數位系統設計

編著者■宋志雲・林瀛寬・宋志敏

新學識文教出版中心
工專用書編輯委員會 編行

由國內理工學者百餘人聯組

新學識文教出版中心

依新標準。公制。精編精印

○電○子○科○新○書○

編號	書名	作者	簡介	基價	附註
23	(工專)數學：微積分	戴印生	以工科出身的數學家，任教大專多年，極獲佳評者，親自執筆。內容自較可取。	5	㈠各書皆爲66年9月以後新編新書。
5-1	化學(上)	郁仁貽 胡濟賢	取材博、富彈性，習題重活用，教部審查評語頗佳。	5	
5-2	化學(下)			5.5	
6	化學實驗	仝上	選與上書配合的實驗25個予以編列。	3.5	㈡各書統採18開重磅印書紙穿線裝訂，並有燙金卡面，另加塑膠封套，極大方美觀。
41	物理：力學	方錫經 林朝宗 葉久武等	取材、說明特重于對工程有用的基本內容。	3.5	
42	物理：電磁學			3.5	
43-1	物理實驗(上)	仝上	詳明交代做法，並有自做實驗逐一示例。	3	
43-2	物理實驗(下)			3	
3-1	基本圖學	林裕發	搜集豐富、條理井然，交代清楚；可即學即做。	3.5	
35	電力工程	邢福文 胡銳	由對電力實做、研究、教學均富經驗的作者，精心寫爲本書。	3	㈢各書皆由專科及大研教授會編；歡迎採用師生提供問題研討。
15	數位系統原理：組合邏輯 序向邏輯	陳秋發	陳教授任教于台大電機系。有關數位系統原理的研究、教學、著作經驗均豐。		
10	計算機導論	李 [illegible]	本書分三編：本編依「標準」作淺易的論述；輔編爲前編之引伸；附錄則爲資料列示極便教師彈性選教。	5	

編號	書名	作者	簡介	基價	附計
58	生產實務	彭敏求	作者爲大學工業工程系主任。本書爲其歷任生產單位主管經驗之累積。	4	四各書零售依基價 32 倍計算；學校團體採用依 28 倍優待。
11	(工專)數學：工程數學	賴漢卿 鄭國揚	清大應數教授，與數研所輔所長認眞合編，且儘量容納工專教師意見。	4.5	
46	電子零件檢驗	徐天佑	本書作者兼具學理研究基礎、教學心得與零件工作經驗，實不多見，其所著亦多難得資料。		
19	電視工程	施純協等	兼重技術、原理與教材教法的好書。		賜教請寄：台北市新中街 10 巷 7 號
20	音響工程	殷之同等	本書爲學理、技術、應用與教學經驗的綜合體。		
36	電波工程	黃胤年	作者一面教學，一面領導專業研究單位工作，成績斐然；本書內容即此有力證明！	6.5	
34	通訊系統	鄧啓福	國內唯交大有通信工程系，由此唯一專業主任親撰本書，自屬難得。		
61	數位系統設計	宋志雲等	以微處理機爲主詳介系統設計有關知能。	4	電話：7656502（日）7656992（夜）
62	計算機結構	鄭國揚 郭乾剛	本書由分別于清大及工專具有同一專長的教授合寫，十分理想！		
63	系統程式	連溪和	本書作者兼具研究、實作及教學經驗，寫來顧慮周全。		
65	電子製圖	李　明	以課程標準製訂者及親授經驗而編撰應切實用。		

數位系統設計

執筆者 ■ 宋志雲·林瀛寬·宋志敏

編輯者 ■ 新學識文教出版中心
工專用書編輯委員會

行政院新聞局出版事業登記證

■局版臺業字第0980號■

數位系統設計

■執筆者：宋志雲・林瀛寬・宋志敏

■編輯者：工專用書編輯委員會

■發行人：李　　　　　　　　畊

■出版者：新學識文教出版中心

台北市新中街10巷7號

郵撥帳號：109262

■連絡處　編輯部：台北市民生東路920－1號　電話：7656502　7656992

■校勘者：宋志雲・林瀛寬・宋志敏

■印刷所：新學識文教出版中心

中華民國67年9月初版

基　價 4 元 0 角

編輯大意

- 本書依65(6)年6月教育部公布五(二)年制工業專科電子工程科課程標準而編撰，除可供工專數學之用外，對他科及有關工作人員自修或參考，亦有助益。

- 近今電子工業進步神速，各種半導體元件的價格愈來愈低，各種邏輯元件及記憶元件的裝置密度也愈來愈大。尤其自七十年代「微處理機」推出後，更在邏輯設計及計算機設計上掀起了巨大改變　自此數位電路，使用範圍愈形廣泛，設計更趨向系統化。本書三執筆人，各以專長完成有關章節。全書即以嚴密系統的結構，作循序漸進的敍述：

