數位邏輯

索引

數位邏輯 1

1 前言 3

2 數位電路 4

3 最早的數位系統-電報機 7

4 數位的數字系統 8

5 二進位數字系統 10

6 邏輯運算 11

7 電子邏輯閘 14

1 前言

1.1 本書適用對象

針對從未接觸過數位邏輯的入門者，以 1 個小時學習時間為目標設計的教學課程。

本書以基本數位邏輯入門必須建立的基礎觀念為目標，了解數位系統的概念以及二進位數字系統，介紹基本邏輯運算，機械與電子邏輯閘的實現，希望使學員具備基本能力開始動手進行簡單的數位邏輯電路實驗。

1.2 本書特點

1.2.1 介紹數位系統。

1.2.2 介紹二進位數字系統。

1.2.3 介紹利用機械開關與邏輯閘的實現邏輯運算之方法。

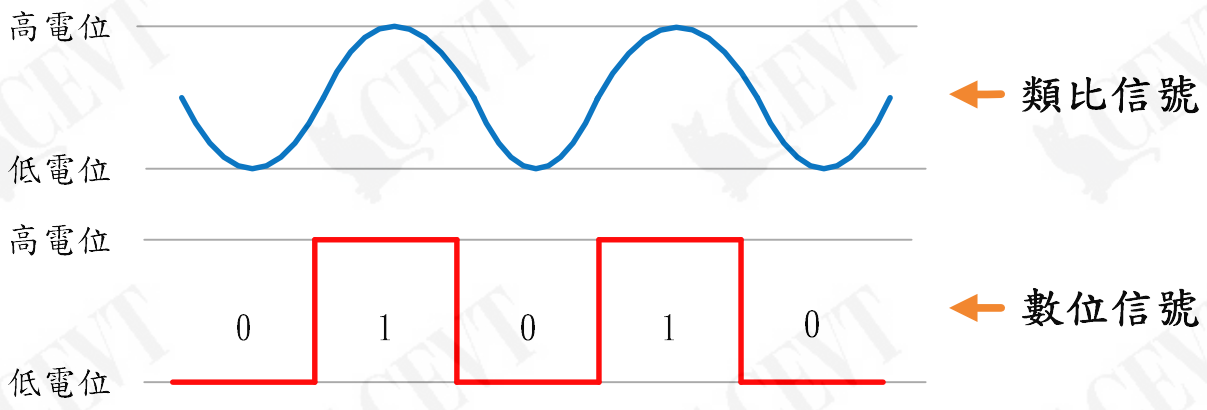
