

電腦控制系統的簡介

1 電腦控制系統簡介	2
(a) 電腦控制系統的優點.....	2
(i) 具有高速運算能力.....	2
(ii) 多種形式的輸入和輸出裝置.....	3
(iii) 可貯存大量資料.....	3
(iv) 可使用程式控制.....	3
(v) 可利用電子線路通訊.....	3
(vi) 體積細小和輕巧.....	4
(b) 電腦控制系統的限制.....	4
(i) 投資成本較高.....	4
(ii) 維修較困難.....	4
(iii) 難抵受惡劣環境.....	5
(iv) 需要大量輔助裝置.....	5
2 電腦處理數據的方法	5
3 電腦控制裝置	6
(a) 微處理器.....	6
(b) 電腦控制系統的操作.....	6
(c) 界面.....	7
(d) 電腦操控實例.....	8
4 流程圖	9
5 編寫控制程式的概念	10
(a) 高級語言和低級語言.....	11
(b) 機械碼.....	11
(c) 組合語言.....	12
6 編寫程式的基本原理	12
(a) 採用有系統的方法.....	12
(b) 宜使用有義意的名稱.....	13
(c) 製作初始化模組.....	13
(d) 決定輸入、輸出和處理模組.....	13
(e) 加入防錯設計.....	14
(f) 留意截止狀態.....	14
互動資訊	14
練習	15

電腦控制系統的簡介

1 電腦控制系統簡介

在現代化的城市中，許多設備和工作都使用電腦來控制自動化系統，例如：地下鐵路系統、供電系統、指揮交通的信號燈號系統、升降電梯、工廠內的電腦數控機床等(圖 1)。自動化系統有不少優點，包括：提高工作速度和效能、減低成本、減少操作人員的數目、減少重覆和沉悶工作、保障操作人員安全、改善工作質素和完成非人力所能處理的工作等。



圖1 (a) 供電系統



(b) 電腦數控機床

(a) 電腦控制系統的優點

電腦並非控制自動化系統的唯一方法，其他方法包括：機械系統、電力(繼電器)系統、氣動系統、電子系統等。不過，與其他類型的控制系統相比，電腦控制系統有不少優點，例如：具有高速運算能力、多種形式的輸入和輸出裝置、可貯存大量資料、可使用程式控制、可利用電子線路通訊、體積細小和輕巧等。

(i) 具有高速的運算能力

現代電腦的中央處理器每秒鐘可以處理極多數量的運算，能夠在極短時間同時處理多項工作和大量數據。電腦的高速運算能力令它能夠因應不同的條件，同時控制多種設備，使它們互相協調地工作。例如：在地下鐵路系統內，電腦可以同時控制多輛列車在不同的路線內行駛，以確保整個鐵路系統正常運作(圖 2)。



圖2 電腦控制的地下鐵路系統

(ii) 多種形式的輸入和輸出裝置

電腦有許多直接輸入裝置，包括：鍵盤、滑鼠、掃描器、磁帶等，它還可以利用電子來將一些電子感應器的信號改變為數碼信號輸入電腦。例如：利用溫度感應器來將溫度資料改換為值輸入。



(圖
電
路
入
電
數
碼

圖3 電腦輸入鍵盤

電腦處理輸入的資料後，便可以產生輸出信號。相似地，電腦亦可以利用電子電路來輸出數碼電子信號，從而驅動各種輸出裝置，例如：印表機、監視器、繼電器、電動機、電磁感應活門等。

(iii) 可貯存大量資料

電腦可以使用多種的資料貯存裝置，例如：磁碟、磁帶、磁盤(硬磁碟)、光碟、DVD 碟等(圖 4)。所以，電腦可以使用預先貯存的大量資料來進行控制工作，例如：可以先用電腦來輔助設計一件形狀複雜的工件，然後將有關的數碼資料輸入電腦數控機床的貯存裝置內，再由電腦按照資料來控制機床切削工件。



