

投考各大學電子・電機所入學考試權威用書

電子學 上

MICROELECTRONIC CIRCUITS

An abstract, stylized illustration of electronic components. It features a central yellow integrated circuit (IC) with two black circular pads, surrounded by various other components like capacitors and resistors, all rendered in a glowing, metallic style. The background is a dark blue/purple gradient with geometric shapes and light rays emanating from the components.

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 上

MICROELECTRONIC CIRCUITS



王復台
胡建全

張鼎 編著

電子學(上)

編著者：王復台・胡建全・張鼎

發行人：王復台・胡建全・張鼎

2006 年 6 月初版

建議售價：450 元

67MM002001 ISBN 957-41-3666-3

著作權所有・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

《上冊》

第一章 電子學分析之基本電路理論

1.1	電源	1- 3
1.2	重疊原理	1- 7
1.3	戴維寧及諾頓定理	1- 9
1.4	Y- Δ 變換	1- 18
1.5	節點法	1- 19
1.6	迴路法	1- 22
1.7	密勒定理	1- 25
1.8	驅動點阻抗法	1- 27
1.9	交流波形基本觀念	1- 37

第二章 半導體物理

2.1	半導體之能帶結構	2- 3
2.2	導體的遷移率及導電率	2- 6
2.3	本質半導體 (intrinsic semiconductor)	2- 10
2.4	外質半導體 (extrinsic semiconductor)	2- 14
2.5	半導體中的電流—漂移電流、擴散電流與總電流	2- 28
2.6	接面半導體的電位變化	2- 25

第三章 二極體

3.1	開路下的 pn 接面	3- 3
3.2	偏壓下的 pn 接面	3- 11
3.3	pn 接面的電容效應	3- 15

3.4	二極體特性曲線與溫度效應	3- 28
3.5	二極體直流偏壓分析	3- 35
3.6	二極體的切換暫態特性	3- 41
3.7	二極體小信號近似模型	3- 46
3.8	二極體大信號近似模型	3- 53
3.9	特殊二極體	3- 74
3.10	二極體電路分析 (I) — 整流器與濾波線路	3- 94
3.11	二極體電路分析 (II) — 截波、定位、倍壓與 穩壓線路	3-114

第四章 雙極性接面電晶體

4.1	電晶體物理結構與工作原理	4- 3
4.2	電晶體在作用區之電流情形	4- 4
4.3	Ebers.Moll 模型	4- 16
4.4	電晶體的靜態特性	4- 27
4.5	增益 α_F 、 α_R 、 β_F 、 β_R 、 γ 及漏電流 I_{CBO} 、 I_{CEO} 、 I_{EBO} 、 I_{CES}	4- 52
4.6	電晶體的直流分析	4- 53
4.7	蕭基電晶體	4- 77

第五章 雙極性接面電晶體放大器

5.1	放大器的電路模型	5- 3
5.2	負載線及工作點 Q	5- 11
5.3	電晶體放大器與小訊號模型	5- 17
5.4	共射極放大器	5- 40
5.5	共基極放大器	5- 50
5.6	射極隨耦器 (emitter follower: common collector)	5- 54

5.7	電晶體偏壓設計與穩定度設計	5- 60
5.8	電晶體開關	5- 70

第六章 場效電晶體

6.1	增強型 MOSFET 的結構及物理現象	6- 3
6.2	增強型 MOSFET 的特性	6- 11
6.3	空乏型 MOSFET	6- 26
6.4	接面場效電晶體 (JFET)	6- 32
6.5	FET 的直流分析	6- 41

第七章 場效電晶體放大器

7.1	分離式 FET 放大器偏壓設計	7- 3
7.2	FET 小訊號模型分析	7- 31
7.3	共源極放大器	7- 44
7.4	共閘極放大器	7- 56
7.5	共汲極放大器 (源極隨耦器)	7- 63
7.6	考慮輸出電阻 r_o 之小訊號分析	7- 72

第八章 差動與多級放大器

8.1	BJT 的差動對	8- 3
8.2	BJT 差動放大器的小訊號分析	8- 10
8.3	差動放大器的非理想特性	8- 30
8.4	BJT 積體電路的偏壓	8- 35
8.5	主動負載的 BJT 差動放大器	8- 65
8.6	BJT 多級放大器	8- 70
8.7	JFET 的差動對	8- 91
8.8	JFET 多級放大器	8-100
8.9	NMOS 負載元件	8-108