1.2.4 搭配實作，使入門者能夠快速進行電路實習。

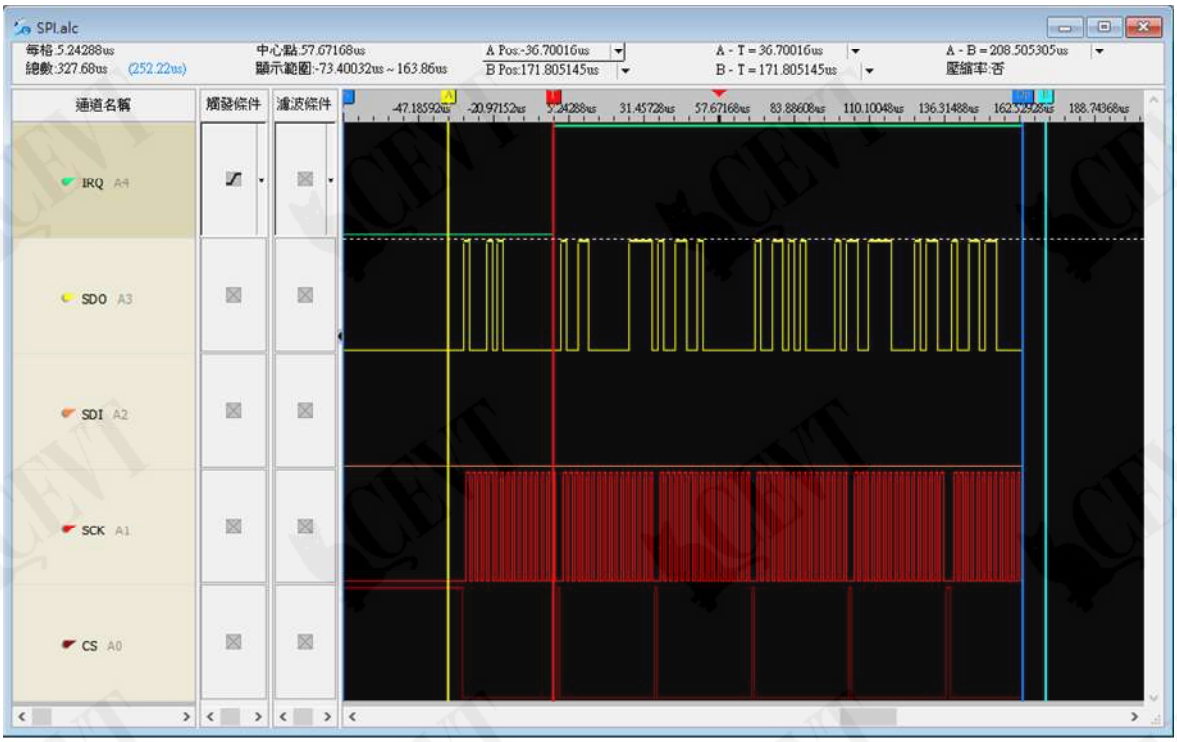
1.2.5 使用大量圖形解說，容易理解。

2 數位電路

2.1 高電位與低電位

在電子產品中，我們使用了很多電子元件來進行計算，輸入(按鍵)，控制(燈泡)，電子元件表示 0 與 1 的方式，是使用高電位(通電)及低電位(不通電)來表示。

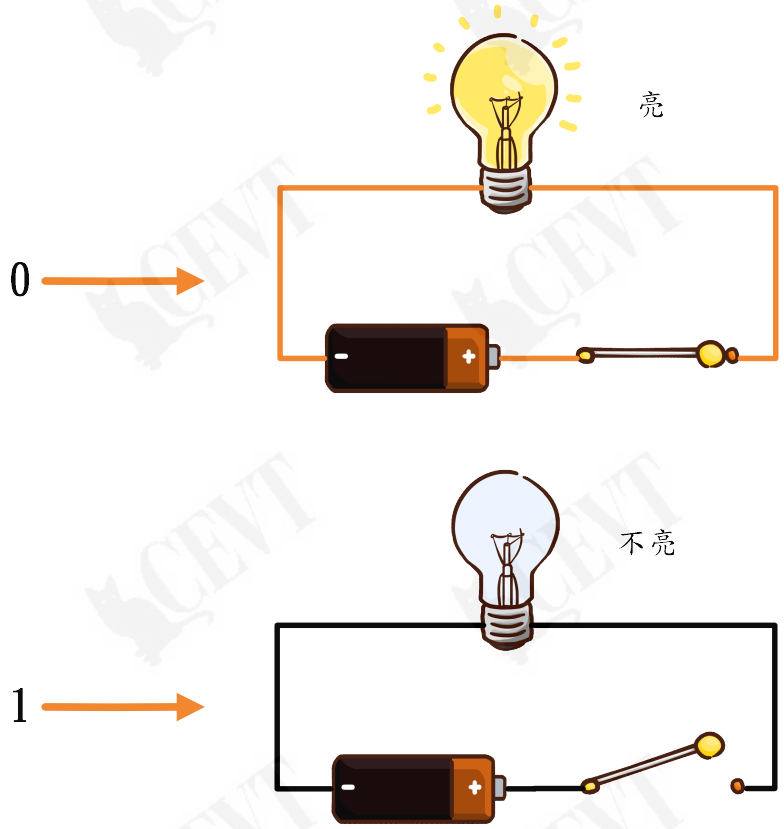


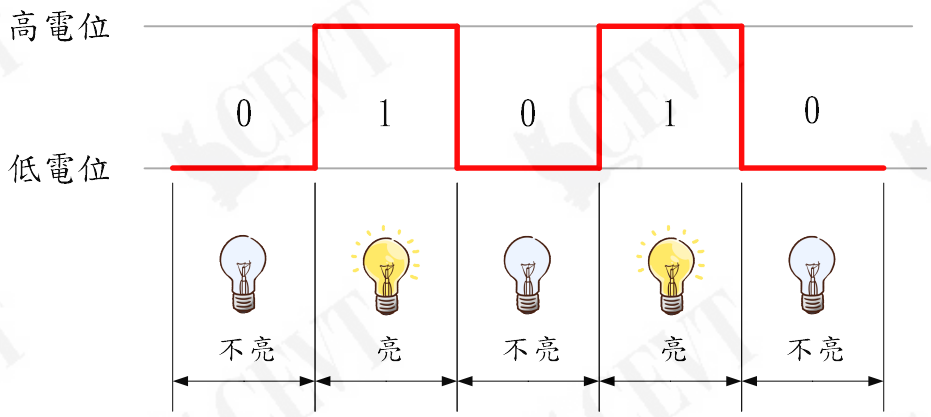


用儀器讀取的數位信號

2.2 基本的數位電路

我們可以用電子元件構成的電路來表示 0 與 1 的信號。

