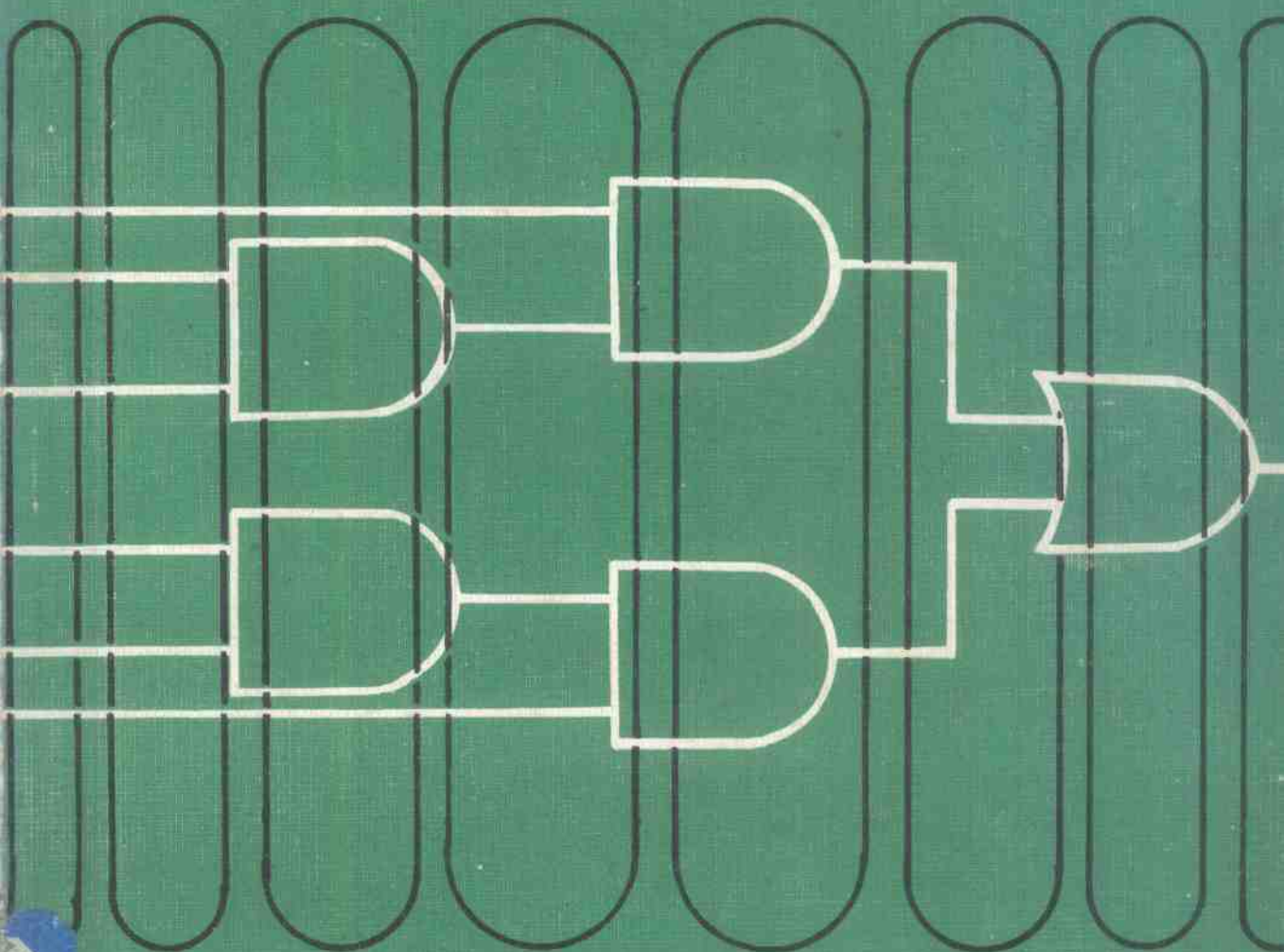


# 邏輯電路實驗

( 計算機電路 )

