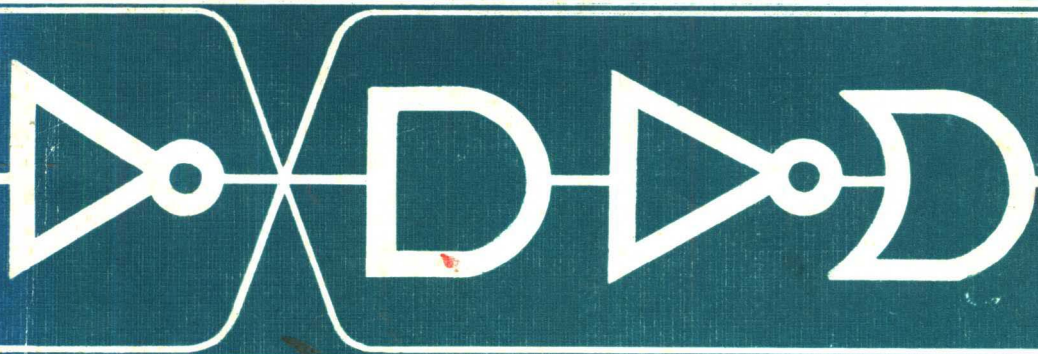


邏輯設計

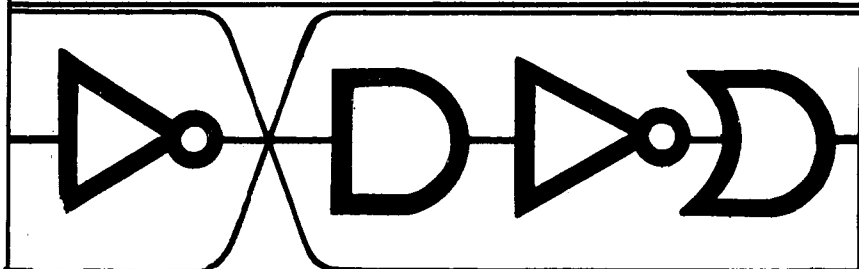
陳富夫 編著



全華科技圖書公司印行

邏輯設計

陳富夫 編著



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

邏 輯 設 計

編著者 陳富夫

(修訂版)

出版者 全華科技圖書公司
北市龍江路76巷20-2號
電話：581-1300 - 564-1819
郵撥帳號：100836
發行者 蕭 而 鄭
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 200 元
海外定價 港 幣 40 元
再 版 中華民國69年8月

編輯大意

1. 本書主旨是由闡述邏輯觀念及電路中演繹出整體數位系統，使讀者能獲得完整觀念而加以應用。
2. 本書除注重理論說明外，還兼顧實用問題解析，堪稱一本內容豐富而又實用之書籍。
3. 本書內容，主要取材於下列三本著作：
 - (1). Hill and Peterson "Introduction to Switching Theory and Logic Design".
 - (2). Wickes "Logic Design with Integrated Circuits"
 - (3). Givone "Introduction to Switching Circuit Theory"
4. 本書適合大專院校工程科系當作教材用書，同時也適於作設計工程師參考書籍。
5. 本書所用名詞採用中英文交替出現方式，避免發生混淆而無法銜接。
6. 本書編撰期間，雖經多次校訂，唯舛誤之處難免，尚祈海內先進不吝賜正。
7. 本書之成承蕭堉雄、陳金煌諸位先生之助良多，謹此致謝。

陳富夫 謹識

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。

邏 輯 設 計

目 錄

1. 前 言	1
1.1 數位系統的特性	1
1.2 簡單的發展歷史	5
1.3 數位計算機的組織	7
2. 數目系統	11
2.1 前 言	11
2.2 八進制數目系統	12
2.3 十六進制數目系統	16
2.4 二進制數目系統	17
2.5 負 數	24
2.6 數字碼	28
習題二	34
3. 布氏代數	37
3.1 前 言	37
3.2 對偶性	40
3.3 布氏代數的基本定理	41
3.4 布氏代數的一例——集合理論	46
3.5 布氏代數化簡的例子	49
3.6 摘 錄	55

