編者按

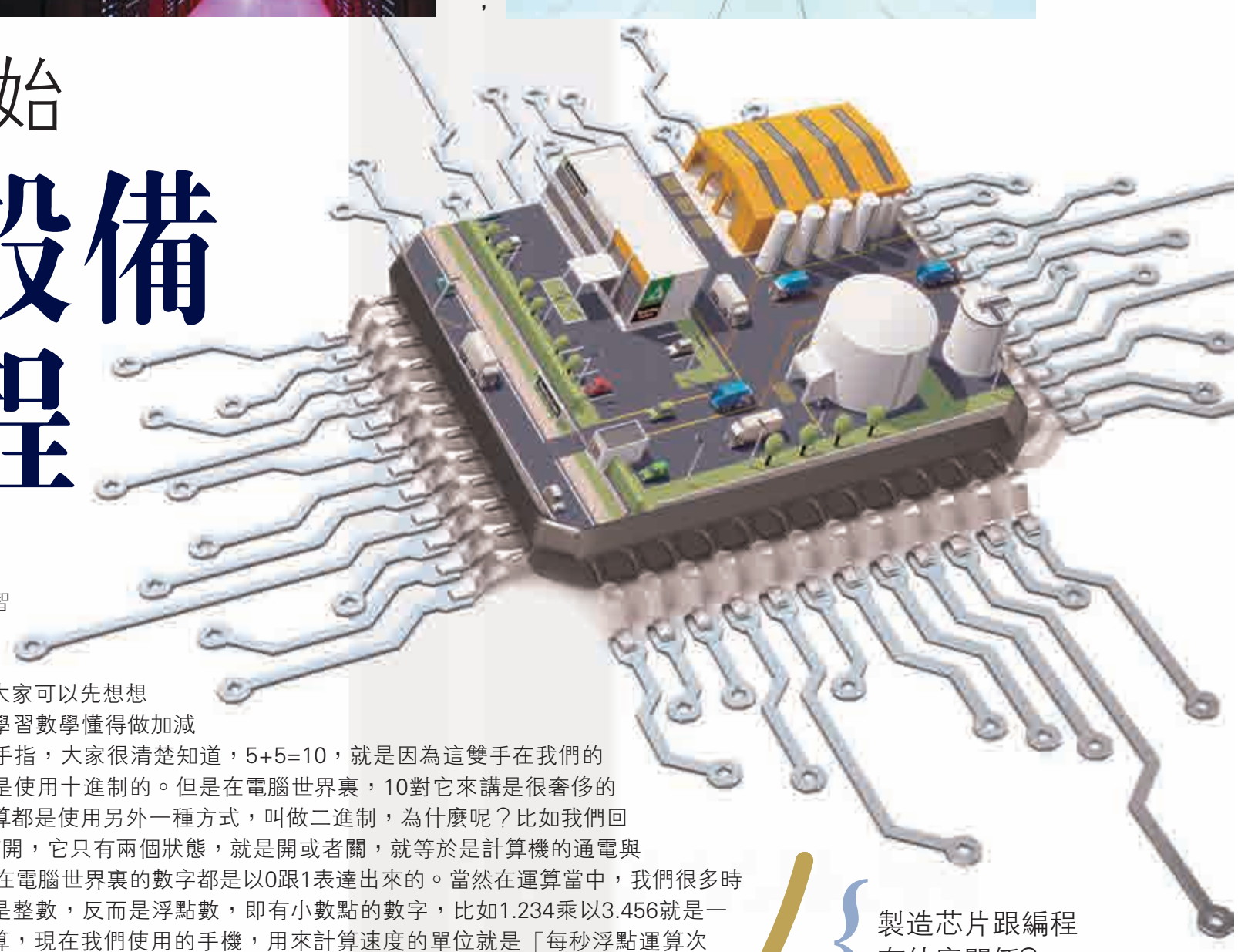
智能手機或是電腦的運算過程，一直被認為是複雜而難以理解的。本文作者係香港城市大學電子工程學系副教授，他將計算機的運算過程與生活結合起來，為讀者答疑解惑。

