

微處理機

體系結構 / 系統設計

程式設計入門

林傑斌・陳奇麟 編譯



INTEL

8086 80286

渤海堂文化公司印行

INTEL 微處理機

8086／80286

體系結構／系統設計

程式設計入門

林傑斌・陳奇麟 編譯



渤海堂文化公司印行

中華民國七十六年五月初版

版 權
所 有



INTEL 微處理機
8086／80286
體系結構／系統設計
程式設計入門

全 一 冊

定價新臺幣320元

編譯者 林 傑 斌 陳 奇 麟

發行人 高 本 釗

印刷及
發行所 渤海堂文化事業有限公司

臺北市羅斯福路一段20號8樓之1

登記證局版臺業字第3694號

郵政劃撥1094926-2帳戶

電 話：3 9 2 8 5 1 6

譯者序 (preface)

微處理機的發展史，已經越過了十個年頭，十年來，微處理機無論在品種和數量上都有了飛速的發展，各種報刊雜誌上介紹各類微處理機的文章屢見不鮮，有關微處理機應用的專題論文比比皆是。

國內外應用微處理機之所以會得到蓬勃發展，固然是因為微處理機在價格和性能上所具備的優越性。從價格上來講，利用微處理機代替電子電路中大量其他類型的元件，會直接使產品的成本下降，另一方面，因印刷電路、機殼、電源的縮小，以及測試或維修手段的簡化，又會間接使產品的成本下降，而且，利用微處理機進行硬體設計也比較簡單，因而設計的投資比較少，加上硬體設計和軟體設計的靈活性，又會使設計費用大為降低，從性能上來講，微處理機的應用為產品性能的改進開闢了新的途徑，這是因為元件數量的減少，就會自然而然地使產品可靠性提高而且微處理機所具備的特殊智慧則是各種傳統元件所無法比擬的。

美國 Intel 公司是世界上最先推出微處理機的廠商，他們生產的 8080A，很快就與 Motorola 公司的 MC 6800 和 Zilog 公司的 Z80 一起成為最通用的 8 位元微處理機，Intel 公司又於 1978 年最先推出 16 位元通用微處理機 8086，與後來 Motorola 公司的 MC68000 和 Zilog 公司的 28000，成為舉世矚目的三種 16 位元計算機，關於這三種晶片的優劣，許多人曾發表過各種高見，衆說紛紜，不一而足，比較一致的意見，似乎是從計算機的角度出發，認定 MC68000 為佼佼

者，然而，隨著近幾年的發展，8086取得了很大的進展，使目前的競爭集中於8086和 MC68000之間，下面我們簡單對比一下8086 和 MC 68000 的優缺點以及它們的發展趨勢，使讀者對兩者都有一個大致的概念。

1.系統呼叫能力 (the calling ability of system)

8086的呼叫指令是INT（中斷），它的第二個位元組能夠間接呼叫256個向量的表格，這個程序類似於8080系統的RST指令，68000用TRAP指令來實現系統呼叫，該指令的低4位形成一個向量，控制16種間接定址方式之一，TRAP指令能夠自動地把處理機轉接到對系統的管理狀態，這種狀態有一個單獨的堆疊指標把系統與用戶程式分隔開來，STOP, RESET 之類的「特權」指令，則只能從管理狀態開始執行，為系統程式提供進一步的保護，通過對比可以看出，8086的系統呼叫能力達256種，而68000只有16種，8086廣泛利用系統呼叫方法比較容易，而68000的向量數有限，因而使其在程式中廣泛應用系統的呼叫能力受到影響。

2.字元操作能力 (the ability of character operation)

由於Intel公司有意讓8086保持與8080的相容性，因此就讓8086保留了8080的字元暫存器組和指令，為了與Z80競爭，該公司還增加了程式組I/O、程式方塊傳送字串比較和其他一些面對字元的原語，8086只有兩個指標(pointer)暫存器，能夠自動增量或減量，而累加器則必須用來執行字元或字原語指令，8086的指令系統包括一些單字元指令，使得用戶能夠利用8086中很少字元的代碼，去對多種功能進程式設計，一些經常使用的指令，在8086中只需要一個字元，而68000則要一個完整的字，此外，8086的用戶還可以利用更簡捷

