

# 1 電阻(resistor)值的判定

電阻的代表字母是 $R$ ，單位是 $\Omega(\text{ohm})$ ，數值較高者，常以 $\text{k}\Omega$ 或 $\text{M}\Omega$ 表示， $1\text{K}\Omega=10^3\Omega$ ， $1\text{M}\Omega=10^6\Omega$ ，在電阻上的標示方法有數值標示法與色碼標示法。

色碼的辨識：

顏色	黑	棕	紅	橙	黃	綠	藍	紫	灰	白	金	銀	無色
第一位數	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
第二位數	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
指數 $10^x$ 的 $x=$	0	1	2	3	4	5	6	7			-1	-2	
容許誤差											$\pm 5\%$	10%	20%

誤差 1% 以下電阻色碼：

顏色	黑	棕	紅	橙	黃	綠	藍	紫	灰	白	金	銀
第一位數	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
第二位數	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
第三位數	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
指數 $10^x$ 的 $x=$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	-1	-2
容許誤差( $\pm$ )	x	1%	2%	x	x	0.5%	0.25%	0.1%	0.05%	x	5%	10%

下圖是三種常見電阻，自左而又分別是碳素電阻，金屬氧化膜(Metal Oxide Film)電阻，與誤差 1% 精密金屬膜(Metal Film)電阻。



碳素電阻：第一位數黃代表 4，第二位數紫代表 7，倍數色碼黃色代表  $10^4$ ，誤差值色碼金色代表  $\pm 5\%$ ，所以電阻值是  $47 \times 10^4 \Omega (470\text{k}\Omega)$ ，而誤差為  $\pm 5\%$ 。

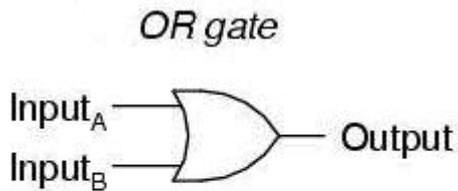
氧化金屬膜電阻：第一位數棕色代表 1，第二位數黑色代表 0，倍數色碼黑色代表  $10^0$  亦即 1，誤差色碼金色也是  $\pm 5\%$ ，所以電阻值是  $10 \times 10^0 \Omega (10\Omega)$ ，而誤差  $\pm 5\%$ 。

金屬膜電阻：第一位數棕色代表 1，第二位數黑色代表 0，第三位數黑色代表 0，倍數色碼橙色代表  $10^3$ ，誤差色碼棕色代表  $\pm 1\%$ ，所以電阻值是  $100 \times 10^3 \Omega (100\text{k}\Omega)$ ，誤差 1%。

## 2 基本邏輯閘(Logic Gates)與其應用

邏輯閘是數位電子電路的基本單元，將許多各式各樣的邏輯閘加以適當地排列組合，便可設計出電腦、電子鐘錶等數位系統，也可用在工業控制上。

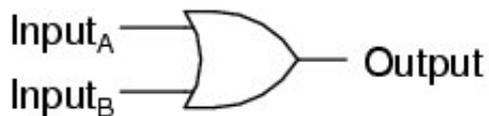
**OR Gate:** 電路符號與其真值表(Truth table)



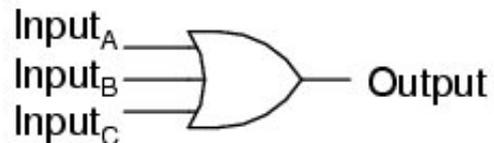
真值表

A	B	Output
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

*2-input OR gate*

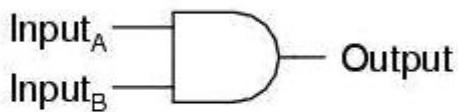


*3-input OR gate*



**AND Gate:** 電路符號與其真值表

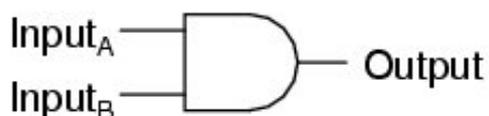
*AND gate*



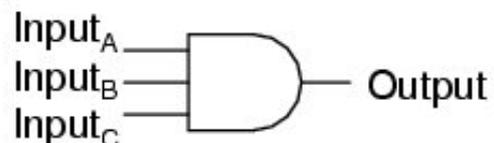
真值表

A	B	Output
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

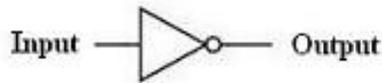
*2-input AND gate*



*3-input AND gate*



**NOT Gate:** 電路符號與其真值表

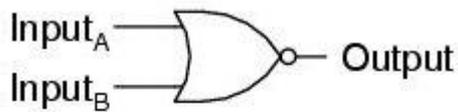


真值表

Input	Output
0	1
1	0

**NOR Gate:** 電路符號、真值表與其等效電路

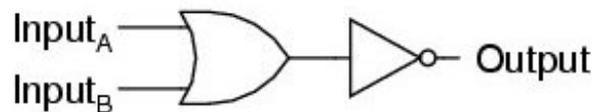
*2-input NOR gate*



真值表

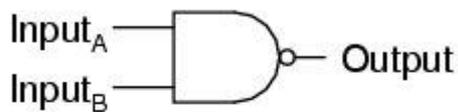
A	B	Output
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