王 師 教授 主編

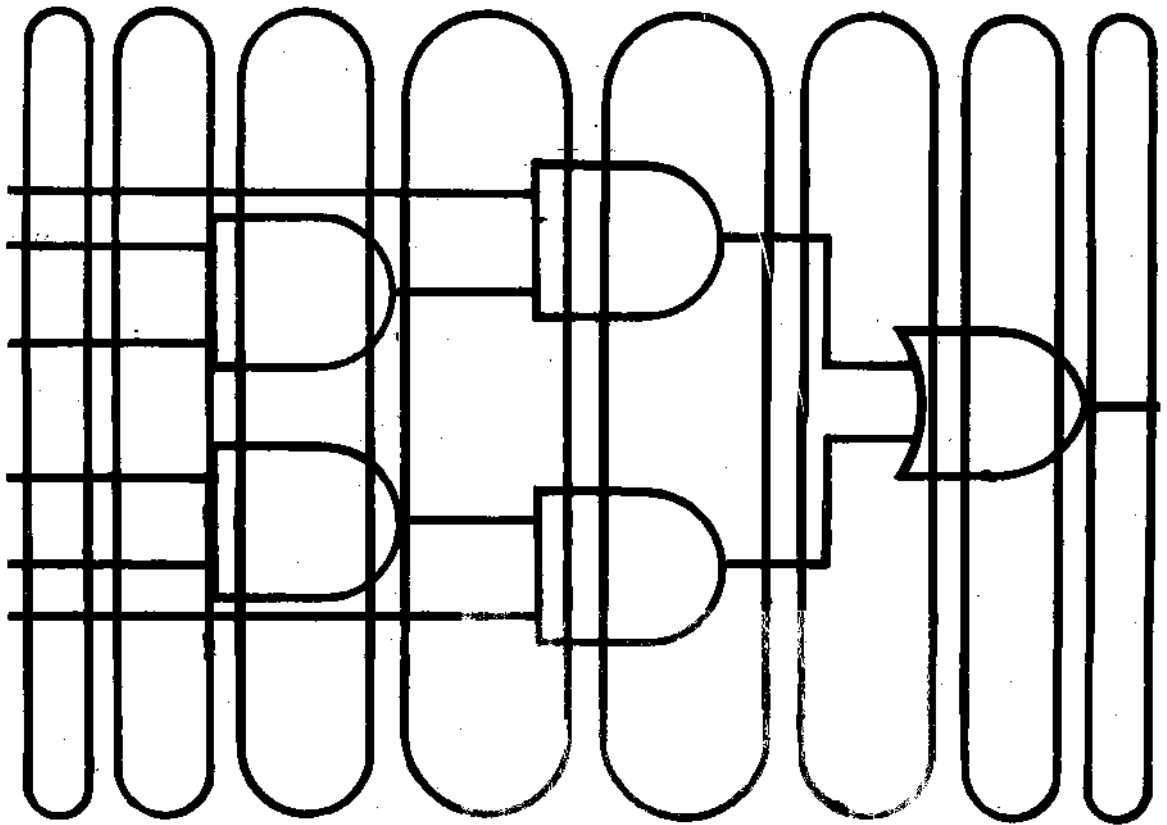
全華編輯部 助編



全華科技圖書公司印行

# 邏輯電路實驗

( 計算機電路 )



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

**邏輯電路實驗**  
( 計算機電路 )

王 師 教授主編  
全華編輯部助編

出版者 全華科技圖書公司  
北市建國北路85巷9號一樓  
電話：581-1300  
郵播：100836  
發行者 蕭而鄰  
印刷者 五華彩色印刷公司  
基 價 3.5 元  
初 版 中華民國64年2月  
再 版 中華民國67年6月

