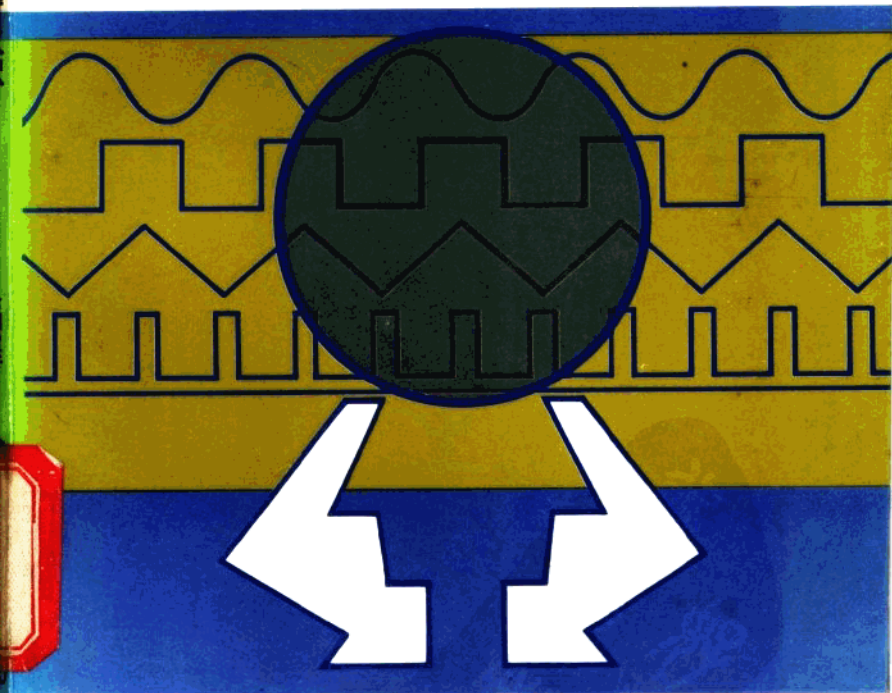


數位與類比IC實驗

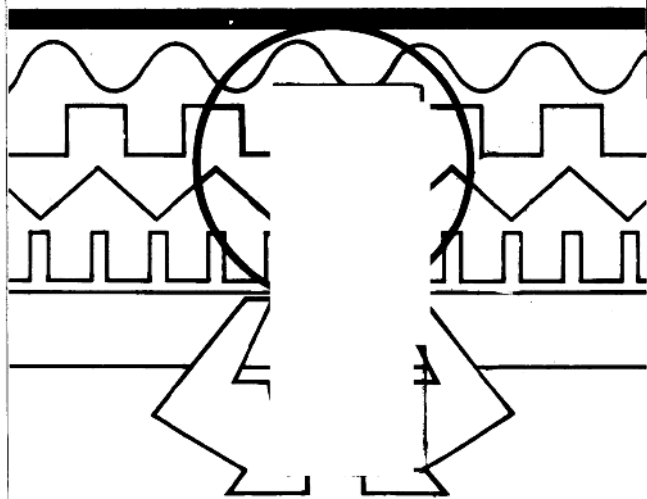
莊謙本 編譯



全華科技圖書公司印行

數位與類比IC實驗

莊謙本 編譯



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

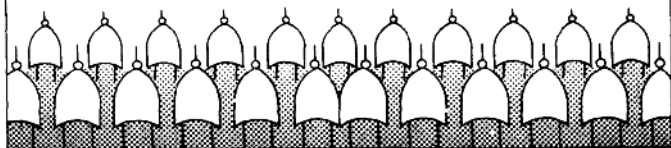
數位與類比IC 實驗

莊謙本 編譯

出版者 全華科技圖書股份有限公司
北市龍江路76巷20-2號
電話：581-1300・564-1819
581-1362・581-1347
郵檢帳號：100836

發行者 陳 本 源
印刷者 華一彩色印刷廠
定價 新臺幣 180 元
再版 中華民國72年5月

序 言



目前學電子或電機同學似乎常會遇到兩種問題：一是如何選購合用的電子材料，一是如何設計一個較簡單的電路以獲得較多的功能。這兩方面的問題，自從積體電路（IC）問世以後即予逐漸的迎刃而解，特別是電路設計方面的困難度已逐次減少了。正如衆所週知的多用途，價格低廉的741線性運算放大器，與74系列的TTL數位電路，即使您原來對電子電路不熟悉，也可很快的瞭解並將其組成許多有用的電路。今天由於IC的功能大增，且價格低廉（一個SN7400約台幣10元），我們已不需從許多分立式元件中去設計電路——我們已可用IC來取代它了。

