

電 台 工 程

林 黃 柏 鑑 中 村 編 著



無 線 電 界 雜 誌 社 印 行

電 台 工 程

林 柏 中
黃 鑑 村 著 編

無 線 電 界 雜 誌 社 印 行

電 台 工 程

中華民國六十一年十月初版

版權所有 不許翻印

特價新臺幣肆拾元

編著者：林 柏 中
黃 鑑 村
發行者：無線電界雜誌社

臺北市八德路三段105號

電話：7 1 2 7 6 5 號

郵局劃撥儲金帳戶2756號

登記證：內版臺誌字第653號

印刷者：中美美術印刷廠

台北市天水路32號

電 台 工 程

目 錄

第一章 緒 論

第 1 - 1 節：電台工程之範圍	(1)
第 1 - 2 節：電台頻率之分配	(1)
第 1 - 3 節：電台種類	(2)

第二章 基 本 電 學

第 2 - 1 節：電子學說	(4)
第 2 - 2 節：電子流和電流	(5)
第 2 - 3 節：電流的強度	(6)
第 2 - 4 節：電位差—電壓	(8)
第 2 - 5 節：基本公式	(9)
第 2 - 6 節：電能和電功率	(10)
第 2 - 7 節：導體阻力計算	(12)
第 2 - 8 節：電路的斷路，合路和短路	(14)
第 2 - 9 節：電阻串聯電路計算法	(15)
第 2 - 10 節：電阻並聯電路計算法	(16)
第 2 - 11 節：電阻串並聯電路計算法	(18)
第 2 - 12 節：啓可夫定律	(20)
第 2 - 13 節：磁鐵	(23)
第 2 - 14 節：磁力線	(27)

(2)

第 2 - 15 節：電流的作用.....	(29)
第 2 - 16 節：直流與交流.....	(30)
第 2 - 17 節：電磁感應	(32)
第 2 - 18 節：用電流製造磁場	(34)
第 2 - 19 節：用磁鐵製造電壓和電流.....	(37)
第 2 - 20 節：電感量與線圈	(40)
第 2 - 21 節：電容量	(41)
第 2 - 22 節：電容量串聯及並聯之計算	(44)

第三章 交 流 電 學

第 3 - 1 節：緒言	(47)
第 3 - 2 節：交流電壓之產生	(47)
第 3 - 3 節：正弦波.....	(49)
第 3 - 4 節：交流電壓瞬時值及最大值	(50)
第 3 - 5 節：角速度.....	(52)
第 3 - 6 節：週率、週期和旋轉數	(55)
第 3 - 7 節：交流的平均值	(56)
第 3 - 8 節：交流電的有效值	(59)
第 3 - 9 節：電抗	(62)
第 3 - 10 節：線圈和電容器對於交直流的作用	(63)
第 3 - 11 節：相位	(64)

第四章 真空管和電晶體

第 4 - 1 節：對真空管的探討	(66)
-------------------------	--------

第 4 - 2 節：二極管的作用	(68)
第 4 - 3 節：電源電路的構成	(72)
第 4 - 4 節：三極管的作用	(73)
第 4 - 5 節：什麼叫做放大	(77)
第 4 - 6 節：電壓放大電路的分析	(80)
第 4 - 7 節：何謂強力放大	(83)
第 4 - 8 節：五極管和集流強力管的作用	(84)
第 4 - 9 節：強力放大電路的分析	(87)
第 4 - 10 節：拾音器的構造	(94)
第 4 - 11 節：什麼叫做半導體	(96)
第 4 - 12 節：二極鎢晶體的構造	(99)
第 4 - 13 節：電晶體的構造	(102)
第 4 - 14 節：電晶體的作用	(103)
第 4 - 15 節：放大電路之構成	(108)
第 4 - 16 節：電晶體的使用法	(110)

第五章 無線電基本原理

第 5 - 1 節：什麼是無線電	(113)
第 5 - 2 節：電波的產生	(113)
第 5 - 3 節：電波的傳播	(114)
第 5 - 4 節：頻率	(114)
第 5 - 5 節：波長	(115)
第 5 - 6 節：電波的分類	(116)
第 5 - 7 節：地波	(117)

(4)

