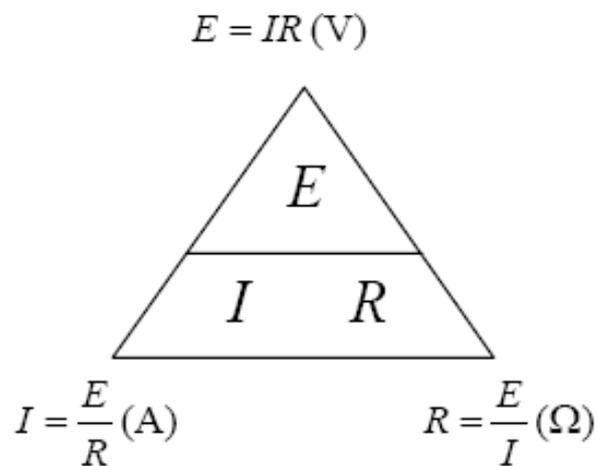


歐姆三角形

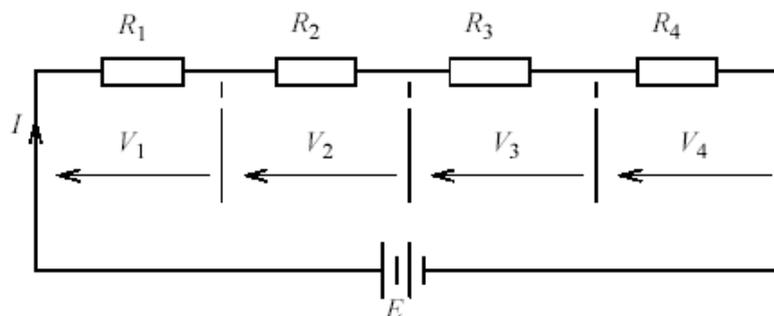
直流電路的計算公式



3

串聯電阻電路

將電阻器與電阻器間首尾相接，便組成串聯電阻電路。



電阻器 R_1 的電壓 $V_1 = IR_1$ ，電阻器 R_2 的電壓 $V_2 = IR_2$

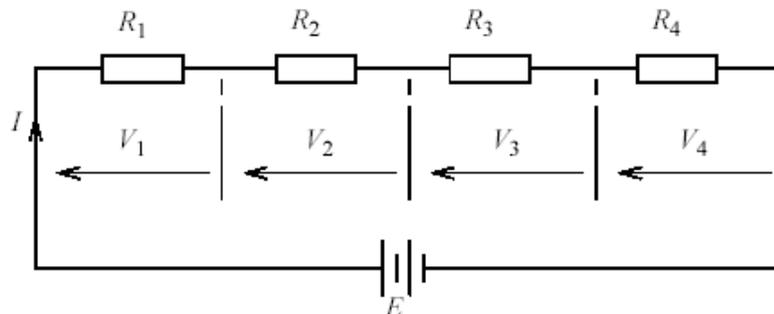
電阻器 R_3 的電壓 $V_3 = IR_3$ ，電阻器 R_4 的電壓 $V_4 = IR_4$

電路的總電壓 $V = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots + V_n$

4

串聯電阻電路

如 R 是電路的總電阻



$$IR = IR_1 + IR_2 + IR_3 + \cdots + IR_n$$

$$IR = I(R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n)$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n$$

5

串聯電阻電路

串聯電阻電路有以下特性：

1. 電路中，每一點的電流均相同
2. 電路中斷時，電路各點均沒有電流
3. 電路中任何位置的電阻增加時，電路的電流便會減少
4. 電路有分壓作用，電阻器按阻值比例分壓，高阻值的電阻器分壓較多，低阻值的電阻器分壓較少
5. 電路的總電壓等於各電阻器電壓的總和

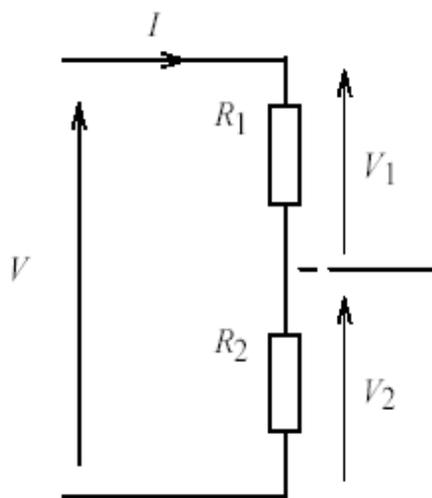
$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots + V_n$$

