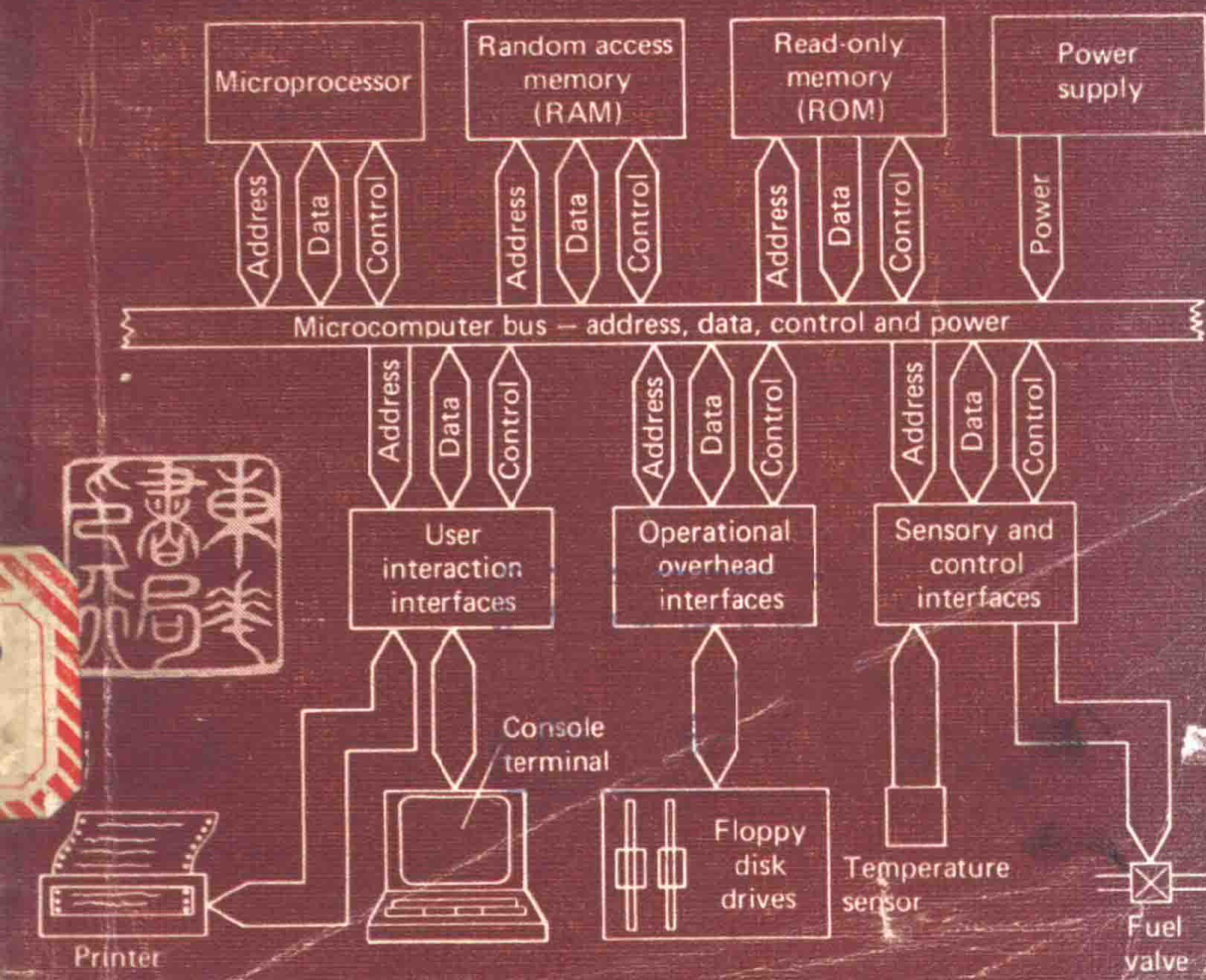


MICROCOMPUTER INTERFACING

Bruce A. Artwick

微算機界面

謝忠健譯





版權所有・翻印必究

中華民國七十年八月初版

大專
用書

微 算 機 界 面

定價 新臺幣壹百六十元整

(外埠酌加運費滙費)

