

1

簡介

由於積體電路製造技術的成熟與精進，目前幾乎所有計算機(通俗名稱為電腦)系統(computer system)均使用微電子電路設計與製造，因此計算機系統也常稱為微算機(microcomputer， μC)系統。由於微算機系統的價格低廉，它幾乎已經成為個人生活中必備之基本配備，因此又稱為個人電腦(personal computer，PC)。另外一方面，微算機系統也常用於工業電子系統的設計之中，因此常整合必需的記憶器、輸出/輸入界面電路於同一個晶片中，當作一個可規劃的數位系統控制元件。使用於此應用中的微算機系統，通常稱為單晶片微控制器(microcontroller， μC)或是嵌入式微算機系統(embedded microcomputer system)，簡稱為嵌入式系統(embedded system)。

本章中，首先介紹微計算機系統的基本功能及其組成要素，接著介紹 MCS-51 (8051 族系)微控制器的發展與演進過程及其主要特性。最後，討論在計算機中常用的碼(code)、數目(number)在微算機中的表示方法、不同基底(base)之間的互換、微算機對數目的運算方法。

1.1 微算機系統結構與應用

由於 VLSI 相關技術的進步，微算機已經由早期的 4 位元(bit)、8 位元、16 位元，發展到目前功能強大的 32/64 位元系統。本節中，首先介紹微處理器(microprocessor， μP)與微算機(μC)的主要區別。然後依序介紹微算機系統

的兩種主要的應用類型：個人電腦與嵌入式系統。

1.1.1 微處理器與微算機

任何一個微算機系統中，均至少包含下列電子元件：中央處理器(central processing unit, CPU)、記憶器(RAM 及 ROM)、I/O 界面(input/output interface)。中央處理器主宰著整個微算機系統的動作，舉凡資料輸入、資料輸出、磁碟機的動作等都必須由它發號施令，因此稱為中央處理器。由於 CPU 均由微電子電路組成，因此也常稱為微處理器(microprocessor)。微處理器通常必須與記憶器(memory，例如RAM及ROM)、定時器(timer)、I/O界面等結合，方能完成需要的微算機系統。因此，微處理器與微算機的主要差別為前者未包含記憶器(ROM與RAM)或是I/O界面於同一個晶片中，而後者則是一個完整的系統，它不但包含了微處理器，同時也包含記憶器(ROM與RAM)，以及I/O界面於同一個晶片中。

雖然微處理器或是微算機的功能及資料寬度一代比一代強大，但是這並不表示前一代的微處理器或是微算機將完全由市場上消失，畢竟“萬物皆有其用途”，除了個人電腦系統之外，尚有許多地方(例如冷氣機控制電路、兒童用的玩具、家用電器的功能控制等)並不需要功能如此強大的微處理器或是微算機，在這些用途上又何必“殺雞用牛刀”。

微處理器或微算機的主要分類方法是依據它們每一次最多能夠處理的位元數目，即它們的資料寬度(data width)。到目前為止，微處理器或微算機一共有下列五種資料寬度：4、8、16、32、64 位元。

微處理器或微算機的主要應用領域，可以分成下列三大類：家用產品、辦公室產品、自動化產品等。最主要的家用產品中有電話、傳真機、電視、有線電視調諧器、電視遊樂器、錄放影機、家用攝影機、遙控器、照相機、數位照相機、縫衣機、運動器材、微波爐、音響等。最主要的辦公室產品中有電話、計算機、保全系統、傳真機、影印機、雷射印表機、彩色噴墨印表機等。最主要的自動化產品中有導航系統、引擎控制、汽車煞車系統、儀

器、保全系統、行動電話、門禁系統等。

📖 複習問題

- 1.1. 中央處理器的主要功能為何？
- 1.2. 微處理器與微算機的主要區別為何？
- 1.3. 微處理器或微算機的主要分類方法是依據那一個準則？
- 1.4. 微處理器或微算機的主要應用領域，可以分成那三大類？
- 1.5. 在典型的微算機架構中，主要包括那些重要電路？