  第1章爲基本說明，以建立讀者對邏輯設計的觀念爲主旨。

  第2章爲類比訊號偵測元件，本章所以將此置於全書較前之部份，爲使讀者瞭解數位系統能透過特殊元件而有效達成工業控制任務。欲藉此以激起讀者興趣、把握重心，並於爾後接觸計算機介面（interface）時，不會感到陌生。

  第3章數位與類比訊號轉換設計，是前一章的引伸，因爲工業上有需控制的系統大多爲類比訊號。

  第4章爲記憶裝置，本章力求讀者對觀念的清晰，以及對各種記憶元件的認識，以期日後讀者使用記憶元件時能正確的選擇及設計。

  第5章爲數位系統組織，數位系統組織上結構的瞭解及選擇至爲重要，本章中有詳細的說明。

  第6章爲各種不同型式元件間之連結，常用的邏輯元件有TTL及CMOS，因電路結構之不同而產生連接上引起的種種問題，本章均詳細告訴讀者如

何解決。

第 7 章也是本章的最後一章，本章將對最新的一些中型及大型積體電路做一番詳盡的介紹，並在設計上也做詳細的說明，以使讀者實有所護并知所應用，不致有空洞不實之感。尤其本章最後歸結于微處理機上，以使讀者對微處理機有儘多的瞭解，進而發掘探討。

- 本書可于一學期授完，以 4 學分計算，教學時數可作如下的分配：

第 1 章	6 小時
第 2 章	6 小時
第 3 章	8 小時
第 4 章	8 小時
第 5 章	8 小時
第 6 章	8 小時
第 7 章	12 小時

- 本書專有名詞以遵照國立編譯舘公布及已通用者爲原則。書後並附有中英專有名詞對照表。

- 本書內容非常廣泛，雖于搜尋資料及編排之付出極多心血，但因時間短促，錯誤之處在所難免，尚祈先進學者不吝賜正是所企盼！

目錄

原

书

缺

页

原

书

缺

页

第 1 章

基 本 要 求

1-1 設計步驟

任何數位系統設計之程序，都具有可以分解爲一連串步驟來處理的特性。而且當設計者試圖將設計工作細分成數個步驟時，他就可以針對問題的所在，引進種種非常有效的設計方法；相反的，若設計者只將此一工作看成是徒具形式的「手續」，再加上設計本身混雜著許許多多不乾不淨的「手脚」，便無法設計出一個價廉，合用且組織均衡的系統來。

1-1-1 一般常見的設計步驟

Ⅰ. 斟酌系統的輸入及輸出對設計者有些什麼限制。（例如：輸入信號之改變率，輸出需要用何種型態等等）

Ⅱ. 決定處理必要性的資料所需要的時間。這一決定不但考慮速度因素，而採用並聯式，或爲了經濟條件，而採用串聯式之特殊技巧；同時也決定了達成此一工作所需之特定邏輯線路是否夠快。

Ⅲ. 決定系統內各種不同的資訊應如何編碼（ coded ）。——非有特別需要儘

量不作數碼轉換。通常都按照輸入或輸出的資訊所需要的數碼型式來表示，至於其他內部產生的數碼以及其使用的資訊，則以使用的方法來編寫。

Ⅳ. 如何設計有關的作業，發展一套必須是好解決問題的方法。例如：數學的運算或是資料的分類（sorting），必需用不同的方法來解決，而通常簡化系統設計的辦法，大致都可以從發展技巧中得到。

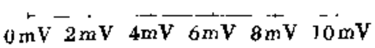
Ⅴ. 先要定好適合系統的互連副系統（interconnected subsystem）的結構。

Ⅵ. 實際製作副系統。在複雜的系統內，若是副系統仍然過於複雜，則可再將副系統考慮當作獨立系統用上述系統設計的步驟再重覆予以區分設計。

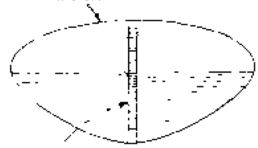
1-2 數量化和編碼（quantization and coding）

我們經常可以發現電壓或是角位置等，連續的（continuons）變數必須用數位來表示，而將這種連續變數轉換或斷續（discrete）的量（quanta），我們稱之爲數量化（quantization）。假如所轉換成之斷續量的大小與原來連續量相等，我們可以說這些連續的變數被線性量化（linearly quantized）。例如在飛機油箱中所用之數位油量測量計，即可採用此種方法。

