

微處理機之原理與修護

譯者 安守中・趙作倫

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

微處理機之原理與修護

譯者 安守中・趙作倫

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 陳俊安

科學圖書大庫

版權所有

不許翻印

中華民國七十二年八月卅日初版

微處理機之原理與修護

基本定價 3.40

譯者 安守中 中正理工學院電子系畢
趙作倫 中正理工學院電機系畢

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。 謝謝惠顧

局版臺業字第1810號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱 13-306 號

發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥帳戶第 15795 號

承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號

9221763
9271575
電話 9271576
9286842
電話 9719739

前 言

微處理機 (microprocessor) 的時代已經來臨。根據許多資料，無不顯示出微處理機的發展及其使微電腦系統 (microcomputer system) 成為可能，將引起第二次的電腦革命。它在數量，實際應用方面，以及單位價格上均較以往我們所見的結果，來得更大，更廣範。這些期盼的確令人對未來的展望，規模上的擴充及最大利益的達成，有著深刻的印象。就目前來看，這些預言必將獲得證實，甚至這樣說還嫌保守，因為我們都最在微處理和微電腦革命的初期，親見其重要的改變，正肯定了早期的預言。

幾乎任何有識之士均能瞭解到微電腦的存在，以及聽到一些對它的期許。但只有少數人是從事這方面的專家，大多數的人都沒有機會接觸到微處理的工作。這種狀況必然會改變的。實際上，正由於我們對它的不夠重視，以致大多數的人對微處理都有或多或少的畏懼感。不管怎麼說，它有著很高的利潤和穩定的成長，並且在微處理系統結構和應用方面都有許多令人新奇的東西發展出來。

Jame Coffron 是一位年輕的工程師，也是在微處理使用上，以及把微處理當做主要角色的系統設計方面的專家。他同時在工程和技術的水平上，均對系統有著極充分的瞭解，因為他曾擔任過中級的應用工程師和中級電子技術員，並在這段期間攻讀工程師學位。Mr. Coffron 擁有 Foothill College 電子方面的 AS 學位，也獲得 Santa Clara 大學的 BSECS 和 MSEE 二種學位。同時他也是 Eta Kappa NU. 工程師榮譽協會的會員，並在 1979 年為 Reston 出版有限公司著作一本名叫 " Getting Staved in Digital troubleshooting " 一書。

在我認識 Jame Coffron 的十年裏，親見他在事業上飛黃騰達。Mr. Coffrou 具有足夠資格，憑藉他本身的訓練素養及個人興趣與經驗而寫下這本故障檢修的書。他具有獨特的能力去抓住那複雜而且十分精密系統之精髓，並將理論轉換成實際的硬體與應用。自從他成為一名電子技術員，他的能力和分析的技巧，都已經在穩健的成長。他經常注意到技術員所面對的問題，而非僅是那種維持和增進他們能力的幫助。他非常熱中於教育，曾擔任在 Foothill College 和工業界有關數位理論，數學和其它電子方面的課。

最令我欽佩 Jame Coffron 的一件事，就是他能夠以一種最易使人瞭解的方式來描述一件複雜的線路和系統。例如在本書第八章中，他就藉著以其所稱述的靜態激發測試 (Static Stimulus Testing) 方法，如何將其能力與簡易性實際的應用到邏輯線路上，以期節省檢修時間。類似如此方式的陳述均大量的出現在這本數位檢修的著作中。他更善於用易讀性的文字來描述每一事件，使每個人都能對電子和數位理論有適度的瞭解。

我深信，你將會發現這本書對構成整套微處理系統的各個裝置，以及有關它們如何的工作，又如何的彼此相關的構成一個實際具有無限潛能的工作系統等，有著十分清晰的解說。

William Z. LONG
Foothill College
Los Altos Hills, California

序 言

這本書的目的是消除圍繞在微處理和微處理系統的神密性。它說明了微處理系統中的每一件裝置如何與微處理基片 (microprocessor chip) 組成彼此相互間的關係。而且由直流電源供應器討論起，一直到每一個週邊裝置。每當討論一件裝置，本書都將很仔細的分析該裝置必須做些什麼，以及它是如何被組成以完成其本身的功能。同時當故障產生時，又將如何去檢查。