本書所包含的實習項目，即針對大學與工專電子科系在積體電路上的基礎訓練，假如課程排得緊湊的話，一個學期即可上完，假如間插其他實用電路，則可上兩個學期。其中每一項目的選擇與安排，均以「能讓學生熟習IC，且能利用IC達成預期目標」為原則。學者從本書的各項實驗，即可看出本書所重視的乃是「實用性」。因此，在踏入本書的各項實驗之前，希望能對各種常用電子元件的特性有一基本認識。教師若能在每次實習前，把有關的零件特性和所使用的儀器、設備介紹給學生，則對本書

各項實驗的進行不啻是一個極大的幫助。若是學者想把本書當作自學手冊，則需閱讀有關的器材特性手冊及參考書，久而久之，自然熟能生巧。既然目前 IC 已充斥在市場上，且幾乎每一位受過正規教育的人都想知道如何使用它。因此，本書的實用性可以擴展到任何想在他的工作領域中應用 IC 的人。

由於本書所介紹的 IC 為最普遍化的 IC，包括 TTL 族與 CMOS 族，因此學者若能自備此兩類元件的特性資料手冊，將有助於各項實驗的進行。

在順序的編排上，係根據由簡及繁，由淺入深的原則，學者若能按部就班，循序漸進的學習，至終必能獲得設計 IC 電路的基本技能。倘若您想在一個學期中學得主要設計的要領，則我們建議您將下列實驗列入：

A₁，A₂，A₄，A₆，A₁₂，D₁，D₂，D₃，D₄，D₇，D₉，D₁₃，和 P₂，P₁₂ 等各項。

在學校工場中進行實驗時，最好兩個人一組，不要太多人一組，如此可以互相研討，器材的使用也能較普遍。實驗時，各組應具備下列儀器、設備：

- (1) 雙迹示波器 一台
- (2) 函數波產生器 一台
- (3) 雙電源供應器 一台（能輸出 +5 V，±15 V 可微調的直流電壓，最好能輸出 ±30 V）
- (4) 數位電表 一台
- (5) 免銲電路板 二塊

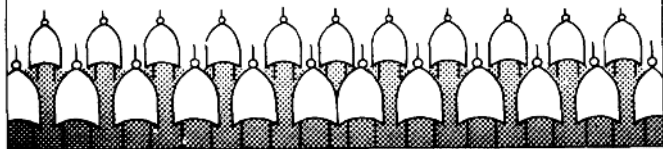
此外，如需用到特殊儀器設備，均標明在各項實驗中，學者可參考而應用之。

由於本書係由 L. W. SHACKLETTE & H. A. ASHWORTH 所編的 USING DIGITAL AND ANALOG INTEGRATED CIRCUITS 為主要翻譯藍本，該書係經實際教學試驗，證明適合大學與專科學校電子電機之基礎教學。所以譯者亦經將近一年的試驗，將其用在師大工教系電子工場的技術教學中，證明其理論與實驗的一致性，並且酌量加入一些必要

的說明，以使本書更具條理性。因此，本該在去年春天就可與諸位見面，而延誤至今。同時，由於譯者才疏學淺，雖經多次修正仍恐有所遺誤，尚請各位賢達不吝指正！

編譯者 識於師大工教系電子工場

編輯部序

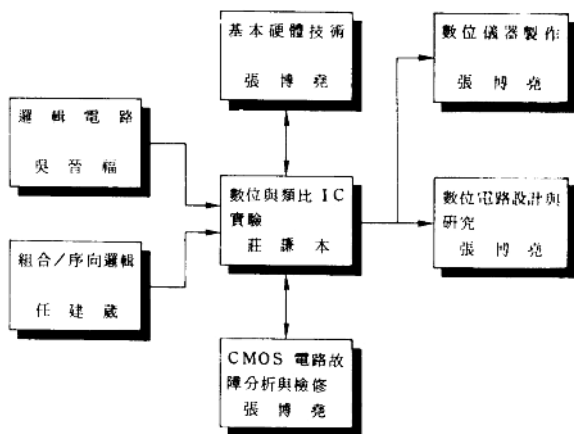


「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所將提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