圖書編號 043092

# 序

這本手冊包含一套完整的數位邏輯教材，它和二進算術、布氏代數、數位邏輯或計算機技術等課程並開。這本手冊乃為配合倍達電子公司、三三電子公司、振山電子公司出產的計算機實驗台（COMPUTER LAB）之用而編成的。

書中材料足供一年實驗課程所需，實驗中一些特殊部份另附加了許多資料，因而必須以較多的時間從事實驗，本書每一章都有一主題實驗，接著是幾個加強用的副實驗；副實驗中的資料可視為補充教材。

本課程可分為五個階段，第一階段介紹二進位概念，敘述如何能用雙態來從事邏輯運算和計數，討論COMPUTER LAB上的基本邏輯函數，闡述二進系統與十進系統間之相互關係。

第二階段討論COMPUTER LAB上的邏輯元件，並以這些基本邏輯元件來裝組一些較複雜的裝置，如此將較直接學習一完整單位更易深入瞭解其複雜結構。

第三階段研習布氏代數、邏輯真值表以及如何從一邏輯需求轉換為閘網路，這一部分必須用到前二階段所學的複雜邏輯元件。

第四階段討論數位副系統（Digital Subsystems），從二進加法的解釋開始，這一部份亦論及二進減法、二進碼十進數（Binary Coded Decimal Counting）以及數碼之轉換。

最後階段乃綜合前面各階段的知識，討論數位系統。

## 導 論

計算機和計算機技術在現代的科技文明中扮演著日益重要的角色，現在愈來愈覺得應該讓中等學校就把計算機基礎知識傳授給學生們，對所有學生而言，授以計算機基本概念可以幫助他們瞭解二進算術和布氏代數等重要新數學原理，對職校學生而言，瞭解計算機可以使他們在計算機這一行中創一番事業。

計算機的使用和應用上的急遽發展，使得對受過訓練人員的需要激增不已，根據最近調查，截至 1973 年，大約會有卅萬到四十萬部計算機在使用中，這表示在近幾年內，計算機工業需要為數非常多的程式設計人員，系統分析人員和經營管理人員。

計算機正逐漸消滅某些行業的工作，然而許多其他需要技術的工作機會也應運而生，因而我們的教育體系必須改弦易轍的來因應這種變化。愈來愈多的教育家認為，所有的學生皆應該接受至少一種以上有關計算機技術基礎的課程，所有學生都將因瞭解計算機而獲益，事實上構成計算機重要部分的邏輯原理在普通數學中也是極為重要的。

計算機基本概念的教學應該從中學開始，在職業學校和大專院校則更應施以專門訓練。許多教育家已負起這個責任，開始開設計算機課程。美國聯邦教育局（United States Office of Education），科學教師學會（National Science Teacher Association），計算機學會（The Association for Computing Machines），和其他機構所編撰的教材及其他課程材料，都一致強調，計算機科學的啓蒙教育應該加強各種應用於數位計算機的基本概念和原理，主要的為：

- (1) 二進算術：這是目前大多數計算機所用的機器語言。
- (2) 數位邏輯原理：使得計算機能動作與作決定的電子開關。

- (3) 雙態記憶裝置。

(4) 布氏代數：邏輯運算的規則。

在計算機技術和其有關數學概念的教學當中，學生們如果能夠先學習基本原理，如果能夠完全瞭解二進算術和布氏代數以及數位邏輯，則必甚獲俾益。由這個基礎，所有其他和計算機有關的教育都將自然而然的容易建立起來，學生們能夠事半功倍的繼續接受更進一步的訓練，以邁入由此一擴展中的計算機技術所產生的諸多新行業中的任一行（從計算機教學到程式計劃以至電子工程等等）。

### 計算機實驗台 ( THE COMPUTER LAB )

台灣有數家電子公司在計算機教育方面頗具經驗，這些公司有感於計算機基本概念教學用訓練裝置之重要，特發展出計算機實驗台，這是一種“課堂實驗室”，用於數位邏輯和計算機基礎教學。