1.1.2 個人電腦

微算機的兩個主要應用類型之一為個人電腦系統。在這種系統中，依據各種不同的應用需求，配備不同容量的記憶器與 I/O 裝置，例如在多媒體電腦中即是整合了聲音、影像及電腦固有的計算能力。

典型的 I/O 裝置如 DVD-ROM、顯示器、滑鼠、鍵盤、磁碟機(包括 SSD, solid-state disk)、音效卡、影像加速卡等；記憶器容量則由早期的 64k 位元組(一個位元組等於 8 個位元)擴充到目前的 4/8G 位元組(byte)，甚至 16G 位元組或更大，依據不同的需求而定。注意：在計算機術語中，當用以表示記憶器容量時，k 表示 $2^{10} = 1,024$ 而不是 1,000；M 表示 $2^{20} = 1,048,576$ 而非 1,000,000；G 表示 $2^{30} = 1,073,741,824$ 而非 1,000,000,000。

硬體部分

一般而言，任何個人電腦系統的硬體架構均可以表示為如圖 1.1-1 所示的方塊圖，它主要由時序電路(或稱時脈產生器)、CPU、I/O 界面、記憶器、系統匯流排(system bus)、I/O 裝置等組成。CPU 控制整個系統的動作，目前最常用的 CPU 為 Intel 公司的 x86/x64 等系列的微處理器。時序電路產生系統運作時，需要的時序脈波(clock)；I/O 界面連接各個 I/O 裝置(例如：鍵盤、滑鼠、磁碟機、印表機、CD-ROM、顯示器、音效卡、網路卡等)到 CPU。這些 I/O 裝置，通常皆擁有各自不同的電氣特性，因此必須使用不同的電

4 8051 微算機原理與應用

路，轉換成可以與 CPU 相匹配的特性。換言之，I/O 界面電路的功能，即是 CPU 與 I/O 裝置之間溝通的橋樑。

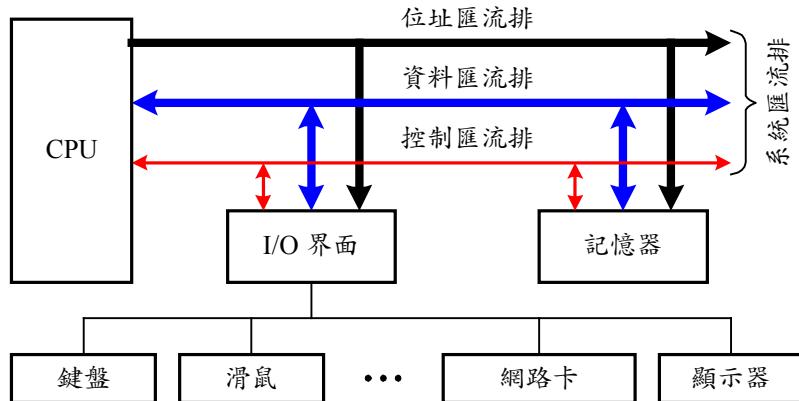


圖 1.1-1 個人電腦系統的硬體架構

為了使整個系統能夠依據我們的意思做事，我們必須儲存指揮系統動作的命令(或稱指令)於系統中，而後由 CPU 自行依照某一個預先設定好的順序去讀取這些命令並且執行它，因此系統中必須有一個儲存這些命令的場所，這個場所稱為記憶體。記憶器的容量依據電腦系統的用途不同而有所差異，典型的容量由 2/4G 位元組到 16G 位元組不等。

系統匯流排是由一些導線組成，以傳遞信號，它連接中央處理器、記憶體、I/O 界面電路。一般而言，系統匯流排可以分成三大部分：

1. 資料匯流排(data bus)：傳送資料用。
2. 位址匯流排(address bus)：決定資料該自何處取得或傳送至何處。
3. 控制匯流排(control bus)：控制(或裁決)資料匯流排與位址匯流排的動作。

