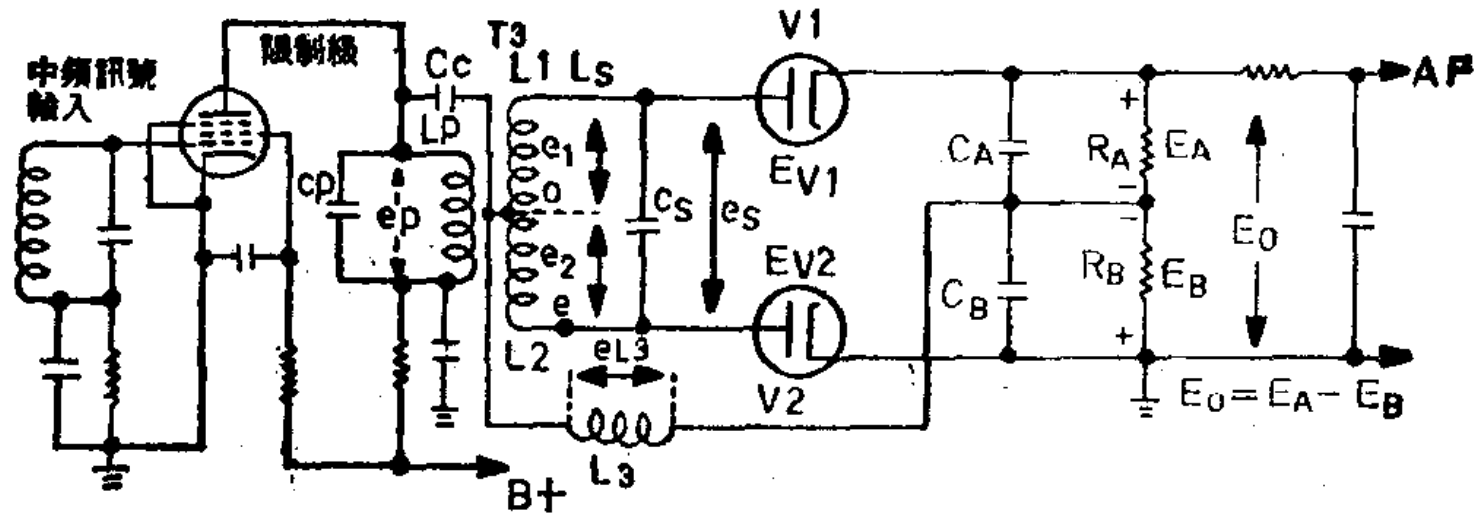
綜合上述三種情形，即：一是頻率在正常時，二是頻率在增加時，三是頻率在減少時，所得之結果以 X 軸代表頻移，以 Y 軸代表輸出電壓，可繪出振幅鑑別器之輸出響應曲線爲 S 形，故被稱爲 FM 機 S 波形檢波，如圖 1—24 所示。

(2) 相移鑑別器

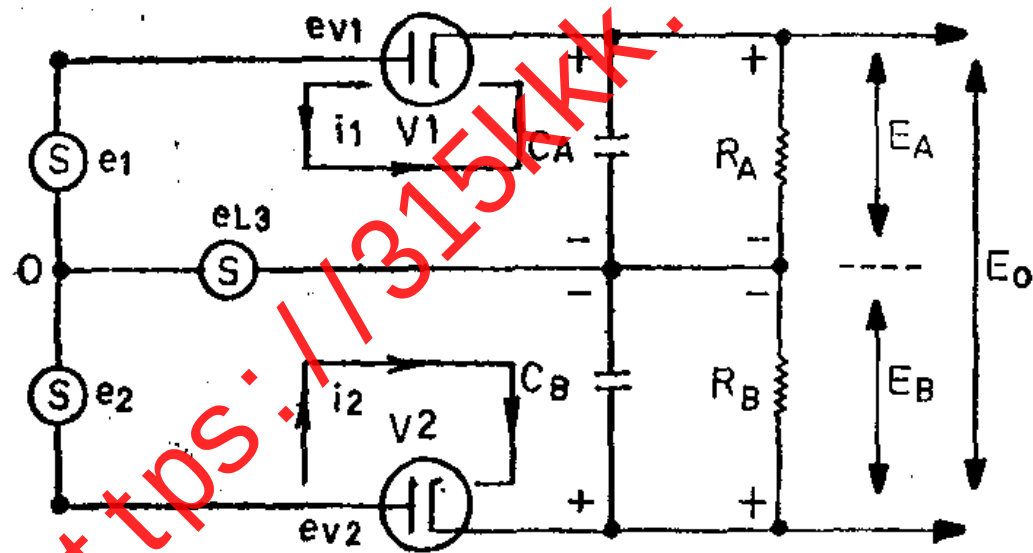
振幅鑑別器（或稱推挽式檢波）因次級分有兩個諧振電路，會引起兩者的特性有差異，在利用 S 波形作檢波時，工作點很難在於直線部份，而引起效率欠佳及傳真度欠佳，爲避免此一缺點，因此一般 FM 收音機均採用了相移鑑別器 (Phase-shift Discriminator)，其線路如圖 1—25 所示。

電路分析：如圖 1—25A 是相移鑑別器之實際電路，圖 B 則是其等效電路，從圖中不難看出，次級電路中只用了一組線圈作變壓器之次級，而此次級線圈是分別接至一對特性相同之二極管屏至屏之間，而輸出電路則是陰至陰，實與振幅鑑別器電路相似。

此中頻變壓器 (T_3) 之初級與次級是採用鐵粉芯方式，其所諧振之頻率是與中頻頻率 ($10.7MHz$) 互相諧振，由於變壓器 (T_3) 是電磁耦合式，因此次級圈 (L_s) 接受初級圈 (L_p) 之



(25A)



(25B)

圖 1-25 相移鑑別器之實際電路

電壓(e_p)時，即在次級圈產生一感應電壓(e_s)，又在次級圈之中點(O)上，與檢波管(V_1, V_2)之負荷電阻(R_A, R_B)中點上的線圈 L_3 之兩端直接出現初級電壓(e_{L3})，因線圈(L_2)是通過耦合交連電容器(C_c)和 C_B 及初級圈(L_p)作並聯，對於交連電容(C_c)和 C_B 的容抗與 L_3 之感抗相比較時是微不足道，故在 C_c 及 C_B 上的電壓幾乎接近零，而初級電壓(e_p)即等於直接供給線圈(L_3)之兩端，故兩者之電壓均相等——

$(e_p = eL_3)$ 。

又因在次級電路上其次級線圈(L_s)所生之電壓而發生電流 i_s ，電路上有電流(i_s)發生，因此次級圈上之電壓(e_s)可依下式計出：

$$e_s = i_s X L_s, \quad (X L = 2\pi f L_s)。$$

因次級線圈(L_s)是設有中點(O)，故可分別為上一半是 L_1 ，下一半是 L_2 ，而次級電壓(e_s)則 L_1 及 L_2 作等分，故其電壓即成為 $e_1 = e_s/2$, $e_2 = e_s/2$ 。此種電壓(e_1 及 e_2)雖是相同，但以次級圈之中點(O)來說，其相位是互成倒相。為使讀者更能明白此電路的工作過程，即 e_1 , e_2 及 e_p 的互相關係，特繪出如圖 1—25B 相移鑑別器之等效電路。從等效電路看去，更能明白加在 V_1 的屏極電壓(eV_1)是等於 $e_p + e_1$, ($eV_1 = e_p + e_1$)，而 V_2 的屏極電壓(eV_2)亦是 $eV_2 = e_p + e_2$ 。這兩種電壓(eV_1 , eV_2)分別流過二極管(V_1 , V_2)。而經檢波後二極管(V_1)在負載電路(R_A 及 c_A)中的兩端產生之檢波電壓為 E_A ，而在 V_2 之負載電路(R_B 及 c_B)中的兩端所產生的檢波電壓則為 E_B ，兩者數值相等，但極性相反。

綜合上述其電路之輸出電壓(E_o)等於兩電壓之和 ($E_o = E_A + E_B$)。

但因為兩者之電壓是極性相反之故，因此在檢波工作之過程亦是取出其兩者之差，現作詳細分析其差別之工作原理。

首先說明相移鑑別器次級圈之響應曲線，一般相移鑑別器之輸入變壓器其次級圈之諧振頻率範圍為 150—200KHZ，例如在 FM 收音機內，若諧振範圍為 200KHZ，其中心頻率為

10.7MHz，最低頻率為 10.6MHz，最高頻率為 10.8MHz，即表示當輸入之 FM 訊號是由 10.7—10.8MHz，或由 10.7—10.6MHz，次級電壓保持常數，故其響應曲線是在 10.6—10.8MHz 範圍內形成平頂形狀(圖 1—25)。但事實上 FM 電台是以 100% 調制為 $\pm 75\text{KHz}$ ，即最大頻移為 150KHz，此範圍則在響應曲線之平頂範圍以內。

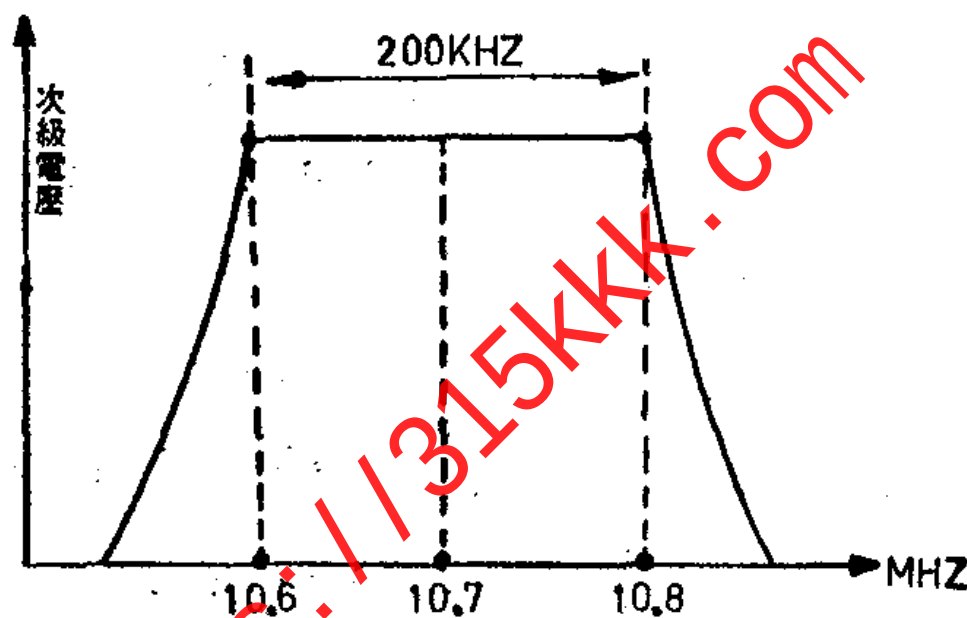


圖 1-26 次級圈之響應曲線

現假設在正確中頻之輸出電壓時 (10.7MHz)，即表示外來訊號未開始調頻，FM 收音機之變頻級輸出中頻等於中頻之中心頻率 10.7MHz，此時相移鑑別器之輸入變壓器 (T_3) 次級電路諧振在正確中頻 10.7MHz 上，而容抗與感抗則相等 ($X_L = X_C$) 而互相抵消，電路顯出純阻力作用，次級電流 (i_2) 與輸入電壓 (E_{in}) 同相。而 E_{in} 永遠與初級輸入電壓 (E_1) 反相 180° ，因 E_1 是參考電壓而是經 C_c 及 L_3 耦合至接在次級圈中間分點 (O) 上，將 M、N 點之總電壓平均為兩相等，但相位相差 180° 之分壓使 i_2 滯後 E_3 90° ，及導前 E_2 90° ，輸入 V_1 及 V_2 之總電壓則分別等於 E_1 及 E_2 ，而 E_1 及 E_2 之

相當電路分析及矢向量之和如下圖 1—27A 及 B 示。

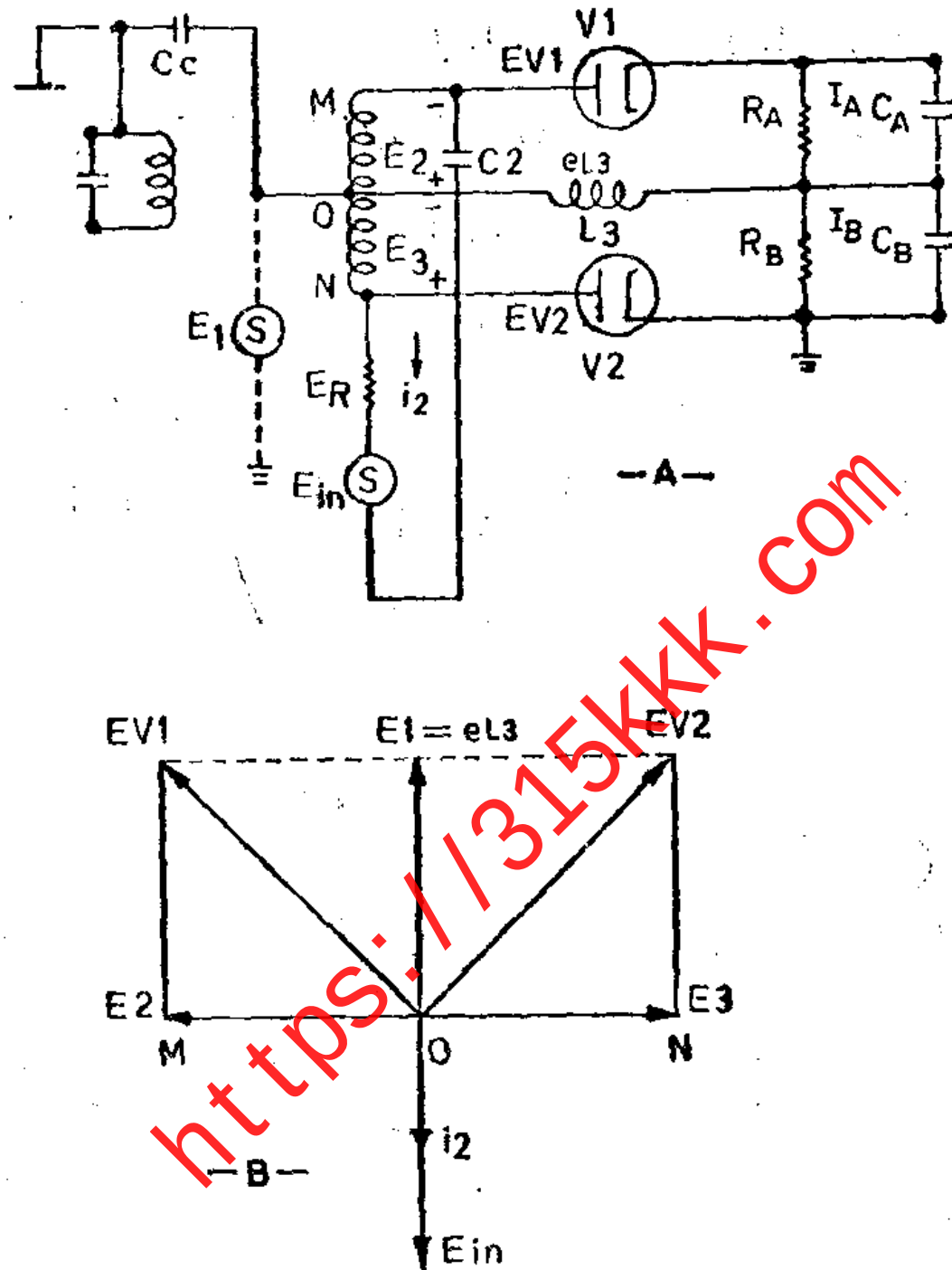


圖1-27 相當電路及矢向量圖解

由圖 1—27B 示，是作兩平衡四邊形分接由 O 點作兩對角線代表輸入總電壓，更可知在正確中頻上 i_2 是與 E_{in} 同相，而 E_3 滯後 E_1 90° ， E_2 導前 E_1 90° ， $\vec{EV}_1 = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ ， $\vec{EV}_2 = \vec{E}_1 + \vec{E}_3$ ， $E_1 = eL_3$ (同相)， $E_2 = E_3$ (兩相等分壓)， $\therefore EV_1 = EV_2$ (可引用全等直角三角形及全等平行四邊形定義)， $V_1 = V_2$ (兩管特性相同)， $I_A = I_B$ ， $R_A = R_B$ ， $E_A = I_A R_A$ ，

$$E_B = I_B R_B, \quad E_O = E_A - E_B$$

$$\text{例: } EV_1 = 5V, \quad EV_2 = 5V$$

$$E_A = 5V, \quad E_B = 5V$$

則 $E_O = E_A - E_B = 0$ 表示無聲頻輸出。

當輸入之頻率由 10.7MHz 向 10.775MHz 增加時，即表示有外來訊號開始調頻，使收音機之變頻級輸出中頻由 10.7 向 10.775MHz 亦隨着增加，相移鑑別器之輸入變壓器次級之串聯諧振電路之容抗 $(XC = \frac{1}{2\pi f_c})$ 則隨之而減，於是次級顯出感抗阻力作用，使 i_2 滯後 E_{in} ，但 i_2 與 E_3 及 E_2 依然維持 90° 之關係。

假設頻率由 10.7MHz 增至某一瞬值上（如 10.74MHz）， i_2 滯後 $E_{in} \theta^\circ$ ，由於 i_2 與 E_{in} 發生相移， E_2 、 E_3 與 E_1 間亦發生相移，如下圖示。圖 1-28，是相移鑑別器檢波的各頻率動作矢向量圖解，由圖解中可知，當頻率增加時，次級之電流 i_2 滯後 E_{in} 一個 θ° ， i_2 依然滯後 E_3 90° ，及導前 E_2 90° ， E_3 與 E_1 之間發生

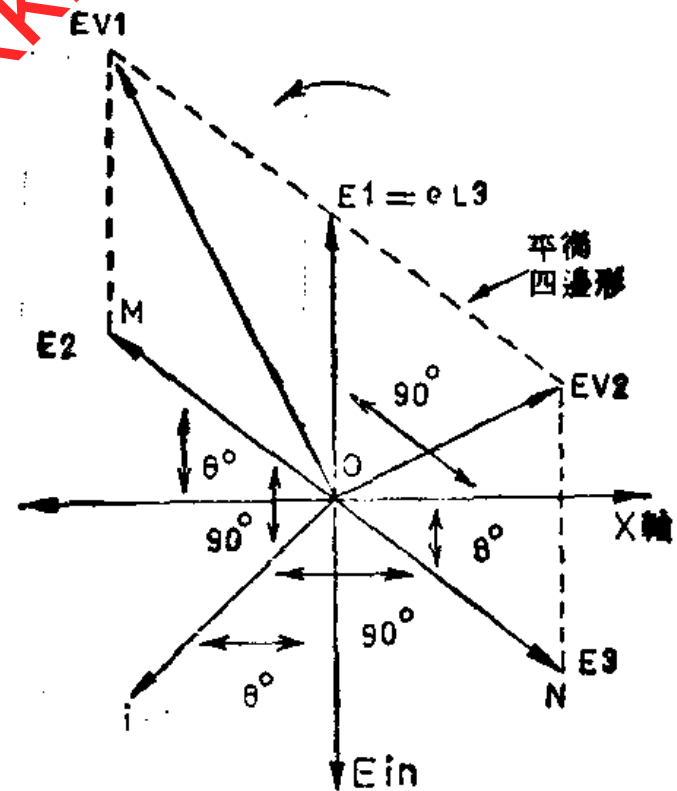


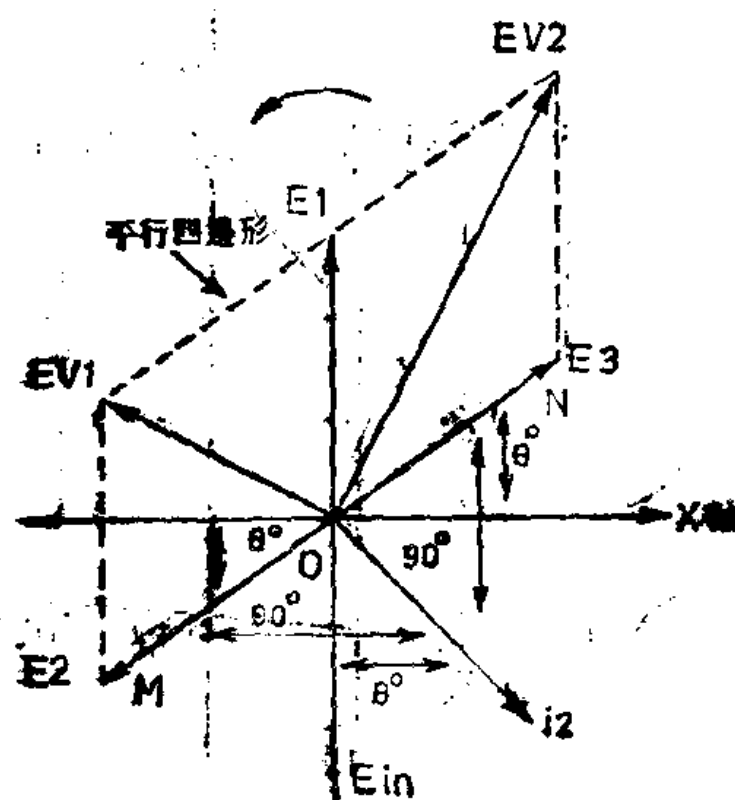
圖 1-28 輸入頻率增加矢向量圖解

相移，由 90° 增至 $90^\circ + \theta^\circ$ ， E_2 與 E_1 間發生之相移是由 90° 減至 $90^\circ - \theta^\circ$ ，輸入 V_1 之總電壓增加，而 V_2 之總電壓則減少，因此 $EV_1 > EV_2$ ， $I_A > I_B$ ， $E_A > E_B$ ，在電路之輸出總電壓為 $E_O = E_A - E_B$ ，正壓瞬值輸出，代表聲頻正半週

之瞬值，例如：當輸入頻率由 10.7 向 10.74 MHz 增加時， EV_1 由 5V 增至 7V， E_A 亦由 5V 增至 7V， EV_2 由 5V 減至 3V， E_B 亦由 5V 減至 3V，則輸出電壓則為： $E_O = E_A - E_B = 7 - 3 = 4V$ ，代表聲頻之正半週瞬值輸出。

當輸入頻率由 10.7 減少至 10.625 MHz 時，相移鑑別器之輸入變壓器之次級串聯諧振電路之感抗 (XL) 亦隨之而減 (因 $XL = 2\pi fL$)。於是，次級顯出容抗及阻力作用，使 i_2 導前 E_{in} ，但 i_2 與 E_3 及 E_2 依然維持 90° 關係。

假設頻率由 10.7 減至某一瞬值上 (如 10.66 MHz)， i_2 導前 E_{in} 一個 θ° ，由於 i_2 與 E_{in} 發生相移， E_2 及 E_3 及 E_1 間發生相移，如圖 1-29 所示。當頻率減少時，次級之電流 i_2 導前 E_{in} 一個 θ° ，但 i_2 仍然導前 E_2 90° 而滯後 E_3 90° ， E_3 與 E_1 之間發生相移則由 $90^\circ - \theta^\circ$ ， E_2 與 E_1 之間發生相移則由 $90^\circ + \theta^\circ$ ，輸入 V_1 之總電壓 (EV_1) 減少， $E_1 = eL$ (共同電壓)，輸入 V_2 之總電壓 (EV_2) 增加， $E_2 = E$ (相等分壓)，因此 $EV_2 > EV_1$ ， $I_B > I_A$ ， $E_B > E_A$ ，而輸出電路之總電壓 $E_O = E_A - E_B =$ 負壓瞬值輸出，代表聲頻之負半週瞬值。

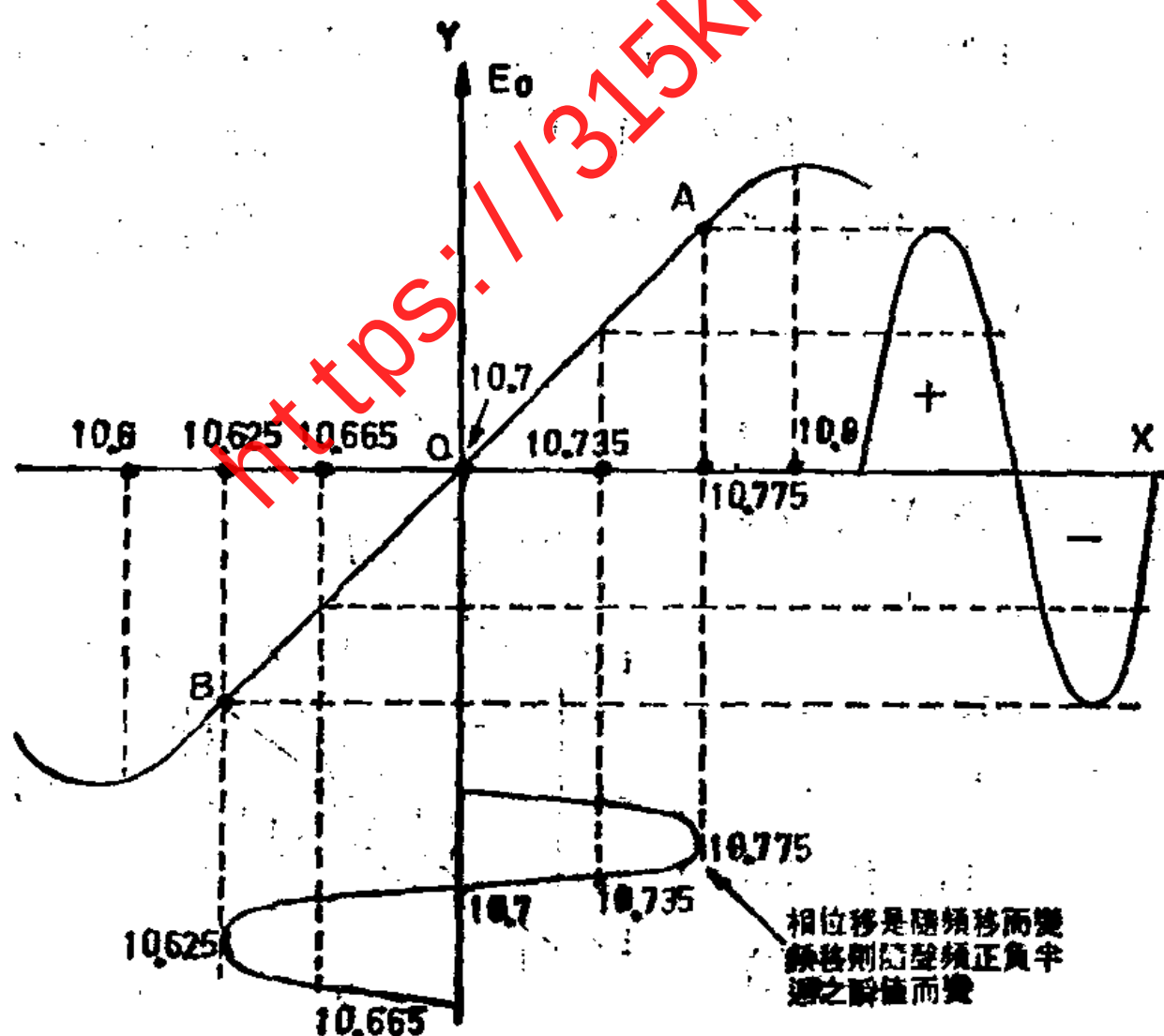


例如：當頻移由 10.7

圖 1-29 頻率動作減少矢向量圖解

減少至 10.66MHz 時, EV_1 由 5V 減至 3V, E_A 亦由 5V 減至 3V, EV_2 由 5V 增至 7V, E_B 亦由 5V 增至 7V, 則輸出電壓是: $E_O = E_A - E_B = 3 - 7 = -4V$, 代表聲頻之負半週之瞬值。或 $E_O = E_A + (-E_B) = 3 + (-7) = -4$, 在兩平衡四邊內 $\angle E_1OE_2 > \angle E_1OE_3$ 。

綜合上述三種, 即頻率正常、增加、減少所得之結果, 以 X 軸代表頻移 ΔF , 以 Y 軸代表輸出電壓 E_O , 可繪出相移鑑別器之輸出響應曲線成「S」波形, 故被稱 S 波形曲線, 如圖 1-30 所示。



S

圖1-30 “S”波形響應曲線作 FM 檢波

說明：所謂利用 S 波形響應曲線作 FM 檢波，即是相移鑑別器之響應曲線工作點在直線部份 (A.O:B)，而垂直 (Y) 之正弦波是輸入之正弦波，水平 (X) 之正弦波是輸出之正弦波形，而它的變化是隨輸入大小而變，頻移則隨聲頻而變（播音臺所播出之），其變化之範圍是隨頻移之增加而增，而輸入與輸出永遠是保持平衡，直至相對的高峯直而成的正弦波為止，如圖 1—30 虛線所示。

(3) 比率檢波器

採用相移鑑別器作 FM 檢波常因輸入訊號的振幅以致引起之雜音而作不規則的變化，故在檢波之輸出亦會直接作為雜音輸出，因此在相移鑑別器之前必須加入一限制級，同時更要維持低訊號電平輸至限制級之柵極，故需要增加中頻放大級之級數，而致收音機之成本增高。

