

最新部訂課程標準

數位系統原理實習(I)

李隆財 編著

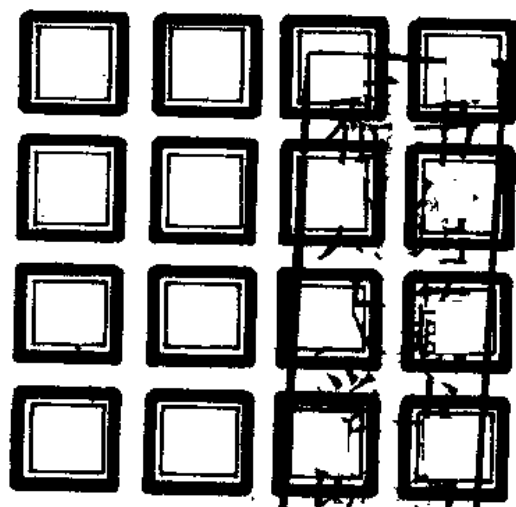


全華科技圖書公司印行

最新部訂課程標準

數位系統原理實習(I)

李隆財 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

數位系統原理實習(I)

李隆財 編著

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・541-5342
581-1362・581-1347
郵政帳號：1 0 0 8 3 6

發行者 陳 本 源
印刷者 華一彩色印刷廠
基 價 4 元
再 版 中華民國73年5月

編輯大意

本書主要依據下列四書改寫而成：

1. HP 公司的數位電子入門實習教材 Practical Digital Electronics。
2. E & L 公司的 The Bugbook I、II, Logical & Memory Experiments Using TTL Integrated Circuit.
3. TTL Cook Book
4. 陳錫祺先生編著之數位電子儀表。

筆者先後曾擔任三次邏輯電路實驗和數位系統原理實習，歷經舊的邏輯實驗器到新型的利用 Breadboard 接線的邏輯實驗器，深深覺得 Breadboard 的優點，可使學者實際體會如何使用 IC，並且很容易的和其他零件連接構成完整的電路，免除了銲接的手續，不僅延長零件使用壽命，而且節省實習的時間，提高實習的效率和興趣。

本書共分三十章，總共有七十四個實習項目；另有附錄 130 頁，包括本實習課程中所需使用之零件表、TTL 數位 IC 資料、CMOS 數位 IC 資料、LED 數字顯示資料、線性 IC 資料。

第 0 章邏輯實驗器簡介，提供學者自製邏輯實驗器之參考。

第一章介紹 AND、OR、NOT、NAND、NOR、XOR、AOI 等基本邏輯閘的使用方法。

第二章介紹數位 IC 的輸入和輸出電壓、電流和交面 (Interface) 電路。

第三章扇入、扇出和 LED 顯示器的實習。

第四章線接及／或閘的實習，包括開路集極電路和三態電路。

第五章狄莫根定理，此定理為布林代數中最重要之定理。

第六章 RS 閘和 D 正反器，介紹一種能除去跳動雜訊的開關電路。

第七章 JK 正反器的認識，JK 正反器為序向邏輯中最重要的元件，學者應對此元件的使用方法有透徹的了解，方能收事半功倍之效。

第八章單穩態複振器，介紹一個很實用的零件——LM555 計時器，以及 SN 74121 等單穩態複振器的使用方法。

第九章二進位計數器，介紹同步和異步計數器，循環和自停電路的設計，並附有一基本的紅綠燈交通控制電路。

第十章除以N計數器，介紹MSI計數器的使用方法，包括最常用的SN7490、SN7492、SN7493以及SN74160、SN74190系列的同步計數器的使用方法，並附有真正12小時及24小時數字鐘的實習。

