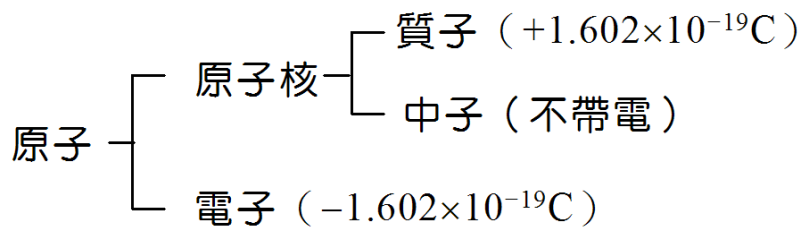


# 第一章 基本概念

## §1-1 本性

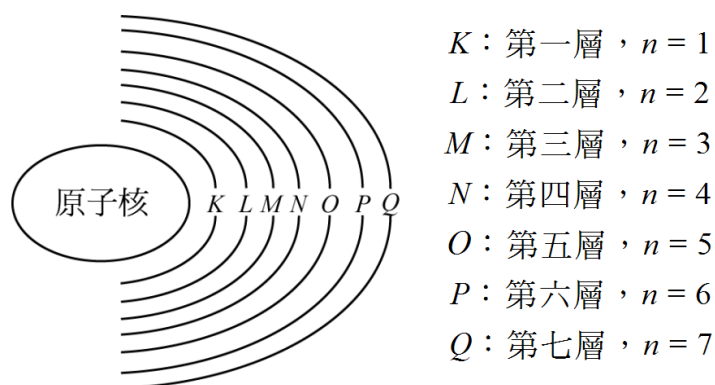
### (1)原子的結構



	帶電量 (庫侖/個)	質量 (千克/個)
質子	$+1.602 \times 10^{-19}$	$1.672 \times 10^{-27}$
中子	0	$1.675 \times 10^{-27}$
電子	$-1.602 \times 10^{-19}$	$9.11 \times 10^{-31}$

質子的質量為電子的 1840 倍

### (2)各能層名稱與電子數



每層中電子數最多為  $2n^2$  個

主層	K	L	M	N	O、P、Q
最大電子數	$2 \times 1^2 = 2$	$2 \times 2^2 = 8$	$2 \times 3^2 = 18$	$2 \times 4^2 = 32$	依次類推

### (3)依導電能力可把物質區分為

- 導體 (最外層電子數少於 4 個) 易失去電子者。
- 絕緣體 (最外層電子數多於 4 個) 不易失去電子而呈現穩定狀態者。
- 半導體 (最外層電子數等於 4 個) 不易失去電子, 也不易獲得電子者。

### (4)各種電子的名稱

- 價電子: 原子最外層軌道上的電子。
- 自由電子: 脫離軌道而自由活動的電子。
- 正離子: 原子失去電子, 成為帶正電荷的原子稱之。
- 負離子: 原子獲得電子, 成為帶負電荷的原子稱之。
- 游離: 原子變成離子的過程。

## §1-2 單位

( 1 ) 常用基本單位如下表所示

制 別	長 度 ( $l$ )	質 量 ( $m$ )	時 間 ( $t$ )
<b>MKS 制</b>	公尺 ( m )	公斤 ( kg )	秒 ( s )
<b>CGS 制</b>	公分 ( cm )	公克 ( g )	秒 ( s )
<b>FPS 制</b>	呎 ( ft )	磅 ( lb )	秒 ( s )

( 2 ) 常用的電學實用單位

名稱	符號	單位	符號
電荷	$Q$	庫倫	C
電能	$W$	焦耳	J
電功率	$P$	瓦特	W
電壓	$E, V$	伏特	V
電流	$I$	安培	A
電阻	$R$	歐姆	$\Omega$
電容	$C$	法拉	F
電感	$L$	亨利	H
頻率	$f$	赫芝	Hz
週期	$T$	秒	s

( 3 ) 次方數字首代表之符號及數值大小

10 的次方	$10^{-12}$	$10^{-9}$	$10^{-6}$	$10^{-3}$	$10^3$	$10^6$	$10^9$	$10^{12}$
符號	p	n	$\mu$	m	k	M	G	T
中文	披或微微	奈或毫微	微	毫	仟	百萬	十億	兆

## §1-3 電荷

1、電荷 ( 電量、電荷量 ) (  $Q$  ) ( electric charge )

(1) 單位：庫倫 ( C )

(2) 1 庫倫 ( C ) =  $6.25 \times 10^{18}$  個電子所帶的電量。

(3) 一個電子的電量為  $1/6.25 \times 10^{18} = 1.602 \times 10^{-19}$  庫倫。

2、庫倫定律：求相距  $r$  的兩電荷間之作用力；

$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

	$F$	$K$ (係數)		$Q_1, Q_2$	$r$
	(作用力)	真空、空氣中	其他介質	(電荷)	(距離)
MKS 制	牛頓	$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9$	$\frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r}$	庫侖	公尺
CGS 制	達因	1	$\frac{1}{\epsilon}$	靜庫	公分

EX：設有兩帶電小球體在空氣中相隔 3 公分，如兩球間之斥力為  $10^{-10}$  牛頓，而其中一小

球帶有正電荷  $3 \times 10^{-9}$  庫侖，則另一小球荷電多少庫侖？

( 85 )

◆詳解： $F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ ， $10^{-10} = 9 \times 10^9 \frac{3 \times 10^{-9} \times Q_2}{(3 \times 10^{-2})^2} = \frac{3Q_2}{10^{-4}}$

$$\therefore Q_2 = \frac{1}{3} \times 10^{-14} \text{ 庫侖}$$

## §1-4 電流

(1) 單位：安培 ( A )。

(2) 定義：單位時間 ( 秒 ) 通過導體之電量即為電流大小 ( I )。

(3) 1 安培電流即為每秒有 1 庫侖 (  $6.25 \times 10^{18}$  個電子 ) 通過導體截面積。

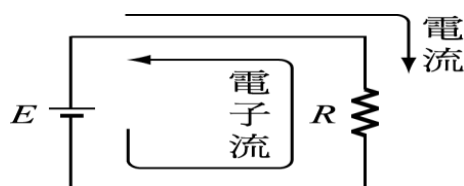
$$\text{公式：} I = \frac{Q}{t}$$

(4) 方向：

(1) 傳統電流：電源正端出發，經由負載回至電源負端。

(2) 電子流：由電源負端出發，回至電源正端。

(3) 電流與電子流兩者的大小相同，方向相反。



(5) 電流的另一種算法：

依據定義電流是單位時間流過導體某一截面的電量

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{nA\ell e}{t} = nAve$$

$n$ ：導體內自由電子濃度 ( 電子數/ $\text{m}^3$  )。

$A$ ：導體截面積 ( $\text{m}^2$ )。

$\ell$ ：導體長度 ( m )。

$v$ ：自由電子在導體內移動的速率 m/s。

$e$ ：一個電子的帶電量 (  $e = 1.602 \times 10^{-19} \text{C}$  )

$I$ ：電流 ( A )。

$Q$ ：電量 C (  $1\text{C} = 6.25 \times 10^{18}$  個電子 )。

EX：若流過某電阻的電流為 6 安培，則每分鐘通過該電阻截面積之電量為多少庫侖？

◆詳解： $Q = It = 6 \times 60 = 360$  庫侖 ( 89 )

EX：有一銅線，其截面積為 0.05 平方公分，電子密度為  $10^{29}$  個/立方公尺，線路電流為 8 安培，求電子在銅線的平均速率為多少公尺/秒？ ( 86 )

◆詳解：根據  $I = A v n e$

$$v = \frac{I}{n e A} = \frac{8}{10^{29} \times 1.6 \times 10^{-19} \times 0.05 \times 10^{-4}} \\ = 1 \times 10^{-4} \text{ 公尺/秒}$$

EX：有一導線，每秒流過  $6.25 \times 10^{18}$  個電子，其電流為多少安培？ ( 87 )

◆詳解：1 庫侖 =  $6.25 \times 10^{18}$  個電子

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{1}{1} = 1 \text{ 安培}$$

## §1-6 電壓

### 1、電壓 ( 電位差 ) ( $E$ 、 $V$ )

(1) 單位：伏特 (  $V$  )

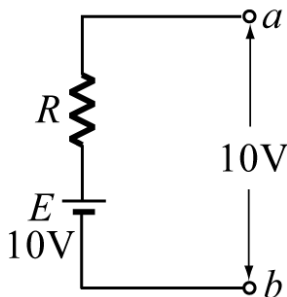
(2) 定義：移動單位正電荷 (  $1C$  ) 自  $a$  點至  $b$  點，所做 ( 吸收或釋放 ) 之功，即稱此兩點之電位差。

$$V = \frac{W}{Q} \quad \text{或} \quad V_{ab} = \frac{W_{ab}}{Q}$$

$V_{ab} = V_a - V_b \Rightarrow$  表示  $a$  和  $b$  兩點間的電位差

(3) 電動勢：

電源在開路狀態時兩端之電位差。



電流沒流通，電阻沒有壓降故  $V_{ab} = E = 10V$ 。

### (4) 電壓升、電壓降

a、電壓降 (  $V$  )：電流由元件 + 端流入，— 端流出。

b、電壓升 (  $V$  )：電流由元件 — 端流入，+ 端流出。

EX:將 3 庫侖之電荷由 A 點移至 B 點，須作功 18 焦耳，則 A 與 B 點間之電位差為幾伏特？

◆詳解： $V_{BA} = \frac{W_{BA}}{Q} = \frac{18}{3} = 6(V)$  ( 87 )

## §1-8 電功率

1、定義：單位時間所作的功，稱為電功率 (  $P$  )

$$\text{公式：} P = \frac{W}{t} = \frac{V \times I \times t}{t} = VI = IR^2 = \frac{V^2}{R}$$

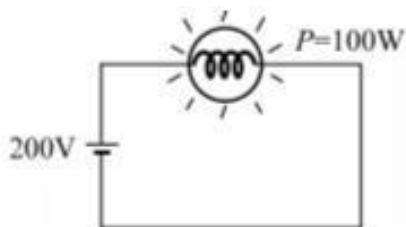
$$\text{公制單位：瓦特} = \frac{\text{焦耳}}{\text{秒}}$$

2、英制單位：馬力 ( HP )

$$1\text{HP} = 746\text{W} = 0.746\text{kW}$$

$$1\text{kW} = 1.34\text{HP} \quad ( 88 )$$

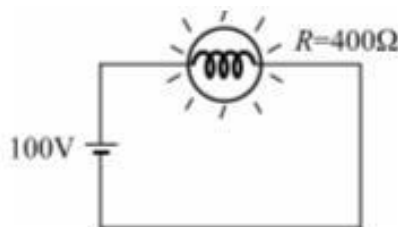
EX:將額定 100 瓦、200 伏特的電熱絲接於 100 伏特之電源，則其產生之功率為？( 87 )



$$R = \frac{V^2}{P}$$

$$= \frac{200^2}{100} = \frac{40000}{100} = 400(\Omega)$$

◆詳解：



$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$= \frac{100^2}{400} = \frac{10000}{400} = 25(W)$$

EX:設有兩個電阻  $R_1$  與  $R_2$  串聯接於 100V 之電源，其中  $R_1$  消耗功率為 20W， $R_2$  消耗功率為 80W，則  $R_1$  及  $R_2$  之值分別為？( 88 )

◆ 詳解： $I = \frac{P_1 + P_2}{V} = \frac{20 + 80}{100} = 1$

$$R_1 = \frac{P_1}{I^2} = \frac{20}{1^2} = 20(\Omega)$$

$$R_2 = \frac{P_2}{I^2} = \frac{80}{1^2} = 80(\Omega)$$

## §1-9 能量

### 1、能量 ( 功 ) ( $W$ )

(1) 單位：焦耳 ( J )

