

CHAPTER 03

計算機組織



3-1 中央處理器

3-2 主記憶體

3-3 執行程式

3-4 匯流排及介面

3-5 輸出入周邊設備

3-6 儲存裝置



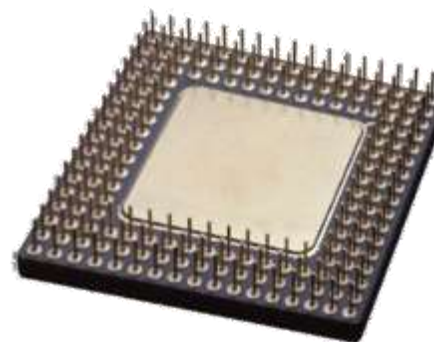
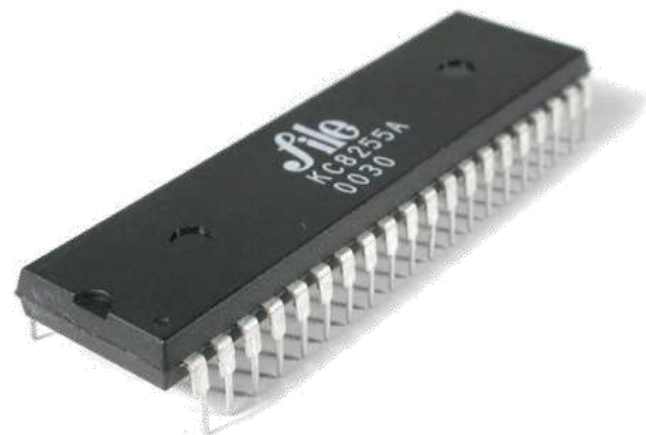
摩爾定律(Moore's Law)

- ➡ 「每隔十八個月，數位處理器的功能就會倍增，但價格維持不變，或是以減半的價格獲得同樣的功能。」
- ➡ 摩爾定律這三十幾年來一直相當正確，這種以指數成長的浪潮，也解釋了為什麼數位革命的步調會愈來愈快了。





電腦基礎元件由真空管、電晶體、
積體電路到超大型積體電路



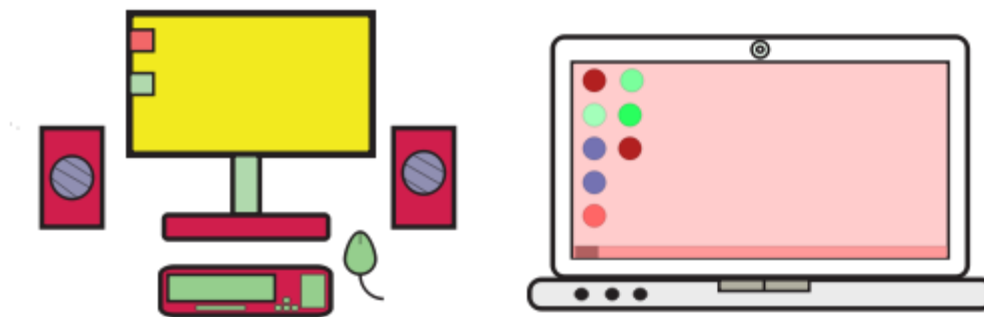


全球三大電腦展

德國漢諾威電腦展（CeBIT；每年三月舉行，但CeBIT 2018改在六月舉行，目前已停辦）

台北國際電腦展（COMPUTEX TAIPEI；每年六月舉行，2020年為第四十屆。）

美國拉斯維加斯國際消費電子展(CES；每年一月舉行)





桌上型電腦的造型 日新月異

- 有些電腦公司整合軟體和硬體的使用介面，串聯VoIP和Wi-Fi等傳輸方式，呈現全新運算裝置，在鍵盤上設計出可放手機或平板電腦的基座，再加上三方通話裝置及獨特的六吋螢幕保護程式，完整提供消費者最簡易便利的操作方式。





- ➡ **第三波革命(資訊革命**；第一波是**農業革命**，第二波是**工業革命**)已展開全面性的應用，作為現代人，資訊素養已愈來愈重要。
- ➡ 邁向數位世界「資訊就是力量」的新時代，善用資訊工具是擷取新知的不二法門。



筆記型電腦及平板電腦的發展一日千里(資料來源：HP)





3C

- 發展3C技術，將可提升全民的生活品質，厚植產業發展潛力。



Computer

(電腦)

Communication

(通訊)

Consumer
electronics

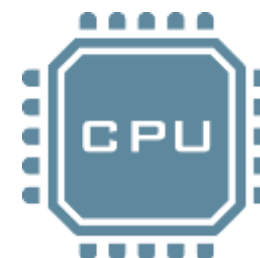
(消費性電子產品)





3-1 中央處理器

- ➡ **中央處理器**(Central Processing Unit ; CPU)是計算機的大腦，是一個電路極為複雜的晶片，用來執行儲存在記憶體的程序指令，控制數位資料的處理及運算。
- ➡ CPU主要有兩部分：
 - ▶ 控制單元(Control Unit ; CU)
 - ▶ 算術邏輯單元(Arithmetic Logic Unit ; ALU)





