

電腦輔助設計及製造 (CAD/CAM)

陳至剛 編著



電腦輔助設計及製造 (CAD/CAM)

陳至剛 編著

儒林圖書公司 印行

序

在拙作「電腦工程應用」一書問世以來，由於受到諸位讀者及好友們的愛護及鼓勵，於是敝人再接再勵的完成了這本「電腦輔助設計及製造」。

本書中除了對於電腦輔助設計及電腦模擬有詳盡的介紹與舉例，更附上了實用而又好學的模擬語言——GPSS。此外，由於APPLE II電腦正是當前時代的寵兒，所以我們陸續介紹了APPLE II操作及儲存程式於磁帶的保護法，微處理機與CP/M，APPLE II繪圖的原理與應用以及各型電腦之電腦輔助設計及製造等等，使讀者們能使用APPLE II電腦來做一些電腦輔助設計及繪圖的實用例題。

最後，對於電腦的應用，例如電腦的訂單處理系統，工業用機器人，電腦輔助測試(CAT)，如何正確的選擇套裝軟體程式等也均有詳盡的說明。並且對於未來資訊工業的發展方向也提供了一些小小的建議。

本書經作者再三的校對，錯誤已減到最少。不過由於敝人才疏學淺，疏漏之處在所難免，尚祈各位學者專家及讀者們不吝指正，使本書的內容能更加的充實，謝謝諸位。

— 陳 至 剛 —

中華民國72年8月於

淡江大學電子計算機科學系

作者簡介：

姓名：陳至剛

籍貫：南京市

學歷：國立成功大學工學士

美國 Stevens Institute of Technology 材料工程碩士附

論文（專長：電腦工程應用）

經歷：雷德工業有限公司工程師

工業技術研究院工業材料研究所資訊組副研究員

現任教於淡江大學電子計算機科學系。

所參加之協會有：

- (1) American Society for Metals.
- (2) The Metallurgical Society of AIME.
- (3) 中華民國電腦學會。
- (4) 中華民國粉末冶金學會。

目 錄

第 1 章 電腦輔助設計與電腦模擬

1-1	導 論	1-1
1-2	進一步的探討電腦模擬	1-5
1-3	蒙地卡羅法及其應用	1-6
1-4	巴鋒針問題	1-12
1-5	隨機數產生器	1-17
1-6	利用電腦模擬做面積的計算與桌球比賽的計算	1-23
1-7	用電腦來模擬擲骰子遊戲	1-26
1-8	利用電腦模擬電場及聖誕樹	1-31
1-9	自動設定比例及座標標度的電腦繪圖	1-37
1-10	排隊系統的模擬	1-48
1-11	CAD系統與CYBER 205的誕生	1-64
1-12	電腦繪圖與影像處理	1-76
1-13	電腦輔助設計及製造的效益分析	1-80
1-14	無人駕駛自動搬運車的介紹	1-83
1-15	電腦輔助設計及製造的系統應用	1-84

第 2 章 APPLE II 的操作及儲存程式於磁帶的保護法

2-1	如何操作APPLE II	2-1
2-2	系統的標示	2-3
2-3	APPLE II 的鍵盤	2-5
2-4	磁帶機與磁帶	2-10
2-5	磁碟機及磁碟操作系統	2-13

2-6	程式的儲存與執行	2-23
2-7	APPLE II 上錯誤的顯示	2-29
2-8	APPLE II 上儲存程式於磁帶的保護法	2-34

第3章 微處理機與 CP/M

3-1	微處理機簡介	3-1
3-2	微處理機元件技術的發展	3-6
3-3	微處理機的定義及分類	3-10
3-4	微處理機的支援性元件與記憶元件	3-14
3-5	微處理機設計產品之優點	3-17
3-6	微處理機的應用及其市場的需求	3-19
3-7	CP/M 概論	3-24
3-8	CP/M 的系統程式	3-27
3-9	CP/M 的主記憶體結構	3-30
3-10	CP/M 的磁碟機與磁碟片	3-32
3-11	CP/M 之檔案	
3-12	CP/M 載入主記憶體 (Booting) 及新的 CP/M 系統之建立	3-40
3-13	有關 CP/M 的一些測驗問題	3-42
3-14	TEK 8560 多人使用微處理機發展系統的特性	3-46