為避免上述困難，目前較新式之 FM 收音機及電視機之伴音部份之 FM 檢波均採用比率檢波器 (Ratio Detector)。此種檢波器本身之電路已有限制振幅作用，故無須再加入限制級，其比率檢波器均包括有兩種電路，一是平衡式比率檢波器 (Balanced Ratio Detector)，另一是不平衡式比率檢波器 (Unbalanced Ratio Detector)，至於其電路之工作原理分別作如下敘述：

① 平衡式比率檢波器

示範電路分析：

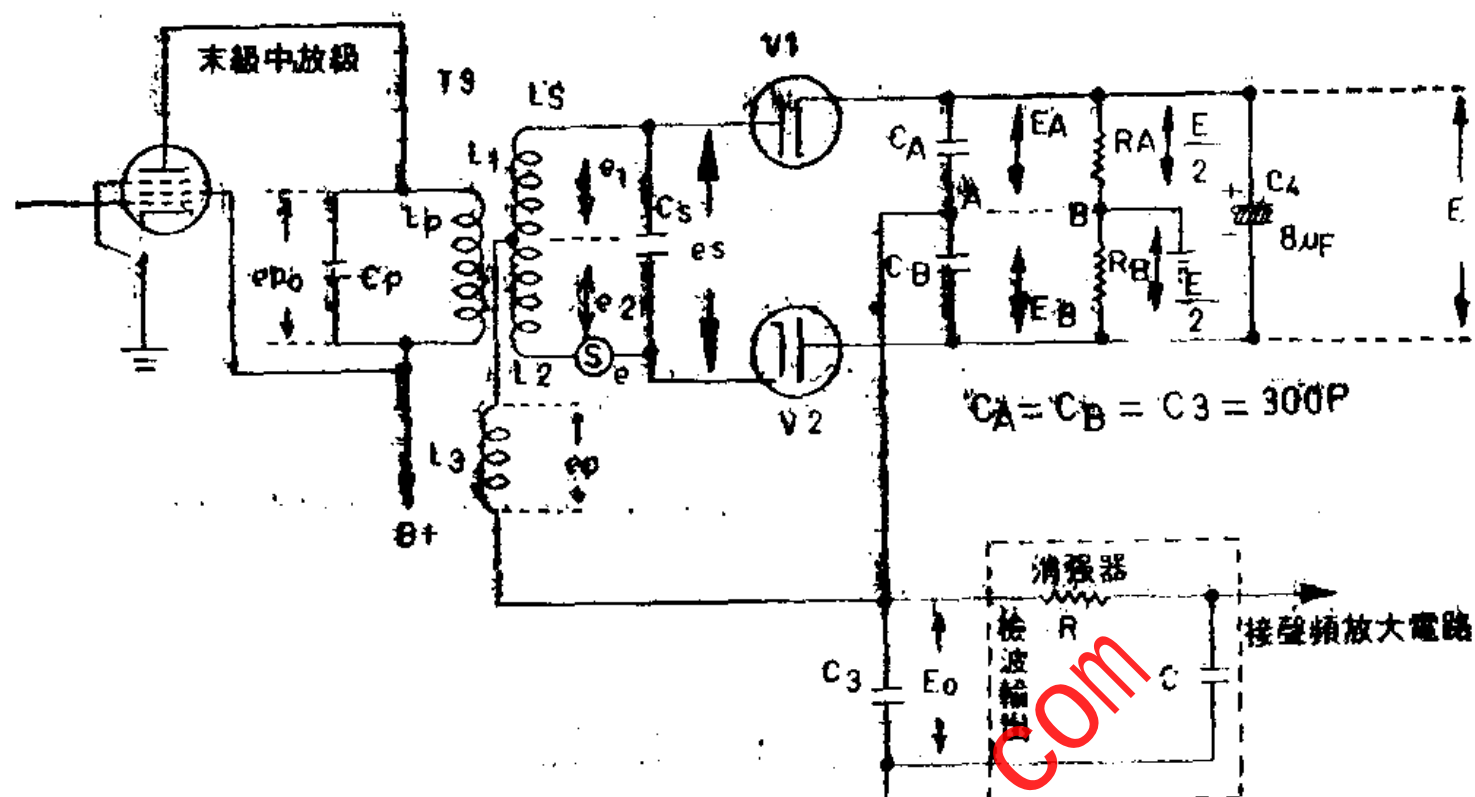


圖1-31 平衡式比率檢波器之實際電路

圖 1—31 是平衡式比率檢波器電路，電路的工作原理大致與相移鑑別器相同，所差別的有以下數點：

a. 採用之輸入變壓器(T_3)的初級(L_p)上還繞有緊耦合的另一線圈(L_3)。由於在檢波之 S 波形中要選用其直線部份作工作點，因此已將負荷電阻(R_A, R_B)之數值減少，該電阻是 $R_A = R_B = 10K$ ，因此，次級電路($L_s C_s$)之 Q 值亦較低，為保持初級圈(L_p)之 Q 值，使在初級之感應要獲得高增益，在此電路中是取消了交連電容器(C_c)， L_3 與 L_p 便成了電磁耦合，故初級之電壓(e_{p0})與初級之輸出電壓(e_p)均是同相。

b. 兩個檢波管(V_1, V_2)屏陰間之連接均是相反，使檢波電壓(E_A, E_B)均成為同相。

c. 負荷電阻(R_A, R_B)之兩端均接有一電解質電容(Electrolytic Condenser) C_4 ，此電容的數值約為 $8-10\mu F$ ，目

的是加大 C_A 、 R_A 、 R_B 之時間常數 (Time Constant)，防止電容器 (C_A) 所充的電壓 ($E = E_A + E_B$) 發生變化。

d. 檢波所輸出的電壓 (E_0) 均取自 A 及 B 點之間的電位差，此電壓則出現在電容器 (C_3) 之兩端。

平衡式比率檢波器之電路，不論其輸入變壓器 (T_3) 之初級及次級，均是與外來訊號頻率互相諧振 (例如 10.7MHz)。又因初級線圈 (L_p) 與次級線圈 (L_s) 以及 L_3 是一電磁耦合，在繞製時，使 L_s 中所感應的電壓均是反相， L_3 中的感應電壓同相。

在次級線圈 (L_s) 電路中，因受到初級的感應而出現了電壓 (e)，由於有了電壓的出現，故在 L_s 中均有電流 (i_s) 出現，因此在 L_s 之兩端又有電壓 (e_s) 出現，因 L_s 是有中點分接，其上端為 L_1 ，下端為 L_2 ，所以此電壓 (e_s) 又是一分等電壓 (e_1, e_2)，工作過程完全與前述的相移鑑別器相同。

圖 1-32 的平衡式比率檢波器之等效電路，可使讀者更易瞭解這一問題。

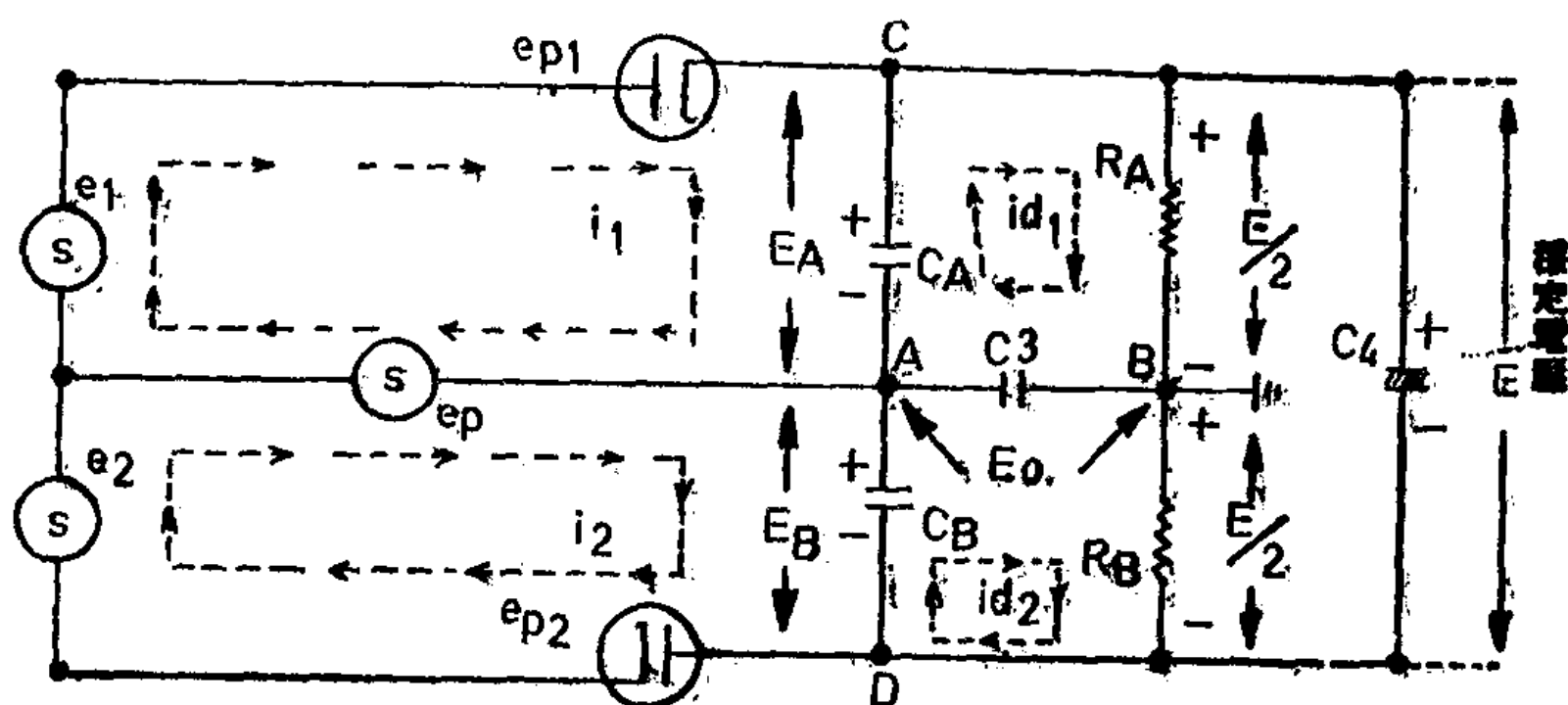


圖 1-32 平衡式比率檢波器等效電路

圖 1—32 之電路的 i_1 、 i_2 為檢波之充電電流， id_1 、 id_2 則是 C_A 及 C_B 的放電電流，因 $R_A C_A$ 及 $R_B C_B$ 電路的時間常數不大，故輸入的訊號引起 E_A 、 E_B 有迅速的變化，但電容 (C_4) 及 R_A 、 R_B 之電路時間常數較大，故電容 (C_4) 兩端之電壓 (E) 可保持不變。

加在檢波管 (V_1) 之電壓 (ep_1) 等於 $\vec{ep} + \vec{e_1}$ ，加在檢波管 (V_2) 之電壓 (ep_2) 等於 $\vec{ep} + \vec{e_2}$ ，此兩種電壓 (ep_1 、 ep_2) 分別被 V_1 及 V_2 所檢波，此檢波電壓即將 C_A 及 C_B 充電而在 C_A 及 C_B 兩端分別出現電壓 (E_A 及 E_B)，此兩電壓之和 ($E_A + E_B$) 是等於 C—D 點 = 電容 (C_4) 兩端之電壓 (E)。因電容器 (C_4) 是相當大的數值，故被電壓 (E) 所充電而維持一定的常數，但在電容器 (C_4) 之兩端分別接有電阻 R_A 及 R_B ，而 $R_A = R_B$ 數值相等，因此電容器 (C_4) 兩端的電壓 (E) 均被該兩枝電阻作等分，各自獲得的電壓為 $\frac{E}{2}$ 。

其輸出電壓 (E_o) 均在 A—B 點間，此兩點電壓亦是電容器 (C_3) 兩端之電壓，決定其輸出電壓 (E_o) 的極向關係要視其輸入之訊號頻率作決定，現詳述分析如下：

當外來訊號未開始調頻時，收音機之中頻訊號等於其中心頻率 (10.7 MHz)，這點與相移鑑別器之輸入變壓器工作原理相同，比率檢波器之輸入變壓器之次級電路顯出純阻力作用，全部電壓不發生相移，輸入檢波管 (V_1 、 V_2) 之電壓相等，其矢向量圖解參考相移鑑別器之圖 1—27 B。

例： $ep_1 = ep_2 = 5V$ ， $E_A = E_B = 5V$ 。

$E = E_A + E_B = 10V$ 。因 R_A 及 R_B 之分等電壓是 $\frac{E}{2}$ ，故 $\frac{10}{2}$

$=5V$ ，但 R_A 及 R_B 之極向相反，故互相抵銷，結果在 $A-B$ 點(C_3 兩端)之輸出電壓(E_o)亦為零，表示無聲頻電壓輸出。

當外來訊號開始調頻時，使中頻由中心頻率 $10.7MHz$ 向 $10.775 MHz$ 增加時，比率檢波器之輸入變壓器次級顯出感抗作用，至於 i_2 滯後 E_{in} 一個 θ° 角(瞬值)。

此時 ep_1 增加， E_A 增加，而 ep_2 減少， E_B 亦減少，因 $E_A + E_B = \text{常數}$ ，現在 $E_A > E_B$ ，而各部份之電壓與電流的相位關係，參考相移鑑別器圖 1-28 之矢向量圖解(註： $ep_1 = EV_1$ ， $ep_2 = EV_2$)。

例如，設頻率增至某一瞬值而使各點之電壓發生相移為： ep_1 由 $5V$ 增至 $7V$ ， E_A 亦由 $5V$ 增至 $7V$ ， ep_2 由 $5V$ 減至 $3V$ ， E_B 亦由 $5V$ 減至 $3V$ ，其電容器(C_4)兩端之電壓是： $E = E_A + E_B = 7 + 3 = 10V$ (保持常數)。因 R_A 及 R_B 是分等電壓，故此電壓應為 $\frac{E}{2} = \frac{10}{2} = 5V$ ，在此一瞬間， $E_A - \frac{E}{2} = 7 - 5 = 2V$ ，或可寫成： $E_o = \frac{1}{2}(-E_A + E_B) = \frac{1}{2}(-3 + 7) = 2V$ ，代表輸出電壓為正半週瞬值。當外來訊號調頻時，使中頻由中心頻率 $10.7 MHz$ 向 $10.625 MHz$ 減少時，比率檢波器之輸入變壓器(T_3)次級顯出容抗作用，於是 i_2 導前 E_{in} 一個 θ° 角(參考圖 1-29)。輸出電壓(E_o)成為： $E_o = \frac{1}{2}(-E_A + E_B) = \frac{1}{2}(-7 + 3) = -2V$ ，代表負半週聲頻訊號輸出。

綜合上述三種不同頻率訊號輸入比率檢波器之輸入變壓器時，所發生之相移關係，可繪出為 S 波形響應曲線作 FM

檢波。如圖 1-33 所示。

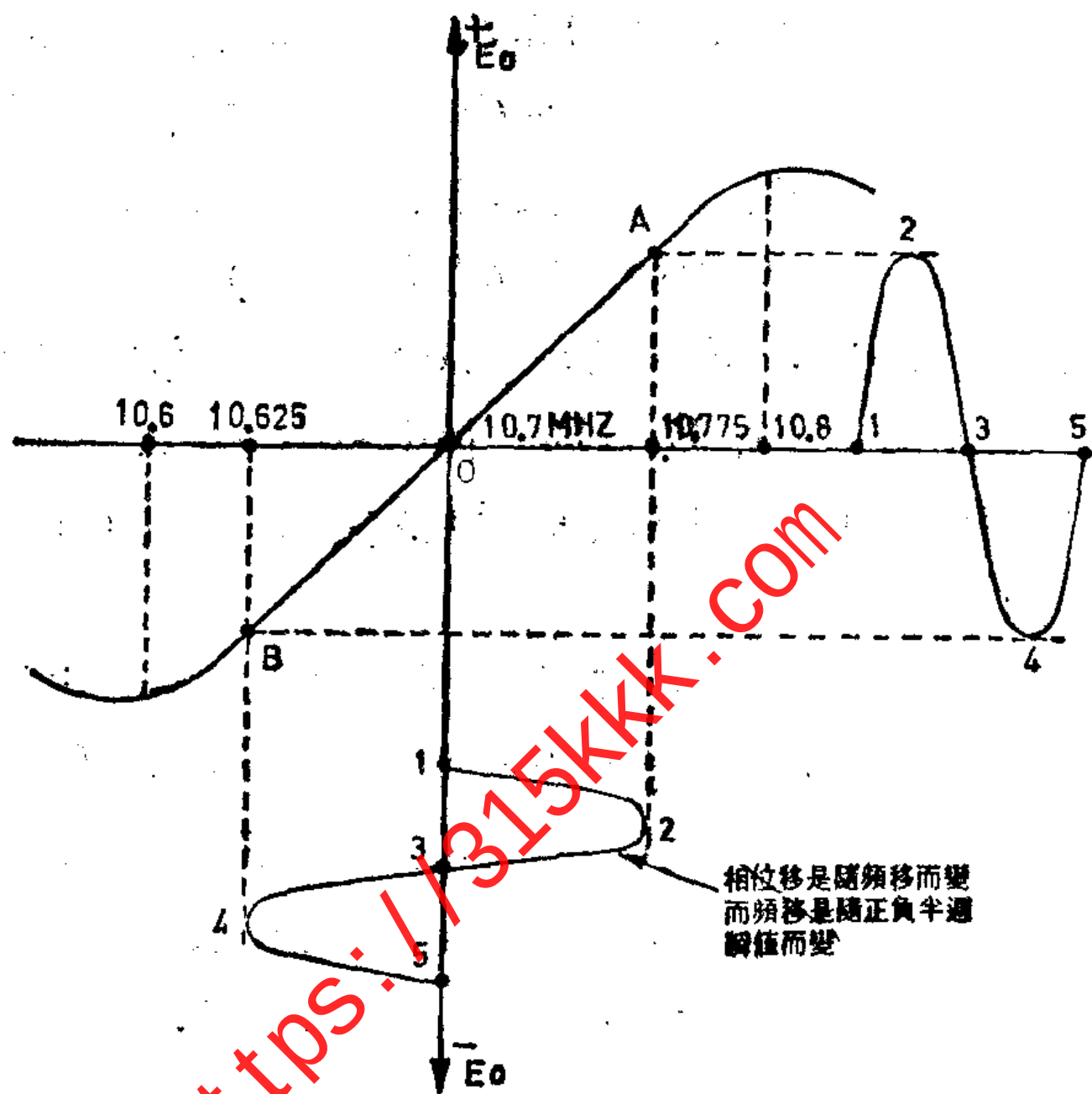


圖 1-33 S 形響應曲線作 FM 檢波

② 不平衡式比率檢波器

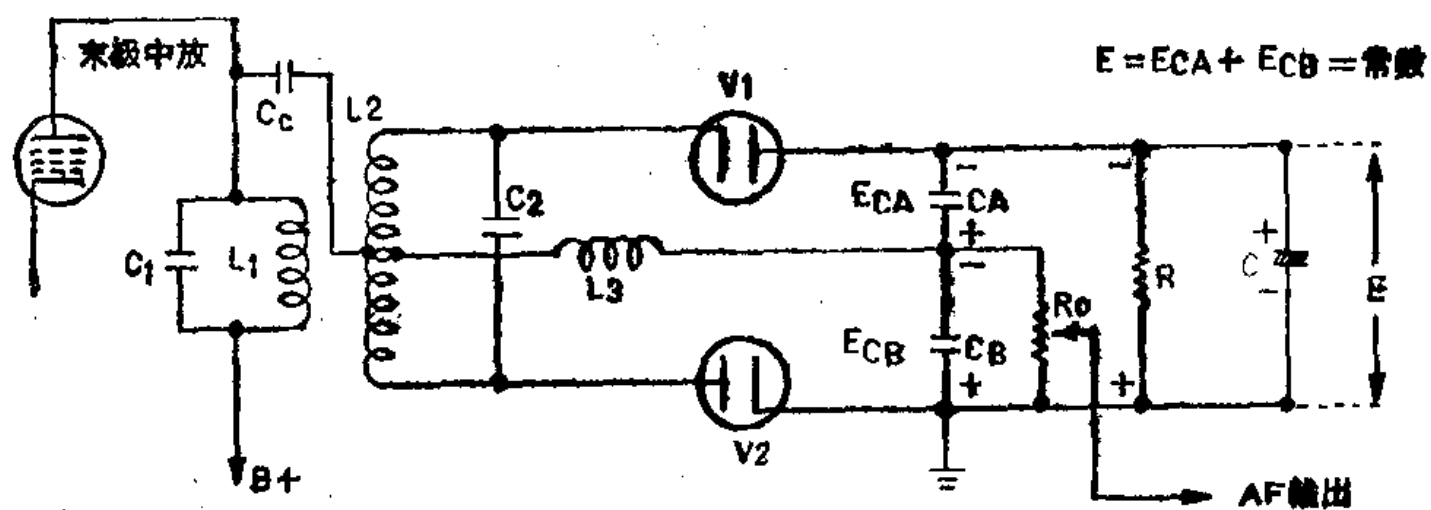


圖 1-34 不平衡式比率檢波器電路圖

所謂平衡式比率檢波器是指 V_1, V_2 之輸出高端對地之電流永遠保持相等。在不平衡式電路內（圖 1—34）， V_1 管之屏極對地為負電位（ $-E$ ）。

但 V_2 管之屏極對地則為零電位，不平衡式比率檢波器（Unbalanced Ratio Detector）的電路工作原理與平衡式大致相同，只有在輸出電路中之加載電路（負荷電路）稍有差異，在不平衡式電路中，以 C_B 為輸出的電路加載電容器，有時可跨接一可變電位器（ R_o ）作為音量控制器。

比率檢波之意義——比數；

上述之輸出電壓 E_o 是與 $\frac{E_A}{E_B}$ 成比例。

$\frac{E_A}{E_B}$ 則與 $\frac{ep_1}{ep_2}$ 成比例，而 $\frac{ep_1}{ep_2}$ 是與相移及頻移成比例。

當振幅突然增加時 $\frac{E_A}{E_B} \propto \frac{ep_1}{ep_2}$ 之比率始終保持不變。

例如，在正確中頻上（10.7MHz），當 $\frac{ep_1}{ep_2} = \frac{E_A}{E_B} = \frac{5}{5} = 1$ 。

若振幅突增至兩倍， $\frac{ep_1}{ep_2} = \frac{E_A}{E_B} = \frac{2 \times 5}{2 \times 5} = 1$ ，當頻移至某一瞬

值使： $\frac{ep_1}{ep_2} = \frac{E_A}{E_B} = \frac{7}{3}$ ，若振幅突增至兩倍使： $\frac{ep_1}{pe_2} = \frac{E_A}{E_B} =$

$$\frac{2 \times 7}{2 \times 3} = \frac{7}{3}。$$

因此當振幅突增或突減時，在頻移及相移某一瞬值上 ep_1 及 ep_2 或 E_A 及 E_B 之比率始終保持不變，故輸出電壓（ E_o ）亦保持不變。

上面談及，採用比率檢波器作 FM 檢波時，除具有檢波作用之外還可以限制因外來之嘈音干擾訊號引起振幅之變

化，故可稱為具有振幅限制作用，不需另加限制級(Limiter)，其工作動態作如下詳述：

如圖 1—32 之等效電路中可看出，在輸出電路是跨接了一個電容器(C_4)，其數值為 $8-10\mu f$ ，故在此電路中之時間常數(Time Constant)是： $T = C_4(R_A + R_E)$ ，時間常數甚大，電容器(C_4)所充的電壓能保持穩定。

在輸入之外來訊號頻率為正常時(10.7MHz)，檢波電壓(E_A 、 E_B)為 5V，在電容器(C_4)兩端間(C—D)之電壓是： $E = E_A + E_B = 5 + 5 = 10V$ ，所以 C_4 則被此 10V 電壓充電。

現假設外來之輸入訊號的振幅被噪音干擾發生變化時，由於電路中有極大之時間常數，故 C_4 兩端之電壓(E)亦不會因此而變，在輸出電壓(E_o)亦不會因此而受到影響，即等於當輸入之訊號振幅突然增大，但 E_A 及 E_B 是保持不變，相當於減少負載電阻的數值，這負載減少時，次級電路($L_s C_s$)之 Q 值亦會降低，結果，次級的電壓(e_s)亦隨之而減少，輸入較大的訊號便回復振幅正常。

如輸入之外來訊號減少時，情況剛與上述相反，負載電阻等於增加，變壓器之次級(L_s)電路 Q 值增高，而次級輸出的電壓(e_s)亦隨之增加，輸入較弱之訊號亦回復振幅正常。

(4) 象限柵檢波器

上述之多種 FM 收音機檢波器祇能擔任檢波，但無放大作用，目前最新式之 FM 檢波器均是象限柵檢波器（或稱移

相檢波)，此種檢波器之優點有：①限制振幅作用，② FM 檢波作用，③聲頻電壓放大作用。由於極其良好，故除 FM 機採用外，新式之電視機均普遍採用。現將其電路及工作原理分析如下：

