

第 1 章 工場安全及衛生

問題討論

實習一 工場安全及衛生

1. 滅火器可分哪幾種？試簡述之。

解：(1)泡沫滅火器：乙類火災最有效的滅火器。(2)二氧化碳滅火器：適用乙、丙類火災。
(3)鹵化烷滅火器：適用乙、丙類火災。(4)乾粉滅火器：滅火速度快，適用各類火災。
(5)消防栓（水）：適合甲類火災。

2. 火災的預防方法有哪幾種？

解：(1)去除可燃物質；(2)防止高溫；(3)嚴禁工作人員吸煙；(4)養成良好工作方法及習慣，慎用高溫設備；(5)做好電力線路及設備之檢查及維護；(6)做好防災教育訓練。

3. 實習工場學生人事組織有哪五位？其主要職責為何？

解：(1)領班、安全管理員、工具管理員、材料管理員、清潔管理員。
(2)主要職責，請參考課本 P1-5～P1-6 頁：『實習工場學生人事組織職責』。

第 2 章 銲接練習

問題討論

實習一 銲接練習

1. 試說明銲劑的作用。

解：銲劑的作用可以降低銲錫的表面張力及防止接點氧化。

2. 試說明電烙鐵的種類與選用原則。

解：(1)電烙鐵依功能可分為基本型電烙鐵、變溫型電烙鐵及恆溫型電烙鐵三種。

(2)電烙鐵選用原則首重電烙鐵之功率大小，一般以零件之接點大小來決定；如果零件接點小，容易因過熱而損壞者，宜採用恆溫型電烙鐵較合適。其次考慮銲接零件之接點大小差異性，如果差異性很小，宜採用基本型電烙鐵，否則宜採用變溫型電烙鐵。

3. 試說明銲接的要領。

解：(1)清潔烙鐵頭；

(2)在烙鐵頭上加少許新銲錫；

(3)將烙鐵頭緊靠被銲物；

(4)加熱 1~3 秒（恰能使銲錫熔化即可），再加入適當的銲錫；

(5)等待銲錫在被銲物上完全熔解（表面光亮平滑）後，移開銲錫，再移開烙鐵頭，待銲錫凝固後即可。

第 3 章 電阻、電壓及電流之量測

實習一		電阻的認識與量測		評分	
班級		座號		姓名	

工作項目一 色碼電阻器的辨識與量測

- 將 10 個固定電阻器依序由小而大編號成 R_1 、 R_2 … R_{10} 。
- 將 10 個電阻器之色碼及代表的電阻值填入表 3-1.2。
- 使用三用電表量測 10 個電阻器之電阻值並填入表 3-1.2。
- 比較步驟 2 與步驟 3 之結果是否相同？ 否。如果不同，為什麼？
三用電表只能量測 $1\Omega \sim 1M\Omega$ 的電阻。

▼表 3-1.2 色碼電阻的辨識與量測

編號	色碼	色碼辨識結果	量測結果
R_1	綠黑銀紅	$0.5\Omega \pm 2\%$	無法判讀
R_2	橙白金棕	$3.9\Omega \pm 1\%$	4Ω
R_3	棕黑黑金	$10\Omega \pm 5\%$	9.5Ω
R_4	黃紫棕金	$470\Omega \pm 5\%$	480Ω
R_5	棕黑紅銀	$1k\Omega \pm 10\%$	1000Ω
R_6	橙橙紅紅	$3.3k\Omega \pm 2\%$	$3.5k\Omega$
R_7	棕黑橙金	$10k\Omega \pm 5\%$	$9.5k\Omega$
R_8	綠棕橙金	$51k\Omega \pm 5\%$	$50k\Omega$
R_9	綠藍黃金	$560k\Omega \pm 5\%$	$550k\Omega$
R_{10}	棕黑藍金	$10M\Omega \pm 5\%$	無法判讀

工作項目二 使用數位多功能電表量測電阻

- 使用數位多功能電表，將工作項目一的 10 個電阻器重新量測一次。
- 比較數位電表與三用電表，何者準確度高？ 數位電表。

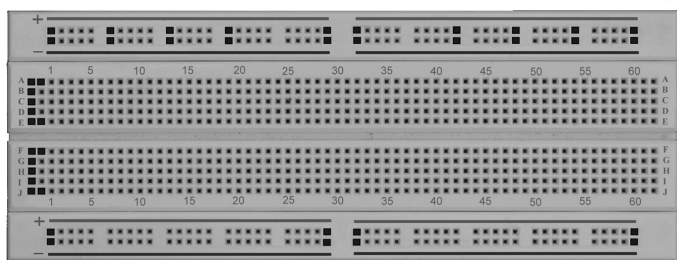
工作項目三 可變電阻器的量測

- 將可變電阻器以三用電表量測最外側兩邊接腳的電阻值，任意旋轉旋鈕，電阻值是否會改變？ 不會。
- 量測中間及右側兩接腳，當旋鈕順時針旋轉時，電阻值如何變化？
愈來愈小；當旋鈕逆時針旋轉時，電阻值如何變化？
愈來愈大。
- 量測中間及左側兩接腳，當旋鈕順時針旋轉時，電阻值如何變化？
愈來愈大；當旋鈕逆時針旋轉時，電阻值如何變化？
愈來愈小。

實習二 電壓與電流的量測		評分	
班級		座號	姓名

工作項目一 麵包板的測量

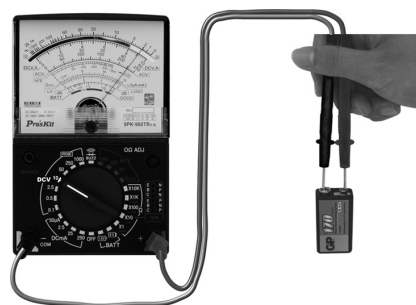
1. 取出麵包板。
2. 將三用電表的範圍選擇開關置於 $\Omega \times 1$ 檔，並完成歸零調整。
3. 如圖 3-2.8 所示，將黑點處插入 2cm 單心線（裸線）。
4. 將測試棒分別測試任二條單心線，若三用電表指示 0Ω ，則表示相通；若三用電表指示 $\infty \Omega$ ，則表示不通。
5. 將測試結果拿來與相關知識所述的結構做比較，是否相同？ 完全相同。



↑ 圖 3-2.8 麵包板工作圖

工作項目二 直流電壓的測量

1. 取一個 9 伏特的乾電池或依下列步驟調整直流電源供應器：
 - (1) 將 CURRENT 順時針旋轉到底。
 - (2) 調整 VOLTAGE，使電壓為 9 伏特。
 - (3) 按下 ON/OFF 輸出鍵，即可在輸出端取得 9 伏特電壓。
2. 將三用電表範圍選擇開關撥到 DCV 10 檔。
3. 將三用電表的紅測試棒置於乾電池的正極，黑測試棒置於負極如圖 3-2.9 所示。如使用直流電源供應器如圖 3-2.10 所示。
4. 讀取測量值 9V。
5. 三用電表更換為數位多功能電表，測得電壓為 9.011V。



↑ 圖 3-2.9 直流電壓測量(-)



↑ 圖 3-2.10 直流電壓測量(-)

工作項目三 交流電壓的測量

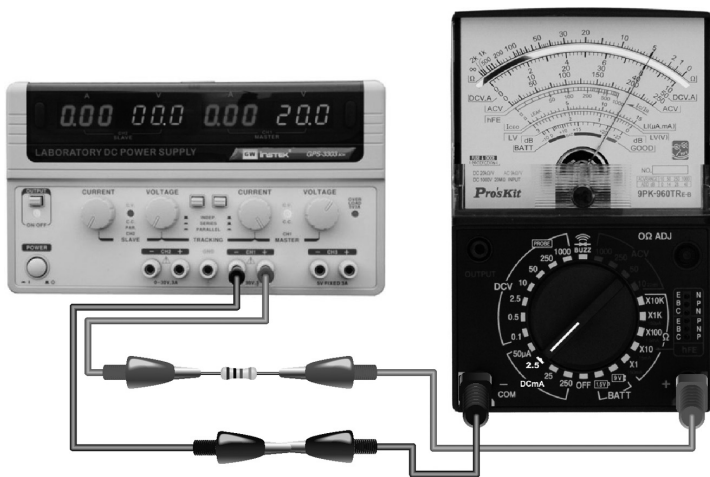
1. 將三用電表撥至 ACV 250 檔。
2. 將兩測試棒分別插入一般家用交流插座，如圖 3-2.11 所示。
3. 讀取測量值 115V。
4. 三用電表更換為數位多功能電表，測得電壓為 116.02V。



↑ 圖 3-2.11 交流電壓的測量

工作項目四 直流電流的測量

1. 依圖 3-2.12 將電壓源調整為 20 伏特。
2. 將三用電表範圍選擇開關置於 DCmA 2.5 檔。
3. 讀取測量值 $I =$ 2.05mA。
4. 根據歐姆定律 $I = \frac{V}{R} =$ 2 mA (真實值)，與測量值是否相同？
否，誤差 = 2.5 %。
5. 三用電表更換為數位多功能電表，重複步驟 1. ~ 4.。
6. 測量值 $I =$ 2.024 mA，誤差 = 1.2 %。



↑ 圖 3-2.12 直流電流測量



學習心得

問題討論

▶ 實習一 電阻的認識與量測

1. 為何三用電表歐姆檔無法歸零時，就要更換電池？

解：無法歸零即代表三號電池或 9V 電池。

2. 為何量測電阻時，手不能碰觸測試棒的探針？

解：如果用手碰觸，形同人體電阻與待測電阻並聯，將造成誤差。

3. 如果色碼電阻只有三個環，試問誤差為何？

解：±20%。

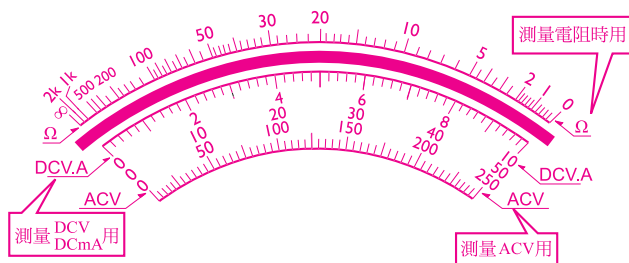
4. 旋轉可變電阻器，電阻值不能改變，可能原因是什麼？

解：誤接至外側兩接點。

▶ 實習二 電壓與電流的量測

1. 繪出你使用的三用電表刻度面板，並說明每條刻度之用途。

解：



2. 為什麼電壓表的內阻愈大愈好？為什麼電流表的內阻愈小愈好？

解：(1)誤差愈小；(2)誤差愈小。

3. 為何測量電壓時，電壓表須與負載並聯？與負載串聯會如何？

解：(1)測量電壓時，電壓表應與負載並聯，原因如下：

①兩元件並聯電路兩端之電壓相等。

②電壓表內阻很大，意即可將電壓表等效為一個電阻值很大的電阻(約數 10kΩ 以上)，若與負載並聯，不會影響電路功能。

(2)若與負載串聯，則會使負載電流大量減少，無法正確量測電壓。

4. 為何測量電流時，電流表須與負載串聯？與負載並聯會如何？

解：(1)測量電流時，電流表應與負載串聯，原因如下：

①兩元件串聯時流過之電流相等。

②電流表之內阻甚小，意即可將電流表等效為一電阻值很小的電阻(小於 1Ω)，若與負載串聯，不會影響電路功能。

(2)若與負載並聯會使原負載電流大量流入電流表，使電流表燒毀。

5. 使用三用電表 ACV 檔測量直流電壓，能正確的量測嗎？

解：無法正確量測。

第 4 章 直流電路實驗

實習一		歐姆定律實驗		評分	
班級		座號		姓名	

工作項目一 歐姆定律實驗(一)⇒電壓不變，負載電阻愈大，電流愈小

1. 先將電源供應器調至 0V，精密可變電阻器調至 200Ω，電流表使用三用電表 DCmA 250 檔，連接電路如圖 4-1.2 所示。
2. 將電源供應器調至 10 伏特，讀取電流表並記錄於表 4-1.1。