的方法表示定址 (ADDRESSING) 方式從而解決了邊界調整問題，而且，也只有 8086 方允許字的數據存放在奇位址單元，它也是三種晶片中唯一能夠提供最廣泛的字元數據運算能力的晶片，它能夠完成 8 位元數的乘法和除法指令，也能夠提供採用 BCD 和 unpacked ASCII 數據的調整指令，68000 爲了使指令系統最完善，因此犧牲了專門的字元操作能力，它沒有專用的字元暫存器或字元原語；字元數據操作時的唯一特點，就是有一面對字元的 I/O 指令，它的每條指令都需要兩個字元，同時也要採用適當的數據字定界調整。

3. 字長的擴充能力 (the expansion ability of wordlength)

8086 不能對超過 16 位元的數據進行運算，但是有 16 位元數據的帶符號位和不帶符號位的乘除法運算，68000 的暫存器全部是 32 位元的，它的全部指令都可以有效地對 32 位數據進行操作，由於其指令系統完善，因此數據字長的擴充就更爲簡單，但是 68000 不能進行 32 位元的乘除法運算，8086 由於兼顧了字元操作，因此不能像 68000 那樣處理大的數據項目。

4. 匯流排結構和硬體特點 (the structure of Bus and the characteristics of Hardware)

8086 採用不同的 I/O 定址空間，由專門的 I/O 指令來操作從而把空間容量從 256 擴大到 64k 單元，8086 用 I/O 指令來把暫存器用作 I/O 空間的位址指標它既有字元 I/O，也有字 I/O，因而可以充分地與 8080 系列週邊裝置相容，而且由於有 LOCK (封鎖) 前置式，再加上硬體的特點，可以使多重處理機系統設計比較容易，它還有一條 ESC (逃脫) 指令，可以使外部處理機或其他硬體能夠有效地與之連接，並且從處理機儲存器接收數據，68000 採用兩種不同類型的匯流

INTEL 微處理機

排，有完全可與 68000 I/O 相容的配置，亦即儲存器變換的同步傳送 I/O 裝置，均可直接與 68000 的專用線連接，而且 68000 還有七級向量中斷結構，還有硬體指令跟踪和廣泛的陷阱與中斷系統，可以執行各種高階的功能，其獨立的異步匯流排可以通過 DMA 以及其他方法來加速數據傳送，另外，68000 片內有向量中斷能力，8086 則要另外使用 8259A 中斷控制器，總之，68000 由於有異步匯流排因此更加接近於小型計算機的水準。

5. 可定址範圍 (the addressable scope)

68000 的直接定址範圍達 16 兆字元空間，8086 只有 1 兆字元，但是 8086 採用分段定址的辦法，又比 68000 優越：代碼分段暫存器便於寫出浮動程式模組；數據分段與代碼分段分開，又便於利用代碼分段暫存器中的 ROM 位址，以及數據分段暫存器中的 RAM 位址去編寫可以儲存的程式用戶利用特別分段，則可以根據不同的程式模組，對公共儲存區進行定址 (addressing)，堆疊分段暫存器可以用於面向堆疊的高階段言程式設計。

6. 其他方面

8086 的指令條數為 97 條，68000 為 56 條，8086 的時鐘頻率為 5 兆赫，8086-2 為 8 兆赫，8086-1 為 10 兆赫；68000-4 為 4 兆赫，68000-6 為 6 兆赫，68000-8 為 8 兆赫，68000-10 為 10 兆赫，8086 使用 5 伏特電源，功率消耗為 275 毫安培；68000 使用 5 伏特電源，功率消耗為 300 毫安培。8086 的軟體支援 (Software Support) 比較齊全，68000 的軟體在很長的時間之中，也尚未能解決，從銷售觀點來看，到 1981 年第四季度，8086 已發貨的數量為二十五萬套，68000 只發貨四萬五千套。