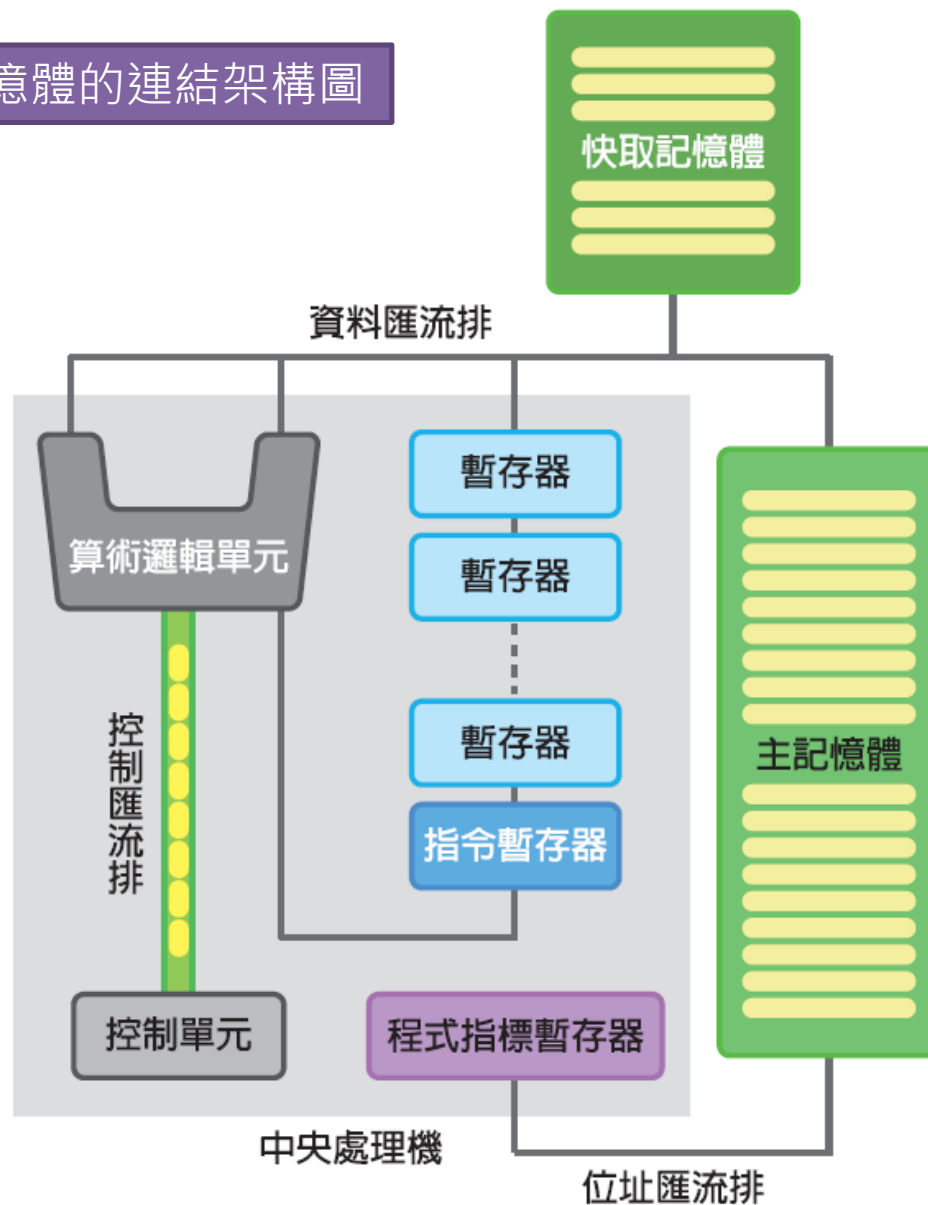
暫存器

- ➡ 中央處理器有一個極小的儲存裝置，稱為**暫存器**(register)，可以暫時存放指令或資料。
- ➡ 暫存器的存取速度比主記憶體快，可大大增高CPU的效能。
 - ▶ **指令暫存器**(Instruction Register)：儲存所執行指令。
 - ▶ **程式指標暫存器**(Program Counter)：記錄目前程式正在執行的指令位址之。





中央處理器和記憶體의連結架構圖





資 訊 科 技 專 欄

紅旗電腦



宏碁電腦因自創品牌「Acer」而享譽國際，大家眾口鑠金地將「碁」字讀成ㄐ一，其實「碁」的讀音應為ㄍ一，同「碁」字，是「棋」的本字。如果你堅持要將宏碁電腦讀成「紅旗」電腦，恐怕連賣電腦的通路商也會有聽沒有懂呢。

後來宏碁設立了子公司明碁，它的自創品牌「BenQ」已在手機市場佔有一席之地，然而，前幾年明碁就悄悄地將公司名稱改為明「碁」，避開了讀錯音的尷尬。

因為宏碁是國內電腦龍頭老大之一，因此在大部分電腦的中文輸入法裡，早已將「碁」字同時列在ㄐ一與ㄍ一的選項中了。





控制單元

- ➡ 負責控制電腦執行程式的流程。
- ➡ 負責指揮各個系統單元執行所須進行的任務。
- ➡ 必須協調各個系統單元間的運作。
- ➡ 例如：它會從記憶體將所須執行的程式指令搬到暫存器並對指令解碼，然後交給算術邏輯單元運算，再將運算結果放回暫存器或記憶體。