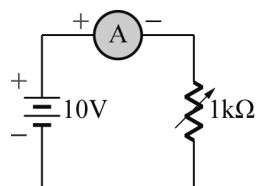


圖 4-1.2

表 4-1.1

電阻 (Ω)	200	400	600	800	1000
電流 (mA)	48	24.5	16.5	12.5	10.0

3. 將電源供應器調至 0V，可變電阻調至 400Ω，三用電表調至 DCmA 25 檔，最後調整電源供應器至 10 伏特，讀取電流表的指示並記錄於表 4-1.1。
4. 如步驟 3，逐次改變可變電阻，將數據記錄於表 4-1.1。

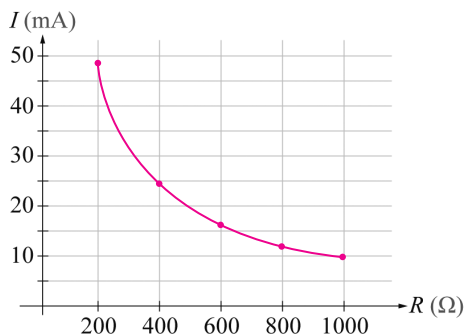


圖 4-1.3

5. 將表 4-1.1 之數據繪製於圖 4-1.3。
6. 由圖 4-1.3 所示，我們得到一個結論：當電壓不變時，負載電阻愈大，所產生之電流愈小。

工作項目二 歐姆定律實驗(二)⇒電阻不變，所加電壓愈大，電流愈大

1. 按圖 4-1.4 所示接線，電流表使用三用電表 DCmA 檔，電壓表使用數位多功能電表，並調整電源供應器，使電流表指示 0 安培，讀取電壓表指示值並記錄於表 4-1.2。
2. 逐次調整電源供應器，使電流表指示 1mA、2mA、3mA…，並將電壓表指示值逐次記錄於表 4-1.2。
3. 將表 4-1.2 之數據繪製 V-I 曲線於圖 4-1.5。

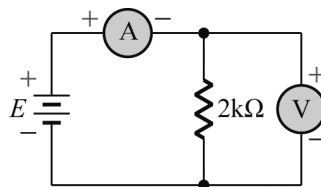


圖 4-1.4

4. 由圖 4-1.5 所示，我們得到一個結論：當電阻不變時，流過電阻的電流愈大，所產生的端電壓愈大。
5. 由圖 4-1.5 的另一發現，V-I 曲線之斜率 ($m = \frac{\Delta V}{\Delta I}$) 即為電阻， $m = R = 2k$ 。

表 4-1.2

電流(mA)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
電壓(V)	0	1.95	3.9	5.8	7.8	9.8	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30

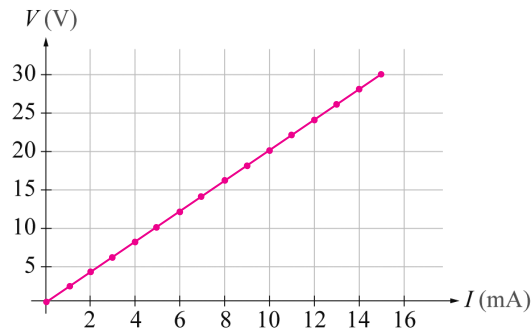


圖 4-1.5 V-I 曲線

工作項目三 利用伏特表及安培表測量電阻

1. 依圖 4-1.6 所示，待測電阻 $R = 10\text{k}\Omega$ ，利用三用表歐姆檔測量伏特表內阻 $R_V = \underline{200}$ (k Ω)，安培表內阻 $R_A = \underline{80}$ (Ω)。

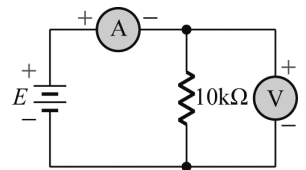


圖 4-1.6

2. 調整電源供應器，使伏特表指示在 10 伏特，讀取安培表 $I = \underline{1.05}$ (mA)，待測電阻測量值

$$R_M = \frac{V}{I} = \frac{10}{1.05\text{m}} = \underline{9.52\text{k}} (\Omega)。$$

3. 待測電阻正確值 $R_T = \frac{V}{I - \frac{V}{R_V}} = \frac{10}{1.05\text{m} - \frac{10}{200\text{k}}} = \underline{10\text{k}} (\Omega)。$

4. 誤差值 $\varepsilon\% = \frac{R_M - R_T}{R_T} \times 100\% = \frac{9.52\text{k} - 10\text{k}}{10\text{k}} \times 100\% = \underline{-4.76}\%$ 。

5. 將電路改接成圖 4-1.7，調整電源供應器，使伏特計指示 10 伏特，讀取安培表 $I = \underline{1}$ (mA)，待測電阻測量值 $R_M = \frac{V}{I} = \frac{10}{1\text{m}} = \underline{10\text{k}} (\Omega)。$

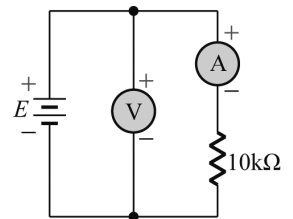


圖 4-1.7

6. 待測電阻正確值 $R_T = \frac{V - I \times R_A}{I} = \frac{10 - 1\text{m} \times 80}{1\text{m}} = \underline{9.92} (\Omega)。$

7. 誤差值 $\varepsilon\% = \frac{R_M - R_T}{R_T} \times 100\% = \frac{10\text{k} - 9.92\text{k}}{9.92\text{k}} \times 100\% = \underline{0.8}\%$ 。

8. 檢視步驟 4 及步驟 7 之誤差值何者較佳？ 步驟 7 ；
為什麼？ $R > \sqrt{R_A R_V}$ 。

實習二 電阻串並聯電路實驗		評分	
班級		姓名	

工作項目一 辨識電路的類別

如圖 4-2.5 中五個電路何者屬於串聯電路？ (b)、(d) ；
 何者屬於並聯電路？ (a) ；何者屬於串並聯電路？
(c)、(e) 。

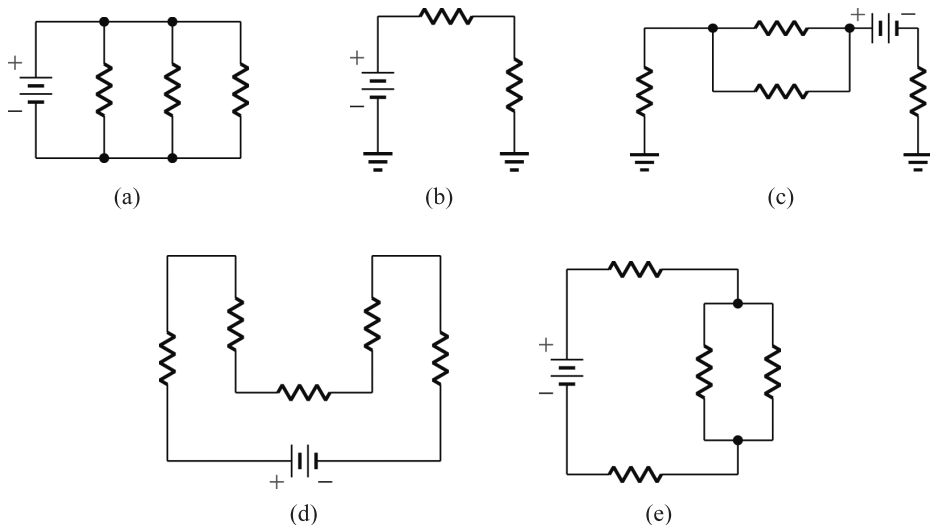


圖 4-2.5 辨識電路的類別

工作項目二 測量串聯電路的電阻值

1. 如圖 4-2.6(a)所示，計算其總電阻 R_T (標示值) = 4500 Ω 。
2. 使用三用電表歐姆檔，測量總電阻 R_T (測量值) = 4600 Ω ，如圖 4-2.6 (b)所示 (請翻閱課本 4-10 頁)。
3. 比較步驟 1、2 所得結果是否相同？ 否 ；誤差百分比為何？
2.2% 。

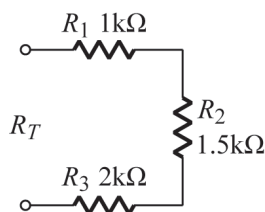


圖 4-2.6(a) 串聯電阻的測量電路圖

工作項目三 測量串聯電路之電流值及電壓值

1. 如圖 4-2.7 所示，利用歐姆定律計算 I 、 V_1 、 V_2 和 V_3 ：

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = \underline{1k + 1.5k + 2k} = \underline{4.5} \text{ (k}\Omega\text{)}$$

$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{\underline{18}}{\underline{4.5k}} = \underline{4} \text{ (mA)}$$

$$V_1 = I \times R_1 = \underline{4m \times 1k} = \underline{4} \text{ (V)}$$

$$V_2 = I \times R_2 = \underline{4m \times 1.5k} = \underline{6} \text{ (V)}$$

$$V_3 = I \times R_3 = \underline{4m \times 2k} = \underline{8} \text{ (V)}$$

V_1 、 V_2 和 V_3 三者之和會等於 E 嗎？

會；為什麼？必須滿足 KVL。

2. 調整電源供應器之電壓為 18 伏特，接線如圖 4-2.8

（請翻閱課本 4-10 頁），使用三用電表 DCmA 檔，

測量 $I = \underline{3.8}$ mA。

3. 再將電流表移至每個電阻器之間，測量

$I_{R_1 \sim R_2} = \underline{3.8}$ mA， $I_{R_2 \sim R_3} = \underline{3.8}$ mA，

$I_{R_3 \sim PS} = \underline{3.8}$ mA。

4. 比較步驟 2.3 所測之電流是否相同？是；

為什麼？串聯電路中流經各元件之電流均相同。

5. 比較步驟 1 計算所得之電流 I 與步驟 2 測量值是否相同？否；誤差

百分比為何？-5%。

6. 利用三用電表 DCV 檔，測量 $V_1 = \underline{3.9}$ (V)， $V_2 = \underline{5.9}$ (V)，

$V_3 = \underline{7.9}$ (V)。

7. 比較步驟 1 與步驟 6 之電壓值是否相同？否。

V_1 誤差百分比？-2.5%； V_2 誤差百分比？-1.7%；

V_3 誤差百分比？-1.25%。

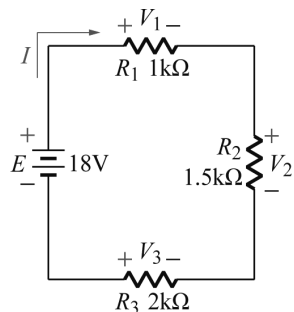


圖 4-2.7

工作項目四 測量並聯電路之電阻值

1. 如圖 4-2.9 所示， R_1 與 R_2 並聯後總電阻 R_T （計

$$\text{算值）} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \underline{600} \text{ (}\Omega\text{)}。$$

2. 使用三用電表歐姆檔，測量總電阻 R_T （測量值）

= 625 (Ω)。

3. 比較步驟 1. 2 所得結果是否相同？否；誤差百分比為何？

4.17%。

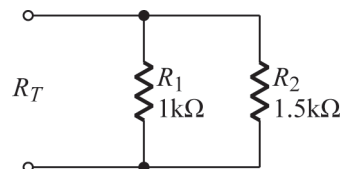


圖 4-2.9

工作項目五 測量並聯電路之電流值及電壓值

1. 如圖 4-2.10 所示，利用歐姆定律計算 I_T 、 I_1 和 I_2 ：

$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1000 \times 1500}{1000 + 1500} = 600 \text{ } (\Omega)$$

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{18}{600} = 30 \text{ (mA)}$$

$$I_1 = \frac{V_{R_1}}{R_1} = \frac{E}{R_1} = \frac{18}{1k} = 18 \text{ (mA)}$$

$$I_2 = \frac{V_{R_2}}{R_2} = \frac{E}{R_2} = \frac{18}{1.5k} = 12 \text{ (mA)}$$

