

十

# 設計與應用科技 (中四至中六)

## 學習資源

電子

選修單元

4

集成電路、  
微控制器及界面技術

模擬及數碼電子

電子信號、裝置及電路

電子於現代社會的演進

# 設計與應用科技 (中四至中六)

選修單元：四

電子

[ 學習資源 ]

支援設計與應用科技(中四至中六)課程  
資源系列

**香港特別行政區政府**  
**教育局課程發展處科技教育組**

香港九龍塘沙福道19號西座 W101室

2010 年重印兼訂正

**項目顧問**

趙炳權博士 香港專業教育學院（沙田分校）電子及資訊工程系系主任

**作者**

趙日明先生 香港專業教育學院（沙田分校）電子及資訊工程系講師

容偉信先生 香港專業教育學院（沙田分校）電子及資訊工程系講師

**項目統籌**

李日全先生 職業訓練局高峰進修學院高級訓練顧問

曾兆華先生 職業訓練局高峰進修學院訓練顧問

**英-中翻譯**

職業訓練局高峰進修學院

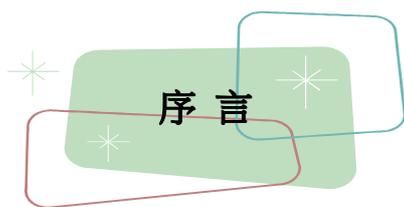
本學習資源版權，除在鳴謝頁所列舉的圖片外，全屬於香港特別行政區政府教育局擁有

© 版權所有 2009

除在鳴謝頁所列舉的圖片外，學校可自行複製本學習資源作非牟利教育用途。

任何情況下使用本學習資源，需作出鳴謝，教育局保留本學習資源版權。

未經香港特別行政區政府教育局事先允許，不得複製全部或部分、貯存、另存任何格式或形式。

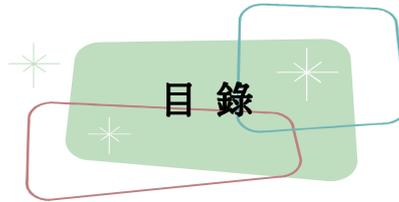


為支援「設計與應用科技」(中四至中六)的推行，教育局課程發展處科技教育組製作了一套學與教資源。

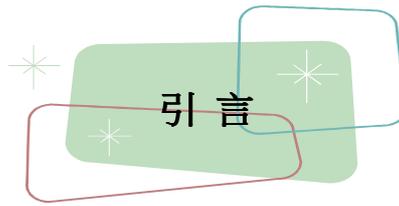
本學與教資源的製作目的，是提供有關「設計與應用科技」(中四至中六)必修及選修部分所需的知識，以支援課程的學與教。一套八本的學與教學習資源包括教師手冊及學生學習資源部分，涵蓋「設計與應用科技」(中四至中六)的每一學習範疇及單元。

如對本學與教資源有任何意見及建議，請致函：

香港九龍塘沙福道19號西座 W101室  
教育局課程發展處科技教育組  
總課程發展主任(科技教育)



引言	
第一章 – 電子信號，裝置及電路	1
1.1 電子零件及電路	2
1.2 歐姆定律及其應用	11
1.3 數碼及模擬信號	22
1.4 邏輯電路	24
第二章 – 模擬及數碼電子	34
2.1 系統電子學	35
2.2 運算放大器	37
2.3 鎖定電路	43
2.4 記憶體及計數器	45
第三章 – 集成電路，微控制器與界面技術	51
3.1 集成電路的種類	52
3.2 可編程系統	61
3.3 微控制器的基本原理	67
第四章 – 電子學於現代社會的演進	83
4.1 電子產品微型化	84
4.2 會聚科技的影響	88
4.3 新興科技的影響	92
<hr/>	
主題為本學習課業	94
● 實驗一：發光二極管信號燈	94
● 實驗二：光敏電阻器應用	99
● 設計習作：開放日電子遊戲比賽	104
● 個案研究：智能卡	107
評估作業	109
● 測驗一：電子信號，裝置及電路	109
● 測驗二：模擬及數碼電子	112
● 測驗三：集成電路，微控制器與界面技術	115
● 測驗四：電子學於現代社會的演進	121
有用網址	123
參考書籍	124
辭彙表	125
鳴謝	128



本單元的目的是讓學生能夠探索電子電路的設計，主要集中於電子控制和電子產品，透過本資源材料使學生能探索：

- (a) 使用某些科技的原因，以及它們的運作
- (b) 科技發展的原則
- (c) 系統零件以及它們的實際運作
- (d) 科技進程和進程的所產生的影響

綜合理論和實踐是本單元學習和教學策略的關鍵，學生應探索理論和實踐一體化，以及細查科技對社會和環境的影響，因此，資源材料中還包括以下的學習活動：

- 設計作業
- 個案研究
- 勘探活動例如實驗，「停一停 想一想」

學生應把這個單元的認識與本科的其他選修單元連繫起來，以更廣闊的觀點發展解決設計和科技問題的能力。

## 第一章 — 電子信號，裝置及電路

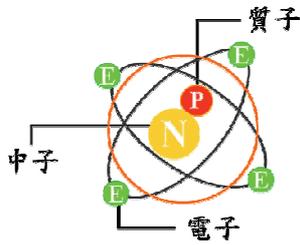
本章主題包括：

- 1.1 電子元件與電路
- 1.2 歐姆定律與應用
- 1.3 數碼與模擬信號
- 1.4 邏輯電路

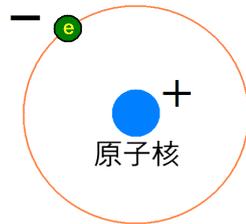
這些主題的學習材料和活動能助你：

- 講述電流、電阻值、電位差及變換器的定義
- 說明常用電子零件的功能
- 以歐姆定律計算串聯及並聯電路中，流過電阻器的電流及跨於各電阻器的電壓
- 計算電子系統中的功率消耗（功率 = 電壓 x 電流）
- 解釋交流與直流電流信號的分別
- 解釋分壓器如何運作
- 解釋數碼和模擬信號的分別
- 理解真值表及布爾表達式的用途
- 分析邏輯電路設計問題，並選用合適的邏輯門以解決問題
- 說明晶體管作為驅動器及開關制的用途

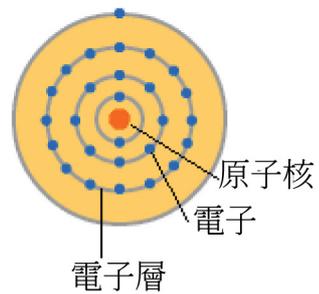
## 1.1 電子零件與電路



要理解電壓和電流的基本概念，便需要對原子和它的結構有一定程度的認識。最簡單的原子就是氫原子，它由兩個粒子 --- 質子和電子組成的。



氫原子



銅原子

銅是電子行業最常用的導電金屬，它有 29 粒電子在四個電子層上圍繞著原子核運行，在**原子**中，**電子**是一個負電荷的粒子。在導電材料裡，電子可從一粒原子跳到另一粒原子，電子跳躍只有在不平衡的狀況下才會發生，而在導體中，某一端的電子會比另一端的多。

當有動力推動時，就會有**電荷**的流動，這就是電流，而這動力就稱為**電壓**，電壓的高低促使電荷流動。例如，水壓的差別會令水經管道流動。

**電流的定義，就是「空穴」(正電荷)的流動或電子(負電荷)的流動。**

### 1.1.1 電子零件

#### 電阻器



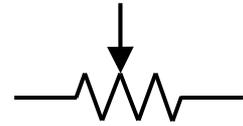
**電阻器**是一種雙端電器或電子零件，它能在接線柱之間產生電壓降，抗拒電流通過。



### 電位器



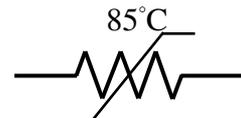
**電位器**是一個可變電阻器，它可以用作分壓器。最常見的用途就是用作聲頻控制裝置。



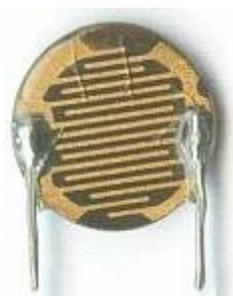
### 熱敏電阻器



**熱敏電阻器**是一種測量溫度變化的電阻器，依靠溫度的變化而改變電阻值。最常見的用途是作為中央處理器(CPU)的溫度監測系統。



### 光敏電阻器



隨著光的強度增加，**光敏電阻器**的電阻值就會減少。最常用於自動開/關路燈。



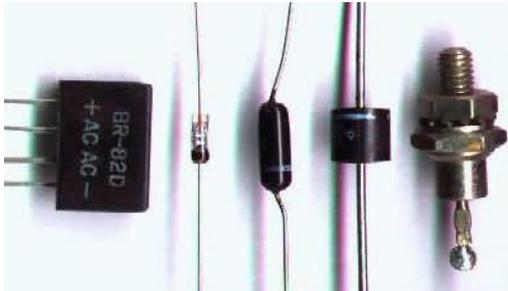
### 電容器



**電容器**可以儲存兩塊間隔緊密的金屬板之間的能量，當電流施加於電容器時，電荷便會建立在每一塊板之上。



## 二極管



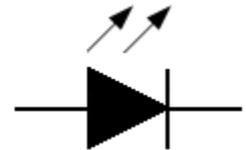
**二極管**限制電流流動的方向，允許單一方向的流動，阻擋相反方向的流動。



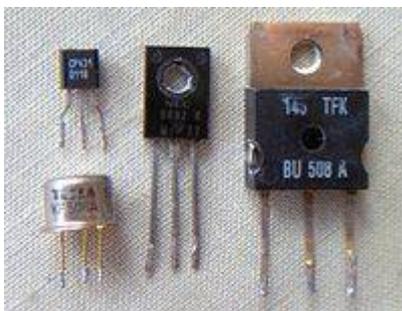
## 發光二極管 (LED)



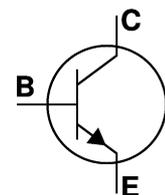
當正向電流通過**發光二極管**時，它便會發亮。它同時也是一種二極管。



## 晶體管



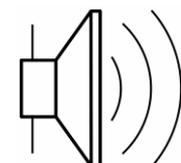
**晶體管**是半導體器件，通常被用作放大器或電動開關。



## 揚聲器



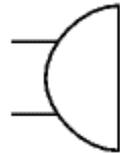
**揚聲器**是一種電--聲換能器，它能把電子信號轉換成聲音，並且讓人能在一定的距離內聽到這些聲音。



### 蜂鳴器



一般來說，**蜂鳴器**就像一個揚聲器，它以電聲信號來發聲。唯一不同的是，以壓電 (pizeo-electric) 製造的蜂鳴器，是由電壓驅動的，而揚聲器是由線圈造成的電流驅動的裝置。



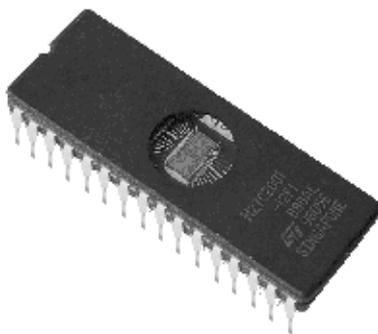
### 麥克風



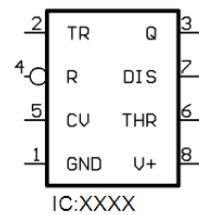
**麥克風**是一種聲波對電能的換能器，它把聲音轉換成電子信號。麥克風有許多應用，如電話和卡拉 OK



### 集成電路



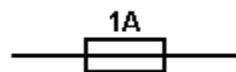
**集成電路**是一種微型的電子電路，它在半導體材料中薄薄的基質的表面中製造而成。



### 保險絲



**保險絲**用於電力系統，以防止過量電流通過。



### 開關



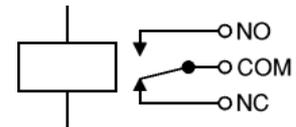
**開關**是一個開關裝置，當它閉合時，電流才能通過。如用於電燈的開關。



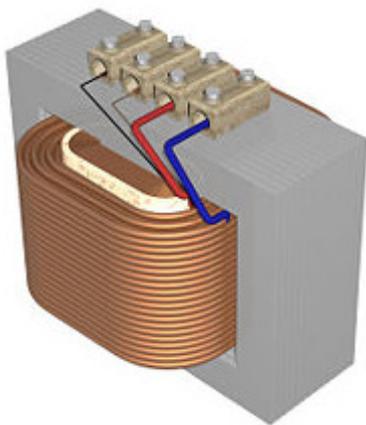
### 繼電器



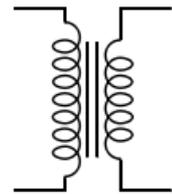
**繼電器**是一個電動操作開關。例如，把一個 12 伏的電池電路連接到線圈，便可以控制一個 220 伏交流電源電路。它一般作隔離之用。



### 變壓器



**變壓器**只允許交流電壓升壓或降壓，它由兩個繞組及變壓器鐵心組成，在一般情況下，初級繞組指的是輸入的一方，次級繞組則指輸出的一方。



「NDS - Lite」是現今有名的手提遊戲機。移去外殼後，你會發現這種電子裝置是由多種類型的零件組成，包括電子零件、彩色液晶體顯示和揚聲器等等，如下圖：



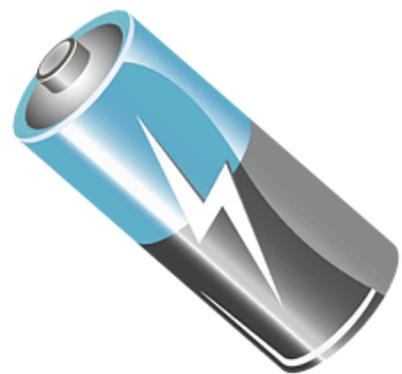
### 停 一 停 想 一 想

1. 為什麼我們對「NDS - Lite」感興趣？
2. 「NDS - Lite」裡有多少種電子零件？
3. 什麼是輸入控制？「NDS - Lite」有多少類輸入元素？
4. 「NDS - Lite」遊戲控制臺的輸出是什麼？

#### 1.1.2 電壓

什麼是電壓？任何電路也必須有至少一個電壓源。事實上，電壓正確的名稱為「電勢差」，它是電力裡的電動勢，電勢差是負責推拉電子或通過電路的電流。

要電子沿電導線產生漂移，電線的兩端之間必須有一個電勢差。

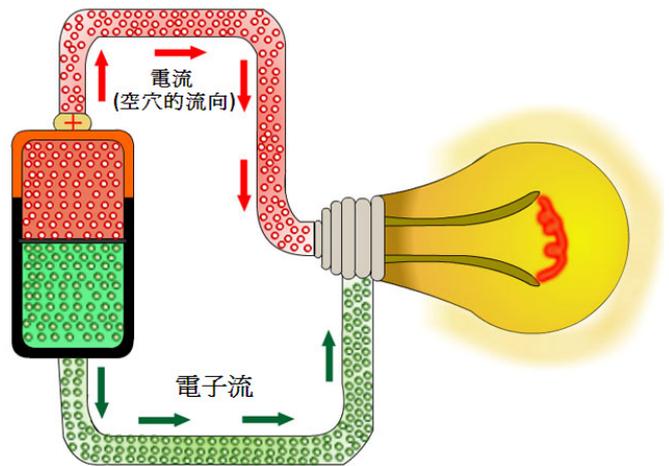


### 1.1.3 電流

什麼是電流？

電子被電壓推動而流動的過程就稱為電流。原子在良好導體中(如銅導線)會有一個或多個自由電子在外層不斷飛走，而鄰近原子的電子便會將「空穴」填補。在電導體裡，有幾十億的電子漫無目的地在任何方向、任何時間移動。

電路中的電流可以用安培測量，較小的單位是毫安(1/1000 安培)和微安(1/1,000,000 安培)。

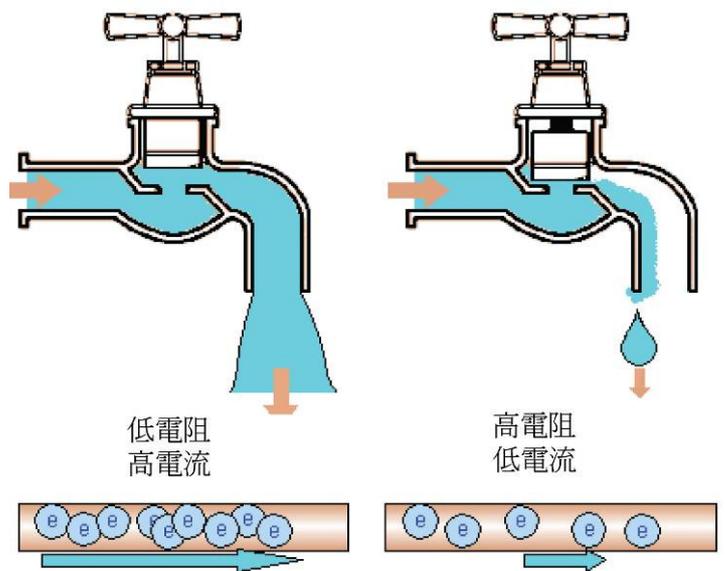


用於確定一個安培的電子數量被稱為「庫倫」，一安培相當於每秒一庫倫，這是量度電量或電荷的單位。

### 1.1.4 電阻值

什麼是電阻值？

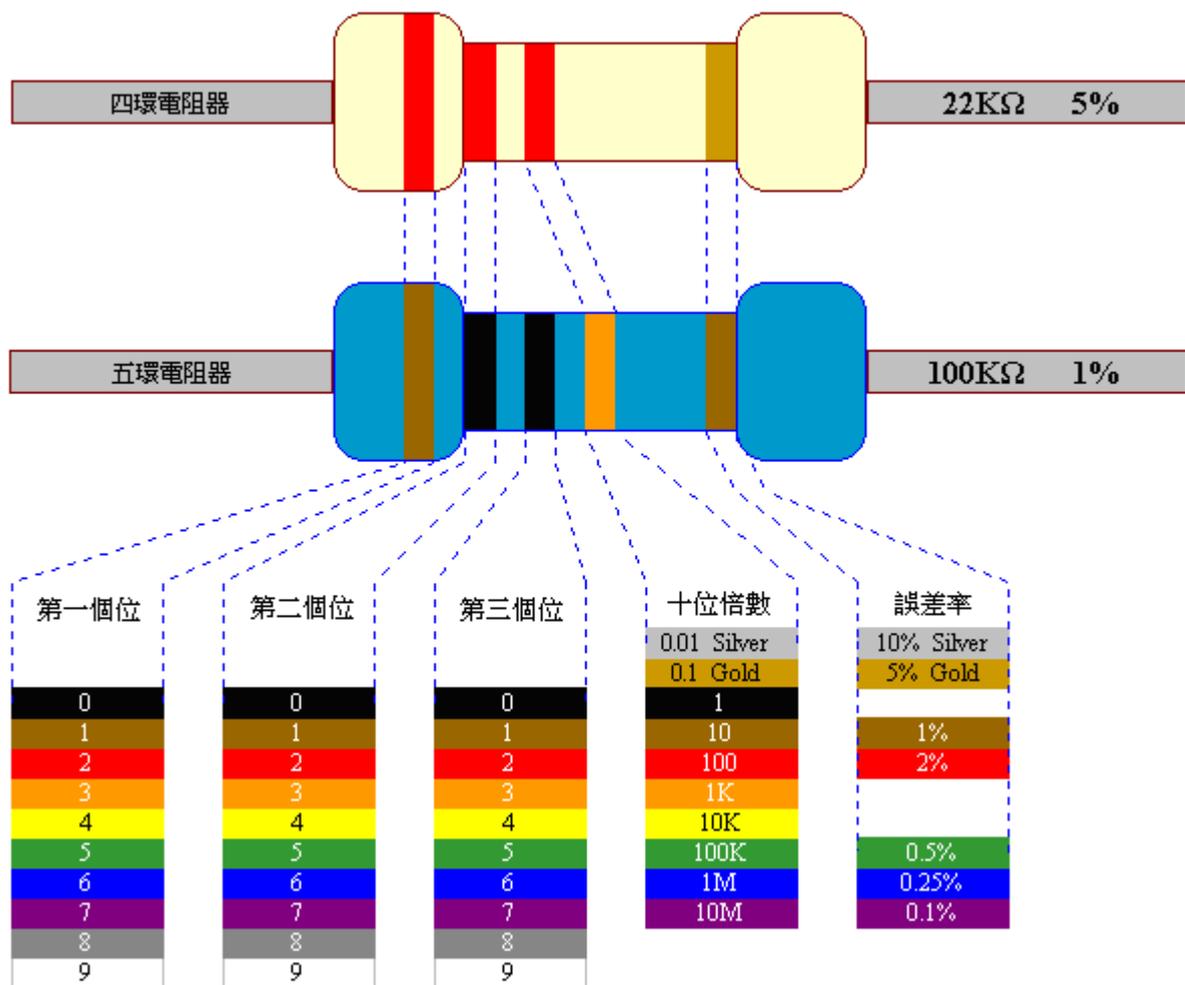
從前面的「電流」課題，我們可以了解到，某些材料(如銅)有許多自由電子，其他材料則有比較少的自由電子，一些物質如玻璃、橡膠和雲母幾乎沒有自由電子移動，因此，它們是良好的絕緣體。在良好的導體如銀、銅，和良好的絕緣材料如玻璃、橡膠之間，還有其他導體，它們導電能力比較低，能抵制電子流動，因此叫作「電阻值」。



### 1.1.5 彩色編碼

由於難以在電阻器表面看到電阻值，顏色編碼系統就應用於所有軸向引線電阻器，如碳膜，金屬氧化膜，易熔的，精密金屬膜和繞線。

頭三個接近電阻器盡頭的環是用來判斷電阻器的數值，第四環代表電阻器的精確度，一般來說，頭兩個環的顏色代表電阻的數值，第三個環代表著 10 倍增值。

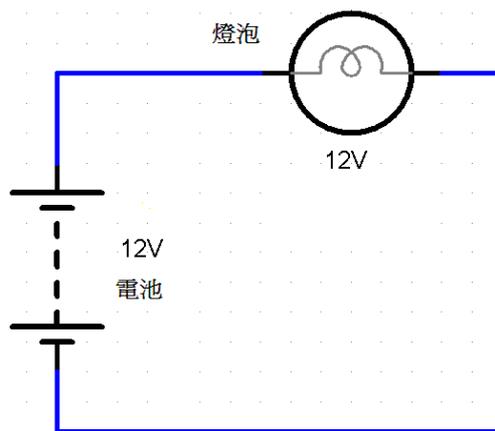


- 前兩環分別代表第一個位和第二個位的數值
- 第三環有助判斷頭兩個位數字的增值倍數
- 第四環是製造商的誤差率，這表明了電阻器製造時的精確度

### 1.1.6 一個簡單的電路

一個簡單的電路包含三個部份：

1. 一個可提供電荷或電壓的來源，如電池。
2. 一條容許電荷流動的路徑，如銅導線。
3. 一個帶電阻值的物件，可簡單地說成用電工作的物件，如燈泡。



學習了基本零件和一些電子理論後，你現在應有了電路的基本知識，也應有能力設計一個如下圖的電路。

停 一 停 想 一 想

1. 這是一個電燈開關電路，為什麼要用兩個開關，開關 1 和開關 2？

2. 在哪裡可以找到這樣的電路？

3. 如果上述電路以串聯增加了一個電阻器，燈泡會發生什麼事？

## 1.2 歐姆定律與應用



為了清楚地說明電路中的數量，我們必須描述其數量，以下是電流、電壓和電阻值的標準量度單位。

	符號	量度單位	單位縮寫
電壓	V	伏特	V
電流	I	安培	A
電阻值	R	歐姆	Ω

這些單位和符號對電量非常重要，因為我們要找出在電路中它們之間的關係。首先，電流、電壓和電阻值的關係稱為歐姆定律，發現這條定律的人是格奧爾格·西蒙·歐姆(Georg Simon Ohm)。

歐姆的主要發現是，在電路中，通過金屬導體的電流數量與通過的電壓是成正比的。歐姆以一個簡單的方程式去表示他的發現，它描述了電壓，電流和電阻值如何相互關聯，以下是該方程式：

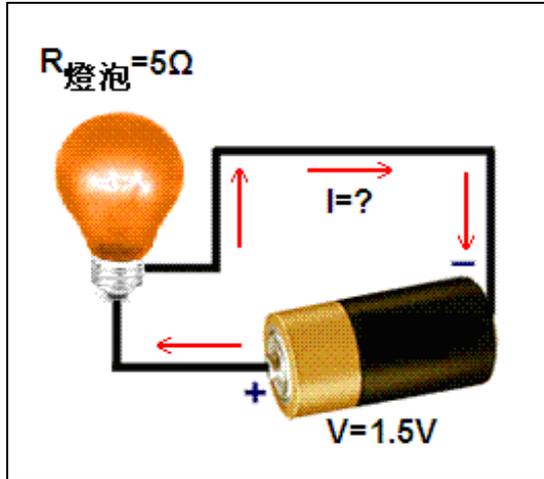
$$V = I \times R$$

在這方程式中，電壓（V）等於電流（I）乘以電阻值（R）。用代數方法，我們可以將這個方程作出兩個變化，分別計算出 I 和 R：

$$I = \frac{V}{R} \quad , \quad R = \frac{V}{I}$$

### 1.2.1 電壓，電流和電阻值的關係

讓我們看看如何利用這些方程來幫助我們分析簡單的電路：

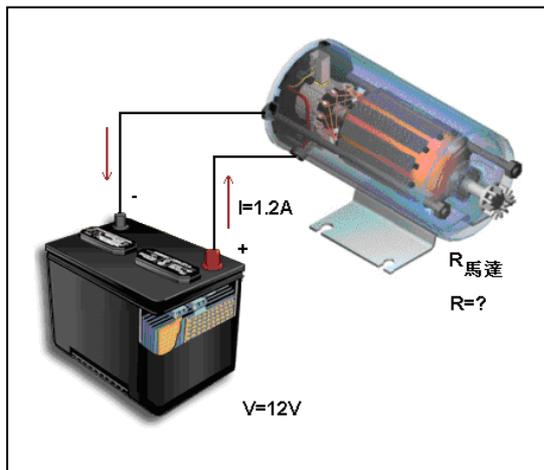


Given :

$$V = 1.5V$$

$$R = 5\Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1.5V}{5\Omega} = 0.3A$$

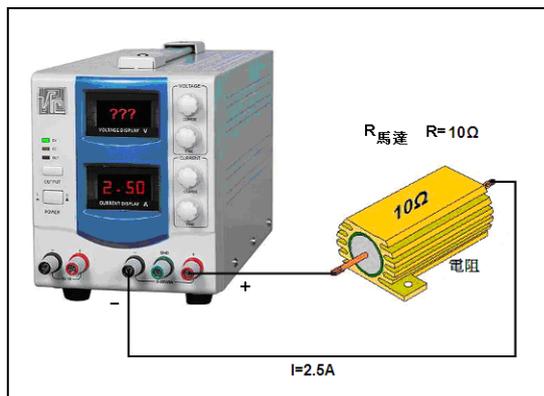


Given :

$$V = 12V$$

$$I = 1.2A$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{12V}{1.2A} = 10\Omega$$



Given :

$$I = 2.5A$$

$$R = 10\Omega$$

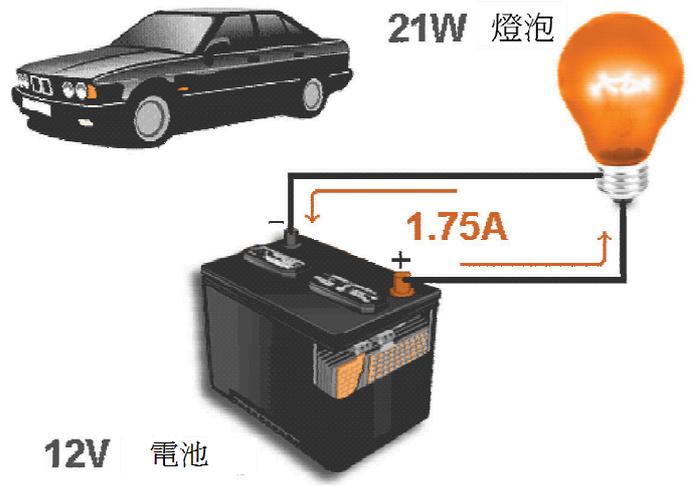
$$V = I \times R = 2.5A \times 10\Omega = 25V$$

- 電壓以伏特量度，以字母「V」代表。
- 電流以安培量度，以字母「I」代表。
- 電阻值以歐姆量度，以字母「R」代表。
- 歐姆定律:  $V = IR$  ;  $I = V/R$  ;  $R = V/I$

### 1.2.2 電功率

一般來說，電功率可簡稱「功率」，是用於表示消耗了多少能量。要判斷電路中的電功率，只要將電壓以「伏特」和電流以「安培」相乘，結果便是以「瓦特」為單位的功率。

在圖中的電路，汽車電池的電壓為 12 伏特，電燈的電流為 1.75 安培，那麼，燈泡的功率便是 21 瓦特了。



$$P = V \times I$$

$$P = 12V \times 1.75A$$

$$P = \underline{\underline{21W}}$$

然而，這些功率的方程式通常與歐姆定律方程的電壓、電流和電阻值有關 ( $V=IR$ ;  $I=V/R$  ; 和  $R=V/I$ )，於是：

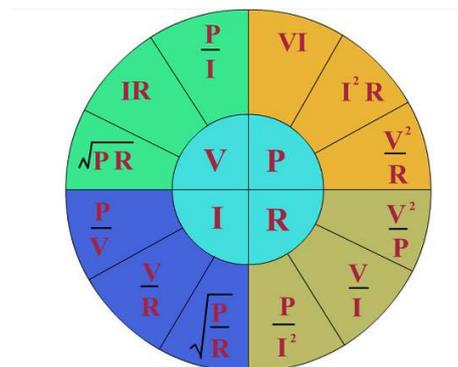
$$P = V \times I \quad \text{或} \quad P = V \times \frac{V}{R} \quad \text{或} \quad P = V \times I$$

$$P = \frac{V^2}{R} \quad \text{或} \quad P = (I \times R) \times I$$

$$P = I^2 R$$

從上述的功率方程式，我們可以找到燈泡的電阻值：

$$P = \frac{V^2}{R}; R = \frac{V^2}{P} = \frac{12^2}{21} = \underline{\underline{6.857\Omega}}$$

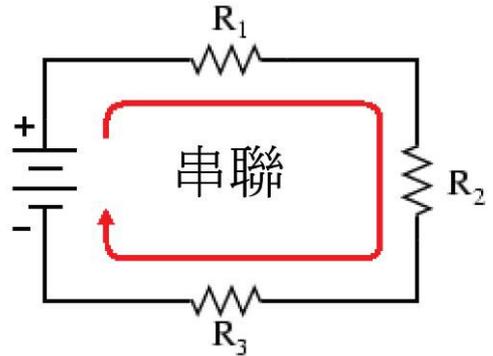


### 1.2.3 串聯與並聯電路

通常電路有兩個或以上的元素連接著，並有兩個不同的方法可使它們連接在一起，分別是串聯和並聯。

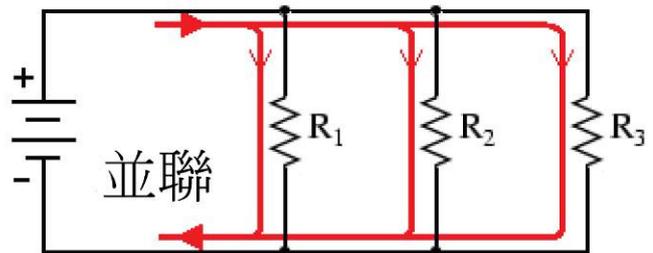
#### 串聯電路：

圖中的三個電阻器  $R_1$ ， $R_2$  的和  $R_3$  都是以串聯形式連在一起的，所有的組件都端對端地連接著。串聯電路的特點是，電流流動的途徑只有一個。



