

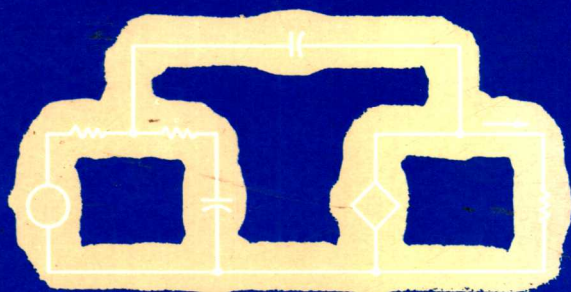
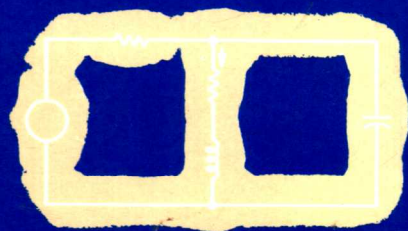
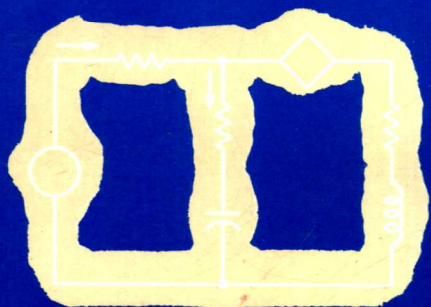
大專用書

電路學

湯君浩 編譯

Basic
Electric
Circuit
Analysis

SECOND EDITION



全華科技圖書股份有限公司 印行

TN7

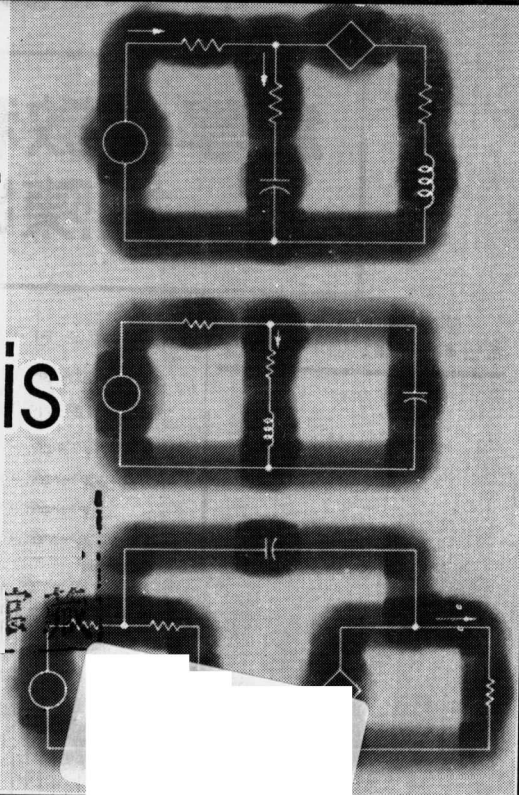
T256

電 路 學

湯君浩 編譯

Basic Electric Circuit Analysis

SECOND EDITION



全華科技圖書股份有限公司 印行

 **全華圖書**

法律顧問：陳培豪律師

電路學

湯君浩 編譯

出版者 全華科技圖書股份有限公司

地址 / 台北市麗江路76巷20-2號2樓

電話 / 5071300 (總機)

郵撥帳號 / 0100836-1號

發行人 陳 本 源

印刷者 宏懋打字印刷股份有限公司

電話 / 5084250 • 5084307

門市部 全友書局(黎明文化大樓七樓)

地址 / 台北市重慶南路一段49號7樓

電話 / 3612532 • 3612534

定 價 新臺幣 260 元

五版 / 78年6月

行政院新聞局核准登記證局版台業字第〇二二三號

版權所有 翻印必究

圖書編號 0151057

我們的宗旨：

推展科技新知
帶動工業升級

為學校教科書
推陳出新

感謝您選購全華圖書
希望本書能滿足您求知的慾望

「圖書之可貴，在其量也在其質」，量指圖書內容充實，質指資料新穎夠水準，我們本著這個原則，竭心盡力地為國家科學中文化努力，貢獻給您這一本全是精華的“全華圖書”。

為保護您的眼睛，本公司特別
採用不反光的米色印書紙。

Basic Electric Circuit Analysis

SECOND EDITION



D. E. Johnson

*Department of Electrical Engineering
Louisiana State University*

J. L. Hilburn

President, Microcomputer Systems Inc.

