



計算思維與人工智慧應用導論 訊號傳輸 & 電腦運算結構

Dr. Chih-Hsun Wu

吳致勳 助理教授

國立政治大學人工智慧跨域研究中心

Date: 2023/10/17

本投影片僅供教學用途，
所用圖檔都盡量附上原始來源，
如有侵權煩請告知，將立即修正

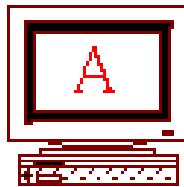
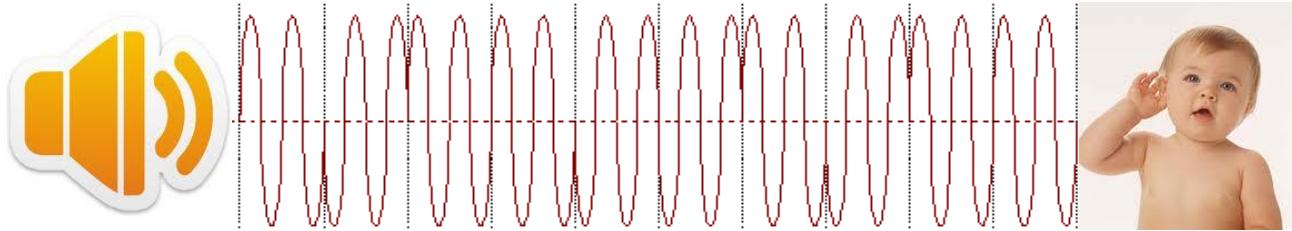
課程進度

週次 課程主題	課程內容與指定閱讀
1 計算思維簡介	社會情境脈絡與未來發展 書目：1, 2, 3
2 計算思維	基本內涵與核心概念 書目：1, 2, 3
3 功能模組	問題拆解與型態辨認 書目：4, 5, 6
4 功能模組	抽象思考與演算邏輯 書目：4, 5, 6
5 國慶日	國定假日
6 類比至數位轉換 & 電腦運算架構	類比與數位訊號的基礎概念及類比轉換至數位訊號的原理 & 書目：7 chapter 1 & 4 & 5 電腦組成元件與其運算架構
7 大數據應用	大數據中資料科學的基礎分析概念與商業相關應用
8 學習成果測試	期中評量/作業活動
9 運算思維測驗	國際運算思維挑戰賽
10 人工智慧發展	人工智慧發展歷程與未來趨勢
11 人工智慧技術與應用	人工智慧各式技術與應用案例 書目：8
12 人工智慧應用場景	人工智慧跨域應用
13 人工智慧學習模型實作	Nocode AI 練習 – Rapidminer 書目：9
14 人工智慧倫理	生成AI (如：ChatGPT、Deepfake、Midjourney)、假新聞及未來人工智慧應用上的倫理問題
15 人工智慧專題	海報展示
16 計算思維與人工智慧	期末報告
17 彈性補充教學	人工智慧相關競賽經驗交流
18 彈性補充教學	校園人工智慧應用發想

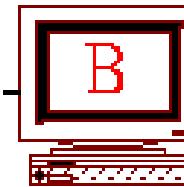
訊號傳輸技術

AM & FM

數位與類比



0010101010111100



- 類比訊號 Analog Signal

- 為連續值，大自然的所有訊號都屬於類比訊號。可透過多種傳輸媒介進行傳送
- 例如：聲音、光、溫度、位移、壓力。
- 舉例：耳機、麥克風、水銀溫度計、傳統電話、收音機、無線電視、無線對講機等等。
- 缺點：容易被雜訊影響，會使類比訊號失真。

- 數位訊號 Digital Signal
- 不連續的電壓脈波，主要是以不同的電位狀態來表示
- 不連續的值，以一連串的二進位表示，0 或 1。0 為低電位，1 為高電位。
- 例如：電腦處理資料、網路傳輸。
- 優點：容易處理資料
 1. 儲存、傳輸
 2. 圧縮、解壓縮
 3. 加密、解密
 4. 偵錯、除錯
- 實際應用 - 網路電話 聲音要在網路上傳輸，發送端要將類比訊號轉成數位訊號後傳送。接收端再將數位訊號轉成類比訊號，人才能聽到聲音。

訊號傳輸技術

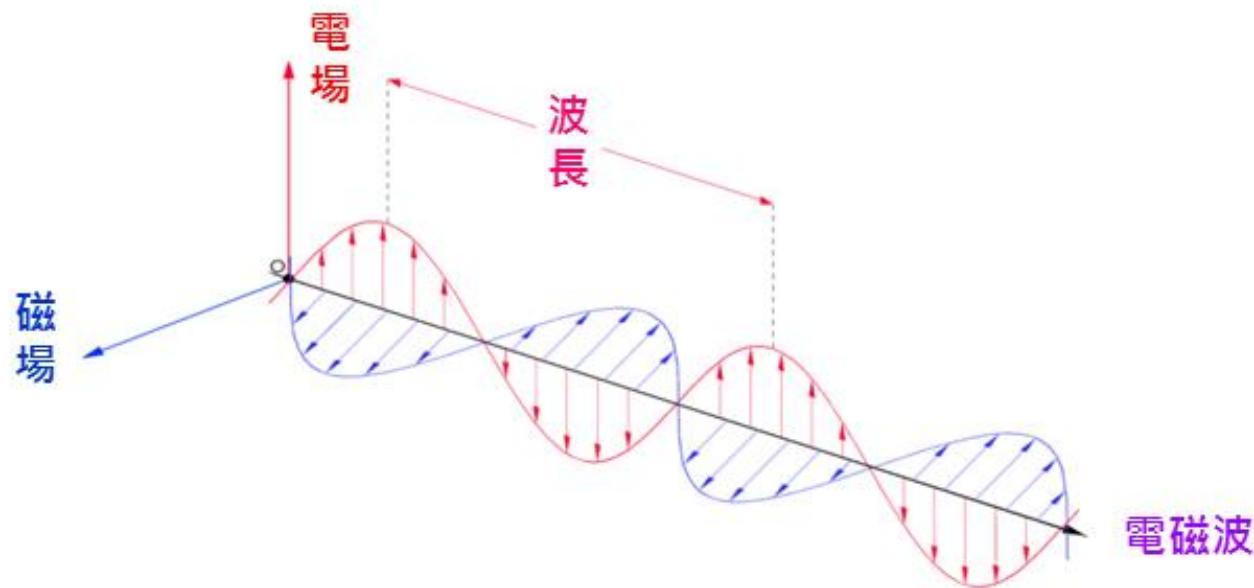
- 訊號本身
 - 類比訊號: a continuous representation of data, analogous to the actual information it represents
 - 數位訊號: a discrete representation of data, breaking the information up into separate elements

無線通訊運作原理1

- 使用高頻率交流電產生電磁場，進而藉由電磁場產生無線電波（即電磁波），利用無線電波不需介質就能長距離傳輸的特性，讓發射器可「憑空」將無線電波傳送到接收器，並讓接收器產生對應共振，如此一來便能解讀傳送過來的資訊
- 例如日常生活的收音機、手機、Wi-Fi 無線網路，都是這種技術的實際應用。

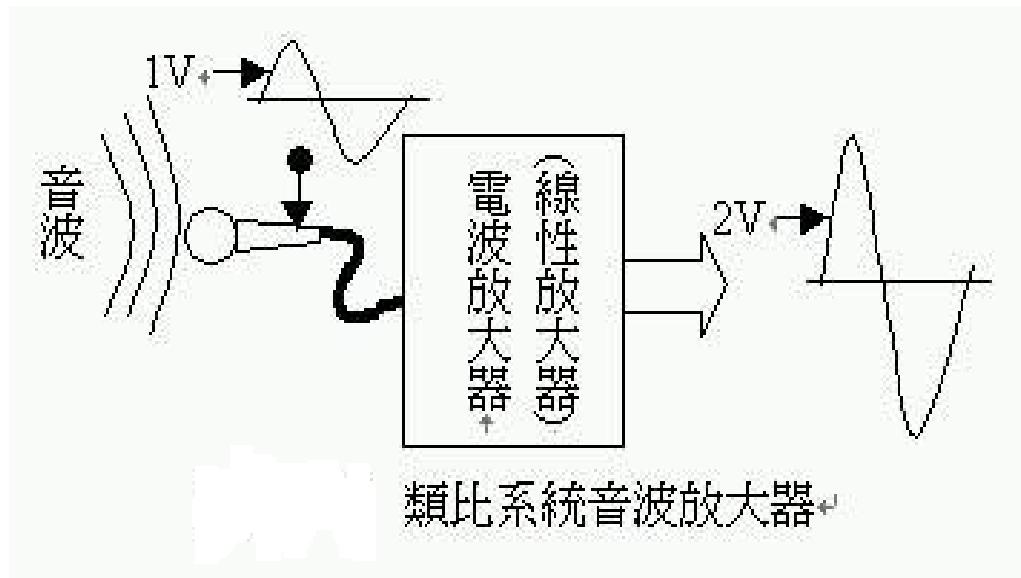
電磁波

- 是由互相垂直的電場與磁場交互作用而產生的一種能量，在前進時就像水波一樣會依照一定的頻率不停振動

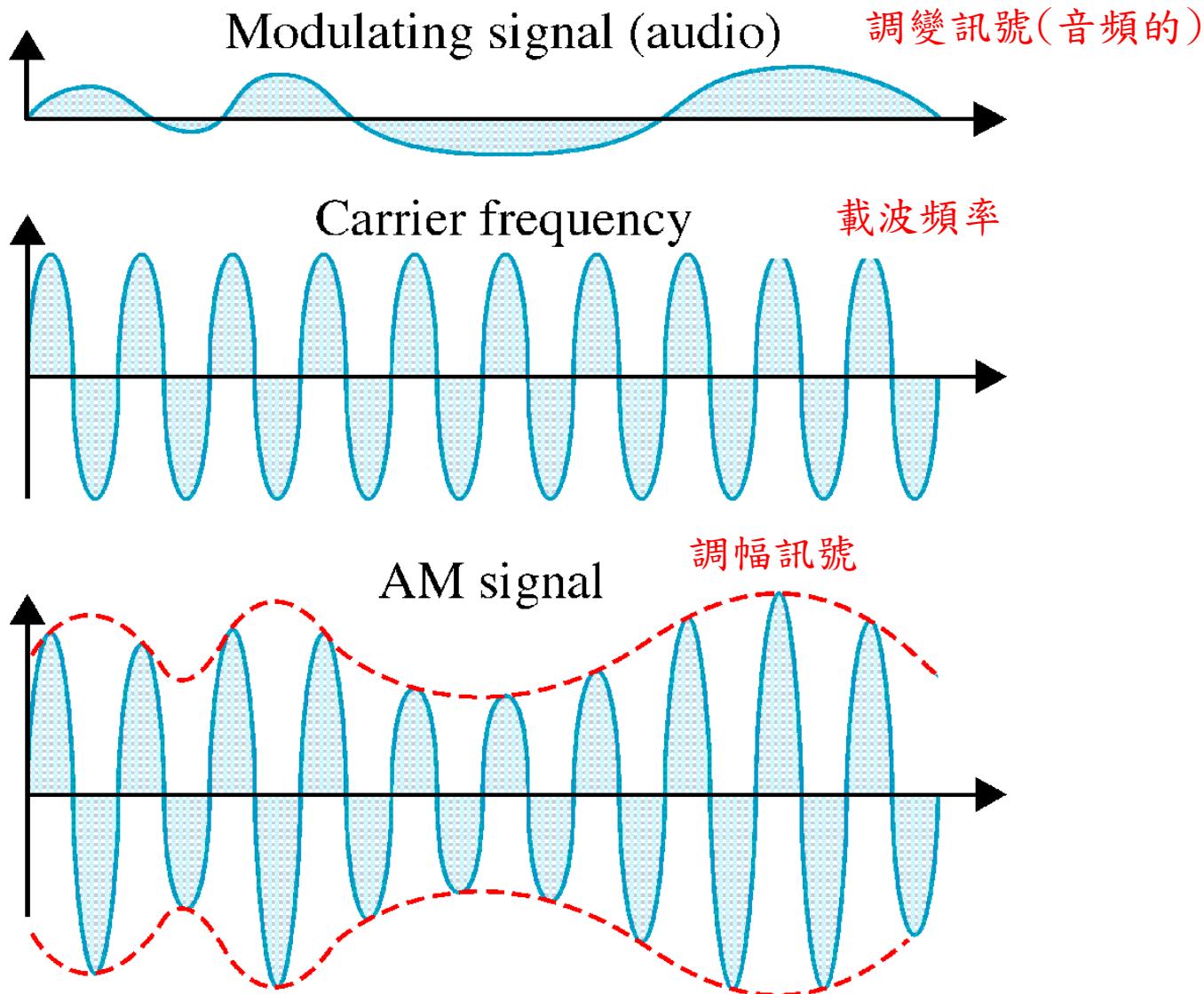


數位訊號類比傳輸

- 調幅 (Amplitude Modulation, AM)
- 調頻 (Frequency Modulation, FM)



調幅 (Amplitude Modulation, AM)

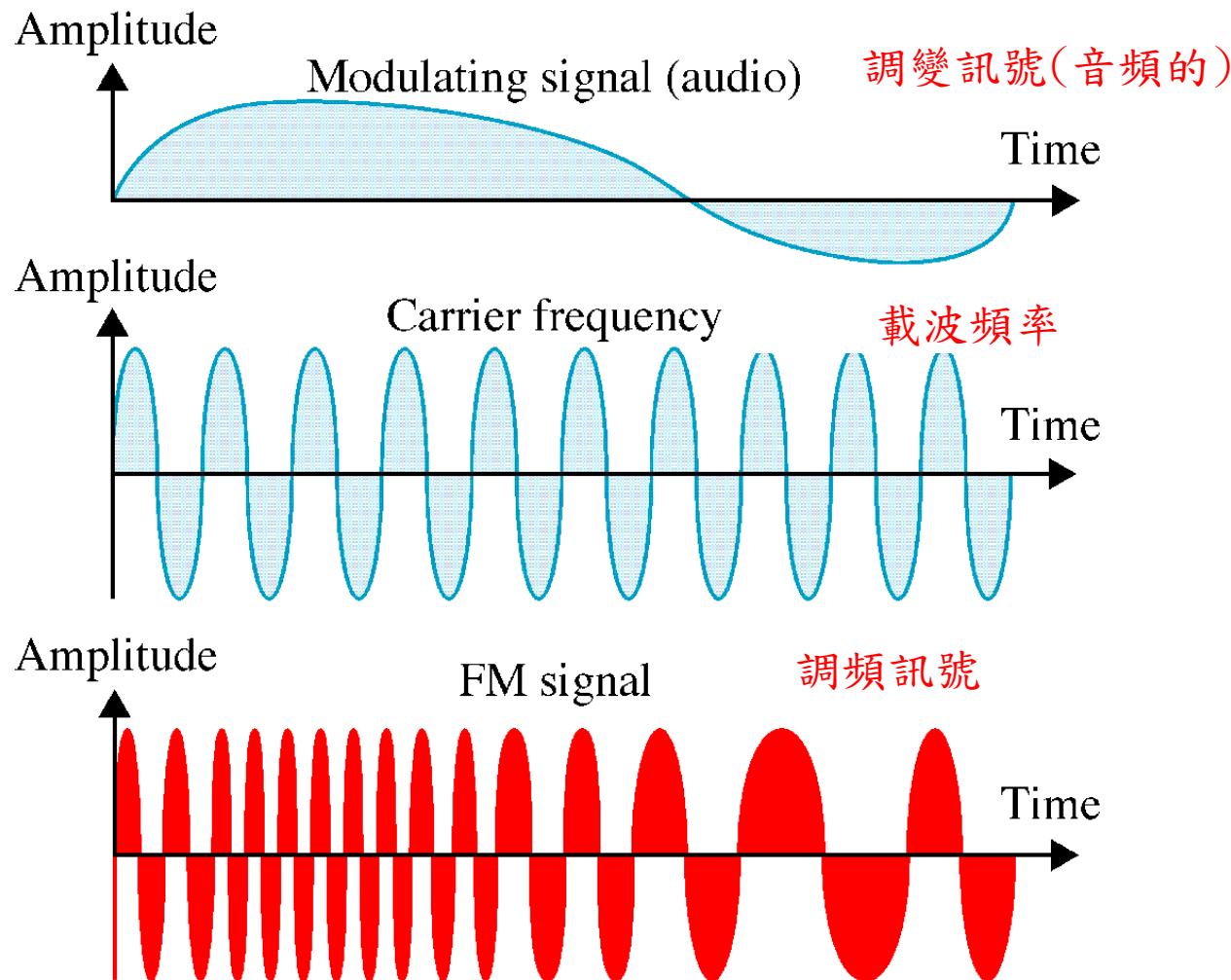


AM 缺點

調幅傳送訊息的問題是容易受干擾和雜訊影響，因為干擾和雜訊會造成振幅隨機的改變。

- 使用振幅調變傳輸的方法（如AM廣播），品質都比較差。

調頻 (Frequency Modulation, FM)



FM 優點

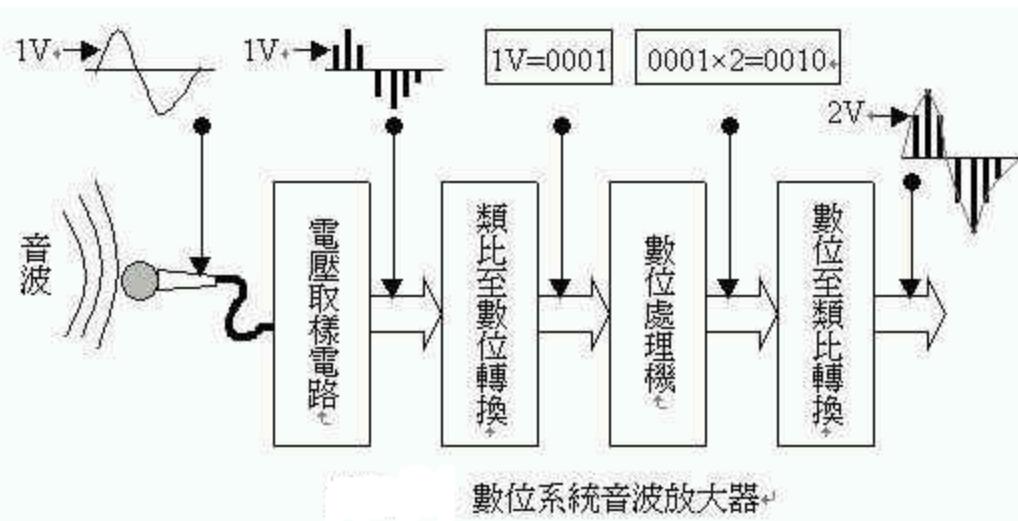
- 與AM調幅方式相較，FM調頻傳輸方式比較不受雜訊和干擾影響，因為無論振幅如何改變，接收器只對頻率有興趣，而不是振幅
- FM 訊號可以使用較大的頻寬，將更多的訊息放入訊號，如此就可以傳送較高品質的訊息，例如可以用來傳送立體聲的音樂，而AM因為干擾的問題，只能播送單音。

數位訊號數位傳輸

- 直接以低電壓(0V)代表0，高電壓(1.5V)代表1
- 目前較常應用在電子產品內各電路板之間的訊號傳輸、乙太網路(ethernet)等短距離訊號傳輸

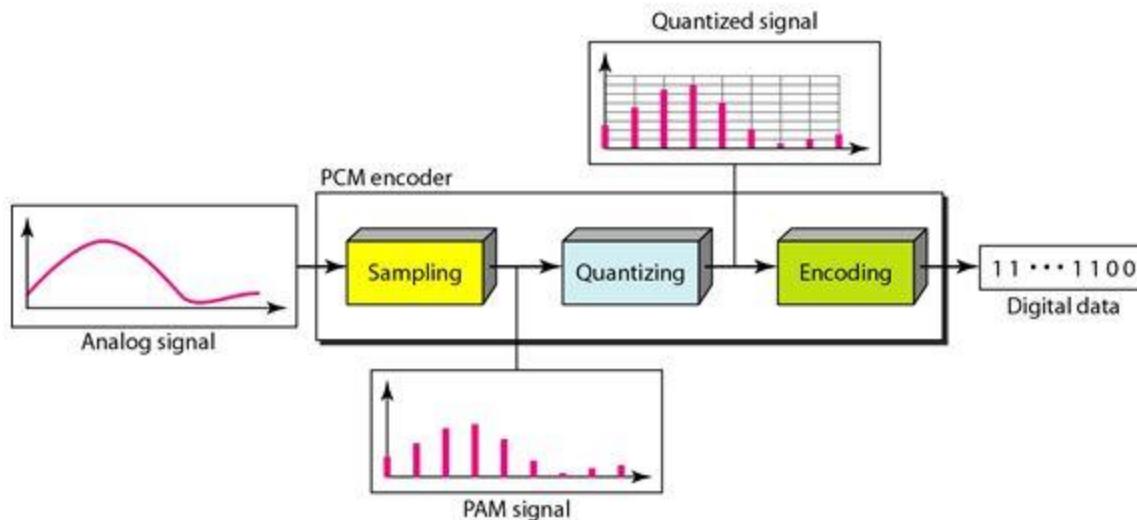
類比訊號數位傳輸

- 先將類比訊號轉換為數位訊號再傳輸，基本上就是「訊號數位化」的方法



類比到數位轉換 (Analog-to-digital conversion)

- Sampling (取樣)
- Quantization (量化)
- Encoding (編碼)



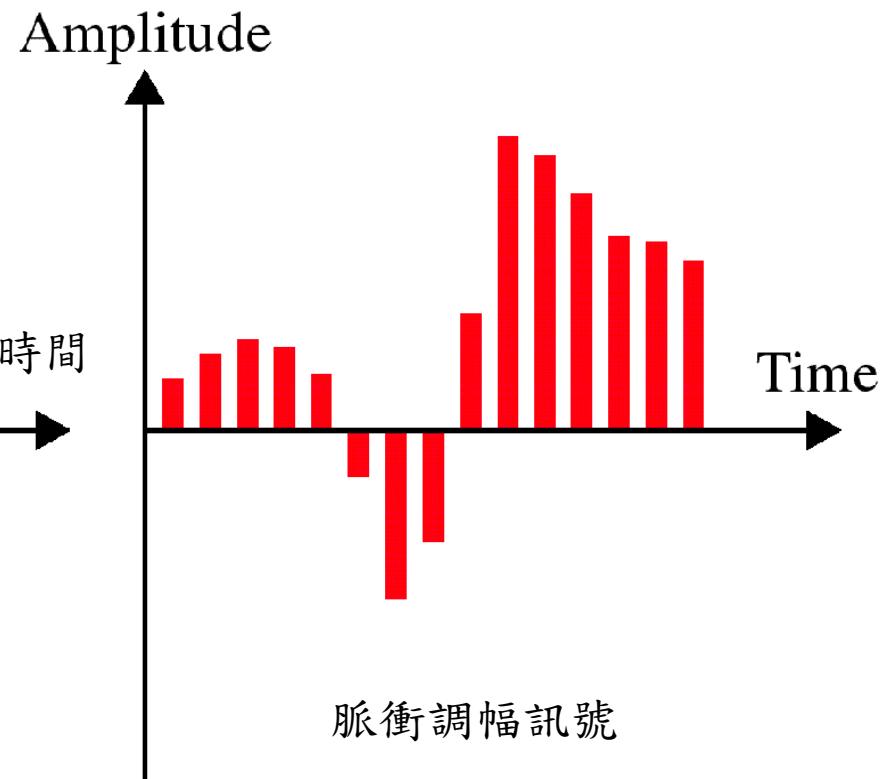
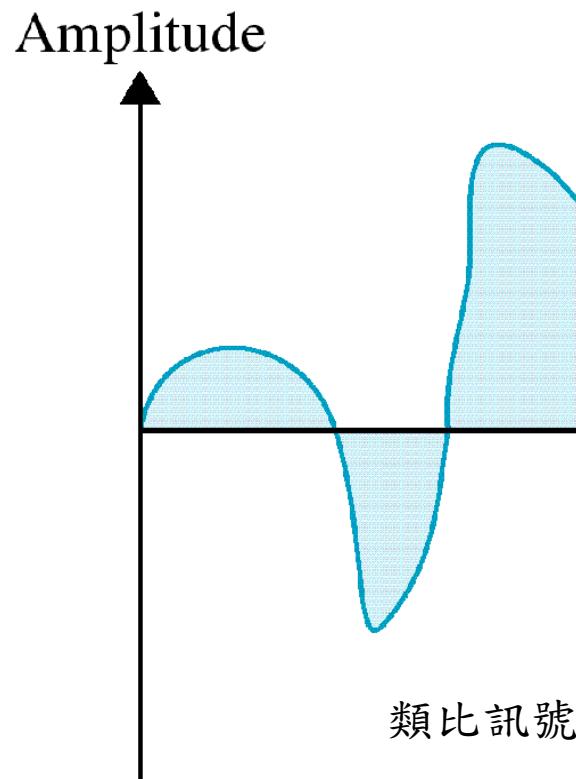
Sampling and Quantization