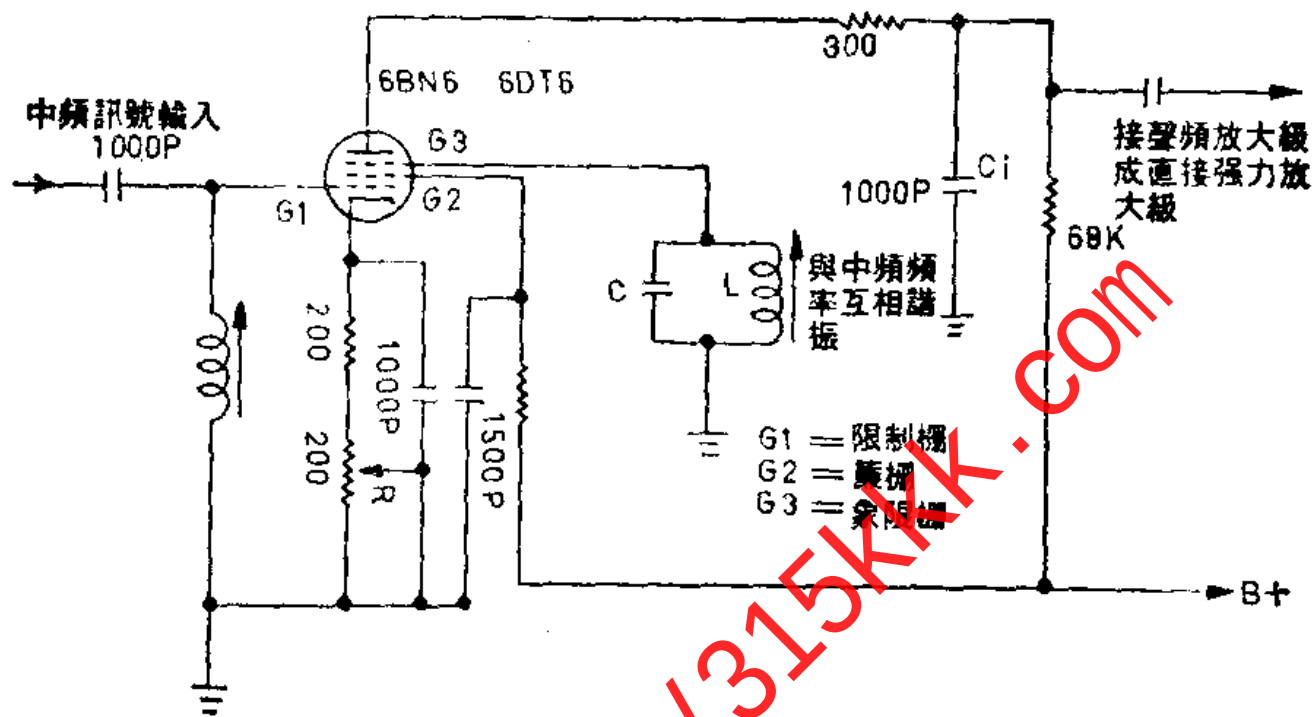


圖 1-35 象限柵檢波電路

圖 1—35 是象限柵檢波之實際電路，其電子管可採用 6BN6、6DT6，銳截止電子管，現將其原理分析如下：

① 限制柵作用

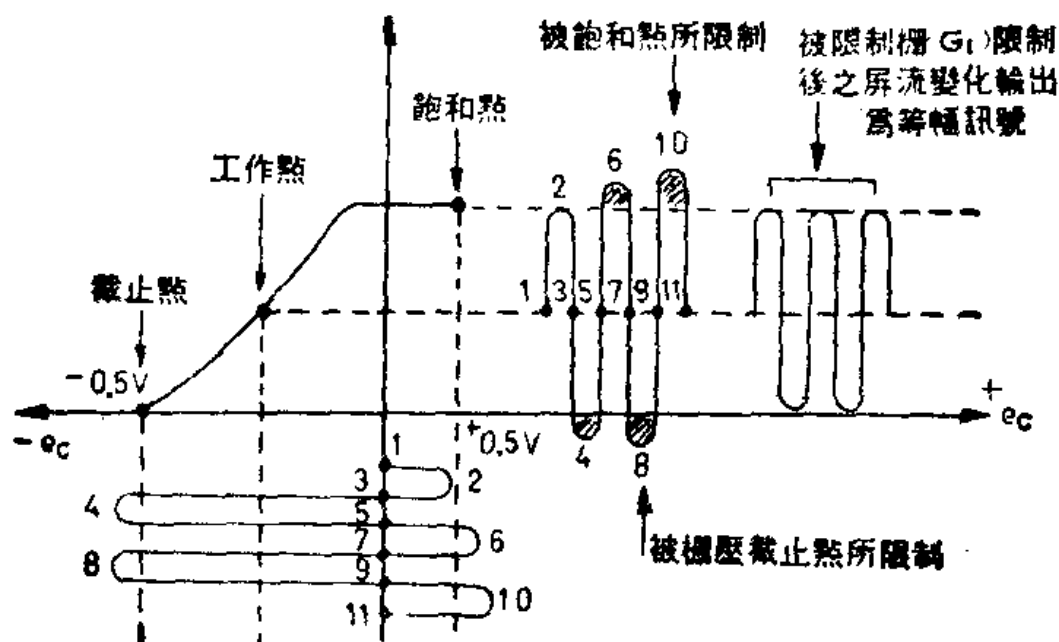


圖 1-36 限制柵之柵壓屏流特性曲線組

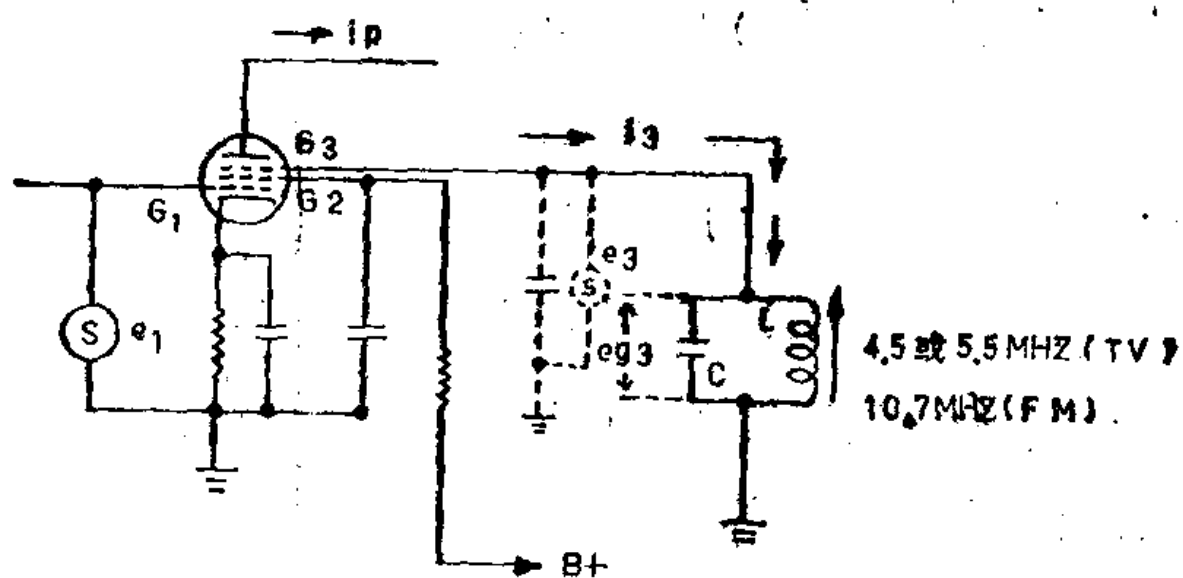
從圖 1—36 之柵壓屏流特性曲線所示，電子管之截止偏壓(Cut-off Bias)約在 0.5V，而飽和點(Saturation Point)則在 -0.5V，故當中頻訊號輸入時(FM 機為 10.7MHz，電視機為 4.5MHz 或 5.5MHz，目前本港則為 6MHz)，加於限制柵(G_1)電路上，如此振幅訊號是正半週的話，被飽和點(+0.5V)所限制(6 及 10 點示)，反之，如是負半週的話則被柵壓(e_c)之截止點(-0.5V)所限制(4 及 8 點)，在限制後之輸出訊號仍是保持等幅波。

② FM 檢波作用

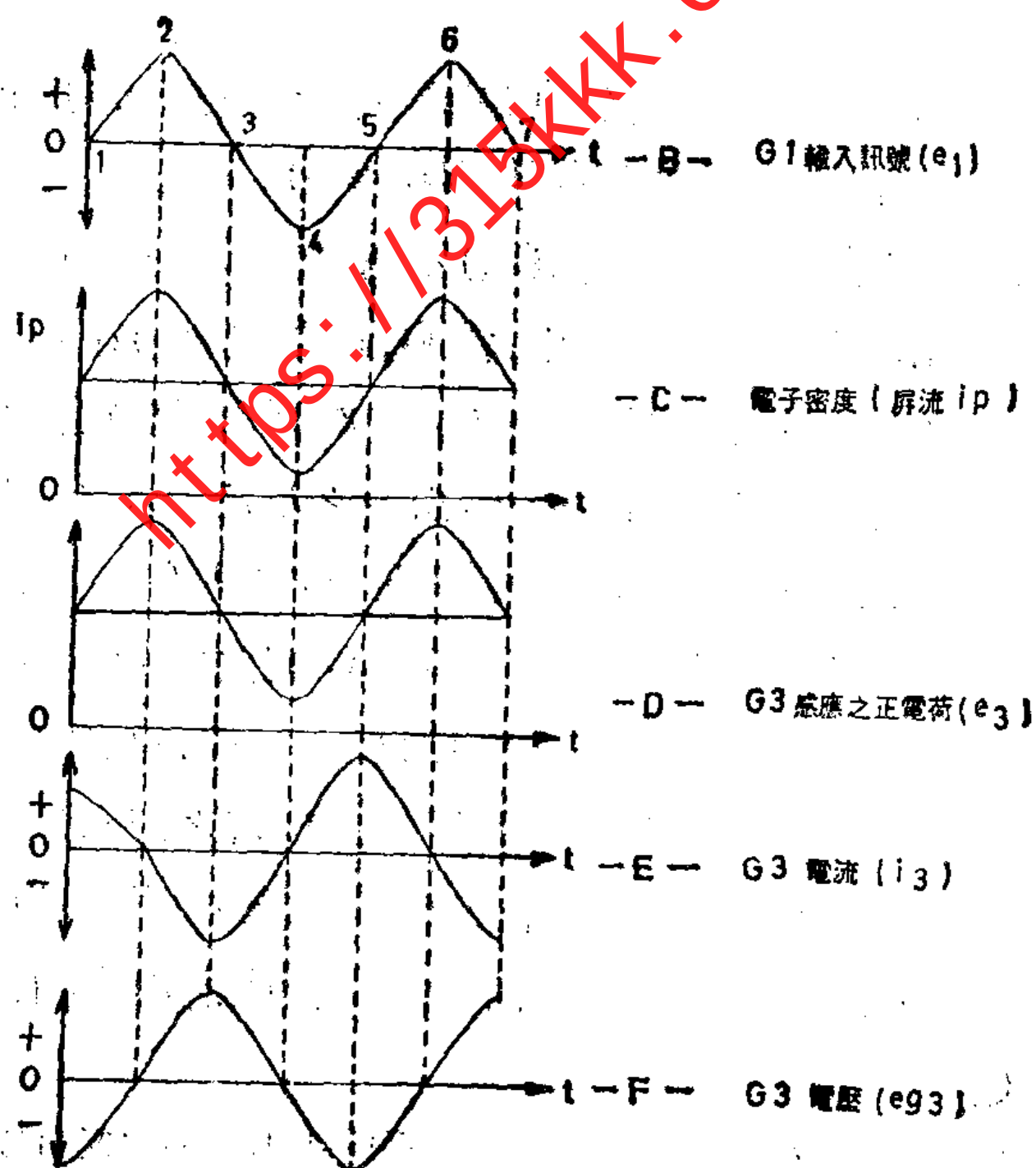
如圖 1—35 象限柵之檢波電路所示，調節電子管(6BN6 或 6DT6)之陰極偏壓電阻(R)，使限制柵(G_1)及象限柵(G_3)能獲得共同的工作點(工作偏壓)配合在適合的數值，此時，象限柵(G_3)亦具有限制柵(G_1)的特性，即銳截止及迅速飽和之特性，當 G_1 及 G_3 之工作偏壓(e_c)接近截止點時，若分別輸入交流訊號電壓於 G_1 及 G_3 ，這兩個柵極只允許訊號之正半週通過(即有電流流過)，無形中 G_1 及 G_3 形成串聯式或稱為波閘(Gate)，由於 G_1 及 G_3 之靜電感應作用當中頻訊號(10.7MHz、5.5MHz 或 4.5MHz 等)輸至 G_1 時，在 G_3 上立即感應一交流電壓，而 G_3 所感應的交流電壓是滯後 G_1 之交流電壓 90° ，故 G_3 稱為象限柵(或稱移相柵，及直角相位柵等)，由於 G_1 及 G_3 之電壓相位發生異相，故電子流只是在 G_1 及 G_3 共同閉合時才能通過。

③ G_1 及 G_3 之靜電感應作用

如 1—37 圖 A 之電路而言，輸入一訊號電壓(e_1)於 G_1 ，



— A — 電路圖



(圖B)，此時被簾柵 (G_2) 所接之極高正電壓加速，使從陰極流向屏極之電流起了加速前進作用，成為電子羣密度(即屏流 i_p)，圖C示此屏流(i_p)亦隨 G_1 至電壓 (e_1) 之變動而變化，由於這電子羣是帶負電位，在 G_3 通過時，由於是靜電感應，故在 G_3 之電位為正電位(e_3)。兩者相差 90° 。

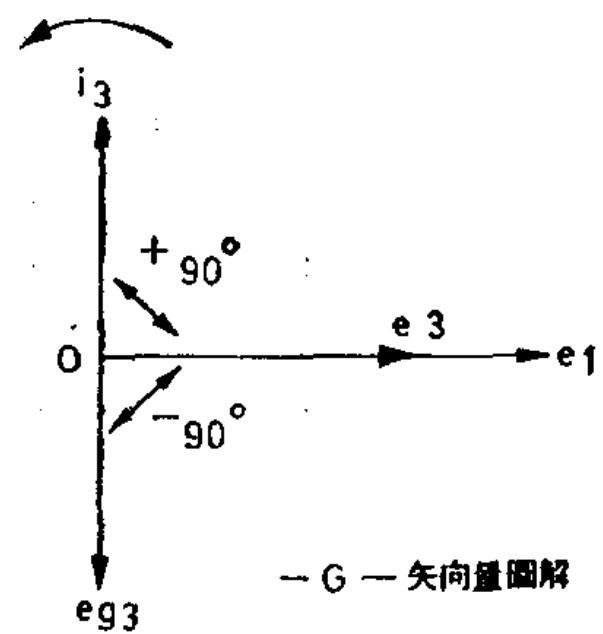


圖 1-37 柵極電壓產生圖解

這種感應之正電荷(e_3)是隨 G_1 之電壓(e_1)成正負方向而變，故 e_1 與 e_3 為同相(IN PHASE)。

因 G_3 所感應之正電荷(e_3)不斷變化，而使 G_3 有柵極電流(i_3)流出，在圖 1-37B 中，當 G_1 的電壓(e_1)在 1—2 間向正方向增加時，表示正電荷被補充，在 2—4 間向負方向減少時，正電荷亦隨之而減少，故 G_3 所出現之電流(i_3)完全是因正電荷變動而獲得(如圖 E)，但兩者則相差 90° (i_3 導前 e_3 90°)，在 G_3 電路上因接有一諧振電路(L.C.)作為負荷，故 i_3 增加時，在負荷電路即有電壓(eg_3)出現，這種負荷電壓降(eg_3)是帶負極性，(如圖 F)而成為倒相。換言之， G_3 電路所產生的電壓降(eg_3)是比加在 G_1 上的電壓(e_1)滯後 -90° 的相位差，由於此種關係，故 G_3 稱為象限柵或稱為移相柵。

④在正確中頻上

當輸入之外來中頻訊號(如 4.5、5.5、10.7MHz)未開始調頻時， G_3 之並聯諧振電路(L—C)調諧在正確中頻上，電

路上之容抗(X_C)與感抗(X_L)相等($X_L = X_C$), G_3 之電流(i_3)受純阻力所控制, 又 i_3 因與空間電荷(Space Charge)之密度成正比, 而空間電荷之密度則與 e_1 之瞬值成正比, 因此 i_3 與 e_1 是同相, G_3 與 G_1 間是由空間電荷耦合而產生 i_3 及 e_3 , 而 G_3 代表電容器之一片, 空間電荷為第二片, 跨過之電壓為 e_3 , 由於是電容器作用, 故 i_3 是導前 e_3 90° , 因此 e_3 則滯後 e_1 90° , 此時 G_1 及 G_3 對電子流控制之作用如圖 1-38 所示。

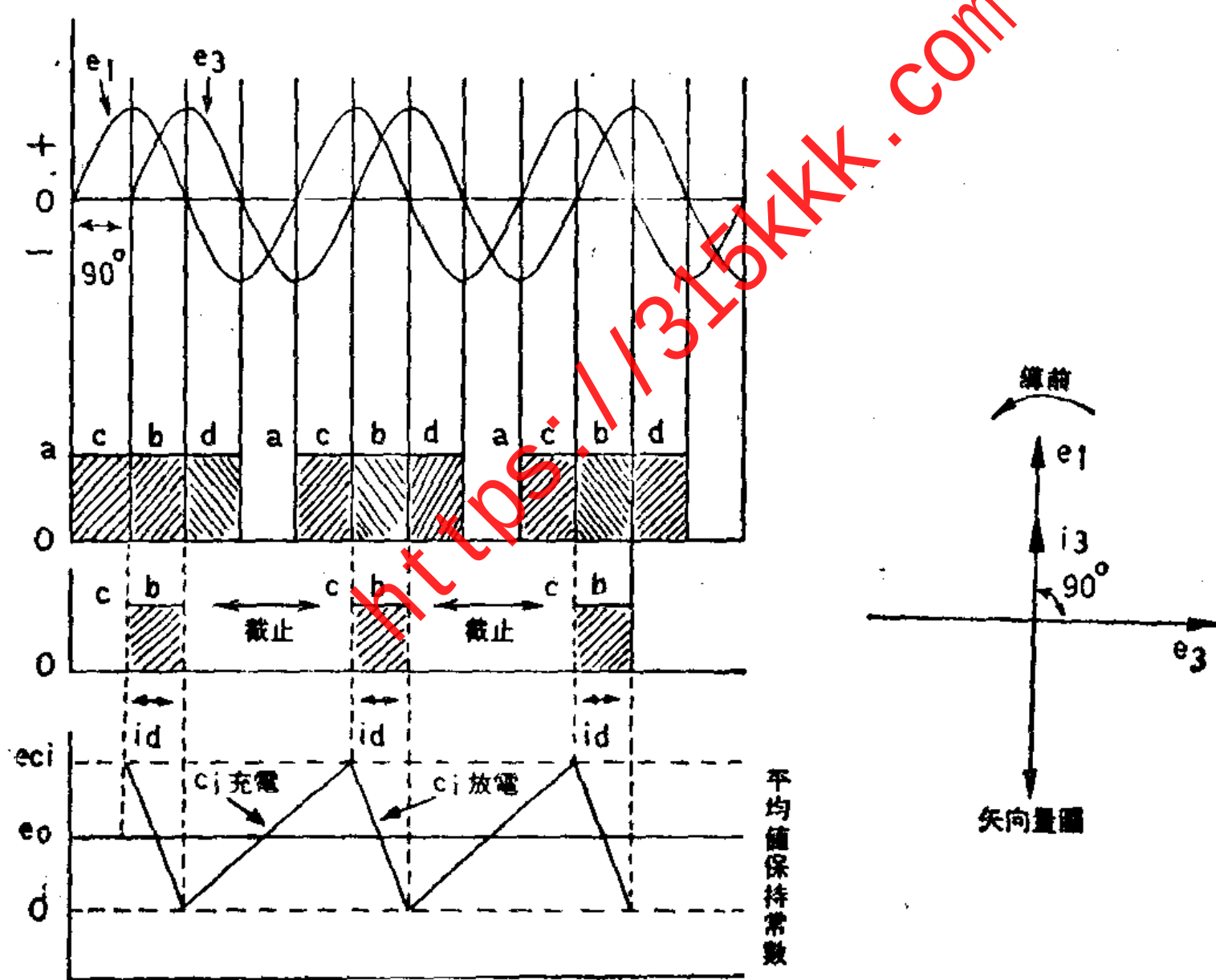


圖 1-38 正確中頻時輸出波形

在圖 1-38 中 $a-b$ 等於 e_1 , 使限制柵 G_1 開關而發生屏流脈衝, $c-d$ 等於 e_3 , 使象限柵 G_3 開關而發生屏流脈衝, $c-b$ 等於 G_1 及 G_3 共同開關所產生之實際屏流脈衝。

綜合上述，故在正確中頻上， i_3 導前 e_3 90° ， e_3 滯後 e_1 90° ，而屏流是在 $1/4\text{HZ}$ 內通過，屏路電容器 (C_i) 所充的電壓為平均值 (Average Value) e_o 保持不變，故代表無聲頻輸出。

⑤ 輸入訊號增加時

若聲頻訊號輸入開始調頻時，使中頻假設是由 4.5MHz 或 5.5MHz ，向 $4.525\text{MHz} (\pm 25\text{KHz})$ 增加時，象限柵 (G_3) 所接之並連諧振電路原則上在中頻訊號增高時 $X_L = 2\pi fL > X_C = \frac{1}{2\pi f_C}$ ，但因流過電容器 (C) 之電流 (i_3) 較多，故整個電路是顯出容抗作用，使電流 (i_3) 導前於電壓 e_3 一個角度，假設頻移移至某一瞬值上時，使電流 (i_3) 導前電壓 e_3 一個 θ° ，而 i_3 原來是導前 e_3 90° ，現因頻率在增加狀況，故實際是導前 $90^\circ + \theta^\circ$ ，同時 e_3 亦滯後 e_1 $90^\circ + \theta^\circ$ 而發生相移作用，在此情形下， e_1 及 e_3 對於屏流脈衝控制之情形如圖 1—39 所示。

在圖 1—39，當 e_3 與 e_1 發生相移而頻率移至某一瞬值上，使 e_3 滯後 e_1 $90^\circ + \theta^\circ$ ，因 e_1 及 e_3 是控制 G_1 及 G_3 之共同開關，而時間是少於 $1/4\text{HZ}$ ，此情形其導電時間減少，而截止時間則增加，於是屏極電容器 (C_i) 之放電時間亦減少，充電時間增加，使平均值電壓 (e_o) 增加，而 e_o 之增加是與相移及頻移瞬值成正比，故代表輸出聲頻為正半週瞬值。

⑥ 輸入訊號減少時

聲頻訊號輸入開始調頻時，使中頻假設由 4.5MHz 向 $4.475\text{MHz} (\pm 25\text{KHz})$ 方面減少時，象限柵 (G_3) 電路所並聯之諧振電路 ($L-C$) 則與前相反顯出感抗 (X_L) 作用，使象限柵

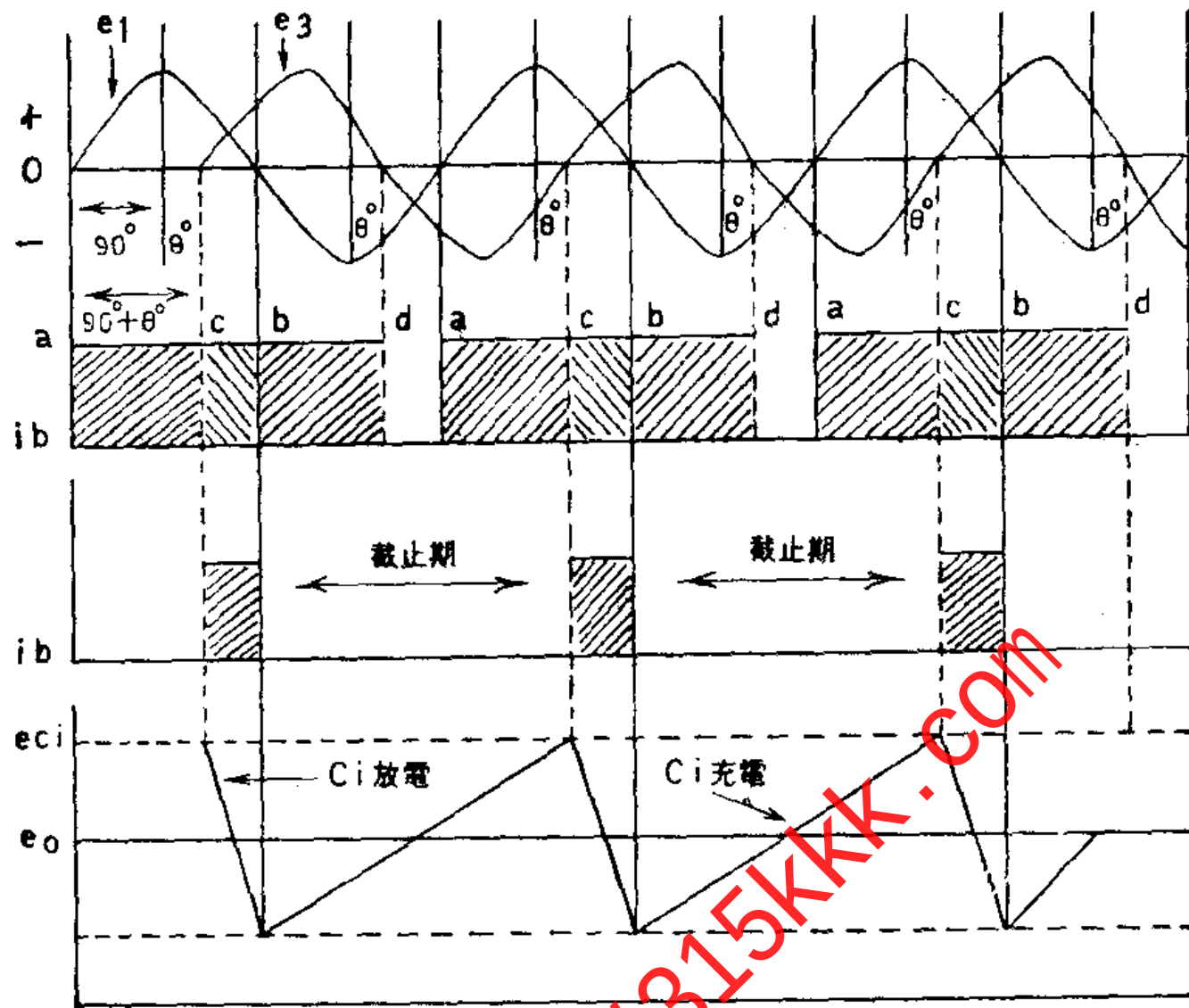


圖 1-39 頻率增加時輸出之波形

之電流(i_3)滯後電壓 e_3 一個角度,設頻移移至某一瞬值上,使 i_3 滯後 $e_3 \theta^\circ$,而 i_3 原來是滯後 $e_3 90^\circ$,現在是滯後 $90^\circ + \theta^\circ$ 了,同時 e_3 亦導前 $e_1 90^\circ - \theta^\circ$ 了。因此發生相移作用,在此頻移及相移之瞬值上, e_1 及 e_3 對屏流之脈衝控制情形如圖 1—40 所示。

在圖 1—40, e_3 與 e_1 發生相移,當頻率移至某一瞬值上,使 e_3 導前 e_1 共 $90^\circ - \theta^\circ$, e_1 及 e_3 控制 G_1 及 G_3 之共同開關期間多於 $1/4$ HZ,導電時間增加,而截止時間減少,於是屏路電容器(C_i)之放電時間亦增加,充電時間則減少,使平均值電壓(e_o)減少, e_o 之減少是與相移及頻移瞬值成正比,其輸出之訊號則為聲頻之負半週瞬值。

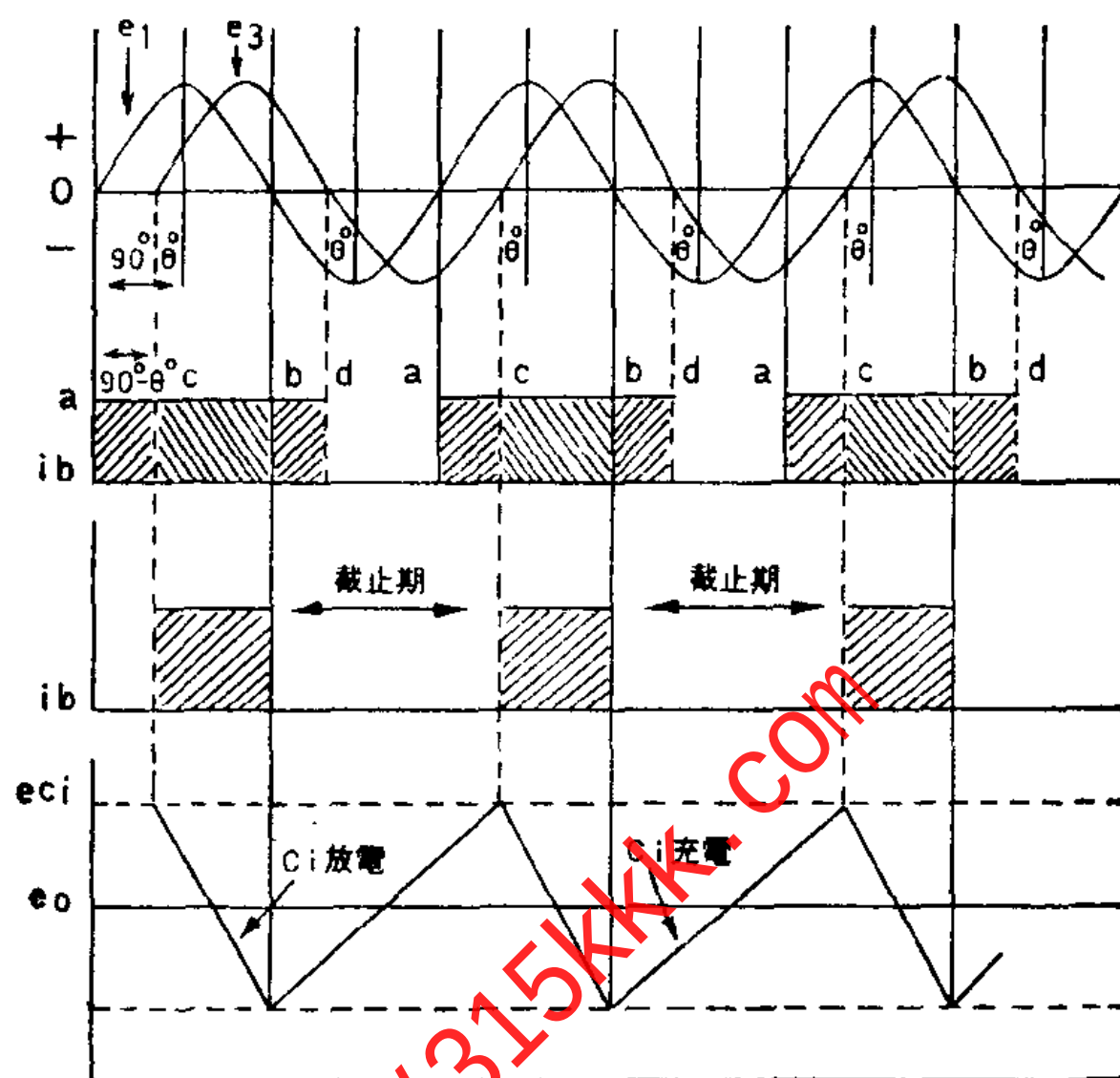


圖 1-40 頻率減少時輸出之波形

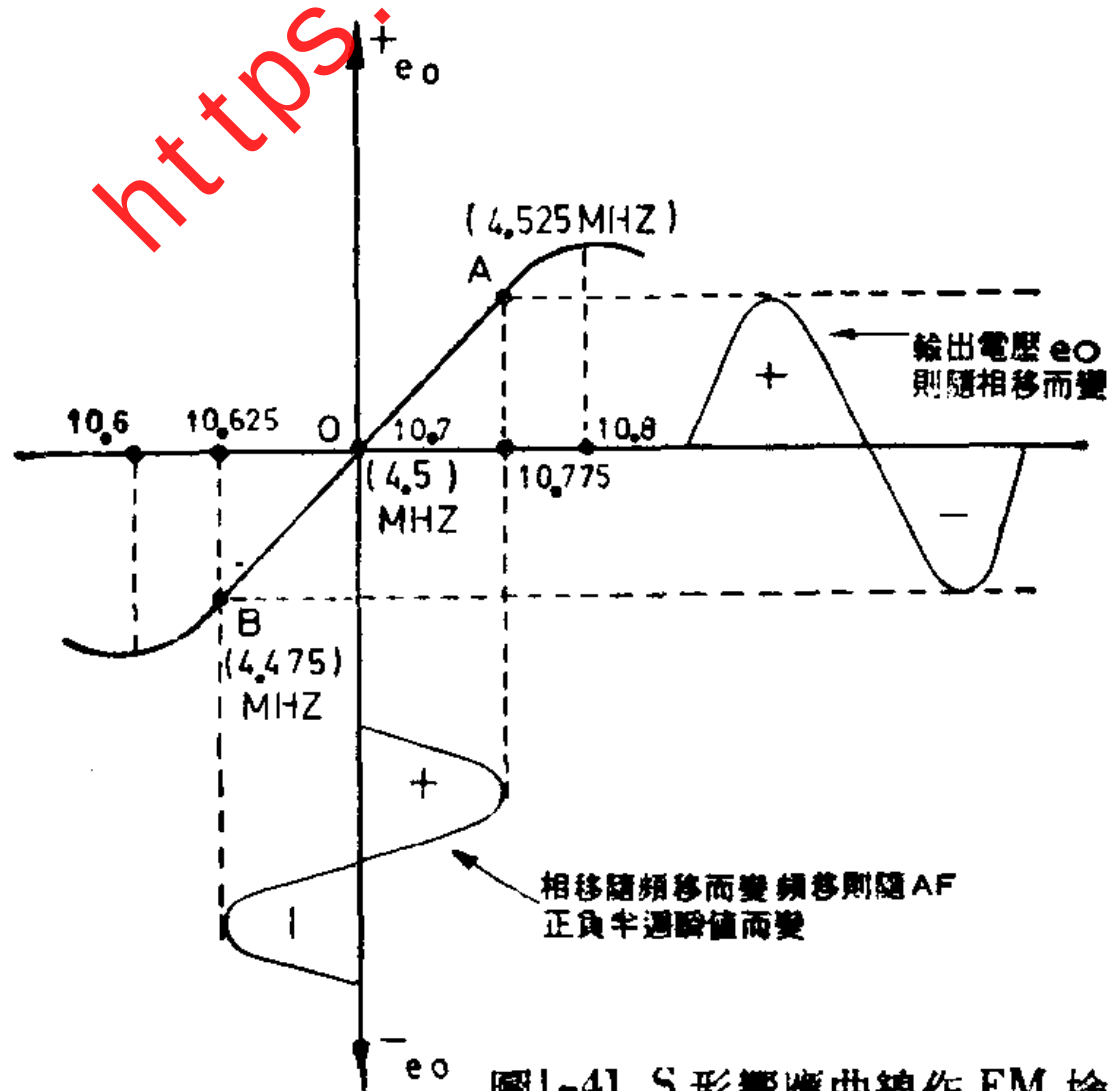


圖 1-41 S 形響應曲線作 FM 檢波

綜合上述，如在正確中頻時，跨過電容器(C_i)之電壓平均值(e_o)保持常數。

頻率高於中頻時，跨過電容器(C_i)之電壓平均值(e_o)則增加。

頻率低於中頻時，跨過電容器(C_i)之電壓平均值(e_o)却減少。因此將此結果可繪出 S 波形之響應曲線。

12. 增強器及消強器

在 FM 之發射廣播中，難免有雜音混入，因此常用增強器(Pre-Emphasis)，易以調頻之聲頻高頻端加以增強，以減輕嘈音干擾，使獲得良好之訊號嘈音比(Signal To Noisy Ratio)，原來在 FM 振盪器及調頻器系統中，常產生有以下兩種嘈音訊號，即：