2、電能(一)： $W = Pt = VIt = I^2Rt = \frac{V^2}{R}t$

符號	$W$	$P$	$T$	$E$	$I$	$R$
名稱	功	電功率	時間	電壓	電流	電阻
單位	焦耳或 瓦特·秒	瓦特 (W)	秒 (s)	伏特 (V)	安培 (A)	歐姆 ( $\Omega$ )

### 3、電能(二)： $W = VQ$

符號	$W$	$V$	$Q$
名稱	功、能量	電位差	電荷 (量)
單位	焦耳或瓦特·秒	伏特 (V)	庫侖 (C)

### 4、電能的另外兩個單位：

1 度電 =  $1\text{kW} \times 1\text{hr} = 1000 \times 60 \times 60 = 3.6 \times 10^6 (\text{J})$

1 電子伏特(eV) =  $1.602 \times 10^{-19} \times 1 = 1.602 \times 10^{-19} (\text{J})$  ( 88 )

( 由  $W = QV$ , 1 個電子的電量  $Q = 1.602 \times 10^{-19} \text{C}$  )

EX: 某電阻值為 10 歐姆之加熱器上通有 2 安培電流，則於一分鐘內轉換為熱之能量為

多少焦耳？ ( 88 )

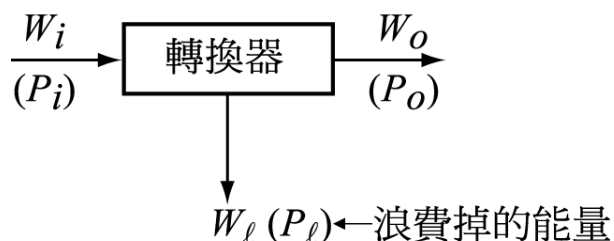
◆詳解： $W = P \times t = I^2 R \times t = 2^2 \times 10 \times 60 = 2400 (\text{J})$

EX: 以一台 800 瓦特的電鍋煮飯 1.5 小時，電費每度為 3.5 元，則須付之電費為多少元？

◆詳解： $W = P \times t = \frac{800}{1000} \times 1.5 = 1.2 \text{kw.hr} = 1.2 \text{度}$  ( 89 )

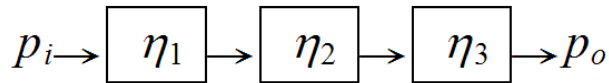
電費 =  $1.2 \times 3.5 = 4.2$  ( 元 )

### 5、效率



$$\eta = \frac{P_o}{P_i} = \frac{P_i - P_l}{P_i} = \frac{P_o}{P_o + P_l}$$

多個轉換器串接



$$\text{總效率 } \eta_T = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3$$

EX:某一系統的能量轉換效率為 80%，若損失功率是 400 瓦特，則該系統的輸出功率是多少瓦特？

( 90 )

◆詳解：∵  $\eta = \frac{P_o}{P_o + P_{Loss}}$

$$\therefore P_o = \frac{\eta P_{Loss}}{1 - \eta} = \frac{80\% \times 400}{1 - 80\%} = 1600(\text{W})$$

EX:某家電用品，其使用電壓 110V，若流入之電流為 10 安培，它能提供 550 瓦特的功率以供使用，試問此電器之效率為何？ ( 88 )

◆詳解：  $\eta = \frac{P_o}{P_l} \times 100\%$  (  $P_l$ ：輸入功率， $P_o$ ：輸出功率 )

$$P_l = I \times V = 10 \times 110 = 1100(\text{W})$$

$$\eta = \frac{P_o}{P_l} \times 100\% = \frac{550}{1100} \times 100\% = 50\%$$

## 第二章 電阻

### §2-1 電阻與電導

#### 1、電阻 ( $R$ )

(1) 定義：自由電子流過導體，所遭受到的阻力，使電能轉變成熱能之性質稱之。

(2) 公式：
$$R = \rho \frac{\ell}{A}$$

$R$ ：物質的電阻，歐姆 (  $\Omega$  )。

$\rho$ ：材料的電阻係數， $\Omega \cdot \text{m}$ 。

$\ell$ ：材料的長度 ( 沿電流方向 )，公尺 (  $\text{m}$  )。

$A$ ：截面積 ( 與電流方向垂直 )，平方公尺 (  $\text{m}^2$  )。

(3) 單位：歐姆 ( ohm )，以  $\Omega$  示之。

(4) 含義：導體的電阻 (  $R$  ) 和截面積 (  $A$  ) 成反比，  
和導體長度 (  $\ell$  ) 及導體的電阻係數 (  $\rho$  ) 成正比。

#### 2、電導 ( $G$ )

(1) 定義：電導為電阻的倒數。

(2) 公式：
$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{\rho \frac{\ell}{A}} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{A}{\ell} = \sigma \frac{A}{\ell}$$
 ( 姆歐或西門子 siemens, S )

$\sigma$  ( 小寫的希臘字母 Sigma ) 稱為電導係數。

#### 3、電阻係數 $\rho$ 與電導係數 $\sigma$

(1) 非良導體：電阻係數  $\rho$  愈大，或電導係數  $\sigma$  愈小。

(2) 良導體：電阻係數  $\rho$  愈小，或電導係數  $\sigma$  愈大。

(3) 電導係數：軟銅為準，將其定為 100%，其他如銀為 106.4%、純銅為 103.1%。

EX: 大多數家庭所使用的實心銅電線直徑為 1.63mm, 求出此種直徑的實心銅電線 50 m

的電阻值。( 銅的電阻係數為  $1.723 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$  ) ( 91 )

◆詳解：
$$R = \rho \frac{\ell}{A} = 1.723 \times 10^{-8} \times \frac{50}{\frac{\pi}{4} \times (1.63 \times 10^{-3})^2} \approx 0.412 (\Omega)$$

EX: 有一長 10cm 之導體，其電阻值為  $20 \Omega$ ，若將其拉長，使此導體之長度為 40cm，

則此導體之電阻可能為？

( 90 )



◆詳解：  $R' = R \times (\frac{\overline{\ell}}{\ell})^2 = 20 \times (\frac{\overline{10}}{10})^2 = 320(\Omega)$

## §2-2 色碼電阻

## 1、色碼 ( color code ) 電阻

(1) 常用的電阻器的阻值表示法有兩種：

- 數值表示法：用於體積較大的電阻器上。
- 色碼表示法：一般用於體積較小的電阻器。

## (2) 色碼電阻所用顏色及代碼

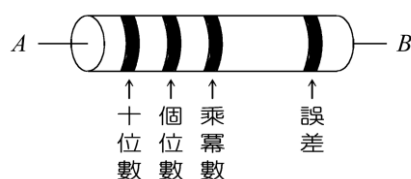
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	±5%	±10%
黑	棕	紅	橙	黃	綠	藍	紫	灰	白	金	銀

(3)一般色碼電阻依其色碼帶數，可分為

(a) 三環式色碼電阻

三環式其誤差均為 $\pm 20\%$ ，其餘前三環式和四環式一樣。

### (b) 四環式色碼電阻



例如：黃 紫 橙 金

↓      (      (      (

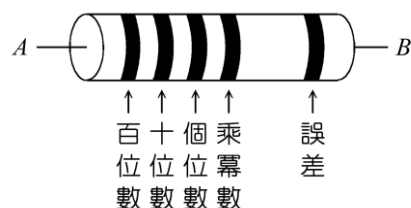
4      7      3      (5

表示：47(103(5% = 47k(5%

最大值： $47k + (47k \times 5\%)$

最小值：47k-(47k×5%)

(c) 五環式色碼電阻



例如：橙 紫 綠 棕 紅

↓      ↓      ↓    (    (

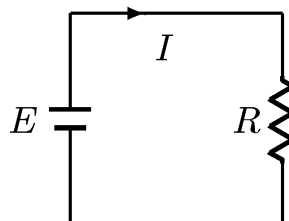
3     7       5     1    (2%

表示： $375 \times 10^1 \pm 2\% = 3.75k \pm 2\%$

## §2-4 歐姆定律

## 1、歐姆定律 ( Ohm's Law )

(1) 公式  $I = \frac{V}{R}$



(2) 電阻不變，電流與電壓成正比。

電壓不變，電流與電阻成反比。

EX：將 15 伏特的電壓加在一色碼電阻上，若此色碼電阻上之色碼依序為紅、黑、橙、金，則下列何者為此電阻中可能流過之最大電流？ ( 92 )

◆詳解：  $R = 20\text{k}\Omega \pm 5\%$

$$R_{\max} = 20\text{k} + 20\text{k} \times 0.05 = 21\text{k}(\Omega)$$

$$R_{\min} = 20\text{k} - 20\text{k} \times 0.05 = 19\text{k}(\Omega)$$

$$I_{\max} = \frac{15}{R_{\min}} = \frac{15}{19\text{k}} = 789 \mu\text{A}$$

## §2-5 電阻溫度係數

1、電阻的溫度係數 (  $\alpha_t$  ) 的定義

(1)定義：溫度每升高  $1^\circ\text{C}$  所增加之電阻值與原電阻值之比值，即稱為原溫度之電阻的溫度係數。

(2)公式為：  $R_2 = R_1(1 + \alpha_1(t_2 - t_1))$

$\alpha_1$ ：  $t_1^\circ\text{C}$  之溫度係數 ( 不方便得知 )

$$\text{改寫為： } \alpha_1 = \frac{\frac{R_2 - R_1}{t_2 - t_1}}{R_1}$$

銅線  $\alpha_0 = 0.00427$  ( 最常用 )

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{234.5 + t_2}{234.5 + t_1}$$

EX：有一電阻器在  $20^\circ\text{C}$  時為  $2\Omega$ ，在  $120^\circ\text{C}$  時為  $3\Omega$ ，求此電阻器在  $20^\circ\text{C}$  時之溫度係數為多少？

( 88 )

◆ 詳解：

$$\alpha_{t_1} = \frac{(R_2 - R_1)/(t_2 - t_1)}{R_1}$$

$$\alpha_{20} = \frac{(3-2)}{\frac{(120-20)}{2}} = \frac{1}{\frac{100}{2}} = 0.005$$

EX：某銅線在溫度 5.5°C 時其電阻為 1.6 歐姆，當溫度上升至 35.5°C 時，其電阻應為多少歐姆？

( 89 )

◆詳解：

$$\frac{R_{t_2}}{R_{t_1}} = \frac{t_0 + t_2}{t_0 + t_1} \quad \frac{R_{t_2}}{1.6} = \frac{234.5 + 35.5}{234.5 + 5.5}$$

$$R_{t_2} = 1.8(\Omega)$$

## §2-6 焦耳定律

1、焦耳定律：電流流經導體時，所生的熱量 (  $H$  ) 與電流的平方 (  $I$  ) 導體的電阻 (  $R$  ) 及經歷時間 (  $t$  ) 成正比。

( 1 ) 公式：  $H = 0.24 I^2 R t = 0.24 V I t = 0.24 P t = 0.24 W$  ( 卡 )

( 2 ) 單位：

1 卡：使 1 克的水，升高溫度 1°C 所需的熱量，是一公制熱量單位。

1BTU：使 1 磅的水，升高溫度 1°F 所需的熱量，是一英制熱量單位。

單位互換：1BTU = 252 卡，

1 卡 ( cal ) =  $3.968 \times 10^{-3}$  BTU

( 3 ) W ( 能量 ) 的單位為焦耳，焦耳和卡的單位轉換：

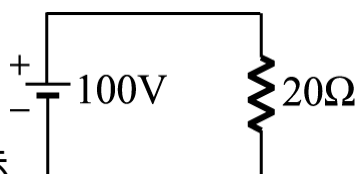
1 卡 = 4.2 焦耳

1 焦耳 = 0.24 卡

EX：1 仟瓦小時的能量，相當於多少 BTU 的熱量？ ( 91 )

