

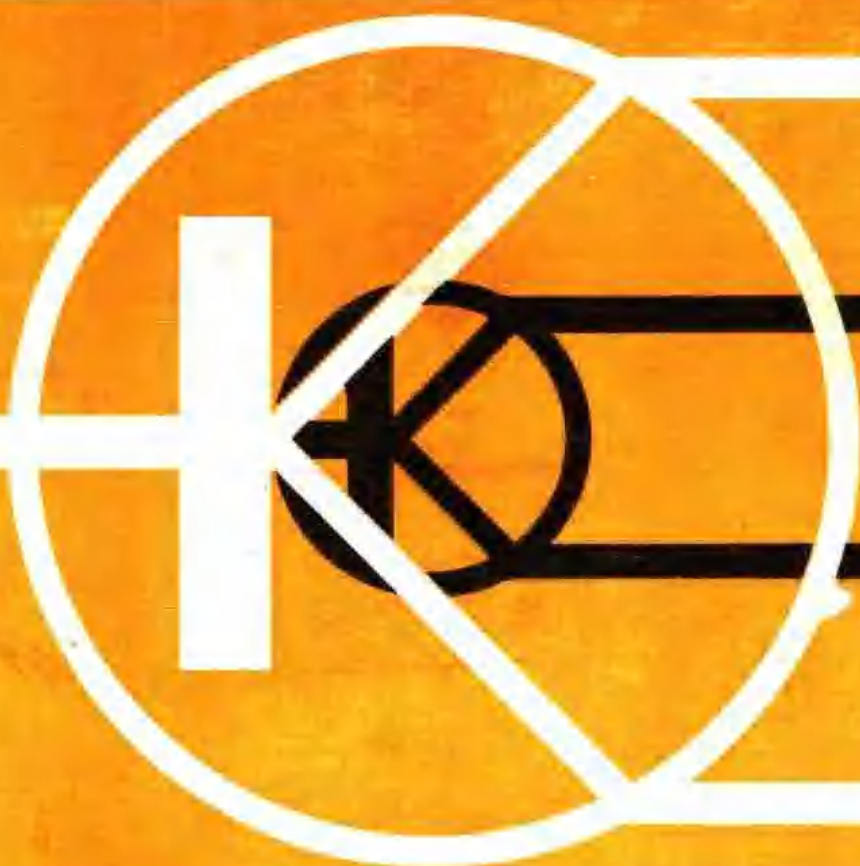
全華升學叢書

433964

升技術學院、二專、師大工教、教育學院必備

電子學總整理(下)

陳文山 編著



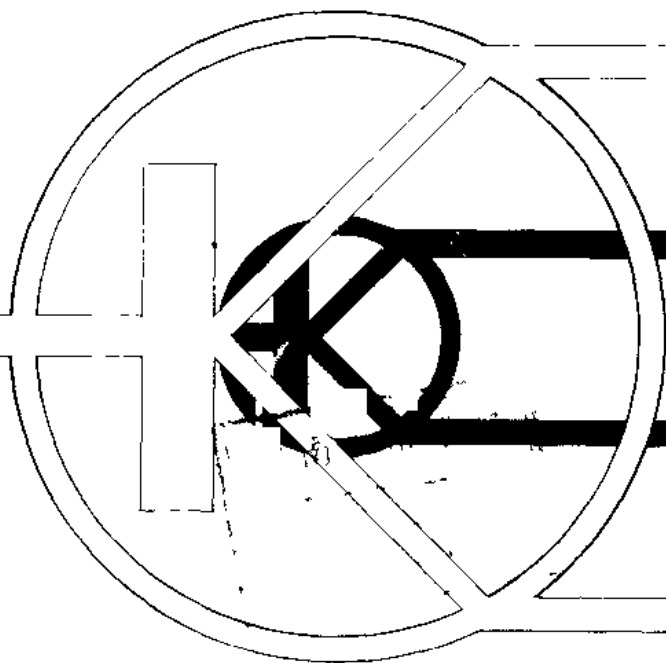
全華科技圖書公司印行

全華升學叢書

升技術學院、二專、師大工教、教育學院必備

電子學總整理(下)