圖4 可貯存大量資料的 DVD 光碟



圖5 電腦控制六足機械

(iv) 可使用程式控制

程式是一連串的指令，電腦可以按照預先編訂的程式操作。操作人員可以按需要而輸入新程式或修改舊程式，便可以改變控制工作的次序或方法。所以，電腦控制系統不但可以操作簡單和重覆的工作，它還可以按照程式的設計，在不同的條件和回輸下操作複雜的工作。例如：圖 5 中的電腦控制六足機械具有視像系統，它可以按照程式來分析影像並找出沒有障礙物的路徑前進。

(v) 可利用電子線路通訊

利用電腦可輸入和輸出電子數碼信號，透過電子線路來傳遞信號、交換資料和通訊。所以，電腦資料可以利用專用接線、電話線、互聯網或無線電波來把信息作遠距離傳送。例如：電腦可以透過互聯網來控制遙遠地方的攝影機或機械；電腦亦可以透過無線電波來遙遠控制太空中的星際探測船(圖 6)。

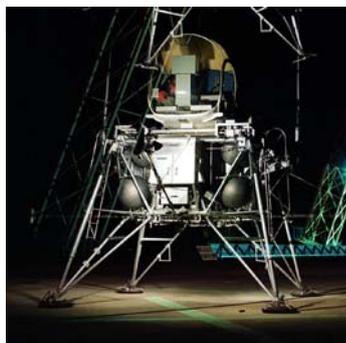


圖6 星際探測船



圖7 使用微型電腦的汽車引擎

(vi) 體積細小和輕巧

隨著科技發展，電腦的體積和重量亦大大減少。近年發展的微型電腦更可以放入多種器具內，以增強功能和提高效能，例如：洗衣機、雪櫃、冷氣機、汽車等(圖 7)。以汽車為例，在傳統式化油器引擎中，燃油供應量由化油器來控制。現今一些汽車安裝了電子燃油噴射(EFI)系統，該系統的電腦會根據引擎的進氣量、進氣溫度、引擎轉速、冷卻液溫度、節氣門開啟大小、排氣管內的氧氣含量和其他重要條件來決定最佳的燃油供應量。

(b) 電腦控制系統的限制

電腦控制系統有不少優點，但在應用時也有一些限制，例如：投資成本較高、維修較困難、操作較複雜、難抵受惡劣環境和需要大量輔助裝置等。

(i) 投資成本較高

設計和製作電腦控制系統需要較長的時間，而且設備的費用較昂貴，所以總成本較高。例如：應用電腦來操控機床時，必須要設計一套操控機床的電腦程式，以控制刀具的移動位置、移動速度、轉動速度、進刀速度、替換刀具、加入冷卻劑等工序(圖 8)。



圖8 電腦數控機床



圖9 電路板

(ii) 維修較困難

現代電腦使用大量生產的集成電路和電路板(圖 9)，所以損壞時可能要用新零件取代。但由於電腦科技發展非常迅速，舊設計的電路板未必能採用新設計的零件，所以會引致維修困難。例如：當新設計的快速存取記憶體面世後，舊記憶體便不再生產，一段時間後當電腦的舊記憶體損壞時便難以找到替代的零件。

(iii) 難抵受惡劣環境

電腦控制系統中的電子零件不適宜在惡劣環境下工作，例如：太熱、太冷、潮濕、多塵、劇烈振盪等(圖 10)。所以，應用電腦控制系統時必須避免惡劣環境的影響，例如：在多塵埃的工場內，應避免用抽氣扇來冷卻電腦(圖 11)。



圖10 惡劣的工作環境

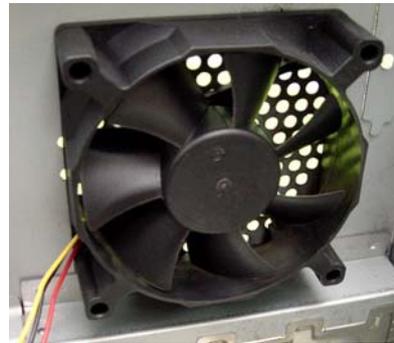


圖11 電腦內的抽氣扇

(iv) 需要大量輔助裝置

電腦可以高速處理大量數據，但必須由輔助裝置來提供充足資料，所以電腦控制系統需要大量輔助裝置。例如：應用電腦來操控機床時，必須要設計一套偵察刀具和工件位置的系統，以便將資料回輸給電腦來作相應控制。

