

電腦基本原理

電腦其實很強！光用0與1就能幫人類做很多事，本章將介紹數位化的概念與方法，以及說明設計電腦內的數位電路，常使用的3種邏輯元件。

我只能存0與1



2-1 數位化概念

電腦是利用電子裝置來儲存與處理資料，這些裝置上的電路簡單說只有「開」、「關」兩種狀態。習慣上，我們常以1來表示開，以0來表示關。

所謂**數位化**就是將文字、數值、聲音及影像等資料，轉換成電腦所能識別的0與1的形式（即二進位形式），電腦才能夠儲存與處理。本節將介紹電腦處理資料所採用的二進位數字系統及資料的儲存單位。

2-1.1 二進位數字系統

人類在計量事物時，習慣採用十進位制（使用0～9共十個數字），也就是「以10為**基數**（base），逢10進位的數字系統」，以十進位的110為例，其所代表的值為：

$$(110)_{10} = 1 \times 10^2 + 1 \times 10^1 + 0 \times 10^0$$

電腦是以二進位的方式來儲存與處理資料，**二進位數字系統**顧名思義就是「以2為**基數**，逢2進位的數字系統」，這種數字系統只能使用0與1兩個數字的組合來表示一個數值。例如：

$$(\underline{110})_2$$

數字1、1、0 基數，2表示二進位

同一組數字符號在十進位與二進位數字系統下，所代表的數值可能不同，以下將介紹這兩種數字系統之間的轉換方式。



二進位數轉換成十進位數

在二進位數的一組數字符號（由0與1組成）中，每個數字所代表的**權值**（weight）不同（圖2-1），我們只要將各個數字乘以其權值再加總，即可將二進位數轉換成十進位數。

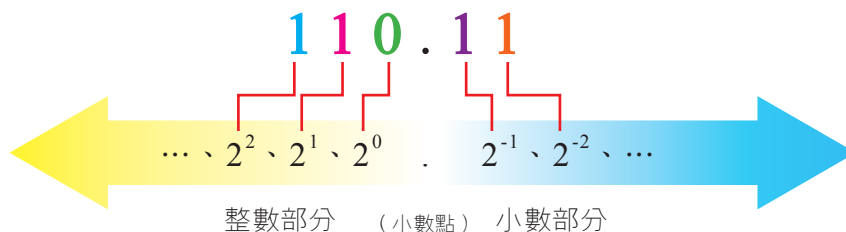


圖2-1 每個數字的權值，皆為2的乘冪

例 1 將二進位數 $(110.11)_2$ 轉換成十進位數。

數字 (S)	1	1	0	.	1	1
權值 (W)	2^2	2^1	2^0	.	2^{-1}	2^{-2}
數值 (S×W)	4	2	0	.	0.5	0.25

$$\begin{aligned}
 (110.11)_2 &= 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} \\
 &= 4 + 2 + 0 + 0.5 + 0.25 \\
 &= (6.75)_{10}。
 \end{aligned}$$

十進位數轉換成二進位數

十進位數轉換成二進位數的方法，是將整數部分與小數部分分開轉換，轉換方法如下：

● 整數部分轉換方式：

- (1) 將整數連續除以2，直到商為0為止。
- (2) 由下而上取每次相除所得的餘數。

● 小數部分轉換方式：

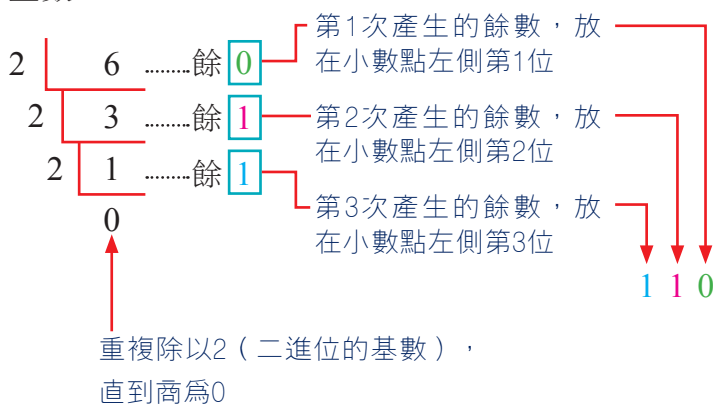
- (1) 將小數點後的數字乘以2，再將所得乘積小數點後的數字乘以2，如此反覆進行直到小數點後的數字全部為0時停止。
- (2) 由上而下取每次相乘所得的整數。



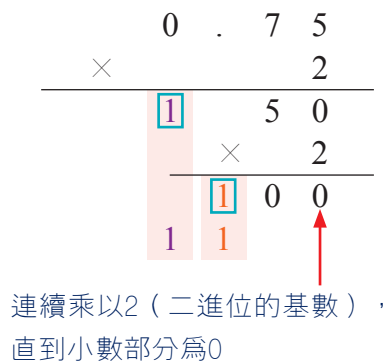


例 1 將十進位數 $(6.75)_{10}$ 轉換成二進位數。

整數：



小數：



將整數部分加上小數部分，即可求得 $(6.75)_{10} = (110.11)_2$ 。

2-1.2 資料的儲存單位

電腦中最小的儲存單位稱為**位元**（bit），1個位元只能存一個1或一個0的二進位數字，8個位元合稱為1個**位元組**（byte）。

為了方便描述或計量，電腦所儲存或處理的資料量，我們常會使用以下幾種儲存單位來表示：

- 1 byte 位元組 = 8 bits
- 1 KiloByte （KB）千位元組 = 1,024 bytes = 2^{10} bytes ($\doteq 10^3$ bytes)
- 1 MegaByte （MB）百萬位元組 = 1,024 KB = 2^{20} bytes ($\doteq 10^6$ bytes)
- 1 GigaByte （GB）十億位元組 = 1,024 MB = 2^{30} bytes ($\doteq 10^9$ bytes)
- 1 TeraByte （TB）兆位元組 = 1,024 GB = 2^{40} bytes ($\doteq 10^{12}$ bytes)
- 1 PetaByte （PB）千兆位元組 = 1,024 TB = 2^{50} bytes ($\doteq 10^{15}$ bytes)
- 1 ExaByte （EB）百京位元組 = 1,024 PB = 2^{60} bytes ($\doteq 10^{18}$ bytes)
- 1 ZettaByte （ZB）十垓位元組 = 1,024 EB = 2^{70} bytes ($\doteq 10^{21}$ bytes)

請注意，儲存單位使用大寫或小寫的 "B" 所代表意思並不相同，大寫 "B" 代表 Byte，小寫 "b" 代表 bit，例如 $1\text{MB} = 2^{20}\text{bytes}$ ， $1\text{Mb} = 2^{20}\text{bits}$ 。





- ___1. 十進位數的30，以二進位數表示是 (A)11110 (B)11111 (C)11101 (D)10111。
- ___2. 記憶體容量2GB可以轉換成下列何種表示方式？ (A)2000TB (B)2000KB (C)2048MB (D)2048KB。
3. 二進位數字系統是以 _____ 為基數，逢 _____ 進位的數字系統。

2-2 資料的數位化

電腦可儲存與處理文字、數值、聲音及影像等多種不同型態的資料，這些資料數位化的方法有所不同，分別說明如下。

2-2.1 文字資料的數位化

文字資料包含中文、英文、數字、符號等類型的資料。文字資料的數位化方法是將每一個文字對應一個二進位碼來作識別，例如當我們從鍵盤輸入資料時，電腦便會將我們輸入的文字資料轉換成對應的二進位碼（圖2-2）。

