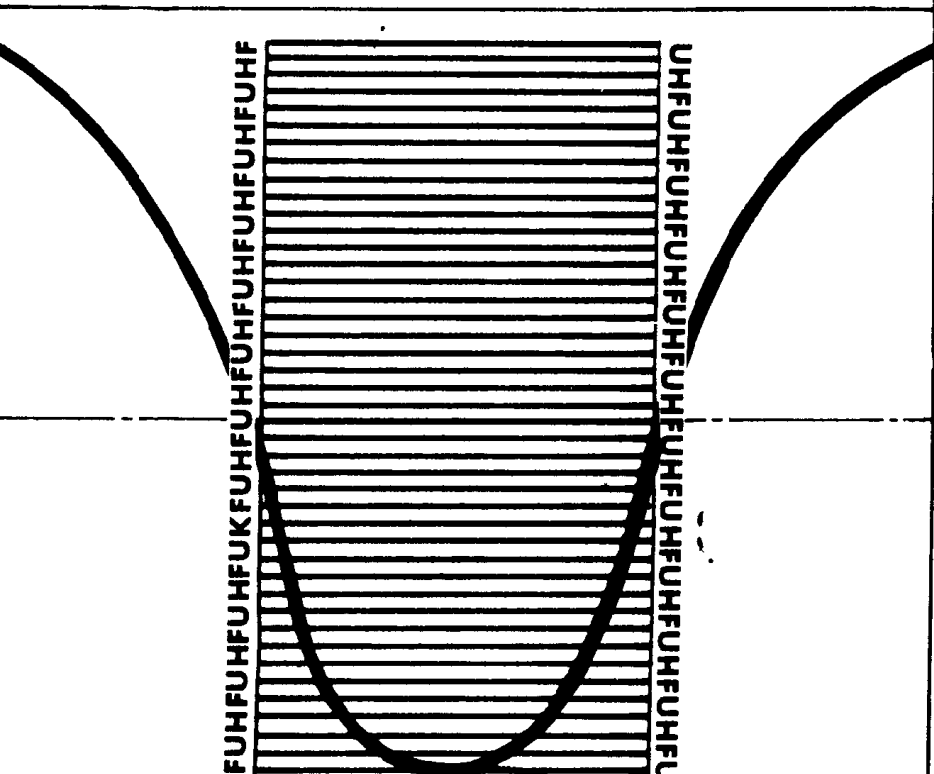


超高頻電視調諧器設計與原理

戴奎生 編著



目 錄

第一章 超高頻調諧器之介紹與分析

概 述.....	1
UHF 電視調諧器簡介	4
UHF 電視調諧器方塊圖與電路.....	10
問 題 一.....	17

第二章 調諧電容與輸電線的應用

短路輸電線的原理.....	19
四分之一波長輸電線的特性.....	22
調諧電容的設計.....	23
調諧電容比.....	26
輸電線長度與其特性電阻.....	27
問 題 二.....	32

第三章 可變電容器的設計

切割定片式設計應用公式.....	35
切割定片式容量與角度的變化.....	37
設計實驗參考數據.....	41
問 題 三.....	44

第四章 史密斯圖之原理與應用

等抗圓之分析	50
等 ρ 圓之分析	51
輸電線圓形圖表	52
史密斯阻抗圖表之應用	53
史密斯圖表應用於 UHF 電視調諧器之設計	57
史密斯圖表與輸入導納	61
問 題 四	63

第五章 UHF 頻段振盪器

振盪電路的基本結構	65
設計振盪槽路應考慮的因素	67
電晶體考畢子式振盪電路分析	70
頻率穩定度改善的方法	74
UHF 電視調諧器振盪級的設計	76
頻率穩定性與直流偏壓的關係	99
追蹤調諧曲線的改善方法	103
問 題 五	106

第六章 變抗二極體之用於超高頻調諧器

變抗二極體的原理	113
接合面間電容量之形成	113
變抗二極體的設計要求	115
變抗二極體的工作曲線	115
變抗二極體工作點的選定	118
變抗二極體之用於 UHF 電視調諧器	122
變抗二極體在 UHF 調諧器內的線路	127
變抗二極體引線電感問題	128
引線電感對槽路的影響	129

