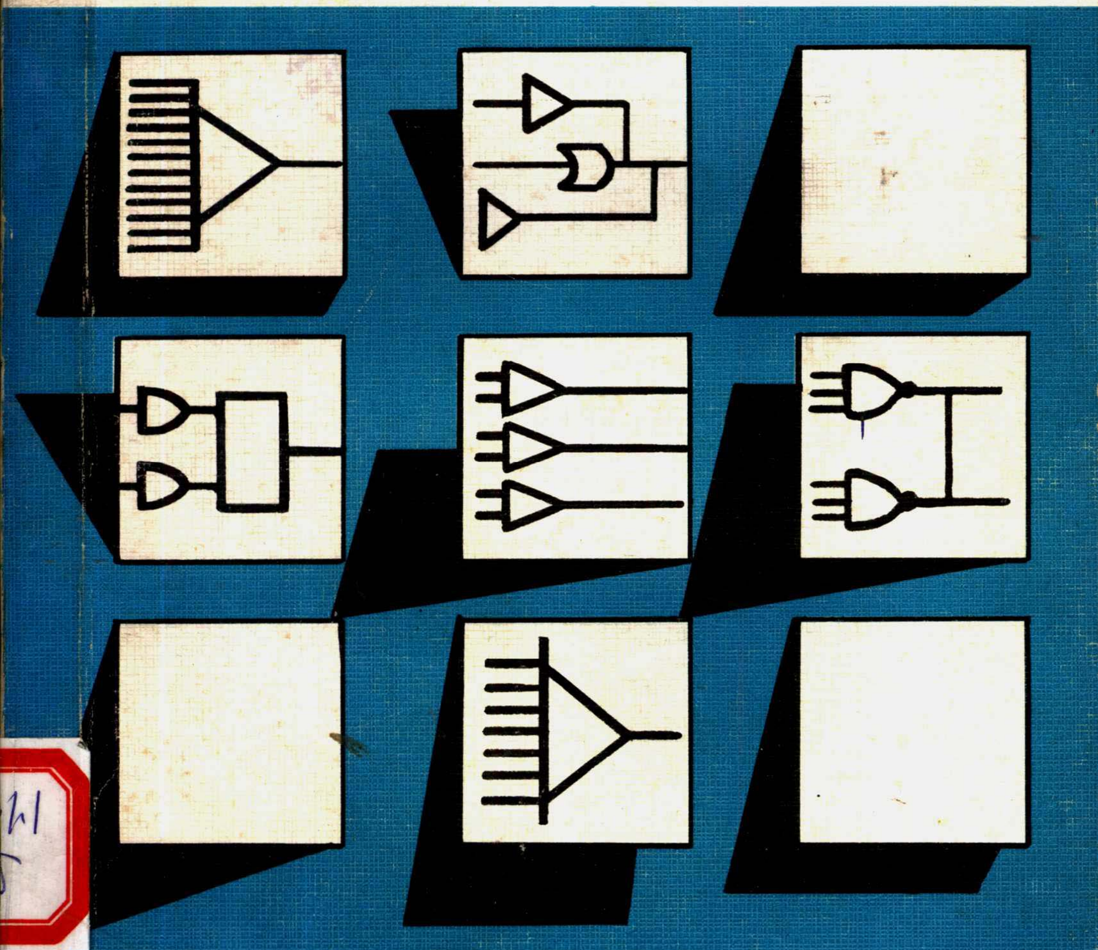
教育部審定　高工適用

邏輯電路

吳晉福編著

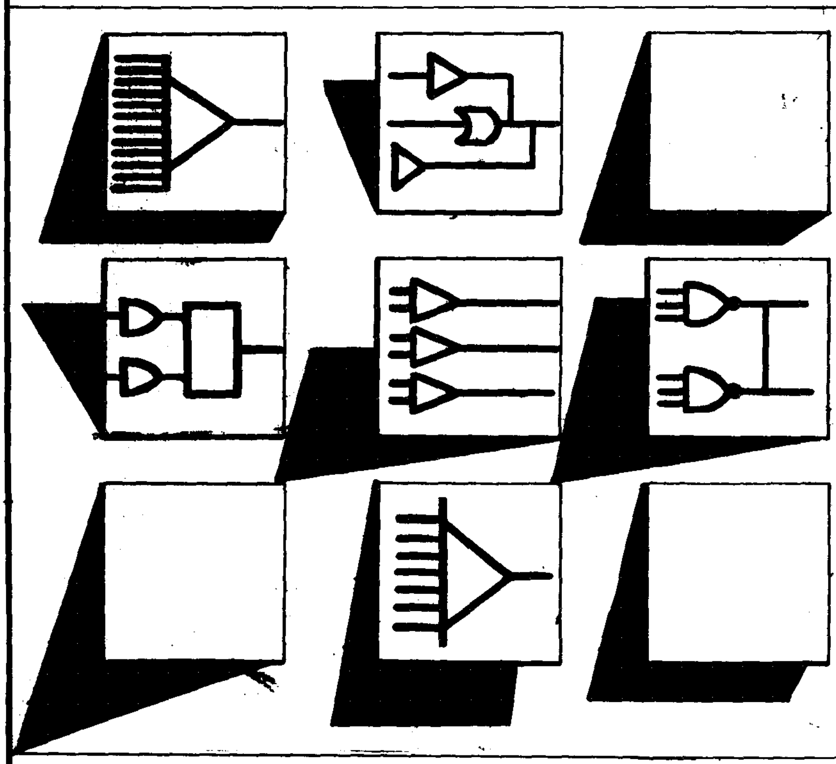


全華科技圖書公司印行

教育部審定　高工適用

邏輯電路

吳晉福編著



全華科技圖書公司印行

邏輯電路

吳晉福　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　鄺
印刷者	慶福彩色印刷廠
東南亞總經銷	港　明　書　店 香港九龍彌敦道500號2樓 電話:3-302846·3-309095
基　價	3.5 元
海外定價	港　幣　19.6 元
再　版	中華民國69年5月

編輯大意

1. 本書係遵照教育部六十三年二月頒佈之「高工電子設備修護科邏輯電路課程標準」編著。
2. 本書全一册，適於高工第三學年上、下學期每週二小時邏輯電路課程講授之用。本書之編撰，係採循序漸進原則，由易而難，由簡而繁，務使學者能觸類旁通，以收舉一反三之效。本書特重分析之法，務使學者能掌握此一犀利工具以嘗試解決實際邏輯電路問題。
3. 波爾代數乃邏輯設計之基礎，波爾代數式之簡化更爲邏輯電路設計以簡馭繁之所繫，故本書除代數運算外，另闢一節詳述各種有系統的簡化方法。
