電子電路實驗室

補充資料：關於布林代數與邏輯閘

數字系統：十進位（Decimal）
二進位（Binary）
八進位（Octal）
十六進位（Hexadecimal）

十進位（Decimal）	二進位（Binary）	二進位轉換成十進位的方法
0	0	0×2^0
1	1	1×2^0
2	10	$1\times 2^1+0\times 2^0$
3	11	$1\times 2^1+1\times 2^0$
4	100	$1\times 2^2+0\times 2^1+0\times 2^0$
5	101	$1\times 2^2+0\times 2^1+1\times 2^0$
6	110	$1\times 2^2+1\times 2^1+0\times 2^0$
7	111	$1\times 2^2+1\times 2^1+1\times 2^0$
8	1000	$1\times 2^3+0\times 2^2+0\times 2^1+0\times 2^0$
9	1001	$1\times 2^3+0\times 2^2+0\times 2^1+1\times 2^0$
10	1010	$1\times 2^3+0\times 2^2+1\times 2^1+0\times 2^0$
11	1011	$1\times 2^3+0\times 2^2+1\times 2^1+1\times 2^0$
12	1100	$1\times 2^3+1\times 2^2+0\times 2^1+0\times 2^0$
13	1101	$1\times 2^3+1\times 2^2+0\times 2^1+1\times 2^0$
14	1110	$1\times 2^3+1\times 2^2+1\times 2^1+0\times 2^0$
15	1111	$1\times 2^3+1\times 2^2+1\times 2^1+1\times 2^0$
16	10000	$1\times 2^4+0\times 2^3+0\times 2^2+0\times 2^1+0\times 2^0$
32		
64		
128		

二進位數字換成十進位數字：（足碼表示代表的數字系統）

$$1010_2 = 1\times \underbrace{2^3}_{=8} + 0\times \underbrace{2^2}_{=4} + 1\times \underbrace{2^1}_{=2} + 0\times \underbrace{2^0}_{=1}$$

$$= 10_{10}$$

$$1111_2 = 1\times\underbrace{2^3}_{=8} + 1\times\underbrace{2^2}_{=4} + 1\times\underbrace{2^1}_{=2} + 1\times\underbrace{2^0}_{=1}$$
$$= 15_{10}$$

$$10000_2 = 1\times\underbrace{2^4}_{=16} + 0\times\underbrace{2^3}_{=8} + 0\times\underbrace{2^2}_{=4} + 0\times\underbrace{2^1}_{=2} + 0\times\underbrace{2^0}_{=1}$$
$$= 16_{10}$$

【問】如何將十進位數字轉換二進位數字？ $30_{10} = ?_2$

30 ÷2 = 15 0
15 ÷2 = 7 1
7 ÷2 = 3 ...... 1 ↑（由下往上數）
3 ÷2 = 1 1
1 ÷2 = 0 1
$\therefore\ 30_{10} = 11110_2$

【問】如何將十進位數字轉換二進位數字？ $25_{10} = ?_2$

25 ÷2 = 12 1
12 ÷2 = 6 0
6 ÷2 = 3 ...... 0 ↑（由下往上數）
3 ÷2 = 1 1
1 ÷2 = 0 1
$\therefore\ 25_{10} = 11001_2$

十進位（Decimal）	二進位（Binary）	八進位（Octal）	十六進位（Hexadecimal）
0	0	0	0
1	1	1	1
2	10	2	2
3	11	3	3
4	100	4	4
5	101	5	5
6	110	6	6
7	111	7	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B

十進位（Decimal）	二進位（Binary）	八進位（Octal）	十六進位（Hexadecimal）
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F
16	10000	20	10
32			
64			
128			

電子電路實驗室

布林代數（Boolean Algrbra）：專門用來推論二維邏輯關係的邏輯代數
1800 年，喬治布林（George Boolean）介紹的邏輯代數，後來稱爲布林代數。

布林代數的基本運算：

運算類型	符號	運算式	簡稱
加法	$+$	$A+B$	OR
乘法	$\cdot$	$A\cdot B$	AND
補數	$\overline{\ }$	$\overline{A}$	NOT

