

CHAPTER

05

作業系統

- 5-1 作業系統簡介
- 5-2 作業系統的功能
- 5-3 作業系統的技術
- 5-4 知名的作業系統

5-1 作業系統簡介

作業系統 (OS, Operating System) 是介於電腦硬體與應用軟體之間的程式，除了提供執行應用軟體的環境，還負責分配系統資源，例如 CPU、記憶體、磁碟、輸入 / 輸出等 (圖 5.1(a))。不同電腦硬體的作業系統其設計目標各異，例如：

- 大型電腦和工作站的作業系統通常應用於科學運算或商業運算，「效率」為其首要考慮，除了要讓系統資源的使用率最佳化，還要協調與控制各個使用者所分配到的系統資源 (圖 5.1(b))。
- 個人電腦的作業系統通常應用於個人運算，「便利」為其首要考慮，除了要有容易操作的使用者介面，還要注意執行效率，以滿足使用者日趨多元的工作和娛樂需求。
- 手持式裝置的作業系統通常是透過無線方式連接到網路，著重於個人使用及遠端操作。
- 汽車或資訊家電等嵌入式電腦的作業系統通常只有一個儀表板，上面有顯示狀態的指示燈。

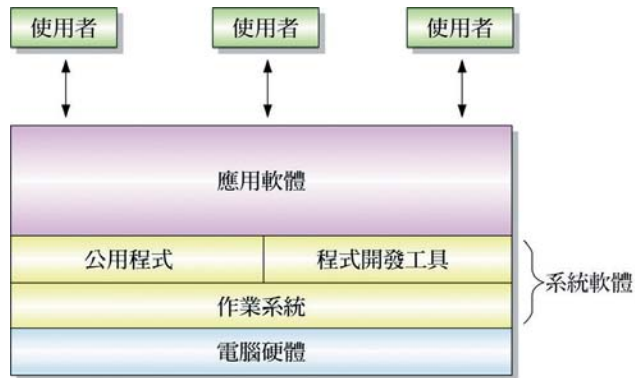
知名的作業系統有安裝於大型電腦和工作站的 UNIX、Solaris，IBM 相容 PC 的 MS-DOS、Microsoft Windows、Linux，麥金塔的 macOS，智慧型手機、平板電腦等手持式裝置的 Android、iOS、Windows 10 等。

作業系統中實際負責管理系統資源的是數個不同的處理程式，而負責協調與控制這些處理程式，並維持整個作業系統正常運作的程式叫做**核心** (kernel) 或**監督程式** (supervisor program)。

核心是作業系統中最重要程式，在電腦完成開機後，核心會常駐於主記憶體，一方面是維持整個作業系統正常運作，另一方面是將其它作業系統程式載入主記憶體。像核心這種常駐於主記憶體的程式稱為**常駐程式** (resident)，而在需要時才載入主記憶體的程式則稱為**非常駐程式** (nonresident) (圖 5.1(c))。

至於核心是如何載入主記憶體的呢？事實上，核心是透過所謂的**開機程式** (bootstrap program) 或**開機載入程式** (bootstrap loader) 在電腦啟動時載入主記憶體，可是問題來了，開機程式又是如何載入主記憶體的呢？

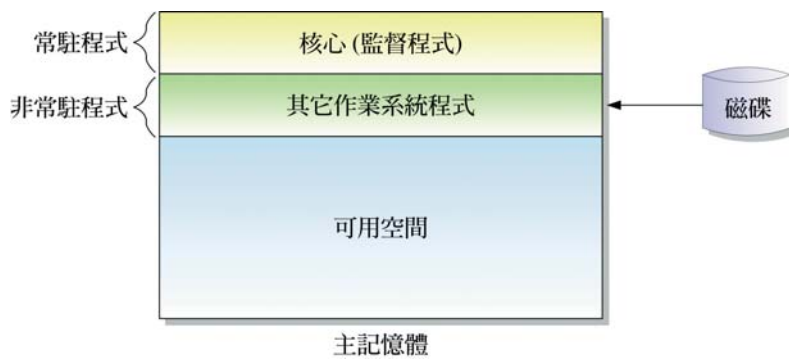
在過去，電腦的操作人員必須透過控制開關將開機程式的目的碼 (object code) 輸入主記憶體，但這容易產生錯誤，而且也很不方便。後來就改成當電腦的電源打開時，BIOS 會先進行基本的硬體測試，接著到儲存裝置尋找作業系統，然後利用開機程式將作業系統的核心載入主記憶體，再將 CPU 的使用權交給作業系統。早期 BIOS 是儲存在唯讀記憶體 (ROM)，後來為了方便升級更新，遂改成儲存在快閃記憶體。



(a)



(b)



(c)