陳文山 編著



全華科技圖書公司印行



全華圖書 版權所有 翻印必究
局版台業字第0223號 法律顧問：陳培豪律師

電子學總整理(下)

陳文山 編著

出版者 全華科技圖書股份有限公司
北市龍江路76巷20-2號
電話：581-1300・554-1819
581-1362・581-1347
郵撥帳號 1 0 0 8 3 6
發行者 蕭 而 蕭
印刷者 欣瑜彩色印刷廠
定價 新臺幣 160 元
再版 中華民國70年12月

序

1. 本書係依據教育部最新修訂之「高級工業職業學校電子設備修護科電子學課程標準」及各大書局印行之教科書，並配合編者多年親自教學之經驗編輯而成。
2. 本書專供高工電子科同學升學就業，及兼顧在校高一、高二同學平日複習與準備考試之用，因此乃按照課程標準之章次依序編寫，並經作多年教學資料收效甚宏。
3. 本書內容之編排與特色：
 - (1) 取材廣泛：本書參照中外各名著，舉凡電子學之重要觀念，均摘要錄於書中而無所遺漏。內容包含電子學與電子設備修護。此為本書特色之一。
 - (2) 重點整理：本書內容擷取各書精華的重點，做最簡明扼要的說明，並作有系統之整理，務期讀者易懂易學易記。
 - (3) 歷屆試題分析：將各章節相關之歷屆試題（自民國59年至69年），依年分有系統地收集在一起，並在每一試題之後即做最詳細

的說明與解答，使讀者明瞭各試題之正確解法與答案，並能瞭解每年命題之性質與趨向。務期讀者能把握正確方向，以獲得最佳學習的效果與各類考試之勝利。此為本書最大之特色。

(4) 例題與精選綜合測驗：本書取材廣，內容充實，例題與測驗最多，每題皆作詳盡之解答及分析，使讀者有充分的演練機會，並能悟出「熟能生巧」的道理。此為本書特色之一。

4. 本書之編成，承蒙本校電子科各同仁之不時鼓勵與指導，及郭清池老師熱心協助校稿，得以順利完成，特此謹申謝意。
5. 本書雖經多次校訂，力求盡善盡美，然疏漏之處恐所難免，尚祈諸位先進不吝指正為禱。

編者 謹識于嘉義
中華民國六十九年九月

謝謝您選購全華圖書！

希望本書能滿足您求知的慾望！

目 錄

第十一章 大訊號放大器

11-1	一般大訊號放大器概說.....	1
11-2	甲(A)類放大器.....	2
11-3	放大器的失真.....	7
11-4	乙(B)類放大器及乙類推挽式放大器.....	10
11-5	甲乙(AB)類放大器.....	16
11-6	換相電路(又稱倒相電路).....	18
11-7	互補對稱電路.....	19
11-8	功率電晶體的溫度特性.....	21

第十二章 回授放大器

12-1	一般回授放大器概說.....	55
12-2	負回授放大器的一般特性及對電路的影響.....	57
12-3	負回授放大器的連接方式.....	60
12-4	負回授放大器的分類及其分析.....	61

第十三章 正弦波振盪器

13-1	振盪器概說.....	97
13-2	低頻振盪電路—RC振盪電路.....	99
13-3	高頻振盪電路—L-C振盪電路.....	107

第十四章 非正弦波電路

14-1 非正弦波電路概說.....	149
14-2 非正弦波振盪器.....	159
本章歷屆試題總集.....	179

第十五章 差動放大器及運算放大器

15-1 基本差動放大器.....	203
15-2 差動放大共模拒斥比 (CMRR)	208
15-3 恆定電流源之差動放大器.....	211
15-4 抵補電壓與抵補電流.....	213
15-5 基本差動放大器的分析.....	213
15-6 運算放大器.....	215
15-7 基本運算放大器的應用電路.....	216

第十六章 無線電學

16-1 發射機概述.....	261
16-2 調幅發射與接收.....	263
16-3 調頻發射與接收.....	276
16-4 調頻立體發射與接收.....	288

第十七章 天線與輸送線

17-1 天 線.....	323
17-2 偶極子天線.....	324
17-3 天線的基本特性.....	325
17-4 基本天線.....	327
17-5 無線電波之傳播.....	331
17-6 輸送線.....	332