當微處理機的使用不斷的成長，對充實著作內容的須求也相對的提高。一些製造廠所提供的參考資料表將是不可缺少的資訊。這些資料表只在提供必要的資料，而非為著去傳達對整個系統的瞭解，或著闡明每一個裝置彼此間的相互關係。一個想要去瞭解微處理和其週邊裝置的人，他們需要的是能將所有的資訊匯集在一塊，並且能夠以最容易令人瞭解之語言寫出來的資訊源。

這本書主要是為了任何一個具有求知慾望，或著希望藉著瞭解微處理系統以滿足其個人慾望，以及在工作上非常需要的人而寫的。一般而言，對微處理機的線路是否有事先的認識並不是一件很重要的事，但是必須具備數位電子的基礎。當然，如果能具備技術員或更高的水平是更好了。否則，至少也得在研讀微處理系統之前，先奠定如前述的根基。因為，唯有具備了這種基礎，一個人才能夠進一步去擴展它工作知識上的領域，並且對於微處理系統的裝置和其原理會有更深一層的瞭解。

為了便於分析和瞭解，本書將微處理的晶片分開成許多個副電路 (Subcircuit)。每塊副電路都將在適當的時機做詳細的討論。目前市面上有關微處理機這方面介紹的書，都有一種不同的討論方式，那就是往往一開頭就討論整個的微處理機，以致對讀者造成一項主要的困擾。

那就是由於副線路的數量多，再加上微處理基片本身的複雜性，使得讀者產生一種畏懼感。如果說，我們藉著將微處理機分割成許多個副線路方式來討論，那麼這種神密性和複雜性將可一並消除，因而對於研讀一個大系統並將之視為一個整件所造成的主要困擾也就可以避免。一種平衡此內容並採用上述方式的硬體訓練器已經由 Creative Uicroprocessor System 公司發展出來，而且試用情況良好。同時一本做為教科用書的實驗手冊也在準備中。雖然這本實驗手冊是以 CMS 硬體訓練器做例子，但它主要的設計還是為著適合所有一般性的微處理機。

因為故障排除 (debugging) 和故障檢修 (troubleshooting) 之間彼此有著密切的關連性，所以對故障排除做任何深入的討論，都將不可避免的導致對故障檢修的討論。至於如何檢修整個系統，我們將選擇一項特定的討論題目來說明檢修的整個程序。在這理，讀者將會學到，當面對一部新的微處理系統，所希望發現的是什麼？如果能藉著本書所提供的技術和資訊來做一些練習的話，相信讀者應有能力很成功的去檢修一部微處理系統。

從頭到尾，本書所強調的是一種使用微處理機的實際方法。例如，本書將介紹如何藉著對微處理機的連接，來執行一些有用的功能。（也就是設計一些簡單的微處理機線路）8080 是本書主要討論的微處理機，因為它目前是使用最廣範的一種。

在本書中所討論的線路結構，都是使用標準的數位裝置。這些裝置的效用都非常好。採用這種方式，將可以使得每個人都有機會能夠建立書上所討論的系統，並能充分瞭解到在製作一項微處理工作中，必須包含些什麼。以便能夠親自目睹它的功能。在工業上，也許只有少數部分被用來製造這相同的系統。事實上，本書在第九章將討論到一種特殊的裝置。該裝置能夠減少系統中分離裝置或者全部裝置的數目。這就是工業上標準的應用。

毫無疑問的，微處理系統的潛能只是剛剛的開始展開。如果正如預言家所臆測的，目前應該正是第二次電腦革命進行的時刻。

在過去幾年當中，許多的人曾幫助我來完成這部書。對這些人，我必須表達個人內心的謝忱。

我希望在這向那些曾為本書起草和負責全書的完成有重大貢獻的人說一些特別的話：謹向 Barbara Godwill 和 Laura Livingston 兩位致敬，她倆曾協助本書的打字；謹向 Dave Dowding 和 Al French 兩位致敬，他們曾在硬體方面幫忙最多；謹向 F. Richard Vasquez 致敬，他一直負責本書的照相工作；謹向 Margaret McAbee 致敬，身為出版編輯，他對我的幫助和指導可說是無價的；謹向 Zeppi Long 致意，他以其具創造性的藝術工作，貢獻在本書的封面構思與設計上。