計算機實驗台是一部完整的教學設備，可用來教授構成所有數位計算機理論和操作基礎的基本概念，在實驗課程中，學生們一步一步的學習數位邏輯原理，等到把握了課程中的基本材料以後，對於一個想成為計算機技術員或電子工程師的學生來說，他將可以勝任愉快，接受各種和計算機有關的訓練更可得事半功倍的效果。一個程式設計師如果想有效的運用計算機，也必須對計算機的基本操作原理有徹底認識。

計算機技術的一個重要部分是“新數學”，以往二進算術和布氏代數是數學中有趣的一個分支，現在計算機則更賦之以新的重要性，因為計算機只懂得二進語言，並遵守布氏定律而動作。

現在學校中的每一個人都免不了要接觸到這二門科目，計算機實驗台不光是根據布氏定律，用二進數操作，而且還用圖形闡釋這兩種重要概念，對每一個學生而言，無論他將來是否想從事計算機這一行，新數學對他是重要的，對於職業技術學校的學生，對計算機的瞭解可以幫助他在計算機行業中謀得一職。

## 循序漸進的指導

計算機實驗台包含計算機技術的最新發展，而實驗手冊則給予學生們以循序漸進的指導，每一課都可以用插線（Patch Cords）在插線盤上接線做實驗以試驗設計結果。本課程共有十章，每一章分成許多個完整的實驗，每章都討論一個基本原理，全部課程充分闡示了數位邏輯的全盤原理。

這套設備自成一完整體系，簡便、堅實並且使用容易。其中每一基本邏輯函數都在控制盤上以一種標準的，為大多數人所採用的邏輯記號標示出來，每一個實驗都可以用插線在插線盤上接線，從一個實驗變到另一個實驗非常簡單容易。當一個邏輯函數設計接線好了以後，可以用兩種方式輸入信號加以試驗，一種是手按開關，可以供給持久的邏輯位階，一種是實驗台本身所含的時脈產生器（Clock）可以自動輸出一串連續的脈波信號，此外還有八個搖移開關（Rocker Switches）可以供持久的邏輯信號，以及八個指示燈可以監視任何部分的邏輯狀態。由於計算機實驗台使用的邏輯元件種類甚多，使得學生們不一定要完全按照實驗手冊所載的方式來做實驗，他可以有完全的自由來設計他自己的實驗。

