

實驗十二

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)：

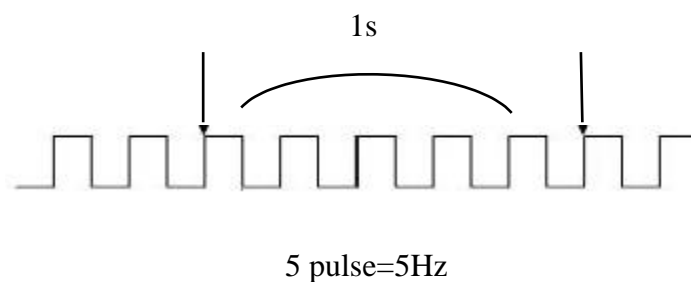
利用微控器內部的system clock作為上數計數器的觸發源，每經過12個 clock 計數值便會自動加一，當計數暫存器overflow之後便會由0重新開始計數。由計數器overflow的次數或者是目前的計數值便可以得知實際的時間差值。

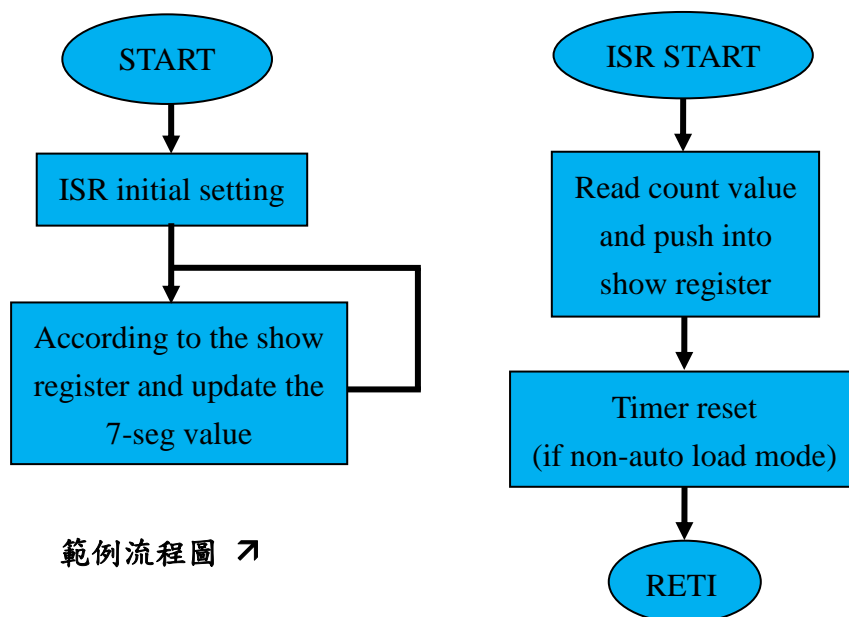
(2) 計數器(COUNTER)：

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。首先Counter用來記錄由**外部腳位接收到的pulse數量**，而Timer設定為每**1秒會進入中斷**。每當進入Timer中斷副程式之後就統計一次Counter目前的計數值，其計數值即代表**每秒外部pulse的數量**，也就是外部訊號的頻率。





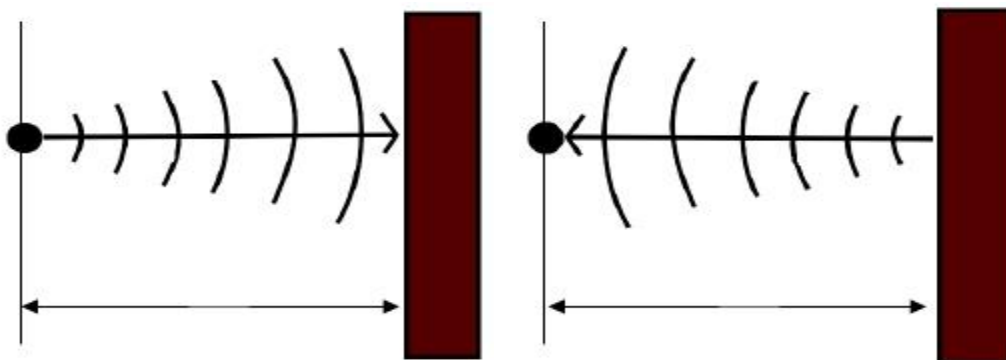
範例流程圖 ↗

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°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°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