圖 5.1 (a) 作業系統是介於電腦硬體與應用軟體之間的程式 (b) 工作站的作業系統首重效率 (圖片來源：Oracle) (c) 作業系統的核心與非常駐程式

5-3 作業系統的技術

作業系統的技術演進和電腦硬體的發展過程息息相關，比較重要的里程碑如下：

- 第一代電腦 (1946 ~ 1955) 是由真空管所組成，當時並沒有作業系統的存在，若要執行工作，必須以人工插卡的方式來進行。
- 第二代電腦 (1956 ~ 1963) 是由電晶體所組成，當時的輸入裝置是讀卡機，輸出裝置是打孔機，若要執行工作，必須將程式、資料及控制訊息畫在有固定格式的打孔卡片 (可能有數張)，然後交給電腦的操作人員，經過數分鐘、數小時甚至數天後，就可以得到輸出結果，這個時期所發展出來的作業系統有單工系統 (single task system)、批次系統 (batch system) 等。
- 第三代電腦 (1964 ~ 1970) 是由積體電路所組成，拜電腦硬體大幅進步之賜，這個時期所發展出來的作業系統有多元程式處理系統 (multiprogramming system)、分時系統 (time-sharing system) 等。
- 第四代電腦 (1971 ~ 現在) 是由超大型積體電路所組成，隨著微處理器應用至各種商業用途，這個時期所發展出來的作業系統有多處理器系統 (multiprocessor system)、分散式系統 (distributed system)、即時系統 (real time system)、手持式系統 (handheld system)、嵌入式系統 (embedded system) 等。

5-3-1 批次系統

早期電腦的作業系統很陽春，主要就是將一個工作轉移到下一個工作，屬於**單工系統** (single task system)，一次只能服務一位使用者，若同時有多位使用者，那麼後面的使用者必須等到前面的使用者完成工作，才能開始執行自己的工作。

單工系統的資源使用率不佳，一旦所執行的工作在存取機械式的輸入 / 輸出裝置，其它電子式的裝置 (包括 CPU) 都必須閒置下來等待其完成 (圖 5.3(a))。

為了提升效率，於是電腦的操作人員遂留下各個使用者的工作，透過**工作控制程式** (job control program) 將這些工作加以排序，把相同或類似的工作集中在一起，稱為一個**批次** (batch)，然後交給電腦分批執行，再將輸出結果送回給所屬的使用者，稱為**批次處理** (batch processing)。這樣做的好處是不必浪費時間一次又一次地重新載入並準備相同的資源，至於用來進行批次處理的作業系統則稱為**批次系統** (batch system) (圖 5.3(b))。

