

136677

基本館藏

無線電學

中 冊

倪 尚 達 編 著



中國科學圖書儀器公司
出 版

無線電學

中 冊

倪 尚 達 編 著

中國科學圖書儀器公司

出 版

無線電學

中 冊

版權所有



不准翻印

◀定價人民幣二角九▶

編 著 者 倪 尚 達

出 版 者 中國科學圖書儀器公司
上海(18)延安中路537號

總發行所 中國科技圖書聯合發行所
上海中央路24號304室
電話 19566 電報掛號 21968

計

廣

號

重 版 序 言

本書於一九二八年初版印行後，曾隨無線電之進步，再四增訂。至一九三七年內容更繁，搜集材料，計劃重版。七七事起，所有稿件，於前國立中央大學科學館無線電實驗室盡告遺失。抗戰期間，人事播遷，參考缺乏，無從編纂，以致斷版，不勝悵恨。一九四六年復員南京後，承各方愛讀者惠函催促，開始撰述亦因環境關係作輟無常，直至最近始行脫稿，而二次大戰後的無線電已是面目更新。

昔時真空管製造採通用制，現代真空管設計變成專用化。就某種工作的特別性質，以成一種真空管的特別製造，極數增，結構繁，品類之多，不勝枚舉，僅擇典型，加以詮釋。雷達商用，電視風行，調頻廣播，漸有替代調幅之勢，故於短波，超短波乃至微波等的學理技術，如定向天線，傳遞線，導波管以及共振腔等等，掇其精華，廣為介紹。各種基本電路的分析，亦如初版，乃以中等數理程度為主，惟為說明簡便，微分符號隨處應用，一切演解可用作圖法或向量圖者，不避重複，詳加說明。至於微分方程或傅立葉級數等的解答，或作附註或詳附錄，各隨所需，以便檢考。

總之，無線電早成一種專門學科，且隨電子學的發展，進步更快，範圍更廣。放大，調變，天線，微波等等，各有專籍，形成學術的高度專門化。萬緒千端，搜集難盡，故本書僅就無線電的普通範圍，依據作者廿餘年來的教學經驗，並照合理順序，分章編述。較之初版，取材仍是扼要，說理仍是淺出，內容則普遍提高，篇幅則幾增三倍。備作大學，或專科學校無線電的教學用書，或一般有志研究無線電者的參考用書。節目較繁，疏漏孔多，謹希讀者，隨時指正。

是書成，深感上海中國科學圖書儀器公司總經理鄺恂立先生的鼓勵，編審處顧濟之先生和印刷部諸先生的協助，得使本書精緻印行。各種圖示，均承金陵大學同學石家瑞、樓朝城、郭作東及同事李萱等諸先生精細繪畫，謹此誌謝。

一九五一年五月一日作者誌於南京金陵大學

中 冊 目 錄

第 八 章 振 動 器

節數	頁數	節數	頁數
8-1 三極管用爲振動器	1	1. 阻塞	39
8-2 三極管振動的解釋	2	2. 斷續振動	39
8-3 範式振動電路	4	3. 寄生振動	40
a. 米字南電路	4	8-14 振動頻率	42
b. 哈脫來電路	5	1. 長線控制振動器	42
c. 考畢子電路	6	2. 主振功率放大器	44
d. 再生回電路	6	3. 定頻振動器	46
e. 板柵諧振電路	7	8-15 石英	49
f. 電子耦合電路	8	8-16 石英控制振動器	52
8-4 振動電路的分析	10	8-17 磁棒伸縮振動器	55
8-5 振動電流和電壓的向量		8-18 拍頻振動器	57
圖表	14	8-19 阻容振動器	58
8-6 丙類射頻功率放大器	17	8-20 相移振動器	61
8-7 丙類放大的電流和電壓	19	8-21 多次諧頻振動器	63
8-8 丙類放大的功率	29	8-22 鋸齒形波振動器	66
8-9 槽路設計	33	8-23 負阻振動器	68
8-10 丙類放大器的調節	35	8-24 多相振動器	72
8-11 兩類放大管之爲四極、		8-25 高頻振動器	74
五極或梁型者	36	8-26 超高頻振動器	77
8-12 振動器之設計與調節	37	8-27 負柵超高頻振動器	84
8-13 不正常振動	39	8-28 裴邱二氏之電子振動器	85

節數	頁數	節數	頁數
8-29 電子振動的理論	87	8-33 二極管振動器	101
8-30 調速管	89	8-34 感應輸出管	101
8-31 五極管當作回復調速管		8-35 三極鎳晶體	103
之電子振動	96	習題 28 問	106-108
8-32 磁控管	97		

