

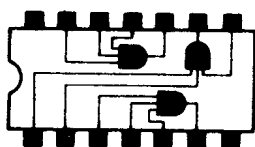
THE FUNDAMENTAL OF 圖解數字IC基礎 DIGITAL IC

曾煥燃 編譯

萬里書店出版

圖解數字IC基礎

曾煥然編譯



香港萬里書店出版

圖解數字IC基礎

曾煥燃編譯

出版者：萬里書店有限公司

香港北角英皇道486號三樓

電話：5-632411 & 5-632412

承印者：嶺南印刷公司

香港德輔道西西安里13號

定價：港幣二十二元

版權所有 * 不准翻印

(一九八二年八月版)

前言

關於數字 IC 的參考書雖然不少，但一般偏重於原理方面的敘述，或者是比較簡單的入門製作的介紹，能做到原理與實踐相結合的比較少見。因此，我們對數字 IC 的基本知識作了一番整理，希望在兩者之間架起一道橋樑，為使用及從事 IC 零件生意的技術人員，為在學的學生及業餘愛好者提供一本有用的參考書。

基於上述理由，本書採用了盡可能多的市售數字 IC 作為具體例子，希望通過介紹它們的用法，進一步理解數字電路。此外，在編排方面，本書也作了較新的嘗試，每一專題都佔用兩面篇幅，一面文字，一面插圖，以簡潔的文字及豐富的圖例，幫助大家用較短的時間弄清楚要了解的問題。

雖然我們作了這樣的嘗試，但限於水平。相信書中還有許多不完善的地方，希望讀者把發現的錯誤告訴我們，以便再版時改正。

目 次

前 言	I
1. 數字 I C 用法基礎	1
1.1 模擬電路和數字電路	2
1.2 數字 I C 的構造	4
1.3 數字 I C 的種類	6
1.4 邏輯電平與閾值	8
1.5 數字 I C 接腳的功用	10
1.6 T T L 的輸入輸出腳的使用	12
1.7 C-MOS IC 的輸入輸出腳的使用	14
1.8 數字 I C 的電源	16
1.9 T T L 特性表的讀法	18
1.10 C-MOS IC 特性表的讀法	20
1.11 使用 I C 時的注意要點	22
* 第 1 章小結	24
2. 門電路與邏輯電平	25
2.1 與門和與非門	26
2.2 或門和或非門	28
2.3 異門和同門	30
2.4 緩衝器與倒相器及複合門電路	32
2.5 輸入・輸出腳的變更與擴張	34
2.6 邏輯電路門的變換	36
2.7 T T L 門電路的開關特性	38
2.8 C-MOS 門電路的開關特性	40
2.9 邏輯表與時間圖	42
2.10 使用門電路的脈衝電路 (之一)	44

2.11 使用門電路的脈衝電路 (之二)	46
2.12 使用門電路的脈衝電路 (之三)	48
2.13 使用門電路的放大電路	50
2.14 使用門電路的放大器的振盪電路	52
2.15 MIL符號及其用法 (之一)	54
2.16 MIL符號及其用法 (之二)	56
* 第2章小結	58
3. 施密特電路	59
3.1 施密特觸發門	60
3.2 門電路組成的施密特電路及其應用 (之一)	62
3.3 門電路組成的施密特電路及其應用 (之二)	64
* 第3章小結	66
4. 多諧振盪器	67
4.1 使用TTL門電路的自激多諧振盪器	68
4.2 使用C-MOS門電路的自激多諧振盪器	70
4.3 門電路組成的單穩態多諧振盪器	72
4.4 單穩態多諧振盪器使用的IC的功能	74
4.5 特殊的自激多諧振盪器	76
4.6 時鐘脈衝與多諧振盪器的應用	78
* 第4章小結	80
5. 雙穩態多諧振盪器	81
5.1 R-S-FF	82
5.2 T-FF	84
5.3 門鎖和D-FF (之一)	86
5.4 門鎖和D-FF (之二)	88
5.5 J-K-FF	90
5.6 FF的變換	92
5.7 FF用的各種IC	94
5.8 移位寄存器 (之一)	96
5.9 移位寄存器 (之二)	98
5.10 移位寄存器 (之三)	100
* 第5章小結	102