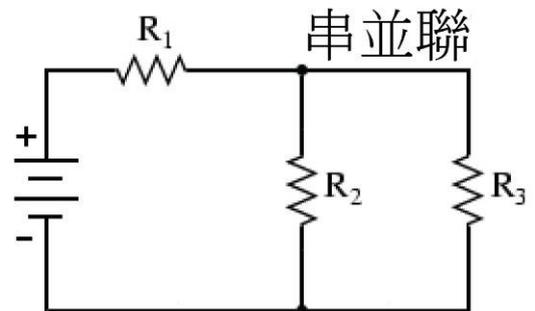
#### 並聯電路：

同樣，有三個電阻器  $R_1$ ， $R_2$  以及  $R_3$ ，但是這次它們形成多於一個的持續型軌跡讓電流流動。每條通過  $R_1$ ， $R_2$  以及  $R_3$  的道路，被稱為**分支**。所有組件互相連接著，形成兩套電力共同點，並聯電路的特點是，所有組件之間都連接著同一套的電力共同點。



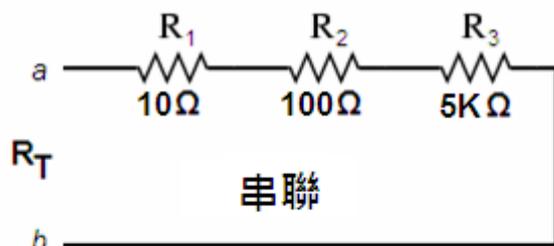
#### 串並聯電路：

此外，串聯和並聯電路是可以相互組合起來的。這種接法的  $R_2$  和  $R_3$  是並聯的，而  $R_1$  則串聯著  $R_2$  和  $R_3$  的。



### 1.2.4 串並聯電路的計算

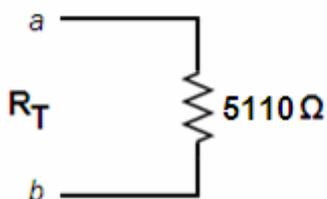
把電阻器串聯能增加 a 和 b 之間的電阻值，事實上，總電阻值就是三個電阻值的總和，即  $R_T = R_1 + R_2 + R_3$ 。



$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_T = 10\ \Omega + 100\ \Omega + 5\text{K}\Omega$$

$$R_T = 5,110\ \Omega$$

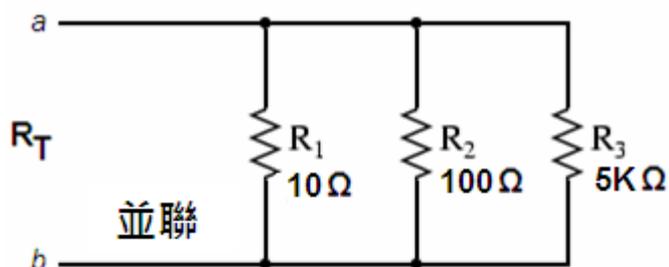


註：1KΩ = 1,000 Ω

一般來說，串聯接法的總電阻值就是各電阻值的總和。串聯越多電阻器，總電阻值就越大。

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots + R_N$$

有別於串聯接法，並聯電阻器網絡的總阻力是比最小的電阻值更小的。

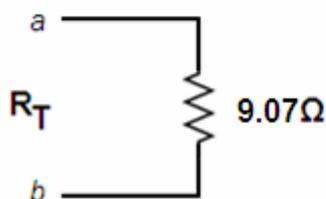


$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{10\Omega} + \frac{1}{100\Omega} + \frac{1}{5K\Omega}$$

$$R_T = 9.07\Omega$$

↓ 相等



如果並聯組合中最小電阻器遠小於其他並聯電阻器，總阻力值將會非常接近最小電阻器。

一般來說，並聯接法總電阻值的倒數，就是每個電阻器的倒數之和。並聯越多電阻器，總電阻值就越小。

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \dots + \frac{1}{R_N}}$$

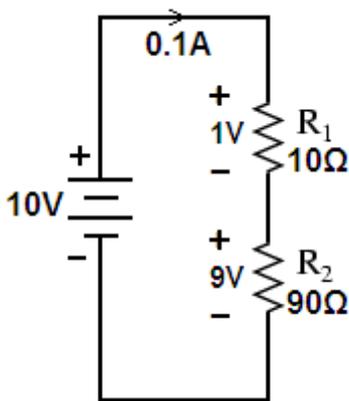
或

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \dots + \frac{1}{R_N}$$

### 1.2.5 分壓定理與分流定理

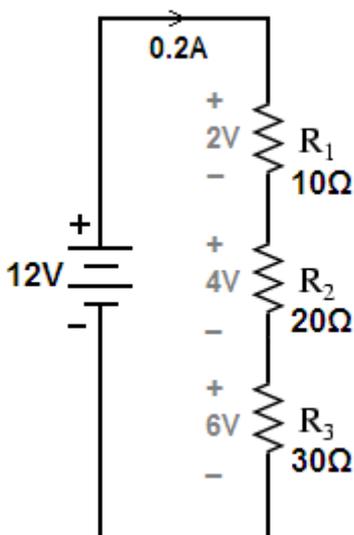
#### 分壓定理：

分壓電路中，電阻值與總電阻值的比例相等於電壓降與總電壓的比例，我們稱之為分壓公式。在串聯電路中，分壓公式是一個測定電壓的快捷辦法，而且不須通過歐姆定理去作出計算。



- 電壓通過串聯的電阻器後，會根據電阻器的阻力而被分配
- 在串聯電路中，電阻值越大，能夠獲得的電壓越多
- 通過串聯電阻器的電壓比例相等於電阻值大小的比例

$$V_{R_1} = V_{\text{Battery}} \times \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad \text{or} \quad V_{R_2} = V_{\text{Battery}} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



$$V_{R_1} = 12V \times \frac{10\Omega}{10\Omega + 20\Omega + 30\Omega}$$

$$V_{R_1} = \underline{\underline{2V}}$$

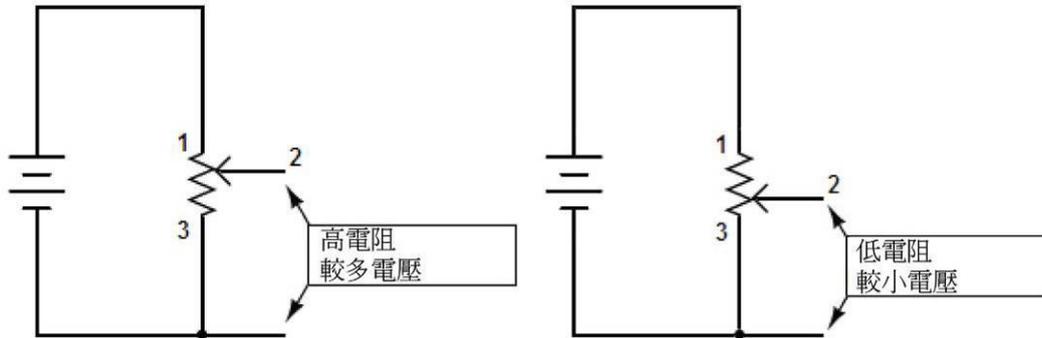
$$V_{R_2} = 12V \times \frac{20\Omega}{10\Omega + 20\Omega + 30\Omega}$$

$$V_{R_2} = \underline{\underline{4V}}$$

$$V_{R_3} = 12V \times \frac{30\Omega}{10\Omega + 20\Omega + 30\Omega}$$

$$V_{R_3} = \underline{\underline{6V}}$$

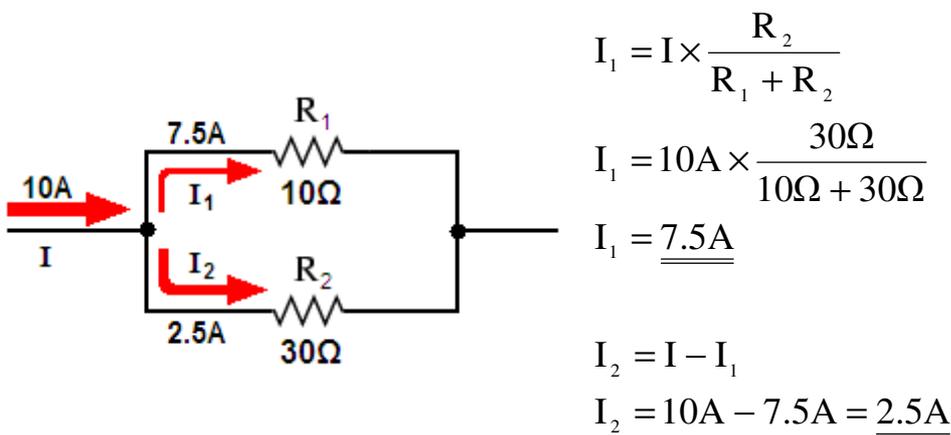
**電位器**是其中一種常用的分壓儀器，它是一個放置了可移動的球形把手或槓桿的電阻器，這個把手稱為接帶，它可以用手動控制來接觸電阻性金屬片的任何一點：



就像固定的分壓器，電位器的電壓分配比例是電阻器的功能。當電位器用作可變分壓器時，電壓分配的比例能以接帶的位置設定。電位器的應用是一個非常有用的方法，藉此從一個固定的電壓源獲得可變電壓，如電池等。

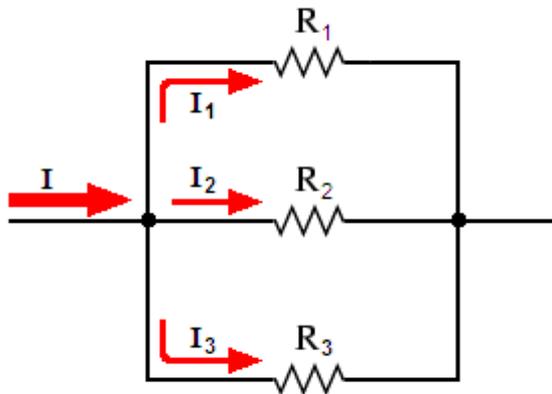
**分流定理：**

電流在進入並聯電阻器組件後，會分成多個支電流。如果同樣的電阻器並聯地相接，各分支的電流便會一樣，根據分流定理的定義，總電阻值與個別電阻值的比例相等於個別分支與總電流的比例。



因此，進入節點的總電流相等於離開節點的總電流。總體而言，分流的公式就如下：

$$I_1 = I \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad or \quad I_2 = I \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$



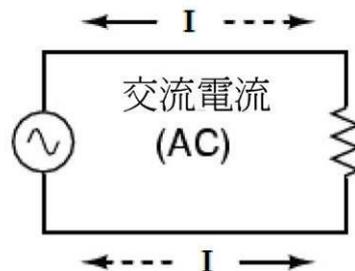
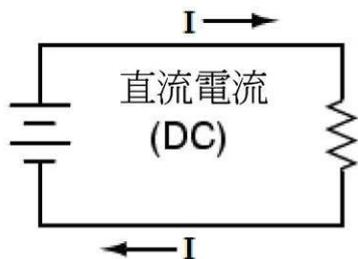
$$I_1 = I \times \frac{R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$$

$$I_2 = I \times \frac{R_1 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$$

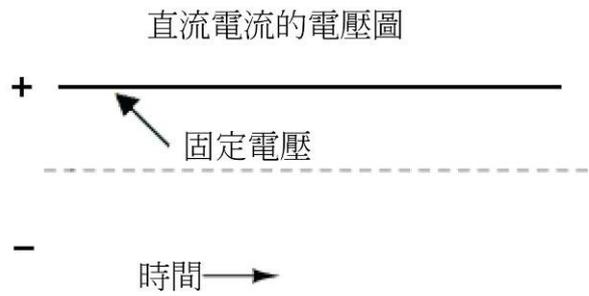
$$I_3 = I \times \frac{R_1 R_2}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$$

### 1.2.6 交流電流與直流電流

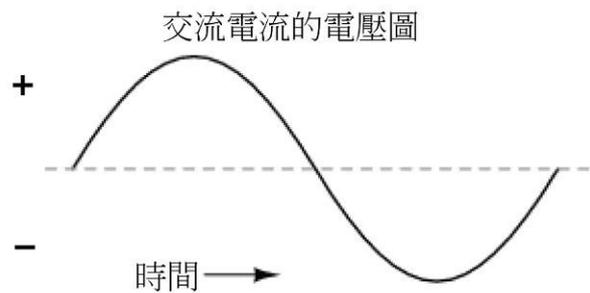
電力可以以交流電流或直流電流的模式流動，而交流電流和直流電流的區別就是電子流動的方向。若是直流電流的話，電流便會穩定的流向同一方向。而若是交流電流，電子便會不斷改變流動的方向，向前或者向後流動。



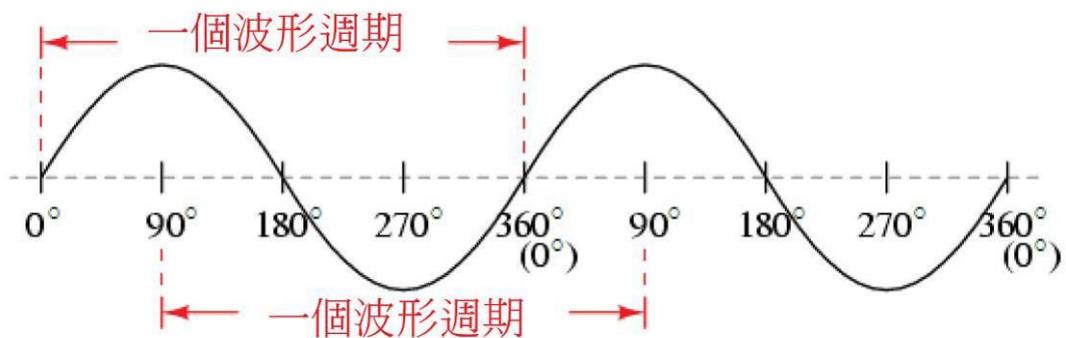
直流電流的供電，會長時間保持在一個固定或調節(的電壓，像電池的電壓似的，為求使電壓固定，大多數電路都需採用直流電流。



基本上，在交流電流方面，當交流發電機產生交流電壓時，極性會重複在正極和負極交換，通過圖形化描述，這個波形是從交流發電機描繪出來的，它獨特的形狀稱為正弦波。



當波形開始重覆，就正正是那個波的一個循環，測量中，這通常被稱為波形的週期，而一個週期就是360度。

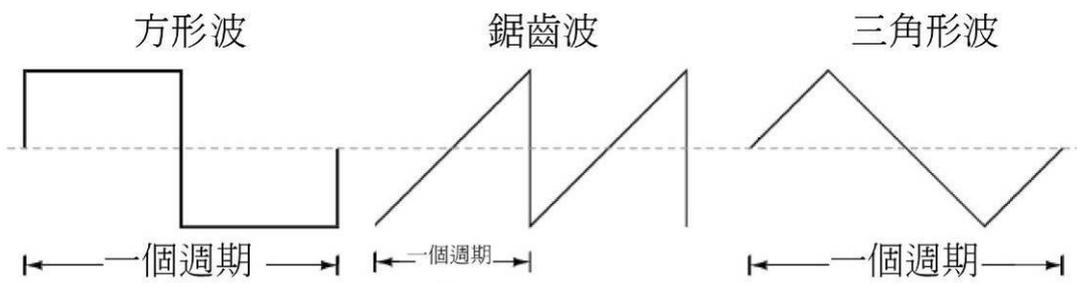


頻率是另一個廣泛地用來描述交流電壓或電流波的方法。頻率的單位是赫茲(Hertz, Hz)，它反映了一秒內完成的波週期次數。

週期和頻率是相互的倒數。也就是說，如果一個波週期是0.1秒，它的頻率將是10赫茲或1秒10個週期。

$$\text{頻率 (Hz)} = \frac{1}{\text{週期 (秒)}}$$

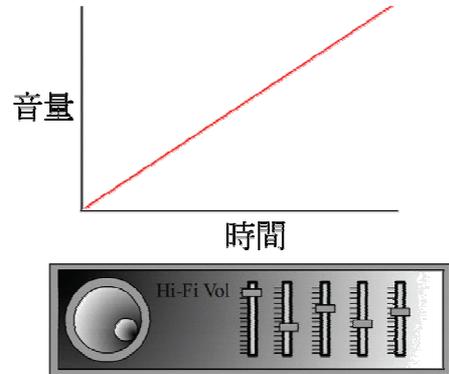
以下是隨時間在正極和負極之間改變的週期波形，其中包括正弦，方形，三角形，鋸齒波電壓或電流波形。一般情況下，任何與一個完整的正弦波相像的波形都稱為正弦的，相反，不同的就會被標示為非正弦的。



### 1.3 數碼與模擬信號

#### 模擬信號：

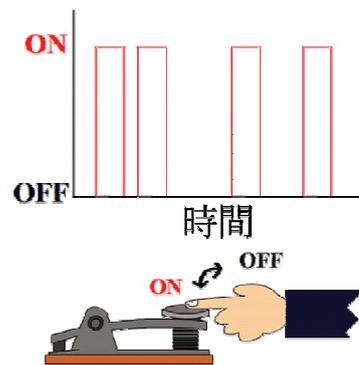
模擬信號多用於傳統的電子設備。音響系統裡的揚聲器就是一個很好的模擬信號例子，當音量被調高，聲量便會不斷緩慢及穩定地變大。



另一個模擬系統的例子是：光暗控制器，您可以嘗試想想有哪些其他的模擬信號。

#### 數碼信號：

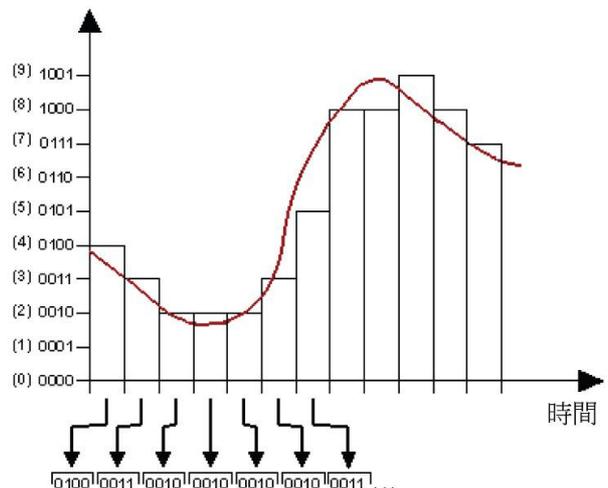
現代化的電子產品，如電腦和手提電話，都依靠數碼信號，一個很好的數碼信號例子，就是莫爾斯電碼。信號是由一系列的開 (on) 和關 (off) 脈衝發出的。信號只有'有'和'沒有'。莫爾斯電碼是在1837年由薩繆爾·摩爾斯 (Samuel Morse) 發明來用作溝通的。



模擬和數碼兩種信號都可以用作傳感器。例如，烤箱內的溫度調節器是模擬的，因為電阻值會隨溫度變化改變，而一個微型開關是數碼的，因為它是「開」或「關」。所以電腦是數碼設備，它的各種電子零件是以1和0溝通的。

- 1 = 開
- 0 = 關

簡單來說，模擬信號是連續的，而數碼信號是分離的。模擬信號是會不斷變化的，但數碼信號則是基於0和1，或經常被描述為開和關。



作為類比，燈的開關是開或關（數碼），光暗調節開關可讓光線有不同的亮度（模擬）。比如速度計，其指針是隨著速度增加而順時針轉動的。



在數碼世界，它們把模擬信號改變成數碼信號，有時它會操縱取得的數據，透過把設備開和關來代表相應的讀數。

## 1.4 邏輯電路



在香港，大家都知道甚麼是八達通。八達通採用的是增值機制，每次使用八達通卡，金錢就會自動扣除，當八達通卡的價值變為負數時，便需付錢增值。八達通卡可用於火車，巴士，小巴，電車或渡輪等等，你還可以用它在24小時便利店或快餐店等購買東西。

手提電話是另一種我們每天必需的電子工具。在90年代初，手提電話利用模擬技術，但現在，幾乎所有的手提設備都採用了數碼技術。目前的手提電話可以支援許多附加服務例如SMS短信，電子郵件，分組交換的互聯網接入，和用來發送及接收照片和錄像的MMS。



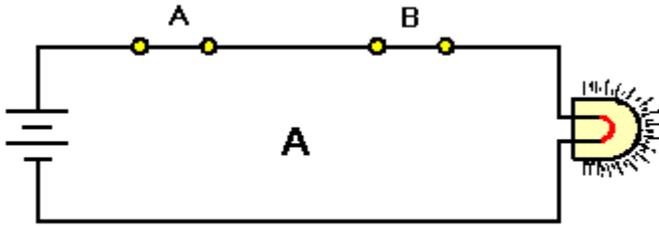
### 停 一 停 想 一 想

1. 八達通的內裡是什麼？
2. 為什麼它能儲存金錢數值？
3. 為什麼手提電話在過去10年被數碼化？
4. 列出日常有關「數碼」的設備。

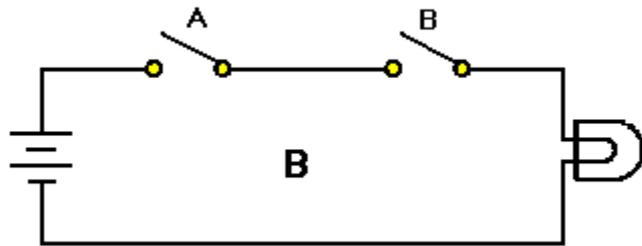
在研究微處理器或記憶體之前，我們需要理解數碼世界的基本架構，雖然微處理器十分強大，但它們主要都是由最基本的邏輯門組成。

邏輯門是一個輸入了數個二進制信號，並執行邏輯功能的電路，它可以構成許多不同類型的邏輯電路，是基本的構建模塊。在門輸入和輸出接線柱的信號分別有高級或低級，有時被稱為0或1。

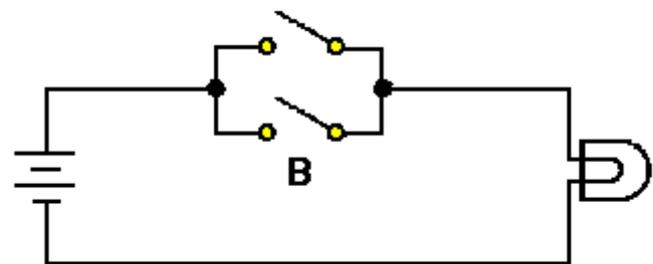
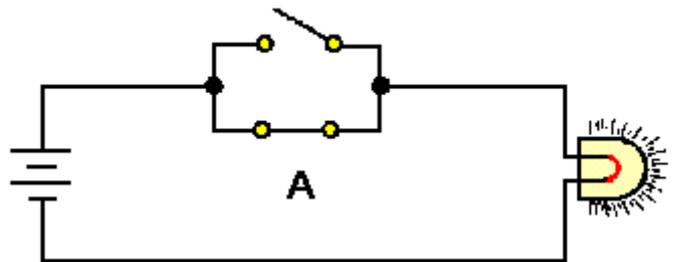
參考以下圖表：



我們可以用簡單的電路展示「與」門的運作，圖中有兩個串聯的開關。你可以看到，要燈亮起 (A 情況)，這兩個開關便得同時關閉。任何其他開關組合 (B 情況)，將會導致斷路，任何一個開關被打開，燈都不會亮起來。



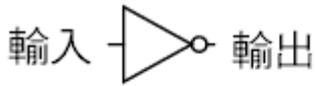
現在我們示範「或」門，兩個開關裝置以並聯接著。如果其中一方或雙方的開關都關閉 (A 情況)，燈便會亮起。只有兩個開關都打開 (B 情況)，燈才不會亮起。



各種不同類型的邏輯門可以相互連接以獲得不同的邏輯功能。可以考慮的門，就是「與」門，「或」門，「非」門，「與非」門，「或非」門，「異或」門和「不可兼的或非」門。

邏輯功能是由真值表來定義的，這個表列出了所有用於門的輸入變數的可能組合。每個變數都只能是 0 或 1，此外，輸出一般標示為 F。

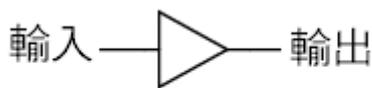
「非」邏輯函數：



輸入	輸出
0	1
1	0

此處顯示的門被稱為一個反相器，或者「非」門，因為它的輸出正是和輸入相反的信號。

緩衝區邏輯函數：

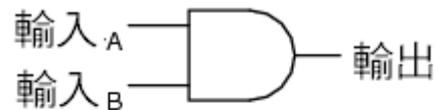


輸入	輸出
0	0
1	1

如果兩個反相器的門連接在一起，使一個的輸出成為另一個的輸入，兩個相反的函數便能相互取消對方，因此輸入和最終輸出將不會反轉。

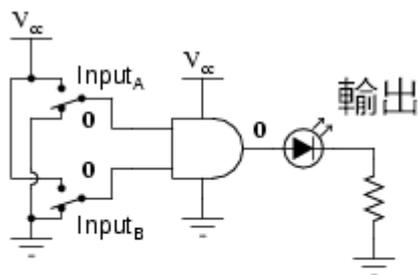
「與」邏輯函數：

「與」門是其中一個類別的門，之所以有這樣的稱謂，是因為當或只有當所有的輸入都是《高》(1)，這門的輸出才會是《高》(1)。如果有任何《低》(0)的輸入，輸出都會是低。

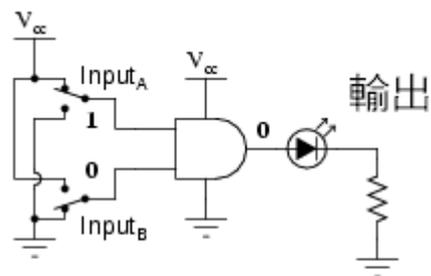


A	B	輸出
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

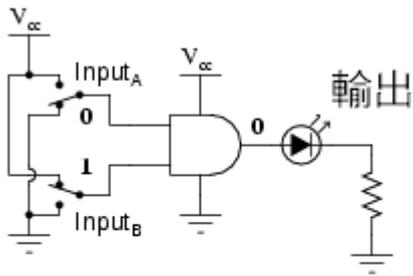
以下是 2 邊「與」門的所有可能的邏輯輸入，發光二極管顯示了輸出的邏輯水平：



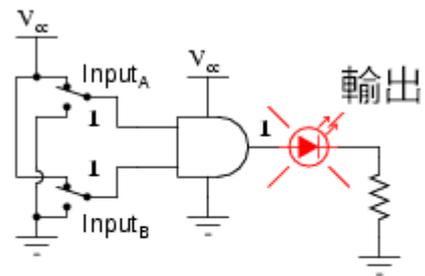
Input<sub>A</sub> = 0  
 Input<sub>B</sub> = 0  
 Output = 0 (無發光)



Input<sub>A</sub> = 1  
 Input<sub>B</sub> = 0  
 Output = 0 (無發光)



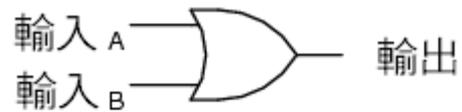
Input<sub>A</sub> = 0  
 Input<sub>B</sub> = 1  
 Output = 0 (無發光)



Input<sub>A</sub> = 1  
 Input<sub>B</sub> = 1  
 Output = 1 (發光)

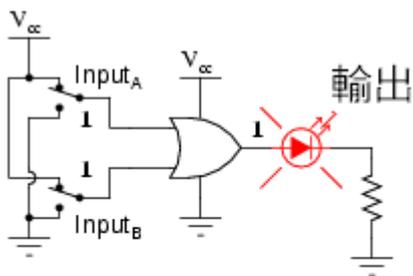
「或」邏輯函數：

另一類門稱為「或」門，因為只要有任何一個輸入是《高》(1)，輸出都會是《高》(1)。只有所有的輸入都是《低》(0)，輸出才會是《低》(0)。

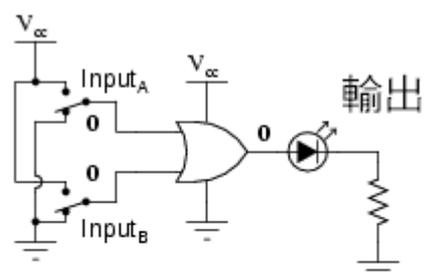


A	B	輸入
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

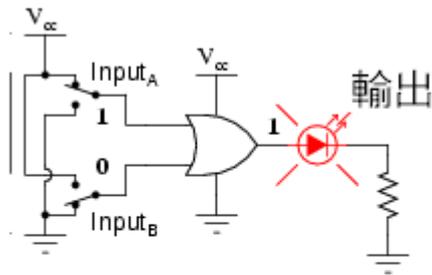
以下是 2 邊「或」門的所有可能的邏輯輸入，發光二極管顯示了輸出的邏輯水平：



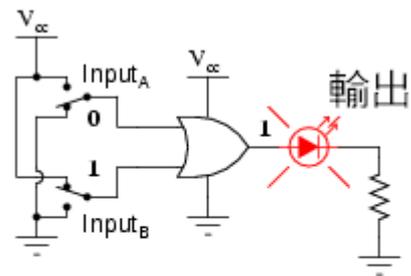
Input<sub>A</sub> = 1  
 Input<sub>B</sub> = 1  
 Output = 1 (發光)



Input<sub>A</sub> = 0  
 Input<sub>B</sub> = 0  
 Output = 0 (無發光)



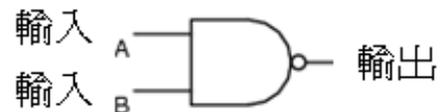
Input<sub>A</sub> = 1  
 Input<sub>B</sub> = 0  
 Output = 1 (發光)



Input<sub>A</sub> = 0  
 Input<sub>B</sub> = 1  
 Output = 1 (發光)

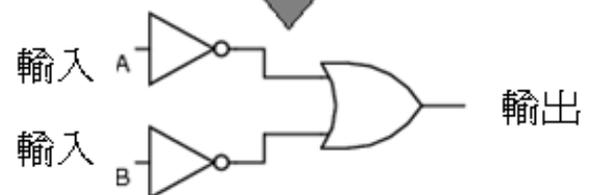
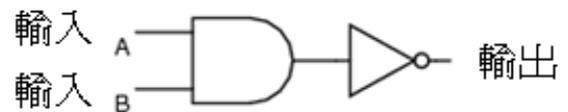
**「與非」邏輯函數：**

另一類邏輯門，叫「與非」門，基本上是由一個「與」門和「非」門（反相器）形成的。單詞「與非」是個簡化詞，基本上，「與非」門的作用是和「與」門一樣，只是在輸出端連接了一個「非」門。「與非」門的真值表是和「與」門相反的。



