

## 實驗十一

### 計頻器 (Frequency Counter) 之超音波測距應用

#### 一、實驗目的：

- (1) 瞭解 Timer/Counter 工作原理以及相關的控制方法。
- (2) 瞭解計頻器的工作原理。
- (3) 利用超音波模組實現測距的功能，將超音波反射的概念結合 Timer/Counter 工作原理進行距離量測。

#### 二、實驗說明：

##### 1. Timer/Counter的基本原理

8051 內部共有兩個計時器(計數器)，分別為timer0 和 timer1，透過控制 TMOD 暫存器裡的 C/T 這個 BIT 可以決定是當作 TIMER 或是 COUNTER 來用。計時器和計數器並不相同，計時器是拿來計時間的，計數器是用來計算一個事件發生的次數，以下說明這兩種功能的差別：

##### (1) 計時器(TIMER)：

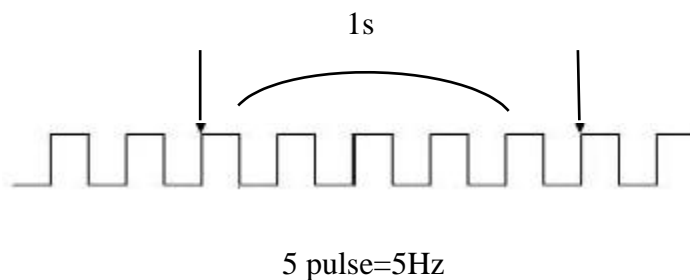
利用微控器內部的system clock作為上數計數器的觸發源，每經過12個 clock 計數值便會自動加一，當計數暫存器overflow之後便會由0重新開始計數。由計數器overflow的次數或者是目前的計數值便可以得知實際的時間差值。

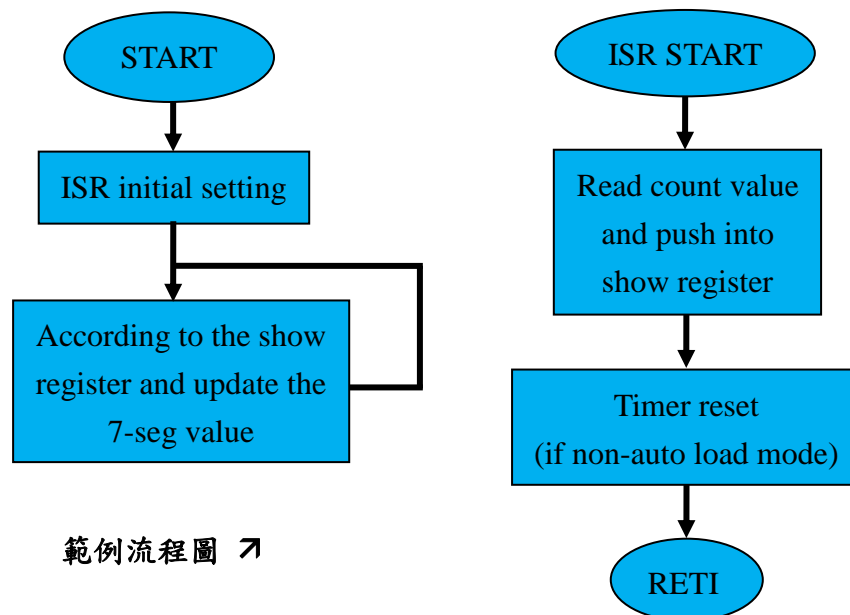
##### (2) 計數器(COUNTER)：

利用外部的腳位T0(P3.4)或T1(P3.5)作為上數計數器的觸發源，其餘的功能與計時器完全相同。

##### 2. 計頻器的工作原理

這邊提供一種簡單的設計方式來說明。利用一個Timer以及一個Counter，Timer設定每1秒會自動overflow並進入中斷，而Counter用來記錄每秒有多少個pulse由外部的腳位所接收，每當進入Timer中斷副程式之後就統計一次Counter目前的計數值，其數值即代表外部訊號的頻率。





