

LEVENTHAL

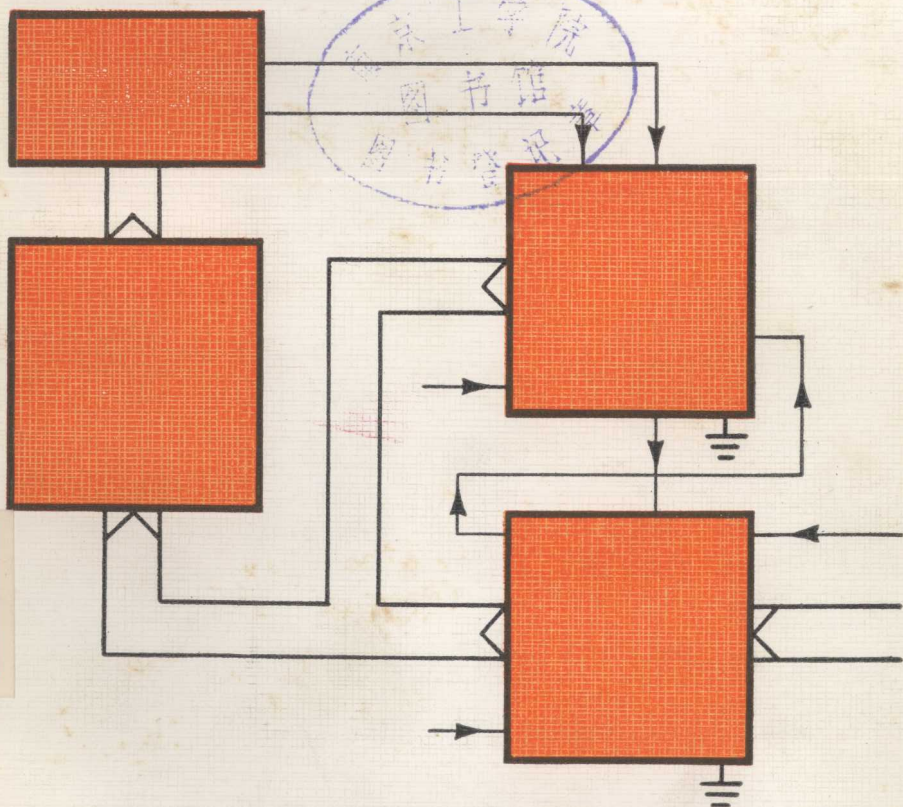
Introduction to Microprocessors:

Software, Hardware, Programming

微處理器導論

上 冊

張 燁 譯



東華書局印行

微處理機導論

(1978年初版)



Lance A. Leventhal

*Engineering and Technology Department
Grossmont College*

譯者

張 煌

國立臺灣大學電機工程學系教授

東華書局印行



版權所有・翻印必究

中華民國六十九年三月初版

中華民國七十年九月三版

大學
用書

微處理機導論(上)

定價 新台幣壹百貳拾元整

(外埠酌加運費滙費)

譯者 張 煌

發行人 卓 鑫 森

出版者 臺灣東華書局股份有限公司

臺北市博愛路一〇五號

電話：3819470 郵撥：6481

印刷者 合 興 印 刷 廠

行政院新聞局登記證 局版臺業字第零柒貳伍號

(69005)

前言



微處理機幾乎在各行工業中已經深得效果。新的處理機，為處理機而用的新硬體與軟體，以及結合微處理機的新產品似乎每日出現。照通常一樣，教科書與其他教育材料已遠落在工藝本身擴張的後面。為特種微處理機所寫的手冊給使用者作為參考書籍，頗多於教科書；商用雜誌或技術刊物中的論文討論有限的專題或特別的應用。本書為一本對高級研究生用的微處理機一般導論；而假定學生已經接受過程式規劃與數位電路的初步課程。本書將證明對電機工程，其他工程訓練，物理學與自然科學，數學，計算機科學，及衛生科學中的研究生與畢業生是有用和有趣味的。本書將亦適合工程師、技師、行政人員、程式師、教師、以及對微處理機需要自習或參考的人員之需要。