基本定理與假設：

（1）若 $A\neq 1$ 。則 $A=0$　　若 $A\neq 0$ ，則 $A=1$

（2）$0+0=0$　　$0\cdot 0=0$

（3）$1+1=1$　　$1\cdot 1=1$

（4）$0+1=1$　　$0\cdot 1=0$

（5）$\overline{0}=1$　　$\overline{1}=0$

一些運算：

（一）一個變數的運算

（1）$A+0=A$　　$A\cdot 0=0$　　最小元素

（2）$A+1=1$　　$A\cdot 1=A$　　最大元素

（3）$A+A=A$　　$A\cdot A=A$　　冪等法則

（4）$A+\overline{A}=1$ $A\cdot\overline{A}=0$ 互補元素

（5）$\overline{\overline{A}}=A$ 雙重否定

（二）兩個以上變數的運算

（1）交換律

$A+B=B+A$

$A\cdot B=B\cdot A$

（2）結合律

$(A+B)+C=A+(B+C)=A+B+C$

$(A+B)+C=A+(B+C)=A+B+C$

（3）分配律

$A\cdot B+A\cdot C=A\cdot(B+C)$

$(A+B)\cdot(A+C)=A+B\cdot C$

（4）吸取律

$A\cdot(A+B)=A$

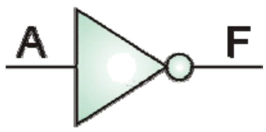
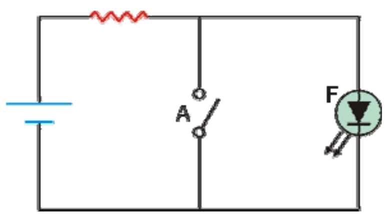
$A+A\cdot B=A$

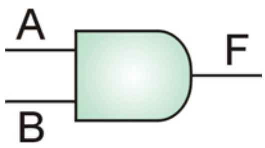
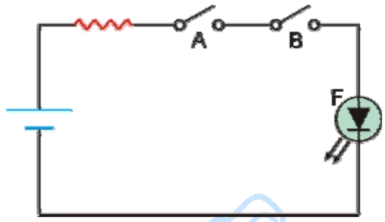
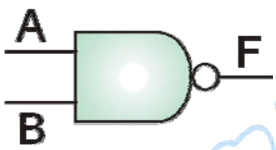
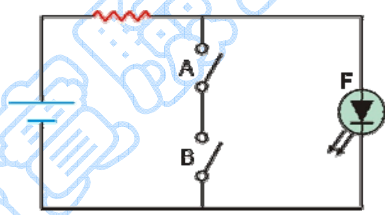
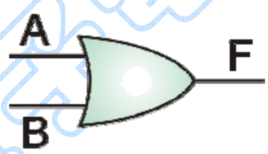
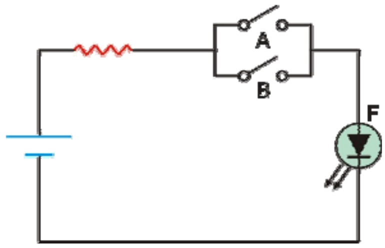
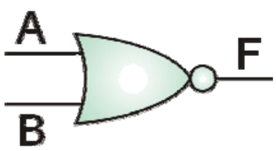
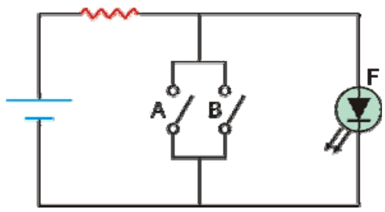
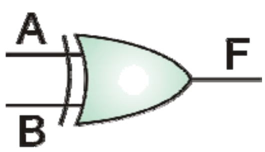
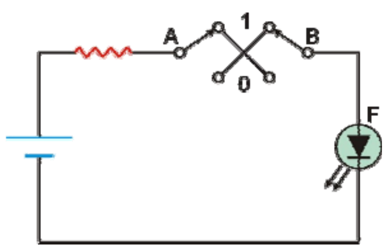
（5）迪摩根理論（Demorgan’s theroem）

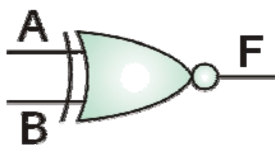
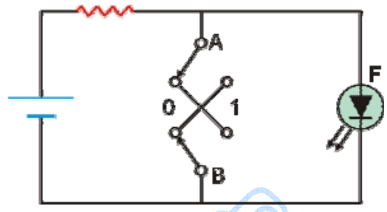
$\overline{A+B}=\overline{A}\cdot\overline{B}$