J. R. Johnson

*Department of Electrical Engineering
Louisiana State University*

PRENTICE-HALL, INC. Englewood Cliffs, New Jersey 07632



本書乃為大二學生研習線性網路分析課程所寫。本課程是電機工程系的基本課程，且為學生進一步探討專門領域時首先必須接觸的。對一本教科書而言，不可避免的是要包含其基本主題，同時儘可能的使人容易理解，這也正是我們編寫本書的目的。

大多數學生在研讀本課程之前，均已在物理學中，唸過電學和磁學，當然，這背景對讀本課程是很有幫助，然而並非必要的，不過讀過基本微積分的學生，則很容易理解本書內容。本書將很完整的論述電路分析所需的微分方程理論，和適合電路理論的積分概論，至於行列式、高斯消去法和複數理論則列於附錄中。

運算放大器將在電阻討論完後立即做介紹，做為本書的內容之一，和電阻、電容、電感一樣，均為本書之基本元件。另外，相依電源和使用運算放大器的結構將先討論，且以後每章也加以討論。

為了使讀者瞭解課程內容，本書備有充分的例題，且在每節末提供大量的練習，並附答案。而大部份習題和有實際元件值的練習也經精心設計與安排，當然，發展完備的刻度網路理論，更能使大部份剩下的網路問題達到實際化。尤其在幅度和相位響應這章，有關濾波器的問題是很實用的，我們將使用運算放大器的有功濾波器和被動濾波器為例題，並選擇一些練習和習題做為本章理論的推廣，在這章，是可選擇性的去掉某些內容的。

本書前九章專注於用辭和時域分析，後九章則討論頻域分析，某些帶有星號的章節在研讀時可刪除，不至於影響本書的連續性，而網路拓撲學這章，我們將取某些重要的主題予以討

論。傅立葉方法和拉普拉斯轉換常為線性系統的延續課程，但它們均為基本內容，有時間的話，最好能列為授課內容。

有很多人對本書提供珍貴的幫助和意見，本書第一版承蒙同事、同學的幫助，以及Mrs. Dana Brown熟練的打字和Mrs. Norma Duffy的製圖。對M. E. Van Valkenberg, A. P. Sage, S. R. Laxpati 和S. K. Mitra等教授曾審閱手稿，並提供很多有用的內容及建議，在此予以特別感謝。

在第二版，我們維持第一版的基本格式和面貌，但在內容上則做更好的修正；尤其在討論運算放大器、一階、二階網路等章節上更是。在練習和習題方面，也已全部做實際上的改變，我們盡量不破壞其實用的方向而尋求更漂亮的答案，像六伏特而不是 $6.333\cdots$ 伏特。另外，在附錄列有奇數習題的答案，希望能對學生有所助益。

Louisiana State University
Baton Rouge, La.

David E. Johnson
John L. Hilburn
Johnny R. Johnson

序

有人說 21 世紀是電的時代，換言之，人類生活的一切事物均將仰賴和電有關的產品，來為我們提供更便捷舒適的服務。而電的產品常是諸多學科的整合，譬如機械人是由機械、電機控制、電腦和物理整合而成；而電腦更是材料、物理、化學和電機等的充分合作而發展出來的產品，然這些產品的設計有時需仰賴其等效電路的分析，來尋求設計的完美性，因此，電路學這門課程實為未來各行業的一個基礎。

本書原為 DAVID E. JOHNSON, JOHN L. HILBURN 和 JOHNNY R. JOHNSON 等三人所合著，其內容包含五大重點：

- (一) 電阻電路理論
- (二) 時域分析方法
- (三) 交流穩態電路理論
- (四) 複頻率與網路函數
- (五) 頻域分析方法

這五大類實涵蓋電路學的所有重要部份，並能建立電機工程系其他課程（如控制、電子學、電子電路……等）的基礎。適於做為工專及大二學生修習電路學之教本，且本書之編排簡易而有系統，亦適於具有微分基礎的初學者自修之用。

本書的編譯完成，在此要特別感謝全華圖書公司陳董事長的提攜，以及編輯部全體同仁的鼎力協助；而內人淑華更以她豐富的巧思，為本書之潤飾及校稿，提供諸多寶貴的意見，在此亦致上我由衷的謝意。