第 5 - 8 節：天波	(118)
第 5 - 9 節：電離層	(119)
第 5 - 10 節：直線波	(120)
第 5 - 11 節：衰落	(121)
第 5 - 12 節：干擾	(122)
第 5 - 13 節：折射	(122)
第 5 - 14 節：反射	(123)
第 5 - 15 節：散射	(123)
第 5 - 16 節：人造通信衛星	(123)
第 5 - 17 節：電波學說	(124)

第六章 廣播電台和收音機

第 6 - 1 (a) 節：無線電廣播之組織系統	(125)
第 6 - 1 (b) 節：發報機的構成	(128)
第 6 - 1 (c) 節：無線電話機或廣播機之構成	(130)
第 6 - 2 節：何謂 FM 廣播	(131)
第 6 - 3 節：AM 電波擁擠的情形	(132)
第 6 - 4 節：聲音悅耳的 FM 廣播	(133)
第 6 - 5 節：如何接收 FM 電波	(134)
第 6 - 6 節：什麼叫做 FM 檢波	(135)
第 6 - 7 節：收音機的原理	(141)
第 6 - 8 節：收音機怎樣能聽到聲音	(142)
第 6 - 9 節：調諧電路的作用	(143)
第 6 - 10 節：檢波電路的作用	(146)
第 6 - 11 節：柵極檢波	(143)

第 6 - 12 節：何謂再生檢波	(149)
第 6 - 13 節：三管收音機的構成	(152)
第 6 - 14 節：三管收音機的裝組	(155)
第 6 - 15 節：何謂一級高放收音機	(159)
第 6 - 16 節：高頻放大器的作用	(162)
第 6 - 17 節：為什麼五極管適於高頻放大	(166)
第 6 - 18 節：什麼叫做超外差	(169)
第 6 - 19 節：超外差式收音機何以會有良好的選擇性呢？	(171)
第 6 - 20 節：超外差式收音機為何有良好的靈敏度呢？	(171)
第 6 - 21 節：五管超外差式收音機的裝組	(172)
第 6 - 22 節：收音機裡的自動裝置	(179)
第 6 - 23 節：初步的電晶體收音機	(182)
第 6 - 24 節：來複式電晶體收音機	(187)
第 6 - 25 節：超外差式電晶體收音機	(191)

第七章 電視基本原理和電視機

第 7 - 1 節：用電波載送畫面	(197)
第 7 - 2 節：傳真照片	(198)
第 7 - 3 節：電視原理	(200)
第 7 - 4 節：畫面的分析	(202)
第 7 - 5 節：電視攝影管—電視的眼睛	(204)
第 7 - 6 節：顯影管—用電子繪畫	(205)
第 7 - 7 節：電視接收機之內部構成	(207)
第 7 - 8 節：調諧器	(208)

(6)

第 7 - 9 節：視訊中頻放大級	(210)
第 7 - 10 節：視訊檢波級	(211)
第 7 - 11 節：視頻放大級	(212)
第 7 - 12 節：聲訊中頻放大級，聲頻檢波級及聲頻放大級	(213)
第 7 - 13 節：同步分離電路及偏向電路	(213)
第 7 - 14 節：高壓產生電路	(214)
第 7 - 15 節：電源電路	(215)

第八章 彩色電視原理分析

第 8 - 1 節：什麼叫做色	(216)
第 8 - 2 節：彩色電視的原理	(218)
第 8 - 3 節：NTSC 方式的彩色電視機	(222)

第九章 電視廣播電台簡介

第 9 - 1 節：電視攝影場	(224)
第 9 - 2 節：大道具與小道具	(225)
第 9 - 3 節：照明裝置	(227)
第 9 - 4 節：麥克風	(227)
第 9 - 5 節：映像是如何產生的呢？	(228)
第 9 - 6 節：電視攝影機	(230)
第 9 - 7 節：副控制室(1)(映像控制)	(231)
第 9 - 8 節：副控制室(2)(聲音控制)	(232)
第 9 - 9 節：導播及其指揮系統	(232)
第 9 - 10 節：排演	(234)

第 9 - 11 節 : 節目的安排	(234)
第 9 - 12 節 : 錄影	(237)
第 9 - 13 節 : 放映室	(237)
第 9 - 14 節 : 主控制室	(238)
第 9 - 15 節 : 新聞播送	(238)
第 9 - 16 節 : 體育運動實況播送	(239)
第 9 - 17 節 : 攝影場外的現場轉播	(239)
第 9 - 18 節 : 電視發射機	(241)
第 9 - 19 節 : 電視的中繼法	(243)