算術邏輯單元

- ➡ 是算術單元及邏輯單元的合稱，負責加法、減法、乘法及除法等數學運算。
- ➡ 負責AND、OR、XOR(eXclusive OR；兩者相同為0、反之為1)及NOT等邏輯運算。
 - ▶ 邏輯運算用來做位元的操作，並用來判斷決定程式流程的某些條件是否成立。
 - ▶ 通常是「大於條件」、「等於條件」及「小於條件」等，例如：判斷兩個數的大小等。





AND、OR、XOR及NOT等邏輯運算

AND

x	y	x AND y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

OR

x	y	x OR y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

XOR

x	y	x XOR y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

NOT

x	NOT x
0	1
1	0





匯流排

- ➡ 在中央處理器和記憶體의連結架構裡，有一些用來傳輸電子訊號的傳輸工具，稱為**匯流排**(bus)。
- ➡ 分為：
 - ▶ 控制匯流排(control bus)
 - ▶ 位址匯流排(address bus)
 - ▶ 資料匯流排(data bus)





匯流排

控制匯流排

- 讓控制單元可以操控算術邏輯單元的運算。

位址匯流排

- 將所要執行的程式位址傳到中央處理器內的程式指標暫存器。

資料匯流排

- 可供各單元間進行資料交換。





3-1 中央處理器

- ➡ 在微處理器的發展史上，最主要是 Intel 和 AMD 的兩雄對決，當然還有其他競爭者，如：Motorola及 VIA(威盛)等。
- ➡ 微處理器的設計極為複雜，很多關鍵的設計都已被這些主要的設計公司專利化。
- ➡ 這些公司又常因侵權而引發訴訟，最後通常會謀求妥協方案，彼此互相交換專利設計。





