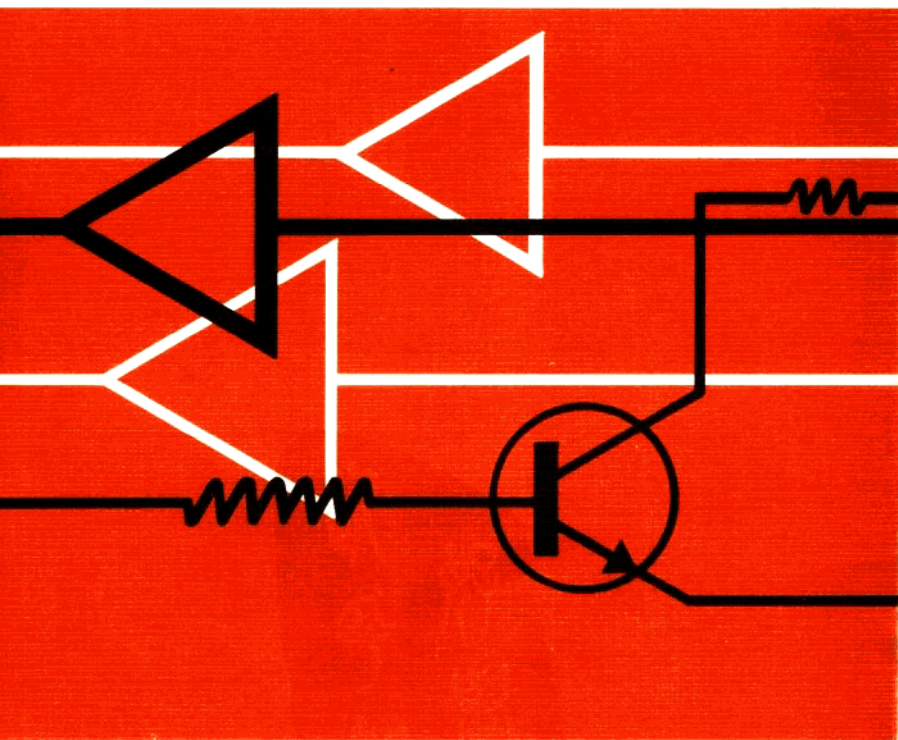


教育部審訂 高工適用

電子電路(上)

陳家源編著



全華科技圖書公司 印行

我們的宗旨：

**推展科技新知
帶動工業升級**

**為學校教科書
推陳出新**

感謝您選購全華圖書
希望本書能滿足您求知的慾望

「圖書之可貴，在其量也在其質」，量指圖書內容充實，質指資料新穎夠水準，我們本著這個原則，竭心盡力地為國家科學中文化努力，貢獻給您這一本全是精華的“全華圖書”

為保護您的眼睛，本公司特別
採用不反光的米色印書紙！！

編輯大意

1. 本書係遵照教育部民國六十三年二月教育部修訂公佈的高級工業職業學校電子設備修護科電子電路課程標準編輯而成。
2. 本書計分上下兩冊，上册供電子設備修護科第三學年上學期，下冊供第三學年下學期，每週三小時授課之用。
3. 本書所用名詞，悉依照教育部公佈之電機工程名詞為準，並附英文原名，以資對照。
4. 本書敘述係以電晶體電路為主，尚於相關地方儘量插入使用已很廣泛的場效電晶體及積體電路，使學者能於極短期間吸收到最新科技知識。
5. 本書對各重要公式之應用，皆附例題。各章之後，另附習題，以供學者練習。
6. 本書雖經悉心校訂，仍難免有瑕疵之處，敬祈諸先進不吝指正，是幸！