第十一章解碼器和編碼器，介紹順序機的使用。

第十二章移位記錄器的實習，移位記錄器為數位電子計算機中重要的一環，請學者多加體會。

第十三章加法器的實習。

第十四章減法器的實習。

第十五章脈波成型的實習，介紹利用基本閘構成單穩態複振器的實習，並介紹同步器電路——能產生單一脈波以及隨心所欲產生N個脈波的電路的實習。

第十六章數位IC與RC線路連接構成振盪器的實習，一般來說以CMOS IC來構成振盪器較為穩定。

第十七章多工器與解多工器以及同位元產生器和核對器的實習。

第十八章四數元算術邏輯單元的實習，介紹SN74181的使用方法。

第十九章利用SN74181來構成乘法器的實習。

第二十章脈波整形，利用基本閘來構成史密特觸發電路的實習。

第二十一章ROM的實習，第二十二章RAM的實習。ROM和RAM為微算機中的記憶裝置，學者必須了解其使用方法，以為微算機實習之基礎。

第二十三章運算放大器之應用於數位，本章為二十五、二十六、二十八、二十九等四章的基礎，介紹運算放大器LM741、CA3130等的使用方法，學者應特別注意數位IC與線性IC之交面（Interface）問題。

第二十四章並聯BCD偵錯器的實習。

第二十五章D/A變換器，包括加權電阻網路D/A變換器及梯形（Ladder）D/A變換器的實習。

第二十六章A/D變換器，主要介紹數位儀表最常用之雙斜波式A/D變換器，此A/D變換器為第二十八章數位電壓表（DVM）和第二十九章數位三用表（DMM）的基礎。

第二十七章數位頻率計的實習，並介紹週期之測量方法和TIL 306的使用方法。

第二十八章數位電壓表的實習，包括直流及交流電壓的測量。

第二十九章數位三用表的實習，包括直流及交流電流和電阻的測量，最後並介紹數位電容表的觀念。

本書前半部第一章至第十七章，可供五專第四學年下學期應用電子組、數位電子組實習之用，或二專第一學年下學期應用電子組實習之用。後半部第十八章至第二十九章可供五專數位系統組第五學年上學期實習之用，或二專數位系統組第二學年上學期實習之用。

作完本實習課程的每一個實習後，學者將有能力應用 TTL 和 CMOS 數位 IC 和運算放大器、配合電晶體、電阻、電容等零件自行設計實用電路。

筆者於課餘之暇編成此書，雖力求完美盡善，但因時間匆促，仍不免遺漏舛誤，尚祈學者先進不吝指正賜教。

李 隆 財 謹 識

六十七年七月于台中勤益工專

目 錄

第〇章 邏輯實驗器簡介

一、邏輯實驗器之製造廠商	1
二、邏輯實驗器之主要構造	2
三、自製邏輯實驗器的一些建議	4
四、數位系統原理實習課程簡介	5
五、數位系統原理實習須知	6

第一章 基本邏輯閘的實習

實習一 邏輯實驗器基本功能和操作法的實習	9
實習二 及閘的實習	11
實習三 或閘的實習	15
實習四 反閘的實習	18
實習五 反及閘的實習	19
實習六 反或閘的實習	22
實習七 及一或一反閘的實習	24
實習八 互斥或閘的實習	26
實習九 互斥反或閘的實習	28

第二章 數位積體電路之輸入和輸出電壓、電流之實習

實習十 數位積體電路之輸入和輸出電壓、電流之實習	31
實習十一 交面電路之實習	31

第三章 扇入、扇出

實習十二 扇入、扇出的實習	37
實習十三 LED 的實習	39
實習十四 LED 數字顯示器的實習	42

第四章 線接及／或閘

- 實習十五 線接及／或閘的實習——開路集極電路..... 47
- 實習十六 三態電路的實習..... 52

第五章 狄莫根定理

- 實習十七 狄莫根定理的實習..... 57

第六章 RS門、D門和D正反器

- 實習十八 RS 門的實習..... 65
- 實習十九 利用RS Latch 做計時脈波 (Clock Pulse 簡稱CP) 信號源的實習... 72
- 實習二十 D Latch 和D 正反器的實習..... 74

第七章 雙穩態複振器 (JK正反器)

- 實習二十一 JK 正反器和T正反器的實習..... 81

第八章 單穩態複振器

- 實習二十二 基本單穩態複振器的實習..... 85
- 實習二十三 利用555計時器來做無穩態複振器的實習..... 89
- 實習二十四 利用555、74121、74122、74123 做單穩態複振器的實習..... 90

