

哈利·賈蘭著
陳昌甫譯

微處理器應用入門



協志工業叢書

哈 利 • 賈 蘭 著
陳 昌 甫 譯

微處理器應用入門

協志工業叢書出版股份有限公司

HARRY GARLAND

President of Cromemco Incorporated

Lecturer in Electrical Engineering

Stanford University

INTRODUCTION TO
MICROPROCESSOR
SYSTEM DESIGN

McGRAW-HILL BOOK COMPANY

New York St. Louis San Francisco Auckland Bogotá Düsseldorf

Johannesburg London Madrid Mexico Montreal New Delhi

Panama Paris São Paulo Singapore Sydney Tokyo Toronto

譯 序

微處理器的出現，使整個電子業再度掀起高潮，一切有關電子設計方面的體材，都在嚐試利用微處理器，以使線路更簡化，價錢更降低，同時也更有能力。以往的“電”風扇、“電”冰箱、“電”爐、“電”……，相信不久也都將變成“電腦”風扇、“電腦”冰箱、“電腦”爐等（微處理器就是“微”計算機的中心部分，電腦就是計算機的商用名詞）。據美國Creative Strategies International 的調查報告，微處理器自1972年間世以來，去年銷售額已達美金四億餘元，估計在1983年將可達美金十三億元，物價在上漲而微處理器則一直在降價，但它尚能保持如此驚人的成長，做為現代的工程師不可不對它有所瞭解，甚至要會活用它。

坊間目前已有許多有關微處理器方面的書籍，但是翻閱其內容，大都在講述計算機原理，缺乏具體的應用指導。譯者曾想寫本較切題的書，也因時間、能力有限，一直未能成稿。今年暑假到史大來，見到哈利·賈蘭博士的書，該書雖然內容編印時，錯誤不少（在譯本內，已予以修正），但是其內容實在很切題且簡單明瞭，是該方面極難得的一本入門書。是故特抽空予以譯成中文。

由於本書重點著重於微處理器本身，因此對計算機原理較不清楚的讀者，軟體方面可參考拙譯“計算機組織與數據結構導論”第二至八章；硬體結構方面可參考拙譯“計算機系統結構”；I/O界面與應用，則可分別參考拙譯“小型計算機”第五與第七章（以上均由協志工業叢書出版股份有限公司出版）。

原書奇數題習題附有解答，為便於讀者自習時的復習與練習，譯者也加上偶數題的題解。此外，譯者也加上一些實習題目，供實作練習之用，由於這些題目的設計，隨所用的材料，與目標的複雜

II 微處理器應用入門

度而變，因此在此書中，只提供一些建議性的主題。這些題目大部都已由譯者或譯者的學生做過。協志工業叢書出版股份有限公司建議譯者順便介紹 6809 與 68000 微處理器，該兩種微處理器，性能優越，競爭力相當高，特簡介於附錄三。

在美研究期間，蒙大同工學院的資助，家嚴 陳清源先生、家慈 陳歐金隊長女士、內人吳秋霞等全心的代為照顧兒女與來信鼓勵安慰，特藉此表示感恩、感謝。

本書倘有錯誤之處，尚祈賜教、指正。

陳昌甫謹識於美國史丹福大學

一九七九年八月

原 序

微處理器是一種電路零件，由於它的出現，已使得電子系統的設計受到很大的改變。目前微處理器已廣泛地應用在各方面，如攜帶式的計算器、實驗室儀器、消費產品、航空飛行控制系統，以及商用的計算機系統。在所有這些的應用與許多其他的應用中，微處理器都已成為該系統設計中的主要部門。

在本書中，我們將介紹微處理器的本質，並介紹它如何工作，以及如何在系統設計中使用它。本書特別加強對以微處理器為主之設計的瞭解，與其實際的實現法。為了說明基本的觀念。我們也用了一些實際的設計範例。

