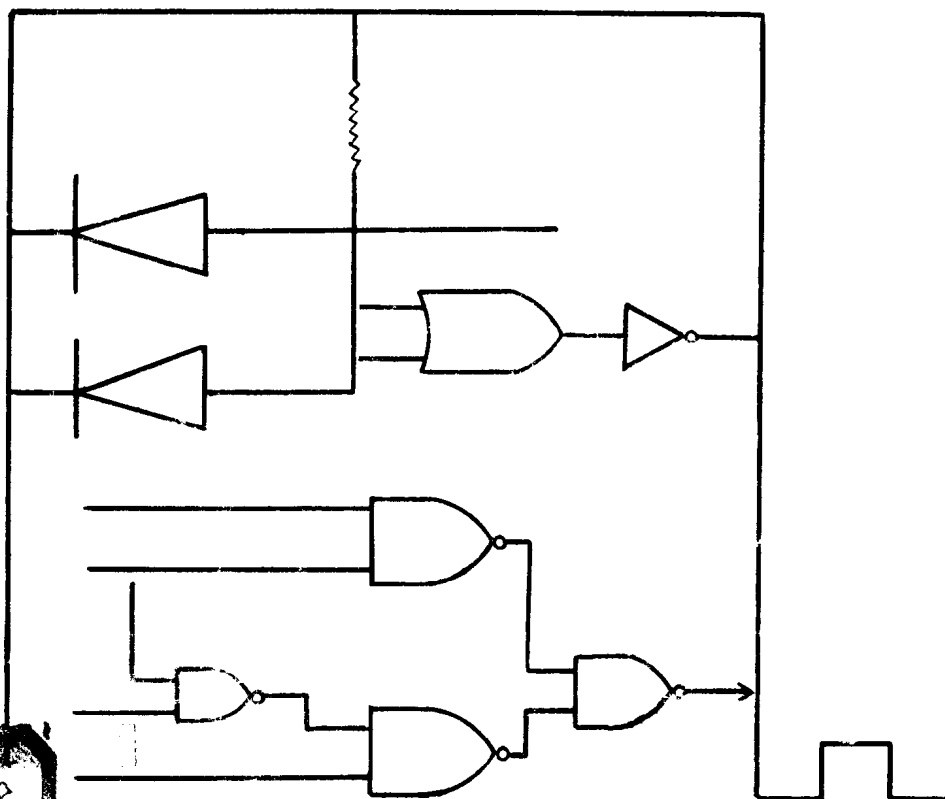


電腦邏輯引論

李 畊 著



新 知 叢 書
華 岡 出 版 部 印 行

華岡出版部印行

電腦邏輯引論

李 畊 著



電腦邏輯引論

本書以淺顯文字提供有關邏輯設計的初步知識，目的在使對電子計算機雖尚無認識者，對於此種「電子頭腦」結構有所了解。進而對「電腦發明的歷史地位」及對「數學、邏輯、電子工程等現代科技法的新貌」更有所體認。

New Knowledge Library

An Introduction to logic Design

by

Lee Keny

(August 1974)