◆詳解：1J = 0.24 cal =  $0.24 \times ( 3.968 \times 10^{-3} ) = 0.95 \times 10^{-3}$  BTU

$$1\text{kW-hr} = 3.6 \times 10^6 \text{ J} = 3.6 \times 10^6 \times 0.95 \times 10^{-3} = 3428\text{BTU}$$



EX: 如圖所示 , 電阻器 1 分鐘產生多少卡熱量？ ( 87 )

◆詳解 :  $H = 0.24pt = 0.24 \times \frac{E^2}{R} \times t = 0.24 \times \frac{(100)^2}{20} \times 60 = 7200(\text{Cal})$

## 第三章 串聯電路

### §3-1 定義與特性

1、定義：將兩個或兩個以上的電路元件，依頭尾順序聯成串接的電路，稱為串聯電路。

2、電阻串聯電路的特性

(1) 電流：流經各電阻的電流均相同，即： $I = I_1 = I_2 = \dots = I_n$ 。

(2) 電壓：外加電壓等於各電阻電壓降之和；即

$$\begin{aligned} E &= V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \\ &= I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3 + \dots + I \cdot R_n \\ &= I(R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n) = I R_T \end{aligned}$$

(3) 總電阻：總電阻為各電阻之和；即

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

(4) 電流：流經各電阻的電流

$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}$$

(5) 總功率：總功率為各電阻功率之和；即

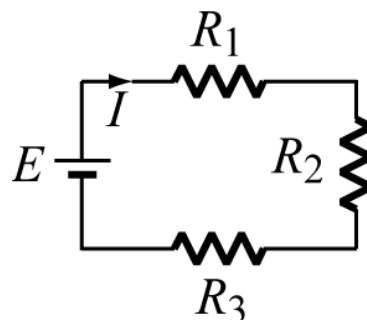
$$\begin{aligned} P_T &= P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n \\ &= I^2 \cdot (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n) \\ &= I^2 \cdot R_T = E \cdot I \end{aligned}$$

3、電壓分配定則：

$$V_1 = E \times \frac{R_1}{R_T}$$

$$V_2 = E \times \frac{R_2}{R_T}$$

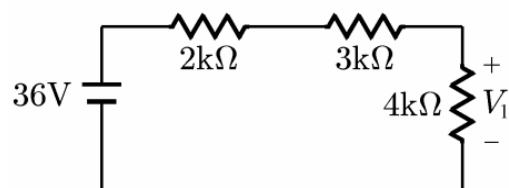
$$V_3 = E \times \frac{R_3}{R_T}$$



EX：右圖中，電壓  $V_1 = \underline{\hspace{2cm}}$  V (89 年)

◆ 詳解：依分壓定則，

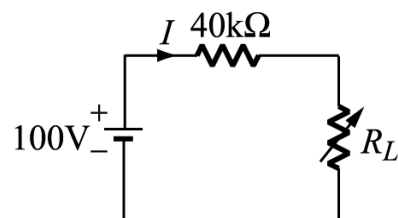
$$V_1 = \frac{4}{2+3+4} \times 36 = 16V$$



EX：如圖所示，電路中可變電阻器  $R_L$  調整範圍是  $30k\Omega$  到  $60k\Omega$ ，當可變電阻調整到跨於  $R_L$  兩端的電壓為最大值時，電流  $I$  等於多少？ (89 年)

◆ 詳解： $R_L = 60k\Omega$  時，其端電壓為最大值

$$\therefore I = \frac{E}{R_s + R_L} = \frac{100}{40k + 60k} = 1 \text{ mA}$$



## §3-2 克希荷夫電壓定律

1、克希荷夫電壓定律（簡稱 KVL）→ 於封閉迴路

在一封閉迴路中，電壓升的總和（ $\Sigma E$ ）等於電壓降的總和（ $\Sigma V$ ）

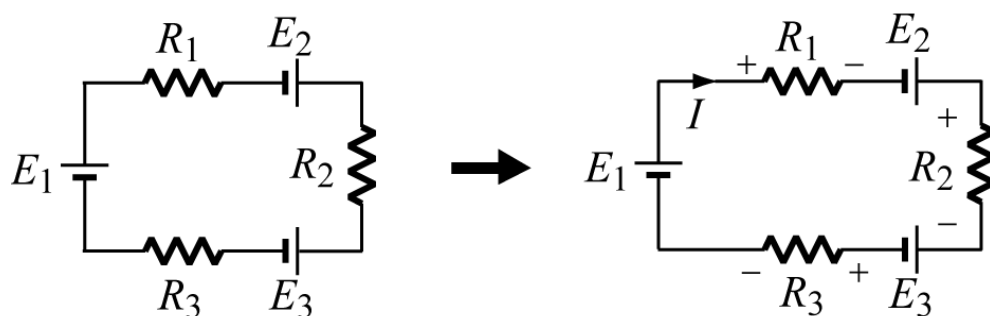
即： $\Sigma E = \Sigma V$

2、電壓升與電壓降

電壓升：電流由負端(低電位)流入，正端(高電位)流出者。通常指電源之電壓。

電壓降：電流由正端(高電位)流入，負端(低電位)流出者。通常指負載之電壓。

3、利用「KVL」分析電路的步驟



(1) 首先把迴路電流  $I$  之方向與各元件極性定好。

(2) 再循著電流方向，判斷出各元件是電壓升或電壓降，

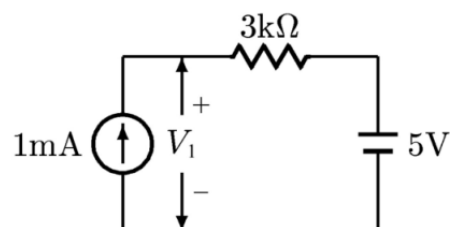
(3) 依「KVL」列出方程式，如上圖即為：

$$E_1 + E_2 = V_{R_1} + V_{R_2} + V_{R_3} + E_3$$

(4) 再依歐姆定律及配合題意求解。

EX：右圖的電路中，電壓值  $V_1$  是多少？

(89 年)



◆ 詳解：根據克希荷夫電壓定律：

故電壓升=電壓降

$$V_1 = 1\text{m} \times 3\text{k} + 5 = 8\text{V}$$

EX：如右圖所示，求  $E_3 = ?$

(86 年)

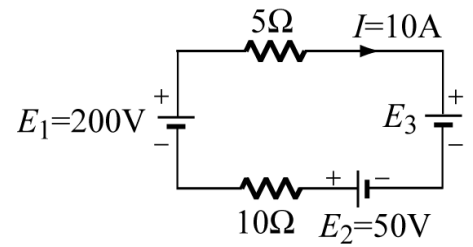
◆詳解：電壓升=電壓降

$$E_1 + E_2 = 5 \times I + E_3 + 10 \times I$$

$$I = 10 = \frac{50 + 200 - E_3}{10 + 5} = \frac{250 - E_3}{15}$$

$$150 = 250 - E_3$$

$$E_3 = 250 - 150 = 100(\text{V})$$

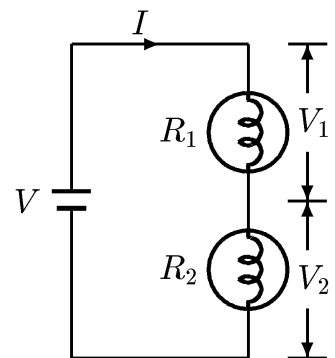


### 3-3 串聯應用實例

1、兩個燈泡串聯：

(1) 兩個規格相同（如  $P_1$  瓦、 $V_1$  伏）之燈泡串聯，  
加上  $V$  伏特的端電壓，則兩者消耗相同的功率

$$P = \frac{V_1^2}{R_1} = \frac{V_2^2}{R_2} = \frac{\left(\frac{V}{2}\right)^2}{\frac{V_1^2}{P_1}}$$



(2) 兩個規格不同之燈泡串聯

以  $R = \frac{V^2}{P}$  求各電阻值  $R_1$ 、 $R_2$  及總電阻  $R_T$ 。

以  $I = \frac{V}{R_T}$  求電流。

以  $P_1 = I^2 R_1$ 、 $P_2 = I^2 R_2$  求各燈泡消耗功率。

如果  $P_1$  或  $P_2$  超過原額定功率則表示該燈泡會燒毀。

EX：一個規格為  $100\Omega$ 、 $100\text{W}$  的電熱器，與另一個規格為  $100\Omega$ 、 $400\text{W}$  的電熱器串聯之後，再接上電源，若不使此兩電熱器中之任何一個之消耗功率超過其規格，則電源之最高電壓為何？  
(92 年)

◆詳解：二個額定電流不同的元件串聯，其串聯之後的最大電流，取額定值較小者。

$$P = I^2 R \Rightarrow I = \sqrt{\frac{P}{R}}$$

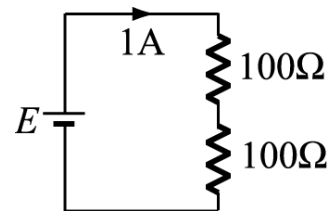
100Ω、100W 電熱器的額定電流  $I_1$ ，則

$$I_1 = \sqrt{\frac{100}{100}} = 1$$

100Ω、400W 電熱器的額定電流  $I_2$ ，則

$$I_2 = \sqrt{\frac{400}{100}} = 2$$

$$E = 1 \times (100 + 100) = 200(V)$$



EX：燈泡 A 額定為 100 伏特 100 瓦特，燈泡 B 額定為 100 伏特 40 瓦特，兩個燈泡串聯後接於 200 伏特之電源，其結果如何？ (82、88、89 年)

(A) A、B 兩燈泡一樣亮 (B) A、B 兩燈泡各有 110 伏特之電壓降 (C) B 燈泡一可能因過載而過熱燒毀 (D) A 燈泡兩端電壓降為 157 伏

◆詳解： $R_1 = \frac{V_1^2}{P_1} = \frac{100^2}{100} = 100\Omega$        $R_2 = \frac{V_2^2}{P_2} = \frac{100^2}{40} = 250\Omega$

由分壓定理得知電阻較大 ( 瓦特數小 ) 分得較大電壓

串連接 200 伏特電壓

$$V_A = I \times R_1 = \frac{200}{100 + 250} \times 100 = 57V$$

$$V_B = I \times R_2 = \frac{200}{100 + 250} \times 250 = 142V$$

→燈泡 B 電壓會超過 100 伏特→燒毀



## 第四章 並聯電路

### §4-1 定義與特性

1、定義：將電路中所有元件，頭接頭，尾接尾即稱為串聯電路。

一般用平行符號「//」，表示並聯，如  $R_1 // R_2 // R_3$ 。

2、電阻串聯電路的特性

(1) 電壓：並聯中各電阻的端電壓均相同，且等於電源電壓；

$$\text{即：} E = V_1 = V_2 = \dots = V_n$$

(2) 電流分配：電阻愈大，流經該電阻的電流愈小。

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = G_1 E \quad I_2 = \frac{E}{R_2} = G_2 E$$

(3) 電流：總電流等於各支路電流之和；即

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

(4) 總電阻：總電阻的倒數為各支路電阻倒數之和。

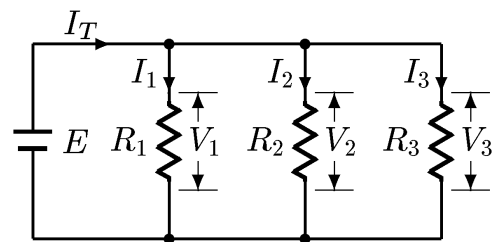
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