A	B	輸出
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

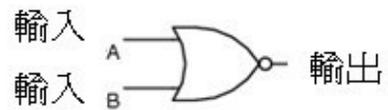
**等效的邏輯門電路**



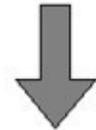
**「或非」邏輯函數：**

「或非」門是「或」門反向輸出，就像一個「與非」門是一個「與」門的反向輸出一樣。

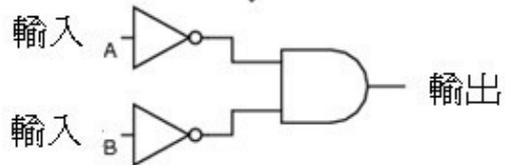
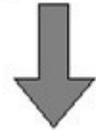
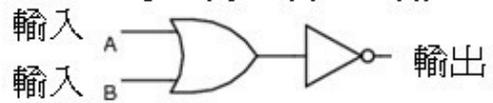
如果有任何《高》(1) 的輸入，「或非」門的輸出都會是《低》(0)。當所有的輸入都是《低》(0)時，它的輸出會是《高》(1)。



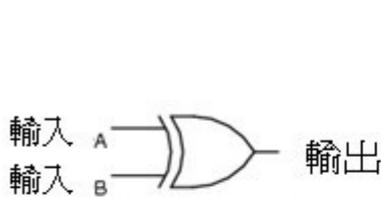
A	B	輸出
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



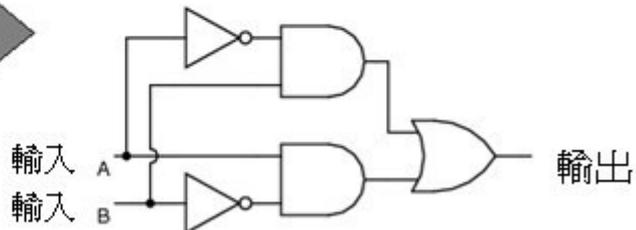
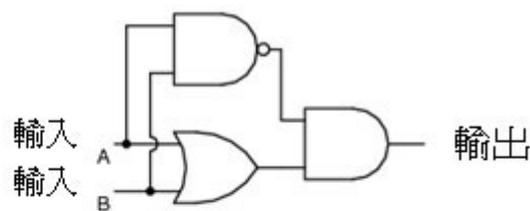
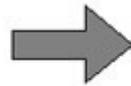
**等效的邏輯門電路**



**「異或」門邏輯函數：**



A	B	輸出
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



**等效的「異或」門電路**

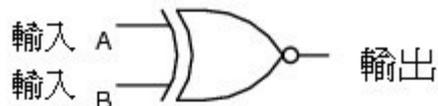
如果處於不同的邏輯水平，無論是 0 和 1，或 1 和 0，異或」門就會輸出《高》(1)。相反，如果輸入是在同樣的邏輯水平，它便會輸出《低》(0)。

「異或」門對於兩個或以上的二進制數字進行位對位比較的電路，是非常有用的，也可作為錯誤檢測（奇偶校驗）和代碼轉換。

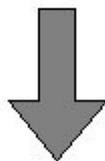
**「不可兼的或非」邏輯函數：**

最後就是「不可兼的或非」門。它是一個「異或」門的反向輸出。「不可兼的或非」門的真值表就是「異或」門的相反。

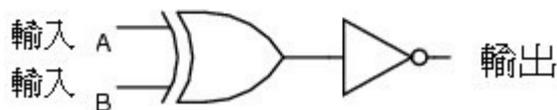
正如真值表所指，「不可兼的或非」門的作用是作《高》(1) 的輸出，只要兩個輸入都一樣（00 或 11），就會有《高》(1) 的輸出。



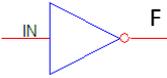
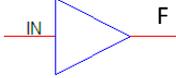
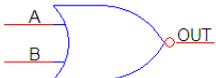
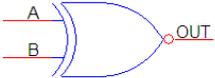
A	B	輸出
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1



**等效的邏輯門電路**



總的來說，數碼世界中有以下 8 個基本的邏輯函數：

<p>a. 非 (NOT)</p> 	<p>b. 緩衝器</p> 	<p>c. 與 (AND)</p> 	<p>d. 或 (OR)</p> 																																																												
<table border="1" data-bbox="247 548 406 660"> <thead> <tr> <th>IN</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p><math>F = \overline{IN}</math></p>	IN	F	0	1	1	0	<table border="1" data-bbox="518 548 678 660"> <thead> <tr> <th>IN</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p><math>F = IN</math></p>	IN	F	0	0	1	1	<table border="1" data-bbox="782 548 1013 795"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p><math>F = A \cdot B</math></p>	A	B	F	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	<table border="1" data-bbox="1045 548 1276 795"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p><math>F = A + B</math></p>	A	B	F	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1																		
IN	F																																																														
0	1																																																														
1	0																																																														
IN	F																																																														
0	0																																																														
1	1																																																														
A	B	F																																																													
0	0	0																																																													
0	1	0																																																													
1	0	0																																																													
1	1	1																																																													
A	B	F																																																													
0	0	0																																																													
0	1	1																																																													
1	0	1																																																													
1	1	1																																																													
<p>e. 與非 (NAND)</p> 	<p>f. 或非 (NOR)</p> 	<p>g. 不可兼的或 (EX-OR)</p> 	<p>h. 不可兼的或非 (EX-NOR)</p> 																																																												
<table border="1" data-bbox="247 1198 470 1444"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p><math>F = A \cdot B</math></p>	A	B	F	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	<table border="1" data-bbox="518 1198 742 1444"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p><math>F = A + B</math></p>	A	B	F	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	<table border="1" data-bbox="782 1198 1005 1444"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p><math>F = A \cdot B + A \cdot \overline{B}</math></p>	A	B	F	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	<table border="1" data-bbox="1045 1198 1268 1444"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p><math>F = A \cdot B + A \cdot \overline{B}</math></p>	A	B	F	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1
A	B	F																																																													
0	0	1																																																													
0	1	1																																																													
1	0	1																																																													
1	1	0																																																													
A	B	F																																																													
0	0	1																																																													
0	1	0																																																													
1	0	0																																																													
1	1	0																																																													
A	B	F																																																													
0	0	0																																																													
0	1	1																																																													
1	0	1																																																													
1	1	0																																																													
A	B	F																																																													
0	0	1																																																													
0	1	0																																																													
1	0	0																																																													
1	1	1																																																													

### 1.4.1 布爾代數

在邏輯電路中，邏輯門的數量是可以用不同的設計來減少的。當設計一個組合電路來解決邏輯問題時，可以製作布爾方程及真值表來說明所需的電路操作。

簡化布爾方程可以通過使用布爾代數規則或映像的方法得出。布爾方程可以在「和的乘積」(POS) 或「乘積的和」(SOP) 重新排列出來。當中的 POS 是以  $F = (A+B)(C+D)$  的形式表達，而 SOP 則是以  $F = (AB)+(CD)$  的形式表達。

#### 邏輯規則：

布爾代數使用了某些和普通代數相同的規則，另外也用了多個邏輯規則，這能使變量合併或簡化成一個簡單版本的方程。

這些邏輯規則是：

1.  $A + \bar{A} = 1$
2.  $A + A = A$
3.  $A + 0 = A$
4.  $A + 1 = 1$
5.  $A \cdot \bar{A} = 0$
6.  $A \cdot A = A$
7.  $A \cdot 0 = 0$
8.  $A \cdot 1 = A$
9.  $A \cdot (B + \bar{B}) = A$
10.  $A + A \cdot B = A \cdot (1 + B) = A$
11.  $\bar{A} + A \cdot B = \bar{A} + B$
12.  $A \cdot (A + B) = A$
13.  $A + \bar{A} \cdot B = A + B$
14.  $A \cdot B + \bar{B} \cdot C + A \cdot C = A \cdot B + \bar{B} \cdot C$
15.  $\overline{A + B} = \bar{A} \cdot \bar{B}$
16.  $\overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B}$

布爾邏輯	布爾代數	伏特狀態(正真)	伏特狀態(負真)
真(T)	1	高(H)	低(L)
假(F)	0	L	H

例子 1：簡化  $F = B(A + C) + C$ .

$$\text{解答： } F = AB + BC + C$$

$$F = AB + C(1 + B)$$

$$F = AB + C$$

例子 2：簡化  $F = (A + B)BC + A$

$$\text{解答： } F = ABC + BC + A$$

$$F = A(1 + BC) + BC$$

$$F = A + BC$$

例子 3：簡化  $F = B[(A + \bar{B})(B + C)]$

$$\text{解答： } F = B[AB + AC + B\bar{B} + \bar{B}C]$$

$$F = AB + ABC + \bar{B}BC$$

$$F = AB + ABC$$

$$F = AB(1 + C)$$

$$F = \underline{\underline{AB}}$$

## 第二章 一 模擬及數碼電子學

本章主題包括：

- 2.1 統電子學
- 2.2 運算放大器
- 2.3 鎖定電路
- 2.4 記憶體及計數器

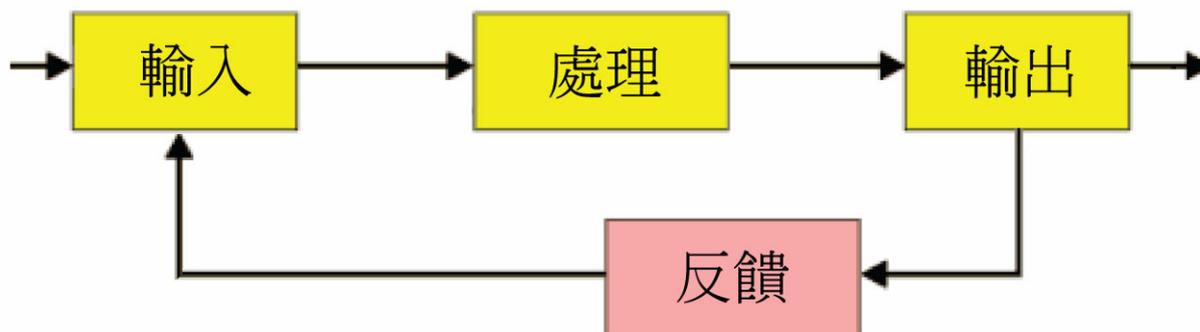
這些主題的學習材料和活動幫助你：

- 解釋如何將一個系統程序（輸入－處理－輸出）應用至設計電路之上
- 解釋理想運算放大器的特性
- 描述反相運算放大器和非反相運算放大器的操作原理及其實際用途
- 解釋邏輯系統中記憶功能的需要
- 明白使用 D-型正反器作為基本的記憶體
- 應用簡單的模擬及數碼電路

## 2.1 系統電子學

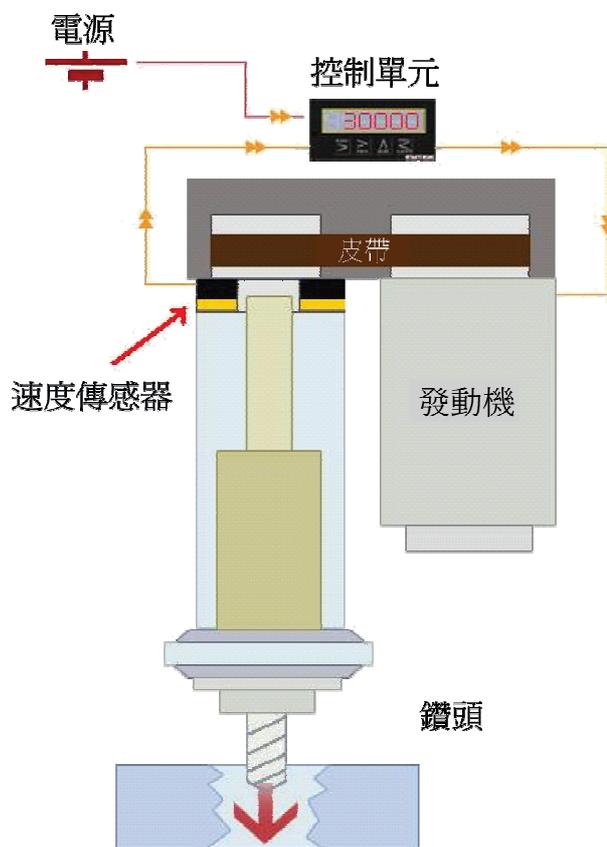
閉合系統：

當設計控制系統時，最好的做法是分為幾個階段。例如，一個鑽孔機可以看成下圖。



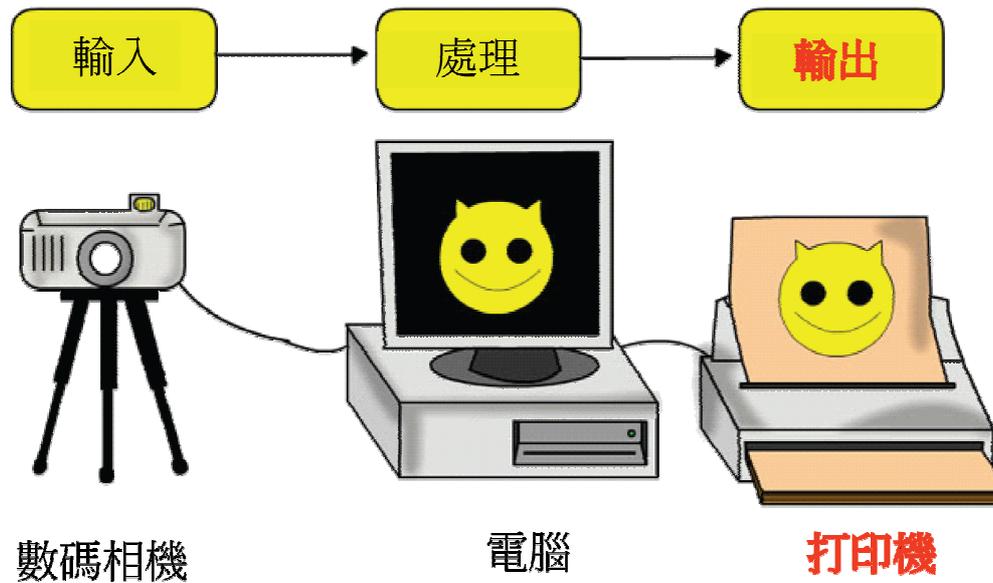
這是一個閉環系統的例子，它是一個可控速度的鑽孔機，並可以在沉重的負荷下保持鑽的速度。

傳感器裝置是用來檢測鑽頭的速度。如果速度與預設的速度不同，負責控制的單元便會將電源調整，令它可以加速或減速。



**斷路系統：**

斷路系統是一個沒有反饋的系統，一般運行一次後便會停止。以下是一個斷路系統好例子----數碼相機是用來拍照的，然後移到電腦處理圖片並進行列印，這是一個斷路系統，因為它沒有反饋和沒有試圖改善圖片。



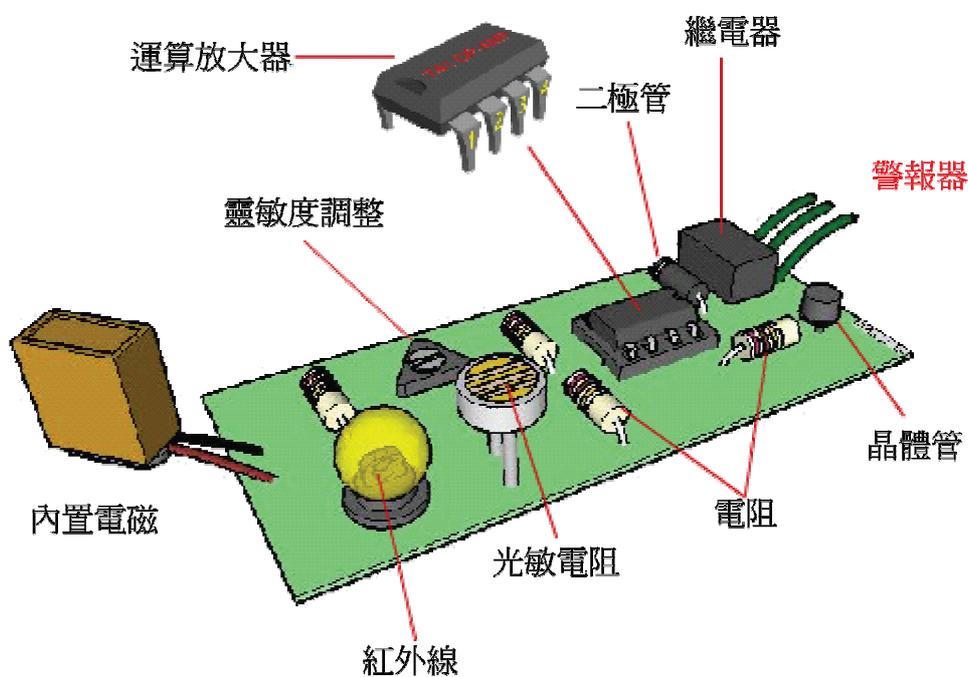
**停 一 停 想 一 想**

一個攝影師決定使用圖形軟件改善印出的圖片，他印出照片多次並以軟件改變照片。該系統是否仍然是一個斷路系統，還是已變為一個有反饋的封閉系統呢？

## 2.2 運算放大器

運算放大器適用於各種電路，它一般應用在電路中擴大微弱的電流。像收音機、立體聲系統、耳機、電視和其他許多電器產品的電路中，都有運算放大器作為組件。

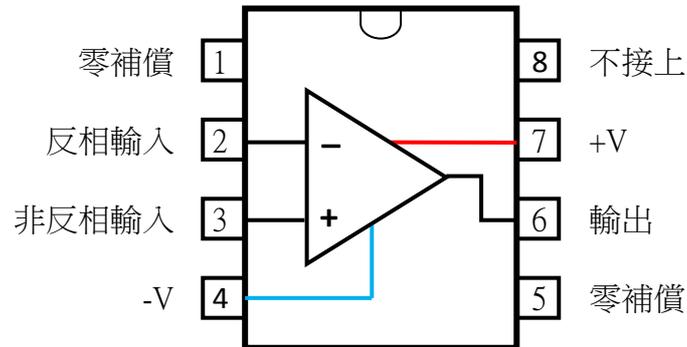
例如，以下是警報電路的一部分，當電路的光感應器檢測到任何光強度的轉變時，它便會發出一個信號來觸發繼電器，並啟動警報系統，令警報器發出聲音。如果沒有運算放大器的話，信號便會太弱，因此，運算放大器把信號放大使警報器發出聲音。所以，感應器通常需要運算放大器，以便使它們能夠正常工作。



停 一 停 想 一 想

嘗試列出其他你認為電路中有運算放大器的電子產品。

運算放大器是在模擬電路中最有用的單一設備。使用不同組合的外部組件，令它可以進行各種各樣的模擬信號處理作業。

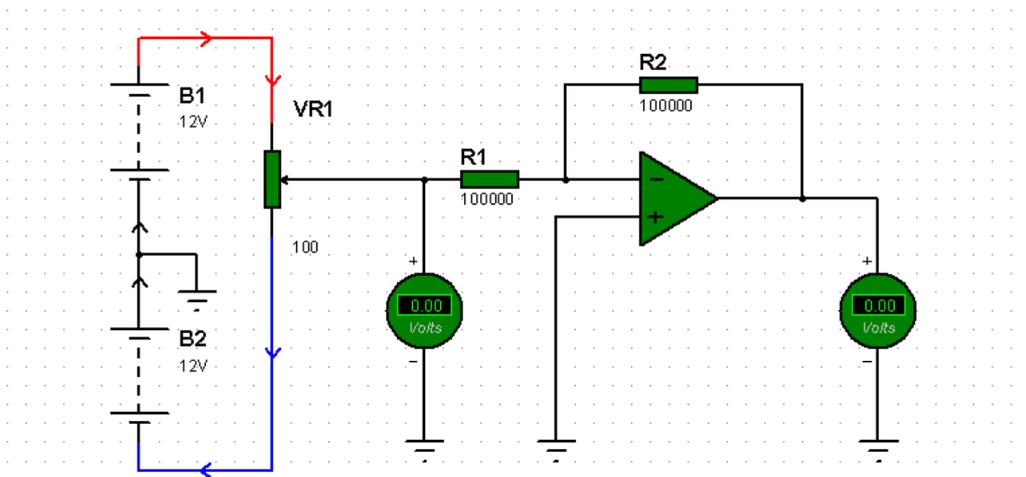


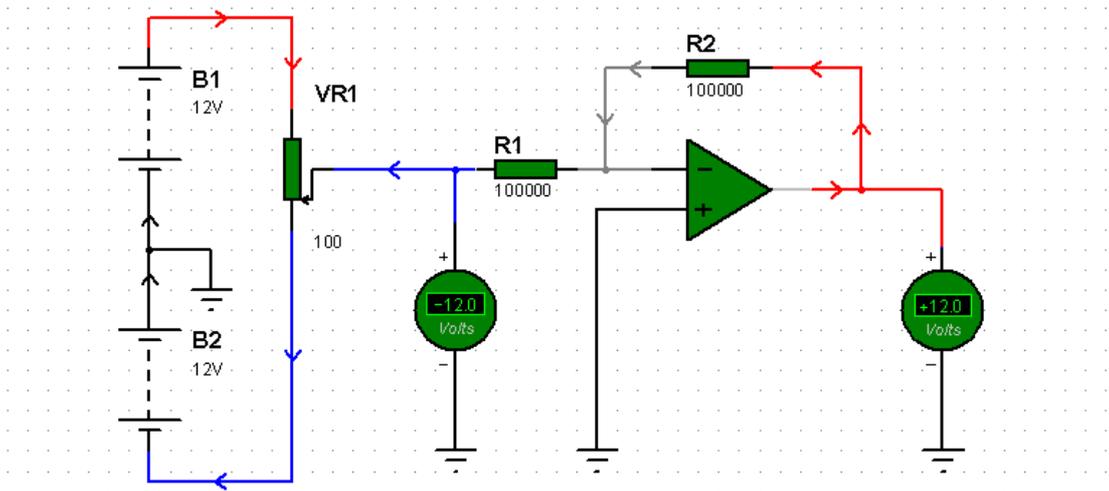
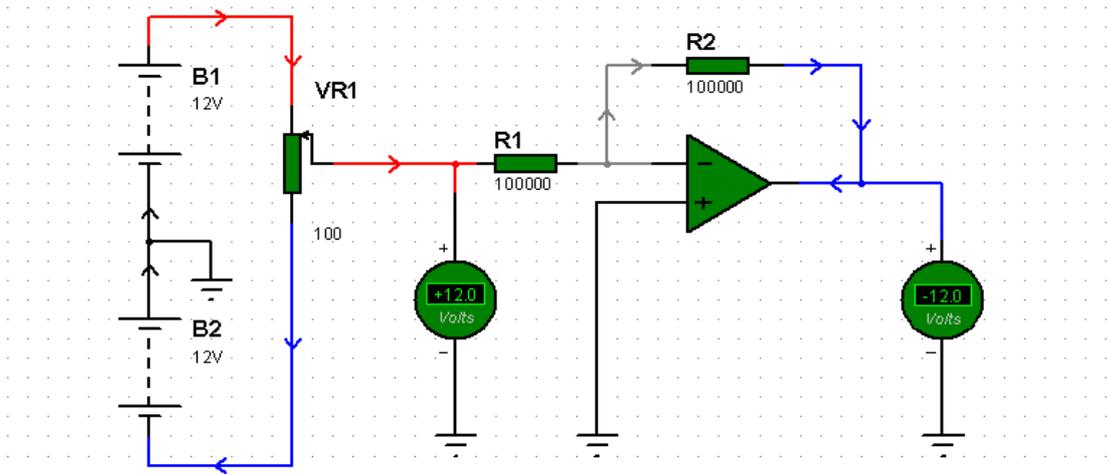
### 定 義

理想運算放大器的特徵：

1. 無限電壓增益
2. 無限輸入抗阻
3. 零輸出抗阻
4. 無限頻寬
5. 零輸入補償電壓
6. 設置反饋數量的控制網絡（例如：電阻值）

下面的圖表顯示了運算放大器的基本操作。請看看VR1和運算放大器輸出的不同之處。

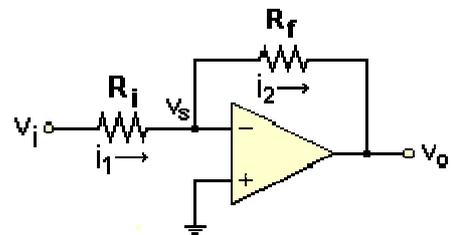




### 2.2.1 反相放大器

反相放大器的閉環增益等於反饋電阻值( $R_f$ ) 和輸入電阻值( $R_i$ ) 的比例。只要閉環增益遠小於開環增益，這傳遞函數便準確地描述了輸出信號。

反相放大器的基本電路如圖：



考慮到電流多變的方向，傳遞函數如下：

$$i_1 = \frac{V_i - V_s}{R_i} \text{ and } i_2 = \frac{V_s - V_o}{R_f}$$

非反相輸入 (+) 是直接連接到地面的，然後  $V_s = V_- = 0\text{ V}$ ，因此：

$$i_1 = \frac{V_i}{R_i} \text{ and } i_2 = -\frac{V_o}{R_f}$$

由於之前定義的無限輸入阻抗，沒有電流流動到任何輸入，因此

$$i_1 = i_2$$

結果，反相放大器的傳遞函數是：

$$V_o = -V_i \frac{R_f}{R_i}$$

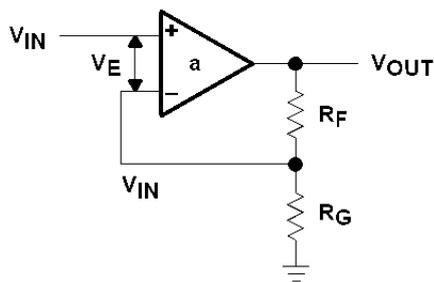
$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_f}{R_i}$$

然後  $A = -\frac{R_f}{R_i}$ ，其中A是增益

### 2.2.2 非反相放大器

非反相運算放大器的輸入信號與非反相輸入相連接，因此其輸入源視為無限阻抗。因為  $V_E$  等於零，所以沒有任何輸入補償電壓。

分壓器的規則是使用 "V<sub>OUT</sub>" 作為分壓器的輸入，並以 "V<sub>IN</sub>" 作為分壓器的輸出。由於沒有電流可以流入任何運算放大器導線，所以允許使用分壓器規則。



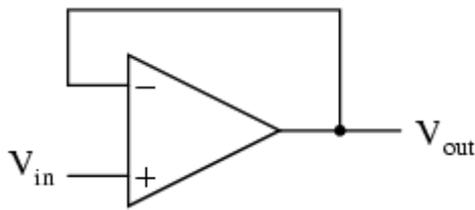
$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \left( \frac{R_F + R_G}{R_G} \right)$$

$$V_{OUT} = V_{IN} \left( 1 + \frac{R_F}{R_G} \right)$$

當  $V_{OUT} = 1$ ，電路便成為一個統一增益緩衝器。 $R_G$  通常會被刪除以獲得相同的結果。當電路省去  $R_F$  時，有些運算放大器會自我破壞，所以  $R_F$  會用於許多緩衝設計。

當  $R_F$  算入緩衝電路，其功能是在電壓太大時保護反相輸入。在電流反饋放大器的設計中， $R_F$  永遠不能從電路中被省去，因為  $R_F$  決定了電流反饋放大器的穩定性。

### 2.2.3 負反饋



如果我們連接運算放大器的輸出到它的反相輸入 (-)，並用電壓信號加諸非反相輸入 (+)，我們會發現，運算放大器的輸出電壓緊緊跟隨該輸入電壓。

隨著  $V_{in}$  的增加， $V_{out}$  將根據微分增益而增加。但是，由於  $V_{out}$  增加，輸出電壓反饋到反相輸入，以減少輸入中的電壓差動，這會令輸出下降。

負反饋就是，把運算放大器的輸出電壓連接到反相輸入，它是形成一個自我穩定系統的關鍵，這種穩定性讓運算放大器可以在其線性模式運作，而不是僅僅完全飽和“開”或“關”，就像當把它用作比較器時一般，沒有任何反饋。

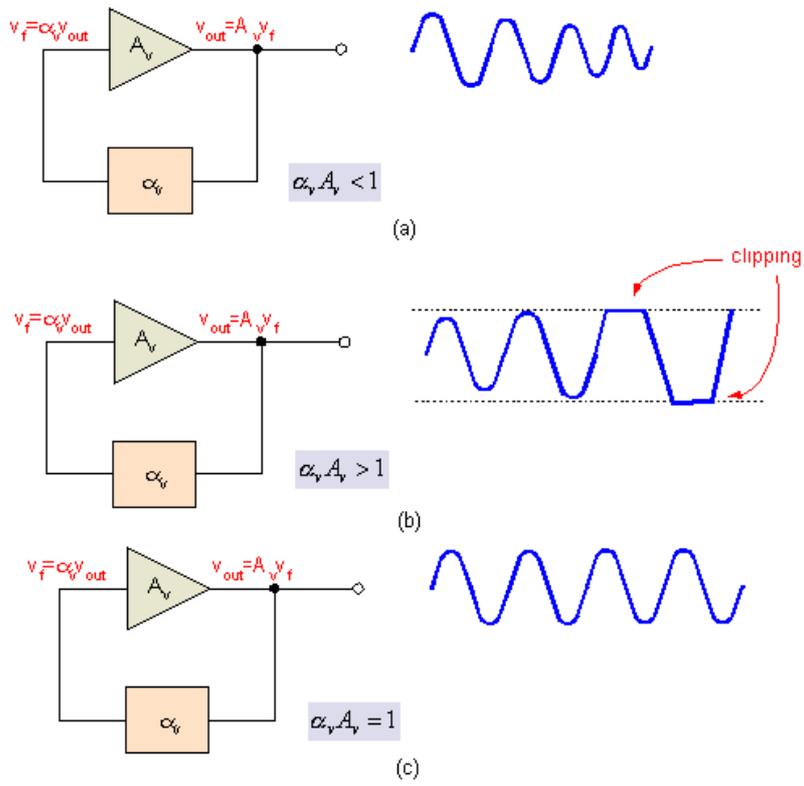
正如我們看到，當用於運算放大器時，負反饋是非常有用的，它令這些實際電路得以建立起來，只需改變少許電阻值，就能夠準確地設定增益、比率，和其他重要參數。負反饋使這些電路穩定和能夠自我糾正。

負反饋的基本原則是，輸出會傾向往平衡的狀態驅動。在沒有反饋的運算放大器電路中，是沒有糾正機制的，輸出電壓會因最小數量的差動輸入電壓而飽和，其結果就是一個比較器。

### 2.2.4 正反饋

當使用正反饋而引致反饋放大器的閉合電路增益大於 1 時，會導致作為振盪器電路的運作。振盪器電路於是提供一個變化的輸出信號。假如輸出信號為正弦波，便會變為正弦波振盪器。假如輸出電壓驟升至某水平然後急降到另一水平，一般而言，它是脈衝或矩形波振盪器。

假如增益小於 1，震動會於數週期後逐漸消失。而假如增益大於 1，振盪器會使它自己達至飽和並切斷，而這是受供應電壓所控制的。當  $V_f$  是反饋電壓， $A_v$  是增電壓，而  $\alpha f$  是反饋衰減。結果如下。



## 2.3 鎖定電路

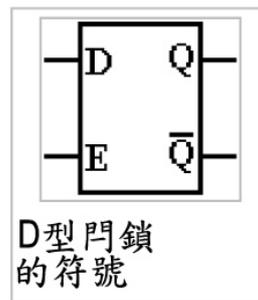
在電子學，閘是一個數據存儲系統，作用是存儲時序邏輯系統的資料。一個閘可以存儲一個位元的信息。