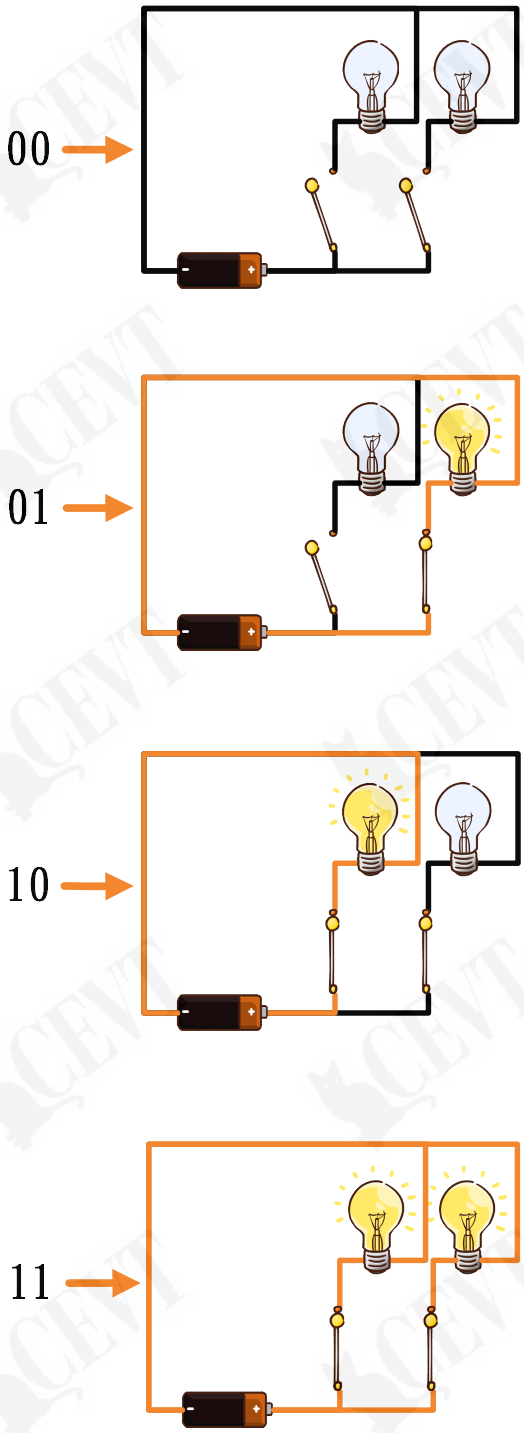




2.3 多個 0 與 1 的信號

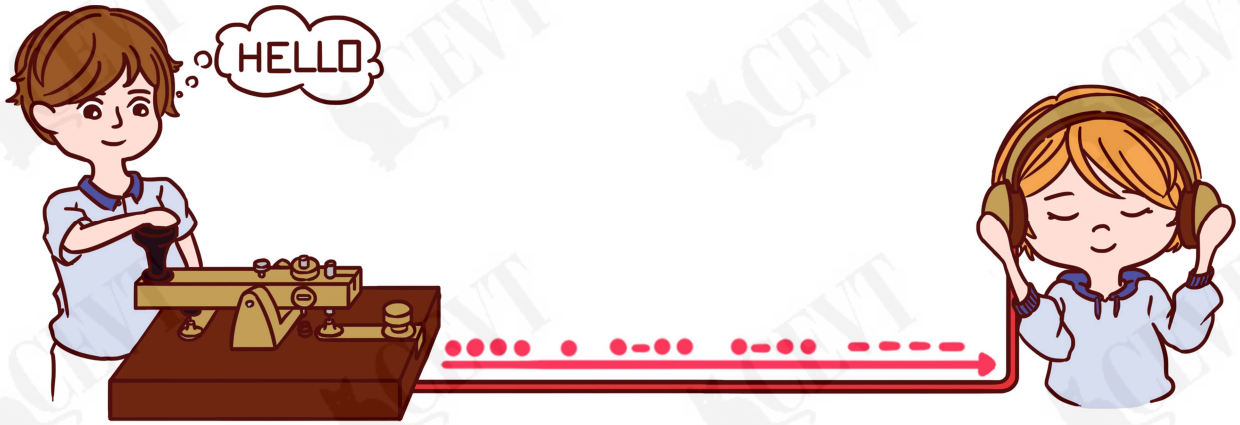
我們可以用多個電子元件來表示多個 0 與 1 的信號。

比方我們可以用兩個燈泡開關組來表示兩個 0 與 1 的信號，在開關都沒被按下時，兩顆燈泡都沒有亮，此時的狀態就是 00，而當右邊的開關按下時，右邊的燈泡就亮了，此時的狀態就是 01，依此類推。



3 最早的數位系統-電報機

最早利用數位的方式，是 1843 年美國人山繆摩斯發明的，它是在電話尚未被發明之前，用於長距離的電報電訊技術，傳遞訊息時，另一邊的人馬上就可以知道訊息的內容，快速方便的通訊很快地就取代了快馬傳信及飛鴿傳書。



