

科學圖書大庫

微算機及微處理機

譯者 傅 寧

徐氏基金會出版

TP36

58453

X31 科學圖書大庫

微算機及微處理機

譯者 傅 寧

徐氏基金會出版



徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信 發行人 王洪鈺

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國六十七年七月十八日初版

微算機及微處理機

基本定價 1.20

譯者 傅 寧 國立交通大學電子研究所

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」書回調換。謝謝惠顧。

67局版臺業字第1810號

出版者 財團法人臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號
發行者 財團法人臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 1 5 7 9 5 號
承印者 江淮彩色印刷股份有限公司 電話：5413269 • 5416842

我們的工作目標

文明的進步，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力。在整個社會長期發展上，乃對人類未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，自應各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同將人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之收穫，已超越以往多年累積之成果。昔之認為若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，允為社會、國家的基本使命。培養人才，起自中學階段，此時學生對基礎科學，如物理、數學、生物、化學，已有接觸。及至大專院校專科教育開始後，則有賴於師資與圖書的指導啓發，始能為蔚為大器。而從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啓導後學，旨趣崇高，彌足欽佩！

本基金會係由徐銘信氏捐資創辦；旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利，民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，惜學成返國服務者十不得一。另曾贈送國內數所大學儀器設備，輔助教學，尚有微效；然審情度理，仍嫌未能普及，遂再邀請國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。以主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員王洪鎧氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱工作。「科學圖書大庫」首期擬定二千種，凡四億言。門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫。為欲達成此一目標，除編譯委員外，本會另聘從事

翻譯之學者五百餘位，於英、德、法、日文出版物中精選最近出版之基本或實用科技名著，譯成中文，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，內容嚴求深入淺出，圖文並茂。幸賴各學科之專家學者，於公私兩忙中，慨然撥冗贊助，譯著圖書，感人至深。其旅居國外者，亦有感於爲國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬多寡，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，其報國熱忱，思源固本，至足欽仰！

今科學圖書大庫已出版一千餘種，都二億八千餘萬言；尚在排印中者，約數百種，本會自當依照原訂目標，廣續進行，以達成科學報國之宏圖。

本會出版之書籍，除質量並重外，並致力於時效之爭取，舉凡國外科學名著，初版發行半年之內，本會即擬參酌圖內需要，選擇一部份譯成中文本發行，惟欲實現此目標，端賴各方面之大力贊助，始克有濟。

茲特掬誠呼籲：

自由中國大專院校之教授，研究機構之專教、學者，與從專工教建教之工程師；

旅居海外從事教育與研究之學人、留學生；

大專院校及研究機構退休之教授、專教、學者

主動地精選最新、最佳外文科學名著，或個別參與譯校，或就多年研究成果，分科撰著成書，公之於世。本基金會自當運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。尚祈各界專家學人，共襄盛舉是禱！

徐氏基金會 敬啓

中華民國六十四年九月

前 言

微處理機與微算機的種類日益增多，其應用的變化也與日俱增。然而，如果要設計一個以微處理機為基礎的系統，所需要的訓練不外乎以下數方面，即邏輯設計，數位系統，計算機結構，程式設計，和少許電子電路設計以及半導體製作技術。本書為一入門書籍，係專為還沒有經過上述訓練，但卻希望能夠有效使用微處理機與微算機技巧的人而寫。

本書內容分為三段，開頭三章介紹硬體與軟體的基本概念，隨後五章講述詳細的作業情形，最後一章介紹其他有關特性。各章之間關連很少，均可自成一篇，讀者可以不必逐章閱讀也能瞭解，參考起來十分方便。

課文之外，尚有 120 個例題與習題，故本書非常適合自修之用；使讀者對了解變化極大的微處理機與微算機特性，奠定堅實之基礎。書末所列參考資料對已討論過的課題提供補充的資料，並附有部分習題之解答。

作者：亞派德·巴納

丹恩·艾·波瑞特 謹識

簡寫字表

ALU	邏輯與算術單位
BCD	二進碼十進數
ASCII	美國資訓交換標準碼
CCD	電荷耦合裝置
CPU	中央處理機
DMA	直接記憶出入
I/O	輸入與輸出
MAR	記憶位址暫存器
MDR	記憶資料暫存器
MOS	金氧矽
MOSFET	金氧矽場效應電晶體
PLA	可程式邏輯行列
RPOM	可程式固讀記憶器
RAM	讀寫記憶器
ROM	固讀記憶器