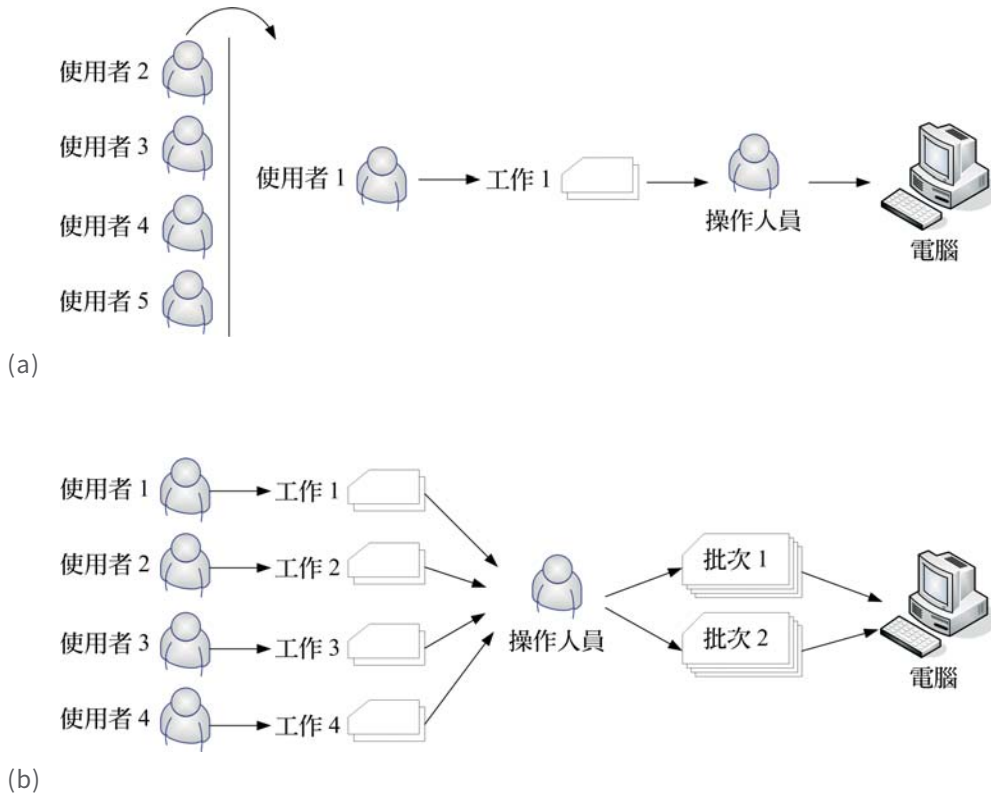


圖 5.3 (a) 單工系統 (b) 批次系統

5-3-2 多元程式處理系統

多元程式處理 (multiprogramming) 的目的是同時服務多位使用者或多個程式，致力於讓 CPU 一直保持忙碌，以提升 CPU 的使用率。在單工系統中，當所執行的工作在存取速度較慢的輸入 / 輸出裝置時，其它速度較快的裝置 (包括 CPU) 都必須閒置下來等待其完成，造成資源使用率不佳。

反之，在多元程式處理系統 (multiprogramming system) 中，記憶體會同時存放著多個工作，當所執行的工作在存取速度較慢的輸入 / 輸出裝置時，便將 CPU 切換到記憶體中其它需要執行的工作，等之前的工作結束存取輸入 / 輸出裝置後，就會重新得到 CPU，繼續尚未完成的工作，如此周而復始，CPU 就能一直保持忙碌，而不會閒置下來 (圖 5.4)。

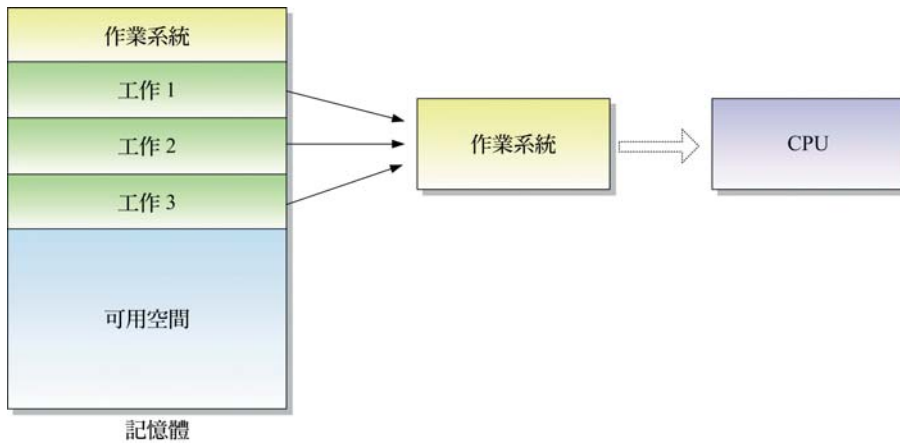


圖 5.4 多元程式處理系統

5-3-3 分時系統

分時處理 (time-sharing) 是一種特殊形式的多元程式處理，主要應用於互動式系統 (interactive system)。前述的多元程式處理雖然能夠提升資源使用率，但無法允許使用者與系統互動，若系統需要同時服務多位使用者，而且使用者的工作大多是以互動的方式來進行，例如編輯文件或整理檔案，那麼可以將 CPU 時間分割成許多小段，稱為**時間配額** (time slice)，輪流分配給各個使用者的工作，時間配額一到，無論目前的工作完成與否，都必須將 CPU 的使用權交給下一個工作，而之前尚未完成的工作在等 CPU 輪完一輪後又會回到其手上，並從中斷的地方繼續執行，這就是**分時系統** (time-sharing system)，又稱為**多工系統** (multitasking system) (圖 5.5)。

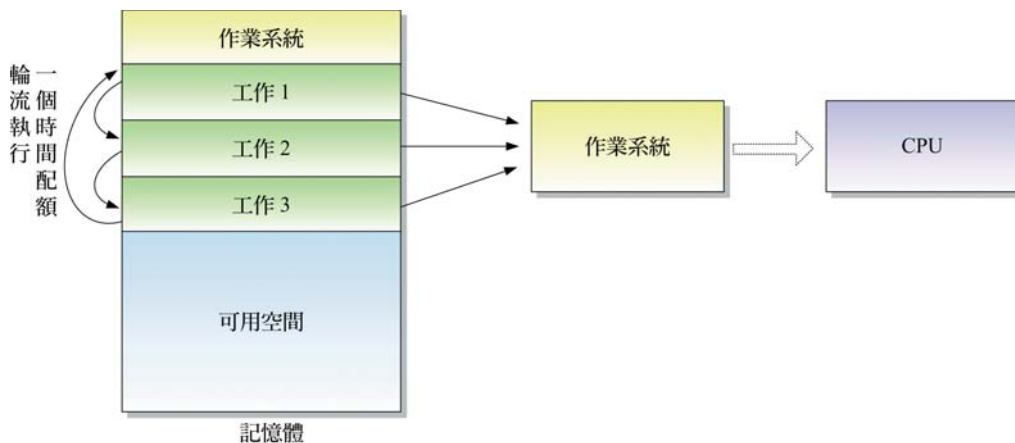


圖 5.5 分時系統

5-3-4 多處理器系統

相較於多數系統只有一個 CPU，**多處理器系統** (multiprocessor system) 則是擁有多個 CPU 的系統，這些 CPU 之間會緊密溝通，並共用匯流排、時脈、周邊或甚至記憶體，以增加工作量並提升效能，又稱為**平行系統** (parallel system) (圖 5.6)。