6. 電路的總電阻等於各電阻器電阻的總和

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n$$

6

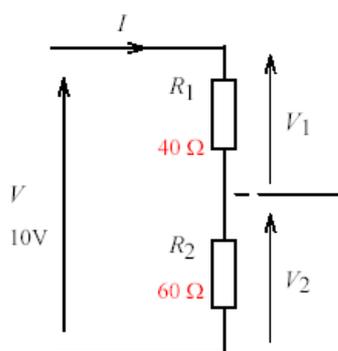
分壓器



- 總電阻 $R = R_1 + R_2$
- $V_1 = V \times (R_1 / R)$
- $V_2 = V \times (R_2 / R)$

7

分壓器



電流 $I = \frac{V}{R}$

$$= \frac{V}{R_1 + R_2}$$
$$= \frac{10}{40 + 60} = 0.1 \text{ A}$$

R_1 的電壓 $V_1 = IR_1$

$$= \frac{V}{R_1 + R_2} \cdot R_1$$
$$= \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot V = \frac{40}{40 + 60} \cdot 10 = 4 \text{ V}$$

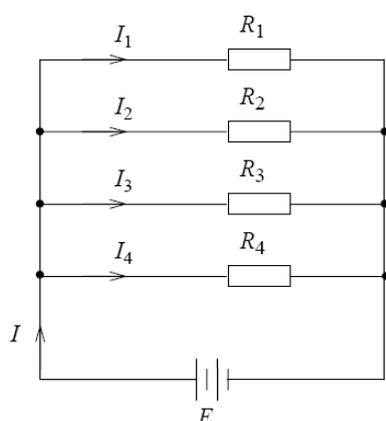
R_2 的電壓 $V_2 = IR_2$

$$= \frac{V}{R_1 + R_2} \cdot R_2$$
$$= \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V = \frac{60}{40 + 60} \cdot 10 = 6 \text{ V}$$

8

並聯電阻電路

將各電阻器平排，線頭接線頭，線尾接線尾，便組成並聯電阻電路。



$$I_1 = E / R_1, \quad I_2 = E / R_2$$

$$I_3 = E / R_3, \quad I_n = E / R_n$$

$$\text{電路的總電流 } I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

$$\rightarrow E / R = E / R_1 + E / R_2 + E / R_3 + E / R_n$$

$$\rightarrow 1 / R = 1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3 + 1 / R_n$$

(R 是電路的總電阻)

9

並聯電阻電路

並聯電阻電路有以下特性：

1. 電路中，各電阻器的電壓均相同；
2. 電路中，各電阻器獨立運作，其一的電阻器斷路時，不會影響其它電阻器的電壓和電流；
3. 電路有分流作用，電阻器按阻值的反比例分流，高阻值的電阻器分流較少，低阻值的電阻器分流較多；
4. 電路的總電流等於各電阻器電流的總和；

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

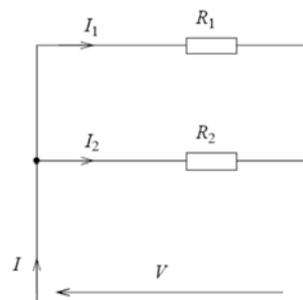
5. 電路的總電阻的倒數等於各電阻器電阻倒數的總和

$$1 / R = 1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3 + 1 / R_n$$

10

分流器

在一個由兩個電阻器組成的電路中：



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

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

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

$$\text{總電阻 } R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

由於在並聯電路中，每個電阻的電壓均等於供應電壓，所以 $V = I_1 \times R_1$

$$I_1 R_1 = I \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_1 = I \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

同樣地 $I_2 = I \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$

11

分流器

例題

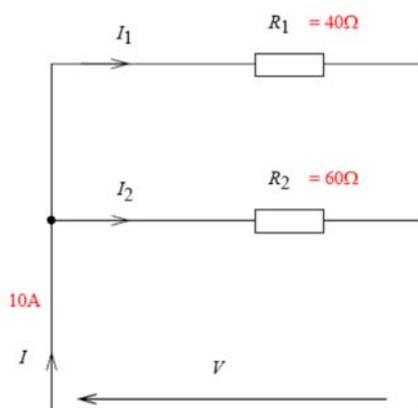
在一直流電路中， 40Ω 和 60Ω 的電阻器並聯連接，電路的總電流是 10 A 。

- 計算
- 電路的等效電阻
 - 電路的供應電壓
 - 各個電阻器的電流

答案

a) 總電阻 $R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

$$= \frac{40 \times 60}{40 + 60} = 24\Omega$$



12

分流器

答案

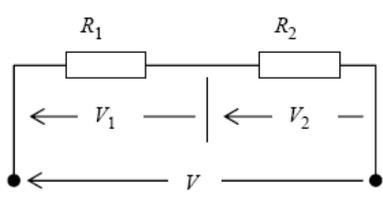
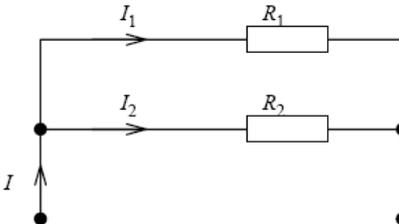
b) 供應電壓 $V = IR = I \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 10 \times 24 = 240\text{V}$

c) 40Ω 電阻器的電流 $I_1 = I \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 10 \cdot \frac{60}{40 + 60} = 6\text{A}$