電腦用來將文字資料轉換成二進位碼的系統稱為編碼系統，以下介紹ASCII、EBCDIC、Big-5、Unicode等幾種較常使用的電腦編碼系統。

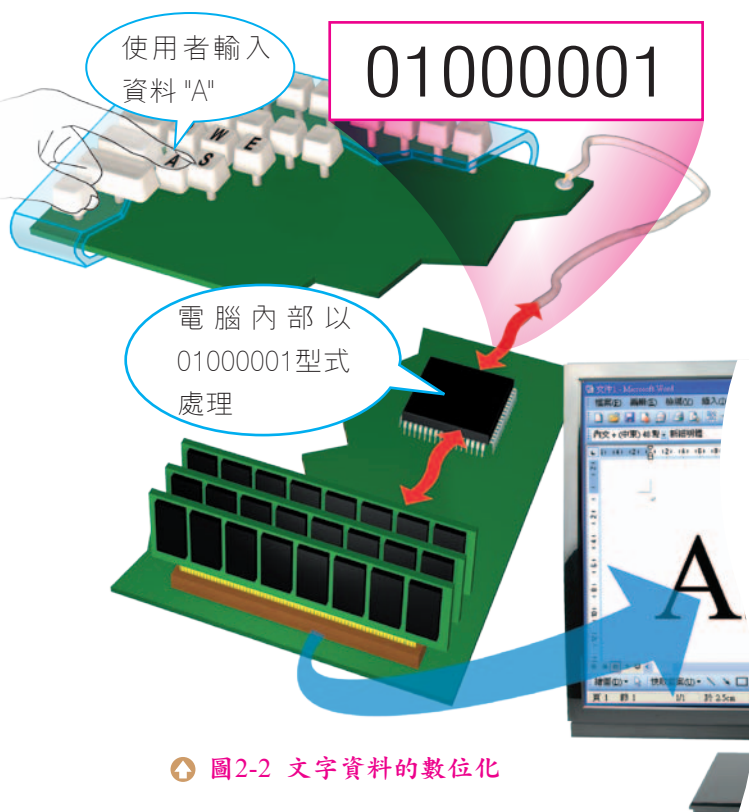


圖2-2 文字資料的數位化



ASCII

早期各廠牌電腦的編碼方式不一，為了使不同廠牌電腦內的資料能互相交換使用，美國國家標準局特別制定出一套資訊交換碼，稱為**ASCII**（**American Standard Code for Information Interchange**）。

ASCII是以8個位元來表示一個字元，可用來表示英文大小寫字母、阿拉伯數字、以及各種常用的符號，最多可表示**256個字元**。在ASCII編碼表上的每一個編碼都對應一個字元，稱為ASCII字元；例如ASCII編碼中**65（01000001）**所對應的字元是大寫的英文字母「A」。表2-1為ASCII可見字元編碼表^註。

表2-1 ASCII可見字元編碼表

ASCII碼	字元	ASCII碼	字元	ASCII碼	字元	ASCII碼	字元
32		56	8	80	P	104	h
33	!	57	9	81	Q	105	i
34	"	58	:	82	R	106	j
35	#	59	;	83	S	107	k
36	\$	60	<	84	T	108	l
37	%	61	=	85	U	109	m
38	&	62	>	86	V	110	n
39	'	63	?	87	W	111	o
40	(	64	@	88	X	112	p
41	)	65	A	89	Y	113	q
42	*	66	B	90	Z	114	r
43	+	67	C	91	[	115	s
44	,	68	D	92	\	116	t
45	-	69	E	93	]	117	u
46	.	70	F	94	^	118	v
47	/	71	G	95	_	119	w
48	0	72	H	96	`	120	x
49	1	73	I	97	a	121	y
50	2	74	J	98	b	122	z
51	3	75	K	99	c	123	{
52	4	76	L	100	d	124	
53	5	77	M	101	e	125	}
54	6	78	N	102	f	126	~
55	7	79	O	103	g		

^註 ASCII碼0 ~ 31屬於不可見字元，其主要用途是用來控制電腦設備的運作，例如ASCII碼7便是用來控制電腦喇叭使其發聲的字元。

EBCDIC

EBCDIC (Extended Binary-Coded Decimal Interchange Code) 是美國IBM公司所制定的一種編碼方式，這種編碼方式也是以8個位元來表示一個字元，因此最多可表示 $256 (2^8)$ 個字元或符號。目前使用此種編碼方式的電腦主要就是IBM廠牌的大型電腦。

Big-5碼

中文字有3萬多個字，常用的字約有1萬6千多個字，使用8個位元來編碼無法表示所有的中文字。1984年，我國資訊工業策進會制訂了一套名為**Big-5碼**的中文編碼系統，此套編碼系統是以16個位元來編碼，每一個中文字、標點符號、注音符號、及全形英文字母等都是使用16個位元來表示。

TIP

全形字元使用16個位元來表示，半形字元使用8個位元來表示。

中文字都是全形字元，英數字及符號則有全形/半形字元之分。例如 "，" 為全形逗號；"," 為半形逗號。

Big-5碼是目前廣泛使用在台灣、香港等地區的中文編碼，其他常見的中文編碼尚有通用碼、GB碼（又稱國標碼，中文簡體字適用）等。

Unicode

由於各國所使用的文字編碼方式不同，使得資訊交換不易，1991年美國IBM、Apple、Microsoft等廠商共同出資成立了一個編碼組織，制訂出一套全球通用的文字編碼系統—**Unicode**，又稱**萬國碼**或**統一碼**、**萬用碼**。

Unicode是以16個位元來表示一個字元，因此共可表示 $65,536 (2^{16})$ 個字元或符號。**Unicode**除了前128個編碼的字元符號和ASCII相同之外，其餘之字元則劃分為控制碼區、拼音文字區、符號區及中日韓常用文字符號區……等多個字元集區，可涵蓋各國常用的文字、字母及符號。



內碼、外碼、交換碼

內碼指的是中文字儲存在電腦內部的編碼，例如Big-5碼、GB碼等；而我們由鍵盤輸入代表某一中文字的按鍵組合，則稱為**外碼**。目前常見的外碼有注音符號碼、嘸蝦米碼、倉頡碼等。

不同的內碼其編碼方式有所不同，例如中文字「人」，在Big-5碼中的編碼為A448，GB碼則為C8CB。因此使用不同中文內碼的電腦要交換資料，必須透過收錄有不同內碼對照表的中文**交換碼**來進行轉換。常用的中文交換碼有**中文標準交換碼**（CSIC）與**中文資訊交換碼**（CCCII）2種。





2-2.2 數值資料的數位化

數值資料有**正整數**、**負整數**及**實數**3種，這3種數值資料數位化的方法，分別說明如下。

正整數的表示法

假設電腦以2個位元組（16個位元）的記憶體大小來儲存整數，這16個位元共可組合出65,536（ 2^{16} ）個數值；因此若以2個位元組來表示正整數，其所能表示的正整數範圍為0~65,535。

例如電腦要儲存 $(56)_{10}$ 時，因為 $(56)_{10} = (111000)_2$ ，電腦內部會以如圖2-3的方式來表示。

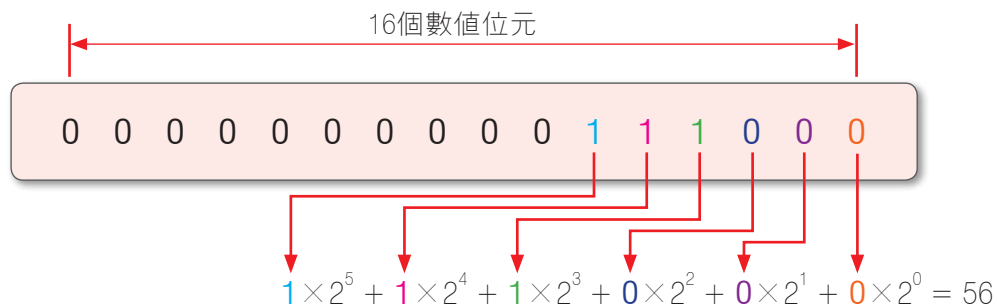


圖2-3 正整數的表示方式

負整數的表示法

負整數在電腦內部的表示，通常是使用**2的補數法**。**補數**是為了簡化電腦的減法運算所提出的概念；例如X、Y兩數要相減時，可以利用補數的觀念以加法來運算，如圖2-4所示。

$$X - Y = X + (\underline{-Y})$$

Y的補數為-Y

圖2-4 補數的概念

以2的補數法為例，要表示一個數的負數即是將該數的每一位元反向再加1。在表2-2中，是以8個位元來表示一個整數為例，說明2的補數法如何表示負數。



表2-2 2的補數法

二進位表示法	十進位數值
01111111	127
01111110	126
...	...
00000001	1
00000000	0
00000000	0 ^註
11111111	-1
...	...
10000010	-126
10000001	-127
10000000	-128

將正數的位元取反向再加1即是該數的負數

註 將00000000反向再加1結果仍為00000000，運算過程如下：

```

00000000
11111111 反向
+         1
-----
1 00000000
  