最後，我也特別要感謝 Bill Long，他對本書的完成曾付出極大的努力與貢獻。坦白的說，倘若沒有 Bill 的幫忙和鼓勵，我可能仍在起草的階段。

JAME W. COFFRON

目 錄

前 言.....	I
序 言.....	II
微處理世界的全貌.....	1
第一章 介紹：微處理機是什麼？.....	6
1-1 微處理機系統的一般介紹.....	6
1-2 電子系統的一般組成.....	10
1-3 微處理機系統的基本字彙.....	12
1-4 如何將 8 進位和 16 進位碼變為 2 進位信號.....	15
1-5 如何閱讀數位裝置的資料表和靜電參數.....	21
1-6 認識電腦的符號理論.....	28
第二章 微處理機的半導體記憶器.....	33
2-1 靜態記憶器裝置：組成及特性.....	33
2-2 記憶器系統之檢修.....	51
2-3 動態記憶器系統.....	56
2-4 微處理機系統使用的記憶器裝置.....	63
2-5 僅讀記憶器 (ROM)	70
2-6 程式僅讀記憶器 (PROM)	70
2-7 可消除程式僅讀記憶器 (EPROM 或 EROM)	71

第三章	鍵盤之構造及微處理機的定時資料輸入	75
3-1	鍵盤和資料轉移功能	75
3-2	鍵盤電路的故障檢修	97
3-3	鍵盤電路至記憶器的介面	101
3-4	顯示部分	106
3-5	檢查記憶器系統	108
第四章	使用 8080 微處理機作為 CPU	111
4-1	從記憶器讀出資料	130
4-2	寫入資料至記憶器	136
4-3	寫入資料至外電路	139
4-4	從外電路讀出資料	140
4-5	執行內部記憶體操作	141
第五章	微處理機的輸入和輸出 (I/O)	143
5-1	地址埠 I/O (Addressed Port I/O)	145
5-2	裝置 / 埠 I/O 結構	151
5-3	線性選擇 I/O 結構	153
5-4	記憶體 I/O 結構 (Memory-Mapped I/O Architecture)	155
5-5	8080 和各種 I/O 結構之間的連絡	156
第六章	8080 的程式編寫	168
6-1	定義	169
6-2	8080 的指令	172
6-3	邏輯指令 (Logic instructions)	175
6-4	記憶堆疊 (Memory Stack)	178
6-5	I/O 指令	182
6-6	分支指令 (Branching Instructions)	183

第七章	微處理機線路應用：問題定義，軟體指令到硬體操作之間的相關性	194
7-1	問題的敘述和因素	194
7-2	讀取 data bytes	196
7-3	修改顯示器的資料數元組	197
7-4	寫資料至一般輸出顯示器	207
第八章	靜態激發測試和其它檢修技術	218
8-1	數位裝備檢修與類比裝備檢修之比較	218
8-2	靜態激發測試	220
8-3	可移動 I / O 埠的使用和結構	229
8-4	故障檢修限讀記憶器系統	233
8-5	局部劃分微處理機系統故障位置	233
第九章	L S I 優點：8080 系統特徵	242
9-1	8224 時鐘產生器和驅動器	242
9-2	8228 系統控制器和排線驅動器	247
9-3	8218 8 - 數元輸入 / 輸出埠 (I/O 埠)	249
9-4	4 - 數元平行雙向性排線驅動器 (4-bit parallel Bidirectional Bus Driver)	252
9-5	深入的微處理機觀念	253
9-6	延長讀出和寫入進出時間	257
9-7	8080 的中斷處理	263
9-8	優先中斷	269
第十章	一部深入微處理機的應用	271
10-1	問題敘述	271
10-2	MM5314 數位時鐘晶片	272
10-3	I/O 與 5314 時鐘晶片之間的介面連接	276

10-4 控制系統的軟體.....	282
10-5 系統的故障檢修.....	293
附錄A 本書使用裝置的資料表.....	301
附錄B	330

微處理世界的全貌

爲了對微處理機有正確的看法，首先讓我們引用幾段他人的話來做開始：“現在，一種新型態的電子擴展正逐漸闖入到我們的生活中。第二次電腦革命將改變目前許多一般的產品，而創造出許多新的產品…。它的應用，正不斷的在迅速擴張。所造成的回響，終將影響到我們的日常工作、娛樂，一個公司的營利和生產力，以及電腦工業的本身”¹。“微處理機的確提供了低價格的計算能力。它在經濟價值上是如此的令人側目，以致微電腦不僅在應用上取代了從前昂貴的計算能力，而且也取代了以往在電腦控制上所想像不到的應用”。²“我們預期到了1986年的時候，每年將電子功能應用到多方面的產品，在數量上要較今天高出100倍”³。

