

# 01

## Chapter 導論

1-1 電腦的發展過程

1-2 電腦的類型

1-3 電腦系統的組成

1-4 電腦如何完成任務

1-5 資訊科技的應用

1-6 資訊科技所帶來的負面影響

1-7 資訊倫理與道德

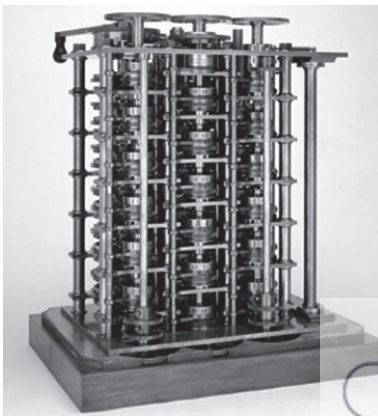
1

## 1-1 電腦的發展過程

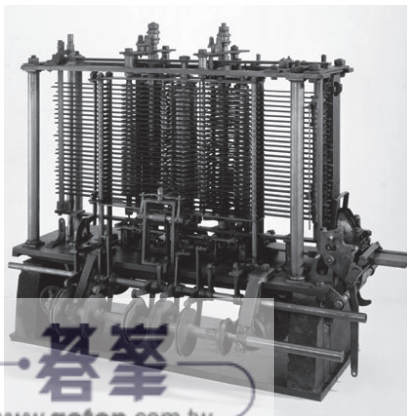
在電腦的發展過程中，有幾個比較重要的里程碑如下：

- ❖ 西元前 3000 年起源於中國的**算盤**被認為是最早的機械式計數裝置。
- ❖ 知名的畫家**達文西** (1452 ~ 1519) 畫出想像的機械式加法裝置，但直到 1642 年，法國數學家 **Blaise Pascal** (1623 ~ 1662) 才建造出可以計數的齒輪轉盤機器 **Pascaline**。
- ❖ 法國織布工人 **Joseph Jacquard** (1752 ~ 1834) 於 1801 年發明 **提花織布機** (Jacquard loom)，這部機器的卡片上面刻意打洞，以引導針線布料的移動，編織出漂亮的花紋。
- ❖ 英國數學家 **Charles Babbage** (1792 ~ 1871) 於 1830 年開始建造**差分機** (difference engine)，這部蒸汽機器可以分析等式，而且是透過打孔卡片控制一連串的動作。然差分機的建造因經費不足於 1842 年宣告終止，Charles Babbage 於 1833 年想出更先進的**分析機** (analytical engine)，這部蒸汽機器有「輸入」、「儲存」、「處理器」、「控制單元」、「輸出」等五個單元，可以進行加減乘除，每秒鐘可做 60 個加法運算，最後由 Charles Babbage 的兒子將它建造出來。

英國詩人拜倫的女兒 **Ada Lovelance** (1815 ~ 1852) 和 Charles Babbage 共同研究如何使用分析機進行運算，Ada 程式語言就是為了紀念這位歷史上第一個程式設計師所命名。



(a)



(b)



(c)

- ❖ 美國科學家 **Herman Hollerith** (1860 ~ 1929) 於 1890 年使用以電能為動力的**打孔卡片製表機器**，在兩年半內完成全美人口普查。相較於 1880 年，這得以人力耗費 8 年才能完成。

Herman Hollerith 於 1896 年成立 Tabulating Machine Company，之後陸續併購幾家公司，於 1911 年成立 Computing Tabulating Recording Company。到了 1924 年，總裁 **Thomas J. Watson Sr.** 將公司改名為 **IBM** (International Business Machines Corporation)，這曾是全球最大的電腦公司。