```

進位捨棄，數值仍使用8個位元來表示

實數的表示法

在數學上，實數是一種可有無限小數的數值（如圓周率3.1415926...）；但因電腦只能儲存小數位數有限的實數，為此**美國電機電子工程師協會**（**Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE**）特地制定了一種固定使用4個位元組來表示實數的方法——單精確度浮點數表示法。

例 1 將 $(5.25)_{10}$ 以IEEE單精確度浮點數格式來表示。

1. 將十進位數轉換成二進位數。

$$(5.25)_{10} = (101.01)_2$$

2. 將二進位數轉成只含1位整數的數值：

- a. 將數值的小數點往前或往後移動，使二進位數轉成只含1位整數且其值為1的數值。
- b. 將步驟a的數值，乘上其所代表進位制度的幕次方，使其乘積等於原數值。

$$(101.01)_2 = (1.0101)_2 \times 2^2。$$

3. 轉換後的二進位數，小數部分稱為**假數**（**Mantissa**）、次方部分稱為**指數**（**Exponent**），例如 1.0101×2^2 ，假數為小數點右邊之數值 "0101"，指數為 "2"。圖2-5是將假數與指數以IEEE單精確度浮點數的格式來表示。

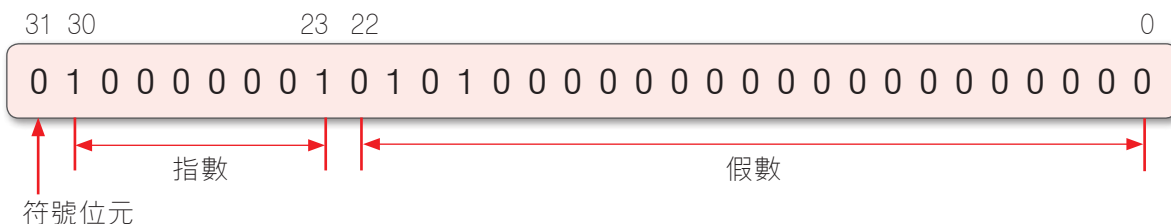


圖2-5 IEEE單精確度浮點數的格式

上圖之格式與內容說明如下：

- **符號位元**：表示假數的正負號，0代表正數，1代表負數。
- **指數**：在本例中指數為2，本應以二進位表示為0000 0010，但IEEE規定以"超127"表示指數，所以指數部分的值為129（2+127），以二進位數表示為1000 0001。
- **假數**：假數部分的數值為0101（由左而右填入，剩餘位元補0）。

2-2.3 聲音的數位化

聽過英國美聲天后「蘇珊大嬸」的歌聲嗎？為什麼她的歌聲能儲存在電腦中，並透過網際網路傳遍世界各地呢？以下將先介紹聲音的基本概念，再介紹聲音數位化的方法。

認識聲音

聲音的產生是來自於物體的振動，不同的物體振動會產生不同的音色，例如歌聲是由聲帶的振動所產生、鼓聲是由鼓面的振動所產生、吉他聲是由吉他弦的振動所產生……等。聲音包含**響度**、**音調**及**音色**等3要素，分別說明如下：

- **響度**：是指聲音的強弱，響度與聲波的振幅有關，振幅越大響度越大。
- **音調**：是指聲音的高低，音調與聲波振動的頻率有關，頻率越高音調越高。人耳可以聽到的頻率大約在20Hz～20,000Hz之間。
- **音色**：是指聲音的特色，音色與聲波的波形有關；我們之所以能夠辨別不同人或不同樂器所發出的聲音，是因為每一個人或每種樂器的音色有所不同（圖2-6）。

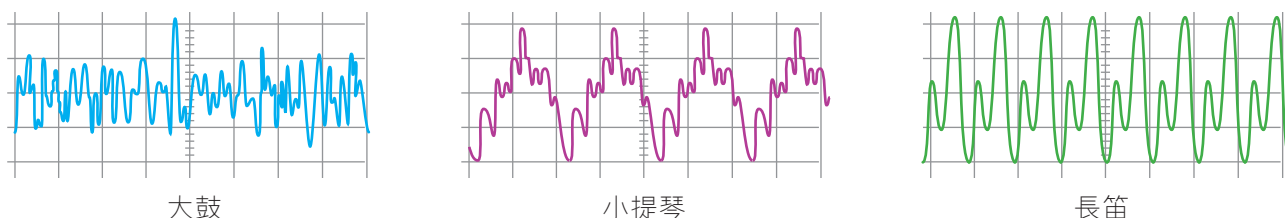


圖2-6 不同樂器所發出的聲音波形

大自然中的聲音與人類發出的聲音都是一種類比訊號，我們必須透過取樣及量化兩個步驟，將類比訊號轉換成數位訊號，才能將聲音儲存在電腦中，以便進行播放或剪輯、合成等編修工作。



類比訊號 vs. 數位訊號

類比訊號 (analog signal) 是一種在振幅或數量上依時間逐漸增加或減少的訊號，例如聲波變化、溫度變化、溼度變化等，自然界的物理量變化大多屬於此類。

數位訊號 (digital signal) 與類比訊號不同，其訊號的變化只有2種狀態，即0或1。圖2-7為類比訊號與數位訊號的示意圖。

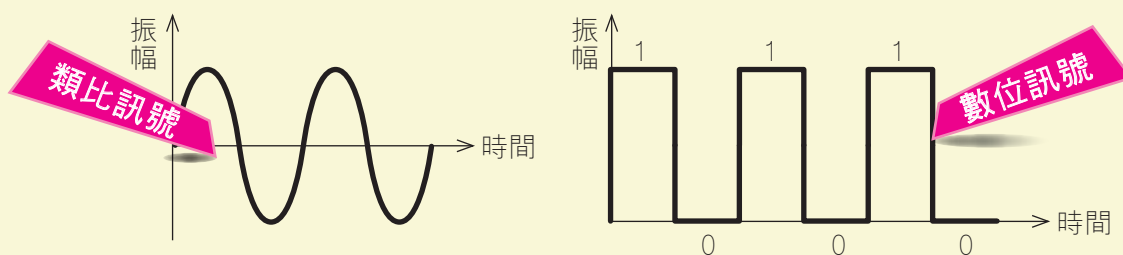


圖2-7 類比訊號與數位訊號

聲音的數位化－取樣

聲音的取樣是將聲波切割成相等時間間隔的樣本，並加以擷取與儲存。每秒取樣的次數，稱為**取樣頻率** (sampling rate)，取樣頻率越高，數位化後的聲音與原來的聲音越接近（圖2-8）；取樣頻率越低，數位化後的聲音失真越嚴重。

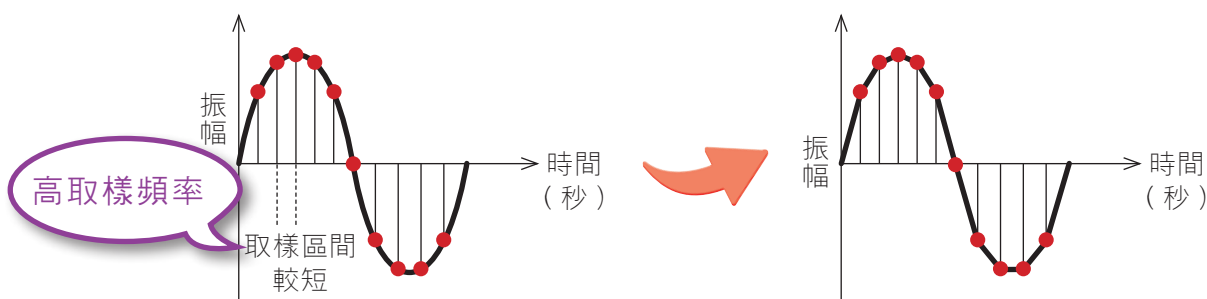


圖2-8 取樣頻率較高的示意圖

在取樣頻率較低的情況下，取樣的區間較大，取樣所能獲得的資訊較少，因此較無法精準地記錄原來的聲音。例如圖2-9所示的取樣頻率，便無法記錄AB段的聲音變化，聲音的最高點（X），會被遺漏而無法真實地呈現出來。