如果說對微處理機的期望都已達到了，這聽起來似乎是十分奢侈，但對其中某一些期求，我們正不斷的研究中。任何人想要瞭解今天微處理技術發展的現況，我可以告訴你，我們正邁入到電子時代的新紀元。對它發展的潛力，我們只能夠臆測。由許多事實的顯示，那些早期的預測，現在都已被證實它是非常的正確，而且正逐一的被實現中。

Jame 博士是加州，Varian Associates 協會的研究科學家。也曾在 Foothill College 基礎班教授過微處理系統。Arnold 博士曾

註：(1)Gene Bylinsky “Here Comes the Second Computer Revolution” Fortune, Vol. XC II, No. 5 Nov., 1975)。

(2)Hoo-Min D. Toong, “Microprocessors,” Scientific American, Vol. 237, No. 3 (Sept., 1977)。

(3)Robert N. Noyce, “Microelectronics,” Scientific American, Vol. 237, No. 3 (Sept., 1977)。

就這個問題提出他的看法：任何一家技術性的公司，如果在他們工程設計上不使用微處理機的話，他的事業必將遭受到淘汰的命運。因為許多主要的儀器公司已經在微處理系統的發展上做了許多具有實質上的努力，而且仍在繼續的發展中”。

當加州，Santa Clara 神通公司的 Dr. M. E. Hoff., Jr. 將他在 1969 年所遭遇的一個問題，提出了改革性的解決之道。他幾乎想像不到在十年後的今天，他在資訊處理方面的理想會得到如此大的衝擊。前一年，神通生產 4004，也是經由 Huff's 實驗工作中所生產出來的第一部微處理機，幾乎在市場上被人忽略掉。即使當其他的人開始為它做實驗，去思考、以及使用到少數實際應用的時候，另一些人却認為它只不過是另一種新型種的積體線路，或著是認為它太浮華而不切實際。

為了提醒設計員注意到他們新產品所具有的潛在力，神通在過去曾決心提供一項研究會，來教導一些對微處理機設計有興趣的工程師。根據目前所得的一項報告知道，成千的工程設計家均認為該項訓練對他們非常有幫助。同時也都認為電腦的第二次革命是必將發生的。今天，8080 是一種使用最廣範的微處理機。它是在 1973 年經由神通所發展出來，而且被視為第二代的微處理機。目前已經有許多公司在從事這類電腦的發展。我們希望在爾後幾代的微處理機發展當中，能見到體積更精巧、性能更進步的微處理機。

每當考慮到在數位市場上，每件具有意義的最新進步技術的產品之成長，往往令人大為吃驚。在真空管的時代，數位市場每年成長率大約只在 10% 左右。到了電晶體的時代，成長速度增加到了 18% 左右。可是到了積體線路被發展出來，成長率頓時高出了原來兩倍（38%）。現在，由於微處理機的發展，如果是按計畫每年成幾何級數成長的話，我們預期數位市場的成長率將增加到 50%，或者更高。

有關以微處理機為基礎的系統，其重要的成長見諸於 1978 年 9 月在洛杉磯所舉行的“西方電子展大會”中提出的論文（WESCON）標題為“微處理會戰”，大會特別安排一項展示來表揚一些“最新微處理應用和程式獎”之得獎人。這些程式包含了八類微處理的使用：辦公室裝備和裝置，家庭電器用品，自動控制、生產控制、程序和品質控制，能

源保存裝置，家用電腦系統，電動游樂器及玩具。以上所述，均構成鐵一般的證明，也就是奠定了激發微處理第二次革命的基礎，並且也促成電子界上令人眩目的成長現象。

我們沒有事先處理好這種成長率，尤其在硬體的技術水平上。麻省理工學院的 Hoo-Min D. Toong 教授，在他所著“科學的美國”一書中曾說到：“坦白的說，此時上千萬的修護員也許從未聽說過微處理機，更別說是見過了。可是他們却必須很快的去熟悉它，並且要在測試和更替裝備零件方面嚴然成爲一個專家。

要注意的是，當時 Toong 教授提出這段話，主要是說明在那個時候，尤其是汽車修護工業方面，對優秀合格技術員的缺乏與渴求。

對於任何快速成長的新企業，先前發展的企業並非一直平衡的領前，通常爲了實際需要的理由，許多方面的擴展要較其它部分爲先。關於這點，我們都曾重複的看見這種情形發生在電子工業上，如電晶體、積體電路，數位電子計算機和手持計算機。同樣的現象也發生在微處理機。在這方面，軟體方面的發展爲最快。