- 微處理器發展簡史

請點我





3-2 主記憶體

► 記憶體依速度、單位價格及屬性等分成多種類型。

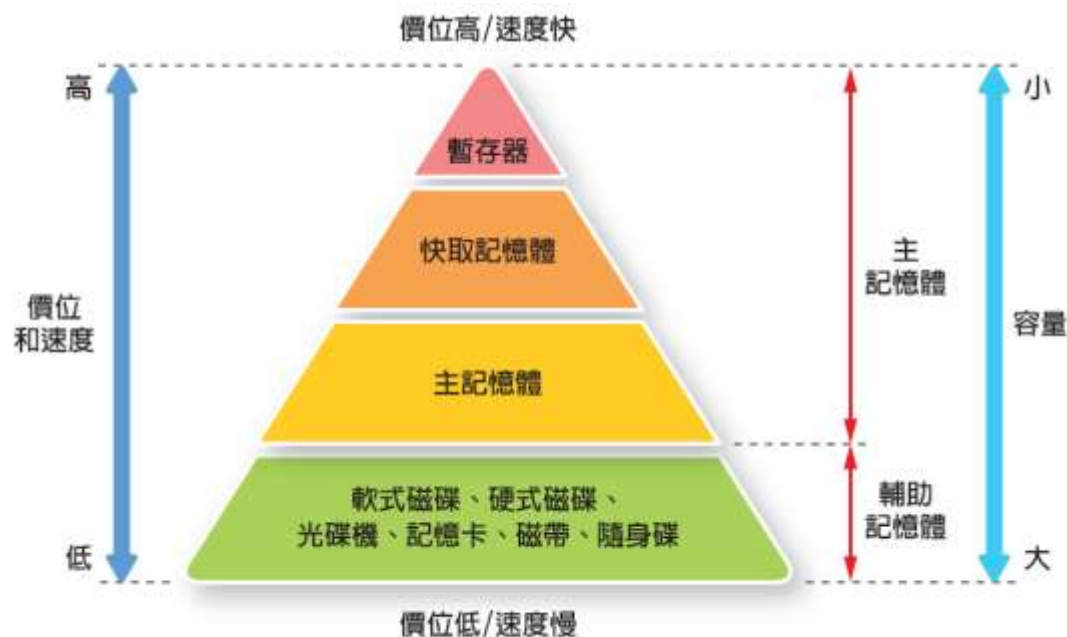


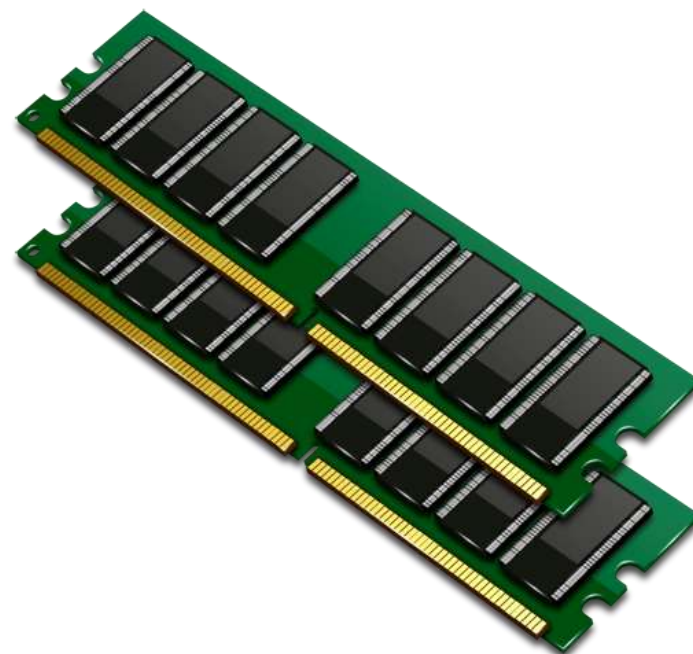
圖3-8 記憶體的容量、速度與價位





3-2 主記憶體

- ➡ 記憶體是用來儲存數位資料以及運算後的結果。
- ➡ 在馮紐曼模式裡，記憶體同時儲存程式及資料，當操作不同程序時，只要載入相對應的程式即可，不必另外改變硬體。





3-2 主記憶體

暫存器 (register)

- 速度最快但單位價格最高。

快取記憶體 (cache)

- 位於CPU內，介於CPU和記憶體間。
- 速度比暫存器慢，單位價格較便宜，容量也比暫存器多。
- 速度比主記憶體快，單位價格較貴，容量也比主記憶體少。





3-2 主記憶體

- ▶ CPU執行時，若每次都從主記憶體擷取資料，因主記憶體傳送資料到CPU的速度較慢，效率會較差，因此使用**快取記憶體**(cache)可提高CPU與記憶體間之頻寬。

馮紐曼瓶頸 (von Neumann Bottleneck)

- 不論CPU與記憶體的速度有多快，整個系統的速度終將受限於**匯流排**(bus)的速度。





3-2 主記憶體

- 主記憶體的每個位置都有個位址，才能去存取它的內容。

以16個位元表示位址，最多可表示 $2^{16} = 65536$ 個位址

位址	值
0000000000000000	10110101
0000000000000001	01101011
0000000000000010	11101101
0000000000000011	00011111
:	:
:	:
:	:
:	:
:	:
1111111111111111	11000011





3-2 主記憶體

- ▶ 假設每個位置存放8個位元(1 byte)，若電腦有32 MB，至少需要幾個位元來表示位址呢？也就是多少位元，其組合數至少有32M種呢？

$$\log_2 32M = \log_2 2^{25} = 25 \text{ 個位元}$$





3-2 主記憶體

記憶體類別

RAM

(隨機存取記憶體)

ROM

(唯讀記憶體)

➡ 兩者都可隨機讀取資料，但RAM才可讓使用者隨意改寫內容。





3-2 主記憶體

- ➡ RAM一旦關機後，資料就不見了。
- ➡ RAM有兩種主流：



RAM

- SRAM (靜態隨機存取記憶體)
- DRAM (動態隨機存取記憶體)



SRAM

靜態隨機存取記憶體

- ➡ 以**正反器**(flip-flop gate)儲存資料。
- ➡ 取名「靜態」的原因是因為只要電源維持住，並不需要做**更新**(refresh)的動作。
- ➡ 速度較快，價錢也貴些。





DRAM

動態隨機存取記憶體

- ➡ 以**電容器**(capacitor)儲存資料。
- ➡ 因電容器會隨時間逐漸失去電容量，因此須動態週期性地**更新**(refresh)內容，故取名為動態隨機存取記憶體。
- ➡ 速度較慢，但價錢便宜許多。

在相同的晶片面積下，DRAM容量大於SRAM四倍以上；但在速度上，SRAM卻是比DRAM快四倍以上。





ROM

- ROM在關機後，仍可維持資料內容，可用來儲存開機使用的程式。

PROM(可程式化的唯讀記憶體)

可讓使用者儲存所需的程式，一旦儲存後，就不可再改寫。

EPROM(可擦拭及程式化的唯讀記憶體)

可以改寫，但必須以紫外線照射來擦拭。

EEPROM(可以電子擦拭及程式化的唯讀記憶體)

可直接從電腦進行改寫，最為方便，廣泛應用於BIOS晶片及快閃記憶體。





3-2 主記憶體

- ➡ 雖然主記憶體速度比快取記憶體等慢，但比起硬碟，還是快了許多倍。
- ➡ 記憶體愈大、就能將愈多程式及資料從硬碟載入至記憶體中，CPU的執行效率也就愈高。
- ➡ 若程式資料太大或太多而無法載入有限的記憶體中，CPU就必須從硬碟中讀取資料或程式，整個速度就慢了許多。





3-3 執行程式

- ➡ **擷取指令**：CPU執行時，先由**控制單元**擷取(fetch)所要執行的指令，放在指令暫存器。
- ➡ **解碼指令**：所抓到的東西都是二位元字串，每個指令可能包括指令動作及資料，當抓到指令時，可由查表法進行**解碼**(decode)動作。
- ➡ **執行指令**：當找到該指令對應的運算動作，就交給**算術邏輯單元**來**執行**(execute)，執行完所得的結果再由**控制單元**協助儲存回記憶體。