6. 計數器	103
6.1 2 進計數器.....	104
6.2 10進計數器.....	106
6.3 B C D碼與16進數.....	108
6.4 10進數與B C D的變換.....	110
6.5 計數器 I C 的各種功能 (之一)	112
6.6 計數器 I C 的各種功能 (之二)	114
6.7 N進計數器.....	116
6.8 約翰遜計數器和環式計數器.....	118
6.9 計數器的多位連接.....	120
6.10 程序式1/N計數器 (之一)	122
6.11 程序式1/N計數器 (之二)	124
6.12 多位計數器 (之一)	126
6.13 多位計數器 (之二)	128
* 第 6 章小結.....	130
7. 顯示器	131
7.1 數字管.....	132
7.2 7 劃 L E D 顯示器.....	134
7.3 液晶顯示器 (L C D)	136
7.4 其他顯示器.....	138
7.5 顯示器的靜態推動.....	140
7.6 顯示器的動態推動.....	142
* 第 7 章小結.....	144
8. 接 口	145
8.1 T T L → C - M O S 的接口.....	146
8.2 C - M O S → T T L 接口.....	148
8.3 使用晶體管的接口.....	150
8.4 模擬波形及其接口.....	152
8.5 光電交連器.....	154
8.6 接點・開關等的接口.....	156
* 第 8 章小結.....	158
9. 模擬開關	159

9.1 模擬開關	160
9.2 多路調制器	162
* 第9章小結	164
10. 數字與模擬變換	165
10.1 D/A變換 (之一)	166
10.2 D/A變換 (之二)	168
10.3 A/D變換 (之一)	170
10.4 A/D變換 (之二)	172
* 第10章小結	174
11. IC存儲器	175
11.1 存儲器及其種類	176
11.2 靜態工作型 RAM	178
11.3 動態工作型 RAM	180
11.4 ROM	182
* 第11章小結	184
12. LSI的用法	185
12.1 LSI的用法 (之一)	186
12.2 LSI的用法 (之二)	188
12.3 LSI的用法 (之三)	190
* 第12章小結	192
附錄：常用TTL·C-MOS IC的特性資料	193

1.

數字 | C用法基礎

1.1 模擬電路和數字電路

如表1.1所示，電子電路從不同的角度來看，可以有不同的分類。其中，根據電子電路所處理的電氣信號有模擬量和數字量來分，則可以分為模擬電路（Analog circuit）及數字電路（Digital circuit）兩大類。

〔1〕模擬量和數字量（參閱圖1.1）

連續變化的量叫做模擬量。例如我們日常接觸的溫度、氣壓、明暗的變化便屬這一類。另一方面，以某一定量為單位，作其整數倍變化的量，叫做數字量。例如，「數字」以其最低數位「1」為單位，作其整數倍增減，這便叫做數字量。模擬量是連續變化的量，在其變化範圍內的每一個點都與它有關；數字量則以某一定量為單位作階躍變化，沒有中間值。

〔2〕模擬電路（參閱圖1.2）

輸入信號（電壓·電流）與輸出信號的大小，以一定的比例關係作連續變化的電路叫做模擬電路。其中，特別將輸入輸出成線性比例關係的電路，叫做線性電路（Linear circuit）。此外，具有對數、平方、微積分等各種比例關係的模擬電路，也有廣泛的用途。

〔3〕數字電路（參閱圖1.3）

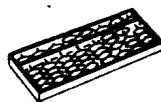
電氣電路中最簡單的「單位量」的表現，是將電壓、電流「有」的狀態和「無」的狀態，作為一個「單位量」來考慮。將這種「有」與「無」的狀態全部用電氣信號來表示的電路便叫做數字電路。數字電路的輸入信號與輸出信號的關係，並沒有類似模擬電路中成比例的放大關係，而是具有一定的「邏輯比例關係」。

表1.1 各種電子電路

分 類	電 路 例
根據使用的頻率	高頻電路、低頻電路、直流電路
根據使用的目的	測量電路、音頻電路、電視機電路
根據電路元件	晶體管電路、電子管電路、IC電路
根據電路元件的動作	有源電路、無源電路
根據處理信號的性質	模擬電路、數字電路
根據電路的功能	施密特電路、比較電路、積分電路

