

計算機結構：抽象化與科技

目錄

計算機結構：抽象化與科技 1

1. 你的程式之下 1

 1.1 語言層次 1

2. 電腦硬體內部結構 2

 2.1 顯示器原理 3

3. 機體開箱 3

4. 晶片的製作技術演進 5

5. 電腦效能 (Computer Performance) 6

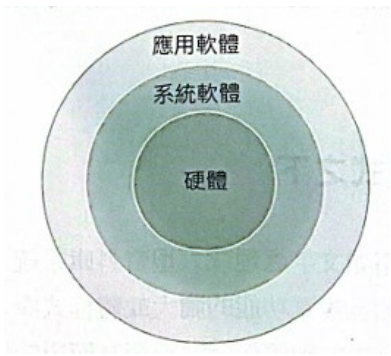
 5.1 影響效能的三個核心因素 6

1. 你的程式之下

抽象化：從複雜的電腦機器指令，轉換成更容易理解的程式語言。

電腦實際能執行的只有「機器語言」(二進位 0 和 1)。人類為了方便編寫程式，引入更高層次的語言，經過 編譯器 (Compiler) 或 直譯器 (Interpreter)，最終轉換成機器可以執行的指令。

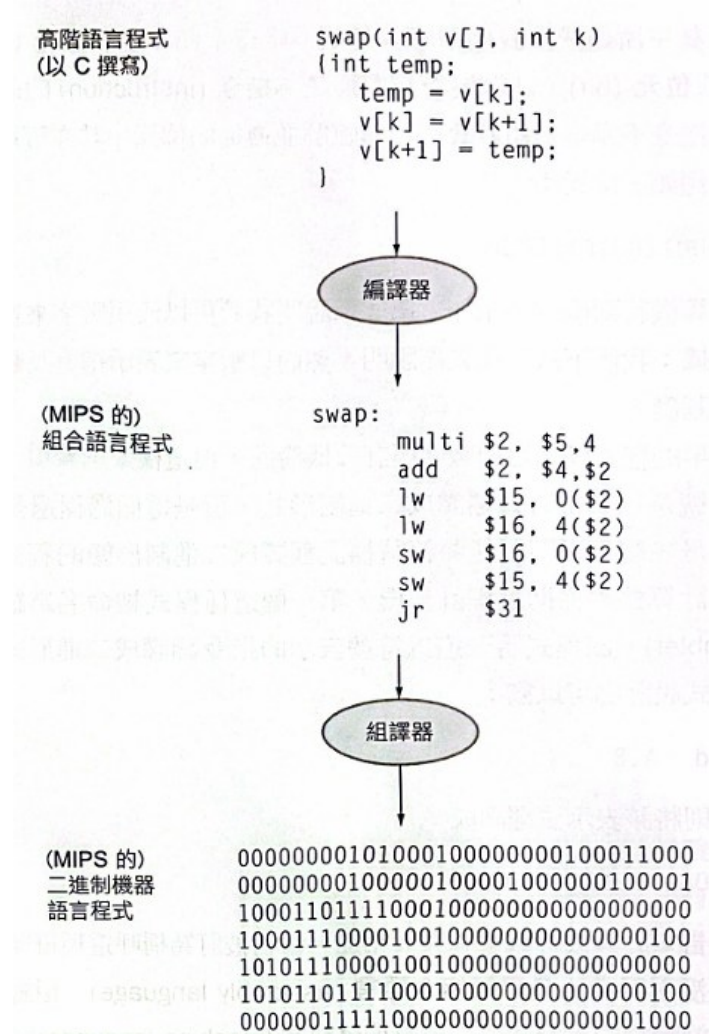
Figure 1：以硬體為中心而應用軟體在最外的同心圓表示的簡化硬體軟體階層圖



1.1 語言層次

- 高階語言 (High-level Language)：接近人類語言，容易閱讀。例：C、Java、Python
- 組合語言 (Assembly Language)：接近機器指令，但用英文縮寫表示
- 機器語言 (Machine Language)：純二進位 0 和 1，電腦直接執行