譯 者	謝 忠 健
發 行 人	卓 鑫 森
出 版 者	臺灣東華書局股份有限公司 臺北市博愛路一〇五號 電話：3819470 郵撥：6481
印 刷 者	合 興 印 刷 廠

行政院新聞局登記證 局版臺業字第零柒貳伍號
(70028)

序

組合一部微算系統——包含為系統特別功能而設計的界面——事實上等於定義系統、選擇並匹配各元件、最後採用可被接受的設計及製作技術來完成此一系統。然而，為達成此一整體目標的有關各種資料來源卻僅散見於製造廠商規格表、期刊或工業界論文及教科書，且它們都相當的理論化。為製作及界接一部實實在在的微算系統而收集到足夠有用的資料本身就是一件相當繁重的工作。本人著作該書的主要目的即在於將所有有關各方面應用之微算系統所需的各種觀念、選擇、匹配、製作及界接等資訊集中在一本書內，以便免除——至少簡化——昂貴的、不規律的、浪費時間的資訊收集工作。

本書含蓋了相當廣泛的主題。當然也研討了高等的界面元件及方法，但為了尊重一些較不具備技術基礎的讀者起見，自然將一些基本的事實也列入討論。這樣可使各階層的讀者都具有同等的設計起點。

尚未詳細探究微處理機及界面元件的廣泛比較之前，首先以目前存在的某些系統及應用做例子來說明微算機的能力。其次對各種不同的微算機（微處理機）——從最簡單的4-位元，單板控制器至整套多位元資料處理系統——加以評估，這樣就可以在不需要任何其他協助之下確定所欲應用之正當系統觀念。

可靠的界面緣於對微算機傳輸，或輸入／輸出原理的徹底了解。這些原理在本書中將做詳細的探討，同時對一些較高等界面元件如CCD記憶器、單晶微算機、單晶乘法器及類比至數位轉換等的最新規格及性能資料也都加以含蓋。另有一節探討關於步階馬達、繼電器、伺服及機械換能器等常被忽略的機械式界面元件，將有助於在實際界面及控制應用方面的設計。

界面設計及製作技術包含了廣泛的“如何”資料，從在微算系統底架中如何避免變壓器的鬆動到在高性能的ECL微算系統設計中如何

避免雜訊的產生。這些主題及其他的程序在本書中都以如何得到最佳、最高性能及最可靠的設計特別加以強調。

結論一節中研究了最重要的軟體發展工作，其中描述了為不同微算機應用發展各種軟體所需的事項。

本書所討論的不僅是各種規格及產品編號的簡單比較，而是對各種元件及界面方法加以探討及分析，着眼於這些裝置及技術所能提供使用者的便利及如何使用，如何從選擇的元件中得到最佳的效果。

除了設計及製作技術外，本書也收集了一些以前僅散見於各處的許多工業界標準，使本書成為一本很有價值的參考書及隨手可取的設計及製作指引。

阿特威克

目 錄

序

第一章 微算機實際扮演的角色..... 1 ~ 35

先了解的術語.....	2
微算機與微控器.....	3
界面問題.....	9
微算機應用實例.....	22

第二章 選擇適當的微處理機..... 36 ~ 113

處理機如何影響系統.....	36
系統設計追求些什麼？.....	37
評估系統的需要.....	37
微處理機的重要特性.....	41
微處理機評估舉隅.....	50
特殊用途微算機.....	73
高性能微處理機.....	79
位元組片微處理機.....	92
購買或製作？.....	103

第三章 記憶體..... 114 ~ 166

記憶體族系.....	115
工作儲存器.....	117
中時大量儲存器.....	143
長時大量儲存裝置.....	150

為微算系統選擇適當的記憶器	164
---------------------	-----

第四章 微算機輸入及輸出方法..... 167 ~ 210

低階 I / O 元件基礎	168
資料傳送基礎	175
I / O 方向標準	176
串聯 I / O	178
開路式及閉路式傳輸	181
一般微算機 I / O 方法	183
I / O 傳送開始	186
直接記憶取材	195
資料傳輸匯流排	198
長距離資料傳輸	202
錯誤偵測與訂正	204