編者謹識

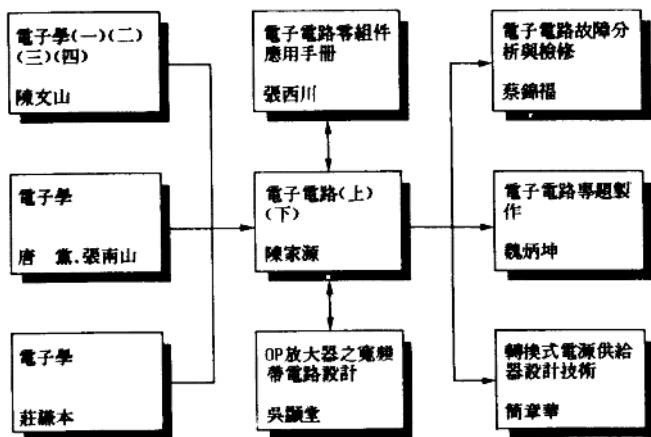
編輯部序

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所將提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這方面的所有知識，它們由淺入深，且循序漸進。

現在，我們將這本「電子電路」呈獻給您。本書以流暢筆法，詳細介紹電子電路的應用與原理，其範圍自一般被動元件的電子電路，至運算放大器，與數位系統中的基本邏輯閘。故本書將提供您電子學中極其廣泛的知識，以了解各種基本電子電路之原理。故極適合高工學生作為教科書。

本書的特色是各種基本電路均做一般性介紹，故涵蓋範圍較廣，能指引初學者研究電子電路之方向。為方便您作有系統的研究此門學問，我們特地以流程圖方式列出相關圖書之閱讀次序，這將不但減少您研習此門學問時之摸索時間，同時可得到完整的知識。相信這對您將有很大幫助。若您有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。

流 程 圖



目 錄

第一章 電子電路

1-1 克希荷夫定律.....	1
一、克希荷夫電壓定律.....	1
二、克希荷夫電流定律.....	3
1-2 重疊定理.....	4
1-3 戴維寧定理及諾頓定理.....	6
1-4 低頻小信號放大器.....	9
1-5 電壓與電流放大因數.....	14
1-6 密勒定理.....	16
1-7 回授放大器.....	18
1-8 放大電路的輸入及輸出阻抗.....	19
1-9 微分放大器.....	21
1-10 運算放大器.....	24
習 題.....	27

第二章 線性波形形成電路

2-1 RC 電路.....	31
一、高通RC 電路.....	31
二、低通RC 電路.....	40
三、衰減器.....	47
四、示波器的探針.....	51

2-2	R L 電路	52
2-3	振鈴電路	53
2-4	其他波形形成電路	54
	習題	58

第三章 截波及比較電路

3-1	二極體截波電路	60
3-2	真空管截波電路	75
3-3	電晶體截波電路	78
3-4	具有固定水準的截波器	81
3-5	射極交連截波器	82
3-6	回授截波電路	84
3-7	二極體差動比較器	87
3-8	時間延遲	89
	習題	90

第四章 箝位及交換電路

4-1	箝位概說	92
4-2	箝位電路原理	93
4-3	二極體特性對箝位電路的影響	100
4-4	電晶體箝位電路	102
4-5	同步箝位	103
4-6	電晶體交換電路	106
4-7	非飽和交換	108
4-8	二級過激放大器	110
4-9	FET 交換電路	111
4-10	交換電路的負載	112
	習題	115

第五章 雙穩定多諧振盪電路

5-1	固定偏壓電晶體二進電路	117
5-2	自偏壓電晶體二進電路	123
5-3	不平衡二進觸發電路	125
5-4	平衡觸發電路	130
5-5	直接交連二進電路	133
5-6	樞密特觸發電路	135
5-7	射極交連二進電路	136
5-8	場效電晶體觸發電路	140
5-9	利用運算放大器積體電路作樞密特觸發電路	141
	習題	144

附錄一 運算放大器應用

1-1	倒相放大器	146
1-2	非倒相放大器	147
1-3	符號改變器	147
1-4	刻度器	148
1-5	加法器	148
1-6	減法器	149
1-7	電壓—電流轉換器	150
1-8	電壓追隨器	150
1-9	利用運算放大器解聯立方程式	151

附錄二 邏輯電路中的正反器

2-1	基本邏輯閘	152
一、	倒相器	152
二、	OR 閘	153

三、AND 閘	153
四、NOR 閘	153
五、NAND 閘	154
2-2 RS 正反器	154
2-3 T 正反器	156
2-4 JK 正反器	158
2-5 正反器綜述	161
附錄三 μ A 740 及 μ A 741 運算放大器資料	
中英文名詞對照索引	171