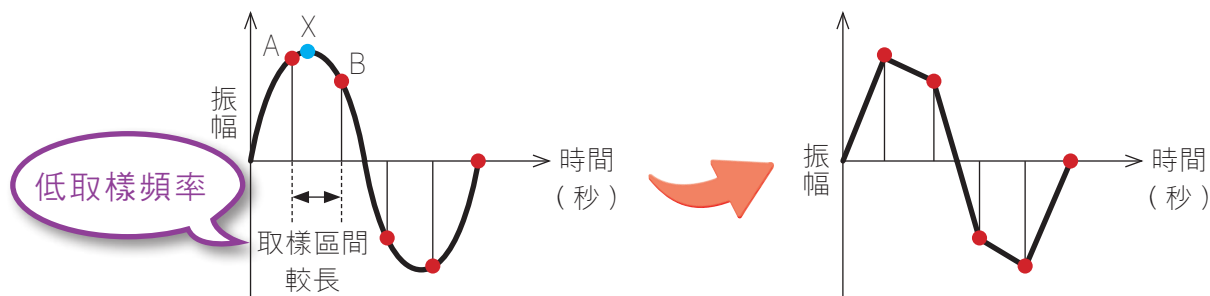


圖2-9 取樣頻率較低的示意圖

在高取樣頻率的情況下，取樣的區間較小，較能精準地記錄原始的聲音。例如MP3音樂的取樣頻率若設定為每秒44,100次，其音質與原來聲音便會相當接近。

聲音的數位化－量化

聲音的量化是判別每個取樣後的樣本振幅高度，並將每個樣本的振幅高度以數值來表示（圖2-10），再以特定的位元數來記錄代表振幅高度的數值。

使用8個位元記錄聲音的振幅高度，最多只能有256（ 2^8 ）種變化，無法將聲音細膩的部分精準地呈現；若改以16個位元來記錄聲音樣本的振幅高度，則最多可記錄65,536（ 2^{16} ）種變化，例如MP3音樂格式即是使用16個位元來記錄每一個聲音的樣本振幅高度。

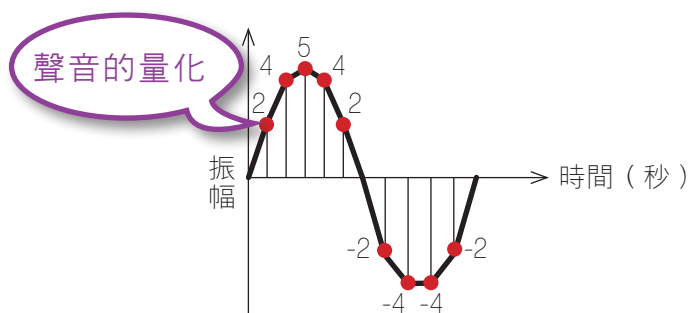


圖2-10 聲音的量化



使用錄音筆或是錄音程式來錄製聲音時，錄音筆內建的軟體或錄音程式，便是透過上述取樣及量化的2個步驟將聲音數位化。



做了就會 1

聲音的編修

在擷取音樂片段作為手機鈴聲時，將片頭、片尾音樂的聲音大小製作漸強與漸弱效果，可產生開始與結尾的感覺。本例將使用Audacity調整音樂的音量，讓同學透過實作觀察聲音波形的變化。

詳細步驟參考

1 啟動Audacity程式

2 選按『檔案/開啟』選項，
開啟選擇一個或多個音訊檔案
交談窗

3 切換至存放範例檔案的資料夾，
點選音樂檔案 "水調歌頭.mp3"，
按開啟舊檔鈕

4 按選擇工具鈕

5 選取音軌第0秒～第15秒

6 選按『效果/淡入』選項，
設定音樂由小聲慢慢變大聲，
營造開始的氛圍



觀察設定淡入效果後，聲波的變化情形

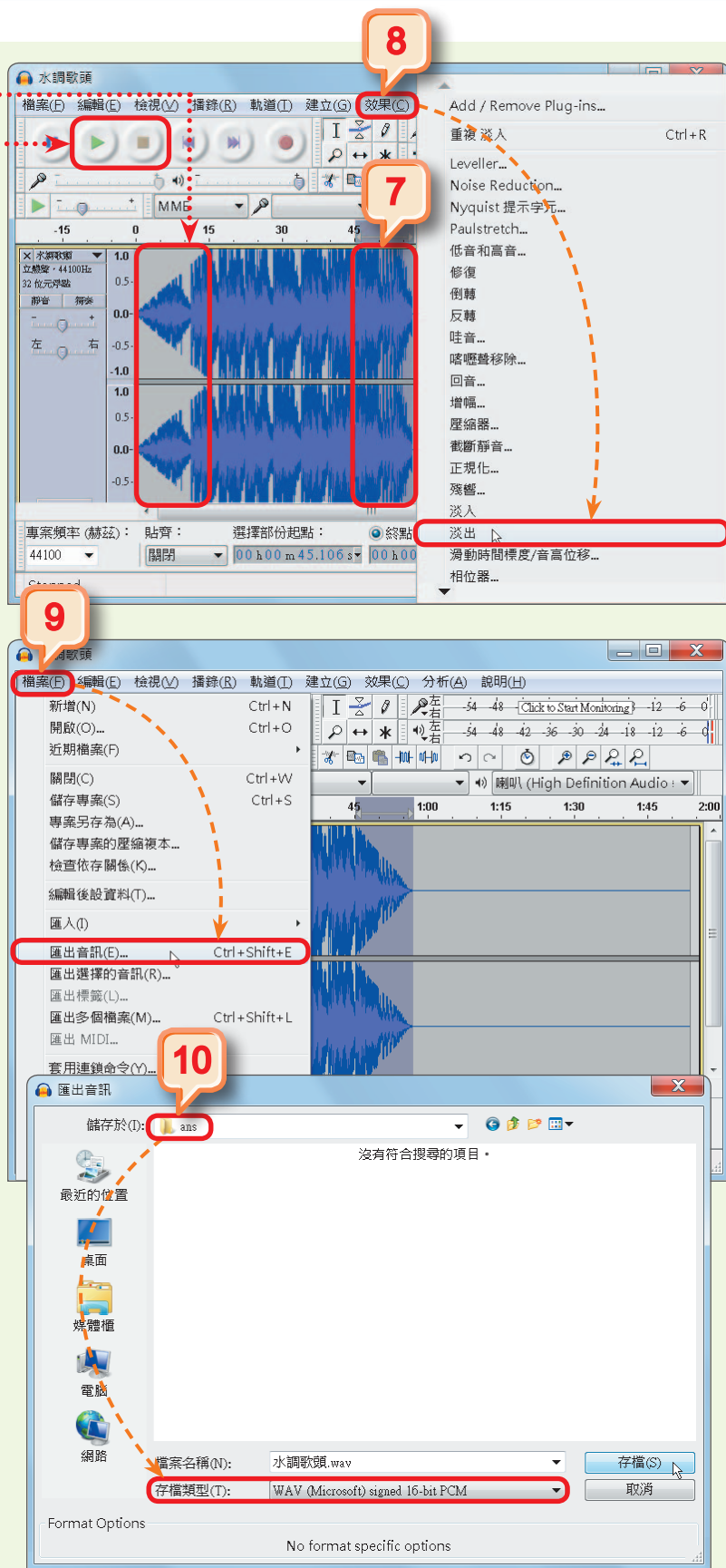
7 選取音軌第45秒至最後

8 選按『效果/淡出』選項，設定音樂由大聲慢慢變小聲，營造結尾的氛圍

可按播放鈕播放音樂，再按停止鈕停止播放

9 選按『檔案/匯出音訊』選項，開啓匯出音訊交談窗

10 切換至存放範例檔案的資料夾，按存檔類型下拉式方塊，選WAV，按存檔鈕，再按確定鈕



2-2.4 影像的數位化

曾經上網看過故宮博物院的「翠玉白菜」數位典藏嗎？為什麼這些古代文物的影像能儲存在電腦中，提供大眾上網瀏覽呢？以下將先介紹「點陣」與「向量」兩種數位影像的概念，再說明將影像轉換成點陣影像的方法。

認識數位影像

數位影像的格式，主要有**點陣影像**（bitmap image）與**向量影像**（vector image）2種，說明如下：

- **點陣影像**：是由許多狀似方格的**像素**（pixel）所構成，每一個像素有各自的色彩，影像單位面積內所包含的像素越多，影像就越細緻。點陣影像放大到一定的比例後會呈現明顯的鋸齒狀，且影像的色彩會產生不連續的情形（圖2-11）。