第五章 界面元件及其特性..... 211 ~ 289

驅動線路	211
接收線路	219
輸入／輸出積體電路	226
單片控制器	241
單晶算術處理單元	250
類比至數位轉換	255
數位至類比轉換器	262
高功率界面裝置	263
換能器	272
光顯示器及感測器	277
先進先出記憶器	287

第六章 界面線路設計 290 ~ 319

多元件問題.....	290
定義設計規則.....	291
邏輯設計指引.....	294
物理設計指引.....	307

第七章 與標準匯流排及 周邊裝置之界接 320 ~ 344

標準的形成.....	320
微算機匯流排標準.....	321
串聯資料傳輸標準.....	335
並聯資料傳輸標準.....	339
非標準至標準界面間的匹配.....	340

第八章 界面佈置與製作 345 ~ 360

箱子的選擇.....	345
選擇接頭系統.....	351
線路板之佈置及製作.....	352
購買各元件.....	358
線路及系統測試.....	359

第九章 界面軟體設計及實現 361 ~ 371

軟體發展之基礎.....	361
程式語言.....	363
軟體工具.....	363
輔助硬體.....	367
時間分割及小型計算機為基礎的軟體發展.....	370
獲取軟體設計的資訊.....	371

結論	371
微算機術語詮釋	372 ~ 385
索引	386 ~ 399

第一章

微算機實際扮演的角色

1970年代初期顯現出電子革命跡象的開始：微處理機革命。雖然支持者聲稱微處理機的發展在近代科技中跨了一大步，但是倒不如說它是進化的結果——由小型、中型及在現代眼光中的基本積體電路邏輯延伸出來的。一片4位元微處理機，設計初期並不是屬意用來做為中央處理單元的，而是當做一個相當複雜的控制器。

事實上，微處理機的當初設計者感到相當的困惑不解，為什麼一般人喜歡採用FET型的微控器當做計算機，而不採用已經可行且更高級的雙極性(bipolar)小型計算機？這問題的關鍵在於經濟的考慮。微處理機的誕生，使得真正具有計算能力的裝置，首次以合理的價格，提供給每一個人使用。

慢慢地，把微處理機當做中央處理單元的觀念被確認了。因此，更具能力的8位元、16位元甚至32位元的微處理機也相繼地被發展出來。現在，微處理機已嚴重地侵入了傳統計算機的領域。微算機與小型計算機間的區別也消失了。幾年內，微處理機的功能與複雜，將達到十年前所難以想像的程度。微電子愈發達，更好用的微處理機也將以更合理的價格問世。

處理機的性能，每秒能執行多少個指令，4位元、8位元或16位元的位語寬度或者每秒能執行多少個浮點運算僅是其中的一面。如何利用微處理機及如何有效地將它組成一套整體系統，即一般通稱的界面問題，也是一樣的重要，而且是常常特別強調的特性。這些支援用的線路及環繞在微處理機周邊的裝置，在所有情況下比起微處理機本身來成本更高，更佔空間，更受環境的限制，並且比微處理機本身消耗更多的功率，因此在做系統設計時，必須優先加以考慮。設計階

2 微算機界面

段周詳考慮系統界面的需求，然後依此定義出設計的規則，將可得到一個發揮微處理機最高性能、毫無瑕疵、信賴度高的設計。

本章將探討有關以微處理機為核心的資訊或控制系統之優點，以便提供讀者決定在應用方面是否值得採用微處理機系統的參考。首先強調微處理機系統的經濟性，其次從性能及界面的觀點檢視幾個實例，以便提供有意採用微處理機做為計算應用方面決定時，必須注意的重點。