教授微處理機中主要的問題是不能單獨地從軟體或硬體觀點來領會它們。程式師將覺得微處理機具有結構，指令組，及程式，極像他們可能所熟知別的計算機。工程師將覺得微處理機具有相同的實體特性，輸入與輸出信號，以及工作特性，像他們可能熟悉的其他積體電路一樣。可是，程式師與工程師兩者將發現以微處理機為基礎的發展系統，需要同時瞭解硬體與軟體。在本書中我已採取寫法是這樣，微處理機的使用確實牽涉設計的重任由硬體移向至軟體，而所以我已經加強了軟體。同時，我已經稍稍詳細討論微處理機的硬體方面，特別著重在記憶器部分的設計，標準與特種積體電路的使用，以及簡單外圍的界面。我不曾討論數位設計，因為我相信在各種程度上都有幾本教科書足夠地含蓋那論題。因此，我已寫了一本軟體為主的書，而不略去有關連的硬體問題。

與其檢查微處理機的全部系譜或創作一事例來研究，我毋寧已予

ii 微處理機導論(上)

選擇使集中在二種使用廣泛的裝置 Intel 8080 與 Motorola 6800 上。這些處理機在性能上是相同於出售的多數標準裝置。在程式計劃與界面技術上，它們又相互充分地不同，可作裝置全部範圍的典型。我相信微處理機的足夠檢查是可用的，及教科書應提供一種或二種裝置的詳細論述。我根據市場的精選作我的選擇；我明白這二種處理機（或任何其他）較它們的競爭者為優，是沒有證據的。本書偶而確有提及一些各種相競爭的處理機之專用特徵。

本書的基本組織是如下：

第一章介紹微處理機的主題。它將微處理機比較於小型計算機與大型計算機，亦比較於其他大型積體電路。然後它敘述半導體工藝與記憶器，與要競爭的設計技術作比較時，討論微處理機的優點與缺點，提出已應用微處理機的範圍，並列舉以微處理機為基礎作產品的一些特例。

第二章論述微處理機的結構。計算機的各個部分——中央處理單位，記憶器，及輸入/輸出——簡略予以討論。本章的其餘部分集中在中央處理單位上，描述記錄器，算術單位，及指令-解碼分法。最後一節提出 Intel 8080 與 Motorola 6800 的結構。

第三章描述指令組。第一節包含指令格式，定址方法，及指令種類的一般敘述。最後一節描述 Intel 8080 與 Motorola 6800 的指令組。

第四章論及組合程式。第一節討論各種語言階層的優缺點與組合程式的一般特徵。最後一節為標準 Intel 8080 與 Motorola 6800 組合程式的特定敘述。

第五章為對 Intel 8080 與 Motorola 6800 處理機討論組合語言程式計劃。本章以簡單程式開始，再繼續迴圈，字串與符元操縱，碼變換，算術，串列與表，以及次常式。

第六章論述全部軟體發展處理。它描述問題定義，程式設計，編碼，除錯，測試，文件整理，及維護與重設計。

第七章論及記憶器部分。它描述微處理機與記憶器間的基本交互作用。它繼續對較多合成部分所需要者討論簡單記憶器部分的界面與傳送排結構的設計。然後這章描述 Intel 8080 與 Motorola 6800 的記憶器部分設計與它們的指令週工作。

第八章討論輸入／輸出。它以輸入與輸出程序的敘述開始。然後它論述簡單的輸入與輸出部分，及較複雜的輸入／輸出部分，後者需要傳送排結構。其後本章討論 I/O 部門中廣泛所使用的一些電路，及一些簡單的 I/O 裝置。本章的最後部分描述將簡單的 I/O 裝置界面於 Intel 8080 與 Motorola 6800 所需要的特種硬體與軟體。

第九章提出中斷。它描述中斷的使用，優點，與缺點。然後它討論中斷程序，中斷系統的特徵，中斷特種源的處置。其次，本章描述使用 Intel 8080 與 Motorola 6800 以中斷作基礎的系統之程式計劃與界面。本章再以簡單討論直接記憶器出入作結終。

附錄提出參照的材料，電碼表，及指令組。附錄 1 論及二進數字系統，附錄 2 論及邏輯作用，附錄 3 論及數字與符元碼，附錄 4 論及半導體工藝，附錄 5 論及半導體記憶器，附錄 6 與 7 包含 Intel 8080 與 Motorola 6800 的指令組。隨着附錄以後者為廣大的語彙。

