

# 電 路 學 講 義

## 第 一 回

50221A-1



社團  
法人  
考  
試  
證  
照  
考  
試  
升  
學  
考  
試  
檢  
定  
考  
試

考  
友  
社

出版  
發行

# 電路學講義 第一回

## 目錄

### 第一回 (1/2)

第一講 電路的變數	1
命題重點	1
一、單位系統	1
二、電路分析	2
三、電壓和電流	2
四、理想的基本電路元件	2
五、功率和能量	3
精選試題	4
第二講 電路元件	11
命題重點	11
一、電壓源及電流源	11
二、電阻 (歐姆定律)	12
三、手電筒之電路模型	13
四、克希荷夫定律	13
五、含相依電源電路之分析	14
精選試題	15
第三講 簡單的電阻性電路	24
命題重點	24
一、串聯電阻	24
二、並聯電阻	24
三、分壓電路	25
四、分流電路	25
五、達松發爾機械裝置	26
六、安培表	26
七、伏特表電路	26
八、歐姆表定律	26
九、惠斯登電橋	27
十、 $\Delta$ -Y (或 $\pi$ -T) 等效電路	27
精選試題	29

## 第一回 (2/2)

第四講 電路分析的技巧.....	1
命題重點.....	1
一、名詞解釋.....	1
二、節點電壓法介紹.....	1
三、節點電壓法與相依電源.....	2
四、節點電壓法：一些特殊狀況.....	3
五、網目電流法.....	3
六、網目電流法及相依電源.....	4
七、網目電流法：一些特殊情況.....	4
八、節點電壓法與網目電流法之比較.....	5
九、電源轉換.....	6
十、戴維寧及諾頓等效.....	6
十一、再論戴維寧等效電路之推導.....	7
十二、最大功率轉移.....	8
十三、重疊定理.....	8
精選試題.....	11
第五講 電路分析之拓樸學.....	39
命題重點.....	39
一、拓樸的觀念.....	39
二、用拓樸的方法研究迴圈電流法.....	40
三、用拓樸的方法研究節點電壓法.....	41
精選試題.....	44

# 第一講 電路的變數

## 命題重點

### 一、單位系統

國際單位系統（簡稱SI），其基本量為：長度、質量、時間、電流、溫度及照度。其基本單位及符號如表1-1，而基本之十的乘冪的縮寫示如表1-2。

表1-1 國際單位系統（SI）

基 本 量	基 本 單 位	符 號
長 度	米	m
質 量	千 克	kg
時 間	秒	s
電 流	安 培	A
溫 度	凱文度	K
照 度	燭 光	cd

表1-2 表示十的冪次的標準字首

字 首	符 號	十 的 冪 次
奈奈	a	$10^{-18}$
微奈	f	$10^{-15}$
微微	p	$10^{-12}$
奈	n	$10^{-9}$
微	$\mu$	$10^{-6}$
毫	m	$10^{-3}$
厘	c	$10^{-2}$
分	d	$10^{-1}$
十	da	10
百	h	$10^2$
千	k	$10^3$
百萬	M	$10^6$
十億	G	$10^9$
兆	T	$10^{12}$

## 二、電路分析

旨在定義理想元件，將其互相連接以代表一實際系統，再預測其量化之行爲，以數學式表示之，當然也需要定義一些可量測之量，即電壓和電流。換句話說，電路分析即在了解電壓在理想元件中之行爲及明白因元件互相連接所加於電壓、電流之限制。

## 三、電壓和電流

電荷觀念是描述電現象的基礎，它的重要特性爲：具有雙極性，以不連續量存在著（其最小單位爲  $1.6022 \times 10^{-19}$  庫侖）以及電荷量一定以最小單位量之整數倍存在著。

(一)電壓是單位電荷被分離所產生之能量，即  $v = \frac{dw}{dq}$ 。

其中， $v$  = 電壓，單位爲伏特， $w$  = 能量，單位爲焦耳，  
 $q$  = 電荷，單位爲庫侖。

(二)電流爲電荷流動率，即  $i = \frac{dq}{dt}$ 。

其中， $i$  = 電流，單位爲安培， $q$  = 電荷，單位爲庫侖，  
 $t$  = 時間，單位爲秒。

## 四、理想的基本電路元件

理想的基本電路元件具有如下三個特質：

- (一)只有兩個端點。
- (二)數學上可用電壓及電流加以描述。
- (三)不能再被細分。

圖 1-1 爲基本理想電路元件，其中  $v$  爲端電壓， $i$  爲電流。當元件之電流參考方向爲元件之電壓降方向時（如圖 1-1），則電流流進點之電壓極性爲正，流出點極性爲負。

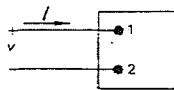


圖 1-1 基本理想電路元件

## 五、功率和能量

(一) 功率為單位時間消耗或吸收之能量，示之如下：
$$p = \frac{dw}{dt}$$

其中， $p$  = 功率，單位為瓦特， $w$  = 能量，單位為焦耳，  
 $t$  = 時間，單位為秒。

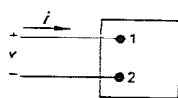
(二) 對照電壓及電流之定義，功率可表示成：

$$p = \frac{dw}{dt} = \left( \frac{dw}{dq} \right) \left( \frac{dq}{dt} \right) = vi,$$

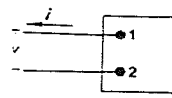
其中， $p$  = 功率，單位為瓦特， $v$  = 電壓，單位為伏特，  
 $i$  = 電流，單位為安培。

