

數位系統

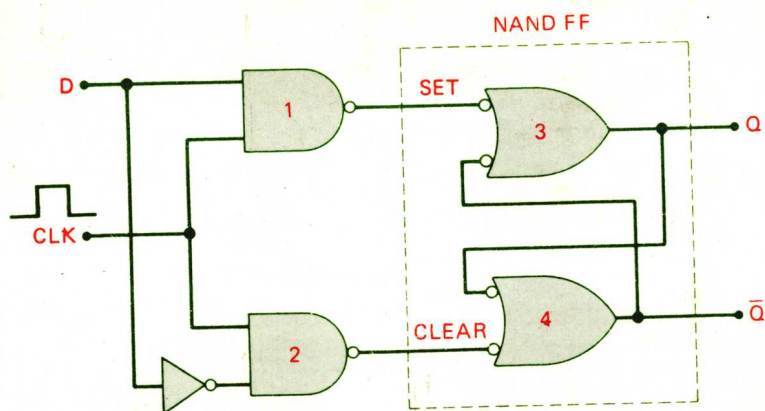
原理與應用

DIGITAL SYSTEMS PRINCIPLES and APPLICATIONS

原著者：R.J. Tocci

譯述者：陳友武 曾昭仁

THIRD EDITION



科技圖書股份有限公司

數位系統

原理與應用

DIGITAL SYSTEMS

PRINCIPLES and APPLICATIONS

原著者：R.J.Tocci

譯述者：陳友武 曾昭仁

THIRD EDITION

科技圖書股份有限公司

本公司經新聞局核准登記
登記證局版台業字第1123號

書名：數位系統原理與原理（第三版）
原著者：R J. Tocci
譯述者：陳友武 曾昭仁
發行人：趙國華
發行者：科技圖書股份有限公司
台北市重慶南路一段49號四樓之一
電話：3118308・3118794
郵政劃撥帳號 0015697-3

七十六年十一月初版

特價新台幣 270 元

序 言

本書是用現代數位系統 (digital system) 原理與科技的最新成果所編成的教材，適合二年或四年工技學院教學之使用。

若具基本電子學常識會有所幫助，但大部分內容並不要求已有電子學訓練。因此，本書適於電腦科學或與數位系統有關，但非電子科系學生的研讀。

一般改進

第三版較前版增加若干改進，包括有關最新設備與實用的內容介紹。本書在各章節中加入更多例題說明，其中很多例題使用了動態 IC。；定時圖 (timing diagrams) 與波形，在書中應用更為深入；在每節後尚有複習問題以增進讀者更多的即時應用與加強。另外各章後的問題也較前版增加，很多問題也使用動態 IC。

特殊的改變

除上述一般的改變外，較特殊的改變計有：數系與編號由第五章改到第二章；第三章包括等效邏輯閘符號的應用與泡符號的建立及邏輯圖的說明；第四章包括簡化電路的圖技巧 (Karnaugh mapping technique)；第五章的正反器在邊緣 - 觸發的內部結構以及主 / 從正反器上有更詳細說明；尚有更多門，定時考慮，以及應用等介紹。另外尚加入再觸發的一次發射。第六章則包括數位算術作業；第七章，在計數器與暫存器方面包括了動態 TTL 與 CMOS 設備；第八章包括更多開路 - 集極與三態輸出，CMOS 則包括雙向開關與 IC 銜接；第九章包括優先編碼器，LCD 顯示，以及多工器邏輯功能衍生

2 數位系統

；第十章包括多工制 DACs，電流模式 DACs，瞬間 ADCs，以及取樣與固定電路；第十一章則擴大了記憶的內容，並有最新 ROM 及 RAM 內部結構及定時，EPROM 設計，EEPROM 則包含動態記憶結構及定時，尚有磁泡及電荷 - 耦合記憶；舊版的第十二及十三章則合為第十二章，主要放在加強微處理機內容。

保留部分

新版保留前版中精華部分。在數位 IC 族 (TTL, MOS, CMOS, ECL, TRI-STATE LOGIC) 方面以及解碼、編碼、多工制、解多工制、資料匯流、與微處理機方面。新版所涵蓋的是最新的內容。它運用塊圖法介紹基本數位及邏輯作業，可避免讀者的混淆。在第八章，讀者將可接觸到內部 IC 電路若已有邏輯原理的了解後。此時，就可了解塊輸入及輸出特性，並用於完整的系統上。有關本書的教學原理亦予保留，如此學生可以澈底了解並知道如何應用。這些應用有頻率計數器、數位時鐘、鍵盤輸入編碼器、控制順序器、數位伏特器、數位電腦以及其他。本版亦引用圖表及例題來說明書中的觀念。每章後所附問題及習題，均有助於同學了解內容並知道自己吸收了多少。很多問題是內容的延伸，因此，可提供讀者更深入了解書本內容。