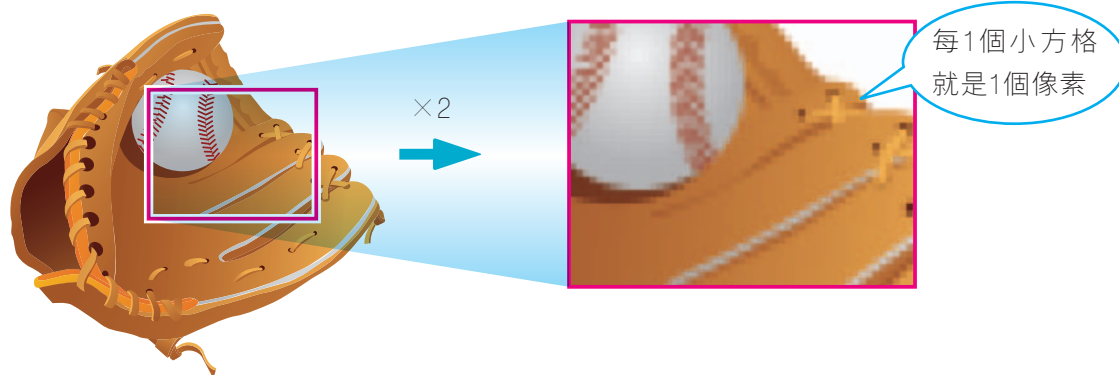


圖2-11 點陣影像

- **向量影像**：是由許多線段所組成，每一個線段都有各自的大小及方向，這些帶有大小及方向的線段稱為**向量**（vector）。向量影像的色彩、形狀、尺寸及座標位置等屬性，是以數學方程式來描述。在影像被放大、縮小、移動或旋轉時，這些屬性都會被重新計算，並依照比例變更，因此影像不會產生鋸齒及色彩不連續的情形（圖2-12）。

此紅色線段在電腦中可使用類似以下格式來描述：
（線段形狀, 座標, 長度, 寬度, 顏色）

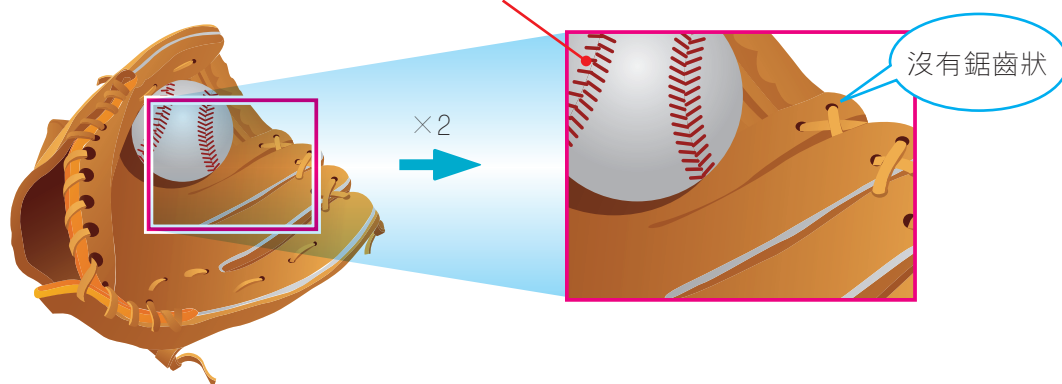
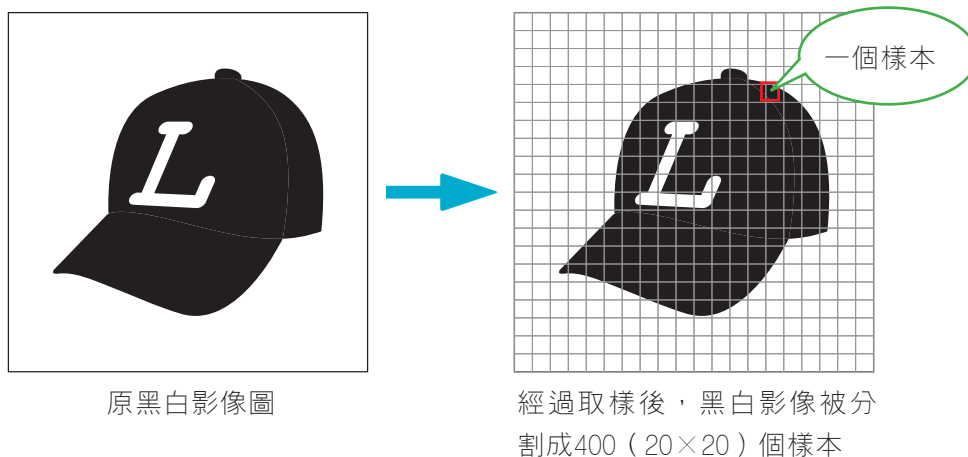


圖2-12 向量影像

向量影像多半是利用如CorelDRAW、Illustrator等繪圖軟體繪製而成，至於數位相機拍攝與掃描器掃描取得的影像皆是點陣影像。點陣影像在取得的過程中，是透過**取樣**及**量化**兩個步驟，將類比影像轉換為數位影像，才能儲存在電腦中，以便進行保存或編修的工作。

影像的數位化－取樣

影像的取樣是將影像分割成許多個固定大小的樣本，並加以擷取與儲存（圖2-13）。取樣後的每個樣本稱為**像素**，影像中所包含的像素越多，呈現出來的影像越細緻。

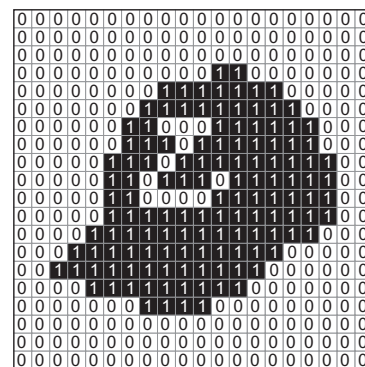


↑ 圖2-13 影像的取樣

影像的數位化－量化

影像的量化是判別每個取樣後的樣本（像素）色彩，並將樣本色彩以特定數值來表示（圖2-14）。例如黑白影像在進行量化時，可將色彩為白色的樣本以 "0" 表示、黑色的樣本以 "1" 表示。

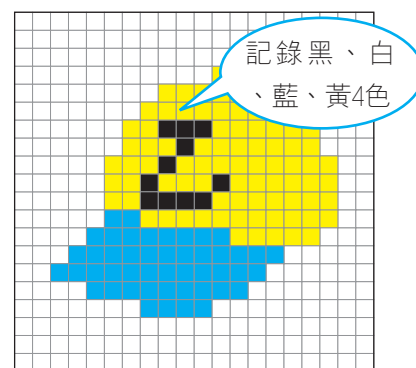
使用1個位元來記錄像素點的颜色，只能以0或1來代表兩種不同的颜色；如果使用2個位元來記錄像素點的颜色，則可有00、01、10、11等4種不同組合，來表示4種颜色（圖2-15）；以此類推，使用越多的位元數可記錄的色彩越多，但相對地數位影像所需佔用的儲存空間也就越大。



↑ 圖2-14 影像的量化



使用數位相機或手機拍攝相片時，便是透過上述取樣及量化的2個步驟將影像數位化。



↑ 圖2-15 使用2個位元來記錄像素點的色彩



影像色彩的類型

常見的影像色彩類型有黑白、灰階、16色、256色及全彩等類型，這幾種不同色彩類型的數位影像（圖2-16）列表比較如下：



圖2-16 影像色彩的類型

表2-3 不同色彩類型的比較表

比較項目 色彩類型		每像素點記錄 色彩的位元數	最多可記錄的 色彩數	佔用的儲存 空間	使用的色彩
黑白		1	2	最小	
灰階		8	256	中等	
彩色	16色	4	16	較小	
	256色	8	256	中等	
	全彩	24	16,777,216	最大	

一般而言，灰階及全彩影像每個像素點使用的位元數如上表所列，但爲了要提供更好的影像品質，有些影像處理軟體或作業系統會使用32 bits或48 bits來表示全彩影像。相同的道理，灰階影像也可使用更多的位元來表示1個像素，使影像畫質更細膩。

