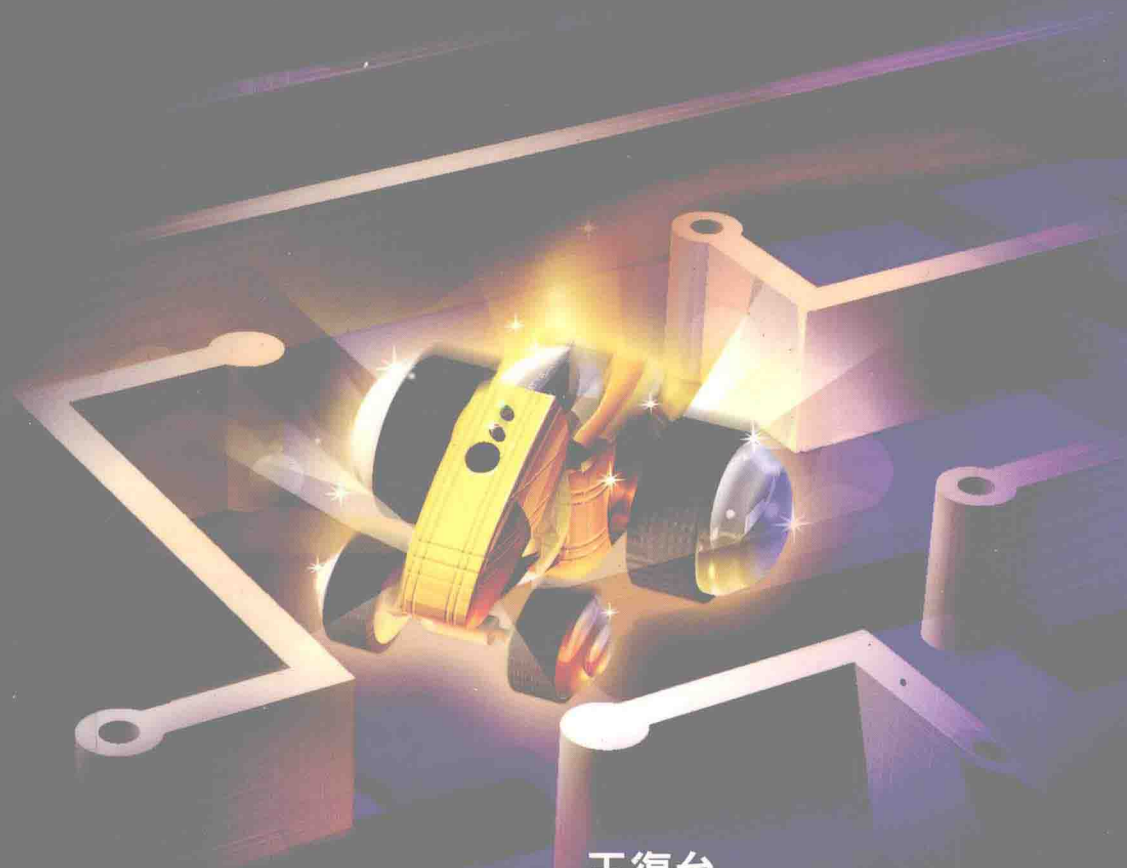


投考各大學電子・電機所入學考試權威用書

電子學 下

MICROELECTRONIC CIRCUITS



王復台
胡建全

張鼎 編著

投考各大學電子・電機所入學考試權威用書

電子學 下

MICROELECTRONIC CIRCUITS



王復台
胡建全

張鼎 編著

電子學(下)

編著者：王復台・胡建全・張鼎
發行人：王復台・胡建全・張鼎

2006 年 8 月初版
建議售價：450 元
訂購專線：(02) 23756735

67MM002101 ISBN 957-41-3667-1

版權所有・翻印必究

自序

初投入電子學之莘莘學子，常因其內容之龐大且複雜深感困惑而多所挫折，以致裹足不前，甚至放棄，令人可惜及心疼。有鑑於此，筆者特別花了許多心力及時間，以例題及詳解方式整編本書，盼能輔助同學學習，在考場上獲得佳績。

