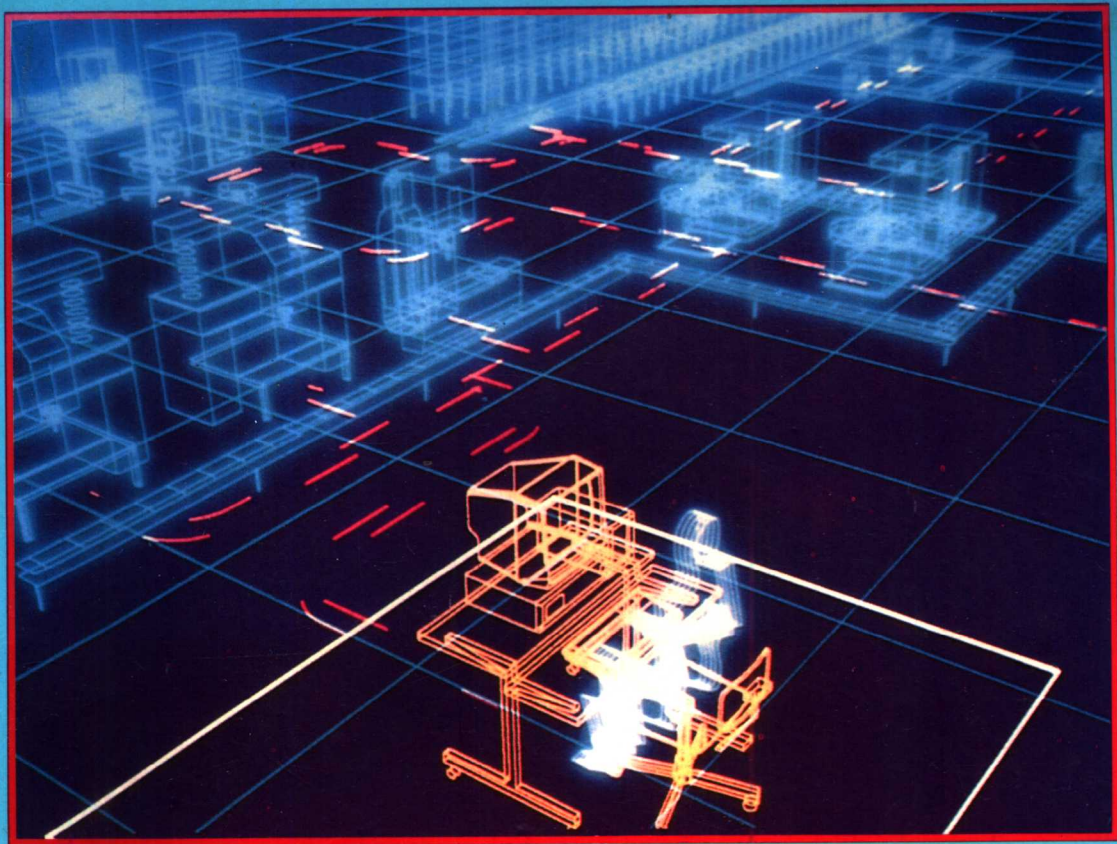




# IBM個人電腦 介面實驗及應用

孫宗瀛 編著

松崗電腦圖書資料股份有限公司

# **IBM個人電腦 介面實驗及應用**

**孫宗瀛 編著**

**松崗電腦圖書資料股份有限公司 印行**



松崗電腦圖書資料股份有限公司  
已聘任本律師為常年法律顧問，  
如有侵害其著作權或其他權益者  
，本律師當依法保障之。

長立國際法律事務所

陳 長 律師



# IBM個人電腦 介面實驗及應用

編著者：孫 宗 瀛

發行人：朱 小 珍

發行所：松崗電腦圖書資料股份有限公司

台北市敦化南路五九三號五樓

電 話：(02) 7082125 (代表號)