- 脈衝振幅調變 (Pulse Amplitude Modulation, PAM) ，以 8KHz 取樣
- 取樣的時間間隔稱為「取樣週期」 (Sampling Cycle) ，單位為「秒」，將取樣週期取倒數可得每秒的取樣次數，稱為「取樣頻率」 (Sampling Frequency) ，單位為 Hz (次/秒)

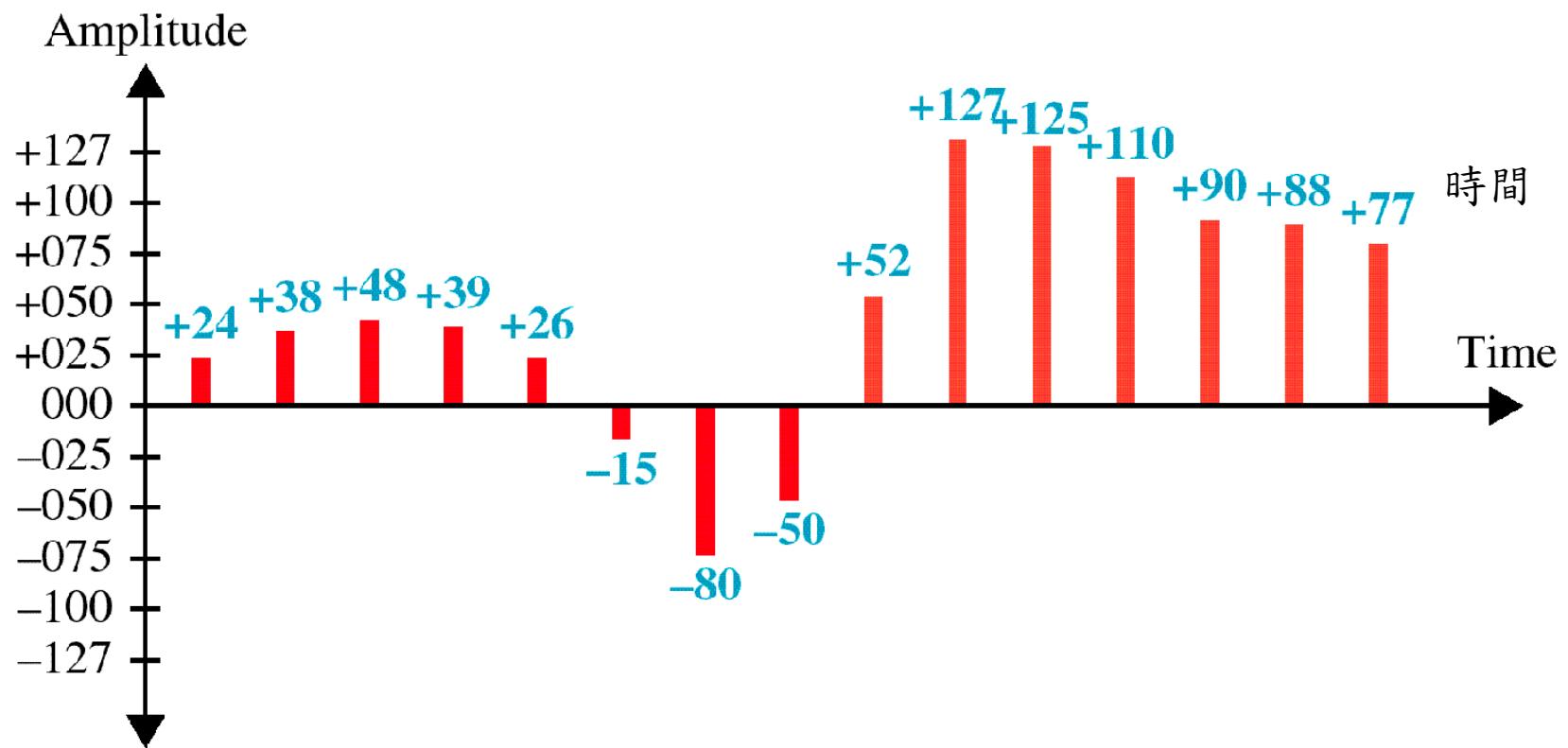
Encoding

- 脈衝編碼調變 (Pulse Code Modulation, PCM) ,
以 8/16 位元表示電位大小

脈衝振幅調變 (Pulse Amplitude Modulation, PAM)



量化PAM訊號

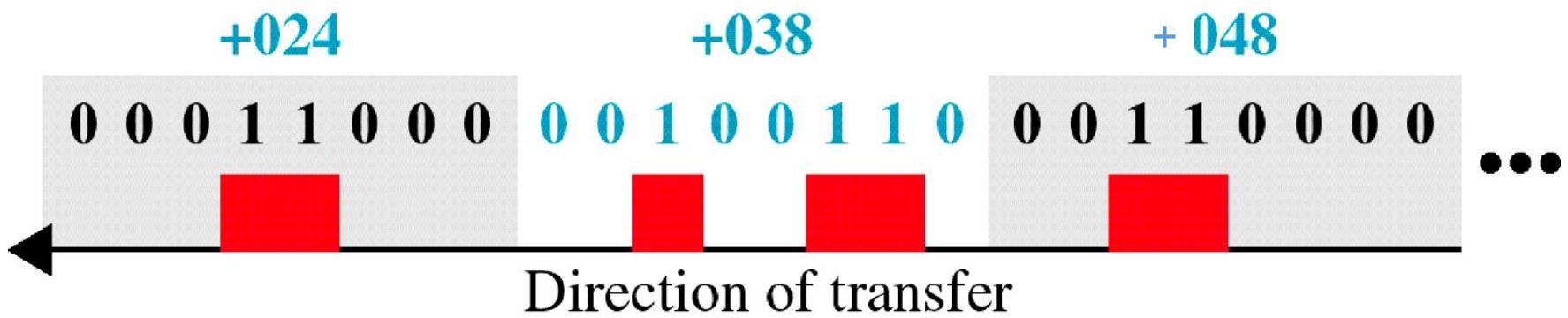


使用正負符號及數值大小以量化

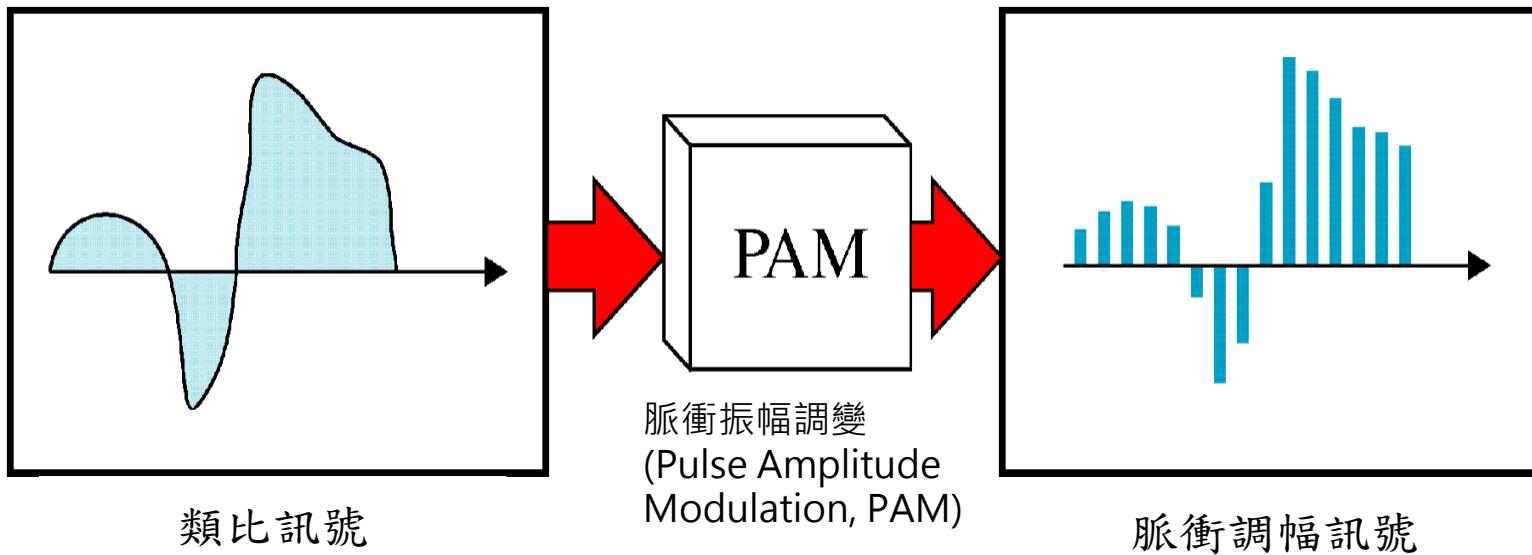
+024	00011000	-015	10001111	+125	01111101
+038	00100110	-080	11010000	+110	01101110
+048	00110000	-050	10110010	+090	01011010
+039	00100111	+052	00110110	+088	01011000
+026	00011010	+127	01111111	+077	01001101

正負號位元
+是0，-是1

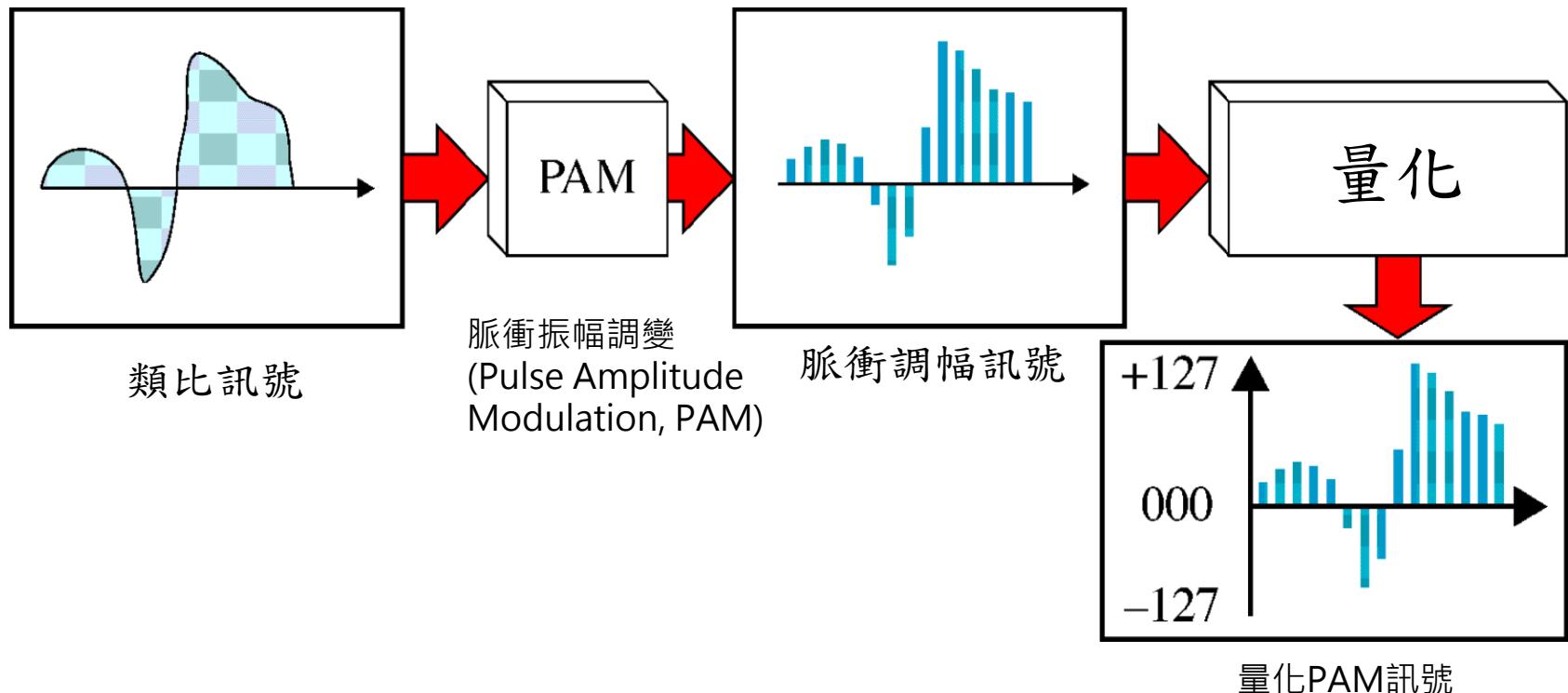
PCM編碼



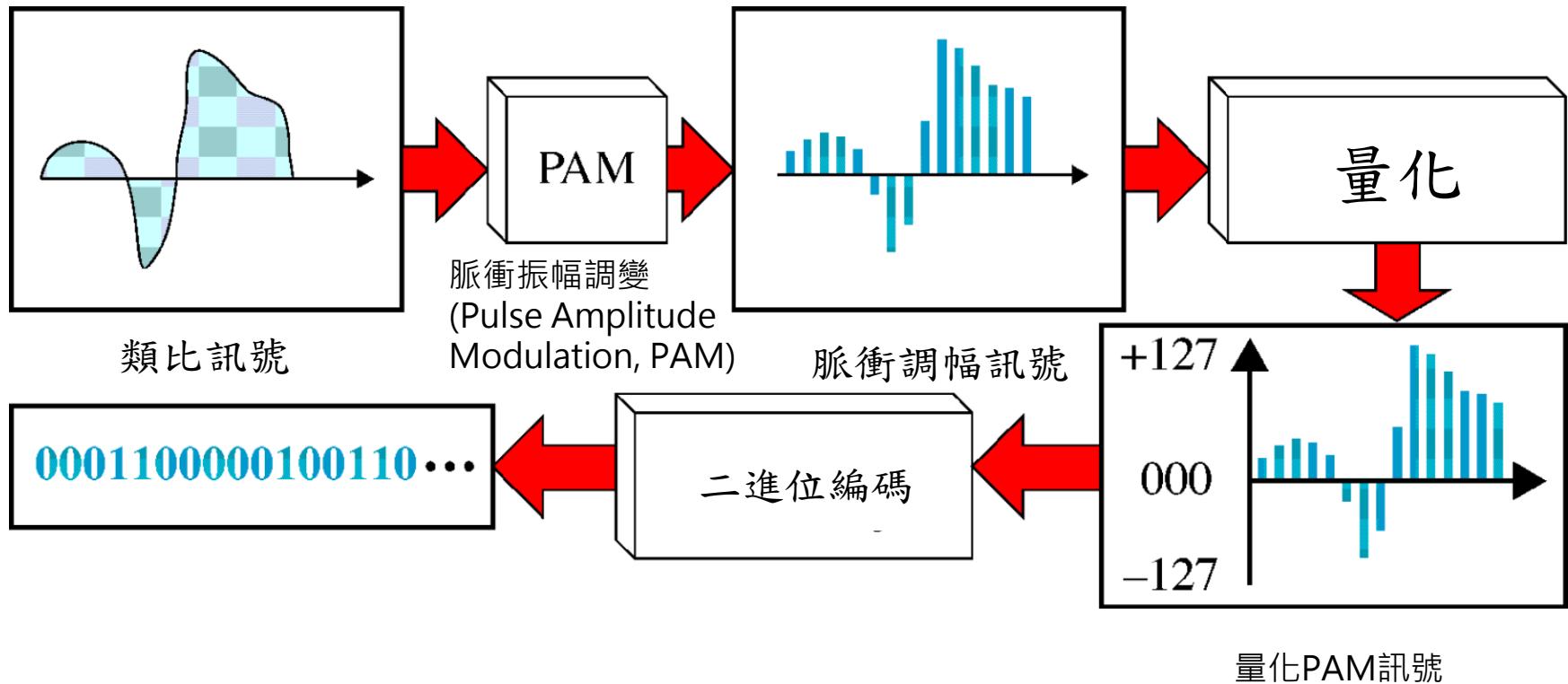
從類比訊號到PCM數位碼



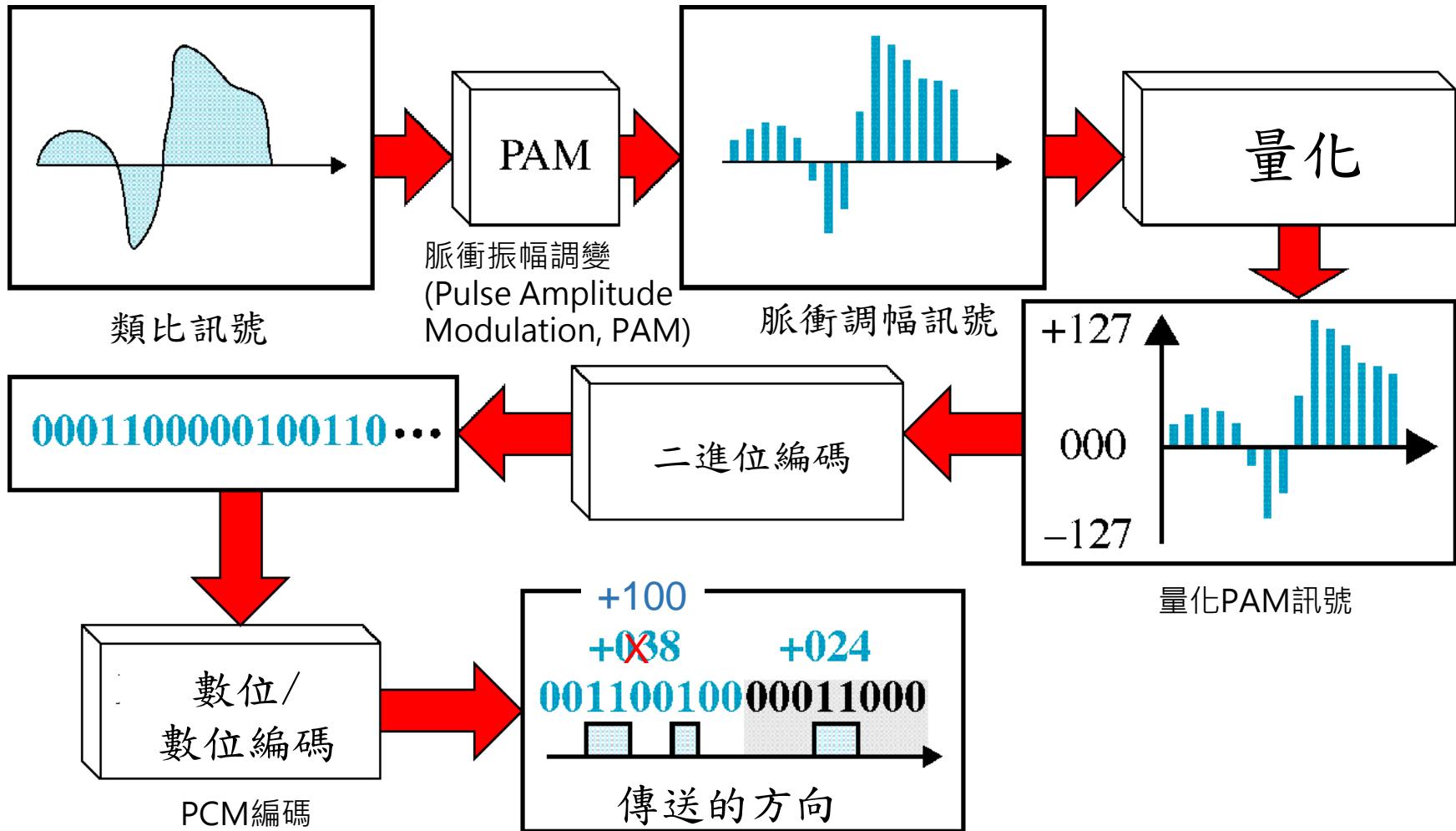
從類比訊號到PCM數位碼



從類比訊號到PCM數位碼



從類比訊號到PCM數位碼

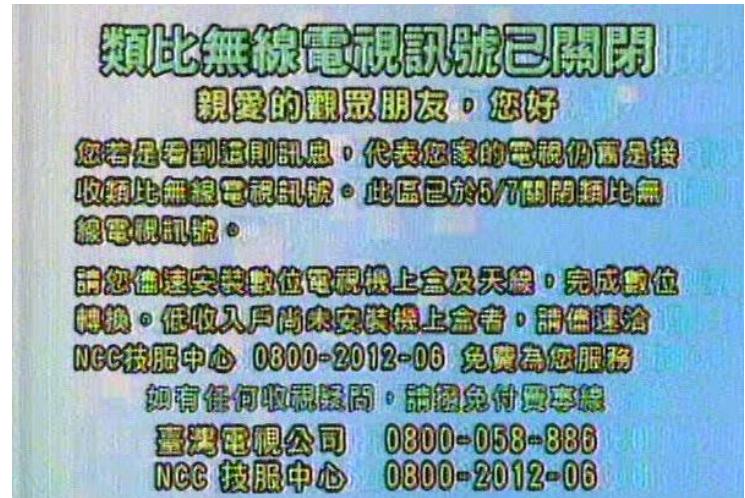
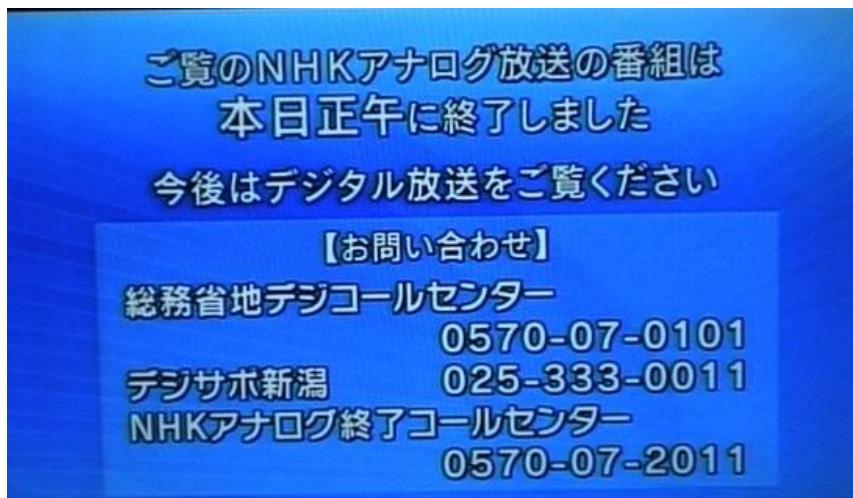