Figure 2：C 程式編譯成組合語言再組譯成二進制機器語言



2. 電腦硬體內部結構

所有電腦硬體都需要能夠：

- 輸入資料 (Input)：由外部輸入訊息進電腦，例如鍵盤、滑鼠、麥克風、感測器。
- 輸出資料 (Output)：把處理結果輸出給使用者，例如螢幕、喇叭、印表機。
- 處理資料 (Processing)：由 CPU 負責運算、邏輯判斷、執行程式。
- 儲存資料 (Storage)：暫存與長期保存資料，如 RAM、硬碟、SSD、快取記憶體。

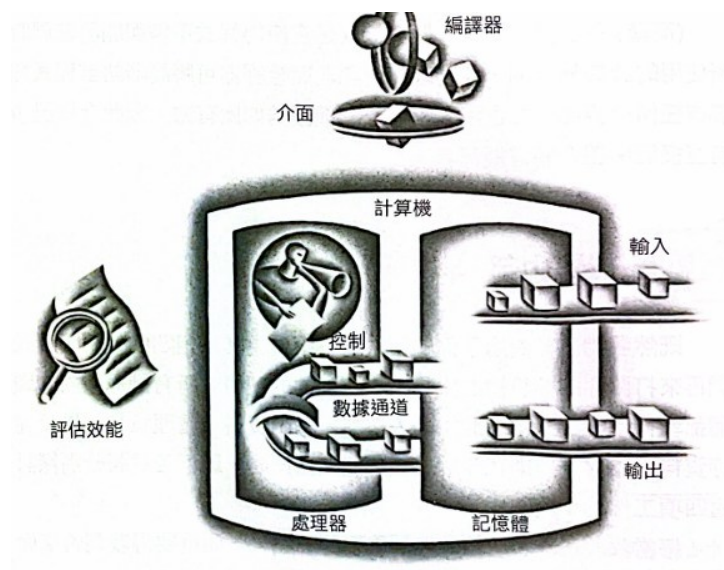
這四項是每台電腦都必須具備的核心功能。

那這邊會在進一步去更新為五大硬體元件（大印象）

- 輸入裝置：鍵盤、滑鼠、觸控螢幕。
- 輸出裝置：螢幕、揚聲器、印表機。
- 記憶體 (Memory)：用來暫存目前執行的程式和資料。
- 處理器 (CPU)：包含運算單元與控制單元，是大腦核心。
- 儲存裝置：長期儲存資料，如硬碟、SSD、光碟。

