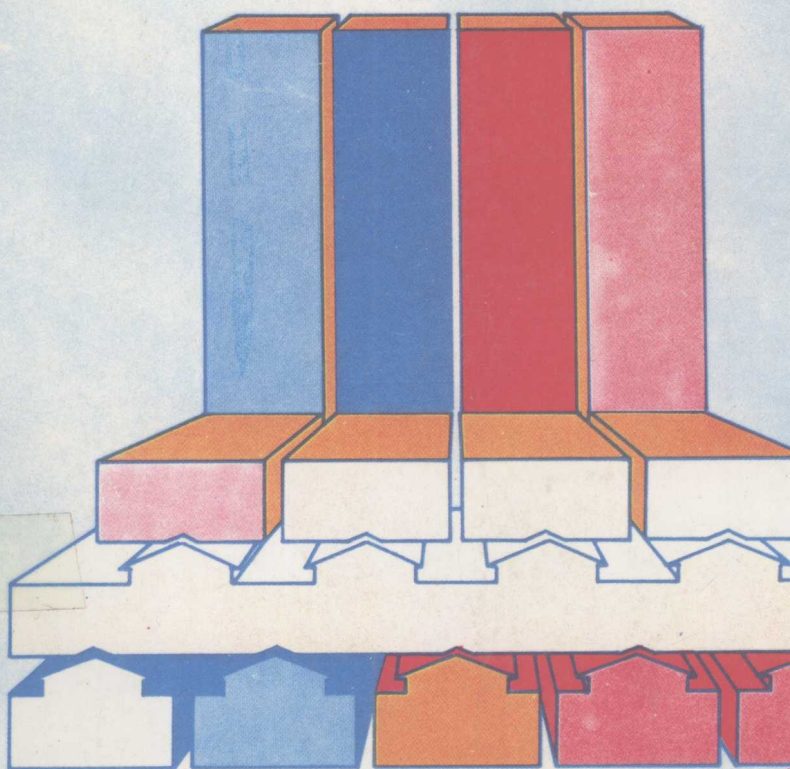


結構化
FORTRAN
程式設計

結構化

FORTAN

程式設計 游淑鳳 編著



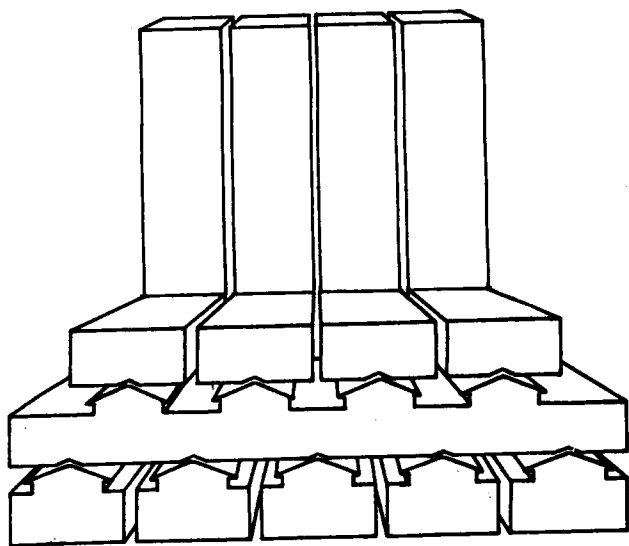
游淑鳳 編著

TP312F0

儒林

結構化 FORTRAN

程式設計 游淑鳳 編著



儒林圖書公司 印行

結構化 FORTRAN 程式設計

編譯者：游 淑 鳳

出版者：儒林圖書公司

九龍花園街976號十八樓

印刷者：新來印刷公司

香港柴灣工業大廈九樓

定價港幣

新\$ 200.00

前 言

本書是以美國國家標準局所製訂的 ANSI FORTRAN 77 為基礎並依作者多年的教學及工作經驗，寫成“結構化 FORTRAN 程式設計”。本書以淺顯的文字，並輔以例子循序說明 FORTRAN 程式的設計規則。本書適合用來當做 FORTRAN 語言課程的教科本，或自修用亦可。若對 FORTRAN 程式語言已有初步認識，熟讀此書亦可增進對 FORTRAN 程式設計之技巧。本書共分十章。

第一章為電子計算機基本概念的介紹，如果沒有學過基本電腦概念（BCC），可先熟讀此章，此章介紹電腦的演進、數字系統，電腦硬體結構、輸入／輸出設備等重要的電腦基本概念。

