

科技用書

數位系統原理

(一)組合邏輯

許瑞銘 編著

復文書局

科技用書

數位系統原理

一 組合邏輯

許瑞銘 編著

江苏工业学院图书馆
藏书章

復文書局

漢文書局工業圖書目錄

書名	編著者	定價	備註
食品加工機械	林耕年	52.00	高工農用
調頻接收機	趙守仁	平 96.00 精 126.00	大專用書
電 磁 學	蘇炎坤	平 130.00 精 160.00	大專用書
工程材料學原理	金重勳	平 110.00 精 140.00	大專用書
控制系統之分析與設計	王木榮	平 100.00 精 120.00	大專用書
工程圖學(一)(基本圖學)	陳春錦	40.00	大專用書
工程圖學(二)(投影幾何)	陳春錦	70.00	大專用書
工程圖學(三)(工程畫)	陳春錦	68.00	大專用書
工程圖學(四)(機械、電機、電子)	陳春錦	80.00	大專用書
工作機械的電學	賴耿陽	平 79.00 精 100.00	大專高工適用
實用機構圖學	葉朝蒼	40.00	大專高工適用
實用化粧品學	李晃沐	平 80.00 精 110.00	大專高工適用
實用機械設計演習	葉朝蒼	32.00	大專高工適用
補線補圖正射視圖練習	葉朝蒼	20.00	大專高工適用
工程畫作業解答集(上)	葉朝蒼	20.00	大專高工適用
彩色電視原理與檢修	王旦華	60.00	大專高工適用
板金展開詳細圖集	徐景福	50.00	大專高工適用
機 械 材 料 學	林義平	50.00	大專高工適用
鉗 工 實 務	蕭旭烈	66.00	高工專科適用
車 工 實 務	蕭旭烈	60.00	高工專科適用
現代電力系統	高尚賢	平 84.00 精 114.00	大專用書
現代電路分析	許瑞銘	平 128.00 精 158.00	大專用書
三民版電路精解	魏漢東	上 40.00 下 42.00	大專用書
邏輯電路實習	羅桂林	54.00	高工大專適用
T T L 積體電路設計	何建新	64.00	大專適用
袖珍電子計算機遊戲	王克松	28.00	高工商大專適用
最新基本電子學	劉濱達	平 138.00 精 168.00	大專適用
工程數學(精全260.00精平230.00)	蘇炎坤	上 112.00 下 120.00	大專用書
水及廢水分析	吳宗榮	平 100.00 精 130.00	大專用書
電機機械原理與應用	李華琛	56.00	大專高工適用
計算機邏輯設計	黃榮興	平 110.00 精 140.00	大專用書
工具機的數值控制	林同聖	全 78.00	
電晶體擴音機原理、製造與設計	許舜騰	28.00	高工適用
電晶體迴路與設計	陳昆龍	平 100.00 精 130.00	大專高工適用
電解加工與化學加工	佐藤敏	74.00	大專用