Digital TV(數位電視)

- 視訊壓縮技術之進步，因此可將類比的畫面信號經數位化處理後，變成一串「二進位」型式數據資料
- 透過數位訊號處理，可以消除雜訊和干擾，畫面將會更清楚、細緻
- 再經數位調變傳送到家，因此可獲得比原來的類比電視更好的影像及聲音品質

Digital TV (數位電視)

- 電視及節目訊號數位化後，數位訊號經「壓縮」，使得一個數位頻道可播送三至四個節目
- 2011年7月24日中午整點，日本電視正式全面數位化
- 2012年7月1日台灣數位電視元年：完成無線電視全面數位化

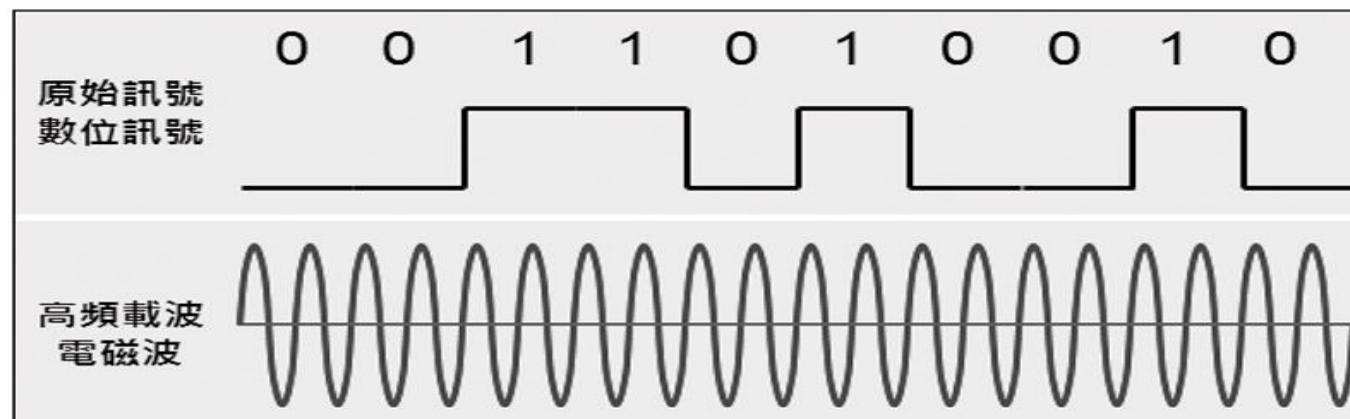
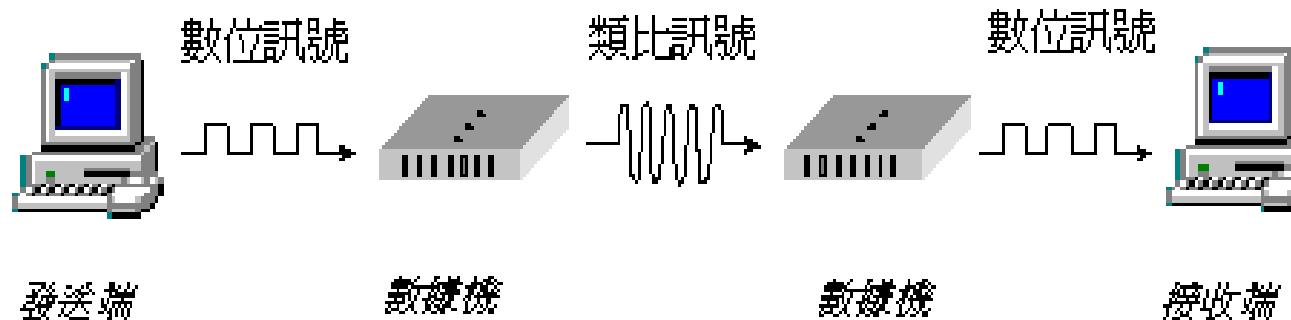


通訊技術

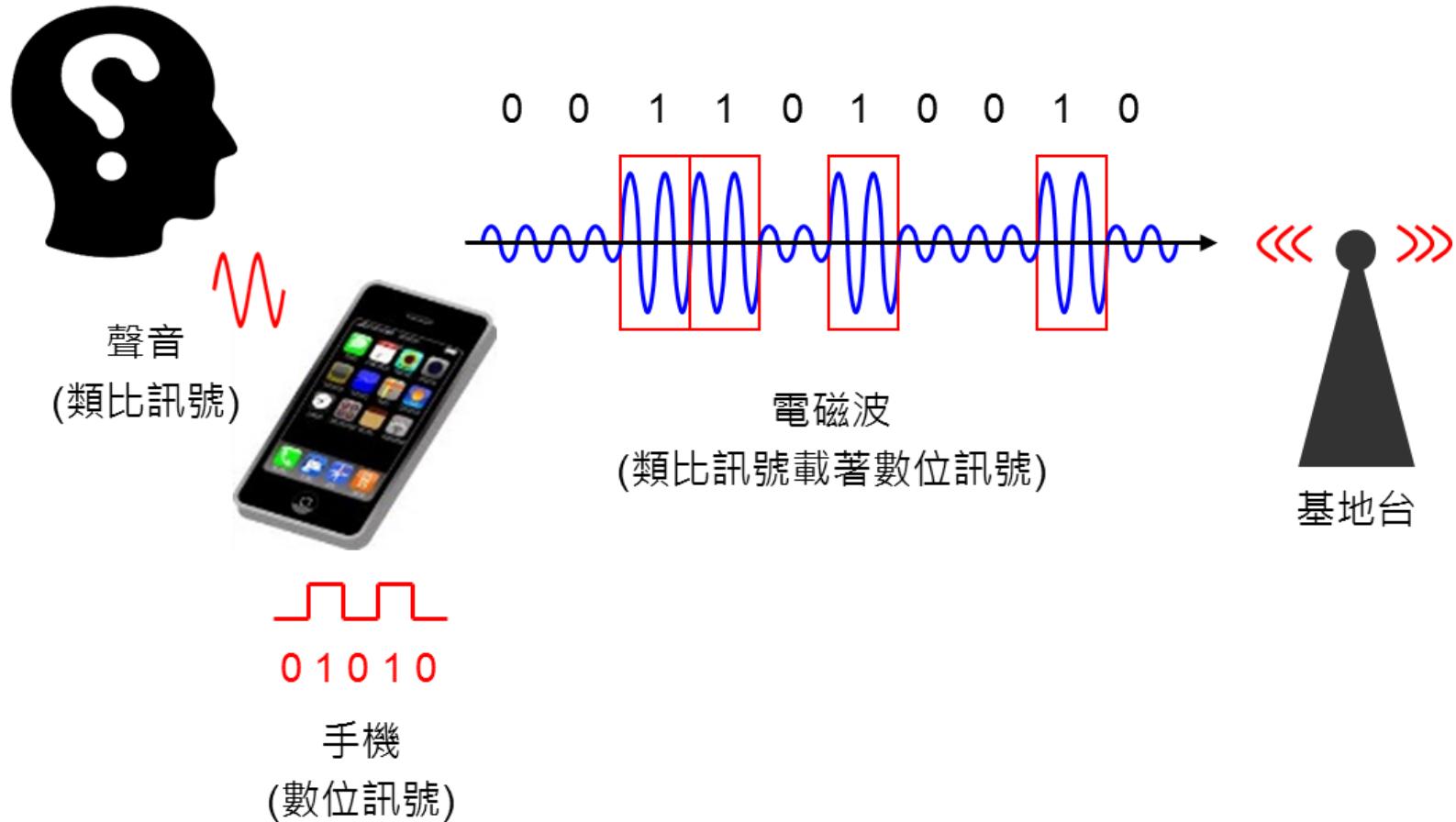
數位訊號類比傳輸

數據機Modem

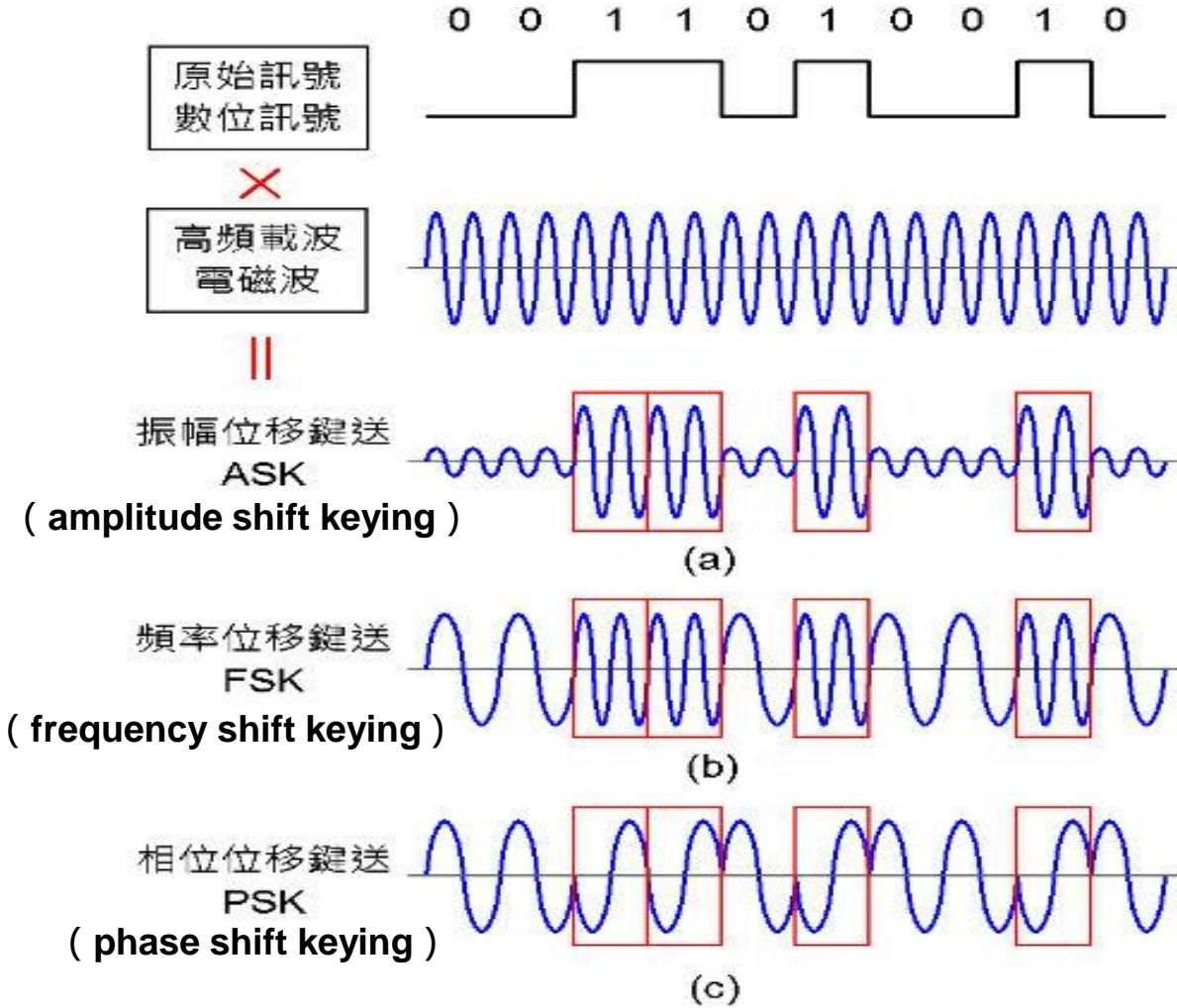
- 2G(GSM、CDMA)、3G(WCDMA、CDMA2000)、無線式行動電話(PHS)、無線區域網路(IEEE802.11)
 - Modulation (調變): 傳送端將數位訊號 (0 與 1) 轉變成不同的電磁波波
 - Demodulation (解調): 接收端將不同的電磁波波形還原成數位訊號 (0 與 1)



數位通訊



數位通訊



振幅位移鍵送 (ASK)：利用電磁波的「振幅大小」載著數位訊號 (0 與 1) 傳送出去，振幅小代表 0，振幅大代表 1，圖二 (a)。

頻率位移鍵送 (FSK)：利用電磁波的「頻率高低」載著數位訊號 (0 與 1) 傳送出去，頻率低代表 0，頻率高代表 1，圖二 (b) 所示。

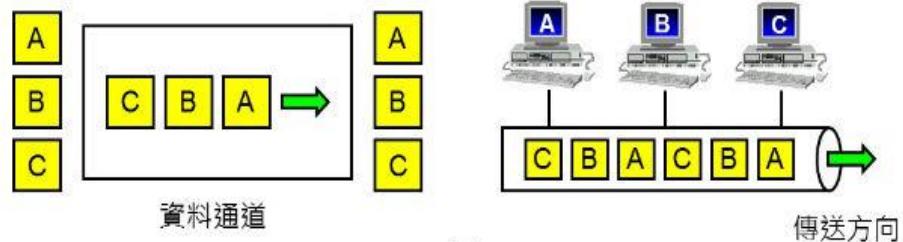
相位位移鍵送 (PSK)：利用電磁波的「相位不同 (波形不同)」載著數位訊號 (0 與 1) 傳送出去，相位 0° 代表 0，相位 180° 代表 1

多工技術 (Multiplex)

多人共同使用一條資訊通道的方法稱為「多工技術」 (Multiplex)

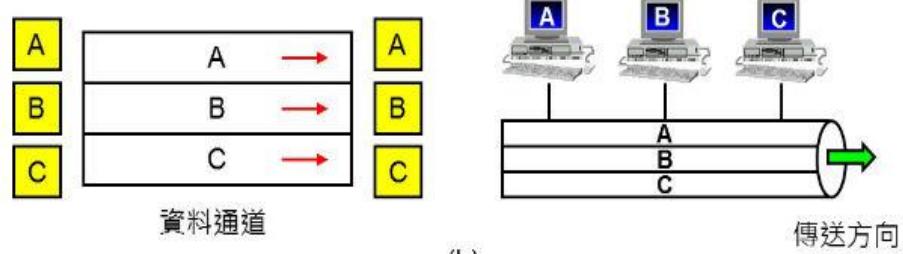
- 分時多工接取 (TDMA)

- 使用者依照「時間先後」輪流使用一條資訊通道
- 與B先講一句，再換C與D講一句
- 大家輪流（分時）講話彼此就不會互相干擾。



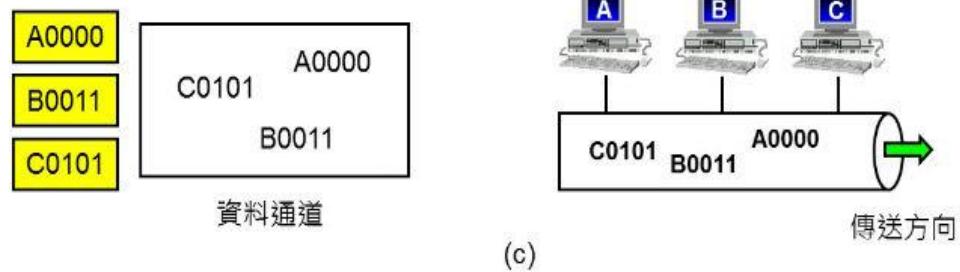
- 分頻多工接取 (FDMA)

- 使用者依照「頻率不同」同時使用一條資訊通道
- A與B在客廳講話，C與D在書房講話
- 大家在不同的房間（分頻）講話彼此就不會互相干擾。



- 分碼多工接取 (CDMA)

- 將不同使用者的資料分別與特定的「密碼」(Code)運算以後，再傳送到資料通道，接收端以不同的密碼來分辨要接收的訊號
- A與B用中文講話，丙與丁用英文講話
- 這樣雖然大家在同一個房子裡講話，各自仍然可以分辨出各自不同的語言

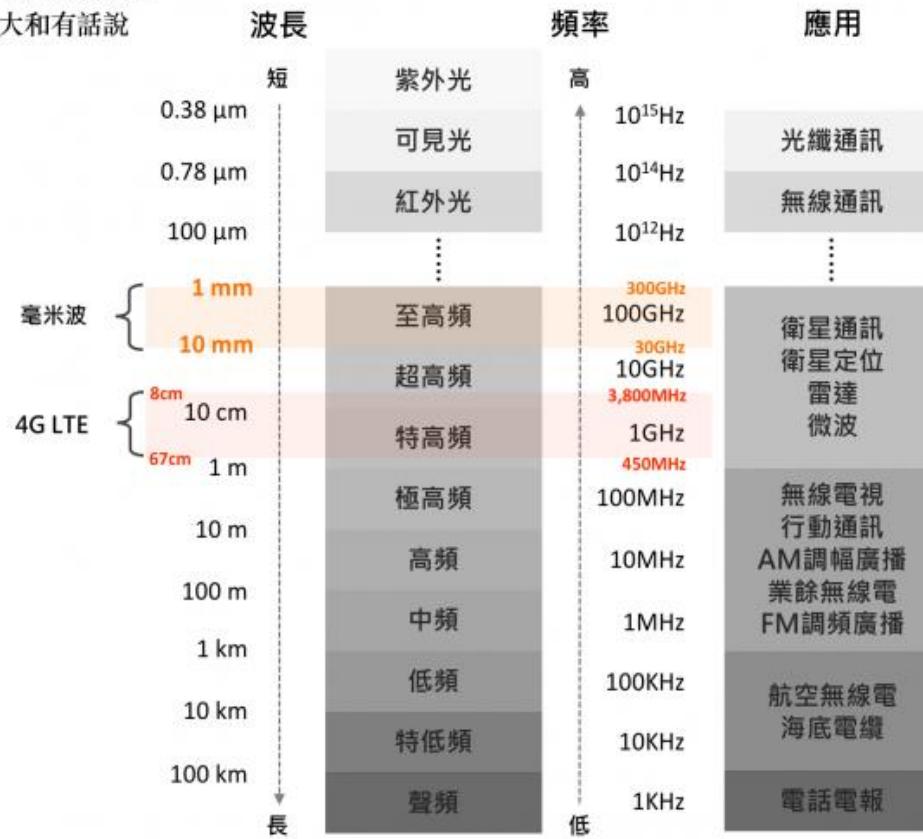


通訊世代比較

無線電波的頻譜

■ 通訊電磁波頻譜

Created by 大和有話說



- Credit by 大和有話說 - [5G科普, 只要9張圖, 看懂什麼是5G](#)

行動通訊技術演進史

- 1G 僅擁有 2.4kbps 傳輸速度，已跨出一大步，突破過去「定點」打電話限制
- 2G 速率介於 56k-114kbps 之間，實現語音通訊數字化，透過手機上的小螢幕傳遞文字內容，開啟簡訊時代
- 3G 標準自 2000 年正式公告，擁有 384kbps 速率，讓使用者瀏覽網站與串流音樂。行動網路的語音傳輸會把語音和多媒體訊息協定分開，這種網路的使用方法非常沒有效率
- 4G 利用封包交換系統 (packet - switching system) 的方式收發，讓語音、簡訊和多媒體傳訊完全以 IP 為基礎。4G 的穩定速度，被認為是應用程式 (App) 經濟推手，更帶動社群網站發展

行動通訊技術	功能	峰值速率	頻率
1G (1980s)	通話	2 Kbps	800-900 MHz
2G (1990s)	通話、簡訊、Mail (純文字)	10 Kbps	850-1900 MHz
3G (2000s)	通話、簡訊、網路、音樂串流	3.8 Mbps	1.6-2.5 GHz
4G (2010s)	通話、簡訊、網路、1080p 影片串流	0.1-1 Gbps	2-8 GHz
5G (2020s)	通話、簡訊、網路、4K 影片串流、VR 直播、自駕車、遠距手術	1-10 Gbps	3-300 GHz

通訊技術世代

數位通訊系統的頻譜效率比較表

世代	系統名稱	多工方式	調變方式	通道頻寬	資料傳輸率 上傳/下載 (bps)	頻譜效率 上傳/下載 (bps/Hz)
2G	GSM	FDMA TDMA	GMSK	200KHz	9.6K/14.4K	0.05/0.07
2.5G	GPRS		GMSK	200KHz	9.6K/115K	0.05/0.58
2.75G	EDGE		8PSK	200KHz	384K/384K	1.92/1.92
3G	WCDMA	FDMA CDMA	QPSK	5MHz	64K/2M	0.01/0.40
3.5G	HSDPA		16QAM	5MHz	384K/14.4M	0.08/2.88
3.75G	HSUPA		QPSK	5MHz	5.76M/14.4M	1.15/2.88
4G	LTE	FDMA OFDM	64QAM	20MHz	50M/100M	2.5/5
4G	LTE-A		64QAM	100MHz	500M/1G	5/10

為何需要 5G?