基本的閘共有數種類型，其中包括置'0'置'1'觸發器(S-R閘)和D型閘。

S	R	行動
0	0	限制組合
0	1	Q=0
1	0	Q=1
1	1	保持狀態

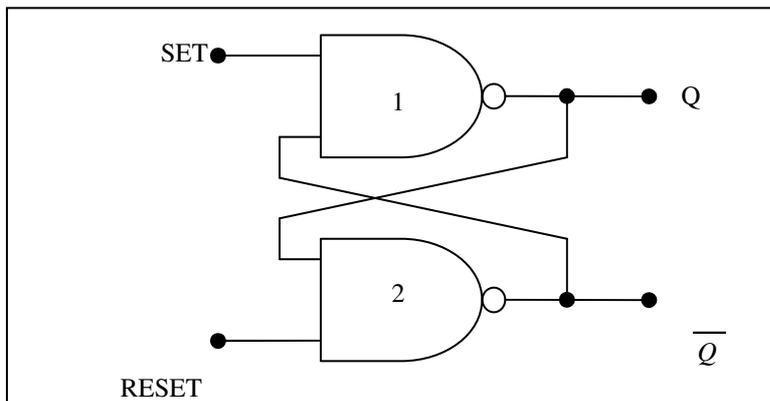


E/C	D	Q <sub>next</sub>	註解
0	X	Q <sub>prev</sub>	不變
1	0	0	重設
1	1	1	設定



大多數觸發器電路可以由兩個「與非」閘或兩個「或非」閘建立，這分別叫作與非」閘閘或「或非」閘閘，兩個「與非」閘交叉連接，使NAND-1的輸出連接NAND-2的其中一個輸入，反之亦然。

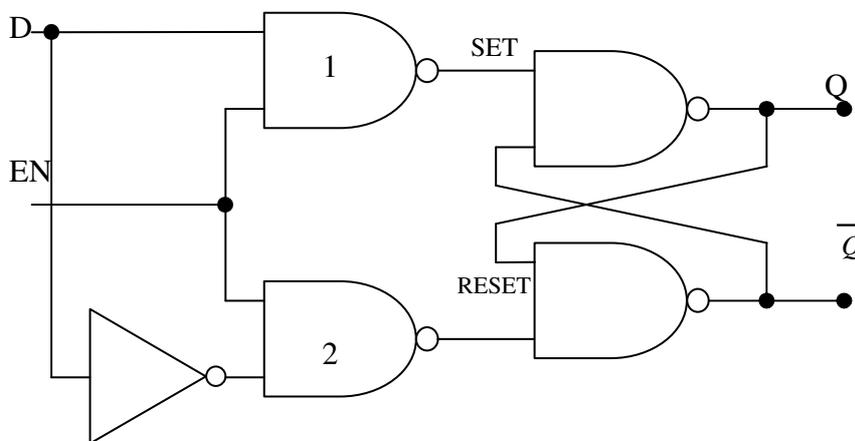
「與非」閘閘有兩種輸入，包括設定和重定，閘的輸出通常為Q和 $\overline{Q}$ ，而「或非」閘閘都是同樣的配置，但使用的是「或非」閘而不是「與非」閘。



「與非」門的操作：

1. 設定=重定=0；這情況嘗試在同一時間設定和清除門，便會產生出  $Q = \overline{Q} = 1$ ，如果輸入同時返回1，產生的狀況是不可預測的，因此，我們不應使用這種輸入方式。
2. 設定=0，重定=1；這將導致輸出到 $Q = 1$ 的狀態，而即使在設定後回到《高》，它仍將繼續保持，這就是「設定」門門。
3. 設定=1，重定=0；這將會產生  $Q = 0$  的狀態，即使重定後回到《高》，輸出仍會保持不變，這就是「清除」或「重置」門門。
4. 設定=重定=1；這種情況是正常的靜止狀態，而且不影響輸出狀態，在這輸入情況， $Q$  和  $\overline{Q}$  輸出將會保持在之前的任何狀態。

D 型門包含「與非」門和「與非」門1和2的導閘，導閘的共同輸入被稱為「賦能」輸入，而不是時鐘輸入，因為它的影響並不限制 $Q$ 和  $\overline{Q}$  輸出只發生在它的過渡之中。



D 型門的操作：

1. 當EN輸入高，D輸入會在「與非」門的設定或重定輸入產生一個低，以致 $Q$ 和 $D$ 達致同一水平，如果當EN輸入高時， $D$ 改變， $Q$ 也會完全地跟著改變。換句話說，當EN輸入=1， $Q$ 輸出將完全和 $D$ 一樣，在這模式下，我們會說D型門是透明的。
2. 當EN輸入低時，需避免 $D$ 輸入影響到「與非」門，因為雙方的導閘輸出都會保持在《高》。因此， $Q$  和  $\overline{Q}$  輸出將留在EN能輸入變低前的水平，換句話說，在EN輸入低時，即使 $D$ 改變，輸出仍會被鎖定到目前的水平。

## 2.4 記憶體與計數器

### 2.4.1 記憶體



### 停 一 停 想 一 想

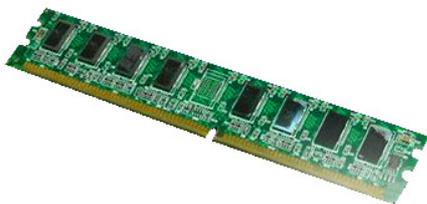
1. 記憶體的作用是什麼？
2. 為什麼在電腦系統內，記憶體是需要的？
3. 在日常生活中，你遇到多少類型的記憶體？

記憶體在數碼系統中是一個非常重要的部分，它在數碼電腦的應用，讓程式和數據得以儲存。此外，它對於組合電路輸出的暫時儲存的是的十分重要的，而這暫時儲存可用在數碼系統之後的運作。

門門是記憶體的基本要素，記憶體有兩種基本的類型：唯讀記憶體(ROM)和隨機存取記憶體(RAM)



唯讀記憶體：數據事先錄製為只能讀取，而且不能被刪除，唯讀記憶體是非易失性的，不論電腦開啟或關閉，它都會把內容記住。大多數個人電腦含有少量唯讀記憶體，它存儲了重要的程式，例如啟動電腦的程式。此外，計算機和週邊設備也會使用唯讀記憶體，例如打印機，它的字體往往都存儲在唯讀記憶體裡。

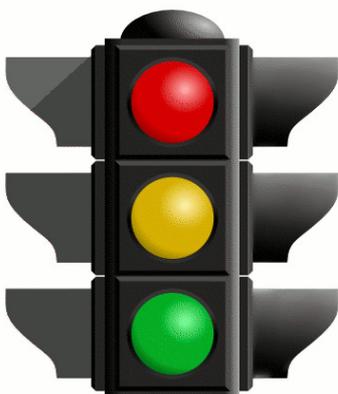


隨機存取記憶體：內容可讀，寫或刪除，沒有電源供應時，它的數據將會失去。隨機存取記憶體通常是電腦的主要存儲器，支持活躍的資料，例如數據和程式，常見的隨機存取記憶體有：靜態內存(SRAM)和動態隨機存儲器(DRAM)。

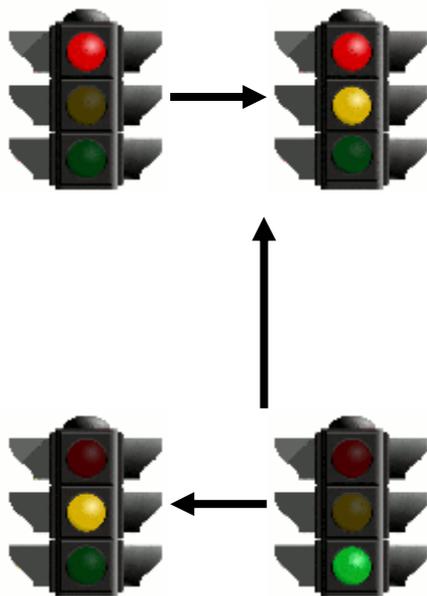


快閃記憶體是非易失性的電腦記憶體，它可以用電來刪除和改編，這項技術主要用於記憶卡。閃存驅動器(USB)，是用於電腦之間和其他數碼產品的一般存儲和數據傳輸，是屬於電子式可清除程式化唯讀記憶體(EEPROM)的一種，可以大方塊進行刪除和編程，應用的實例包括個人數據助理(PDA)、手提電腦、數碼音頻播放器、數碼相機和手機等。

### 2.4.2 計數器

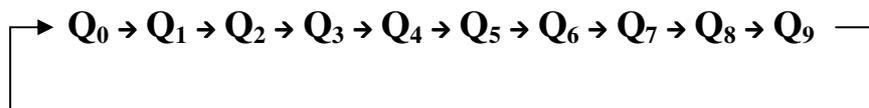


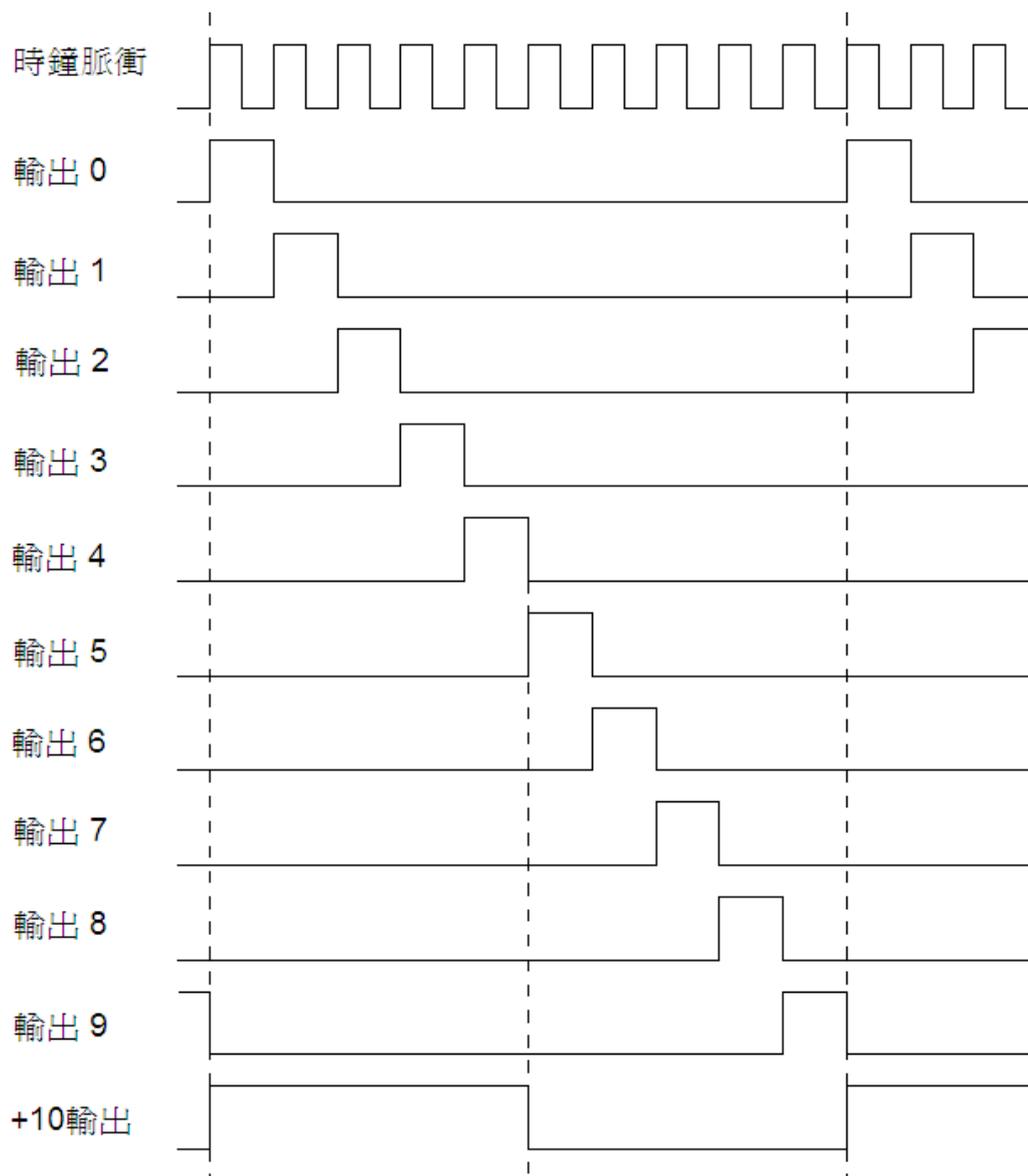
交通燈是個信號裝置，表示應進行駕車或步行。現在讓我們用「計數器」設計一個簡單的交通燈，大家都知道，香港紅綠燈的次序是重覆地由紅色 → 紅色和黃色 → 綠色 → 黃色 → 紅色，如下表。



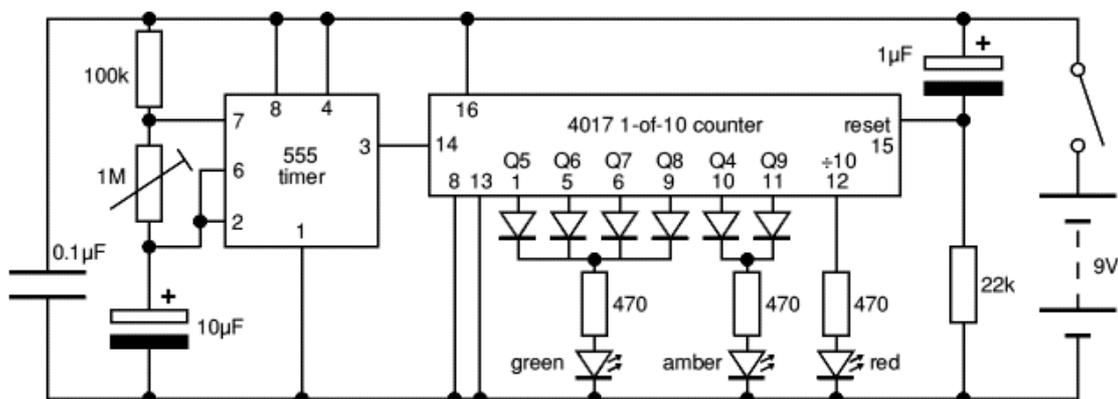
t 計數器輸出	發光二極管開/關次序		
	紅色	黃色	綠色
Q <sub>0</sub>			
Q <sub>1</sub>			
Q <sub>2</sub>			
Q <sub>3</sub>			
Q <sub>4</sub>			
Q <sub>5</sub>			
Q <sub>6</sub>			
Q <sub>7</sub>			
Q <sub>8</sub>			
Q <sub>9</sub>			

當時鐘輸入高時，計數器數值會增大，每個 Q<sub>0</sub> ~ Q<sub>9</sub> 輸出輪流變成高，計數器亦會前進展。





當被時鐘信號觸發，計數器才會前進，使用555穩定電路可提供時鐘脈衝給共有10個輸出（Q0到Q9）的4017計數器，隨著收到時鐘脈衝，每個輸出會輪流變高。

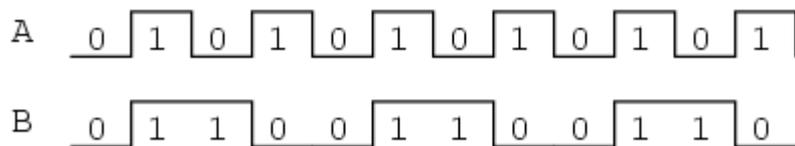
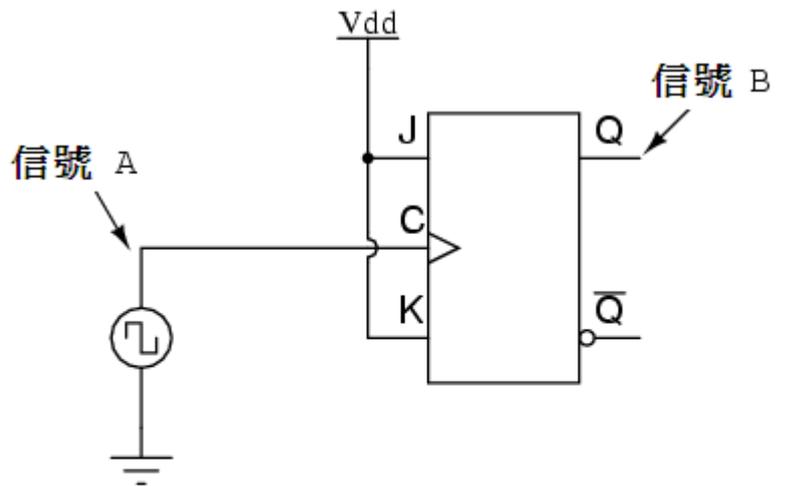


**停 一 停 想 一 想**

1. 為什麼計數器輸出需要一些二極管？
2. 如何提高發光二極管的亮度？
3. 如何減慢時鐘速度？哪個部分決定頻率？

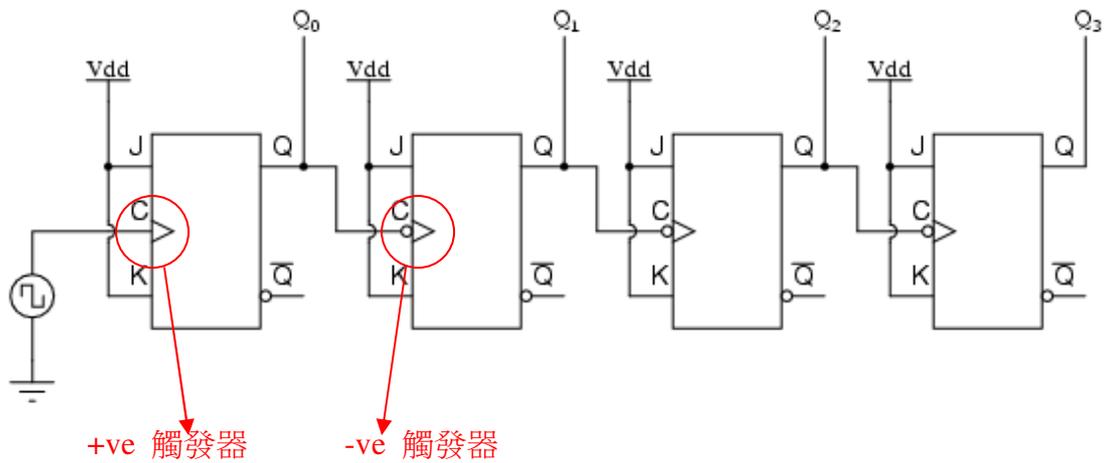
計數器的內部是什麼？

事實上，計數器結合了幾個離散的 J-K 觸發器，當 J 和 K 的輸入都是《高》(1)，並有時鐘脈衝命令時，J-K 觸發器有能力去「觸發」其輸出狀態：

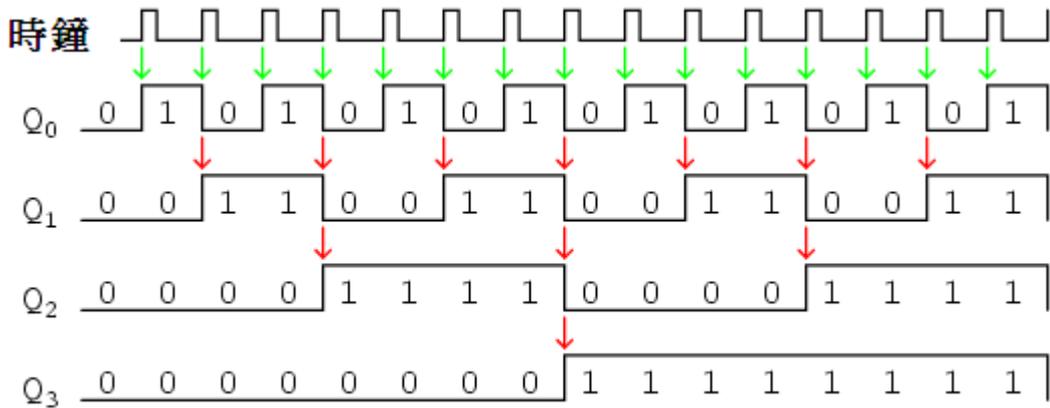


四個 J-K 觸發器連接如上圖通常是處於「觸發」模式，我們需要決定如何以這種方法連接時鐘輸入，以致當先前位元由 1 轉化為 0 時，每個繼後位元都成功觸發。每個觸發器的 Q 輸出會作為最後各自的二進制位及以 4 元位計算。

如果我們使用觸發器負邊緣觸發，我們可以簡單地把每個觸發器的時鐘輸入連接到觸發器之前的 Q 輸出，因而當之前的位元從 1 更改為 0，信號的「下降邊」會“「紀錄」下一個觸發器來觸發下一個位元：



當一個從振盪器的重複脈衝信號源 進行「紀錄」時，這個電路將產生下面的輸出波形：



**停 一 停 想 一 想**

十進計數器需要透過解碼器來將二進制格式解碼到連續的位元。試猜猜 4017 十進計數器最小的 J-K 觸發器是什麼？

## 第三章 一 集成電路，微控制器及界面技術

本章主題包括：

- 3.1 集成電路的種類
- 3.2 可編程系統
- 3.3 微控制器的基本原理

這些主題的學習材料和活動能助你：

- 辨識電子產品常用的集成電路種類
- 了解微控制器的用途
- 使用簡明方塊圖描述微控制器和微控制系統的各個不同的部分
- 說明「匯流排」作為數位系統內的信息傳輸通道
- 解釋軟件操控系統相對於實體操控系統兩者間的利弊
- 應用簡單的介面電路於相關的微控制系統

q

## 3.1 集成電路的種類

### 3.1.1 集成電路的發明

在集成電路 (IC) 未被發明之前，電子產品多以真空管製成。基於真空管的尺寸，較複雜的電子產品的尺寸會相對地較大型，如四十年代的典型電腦需佔用一整間房子的空間，後來人們發明了晶體管，由於晶體管的尺寸較小，大部份的電子產品都以晶體管取代真空管。雖然如此，晶體管的尺寸對於新概念的電子產品(例如電子計算機)來說仍然很大，因此人類一直致力於縮小電子電路的尺寸。在 1958 至 1959 年期間，兩名工程師傑克·基爾比 (Jack Kilby) 及羅伯特·諾宜斯 (Robert Noyce) 終於把問題解決了。

有趣的是當時他們都各自研究，不知各自對方的研究活動，然而，兩者都研究得出了一樣的解決方案——即將整個電路，譬如電晶體、電線等所有東西都放在矽片中，這就是我們今天所說的集成電路。傑克於 1958 年在德州儀器公司擔任工程師一職，而羅伯特則於 1957 年在與其他人在共同創辦的快捷半導體公司中擔任研究工程師。並於 1961 年，快捷半導體公發佈了第一款商用集成電路，接著在 1968 年，羅伯特與其他人共同創辦了英特爾公司，即現今所有桌上電腦均採用的微處理器的研發公司。

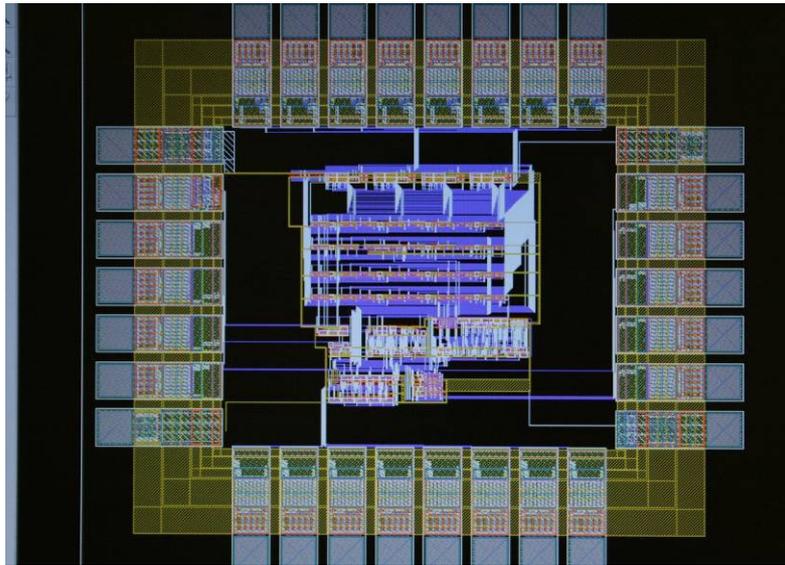
### 內 容 特 寫

集成電路是由以千或百萬計微小的組件組成的，其中包括電阻器、電容器及晶體管組成的半導體晶片。

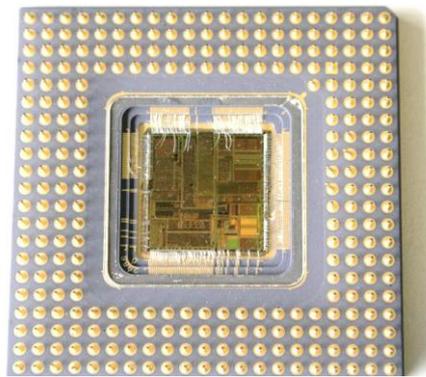
如今，我們可以用電腦來把電路圖放於集成電路上：



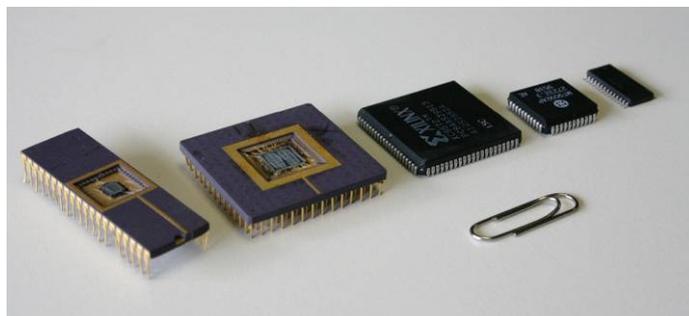
電腦能以平面格式來表示如金屬、氧化物或半導體層在集成電路上的設計及鋪排：



集成電路被組裝及測試後，用作裝嵌電路的晶圓會被附加於集成電路封裝的基層，然後以精細的鋁(或金)線焊接至封裝上：



集成電路是安裝於晶片上的一個完整電路



集成電路的不同包裝外貌

自集成電路發明後，它

- 締造了很多新產品發展的可能性，如個人電子手帳、個人電腦及電子遊戲機
- 改善了很多現有產品的設計，如電視機，收音機及高精確度器械

集成電路是

- 被認為人類最重要的革新之一
- 被採用於大部份現代產品

## 停 一 停 想 一 想

假如沒有了集成電路，我們的生活會有怎樣的的不同?

