



可換式風扇顯示裝置

虎尾科技大學 光電工程系

摘要

本作品為一低成本風扇顯示裝置，適用於警示作用地點或者廣告用途上。此裝置方便安裝於市面上一般規格之電風扇上，只要經過幾個簡易的步驟即可安裝完成，可換式風扇顯示裝置裡面包含 LED 顯示單元、單晶片控制單元、轉速感測單元、電源供應單元等四大單元。主要以單晶片控制輸出資料與 LED 組合成一排顯示單元，當電風扇啟動開始轉動後，加上人眼視覺暫留的現象，可以顯示出設定在單晶片內的文字。

1. 前言

科技材料的快速發展，市面上各種顯示元件紛紛出籠，其中發光二極體（LED）可為低電壓驅動，它具有高發光效益、快速反應時間等優點。因此 LED 應用範圍越來越普及越廣泛，例如：目前常見的大型廣告看板，汽機車的前後燈、手電筒、道路上的紅綠燈和公車站牌等都使用 LED 來製作。

市場上一般的電風扇，最主要的功能莫過於使空氣產生對流，讓使用者感受到輕風吹拂，然而卻不容易去注意到。我們想要藉由此產品使風扇葉片上能夠顯示電風扇轉速的強弱，也可以在風扇葉片上出現廣告、娛樂圖案等，廣告標語很適合讓公司行號為自家商品做宣傳；娛樂圖案可使用的範圍更是廣泛，擺放家中當一般電風扇時，可顯示小孩喜愛的圖像增添娛樂性，也能顯示出警示標語，預防兒童將手指伸入風扇中。我們將傳統的風扇葉片與本作品特性整理出一比較表(如表一)。

	傳統風扇葉片	風扇顯示裝置
風扇明顯性	低（幾乎被忽略）	有
警示作用	無	可以
顯示當前風速	無	可以
顯示圖文	無	可
娛樂性	無	佳
獨特性	低	高
趣味性	空氣對流	多用途

表一 葉片功能比較表

由表一可看出本作品利用單晶片控制 LED 搭配人眼視覺暫留特性來顯示文字及圖形，不僅改變我們對傳統點矩陣 LED 顯示幕的印象，還可增添風扇葉片的娛樂性。



2. 工作原理

可換式風扇顯示裝置是利用風扇有著規律 性且高速做同心圓運動的特性，將一排 LED 與 單晶片控制電路安裝於電風扇葉片上，並由寫 入在單晶片內的程式控制 LED 產生明滅變化將 所需要的文字顯示出來。由於人類眼睛具有視 覺暫留的現象，對於快速變化的亮暗點並不易 察覺出來，所以利用人類 眼睛的視覺暫留現象 和 LED 隨著風扇的快速轉動而產生的亮暗變 化，可以使觀察者清晰的看出電風扇上所顯示 出預先設定在單晶片內的文字或者圖形。

我們利用磁簧開關做為重置的一個動作，只 要風扇葉片上的磁簧電路經過磁鐵的地方，就 會使 LED 重新顯示；在市面上所販售的電風扇 轉速皆不盡相同，而本作品則會自動去偵測目 前的風扇轉速 和 LED 顯示的速度是否有時間上 的誤差，若有此情況，單晶片內的程式會自動 將 LED 的顯示時間做調整，來消除風扇轉速和 LED 顯示速度的誤差，使整個風扇顯示面看起 來更加完整美觀。並且可由紅外線的無線發射 器，發射無線訊號至安裝在電風扇上面的風扇 顯示器，在風扇顯示器上面也裝有相同頻率的 紅外線的無線接收器，可將紅外線發射器所傳 送的訊號送至單晶片 ，藉此可在風扇不停止 轉 動下，無線控制風扇顯示器的顯示模式 。