17-7	電波在無限導線中之移動	334
17-8	輸送線的反射作用	334
17-9	傳輸導線	335
17-10	諧振線之輸出方式	336
17-11	輸送線的種類	340
17-12	饋電法	341
17-13	諧振輸送線的應用	342

第十八章 特殊半導體及其應用

18-1	單接合電晶體 (UJT)	361
18-2	互補單接合式電晶體	367
18-3	程序單結合電晶體 (PUT)	369
18-4	矽控整流器 (SCR)	373
18-5	雙向激發二極體 (DIAC) 與交流矽控管 (TRIAC)	384
18-6	其他矽控元件	389
18-7	光電轉變元件及其應用	401

第十九章 積體電路

19-1	概 說	457
19-2	積體電路的分類	458
19-3	單石積體電路的製造	459
19-4	單石電晶體	461
19-5	單石二極體	462
19-6	單石場效應電晶體	463
19-7	積體電阻器	463
19-8	積體電容器	465
19-9	積體電感器	467
19-10	薄膜與厚膜積體電路的比較	467

19-11 積體電路元件之特性.....	467
精選綜合測驗.....	471

大訊號放大器

11-1 一般大訊號放大器概說：

1. 完整的放大器通常包含下列四部份：
 - (1) 輸入信號轉換器：將輸入之任何信號改變成電氣信號。
 - (2) 小信號放大器：將輸入電壓作適當的線性放大及提高增益。
 - (3) 大信號放大器：將小信號放大器之輸出信號作功率放大，以便推動輸出裝置。
 - (4) 輸出信號轉換器：將大信號放大之信號，轉換成與輸出裝置阻抗匹配之信號。
2. 大信號是指信號的擺幅（電壓或電流）很大，其動作範圍不完全在相同的線性區域內。
3. 大訊號放大器又稱為功率或電力或電流放大器。一般着重在討論功率的效率，操作之最大功率容量及輸出阻抗的匹配等。
4. 功率放大器的設計須顧慮到散熱、效率及穩定性等。放大電路的分析參數由特性曲線求出較由小信號之 h 參數更為精確實用。

5. 功率電晶體的集極通常與外殼接在一起，以便得到良好的散熱。

11-2 甲(A)類放大器

一、串饋式甲類放大器：能供給功率於純電阻負載上，如圖 11-1 (a)

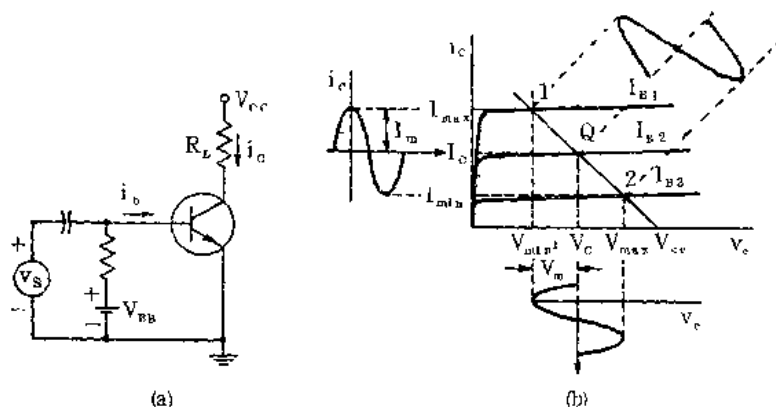


圖 11-1 (a) 電晶體串饋式甲類放大器 (b) 輸出特性曲線

1. 甲類放大器，它的工作點和輸入信號使輸出電路的電流的所有時間內均在流動，故效率低。但有較良好的線性放大（不失真）及增益。
2. 功率放大主要依電流傳輸，要求較高效率，並能在大功率下操作。
3. 輸出功率計算：

(1) 直流電源供給電路的平均功率：

$$P_{I(dc)} = V_{CC} \cdot I_{CQ} = V_{CC} \times \frac{V_{CC}}{2R_L} \approx \frac{V_{CC}^2}{2R_L}$$