郵政劃撥：0109030-8

印刷者：建發印刷設計公司

中華民國七十八年二月初版

中華民國七十八年八月第二版

版權所有



翻印必究

每本定價 240 元整

書號：5101037

本出版社經行政院新聞局核准登記，登記號碼為局版台業字第三一九六號

# 自序

學習微電腦最佳的方法是軟硬體齊頭並進，這點對於工職、工專電機電子相關科系學生而言，更是無可置疑的，這本書就是根據這個原則編寫而成。希望在學習微電腦介面控制的過程中，一方面能夠累積硬體設計及應用的經驗，一方面能夠磨練撰寫程式的技巧。介面電路在微電腦系統中扮演著非常重要的角色，因為周邊設備少了它就無法與微電腦連繫資訊。換句話說，介面電路擔任的就是橋樑的工作，有了它微電腦才能方便地與外界環境互通音訊。然而，微電腦的介面操作卻不像其他的數位電路一樣——設計及硬體接綫無誤即可動作，它必須配合適當的程式來控制資訊流通的某些協定。所以，當確定一個介面電路的設計無誤時，進一步的工作就是如何設計一個高品質的控制程式，以便發揮硬體電路的特性。

作者擔任教職多年，深感軟硬體並重的微電腦教學的重要性，而且鑑於有關教材的缺乏，而興起編寫一系列由淺入深教材的念頭。民國73年底，作者委託全華科技圖書公司出版「Apple 微電腦介面實驗」一書，由於嚴守前述之原則撰寫，所以廣泛地被各高職及專科學校採用。近年來，國內使用微電腦的機種，已經由8位元提昇到16位元的IBM PC 機種，各教學單位也爭相採用，充實教學設備。同樣的，8位元時代缺乏教材的困境，又在16位元的時代再次發生。因此作者再度興起編寫能夠配合實際需要教材的念頭，本書是以目前流行的IBM PC/XT 及 PC/AT 相容機種為基本的實驗設備，配合一片精心設計的介面卡及六個不同的介面電路模組，規劃了一系列深入淺出的實驗。一方面可以節省實驗時，在裝配實驗電路所浪費的時間；另一方面以一些示範程式，提供學習者撰寫程式的方針，減少自我摸索的時間浪費與降低挫折感。

使用本書建議讀者先具備基本的數位電路概念，並且有使用IBM PC 撰寫BASIC 及組合語言簡單程式的經驗，由於在發展一些小型微電腦系統的過程中，組合語言可以說是必備的工具，因此本書也嘗試著在一些實驗裏採取兩種語言相互對照的方式撰寫程式，使讀者逐漸熟練的使用組合語言，最後到達完全以組合語言撰寫程式的地步。理論與實驗並重，是本書編寫的重要原則，所以在每一系列的實驗之前，必定會安排詳細的相關知識。全書共分九章，前三章著重於基本原理及理論基礎之建立，使讀者熟悉通用介面晶片（Intel 8255A 及 8253A）的用法，及撰寫組合語言程式的規範，希望建立一些模式，以便全書的所有程式撰寫時有所遵循。接著的六章，依序介紹下列各項實驗的硬體電路及實驗內容：

交通號誌控制

步進馬達控制

七段顯示及鍵盤掃描控制

點矩陣LED顯示器控制

D/A轉換器控制

A/D轉換器控制

H/522/01

學習者可依照各單元提供的示範程式，做各種相關的實驗，本書所列各種示範程式，均已製作成磁碟片，讀者可向出版公司索購。也可以自行設計程式，試著尋找其他解決問題的策略。

本書能順利完成，要感謝中儀科技有限公司。因為，沒有他們提供各項硬體電路模組的援助，本書的各項實驗進展將會停滯不前，而耗費大量的時間在裝配電路上。為了使讀者能順利的模組配合本書的各項內容，持續不斷的研習微電腦軟硬體技術，本書所列的各項介面卡及實驗電路模組，均委請中儀科技有限公司開發，並製成精美的實驗器，提供讀者以利各項實驗的進展。

本書編寫時，家母給予無限的關懷，及內人的支持，是編寫本書的原動力，願以此書獻給我敬愛的家人。並感謝中儀科技有限公司賴茂富總經理對這項計劃的支持，以及蔡鴻彰、林威毅、林進成等諸位先生的協助。課餘編寫此書，雖力求完善，但錯誤漏失之處在所難免，尚請先進學者隨時不吝指正。