(6) 總功率：總功率為各電阻功率之和；即

$$\begin{aligned} P_T &= P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n \\ &= \frac{E^2}{R_1} + \frac{E^2}{R_2} + \dots + \frac{E^2}{R_n} = \frac{E^2}{R_T} \end{aligned}$$

3、電流分配定則

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times I \\ I_2 &= \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times I \end{aligned}$$



EX：有 4 個電阻並聯，此 4 個電阻之值分別為  $24k\Omega$ ， $24k\Omega$ ， $12k\Omega$ ， $6k\Omega$ ，已知流入 4 個並聯電阻之總電流為  $240mA$ ，則  $6k\Omega$  電阻上之電流為多少安培？（90 年）

◆ 詳解：四個電阻並聯總電阻  $R_T = 24K // 24K // 12K // 6K = 3K$

該四個電阻並聯兩端端電壓  $E$  為：

$$E = I_T \times R_T = 240mA \times 3K = 720V$$

$$I_{6\Omega} = \frac{E}{6k} = \frac{720V}{6K} = 120mA$$

EX：兩電阻器  $R_1$  與  $R_2$  並聯，已知流過兩電阻器之電流分別為  $I_{R_1} = 2A$ ， $I_{R_2} = 1A$ ，且  $R_1 = 2\Omega$ ，則  $R_2$  的電阻值為多少？

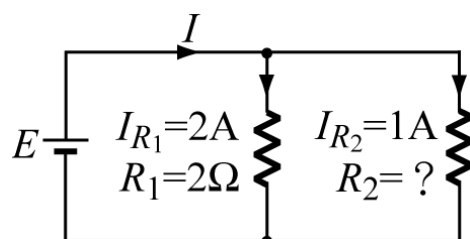
（90 年）

◆ 詳解： $I = I_{R_1} + I_{R_2} = 2 + 1 = 3$

$$I_{R_2} = I \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$1 = 3 \times \frac{2}{2 + R_2}$$

$$R_2 = 6 - 2 = 4(\Omega)$$



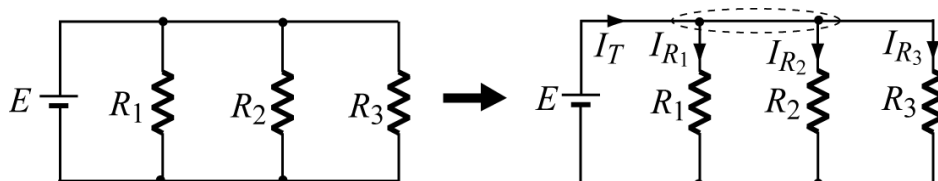
## 4-2 克希荷夫電流定律

1、克希荷夫電流定律（Kirchhoff's Current Law，KCL）

流入任一節點的電流和必等於流出該節點之電流和。

$$\text{即 } \Sigma I_{in} = \Sigma I_{out}$$

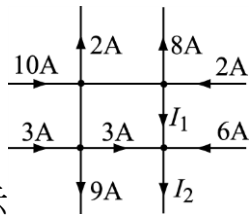
2、利用「KCL」分析電路的步驟



(1) 找出電路中的節點（單純的並聯電路一定只有二個節點）。

(2) 標示出各支路電流的方向，並附予符號。

(3) 利用「KCL」，列出方程式，再配合歐姆定律及題意求解。



EX：如圖所示， $I_1$  及  $I_2$  之值分別為 (88 年)

◆詳解：利用 K.C.L 可得

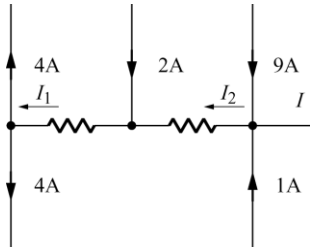
$$6+2+10+3 = I_2+9+2+8$$

$$I_2 = 2$$

$$6+3+I_1 = I_2$$

$$I_1 = -7$$

EX：如圖所示電路，求電流  $I = ?$  (93 年)



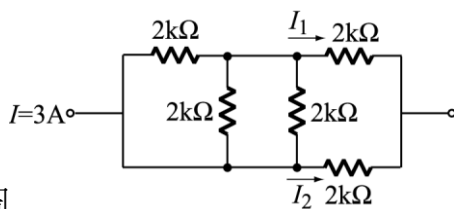
◆詳解：

$$\text{由 KCL} \Rightarrow I_1 = 4+3=7$$

$$I_2 = I_1 - 2 = 5$$

$$I + I_2 = 9 + 1$$

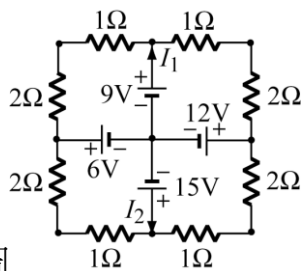
$$I = 10 - 5 = 5$$



EX：如圖所示電路中，各電阻均為  $2k\Omega$ ，則  $I_1 + I_2$  等於多少？

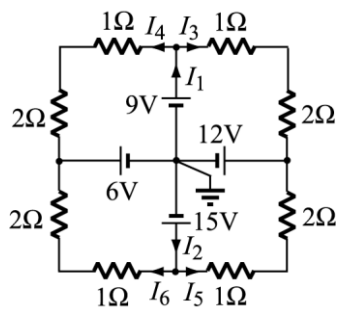
◆詳解：3A

(89 年)



EX：如圖之直流電路，求其中電流  $I_1 + I_2 = ?$  (92 年)

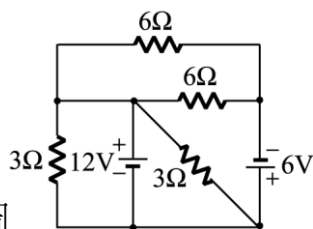
◆詳解：因為  $I_1$  及  $I_2$  之路徑是只有電源，所以應利用相關的節點，由 KCL 得其電流



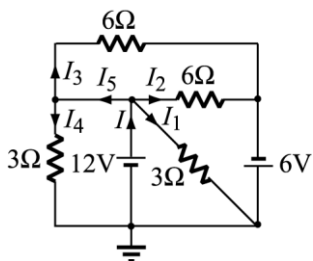
$$I_1 = I_3 + I_4 = \frac{9-12}{1+2} + \frac{9-6}{1+2} = 0$$

$$I_2 = I_5 + I_6 = \frac{15-12}{1+2} + \frac{15-6}{1+2} = 1+3 = 4$$

$$\therefore I_1 + I_2 = 4A$$



**EX :** 如圖 之直流電路，求其中 12V 電源供給之電功率  $P = ?$  (92 年)



◆詳解：

某元件的電功率=此元件的端電壓×元件內電流

$$I_1 = \frac{12}{3} = 4$$

$$I_2 = \frac{12 - (-6)}{6} = 3$$

$$I_3 = \frac{12 - (-6)}{6} = 3$$

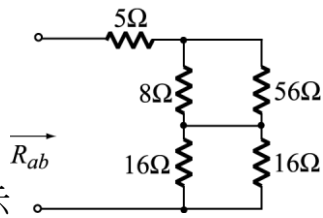
$$I_4 = \frac{12}{3} = 4$$

$$I_5 = I_3 + I_4 = 7$$

流經 12 電源的電流  $I = I_1 + I_2 + I_5 = 4 + 3 + 7 = 14$

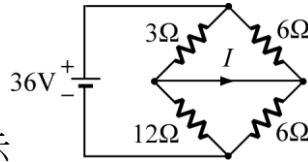
$$\therefore P_{12V} = 12 \times 14 = 168(W)$$

## 4-4 基本串並聯電路

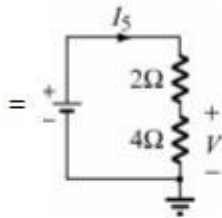
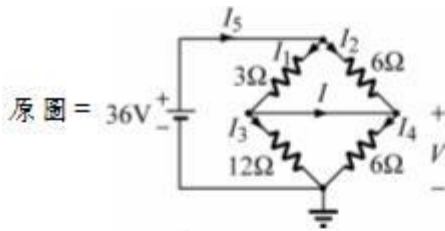


EX： 如圖所示， $R_{ab} =$  (89 年)

◆詳解： $R_{ab} = 5 + (8//56) + (16//16) = 20(\Omega)$



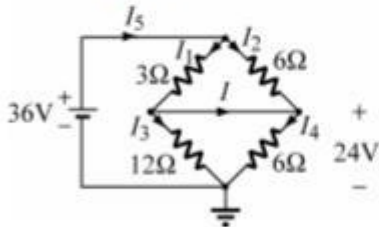
EX： 如圖所示，求  $I = ?$  (86 年)



$$6//3 = \frac{6 \times 3}{6 + 3} = 2(\Omega)$$

$$12//6 = \frac{12 \times 6}{12 + 6} = 4(\Omega)$$

$$V = 36 \times \frac{4}{4 + 2} = 24(V)$$



$$I_3 = \frac{36}{2 + 4} = 6(A)$$

$$I_3 = \frac{24}{12} = 2(A)$$

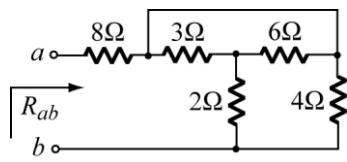
$$I_1 = \frac{36 - 24}{3} = 4(A)$$

$$I_4 = \frac{24}{6} = 4(A)$$

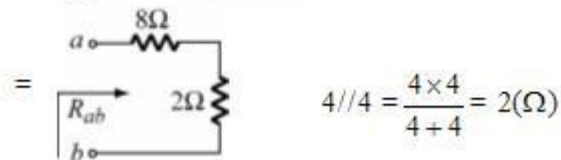
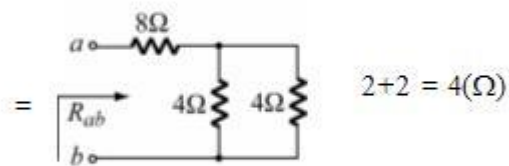
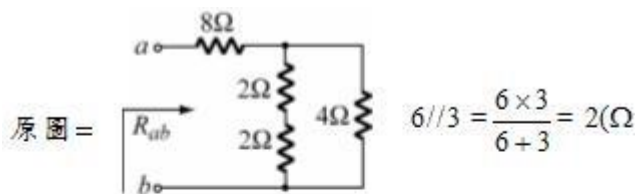
$$I_2 = \frac{36 - 24}{6} = 2(A)$$

$$I = I_1 - I_3 = 4 - 2 = 2(A)$$

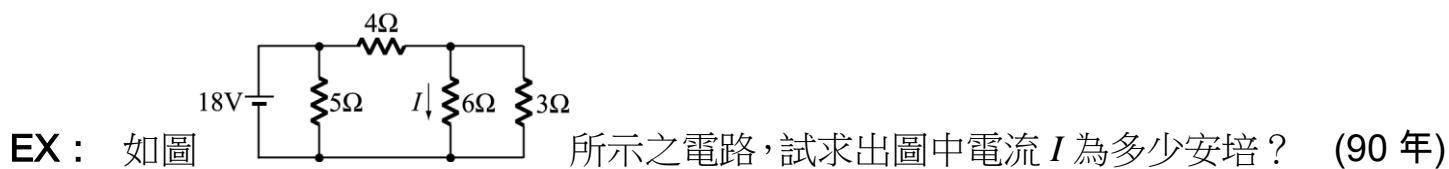
◆詳解：



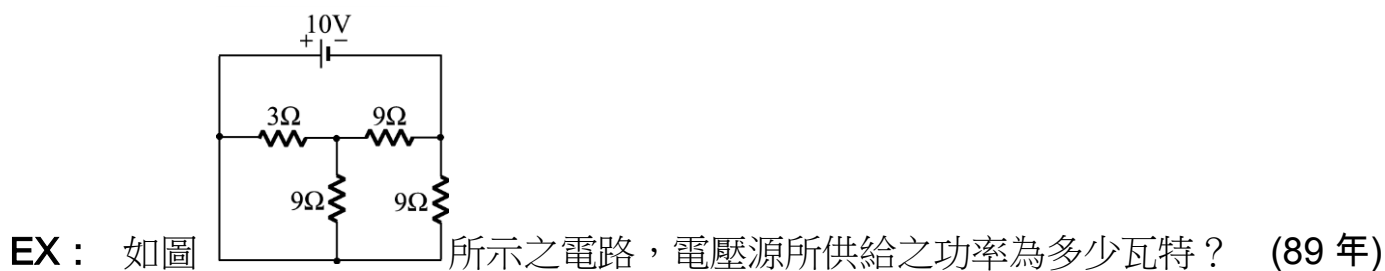
EX：. 如圖所示，求  $R_{ab} = ?$  (87 年)



