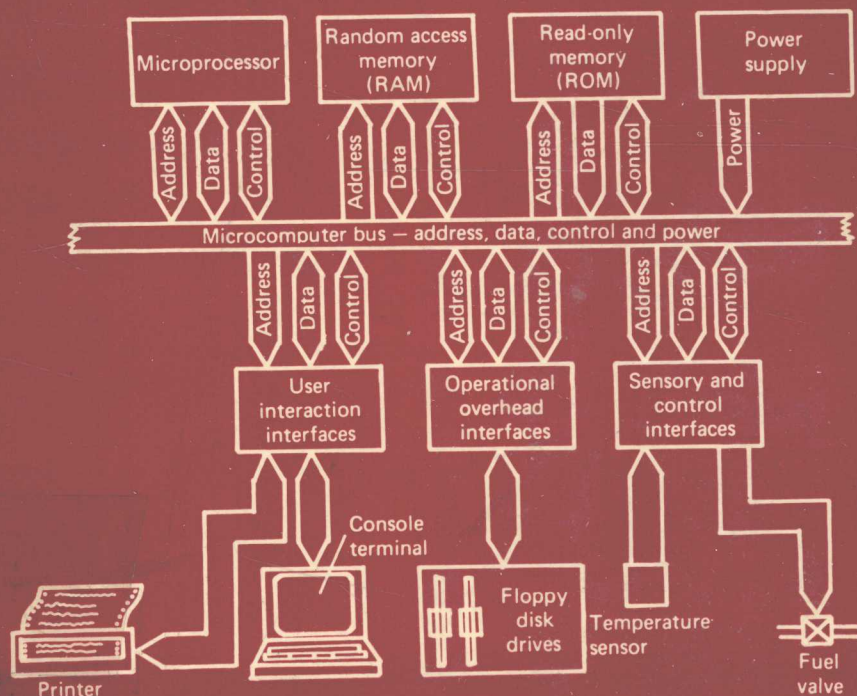


國家科學叢書

微電腦界面技術

BRUCE A. ARTWICK 著

王宗隆 譯



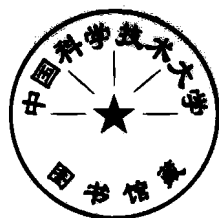
Microcomputer Interfacing

Microcomputer Interfacing

微電腦界面技術

原著者：BRUCE A. ARTWICK

譯者：王宗隆



有著作權
有製版權
翻印必究

■ 微電腦界面技術

定價：新台幣壹佰伍拾元整

原著者：BRUCE A. ARTWICK

譯者：王宗隆

總策劃：林洋慈

發行人：林大坤

發行所：國家出版社

總經銷：國家書店有限公司

郵撥：104801帳戶

總公司：台北市新生南路一段126之8號3樓

電話：3926748・3926749

門市部：台北市信義路二段128號

電話：3912425

印刷所：東遠印刷廠

1984年3月

行政院新聞局局版台業字第零陸叁貳號

原著序

組合一微電腦系統，包括依特定應用作界面元件的工作，即定義系統、選擇並配合適當的元件，及最終以可行的設計及構造技術建造系統。完成整個工作的各層次所需要的資料，目前只能得自廠商規格書、雜誌專文、工業文件及教科書，而這些多半偏重理論。收集有用的資料以建造及界面一個實際的微電腦系統，本身即是一項重要的工作。我寫本書的目的即在於將所有必要的資料，有關構思、選擇，結合配置、建造及界面微電腦系統等各項，整理成冊，希望能消除（起碼減少）收集資料所浪費的金錢、精力、時間。

本書討論範圍很廣。除了介紹一些進步的界面裝置及方法外；為理論較缺乏的讀者，也涵蓋一些基本的理論。採用這種方式是希望不同程度的讀者，都能從相同的設計起點出發。

在深入研究微處理機及界面元件之前，我們將先觀察一些目前已有的系統以探討微電腦的能力，其中包括各種不同型式的微電腦——從簡單的4位元單片控制器到完整的多位元資料處理系統。以幫助你建立概念，在不需外力支援下，完成合乎要求的微電腦系統。