3. 作品結構

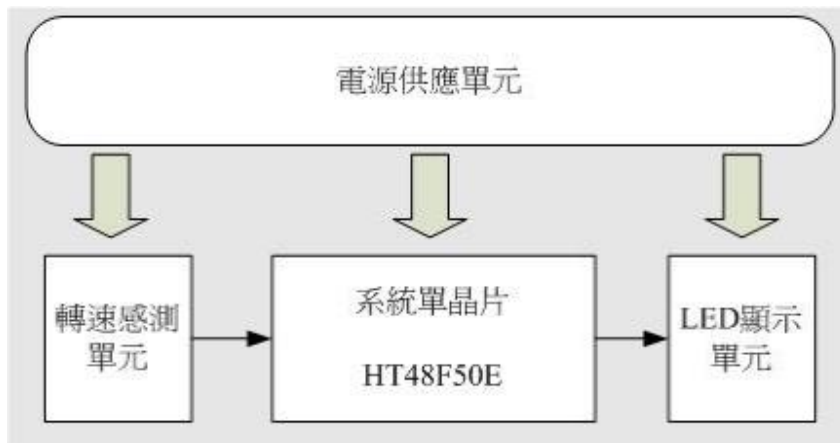
3.1 硬體結構

此葉片顯示裝置需安裝於電風扇軸心上，且在電風扇高速轉動下工作，硬體電路設計方面 必須非常完善、牢固，以達到顯示功能又不失原本電風扇的便利性。而我們在配置電路時，要決定幾點要素：

- (1) 顯示文字時需要高解析度
- (2) 正確定位文字與圖形的顯示位置
- (3) MCU 變更時簡易的燒錄方式
- (4) 葉片安裝電路板時平衡性
- (5) 風扇轉速改變時文字須正確顯示
- (6) 整體電路使用便利的供電方式
- (7) PCB 板牢固地固定在葉片上

3.1.1 硬體電路規劃

電路方塊圖（如圖一所示），此硬體使用IC（HT48F50E）來規劃所有周邊元件的運作，啟動主控 IC 的相關元件則包含有（總開關、石英晶體震盪器、Reset重置開關、電容、電阻），另外搭配磁簧開關做為轉速感測單元，及15顆LED排列來組成顯示單元，而供應整體電路的總電源是由3號電池2顆來提供。

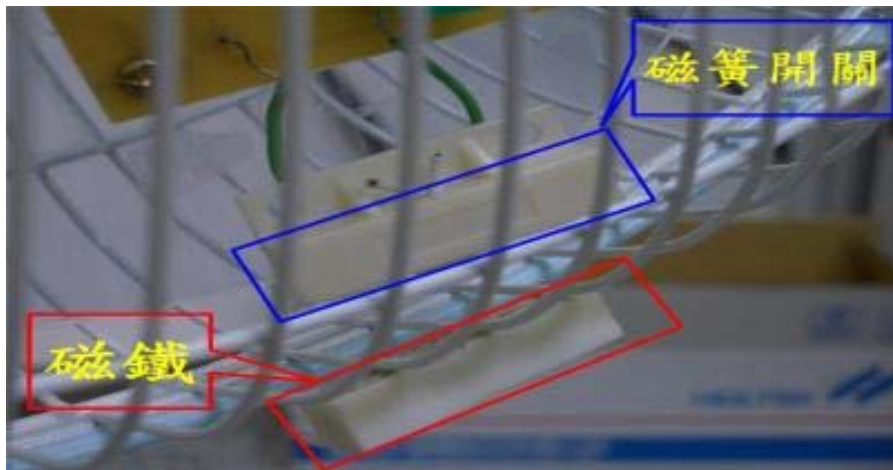


圖一 硬體結構圖

3.1.2 硬體電路配置

A. 轉速感測單元

轉速感測單元是由一對磁簧開關組（如圖二所示）來扮演訊息傳達的角色，當磁簧開關靠近磁鐵時即為短路現象，當短路時即送出一低態訊號至INT腳以傳達訊息，使程式開始輸出圖形至 LED。我們利用磁簧開關來當成定位系統，透過程式來計算葉片轉速，文字或圖形便能在適當的位置顯示出來，改變磁鐵的位置時亦能改變其顯示位置。