直接郵購九折優待，請利用免郵費劃撥 地址：台南市東門路421巷巷28號
 帳號32104漢文書局(向就近郵局辦理) 電話：370003 郵撥：32104號

復 文 書 局 工 業 圖 書 日 錄

書 名	編著者	定 價	備 註
塑 膠 大 全	賴耿陽	90.00	大專用
投影幾何例解	陳春錦	精 120.00 平 100.00	大專用
電腦語言 FORTRAN IV	李宗義	平 138.00 精 168.00	大專用
計算機原理	林巍聳	平 116.00 精 146.00	大專用
電工學（電工概論）（全）	林巍聳	精 220.00 平 190.00	大專用
電工學（電工概論）（上）	林巍聳	100.00	大專用
電工學（電工概論）（下）	林巍聳	96.00	大專用
金相圖概論	蕭北魁	70.00	大專用
電子計算機組織	鄭恩澤	精 120.00 平 92.00	大專用
電 學 進 階 (三)	曾家楨	82.00	大專高工適用
電 學 進 階 (一)	李宗義	70.00	大專高工適用
電 學 進 階 (二)	李憲文	92.00	大專高工適用
電 學 進 階 (四)	葉中雄	72.00	大專高工適用
金屬材料及試驗法	徐景福	58.00	大專高工適用
工 業 電 子 學	劉濱達	80.00	大專用
基 本 脈 波	林巍聳	精 120.00 平 100.00	大專用
半微量定性分析	蘇癸陽	精 142.00 平 112.00	大專用
界 面 化 學	趙承琛	60.00	大專用
化 學 日 文	趙承琛	65.00	大專高工適用
化學程序動力學	張誠修	58.00	大專適用
鋼鐵表面處理之理論與實際	王龍祥	平 112.00 精 142.00	大專適用
螺釘、螺絲、螺帽	賴耿陽	平 96.00 精 126.00	高工大專適用
電路分析導論	林耕東	58.00	大專適用
基本電子學（全）	黃陞平	48.00	高工教科書
機工電學（全）	許松泉	18.00	高工教科書
基本電學（上）（分上、下二冊）	劉濱達	上 47.00 下 48.00	高工教科書
機件原理（上）（分上、下二冊）	宋志育 宋志章	上 23.00 下 24.00	高工教科書
金屬材料（全）	金重勳	58.00	大專高工適用
齒工原理（上）（分上、下二冊）	許瑞銘	上 43.00 下 44.00	高工教科書
機械力學（上）（分上、下二冊）	曹永全	上 29.00 下 30.00	高工教科書
電工機械（上）（分上、下二冊）	孫繼瑞	上 58.00 下 60.00	高工教科書
機械工作法（一）（分一二三冊）	林財教	（一） 19.00	高工教科書
品質管制學（全）	莊德樹	精 122.00 精 92.00	大專高工適用
輪配電學（上）（分上下冊）	黃進芳	上 23.00 下 24.00	大專高工適用
工業力學（上）（分上下冊）	施啓輝	上 28.00 下 30.00	高工教科書

直接郵購九折優待，請利用免郵費劃撥 地址：台南市東門路421巷巷28號
 帳號32104 復文書局（向就近郵局辦理） 電話：370003 郵撥：32104號

編輯大意

- 一、本書係遵照民國六十五年教育部修訂公佈工專課程標準編著，供電機科、電子科每週二小時教學之用。亦適合於電機、電子方面從業人員進修之用。
- 二、本書共分爲八章，第一章爲基本觀念，第二章爲布林代數之介紹，第三章爲電路實現（繼電器），第四章爲電路實現（磁蕊閘），第五章爲電路實現（電子電路），第六章爲交換函數之化簡，第七章爲組合網路之設計，第八章爲設計之可靠性與錯誤檢查。
- 三、本書理論與實際並重，參考積體電路邏輯，交換電路設計、邏輯理論、計算機邏輯設計及TTL設計等基本原理，範圍及應用外，並著重於電機、電子工程上專有名詞之認識與使用。
- 四、本書取材多方面工技叢書，內容簡單詳細，其間附有許多例題，以加深學生了解程度，及建立其讀書興趣。
- 五、本書配合各章節課文內容設有例題與習題，例題讓學生了解其基本原理之意義，習題乃著重於基本原理綜合應用以培養其思考，應用能用。
- 六、本書內容與邏輯實驗有密切關係，在完整之網路分析學習上，必須密切配合，相輔相成，始獲致修訂課程標預期效果。
- 七、本書適應工專學生之學習，以淺簡爲主而編成，惟組合邏輯既廣泛又複雜，難免有掛一漏萬，或印製錯誤之處，尚祈先進不吝指正，有助於電機、電子技術人員之養成爲禱。

許瑞銘 謹識
徐清楨

數位系統原理(1)組合邏輯／目次

第一章 基本觀念	1
1-1 數位系統簡介	1
1-2 準確性與分析法	1
1-3 連續系統與數位系統	2
1-4 資料和數量	5
1-5 二進制系統	8
1-5-1 二進制計算法	9
1-5-2 二進位之加法與減法	12
1-5-3 二進制之乘法與除法	19
1-5-4 十進數化成二進數	24
1-5-5 八和十六進數系統	30
習題一	42
第二章 布林代數簡介	47
2-1 二值變數 (Two-Valued Variable) 之性質	47
2-2 AND 接合	50
2-3 OR 接合	53
2-4 NOT 函數	57
2-5 基礎布林代數之交換函數之觀念	58
2-6 布林代數之基本性質	62
2-6-1 基本性質	62