$\overline{A\cdot B}=\overline{A}+\overline{B}$

基本邏輯閘與布林代數的關係：

序號	邏輯閘的種類	簡稱	記號	符號	模擬電路
1	反閘	NOT	$\overline{A}$		

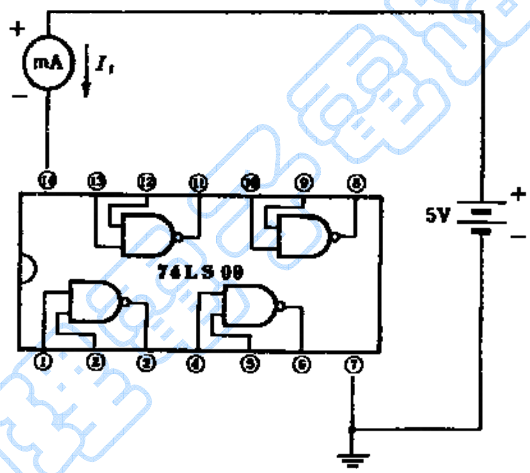
序號	邏輯閘的種類	簡稱	記號	符號	模擬電路
2	及閘	AND	$A\cdot B$		
3	反及閘	NAND	$\overline{A\cdot B}$		
4	或閘	OR	$A+B$		
5	反或閘	NOR	$\overline{A+B}$		
6	互斥或閘	XOR	$A\overline{B}+\overline{A}B$ $=A\oplus B$		

序號	邏輯閘的種類	簡稱	記號	符號	模擬電路
7	互斥反或閘	XNOR	$AB+\overline{A}\,\overline{B}$ $=A\odot B$		

電子電路實驗室

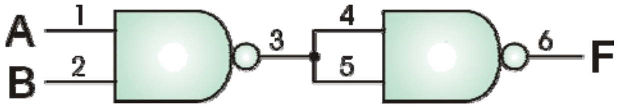
使用 IC：74LS00

74LS00 為 4 顆 NAND 組成的 IC。



利用 NAND 組合成其他基本閘：

1）



3 輸出 ➲ 4 和 5 輸入：$\overline{A\cdot B}$

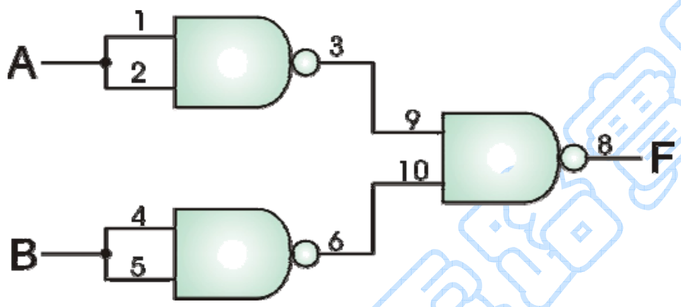
$$F=\overline{\overline{(A\cdot B)}\cdot\overline{(A\cdot B)}}=\overline{\overline{A\cdot B}}+\overline{\overline{A\cdot B}}=A\cdot B+A\cdot B=A\cdot B$$

➲ 此電路功能等同__AND__閘

真值表：

輸入		輸出	
A	B	V_F	F
0	0		0
0	1		0
1	0		0
1	1		1

2）



3 輸出 ➲ 9 輸入：$\overline{A\cdot A}$

6 輸出 ➲ 10 輸入：$\overline{B\cdot B}$

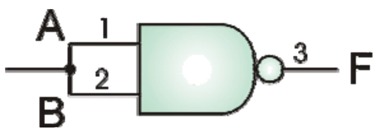
$$F=\overline{(\overline{A\cdot A})\cdot(\overline{B\cdot B})}=\overline{A}\cdot\overline{B}=\overline{\overline{A}}+\overline{\overline{B}}=A+B$$