無缺點的界面需要對微電腦通信、輸出入原理具有良好的認識。本書將從細節討論這些原理，並包括最新的規格及先進的界面裝置，如 CCD 記憶體，單晶片微電腦、單石乘法器及類比數位轉換器等。另有一節專門介紹機械界面元件如步進馬達，繼電器，伺服及機械換能器，將有助於實際界面及控制應用。

界面設計及製造技術包括許多“如何”（how）的資料，從如何使變壓器不致從微電腦機箱鬆脫到如何設計能使高功能的 ECC 微處理系統免

2 序

受雜訊干擾。這些與其他項目如最佳化、功能及可靠度方面都是極重要的重點。

最後一節用來討論所有重要的軟體發展工作，其中探討微電腦應用中各種軟體發展所需的知識。

本書並不只討論規格的比較及型號，而是介紹元件及界面方法，並逐項分析這些裝置及技術能為你做些什麼，及如何選擇元件以獲得最佳的結果。

除了設計及製造技術外，本書自各方收集許多工業標準，使本書在設計製造時能提供一些有用的參考資料。

BRUCE A. ARTWICK

目 錄

原著序	1
第一章 微電腦在現實社會中的角色	1
泛用專有名詞	2
微電腦及微控制器	3
界面	9
實際微電腦應用	22
第二章 選擇正確的微處理機	37
微處理機會如何影響到系統	37
系統設計的努力方向	38
估計系統的需要	39
重要微處理機特性	42
評估微處理機的實例	51
特殊目的微處理機	74
高能力的微處理機	78
分位元的微處理機	91
買或建立	100
第三章 記憶體	109
記憶體分類	110
運作儲存體	112
中繼大量儲存體	138
長項目大量儲存量儲存	145
為一個電腦系統選擇記憶體	158

第四章 微電腦輸入與輸出的方法	161
低階 I / O 元件	162
基本的資料傳送	165
I / O 方向的標準	170
串列 I / O	170
開迴路與閉迴路通訊	173
普通微電腦的 I / O 方法	175
I / O 傳送的開端	177
直接記憶存取	186
資料通訊匯流排	189
長距離資料通訊	192
錯誤偵錯與修正	194
第五章 界面元件與其特性	201
驅動器電路	220
接收器電路	210
輸入／輸出積體電路	219
單晶片控制器	236
單晶片算術處理單元	242
類比至數位轉換器	248
至類比轉換器	255
高功率界面裝置	257
換能器	263
光學顯示器和感知器	267
先進先出記憶體	277
第六章 界面電路的設計	281
很多零件問題	281

定義設計規則	282
邏輯設計指引	284
實際的設計指引	296
第七章 標準匯流排與周邊界面	309
標準的設立	309
微電腦匯流排標準	310
串聯資料通訊標準	325
並聯資料通訊標準	330
不標準與標準界面之匹配	331
第八章 界面配置與組織	335
機箱的選擇	335
選擇一連接器系統	340
電路板配置及組成	342
購買零件	348
電路及系統測試	349
第九章 界面軟體設計與型體	351
軟體發展的因素	351
程式語言	353
軟體工具	354
硬體輔助	358
分時及迷你電腦為基礎的軟體發展	361
微電腦術語解釋	363
索引	377

第 一 章

微電腦在現實世界中的角色

The Microcomputer's Role in the Real world

在一九七〇年代初期，電子世界開始了一次重大的革命——微處理機革命。雖然擁護者在微處理機發展技術的領域上造成了重大的躍進，但這仍算是一種進化式的發展，一種合乎邏輯的延伸，由小型積體電路（SSI）中型積體電路（MSI）（以今日的標準而言），到居於領先地位的主流——大型積體電路（LSI）。第一個4位元（bit）的微處理機並不是爲了中央處理單元（central processing unit）的特定功能而設計的，而是用來作複合控制器（complex controller）的。

