實驗二 戴維寧、諾頓與重疊定理

一、 實驗目的：

1、 瞭解戴維寧定理之原理與應用。

2、 瞭解諾頓定理之原理與應用。

3、 瞭解重疊定理之原理與應用。

4、 證明當電源內部阻抗與負載阻抗相等，其功率轉移為最大。

二、 原理與說明：

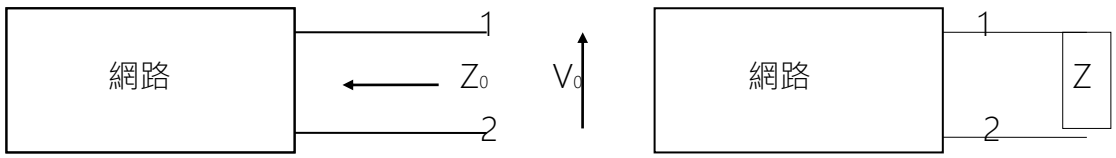
1、 戴維寧定理(Thevenin’s Theorem)

無論多複雜之電路，如要求某依電路之電流時，使用戴維寧定律可以很簡單的求得。

如圖 1(a)所示，一個含有電源之網路的端子 1、2 之間的電壓， 以 V_0 表示；由端子看進去之阻抗以 Z_0 表示，在端子上所接之阻抗如為 Z，如圖 1(b)所示，則流到 Z 之電流 I 可以下式表示之

$$I = \frac{V_0}{Z_0 + Z}$$

此既為戴維寧定理。



(a) 圖 (1) (b)

2、 利用戴維寧定理解電路之程序

如圖 2(a)所示電路，用歐姆定律與串並聯電路法求得流經 R_3 之電流為

$$\frac{V}{R_1+\frac{R_2R_3}{R_2+R_3}}\bullet\frac{R_2}{R_2+R_3}=0.5[A]$$

，如使用戴維寧定理，可以以下列方法求得：

(1)、 如圖 2(a)中之 R3 由端子 1，2 之間切開成如圖 2(b)所示。此時，先求端子 1，2 之間的電壓極性及大小。其極性(1→2)為電壓之大小 V′ 為

$$V'=\frac{R_2V}{R_1+R_2}=\frac{100\times100}{100+100}=50[V]$$

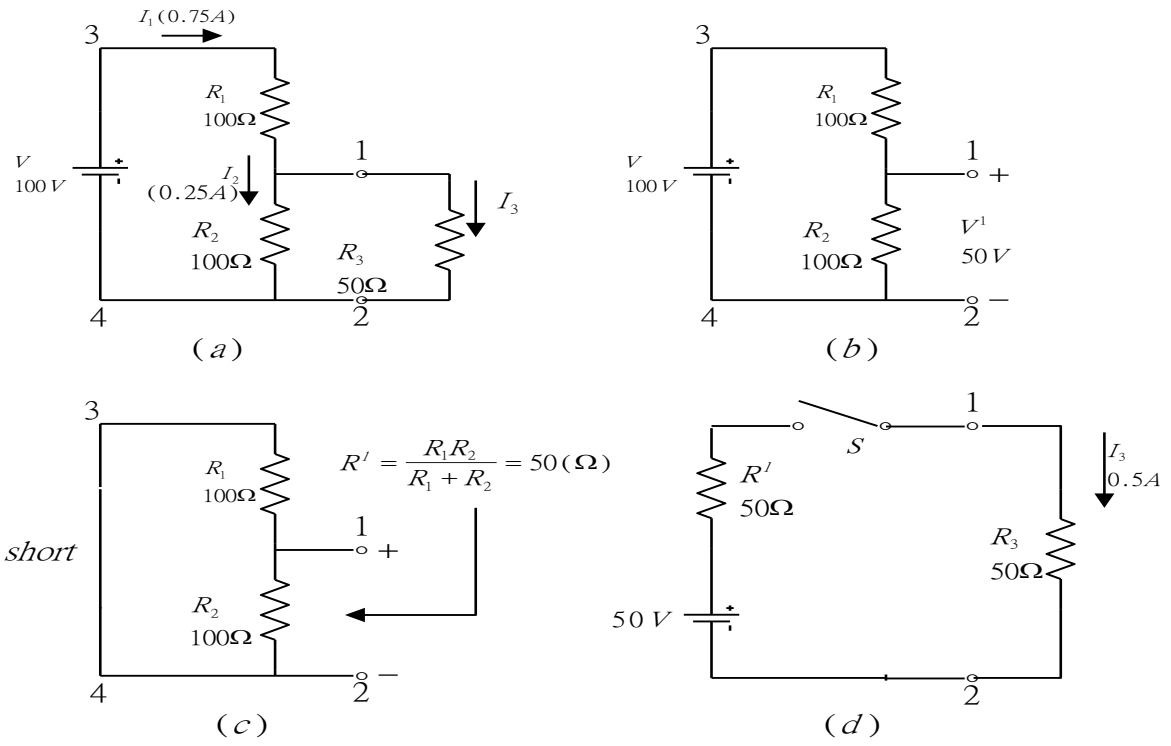
(2)、 接著，將電源電壓 V 由圖 2(b)中除去，並將端子 3、4 間短路成為如圖 2(c)所示，此時，求端子 1，2 間之總電阻 R′ 。