變抗二極體周圍引線電感之設計	133
變抗二極體設計應用問題	135
問 題 六	139

第七章 混波電路

熱載體式與點觸式 PN 二極體	147
PN 二極體物理結構	148
HCD 能階圖分析	148
PCD 能階圖分析	150
PN 擴散接合式二極體能階圖	151
HCD 的等效電路分析	152
HCD 與 PCD 的比較	153
HCD 的應用	154
混波電路應考慮的參數	155
綜合變頻損耗	158
HCD 與 PCD 實用電氣特性	161
混波器之輸出電路	162
問 題 七	164

第八章 雜音指數 (Noise Figure)

雜音之源	167
高頻率時電晶體雜音指數方程式	170
雜音指數之計算	171
設計高頻率低雜音放大器考慮因數	176
電晶體雜音指數之測量	178
UHF 電視調諧器雜音指數之測量	180

第九章 射頻調諧級

耦合電路原理	181
雙調諧射頻級	183
孔穴耦合原理	187
UHF 放大器的設計	189
功率增益與穩定因數 C 之關係	191
輸出電路之設計	192
輸入電路之設計	198
斯特恩氏穩定因素 K 之表示法	202
問題 九	206

第十章 UHF 調諧器測試方法與故障分析

調諧器電氣測試儀表	209
UHF 偏掃信號產生器	210
天線輸入阻抗匹配器	211
UHF 檢波器	211
距離指標產生器	213
示波器	216
UHF 調諧器電氣測試方法與順序	219
頻率追蹤調諧步驟與所需儀表及工具	219
頻率響應曲線增益之調整	221
品質保證綜合檢查方法與步驟	225
AFC 頻率擺距測試	225
UHF 調諧器故障分析與檢修	226
故障現象與原因	230
問題 十	243

第十一章 UHF 調諧器一般規格

執行規格關於電氣方面者.....	245
執行規格關於機械方面者.....	250
FCC 調諧精確度測量方法與步驟.....	251
調諧器特性測試項目.....	253

第十二章 電器測量方法與步驟；儀表之建立等

波帶寬度之測量.....	255
B 電源干擾使振盪突停測試方法.....	257
威 克.....	259
頻率穩定性與電壓的關係.....	260
頻率穩定性與溫度的關係.....	261
寄生振盪的測試.....	274
電壓駐波比值之測量.....	275
雜音指數測量.....	278
振盪器幅射能量之測量.....	282
可變電抗二極體之測量.....	290
UHF 與 VHF 調諧器匹配調整.....	294

索 引	297
-----------	-----

1

超高頻調諧器之介紹與分析

概述

電視在我國的發展，為時僅十數餘年，因臺灣地區小，所用之電視頻道，均在VHF頻率範圍。但若地區遼闊，電視台設立過多，VHF頻道不敷分配應用時，則需發展UHF範圍內之波道，因在UHF頻譜內，其工作頻率係自470兆赫(MHZ)至890兆赫(MHZ)止，每一波道佔用6兆赫(MHZ)之波寬，共計有七十個波道，較之VHF可用之十二個波道而言，UHF波道約為VHF波道的六倍容量。故而，UHF波道之應用與UHF調諧器之技術，在我國之發展，前途大有可為。我國大陸，幅員遼闊，電視台之設立，必然增加；電視波道之需求量，亦必隨之增加，則唯有UHF波道足可供需要。

UHF電視調諧器是應用單變頻式，將所接收之UHF電視訊號與高於接收訊號一固定中頻之本地振盪信號，經混波後，產生一固定中頻訊號，該中頻信號內，包含有影像中頻(Picture I. F.)及聲音中頻(Sound I. F)信號在內，再經電路內共用之中頻放大系統，

