

小型電算機

運算原理

陳維倫編著・萬里書店出版



ELECTRONIC CALCULATOR

小型電算機運算原理

陳維倫編著

香港萬里書店出版

小型電算機運算原理

陳維倫編著

出版者：萬里書店有限公司
香港北角英皇道486號三樓
電話：5-632411 & 5-632412

承印者：金冠印刷有限公司
香港北角英皇道499號六樓B座

定價：港幣七元四角

版權所有 * 不准翻印

(一九七九年十月印刷)

前 言

本書編寫時，以不需要有高深電學知識的讀者為對象，主要內容曾經在「工藝技術」月刊連載，編輯成書時，作了一些補充和修訂。

本書主要介紹電算機的構造和工作原理，目的是希望讀者能夠在理解電算機構造及原理的基礎上，正確有效地使用電算機，及更進一步發揮電算機的功用。對於希望了解電子數字計算機基礎知識的讀者，本書也適合參考。

限於篇幅，對電算機的具體操作方法，本書談得較少，有興趣的讀者，可以參閱本書的姊妹篇：「小型電算機的使用」（萬里版）。

陳維倫

1977年4月

於香港 銅鑼灣

目 錄

前 言

第1章 電算機概要	1
1.1 所謂電算機	1
1.2 電算機的構成	2
(1) 基本構成	2
(2) 和電子數字計算機不同之處	4
1.3 電算機的分類	5
(1) 按照輸入數據及計算結果數字的表示形態來分類	6
(2) 按計算方式分類	7
(3) 按照位數及存貯寄存器個數分類	8
1.4 簡單型電算機的工作概略	10
(1) 最簡單的電算機	11
(2) 具有一個存貯寄存器的電算機	15
第2章 電算機的使用	19
2.1 具有存貯寄存器的電算機	19
2.2 開始計算之前	20
(1) 各個鍵鈕的功用	21
(2) 電算機各部分之間的數據移送關係	22
2.3 基本運算和IND·ACC的關係	23
(1) 加減法運算	23
(2) 乘除法運算	26
(3) 混合運算	29

(4) 按鍵鉅錯誤時的更正方法	31
2.4 開平方運算	32
2.5 使用有存貯寄存器的電算機的計算方法	34
(1) 具有一個存貯器的電算機的計算例	35
(2) 具有兩個存貯器的電算機的計算例	39
第3章 電算機的構造 (1)	41
3.1 十進位制和二進位制	41
(1) 十進位制數和二進位制數	41
(2) 十進位制數和二進位制數二者之間的變換方法	43
3.2 二——十進位制計數法	44
(1) 利用8-4-2-1碼表示0~9的方法	45
(2) 利用2-4-2-1碼表示0~9的方法	46
3.3 電算機的基本電路	48
(1) 用電路組成邏輯	48
(2) 觸發電路 (Trigger circuit)	57
(3) 振盪電路 (Oscillating circuit)	58
(4) 多諧振盪電路 (Multivibrator)	60
3.4 編碼器 (Encoder)	65
(1) 編碼器的功能	65
(2) 編碼器輸出訊號的去向	67
3.5 譯碼器 (Decoder)	69
(1) 譯碼器的功能	69
(2) 顯示方法	72
3.6 寄存器 (Register)	73
(1) 寄存器的種類	73
(2) 數值寄存器的構造	76
3.7 計算器 (Counter)	78
3.8 加法器 (Adder)	81
(1) 半加法器 (Half-adder)	81

