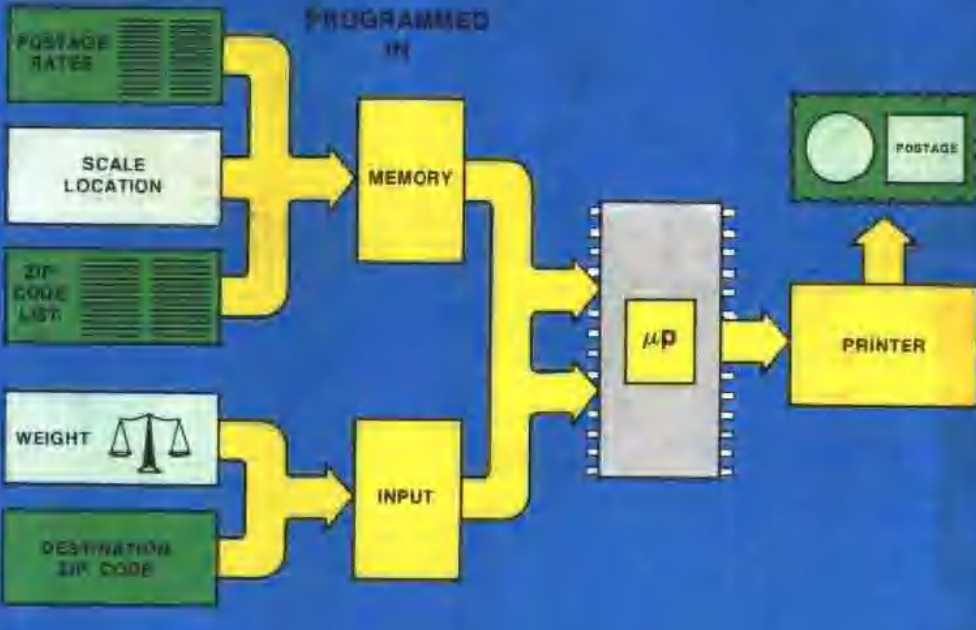
微電腦基本原理

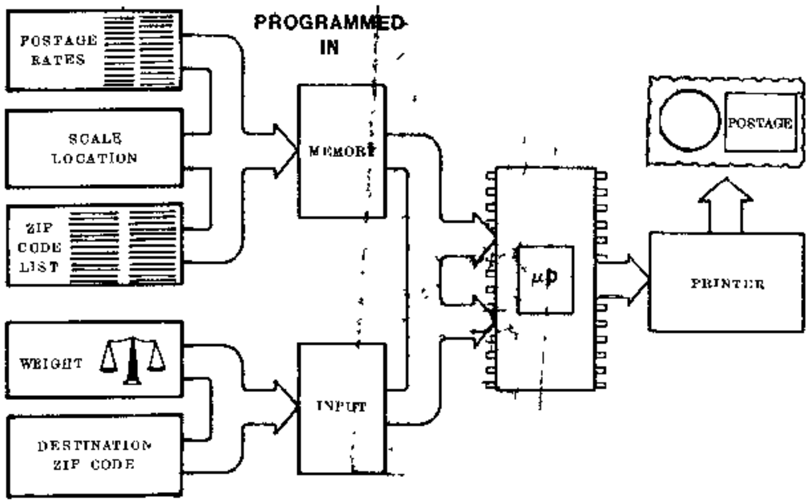
藍英杰　編著



全華科技圖書公司印行

微電腦基本原理

藍英杰　編著



全華科技圖書公司印行

微電腦基本原理

藍英杰　編著

出版者　全華科技圖書股份有限公司
台北市龍江路76巷20-2號
電話　581 1300・564-1819
581 1362・581 1347
郵撥帳號　1 0 0 8 3 6
發行人　陳　本　源
印刷者　欣瑜彩色印刷廠
定　價　新臺幣 **110** 元
再　版　中華民國71年12月

序言

自從全世界第一塊微處理機基片（Microprocessor chip）在1971年問世以來，短短的幾年之間，微處理機的發展與應用就像旋風巨浪般震撼了整個世界，微處理機的發展可降低整個系統的成本，減少設計及發展所需的時間，並可迅速佔有市場。爲此，曾有人對何謂微處理機下了一個很富哲學意味的定義：「微處理機——可能與不可能之間的橋樑」。以前我們認爲不可思議或者是不能做到的，如今由於微處理機的出現，將使它成爲可能。