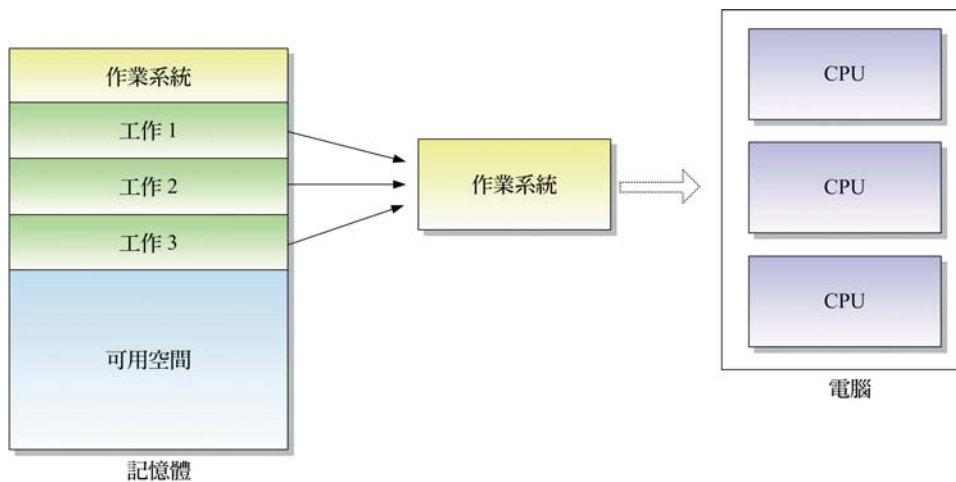


圖 5.6 多處理器系統

5-3-5 分散式系統

網路的盛行造就了**分散式系統** (distributed system) 的誕生，在此之前，同一個工作通常是由同一部電腦的一個或多個 CPU 來執行，而在分散式系統中，同一個工作可以拆成幾個部分，然後透過快速的網路連結指派給多部電腦分別執行，這些電腦或許位於不同的地點，彼此之間透過網路來聯繫 (圖 5.7)。

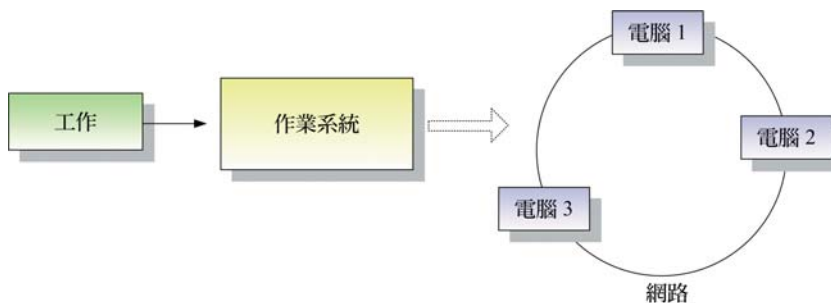


圖 5.7 分散式系統

5-3-6 即時系統

即時系統 (real time system) 能夠隨時對輸入訊號做出立刻的回應，通常應用於非常重視回應時間的系統，例如生產線的自動控制系統、飛機導航系統、科學儀器、感測器等。

5-3-7 手持式系統

手持式系統 (handheld system) 泛指應用於智慧型手機或平板電腦的作業系統，這種系統因為受限於較少的記憶體、較慢的 CPU、較小的螢幕、使用充電電池等先天限制，所以在設計上必須考慮到有效管理記憶體、不能增加 CPU 的負擔、擷取顯示部分內容、不能太耗電及支援無線通訊。

5-3-8 嵌入式系統

除了筆記型電腦、平板電腦等通用用途電腦之外，生活中有許多只做某些工作的特殊用途電腦，例如洗衣機、冷氣機、遊戲機、玩具、醫療監視儀器、智慧家電、交通號誌等。這些電子產品都是由隱藏於內部的微處理器來加以控制，也就是嵌入式系統 (embedded system)，此種系統沒有或只有少許介面，功能有限且較陽春，傾向於監督並控制硬體裝置等特殊用途。