本書主要特色彙整如下：

- (一)以淺顯易懂方式整理重要觀念，漸次強化、紮實觀念：作者依多年教學經驗，將電子學重要觀念逐一探討，可達最佳學習效果。
- (二)觀念思考深入探討、輔助學習：重點概念之後，輔以觀念思考深入探討、進階學習。
- (三)精選重要試題，即時印證理論：重要理論之後，筆者精心挑選經典試題，以實例即時印證，可充分掌握命題趨勢。

另憑藉筆者多年的教學及輔考經驗，針對同學可能出現的學習問題，提供下述研讀電子學的方法，期使同學可以輕鬆學好電子學：

- (一)基礎電路學，如戴維寧定理、驅動點阻抗法、拉普拉氏轉換及 Fourier Series 之應用，頻域之計算等等，須熟練且靈活應用。
- (二)尋找一本較適合自己學習之教科書及參考書，多加演練，可從多作題目的過程中破解自己之盲點。
- (三)千萬不可死背，務必求了解。則電子學之內容將不致於感覺龐大及複雜。若能對其產生興趣，進而將之活用，則不致辜負自己投入之心血。

本書之製作力求嚴謹，雖經多次校訂，但疏漏難免，尚祈各位先進與學者，不吝指教，在此筆者深表感謝。本書之完成，特感謝父母親培育之恩，及高點出版社各位伙伴之全力配合，方得以順利出版，在此一併致最深忱之謝意。

王復台、胡健全、張鼎

2006.06 謹識

著作權聲明

依著作權法第八十七條規定，有下列情形者，視為侵害著作權，敬請各仁人君子自重，若有侵害本著作之著作權者，必當依法追究行為人之民、刑事法律責任，絕不寬貸。

第八十七條

有下列情形之一者，除本法另有規定外，視為侵害著作權或製版權：

- 一 以侵害著作人名譽之方法利用其著作。
- 二 明知為侵害製版權之物而散布或意圖散布而公開陳列或持有者。
- 三 輸入未經著作財產權人或製版權人授權重製之重製物或製版物者。
- 四 未經著作財產權人同意而輸入著作原件或其重製物者。
- 五 以侵害電腦程式著作財產權之重製物作為營業之使用者。
- 六 明知為侵害著作財產權之物而以移轉所有權或出租以外之方式散布者，或明知為侵害著作財產權之物意圖散布而公開陳列或持有者。

侵害著作權者，除須負擔民事損害賠償外，行為人並須依著作權法規定負有期徒刑與罰金等刑事之責。

第九十一條

擅自以重製之方法侵害他人之著作財產權者，處三年以下有期徒刑、拘役，或科或併科新臺幣七十五萬元以下罰金。

意圖銷售或出租而擅自以重製之方法侵害他人之著作財產權者，處六月以上五年以下有期徒刑，得併科新臺幣二十萬元以上二百萬元以下罰金。

以重製於光碟之方法犯前項之罪者，處六月以上五年以下有期徒刑，得併科新臺幣五十萬元以上五百萬元以下罰金。

著作僅供個人參考或合理使用者，不構成著作權侵害。

第九十二條

擅自以公開口述、公開播送、公開上映、公開演出、公開傳輸、公開展示、改作、編輯、出租之方法侵害他人之著作財產權者，處三年以下有期徒刑、拘役，或科或併科新臺幣七十五萬元以下罰金。

目 錄

自序

《下冊》

第九章 功率放大器

9-1	功率放大器特性與基本觀念	9- 3
9-2	A 類放大器	9- 11
9-3	B 類放大器	9- 23
9-4	AB 類放大器	9- 38
9-5	C 類放大器	9- 57
9-6	BJT 功率電晶體	9- 59
9-7	MOS 功率電晶體	9- 67
9-8	線性電壓調節器	9- 68
9-9	切換式電壓調節器	9- 74

