

高級中學科學課程試用教材

電子計算機

第七章 軟體系統及其作業原理

我們在介紹計算機的硬體組織時，指出 CPU 的控制單元控制了“算術及邏輯單元”、記憶單元、輸出單元、輸入單元等硬體的運作，而控制單元又受儲存於記憶單元中的某些程式所指揮。記憶單元中的這些程式則由機器能直接執行的一連串工作指令所組成，每一個指令通常只能產生一個簡單的動作，例如列表機的印字頭移動一個位置，或印出一個字符，或報表紙前進一行。做 $A + B$ 計算時，控制單元必須按照正確的位址先後讀出兩個資料，送到“算術及邏輯單元”去相加，執行一連串的指令才能產生一連串的動作，而至完成複雜的工作。沒有軟體，計算機是不會工作的。我們能從鍵盤鍵入命令、輸入程式，是因為計算機中已有程式在執行，這些程式稱為系統軟體，而我們為了解決實際問題如數學計算、工程設計、商業管理等而寫的程式則稱為應用軟體。

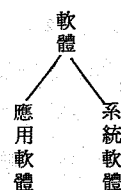


表 7-1

系統軟體主要的工作是使計算機能聽命於使用者，安排使用者所下的命令而依序進行特定的操作，讓使用者能以方便的形式，充分利用所有計算機系統提供的資源。系統軟體可分成三大類：作業系統（operating system）、語言翻譯程式（language translator）、服務程式（service program）。本章將逐一介紹其功能，以增進了解計算機的作業原理。

7-1 作業系統

作業系統是一套完整的程式，它的主要作用包括：程式執行次序的安排、記憶單元及檔案資料的管理、輸出輸入裝置工作次序的安排、多使用者系統（multiuser system）的時間與資源使用的管理、資料安全性的管制及系統發生錯誤時的緊急處理等。

1. 記憶單元的管理

作業系統的核心部分稱為監督程式，常駐記憶體中監督所有程式的執行，控制整個計算機系統的活動。因此主記憶體有一塊固定的區域必須規畫給監督程式，其餘的區域（包括輔助記憶體）才能讓其他的系統程式和應用程式使用。應用程式在記憶體中的真實位址，全由作業系統來決定，此步驟稱為定位，以便有效利用記憶空間。

2. 安排輸出輸入裝置的工作次序

計算機在執行應用程式當中，輸入和輸出資料的動作全由監督程式應應用程式的請求來做，這些請求包括：

- ① 資料在主記憶體與週邊設備間之移轉控制。
- ② 檔案儲存位置與容量的編組。
- ③ 開啓或關閉檔案，處理檔案及檔案媒體使用結束時的狀況。
- ④ 處理檔案標記以識別資料檔。
- ⑤ 資料在輸入、輸出時，錯誤狀況的偵察與改正。

3. 資料安全性的管制

由於發展計算機的軟體須投入大量資金及人力，應用程式與資料庫的使用甚為昂貴，爲了避免機器故障時遭受意外破壞及防止被隨意印出、仿製與更改，資料安全性的管制日受重視，許多計算機的作業系統都提供保護措施。

4. 多使用者系統的時間與資源使用的管理

中央處理機（CPU）的動作遠比磁碟機、列表機、終端機等週邊設備快速，終端機的鍵盤輸入又是計算機系統最慢的一環；很少人能在 1 秒內打出 10 個字，即使能，則按兩次鍵的空檔也有 0.1 秒，在這段時間內，CPU 却可執行數十萬個運算，可見單人使用的計算機大部分時間都在空等。如果一個 CPU 接上數臺終端機供許多人同時操作，則可提高計算機的使用效率。

最簡單的多使用者系統是將 CPU 的時間及記憶體分配給每個使用者，在很短的時間內（譬如說 0.01 秒），CPU 輪流服務每部終端機一次，因為 CPU 的速度很快，使用者看不出來正與別人分享 CPU，這種系統又稱爲分時系統（Time-sharing）。更複雜的多使用者系統，除了分時之外，還能安排使用者工作的優先順序，彈性提供硬體與軟體資源。

5. 工作控制與系統發生錯誤的自動處理

作業系統接受使用者的命令，將所需的系統程式依序引入記憶體中執行，使執行過程中的段落連貫成一個完整的工作。當應用程式的執行發生錯誤時，作業系統立即取回控制權，並採取適當的措施，例如警告使用者後再繼續執行，或放棄執行。

7-2 語言翻譯程式

在第六章所提到的程式語言較接近人類的語法，雖方便於書寫程式但不能爲機器所了解，所以高階語言必須有一套轉換程式，將各種代號轉換成計算機所能接受的機器碼。例如利用某計算機做 $c = a + b$ 的運算，使用高階語言時只要一個指定敘述， $C = A + B$ ，但是使用機器語言時，則需要三個指令才能完成：