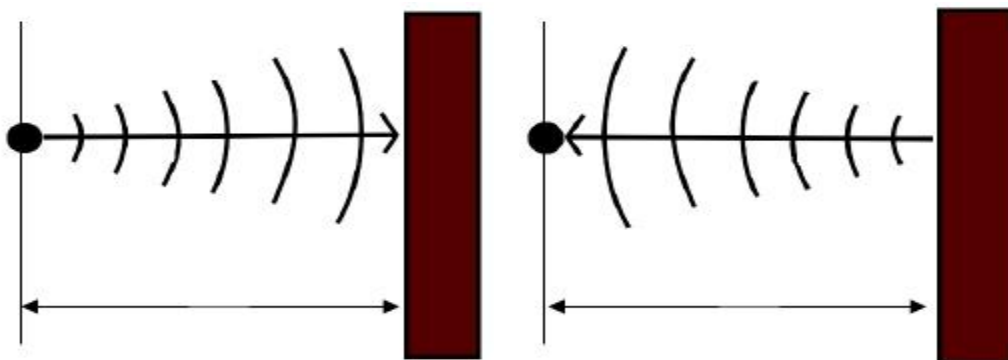
範例流程圖 ↗

此次程式中會使用到兩個TIMER，而範例中使用一秒的時間中斷來計數頻率數值，同學可參考上述之範例流程圖，主程式開始有ISR的初始設定，設定完成後等待時間中斷去讀取出Counter現在所計數到的頻率數值，接著就是回到主程式後更新頻率值持續顯示。另外，要注意的即是如何將暫存器的值切割成三個數值後再分別顯示出來，如：計數值=240，則需要分別得到2、4和0，才能送入7-SEG去做顯示的動作。

### 3. 超音波模組之工作原理

在國中的時候，你一定算過如下之題目：

假設一物體不動並向一牆壁發出聲音，經過5秒之後聲音經過牆壁反射後物體接收到當初發出的音波，若實驗時的溫度為 $15^{\circ}\text{C}$ ，試問此物體和牆壁之間的距離為多少？



由簡單的溫度和聲音速度的物理公式：

$$v = 331 + 0.6T \quad (\text{其中 } v \text{ 為聲音速度, } T \text{ 為攝氏溫度})$$

並且我們知道，在溫度為 $15^{\circ}\text{C}$ 空氣傳播聲音的速度大約為

$$v = 331 + 0.6 \times 15 = 340(\text{m/s})$$

而聲音在行進其間並沒有經過其他介質，因此其速度將維持固定。

利用此結果我們可以計算出，聲音在傳到牆壁以及反射回物體的過程中，經過同樣的距離  $D$ ，所以可以經由速度和距離的關係：

$$v \times t = L \quad (\text{其中 } v \text{ 為聲音速度、} t \text{ 為經過時間、} L \text{ 為經過的距離})$$

可得到：

$$340 \times 5 = 2D \quad \rightarrow \quad D = 850(m)$$

我們假設聲速為  $340(m/s) = 34000(cm/s)$ ，若超音波發射經過反射直到接收所花時間為  $0.01$  秒，則相當於在這  $0.01$  秒超音波走了  $340cm$ ，也就是發聲體與障礙物距離  $170cm$ ，若要以四顆七段顯示器顯示  $170$ ，則 counter 計數需要跑  $170$  次，相當於這  $0.01$  秒期間 counter 被激發了  $170$  次，因此，我們可計算出，counter 的 clock 輸入頻率為：

$$f = \frac{170(\text{times})}{0.01(s)} = 17000(\text{Hz})$$

由上述可知，若以 Timer 0 當作 Counter 1 之 Clock 方波輸入，則 Timer 0 每個週期為：

$$T = \frac{1}{17000(\text{Hz})} = 58(us)$$

此方波其半週期為  $29us$ ，若 Timer 0 要以工作模式 Mode 2 執行，則 Delay  $29us$  之計數值為  $29us/1us=29$ ，因此，Timer 0 其初始值設定如下所示：

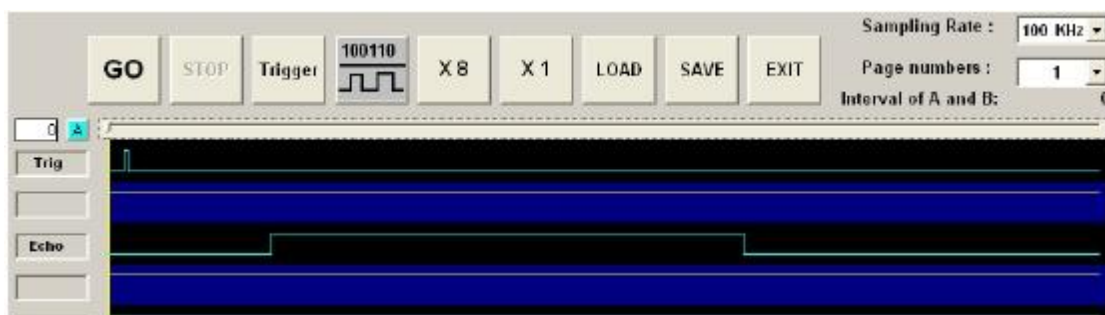
$$TL0=256-29=227$$

$$TH0=256-29=227$$

超音波模組之腳位圖 →



超音波腳位訊號 ↓



由上圖可以知道在 Trig 收到一個 pulse 後，在此 pulse 結束後的一小段時間內，將會發射超音波的訊號出去，同時 Echo 的部分將會由 low 變為 high。在經過外部反射超音波並由接收器接收到之後，Echo 端將會令其訊號由 high 變為 low。