(2) 全加法器 (Full-adder)	83
第 4 章 電算機的構造 (2)	87
4.1 電算機的構成	87
(1) 輸入部分	87
(2) 運算部分	88
(3) 存貯部分	89
(4) 控制部分	89
(5) 輸出部分	90
4.2 電算機開始計算之前	93
(1) 清除鍵鈕 (Clear key) 的工作原理	93
(2) 小數點的表示方式	93
(3) 顯示和顯示電路	95
(4) 怎樣顯示「溢出」	98
4.3 電算機怎樣做加法運算	99
(1) 加法運算原理	99
(2) 校正電路	100
(3) 置數方法	103
(4) 加法運算的實際運算過程	106
4.4 電算機怎樣做減法運算	108
(1) 減法運算原理	108
(2) 減法運算的實際運算過程	109
4.5 電算機怎樣做乘法運算	111
(1) 乘法運算原理	111
(2) 乘法運算的實際運算過程	113
4.6 電算機怎樣做除法運算	120
(1) 除法運算的原理	120
(2) 除法運算的實際運算過程	121
4.7 開平方的運算方法	126
(1) 開平方的原理	126
(2) 開平方運算的實際運算過程	128

4.8 特殊運算.....	133
(1) 常數運算.....	133
(2) 自乘運算.....	136
(3) 倒換鍵鈕 (Reverse key) 的功用.....	137
4.9 對小數點的處理方法	137
(1) 計數器方式.....	137
(2) 移位寄存器方式.....	139
4.10 四捨五入、進位、捨去的原理.....	140
(1) 進位捨去的處理方法.....	141
(2) 四捨五入的處理方法.....	141
(3) 捨去的處理方法.....	142

第 1 章 電算機概要

枱式電子計算機 (Electronic calculator, 以下簡稱電算機) 面世至今只不過十幾年光景 (初期的電算機只做四則運算), 但由於使用方便, 製造成本逐年下降, 而且使用的人越來越多, 因此正在迅速普及發展起來。隨着對複雜算題計算上的需求, 能夠做複雜運算及能按照程序進行運算的高性能機型亦已面世。這種高性能機型在機能上比較接近電子數字計算機 (Digital computer, 俗稱電腦), 但使用者不必是經過特別訓練的專門人材。相信這類機型今後在我們日常生活中接觸的機會也會增加。

1.1 所謂電算機

最早期的計算機器, 是利用齒輪轉動來進行計算工作之機械式計算機。機械式計算機又分為用手轉動齒輪之手動式和用電動機轉動齒輪之電動式兩種。這裏我們要介紹的電算機, 是利用電子的功能及脈衝技術進行計算工作的, 和機械式計算機比較, 它有下列

基本特長：1.計算速度迅速；2.操作簡單；3.工作安靜；4.小型輕便；5.故障比較少，可靠性大。

還有一個特徵，就是由於近年電子學的急速發展，電子電路器件能夠高密度化，雖然機體輕小，却具有高度複雜的運算機能。價錢比電動式計算機低廉也是個特徵。

為幫助讀者理解電算機的本質，先來介紹一下電算機的構成，也順便提一提電算機的分類。

1.2 電算機的構成

(1) 基本構成

我們用紙和筆做計算的時候，是先將算式寫在紙上，然後按照算式，腦子裏對每一位數做心算，將結果寫在紙上，求出整個算式的答案。

使用電算機做計算的時候，計算者的操作對象，從電算機外表上看，是向電算機施加計算用之數據和指令（做加法、減法、乘法、除法等運算指令）的按鍵和顯示或者印刷出運算結果的輸出裝置。從電算機的內部來看，它之所以具有運算機能，是由於內藏着圖1所示基本構成。這些構成部分和電子數字計算機

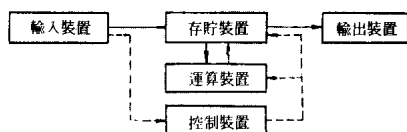


圖 1

比較，在規模和質方面上來說雖然不同，但是它們構成要素却無大差別。

下面就圖 1 所示之各個構成部分作一簡略說明。

1. **輸入裝置** 這部分是根據算式要求，將數據和指令施加給電算機之部分。一般的電算機是通過用手指按壓配置在電算機面板上的按鍵式開關器，將數據和指令輸入給電算機。通過按鍵將數據輸入給電算機稱為「置數」。