習題三	56
4. 布氏函數之化簡	59
4.1 前 言	59
4.2 布氏函數的標準形式	60
4.3 函數的最大項及最小項表示法	63
4.4 布氏函數的卡氏圖表示法	67
4.5 卡氏圖上函數的化簡	79
4.6 和項之積形式的卡氏圖化簡法	92
4.7 多重圖形	94
4.8 未完全指明的函數	103
習題四	107
5. 圖表化簡法及多元輸出電路	113
5.1 布氏函數之立體式表示法	113
5.2 必要項的決定	117
5.3 必要項最佳集合的選擇	124
5.4 多元輸出電路	138
5.5 多元輸出電路的圖形化簡法	140
5.6 多元輸出 Prime Implicant 之圖表決定法	147
習題五	148
6. 數位電路結構與NAND-NOR邏輯分析	155
6.1 二極體 - 電阻邏輯電路	156
6.2 二極體 - 電晶體邏輯電路 (DTL)	162

6.3	雜訊邊限.....	174
6.4	直接耦合電晶體邏輯(DCTL).....	177
6.5	電流式邏輯(CML).....	179
6.6	電晶體 - 電晶體邏輯(TTL).....	180
6.7	臨限邏輯.....	183
6.8	NAND-NOR 邏輯的分析	187
6.9	利用 NAND-NOR 電閘的執行	196
	習題六	203
7.	數碼錯誤偵察及錯誤更正	213
7.1	非檢查性的數字碼.....	213
7.2	錯誤偵察及更正.....	214
7.3	單一錯誤偵察碼.....	219
7.4	單一錯誤更正碼.....	222
7.5	偵察雙錯誤並更正單一錯誤的數碼.....	226
7.6	文數字數碼.....	226
7.7	交叉同位檢查	227
	習題七	229
8.	計時脈波控制式時序網路.....	231
8.1	D 正反器.....	234
8.2	T 正反器	235
8.3	RS 正反器.....	236
8.4	JK 正反器.....	237
8.5	計時脈波控制式時序網路的分析.....	238
8.6	狀態圖.....	245
8.7	二次指定.....	252

8.8	正反器之規劃	255
8.9	新的分析技巧	270
	習題八	274
9.	基本式及脈波式時序網路的分析	277
9.1	示範例題	278
9.2	激勵表	281
9.3	變遷表及變遷圖	287
9.4	狀態表	292
9.5	流程表及流程圖	294
9.6	流程表變化性	300
9.7	時序網路中的競賽	302
9.8	分析步驟結言	305
	習題九	308
10.	基本式及脈波式時序網路的合成	317
10.1	合成問題	317
10.2	基本式運用的流程表	318
10.3	脈波式運用的流程表	325
10.4	流程表簡化	330
10.5	脈波式工作的變遷表	340
10.6	基本式工作的變遷表	347
10.7	完成脈波式時序網路設計	356
10.8	完成基本式時序網路設計	374
	習題十	380

11. 計數器及位移記錄器	395
11.1 同步式二進制計數器	397
11.2 帶 Ripple Carry 的同步式二進制計數器	404
11.3 二進制 Ripple 計數器	404
11.4 BCD 計數器	408
11.5 位移記錄器	414
習題十一	416

附錄一 特殊計數器	419
-----------------	-----

附錄二 主要中英名詞對照表	433
---------------------	-----

1

前 言

1.1 數位系統的特性

本書的目的在探討數位系統設計 (Digital System Design) 所使用的基本數學工具。首先會令人發生一個疑問，什麼是數位系統？廣泛而言，一個系統所傳輸或處理的情報 (Information) 概由分離式 (Discrete) 的物理量 (Physical Quantities) 或信號 (Signal) 所表示的話，就可認為是種數位系統。如果信號只限定於兩個分離數值 (Discrete Value)，那麼此種數位系統就是二進制 (Binary)，這些定義可用一個實際的特殊例子來加以說明，那就比較清楚。