8.10	增強式負載的 NMOS 放大器	8-110
8.11	空乏式負載的 NMOS 放大器	8-123
8.12	MOS 差動放大器	8-131
8.13	MOS 電流鏡	8-141
8.14	CMOS 放大器	8-157
8.15	MOS 類比開關	8-171
8.16	主動元件之電阻值	8-178
8.17	主動負載之放大器電路 (設參數均相同)	8-184

《下冊》

第九章 功率放大器

第十章 頻率響應

第十一章 迴授放大器

第十二章 運算放大器

第十三章 濾波器

第十四章 訊號產生電路

第十五章 信號處理電路

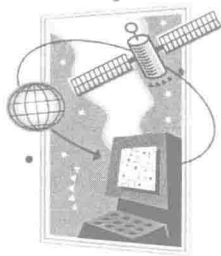
第十六章 金氧數位電路

第十七章 雙極性數位電路

CHAPTER 1

電子學分析之 基本電路理論

- 1.1 電源
- 1.2 重疊原理
- 1.3 戴維寧及諾頓定理
- 1.4 Y- Δ 變換
- 1.5 節點法
- 1.6 迴路法
- 1.7 密勒定理
- 1.8 驅動點阻抗法
- 1.9 交流波形基本觀念



本章的目的是介紹一些在電子學分析時所需具備的電路理論與解析技巧。這些基本電路技巧在往後各章的研習中將會不斷的使用到，是學好電子學所需要的重要基礎。

1.1 電 源

電源可分為兩大類：獨立電源與相依電源。依其特性區分，可分類如下：



◎獨立電源

(一)理想電壓源：(內阻 $R_S = 0\Omega$)