(2) 負載上的交流輸出功率：

$$P_{O(ac)} = I_C^2(rms) \times R_L = V_C(rms) \cdot I_C(rms)$$

$$I_C(rms) = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \approx \frac{I_{max} - I_{min}}{2\sqrt{2}} \approx \frac{V_{P-P}}{2\sqrt{2}}$$

$$V_C(rms) = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{V_{max} - V_{min}}{2\sqrt{2}} = \frac{V_{P-P}}{2\sqrt{2}}$$

$$\begin{aligned}
 \therefore P_{O(ac)} &= \frac{I_m}{\sqrt{2}} \times \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{I_m V_m}{2} = \frac{I_m^2 R_L}{2} = \frac{V_m^2}{2 R_L} \\
 &= \frac{(I_{max} - I_{min})}{2\sqrt{2}} \times \frac{(V_{max} - V_{min})}{2\sqrt{2}} \\
 &= \frac{(I_{max} - I_{min})(V_{max} - V_{min})}{8} = \frac{I_{P-P} \times V_{P-P}}{8}
 \end{aligned}$$

(3) 負載電阻所損耗的直流功率 $P_{L(dc)} = I_{CQ}^2 R_L$

(4) 電晶體直流功率損耗 $P_O = P_{L(dc)} - P_{O(ac)} - P_{L(dc)}$

(5) 集極電流 I_C 由零變化到 $\frac{V_{CC}}{R_L}$ ，而對應的 V_{CE} 由 V_{CC} 變化到零，

因此可能輸出的交流功率：

$$P_{L(max)} = \frac{V_{CC}/R_L - 0}{2\sqrt{2}} \times \frac{V_{CC} - 0}{2\sqrt{2}} = \frac{V_{CC}^2}{8R_L}$$

(6) 沒有信號存在時，集極的最大損耗為：

$$P_{L(max)} = I_C^2 R_L = \left(\frac{V_{CC}}{2R_L}\right)^2 \times R_L = \frac{V_{CC}^2}{4R_L}$$

故 $P_{O(max)} = 2P_{L(max)}$

若欲輸出 1 W 的功率，則電源須供給 2 W，電晶體的集極功率損耗須為 2 W。

(7) 放大器的效率：

係指放大器的供應直流功率 $P_{i(ac)}$ 轉換為交流信號功率 $P_{O(ac)}$ 的百分比。

$$\text{即： } \% \eta = \frac{P_{O(ac)}}{P_{i(ac)}} \times 100 \%$$

對甲類放大器而言：（最大理論效率）

$$\begin{aligned}
 \eta(\text{eta}) &= \left[\frac{(I_{max} - I_{min})(V_{max} - V_{min})}{8} \div I_{CQ} \times V_{CC} \right] \times 100 \% \\
 &= \frac{(I_{max} - I_{min})(V_{max} - V_{min})}{8 I_{CQ} V_{CC}} \times 100 \%
 \end{aligned}$$

4 電子學總整理(下)

$$= 25\% \times \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{max}}$$

$$(\therefore I_{CQ} = \frac{I_{max} - I_{min}}{2}, V_{CC} = V_{max})$$

若 $V_{min} = 0$ ，則 $\eta = 25\%$

$$\text{或爲 } \eta = \frac{R_{L(ac)}}{P_{dc}} = \frac{V_{CC}^2 / 8R_L}{V_{CC}^2 / 2R_L} = \frac{1}{4} = 0.25 = 25\%$$

故甲類放大器之效率 η 在 0% 與 25% 之間，若以變壓器作負載，則最高效率可達 50% 。

- (8) 由上述可知甲類放大器效率過低，在輸入訊號一週 (360°) 內集極均有電流流動而消耗電能量，故現已少使用。

二、甲類變壓器耦合聲頻功率放大器：

1. 電感性負載之甲類功率放大器，如圖 11-2 所示。

- (1) 圖 11-2 電路中，電容 C_C ，
 C_E 及電感 L 之值愈大愈好，
 (即 $C_C \rightarrow \infty, C_E \rightarrow \infty, L \rightarrow \infty$)。
 又 $R_E \ll R_L$ ， $I_{CQ} = V_{CC} / R_L$
 $V_{CE} \approx V_{CC}$ ， I_{CQ} 爲靜止之
 工作電流。