- ❖ 美國愛荷華州立大學教授 **John V. Atanasoff** 與研究生 **Clifford E. Berry** 於 1942 年，使用真空管、記憶體、邏輯電路及二進位建造了一部電子式數位電腦 **ABC** (Atanasoff-Berry Computer)。
- ❖ 美國哈佛大學教授 **Howard Aiken** 在 IBM 公司的贊助下，於 1944 年建造了一部電子機械式電腦 **Mark I**，這部機器高約 8 英尺、長約 55 英尺，由鋼絲線與玻璃所組成，可以分析等式。
- ❖ 美國軍方於 1946 年邀請賓州大學教授 **John W. Mauchly** 和 **J. Presper Eckert Jr.**，建造一部可以計算彈道的機器 **ENIAC** (Electronic Numerical Integrator And Calculator)，這是一部電子式電腦，使用真空管及十進位，速度比電子機械式電腦快上 1000 倍，佔地約 1500 平方英尺，重達 30 噸。
- ❖ 美國人口普查局於 1951 年使用 **UNIVAC** (Universal Automatic Computer) 完成全美人口普查，UNIVAC 也是由賓州大學教授 John W. Mauchly 和 J. Presper Eckert Jr. 所建造，這是電腦第一次應用在商業用途，而非軍事、科學或工程用途。



▲ 圖 1.1 (a) 差分機 (圖片來源：[www.computerhistory.org](http://www.computerhistory.org)) (b) 分析機 (圖片來源：[www.sciencemuseum.org.uk](http://www.sciencemuseum.org.uk)) (c) 歷史上第一個程式設計師 Ada (圖片來源：[維基百科](http://www.wikipedia.org)) (d) ENIAC (圖片來源：[www.fi.edu](http://www.fi.edu)) (e) UNIVAC (圖片來源：[www.computermuseum.li](http://www.computermuseum.li))

1

從 ENIAC 誕生迄今，電腦的硬體元件歷經了真空管、電晶體、積體電路、超大型積體電路等階段，每個階段都為電腦帶來了突破性的發展。

2

### 第一代電腦 (1946 ~ 1955)

3

ENIAC 是由近兩萬個**真空管** (vacuum tube) 所組成，每秒鐘可做 1900 個加法運算和 300 個乘法運算，體積龐大、成本高、可靠度差、耗電量高。這個時期的電腦僅內含固定用途的程式，若要變更改用途，就必須修改線路，John Von Neumann ( 范紐曼 ) 於 1945 年提出**儲存程式概念** (stored-program concept)，也就是電腦在執行程式之前要先將程式儲存於記憶體，若要變更改用途，只要修改程式，再儲存於記憶體即可，以省去修改線路的麻煩，現代的電腦大多屬於此種架構。

6

### 第二代電腦 (1956 ~ 1963)

7

AT&T 貝爾實驗室的 John Bardeen、Walter Brattain 和 William Shockley 於 1947 年發明**電晶體** (transistor)，接著麻省理工學院 (MIT) 於 1955 年首度使用電晶體建造 TX-0 電腦並於 1956 年上線，之後電晶體遂取代真空管，而前述的三位科學家也因為這項重要的發明獲頒諾貝爾物理學獎。電晶體可以完成和真空管相同的工作，但體積小、速度快、成本低、可靠度高、耗電量低且無須暖機。

9

### 第三代電腦 (1964 ~ 1970)

10

德州儀器公司於 1958 年發明**積體電路** (IC, Integrated Circuit)，這種技術可以將數百個電晶體放在一片矽晶片，體積更小、速度更快、成本更低、可靠度更高、耗電量更低，率先採用 IC 的電腦首推 IBM 公司於 1964 年建造的 System/360 系列。電腦硬體的技術一日千里，最能說明此現象的就是 Intel 公司的創辦人 Gordon Moore 所提出的**莫爾定律** (Moore's law) — 相同價格之矽晶片的電路數目與功能每隔 18 ~ 24 個月就會倍增，該定律在過去的二十幾年間已經獲得證實。

13

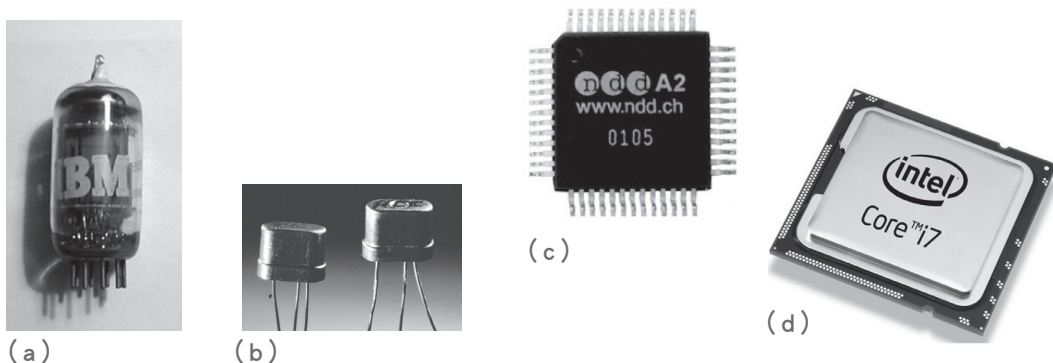
### 第四代電腦 (1971 ~ 現在)