中華民國六十三年八月出版

電腦邏輯引論

定價新台幣四十元

編輯者 中華學術院
著作者 李 晔
出版者 華岡出版部
印刷者 中國文化學院印刷系實習工廠
發行者 華岡出版部
總經理 華岡書城

華岡書局

地址：陽明山華岡大忠館二樓

電話：八八〇五一 轉三二〇・三二一

郵撥：六〇五七號

聯合出版文物供應中心

地址：台北市中山北路二段一七四號

電話：五四八四五五

郵撥：一六五四三號

登記證 內版台業字第一五六四號

版權所有・不許翻印

編輯要旨

(一) 本叢書以宏揚中國文化與三民主義，促進中國之文化復興爲目標。

(二) 本叢書包含科學、人文學、文學與藝術、哲學、宗教等類，旨在啓發新思想，培養新學識，故名曰新叢書。每書均係最新編成者。

(三) 本叢書之撰述人，主要爲大學教授，著名作家及對分科學術有專精研究，而能深入顯出者。

(四) 本叢書之對象爲(1)大學生之參考用書，(2)社會青年之進修用書，(3)家庭主婦之自修讀物。

(五) 本書體裁力求簡明扼要，引人入勝。每冊以十萬字左右爲準。必要時，每書得分訂兩冊以上。

(六) 本叢書得採論文集方式，即每冊分爲若干專題，分章撰述，多人合編，但有完整之系統，作集體之貢獻。

(七) 本叢書排印，務期清晰，並附索引，以便查考。

(八) 本叢書預定每年出版一輯。第一輯一每冊，平均每月出書八、九冊，於民國六十二年內出齊。

序

近三十年在學術與技術的發展上，是不斷令人感到意外與驚奇的年代。

輾近科學、技術發達，本以分析、分工為其特徵；故現代科學分類日細、作業日精。影響于大專院校、與技術製作各界，使設科分系的徑界愈來愈窄；順此發展，不但文、理異趨，即使純科學與應用技術，甚至各種技術之間，也形成壁壘森嚴的局面，使人有「隔行如隔山」之感！

但，由于電腦的出現，不僅為科技的應用開闢了新途，在人類與工具之間建立了前所未有的新關聯；對其他學術與技術之間也締造了前所未有的新關係。

數學本純抽象的「數值遊戲」，與邏輯之為純抽象的「觀念遊戲」二者皆以探求「形而上」為務，而不相往來。但它們間的差距却由集邏輯與數學專長于一身的著名英國紳士——羅素 (B. Russell) 予以縮小至極小值。

不過羅素的數理邏輯亦并不是憑空捏造，而是「由來有自」的；事實上第一個成功地撮合「邏輯」與「數學」關係的該是十九世紀中葉另一位沒沒無聞的英國紳士——鮑爾 (G. Boole, LL. D, 1815—1864)。在鮑氏手上已把邏輯代數化了。不過他所用的數字是看來異常簡單的「0」與「1」兩種符號，但竟因著者名氣不足，也使得他的作品鮮為人知。

學院大家一向注意大人物、放言大問題；故在熱門研究之中，

少有冷門的突破。

一九三八年麻省理工學院，有位名叫 Claude E. Shannon 的學生，獨甘寂寞，在圖書館冷落的角落裏找到了鮑氏的作品，且耐心地讀下去。Shannon 不僅做了鮑氏隔代的知音，而且更心直口快地強將此「觀念的二值代數」與電路開關拉上關係，於是產生了一個怪怪的技术名詞：——開關電路 (Switching circuits)，并由此建立了更怪的一門學問：——邏輯電路 (Logical circuits)。

邏輯屬「文」，數學是「理」，二者相合已是意外，惟對此我們或可說為「文理同源而合流」，但此絕頂「形而上」的抽象事物，却萬萬想不到竟做了絕對「形而下」的「電路」的骨幹。早年無論哲學大師抑工業先進，誰會想到將「邏輯」與「電路」放在一起，會有甚麼話說！

然而此于今日已是事實，且電腦的神奇功能正是由類如 AND, OR, NOT, NAND, NOR 等基本邏輯電路與各型跳躍器 (flip-flop) 表顯出來的。——此即邏輯設計者的工作。

邏輯電路除為電腦的基本部分外，也是近十數年來發展完成的電子交換系統 (Electronic Switching System — E.S.S.) 的主要部分。此外，數字傳輸系統和波碼調變系統 (Pulse Code Modulation System — P.C.M.S.) 亦必須求助于邏輯電路，以完成系統作業。而且，數位式顯示儀器亦都是邏輯電路作用的表現；不少類比電路近也漸被邏輯電路所取代。所以「邏輯電路」這個怪怪的名稱，在今日電子技術領域中，已是見怪不怪地被用得愈來愈多了！

現文化學院編印新知叢書，承邀編寫些有關電腦方面的資料，因感于國內在這方面的教材還很缺乏，特將其初步基本知能編為這本小冊子，希望它能產生些微引發的作用——對學生引發深入研習；對教授引出完美之作。

末了，對（呂）秋文兄催稿，屢試屢爽，均予寬諒，卒以促成之功，感動至深，特附此誌愧、誌佩、誌謝！

目 錄

1 電腦的發展

1 - 1 工具與文化.....	1
1 - 2 天賦人類的計數工具——手指.....	2
1 - 3 運算的原始工具——算盤.....	3
1 - 4 計算尺.....	4
1 - 5 運算的簡單機械——十進算輪.....	4
1 - 6 自動計算機具的構思.....	5
1 - 7 計算機具的製作.....	7
1 - 8 自動計算機械的研製.....	9
1 - 9 電腦的改進.....	12
習題 1.....	15