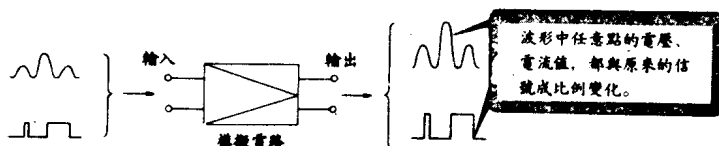


① 模擬量是連續變化量



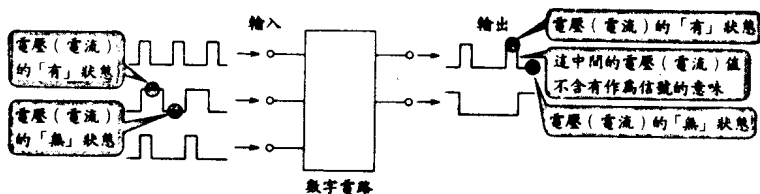
② 數字量是以某一數量為單位，作階躍式變化的量。

圖1.1 模擬量與數字量



• 輸入信號與輸出信號成比例變化的電路，叫做模擬電路

圖1.2 模擬電路



• 電壓（電流）的「有」狀態和「無」狀態的組合，可通過輸入信號獲得，相對於該組合，具有一定的邏輯比例關係的輸出信號，在輸出電路也表示出相同電壓（電流）的「有」、「無」狀態的組合，這種電路叫做數字電路。

圖1.3 數字電路

1.2 數字 IC 的構造

IC (集成電路) 起始於微型組件 (Micro modulé)，現在它的構造大部分是採用適合於大量生產的單塊式的 (Monolithic)。不過，伴隨着用途的擴大和需求量的增加，其構造也進一步多樣化。

[1] 根據電路結構而使用的不同構造 (參閱表1.2)

早期的 IC，是將個別超小型的零件集合起來，也就是以所謂微型組件為主流；其後，進一步開發了「薄膜技術」，能夠將電阻、電容等元件用真空蒸發 (Vacuum evaporating) 及濺射 (Spattering) 技術在基板上構成，這便出現了將半導體元件 (晶體管、FET等) 組合成的混合 (Hybrid) IC。其後，隨着電路技術的進步，只用半導體元件，便幾乎可以組成電子電路。結果，在一個矽質晶片上製造電路也變成了事實，這便是單塊集成電路。由於這種 IC 適合於大批量生產，質量的均一性優越，現在已經成為 IC 的主流。

[2] 根據使用的半導體元件而採用的不同構造 (參閱表1.2)

半導體中電流的流動方法有兩種，一種是利用多數載流子，另一種則利用少數載流子。電流在半導體的 PN 結裏流動，若是利用多數載流子與少數載流子的相互作用，對電流進行控制的，這種構造的半導體叫做雙極 (Bipolar) 型元件，晶體管便是其代表元件。另一方面，只是利用多數載流子運送電流，並利用加在該處的電場控制電流，這種構造的元件叫做單極 (Unipolar) 元件，FET (場效應晶體管) 及 MOS (金屬氧化物半導體) 元件是其代表性的品種。

[3] 外形尺寸在構造上的差別 (參閱表1.2、照片1.1)

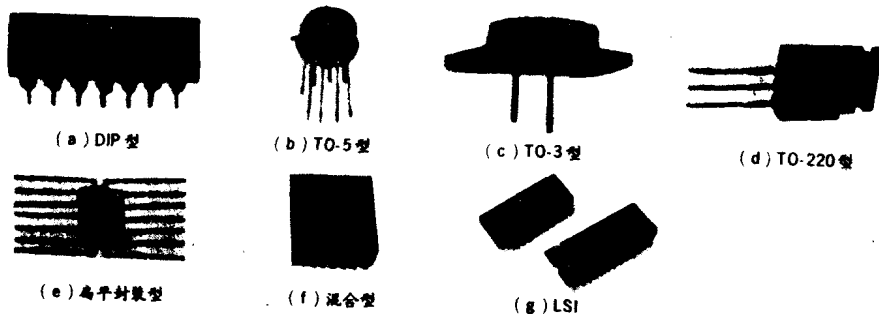
數字 IC 的外形及構造，除了少數的混合 IC 之外，已經規格化。最常見的是 DIP (Dual In-line Package, 雙列直插式組件) 型，從 8 腳至 40 腳以上，有各種不同的尺寸。