*Equivalent gate circuit*



**NAND Gate:** 電路符號、真值表與其等效電路

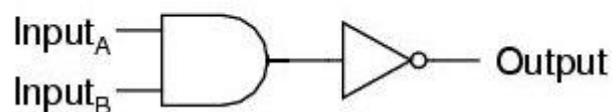
*NAND gate*



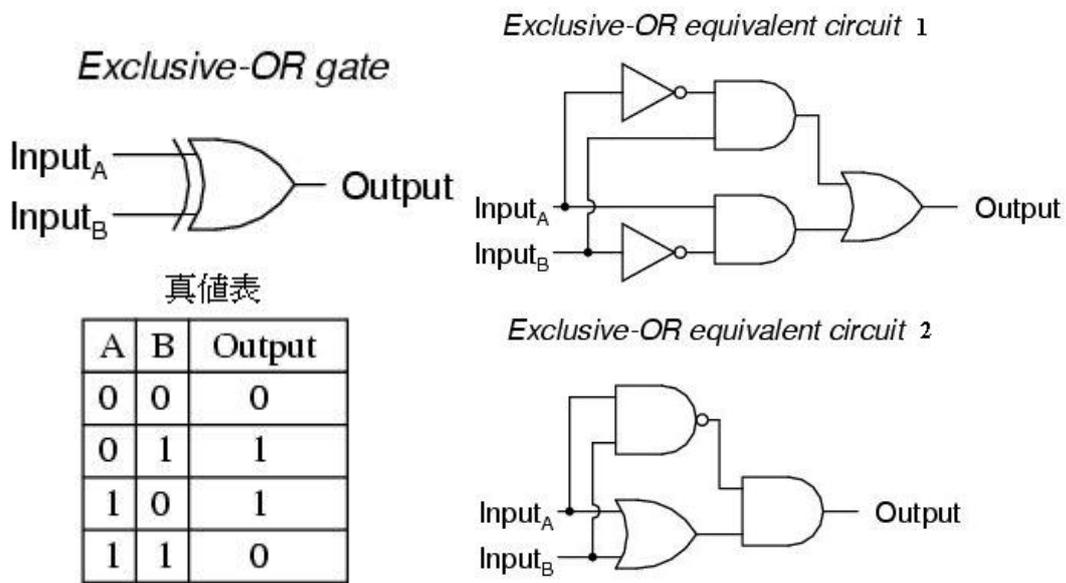
真值表

A	B	Output
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

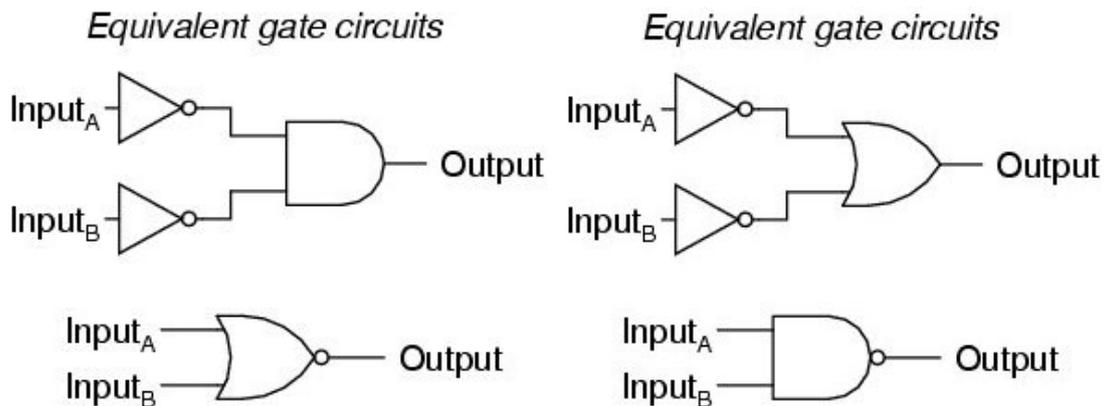
*Equivalent circuit*



**XOR (Exclusive-OR) Gate:** 電路符號、真值表與其等效電路

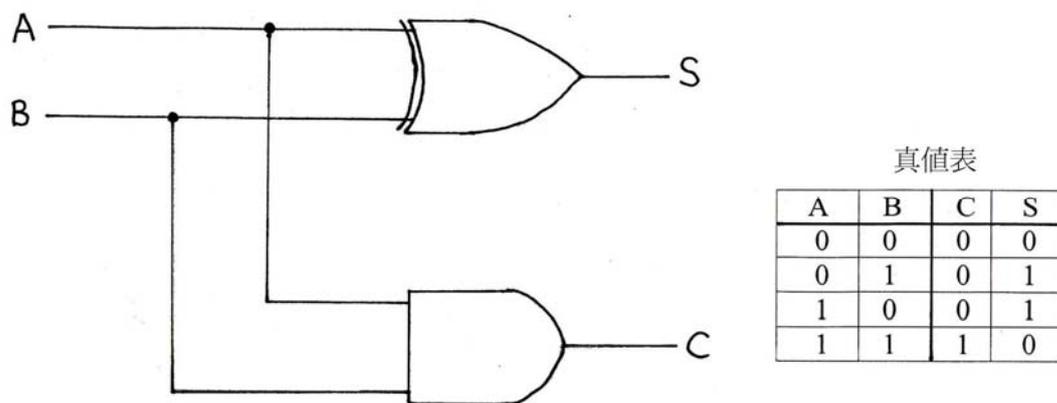


**De Morgan Theorems:**  $\overline{A+B} = \bar{A} \cdot \bar{B}$ ,  $\overline{\bar{A} \cdot \bar{B}} = A+B$

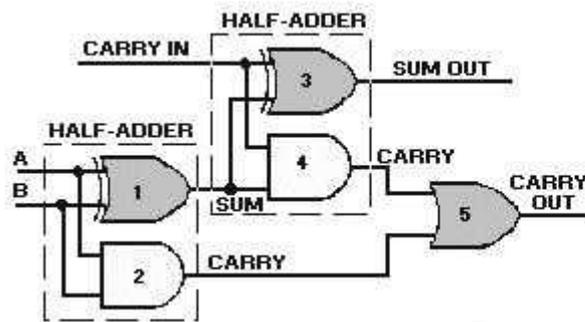


以下便是利用基本邏輯閘所設計出來的算術電路，全用於電腦的 CPU 之中。

**Half Adder (半加法器):** 內部電路設計與其真值表



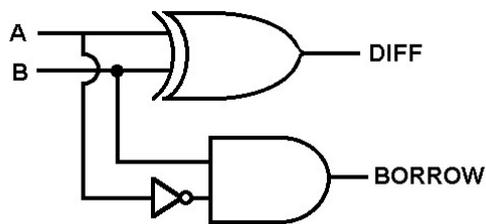
**Full Adder (全加法器)：** 內部電路設計與其真值表



真值表

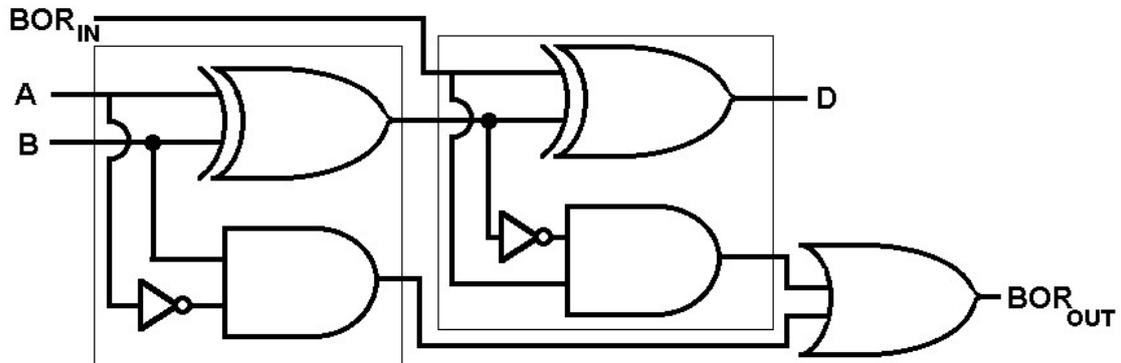
A	B	CARRY IN	SUM OUT	CARRY OUT
0	0	0	0	0
0	1	0	1	0
1	0	0	1	0
1	1	0	0	1
0	0	1	1	0
0	1	1	0	1
1	0	1	0	1
1	1	1	1	1