第二章為 FORTRAN 語言概述，介紹 FORTRAN 語言、敘述、變數、常數、列陣等。

第三章介紹式子和指定敘述，包括算術、邏輯、文字式子及算術、邏輯及文字指定敘述。第四章介紹簡易的輸入、輸出及控制敘述。熟讀此四章後，即可設計簡單的程式。

第五章介紹輸入／輸出及格式敘述。除了傳統的 I, F, E 等格式碼外，本章並介紹 Q, S, SP, SS, BN, BZ 等格式碼。第六章介紹列陣及控制敘述。塊狀 IF 也在此章介紹。塊狀 IF 使得 FORTRAN 的程式設計趨向結構化。第八章介紹子程式及與子程式有關的 COMMON, EXTERNAL, INTERNAL 等敘述及其應用。第九章為檔案處理，介紹檔案的特性及檔案的 I/O，第十章為程式設計技巧，介紹如何偵錯及如何設計較好的程式。

本書除了介紹如何設計一個結構化 FORTRAN 程式外，也花很多章節介紹字元處理，字元處理使得 FORTRAN 語言更具彈性。檔案處理對初學者不是很重要，但若真正從事實際工作，檔案處理就變得很重要，第九章的檔案處理期望對初學者或對 FORTRAN 語言已入門的人士，能提供進一步的幫助。亦期望第十章的程式設計技巧，能幫助讀者迅速偵錯，並設計一個好的程式。

本書的例子雖儘量要求適合一般系統，但有些例子仍以 VAX~780 系統為主。且在 VAX~780 系統上實際運轉過。本書雖力校多次，仍不免有疏漏之處，期望讀、先進不吝指正。

目 錄

第一章 電子計算機基本概念

1-1 電子計算機的特性及其結構	1
1-2 數字系統	2
1-3 指令與語言	8
1-4 軟體與韌體 (Firmware)	9
1-5 計算機主要輸入 / 輸出媒介	10
1-6 電子計算機的演進	15
1-7 結論	16

第二章 FORTRAN 語言概述

2-1 FORTRAN 語言	19
2-2 敘述	23
2-3 常數	26
2-4 變數	31
2-5 列陣	32

第三章 式子和指定敘述

3-1 式子和指定敘述 (Expression & Assignment Statement)	37
3-2 算術運算式和算術指定敘述 (Arithmetic Assignment Statement) ..	37

3-3	文字式子和文字指定敘述 (Character Assignment Statement).....	41
3-4	關係式子與關係指定敘述 (Relational Assignment Statement).....	43
3-5	邏輯式子及邏輯指定敘述 (Logical Assignment Statment)	44

第四章 簡易輸入及輸出控制敘述

4-1	串列直接輸入 / 輸出 (List Directed Input/Output)	55
4-1-1	輸入 / 輸出串列 (I/O List)	55
4-1-2	串列直接輸入 (List Directed Input)	56
4-1-3	串列直接輸出 (List Directed Output)	59
4-2	GO TO 敘述	61
4-2-1	無條件 GO TO 敘述	62
4-2-2	計值 GO TO 敘述	62
4-2-3	ASSIGN 敘述和指定 GO TO 敘述	64
4-3	流程圖	65
4-4	IF 敘述	70
4-4-1	邏輯 IF 敘述	70
4-4-2	算術 IF 敘述	71
4-5	累加、計數和旗幟 (Accumulation , Counting & Flag)	72
4-6	CONTINUE 敘述	76

第五章 輸入 / 輸出及格式敘述

5-1	控制串列	81
5-1-1	邏輯單元說明	82
5-1-2	格式說明 (Format Specifier)	84
5-1-3	輸入 / 輸出狀態說明 (Input/Output Status Specifier)	85
5-1-4	轉換控制說明 (Transfer of Control Specifier)	85
5-2	內隱 DO 串列 (Implied DO List)	87

第六章 列陣與控制敘述

6-1	列陣	125
6-1-1	列陣說明 (Array Declarator)	127
6-2	DIMENSION 敘述	128
6-3	型態宣告敘述 (TYPE Declaration Statement)	129
6-3-1	數值型態宣告敘述	130
6-3-2	文字型態宣告敘述	130
6-4	列陣之儲存空間	131
6-5	IMPLICIT 敘述	136
6-6	DATA 敘述	137
6-7	塊狀 IF 敘述 (Block If Statement)	139
6-8	PAUSE, STOP, END 等敘述	150
6-8-1	PAUSE 敘述	150
6-8-2	STOP 敘述	151
6-8-3	END 敘述	151

