

源，且放出大量的熱。這一代的電腦除了上面提到過的ENIAC以外，還有英國製造的EDSAC，美國的EDVAC，Univac I...等。

第二代：從1956年美國軍方首次採用電晶體做為電腦的元件便步入了第二代，電晶體可減少能源的需求及熱量的發散，並且加快運算速度與精確度。此外電腦的記憶量並加擴大。這一代的典型有IBM 1620，IBM 1401，IBM 7094.....等。

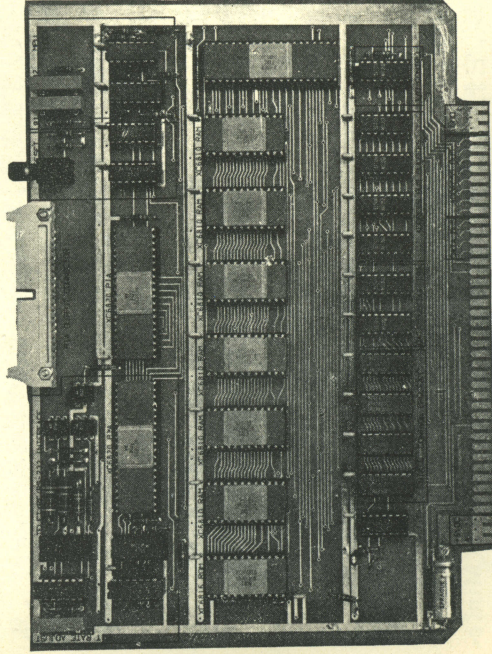
第三代：電子技術的進步終能將許多不同作用的電路元件同時做在一片半導體之上，這便是積體電路(Integrated circuit)的產生。1965年IBM首先推出第三代的電腦，由於電路的體積縮小，運算速度相對的也加快了，運算的可靠性更加提高，並可包括更多的記憶，IBM 360及IBM 1130即是這一代的代表。

(A)第四代的電腦與展望

1970年IBM推出370系列電腦，號稱堂堂進入第四代，不過很多人不認為如此，因為所謂的第四代不過是利用大型積體(Large Scale Integrated)，較普通的積體電路包含更多操作元件而已。倒是1971年出現的微處理器(Microprocessor)Intel 4004更有資格稱為第四代電腦，Intel 4004的突破不在於運算速度的加快，也不在於記憶容量的加大，而在於體積小而且價格便宜。

Intel 4004將一架電腦的C.P.U.(Central processing Unit)即運算，記憶與控制三個單位合併裝在一小片的積體電路之中，因此稱作Microprocessor，如果再加入適當的輸出輸入單位便構成了一架Microcomputer。一般估計在大量生產以後價格可以降低到台幣千元以下。Microprocessor出現的意義並不在於取代大型的電腦，它們的製造商也不希望購買者給它裝上一套高速並且高價的輸出輸入機器。而是在日常生活中許多機器都可以附加Microprocessor來造福人群。譬如：電視或電扇的定時開關，用途

Microprocessor



如何教電腦為醫學界服務

在本專欄的第一篇我們講到電腦在醫學上一些神奇的應用，第二篇我們講到電腦的由來與發展。在本篇文章我們將簡介如何應用電腦，並且我們還嘗試說明如何教導電腦服務醫學界。

許多人將電腦看作是一種有智慧，能思考的機器。但是，專家們更願意將電腦認為是一種能夠自動地快速處理資料(Automatic Data Processing)的工具。事實上也是這樣的，如果我們明瞭電腦實際操作的方式，將更能肯定這個概念。