**Half Subtractor (半減法器)：** 內部電路設計與其真值表



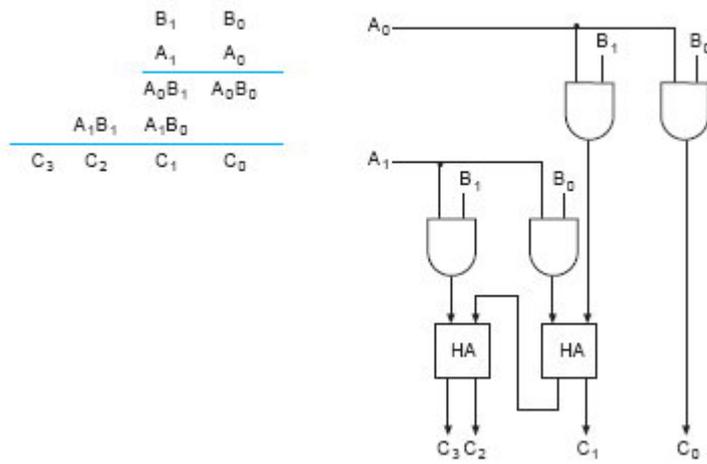
A	B	DIFF	BORROW
0	0	0	0
1	0	1	0
0	1	1	1
1	1	0	0