第4章 微電腦 APPLE II 繪圖的原理與應用

4-1	APPLE II 繪圖的基本原理	4-1
4-2	如何分配及應用 APPLE II 的記憶體	4-5
4-3	一些基本模式的介紹	4-8
4-4	如何以 APPLE II 繪彩色的圖	4-14
4-5	APPLE II 解析能力的討論	4-19

4-6	軟體開關的討論	4-21
4-7	微電腦繪圖的輔助工具	4-26
4-8	電腦繪圖在解析幾何上的應用	4-38

第5章 各型電腦之電腦輔助設計及製造

5-1	微電腦上之 CAD/ CAM	5-1
5-2	三角殺棋的電腦解法	5-21
5-3	電腦在企業上的應用——財務模擬	5-37
5-4	模具設計及製造的電腦化	5-46
5-5	以電腦圖形處理系統做電路設計	5-75

第6章 實用而又好學的電腦模擬語言—GPSS

6-1	GPSS 的基本介紹	6-1
6-2	GPSS 語言之指述的介紹	6-5
6-3	以 GPSS 語言模擬機器修護的問題	6-16
6-4	無條件轉移型 TRANSFER 方塊的說明及 其在 GPSS 上的應用實例	6-20
6-5	GPSS 程式的修改	6-25
6-6	STORAGE 容量定義卡與 Enter 及 Leave 指述	6-28
6-7	Reset 及 Start	6-38
6-8	隨機轉移型 Transfer 方塊其在生產線上的應用	6-42
6-9	Both 型 TRANSFER 方塊及其應用	6-48

第7章 電腦的應用及其未來發展的方向

7-1	人造智慧最具體的表現——工業用機器人	7-1
7-2	人造智慧其他方面的應用	7-12
7-3	整體資訊系統之積體電路生產系統介紹	7-15

7-4	邏輯模擬.....	7-23
7-5	電路模擬.....	7-28
7-6	電腦在商業上的應用.....	7-38
7-7	記憶帳戶程式中使用檔案的討論.....	7-51
7-8	電腦技術在未來發展的方向.....	7-58
7-9	電腦輔助測試 (CAT)	
7-10	電腦化的訂單處理系統.....	7-81
7-11	如何正確的推行資料處理.....	7-85
7-12	如何正確的選擇套裝軟體程式.....	7-88

參考資料	1
------------	---

第 1 章

電腦輔助設計與電腦模擬

(Computer Aided Design and Computer Simulation)

1-1 導 論 (Introduction)

所謂電腦輔助設計，簡稱 C. A. D.。是指利用電腦做為輔助設計的工具，其常用項目如下列所示：

- (1) 電子工程，包括 IC、PC 板設計
- (2) 建築及營建
- (3) 機械模具設計
- (4) 航空及太空科學
- (5) 船舶設計
- (6) 地圖及卡通漫畫之繪製
- (7) 熱力學、破壞分析及表面科學之研究

(一) C. A. D. 有下列的優點

- (1) 提高生產力

- (2) 可處理人力無法處理的事
- (3) 可縮短產品開發時間，減少模型製做之花費
- (4) 提高設計品質之精確度
- (5) 容易處理各類文件

(二) CAD 的設計過程

電腦輔助設計之設計過程本應與圖 1-1.1 相同，不過由於使用工具不同，以圖 1-1.2 所示說明。利用電腦做設計製圖，然後再以模擬程式(Simulation Program)去加以分析，若不滿意，則再修改原設計圖，再分析，直到滿意為止，因此 CAD 的最主要功能在於電腦繪圖及電腦模擬分析兩種。

所謂電腦繪圖乃是利用電腦做為繪圖的工具。將所設計的圖形依實物尺寸比例的大小，把資料輸入電腦。(同時也將各項資料，如材料、零件編號、特性、供應商等一起載於檔案中，可節省處理及保存的工作。)當設計完成後，即將其特性建立成數學模式 (Mathematic Model)，即可做為模擬程式分析的資料，以便預測該設計的正確性。

將圖 1-1.1 與圖 1-1.2 加以比較，發現似乎利用 CAD 技術的流程較為複雜，但其開發速度卻較快。傳統的開發過程中，每有修改，必需做成一原型機能測試。複雜且精密的產品，其製作是既費時間又費金錢的。重複次數太多，開發成本愈高。用電腦修改設計並重新做模擬分析的速度很快。因此重複次數雖多，花費還是較前者所述者為少。當然最後還是要做成原型。由於模擬分析可預測到很準確的程度，其原型製作次數當可減少。

