

Lab 10

Timer/Counter之超音波測距應用

一、實驗目的

了解Timer/Counter工作原理以及相關的控制方法，並將其應用於超音波模組，實現測距功能。

二、實驗內容

A. Timer/Counter的基本原理

在MCS-51內部共有2個(51系列)或3個(52系列) Timer/Counter (計時器/計數器)，分別為timer0、timer1和timer2(52系列才有)，其中timer0和timer1可透過設定TMOD暫存器裡的C/T旗標設定其功能為TIMER(計時器)或是COUNTER(計數器)。計時器和計數器在觸發原理上類似，不過，前者拿來計數時間，後者用來計數一個事件的發生次數，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，當計數器overflow之後便會由0或某一設定值重新開始計數。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。

B. 計頻器的工作原理

計頻器為整合計時器與計數器之應用，在設計上計數器用於計算由外部腳位接收到pulse的數量，透過計時器中斷讓每次計數器運作的時間一致。當進入Timer中斷副程式之後會統計Counter目前的計數值，若計時器每秒中斷一次，計數值

即代表每秒外部pulse的數量，也就是當前外部訊號的頻率。如圖1所示，Timer設定為每1秒會進入中斷，在進入中斷後，統計Counter目前的計數值為5，即代表當前的外部訊號頻率為5Hz。

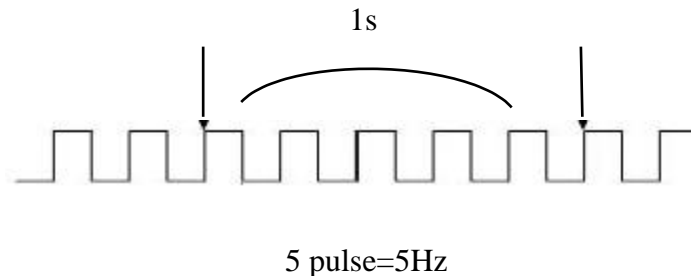


圖1、計頻器之工作原理圖

圖2為計頻器的範例流程圖，程式中會使用到兩個TIMER/Counter，而範例中使用一秒的時間中斷來計算pulse個數，同學可參考範例流程圖，主程式開始有Timer/Counter中斷及初始值的初始設定(ISR initial settling)，設定完成後等待時間中斷去讀取出Counter計數到的pulse個數，接著就是回到主程式更新並持續顯示相對應的頻率值。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。

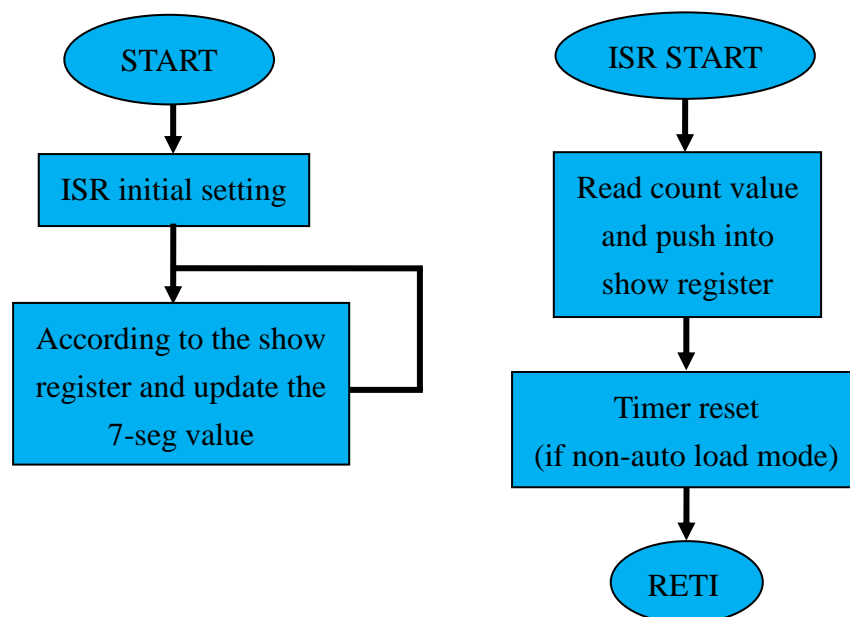


圖2、範例流程圖

C. 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：

假設一物體不動並垂直向一牆壁發出聲音(如圖 3 所示)，經過 5 秒之後，接收到經過牆壁反射回來的音波，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？

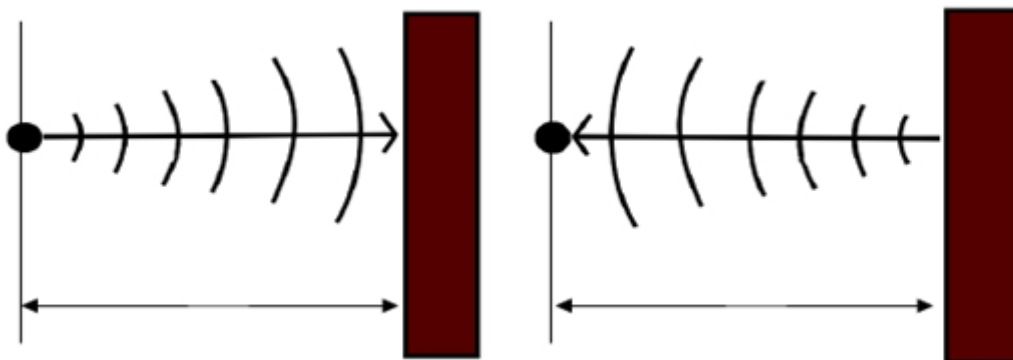


圖3、聲音反射示意圖

由簡單的溫度和聲音速度的物理公式：

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

在溫度為 15°C 空氣傳播聲音的速度為

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

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。

音波所經過的距離為 L ，而音波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

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

測距為 1cm 時，因超音波為反射的關係，所以實際經過距離為 2cm。假設聲速為 $340(\text{m/s}) = 34000(\text{cm/s})$ ，若以 cm 為超音波測距單位，則超音波走 2cm 的時間為

$$T = \frac{2(\text{cm})}{34000(\text{cm/s})} = \frac{1}{17000}(\text{s}) = 58(\mu\text{s})$$

