

8086/8088

微電腦系統設計

—— MICE-II 工作原理與實習

王小川博士·曾憲章博士 編著

全友書局股份有限公司 印行
全華科技圖書股份有限公司 總經銷

8086/8088

微電腦系統設計

—— MICE-II 工作原理與實習

王小川

國立清華大學電機系教授

曾憲章

全友電腦股份有限公司副總經理

8086/8088微電腦系統設計

—— MICE-Ⅱ工作原理與實習

王小川博士・曾憲章博士 編著

出版者 全友書局股份有限公司

地址：台北市龍江路76巷20-4號3樓

電話：5641819郵撥帳號563212

發行人 詹 儀 正

印刷者 欣 瑜 彩 色 印 刷 廠

總經銷 全華科技圖書股份有限公司

地址：台北市龍江路76巷20-2號2樓

電話：5811300郵撥帳號100836

定價 新台幣 280 元

再版 中華民國 74 年 1 月

行政院新聞局核准登記證局版台業字第二七七一號

版權所有 翻印必究 圖書編號 022748

序 言

這是一本相當技術性的書，希望能讓讀者瞭解 8086 / 8088 系統之設計，爲了達到此目的，花了不少篇幅說明設計的細節，同時介紹輔助設計工具——MICE - II 的使用方法。雖然對各元件詳加敘述，也不厭其煩地解釋 MICE - II 命令的功能，但這不是使用手冊，而是在求本書的完整性。真正的精神所在，是希望能給讀者一個設計的觀念，以及認識系統偵錯的途徑。如果讀者動手設計一個系統，還是要詳細查閱各元件及 MICE - II 的資料手冊。

本書經半年草成，其中得到全友電腦公司之大力支持，尤其是工程師們不斷給予寶貴的意見，並協助實驗之進行，作者在此表示萬分之謝意。另外，在書中第七章的實例部份，採用了國立清華大學電機工程研究所駱詩軒同學與沈輝峯同學碩士論文中的實作電路，亦在此一併致謝。

由於這是一本敘述電路設計的書，不免有艱深難懂的部份，作者在文字上力求簡潔，然而疏忽處仍在所難免，還盼各位先進與專家，不吝指正。

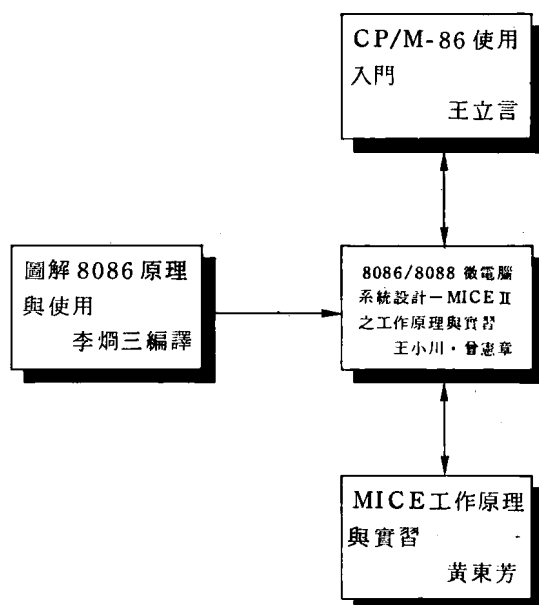
編輯部序

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

現在我們就將這本「8086 / 8088微電腦系統設計——MICE-Ⅱ工作原理與實習」呈獻給您。堪薩斯大學博士王小川教授及加州大學電腦博士曾憲章先生是電腦界的資深專家，本書乃根據兩位博士累積多年的豐富經驗編撰而成。全書以長篇幅的詳細說明來介紹8086及8088系統設計的細節，同時也對MICE-Ⅱ的使用方法及命令功能做最完整的詮釋，是讀者不可缺少的微電腦書籍。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習微電腦方面叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。