1

電 子 電 路

在前三冊的電子學裡，我們學到了不少基本原理，而學這些電子知識的目的，當然是要實際應用。在我們進入這些應用之前，不妨先把一些最基本的原理在本章裡複習一次。

1-1 克希荷夫定律 (Kirchhoff's Law)

一、 克希荷夫電壓定律：(Kirchhoff's Voltage Law)

我們利用圖 1-1 來說明克希荷夫電壓定律。首先看迴路①，由克希荷夫電壓定律，可得

$$-V_2 + V_3 + V_4 + V_5 = 0 \quad (1-1)$$

同理，由迴路②及③可得

$$-V_5 + V_1 + V_2 = 0 \quad (1-2)$$

$$V_1 - V_3 = 0 \quad (1-3)$$

注意上面三式，我們都是順時鐘方向一個一個加起來的，如果反時針相加，也得到相同的結果。因此，在電路內任何一個迴路的總電壓為零，即稱為克希荷夫電壓定律。

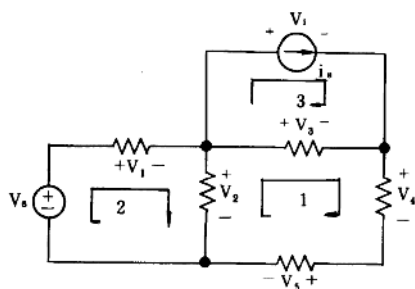


圖 1-1

【例 1-1】 電路如圖 1-2 所示，圖中 $v_1 = 60\text{ V}$ ， $v_{s1} = 40\text{ V}$ ， $v_4 = -15\text{ V}$ ， $v_5 = 12\text{ V}$ ，求 (a) v_2 (b) v_6 (c) v_7 。

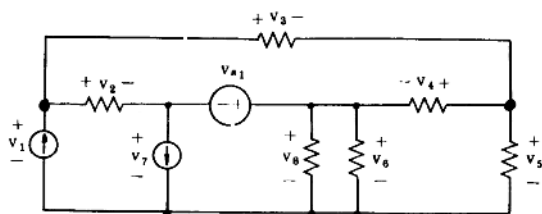


圖 1-2 〔例 1-1〕的電路

解 $-v_6 - v_4 + v_5 = 0$

故 $v_6 = v_5 - v_4 = 12 - (-15) = 27\text{ V}$

又 $-v_6 + v_7 = 0$

故 $v_7 = 27\text{ V}$

而 $-v_7 - v_{s1} + v_2 = 0$

故 $v_2 = v_7 + v_{s1} = 27 + 40 = 67\text{ V}$

最後求 v_2

$$-v_1 + v_2 + v_7 = 0$$

$$\text{故 } v_2 = v_1 - v_7 = 60 - (-13) = 73 \text{ V}$$

因此得解

$$(a) v_2 = 73 \text{ V} \quad (b) v_6 = 27 \text{ V} \quad (c) v_7 = -13 \text{ V}$$

二、克希荷夫電流定律：(Kirchoff's Current Law)

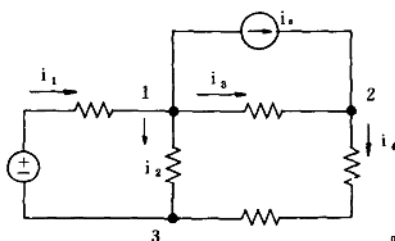


圖 1-3

我們利用圖 1-3 來說明克希荷夫電流定律。首先，看接點①，由克希荷夫電流定律，可得

$$i_1 - i_2 - i_3 - i_5 = 0 \quad (1-4)$$

上式是把流入接點①的電流看成正的，把流出的電流看成負的。如果把這方向倒過來，也可以得到一樣的結果。

同理，由接點②及③可以得到

$$i_3 + i_5 - i_4 = 0 \quad (1-5)$$

$$\text{及 } i_2 + i_4 - i_1 = 0 \quad (1-6)$$

因此，在電路內任何一個接點流出及流入的總電流和為零即稱為克希荷夫電流定律。

【例 1-2】 電路如圖 1-4 所示。電路中， $i_{s1} = 12 \text{ A}$ ， $i_4 = -2 \text{ A}$ ， $i_5 = 3 \text{ A}$ ， $i_6 = 1 \text{ A}$ ， $i_{s7} = 4 \text{ A}$ ，求 (a) i_3 (b) i_1 (c) i_8 。