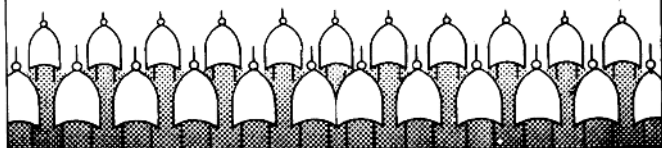
現在，我們將這本「數位與類比 IC 實驗」呈獻給您。本書的第一部份是數位電路實驗，第二部份是類比電路實驗，先加深讀者對數位與類比 IC 的認識，第三部份則提出 12 個綜合的應用實例，使讀者瞭解 IC 如何運用並提高讀者的學習興趣。本書的每一實驗均有原理說明，理論與實驗相互配合，是一本難得的實習訓練教材。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習電子實作方面的叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。

流程圖：



目 錄



第一部份 數位電路實驗.....	1
實驗 D1 : 各種邏輯閘的介紹.....	7
實驗 C1 : CMOS 邏輯閘的認識.....	15
實驗 D2 : 布氏代數演算 (利用 TTL 做).....	21
實驗 C2 : 利用 CMOS 證明布爾代數.....	29
實驗 D3 : TTL 緩衝器.....	33
實驗 C3 : CMOS 緩衝器.....	41
實驗 C4 : 以 CMOS 組成不穩態多諧振盪器和樞密特觸發器.....	47
實驗 D5 : 單穩態多諧振盪器 (TTL)	53
實驗 C5 : 單穩態多諧振盪器 (CMOS)	61
實驗 D6 : 正反器 I (TTL)	65
實驗 D7 : 正反器 II (TTL).....	71
實驗 C7 : 正反器 (CMOS)	77
實驗 D8 : 解碼器與數字顯示器 (TTL)	81
實驗 C8 : BCD 七節解碼驅動器 (CMOS)	87
實驗 D9 : 二進位計數器 (TTL)	91

實驗 D10: 除以 N 計數器 (TTL)	95
實驗 C10: 除以 N 計數器 (CMOS)	99
實驗 C11: 全加器與半加器 (CMOS)	109
實驗 D12: 減法器與算術邏輯單元 (TTL)	113
實驗 D13: 暫存器 (TTL)	119
實驗 C13: 暫存器 (CMOS)	125
實驗 D14: 通用移位暫存器 (TTL)	129
實驗 D15: 記憶體 (TTL)	135

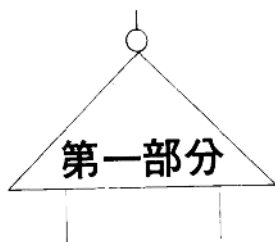
第二部分 類比電路實驗 141

實驗 A1 : 運算放大器一般特性	143
實驗 A2 : 非反相放大器	151
實驗 A3 : 和差電路	157
實驗 A4 : OPA 實際電路	163
實驗 A5 : 積分器和微分器	173
實驗 A6 : 比較器	181
實驗 A7 : OPA 福塞特觸發器	187
實驗 A8 : 對數放大器	193
實驗 A9 : 定電壓與定電流源	201
實驗 A10: 功率放大器	207
實驗 A11: 利用 OPA 推動繼電器與 SCR	213
實驗 A12: 活性濾波器	219
實驗 A13: 振盪器	227

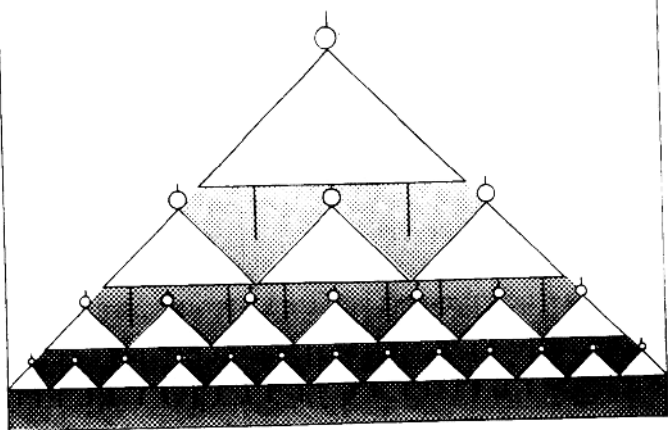
第三部分 綜合作業 233

作業 P1 : 利用 OPA 做穩壓器	235
作業 P2 : 555 計時器	243
作業 P3 : 溫度控制器	249
作業 P4 : 音頻功率放大器	255

作業 P5 : 取樣及維持電路	259
作業 P6 : 編碼與轉換電路	265
作業 P7 : 多工器	271
作業 P8 : 電子音樂箱	277
作業 P9 : 布爾迷題	283
作業 P10 : 反應速度比賽電路	289
作業 P11 : 分鐘計時器	293
作業 P12 : 計頻器	297
第四部分 附 錄	303
附錄 A : 必備器材和供應廠商	305
附錄 B : 瞭解資料手冊	311
附錄 C : 參考資料	325
附錄 D : 邏輯測試棒	327
附錄 E : IC 用的穩壓電源供應器	331
附錄 F : 名詞釋義	335