## 三、實驗要求：

## 1. 基本題：

在本實驗設計中，**Timer(即 Timer 0)**、**Counter (即 Counter 1)**。

首先，我們利用指撥開關實驗單板之彈跳開關(Debounce 電路)，提供一個脈波給超音波模組的 Trig，經過一段時間之後，Echo 訊號腳位將會產生一段方波訊號，如前圖之超音波腳位訊號所示。

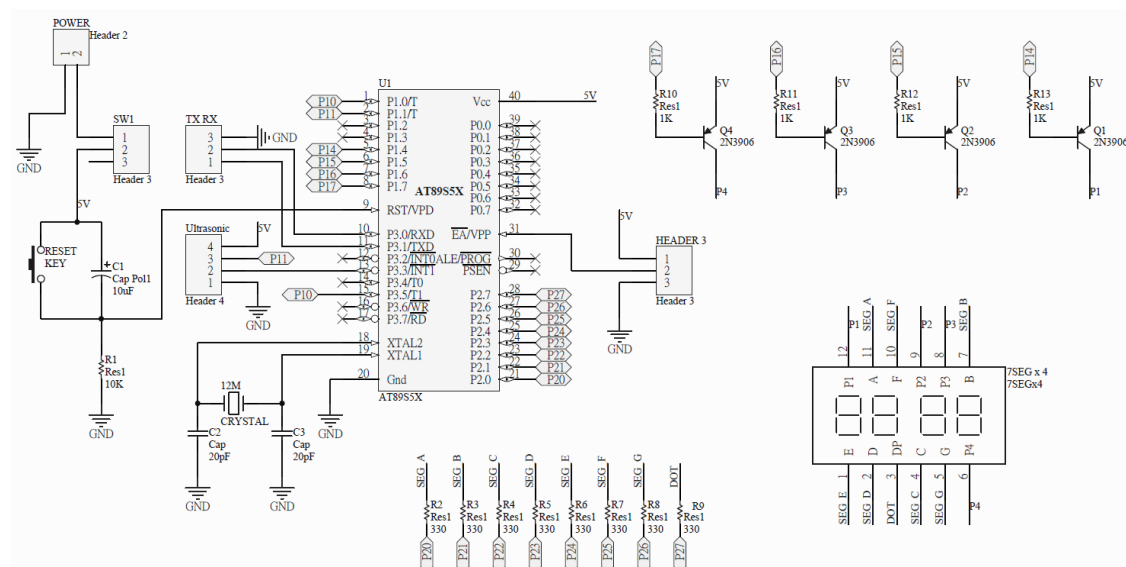
接著，由 Timer 0 所設定之初始值  $TL0=256-29=227$ ， $TH0=256-29=227$ ，使得每經過 29us 時，Timer 0 會自動 overflow 並進入中斷副程式，若要產生週期為 58us 之方波訊號，即相當於每次進入中斷副程式(也就是經過 29us)，則設計 P1.0 腳位就做一次 Compliment 輸出，即可產生所需之方波，再將 P1.0 之腳位接到 P3.5 當作 Counter 1 的 Clock 輸入。

另一方面，由於超音波模組其 Echo 腳位訊號的 High 維持時間，代表超音波發射直到接收所花的時間，因此將 Echo 訊號腳位接到 P3.3(INT1)當作外部中斷，當啟動外部中斷時，Counter1 即開始接收 Clock 的訊號，也就是 Echo 訊號作為 Counter1 接收 Clock 的開關，可確保量測之準確性。

最後，利用 Echo 訊號之開始與結束當作 Counter1 的外部開關，腳位為 P3.3(INT1)，並設定其優先權之高低，讓結束(Falling edge)時觸發中斷條件，並執行所對應的中斷副程式，也就是取出 Counter 1 之計數值，來得到所量測之距離，切記在量測執行完後，需要清空 Counter 1 之計數值，以利重新計算下次所量測數據。並將所量測到之計數值(距離)顯示於四顆七段顯示器或 LCM 模組。

## 2. 進階題：

將程式做些微修改，使得程式可以在以下電路執行，主要更改的部分為四顆七段顯示器的程式，因為電路設計上沒有 7447 IC 的支援，所以必須自己做燈號的切換以及 Table 的操作，原本彈跳開關的部分必須利用程式輸出一個脈衝訊號到腳位 P1.1，執行觸發 Trig 的動作。



RP0 pin 4,3,2,1 為 BCD pin 8,7,6,5 為 P1,2,3,4

#### 四、問題與討論：

1. 有那些因素會造成頻率計算結果之誤差。
2. 如果要增加頻率計算的範圍或是計算結果的解析度可以怎樣來設計。