1. 現今所用的電子產品，哪些包含了集成電路？
2. 假如沒有了集成電路，哪些產品將不會存在？
3. 假如集成電路沒有被發明，我們的生活將如何受影響。

### 3.1.2 不同種類的集成電路

#### (1) 以功能分類集成電路

集成電路內的微小組件可以在裝嵌集成電路時

- 連接成電路以執行功能
- 不連接成集成電路以執行不同有用的功能，在這情況下，集成電路的功能可以在裝嵌後才被程式化 (詳閱 3.2節可編程系統)

在商業世界裡，集成電路可被裝嵌以執行下列功能：

- **邏輯門**

附有邏輯門的集成電路，如「與」門(例如 7408 是四二輸入端「與」門)、「或」門(例如 7432 是四二輸入端「或」門)及「非與」門(例如 7400 是四二輸入端「非與」門)。(詳閱第 2 章的邏輯門)。

- **運算放大器**

例如，741 是一般用途的運算放大器集成電路家族。(詳閱第 2 章的運算放大器)。

- **計時器**

這些是幫助記錄時間的電路。當中 555 是最廣泛使用的計時集成電路之一，它容許使用者以下列不同記錄時間的模式來運作：

- ◆ 單穩態模式：555 作一次性的運作，即短時間內一次過存在的脈衝
  - ◆ 自由運轉模式：555 作振盪器運作，以週期性顯示時間
  - ◆ 雙穩態模式：555 以兩種穩態模式的其中一種來運作
- **模擬開關**  
集成電路的操作就如繼電器般，但它用的是晶體管而非活動部件(例如 4016 是四分雙向開關)，跟繼電器相比，它允許更小的電流通過而且不提供電分隔。(詳閱第一章)
  - **記憶體**  
集成電路用作儲存資料，如隨機存取記憶體(RAM) 及唯讀記憶體(ROM)。(詳閱第 2.4 節)
  - **微控制器**  
集成電路裡包含微型化的電腦，我們將於3.3 節作更深入的探討。例子包括 8051, PIC及自動化程式管理。

## 停 一 停 想 一 想

從互聯網索尋：

1. 以上提及過的集成電路零件號碼 (例如 741, 555) 的數據表及應用電路圖的例子
2. 更多商用集成電路的功能

### (2) 以複雜性分類集成電路

隨著科技日新月異，人類能把更多電子組件放在同一晶片上，而整合的複雜性及程度均以每晶片上電子組件數量作衡量單位，是用作分類集成電路的指標。以下列表綜合了不同程度的整合：

## 集成電路複雜性的分類

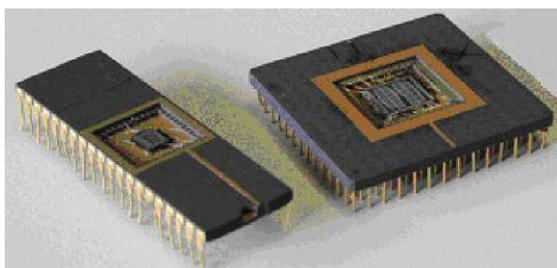
種類	代表	每晶片上電子組件數量	例子
SSI	小規模集成	≤ 100	邏輯門
MSI	中規模集成	100 to 3,000	計算器
LSI	大規模集成	3,000 to 100,000	模數轉換，數模轉換
VLSI	甚大規模集成	100,000 to 1,000,000	微控制器
ULSI	超大規模集成	> 1 百萬	微處理器 雙核心微處理器

超大規模集成電路是指複雜程度多於一百萬的集成電路，但人類經常以甚大規模集成電路來描述超大規模集成電路。

### (3) 以封裝分類集成電路

在集成電路組裝及測試過後，用作裝嵌電路的晶圓，在出售前會被附加於集成電路封裝內。這個封裝可以避免晶圓受到外來力或濕氣破壞；它亦可以避免矽晶片被各種的化學物質腐蝕。以下是最常見的兩款集成電路封裝：

#### (a) 通孔封裝



通孔封裝的例子

通孔封裝上的針讓我們可以把它插入印刷電路板上的鑽孔，然後焊錫到印刷電路板上的另一面的墊。相比於表面裝配封裝，插入鑽孔及墊焊接可提供更強的機械結合。不過，額外的鑽孔會增加生產成本，同時亦會減少信號描跡的打槽面積。

(b)

**表面裝配封裝**

表面裝配封裝的例子

由於表面裝配封裝的表面沒有或只有小塊的鉛，所以它

1. 通常比它對應的通孔封裝細小
2. 可以直接附於印刷電路板表面的墊，從而節省了印刷電路板上鑽孔的空間及勞力
3. 無須在印刷電路板鑽孔，並可於印刷電路板的任何一面裝配

因此，它讓我們能製造出高電路密度的印刷電路板。另外，現今大部份電子產品所均採用表面裝配封裝以取代通孔封裝。

**(4) 以信號處理分類集成電路**

集成電路亦可以根據它們處理的信號種類被分為模擬(線性)、數碼或混合信號(模擬和數碼在一個晶片上)。更具體來說:

- 數碼集成電路只在少部份定義了的邏輯程度或狀態下運作，一般只有兩個狀態，即低或高。邏輯門、觸發器、記憶體及微控制器都是常見的數碼集成電路。(詳閱第 2 章有關數碼之解釋)
- 模擬集成電路所連續的可變輸出是輸入信號程度的線性函數，計算放大器及感應器是兩種常見的模擬集成電路。(詳閱第 2 章有關模擬之解釋)

有很多邏輯家族將原本生產及市面流通視為獨立分離組件，而每件組件包含一件或小量與基本邏輯功能有關的組件，例如「非與」門或門。這些分離的組件可以作為建立系統的基礎構件——即把數個這些構件互相連繫成一個電子產品。隨著科技發展，我們現在可以製造高度整合的集成電路，例如微控制器或其他更具複雜功能的控制器。自發明高度整合的集成電路後，部份邏輯家族亦被當作是一個基礎構件來建立具邏輯功能的高整合度集成電路。以下數段將說明晶體管-晶體管邏輯及互補金屬氧化物半導體的特徵。

讓我們先看看晶體管-晶體管邏輯，正如它的名字，晶體管-晶體管邏輯就是邏輯設備的一個族類，它所有的邏輯電路都是只由晶體管及電阻器組成，包括邏輯門、計數器、門及

記憶體。雖然，晶體管-晶體管邏輯的內部電路設計的研究超越了本科的電子選修單元範疇，不過以下有關晶體管-晶體管邏輯的特徵仍然值得學習的。

- **供電**

普通晶體管-晶體管邏輯電路需要 5V 以保持運作正常。

- **輸入電壓**

輸入信號的電壓必須在指定的範圍內，才能被晶體管-晶體管邏輯識別其輸入為邏輯「低」或邏輯「高」。

	邏輯「低」	邏輯「高」
電壓範圍	0 伏特 至 0.8 伏特 (地面)	2.0 伏特 至 5 伏特 (地面)

- **輸入電流**

為了令晶體管 - 晶體管邏輯保有相應的邏輯程度，小量的電流會流出。(注意：邏輯「低」及邏輯「高」的電流方向是相反的。) 流出的總電流必須少於前階段的容量範圍內，這限制了可以連接到一個晶體管-晶體管邏輯輸出節點的數量。

	邏輯「低」	邏輯「高」
輸入電流	< 1.6毫安 (從晶體管-晶體管邏輯 的輸入流出)	> 0.04毫安 (從晶體管-晶體管邏輯 的輸入流入)

- **輸出電流**

當晶體管-晶體管邏輯的輸出是正常運作：

- ◆ 假如是在邏輯「高」的狀態，其輸出電流最少應為 0.4mA，而地面電壓則維持至少 2.4 V
- ◆ 假如是在邏輯「低」的狀態，其輸出電流應達為 16mA，而地面電壓則維持不多於 0.4 V

- **輸出電壓**

當晶體管-晶體管邏輯正常運作時，它的輸出信號應為下表所列的範圍之內。可是，假如晶體管-晶體管邏輯輸出連接了節點，而節點的電流超出了輸出電流的限制，則輸出電壓將會超出下表所列的範圍。

	邏輯「低」	邏輯「高」
電壓範圍	0 V 至 0.4 V (地面)	2.4 V 至 5 V (地面)

晶體管-晶體管邏輯電路是其中一個常用的集成電路。因此，其他集成電路及電子儀器的信號輸入及輸出經常被稱為「晶體管-晶體管邏輯」輸入及輸出以強調它們的電壓及電流水平是相容的。

以下是互補金屬氧化物半導體設備的重要特徵：

- ◆ 高嘈音隔離 (即是確保設備不被不必要的信號影響下正常運作的能力)
- ◆ 低能量消耗但卻提升了轉換的頻率 (即是邏輯狀態於「高」及「低」轉換的頻率)
- ◆ 容許晶片上的高密度邏輯運作
- ◆ 廣泛用於高複雜性的數碼集成電路 (例如微處理器及微控制器)，模擬電路(例如
- ◆ 圖像感應器、運算放大器及射頻應用)及混合信號應用(例如模擬數字轉換)

## 停 一 停 想 一 想

### 不同的集成電路有甚麼用處？

1. 找尋一件日常電子產品然後把它拆卸 (例如圖示的磨豆漿器或 ” PlayStation” 的 “Wiimote” )。



2. 從你認為在其他電子產品中最常見的集成電路類別中，選擇三個集成電路。

3. 你挑選的集成電路是屬於哪個類別？你可以將每一個集成電路分為多於一項類別。[備注：你可從互聯網上搜索數據表以描述你所選擇的集成電路的功用及特徵]
4. 猜想哪一款集成電路在同學的列表中最常見？然後猜想它的用途。

## 3.2 可編程系統

### 3.2.1 可編程邏輯器件

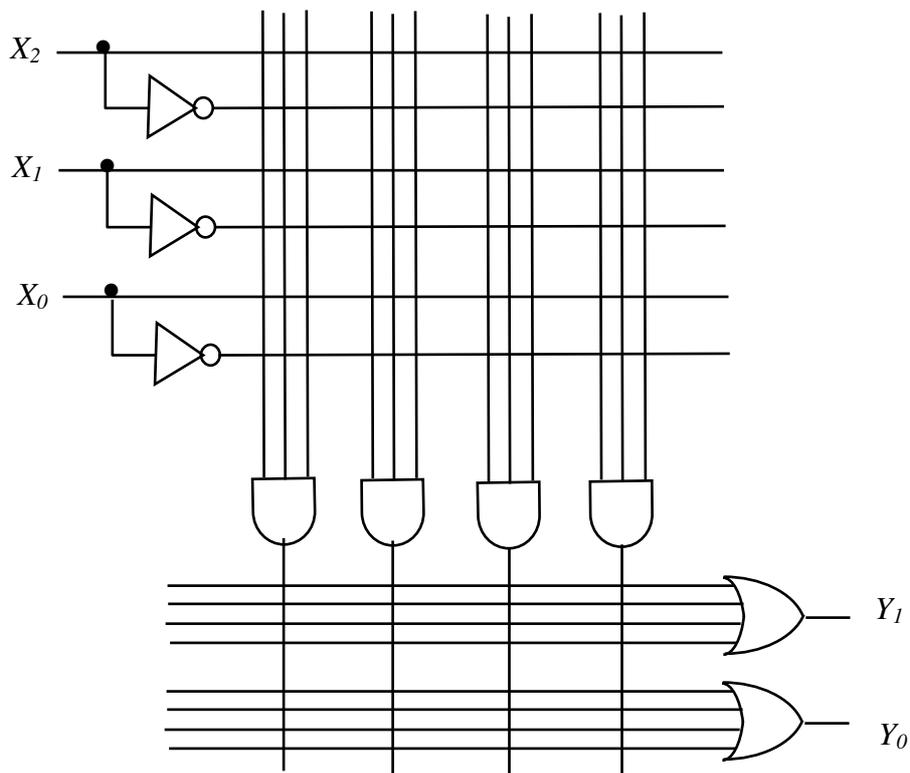
在發明集成電路後，人類以它為基礎，發明了很多新的電子產品。在設計一個新的電子產品時，電子工程師會根據電子產品的預期功能來編製概念性電路設計，然後，概念性的電路設計便可以進行測試，以確定它是否會如預期般運作。

測試概念性電路的傳統方法是建立電路，然後測試其功能，並繼續修改電路的設計和再進行測試，直到它如預期運作，然而，利用這種方式來建立一個電路是相當困難的，尤其如果電路包括十多個組件時，此外，有很大機會，讓錯誤造就了大量互連線及須修改這互連線的狀況。因此，發明可編程邏輯裝置的目的，是為了大大減少互連線和使設計的電子電路更容易變更。

#### (1) 可編程邏輯陣列

我們將以可編程陣列(PLA) 作為可編程邏輯設備的例子，並用它來解釋如何編程。

可編程陣列的作用是讓設計人員實施布爾函數(Boolean functions)。每個可編程陣列包括一系列的邏輯門，以及邏輯門之間若干可編程的互聯。以下圖表顯示了未編程的三輸入( $X_2, X_1, X_0$ )兩輸出( $Y_1, Y_0$ ) 可編程陣列。



在為可編程陣列編程前，縱向電線和橫向電線之間並沒有任何電力聯繫。我們將使用以下例子來說明當我們使用可編程陣列來執行布爾方程時，如何能指定互聯。

例子：利用三輸入兩輸出可編程陣列，以真值表來設計執行指定布爾方程的邏輯電路：

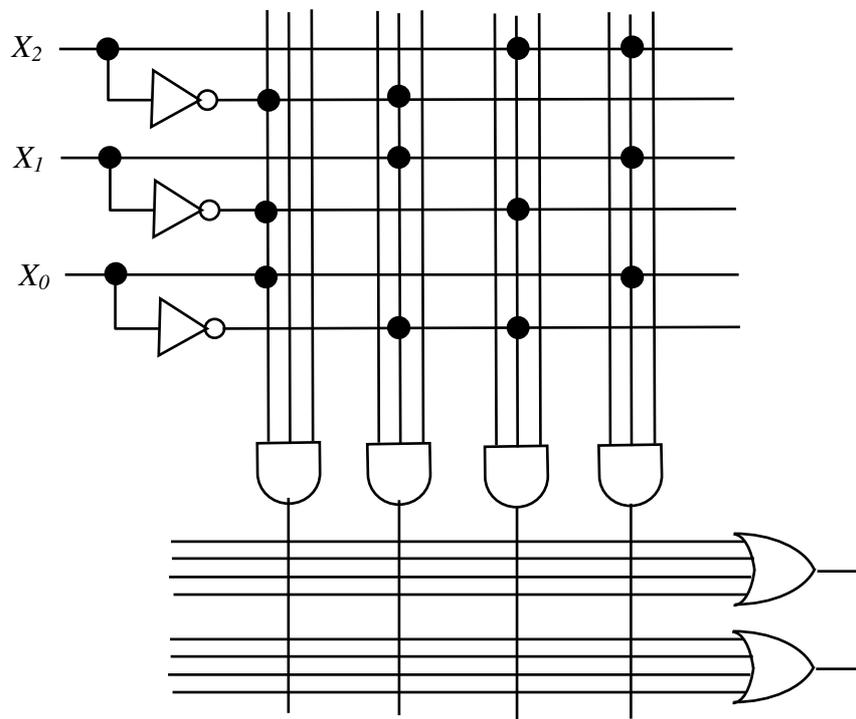
$X_2$	$X_1$	$X_0$	$S$
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

解決方案：

在我們說明如何使用互聯來執行一個布爾方程前，讓我們研究可編程陣列第一部份的結構。它可以很容易理解，假設頂端的電線是 $X_2$ ， $X_1$  和  $X_0$ ，那麼下方的電線也就是它們的對立， $\overline{X_2}$ ， $\overline{X_1}$ ， $\overline{X_0}$ 。



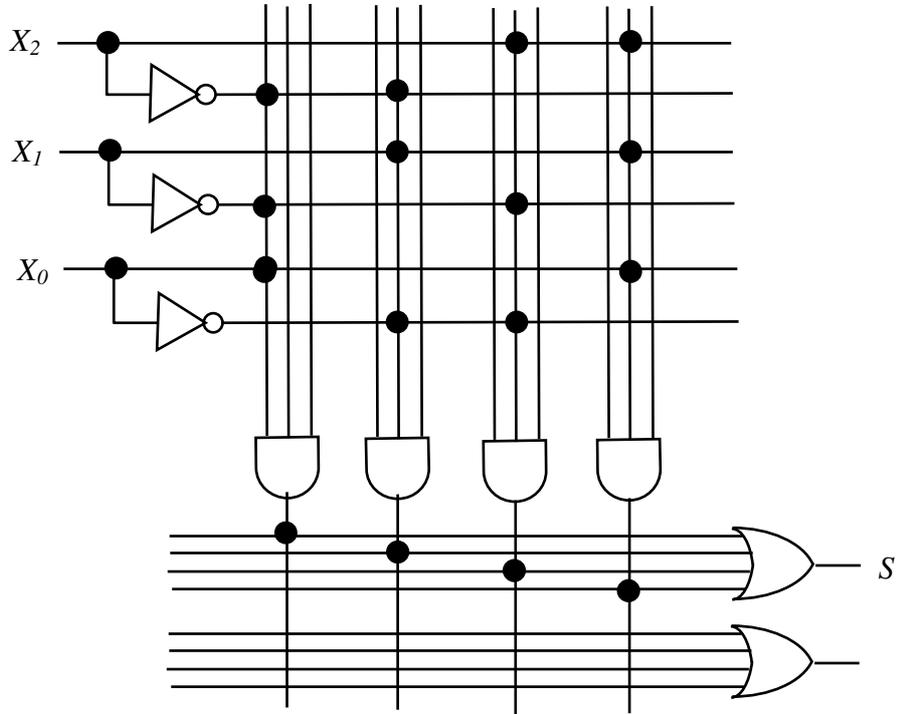
然後讓我們研究可編程陣列其餘部份的結構。



黑點代表互相聯繫的地方。實際上，為可編程陣列「編程」是指把這些黑點的位置具體化。添置黑點後，「與」門的輸出結果分別是

- 第一道「與」門（左邊）是： $\overline{X_2} \overline{X_1} X_0$
- 第二道「與」門（左起）是： $\overline{X_2} X_1 \overline{X_0}$
- 第三道「與」門（左起）是： $\overline{X_2} \overline{X_1} \overline{X_0}$
- 第四道「與」門（左起）是： $X_2 X_1 X_0$

接下來，讓我們使用橫向電線連接上述四道邏輯門及新添加的「或」門。



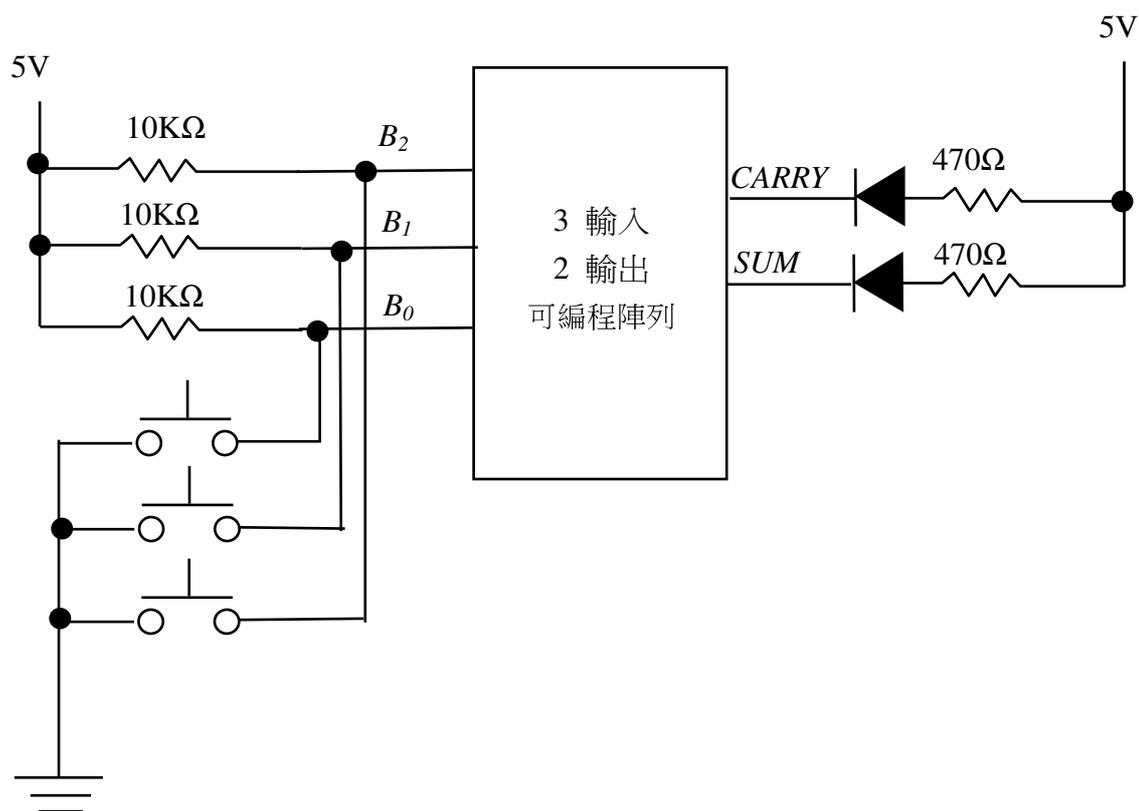
**練習：**利用三輸入兩輸出的可編程陣列，設計邏輯電路以實現指定的布爾方程真值表：

$X_2$	$X_1$	$X_0$	$C$
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

**例子：**利用三輸入兩輸出的可編程陣列，設計一個三位元全加法器 (full-adder)，這三位元包括  $B_0$ 、 $B_1$  和  $B_2$ 。另外計算它們的和以產生一個  $SUM$  及 一個  $CARRY$  輸出。注意：你可參考下列真值表以得知全加法器的實際功能：

$B_2$	$B_1$	$B_0$	$CARRY$	$SUM$
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

**解決方案：**我們可以從上述真值表注意到，我們已經使用了三輸入兩輸出的可編程陣列來執行所需的布爾方程。因此，我們可以為可編程陣列編程，並把它如下圖放置於電路：



上述顯示了增加三位元輸入加於兩個發光二極管時的結果，這只簡略地說明了非常簡單的電腦設計。在現實中，我們可以使用可編程邏輯零件配合數千甚或更多道邏輯門來設計一個複雜的集成電路，如電腦晶片，即是微控制器。

### 3.2.2 微控制器作為一個多用途的可編程集成電路

微控制器是另一種可編程集成電路的類型。如其他可編程邏輯零件，微控制器可以進行編程以執行不同功能。微控制器以一套子任務或指示來控制其運作方式，然後讓用戶從這些指示編寫程式。微控制器的詳情將在下一節（第3.3節）提及。

### 3.3 微控制器的基本原理

#### 3.3.1 使用微控制器

微控制器是一種裝配在一個晶片上的微型電腦，它可在各種日常生活中使用的電子產品找到。以下展示了其中的一些例子：



應用了微控制器的日常電子產品的例子

#### 內 容 特 寫

##### 甚麼是微控制器？

微控制器是一個集成電路，它包含了能自給自足及具成本效益地運作的電路，有如一台微型電腦一樣，與通用電腦不同的是，微控制器通常有專門的任務，如控制某特定的系統。

#### 停 一 停 想 一 想

##### 你今天使用了多少個微控制器呢？

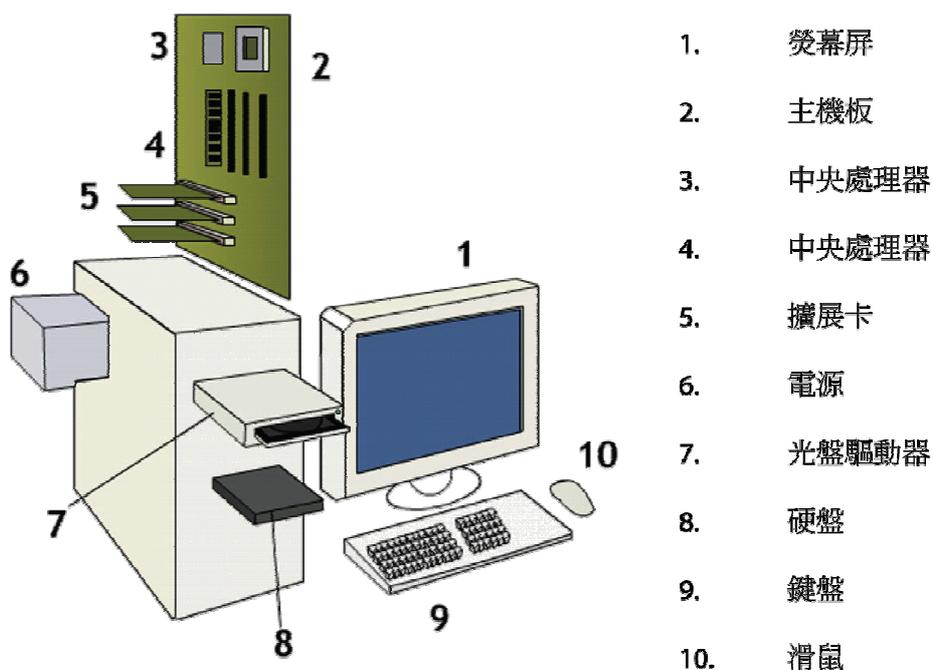
1. 算一算在一天中，把您所接觸到具備微控制器的器材列一份清單。
2. 從清單中選擇一件器材，並說明它的功能。試想想微控制器在這件器材起了甚麼作用。

### 3.3.2 微控制器系統及個人電腦的相似部分

微控制器是一個單一晶片的電腦，那麼，電腦內有甚麼呢？所有的電腦，包括個人電腦，大型電腦或微控制器，都有幾個共同點：

- 電腦具有中央處理器來執行程序，當你利用個人電腦瀏覽互聯網時，中央處理器其實正執行一項程式讓瀏覽器顯示該網頁
- 中央處理器從次級記憶體(如硬盤)載入瀏覽器程式
- 電腦有一些主記憶體，如隨機存取記憶體，可以儲存電腦準備執行的瀏覽器程式
- 電腦具有一定的輸入和輸出設備，使它在程式執行期間能與人和外界溝通。在你的電腦中，鍵盤和滑鼠是輸入設備，而顯示器和打印機則是輸出設備。

下圖展示一部現代個人電腦的分解圖面：

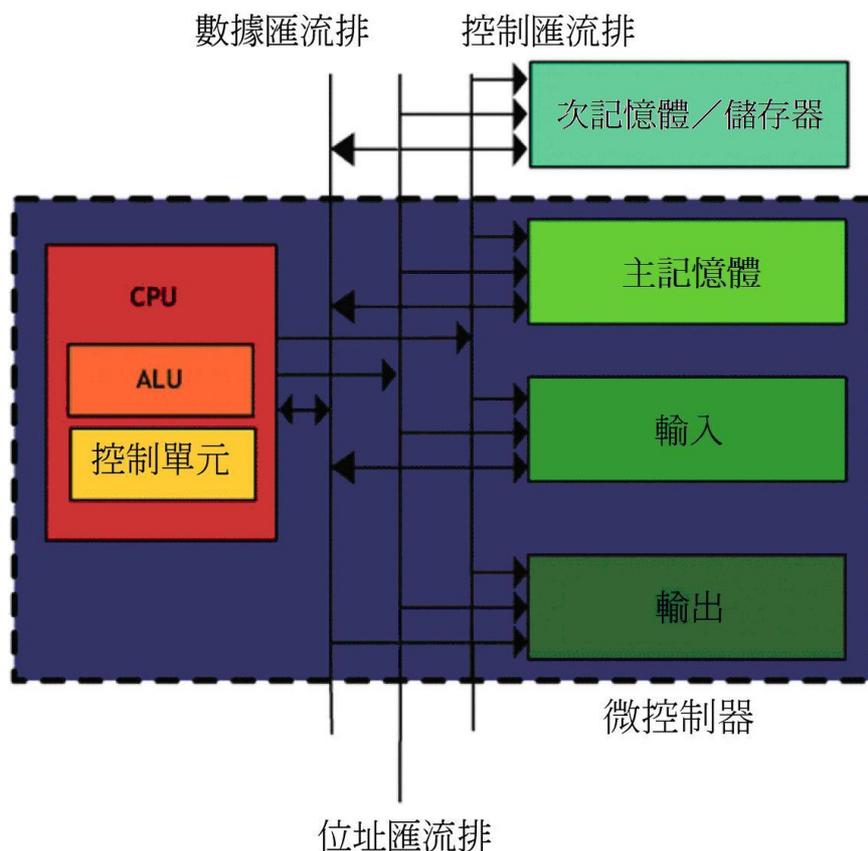


### 停 一 停 想 一 想

1. 個人電腦的哪部分可相對於中央處理器、記憶體、輸入和輸出設備？
2. 人體的哪部分可相對於電腦的四個組成部分？(即中央處理器、記憶體、輸入和輸出設備)

### 3.3.3 電腦系統的信息傳輸

下面的框圖顯示了不同類型電腦的主要部件，如個人電腦、大型電腦或微控制器。虛線長方形包圍的部分一般整合於一個微控制器之內。



微控制器的主要組成部分

#### 中央處理器：

- 由兩部分組成，控制單元和算術及邏輯運算單元 (ALU)；控制單元解讀並執行程式中的指令，而算術及邏輯運算單元則執行程式中所需要的算術和邏輯操作
- 程式是所需要執行任務的一系列操作
- 控制單元執行儲存在主記憶體內的程式，並以順序的方式執行程式中的指令

#### 主記憶體：

- 用於存儲程式和與程式有關連數據值的高速半導體記憶體
- 直接由微處理器存取，它有兩個主要類型，唯讀記憶體 (ROM) 和隨機存取記憶體 (RAM)
- 唯讀記憶體僅儲存永久不變的程式和數據
- 隨機存取記憶體是作短暫儲存程式及在程式執行中可變的數據

### 次記憶體／儲存器：

- 所需要的存儲數據必須先複製至主記憶體才可給予中央處理器存取信息及處理
- 又稱為大容量存儲設備，例如通常有很大存儲量及相對低廉成本的硬盤

### 輸入/輸出單元：

- 包含需要的接口電路，使輸入/輸出設備能妥善與電腦及週邊裝置溝通
- 輸入設備包括有鍵盤、圖像掃描器、滑鼠等
- 輸出設備包括有打印機、繪圖器、顯示器等

### 匯流排系統

- 電腦各個部份之間是透過一套稱為匯流排的通信子系統來傳達信息的
- 實際上，電腦匯流排可分為三組的信號：

#### 數據匯流排

- 使數據在單元之間傳送的一組線路，由於數據可以流入或流出中央處理器，所以信號是雙向的

-

#### 位址匯流排

- 送出二進制代碼（位址），以確定用作內存的位置的一組線路，由於地址只能由中央處理器發布，所以信號是單向的

-

#### 控制匯流排

- 一組特殊信號，用以統籌各個單元的活動，每種類型的中央處理器都有各自的一套特定信號，8 元位中央處理器有 8 位數據匯流排和通常有 16 位位址匯流排，使它們能夠處理 64 千字節(216)內存位置

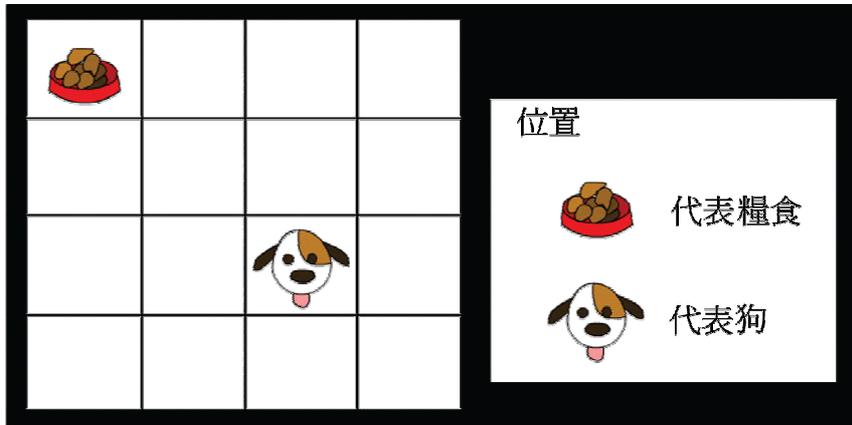
### 3.3.4 微控制器編程

#### (1) 電腦程式是甚麼？

為了說明甚麼是電腦程式，讓我們考察一個裝置於一只可編程的機器人(狗兒)的微控制器。以下是該微控制器能夠執行的一些指令：

指令	解釋
向前	向前移一步
向後	向後移一步
轉向	向左轉 90 度

現在，狗兒在以下迷宮的位置：



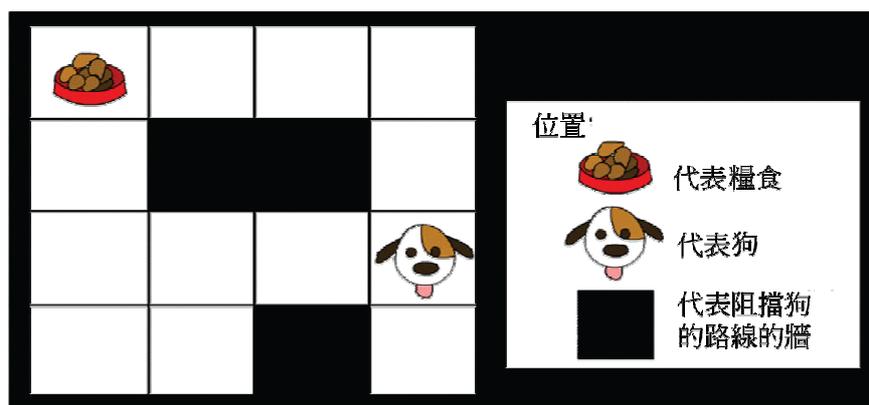
如果狗兒內的微控制器執行下列程式，它便會控制狗兒從目前的位置走近食物：

- 向前
- 向前
- 轉向
- 轉向
- 轉向
- 向前
- 向前

內 容 特 寫
<p><b>甚麼是電腦程式？</b></p> <p>電腦程式是一組指令，它描述了由電腦執行的一個任務或一組任務。電腦程式被載入到記憶體中，然後逐一執行，直至終結。</p>

**(2) 決策指令**

假設狗兒現在位於一個更複雜的迷宮，如下圖所示：



**停 一 停 想 一 想**

如果由相同的程式控制那隻狗兒，它還可以得到食物嗎？

我們認為狗兒不夠聰明，因此，在程式中新添了一項可用的指令，使它能夠檢查其前進道路是否被牆阻礙。

指令	解釋
向前	向前移一步
向後	向後移一步
轉向	向左轉 90 度
牆?	檢查其前進道路是否被牆阻礙

「牆?」屬於一種稱為決策類型的指令。它可以讓電腦來決定如何走下一步。

**停 一 停 想 一 想**

假設狗兒只能用「牆?」指令來檢查其前進道路是否被阻礙，設計一個程式來控制狗兒，使它從目前的位置走近食物。

### 3.3.5 簡單介面

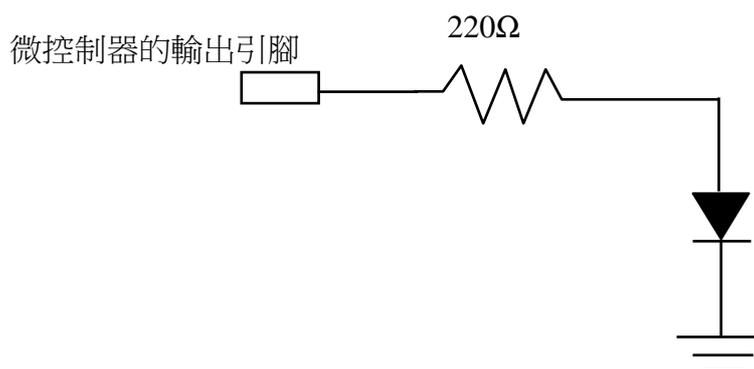
在上一節，我們比較了人體與電腦，也認識了各個人體部份跟電腦四個部份的相對地方，即中央處理器、記憶體、輸入和輸出設備。人類可以互相溝通，如微控制器為本的系統也能夠相互溝通或跟人類溝通，相信是很有趣的。在本節，我們將使用一些簡單的例子來說明微控制為本的系統如何能設計到可以相互或與人類說話和聆聽。