第九章 二進位計數器

- 實習二十五 異步計數器的實習..... 95
- 實習二十六 同步計數器的實習..... 103
- 實習二十七 紅綠燈電路的實習..... 108

第十章 除以N計數器 (任意模式計數器)

- 實習二十八 7490、7492 和 7493 的應用實習..... 113
- 實習二十九 74160、74161、74162、74163 的應用實習..... 118
- 實習三十 74190、74191、74192、74193 的應用實習..... 119
- 實習三十一 數字鐘的實習..... 122

第十一章 解碼器和編碼器

- 實習三十二 解碼器和編碼器的實習..... 127

實習三十三	順序機的實習	133
第十二章 移位記錄器		
實習三十四	移位記錄器的實習	137
實習三十五	移位記錄器的應用實習	144
第十三章 加法器		
實習三十六	加法器的實習	149
第十四章 減法器		
實習三十七	減法器的實習	155
第十五章 脈波成型		
實習三十八	脈波成型的實習	161
實習三十九	同步器電路的實習	164
第十六章 IC與RC線路連接之運用		
實習四十	TTL 與 RC 線路連接之應用實習	167
實習四十一	CMOS 與 RC 線路連接之應用實習	172
第十七章 多工器與解多工器		
實習四十二	多工器的實習	175
實習四十三	解多工器的實習	177
實習四十四	同位產生器和核對器	181
附 錄		
零件表		185
TTL 數位 IC 資料		189
TTL 與 CMOS 功能等效表		200
CMOS 數位 IC 資料		201
LED 數字顯示資料		205
555、556 計時器資料		208
74121、74221、74122、74123 單穩態複振器資料		217
7490、7492、7493 計數器資料		236



邏輯實驗器(Digital Lab)簡介

一、邏輯實驗器之製造廠商：

- (一) HP 5035 T邏輯實驗器：是一套很完善的數位電路實習器材，主要部份是由兩片 Breadboard 組成的。HP 5035 T 具有六個 Hi、Lo 位階的資訊開關，四個 LED 輸出指示燈和兩種計時脈波源（1Hz 與 100KHz）。除此之外，HP 5035 T 另有三項附件：可以測試電路上任一點的 Hi、Lo 狀態的邏輯探棒（Logic Probe），可以供應計時脈波的邏輯脈波產生器（Logic Pulser），和可以夾住 14 支或 16 支腳 IC 以顯示每一腳 Hi、Lo 狀態的邏輯夾子（Logic Clip）。
- (二) 美國 E & L 儀器公司的附 LR 外板的 Breadboarding 實驗系統。
- (三) SS-DLL 3300 T 數位邏輯實驗器，是三三電子公司的產品。這個實驗器包括一個 +5 V 的電源供應，六個可輸出 Hi、Lo 的資訊開關，四個 LED 輸出指示燈，三個不同頻率的計時脈波源（Clock），兩個脈波產生器，一個數位邏輯探棒，和一個可移動的 Breadboarding 組合。
- (四) SNLLT-101 數位邏輯實驗器：是正弦電子公司的產品。
- (五) DL-0712 萬用電子實驗器：是大寬電器公司的產品，其地址為台中市日興街 129 號，電話（042）214133。只要有一部萬用電子實驗器，再配合函數信號產生器（Function Generator）和示波器即可做基本電子電路實驗、工業電子實驗、線性 IC 實驗、數位 IC 實驗等等。其特性敘述如下：（如第 7 頁圖 0-8 所示）
 - (1) 電源供應：+5 V，±6 V，±9 V，±12 V，±15 V 等。

2 數位系統原理實習(I)

- (2) 資訊開關：六個，能輸出 Hi , Lo 邏輯位階。
- (3) LED 輸出指示燈：六至八個。
- (4) 計時脈波源：有三組各自獨立不同頻率的計時脈波源，1 Hz , 100 KHz 和可調計時脈波源 (0-2 KHz) 。
- (5) 脈波產生器：有兩個，能輸出正、負脈波。
- (6) 數位邏輯探棒：顯示 H、L、O、P 等字樣。
- (7) 一個 Breadboarding 組合。