目 錄

前 言

簡寫字表

第一章 展 望 1

第二章 微算微及微處理機

之基本結構 3

輸入輸出部分 3

中央處理機 4

主要記憶單位 7

微處理機 8

習題 8

第三章 基本程氏計機方法 9

機器語言指令 9

組令語言指令 10

高位準程式語言 12

次常式 13

流程圖 13

習題 15

第四章 輸入與輸出 16

輸入與輸出指令 16

輸入與輸出部分 16

間 斷 22

直接記憶出入 23

習題 23

第五章 算術運算 24

數字系統 24

八進位與十六進位數字表示法 30

編 碼 32

浮點表示法及浮點算術 35

習題 36

第六章 算術與邏輯線路 ... 38

加法器及減法器 38

乘法器及除法器 43

累積器及算術邏輯單位 44

習題 46

第七章 主要記憶單位 47

半導體記憶.....	47
記憶單位組織.....	51
移位暫存器.....	52
輔助暫存器.....	53
動態MOS RAM之溫新綫 路.....	53
定址模態.....	54
間接定址模態.....	56
習題	57
第八章 控制單位	59
位 序.....	59
時 序.....	64
資料路徑及匯流排結構.....	64
微程式計畫.....	65
微算機之方塊圖.....	67

習題	68
----------	----

第九章 其 他..... 70

組合程式.....	70
饋入程式.....	73
資料結構.....	74
次常式交鏈.....	75
模擬器.....	79
硬體分享.....	80
系統作業.....	80
習題	81
附錄A. 底數 8 之算術表.....	82
附錄B. 底數 16 之算術表...	83
附錄C. 2 次方表.....	84
解答摘錄.....	85

第一章 展 望

在數位計算機的發展中，最重要的一步便是存貯程式計算機（Stored-program computer）的推出。其與算盤或人工操作桌上型計算器（Desk calculator）不同之處：存貯程式計算機之作業程序，是由內部貯存之程式所控制。

【例 1.1】在幹線與支線的交叉口，其交通是由一個週期為 60 秒的交通號誌控制器加以調節，以幹線為例：先亮綠燈 30 秒，繼亮黃燈 5 秒，亮紅燈 20 秒，最後亮黃燈 5 秒。此一交通號誌，雖然如此簡單，亦可視為一具體而微的存貯程式計算機。

然而，依目前的詮釋，存貯程式計算機尚另有一種特性：能在其程式內不同段落間跳越的特性。這種跳越，或稱決策，可由先前的計算結果加以控制；亦可由計算機之輸入裝置所得的訊號加以控制。

【例 1.2】例 1.1 的交通號誌控制器包含兩個車輛偵測器，作為交通控制器的輸入裝置。此二偵測器置於支線上，以指示是否有車輛正在等著交通號誌改變。當幹線之綠燈已亮足 30 秒時，交通號誌控制器將查詢偵測器，且僅在支線上有車輛等著的情形下變換號誌。

近二十年來，存貯程式數位計算機日益普及，這主要是由於科技的進步；譬如電晶體的使用，使現在計算機的內部盡是電晶體；用於記憶單位之貯存元件的改進；機電式周邊裝置之可靠度提高，以及積體電路的使用日益增加。時下的數位計算機包含僅具單一用途的專業計算機和使用於許多範疇，例如控制、資料處理、和科學計算等的通用計算機（General-purpose computer）。

在通用計算機改進其可靠度，易使用性和計算能力的同時，已並行出現

2 微算機及微處理機

一種袖珍通用計算機，這種袖珍計算機雖在計算能力上有所限制，但有體積較小，價格較低的優點，主要由於其售價較低廉，袖珍計算機已打入許多原為小型專業計算機所獨佔的應用範疇中。而另一種最新且體積最小的通用計算機，即微算機正在通用計算機和專業計算機及控制機之間佔有一席之地。

最初的微算機即是計算器，而時下的微算機正在取代或擴大成許多袖珍計算機和專業計算機，特別是專業用途的實線連接控制機。

【例 1.3】 某一捷運系統設有後援安全聯鎖裝置，而軌道的每一“區域”內部分設有一獨立的聯鎖，以監管火車駛進和駛離此一區域。開始示範的時候，每一聯鎖使用一個專業實線連接控制機。由於許多“特殊情況”會發生在各軌道各處岔路上，各控制機不可能完全相同。因而在最後實用時，微算機代替了實線連接控制器，而利用適當的程式計畫處理各種特殊情況。