60Ω 電阻器的電流 $I_2 = I \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 10 \cdot \frac{40}{40 + 60} = 4\text{A}$

13

串、並聯電阻電路概要

串聯電路	並聯電路
	
總電阻 $R = R_1 + R_2$	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ 總電阻 $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$
總電壓 $V = V_1 + V_2$	總電流 $I = I_1 + I_2$
$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot V$	$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I$
$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V$	$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot I$

14

串、並聯電阻電路

例題一

例題二

15

電功率 Power

- 功率的符號是 P
- 功率量度單位是瓦特 (Watt)，單位的簡寫是 W

$$\begin{aligned} \text{電功率 } (P) &= \text{電流} \times \text{電流} \times \text{電阻 (瓦特)} \\ &= I^2 R \text{ (W)}, \text{ 或} \\ &= \text{電壓} \times \text{電流 (瓦特)} \\ &= VI \text{ (W)}, \text{ 或} \\ &= (\text{電壓} \times \text{電壓}) / \text{電阻 (瓦特)} \\ &= V^2 / R \text{ (W)} \end{aligned}$$

16

電能 Electrical Energy

- 電功能的符號是 W
- 量度單位是Watt-second，瓦秒，單位符號是W-s
- 帶電體的移動是有電能的消耗。

電功能 = 電功率 \times 時間

$$W = P \times t$$

- 電力收費是根據用戶消耗電功能而計算，採用的單位是千瓦時kWh， $1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ W-s} = 1$ 度。例如1 000瓦的電器，用上一小時，便耗電1度

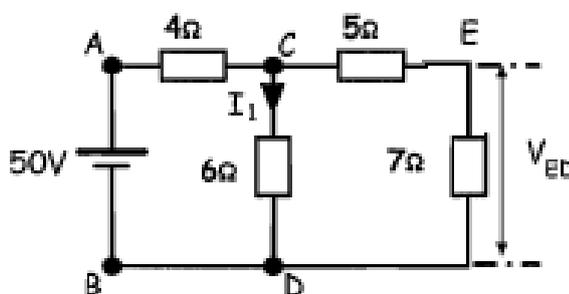
17

串、並聯電阻電路

堂課 (07-08 9b題目)

在圖中，求

- 總電阻值(R_{AB})；
- 分路電流(I_1)；
- 分路電壓(V_{CD})；
- 分路電壓(V_{ED})；
- 電阻 6Ω 的電功率；及
- 電阻 4Ω 的電功率



18

電阻率 (電阻系數), Resistivity

- 影響物體電阻值的主要因素有：
 - 物體的材料
 - 物體的長度
 - 物體的橫切面積
 - 溫度
- 電阻率的算式符號是 ρ
- 量度單位是 $\Omega\cdot m$ ，常用的量度單位是 $\mu\Omega\cdot m$
- 物體的電阻率數值小時，表示該物體的電阻值低，導電能力高

19

電阻率的公式

- 計算物體電阻的公式

$$R = \rho \frac{\ell}{a}$$

ℓ = 物體的長度，單位是 m ；

a = 物體的切面面積，單位是 m^2 ；

ρ = 物體的電阻率，單位是 $\Omega\cdot m$ ；

R = 物體的電阻，單位是 Ω ；

20

電阻率

例題(一)

某 1.5mm^2 的銅線有電阻 0.03Ω ，銅的電阻率是 $0.0172\ \mu\Omega\cdot\text{m}$ 。計算銅線的長度

答案

$$R = 0.03\Omega$$

$$\rho = 0.0172\ \mu\Omega\cdot\text{m} = 0.0172 \times 10^{-6}\ \Omega\cdot\text{m}$$

$$a = 1.5\ \text{mm}^2 = 1.5 \times 10^{-6}\ \text{m}^2$$

$$R = \rho \frac{\ell}{a}$$

$$\ell = \frac{Ra}{\rho} = \frac{0.03 \times 1.5 \times 10^{-6}}{0.0172 \times 10^{-6}} = 2.62\ \text{m}$$

21

電阻率

例題(二)

有一導線長 0.5 千米，橫截面積為 2.5mm^2 ，若導線材料之電阻 0.01725 微歐米($\mu\Omega\text{m}$)，計算此導線之電阻值。

答案

$$A = 2.5\text{mm}^2 = 2.5 \times 10^{-6}\text{m}^2, \quad L = 0.5 \times 1000\text{m} = 500\text{m}$$

$$R = \rho(L/A)$$

$$\therefore R = (0.01725 \times 10^{-6})\Omega\text{m} \times (500\text{m} / 2.5 \times 10^{-6}\text{m}^2)$$

$$R = 3.45\Omega \quad \text{Ans}$$

22

電導率 (電導系數), Conductivity

電導 (Conductance)

- 是電阻值的倒數。為容許電流傳導的能力。
- 符號是G，單位西門子 (Siemens)

$$G = 1 / R, R = \text{電阻值}$$

電導率(Conductivity)