3.1 摩斯密碼

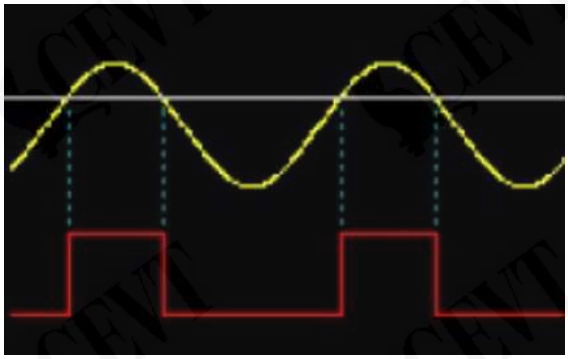
摩斯密碼是世界上最重要的密碼技術之一，山繆摩斯在發明電報機時，建立了這一套摩斯密碼的系統。摩斯密碼是由"."(短音)與"-"(長音)所組成 的，因為摩斯密碼的簡易使用，人們在戰爭時期或是突發狀況中會使用到它，而摩斯密碼的傳訊可以有許 多的變化，它可以利用聲音或是閃光燈的長短來分別表示"."與"-"。摩斯密碼表如下圖所示。

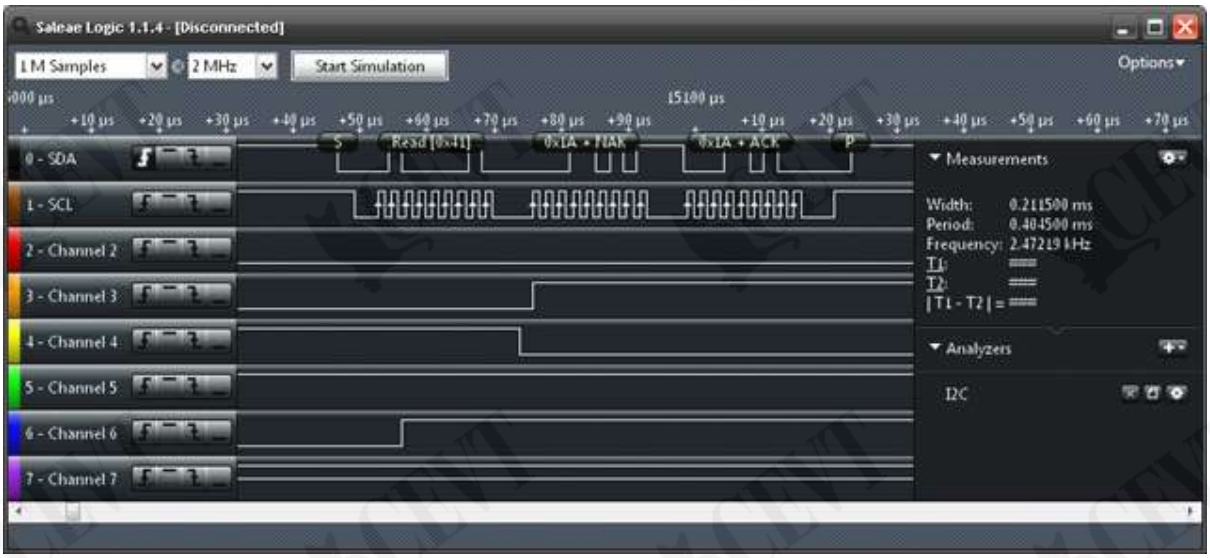
A ●–	J ●–––	S ●●●
B –●●●	K –●–	T –
C –●–●	L ●–●●	U ●●–
D –●●	M ––	V ●●●–
E ●	N –●	W ●––
F ●●–●	O –––	X –●●–
G ––●	P ●––●	Y –●––
H ●●●●	Q ––●–	Z ––●●
I ●●	R ●–●	

4 數位的數字系統

4.1 基本邏輯構成的要素-位元(Bit)