電 台 工 程

第一章 緒 論

(一) 電台工程之範圍

電台乃是指廣播電台，電視台，發射台而言，初學電台工程的人正和初學電機工程的人一樣，最初都應該先從基本電學開始學起，舉例來說：在發音室和攝影場裡有關音響，影像拾取的各種設備，以及發射機或是收音機和電視機中各部門的電路，實際上都由交流電路和直流電路所構成的，所以內容也就不能不以交直流電路為主，教材着重理論與計算方面，以便應用於工程上的設計。但是，不專攻技術方面的人，對於原理及結構亦應該學習，它能幫助各位在使用時可以靈巧的運用。

(二) 電台頻率之分配

由發射機所發射的電波種類，依據一般常用者，由於頻率之高低，而分有下面的五種：

①波長在3,000公尺以上，而頻率在100千赫以下者稱為長波（LONG WAVE）。

②波長在3,000—200公尺，而頻率在100—1,500千赫的範圍稱為中波（MEDIUM WAVE）。

③波長在200—50公尺，而頻率在1,500—6,000千赫的範圍稱為中短波（MEDIUM-SHORT WAVE）。

④波長在50—10公尺，而頻率在6,000—30,000千赫的範圍稱為短波（SHORT WAVE）。

⑤波長在10公尺以下，而頻率在30,000千赫以上者稱為超短波（VERY SHORT WAVE）。

又依據1947年大西洋城國際無線電公約所公佈的規定，將電波的種類另分為下面所示的八種；頻率在30,000以下者，其單位用千赫（KHz），在此以上者其單位概用兆赫（MHz）。

①極低頻率（VERY LOW

(2)

FREQUENCY), 30 KHz 以下, 10,000公尺以上, 目前適用於潛水艇。

②低頻率 (LOW FREQUENCY), 30—300 KHz, 10,000—1,000 公尺。

③中頻率 (MEDIUM FREQUENCY), 300—3,000 KHz, 1,000—100 公尺, 目前中頻廣播電台的波段為 535—1605 KHz。

④高頻率 (HIGH FREQUENCY), 3,000—30,000 KHz, 100—10 公尺, 適用於調幅 (A.M.) 廣播及通訊。

⑤超高頻率 (VERY-HIGH FREQUENCY), 30—300 MHz, 10—1 公尺, 調頻 (F.M.) 廣播使用的波段為 88—108 MHz, 電視廣播使用的波段為 54—216 MHz。

⑥極高頻率 (ULTRA-HIGH FREQUENCY), 300—3,000 MHz, 1—0.1 公尺, 目前美國的電視廣播皆利用此波段。

⑦特高頻率 (SUPER-HIGH FREQUENCY), 3,000—30,000 MHz, 0.1

—0.01 公尺。

⑧絕高頻率 (EXTREMELY-HIGH FREQUENCY), 30,000—300,000 MHz, 0.01—0.0001 公尺, 目前全省長途電話通訊及衛星通訊, 電視轉播皆用此一波段。

註: A.M. (AMPLITUDE MODULATION) 調幅; F.M. (FREQUENCY MODULATION) 調頻。

(三) 電台種類

① 調幅廣播 (AMPLITUDE MODULATION BROADCASTING), 使用波段為中頻 (535 KHz—1605 KHz) 及高頻 (2 MHz—22 MHz)。

② 調頻廣播 (FREQUENCY MODULATION BROADCASTING), 我國調頻廣播使用波段和美國完全相同, 即 88—108 MHz, 歐洲則使用 87—100 MHz, 日本使用 76—90 MHz。

③ V.H.F 電視廣播

美國有12個頻道, 即

(2) 54—60 MHz

(3) 60—66 MHz

(4) 66—72 MHz

- (5) 76—82 MHz
- (6) 82—88 MHz
- (7) 174—180 MHz
- (8) 180—186 MHz
- (9) 186—192 MHz
- 00 192—198 MHz
- 01 198—204 MHz
- 02 204—210 MHz
- 03 210—216 MHz

日本亦有12個頻道，即

- (1) 90—96 MHz
- (2) 96—102 MHz
- (3) 102—108 MHz
- (4) 170—176 MHz
- (5) 176—182 MHz
- (6) 182—188 MHz
- (7) 188—194 MHz
- (8) 192—198 MHz