4. 本書理論與實際並重，務使學者能將理論應用於實際邏輯電路問題中，書中所提分析、設計方法皆能夠於實驗室中做成，故可配合工場實習，俾得以互相印證。
5. 本書所用邏輯符號係採用目前國內外教科書與工程書籍所最通行者，竭力避免採用業已逐漸廢棄之符號，以免學者增加無謂之紛擾。書中名詞悉依教育部六十年六月公佈之「電子工程名詞」爲準，其未經公佈者，則酌採目前常用之譯名。
6. 本書編有教學手册，專供教師教學之參考。
7. 本書之編撰，雖審愼取捨，並迭經多次之校訂，舛誤之處仍恐難免，敬祈各界先進不吝賜教，俾得於再版時訂正。

爲「科學中文化」展開一個新紀元

全華科技圖書公司服務科技教育界的精神
將爲「科學中文化」展開一個新紀元。

科學技術，一日千里，陳舊的資料已無法滿足嶄新科技教育的需要。目前國家建設急速推展，科技教育必須再紮根、再推廣，科學中文化、更新教學資料、培育科技人才已是刻不容緩的事。

全華科技圖書公司，爲了推展國內科技教育，乃竭誠編撰了一系列教科書。這些圖書，資料最新、最有系統，完全配合科技教育的需要。我們確信這一系列教科書，將徹底解決國內科技教材的陳舊、缺乏問題，並希望能以此開始，得拋磚引玉的功效，使全國國民共同爲發展國家科技知識而努力，爲「科學中文化」展開一個新紀元。