到目前為止，各種16位元/32位元的微處理機已經有了四十多種，Intel 公司使8086 擴充32位元的能力，是通過8087微處理機來實現的，8087有8 種不同類型的數據支援 (Data Support)：8 位元、16位元、32位元、64位元整數，32 位元、64 位元、80 位元浮點，18 位元BCD 操作，位數是 16-64，它還能夠執行算術運算和擴大主處理機8086 指令系統及暫存器的能力，這是因為 8087 有快速移位能力，能夠在一個時鐘週期內從 0 移到63位，從而可以重新安排數據格式，此外，它還有一個專用的硬體計數器，其堆疊可以處理任何格式的彈算元，Intel 公司後來把 8087 和 8086 或 8088 配合，推出了新的晶片 (Chip)：iAPX86/20和88/20。Intel 公司又在1981年年底，通過把操作系統固化在矽片上的辦法，製成新的晶片 80130，從而又推出新的晶片iAPX86/30和80/30，而且以 88130 為 CPU 的單板機如 FNA 86/33也很快推出。1982年年初，Intel 公司正式推出性能更強的16位元晶片80286，這就是新的 iAPX286/10，它與 8087 的增強型 80287 組合，又構成 iAPX286/20。與此同時，Intel 公司推出了 iAPX 43232 系列的32 位元微處理機，該系列的 iAPX43201 指令譯碼和 APX43202 微指令執行部件兩種晶片上實現了多達 2^{40} 字元的虛擬儲存位址空間，特別是 iAPX43202 的數據操作單元，已經能夠執行如下三種功能：(1) 9 個數據字元的硬體識別；(2)16位元和32位元乘法運算和除法運算；(3)32位元64位元和80位元浮點運算的控制功能。其位置參考 (Reference-Location) 產生單元則能夠執行如下四種功能：(1)能將40位元的虛擬位址變換為24位元實體 (physical) 位址；(2)能進行增強硬體的保護功能 (讀、寫、變更、存取)；(3)能順序處理 8 位元、16位元、32位元、64位元和80位元位置參考指令；(4)能控制

INTEL 微處理機

晶片內的疊頂暫存器(the stack top register)。再配以 iPX43203 介面處理機(內含數據採集單元、執行單元、432 控制、定時和外設控制)，其性能就相當可觀了。432 系列的另一個重要特點，就是像 80130 那樣實現了軟體化，並且具有微程式設計能力。

為了與 Intel 公司競爭，Motorola 公司聯合 Mostek 和 Signetics 兩家公司，計畫在 1982 年下半年至 1983 年年底，先後推出 68000 系列的 15 種新晶片：

- 68020 全 32 位元微處理機——這是一種 100 引腳特別封裝的指令系統增強型，有浮點運算和微處理能力，改進了操作系統的支援，指令能夠高速緩存，使性能提高，匯流排效率得到改善(為了和 Intel 公司的多匯流排競爭，Motorola 公司的 Versabus 匯流排有可能成為將來 16 位元 / 32 位元微型計算機高檔工業應用標準，在此基礎上上述三家公司共同研製了 VME 匯流排。

- 68881 智慧型浮點微處理機——這是與 68020 配套用於微處理方式的新晶片，也可以單獨使用作為智慧週邊晶片。

- 68008——這是一種 32 位元計算機(數據匯流排為 8 位)，是和 Intel 公司的 8088 競爭的晶片；但是與 6809 不同，其軟體可與該系列的 16 位元 / 32 計算機相容，1982 年年底出售樣片。