➲ 此電路功能等同__OR__閘

真值表：

輸入		輸出	
A	B	V_F	F
0	0		0
0	1		1
1	0		1
1	1		1

3）



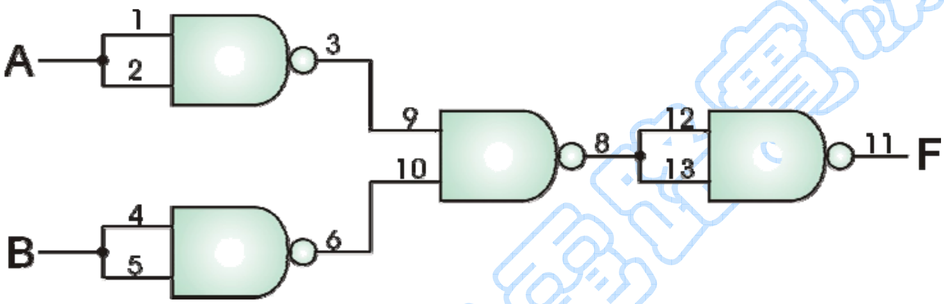
$F=\overline{A\cdot A}=\overline{A}$

➲ 此電路功能等同__NOT__閘

真值表：

輸入	輸出	
$A=B$	V_F	F
0		1
1		0

4）



3 輸出 ➲ 9 輸入： $\overline{A\cdot A}$

6 輸出 ➲ 10 輸入： $\overline{B\cdot B}$

8 輸出 ➲ 12 和 13 輸入： $F=\overline{(\overline{A\cdot A})\cdot(\overline{B\cdot B})}$

$$F=\overline{\overline{\overline{A\cdot A}\cdot\overline{B\cdot B}}\cdot\overline{\overline{A\cdot A}\cdot\overline{B\cdot B}}}=\overline{\overline{\overline{A}\cdot\overline{B}}\cdot\overline{\overline{A}\cdot\overline{B}}}=\overline{\overline{\overline{A}\cdot\overline{B}}}+\overline{\overline{\overline{A}\cdot\overline{B}}}=\overline{A}\cdot\overline{B}+\overline{A}\cdot\overline{B}$$

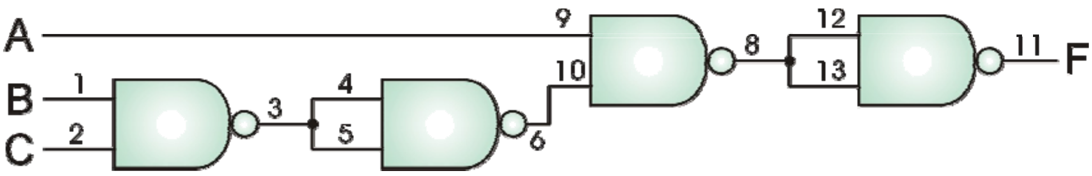
$$=\overline{A}\cdot\overline{B}=\overline{A+B}$$