要有效地應用微處理器，必須具備微處理器硬體與微處理器軟體的知識。本書將論及該二主題，但是我們都假設讀者對該二主題都已具備一些基本知識。我們假設讀者對硬體方面的基礎，已具有大學電子學二學期的知識，或已受相當的訓練。讀者應該已熟悉於基本的電晶體電路、邏輯閘與電源供給電路。對軟體方面，我們則假設讀者已具有計算機程式計劃的概念，並熟悉儲存程式的觀念，以及瞭解二進制之數系統。

第一章將描述何謂微處理器，與如何使用它。第二章介紹微處理器所用的積體電路技術。第三章介紹一些目前最普遍的微處理器，包括最近出品的單片計算機，與能力極高之16位元的微處理器。第四章詳細描述使用微處理器所需要的各種電路。第五章則介紹更進一步的硬體觀念；包括中斷、串聯界面及DMA。

在設計好微處理器系統的硬體以後，該系統的運轉就完全由其系統的軟體來操縱了。因此，第六章我們將簡介微處理器的軟體，接著在第七章簡介一些較高級的計算機語言。

IV 微處理器應用入門

第八章描述使用微處理器時，所涉及的算術運算方法。第九章討論類比信號的處理技術，以配合微處理器之數位信號的運轉。最後，第十章說明擴充微處理器系統時，所用的各種界面規格。

本書可配合各種微處理器製造廠商所編寫的手冊來閱讀。

哈利·賈蘭

目 錄

譯 序 原 序

第一章 概論	1
1-1 理想的微處理器	1
1-2 數據巴士	2
1-3 位址巴士	8
1-4 控制巴士	13
1-5 一般的微處理器型態	15
1-6 結 論	15
習 題	16
第二章 微處理器的製造技術	20
2-1 雙極的製造技術	22
2-2 MOS 的製造技術	30
2-3 結 論	33
習 題	34
第三章 微處理器的演進	36
3-1 8008 微處理器	36
3-2 8080 微處理器	40
3-3 Z80 微處理器	46
3-4 8748 微處理器	49
3-5 8086 微處理器	52

VI 微處理器應用入門

3-6	Z8000 微處理器	56
3-7	結 論	58
	習 題	59
	參考資料	60

第四章 微處理器的基本硬體

61

4-1	電源供給電路	61
4-2	時鐘信號	63
4-3	邏輯閘	65
4-4	定鎖器	70
4-5	緩衝器	74
4-6	記憶體	75
4-7	最小的微處理器系統	79
4-8	單電路板計算機	82
4-9	結 論	82
	習 題	84

第五章 微處理器系統的擴充

85

5-1	數據傳送的同步	85
5-2	中 斷	89
5-3	串聯式的數據傳送	91
5-4	直接出入記憶體	93
5-5	記憶體映像式的輸入／輸出	95
5-6	記憶庫的選擇	96
5-7	位址的預估	97
5-8	結 論	100
	習 題	100

第六章 微處理器的機器語言	102
6-1 數據的二進制表示法	102
6-2 機器語言程式計劃	107
6-3 機器週期	117
6-4 暫存器	119
6-5 定址的型式	120
6-6 堆疊的操作法	121
6-7 副常式	122
習 題	124
第七章 組合語言與高級語言	127
7-1 組合語言	129
7-2 PL/M語言	134
7-3 BASIC語言	136
7-4 其他的高級語言	138
7-5 結 論	139
習 題	140
第八章 微處理器的算術運算	142
8-1 加 法	142
8-2 減 法	144
8-3 乘 法	144
8-4 除 法	151
8-5 結 論	151
習 題	151
第九章 類比界面	153

VIII 微處理器應用入門

9-1 數位對類比的轉換法	153
9-2 軟體式定時轉換法	156
9-3 軟體式連續趨近轉換法	158
9-4 硬體式連續趨近轉換法	161
9-5 結 論	166
習 題	166
第十章 標準界面	168
10-1 S-100 微算機巴士規格	168
10-2 IEEE 488 界面巴士規格	179
10-3 RS-232 通訊界面規格	183
10-4 結 論	188
習 題	189
附錄一 習題解答	191
附錄二 實作題目	205
附錄三 6809與68000微處理器簡介	209
索 引	221