- 「行動流量持續上升」:國家通訊傳播委員會(NCC)統計，2018年初台灣 4G 用戶平均數據傳輸量為 14.74 GB；2019 年 5 月已成長為平均 16.85 GB，位居世界前段班。愛立信(Ericsson)也強調，全球行動寬頻流量至 2024 年會是 2019 年的 5 倍，特別是在市區密集區域，若僅依賴 4G 將無力負擔。
- 「低頻率負荷有限」:頻率低則裝載量小，速度有限；頻率越高，能傳輸越多數據、裝更多訊息。換言之，4G 採用低頻的先天限制，是 5G 不得不發展的主因，速度反而是其次。
- 4G 受到「行動流量持續上升」與「低頻率負荷有限」考驗，試著回想看看，當你在跨年、參加演唱會時，是否連打開社群網站都很困難，更不用說開直播。

5G v.s. 4G

- 美國無線產業協會 (CTIA) 表示下載一部兩小時左右的電影
 - 現在的 4G LTE 網路提供平均 10-20 Mb/s 的連線速度，4G 在理想狀態下得花 6 分鐘時間
 - 5G 僅需 3.6 秒就能完成任務。
- 5G 理論速度能比 4G 快上一百倍，但相較之下，電信業者看法仍略顯保守。如中國移動表示，5G 網路速度約是 4G 的 11.2 倍，「同樣時間內，用 4G 只能下載半集戲劇，5G 可以搞定 10 集。」

5G v.s. 4G

5G:高速speed

- +低延遲latency(遠距醫療、無人自駕車車速來到 100 公里時緊急煞停→產業發展)
- +廣連結connections(同時連接大量裝置→產業發展)

	4G	5G
峰值速率 (理想上傳、下載速度)	0.1-1 Gbps	1-10 Gbps
延遲 (回應時間)	15-25 毫秒 (0.02-0.03秒)	1 毫秒 (0.001秒)
頻率	10 GHz 以下	30到300 GHz
優點	低頻覆蓋廣，不用大量基地台	高頻提升傳輸速率
缺點	頻寬小易壅塞	難穿透固體，訊號隨距離快速下降，需建置更多基地台

5G 高頻毫米波容易被干擾

- 就物理特性而言，頻率愈高，波長愈短，「穿透能力」也就愈強。
- 然而，高頻信號的**指向性**也較強，它們遇到障礙物會想直接穿過去，而不是繞過去（也就是「繞射能力」差），因此其穿透障礙物所帶來的能量消耗，也會使傳輸距離變短。

■ 無線通訊之高、低頻訊號比較

資料來源：MIC (2009)

Created by 大和有話說

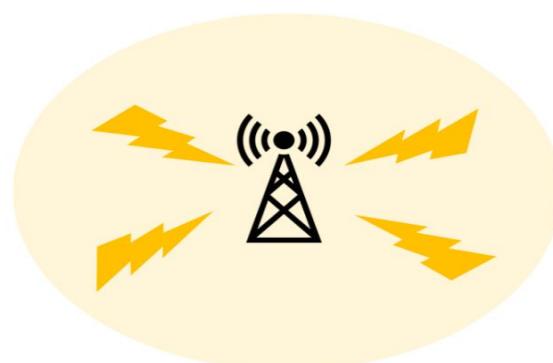
	高頻訊號	低頻訊號
波長	短	長
方向性	定向	無方向性
繞射能力	弱	強
穿透能力	強	弱
電波衰減	大	小
覆蓋能力	弱	強
基地台承載量	多	少
功率傳送增益比	小	大
終端天線	短	長

5G 微型基地台 (small cell)

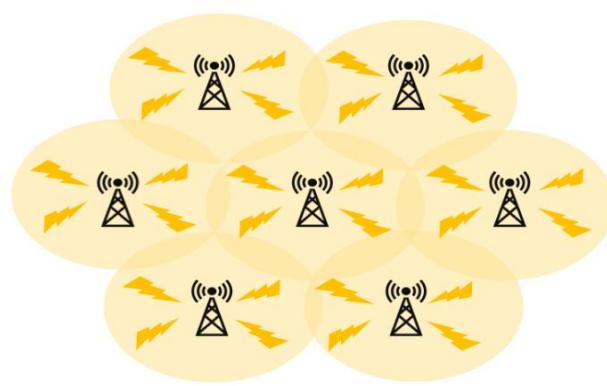
- 由於 5G 高頻毫米波容易被干擾，因此需布置數量更多的基地台，才能達到一定的覆蓋率。
- 由於 5G 技術特性，基地台數量將是 4G 的二到四倍，目前是 5G 發展初期，基地台的價格也是 4G 基地台的二到四倍
- 如日本政府正規劃將紅綠燈、路燈都裝上 5G 基地台，就是希望提高基地台密度。這也代表微型基地台 (small cell) 重要性更勝以往。

■ 相同範圍下，5G 的基站需求將遠大於 4G

Created by 大和有話說



4G 概念圖



5G 概念圖



由於高頻段下的傳輸距離較短，使得覆蓋能力也相對較弱。因此，不同於頻段較低的 4G 採用一個大型基地台 (Macro Cell) 即可覆蓋 2~40 公里，5G 則必須採用許多個微型基地台 (Small Cell) 才能覆蓋到同樣的區域。

Credit by 大和有話說 - [5G 科普, 只要 9 張圖, 看懂什麼是 5G](#)

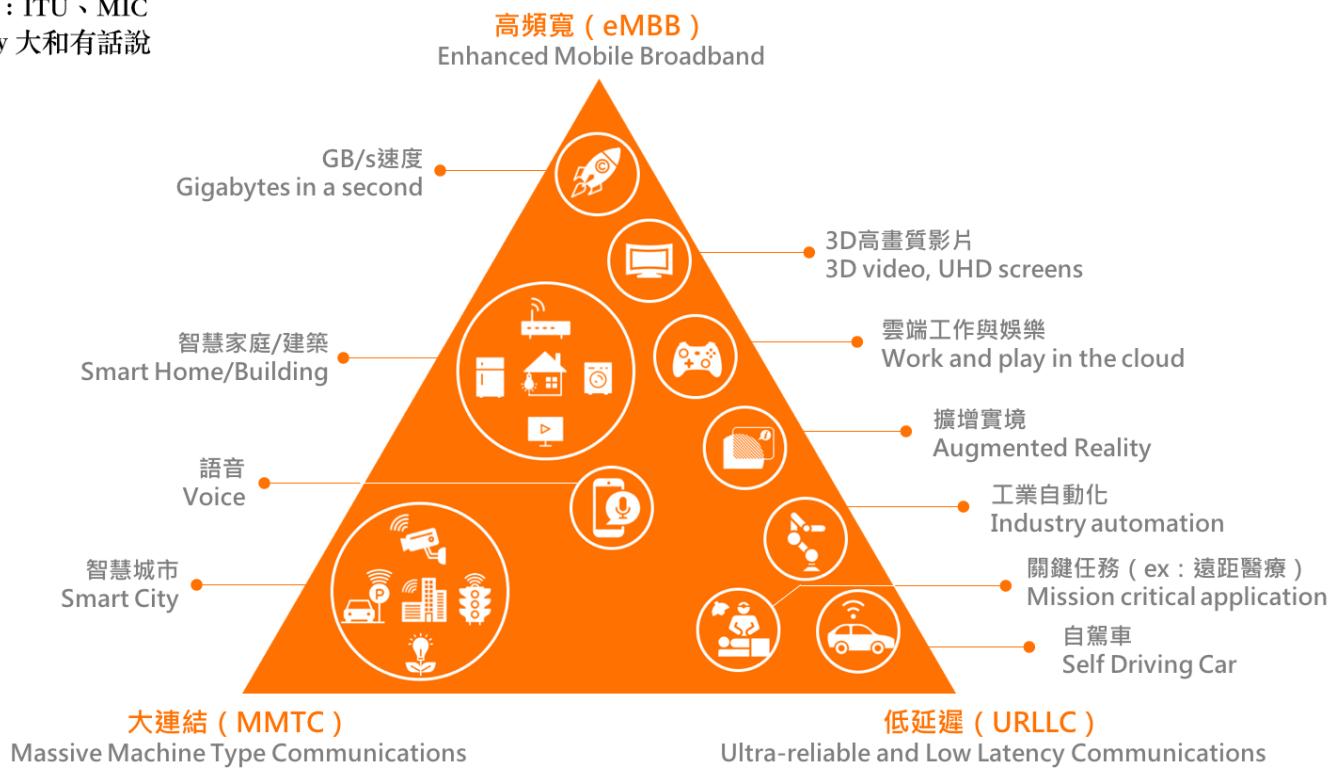
無人機搜救災難現場搭載 5G 減少因延遲導致的遠距操控失誤機率

- 中華電信和無人機業者「雷虎科技」合作，將5G基地台裝在機身上，能運用在高山救難上。
- 遠距醫療、VR 直播、4K 畫質直播，都因此有發展契機。



■ 5G 關鍵技術及應用場景

資料來源：ITU、MIC
Created by 大和有話說



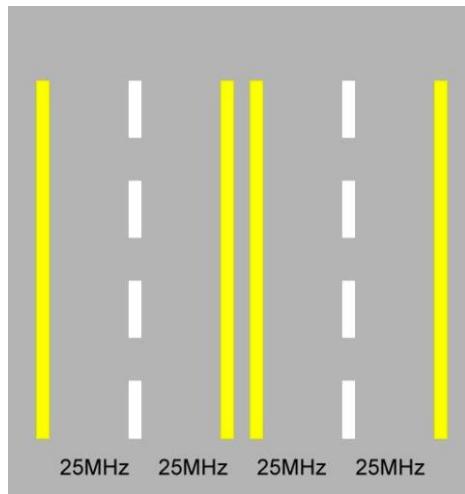
5G 頻段競價

先買車道，再選位置

- 5G 頻段競價作業時，要分配的資源共
 - 頻寬：電信業者可使用的頻段總量
 - 位置：這些頻段的頻率分布位置
- 如果把頻段比喻為馬路，無線電訊號就是在路上來往的車
 - 頻寬 = 車道寬度
 - 頻寬越大代表車道數量越多，就像 3 線道馬路運載量比 2 線道馬路多，所以頻寬越大能傳輸的資料與容納的用戶數量就越多，等於可為更多用戶提供更快的 5G 通訊服務。
 - 位置 = 車道位置
 - 頻段位置也會影響通訊品質，走在快車道會比較順暢，如果走在慢車道，可能時常被公車、路人干擾，較差的頻段也容易被其他無線電波干擾，傳輸速度受到影響
- 連續頻段有利於提供較佳通訊品質，以 5G 通訊而言，約需 80MHz 連續頻寬才能發揮高速連網特性，就像如果我們可以支配 2 個相鄰車道，會比支配隔開的 2 個車道更有效率。

先買車道，再選位置

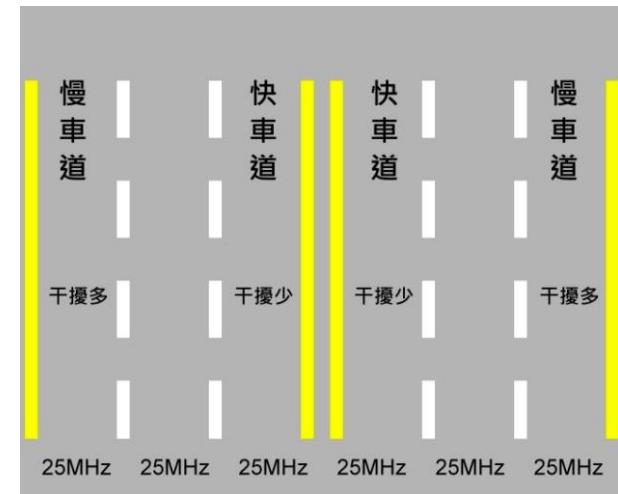
- 每 25MHz 的頻寬代表 1 個車道



100MHz 頻寬則代表雙向 4 線道
馬路，流量較有限也容易塞車



150MHz 頻寬代表雙向 6 線道大馬路，
交通更流暢



取得較好頻段位置與連續頻段，也有助
提升 5G 通訊品質

[完全看懂 5G 頻段競價作業，高達 1,422 億元的標金是在搶什麼？](#)

競價結果 @ 2020/02/21



競價結果



得標者名單	得標金 (億元)	3.5GHz				28GHz				
		數量競價		位置競價		總標金 (億元)	數量競價		總標金 (億元)	
		頻寬(MHz)	標金(億元)	位置	標金(億元)		頻寬(MHz)	標金(億元)		
中華電信	483.73	90	456.75	F13~F21	20.8	477.55	600	6.18	G10~G15	6.18
台灣大哥大	306.56	60	304.5	F22~F27	0	304.5	200	2.06	G24~G25	2.06
台灣之星	197.08	40	197.08	F1~F4	0	197.08	0	0		0
亞太電信	4.12	0	0			0	400	4.12	G20~G23	4.12
遠傳電信	430.42	80	406	F5~F12	20.3	426.3	400	4.12	G16~G19	4.12
總計	1421.91	270	1364.33		41.1	1405.43	1600	16.48		16.48

註：1. 得標者名單依競價者名稱筆劃順序排列。

2. 得標金=數量競價得標總價+位置競價得標金。

3.5GHz頻段

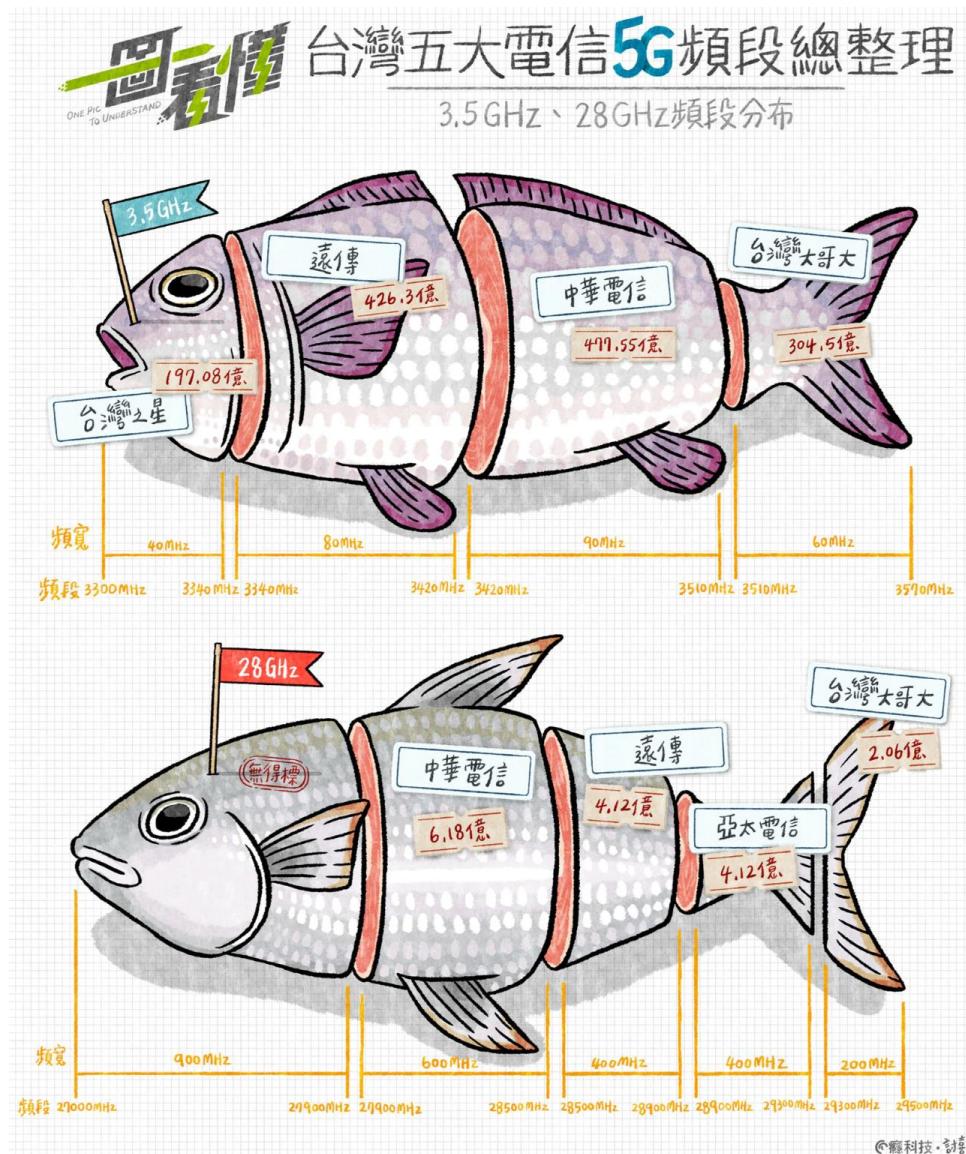
3300	3340	3420	3510	3570MHz
台灣之星 40MHz	遠傳電信 80MHz	中華電信 90MHz	台灣大哥大 60MHz	

28GHz頻段

27000	27900	28500	28900	29300	29500MHz
無得標者	中華電信 600MHz	遠傳電信 400MHz	亞太電信 400MHz	台灣大 200MHz	

魚頭、魚肚、魚尾

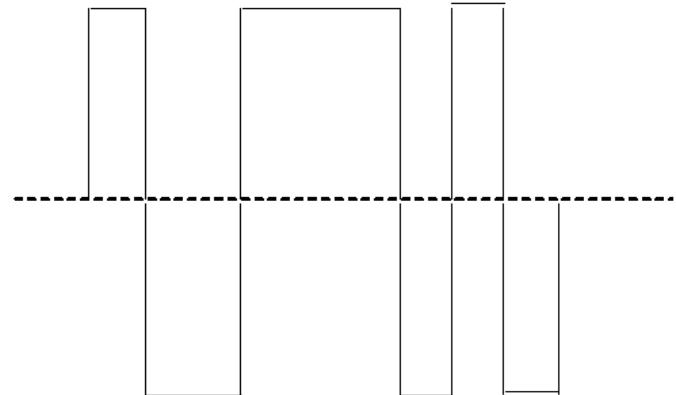
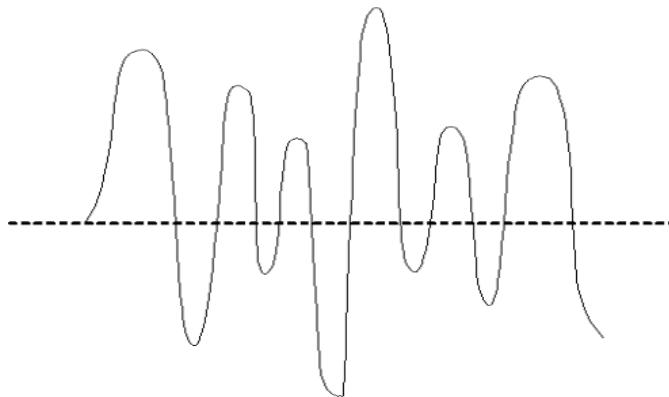
- Credit by 瘋科技 討喜小姐, Zero圈圈
<https://www.cool3c.com/article/151962>
- 延伸閱讀: 林之晨帶你科普 5G : 為什麼 3.5 GHz 頻段會有魚頭、魚肚、魚尾之分?
 - <https://buzzorange.com/techorange/2020/03/04/5g-3-5ghz-issue/>



總結

類比與數位訊號比較

- Analog: 連續變化的電磁波，可透過多種傳輸媒介進行傳送
- Digital: 不連續的電壓脈波，主要是以不同的電位狀態來表示



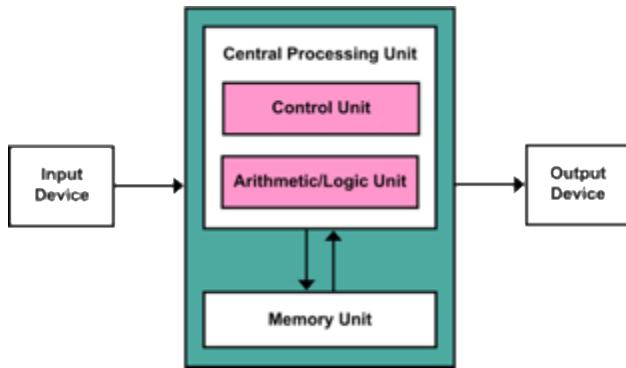
數位化的好處

- Information storage is easy.
- Operation can be programmed.
- Digital systems are generally easier to design.
- Accuracy and precision are greater.
- Digital circuits are less affected by noise.

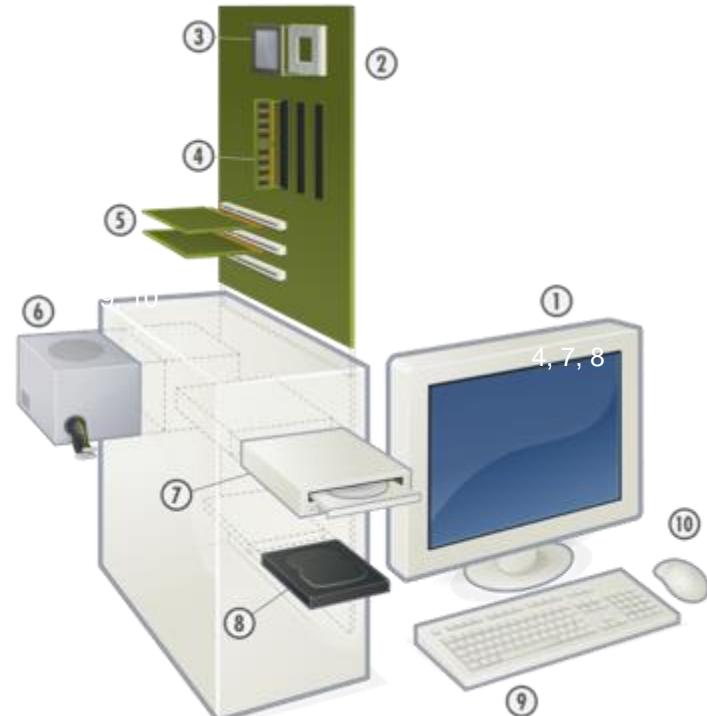
電腦硬體

電腦硬體

Von Neumann architecture



No.	Name
1	Monitor
2	Motherboard
3	CPU
4	RAM
5	Expansion card
6	Power supply
7	DVD-ROM/BluRay
8	Hard Disk
9	Keyboard
10	Mouse