2 電腦的性能

2 - 1 資料處理機・計算機與電腦.....	16
2 - 2 電腦的型類.....	17
2 - 3 基本構成單位.....	18
2 - 4 應用電腦處理問題的步驟.....	20

2 - 5 電腦處理問題的方式.....	23
2 - 6 電腦的形體.....	23
習題2.....	24

3 電腦數學

3 - 1 電腦的數學性及邏輯性.....	26
3 - 2 電腦數系.....	27
3 - 3 電腦數系的換算.....	30
3 - 4 二進數的基本演算.....	34
3 - 5 電腦的基本算法——加.....	37
3 - 6 八進計數法.....	44
3 - 7 浮點的應用.....	45
習題3.....	49

4 電腦邏輯的基礎

4 - 1 電腦邏輯——鮑氏代數.....	51
4 - 2 鮑氏代數的基本作用.....	51
4 - 3 鮑氏代數的集合意義.....	54
4 - 4 命題代數與鮑氏代數.....	57
4 - 5 套套邏輯.....	60
4 - 6 鮑氏代數定理.....	63
習題4.....	70

5 基本邏輯電路

5 - 1 由鮑氏代數到轉換網路	73
5 - 2 基本邏輯電路的符號表示	74
5 - 3 由邏輯線路圖求鮑氏方程式	81
5 - 4 由電子元件構成的邏輯電路	84
5 - 5 特殊作用的邏輯閘電路	98
習題 5	102

6 邏輯設計

6 - 1 電腦電路的設計程序	104
6 - 2 鮑氏函數的簡化	104
6 - 3 邏輯組合的分析	123
6 - 4 NAND - NOR的邏輯分析	127
6 - 5 完成設計 (Implementation)——鮑氏函數的落實	130
習題 6	132
索引	133

1 電腦的發展

1-1 工具與文化

人類是唯一能運用智慧、製作工具，以改進生活、創造文化的動物。

何為「工具」？即足以擴充軀體機能的無生命物體。可大別為以下三類型：

- I、**簡單機械**—可使人于勞動工作中省時或省力，為雙手工作機能的擴充。又稱「工作機」。
- II、**動力工具**—可取代人類肌肉勞動，為肌肉勞動機能的擴充。又稱「原動機」。
- III、**運算工具**—可助人計算、運思。為頭腦的擴充，其最高型態即「電腦」。

以上三者，為工具的三類型，亦表示人類文化成果的三階段：

「簡單機械」已于史前社會出現，為人類社會的特徵。

「動力工具」及「電腦」則分別為「機械化」與「自動化」兩時代的象徵；前者對於產業已發生巨大作用，後者對於包括產業在內的生活各方面尤具革命性的影響。視其影響範圍及深度正與日俱增中。

1-2 天賦人類的計數工具—手指

在原始人類穴居時代，即有計數的需要。如記錄所有洞穴、裝飾品的數量，測量洞穴面積的大小，估計敵、友與自身間的距離等，在在均需計數。

迨脫離洞穴而與他人聚居、進行交易時，對計數、測量、運算及記錄之需要，更見增加。

「手指」為人類天賦的計數工具。“Digit”一詞，即來自拉丁文“digitus”，意即手指，用普通一人的雙手，計數10或小于10的整數，甚為方便。

計算稍大數字，如18時，原始人類則另請他人幫同表示，即由他人伸出10個手指，自己則伸出8個。

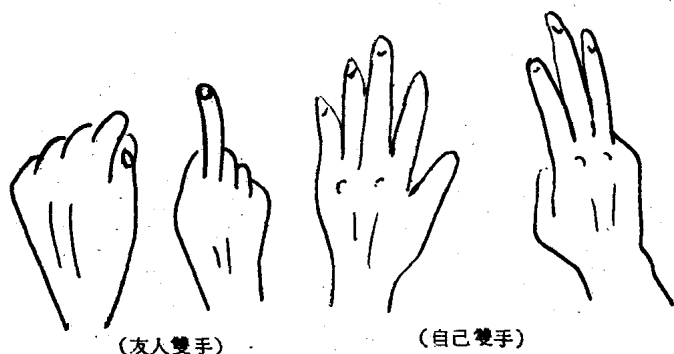


圖 1-1 用手指表示“18”的改善方式

用手指計數的方式如予改善：以他人的1個手指視同自己的10個手指，則數值18即可表如圖1所示。

使用此種計數方式，可將計算範圍擴充至 $11 \times 10 = 110$ 。此于當時已甚難得，但于日後視之，即感計數範圍太小，且緩慢而易錯，于是乃有「運算工具」的發明。