**Full Subtractor (全減法器)：** 內部電路設計與其真值表

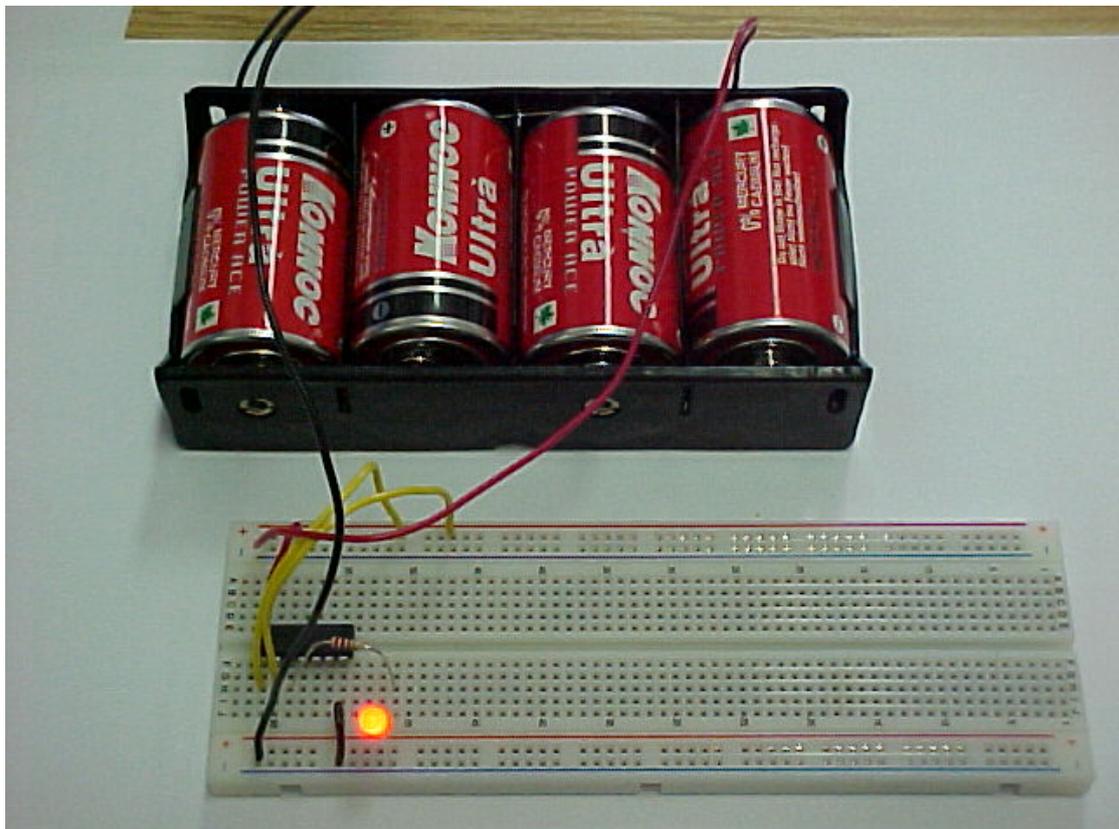


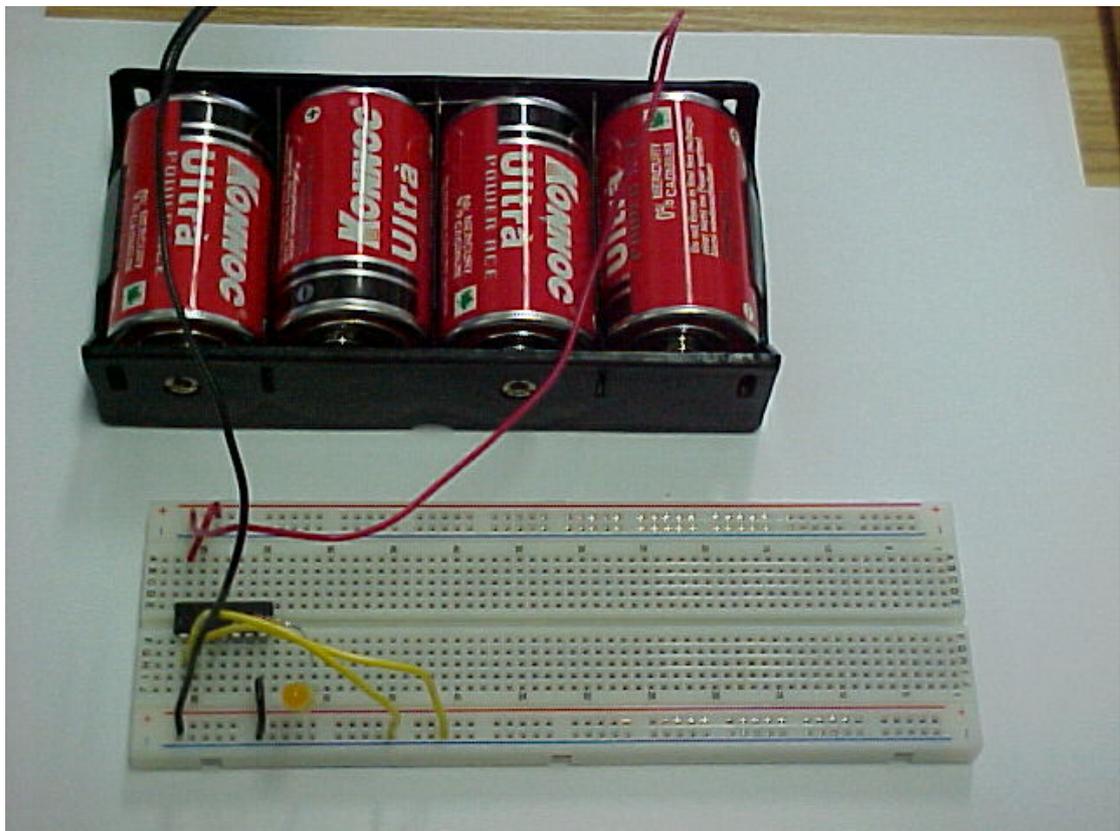
