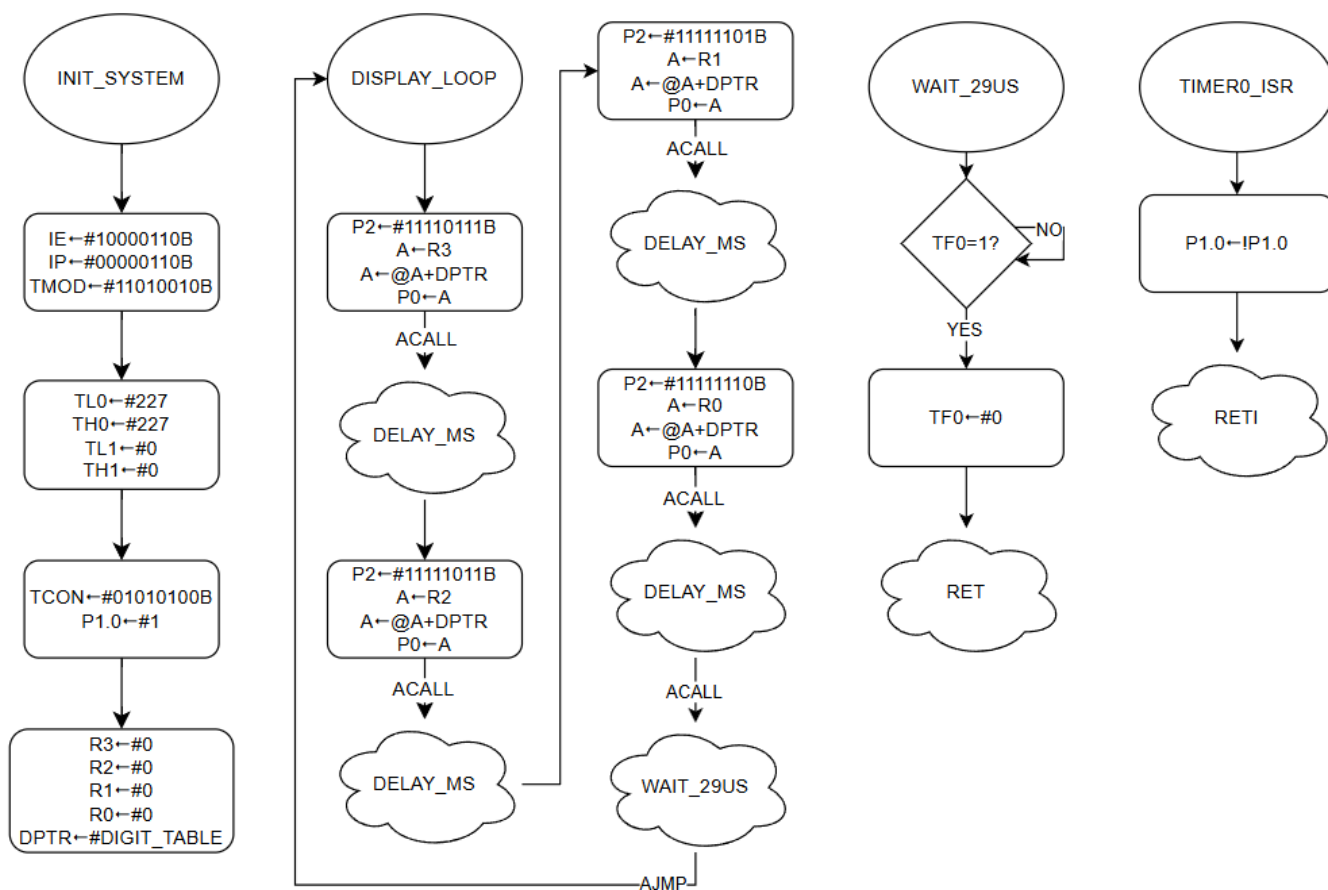
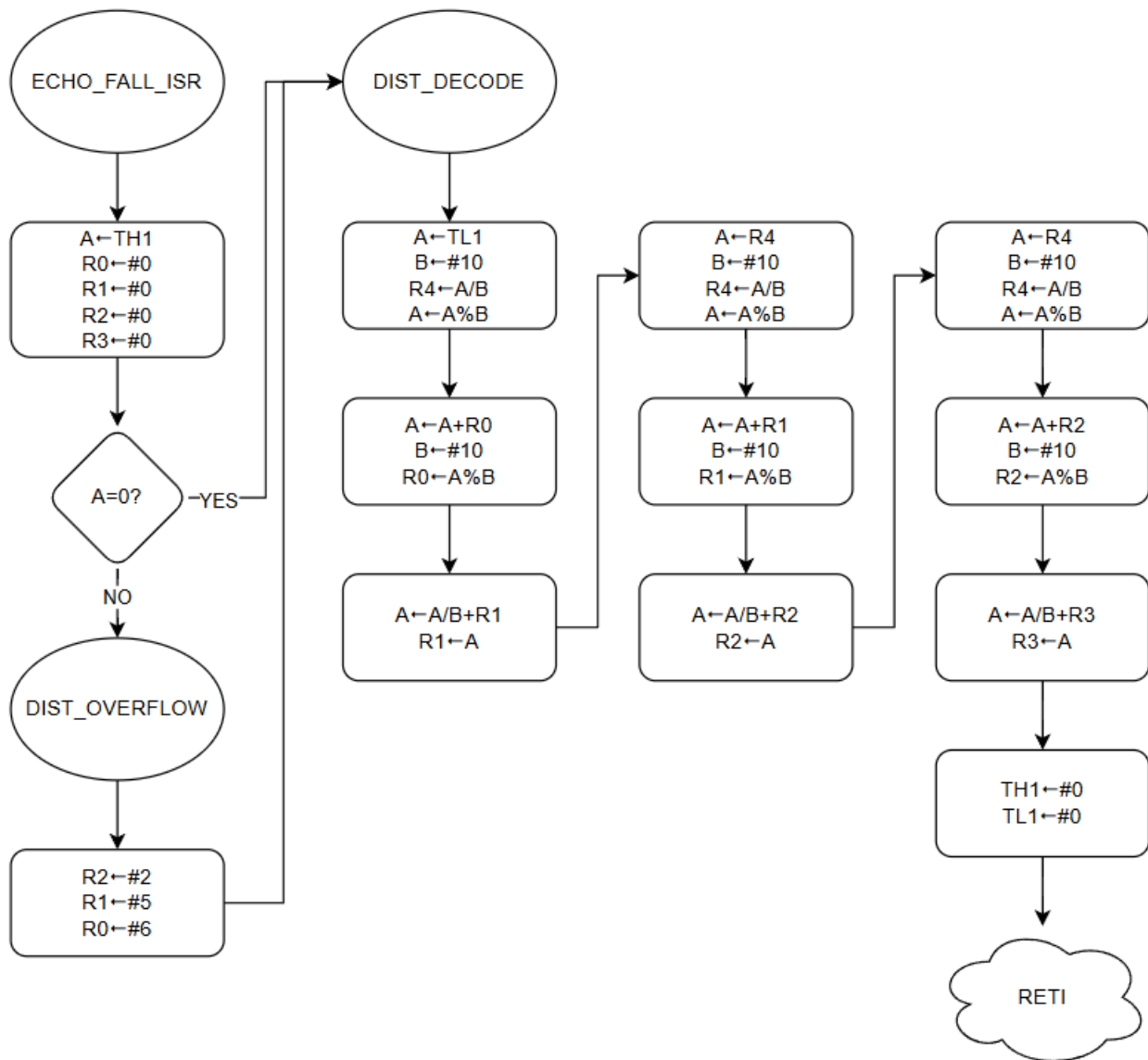