- (9) 198—204 MHz
- 00 204—210 MHz
- 01 210—216 MHz
- 02 216—222 MHz

我國現使用的電視頻道為：

- (1) 174—180 MHz
- (2) 180—186 MHz
- (3) 186—192 MHz
- (4) 192—198 MHz
- (5) 198—204 MHz
- (6) 204—210 MHz
- (7) 210—216 MHz

註：電視廣播之頻道寬度，美、日和我國均為6 MHz。

④ V.H.F. 電視廣播

U. H. F. 電視廣播頻道約有70個，其波段為470—890 MHz。

第二章 基本電學

第2—1節 電子學說

在宇宙上一切的物質可由物理方法來分析成爲分子，而這物質中的分子又可由化學方法來分解成爲更小的原子。在六十餘年以前的一般科學家都認爲原子乃是物質中的最小因子，而不可再分的。但是自電子學說發明以來，大家都已明瞭原子實際上並不是不可再分的最小因子。

實際上原子內部的組織是由一個帶正電的原子核(Nucleus)和許多帶負電的電子(Electron)集合而成。原子核位於原子的中心，電子在原子核外圍的軌道上作自轉和旋轉的運動。如果把太陽系來做譬如，那麼原子內部中心的原子核正好像太陽系中的太陽，而環繞原子核外圍運動的電子群正好比是太陽系中心的諸行星一樣。

再把原子核擴大起來看，原子核的內部是由帶正電的質子(Proton)和帶負電的電子密切的積聚而成。爲分別方便起見，在原子核中的電子稱爲核心電子而在軌道上的電子稱爲軌道電子。

由實際所得的電子的質量是 9×10^{-32} 克，而質子的質量是電子的1840倍，一個電子所具有的負電量是 1.59×10^{19} 庫倫(Coulomb 是電量的單位)，電子的半徑是 1.9×10^{-13} 公厘(cm) 即在一公厘的距離約可排列五萬萬萬個電子。

現在假定原子核內的質子和核心電子之數各爲 N_p 和 N_e ，每個電子和質子的電量同樣用 e 來表示。這裡因帶正電的質子數 N_p 常多於帶負電的核心電子 N_e ，那麼整個原子核的電量必爲 $e(N_p - N_e)$ 。所以原子核本身必帶正電無疑。

又設 $Z = N_p - N_e$ ，則 Z 之數和該原子序數必相一致，而且軌道電子數在常態之下必定也和 Z 之數相等，所以就整個原子來說，在原子核中所多餘的帶正電的質子數和軌道電子數必相同，而呈中和不帶電的狀態。例

如居化學原子序數第一位的氫原子僅具有一個多餘的質子和一個軌道電子。而居於第九十二位的鈾原子具有九十二個多餘的質子和九十二個軌道電子，在平時彼此中和起來並不帶電。

軌道電子本身並不分大小和種類，但是由於它的環境來說，事實上可以分爲自由電子和束縛電子兩種。束縛電子是在靠近原子核附近的軌道上旋轉，不易變更它的動向，換一句話說，就是被束縛而不能自由運動的電子。反之，自由電子離開原子核較遠，始終沒有一定的位置，一受到外力的作用，立刻開始變更它的動向。通常我們所叫慣的電子，除非特別聲明，都是指自由電子而言。一切電子所發生的現象都是自由電子的運動所造成，所以根據電子學說的立場來解釋一切電的現象，其理簡而易明。

第 2 -- 2 節 電子流和電流

如圖2—1所示，用導體（容易通電的物體）接至電源（電池或直流發電機等）的正負兩端的時候，導體中的自由電子必向一定方向開始移動。此時電子因帶負電，必被電源的正極所吸引，自然會形成電子群的移動，由電子學說的立場來說，這叫做電子流（Electron flow）。在電學上我們叫慣的電流（Electric current），實際上就是電子群在導體內移動的現象。其所移動的方向，電子流是由負極移動至正極，而電流是由正極移動至負極，兩者移動的方向適相反。換言之，電子流可以說是負電荷的移動，而電流是正電荷的移動。