實際上初期的微處理機設計者感到相當的困擾：爲何在進步雙極式的迷你電腦（bipolar minicomputer）已經大量問世之際，仍有許多人是使用這種以 $\overline{\text{FET}}$ （場效電晶體）爲基礎的微控制器（microcontroller）來作爲電腦（computer）。這個問題的答案是經濟的因素。這是人們第一次能以合理的價格，獲得實際的計算機功能。

漸漸地，以微處理機作爲中央處理單元的妙用已被理解，而且更具威力（more powerful）的八位元，十六位元，三十二位元微處理機也被發展出來。今天，傳統電腦的地位已經被微處理所動搖了。微電腦（micro computer）及迷你電腦之間的差異也消失了。而往後數年所將出現的微處理機其績效（performance）與複雜程序將是十年前所無法想像的。

般而言，更佳的产品將被製造出來，但這不需要在微電子（microelectronics）上作出太多的突破。

無論如何微處理機的績效，每秒指令數（instructions per second）4 位元，8 位元或 16 位元字長（word width）以及每秒的浮點運算數（floating point per second），都是由晶片上小小的一塊面積所決定。至於有關使用微處理機或是利用它來組成一個系統，一般則牽涉到所謂的「界面」（interface），它的重要性不亞於微處理機本身，但却常常被人們所忽略。微處理機的周邊電路與裝置比其微處理機更昂貴，佔據更多的空間，對周圍環境的要求更嚴格，在多數情況下它們消耗更多的功率，且在設計系統時須給予很高的優先。如果在設計階段詳細考慮界面的需求，並切實遵照設計規則，我們將能充分利用微處理機的高效能，提出巧妙、高信賴度的設計。

本章將提及一些以微電腦為基的資訊（information）及控制系統（control system），並將告訴你如何決定一個你所期望的微電腦應用設計。在此我們強調經濟因素的考慮，並提出一些實際的製品，就績效及界面的立場加以討論，以便提供一些構想，幫助各位更進一步。

泛用專有名詞（Prerequisite Terminology）

在有關技術領域的討論中，如果參與者未能確實地了解有關術語，則很容易喪失部分討論的主旨。我們需要了解專有名詞的意義以便有個良好的起點。本書後附有一些專有名詞解釋，來幫助各位了解微電腦的一些特殊名詞。但在此我們將先介紹一些重要的定義。

大型主機（mainframe）是一大型的電腦系統，一般應用在商業資料處理，以及複雜的科學運算。大型主機需要一群操作人員支援，及處理許多周邊裝置（peripheral device）如行列表機，讀卡機，磁帶單元，磁碟及終端機。IBM-3033 系統或 CONTROL DATA-6600 就是屬於大型主機；一台個人電腦（personal computer）包含所有的電路板，二

組軟性磁碟機以及一台終端機，則不屬此類。

微型電腦 (microcomputer) 是一個由微處理機建造的完整計算機系統，微電腦還包含記憶體 (memory)，時脈 (clock) 和界面。一台個人電腦內含一片 CPU 板，一些記憶體電路板，電源供給器及一些界面。這些也正是大部分微電腦的構造。

微處理機 (microprocessor) 是由一個或多個大型積體電路所構成。它根據預存於記憶體中的指令，而執行順序計算或作為控制單元。

迷你電腦 (minicomputer) 是一種小型的電腦系統，它的中央處理單元是以小型、中型積體電路或一些分離元件所建造的。迷你電腦還包含了協同記憶體 (associated memory) 及界面模組 (interfacing module)，一台迷你電腦不需要很多的操作人員，甚至在不使用時候，這些問題指出，可以把它關掉。DIGI - TAL 電腦公司的 PDP-11/35 即屬此類。

微控制器 (microcontroller) 是一種由微處理機，記憶體及界面所組成的模組，作為控制應用中的控制器。如果一個控制交通燈號的控制器中含有微處理機，那麼它就是一個微控制器。

微電腦及微控制器 (Microcomputers and Microcontrollers)

我們在系統中以微處理機替代部分邏輯線路，或直接建立一套完整微處理機系統，將可節省一大筆費用，增加系統績效及可靠度。但也可能因而帶來很大的問題。因此在實行一個大計畫之前充分認識微處理機的特性，將是一項明智之舉。我們的目標是獲得最大的好處而避免可能發生的困擾。