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

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：

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

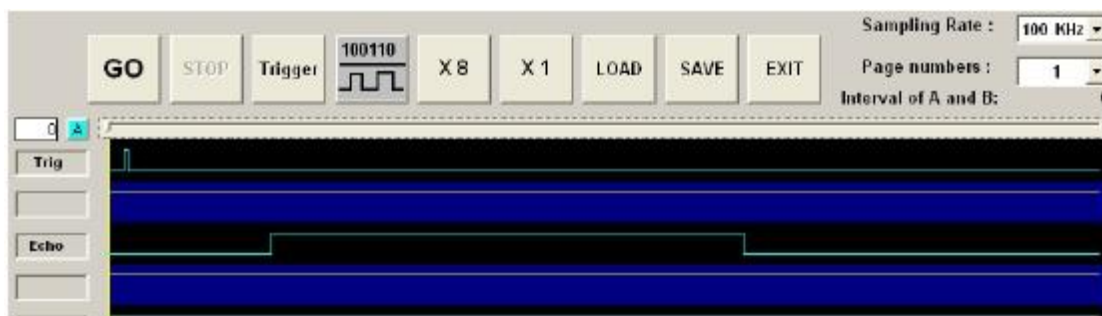
此方波其半週期為 $29us$ ，參考課本範例 259 頁得知，若 Timer 0 要以工作模式 Mode 2 執行，則 Delay $29us$ 之計數值為 $29us/1us=29$ ，因此，Timer 0 其初始值設定如下所示：

$$TL0=256-29=227$$

$$TH0=256-29=227$$

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：

在本實驗設計中，會使用到 Timer(即 Timer 0)及 Counter (即 Counter 1)。

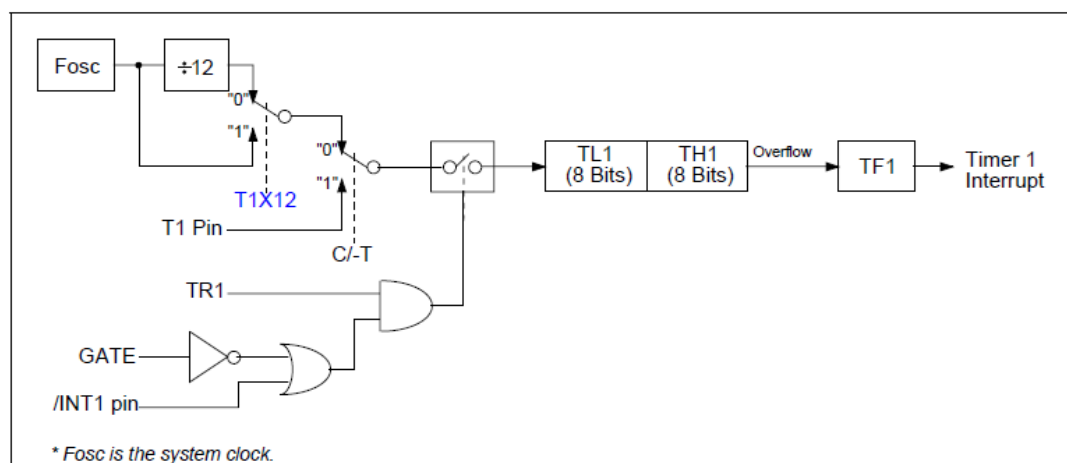
首先，我們利用指撥開關實驗單板之彈跳開關(Debounce 電路)，提供一個脈波給超音波模組的 Trig，經過一段時間之後，Echo 訊號腳位將會產生一段方波訊號，如前圖之超音波腳位訊號所示。

接著，若要產生週期為 58us 之方波訊號，即相當於每經過 29us(半週期)，就讓輸出腳位做一次反相，即可產生所需之方波，再將腳位接到 P3.5 當作 Counter 1 的 Clock 輸入。

因此我們使用 Timer 0 來當作製造方波的計時器，進入中斷即將 P1.0 腳位反相，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。

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 訊號之開始與結束分別當作 P3.3(INT1)及 P3.2(INT0)的中斷觸發條件，並設定優先權之高低，讓結束(Falling edge)所對應的中斷副程式能夠順利執行，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。



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。