

數位計算機電子學

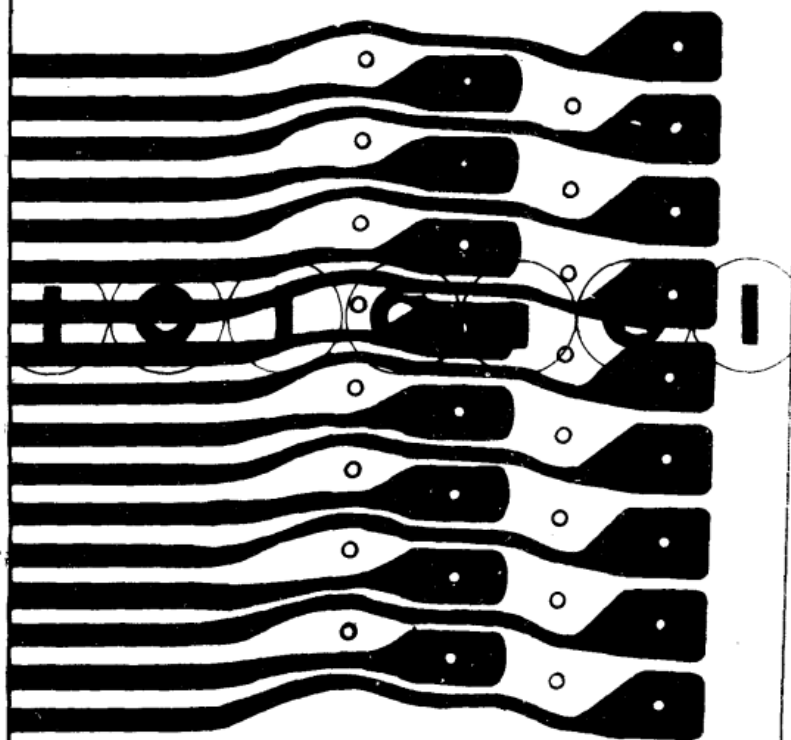
薛福隆 編譯



全華科技圖書公司印行

數位計算機電子學

薛福隆 編譯



全華科技圖書公司印行



全華圖書 版權所有 翻印必究
局版台業字第0223號 法律顧問：陳培豪律師

數位計算機電子學

薛福隆 編著

出版者 全華科技圖書公司

北市建國北路85巷9號

電話：581-1300-564-1819

郵撥帳號：100836

發行者 蕭 而 廊

印刷者 慶福彩色印刷廠

東南亞 港 明 書 店

總經理 香港九龍彌敦道500號2樓

電話：3-302846-3-309095

定 價 新臺幣 160 元

海外定價 港 幣 32 元

再 版 中華民國69年4月

圖書之可貴 在其量也在其質

量指圖書內容充實、質指資料新穎够水準，我們就是本著這個原則，竭心盡力地為國家科學中文化努力，貢獻給您這一本全是精華的全華圖書。

譯 者 序

本書譯自 Albert Paul Malvino 所著之 "Digital Computer Electronics" 。

本書的確是一本好書，若你欲對於電子計算機，特別是微處理機，有澈底的瞭解，建議你仔細的閱讀這本書。它讓你充分明白電子計算機中軟體是如何由硬體構成的，硬體是如何受軟體的指示來操作。若是能夠自己作筆記將 SAP-2、SAP-3 之 CON 電路自己設計出來，那代表你已真正有進入情況了。同時會有發自內心的喜悅，終究你已逐漸知道如何去設計小型的計算機了。

原書在美國受訓時曾閱讀二次，並作筆記，故特別要譯成中文，以便讓更多的人明白計算機之操作原理及結構，並對計算機有全盤性的瞭解。若你看完本書後還覺不出其好，那也許譯者才拙所致，而並非該書不好。最後，要感謝內人美滿給我的幫助整理。

薛福隆謹識於新竹光明新村

中華民國 67 年 5 月 14 日

原 序

在閱讀上百本計算機方面的書籍之後，我深覺得這世上很迫切需要再有一本這方面的書。至目前為止，各廠商所設計的計算機不下有千種，同時在TTL，ECL，CMOS，I²L方面IC技術的發展，更加速計算機的更新。現在微處理機在教育上與工業上所造成的革命，與當年電晶體發明時所產生的革命相同。