◆詳解： $R_{ab} = 8+2 = 10(\Omega)$



◆詳解： $I = \frac{18}{4 + (6//3)} \times \frac{3}{6+3} = 1$

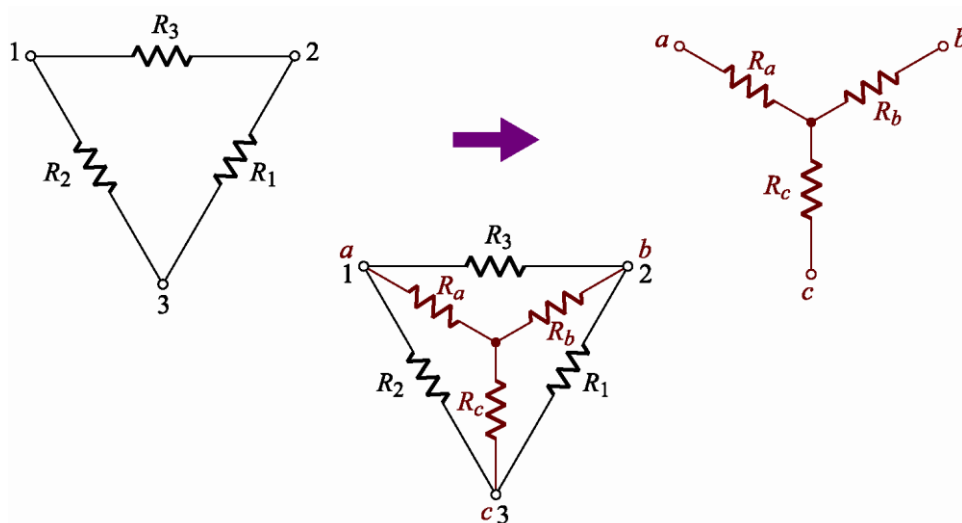


◆詳解： $R_T = [(3//9)+9]//9 = (\frac{9}{4}+9)//9 = \frac{\frac{45}{4} \times 9}{\frac{45}{4}+9} = \frac{45}{4} \times 9 \times \frac{4}{81} = 5(\Omega)$

$$\therefore P = \frac{E^2}{R_T} = \frac{10^2}{5} = 20(W)$$

## 第五章 直流迴路 (一)

### 5-1 Y-Δ 互換法則



(1)  $Y \rightarrow \Delta$

$$R_1 = R_a + R_c + \frac{R_b R_c}{R_a} = \frac{R_a R_b + R_b R_c + R_c R_a}{R_a}$$

$$R_2 = R_c + R_a + \frac{R_c R_a}{R_b} = \frac{R_a R_b + R_b R_c + R_c R_a}{R_b}$$

$$R_3 = R_a + R_b + \frac{R_a R_b}{R_c} = \frac{R_a R_b + R_b R_c + R_c R_a}{R_c}$$

(2)  $\Delta \rightarrow Y$

$$R_a = \frac{R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$R_b = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

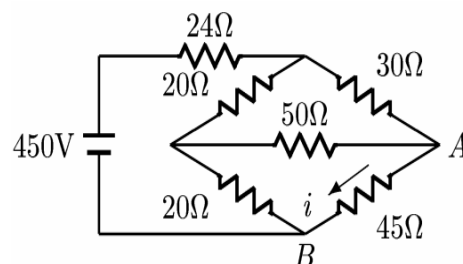
$$R_c = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

EX：如右圖所示，試求流經  $A$ ， $B$  兩點間的電流  $i$  為多少安培？（90 年）

◆詳解：上面的  $\Delta$  化成  $Y$

$$r_1 = \frac{20 \times 30}{20 + 30 + 50} = 6 \Omega$$

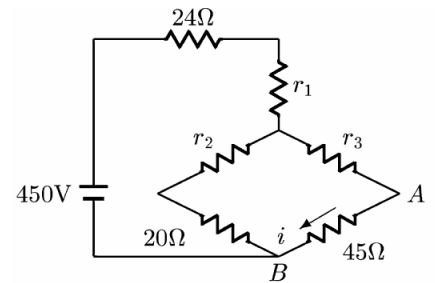
$$r_2 = \frac{20 \times 50}{20 + 30 + 50} = 10 \Omega$$



$$r_3 = \frac{30 \times 50}{20 + 30 + 50} = 15 \Omega$$

$$R_T = 24 + 6 + [(10 + 20) // (15 + 45)] = 50 \Omega$$

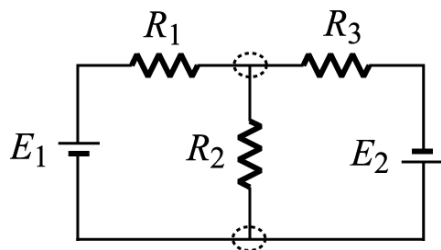
$$I_T = \frac{450}{50} = 9 \text{ A}, \quad i = 9 \times \frac{30}{30 + 60} = 3 \text{ A}$$




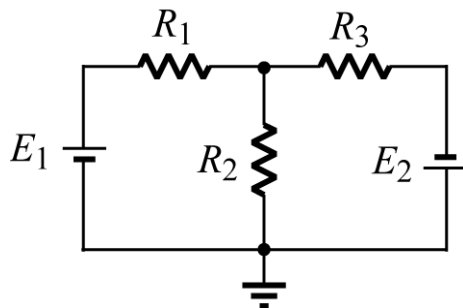
## 5-2 節點電壓法

### 一、節點電壓法分析電路步驟

Step1：仔細觀察電路，找出電路中所有的節點。

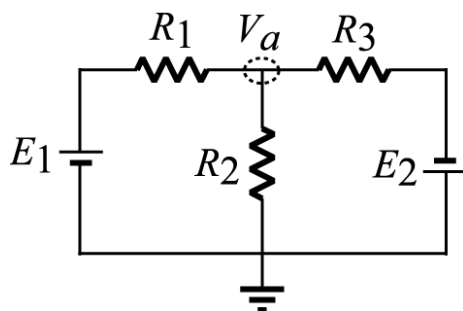


Step2：擇其中一個適當的節點為整個電路電位的參考點，並在此點劃上「」



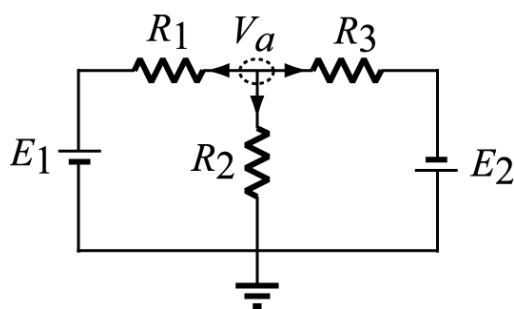
Step3：其餘各節點（餘 1 個節點）與參考點間的相對電位為未知數，並標註各

節點電位的符號如  $V_a$ 、 $V_b$  ... 等。



Step4：設各節點支路電流方向，並標示於電路圖上。





Step5：利用「KCL」與「歐姆定律」列出節點方程式。

$$\frac{V_a - E_1}{R_1} + \frac{V_a}{R_2} + \frac{V_a - (-E_2)}{R_3} = 0$$

$$\therefore \frac{V_a - E_1}{R_1} + \frac{V_a}{R_2} + \frac{V_a + E_2}{R_3} = 0$$

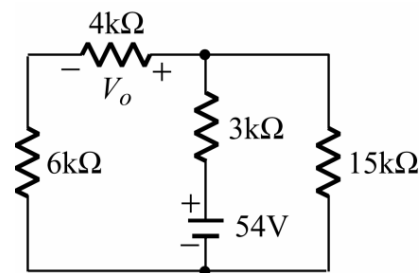
Step6：解方程式，求出節點電位  $V_a$ 、 $V_b \dots$  等。

EX：如右圖，求電壓  $V_o = ?$  (91 年)

◆ 詳解：以節點電壓法：
$$\frac{V_T}{(4k + 6k)} + \frac{V_T - 54}{3k} + \frac{V_T}{15k} = 0$$

解得  $V_T = 36V$

$$V_o = 36 \times \frac{4}{4 + 6} = 14.4V$$

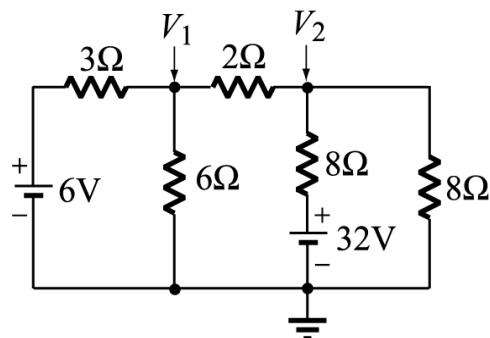


EX：如右圖所示電路節點  $V_1$  及  $V_2$  的電壓值，各為多少伏

特？(91 年)

◆ 詳解：利用節點的電壓法：

$$\begin{cases} \frac{V_1 - 6}{3} + \frac{V_1}{6} + \frac{V_1 - V_2}{2} = 0 \\ \frac{V_2 - V_1}{2} + \frac{V_2}{8} + \frac{V_2 - 32}{8} = 0 \end{cases}$$



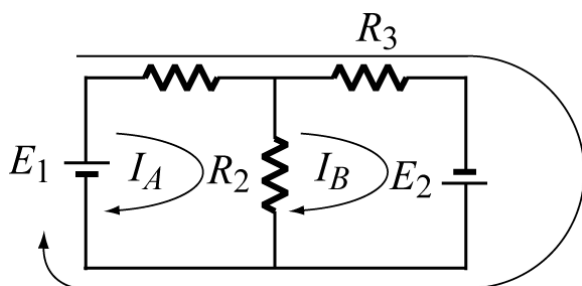
$$\Rightarrow \begin{cases} 6V_1 - 3V_2 = 12 \\ -4V_1 + 6V_2 = 32 \end{cases}$$

$$V_1 = 7V, V_2 = 10V$$

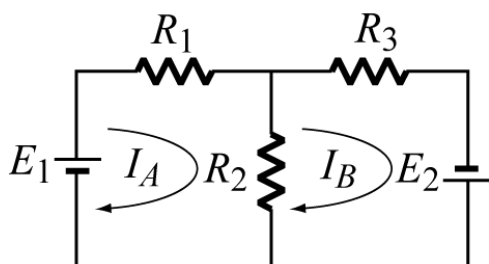
## 5-3 迴路分析法

### 一、迴路電流法分析電路步驟

Step1：找出電路中所有「獨立的」迴路。



Step2：定出迴路電流方向（一般定為順時鐘方向）。



Step3：以迴路為單位，利用「KVL」與「歐姆定律」列出方程式。

$$\text{迴路 } A: R_1 \cdot I_A + R_2(I_A - I_B) = E_1$$

$$\text{迴路 } B: R_2(I_B - I_A) + R_3 I_B = E_2$$

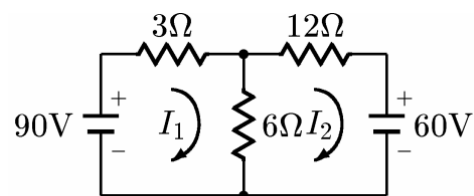
Step4：聯立方程組，求出各迴路電流。

$$\begin{cases} R_1 \cdot I_A + R_2 \cdot (I_A - I_B) = E_1 \\ R_2 \cdot (I_A - I_B) + R_3 \cdot I_B = E_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} (R_1 + R_2) \cdot I_A - R_2 \cdot I_B = E_1 \cdots \cdots \textcircled{1} \\ -R_2 \cdot I_A + (R_2 + R_3) \cdot I_B = E_2 \cdots \cdots \textcircled{2} \end{cases}$$

