

小型電算機基礎

FUNDAMENTAL OF ELECTRONIC CALCULATOR

張明編譯·萬里書店出版

x^2

log

ln

e^x

x^y

arc

sin

cos

tan

$1/x$

7

8

9

$\div$

C

4

5

6

$\times$

RM

1

2

3

+

M+

0

.

-

=

小型電算機基礎

張明編譯

香港萬里書店出版

小型電腦基礎

張明編譯

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

承排者：年豐排字所

香港灣仔洛克道447號十樓C座

定價：港幣十六元

版權所有*不准翻印

(一九七九年四月版)

編 者 的 話

小型電算機 (Electronic Calculator) 的出現，雖然只是短短幾年間的事，但由於使用方便，而且不斷改進，再加上世界各國大規模生產，售價便宜，所以迅速地取代了日常生活中的一些舊式計算工具，成為會計人員、工程技術人員以及學生們的得力助手。

本書取材自日本佐佐木 正主編的“電卓技術教科書”(基礎編)，是一本介紹小型電算機基礎技術的綜合性書籍。全書以日本聲寶 (Sharp) 牌CS-12D 型小型電算機為例子，介紹了電算機所有內部設備，包括基本電路、運算裝置、輸入輸出裝置及電源的工作原理，以及這些設備的設計原理，並結合一些計算實例，介紹計算過程中各部件的工作情況。

電算機的發展一日千里，就拿本書介紹的輸入及顯示設計來說吧，在今天來說可能稍嫌不夠先進，但主要電路的基本工作原理還是一樣的，作為一本原理性探討的書籍，我們覺得本書還算較全面，因此把它翻譯出來，供這方面的從業員及有興趣的無線電愛好者參考。

編者謹識
一九七八年春

目次

編者的話	I
第一章 緒 論	1
1.1 小型電算機的歷史與展望	1
1.1.1 計算機的歷史	1
1.1.2 小型電算機的歷史	3
1.1.3 小型電算機的定義與分類	5
1.1.4 展望	7
1.2 小型電算機的操作法	8
1.2.1 鍵盤與操作	8
(1) 送數鍵	9
(2) 功能鍵 (Function key)	9
(3) 常數指定開關	10
(4) 小數點位置選擇盤 (TAB 開關)	11
1.2.2 GS-12D 計算實例	12
1.3 小型電算機的運算裝置	17
1.3.1 加法原理	17
1.3.2 減法原理	20
1.3.3 具有小數點的情況與答數為負數的情況	21
1.3.4 計算機的三個重要部分	23
1.3.5 控制裝置	25
(1) 「在何處？」	26
(2) 「何時？」	26
(3) 「什麼？」「根據什麼？」「進行什麼？」	28

(4) 控制裝置的作用	30
第二章 小型電腦的基本知識	34
2.1 二進制	34
2.1.1 純二進制	34
2.1.2 p 進制的變換	36
2.1.3 二——十進制(8-4-2-1 編碼)	37
2.1.4 二——十進制的加減法	39
(1) 加法的情況	39
(2) 減法的情況	40
2.1.5 二進制與邏輯電路的關係	42
(1) “或” 電路(OR gate, Inclusive OR gate)	43
(2) “與” 電路 (AND gate)	45
(3) 反相器 (NOT, Inverter)	46
(4) 邏輯記號	47
2.2 邏輯數學基礎	48
2.2.1 布爾代數 (Boolean algebra) 的基本概念	48
2.2.2 用維恩 (Venn) 圖表示 “與”、“或”	49
2.2.3 布爾代數的定理	51
2.2.4 維恩圖的意義	56
2.2.5 維奇 (Veitch) 圖	56
(1) 一個元素的維奇圖	56
(2) 二個元素的維奇圖	57
(3) 三個元素的維奇圖	58
(4) 四個元素的維奇圖	60
2.2.6 由真值表推導邏輯關係式	62
(1) 由真值表推導邏輯方程式	62
(2) 邏輯方程式的簡化	64
(3) 禁止項 (多餘項或組合禁止)	64
(4) 二——十進制的禁止項	66
2.3 邏輯元件	67
2.3.1 二極管	68