孫 宗 瀛      謹識於花蓮

# 目 錄

|       |                                     |    |
|-------|-------------------------------------|----|
| 第一章   | IBM PC / XT 的 I / O 結構 .....        | 1  |
| 1.1   | IBM PC / XT 主機板的方塊結構 .....          | 1  |
| 1.2   | 系統記憶體配置概況 .....                     | 3  |
| 1.3   | I / O 位址配置概況 .....                  | 5  |
| 1.4   | I / O 通道的認識 .....                   | 8  |
| 1.5   | IBM PC 的岔斷系統及岔斷程式的設計 .....          | 10 |
| 1.5-1 | IBM 的岔斷系統 .....                     | 11 |
| 1.5-2 | 岔斷程式的設計 .....                       | 14 |
| 第二章   | IBM PC 的多功能介面控制卡 .....              | 17 |
| 2.1   | 多功能介面控制卡的介紹 .....                   | 17 |
| 2.2   | Intel 8255A 並行多功能介面晶片介紹 .....       | 19 |
| 2.3   | Intel 8253A 可規劃間隔定時晶片 ( PIT ) ..... | 25 |
| 2.4   | Intel 8255A 基本實驗 .....              | 28 |
| 2.4-1 | MODE 0 的實驗 .....                    | 28 |
| 2.4-2 | MODE 1 的實驗 .....                    | 30 |
| 2.4-3 | MODE 2 的實驗 .....                    | 36 |
| 2.4-4 | 關於埠 C 的進一步了解 .....                  | 39 |
| 2.5   | Intel 8253A 基本實驗 .....              | 40 |
| 2.5-1 | MODE 0 —— 數完時岔斷 .....               | 40 |
| 2.5-2 | MODE 1 —— 可規劃式單擊 .....              | 42 |
| 2.5-3 | MODE 2 —— 比率產生器 .....               | 44 |
| 2.5-4 | MODE 3 —— 方波產生器 .....               | 45 |
| 2.5-5 | MODE 4 —— 軟體觸發閃控 .....              | 46 |
| 2.5-6 | MODE 5 —— 硬體觸發閃控 .....              | 48 |
| 2.6   | Intel 8253A 使用技巧 .....              | 50 |

|                                        |            |
|----------------------------------------|------------|
| 2.7 結語.....                            | 51         |
| <b>第三章 實驗前的準備工作</b> .....              | <b>53</b>  |
| 3.1 組合語言副程式與 BASIC 語言程式的連接.....        | 53         |
| 3.1-1 以 CALL 聯接 BASIC 和組合語言副程式.....    | 54         |
| 3.1-2 以 BLOAD 敘述連結 BASIC 與組合語言副程式..... | 59         |
| 3.1-3 在 BASIC 程式中進行較短副程式的連接.....       | 61         |
| 3.1-4 在 BASIC 程式中進行較長副程式的連接.....       | 63         |
| 3.2 巨集指令與組合語言程式撰寫的格式.....              | 63         |
| 3.2-1 I/O 巨集指令——STDIO.H.....           | 64         |
| 3.2-2 組合語言的格式.....                     | 67         |
| <b>第四章 交通號誌控制模擬實驗</b> .....            | <b>75</b>  |
| 一、實驗目的.....                            | 75         |
| 二、相關知識.....                            | 75         |
| 三、實習器材.....                            | 79         |
| 四、實習操作.....                            | 79         |
| 五、習題.....                              | 92         |
| <b>第五章 步進馬達控制實驗</b> .....              | <b>93</b>  |
| 一、實驗目的.....                            | 93         |
| 二、相關知識.....                            | 93         |
| 三、實習器材.....                            | 98         |
| 四、實習操作.....                            | 98         |
| 五、習題.....                              | 108        |
| <b>第六章 七段顯示與鍵盤輸入控制實驗</b> .....         | <b>109</b> |
| 一、實驗目的.....                            | 109        |
| 二、相關知識.....                            | 109        |
| 三、實習器材.....                            | 117        |
| 四、實習操作.....                            | 117        |
| 五、習題.....                              | 135        |
| <b>第七章 點矩陣 LED 顯示器的控制實驗</b> .....      | <b>137</b> |
| 一、實驗目的.....                            | 137        |