📖 複習問題

- 1.6. 試定義 I/O 界面電路的功能。
- 1.7. 在個人電腦系統中，記憶體的主要功能為何？
- 1.8. 當表示記憶體容量時，k 與 M 分別表示多少？
- 1.9. 試定義匯流排。一般而言，系統匯流排可以分成那三大部分？

軟體部分

在個人電腦中，單有硬體設備仍然無法發揮其應有的功能，必須配以適當的系統軟體及應用軟體，才能夠水火相濟，發揮它的最大功能。

個人電腦系統的軟體大致上可以分成兩大類：系統軟體(system software)與應用軟體(application software)(即使用者軟體)。系統軟體主要是撰寫(即發展)其它系統軟體或應用軟體的程式，目前最通行的個人電腦系統中幾乎都有此類的系統軟體。系統軟體主要包括作業系統(operating system)、編輯程式(editor)、組譯程式(assembler)、編譯程式(compiler)、連結程式(linker)、載入程式(loader)與系統程式庫(system library)等。應用軟體則是指該個人電腦系統的使用者，藉著系統軟體的幫助而寫成的程式，這些程式通常用來解決使用者的一些特定問題，例如記帳系統、成績計算及登錄系統等。

作業系統由一些系統程式組成，如圖 1.1-2 所示，它提供了使用者與機器(即硬體設備與系統軟體)之間的界面(即溝通橋樑)，讓使用者能以最有效的方式使用系統資源(硬體設備及系統軟體)。這些系統程式主要由檔案管理、網路通信程式、I/O 驅動程式、GUI 程式、命令解譯程式等組成。為了節省記憶體空間，作業系統中的系統程式通常分成兩部分：一部分在系統運作期間必須永遠居留在系統的主記憶體中，稱為核心程式(core program)；另一部分則在需要時，再由輔助記憶體(例如磁碟機或固態磁碟機)搬至主記憶體中執行，稱為暫駐程式(transient program)。

圖 1.1-2 中的 I/O 驅動程式的主要功能為幫助使用者，能輕易的使用系統的 I/O 裝置(例如：磁碟機、滑鼠、鍵盤、光碟機、印表機、音效卡、MODEM 卡、網路卡等)。將 I/O 驅動程式歸屬為作業系統中的系統程式之目的，為讓系統較能掌握整個個人電腦系統的資源，與減輕使用者自己撰寫 I/O 驅動程式的負擔。

圖 1.1-2 中的另外一個重要的系統軟體稱 GUI (graphical user interface)系統。GUI 系統的功能為以圖形的方式提供個人電腦或工作站的一個容易使用的使用者介面，這個介面通常以視窗環境(window environment)呈現。