這些部件透過匯流排 (Bus) 彼此交換資料，讓電腦能執行各種工作。

Figure 3：標示 5 大樣件的計算機組織



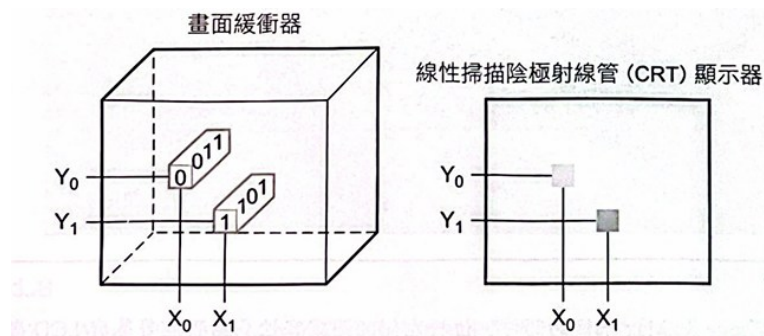
2.1 顯示器原理

螢幕由許多小像素 (Pixel) 組成，每個像素能發出不同顏色與亮度。顯示器每秒會更新多次 (刷新率)，例如 60Hz 就是每秒更新 60 次。

解析度 (Resolution) = 水平像素數 × 垂直像素數，例如 1920×1080。

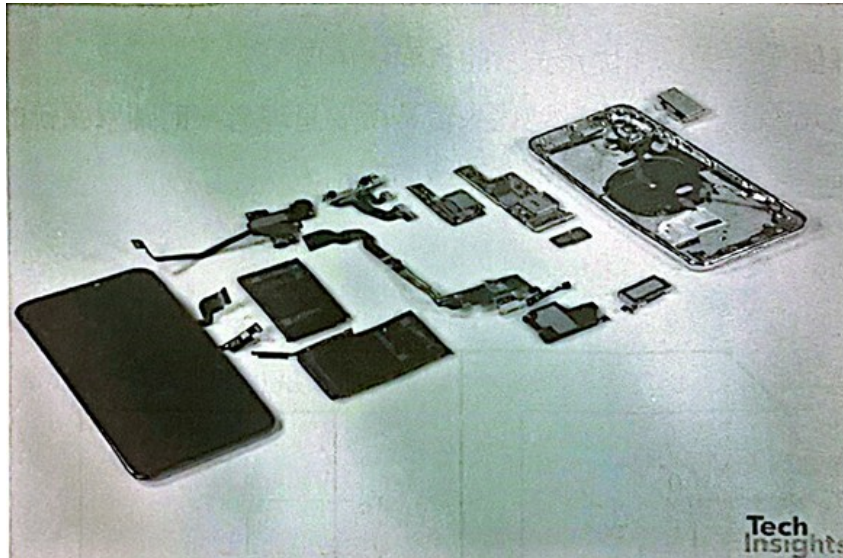
- LCD (液晶螢幕)：靠背光與液晶分子改變光線方向。
- 主動矩陣 (Active Matrix)：每個像素都有獨立控制元件，可提高畫質。