進度順序

很少有老師照課本編排的順序授課的。事實上，我本身也很少如此做。本書的編排大都依前版為準，但順序若稍加改變，亦不至於有什麼問題。

例如，第六章的第一部分（算術運算）可排在第二章的（數系）之後，雖然可能在介紹算術電路前有些延遲。其他如第八章很多內容（IC 族）可提早介紹（即在第四或第五章之後），而不會有任何影響。其他的調整由教師自由決定。

感 謝

我很感謝前版的使用者，並將他們的註解與建議併在版中，另外要特別感謝校對小組對內容細心的修正。她們是：Dee F. Robertson, John L. Morgan, Vincent F. Alisouskas, 及 A. Lehtila; 另有GTE Sylvania技術學院的Robert A. Cuiffetti; 與Indiana IVY Tech的Gene Adair。

Ronald J. Tocci

數位系統

目 錄

序 言

第一章 概 念

1.1 數值表示法	1
1.2 數位與類比系統	3
1.3 數位數字系統	4
1.4 二進位量的表示	10
1.5 數位電路	11
1.6 並聯與串聯表示法	13
1.7 記 憶	14
1.8 數位電算機	15
1.9 習 題	18

第二章 數字系統與編碼

2.1 二進位至十進位的轉換	20
2.2 十進位至二進位轉換	21
2.3 八進位數系	23
2.4 十六進位數系	26
2.5 二進編碼法十進數碼	29
2.6 超三碼	32
2.7 葛瑞碼	33
2.8 字數碼	34
2.9 偵錯用的同位法	37
2.10 習 題	39

第三章 邏輯閘與波林代數

3.1	波林代數與變數	4
3.2	真值表	4
3.3	OR 運算	4
3.4	AND 運算	4
3.5	NOT 運算	5
3.6	用代數方法描述邏輯電路	5
3.7	邏輯電路輸出的計算	5
3.8	由波林代數式構成電路	5
3.9	NOR 閘及 NAND 閘	5
3.10	波林定理	6
3.11	迪摩根定理	6
3.12	NAND 閘與 NOR 閘的善及性	7
3.13	等效邏輯閘表示法	7
3.14	閘表示法的選擇	8
3.15	習 題	8

第四章 組合邏輯電路

4.1	積之和形式	92
4.2	簡化邏輯電路	92
4.3	以代數來簡化	93
4.4	組合邏輯電路的設計	98
4.5	坎諾圖法	106
4.6	互斥 - OR 及互斥 - NOR 電路	119
4.7	具多輸出的邏輯電路	125
4.8	不用真值表的設計	126
4.9	習 題	129

第五章 正反器

5.1	NAND 閘置定清除的正反器	137
5.2	NOR 閘置定清除的正反器	145
5.3	時序脈波訊號	148
5.4	時序脈波正反器	149
5.5	加脈 S - C 正反器	151
5.6	加脈 J - K 正反器	155
5.7	加脈 D 正反器	159
5.8	D 型門	162
5.9	非同步輸入	165
5.10	正反器時間考慮	168
5.11	主 / 從正反器	172
5.12	正反器應用	177
5.13	同步正反器	177
5.14	輸入順序的偵測	179
5.15	資料儲存及傳送	180
5.16	移位暫存器	183
5.17	頻率減除及計數	188
5.18	一次發射	191
5.19	順序電路分析	194
5.20	正反器摘要	197
5.21	習 題	199

第六章 數位算術：運算及電路

6.1	二進位加法	209
6.2	正負數表示法	210
6.3	2 - 補系統加法	217
6.4	2 - 補系統減法	219
6.5	二進位數的乘法	220

4 數位系統

6.6	二進位數的除法	22
6.7	BCD 加法	22
6.8	十六進位算術 *	22
6.9	算術電路	22
6.10	並聯二進位加法器	22
6.11	全加器的設計	23
6.12	含暫存器的完整並聯加法器	23
6.13	進位傳遞	23
6.14	積體電路並聯加法器	23
6.15	2 補系統	24
6.16	BCD 加法器	24
6.17	二進位乘法器	25
6.18	習題	25