- 符號是 σ
- 是電阻率的倒數。是比較兩導電材料的導電能力，選其一作為標準。
- 一般以軟銅為標準而定其電導率為100%。

$$\sigma = 1 / \rho$$

23

電導率 (電導系數), Conductivity

- 任何均勻的物質，不論其材料為何，若其長有一米，重一克，在20°C時之電阻值為0.15328 Ω 者，此材料之電導率為100%。
- 電導率的用途是劃分導體材料的特性。為保持電導材料的品質，通常會指定其電導率。
- 導體物質可基於同體積或等質量的軟銅來比較之，分為
 - 體積電導率，和
 - 質量電導率。

24

體積電導率

- 導體物質基於同體積的軟銅來比較

在20 °C時銅之電阻率為 0.01725微歐米

在20 °C時導體之電阻率為 ρ

導體之體積電導率 = $(0.01725/\rho) \times 100\%$

25

質量電導率

- 導體物質基於等質量的軟銅來比較

一米長，一克重粗細均勻的標準軟銅在20°C時之電阻值是0.15328 Ω 。

ρ_2 = 一米長，一克重的均勻導體在20°C時的電阻值

導體之質量電導率 = $(0.15328/\rho_2) \times 100\%$

26

體積及質量電導率

例題

硬鋁在20°C的電阻率是0.02828微歐米及0.0764Ω/米克，求硬鋁之體積電導率及質量電導率。

答案

$$\begin{aligned}\text{體積電導率} &= (0.01725 / 0.02828) \times 100\% \\ &= 61\% \quad (\text{即一立方米的鋁等於}0.61\text{立方米的銅})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{質量電導率} &= (0.15328/0.0764) \times 100\% \\ &= 200.6\% \quad (\text{即一公斤的鋁等於}2.006\text{公斤的銅})\end{aligned}$$

27

導電材料

一般金屬，具有良好的導電性能，叫做導電體。導電體有很低的電阻率，其數值少於微歐-米 ($\mu\Omega\text{-m}$)。

物質	電阻率	特性	應用
鋁	0.0283 $\mu\Omega\text{-m}$	較輕、較堅硬，較不受溫度影響	架空天線，地線
銅	0.0172 $\mu\Omega\text{-m}$	柔軟，容易銲接，導電性能佳	一般電線，電掣
金	0.0233 $\mu\Omega\text{-m}$	抗氧性能良好，容易壓力加工	音響用接線插
鐵	0.0900 $\mu\Omega\text{-m}$	磁導性能強	變壓器/電機鐵芯
銀	0.0163 $\mu\Omega\text{-m}$	最導電的金屬，易氧化，銲接難	熔絲
鎢	0.0500 $\mu\Omega\text{-m}$	耐熱性能佳	燈絲
水銀	0.9000 $\mu\Omega\text{-m}$	液體金屬	防爆開關
碳	20 $\mu\Omega\text{-m}$	半導體物質	電阻器

28

導電材料

- 常用的導電材料有銅和鋁，有時亦用鐵、鋼或金。
- 銅為最普遍使用的導電材料，銅之導電係數甚高，價格便宜，不易氧化，易於錫焊，機械特性如拉力強度、韌性、延性等頗良好，溫度膨脹係數亦低，是為架輸電線之理想材料。銅合金或青銅之電導係數較低，但有較大強度及抗蝕力。

29

導電材料

- 鋁之重量較輕，對相同電導而言，鋁之重量僅為銅之一半，固鋁已大量使用於高壓輸電線上。鋁導線直徑較大，固可減低電暈損失(**corona loss**)。鋁之溫度膨脹係數較大(銅之1.4倍)，因此隨溫度而產生之輸電線弛度變化亦較大。鋁之熔度較銅為低，因飛弧而引起之斷線亦較銅線為多。
- 鋼電導較銅為低，有特高抗張強度。適用於跨河輸電線。

30

絕緣材料

- 在直流電壓作用下，祇有極少的電流能通過絕緣體。絕緣體有很高的電阻率，其數值大於兆歐-米 ($M\Omega\cdot m$)。
- 常用的電工絕緣材料有；空氣、六氟化硫(SF_6)、變壓器油、絕緣漆、白臘紙、青殼紙、陶瓷、橡膠、聚氯乙烯(PVC)、棉紗、布帶、電木等等。

31

絕緣材料

- 絕緣材料依其最高容許熱點溫度之不同而分成下列數等級：
 - **Y級絕緣**，如棉、絲、紙及其他有機物質，其未加浸漬或不浸入液體介質中使用者均屬之，最高容許熱點溫度為 $90^{\circ}C$ 。
 - **A級絕緣**，如棉、絲、紙及其他有機物質，其已加浸漬或不浸入液體介質中使用者均屬之，最高容許熱點溫度為 $105^{\circ}C$ 。
 - **B級絕緣**，如雲母、石棉，玻璃纖維均屬之，最高容許熱點溫度為 $130^{\circ}C$ 。
 - **H級絕緣**，如雲母、石棉，玻璃纖維均屬之，最高容許熱點溫度為 $180^{\circ}C$ 。