①電子管電子射擊效應所發生之嘈音。

②各零件之溫度效應之嘈音訊號。

以上兩種嘈音訊號其頻率範圍廣闊，常在 400HZ 至數 MHz，此種嘈音頻率愈高其電平亦愈高，若輸至調頻器內，足以影響較高聲頻，因此被較高之聲頻(1000 至 15000 HZ)所調制之 FM 訊號包含上述兩種嘈音干擾往往比被低聲頻所調制之 FM 訊號較為劇烈，故在調頻器內必要裝置增強器，將高聲頻之電平依比例增高，以克服嘈音之干擾。

但在 FM 接收機方面，在 FM 檢波器之輸出電路中亦必要裝置消強器(圖 1—31)，將較高之聲頻電平依比例降低，

使與原來未增強時之電平相等，然後才能免除頻率失真現象。

但應注意的是：消強器之時間常數，通常是在 $75\mu s$ (微秒)。如將時間常數減少(例如 $60\mu s$)的話，則高音部的強調會剩餘下來(出現高音)，如時間常數大於 $75\mu s$ 的話，便損失高音，為使高低音獲得平均，應保持其正確之時間常數。

圖 1-42 是增強器及消強器之電路及其頻率特性示意。

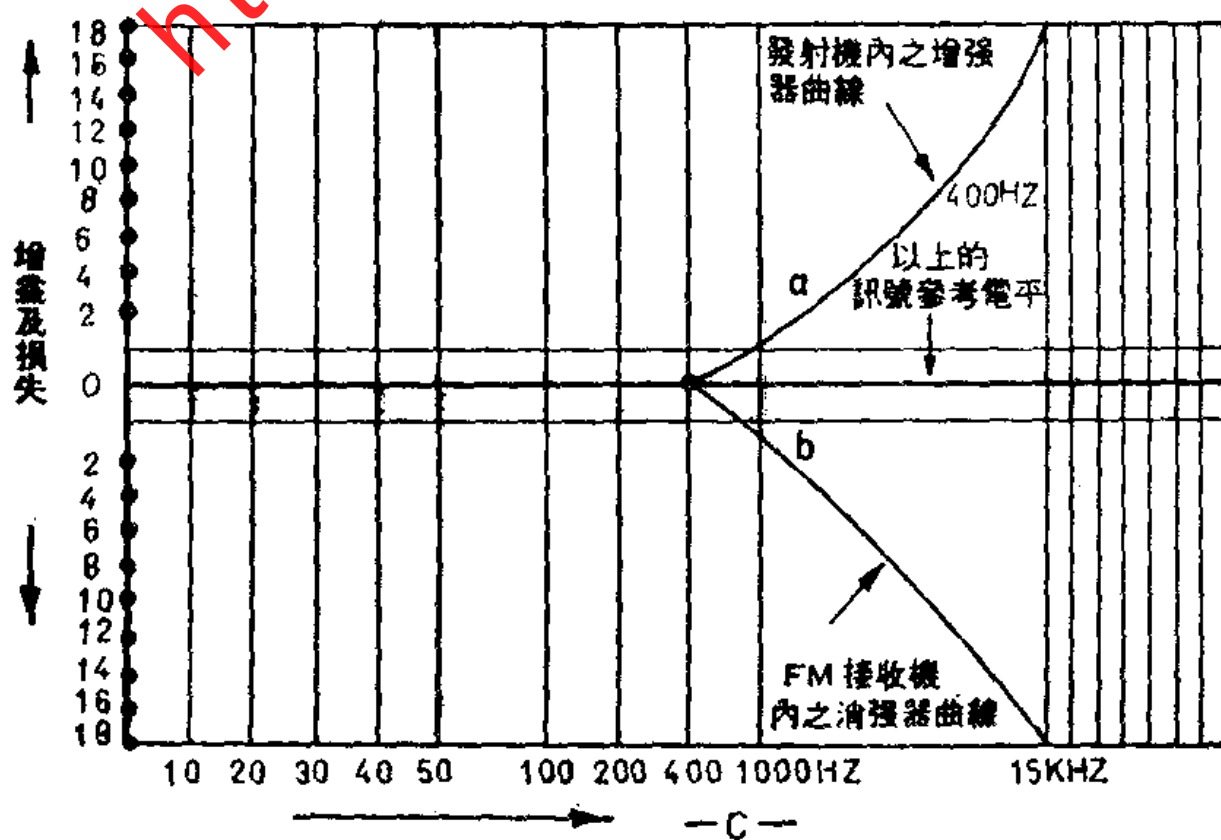
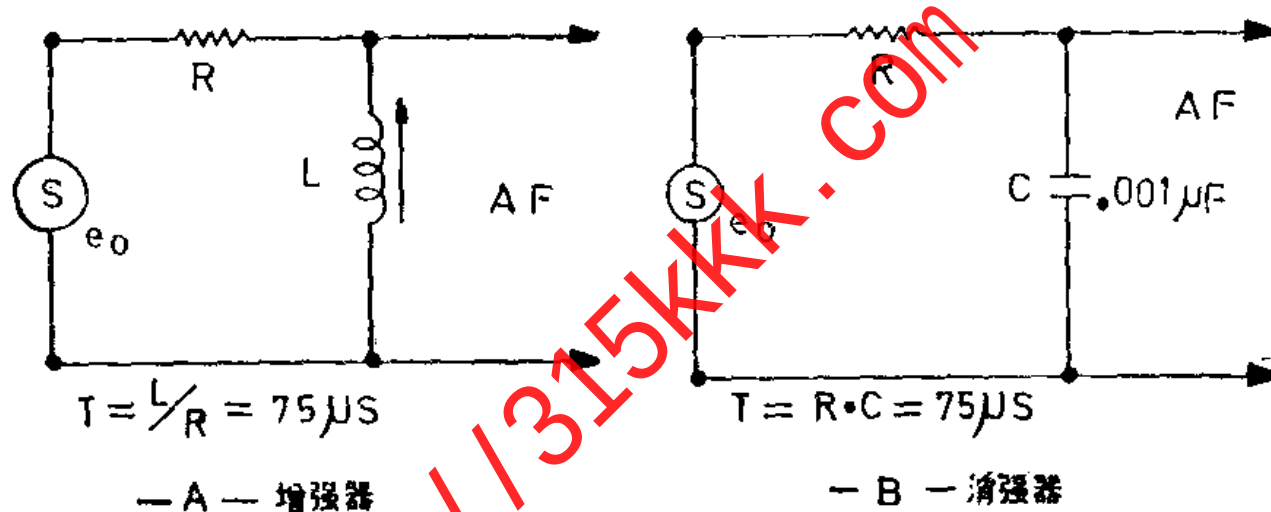


圖 1-42 增強器及消強器與其頻率特性圖

從圖 1-42 C 頻率特性圖中所示,在 400HZ 以下之低頻是不受增強器及消強器所影響,但在 400HZ 以上,以發射機來說則要利用增強器以增強其高聲頻之電平,但在 FM 接收機中在 400 HZ 以上則利用消強器以減低其聲頻以保持較前未增強時之電平使其音調獲得調和。

13. 聲 頻 放 大 器

FM 收音機之聲頻系統實與 AM 機一樣,經檢波後輸至聲頻放大級加以將此聲頻 (AF) 訊號放大然後交至強力放大級 (Power Amplifier), 使獲得足夠的電力而推動揚聲器 (Loudspeaker) 而發出成音供衆人收聽。

有些 FM 收音機同樣是採用推挽式 (Push-Pull) 強力放大電路, 目的是能獲到高傳真度 (High-Fidelity) 而減少失真, 音調控制器亦分別有高低音控制 (Treble And Bass Control), 其工作原理在此不另作詳述。

第二章 FM收音機修理術

1. AM/FM 收音機之結構方塊圖

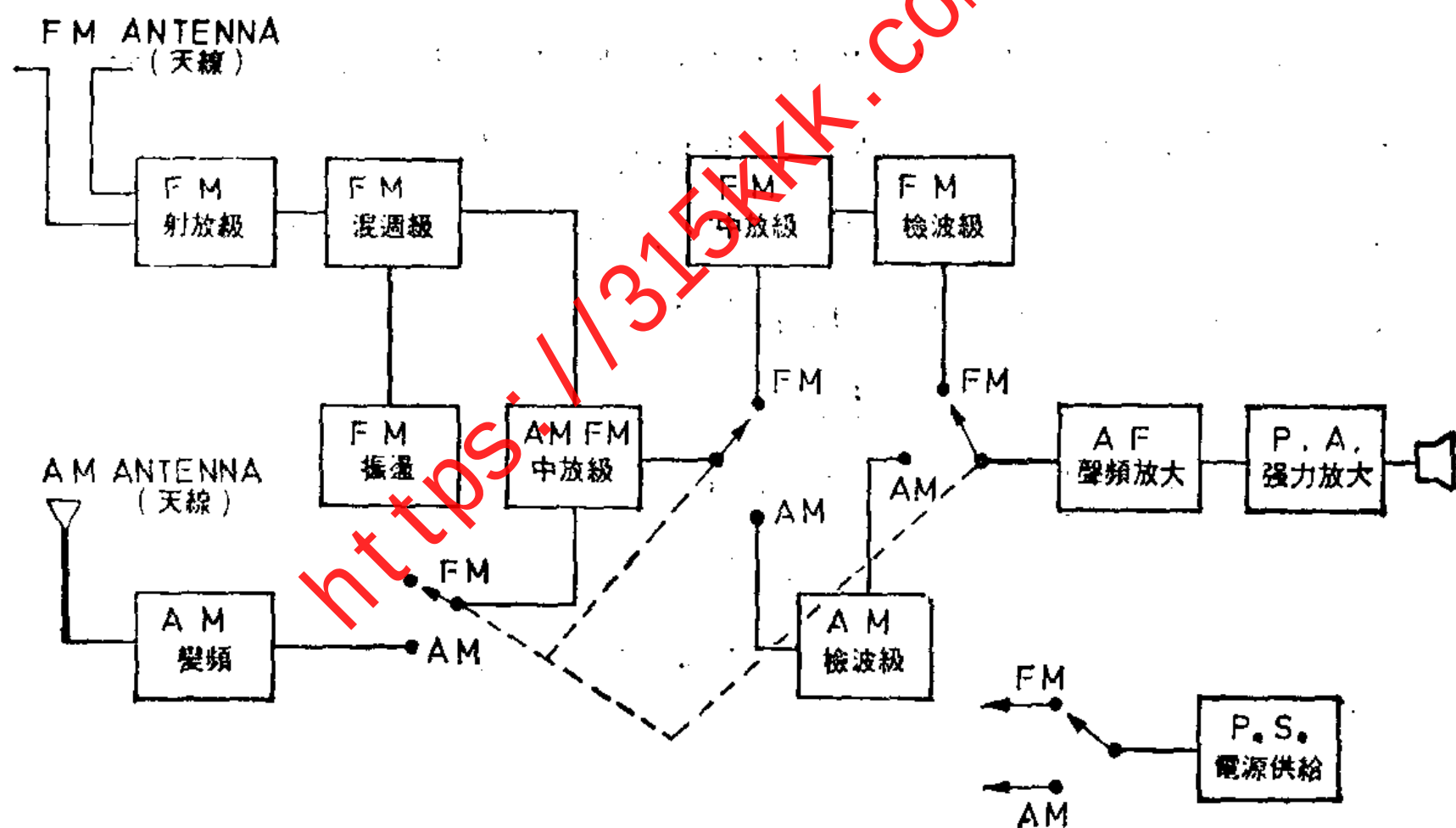
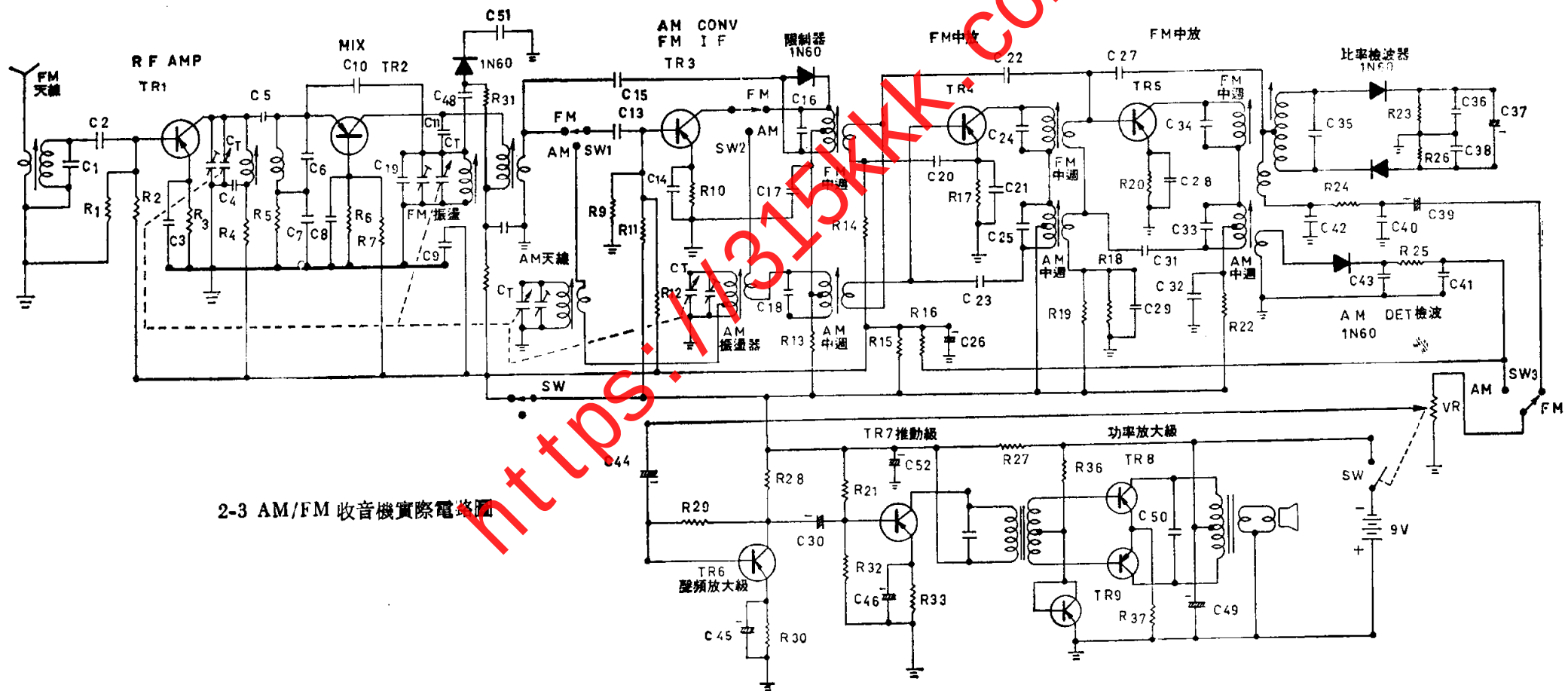


圖 2-1 AM/FM 收音機方塊圖

圖 2—1 是一標準式 AM/FM 兩用收音機方塊圖。FM 部份在天線輸入電路中設有一級射放級 (RF) 並將採用 FM 天線。此種方式是採用獨立振盪電路，振盪後之訊號交給混週級 (Mixer) 然後輸至 AM/FM 中放級 (AM/FM IF)，由於

2. AM/FM 收音機實際電路圖



2-3 AM/FM 收音機實際電路圖

<https://315kkk.com>

FM 收音機是採用較闊之頻帶(Band Width)故需加多一級 FM 中放(FM IF)，以便獲得較闊之波段及足以將中頻射頻訊號放大，獲得高增益，而輸至 FM 檢波級加以檢波，經檢波後輸至聲頻放大級加以放大。從圖中示，聲頻放大部份是與 AM 部份共用，並採用同軸選擇開關(Switching Chooses)，加以選擇接收 AM 或 FM 波段。

AM 部份是與單用式之 AM 收音機工作原理相同。

中頻變壓器(I.F.Transformers)：在 AM/FM 兩用收音機中，其中頻變壓器(I.F.T.)通常是共用式，如圖 2-2。

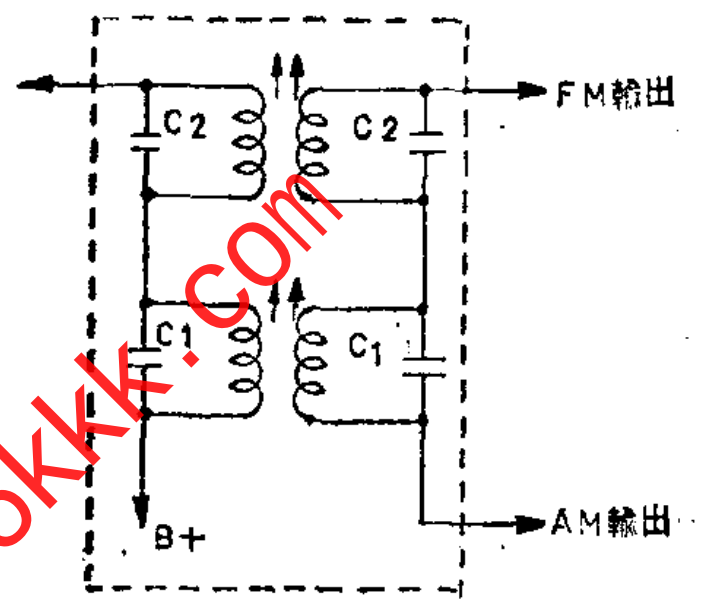


圖 2-2 中頻變壓器結構圖

圖 2-2 是 —AM/FM 收音機所採用之中頻變壓器結構圖，FM 及 AM 部份是串聯接法，在 AM 部份是諧振在 455 KHZ，FM 部份則是諧振 10.7 MHZ，此種中頻變壓器是具有極高之感應量(Inductance)，選擇在 AM 或 FM 時，都能與中放管之輸入及輸出阻抗配合，獲得一理想的 Q 值，使用亦非常方便，市面上均有出售，但有些中頻變壓器是分離式的，即 AM 及 FM 各自分開，目前各原子粒收音機製造廠均常用之。

電源供給部份(Power Supply Section)：電源供給部份完全與 AM 式收音機相同，但如圖 2-1 示是利用選擇開關控制，分接 FM 部份及 AM 部份。

3. AM/FM 收音機修理步驟

引述：

當修理一部 AM/FM 收音機時，無論在工場或在工廠生產線，首先應檢查該機之故障是落在某部份，簡單的試驗方法是首先將選擇開關選擇在 AM 位置，看是否在此部份能夠收音，如能正常收音，則表示 AM 部份正常；如在 FM 部份不能收音，此時可肯定故障是落在 FM 檢波至射頻放大級某一電路發生毛病。依據以上手續很容易判定故障來源是落於 AM 或 FM 部份，以下詳述各部份檢查及修理手續。

4. FM 部份故障快速檢驗法

如發現 AM 部份收音正常，此時將選擇開關旋至 FM 波段位置，檢查手續是從檢波部份開始，如圖 2—4A 示，是採用相移鑑別器檢波(Discriminator)，在末級中放級(2nd IF)與相移鑑別器之間加有一限制級(LiMiter)，圖 B 是採用比率檢波器(Ratio Detector)，限制級是省去了。

首先用一調幅式訊號產生器選擇在 15 MHz 之範圍，再將掃描訊號產生器(FM Sweep Generator)選擇在 FM 中頻頻率位置(10.7MHz)，將 FM 掃描訊號產生器熱線接在限制級柵極電路(圖 2—4A 示之 A 點)，冷線接地，如採用比率檢波器則將掃描訊號產生器接在末級中放級，如圖 2—4B

之 A 點，接線示意圖參考圖 2—4C。

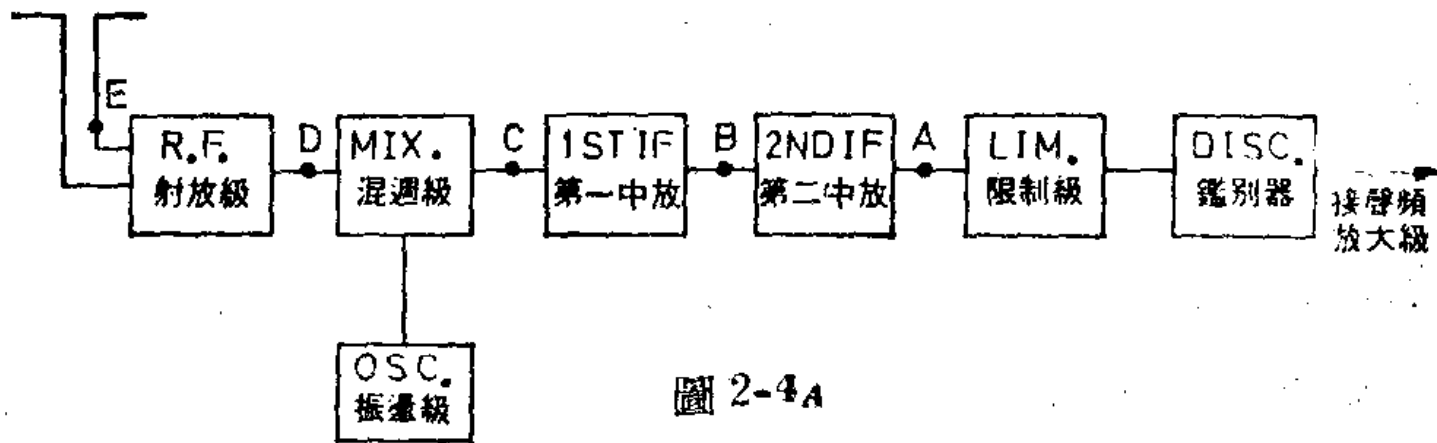


圖 2-4A

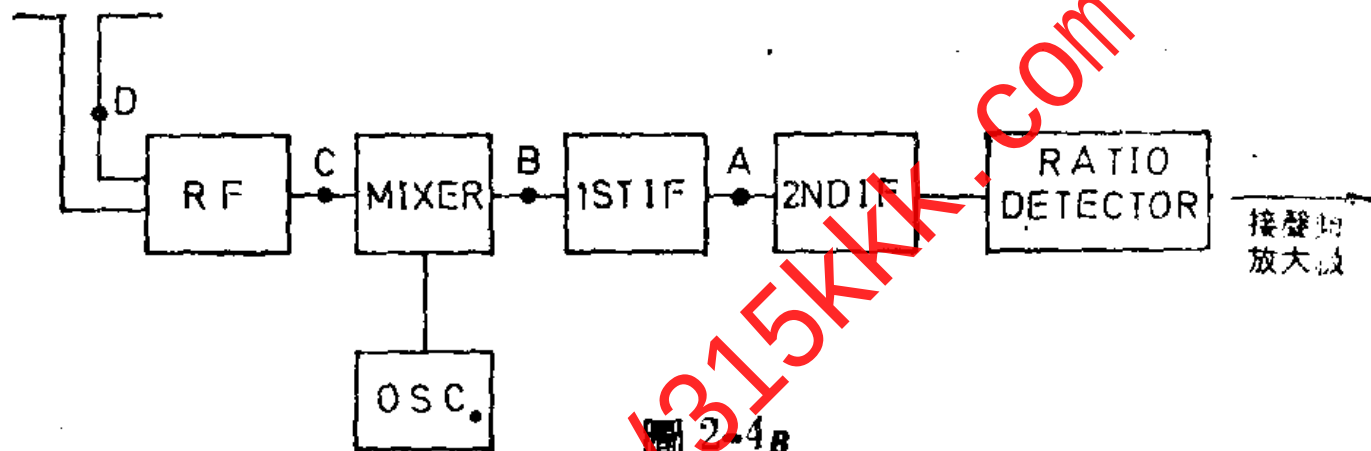


圖 2-4B

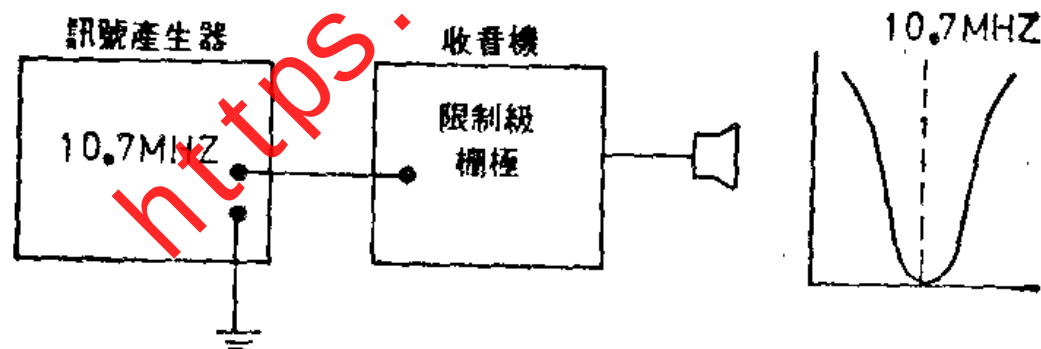


圖 2-4C

圖 2-4 FM 部份方塊圖

將訊號產生器輸出旋至最大，同時將 FM 收音機度盤折衷調節在適當位置，如檢波部份正常，在揚聲器應有聲音出現，如沒有聲音，表示故障落在檢波級，其修理方法後述。

若檢波級正常，將訊號產生器由 A 點移至 B 點及 C 點，即由末級中放級順序移至第一中放級(1st IF)之柵極電路，

但訊號頻率保持不變，此點方法如 AM 收音機動電修理法相同，看是否有聲音出現，如發現在某點沒有聲音輸出，即表示故障落在該級。

當中頻放大級發現全部正常，但仍不能收音，此時再將訊號產生器調至 100 MHz，將接線分別接在混週級柵極及射放級柵極而至天線，即由 D 點移至 E 點，並將收音機度盤旋至 100MHz 位置，逐點接觸，看在某點時失去無聲頻輸出，故障便是落在該級(詳情後述)。