第 九 章 調 變

9-1 聲電之互變	109	大器	151
9-2 單管微音器	111	9-14 吸收調幅法	153
9-3 調變之類別	114	9-15 杜梅氏的高效率調幅法	155
9-4 調幅波之分析	123	9-16 平方調幅法	157
9-5 調幅法	126	9-17 三極管的平方調幅	160
9-6 板路調幅振動器	129	9-18 范特別爾氏調幅放大器	162
9-7 板路調幅之丙類放大	134	9-19 平衡調幅器	164
9-8 乙類放大調幅器	137	9-20 第一氧化銅調幅器	167
9-9 杜推氏高效率調幅放		9-21 串聯調幅	169
大器	140	9-22 調頻法的分析	139
9-10 柵路調幅的丙類放大器	145	9-23 電抗管調頻器	174
9-11 陰柵調幅的丙類放大器	149	9-24 調相法	176
9-12 四極管或五極管調幅		9-25 調頻或調相波的頻帶	176
的丙類放大	150	習題 21 問	181-182
9-13 陰柵極的調幅丙類放			

第十章 整流器和板路電源

10-1 整流器的分類	183	10-4 單相全波整流器	190
10-2 單相半波整流器	184	10-5 貯氣二極管整流器	193
10-3 半波整流器的諧頻	189	10-6 橋型全波整流器	196

節數	頁數	節數	頁數
10-7 倍壓整流器	198	10-15 汞弧整流管	219
10-8 多相整流器	200	10-16 自燃貯氣整流管	220
10-9 自感輸入的濾波作用	207	10-17 第一氧化銅整流器	223
10-10 電容輸入的濾波作用	209	10-18 鉍整流器	224
10-11 L 式濾波器	213	10-19 機械振動器	226
10-12 多節 L 式濾波器	216	10-20 電動發電機	228
10-13 π 式濾波器	218	10-21 電壓調節器	229
10-14 氬氣整流管	219	習題 18 問	233-235

第十一章 發報機和廣播機

11-1 單管發報機	236	d. 條帶微音器	264
11-2 功率放大發報機	241	e. 晶體微音器	266
11-3 範式功率放大短波發報機	243	11-9 演講擴音器	268
11-4 a. 電鑰之接法	248	11-10 喇叭	271
b. 電鑰格格的避免	252	11-11 聽筒	276
11-5 短波發報機的頻散發射	253	11-12 拾音器	278
11-6 諧頻發射的抑止	253	11-13 電話線平衡器	279
11-7 極高頻率發報機	255	11-14 調幅廣播機	280
11-8 微音器	259	11-15 祕密無線電話	290
a. 炭粒微音器	260	11-16 對講無線電話	291
b. 電容微音器	261	11-17 調頻和調相廣播機	294
c. 動圈微音器	263	習題 20 問	299-301

第十二章 檢波和接收機

12-1 檢波界說	302	12-3 平方檢波	305
12-2 直線檢波	303	12-4 直線檢波和平方檢波的	

節數	頁數	節數	頁數
比較	307	12-15 響度自控制	352
12-5 二極管檢波器	308	12-16 雜聲自除法	356
12-6 三極管檢波器	316	12-17 頻率自控制	359
12-7 再生檢波	325	12-18 響度展縮器	360
12-8 超再生檢波	328	12-19 晶體濾波接收機	362
12-9 外差檢波	331	12-20 交變	364
12-10 換頻管	335	12-21 單邊帶收音機	368
12-11 超外差檢波的干涉	337	12-22 收音機的特性及其測驗	368
12-12 中週 (IF) 的選擇	340	12-23 辨頻器	373
12-13 超外差式接收機	342	12-24 限止器	381
12-14 共振電路的追蹤和齊整方法	346	12-25 調頻收音機和雜聲干涉	385
		習題 20 問	387-388

附 錄 二

a. 二極管非直線特性的推勒氏冪級數表示法	389
b. 連續近似法	391
c. 三極管非直線特性的冪級數表示法	392
d. 傅立葉級數	394

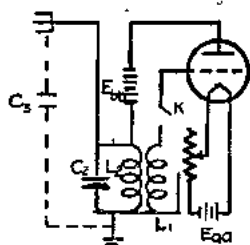
譯名索引	399-407
------	---------

振 動 器

8-1. 三極管用爲振動器 任何機件，欲藉之產生高頻振動電能，不論頻率高下，必須有外面電能，或其他能量，加於其上，始可完成其工作。今以三極管，用爲振動器，板路供給之直流電源，即爲管外所施之電能。簡言之，三極管即成直流交流換流器 (Converter)，以板路的直流電能，換成交流電能，於板路或柵路輸出。至於三極管之所以能振動，因其本身有放大性，再於板路柵路之間，連以反饋電路，使板路的一部份電能，反饋至柵路，放大以後，回至板路，如此循環，振動以成。故三極管振動器，實爲反饋放大器，特其輸入，乃由本身激發，可稱自激反饋放大器 (Self Excited Amplifier)。