$$R'=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}=\frac{100\times100}{100+100}=50[\Omega]$$

(3)、 如圖 2(d)所示，電路之左邊可以一個簡單之電源 V′ 及一個電阻 R′ 串聯電路代替。如圖 2(d)中，將開關 S 閉合，則流經 R_3 之電流 I_3 為：

$$I_3=\frac{V'}{R'+R_3}=\frac{50}{50+50}=0.5[A]$$

其所得結果僅以圖 2(a)計算所得結果相同。



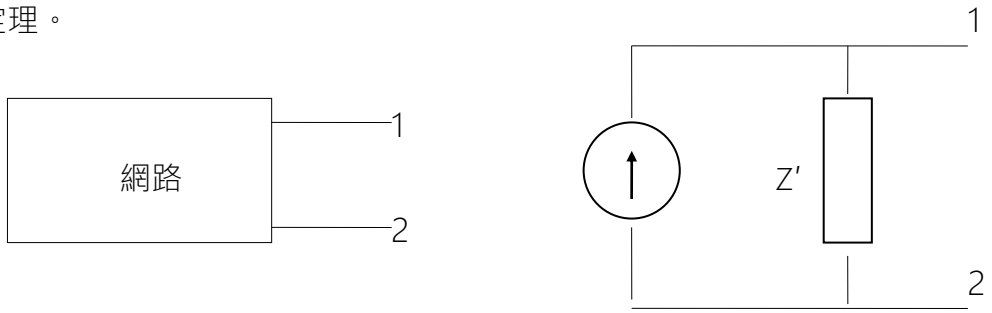
圖(2)

所有無論多複雜之電路，如要求一支路電路時，使用諾頓定理可以很間單的求得。

3、 諾頓定理(Norton’s Theorem)

如圖 3(a)所示，一個含有電源之網路得端子可以以一個電流源 I’ 及一個阻抗 Z’ 之並聯電路來代替。如圖(b) 所示

此既為諾頓定理。



圖(3)