[4] 插腳編號的辨認 (參閱圖1.4)

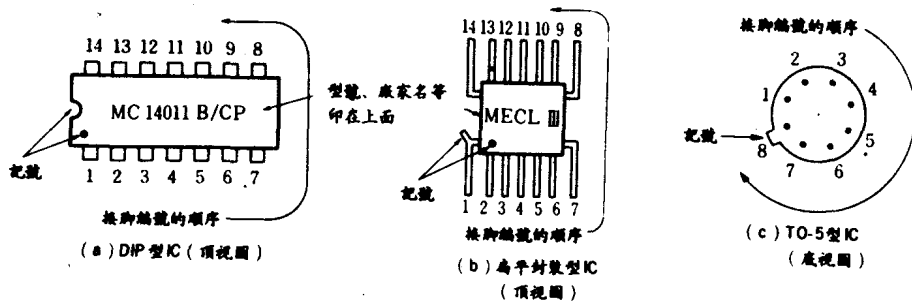
IC 的接腳，担负着內部元件與外部電路相接的重要任務，因此使用時一定要分辨清楚，才不會造成錯誤接線。接腳的編號與外形無關，一般從頂部所見，多數以反時針方式從有記號指示的第一腳起順序排列。

表1.2 數字IC的構造

區 別	名 稱	說 明	參 考
根據電路結構的分類	散型組件	個別超小型零件的集裝	現在幾乎不用
	混合 IC	膜構造+半導體元件	主要作高精度小批量生產
	單塊 IC	在單一矽片上構成	作大批量生產
根據使用的半導體元件的分類	雙極型 IC	以晶體管為主要元件	工作速度快, 消耗功率大
	單極型 IC	以 MOS-FET 為主要元件	以中、低速工作, 消耗功率小
根據外形構造的分類	DIP 型 IC	Dual In-line Package	最常用的外型
	SIP 型 IC	Single In-line Package	
	晶體管型 IC		TO-3、TO-220 型等
	扁平封裝型 IC		
根據集成規模的分類	SSI (小規模集成電路)	Small Scale Integration	
	MSI (中規模集成電路)	Medium Scale Integration	
	LSI (大規模集成電路)	Large Scale Integration	



照片 1.1 各種外形的 IC



• IC編號的原則，一般是從IC頂部看下來，從有記號的那一腳開始，按反時針方向分別為1、2、3……，這對於大部分IC來講都是共通的。但TO-5型IC的接腳則有些特別，具體如右下角的插圖所示。

圖 1.4 IC 接腳的分辨

1.3 數字 IC 的種類

如前一節所介紹的，數字 IC 可分為單極型及雙極型兩大類。它們各自根據電路元件的發展過程及需求而製造了不少種類。

〔1〕雙極系 IC (參閱表1.3~4, 圖1.5)

以電阻、二極管、晶體管為主體而製造的RTL (電阻、晶體管邏輯)、DTL (二極管、晶體管邏輯)等已經成為過去。現在最流行的是以多發射極晶體管為主體，並使用了做在芯片上(On chip)的輔助電阻的TTL (晶體管、晶體管邏輯)。視用途的不同，這種TTL使用的電路元件也有部分不同。其中，特別是蕭特基勢壘(Schottky barrier)型的TTL，性能雖然和標準型相同，但是消耗電力只有它的 $\frac{1}{2}$ ，因此發展很快。雙極系IC和單極系IC比較，消耗電力大，因發熱等理由，要進一步加大集成度變得十分困難；不過由於新的芯片製造技術I²L (集成注射邏輯，Integrated Injection Logic)的開發，便有可能進一步LSI化。接於基極的發射極交連差動放大電路ECL (射極交連邏輯)，由於消耗電力大，只用於超高速工作的電路。

〔2〕單極系 IC (參閱表1.3~4, 圖1.5)