根據 7-17 節 7-51 式，欲反饋放大器，自生振動，必須 $(1 - \beta A)$ 小於 1，使 A_f 大於 A ，是爲正反饋，亦即再生，甚至 $(1 - \beta A)$ 近於零或等於零值。反饋之道，約言有三，(一)利用變壓器， RC 電路， LC 電路或其他混合電路，在真空管外面，接至真空管各極；(二)利用管內容電器；(三)加接其他真空管。

8-2. 三極管振動的解釋 8-1 圖為三極管振動器的最簡單者，板路有 L_2 和 C_2 並聯以成振動電路，柵路有 L_1 與 K （開關）串聯， L_2 和 L_1 為射頻變壓器，當耦合適當時，以 K 關閉，即可產生振動電流。當 K 未閉時，柵上附有自燈絲發射的少數電子，成負極，而板流不大，閉 K 後，即有下列各項作用：



8-1 圖

1. 柵電壓為零，因與地線直接相連之故。
2. 板流增加，因柵極由負而零，柵電壓增加之故。
3. L_1 方面由感應作用，發生電壓，此應電壓依板流方向，使柵變為負極。
4. 故柵電壓又由零下降。
5. 板流因之減少，即經過 L_2 之電流減少。
6. 因 L_2 電流減少， L_1 方面又得應電壓，正負方向適與前者相反，而數值則較大，使柵極為正。
7. 板流大為增加。

自 (2) 至 (7) 適成一週，長此循環作用，振動流由此產生。 K 而永閉，則振動流產生不已，至 AB 組電池不能供給電能而止。 K 而開，振動流即中止。 故曰 K 之開合，得控制振動電流之或生或否。

再者， C_2 與 L_2 成一振動電路，因 K 閉而變柵電壓，板流隨之

變化，於是 L_2C_2 電路，忽受 L_2 中電流之變化，發生極小振動流（即暫時電流）。苟無電能之連續供給，其振動流，必將在極短時間內，衰減自止。但 L_1L_2 相互耦合， L_1 方面得應電壓，此電壓經三極管之放大，使 L_2 有較強之磁能。 L_2C_2 內之振動流不特不中止，且振幅爲之增大，如是回復作用，得供給高頻電能。論其原理，實與並聯發電機 (Shunt Generator) 之產生直流電壓者相似。當發電子旋轉於磁極間，因有殘磁之故，發電子兩端得電壓。此電壓輸電流於磁極，使其磁化加強。如是彼此增長，直流電壓產生。學者苟能以此參證，則三極管所以振動之理，不難瞭解。

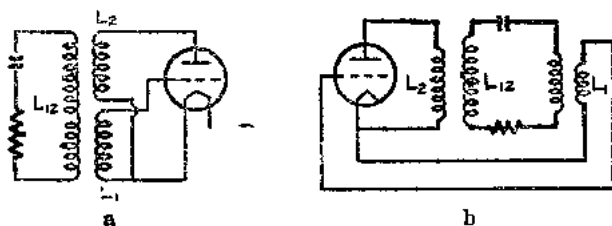
如前之說，振動流既在 L_2C_2 內發生，則其頻率之大小，當與 L_2C_2 之固有頻率相等，或近於相等。故欲改變振動流之頻率時，得將 L_2C_2 內之自感或電容變換之。

再次，任何 LCR 電路，因受任何電源的激發，而產生振動流，此振動流可以 $i = \frac{Em}{\omega L} e^{-\frac{R}{2L}t} \sin \omega t$ 表示之（見 4-20 式），今因三極管的放大， L_2L_1 的耦合， L_2C_2 中的 R ，最少變成零值，（ R 爲有效電阻），甚至變成負值，稱曰負電阻 (Negative Resistance) 如是一 $\frac{R}{2L}$ 爲正， i 不但不衰減，而且逐漸增加，至電路間消耗電能和供給電能，互相平衡，以成穩定振動。負電阻云者，物理上並無此種電阻之存在，所謂負電阻，乃與尋常的電阻相反，後者消耗電能，前者供給電能。