Figure 4：像素(X0,Y0)含有位元樣式 0011，代表在螢幕上較像素(X1,Y1)中位元樣式 1101



3. 機體開箱

我們將 Apple iPhone Xs Max 拆開，可以看到以下零件：

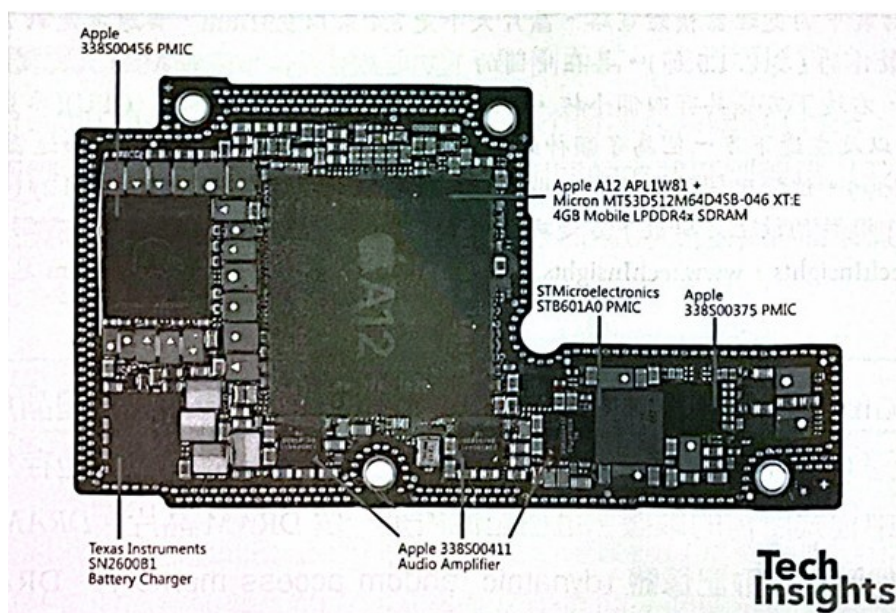


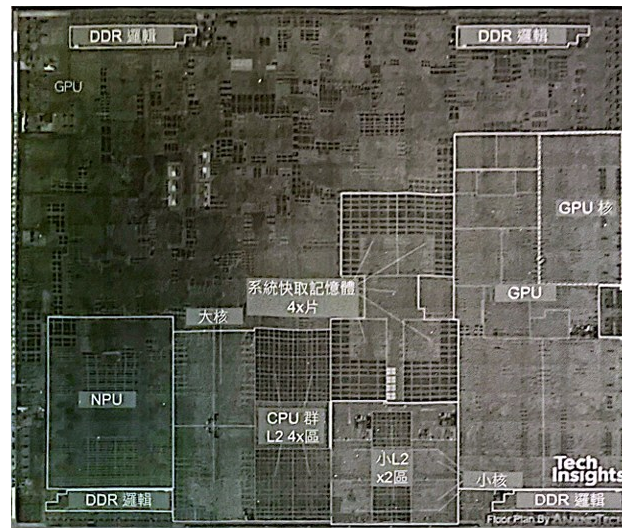
而中間的 A12 就是積體電路(integrated circuits),俗名晶片(chips)。這裡面含有以 2.5GHz(十億赫茲)時脈速度運作的兩顆大的 ARM 處理器以及四顆小的 ARM 處理器。處理器(central processor unit, CPU)是計算機中的主動零件，依照計算機程式中的指令動作。可以計算數字、測試數字，以及通知 I/O 裝置啟動等等。CPU 包含兩個主要部分：數據通道(datapath)與控制(control)。

此外，這裡還有儲存容量的記憶體晶片(memory)。memory 是程式於執行時存放它們自己的地方。

這個記憶體是一個 DRAM 晶片。DRAM 代表動態隨機存取記憶體(dynamic random access memory)。DRAMs 是用來一起存放程式的指令與數據的。相對於像是磁帶這類循序存取的記憶體。DRAM 名稱中的 RAM(Random Access Memory) 分表示不論要存取的記憶體位置為何，所有記憶體的存取基本上需要的時間都相同。

CPU 內部有另一類記憶體：快取記憶體(cache memory)是一個做為 DRAM 記憶體緩衝儲存器的小而快的記憶體。Cache 的技術是 static random access memory, SRAM。