顯然地，我們已經省略許多問題。我已經描述微處理機的意旨，而不述及設計者或使用者階層的微程式計劃之程序。微處理機的微程式計劃本身或許應稱為一本完全的書。高階層語言的使用已經予以解釋，但是不曾提出特別的範例。像多元處理，管線輸送，並行處理，及虛構記憶器等那樣的技術亦已被省略。微處理機外圍，及通行可用的種種有關數位與類比積體電路已被節省寫述。直接記憶器出入僅容納簡短的論述。這些論題有一些可能在以後時日再寫述。

我已經試圖在本書全書中，提出微處理機實際使用的範例來說明各種論題。我已經努力以邏輯方式來發展這些範例，使讀者將它們能直接應用到實驗室或工程上的問題。在硬體的區域中，我已經使用標準符號，設計技術，電路元件，及文件整理。在軟體的區域中，我已

經使用標準流程圖符號，並依照近代理論家所推介的方法，已經結構和文件證明所有程式。我不僅已努力提出有用的範例，而亦示出結構與文件整理的規則，我相信這些規則對於以微處理機為基礎的系統之有效發展是重大的。

在編寫一本書中，對於新術語的主要困難為資訊的很快過時。顯然地，出版及送發本書所需要的時間將使有些資訊已廢棄。我不曾試圖預言微處理機工藝的未來趨勢，但是我已經努力使集中在廣泛可用的處理機上，這些處理機已被用在重要的應用中，它們有相當多的硬體與軟體支持着，而在未來市場中將是重要的因素。我亦已經試圖提出繼續的傾向，流行的問題，以及有希望的新做法。可是，我曉得讀者將必從廠商的手冊與技術簡訊中獲得最近資訊，在商業與學術刊物，特種會議，以及短期教程中得到文件。我已經敘述了這些來源，而已提出至微處理機的基本做法，將使使用者可大大地利用這些來源。

微處理機的領域是明顯地在快速擴張的狀態中。這課題上有更多的課程，文獻，以及討論會議一直在出現。我們正剛開始在實際產品中了解這新工藝的成效。現在，對於日常系統有理性與合適控制的能力是在合理價格之下可以利用——這控制的使用是公開對於本書所有讀者的一種挑戰。

致 謝

我特別致謝給Grossmont College的William Tester先生，他負責將微處理機納入到Grossmont College的課程，供備許多支持，使本書令人滿意。我亦想感謝Grossmont College的Colin Walsh先生，關於他的連續幫助，以及Grossmont College的Teddy Ferguson太太，對於她的打字及校樣幫助。其他曾經幫助過我的包括Pragmatics的David Bulman先生與Kati Bulman太太，KVA Associates的Karl Amatneek先生，Earle Associates的Ken Reider先生與Tony Earle先生，Data/Ware Development的

Jeffrey Haight 先生，San Diego State University 的 Fredric Harris 與 Nicholas Panos 二位教授，Linkabit 的 James Gordon 先生與 Franklin Antonio 先生，Intel 的 Terry Benson 先生，Linkabit 的 James Tiernan 博士，Sorrento Valley Group 的 Romeo Favreau 先生，以及 Sysdyne 的 Donald Rauch 先生。Society for Computer Simulation 的 Stanley Rogers 先生經常催促我增進我的編寫體裁，值得感激。我的妻子 Donna 曾予容忍與了解。當然，我對本書的內容與組織負全部之責，但是，如有任何榮譽的話，我所提到的各位先生以及再有其他人員應當分享之。

藍斯·利文瑟

Lance A. Leventhal

Solana Beach, California

目 次

前 言

第一章 微處理機緒論..... 1 ~ 48

- 1.1 計算與微處理機..... 1
- 1.2 大型與小型計算機..... 3
- 1.3 典型計算機的比較..... 6
- 1.4 微處理機的演進..... 21
- 1.5 半導體工藝..... 27
- 1.6 積體電路切片的特性..... 31
- 1.7 半導體記憶器..... 35
- 1.8 微處理機的應用..... 37

第二章 微處理機結構..... 49 ~ 89

- 2.1 一般計算機結構..... 49
- 2.2 記錄器..... 58
- 2.3 算術單位..... 65
- 2.4 指令處置區域..... 67
- 2.5 堆 層..... 71
- 2.6 微處理機結構的明確特徵..... 75
- 2.7 微處理機結構的範例..... 78
- 2.8 摘 要..... 83
- 問 題..... 84