2-6-2	基本定理	63
2-6-3	第摩根定理	67
2-7	布林表示式之化簡	68
2-8	NOR 及 NAND 接合	70
2-8-1	NOR 閘	70
2-8-2	NAND 接合	77
2-9	全及項與全或項	81
	習題二	89

第三章 電路實現 1：繼電器 95

3-1	簡介	95
3-2	交換（數位）裝置與電路	96
3-3	繼電器閘（Relay Gate）	98
3-4	繼電器應用	103
3-4-1	繼電器之分析	103
3-4-2	繼電器之組合電路	110
3-5	繼電器電路之最佳化	115
	習題三	123

第四章 電路實現 2：磁蕊閘 126

4-1	簡介	126
4-2	磁蕊之特性	126
4-3	磁蕊之動作原理	128
4-4	鏡記號（Mirror Symbol）	129
4-5	磁蕊電路	131
4-6	用磁蕊來完成交換函數	138

4-7	磁蕊電路最佳化	141
4-8	臨界交換	145
	習題四	148
第五章 電路實現 3：電子電路		150
5-1	簡介	150
5-2	電子閘之介紹	150
5-2-1	體積電路電子閘	150
5-2-2	分離元件	154
5-3	電壓真值表	155
5-4	電壓符號之簡介	157
5-5	電壓符號及反相	159
5-6	利用 NAND 或 NOR 閘作為 AND 或 OR 閘	160
5-7	NAND 閘之組合設計	163
5-8	NOR 邏輯	178
5-9	其他兩階層之裝設	185
5-10	特殊函數的閘電路	193
5-11	積體電路簡介	199
5-12	RTL, RCTL, DTL, TTL, ECL, CMOS, 1^2L 電路之簡介	200
5-13	扇出數目之決定	212
	習題五	214
第六章 交換函數之化簡		218
6-1	簡介	218
6-2	簡化之基本觀念	218

6-3	坎諾圖 (Karnugh Map) 簡化法及擴張法	227
6-3-1	二個變速及三個變數之資料填入法數	228
6-3-2	化簡法	233
6-3-3	全及項集合	235
6-3-4	意含項之選擇	241
6-3-5	和之積化簡	246
6-3-6	實例應用	250
6-4	涉及多餘項之化簡	261
6-5	列表化簡法	265
6-5-1	質意含項之決定	266
6-5-2	質意含項之選擇	272
6-6	用計算機化簡法	277
	習題六	279
第七章	組合網路之設計	285
7-1	設計之步驟	285
7-2	實際應用之設計	286
7-2-1	加法器	286
7-2-2	二進位比較器	298
7-2-3	碼至碼轉換	302
7-2-4	七段展示器	305
7-2-5	解碼器與編碼器	310
7-3	線接 AND 與線接 OR	315
7-4	多端輸出網路	321
7-4-1	非正式之方法	321
7-4-2	正式多端網路化簡	325

7-4-3	多端網路之設計	330
7-4-4	特殊函數之多端網路	335
7-5	渡橋之設計	345
7-6	大型與中型積體電路之設計	351
7-6-1	複合器及解複合器	352
7-6-2	解碼器之設計	356
7-6-3	祇讀記憶元件	359
7-6-4	能作程序之邏輯序列	359
7-7	組合電路之速度限制	363
	習題七	366

第八章 設計之可靠性及錯誤檢出 372

8-1	簡介	372
8-2	雜波	372
8-2-1	雜波產生之原因	372
8-2-2	去除雜波的交換電路之設計	377
8-3	錯誤之檢查出	379
8-3-1	故障矩陣	380
8-3-2	故障表	383
8-3-3	其他檢驗法	385
8-4	利用多餘項來改進可靠性	389
8-4-1	危險與非危險錯誤	389
8-4-2	可恢復之結構	390
	習題八	399