第一章 概 論

今日的微處理器，雖然有許多種不同的型式，但是它們却有許多相同之處，事實上，在最近數年中，微處理器設計的開發，已使它們越來越接近“單片計算機”的理想。如此的計算機，是以積體電路（IC）的型式，做在單片的矽晶上。它能執行所儲存的程式，並且也很容易與外界的裝置相銜接。

在本章中，我們將介紹理想微處理器的概念，並且介紹一些定義，與微處理器所常用的稱呼，最後則利用該理想的微處理器，導出一般微處理器的型態。當我們對一般的微處理器，有概念以後，就能很容易了解往後數章中所介紹的實際微處理器。

1-1 理想的微處理器

要具備怎樣的條件才能稱為“理想的”微處理器呢？就如圖1-1所示。由於微處理器是一種數位裝置，因此任何輸入線上，都只能加上兩種電壓值。相似地，在任何輸出線上，也都只能產生兩種的輸出電壓值。這兩種電壓各稱為邏輯0與邏輯1，我們分別以二進制數位（即位元；bit）0與1的符號來表示。

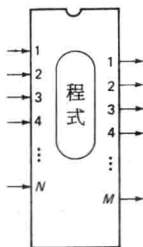


圖 1-1 理想的微處理器。

2 微處理器應用入門

在輸入線上的信號，是要輸入到微處理器的數據，這些數據可能來自開關、感測器、類比對數位轉換器、鍵盤、或任何其他像這樣的裝置。在理想微處理器內，存有微處理器的程式（program）。所謂程式就是一組有順序性的指令，輸入的數據，就由它來決定如何加以處理，並且由它來決定要送出如何的信息到輸出線上，以做為輸入數據的處理結果。輸出線接到開關、數位顯示器、數位對類比轉換器、列表機、警鐘，或任何其他各種的輸出裝置。

總之，微處理器就是一種數位裝置，它接受從輸入線來的一些數據，並根據所儲存之程式的指示，產生一些輸出信號，以做為這些輸入數據處理後的結果。在任何時候，微處理器輸出線上的邏輯值，將都只依下列兩個因素來決定：

- 1 到此時，輸入到微處理器之所有信號的情況。

- 2 微處理器所儲存的程式。

微處理器能被應用自如的主要原因就是：利用相同或非常相似的硬體，我們就能設計各種不同的程式，以運用於各式各樣的應用中。

為了說明微處理器可用於什麼地方，我們舉一個特殊的例子，即十字口紅綠燈的控制。我們把道路上的個個感測器，都分別接到微處理器的輸入線上，當汽車通過感測器時，在對應的輸入線上就產生邏輯 1，否則輸入線都在邏輯 0。微處理器的每條輸出，都分別控制十字口上的各個紅綠燈的燈泡。邏輯 1 打亮燈泡，邏輯 0 則關掉它。微處理器的程式，則設計成使十字口的交通能達於安全的暢通。某一十字口的微處理器輸出，可能用為另一十字口之微處理器的輸入。在紅綠燈的控制中，我們若把微處理器的程式設計得很完美，我們就可把這些因素都考慮到。

1-2 數據巴士

如果輸入線數 N 與輸出線數 M 都很大，則實際的微處理器，就

不可能像理想的微處理器，提供那麼多的輸入出線，因為在任何實際的 IC 包裝體上，都有限制接腳（pin）數。大多數的微處理器， N 都等於 M ，而且把這數定義為微處理器的數據通道寬度（data path width）或位語長度（word size）。在微處理器分類中，最常用的參數，就是這個數據通道寬度。用來傳送數據出入於微處理器的輸出入線，統稱為數據巴士（data bus）。

圖 1-2a 顯示一個八位元的微處理器，它有一個八位元寬的數據通道（亦即： $N=M=8$ ）。在任何時候，該微處理器一次都只能操作八個位元的數據。一個含八位元的數據位語，我們把它定義為位元組（byte）。圖 1-2b 為八位元寬之數據巴士的另一種比較簡潔的符號表示法。圖 1-3 則說明四位元微處理器的表示法。一個四位元的數據位語，我們把它定義為半位元組（nybble）。