二、邏輯實驗器之主要構造：

1. Breadboarding 的組合

- (一) Bread 是由多組垂直共通連接的五支插孔所構成，因此當任何零件插入時，其他的插孔可用來連接線或作線路的測試點，編號 QT—59 S。
- (二) Bread board 所使用的連接線為 22 號或 24 號標準線規的單線，但以 22 號線最佳。
- (三) 如果所使用零件之接腳太粗或太細，請另利用 22 號單線鉗接，再插入 Breadboard，以免損壞 Breadboard，造成接觸不良。
- (四) 另外有四組五十個插孔連接在一起，做為共同信號的接點，如 Vcc、接地點、或任何需要五個以上共同連接的信號，其編號為 QT—59 B。
- (五) 美國 E & L 儀器公司有一種編號為 SK—10 的 Breadboard，如圖 0-1 所示，其結構仍為多組 5 支插孔相連，另外上下共有八組 25 個插孔相連接之共接點。

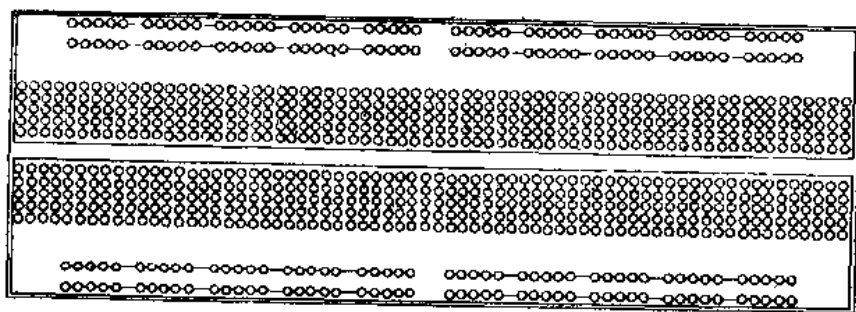


圖 0-1

2. 資訊開關

- (一) 為供應測試電路輸入激勵，邏輯實驗器提供六個與 TTL 匹配，可產生邏輯 Hi 或 Lo 位階的資訊開關，它們正位於 Breadboard 組合的左下方，標示為 SW1—SW6。其電路如圖 0-2 所示。

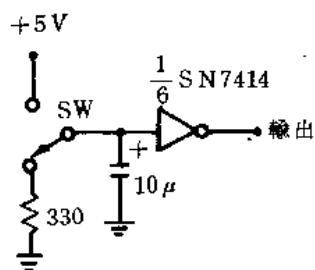


圖 0-2

- (二) 資訊開關的使用法：將一連接線插入資訊開關的輸出端，線的另一端接到需要輸入邏輯位階的電路接點。

3. LED 指示燈

邏輯實驗器有四個 LED 指示燈 (L1—L4)，可接到電路的任何接點，來指示所出現的 Hi, Lo 邏輯狀態，其電路如圖 0-3 所示。

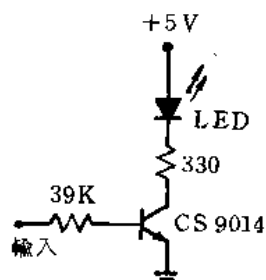


圖 0-3

4. 計時脈波源(Clock)

邏輯實驗器提供兩個獨立的 1 Hz、100 KHz 和一個可改變頻率的 Clock 信號，這些信號可以輸入電路的任意點，只要用線連接之即可，其電路圖如圖 0-4 (a)(b)(c) 所示。