單極系IC，是在半導體表面製造氧化絕緣膜，然後在它的上面加上柵極電路，大部分都是以前所謂MOS·FET為主體構件。其中，以P型半導體為基體的叫做P-MOS，以N型為基體的叫做N-MOS，此外，也有綜合兩者而組成的C-MOS。最近，除了一部分LSI之外，大部分都是C-MOS IC。不過，在C-MOS具有使用電壓的範圍廣、消耗電力少等優點的反面，還存在工作速度慢、容易受靜電破壞等缺點。這種IC的LSI化容易，如果從技術上進一步克服這些缺點，其用途將進一步擴大。

〔3〕電路族 (參閱表1.3)

在各種功能相同的IC中，將電氣使用條件相同的編為一個組，我們稱之為族(Family)。同一族的IC，相互之間可以自由相接；不同族的IC，使用時便一定要考慮相互間的電氣條件。

表1.3 數字IC的種類

區分	種類	說明	代表性的電路組
雙 極 系	DTL	Diode & Transistor Logic	現在基本上已不使用
	標準TTL	Transistor & Transistor Logic	SN 7400系列
	低電力TTL	Low Power TTL	SN 74L00系列
	高速TTL	High Speed TTL	SN 74H00系列
	蕭特基TTL	Schottky Barrier Diode TTL	SN 74S00系列
	低電力蕭特基TTL	Low Power Schottky B.D. TTL	SN 74LS00系列
	ECL	Emitter coupled Logic	MECL, Ⅲ, MECL1000系列
單 極 系	I ² L	Integrated Injection Logic	低電壓, 低電力工作, 但型號仍少
	P-MOS IC	P-Channel Metal oxide Semiconductor	
	N-MOS IC	N-Channel Metal oxide Semiconductor	
	C-MOS IC	Complementary MOS	CD 4000, MC 14500系列

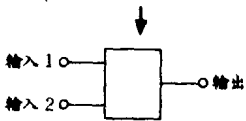
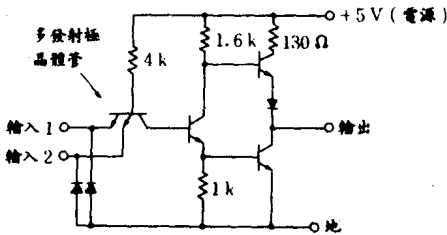
表1.4 各種數字IC的比較

	T T L					ECL	I ² L	M O S		
	標準	L	H	S	LS			P	N	C
電源電壓	SN74系列 5V±5% SN54系列 5V±10%					-5.2V +20% -10%	0.8V以上	-6~ -24V	5~ 20V	3~16V
消耗電力*	10	1	22	19	2	40~55	—△	—△	—△	—△
最大 工作頻率	35 MHz	3 MHz	50 MHz	125 MHz	45 MHz	500 MHz	2~5 MHz	2 MHz*	2 MHz*	5~8 MHz
備 註	品種多, 價格便宜				可以用標 準的TTL 取代		電壓化 LSI的 可能性大	消耗電力少, LSI化容易, C-MOS可望有接近TTL 的工作溫度。		

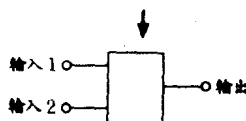
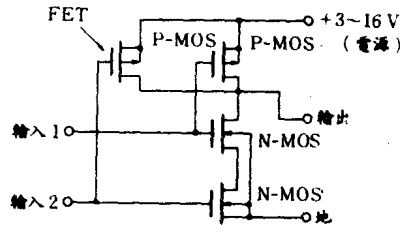
★ 以標準TTL為100%的相對值。

* 視品種不同, 相差頗大, 上面只給出概略數值。

△ 約為L-TTL的1/10以下。



(a) 標準TTL門電路的基本電路



(b) C-MOS門電路的基本電路

• 圖(a)、(b)作為數字電路來講, 兩者的功能完全相同, 不過與TTL比較, C-MOS的電路比較簡單。對電路的工作, 這裏不再作進一步說明, 但是, 關於雙極及單極電路在結構上的分別, 亦即IC種類的差別則要充分理解。

圖1.5 TTL和C-MOS在電路結構上的差別

1.4 邏輯電平與閾值

數字電路使用的信號，只是有和無兩種狀態，其功能就像開關的ON-OFF那樣，不過動作沒有那麼單純，在數字電路中是某一電壓範圍內，保持有和無的狀態。這個電壓範圍便叫做邏輯電平（Logic level）。