第七章 計數器及暫存器

7.1	非同步 (紋波) 計數器	25
7.2	模數 $< 2^n$ 的計數器	26
7.3	IC 非同步計數器	26
7.4	非同步向下計數器	27
7.5	紋波計數器的傳遞延遲	27
7.6	同步 (並聯) 計數器	27
7.7	並聯向下與上 / 下計數器	27
7.8	可預置的計數器	28
7.9	74193 計數器	28
7.10	解碼計數器	29
7.11	解碼吉利支	29
7.12	階式 BCD 計數器	29
7.13	移位暫存器計數器	30
7.14	計數器應用：頻率計數器	30
7.15	計數器應用：數位時鐘	31

7.16	積體電路暫存器	314
7.17	並聯進 / 並聯出——74174 及 74178	315
7.18	串聯入 / 串聯出——4731B	319
7.19	並聯入 / 串聯出——74165	321
7.20	串聯入 / 並聯出——74164	324
7.21	習 題	325

第八章 積體電路邏輯族

8.1	數位積體電路術語	338
8.2	TTL 邏輯族	346
8.3	標準 TTL 系列特性	351
8.4	其他 TTL 系列	354
8.5	TTL 負載規定	359
8.6	其他 TTL 特性	363
8.7	TTL 開路集極輸出	370
8.8	三態 TTL	378
8.9	ECL 數位積體電路	382
8.10	MOS 數位積體電路	386
8.11	MOSFET	387
8.12	數位 MOSFET 電路	389
8.13	MOS 邏輯的特性	393
8.14	互補 MOS 邏輯	395
8.15	CMOS 系列特性	398
8.16	CMOS 三態邏輯	404
8.17	CMOS 傳送閘	406
8.18	IC 界面	408
8.19	TTL 驅動 CMOS	409
8.20	驅動 N-MOS	411
8.21	CMOS 傳動 TTL	411
8.22	習 題	414

第九章 MSI 邏輯電路

9.1	解碼器	426
9.2	BCD 到十進位解碼器	433
9.3	BCD 到 7 段解碼器 / 驅動器	435
9.4	液晶顯示器 (LCDs)	438
9.5	編碼器	440
9.6	多工器 (資料選擇器)	447
9.7	多工器應用	455
9.8	解多工器 (資料分配器)	462
9.9	三態暫存器	470
9.10	資料匯流排 (線)	472
9.11	習題	478

第十章 類比界面的銜接

10.1	數位到類比轉換	488
10.2	D/A 轉換器電路*	494
10.3	DAC 規格	500
10.4	DAC 應用	502
10.5	類比到數位轉換	503
10.6	數位 - 三角波 A/D 轉換器	505
10.7	資料取得	509
10.8	連續近似 ADC	511
10.9	瞬時型 ADCs	514
10.10	數位伏特計	516
10.11	三態 ADC	518
10.12	取樣與固持電路	519
10.13	多工制	521
10.14	習題	522

第十一章 記憶裝置

11.1	記憶術語	531
11.2	一般記憶作業	534
11.3	半導體記憶技術	536
11.4	僅讀記憶	538
11.5	ROM 結構	541
11.6	ROM 定時	544
11.7	ROMs 型式	545
11.8	ROM 應用	553
11.9	半導體 RAMs	555
11.10	RAM 構造	556
11.11	靜態 RAM	560
11.12	動態 RAM	564
11.13	動態 RAM 構結及作業	565
11.14	DRAM 重寫	571
11.15	擴大字句大小及容量	572
11.16	磁泡記憶	579
11.17	電荷耦合裝置記憶體	582
11.18	磁蕊記憶	583
11.19	在活動磁性表面上記錄	587
11.20	磁 碟	588
11.21	磁 帶	592
11.22	習 題	594

第十二章 微處理機與微算機介紹

12.1	何謂數位微算機	602
12.2	微算機如何思考	602
12.3	密探 89	603
12.4	基本微算機系統組織	605

8 數位系統

12.5	基本 μC 元件	608
12.6	微算機字句	610
12.7	二進位資料字句	611
12.8	編碼資料字句	613
12.9	指令字句	614
12.10	機器語言程式的執行	619
12.11	典型 μC 結構	623
12.12	讀與寫作業	629
12.13	微處理機	634
12.14	定時與控制組	636
12.15	暫存器組	638
12.16	算術 / 邏輯單元 (ALU)	643
12.17	結 論	650