第一章 基本觀念

1-1 數位系統簡介

我們都知道數位系統 (Digital system) 就是處理間斷式資訊元素之系統。

於我們生活環境中，所有長度、質量、速度、溫度等連續之物理變數，其資訊之記錄及演算步驟裡，不能夠很準確的去量出或使用其數值。但我們確須要用一較準確之值來代表各物理量之值。例如，車速於 20 公里 / 秒與 21 公里 / 秒之間，我們可以把車速作為 20 公里 / 秒。

在測量各物理量時須考慮其準確性、分析性與時間等性質。即於某一時間下之物理變數可以用一數值來表示。如以數位型式來代表某一變數時，便於應用及計算中具有了原變數之準確與分析等性質。

所以對於任一連續物理變數均可以一數位型式之值來表示，而應用於資訊之計算。

1-2 準確性與分析性

所謂準確性是與測量物理量之儀器及測量者之觀察判斷能力有關。例如以秤用測量某一物體之重量就比不上用微天平來得準確。

於連續系統與數位系統轉換中，其分析性便與數位系統中最單位元素之值有關。即於連續數值中要讀出某一值時，則所讀出之值一定大於或小於其準確 (真正) 之值。例如，我們知道書本是以本為單位來計算。當有 3 本書要分給兩位學生時，則甲位學生分得兩本，另

乙位學生分得一本。不可能說每位學生均分得一本半。這種分法並不是較準確之平分法。所以，此兩位學生間一定差一個單位元之書本，即相差一本書。如要準確性均分法，則每位學生均為一本半，那麼甲所得到之書本與準確性分法差半本，且乙所得到書本亦較準確性分法差半本。由上述知，以數位來代表某一連續變數，則定有一個單位之誤差。即準確性不得超過分析單元之半。

當分析性之單元大小減少時，則其準確性便可提高。即準確性受到分析單元之限制。如果能提供更多的轉換步驟中之資訊便可增加分析能力。例如，普通尺祇能測量 $1/10$ 公分之單位，如說能測出 $1/100$ 公分大小，則此種分析性便不合理。

於連續系統與數位系統轉換過程中，如使分析性增大時，則於轉換中所需之數位值之資訊就需增加，便使得資訊之儲存與數位之計算更為複雜。

1-3 連續系統與數位系統

數位計算機使許多科學上、工業上及商業上大為進步，而此是用其他方法所不能得到的，例如沒有連續的計算機之控制，我們許多計劃便不能實現。許多商業上之職務僅能依靠自動的資料處理才成為有效。計算機被使用於科學上之計算，商業上及業務上之資料處理，及航空控制、空間導引、教育界及其他方面，數位計算機最特殊之性能即其普遍性，所謂程式便是操作資料之一系列指令，使用者能夠依拈特殊之需要改變程式與資料，由於其伸縮性，通用目的數位計算機能執行各類型資料處理工作。

通用目的數位計算機是數位系統之最好例子，其他例子包括：電話交換機、數位伏特計、頻率計數器、遙控器等，數位系統之特性即具間斷式資料元素，如此間斷式之元素可能為電脈衝，十進制數位、

英文字母、數學運算、標點符號，或任何其他具有特定意義之符號，各種並置之間斷式元素資料代表各種資料，例如字母 d，o 及 g 形成字 dog，237 構成一數字，如此一系列之間斷元素形成一語言，即利用各種有規則性之排列便可顯示出各種不同資料，早期之計算機大都使用於數字之計算，如此間斷單元便為數位，此亦數位計算機之來源。對於數位計算機更適合之稱謂為“間斷式資料處理系統”。

於數位系統中顯示間斷式元素資料之物理量稱為信號，如電壓與電流信號最常見，於所有電之數位系統中此信號僅有兩個間斷數字，故稱為二進位，數位系統設計者限制於使用二進位信號，由於多值電子電路之可靠性但，換句話說具有十狀態之電路，對每一狀態使用一個別電壓值，然而其操作之可靠性將很低，相反地，具有通與不通兩可能信號值之電晶體電路相當可靠的，由於元件物理之限制及邏輯操作都趨向於二進制，數位系統限制於間斷數值，更進一步採用二進數值。