5. FM 機基本修理步驟

在快速測驗中試出某級發生故障時，應採取的步驟是首先檢查電子管或晶體管是否有毛病，進一步便是用萬用電表測量其點與點間之電壓，其後，更要測量各電路的阻值，看是否正常，這些手續與 AM 收音機相同。

6. AM/FM 收音機之聲頻放大部份

AM/FM 收音機之聲頻放大部份是與普通式的聲頻放大級一樣，如圖 2—3 線路圖所示，祇需用選擇開關(SW₃)作選擇作用，當選擇開關旋在“A”點，是接收 AM 波段，旋至 F 點是接收 FM 波段，線路亦很簡單，A 點表示 AM 檢波所輸出，F 點是 FM 檢波通過交連電容(C39)輸出，交至聲頻放大級(AF AMP)及推動級(DRIVER)加以放大然後交至強

力放大級作推挽式放大輸出。至於其故障的檢修，完全與一般 AM 機相同。

7. FM 檢波級之故障及檢修

FM 收音機與 AM 收音機之最大差異點是檢波級，在修理時較為複雜的便是該級了。上述已談及要利用直線性作檢波工作點，由於 FM 收音機是利用 S 波形作檢波，因此在檢波後輸出之 S 波形定要得到平均，及上下對稱才能保持輸出不

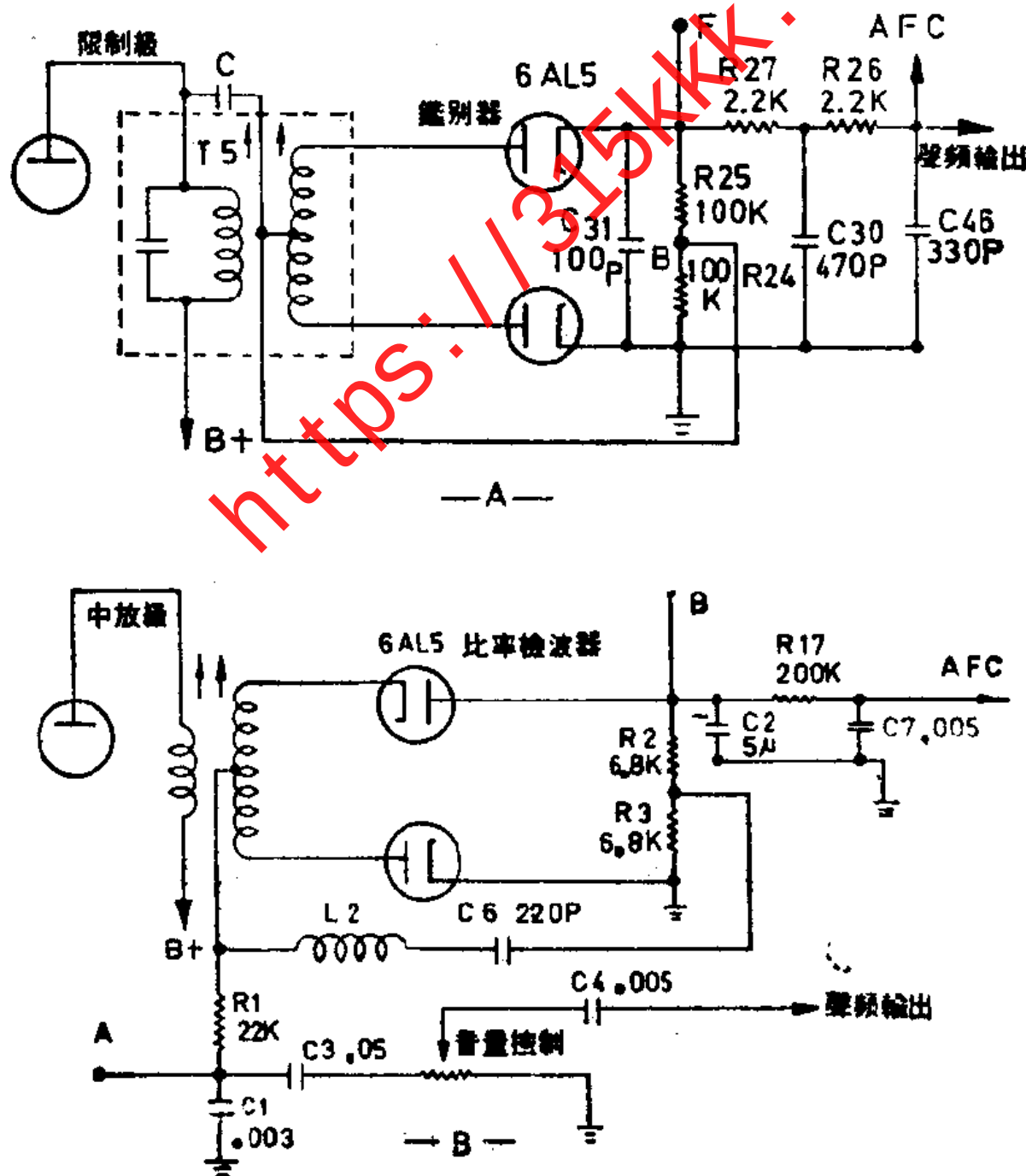


圖 2-5 FM 檢波之測驗點

失真(Udistortion),現將其線路作詳細之故障分析及檢修。

如圖 2—5A 示是利用雙二極管 6AL5 接成之相移鑑別器電路(可用晶體二極管代替 6AL5),輸入之中頻訊號(10.7MHz)是經限制級通過交連電容器(C)再由相移鑑別器之輸入變壓器(T_5 虛線示)感應到 6AL5 之屏極, R25 及 R24 是該二極管的負荷電阻,而檢波所輸出之聲頻電壓亦是由該兩電阻獲得,電容器 C46 及 C30 及電阻 R25 R27 組成消強器(Deemphasis)。其工作原理請參考第一章十二節。

FM 檢波之故障通常是:

①電子管損壞:此時沒有檢波作用,收音機無聲。檢修方法:首先將電子管或二極管換新,如是採用晶體二極管電路,可用電表測量其正反向之阻力。

②調整不正確:當輸入變壓器調整不正確時,檢波輸出獲不到傳真的聲源,或稱失真。檢修方法:重調輸入變壓器初級。將 DC 電壓表連接在二極管之負荷電阻(B 點),電壓表的一端接地(負端),將掃描訊號產生器之輸出熱線接在末級中放級之柵極,並調節在適當中頻(10.7MHz),使其電表指示輸出為最大,再將電表接棒由 B 點移至 F 點,此時電表之指示約為零(Zero),利用電壓表之表示可決定其校準情形。至於詳細校準方法及步驟,在第三章分別詳述。

③S 波形失真或上下不對稱:此情形通常是二極管任何一邊失靈,或負荷電阻(R25 R24)任何一支變值或開路等,如 R25 變值或損壞,S 波形是上半波失真,如 R24 變值或損壞,S 波形是下半波失真,如圖 2—6A 及 B 示。檢修方法:

用歐姆表測量其負荷電阻及換取新的二極管或晶體二極管。

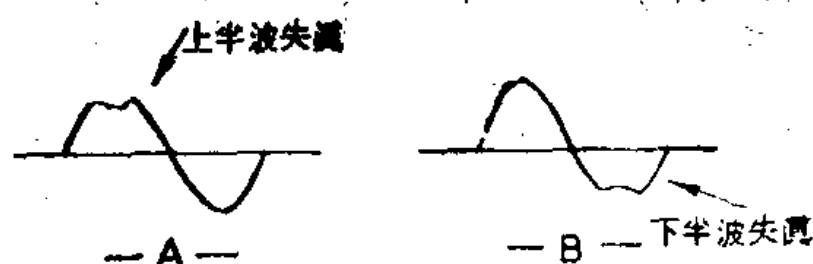


圖 2-6 S 波形失真

④檢波輸出弱，收音機細聲，此情形通常是輸

入變壓器因日久而 Q 值變低，或二極管衰老，應更換新的一試，更換時請注意其特性是否與原來一樣。

⑤電容器 (C31) 短路，該電容器是跨接在二極管之陰對陰之間，而短路時，等於負荷電路全被短路了，檢波沒輸出，收音機無聲。

⑥交連電容器 (C) 之故障，中頻訊號不能通過，即沒訊號輸入變壓器 (T_5) 次級，收音機無聲。可換另一電容器試之。

⑦消強器 (R26、R27、C39、C46) 發生故障，在 400HZ 聲頻以上失去消強作用，此時收音機發出之聲音高低不穩定，與失真相似，檢修方法，將各零件開路逐一測驗。

圖 2—5 B 是一平衡式比率檢波器，其故障之檢修與相移鑑別器大致相同，唯一的差異點是測驗點利用電子管電壓表 (V.T.V.M.) 連接在 A 點，掃描訊號產生器旋至在適合中頻 (10.7MHZ) 而由末級中放級 (IF) 之柵極電路輸入，觀察電表的指示是否約為零 (Zero)，此時可判定該級是否發生故障 (校驗次序後述)。

再將電表由 A 點移至負荷電阻 (R_2) 之 B 點，此時電表的指示較前為強。

該電路之電阻 (R_1) 及電容器 (C_1) 組合成消強器。電阻 R_3

及 R_2 是負荷電路，跨接在二極管之屏與陰之間，在中間抽頭經線圈 (L_2) 而將所檢波輸出之訊號輸經電阻 (R_1) 作為聲頻輸入點(即 A 點)。通常的故障是：

①電子管衰老，放射電子弱而引起檢波訊號弱，收音機細聲。檢修方法：將電子管換新，如換新後沒有改變，進行點與點電阻測量，步驟與相移鑑別器相同。

②電解質電容器(C_2)之故障，此電容的作用是保持穩定之輸出電平，如發生故障時，會使振幅變化。收音機有雜音，類似 AM 收音機退交連電容之故障情形，檢修方法：一定要將電容開路，最簡單的方式是用一新的代替試之，如故障即消除，表示該電容是發生故障。

③電解電容(C_2)發生短路，此時等於將輸出電路所含的訊號完全落地，故無檢波輸出，收音機無聲，更換時注意其正負極向。

④測量電解質電容器之方法是採取用一般萬用電表，用 $R \times 1000$ 之一檔，將電表試棒之正負極跨在電容兩端，此時電表指針應有充放電之移動，如指針向右指示為零，則表示該電容是短路了(圖 2—7)。

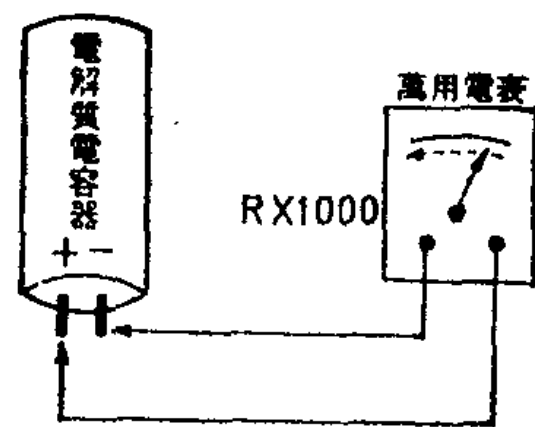


圖 2-7 利用萬用電表測量電解質電容

8. FM 限制級之故障及檢修

線路之比較：

如圖 2—8A 示，採用電子管(6 AU6)之限制級，圖 2—8B 則是採用 NPN 晶體管之限制級，從圖中分析並無多大差異，而工作原理請參閱第一章第十節。

通常的故障是：

①電子管或晶體管衰老，失去了限制作用，收音機發生干擾嘈音更為顯著，不能收音。

②各電路零件(電阻電容)發生變值

及開路短路等，限制工作失效或降低，使輸出訊號不能保持平均振幅，偏壓電阻變值時，電子管或晶體管之工作偏壓在不正常之工作點，收音機亦有嘈音出現或不能收音。

檢修方式，首先換管，再用萬用電表測量其點與點之偏壓及 B_+ 電壓，發現某點不正常時，便要測驗其直流阻力，看各電阻是否有變值或開路等(如圖 A 之 R_{21} 、 R_{23} 、 R_{22} 等)。但請留意，如採用比率檢波器之 FM 收音機，是不用限制級的，在檢修時可忽略不計。

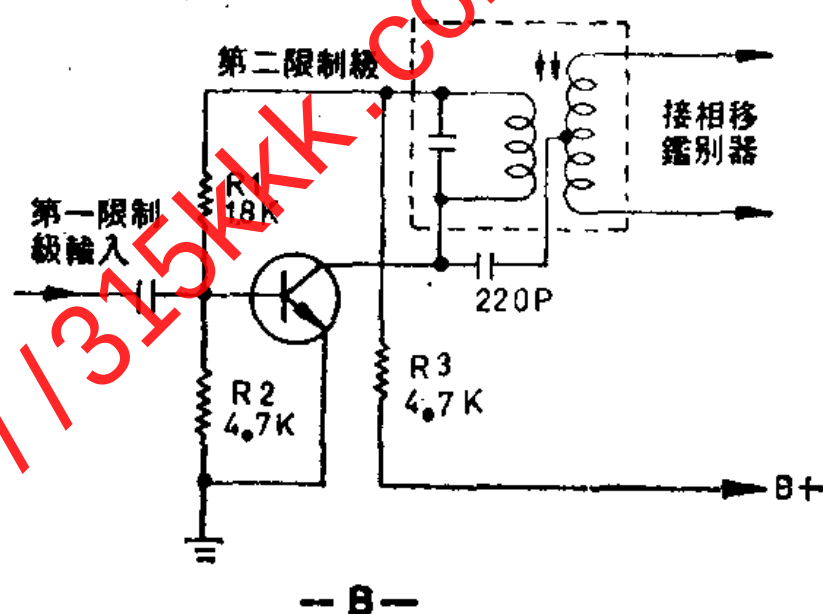
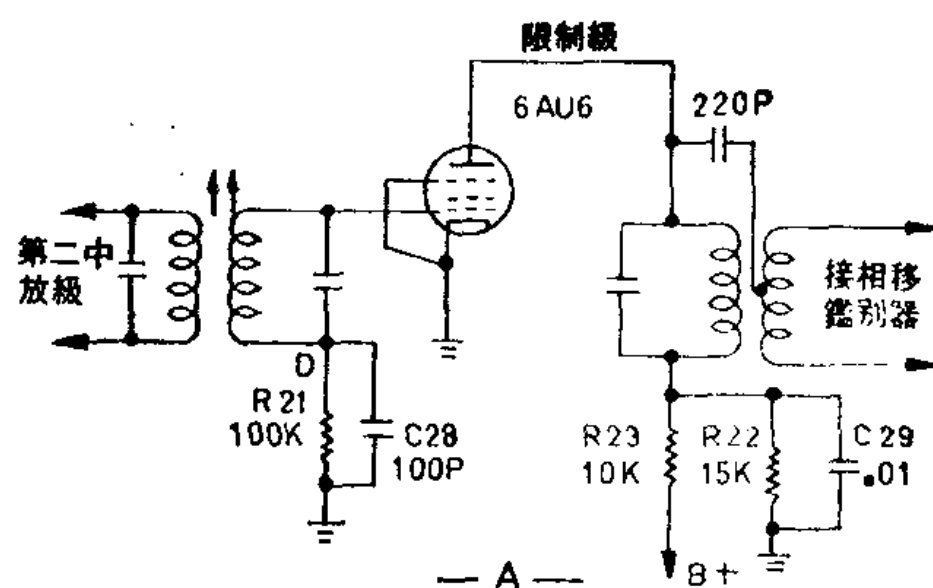


圖 2-8 限制級電路圖

9. FM 中頻放大級故障及檢修

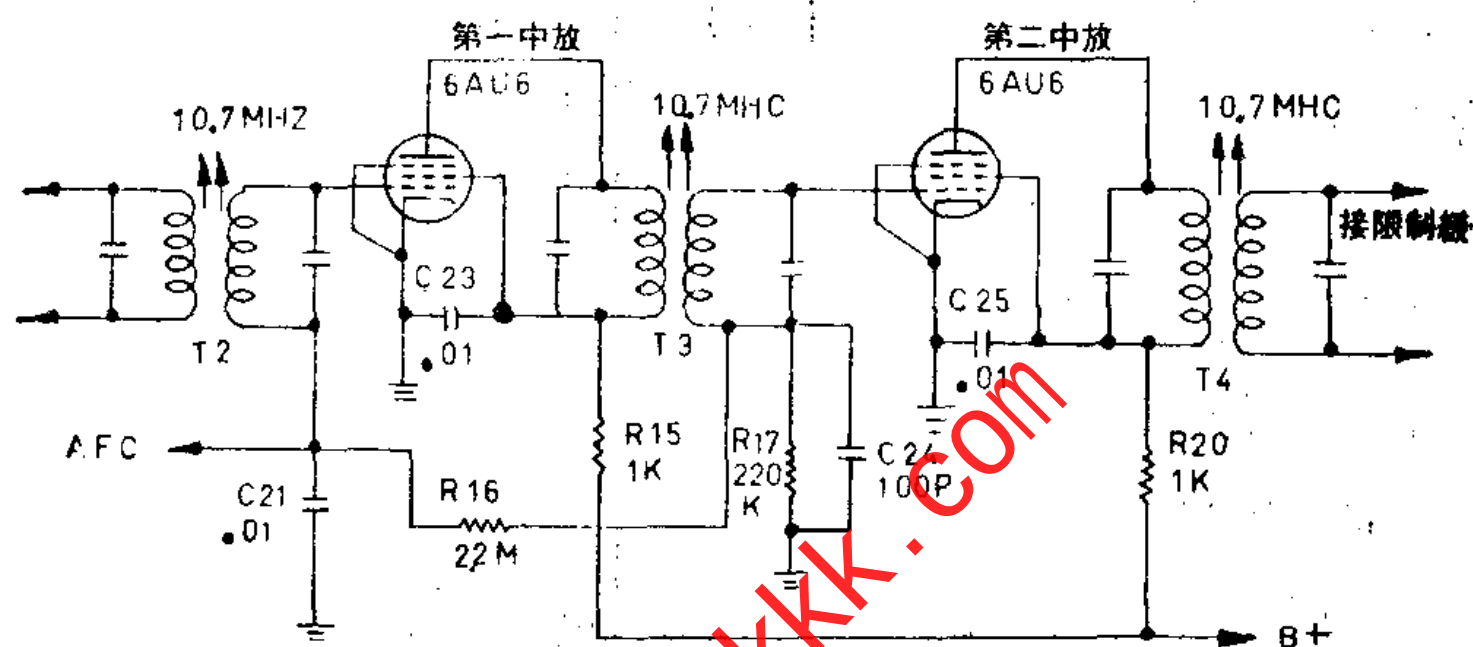


圖 2-9 中頻放大電路

圖 2—9 示是一 FM 收音機中頻放大電路，與 AM 收音機之中頻放大電路相差無幾，通常之故障有：

① 簾柵電路的故障

簾柵電路接有簾柵電容及電阻 (C25 及 R20) 通常的故障是短路；該電容短路後，中放管簾極無電壓，電阻 (R20) 發熱，收音機無聲，在更換電容時，因為電容短路而令電阻 (R20) 發高熱，最好是連同電阻一起換掉，以免後患。

電容 (C25) 開路，該電容開路後，使簾柵和地之交流電位提高，失去了屏柵間之隔離，收音機發生振盪，或哨叫聲，檢修方法是用一只同等數值及種類的電容並接試之，但緊記，因是 FM 頻段，其頻率是相當高，更換新的電容時，注意接線不要太長，否則潛伏電容量增加亦會出現迴授振盪或哨叫聲。

②FM 中頻變壓器(T_2 T_3 T_4)之故障

中頻變壓器的故障常在初級圈為多，因為該初級是接 B₊ 電壓，而用線較為幼細，通常是開路，初級圈開路後，屏極電壓為零，收音機無聲。檢修方法，用歐姆表($R \times 1$)跨接在線圈兩端，正常時電表指針應有擺動，如沒有擺動，證明是開路了，其次是測量電壓，如在初級之下端測量有電壓指示，當接在上端(屏極)時電壓為零，即表示線圈是開路了。

中週變壓器之頻率(10.7 MHz)調整不良，收音機細聲或影響其靈敏度，檢修方法用中頻訊號(10.7 MHz)輸入重調各中頻變壓器(後述)。

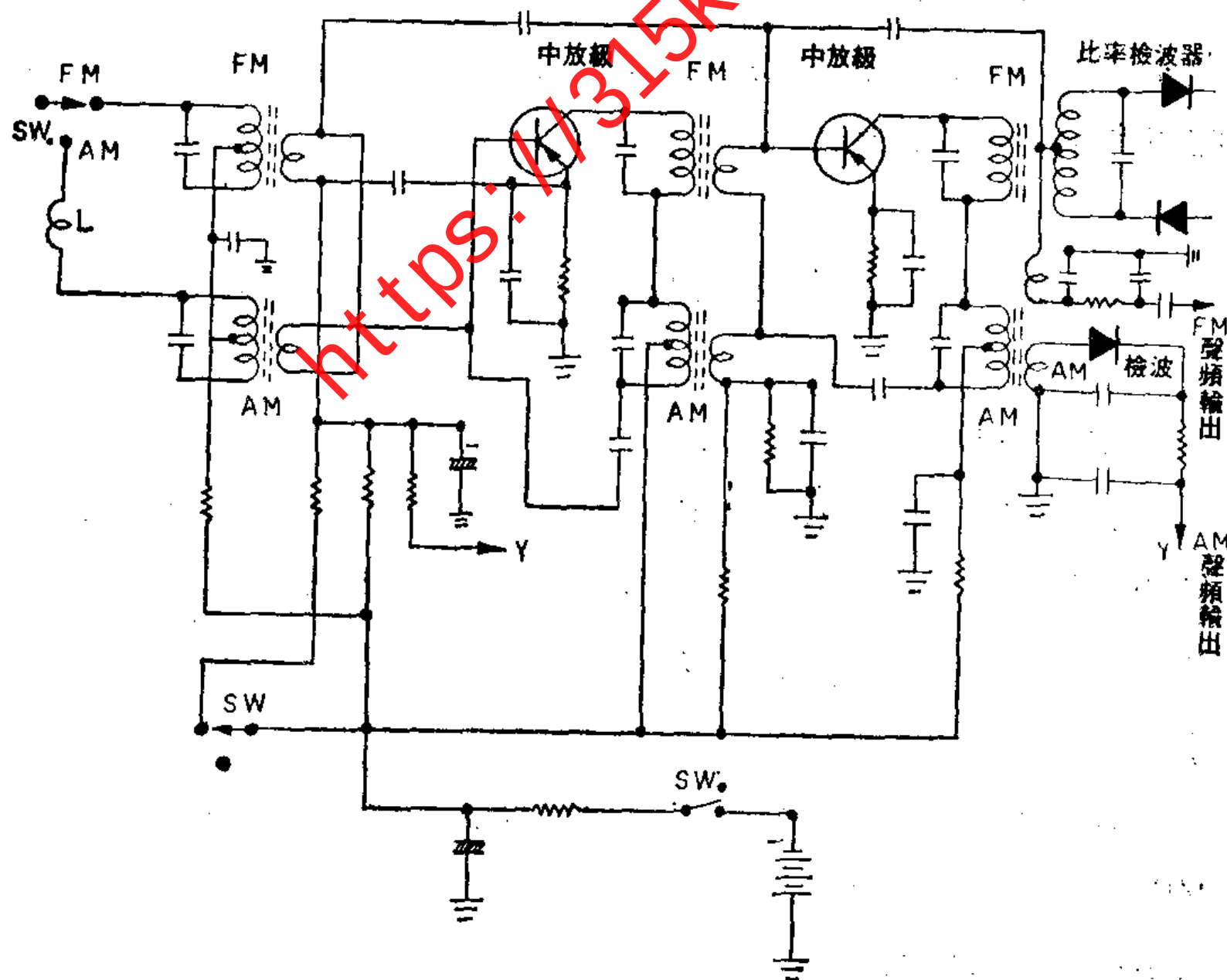


圖 2-10 採用晶體管之 AM/FM 收音機中頻放大電路

日久潮濕而影響變壓器之 Q 值，收音機細聲，因 Q 值下降時，會增加線圈之阻力（因 $Q = \frac{2\pi fL}{R}$ ）對感應量會大大減弱而令收音機靈敏度降低，檢修方法，可將外壳拆去，用風筒吹其內部線圈，如無效，可換一同種類的中頻變壓器便妥。其各點之正常電壓是以電子管特性而定，各管特性可參考世界電子管手冊便一目了然。

圖 2—10 示，採用晶體管式之 AM/FM 收音機，線圈 L 是 AM 部份振盪線圈之次級（完整線路請參考圖 2—3）。接收波段完全以選擇開關 (Sw) 控制接收 AM 或 FM 訊號，以下之中放級原理及其故障之檢修則與電子管相差無幾，最大之差異點是晶體管之電壓較電子管為低，具體檢修方法與晶體管收音機大致相同。

10. AM/FM 收音機之變週級故障及檢修

電路分析：

如圖 2—11 A 示，採用電子管組成之 AM/FM 收音機之混週 (Mixer) 及振盪 (FM OSC) 電路電子管是採用 6AB4 及 6BE6，此線路組織很簡單，其工作原理請參閱第一章第六節。

在此要談及的是如圖 2—11B 所示，採用晶體管 (2SA240、2SA93) 組成之 AM/FM 收音機之混週 (Mixer) 變週 (AM Converter) 以及振盪電路 (FM OSC.)，晶體管 (2SA240) 擔任 FM 混週器，在集電極電路中接上了線圈及電容器 (CT_1 、

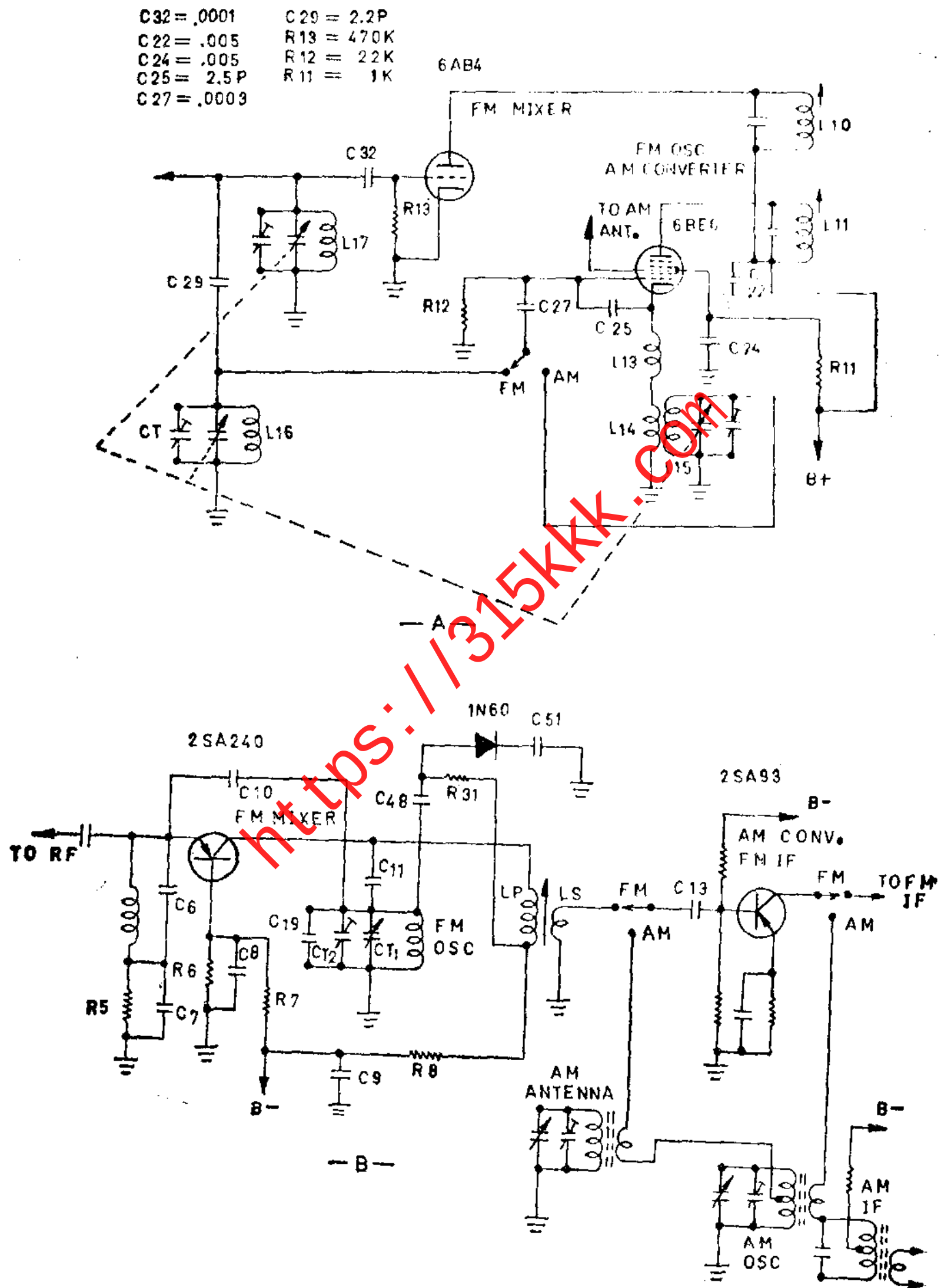


圖 2-11 AM/FM 收音機變週、混週電路

CT_2 、 C_{10}) 組成一振盪電路，因此 FM 部份之頻率亦全靠此振盪電路來完成，振盪後之高頻(RF.) 等幅訊號經電容器(C_{10}) 交連而輸至晶體管之發射極而致發生混週作用，由於 FM 收音機亦是超外差方式，因此混週後在晶體管集電極所輸出之訊號便是中頻訊號了(10.7MHz)，再經線圈(L_p 、 L_s) 之感應作用而將此 10.7 MHz 之中頻訊號感應交連而輸至 FM 中放級晶體管之基極(2SA93)。加以多級中放將此訊號放大後輸至 FM 檢波級加以 FM 檢波。