2 超高频电视调谐器设计与原理

予以放大之。其簡單工作原理，如圖 1-1 所示。例如，設波道選擇器 (Channel Selector) 在第三十三波道上，此時，天線所接收的 UHF 電視信號頻率為 584-590 兆赫 (MHZ)，其影像載波中心頻率 (Picture Carrier center frequency) 為 585.25 兆赫，聲音載波中心頻率 (Sound carrier center frequency) 為 589.75 兆赫，而本地振盪器則產生一頻率極為穩定的 631 兆赫的基本波。該兩頻率信號同時加入晶體混波器 (Crystal mixer)，經拍差 (Beat) 後，產生兩差頻，其中之一為 45.75 兆赫之影像中頻信號及 41.25 兆赫之聲音中頻信號。該兩中頻信號經 VHF 調諧器之第一波道 (CH1) 而輸出中頻信號。其後則與 VHF 輸出信號同樣處理。

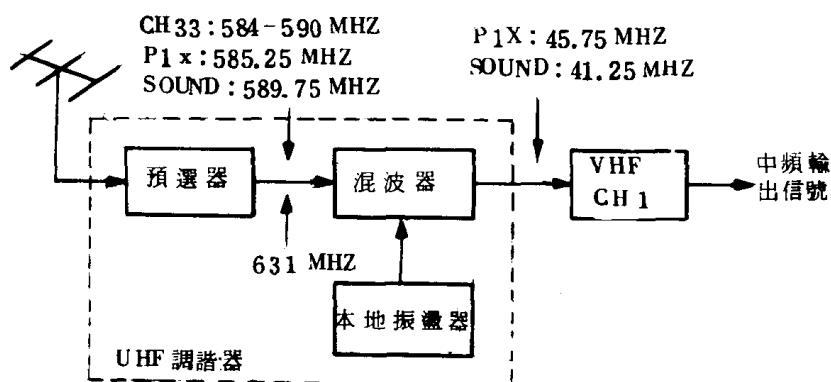


圖 1-1 UHF 電視調諧器工作系統方塊圖

前已述及，在 VHF 波道範圍內，其工作頻率係自 44 兆赫至 216 兆赫，共分為十三個波道 (Channel)，其頻率分配如表 1-1 所示。而 UHF 波道，是自 470 兆赫至 890 兆赫，共分配成七十個 UHF 波道。該七十個波道是自第十四波道 (CH 14) 至第八十三波道 (CH 83)。

表 1-1 VHF 波道分配表

波道 號碼	頻率範圍 (MHZ)	波道 號碼	頻率範圍 (MHZ)	波道 號碼	頻率範圍 (MHZ)	波道 號碼	頻率範圍 (MHZ)
1	44-50	5	76-82	9	186-192	13	210-216
2	54-60	6	82-88	10	192-198		
3	60-66	7	174-180	11	198-204		
4	66-72	8	180-186	12	204-210		

，各波道之 R. F. 與本地振盪器 (Local oscillator) 中心頻率之分配如表 1-2 所示。

表 1-2 UHF 波道之 R. F. 及 L. O. 中心頻率表

波道 號碼	R.F. 頻 率範圍	L.O. 中 心頻率	波道 號碼	R.F. 頻 率範圍	L.O. 中 心頻率	波道 號碼	R.F. 頻 率範圍	L.O. 中 心頻率
14	470-476	517	38	614-620	661	62	758-764	805
15	476-482	523	39	620-626	667	63	764-770	811
16	482-488	529	40	626-632	673	64	770-776	817
17	488-494	535	41	632-638	679	65	776-782	823
18	494-500	541	42	638-644	685	66	782-788	829
19	500-506	547	43	644-650	691	67	788-794	835

4 超高頻電視調諧器設計與原理

20	506-512	553	44	650-656	697	68	794-800	841
21	512-518	559	45	656-662	703	69	800-806	847
22	518-524	565	46	662-668	709	70	806-812	853
23	524-530	571	47	668-674	715	71	812-818	859
24	530-536	577	48	674-680	721	72	818-824	865
25	536-542	583	49	680-686	727	73	824-830	871
26	542-548	589	50	686-692	733	74	830-836	877
27	548-554	595	51	692-698	739	75	836-842	883
28	554-560	601	52	698-704	745	76	842-848	889
29	560-566	607	53	704-710	751	77	848-854	895
30	566-572	613	54	710-716	757	78	854-860	901
35	572-578	619	55	716-722	763	79	860-866	907
32	578-584	625	56	722-728	769	80	866-872	913
33	584-590	631	57	728-734	775	81	872-878	919
34	590-596	637	58	734-740	781	82	878-884	925
35	596-602	643	59	740-746	787	83	884-890	931
36	602-608	649	60	746-752	793			
37	608-614	655	61	752-758	799			