6 8051 微算機原理與應用

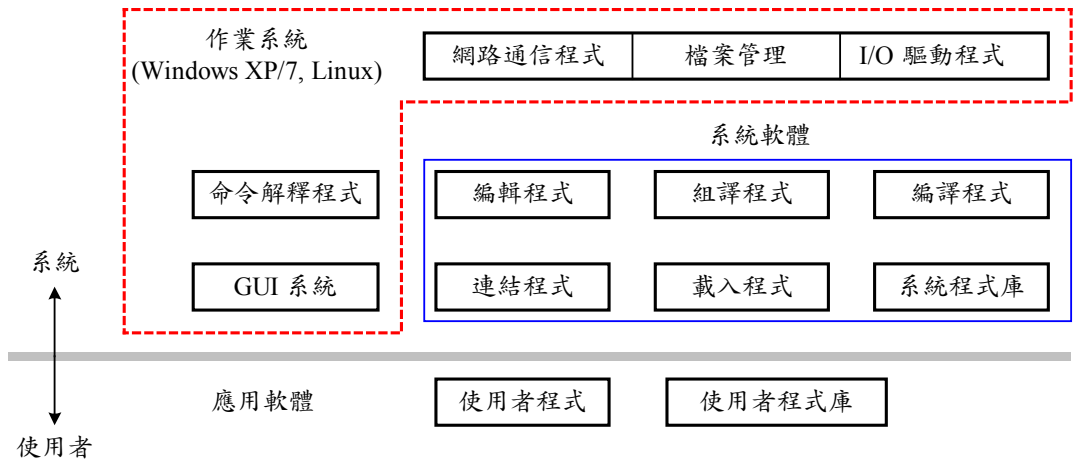


圖 1.1-2 個人電腦系統軟體架構

圖 1.1-2 中的網路通信程式包括執行網路通信時，需要的所有網路卡驅動程式及 TCP/IP 驅動程式，以提供使用者一個容易使用的網路環境(network environment)，它通常結合 GUI 系統，成為一個視窗的網路操作環境。

命令解譯程式(command interpreter)提供作業系統與使用者之間的一個介面，它接收使用者由鍵盤輸入的命令，並且呼叫相關的作業系統中的系統程式或應用程式，完成使用者要求的工作。典型的命令解譯程式例如 DOS 或是 Windows XP/7 中的 command.com 或 Unix/Linux 中的 shell 程式(Bash shell、C shell、Bourne shell、Korn shell、Posix shell 等)。

📖 複習問題

- 1.10. 個人電腦系統的軟體大致上可以分成那兩大類？
- 1.11. 常用的 I/O 界面主要有那幾種？
- 1.12. 試定義系統軟體與應用軟體。
- 1.13. 在個人電腦系統中，作業系統主要由那些系統程式組成？
- 1.14. 為了節省記憶體空間，作業系統中的系統程式通常分成那兩部分？
- 1.15. I/O 驅動程式的主要功能為何？命令解譯程式的主要功能為何？

1.1.3 嵌入式系統

微算機的另外一個重要應用類型為嵌入式系統。在這種系統中，除了基本的中央處理器外，也整合記憶器(RAM 及 ROM)、定時器、時脈產生器(clock generator)、中斷控制器(interrupt controller)、I/O 界面於同一個晶片中。常用的 I/O 界面可以分成串列通信界面(serial communication interface, SCI)、ADC(analog-to-digital converter)、DAC(digital-to-analog converter)、通用 I/O(general-purpose input/output, GPIO)界面等電路，如圖 1.1-3 所示。

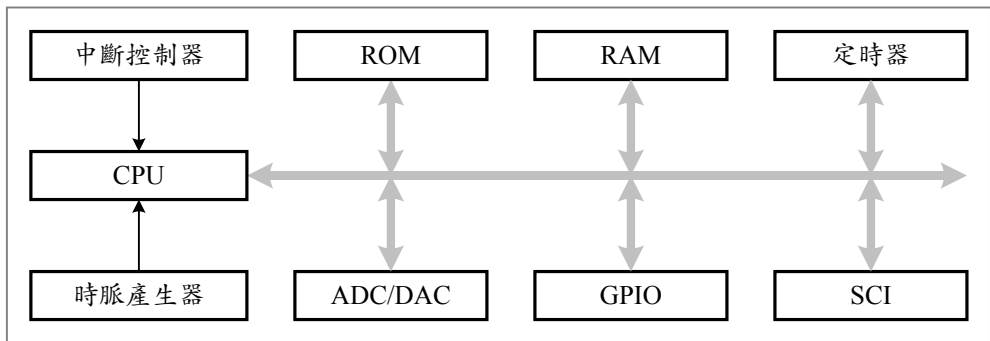


圖 1.1-3 典型的微控制器架構

由於用於數位控制系統或是數位電子產品中的微算機(microcomputer)，通常為一個完整的單晶片系統，因此常稱為微控制器(microcontroller)。本書中，微算機與微控制器兩詞將互相轉用。