➲ 此電路功能等同__NOR__閘

真值表：

輸入		輸出	
A	B	V_F	F
0	0		1
0	1		0
1	0		0
1	1		0

5）

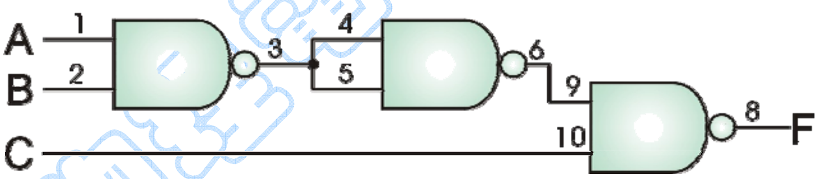


➲ 此電路功能等同 AND 閘

真值表：

輸入			輸出
A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

6）

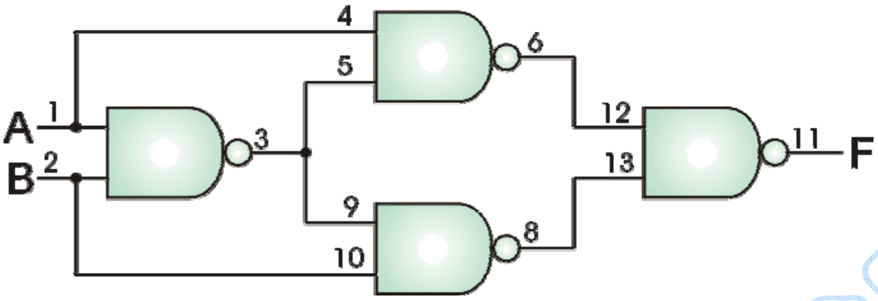


➲ 此電路功能等同 NAND 閘

真值表：

輸入			輸出
A	B	C	F
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

7）



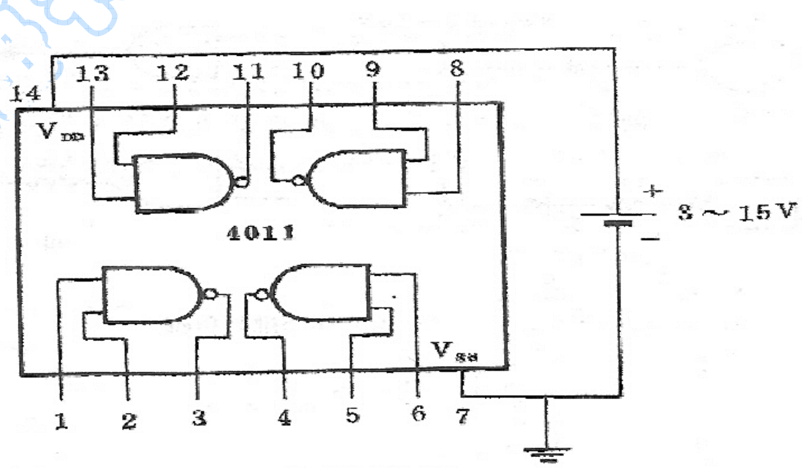
➲ 此電路功能等同＿XOR＿閘

真值表：

輸入		輸出
A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

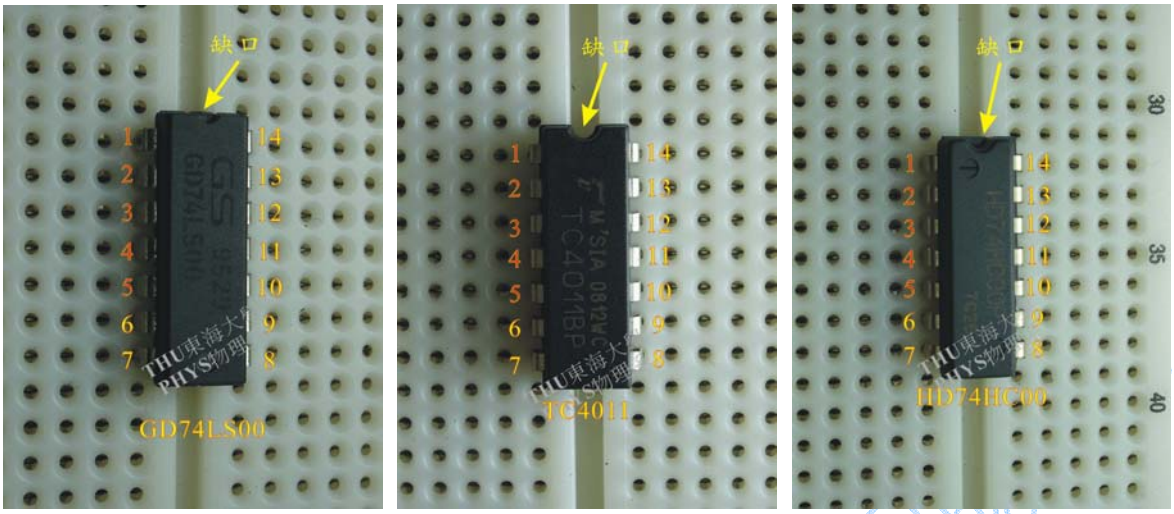
【問 1】請試著用布林代數運算方法，將（5）（6）（7）列式出來並算出結果。
【問 2】比照上面方法，利用 NAND 接出 XNOR。