做了就會 2

觀察不同圖檔格式的容量與畫質

利用小畫家開啓檔案 "Sunset.bmp"，並將檔案另存為GIF格式，接著觀察這兩種格式的圖檔容量與畫質有什麼變化。

↓ 詳細步驟參考

1 選按『開始/所有程式/附屬應用程式/小畫家』選項，開啓小畫家程式

2 選按『檔案/開啓舊檔』選項，開啓開啓交談窗

3 按此下拉式方塊，切換至 "Ex" 資料夾

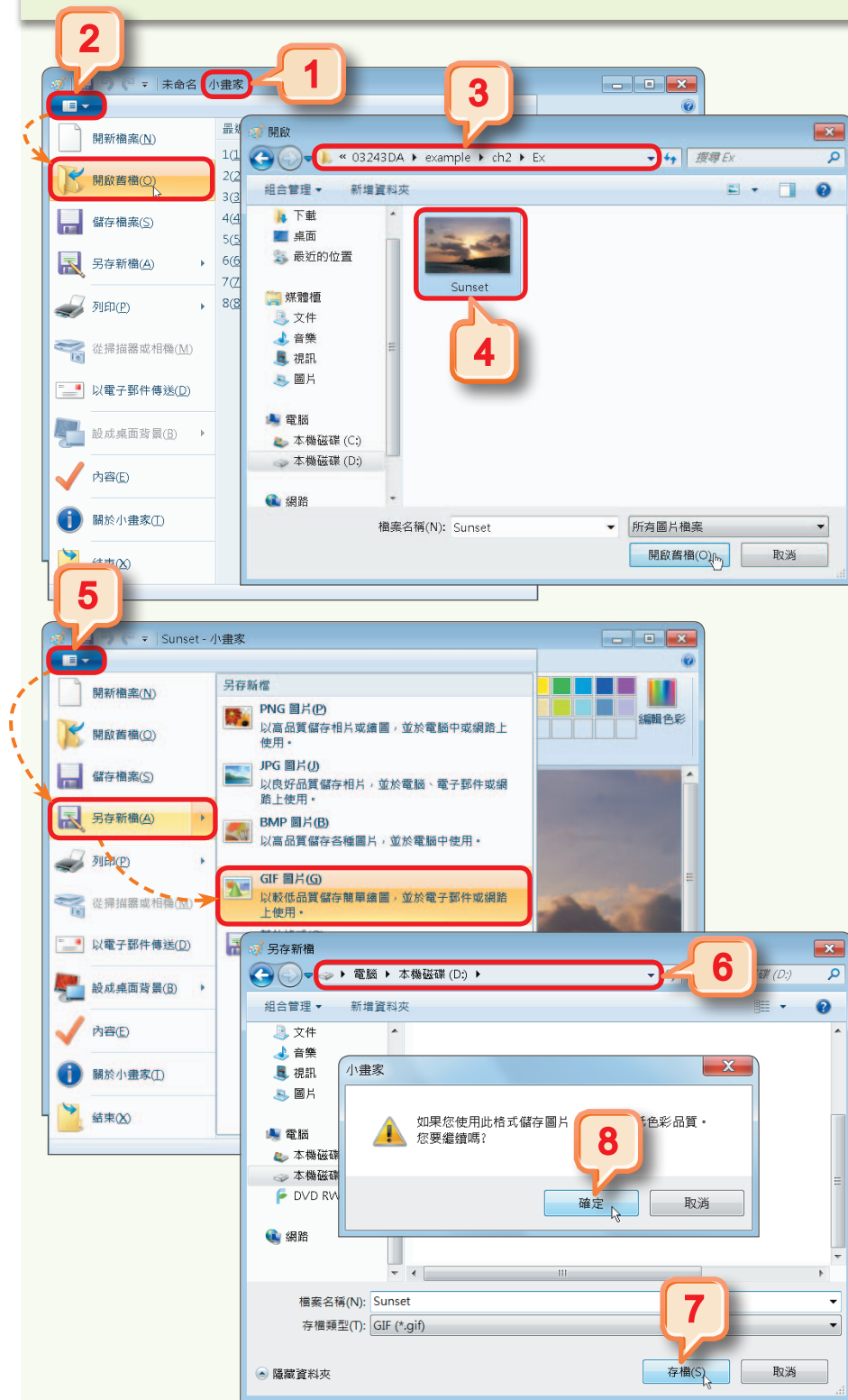
4 選取 "Sunset" 圖片，並按開啓舊檔鈕

5 選按『檔案/另存新檔/GIF圖片』選項，開啓另存新檔交談窗

6 按此下拉式方塊，切換至 "本機磁碟(D:)"

7 按存檔鈕

8 按確定鈕

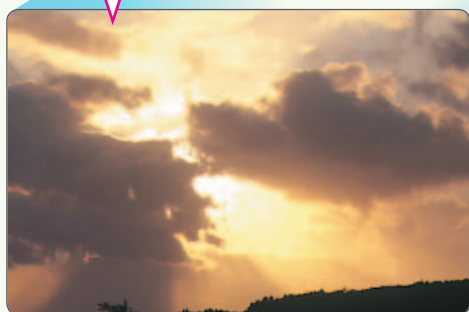


9 在電腦中，觀察兩張圖片的檔案容量與畫質有什麼變化

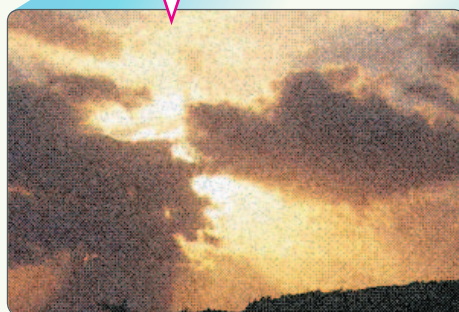
Tip

試試看，將BMP圖片另存成JPG格式，檔案容量與畫質會有何差異？

BMP格式
(1.2MB, 畫質佳)



GIF格式
(86.3KB, 畫質較差)



常見的檔案格式

在「做了就會2」中，我們可以發現不同格式的檔案，容量大小與畫質會有所不同。在儲存檔案時，同學可參考表2-4的說明，選擇合適的檔案格式來存檔。

表2-4 常見的檔案格式

類型	格式	說明
圖片	BMP	不壓縮，檔案較大，常用於保存原始圖檔
	JPG	採破壞性壓縮，影像會失真，但檔案較小，網頁中的圖檔多為此格式
	GIF	採非破壞性壓縮，檔案較小，可製作動畫及背景透明的圖案，但只能支援256種顏色。網頁中透明或動態的小圖示多為此格式
	TIF	採非破壞性壓縮，檔案較大，但不失真。常用於印刷使用
聲音	WAV	不壓縮，檔案較大。常用於保存原始聲音檔
	MP3	採破壞性壓縮，檔案較小，會失真，但人耳通常聽不出來。為現今較普遍採用的音樂檔格式
影片	AVI	檔案較大，畫質佳，攝影機、相機錄製的影片常存為此格式
	MPG	
	3GP	檔案較小，畫質較差，手機錄製的影片常存為此格式

節練習

1. 以ASCII碼儲存字串 "iPhone"，若不包含雙引號（"），共需使用多少位元組之記憶體空間？ (A)5 (B)6 (C)7 (D)8。
2. 00001101之2的補數為下列何者？ (A)11111101 (B)11110011 (C)00001110 (D)10110000。
3. _____ 影像是由許多像素所構成，影像單位面積內所包含的像素越多，影像就越細緻。

※ 2-3 基本數位邏輯處理

本節所要探討的是電腦中的邏輯表示和推演方式，想要瞭解電腦內部的數位電路是如何運作，需要先瞭解數位電路的原理－「數位邏輯」。

以下將介紹電腦中用來表示和推演邏輯敘述的**布林代數**及用來設計數位電路的**邏輯閘**。

2-3.1 布林代數

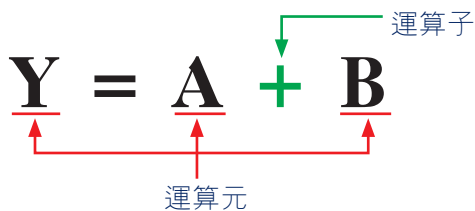
電腦內部是由許多複雜的電路所組成，在實際製作這些電路之前，必須先證明這些電路是正確的。

如果每一個電路都必須實際製作出來加以測試，顯然不符合經濟效益；所以電路設計者通常會先以數學方式（即**布林代數**）來證明邏輯電路的正確性，再將之製作出來，以降低電路設計的成本。