1-3 運算的原始工具—算盤

由人類藉一堆石子數量的增減，以計數開始、逐漸進展至用珠算計數。為運算的原始工具。

此種算珠，以10個串成一組，羅馬人稱之為“Calculi”；即英文所稱的“Calculate（計算）”。此等串珠，裝在一框架內，是即算板（Counting Board）。使用「算板」最早的年代，可追溯至紀元前600年甚至遠至紀元前4000年（？）前。

以算珠代手指，運用靈便，移動迅速，且數位表達範圍大增，是其優點。

將算板再予改良，即為今仍通用的中國算盤，西方人名為“Abacus”。

算盤每行計有7個算珠，中間隔有橫木，上邊有算珠2個；下邊則有5個。

日本人再稍予精簡，製為日本算盤，每行僅留5個算珠，西人名為“Soroban”。

使用算珠饒有經驗的人，可用超過桌上計算機的速率，作出算術基本演算。

此種結構簡單，運使便捷的計算工具，因其計算速率與精確程度，均隨操作者而異。故有另行製作、使人為影響因素在演算效果

中的作用，減至最小的必要。

1-4 計算尺

運算工具的發展，經一停滯階段後；直到1614年英人 John Napier (1550-1617) 發明對數，及1617年將乘法九九表刻于滑尺上以計算乘除問題後，方見起色。圖1-2 “Napiers Bones” (納氏計算牌) 直接由Napier 的成就獲得啓發的，爲英人William

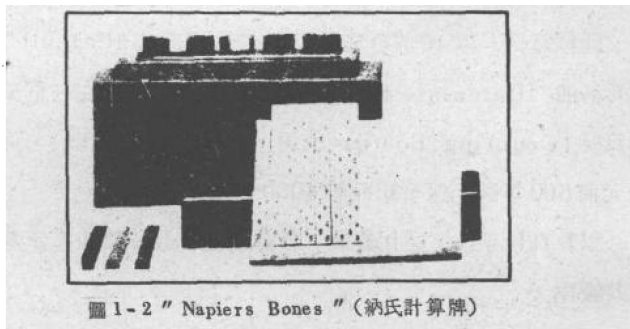


圖 1-2 "Napiers Bones" (納氏計算牌)

Oughtred (1576-1660)，他將對數刻于滑尺上，即成爲最早的計算尺 (Slide rule)，此尺在快速計算技術方面，頗具成效，仍爲今日程界所樂用，雖然它祇不過是一種類比裝置，對於數字計算機的發展，并無直接重大關聯；但其成就，對日後計算工具的製作顯具甚大鼓勵作用。

1-5 運算的簡單機械——十進計算輪

1632年法科學家 Blaise Pascal (1623-1662)，爲協助他父親的記帳工作，製成第一部加算機。

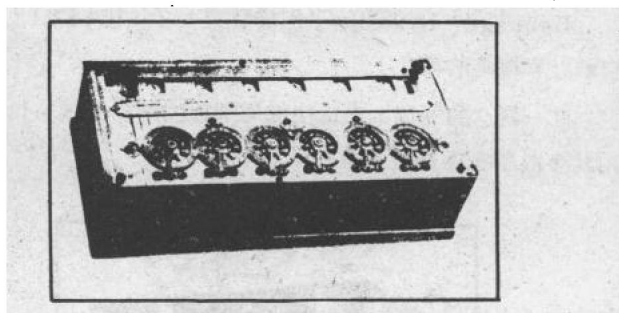


圖 1-3 Pascal 加算機

如圖 3 所示，Pascal 用一具有 10 齒的輪子以代替算板中同一軸上的 10 個算珠；輪上每齒代表一個數字。因此，此輪被稱為“十進計算輪”。將甚多此種計算輪連于一處，使當右鄰輪子轉經“0”時，即將左鄰輪子向前推進一凹口，由此可使進位成為機械動作。而一改前此由人工計算進位的作法。故由此十進計算輪構成的加算機，可視為最早具有機械意義的計算裝置。