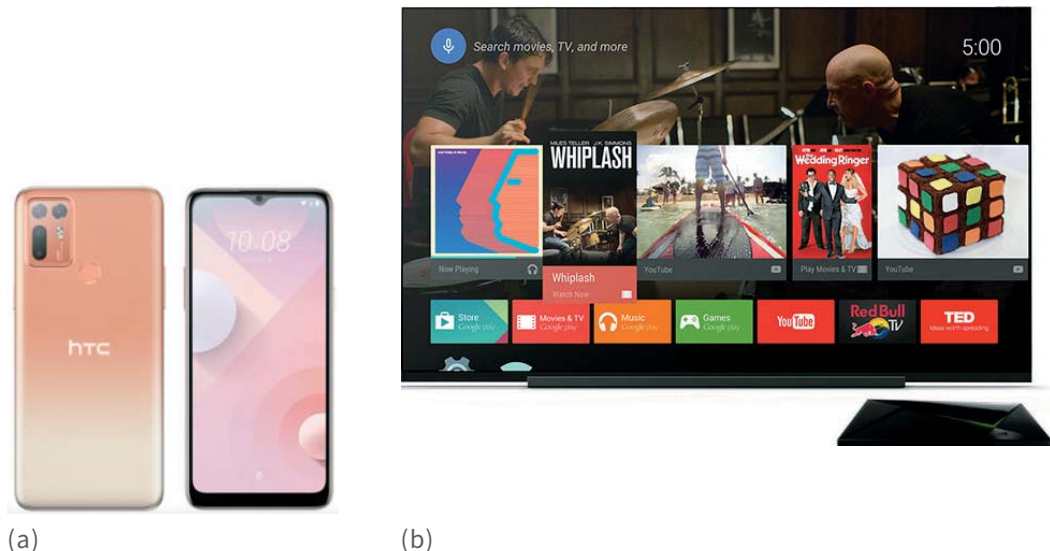


圖 5.8 (a) 智慧型手機是採取手持式系統 (b) 結合了電視科技與網際網路連線能力的智慧電視 (Smart TV) (圖片來源：hTC、android.com)

5-4 知名的作業系統

作業系統的種類很多，以下就為您介紹一些知名的作業系統。

5-4-1 UNIX

UNIX 是 AT&T 貝爾實驗室的 Ken Thompson 和 Dennis Ritchie，於 1970 年代針對 DEC 迷你電腦所開發的多工、多使用者作業系統。UNIX 最初是以組合語言撰寫而成，應用程式則是以 B 語言或組合語言來撰寫，但 B 語言不夠強大，Ken Thompson 和 Dennis Ritchie 遂發展出 C 語言，並以 C 語言重新撰寫 UNIX。

早期 UNIX 是採取命令列使用者介面，後來於 1986 年推出圖形化使用者介面 — X Window System。UNIX 的成就之一是提出主從式架構 (client server model)，將作業系統分成伺服器版本與用戶端版本，前者安裝在伺服器，負責管理資源並提供服務，而後者安裝在用戶端，負責與使用者溝通。

在 UNIX 問世的十年間，UNIX 被廣泛應用於學術機構和大型企業，AT&T 公司以低廉甚至免費的許可，將 UNIX 原始碼授權給學術機構做研究或教學之用，進而演變出數種變形，其中以加州大學柏克萊分校所開發的 BSD 系列最為知名，並衍生出三個主要的分支 — FreeBSD、OpenBSD 和 NetBSD。

AT&T 公司於 1990 年代將 UNIX 的版權出售給 Novell 公司，而 Novell 公司又於 1995 年將 UNIX 的版權出售給 SCO 公司 (Santa Cruz Operation)，UNIX 商標則屬於另一個產業標準聯盟 Open Group。一些公司在取得授權後，便開發了自己的 UNIX 產品，例如 IBM AIX、HP HP-UX、Oracle Solaris、SGI IRIX、SCO OpenServer，包括目前的 Apple macOS 亦是建立在 UNIX 穩固的基礎上。

```

may be monitored.
By using this system you expressly consent to such
monitoring.

Andrew UNIX (unix14.andrew.cmu.edu) (pts/27)
login: corrine

Users are not permitted to simultaneously log on to multiple unix servers.
No game playing is allowed. These machines are a shared resource. Please be
considerate of other users.
For more information please see the web page on Andrew/UNIX Servers at
http://www.cmu.edu/computing/documentation/unix/Polices.html
*****
Thu Jun 28 18:56:43 2001

On Sunday, July 1st, the Wireless Network on campus will experience a
service interruption during the regular bi-weekly maintenance window
from 5:00 AM to 8:00 AM. Any questions or comments should be sent to
advisor@andrew.cmu.edu, or should be directed to the Computing Services
Help Center at x8-HELP.
*****
unix14.andrew.cmu.edu:

```

(a)



(b)