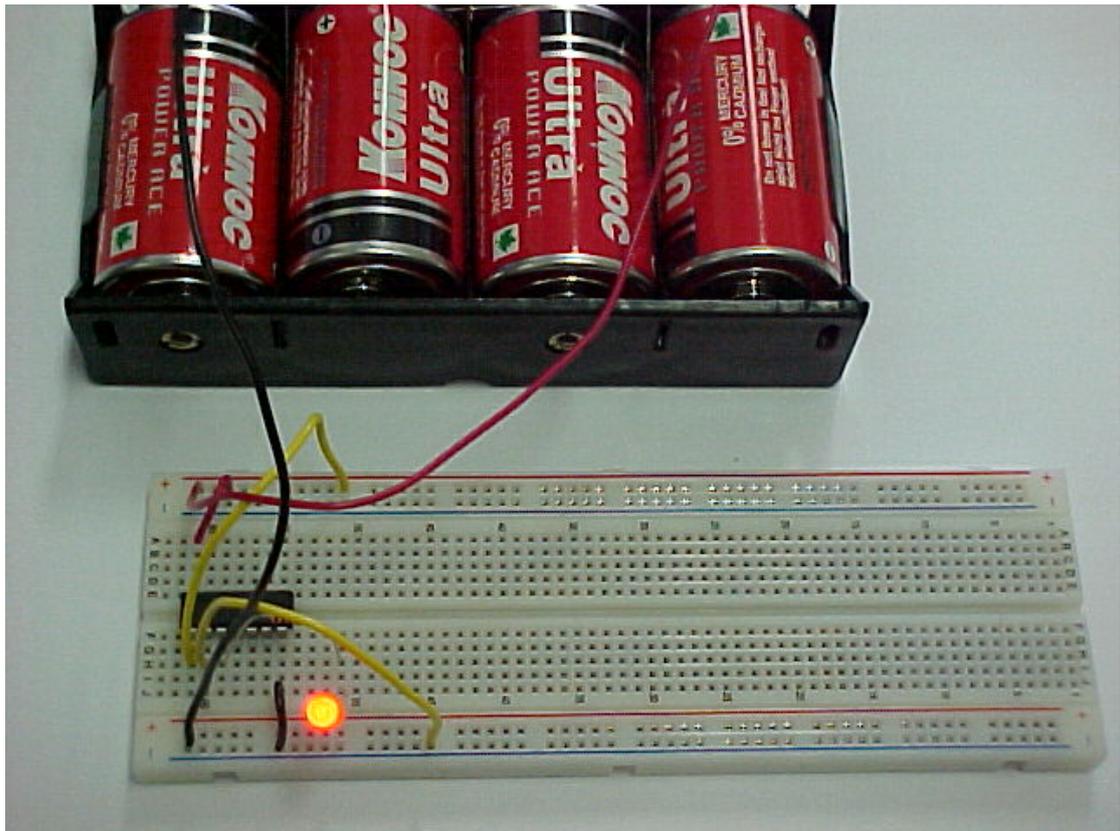
A	B	BOR <sub>IN</sub>	D	BOR <sub>OUT</sub>
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1