如前所述，微控制器因為整合了一個完整計算機系統中，需要的記憶器與周邊裝置界面元件於一身，因此其中央處理器的功能或是記憶器容量，遠不及一個由微處理器建構而成的系統，例如個人電腦。在某些較高階的應用中，例如雷射列表機、儲存式示波器、邏輯分析儀等，使用現有的微控制器將不敷實際所需。因此，於此類應用中，通常使用功能強大的微處理器，當作中央處理器，再配合適當的記憶器與周邊裝置界面，完成需要的系統。使用於此種特定系統中的微處理器，稱為嵌入式微處理器(embedded microprocessor)，因為在這類系統中的微處理器，只執行某些預先設定好的工作，例

8 8051 微算機原理與應用

如在列表機中的微處理器，只執行與列表機相關的工作：自計算機接收資料，經適當處理後，列印出來。由於嵌入式微處理器在應用系統中的功能與使用微控制器時相同，只當作一個可規劃的數位系統使用，而非一個通用型的計算機，因此嵌入式微處理器一詞通常也與微控制器互相轉用。

為了因應諸多較高階的控制系統應用市場需求，以及積體電路製程的急速進步，目前及未來的趨勢將逐漸整合較低階的個人電腦系統(例如 x86/x64 系統)於單一晶片之中，成為一個功能較強的微控制器系統(microcontroller system)。這一類系統的主要特性是其本身即是一部完整的個人電腦主機，只需要再加入顯示器、鍵盤、磁碟機，即為一部功能完整的個人電腦，因此可以直接取代個人電腦系統而應用於較高階的控制應用中，例如儲存式示波器、邏輯分析儀、網路協定分析儀等。

除了 x86/x64 系列微處理器之外，其它目前常用的嵌入式微處理器為 Atmel AVR、ARM 系列(包括 StrongArm 系列)，這一類微處理器通常與記憶體、USB 模組或是網路界面元件(例如 10/100/1000 Mb/s Ethernet)、顯示器界面等，建構成為一個完整的系統，稱為嵌入式系統(embedded system)，因為此種系統通常使用於特定的系統中而非當作通用型的計算機使用。由於記憶體(SRAM 及快閃記憶體，Flash memory)容量的急速增加，上述嵌入式系統通常直接執行 Windows XP/7、UNIX 或 Linux 等高階的作業系統。

雖然目前的嵌入式系統與通用型電腦(或是個人電腦)可能使用相同的微處理器與作業系統，但是它們有一個主要的區別：前者使用於特定的系統中，其功能由儲存於快閃記憶體中的程式決定；後者的功能則由載入 RAM 中的應用程式決定，因此使用者可以依據當時的需要，決定計算機的功能為何，例如當作文書處理(執行 word)、播放 DVD、玩電動玩具、上網瀏覽資料等。

複習問題

1.16. 試定義嵌入式微處理器與嵌入式系統。

1.17. 為何嵌入式微處理器與微控制器一詞通常互用？

- 1.18. 嵌入式系統與通用型計算機的主要區別為何？
- 1.19. 在目前的嵌入式系統中，主要的作業系統為何？
- 1.20. 目前常用的嵌入式微處理器主要有那幾種？

1.2 MCS-51/52 微控制器

目前最常用的幾種 8 位元微控制器系列為：Intel 公司的 MCS-51 系列、Freescale 公司的 HS08 系列、Microchip Technology 公司的 PIC 系列，這些微控制器各有其特性與專有的指令組，因此本質上並不相容。然而在應用領域上卻是相互重疊的，即對於相同的應用而言，可能同時有多種微控制器均可以滿足該應用需要的功能。

本節中，首先介紹 MCS-51 系列的發展過程與基本特性，然後介紹選用微控制器的一般準則。

1.2.1 MCS-51/52 微控制器

Intel 公司在 1981 年首先推出第一個 8 位元的微控制器：8051，它包括 128 位元組的 RAM、4k 位元組的 ROM、兩個定時器、一個串列通信埠、四個 8 位元的通用並列 I/O 埠，如圖 1.2-1 所示。一般在工業界中，將具有上述特性(除了 ROM 之外)的 8051 微控制器稱為標準的 MCS-51 微控制器。8051 微控制器實際上為一個單一晶片的系統，以目前的術語稱為系統晶片(system on a chip, SOC)。注意：目前通常使用 B 代表位元組，例如 4 kB 表示 4k 個位元組；使用 b 代表位元，例如 4 kb 表示 4k 個位元。