如果有一個問題：“將一到一萬的每個數字的平方相加起來是多少？”當然我們不會用 $1^2 + 2^2 + \dots +$



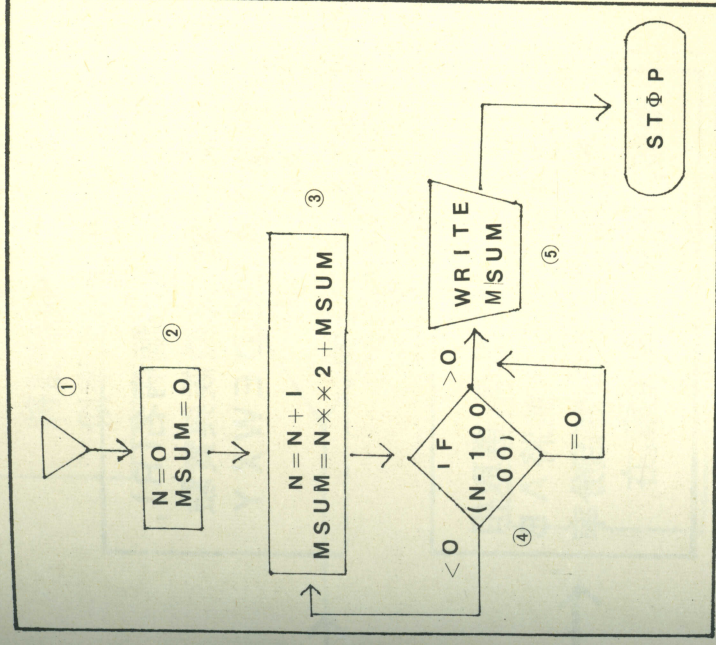
利用Microcomputer來處理家庭收支。

有限；如果改用Microprocessor，因為它有可計劃性(Programmable)。便可根據個人所好，在電扇的定時控制之外，加上在溫度變化時轉速的控制，或者沙發上有人才的轉動，無人則否。這些控制，當夏天過了以後還可將它的程式改變以便控制其他機器。當年小型馬達出現的時候，許多學者專家曾預測數年後每個家庭都將擁有幾個。確實，今日冰箱、電扇、洗衣機...中已使用小馬達。Microprocessor的出現將與小馬達的出現同出一轍；數年之後，每個家庭都能擁有幾個，使每個人直接承受到電子工程學進步的福祉！

Part III

如何教電腦為醫學界服務

10000² 一列長長的數學式，送入電腦，讓電腦來操作。因為許多小型電腦甚至無法容納下這麼多的數字，更遑論計算求解了。一位電腦的程式師接到了這份工作首先要將它化簡，分析出它的規則，並且計劃它在電腦裡運作的情形。這便是系統分析 (Systemic Analysis) 的工作。一般做這種工作時是把它畫出流程圖 (Flow Chart)。在上面這個問題，最可能的計劃如下。



在上面的圖中，最上方的三角形表示機器開始運算，在第二個長方形內，表示設定兩個數字 N 與 MSUM，它們的初值都是零。在第三步驟，我們將 N 加上 1。N = N + 1 這種表達法在電腦是許可的，N 代表電腦記憶中的一個位置，經這一步驟之後 N 內的數目就較原來大 1。到現在為止 $N = N + 1$ 即 $N = 0 + 1 = 1$ 。而 $MSUM = N * 2 + MSUM$ 這式中 $N * 2$ 代表 N 的 2 次方。MSUM = $N * 2 + MSUM = 1^2 + 0 = 1$ 經這一步驟 MSUM 由 0 變為 1。在第四個步驟菱形代表判斷，在這個圖形的函數是，若 $N - 10000 < 0$ 到第三步驟去。N - 10000 ≥ 0 到第五步驟去。到此為止 $N = 1$ 所以回第三步驟 $N = N + 1 = 1 + 1 = 2$ $MSUM = N * 2 + MSUM = 2^2 + 1 = 5$ 。

電腦就在 3、4 步驟反覆運算。比較，直到 $N - 10000 = 0$ ，即 MSUM 已累積了一萬個數字的平方和，便進行第五步驟，在打字機寫出答案。第六步驟，電腦自動停止。

系統分析的工作做好以後，下一個步驟便是編寫程式 (Programming)。當然電腦直接能懂的僅是機械語言，不過為了減輕負擔，一般使用的是程式語言 (Compiler Language) 這點在第二部份已大略提過。我們就以科

學界常用的 FORTRAN 作例子，將它的程式略述於後，由於每種廠牌的電腦不同，名家的 FORTRAN 也略有修改，下面的例子只是一個代表而已。

```

C      SAMPLE PROGRAM
      N = 0
      MSUM = 0
      10 N = N + 1
      MSUM = N * 2 + MSUM
      IF (N - 10000) 10, 20, 20
      20 WRITE (3, 30) MSUM
      30 FORMAT (I12)
      STOP
      END
  
```

在上面的程式只包含 10 行的敘述，在此將為它們略加解釋，使大家對程序能有一點初步認識，以引發興趣自行深造。基本上這篇程式與前面的流程圖完全一樣，只不過改為文字敘述而已。