數位信號是由 0(高電位)與 1(高電位)表式的信號方式，基本單位為位元。每個位元表示一個 0 或 1 的信號。

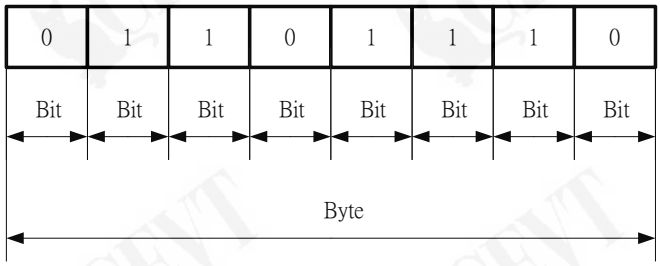




示波器顯示的數位信號

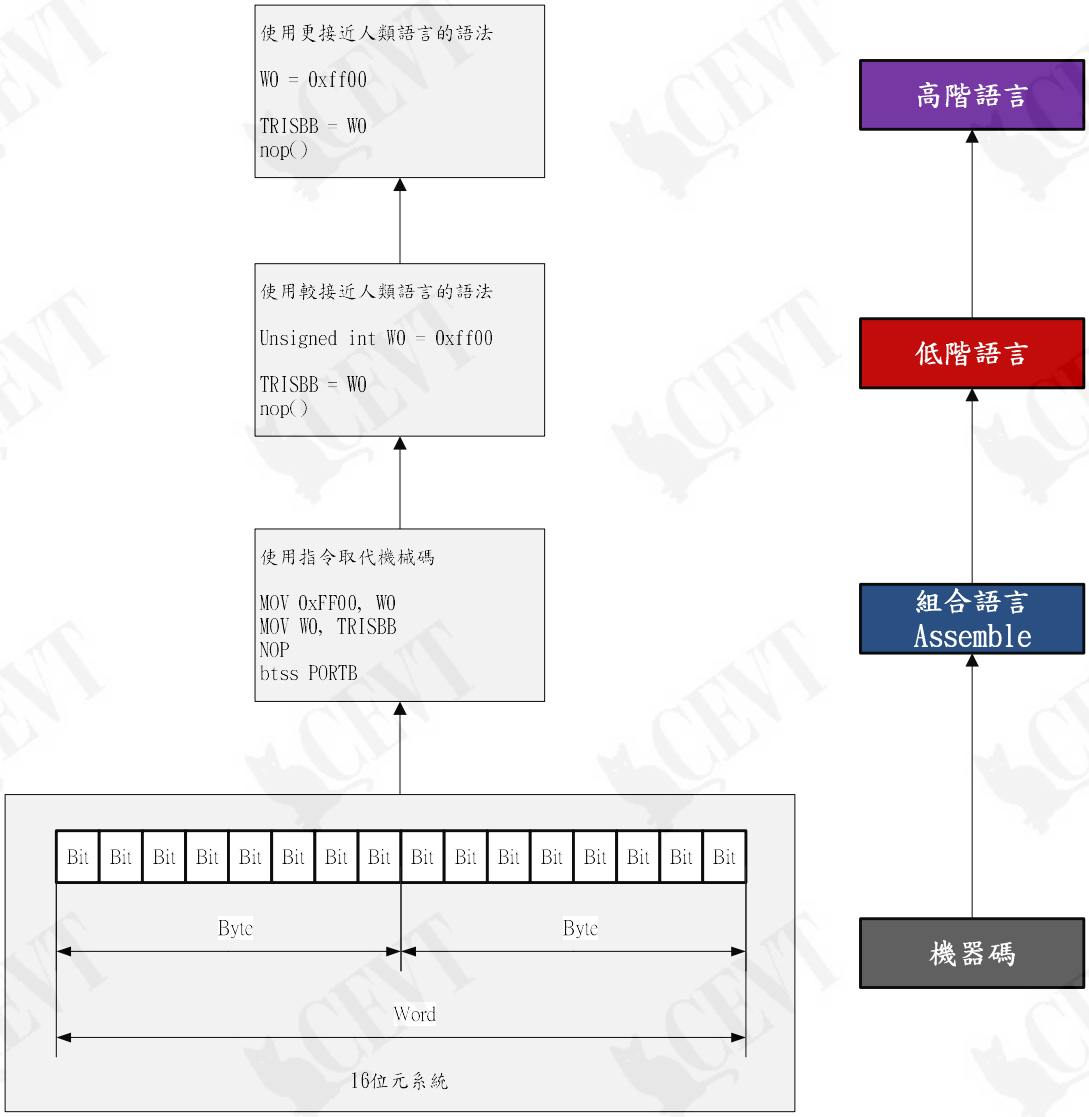
4.2 由 8 個位元組成二進位數位資料-Byte

由 8Bit 組合為 1 個 Byte，Byte 是現在所有數位系統通用的基本單位。



4.3 數位系統

為了方便撰寫及維護程式碼，因此數位系統以接近人類語言的形式製作程式碼，以取代直接編寫難以理解及整理的數位碼。

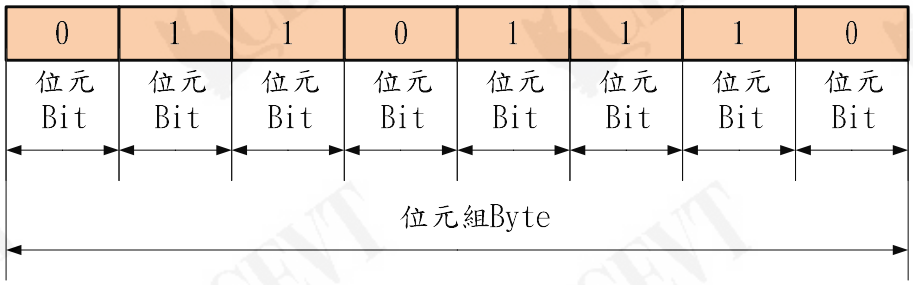


5 二進位數字系統

5.1 甚麼是二進位系統

為了方便數位系統的計算，發展出了二進位的數字系統，讓電子裝置能夠進行各項複雜的計算。

二進位數字系統的基本單位為位元(Bit)。每個位元表示一個 0 或 1 的信號。8 個位元組合成一個位元組(Byte)。



5.2 二進位系統的計算

只使用 0 和 1 來編號，能夠代表更多數字的方式，我們稱為二進位數字系統。我們一般熟習及使用的是十進位數字系統，是以 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 來表示，我們可以用二進位數字系統來表示十進位數字系統。