本書介紹一般的計算機，特別介紹微處理機。前面數章闡釋數位原理以及其裝置；後面數章則應用至匯流排組態（Bus-organized）的計算機上。在必要時，則討論到微處理機發展的趨勢。

本書可做為大學、技術學院的導論課程，可以在較早的學期開始時教，因為所要求的基礎只有直流 - 交流理論，再加上二極體與電晶體的基本知識。我提議本書在技術課程第一或第二學年教授，或是在工程課程大二或大三時教授。第一章至第九章對一般學校來說可提供作為計算機概論，第十章至第十二章則適用於較高等的學校課程。

即使是研究院的學生，閱讀本書也能獲益甚多。若是對於小型計算機之動作不清楚，若是你覺得不易瞭解微處理機，或是如果對整個計算機之動作沒有整體的瞭解，則本書是你夢寐以求的書。

為什麼我認為這是一本好書呢？因為了解計算機的操作是一回事；將其寫出則又是另一回事。即使直覺地了解一個觀念，要用正確的字眼來闡釋此觀念時，往往要費時數週之久。我確信本書已盡可能地作最簡單以及最清楚的說明。

目 錄

第一章	二進位數	1
1-1	十進位計程表	1
1-2	二進位計程表	3
1-3	數碼	5
1-4	為何使用二進位數	7
1-5	二進位至十進位數的轉換	13
1-6	十進位至二進位數的轉換	16
第二章	邏輯電路	23
2-1	反相器	24
2-2	或閘	26
2-3	及閘	30
2-4	布林代數	35
第三章	其它的邏輯電路	53
3-1	非或閘	53
3-2	棣莫根第一定理	56
3-3	非及閘	60
3-4	棣莫根第二定理	62
3-5	除或閘	65
3-6	可控制的反相器	73
3-7	除非或閘	75

第四章 數學運算電路..... 87

4-1	二進位數加法.....	87
4-2	行對行相加.....	90
4-3	半加法器.....	93
4-4	全加法器.....	94
4-5	二進位加法器.....	96
4-6	有符號的二進位數.....	100
4-7	2的共軛數.....	102
4-8	2的共軛數碼.....	105
4-9	2的共軛加法器 / 減法器.....	110
4-10	數學、邏輯單元.....	115

第五章 正反器.....123

5-1	RS 正反器.....	123
5-2	D 正反器.....	127
5-3	邊緣觸發 D 正反器.....	130
5-4	JK 正反器.....	135

第六章 記發器.....147

6-1	緩衝記發器.....	147
6-2	移位記發器.....	151
6-3	可控制的移位記發器.....	153
6-4	鏈波計數器.....	156
6-5	同步計數器.....	160
6-6	環狀計數器.....	163
6-7	三態記發器.....	167
6-8	匯流排組織的計算機.....	175

第七章 記憶裝置 189

- 7-1 只讀記憶裝置 189
- 7-2 記憶裝置位置記發器 201
- 7-3 隨意出入記憶裝置 207
- 7-4 記憶裝置數據記發器 210
- 7-5 十六進位數 215
- 7-6 十六進位數的轉換 219
- 7-7 十六進位數位置 221

第八章 SAP-1 233

- 8-1 結構 234
- 8-2 指令組 238
- 8-3 程式設計 242
- 8-4 抽取週期 247
- 8-5 執行週期 251
- 8-6 控制單元 258
- 8-7 計時脈波電路 263
- 8-8 結論 266

第九章 SAP-2 275

- 9-1 結構 275
- 9-2 記憶裝置相關指令 280
- 9-3 跳越指令 283
- 9-4 操作指令 291
- 9-5 指令解碼器 303
- 9-6 跳越電路與 JMS 旗號 305
- 9-7 控制矩陣 308

9-8	控制單元.....	311
-----	-----------	-----

第十章 SAP-3 319

10-1	關口.....	319
10-2	雙向記發器.....	321
10-3	頁 - 段 - 字 位置.....	321
10-4	IPL 位數	326
10-5	堆疊記發器.....	328
10-6	結構.....	335
10-7	MRI , 跳越指令 , 跳略指令.....	338
10-8	操作指令.....	345
10-9	混合指令.....	347
10-10	指令組.....	354