必先了解的術語

討論任何技術性的知識，如果參與的人沒有十分明確地了解其術語的話，則往往會喪失它的本質。近年來有很多的作者給予本來很有限的名詞所做多重的解釋，只使得問題變得更複雜，同時微算機也因為太多的頭字語及雜亂名詞而惡名昭彰。這些問題提醒我們必須有一個清楚的起點。本書末附有辭彙解釋，以便讀者能在術語衆多的領域中找出一條出路，但是在尚未進入本題之前，對一些較基本的術語先給予一個定義也是相當重要的。

微算機、小型計算機(minicomputer)、微控器(microcontroller)、微處理機及大型計算機(mainframe)只是一些被不嚴密定義的幾個名詞，而且似乎當一般人誤用它們時，其定義也隨之改變。本書中，所有的定義均取材自一般工業界術語。

一部**大型計算機**是指一部很大的計算機系統，一般用在有關商業資料處理或高級科學計算上。一部大型計算機需要一個負責的機構，同時能夠處理很多周邊裝置如列表機、讀卡機、磁帶及終端機等。

IBM 3033 系統或 Control Data 6600 可說是一部大型計算機。一般的個人電腦雖然包括了幾片線路板、能驅動兩個軟性磁碟，同時也擁有一架終端機，但仍不能說它是一部大型計算機。

微算機是指以微處理機為核心而具有全部運算能力的計算機系統。在微算機系統中包括有記憶器、計時脈衝及相關界面。一部具有中央

處理單元、一些記憶器線路板、電源供應器及界面線路的個人電腦便構成了一架微算機。

微處理機包含一塊或多塊大型積體電路 (LSI)，此電路能執行預先儲存在記憶器中的指令，可當做一個循序的計算單元或控制單元。這些存在記憶器中的指令可能是製造廠商事先定義好的，也可能是使用者自行定義的。

一部小型計算機是一部小規模計算機，它的中央處理單元是由小型或中型積體電路 (SSI/MSI) 或由獨立元件所組成。做為小型計算機的組成部門，還包括了附屬的記憶器及各種界面模板。一部小型計算機不需要太多的人員，甚至於不使用時，可將之關機。DEC (Digital Equipment Corporation) 所出產的 PDP 11/35 就是一部小型計算機。

一架微控器是由微處理機、記憶器及界面線路所構成，而將它用來做為特殊控制用。比方說一個放在街角用以控制停車號幟的線路板，若是用微處理機製作的，便可說是微控器。

微算機與微控器

只要將系統中的某些邏輯線路用微處理機來取代或以微處理機為核心來設計整個系統，就可輕易地獲取如下的好處：成本降低、系統性能及可靠度增加。不過，也可能會面臨很多困擾的問題。因此在還沒開始專題設計之前，先認識微處理機的特性是相當聰明的作法，它可避免微處理機的陷阱而發揮它的優點。

LSI的容貌

微處理機，以其與生俱來的LSI特性，勢必將大型積體現象的所有優點與缺點帶進一個系統。

整個系統的IC個數減少了，以前利用獨立MSI及SSI所組成的大部份資料儲存所、算術單元和界面邏輯都合併在一塊中央單元內。

4 微算機界面

IC 個數的減少相當於系統變小也變輕。

以閘為基礎的觀念來看，邏輯的複雜程度是一直在增加中。微處理機是一種多用途且可規劃（programmable）的裝置，但也俱有很多在某些用途中無法用到的性質。因為微處理機是無法加以修改的，所以它們無法如同獨立邏輯元件所能提供的一樣，對使用者的要求發揮最大的功能。不完美且要求可規劃的性質是引起邏輯複雜的最主要原因。

儘管邏輯複雜程度增加了，但是採用微處理機及其他 LSI 裝置卻減少了整個系統的功率消耗。小的驅動電流及低的雜散電容，使得 LSI 在每個閘的功率消耗方面節約了許多，同時也提高了速度 - 功率乘積特性。

LSI 裝置也提高了系統的信賴度，因此系統可靠度低的原因往往出在機械上。在 LSI 技術上，高度可靠的一次金屬化層及直接接觸的電晶體及電阻接合面取代了機械式的接點及獨立元件間的焊點，結果使得 LSI 元件對機械震盪及使用過度較不敏感，對惡劣環境的忍耐度也較高。