$$\text{解 } i_3 - i_4 - i_5 = 0$$

$$\text{故 } i_3 = i_4 + i_5 = -2 + 3 = 1 \text{ A}$$

$$\text{而 } i_{s1} - i_2 - i_3 = 0$$

4 高工電子電路(上)

$$\therefore i_2 = i_{s1} - i_3 = 12 - 1 = 11 \text{ A}$$

$$\text{故 } i_1 = i_2 - i_{s7} = 11 - 4 = 7 \text{ A}$$

$$\text{而 } i_1 + i_4 - i_5 - i_6 = 0$$

$$\begin{aligned} \text{故 } i_5 &= i_1 + i_4 - i_6 \\ &= 7 + (-2) - 1 \\ &= 4 \text{ A} \end{aligned}$$

因此得解

$$(a) i_3 = 1 \text{ A} \quad (b) i_1 = 7 \text{ A} \quad (c) i_5 = 4 \text{ A}$$

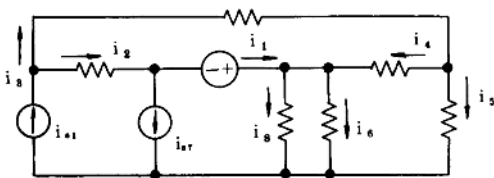


圖 1-4 〔例 1-2〕的電路

由上例我們也可以發現一個事實，即流入一接點之電流總和，等於流出此接點之電流總和。此為克希荷夫電流定律的另一描述法。

1-2 重疊定理 (Superposition Theorem)

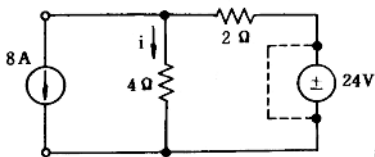


圖 1-5

我們利用圖 1-5 來說明重疊定理。首先我們假設 8 A 的電流源沒有電

流輸出，於是這個電源便等於是開路。此時我們計算流過 $4\ \Omega$ 的電流 i_1

$$i_1 = \frac{24}{4+2} = 4\text{ A}$$

其次，把電流源接回去。而令電壓源輸出之電壓為 0V ，此時就相當於把電壓源短路掉了，如圖中虛線所示。於是求得流過 $4\ \Omega$ 之電流 i_2

$$i_2 = \frac{-8 \times \frac{4 \times 2}{4+2}}{4} = -\frac{8}{3}\text{ A}$$

故而流過 $4\ \Omega$ 的總電流 i

$$i = i_1 + i_2 = 4 - \frac{8}{3} = \frac{4}{3}\text{ A}$$

這個結果和利用克希荷夫定律求得者完全一樣。因此，在同一電路裡面，如果有兩個以上的獨立電源時，可以一次只用一個電源來計算電路元件上的電壓及電流值，其餘的電流源視為開路，電壓源則視為短路。最後把各電源單獨計算時的結果相加起來，即為正確結果。此即為重疊定理。我們再舉一例說明。

【例 1-3】 電路如圖 1-6 所示，求(a)當兩電壓源全為 0V 時之 i_x (b)電流源為 0A 時之 i_x (c)三個電源均接上時之 i_x 。

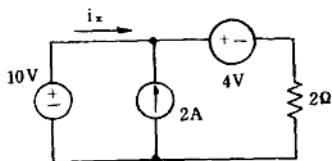


圖 1-6 (例 1-3) 的電路

解 (a) 由於兩電壓源均為 0V ，故定電流源之 2 A 電流不流經電阻，得 $i_x = -2\text{ A}$

(b) 電流源為 0A 時， $2\ \Omega$ 兩端之壓降為 $-4\text{ V} + 10\text{ V} = 6\text{ V}$

故 $i_x = 3\text{ A}$

(c) 三個電源均接上時之 i_x 爲(a), (b)之和

故 $i_x = -2\text{ A} + 3\text{ A} = 1\text{ A}$

1-3 戴維寧定理及諾頓定理 (Thevenin's Theorem and Norton's Theorem)