此即為音波往返 1cm 距離所需時間，將該時間作為一個單位方波的週期，而後在超音波發送及接收到反射波的期間以計數器計算方波的個數，即可知道被测物體距離為何。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 $29\mu\text{s}/1\mu\text{s}=29$ ，因此，Timer 0 其初始值設定如下所示：

$$\text{TL0} = 256 - 29 = 227$$

$$\text{TH0} = 256 - 29 = 227$$

圖4與圖5分別為超音波模組之腳位圖與腳位訊號模擬圖，自圖5中可知，在 Trig 收到一個pulse後，在該pulse結束後的一小段時間內，會發射8個週期的超音波訊號出去，同時Echo腳位會由low變為high。在接收到反射會來的超音波信號後，Echo端將會Echo腳位由high變為low，也就是Echo腳位在超音波來回期間會是high，其他時間為low。



圖4、超音波模組腳位圖

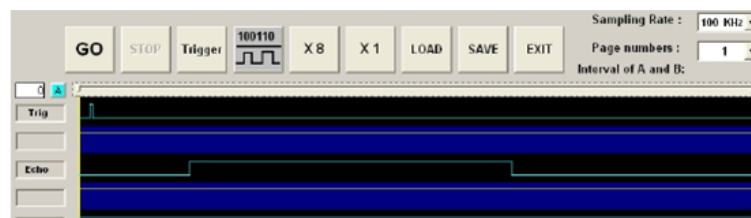


圖5、超音波模組腳位訊號模擬圖

三、實驗要求

A. 基本題

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

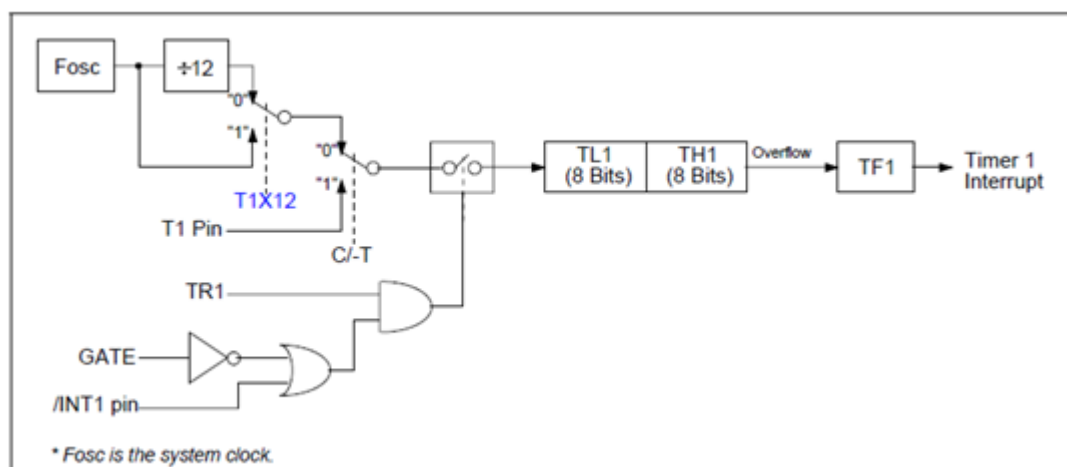
首先，利用指撥開關實驗單板之彈跳開關(Debounce 電路)，提供一個脈波給超音波模組的 Trig，經過一段時間之後，Echo 訊號腳位將會產生一段 High 訊號，如前圖之超音波腳位訊號所示。

另外將 Timer/Counter 0 設為 Timer auto-reload mode 用來產生週期為 58us 之方波訊號。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。這邊的做法採用 P1.0 與 Timer 0 來產生方波，進入 timer 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 overflow 並自動進入中斷副程式將 P1.0 反相。

P1.0 腳位接到 P3.5 當作 Counter 1 的外部 Clock 輸入，如此一來在 Echo 腳位為 High 的時間內，Counter 1 數到幾個方波訊號就表示超音波測量到的距離為幾公分。

另一方面，由於超音波模組其 Echo 腳位訊號的 High 維持時間，代表超音波發射到接收所花的時間，所以將 Echo 訊號腳位接到 P3.3(INT1)當作 Counter1 的開關(Gate 須設為 1、TR1 為 1)，此時由外部中斷腳位(INT1)決定 Counter 1 計數的開始與結束，可確保量測之準確性。當 Echo 腳位由 low 變 high 時，Counter 1 即開始接收由 P1.0 產生的 Clock 訊號；當 Echo 腳位由 high 變 low 時，Counter 1 停止運作。Counter 1 停止運作後取出當時的計數值。

最後，利用 Echo 訊號之結束(由 1 到 0)，即 Falling edge，當作 P3.3(INT1)的中斷觸發條件，進入外部中斷副程式後，取出 Counter 1 之計數值，來得到所量測之距離，並將所量測到之計數值(即距離)顯示於四顆七段顯示器或 LCM 模組。切記在量測執行完後，需要清空 Counter 1 之計數值(TH1、TL1)，以利重新計算下次所量測數據。



B. 加分題

於實驗課公布

四、問題與討論：

- (1) 有哪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？