#### (1) 微控制器系統如何能說話？

人能說話，微控制器為本的系統如何跟我們說話呢？

#### 例子：發光二極管的開與關 (數碼輸出)

在下圖顯示的數字輸出電路中，微控制器採用了輸出引腳來設定發光二極管的開與關：



以下是偽代碼，說明我們的程式如何令發光二極管每三秒開關一次。

```

循環
    把輸出引腳設定為高
    等候 1/3 秒
    把輸出引腳設定為低
    等候 1/3 秒
循環 終結

```

根據不同微控制器為本的系統的需要，我們可以附加一個合適的信息，以決定二極管的開及關狀態。例如，在一個交通燈系統，我們附設了停止的信號，使導致紅燈處開啟狀態；而前進的信號則導致綠燈處開啟狀態，讓行人可依照交通燈系統的信號，何時停止及前進。

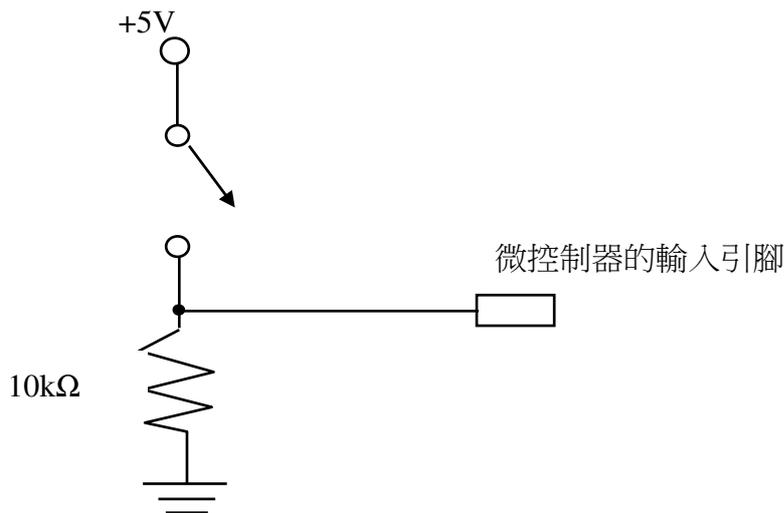
開啟和關閉狀態的模式，需要多少發光二極管的和如何組織它們（例如，一個 7 段發光二極管矩陣），將將取決於微控制器為本的系統特定應用的需求。此外，對於某些應用，以其他組件（如液晶顯示器）來表達信號可能會更好。

## (2) 微控制器系統如何能聆聽？

人可以聆聽，那麼微控制器系統是如何聆聽？

### 例子：感應按鈕的開或關

你需要三個連接數字輸入到微控制器：電源開啟的一方、微控制器另一邊的開關及接地連接。從下面的示意圖，可以看到如果開關是處關閉狀態時，微控制器的輸入便連接到 +5 伏特（或高）；如果開關是處開啟狀態時，它便不是了。



以下的偽代碼，顯示了我們的程式如何使微控制器讀取開關信息：

```

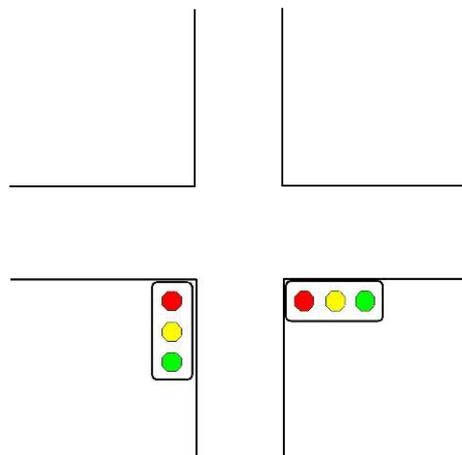
循環
  檢查引腳是高或低
  假如引腳狀態為高
    執行某些指令
  假如 終結
循環 終結
  
```

跟說話的情況相似，我們可以附加一個合適的信息以設定開關的開啟狀態及關閉狀態。按微控制器為本的系統特定應用的需求，可設定開啟狀態和關閉狀態的模式（例如：摩斯密碼或當今推動全球無線通信系統的編碼系統，如 3G 網絡），所需要的位元多少及組織

(如串聯或並行)。此外，以其他組件（如光傳感器，數碼相機內的電荷耦合器件）來收集信號可能會更好。

### 例子 一：交通燈控制器

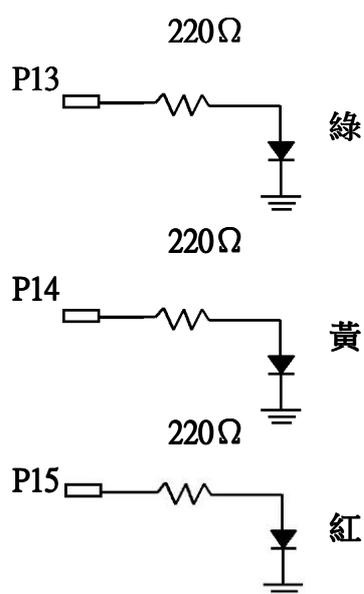
下圖的路口設有兩盞交通燈，分別控制橫向及縱向的交通



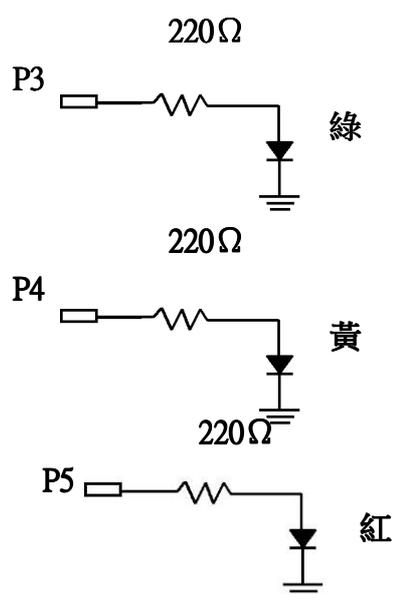
下面的圖表顯示使用輸出引腳 P13, P14, P15, P3, P4 及 P5 來控制交通燈的介面電路。

「注意如我們使用發光二極管代表交通燈，與一盞真正的交通燈和介面電路的特點和請求有甚麼區別？」

縱向交通燈



橫向交通燈



以下的程式讓縱向交通先流動三十秒，然後轉至十秒黃燈，繼而四十秒紅燈。當縱向交通是紅燈時，橫向交通設置為三十秒的綠燈，十秒黃燈，然後四十秒紅燈。

「注意，我們必須確保沒有兩個紅燈同一時間開啟。」

循環

把輸出引腳 13 設定為高  
把輸出引腳 5 設定為高  
等候 30 秒

把輸出引腳 13 設定為低  
把輸出引腳 14 設定為高  
等候 10 秒

把輸出引腳 14 設定為低  
把輸出引腳 5 設定為低  
把輸出引腳 15 設定為高  
把輸出引腳 3 設定為高  
等候 30 秒

把輸出引腳 3 設定為低  
把輸出引腳 4 設定為高  
等候 10 秒  
把輸出引腳 4 設定為低  
把輸出引腳 15 設定為低

循環 終結

## 例子 二：傳感器為本的交通燈控制器

有些交通燈控制器具有傳感器，它們藏在行人路下，以感應是否有車在紅燈前等待。我們將修改交通燈控制器，使縱向交通任何時候都能看到綠燈，直到傳感器（開關連接到輸入引腳 P8 作出模擬）感應到「高」時，我們將啟動一連串的燈號，讓橫向交通流動。

循環

把輸出引腳 13 設定為高  
把輸出引腳 5 設定為高  
假如(P8=1)然後

等候 30 秒

把輸出引腳 13 設定為低  
把輸出引腳 14 設定為高  
等候 10 秒

把輸出引腳 15 設定為高  
把輸出引腳 3 設定為高  
等候 30 秒

把輸出引腳 3 設定為低  
把輸出引腳 4 設定為高  
等候 10 秒

把輸出引腳 4 設定為低  
把輸出引腳 15 設定為低

假如 終結

循環 終結

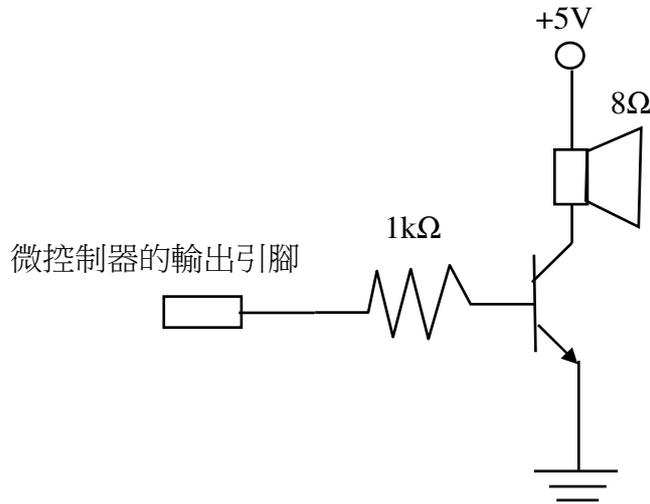
### (3) 周邊裝置

周邊裝置（如操縱桿，打印機和掃描器）是一種硬件，可以添加到微控制器為本的系統，以擴大其能力。它通常以某種匯排流形式來連接到微控制器。

這些構成輸入和輸出的設備被稱為周邊裝置，因為它們是微控制器的外部裝置。最重要的方面是周邊裝置的接口，微控制器接口的目標是確保它及周邊裝置的數字信息傳輸可以互相兼容。然而，許多輸入和輸出設備由於不同的特徵，如運行速度或信號電平，並不能直接與微控制器兼容，因此，連接這些輸入和輸出設備到微控制器需要特殊介面電路，從而把這些特點轉化，使它們能夠正確地與微控制器溝通。例如，許多其他的數碼輸出設備，從電動機到電磁線圈，將需要比一般微控制器輸出引腳可以提供更多電壓和

電流。下面的例子顯示出一些特殊的介面電路，將設備和微控制器之間不同的電壓和電流電平進行轉化。

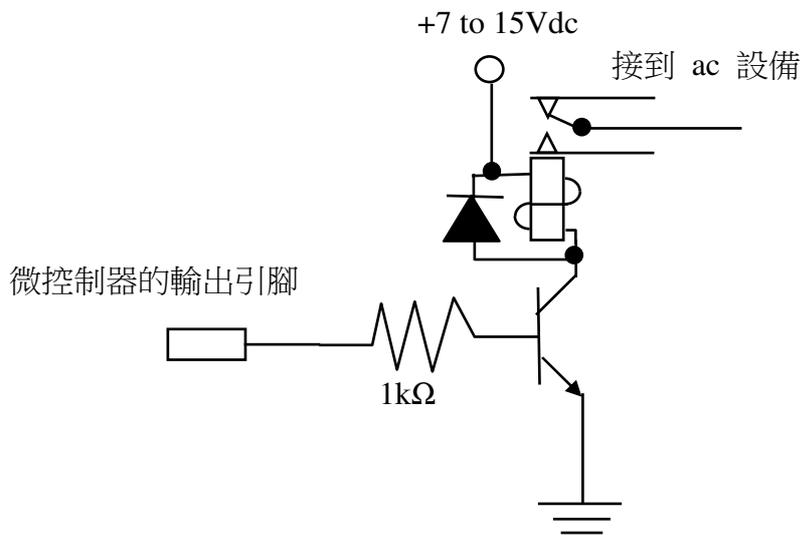
**例子 一：連接擴音器**



連接擴音器到微控制器

擴音器需要的電流比一個典型的微控制器輸出引腳所供應的電流更大，在上面的例子中，晶體管就像一個開關，當高邏輯電平接駁到微控制器的輸出引腳，輸出引腳便會提供一個小電流，並通過晶體管流入地面，同時，晶體管將允許更大的電流從+5伏特經擴音器和晶體管流到地面。詳細參見第1章的使用晶體管作開關。

**例子 二：連接繼電器**



連接繼電器到微控制器

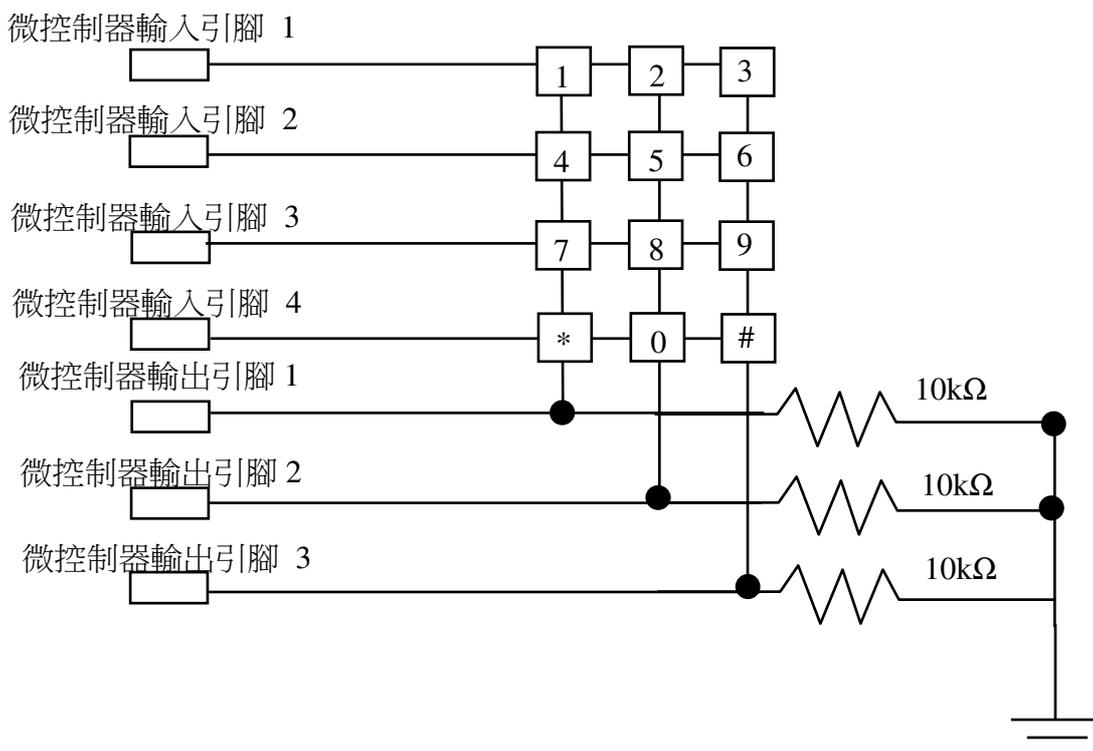
有些以交流電源運作的設備是不能直接與電氣特性微控制器輸出引腳兼容的，它也不可能像我們剛才的擴音器例子般，簡單地以晶體管作為開關。這類設備包括燈泡，門開（例如，控制建築物正門組合門鎖的設備）。因此，我們可以把繼電器應用到這種裝置上。

上述電路說明如何將裝置通過繼電器和晶體管與微控制器輸出引腳接駁。當高邏輯電平接駁到微控制器的輸出引腳，輸出引腳便會提供一個小電流和通過晶體管流入地下。同時，晶體管將允許更大的電流流動，從 7 至 15 伏特電源直接通過線圈的繼電器和晶體管到地面，當一個足夠大的電流流過繼電器的線圈，便能使交流電流流經門開。詳細參見第 1 章的繼電器。

把輸入和輸出設備接駁到微控制器可能並不單止把信號水平轉化，在某些情況下，是需要特殊的軟件，通過特殊介面電路，來與輸入和輸出設備溝通的。

### 例子 三：連接 3x4 鍵盤

下面的電路說明了連接 3x4 鍵盤到微控制器的方法。為了找出哪些鍵被按下，我們須要開發軟件來依次檢查每欄的按鍵有否被按，而為了檢查每一欄的按鍵，該軟件須建立一個邏輯高，以對應輸出引腳，和邏輯低到其他輸出引腳（如檢查欄鍵「1」，「4」，「7」和「\*」，邏輯高被放在輸出引腳 1，而邏輯低被放置在輸出引腳 2 和 3），然後檢查所有四個輸入引腳的邏輯層次。當特定輸入引腳偵測到邏輯高便代表相應的關鍵被按。



### 3.3.6 商業微控制器的例子

在本節中，我們將介紹某些特定類別的微控制器，它可以跟 BASIC<sup>1</sup> 的解譯程序固件配合。由於微控制器編程的原指示只有 0 和 1，稱為機器語言。由於要閱讀和理解它十分困難，因此，便發明了組合語言和其後的高級編程語言，包括 C 和 BASIC。高級編程語言最初發明來作程序編寫通用語言，後來也使用於微控制器，以加強及更好地支持其獨有的特點。

鑑於存在著一系列不同的編程工具和環境，包括由可拖放的視化編程到組合語言，而面對香港中學文憑試水平要求，我們建議使用一種微控制器可用的 BASIC 語言，以達致編程能力和容易使用之間的平衡。我們將會討論其中一種具備 BASIC 解釋功能的微控制器，包括「8051」，「Z8」，「ARM」，「Amdel」和「PIC」。

「BASIC Stamp」是一個具有內置於唯讀記憶體的基本解釋器 (PBASIC) 的微控制器。它是由 Parallax, Inc. 製造，自90年代起一直備受電子產品愛好者歡迎。「BASIC Stamp」事實上是一塊小電路板，並包含以下微控制器的基本要素，包括中央處理器，記憶體 (EEPROM)，16位元輸入和輸出引腳，它最初是建立在微晶片 16C57 微控制器 (現在也可以跟其他微控制器相容，如「ARM」)。而 16C57 2千位元組 EEPROM 擁有可執行程式和任何相關數據，它的隨機存取記憶體 32 位元組可作為 BASIC 程式的可變空間和輸入和輸出引腳接口。[註：除了 PBASIC 以外，還有其他微控制器的 BASIC 解釋器，如「BasicX」，「PicBasic Pro」，它們之間並沒有太大的分別，只是從一個 BASIC 變化版本轉移到另一個版本。]

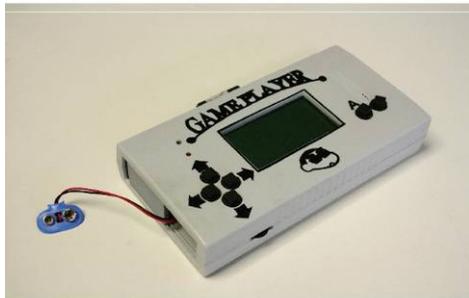
大多數編程環境有一個附有額外功能的文字編輯器，如代碼檢查，或一種鏈接編輯器到 BASIC 解釋器的工具。使用時，我們可以用編程環境內的文字編輯器，修改 BASIC 程式，然後下載 BASIC 程式到「BASIC Stamp」，並存儲留待以後執行，即使截斷電源，該程式仍然留在記憶體直到被刪除和重新編程。

「16C57」是可編程接口控制器的微控制器系列成員之一。可編程接口控制器由 Microchip 製造，並且在多個微控制器中受到歡迎，它有以下變化：

- 8 位，16 位和 32 位元數據寬度
- 不同數目的輸入/輸出引腳
- 可以只有數碼輸入和輸出或只有模擬輸入和輸出
- 不同類型的內置周邊裝置，例如是否模擬數字轉換器和內置的並行埠
- 不同的時鐘速度和隨機存取記憶體數量
- 不同的編程方法，如以個人電腦的電信來編程和刪除，及包括在紫外線下暴露晶片頂部的窗口，以消除作重用編程

<sup>1</sup> BASIC 為 **B**eginner's **A**ll-purpose **S**ymbolic **I**nstruction **C**ode 的簡寫

以下是一些由愛好者開發的項目：



### (1) 指令總結

以下總結了在資源套會用到的「Basic Stamp」的指令：

指令	解釋
high	把輸入/輸出引腳設定為高
input	把輸入/輸出引腳的方向設定到輸入
low	把輸入/輸出引腳設定為低
output	把輸入/輸出引腳的方向設定到輸出
for...next	執行「for」及「next」之間...的指令若干次
if...then	決策
end	終止執行程式
pause	延緩一段指定時間
debug	發送除錯字串到電腦的顯示桌面上

### (2) 簡單的數碼輸出

下表例子顯示以 PBASIC 及偽代碼執行「發光二極管的開與關 (數碼輸出)」:

偽代碼	PBASIC
循環 把輸出引腳設定為高 等候 1/3 秒 把輸出引腳設定為低 等候 1/3 秒 循環 終結	<pre>DO HIGH x PAUSE 333 LOW x PAUSE 333 LOOP</pre>

### (3) 簡單的數碼輸入

下表例子顯示以PBASIC及偽代碼執行「感應開關上的開或關 (數碼輸入)」:

偽代碼	PBASIC
循環 檢查引腳是高或低 假如引腳狀態為高 執行某些指令 假如終結 循環 終結	<pre>DO IF (IN x = 1) THEN Do something ENDIF LOOP</pre>

## 第四章 — 電子於現代社會的演進

本章的目的是引導學生探索電子產品在過去數十年的演變。主題包括：

- 4.1 電子產品微型化
- 4.2 新興與會聚科技的影響

這些主題的學習材料和活動能助你：

- 說明電子產品微型化對社會的影響
- 說明電子產品應用新興科技及會聚科技對社會所造成的影響

## 4.1 電子產品微型化

微型化的趨勢早在有電子產品的初期已出現，你可能會在部份日常電子產品中發現它的存在，如：流動電話、筆記本電腦、攝錄機、智能卡等。事實上，在可預見的將來，微型化的趨勢將會持續。

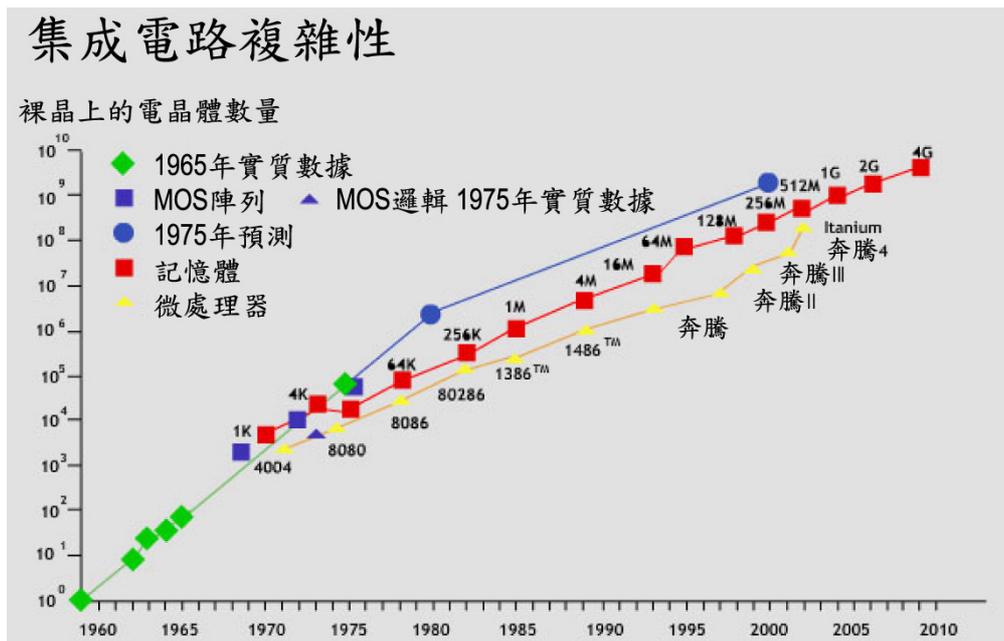
電子產品微型化的關鍵在於集成電路設計技術的提升及封裝技術的創新。我們將在下面的兩節分別討論。

### 4.1.1 集成電路設計技術的提升

1965 年，英特爾公司的另一位始創者戈登摩爾 (Gordon Moore) 發現了摩爾定律 (Moore's Law)，使我們能預測集成電路的生產量性。摩爾定律指出，集成電路上的晶體管數量會每 18 至 24 個月增加一倍，明顯地影響了生產已超過三十年的半導體裝置。

內 容 特 寫
<p><b>摩爾定律</b> 一塊晶片上的晶體管數量每 18 個月增加一倍。</p>

以下圖表顯示了人類在不同年份放置在晶片的組件數量：



集成電路的生產量性

現時的趨勢是將越來越多的晶體管放置在一個集成電路，可導致以下三個現象：

- 電子產品的微型化  
當我們把更多的晶體管放在集成電路的同一區域，我們是藉著縮小各集成電路的體積，來減少電子產品的體積
- 相同的晶片功能，但更強的能力  
另一種可能性是使用更多的晶體管來設計一個更強大的集成電路，例如更快的中央處理器，或一個以上晶片的中央處理器，即多核中央處理器，晶片層次的多處理器
- 集合更多功能的集成電路  
我們可以使用額外的晶體管以添加晶片的功能，如增強多媒體功能，互聯網連通性

#### 4.1.2 製造技術的提升

除了集成電路設計技術的提升，封裝技術的創新也有助於電子產品微型化的趨勢。我們將討論透過一些為減少在傳統集成電路封裝所浪費的空間而開發的技術。

#### 表面裝配器件

我們在第3章討論了表面裝配封裝，能讓我們生產高密度電路的印刷電路板，因為它

- 通常比它對應的通孔封裝細小
- 可以直接附於印刷電路板表面的墊，從而節省了印刷電路板上鑽孔的空間(及勞力)
- 無須在印刷電路板鑽孔，並可於印刷電路板的任何一面裝配

## 微型化過程

為了實現更高程度的微型化，晶片對電路板程序的發明，令無封裝集成電路晶片可背向地直接附加到印刷電路板上，然後，以精細的接合線來固定晶圓焊墊到印刷電路板焊盤上。而晶片對晶片程序，就以一個較小的晶片置於晶片對電路板晶片之上，可進一步提高空間的利用。

倒裝晶片則使用把晶片朝下而附加於印刷電路板的方法，來免除晶片和電路板之間的接合線，從而更進一步改善空間的利用。多晶片模塊是另一個微型化方法，使多個集成電路，如晶片對電路板形式的晶圓、晶片對晶片、倒裝晶片或其他模塊，相互連接一起成為一個集成電路封裝，然後再把它作單一的集成電路使用。



**晶片對晶片 (Chip-on-chip, COC)** — 跟COB差不多，第二個較小的裸晶黏貼到第一個裸晶上，而墊面向外。印刷電路板的墊跟每個裸晶的墊以精細的金屬線連繫著。

**晶片對電路板 (Chip-on-board, COB)** — 把未封裝的裸晶鑲貼到電路板上，而墊面與電路板反向。印刷電路板的墊跟裸晶的墊以精細的金屬線連繫著。

**倒裝晶片 (Flip Chip)** — 把集成電路裸晶焊接到向下的電路板。印刷電路板的墊跟裸晶的墊直接連接著，裸晶附近沒有任何區域需要使用打線技術。

**立體晶片級別封裝 (3-D Chip Scale Packaging)** — 集成電路裸晶以倒裝晶片方法鑲貼到印刷電路板上。印刷電路板被折疊成立體模塊。

## 微型化過程

### 4.1.3 微型電子產品

微型電子產品使我們從根本上重新考慮電子技術新應用的可能性。例如，由於很多的人體運作是電力性質的，包括神經反應，感覺輸入，以及肌肉控制，這些都是微型電子的應用範圍。因此，目前許多新開發的治療和保健輔助工具，都適當地利用微型電子設備的優點。以下是兩個例子：

#### (a) 人工視覺

現在我們可以透過在眼睛內植入一片小半導體晶片，造成人造視網膜。當光線射入晶片，電刺激便會產生，並施加於視神經，使視力可恢復至一定程度。

#### (b) 助聽器

現在微型電子助聽器分為兩部分，分別裝在耳朵背後及內部，耳朵背後的微型電子助聽器，可檢收聲音，並以有線連接傳送到耳內的微型電子助聽器，透過耳內的微型電子助聽器對聲音的反應而產生電刺激，並直接傳到耳蝸（內耳）的聽覺神經，使聽覺恢復至一定程度。

### 停 一 停 想 一 想

1. 試想一想，有、沒有電子產品可以無需依靠微型化技術。
2. 試猜測或進行研究，找出該電子產品需依靠哪項微型化技術。

## 4.2 新興與會聚科技的影響

### 4.2.1 會聚是甚麼？

在前一節中提到，當我們能夠把更多功能的晶體管集成在一起，而成為集成電路，甚至將原本分屬不同產品的功能，都綜合在一起。會聚就是把兩個或以上過往獨立的產品，結合起來，作出創新。它可以產生新的產品或服務，新的聯盟，新的價值鏈結構，或新的經濟模式，為業務或顧客產生更大的價值。

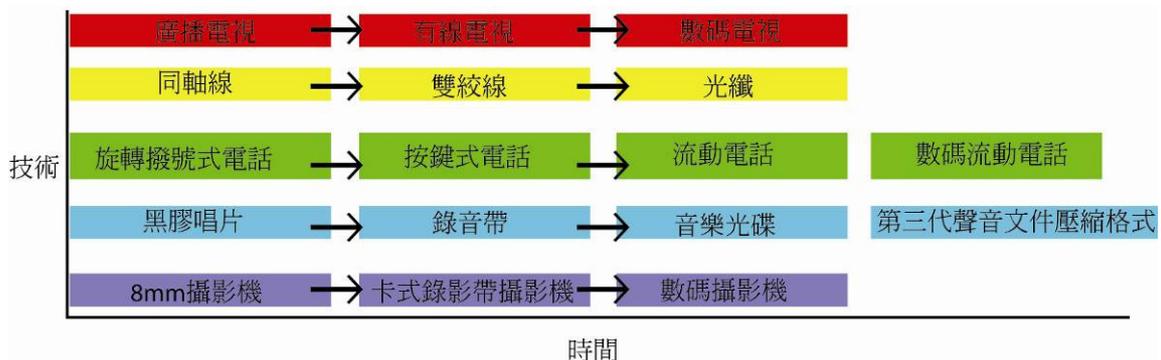
### 4.2.2 不同類型的會聚

按產品的性質，可分成不同類型的會聚，包括媒體，連通性和設備。

#### (1) 媒體會聚

在過去，信息以不同的物理形式或媒體出現，例如：紙張上的文字、畫布上的圖像、甚至以打孔卡表達的電腦程式等。不同類型的信息，會以不同的媒體表達和不同的設備處理。

隨著技術的進步，越來越多類型的信息轉換成數碼 0 和 1 作代表，包括照片、電子郵件、音樂、遊戲、電台和電視、電影、新聞、電話等等。每一天，我們不斷聽到新的發展，當中甚至有更多的媒體，已從模擬轉換到數碼領域。下列圖表顯示了產品從模擬領域轉換到數字領域的歷史：



將所有信息以 0 和 1 的字符串代表具有重大意義，這使各種形式的信息統一化。將文字到數字以至音樂、圖片、電影等等不同信息數碼化後，便可以同樣的設備、同樣的技術讀取及經同樣的網絡傳送。數碼化被認為是會聚的根本，沒有它，會聚便不可能發生。