數位電路實驗



本書中之實驗凡以D編號的，均屬於數位電路（Digital Circuit）的實驗，因此它只工作在高電位（High）與低電位（Low）兩種情況下。所用的IC，絕大多數為電晶體——電晶體邏輯電路（即TTL），與互補對稱式金屬氧化物半導體積體電路（即COS/MOS或簡稱CMOS），其主要工作特性概述於下，希望能牢記在心裏：

- (1) 所有TTL元件都有一腳接+5V電源（ V_{cc} ），一腳接地（GND），而CMOS元件的電源端通常標明 V_{DD} 和 V_{SS} ，其 $V_{DD}-V_{SS}$ 的範圍通常自+3V至+15V，其值亦可為負。一般所加電壓為 $V_{DD}=5V, V_{SS}=0V$ ； $V_{DD}=10V, V_{SS}=0V$ ； $V_{DD}=+5V, V_{SS}=-5V$ 等三種，其電源電壓範圍較TTL為廣。

至於 V_{cc} 或 V_{DD} 與接地端的位置，一般排列如圖1，圖2，圖3所示：學者拿到IC後需先判斷第1腳的位置及接腳的順序，然後將其插入免銲電路板中。

- (2) 所有TTL IC的輸入端若為空腳，則最好接至高電位，以免產生輸出不明確的狀態。至於何為高電位（High）和低電位（Low），將

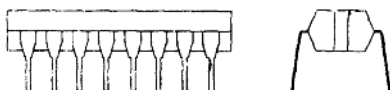
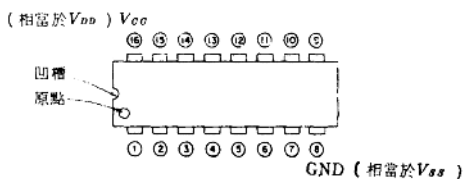


圖1 雙排直線型包裝的接腳

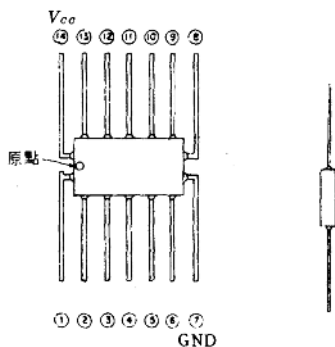


圖2 平型包裝接腳圖

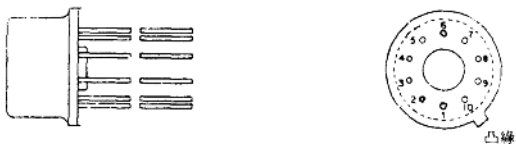


圖3 TO-100 型圓形金屬包裝接腳圖 (本型之接腳，一般以凸緣之對稱位置為接地端，或 $-V_{SS}$ 端，至於 $+V_{CC}$ 則需查特性手冊，才能確定，由於沒有統一規格，學者必須查清始可應用。

在實驗 D1 中詳細說明。

- (3) CMOS IC 的輸入端若有空接情形，最好串接一個大電阻，如 $100\text{ k}\Omega$ ，然後才按線路情況接至電源或接地，以免空接的輸入端因靜電所造成的電位浮動，而有錯誤的輸出。目前，除非您能確知所用的 CMOS 已有內部保護電路，否則上述的處理是必須的。此外也請學者注意，千萬不要在電源接通期間變換 IC 的接腳，CMOS IC 不用時，最好用錫箔包裹，以免靜電損壞。
- (4) 所加的輸入信號不可超過額定的電源電壓。TTL 電路只希望有 $0 \sim 5\text{ V}$ 之間的輸入信號，其誤差的容許值為 10% 以下。例如，您想加一對地為 $2V_{\text{rms}}$ （即 $5.6V_{\text{R-P}}$ ）的信號給 TTL 閘，則 IC 將極有可能被破壞（Self-destruct）。對於 CMOS 電路而言，雖能接受 $+$ 、 $-$ 電源而工作在零點的上下兩端，但仍須注意，不使訊號本身大於額定的電源電壓（不論正端或負端均不得超過）。
- (5) 要明瞭 IC 編號前、後代碼的意義。

我們很容易從 IC 的統一編號來識別它，例如 7400 是一個具有四組雙輸入反與閘（NAND）的典型 IC。但是大多數的 IC 編號在統一編號的前面、中間或後面都有加註一些說明。學者對這些說明若能完全明瞭，則對 IC 的使用將甚有幫助。今簡單說明如下：