第一個指令：從儲存 a 的位址將 a 讀入 ALU。

第二個指令：從儲存 b 的位址將 b 送到 ALU，並將 ALU 所存的資料相加。

第三個指令：將 ALU 的資料存入記憶體。

可見高階語言的一個敘述常常對應好幾個指令，轉換前的程式稱為原始程式 (source program)，經過轉換後輸出的整套機器碼稱為目的程式 (object program)。

上面的指令都包含儲存資料的位址，必須先確定真正的位址後，才能用機器語言表示；若用符號表示指令，不但可免除這種麻煩，也容易讀、容易記，可記做

LDA A

ADD B

STA C

這樣的表示法稱為組合語言 (Assembly Language)，一般而言，不同的計算機所使用的組合語言也不相同。

處理高階語言轉換的程式有編譯程式 (Compiler) 和解釋程式 (Interpreter) 二種型態。編譯程式是將輸入的原始程式，依其敘述結構翻譯成完整的目的程式，並建立一新的目的程式檔案，可供日後直接執行此程式，毋須再經過轉換程式編譯原始程式，FORTRAN，COBOL 即屬於這一類。而解釋程式則是將原始程式依行號次序，一行一行的編譯並執行，而沒有目的程式之產生，所以每次執行同一程式時，都須再經轉換程式編譯一次，程式執行時，解釋程式必須同時存在記憶體中，而佔用了不少記憶空間，速度也遠比目的程式慢，但它有一便利之處，就是在程式執行當中，使用者能與程式做即時的聯絡工作。我們使用的 MBASIC 就是一種解釋程式。

7-3 服務程式

服務性質的程式，如 Editor、抄錄程式及常用數學函數 SIN、COS 等，都被預先建立在系統軟體中，需要使用時，連繫編校程式就會自動找出來，而與目的程式連接成為可執行的完整程式。

7-4 作業原理

計算機能循環不息的自動處理工作，全賴系統軟體的密切配合執行。其作業流程可由原始程式狀態到執行狀態的過程加以說明，如下頁圖 (7-1) 所示。

1. 工作控制規畫

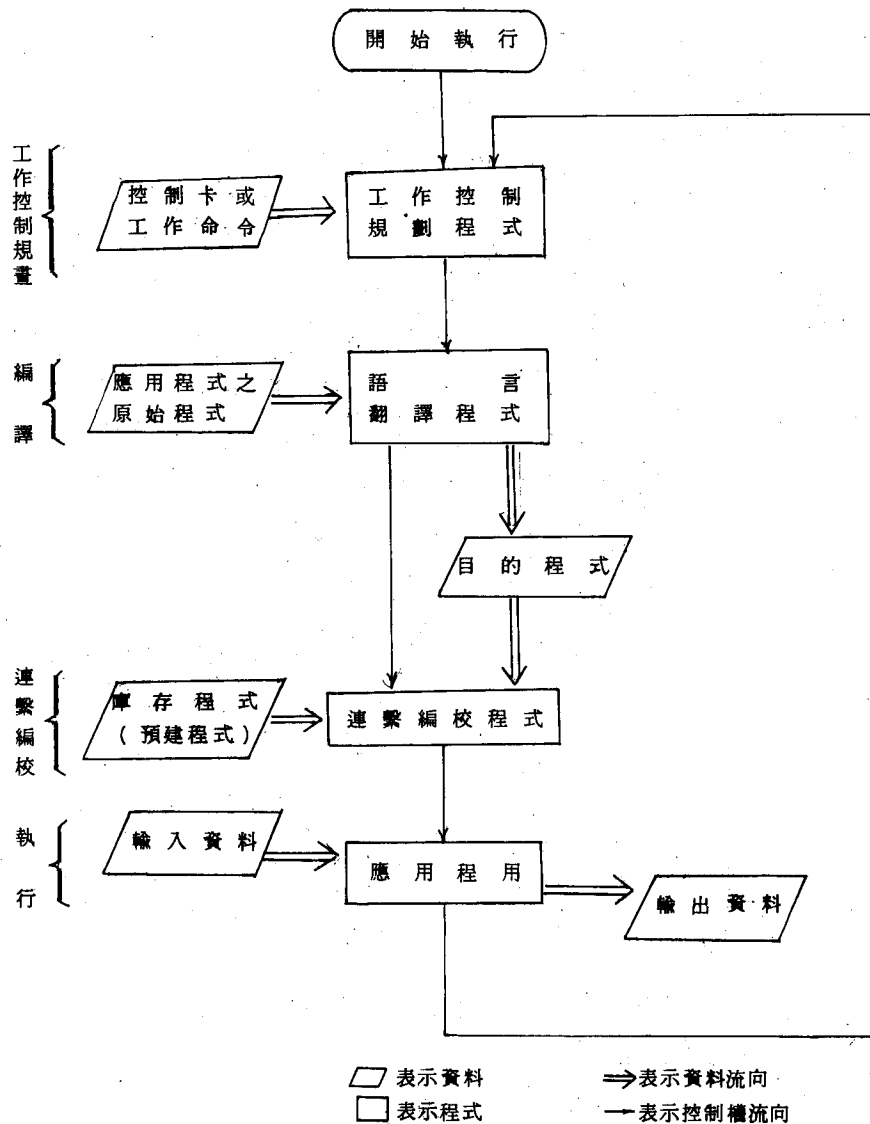
當監督程式錄入主記憶體後，立即開始執行，隨即把“工作控制規畫程式”錄入主記憶體，並將控制權交給它。“工作控制規畫程式”接受命令並加以解釋，再將控制權交回“監督程式”。