第一行，最前面的 C 標明這一行是做註釋用，機器並不執行它，只向操作者說明這是一個例子。

第二，三行是流程圖中的②

第四，五行是流程圖中的③

第六行，IF (N - 10000) 後面有三個數字，10, 20, 20，分別標明若 $N - 10000 < 0$ 電腦回頭執行前面標有 10 的第四行。N - 10000 = 0 或 $N - 10000 > 0$ 執行標有 20 的第七行。

第七行，WRITE (3, 30) MSUM 說明用第三號輸出機寫出 MSUM，形式用標有 30 的敘述上所描述的。

第八行，說明第七行要寫出的是一個 12 位的自然數。

第九行，STOP 指示機器停止。第十行，END 告訴編譯者 (Compiler)，我們的 Fortran 程式已經告終。

為了整齊與精確並配合電腦的性能，程式必須要寫在特定的寫碼紙上 (Coding Sheet)，所有的文字用英文大寫字母，其中 O 並用 Φ 代表以與數字 0 區別。一個熟練的程式設計師 (Programmer) 為我們的例子作完系統分析與編寫程式僅要十來分鐘就可完成。再花上三、兩分鐘打成卡片，便可放進機器操作了。

首先，我們從資料室中找出 FORTRAN Compiler，是約有兩吋厚的一疊卡片構成。然後我們先將電腦記憶中所有內容清除，再將編譯者的卡片放在讀卡機的入口，最後加上我們所寫的十張卡片，然後按下開始鈕。讀卡機即搭搭搭的將卡片逐一讀完，電腦將全部的 FORTRAN 所需應用的規則，步驟都記入記憶單位。當電腦讀到我們所做的卡片便可將記憶中的一些規則，步驟，與我們所作的程式相配合。工作完畢，電腦自動打出一堆經編譯成機械語言的工作卡 (object deck)。

除了工作卡之外，我們還要拿出 FORTRAN prefix

與FORTRAN suffix 兩疊卡，包在工作卡的前後，這樣一套卡片才是真正可以工作的卡片。這疊混合卡片再裝入讀卡機，按下開始鈕，四五十秒內就讀入電腦，這時候電腦之中是真正儲存了我們解題用工作卡內容。裝填工作完成之後，電腦開始執行我們平方和的運算，這時間電腦停下二、三秒，開始以每秒數百萬個運算的速度處理數據。用手計算要好幾小時的工作，就在這二、三秒間完成，搭搭的從打字機打出結果來。用手計算實在無法與數百萬倍快的電腦相比量。以上是一般較小型計算機的操作，大型電腦更加方便快捷。

一般在電腦的應用上，我們分成兩大部門來討論，一個是硬體（Hardware），一個是軟體（Software）。硬體是指電腦的中央處理系統（CPU），及輸入裝置（I/O Devices）等機械結構。相反地軟體是指 Computer 或者程式等等與控制機械有關的設計。以電話的使用來說，電話機的結構是相等於電腦的硬體，如何撥號是屬於軟體。一個人要使用電話只要會撥號即可，一個人要使用電腦也只需要懂得電腦的軟體——編譯程式及程式設計……等即可，對機器的結構，有一點粗淺的概念即可應付自如。至於要享受電腦所造的福澤，只需要懂得按鈕即可，因為實際上電腦的軟體與硬體一樣可以向專門的供應機構購買。在未來的醫學界，一個醫生並不需要接受長期的訓練才能使用電腦，因為軟體的發展使程式的撰寫越來越簡單，不變的只是如何做問題的探討與著手方法。因此，在電腦的使用上，系統分析的能力愈趨重要而程式撰寫的技巧的重要性將減輕到最小。事實證明，一個對某一問題真正有了解的業餘程式師所作出的程式往往比專業的程式設計師所寫的程式更加簡潔，精鍊正確。在本文的後半，將討論到應用電腦服務醫學的某些系統分析上的問題。

首先，我們談到醫學上比較實用而且至今仍在發展中的電腦輔助診斷（Computer Aided Diagnosis）。

在基本上來說，CAD 有兩種主要的著手方法。第一種方法是利用磁帶將所有病症的詳細症狀與表徵記錄下來，然後利用電腦將醫師由病人身體上觀察所得的症狀與磁帶中的各個病症相比較，得到相符合的病症，然後按照相合程度的百分比一一排列出來，我們就姑且叫它搜尋法。第二種方法是推演法，這適合症狀較少，病症較確定的小科目，它是將全部病人的可能主訴分成幾大範疇，然後依照各範疇更加細分下去，直到有足夠的證據來診斷一個病，這兩種方法各有利弊，我們就在下面詳細討論。