2 電腦處理數據的方法

電腦使用 1 和 0 的二進制數字來運算(圖 12)，一個二進制數字稱為位元(bit)，8 個位元可以組成一個字節(byte)，一個或以上的字節可以組成一個字(word) (圖 13)。電腦的主要工作部分是中央處理器(CPU)，它每次可以處理一個字，但字的長度(例如：16-字元)則視乎它的設計和能力。能力較強的中央處理器可以較快速地處理較長的字。

十進制運算：

$$12_{10} = 10 + 2 = 1 \times 10^1 + 2 \times 10^0$$

二進制運算：

$$1100_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0 \\ = 8 + 4$$

圖12 電腦使用二進制運算

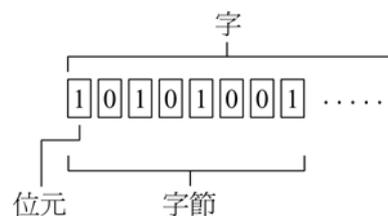


圖13 位元、字節和字

3 電腦控制裝置

(a) 微處理器

微處理器是體積非常細小的集成電路(圖 14)，它可以高速處理大量數據。微處理器不單可以用作電腦的中央處理器，它還可以放在其他的器具內，以增強它們的功能，例如：聰明咭(圖 15)、電腦縫紉機、電腦輔助設計系統等。所以，它的用途非常廣泛。

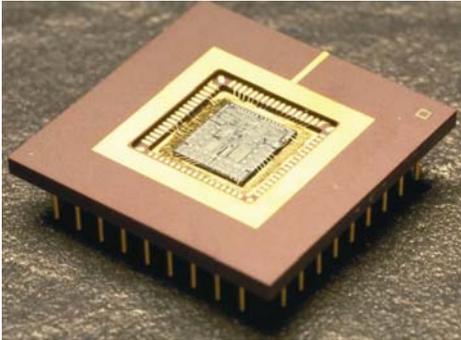


圖14 微處理器



圖15 聰明咭

(b) 電腦控制系統的操作

在電腦控制系統內，感應器可以用來收集數據，然後再輸入電腦。感應器有許多種類，例如：溫度感應器、壓力感應器、光暗感應器等，它們的特點是可以由外界的變化而產生電信號。例如：光敏電阻可以用作光暗感應器，因為它會因不同光暗程度而改變電阻和相應的電流。

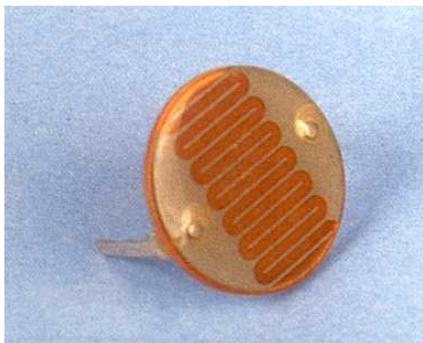


圖16 光敏電阻



圖17 繼電器

信號輸入電腦後會被處理，然後再將指示輸出到受操控的元件，例如：發光二極管(LED)、繼電器等，令它們作出適當的反應。例如：當控制街燈的電腦感應到黑夜來臨時，它會發出指示，利用繼電器開啟使用較大電流的街燈或其他設備。