## 計算機實驗課程

計算機實驗台是數位邏輯課堂訓練用的實驗教材，包括 200 小時的實驗和 50 小時以上的課堂講解，足可作為整個學期使用。

基本課程分成五個階段，講授者可以按照手冊講授，或是根據題材、年級程度，和授課速度，隨實際情況刪除部分章節或加入其他方面的補充資料。

計算機實驗台適於高中、職業學校、專科學校或大學之用，也可以用於研究實驗室和工業上的邏輯電路試驗。

在實驗課程中，無論是在那一階段，學生們都有機會從“做中學習”（

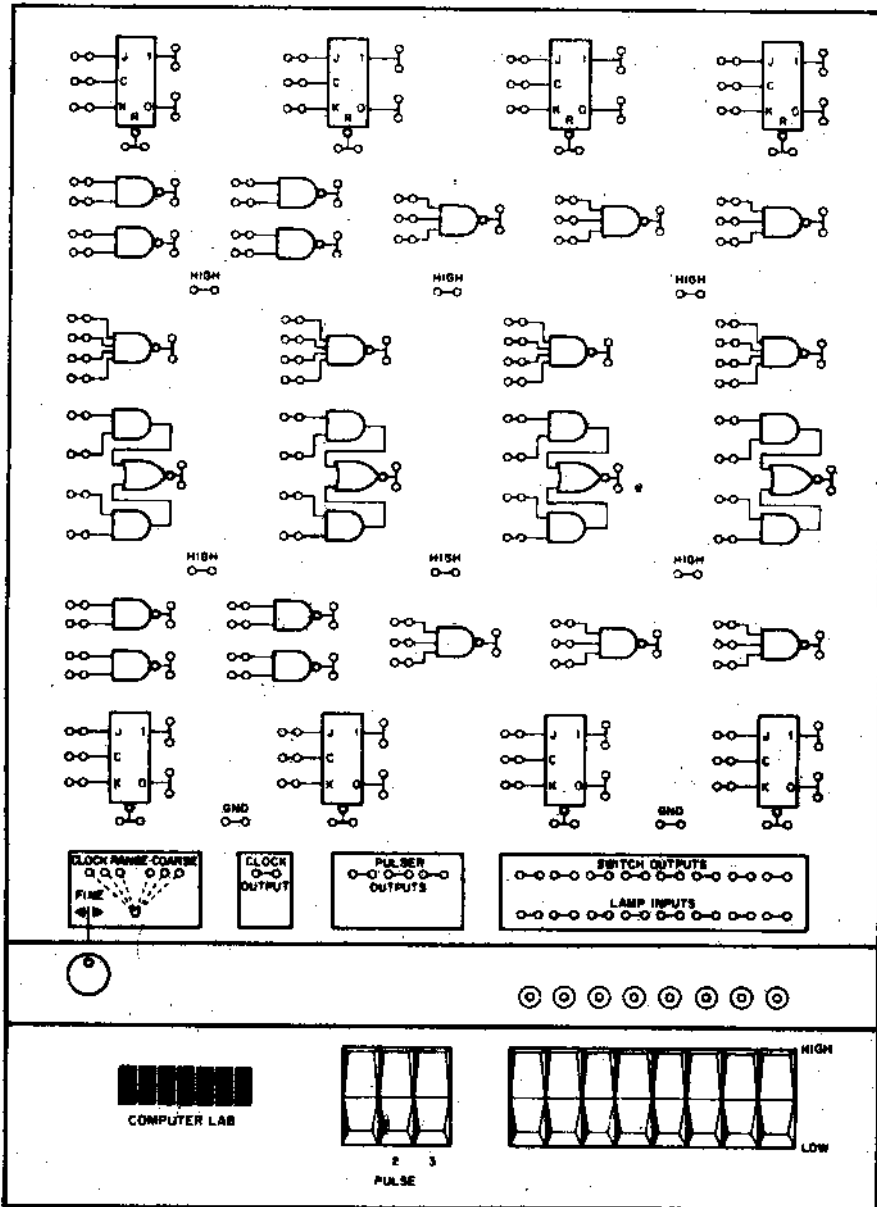


圖 1 計算機實驗台插線盤

Learning by doing), 必要時可隨時回到前面階段以加強一些已經學過的基本概念, 等到運用純熟以後, 可以把好幾個實驗台接在一起, 用一個實驗台監視其他的實驗台, 以擴大其計算能力。



## 計算機實驗台操作注意事項

### 1. 邏輯位階 ( Logic levels )

計算機實驗台用二種邏輯位階，高階 ( HI ) 和低階 ( LO ) ，在插線盤上有 12 個端子可以永遠供給高邏輯位階 HI 。

### 2. 搖移開關 ( Rocker Switches )

可用來供給 HI 或 LO 的邏輯位階，把開關向上按，則其對應輸出端子的邏輯位階為 HI ，把開關向下按，則其對應輸出端子的邏輯位階為 LO 。

### 3. 脈動開關 ( Pulser Switches )

平常脈動開關輸出為 LO ，當按下開關時，則其對應輸出端子的邏輯位階為 HI ，鬆開開關後，則輸出又變回 LO 。脈動開關的內部電路經過特殊設計，當按下開關或鬆開開關時，它所產生的電雜訊 ( Electrical Noise ) 不會傳到輸出端子上，因為在某些應用上，從一位階變到另一位階時，必須無雜訊存在，脈動開關具有這種特點，搖移開關則無。