EX：如右圖所示，以迴路分析法，求  $I_1$ ， $I_2$ ？（90 年）

◆ 詳解：以 KVL 寫出二迴路之電壓方程式如下



$$\begin{cases} (3+6)I_1 - 6I_2 = 90 \\ -6I_1 + (6+12)I_2 = -60 \end{cases} \rightarrow$$

$$\begin{cases} 9I_1 - 6I_2 = 90 \\ -6I_1 + 18I_2 = -60 \end{cases}$$

解聯立方程式得： $I_1=10$ ， $I_2=0$

EX：圖之直流電路，以迴路分析法所列出之方程式如下：（92 年）

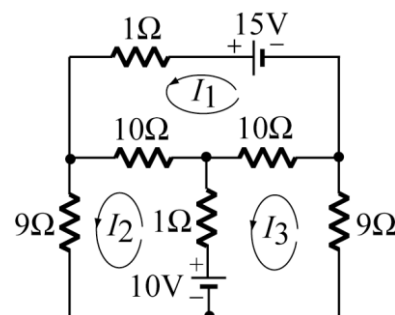
$$a_{11}I_1 + a_{12}I_2 + a_{13}I_3 = 15$$

$$a_{21}I_1 + a_{22}I_2 + a_{23}I_3 = 10$$

$$a_{31}I_1 + a_{32}I_2 + a_{33}I_3 = -10$$

則  $a_{11} + a_{22} + a_{33} = ?$

◆詳解：利用迴路分析法



$$\text{迴路 1.} \Rightarrow I_1 + 10(I_1 - I_2) + 10(I_1 - I_3) = 15$$

$$\text{迴路 2.} \Rightarrow 9I_2 + (I_2 - I_3) + 10(I_2 - I_1) = 10$$

$$\text{迴路 3.} \Rightarrow 9I_3 + 10(I_3 - I_1) + (I_3 - I_2) + 10 = 0$$

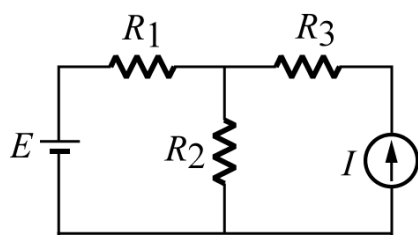
$$\rightarrow \begin{cases} 21I_1 - 10I_2 - 10I_3 = 15 \\ -10I_1 + 20I_2 - I_3 = 10 \\ -10I_1 - I_2 + 20I_3 = -10 \end{cases}$$

$$\text{知 } a_{11} = 21, a_{22} = 20, a_{33} = 20$$

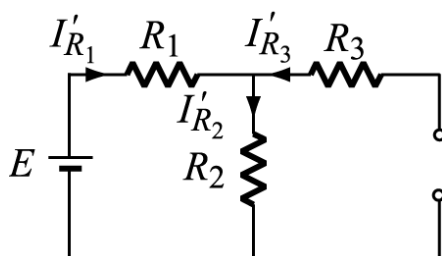
$$\therefore a_{11} + a_{22} + a_{33} = 61$$

## 5-4 重疊定理

一、重疊定理分析電路步驟



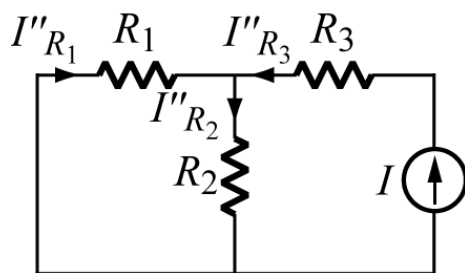
Step1：將電流源暫時斷路，重劃電路圖，並分析電路。



$$I'_{R1} = I'_{R2} = \frac{E}{R_1 + R_2}$$

$$I'_{R3} = 0$$

Step2：將電壓源暫時短路，重劃電路圖，並分析電路。

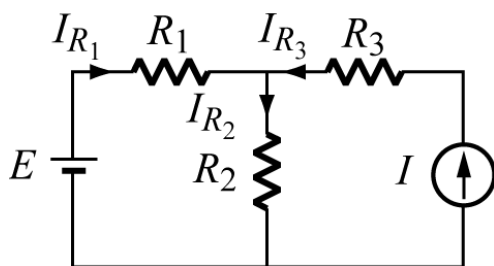


$$I''_{R1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times I$$

$$I''_{R2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times I$$

$$I''_{R3} = I$$

Step3：把上列步驟 1、2 得到的「電流」，「重疊」起來，即為該元件之正確電流。



$$I_{R1} = I'_{R1} + I''_{R1}$$

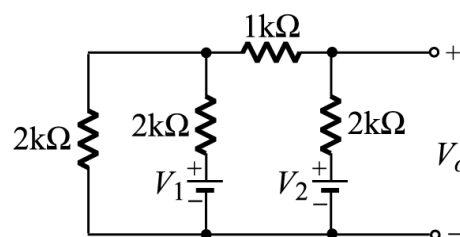
$$I_{R2} = I'_{R2} + I''_{R2}$$

$$I_{R3} = I'_{R3} + I''_{R3}$$

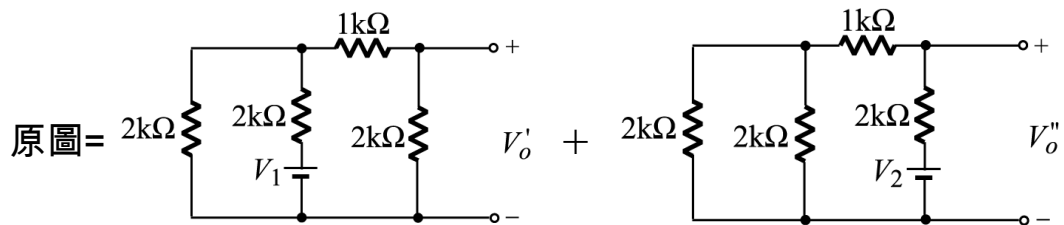
EX：某信號傳輸電路如圖所示，其輸入電壓（ $V_1$  及  $V_2$ ）

與輸出電壓（ $V_o$ ）關係表示為  $V_o = aV_1 + bV_2$ ，則

$a+b=?$  ( 92 年 )



◆詳解：利用重疊定理



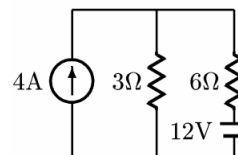
$$V'_o = \frac{V_1}{2k + \frac{6}{5}k} \times \frac{2}{2+3} \times 2k = \frac{1}{4} V_1$$

$$V''_o = V_2 - \frac{V_2}{4k} \times 2k = \frac{1}{2} V_2$$

$$V_o = V'_o + V''_o = \frac{1}{4} V_1 + \frac{1}{2} V_2$$

$$\therefore a = \frac{1}{4} \quad b = \frac{1}{2} \quad a + b = \frac{3}{4}$$

EX：如圖所示之電路，電流源所供給之功率為多少瓦特？（89年）



◆詳解：電流源供應功率 = (4A) × (3Ω兩端之電壓)

以重疊定律求 3Ω兩端之電壓：

1、4A 動作，12V 短路：  $I_{3\Omega} = 4 \times \frac{6}{3+6} = \frac{8}{3}$ ，故  $V_{3\Omega} = \frac{8}{3} \times 3 = 8V$

2、12V 動作，4A 斷路：  $V_{3\Omega} = 12 \times \frac{3}{3+6} = 4V$

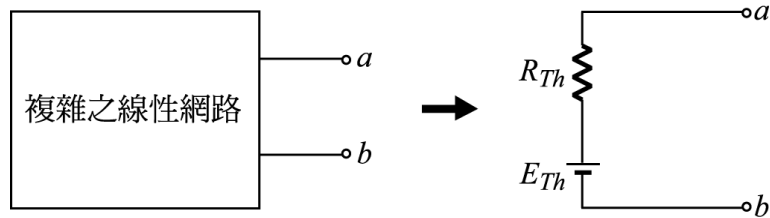
3Ω兩端總電壓  $V_{3\Omega} = 8 + 4 = 12V$

故電流源供應功率 = 4A × 12V = 48W

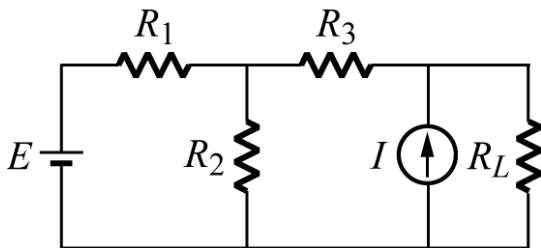
## 第六章 直流迴路 (一)

### 6-1 戴維寧定理

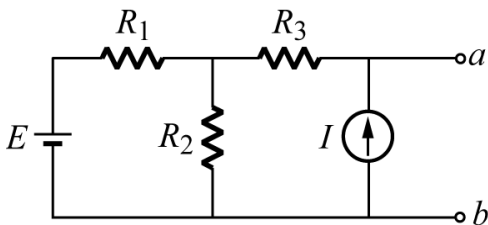
- 一、戴維寧定理：任意兩端點間之網路，都可以由一等效電壓 ( $E_{Th}$ ) 與等效電阻 ( $R_{Th}$ ) 「串聯」，而成的「戴維寧等效電路」來取代。