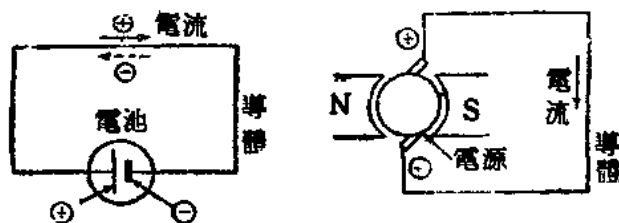


圖2-1：

第2—3節 電流的強度

電流的強度就是在單位時間通過電線中某點的電量。如前節所述，實際上電流就是電子群移動的現象，每一個電子所具有的負電量是 1.59×10^{-19} 庫倫，換言之，每一庫倫的電量必有 $\frac{1}{1.59 \times 10^{-19}} = 6.28 \times 10^{18}$ 個電子存在。但是如果把電子數來表示電流的強度，因為數過大，不切於實用。所以實際表示電流強度的單位概用安培 (Ampere)。假如有一庫倫的電量 (就是 6.28×10^{18} 個電子) 在一秒間通過電線中任何一點的時候，這個電流的強度就是一安培。

即 1庫倫 = 6.28×10^{18} 電子

$$1 \text{ 安培} = 1 \frac{\text{庫倫}}{\text{秒}} = \frac{6.28 \times 10^{18} \text{ 電子}}{\text{秒}}$$

現在假設在 t 秒間有 Q 庫倫的電量通過電線內一點的時候，在這一點的電流強度可由下式來表示：

$$\text{電流} = \frac{\text{電量}}{\text{時間}}$$

$$\text{即 } I(\text{安培}) = \frac{Q(\text{庫倫})}{t(\text{秒})} \dots\dots\dots (2-1)$$

在弱電工程上，電流強度的單位如果用安培的時候，顯嫌過大，所以常改用毫安培 (Milli ampere 簡寫 mA)，微安培 (Micro ampere 簡寫 μA) 這兩個單位在無線電工程上尤為常用。

$$\text{即 } 1 \text{ 毫安培 (mA)} = \frac{1}{1000} \text{ 安培} = 10^{-3} \text{ 安培} = 0.001 \text{ 安培}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ 微安培 } (\mu A) &= \frac{1}{1000000} \text{ 安培} = 10^{-6} \text{ 安培} \\ &= 0.000001 \text{ 安培} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ 安培 (Amp)} &= 1000 \text{ 毫安培 (mA)} = 10^3 \text{ mA} \\ &= 1000000 \text{ 微安培 } (\mu A) = 10^6 \mu A \end{aligned}$$

在無線電工程上所應用的單位，有時極小，小至小數點好幾位以下，有時極大，大至幾萬萬的數目，所以為計算方便起見通常都用指數來表示。

例如：	$10=10^1$	$0.1=\frac{1}{10}=10^{-1}$
	$100=10^2$	$0.01=\frac{1}{100}=10^{-2}$
	$1000=10^3$	$0.001=\frac{1}{1000}=10^{-3}$
	$10000=10^4$	$0.0001=\frac{1}{10000}=10^{-4}$
	$100000=10^5$	$0.00001=\frac{1}{100000}=10^{-5}$
	$1000000=10^6$	$0.000001=\frac{1}{1000000}=10^{-6}$

又由 (1-1) 式可得：

$$\text{電量} = \text{電流} \times \text{時間}$$

$$\text{即 } Q(\text{庫倫}) = I(\text{安培}) \times t(\text{秒}) \dots\dots\dots (2-2)$$

這就是 1 安培的電流在 t 秒間通過電線內任何斷面的電量。大電量的單位常用安時(Ampere hour 簡寫 Ah)或千安時(Kilo-ampere hour 簡寫 KAh) 來表示。一安時就是一安培的電流在一小時的時間通過電線內任何一斷面的電量，而一千安時等於一安時的一千倍。

$$\begin{aligned} Q &= I(\text{安培}) \times t(\text{秒}) = It \text{庫倫} \\ &= I(\text{安培}) \times \frac{t(\text{秒})}{60 \times 60} (\text{時}) = \frac{It(\text{庫})}{3600} \text{安時} \dots\dots\dots (2-3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= I(\text{安培}) \times T(\text{時}) = IT \text{安時(Ah)} \\ &= \frac{I(\text{安培})}{1000} (\text{千安培}) \times T(\text{時}) = \frac{IT}{1000} \text{千安時(KAh)} \\ &= I(\text{安培}) \times T(\text{時}) \times 60 \times 60 = 3600IT \text{庫倫} \dots\dots\dots (2-4) \end{aligned}$$

應用(2-3)與(2-4)公式時，須注意其所表示之時間單位各不相同。