以搜尋法來說，這個方法適合於廣大病症的尋找，而且這種系統的修改與擴充非常簡單，它的方法是將每一個病的病名連帶全部可能發生的症狀以及實驗檢查數據，甚至治療計劃以每一個病症為單位任意的存放在磁帶中。一般的程序如下：

讀入醫師診察所得之徵候
與實驗數據，有 ABCD
EFGH。



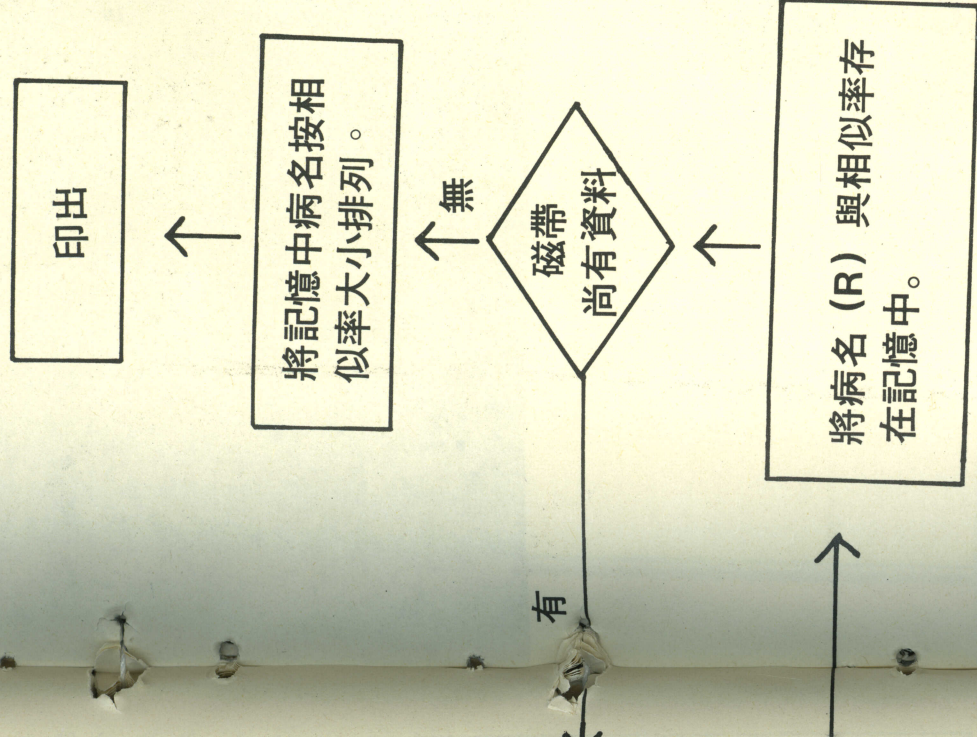
從磁帶讀入一個病名(R)，
該病可發生之徵候與實驗
數據有 ABCDEWXY
ZT。



在C.P.U.比較兩者，選取相
同之ABCDE，並將AB
CDE對(R)之發生百分率
相加，總和二相似率。

這個程式本身並不複雜，但它對於疾病診斷的準確程度却取決於人為因素！首先，醫師為病人作理學檢查和病徵的觀察結果必須是準確的，同時 History Taking 更佔了非常重要的地位。因為許多疾病都有它們的自然病程，在不同的時期有相異的徵候，醫師當然不能只將病人來求診當時觀察所得告訴電腦，以「請教」儲存於記憶磁帶裡的資料，必須同時加入 History Taking 時所得的記錄一併送入，以期電腦能送出更可靠的參考資料。現在舉個例子以幫助讀者的瞭解：一個病人主訴疲倦無力已經二個星期，醫師理學檢查發現病人肝臟稍腫大，右上腹部有輕微壓痛，無其他特殊徵候；實驗數據顯示肝機能稍不正常。假若醫師僅將上述資料輸入電腦；或者醫師經由 History Taking 更詳細地獲知此病人在二星期前曾有黃疸的現象，在黃疸之前一個月曾有類似感冒的徵候和食慾不振的情形，則加上這些資料一併輸入電腦，兩者所得結果必然大不相同！

其次，用於記憶於磁帶裡的輸入資料本身的準確性完全是人為的！我們知道了疾病本身有自然病程，在不同病程裡有不同的徵候；同時某些徵候在A種疾病是主要的發現在B種疾病時，同樣的那些徵候却是次要的，可有可無的。再者，實驗室數據的分類、分級方法也是一大學問！