本書編印，審愼小心，我們竭誠歡迎您來信指正。

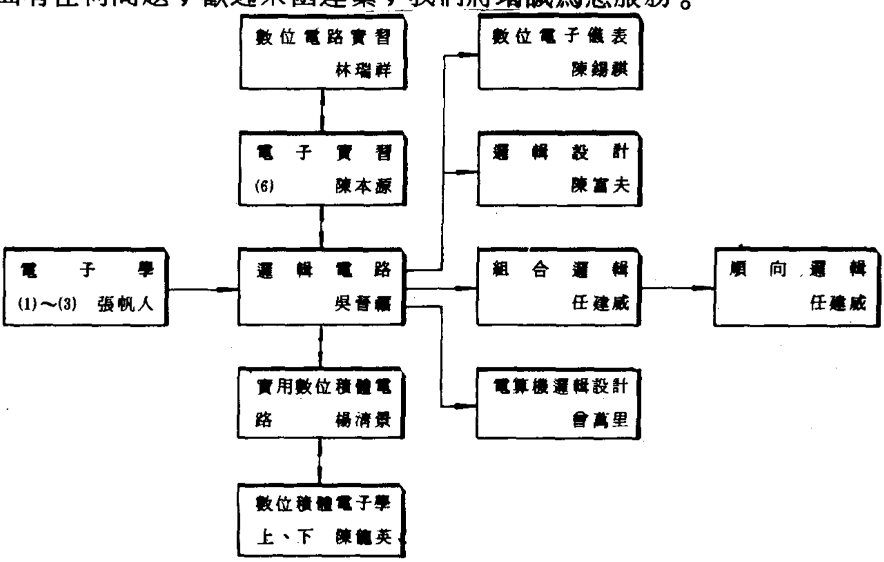
編 輯 部 序

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所將提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，且循序漸進。

現在，我們將這本「邏輯電路」呈獻給您。本書係遵照民國六十三年二月教育部頒佈之高級工業職業學校電子設備修護科邏輯課程標準編輯而成。本書採循序漸進原則，以淺明文筆，由簡入繁，特着重分析之方法，使您能解決實際邏輯電路問題，故特別適合作爲教科書與自修之用，這是一本不可多得的好書。

波爾代數是邏輯設計之基礎，本書特別加强波爾代數之說明，使您在這方面有正確之觀念，這是一般其他書本所缺乏的。藉著本書將使您在邏輯理論與實用上融會貫通，作爲就業與日後研究數位系統之基礎。

爲了方便您在邏輯設計方面作有系統的研習，我們特別以流程圖方式列出各相關圖書之閱讀先後次序，這不但會減少您研習此門學問之摸索時間，同時將使您得到完整的知識，相信一定對您有很大的幫助。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠爲您服務。



邏 輯 電 路

目　　次

1 數目系統

§1-1 前　言

在日常生活中最常用的數目系統是十進位數系，十進數系以十爲底，使用0，1，2，3，4，5，6，7，8，9等十個不同的數字來表示一個數，每一位數字所在位置都各代表著十的若干乘方，最右邊的數字位“次方”最低，最左邊的位“次方”最高，例如5673 這個數，3所在位置代表十的零次方（即個位），7所在位置代表十的一次方（即十位），6的位置代表十的二次方（即百位），5的位置代表十的三次方（即千位），因此5673 這個數表示五個十的三次方和六個十的二次方和七個十的一次方和三個十的零次方，即

$$5673 = 5\times10^3 + 6\times10^2 + 7\times10^1 + 3\times10^0$$

十進制並不是表示數字的唯一方法，在日常生活中也常會用到十進位以外的數系，例如時間單位年、月、日、時、分、秒等就不是十進制，只不過十進制用起來最方便而已。在工程上，特別是計算機工程方面，十進制用起來並不方便，因爲許多基本元件都只有“開”和

“關”兩種狀態，因此二進制和由二進制導出來的八進制（二的三次方），十六進制（二的四次方）等數目系統在工程上具相當重要地位。

一般而言，r 進位數目系統（r 爲大於 1 的自然數）以 r 爲底，用 0，1，2，……，（r－1）等 r 個不同的數字來表示一個數，每一位數字所在位置都各代表著 r 的若干乘方，最右邊的位“次方”最低，最左邊的位“次方”最高，用數學式子來表示，即

$$N = a_n \times r^n + a_{n-1} \times r^{n-1} + \cdots\cdots + a_1 \times r^1 + a_0 \times r^0$$
$$= a_n a_{n-1} \cdots\cdots a_1 a_{0(r)} \qquad (1\text{-}1)$$