UHF電視調諧器簡介

綜合目前市面所見各廠家所製之UHF電視調諧器；可分成下述數種型式：

一、依機械設計不同分有：

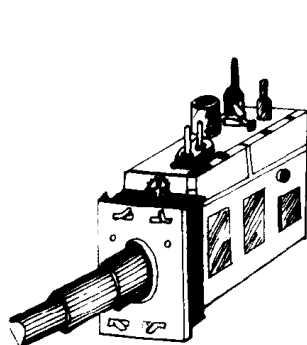
指針調諧式 (Dial Board)：如無線電接收機之調諧度盤然，依度盤旋轉角度之大小，而分劃波道十四至波道八十三之位置，在度盤上，由指針指示調諧器所調諧的波道。亦可稱之為連續調諧式 (Continuous selecting)。此型構造簡單，頻率精確性較差。

波道選擇式 (Alternative)：因機械設計故，波道選擇器 (Channel selector) 轉軸，每轉一次，變換一個波道，因此，該型調諧器可以正確地自CH14至CH83的七十個波道中，任意且能精確地選擇於該波道的中心頻率上，且因附有微調 (Fine tune) 裝置，可用以補償該波道因其他不可避免之原因而產生的頻率偏移誤差。

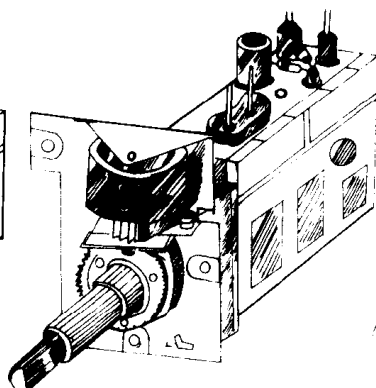
數字型波道選擇器 (Counter)：該型UHF調諧器與波道選擇式調諧器，完全相同，但因附帶裝配有波道計數器 (Counter)，每旋轉一次波道選擇鈕，計數器即隨之轉動一次，在計數器的指示窗口中，可正確地指示波道號碼，使用方便，為其優點。

平面調諧數字型 (Flat Dial Digit)：該型調諧器亦為數字指示型，每當旋轉一次波道選擇鈕，個位數字即隨之轉動一次；至第十次轉動後，個位數字即自“9”換為“0”，而十位數字，則自原數進位。

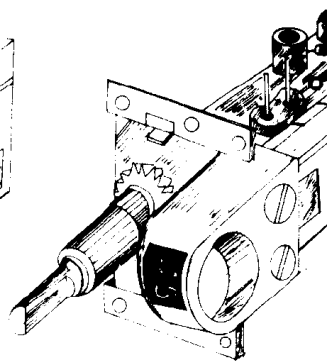
字帶式 (Tape) 調諧器：波道選擇粗調轉軸上，裝配有預先設計並經暗房工作的匣式字帶 (Tape Cassette)，字帶上印有自CH14至CH83的波道號碼，粗調轉軸每轉動一次，指示窗中即出現一組代表所選波道號碼的數字，該數字在彩色指示燈照耀下，清晰顯示。因此，該型調諧器亦可正確指示調諧波道數字，使用甚為方便。