14

世界上第一顆**微處理器** (microprocessor) 於 1971 年問世，所採用的技術叫做**超大型積體電路** (VLSI, Very Large Scale Integrated)。雖然微處理器是一片小小的矽晶片，裡面卻包含數百萬個電路，電腦最關鍵的功能都是由它來執行，從此電腦就變得體積更小、速度更快、成本更低、可靠度更高、儲存容量更大，同時微處理器的應用並不侷限於電腦，諸如家電或其它商業機器也都因為加入微處理器而變得功能強大。

15

在歷經數個階段的演進後，電腦除了元件、體積、速度的改良，功能也由單純的計算功能，演變成多元化的應用，例如影像繪圖、音樂創作、文書處理、資料庫管理、網路通訊等。未來宣稱「第五代電腦」將有何種突破呢？據說是一種具有學習、思考、溝通等特質的電腦，應用的領域涵蓋人工智慧、專家系統、自然語言等。



▲ 圖 1.2 (a) 真空管 (圖片來源: [www.computermuseum.li](http://www.computermuseum.li)) (b) 電晶體 (圖片來源: [www.ti.com](http://www.ti.com)) (c) 積體電路 (圖片來源: [www.ndd.ch](http://www.ndd.ch)) (d) 微處理器 (圖片來源: Intel)

▼ 表 1.1 電腦的發展過程

	第一代	第二代	第三代	第四代
元件	真空管	電晶體	積體電路 (IC)	超大型積體電路 (VLSI)
程式語言	由 0 與 1 所組成的機器語言	組合語言或早期的高階語言，例如 FORTRAN、ALGOL 60、COBOL、APL、LISP	高階語言，例如 Pascal、ALGOL 68、BASIC、SNOBOL、PL/1	高階語言，例如 C、Pascal、BASIC、C++、Java、C#
速度	2 0 0 0 I P S (Instructions Per Second)，機器時間以毫秒 ms ( $10^{-3}$ 秒) 為單位	1MIPS (Million Instructions Per Second)，機器時間以微秒 $\mu$ s ( $10^{-6}$ 秒) 為單位	10MIPS，機器時間以奈秒 ns ( $10^{-9}$ 秒) 為單位	100MIPS ~ 1BIPS (Billion Instructions Per Second)，機器時間以奈秒 ns ( $10^{-9}$ 秒) 或皮秒 ps ( $10^{-12}$ 秒) 為單位
記憶體	主記憶體為磁蕊 (magnetic core)，輔助記憶體為打孔卡片	主記憶體為 4 ~ 32KB 的磁鼓 (magnetic drum) 或磁蕊，輔助記憶體為磁帶	主記憶體為 32KB ~ 3MB 的半導體記憶體	主記憶體為 3MB 以上的半導體記憶體



1

## 1-2 電腦的類型

2

**電腦 (computer)** 是由許多電子電路所組成，可以接受數位輸入，依照儲存於內部的一連串指令進行運算，然後產生數位輸出。雖然電腦的運作原理相似，但我們經常可以在不同場合或不同應用中看到不同類型的電腦。舉凡金融業所使用的大型電腦，到辦公室、校園或家庭常見的個人電腦、行動裝置、穿戴式裝置，乃至於家電內含的嵌入式電腦皆是。

3

4

### 1-2-1 超級電腦

5

**超級電腦 (supercomputer)** 是功能最強、執行速度最快的電腦，每秒鐘能夠執行數兆個運算，造價高達數千萬美元到數億美元不等，通常只有國家級的單位或大型機構才可能使用超級電腦來進行大量儲存與高速運算，例如武器研發、氣象預測、生物實驗、航太科技、能源探勘、地質分析、雲端運算等。