本書之編譯雖經再三推敲與校對，以力求完美，然仍恐有所疏漏之處，尚祈各先進不吝指正，特此誌謝。

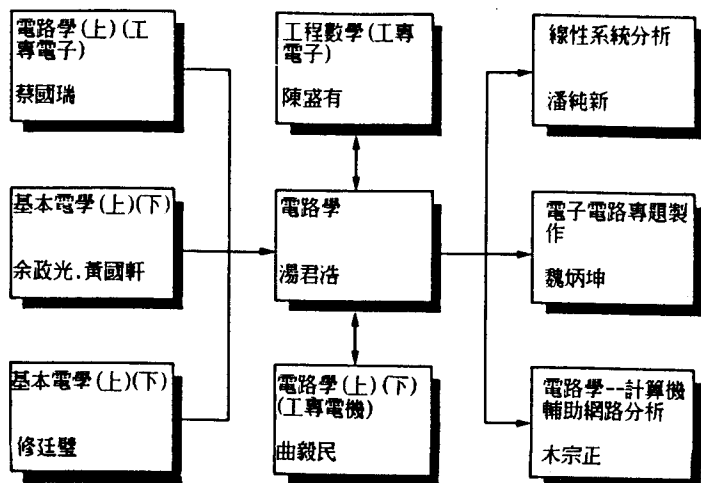
湯 君 浩
于靜廬

編輯部序

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

現在我們就將這本「電路學」呈獻給您。本書譯自 D. E. Johnson、Hilburn 及 J. R. Johnson 的 "Basic Electric Circuit Analysis" 第二版，主要提供讀者電路理論之基礎，使讀者依尋本書的引導及例題的演證，而達到具有分析及設計的能力。全書主要有電阻電路理論、時域分析方法、交流穩態電路、複頻率與網路函數、頻域分析方法五大類，已涵蓋電路學的重要部份，實為大專電子、電機科系最佳電路學教本。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習電路學方面叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。



目 錄

1	介 紹	1
1.1	定義和單位	2
1.2	電荷和電流	4
1.3	電壓、能量和功率	7
1.4	被動及有功元件	10
1.5	電路分析	12
2	電阻電路	15
2.1	歐姆定律	16
2.2	克西荷夫定律	20
2.3	串聯電阻和電壓分配	25
2.4	並聯電阻和電流分配	30
2.5	例題分析	35
2.6	安培計、伏特計和歐姆計 *	40
2.7	實際電阻器 *	42
3	相依電源	49
3.1	定 義	50
3.2	有相依電源的電路	51
3.3	運算放大器	52
3.4	放大器電路	54
4	分析方法	65
4.1	節點分析	66
4.2	例 題	69

4.3	有電壓源的電路	72
4.4	有運算放大器的電路	76
4.5	網目分析	78
4.6	有電流源的電路	81
4.7	對偶性 *	85

5

網路定理	97
------	----

5.1	線性電路	98
5.2	重疊原理	102
5.3	戴維寧和諾頓定理	107
5.4	實際的電源	115
5.5	最大功率轉移	120

6

獨立方程式 *	127
---------	-----

6.1	一個網路的圖	128
6.2	樹和鏈	130
6.3	獨立的電壓方程式	132
6.4	獨立的電流方程式	135
6.5	一個電路的應用	137

7

儲能元件	143
------	-----

7.1	電容器	144
7.2	儲存在電容器內的能量	148
7.3	電容器的串聯和並聯	150
7.4	電感器	153
7.5	儲存在電感器內的能量	157
7.6	電感器的串聯和並聯	158
7.7	實際的電容器和電感器 *	162
7.8	對偶性和線性	163
7.9	奇異電路 *	165

8

簡單的RC和RL電路	173
------------	-----

8.1	無源的RC電路	174
-----	---------	-----

8.2	時間常數	177
8.3	無源的 RL 電路	182
8.4	對一個定激勵函數的響應	187
8.5	一般情形	190
8.6	短截程序	193
8.7	單位步級函數	197
8.8	步級響應	201
8.9	重疊原理的應用	207



二階電路 217

9.1	有兩個儲能元件的電路	218
9.2	二階方程式	220
9.3	自然響應	222
9.4	自然頻率的類型	225
9.5	激勵響應	228
9.6	激勵含有一個自然頻率時的響應	231
9.7	完全響應	234
9.8	並聯的 RLC 電路	238
9.9	串聯的 RLC 電路	243
9.10	獲得描述方程式的其他方法	248



正弦激勵和相量 259

10.1	正弦曲線的性質	260
10.2	一個 RL 電路例題	264
10.3	複數的使用方法	266
10.4	複激勵	269
10.5	相 量	272
10.6	電壓 - 電流的相量關係	275
10.7	阻抗和導納	279
10.8	克西荷夫定律和阻抗組合	283
10.9	相量電路	286

11

交流穩態分析

11.1 節點分析	296
11.2 網目分析	301
11.3 網路定理	304
11.4 相量圖	310

12

交流穩態功率

12.1 平均功率	322
12.2 重疊原理和功率	328
12.3 均方根值	332
12.4 功率因數	334
12.5 複功率	338
12.6 功率測量	342