爲了讓我們每一個人都會使用微處理機，我們首先必須要知道如何才能使它工作。換句話說，也就是我們必須要了解如何去命令它，如何使資訊能由該線路上輸出和輸入，以及如何用一種機器能夠瞭解的語言來和該系統構通意見。這意思就是需要一個軟體的程式設計。因此，一位典型的使用者，在開始學習硬體之前，必須先要精通任何需要的軟體部分。

從事微處理系統的教育者，很早就將他們的注意力放在適當的軟體發展上。製造業者也大量投資在軟體程式設計上以增進他們的產品的質與量。以致今天要選擇一些好的軟體教學材料是非常方便。許多學校爲了適應當前微處理技術的快速成長，都已開設許多主要軟體發展方向的課程。

由於這股微處理發展的洪流尚未到達顛峯，所以對微處理系統維護技術員的急切需求亦未那麼樣的迫切。雖然，沒有人會懷疑到這些系統可能隨時會發生故障，或是將來有一天仍需要對該系統予以分析與修理。但對這些在未來必然遇到的需求，目前仍不爲大眾所接受。這是古老傳統的做事步驟，它所造成的缺點是耗費許多寶貴的時間，以及形成一直尾隨著需要，甚至有時落後甚遠而導致該項企業成長的限制。爲解決這種現象，以及在這種長期性技術人員缺乏的情形下，有一種解決的方法相應產生。那就是尋求對一部複雜的測試器材和技術之設計及使用，

因這樣方可避免需要大量的高級技術操作人員，而代之以只需一部機器和一位操作員即可。如此交互的發展，測試器材將被設計的能令一位低水平的技術員來完成一項令人滿意的操作。這種方式的缺點，就是器材的價格太過於昂貴以致不適合每個人。而我們真正需要的檢修技術和工具應該是價格低廉，實用而有效。因為只有這樣，才能廣範的為一般技術水平的技術員及工廠來使用。

不同的故障檢修技術和使用器材，都曾在許多其它微處理機及數位系統中被陳述。在它們之間，就我們所知道的有：記號分析（signature analysis），邏輯分析（logic analyzer）和微處理發展系統（microprocessor development system）三種。它們都有共同的目的地，那就是經由不同的途徑來做除錯分析，故障隔離和故障修理。且每一系統都有其本身獨特的優點與缺點。然而就技術處理上的觀點來看，前述任何一種方法都較其它非技術性處理的檢修技術來得更具效果。

信號分析是一種功能很強，效用很大的檢修技術，但是要使用它的話，必須對使用裝備的原始設計先行瞭解。如果被設計的裝備本身沒有特別的設計以供信號分析，那麼令其重新去適合這種信號分析法是不太容易的。信號分析也有另一項缺點，那就是任何受測試系統的核心部分必須在能夠接受信號分析方式的條件下，方可進行整個系統的檢修。

邏輯分析的觀念是需要藉助軟體執行的分析來對硬體故障做一診斷。（就是藉著執行適當的軟體指令來分析系統上的故障。）這種做邏輯分析的器材本身含有許多的連接腳，在連接工作時非常的繁贅。如同信號分析法，當使用邏輯分析儀時，多測試的系統本身核心的部分必須要在能夠接受邏輯分析方式的條件下，方可進行整個系統的分析。

本書中所選來供討論的檢修系統，在觀念上是十分直率的，它不需要浮華繁贅的器材裝備，也不需受測試系統的核心是在工作當中，它不需要像其它系統先得精通軟體部分，而對一些具有特殊設計的系統亦不受限制，也不需要依賴著在示波器上顯示的一些快速而被記憶的脈波資訊，來做分析與解釋。它真正所需要的，如同其它所有的系統，只須對受測系統上硬體部分的關鍵位置，瞭解它應該呈現的電性特徵即可。

坦白說，每一種檢修系統都有其優點和弱點。在這我們選擇靜態激發測試法來做詳細介紹，並非因為它是唯一的檢修系統，也不是因為它最具功能者，在作者個人的見解認為，它仍是最簡單，最實際和最適宜，而且對一篇以介紹性為內容的教材言，是最容易解說的一種檢修技術。靜態激發測試檢修的能力，省時，省錢等優點均具有實際的意義。而且，在實際硬體檢修和故障修護中已得到很好的證明。