4、 用諾頓定理解電路之程序

如圖 4(a)所示，欲求通過 R_3 之電流 I_3 時，可以下列步驟求得。

(1)、 如圖 4(a)中之 R3 由端子 1，2 之間切開，成如圖 4(c)所示。

(2)、 將圖 4(c)之端子 1，2 予以短路，如圖 4(b)，求通過端子 1，2 之間的電流 I′

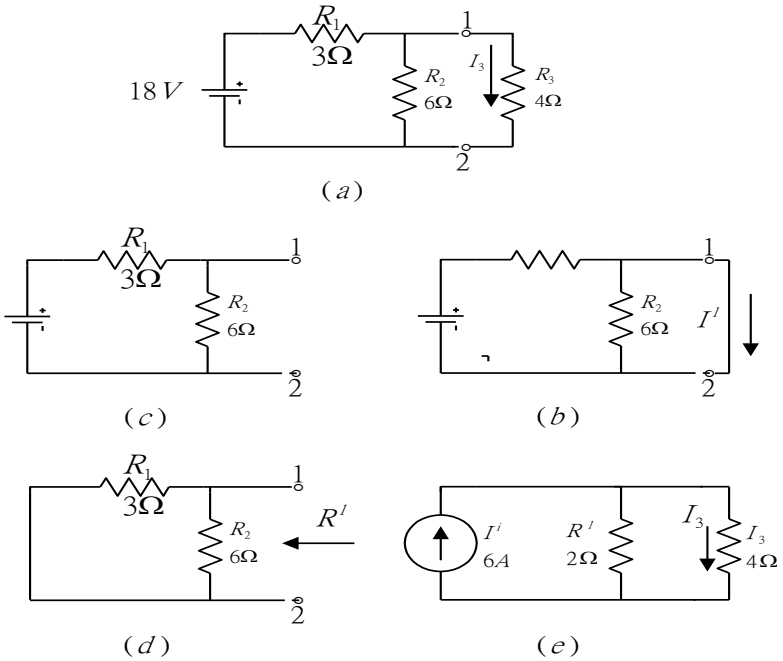
$$I' = \frac{18}{3} = 6(A)$$

(3)、 將圖 4(c)之電源予以短路，使成為如圖(d)所示，計算由端子 1，2 間看進去之等效電阻 R′

$$R' \quad \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3 \times 6}{3+6} = 2(\Omega)$$

(4)、在如圖 4(e)所示，依電流分配定則求通過 R_3 之電流源 I_3

$$I_3 = I' \times \frac{R'}{R' + R_3} = 6 \times \frac{2}{2+4} = 2(A)$$



圖(4)

5、 重疊定理(Superposition)

在網路中之任何一元件的電流是等於各電源單獨在它上面所產生電流的代數和，而跨於其兩端的電壓降則是各電源單獨在它上面產生的電壓降的代數和。

6、 使用重疊定理的方法

先考慮各電源在各該元件的效應。再移去其他的電源，電壓源視為短路，電流源視為開路。詳述如下：

(1)、 如圖 5(a)之電路中，含有兩個電源，要求各支路電流 I_1，I_2，I_3，如以克希荷夫定律去計算可得 I_1 = 3mA，I_2 = 0mA，I_3= 3mA。

(2)、 如圖 5(b)所示，將圖(a)中之 V_3 電源去掉，改以短路代替，各支路之電流 I_1' ，I_2' I_3' 可以歐姆定律簡單計算得；I_1' = 1.5mA，I_2' = 0.75mA，I_3' = 0.75mA。

(3)、 再如圖 5(c)所示，將圖(a) 中之 V_1 電源去掉，改以短路代替 ，各支路之電流 I_1'' ，I_2'' ，I_3'' 可以歐姆定律簡單計算得；I_1'' = 1.5mA，I_2'' = 0.75mA，I_3'' = 2.25mA。

(4)、 再研究看看圖(b)、(c)與(a)之間有什麼關係，電流方向相同的電流 I_1 ，I_1' ，I_1'' ，為 I_1' + I_1'' = I_1 = 3mA。I_2，I_2' ，I_2'' 因方向有不同，故為 I_2' —I_2'' =0， I_3 = 3mA。