13

三相電路

13.1 單相三線式系統	350
13.2 三相Y-Y系統	354
13.3 Δ 接法	361
13.4 Y- Δ 轉換	364
13.5 功率測量	368

14

複頻率和網路函數

14.1 阻尼正弦曲線	378
14.2 複頻率和綜合相量	380
14.3 阻抗和導納	383
14.4 網路函數	387
14.5 極點和零點	390
14.6 從網路函數中發現自然響應	393
14.7 自然頻率*	396
14.8 雙埠網路	397

15	頻率響應	409
15.1	波幅和相位響應	410
15.2	濾波器	412
15.3	共 振	416
15.4	帶通函數和品質因數	418
15.5	極零圖的使用	422
15.6	刻度網路函數	425
15.7	分 貝	429

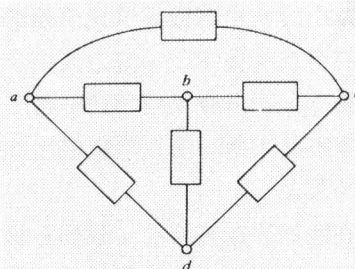
16	變壓器	439
16.1	互 感	440
16.2	能量儲存	449
16.3	含有線性變壓器的電路	452
16.4	反射阻抗	456
16.5	理想變壓器	458
16.6	等效電路	464

17	傅立葉方法	471
17.1	三角傅立葉級數	472
17.2	對稱性質	478
17.3	指數型態的傅立葉級數	482
17.4	對週期激勵的響應	485
17.5	頻 譜	487
17.6	傅立葉轉換	489
17.7	傅立葉轉換運算	493

18	拉普拉斯轉換	501
18.1	定 義	502
18.2	某些特殊的結論	505
18.3	逆轉換	508
18.4	脈衝函數	513
18.5	對微分方程式的應用	516

18.6 轉換電路 520

附錄 A	行列式和克拉莫規則	529
附錄 B	高斯消去法	533
附錄 C	複 數	536
附錄 D	奧衣勒公式	541
附錄 E	選擇性單數題解答	544
索 引		549



介 紹

1.1	定義和單位	2
1.2	電荷和電流	4
1.3	電壓、能量和功率	7
1.4	被動及有功元件	10
1.5	電路分析	12

電

路分析是電機系學生研讀電機工程主要課程的首先必修，實際上，電機工程的所有分枝，像電子、電力系統、通訊系統、旋轉機械和控制理論等，均建立在電路理論上。在電機工程中比電路更基本的概論是電磁場理論，而其中有很多問題是靠等效電路來解，所以對電機工程學生而言，基本電路理論是最重要的課程，此話並不誇張。

在開始研究電路前，我們必須先了解電路是什麼，電路分析是什麼，連接電路數量是什麼，被測量的數量單位為何，以及在電路理論中基本的定義和慣例，而這些正是我們在本章所要討論的。

1.1 定義和單位 (DEFINITIONS AND UNITS)

電路或網路是電機元件以某些特定方式連接組成的。以後，我們將正式定義電機元件，但現在我們只討論圖 1.1 所繪兩端點元件，端點 a 和 b ，顯而易見的是為了連接其他元件的。我們有很多熟悉的例子，像電阻、電感、電容、電池、發電機等，這將在以後幾節中予以討論。

大部份複雜電路元件都有兩個端點，像電晶體 (transistor) 和運算放大器 (op amplifier) 就是典型例子；當然，一些簡單元件可彼此連接它們的端點，而組成一多端點的包裝 (package)。以後，我們將考慮某些多端點元件，但我們主要討論的，仍是簡單的兩端點裝置。

在圖 1.2 是一個六元件組合的電路例子。某些作者由電路至少需包含一個封閉路徑 (像 $abca$ 路徑)，來區分電路和網路，我們可交替的使用這些術語，但要注意這電路至少必須有一個封閉路徑，否則缺少其實用意義的。

為了更明確的定義電路元件，我們將必須考慮元件所附帶的數量，像電壓和電

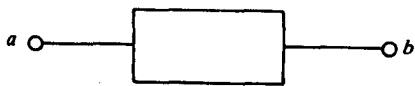


圖 1.1 一般兩端點電機元件

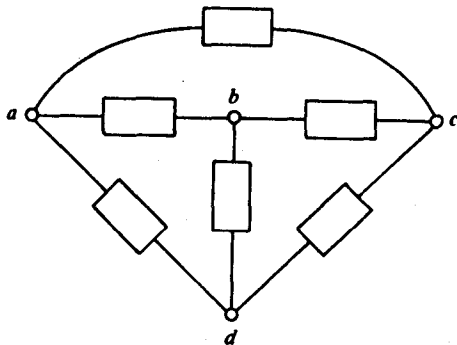


圖 1.2 電路