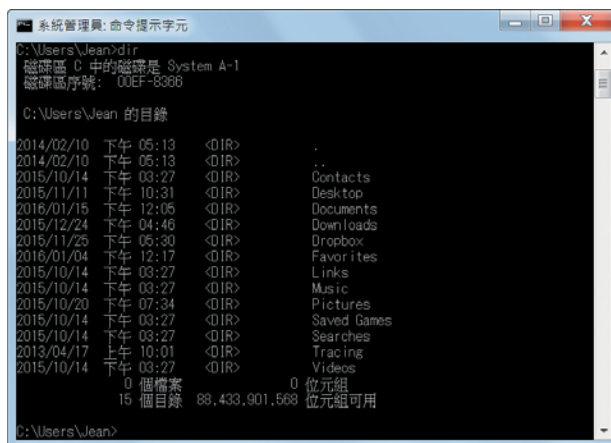
圖 5.9 (a) UNIX (b) Solaris (圖片來源：Oracle)



5-4-2 MS-DOS

MS-DOS (Microsoft Disk Operating System) 是 Microsoft 公司於 1981 年針對 IBM PC 所推出的作業系統，採取命令列使用者介面，使用者必須透過鍵盤輸入指定的指令集，才能指揮電腦完成工作。事實上，開發出此作業系統的是西雅圖電腦產品公司的程式設計師 Tim Paterson，一開始命名為 86-DOS，而 Microsoft 公司是在隔年買下 86-DOS 的版權，並更名為 MS-DOS。

隨著圖形化使用者介面的風行，MS-DOS 已經被 Microsoft Windows 取代，只剩下極少數的企業或機構還保有在 MS-DOS 下執行的程式，例如庫存系統、會計系統、診療系統等。為了方便使用者下達命令或執行某些程式，Microsoft Windows 提供了 [命令提示字元] 視窗用來模擬 MS-DOS 環境。



(a)

5-4-3 macOS

圖形化使用者介面的起源可以追溯至 Xerox PARC 研究中心於 1973 年、1981 年所推出的 Alto 和 Star 電腦，它們使用三鍵滑鼠、圖形化視窗與乙太網路連線。Apple 公司的創始人 Steve Jobs 在參觀過 PARC 後，意識到圖形化使用者介面的未來前景，遂著手研發，並於 1983 年、1984 年推出採取圖形化使用者介面的個人電腦 Lisa 和 Macintosh (麥金塔)，友善的介面迅速獲得使用者的青睞。

macOS 指的就是安裝於 Macintosh 電腦的作業系統，傳統的 macOS 是以卡內基美隆大學開發的 Mach 做為核心，最終版本為 1999 年推出的 Mac OS 9，之後 Apple 公司改以 BSD UNIX 為基礎推出 OS X，並於 2016 年將 OS X 更名為 macOS，以便與 Apple 公司的其它作業系統 (iOS、watchOS、tvOS) 保持一致的命名風格。



(b)

5-4-4 Microsoft Windows

Apple 公司當年基於市場策略，刻意開發了只能在 Apple Macintosh 電腦運作的圖形化使用者介面系統，因而給了 Microsoft 公司針對 IBM 相容 PC 開發 Windows 的空間，Microsoft 公司於 1985 年、1987 年推出的 Windows 1.0 和 Windows 2.0 順利成為 IBM 相容 PC 的標準圖形化使用者介面系統。

Microsoft 公司接著於 1990 年推出 Windows 3.0，這套作業系統獲得空前的迴響，打破了軟體產品在六週內的銷售記錄，也奠定了 Microsoft 公司在作業系統的龍頭地位。不過，此時的 Windows 只能算是披上圖形化使用者介面的 MS-DOS，因為 Microsoft 公司只是在 MS-DOS 與使用者之間加上一個殼層 (shell) 程式，讓該程式將使用者的動作轉換成 MS-DOS 能夠接受的命令。

直到 Microsoft 公司於 1995 年推出 Windows 95，Windows 才從殼層程式轉變為真正的作業系統，不再包含 MS-DOS。之後 Microsoft 公司不斷推出新版的 Windows，包括 Windows Me、Windows XP、Windows Vista、Windows 7、Windows 8/8.1、Windows 10。

此外，為了在企業市場和 UNIX 競爭，Microsoft 公司於 1993 年推出旗下第一個主從式網路作業系統— Windows NT，其伺服器版本為 Windows NT Server，而其用戶端版本為 Windows NT Workstation，之後伺服器版本改版為 Windows 2000 Server、Windows Server 2003、2008、2008 R2、2012、2012 R2、2016、2019，可以協助企業或學校快速建置網路，利用先進技術和全新的混合式雲端功能來增加彈性、簡化管理、降低成本，以及提供服務給企業或學校。