簡單型波道選擇式調諧器



數字型波道選擇式調諧器



匣式字帶指示調諧器

圖 1-2

二、依電路設計不同分有：

無自動頻率控制電路 (NON AFC - Automatic Frequency Control) 型：

如圖 1-3 所示，振盪頻率係決定於：振盪器諧振線 L_1

，掩蓋電容器 C_4 ，可變電

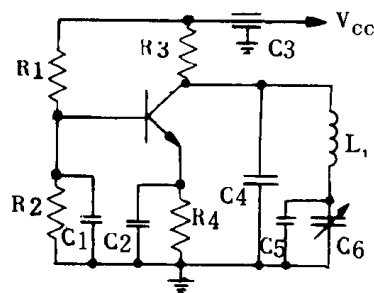


圖 1-3 無 AFC 電路之 UHF 振盪器

容器 C_6 與支柱電容器 C_5 等。 R_1 與 R_2 組成分壓器 (Voltage divider)，供給電晶體基極順向偏壓， C_1 為使基極保持於交流零電位之旁路電容器 (By-Pass Cap)， R_3 為集極負荷電阻器 (Load resistor)， C_3 為其旁路電容器，阻止射頻信號進入直流電源，並有防止射頻電能幅射 (Radiation) 的作用。 R_4 為射極掩蓋電阻 (swamping resistor)， C_2 為其旁路電容器。振盪槽路係由 C_4 、 C_5 、 C_6 及 L_1 組成。 C_4 為掩蓋電容器 (Swamper)， C_5 為支柱電容器， C_6 為可變電容器 (Varicap)， L_1 為振盪線圈，實係應用輸電線原理之一種金屬薄片條狀之諧振線。

振盪器附 AFC 型電路 (Oscillator with AFC circuit)：該型電路依其設計又可分为簡單 AFC (Simple AFC) 與 B-BAFC (

Back Bias AFC) 型兩種：

I. 簡單 AFC 型：如圖 1-4 所示，虛線方框內為簡單自動頻率控制電路。該電路之設計係應用變抗二極體 (Varactor) 的電容量對電壓變化之特性，使 CR 1 產生適當的電容量以與主振盪電路並聯，而產生適當的諧振頻率。該振盪電路的工作頻率，因受外路的控制電壓加於 CR 1 的影響，而改變槽路的 C 值，達到自動控制振盪頻率的目的。

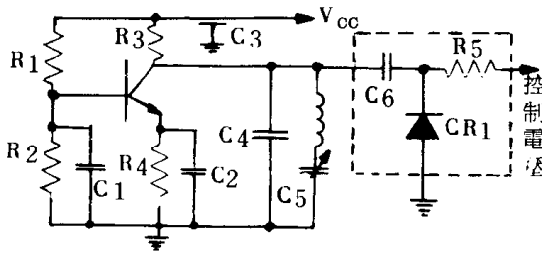


圖 1-4 簡單 AFC 型振盪電路

II. 具反向偏壓 AFC 型：將圖 1-4 虛線框內之電路略加修改而成圖 1-5 所示之反向偏壓 AFC 電路。同樣，為應用變抗二極體的電容量對電壓變化的特性，使 CR 1 產生適當的電容量，該電容量與主振

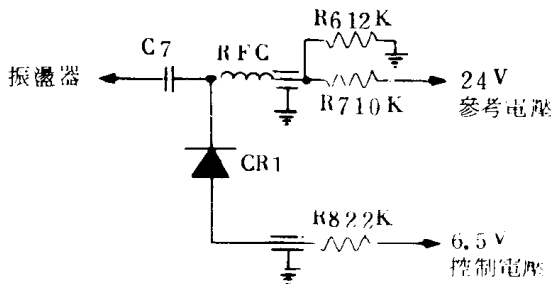


圖 1-5 反向偏壓 AFC 型電路

盪槽路並聯，而構成完整的振盪電路。換言之，振盪頻率係由主振盪槽路與 AFC 電路之有關 C 值所決定。主要不同點，該型 AFC 變抗二極體之兩端，均加有正電壓，其上之淨電壓值，應為二者之差。如倘

中所示，CR1之負端接有正電壓約為13.1伏特，正極接有6.5伏特，因此，CR1實際之偏壓應為： $+6.5V - 13.1V = -6.6V$ 。該電壓為使振盪器在正常工作情況下所能產生之正常工作頻率。一旦控制電壓有所改變時，則該項正常振盪頻率即將發生改變，而達自動控制的目的。