I_1 與 I_2 之和會等於 I_T 嗎？ 會；

為什麼？ 必須滿足 KCL。

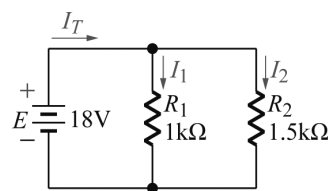


圖 4-2.10

2. 調整電源供應器之電壓為 18 伏特，使用三用電表 DCV 檔，分別測量電源 E 、 R_1 及 R_2 兩端的電壓，三者是否相等？ 會；

為什麼？ 並聯電路中各元件之端電壓皆相等。

3. 如圖 4-2.11 所示（請翻閱課本 4-12 頁），使用三用電表 DCmA 檔，測量 $I_T =$ 30 mA，與步驟 1 之 I_T 計算值是否相同？ 是；誤差百分比為何？ 0%。

4. 將電流表移至與 R_1 串聯處，如圖 4-2.12 所示（請翻閱課本 4-13 頁），測量 $I_1 =$ 17.5 mA，與步驟 1 之 I_1 計算值是否相同？ 否；誤差百分比為何？ -2.8%。

5. 再將電流表移至與 R_2 串聯處，測量 $I_2 =$ 12 mA，與步驟 1 之 I_2 計算值是否相同？ 是；誤差百分比為何？ 0%。

6. 將 R_3 和 R_1 、 R_2 並聯，如圖 4-2.13 所示，計算 R_T 、 I_T 、 I_1 、 I_2 和 I_3 ：

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}, R_T = 462 \text{ } (\Omega)$$

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{18}{462} = 39 \text{ (mA)}$$

$$I_1 = \frac{V_{R_1}}{R_1} = \frac{E}{R_1} = \frac{18}{1k} = 18 \text{ (mA)}$$

$$I_2 = \frac{V_{R_2}}{R_2} = \frac{E}{R_2} = \frac{18}{1.5k} = 12 \text{ (mA)}$$

$$I_3 = \frac{V_{R_3}}{R_3} = \frac{E}{R_3} = \frac{18}{2k} = 9 \text{ (mA)}$$

I_1 、 I_2 及 I_3 三者之和會等於 I_T 嗎？ 會。

7. 測量 $E =$ 18 (V)； $V_{R_1} =$ 18 (V)； $V_{R_2} =$ 18 (V)； $V_{R_3} =$ 18 (V)。

E 、 V_{R_1} 、 V_{R_2} 和 V_{R_3} 都相等嗎？ 是。

8. 測量 $I_T =$ 40 (mA)， $I_1 =$ 17.5 (mA)， $I_2 =$ 12 (mA)， $I_3 =$ 9 (mA)。

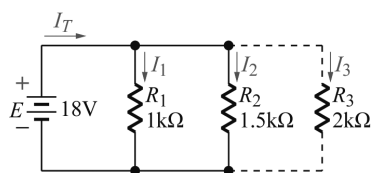


圖 4-2.13

9. 比較步驟 6. 和步驟 8. :

I_T 電流是否相等? 否, 誤差百分比為何? 2.6%。

I_1 電流是否相等? 否, 誤差百分比為何? 2.8%。

I_2 電流是否相等? 是, 誤差百分比為何? 0%。

I_3 電流是否相等? 是, 誤差百分比為何? 0%。

10. 做完步驟 6. ~ 9., 你有何新的心得? 並聯愈多, 總電阻愈小。

工作項目六 測量串並聯電路之總電阻、各電壓及電流值

1. 如圖 4-2.14 所示, 利用歐姆定律、串聯及並聯基本特性, 計算出 $R_T =$ 4k (Ω),

$I_T =$ 4 (mA), $V_{AB} =$ 8 (V),

$V_{BC} =$ 6 (V), $V_{CD} =$ 2 (V),

$I_{R_3} =$ 2 (mA), $I_{R_4} =$ 2 (mA)。

$V_{AB} + V_{BC} + V_{CD} =$ 16 (V), 會等於電源電壓嗎? 會。

$I_{R_3} + I_{R_4} =$ 4 (mA), 會等於 I_T 嗎? 會。

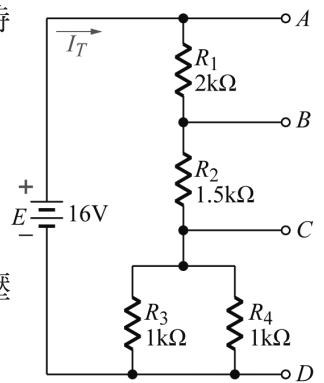


圖 4-2.14

2. 將電阻器依圖 4-2.14 插在麵包板 (電源不要接), 使用三用電表之歐姆檔, 測量總電阻 $R_T =$ 3900 (Ω)。

3. 比較步驟 1. 2. 的 R_T 是否相同? 否; 誤差百分比為何? -2.5%。

4. 將電源 16V 接上, 測量 $I_T =$ 4.1 (mA)。

5. 比較步驟 1. 4. 的 I_T 是否相同? 否; 誤差百分比為何? 2.5%。

6. 測量 $V_{AB} =$ 8.1 (V), $V_{BC} =$ 2 (V),

$V_{CD} =$ 6.1 (V), $I_{R_3} =$ 4.1 (mA), $I_{R_4} =$ 4.1 (mA)。

7. 比較步驟 1. 和步驟 6. :

V_{AB} 值是否相同? 否; 誤差百分比是否在合理範圍? 是。

V_{BC} 值是否相同? 是; 誤差百分比是否在合理範圍? 是。

V_{CD} 值是否相同? 否; 誤差百分比是否在合理範圍? 是。

I_{R_3} 值是否相同? 否; 誤差百分比是否在合理範圍? 是。

I_{R_4} 值是否相同? 否; 誤差百分比是否在合理範圍? 是。



學習心得

實習三 克希荷夫定律實驗			評分	
班級		座號	姓名	

工作項目一 驗證克希荷夫電壓定律

1. 如圖 4-3.5 所示，計算 I 、 V_{R_1} 、 V_{R_2} 、 V_{R_3} ，並將正確的計算值填入表 4-3.1。
2. 依圖 4-3.5，將電路接妥於麵包板，然後依序測量 I 、 V_{R_1} 、 V_{R_2} 、 V_{R_3} ，並填入表 4-3.1。
3. 計算誤差值，是否在合理誤差範圍？ 是。
4. 利用克希荷夫電壓定律，驗證計算值與測量值。
($V_{R_1} + V_{R_2} + V_{R_3}$ 是否等於 12 伏特？ 是。)

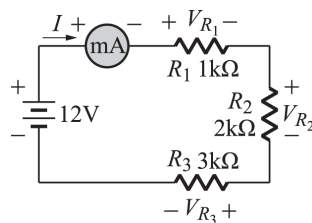


圖 4-3.5

表 4-3.1

項目	I (mA)	V_{R_1} (V)	V_{R_2} (V)	V_{R_3} (V)	是否滿足克希荷夫電壓定律
計算值	2	2	4	6	是
測量值	1.95	1.95	4	6.1	可算是，在合理誤差範圍
誤差值	-2.5%	-2.5%	0%	1.67%	

工作項目二 驗證克希荷夫電流定律

1. 如圖 4-3.6 所示，將可變電阻 R_x 調至最大值，即 $1k\Omega$ 。
2. 將電流表撥到 DCmA 25 檔。
3. 先確定電源供應器之電壓調整鈕是否在零的位置（逆時針轉到底），打開電源，順時針旋轉電壓調整鈕，調到 10 伏特的位置。
4. 調整可變電阻 R_x ，使電流表指示 23mA，此電流 I_T 是流入 A 點或流出 A 點？
流入 A 點。
5. 將電流表移至 A 、 B 兩點之間，如圖 4-3.7，測量 $I_{AB} =$ 10 mA， I_{AB} 是流入 A 點或流出 A 點？ 流出 A 點。
6. 將電流表再移至 A 、 C 兩點之間，如圖 4-3.7，測量 $I_{AC} =$ 13 mA， I_{AC} 是流進 A 點或流出 A 點？ 流出 A 點。

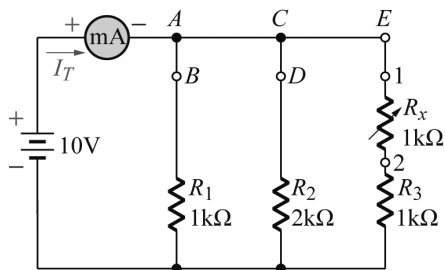


圖 4-3.6

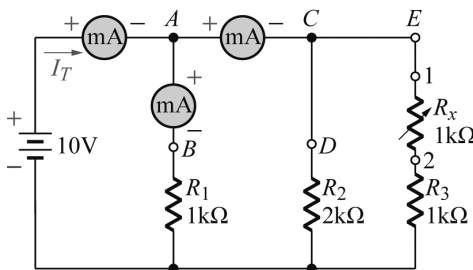


圖 4-3.7

7. I_{AB} 及 I_{AC} 之和是否等於 I_T ?

是，是否滿足克希荷夫電流定律？是。

8. 將電流表移至 C 、 D 兩點之間，如圖 4-3.8，測量 $I_{CD} =$ 5 mA， I_{CD} 是流進 C 點或流出 C 點？

流出 C 點。

9. 再將電流表移至 C 、 E 兩點間，如圖 4-3.8，測量 $I_{CE} =$ 8 mA， I_{CE} 是流進 C 點或流出 C 點？流出 C 點。

10. I_{CD} 及 I_{CE} 之和是否等於 I_{AC} ？是。是否滿足克希荷夫電流定律？是。

11. 測量 $V_{R_3} =$ 8V， $V_{R_x} =$ 2V，利用電壓分配原理 $V_{R_3} = 10 \times \frac{R_3}{R_x + R_3}$ ， R_3 、 V_{R_3} 都已知，當然 R_x 就可以算出來， $R_x =$ 250 Ω 。

12. 將可變電阻拔起來，測量可變電阻 1、2 兩點的電阻 $R_x =$ 245 Ω 。

13. 比較步驟 11、12 之 R_x 是否相同？否；誤差百分比為何？-2%。

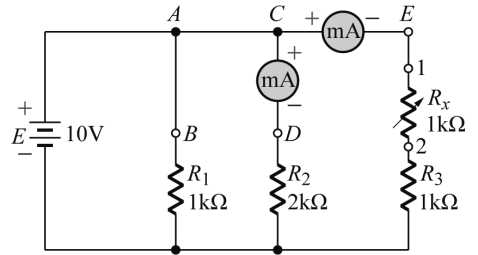


圖 4-3.8

工作項目三 電流分配原理的驗證

1. 如圖 4-3.9 所示，使用電流分配原理及歐姆定律，求

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1k \times 2k}{1k + 2k} = 667 (\Omega)$$

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{10}{667} = 15 (\text{mA})$$

$$I_1 = I_T \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 15 \times \frac{2k}{1k + 2k} = 10 (\text{mA})$$

$$I_2 = I_T \times \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 15 \times \frac{1k}{1k + 2k} = 5 (\text{mA})$$

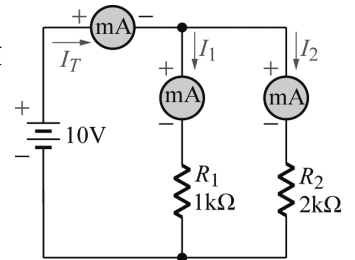


圖 4-3.9

2. 將三用電表撥至 DCmA 25 檔，測量

$I_T =$ 14.8 mA， $I_1 =$ 9.8 mA， $I_2 =$ 5 mA。

3. 比較步驟 1 及步驟 2， I_T 是否相等？否；誤差百分比為何？-1.3%。

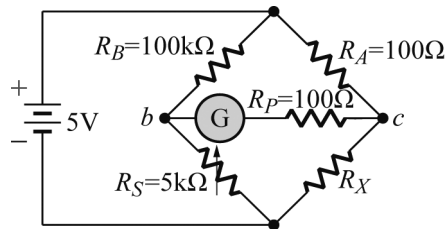
I_1 是否相等？否；誤差百分比為何？-2%。

I_2 是否相等？是；誤差百分比為何？0%。

實習四 惠斯登電橋實驗			評分	
班級		座號	姓名	

工作項目一 瞭解惠斯登電橋的特性

1. 如圖 4-4.4 所示，檢流計接於 b 、 c 之間，檢流計亦可由三用電表 DCmA 檔來替代，紅黑測試棒需互換，檢查指針是否反轉。



↑ 圖 4-4.4

- 取一段長 30cm 的單心線當做 R_X 。
- 調整 R_S ，直到檢流計指示為 0。
- 將保護電阻 R_P 取下，原位置須短路。
- 再調整 R_S ，直到檢流計不偏轉，此時電橋已平衡。
- 取下 R_S ，並測量其電阻 $R_S = \underline{70} \Omega$ 。
- 計算 $R_X = \frac{R_A}{R_B} \times R_S = \frac{100}{100k} \times \underline{70} = \underline{0.07} \Omega$ 。
- 取一 1.5Ω 的電阻當 R_X ，重複步驟 3. ~ 7.。
- 這兩個電阻（30cm 導線及 1.5Ω ）可以使用三用電表之歐姆檔正確的量測嗎？
無法量測。