流 程 圖



我們的宗旨：



感謝您選購全華圖書
希望本書能滿足您求知的慾望

為保護您的眼睛，本公司特別採用不反光的米色印書紙。//

目 錄

1. 引 言	1
1.1 微電腦之發展趨勢	2
1.2 16 位元微處理器概況	3
1.3 本書內容簡介	5
2. 微電腦系統設計	7
2.1 微電腦系統之開發程序	8
2.2 系統設計時之考慮	9
2.3 微電腦系統設計之輔助工具	11
2.4 模擬與偵錯方法	12
3. INTEL 8086/8088處理器	15
3.1 INTEL iAPX 86/88系列簡介	16
3.2 8086/8088 CPU之結構	16
3.3 記憶空間之使用	21
3.4 輸入輸出	23
3.5 多處理功能	24
3.6 中斷處理	26
3.7 CPU之控制與監視	29
3.8 指令集	31
3.9 指令格式與定址模式	46
4. 8086/8088系統及其設計	53
4.1 8086/8088 CPU之操作原理	54

4.2	8086/8088 CPU之MIN與MAX模式	61
4.3	時鐘信號之產生	66
4.4	中斷控制電路之設計	68
4.5	匯流排控制權之轉移	72
4.6	輸入輸出介面	76
4.7	記憶體介面	80
4.8	MULTIBUS系統匯流排	82
4.9	8089 IOP 輸入輸出處理器	100
4.10	8087 NDP 數值資料處理器	117
5.	MICE- II 之工作原理	129
5.1	MICE - II 系列簡介	130
5.2	MICE - II 之應用範圍	133
5.3	MICE - II 之結構	133
5.4	MICE - II 之安裝	137
5.5	MICE - II 之命令集	143
5.6	MICE - II 8086/8088 機型	189
5.7	MICE - II 驅動程式之設計	194
6.	MICE- II 與電腦系統之連線	201
6.1	RS-232-C 介面	202
6.2	MICE - II 與APPLE- II 電腦之連線	205
6.3	MICE - II 與IBM / PC 電腦之連線	211
6.4	MICE - II 與iPDS發展系統之連線	215
6.5	MICE - II 與MDS 發展系統之連線	219
6.6	MICE - II 與UDS發展系統之連線	220
6.7	MICE - II 與ALTOS 電腦之連線	221
6.8	MICE - II 與其他電腦系統之連線	221
7.	設計實例	225
7.1	16 位元電腦之設計(I)——8086 (MIN)	226
7.2	16 位元電腦之設計(II)——8086 (MAX)	248

7.3	無人車驅動控制系統之設計	280
8.	系統偵錯實習	297
8.1	實習準備	298
8.2	匯流排之偵錯	299
8.3	記憶體之偵錯	305
8.4	輸入輸出線路之偵錯	309
8.5	程式執行之追蹤	312
8.6	控制信號之監視	318
8.7	8086 / 8087 系統之偵錯	320
附錄 A	8086 CPU 指令集	323
附錄 B	8089 IOP 指令集	336
附錄 C	8087 NDP 指令集	342
附錄 D	MICE - II 命令集	353

1

引 言

16位元微電腦已經是個人用電腦的主流，這是怎樣的一個情況？本章簡略地說明這個16位元時代的趨勢。而本書的目的，就是要引導讀者走進16位元系統設計的領域。

1.1 微電腦之發展趨勢

自從1971年底，第一個商用微處理器問市之後，微處理器的功能與複雜度，已經隨著微電子技術之進步，經歷了多次的演進。從最開始的四位元微處理器，到現在已宣佈發展成功的32位元微處理器，在短短的十幾年間，已完全改變了微電腦的面貌。而將這個電子技術成果推廣給大眾的，是利用微處理器設計的微電腦系統，微電腦的特色是有輕巧的外型、低廉的價格，以及很容易操作，因此像一般家電產品一樣地走進家庭，這也就是目前在電器商品市場上的個人用電腦(personal computer)風潮。

在七十年代的後期，微電腦都是以八位元微處理器作為CPU，主要的八位元微處理器是INTEL公司的8080與8085 CPU，MOS Technology公司的6502 CPU，Zilog公司的Z80 CPU，以及Motorola公司的6800與6809 CPU。在眾多的微電腦系統中，以1977年Apple公司推出的Apple-II電腦最為成功，在幾年內成為美國著名的個人用電腦製造廠家，1980年就達到兩億美元的營業額。