2.3.2	晶體管	69
(1)	晶體管的接地方式	69
(2)	晶體管靜態特性曲綫	69
(3)	晶體管的電流放大倍數 β 與電流傳送率 α	70
(4)	集電極截止電流 (I_{co})	71
(5)	晶體管的耐壓 (最大集電極電壓 V_{CBO})	71
2.3.3	MOS 場效應管(MOS FET)	72
(1)	MOS 場效應管的工作原理	72
(2)	MOS 場效應管的分類	74
(3)	MOS 場效應管的特徵	74
(4)	MOS 場效應管的基本電路	75
2.3.4	磁心存儲元件	76
(1)	鐵氧體磁心 (Ferrite Core) 的特性	76
(2)	電流重合法	78
2.4	脈衝電路	81
2.4.1	脈衝的概念	81
2.4.2	脈衝的變形	82
2.4.3	微分、積分電路	83
(1)	RC 微分電路	83
(2)	RC 積分電路	84
2.4.4	晶體管開關電路	85
(1)	開關電路	85
(2)	晶體管的開關特性與電路	86
(3)	晶體管的脈衝響應	88
2.4.5	各種脈衝電路	89
(1)	脈衝反相放大電路	89
(2)	射極跟隨器 (Emitler follower) 脈衝放大電路	91
(3)	顯示用的驅動電路	92
(4)	自激多諧振盪器電路	93
(5)	雙穩態電路	96
2.5	邏輯電路	97

2.5.1 “或”電路 (OR)	97
2.5.2 “與”電路 (AND)	99
2.5.3 反相器 (NOT)	101
(1) 晶體管反相器	101
(2) MOS 集成電路反相器	102
2.5.4 異式“或”電路 (按位加電路)	102
2.5.5 “與非”電路 (NAND)	104
2.5.6 “或非”電路 (NOR)	105
2.5.7 MOS 集成電路的門電路	106
(1) MOS “或”門	106
(2) MOS “與”門	107
(3) 雙“與”-雙“或”門	108
2.6 觸發器	108
2.6.1 小型電算機中所用的觸發器	108
2.6.2 動態存儲電路 (Dynamic Memory Circuit)	110
2.6.3 RSS 型觸發器	111
2.6.4 J-K 型觸發器	112
2.6.5 D 型觸發器	114
2.7 集成電路 (IC) 與小型電算機	115
2.7.1 分立元件與小型電算機	115
2.7.2 集成電路的種類	116
2.7.3 MOS 集成電路	117
2.7.4 小型電算機所採用的集成電路	118
(1) μ PD1 (5 個反相器)	119
(2) HD-704M (4 輸入端“與”門)	119
(3) HD-706M (2 “與”-2 “或”電路)	120
(4) HD-708M	122
(5) HD-709M	123
(6) HD-713M	123
第三章 小型電算機的實際	125
3.1 小型電算機各部分的關係	125

3.1.1	電源開關打上時	125
(1)	脈衝發生器	128
(2)	二進時間計數器	129
(3)	數字時間計數器	133
3.1.2	按下鍵時，怎樣進行計算?	136
(1)	按下數字鍵時，數字怎樣進入計算機?	136
(2)	按下功能鍵時，怎樣存儲計算命令?	144
(3)	起始脈衝的發生	147
(4)	計算時裝置啟動情況	151
第四章	輸入與輸出部分	155
4.1	輸入裝置	155
4.1.1	鍵盤	155
(1)	舌簧開關	155
(2)	防止二個鍵同時按下的裝置	156
(3)	小數點位置選擇開關	157
(4)	常數指定開關(N, ×, ÷開關)	157
4.2	顯示電路	158
4.2.1	熒光顯示管的結構與工作原理	158
4.2.2	顯示管的驅動方法	159
4.2.3	小數點的顯示	164
4.2.4	譯碼器	166
4.2.5	板極筆劃選擇電路與驅動電路	169
4.2.6	冷陰極放電管顯示用的驅動電路	170
第五章	運算器與運算的控制	173
5.1	加減運算器	173
5.1.1	二進制的加減運算器的構造	173
(1)	$13+22=35$ 的二進制筆算法	173
(2)	$8-6=2$ 的二進制筆算法	174
(3)	二進制運算器	175
5.1.2	二——十進制加減運算器的構造	178
(1)	二——十進制加法與+6糾正	178