第七章 DO迴圈及其應用

7-1	DO 迴圈	157
7-2	巢型 DO 迴圈	162
7-3	DO WHILE 和 DO UNTIL 敘述	164
7-4	DO 迴圈及列陣的應用	167

第八章 子程式

8-1	子程式	185
-----	-----------	-----

5-3	格式敘述 (FORMAT Statement)	89
5-3-1	欄位說明	90
5-4	數值格式碼	91
5-4-1	I 格式	92
5-4-2	O 格式	95
5-4-3	Z 格式	96
5-4-4	F 格式	97
5-4-5	E 格式	98
5-4-6	D 格式	100
5-4-7	G 格式	101
5-5	邏輯格式	101
5-6	文字格式	103
5-6-1	A 格式	103
5-6-2	Q 格式	104
5-7	編排、文字常數、何氏常數格式碼	105
5-7-1	H 格式	106
5-7-2	X 格式	107
5-7-3	T 格式	108
5-7-4	S, SP, SS 格式	109
5-7-5	BN, BZ 格式	110
5-7-6	: 格式碼	111
5-7-7	/ 格式	111
5-7-8	比例因素 (Scale Factor)	114
5-8	格式的重複及格式的重複使用	116
5-9	字元串列格式 (Character String Format)	118
5-10	TYPE 和 ACCEPT	119
5-11	列表機控制	119
5-12	複數的輸入與輸出	121

8-1-1	常規子程式	185
8-1-2	函數子程式	187
8-1-3	子程式的特性	189
8-2	引數對應關係	191
8-2-1	列陣引數	193
8-2-2	可變列陣 (Adjustable Array)	194
8-2-3	假想長度列陣	196
8-3	敘述函數 (Statement Function)	198
8-4	共同資料區 (COMMON AREA)	200
8-4-1	空白共同資料區	202
8-4-2	具名共同資料區	204
8-5	等值敘述 (EQUIVALENCE Statement)	206
8-6	PARAMETER 敘述	210
8-7	BLOCK DATA 子程式	212
8-8	不同返迴點及多重進入點	213
8-8-1	不同返迴點 (Alternative Return Point)	213
8-8-2	多重進入點 (Multiple Entry Point)	214
8-9	EXTERNAL 敘述及內函數	216
8-9-1	EXTERNAL 敘述	216
8-9-2	內函數 (Intrinsic Function)	218
8-9-3	文字內函數	221
8-10	SAVE 敘述	223
8-11	敘述的次序	224

第九章 檔案處理

9-1	檔案結構	231
9-1-1	資料錄存取方式 (Record Access Mode)	233
9-2	OPEN 敘述	236

9-3	CLOSE 敘述	242
9-4	檔案的輸入與輸出 (File I/O)	243
9-4-1	直接存取 READ/WRITE 敘述 (Direc-Access READ/ WRITE Statement)	243
9-4-2	索引 READ/WRITE 敘述 (Index READ/WRITE Statement) ..	244
9-4-3	REWRITE 敘述	246
9-5	INQUIRE 敘述	248
9-6	DELETE, BACKSPACE, REWIND 及 END FILE 等敘述	251
9-6-1	DELETE 敘述	251
9-6-2	REWIND 敘述	252
9-6-3	DACKSPACE 敘述	253
9-6-4	ENDFILE 敘述	253
9-6-5	UNLOCK 敘述	253
9-7	ENCODE, DECODE 及內檔	254
9-7-1	ENCODE 及 DECODE 敘述	254
9-7-2	內檔 (Internal File)	255
9-8	DEFINE FILE 及 FIND 敘述	257
9-8-1	DEFINE FILE 敘述	257
9-8-2	FIND 敘述	259

第十章 程式設計技巧

10-1	設計程式的步驟	263
10-2	結構化程式設計	265
10-3	偵錯 (Debug)	267
10-4	最佳化程式	270

附錄一 內函數

第一章 電子計算機基本概念

1-1 電子計算機的特性及其結構

電子計算機 (Computer) 又稱電腦，它具有快速而精確的計算能力，並有類似人類記憶的記憶體可儲存大量的資料。它可應用在薪資計算、庫存管理、化學分析、土木結構的計算，圖形辯別 (Pattern Recognition)、文件管理 (Word Processing)、辦公室自動化 (Office Automation)、作業研究 (Operation Research)、資料統計分析、氣象報告等。電腦依其儲存能力，計算速度而有迷你電腦、中型電腦、大型電腦之分。像 HP1000 為迷你電腦，IBM360 為大型電腦。