因此，就電流而言，將圖(b)與圖(c)重疊後，可視為與圖(a)同，故稱為重疊定理。

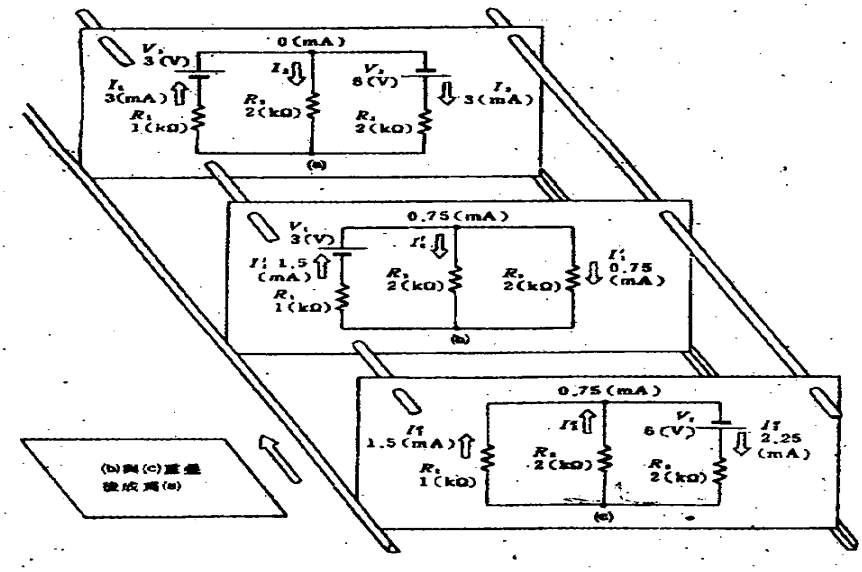


圖 5

三、 實驗器材：

1、電源供給器

2、三用電錶

3、電阻：1 KΩ ×3、1.5KΩ ×2

四、實驗項目：

工作 1：利用戴維寧定理計算串並聯混合電路等效電壓及串聯電阻

(1) 如圖(6)所示之串並聯電路，如將虛線部份化簡為如圖(7)中之虛線部份時，則

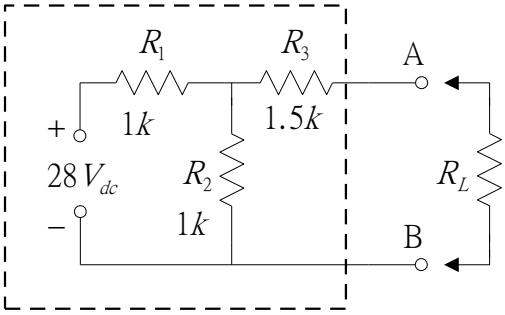
$V_{TH} = E_{R2} =$ _____

(2) 而 $R_{TH} =$_____

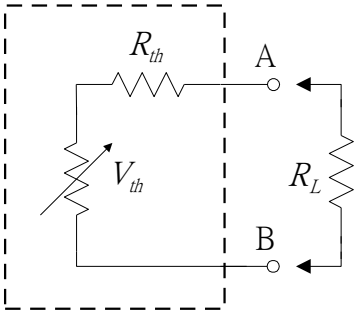
(3) 計算流經 R_L 之電流及其電壓降(設 R_L = 1.5K)

$I_{RL} =$ _____

$E_{RL} =$ _____



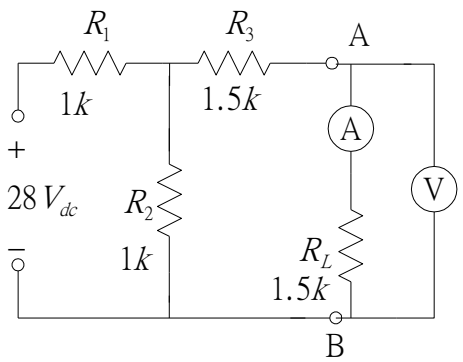
圖(6)



圖(7)

工作 2：使用三用電錶測量串並聯混合電路之電壓與電阻

(1) 連接電路如圖(8)所示，將 A、B 端開路，並暫時不要加電源。



圖(8)

(2) 將三用電錶撥至歐姆檔。

(3) 將預定接電源之兩端短路。

(4) 測量 A、B 兩端之電阻，R_{TH} =_____Ω。比較看看是否與計算值相同？_____

(5) 將短路的兩個端點開路，並接到電源供應器。並調整電源為 28Vdc。

(6) 將三用電錶撥至 DC 電壓檔。

(7) 測量 A、B 兩端之電壓，E_{TH}=_____Vdc，比較看看是否和計算值相同？_____

(8) 將電源調回 0V。

工作 3：使用電流錶與三用電錶測量負載電流與電壓

(1) 連接電路如圖(8)所示。

(2) 調整電源電壓為 28Vdc。

(3) 測量跨於 R_L 兩端之電壓 E_{RL} = _____Vdc。

(4) 測量流經 R_L 之電流 I_{RL} = _____ mAdc。

(5) 將電源調回 0V。

(6) 比較測量值與計算值是否相同，_____

工作 4：使用諾頓定理計算串並聯混合路之等效電流源與並聯電阻

一個複雜串並聯混合電路也可以化為簡單之諾頓等效電路，如圖(6)之電路虛線部份，可以化簡為如圖(9)所示之虛線部份。而其等效電流源之計算方法為將圖(6)中之電路的 A、B 兩端短路時，流經短路部份之電流。而等效電阻 R_N 之計算方法與戴維寧定理相同，以公式表示諾頓定理與戴維寧定理之關係如下所示：