32

絕緣材料

- 絕緣材料經長期使用後，逐漸老化，使其機械強度亦逐漸減弱，絕緣物之老化速度與使用溫度有密切關係。
- 工作溫度越高使用壽命越短。

33

電阻溫度系數

當溫度增加時，物體內的電子運動出現兩個相反的影響

- 電子運動加快，容易脫離軌道，成為自由電子，增加物體的導電能力；
- 原子核因熱產生的振幅加劇，自由電子移動時容易與其他原子發生碰撞，增加物體對電子移動時的阻力，即電阻增加。
- 因熱漲冷縮的關係，物體的長度會增加，體形也會漲大，使橫截面面積增加。

上述各點均會影響物體的電阻數值

34

電阻溫度系數

不同的物質，對溫度增加有著不同的反應。

溫度增加時：
導電體的電阻增加
絕緣體的電阻減少
半導體的電阻減少
合金的電阻變化則很少 (如：錳銅)

請參照 電機電子工程基礎 第十二頁，第一章 1.10節

35

電阻溫度系數, α_0

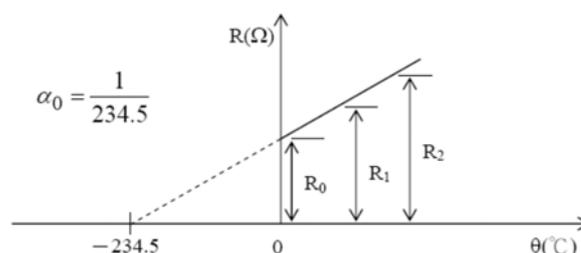
以銅為例

$$T = 0^\circ\text{C} \rightarrow R_0 = 1\Omega$$

$$T = -234.5^\circ\text{C} \rightarrow R_{-234.5} = 0\Omega$$

以 0°C 為比較溫度，每當溫度增加 1°C 時，每歐姆電阻的增值稱為零度時電阻溫度系數 α_0 。

銅在零度時電阻溫度系數 $\alpha_0 = 1 / 234.5 = 0.004264/^\circ\text{C}$



36

電阻溫度系數

- 在0°C至100°C間的溫度，一般金屬的電阻會作線性地增加。當溫度向攝氏零下度數下降時，則電阻會隨之減少
- 物體的電阻溫度系數愈大，表示該物體的電阻較受溫度的影響。
- 物體的電阻溫度系數是負值時，表示當溫度上升時，物體的電阻會減少。

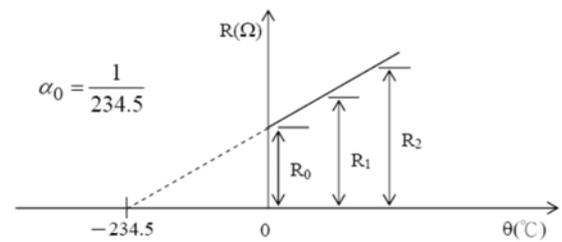
37

常用金屬的電阻溫度系數

材料	零度時電阻溫度系數 α_0 ($1/^\circ\text{C}$)
鋁	0.00381
銅	0.00428
銀	0.00408
鎳	0.00618
鋅	0.0044
碳	-0.0048
錳銅	0.00002

38

電阻溫度系數公式



- 以 0°C 為比較點，每當溫度上升 1°C 時，每 Ω 電阻的增值 = α_0
- 與 0°C 比較，溫度是 $\theta^{\circ}\text{C}$ 時，溫度的變化 = $\theta - 0 = \theta$
- 當溫度上升至 θ 時，每 Ω 電阻的增值 = $\alpha_0\theta$
- 如 0°C 時的電阻數值是 R_0 ，電阻值的增加 = $R_0 \alpha_0\theta$
- 在 $\theta^{\circ}\text{C}$ 時，共有電阻 $R = R_0 + R_0 \alpha_0\theta$
 $R = R_0 (1 + \alpha_0\theta) \Omega$

39

電阻溫度系數

例題(一)

有一銅線在 0°C 時有電阻 1.1Ω ，計算此導線在 22°C 時的電阻值。導線的 $\alpha_0 = 0.00426/^{\circ}\text{C}$

答案

$$\begin{aligned} R &= R_0 (1 + \alpha_0\theta) \Omega \\ &= 1.1 (1 + 0.00426 \times 22) \Omega \\ &= 1.203 \Omega \end{aligned}$$

40

電阻溫度系數

例題(二)

某直流電機的勵磁線圈在溫度是 25°C 時有電阻 200Ω ，計算當溫度是 35°C 時線圈的電阻數值。線圈導線的 $\alpha_0 = 0.0043/^{\circ}\text{C}$

答案

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{1 + \alpha_0 \theta_1}{1 + \alpha_0 \theta_2}$$

$$\frac{R_1}{200} = \frac{1 + 0.0043 \times 35}{1 + 0.0043 \times 25}$$

$$\frac{R_1}{200} = \frac{1.1505}{1.1075}$$

$$R_1 = 207.77 \Omega$$

41

電阻溫度系數

例題(三)