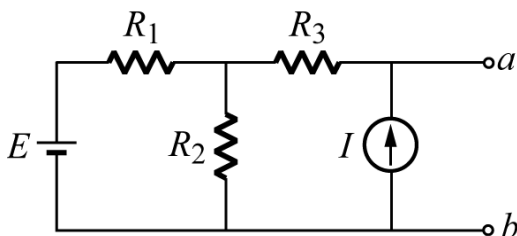
#### 二、戴維寧定理分析電路步驟



Step1：把「 $R_L$ 」移去，並將其留下之兩個端點分別標記為「 $a$ 」、「 $b$ 」

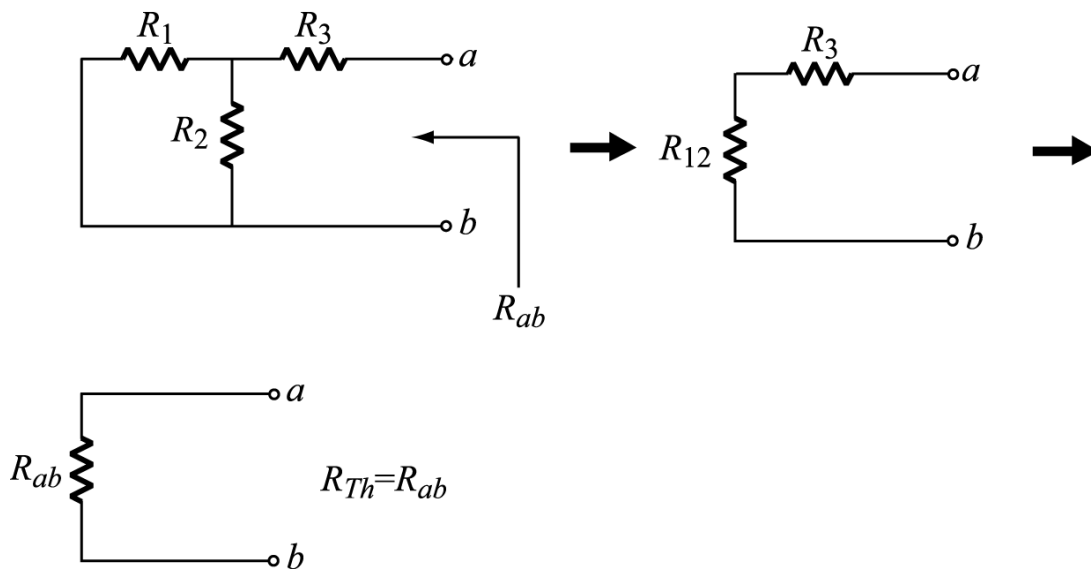


Step2：求戴維寧等效電壓 ( $E_{Th}$ )：

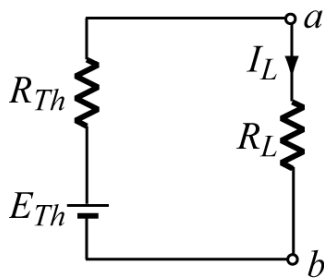


$$E_{TH} = V_{ab} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times E$$

Step3：求戴維寧等效電阻 ( $R_{Th}$ )：



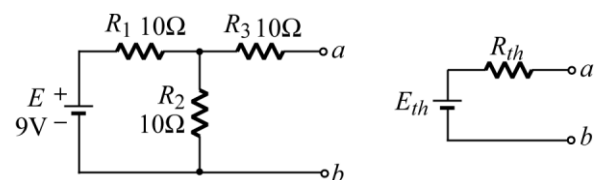
Step4：將  $E_{Th}$  與  $R_{Th}$  串聯組成戴維寧等效電路，再把負載也放回  $a$ 、 $b$  兩點間，則將可輕易的求出負載的端電壓與流經負載的電流。



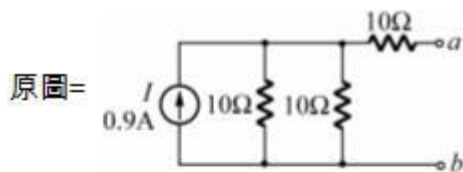
$$I_L = \frac{E_{TH}}{R_{TH} + R_L}$$

EX：將右圖電路簡化為戴維寧等效電路，

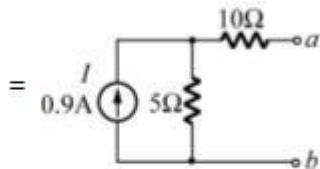
則  $E_{th} = ?$   $R_{th} = ?$  (89 年)



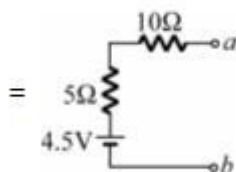
◆詳解：先求  $E_{th}$



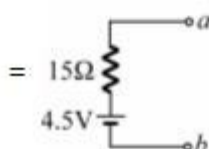
$$I = \frac{E}{R_1} = \frac{9}{10} = 0.9(\text{A})$$



$$10 // 10 = \frac{10 \times 10}{10 + 10} = 5(\Omega)$$



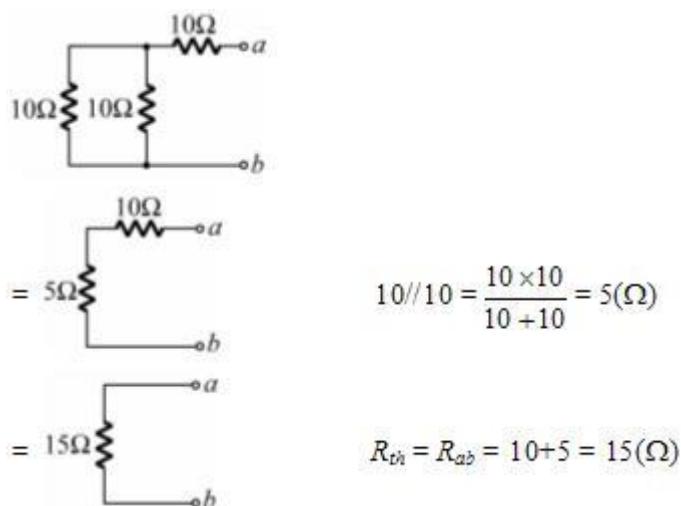
$$V = 0.9 \times 5 = 4.5(\text{V})$$



$$10 + 5 = 15(\Omega)$$

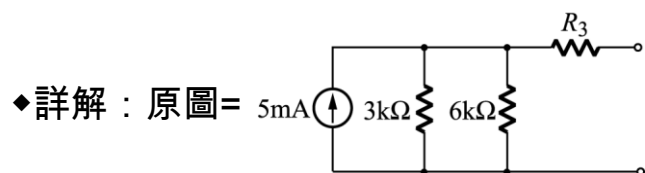
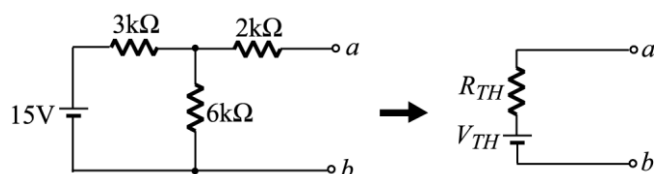
$$E_{th} = V_{ab} = 4.5(\text{V})$$

再求  $R_{th}$  ( 電動勢短路，定電流源斷路 )



EX: 如右圖所示電路中之戴維寧等效電阻  $R_{TH}$

與等效電壓  $V_{TH}=?$  ( 90 年 )



$$V_{TH} = 5m \times (3k // 6k) = 10(V)$$

$$R_{TH} = 2k + (3k // 6k) = 4k(\Omega)$$

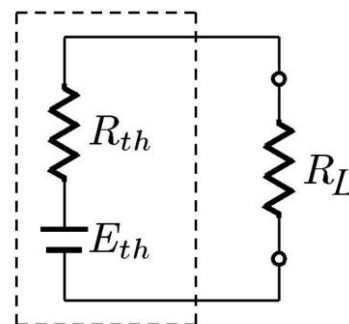
## 6-2 最大功率轉移

一、概述：在任一電路中，負載電阻要取得最大輸出功率，

條件是：

「負載電阻  $R_L$  = 戴維寧等效電阻  $R_{th}$ 」。

此時最大功率輸出  $P_{max}$



$$P_{max} = I^2 R_L = \left( \frac{E_{th}}{R_{th} + R_L} \right)^2 \times R_L = \frac{E_{th}^2}{4R_{th}}$$

二、解題步驟：

(1) 將負載電阻移開。

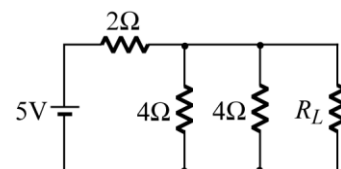
(2) 求得戴維寧等效電阻  $R_{th}$ 。

(3) 當「 $R_L = R_{th}$ 」，可得最大功率輸出。

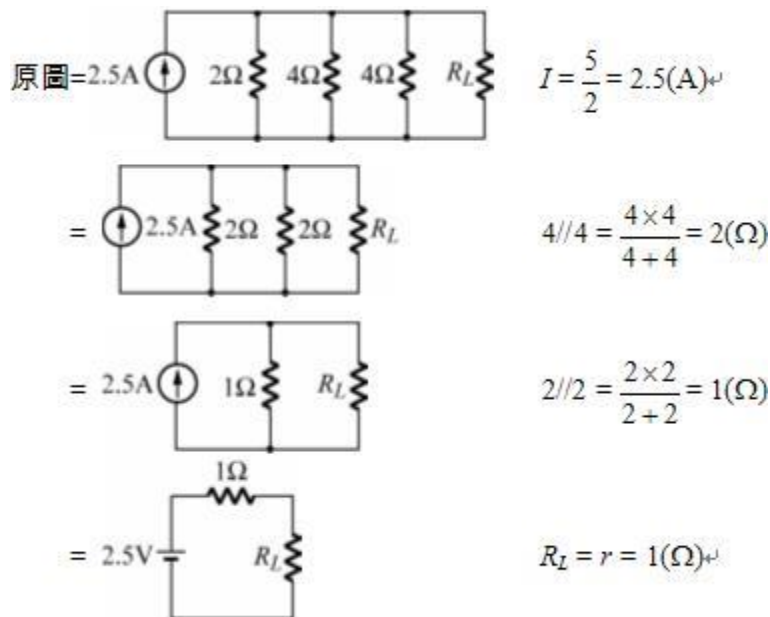


EX: 如右圖所示, 欲使負載電阻  $R_L$  獲得最大功率, 則  $R_L$  的值應為?

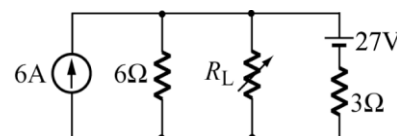
( 88 年 )



◆詳解：



EX: 如右圖所示, 欲使負載  $R_L$  得到最大功率, 則  $R_L$  及其得到之最大功率分別為? ( 89 年 )

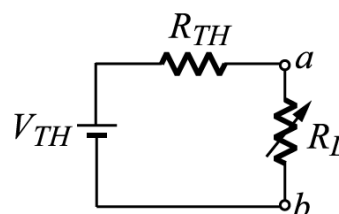


◆詳解：原圖 → 右圖

$$R_{TH} = 6//3 = 2(\Omega)$$

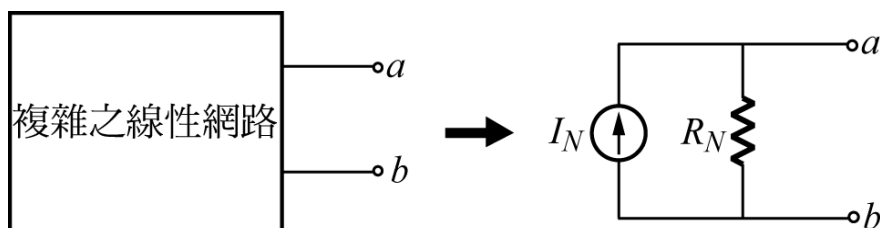
$$V_{TH} = 6 \times (6//3) + \frac{6}{6+3} \times 27 = 30(V)$$

$$P_{RL} = \frac{V_{th}^2}{4R_{th}} = \frac{30^2}{4 \times 2} = 112.5(W)$$

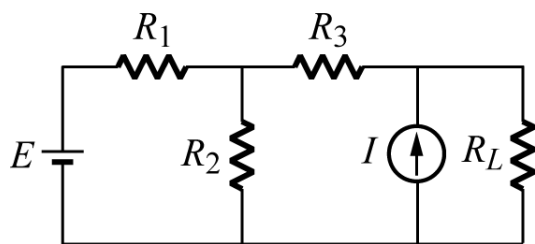


## 6-3 諾頓定理

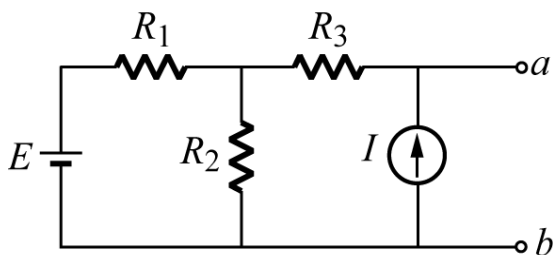
一、諾頓定理：任意兩端點間之網路，都可以由一等效電流 ( $I_N$ ) 與等效電阻 ( $R_N$ ), 「並聯」而成的「諾頓等效電路」來取代。