|                                                  |            |
|--------------------------------------------------|------------|
| 二、相關知識.....                                      | 137        |
| 三、實驗器材.....                                      | 142        |
| 四、實習操作.....                                      | 142        |
| 五、習題.....                                        | 167        |
| <b>第八章 D/A 轉換器實驗.....</b>                        | <b>169</b> |
| 一、實驗目的.....                                      | 169        |
| 二、相關知識.....                                      | 169        |
| 三、實習器材.....                                      | 177        |
| 四、實習操作.....                                      | 177        |
| 五、習題.....                                        | 187        |
| <b>第九章 A/D 轉換器實驗.....</b>                        | <b>189</b> |
| 一、實驗目的.....                                      | 189        |
| 二、相關知識.....                                      | 189        |
| 三、實驗器材.....                                      | 201        |
| 四、實習操作.....                                      | 202        |
| 五、習題.....                                        | 212        |
| <b>附錄 A I/O 通道的時序.....</b>                       | <b>213</b> |
| <b>附錄 B MIT 介面卡的排綫接頭定義.....</b>                  | <b>219</b> |
| <b>附錄 C 微電腦 I/O 電路的探討.....</b>                   | <b>221</b> |
| <b>附錄 D IBM PC/XT I/O 電路設計的探討.....</b>           | <b>231</b> |
| <b>附錄 E BIOS 中斷一覽表.....</b>                      | <b>241</b> |
| <b>附錄 F INT 21H 功能呼叫一覽表.....</b>                 | <b>249</b> |
| <b>附錄 G Intel 8086 / 8088 指令集 (以字母順序排列).....</b> | <b>257</b> |
| <b>附錄 H 8255 A PPI 資料.....</b>                   | <b>273</b> |
| <b>附錄 I 8253 A PIT 資料.....</b>                   | <b>277</b> |



附錄J 本書各章實驗零件單..... 281

# 第一章 IBM PC/XT的I/O結構

首先我們假設本書讀者，已經熟知 Intel 8088微處理機，並且能用組合語言在 IBM PC 上撰寫簡單的程式。所以，本章僅針對下列主題做一番研討，以期能使讀者了解 IBM PC的 I/O 結構：

- IBM PC/XT 主機板的方塊結構。
- 系統記憶體配置概況。
- I/O 位址配置概況。
- I/O 通道的認識及使用。
- 岔斷 (Interrupt) 的結構及處理的方法。

## 1.1 IBM PC/XT 主機板的方塊結構

本節主要介紹 IBM PC/XT 主機板的方塊結構，以及各單元的簡單功能，使讀者對其有一個基本概念。圖 1.1 是整個主機板的方塊圖，而圖 1.2 則為各個元件在印刷電路上配置的情形，茲將整個系統的方塊說明如下：