所謂微電腦系統就是以微處理機爲中心所發展而成的一種電腦系統，事實上，單單微處理機基片本身就像人腦一樣，雖然人腦可以做各種的思維判斷及運算、控制等，但是人腦如果沒有手脚、眼睛、耳朵、鼻子等各種感官的配合，則實際上它不能成爲一個完整的機構。一樣的道理，微處理機如果沒有輸入輸出週邊裝置及記憶元件等與之配合，則它如何獲取外界的資訊指令，又如何可以將處理之後的一些資訊儲存起來或傳送出去，凡此種種，乃說明了微處理機雖然是一個很重要的元件，但它並不能構成

一完整的系統，當我們將微處理機配上記憶元件及輸入輸出週邊裝置時，即形成一微電腦結構，利用軟體的控制，我們可以要求它爲我們做忠實的服務。

本書極適合做爲高工電子科微電腦的教本，全書共分六章，分別將組成微電腦系統的基本要件加以詳細的說明。最後並說明微電腦的一些應用例，事實上微電腦的應用範圍相當之廣泛，使用之妙，存乎一心，端賴大家的智慧與努力。

最後要藉此謝謝好友何文鄉兄、林聚梓兄二位的幫忙，同時更要謝謝內人王月卿女士，事實上如果沒有她的鼓勵與協助，本書將無法順利呈現在各位的眼前。全華圖書公司陳本源兄對本書的編排與校閱提供不少寶貴之意見，也在此一併致謝。

藍 英 杰　謹 識

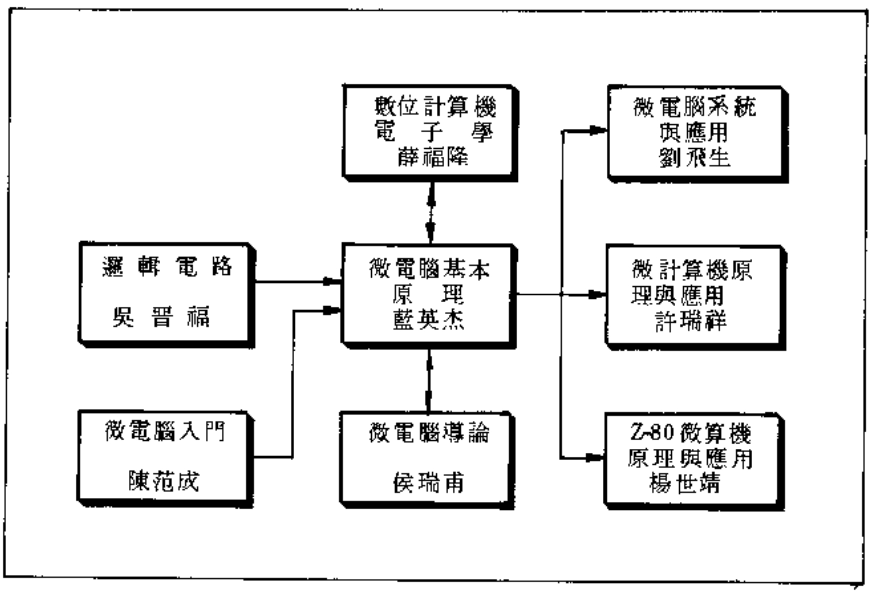
中華民國 70 年 6 月于桃園

編輯部序

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所將提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，且循序漸進。

現在，我們將這本「微電腦基本原理」呈獻給您，使您能正確了解微電腦的基本原理。微電腦是近年來發展最快的電子產品，其相關的應用更有使工業產品電腦化的趨勢。本書配合高工學生的需要，針對此一趨勢，詳細說明微電腦的基本原理。本書由基礎的邏輯觀念開始，然後討論到CPU及其週邊裝置，以最少的篇幅詳細說明微電腦的基本原理，是初學者研習微電腦的最佳入門書。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習有關微電腦系列叢書，我們將全華公司一整套微電腦叢書按深淺順序以流程圖方式列之於後，只要您按照順序詳加研讀；除可減少您摸索時間外，更可使您具備微電腦方面完整的知識，希望您能善加利用。有關以下各書內容如您需要更進一步資料時，歡迎來函聯繫，我們將可給您滿意的答覆。



數位計算機
電 子 學
薛福隆
邏 輯 電 路
吳 晉 福
微電腦基本
原 理
藍英杰
微電腦入門
陳范成
微電腦導論
侯瑞甫
微電腦系統
與應用
劉飛生
微計算機原
理與應用
許瑞祥
Z-80微算機
原理與應用
楊世靖