Ⅲ、依混波器所用不同混波晶體分，可分為兩類：

熱載體式晶體混波器（Hot carrier mixer diode）：熱載體式晶體二極體混波器，因其係藉主載體傳導，具有快速轉換特性，故適用於微波領域內。又因其具有低雜音指數（Low Noise Figure）與規則的順向及逆向特性，作為UHF調諧器的混波晶體，甚為理想。圖1-6所示，為HCD混波器電路。

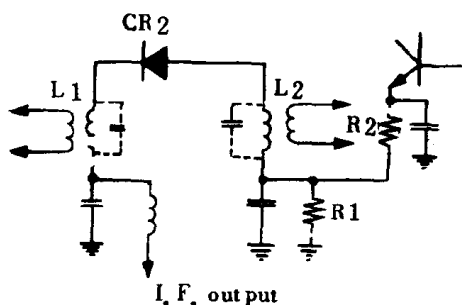


圖1-6 HCD混波器

點觸式（Point Contact）二極晶體混波器與熱載體式晶體混波器比較，該型混波器未加固定偏壓於混波晶體上，故其激勵水準（Drive level）高，因而引入雜音，雜音指數較HCD型高。UHF調諧器應用二極體作為混波器的原因是：工作頻率高於真空管混波器，體積小，雜音低，需要較低的振盪器注入電壓（低激勵水準），缺點為無變頻增益（Conversion Gain）。晶體混波器的變頻增益小於1

，稱為變頻損耗 (Conversion loss)，該項變頻損耗的定義為中頻輸出信號的強度與射頻輸入信號強度的比值。三極管的變頻增益約為 2，而晶體混波器的變頻增益約為 0.25 至 0.4。

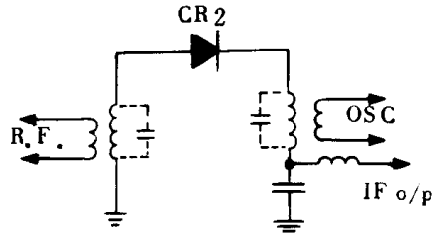


圖 1-7 PCD 混波器電路

四、依 FCC 所訂電視調諧器調諧頻率之精確程度分：

調諧誤差 (Tuning error) 在 $\pm 3\text{MHz}$ 以內者：測試 UHF 電視調諧器的 70 個波道中，任一波道的調諧頻率與該波道之標準中心頻率（如表 1-2 所列）之差，在 $\pm 3\text{MHz}$ 以內者，屬於該型調諧器。例如，任意測試 UHF 調諧器的第 45 波道，測得其頻率為 700.800MHz ，而該波道之標準中心頻率應為 703MHz ，兩者之差為： $703 - 700.800 = 2.2\text{MHz}$ ， $2.2\text{MHz} < 3.0\text{MHz}$ 。

表示該調諧器仍為可接受者。或稱此型調諧器為 3MHz 調諧器。

2-MHz 調諧器：UHF 調諧器的 70 個波道中，任一波道實際測得之調諧頻率與該被測波道之標準中心頻率之差，該項差值被容許在 $\pm 2\text{MHz}$ 範圍以內，或稱此型調諧器為 2-MHz 調諧器。

1-MHz 調諧器：即任一波道實際測得調諧頻率與該被測波道之標準中心頻率之差，被容許在 $\pm 1\text{MHz}$ 範圍以內，或稱此型調諧器為 1-MHz 調諧器，有時稱之為精確調諧器 (Accu tuner) - Accu 係由英文 Accuracy 縮寫而來。

在製造技術上言， 3-MHz 調諧器易於 2-MHz 調諧器，更易於 1-MHz 調諧器。而就調諧器的精確程度言，則 1-MHz 調諧器

10 超高頻電視調諧器設計與原理

優於 2-MHZ，更優於 3-MHZ。因每個波道的調諧頻率所容許的誤差，愈來愈小，因而電路設計的精密度要求亦愈高，生產技術與調諧步驟亦趨複雜。然在可預期的將來，1-MHZ 調諧器將更易於被電視製造業者所樂於採用，因其精確度高，頻率穩定性佳，在轉換電台後，幾乎可以不必調整微調 (Fine tune) 裝置，即可達到極佳之收視效果。