裝置類別	功能說明	8051 腳位	模組/元件腳位	備註說明
超音波模組	c 段	<b>P0.5</b>	c 段腳	
	d 段	<b>P0.4</b>	d 段腳	
	e 段	<b>P0.3</b>	e 段腳	
	f 段	<b>P0.2</b>	f 段腳	
	g 段	<b>P0.1</b>	g 段腳	
	小數點 dp	<b>P0.0</b>	h 段腳	用於 D3 加小數點
	Trig (觸發訊號輸入)	<b>JP07.2 (彈跳 開關輸出)</b>	Trig 腳	按下按鈕產生 High 脈波
	Echo (回音訊號輸出)	<b>P3.3 / INT1</b>	Echo 腳	Echo High → Counter 開始計數
	時脈輸入 (接收方波)	<b>P3.5 / T1</b>	無 (8051 自接 P1.0)	由 Timer0 產生方波輸入 Counter1
	電源正極	-	VCC	接 +5V
Timer0 方波輸出	接地	-	GND	接 GND
	CPL 切換輸出	<b>P1.0</b>	接到 <b>P3.5 (T1)</b>	每 58μs 一週期，產生用於距離換算波型
彈跳開關	輸出觸發脈波至 Trig	<b>JP07.2</b>	Trig (超音波模組)	預設 LOW，按下變 HIGH，產生上升沿脈波