1. **微處理機**：採用 Intel 8088 微處理機，目前市面上改良的 PC/XT，亦即所謂的 Turbo-XT，可以將速度提高到 8 MHz，10MHz 甚至 12MHz，而且速度還可以由軟體或硬體開關切換至 4.77MHz 或上述三種工作頻率。對於工作頻率為 4.77MHz/8MHz 的 PC/XT 而言，應使用編號為 8088-2 的微處理機。若為 4.77MHz/10MHz 的工作頻率，則必須使用 8088-1 的微處理機才行。微處理機均設定為最大模式，以便支援 8087 數值共同處理機。
2. **數值共同處理機**：Intel 8087 是一顆 80 位元的浮點數值共同處理機，由於價格甚高，故一般市面上的 PC/XT 主機板都不附帶這顆 IC，但仍保留腳座在主機板上，使用者可視個人需要，選擇是否加裝 8087。
3. **直接記憶接達系統 (DMA)**：這個部份是由一顆編號為 8237 的 DMA 控制器，另外再附加一顆  $4 \times 4$  的頁暫存器，以構成 20 位元的 DMA 系統在 IBM PC/XT 上主要是供做動態記憶體 (DRAM) 再新，軟式及硬式磁碟大量資料讀寫管理之用。
4. **讀/寫記憶體**：由 4 列的 64K (由 4164 晶片組成)，或 256K (由 41256 晶片組成) 動態記憶體晶片提供，每一列有 9 顆 DRAM，其中一顆用作配類位元 (Parity bit) 檢查，另外 8 顆則構成 8 位元的資料漚流排。目前市面上的主機板記憶體容量約有 640KB、768KB 或 1MB 三種。
5. **僅讀記憶體**：ROM 的插座有 3 個到 6 個不等，可以使用 2764、27128 或 27256 的 EPROM。ROM 主要存放 IBM PC/XT 的 BIOS 及 BASIC 解譯器。
6. **岔斷系統 (Interrupt)**：PC/XT 內有一顆編號為 8259 的優先順序岔斷控制器 (簡稱 PIC)，來擔任系統的岔斷管理。8259 提供 0 ~ 7 共 8 個岔斷輸入來支援整個系統，其中

## 2 IBM個人電腦介面實驗及應用

0 和 1 的岔斷輸入是用在主機板上，而其餘的岔斷輸入則提供 I/O 通道擴充槽上的介面卡使用。

7.計時／計數 ( timer／counter )：由 Intel 8253A 這顆晶片來擔任。8253A 本身提供三個 16 位元的計數器，其中第 0 計數器用來產生更改日期時間的岔斷要求。第 1 計數器用來產生 DMA 要求，以便 DMA 能夠執行 DRAM 的再新 ( Refresh ) 工作。第 2 計數器則用來產生音調及推動喇叭。

8.並行介面：採用 Intel 8255A 並行介面晶片，在主機板上做一個整合性的配接介面，包括鍵盤、喇叭及系統結構開關 ( System Configuration Switch ) 的管理。