另外，為了方便閱讀，我們也發展出了十六進位數字系統，用來簡化表示二進為數字系統。

下表是二進位、十進位與十六進位數字系統之間的對照：

十進位	二進位	十六進位
00	00000000	00
01	00000001	01
02	00000010	02
03	00000011	03
04	00000100	04
05	00000101	05
06	00000110	06
07	00000111	07

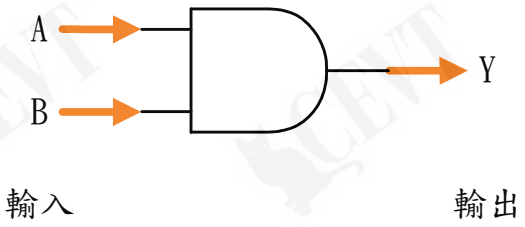
十進位	二進位	十六進位
08	00001000	08
09	00001001	09
10	00001010	0A
11	00001011	0B
12	00001100	0C
13	00001101	0D
14	00001110	0E
15	00001111	0F

6 邏輯運算

6.1 邏輯閘

在一個數位的系統中，我們知道了如何利用 0 和 1 來表示資訊之後，我們還必須知道要怎麼對 0 和 1 來計算，這樣才能夠利用這些數字之間的交互作用來實現進一步的判斷及運算問題。最基本的邏輯運算模式有三種，分別是 AND、OR 與 NOT，我們稱之為邏輯閘，在所有的數位系統如電腦中的所有運算都是由這三種基本的邏輯運算所組成的

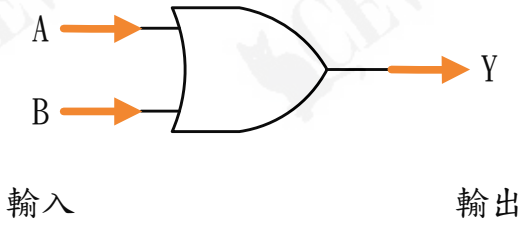
每一種邏輯閘都有各自的電路圖符號與真值表，所謂的真值表就是將邏輯運算的所有輸入與輸出狀況列成一張表，以清楚的標明在所有可能的輸入狀態下，該邏輯閘的對應的輸出為何。