使用 IC：TC4011
TC4011 爲 4 顆 NAND 組成的 IC。



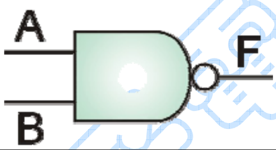
(a)CMOS NAND閘

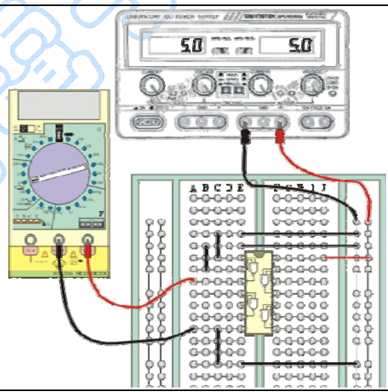
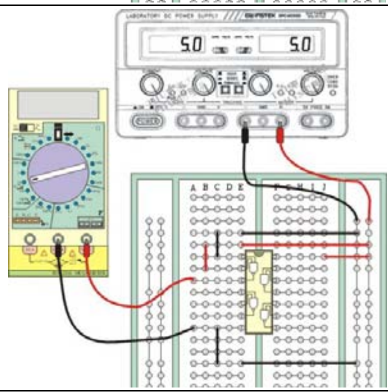
邏輯閘腳位判斷：

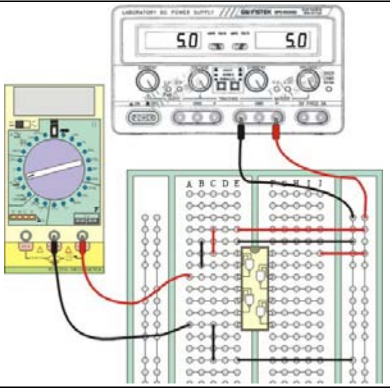
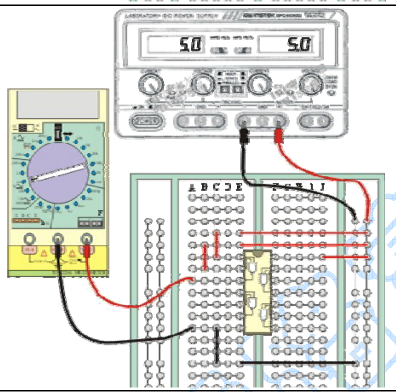


電子電路實驗室

反及閘（NAND Gate）（IC：74LC00）（電源可接固定 5V 輸出，避免實驗過程中，不小心調到電壓旋扭。）

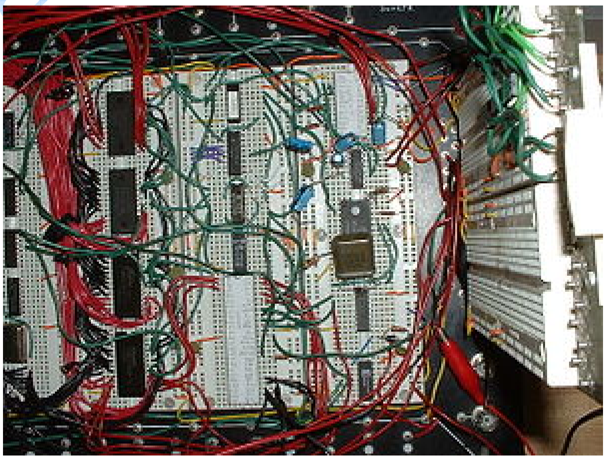


輸入 A	輸入 B	接線圖	輸出 F
0	0		1
0	1		1

1	0		1
1	1		0

電子電路實驗室

電晶體－電晶體邏輯：维基百科，自由的百科全书



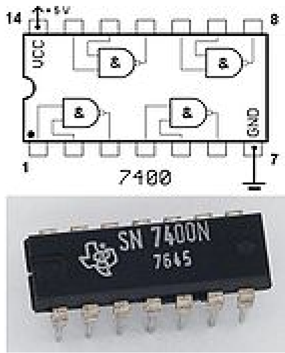
基於摩托羅拉 68000 微處理器的計算機，在麵包板上可看到各種 TTL 元件

電晶體－電晶體邏輯（英語：Transistor-Transistor Logic，縮寫爲 TTL），是市面上較爲常見且應用廣泛的一種邏輯閘數位積體電路，由電阻器和三極體而組成。TTL 最早是由德州儀器所開發出來的，現雖有多家廠商製作，但編號命名還是以德州儀器所公佈的資料爲主。其中最常見的爲 74 系列。