硬體

一部完整的電腦由硬體 (Hardware) 和軟體 (Software) 組合而成。軟體將於 1-4 介紹。電腦硬體由輸入單元 (Input Unit)、輸出單元 (Output Unit)、記憶體 (Memory)、控制單元 (Control Unit)、運算單元 (Arithmetic Unit) 組成。運算單元與控制單元合稱為中央處理單元 (Central Processing Unit, CPU)。

圖 1-1 為電腦硬體結構圖。

- A. 記憶單元：用來儲存資料、指令及處理過程中所得之暫時及最終之結果。記憶體又分主記憶體 (Main Memory) 及輔助記憶體 (Auxiliary Memory) 兩種。主記憶體由磁蕊 (Core) 做成，成本較高，但存取 (Access) 速度較快。磁碟 (Disk)、磁帶 (Magnetic Tape) 為輔助記憶體，成本較低，但資料存取為機械動作，故速度較慢。
- B. 中央處理單元：執行算術及邏輯運算，並控制計算機之動作。
- C. 輸入單元：輸入資料的設備。輸入設備有讀卡機、磁碟機、終端機 (Terminal)

)、磁帶機。輸入媒介有卡片、磁帶、鍵盤 (Keyboard)、磁碟等。

- D. 輸出單元：輸出資料的設備。輸出設備有讀卡機、磁帶機、磁碟機、終端機、列表機等。輸出媒介有卡片、磁帶、陰極射線管顯示器 (CRT Display)、報表紙等。

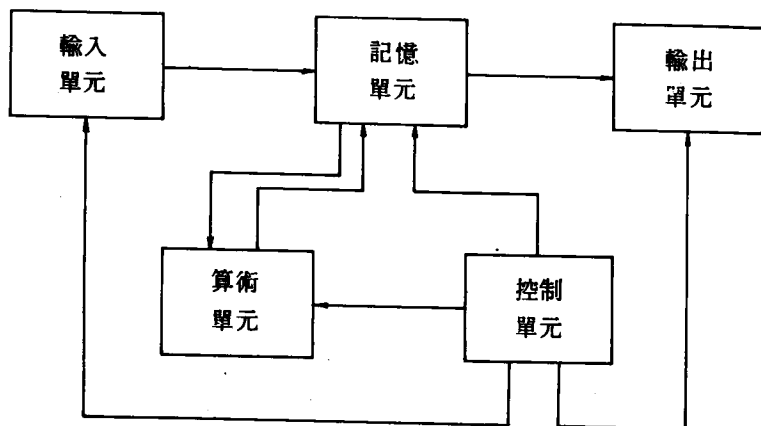


圖 1-1 電腦硬體結構圖

要處理的資料經由輸入設備輸入電腦，儲存於記憶單元中，經中央處理機處理運算後將結果存於記憶體內，直至控制單元得到輸出指示後，即將記憶體內的資料從輸出設備輸出。因輸入輸出為機械動作，故輸入輸出較 CPU 處理費時。

Bit 又稱數元是二進位數字 (Binary Digit) 的縮寫，電腦最小的儲存單位，所儲存的值只有 0 與 1 兩種。數元組 (Byte) 由 8 個數元組成。字 (Word) 是電腦資料處理之單位由 2 個數元組或 4 個數元組或 10 個數元組組成，視機型而定。如 HP1000 一個字佔 2 個數元組，VAX780 一個字佔 4 個數元組。主記憶體的容量由 16KB (Bytes) 到 256MB 不等 ($K = 1024$, $M = 1024 \times 1024$) 。

1-2 數字系統

N 進位系統係以 N 為底所構成的數字系統，逢 N 進一位，故每個數字每個位元之數值均不大於 N。常用的數字系統有二進位系統 (Binary System)、八進位系統

(Octal System)、十進位系統 (Decimal System) 及十六進位系統 (Hexidecimal System)。在十六進位系統中，以 A、B、C、D、E、F 分別代表十進位的 10、11、12、13、14、15，故十六進位之數字由 0~9 及 A~F 之符號組合而成。對任一個 N 進位之數字，其通式如 1-1，數字下標所標示之 N 表示其基底

$$(X_{m-1}X_{m-2} \cdots X_1X_0 \cdot X_{-1}X_{-2} \cdots X_{-n})_N \quad (0 \leq \lambda_i < N) \quad (1-1)$$