參考文獻.....	89
第三章 微處理機指令組.....	91 ~ 158
3.1 計算機指令格式.....	91
3.3 定址方法.....	95
3.3 指令的類型.....	109
3.4 微處理機指令組.....	129
3.5 微處理機指令組的範例.....	131
3.6 摘要.....	151
問題.....	152
參考文獻.....	157
第四章 微處理機組合程式.....	159 ~ 205
4.1 語言等級的比較.....	159
4.2 組合程式的特徵.....	167
4.3 微處理機組合程式的特徵.....	185
4.4 組合程式的範例: Intel 8080 與 Motorola 6800.....	188
4.5 摘要.....	199
問題.....	200
參考文獻.....	204
第五章 組合語言程式計劃.....	207 ~ 299
5.1 簡單程式.....	208
5.2 迴圈與行列.....	224
5.3 算術.....	246
5.4 符元操作.....	262
5.5 次常式.....	289
5.6 摘要.....	289

問 題.....	290
參考文獻.....	298
第六章 對微處理機的軟體發展	301 ~ 355
6.1 軟體發展的工作.....	301
6.2 問題定義.....	305
6.3 程式設計.....	310
6.4 編 碼.....	322
6.5 除 錯.....	326
6.6 測 試.....	333
6.7 文件整理.....	335
6.8 重新設計.....	339
6.9 軟體發展系統.....	341
6.10 摘 要.....	349
問 題.....	350
參考文獻.....	354
索 引	357

第一章

微處理機緒論

1.1 計算與微處理機

計算機的簡史是由工藝中的快速進步與應用的數量及種類的驟增而受注意。第一部計算機係製造於 1940 年代末期與 1950 年代初期之間，用來解決複雜的科學問題。現今的計算機較早期的機器更具有能力，它們被用在通俗的應用中，諸如電子遊戲，收銀機，天秤，計算器，及家用器具等。一個人化上幾百美元能購買一部計算機如圖 1.1 所示者，而利用它可做種種的家庭計劃。

計算機工藝中最近的發展為微處理機 (microprocessor)，它是一片或少數矽片上的裝置，具有計算機中央處理單位 (central processing unit，簡寫為 CPU) 的所有作用。圖 1.2 所示為一典型



圖 1.1 家用計算機 (借自 MITS, Inc.)。

2 微處理機導論 (上)

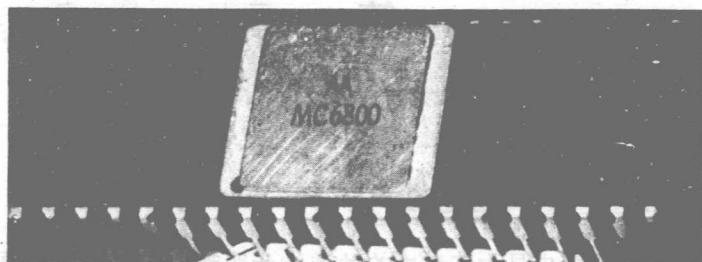


圖1.2 典型微處理機 (借自 Motorola Semiconductor Products, Inc.)。

微處理機。這樣的裝置能從記憶器取出指令，解碼及執行它們，作算術與邏輯運算，接受從輸入裝置來的資料，及送出結果至輸出裝置。一部微處理機和記憶器以及輸入/輸出通道，對外界傳遞信息，形成一完全雛型的計算機或微計算機 (microcomputer)。簡單的微計算機價格低至10美元。完整的微計算機系統 (microcomputer systems) 除了微計算機外附有機架，面板，以及電源供給，其價值小於一千美元，而具有1950年代價錢數百倍的巨型計算機處理能力一樣。計算機的猛烈跌價和多數別的项目快速漲價成尖銳地對比。

1960年代中期開始，微處理機是繼續趨向着較小的計算機。在計算機發展的早幾年中，都注重在較大和較強力的機器上。計算機是如此地費用浩大，只有大的機構能擁有它們，及僅受特別訓練過的人員能操作它們。新的工藝諸如電晶體與體積電路等供給過較大的工作速率，但不曾減低其價格。計算機仍然是疏遠而神秘的東西。