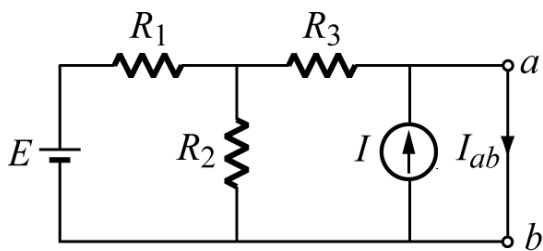
## 二、諾頓定理分析電路步驟



Step1：把「 $R_L$ 」移去，並將其留下之兩個端點分別標記為「 $a$ 」、「 $b$ 」。

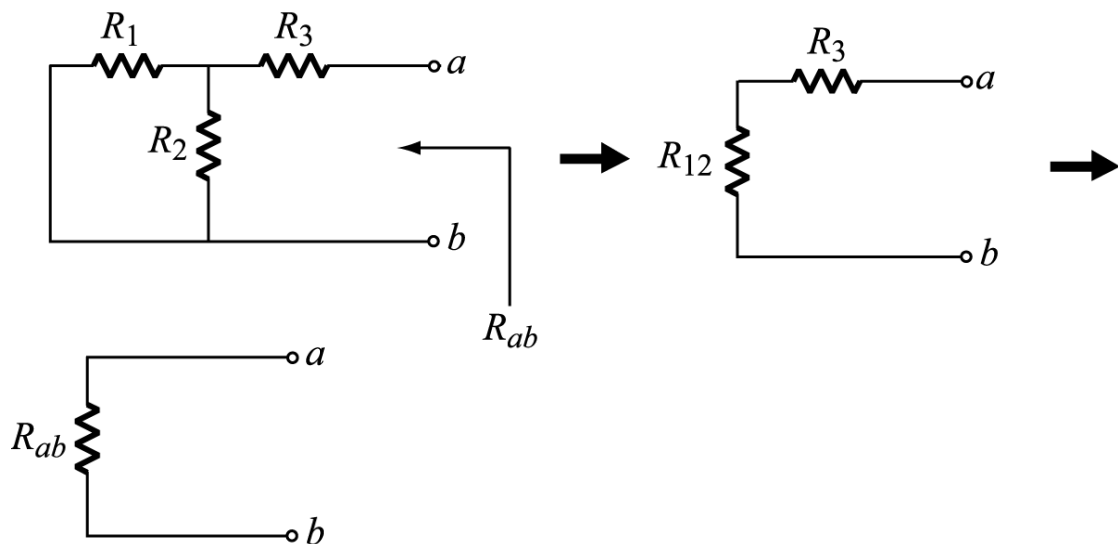


Step2：求諾頓等效電流 ( $I_N$ ):



$$I_N = I_{ab}$$

Step3：求諾頓等效電阻 ( $R_N$ ):

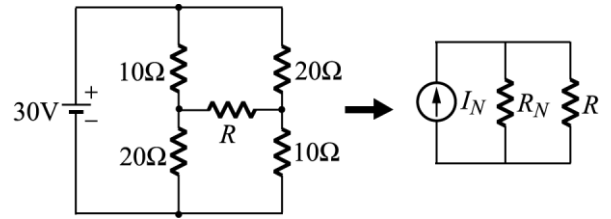


$$R_N = R_{ab}$$

註：同一電路， $R_N = R_{Th}$  是相同的，即  $R_N = R_{Th}$ 。

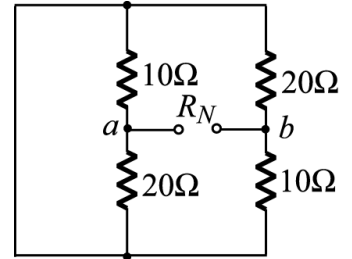
EX：如右圖所示，求  $R_N$  ( 諾頓等效電阻 ) 及  $I_N$

( 諾頓等效電流 ) ? ( 87 年 )



◆詳解：1. 求  $R_N$ ：

$$\begin{aligned} R_N &= R_{ab} \\ &= (10//20) + (20//10) \\ &= \frac{20 \times 10}{20 + 10} + \frac{20 \times 10}{20 + 10} = \frac{400}{30} (\Omega) = \frac{40}{3} (\Omega) \end{aligned}$$



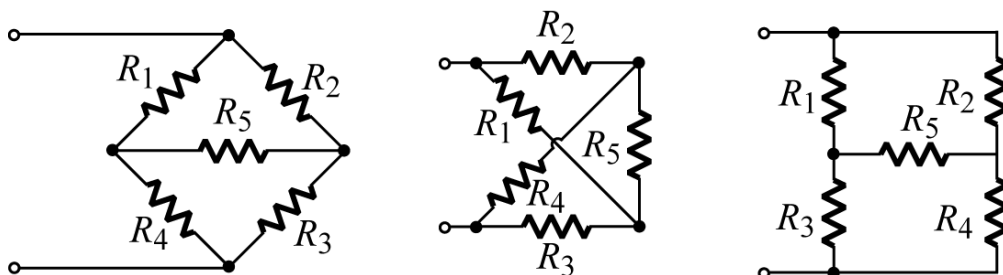
2. 求  $I_N$ ：

$$\begin{aligned} E_{th} &= V_{ab} = V_a - V_b \\ &= 30 \times \frac{20}{10 + 20} - 30 \times \frac{10}{10 + 20} = 10(V) \end{aligned}$$

$$I_N = \frac{E_{th}}{R_N} = \frac{10}{\frac{40}{3}} = \frac{3}{4} (A)$$

## 6-4 電橋網路

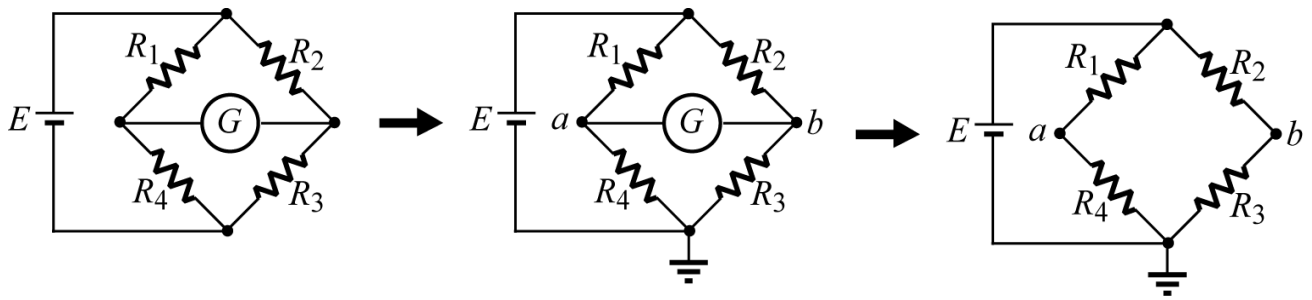
一、電橋網路 ( Bridge networks )



若  $R_5$  電阻有電流通過者為「不平衡電橋」，

若  $R_5$  電阻無電流通過，則為「平衡電橋」。

二、惠斯登電橋

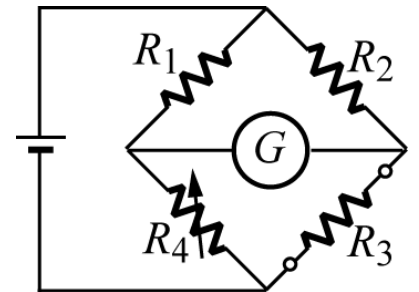


若電橋平衡，則檢流計「 $G$ 」沒有電流通過，此時  $a$ 、 $b$  間短路或開路都不會影響電路性質，則  $R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$

### 三、惠斯登平衡電橋的應用

#### 1、應用(一)

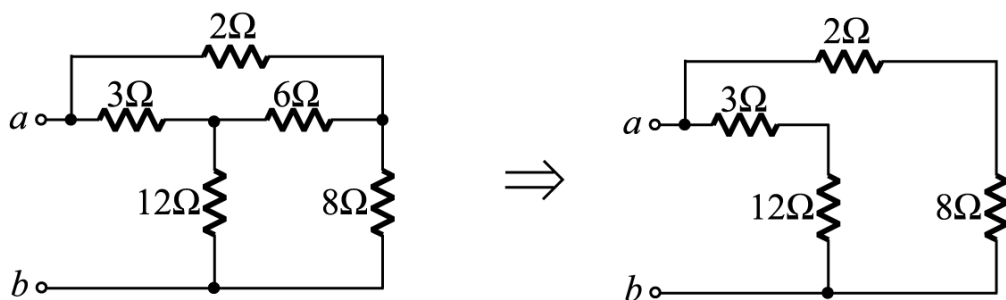
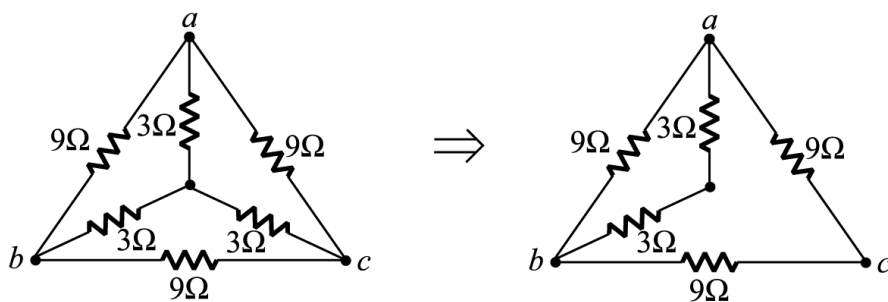
如圖  $R_x$  為待測電阻，調整標準電阻  $R_s$ ，使得檢流計  $G$  之電流指示值為零，則電橋達平衡狀態，

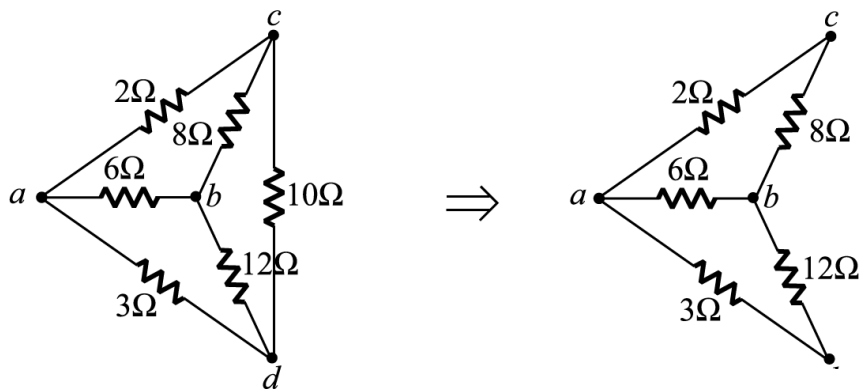


$$\text{故 } R_1 \cdot R_x = R_2 \cdot R_s$$

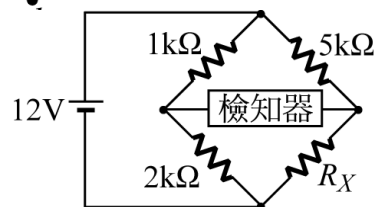
即可利用惠斯登平衡電橋來測量未知電阻。

#### 2、應用(二)—化簡電路





EX：如右圖所示，其為惠斯登（Wheat stone）電橋，欲使電橋平衡，則  $R_x$  值應為？（89 年）



◆ 詳解： $5k \times 2k = 1k \times R_x$

$$R_x = \frac{5k \times 2k}{1k} = 10k(\Omega)$$

EX：如右圖所示電路中  $R_{ab}$  為多少  $\Omega$ ？（92 年）

◆ 詳解：利用惠斯登平衡電橋原理移去 cd 間  $6\Omega$

$$\therefore R_{ab} = (8+12) // (2+3) // 3 = 4 // 3 = \frac{12}{7} (\Omega)$$