6

7

8

### 1-2-2 大型電腦

**大型電腦 (mainframe)** 的功能及執行速度僅次於超級電腦，每秒鐘能夠執行數百萬個運算，而且可以同時服務多位使用者，提供集中的資料儲存及處理功能，適合金融業、保險業、航空業、製造業、政府單位等大型機構，用來執行規模龐大的工作，例如 ATM 櫃員機、追蹤銀行交易、記錄保險事宜、安排航班、管理庫存、管理帳務等。

9

10

11

### 1-2-3 迷你電腦

**迷你電腦 (minicomputer)** 和大型電腦一樣提供集中的資料儲存及處理功能，只是儲存能力及執行速度沒有大型電腦強，能夠同時服務的使用者亦較少，但造價則相對較低 (數萬美元到數十萬美元不等)。在個人電腦的運算能力不斷提升，價格不斷滑落的今日，迷你電腦已經退出市場。

12

13

14

15

### 1-2-4 微電腦



**微電腦 (microcomputer)** 指的是採用微處理器的電腦，其類型相當多，包括工作站、個人電腦、筆記型電腦、Ultrabook (超筆電)、穿戴式裝置、All-In-One PC、平板電腦、手持式電腦、嵌入式電腦等。

## 工作站

**工作站** (workstation) 是一種運算能力強大的高階桌上型電腦，適合用來從事財務分析、電腦動畫、工程設計、軟體開發等複雜的工作，過去亦經常在網路環境中被用來做為**伺服器** (server)，以提供資源或服務給網路上的其它電腦。

## 個人電腦

廣義地說，世界上第一部**個人電腦** (PC, Personal Computer) 是 Ed Roberts 於 1975 年所製造的 **Altair 8800**，而 Steve Jobs 和 Steve Wozniak 於 1977 年所製造的 **Apple I**、**Apple II** 則可以算是第二部個人電腦，這是一種 8 位元電腦。

之後 IBM 公司於 1981 年 8 月推出 16 位元電腦，叫做 **IBM PC**，採用 8088 微處理器，並提供硬體設計圖及軟體清單給其它廠商製造 **IBM 相容 PC**，如此一來，針對 IBM PC 所撰寫的軟體也可以在這些廠商製造的電腦上執行。

IBM 相容 PC 的微處理器已經由 16 位元的 8088，32 位元的 386、486、Intel Pentium、Intel Pentium II、AMD K6、Intel Celeron、Intel Pentium !!!、AMD Athlon、AMD Duron、Intel Pentium 4、AMD Athlon XP、AMD Sempron……，發展到 64 位元的 Intel Itanium、Intel Core i、AMD Phenom、AMD Athlon II……。

Apple 公司推出的 **Mac** (Macintosh，麥金塔) 亦是相當普遍的個人電腦，以人性化的圖形使用者介面著稱。目前 Mac 包含幾個不同的產品線，例如桌上型電腦分為高階的 Mac Pro、一般的 iMac、入門的 Mac mini，筆記型電腦則分為高階的 MacBook Pro 和輕型的 MacBook Air。除了深受設計人員喜愛的 Mac，Apple 公司更積極轉型至消費電子產品，知名的 iPhone、iPad、iPod 均締造了亮眼的銷售成績。



▲ 圖 1.3 (a) MacBook Air (圖片來源：Apple) (b) 超筆電 (圖片來源：ASUS)

1

### 筆記型電腦

**筆記型電腦** (notebook computer) 又稱為**膝上型電腦** (laptop computer) 或**可攜式電腦** (portable computer)，這是一種輕巧的個人電腦，輕到可以放在膝上使用，然後摺起來收進公事包內拎著走。筆記型電腦的操作方式與桌上型電腦 (desktop computer) 大同小異，但為了方便攜帶，機體本身必須輕巧、耐震、穩定性高、耗電量低、支援無線通訊。