AND電路符號

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

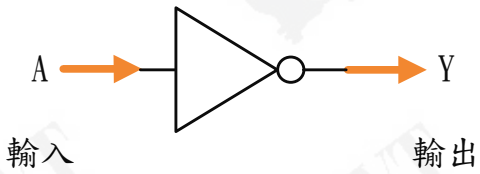
AND真值表



OR電路符號

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

OR真值表



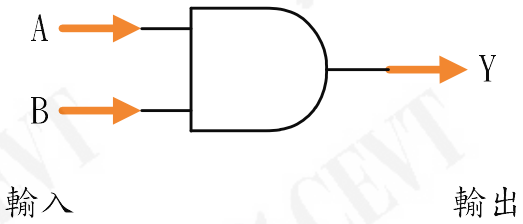
NOT電路符號

A	Y
0	1
1	0

NOT真值表

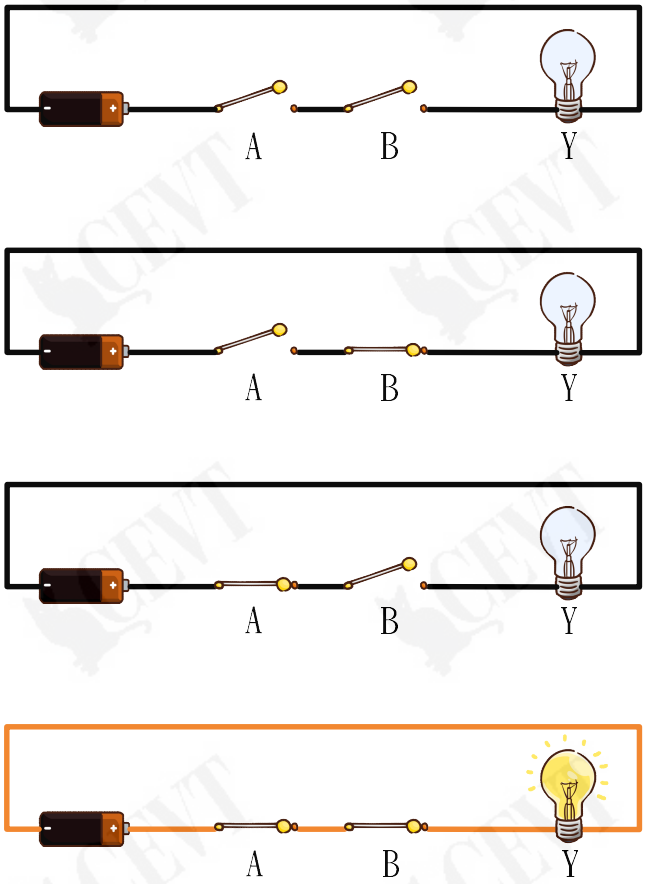
6.1.1 AND

AND 運算又稱為乘法運算，只要輸入有一個為 0，那麼輸出就一定會是 0，這樣的特性常用來當作電子式的信號開關。



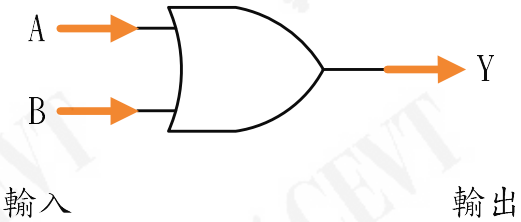
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

與前述的 AND 運算一樣，在這個例子中，我們的輸入為 A 與 B 兩個開關的狀態，而燈泡的亮(1)與暗(0)則為輸出 Y 的狀態，只有當 A 和 B 都是通路時，燈泡 Y 才會是亮的狀態，否則燈泡都會是暗的。



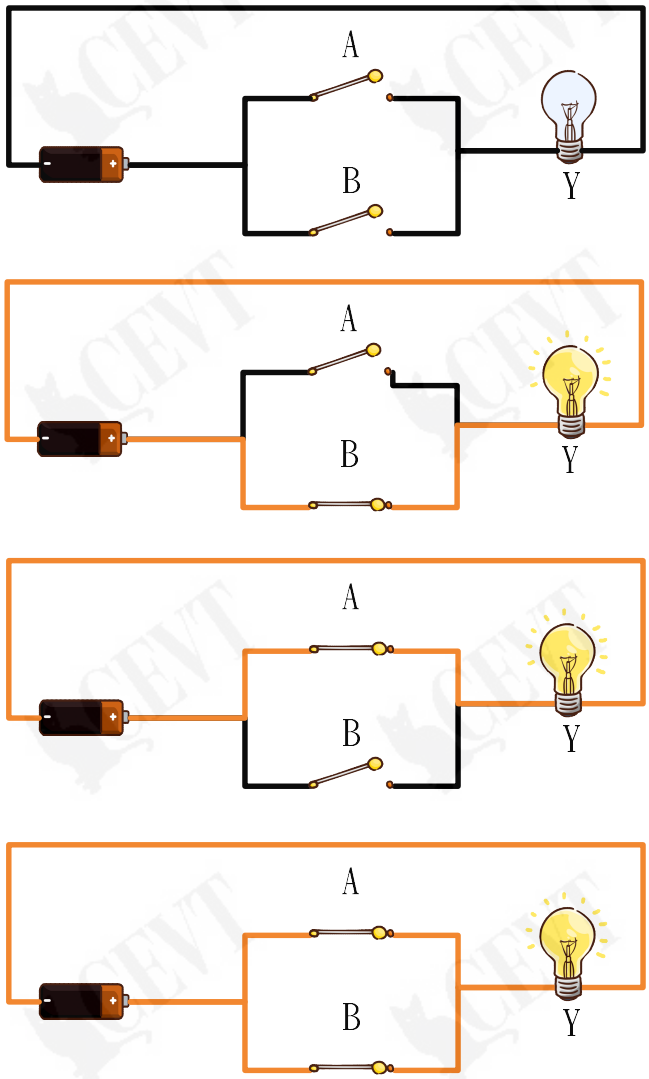
6.1.2 OR

OR 運算又稱為加法運算，只要輸入有一個為 1，那麼輸出就一定會是 1，可匯集不同信號源來控制同一個裝置。



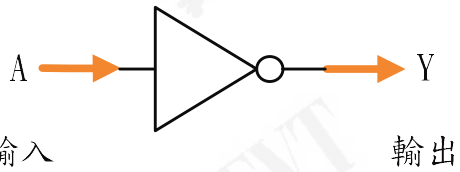
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