工作項目二 使用惠斯登電橋測量未知電阻

1. 如圖 4-4.5 所示，選擇表 4-4.2 之 R_1 （電阻值未知）做為待測電阻 R_X ，將其接在待測電阻接線端。



↑ 圖 4-4.5

- 調整量度盤使其為 $1k\Omega$ ，即 $R_S = 1k\Omega$ 。
- 先將倍率盤置於 0.01，按下電池按鈕 [BA] 與檢流計按鈕 [GA]，觀察檢流計偏轉方向，檢流計應該偏向 “+” 側，逐漸增加倍率，直到檢流計偏向 “-” 側，我們將倍率盤置於偏向 “+” 側中最大倍率的位置，例如：0.001、0.01、0.1 偏向 “+” 側，1、10、100、1000 偏向 “-” 側，倍率則選擇 0.1。
- 按下電池按鈕 [BA] 與檢流計按鈕 [GA]，觀察檢流計的偏轉方向（此時若偏向 “+” 側，代表 R_S 太小，應該增加）。
- 將量度盤調至電橋平衡為止，若調至 9999Ω ，檢流計仍然偏向 “+” 側，此時應增加倍率，直到平衡為止。
- 步驟 4. 中，若檢流計偏向 “-” 側，代表 R_S 太大，應該減少。（量度盤最小只能調至 1000Ω ，若檢流計仍然偏向 “-” 側，代表倍率盤應該減小）

▼表 4-4.2

編號	倍率盤 R_A/R_B	量度盤 R_S	R_X 測量值	R_X 標示值	誤差百分比
R_1	0.001	1980	1.98 Ω	2 Ω	-1%
R_2	0.01	5545	55.45 Ω	56 Ω	-1%
R_3	1	2185	2.185k Ω	2.2k Ω	-0.7%
R_4	10	1496	14.96k Ω	15k Ω	-0.3%
R_5	100	1006	100.6k Ω	100k Ω	0.6%

- 依檢流計指針偏轉方向，調整量度盤及倍率盤，直到檢流計完全不偏轉，讀取量度盤的數值即為 R_X 的測量值，並填入表 4-4.2。
- 若量度盤調整至 1k Ω 以下仍無法使檢流計平衡，必須調整倍率盤之倍率，其適當的倍率，請參考表 4-4.3。
- 依上述方法，將 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_5 填入表 4-4.2。

▼表 4-4.3

R_X	倍率
10 Ω 以下	0.001
10 Ω ~100 Ω	0.01
100 Ω ~1k Ω	0.1
1k Ω ~10k Ω	1
10k Ω ~100k Ω	10
100k Ω ~1M Ω	100
1M Ω 以上	1000



學習心得

實習五 重疊定理實驗			評分	
班級		座號	姓名	

工作項目一 使用重疊定理求各支路的電流

1. 如圖 4-5.5 所示，欲求各支路的電流，若使用重疊定理來解這個電路，我們可以先看 11V 的電壓源，忽略 E_2 之電壓源（即將 22V 電壓源短路），求出各支路的電流如圖 4-5.6 所示。

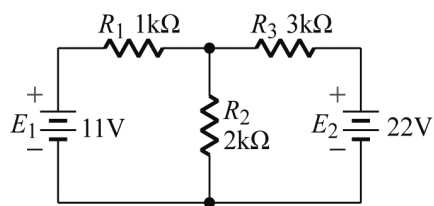


圖 4-5.5

$$I_{R_1}' = 5\text{mA (向右)}$$

$$I_{R_2}' = 3\text{mA (向下)}$$

$$I_{R_3}' = 2\text{mA (向右)}$$

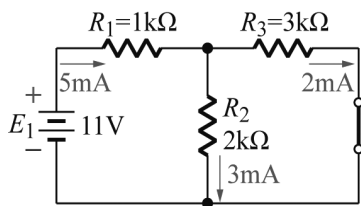


圖 4-5.6

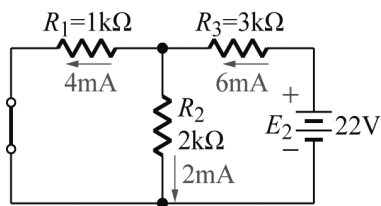


圖 4-5.7

2. 再看 22V 的電壓源，忽略 E_1 電壓源（即將 11V 電壓源短路），求出各支路的電流，如圖 4-5.7 所示。

$$I_{R_1}'' = 4\text{mA (向左)}$$

$$I_{R_2}'' = 2\text{mA (向下)}$$

$$I_{R_3}'' = 6\text{mA (向左)}$$

3. 將圖 4-5.6 及圖 4-5.7 重疊起來，即得圖 4-5.8。

$$I_{R_1} = I_{R_1}' + (-I_{R_1}'') = 5 + (-4) = 1 \text{ mA (向 右)}$$

$$I_{R_2} = I_{R_2}' + I_{R_2}'' = 3 + 2 = 5 \text{ mA (向 下)}$$

$$I_{R_3} = (-I_{R_3}') + I_{R_3}'' = -2 + 6 = 4 \text{ mA (向 左)}$$

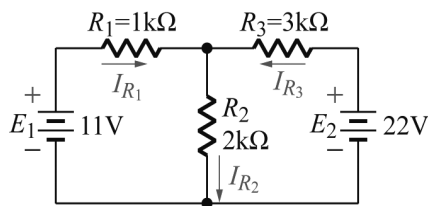


圖 4-5.8

工作項目二 以電路實驗證實重疊定理

1. 如圖 4-5.9 所示，使用三用電表 DCmA 檔，分別測量 I_1 、 I_2 和 I_3 。

$I_1 =$ 5 mA，其電流方向由 左 流向 右。

$I_2 =$ 3 mA，其電流方向由 上 流向 下。

$I_3 =$ 2 mA，其電流方向由 左 流向 右。

2. 如圖 4-5.10 所示，分別測 I_4 、 I_5 和 I_6 。

$I_4 =$ 4 mA，其電流方向由 右 流向 左。

$I_5 =$ 2 mA，其電流方向由 上 流向 下。

$I_6 =$ 6 mA，其電流方向由 右 流向 左。

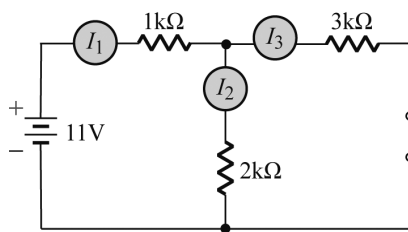


圖 4-5.9

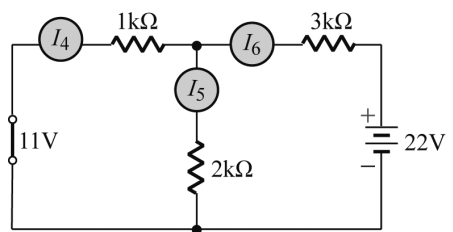


圖 4-5.10

3. 如圖 4-5.11 所示，分別測量 I_{R_1} 、 I_{R_2} 和 I_{R_3} 。

$I_{R_1} =$ 1 mA，其電流方向由 左 流向 右。

$I_{R_2} =$ 5 mA，其電流方向由 上 流向 下。

$I_{R_3} =$ 4 mA，其電流方向由 右 流向 左。

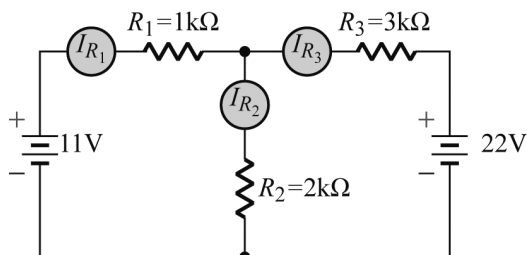


圖 4-5.11

4. 比較工作項目一之步驟 3 和工作項目二之步驟 3，其誤差百分比為何？

$\mathcal{E}_{I_{R_1}}\% =$ 0%； $\mathcal{E}_{I_{R_2}}\% =$ 0%； $\mathcal{E}_{I_{R_3}}\% =$ 0%。



學習心得

實習六 戴維寧及諾頓定理實驗		評分	
班級	座號	姓名	

工作項目一 利用戴維寧定理求 I_L 、 V_{R_L} 及 P_{R_L}

1. 如圖 4-6.6 所示，先將 R_L 移除，將 16V 之電壓源短路，求 $R_{Th} = (R_1 // R_2) + R_3$
 $= \frac{1k \times 1k}{1k + 1k} + 2k = 2.5 \text{ k}\Omega$ 。

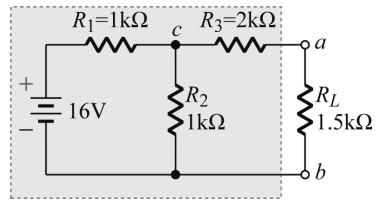


圖 4-6.6 電路圖

2. 求 $E_{Th} = E_{ab} = E_{cb} = 16 \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) =$
 $16 \times \frac{1k}{1k + 1k} = 8 \text{ V}$ 。

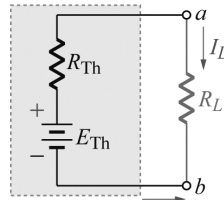


圖 4-6.7 戴維寧等效電路

3. 計算 I_L 、 V_{R_L} 、 P_{R_L} ，如圖 4-6.7 所示

$$I_L = \frac{8}{2.5k + 1.5k} = 2 \text{ mA}$$

$$V_{R_L} = 2m \times 1.5k = 3 \text{ V}$$

$$P_{R_L} = (2m)^2 \times 1.5k = 6 \text{ mW}$$

工作項目二 使用三用電表測量 R_{Th} 和 E_{Th}

1. 如圖 4-6.8，將電壓源 16V 予以短路，用三用電表歐姆檔測量 $R_{Th} = R_{ab} =$
 $2.45 \text{ k}\Omega$ ，是否與工作項目一之步驟 1 相同？
 否（在誤差±10%的範圍內）。

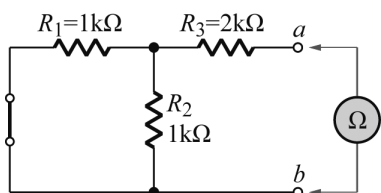


圖 4-6.8 使用歐姆表量測 R_{Th}

2. 如圖 4-6.9 所示，將 16V 電壓源接上，測量 $E_{Th} = E_{ab} = 8.2 \text{ V}$ ，是否與
 工作項目一之步驟 2 相同？ 否（在誤差±10%的範圍內）。

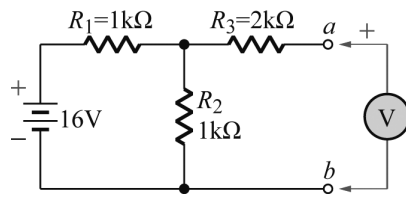


圖 4-6.9 使用電壓表量測 E_{Th}

工作項目三 使用三用電表測量負載電流及電壓

1. 如圖 4-6.10 所示，測量負載電流 $I_L = 2.10 \text{ mA}$ ，與工作項目一之步驟
 3. 是否相同？ 否（在誤差±10%的範圍內）。