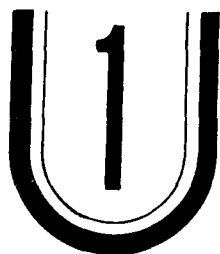
第十一章 微程式設計 361

11-1	計算機內部的計算機.....	361
11-2	微常式.....	364
11-3	CON 結構.....	367
11-4	MUX 與 DEMUX	371
11-5	大指令解碼器.....	375
11-6	SAP-3 微程式	378
11-7	域解碼器.....	382
11-8	CON 計算機	389
11-9	可變的機器週期.....	391
11-10	較 SAP-3 更進一步的計算機.....	396

第十二章 程式設計 403

12-1	人工輸入.....	404
------	-----------	-----

12 - 2	靴拖輸入.....	408
12 - 3	乘法.....	415
12 - 4	除法.....	417
12 - 5	二進位小數.....	418
12 - 6	定點.....	421
12 - 7	浮點.....	424
12 - 8	雙重準確.....	425
12 - 9	BCD 數字.....	428
12 - 10	BCD 至二進位數之邏輯演算.....	431
12 - 11	BCD 至二進位數副常式.....	434



二進位數

計算機不能直接處理我們一般所使用的十進位數字，其電路也不是針對十進位數字而設計。

計算機既然不能處理十進位數字，那麼它能處理什麼呢？答案是**二進位數字**（ Binary Number ）。

你一定會感到驚奇的，因為二進位數字對初學的人而言比較陌生。但是，在知道如何作二進位數字運算以及如何將之轉換成十進位數字之後，你便會豁然一通。

1-1 十進位計程表

笛卡兒（ Descartes ）（ 1596-1650 ）曾說：要明白一件新事物必須由已知事物去推究，要由簡單而入繁。

2 數位計算機電子學

1-1-1 已知事物

每個人都看過汽車計程表 (Odometer) (即哩程表) 的動作，一輛車，計程表中的數字均為 0：

00000

駛 1 哩後，讀數變為

00001

哩數逐漸增加，則計程表之讀數依次為 00002, 00003, …… 一直增加

00009

當跑完第 10 哩的時候，計程表中個位數的轉輪由 9 轉到 0，此輪上面的凸緣用機械的方法撥動十位數的轉輪，使此輪進 1。因此，讀數變成

00010

1-1-2 歸零與進位

上面那種情況是個位數轉輪歸零，而進位到十位數轉輪上，我們稱此種動作為歸零與進位 (Reset-and-Carry)。

其他的轉輪也會有歸零與進位的動作。例如，在行駛 999 哩之後，計程表讀數為

00999

再行駛 1 哩後，會有什麼數字出現呢？個位數轉輪歸零與進位，十位數轉輪也歸零與進位，百位數轉輪也歸零與進位，最後千位數轉輪也進位，變成

01000

1-1-3 數元

計程表中每一轉輪上的數字叫做數元 (Digit)。十進位數字系統使用 10 個數元，由 0 至 9。在計程表中，每當個位數轉輪上的數元依序變

化一週後，便歸零，同時進位到十位數轉輪。當十位數轉輪的數元變化一週後，亦歸零，並進位到百位數轉輪。此種動作同樣發生在其他轉輪上面。

1-2 二進位的計程表

二進位數字系統只使用二個數元，0 及 1，其他的數元（2 至 9）不使用。

1-2-1 一種特殊的計程表

我們想像有一種計程表，其轉輪只有二種數元，0 與 1。當每一轉輪轉動時，它顯示出 0，然後顯示出 1，之後又回復至 0，此種現象重覆循環不已。因為每一轉輪只有二個數元，我們稱此種特殊的裝置為二進位計程表（Binary Odometer）。

歸零與進位的觀念同樣可應用到二進位計程表。當轉輪由 1 轉換成 0 時，利用機械原理使下一較高位數的轉輪進位。換句話說，當一轉輪轉一週後，它歸零與進位。

汽車上二進位計程表的計數現象如下所示：新車的計程表，所有數字均為 0：

00000 （零）

行駛 1 哩後，讀數為

00001 （1）

又行駛 1 哩後，個位數轉輪歸零與進位；因此，讀數變為

00010 （2）

行駛第 3 哩後，讀數為

00011 （3）

行駛第 4 哩後，會有什麼變化呢？個位數轉輪歸零與進位，第二轉輪歸零與進位，第三轉輪則進位 1，得到

00100 （4）

4 數位計算機電子學

行駛更多哩數後，讀數依次為

00101 (5)