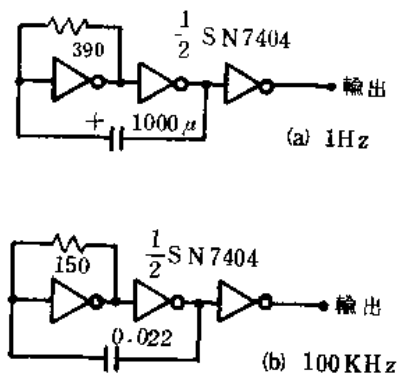
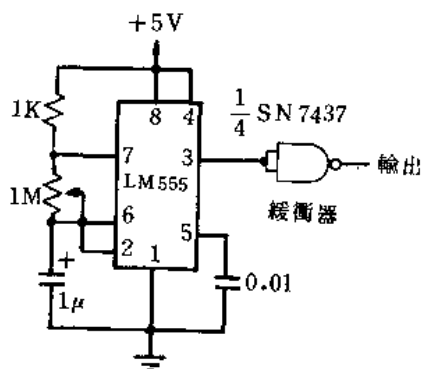


圖 0-4



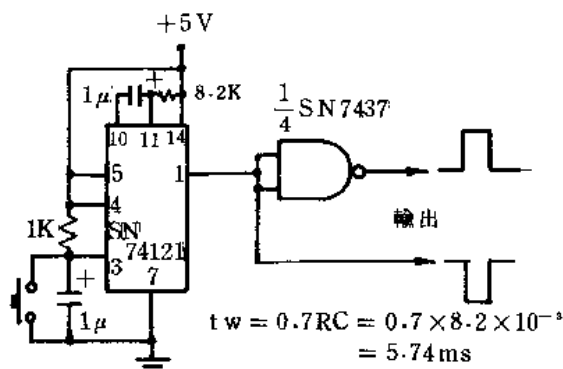
(c) 可調計時脈波產生器

5. 邏輯脈波產生器

邏輯脈波產生器是一種電路輸入激勵裝置，可用來激發一個數位電路元件，檢查它是否

4 數位系統原理實習(I)

正確的工作。只要按一下觸發開關，就可以在輸出端產生一個單一的脈波，其電路如圖 0-5 所示。



0-5

6. 數位邏輯探棒 (Logic Probe)

邏輯探棒是用來指示“可見的”個別電路接點的邏輯狀態。它可以檢查 $\geq 10\text{ns}$ 的脈波，小於 50MHz 的脈波列，利用七段LED數字顯示器來顯示這些信號：

邏輯的 H i 位階，探棒的 LED 將顯示“H”字。

邏輯的L。位階，探棒的LED將顯示“L”字。

脈波列或單一脈波，探棒將顯示“P”字。

當開路或者不適用的邏輯位階，將顯示“0”字，表示邏輯的開路。

7. 電源供給

+ 5 V 的穩壓電源供給有輸出一安培電流的能力，並提供連續短路保護。這個實驗器有兩組電源供給，一組供應內部電路使用，一組供應 Bread board 接電路使用，其電路如圖 0-6 所示，LM309 要附散熱片。

三、自製邏輯實驗器的一些建議：

- (一) 在前述邏輯實驗器的主要構造中已將一些電路附上，但這些電路並非十全十美，讀者可擇優裝配之。
- (二) 資訊開關只有六個，恐怕不夠，可增加之。
- (三) LED 指示燈只有四個，太少了，應增至八到十二個，比較適當。
- (四) 為配合線性 IC 運算放大器的實驗，最好再增加一組正負電源供給，並加上一個簡易的正弦波、三角波、方波產生器。
- (五) 最好能準備四個附腳座的數字顯示器，這個數字顯示器可由 LT502，SN7447、SN7475 和七個 390 歐姆的電阻構成，或者用一個 TIL 308，比較簡單。