間斷式元素資料不祇符合自然界處理資料之性質且能由一連續之處理程序而數量化，例如薪水給付計劃為一種間斷式單元資料處理，其包含雇員之名字，社會安全項目、週薪、個人所得稅等，一員工之給付清單以使用間斷式資料值處理諸如英文字母（名字），數字（薪水），及特殊符號如 \$，於另一方面，程式設計之科學家觀察一連續之過程然僅記錄特殊量於表格形式，此科學家如此數量化其連續性之資料，於其表格裡之每個數目為一間斷式處理資料。

許多物理之系統能以微分方程式來描述，以時間為函數之解答給予了完整過程行為，一部類比計算機執行一物理系統之直接模擬，此計算機之每一部份是類比於學習過程中之某特殊部份，於類比計算機中之變數以連續信號代表，如通常電壓隨時間之連續變化，此信號變數為類比於過程之變數及有相同之行為，因比類比電壓之測量能由過

之變數來替換，類比信號有時以連續信號來代替，因為類比計算機為一部操作連續變數之計算機。

於數位計算機中執行一物理計算過程時，涉及物理量必須被定量化，當過程之變數以瞬間連續信號表示時，此連續信號必須以類比對數位轉換裝置來定量化，以數學方式之形式表示某一物理系統於數位計算機中則是以數值方式來執行，當問題本來就是以分格式資料處理時，如商業應用上，數位計算機則以這些物理量之原來形式作為變數來操作。

類比與數位計算機各有其優點，類比計算機用於僅需有限精確度作快速解答之問題中或用於不斷變更參數作多次重複計算之問題中，數位計算機用於當資料於間斷形式時，需要高精確度，能作邏輯決定，及具有控制能力時；及當一般用途之機器較為有利形勢下時，一拼合制計算機是同時具有類比及數位計算機，這種組合具有類比及數位計算機兩者之優點，對物理系統之模擬研究有很大之用處。

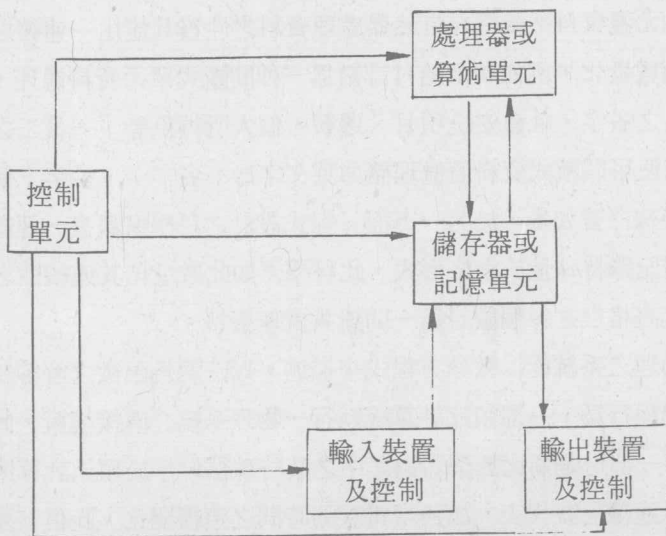


圖 1-1 小型數位計算機方塊圖

一部小型數位計算機之方塊圖如圖 1-1 中所示，其中記憶部分單元用來儲存程式計劃以及輸入、輸出和處理過程中所獲得之資料，算術單元則是由記憶單元中提取之資料做程式計算中所需有程序之工作，而控制單元控制各單元間資料之傳輸、輸入及輸出裝置接收程式計劃及資料數據（包含使用者所準備的和由計算機所運算出的）以及這些計劃和數據與記憶單元之轉移，此輸入及輸出裝置是以電機機械來驅動和以電子數位電路控制之特殊目的之數位系統，因為其為特殊目的的機械，所以於此書中不討論。

數位計算機是操作於間斷式資料元素及其單元是由二進位形式表示，用來作為被操作數也以二進位數字系統來表示，其他的間斷式元素，包括了十進位數字亦都以二進碼來表示，資料處理過程是由二進位信號表示之二進位邏輯單元來完成的，資料儲存於二進位機構內。