在此電路中，二極管 1N60，電容器 C48、C51，及電阻 R31 所組成一網路，此電路實則是形成一電容器，其作用是用於自動頻率控制作用(AFC)。主要是控制晶體管之集電極分佈電容及其電壓以致穩定其振盪頻率，此種 AFC 電路較為特殊及簡單。

在線圈(L_s) 中，接有一選擇開關(Sw) 便於選擇接收 FM 及 AM 波段。在本電路中其故障及檢修工作亦以它來作舉例。

一般故障是：

① AM 部份正常，但 FM 部份不能工作

- a. 檢修方法：檢查選擇開關是否因日久生銅銹而引起接觸或轉動不良。
- b. 檢查振盪電路是否在正常工作。(與 AM 機相同)
- c. 電容器(C_{10} 、 C_{11}) 是否有開路或短路。
- d. 基極降壓電阻及洩放電阻(R_7 、 R_6) 是否有變值及開路。
- e. 電容器(C8) 是否短路。

f. 晶體管衰老及損壞。

②收音細聲

- a. 晶體管衰老，放大增益低。
- b. 振盪線圈因日久潮濕引致Q值下降。
- c. 調節不準確。
- d. 電阻變值引起電壓不正常。

③聲音時有時無

- a. 選擇開關接觸不良。
- b. 電阻受熱後變值及線路接口不良，底板電路在斷與不斷之間。
- c. 經受振動後而使零件鬆脫。

④FM 廣播波段頻率變大或變細(88—108MHz)引起調節不準

此類故障在工廠擔任修理時常會遇着，修理亦很簡單，稍有理論基礎的技術員便會從振盪級着手檢查，首先判定其頻率變大或變細，如是變大，例如 108 變至 115MHz 無法調到 108MHz，根據收音機諧振頻率公式是：
$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$
，線圈與電容器之數值是與頻率(F)成反比，如是頻率變大，即將頻率減低，從公式參考便要將電容器(C)加大，因此在振盪電路中唯有改變電容器(C19)之數值，改變方法，是選用適當之電容作並聯方式；反之如頻率變細時例如 105MHz，要將頻率提高時便要將電容器(C19)減細，可用剪鉗剪去些少，或更換一新的。此外還需要測量一下晶體管之基極電壓是否正常，必要時還需更換一新的晶體管。

11. FM 收音機高放級之故障及檢修

電路分析：

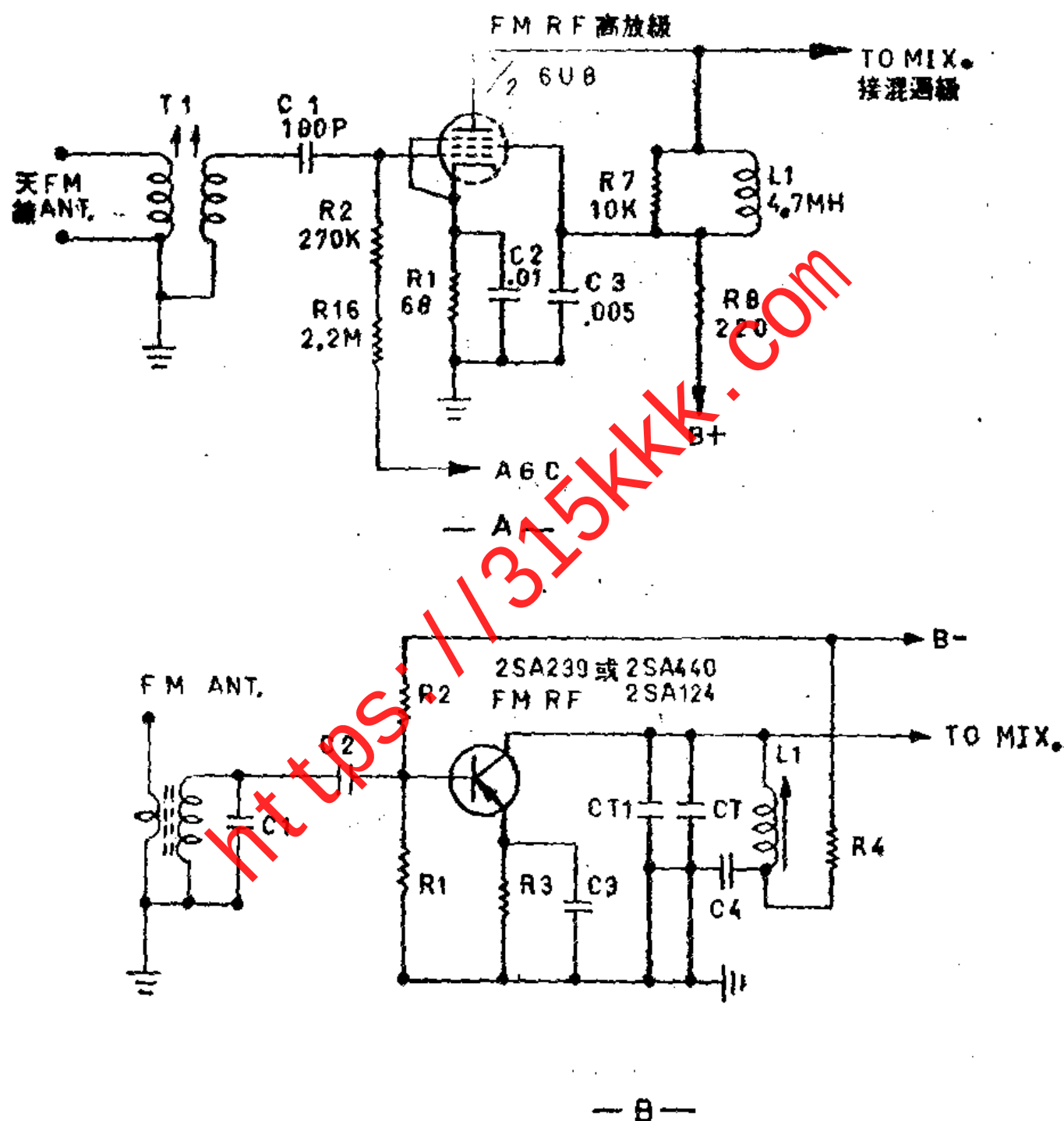


圖 2-12 FM 機高放級電路

圖 2—12 所示，是一 FM 收音機之高放級 (R.F.)，圖 2—12A 是採用 1/2 電子管 6U8 擔任，線路很簡單，而圖 B 則用 PNP 型晶體管 (2SA239) 擔任，結構亦很單純，其作用是用於拾取空中之微弱電波經天線感應而輸至高放級加以放大

以合理想之增益，實與AM收音機之高放級相同，現以圖B晶體管式電路作分析故障實例。

一般高放級之故障是：

①靈敏度低，收音機細聲：

- a. 天線Q值低或方向不正確，或線圈間中霉斷，如是鐵粉芯式者，可能鐵粉芯有折斷現象。
- b. 晶體管衰老，調諧電路(L_1 、CT、 CT_1)校驗不正確，或線圈(L_1)Q值下降。

②收音機不能收音：

- a. 天線初級開路或短路。
- b. 天線次級開路或短路。
- c. 電容器(C_1)短路。
- d. 基極洩放電阻(R_1)開路或短路。
- e. 基極降壓電阻(R_2)開路或短路。
- f. 發射極電阻(R_3)及電容(C_3)短路或開路。
- g. 補償電容器(CT_1)短路。
- h. 可變電容器(CT)短路或碰片。
- i. 電容器(C_4)短路。
- j. 降壓電阻(R_4)開路。
- k. 晶體管失效。

③嘈音過多：

- a. 線圈日久潮濕或霉斷鬆脫等。
- b. 電容器漏電或失效，容量退化，失去旁路作用。
- c. 晶體管衰老，內阻增大或內部接觸不良。

d.調節不正確。

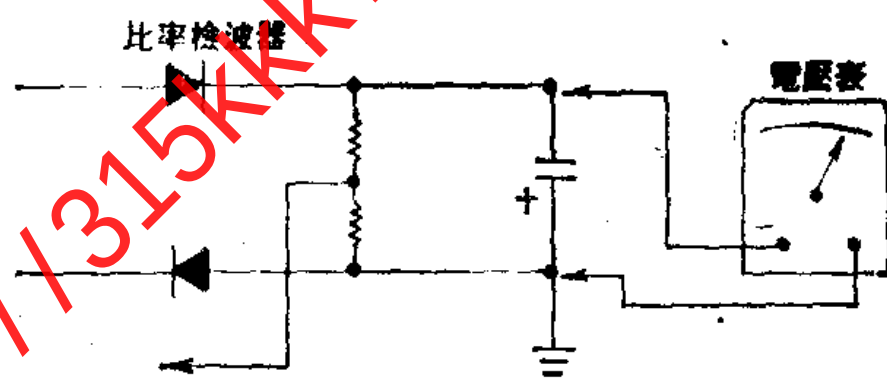
④高頻振盪或哨叫聲：

天線位置不正確，晶體管極間電容太顯著，或調節不正確。

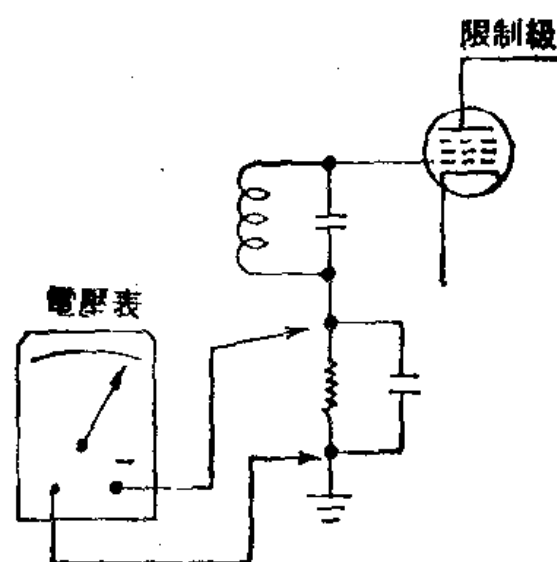
注意：測量電阻及電容時，最好將零件開路，才能獲得正確的判斷，並注意印刷電路板在間斷中損壞，檢修時，可用萬用電表測量是否有開路現象。

12. FM收音機電路上發生振盪測驗及檢修

當一部 FM 收音機發生振盪聲時，是會影響收聽的效果，欲想判斷是外來訊號之干擾抑或本機電路各零件發生故障所引致，可依照圖 2—13 示，用一電壓表跨接在比率檢波器之輸出電容器兩端（圖 A 示）或跨接在限制級之柵極電阻之兩端（圖 B 示）。當沒有外來訊號時，其電壓表亦沒有電壓讀數指示，即沒有電壓出現在該檢波器；如



— A —



— B —

圖 2-13 FM 機振盪測驗示意圖

有電壓出現，則表示是在檢波前任何一級放大級發生振盪；檢修之方法，更換高放級及中放級電子管或晶體管，如振盪還有出現，可改用一電容器逐步跨接至各旁路電容，試是否旁路電容失效。如無效，則是各調諧電路失調，應重作校準（後述）。

13. FM 收音機故障分析表

故 障	故 障 來 源	檢 查 步 驟
完全無聲	電子管或晶體管損壞或衰老。 保險絲損壞。 電源電壓消失或電池衰老。	用萬用電表測量電源電壓是否正常。 用歐姆檔測量保險絲是否開路。 更換電子管或晶體管。
各電台細聲	電源電壓不足。 聲頻放大級電子管或晶體管衰老。 音量控制器損壞。 揚聲器間中短路。 中放級損壞。 選擇開關污濁。 室外方向不正確。	更換整流管或電池。 更換聲頻放大級電子管或晶體管。 檢查音量控制器或更換它。 清潔波段選擇開關。 測量揚聲器音圈或輸出變壓器是否有局部短路。 檢查中放級各點電壓是否正常。 重調天線方向。
失 真	B 電源不足。 濾波電容器開路。 FM 檢波調整不準。 各級交連電容器漏電。	測量各 B ₊ 降壓電阻及更換電子管。 重調檢波級。 更換交連電容器。

嘈 音	校準不正確。 各接線鬆脫接觸不良。 旁路電容器漏電。 可變電容器碰片或有塵灰。 波段選擇開關有污漬。	測量調諧可變電容及清理污 塵。 檢查各級電子管是否衰老。 清潔選擇開關。 測量各旁路電容及更換，重 作校準手續。
汽船聲	濾波電容開路。 旁路電容器開路。 柵漏電阻或基極電阻開路。 地線接觸不良。 接線太長及走U字形。	測量電源濾波電容器及退交 連電容器。 檢查接線所走路徑看是否太 長。 測量可疑之有關零件。 詳細檢查公共地線是否有鬆 脫或接觸不良。
間 歇 收 音	電子管或晶體管損壞。 接線鬆脫。 調諧電容器碰片及污濁。 焊錫點太差及日久失效。 各電容器間中開路。 線圈斷與不斷之間。	用絲批詳細接觸各零件及電 路連接點，判定故障出現 點。
台位不 正確	自動頻率控制(A F C)電路 有毛病。 振盪電路有毛病。 A F C 電路各零件短路或開 路。	測量 A F C 電路各電阻電容 及晶體二極管。 檢查振盪電路之補償電容 器。

第三章 FM收音機之校準

1. 概 論

無論你是在任何檢修情況之下，校準工作是很重要的，尤其是在原子粒收音機工廠擔任修理員或校機員，一定要明白此種工作方法。

如是 AM/MF 兩用之收音機，在校準工作中，是要分開兩重手續，因為 AM 與 FM 收音機之頻段範圍是不相同的，分別手續是全靠選擇波段開關來控制。

校準步驟，如是 AM 收音部份，其校準手續請參考 AM 機之書本。FM 收音機部份，則祇須將波段選擇開關旋在 FM 之位置，然後作校準手續，有些 FM 收音機在購買時，附有說明書，計有該機之頻段範圍及零件之安排位置圖，如有經驗之檢修技術員，亦不需要此說明書，憑經驗找尋便是。

如果是在收音機工廠擔任檢修或校機技術員者，則由該廠之設計工程師定出其校準方法，無須盲目作業。

電路之校準計有：相移鑑別器輸入變壓器，中頻變壓器 (I.F.T) 振盪電路，及高放線圈等，其中相移鑑別器之輸入變壓器及中頻變壓器之校準位置常留有類似「螺絲形」之小孔，

方便調節之用。而振盪線圈及高放線圈則是電容器調諧式校驗，即各電路之補償電容器(Trimmer)。

2. 在何種情況下需要重校手續

當檢修技術員在修理時首先決定該機之病因何在？是否需要作重校手續，如發覺該機有以下情形，重校手續是不能忽畧的。

①用訊號產生器輸入一中頻訊號(10.7MHz)發覺中頻頻率不準時。

②如發覺調諧電路不正確而有失真時(由聲音可判斷)。

③頻段範圍不準(88—108MHz)引起台位不正確時。

④因調節不準而引起振盪。

上述數項病因，在未開始作重校手續之前，一定要詳細檢查各電路之零件，及各電路之旁路電容，及利用新電子管或晶體管代替，如發覺零件正常而病因仍存在，才可以作重校手續。

3. 校準零件之位置

在未開始進行校準工作之前，檢修技術員首先要明白各零件之安裝位置，如某電路或中頻變壓器應調節之「螺絲」，除製造廠家供給之說明書可作參考外，其他便要跟追電路。例如相移鑑別器之輸入變壓器及中頻變壓器應調節之鐵粉

芯，振盪及高放初級調諧電路應調節的各補償電容器，如是用金屬殼及鐵粉芯調節式的相移鑑別器輸入變壓器及中頻變壓器，其初、次級則分別用「頂」及「底」來分別，有些頂表示初級，底表示次級，在校準工作時，最好將機側放更為方便，如是晶體管式之 FM 收音機不需如此分別，因為晶體管式收音機之中頻變壓器是單調諧式，較電子管簡單。

至於各位置之排列，如相移鑑別器之變壓器是近於檢波級的，振盪電路之補償電容亦是在雙連可變調諧電容器之頂上用「螺絲形」粒片表示，如是電子管式之 FM 收音機，該電容是在底殼內，中頻變壓器之位置多數位於「機肉」(Chassis)之中間，耐心些是不難找出的。

4. 校 準 方 法

①利用電子管電壓表(VTVM)校準法，並配合一調幅式訊號產生器，其標準手續與 AM 收音機相同。

②視覺校準法(Visual Alignment Methods)用掃描訊號產生器(Sweep-Signal Generator)及示波器(Oscilloscope)作輸出表示。

以上兩種校準法其校準步驟均相同，但前者較後者為差，因此後者較為常用。其詳細方法現分別詳述如下。

(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

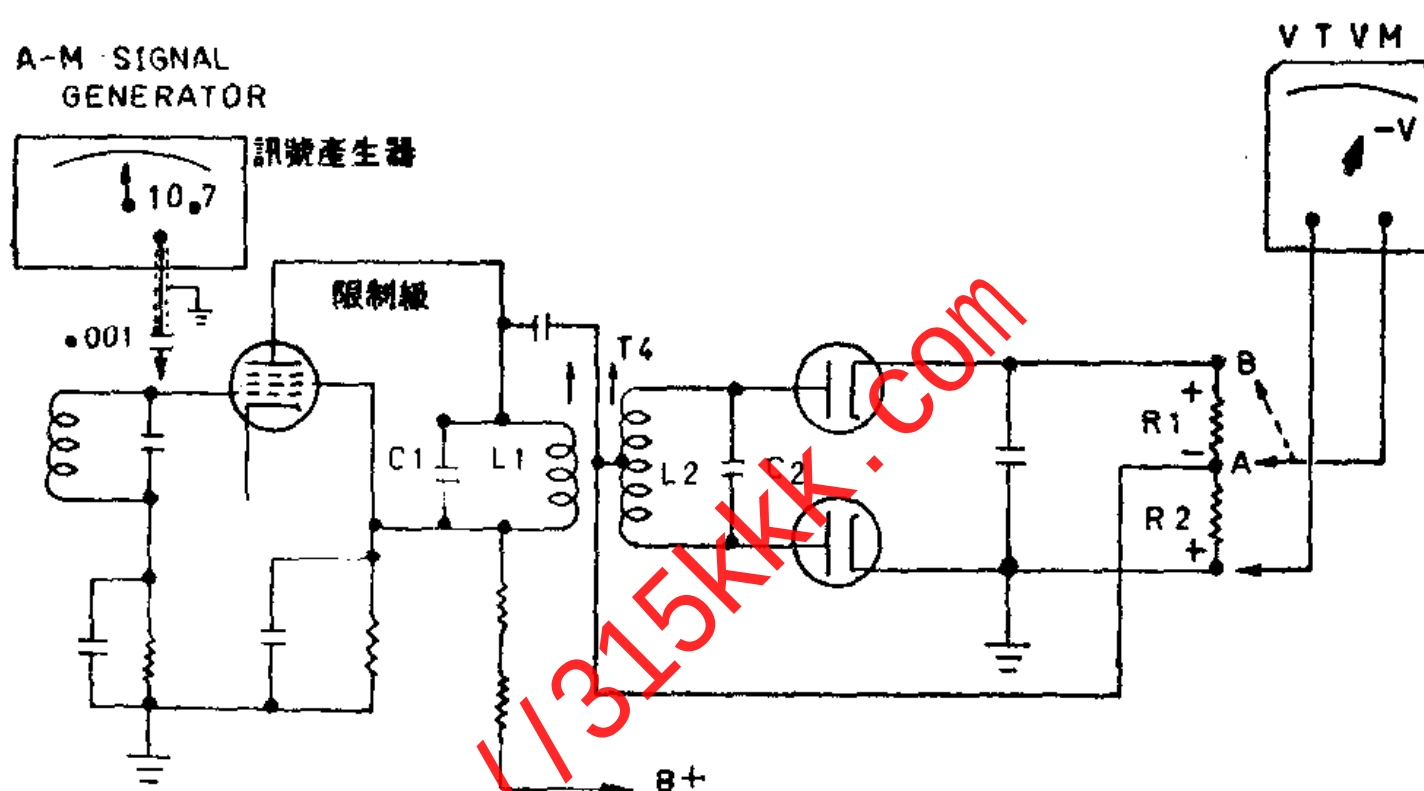


圖 3-1 相移鑑別器之輸入變壓器校準各儀器接線圖

①如圖 3-1 所示，將訊號產生器輸出之熱線經一 $.001\mu\text{f}$ 之電容器接在限制級之柵極電路上（晶體管式收音機是基極上），冷線接在機殼，旋訊號產生器之頻率至所需中頻頻率（10.7MHz），並將訊號產生器之衰減器（Attenuator）旋至最大。

②將 VTVM 之選擇開關旋至 -DC 位置，並將其試棒分別接在相移鑑別器之輸出電路 B 點及機殼間，測量範圍旋至 1.5V 位置。

③將收音機調至無電台訊號位置。

④將 VTVM 之指針校準在中間位置（可調節訊號產生

器之輸出)。

⑤用良好之絕緣校驗棒折衷調節變壓器(T4)初級(L_1)之鐵粉芯，觀察 VTVM 之指針是否指示在最大值，必要時訊號產生器之輸出(減細 DB)可畧減細，直至 VTVM 之指針指示在正確位置，如在工廠，通常在 VTVM 之表面上用紅筆劃上記號點以表示在此為正常。初級(L_1 、 C_1)校妥後，表示已諧振在正確之中頻(10.7MHz)上，VTVM 表示之電壓為 E_B 值。

⑥將 VTVM 接在 B 點之試棒移開與機殼短路，重調零位調節(Zero Adjust)使其指針指示在中間位置，再將試棒由 B 點接至 A 點上，此即表示測量其輸出總電壓(E_o)， $E_o = E_A - E_B$ 。若 VTVM 指針向左或右偏移時，表示變壓器(T4)之次級諧振點不正確，用試棒折衷調節次級線圈之鐵粉芯直至 VTVM 指針指示在中心位置，表示次級(L_2 、 C_2)諧振在正確中頻(10.7MHz)上，顯出純阻力作用，使 I_2 與 E_{in} 同相，表示輸入訊號在正確中頻上。

(2) 利用視覺法(示波器)校驗相移鑑別器

輸入變壓器之方法

①按圖 3—2 示，將各儀器接妥後，旋掃描訊號產生器頻率至所需中頻上(10.7MHz)，並調節掃描闊度(Sweep Width)至 1 MHz 以下位置。

②將示波器('Scope)之水平選擇開關旋至電源掃動(Line)位置，旋水平增益(Hor. Gain)控制至中點位置。

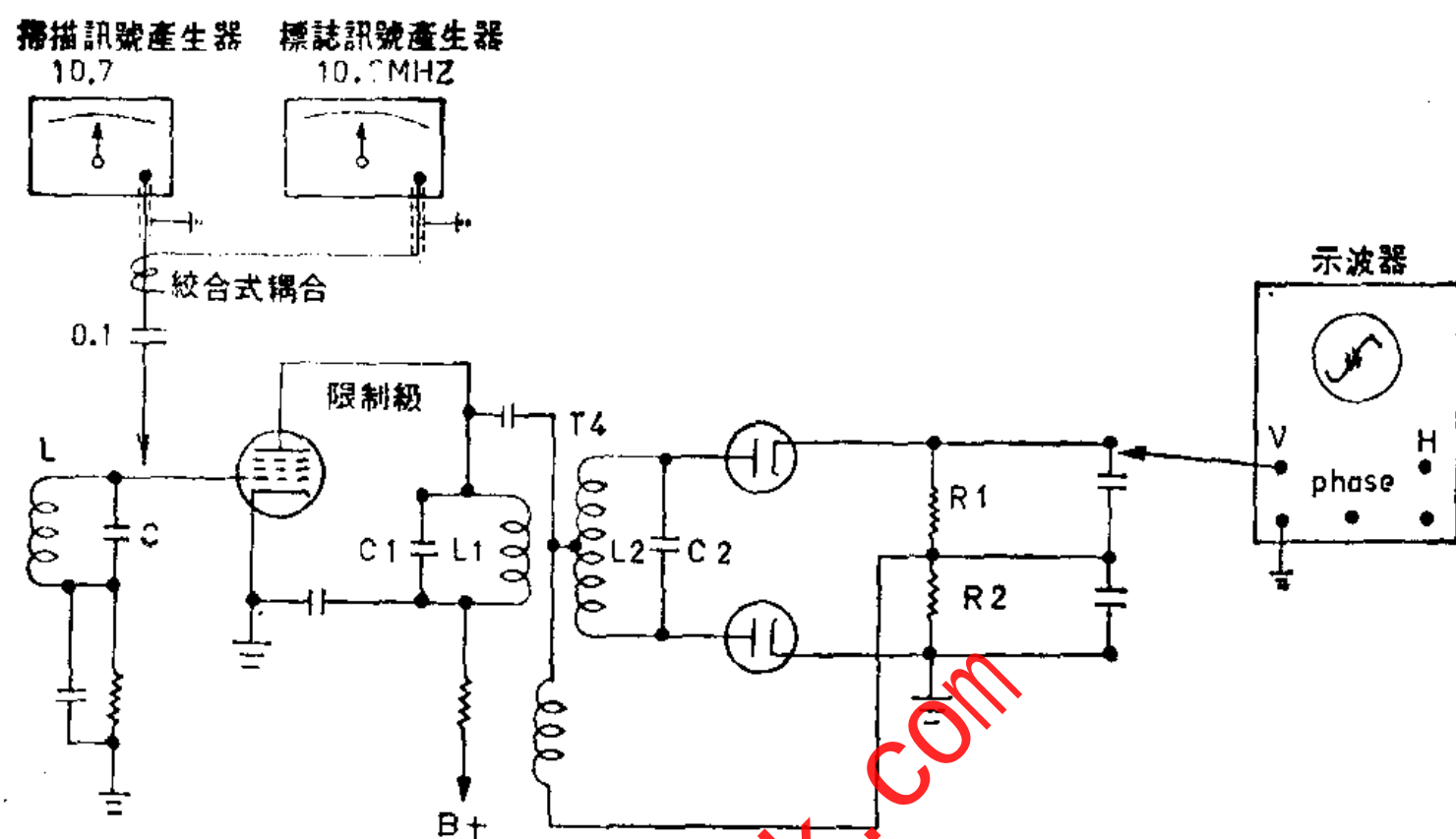


圖 3-2 示波器接法示意圖

③將收音機及全部儀器電源開關閉合 (ON)，候約二分鐘，觀察示波器螢光幕是否有一條水平線。

④將示波器之垂直增益 (Ver Gain) 及衰減器旋至最靈敏位置，使螢光幕上顯示有“S”形之波形出現，調節標誌訊號產生器 (Marker Signal Generator) 之訊號至適合強度，若出現之 S 波形不吻合時，可調節示波器之相位控制開關 (Phase) 直至吻合為止 (圖 3—3)。