在 OR 的運算下，只要 A 或 A 其中一個開關為通路時，燈泡 Y 就會亮，只有兩個開關都是斷路時，燈泡才會暗。



6.1.3 NOT

NOT 運算為一個反向運算，又稱反向器，在電路圖上可以省去三角形、單純由一個圈圈表示，常與 AND 及 OR 運算混合使用。



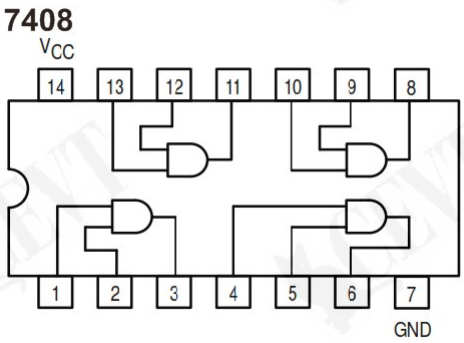
A	Y
0	1
1	0

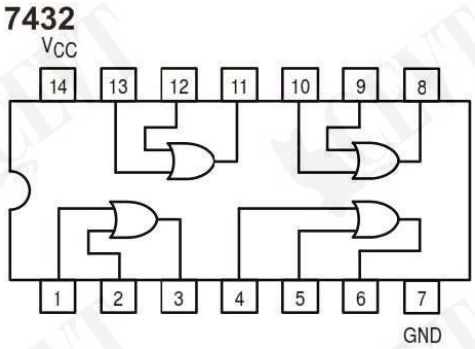
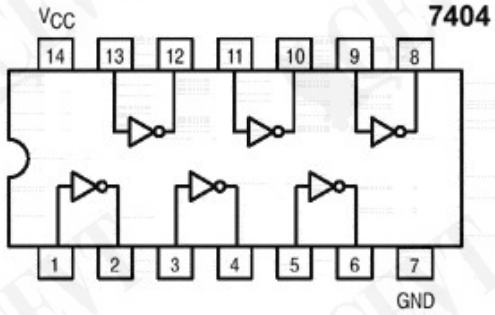
7 電子邏輯閘

用機械開關所構成的邏輯閘反應都很慢，而且體積很大，因此在電路上要做邏輯運算的話，一般都是使用電子式的邏輯閘，電子式的邏輯閘可以比沙粒還要小，而反應速度是機械式開關數十萬倍以上。

7.1 基本邏輯閘 IC

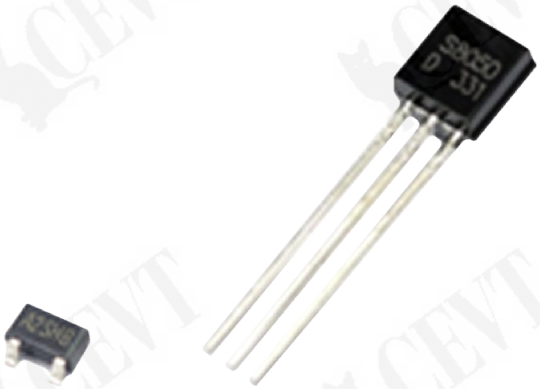
邏輯閘電路都有基本的 IC (Integrated Circuit)可以使用，我們可以省去製作這些基本電路的時間，直接利用這些邏輯閘組合出我們想要的功能。在腳位說明圖中，除了邏輯閘的輸入與輸出的腳位外還會有電源供應的腳位，如 VCC(接正電)與 GND(接地)。

邏輯	編號	實體	腳位說明圖
AND	7408		

OR	7432		
NOT	7404		

7.2 電晶體式電子開關與邏輯閘電路

電晶體的用途非常廣泛，可以做成電壓與電流放大器、電子開關等的主要元件。電晶體是可以比一粒沙還來的小的。



電晶體主要有兩種，一種是 BJT(Bipolar Junction Transistor)，BJT 常用來做放大器。

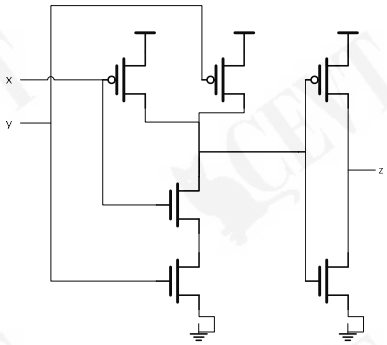
另一種是 MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor)。MOSFET 則常用來做電子開關(在本節中只介紹電子開關的用途)，分別有 NMOS 和 PMOS，電路圖符號如下圖所示：

NMOS

PMOS

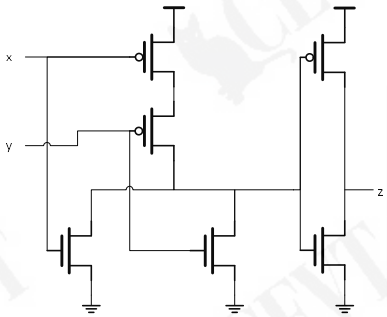
一顆電晶體分別有 G、D、S 三支腳位，與繼電器的功能基本上相同(原理不同)，以 NMOS 為例，當對 G 供電時，D 和 S 就會形成通路，反之則為斷路，而 PMOS 的操作就是相反。在電路板上，我們希望藉由電位的高低(有電或沒有電)來表示 0 和 1，因此電子邏輯閘與機械開關的邏輯閘在設計有很大的區別，以下分別就是以 NMOS 和 PMOS 來實現三種基本邏輯運算的電路：

7.2.1 AND



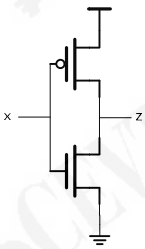
x	y	z
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

7.2.2 OR



x	y	z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

7.2.3 NOT



x	z
0	1
1	0