## 內 容 特 寫

### 媒體會聚

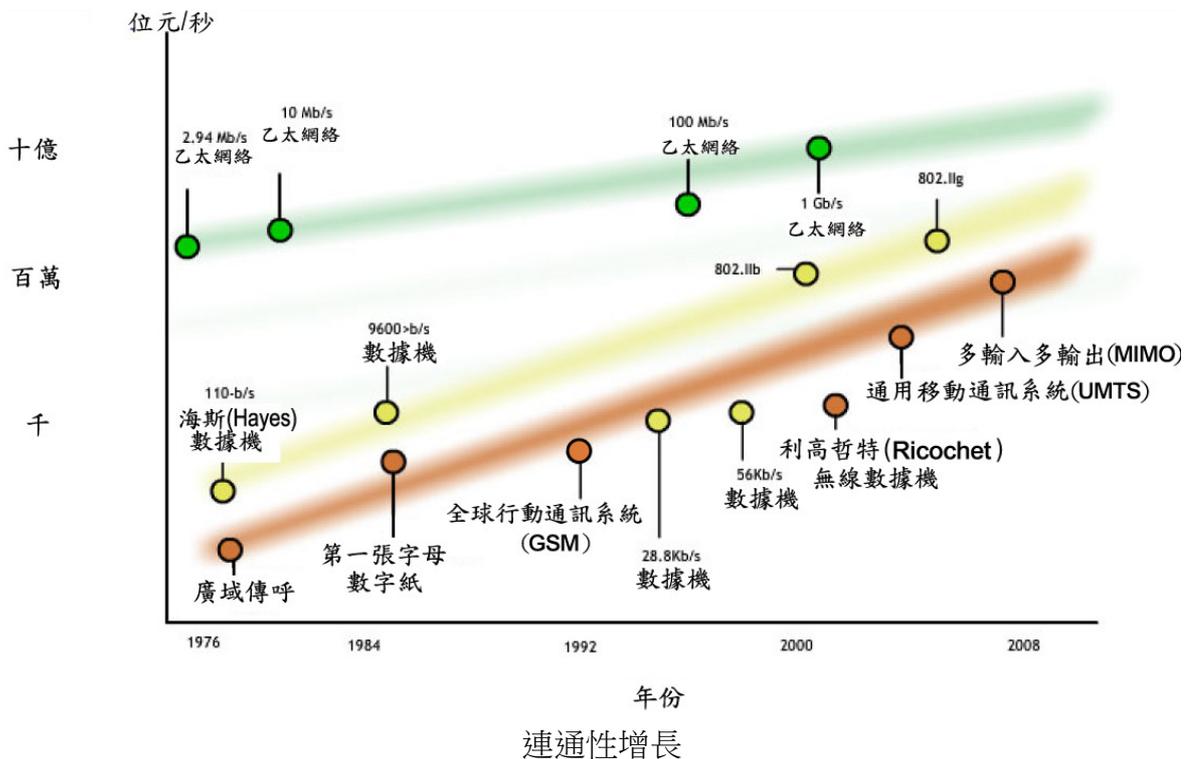
數碼化導致越來越多類型的信息以同一形式代表和以同一方法操控。

### (2) 連通會聚

#### (i) 連通性增長

摩爾定律預測電路複雜性的準確度，使人們對探索電子學在其他領域中類似的定律產生了興趣。在電信世界裡，人們發現不論有線的、游牧的和無線的技術，均以類似於摩爾定律的方式來提高其速度。

電信網絡的速度（以每秒位元計算）可以下圖說明：



#### (ii) 普世連通

隨著網絡變得越來越快，不論是有線和無線的形式，人們在每一個地方都使用網絡(亦即所謂「無處不在」)。在發達國家，六成的家庭已連接到互聯網。與此同時，

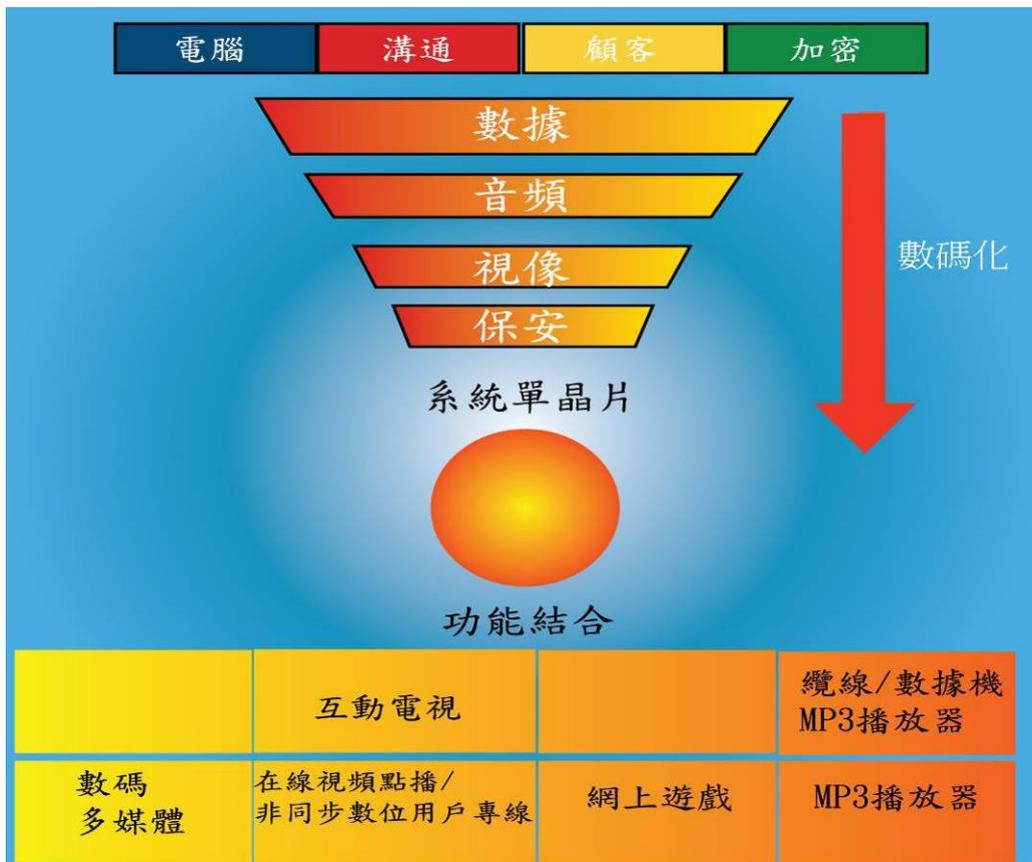
流動網絡已幾乎覆蓋大城市的每個角落。

隨著網絡日益普及，現在的產品設計都設有連通性，給我們帶來了廣泛的產品和服務的可能性——從網絡遊戲至在線音樂商店。在不久將來，將會有越來越多的會聚性連通（寬頻或無線）的消費電子產品出現，包括遊戲機、互聯網收音機、教育玩具、和健康監測器，它們都可為用戶提供比沒有連通設備產品，產生更大價值。

### (3) 設備會聚

當我們能夠把更多的晶體管集成到一個晶片，便可以使用額外的晶體管，使更多的功能集成到同一晶片中（使其的功能更強大）。典型的例子是，裝置在手提無線設備（如流動電話）的集成電路，以增加新的多媒體功能和多射頻技術裝置。

由一個通信、計算和消費電子產品會聚到一個電子設備，使本來是不同目標市場的公司互相競爭，例如：手機製造商及營運商和數碼相機、音樂播放器、電腦、甚至電視機的競爭。總括而言，消費者現時可在單功能設備（專門或更強大的單一處理功能）和多功能設備（有能力執行一個以上的功能）中作出一個新層面的選擇。



停 一 停 想 一 想

你認為哪項多功能設備對你更有用？  
具有相機功能或具有手帳功能的電話較為有用？為甚麼？

## 4.3 新興技術的影響

隨著技術的進步，預見微型化和會聚，仍有持續發展的趨勢，同時，還會有甚麼新技術和新產品出現呢？這些新興技術又將為社會帶來有甚麼影響呢？我們將探討這些可能性。

### 4.3.1 新興技術

在本節中，我們將簡要地討論一些新興技術，它們有著不同程度的新穎度和市場貼近度。

#### (a) 無線射頻識別

無線射頻識別技術能自動識別物體。無線射頻識別技術的一個關鍵組成部分是一種稱標籤的裝置，它的構思來自於用來標記野生動物和寵物的晶片，無線射頻識別閱讀器可在數米內或視線之外讀取物件上的標籤。

商業上可提供兩類型標籤，分別是主動標籤和被動標籤。主動標籤包括一個集成電路和一條天線，集成電路儲存和處理信息，再通過天線進行接收和發送射頻信號。被動標籤是沒有晶片（即不具有集成電路）及比紙更薄和低成本，可以直接打印到物件上，供識別閱讀器讀取。

無線射頻識別技術的應用範圍包括：

- 庫存追蹤和管理、供應鏈管理(參考網頁：<http://www.ti.com/rfid/shtml/apps-supply.shtml>)、生產工序和自動貨物傳送
- 圖書館管理員、票務代理人或保健專業人士等的資產追蹤（參考網頁：<http://www.ti.com/rfid/shtml/apps-asset-tracking.shtml>)
- 控制建築物和網絡的進出
- 非接觸式付款（參考網頁：<http://www.ti.com/rfid/shtml/apps-contactless.shtml>)

#### (b) 近場通信

近場通信是建基於無線射頻識別的無線雙向通信技術，它使設備能夠在少於10厘米左右的距離交換信息。除了與其他近場通信設備作無線通訊外，它可以與現有的無線射頻識別設施以及非接觸式智能設施（如智能卡或讀卡器）溝通，此外，它也可以在不採用電池組的設備上工作（如智能海報）。

與藍牙技術不同，近場通信設備配有更迅速的連接速度 (0.1秒比6秒)，但只在較短的通信距離 (10厘米與10米間) 及以低數據傳輸速率 (每秒 424 千位元與每秒 721千位元間)傳送。近場通信主要為流動電話而設，它的應用包括：公共交通的流動售票、信用卡的流動付款、使用流動電話讀取無線射頻識別技術標籤的智能海報、電子票務和電子鑰匙等。

### (c) 智能塵埃

智能塵埃是一個令人信服的微型化例子，這是一個微型無線機電設備，當中包括傳感器，用作檢測比如光線、溫度、加速、氣壓或振動、微控制器、無線通信能力及電源，可以自動地和互聯網建立溝通，由於微小如塵埃粒子，可擴散到整個建築物或大氣中，收集傳感器所能感應的數據，其應用包括

- 可作與掌上電腦的遊戲和其他娛樂形式聯繫的娛樂設備，例如用戶將傳感器佩戴在手指上，便可雕塑虛擬的三維粘土，而雕塑能在設備的屏幕上顯示出來。同樣的構思適用於虛擬彈奏鋼琴或手語溝通。（參考來源網頁：<http://newearthsummit.org/forum/index.php?topic=376.0>）
- 災害通知，例如地震。
- 軍事上的應用                      傳感器用作追蹤敵方的行動。
- 醫療領域的應用                      在醫院散播過百個傳感器以追蹤病人行動。
- 建築物的氣候控制，如每個房間內安裝數百或數千個光線或溫度傳感智能塵埃，並與中央電腦連接，使工程師們知道如何使用能源以及如何節省能源。

假如人類能夠建立更小的智能塵埃，譬如說從毫米到微米級或更小至納米級別，可更加擴大它的應用領域，例如，研究創製體積少於 100 納米的設備，其細小程度足以使原子間互相作用和更廣泛探索量子力學的性能。

## 主題為本學習課業

### 實驗一：發光二極管信號燈

#### 目的：

1. 讓學生使用電源和示波器
2. 了解多諧振動器的工作原理
3. 使用實驗電路板測試電路
4. 在通用印刷電路板上練習焊錫技術

#### 安裝程序和工具：

- 烙鐵
- 實驗電路板
- 通用印刷電路板
- 電源
- 示波器

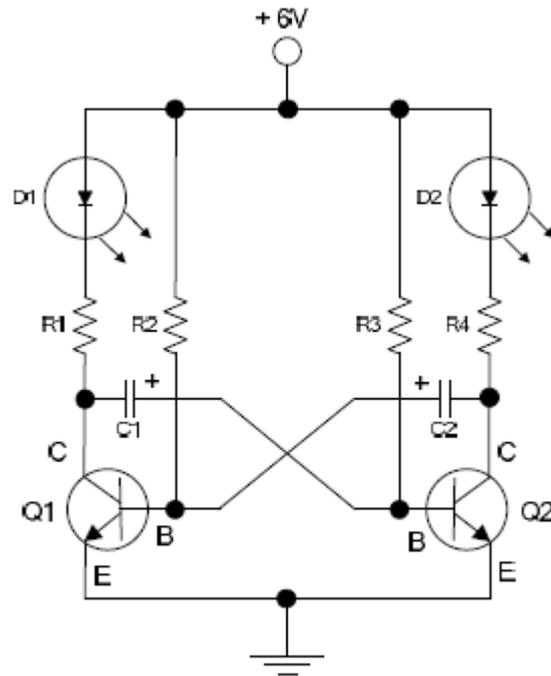
## 1. 引言

多諧振動器是一個電子電路，用來執行各種簡單的兩態系統，例如振盪器，計時器和觸發器。最常見的形式是產生方波的無穩態或振盪類型。

簡單的多諧振動器電路由兩個交叉耦合晶體管組成，利用電路中的電阻器與電容網絡，定義不穩定狀態的時限，便可實施各種類型。多諧振動器能應用在方波或時距是必需的系統上。

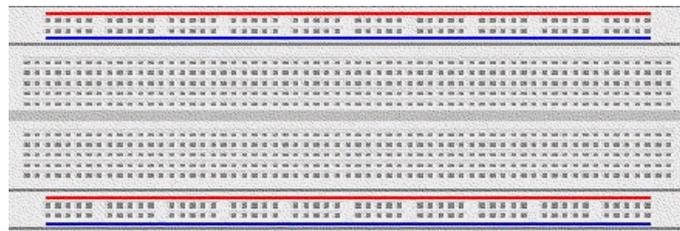
## 2. 部件清單和電路原理圖

項目	數量
發光二極管 (紅色): 5mm (D1, D2)	2
晶體管: 9014 (Q1, Q2)	2
電阻器: 330Ω (R1,R4)	2
22kΩ (R2,R3)	2
電容: 10μF (C1, C2)	2

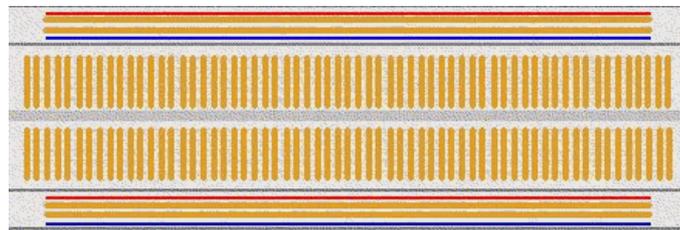


### 3. 實驗電路板的用法

要建立我們的實驗，便得使用實驗電路板，如下圖：



實驗電路板有許多金屬條（通常為銅）在板的下面運行。如下圖的金屬條佈局：



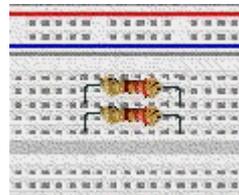
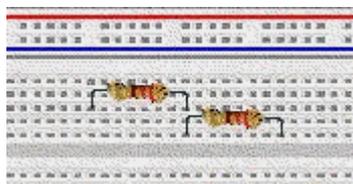
當使用實驗電路板，零件的腳會放在孔洞中，每個孔洞會連接著其中一個洞下面的金屬條。

每個金屬條會形成一個節點，一個節點是電路中兩個零件相連的一點，不同零件之間的聯繫，就靠把它們的腳放在一個共同的節點上。在圖中實驗電路板，一個節點就是以位於下面的金屬條相連而成的一列孔洞。

頂部和底部的長孔洞列通常用作電源連接，該列的藍色條是用作負電壓（通常是接地），而紅色條則是用於正極的電壓。

例子

實驗電路板串聯連接 2 個電阻器如左下圖，並聯 2 個電阻器如右下圖。



#### 4. 電路描述

電路是確保一個晶體管開著時而另一個關著，假設電路原理圖中在最初時 Q1 開著和 Q2 關掉。

1. Q1 抓住 R1 基極的（和 C1 的左邊）近地（0V）
2. C1 的右邊（與 Q2 的基極）從地下到 0.6V 被 R2 充電
3. R3 在拉動 Q1 的基極向上，但其基極發射二極管(base-emitter diode)能防止電壓升高至超越 0.6V
4. R4Q4 把右側充電到電源電壓（+V）。由於 R4 小於 R2，所以 C2 充電比 C1 快。
5. 當 Q2 的基極達到 0.6V，Q2 啟動，下面的正反饋環發生
6. Q2 突然拉動 C2 的右側到接近 0V
7. 由於經過電容的電壓不能突然改變，這會導致 C2 的左側突然下降到幾乎 -V，遠低於 0V
8. 由於基極電壓突然消失，Q1 開關關閉
9. R1 和 R2 拉動 C1 的兩端到 +V，完成了 Q2 的開啟。這個過程被 Q2 的 B-E 二極管停止，而不會讓 C1 的右邊上升得太多
10. 這會去到另一個狀態，就是初始狀態的鏡像，Q1 關掉而 Q2 開啟。然後 R1 迅速拉動 C1 的左側向 +V，而 R3 更慢的拉 C2 的左側向 +0.6V。當 C2 的左側達到 0.6V 時，週期便會重複

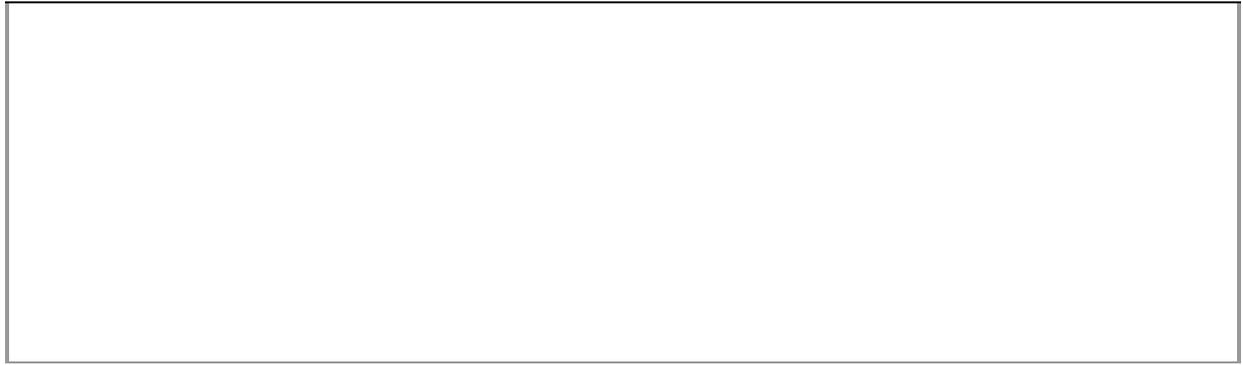
## 5. 步驟

1. 如必要，可使用散亂的連接線，在實驗電路板建造發光二極管信號燈的電路
2. 調整 6V 電源的輸出，限制電流（100mA 的），保護電路
3. 把電源輸出連接到你的測試電路
4. 檢查發光二極管的閃光燈是否正常工作，發光二極管會交替閃亮
5. 用示波器來查看多諧振動器產生的波形
6. 以不同的值去改變 R2，R3，C1 和 C2，看看發光二極管會如何
7. 把零件焊接到原型/通用印刷電路板

## 6. 作業總結

## 7. 觀察

使用示波器，試找出發光二極管的波形。畫出波形和量度閃動的頻率。



## 8. 討論

如何提高閃動率？（即增加它的頻率）

如果 C1 和 C2 不同，會發生的什麼？

~ 完 ~

註：清楚列出所有步驟。如果提供的空間不夠，可附加 A4 尺寸紙張。

## 實驗二：光敏電阻器應用

### 目的：

1. 使用測量儀器，例如電力供應和萬用電表
2. 了解一個光敏電阻器的工作原理
3. 使用實驗電路板測試電路
4. 通用印刷電路板的焊錫技術

### 安裝程序和工具：

- 焊鐵
- 實驗電路板
- 通用印刷電路板
- 模擬萬用電表
- 數碼萬用電表
- 電源

### 1. 引言



光敏電阻器是一種電子零件，其電阻值隨入射光度增強而減少，也可以被稱為光依存電阻器，或光導體。

光敏電阻器由高電阻值的半導體製成，如果光線落在足夠高頻率的裝置上，半導體吸收的光子便會給予被約束電子有足夠的能量躍進導帶，由此產生的自由電子（及其孔洞夥伴）的導電性，因而減少阻力。

簡單來說，光敏電阻器是一個取決於入射光強度的電阻器，可用來製造感光開關器。光敏電阻器往往是由硫化鎘造成，硫化鎘光敏電阻的電阻值和入射光的強度成反比，換言之，電阻值在黑暗中會變成高，光明中則會變低。

發光二極管的表現像一個普通的二極管，但當它是正向偏壓時，便會發出光。發光二極管的正向電壓降比普通二極管高，典型的發光二極管需要 5 至 15 毫安，以達致最強的亮度，但不能處理超過約 20 毫安的電流（雖然有些可以處理超過 80 毫安或以上），因此，需要提供一个電阻器，串聯著一個發光二極管，以限制電流在約 20 毫安或以下，否則，它便會燒掉。此外，不要錯誤地試圖以發光二極管去取代二極管！

看看下表需要配備哪一種零件：

## 2. 零件

Item	Quantity	Item	Quantity
220Ω 電阻器	1	發光二極管(紅色 5mm)	1
470Ω 電阻器	1	9014 晶體管	1
10KΩ 電阻器	1	光敏電阻器	1
22KΩ 電阻器	1	實驗電路板	1

## 3. 步驟

1. 在光亮環境的實驗室中，量度光敏電阻器的電阻值，記錄後，重複測量。
2. 要驗證發光二極管的行為，建立如圖1所示的電路，再在1伏至5伏之間，改變供電電壓，每次增加1伏。在每次改變電壓時，測量跨越發光二極管和470Ω 電阻器的電壓，然後在下表記錄數值。使用歐姆定律橫越電阻值，便可計算出發光二極管的電流。實驗報告裡應以表格記錄所有電壓值和註釋，不要忘記電流是  $I = V/R$ 。

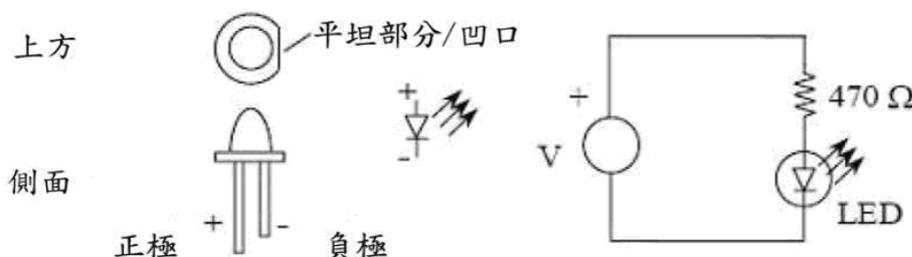


圖1 發光二極管(LED)和典型電路。注意，正極長於負極。有時可能會有平坦部分存負極一方，幫助您區分正極負極

圖表1 LED電路測量表(根據圖1)

$V_{\text{supply}}, \text{V}$	$V_{\text{LED}}, \text{V}$	$V_R, \text{V}$	電流, mA	評註LED光度
1				
2				
3				
4				
5				

3. 圖2是一個簡單的「燈光控制發光二極管」。由於光敏電阻器被覆蓋了，因此，該電路應關閉發光二極管。根據表1獲得的資料，及以良好的供電電壓（提示： $V$ 應要足夠高，令光敏電阻的阻力低時，電流可流過發光二極管，同時也應足夠低，使光敏電阻有很高的電阻值時，不夠電流去打開發光二極管。）建立電路並檢查其功能。

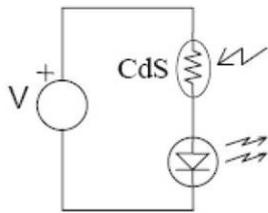


圖2 燈光控制發光二極管

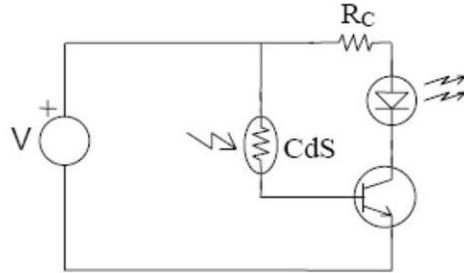


圖3 燈光控制使用了晶體管[開關]

#### 4. 用晶體管作光控制開關

晶體管可以添加到光控開關的電路，以提高其靈敏度和消除發光二極管「半開半關」的狀態。這種做法的基本電路如圖3所示。這裡的光敏電阻器控制了晶體管的基極電流，然後基極電流被晶體管擴增，晶體管的集極電流繼而控制發光二極管。

不幸的是，這電路可能無法正常運作，因為，當光敏電阻器在黑暗狀態時，（假設發光二極管是關閉的），基極電流可能足夠大讓發光二極管繼續開著。

圖4顯示改進了電路，這是你將建立和進行實驗的電路。

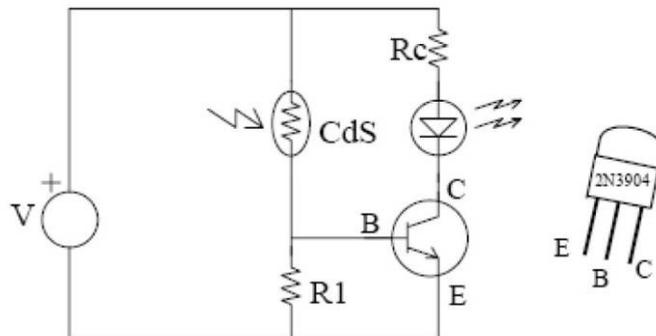


圖4 使用晶體管改善光控制開關

正確選擇電阻器 $R1$ ，基極晶體管的電壓在黑暗狀態便小於0.7伏，因此，晶體管是在截止狀態。當光敏電阻器的電阻值降低（由於光照強度增加），基極電壓增加。

一旦基極電壓達到0.7伏，基極電流便會開始流動，而任何進一步減少光敏電阻器的電阻值，都會令基極電流增加，基極電流的增量將會被晶體管的電流增益擴增。

#### 4. 作業總結

## 5. 討論

如何改進對狀態改變的反應？請畫出來。(例如：達林頓(Darlington)，繼電器...)

如果有兩個並聯的發光二極管，如何使用一個或兩個電阻器改善同等亮度？請畫出電路並標出電阻值。

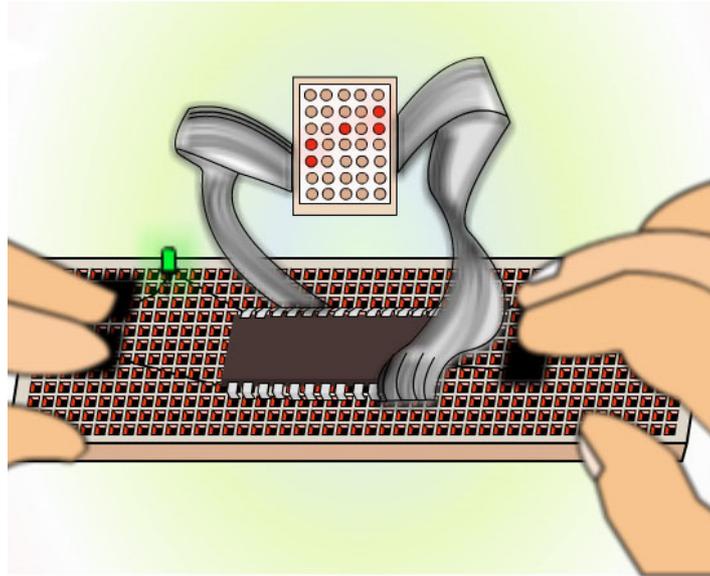
~ 完 ~

註：寫清楚並列出所有的步驟。如果提供的空間是不夠，可附加 A4 尺寸紙張。

## 設計習作： 開放日電子遊戲比賽

### 設計簡介

你學校的校長 / 科技科教師要求你設計和開發微控制器為本的電子遊戲，並於開放日參加一個電子遊戲比賽。學生可以用實驗電路板開發這些電子遊戲是。



在開放日，將展示你的電子遊戲，以供參觀科技室的訪客作遊戲裁判。

學生們可分成若干小組，並合作以下的活動：

### 設計考慮

您須要考慮您的電子遊戲設計是否有趣，操作簡單以及能配合現有的資源製作，包括

- 財務預算
- 時間
- 硬件資源 - 學校可提供的微控制器開發工具包（如儲存器的容量，輸入和輸出管腳的數量）
- 在開始您的設計工作前，請留意有哪些組件和微控制器為本的開發系統可供使用

## 1. 建議和討論

全班分為小組，就遊戲構思集思廣益。建議採取的步驟如下：

- 每個組員把各自的想法寫下來
- 編寫電子遊戲的線上流程圖並說明有甚麼輸入和輸出設備的要求
- 與你的小組成員和／或科技科教師決定哪項是最好的建議

## 2. 規劃

當你的小組決定了最佳的建議，並已被DAT老師接受，請為設計項目制定一個更詳細的規劃，以說明：

- 目標
- 設計規格
- 財務預算
- 時間表

首先，你需要為你的電子遊戲制定一個設計規格表。這個表應包括

- 遊戲介紹
- 遊戲如何操控
- 遊戲的主要特徵
- 關鍵組件和技術以執行遊戲
- 任何特殊資源以執行遊戲

製訂完成任務的時間表，從展覽日期向前推算工作限期，和將任務分配給其他人或團體。在獲得組成部分的報價時，可制定適當的財務預算。

## 3. 實施

學生對遊戲設計進行時間表和財務預算的監測。時間和支出表放在課室報告版上，讓所有組員都意識到這一點。

## 4. 測試和除錯

開發多件電子產品時，測試是非常重要的環。你需要非常仔細的檢查原型的任何問題，錯誤或用戶的反應。由於你熟悉如何玩你的遊戲，有些問題可能自己未能發現，亦不曾測試一些奇特的情境，因此，建議邀請不熟悉該遊戲的同學檢驗和試玩。當問題被確定後，便應對遊戲設計作出改進並記下所發現的問題和作出怎樣改善。

## 5. 評價

比賽結束後，學生應根據項目在規劃階段所建立的目標，包括比賽結果和在開放日的訪客的評價，作出評估。評估工作是否成功，需要考慮以下是一些問題：

- 比賽成功嗎？能達到你預期中的效果嗎？
- 是否符合比賽的要求，以及你的簡介和規格？
- 估計費用符合當初預算嗎？
- 若製作十個而不是只有一個的費用會是多少？
- 把你的遊戲在比賽中的表現作出比較：質量、趣味、獨特功能等等。

## 智能卡的個案研究：電子於現代社會的演進

### 1. 總體期望

生活在一個技術先進的社會（如香港），必須以多角度及宏觀地探討不同問題，例如「技術對社會的影響」、「道德和法律問題」、「業務問題」和「新興技術的影響」等問題。此外，透過個案學習個案研究經歷，有助培育批判性思考，增加在解決問題和決策時對社會，經濟，法律和技術因素的考慮，從而體會到現實世界的複雜性。