附錄 I 2 的冪次表

附錄 II 製造廠商積體電路資料

習題答案

第一章 概 念

本書內容與數位技術有關。在此領域中，書中大部分的原理及應用是以基本觀念為主。本章介紹一些基本觀念，在以後各章節介紹更深入的內容。同時我們也要介紹一些基本術語，使讀者在閱讀本書時對相關術語有廣泛認識。

1.1 數值表示法

在科學、技術、商業、甚至其他各行各業，常與“量”（quantities）接觸，而這些量，均以數學方式來測量、監督、記錄、或處理，並加以檢視，或用其他方法在許多物理系統中。重要的是，在處理各不同量時，應能有效而精確地表示其值的大小。有兩種方法可用來表示量的數值：類比（analog）及數位（digital）。

1.1.1 類比表示法

在類比表示法（analog representation）中，一量是用另一量來表示，而後者直接與前者成比例。汽車的速度計，即為類比表示法的一個實例。其指針的轉動是與汽車速度成比例的。指針的角位置，代表汽車的速度，當汽車作加／減速時，指針亦隨之變動其位置。

室內用的自動調溫器（thermostat），其雙金屬條的彎曲度與室溫成比例。若溫度逐漸改變，則金屬條的曲度亦以一定的比例隨之改變。

在各位熟知的聲頻麥克風中，亦能找出類比量的表示法例子。此種裝置能隨麥克風接受的聲音強弱，而用一定的比例產生輸出電壓。輸出電壓的變化，隨輸入的音量而變。

2 數位系統

上述各種類比量，均具一重要特性：它可在某一範圍值內逐漸改變。例如車速可在每小時零到 100（假定的最大車速）哩之間變化。同理，麥克風的輸出，亦可能為零到 10 mV（mV 為微伏）之間的任何值（即為 1 mV，2.3724 mV，9.9999 mV 等）。

1.1.2 數位表示法

在數位表示法 (digital representation) 中，量並非用另一成比例的量來表示，而是用一種稱為“數位” (digital) 的符號來表示。用數位時鐘 (digital clock) 為例。它以代表時、分（或秒）的十進位數字來表示一天的時間。我們都知道，一天的時間是連續改變的。但是，數位時鐘的讀數卻不是連續改變的，而是每次改變一分鐘（或一秒鐘）。換言之，這種時間表示法的數位，是以不連續的步驟改變。但類比時間表示法，以手錶（普通手錶）為例，其時間讀數是具連續性的。

所以，類比量與數位量的最大不同點為

類比＝連續性

數位＝分離性（一步接一步）

由於數位表示法的非連續性使然，故在讀出數位量值時，十分明確。但類比量值却需要加以註釋。

例題 1.1 下列何者代表類比量？何者代表數位量？

- (a) 一具點計輸送帶上物件數量的電子計數器 (electronic counter)
- (b) 一只電流表。
- (c) 每日的溫差。
- (d) 沙灘上的沙粒。
- (e) 收音機音量控制。

解：(a) 數位。

(b)類比。

(c)類比。

(d)數位。因沙粒的數量可能為某一非連續性（整數）值，且不為某一連續範圍內的任何值。

(e)類比。

複習問題

1. 簡單描述類比量及數位量之間的主要差別。

1.2 數位與類比系統

一個數位系統 (digital system)，是若干裝置（電子的、機械的、光電的等等）的組合，可用來執行某種功能。其中，量是用數位方式來表示的。但在類比系統中，物理量 (physical quantities) 在原則上是類比性的。許多實用的系統為複合 (hybrid) 的，在其中，類比與數位量均可能出現，故常出現兩種表示法間的轉換作業。

常見的數位系統計有數位電子計算機與計算器、數位伏特計以及用數學方式控制的機器。在這些系統中，電子及機械量是以非連續性步驟改變的。類比系統的例子計有：類比電子計算機、無線電廣播系統、與錄音帶。在這些系統中，量是在一定的範圍內逐漸改變的。例如，在調幅無線電廣播中，你可將你的收音機頻率，經過 535 到 1605 仟週來定在任何週率。

總之，數位系統能提供快速、準確並有記憶能力的優點。此外，在系統元件特性的變化方面，數位系統要比類比系統好得多，而且應用較廣。

事實上，大多數的量，在本質上是類比性的，而這些量又常被測量、監督、而控制着。所以，要利用數位科技的長處，很明顯地要存在許多複合系統 (hybrid system)。最多的是一些工業處理控制系統。