用測量計實際度量油箱中油料的深度時，因容積與深度呈非線性關係，我們必須採用非線性量化才可除去此非線性之關係；因此我們可將每個量做成相同容積的油料來度量。如圖 1-1 (b)。



(a) 線性量化



(b) 非線性量化

圖 1-1 量化

如果以「量化」描述爲：將連續變數擷取其斷續部分，則「編碼」即是將每個斷續部份賦予一個名字，而這個名字又可用各種不同的方法來命名。譬如我們將

人口用概括而非線性的年齡來量化，則可將其編碼爲：嬰兒、幼年、少年、青年、成年及黃金年華㊟；或者我們使用比較線性的量化，編碼爲：一歲、二歲、三歲等等。

爲了數位的目的，上面所舉的例子，可能是一個非常好的數量化表示法，然而在上述的例子中，以數位的觀點來看，并沒有一個是很好的數碼表示法。

在系統中，我們不如將所有的資訊用只有兩個數字（1，0）的二進化（binary）數，或布林變數（Boolean varible）的所代表的任一個數值來表示。在物理上，這兩個值可以用下列方法來表示：

(1) 在打孔紙帶上的一個孔——或者沒有孔。

(2) 在計算機的記憶單元中的鐵磁心之順向——或反向磁化。

(3) 在某一導線上某個時間有——或無脈波產生。

(4) 在導線上之電壓爲 5 伏——或 0 伏。

總之，類如上面的這些例子，我們都可用布林變數的兩值：1 和 0 來表示。

我們如不需要將變數量化成二個以上之量時，這是一種很好的方法。在這種例子時，我們可將此二量編碼成一個變數 A；用 $A=0$ 表示一個量；$A=1$ 表示另一個量。但若要將更多的量編碼，我們就必須使用這些布林變數的組合。使用兩個布林變數 A 和 B，我們可以編碼爲四個量：

$$\begin{cases}A=0\\B=0\end{cases}\qquad\begin{cases}A=0\\B=1\end{cases}\qquad\begin{cases}A=1\\B=0\end{cases}\qquad\begin{cases}A=1\\B=1\end{cases}$$

用三個布林變數，我們可得八種組合，也就是以上每一組的組合加上 $C=0$ 的條件，可得四種組合：

$$\begin{cases}A=0\\B=0\\C=0\end{cases}\qquad\begin{cases}A=0\\B=1\\C=0\end{cases}\qquad\begin{cases}A=1\\B=0\\C=0\end{cases}\qquad\begin{cases}A=1\\B=1\\C=0\end{cases}$$

另外，以上每組的組合加上 $C=1$ 的條件，又可得四種組合：

$$\begin{cases}A=0\\B=0\\C=1\end{cases}\qquad\begin{cases}A=0\\B=1\\C=1\end{cases}\qquad\begin{cases}A=1\\B=0\\C=1\end{cases}\qquad\begin{cases}A=1\\B=1\\C=1\end{cases}$$

註：美國社會機構將「老年」稱爲 " golden years "。

如此，可以得到一個通式：「如果有 n 個布林變數，我們可以編碼爲 2^n 個量。」

1-3 正數之一般數碼表示法

最常用的正數碼爲二進碼（binary code）圖 1-2 所示之二進碼是使用四個布林變數（或稱爲位元（bit）），表示從 0 到 15 的整數。

二進碼是分析碼之一個例子。所謂分析碼就是整數之編碼可以將每一位元之值用下列的方程式表示之：

$$I = \sum_i K_i b_i + K_o$$

在式中之每個對應 b_i 之 K_i 值必須是常數，K_o 亦爲一常數項。四個位元的二進碼亦滿足分析碼的關係：

$$I = 8b_8 + 4b_4 + 2b_2 + b_1$$

我們可以在以後的各章節裏看出分析碼是非常地適合數學運算的執行。

相反的，如果我們用非分析碼來做相同的數學運算，將會給我們帶來許多無謂的麻煩。

若欲將二進位數改換成等值之十進位數，或將十進位數改換成等值的二進位數，就可使用分析的關係（analytic relationship）。

I	b_8	b_4	b_2	b_1
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

圖 1-2　二進碼

〔**例題 1-1**〕　求二進位數 0110101 的等值十進位數。

解　使用分析關係

$$\begin{aligned} I &= 64\times 0+32\times 1+16\times 1+8\times 0+4\times 1+2\times 0+1\times 1 \\ &= 0+32+16+0+4+0+1 \\ &= 53 \end{aligned}$$