(2) 二——十進制減法與—6糾正	180
(3) 二——十進制加減運算器	182
5.2 運算程序	185
5.2.1 操作程序圖 (Flow chart)	185
5.2.2 加減法操作程序圖	186
5.2.3 乘法操作程序圖	195
5.2.4 除法操作程序圖	200
5.3 小型電算機的控制方式	203
5.3.1 程序圖	203
5.3.2 程序矩陣	204
5.3.3 微 (宏) 指令 (Micro & Macro Order) 的作用	206
5.3.4 地址與分支	206
(1) N_0 地址的動作	211
(2) N_0 地址向 $N_1 \sim N_4$ 地址的移動	213
5.3.5 時鐘控制脈衝	216
第六章 運算方法	223
6.1 運算的實際過程	223
6.1.1 $\bar{P}$ 週期 (沒有鍵操作的準備區間) 的動作	223
6.1.2 按下清洗鍵 C 時的動作	225
6.1.3 按下輸入清洗鍵 CE 時的動作	226
6.1.4 寫入	227
(1) 按 C 鍵後再送數	227
(2) 按 $\times$ 鍵	230
(3) 按 $\div$ 鍵	231
(4) 按 $\equiv$ 鍵	231
(5) 按 $\square$ 鍵	234
6.2 運算實例	234
6.2.1 加減運算實例	235
(1) $54.6 - 60.05 = -5.45$ ($\text{TAB}=2$)	235
(2) k-15 程序的內容	238
(3) k-16 程序的內容	240

(4) k-17 程序的內容	241
6·2·2 乘法實例	251
(1) $2.5 \times 7.2 = 18.00$ (TAB=2) N 狀態	251
(2) k-18程序的內容	252
(3) k-19程序的內容	253
(4) k-20、21程序的內容	254
(5) k-22程序的內容	256
(6) k-23程序的內容	258
(7) k-28程序的內容	258
(8) k-29程序的內容	259
6·2·3 除法實例	266
(1) $725.1 \div 3.925 = 184.738$ (TAB=3) N 狀態	266
(2) 乘法與除法程序的不同之處	268
(3) k-24程序的內容	268
(4) k-25程序的內容	269
(5) k-26程序的內容	270
(6) k-27程序的內容	273
6·2·4 常數計算	274
(1) k-3 程序的內容	276
(2) k-9 程序的內容	278
6·3 存儲機能與動作	279
6·3·1 存儲器	279
(1) 具有輔助設備的計算機的特點	280
(2) B 觸發器	283
6·3·2 與 M 有關的各分支的動作	286
(1) $\bar{P}$ 週期, k-1 程序的內容	286
(2) $\overline{CM}$ —k-18 程序的內容	286
6·3·3 存儲計算舉例	287
(1) 存儲加減法舉例	287
(2) 存儲乘法舉例	287
(3) 存儲除法舉例	287
(4) k-19程序的內容	288

(5) k-19、20、21程序的內容	299
(6) k-19、20、22程序的內容	299
(7) M+ 與 M- 鍵的差異	301
(8) k-28程序的內容	301
(9) k-29程序的內容	301
(10) k-32、26程序的內容	302
第七章 電源電路	303
7.1 整流電路	303
7.1.1 整流	303
7.1.2 整流電路與負載的關係	305
(1) 半波整流電路	305
(2) 全波整流電路	307
7.2 穩壓電路	309
7.2.1 穩壓二極管	309
(1) 穩壓特性	309
(2) 基本穩壓電路	310
(3) 採用齊納二極管的穩壓電路	310
7.2.2 晶體管穩壓電路	312
(1) 並聯穩壓電路	312
(2) 串聯穩壓電路	313
7.2.3 實際的穩壓電路	315

第一章

緒 論

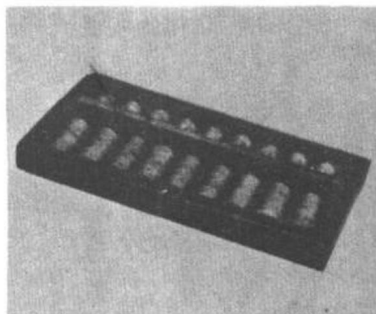
1.1 小型電算機的歷史與展望

1.1.1 計算機的歷史

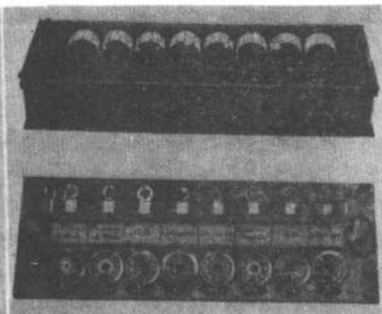
人類用數字比用文字還要早，在洞穴時代，就已用棒與石頭表示數字。在古代人類生活中爲了表示家畜與物的數量，也自然而然產生數的概念。