銅線的電阻在 18°C 時為 12.7 歐姆，問 50°C 時的電阻為若干？銅在 0°C 之 $\alpha_0 = 0.004264 / ^{\circ}\text{C}$

答案

$$R_1 / R_2 = (1 + \alpha_0 t_1) / (1 + \alpha_0 t_2)$$

$$R_1 / 12.7 = (1 + 0.004264 \times 50) / (1 + 0.004264 \times 18)$$

$$R_1 = 14.3 \Omega$$

42

電阻溫度系數

若只有某個溫度的電阻值時。(沒有零度時電阻溫度系數 α_0)

$$m = \Delta R / \Delta T$$

$$= (R_1 - 0) / (T_1 - T) [\Omega / ^\circ\text{C}]$$

溫度係數 α_1 ,

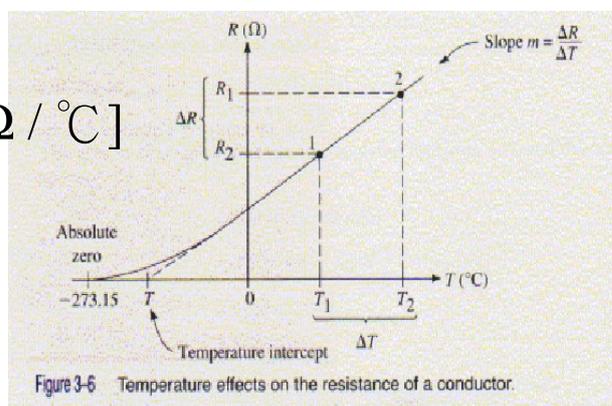
$$\alpha_1 = m / R_1 [(^\circ\text{C})^{-1}]$$

$$R_2 = R_1 + m \Delta T$$

$$= R_1 + m (T_2 - T_1)$$

$$= R_1 [1 + (m/R_1)(T_2 - T_1)]$$

$$R_2 = R_1 [1 + (\alpha_1)(T_2 - T_1)]$$



43

電阻溫度系數

	T(°C)	$\alpha(^\circ\text{C})^{-1}$ at 20°C	$\alpha(^\circ\text{C})^{-1}$ at 0°C
Silver	-243	0.003 8	0.004 12
Copper 銅	-234.5	0.003 93	0.004 27
Aluminum 鋁	-236	0.003 91	0.004 24
Tungsten	-202	0.004 50	0.004 95
Iron	-162	0.005 5	0.006 18
Lead	-224	0.004 26	0.004 66
Ni chrome	-2270	0.000 44	0.000 44
Brass	-480	0.002 00	0.002 08
Platinum	-310	0.003 03	0.003 23
Carbon	-0.000 5		
Silicon	-0.075		

44

電阻溫度系數

例題(四)

鋁線的電阻在20 °C時為20 歐姆，問 - 40 °C， 100 °C， 200 °C時的電阻為若干？

答案

$$R_2 = R_1 [1 + (\alpha_1)(T_2 - T_1)]$$

$$R_{-40\text{ }^\circ\text{C}} = (20\Omega)\{1+[0.00391(\text{ }^\circ\text{C}^{-1})] [(-40\text{ }^\circ\text{C}) -20\text{ }^\circ\text{C}]\}$$

$$= 15.3\ \Omega$$

*從查表得知 α_1 數值

45

電阻色碼 (Colour Code of Resistor)

Example: 4.7K or 4700 ohms (Carbon)

Band 1, 2, 3

- Black = 0
- Brown = 1
- Red = 2
- Orange = 3
- Yellow = 4
- Green = 5
- Blue = 6
- Violet = 7
- Gray = 8
- White = 9
- Gold = 0.1

Band 1: Yellow - 44
 Band 2: Violet - 77
 Band 3: Red - 200
 Band 4, Gold, 5% Tolerance 4700 Ohms

Tolerance: Brown = 1%
 Red = 2%
 Gold = 5%
 Silver = 10%
 None = 20%

Band 5 & 6 usually for 1% metal film types. Band 6 for temp. coefficient.

Band 1, first #
 Band 2, secnd #
 Band 3, multiplier with '0's'
 Band 4, tol. in %

練習

46

練習題

堂課 (07-08 第1題)

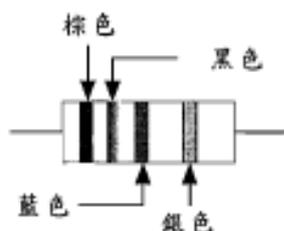
- a. 某金屬導線的切面積為 2.5cm^2 ，長度為 700m ，求阻值是多少？
(金屬導線的電阻率= $9.37\ \mu\Omega\text{m}$)
- b. 線圈在 $0\text{ }^\circ\text{C}$ 時的溫度系數是 $0.00427/^\circ\text{C}$ ，在 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 時的阻值是 $30\ \Omega$ ，計算阻值變為 $36\ \Omega$ 時的溫度是多少？