◀「天河二號」是位於廣州的超級電腦，二〇一三年投入使用

◀「神威·太湖之光」是由中國國家平行計算機工程技術研究中心研製的超級電腦，二〇一八年六月前為世界上運行速度最快的超級電腦

一切從「芯」開始

解密智能設備的運算過程



計算機、智能手機是如何運算的呢？回答這個問題前，大家可以先想想我們是如何從小學習數學懂得做加減乘除。打開你的手指，大家很清楚知道，5+5=10，就是因為這雙手在我們的世界裏，我們都是使用十進制的。但是在電腦世界裏，10對它來講是很奢侈的，所以電腦的運算都是使用另外一種方式，叫做二進制，為什麼呢？比如我們回到家裏，把燈打開，它只有兩個狀態，就是開或者關，就等於是計算機的通電與不通電。所以在電腦世界裏的數字都是以0跟1表達出來的。當然在運算當中，我們很多時候的運算不是整數，反而是浮點數，即有小數點的數字，比如1.234乘以3.456就是一次浮點運算，現在我們使用的手機，用來計算速度的單位就是「每秒浮點運算次數」（FLOPS），所以一台蘋果iPhone 4手機，它的運算能力大概是1.6億次浮點運算每秒鐘（GFLOPS），而它的運算速度就等於是一台1985年全球最快的電腦（CRAY–2）；而一台在廣州的「天河二號」電腦的運算速度就等於1萬8千4百台PS4遊戲機的速度；今年六月前的全球最快電腦，位於無錫的「神威•太湖之光」的運算能力，大約是125萬億次浮點運算每秒鐘，速度之快讓人驚訝。

張澤松

芯片未來的發展會是怎麼樣？

在1965年的時候，英特爾公司的創辦人發表了一篇文章，說集成電路的容量會以每一年翻一番的速度成長，這個這麼有遠見的想法，在後來的50年證明是正確的，這個也讓我們人類進入了科技的年代，但是在過去這10年我們買到的電腦，它們的運算速度沒有一直往上提升，反而是以多核的中央處理器來運算，主要原因是當芯片的運算速度增快以後，它所產生的熱量沒有辦法降低，以及製造一納米的電晶體所需要的製造精準儀器非常複雜，情況就是你要製造一把全球最硬的刀，你需要一套非常精準的切割工具才能把它製造出來一樣，所以現在也越來越多人開始討論製造量子電腦，但仍然處在大學以及研究所的研究階段，內容我們可以等到下回分解。

為什麼製造芯片的公司，他們的員工好像都坐在太空飛船裏？

現在最新的民用芯片製造技術，已經到了納米級別，一個病毒我們看不見，其實它的大小大約有100納米。所以我們打個噴嚏，或者一根頭髮或者手指裏的皮膚掉出來，都會把芯片破壞掉，在製造芯片的公司，他們一定需要無塵房，讓製造的時候，一塵不染，其實這些無塵房間也分了四五種國際水平，主要的區分是在一個空間以內塵埃的數量多少。所以說製造芯片的員工像是太空裏面工作，一點也不誇張。比如我們現在使用最新的蘋果手機IPhone XS，它的芯片就是A12，或是華爲最新手機使用麒麟980芯片，它們都是使用7納米的技術把芯片製造出來的。

芯片製造過程當中，最複雜的是哪個部分？

其實在設計芯片過程當中，一位負責硬件編輯的工程師，他製造的芯片在還沒有到流片的工序之前，已經需要最少10位驗證工程師評審以及鑒定每一個邏輯門以及他們連結的關係是否正確。當中所遇到的難題和複雜度都非常的高，在這方面培養人才的工作，變得非常重要。有一位蘋果的高級經理向我分享，如果在香港有學生具備這方面的經驗，他非常願意把他們全部帶到美國硅谷蘋果總部工作，從而可見這方面的工程師需求非常的多，我也非常鼓勵本地的學生或是外地來香港求學的學生，立足香港，把眼界放到世界。

晶片是如何製造出來的呢？

晶片或者叫芯片的正確名稱是集成電路，它的核心單位是邏輯門，比如一個我們使用的手機，它裏面會有很多芯片，而每一個芯片都會有很多邏輯門。邏輯門又是什麼呢？比如，今天孩子要去沙灘玩，她要爸爸和媽媽同意才可以去，這個就是與門（AND gate）。另外一個例子，今天要去北京，我們可以坐飛機去，同時也可以選擇坐高鐵去，哪裏有車有飛機就能去，這種關係就是或門（OR gate）。其實今天在我們的手機裏的每一個芯片，都有上千上百萬的與門和或門，從而把芯片製造出來，而它的主要材料就是二氧化矽，可以在很多沙粒中提取出來。而邏輯門要把它產生出來的方法，就是使用晶體管（Transistor），而發明它的三位科學家，也獲得了1956年的物理諾貝爾獎。