$R_N = R_{TH}$

$V_{TH} = I_N \times R_{TH}$

$V_{TH} = I_N \times R_N$

$I_N = V_{TH}/R_{TH}$

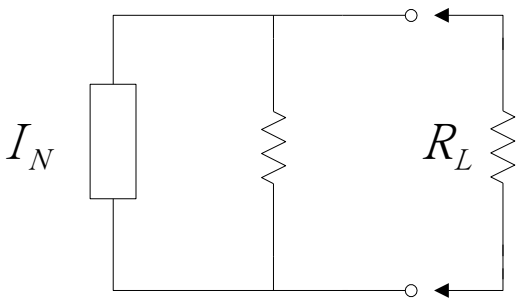
(1) 使用諾頓定理計算圖(8)之等效電阻 R_N = _____ Ω。

(2) 計算諾頓等效電流 $I_N = V_{TH} / R_{TH}$ =_____=_____mAdc。

(3) 計算圖(9)之電路中流經 R_L 之電流(設 R_L=1.5K)。

$$I_{RL} = I_N \times \frac{R_N}{R_N + R_L} = _____ = _____ \text{mAdc}$$

(4) 計算跨於負載電阻 R_L 之電壓，E_{RL} = _____Vdc。



圖(9)

工作 5：使用三用電表測量線路電流以證實重疊定理

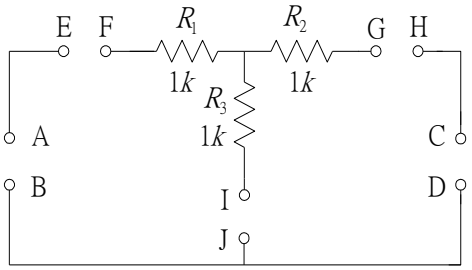
(1) 如圖(10)接線。

(2) 如圖(11)所示 A、B 兩端接上電源供應器，供給電路 30Vdc 之電源。同時在 E、F 之間串接一數位電錶，C、D 兩端，G、H 兩端，I、J 兩端分別予以短路。

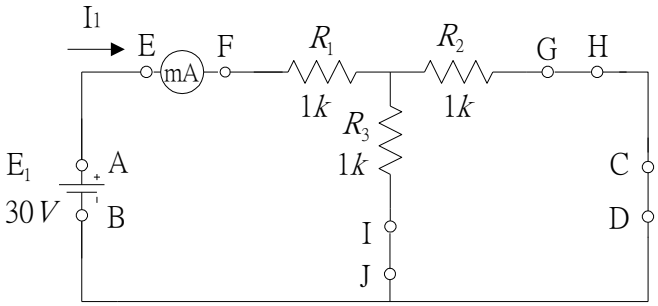
(3) 觀察 E、F 兩端所串接之電流表上所顯示之電流值為 I_1=_____mAdc，其電流方向由_____流向_____。並將之記錄於表 1 中。

(4) 將電流表移至 I、J 兩端之間，如圖(12)所示。

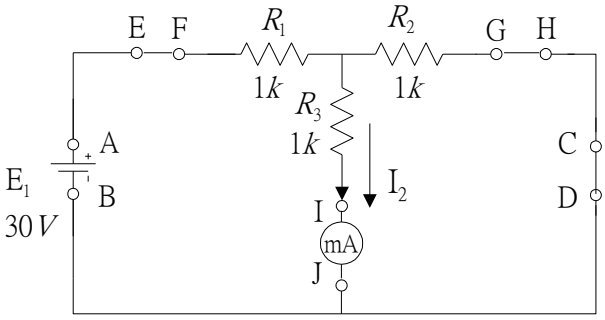
(5) 觀察 I、J 兩端所串接之電流表上所顯示之電流值為 I_2=_____mAdc，其電流方向為由由_____流向_____。並將之記錄於表 1 中。



圖(10)



圖(11)

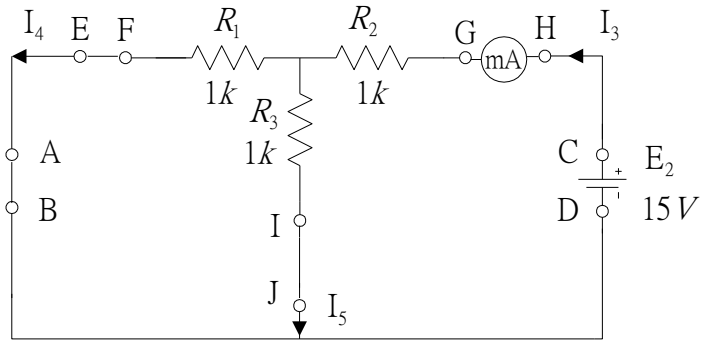


圖(12)