目 錄

第一章 數目系統及數字碼

第二章 微電腦基本結構及記憶元件

第三章 中央處理機

第四章　軟　體

第五章　微電腦輸入輸出

第六章　微處理機的應用

1

數目系統及數字碼

1-1 前　言

在邏輯電路這一門課程裏，各位同學已經學過了各種不同的數目系統及數字碼（Number Systems and Codes），而這些數目系統及數字碼在我們談到微處理機（Microprocessor）及微電腦（Microcomputer）基本原理及應用時將會經常用到，因此在本書第一章裏，我們將就各種數目系統及數字碼再做一次扼要的複習，以作為同學們學習以後各章節事前的準備，如果各位對本章所述各節已有了深刻的瞭解與認識，則可略去而直接由第二章讀起。

1-2　常用的數目系統及其互換

大家已知道，除了在日常生活中我們使用最廣泛的十進制數目系統（Decimal number System）外，我們還可以有其他各種不同的數目系統，而這其中尤以二進制數目系統（Binary number System）、八進制數目系統（Octal number System）以及十六進制數目系統（Hexadecimal number System）被使用的更為廣泛，現在就讓我們先溫習一下這幾種常用的數目系統以及其互換。

一、十進制數目系統：

十進制數目系統以十爲底，對於任意一個數目而言，我們可以利用0,1,2,3,4,5,6,7,8,9等十個不同的數字（digits）以及每個數字所在相關位置的不同來加以表示，例如684.19即爲

$$(6\times10^{2})+(8\times10^{1})+(4\times10^{0})+(1\times10^{-1})+(9\times10^{-2})$$

的一種簡明表示法。其中愈靠左邊的數字（digit）對整個數目的影響愈大，而愈靠右邊的數字則對整個數目的影響愈小，通常最左邊的一位數字我們稱之爲MSD（Most Significant Digit）而最右邊的一位數字則稱之爲LSD（Least Significant Digit）。

二、二進制數目系統：

二進制數目系統以2爲底，對於任意一個數目而言，我們只能使用兩個不同的二進制數字（Binary digit簡寫爲Bit，一般稱之爲位元）0和1來表示，例如110101即爲

$$(1\times2^{5})+(1\times2^{4})+(0\times2^{3})+(1\times2^{2})+(0\times2^{1})+(1\times2^{0})$$

的一種簡明表示法，其中最左邊的一個位元（Bit）對整個數目大小的影響最大，一般稱之爲MSB（Most Significant Bit）最右邊的一個位元對整個數目大小的影響最小，一般稱之爲LSB（Least Significant Bit）。

三、二進制與十進制數目系統的互換

1. 二進制數目系統換十進制數目系統：

例1：
$$\begin{aligned}1101_2 &= (1\times2^{3})+(1\times2^{2})+(0\times2^{1})+(1\times2^{0})\\ &= 8+4+0+1\\ &= 13_{10}\end{aligned}$$

例2：101101.11_2

$= (1\times2^5)+(0\times2^4)+(1\times2^3)+(1\times2^2)+(0\times2^1)$

$+(1\times2^0)+(1\times2^{-1})+(1\times2^{-2})$

$= 32+0+8+4+0+1+0.5+0.25$

$= 45.75_{10}$

由以上兩個例子，我們可以看出二進制數目系統換十進制數目系統的一些法則如下：

"利用二進制小數點將二進制分成整數部份與小數部份（小數點左邊爲整數部份，小數點右邊爲小數部份），小數點左邊的第一位是 2^0 冪次，左邊的第二位是 2^1 冪次，左邊的第 n + 1 位是 2^n 冪次，至於小數點右邊的第一位則代表 2^{-1} 冪次，右邊的第二位代表 2^{-2} 冪次，右邊的第n位代表 2^{-n} 冪次，當欲將一個二進制數目系統換成十進制數目系統時，我們只要將二進制數目中所有爲 1 的位元的冪次相加，卽可得到我們所要的十進制數目系統。"