00110 (6)

00111 (7)

第 8 哩之後，個位數轉輪歸零與進位，第二轉輪也歸零與進位，第三轉輪也歸零與進位，使得第四轉輪進位 1，結果是

01000 (8)

到第 9 哩時，讀數為

01001 (9)

第 10 哩時，為

01010 (10)

(自行寫出接下去的幾個讀數。)

現在你將得到一點概念，每 1 哩使個位數轉輪增加 1，當個位數轉輪轉一週後，它就歸零與進位。同樣的，假如第二轉輪轉一週，它也歸零與進位，其他轉輪亦是如此。

1-2-2 二進位計程表

二進位計程表顯示出**二進位數字** (Binary Number)，一組由 0 及 1 構成的數字。00001 代表 1，00010 代表 2，00011 代表 3，依次類推。

當牽涉到較大的數目時，**二進位數字**用起來很不方便。例如，01000 代表 8，01001 代表 9，01010 代表十。因此，除非被逼迫，否則不會有人使用二進位數字。在作計算機分析時，我們便被迫要使用二進位數字。為什麼呢？因為如同二進位計程表一樣，計算機電路只能操作二進位數字。

最後要說明的是：當十進位計程表的讀數為 00314 時，前面的 0 可以去掉，只讀 314。同樣的，當二進位計算表之讀數為 00111 時，前面的 0 亦可除去，只讀出 111 即可以。若略去前面的 0，二進位數字依序為 0，

1, 10, 11, 100, 101,。爲了不與十進位數字產生干擾，在讀二進位數字時要如此：0, 1, 1-0, 1-1, 1-0-0, 1-0-1,。

1-3 數碼

人類以前是使用小黑點的個數來表示數目的多少。1, 2, 3 原先表示爲·, .., ...，碰到大數目時便糟了；例如7 表示爲.....，很是麻煩。

1-3-1 碼字

也許是由于人類的惰性，或是由于活動空間變大，最後有人發明出來十進位數碼(Decimal Code)，如表1-1所示。就現在的人而言，這是一個很古老的觀念，但是對那時候的人來說，這簡直是一種革命性的發現。1 代表·，2 代表··，3 代表...，依次類推，這是第一種數碼(Number Code)。

表 1-1 數碼

二進位數	十進位數	小黑點
0	0	無
1	1	·
10	2	··
11	3	...
100	4	
101	5	
110	6	
111	7	

什麼是二進位數字呢？只不過是一種新的數碼而已。在二進位數字中，我們使用二進位的數元，而不是使用十進位的數元。1 代表·，10 代表··，11 代表...，其他類推，如表1-1 所示。

1-3-2 對等

假如二進位數字與十進位數字均代表同樣數目的小黑點，我們稱此時二進位數字與十進位數字為**對等**（Equivalence）。二進位數 **10** 與十進位數 **2** 相對等，因為均代表 $\bullet\bullet$ ，二進位數 **101** 與十進位數 **5** 相對等，因為均代表 $\bullet\bullet\bullet\bullet\bullet$ 。

對等使人類與計算機之間能互相溝通。人類喜歡使用十進位數字，而計算機使用二進位數字，對等使我們明白二者所指的為同一件事。例如，當計算機算出的答案是 **101**，由對等的意義我們明白答案就是 **5**。

欲開始瞭解計算機，必須牢記表 1-1 中二進位與十進位間的對等關係。

例題 1-1

圖 1-1a 示出三個發光二極體（LED），黑圈表示 LED 暗；白圈表示 LED 亮，利用下列碼字來讀出 LED 的顯示：

LED	二進位數
暗	0
亮	1

試問圖 1-1a 可用什麼二進位數來表示？圖 1-1b 呢？

解

圖 1-1a 示出：暗—亮—亮，此代表二進位數 **011**，相當於十進位數 **3**。

圖 1-1b 示出：亮—暗—亮，可表示為 **101**，相當於十進位數 **5**。

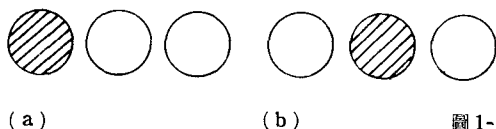


圖 1-1 用 LED 顯示來表示二進位數