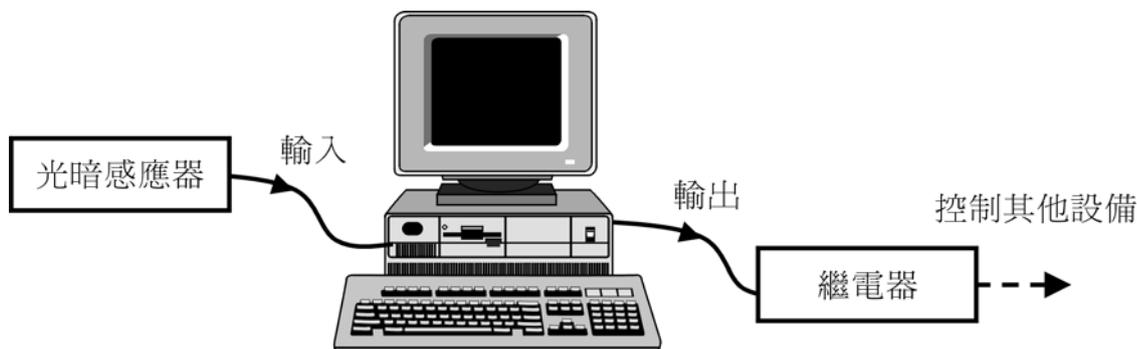


圖18 電腦接駁輸入和輸出元件

不過，各種信號輸入和輸出電腦時都需要一些界面裝置協助。圖 19 顯示一個典型電腦控制系統的方塊圖。在整個系統中，數據收集器首先會將各種感應器的類比信息轉換為數碼信號，然後再經輸入界面傳送到電腦。一個鍵盤和顯示屏幕可以用來輸入操控數值、讀取最新處理的數據和輸入指令等。

經處理後的信號會經輸出界面送到繼電器、數碼/類比轉換器、發光二極管(LED)和其他執行元件等，它們在程式的指示下控制其他設備和完成所需要的工作。在閉環式控制回路中，輸出信號會再傳送到數據收集器，以作為「回輸」。電腦內的計時器會決定整個控制回路的速率。

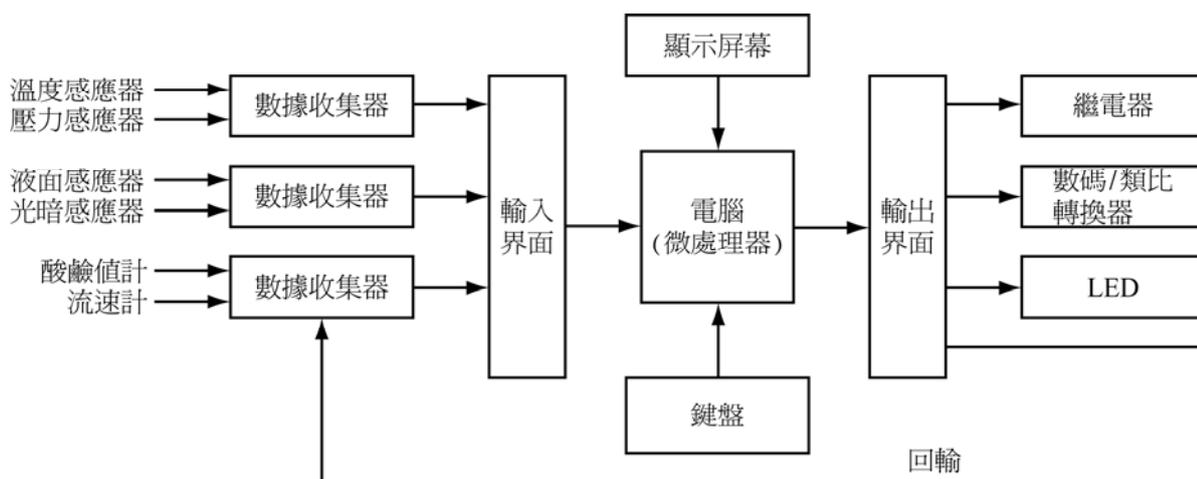


圖19 典型電腦控制系統的方塊圖

(c) 界面

界面既是通訊設施必須具備的硬件，也是相應的軟件。在電腦控制系統中，界面負責把各種輸入裝置連接到電腦，它亦可以把電腦連繫到其他電子系統。在圖 19 中，輸入界面負責把數據收集器的信號暫時貯存和整理，然後再送交微處理器進行運算和處理。輸出界面則負責把微處理器輸出的信號暫時貯存，然後再整理為控制每種執行元件的信號。