一大的水利控制系統或一灌溉防洪控制系統，通常需要將河川湖泊或水庫的水位 (Water Level) 傳送到遠處的控制中心，隨時加以監視。假設一水庫需要一種水平探測裝置 (Sensing Device)，其結構可如圖 1-1 所示。圖中的浮筒掛於滑輪的一邊，另一邊則掛一平衡

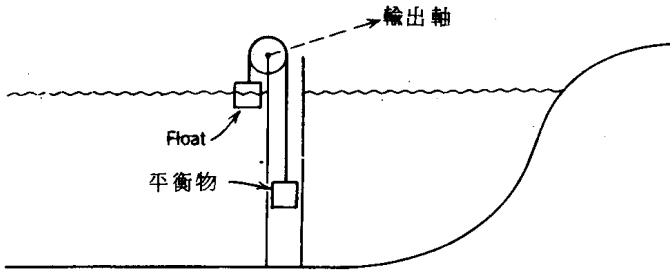


圖 1.1 水平探測機構

重物，剛好保持平衡。水位如果有變化，浮筒也會隨之上下，因滑輪上繩索的關係，滑輪也會隨之轉動，滑輪的動作可利用適當的齒輪組合傳送到輸出軸，並使輸出軸旋轉一圈的變化量相當於水位可能的最大變化範圍，然後再設計一種裝置，將此輸出軸的位置傳送到遙控中心，就成所需要的水位探測裝置了。

圖 1.2 示一簡單的系統，利用輸出軸來控制電位器 (Potentiometer) 的位置。輸出電壓再利用輸送線傳輸到遠處的電表，此電表適當加以刻度，就可直接表示水位。這種系統因電壓可連續在 0 與 V 伏特間變化，故叫做 Analog System (類比系統) 或叫 Continuous System (連續系統)。此種系統經適當加以裝設，使用起來可以令人滿意，但有幾個問題存在：最主要的問題是接收端的電壓會隨輸送線的狀況及電位器的位置而變化；輸送線可能相當長，電阻很可觀，而且



圖 1.2 傳輸水位用類比系統

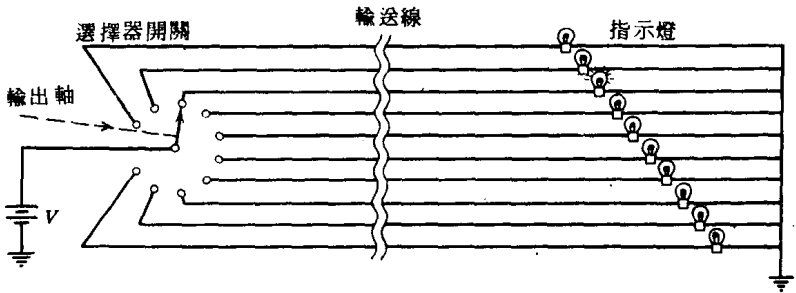


圖 1.3 傳輸水位用並聯式數位系統

會隨溫度而變化，因此，電表上的刻度要表示水位的話就可能很不可靠了。

改進類比系統的缺點，可用圖 1.3 所示的方法，在此係假設水位的可能變化範圍為 10 呎，並且假設準確度在 1 呎以上即可。假設輸出軸是用來控制具有 10 級的旋轉鍵 (Rotary Switch)，此旋轉鍵將不同的電壓加到輸送線，使遠處相對應的指示燈亮，由指示燈的位置就能知道水位到底是多少。很顯然地，此種系統比類比系統可靠。儘管輸送線的特性仍會影響到接收端所收到的正確電壓，但因接收端只要區別沒有電壓及足夠使指示燈亮的電壓這兩種情況，問題自然相對地少多了。