### 4. 脈波 ( Pulses )

脈波乃一短時間從某一位階變到另一位階，然後又回復到原來位階的電壓，所有的脈波都有一寬度 ( Width ) ，所謂脈波寬度就是指脈波電壓在第二位階時所居時間之長短。高階脈波 ( HI Pulses ) 是指從 LO 變到 HI ，經過一段時間又回到 LO 的脈波，低階脈波 ( LO Pulses ) 是指從 HI 變到 LO ，經過一段時間又回到 HI 的脈波。脈波可以是單波，也可以是一串連續的脈波，稱為脈波列 ( Pulse train ) ，脈波列的脈波依一定的週期而重複，通常以每秒多少個脈波量之。(見圖 2)

### 5. 時脈產生器 ( Clock )

時脈產生器供給一連續的HI脈波列，計時脈波的寬度約 50 奈秒(Nano Second,  $10^{-9}$  秒)，計時脈波的頻率可以從每秒一個脈波到每秒一千萬個脈波之間作連續的改變，把時脈產生器粗調範圍選擇(標以CLOCK RANGE COARSE)的共同端子接到最左邊的端子，則時脈速度最慢(見圖 3)，接到越右邊的端子，則速度越快，如果把線拿掉，什麼都不接，則速度最快，時脈產生器的速度在每一粗調範圍內可以用微調控制旋鈕(標以FINE)來改變之，反時針方向減慢，順時針方向增快。粗調範圍選擇的端子共有七個，只是用來選擇時脈速度範圍的，並不能做為輸出用，在範圍選擇右邊標有CLOCK OUTPUT的二個端子，才是時脈的輸出點。

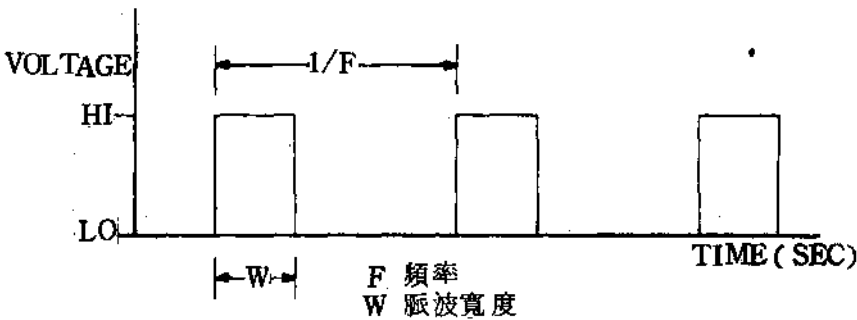


圖 2 高階脈波列

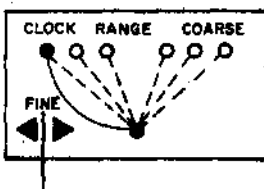


圖 3 時脈速度/範圍選擇 (最慢速)

### 6. 指示燈 (Lamp Indicators)

計算機實驗台插線盤上的實驗操作，可以用指示燈來監視，例如一個燈的對應輸入為HI，則燈亮；假如它的對應輸入為LO，則燈不亮。指示燈對持久的邏輯位階(Sustained Logic Levels)會起反應，不過假如輸入是脈波，則必須有足夠的寬度能加熱燈絲時才會起作用。

### 7. 未用的輸入端子(Unused Inputs)

邏輯閘與正反器的未用輸入端子必須接到插線盤上的 HI 位階，尤其是正反器，當它用在計數器（Counters），移位記錄器（Shift Registers）等之中，不需要復置（RESET）信號的時候，應該把復置輸入接到 HI，否則正反器可能不會正常動作。