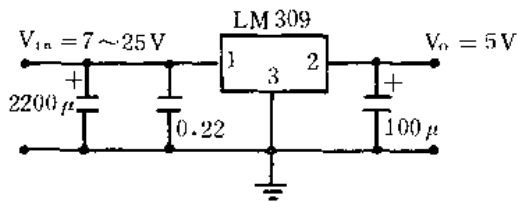


圖 0-6

四、數位系統原理實習課程簡介：

- (一) 本實習課程主要由TTL 74系列的數位IC構成，另外附加有CMOS數位IC以及幾個線性IC，如LM555計時器及LM741運算放大器等。
- (二) 數位IC依其材料及構造上的不同可分為RTL、DTL、ECL、TTL和CMOS等數種。其中以TTL和CMOS兩種最常見，使用得最多。如果將TTL和CMOS加以比較，可說優劣互見。就工作的速率而言，TTL比CMOS動作快，輸出功率TTL比CMOS大。可是就功率消耗來說，CMOS比TTL省電。
- (三) 使用TTL，必須供給+5V的穩壓電源。CMOS可接受3~18伏特的電源電壓做正常的運用，不必穩壓，這是CMOS的另一優點。而線性IC一般都要使用正負電源。
- (四) 本書是以TTL為主，來介紹各種數位電路與裝置的實習，CMOS的動作和TTL是完全相同，只是CMOS在裝配或拆掉電路時，一定要先將電源OFF，以免損壞CMOS IC。另外，如果你是使用CMOS IC來做本書中的每一項實習，只需設法加個電路使CMOS能推動LED數字顯示器，如第二章所述。還有邏輯探棒可能無法推動，同樣要加一個介面電路。
- (五) 本實習所使用之IC，一律為8，14，16或者24支腳的對偶線型包裝（DIP）。DIP包裝的IC標準接腳算法如下，不論8，14，16或24支腳，算法一樣，現以14支腳為例說明如圖0-7（a）、（b）所示。
- (六) 數位IC就其功能分類如下：
 - (1) 基本的閘：包括AND閘、OR閘、NOT閘（反相器）、NAND閘、NOR閘、AOI閘、以及互斥或閘（XOR）等七種。
 - (2) 正反器：包括RS正反器，D型正反器和JK型正反器等。

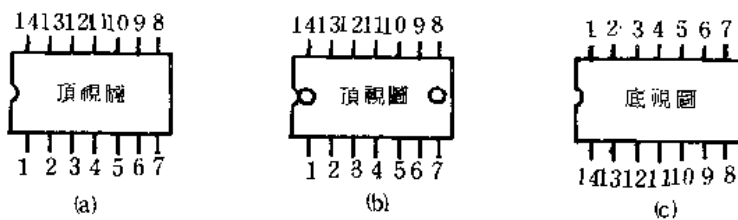


圖 0-7

6 數位系統原理實習(I)

- (3) 順序邏輯：包括移位記錄器、異步（鏈波）計數器以及同步計數器等三種。
 - (4) 資訊處理電路：包括解碼器、編碼器、多工器（MPX）、解多工器、同位產生器和同位核對器等六種。
 - (5) 算術元件：包括加法器、減法器和ALU等三種。
 - (6) 記憶體：包括ROM和RAM兩種。
 - (7) 單穩態多諧振盪器。
 - (8) A/D及D/A轉換器。
- (七) 邏輯位階的定義：大部份的數位電路只允許兩種邏輯位階存在，在每一種邏輯族裏，這些位階都有很嚴格的定義。在TTL族裏，電壓位階在2—5V之間定義為Hi位階，電壓位階在0—0.8V之間定義為Lo位階，另外0.8—2V之間的電壓位階為不適用的邏輯位階。
- (八) 邏輯位階的表示法：邏輯位階有許多不同的表示法，一個邏輯的Hi，通常表為“1”或“真”，一個邏輯的Lo通常表為“0”或“偽”。

五、數位系統原理實習須知：

1. 工具

- (一) 尖嘴鉗、小螺絲起子為必備的工具，另外還要一把剝線鉗。
- (二) 尖嘴鉗用來將接線弄直或將IC的接腳弄直。
- (三) 小螺絲起子用來將IC自Bread board拆下。要拆下某一個IC時，只要將螺絲起子插入Bread board的中央凹槽，緩慢而平衡的將其移出。
- (四) 利用剝線鉗將接線的尾端去掉其塑膠皮，使其金屬端露出約0.6—0.8公分。