例：(1010.01)₂，(767)₈，(789)₁₀，(ABC)₁₆ 等均為有效之數字。

例：(123)₂，(G11)₁₆，(867)₈ 等均為錯誤的數字。

表 1-1 為常用數字系統組成符號表

數字系統	組 成 符 號
二進位	0 ~ 1
八進位	0 ~ 7
十進位	0 ~ 9
十六進位	0 ~ 9 及 A ~ F

表 1-1 常用數字系統組成符號表

數字系統之轉換

(A) 其它數字系統轉換成十進位系統

對任一 N 進位之數字，可依下法將其變成十進位之數字。

$$\begin{aligned} & (X_{m-1}X_{m-2} \cdots X_1X_0 \cdot X_{-1}X_{-2} \cdots X_{-k})_N \\ &= (X_{m-1} \cdot N^{m-1} + X_{m-2} \cdot N^{m-2} + \cdots + X_0 \cdot N^0 + X_{-1} \cdot N^{-1} + X_{-2} \cdot N^{-2} \\ & \quad \cdots + X_{-k} \cdot N^{-k})_{10} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{例：} (1010.01)_2 &= (1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^{-1} + 1 \cdot 2^{-2})_{10} \\ &= (10.25)_{10} \end{aligned}$$

$$\text{例：} (767)_8 = (7 \cdot 8^2 + 6 \cdot 8^1 + 7 \cdot 8^0)_{10} = (448 + 48 + 7)_{10} = (503)_{10}$$

$$\text{例：} (1A9)_{16} = (1 \cdot 16^2 + 10 \cdot 16^1 + 9 \cdot 16^0)_{10} = (256 + 160 + 9)_{10} = (425)_{10}$$

4 結構化 FORTRAN 語言程式設計

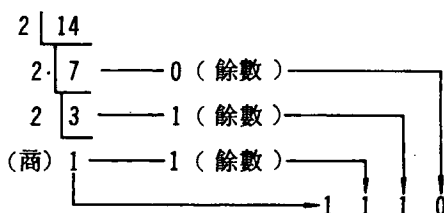
(B) 十進位系統轉換成其它數字系統

此動作爲(A)動作之相反。

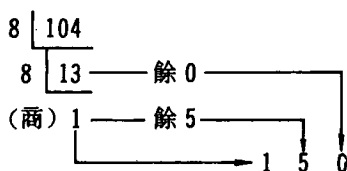
(1) 整數部分

連續以 N 除 10 進位之數字，所得餘數小於 N ，重複此動作直至商小於 N 爲止，商及餘數即組成 N 進位之整數部分。

例 1 : $(14)_{10} = (1110)_2$



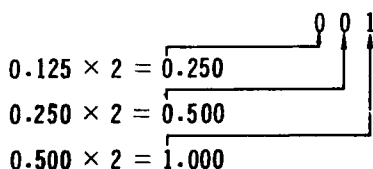
例 2 : $(104)_{10} = (150)_8$



(2) 小數部分

連續以 N 乘十進位數字的小數部分，直至小數部分全爲零爲止。所有整數部分即組成 N 進位對應之小數部分。

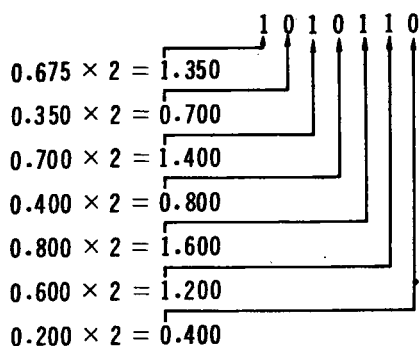
例 1 : $(0.125)_{10} = (0.001)_2$



例 2 : $(0.125)_{10} = (0.1)_8$

$$0.125 \times 8 = 1.000$$

例 3 : $(0.675)_{10} = (0.1010110)_{2} = (0.10101100110 \dots)_{2}$



.400 重覆出現，表示將有二進位循環小數 0110，由例 3 可知 $(0.625)_{10}$ 無法用有限的二進位數字表示出來。因電腦儲存資料的位元有限，故某些十進位的數值，與電腦內部儲存之值不見得完全相等。