2. **存貯裝置** 在電算機來說，這個部分是將輸入機內之數據及運算結果等，其中主要是數值存貯在電算機裏面。電算機技術中經常提到寄存器 (Register) 這個名稱。寄存器是指存貯裝置裏面儲存各種數值的各個部分。按照機能來區別，寄存器有稱為指數寄存器 (Index register) 的和稱為存貯寄存器 (Memory register) 的。

電算機是否有存貯器 (Memory)，這句話中的「存貯器」，是指存貯寄存器而言。存貯寄存器具有這樣的功能，就是能夠把與進行中的運算無關的數值存貯起來，根據情況還可以一路將運算結果（例如做反覆乘法運算時的各個答案）自動累計，一路存貯起來。所以存貯器數目越多，就越能夠從事較為複雜之運算工作。

3. **運算裝置** 是電算機內部從事實際加法、減法等運算之部分。它是遵從控制裝置發出的指令而工作的。

4. **控制裝置** 這部分是遵從輸入裝置傳來之指令，將控制訊號傳送到電算機各個部分去。電算機的計算結果雖然是在計算者操作按鍵的瞬息間得出，但

是實際上在這瞬息間，電算機內部的工作却是很複雜的。控制裝置就將這些原來很複雜而又雜亂無章的工作調整、控制得整整有條。

5. 輸出裝置 這部分是將數值和運算結果以顯示方式或者以印字方式輸出表示出來。一般是將指數寄存器的內容輸出表示出。

(2) 和電子數字計算機不同之處

剛才提到過，在基本構成上來說，電子數字計算機和電算機是沒有什麼大差別的。但在感覺上，它們是有很大差別的。這些差別在哪裏呢？讓我們將它們下述各部分之機能作比較，探究它們不同之處。

首先是它們的機體規模不同。電算機各個構成部分雖匯集在一個機體裏面，可是體積却小到可以擱置在桌子上甚至是放在手掌上來使用。電子數字計算機的各個構成部分則是一個個地分開獨立着，而且各個部分體積都比較大。

就存貯容量來說，電子數字計算機的存貯容量非常大，是電算機的幾千倍甚至幾萬倍。它不單只是存貯數值，還能夠存貯運算步驟。

就對輸入裝置的操作方式來說，電算機通常是按照計算式由手指按下按鍵，即以手動方式將數據輸入機內，逐次求出運算結果，而電子數字計算機則是將必要之數據和計算步驟（程序）記錄在穿孔卡片或者紙帶上，通過將卡片或者紙帶餵給輸入裝置，讓卡片或者紙帶上的內容一度記存在存貯裝置裏面，然後按下啓動按鈕，這樣電子數字計算機就自動地處理一連串的計算工作。這種將計算步驟事先存貯起來的計算機方式，稱為程序存貯式電子計算機(Stored program

computer)。

在做運算的時候，會出現這樣的情形，就是在計算中途必須先得出到某一階段的計算結果之後，才能夠往下計算下去。在這種情形下，電算機是依靠計算者一一判斷，然後進行下一步計算。而電子數字計算機則能夠自動地判斷，決定往下計算下去，也就是說，電子數字計算機本身具有判斷能力。電子數字計算機之所以又被稱為電腦，原因就在這裏。

輸出裝置方面，電算機的輸出方式是顯示方式或者是簡單的印字方式。電子數字計算機則是通過行式印刷機(Line printer)做高速度印刷輸出。

由上述幾點可以知道，電算機和電子數字計算機在基本構成形式上似乎很相似，但是在實質上和感覺上則是有所區別。

近年被稱為 Mini-computer 之超小型電子數字計算機已經被廣泛採用。而電算機也發展到程序型之高級機，它具有小規模的存貯程序機能及判斷機能；並且輸入裝置不只是鍵鈕，還具備卡片讀出器(Card reader)。由此又可見，由於電算機和電子數字計算機的發展，它們之間的界限將很難分清；光從機能上去區別它們將很困難。