CPU執行程式的流程

- 完成一個指令後，再重複同樣流程處理下一個指令，CPU就這樣循環進行運作。

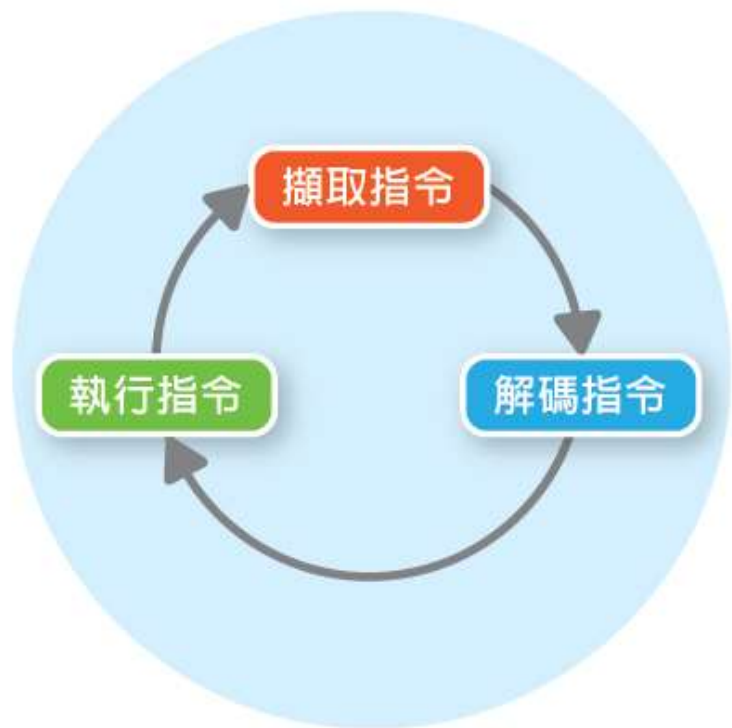


圖3-10 CPU執行程式的流程





生產線技術

- ➡ 為增進CPU效率，當算術邏輯單元正在執行時，控制單元會開始進行下一個擷取指令的動作。
- ➡ 此方式如同汽車工廠的**生產線**(pipeline)，某單元完成汽車某零件的裝配後，交給後面單元繼續完成，同時它也接著進行下一部汽車的零件裝配。
- ➡ 將CPU執行程式的流程，以生產線方式進行，稱為**生產線技術**(pipelining)，可大大提升CPU的執行效率。