### 8. 兩個以上的實驗台接在一起使用

時常有些應用需要把二個以上的計算機實驗台接在一起以便能裝組較繁雜的邏輯電路。這時應該把各個實驗台上的接地端子（在插線盤下端標有 GND 的小孔）連在一起。用這種方式來做邏輯電路時，最好能適當分配，使每一實驗台各做一主要部分，這樣可以使各實驗台間的聯結數目大為減少。每個實驗台用在一大電路中時必須先插入（Plugged in），再打開開關（Turned on）。

### 9. 在實驗台上的接線（Wiring）

時常一輸出必須用來推動許多邏輯閘或正反器的輸入，可是每一輸出端只有二個端子可資利用，要克服這種困難，可以採用雛菊花環式的接法（Daisy Chaining），也就是，把一輸出接到所要推動的第一個閘的輸入，然後把第一個輸入接到第二個輸入，再把第二個輸入接到第三個輸入，依此類推。圖 4 表示如何用這種菊環式的接法，使一個時脈產生器能夠同時推動八個正反器的時脈輸入。

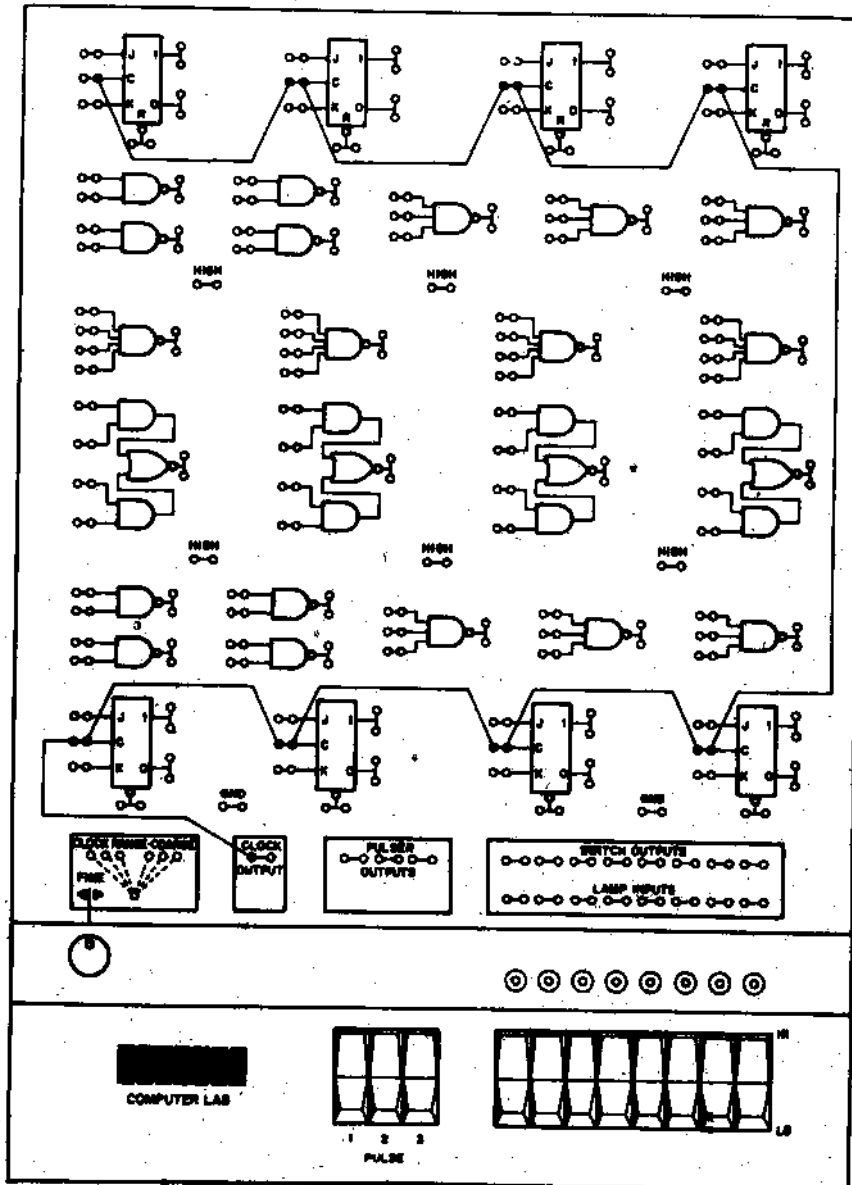


圖 4 花環式串接的計時輸入

## 目 錄

序.....	1
導論.....	1
<b>第一章 二進位概念</b> .....	1
實驗 1.1 雙輸入 NAND 閘.....	10
實驗 1.2 三輸入 NAND 閘.....	12
實驗 1.3 四輸入 NAND 閘.....	15
實驗 1.4 反相器.....	16
實驗 1.5 多輸入閘的用法.....	18
實驗 1.6 十進變二進編碼器.....	23
實驗 1.7 二進變十進解碼器.....	27
<b>第二章 基本邏輯閘</b> .....	31
實驗 2.1 AND/NOR 閘.....	36
實驗 2.2 AND/NOR 閘當 NOR 閘用.....	37
實驗 2.3 AND/NOR 閘比較器.....	39
實驗 2.4 AND/NOR 閘做互斥 OR 閘用.....	40
實驗 2.5 非反相閘.....	41
實驗 2.6 等值偵測器.....	42
實驗 2.7 同位元產生器.....	44
<b>第三章 正反器</b> .....	47
實驗 3.1 R-S 正反器.....	52
實驗 3.2 附有時脈信號的 R-S 正反器.....	54
實驗 3.3 D 型正反器.....	56