47

練習題

堂課 (07-08 第2題)

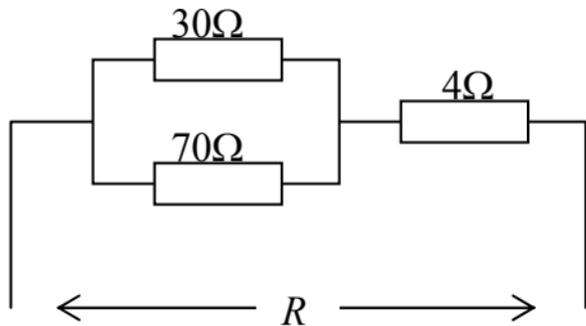
- a. 列出三項影響物體電阻值的因數。
- b. 下圖為電阻的一種標示方法，求電阻值？



48

例題 一 計算以下電路的總電阻

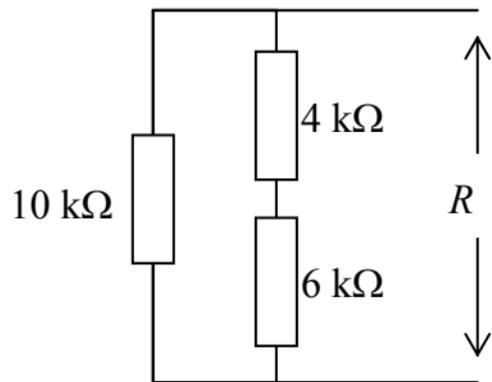
a)



$$R = \frac{30 \times 70}{30 + 70} + 4$$

$$= 25 \Omega$$

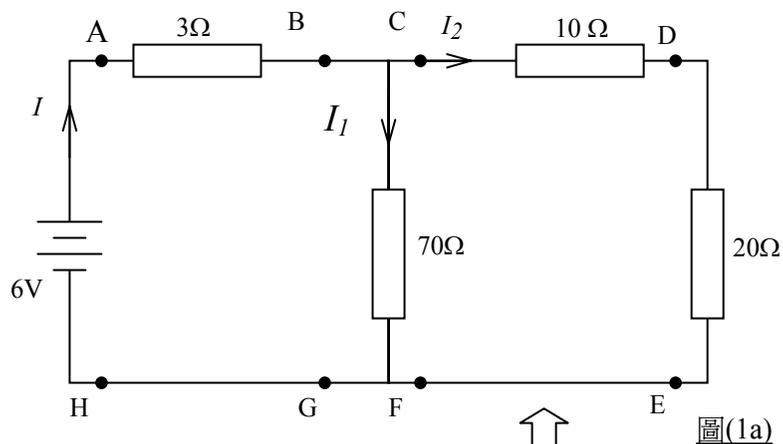
b)



$$R = \frac{10 \times (4 + 6)}{10 + (4 + 6)}$$

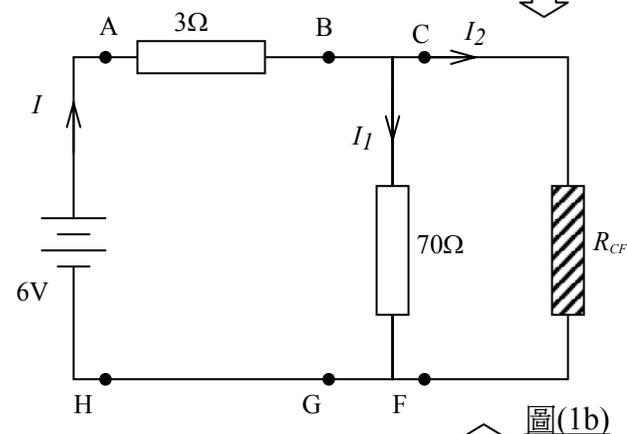
$$= 5 \text{ k}\Omega$$

例題 二. 計算圖(1a)電路的總電阻和總電流。



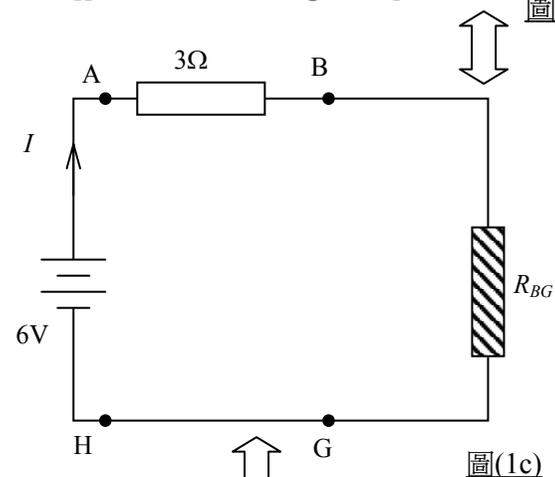
分析電路總電阻和總電流的方法：

1. 從電源的正、負極向電路望出
2. 由離開電源的最遠處開始，觀察每兩點間的電阻值，由一個電阻代替任何兩點間出現的簡單串聯或並聯電阻；
3. 以等效電路幫助，將電路拾級簡化。