英特爾創始人之一戈登·摩爾提出了摩爾定律，預言了未來集成電路的發展

因研發晶體管榮獲1956年諾貝爾物理學獎的科學家威廉·肖克利

因研發晶體管榮獲1956年諾貝爾物理學獎的科學家約翰·巴丁

因研發晶體管榮獲1956年諾貝爾物理學獎的科學家沃爾特·布拉頓

製造芯片跟編程有什麼關係？

這個問題可以從兩個方向回答，第一我們可以用硬件的描述語言，把邏輯門描述出來，然後運用製造軟件把芯片從小到大整合變成可以使用的複雜芯片。眞正的做法其實是需要每一個邏輯門用畫畫的方式，把它們畫出來。但在現實中，我們要畫上百萬個邏輯門，將每一個邏輯門描述出來是不現實的，所以現在的芯片公司他們都會有自己的硬件芯片工程師，把自己的芯片製造出來。比如在2008年的時候，蘋果電腦就收購了一所專攻核心處理器的芯片處理公司，以及他們公司的全部工程師。今天蘋果公司的成功，源於一直堅持自己製造核心芯片。同樣道理，今天在中美貿易戰鬥當中，有國內的芯片公司受到了影響，主要的原因是他們使用的芯片不是自己研發出來的。而這些工程師的經驗都是長期的寶貴經驗累積，以及經過長久的產品開發流程，才能達到一流的水準。第二個方向，我們可以用軟件的編程語言，編寫程式然後讓手機的核心處理器運作我們需要的工作，比如收看電郵或者打打遊戲，所以編程主要可以分成爲兩個方向，第一個是編寫硬件芯片，第二個是編寫軟件，他們之間的關係是相輔相成的。

晶體管是怎麼通電從而製作電腦裏的0和1？

這個問題非常有趣，大家不知道有沒有在讀小學的時候見過「馬路安全隊」呢，其實在過馬路的時候會有三個點，第一是學校的門口，第二是學校馬路的對面，第三是帶着牌子站在馬路中間的大哥哥或是老師，還有很重要的是過馬路的小學生。其實每一個晶管體都有三個點，而它主要控制的是把電子從第一個口送到第二個口，中間要經過一個通道，而這條通道就是我們在給電的時候才出現的。不給電的時候，電子是不能移動過去的，而馬路的狀態就是我們剛剛提到的主要材料二氧化矽，它是一種半導體，有時候它會導電，有時候它不會導電，這就是半導體的意思。還有大家經常很關注的硅谷，就是因爲它有很多科技公司製造芯片供應全球。

▲「馬路安全隊」可以用來比喻晶體管產生「0」和「1」的過程

香港適合成為發展芯片的中心嗎？

一個芯片設計中心不光只有生產的部分，其實更重要的，是它的設計部分。香港早在還沒有回歸的時候，已經設計了全球知名的摩托羅拉龍珠芯片。有很多人在全球各地使用的手持設備當中都運用了這個芯片。今天大家都很關注的華爲麒麟芯片，它的核心處理器也是在香港設計的。所以我認爲香港絕對有條件、有優勢成爲芯片設計的全球中心，因爲香港具備了完善的知識產權保護以及一流的人才。但是當年當摩托羅拉離開了香港以後，很多工程師都轉型去了其他行業或者工程相關的行業，我認識很多當時的工程師，都向我表達了意願，願意回到大學教書，傳授他們的知識和經驗給現在的大學生們。但另一方面，香港面對的競爭也非常激烈，舉個最簡單的例子，我自己的博士生在畢業以後會選擇到深圳華爲做工程師，而沒有留在香港，其中一個很大的原因是因爲深圳市政府給這一批博士畢業生80萬至150萬人民幣並作爲「孔雀計劃人才」引進。希望香港在這方面也繼續努力。

下期「3C科技」將於10月30日刊登