三極管電路之可以產生振動流者甚多，其效率得由25%而至95%（燈絲所需之電功率不計），較勝於其他高頻發電機遠甚，且運用簡便，工作可靠，現時無線電機，無有不用真空管者。

8-3. 範式振動電路 凡自激反饋放大電路，適合8-1節所述之條件者，均能產生振動，式樣繁多，幾難盡舉，茲就常見而堪稱範式者，分述如次：

a. 米字南電路(Meissner Circuit) 如8-2圖 a, b, 為米字南電路。由德國柏林得律風根公司(Telefunken Co.)米字南博士(Dr. A. Meissner)發明。其優點在頻率調換容易，且用磁感耦合，得傳遞最大電能於其他電路，即電能之在板電路者，遞至柵電路，非常簡便。

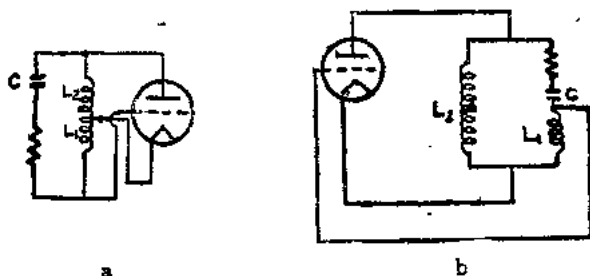


8-2 圖

圖 b 為圖 a 電路之變相，藉此圖以解其作用較為簡捷。圖中 ABC 組電池，為簡單計，均已略去。電路之含有 L_{12} 者曰負担電路(Load Circuit)。當板電路內，直流高電壓接入時，忽得板流，因 L_2 與 L_{12} 耦合，使負担電路產生極微振動流。又因 L_{12} 與

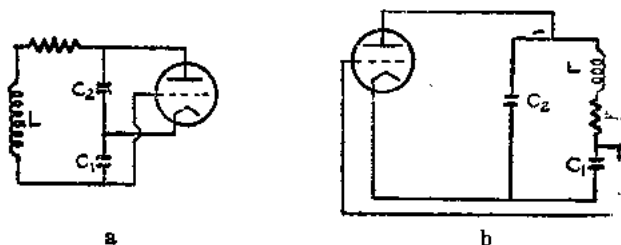
L_1 耦合，將振動電能，傳至柵電路，經三極管之放大作用，在板電路內得較強之振動流，此振動流又傳於負担電路。如是往返作用，高頻率電流，由此產生。圖 a 為米字南電路之原有接法， L_1 與 L_2 不直接耦合，惟各與負担電路之 L_2 耦合。

b. 哈脫來電路(Hartley Circuit) 由米字南電路蛻化而成者，有哈脫來電路，其接法如 8-3 圖 a, b. 由西方電氣公司(Western Electric Co.) 工程師哈脫來先生(Mr. R.V.L. Hartley)發明。其產生振動流雖易，惟電能變換不易(即發射機電能之增加或減小)，效率不高，似較米字南電路為遜。但小規模發射機，或實驗室中振動器，或外差接收機等，因哈脫來電路振動容易，多利用之。應用時能以較大電容，接入振動電路，能得較大效率。如圖 b，當板電壓接上得板流時，使 $L_2 L_1 C$ 電路，產生極微振動流，於 L_1 上有電壓降。此電壓直接接至柵路，經三極管之放大，使 $L_2 L_1 C$ 之振動加強，於是產生高頻率電流。圖 a 為哈脫來電路之原有接法。



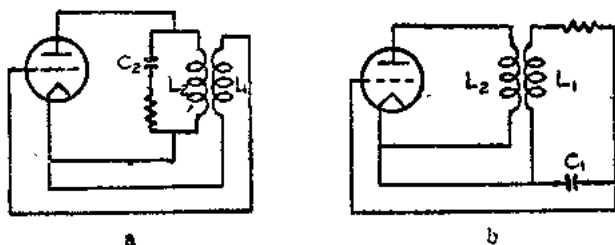
8-3 圖

c. 考畢子電路(Colpitts Circuit) 與哈脫來電路相似者，爲考畢子電路。由西方電氣公司工程師考畢子先生 (Mr. E. H. Colpitts) 發明。其作用接法等，可謂與哈脫來電路無異，惟將哈脫來電路中之 L_2 及 L_1 調以 C_2 與 C_1 而已。其接法如 8-4 圖 a, b。此電路業餘無線電家，用之甚廣，因能利用較小之天線，可得優異之效率。