1.3 電算機的分類

電算機由於它的歷史還淺短，同時還是在發展中，它的分類方法還沒有統一下來。在性能和機能上達到怎樣的程度，才算是屬於電算機的範疇呢？還

有，就是根據着眼點不同（例如輸入、輸出的表示方法；表示的位數；存貯器的個數等）分類方法也就不同。在技術革新日新月異的今天，分類的方法也多樣化起來。下面我們就從數字表示形態、操作方式和數字的位數及存貯記數器的個數來將電算機分類看看。

（1）按照輸入數據及計算結果數字的表示形態來分類

這種分類方法按照輸入之數據、計算過程及計算結果、數字是以怎樣的形態向計算者表示出來。按這樣的分類法可以分為：

電算機	{	顯示方式
		記錄方式
		顯示・記錄兩用方式



圖 2 根據顯示方式來分類之幾種機型

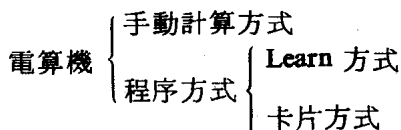
1.顯示方式 輸入數據和輸出數據是以0~9十個數字顯示在數字顯示器或者多位數平面顯示管上。這種方式，有時候需要將中間結果、計算結果轉記下來。

2.記錄方式 將輸入數據及計算結果印刷在捲式或者帶式紙條上代替顯示器。這種方式，輸入數據、計算過程及計算結果都一一記錄在紙條上，方便於覆核及留存。

3.顯示·記錄兩用方式 這是兼具前兩者特色之方式。對於使用者來說，是一種理想方式。但是價格稍嫌高些。相信隨着發光二極管等新顯示器製造技術成熟及成本降低，這種機型勢必受到歡迎並逐步普及。

(2)按計算方式分類

這是按照在進行計算的時候，以怎樣的方法將一連串的運算指令施加給電算機的運算電路來分類。可以分成爲：



1.手動計算方式 在進行計算的時候，每次計算時所需要之一連串指令，都是通過手指按壓鍵盤來向電算機施加。

2.程序方式 事先讓電子計算機記憶下表示運算步驟之運算指令——程序。然後只需要向電算機施給數據就可以進行計算。這種方式，如果運算步驟相同，只需改換運算用之數據，原先記憶下之一連串指

示式電算機，是以顯示窗上的位數表示出；記錄式電算機是以印刷輸出的最多數字數（記號不算在內）表示出。現時市面上一般常見的電算機的位數有16位、14位、12位和8位的。

存貯寄存器，手動計算式電算機以1個或者2個的佔大多數；而程序式的大多數是具有3個存貯寄存器以上的。

下面是常見的顯示式手動計算方式電算機的級別分類：

1. 中高級機 位數是14~16位，附有存貯器者。又分為：

16位數	2個存貯寄存器	有常數機能
16位數	1個存貯寄存器	有常數機能
14位數	2個存貯寄存器	有常數機能
14位數	1個存貯寄存器	有常數機能

14位數以上的電算機，全都有存貯寄存器。有2個存貯寄存器的電算機中，有的還有平方根專用之按鍵（ $\sqrt{\quad}$ 鍵）。

2. 普及型機 位數是8位至12位。這一級的電算機有的有一個存貯記數器，有的沒有存貯記數器。

12位數	1個存貯寄存器	有常數機能
12位數	無存貯寄存器	有常數機能
12位數	無存貯寄存器	無常數機能

8位數和10位數電算機的分類也是以此為準。

3. 大衆化型機 是輕巧小型，便利於攜帶之機型。由於運算器件之大規模集成（Large scale integration）化，才得以面世。產品的歷史雖然還短，但是普及速度非常迅速，很受注目。這一類機又分為：