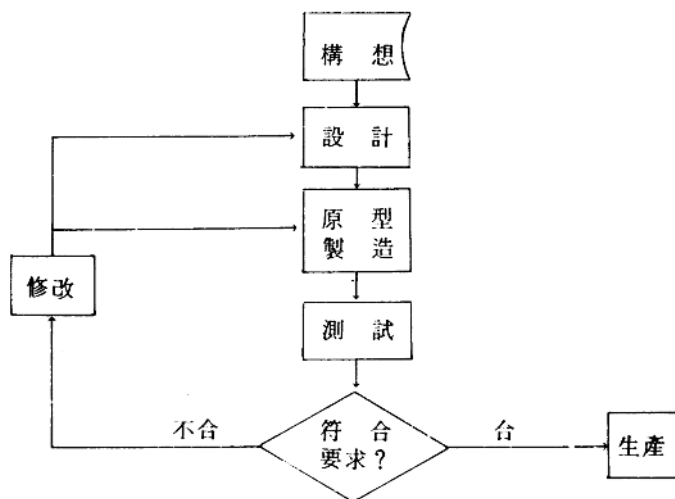


圖 1-1.1

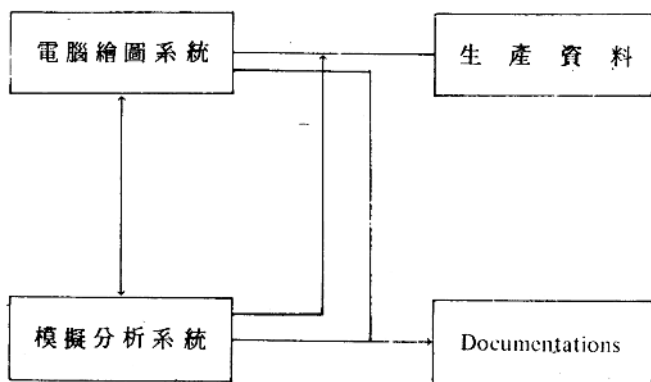


圖 1-1.2

(三) CAD 與 CAM

電腦的普遍化使得它也被大量地應用於製造的控制方面，即所謂的電腦輔助製造 (Computer-Aided Manufacturing 或 CAM)，也就是生產自動化。在能源短缺及工資高漲的時代，生產自動化是不可避免的。

傳統的設計方式所產生的製造資料 (Manufacturing Data) 必須由人工的轉換纔能輸入輔助製造的電腦。這種轉換工作通常很費時，易發生錯誤。愈是精密複雜的資料愈是不容易用人工來做轉換。用電腦輔助設計技術所產生的資料必為電腦資料的形式，如將它直接輸入製造用的電腦，則可得到迅速及正確的結果。因此 CAD 與 CAM 的結合將可達到事半功倍的效果。

(四) 現在將電腦繪圖與電腦模擬之意義及功用分述如下：

(1) 電腦繪圖

乃是利用電腦做為繪圖的工具，將所設計的圖形依實物尺寸比例大小，把輸入電腦變成了圖後即可一目了然，尤其在螢光幕上做機械動作的模擬更是��杼杼如生。目前產生圖形方式在 CRT 上是利用電子掃描線，在 Pen Plotter 上則控制筆的上下移動。

(2) Computer Simulation 電腦模擬

工程師根據以前的工作經驗及自然的定律，將其設計建立成數學模型 (Mathematic Model) 後存放入電腦中。然後在此 Model 上施以不同的刺激（如輸入各種資料）以觀察其反應，若結果不是當初所預料的，即可立刻修改

設計再加以分析，這即是 Computer Simulation。雖然 Simulation 之結果並非百分之百正確，但極接近於目標規格。自然其正確性與建立數學模式時所提供之有關，資料越多，預測之結果越準。否則即生出無意義之結果了。

本章中是以電腦模擬為主要之討論專題，這也是敝人專長所在，並且將附上一些最近所發表之論文（已譯成中文）以供讀者們參考。下節開始即將對電腦模擬有進一步的探討，並逐步的導入主題，精采之處。會使您有拍案叫絕甚至於廢寢忘食之感。現在，就讓我們大家一塊兒來靜靜的欣賞吧！