Pascal 的加算機只能作加法及減法用，且限于同列中進位。1673 年德人 Gottfried Wilhelm Von Leibnitz (1646-1716) 就此予以改進，製成“逐步計算器”，可由一列進入另一列。

1-6 自動計算機具的構思

1804 年法人 Joseph Jacquard 為便于紡織，完成了用打孔卡片以引導織布機之針的工作。此于紡織界固有顯功，對於計算機的製作，亦因英人 Charles Babbage (1792-1871) 的善加利用，而大有裨益。

Babbage 18歲開始于劍橋肄業，2年後(1812)即提出其自動計算機具的觀念。

此一觀念的形成，在以快速而精確的計算機械，代替當時邀請由甚多數學家算製數表的繁見工作。

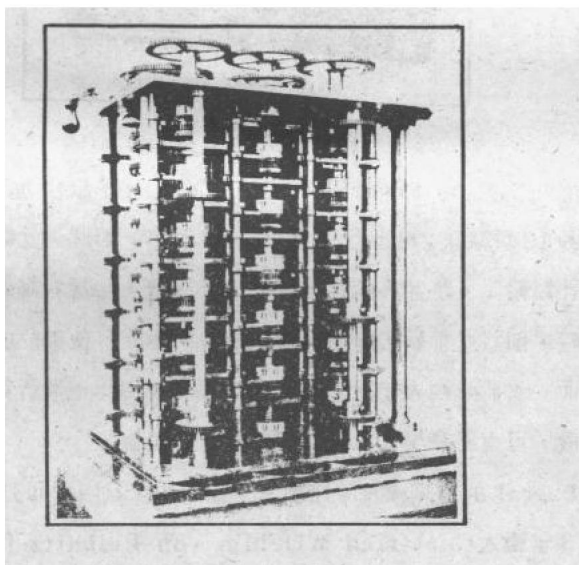


圖 1-4 Babbage 的差算機

Babbage 的機具是採用十進計算輪，配合上述打孔卡片的控制系統，能產生計算并印出數表的裝置，稱為**差算機**(difference machine)。Babbage 將其構想付諸實現之初，雖得英政府支持，但因其不但兼需設計此機具的零件，當需設計製造此零件的機器；故遭遇技術難題甚多，未幾政府撤消支持，此一工作遂告停頓。可是 Babbage 的構想與原則，被另兩位瑞典科學家吸取，後者使用

同樣機械進行實驗，并曾製為工作模型，可知手功雖未完成，但已為他人的研製發展做好準備工作。

Babbage 對於差算機的製作雖已中止，對計算機的改進研究工作，則仍于默默中進行。

1833 年，他又提出了更理想的企劃。此所企劃，為一完全自動化機械的構想，稱為“分析機 (Analytical Machine)”。

Babbage 的分析機有一能儲存數字的裝置，一可使機械依預定順序操作的裝置及藉 Jacquard 式紡織機使卡片打孔，作為指揮機械的憑藉，Babbage 想像的輸出裝置，并能將結果自動印出。

Babbage 對此一分析機的精思，雖由其哲嗣據所遺留詳圖、註釋及其他片斷資料，僅製成一不完全的裝置（今仍陳列于英國），但衡諸今日電腦的主要結構，實不得不讚歎 Babbage 確為現代化電腦的先驅！

1-7 計算機具的製作

承前人的成績，前述加算機或桌上計算機的發展，在 19 世紀後期，邁進一新里程。

1850 年，美國首部以鍵盤操作的加算機獲准專利但此機具每次只可加算一列。

至 1872 年，加算機上附增印刷裝置：

1885 年 William Burroughs 製成首部可以實用的加算印刷機嗣後，美籍 Herman Hollerith 有感于計算人口調查結果工作的繁重，想用機械代勞，因他鑑于 Jacquard 用打孔卡片控制織布機，以織出複雜花樣的事實；及 Babbage 欲以打孔卡片在其分析機