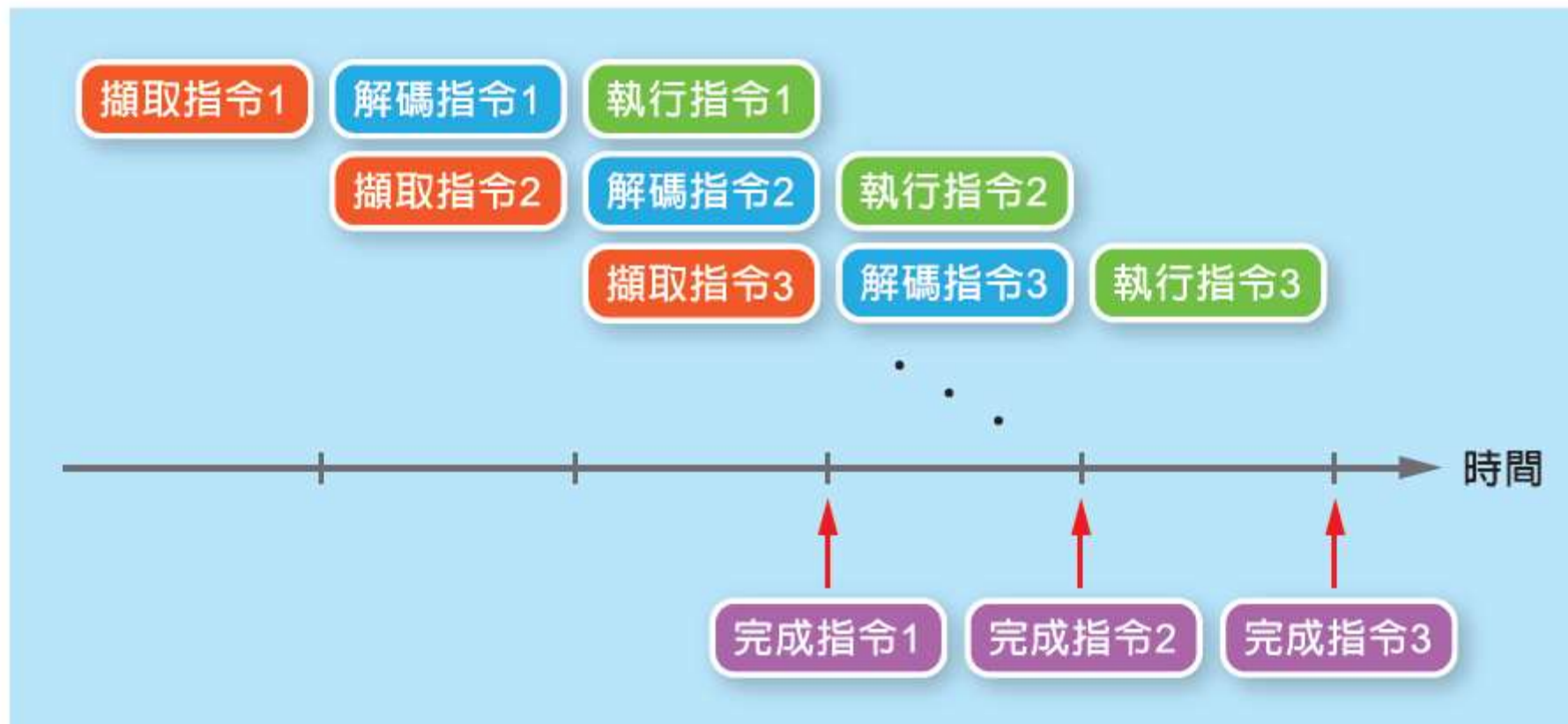


圖3-11 CPU執行時採用生產線技術





3-4 匯流排及介面

- ➡ 電腦主機板上用來傳輸電子訊號的傳輸工具，稱為**匯流排**(bus)，包括：
 - ▶ **系統匯流排**：負責CPU與記憶體間的資料傳送。
 - ▶ **擴充匯流排**：保留一些連接給使用者彈性使用。
- ➡ 匯流排一次所能傳輸的資料量，稱為**匯流排寬度**(buswidth)，它會和CPU每次所能處理的位元數相容。





連接埠

- ➡ 例如：將USB連接埠從1.0升級為2.0，須先購買USB 2.0介面卡，它可插到主機板PCI擴充槽，而它的USB插槽正好就可裝在主機殼的外表上。
- ➡ 這種外部連接端稱為**連接埠**(port)，有兩種型態：
 - ▶ **序列埠**(serial port)：每次傳一個位元。
 - ▶ **平行埠**(parallel port)：每次傳一組位元。





ISA、PCI、AGP

- ➡ 80年代最當紅的高速匯流排是**ISA**，其傳輸速率只有8.33 Mb/s。
- ➡ 90年代，**PCI**的速率133 Mb/s。
- ➡ 隨著高速設備接踵而出，PCI已面臨瓶頸，因此，繪圖卡等高速運作的設備多採用**AGP**，其傳輸速率為2.1 Gb/s。
- ➡ 它們都可用來連接**硬碟**及**網路卡**，也可用來連接需大量資料處理的**影像圖形介面**。





PCI Express

- ▶ PCI Express又稱為**3GIO**(Third Generation I/O Architecture；第三代輸出入架構)。
- ▶ 第三代輸出入架構主要是演進自：
 - ▶ 第一代1980年代的**ISA**架構(含EISA、MCA與VESA)。
 - ▶ 第二代1990年代的**PCI**架構(含AGP、PCI-x與HL等)。





PCI Express

- ➡ PCI Express的傳輸速率為每秒2.5Gb ~ 8Gb。
- ➡ 由英特爾、康柏、Dell、IBM、微軟等聯手研發，主要是當作晶片(晶片組南北橋)連結、轉接卡的I/O連結、以及1394b、USB 2.0、InfiniBand架構與乙太網路的I/O連結，另外，也可取代AGP匯流排成為繪圖卡的傳輸連結。





USB

- ➡ **USB**(Universal Serial Bus ; 通用序列匯流排)是 USB Implementers Forum所開發的連線規格。
- ➡ 針對電腦的外接周邊設備(鍵盤、滑鼠、遊戲控制器、攝影機、儲存裝置、掃描器和其他周邊)所設計，支援隨插即用，讓使用者安裝特定裝置時，能夠省去開啟電腦機箱及重開機的麻煩。
- ➡ 提供操作簡便、擴充性和快速等優點。
- ➡ 支援多台設備，同一埠最多可支援127台設備。





USB傳輸速度

USB規格	每秒傳輸速度
USB 1.0	1.5 Mb
USB 1.1	12 Mb
USB 2.0	480 Mb
USB 3.0	4.8 Gb





IEEE 1394

- ➡ IEEE 1394是一種高速序列匯流排的公定標準。
- ➡ Apple命名為**FireWire**，Sony稱它為**i.Link**。
- ➡ 提供隨插即用功能，提供個人電腦相容性的延伸介面，具有保證頻寬的傳輸模式，適用於消費性電子聲訊 / 視訊產品、儲存周邊及可攜式裝置。
- ➡ IEEE 1394的資料傳輸速度為每秒400 Mb，新版的IEEE 1394b規格，傳輸速度為每秒3.2 Gb。





隨插即用

- ➡ 隨插即用讓安裝電腦裝置的過程，如同「將插頭插入插座中」一樣簡單。



周邊設備很容易就可連上主機，必要時再加裝介面卡



3-5 輸出入周邊設備

- ➡ **輸入子系統**：負責將程式及資料放入電腦裡，如：鍵盤、滑鼠及掃描器等。
- ➡ **輸出子系統**：負責將處理後的結果送出電腦，如：螢幕及印表機等。
- ➡ 廣義的輸出入子系統包括**次要的儲存設備** (secondary storage device)，例如：磁碟、光碟片及磁帶等。





計算機的輸出入裝置





鍵盤 (keyboard)