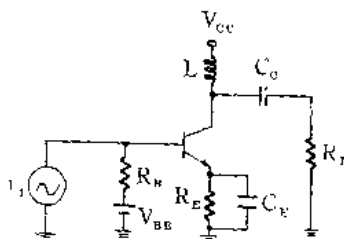


圖 11-2

- (2) 功率及效率之計算：

- ① 負載交流輸出功率：

$$P_{O(ac)} = \frac{I_m^2 R_L}{2}$$

$$\text{若最大 } I_m = I_{CQ} \text{，則最大可能輸出功率 } P_{O(max)} = \frac{I_{CQ}^2 R_L}{2}$$

$$\text{② 直流電源供給之功率 } P_{1(dc)} = V_{CC} \cdot I_{CQ} = V_{CC} \cdot \frac{V_{CC}}{R_L} = \frac{V_{CC}^2}{R_L}$$

$$\text{③ 電晶體消耗功率 } P_{C(min)} = \frac{V_{CC}^2}{2R_L} \text{， } P_{C(max)} = \frac{V_{CC}^2}{R_L}$$

$$(3) \text{ 放大器的效率: } \eta = \frac{P_{o(\max)}}{P_{i(\max)}} = \frac{I_m^2 R_L}{2} \cdot \frac{V_{CC}^2}{R_L} = \frac{1}{2} \left(\frac{I_m}{I_{CQ}} \right)^2$$

若 $I_m = I_{CQ}$ ，則最大可能效率為 $\eta_{(\max)} = \frac{1}{2} = 50\%$

(4) 電晶體承受功率與輸出功率之關係： $P_{C(\max)} = 2 P_{O(\max)}$

(5) 電晶體之崩潰電壓 $\beta V_{CEQ} \geq 2 V_{CEQ}$ 。

(6) 偏壓效率為總效率減去輸出效率。

2. 變壓器為負載之甲類功率放大器：如圖 11-3 所示

$$(1) \text{ 由圖 11-3 (b) 得: } \frac{R_L'}{R_1} = \frac{V_1/I_1}{V_2/I_2} = \frac{V_1}{V_2} \times \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} \times \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2$$

故 $R_L' = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 R_L = \alpha^2 R_L$ ，式中 R_L' 為由變壓器初級圈看進去之實效電阻。 α 為變壓比， $\left(\frac{N_1}{N_2} \right)$

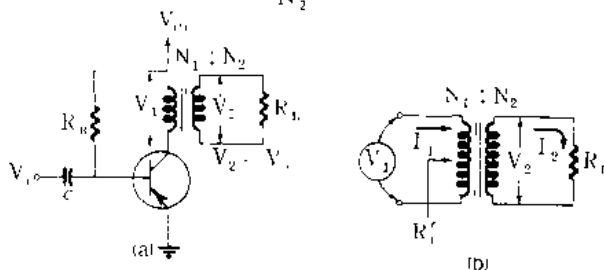


圖 11-3 變壓器耦合甲類功率放大器

(2) 由圖解法求輸出功率，如圖 11-4 所示。

① 直流負載線：由於變壓器內直流電阻甚低， $(R \rightarrow 0)$ ，則 $I \rightarrow \frac{V_{CC}}{R} \rightarrow \infty$ ，可由 V_{CC} 處畫一條與 X 軸垂直之線即為直流負載線。