圖20 輸出界面電路板(顯示卡)

透過不同的輸出界面，電腦的輸出信號亦可以用來驅動電力、機械和氣動系統，以產生更大的輸出功率。以氣動系統為例，雖然一些控制系統可以完全由氣動元件組成，但成本會較高。假如使用電腦控制再加上電力驅動的氣動元件，便可以減低成本，現時已有不少可以用低壓電力操作的氣閥。

(d) 電腦操控實例

圖 21 顯示一個電子告示板，在這個電腦操控的實例中，多個發光二極管(LED)會由電腦程式控制輪流發光，程式將 LED 組合成不同的圖案、文字或符號，這樣便可以製作出不斷更新的信息。



圖21 電子告示板

4 流程圖

在電腦控制系統中，中央處理器(例如：微處理器)會按照程式來處理數據。程式是一連串的指令，它需要按照處理規則來編寫。所以，在編寫程式前，必須先確定數據處理的規則，有關的規則可以用繪圖流程圖來形象化地表示。

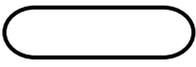
符號	意義	說明
	開始/完結	流程圖的開始或完結位置。
	處理	進行一項處理工作，例如：加、減、乘、除等。
	輸入/輸出	進行一項輸入或輸出的工作，例如：輸入數字、輸入溫度感應器所量度的室溫等。
	決定	通常包括一個可比較的條件。假如符合條件，會進行一些工作；假如不符合條件，會被指示進行另一些工作。
	子程序	子程序把一連串經常進行的工作組合在一起，成為另一組程序，可以在流程圖中隨時使用，這設計可簡化流程圖。
	接口	用來連接兩個分開的流程圖(通常加上記號)。
	另頁接口	用來連接兩個不同頁的流程圖(通常加上記號)。

表 1 一些常用的流程圖符號

流程圖利用不同的圖象符號來代表不同的工作，表 1 顯示一些常用的流程圖符號和說明。圖 22 顯示一個流程圖的例子，它描述如何控制電熱器來將水加熱至預定的水溫。這流程圖可以用來輔助編寫程式。