0與1的世界

布林代數是由英國數學家喬治布林（George Boole）所提出，這種代數的特質是輸入值與輸出值只能有1或0兩種值。布林代數的運算式如下：

$$\underline{Y} = \underline{A} + \underline{B}$$



● **運算元**：布林代數中的運算式常用英文字母代表一個**運算元**，每一個運算元都有1（真）或0（假）兩種可能的值。

● **運算子**：即運算符號。

基本邏輯運算

OR、AND及NOT是布林代數的3種基本運算，說明如下：

- **OR運算**：又稱**邏輯加法運算**，運算符號以 "+" 來表示；當輸入有一端為1時，輸出則為1，否則輸出為0（表2-5）。

例 1 輸入皆為0時， $0 + 0 = 0$

例 2 有一端輸入為0時， $1 + 0 = 1$ ；
 $0 + 1 = 1$

例 3 輸入皆為1時， $1 + 1 = 1$

表2-5 OR真值表

輸入		輸出
A	B	$Y = A + B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

- **AND運算**：又稱**邏輯乘法運算**，運算符號以 "·" 來表示；當輸入均為1時，輸出則為1，否則輸出為0（表2-6）。

例 1 輸入皆為0時， $0 \cdot 0 = 0$

例 2 有一端輸入為0時， $1 \cdot 0 = 0$ ；
 $0 \cdot 1 = 0$

例 3 輸入皆為1時， $1 \cdot 1 = 1$

表2-6 AND真值表

輸入		輸出
A	B	$Y = A \cdot B$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

- **NOT運算**：又稱**補數運算**，運算符號以 " $\bar{}$ " 來表示；當輸入為1時，輸出則為0，反之，輸入為0時，輸出則為1（表2-7）。

例 1 輸入為0時， $\bar{0} = 1$

例 2 輸入為1時， $\bar{1} = 0$

表2-7 NOT真值表

輸入	輸出
A	$Y = \bar{A}$
0	1
1	0

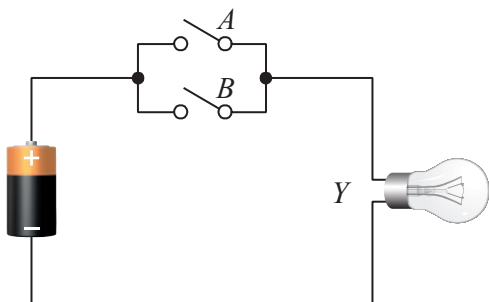
2-3.2 邏輯閘

布林代數的3種基本運算，可以透過電路設計的方式，製作成具有**或**（OR）、**及**（AND）、**反**（NOT）等功能的基本**邏輯閘**，我們可以利用這3種基本邏輯閘來組合出各種不同功能的數位電路。

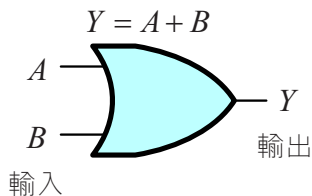


或閘

或閘（OR gate）是由兩個或兩個以上的輸入與一個輸出所構成，當**輸入端的資料有一端為1時，輸出即為1**；**只有在輸入都為0時，輸出才為0**。以圖2-17為例，當關閉任一開關時，燈泡Y即會亮。圖2-18為或閘的電路符號。



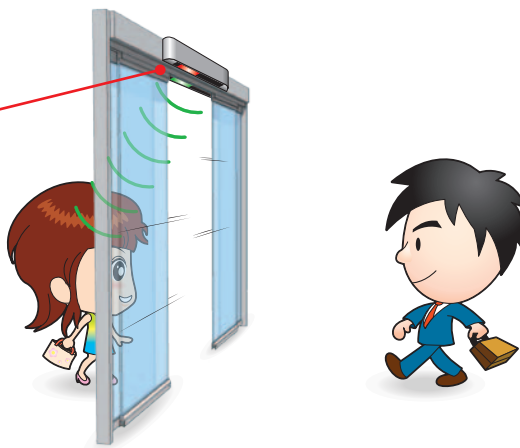
📌 圖2-17 或閘的邏輯概念



📌 圖2-18 或閘的電路符號

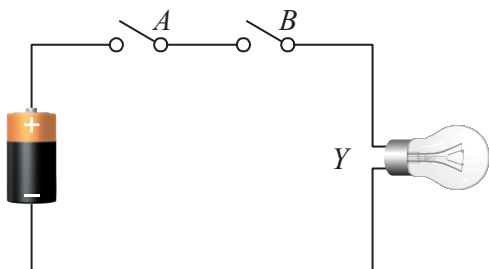


自動門上方的內外側各有一個感應器，只要任一感應器偵測到物體靠近，就會自動開門，這與或閘的電路概念是相同的。

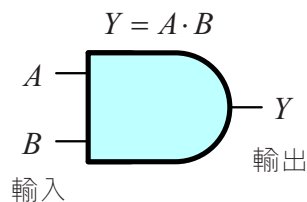


及閘

及閘（AND gate）是由兩個或兩個以上的輸入與一個輸出所構成，當**輸入端的資料均為1時，輸出即為1**；**只要有一端輸入為0，其輸出即為0**。以圖2-19為例，開關A與B皆關閉，燈泡Y才會亮。圖2-20為及閘的電路符號。



📌 圖2-19 及閘的邏輯概念



📌 圖2-20 及閘的電路符號



當我們 "打" 電腦時，要切換中英文輸入法，必須同時按下 **Ctrl + Shift** 鍵，這就是及閘的概念應用。

反閘

反閘（NOT gate）一般稱為「反向器」。反閘的功能為執行補數運算；**當輸入資料為0時，輸出即為1，而輸入資料為1時，輸出為0**。以圖2-21為例，當按下開關A時，燈泡Y不亮；當放開開關時，燈泡就亮，這種情況與圖2-17的開關A正好相反。圖2-22為反閘的電路符號。

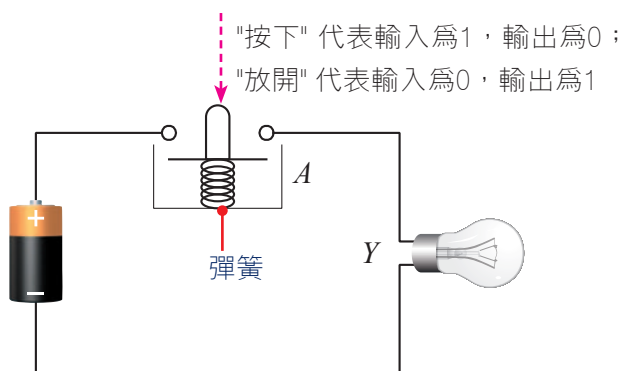


圖2-21 反閘的邏輯概念

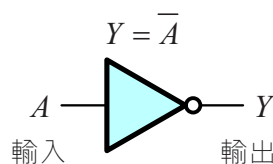
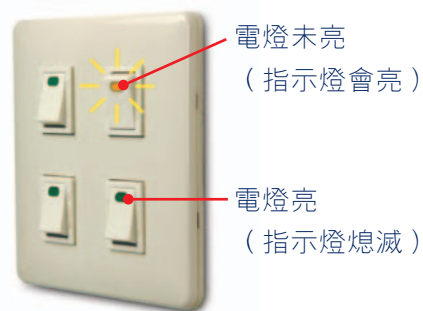


圖2-22 反閘的電路符號

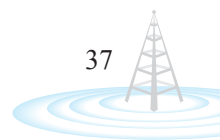


有種電燈開關，在黑暗中（燈未亮），電燈開關上的指示燈會亮，反之，打開電燈後，指示燈就會熄滅，這就是反閘概念的應用。



2-3.3 電腦與數位邏輯的關係

電腦具有運算與儲存資料的能力，主要是因為電腦中有許多的重要元件如CPU、記憶體等，是利用前述的邏輯閘組合出的數位電路製作而成。以二進位的加總運算為例，要加總A、B兩數，可使用一個結合**或閘**、**及閘**、**反閘**的**半加器**數位電路（圖2-23）來完成。表2-8是此種具有加總功能之半加器的真值表。