圖 1.3 的系統，因使用 10 條輸送線，相當昂貴，這是個缺點。

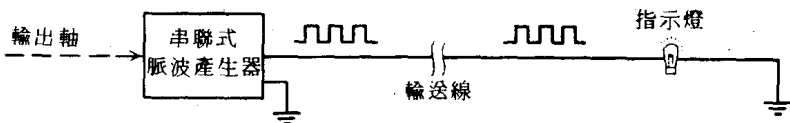


圖 1.4 傳輸水平用串聯式數位系統

另一克服類比系統缺點的方法如圖 1.4 所示。在此輸出軸是用來控制串聯脈波產生器 (Serial Pulse Generator)，定期送出相當於水位的成串脈波，每串 1 至 10 個脈波。控制台的工作人員只要觀看指示燈閃亮的次數，就能決定所測得的水位。當然，要直接計數指示燈閃亮的次數也很不方便，可利用一電子裝置來自動計數閃亮的次數，然後將計數的結果用指示燈顯示出來。這種裝置可為時序電路 (Sequential Circuit) 的一簡單例子，以後自然會加以討論。

圖 1.4 的系統，因脈波每一時候只有一個，而且是串聯的，因此叫做 Serial System (串聯系統)，而圖 1.3 的系統則叫做 Parallel System (並聯系統)。Serial System 中的脈波產生器將比 Parallel System 中的簡單旋轉鍵昂貴得多，但 Serial System 僅用一根輸送線，比 Parallel System 節省了 9 條，顯得非常經濟，尤其在輸送線很長的時候，更是如此。因此 Serial System 比 Parallel System 經濟。但也有一缺點，就是輸送消息的速度相當慢，這中間自然需有個取捨，這是應用 Digital Techniques (數位技巧) 都會碰到的情況。

Serial System 及 Parallel System 兩者都能利用 Coding (寫碼) 的方式加以改善。此種方式是利用幾個 Code (數碼) 來代替所要傳送的水位值。假設要用四個 Binary Code (二進制數碼) 來表示十個可能的水位的話，那麼總共有 $2^4 = 16$ 個 Combination (組合)，已經足夠有餘。現在來看前所敘述的 Parallel System，一種水位需用一根專用輸送線，結果花了十根，現在要用四個數碼來表示，每一個數碼使用一根輸送線，只要四根就夠，節省了很多，但是這種 Coding 技巧，必須使用一種數位轉軸位置轉碼器 (Digital Shaft Position Encoder)，將轉軸的位置轉變成四根輸送線上的電壓信號，再傳送到遠處的控制中心。遠處的接收端必要的話，也需要利用一種

叫解碼器 (Decoder) 的裝置將傳送過來的信號變成適當的水位，或使有關的指示燈亮來表示所探測的水位，Encoder 及 Decoder 因為電子技術的進步與電子零件的普遍，所費無幾，但能節省 6 根輸送線就相當可觀。

同樣，利用這種 Coding 的方式也能改進 Serial System 的傳輸速度。假設有三種電壓準位 $+V$ ， $-V$ 及 0 ，那麼就可有二種脈波，分別叫做 0 脈波及 1 脈波，利用四個 0 或 1 脈波串所組合的信號，就能表示十種可能的水位。當然，在此是利用一根輸送線作串聯傳輸。

上述的系統很顯然是種數位系統，輸送線的特性確實會影響到接收端所收到的準確電壓，但因為電壓值只限定有二個或三個互相分離的電壓範圍內，在某一範圍內的電壓準位毫無疑問可跟其他範圍的電壓準位加以區別，也就是說很不容易發生錯誤，因此，可看出 Digital System 的可靠性，通常都比 Analog System 好。從上述的例子，或許會使人認為可靠性是相當貴，也就是說，需要花費較多的成本，才能達到所要求的可靠性。但事實並非如此，因為有關的電子零件或裝置只要運用在少數的 Discrete Levels (分離式準位)，設計及製造都比較簡單，加上現在已經很普遍，大都可以大量生產，因此 Digital System 反而比 Analog System 便宜。因便宜經濟而普遍，因普遍而更加便宜，未來發展的趨勢已經非常明顯，這是筆者從事編寫此書——邏輯設計——的一基本動機。