與 TTL 分庭抗禮的是 CMOS，舊時兩者相比較 TTL 主要是速度快，CMOS 則是速度慢，但省電、成本比 TTL 低。隨著 CMOS 技術的進步，其反應速度已經超越 TTL。

而且 CMOS 內部不具有製作麻煩的電阻，所以 TTL 可說幾乎沒有發展。目前 TTL 主要應用於教育或是較簡單的數位電路。

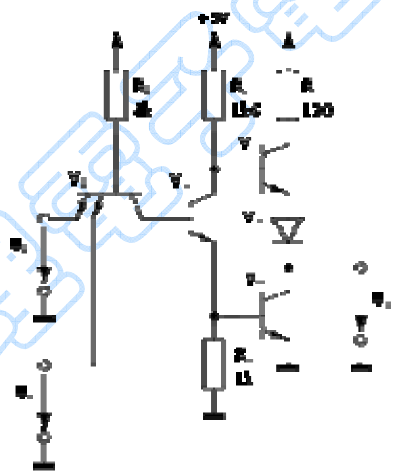
內部主要構成元件



7400 元件：

TTL 最主要是由 N 組電阻、電晶體、二極體構成的偏壓電路所組合出來，在線性放大器的角度來看就是數個 CE（共射極）電路或是 CC（共集極）電路所組成。當然這只是比喻並非實際，畢竟在數位邏輯的世界就是只有 0 跟 1，也就是關或開。

74 系列與 54 系列：



7400 電路圖

74 系列爲民用品，可工作於商用溫度範圍（0 至 70 度 C），是一般 TTL 邏輯電路中最常見的系列，在數位邏輯或是微處理機的相關課程更是少不了它們的存在。

54 系列爲軍用品，可工作於軍用溫度範圍（-55 至 125 度 C），用於具有特殊工作需求的地方。

74 系列 TTL IC 的分類如下：

以內部結構區分：➲ 標準型

結構跟構成的材料最簡單，相對的特性也是不理想，所以此類型已經被淘汰多時。無英文簡寫，範例：7400。

- 早期的低功率型與高速型
  1) 低功率型，（英文 Low Power 簡寫「L」），耗電低，但速度慢。範例：74L00。
  2) 高速型，（英文 High Speed 簡寫「H」），速度較快，輸出較強，但耗電高。範例：74H00。

  由於 S 型耗電與 H 型相近，但速度極快。 LS 型的耗電與 L 型相近，但速度卻快很多，甚至比 H 型還快。 因此 L 型與 H 型很快就退出市場。
- 蕭特基（Schottky）

  除了電阻器一樣是做控流跟偏壓用途，蕭特基型最主要是採用蕭特基二極體跟蕭特基電晶體，改善切換速度。在市面上跟教育單位非常普及，特性也很不錯，常常被用來搭配 Intel 8051 使用。LS 型逐漸成爲 TTL 中的主流。
  1) 蕭特基型（英文 Schottky Logic，簡寫「S」），範例：74S00。
  2) 高級蕭特基型（英文 Advanced Schottky Logic，簡寫「AS」），範例：74AS00。
  3) 低功率蕭特基型（英文 Low Power Schottky Logic，簡寫「LS」），範例：74LS00。
  4) 高級低功率蕭特基型（英文 Advanced Low Power Schottky Logic，簡寫「ALS」），範例：74ALS00。
- 快速（英文 Fast，簡寫「F」）

  快速型是有別於蕭特基型所另外發展的高速 TTL，範例：74F00。
- CMOS（英語：Complementary Metal Oxide Semiconductor）

  雖然此類型的編號與接腳規格跟 TTL 一樣，但內部的實際結構是 CMOS，而不是 TTL 所使用的接面電晶體。此系列具有 CMOS 的高輸入阻抗特性與低耗電，但工作電壓範圍有別於先前 RCA 所發展的 40 跟 45 系列的 CMOS 邏輯 IC。除早期的 C 系列外，此類 CMOS 的運作速度非常快。
  1) CMOS，英文簡寫「C」，範例：74C00。
  2) 高級 CMOS（英文 Advanced CMOS Logic，簡寫「AC」），範例：74AC00。
  3) 高速 CMOS（英文 High Speed CMOS Logic，簡寫「HC」），範例：74HC00。
  4) 高級高速 CMOS（英文 Advanced High Speed CMOS Logic，簡寫「AHC」），範例：74AHC00。