## 2×2 Multiplier (2×2 乘法器): 內部電路設計



## OR Gate 之實驗範例



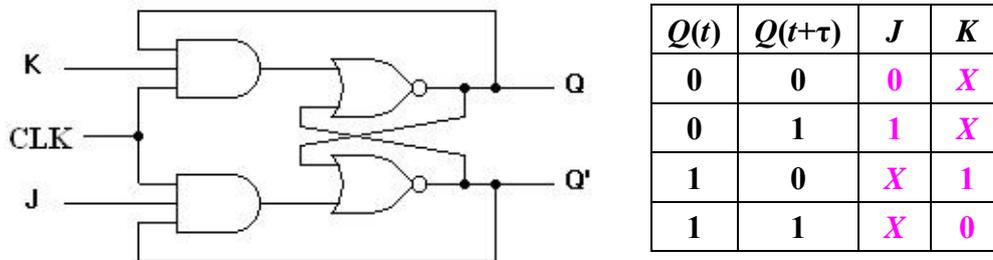
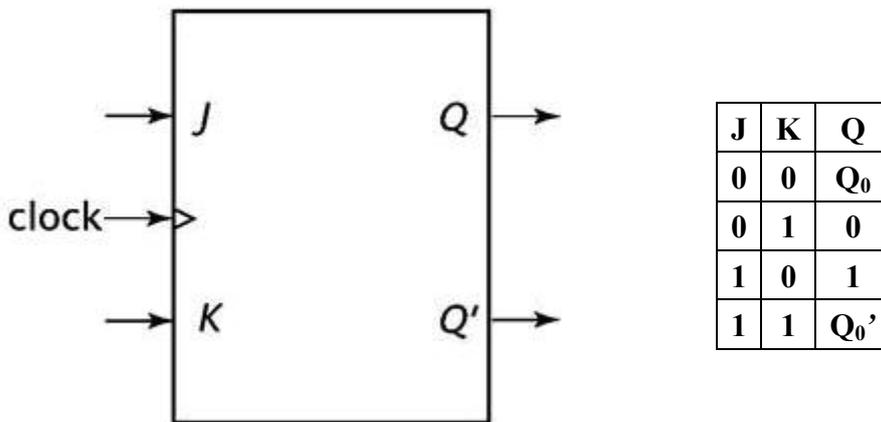


### 3 正反器(Flip-flops)

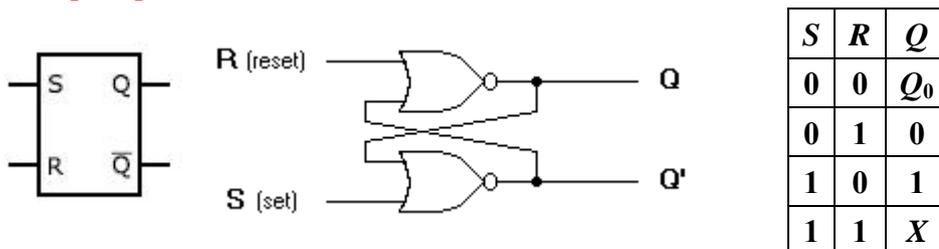
正反器是一種具有記憶特性的電路，它的輸出訊號除了與現在的輸入訊號有關以外，還與之前的輸出訊號有關。正反器可分為 flip-flop 與 latch：有 clock(CLK 或 CP)訊號輸入的正反器稱為 flip-flop，沒有 CLOCK 訊號輸入的正反器稱為 latch。而一般 clock 輸入訊號都是方波，其觸發方式可分為正源觸發(positively-edged triggered,  $\uparrow$ )、負源觸發(negatively-edged triggered,  $\downarrow$ )、半週期觸發等。