其中每個 a_i 都各表示 0 到（r－1） 間的任一數字，最後面小括弧中的 r 表示此爲 r 進位數，N 爲整數。

若 N 不是整數，則必須再加上負乘方數來表示，即

$$N = a_n \times r^n + \cdots\cdots + a_1 \times r^1 + a_0 \times r^0 + a_{-1} \times r^{-1} + a_{-2} \times r^{-2} + \cdots\cdots$$
$$= a_n \cdots\cdots a_1 a_0 . a_{-1} a_{-2} \cdots\cdots (r) \qquad (1\text{-}2)$$

其中正、負乘方數用一個小數點隔開

在本章下面諸節中，將分別討論二進位，八進位和十六進位等數目系統，以及各數系間的轉換。

§1-2 二進位數目系統

二進位數目系統以 2 爲底，即 r = 2，故只用 0 和 1 兩個數字來表示一個數，超過 2 以上的數就進位到 2^1 位、2^2 位等等，按照前節所述定義方式，一個二進數，如 $10111_{(2)}$ 即表示

$$N = 10111_{(2)}$$
$$= 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$$
$$= 16 + 0 + 4 + 2 + 1$$

$=23_{(10)}$

表 1.1所示即爲0到32 間各數的二進位表示法。

十進數	二進數	十進數	二進數
0	0	16	10000
1	1	17	10001
2	10	18	10010
3	11	19	10011
4	100	20	10100
5	101	21	10101
6	110	22	10110
7	111	23	10111
8	1000	24	11000
9	1001	25	11001
10	1010	26	11010
11	1011	27	11011
12	1100	28	11100
13	1101	29	11101
14	1110	30	11110
15	1111	31	11111
		32	100000

表 1-1　十進數和二進數對照表

二進數和十進數之間的轉換將於1-5節中述及。

二進位數目系統最適宜被採用爲機器語言，因爲這種數系只要用0和1兩個數字來表示就行，正好相當於電路開關中的“開”和“關”兩種狀態，一部計算機實際上是由無數電路開關作用組合而成，任何一種運算到最後都必需化成二進位形式，才能直接動作。在第七章中將論及如何用邏輯電路來執行二進位運算。

二進位的四則運算方法和十進位的四則運算方法大致相同，進位、

退位等運算幾乎完全一樣，所不同的只是二進位運算另外需要一個二進位加法表和二進位乘法表而已。圖 1-1所示即爲二進位的加法表和乘法表。

+	0	1
0	0	1
1	1	10

加法表

×	0	1
0	0	0
1	0	1

乘法表

圖 1-1　二進位加法表和乘法表

下面以四個實例說明二進位四則運算

【例 1-1】

$$\begin{array}{r} 1111 \leftarrow \text{進位} \\ 1101 \\ +\ 1011 \\ \hline 11000 \end{array} \qquad \text{相當於十進位加法} \qquad \begin{array}{r} 13 \\ +11 \\ \hline 24 \end{array}$$

【例 1-2】

$$\begin{array}{r} \text{退位} \\ 010 \\ 1101 \\ -1011 \\ \hline 10 \end{array} \qquad \text{相當於十進位減法} \qquad \begin{array}{r} 13 \\ -11 \\ \hline 2 \end{array}$$

【例 1-3】

$$\begin{array}{r} 1101 \\ \times 1011 \\ \hline 1101 \\ 1101 \leftarrow \text{進位} \\ 0000 \leftarrow \text{進位} \\ 1101 \leftarrow \text{進位} \\ \hline 10001111 \end{array} \qquad \text{相當於十進位乘法} \qquad \begin{array}{r} 13 \\ \times 11 \\ \hline 143 \end{array}$$

【例 1-4】

$$\begin{array}{r} 1011 \\ 1101\overline{)10001111} \\ \underline{1101} \\ 1001 \\ \underline{0} \\ 10011 \\ \underline{1101} \\ 1101 \\ \underline{\underline{1101}} \end{array}$$

相當於十進位除法

$$\begin{array}{r} 11 \\ 13\overline{)143} \\ \underline{13} \\ 13 \\ \underline{\underline{13}} \end{array}$$

由這四個例子可以看出二進位運算和十進位運算是多麼類似，這種運算只需要一個加法表和乘法表，只需進位、退位或不進位也不退位，只用到 0 和 1 兩個數字，因此可以很容易的用邏輯電路來執行這些運算，不過實際上還可以另外用一種補數方法來免除減法運算，使得只要用一個加法器就可以執行各種運算，這種方法將在 7-6 節中論及。