在任何一定的時間，微處理器數據線上的邏輯值，都定義某一特定的數據位語。圖 1-4 所示之八位元的微處理器，其數據位語由八個含二進制數位值的 D_0 至 D_7 所組成。 D_0 稱為最小有效位元（least-significant bit），或簡稱為 LSB。 D_7 稱為最大有效位元（most-significant bit），或簡稱為 MSB。在數據巴士上的數據位語，能以許多種不同的方法來表示其值。最簡單的方法就是使

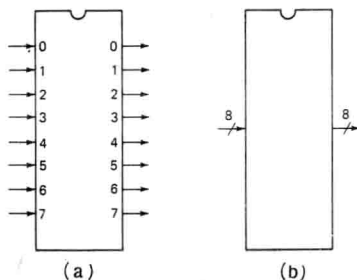


圖 1-2 八位元的微處理器。每一個數據位語都含有八個位元，即含 1 位元組。

4 微處理器應用入門

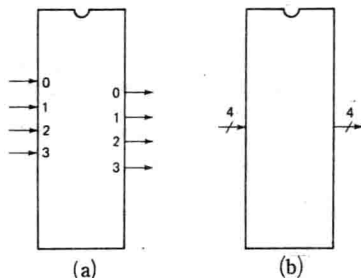


圖 1-3 四位元的微處理器。每一個數據位語都含有四個位元，即含 1 半位元組。

用二進制數的二進制記法。利用此種記法，圖 1-4 所示之八個位元的數據位語，就可寫為 11101011。為了表示該數為二進制數，我們都在其末尾加上字母 B，或在註腳處加“2”，而寫成：

11101011B 或 11101011₂

該數據位語也能表示成八進制數。在八進制的記法中，我們把三個二進數位組成一組，並且根據表 1-1 給予 0 至 7 的一個數值。

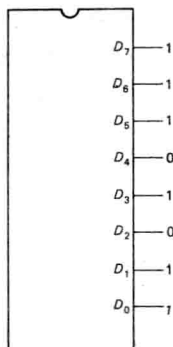


圖 1-4 八位元微處理器的數據巴士。D7 為最大有效位元 (MSB)；D₀ 為最小有效位元 (LSB)。

表 1 - 1 八進制數位

二進數	八進制數位
000	0
001	1
010	2
011	3
100	4
101	5
110	6
111	7

利用該表，我們可求出該二進制位語的相當八進制值為：

11	101	011	二進制
3	5	3	八進制

此處，353 就是二進數 11101011 的相當八進制值。爲了表示該值爲八進制的記法，我們在其末尾加上字母 Q，或在註腳處加上“8”，而寫成：

353 Q 或 353₈

表示數據位語的第三種方法，就是表示爲十六進制數（微處理器最常使用這種記法）。在十六進制的記法中，我們把四個位元，組成一組，並且根據表 1-2 給予一個字元。上述之二進數的十六進制值，能以下法求得：

1110	1011	二進制
E	B	十六進制

此處，EB 就是二進數 11101011 與八進數 353 的相當十六進制值。我們在十六進數的末尾加上字母 H，或在註腳加上“16”，來表

表 1-2 十六進制數位

二進數	十六進制數位
0000	0
0001	1
0010	2
0011	3
0100	4
0101	5
0110	6
0111	7
1000	8
1001	9
1010	A
1011	B
1100	C
1101	D
1110	E
1111	F

示它係以十六進制的記法表示：

EBH 或 EB_{16}

微處理器本身最實際的限制之一，就是在商場上 IC 包裝體上的接腳數。爲了節省接腳數，很多微處理器，都把其輸入數據巴士與輸出數據巴士合併，而共用相同的接腳。在任何時候，這些接腳都可用爲輸入或輸出，但是却不能同時做爲輸入與輸出。圖 1-5 顯示含有雙向數據巴士（bidirectional data bus）之四位元的微處理器。圖 1-5a 爲數據巴士使用在輸入的型式，圖 1-5b 爲數據巴士使用在輸出的型式。

圖 1-5 也指出了：微處理器有一個特殊的控制輸出 DBIN。在此種情況，DBIN 是用來向外面的線路指示：微處理器的數據巴