理想電壓源的兩端電壓不受其他外界電路的影響，故任何元件與理想電壓源並聯時，可視為僅該理想電壓源。



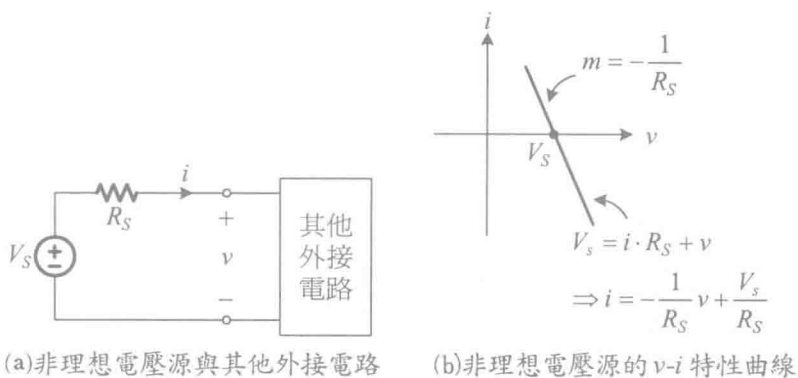
(a)理想電壓源與其他外接電路 (b)理想電壓源的 v - i 特性曲線

圖 1.1

(二)非理想電壓源：

在實際狀況中，電壓源的兩端電壓多少會受到外接電路的影響，而改變其電壓值，可表示如圖 1.2， R_S 稱為電壓源的內阻。

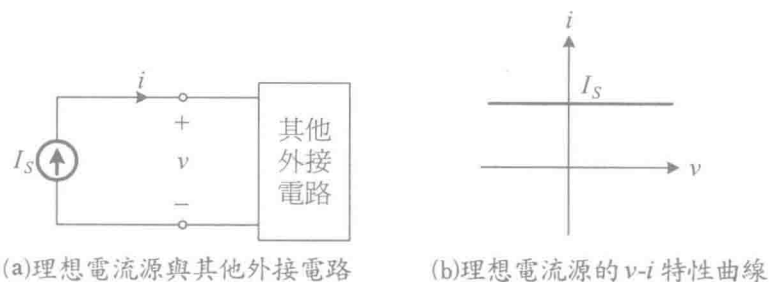
1-4 電子學（上）



由圖 1.2 可以看出，當非理想電壓源的輸出電流變大時，端電壓將會下降。

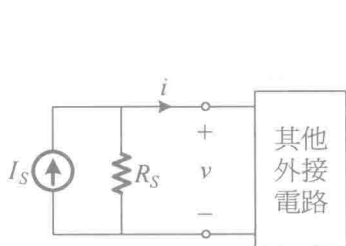
(三) 理想電流源：（內阻 $R_S = \infty \Omega$ ）

理想電流源的輸出電流不受其他外接電路的影響。故任何元件與理想電流源串聯時，可視為僅該理想電流源。



(四) 非理想電流源：

在實際狀況下，電流源的輸出電流會受到外接電路的影響，而改變供應電流的大小，可表示如圖 1.4，其中 R_S 稱為電流源的內阻。



(a) 非理想電流源與其他外接電路

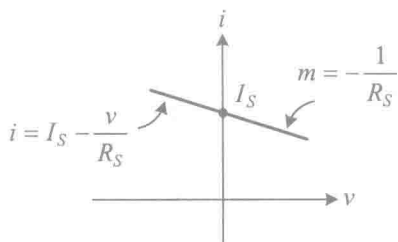
(b) 非理想電流源的 v - i 特性曲線

圖1.4

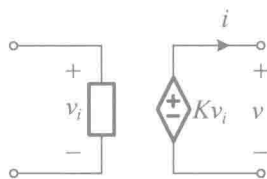
由圖1.4可以看出，當非理想電流源的輸出電壓變大時，其供應電流 i 將會下降。

二、相依電源

相依電壓源或電流源會被電路中的某一分支電流或節點間之電壓所控制，所以又稱為受控電源。

(一) 電壓控制電壓源：

如圖1.5所示，為一電壓控制電壓源，電壓源 v 的端電壓與控制端的電壓 v_i 呈比例關係。



(a) 電壓控制電壓源

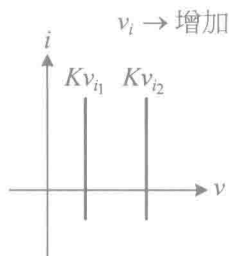
(b) 電壓控制電壓源的 v - i 特性曲線

圖1.5

(二) 電壓控制電流源：

電流源的供應電流 i 受到控制端電壓 v_i 的控制，有 $i = K v_i$ 的比例關係，如圖1.6所示。

1-6 電子學（上）

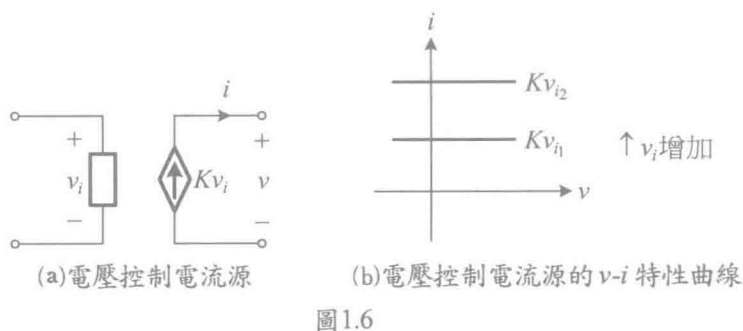


圖1.6

(三) 電流控制電壓源：

電壓源的端電壓 v 與控制側的電流 i_i 呈比例。

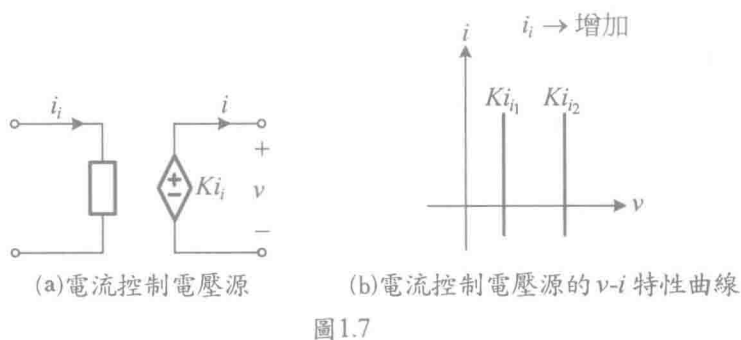


圖1.7

(四) 電流控制電流源：

電流源的供應電流 i 與控制側電流 i_i 呈 $i = Ki_i$ 的比例關係。

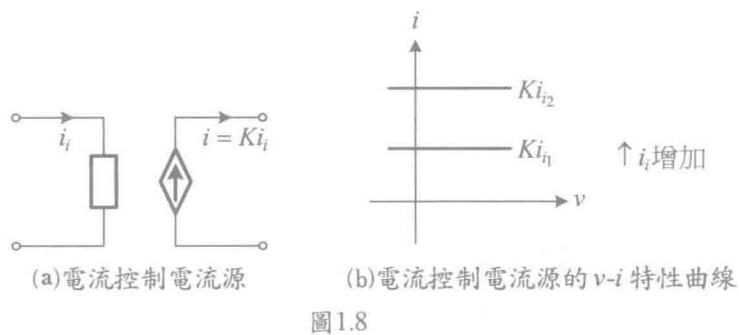


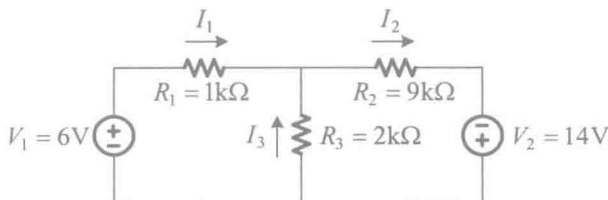
圖1.8

1.2 重疊原理

對於含有多個獨立電源的線性網路，可先分別求出每個獨立電源的響應。再將其線性相加，下例可用來說明重疊原理的用法。

範例 1

求出下圖之 I_1 、 I_2 、 I_3 。



【解析】