2　十進制數目系統換二進制數目系統：

例1：將十進制 25 換成等值之二進制

解：$25\div2=12$　　餘數　1←LSB

$12\div2=6$　　餘數　0

$6\div2=3$　　餘數　0

$3\div2=1$　　餘數　1

$1\div2=0$　　餘數　1←MSB

$\therefore 25_{10}=11001_2$

例2：將十進制 0.90625 轉換成等值之二進制

解：$0.90625\times2=1.8125=0.8125+$溢位 1←MSB

$0.8125\times2=1.625=0.625+$溢位 1

$0.625\times2=1.25=0.25+$溢位 1

$0.25\times2=0.5+$溢位 0

$0.5\times2=1.0=0.0+$溢位 1←LSB

$\therefore 0.90625_{10}=0.11101_2$

由以上兩個例子我們可以看出十進制數目系統轉換成二進制數目系統的一些法則如下：

“將十進制先分成整數部份和小數部分，然後將整數部份除以 2 以得商數並記下其餘數，然後再將商數除以 2 以得另一商數並記下其餘數。連續重覆此一步驟一直到商數為 0 並記下其餘數時為止。最後將餘數由最後一個往前收集（注意餘數係往反方向收集亦即第一個餘數係 LSB ，而最後一個餘數為MSB 。）其次將小數部份乘以 2 並記下其積及溢位，然後再將所得積的小數部份乘以 2 並記下另一積及溢位，連續重覆此一步驟一直到積的小數部份為 0 並記下其溢位為止，最後將溢位由第一個獲得者往下收集，即可得到十進制分數部份的二進制等效數值，最後再將整數部份與小數部份所轉換的結果合併起來即可得到所需的答案。”

今再舉一例說明如下：

$14.375_{10} = 14_{10} + 0.375_{10}$

$14 \div 2 = 7$　　餘數 0←LSB

$7 \div 2 = 3$　　餘數 1

$3 \div 2 = 1$　　餘數 1

$1 \div 2 = 0$　　餘數 1←MSB

$\therefore 14_{10} = 1110_2$

$0.375 \times 2 = 0.75 = 0.75 +$ 溢位 0←MSB

$0.75 \times 2 = 1.5 = 0.5 +$ 溢位 1

$0.5 \times 2 = 1.0 = 0 +$ 溢位 1←LSB

$\therefore 0.375_{10} = 0.011_2$

$\therefore 14.375_{10} = 1110.011_2$

四、八進制數目系統

八進制數目系統以 8 為底，對於任意一個數目而言，我們可以利用 0，1，2，3，4，5，6，7 等八個不同的數字來表示（注意：在八進制數目系統裏沒有 8 及 9 這二個數字），例如 372.01_8 即為

$$(3\times8^{2})+(7\times8^{1})+(2\times8^{0})+(0\times8^{-1})+(1\times8^{-2})$$

的一種簡明表示法，而且如同在十進制數目系統中我們所得到過的，最左邊的一位數字一般我們稱之爲MSD，而最右邊的一位數字則稱之爲LSD。

在上例中，因爲 $8^{2}=64_{10}$，$8^{1}=8_{10}$，$8^{0}=1_{10}$，$8^{-1}=0.125_{10}$

$$8^{-2}=\frac{1}{64}=0.015625_{10}$$

$$\begin{aligned}
\therefore\ & 372.01_{8}\\
&=(3\times8^{2})-(7\times8^{1})+(2\times8^{0})+(0\times8^{-1})+(1\times8^{-2})\\
&=(3\times64)+(7\times8)+(2\times1)+(0\times0.125)+(1\times\\
&\quad 0.015625)\\
&=192+56+2+0+0.015625\\
&=250.015625_{10}
\end{aligned}$$

上面的步驟很清楚的說明了八進制數目系統轉換成十進制數目系統的法則。

五、十進制與八進制數目系統的互換

關於八進制數目系統如何轉換爲十進制數目系統，在前面的例子中我們已經介紹過，現在再讓我們來看一下如何將十進制數目系統轉換爲八進制數目系統：

例 1：試將 194_{10} 轉換成等值之八進制數目系統

解：

$194\div8=24$	餘數	$2\leftarrow$ LSD
$24\div8=3$	餘數	0
$3\div8=0$	餘數	$3\leftarrow$ MSD

$\therefore 194_{10}=302_{8}$

例 2：試將 0.46875_{10} 轉換成等值之八進制數目系統

解：$0.46875\times8=3.75=0.75+$溢位 $3\leftarrow$ MSD

$0.75\times8=6.0=0.0+$溢位 $6\leftarrow$ LSD

$\therefore 0.46875_{10}=0.36_{8}$

從例1中我們可以看出如何將整數之十進制數目系統轉換成八進制之數目系統的一些法則，而這個法則和前述將十進制數目系統轉換成二進制數目系統的法則非常類似（所不同的是十進制數目系統轉換為八進制數目系統時係將十進制數目除以8而非除以2。），在此不再贅述。