9. I/O 通道：在主機板的後側有 5 到 8 個，可供擴充介面卡插接的介面槽，稱之為 I/O 通道 ( I/O Channel )。每個 I/O 通道有 62 支接腳，與主機板的系統匯流排做信號連接。

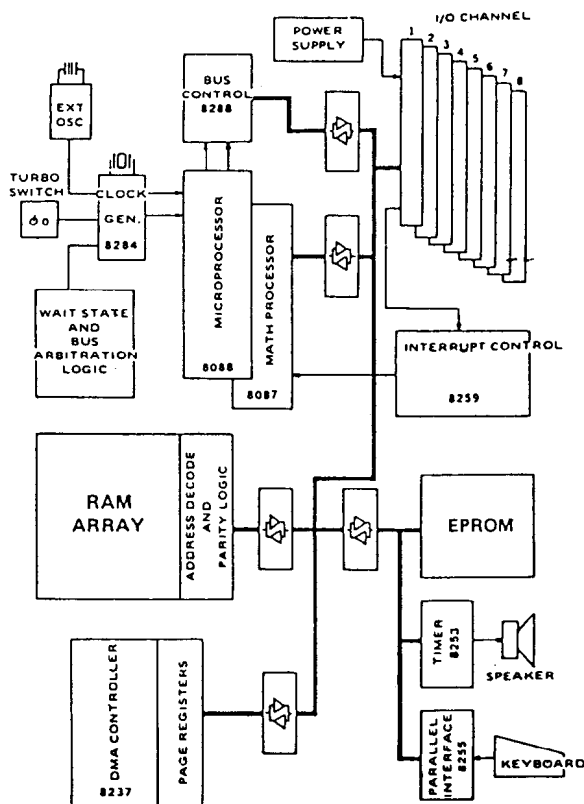


圖 1.1 PC-XT 主機板方塊圖

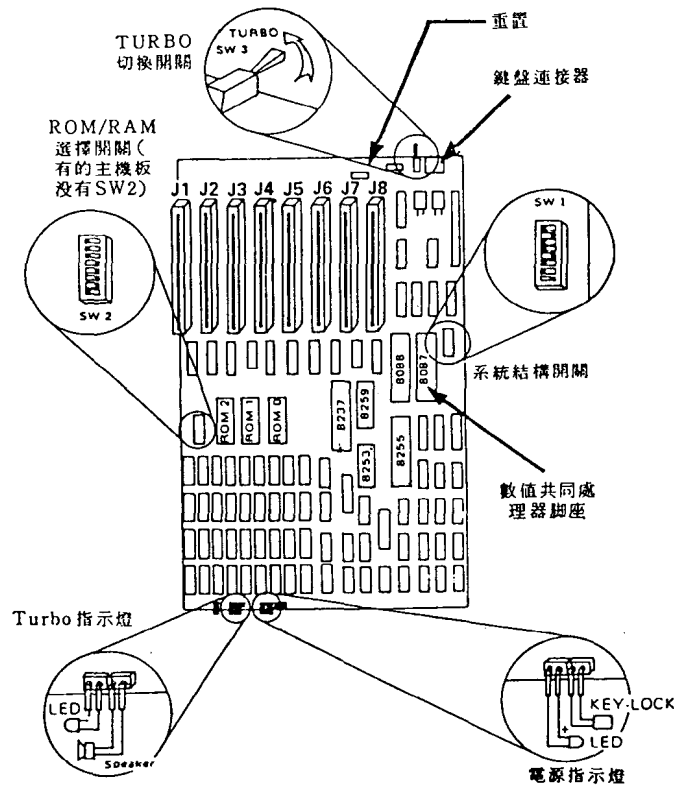


圖 1.2 PC/XT 主機板元件配置圖

## 1.2 系統記憶體配置概況

Intel 8088 CPU 可提供支援 1 MByte 的記憶體空間，但是在 IBM PC/XT 却只用了一部份而已，表 1.1 是其記憶體配置的情形，說明如下：

- 00000 ~ 3FFFF = 256KB，為系統主機板上最大 RAM 容量。
- 40000 ~ 9FFFF = 384KB，為可擴展 RAM 的最大容量，由 I/O 通道外加記憶體擴充卡，使系統擴展為 640KB 的 RAM。但由於與前者為連續的記憶空間，故目前市面上的 PC/XT，均再修改某些硬體電路，使擴展 RAM 直接加於主機板上。
- A0000 ~ AFFFF = 64KB，做為影像 RAM 擴充之用，目前保留。
- B0000 ~ B3FFF = 16KB，給單色顯示介面卡使用，但僅用了 4KB。
- B4000 ~ B7FFF = 16KB，保留暫時未用。
- B8000 ~ BBFFF = 16KB，給彩色顯示介面卡使用。
- BC000 ~ BFFFF = 16KB，保留暫時未用。

表 1.1 PC, PC/XT 的記憶體空間配置圖

| 十進位        | 十六進位            | 功 用                                                       | 註 解                                  |
|------------|-----------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 0<br>256 K | 00000<br>3FFFF  | 128-256 K 的系統板<br>RAM                                     | 系統基本記憶體<br>容量                        |
| 640 K      | 40000<br>9FFFF  | 插於系統擴充插槽的<br>記憶體擴充板，可提供<br>64-384 K 的 RAM<br>(以 64 K 為單位) | 不需額外軟體仍<br>可使用的 RAM                  |
| 768 K      | A0000<br>AFFFF  | 保留                                                        | 可讀 IBM 介面卡<br>和其他廠家的<br>介面卡使用        |
|            | B0000<br>B3FFF  | 單色影像顯示器(只用了4K)                                            |                                      |
|            | B4000<br>B7FFF  | 保留                                                        |                                      |
|            | B8000<br>BBFFF  | 彩色/圖形影像顯示器(只用了16K)                                        |                                      |
|            | BC000<br>BFFFF  | 保留                                                        |                                      |
|            | C0000<br>C7FFF  | 保留                                                        |                                      |
| 960 K      | C8000<br>CBFFF  | 硬式磁碟機介面卡                                                  | 此區是 192K ROM<br>的擴充與控制，需<br>額外軟體才能使用 |
|            | CC000<br>EFFFF  | 保留                                                        |                                      |
|            | F0000<br>F3FFF  | 保留                                                        |                                      |
| 976 K      | F4000<br>F5FFF  | 系統板上留下的空插座                                                |                                      |
| 984 K      | F6000<br>FDFFF  | BASIC 解譯器                                                 |                                      |
| 1016 K     | FE000<br>FFFFFF | BIOS                                                      |                                      |