圖 5.10 (a) [命令提示字元] 視窗 (b) 搭載 macOS 的 iMac 與 MacBook (圖片來源：Apple)
(c) 搭載 Windows 10 的筆記型電腦與智慧型手機 (圖片來源：Microsoft)

5-4-5 Linux

Linux 是由芬蘭大學學生林納斯·托華斯 (Linus Torvalds) 於 1991 年以 UNIX 為基礎所開發的作業系統，當時 UNIX 只能安裝在昂貴的中大型電腦，林納斯為了將 UNIX 安裝在個人電腦，決定自己修改 UNIX。在 Linux 的核心程式公布於網際網路後，獲得全球各地程式設計人員的支持，紛紛投入為 Linux 強化功能，讓 Linux 能夠和各種周邊相容並日趨穩定，而 Linux 的發展過程正是開放原始碼軟體的典範。

Linux 可以在目前許多主要的硬體平台上運作，包括個人電腦、超級電腦、工作站、智慧型手機、平板電腦、遊戲機等。使用者可以從網際網路免費下載 Linux，或購買廠商提供附加工具的 Linux 發行版，例如 Red Hat。雖然 Linux 在桌上型電腦的普及率比不上 Microsoft Windows，但在區域網路伺服器、Web 伺服器與高效能運算領域中，卻有相當高的市佔率。



圖 5.11 (a) Linux 與官方吉祥物 Tux (圖片來源：維基百科)
(b) 搭載 Windows 10 的微軟自有品牌平板電腦 (圖片來源：Microsoft Surface)
(c) 搭載 iOS 的智慧型手機 (圖片來源：Apple iPhone)

5-4-6 智慧型手機與平板電腦作業系統

智慧型手機與平板電腦因為受限於較少的記憶體、較慢的 CPU、較小的螢幕、使用充電電池等先天限制，所以其作業系統和一般電腦不同，常見的如下：

- **Windows**：Windows 8 是 Microsoft 公司首度推出的跨平台作業系統，可以安裝於個人電腦、智慧型手機與平板電腦。除了具備傳統的視窗介面，更新增動態磚使用者介面並強化多點觸控功能，同時使用者可以到其專屬的應用程式發布平台 Microsoft Store 選購與下載數十萬種 App。Windows 8 之後改版為 Windows 8.1 和 Windows 10。



- **iOS**：這是 Apple 公司針對 iPhone、iPad、iPod touch 等裝置所設計的作業系統，由 OS X 發展而來，優雅直覺的圖形化使用者介面及多點觸控功能，讓 iPhone 一上市，便引爆觸控式智慧型手機的熱潮。

除了 iOS 內建的功能，例如 Siri 語音助理、FaceTime 音訊及視訊、iCloud、iTunes、iMessage、Apple Music、Apple Books、Animoji 動態表情、Memoji 個人化動態表情、臉部辨識、擴增實境 (AR)、Apple 地圖、CarPlay 導航、天氣、行事曆、錢包、社群、照相、共享照片串流、Safari 瀏覽器、電子郵件、iMovie 剪輯影片等，還有專屬的銷售平台 App Store，提供超過百萬種 App 讓使用者選購與下載。



- **Android**：這是 Google 公司與多家廠商針對智慧型手機與平板電腦所設計的作業系統，提供行動通訊、無線共享、網頁瀏覽、電子郵件、語音辨識、臉部辨識、GPS 定位、影音多媒體等功能，並可搭載 Google Maps、Gmail、Chrome、Hangouts 即時通、YouTube 影音串流、雲端硬碟、相簿、日曆、Play 音樂、Play 電影、Play 圖書等 Google 線上服務。

Android 是以 Linux 為核心的開放原始碼系統，任何人都可以免費使用 Android 或開發 Android 手機上的 App，無須經過 Google 和開放手持設備聯盟 (Open Handset Alliance) 的授權。目前全球有一半以上的智慧型手機使用 Android，至於 Android 手機的使用者則可以到其專屬的銷售平台 Google Play 選購與下載超過百萬種 App。



圖 5.12 搭載 Android 的智慧型手機與平板電腦 (圖片來源：ASUS、Samsung)