2

3

4

### All-In-One PC

**All-In-One PC** (AIO PC) 又稱為**一體成型電腦**，泛指將主機與螢幕合而為一的電腦，也就是將微處理器、記憶體、硬碟、光碟等主機的零組件整合嵌入螢幕內，Apple 公司的桌上型電腦 iMac 即為一例。

6

7

### Ultrabook

**Ultrabook** (超筆電) 是 Intel 公司的註冊商標，被視為新一代的筆記型電腦，但體積更薄、重量更輕、開機更快、電池續航力更長，例如華碩 Zenbook、宏碁 Aspire、Toshiba Portege 等。以華碩 Zenbook 為例，其螢幕為 13.3 吋、厚度約 1.7 公分、重量約 1.3 公斤、電池續航力約 7 小時，規格之強足以媲美 Apple MacBook Air。

8

9

10

### 穿戴式裝置

**穿戴式裝置** (wearable device) 指的是將智慧行動裝置的功能移植到可穿戴的裝置，包括智慧眼鏡、智慧手錶、智慧手環、個人運動記錄器等，例如 Google Glass 集合了智慧型手機、相機、攝影機、GPS 於一身，可以在使用者眼前顯示訊息，眨眨眼就能拍照、攝影、閱讀電子郵件或簡訊、查詢路況或天氣，而令人注目的還有 Google 正在研發的智慧隱形眼鏡，這是將微型血糖感測器和無線晶片放在隱形眼鏡中，然後透過淚液測量血糖值，糖尿病患者就能藉此掌握身體的狀況。

11

12

13

14

### 平板電腦

**平板電腦** (Tablet PC) 是一種可攜式電腦，以可旋轉螢幕、觸控或手寫輸入為訴求，分為有鍵盤的 **Convertible Tablet PC** 和沒有鍵盤的 **Pure Tablet PC** 兩種類型，在 Apple 公司推出 iPad 後，便掀起一股 Pure Tablet PC 熱潮，消費者除了使用平板電腦無線上網、玩遊戲、觀賞影片、瀏覽相片、聆聽音樂，還能閱讀電子書，也因此帶動電子書市場的快速成長，改變了出版社的經營模式。

15



## 手持式電腦

**手持式電腦** (handheld computer) 又稱為**掌上型電腦** (palmtop computer)，原先指的是 PDA (Personal Digital Assistants)，這是以手寫輸入、觸控螢幕或語音辨識等方式來做輸入的裝置，機體小到可以放進口袋或手提袋，支援無線通訊、行事曆、電話、簡訊等功能，但是很快的，結合了電話、簡訊、即時通訊、GPS、電子郵件、網頁瀏覽、影音多媒體、相機、攝影機、遊戲機的**智慧型手機** (smartphone) 取代了 PDA，成為消費者人手一機的科技產品。

## 嵌入式電腦

前面所介紹的個人電腦、平板電腦均屬於通用用途電腦，然事實上，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**嵌入式電腦** (embedded computer)。

嵌入式電腦的微處理器和個人電腦有點相似，不同的是用來控制電子產品的軟體是蝕刻在硬體中，我們將這種蝕刻在硬體中的軟體稱為**韌體** (firmware)。韌體通常儲存在快閃記憶體 (flash memory) 或唯讀記憶體 (ROM, Read Only Memory)，可以透過外部硬體來更新。



▲ 圖 1.4 (a) 結合智慧型手機與平板電腦的 ASUS Padfone  
(b) Google 與 ASUS 合作推出的智慧型手機與平板電腦 Nexus  
( 圖片來源：Google、ASUS)

1

## 1-3 電腦系統的組成

2

3

4

5

### 1-3-1 硬體

6

硬體的基本組成包括下列四個單元：

7

❖ **輸入單元 (input unit)**：輸入單元可以接收外面的資料，包括文字、圖形、聲音與視訊，然後將這些資料轉換成電腦能夠讀取的格式，傳送給處理單元做運算，例如鍵盤、滑鼠、觸控板、數位相機、數位攝影機、掃描器、搖桿等。

8

❖ **處理單元 (processing unit)**：處理單元指的是**中央處理器 (CPU, Central Processing Unit)**，電腦的算術運算與邏輯運算都是由它來執行。