第十章 頻率響應

10-1	頻率響應的基本概論	10- 3
10-2	低通網路與高通網路的時間響應	10- 3
10-3	網路的頻率響應	10- 12
10-4	放大器的轉移函數	10- 19
10-5	密勒定理	10- 32
10-6	共源極放大器的頻率響應	10- 44
10-7	BJT 高頻內部元件分析	10- 64
10-8	共射極放大器的頻率響應	10- 72
10-9	共基極與串疊組態	10- 98
10-10	射極隨耦器的頻率響應	10-116

10-11	共集極與共射極串接 (cascade) 的放大器	10-125
10-12	差動放大器的頻率響應	10-129
10-13	寬頻差動放大器與多級放大器的頻率響應	10-138

第十一章 迴授放大器

11-1	迴授結構與負迴授特性	11- 3
11-2	四種基本迴授組態	11- 9
11-3	串並迴授放大器的分析	11- 19
11-4	串串迴授放大器的分析	11- 40
11-5	並並迴授放大器的分析	11- 53
11-6	並串迴授放大器的分析	11- 69
11-7	迴路增益的決定	11- 78
11-8	穩定度分析	11- 80
11-9	迴授對放大器極點的影響	11- 81
11-10	以波德圖來作穩定度分析利用	11- 90
11-11	頻率補償	11-104

第十二章 運算放大器

12-1	理想 OPA 的特性	12- 6
12-2	OP Amp-的迴授特性	12- 8
12-3	反相與非反相組態	12- 13
12-4	運算放大器的應用	12- 25
12-5	通用阻抗轉換器 (General Impedance Converters ; GIC)	12- 56
12-6	OPA 頻率響應特性	12- 64
12-7	IC 運算放大器的結構	12- 70
12-8	OPA 大訊號操作的限制	12- 71
12-9	共模排斥	12- 76

12-10	非理想輸入、輸出電阻及直流問題	12- 79
12-11	OPA 741 電路簡介	12- 98
12-12	741 OPA 的直流分析	12-101
12-13	741 OPA 的小信號分析	12-109
12-14	CMOS OPA 電路分析	12-122
12-15	Cascode 式 CMOS OPA	12-130
12-16	Folded Cascode 式 CMOS OPA	12-131
12-17	Folded Cascode 式 BiCMOS OPA	12-132

第十三章 濾波器

13-1	濾波器基本原理	13- 3
13-2	二階濾波器的轉移函數	13- 15
13-3	單一放大器二階濾波器 (Single-Amplifier Biquadratic Filter)	13- 24
13-4	二階 RLC 共振	13- 45
13-5	多級放大器的二階濾波器	13- 48
13-6	切換電容濾波器	13- 69
13-7	調諧放大器	13- 77
13-8	濾波器型式及規格	13- 79

第十四章 訊號產生電路

14-1	弦式振盪電路的基本原理	14- 3
14-2	OPA 放大 RC 迴授的振盪器	14- 8
14-3	LC 型振盪器	14- 30
14-4	晶體振盪器與正交振盪器	14- 43
14-5	無感式調諧振盪器	14- 49
14-6	環形複振器	14- 51
14-7	多諧振盪器	14- 53

14-8	三角波產生器	14- 83
14-9	可重覆再觸發的單穩電路	14- 96
14-10	555 計時器	14- 97
14-11	CMOS 複振器	14-104

第十五章 信號處理電路

15-1	精密整流電路	15- 3
15-2	峰值檢測電路	15- 16
15-3	取樣保持電路 (Sample and Hold Circuit)	15- 18
15-4	指數及對數放大器	15- 20
15-5	類比乘法器	15- 25
15-6	數位到類比轉換電路 (DAC)	15- 30
15-7	類比到數位轉換電路 (ADC)	15- 33