〔**例題 1-2**〕 求十進位數 83 的等値二進位數。

解 由於我們要用許多 2 的冪數之和來表示，所以我們可以先求得比 83 小的 2 的最大冪數，得 $83 = 64 \times 1 +$ 餘數。

重覆上面的方法：

$$\begin{aligned}83 &= 64 \times 1 + 19 \\ &= 64 \times 1 + 32 \times 0 + 16 \times 1 + 3 \\ &= 64 \times 1 + 32 \times 0 + 16 \times 1 + 8 \times 0 + 4 \times 0 + 3 \\ &= 64 \times 1 + 32 \times 0 + 16 \times 1 + 8 \times 0 + 4 \times 0 + 2 \times 1 + 1\end{aligned}$$

最後之結果為：

$$(83)_{10} = (1010011)_2$$

格雷碼是一種與二進碼有密切關聯的非分析碼，它具有非常有用的特性。這種碼，如圖 1-3 所示。它之非常有用，是因為它是一種等間格（unit - distance code），而可以很容易地將它轉換成二進碼。所謂等間格特性就是不論整數 I 之值是什麼，I 與 $I+1$ 之編碼，只有其中一個位元不同。這種特性被有效地使用在軸角編碼器（shift angle encoder），它將轉動軸的角位置數量化，並入碼之。

n 位元之格雷碼的一般結構，可以用下列數點來描述：

Ⅰ. 位元 g_1，先有 1 個 0，然後其變換次序為 2 個 1，2 個 0，2 個 1，2 個 0……。

位元 g_2，先有 2 個 0，然後其變換次序為 4 個 1，4 個 0，4 個 1，4 個 0……。

位元 g_4，先有 4 個 0，然後其變換次序為 8 個 1，8 個 0，8 個 1，8 個 0……。

I	g_8	g_4	g_2	g_1
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	1
3	0	0	1	0
4	0	1	1	0
5	0	1	1	1
6	0	1	0	1
7	0	1	0	0
8	1	1	0	0
9	1	1	0	1
10	1	1	1	1
11	1	1	1	0
12	1	0	1	0
13	1	0	1	1
14	1	0	0	1
15	1	0	0	0

圖 1-3 格雷碼

位元g_K，先有K個0，然後其變換次序爲$2K$個1，$2K$個0，$2K$個1，$2K$個0，……。

Ⅱ. 位元g_{2K}之第一次由0變1是在位元g_K的第一個連串的1個中間點上。

為了說明格雷碼是非分析碼，用下面2位元格雷碼的例子說明之：

I	g_2	g_1
0	0	0
1	0	1
2	1	1
3	1	0

假如它是分析碼，它必須滿足下列型式的方程式：

$$I = K_2 g_2 + K_1 g_1 + K_0$$

用$I = 0$，$g_2 = 0$及$g_1 = 0$代入，得$K_0 = 0$。

$I = 1$，$g_2 = 0$及$g_1 = 1$代入，得$K_1 = 1$。

$I = 2$，$g_2 = 1$及$g_1 = 1$代入，得$K_2 = 1$。

然而當我們用$I = 3$，$g_2 = 1$及$g_1 = 0$代入，却發覺矛盾的現象：$3 \neq 2$。

由於以上之矛盾現象，可知這種分析關係並不滿足，因此這種碼為非分析的。

另一種有用的數碼爲二進碼編成的十進數（binary coded decimal code），簡寫爲BCD碼。BCD碼將每一個十進數入碼成各別的實體。當系統必須接收人們的十進位資料或顯示十進位資料給人們的時候，BCD碼就有其獨到的用途，那是因爲十進碼與BCD碼之間的轉換遠較十進位與二進位碼之間的轉換容易。

最常用的BCD碼是8421 BCD碼，每個十進數入碼成四位元的二進位數，8421 BCD碼的名稱，就是以這四個位元的加權（weighted）數得來的。

〔**例題1-3**〕 用8421 BCD碼表示$(396)_{10}$。

解 $(396)_{10} = (\underbrace{0011}_{3}\ \underbrace{1001}_{9}\ \underbrace{0110}_{6})_{8421\ \mathrm{BCD}}$