### 三、程式流程圖：





A/B 表示 A 除以 B 的商，A%B 表示 A 除以 B 的餘數，程式碼部分為 DIV AB，流程圖直接用完成除法後的商與餘表示給予的值

#### 四、問題與討論：

(1) 有哪些因素會造成頻率計算結果之誤差？

1. 超音波在空氣中傳播速度受溫度影響

聲速會隨著環境溫度變化，程式中固定聲速為 340 m/s，但實際溫度的不同會導致有不同的聲速，因此週期 1 公分的距離未必剛好是 58us。

2. Timer / Counter 本身解析度限制

Timer0 週期未必足夠精細以及 Echo 傳遞訊號給 Counter1 之間的延遲，都會影響測量精度。

3. Timer0 反相產生方波與實際週期存在誤差

如中斷響應時間延遲，會讓方波週期略有偏移，進而影響 Counter1 計數結果。

(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？

1. 提高 Timer0 的中斷頻率

將 Timer0 週期縮短（例如由 29  $\mu$ s 改為 3  $\mu$ s），讓每個方波代表更小的單位距離（0.1 cm），提升解析度。

2. 使用更高位元的 Counter 或累加器

8051 的 Counter1 是 16-bit，若配合軟體可進一步擴展記錄範圍（例如讀取多次後累加），增加量測最大距離。

#### 五、程式碼與註解：

ORG 0000H

AJMP INIT\_SYSTEM ; 程式起始點，跳到初始化系統設定

ORG 000BH

AJMP TIMER0\_ISR ; Timer0 Overflow 中斷向量，進入中斷處理（產生方波）

ORG 0013H

AJMP ECHO\_FALL\_ISR ; 外部中斷 INT1（Echo Falling edge）向量

ORG 0050H

; 主程式碼段起始位址

; --- 七段顯示器數值對照表（共陽極顯示器，低電位點亮）

DIGIT\_TABLE:

DB 0C0H ; 顯示數字 0

DB 0F9H ; 顯示數字 1

DB 0A4H ; 顯示數字 2

DB 0B0H ; 顯示數字 3

DB 099H ; 顯示數字 4

DB 092H ; 顯示數字 5

DB 082H ; 顯示數字 6

DB 0F8H ; 顯示數字 7

DB 080H ; 顯示數字 8  
DB 098H ; 顯示數字 9  
DB 0FFH ; 空白 (全部熄滅)

; -----

; 初始化系統設定

; -----

INIT\_SYSTEM:

MOV IE, #10000110B ; 開啟外部中斷 INT1 及 Timer0 中斷  
MOV IP, #00000110B ; 設定 INT1 和 Timer0 為高優先順序  
MOV TMOD, #11010010B ; 設定 Timer0 為 Mode 2 (Auto-reload)  
; 設定 Timer1 為 Counter 模式 (Mode 1) 並啟用 Gate 控制  
MOV TL0, #227 ; 設定 Timer0 reload 值為 227 (每次計時 29  $\mu$ s)  
MOV TH0, #227  
MOV TL1, #0 ; 初始化 Counter1 計數值為 0  
MOV TH1, #0  
MOV TCON, #01010100B ; 啟用 Timer0、Counter1 並設定 INT1 為 Falling edge 觸發  
SETB P1.0 ; 將 P1.0 設為 High, 作為方波輸出腳位起始狀態

; 顯示用的暫存器清空 (R0~R3)

MOV R3, #0 ; 千位數  
MOV R2, #0 ; 百位數  
MOV R1, #0 ; 十位數  
MOV R0, #0 ; 個位數  
MOV DPTR, #DIGIT\_TABLE ; 設定 DPTR 指向七段碼對照表

; -----

; 顯示主迴圈 (四位七段動態掃描)

; -----

DISPLAY\_LOOP:

; 顯示千位數 R3  
MOV P2, #11110111B ; 選通第 1 顆七段顯示器 (D1)  
MOV A, R3  
MOVC A, @A+DPTR ; 對照七段表取得段碼  
MOV P0, A  
ACALL DELAY\_MS