第十六章 金氧數位電路

16-1	基本概念	16- 3
16-2	具有增強型負載的 NMOS 反相器	16- 12
16-3	具有空乏型負載的 NMOS 反相器	16- 21
16-4	NMOS 邏輯電路	16- 29
16-5	CMOS 反相器	16- 35
16-6	CMOS 邏輯電路	16- 46
16-7	記憶體種類	16- 69
16-8	Pseude NMOS 反相器	16- 75
16-9	Pass Transistor Logic	16- 77
16-10	Dynamic Logic Gate	16- 82

第十七章 雙極性數位電路

17-1	BJT 數位電路早期架構	17- 3
------	--------------------	-------

17-2	TTL 的基本架構.....	17- 17
17-3	TTL 特性曲線分析	17- 21
17-4	改良型 TTL.....	17- 41
17-5	低功率蕭基 TTL.....	17- 51
17-6	ECL (Emitter Coupled Logic)	17- 57
17-7	BiCMOS 數位電位	17- 73

《上冊》

第一章 電子學分析之基本電路理論

第二章 半導體物理

第三章 二極體

第四章 雙極性接面電晶體

第五章 雙極性接面電晶體放大器

第六章 場效電晶體

第七章 場效電晶體放大器

第八章 差動與多級放大器

CHAPTER 9

功率放大器

9-1 功率放大器特性與基本觀念

9-2 A 類放大器

9-3 B 類放大器

9-4 AB 類放大器

9-5 C 類放大器

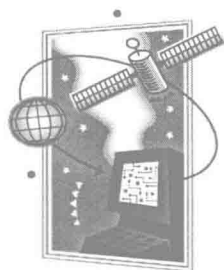
9-6 BJT 功率電晶體

9-7 MOS 功率電晶體

9-8 線性電壓調節器

9-9 切換式電壓調節器

(switching regulator)