2. 編譯

由“監督程式”將指定的“語言編譯程式”錄入，“語言編譯程式”取得控制權後，將原始程式當做資料讀入，編譯成“目的程式”，工作便告一段落，然後將控制權交回“監督程式”，此階段稱為 Compilation。

3. 連繫編校

“監督程式”將“連繫編校程式”錄入，由其進行連繫編校工作，將“目的程式”與所需的“庫



圖(7-1) 作業流程

存程式”(如SIN、COS等程式)結合成一個可隨時執行的程式，此時工作又告一段落，稱為 Linkage Editing。

4. 執行

“監督程式”將應用程式錄入，“應用程式”獲得控制權後，開始讀入資料，加以處理並將結果輸出。此即執行階段，常稱為 Execution 或 Run。執行完畢後又由監督程式將工作控制規畫程式錄入，繼續下一個工作。

由上面的說明可知，整個系統的控制權主體在監督程式，它依工作需求將控制權交付執行工作的程式，一旦執行完畢則歸還監督程式。監督程式不僅在一個程式順利執行完畢時才取回控制權，當程式在執行當中發生錯誤時，也由監督程式取回控制權，例如在執行“應用程式”時，如果程式使用陣

列超出 dimension 便無法繼續執行，此時“監督程式”會錄入“工作控制規畫程式”，不再執行該應用程式。

由圖(7-1)還可看出一個應用程式的執行通常分為翻譯、連繫編校、執行三個步驟。我們所使用的 BASIC 是一種解譯式語言，雖然沒有目的程式產生，但是執行每一敘述時也常經過這三個步驟。

7-5 磁碟作業系統

作業系統(簡稱 OS)，平時均儲存於輔助記憶設備中，需要使用時才錄入主記憶體中，以節省主記憶體的空間。將 OS 儲存於磁帶中的作業系統稱為 Tape Operating System，簡稱 TOS，儲存在磁碟中的則稱為 Disk Operating System，簡稱 DOS，由於磁帶的速度較慢，且只能循序處理，使用上不太方便，大多數計算機都採用速度快而且可隨意存取的磁碟系統。

當計算機開機時第一步是命令作業系統進入主記憶體中，其方法有兩種，一種是由操作員從控制臺直接輸入一個“錄入程式”以引進作業系統。另一種是在 ROM 中存有此程式，當電源打開時，此程式自動進入主記憶體執行而引入作業系統，計算機方可聽候鍵盤指揮。

第八章 電子計算機的應用

電子計算機不但能做快速、正確的計算，且可反覆而不厭其煩地執行任務，因此，它的用途愈來愈廣泛，幾乎各行各業的問題，都可能用它來處理。以下就計算機應用的幾個方向加以討論：

8-1 數值方法 (Numerical methods)

所謂數值方法，可簡單定義為輸入數值數據以求得數值答案的計算方法。一般借助於計算機之快速而準確的計算能力，常應用於下列計算：

(1) 統計分析

在統計學中，有關機率、因素分析、典型相關分析、迴歸分析等統計量的推論，都可利用計算機

快速的處理能力，輕易的求得解答，以節省人力、物力。

(2) 科學計算

在科學計算上，可利用計算機作結構分析，解大型的矩陣方程式、微分方程式等等，這些可應用到航空工程、水壩工程、造船工程、甚至氣象預測等方面。

8-2 人工智慧 (Artificial Intelligence)

人工智慧是計算機科學的一個重要分支，主要在研究如何給機器加上「智慧」，使計算機也能夠做以前只有人類才能做的事，例如可以看、想、說……等等，今以機器人、諮詢系統及下棋三例作簡要的說明：