- ▶ 鍵盤是輔助我們將訊息輸入電腦的重要輸入設備，其字符位置和打字機類似，與主機板連接的介面規格主要為PS2及USB。



傳統鍵盤與無線鍵盤



滑鼠 (mouse)

- ➡ 滑鼠是另一個輔助我們將訊息輸入電腦的重要輸入設備，與主機板連接的介面規格主要為PS2及USB。
- ➡ 其種類大致分為二鍵、三鍵、二鍵加小滾輪(可方便瀏覽超過顯示範圍的頁面)及軌跡球式的滑鼠。





滑鼠 (mouse)



按滑鼠運作原理分類：

機械式 滑鼠

- 利用腹部滾球來帶動座標滾軸。使用久了，滾球容易有污垢，須擦拭滾球及滾軸上的污垢，才可增加滑鼠靈敏度及使用壽命。

光學式 滑鼠

- 利用腹部的發光體和感光器來感應滑鼠的座標位置。





掃描器

- ➡ 掃描器是將掃描的文件以數位影像格式儲存。
- ➡ 擷取文件影像的方式：
先將光線投射到文件上，因文件明暗不同的區域，使反射光有不同的強度，由感光元件將反射回來的光轉換為數位資料，再經由掃描軟體讀入數據，最後組成數位影像。
- ➡ 儲存檔案格式有TIFF、BMP、GIF與PCX等。





掃描器

➡ 掃描器的種類：

掌上型
掃描器

平台式
掃描器

饋紙式
掃描器

滾筒式
掃描器

➡ 掃描器的解析度以掃描時每英吋的取樣點數(**dpi** ; dot per inch)表示。掃描時設定的dpi愈高，所獲得的資料愈精密，儲存所需空間也愈大。





螢幕

- ▶ 螢幕又稱**顯示器**(monitor)，是電腦最主要的輸出設備。
- ▶ 傳統的螢幕為**陰極射線映像管顯示器**(CRT)，既粗大又笨重，已被既輕且薄的**液晶螢幕**(LCD)所取代。





印表機

- ➡ 印表機是另一個重要的輸出周邊設備。
- ➡ 解析度以印出時每英吋的列印點數(**dpi** ; dot per inch)表示。
- ➡ 印表機的種類可分為：

點矩陣
印表機

噴墨式
印表機

雷射
印表機

熱轉印
印表機

噴蠟
印表機





多功能印表機

- ➡ 愈來愈多的印表機款式結合其他功能，例如：
 - ▶ 四合一印表機：可印製報表、傳真、影印及掃描。
 - ▶ 相片印表機：專門針對印製數位相片而設計。
 - ▶ 迷你印表機：玩到哪裡、照到哪裡、印到哪裡。



多功能印表機兼具印表、
傳真、影印及掃描功能(資
料來源；HP)





3-6 儲存裝置

- ➡ 磁性儲存裝置的基本原理，是利用某些物質可以磁化的特性，將資料記錄下來。
- ➡ 在這些磁化物質表面有個多點的陣列，每個點可磁化成代表數位訊號一個位元的0與1。





硬碟 (hard disk)

- ➡ 硬碟是電腦儲存資料最重要的地方，內部有圓形碟片及讀寫頭。
- ➡ 程式及資料平時通常放在硬碟，執行時才從硬碟載入主記憶體，因此是極為重要的儲存設備，
- ➡ 硬碟單位已從GB升級到TB。
- ➡ **固態硬碟**儲存裝置的內部並沒有圓形碟片，比較省電及耐震，成本也較高。