小型計算機 (minicomputer) 開始現在的趨勢。以計算機標準而言，最初的小型計算機是原始的，而價格仍然要幾萬美元。雖然如此，實驗室，工廠，及較小的機構不能供應大的計算機者，現在它們能購買一部小的計算機，像 Digital Equipment PDP-8，Data General Nova，Scientific Data System 92，或 IBM 1130。較便宜的電子電路使小型計算機更為廉價；迄1970年時，為實驗室，公司，工廠，倉庫，或教室中使用一部小規模的小型計算機

祇要化費幾千元。

到目前為止，積體電路方面的成長速率遠超過小型計算機的成本減低。一個單獨積體電路的結構能執行一具計算機的許多作用者，不久就變成可能。這樣複雜的電路稱為大型積體 (large-scale integration, 簡寫為LSI)，它們已成千萬地被製造出，而其費用較簡單電路的構造不太多。於是，低價的計算機變成真實，這是科學小說家長久渴望最喜愛的夢想。製造商已經生產了微處理機，比所有其他計算機的總數為多。到1977年時，整部家用計算機包含有電鍵、電視顯示、及卡式錄音器者在一千美元以下就可以買到。

除了將微計算機與其他計算機作比較外，本章的其餘部分敘述微處理機的來源與演進，生產微處理機所用半導體工藝的特性，微處理機和其他積體電路共有的特性，使用微處理機的半導體記憶器，及最後講述一些微處理機的應用。

1.2 大型與小型計算機

低價的計算機已經使許多新的計算機應用成為可能。其趨勢係由小型計算機開始，而再由微處理機擴大之。圖1.3為使用者每次可能

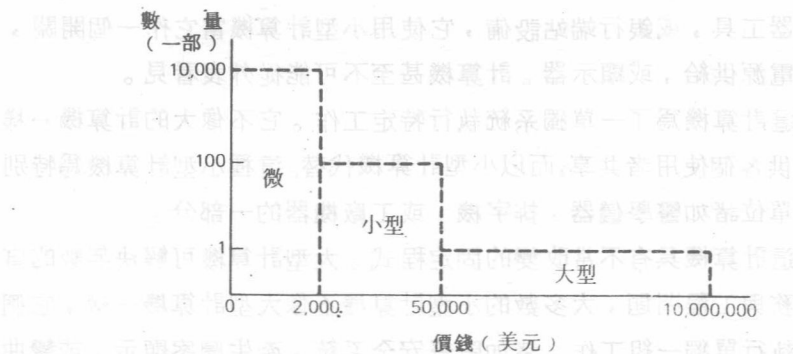


圖1.3 計算機的價格與其典型數量。

4. 微處理機導論 (上)

購買的典型數量，所示微處理機，小型計算機，及大型計算機的價格。

大型通用計算機如 IBM 370，Univac 1100，或 Burroughs 6700 者供二種主要的作用：

1. 解決複雜的科學與工程問題，諸如太空船導航，氣象預報，或電子與結構設計。
2. 執行大量資料處理，諸如銀行，保險公司，百貨公司，公用事業機關，及政府單位的案卷處置。

這些工作包含非常多的計算或資料轉移。解決典型的科學問題需要複雜的方程式來求解答，而不能用手計算來解決的。處置事務問題需要處理很多的記錄，以及外界輸入與輸出資料的處理。

在這樣的應用中，小型計算機與微處理機將不會取代大的計算機。當然，當其計算是不如此複雜或其資料的數量較少時，小的計算機能解決同樣的問題。因此，小型計算機或微處理機能執行實驗室計算或處理記錄這種小事。雖然如此，在大型計算機典型應用以外的範圍中，小型計算機與微計算機最重大的用法已經發現。

關於小型計算與微計算機的正常應用具有下列的特性。

1. 這計算機是一種系統組件。其全部系統可能為一件測試設備，機器工具，或銀行端站設備，它使用小型計算機當它作一個開關，電源供給，或顯示器。計算機甚至不可能從外表看見。
2. 這計算機為了一單獨系統執行特定工作。它不像大的計算機一樣供各個使用者共享，而以小型計算機代替。這種小型計算機為特別單位諸如醫學儀器，排字機，或工廠機器的一部分。
3. 這計算機具有不常改變的固定程式。大型計算機可解決無數的事務與工程問題，大多數的小型計算機不像大型計算機一樣，它們執行單獨一組工作，諸如監督安全系統，產生圖案顯示，或彎曲金屬板等。其程式時常儲存在永久介體或僅讀記憶器中。