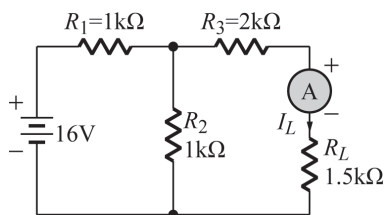


圖 4-6.10

2. 如圖 4-6.11 所示，測量負載電壓 $V_{R_L} = 3 \text{ V}$ ，與工作項目一之步驟
 3. 是否相同？ 是。

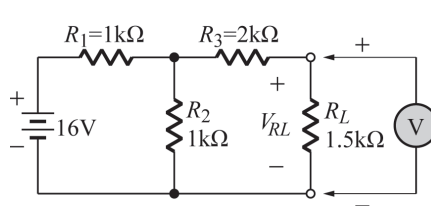


圖 4-6.11

工作項目四 使用諾頓定理求 I_L 、 V_{R_L} 及 P_{R_L}

1. 如圖 4-6.6 所示，先將 R_L 移除，將 16V 電壓源短路，求

$$R_N = (R_1 // R_2) + R_3 : R_N = \frac{1k \times 1k}{1k + 1k} + 2k = 2.5 \text{ k}\Omega。$$

2. 如圖 4-6.12 所示，先將 ab 兩端點短路，

$$\text{求 } I_N = \frac{16}{R_1 + (R_2 // R_3)} \times \frac{R_2}{R_2 + R_3} :$$

$$I_N = \frac{16}{1k + \frac{1k \times 2k}{1k + 2k}} \times \frac{1k}{1k + 2k} = 3.2 \text{ mA}。$$

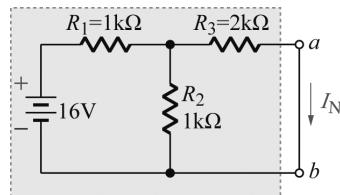


圖 4-6.12

3. 計算 I_L 、 V_{R_L} 及 P_{R_L} ，如圖 4-6.13 所示：

$$I_L = \frac{3.2 \times 2.5k}{2.5k + 1.5k} = 2 \text{ mA}$$

$$V_{R_L} = 2m \times 1.5k = 3 \text{ V}$$

$$P_{R_L} = (2m)^2 \times 1.5k = 6 \text{ mW}。$$

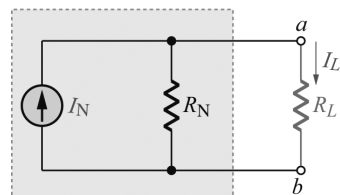


圖 4-6.13

4. 检查工作項目一之步驟 3 與工作項目四之步驟

3 是否相同？ 是。

工作項目五 使用三用電表測量 R_N 和 I_N

1. 如圖 4-6.8 所示，將電壓源 16V 予以短路，用

三用電表歐姆檔測量 $R_N = R_{ab} = 2.45$

kΩ，是否與工作項目四之步驟 1 相同？

否。

(在誤差±10%的範圍內)

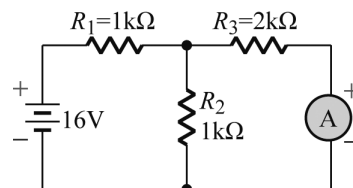


圖 4-6.14

2. 如圖 4-6.14 所示，將 16V 電壓源接上，測量

$I_N = 3.4$ mA，是否與工作項目四之步驟 2 相同？

否 (在誤差±10%的範圍內)。

3. 检查工作項目四之步驟 1、2 是否與工作項目五之步驟 1、2 相同？

否 (皆在合理的誤差範圍)。



學習心得

實習七 最大功率轉移定理實驗			評分	
班級		座號	姓名	

工作項目一 使用電流表測量負載消耗功率

1. 如圖 4-7.2 所示接線。
2. 將內阻 r 設定為 $1\text{k}\Omega$ 。
3. 使用電阻器代替圖中之負載電阻 R_L 。
4. 負載電阻依表 4-7.1，將 R_L 設為 400Ω ，測量電流

$$I_L = \underline{7.2} \text{ mA}, \text{ 計算功率 } P = I_L^2 R_L = \underline{(7.2\text{m})^2 \times 400} = \underline{20.7} \text{ mW}.$$

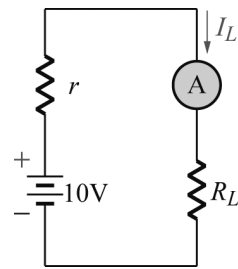


圖 4-7.2

5. 逐次將 R_L 換為 600Ω 、 800Ω 、 1000Ω 、 1200Ω 、 1400Ω ，並逐一把電流 I_L 測量出來後再算出功率 P 填入表 4-7.1。

表 4-7.1

電壓 V	內阻 r	負載電阻 R_L	電流 (mA) I_L	功率 (mW) $P = I_L^2 R_L$
10V	1k Ω	400 Ω	7.2	20.7
		600 Ω	6.2	23
		800 Ω	5.5	24.2
		1k Ω	5	25
		1.2k Ω	4.5	24.3
		1.4k Ω	4.1	23.5

工作項目二 繪製最大功率轉移特性曲線

1. 將工作項目一測得之數據，繪製在圖 4-7.3 上，即成為最大功率轉移特性曲線。
2. 觀察圖 4-7.3 最大功率轉移時，負載電阻 R_L 是否等於內阻 r 的電阻值？
是。
3. 最大功率轉移時，電路傳輸效率 $\eta = \underline{50\%}$ ；測量負載端電壓 $V_{R_L} = \underline{5V}$ 。

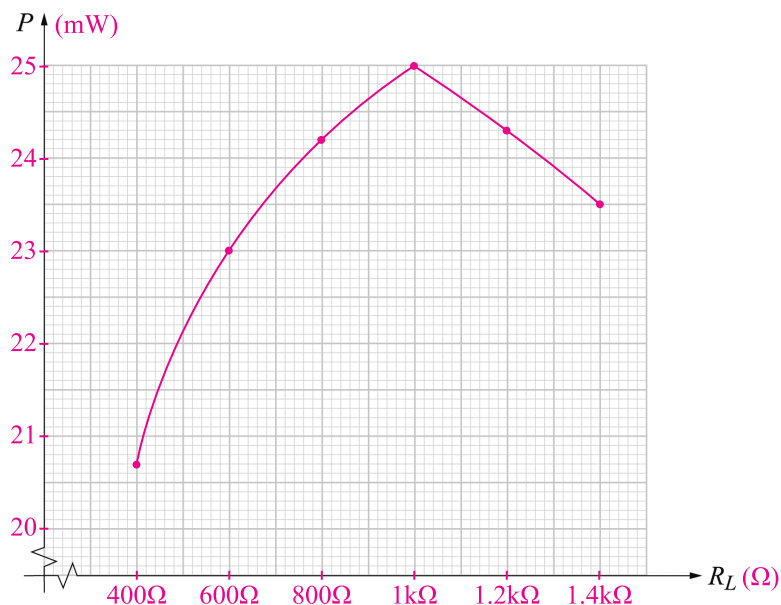


圖 4-7.3

工作項目三 乾電池內阻的測量

1. 如圖 4-7.4 所示，利用三用電表 DCV 2.5 檔測量乾電池之電動勢 $E =$ 1.6 伏特。
2. 使用三用電表 DCV 2.5 檔測量端電壓 $V_L =$ 1.52 伏特，如圖 4-7.5 所示。
3. 計算電流 $I = \frac{V_L}{R_L} =$ 0.152 安培。
4. 計算內阻 $r = \frac{E - V_L}{I} =$ 0.53 歐姆。

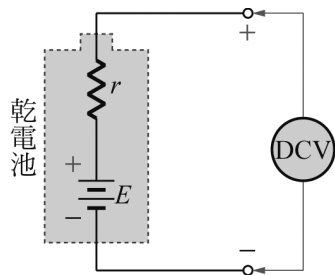


圖 4-7.4 測量電動勢

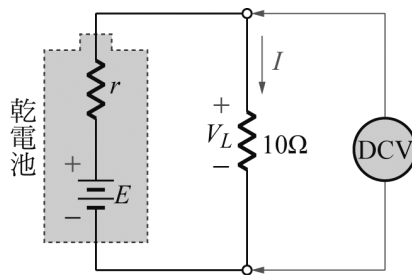


圖 4-7.5 測量端電壓



學習心得

問題討論

實習一 歐姆定律實驗

1. 試簡述歐姆定律。

解：流經某一電阻器的電流，與該電阻器兩端的電壓成正比，與該電阻器之電阻值的大小成反比，稱為歐姆定律。

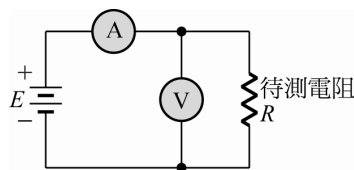
2. 如圖(1)所示，已知伏特計內阻 $20\text{k}\Omega$ 指示 10 伏特，安培計內阻 1Ω 指示 10mA ，求：

(1) R 測量值 (2) R 正確值 (3) 誤差百分比為何？

解：(1) $R_M = \frac{V}{I} = \frac{10}{10\text{m}} = 1\text{k}(\Omega)$ 。

(2) $R_T = \frac{V}{I - \frac{V}{R_V}} = \frac{10}{10\text{m} - \frac{10}{20\text{k}}} = 1053(\Omega)$ 。

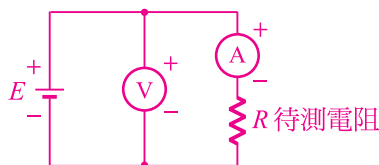
(3) $\varepsilon \% = \frac{R_M - R_T}{R_T} \times 100\% = \frac{1000 - 1053}{1053} \times 100\% = -5\%$ 。



圖(1)

3. 同上題，欲改善測量的誤差，宜採用何種方式的連接？

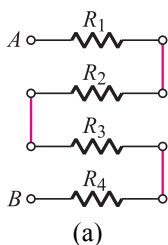
解：因待測電阻 $R > \sqrt{R_V \cdot R_A}$ ，宜採右圖連接方式，可以降低誤差。



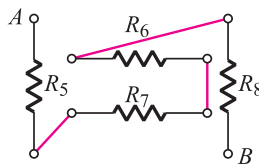
實習二 電阻串並聯電路實驗

1. 試以最短的線，將圖(1)連成 A 到 B 的串聯電路。

解：



(a)

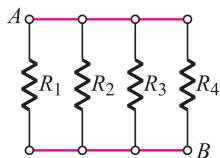


(b)

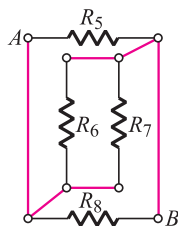
圖(1)

2. 試以最短的線，將圖(2)連成 A 到 B 的並聯電路。

解：



(a)

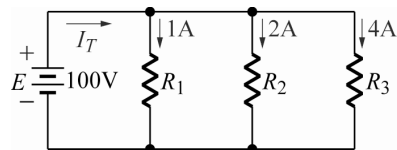


(b)

圖(2)

3. 如圖(3)所示，當其中一個電阻斷路，使得總電流 I_T 變成 5A，試問斷路的電阻是哪一個？

解： R_2 。



圖(3)

4. 圖(4)中，求下列四種狀況下，其 A 點電壓各為多少？

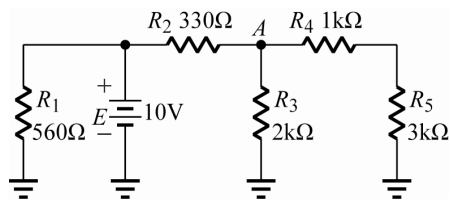
(1)正常 (2) R_1 開路 (3) R_3 、 R_4 開路 (4) R_5 短路。

$$\text{解：(1) } V_A = 10 \times \frac{\frac{2k \times 4k}{2k+4k}}{330 + \frac{2k \times 4k}{2k+4k}} \approx 8.02 \text{ (V)}。$$

$$(2) V_A = 8.02 \text{ (V)}。$$

$$(3) V_A = 10 \text{ (V)}。$$

$$(4) V_A = 10 \times \frac{\frac{2k}{3}}{330 + \frac{2k}{3}} = 6.68 \text{ (V)}。$$



圖(4)