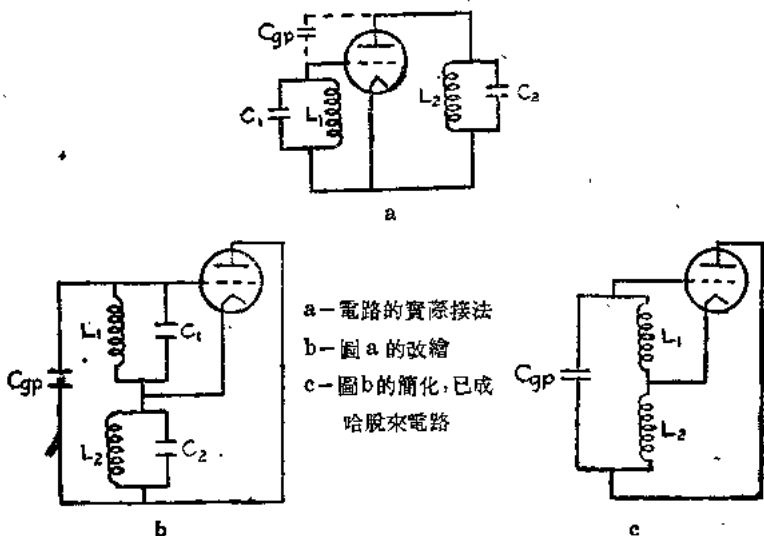
8-4 圖

d. 再生圈電路(Tickler Coil Circuit) 於米字南電路中省去一線圈者，爲再生圈電路。此電路用者甚多，知之亦早。普通一座三極管接收機，往往利用此種電路。其接法有二種，如 8-5 圖 a 爲板路調諧，圖 b 爲柵路調諧。其作用與前述者同。



8-5 圖

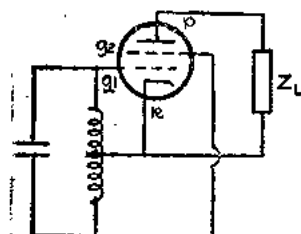
e. 板柵諧振電路(Tuned Plate Tuned Grid Circuit) 此電路作用之理,與上述者,完全不同。板電路中,電能反餽至柵路,藉板柵容電器為樞紐。發明者為阿姆司屈郎(Mr. E.H. Armstrong)。振動流頻率,依 L_1C_1 而定, L_2C_2 與頻率之影響較小。8-6 圖 a 中 L_1C_1 及 L_2C_2 二電路,彼此諧振。 L_2C_2 中電能,藉 C_{gp} 而傳至 L_1C_1 。因其電容極小,故反餽電能不大,用於短波發射機,甚屬相宜。有時於管外板柵之間,接以可變容電器(0-0.0001 $\mu f.$)以調節反餽電能。調換波長,只須調節 C_1 及 C_2 ,運用殊見方便,波長愈短,則 C_{gp} 之影響愈大,自板而柵之反餽電能亦大。故發射機波長在二十米以下者,應用此電路時,須有相當改良。



8-6 圖

將圖 a 改繪之，可似圖 b，再簡之，可似圖 c。故曰板柵諧振電路，實與哈脫來電路相當。其他電路亦可相似改繪，以得彼此相似圖形。

f. 電子耦合電路 (Electron Coupled Circuit) 此種電路之接法如 8-7 圖。振動管則為四極管或五極管，以 g_1 (控制柵) g_2



8-7 圖

(屏蔽柵)和陰極(k)，當作三極管，接以哈脫來電路，產生較微的振動流。板路接有負担 Z_L ，與振動頻率相諧振。大部份的電子流受 $g_1 g_2$ 控制者，流入板極，被 Z_L 吸收， Z_L 得有較大的振動電能，以備輸出。

以上各圖，僅示幾個範式振動器的電路，簡單方便，未將應有之 ABC 組電池， V_f (燈絲電壓伏特計) 及 I_b (毫安培板流計，量度板直流 I_b) 等接入。茲以哈脫來電路為例，如 8-8 圖 a, b, 以示其實際接法。

圖 a 為 B 電壓之串聯輸接 (Series Feed)，圖 b 為 B 電壓的並聯輸接 (Shunt Feed)。使用後者， C_b 和 RFC 非用不可。 C_b 為隔直容電器，得使 E_{bb} 高壓，不達柵極或陰極，以致三極管損壞。 RFC (Radio Frequency Choke) 為射頻抗流圈的縮寫。其固有頻率，約與運用頻率相等，阻抗極大，不使射頻電流在 E_{bb} 電路通流，或即射頻電壓，不致以 E_{bb} 為掟路，使振動無從產生。 $R_b C_b$ 為柵漏和容電器組合，亦即柵漏負柵壓的接法