- 68010——與 68451 儲存器管理單元配套可與 Intel 公司的 80286 相競爭(不過 80286 是單片，比它又勝過一籌)，有虛擬存儲器能力。

- 68200 單片 32 位元微計算機——片內含有 4K 字元 ROM 和 256 字元 RAM，直接定址能力為 64K 字元，時鐘頻率為 6 兆赫，是與 Texas 儀器公司 TMS9940 競爭的晶片，1983 年第一季度由 Mostek

公司推出樣片。

• 68590 局部網路控制器。

• 68454 智慧型多磁盤控制器和 68455 帶鎖相環和個人電路的磁盤控制器。

• 68452 匯流排仲裁器。

• 68440 雙 DMA

• MK 68564 ... 通道 SDIC 控制器。

• MK 68901 多功能週邊晶片 (1982 年年底推出)。

• 68681 雙 UART 片 (由 Signetics 公司推出)。

• 68562 雙通道串聯控制器。

此外在固化操作系統方面，也由美國軟體元件公司為 68000 推出 PSOS-68K 型固化操作系統，但是固化在 EPROM 上，當然不如 80130。

從上面的簡單介紹，我們可以看出，8086 既有很好的繼承性，又有獨特的優點，無論對於過去使用 8080 系列的用戶來說，還是對於各種專用場合都不失為佳品。在國內外的應用中，8086 的銷售量正在不斷增加，而且生產 8086 的第二供貨廠商也在不斷增多，除法國 Matra-Harris 公司、西德西門子公司、日本 NEC 公司、三菱公司、富士通公司之外，以生產 Am 2900 系列位片式處理機著稱的 AMD 公司也將開始生產 8086 及其各類增強型晶片。

總結當前以微處理機為代表的大型積體電路的發展趨勢，可以概括十大特點，這就是：(1) 低功率消耗 CMOS 技術的微處理機及各類配套晶片將越來越多；(2) 普及型通用 8 位元微處理機功能不斷增強；(3) 單片微計算機的發展正與各類多片微處理機爭奪市場；(4) 16 位元微

INTEL 微處理機

處理機正在加速擴充32位元的能力；(5)微程式設計的 MOS 型微處理機正在打破位片式雙級型處理機的統治地位；(6)微處理機生產廠商之間競爭日趨激烈；(7)微處理機的各種支援片不斷蓬勃發展；(8)各類專用微處理機和專用硬體應運用而起，80年代將有重大突破；(9)軟體支援逐漸成熟；(10)大型積體電路技術正面臨新的挑戰。在這種形勢下，加速我國微處理機的研製和生產，推動微處理機的應用就是非常迫切的事情了，而8086也必然會起到比較重要的作用。爲了讓更多的人了解並掌握8086的特點和程式設計的初步知識，我們將8086的設計師之一 S. P. 莫爾斯 (Stephen P. Morse) 寫的《8086 初階》一書翻譯出版，相信對於8086的應用定會有所裨益。

斯蒂芬·莫爾斯在進入 Intel 公司之前，曾先後在通用電氣公司研究發展部、法國國際資訊公司、IBM 公司瓦特森研究中心和貝爾電話實驗室工作達八年之久，曾經從事過微處理機軟體系統、語言和編譯程式的設計工作，以及計算機圖形數據處理等方面的研究工作，同時還在史丹佛大學、加州大學、紐約州立大學、普拉特大學和紐約市立大學執教，1975 年進入 Intel 公司，負責 8086 體系結構的設計，本書就是他對8086設計工作的總結。

本書乃是進一步掌握8086之前的入門書，作者從8086的設計思想入手，詳細介紹了8086的體系結構、存儲器的組織、指令系統、組合語言和 PL/M-86 高階語言的程式設計初步方法，並且簡要介紹了有關硬體的系統設計。本書在寫作上結構嚴謹，層次清楚，語言流暢，一氣呵成。凡是讀過本書的讀者，都可以初步掌握有關8086的知識和使用技巧。作者在書中並不迴避8086在設計上的一些疏忽和敗筆，這是非常難能可貴的，有助於我們更好地理解8086的特點，在使用中儘