個人電腦外觀

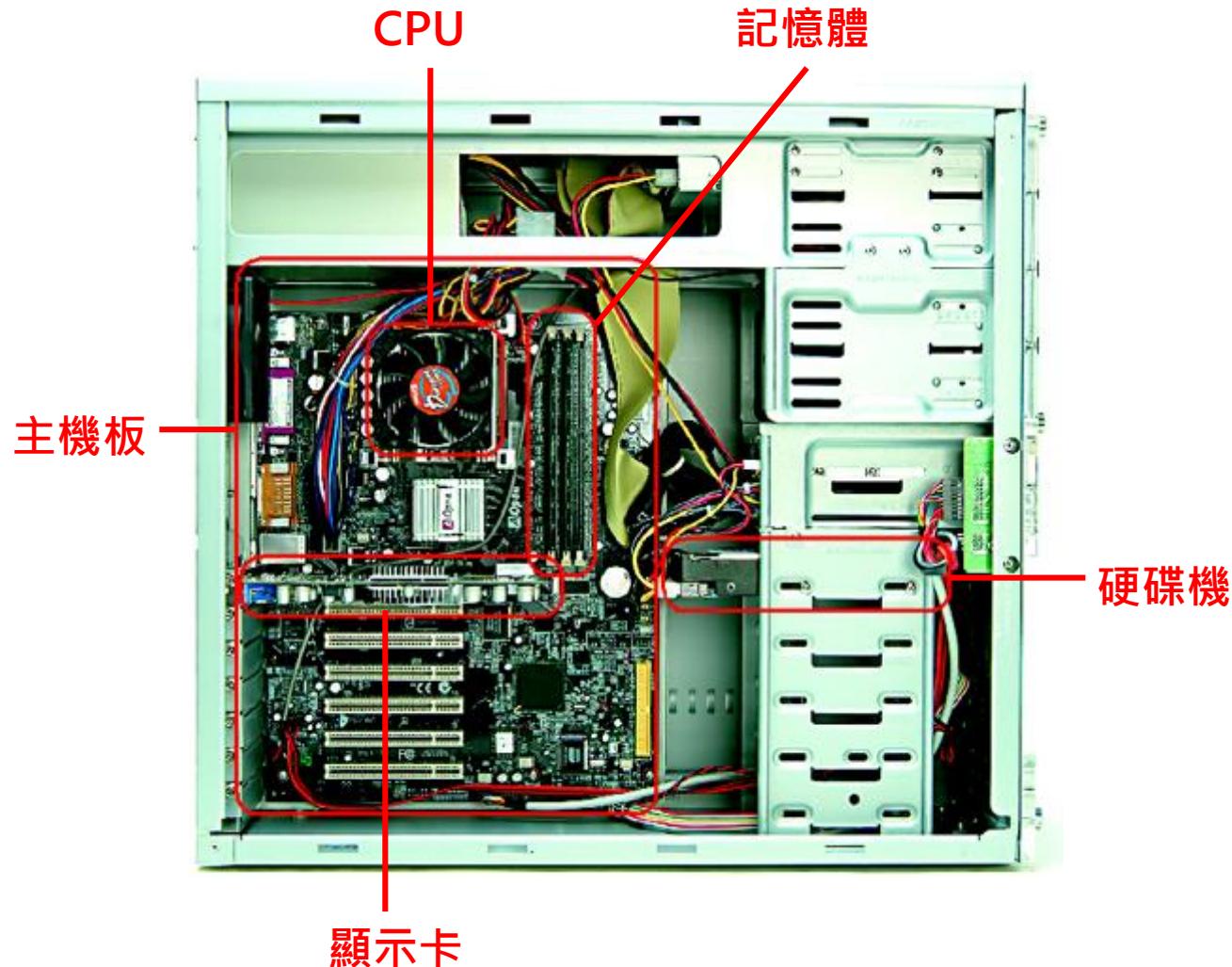


<https://www.asus.com/tw/Tower-PCs/K31AD/overview/>

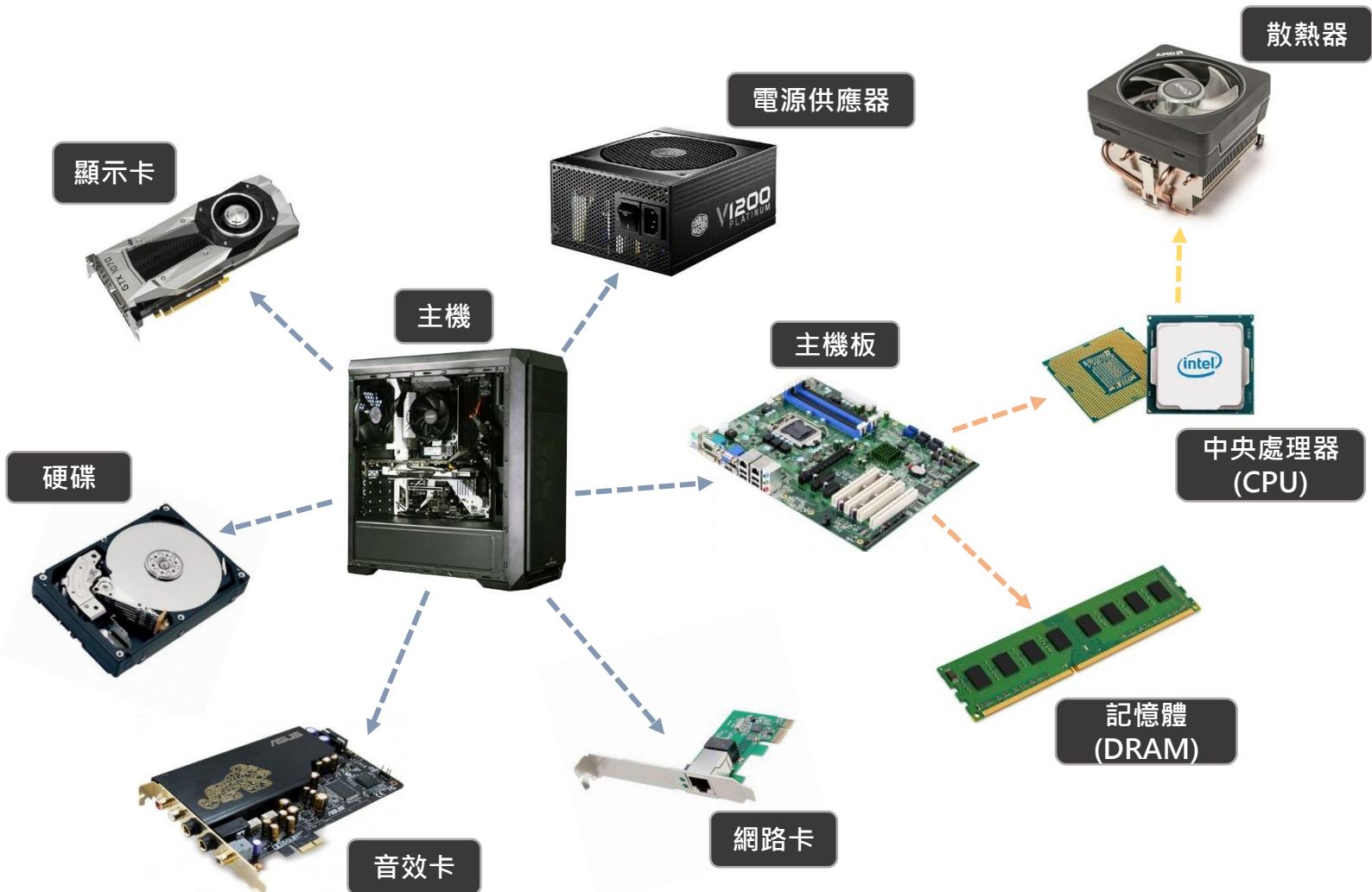


<http://blog.ilc.edu.tw/blog/blog/2206/resource/12526/159715>

主機內部



電腦硬體



主機板

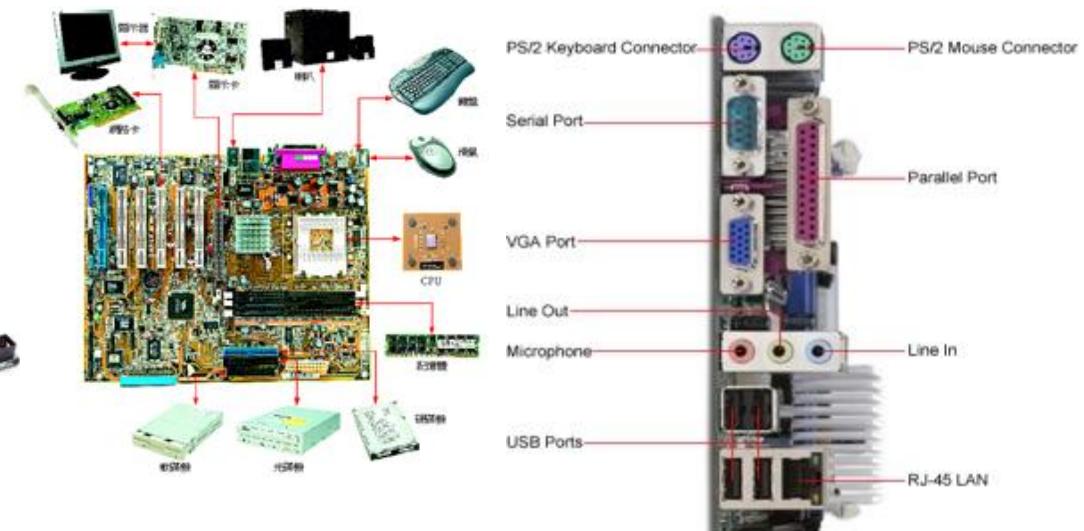
MainBoard/MotherBoard

主機板 MainBoard/MotherBoard

電路板，英文簡稱MB，是電腦最主要的部份。

電路板上焊/插滿大大小小的電子零件，包括中央處理器(CPU)、晶片組、記憶體及各種介面卡的擴充槽，並以外殼保護，透過電源供應器，將外部電力供應運轉。

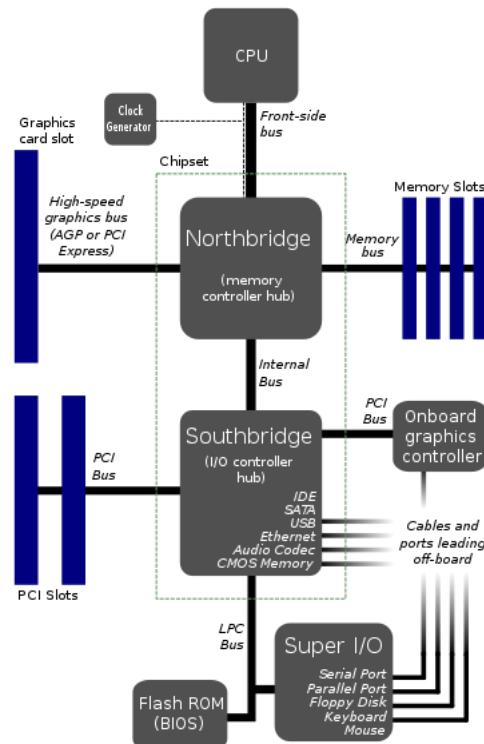
穩定的主機板可以使軟體執行得很平穩，而好的晶片組可以與CPU配合良好，以充分發揮電腦系統的最大功能



Motherboard Diagram

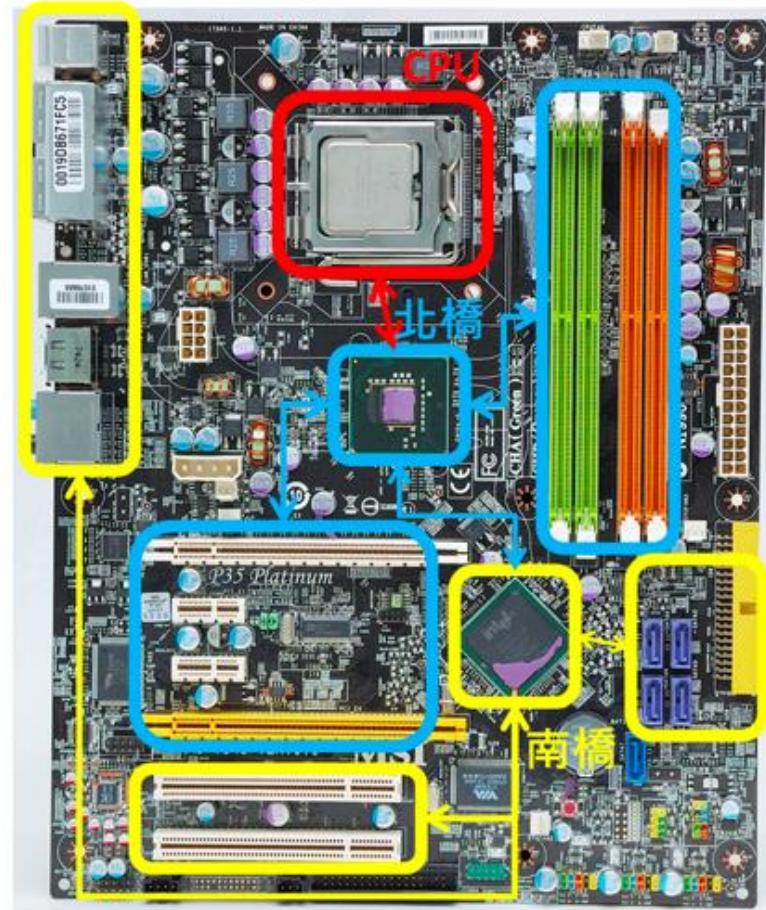
北橋晶片將PCI匯流排主幹延伸至北邊，以支援CPU、記憶體或快取(Cache)、以及其他攸關效能的功能。

反之，南橋晶片將PCI匯流排主幹延伸至南邊，並橋接起比較非攸關效能的功能，例如磁碟介面等、音效等。



<http://www.mobile01.com/topicdetail.php?f=488&t=393140>

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%8D%97%E6%A1%A5>



https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AMotherboard_diagram.svg

南北橋晶片整合

- Intel 在 2011 年發表的 Nehalem 系列 CPU，就是把原本負責對記憶體溝通的北橋晶片直接整合進處理器、並把北橋其他剩餘的功能和南橋晶片整合在一起，從此讓北橋晶片從此走入歷史。AMD 在同年發表的 Fusion 處理器同樣取消了北橋。

A newer Motherboard (Core iX 3rd Gen) [NO Northbridge]



儲存裝置 記憶體

Memory Unit

儲存架構

二級儲存體

速度慢、關機資料不消失

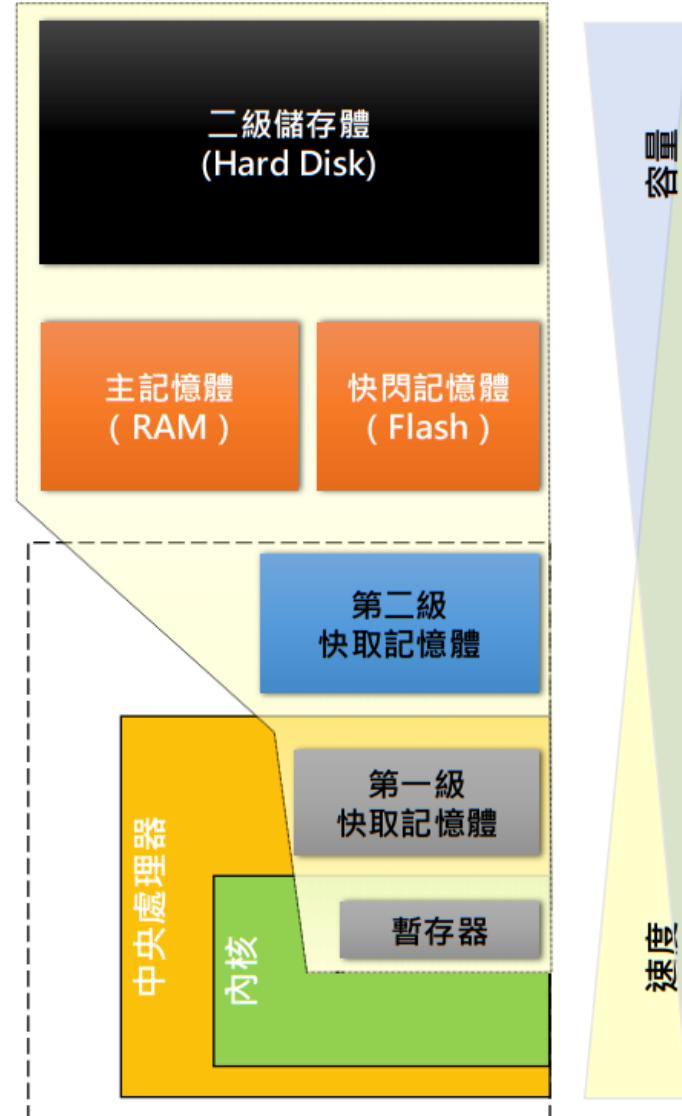
USB 碟
SD 記憶卡
固態硬碟
磁碟
光碟
磁帶

一級儲存體

速度快、關機資料會消失

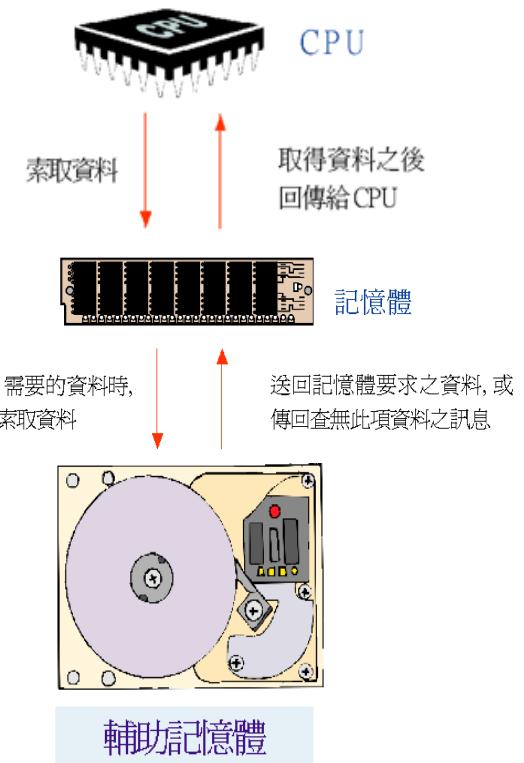
暫存器
快取記憶體
主記憶體

資料存取途徑



主記憶體 (RAM, Random Access Memory)

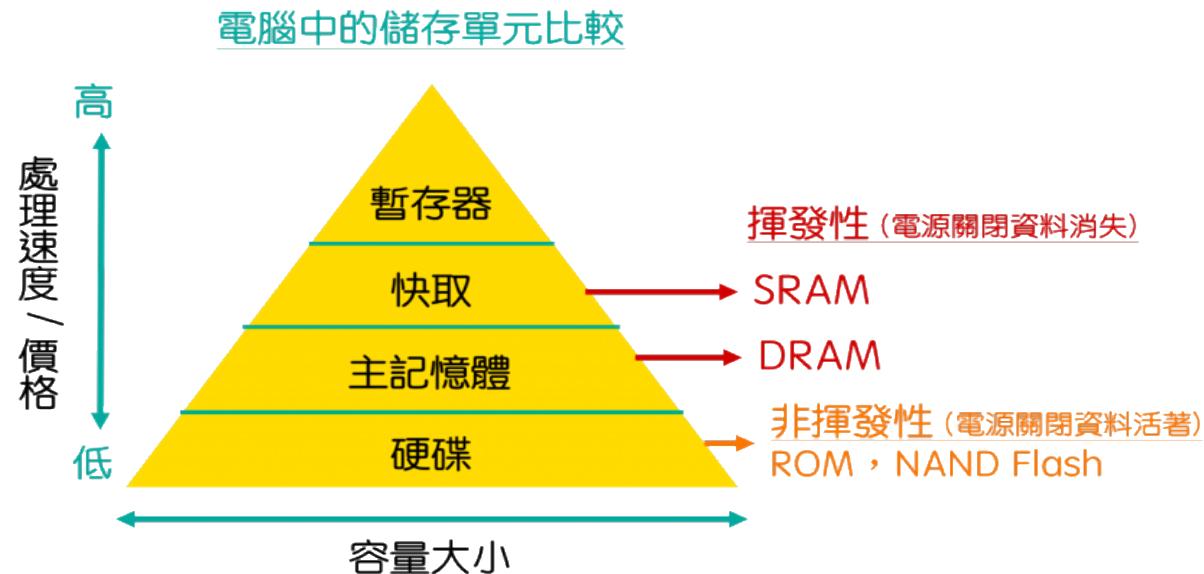
- 電腦的主記憶體-隨機存取記憶體 (RAM) , 其功能是 CPU 在運作的過程中, 會不斷地索取或產生新的資料, 但是 CPU 本身並沒有足夠的儲存空間可放置這些資料, 因此必須由記憶體來提供。
- 電腦把一個不活動的程式的某些部分移出, 擾出空間給別的程式, 這需要花些時間。若想要讓電腦運轉得更快, 最佳策略可能是購買更多的 RAM
- 優點 : 因為記憶體是以晶片製造而成, 屬於電子式的儲存裝置, 所以存取速度快、體積小
- 缺點 : 當沒有電源時就無法保存資料



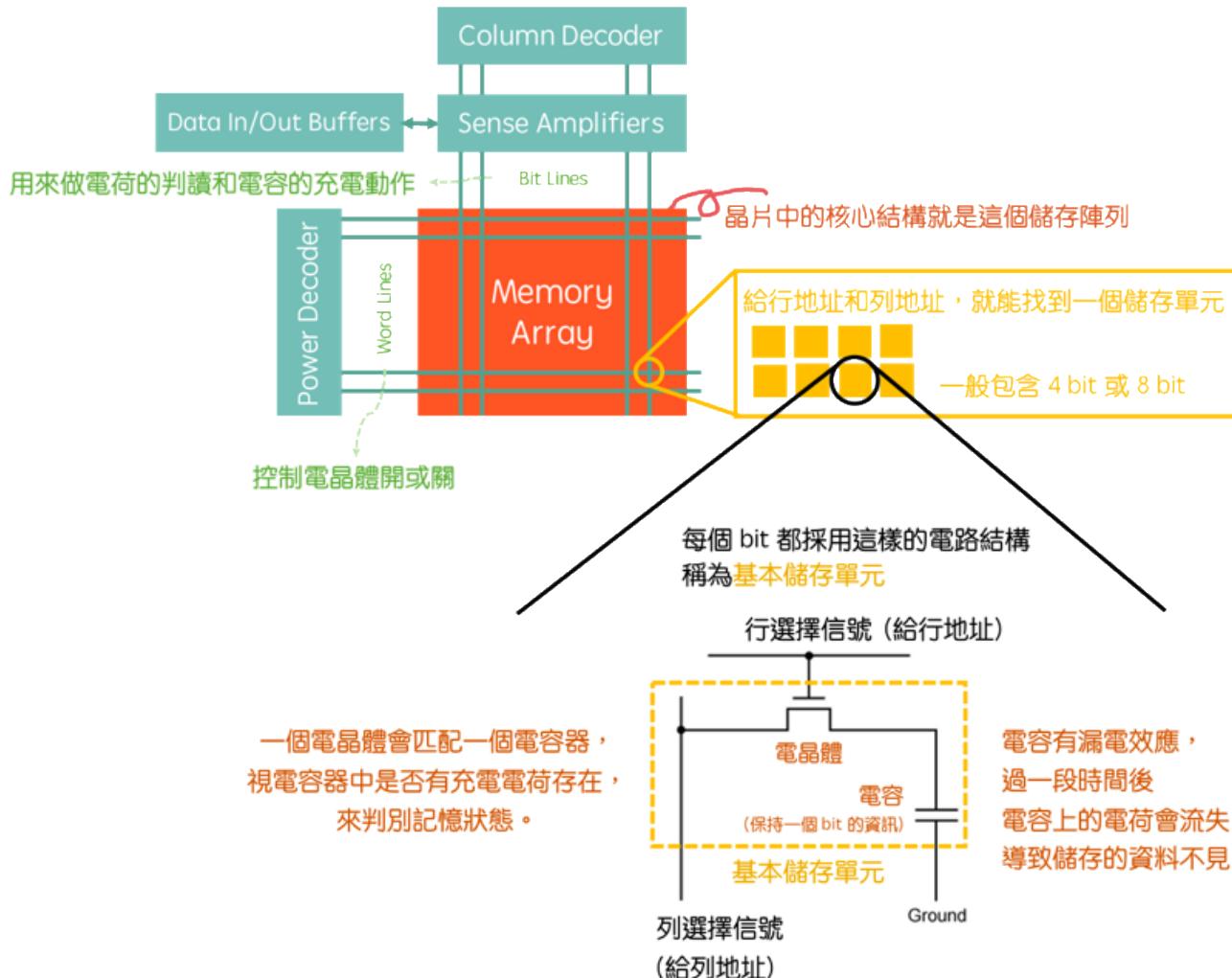
RAM v.s. ROM

揮發性 (VOLATILE)：停止供應電源，記憶資料便會消失。

- 動態隨機存取記憶體(Dynamic Random Access Memory, DRAM)：主記憶體將每一位元(bit)資料儲存在積體電路(integrated circuit)內的單獨電容器(capacitor)中。
- 靜態隨機存取記憶體(Static Random Access Memory, SRAM)：快取記憶體(Cache)存取速度比主記憶體更快的儲存裝置，減少CPU因等待慢速設備(如主記憶體)所導致的延遲，進而改善系統的效能
- 非揮發性(NON-VOLATILE)：即使沒有供應電源，也能保存已經寫入的資料。
 - 唯讀記憶體(Read Only Memory, ROM)
 - 快閃記憶體(Flash)

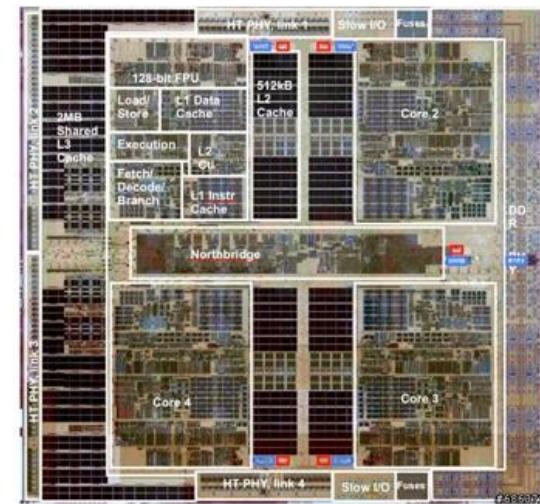
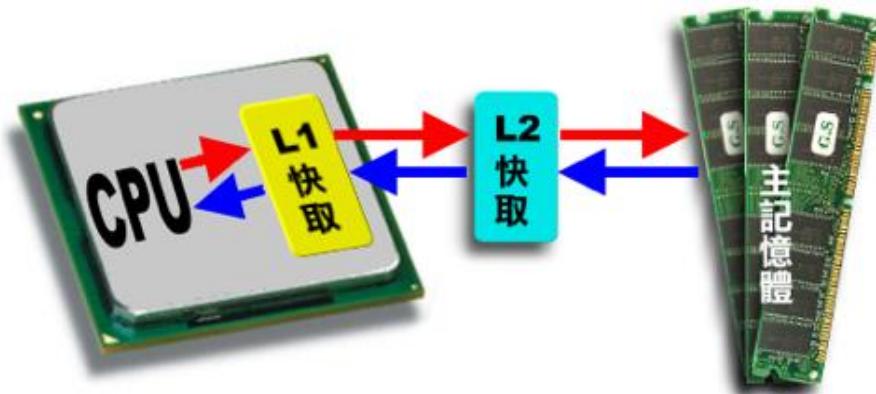