1-2 進一步的探討電腦模擬

所謂模擬(Simulation)，乃是讓電腦來模仿實際系統之工作。因為電腦之運算速度快，故可令其反複模擬多次而得一些有價值，能代表此實際系統特性的數值，並且一般而言，這些數值是無法利用數學來求得解析解 (Analytical Solution) 的。並且我們還可控制或變動某些有影響系統特性的因素而得到此實際系統在不同情況下的系統特性數值。這乃是模擬最大的功用所在。

一般而言，模擬語言皆提供使用者一組設計模式的觀念以描述被模擬的系統，並且提供一個程式系統以將描述改變成電腦使用的程式。所以使用者可以不必很費功夫在程式之製作與設計上。現有之模擬語言常見者有，ECAP, 1130/CSMP, 360/CSMP, 360/GPSS, SIMSCRIPT 等。另外 FORTRAN 及 BASIC 亦可做模擬用，不過在程式之設計上較麻煩。而 ECAP(Electronic Circuits Analysis Program) 是一種用在模擬電路電子方面之語言。

目前在工程方面，電腦模擬成爲一個重要的工具，它可用於冶金、材料、力學、非破壞及電路等等許多工程上的問題。並且可以化繁爲簡，不但減少人力計算的時間，並且它的精確度也可以大大的提高，一個精確的工程之模擬通常都設想具有一個最理想的狀況並且被認爲是一個或數個過程之控制的基礎。

如今，電腦更是常常用來做爲實驗的指南或者配合著實驗與其相輔相成，不但可以節省許多不必要的步驟與時間並大大的提高了實驗的準確度。不過，要模擬一個未知過程，通常要有良好的數值分析基礎，並且一個好的模擬程式必須精確，有效且易於使用。至於程式的技巧問題唯有經常不斷的練習並且最好能常常實際的上機操作終端機才可有長足的進步，這即是所謂“工欲善其事，必先利其器”，有了良好的程式設計基礎與清楚的邏輯概念，那麼利用電腦來做爲協助設計與計算的工具即如“反掌折枝”一般的容易了。

1-3 蒙地卡羅法及其應用 (Monte Carlo Method and it's Application)

在學習電腦模擬之前，首先要對蒙地卡羅法有明確的了解才行。本方法乃是利用數位電子計算機（俗稱電腦）其精確，快速的特點，以解決工程上及科學上一些繁雜無法以公式分析及實驗的複雜問題。本方法主要可用來預測連續發生事件的機率，以及其所產生之最後結果的問題，它的解法可以用下列來說明：

< 例 > 求 $f(x) = L \cdot \sin x$ 及 $f(x) = 0$ 所包含之斜線面積，其中 $L = 0.876$ （可見附圖 1-3.1）

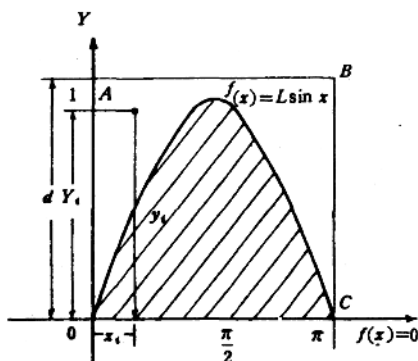


圖 1-3.1 由 $f(x) = 0$ 及 $f(x) = L \cdot \sin x$ 所包含之曲線面積

<解析> 欲利用蒙地卡羅法解此問題，首先可將上圖 ABCD 四邊形區域視為射擊區；若現在我們用標槍任意射向此區域，其擊中陰影部份面積之機率是 P_a 時，則

$$P_a = \frac{\text{擊中陰影部份之總標槍數}}{\text{射出之總標槍數}} \quad (1-3.1)$$

由 (1-3.1) 式顯然可知機率的大小與斜線面積的大小有關，若擊中斜線區域之機率小，則表示此斜線區域（即陰影部份）之面積小，故知斜線面積之求法為：

$$\text{斜線面積} = P_a \cdot x \quad (1-3.2)$$

$x = \text{ABCD 四邊形區域的面積}$

是否擊中斜線區域可以用下面不等式表之：

$$\text{若 } Y_i > y_i \quad \text{則未擊中} \quad (1-3.3(a))$$

若 $Y_i \leq y_i$ 則表擊中 (1-3.3(b))