由於個人用電腦之成長快速，具有很大的潛在市場，許多軟體公司應運而生，專門為這些個人用電腦開發系統軟體(system software)與應用程式，於是有了專給8位元個人用電腦使用的作業系統(operating systems)，例如最常見的CP/M作業系統，許多高階語言編譯程式(compiler)與套裝的應用程式，都建立在這類標準的作業系統上。

與八位元微電腦蓬勃發展的同時，微處理器已進入了十六位元的階段。1978年INTEL公司推出8086十六位元微處理器之後，Zilog公司與Motorola公司也跟進，推出十六位元的Z8000系列與MC68000系列。因為當時的八位元微電腦正受歡迎，用戶也還滿足八位元微電腦的性能，所以十六位元的微電腦並沒有大量推出的原動力，直到了1981年，IBM公司以代號5150的個人用電腦(即一般俗稱的IBM/PC)進入個人用電腦市場之後，才造成十六位元微電腦旋風，估計在八十年代中期以前，仍將是十六位元微電腦的時代。

IBM/PC採用了INTEL公司的8088 CPU，這是內部具有十六位元運算能力，而對外只有八條資料線的CPU，能執行的指令與8086微處理器完全一樣，定址範圍為1M byte，其實它就是8086 CPU的同胞兄弟，專為採用八位元資料線系統而設計。IBM/PC比一般八位元微電腦具有更強的功能，而且打著IBM的金字招牌，推出後一下子就佔有1000~5000美元級個人用電腦市場的

28%，在1983年內約賣了80萬部，逼使Apple電腦的市場佔有率滑落到17%。由於IBM/PC的銷售量大，軟體公司紛紛替它發展軟體，使得其他廠家的十六位元電腦在設計上要與IBM/PC互通（compatible），以便能夠使用IBM/PC上的軟體。

在未來的幾年內，十六位元個人用電腦會逐漸取代掉八位元個人用電腦，成為微電腦的主流，而且預測在1987年的一年內，可望有兩千萬部個人用電腦的銷售量。IBM/PC雖然不能說是最好的設計，但IBM公司公開其規格，使外界可在IBM/PC上發展軟體，也准許其作業系統（即MSDOS）的供應廠家，Microsoft公司，授權軟體給外界仿製，在許多應用程式出現後，IBM/PC就成為業界的標準，目前上市的軟體成品中，適用於IBM/PC者已超過適用於Apple電腦了。

在國內，過去有獨立發展八位元微電腦系統的經驗，也有仿造Apple電腦的不太名譽記錄，在這段摸索與學習過程中，累積了不少微電腦人才。現在為了趕上潮流，勢必要提升到十六位元系統的開發，但是十六位元的系統到底要比八位元系統複雜得多，不論是硬體設計或是軟體發展，都將更富挑戰性。因此，人才的培養、產品的設計、市場的掌握、開發的時效，都是將要面臨的重要課題。

1.2 16位元微處理器概況

目前在市面上較為重要的十六位元微處理器，有INTEL公司的8086 CPU與8088 CPU，Motorola公司的MC68000系列，以及Zilog公司的Z8000系列。其後各廠家爲了提高其競爭力，又將功能向上提升。以INTEL公司為例，它推出80186 CPU及80188 CPU，把輸入輸出介面及解碼選址電路，連同CPU做成一個積體電路，並增加了一些指令，使得功能提升，但是還可以執行原來8086 CPU或8088 CPU所能執行的程式。甚至於爲了提供虛擬記憶（virtual memory）的能力，把記憶管理與保護的功能，也集中到一個積體電路上，這就是80286 CPU。其定址能力達16M byte實際位址，以及1 G byte 虛擬位址。

比較十六位元與八位元的微處理器，我們歸納出以下幾個特點：

(1) 更大的定址空間

十六位元微處理器的定址空間，都在1 M byte 以上，而八位元微處理器只有64 K byte。

(2) 更强的指令集

十六位元微處理器的指令較多，包括乘法之運算、位元之操作，以及連串資料之處理，在八位元處理器上不一定有這些功能。

(3) 具有特權 (privilege) 保護功能

十六位元微處理器的架構相當於小型電腦 (minicomputer) 的 CPU，爲了配合多工作 (multi-tasking) 的作業系統，有的十六位元微處理器具有特權保護功能，並且把堆疊指示器 (stack pointer) 分成系統用的與用戶用的兩種，例如 Z8000 CPU 與 MC68000 CPU，都有這種功能。