微算機使用簡單，價格低廉故而應用廣泛，然其程式計畫方法却比袖珍計算機的程式計算方法困難而且笨拙，再者，在電路或稱「硬體」方面，微算機較袖珍計算機更需要和程式計畫或稱「軟體」相配合。因此，在發展使用微算機的系統時，其工作雖可區分為“硬體專家”和“軟體專家”，但經常同時需要兩方面的知識，故本書泰半由此二者所交織而成，對計算機應用所需硬體和軟體有均衡的介紹。

第二章 微算機及微處理機之基本結構

圖 2.1 所示為經簡化之微算機方塊圖，分為三個函數方塊：輸入 / 輸出 (I / O) 部分，中央處理機和主要記憶單位。

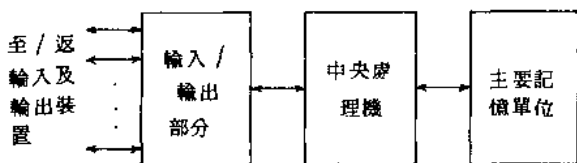


圖 2.1 微算機之簡化方塊圖。

2.1 輸入輸出部分

圖 2.1 所示輸入 / 輸出 (I / O) 部分在左邊之接線，將計算機連接至輸入和輸出 (I / O) 裝置，或稱周邊裝置。

【例 2.1】手持計算器有 10 個標示為 0 到 9 的數字鍵，五個函數鍵 $+$ ， $-$ ， $\times$ ， $\div$ ，和 $=$ 。以及六數元的十進位數字顯示幕。並和一個可處理或貯存資料的微算機相結合。這些按鍵即為輸入裝置，數字顯示幕即為輸出裝置。

圖 2.2 所示為輸入 / 輸出部分之簡化方塊圖。輸入 / 輸出裝置之選擇是由輸入及輸出多元調節器 (簡記為 MPX 或 MUX)，亦稱資料選擇器執行，資出資訊貯存於輸出緩衝器中，輸入 / 輸出暫存器可供資訊傳輸於中央處理機與輸入 / 輸出部分時之暫時貯存之用。

【例 2.2】在一個十字路口的交通號誌控制器有四個交通號誌燈及四

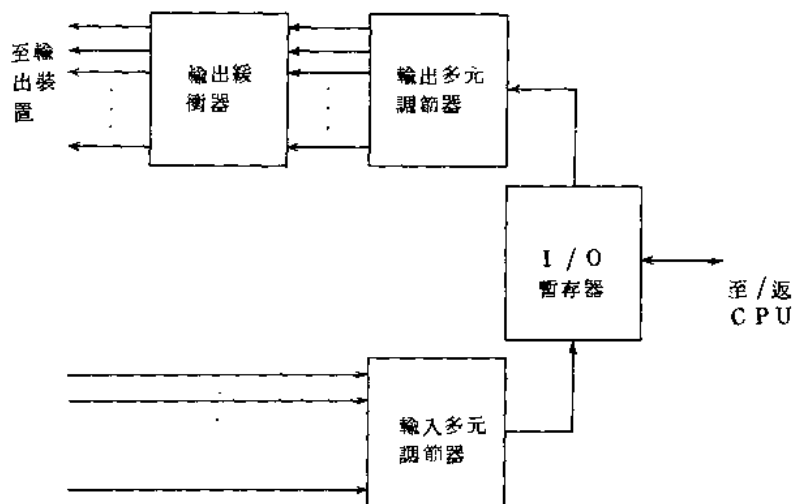


圖 2.2 I/O 部分之簡化方塊圖。

個交通號誌燈及四個車輛偵測器以顯示是否有車輛等待通過，此一交通號誌控制器可以和一部微算機結合使用，而以車輛偵測器作為微算機之輸入裝置；並以交通號誌燈作為輸出裝置。我們要求此四個交通號誌燈必須為綠、黃或紅的連續工作。

因為車輛之速率有所限制，每個車輛偵測器至少需時 0.1 秒始能偵測到一車輛，因此我們可用微算機對每個車輛偵測器維持一大於 10 次 / 秒之固定檢示頻率，依序地掃描這四個車輛偵測器。此一交通號誌控制器之輸入 / 輸出 (I/O) 部分可參閱圖 2.2。