LSI 的特性

由於微處理機是由大型積體電路建造的，所以系統的優點及缺點也被

4 微電腦界面技術

大型積體電路所影響。

系統所有的包裝數目大幅的降低了。由許多小型積體電路，中型積體電路所組成的資料儲存體、算術及界面邏輯被製造成一個中央單元。包裝數目的減少造成了系統體積及重量的減少。

基本閘邏輯複雜程度增加了。微處理機是一種多用途可程式化的裝置 (multipurpose programmable)，同時它有許多特性在應用中並未被用到。微處理機也無法像分離邏輯元件那樣，為配合使用而加以適當修改。無法更改的硬體及可程式化的軟體促使微處理機更趨複雜化。

不論邏輯複雜度的增加或是整體功率消耗的降低，使用微處理機或其他大型積體電路裝置，其較小的驅動電流及寄生電容，戲劇性地降低了閘功率消耗 (power-per-gate) 及增加了速率 - 功率乘積 (speed-power product)。

由於接點的減少，大型積體電路也增加了系統的可靠度。大型積體晶片 (LSI chip) 上所含電晶體間的接點及接面電阻，遠較分離元件的鉅錫接點，具有更佳的可靠性。所有大型積體元件對機械性的疲勞及惡劣的環境擁有較高的容忍度。

最後一點，微處理機及大型積體電路元件能夠大幅降低系統的成本。單是一個價格便宜的微處理機就可替代大量的中、小型積體電路及分離元件，因而省却一筆相當的費用；而在其他方面能夠間接節省更可觀的花費。如電路板的體積及複雜度的降低，省下一筆材料及配線的費用。且因為系統多數的並聯資料匯流排 (parallel data buses) 被建造在微處理機晶片上，減少了昂貴的並聯資料匯流排配線作業。同時我們能在電路模板 (circuit module) 上填入更多的系統功能，因此又可以再減少一些模板及連接器 (connector) 的數目，達到降低系統附件及複雜度的效果。以上所有費用的節省，導致整個系統價格的降低。

微電腦特徵

就如同微處理機以大型積體電路結構製成而有著和大型積體電路相同的優缺點一樣，一個電腦的特性也呈現出類似其處理機結構(architecture)的傾向。這一點似乎是很易於明瞭的，但詳細了解這方面的電腦特徵仍是相當重要的。因為這種特徵在很多應用中其害處遠大於其益處。

微處理機就如同電腦及其他可程式化裝置一樣具有多用途的功能。這項特性使得應用微處理機的系統(構造)極易於變更，並且能一步一步地完成極為複雜的(設計)工作。也因此許多系統的複雜功能可以不用另外設置特殊用途的硬體來完成。大大地減少了發展複雜硬體的負擔及困難，而能夠以系統軟體來取代。

但切勿以為程式的設計是一種輕而易舉的方法，演算法(algorithm)及程式發展都是極其昂貴的，一行已除錯的程式碼(debugged code)大約需要美金二百元。事實上，使用程式設計的優點是它通常比相等效能的硬體便宜。

就如同多數的大型電腦一樣，微處理機具有 Von Nuemann 的特性：它們依照既定的順序，執行一個接一個的指令來完成我們所給予的工作。這類型的機器在解答問題時被證明是相當有用的。但由於它在一個時間內限制只能執行一個指令，所以當應用在某些控制系統中，可能導致很嚴重的問題。在這裏，我們以基於微處理機(microprocessor based)的慣性導航系統來舉例說明。

假設飛行慣性導航系統以每ms(毫秒)一次的速率，輸出一組航行參考數據。參考數據中包含著經線的度，分，秒(degrees, minutes, seconds)三個位元組(bytes)的資料。導航處理機(在本例中使用微處理機)必需取權這組資料及其他數據，並在顯示裝置上繪出目前飛機的位置。為獲得正確的結果，這三個位元組的資料必須同時被處理機取得。