最後，微處理機及其他 LSI 元件也大大降低系統的成本。一片不太貴微處理機能取代甚多的 SSI，MSI 及獨立元件裝置，因此元件個數的節省就極為可觀；但是最大成本節約是由其他方面得來的，如線路板變小了，複雜性降低了，節省了材料及佈置成本。由於大多數系統的並聯資料匯流排都包含在微處理晶片上，這樣一來，昂貴的並聯匯流排、線路板佈置就大大地化簡了，成本也就降低了。他如大部份系統的功能都可以擠在一片線路模板上，因此減少了模板個數及連結器。當然也縮小了外箱的大小及複雜性。這種種的節約構成整個系統成本的降低。

計算機的特色

正如微處理機本身採用 LSI 的技術，所以兼具了 LSI 的優點與

缺點一樣，它具有處理機的結構，故也必具有計算機的特色。這好像已十分清楚，但對具有計算機特色這點却十分值得詳加探討。在某些方面，這一特色使它不僅於事無補，反而礙手礙腳。

微處理機，如計算機，是可規劃的裝置並具多重功能。這一特性，使得以微處理機為核心的系統易於重新配置而在亦步亦趨的情況下執行複雜的工作。很多屬於系統上複雜的功能便不需要用特殊系統硬體來實現，這樣複雜硬體發展所需下的功夫就大大地減少，而將負擔轉移到軟體上面。

但是千萬別以為程式是一件微不足道的事，演繹法的尋找及程式的發展是相當昂貴而且費時的。依情況而定，一條經過除錯的式子可能所費高達美金兩佰元。真正的益處在於書寫程式要比利用硬體而達到效果的花費來得少。

正如大部份大型計算機一樣，微處理機在特性上是屬於 Von Neumann：即它們是依照事先安排好為完成一件事所寫的指令，一個一個依序執行的。這類的機器在解決問題方面表現出它優越的性能，但是因受在一時間內僅能執行一個指令的限制，在做為控制系統時，可能得到相當嚴重的後果。當有幾件事情必需在幾乎同時間內加以檢視或啟動時，微處理機在這方面就愛莫能助了。一個明顯的例子是以微處理機為核心的飛彈慣性導航系統。

假設飛機上的飛彈慣性導航系統以每毫秒 (ms , 10^{-3} 秒) 取樣一次的速率發出航線的參考資料。這種航線資料假設由三位元組所組成，其中包括經度的度、分、秒。這航行處理機（在此指微處理機）必須取樣這些資料及其他資料，並將飛機的位置顯示在一種顯示裝置上。如果要得到正確的答案，這三位元組的資料必需在同一時間被取樣，如果不能同時取樣的話，微處理機所取的資料可能是一次取樣的度數及下次取樣的分數及秒數，結果當然是錯誤的輸入。一種可能的誤差是 120 度 59 分 59 秒轉換為 11 度 0 分 0 秒時，被取樣的結果是 120 度 0 分 0 秒，這誤差高達 59 分 59 秒，相當於地球赤道上 70 英哩長。

6 微算機界面

解決此問題有兩種方法。微算機可在對指示航行資料在某段時間內穩定的狀態線加以取樣，接着在這安全區間內對資料取樣。或則外加些暫存器，以便同時攫取三位元組的資料。在這兩種情況下，均需增加額外的硬體，使得微處理機變為零件系統中的另一個元件而已。

微處理機製造廠商體會出同時處理事件的重要，因此也製造了一些界面元件來協助微處理機處理同時發生的事。

資料處理能力

微處理機漸次地出現在小型商用及科學用計算機中。微處理機如何在高度發展的以 MSI，SSI 為主之中央處理單元中生存呢？

就計算機的結構及處理能力言，微處理機並沒有什麼新奇的地方，事實上，它們的計算機結構是相當簡陋的。目前微處理機所能做的事沒有一件是廿年前小型計算機或大型計算機所沒有做過或不能做的；但是它却以低於千倍的價格來完成，更有甚者，同樣複雜的微算機，事實上來得更可信賴，因此成本及服務的因素就消失了，使得計算機能夠深入以往因為經濟因素而不可到達的地方。