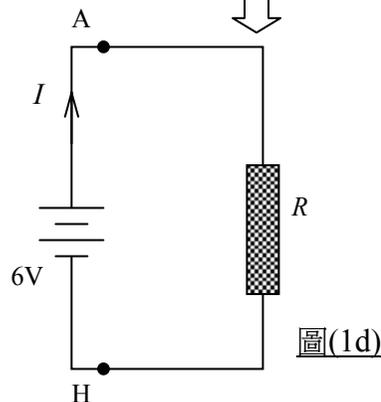
10Ω和 20Ω電阻串聯連接於 CF 兩點間，由 R_{CF} 代替 CF 兩點間的電阻時，則：

$$\begin{aligned} R_{CF} &= R_{CD} + R_{DE} \\ &= 10 + 20 \\ &= 30\ \Omega \end{aligned}$$



同樣地，BG 兩點間有 70Ω的電阻和 R_{CF} (30Ω)並聯連接，BG 兩點間的電阻

$$R_{BG} = \frac{70 \times R_{CF}}{70 + R_{CF}} = \frac{70 \times 30}{70 + 30} = 21\ \Omega$$



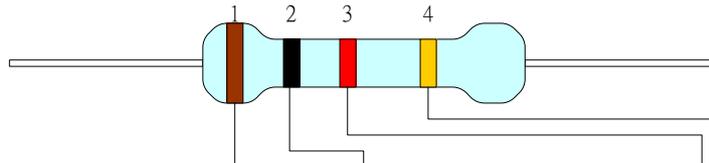
3Ω電阻和 R_{BG} (21 Ω)串聯 6V 電池的接線端，電路的等效電阻 (總電阻)

$$R = R_{AB} + R_{BG} = 3 + 21 = 24\ \Omega$$

6V 電池的輸出電流

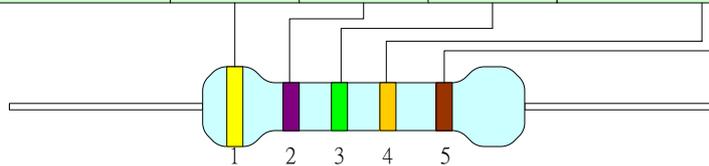
$$I = \frac{E}{R} = \frac{6}{24} = 0.25\text{A}$$

四色環電阻器(4 Band Code Resistor)



棕黑紅金
 $= 10 \times 10^2$
 $= \underline{1k\Omega \pm 5\%}$

顏色 Colour		第一讀數 1st Band	第二讀數 2nd Band		倍數 Multiplier	誤差率 Tolerance
	棕 Brown	1	1	1	$x 10^1 = x 10$	$\pm 1\%$
	紅 Red	2	2	2	$x 10^2 = x 100$	$\pm 2\%$
	橙 Orange	3	3	3	$x 10^3 = x 1\ 000$	
	黃 Yellow	4	4	4	$x 10^4 = x 10\ 000$	
	綠 Green	5	5	5	$x 10^5 = x 100\ 000$	$\pm 0.5\%$
	藍 Blue	6	6	6	$x 10^6 = x 1\ 000\ 000$	$\pm 0.25\%$
	紫 Violet	7	7	7	$x 10^7 = x 10\ 000\ 000$	$\pm 0.1\%$
	灰 Grey	8	8	8	$x 10^8 = x 100\ 000\ 000$	$\pm 0.05\%$
	白 White	9	9	9	$x 10^9 = x 1\ 000\ 000\ 000$	
	黑 Black	0	0	0	$x 10^0 = x 1$	
	金 Gold				$x 10^{-1} = x 0.1$	$\pm 5\%$
	銀 Silver				$x 10^{-2} = x 0.01$	$\pm 10\%$
	無色 None					$\pm 20\%$



黃紫綠金棕
 $= 475 \times 10^{-1}$
 $= \underline{47.5\Omega \pm 1\%}$

五色環電阻器(5 Band Code Resistor)

	第一色環		第二色環		第三色環		第四色環		阻值
1	灰	8	紅	2	黃	$x 10^4$	金	$\pm 5\%$	820k $\Omega \pm 5\%$
2	橙		黑		橙		銀		
3	棕		黑		金		金		
4	藍		灰		橙		無		
5	黃		橙		黑		金		

	第一色環		第二色環		第三色環		第四色環		第五色環		阻值
1	棕	1	黃	4	藍	6	綠	$x 10^5$	棕	$\pm 1\%$	14.6M $\Omega \pm 1\%$
2	綠		藍		橙		銀		綠		
3	棕		紅		灰		紅		紅		
4	紫		白		黑		灰		紫		
5	紅		黑		綠		金		灰		

電阻器色碼表(Resistor Colour Code)