9-1 功率放大器特性與基本觀念

功率放大器之目的在提供足夠之輸出電壓與電流，以驅動負載，必須具有下列特性：

- (一) 低輸出阻抗。
- (二) 在大訊號操作時，必需仍維持在線性區內。
- (三) 總諧波失真 (THD) 要小。
- (四) 效率要高。

簡單的功率放大器方塊如下：

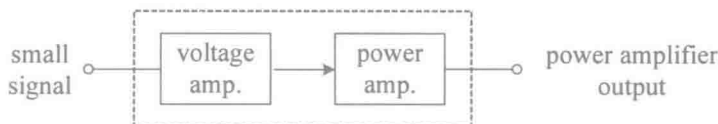


圖9.1 放大器系統方塊圖

一、放大器依工作點之分類

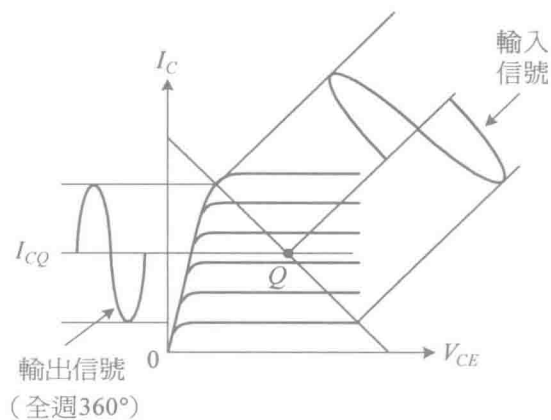
如圖9.2所示，放大器依其工作點之不同，可分為下列四類：

(一) A類（或甲類）放大器：

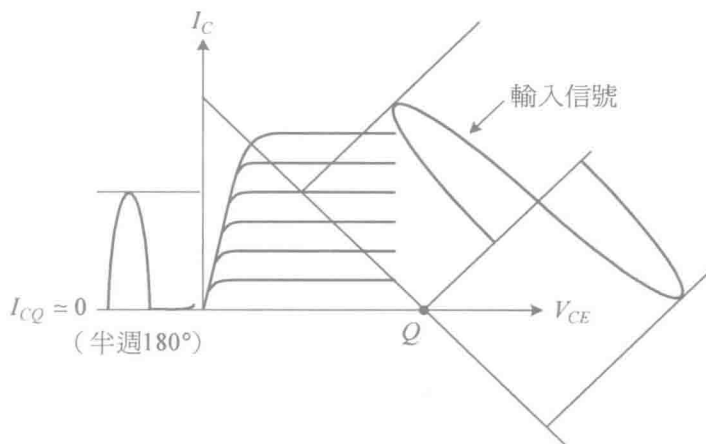
如圖9.2(a)所示。

1. Q 點位於特性曲線的中點，導通角度為 360° 。可同時兼顧正、負半週之最大不失真，且一個電晶體即可完成放大。但是因 $V_{CEQ} = \frac{1}{2}V_{CC}$ ， $I_{CQ} = \frac{1}{2}I_{C(sat)}$ ，得 $P_C = V_{CEQ} \times I_{CQ}$ ，表示靜態時也在浪費 50% 功率，以致效率 $\eta = 25\% \sim 50\%$ ，最差的效率。
2. 此放大器之失真最小，但效率最低。若負載為電阻，則最高效率為 25%；若以變壓器作負載或採用 A 類推挽放大，則最高效率可達 50%。
3. 一般放大器正常工作時，具有線性放大之功能，為避免失真，其偏壓必須採用 A 類放大器。

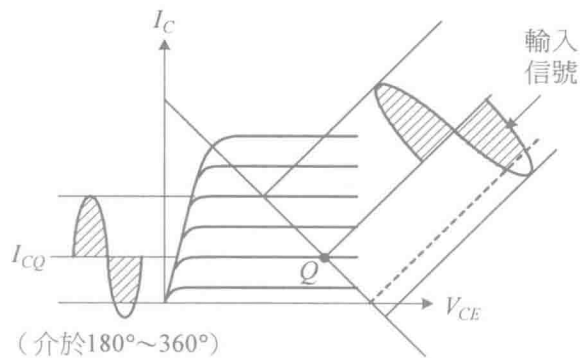
9-4 電子學 (下)



(a)A類



(b)B類



(c)AB類

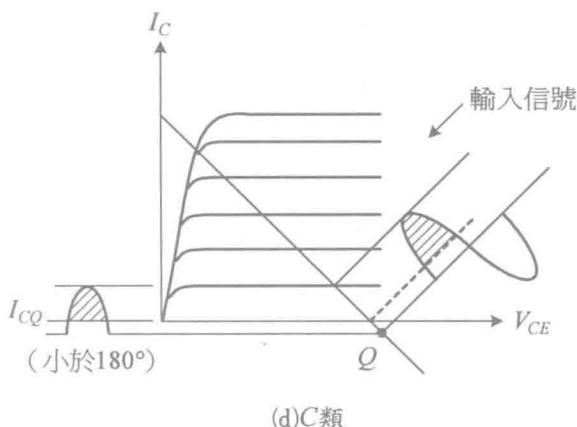


圖9.2 各種放大器依工作點之分類

(二) B類（或乙類）放大器：

如圖9.2(b)所示。

1. Q 點位於特性曲線的截止點，導通角度為 180° ，只放大正半週或負半週。
2. 由於工作點設計在截止點上， $I_{CQ} = 0$ ， $P_C = V_{CC} \times I_{CQ} = 0$ ，靜態時 $P_C = 0\text{W}$ ，因此放大器在無訊號輸入時，便無功率損耗（因 Q 點位於截止點），故其效率較 A 類放大器高。若為推挽式放大時，最高效率可達 78.5%。
3. 推挽放大：可以消除所有偶次諧波失真，當然也消除了最嚴重的二次諧波。
4. 但是有兩個缺點：