(三) 如果我們採用被動符號規則，則功率為電壓和電流的乘積，若電流參考方向為電壓升的方向，則功率表示成  $p = -vi$ 。

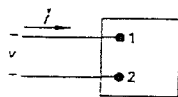
(四) 功率與參考方向之關係，示如圖 1-2。功率為正時，表示功率被該元件所消耗，反之則該元件可供應功率。



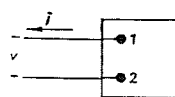
(a)  $p = vi$



(b)  $p = -vi$



(c)  $p = -vi$



(d)  $p = vi$

圖 1-2 功率與參考方向之關係

## 精選試題

一、在電子電路中的電流，其值的大小很少在微安培的範圍上的。假如由於電子之流動而產生  $5 \mu\text{A}$  之電流時：

(一)若此電子流通過一固定的參考截面積，而此截面積與流動方向互相垂直，則每秒通過截面積之電子數目為多少？

(二)若從波士頓至洛杉磯的距離為 3017 哩，將此距離化成以微公尺為單位之數值後與(一)之結果比較兩者之大小。

【答】(一)  $Q = it = 5 \times 10^{-6} \times 1 = 5 \times 10^{-6}$  (庫倫)

$$\text{則平均通過之電子數目 } n \text{ 爲 } n = \frac{5 \times 10^{-6}}{1.6022 \times 10^{-19}} = 3.12 \times 10^{13} \text{ (e/s)}。$$

(二)波士頓至洛杉磯之距離  $s$  (1 哩等於 1.6093 公里)

$$s = 3017 \times 1.6093 \times 10^3 \times 10^6 \cong 4.855 \times 10^{12} \text{ (}\mu\text{m)}$$

$$\text{所以兩者之大小比值爲 } \frac{n}{s} = \frac{3.12 \times 10^{13}}{4.855 \times 10^{12}} = 6.426。$$

二、當一電子由 9 伏特電池之正端流向負端時，則加諸於此電子之能量為多少？以 attojoules 之單位表示之。

【答】每一電子所帶的電量為  $1.6022 \times 10^{-19}$  庫倫，

$$w = Pt = IVt = QV$$

$$= 1.6022 \times 10^{-19} \times 9 = 1.442 \times 10^{-18} \text{ (Joules)}$$

$$= 1.442 \text{ (attojoules)}$$

三、在一 (  $0.6 \times 9$  公分 ) 的矩形銅滙流排中有 1400 安培的電流，此電流是由於銅滙流排中的自由電子以  $V$  公尺 / 秒的速度流動而產生的。若自由電子的濃度為每立方公尺達到  $10^{29}$  個電子，且平均分佈流過此銅滙流排，則這些電子之平均運動速度為多少？

【答】因電流是等於單位時間通過某一截面積之電荷量，即  $I = nevA$

$$v = \frac{I}{neA} = \frac{1400}{10^{29} \times 1.6022 \times 10^{-19} \times 0.6 \times 9 \times 10^{-4}}$$

$$= 161.814 \text{ (}\mu\text{m/s)}$$

四如圖 1-3，兩電力線路連接於 A、B 黑盒子之間，線路中電流之參考方向及電壓之參考極性均顯示於圖中。試以下列所給予之數據以計算線路之功率並說明功率是由黑盒子 A 流向黑盒子 B，或是功率由黑盒子 B 流向黑盒子 A。

- (一)  $i = 5$  安培， $v = 120$  伏特  
 (二)  $i = -8$  安培， $v = 250$  伏特  
 (三)  $i = 16$  安培， $v = -150$  伏特  
 (四)  $i = -10$  安培， $v = -480$  伏特

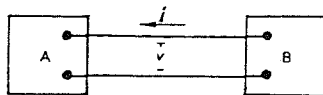


圖 1-3

【答】(一)  $p = vi = 120 \times 5 = 600$  (W)，

功率由 B 輸送至 A

(二)  $p = vi = 250 \times (-8) = -2000$  (W)

功率由 A 輸送至 B

(三)  $p = vi = (-150) \times 16 = -2400$  (W)

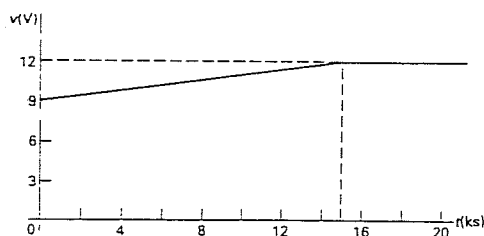
功率由 A 輸送至 B

(四)  $p = vi = (-480) \times (-10) = 4800$  (W)

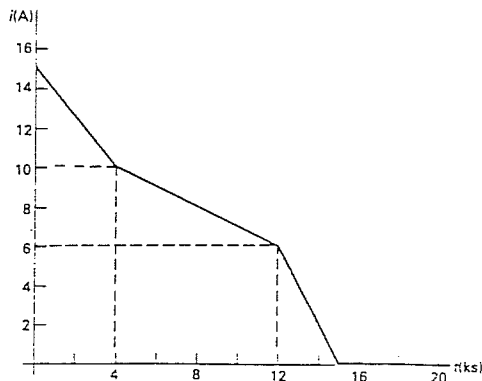
功率由 B 輸送至 A

五如圖 1-4 所示，為汽車蓄電池在充電週期中，蓄電池端點上電壓及電流變化之波形。

- (一) 計算在充電時輸送至蓄電池中之總電荷量。  
 (二) 計算在充電時輸送至蓄電池中之總能量。



(a) 端電壓對時間之變化圖



(b) 充電電流對時間之變化圖

圖 1-4

【答】(一)  $Q = \int_0^4 (15 - \frac{5}{4}t) dt + \int_4^{12} (12 - \frac{1}{2}t) dt + \int_{12}^{15} (30 - 2t) dt$