9

❖ **記憶單元 (memory unit)**：記憶單元用來儲存處理單元進行運算時所需要的資料或程式，以及儲存處理單元運算完畢的結果。記憶單元又分為**記憶體 (memory)**和**儲存裝置 (storage device)**兩種類型，前者又稱為**主要儲存媒體 (primary storage)**，用來暫時儲存資料，例如暫存器、快取記憶體、主記憶體等；而後者又稱為**次要儲存媒體 (secondary storage)**或**輔助儲存媒體 (auxiliary storage)**，用來長時間儲存資料，例如硬碟、磁帶、光碟、隨身碟、固態硬碟等。

10

❖ **輸出單元 (output unit)**：輸出單元可以將處理單元運算完畢的資料轉換成使用者可以理解的文字、圖形、聲音與視訊，然後顯示出來，例如螢幕、印表機、喇叭等。

11

12

13

14

15



▲ 圖 1.5 硬體的基本組成



▲ 圖 1.6 個人電腦 (圖片來源：ASUS)

## 1-3-2 軟體

軟體可以分為下列兩種類型：

- ❖ **系統軟體 (system software)：**系統軟體是負責支援電腦運作的程式，最典型的例子就是**作業系統 (operating system)**，這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 Microsoft Windows、Apple OS X 等。

除了作業系統之外，**公用程式 (utility)** 和**程式開發工具 (program development tool)** 也通常被歸類為系統軟體，前者是用來管理電腦資源的程式，例如磁碟管理程式，而後者是協助程式設計人員開發應用軟體的工具，包括文字編輯器、整合開發環境、組譯程式、編譯程式、連結程式、載入程式等。

- ❖ **應用軟體 (application software)：**應用軟體是針對某特定事務或工作所撰寫的程式，目的是協助使用者解決問題，例如 Microsoft Office 屬於辦公室自動化軟體、Adobe Photoshop 屬於影像處理軟體、Internet Explorer 屬於通訊軟體等。

1

## 1-4 電腦如何完成任務

2

關於電腦如何完成使用者所指派的任務，我們可以從**層級轉換** (levels of transformation) 的觀點談起，如圖 1.7。

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

問題描述 (problem)
演算法 (algorithm)
程式 (program)
指令集架構 (instruction set architecture, ISA)
微架構 (microarchitecture)
邏輯電路 (logic circuit)
電子電路 (electronic circuit)

▲ 圖 1.7 電腦完成任務所涉及的層級轉換

### 問題描述

在使用電腦解決問題之前，我們通常是直接以中文、英文等自然語言 (natural language) 來描述**問題** (problem)。然自然語言具有模糊性 (ambiguity)，相同詞彙在不同場合可能有不同意義，須視上下文而定，容易導致電腦解譯錯誤。

### 演算法

為了克服自然語言的模糊性障礙，我們必須將問題描述轉換成**演算法** (algorithm)，這是一群明確、可執行且有順序的步驟集合，目的是要解決某個問題或完成某件工作。在電腦尚未問世之前，演算法就是數學家極為重要的研究主題，知名的歐幾里德演算法即為一例，該演算法可以求出兩個正整數的最大公因數。

### 程式

有了演算法後，我們要將它轉換成能夠在電腦上執行的**程式** (program)，也就是選擇一種程式語言將演算法所定義的步驟撰寫成程式，常見的程式語言有 C、C++、Java、C#、Visual Basic、Perl、Pascal 等。

## 指令集架構

接著，我們要視程式會在何種電腦上執行，將程式轉換成該電腦所支援的**指令集** (instruction set)。指令集是由電腦的**指令集架構** (ISA, Instruction Set Architecture) 所定義，ISA 是程式與電腦之間的介面規格，它定義了電腦能夠執行的指令、運算元、暫存器、資料型別、定址模式等。常見的指令集架構有 Intel IA-32/IA-64、IBM PowerPC、Compaq Alpha、HP PA-RISC、Sun SPARC 等，其中個人電腦採用的是 Intel IA-32/IA-64。

## 微架構

繼續，我們要將指令集架構 (ISA) 轉換成系統實作 (implementation)，稱為**微架構** (microarchitecture)。我們以飛機為例說明 ISA 與微架構之間的關係，ISA 就代表起飛和降落等動作，而微架構則代表起飛和降落等動作的實際運作方式，例如直昇機和噴射機均會起飛和降落，但前者是藉助於螺旋槳的推進，而後者是藉助於渦輪的推進。