**J-K Flip-flop:** 電路符號、真值表、內部電路設計與其激發表(Excitation table)

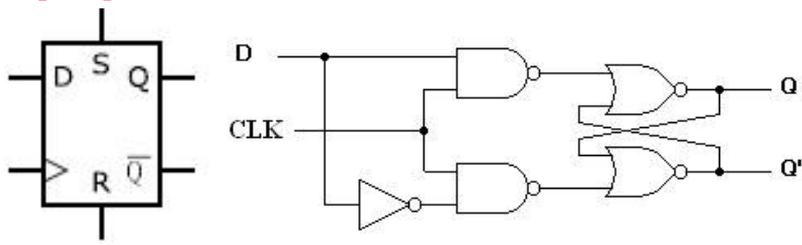
電路符號



**R-S Flip-flop:** 電路符號、電路設計與其真值表

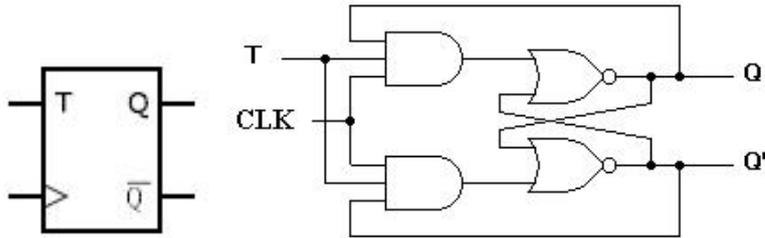


**D Flip-flop:** 電路符號、電路設計與其真值表



$D$	$Q$
0	0
1	1

**T Flip-flop:** 電路符號、電路設計與其真值表

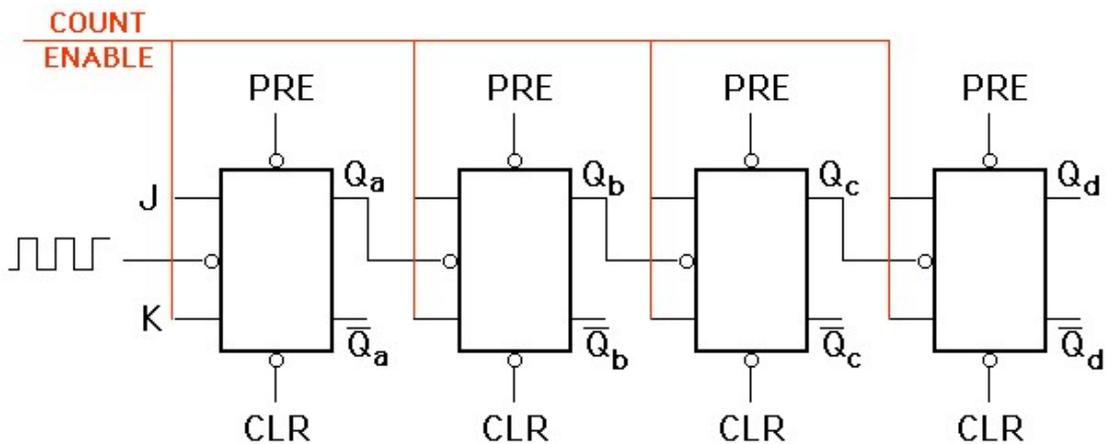


$T$	$Q(t)$	$Q(t + \tau)$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

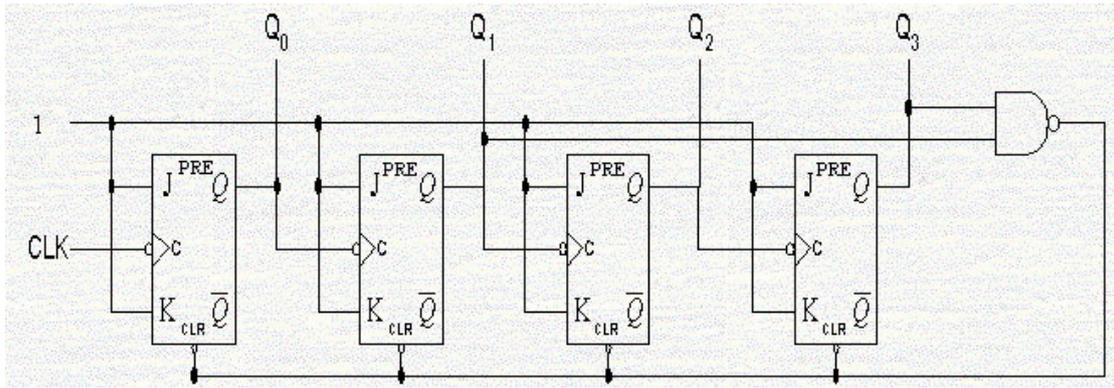
## 4 計數器(Counters)