例 4： $(14.125)_{10} = (1110.001)_2 = (16.1)_8 = (E.2)_{16}$

(C) 二進位、八進位、十六進位數字系統之轉換

電腦內的資料均是以電磁信號傳遞、儲存、控制和處理。這些信號通常以 0 或 1 來表示脈衝的有無，磁傷正反方向和開關 (Gate) 的通斷。電腦只識得 0 與 1 組成的資料，故電腦內數字及資料用二進位系統表示。二進位系統，對人類而言，讀寫都相當不方便。將二進位系統之數字，整數部分由右至左，小數部分由左至右，以三個位元為一組就可變成八進位系統的數字，以四個位元為一組就可變成十六進位系統的數字。反之十六進位或八進位之數字要變成二進位系統的數字，只需將每個位元的數值變成對應的二進位數值即可。八進位與十六進位系統間之轉換，可將其變成二進位系統之值，再做轉換。表 1-2，表 1-3 分別為二進位與八進位，二進位與十六進位數值之對應關係。

十進位	0	1	2	3	4	5	6	7
二進位	000	001	002	003	004	005	006	007
八進位	0	1	2	3	4	5	6	7

表 1-2 二進位、八進位、十進位數值對應表

十進位	0	1	2	3	4	5	6	7
二進位	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111
十六進位	0	1	2	3	4	5	6	7

十進位	8	9	10	11	12	13	14	15
二進位	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
十六進位	8	9	A	B	C	D	E	F

表 1-3 二進位、十進位、十六進位數值對應表

例 4 : $(1010111)_2 = (127)_{10}$

例 5 : $(1010111)_2 = (57)_{16}$

例 6 : $(1010.111)_2 = (12.7)_{10}$

例 7 : $(1010.11101)_2 = (1010.111010)_2 = (12.72)_{10}$

例 8 : $(62.4)_{10} = (110010.100)_2 = (110010.1000)_2 = (32.8)_{16}$

例 9 : $(567)_{10} = (101110111)_2 = (101110111)_2 = (177)_{16}$

二進位系統運算

電腦使用二進位系統表示資料，其運算有加減乘除四種。多數電腦爲了簡化電路設計，用加法取代其它運算。減法用補數的加法完成，乘法用連續加法完成，除法用連續減法完成。

(A) 二進位加法與乘法

例 1 : $(101)_2 + (111)_2 = (1100)_2$

$$\begin{array}{r}
 111 \text{ —— 進位} \\
 101 \\
 + 111 \\
 \hline
 1100
 \end{array}$$

例 2 : $(101)_2 \times (111)_2 = (100011)_2$

$$\begin{array}{r}
 101 \\
 \times 111 \\
 \hline
 101 \\
 101 \\
 + 101 \\
 \hline
 100011
 \end{array}$$

(B)補數

對 N 進位數字系統 $(A)_N$

$$(A)_N = (X_{m-1}X_{m-2} \cdots X_0 . X_{-1}X_{-2} \cdots X_{-k})_N$$

若 $(A)_N + (B)_N = (N^m)_N$ ，則 B 稱為 A 的 N 的補數 (N 's Complement)。若 $(A)_N + (C)_N = (N^{n-1}N^{n-2} \cdots N^{-1}N^{-2} \cdots N^{-k})_N$ ，則 C 稱為 A 的 $N-1$ 的補數 ($(N-1)$'s Complement)。

$$(C)_N = (N^{n-1}N^{n-2} \cdots N^0 . N^{-1}N^{-2} \cdots N^{-k})_N - (A)_N$$

即 A 中每位數字以 N 減之，即可獲得 $N-1$ 的補數。 $N-1$ 的補數加 1，即可獲得 N 的補數，即 $(C)_N + 1 = (B)_N$ 。例 1： $(23)_{10}$ 之 10 的補數為 $(77)_{10}$

$$99 - 23 = 76 \cdots \cdots 9 \text{ 的補數}$$

$$76 + 1 = 77 \cdots \cdots 10 \text{ 的補數}$$

例 2： $(1011)_2$ 的補數為 $(101)_2$

$$(1111)_2 - (1011)_2 = (0100)_2 \cdots \cdots 1 \text{ 的補數}$$

$$(0100)_2 + 1 = (0101)_2 \cdots \cdots 2 \text{ 的補數}$$

二進位數字 1 的補數，求法相當簡單，只需將二進位數字的每一位數，將其值由 1 變 0，由 0 變 1 即可。1 的補數加 1 即可求得 2 的補數。在 N 進位系統中，若 $X + Y = 0$ ，則 $Y = -X$ ， Y 稱為 X 的負值。在電腦系統中，任何二進位數字與其 2 的補數相加，將最高進位去掉，其結果為 0，故電腦 2 用的補數，表示負值。例 $(100$