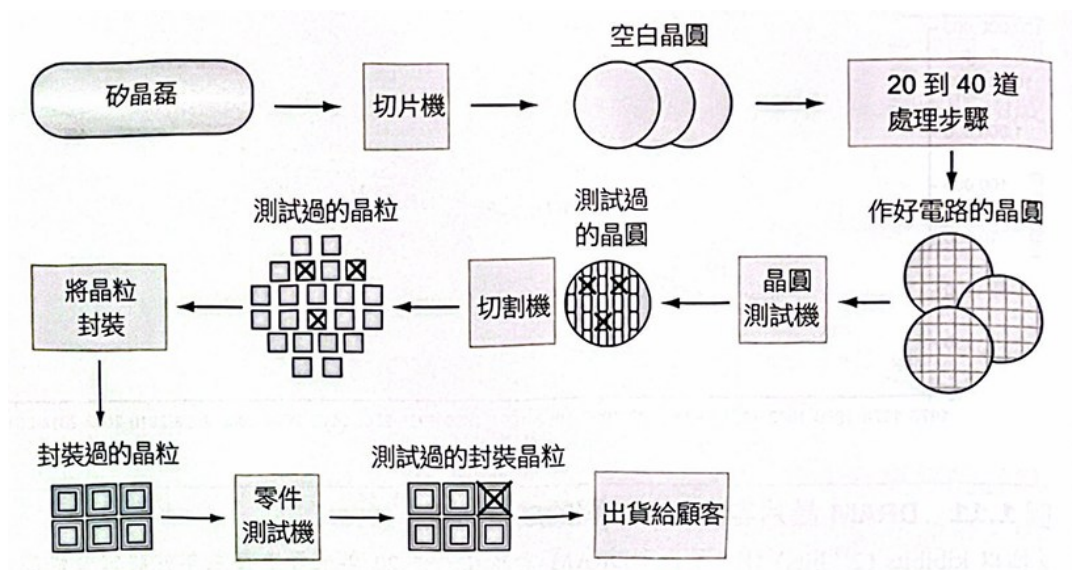
4. 晶片的製作技術演進

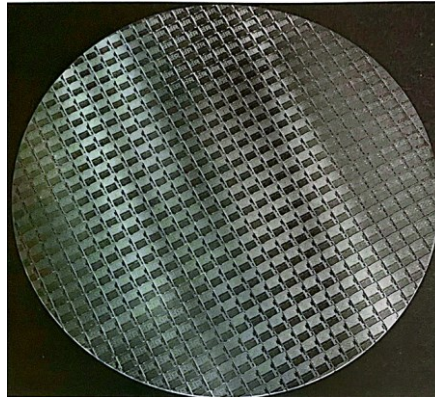
早期的電子元件可以分為兩種：

- 真空管 (Vacuum Tube)：體積大、功耗高、易損壞。
- 電晶體 (Transistor)：體積小、耗能低，便逐漸取代真空管。

而積體電路 (IC, Integrated Circuit)就是把大量電晶體集成在單一晶片上。現代 CPU、GPU 都是數十億電晶體集成而成，則稱為超大規模積體電路 (VLSI)。IC 的製程始於矽 (Silicon) 製作，之後被切片成晶圓(wafer)。而晶圓(wafer)會在依據獨立元件切分為晶片(chips)

Figure 5：wafer 製作過程





結論而言，IC 的成本可以透過以下三種公式表示：

$$\begin{aligned}\text{每晶粒成本} &= \frac{\text{每晶圓成本}}{\text{晶圓上晶粒數} \times \text{良率}} \\ \text{晶圓上晶粒數} &\approx \frac{\text{晶圓面積}}{\text{晶粒面積}} \\ \text{良率} &= \frac{1}{1 + (\text{每單位面積缺陷} \times \text{晶粒面積})}\end{aligned}$$

5. 電腦效能 (Computer Performance)

電腦效能就是電腦完成一項工作所需時間的效率，越快完成工作，效能就越好。衡量效能的方式大致有兩種，第一種是反應時間 (Response Time)，又稱執行時間 (Execution Time)，表示一個工作從「開始執行 → 結束」所需的時間。第二種是吞吐量 (Throughput)，表示一段時間內，電腦可以完成多少工作量。像是伺服器每分鐘處理多少筆訂單。

提高效能 = 縮短執行時間 或 增加吞吐量。

在比較兩台電腦時，如果電腦 A 執行一樣的程式比電腦 B 快 n 倍，我們就說：

$$\text{效能}_A = n \times \text{效能}_B$$

也可以用執行時間 (Execution Time) 表示：

$$\text{效能} \propto \frac{1}{\text{執行時間}}$$

5.1 影響效能的三個核心因素

效能可用以下兩種公式表示：

$$\text{CPU 時間} = \text{指令數量} \times \text{CPI} \times \text{時鐘週期}$$

$$\text{CPU 時間} = \frac{\text{指令數量} \times \text{CPI}}{\text{時鐘頻率}}$$

其中：

計算機結構：抽象化與科技

- 指令數量 (Instruction Count)：程式要執行多少指令。
- CPI (Cycles Per Instruction)：每個指令平均需要多少個時鐘週期。
- 時鐘週期 (Clock Cycle Time)：CPU 每次跳動的時間。

假設：電腦 A 執行一段程式需要 10 秒。電腦 B 執行相同程式需要 15 秒，則電腦 A 的效能比 B 快多少？

$$\text{效能比} = \frac{\text{效能}_A}{\text{效能}_B} = \frac{\text{執行時間}_B}{\text{執行時間}_A} = \frac{15}{10} = 1.5$$

因此電腦 A 比電腦 B 快 1.5 倍

假設

電腦 A：時鐘週期 250 ps，CPI = 2.0

電腦 B：時鐘週期 500 ps，CPI = 1.2

哪一台比較快？

$$\text{時間} = \text{指令數量} \times \text{CPI} \times \text{時鐘週期}$$

假設兩台電腦執行相同指令數 I ，則：

$$T_A = I \times 2.0 \times 250 = 500I \text{ ps}$$

$$T_B = I \times 1.2 \times 500 = 600I \text{ ps}$$

電腦 A 執行較快