計數器是數位系統中用來計數或計時的特殊電路，主要是用好幾個正反器與邏輯閘所組成。可分為同步(synchronous)計數器與非同步(asynchronous)計數器兩大類。其中，同步計數器是指所有的正反器都共用一個 clock 訊號來觸發，而非同步計數器則否。以下先介紹非同步計數器，然後再介紹同步計數器。

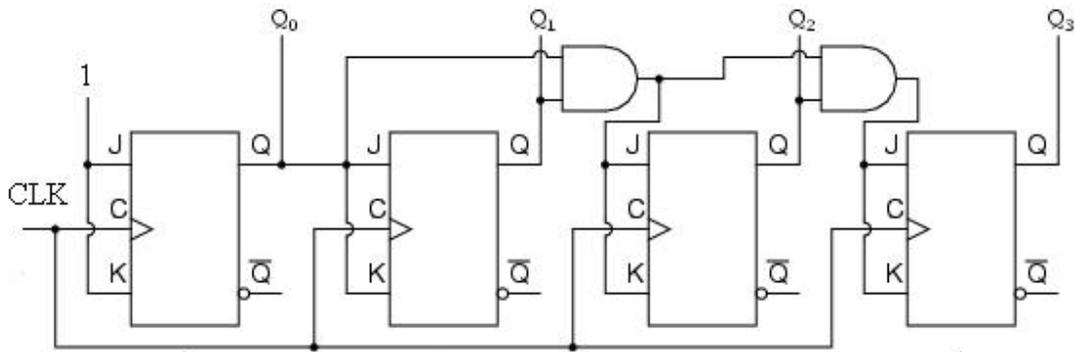
**4-bit Ripple Counter:** 是一種非同步計數器，它從二進位的 0000、0001、0010、0011、0100、0101、...、1111，再回到 0000(相當於從十進位的 0、1、2、3、4、5、...、15，再回到 0，共有  $2^4=16$  種狀態)，然後一直重複計數。



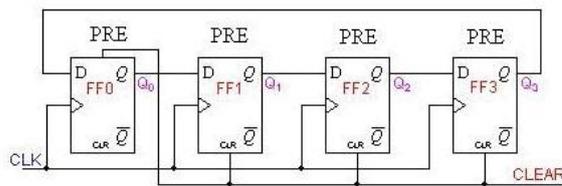
**4-bit Asynchronous BCD Counter:** 從二進位的 0000、0001、0010、0011、0100、0101、...、1001，再回到 0000(相當於從十進位的 0、1、2、3、4、5、...、9，再回到 0，共有 10 種狀態)，然後一直重複計數。



**4-bit Synchronous Counter:** 是一種同步計數器，它從 0000、0001、0010、0011、0100、0101、...、1111，再回到 0000，然後一直重複計數。



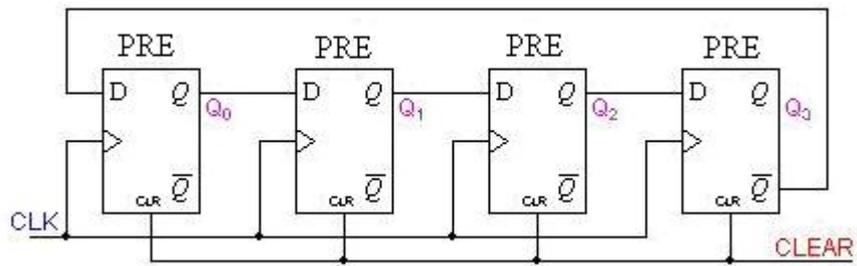
**4-bit Synchronous Ring Counter:** 從二進位的 0001、0010、0100、1000，再回到 0001，然後一直重複計數(共有 4 種狀態)。



Clock Pulse	Q3	Q2	Q1	Q0
0	0	0	0	1
1	0	0	1	0
2	0	1	0	0
3	1	0	0	0



**4-bit Synchronous Johnson Counter:** 從二進位的 0001、0011、0111、1111、1110、1100、1000，再回到 0001，然後一直重複計數(共有 7 種狀態)。



**555 Timer :**