量注意揚長避短。

當讀者拿到本書的時候，也許 iAPX 286 系列的各種支援晶片都已經問世，可能還有更新的片子可供我們選用了。爲了幫助讀者正確挑選那些在8086基礎上發展起來的新晶片，我們根據已掌握的材料，在本書後面增加了幾個附錄，這就是：附錄 4 (介紹iAPX 86/10)、附錄 5 (介紹 iAPX 88/10)、附錄 6 (介紹8089)、附錄 7 (介紹 iAPX 86/20 和 88/20)、附錄 8 (介紹iAPX86/30 和 88/30)、附錄 9 (介紹iAPX 286/10)。讀者閱讀了這些材料後，對 8086 整個系列的優點，將會有較深刻的印象，若需進一步掌握應用方面的知識，請徑自閱讀 Intel 公司出版的有關各類型號的用戶手冊。

由於譯者水準所限，譯文中仍不免有疏漏欠妥之處，誠懇地希望得到讀者的批評指正，感謝許雅惠與陳翠華作了謄寫稿件及統一名詞的工作，周大爲先生提供了相關的資料、參考文獻及附錄在此一併致謝。

林傑斌 陳奇麟

1987年元月於臺北

前言

1972年 Intel 公司發表了首創的 8 位元商用微處理機 8008，最終導致了工業標準型微處理機 8080 的誕生。這兩種器件問世之初，對於這些新玩意兒是否有實用價值，某些觀察家曾經表示過疑慮。時至今日，已有三百多萬套微處理機（還不算支持電路和外圍電路）應用於數千種設備之中，應用範圍從電話交換系統，一直到電視遊樂器。

1972 年以來，微處理機的變革已經為大批元器件與系統的應用開闢了道路：從單塊器件的發動機控制，到單板計算機的複雜工業控制等等。1978 年，Intel 公司推出了第一種高性能的 16 位元微處理機——8086。

8086 的問世，已經幫助各種用戶得以將自己的產品投放市場，而市場上也越來越快地採用了可以相容的軟體、週邊設備和系統支援晶片。在這種「系列」的概念中，CPU 乃是系統的核心，然後再擴充以介面存儲器、外設、通信、計算機系統和軟體。8086 系列包括若干種 CPU 及其匯流排控制用的全套支援晶片，例如 Intel 公司提供的 8088 CPU，它採用的就是與 8086 相同的 16 位內部體系結構，但是外部匯流排為 8 位，因而填補了 8 位元與 16 位元處理機之間的鴻溝。8089 則設計成為一種高性能的 I/O 處理機，用於分擔 CPU 主機的任務和進行並行處理（8086 的 CPU 還可以達到 8 兆赫型的 8086-2 和標準型 5 兆赫的 8086*）。8086 系列既然設計成為多處理機系列，那麼由多個處理機組成的系統就容易實現，它不僅得到 8086 系列 CPU 的

INTEL 微處理機

支援，還配有「系列化」的匯流排支援電路。8289 匯流排仲裁器與 8288 匯流排控制器一道，為共用系統匯流排上駐留的多個 CPU 提供一種既強有力而又有效的仲裁手段。8086 系列無列在設計單 CPU 系統，還是高性能多處理機系統的時候都能提供總的系統解決辦法。

乍看起來，16 位元微處理機系統設計的複雜性，似乎影響了在浩如烟海的元器件產品中對其得天獨厚的選擇。關鍵的問題是實際上要協調一致。Intel 公司的產品使用簡便，這就為整個的系統設計問題提供了積木式的解決辦法。人們可以採用相同的元件來設計一種只有一條公共匯流排的單微處理機控制的系統，也可以設計出一種強有力的資源共享的多處理機系統。

Intel 公司正是以可相容的體系結構的延續性、用戶語言（比如 PLM 或者 PASCAL）以及一系列的開發系統來支援每一種可程式元件的，並且盡力使工程師們能在工作中得心應手地使用微處理機去設計各種大小系統。