有三個主要的因素阻礙了更廣泛的商業及科學上微算機的使用：太高的軟體發展成本，太低的處理速率及一直很昂貴的周邊裝置。

正如其他計算機系統，在資料處理、商業應用及科學研究方面，微處理機也需要軟體支援。編輯程式（editor）、組合語言翻譯程式（assembler）、高階語言及應用軟體的發展是需要時間與金錢的，不幸的是軟體的價格並不如硬體的價格逐漸下降，而是一直在升高中，更遭的是新的微處理機一直地在上市。目前只有一些從基礎湊合起（即非沿用小型計算機者）的微處理機具有很多的軟體支援基礎（尤其是 8080 及 6800 系列）。製造廠商用以減輕軟體支援問題負擔的方法之一是不從基礎湊合起，而將微處理機仿造成現有的小型計算機（指令群），使得微處理機在軟體上與現有的機器完全通用。DEC 的 LS1-11，Data General 的 Micro Nova 及 TI 的 9900 等均為採用

這種方式的實例。這是相當諷刺的，因為這些應用在微算機上的軟體是在微處理機尚未發明前的 1960 年代所寫的，多多少少打破了“軟體跟隨硬體”的傳言。

軟體支援問題是阻礙更具效率，結構上更高級微處理機遲遲無法上市的主要原因。當推出一種新處理機時，軟體的共通性是重要的因素。雖然 Intel 8086 及 Motorola 68000 被稱為是微處理機的新生代，但是一些舊有的、缺乏效率的指令及結構特性依舊存在。

在追求更高的計算能力方面，計算機世界似乎是永無止境的。大型及小型計算機在功能方面已提高很多，但程式語言及程式本身却仍依賴着原始的處理能力及大量的記憶體，以便隱埋其複雜性及無效率。

如果將小型及大型計算機的處理速度與微算機者比較，微算機是落後了廿年。更高的技術逐漸縮短了這一差距。就記憶單元言，與大型計算機比較起來，微算機仍受相當的限制。因為受這些因素的影響，一位程式設計師當面對微算系統時，在程式設計方面必先躍進一大步。就大部份微算機言，手寫的組合語言仍廣泛地被使用着（這種發展費用相當昂貴）。

微算機系統軟體迅速地成長而達成熟階段，高階語言編譯程式能編譯出有效利用時間與記憶器的譯碼，如 Intel 的 PL/M 及 Zilog 的 PL/Z 已被廣泛採用。但是界面及周邊裝置的價格却減損了微算機在商業及科學上應用的願望。雖然一部微算機的中央處理單元是十分便宜的投資，但周邊裝置却使它變得非常昂貴。例如，一部典型的小型商業處理系統，需要一個中央處理單元（採用微處理機價值美金 1500 元，若採用小型計算機則需要三倍價錢），同時也需要：

- 控制台——美金 1500 元
- 列表機——美金 4000 元
- 兩個軟性磁碟驅動器——美金 2000 元
- 作為硬體專用的托架——美金 1000 元
- 系統及商用軟體——美金 4000 元

8 微算機界面

一部微算機中央處理單元的價格僅及小型計算機的三分之一，但比較起來它却相當地缺乏能力。或許以比較便宜的機器也能處理所需的工作份量，這樣的節約看起來是值得的，但當所有的周邊裝置均列入考慮時，微算系統就不見得有什麼優勢了。一部小型計算機在功能方面能及微算機的兩倍或三倍，而以系統的總成本來看，它只貴了15%，因為不管選用小型計算機系統或微算機系統，周邊裝置的價錢是一樣。

這情況可因採用較便宜的周邊裝置而獲得改善。減少周邊裝置的成本並不是一件簡單的工作，因為機械部份相當昂貴。列表機及磁碟就是兩種高度機械化的周邊裝置。幸運地，微處理機能夠取代大部份的機械硬體，大量生產也是降低機械成本的途徑之一。