〔1〕邏輯電平有一定的「幅度」（參閱圖1.6、1.7）

邏輯電平的「1」和「0」狀態，並不是某一固定的電壓值，如圖1.6所示，有一定的「幅度」，也就是說，信號在某一幅度的範圍內，便能使電路確實處於「1」或「0」的狀態。在模擬電路中，即使是很小的雜聲電壓，混入信號電壓後，便不可能使信號恢復原來的面目。而在數字電路中，即使混入雜聲電壓，只要不超過設定的電壓值，便不會對電路的信號造成影響。

〔2〕閾值（參閱圖1.6）

實際的數字IC，輸入信號的電壓並不是一超過設定的數值便立即從一個狀態變為另一個狀態（例如從0變為1或從1變為0），而是超過該電壓值後，還在相當的範圍內保持原來的狀態，至經過某一電壓值後，才從原來的狀態向另一個狀態變化，這個數值便叫做閾值（Threshold，也譯作臨界值）。

〔3〕正邏輯與負邏輯（參閱圖1.8）

前面，我們以電壓的有、無來相對應於1、0，如果將這個比喻相對應於電壓的高低來考慮也是可以，也就是說，把前者當作1後者當作0，在這前提下組成的1和0的信號組合，我們稱之為「正邏輯」（Positive logic）。與此相反，也有以高的狀態為0、低的狀態為1的邏輯體系，我們稱之為「負邏輯」（Negative Logic）。請進一步參閱2.15節的MIL符號及其共用法一項的說明。

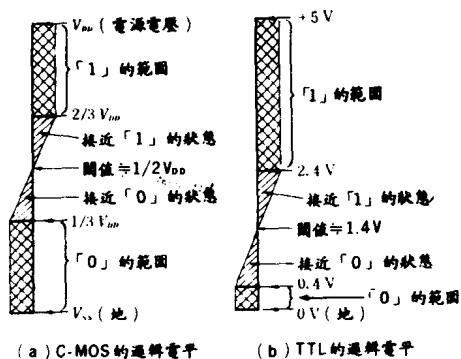


圖 1.6 C-MOS 和 TTL 的邏輯電平

①輸入脚及輸出脚的電壓在瞬變的範圍內變化的話，即使有任何變動，也能保證作「1」或「0」動作。

②所謂閾值，是「1」的範圍與「0」的範圍中間的電壓，在這附近，電路是不穩定的

③C-MOS IC 的邏輯電平「1」和「0」，相對於電源電壓是對稱的：TTL 方面，則「1」的範圍較廣，「0」的範圍較窄

④ V_{DD} 、 V_{SS} 等電源方面的符號，請參閱 1.8 節

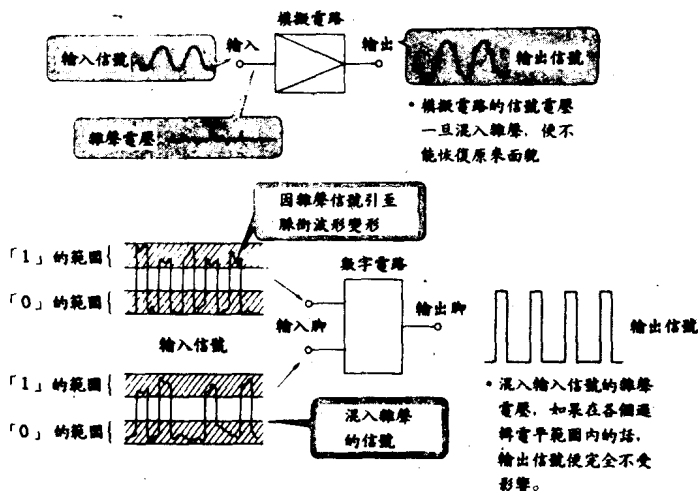
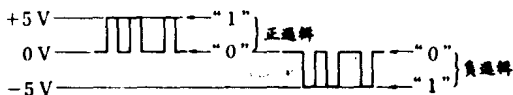


圖 1.7 數字電路的雜聲電壓強



• 決定正邏輯、負邏輯的要素，除了電壓的高低之外，還有有源、無源概念（參閱 2.15 節）

圖 1.8 正邏輯與負邏輯