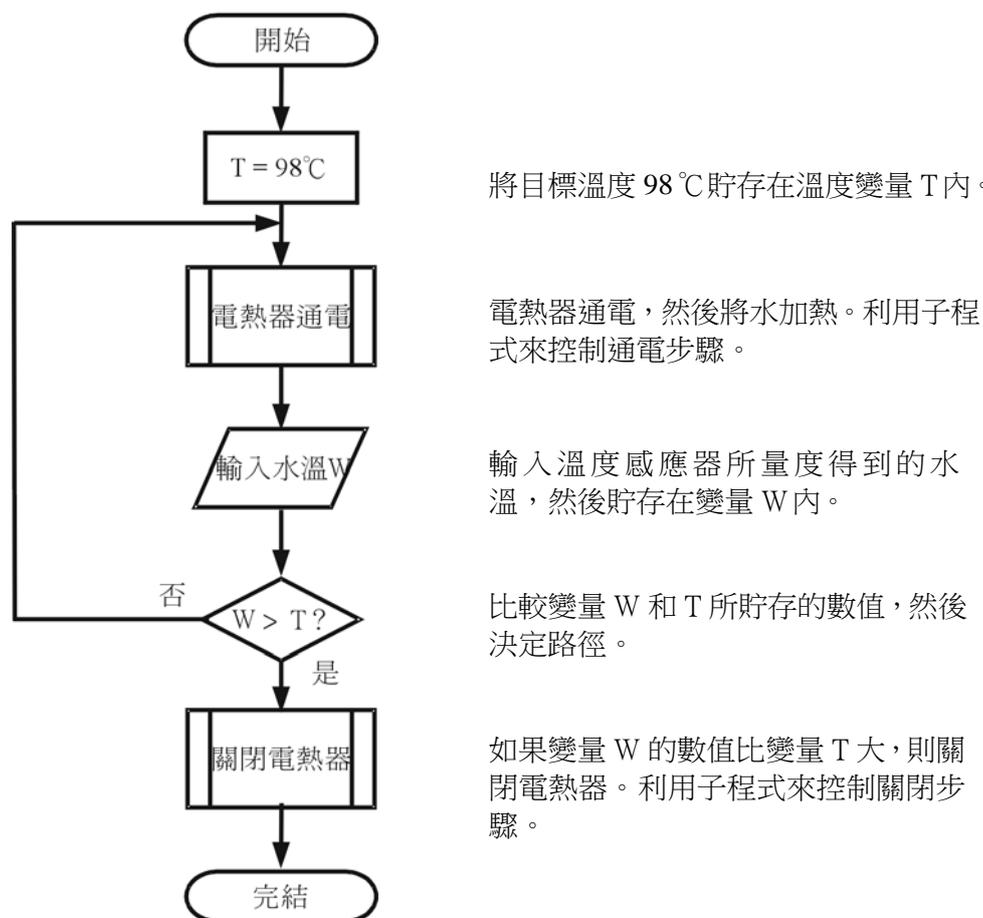


圖22 流程圖例子

5 編寫控制程式的概念

電腦程式是一連串的指令，它們控制電腦如何處理輸入的數據。下圖顯示一個簡單的電腦程式。在電腦程式中，每句指令均順序排列，電腦便依它們的順序來逐一執行和處理數據。數據和指令可以是數字、英文字母、標點和符號，統稱為字符。

```

10 INPUT X          (輸入數字，並放在 X 內)
20 X = X + 1       (將 X 內的數字加 1，然後再放入 X 內)
30 PRINT X         (印出 X 內的數字)
40 END             (完結程式)
  
```

圖23 電腦程式(BASIC)的例子

電腦程式需要用人能夠理解的語言來編寫，然後再翻譯成為電腦可以處理的二進位數字。編寫電腦程式的語言可以粗略分為高級語言和低級語言。

(a) 高級語言和低級語言

較接近人類語言的電腦程式語言稱為高級語言，每一項指令均會指示電腦進行多項處理工作。高級語言的例子包括有：BASIC、PASCAL、C 等。高級語言較易明白和編寫，但需要較長時間翻譯成為電腦可以處理的二進位數字，運作速度通常較慢。假如要提高速度，可以用編輯軟件預先將程式翻譯。較接近電腦的電腦程式語言稱為低級語言，它的運作速度較快，例如：機械碼、組合語言等。在電腦控制系統中，較常使用低級語言，以增加系統的運作速度。

圖 24 顯示一個用 BASIC 編寫的控制程式，它按照圖 22 中流程圖的程序來控制電熱器。

<u>BASIC 程式</u>	<u>說明</u>
100 T = 98	將目標溫度 98 °C 貯存在溫度變量 T 內。
110 GOSUB HEATER_ON	電熱器通電，然後將水加熱。利用子程式來控制通電步驟。
120 W = SENSOR	輸入溫度感應器所量度得到的水溫(SENSOR)，然後貯存在變量 W 內。
130 IF W > T THEN 120 ELSE 140	比較變量 W 和 T 所貯存的數值，然後決定路徑。
140 GOSUB HEATER_OFF	如果變量 W 的數值比變量 T 大，則關閉電熱器。利用子程式來控制關閉步驟。

圖24 BASIC 控制程式

(b) 機械碼

電腦的處理器使用二進位數字，不同的數字組合代表不同的簡單指令，統稱為機械碼。二進位數字由 1 和 0 組成，稱為字元(bit)。假如處理器可以同時處理由 8 個字元組成的指令，它的指令便可能是 1011 0111、1000 1101、0111 0010 等組合。