	電　流　值　(mA)			
	計算值	電流方向	測量值	電流方向
I_1				
I_2				
I_3				
I_4				
I_5				
I_{T1}				
I_{T2}				

表(1)

(6) 將電路接線改為如圖(13)所示(電壓源在右邊)。



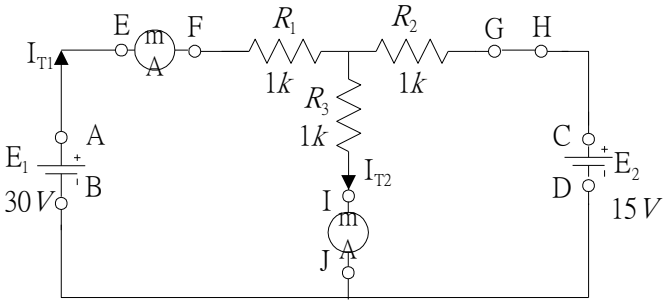
圖(13)

(7) 分別測量 I_3、I_4、I_5 之電流值及註明其電流方向，並分別記入表(1)中。

(8) 將電路接線改為如圖(14)所示(兩個電壓源)。

(9) 分別測量 I_{T1} 與 I_{T2} 之電流值及註明其電流方向，並分別記入表(1)中。

根據重疊定理，可以算出： $I_{T1}=I_1-I_2=15mA$ 、 $I_{T2}=I_2+I_5=15mA$ 。



圖(14)

五、問題與討論：

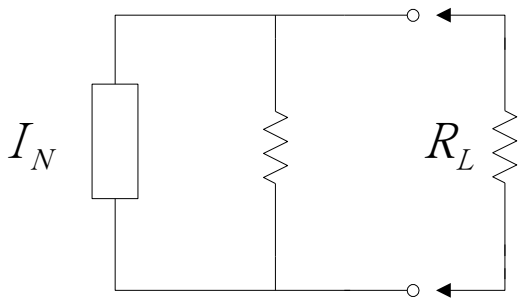
1、比較工作四與工作二、三之結果。

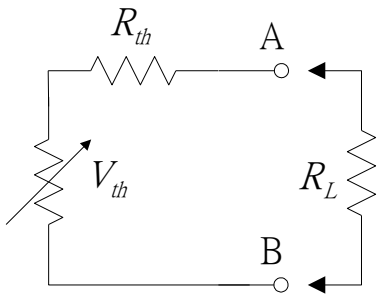
_____

2、試比較表 1 之測量值與計算值有無不同？

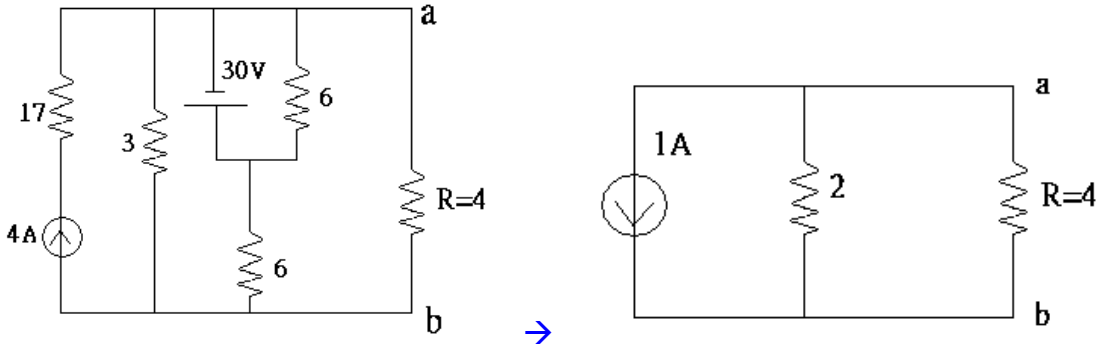
_____

3、討論戴維寧電路與諾頓電路之互換關系。





_____

_____

4、用諾順定理求出 R=4 歐姆電阻上之電流及電壓。若改為 R=10 歐姆時電阻上之電流及電壓又為多少?