如果不這麼做，微處理機先取得角度，接著來取得分，然後再取得秒。結果將造成錯誤的輸入。譬如在經度從 120° ， $59'$ ， $59''$ 轉到 121° ， $00'$ ， $00''$ 時，會取得到一個 120° ， $00'$ ， $00''$ 的錯誤輸入，誤差達到 $59'$ ， $59''$ ，這個距離在赤道上計算大約是 70 英哩！

解決此問題有二種可行的方法。微處理機取得一條狀態線，此狀態線指示航行數據將維持穩定一段時間，在這段時間內所取樣的資料不會發生錯誤。或是利用外加暫存器 (external register) 在同一時間內取得這三組資料。在其他類似情況中我們需要一些外加硬體，而使微處理機只成為元件系統中的一個零件。

微處理機製造廠商也了解到處理同時發生事件的必要性，所以提供了界面晶片以俾輔助微處理機來處理這類事件。

微處理機在越來越多的小型商業及科學電腦中出現。為何微處理機能與小型、中型積體電路建造的中央處理單元抗衡呢？

在計算機結構 (computer architecture) 或處理功能方面，微處理機並無任何創新之處。事實上，大部分微處理機的計算機結構並不很健全，就比較上來說，微處理機比之二十年前的迷你電腦、大型主機並無太多改進之處，以前所沒有或無法達到的功能，今天的微處理機也沒辦法做到。不過微處理機却能以千分之一以下的價格來達成類似的功能。而且微處理機的複雜電路也比以前更為可靠。這導致價格、維護方面費用的顧慮已經消失。因而允許計算機以從前不可能達到的經濟性來完成工作。

此處有三個主要因素足以妨礙商業及科學計算機作更廣泛的使用：高昂的軟體發展費用，較低的處理速度，價格高居不下的周邊機件。

正如任一電腦系統一樣，微電腦也需要支援軟體以便作資料處理，科學應用。編輯程式 (editor)，組合程式 (assembler)，高階語言 (high-order language) 以及應用包裝 (application packages) 需要時間及金錢來發展；而且不像微處理機的價格，軟體的費用正不斷地上漲。更糟的是新型的微處理機不斷被推出。只有少數的微處理機“無中生有”

的建立起大量的支援軟體（如 8080 及 6800 系列）。製造商為了減輕重新建立支援軟體的負擔，採用了一種特殊的處理方式：將既有的迷你電腦指令集（instruction set）放入微處理機中，以便能與既有機器的軟體匹配（compatible）。Digital 電腦公司的 LSI-11，Data General 電腦公司的 Micro Nova 及德州儀器公司的 9900 都是採用這種方式。值得玩味的是：這些微電腦軟體有很多是在一九六〇年代寫的，早遠在微處理機發明以前。

軟體方面的問題實際上妨礙了高效率及結構更進步的微處理機的問世。新型微處理機的軟體匹配能力，成為首要考慮的因素。因此雖然 Intel 8086 及 Motorola 68000 被稱為“新一代的微處理機”，但是許多無效率的指令及結構仍然存在。

電腦界對於計算機功能的要求似乎永無止境。大型主機及迷你電腦的績效都已增加，程式語言及程式本身依賴其強大的功能，並以大量記憶體來消除程式的複雜性及低效率。

當我們比較大型主機、迷你電腦和微電腦處理速度之間的差異，我們會發現微電腦好像是二十年前的機器。不過先進的科技開始彌補這方面的缺陷。但微電腦系統的記憶體大小仍比大型機器有限。基於這個因素，計算機程式設計師在微電腦系統中，必須在設計方式上退後一大步。在大部分的微電腦中，以手寫的組合語言程式（assembly language program）仍被廣泛的使用。（而且其代價通常很昂貴！）

微電腦系統軟體的時代已經快速地到來。像 Intel 的 PL/M 及 Zilog 的 P/Z，這類在時間及記憶體上極具效率的高階語言，已廣為人們所接受。不過界面及周邊的價格仍舊影響人們商業及科學運用方面對微電腦的需求。縱然採用微處理機作為中央處理單元，是一項比較便宜的投資，但周邊方面的價格仍是所費不貲的。舉一部小型商業處理系統例，它需要一個 CPU（以微處理機而言約美金一千五百元——是迷你的三分之一）但它還需要：