本個案研究是探討智能卡對社會的影響。

### 2. 預期學習成果

學生應能：

- 更深入的了解香港的道德和法律問題
- 建立對現實世界的數據分析和闡釋的技能
- 了解智能卡的基本原則。
- 調查和評價智能卡在社會、技術、法律和商業上的有趣應用
- 建議新的應用，並考慮其可行性
- 以各種方式（包括書面報告，口頭發言和公開辯論）提出自己的看法，構思和研究成果

### 3. 背景

可處理信息的袖珍智能卡，只不過在智能卡內嵌入了集成電路。智能卡有兩類：記憶卡和微處理卡。記憶卡只嵌入非易失性的儲存組件，或一些安全邏輯，而微型處理卡則嵌入了微處理器組件和易失性記憶體。智能卡為商業交易提供了既靈活且安全的交易方式，並將人手干預的需要減至最低。智能卡已經應用在許多領域上，包括：信用卡、提款卡、手機的用戶身份模塊(SIM)卡、權限控制、公共交通、電子身份證等，雖然使我們日常生活的質素帶來了正面的影響，但是，像其他的創新產品一樣，也並非完全沒有缺點。

在這個案研究中，小組成員將分配負責不同的任務，並合作共同研究在日常生活中，使用智能卡時產生即時或潛在的影響。

## 4. 活動

學生分組合作下列的活動：

### (a) 研究提案

學生須準備方案列明：

#### 1. 主題

- 引進智能卡後，學校生活有什麼影響
- 如何利用智能卡解決儲存病人記錄的問題

#### 2. 選擇收集資料的研究方法

- 利用互聯網搜索，尋找市面上有哪些智能卡及相類似的應用
- 閱讀及分析相關產品的使用手冊
- 觀察工作，深入面談和角色扮演，了解用戶使用智能卡的需要、分析使用
- 智能卡前和後的不同生活狀況

### (b) 數據收集

以小組形式收集提案中所要求的數據

### (c) 分析

認真分析調查結果，討論問題可包括：

- 設計師如何平衡滿足用戶的需求與面對的限制
- 討論如何智慧地使用智能卡，以提高日常生活的質素
- 探討使用智能卡的優點和缺點和對日常生活的影響

### (d) 匯報

通過演示、辯論、或其他對話形式，匯報分析結果。

## 評估課業

### 測驗一：電子信號，裝置及電路

選答 10 題，每題 10 分，共 100 分。

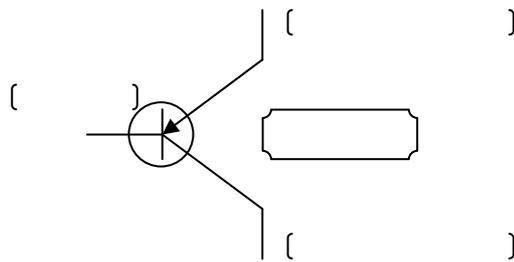
題 1、 什麼是發光二極管？

---

---

---

題 2、 請寫出以下晶體管的導線名字及填上晶體管的種類。



題 3、 將電池導線的負極與正極連接，可生產：

---

---

---

題 4、 如果兩個電阻器串聯著放置，最後電阻值是：

---

---

---

題 5、 如果一個小值電容並聯著很大數值的電容，總電容量將會是：

---

---

---

題6、 如果一個12伏的燈泡消耗4安培的電流，燈泡以瓦特計的功率是多少？

---

---

---

題7、 一個 100nF 的電容器並聯 10nF 會產生：

---

---

---

題8、 電阻器彩環：紅色-紅色-紅色-金色，其值為：

---

---

---

題9、 一個 10k $\Omega$  電阻器並聯 10k $\Omega$  會產生：

---

---

---

題10、 一個紅色-紅色-紅色-金色電阻器串聯一個橙色-橙色-橙色-金色電阻器會產生：

---

---

---

題11、 為了獲得更高的電阻值，電阻器應以什麼方式連接？

---

---

---

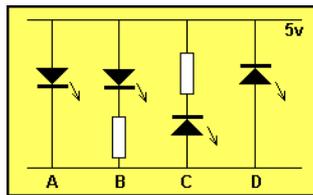
題 12、 如果一個 10K 的電阻器放在 10 伏的供應，電流將是：

---

---

---

題13、 下列A, B, C或D，哪項是發光二極管的正確連接？請說明原因。



---

題 14、 晶體管有甚麼功能？

---

---

---

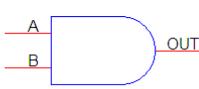
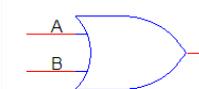
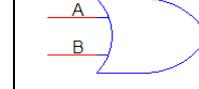
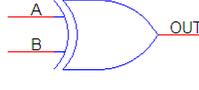
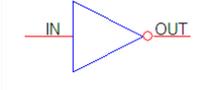
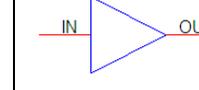
## 測驗二：模擬及數碼電子

指示：

- 共有 5 條問題，須回答所有問題，總分 100 分
- 在方格中填上答案
- 練習時間為 1 小時

題 1、完成以下邏輯門的真值表：

(28 分)

<p>a. 與 (AND)</p> 	<p>b. 與非 (NAND)</p> 	<p>c. 或 (OR)</p> 	<p>d. 或非 (NOR)</p> 																																																												
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr><th>A</th><th>B</th><th>OUT</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> </tbody> </table>	A	B	OUT	0	0		0	1		1	0		1	1		<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr><th>A</th><th>B</th><th>OUT</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> </tbody> </table>	A	B	OUT	0	0		0	1		1	0		1	1		<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr><th>A</th><th>B</th><th>OUT</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> </tbody> </table>	A	B	OUT	0	0		0	1		1	0		1	1		<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr><th>A</th><th>B</th><th>OUT</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> </tbody> </table>	A	B	OUT	0	0		0	1		1	0		1	1	
A	B	OUT																																																													
0	0																																																														
0	1																																																														
1	0																																																														
1	1																																																														
A	B	OUT																																																													
0	0																																																														
0	1																																																														
1	0																																																														
1	1																																																														
A	B	OUT																																																													
0	0																																																														
0	1																																																														
1	0																																																														
1	1																																																														
A	B	OUT																																																													
0	0																																																														
0	1																																																														
1	0																																																														
1	1																																																														
<p>e. 不可兼的或 (EX-OR)</p> 	<p>f. 不可兼的或非 (EX-NOR)</p> 	<p>g. 非 (NOT)</p> 	<p>h. 緩衝器</p> 																																																												
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr><th>A</th><th>B</th><th>OUT</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> </tbody> </table>	A	B	OUT	0	0		0	1		1	0		1	1		<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr><th>A</th><th>B</th><th>OUT</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> </tbody> </table>	A	B	OUT	0	0		0	1		1	0		1	1		<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr><th>IN</th><th>OUT</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td></tr> </tbody> </table>	IN	OUT	0		1		<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr><th>IN</th><th>OUT</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td></tr> </tbody> </table>	IN	OUT	0		1																			
A	B	OUT																																																													
0	0																																																														
0	1																																																														
1	0																																																														
1	1																																																														
A	B	OUT																																																													
0	0																																																														
0	1																																																														
1	0																																																														
1	1																																																														
IN	OUT																																																														
0																																																															
1																																																															
IN	OUT																																																														
0																																																															
1																																																															



Sequence Step 順序	Red 紅	Amber 黃色	Green 綠色
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

題 4、 如果 4017 十進計數器的第 14 引腳損壞了，交通燈會有什麼發生？ (8 分)

題 5、 哪些零件決定交通燈的速度？ (10 分)

### 測驗三：集成電路，微控制器及界面技術設計項目

#### 短答題 (50 分)

指示：

- 回答所有問題，時間為 40 分鐘
- 在方格中填上答案

題1、 能否在微控制器找到作為功能模塊的微處理器？提供理據以支持答案。 (5分)

題2、 數碼相機是否包含微控制器？提供理據以支持答案。 (10分)

題3、 試闡述個人電腦為甚麼需要滑鼠作輸入設備之一。 (5分)

題4、 從互聯網上下載網頁的過程中，闡述電腦主板上的隨機存取記憶體如何參與這個過程。 (5分)

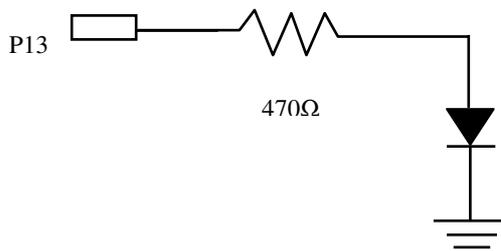
題5、 以下句子是否正確地描述電腦程式的特徵？提供理據以支持答案。 (5分)

甲) 電腦順序執行指令

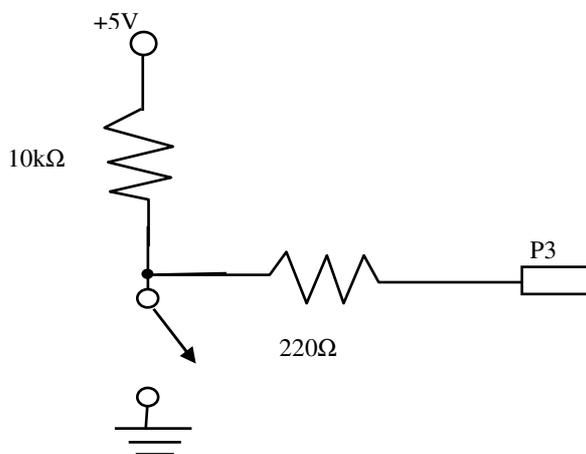
乙) 必須先把電腦程式都存儲到內置記憶體中，電腦才能執行程式

題 6、 電子產品使用集成電路有甚麼好處？ (5分)

題 7、 甲) 假如以下電路 P13 的狀態為「高」，發光二極管會是開還是關呢？ (5分)



乙) 假如按下按鈕，下列電路的 P3 狀態是「高」還是「低」？



題 8、 列出發光二極管在下列個案下是開還是關：

(10 分)

個案	電路圖	輸出引腳的狀態 (如有)	答案： 開／關
甲		沒有	
乙		沒有	
丙		P14 = 高	
丁		P15 = 高 P14 = 高	

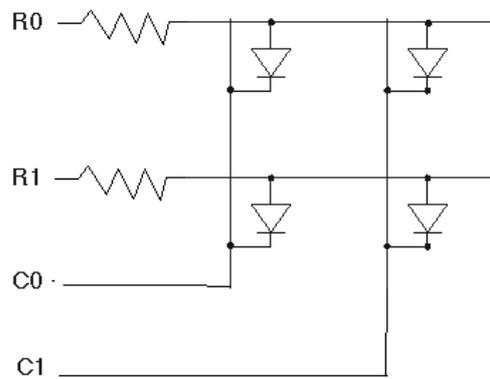
長答題 (50 分)

指示：

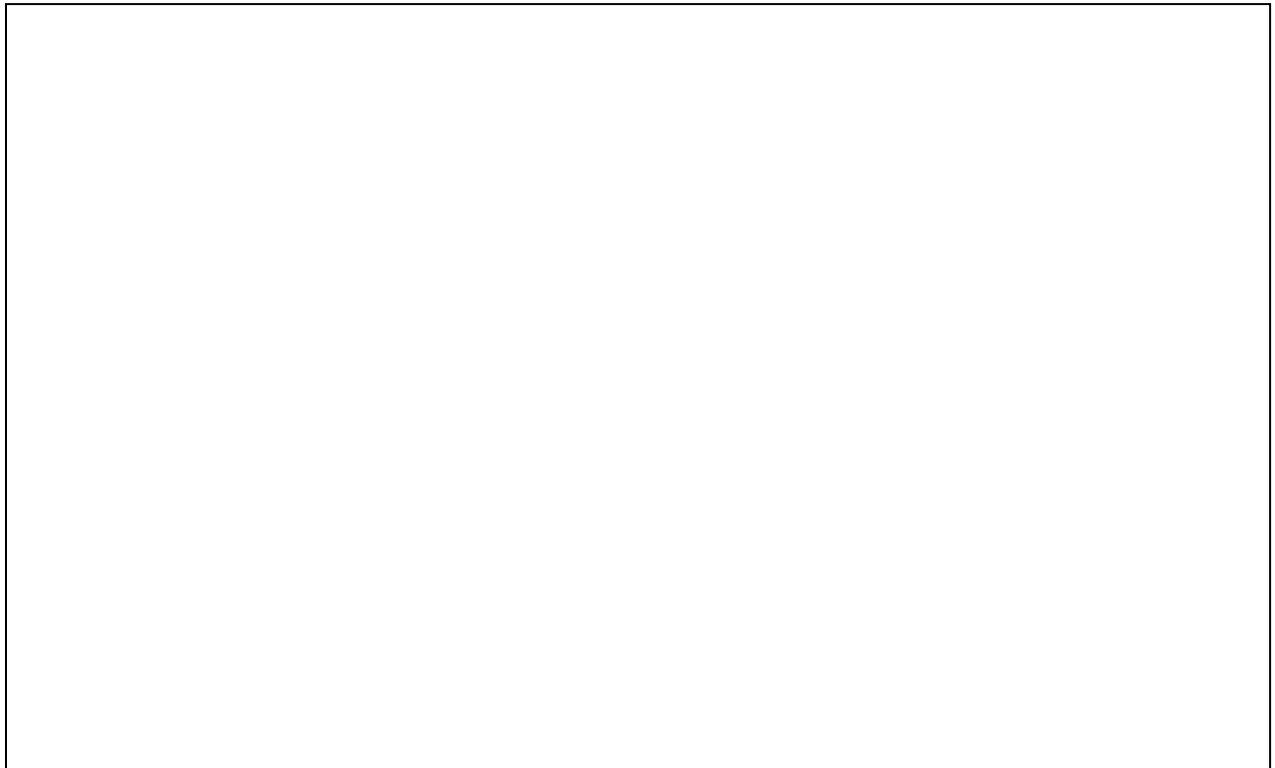
- 共有 3 條問題，須回答所有問題
- 在方格中填上答案
- 練習時間為 40 分鐘

題1、

甲) 繪畫概要圖 - 包括以下電阻器和發光二極管的電路，電路須連接到微控制器的四個輸出引腳 (P0、P1、P2 和 P3)。  
(15分)

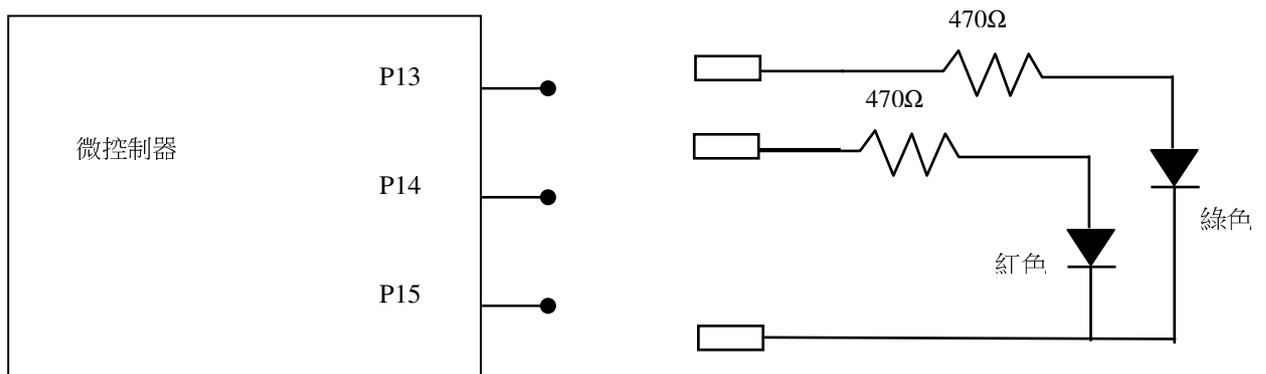


乙) 編寫偽代碼使圖中所有發光二極管能作每秒4次開關。



題 2、

甲) 當 P13 的狀態為「高」時，這兩個發光二極管將關閉，連接下面的電路圖，使 P15 能控制紅色發光二極管和 P14 能控制綠色發光二極管。  
(10分)



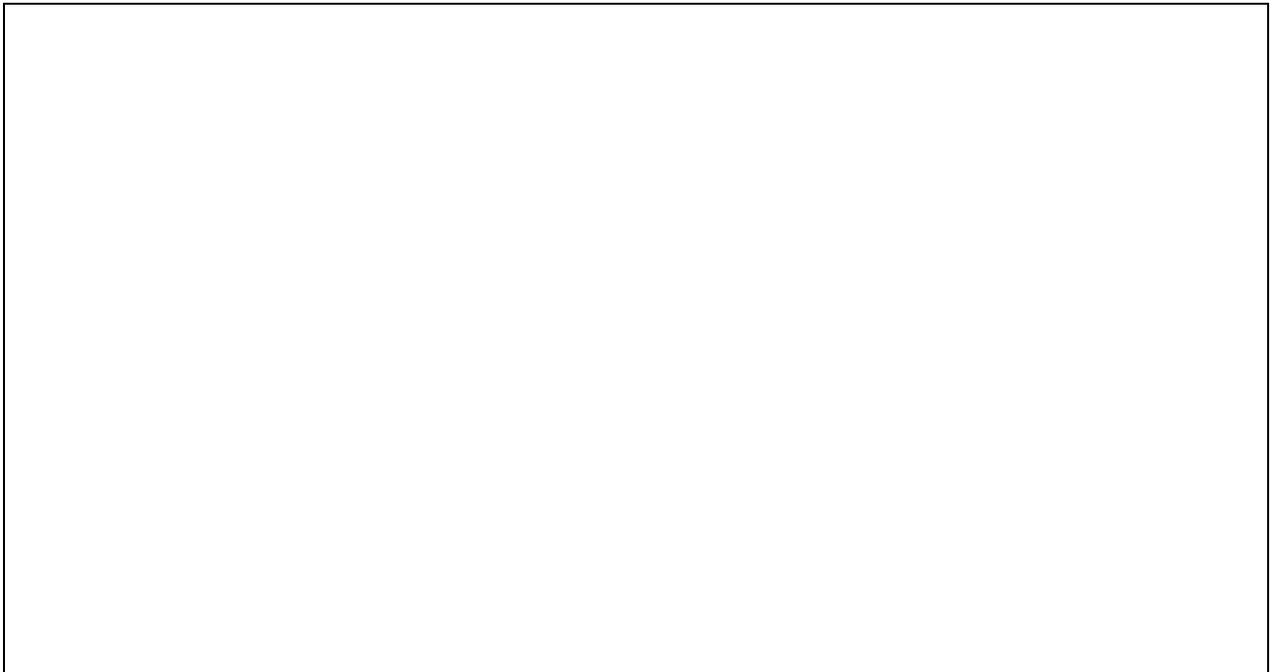
乙) 為下列工作編寫偽代碼：

(10分)

1. 紅色發光二極管開啟 250ms 後然後關閉
2. 綠色發光二極管開啟 250ms 後然後關閉
3. 紅色及綠色發光二極管開啟 250ms 後然後關閉
4. 重複



題 3、以圖書館為例，論述圖書館和電腦的四個組成部分（即中央處理器、內置記憶體、輸入和輸出）相似的地方。 (15分)



## 測驗四：電子學於現代社會的演進

指示：

- 回答所有問題
- 在方格中填上答案
- 練習時間為 60 分鐘

### 短答題 (40 分)

題 1、以例子解釋摩爾定律。

(10 分)

題 2、數碼化是摩爾定律的直接結果還是間接結果？提供理據以支持答案。

(10 分)

題 3、在三個推動會聚現象的主要因素中，列出其一，並以例子說明為甚麼它可以被視為一個推動因素。

(10 分)

題 4、智能手機是會聚產品嗎？提供理據以支持答案。

(10 分)

(註：智能手機是比典型流動電話具備更多先進的功能的流動電話，通常附設個人電腦般的功能，例如電子郵件和互聯網)

**長答題** (60 分)

題1、 今天，我們發現越來越多的產品轉移到數碼領域。論述這種現象究竟由於科技還是人類的需要而產生。 (30分)

題2、 假如你要設計一個新的電話，你會建議在手機上加入甚麼功能？為甚麼你認為人們會喜歡你設計的新手機？ (30分)

## 有用網址

### 第一章、電子信號，裝置及電路

歐姆定律	<a href="http://www.kpsec.freeuk.com/ohmslaw.htm">http://www.kpsec.freeuk.com/ohmslaw.htm</a> <a href="http://www.twysted-pair.com/ohms.htm">http://www.twysted-pair.com/ohms.htm</a> <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Ohm's_law">http://en.wikipedia.org/wiki/Ohm's_law</a> <a href="http://en.wikibooks.org/wiki/Electronics/Ohm's_Law">http://en.wikibooks.org/wiki/Electronics/Ohm's_Law</a>
------	--

### 第二章、模擬及數碼電子

「與非」門	<a href="http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electronic/nandlatch.html">http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electronic/nandlatch.html</a>
門	<a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Latch_(electronic)">http://en.wikipedia.org/wiki/Latch_(electronic)</a>
運算放大器	<a href="http://www.analyzethat.net/65_operational_amplifiers.php">http://www.analyzethat.net/65_operational_amplifiers.php</a>
運算放大器	<a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Operational_amplifier">http://en.wikipedia.org/wiki/Operational_amplifier</a>
電路符號	<a href="http://www.kpsec.freeuk.com/symbol.htm">http://www.kpsec.freeuk.com/symbol.htm</a>
數碼	<a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Digital">http://en.wikipedia.org/wiki/Digital</a>
邏輯電路	<a href="http://www.technologystudent.com/elec1/dig2.htm">http://www.technologystudent.com/elec1/dig2.htm</a>
快閃記憶體如何運作	<a href="http://electronics.howstuffworks.com/flash-memory.htm">http://electronics.howstuffworks.com/flash-memory.htm</a>

### 第三章、集成電路、微控制器及界面技術

在晶片上建立摩天大廈	<a href="http://www97.intel.com/discover/JourneyInside/TJI_Microprocessors_lesson6/default.aspx">http://www97.intel.com/discover/JourneyInside/TJI_Microprocessors_lesson6/default.aspx</a>
微控制器如何運作	<a href="http://electronics.howstuffworks.com/microcontroller1.htm">http://electronics.howstuffworks.com/microcontroller1.htm</a>
微處理器如何運作	<a href="http://www.intel.com/education/mpworks/index.htm">http://www.intel.com/education/mpworks/index.htm</a>
微處理器	<a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Microprocessor">http://en.wikipedia.org/wiki/Microprocessor</a>
電腦主板如何運作	<a href="http://computer.howstuffworks.com/motherboard.htm">http://computer.howstuffworks.com/motherboard.htm</a>
TI Interactive Timeline	<a href="http://www.ti.com/corp/docs/company/history/interactivetimeline.shtml">http://www.ti.com/corp/docs/company/history/interactivetimeline.shtml</a>
英特爾的教育創新 – 內在的旅程	<a href="http://www97.intel.com/discover/JourneyInside/TJI_Overview/default.aspx">http://www97.intel.com/discover/JourneyInside/TJI_Overview/default.aspx</a>

### 第四章、電子於現代社會的演進

新生技術的道德影響 – 一個有關調查	<a href="http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001499/149992E.pdf">http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001499/149992E.pdf</a>
有利可圖的會聚 – 兆元計的挑戰原則	<a href="http://www.deloitte.com/dtt/cda/doc/content/The%20trillion%20dollar%20challenge_FINAL.pdf">http://www.deloitte.com/dtt/cda/doc/content/The%20trillion%20dollar%20challenge_FINAL.pdf</a>

## 參考書籍

- Al Williams** (2002). *Microcontroller Projects Using the Basic Stamp*. CMP Books.
- Crowe and Barrie** (1998). *Introduction to digital electronics*. London: Arnold.
- Dan O’Sullivan and Tom Igoe** (2004). *Physical Computing Sensing and Controlling the Physical World with Computers*. Thomson Course Technology PTR.
- F. Floyd** (2004). *Electronics fundamentals: Circuits, Devices, and Applications*. Upper Saddle River N.J. : Pearson/ Prentice Hall.
- Gregg Wyant and Tucker Hammerstrom** (1994). *How Microprocessors Work*. Ziff-Davis Press.
- Ian Hickman** (1990). *Analog Electronics*. Oxford: Newnes.
- J. Reid, K. Dueck** (2008). *Introduction to Digital Electronics*. New York: Thomson Delmar Learning.
- Jerry C. Whitaker** (2005). *The Electronics Handbook*. FL: CRC Press.
- Nancy Cox, Charles T. Manley, Jr., Francis E. Chea** (1995). *LAN Times Guide to Multimedia Networking*. Osborne McGraw-Hill.
- Roger Bridgman** (1993). *Electronics*. New York: Dorling Kindersley.
- Roger Tokheim** (2008). *Digital Electronics: Principles and Applications*. McGraw- Hill Education.
- Stephen L. Herman** (2007). *Electronics for Electricians*. NY: Thomson Delmar Learning.

## 詞彙表

詞彙	說明
<b>八達通</b>	八達通卡是一種可增值的非接觸式儲值智能卡，於香港的在線或離線系統用作電子付款。
<b>中子</b>	中子是在原子內的粒子，沒有淨電荷。
<b>中央處理器</b>	這是電腦的大腦部份。大部份計算及決策過程都在此執行。
<b>反饋</b>	反饋是一個過程，系統某些比例的輸出信號傳回到輸入。這通常是用來控制系統的動態行為。
<b>孔洞</b>	電子洞是電子在概念和數學上的相反。這個概念描述缺少了一個電子的情況。
<b>比較器</b>	比較器能比較兩個電壓或電流和轉換它的輸出去表明那個比較大。更普遍而言，比較器也用來指比較兩個項目的裝置。
<b>布爾代數</b>	布爾代數是一個代數結構（一系列元素及對其的操作服從於公理），包含集合運算和邏輯運算必要的性質。
<b>正弦波</b>	正弦波或正弦曲線是一函數，往往出現在數學，物理，信號處理，電機工程，以及其他許多領域。
<b>瓦特</b>	瓦特是國際單位制的功率，等於每秒一焦耳的能量。
<b>交流電流</b>	交流電流是大小和方向都會隨著時間作週期性改變的電流。
<b>多媒體信息服務</b>	多媒體信息服務是一個標準的語音信息系統，可發送信息，其中包括多媒體物件（圖片，音頻，視頻，文字），而不僅僅是文字短信服務。
<b>串聯</b>	串聯電路的電流會流經電路中每一個組件。因此，串聯電路中所有的組件都帶著同樣的電流。
<b>並聯</b>	並聯電路是以一個不同的路徑給電流通過其每一組件。並聯電路為所有組件提供相同的電壓。
<b>周邊裝置</b>	用作擴充電腦性能的電腦硬體。
<b>直流電流</b>	直流電流或連續電流是不斷流動的電荷。
<b>界面</b>	將微控制器及其周邊裝置之間的數碼化信息，以兼容的方式傳輸。
<b>個人電子手帳</b>	個人電子手帳是一種手提電腦的規格，運行特定版本的 Windows CE 操作系統。
<b>原子</b>	原子是元素中最小的粒子，可與其他元素類似的粒子結合，形成化合物的分子。原子通常包括電子（帶負電荷的粒子）圍繞一粒正電荷的原子核，而原子核含有質子，中子和其他粒子。

<b>庫侖</b>	庫侖是電荷在一秒間經 1 安培電流運送的數量。
<b>偽代碼</b>	用來描述電腦程式的具體任務的短英文詞組的組合。
<b>唯讀記憶體</b>	唯讀記憶體是一種電腦和其他電子設備儲存數據的媒體。由於存儲在唯讀記憶體的數據不能輕易被修改，它主要是用來作為存儲固件。
<b>組裝</b>	處理半導體以製造集成電路。
<b>莫爾斯電碼</b>	莫爾斯電碼是一種傳輸電報信息的方法，採用標準序列的短和長原理代表字母、數字、標點符號和特殊字符的信息。
<b>設備會聚</b>	這是將通信、計算和消費電子這三個範疇結合在單一設備上的趨勢。
<b>晶片</b>	晶片（也被稱為集成電路或微晶片）是一種半導體晶片，以數以千至百萬計的微小電阻器，電容器和晶體管組裝而成。
<b>晶片</b>	一片薄薄含有微型電路的半導體材料。
<b>短訊服務</b>	短訊服務，通常被稱為文字通信，是用手提電話接收和發送短信息的一種方法。
<b>程式</b>	被電腦執行的一連串指令，描述一個或多個任務。
<b>週期</b>	週期是一時間間距的循環，以起點和終點的間距量度而不斷重複。一個週期的終點就是下個週期的起點。
<b>開環</b>	開環控制器，也稱為非反饋控制器，是一種只使用現狀及其系統模型把輸入計算到系統的控制器。
<b>集成電路</b>	集成電路（也被稱為晶片或微晶片）是一種半導體晶片，以數以千至百萬計的微小電阻器，電容器和晶體管組裝而成。
<b>雲母</b>	矽酸鹽礦物的雲母類包括幾個密切相關的材料，具有非常理想的基楚解理。
<b>微控制器</b>	是一種集成電路，其電路能如微型電腦般自給自足及具成本效益地運作。與通用電腦不同的是微控制器通常是有專門的任務，如控制某一特定系統。
<b>微晶片</b>	微晶片（也被稱為集成電路或晶片）是一種半導體晶片，以數以千至百萬計的微小電阻器，電容器和晶體管組裝而成。
<b>會聚</b>	這是結合兩個或以上之前各自獨立的業務，以創造新的產品或服務、聯盟、價值鏈結構或經濟模式的現象。
<b>電子</b>	電子是任何帶負極而構成所有原子一部分的粒子。
<b>電流</b>	電流通過一些表面的數量（單位為安培），例如，通過銅導線的切面，被界定為某時限流經表面的電荷量（單位為庫侖）。

<b>電動勢</b>	電動勢 $\mathcal{E}$ 的意思是指電荷“Q”通過電器裝置，獲得能量，裝置的淨電動勢是每個電荷能獲得的能量。它的單位為伏（V），或牛頓-米/庫侖(N-m/C)。
<b>電荷</b>	電子或質子吸引對方的潛力。
<b>電勢差</b>	電勢差是將物件從一處地方移到另一處，以克服不同類型的力而需要的能量。
<b>電壓</b>	電壓有時被稱為電勢或電張力，是電路中兩點之間的電勢差。
<b>赫茲</b>	赫茲(“Hz”)是頻率的國際單位制單位。
<b>摩爾定律</b>	戈登摩爾提出的經驗定律。它預測一塊晶片上的晶體管數量每 18 個月會增加一倍。
<b>數碼化</b>	將不同的資訊轉化以「0」和「1」來表示。
<b>質子</b>	質子是在原子內帶一正極電荷的粒子。
<b>隨機存取記憶體</b>	隨機存取記憶體是一種電腦儲存數據的記憶體。它所儲存的資料或指令會在斷電時失去，所以是一種易失性記憶體。
<b>頻率</b>	頻率是以時間單位計，一些重覆出現的事件的測量。

## 鳴謝

我們已就所用的相片及影像，盡力確認有關的版權。如有意外的版權抵觸，我們謹致歉意，並樂意就版權事宜與擁有者商討合適的安排。



香港特別行政區政府教育局

課程發展處科技教育組

職業訓練局

高峰進修學院製作