- C0000 ~ EFFFF = 192KB，當做 ROM 的擴充及控制之用，其中 C8000 ~ CBFFF = 16KB，提供硬式磁碟機使用。
- F0000 ~ FFFFF = 64KB，當做 BIOS ROM 及 BASIC 解譯器佔用的 ROM。其中 F6000 ~ FDFFF = 32KB，提供 BASIC ROM 使用。而 FE000 ~ FFFFF = 8KB，則為 BIOS 所使用。其餘的 24KB 均保留未使用。

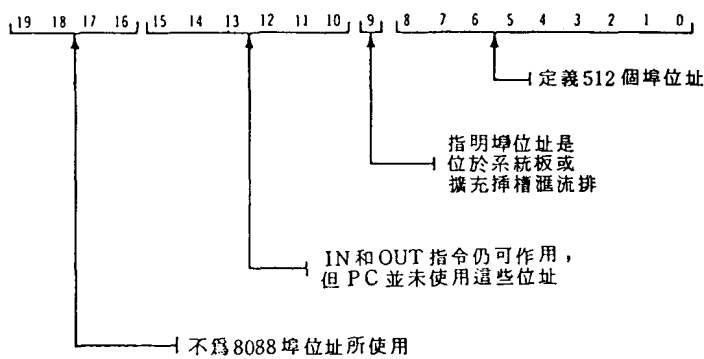
### 1.3 I/O位址配置概況

IBM PC的輸入裝置都是經由輸出入埠 (port) 來傳輸資訊，這些輸出入埠皆以 Intel 8088 CPU所定址的輸出入埠為準，8088 CPU的I/O定址範圍為00000 ~ 0FFFF 共有65536個輸出入埠可被定義，但是IBM PC僅用了 $A_0 \sim A_9$ 這10個位元的位址欄，共定義了由0 ~ 3FF這1024個輸出入埠，如圖1.3 (a)所示。另外IBM PC的I/O又分成兩個部份，由 $A_9$ 位址綫的狀態來決定：

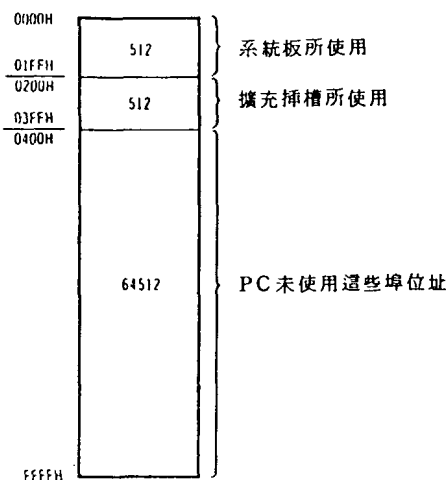
(1)當 $A_9 = 0$ 時，位址範圍0 ~ 1FF共512個埠，為系統主機板所使用。

(2)當 $A_9 = 1$ 時，位址範圍200 ~ 3FF共512個埠，則為I/O通道的電路介面來使用。

上述的I/O埠空間的使用，請參閱圖1.3 (b)。



(a) 8088 的 I/O 埠位址



(b) I/O 埠位址空間

圖 1.3 IBM PC/XT 的 I/O 配置狀況

對於系統主機板而言，有許多I/O裝置，而每個I/O埠也要賦予一個唯一的位址。故如圖1.4所示，對於DMA控制器、中斷控制器、計時/計數器……等，均安排了適當的位址，只要以IN、OUT指令，即可存取這些I/O埠的資料。另外，由圖中亦可發現，有