如果我們在一個電路中選擇任意兩點，則此兩點的電壓和電流特性即可充分描繪出此兩端點的動作情形。任何一個線性網路，均可用下列兩線性方程式中之一來表示：

$$v = R_{eq} i + V_{eq} \quad (1-7)$$

$$i = \frac{v}{R_{eq}} - I_{eq} \quad (1-8)$$

式(1-7)及式(1-8)可分別用圖1-7及圖1-8表示。圖1-7稱為戴維寧等效電路，因此任何線性網路，均可化成一獨立電壓源及一等效電阻的串聯，此即戴維寧定理。圖1-8稱為諾頓等效電路，因此任何線性網路，

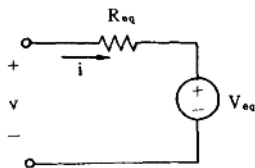


圖 1-7 戴維寧等效電路

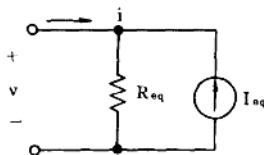


圖 1-8 諾頓等效電路

均可化成一獨立電流源及一等效電阻的並聯，此即諾頓定理。這兩個電路是彼此等效的，可視需要而選擇其一。

在使用上述兩種方法之前，必須注意以下兩點：

1. 必須有兩個端點明確的決定後，才可能求等效電路。
2. 從此兩端點看進去的電路必須為線性的。亦即所有電路中元件均為線性元件或者是所包含的非線性元件就所選兩端點看進去和

電路無關。

如果不能滿足上述兩個條件，便不可能得到戴維寧或諾頓等效電路。

在應用此兩等效電路之前，尚必須知道它們之間所存的關係。這兩個等效電路既然由同一電路推導出來的，因此式(1-7)及式(1-8)事實上即為此一電路的兩種表示法。

首先我們令 $i = 0$ ，代入式(1-7)得

$$v = V_{oc} \quad (1-9)$$

將式(1-9)代入式(1-8)得

$$0 = \frac{V_{oc}}{R_{oc}} - I_{sc}$$

故得

$$I_{sc} = \frac{V_{oc}}{R_{oc}} \quad (1-10)$$

底下我們便舉一個例子來說明如何獲得戴維寧及諾頓等效電路。

【例 1-4】 電路如圖 1-9 所示，求其戴維寧及諾頓等效電路。

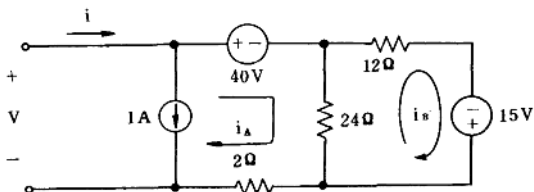


圖 1-9 例 [1-4] 的電路

(解 1) 首先列出有關之方程式，得

$$-v + 40 + 24(i_A - i_B) + 2i_A = 0$$

$$-24(i_A - i_B) + 12i_B - 15 = 0$$

$$i - i_A - 1 = 0$$

將上列三式合併化簡，消去 i_A 及 i_B ，得

$$v = 20 + 10i$$

根據式(1-7)可得

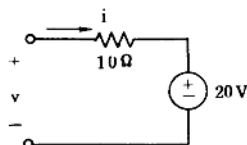
$$R_{eq} = 10\ \Omega$$

$$V_{eq} = 20\text{ V}$$

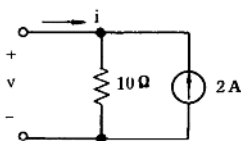
根據式(1-10)得

$$I_{eq} = 2\text{ A}$$

於是對應的戴維寧及諾頓等效電路便如圖 1-10 所示。



(a)戴維寧等效電路



(b)諾頓等效電路

圖 1-10 圖 1-9 的等效電路

(解 2) 如果我們不用上述的方法,而直接採用等效電路來化簡,如圖 1-11 所示,亦可得到相同結果。