實習三 克希荷夫定律實驗

1. 兩個相同值之電阻串聯連接至一個 20 伏特的電源，則每一個電阻之電壓降各為多少？

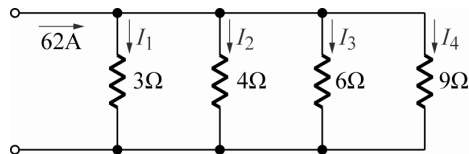
解：10V。

2. 如圖(1)所示： $I_1 = \underline{24}$ A， $I_2 = \underline{18}$ A，
 $I_3 = \underline{12}$ A， $I_4 = \underline{8}$ A。

$$\text{解：} \frac{1}{R_T} = \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{9}, R_T = \frac{36}{31} \text{ (}\Omega\text{)}；$$

$$V = I_T R_T = 62 \times \frac{36}{31} = 72 \text{ (V)}；$$

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{72}{3} = 24 \text{ (A)}, I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{72}{4} = 18 \text{ (A)}, I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{72}{6} = 12 \text{ (A)}, I_4 = \frac{V}{R_4} = \frac{72}{9} = 8 \text{ (A)}。$$

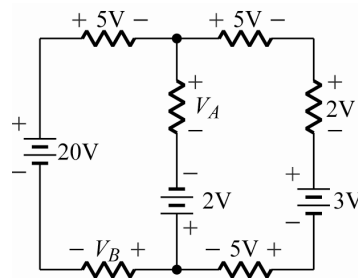


圖(1)

3. 如圖(2)所示， $V_A = \underline{17}$ V； $V_B = \underline{0}$ V。

解： $-2 + V_A - 5 - 2 - 3 - 5 = 0$ ， $V_A = 17 \text{ (V)}$ ；

$+20 - 5 - 17 + 2 - V_B = 0$ ， $V_B = 0 \text{ (V)}$ 。



圖(2)

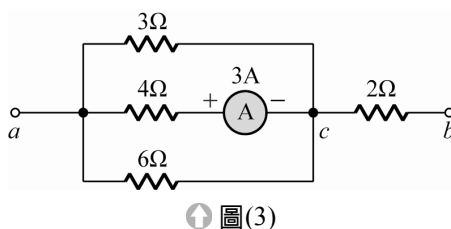
4. 如圖(3)所示, $V_{ab} = \underline{30}$ V。

解: $V_{ac} = 3 \times 4 = 12$ (V), $I_{6\Omega} = \frac{12}{6} = 2$ (A),

$$I_{3\Omega} = \frac{12}{3} = 4$$
 (A);

$$I_T = 3 + 2 + 4 = 9$$
 (A), $V_{cb} = 9 \times 2 = 18$ (V);

$$V_{ab} = V_{ac} + V_{cb} = 12 + 18 = 30$$
 (V)。

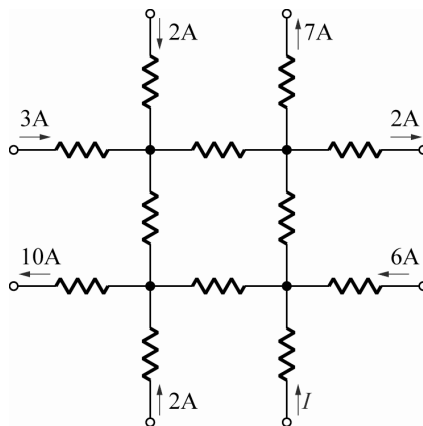


圖(3)

5. 如圖(4)所示, $I = \underline{6}$ A。

解: $\sum I_{in} = \sum I_{out} \rightarrow 3 + 2 + 6 + I + 2 = 10 + 7 + 2$,

$$I = 6$$
 A。



圖(4)

實習四 惠斯登電橋實驗

1. 如圖(1)所示電路, 試求 I 、 I_1 及 I_2 為多少?

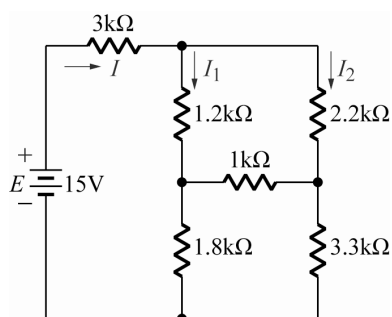
解: 因 $1.2k \times 3.3k = 2.2k \times 1.8k$, 所以 $1k\Omega$ 兩端電位相等, 即電橋平衡, $1k\Omega$ 電阻可以移除。

$$R_T = 3k + \frac{(1.2k + 1.8k) \times (2.2k + 3.3k)}{(1.2k + 1.8k) + (2.2k + 3.3k)} = 4.941k(\Omega);$$

$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{15}{4.941k} \doteq 3.04m(A);$$

$$I_1 = 3.04m \times \frac{(2.2k + 3.3k)}{(1.2k + 1.8k) + (2.2k + 3.3k)} = 1.97m(A);$$

$$I_2 = 3.04m \times \frac{(1.2k + 1.8k)}{(1.2k + 1.8k) + (2.2k + 3.3k)} = 1.07m(A)。$$

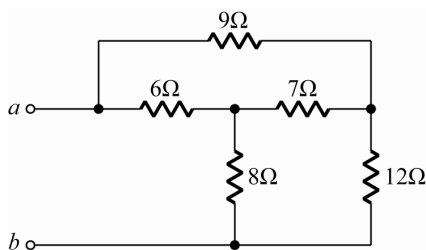


圖(1)

2. 如圖(2)所示, $R_{ab} = ?$

解: 因 $6 \times 12 = 9 \times 8$, 所以 7Ω 兩端電位相等, 7Ω 電阻可以移除。

$$R_{ab} = \frac{(6 + 8) \times (9 + 12)}{(6 + 8) + (9 + 12)} = \frac{42}{5} (\Omega)。$$

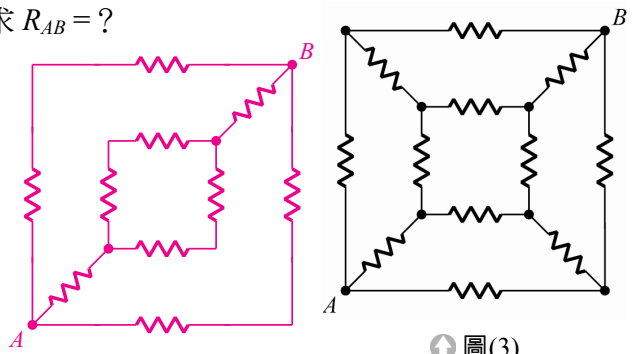


圖(2)

3. 如圖(3)所示，每個電阻皆為 10Ω ，求 $R_{AB} = ?$

解：因 \overline{AB} 的垂直平分線之左右皆對稱，其垂直平分線上各點電位皆相等；換言之，垂直平分線上之電阻皆可移除，電路特性不變，如右圖所示， AB 兩端之電阻即為 20Ω 、 30Ω 、 20Ω 並聯。

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30} + \frac{1}{20}, R_{AB} = 7.5\Omega。$$



圖(3)

4. 參考圖 4-4.3，試推導 $R_{X_2} = \frac{R_{2L} - (\text{倍率}) \times R_S}{1 + \text{倍率}}$ 。

解：因選擇開關切至 MV，即將電池的正極接地，如課本圖 4-4.3 所示；

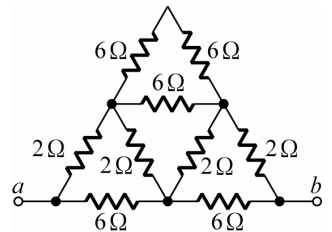
$$\text{電橋平衡時，} R_{2L} - R_{X_2} = \text{倍率} \times (R_S + R_{X_2}), \text{整理得 } R_{X_2} = \frac{R_{2L} - \text{倍率} \times R_S}{1 + \text{倍率}}$$

由 R_{X_2} 值即可找到故障點至 X_2 的距離。

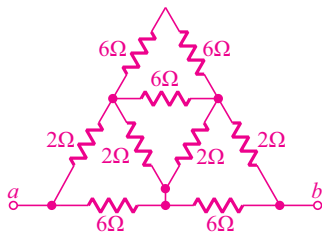
5. 如圖(4)所示， $R_{ab} = ?$

解：將圖(4)繪成如圖(a)所示之電路圖，很明顯 \overline{ab} 的垂直平分線左右對稱，其垂直平分線上各點電壓皆相等，因此垂直平分線上之各元件皆可移除，如圖(b)所示電路。

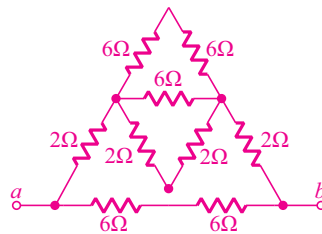
$$R_{ab} = \left\{ \left[(6+6) // 6 // (2+2) \right] + 2 + 2 \right\} // (6+6) = 4(\Omega)。$$



圖(4)



圖(a)

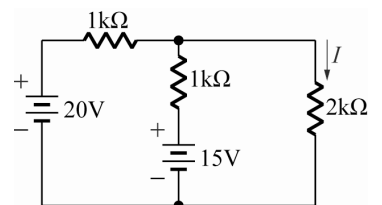


圖(b)

► 實習五 重疊定理實驗

1. 試求圖(1)所示，流經 $2k\Omega$ 之電流 I 為多少？

$$\text{解：} I = \frac{20}{\frac{1k \times 2k}{1k+2k} + 1k} \times \frac{1k}{1k+2k} + \frac{15}{\frac{1k \times 2k}{1k+2k} + 1k} \times \frac{1k}{1k+2k} = 7\text{m(A)}。$$

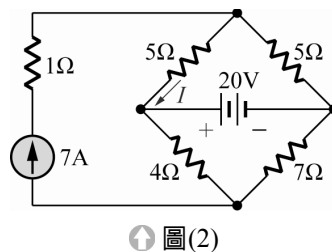
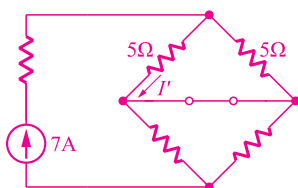


圖(1)

2. 試求圖(2)所示之 $I = \underline{1.5A}$ 。

解：(1) 7A 電流源對電路之影響，如下圖所示。(即忽略電壓源)

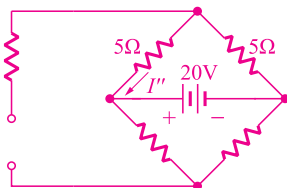
$$I' = 7 \times \frac{5}{5+5} = 3.5(A)$$



圖(2)

(2) 20V 電壓源對電路之影響，如下圖所示。(即忽略電流源)

$$I'' = \frac{-20}{5+5} = -2(A)$$



(3) 求 7A 電流源及 20 伏特電壓源同時對電路之影響：

$$I = I' + I'' = 3.5 + (-2) = 1.5(A)。$$

3. 試求圖(3)所示之 $I_1 = \underline{6A}$ ， $I_2 = \underline{4A}$ ， $I_3 = \underline{-12A}$ 。

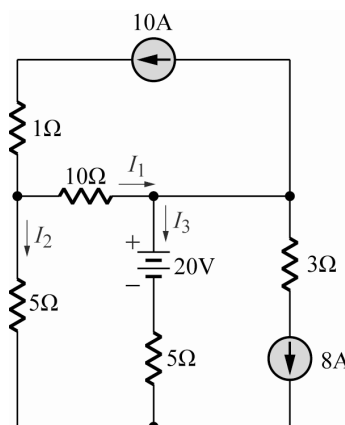
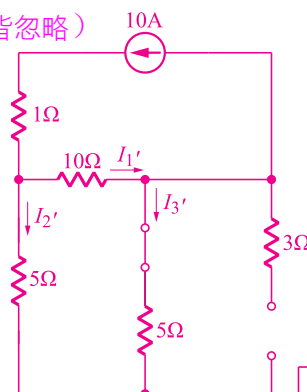
解：(1) 10A 電流源對電路之影響，如右圖所示。