(1) 先令 $V_2 = 0$ ，求出 V_1 在 R_1 、 R_2 、 R_3 上產生的電流 I'_1 、 I'_2 、 I'_3

$$I'_1 = \frac{V_1}{R_1 + (R_2 // R_3)} = \frac{6}{1 + 1.636} = 2.276 \text{ (mA)}$$

$$I'_2 = \frac{R_3}{R_2 + R_3} (I'_1) = \frac{2}{9 + 2} (2.276) = 0.414 \text{ (mA)}$$

$$I'_3 = \frac{R_3}{R_1 + R_3} (-I'_1) = \frac{9}{9 + 2} (-2.276) = -1.862 \text{ (mA)}$$

(2) 再令 $V_1 = 0$ ，求出 V_2 在 R_1 、 R_2 、 R_3 上產生的電流 I''_1 、 I''_2 、 I''_3

$$I''_2 = \frac{V_2}{R_2 + (R_1 // R_3)} = \frac{14}{9 + \frac{2}{3}} = 1.448 \text{ (mA)}$$

$$I''_1 = \frac{R_3}{R_1 + R_3} (I''_2) = \frac{2}{3} (1.448) = 0.965 \text{ (mA)}$$

$$I''_3 = \frac{R_1}{R_1 + R_3} (I''_2) = \frac{1}{3} (1.448) = 0.483 \text{ (mA)}$$

(3) 線性相加

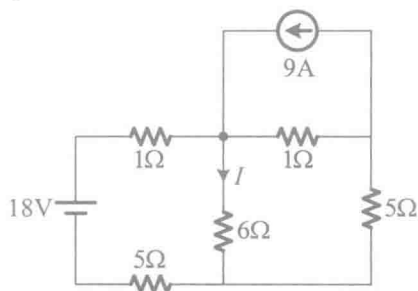
$$I_1 = I'_1 + I''_1 \Rightarrow I_1 = 3.241 \text{ mA}$$

$$I_2 = I'_2 + I''_2 \Rightarrow I_2 = 1.862 \text{ mA}$$

$$I_3 = I'_3 + I''_3 \Rightarrow I_3 = -1.379 \text{ mA}$$

範題 2

試求電路圖中之 $I = ?$

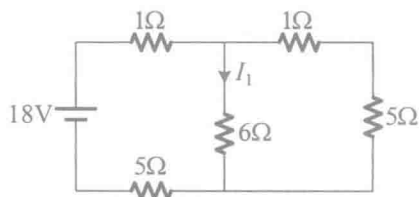


【解析】

利用重疊原理：

(1) 先令 9A 電流為零，

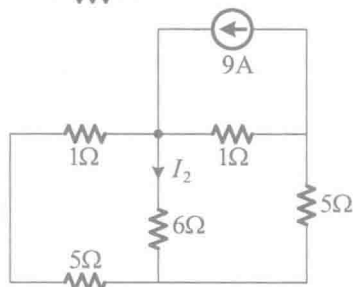
$$\text{得：} I_1 = \frac{18}{1 + (6 // 6) + 5} \times \frac{6}{6 + 6} = 1 \text{ (A)}$$



(2) 再令 18V 電壓為零，

$$\text{得：} I_2 = \left\{ \frac{1}{1 + [5 + (6 // 6)]} \times 9 \right\} \times \frac{6}{6 + 6} = \frac{1}{2} \text{ (A)}$$

$$\text{得：} I = I_1 + I_2 = 1 + \frac{1}{2} = \frac{3}{2} \text{ (A)}$$



範題 3

試求 V_x 值 = ?