此時工作點： $V_{CEQ} = V_{CC}$ ， I_{CQ} 可由固定 I_B 值求出，如圖 11-4 所示。

② 交流負載線：交流阻抗 $R_L' = \alpha^2 R_L$ ，與負載有關，可在工作

點畫一直線其斜率為 $-\frac{1}{R_L'}$ 即可。或可求出在垂直軸上一點 I_{CQ}

$= V_{CC}/R_L'$ ，再與工作點相聯接即可。

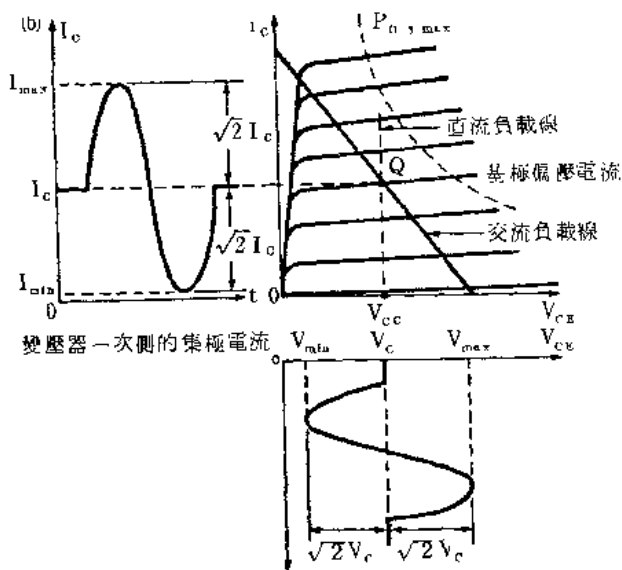


圖 11-4 變壓器耦合放大器之負載線與輸出電流和電壓波形

③最大信號擺幅：由於工作點 $V_{CEQ} = V_{CC}$ ，故集極信號振幅最大（理想）時，可能為 $2V_{CC}$ ，而電流為 $2I_{CQ}$ 。此由於變壓器在信號突變時，產生反向電壓之故。

④輸出交流功率與效率：

最大可能輸出的交流功率：

$$P_{D(max)} = I_{C(rms)} \times V_{C(rms)} = \left(\frac{2V_{CC}/R'_L}{2\sqrt{2}} \right) \times \left(\frac{2V_{CC}}{2\sqrt{2}} \right) \\ \approx \frac{V_{CC}^2}{2R'_L}$$

直流電源供給之功率：

$$P_{I(dc)} = I_{CQ} \times V_{CC} = \frac{I_{CQ(max)}}{2} \times V_{CC} = V_{CC} \times \frac{V_{CC}}{R'_L} = \frac{V_{CC}^2}{R'_L}$$

放大器的效率：

$$\eta = \frac{P_{O(max)}}{P_{I(dc)}} = \frac{V_{CC}^2/2R'_L}{V_{CC}^2/R'_L} = \frac{1}{2} = 50\%$$

另解：

$$\begin{aligned} P_{O(ac)} &= V_{O(rms)} \times I_{C(rms)} = \frac{V_{CE(P-P)}}{2\sqrt{2}} \times \frac{I_{C(P-P)}}{2\sqrt{2}} \\ &= \frac{[V_{CE(max)} - V_{CE(min)}] \times [I_{C(max)} - I_{C(min)}]}{8} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{I(dc)} &= V_{CC} \times I_{CQ} \\ &= \left[\frac{V_{CE(max)} - V_{CE(min)}}{2} + V_{CE(Q)} \right] \times \left[\frac{I_{C(max)} - I_{C(min)}}{2} \right] \\ &= \frac{[V_{CE(max)} + V_{CE(min)}] \times [I_{C(max)} - I_{C(min)}]^2}{4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{故 } \eta &= \frac{P_{O(ac)}}{P_{I(dc)}} = \frac{1}{2} \times \frac{V_{CE(max)} - V_{CE(min)}}{V_{CE(max)} + V_{CE(min)}} \\ &= 50\% \times \frac{V_{CE(max)} - V_{CE(min)}}{V_{CE(max)} + V_{CE(min)}} \end{aligned}$$

若 $V_{CE(min)} = 0$ 時，最大效率 $\eta = 50\%$

故變壓器耦合甲類放大器之最大效率為 50% 。

⑤ $P_{C(max)}/P_{O(max)} = 2$ ， $\beta V_{CEQ} \geq 2V_{CC}$

即欲輸出 1 W ，電源消耗 2 W ，電晶體須承受 2 W 以上的功率消耗。

11-3 放大器的失真 (Distortion)

失真係指輸出信號變化小於信號週期的 360° ，即輸出信號雖被放大，但不完全與輸入信號相同。

失真可分為下列幾種：

1. 波幅失真：又稱為非線性失真或諧波失真。

由於元件工作於特性曲線的非線性區，以致在輸出信號中引入輸入信