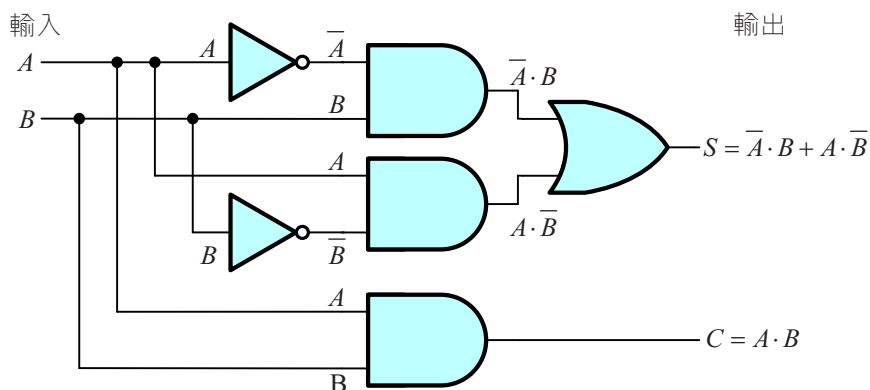


圖2-23 半加器的電路圖

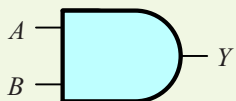
由表2-8中輸入與輸出的值驗證得知，半加器數位電路具有兩數相加的功能。例如輸入 $A = 1$ 、 $B = 1$ ，會輸出10，即為兩數相加的結果。

表2-8 半加器的真值表

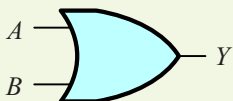
輸入		輸出	
A	B	$C = A \cdot B$	$S = \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B}$
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

節練習

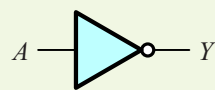
- 市售的打火機大多設計有安全裝置，使用者必須先按下安全開關再轉動打火輪，才能順利點火，請問這種設計概念類似於下列何種邏輯運算？ (A)AND (B)OR (C)NOT (D)XOR。
- 下列哪一個邏輯閘，當輸入端的資料有任一個為1時，即輸出1？ (A)AND閘 (B)OR閘 (C)NOT閘 (D)XOR閘。
- 請寫出下列3個圖形所代表的邏輯閘名稱，並依據下列說明之輸入值，求Y值為何？



當 $A = 0$ 、 $B = 1$ 時，
Y = _____



當 $A = 0$ 、 $B = 1$ 時，
Y = _____



當 $A = 0$ 時，Y = _____

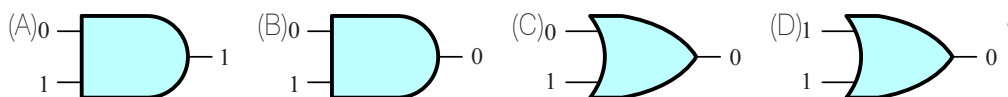


本章習題



選擇題

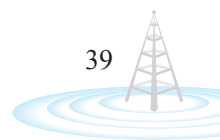
1. 曉芬以中文寫了一封電子郵件給遠在英國念書的堂哥，若要避免堂哥在閱讀郵件時可能看到一堆亂碼，她與堂哥最好協議採用下列哪一種編碼系統？ (A)BCD (B)EBCDIC (C)Unicode (D)ASCII。
2. 下列色彩類型，何者比較適合處理黑白水墨畫的影像？ (A)黑白 (B)16色 (C)灰階 (D)256色。
3. 下列何者為正確？
(A) $(7.25)_{10} = (0111.010)_2$ (B) $(5.5)_{10} = (0101.010)_2$
(C) $(7.5)_{10} = (01110.010)_2$ (D) $(5.75)_{10} = (0101.011)_2$ 。
4. 下列哪一項電腦儲存單位的換算有誤？
(A)1 byte = 8 bits (B)1 KB = 2^{10} bytes (C)1 MB = 2^{20} bytes (D)1 GB = 2^{40} bytes。
5. 00001101之2的補數是？ (A)11110011 (B)11110010 (C)10001101 (D)00001110。
6. 在ASCII Code的表示法中，下列之大小關係何者錯誤？
(A) $A > B > C$ (B) $c > b > a$ (C) $3 > 2 > 1$ (D) $p > g > e$ 。
7. 下列有關聲音的敘述，何者錯誤？ (A)聲音是因為物體的振動所產生的 (B)聲音包含了響度、音調及音色等3要素 (C)取樣頻率越高，數位化後的聲音品質越佳 (D)使用越少位元數來記錄樣本的振幅高度，越能將聲音的細節呈現出來。
8. 下列有關數位影像的敘述，何者不正確？ (A)數位影像的格式主要分為點陣影像與向量影像2種 (B)向量影像放大後，邊緣會出現鋸齒狀的現象 (C)向量影像是透過數學運算，來描述影像的色彩、形狀及大小等 (D)點陣影像中所包含的像素越多，呈現出來的影像越細緻。
9. 當輸入資料均為1時輸出才為1，否則輸出均為0，為何種布林代數運算？ (A)AND (B)NOT (C)XOR (D)OR。
10. 以下4個邏輯閘表示圖中，何者正確？



多元練習題

1. 小培買了一台新電腦，若他在容量為1TB的硬碟上安裝了下列5套軟體，請問硬碟約剩下多少可用空間（請四捨五入至個位數）。

軟體名稱	實際佔用硬碟的空間
a. 作業系統 Windows 10	8GB
b. 防毒軟體 Norton AntiVirus	1GB
c. 辦公室軟體 Microsoft Office	3GB
d. Chrome	80MB
e. LINE	70MB



電腦達人 1 招

第 1 招

哪裡有最新的資訊科技發表？逗陣來去逛電腦展

(可配合1-2節介紹)

國內、外每年都會定期舉辦許多不同主題的電腦展（如下表），來發表新的資訊科技及展售新的資訊產品；這些電腦展的展售對象有些是對一般民衆，有些則是對電腦廠商。同學可選擇資訊月、電腦多媒體展等展覽（如下圖），來取得最新的產品資訊及瞭解資訊科技的發展動態。

電腦展名稱	地點	舉辦時間	展售對象
春季電腦展	台北、台中、高雄	3～4月	一般民眾
高雄市電腦展	高雄	7月	一般民眾
台北電腦應用展	台北	8月	一般民眾
資訊月	台北、台中、高雄	11～12月	一般民眾
電腦多媒體展	台北、台中、高雄	不定期	一般民眾
CES（國際消費電子展）	美國拉斯維加斯	1月	電腦廠商
CeBIT（消費電子、資訊及通信博覽會）	德國漢諾威	3月	電腦廠商
COMPUTEX（台北國際電腦展）	台北	6月	電腦廠商
CEATEC（東京先進技術大展）	日本東京	10月	電腦廠商



(<http://3c.msn.com.tw/>)

資訊月通常會展示新的資訊科技，並可讓民眾親自體驗



(<http://www.computextaipei.com.tw/>)

台北國際電腦展吸引大批國內外廠商參觀採購

↑ 國內的電腦展



分組練習棧

見證奇蹟の時刻～

魔術卡片

猜透你心聲

★活動目標

1. 練習將二進位數轉換成十進位數。
2. 讓學生以分組的方式參與活動討論，培養學生的團隊精神。

★活動進行

說明：這是一副具有魔力的卡片，利用這副卡片就能猜出對方心中所想的數字。



天靈靈、地靈靈～你的數字是…

卡片A

1	3	5	7	9
11	13	15	17	19
21	23	25	27	29

卡片B

2	3	6	7	10
11	14	15	18	19
22	23	26	27	30

卡片C

4	5	6	7	12
13	14	15	20	21
22	23	28	29	30

卡片D

8	9	10	11	12
13	14	15	24	25
26	27	28	29	30

卡片E

16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30

1. 教師表演魔術：

- (1) 教師背對黑板後，指派1位同學至黑板寫下1個介於1～30之間的整數。
- (2) 請這位同學說出在課本A～E的卡片中，哪幾張卡片有自己所選的數字。
- (3) 教師屈指一算，說出黑板上的數字（同學驚訝歡呼）。
- (4) 教師說明此項魔術的原理（參考本書教師手冊第2章最後一個教學參考資料）。

2. 同學分組競賽：

- (1) 依座位分組，每排同學分成一組，並請各組第1位同學，攜帶課本上台。
- (2) 教師在心中默記1個1～30的整數，並說出哪幾張卡片有自己默記的數字。
- (3) 台上同學依照教師的說明，在下表中填入1或0，並將此二進位數轉換成十進位數。

卡片編號

E	D	C	B	A

→ ()₁₀

- (4) 請台上同學搶答，最快答對教師默記的數字者，得1分。
- (5) 教師默記另1個數字，並請各組第2位同學上台競賽，以此類推，請各組其他同學上台競賽。
- (6) 統計各組得分，分數最高者為優勝隊伍。