(即 8A 電流源及 20V 電壓源皆忽略)

$$I_1' = 10 \times \frac{(5+5)}{(5+5)+10} = 5(A)$$

$$I_2' = 10 \times \frac{10}{(5+5)+10} = 5(A)$$

$$I_3' = -I_2' = -5(A)$$



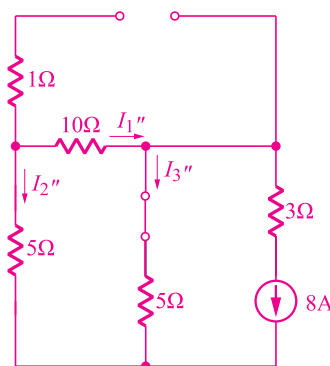
圖(3)

(2) 8A 電流源對電路之影響，如右圖所示。

(即 10A 電流源及 20V 電壓源皆忽略)

$$I_1'' = 8 \times \frac{5}{(10+5)+5} = 2(A), I_2'' = -I_1'' = -2(A)$$

$$I_3'' = -8 \times \frac{(10+5)}{(10+5)+5} = -6(A)$$



(3) 20V 電壓源對電路的影響，如右圖所示。

(即 10A 與 8A 電流源皆忽略)

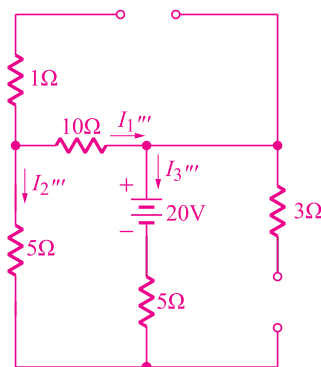
$$I_1''' = -\frac{20}{5+10+5} = -1(A), I_2''' = -I_1''' = 1(A)$$

$$I_3''' = I_1''' = -1(A)$$

(4) $I_1 = I_1' + I_1'' + I_1''' = 5 + 2 + (-1) = 6(A)$ ；

$I_2 = I_2' + I_2'' + I_2''' = 5 + (-2) + 1 = 4(A)$ ；

$I_3 = I_3' + I_3'' + I_3''' = (-5) + (-6) + (-1) = -12(A)。$



4. 試於上題所示電路之各節點，以克希荷夫電流定律驗算其結果是否正確。

解：如右圖所示以 $ABCD$ 四節點分別驗算之：

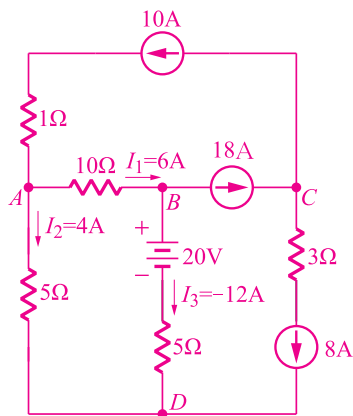
A 節點： $10 = I_1 + I_2 \rightarrow 10 = 6 + 4$

B 節點： $I_1 = I_{BC} + I_3 \rightarrow 6 = 18 + (-12)$

C 節點： $I_{BC} = 10 + 8 \rightarrow 18 = 10 + 8$

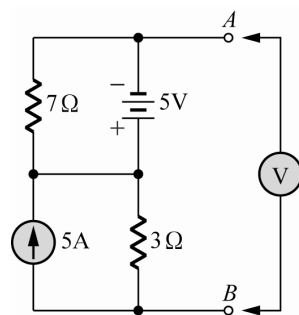
D 節點： $I_2 + I_3 + 8 = 0 \rightarrow 4 + (-12) + 8 = 0$

四節點皆滿足克希荷夫電流定律。



5. 如圖(4)所示，使用伏特計測量 A 、 B 兩點，伏特計會指示幾伏特？

解： $V_{AB} = 5 \times 3 - 5 = 10(\text{V})$ 。



圖(4)

實習六 戴維寧及諾頓定理實驗

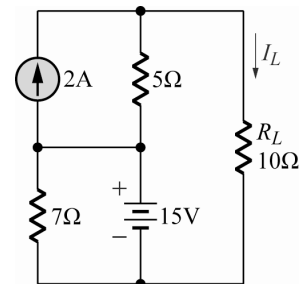
1. 如圖(1)所示， I_L 等於多少？ R_L 消耗功率為多少？

解：利用戴維寧等效電路，如圖(a)所示： $R_{Th} = R_{ab} = 5(\Omega)$ ；

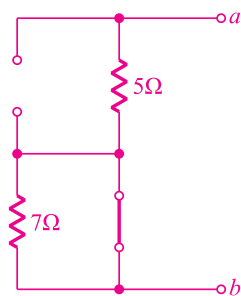
利用重疊定理，如圖(b)(c)所示： $E_{Th} = 2 \times 5 + 15 = 25(\text{V})$ ；

$$I_L = \frac{25}{5 + 10} = \frac{5}{3}(\text{A})。$$

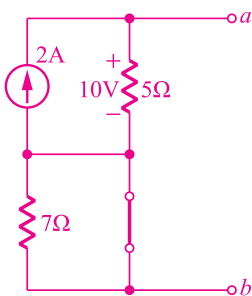
如圖(d)所示： $P_{R_L} = I_L^2 \times R_L = (\frac{5}{3})^2 \times 10 = \frac{250}{9}(\text{W})$ 。



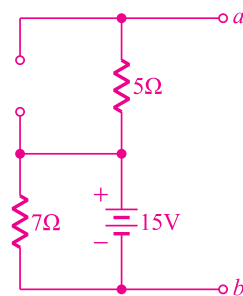
圖(1)



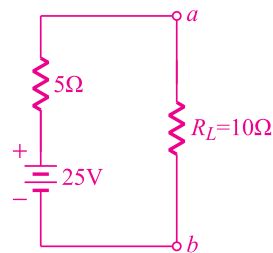
圖(a)



圖(b)



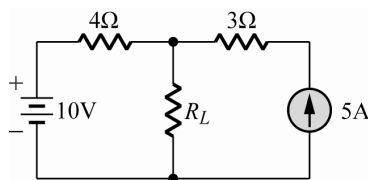
圖(c)



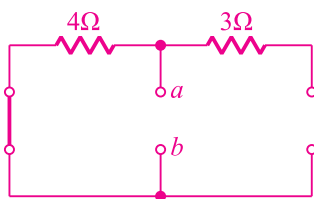
圖(d)

2. 如圖(2)所示，試求 R_L 兩端之間的戴維寧等效電壓 E_{Th} 及等效電阻 R_{Th} 各為何？

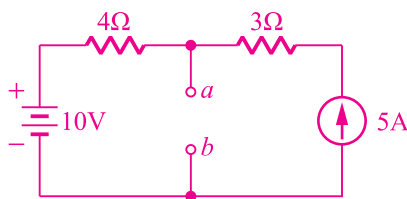
解：如圖(a)所示， $R_{Th} = R_{ab} = 4(\Omega)$ ；
 如圖(b)所示， $E_{Th} = 10 + 5 \times 4 = 30(V)$ ；
 戴維寧等效電路如圖(c)所示。



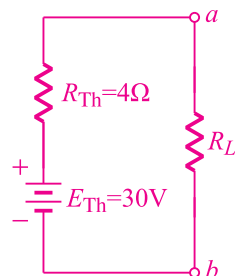
圖(2)



圖(a)



圖(b)



圖(c)

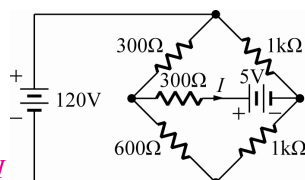
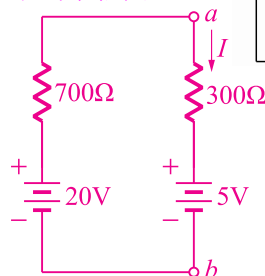
3. 如圖(3)所示， I 之值為何？

解：將 300Ω 及 $5V$ 電源拆除求其戴維寧等效電路，如下圖所示。

$$R_{Th} = \frac{300 \times 600}{300 + 600} + \frac{1k \times 1k}{1k + 1k} = 700(\Omega) ;$$

$$E_{Th} = 120 \times \frac{600}{600 + 300} - 120 \times \frac{1k}{1k + 1k} = 20(V) ;$$

$$I = \frac{20 - 5}{700 + 300} = 15m(A) .$$

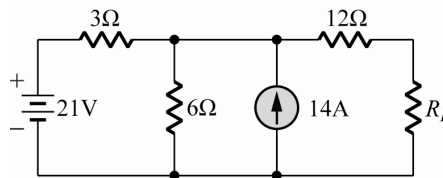


圖(3)

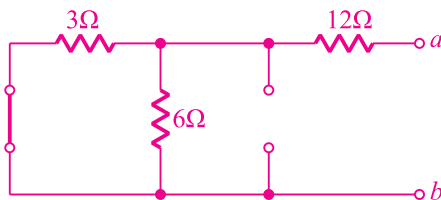
4. 如圖(4)所示，試求 R_L 兩端之間的諾頓等效電流 I_N 及等效電阻 R_N 各為若干？

解：將 R_L 拆除，並將電源忽略，如右圖所示。

$$\text{求 } R_N = R_{ab} = \frac{3 \times 6}{3 + 6} + 12 = 14(\Omega) .$$

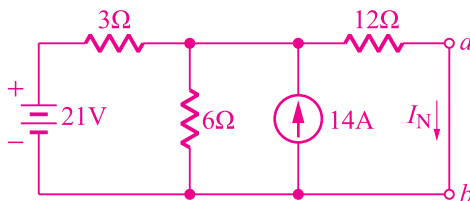


圖(4)

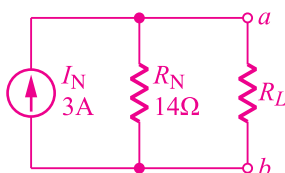


將 R_L 短路，求 I_N ，如右圖所示。

$$I_N = \frac{21}{\frac{12 \times 6}{12 + 6} + 3} \times \frac{6}{6 + 12} + 14 \times \frac{3 \times 6}{3 + 6} \times \frac{1}{3 + 6 + 12} = 1 + 2 = 3(A) .$$



諾頓等效電路如右圖所示。



► 實習七 最大功率轉移定理實驗

1. 何謂最大功率轉移？試說明其意義。

解：所謂最大功率轉移，就是負載電阻等於裝置之內阻時，負載可以自電源獲得的功率最大。

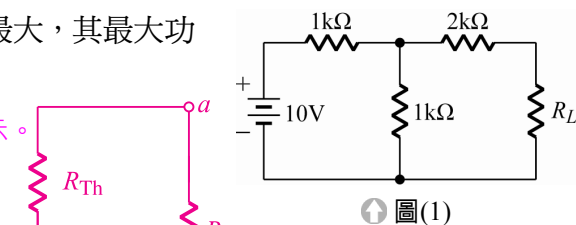
2. 如圖(1)所示，當 R_L 為多少時，其功率為最大，其最大功率為多少？

解：利用戴維寧定理求出等效電路如右圖所示。

$$R_L = R_{Th} = 2k + \frac{1k \times 1k}{1k + 1k} = 2.5k(\Omega);$$

$$E_{Th} = 10 \times \frac{1k}{1k + 1k} = 5(V);$$

$$P_{max} = \frac{E^2}{4R_L} = \frac{5^2}{4 \times 2.5k} = 2.5m(W)。$$



3. 如圖(2)所示， $R_L =$ 500 Ω 時，會產生最大功率

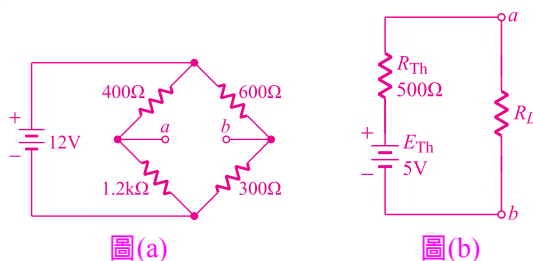
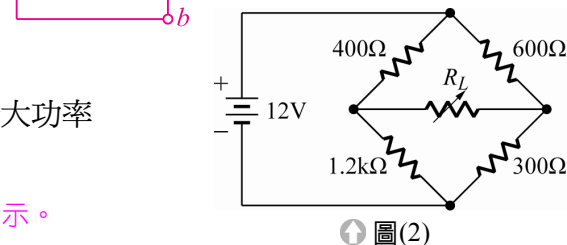
$$P_{max} = \underline{12.5m} \text{ W}。$$