1.2 簡單的發展歷史

最近幾年來 Digital System 的觀念已經受到很廣泛而普遍的應用，但這種觀念却不是新穎的。讀者或者會認得，圖 1.4 實際上就是電報的基本觀念，這也可能是電 (Electricity) 方面第一個很實際的

6 邏輯設計

應用。電報所用的 Coding 技巧，基本上是利用可變長度 (Variable Length) 的脈波來代表所要傳輸的消息，不折不扣是個數位系統。可變長度脈波的觀念現在仍然在用，名字上已經改用搏寬調變 (Pulse Width Modulation)，相當吸引人。

圖 1.4 的系統所採用的原理並應用在撥號式電話 (Dial Telephone) 中，當你拿起話筒，撥個號碼後轉盤自動轉回去的時候，話機中的開關會受到激勵而在用戶線上產生相當於所撥號碼的脈波串，此脈波串傳送到電信局的交換中心，脈波數會因自動機件之動作而被記錄下來。當所有的號碼撥完及脈波數都記錄下來以後，就用來啟動好些機鍵，將打電話的人接到所要的用戶去。機鍵因僅有 Open (開) 及 Close (閉) 兩種情況，所以是種數位裝置。因此電話撥號系統就是種數位系統，而且是世界上最大的一種數位系統。

電話撥號並不是新的發明，而是已經很多人的血汗所促成的第一個數位系統，也因此，電話科學家及工程師可說是最早對數位系統理論有所貢獻的人。因為早期的電話系統大部分都是利用交換鍵 (Switch)，所以這種數位系統理論又叫 Switching Theory (交換理論)，時至今日，這個名詞依然為人所沿用。

第二次世界大戰前不久，科學家已經認識到由電話工程師所發展的理論及技術 (Theory And Technology)，可以應用到數位計算機器 (Digital Computing Machine) 的設計，公元 1939 年美國哈佛大學 (Harvard University) 就已跟 Aberdeen Proving Ground 公司簽定合約，發展一種用來計算彈道學問題的機器，結果產生 Harvard Mark I (哈佛馬克一號)，在 1943 年即正式開始啓用。其後數年之間，世界上各處的研究中心又製造了好幾部這種機器，第一部商用計算機 Univac I 在 1951 年開始啓用，20 多年後的今天，單單在美國就已有裝設了 30,000 多部數位計算機，而且仍然繼續在增加中。

。在計算機工業發展神速的同時，交換理論或叫邏輯設計理論的發展也並駕齊驅。今天，在整個工程的學術領域中，邏輯設計理論可謂包羅豐富而又發展得很完全的一門學問。

1-3 數位計算機的組織

數位計算機 (Digit Computer) 在數位系統中既有這麼重要的地位，自宜在這裏，先將數位計算機的基本組織做個簡單的敘述。典型的一般用途數位計算機 (General-Purpose Digital Computer) 的基本方塊圖如圖 1.5 所示，計分成四大部分：輸出入部份 (I/O)，記憶部分 (Memory)，運算單位 (Arithmetic Unit) 及控制單位 (Control Unit)。

I/O 部分計包括：讀卡機 (Card Reader)，打卡機 (Card Punch)，印字機 (Printer)，紙帶讀入機 (Paper-Tape Reader)，

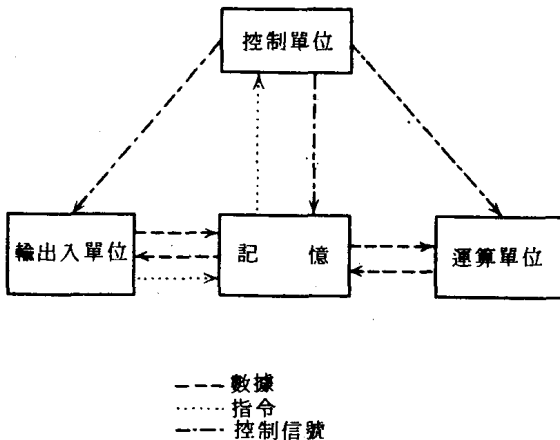


圖 1.5 基本組織—典型的數位式計算機