此一輸入及輸出裝置之特性及接線將在第四章作詳細討論。

2.2. 中央處理機

中央處理機 (CPU) 的內部結構隨著微算機之不同而有甚大之出入，而在此文中，我們僅討論一較簡單的中央處理機，如圖 2.3 方塊圖所示，由一個算術與邏輯單位 (ALU)，數個暫存器，以及一個控制單位所組成。在圖 2.3 中連接算術與邏輯單位，累積器 (暫存器 A)，以及暫存器 B 和 M 所需要接線之數目依字組長度，亦即算術與邏輯單位所能並行處理之數元 (

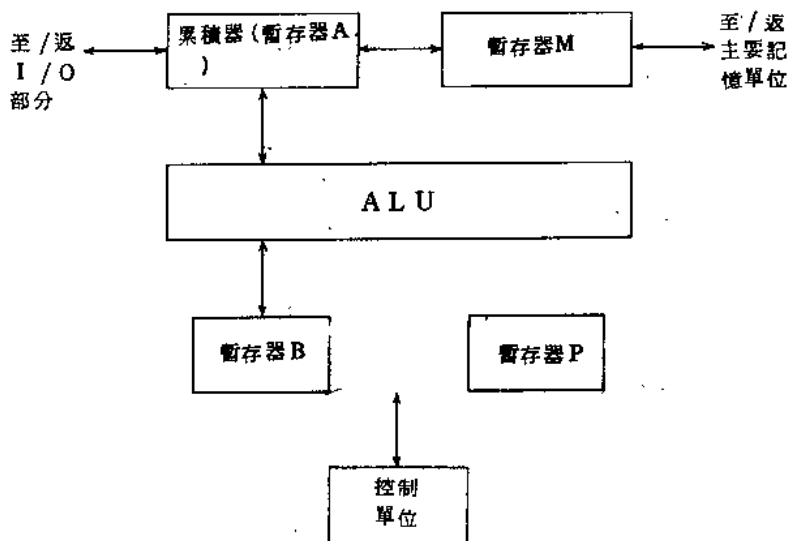


圖 2.3 CPU 之簡化方塊圖。控制單位與暫存器 P 之接線尚未繪出。

(bit) 的最大數目所決定。

算術與邏輯單位 ALU 算術與邏輯單位是對一個或兩個數目進行運算。它處理算術運算如加法及減法，以及邏輯運算如等值之判定，此一算術與邏輯單位之結構及運算將在第六章另行討論。

暫存器 中央處理機內有數個暫存器，即為資料暫存器，作業暫存器或稱草稿儲存器。暫存器 A (即累積器) 及暫存器 B 可存儲算術與邏輯單位運算時所需之資料。

【例 2】 在圖 2.3 中中央處理機的加法運算是將暫存器 B 之所存與累積器之所存相加，並將相加所得之值存入累積器內。

累積器及暫存器 B 之數元容量是由字組長度所決定。而在某些算術運算需要同時使用兩個暫存器以組成一個有雙倍字組長度的單一暫存器。

【例 2.4】 若一字長為 16 數元之中央處理機，其乘法運算乃是將累積器之所貯存的值乘以暫存器 B 之所貯存的值，其乘法所得之值將為累積器所存之 16 位最高效數元 (The most significant bit) 與暫存器 B

所存之 16 位最低效數元所組成之 32 位數元的數目。

在圖 2.3 中央處理機藉輸入 / 輸出部分與輸入 / 輸出裝置互相通信，或藉暫存器 M 與主要記憶單位互相通信。

【例 2.5】一微算機與圖 2.3 的中央處理機組合可得工業用溫度控制器，經由五個溫度偵測器以 12 次 / 秒的固定檢示頻率偵測其溫度，並以全部五個溫度偵測器之最新三組讀數供給電力加熱器以控制溫度。

溫度偵測器所得之資料經由輸入 / 輸出部分，累積器，及暫存器 M 傳輸至主要記憶單位。而由最新三組讀數所得之溫度資料將在算術與邏輯單位進行運算，並需要更多的資料經由暫存器 M 在主要記憶單位與中央處理機之間傳輸。最後所得之控制資訊將藉輸入 / 輸出部分送至電力加熱器。

暫存器 P 是決定計算機運算程序的程式計數器，除有特別指示外，每次將依序增加 1。並指派一單獨運算，譬如兩數相加或其他之運算序列。

【例 2.6】一簡單之加熱系統可由圖 2.3 之中央處理機及恆溫器（一種可被導通或關掉的加熱器）所組成，所希望的溫度經由記憶單元進入暫存器 M 中，由程式計數器（即暫存器 P）依次完成整個控制週期。表 2.1 所示