繼 8051 之後，Intel 公司又推出 8052 與 8031 兩個特性幾乎相同的微控制器，以應不同應用之需要，其特性比較如表 1.2-1 所示。8031 除了沒有 ROM 之外，其特性與 8051 相同；8052 則在 8051 的基本特性上加入了一些額外的特性：擴充內部的 ROM 大小為 8 kB、RAM 大小為 256 B、增加一個定時器、一個中斷來源。

10 8051 微算機原理與應用

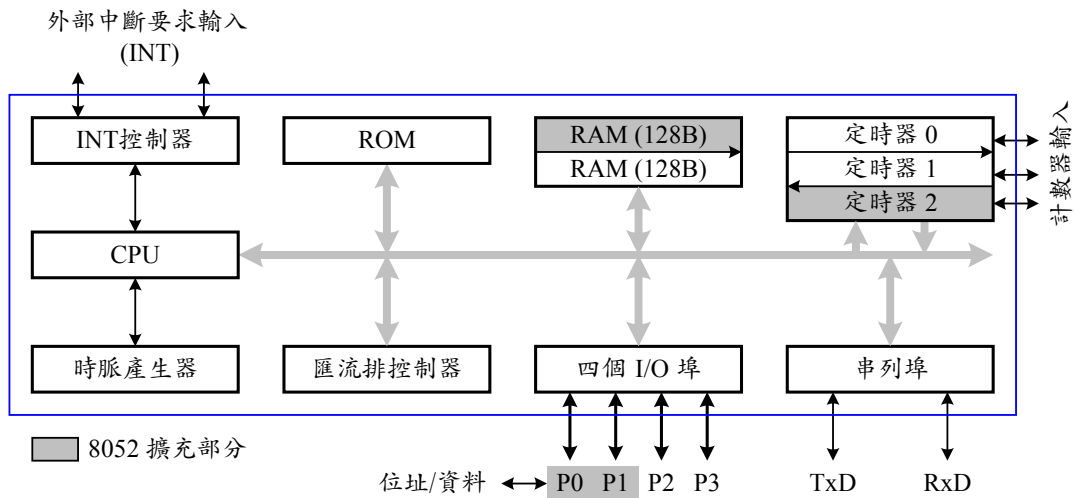


圖 1.2-1 MCS-51/52 微控制器系統架構

表 1.2-1 MCS-51/52 系列特性比較

特性	MCS-51	MCS-52	AT89C51/S51	AT89C52/S52	P89V51Rx2
內含 RAM 大小	128 B	256 B	128 B	256 B	256 B + 768B
定時器個數	2	3	3	3	3
I/O 埠位元個數	32	32	32	32	32
串列通信埠	1	1	1	1	1
中斷來源個數	5	6	6	8	8
PCA	0	0	0	0	1
SPI	0	0	0/1	1	1
看門狗定時器	0	0	0/1	0/1	1
DPTR 個數	1	1	1/2	1/2	2
功率控制模式	2	2	2	2	2

由表 1.2-1 所示的特性比較可以得知：8051 與 8031 兩個微控制器的特性均為 8052 的一個子集合，因此任何在 8051 或是 8031 微控制器上發展的軟體程式，均可以直接在 8052 微控制器上執行，但是反之則不然。一般在工業界中，將具有上述特性(除了 ROM 之外)的 8052 微控制器稱為標準的 MCS-52 微控制器。

由於 MCS-51/52 的輝煌成功，在歷經 30 年之後，目前 MCS-51 相關的產品不下百種，而且其數目仍然在持續增加之中。此外，由於 ASIC (appli-