另一種表示機械碼的簡單方法是使用 16 進位數字。表 22 顯示 16 進位數字的符號。十六進制和二進制數字亦可以互相轉換：

$$B_{16} = 11_{10} = 8 + 0 + 2 + 1 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 1011_2$$

$$B3_{16} = 11 \times 16^1 + 3 \times 2^0 = 176 + 3 = 179_{10} = 1011 0011_2$$

$$FF_{16} = 15 \times 16^1 + 15 \times 2^0 = 240 + 15 = 255_{10} = 1111 1111_2$$

圖25

圖 25 亦顯示每一個 16 進位數字可以代表 4 個二進位數字的組合。所以，8 個字元組成的指令可以簡化為 2 個 16 進位數字的指令。例如：1011 0011 可以表示為 B3，1111 1111 可以表示為 FF。

10 進位數字	16 進位數字	2 進位數字
0	0	0000
1	1	0001
2	2	0010
3	3	0011
4	4	0100
5	5	0101
6	6	0110
7	7	0111
8	8	1000
9	9	1001
10	A	1010
11	B	1011
12	C	1100
13	D	1101
14	E	1110
15	F	1111

表 2 16 進位數字對照表

明顯地，使用 16 進位的機械碼來編寫程式會比較容易，但依然需要牢記每個碼代表的意義。此外，每種微處理器都有一組專用的機械碼，所以編寫機械碼程式必須參考該組機械碼表。

(c) 組合語言

由於機械碼較難明白，所以許多微處理器都有一種較接近人類語言的電腦程式語言，稱為組合語言(assembly language)。不同型號的微處理器可能有獨特的組合語言，但它們均使用簡單英文來代表不同的處理工作。例如：**LDA** 代表從電腦累加器中取出數值、**JSR** 代表跳到子程式等。每句指令通常由兩部分組成。第一部分代表處理工作，稱為操作碼，它指示電腦如何操作。跟著的部分是操作所需要的數據，稱為操作數或運算元。

利用各指令句來編寫程式後，便需要把整個程式組合為相應的 2 進制機械碼，然後再由電腦執行。組合過程可以用人手進行或使用特別的組合軟件(assembler)。

6 編寫程式的基本原理

在編寫程式時，應注意一些基本原理，以節省設計、編寫、偵錯等過程的時間。

(a) 採用有系統的方法

一名優秀的程式編寫員可以獨立地編寫良好的程式。不過，當程式變得越來越大和越複雜時，便往往需要一組程式編寫員來共同合作。所以，必須採用有系統的方法和標準化的工具來互相配合。

一種常用的系統方法是由上而下設計。首先，將大型程式分割為數個主要部分，稱為主要模組，然後可以用簡單的方塊圖來顯示各模組間的關係(圖 26a)。每一個主要模組再向下分割為較小的模組，亦可以繼續繪畫各模組的方塊圖(圖 26b)。向下分割較小模組的過程會不斷重覆，直至把最小的模組變為簡單和容易編寫流程圖的部分。

每一名程式編寫員就可以負責編寫部分模組的程式。這方法的優點是能夠顯示整個系統的藍圖，然後再按需要向下找到細節。此外，由於各部分的關係比較清楚，所以較容易偵錯和修改。