DRAM 晶片中的結構



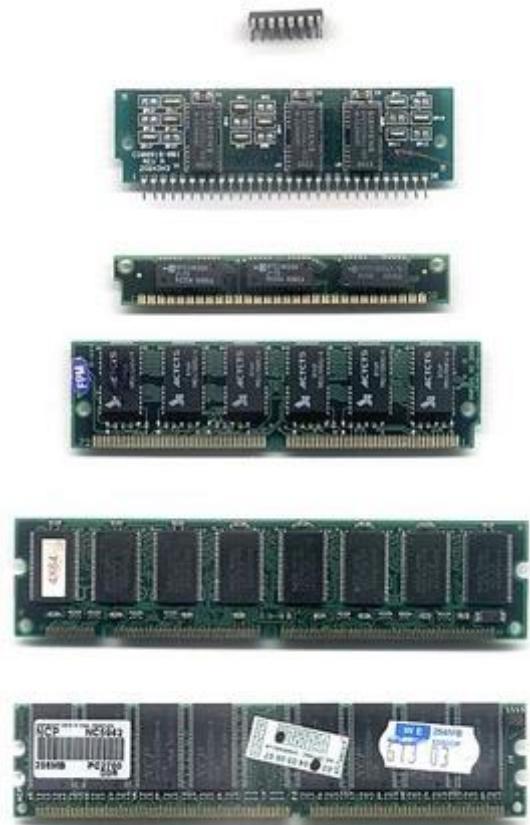
快取記憶體 (Cache)

- 目前電腦內部以距離 CPU 核心的層數來分, 有 L1、L2 與 L3 三種 Cache



記憶體 Memory

- 時常會稱記憶體為DDR (Double Data Rate) , 雙倍資料率動態隨機存取記憶體 (Double Data Rate Dynamic Random Access Memory) 具有雙倍資料傳輸率
- DDR (Double Data Rate), DDR-2, DDR-3



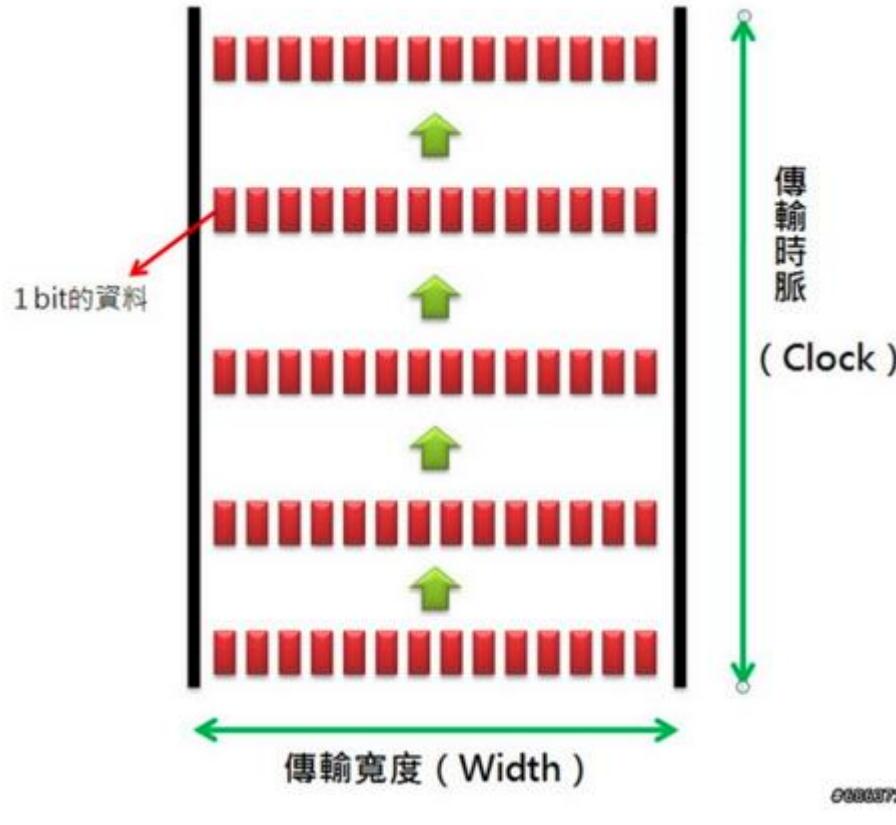
記憶體容量單位

- 電腦最基本的儲存單位為位元 (bit)
- Byte = 儲存的單位
 - $1\text{Byte} = 2^3 = 8 \text{ bits}$
 - $1\text{KB} = 2^{10} = 1024 \text{ Bytes}$
 - $1\text{MB} = 2^{20} = 1024\text{KB} = 1,048,576 \text{ Bytes}$ (約1000KB)
 - $1\text{GB} = 2^{30} = 1024\text{MB}$ (約1000MB)
 - $1\text{TB} = 2^{40} = 1024\text{GB}$ (約1000GB)
- 主記憶體 (RAM) 是以 GB來計算
- 硬碟則是以 TB 來計算
 - 例如：硬碟容量2TB約等於 2,000 GB 或 2,000,000MBytes

揭開 64 位元 Windows 之謎

- 電腦的位元數表示電腦可處理的資料量、處理資料的速度和記憶體的最大容量
- 64 位元版本 Windows 的電腦通常較 32 位元版本 Windows 的電腦能使用更多記憶體
 - 64 位元版本最少為 4 GB
 - 32 位元版本最大為 3.5 GB。即使電腦已內附安裝 4 GB 或以上的記憶體，32 位元版本的 Windows 僅能使用約 3.5 GB 記憶體。
- 記憶體愈多，愈能同時開啟更多檔案與程式，而不減緩電腦速度。除非同時開啟大量項目，否則即使擁有超過 3.5 GB 的可用空間，通常也並沒有任何差別。

記憶體的時脈與頻寬



資料進出記憶體時，傳輸通道有一定的寬度，就是「每一次可傳的資料量」，就系統主記憶體來說是64位元的寬度。時脈(clock)則是「每秒可以傳幾次」，800MHz的記憶體就是每秒800百萬次的傳輸，每次傳輸64位元的資料。

「記憶體頻寬」(Memory Bandwidth)是寬度乘上時脈，變成每秒的資料傳輸量，以800MHz為例就是每秒6.4GB的頻寬。

$$64\text{位元}(\text{傳輸寬度}) * 800\text{MHz}(\text{時脈}) / 8 = \text{每秒 } 6400 \text{ MB} = 6.4\text{GB}$$

註：1 Byte等於8 bit，除8是讓bit位元變成Byte位元組

主記憶體中「雙通道」技術

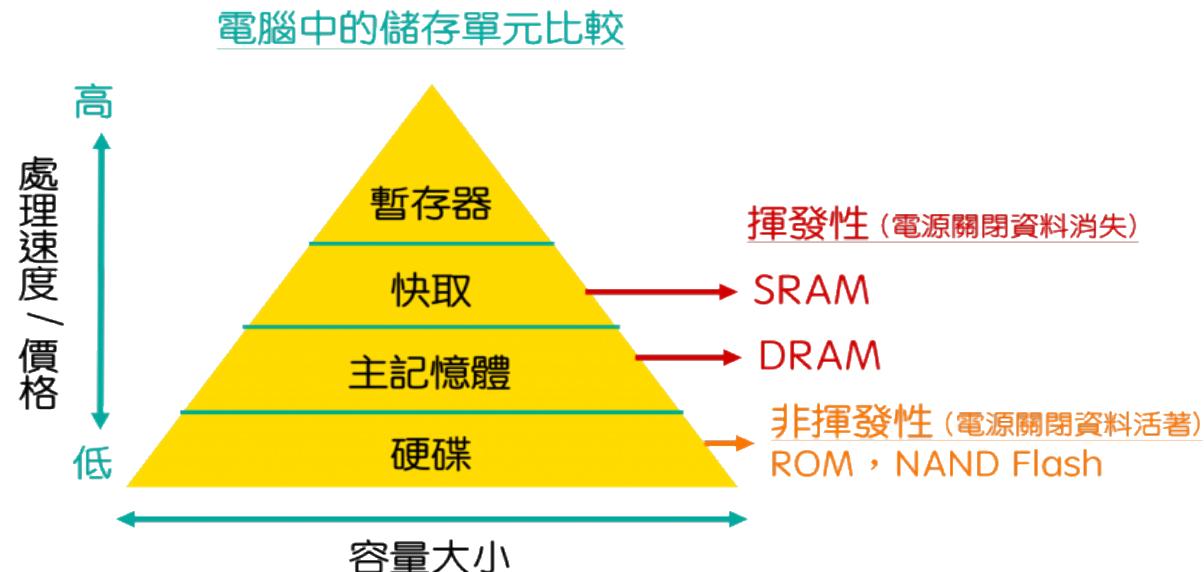
- 指多增加一條記憶體匯流排，讓溝通北橋晶片與記憶體模組之間的頻寬變成2倍。
- 例如原為一次傳輸64Bit的256MB RAM

規格	一條記憶體	兩條記憶體	
	採單通道	採雙通道	
傳輸大小	64bit	64bit	128bit
空間大小	256MB	512MB	512MB

RAM v.s. ROM

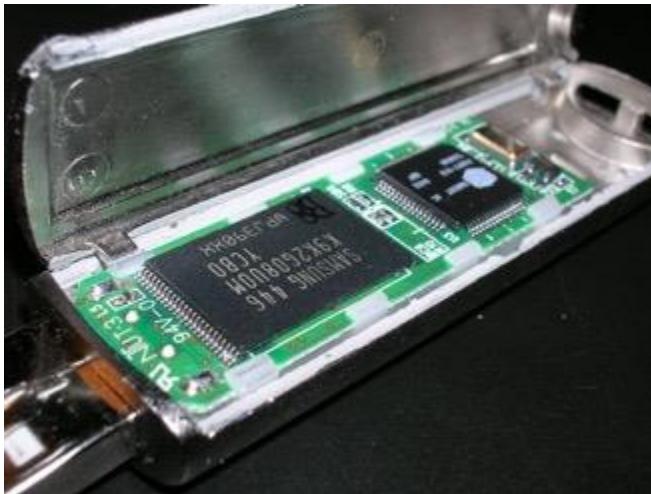
揮發性 (VOLATILE)：停止供應電源，記憶資料便會消失。

- 動態隨機存取記憶體(Dynamic Random Access Memory, DRAM)：主記憶體將每一位元(bit)資料儲存在積體電路(integrated circuit)內的單獨電容器(capacitor)中。
- 靜態隨機存取記憶體(Static Random Access Memory, SRAM)：快取記憶體(Cache)存取速度比主記憶體更快的儲存裝置，減少CPU因等待慢速設備(如主記憶體)所導致的延遲，進而改善系統的效能
- 非揮發性(NON-VOLATILE)：即使沒有供應電源，也能保存已經寫入的資料。
 - 唯讀記憶體(Read Only Memory, ROM)
 - 快閃記憶體(Flash)



快閃記憶體（Flash memory）

- 快閃記憶體（Flash memory）允許對資料進行多次的刪除、加入或覆寫。
- 廣泛用於記憶卡、隨身碟之中，其可迅速改寫的特性非常適合手機、筆記型電腦、遊戲主機、掌機之間的檔案轉移。



2005年拆解的USB。左邊的晶片是快閃記憶體。控制器位於右側。

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E9%97%AA%E5%AD%98>

The collage includes several promotional banners for different types of USB drives:

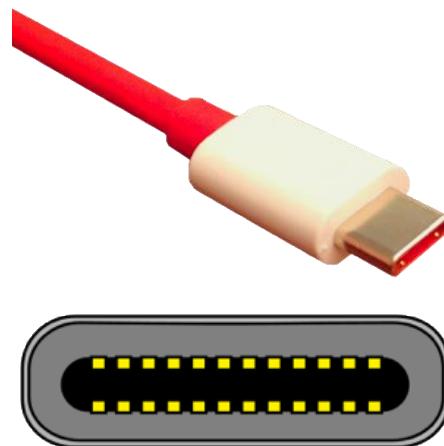
- 隨身碟** (USB Drives):
 - 活動專區: SONY精選隨身碟 \$999, TEAM U300 16G \$1299.
 - 新品上架: SanDisk指定款隨身碟 \$3399.
 - 本月最好康: TEAM UV150 128G \$1299.
 - 隨身碟專區: TEAM OTG隨身碟 \$2380 up.
 - iPhone/iPad充電備份碟: Transcend JetDrive Go 300 \$2299.
 - SanDisk Ultra Flair USB3.0 64G 高速隨身碟: \$629.
 - HyperX Savage 128G 高速碟: \$3499.
- 24h 摘物**:
 - 春碟卡好禮: TEAM OTG隨身碟 \$3399.
 - ADATA UV150 128G \$1199.
 - SanDisk Ultra Flair USB3.0 64G 高速隨身碟: \$1099.
 - HyperX Savage 128G 高速碟: \$3499.
- 24h 摘品**:
 - SanDisk ExtremePRO USB3.0 128G 高速碟: \$2299.
 - TEAM 32G 隨身碟: \$3999.
 - Team 16G OTG 隨身碟: \$1099.
 - Verbatim 128G 高速碟: \$3999.
 - Team 16G OTG 隨身碟: \$690.
 - SanDisk 128G 高速碟: \$13900.

USB (Universal Serial Bus)

- 通用序列匯流排，USB 最初是由 Intel與Microsoft公司倡導發起，是目前個人電腦非常普遍的介面，眾多周邊設備均支援USB介面，使用上非常方便。
- Type-C：24 針 USB 連接器系統，其特點是其兩折旋轉對稱連接器(two-fold rotationally-symmetrical connector)

現USB標準中，統一為USB 3.0，向下相容，分為：

USB版本	速率稱號	頻寬	速度
USB 3.0	超高速 SuperSpeed	5Gbps	約500MB/s (5000Mbit/s)
USB 2.0	高速 Hi-Speed	480Mbps	約60MB/s (60,000KB/s)
USB 1.1	全速 Full Speed	12Mbps	約1.5MB/s (1,500KB/s)
USB 1.0	低速 Low Speed	1.5Mbps	187.5KB/s (192000B/s)



Type-C

USB

- 支援熱拔插(Hot Swapping)
 - 在電腦開機的過程中，可以直接新增及移除硬體。
- 隨插即用(PnP)
 - 當插入硬體時不用另外灌入驅動程式，主機會立即偵測其驅動程式，便能有效的使用該硬體。
- 優越的擴充能力，可串接127個周邊設備。

80台目辺りからエラー頻発



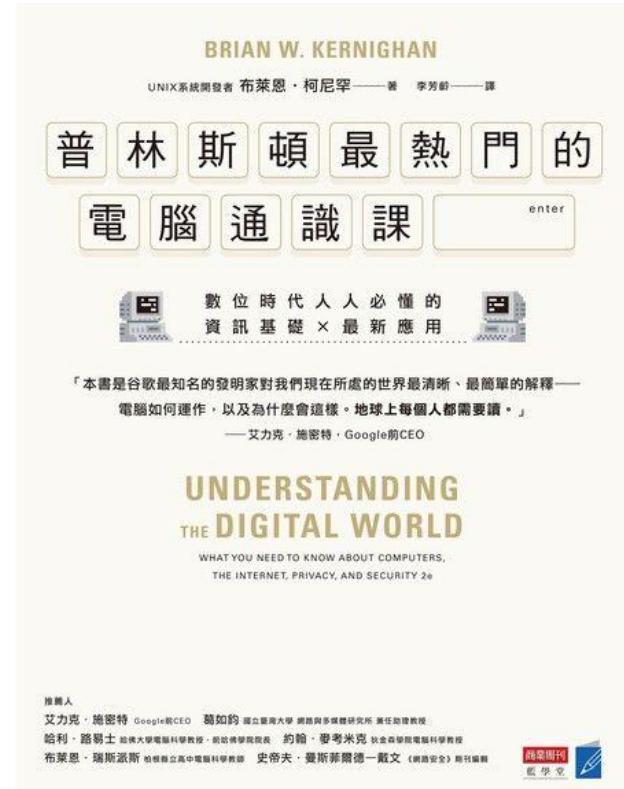
中央處理器

Central Processing Units (CPU)

中央處理器 (Central Processing Units, CPU)

- 處理器是電腦的大腦。
- 處理器執行算術，移動資料，控制其他元件的運作
- 處理器能執行的基本運算項目有限，但它執行得飛快，每秒數十億筆。

<https://pansci.asia/archives/345255>

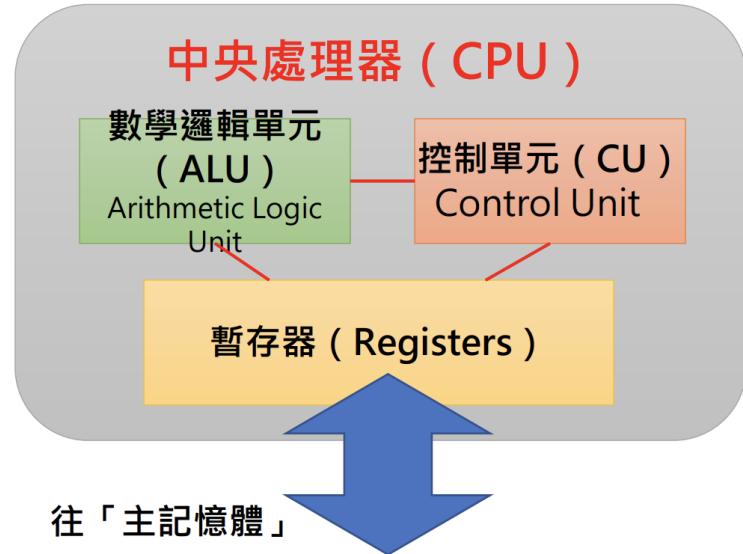
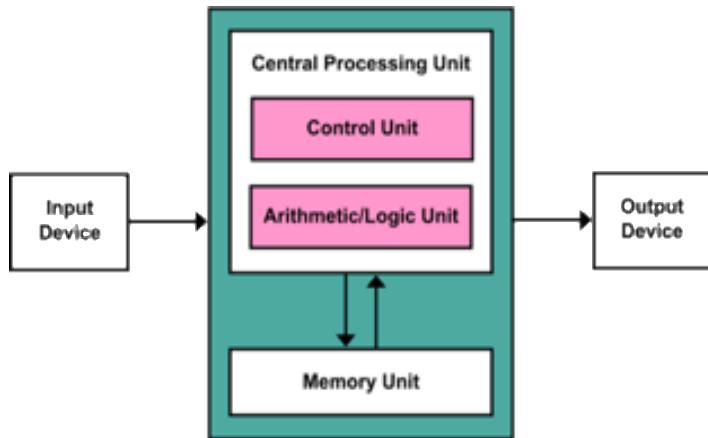


www.books.com.tw/products/0010916571

中央處理器 CPU

- 計算、判斷
- 指揮全局

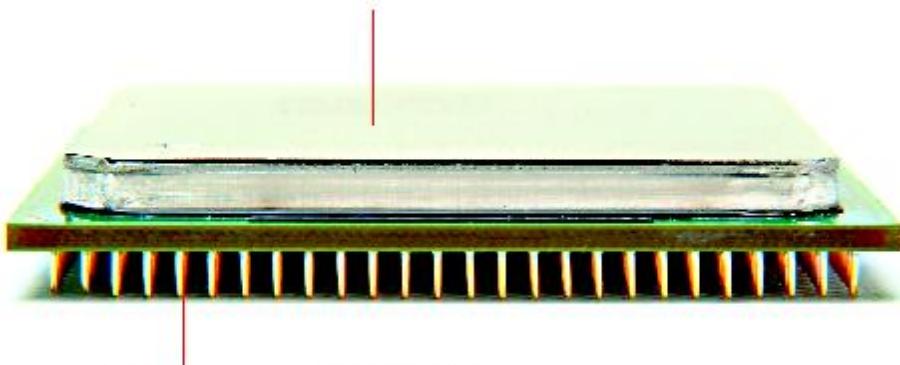
Von Neumann architecture



Credit by 紀老師教學網

中央處理器 CPU

護殼：具有保護晶片與散熱的功能,CPU的晶片核心(Die)就是位在護殼之中



針腳(Pin)：與主機板相接的金屬針腳



<http://news.softpedia.com/news/Intel-s-HEDT-CPU-Roadmap-Exposed-Broadwell-E-in-2015-and-Skylake-E-in-2016-446242.shtml>

CPU速度(時脈 內頻)

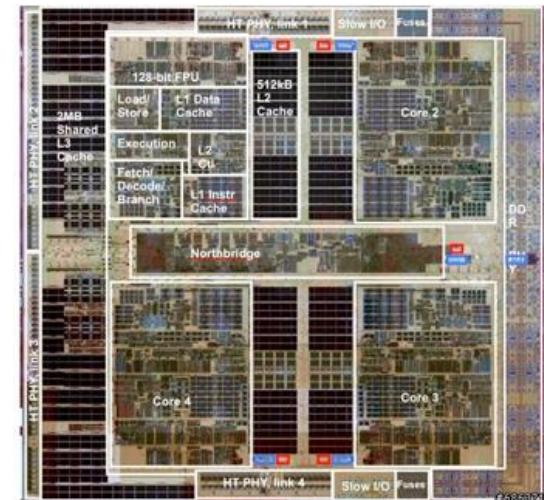
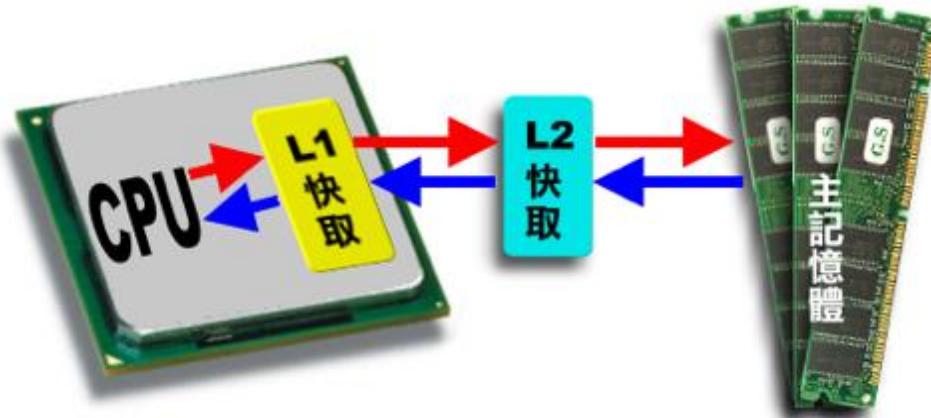
- CPU 速度指的是在單位時間內CPU 內部處理指令的頻率 (以每秒產生多少個脈衝波定義, 脈衝的頻率), 因此也稱為時脈或內頻
- 單位是 MHz (每秒百萬次) 或 GHz (每秒十億次)
 - $1\text{MHz} = 1,000,000\text{Hz}$
 - $1,000\text{MHz} = 1\text{GHz}$
 - ie, CPU:1000MHz = CPU以每秒10億次的頻率在工作
- 內頻愈高, 表示 CPU 的處理速度快
- Performance charts