TTL 各系列典型消耗功率與傳輸延遲的比較

系列	型號	特徵	消耗電力 (mW/Gate)	傳輸延遲 t_{pd}(nsec)
標準 TTL	74	1962 年商品化初期的標準品	10	10
低功率 TTL	74L	初期的低消耗電力產品。但速度慢。	1	35
高速 TTL	74H	初期的高速暨高輸出 TTL。但消耗電力大。	20	6
蕭特基 TTL	74S	使用蕭特基二極體與蕭特基電晶體的高速 TTL	20	3
低功率蕭特基 TTL	74LS	1970 年代後半至 80 年代前半的主流 TTL	2	10
先進(Advanced)LS-TTL	74ALS	1980 年代中期推出的 LS-TTL 改良品	1	4
先進(Advanced)S-TTL	74AS	1980 年代中期推出的 S-TTL 改良品	20	1.5
快速型 FAST	74F	1980 年代中期由 Fairchild 公司發售的高速蕭特基 TTL	4	2.5

以輸出型態分類：

- 圖騰式輸出（Totem-pole Output）
  大部分 74 系列的組合邏輯 IC，都是採用圖騰式輸出。此種輸出可以輸出高電位與低電位。被稱爲圖騰式則是因爲電路形式像圖騰一樣配置。
- 開集極式輸出（Open Collector，簡稱 O.C.）

此種輸出不能輸出高電位，輸出只有開路與低電位兩種狀態。

可以承受較高的電壓或與不同工作電壓的電路連接。 有時開集極式輸出可用來應付比較重的負載（例繼電器）。

可以允許多個開集極式邏輯輸出進行並聯，作爲 Wired-AND 使用。圖騰式的邏輯閘輸出不能並聯連接。

- 三態式輸出（Tri-state 或 3-state）
  在數位電路除了 0 跟 1 以外，另一種狀態則是高阻抗，高阻抗對電路來說即是斷路。主要是用於匯流排(bus)等。
- 史密特觸發型輸入（Schmitt Trigger）
  此類型邏輯閘具有所謂的遲滯電壓，不易因爲輸入在 0/1 交界電壓附近的小幅變化而產生輸出跳動，主要用途是抗雜訊、消除機械式接點的彈跳（暫態）現象，也可用來做 RC 振盪器等。

代表性 IC

- 反及閘（NAND）：7400、7410、7412、7420、7430
- 反或閘（NOR）：7402、7427
- 反閘（NOT）：7404、7414
- 及閘（AND）：7408、7411、7421
- 或閘（OR）：7432
- 互斥或閘（XOR）：7486
- 反互斥或閘（XNOR）：74266
- 緩衝器（Buffer）：7407、74244
- BCD(十進制)轉七段顯示解碼器：7447、7448
- 全加器（Full Adders）：7483、74283
- D 型栓鎖器（D-type Latches）：74373
- 異步計數器（Asynchronous Counter）：7490 （十進制，Decade）、7492（十六進制）

TTL 電壓準位

使用標準供電電壓 5V 的 TTL 電壓準位規範

- 輸入電壓準位
  - Hi 輸入電壓：2.0V 以上
  - Low 輸入電壓：0.8V 以下
- 輸出電壓準位
  - Hi 輸出電壓：2.4V 以上
  - Low 輸出電壓：0.4V 以下
- 由以上規範可以算出：前一級輸出至次一級輸入電壓準位間，可以容忍的雜訊邊際電壓是 0.4V。

使用注意事項

1. 避免在帶有靜電的情況下接觸 IC
2. TTL 的電源電壓要 5V，建議最低不低於 4.75V，最高不高於 5.25V
3. 若輸入端空接，邏輯閘會把輸入端視為 HI 的狀態
4. 注意第一隻腳的位置，以免錯接
5. 若某一邏輯閘的輸出要並接許多負載或是邏輯閘，最好先裝緩衝器或是提升電阻，以免發生負載效應

資料來源：

http://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9B%BB%E6%99%B6%E9%AB%94-%E9%9B%BB%E6%99%B6%E9%AB%94%E9%82%8F%E8%BC%AF%E9%9B%BB%E8%B7%AF