其中： Y_i 表示擊中點之 y 座標值， $0 \leq Y_i \leq d$

y_i 表示擊中點之 x 座標所對應圖形上一點之 y 座標值
則使用蒙地卡羅法來計算斜線區域之面積，可依下面步驟完成：

- (A) 以任意之 x_i 及 Y_i 表示擊中點之橫座標與縱座標
($0 \leq x_i \leq \pi$ ， $0 \leq Y_i \leq d$)
- (B) 將 Y_i 值與 x_i 所對應圖形上一點 y_i 座標的值比較一下，
若符合 (1-3.3(b)) 式，則記下擊中。
- (C) 利用 (1-3.1) 式計算擊中機率值 P_a 。
- (D) 重複(A)(B)(C)步驟 N 次 (N 是所取之極大正整數)。

爲了使第一步驟開始能重複 N 次計算，我們必須能夠輸入大量之隨機數 (Random Numbers) 才可，此種隨機數之產生會在 1-5 節中討論，但一般電腦內，若干個介於 0 與 1 之浮點隨機數，副程式均已設計出，在應用時只要稍加修正即可獲得，我們所希望之區間隨機數，比如現在我們需要介於 (0, π) 或 (0, d) 區間之隨機數，則可由下面計算轉換之，若令 RANDU (IX, IY, U) 表示介於 0 與 1 之間的隨機數副計劃則：

$$\begin{aligned} Z &: \text{RANDU} (IX, IY, U) & 0 \leq Z \leq 1 \\ X &: \text{RANDU} (IX, IY, U) * \pi & 0 \leq X \leq \pi \\ Y &: \text{RANDU} (IX, IY, U) * d & 0 \leq Y \leq d \end{aligned}$$

下面之程式計劃是利用隨機數副程式來計算 (1-3.1) 式之斜線面積，其結果是依照上面所提之 4 個步驟推得，首先吾人將正弦曲線定義於一長爲 π ，及任意高 $d = 1.123$ 之長方形 A, B, C, D 區域內，由表 (1-3.1) 中，我們知道 $N = 100$ ，概率

0.51，即表示將100枝標槍射擊出，擊中斜線面積51枝，故其斜線面積之初估計值為 $1.123\pi \times 0.51 = 1.7992$ ，此與斜線之真正面積1.752誤差很多，但由表(1-3.1)可知當N值繼續加大時面積值呈波動性增減，而在N相當大時，將會逐漸收斂於1.752之值，此種特性可由圖(1-3.2)看出。

現在請看本題之程式計劃內容：

```

000001 C      MAIN PROGRAM IS WRITTEN BY CHI-KANG CHEN
000002 C      PROBLEM TO FIND THE AREA UNDER SINE CURVE
000003 C      WITH RANDU SUBROUTIN
000004 C      IX=INITIAL RANDOM NUMBER, XL=COEFFICIENT OF SIN(X)
000005      READ(5,5) IX,WL,D
000006      5  FORMAT(I10,2F10.5)
000007      WRITE(6,10) IX,XL,D
000008      10  FORMAT(/ 6X,'IX=',I10,5X,'XL=',F10.6,5X,'D=',F10.6)
000009      WRITE(6,15)
000010      15  FORMAT(/ 6X,'N',15X,'PROBABILITY',15,'AREA' /)
000011      BIT=0.
000012      N=0
000013      PI=3.14159265
000014      TA=PI*D
000015      DO 20 K=1,100
000016      DO 35 I=1,100
000017 C
000018 C      FOLLOWING 6 STATEMENTS TO FIGURE OUT THE ABSCISSA
000019 C      AND ORDINATE OF THE POINT THAT DART HITS
000020 C
000021      CALL RANDU(IX,IY,U)
000022      IX=IY
000023      Y=U*D
000024      CALL RANDU(IX,IY,U)
000025      IX=IY
000026      Z=XL*SIN(U*PI)
000027      IF (Y-Z) 30,35,35
000028      HIT=HIT+1
000029      35  CONTINUE
000030 C
000031 C      FOLLOWING 6 STATEMENTS FOR FINDING THE PROBABILITY
000032 C      AND THE AREA AFTER EVERY SHOTS
000033 C

```