(1) 機器人

人雖為萬物之靈，卻因種種先天上的限制，必須借重各種工具來工作，而製造機器人則是夢想已久的願望。到了 60 年代，微處理機問世，這個願望才得以逐步實現。目前使用中的工業用機器人 (Industrial Robot)，其外形與人類並不相像，倒是很像俗稱「怪手」的挖土機，因此有人就稱之為「機械手」或「機械臂」。工業用機器人推出後，深受工業界歡迎，主要原因在於它可突破人類體能上的限制，克服各種人性的弱點，它代替人類在高溫、高壓、具放射性等危險場所工作；它不請假、不鬧情緒、不求加薪、不浪費材料，更可以二十四小時不眠不休的工作。

目前，科學家積極發展具有觸覺、視覺的高級智慧型機器人，它能用來裝配精密機械，並且能聽懂人類語言……等。

(2) 諮詢系統

以「病情診斷」為例，可將病患的體溫、血壓、脈搏、血液成分等資料及所有症狀輸入計算機中，經諮詢系統分析診斷，螢光幕上便會顯示出和這些症狀有關的疾病，以作為初步診斷的參考。

(3) 下 棋

計算機下棋，是事先將棋譜寫成程式，存入計算機中，當與人下棋時，便根據棋盤的狀況，以最好的戰略對局。1968 年英國西洋棋大師 David Levy 曾宣稱在未來 10 年內，計算機西洋棋無法打敗他。果然到了 1978 年，在計算機上的一個西洋棋程式 (Chess 4.7)，才打敗了 David Levy。

8-3 計算機繪圖 (Computer Graphics)

計算機可以將一些計算的結果加以巧妙的處理而繪出各式各樣的圖形，頗能滿足人類視覺的感受。計算機繪圖可以應用到以下幾方面：

(1) 計算機輔助教學 (Computer Assisted Instruction, CAI)

所謂計算機輔助教學就是利用計算機來指導學生學習某一課程，或是接受某一訓練。這種教學方式是把預先設計好的教材，存放在計算機記憶體內，由程式控制，把教材顯示在終端機上讓學生學習，或者指示學生作各種練習，或出題目測驗學生瞭解的程度。例如在物理上可利用計算機的繪圖功能

讓學生觀測到兩個圓形波之干涉現象。

(2) 計算機輔助設計 (Computer Aided Design, CAD)

計算機輔助設計是利用計算機幫助設計人員從事設計工作，以節省人力和時間，並提昇設計的品質。例如現代的工程師在設計之前，可先用一套可以代表某些功能的數學模式，利用計算機先做模擬及設計，並在螢光幕上繪出三度空間的圖樣，如果不合要求，可以馬上修改數據，再作模擬，直到滿意為止。計算輔助設計已經運用到汽車設計及印刷電路板上。

(3) 計算機遊戲 (Computer Games)

最先是玩法簡單的乒乓遊戲，然後是打磚塊和小精靈的電動玩具。家用計算機問世後，計算機遊戲只要改變程式，就可以玩多種遊戲。

8-4 資訊管理系統 (Management Information System, MIS)

資料 (data) 是一群未經處理的數據，而資訊 (information) 則是處理後有用的資料。一個人無論是談話、寫信、打電話、看電視、聽音樂、讀書等等，都是在接觸資訊，所要接受和使用的資訊太多了，因此借助計算機來管理資訊成為必然的趨勢，例如：

(1) 辦公室自動化 (Office Automation, O.A.)

據統計，美國在過去十年中，企業界生產部門的生產力增加了 90%，而辦公部門的效率却只提高了 5%，造成這種懸殊比例的原因是工廠採用了大量的機器、設備來代替人工；而辦公室年年增加的龐大檔案，使秘書、職員、打字員負擔加重，於是辦公室自動化的需求就應運而生。辦公室自動化是將資料作有系統的整理，並將工作流程經過特別安排與設計，使人們可以透過計算機很方便的擷取與傳輸資訊，以幫助決策品質的提高。另外將一些負荷量大又機械化的作業，例如財務報表、文件處理等交由計算機來代勞，以減少人力的負荷。

(2) 圖書館自動化

人類自古累積下來的論著、書籍、及各種記錄資料是何其多，假若還是使用傳統人力將之整理、分類、編目再供人使用、查詢，那是很沉重的負擔，於是計算機就被使用來取代大部分例行的工作，例如編目、檢索、出納管理等。

8-5 模擬 (Simulation)

所謂模擬，就是將實際的情況不經由真實的實驗，而以數學及邏輯的模式代表真實情況中可能發生的種種因素，並加以分析、研判而得到和真實情況相近的結果。例如火箭、原子彈等武器的試驗，基於事實上的困難，無法實際得到印證。因此，可將各種有關的資料寫成程式，然後利用計算機來模擬，以求得各種武器的效能。

今後隨著科技的發展，和人類創造力的發揮，計算機的應用將更為普及、深入到社會的各個角落。