CPU 外頻

- 外頻就是指 CPU 外部與主機板之間的運作頻率，也稱為 Host Clock
- 常見的速度是 333/400 MHz，Pentium 4 Prescott 外頻高達 800 MHz
- 如果CPU與外部「交談」非常頻繁，外頻將可能成為運算的瓶頸

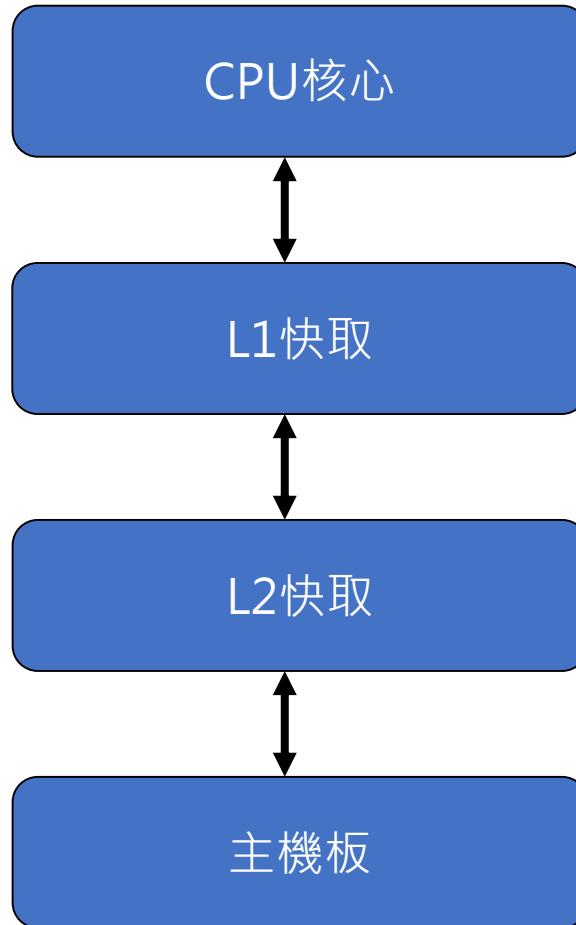
快取記憶體 (Cache)

- 快取記憶體存取速度比主記憶體更快的儲存裝置，減少 CPU 因等待慢速設備 (如主記憶體) 所導致的延遲，進而改善系統的效能
- 目前電腦內部以距離 CPU 核心的層數來分，有 L1、L2 與 L3 三種 Cache



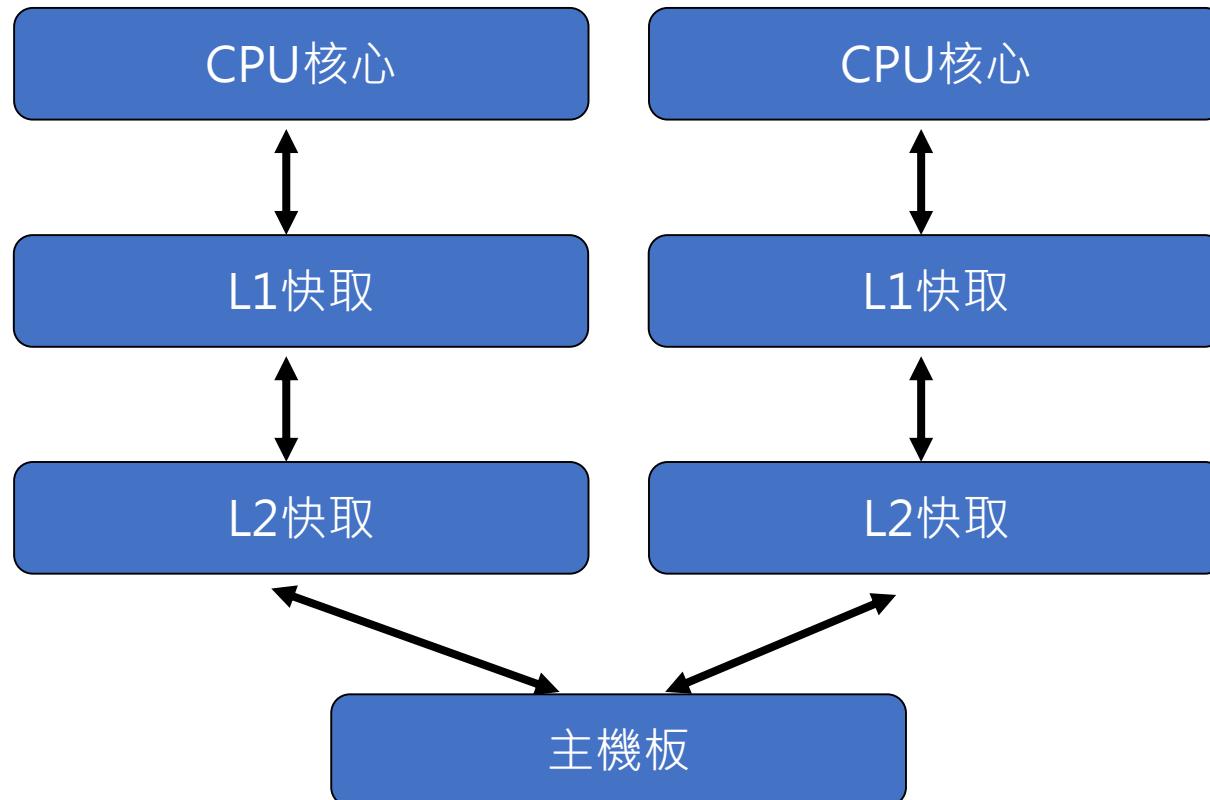
單核心CPU

單核心指的是一顆CPU裡只有一個實體核心晶片



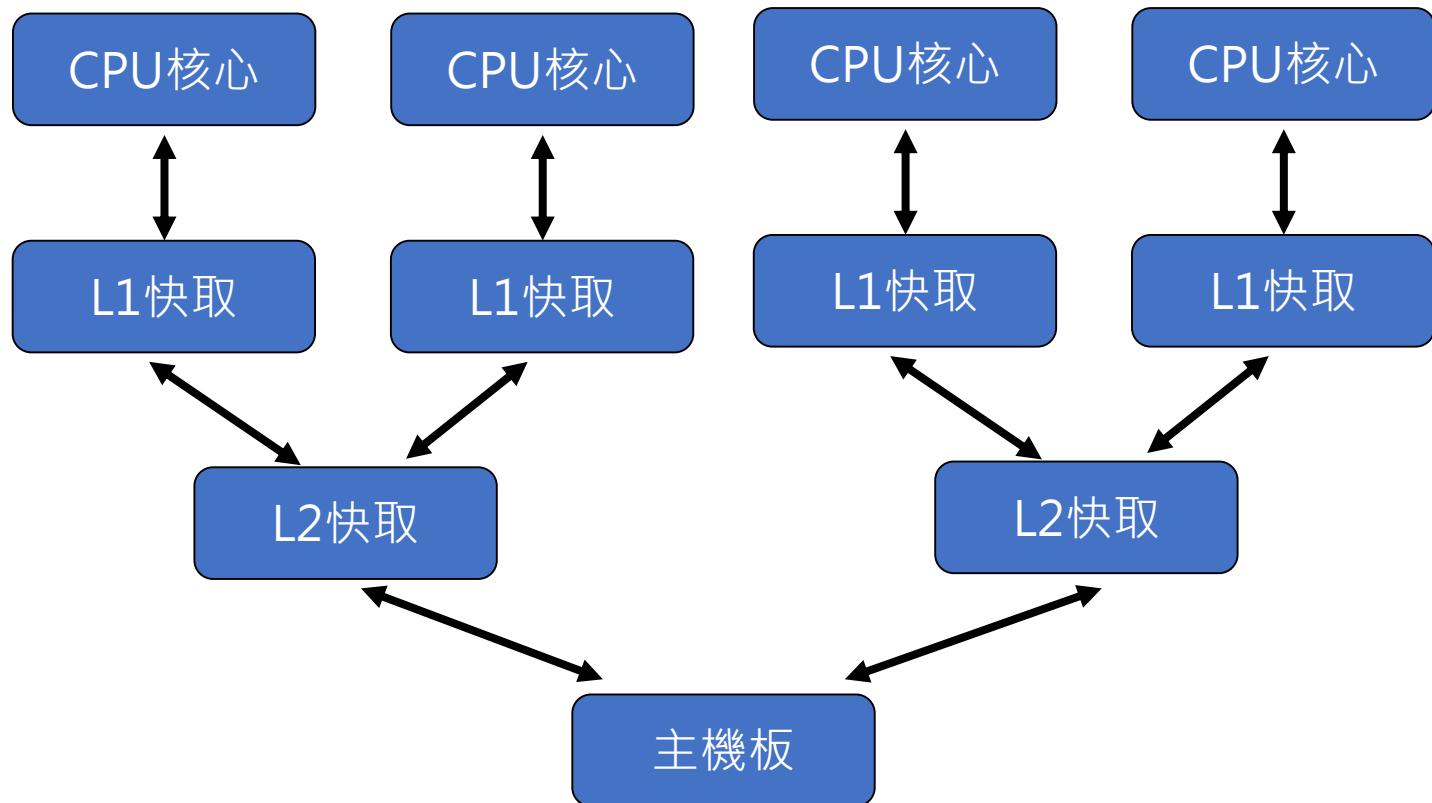
雙核心CPU

- 雙核心是指一顆CPU裡面有『兩個』獨立的運算單元，有兩個實體核心晶片。

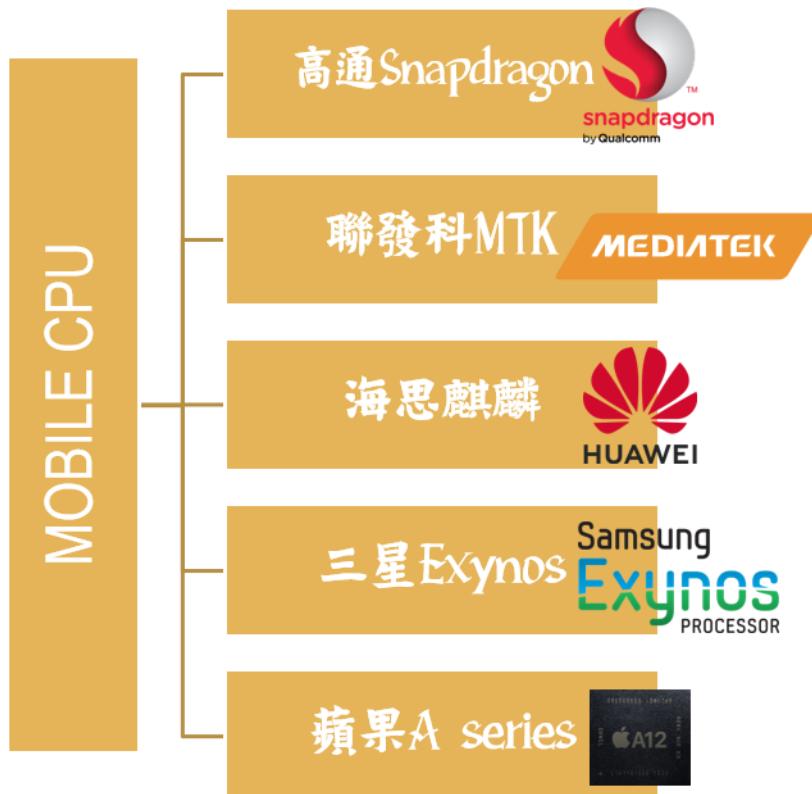


四核心CPU (Core 2 Quad)

- 兩顆雙核心晶片封裝在一顆CPU內則是四核心



手機處理器 Mobile CPU



Credit by 109308025

<https://www.landtop.com.tw/reviews/6>

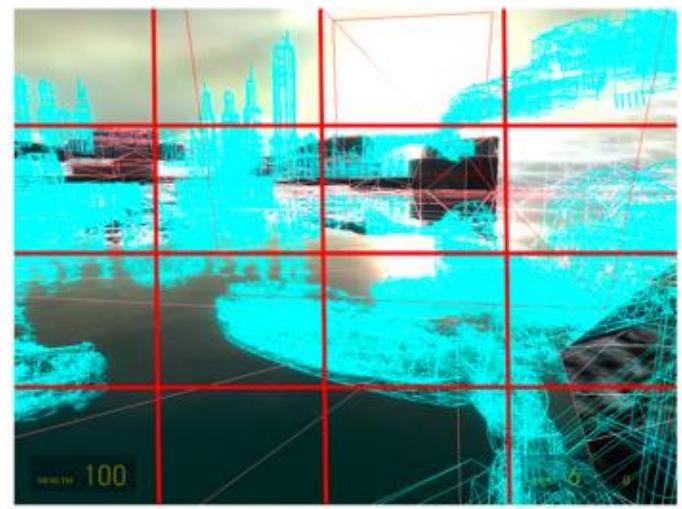
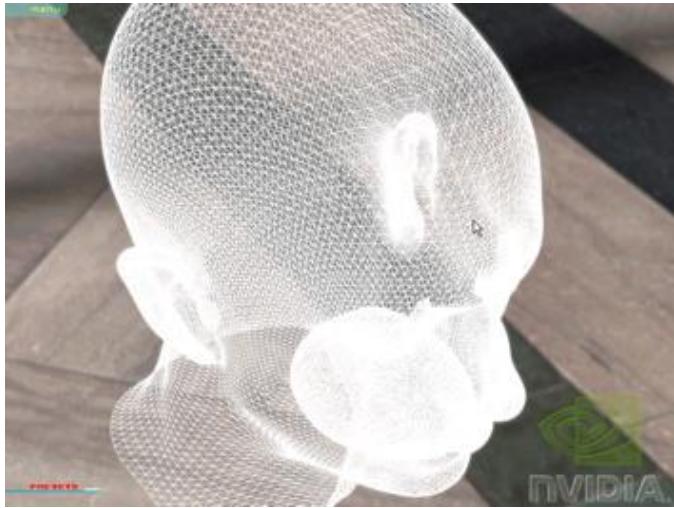
CPU 歷史

- Intel vs AMD
- AMD CPU 製程
- Intel vs ARM
- 行動處理器爭霸戰：Intel最大危機不是AMD？看ARM如何布局行動處理器市場
- https://kopu.chat/2019/01/30/armcpu/?fbclid=IwAR22wejyCCCN054a_lqEW_zGCUhYyiburpDMQ8-fa50Vr81LAGAkvtNSIQ

圖形處理器/顯示卡

Graphic Processing Unit (GPU)

顯示卡在做什麼？



顯示卡

- 顯示卡 display card) 簡稱顯卡，是個人電腦上以圖形處理器 (GPU) 為核心的擴充卡
- 幫助計算圖像資訊，並將電腦系統所需要的顯示資訊進行轉換並提供逐行或隔行掃描訊號給顯示裝置，是連接顯示器和個人電腦主機板的重要元件，是「人機對話」的重要裝置之一。
- 生成並輸出圖像到顯示器，提供附加功能，例如
 - 3D場景加速渲染(accelerated rendering of 3D scenes)
 - 影片截取
 - MPEG-2 和 MPEG-4 解碼(decoding)
 - 非圖像處理:比如炒賣加密貨幣（「挖礦」）和AI強化學習（例如 ChatGPT ）。



以太幣礦機



Nvidia GeForce 9600GT, PC-e interface

顯示卡介面

- VGA (D-SUB)
- DVI (*Digital Visual Interface, 數位視訊介面*)
 - 透過數位化的傳送來強化個人電腦顯示器的畫面品質。比VGA介面要好，全部內容採用數位格式傳輸，保證主機到顯示器的傳輸過程中資料的完整性，無干擾信號引入，可得到更清晰的影像
- HDMI (*High Definition Multimedia Interface, 高清晰度多媒體介面*)
 - 全數位化影像和聲音傳送介面，可以傳送無壓縮的音頻信號及視頻信號
 - 被設計來取代較舊的類比影音傳送介面如 SCART或RCA等端子，可用於機上盒、DVD 播放機、個人電腦、電視遊樂器、綜合擴大機、數位音響與電視機等設備
 - HDMI的纜線長度限制大約在5公尺內

CPU 和 GPU 平行運算的效能差異

- GPU 本來的設計只是為了用在遊戲圖形渲染
- GPU 在神經網絡訓練中的計算速度要比 CPU 高很多。現在 GPU 就和 CPU 聯手負責計算機中的運算
- Google 造了自己的專用晶片 : TPU
 - Credit by 劉庭瑋, 科技橘報
 - <https://buzzorange.com/techorange/2017/09/27/what-intel-google-nvidia-microsoft-do-for-ai-chips/>
- Mythbusters Demo GPU versus CPU
 - <https://youtu.be/-P28LKWTzrl>

Moore's Law graphed vs real CPUs & GPUs

1965 - 2019

- https://youtu.be/7uvUiq_jTLM
- WSJ : 摩爾定律已失效，「黃仁勳定律」將正式取代！
 - [By 科技橘報](#)
 - https://buzzorange.com/techorange/2020/09/21/huangslaw/?fbclid=IwAR3Kf7fpGleuTPhpwlhl1TTwqh-W-FuvZOKKpnEr6EjF8U_I4LPAnMpOYK4

儲存裝置 – 硬碟

Hard Disk Drive

硬碟 Hard Disk Drive (HDD)

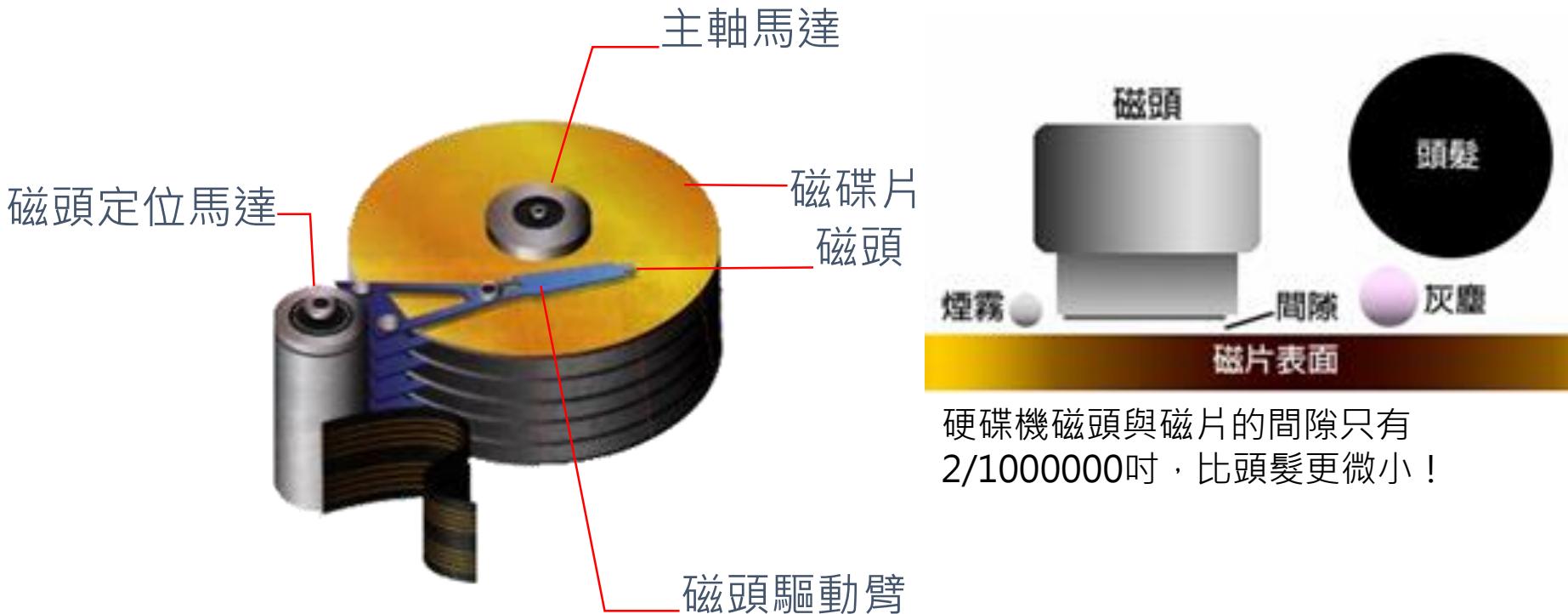
- 電腦程式與資料長久儲存的主要設備
- 一種非揮發性(non-volatile)儲存設備
- 可將數位編碼資料(digitally encoded data)儲存在具有磁性表面的快速旋轉盤片上



[小惡魔的電腦教室] 5-1. 認識硬碟, 硬碟的資料讀取/寫入裝置在進行資料存取前後的運作狀態 (原圖取自WD官方網頁)。

硬碟的結構

- 切忌震動與撞擊



硬碟機磁頭與磁片的間隙只有
2/1000000吋，比頭髮更微小！

硬碟的轉速

- 硬碟馬達旋轉的速度單位為 RPM (Rotations Per Minute, 每分鐘多少轉)



外包装盒上所標示的
硬碟轉速，在此為
7,200 RPM

磁碟存取時間

- 搜尋時間(Seek time)
 - 讀寫頭(read/write head)移動到資料所在磁軌的正確位置，所需的時間2-15ms。
- 存取時間=搜尋時間+旋轉時間+傳輸時間

硬碟的容量

- 1956年，IBM 推出了 305 RAMAC，第一台配備 HDD 的「超級」計算機重達一噸多，儲存了 5 MB 的資料。



TOSHIBA 3TB/SATAIII/3.5吋 硬碟 7200轉 (DT01ACA300)

- ◆ 高效能
- ◆ 高穩定
- ◆ 低耗電
- ◆ 7200轉
- ◆ SATAIII介面
- ◆ 64MB緩衝記憶體
- ◆ 環保無鹵素設計
- ◆ 先進格式化硬碟技術
- ◆ 三年保固

建議售價 \$69
網路價 \$3

<http://thenextweb.com/shareables/2011/12/26/this-is-what-a-5mb-hard-drive-looked-like-in-1956-required-a-forklift/>

硬碟特色

- 外形尺寸
- 3.5 吋：用於大多數桌上型電腦
- 2.5 吋：便攜式高清HD
- 1.8 吋：iPod或基於HDD的便攜式MP3播放器



TOSHIBA 3TB/SATAIII/3.5吋



WD



3TB
2.5"/ USB3.0

硬碟介面(Interface)

- IDE (Integrated Drive Electronics，整合驅動電子裝置硬碟) 本意為「把控制器與盤體整合在一起的硬碟」，只需用一根電纜將它們與主機板或介面卡連起來就可以了。一般亦稱為 ATA (Advanced Technology Attachment，先進技術附件)，是用於連接儲存裝置的介面標準硬碟，後改名為PATA (並列高技術組態，Parallel ATA)
- SATA (Serial ATA) : 新型硬碟介面，因採用串列方式傳輸數據而得名；速度比以往更加快捷；並支持熱插拔，使電腦運作時可以插上或拔除硬體

固態硬碟 Solid-State Drive (SSD)

- 使用固態記憶體([solid-state memory](#))來儲存持久性資料(persistent data)。
- [Magnetic Drive vs. SSD](#)
 - 優點
 - 低功耗、無噪音、抗震動、低熱量
 - 缺點
 - 成本
 - 讀寫次數 :壽命方面，由於[快閃記憶體](#)上每一個電閘都有一定的寫入次數限制，壽命結束後會無法寫入變成唯讀狀態 (wikipedia)