1-4 資料和數量

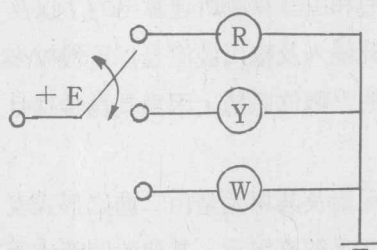
於數位系統中所由資料換為數位型式或所儲存之項目為資料與數量之項目。處理其中資料項目是提供為真實或不真實（True or False）或是或否（Yes or No）。而數量項是為數字表示。如以計算機來作為各員工之薪水處理時，需要性別（男/女）與職位差別（經理、工程師、技術工或工友）等資料項目；同時亦需要年資，工作時數等數量項目。

訊息表示法

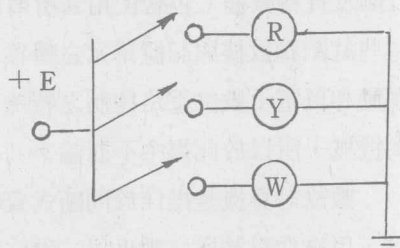
至於訊息一般都為不同狀態所組成，如於職位資料中有經理、廠長、工程師、技術工及工人等不同狀態，而其表示方法有：

- (1) 僅用一多個狀態設備來表示。
- (2) 利用好幾個設備，但每一個設備均含有經化簡過之狀態數目。我們舉一例來表示以電動記分板來決定誰先下棋。此電動裝置含

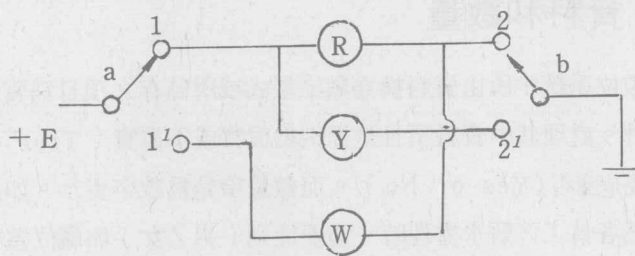
有勝、負、平手之指示燈。至於此裝置能用一個三單極，單投之開來表示，亦可用一三狀態之旋轉開關；或以二個雙極，雙投之開關來組成，如圖 1-2 中所示。於圖 1-2 中(c)中有二個雙極開關，而每一開關均有兩不同位置。便產生 $2^2 = 4$ 個不同狀態。



(a) 旋轉式開關



(b) 單極單投



(c) 單極雙投

開關位置		燈光區別
a	b	
1	2	贏 (先下一步棋)
1	2'	輸
1'	2	平手 (都不下棋)

(d)

圖 1-2 不同開關組合所形成指示板

由上例知，二值變數有 2 個，而資料項目（輸、贏、平手）有 3 個，而

$$2^2 > 3$$

即假設有 n 個二值變數，而資料項目有 M 個狀態，而 M, n 均為整數，於是

$$2^n > M \quad (1-1)$$

如假設有六個不同值之變數項目，便需要以三個二值數來代表，因 $2^3 = 8 > 6$ ，如果以二個二值變數來代表時，則 $2^2 = 4 < 6$ 便不符。

數量表示法，

一個 7392 之十進位數於定量上較相當於 7 仟加 3 佰加 9 拾再加 2，於此仟、佰都是 10 之指數次方而以係數之位置表示，更進一步我們將 7392 以下式表示

$$7 \times 10^3 + 3 \times 10^2 + 9 \times 10^1 + 2 \times 10^0$$

然而習慣上僅寫其係數於其位置而把所需之 10 指數次忽略，通常一十進位之數字可以一係數表示

$$a_5 a_4 a_3 a_2 a_1 a_0 \cdot a_{-1} a_{-2} a_{-3}$$

此 a_j 係數表示任意之十進位（0, 1, 2, …, 9），下標 j 表示位置值，以 9

$$10^5 a_5 + 10^4 a_4 + 10^3 a_3 + 10^2 a_2 + 10^1 a_1 + 10^0 a_0 \\ + 10^{-1} a_{-1} + 10^{-2} a_{-2} + 10^{-3} a_{-3}$$

因為十進位數字系統是使用 10 數位及其係數乘以 10 之指數次方，故稱基底為 10，此二進系統是不同於二進位數目系統之份數有兩個可能值：0 與 1，每一係數 a_j 被乘以 2^j ，二進位數 11010，11 之十進值為 26.75，如下示係數乘以 2 之指數次方：

$$1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$$