本 | 章 | 回 | 顧

- **作業系統 (OS)** 是介於電腦硬體與應用軟體之間的程式，主要的功能有分配系統資源、提供執行應用軟體的環境、提供使用者介面，其中使用者介面又分為**命令列使用者介面**和**圖形化使用者介面 (GUI)** 兩種。
- **批次系統 (batch system)** 的原理是把相同或類似的工作集中在一起，然後交給電腦分批執行，再將輸出結果送回給所屬的使用者。
- **多元程式處理 (multiprogramming)** 的目的是同時服務多位使用者或多個程式，致力於讓 CPU 一直保持忙碌的狀態。
- **分時處理 (time-sharing)** 是一種特殊形式的多元程式處理，主要應用於互動式系統。
- **多處理器系統 (multiprocessor system)** 是擁有多個 CPU 的系統，這些 CPU 之間會緊密溝通，並共用匯流排、時脈、周邊或甚至記憶體。
- 在**分散式系統 (distributed system)** 中，同一個工作可以拆成幾個部分，然後透過快速的網路連結指派給多部電腦分別執行。
- **即時系統 (real time system)** 能夠隨時對輸入訊號做出立刻的回應，通常應用於非常重視回應時間的系統。
- **手持式系統 (handheld system)** 泛指應用於智慧型手機或平板電腦的作業系統，設計上必須考慮到有效管理記憶體、不能增加 CPU 的負擔、擷取顯示部分內容、不能太耗電及支援無線通訊。
- **嵌入式系統 (embedded system)** 沒有或只有少許介面，功能有限且較陽春，傾向於監督並控制硬體裝置等特殊用途。
- 作業系統的種類很多，知名的有 UNIX、MS-DOS、macOS、Microsoft Windows、Linux 等。
- 常見的智慧型手機與平板電腦作業系統有 iOS、Android、Windows 10 等。

學 | 習 | 評 | 量

一、選擇題

- () 1. 下列何者不是作業系統的主要功能？
A. 儲存資料
B. 提供執行應用軟體的環境
C. 分配系統資源
D. 提供使用者介面
- () 2. 下列何者不是個人電腦的作業系統？
A. Windows
B. Linux
C. macOS
D. UNIX
- () 3. 下列何者採取命令列使用者介面？
A. iOS
B. Android
C. Linux
D. MS-DOS
- () 4. 下列敘述何者錯誤？
A. 即時系統通常應用於非常重視回應時間的系統
B. 單工系統一次只能服務一位使用者
C. 多處理器系統能夠增加工作量及可靠度
D. 分散式系統的 CPU 排程演算法比其它作業系統簡單
- () 5. 下列敘述何者正確？
A. 作業系統的殼層指的是使用者介面
B. 手持式系統並不需要加入無線通訊的技術
C. 分時系統是透過網路連結多部電腦來執行工作
D. 由於記憶體很便宜，所以手持式系統無須考慮到有效管理記憶體
- () 6. 下列哪種作業系統屬於開放原始碼？
A. MS-DOS
B. iOS
C. Windows
D. Linux
- () 7. 下列哪種作業系統的功能往往較為有限及原始？
A. 多處理器系統
B. 即時系統
C. 嵌入式系統
D. 分散式系統
- () 8. 下列敘述何者錯誤？
A. 大型主機的作業系統通常應用於科學運算或商業運算
B. 手持式裝置的作業系統相當著重無線通訊功能
C. iOS 屬於免費的開放系統
D. Android 是以 Linux 為核心發展而來
- () 9. 下列何者是電腦升級到新版作業系統時最有可能發生的風險？
A. 感染電腦病毒
B. 螢幕的相容性
C. 電腦硬體損壞
D. 應用軟體的相容性

- () 10. 若使用者在瀏覽硬碟的資料夾時出現「存取被拒」的訊息，最有可能的原因為下列何者？
- A. 使用者沒有存取權限 B. 此資料夾不存在
C. 此資料夾包含系統檔案 D. 此資料夾為隱藏的資料夾
- () 11. 重要的檔案應該放在下列哪個資料夾？
- A. 隱藏的資料夾 B. 定期備份的資料夾
C. 由應用軟體建立的資料夾 D. Windows 系統資料夾
- () 12. 下列對於作業系統的敘述何者錯誤？
- A. OS 負責管理 CPU 的使用
B. OS 包含硬體驅動程式
C. OS 負責管理記憶體的使用
D. 諸如 Office 等應用程式是 OS 的一部分
- () 13. 下列何者是第一個使用 C 語言撰寫的作業系統？
- A. Linux B. Windows C. UNIX D. Solaris
- () 14. 下列何者不是作業系統？
- A. DOS B. Palm C. firefox D. Linux
- () 15. 在 Windows 作業系統中，可以經由下列何者查看 CPU 的使用效能？
- A. 工作管理員 B. 電源選項
C. 裝置管理員 D. 工作排程器

二、簡答題

1. 簡單說明何謂作業系統並舉出三個實例。
2. 簡單說明作業系統有哪些功能？
3. 簡單說明使用者介面分為哪兩種並各舉出一個實例。
4. 簡單說明何謂多處理器系統 (multiprocessor system) ？
5. 簡單說明何謂分散式系統 (distributed system) ？
6. 簡單說明何謂手持式系統 (handheld system) ？
7. 簡單說明何謂嵌入式系統 (embedded system) ？
8. 近年來智慧型手機蔚為風潮，試舉出智慧型手機所使用的作業系統三種，並加以簡單說明。