的 Fever，以便在臨床資料輸入後，電腦能精密地加以挑選。此病的實驗室數據也歸入次要徵候內，CRP 和 ESR 的上升程度大約只須分為正常或不正常即可。

至於推演法之所以適用於較小的範圍，因為其資料範圍較小，但仍須正確的資料輸入，然後從最原始的資料輸入比較，讓其自動歸類，現舉例如下：我們把腹部分為左右 Lumbar area, Iliac area, Hypochondriac area 和中央 Epigastric, Periumbilical 和 Hypogastric area 等區，我們已輸入各部分疼痛時可能發生之病變資料；當我們遇到一個急性腹痛的例子，則馬上將其腹痛部位告訴電腦，配合其他理學檢查結果，電腦能馬上告訴我們可能出毛病的所在，引導醫師作進一步的檢查，以作最迅速的處置。這個方法因資料少，作業迅速，但程式的擬定較麻煩。

總之，資料的整理仍有待醫學家們的努力，以時間和集體的作業，獲取統計資料，以將更多的疾病和其徵候發生的相關係數研究出來，（此係數須配合自然病程），以大量輸入正確的資料，作為高明的大夫在遇到疑難雜症時，能請教於“電腦”來提供可靠性的診斷參考，以立刻進行適宜的治療步驟。醫學資料庫的建立，將是電腦用於輔助醫療作業的最理想目標！

結語

一五年前，一個醫學生在他的學校裡所學得的醫學知識足夠他一生執業所用。但是百年之間醫學變了，醫學的傳統也變了，整個世界都加速向前進。借用一個核子時代的名詞“半衰期”來說，1960 年代醫學知識的半衰期只有十年，但是到了 1970 年代僅剩下五年。假如我們能夠完全了解並年記學校裡所教導的課程的話，五年後只剩下半有用，十年後只剩四分之一，二十年後只有十六分之一，更何況這種半衰期正在日漸縮短中。英國有一句古老的諺語：“學問是唯一無法被剝奪的財富”到今日還是對的。沒有人能剝奪你的學問，只是學問本身成幾何級數地漸漸消失。一個人從踏入醫界開始，他就命定要不斷的進修與研究，努力充實自己來維護“醫師”這個頭銜所賦予的責任與尊嚴。

隨著醫學進步，許多疾病的早期治療成為可能，以致人的壽命延長了，醫師的工作也就更加繁重。發展電腦的目的並不在取代醫師，而是減輕醫師的負擔。很多醫療過程中反覆而刻板的手續，只有技術人員和電腦互相配合方可以完美地處理。廣泛的應用電腦，醫師就有更多的時間來面對急切需要治療與照顧的病人，並且電腦輔助診斷疾病的可能性日漸理想，可作為醫師診斷的有力參考。電腦——登陸火星的主要功臣，也必然是未來世界中最重要醫療輔助工具。本專欄為您作了概略的介紹，或許您將對她感到興趣，追上去吧！！

假若輸入的資料不能依照病程的先後排列徵候，又無法有詳細的統計資料來訂定每一徵候對該疾病的相關係數或發生百分率；則醫師的觀察結果再準確也無法獲得正確的參考資料！舉例來說，在風濕熱（Rheumatic Fever）的病程裡，有五個主要徵候和五個次要的徵候，這些徵候可為診斷的標準，稱為 Jones's criteria，在「曾有鏈球菌感染」的前提下，只要有二個主要徵候，或者一個主要徵候和兩個次要徵候出現在一個病人身上，就可以認為他患了此病。

然而把上述資料輸入電腦儲存之前，該如何處理才能使電腦跟得上一個高明醫師的診斷呢？首先，五個主要徵候和五個次要徵候的相關係數必然有等級之不同，不能“一視同仁”地輸入儲藏，否則醫師理學檢查輸入的資料也許有三個次要徵候即可得到電腦的“Over Diagnosis”。當然，大前提下的“曾有鏈球菌感染”所佔的比重更大於主要徵候，方可構成“充分”和“必要”條件同時存在。

其次，無論是主要徵候抑或次要徵候，每個徵候必要作詳細的分類：譬如主要的徵候 Chorea 該細分為 Chorea minor 而非 Chorea major；次要徵候的 Fever 幸而在此疾病沒有固定的型式，否則就須標出其究竟屬於那一類型