| 解碼範圍           | 使用的位址 | 用途                         |
|----------------|-------|----------------------------|
| 03FFH<br>03F8H | 8     | 3F8H~3FFH RS-232C 連接卡      |
| 03F0H          | 8     | 3F0H~3F7H 5 1/4 " 軟式磁碟機連接卡 |
| 03E0H          | 16    | 3E0H~3EFH 未使用              |
| 03D0H          | 16    | 3D0H~3DFH C / G 卡          |
| 03C0H          | 16    | 3C0H~3CFH EGA 卡            |
| 03B0H          | 16    | 3B0H~3BFH M / G 卡與印表機連接卡   |
| 0380H          | 48    | 380H~3AFH 未使用              |
| 0378H          | 8     | 378H~37FH 列印表機連接卡          |
| 030H           | 72    | 330H~337H 未使用              |
| 0320H          | 16    | 320H~32FH PC/XT 型硬式磁碟機     |
| 0300H          | 32    | 300H~31FH 未使用              |
| 02F8H          | 8     | 2F8H~2FFH 第二個 RS-232C 連接卡  |
| 0280H          | 120   | 280H~2F7H 未使用              |
| 0278H          | 8     | 278H~27FH 第二個印表機連接卡        |
| 0202H          | 118   | 202H~277H 未使用              |
| 0201H          | 1     | 201H GAME port             |
| 0200H          | 1     | 200H 未使用                   |

圖 1.5 介面卡槽上 I / O 位址配置圖

### 1.4 I/O通道的認識

系統主機板上有八個 62 腳的介面擴充插槽，用來與系統匯流排做介面連接。八個插槽的同一腳位，均定義為相同的訊號，這些訊號除了電源與接地電位外，所有訊號皆為 TTL 邏輯位準。除了 8088 的匯流排訊號之外，尚有一些額外訊號，用在 DMA、含斷、I/O 與記憶體之讀／寫時序與控制、等待狀態的產生、記憶體再新與除錯等功能。圖 1.6 為 IBM PC/XT 的 I/O 插槽的訊號腳位圖，接著將各腳訊號的功能說明如下：

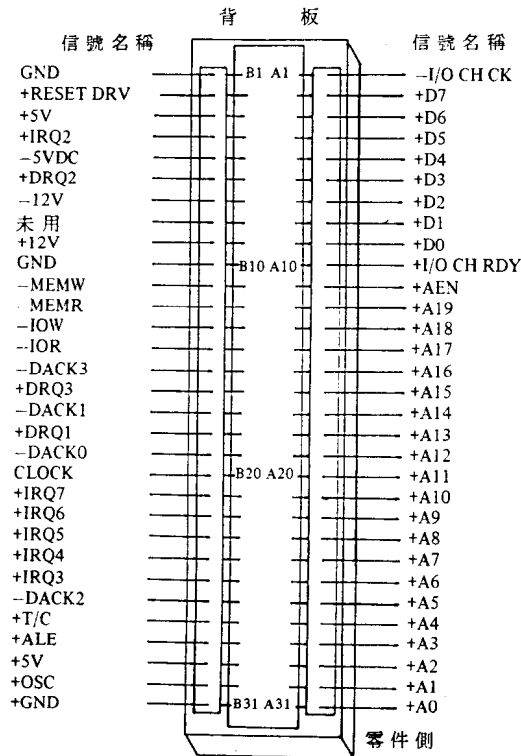


圖 1.6 I/O卡槽訊號腳位

#### OSC (振盪器) : B30 接腳

輸出信號，系統的主振盪頻率，頻率為 14.31818MHz，週期為 70ns，工作週期為 50%，這是 I/O 通道上頻率最高的信號，所有其他時序信號均由此信號導出。

#### CLK (時脈) : B20 接腳

輸出信號，為系統的時脈 (CLOCK) 信號，此信號來自 OSC 除三而得，頻率為 4.77MHz，週期為 210ns，但工作週期為 33%。信號本身與讀寫記憶體控制完全同步，可用做產生系統匯流排等待狀態的基本時序。

#### RESET DRV (重置驅動) : B2 接腳

輸出信號，用來當開機時，重置接在 I/O 插槽上的介面邏輯或 I/O 裝置，使它們在系統操作之前，進入一個已知的狀態。