實驗 3.4 J-K 正反器.....	59

實驗 3.5	四數元移位記錄器	63
<b>第四章</b>	<b>布氏代數用於閘網路</b>	67
實驗 4.1	閘電路之簡化	87
實驗 4.2	等值與相對大小偵測器	92
<b>第五章</b>	<b>二進位計數器</b>	95
實驗 5.1	非同步二進位朝上計數器	100
實驗 5.2	修正非同步二進位計數器	101
實驗 5.3	同步二進位朝上計數器	102
實驗 5.4	同步二進位朝上/朝下計數器	106
實驗 5.5	同步六模二進位計數器	111
實驗 5.6	非同步自停十三模二進位計數器	113
實驗 5.7	可變模數非同步二進位朝上計數器	113
<b>第六章</b>	<b>串加運算</b>	119
實驗 6.1	串加器	125
實驗 6.2	用串加器做減法運算	129
實驗 6.3	用串加器做乘法運算	130
<b>第七章</b>	<b>並加運算</b>	133
實驗 7.1	並加器	139
實驗 7.2	2-補數減法運算	142
實驗 7.3	1-補數減法運算	143
實驗 7.4	單步並加運算	144
<b>第八章</b>	<b>二進碼十進數運算</b>	147
實驗 8.1	8421 計數器	151
實驗 8.2	超三碼計數器	152
實驗 8.3	2421 計數器	154
實驗 8.4	5421 計數器	156

實驗 8.5	二進碼十進位串加運算	159
<b>第九章</b>	<b>數碼之轉換與解碼</b>	165
實驗 9.1	2421 至 8421 轉換器	176
實驗 9.2	5421 至 8421 轉換器	179
實驗 9.3	格雷碼至二進位轉換器	182
<b>第十章</b>	<b>系統考慮</b>	187
實驗 10.1	並加器控制	193
實驗 10.2	同步器	196
實驗 10.3	最高頻率	200
<b>附錄</b>		
附錄一	檢查的程序	201
附錄二	卡諾圖形法	207
附錄三	TTL 電路	213
附錄四	計算機	218
附錄五	名詞彙編	232
附錄六	十進位變二進位轉換表	241
附錄七	二的乘方數	243
附錄八	參考書籍	244
附錄九	計算機實驗台硬體規格說明	246
附錄十	邏輯元件真值表	249

# 第一章

## 二進位概念

### THE BINARY CONCEPT