表 2.1 例 2.6 中加熱系統之簡化控制序列

暫存器 P 所存值	運 算
0	啟動
1	將所希望的溫度由暫存器 M 傳輸至暫存器 B
2	將恆溫器讀取之讀數經由輸入 / 輸出部分傳輸至累積器
3	利用算術與邏輯單位作累積器所存資料與暫存器 B 所存資料之比較
4	若累積器內所存貯之值較暫存器 B 內所存貯之值為小則經由輸入 / 輸出部分，用啓加熱器
5	若累積器內所存貯之值較暫存器 B 內所存貯之值為大或相等則，經由輸入 / 輸出部分，關閉加熱器。
6	終結

為經簡化之控制序列，每隔十秒將暫存器之所存值歸零，重新開始另一次控制序列。

控制單位 微算機裏控制單位之主要目的是提供計算機作業的適確方向。

【例 2.7】圖 2.3 的中央處理機中兩數之相加已在例 2.3 加以說明，控制單位首先建立一個將累積器及暫存器 B 的輸出，依次送至算術與邏輯單位的資料路徑 (data path)，並安排加法運算之作業。當加法運算完成時，控制單位即將資料由算術與邏輯單位傳輸至累積器。

控制單位之作業將於第八章討論。

2.3 主要記憶單位

在一微算機之中央處理機與輸入 / 輸出部分有數個暫存器，或稱緩衝器，可供暫態或可變的數位資訊的儲存，但微算機內的主要資料卻是由主要記憶單位所儲存。若將主要記憶單位與中央處理機的暫存器及輸入 / 輸出部分的輸出緩衝器作一比較，主要記憶單位擁有較多但速度通常較慢的記憶元件。

一般而言，主要記憶單位之記憶元件有許多種類，其中以固讀記憶器及讀寫記憶器在微算機中使用的較廣泛。事實上，固讀記憶器及讀寫記憶器兩者均可隨機出入且其出入時間 (access time) 大致相同。在固讀記憶器中，資料僅能自任一位置讀出，而在讀寫記憶器中，資料可自任一位置讀出或寫入。一般而言，讀寫記憶器的資料會因電力之消失而被破壞。但固讀記憶器的資料，即使電源關閉，亦能保持不變，因此固讀記憶器經常被用來做為永久資訊的儲存，例如表 2.1 的控制序列。

通常，一個固讀記憶器或讀寫記憶器之體積電路能儲存甚多的數元：有 16,384 數元的儲存量的固讀記憶器及有 4,096 數元的儲存量之讀寫記憶器都是經常可以見到的。而微算機主要記憶單位之儲存數元又被組成許多個字組，每個字組都由對應的記憶位置，或稱位址所標示。

【例 2.8】一個字組長度為 8 數元的微算機之主要記憶單位由 2048 的數元之讀寫記憶器及 4096 數元之固讀記憶器所組成，其中讀寫記憶器被分為 256 個字組，固讀記憶器被分作 512 個字組，而每一個字組都被它對應的記憶位置之位址所標示，也就是在從 0 到 767 一共 768 個數字之間的任何

一個所標示。

主要記憶單位之元件及運算將於第七章作詳細討論。

2.4. 微處理機

現代的科技已有能力將圖 2.1 中整個微算機做在一塊半導體晶片上，事實上，某些計算器就是這樣做。另外的一種方法是將部分或全部的輸入 / 輸出部分以及中央處理機集中在一塊或幾塊晶片上，這些晶片便稱做微處理機晶片，微處理機組或微處理機。

因微算機的特性和極限會因所使用的微處理機而有甚大之影響，因此在設計機使用一微算機之前必須對該微處理機的性質有一透徹之瞭解。

習題

1. 在例 2.1 之計算器中假設鍵和顯示幕均無掃描，則需要多少條綫以連接按鍵和顯示幕？假設每一顯示數字需要 4 條接綫。
2. 試就例 2.1 中之計算器進行兩個 1 數位數字之加法，準備一表以列出此一序列運算，而此表中之每一項僅表示單一運算。
3. 試估計例 2.2 中之交通控制器之記憶需要量。
4. 試決定例 2.5 中之溫度控制器之記憶需要量。
5. 試準備一表列出與表 2.1 之運算相同，但表中之每一項僅表示單一運算。