又從例2中我們也可以看出如何將小數之十進制數目系統轉換成等值八進制數目系統的一些法則，而這個法則與前述將小數之十進制數目系統轉換成等值二進制數目系統的法則非常類似（所不同的是十進制數目系統轉換為八進制數目系統時係將十進制數目乘以8而非乘以2）。

例3：試將 124.78125_{10} 轉換成等值之八進制數目系統

解：$124.78125_{10} = 124_{10} + 0.78125_{10}$

$124 \div 8 = 15$　　餘數　4 ← LSD

$15 \div 8 = 1$　　餘數　7

$1 \div 8 = 0$　　餘數　1 ← MSD

$\therefore 124_{10} = 174_8$

$0.78125 \times 8 = 6.25 = 0.25 +$ 溢位 6 ← MSD

$0.25 \times 8 = 2.0 = 0.0 +$ 溢位 2 ← LSD

$\therefore 0.78125_{10} = 0.62_8$

最後將整數部份與小數部份各別轉換所得到的結果合併起來，即可得到我們所要的答案如下：

$$
\begin{aligned}
124.78125_{10} &= 124_{10} + 0.78125_{10} \\
&= 174_8 + 0.62_8 \\
&= 174.62_8
\end{aligned}
$$

六、八進制與二進制數目系統間的互換

1. 二進制數目系統換八進制數目系統：

大家都曉得 $2^3 = 8$，也就是說三個位元（Bit）的二進制數目可以有八種不同數值的組合，即

$$000_2 = 0_8$$
$$001_2 = 1_8$$
$$010_2 = 2_8$$
$$011_2 = 3_8$$
$$100_2 = 4_8$$
$$101_2 = 5_8$$
$$110_2 = 6_8$$
$$111_2 = 7_8$$

正由於這一個關係，使得我們在做二進制與八進制數目系統的互換時，得到了一個非常簡便的法則：

例1：將 101001_2 轉換成等值之八進制數目系統

解：首先我們將 101001_2 從LSB "向左" 數起。每三個位元一組每三個位元一組如此一直下去（如果最後一組不到三個位元，則在其"左邊"補以0以使其達到三個位元），我們即可得到：

101001_2

$= 101\ \ 001_2$

$= 51_8$ （$\because 101_2 = 5_8$; $001_2 = 1_8$ ）

例2：將 0.011101_2 轉換成等值之八進制數目系統

解：首先我們將 0.011101_2 從小數點後第一位元（即MSB）"向右"數起每三個位元一組每三個位元一組如此一直下去（如果最後一組不到三個位元，則在其"右邊"補以0以使其達三個位元），我們即可得到

0.011101_2

$= 0.011\ \ 101_2$

$= 0.35_8$ （$\because 011_2 = 3_8$; $101_2 = 5_8$ ）

例3：將 10010101.1011_2 轉換成等值之八進制

解：(1)先轉換整數部份：

從小數點左邊第一位元起每三位元一組我們即可得到

10010101_2 等於

$10\ 010\ 101_2$

$=\underline{0}10\ 010\ 101_2$

補 0 以達到三個位元

$=225_8$ （∵ $010_2=2_8$；$101_2=5_8$）

(2)再轉換小數部份：

從小數點右邊第一位元起往右每三位元一組我們即可得到

$.1011_2$

$=.101\ 1_2$

$=.101\ 1\underline{00}_2$

補以二個 0 以達到三個位元

$=.54_8$ （∵ $101_2=5_8$；$100_2=4_8$）

※注意：任何時候補 0 到二進制的整數部份時一定要補在MSB的"左邊"（即補在最左邊）至於補 0 到二進制的小數部份時則一定要補在LSB的"右邊"（即補在最右邊）。

2　八進制數目系統換二進制數目系統：

八進制數目系統換二進制數目系統的過程剛好和前面談過的二進制數目系統換八進制數目系統的過程相反，其基本法則為：

"對一任意八進制數目系統而言，我們只要將其每一位數字一一轉換成等值的三個位元的二進制即可"。

例 1：將 75.3_8 轉換成等值之二進制數目系統

解：∵ $7_8=111_2$；$5_8=101_2$；$3_8=011_2$

∴ 75.3_8

$=111\ 101.011_2$

例 2：將 1752.714_8 轉換成等值之二進制數目系統

解：∵ $1_8=001_2$；$7_8=111_2$；$5_8=101_2$；$2_8=010_2$

$4_8=100_2$