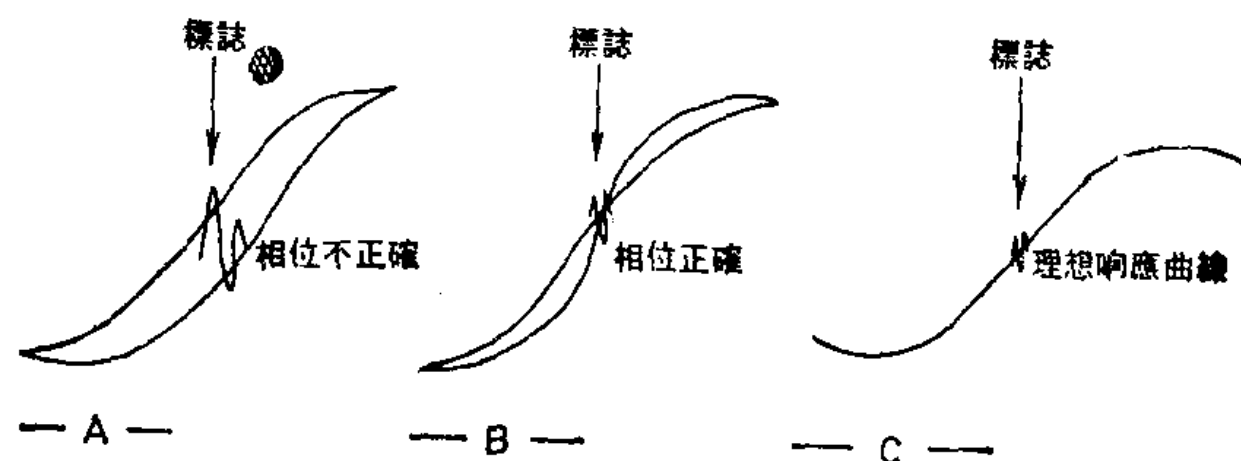


圖 3-3 示波器螢光幕出現之 S 波形

⑤折衷調節相移鑑別器輸入變壓器初級鐵粉芯，直至 S 波形之振幅至最大為止。

⑥折衷調節輸入變壓器次級之鐵粉芯，使響應曲線(Response Curve)達到最直及最標準 10.7 MHz 移至曲線中心位置(圖3—4A)。

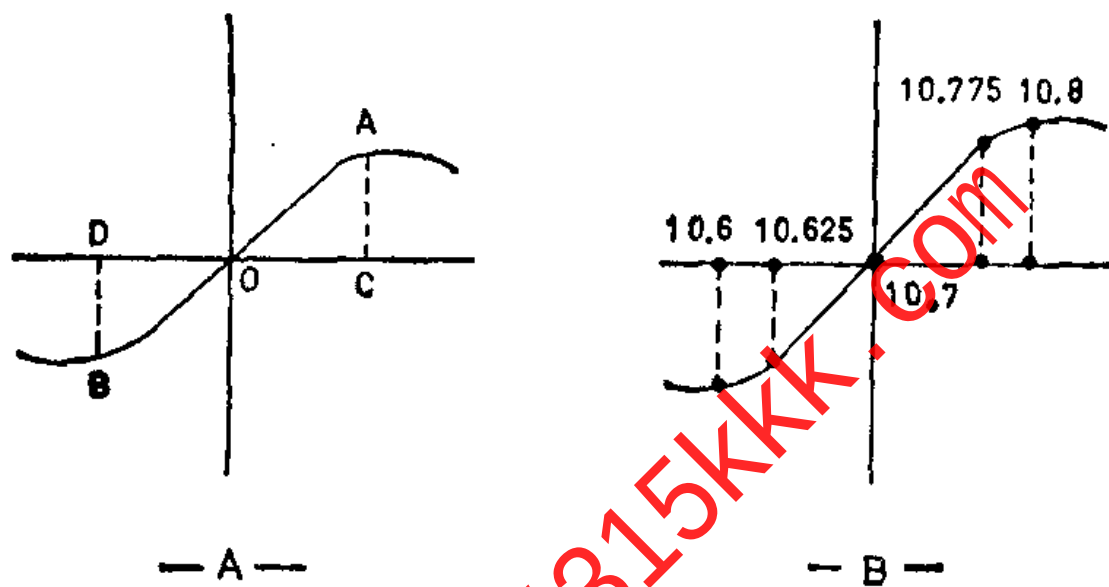


圖 3-4 理想之 S 波形

⑦將標誌訊號由 10.7 旋至 10.775 MHz，再至 10.8 MHz，又由 10.7 至 10.625 至 10.6 MHz，觀察響應曲線之標誌是否在正確位置(圖3—4B)，校準工作已告完竣。

(3) 用 VTVM 校準比率檢波器之方法

如圖 3—5 所示，將電表接在比率檢波器之輸出電路中，AM 訊號產生器(AM Signal Generator)調節在正確中頻上(10.7 MHz)，熱線通過 $0.01 \mu\text{f}$ 之電容器接在 FM 末級中放級之柵極，用良好絕緣之校驗棒折衷調節中頻變壓器(IFT)之鐵粉芯或補償電容器(Trimmers)與及比率檢波器之輸入變壓器之初級(L_3)，直至電表指示輸出最大。

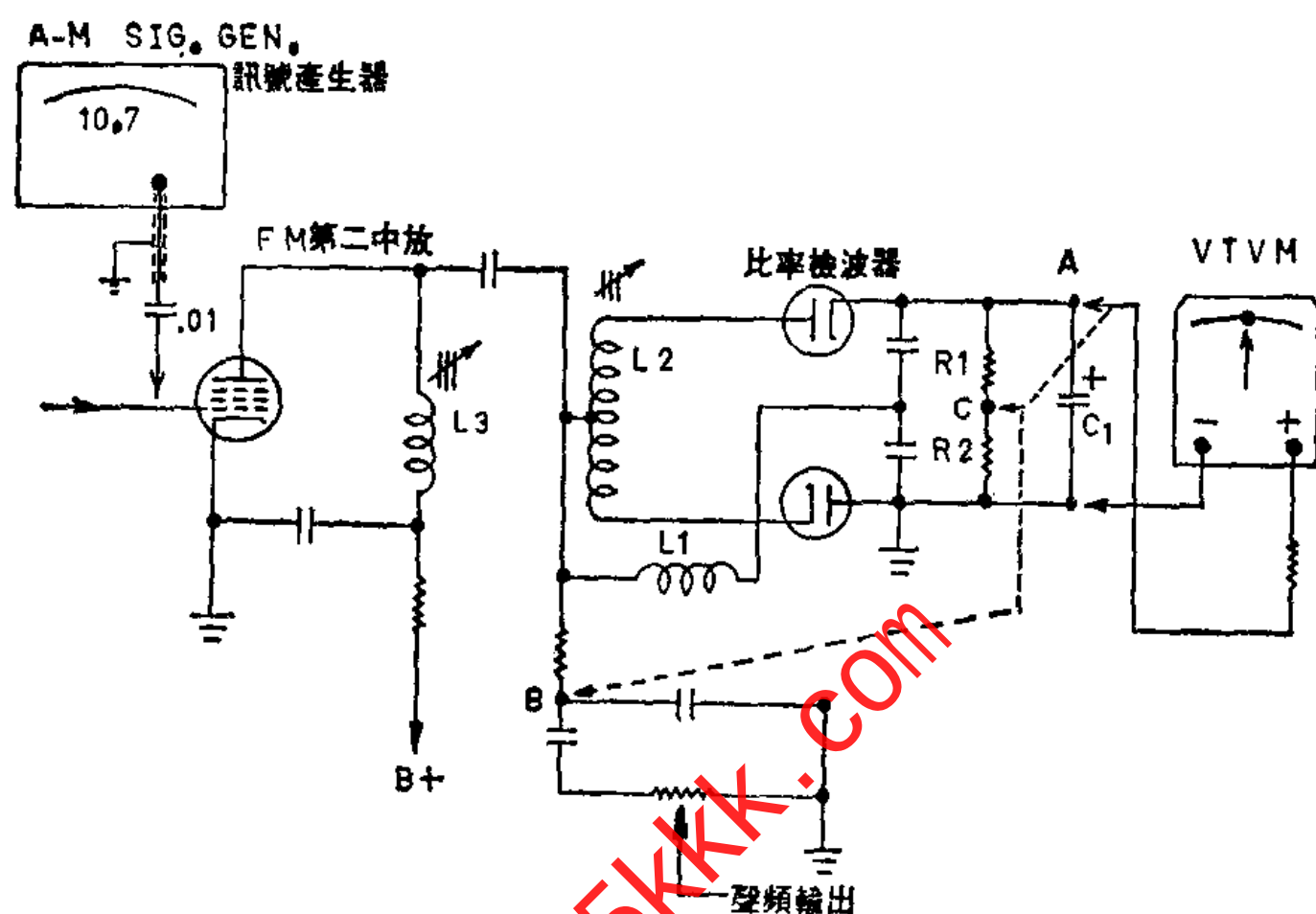


圖 3-5 儀器之接法

在比率檢波器電路中，其輸入變壓器次級(L_2)圈之作用是用於穩定平衡其二極管之電壓，使輸出保持振幅不變（在正確中頻上），因此在輸出點(A)之輸出電壓為零($E_A = E_B$, $E_O = E_A - E_B = 0$)線路中之B點是聲頻輸出點，而負荷電阻(R_1 , R_2)之中點(C)則為平衡參考點，因此在比率檢波器式之FM收音機對於A、B、C之校驗點是相當重要，校準時更不能疏忽，應按照圖3—4示，順序將電表試棒移至各參考點以便觀察電表之輸出是否正確。

(4) 用視覺法(示波器)校準比率檢器

若不用VTVM表作指示時，可用示波器代替其VTVM，這種校驗方法稱之為視覺校驗法(Visual Alignment Me-

thod)，亦是最優良的一種方法，目前各大工廠均全面採用此法。

校驗手續及步驟與前述相同，儀器之接法則是用示波器代替 VTVM 之位置，並將輸出電路之穩定電容器開路 (C_1)，AM 式訊號產生器則採用掃描訊號產生器代替，同樣用正確中頻 (10.7 MHz) 輸入 FM 末級中放級之柵極電路，連接方法如圖 3—6 所示。

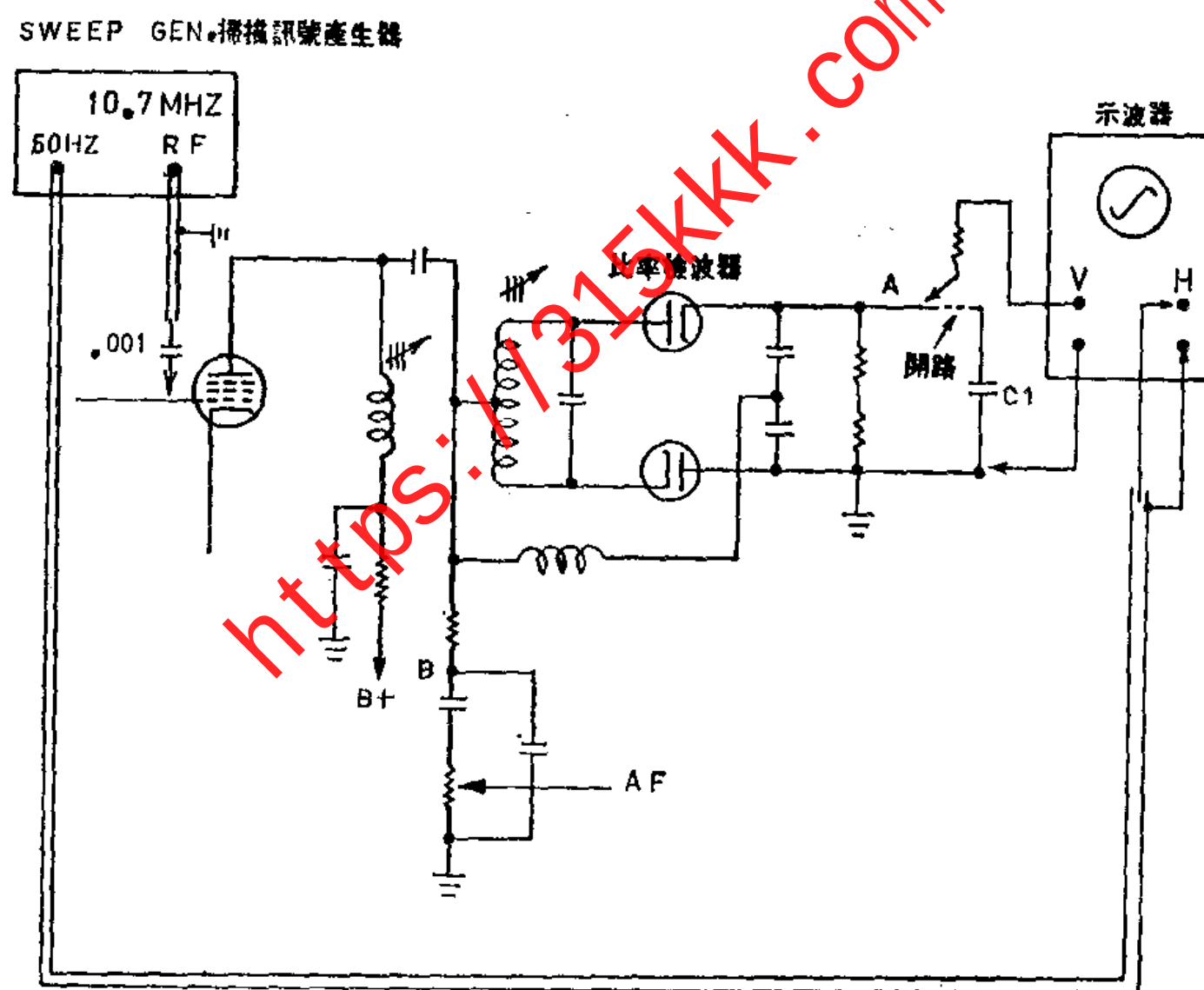


圖 3-6 示波器接在比率檢波輸出電路

按圖 3—6 示將各儀器接妥後，將掃描產生器之標誌訊號 (10.7 MHz Marker) 旋至最大，折衷調節輸入變壓器之初級次級 (L_2 L_1)，直至示波器螢光幕上顯示出平衡對稱之“S”

波形（參考相移鑑別器視覺校驗法），校準手續已告完竣。

（5）用 VTVM 校準中頻變壓器

①相移鑑別器輸入變壓器及比率檢波器校準後，可進行校驗中頻放大級之中頻變壓器 (IFT)，首先按圖 3—7 示將各儀器接妥，順序開始作校準工作。

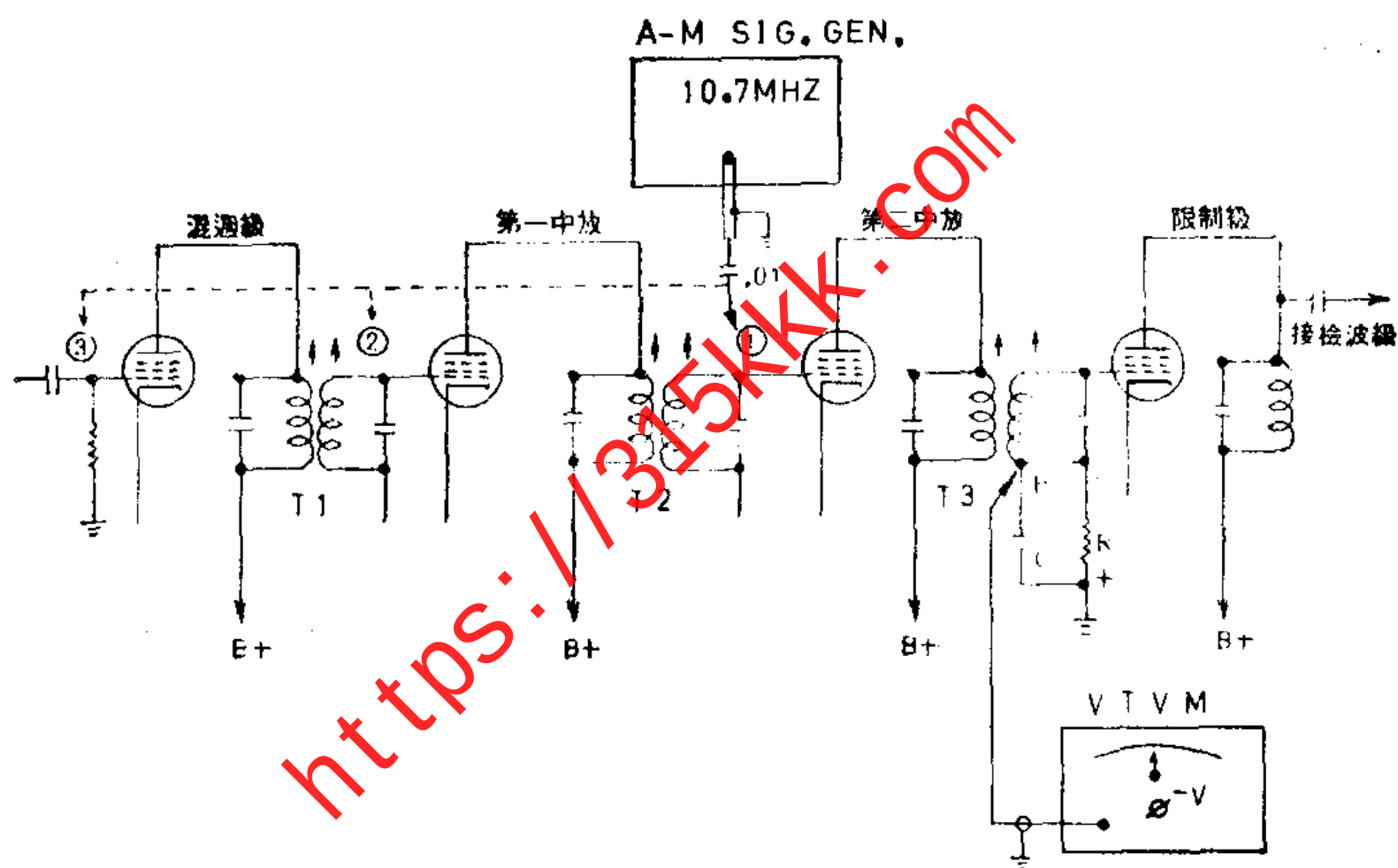


圖 3-7 VTVM 及 AM 訊號產生器連接圖

②將 VTVM 之直流試棒跨接在限制級之柵漏電阻 (R) 上，其一試棒接在機殼，將訊號產生器旋至在正確中頻上 (10.7MHz)，熱線經 $-0.1/600\text{V}$ 之電容器接在第二中放級 (T_2) 之柵極上 (①)，冷線接在機殼，將 VTVM 旋至在低範圍，調節訊號產生器之輸出電平 (Attenuator) 使 VTVM 指針指示在度盤之中點，以便觀察。

③用良好之絕緣調節棒折衷調節第三中頻變壓器(T_3)之初次級線圈之鐵粉芯，直至 VTVM 指示輸出最大，如發覺指針擺動過荷，可將訊號產生器之輸出 (Attenuator) 減低，直至適中為準。

④ VTVM 位置不變，將訊號產生器由 ① 點移至 ② 及 ③ 點，折衷調節 T_2 及 T_1 之初次級鐵粉芯或補償電容器 (Trimmer)，直至 VTVM 指針指示最大為止。

⑤重覆上述數次，看是否每一中頻變壓器之輸出獲得穩定，但請注意，當訊號產生器接在第一中放級②點及混週級③點時，因經有放大管之故，應將訊號產生器之輸出減低，以免因過荷而損壞 VTVM 之指針。

(6) 用視覺法(示波器)校準中頻變壓器

視覺校準法亦是在各大小工廠中不可缺乏的一種極優良之方法，除能詳細表示故障落在何處之外，更能將收音機之質量提高，校準步驟與 VTVM 法相同，所差別的是採用掃描及標誌訊號產生器(Sweep and Marker Signal Generator)，代替 AM 訊號產生器，用示波器 (Oscilloscope)，代替 VTVM，其連接法如圖 3—8 所示。

按圖 3—8 示，將 10.7MHz 標誌(Marker)旋至在適當輸出電平，掃描訊號產生器亦選擇至正確中頻上(10.7MHz)，按次序由①至③點逐點注入，折衷調節各中頻變壓器(T_3 、 T_2 、 T_1)，之初次級，直至示波器螢光幕上所顯示圖 3—9 ABCD 之波形，表示中頻變壓器之響應曲線。