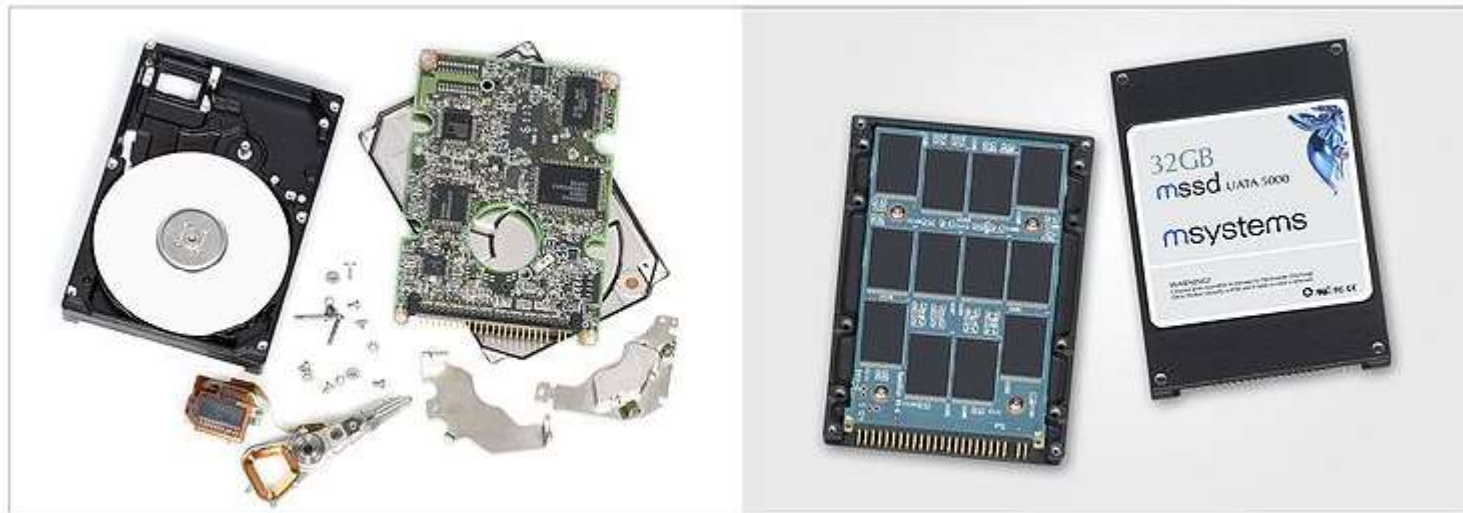


硬碟的內部結構





傳統硬碟 vs. 固態硬碟



Source: Wikipedia





磁帶

- ➡ 磁帶容量比硬碟要大許多，通常用來備份。
- ➡ 現今磁帶備份的資料動輒以**兆位元組**(TeraByte ; TB)計，容量超大。
- ➡ 備份的另一選擇是使用**RAID磁碟陣列**。RAID上有多顆硬碟，當有硬碟故障時，系統會自動調整，使資料不會喪失。

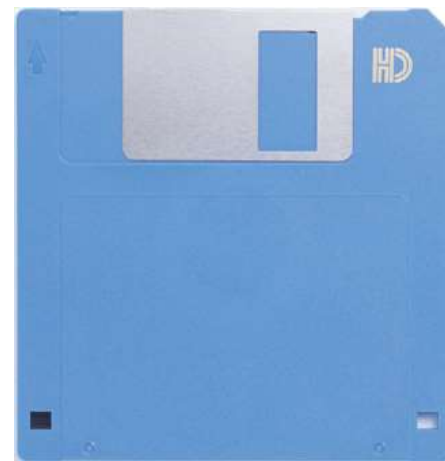




軟式磁碟片、Zip及MO

- ➡ 軟式磁碟片曾是90年代最主要的可攜式儲存媒介。
- ➡ **Zip**(IOMEGA於1995年推出)及**MO**(SONY於1988年推出)是90年代大量資料可攜式儲存媒介。
- ➡ 隨著光碟片及隨身碟的普及，它們的功能已漸被取代。

軟式磁碟片曾是最流行的攜帶式儲存設備，已被光碟片及隨身碟所取代





光碟片

- ➡ 新力(Sony)和飛利浦(Philips)在八十年代初期推出CD-ROM。
- ➡ 軟體程式不斷複雜化，消費者對影音品質需求不斷提高，儲存容量650 MB的CD光碟片已不敷使用。
- ➡ DVD是新一代高儲存容量、資料儲存密度提高的產品。單面單層可儲存4.7GB，最高可儲存雙面雙層，達17GB之多。





光碟片

- ▶ 計算CD系列(CD-ROM、CD-R、CD-RW或VCD)的存取速度時，**單倍速為每秒150 KB**。
- ▶ 計算DVD系列(DVD-ROM、DVD-R、DVD-RW或DVDVideo)的存取速度時，**單倍速為每秒約1350 KB**。

DVD光碟機是很重要的輔助儲存裝置





記憶卡

- ➡ 數位相機、PDA.....等都利用記憶卡儲存資料。
- ➡ 記憶卡的種類繁多，包括：
 - ▶ CF
 - ▶ SM
 - ▶ SDHC
 - ▶ MMC
 - ▶ MS
 - ▶ xD

各式各樣的記憶卡





微型硬碟(MD)

- ➡ **微型硬碟**(MicroDrive ; MD)的主要結構是縮小版的硬碟，連1吋都不到。
- ➡ MD容量通常較記憶卡高一個等級，但隨著CF等記憶卡製造技術的成熟，高容量已不再是MD的專利。

微型硬碟





讀卡機

- 多合一讀卡機可同時讀取多種不同的記憶卡及 MD，如：Compact Flash、IBM Microdrive、Smart Media、Secure Digital、Multi Media Card 和 Memory Stick。各槽間的資料還可以互相拷貝，極為便利。



讀卡機(資料來源：SanDisk)





隨身碟

- ➡ **隨身碟**(flash disk)又稱大拇哥，意即和大拇指大小差不多，透過USB埠連接電腦，進行存取動作。
- ➡ 其容量已可達GB，造型花樣百出，令人讚嘆。





複合式隨身碟

- ▶ 有的隨身碟兼具多項功能，除了可儲存資料外，還具備錄音、MP3及收音機功能。



複合式隨身碟兼具錄音、MP3及收音機功能



可攜式硬碟

- ➡ USB外接硬碟是一種體積小且重量輕的攜帶式儲存裝置，大約只有手掌般的大小，而且具有USB連接線即插即用的功能，可輕易地與個人電腦相連接，安裝極為便捷。
- ➡ 體積雖然較隨身碟大，但容量可達上百GB，是需攜帶大量資料人士的最愛。



圖3-28 外接式硬碟(資料來源：創見)