UHF 電視調諧器方塊圖與電路

圖 1-8 所示為 UHF 電視調諧器之方塊圖 (Block diagram)。

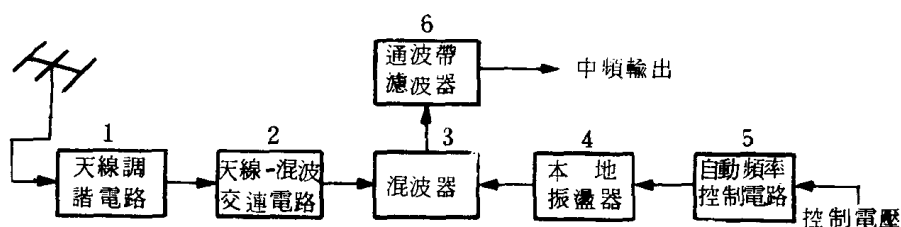


圖 1-8 UHF 調諧器方塊圖

天線調諧電路 (Antenna tuned circuit) 調諧於 UHF 頻段內，頻率自 470 MHz 至 890 MHz，係由電視發射台所發送之電視節目信號。

天線與混波電路間交連電路 (R.F. Coupling circuit)。

晶體混波器與混波器調諧電路 (Crystal mixer diode and mixer tuned circuit)。

本地振盪器 (Local oscillator)，振盪頻率為自 517 MHz 至 931 MHz，恰好較 R.F. 信號高 - 44 MHz 之中頻。

自動頻率控制電路(AFC - Automatic Frequency Control)受外加控制電壓而改變阻抗以控制本地振盪頻率。

通頻濾波網路 (Pass band filter) 混波器輸出 44MHz 中頻信號，該項頻率與 UHF 頻譜相較低甚，故由通低頻網路予以濾除，僅餘下需要的中頻信號，由此輸出送至中頻放大級。

圖 1-9 所示為 UHF 調諧器設計藍圖 (Non-AFC)。

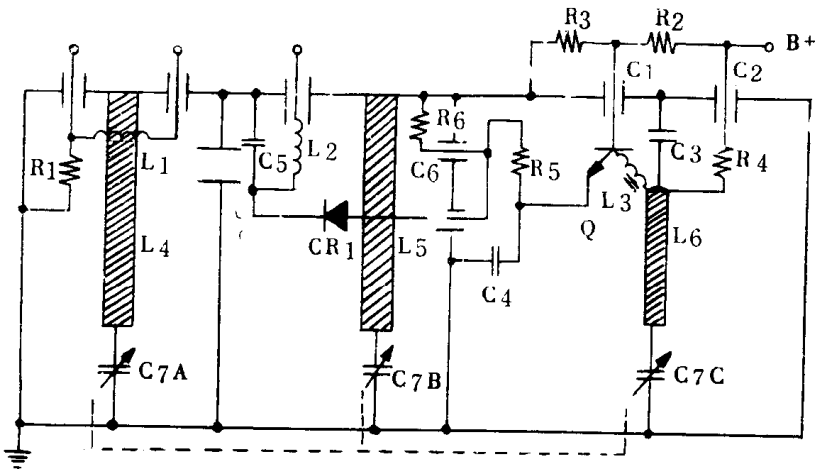


圖 1-9 UHF 無自動頻率控制調諧器

為便於瞭解設計圖中所列各元件 (Component) 之功用，將圖 1-9 與圖 1-10 繪成等效電路如圖 1-11 及 1-12 所示。

一般而言，無 AFC 電路之調諧器振盪電路之掩蓋電容器 (Swamp) 值約為 10-12 pf 之間，有 AFC 電路者，約為 7.0 至 8.0 pf，而 C8 約為 3.0 至 3.5 pf。圖中混波器係採 HCD (熱載體式二極體)，故接有一供給 CR1 固定偏壓之偏壓電阻 R6，其值約為 22 歐姆至 33 歐姆之間。為使讀者瞭解使用 PCD (Point contact Diode