4. 這計算機時常執行即時 (real time) 工作，其中它必須在一特別時間獲得解答，以便滿足系統需要。這樣的應用包括機器工具或飛彈導引，前者在正當的時間之際必須轉動切刀，以便獲得正確的圖型，在後者中其計算機必須在適當的時間加上推力，以便達到想要的彈道。
5. 這計算機執行控制工作，而不作算術或資料處理。它的首要作用可能管理倉庫，控制運輸系統，或監視病人的情況。

在使用上小型計算機與微計算機是不同於大型計算機。大型計算機系統的使用者以合適的語言 (如 FORTRAN, BASIC, 或 PL/I) 寫出程式，將它們提交給計算機中心職員，而接收印有形式的結果，或者印在磁帶或其他介體上。使用者能利用種種外圍裝置，標準程式，或大型計算機中心的其他特徵。他們不需要為計算機如何運用或者它與記憶器以及輸入/輸出裝置如何聯絡而煩惱。

想要使用小型計算機或微計算機作為系統組件者將發覺其情況十分不同。小型計算機與微計算機很少具有使用方便所需要的軟體與外圍設備。要做小型計算機的程式是冗長而費時的。再者，這計算機與全部系統的相互作用為一精密的問題。設計者必須瞭解計算機如何工作的細節，俾能將它有效地使用。

小型計算機的應用於是牽連有相互關係的硬體與軟體。設計者必須劃分硬體與軟體之間的工作，考慮兩者的成本與速率，寫出程式，使由輸入裝置中得到資料，及分送其結果至輸出裝置。在硬體與軟體兩者設計中，定時的考慮是要精密的。

小型計算機從事最後的產品者通常是不適宜在發展階段中使用。根據相同的系統來發展大型計算機的程式，則屬於該類系統時都可使用它們。可是，小型計算機是儀器或機器工具的一部分，將只有足夠的記憶器，外圍設備，及軟體來執行它們的作用；任何事物額外增加系統的費用而不會增進其性能。其結果，這樣的計算機將不會有讀卡

機或列印機來操縱輸入/輸出，不會有編譯程式或除錯裝設來簡化程式的發展，或者不會有磁帶或磁碟系統來儲存程式或資料。這計算機加入系統能操縱系統的作用——而不是發展系統。

所以，在發展階段中使用特殊的裝備，稱之謂發展系統 (development system)。這裝備可能關連相同的計算機，則為自發展系統 (self-development system)，或者牽連其他計算機，則為模擬器 (simulator) 或互發展系統 (cross-development system)。一具典型發展系統具有送入程式與資料以及記錄結果的外圍設備，有保持使用者及系統程式相當大的記憶器，有寫出程式與除錯有用的軟體及硬體特徵，以及有儲存程式的大量儲存器 (如磁碟或磁帶)，所以它們能容易地被取還。這樣的發展系統包括軟體，硬體，外圍設備，及界面，而和最後的產品毫無關係；它們僅使設計較為容易。即使其程式當時主要地為了小型或微計算機而設計，其發展程式的工作以適宜於大型計算機為較好。例如，翻譯 FORTRAN 成機器語言的程式，能在大型計算機上運算較在小的計算機上時為快速，又能使用大型計算機的一部分外圍設備。完成翻譯的這計算機不需要是原來設計程式的那一計算機。

因此，小型計算機或微計算機的使用者將發覺系統的發展十分地不方便。許多程式時常依照它們將來主要地運算而在極不同的環境之下寫成的。硬體與界面常與程式一起發展，而使用者面臨了系統完整的困難工作。這程式必須時常在即時的拘束下來執行複雜的輸入/輸出。

1.3 典型計算機的比較

表 1.1 比較大的通用計算機，大的小型計算機，小的小型計算機，與微計算機。所敘述的大型計算機為 IBM 370/Model 168 (見圖 1.4)，是一具資料處理所使用廣泛的計算機。所敘述的大的小型計