解：利用戴維寧定理，先將 R_L 移除，如圖(a)所示。

$$R_{Th} = R_{ab} = \frac{400 \times 1200}{400 + 1200} + \frac{600 \times 300}{600 + 300} = 500(\Omega);$$

$$E_{Th} = E_{ab} = 12 \times \frac{1200}{1200 + 400} - 12 \times \frac{300}{600 + 300} = 5(V);$$

$$P_{max} = \frac{E^2}{4R_L} = \frac{5^2}{4 \times 500} = 12.5m(W)。$$



4. 對於單一電源之電路，其最大功率轉移時之效率為何？

解：50%。

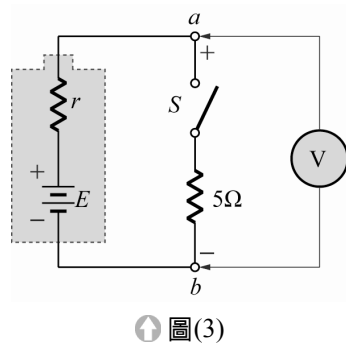
5. 如圖(3)所示，直流電壓表接於 a 、 b 兩點，開關 S 開路時，電壓表指示 1.6 伏特，當開關閉合時，電壓表指示 1.25 伏特，試問電池之內阻 r 為若干？

解：開關開路時，電壓表指示 1.6 伏特 → $E = 1.6$ 伏特；

開關閉合時，電壓表指示 1.25 伏特 → $V_{ab} = V_{5\Omega} = 1.25$ 伏特；

$$\begin{cases} E - I \times r - V_{ab} = 0 \\ I = \frac{V_{ab}}{R} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 1.6 - I \times r - 1.25 = 0 \\ I = \frac{1.25}{5} \end{cases}$$

解得 $r = 1.4 (\Omega)$ 。



第 5 章 導線之連接及處理

問題討論

實習一 導線之選用及線徑測量

1. 選用導線所需考慮的事項有哪些？

- 解 (1)電壓降：導線愈細，電阻愈大，壓降就愈大，太大的壓降會造成供電不足，也會減低用電器具的壽命。
- (2)電力損失：使用導線線徑愈細，費用愈低，但是損失會增加，較耗電，反而可能增加費用。
- (3)安全電流：選用的導線安全電流須大於用電器具的最大使用電流。
- (4)機械強度：選用導線必須有足夠的機械強度來抵抗拉線的張力。一般室內配線，按規定應不可小於 1.6mm。
- (5)太大導線不宜使用，可考慮採用多條導線並聯使用。
- (6)導電率：導電率愈高，電阻就愈小，相對的損失會減少，效率就愈高。
- (7)彎曲性：導線愈易於彎曲，就不易被折斷。
- (8)耐用性：機械及電器性能愈能持久，愈不易腐蝕，可使導線壽命增加。
- (9)重量價錢：質輕價廉可以被普遍使用。

2. 影響導線安全電流的因素為何？

- 解 (1)導線絕緣材料的最高容許溫度；(2)周圍溫度；(3)散熱條件。

實習二 導線之連接

1. 導線連接有何缺點？

- 解 導線一經連接後勢必造成下列缺點，必須予以矯正：
- (1)導線電阻增加：連接點會因為接觸並非百分之百緊密，所以導線電阻必然因為接觸電阻增加而增加（可以加銲錫來減少接觸電阻）。
- (2)絕緣程度下降：導線的連接必須剝除絕緣皮，因此連接後必須包紮絕緣膠帶，以恢復它的絕緣效果。
- (3)機械應力減小：導線連接後耐張力會減少；若不使用壓接法，則連接部分應加上銲錫。

2. 試述導線單心線有何連接方法？

- 解 (1)直路連接法；(2)分路連接法；(3)同徑終端連接法；(4)異徑終端連接法；(5)同徑多根絞接法。

實習三 導線接頭之壓接

1. 導線壓接有何優點？

- 解 (1)機械強度較大，接合較完全；(2)連接點不必加銲錫；(3)有些接頭本身即為銅質材料，連接時不會有接觸不良的情形發生。

2. 試述導線接頭使用方式的環境？

解 導線接頭使用方式的環境如下：

- (1)螺式接頭：將導線同時插入套管中，再旋緊螺旋套管即可。適用於較細的導線。
- (2)彈簧螺式接頭：是一種內附彈簧的螺式接頭。適用於單心及較粗心之電線。
- (3)閉端端子：將導線先互絞成螺旋狀並插入套管中，最後以壓接鉗壓接即可。適用於導線之終端連接。
- (4)銅壓接套管：將導線之絕緣剝後，穿入套管，再以壓接鉗壓接即完成。適用於導線之延長連接。
- (5)壓接端子：有 O 型及 Y 型兩種；適用於導線與器具、導線與端子台之固定。

▶ 實習四 導線接頭之銲接

1. 導線加銲的方法為何？

解 先將瓦斯罐裝罐，然後點火，再調整火勢，將銲接物塗抹銲劑，繼而加熱接頭再放銲錫於接頭上面，當完成加銲動作後，關閉噴燈並將瓦斯罐取下。

2. 銲劑的作用與分類為何？

解 銲劑的作用是去除金屬表面之氧化物，促進銲料附著於接頭。可以分為松香系及水溶系兩大類，有膏狀和液態兩種。

▶ 實習五 導線接頭之絕緣處理

1. 導線絕緣處理的目的為何？

解 導線在連接時加上銲錫後，以絕緣膠帶包紮裸露部分，其目的為恢復其絕緣特性，避免發生漏電或感電。

2. 導線接頭的絕緣處理有哪幾種？

解 導線接頭的絕緣處理有三種，分別為直路接頭絕緣處理、分路接頭絕緣處理及終端接頭絕緣處理。

▶ 實習六 電纜線之連接及處理

1. 電纜連接時大線徑及小線徑分別應如何處理？

- 解
- (1)小線徑電纜進入匣或箱內，其外包塑膠保護皮應預留長度約 1.5cm，並以電纜固定頭連接之，在匣及箱內一律按終端連接法處理連接。
 - (2)大線徑的電纜應以導線連接且心線的連接點應不在同一處，並用塑膠絕緣膠帶以二分之一膠帶寬度重複纏繞，使其纏繞後厚度比原電纜厚度大，其填塞塑膠絕緣體及個別塑膠絕緣體應各露出 1cm，以利接頭之絕緣膠帶纏繞。

2. 電纜應運用何種工具切斷？

解 低壓電纜線徑小者用電工鉗直接剪斷；線徑大者則用電纜鉗剪斷。

第 6 章 屋內配線

問題討論

▶ 實習一 分電盤及瓦時計之裝配

1. 試簡述瓦時計的動作原理？

解 瓦時計的動作原理與瓦特表相似，其內有兩組線圈，線徑較粗的一組是電流線圈；較細的則為電壓線圈。電流線圈與負載串聯，電壓線圈則與負載並聯，在接上負載後，二組線圈各因有電流通過而產生一旋轉磁場，進而驅動鋁盤，鋁盤再帶動齒輪組以改變計數器的數值，累計用電量。當然，如果負載愈大則通過電流線圈的電流愈大，旋轉磁場加強，所以鋁盤轉動速度加快，計數值就愈大了，亦即用電量增大。

2. 如何區分幹線與分路？

解 由總開關接到分路開關的線路，就稱之為幹線；由分路開關接到負載的線路，就稱之為分路。

▶ 實習二 開關、插座及器具之裝配

1. 構成電路的要件為何？

解 構成電路的四個基本要件為：電源、開關、導電及負載。

2. 試簡述閘刀開關及無熔絲開關之功能為何？

解 閘刀開關功能是以閘刀的通斷來接通或切斷電源與負載的連線，一般在它的上面都裝有保險絲，當所接通的電路發生短路故障時，可藉由熔斷保險絲以切斷電源。

無熔絲開關本身沒有保險絲，它是利用熱或電磁的方式來驅動內部的雙金屬片使其彎曲，以達到切斷電路的目的。

▶ 實習三 PVC管及EMT管配管之認識

1. PVC 管依厚度如何分類？

解 (1) A 管：為較常使用的室內配電管。(2) B 管：管壁較 A 管厚，適用於有壓力的給水管。
(3) S 管：管壁最薄，使用在不受壓力處所。

2. 試述 PVC 管加熱彎曲中，L 型與小 S 型的異同點？

解 (1) L 型彎曲：適用在建築物面轉角或跨越較大障礙物等場合。彎曲半徑不得低於 PVC 管內徑的六倍，加熱長度計算是將彎曲弧長兩端各往外延伸 2cm，在加熱長度內來回加熱並緩慢旋轉，再均勻受熱後依順時針方向彎曲成 90 度，使冷卻定形。

(2) 小 S 型彎曲：主要用於 PVC 管與開關匣或出線匣間的連接。加熱長度計算是由匣的開孔高度來決定，一般加熱的範圍是從距管端約 3~4 倍的外徑處起約 2 倍外徑的長度，在加熱範圍均勻加熱，待軟化後將管子末端提起，使冷卻定形。

▶ 實習四 單相二線式配線

1. 分電盤電路主要由哪些物件構成？

解 瓦時計、無熔絲開關、接地銅柱及導線連結而成。

2. 試簡述金屬管的接地處理？

解 金屬管的接地處理，須施行第三種接地工程：

(1) 使用 2.0mm 以上的裸銅線將各金屬管緊密連接起來。

(2) 在各接線匣或開關匣內做一接地點，並以綠色 2.0mm² 導線引至分電盤接地端子。

▶ 實習五 單相三線式低壓電纜配線

1. 低壓電纜的種類與用途？

解 (1) PVC 電纜：PVC 電纜是以 PVC 做為導體及外層的保護皮，簡稱 VV 電纜。其耐溫可達 60°C。一般適用於低壓進屋線、屋內配線及地下配線。

(2) 可撓裝甲電纜：為單心線或絞線的銅或鋁線，再以橡膠或塑膠為導體的絕緣，並以紙或麻棉編織物為被覆，最後以鍍鋅鐵片纏繞保護。適用於乾燥、隱密之場所。

(3) MI 電纜：以高壓縮型氧化鎂為導體之絕緣體，再以無接縫的銅皮或金屬皮為被覆者。它具有不燃燒、耐水、耐油、耐天候及高機械強度等特性。適用於周圍溫度較高及對防火、防水要求嚴格的場所。

(4) 交連 PE 電纜：導體以一層交連 PE 絕緣物包覆之，加上麻做為填充物，再以棉布帶被覆，最外層以 PVC 包紮保護。這種電纜又稱 PEX 電纜或 CV 電纜。通常做為低壓進屋線、屋內配線及地下配線用。

(5) BN 電纜：以丁基橡膠人造皮為導體的絕緣保護，再以合成橡膠為被覆者。一般做為屋內配線用。

2. 電纜連接有哪幾種方式？

解 (1) 電纜與匣間連接；(2) 電纜與器具引線的連接；(3) 電纜於戶外連接；(4) 電纜裝於磁性管路。

▶ 實習六 接地系統接地電阻與屋內線路絕緣電阻測量

1. 試述接地施作的方法？

解 接地施作方法有下列三種：

(1) 接地棒：直徑不得小於 15mm，長度為 1 公尺。(2) 接地銅板：厚度應在 0.7mm 以上，面積應在 900cm² 以上。(3) 利用地中已設之自來水管系統做接地極。

2. 接地的類別分為哪幾種？

解 接地的類別分為下列四種：

(1) 設備接地；(2) 內線系統接地；(3) 低壓電源系統接地；(4) 設備與系統共同接地。

3. 絕緣電阻測量之種類及異同點？

解 絕緣電阻測量可分為：

- (1) 低壓導線間（線對線）絕緣電阻：應切開電源及負載開關測量絕緣電阻。
- (2) 低壓電路之導線與大地之絕緣電阻：應切開電源及閉合負載開關測量絕緣電阻。