; 顯示百位數 R2

MOV P2, #11111011B ; 選通第 2 顆顯示器 (D2)  
MOV A, R2  
MOVC A, @A+DPTR

```

MOV P0, A
ACALL DELAY_MS

; 顯示十位數 R1
MOV P2, #11111101B      ; 選通第 3 顆顯示器 (D3)
MOV A, R1
MOVC A, @A+DPTR
MOV P0, A
ACALL DELAY_MS

; 顯示個位數 R0
MOV P2, #11111110B      ; 選通第 4 顆顯示器 (D4)
MOV A, R0
MOVC A, @A+DPTR
MOV P0, A
ACALL DELAY_MS

; 等待 Timer0 產生一次 overflow (約 29  $\mu$ s)
ACALL WAIT_29US
AJMP DISPLAY_LOOP      ; 重複掃描顯示

; -----
; 延遲等待 Timer0 overflow (每次 29  $\mu$ s)
; -----
WAIT_29US:
    JNB TF0, $          ; 若 TF0 還沒設為 1 (尚未 overflow), 則卡住等
    CLR TF0             ; 清除溢位旗標, 準備下次使用
    RET

; -----
; Timer0 中斷副程式: 方波反向產生
; -----
TIMER0_ISR:
    CPL P1.0            ; 將 P1.0 反相, 產生固定週期方波
    RETI

; -----
; Echo Falling Edge 中斷: 處理量測結果
; -----
ECHO_FALL_ISR:
    ; 初始化顯示暫存器

```

```
MOV A, TH1
MOV R0, #0
MOV R1, #0
MOV R2, #0
MOV R3, #0
```

```
; 檢查是否超過 255 (溢位)，若有則補上模擬進位值
CJNE A, #0, DIST_OVERFLOW
AJMP DIST_DECODE
```

DIST\_OVERFLOW:

```
MOV R2, #2          ; 顯示百位補上進位值
MOV R1, #5
MOV R0, #6
```

; 將 TL1 的值拆解為千百十個位數顯示

DIST\_DECODE:

```
MOV A, TL1
MOV B, #10
DIV AB              ; A = 商, B = 餘數
MOV R4, A
MOV A, B            ; 存個位數
ADD A, R0
MOV B, #10
DIV AB
MOV R0, B
ADD A, R1
MOV R1, A
```

```
MOV A, R4
MOV B, #10
DIV AB
MOV R4, A
MOV A, B
ADD A, R1
MOV B, #10
DIV AB
MOV R1, B
ADD A, R2
MOV R2, A
```

```

MOV A, R4
MOV B, #10
DIV AB
MOV R4, A
MOV A, B
ADD A, R2
MOV B, #10
DIV AB
MOV R2, B
ADD A, R3
MOV R3, A

; 重設 Counter1，準備下次量測
MOV TH1, #0
MOV TL1, #0
RETI

; -----
; 延遲副程式（顯示穩定用）
; -----
DELAY_MS:
    PUSH 7
    PUSH 6
    MOV R7, #100          ; 外圈次數
DELAY_MS_OUTER:
    MOV R6, #100          ; 內圈次數
DELAY_MS_INNER:
    DJNZ R6, DELAY_MS_INNER
    DJNZ R7, DELAY_MS_OUTER
    POP 6
    POP 7
    RET

END

```



## 六、心得：

### 課堂心得:

課堂中老師教完 8051 微控制器中 Timer 與 Counter 的基本原理與差異，讓我對微處理器如何掌握時間與事件的能力有了更深刻的理解。Timer 利用內部時脈進行精準計時，而 Counter 則可以計算外部事件的次數。透過老師的講解，我也理解到這兩者除了可以正常在程式中使用，也可以配合中斷（Interrupt）的概念，即時處理達到條件的事件，讓程式不必輪詢等待。這些概念雖然一開始抽象，但經由實作與程式範例講解後變得更清晰，也為後續實驗的整合應用打下基礎。

### 實驗心得:

本次實驗讓我實際操作了 Timer、Counter 以及中斷機制，並將三者整合應用在超音波測距裝置上，深刻體會硬體與軟體協同運作的精妙。Timer0 負責以固定週期產生方波，Counter1 在 Echo 高電位期間計算接收到的脈波數量，並透過外部中斷 INT1 偵測 Echo 結束時機進行資料擷取與距離計算。整個流程中，每一項元件都各司其職又彼此配合，使我感受到微控制器資源協調運作的重要性。雖然中間在時序設定與顯示數值分解上花了一些時間理解與除錯，但也因此更加熟悉中斷處理、Timer reload 機制以及動態顯示掃描的實作方式。這次實驗不只是學習單一功能，而是一次完整系統整合的經驗，非常有成就感。

### Notes:

1. 內容字體大小為 12，間距為單行間距
2. 中文字字體為標楷體
3. 英文字和阿拉伯數字為 Times New Roman
4. 嚴禁抄襲，抄襲者以 0 分計算
5. 請於報告左上角附上照片
6. 每次實驗課繳交上次實驗結報