隨着社會的發展，用於計算方法的工具也隨着發展。最早，用石頭挖一個洞，把棒頭放進去計數，這就具有算盤的原形。隨着文化的發展，棒與石頭被金屬所代替。由於各個時代的迫切的要求，逐漸發展成各種方便的計算工具。

計算機的歷史，是以算盤（照片 1.1）開始，經過手搖式、機械式、



照片 1.1



照片 1.2

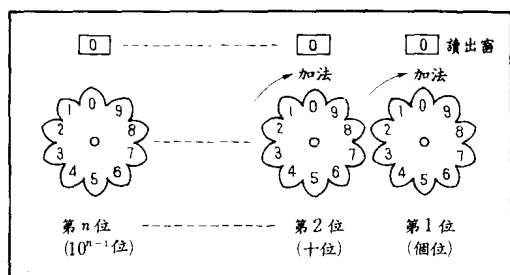


圖 1.1 巴斯格耳計算機的原理

電動式發展到今天的電子計算機。在算盤以後，出現過巴斯格耳計算機（照片 1.2）。它的原理如圖 1.1 所示，由 10 個牙的齒輪上面記以 0~9 的數碼組成，這些齒輪是並聯的，用手搖方式進行操作，向右轉是加，向左轉是減。

例如，進行 $25+7$ 時，把第一位的齒輪向右轉 5 個齒，把第二位的齒輪向右轉 2 個齒，則在讀出窗中就出現 $00\cdots\cdots025$ 。然後把 7 加上去，就是把第一位的齒輪再轉 7 個齒，那麼在第一位讀出窗就出現 2，同時第二位的齒輪將進位，即自動的將它轉過一個齒，也就是第二位讀出窗中將第一位的進位加上去了，由此求得和數。這種巴斯格耳計算機與算盤不同之處就是自動進位，這種自動進位的加減機是在 1642 年發明的。

1671 年，萊布尼茲進一步精心地研製出乘法和除法的計算機。乘法是利用反覆的加來完成，除法是利用反覆的減來完成。這個方案，到現在還是應用的基礎，但這種計算機性能很不穩定。

後來，有關方面從事了對計算機的操作進行簡化的各種研究，1804 年法國的杰克發明穿孔卡片織布機，他在用紙做的卡片上進行穿孔編碼，並將卡片串聯起來，自動控制織布機進行工作。

1830 年，英國巴伯基設計出一種計算機，它的基本原理與今天計算機相似，不過是以蒸氣作為動力，利用寄存在穿孔卡片中的指令進行工作，由存儲、運算、輸入、輸出等裝置組成。這個概念的實用化直到 20 世紀才變成實際的東西。

20 世紀初期，出現具有四則運算功能的機械式小型電算機，到 1961 年齒輪的轉動動力改用電力，這就是今天的小型電算機的開始實際使用

階段。

1937 年，開始研究出能解微分方程式的機械式計算機，在 1944 年研制完成。該機稱為 **Mark-I**，重量為 5 噸，導綫總長達 800 公里，程序是根據事先編好的穿孔紙帶的指令來進行，用 3,000 個電子繼電器進行操作，將要計算的內容送入就能自動進行計算。

第一台電子計算機稱為 **ENIAC (Electron Number Integrator And Calculator)**，是第二次世界大戰以後的 1946 年，為了更高級的計算而試製成功的。它不再使用機械式的齒輪，而採用電子管開關與電子管的觸發器，用電脈衝進行計算。