(4) 具有適應多處理器系統之控制信號

爲了能夠建立多處理器系統，有的十六位元微處理器具有特殊的控制指令與信號，以便與其他處理器同步或交換訊息，例如 8086 CPU 與 8088 CPU，可利用 LOCK 信號防止其他處理器搶用匯流排，也可以利用 ESC 指令，傳訊息給其他處理器。

(5) 具有區段記憶的管理方式

由於十六位元微處理器的記憶空間很大，因此都採用區段記憶 (segment) 的管理方式，若在同一區段內，指示位址時可用區段內的相對位址。有的是將記憶區段作爲記憶保護的單位，在多工作系統中可防止某一用戶的記憶區段被別人破壞，也有的將記憶區段作爲虛擬記憶的處理單位，例如 80286 CPU，就有這種功能。

因爲十六位元系統的複雜度較高，所需要的配合電路也較多，各廠家在推出十六位元微處理器時，也同時推出各種配合使用的介面電路、控制電路及記憶管理電路，就功能而言，十六位元微處理器已超過以往的十六位元小型電腦 CPU，但價格便宜了很多，目前可說已完全佔了優勢，因此逼使小型電腦走向三十二位元的所謂超級小型電腦 (super-mini-computer)。

十六位元微處理器推出時，爲了考慮到與已有的八位元系統配合，有的雖具有十六位元資料的處理能力，而對外却只有八條資料線，例如 8088 CPU，就是一個典型的例子。

就 Intel、Motorola 及 Zilog 三種較出色的十六位元處理器廠牌做比較，目前 Intel 公司的 8086 CPU 與 8088 CPU 顯然佔了最優勢。由於 IBM/PC 的產銷成功，使得 8088 CPU 成爲搶手貨，其他廠家設計的十六位元電腦，爲了與 IBM/PC 互通，所選用的 CPU 不是 8088 就是 8086 或 80186。另一個頗具競爭力的是 Motorola 公司的 MC68000 CPU，它沿襲了有名的 PDP-11 小型電腦架構，加上高效率的指令集，以及具有三十二位元資料的處理能力，也是很受

歡迎的微處理器。

1.3 本書內容簡介

顯然地，十六位元微電腦已是個人用電腦的主流，十六位元微處理器必將受到重視。本書的目的就是介紹十六位元系統的設計方法，引導讀者走入十六位元系統之境界，所選擇的微處理器就是目前最受重視的 8086/8088 CPU。

設計微電腦系統，必須要有協助作硬體偵錯與軟體發展的工具，而其中最重要的一項工具，就是線路上模擬器（In-Circuit Emulator, ICE）。幾乎所有微電腦產品的開發都少不了要使用 ICE，各微處理器製造廠家也提供專為其微處理器發展使用的 ICE。此外，儀器製造公司看上了這個市場，也提供萬用型的（universal）發展系統。由於 ICE 是相當高級技術的產品，再配上發展系統，售價相當的高。國內設在新竹科學工業園區的全友電腦公司，近年來很成功地開發出低價而使用方便的 ICE，稱為 MICE 系列，在國際上頗受歡迎；因此本書在講解系統設計的過程中，就以 MICE-II 8086/8088 作為偵錯的工具。

在第二章，我們說明微電腦設計過程所面對的一些問題，第三章則介紹 Intel 8086/8088 CPU 的結構、功能及其指令集。第四章是更進一步地描述 8086/8088 系統，以及在設計上的一些基本認識。第五章就 MICE-II 8086/8088 作一個詳細的說明，對其所執行的命令，附以一些簡單的例題，讓讀者充份瞭解各個命令的功能及應用方法。在第六章中，我們介紹 RS232C 介面，以及與一些較知名的電腦系統連線的方法。第七章提出幾個設計實例，引導讀者如何設計一個十六位元的微電腦系統。第八章以實例說明如何用 MICE 作系統偵錯，包括對硬體及軟體之偵錯方法。

2

微電腦系統設計

本章的目的，是敘述一般電腦系統開發的程序，歸納出一些設計上值得考慮的事項，並且介紹一些設計輔助工具及模擬偵錯方法。