## 邏輯電路

再來，我們要將微架構的元件轉換成**邏輯電路** (logic circuit)，這是由可以完成某些功能的**邏輯閘** (logic gate) 所組成，邏輯閘可以接受一個或多個輸入訊號，然後產生一個或多個輸出訊號，例如 NOT 閘可以接受一個輸入訊號，然後輸出該訊號的補數，也就是當輸入訊號為 0 時，輸出訊號為 1，而當輸入訊號為 1 時，輸出訊號為 0。

## 電子電路

最後，我們要將邏輯電路轉換成**電子電路** (electronic circuit)，這是由電阻、電容、電感、二極體、電晶體、積體電路等電子元件所組成的電路，可以調整訊號或進行訊號的運算。

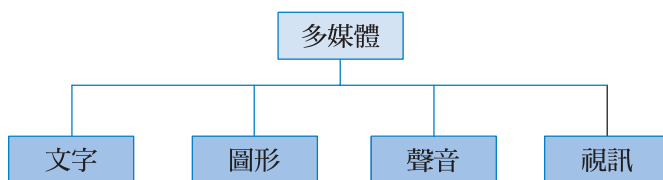




## 3-1 文字表示法

在開始介紹文字表示法之前，我們先來說明何謂多媒體。**多媒體 (multimedia)** 指的是運用兩種以上的媒體或資料類型所呈現的資訊，也就是將**文字 (text)**、**圖形 (image)**、**聲音 (audio)**、**視訊 (video)** 等資料類型加以數位化，然後利用電腦強大的計算能力進行編輯、儲存或播放，同時可以透過程式提供互動的功能。

多媒體所呈現的資訊能夠帶給使用者更多的聲光效果及更佳感官享受，而事實上，多媒體也早已經廣泛應用到教育訓練、休閒娛樂、科學研究、商業活動、文化藝術、工程、醫療等領域。



▲ 圖 3.1 多媒體的資料類型

**文字 (text)** 是最基本的資料類型，為了適用於電腦的二進位系統，諸如字母、數字或特殊符號等文字都會被編碼成唯一的一組**位元圖樣 (bit pattern)**，然類似 01010101 或 11111111 的位元圖樣，對於電腦來說究竟有何意義呢？這個問題並沒有標準答案，必須視電腦採用哪種編碼方式而定，至於編碼方式則有好幾種，常見的如下：

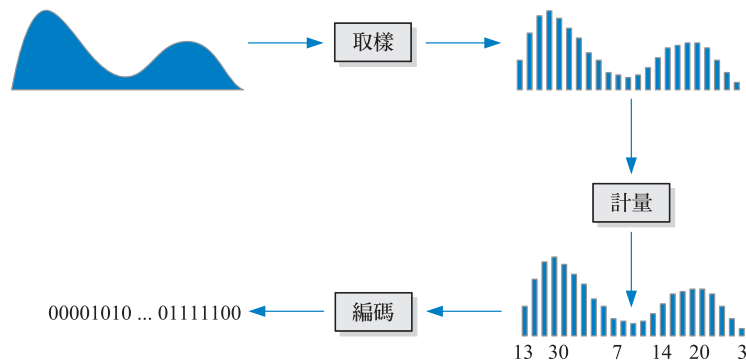
- ❖ **ASCII** (American Standard Code for Information Interchange，唸做“as-key”)：ASCII 是使用 7 個位元表示 128 ( $2^7$ ) 個字元，以大小寫英文字母、阿拉伯數字、鍵盤上的特殊符號 (% \$ # @ \* & ! ...) 及諸如喇叭聲、游標換行、列印指令等控制字元為主。不過，為了方便起見，ASCII 字元是存放在一個位元組裡面，也就是在原本的 7 個位元之外，再加上一個最高有效位元 0。

表 3.1 列出了部分的 ASCII 字元集，根據此表可知，下面的位元圖樣將會被解碼為“HAPPY”：

01001000 01000001 01010000 01010000 01011001

### 3-3 聲音表示法

由於**聲音** (audio) 屬於連續的類比訊號，而電腦只能接受 0 與 1 的數位訊號，因此，聲音必須經過如圖 3.10 的轉換過程，才能儲存於電腦。這種轉換技術是由貝爾實驗室所提出，稱為**脈波編碼調變** (PCM, Pulse Code Modulation)。