我們謹向那些有志於使用 16 位元通用微處理機來解決設計問題的讀者，推薦 S. P. 莫爾斯的這本書。

* 本書出版之時，尚只有這兩種類型的 CPU，現在已能達到 10 兆赫的 8086-1，參見本書後面的附錄 4。——譯者註。

戴維·格拉特利 Intel 公司微處理機銷售經理

原序 (preface)

這是一本關於8086微處理機的入門書。本書闡述了8086的體系結構，指出了如何運用進行系統設計，討論了如何編製能在上運行的程式，本書的論述詳盡，供證有力，插圖豐富，可供計算機新手和計算機專業人員參考。

本書由三個主要部分組成：8086的體系結構，8086的系統設計和8086的程式設計。體系結構分為8086的機器組織，涉及暫存器和存儲器的結構，以及各種定址方式等等（收入第二章）；另外還包括8086的指令系統（收入第三章）。第四章論述8086的系統設計，指出了如何將8086微處理器配以其他元件構成一套完整的微型計算機系統，程式設計則分為8086組合語言程式（第五章）和8086高階語言程式設計（第六章）。

第一章旨在對各類水準的讀者，介紹一些有關計算機和微型計算機的普通知識。假如你已經具備這方面的知識，而且又急於想掌握8086，那麼可以跳過本章直接閱讀第二章。

我要感激8086的設計師之一布魯斯·雷文納爾 (Bruce Ravenel)，他為本書提供了許多寶貴意見，對本書的內容發表了真知灼見。若非他最初的鼓勵，我決不可能想到要寫一本書。

我要特別感謝德博拉·麥肯納 (Deborah Mckenna)，她花了許多時間為我的手稿打字，而且還容忍我對手稿做出的一切刪改。對書稿編寫工作做出過貢獻的人還有丹·洛米保 (Dan Lomibao) (繪

INTEL 微處理機

圖)和蘇塞·維奧拉(Susie Viola)(打字)。

再有最爲重要的一點，那就是我要感謝那些花了大量時間爲我查閱書稿，並且對我的各種謬誤直言不諱的諸人：約翰·克勞福德(John Cranford)，羅德尼·法羅(Rodney Farrow)，約瑟夫·弗雷德里克(Joseph Friedrich)，斯蒂芬·海納(Stephen Hanna)，杰弗里·卡莎(Jeffrey Katz)，菲利普·考夫曼(Phillip Kaufman)，艾麗斯·莫爾斯(Alice Morse)(我的母親，約翰·帕爾默(John Palmer)，塞繆爾·奎林(Samuel Quiring)，安德魯·拉比諾維莎(Andren Rabinowitz)，約瑟夫·夏普(Joseph Sharp)和托馬斯·威爾柯克斯(Thomas Wilcox)。

S. P. 莫爾斯

於加利福尼亞州舊金山

目 錄 (Contents)

第一章 緒論 (Introduction)	1
1.1 計算機概論 (Computer Overview)	1
1.2 數據格式 (Data Formats)	4
1.3 堆疊 (Stack)	10
1.4 8086儲存器的利用 (預備知識) < 8086 Memory Utilization(A Sneak Preview) >	12
1.5 微型計算機史話 (The Microcomputer Story)	12
第二章 8086機器組織 (8086 Machine Organization)	17
2.1 概論 (Overview)	17
2.2 儲存器的結構 (Memory Structure)	18
2.3 儲存器的分段 (Memory Segmentation)	22
2.4 輸入／輸出的結構 (Input/Output Structure)	24
2.5 暫存器的結構 (Register Structure)	25
2.6 指令運算元及其定址方式 (Instruction Operands and Operand-Addressing Modes)	32
2.7 關於運算元定址方式的說明 (Comments about Operand-Addressing Modes)	44
第三章 8086指令系統 (8086 Instruction Set)	51