2. 接線

- (一) 接線的尺寸，22、24、26號均可使用，但以22號單線最佳。
- (二) 下列是一般有用接線的長度：（最好能有6至10種不同顏色的線）。
 - (1) 短線2.5公分，每一種顏色各20條。
 - (2) 中短線3公分，每一種顏色各20條。
 - (3) 中線4公分，每一種顏色各10條。
 - (4) 中長線6公分，每一種顏色各10條。
 - (5) 長線10公分，每一種顏色各5條。
 - (6) 輸入、輸出端之連接線，10公分及15公分長度各10條。
- (三) 接線必須平直，不可扭曲，若有彎曲，一定要用尖嘴鉗將其夾直，方可插入Bread board。

3. Breadboarding

- (一) 我們一般喜歡使用各種不同顏色和長度，來建立較複雜的數位連線，這些不同顏色的連線，使我們在偵錯時易於辨認。
- (二) 不要將太粗的線、接腳或裝置，插入 Bread boards 以免損壞 Breadboard 而造成接觸不良。若一定要使用這些零件時，可將其先用 22 號單線銲接之，再插入 Breadboard。
- (三) 不要將彎曲的線，插入 Bread board，利用尖嘴鉗夾直後再插入。
- (四) 儘量使接線平貼於 Bread board，使得 IC 的接腳清晰可見。
- (五) 將 IC 安排於適當位置，使得只須短線連接。
- (六) 一般以紅色線接電源 + 5V，黑線接地。
- (七) 如果 IC 接腳有彎曲，應先用尖嘴鉗將之夾直再插入 Bread board。
- (八) 40 支腳的 IC 或較貴的 IC，先插入 IC 腳座再插入 Bread board。
- (九) 將 IC 貼上標籤，以便於識別。因有些 IC 的編號在底面，或 IC 使用多次後，表面的編號可能模糊不清或被塗掉而不易識別。
- (十) IC 插入 Bread board 後，不要隨意拔起，直至下課後再拔起，擺回零件盒，以延長 IC 接腳的壽命。
- (十一) 小心！IC 晶片之毀壞，通常由於不適當的電源連接（+ 5V 接到 GND 輸入，而 GND 輸入接到 + 5V 輸入腳）而得 - 5V 電源供應。
- (十二) 若 IC 接腳折斷而 IC 晶片沒壞的話，尚可利用 22 號單線銲接之，仍可使用。
- (十三) 在電路接線之前，先檢查個別的 IC 是否良好，免得線路接好以後，無法得到正確的結果，而增加檢修的麻煩。
- (十四) 注意！電路接好以後，特別注意每一個 IC 是否 + 5V，GND 端已接好，檢查無誤後再接上電源。

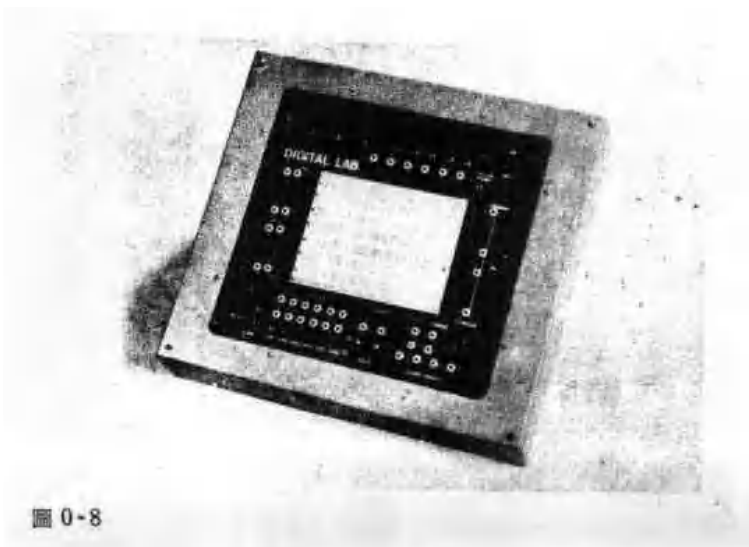


圖 0-8