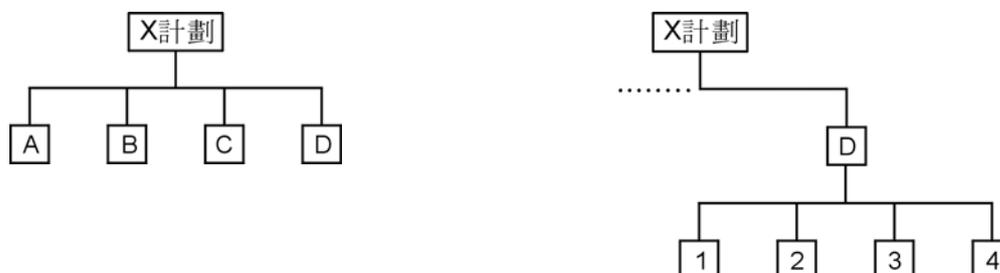


圖26 (a) 整個系統分為數個主要模組

(b) 主要模組再分為較小模組

(b) 宜使用有義意的名稱

在編寫程式時，不應為貪一時方便而經常使用無義意的模組或變量名稱，或使用簡單的英文字母作為名稱。這會令程式變得較難理解，假如稍後要修改程式便會較困難。所以，宜使用有義意的名稱，以聯繫有關的功能。例如，如果要用電腦控制熔爐的溫度(可譯為英文 *furnace temperature*)，我們可以用英文字 `FURNACE_TEMP` 來代表溫度。這會方便我們理解該整個程式的運作。

不過，一些程式未必容許自訂名稱，例如：組合語言等。但可以在程式內加入文字句子來解釋各碼的目的。雖然這會減慢編碼的速度，但它稍後會大大地提高偵錯的速度。

(c) 製作初始化模組

一個程式亦可以包括不同的模組(例如：子程式)，其中一個應該先行製作的模組是初始化模組。它的功用是清除電腦記憶體內任何原有的程式、重設輸入和輸出線、設定哪些線用來輸入和輸出。當這模組製作後，便可以貯存起來，稍後可以重覆使用。

(d) 決定輸入、輸出和處理模組

一個程式內通常會包括不同的輸入、輸出和處理模組。輸出模組負責將信號傳送到系統外的電路中，但並無資料回輸。當這模組執行完畢後，程式是會繼續運作的。

處理模組則需要最少一個輸入信號，並會回輸一個輸出信號。例如：在 2 進制-10 進制轉換模組內，一個輸入的 2 進制數字被處理，然後轉換為 10 進制數字，再將該 10 進制數字回輸到程式中。

輸入模組從系統外的電路中提取資料，並將這資料傳送到程式內。例如：在接口埠讀取信號或檢視某字元狀態的模組。

(e) 加入防錯設計

在編寫複雜的程式時，少不免會有錯誤，所以宜在不同部分加入防錯設計，以免阻礙程式運作。例如：程式需要按鍵盤上的“Y”或“N”鍵來決定下一步，應確保按其他鍵時不會有任何效果。這設計可以令程式變得更容易使用。

(f) 留意截止狀態

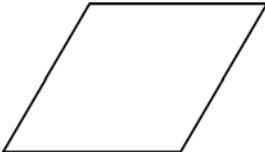
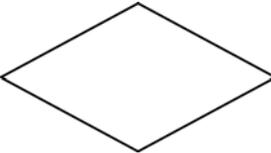
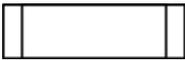
假如程式會在任何階段內截止，應確保輸出的值不會引致任何不良後果。否則，輸出所影響的設備會停留在最後狀態內，並繼續不停地運作。例如：當控制洗衣機運作的程式被截止時，它應該同時令洗衣機停止，否則該洗衣機便會繼續運作。

互動資訊

	網址	內容簡介	語言
1.	http://www.wes-tech.com/	介紹自動生產機械的網頁	英文

練習

1. 電腦控制的系統有何好處？
2. 類比轉換器在電腦控制系統中有何功用？
3. 依據體積和能力電腦是如何分類？
4. 電腦程式包括哪些字符？
5. 列出常用編寫電腦程式的語言？
6. 電腦控制系統雖然有不少優點，但也有它的限制。請寫出使用電腦控制系統(時的一些限制。)
7. 在編寫電腦控制程式時，可遵從哪些基本原理來編寫。
8. 填寫下列流程圖的符號或意義。

符號	意義
	
	
	
	

9. 學校因保安理由，考慮替電腦室安裝防盜系統。這套防盜保安系統包括大門磁力感應器(1)、窗框磁力感應器(2)及紅外線感應器(3)。當其中一個感應器產生作用時，警報器便發出鳴響。而系統必須安裝開關掣及重覆裝置。

因應上述的要求，設計一個電腦室防盜保安系統的控制程式流程圖。