輸入/輸出裝置

輸入設備 - 鍵盤

- 按鍵數
 - 桌上型電腦=104
 - 筆記型電腦=87
- QWERTY 鍵盤



<https://zh.wikipedia.org/wiki/File:Qwerty.svg>

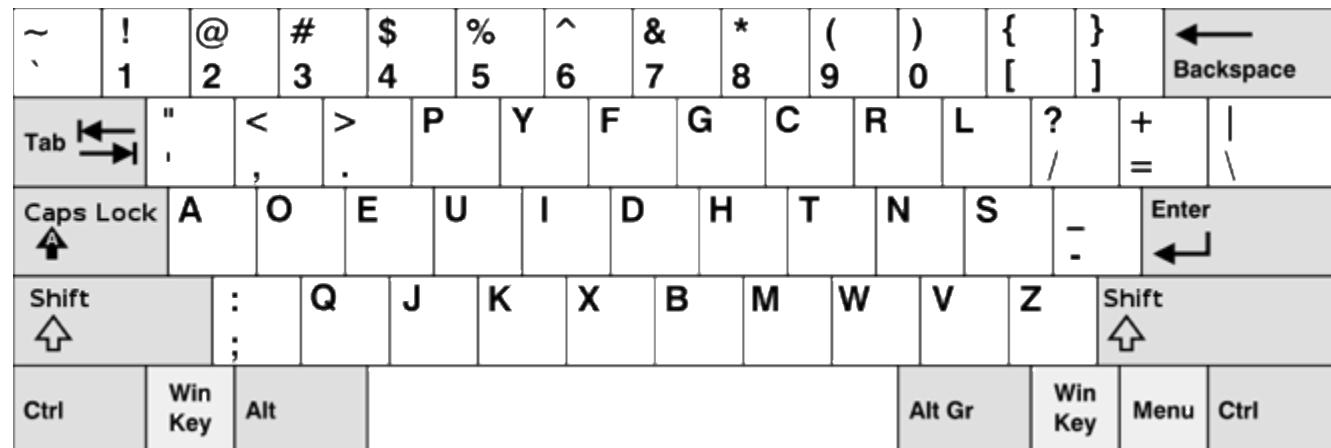
Christopher Latham Sholes
(02/14, 1819 – 02/17, 1890)



https://en.wikipedia.org/wiki/Christopher_Latham_Sholes

QWERTY vs Dvorak

- QWERTY 鍵盤缺點
 - 左手卻負擔了57%的工作
 - 兩小指及左無名指是最沒力氣的指頭，卻頻頻要使用它們
 - 排在中列的字母，其使用率僅佔整個打字工作的30%左右
- Dvorak 鍵盤 by August Dvorak
 - 將常用字母和二合字母應放在鍵盤中間近食指的位置
 - 右手應該有略高的輸入頻率(因為多數人都是右撇子)
 - 輸入應由邊緣鍵位打到中間
 - 經常相連的字母應該分開兩手輸入



輸出設備 - 顯示器

- 顯示器的規格與品質
 - 尺寸、像素的距離
 - 解析度
 - 低幅射
 - 符合環保與省電標準等

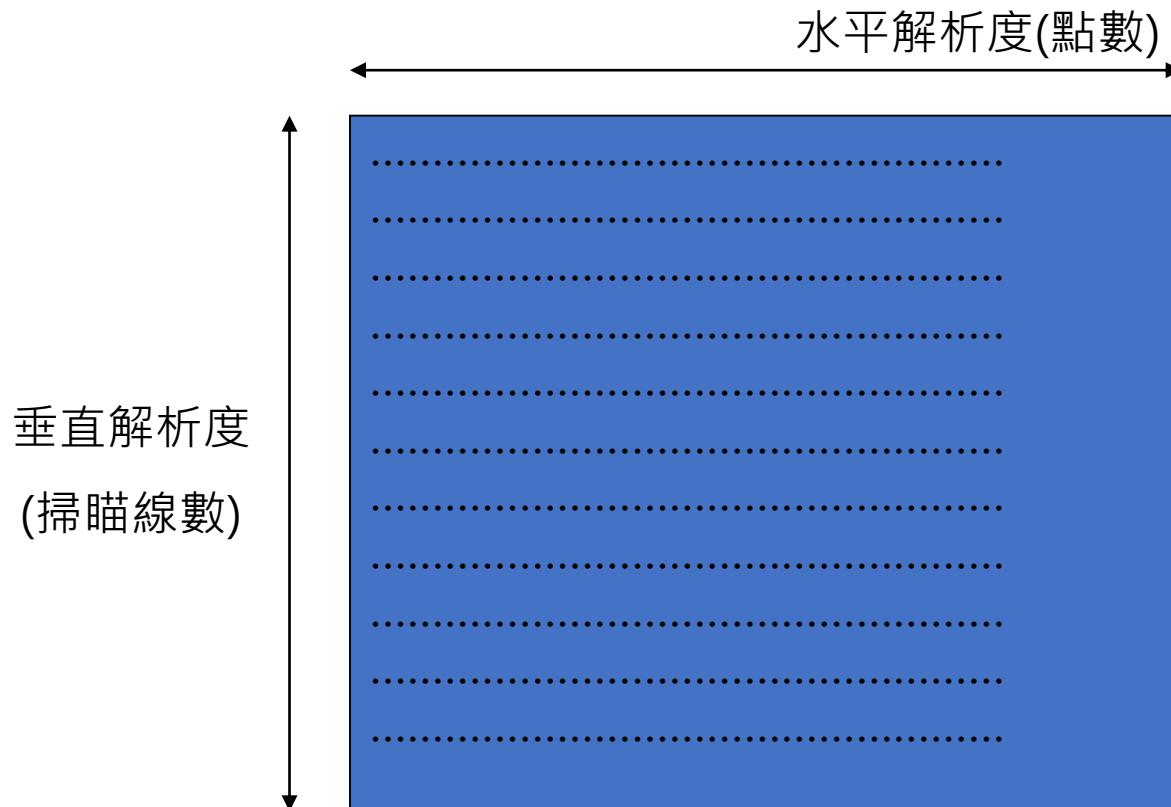
》螢幕主機規格

螢幕尺寸	23吋寬 (16:9寬螢幕)
最高解析度	1920x1080 @60Hz
可視角度	H:170°, V: 160°
亮度	250 cd/m ²
對比	100,000,000:1(ACM)
總體訊號反應時間 (毫秒)	2 ms 高速傳輸
智慧型畫面自動調校OSD	Yes
點距(mm)	0.265mm
訊號輸入	D-Sub/HDMI™2(w/HDCP)
VESA	100x100 mm
可視範圍 (公厘)	509.76x286.74
多媒體喇叭	多媒體喇叭1.5Wx2
重量	4.1Kgs
尺寸	553x410x188 (mm)
標準配件	VGA線 /音源線 /電源線 /說明書
保固	三年完全保固：零件、檢修工資、液晶面板、燈管之保固。



解析度

- $1920 \times 1080 = 1920$ 是水平解析度；1080是垂直解析度。



週邊設備 - 光碟機

- DVD-ROM或DVD光碟機
 - 光碟片容量在4.7GB以上
- 藍光光碟 (Blu-ray Disc · BD)
 - 由Sony及松下電器等企業組成的「藍光光碟聯盟」策劃
 - 儲存大小
 - 單面25GB
 - 雙面50GB



風扇

- 幫助電腦散熱，避免因過熱所產生之硬體問題



<http://24h.pchome.com.tw/prod/DRAE2W-A9006EBMV?q=/S/DRAE3I>

課程進度

週次 課程主題	課程內容與指定閱讀
1 計算思維簡介	社會情境脈絡與未來發展 書目：1, 2, 3
2 計算思維	基本內涵與核心概念 書目：1, 2, 3
3 功能模組	問題拆解與型態辨認 書目：4, 5, 6
4 功能模組	抽象思考與演算邏輯 書目：4, 5, 6
5 國慶日	國定假日
6 類比至數位轉換 & 電腦運算架構	類比與數位訊號的基礎概念及類比轉換至數位訊號的原理 & 書目：7 chapter 1 & 4 & 5 電腦組成元件與其運算架構
7 大數據應用	大數據中資料科學的基礎分析概念與商業相關應用
8 學習成果測試	期中評量/作業活動
9 運算思維測驗	國際運算思維挑戰賽
10 人工智慧發展	人工智慧發展歷程與未來趨勢
11 人工智慧技術與應用	人工智慧各式技術與應用案例 書目：8
12 人工智慧應用場景	人工智慧跨域應用
13 人工智慧學習模型實作	Nocode AI 練習 – Rapidminer 書目：9
14 人工智慧倫理	生成AI (如：ChatGPT、Deepfake、Midjourney)、假新聞及未來人工智慧應用上的倫理問題
15 人工智慧專題	海報展示
16 計算思維與人工智慧	期末報告
17 彈性補充教學	人工智慧相關競賽經驗交流
18 彈性補充教學	校園人工智慧應用發想



💡 最新消息

NO. 1

112學年度第一學期挑戰賽 重要日程

① 2023/07/31

報名期間：10月2日至10月27日止（同時開放新加入教師註冊；教師登入後，點選「管理班級」即可為班級學生報名）
練習時間：11月6日至11月10日止（已報名學生可登入練習）
挑戰期間：11月13日至11月24日止（教師可於報名時，選擇挑戰期間內的一節課實施）
成績與參與證明公佈時間：12月22日

關於帳號、報名等問題，請詳見 [FAQ \(常見問題 \)](#)

* **112學年度第一、二學期使用之題目相同。**

* 系統分流作業將於10月30日至11月3日進行，屆時網站將暫停服務；如造成不便敬請見諒。

年級：

五、六年級 七、八年級 九、十年級 十一、十二年級 大專院校

選擇挑戰賽：

112-1國際運算思維挑戰賽大專院校組

<https://bebras.csie.ntnu.edu.tw/>

聊天順序

娜娜邀請了五位好朋友參加她的生日派對，五位朋友分別是：小愛、奇哥、小蘿、戴哥、與小萱。生日派對上娜娜出了一個謎題如下：

- 我任何時候都可跟小萱聊天。
- 我必須先與小愛聊天後才能與戴哥聊天。
- 我必須先與小萱聊天後才能與奇哥聊天。
- 我必須先與戴哥及奇哥聊天後才能與小蘿聊天。
- 我必須先與奇哥及小萱聊天後才能與小愛聊天。

娜娜與五位朋友的聊天順序應為何？

(請依聊天順序連續填入名字，不要留空白不要加入標點符號)

請在此作答...

聊天順序

- 這個問題就像是修課順序一樣，課與課可能有擋修的問題，有些課必須先修，才能修另一堂。
- 這就是圖論中的 “拓撲排序” (topological sort)

關鍵字: 有向圖、拓撲排序、有向無環圖(DAG)

[拓撲排序 - 維基百科，自由的百科全書 \(wikipedia.org\)](#)

[有向無環圖 - 維基百科，自由的百科全書 \(wikipedia.org\)](#)

什麼是拓撲排序？

- 在某校的選課系統中，存在這樣的規則：每門課可能有若干門先修課，如果要修讀某一門課，則必須要先修讀此課程所要求的先修課後才能修讀。假設一個學生同時只能修讀一門課程，那麼，被選課系統允許的他修完他需要所有課程的順序是一個拓撲排序

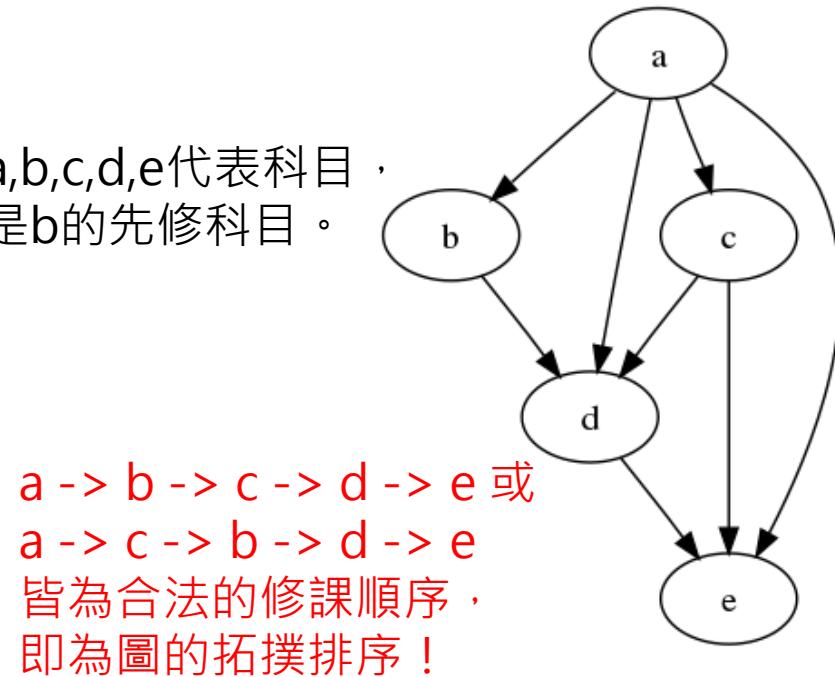
[拓撲排序 - 維基百科，自由的百科全書 \(wikipedia.org\)](#)

[有向無環圖 - 維基百科，自由的百科全書 \(wikipedia.org\)](#)

什麼是拓撲排序？

舉例來說，右圖是修課的流程圖， a, b, c, d, e 代表科目，每一種都必須修習， a 指向 b 代表 a 是 b 的先修科目。

科目	先修科目
a	無
b	a
c	a
d	a b c
e	a c d

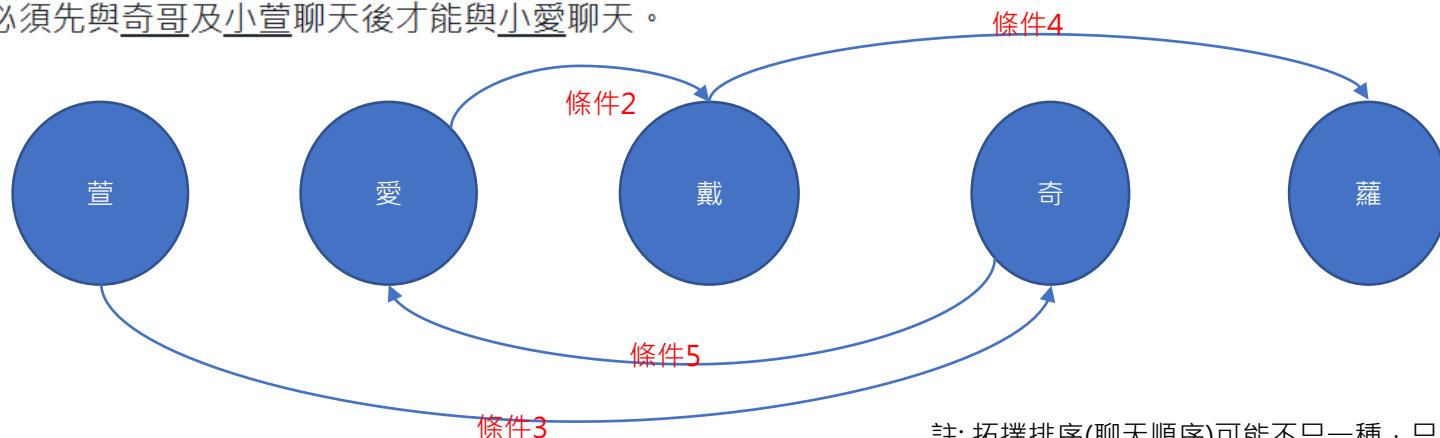


[拓撲排序 - 維基百科，自由的百科全書 \(wikipedia.org\)](#)

[有向無環圖 - 維基百科，自由的百科全書 \(wikipedia.org\)](#)

聊天順序

- (條件1) • 我任何時候都可跟小萱聊天。
- (條件2) • 我必須先與小愛聊天後才能與戴哥聊天。
- (條件3) • 我必須先與小萱聊天後才能與奇哥聊天。
- (條件4) • 我必須先與戴哥及奇哥聊天後才能與小蘿聊天。
- (條件5) • 我必須先與奇哥及小萱聊天後才能與小愛聊天。



答: 小萱, 奇哥, 小愛, 戴哥, 小蘿

註: 拓撲排序(聊天順序)可能不只一種, 只是本題剛好只有一種

算式化簡

小海狸有一台很特別的電腦，它提供兩種指令來計算海狸世界的數學式子，這兩種指令的使用說明如下：

● R 指令	當 f 是一個數學運算子，可以是 $+$ 、 $-$ 、 \times 或 \div ；而 X_1, X_2, \dots, X_n 代表一串數字，那麼： $(R f (X_1, X_2, \dots, X_n))$ 指令將會計算 $X_1 f X_2 f \dots f X_n$ 舉例來說： $(R + (1, 2, 3, 4))$ 將會計算 $1 + 2 + 3 + 4$ ，而結果為 10。
● M 指令	當 f 是一個函數，而 X_1, X_2, \dots, X_n 代表一串數字，那麼： $(M f (X_1, X_2, \dots, X_n))$ 指令將會計算 $f(X_1), f(X_2), \dots$ 及 $f(X_n)$ ，並得到計算結果所組成的數列。 舉例來說：當函數 $q(x) = -x$ ，那麼 $(M q (1, 2, 3, 4))$ 將會把數列 $(1, 2, 3, 4)$ 帶入 $q(x)$ ，得到結果為 $(-1, -2, -3, -4)$ 。

現在假設 $t(X) = 3X + 2$ 且 $q(X) = -X$ 。請問下列式子會得到什麼結果？

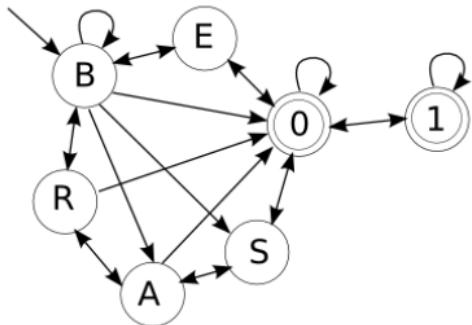
$$(R + ((R + (M t (0, 2, 4))), (R + (M q (M t (3, 5))))))$$

- 7
- 0
- 7
- 4

木筏牌照

海狸的交通工具是木筏，每艘木筏都有一個獨一無二的牌照號碼。

合法的牌照號碼必須依據下圖規則，按照邊的方向(有單向 → 跟雙向 ←→)走訪節點；依照走訪的順序，把節點上的英文字母和數字組成牌照號碼。而且每個牌照號碼都由字母B開始，並以數字0或1結束。



請問下列哪一個不是合法的木筏牌照號碼？

- BB0001 和 BBB011
- BBB100 和 BR00A0
- BB0100 和 BSA001
- BE0S01 和 BE01

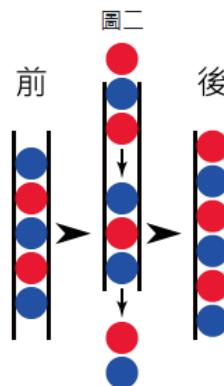
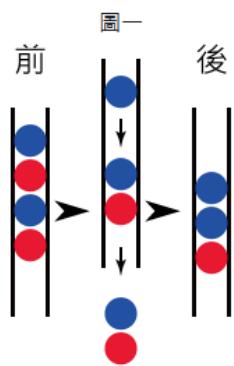
紅藍彈珠遊戲

海狸弟弟在海狸一日營學到了一個新遊戲。

首先他抓起一把紅色及藍色的彈珠——放進一個透明的塑膠管中，每顆彈珠都從塑膠管的上頭放入。

接下來每次從塑膠管下頭取出兩顆彈珠，若第一顆彈珠是紅色，則再從上頭放入一顆藍色的彈珠（如圖一所示）；若第一顆取出的彈珠是藍色，則從上頭依序放入紅色、藍色、紅色三顆彈珠（如圖二所示）。

此「取出 + 加入」彈珠程序持續到塑膠管內只剩下兩顆或一顆彈珠為止。



若海狸弟弟一開始依序放入了紅、藍、藍、紅、紅等五顆彈珠如下圖所示，總共需要幾次的「取出 + 加入」程序，才會使得塑膠管內的彈珠剩下一或二顆彈珠？

僅填入數字，只能輸入半形數字才會正確



政治大學新創之星競賽



競賽資訊頁面：
[新創之星競賽頁面](#)

第八屆台積電青年築夢計畫



競賽資訊頁面：
[2023第八屆台積電青年築夢計畫](#)

2023 PRIDE數據資料分析競賽



競賽資訊頁面：

[PRIDE資料庫全國大專院校數據資料分析競賽](#)

2023永續智慧創新黑客松



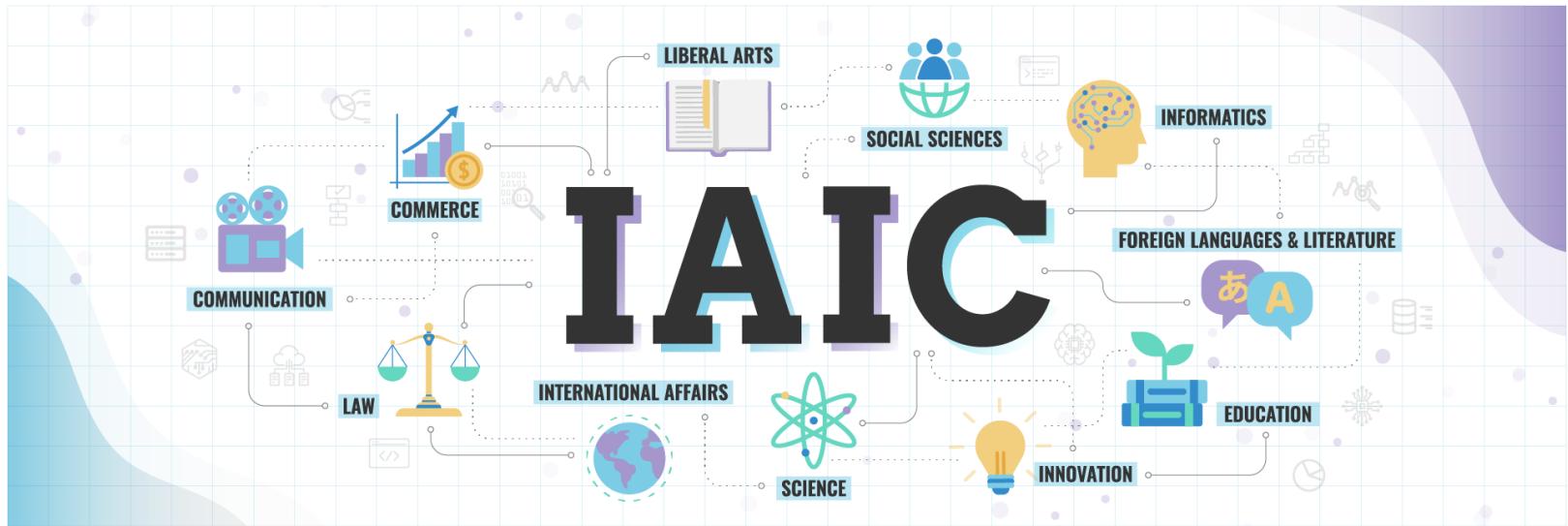
SUSTAINABILITY
HACKATHON

2023永續智慧創新 黑客松競賽

競賽資訊頁面：

[2023永續智慧創新黑客松官網](#)

[報名連結](#)



研究合作 跨域教學 多元服務



Dr. Chih-Hsun Wu
吳致勳 助理教授
20031214@nccu.edu.tw
j20031214@gmail.com