新產品適應性

微處理機的小體積及低功率需求，正形成資訊處理系統的新形式，長久以來夢寐以求的桌上型計算機，現在已經以低廉的價格上市了。個人電腦的觀念，亦因這微小計算機得以實現。

從任何角度看都顯得小巧的高性能周邊裝置正廣泛地用於資訊處理系統。這種高性能周邊裝置通常包含一個微處理機用以處理資料編組及做為從計算機系統到周邊裝置間傳輸的媒體。內部機能，如在此高性能終端機內的非即時編輯（offline edit）及編組工作，亦可利用此微處理機來完成。

高等微算機遊戲也是一種小型資訊處理系統，同樣的可利用經濟的微處理機來完成。

以上所提有關微處理機資訊處理及控制系統的所有長處及短處，不僅是因為微處理機本身的緣故，所有處理機周圍的線路，周邊裝置驅動線路，輸入感測線路及通道輸出等在促使微算機成為一個適用系統方面均各自扮演了重要的角色。

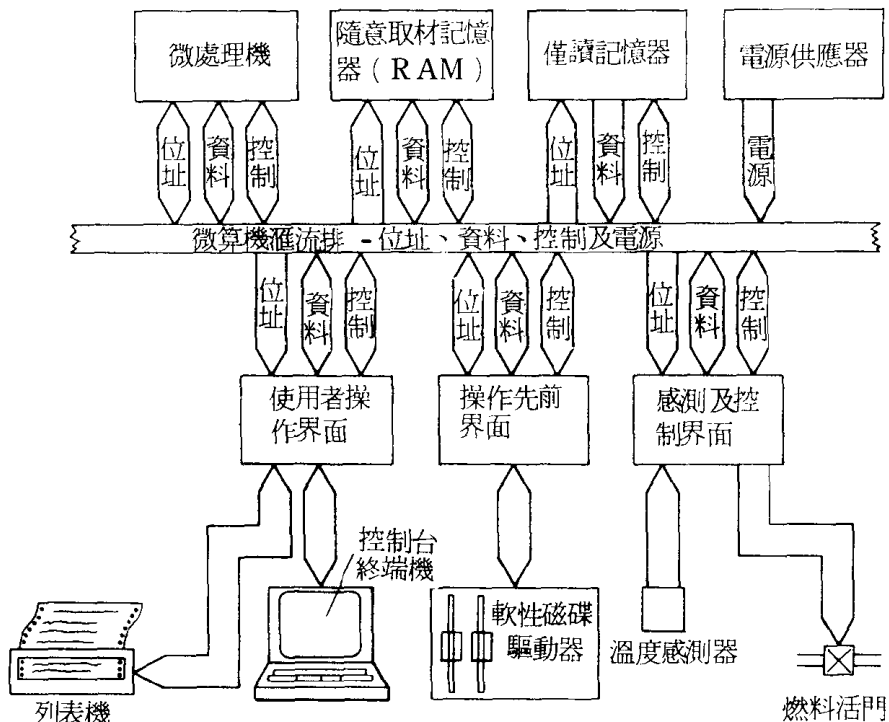


圖 1-1 一部典型微算機系統及其界面

界面問題

所謂界面問題是指把系統中的某一元件與其他元件匹配，以便形成一個完整而能操作的單元。因為單獨的一片微處理機是一點用處也沒有的，必須借着廣泛的界面，才能組合成一件有用的產品，在本節中將探討一些微處理機系統中所常常碰見的界面問題。

微算機系統不僅大小不一，結構亦異，利用新上市的單片微算機，只需要一片 LSI 及一些附屬的獨立元件，便可組成一套完整系統。但是一般通用的微算機系統，却包括了更多的元件，通常有微處理機晶片，記憶晶片及界面。圖 1-1 顯示了一部典型微算機系統。這微處理機利用 ROM 及 RAM 內的指令，依使用者之意願經由三個界面線路的感測輸入以執行程式。