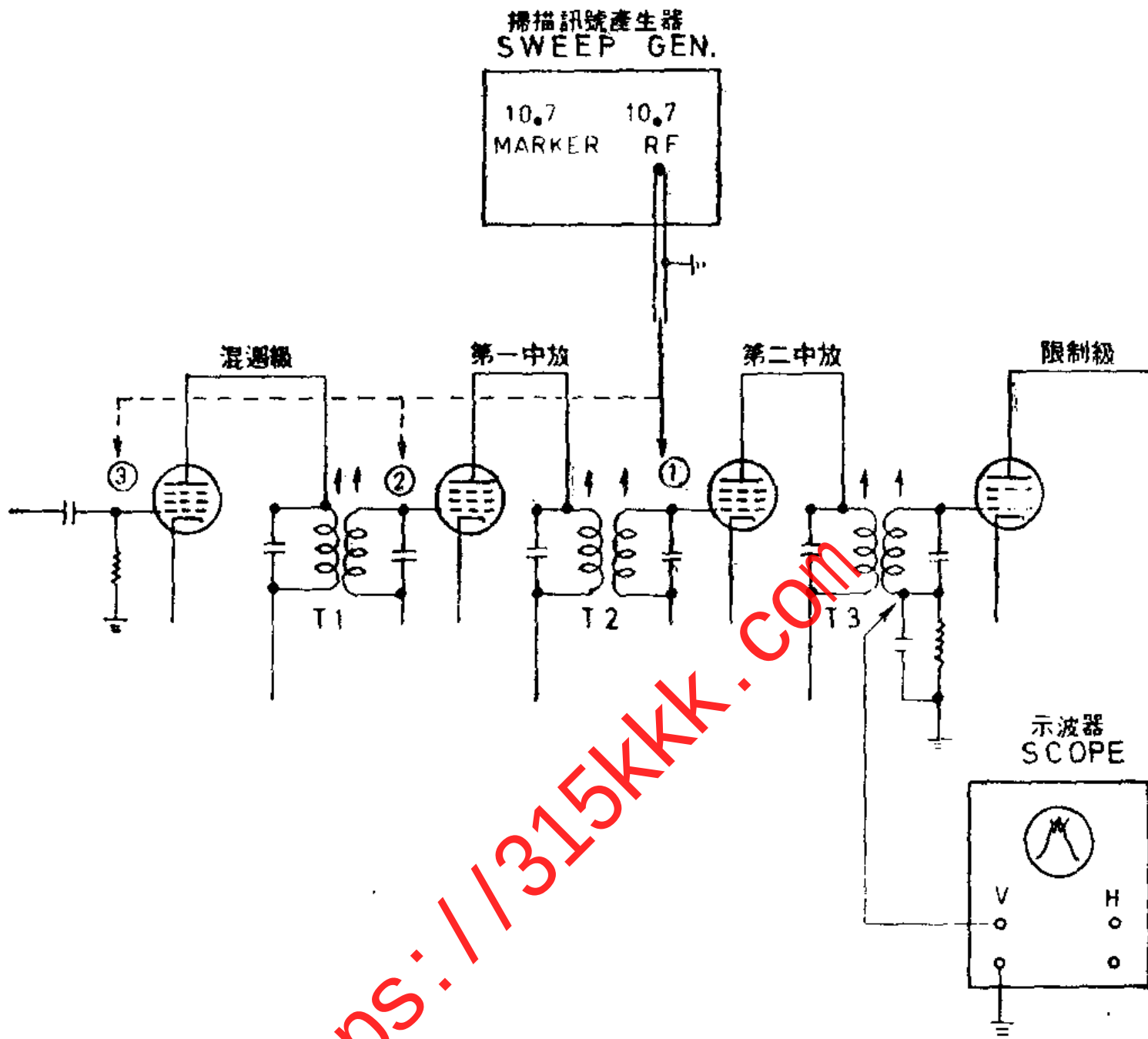


圖 3-8 示波器接法

圖 D 為三級中頻變壓器 (T_1 、 T_2 、 T_3) 綜合後所獲取之平頂範圍 (闊頻段) 之響應曲線。



圖 3-9 A

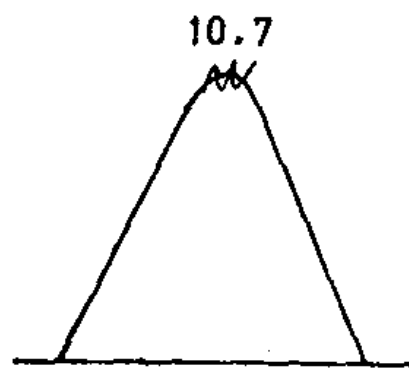


圖 3-9 B

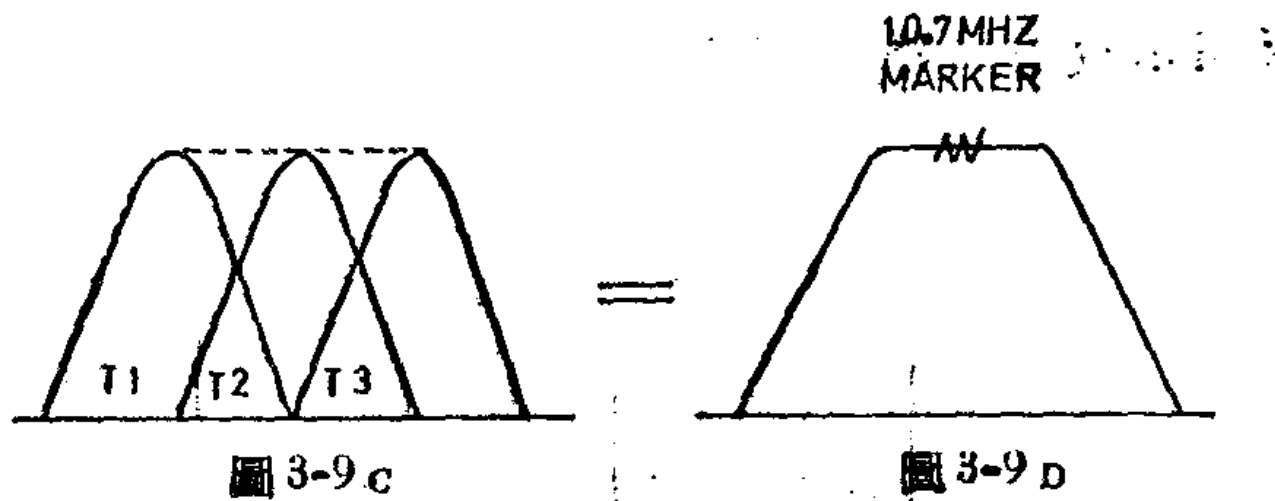


圖 3-9 中頻響應曲線

(7) 比率檢波器電路之中頻校準法

在此補充說明的是如FM收音機採用比率檢波器電路時，其校準儀器的接法有所差別，但校準工作則完全與上述相同，在此不必重述。

① 用 VTVM 接在輸出電路

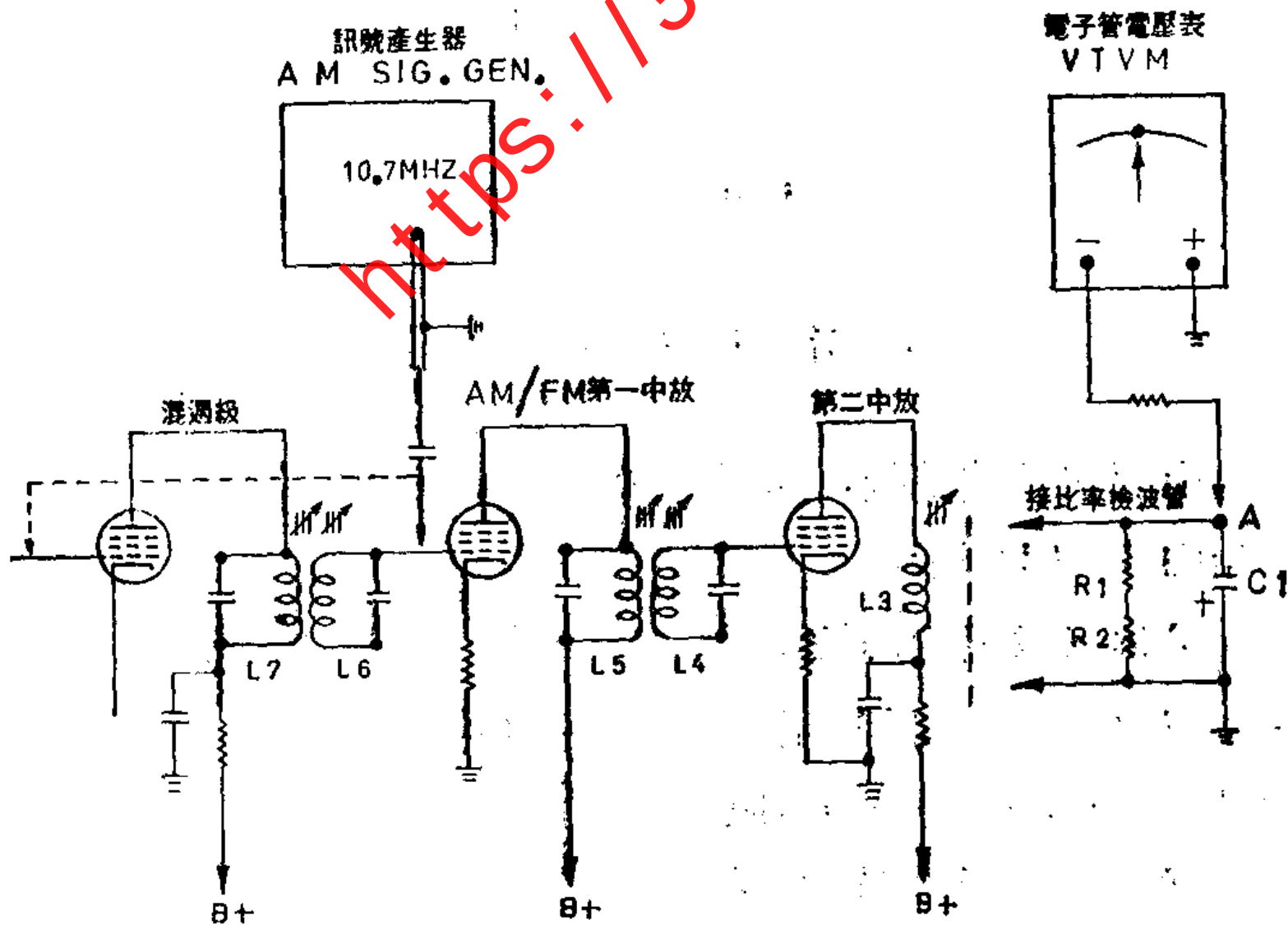


圖 3-10 VTVM 之接法

② 用示波器代替 VTVM 之接法

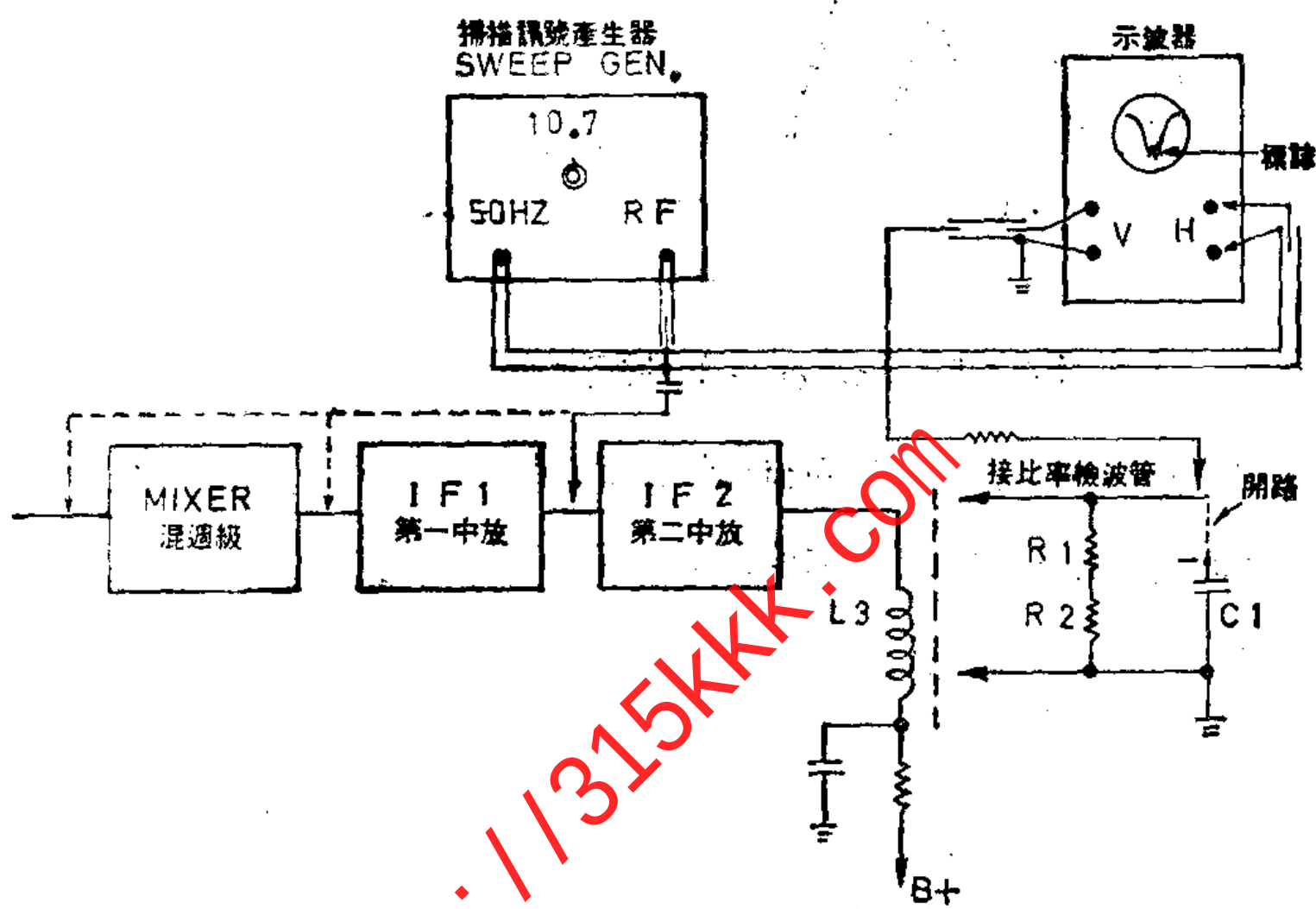


圖 3-11 示波器接法

(8) 射頻部份之校準

中頻部份校準後，可進行校準射頻部份，其儀器之接線法如圖 3—12 所示。

① 將訊號產生器輸出熱線接—30—270 Ω 之電阻，然後跨接在天線接線柱間(A點)，冷線接地(B點)，VTVM 接在限制級(Limiter)之柵漏電阻兩端。

② 將訊號產生器之度盤旋至 FM 頻段之高射頻端 ($108.9 \pm 0.4\text{MHz}$)，收音機亦調至在此頻段中(雙連可變電

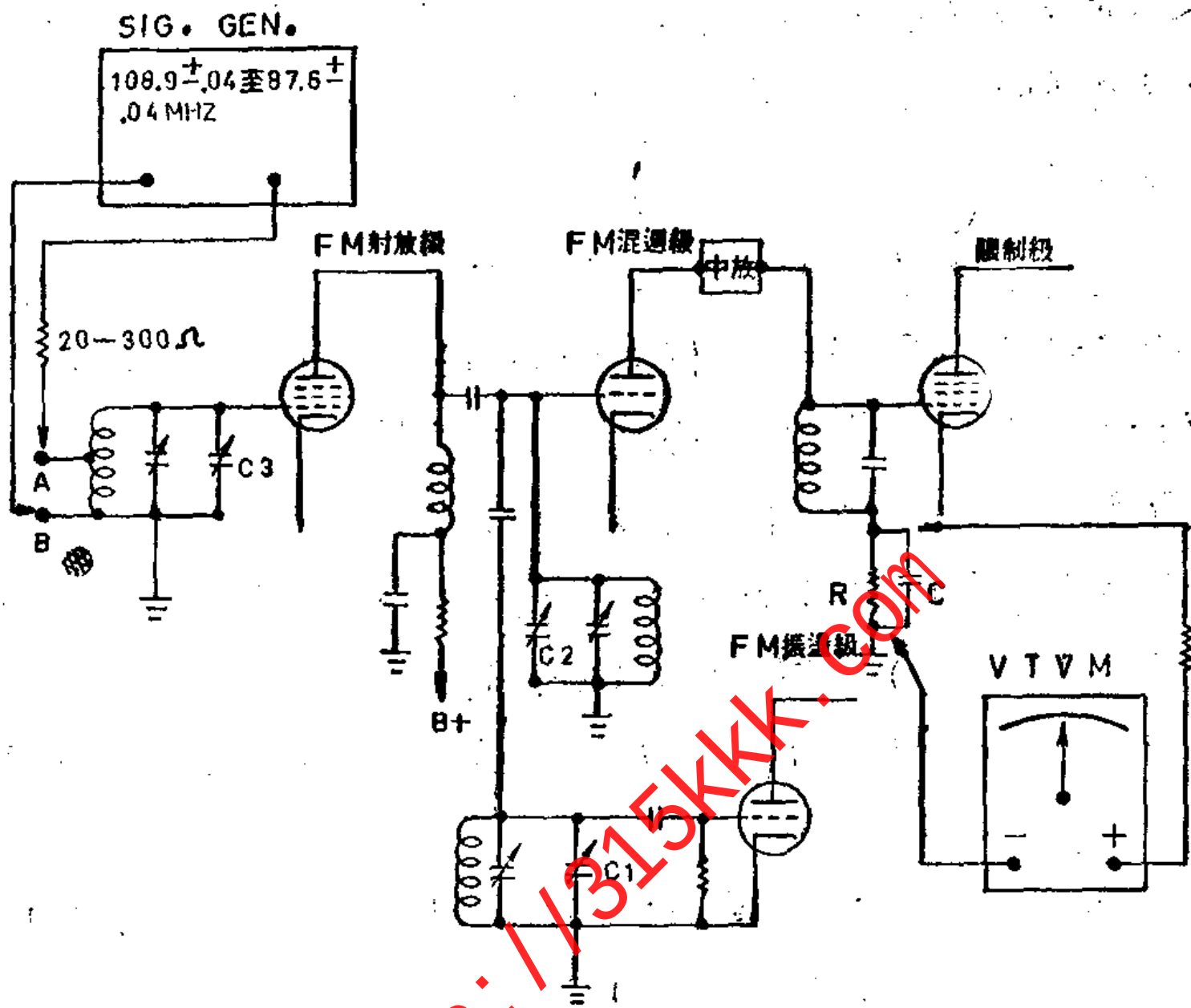


圖 3-12 射頻校準儀器接線圖

容調至最細)，調節振盪線圈之修整電容器 (Trimmer C_1)，直至 VTVM 輸出最大或聲音最強或波峯最高，必要時，可調節高頻補償電容器 (C_2 、 C_3)。

③將訊號產生器之度盤旋至 FM 頻段之低射頻 ($87.6 \pm 0.4\text{MHz}$) 端，調幅強度保持 30% (Modulated At 30%)，將收音機之雙連可變電容旋至最大容量，用絕緣絲批調節振盪線圈之電感量，使 VTVM 輸出最大或聲音及波峯達到最大為止。一般 FM 收音機之振盪線圈通常是用漆皮銅線繞三至四圈，調節其電感量時，是將其繞圈間之距離撥近或撥遠便

是，前者是電感量增，後者為電感量減，校驗技術員可憑其頻率之高低來決定線圈應撥近或遠，因為頻率與電感量及電容量成反比（ $F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ）。

上述公式是收音機之諧振頻率公式，F 代表頻率，標準單位為週/秒 (HZ/S)，L 代表線圈電感量，標準單位為亨利 (Henry) 簡寫 h，C 代表電容量，標準單位為法拉 (Farad)，簡寫 f，若將頻率改為千週/秒 (KHZ/s) 時，則 L 之電感量亦改為微亨利 (μh)，電容量亦改為微法拉 (μf)，若將頻率改為兆週/秒 (MHZ/s) 為單位時，電容量為要改為微微法拉 ($\mu\mu f$ or PF)，此種關係，成為一校驗技術員一定能理解此一簡單之道理。

註：Hertz = HZ = Cycle = 週 1KHZ = 1KC (千週)

1MHZ = 1MC (兆週)

1Henry = 1000 Milli Henry (Mh)

1Mh = 1000 Micro Henry

$\pi = \frac{22}{7} = 3.14$

④如改用視覺法（示波器）作射頻部份之校準時，儀器之連接方式是與圖 3-11 相同，將 VTVM 之位置改用為示波器之垂直輸入位置 (Ver.In)，訊號產生器則改用掃描及標誌訊號產生器，校準方法不變，但輸出則觀察示波器螢光幕上之波形是否達到最大值。

⑤如採用比率檢波器 (Ratio Detector) 電路作 FM 檢波之 FM 收音機，其射頻部份之校準除將 VTVM 或示波器

按圖 3—11 示之接線方法外(用示波器要將 C_1 開路),其訊號產生器之接法則與圖 3—10 相同,一切校準步驟亦相同。

⑥重覆高低射頻二至三次(108.9 ± 0.4 至 87.6 ± 0.4 MHz),觀察是否高低頻端獲得平衡之輸出,必要時重調各補償電容或線圈電感量。

⑦在校驗上述頻率時,如果沒有此頻率範圍(108.9 ± 0.4 至 87.6 ± 0.4 MHz)之訊號產生器時,可採用其副波(Harmonic)或稱諧波,使用方法是將訊號器調至 8 MHz 之度盆,即使用第十三副波, $13 \times 8 = 104$ MHz,收音機之度盆亦旋至 104 MHz 之位置,VTVM 或示波器位置不變,用同樣手續調節各電路之補償電容器或線圈之電感量,直至輸出在最大值(Peak Out-Put)。

⑧最後將收音機之度盆旋至 96 MHz 之位置,訊號產生器亦調節至 96 MHz 之位置,訊號為不調制(Unmodulated)輸出,VTVM 或示波器位置不變,調節天線電路之補償電容器(C_3)或天線變壓器(Antenna Transformer),直至輸出達到最大(Maximum Out-put),或波形達到最高峯,如果訊號產生器沒有此頻率,亦可同上述用副波方法,在 96 MHz 中,可用訊號產生器之十二副波,即將訊號產生器調節在 8 MHz 位置, $12 \times 8 = 96$ MHz。射頻部份之校準已告完竣。

(9) 靈敏度之測驗

任何收音機要想將微弱的訊號都能接收而又能獲得足夠的增益,靈敏度之測驗是不可忽畧的。在一般無線電商店所

檢修的收音機我們可忽畧不計，因為該種收音機早已在出廠前經已測驗合格，但在本港各收音機製造廠擔任檢修技術員時，靈敏度之測驗是極為重要之工作，以下說明其測驗方法及步驟：

①儀器(VTVM 或示波器)連接法。

②照圖 3—13 將儀器 VTVM 或示波器接在收音機之輸出端(揚聲器兩端)。

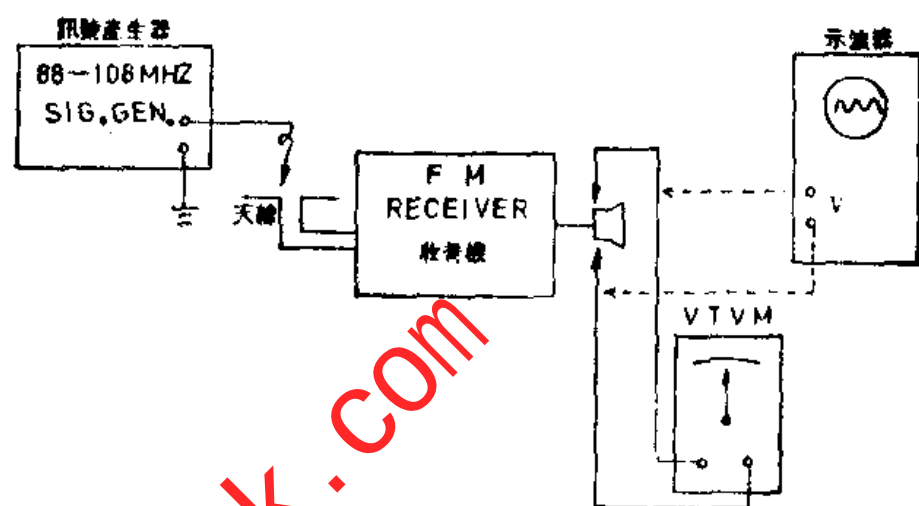


圖 3-13 校靈敏度儀器接線圖

③訊號產生器輸出線(代真天線 Dummy Antenna)熱線接在收音機天線上，冷線接地或機殼或雙連可變電容器之地端。

④將收音機之電源開關閉啓(ON)。

⑤訊號產生器旋在 88MHz 之位置，收音機亦調至該頻率位置，使能接收該 88MHz 之訊號，聲音或 VTVM 或示波器表示其輸出，即指針擺動或波形出現。

⑥用良好之絕緣絲批調節振盪線圈，使示波器螢幕上顯示有數個正弦波，並觀察其波形是否波峯最高或 VTVM 指針指示最大。必要時可調節示波器之頻率選擇開關(Frequency Selector)及粗幼頻調節掣(Frequency Vernier)，直至示波器螢光幕上顯示約四個正弦波以便容易觀察是否有失真或嘈音。

⑦將訊號產生器之輸出(Attenuator)保持一定值(不

要過強)，將收音機之音量控制器收細，微調振盪線圈，使波形或 VTVM 輸出最大。

⑧用試棒由遠慢慢拍近天線線圈，使波形或 VTVM 指針漸減，反之，若波形或 VTVM 指針有增大時，應再作折衷調節振盪線圈，直至回復漸減為止，低射頻已告校準。

⑨將訊號產生器旋至 108MHz 之位置，調節收音機之度盆在此頻率位置中，使能接收 108MHz 之訊號。

⑩調節振盪線圈之補償電容 (Trimmer)，使波形或 VTVM 指針指示最大。

⑪將訊號產生器之輸出減低，微調天線之補償電容使波形或 VTVM 指針指示最大，及保持波形不失真。

⑫用試棒慢慢拍近高放 (RF) 線圈，觀察波形或電表指針是否減低，如不是，可重調天線補償電容，直至波形或指針在試棒拍近時即告減低，高射頻已告校準。

⑬重覆 88—108MHz 三至四次，使輸出獲得平衡。

⑭此時可觀察 VTVM 所指示若干 μV ，並注意訊號產生器指示之 db 數 (由 Attenuator 控制) 是否符合設計時所規定之輸出標準。

(10) 試棒使用法

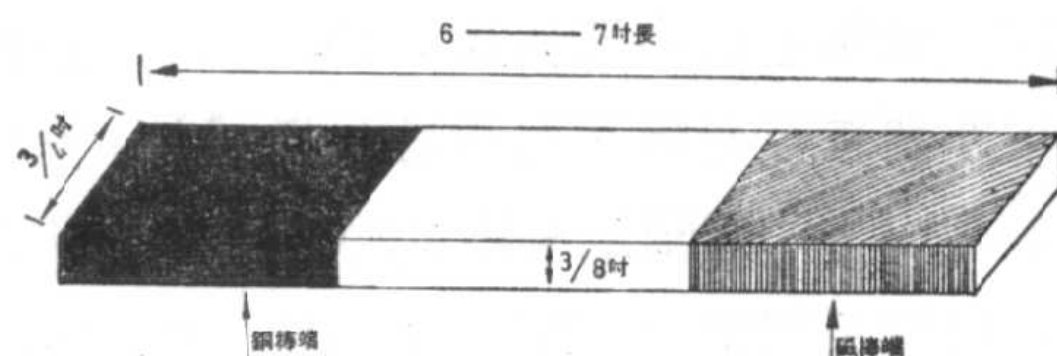


圖 3-14 試棒實體圖

試棒的構造很簡單，用一條約七英吋長， $\frac{3}{4}$ 吋闊，三分厚的膠木板，一端用天線線圈之磁粉芯配上，另一端配上銅片，俗稱為磁棒及銅棒。(圖 3—14)

試棒試用表

試棒	輸出指示	頻率	調節動作
磁棒	減少	88MHZ	不需調節
銅棒	減少	88MHZ	不需調節
磁棒	增加	88MHZ	振盪線圈距離撥近
銅棒	增加	88MHZ	振盪線圈距離撥開
磁棒	減少	108MHZ	不需調節
銅棒	減少	108MHZ	不需調節
磁棒	增加	108MHZ	微調天線線圈補償電容器
銅棒	增加	108MHZ	微調天線線圈補償電容器

(11) 自動頻率的測驗

在第一章第七節中已談及 AFC 之工作過程，在收音機製造廠中亦要進行測驗其電路是否起 AFC 作用，有些線路之設計是有 AFC 開關掣來控制的，這種線路之設計不需再作測驗，只需用開關之開閉 (on/off) 來試驗，對於沒有此 AFC 開關之線路必需用動電(儀器)來測驗其是否起作用，所

用的儀器仍是用示波器或VTVM，各儀器的接法與圖3—11相同。校準方法是將訊號產生器調節在某一頻段，例如90MHz，收音機亦調節至此頻段，使能接收該頻率之訊號，觀察示波器或VTVM之輸出，波形或VTVM之指針指示若干讀數。

再加一倍中頻訊號 $2 \times 10.7\text{MHz}$ ，即 $90\text{MHz} + (2 \times 10.7\text{MHz}) = 90 \pm 21.4\text{MHz}$ ，即 $90 + 21.4 = 111.4\text{MHz}$ ， $90 - 21.4 = 68.6\text{MHz}$ 。微調訊號產生器之度盆，按以上之頻率數字，看收音機之度盆在90MHz中能否收到由68.6MHz ($-\Delta$) 至111.4MHz ($+\Delta$) 之訊號，在調節訊號產生器到達±頻率之位置時，示波器螢光幕上應有波形出現，或VTVM應有讀數指示，如沒有，表示AFC電路發生故障，應按照一般修理方法測量點與點之電壓及阻力或更換新的電子管或晶體管等。

附 錄

(1) 歐姆定律及其公式轉變

當電壓(E)之單位等於伏特(Volts), 電流(I)之單位是安培(Ampere), 及電阻之單位等於歐姆(ohm)時, 則:

$$I = \frac{E}{R}, \quad E = IR, \quad R = \frac{E}{I}$$

當電壓等於伏特, 電流等於安培, 電阻等於歐姆, 功率(W)等於瓦特(Watt)時, 則:

$$W = I^2 R, \quad I = \sqrt{\frac{W}{R}}, \quad R = \frac{W}{I^2}$$

$$W = IE, \quad I = \frac{W}{E}, \quad E = \frac{W}{I}$$

$$W = \frac{E^2}{R}, \quad E = \sqrt{WR}, \quad R = \frac{E^2}{W}$$

註: $W = P =$ 功率

(2) 有關電子單位(ELECTRONIC UNITS)

$m = \text{milli} = 1/1,000$ $\mu = \text{Micro} = 1/1,000,000$

$N = \text{Nano} = 1/1,000,000,000$

$P = \text{Pico} = 1/1,000,000,000,000$

$f = \text{femto} = 1/1,000,000,000,000,000$

註：Pico 是由 Micromicro 改變，即 $\mu\mu\text{F}$ 或 PF。

例：10ma = 10 Milliamperes

$2\mu = 2$ Microfarads

60PF = 60PicoFarads = 60Micromicro Farads

週率(Cycles)之另一名詞爲赫芝(Hertz)，簡寫HZ。

例：50Cycles = 50HZ, 600Kilocycles = 600KHZ,

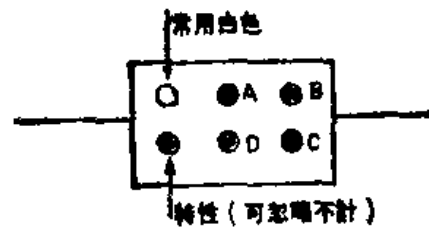
24Megacycles = 24MHZ,

即：K = Kilo = 1,000。 M = Mega = 1,000,000。

(3) 電容器顏色表 (單位 $\mu\mu\text{F}$ 或 PF)

顏 色	第一位(A)	第二位(B)	倍乘數(C)	容 差 率(D)
黑	0	0	1	20%
棕	1	1	10	1%
紅	2	2	100	2%
橙	3	3	1000	$2\frac{1}{2}\%$ OR 3%
黃	4	4	10000	
綠	5	5		5%
藍	6	6		
紫	7	7		
灰	8	8		
白	9	9		10%
金 色			0.1	
銀 色			0.01	10%

六點色之雲母電容器(Molded Mica Capacitors)

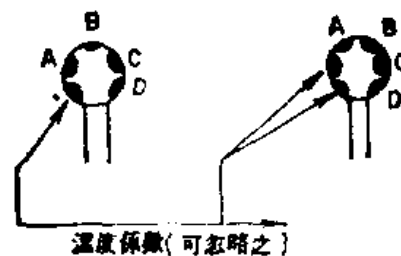


第一點之記號常用白色表示該電容是雲母式。

陶質電容器(Ceramic Capacitors)



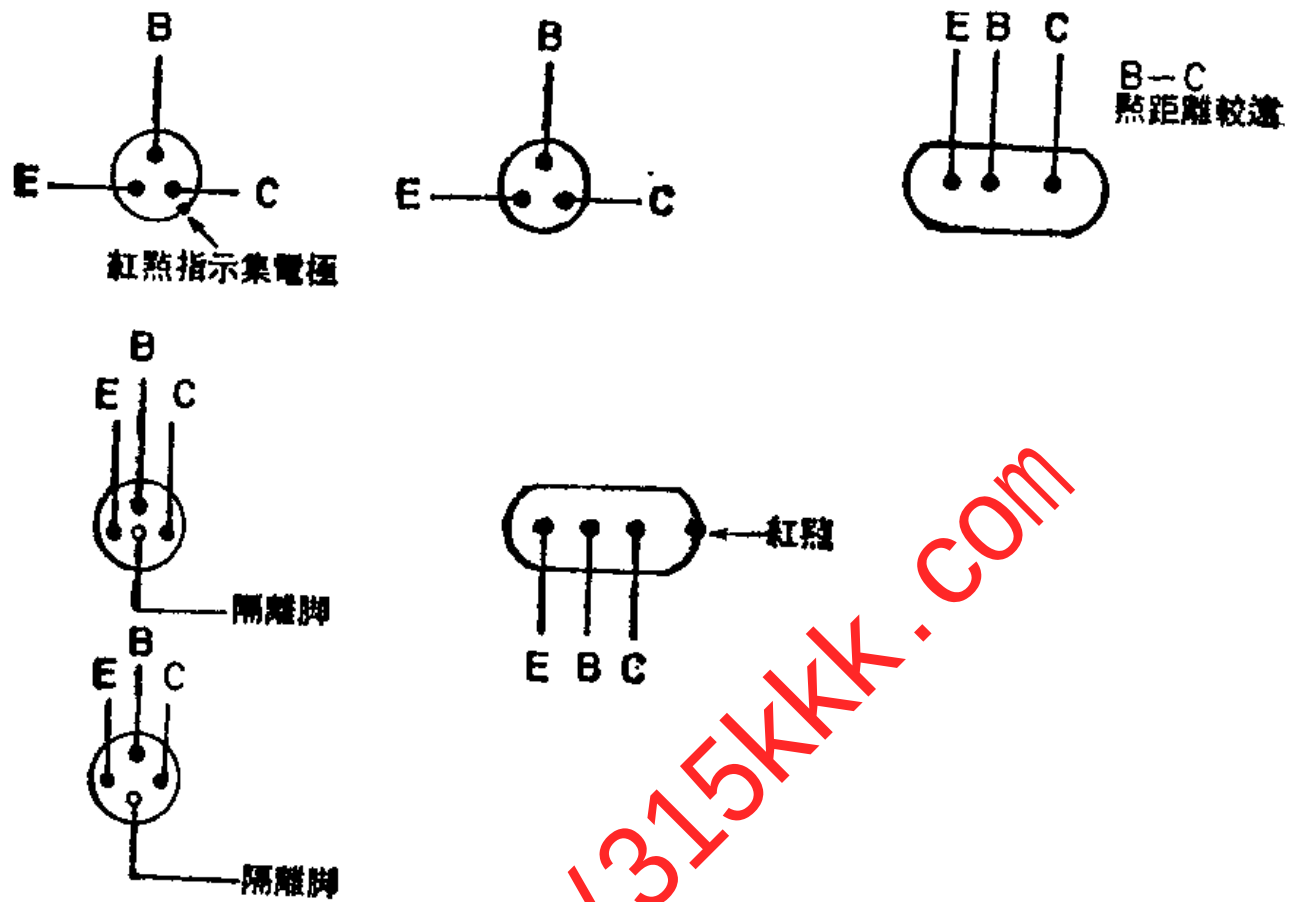
以上兩種形式的電容均是為圓筒管狀形，其顏色之順序是由左至右，讀出其容量。請參考上表之使用方法。



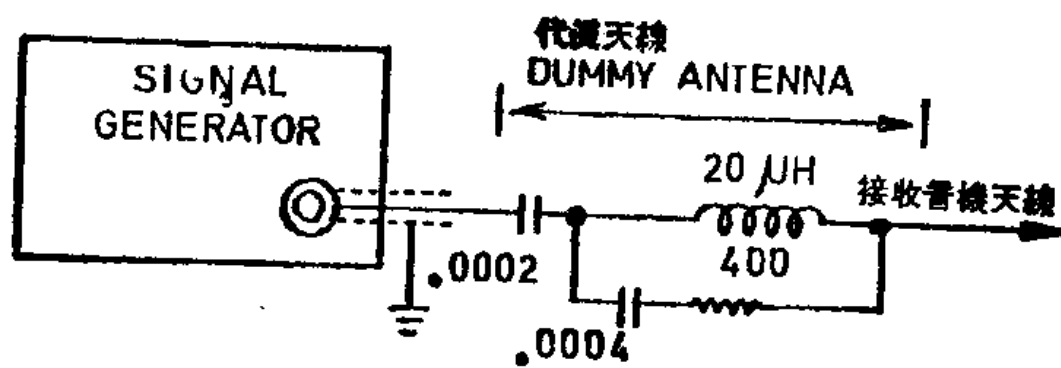
圓形狀之電容器，其顏色位亦是由左至右（順時針方向）。

以上各式電容，如果是在諧振電路中，假如該電容是陶質(Ceramic)式的，在修理換新時，最好是換上同一種類及同一溫度係數標誌，以免在工作時受溫度之影響而令電路得不到與前之準確性。

(4) 各式晶體管符號及腳別



(5) 代真天線電路圖 (Dummy Antenna Circuit)



標準代真天線電路與接法