- ① 前述詞：表示該 IC 的製造廠商，例如：

SN7400：SN 表示由德州儀器公司（Texas Instruments）所製造的。

$\mu\text{A}741$ ： μA 表示由飛捷公司（Fairchild Semiconductor）所製造。

N7400：N 表示由 Signetics 公司所製造。

此外 CA 表示由 RCA 公司所製，MC 表示由 MOTOROLA 公司所製，HA 表示日立製作所所製，LM 表示由國際半導體公司所製（National Semiconductor）……學者可參閱特性手冊而知。

- ② 中間詞：表示動作特性（延遲時間 $\times$ 消耗功率）如下表所列：

表1 IC編號中間詞之意義

54/74 族 典 型 動 作 特 性

	開 (GATES) 的 特 性			正 反 器
	速度×功率 之 積	傳 送 延 遲 時 間	消 耗 功 率	輸 入 鋪 派 衝 頻 率 範 圍
54LS/74LS	19 pJ	95 nS	2mW	dc~ 45MHz
54L/74L	33 pJ	33 nS	1mW	dc~ 3MHz
54S/74S	57 pJ	3 nS	19mW	dc~125MHz
54/74	100 pJ	10 nS	10mW	dc~ 35MHz
54H/74H	132 pJ	6 nS	22mW	dc~ 50MHz

因此，如果我們拿到 74H00 的 IC，便可知道它是高功率的 IC，而 74L00 則為低功率 IC，其傳送速度亦可略知梗概。

- ③ 後述詞：指加註在統一編號之後的文字，一般是表示包裝型式，也有加上溫度範圍的表示。根據特性手冊，大致上 A，B，C，P，N 等均表示塑膠包裝的雙排並列型式，而 D，E，F，J 則表示陶質包裝的雙排並列型式。T 表示金屬包裝的平型封裝，J，Q，R，Y 則表示陶質包裝的平型封裝。S，H 則表示金屬包裝的圓形封裝。目前由於全世界 IC 規格尚未統一，上列資料僅供參考之用。至於溫度範圍的表示，有的是以數字加註在統一編號前、後，如 MC [15] 94L，其中 15 表示溫度範圍自 -55°C 至 +125°C，14 表示自 0°C 至 +70°C。DM [7] 093N 中 7 表示溫度自 -55°C 至 125°C，8 表示溫度自 0°C 至 70°C。又如 U7B9310 [55] X 中 51 表示自 -55°C 至 125°C，59 表示自 0°C 至 75°C。目前多數廠商表示溫度的代碼通常緊接在封裝型式之後。例如 μ A 741H [M]，其中 M 表示自 -55°C 至 +125°C，而 C 表示自 0°C 至 +75°C。當然，一個 IC，不可能同時有兩種溫度範圍的表示。

學者在使用 IC 時，如在一般狀況下並不需特意去注意代碼的含意。

只要統一號碼相同即可使用。

至於CMOS IC則略有不同，一個4001B的IC將比（或4001AE）有更大的輸出電流。同時B字尾的型式能忍受的電源電壓為18V，而A字尾的僅為15V，根據此點，您可選擇合適的IC來使用。

(8) 任何事，只要TTL能做的，CMOS都能做的更好。這話可能引起爭辯，但若仔細分析它的優劣點，就可作取捨了。今比較如下：

- ① CMOS 使用較少的功率，約為同功能TTL的1/1000。
- ② CMOS 的輸入阻抗極高，容易推動。扇出數約在50以上。
- ③ 由於CMOS 的輸出電位在高態時接近電源電位，在低態時接近地電位，輸出揮動於電源電壓之範圍內，對雜音的容忍度較大。
- ④ CMOS 工作時不會有瞬間大電流，因此電路上不會產生雜音。
- ⑤ 與TTL中74/54系列相同編號的CMOS 74C/54C均可用來代替TTL使用，但需注意其工作速度與扇出容量是否相同。
- ⑥ CMOS 除了可作邏輯電路以外，尚可作線性放大器，功能較多。
- ⑦ CMOS 較佔劣勢的為其傳送速度較慢，其延遲時間約為30nSec，而TTL為10nSec，在高速電路的應用上略遜一籌。
- ⑧ 價格方面，目前已甚為接近。

總之，TTL是有良好根基的標準工業產品，而CMOS則為後起之秀，其發展無可限量。本書為求實用上的普遍化，兩者並用。學者可在實驗中發現其優點而應用之。