- 控制台終端機（Console Terminal） 美金一千五百元

- 列表機 (Printer) 美金四千元
- 二部軟性磁碟機 美金二千元
- 其他硬體裝備 美金一千元
- 系統及商用軟體 美金四千元

一個微處理機的 CPU 價格只需迷你電腦的三分之一。不過它的功能也較差；但如果廉價的機器也能處理相同的工作，這種節省最初似乎也是很值得的。可是如果把周邊裝置也計算在內，那麼使用微處理機的優點就不那麼強烈了。就系統而論，一台迷你電腦能提供的績效三倍於微電腦，但它的價錢只貴了 15 %。不管選擇迷你或微處理，周邊裝置的價格都是相同的。

然而生產廉價的周邊裝置能改變上述的情況。不過由於周邊裝置昂貴的機械部分，想要降低週邊裝置並不是件容易的工作。如磁碟機及列表機，就是兩種需要大量機械元件的周邊裝置。幸好利用微處理機能取代大量的機械硬件，而大的產量也會使機件的價格降低。

新產品的適應性

具有小體積、低功率特性的微處理機正被製成一些新型的資訊處理系統。長久以來人們所夢想的桌上型電腦，已經以極低的價格推出。這些小型微電腦建立了個人電腦的觀念。

一般資訊處理系統的智慧型周邊設備體積都很小，而且正被廣泛的使用。智慧型周邊機件通常內含微處機，用來處理電腦系統與周邊設備間的通訊及資料編排 (data forming)。一些智慧型終端機也提供了一些如離線編輯 (offline editing) 及編排 (formatting) 的內部功能。

風靡全球的微電腦遊戲是一種以微處理機製造，而價格極為經濟的小型資訊處理系統。

我們在前面所述及的，種種有關微電腦資訊及控制系統的優缺點，並

不完全取決於微處理機晶片本身；所有環繞處理機，驅動周邊設備，感應輸入及選擇輸出的電路，都各自擔任著微電腦一部分的功能，並影響著系統整體的功能。

界面 (Interfaces)

界面的定義是：結合系統中不同的元件，而形成一個整體的操作單元。如果只單獨地使用微處理機，那它一點用處也沒有；但是如果加上適當的界面，它就成為有用的產品。我們將在本節中討論一些出現在微電腦系統中的典型界面。

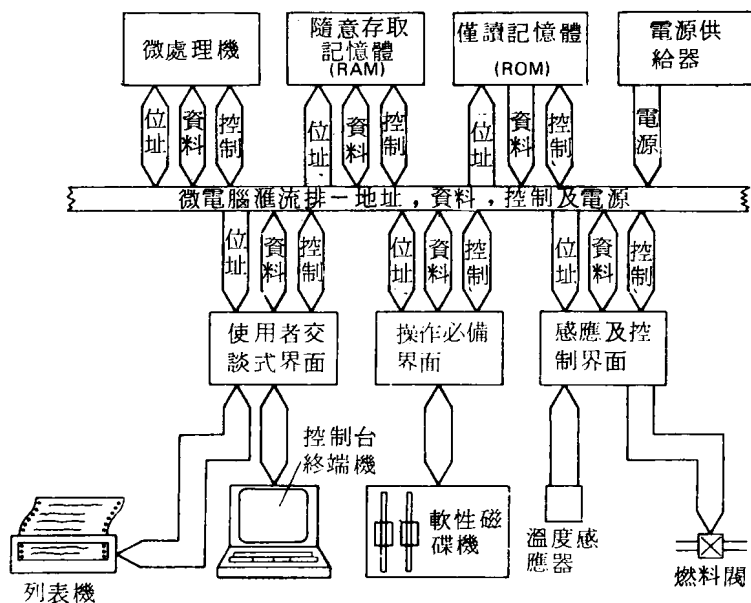


圖 1-1 典型的微電腦系統及其界面

微電腦系統隨著尺寸大小及結構而有所差異。新型的單晶片只需一枚 LSI 晶片及少數零件即可構成一個系統，但典型的微電腦及介面是由數