§1-3　八進位數目系統

八進位數目系統以 8 爲底，$r=8$，因此必須用 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 等八個不同的數字來表示數目，超過 8 以上的數就進位到 8^1 位，8^2 位等等，依照（1-1）式定義，一個八進數如 $2671_{(8)}$ 即表示

$$\begin{aligned} N &= 2671_{(8)} \\ &= 2\times 8^3+6\times 8^2+7\times 8^1+1\times 8^0 \\ &= 1024+384+56+1 \\ &= 1465_{(10)} \end{aligned}$$

表 1-2 列出 0 到 32 間各數的八進位表示法。

表 1-2　十進數和八進數對照表

十進數	八進數	十進數	八進數
0	0	16	20
1	1	17	21
2	2	18	22
3	3	19	23
4	4	20	24
5	5	21	25
6	6	22	26
7	7	23	27
8	10	24	30
9	11	25	31
10	12	26	32
11	13	27	33
12	14	28	34
13	15	29	35
14	16	30	36
15	17	31	37
		32	40

八進數和十進數間的互換將於 1-5節中述及，八進位和二進位間的互換則非常容易，因爲八恰好是二的三次方，所以每一個八進數位恰可以由三個二進數來表示，反之，只要從最右邊的低次位起，每三位編成一組即行。

【例 1-5】　八進位化二進位

$$N = 236_{(8)}$$

$$= \underbrace{010}_{2}\ \underbrace{011}_{3}\ \underbrace{110}_{6}$$

$$= 10011110_{(2)}$$

【例 1-6】　二進位化八進位

$$N = 101110001_{(2)}$$
$$= 101\ 110\ 001$$
$$= 561_{(8)}$$

八進數使用 8 個不同的數字，和十進數相差無幾，且由於八進數和二進數間的互換非常簡單，不必像十進數與二進數間的轉換那麼麻煩（通常這兩種數系間的轉換要用一個譯碼器和一個解碼器），因此在某些特殊用途的數字顯示器上常用八進數來表示，在某些程式設計中，八進數也很有用。

八進數的四則運算也和十進數或二進數差不多，只要另外用個八進位的加法表和乘法表就行，讀者可自己塡一個八進位的加法表和乘法表，然後按照 1-2節所述方式自行做些八進數的運算。

八進數其實是二進數的一種變形，是爲了適合人們使用方便而產生的，因爲二進數雖然便於機器使用，但我們却不習慣使用，而且處理起來太麻煩；而十進數雖然是我們所習慣使用的，却不方便使用到機器上，由於人與機器常必須互相溝通，於是就產生了這種對人與機器都尙稱方便的八進數系。

§ 1-4　十六進位數目系統

十六進位數目系統以 16 爲底，$r = 16$, 因此必須用 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A（代表 10），B（代表 11），C（代表 12），D（代表 13），E（代表 14），F（代表 15）等十六個不同的數字或文字來表示一個數目，超過 16 以上的數就進位到 16^1 位，16^2位等等。依照（1-1）式定義，一個十六進數如 $36A8DB_{(16)}$ 即表示

$$N = 36A8DB_{(16)}$$

$$= 3\times 16^5+6\times 16^4+10\times 16^3+8\times 16^2+13\times 16^1+11\times 16^0$$

$$= 3145728+393216+40960+2048+208+11$$

$$= 3582171_{(10)}$$

表 1-3列出 0 到 32 間各數的十六進位表示法。

表 1-3　十進數和十六進數對照表

十進數	二進數	十六進數	十進數	十六進數
0	0000	0	16	10
1	0001	1	17	11
2	0010	2	18	12
3	0011	3	19	13
4	0100	4	20	14
5	0101	5	21	15
6	0110	6	22	16
7	0111	7	23	17
8	1000	8	24	18
9	1001	9	25	19
10	1010	A	26	1A
11	1011	B	27	1B
12	1100	C	28	1C
13	1101	D	29	1D
14	1110	E	30	1E
15	1111	F	31	1F
			32	20

十六進位數系也是二進數系的一種變形，由於十六恰好是二的四次方，因此一個十六進數位恰可由四個二進數來表示，而一個二進數欲化成十六進數時，只需從最右邊的低次位起，每四位編成一組即行。