▲ 圖 3.10 將聲音的類比訊號轉換成數位訊號

1. **取樣** (sampling)：這是在單位時間內測量聲音訊號的值，而**取樣頻率**是在單位時間內對聲音取樣的次數，取樣頻率愈高，就愈接近真實的聲音，就像問卷調查一樣，抽樣人數愈多，就愈接近真實的情況。取樣頻率通常是 11KHz (11000 次 / 每秒)、22KHz (22000 次 / 每秒) 或 44.1KHz (44100 次 / 每秒)，分別代表一般聲音、錄音機效果及 CD 唱片效果。
2. **計量** (quantization)：每個取樣都必須指派一個值，舉例來說，假設取樣的結果為 25.2，但合法的值為 0 到 100 的整數，那麼取樣的值就指派為 25。
3. **編碼** (encoding)：每個取樣有了合法的計量後，就可以將它轉換成位元圖樣，舉例來說，假設以 8 位元儲存每個取樣，那麼值為 25 的取樣就可以轉換成 00011001。由於取樣頻率相當高 (11、22、44.1KHz)，再加上儲存每個取樣需要 8、16 或 32 位元，稱為**取樣解析度**，所以往往會搭配 MP3、AAC 等壓縮技術，來減少聲音的儲存空間需求。

此外，還有一個工業標準的電子通訊協定稱為 **MIDI** (Musical Instrument Digital Interface, 樂器數位介面)，該技術並不是直接錄製音樂，而是記錄演奏者所使用的樂器 (鋼琴、小提琴、爵士鼓、吉他...)、所演奏的音符、音量、速度等資訊，然後利用儲存在電腦上的各種樂器聲音資訊，再配合前述的演奏參數來合成音樂，所以不會佔用太多儲存空間。

## 本章回顧

- **多媒體** (multimedia) 指的是運用兩種以上的媒體或資料類型所呈現的資訊，包括文字 (text)、圖形 (image)、聲音 (audio)、視訊 (video) 等資料類型。
- **文字** (text) 在進行處理之前，必須先編碼成唯一的一組位元圖樣，常見的編碼方式有 ASCII、ASCII-8、EBCDIC、BIG5、Unicode 等。
- **圖形** (image) 又分為**點陣圖** (bitmap image) 與**向量圖** (vector image)，前者是以矩陣的形式儲存圖形，後者是利用數學貝茲 (Bezier) 曲線來描述圖形的輪廓，然後透過解譯演算法來解譯並轉換成點和線。
- **聲音** (audio) 屬於連續的類比訊號，必須經過取樣、計量、編碼的過程，才能轉換成數位訊號。
- **視訊** (video) 指的是同步播放連續畫面與聲音，主要的類比電視廣播標準有 NTSC、PAL、SECAM，而數位電視常見的視訊標準有 SDTV、HDTV、UHDTV。
- **非失真壓縮** (lossless compression) 所壓縮過的資料在經過解壓縮後，會和原始資料一樣，故適合用來壓縮文字、程式碼等資料，而效率高且空間小的**失真壓縮** (lossy compression) 則適合用來壓縮圖形、聲音、視訊等資料，因為人類的眼睛、耳朵無法察覺非常細微的差異，諸如 JPEG、MP3、MPEG 等技術均為失真壓縮。
- **重複次數編碼** (RLE, Run Length Encoding) 是最簡單的資料壓縮技術，其原理是記錄符號出現的次數；**霍夫曼編碼** (Huffman coding) 是一種變動長度的編碼技術，符號的編碼長度與出現頻率成反比，屬於頻率相關編碼，這兩種編碼技術均屬於非失真壓縮。
- 除了傳送所造成的錯誤之外，電腦本身也存在著誤差的問題，包括**固有誤差** (inherent error) 和**捨棄誤差** (round-off error、truncation error)。
- 常見的錯誤檢查方式有同位元檢查、循環冗餘碼 (CRC)、錯誤更正碼 (ECC) 等，其中後者不僅能偵測錯誤，還能更正錯誤。