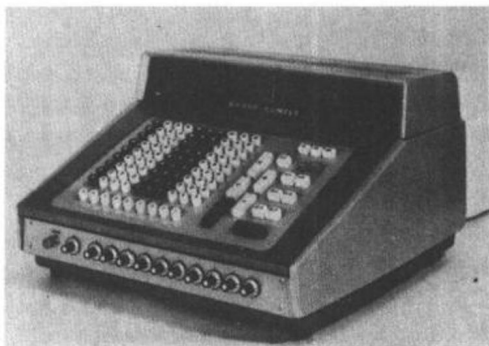
該機為現代計算機的發展起了奠基性的作用，並將 **Mark-I** 進一步改良，實現了利用穿孔紙帶執行操作指令，能存儲在機器的內部來完成。

上面所說的是產生現在的電子計算機發展的過程。今後，要求進一步使操作更簡化，價格更低，體積更小型化，速度更快。

1.1.2 小型電算機的歷史

1961 年，英國控制系統公司 (**Control System Ltd.**) 利用放電管與電子管製造小型電算機。接着 1962 年，**Sumlack Computometer** 公司以電子管作為運算元件，具有複鍵式（全部是採用十進制設計的），共有 11 位的 **ANITA MK-8** 小型電算機問世。但該機體積大，功耗大，發

照片 1-3



熱量大，穩定性差，所以不能與電動式的計算機進行競爭。

1964 年，日本聲寶 (Sharp) 公司利用晶體管、二極管研製出 20 位複鍵式的 CS-10A 型的小型電子計算機(照片 1·3)。由於採用晶體管使電子計算機的應用範圍更廣泛了。

集成電路(簡稱 IC)在日本成為討論的焦點是 1965 年開始的事情，也就是說在一極小的體積內，裝有晶體管、二極管以及電阻等十個以上的元件組成集成電路，使它成為各種通用的產品。當時，電子工業界開始考慮這一個問題，由 1965 年起，一些半導體廠家聯合起來一道研究集成電路的生產，到 1967 年 2 月，正式應用到小型電算機上去(照片 1.4)。

開始時，集成電路主要是採用雙極型，後來發展成 MOS 型集成電路。由於當時 MOS 集成電路不穩定，所以沒有將它用在產品上。MOS 型的集成電路和雙極型的比較起來，它的運算速度較慢。但作為小型電算機的元件，要求速度不高，而構造與價格便宜，所以我們就朝這一方面進行試驗，通過辛勤的勞動後，到 1967 年 12 月 CS-16 型的 MOS 集成電路計算機就正式出售(照片 1·5)。

1968 年，將 MOS 電路進一步大規模集成化，經過二年的研究與試製使 MOS 的大規模集成電路(簡稱 LSI)開始應用到小型電算機上。

1969 年由 4 個 MOS 的大規模集成電路，與一個 TO-5 型 MOS 的大規模集成電路，試製成功具有 8 位數超小型的小型電算機 QT-8D 型(照片 1·6)，並投入生產。

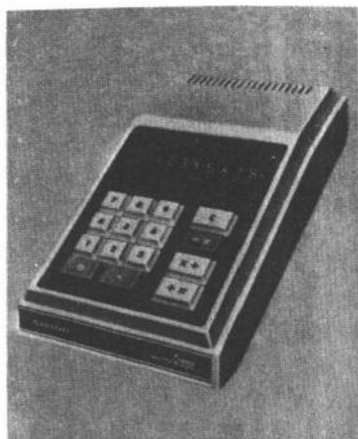


照片 1·4



照片 1·5

照片 1·6



回顧小型電算機發展的歷史，大體可分為下面幾個時期：

第一時期：（1964～1966 年）……利用晶體管作為元件，

第二時期：（1966～1969 年）……利用集成電路作為元件，

第三時期：（1969～ ）……利用大規模集成電路作為元件。

由於元件的技術革新，小型電算機的需要更加增加，目前發展的趨勢是價格下降→性能提高→新型的需要增大。

當前，與小型電算機發展相平衡的存儲裝置、輸入裝置的鍵盤、輸出裝置的顯示，都在不斷進行技術革新。隨着技術革新不斷的發展，小型電算機將不斷發展。

1·1·3 小型電算機的定義與分類

小型電子計算機（Electronic Calculator）的定義還在商定中，本書提出以下幾點作為定義的參考：

- ① 計算機形狀是台式的；
- ② 計算機內部是由電子運算電路組成的；
- ③ 和計算機裝在一起的鍵盤有必要的數字輸入鍵和運算指令鍵；
- ④ 把計算機的內部與外部聯繫起來的有數字打印設備或數字顯示器等裝置；