- (1) 每個電晶體只能放大正半週或負半週，所以必須用兩個電晶體組成推挽放大（通常 npn 放大正半週，pnp 放大負半週），增加零件成本。
- (2) 工作點在截止點，所以有交叉失真（cross-over distortion）產生。

(三) AB類（或甲乙類）放大器：

如圖9.2(c)所示。

1. Q 點位於 A 類與 B 類之間，給 BJT 輸入端有順向電壓，以克服切入電壓所造成之交叉失真。

9-6 電子學（下）

2. 此類放大器亦採用推挽放大形式，可消除B類推挽放大器中所存在的交叉失真，可同時兼具甲類的不失真及乙類的高效率，稱為AB類放大器（時下音響所採用者，所謂中庸之道）。

3. AB類放大器係綜合A類放大器的低失真及B類放大器高效率的優點而成；其失真較B類放大器低，而效率較A類放大器高。AB類推挽放大器之最高效率也可達78.5%。

（四）C類（或丙類）放大器：

如圖9.2(d)所示。

1. Q點位於截止點之下。

2. 此放大器之失真最大，但效率最高；可用於調諧射頻發射機及諧波產生器。

表9.1

放大器種類	靜止工作點位置	優點	缺點	功用
甲類放大 (Class A Amp)	1. 在負載線之中點，整個輸入信號週期（360°）均有輸出集極電流。 2. 偏壓在線性區，且輸入信號擺幅亦在線性區內。	1. 可用一個晶體完成放大作用。 2. 失真最小。	1. 效率最低。 2. 不能消除諧波失真。 3. 靜止時，消耗功率大。 4. 不能作大功率放大。	小功率放大 線性電壓放大
乙類放大 (Class B Amp)	1. 在截止點，輸入 V_i 的半週期（180°）期間有輸出電流。 2. 偏壓於線性區與截止區的交界，信號擺動一半在線性區，一半在截止區。	1. 消除偶次諧波失真。（推挽） 2. 可完成大功率放大。 3. 功率較高。 4. 靜止時，沒有功率消耗。	1. 必須以推挽或互補型態，才能完成放大。 2. 乙類推挽放大電路有交叉失真。	大功率放大
甲乙類放大 (Class AB Amp)	在截止點與負載線中點之間， V_i 在180°~360°期間內有輸出電流。	代替B類作推挽放大，可消除交叉失真的缺點。	1. 效率略低於B類。 2. 靜止時，有少量電流流動。	大功率放大
丙類放大 (Class C Amp)	在截止點以下，輸出電流存在期間<180°。	效率最高。	失真最大。	LC振盪發射機 諧波產生器

表9.2

類別 特性	A		B	AB	C
Q點	在AC負載線的中心點		在AC負載線的截止點	在AC負載線截止點的上方	在AC負載線截止點的下方
導電角度 θ	360°		180°	180° ~ 360°	0° ~ 180°
失真率	最小		比C類小 比A、AB類大	比B、C類小 比A類大	最大
$\eta_{(\max)}$	25%	50%	78.5%	50% ~ 78.5%	100%
特點及應用	中功率放大器		有交叉失真	可消除交叉失真	適用於射頻窄頻帶調諧放大器

二、失真

(一)非線性失真：

在電子電路裡，所用元件裝置如二極體，BJT、FET等皆是非線性元件，故在大訊號之AC輸入之後級電路，其輸出將會含有失真，此種失真稱非線性失真（nonlinear distortion）或幅度失真（amplitude distortion）。

(二)失真種類：

1. 諧波失真：

輸出產生輸入所沒有的頻率（大多為諧波），又稱振幅失真或非線性失真。

2. 頻率失真：

對不同的頻率有不同之增益。

3. 相位失真：

對不同的頻率有不同之相位移。

4. 互調失真：

輸出端具有輸入端「和頻」或「差頻」的成分。

(三)諧波失真：

1. n 次諧波失真：