圖二 轉速感測開關

B. 系統單晶片

本系統所使用的單晶片為IC（HT48F50E），為一可重複燒錄之28pin單晶片，存有風扇顯示的主控程式與顯示圖形之相關資料。



C. LED顯示單元

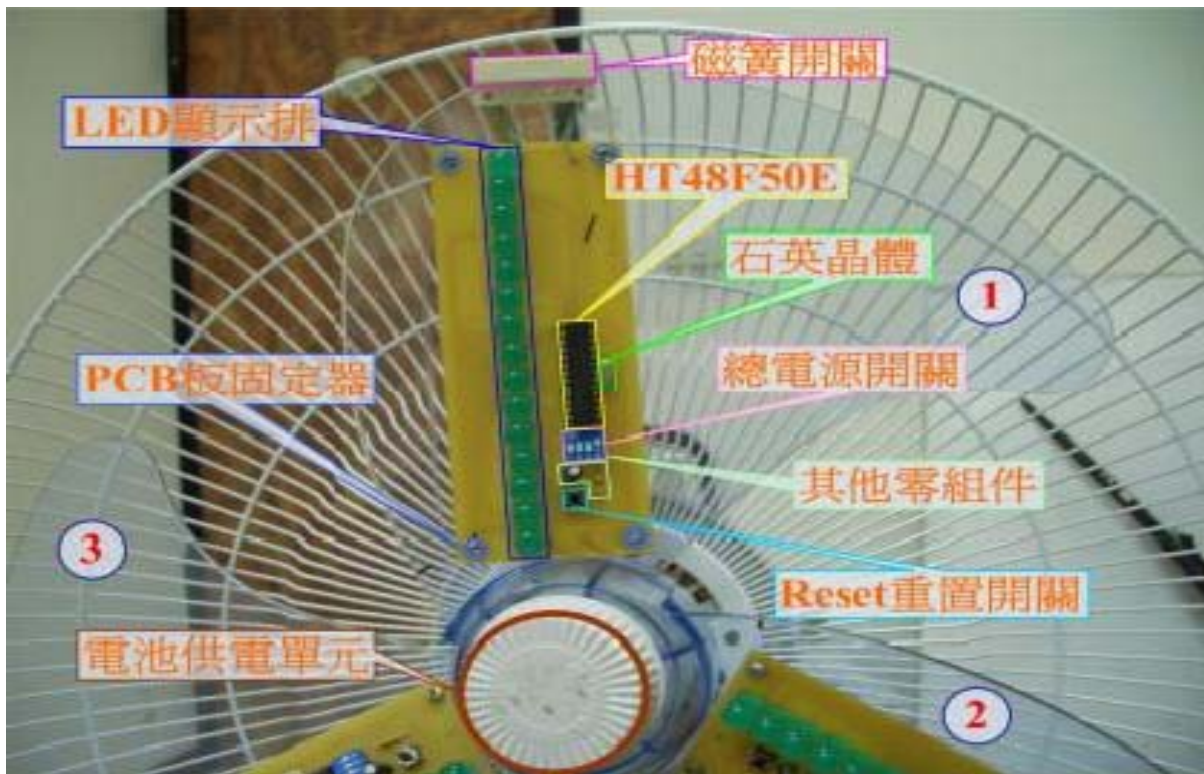
由 15 顆 8mm 的發光二極體所排列而成的顯示單元，緊密地排成一直線，以確保風扇旋轉時能產生高解析度之文字與圖形。

D. 電源供應單元

VCC 電源由兩顆 3 號乾電池以串聯方式，供應整體電路元件工作。

E. 其他元件

將驅動 IC 及輔助電路所需的石英晶體震盪器、電容、電阻、開關等安裝於電路板上，並連接其之間的電路。



圖三 硬體實際完成圖



3.2 軟體部份

在完成硬體電路的規劃後，還需要編寫軟體主程式來控制硬體電路，使電路上的LED能夠在正確的位置上顯示出我們期望的文字與圖形，在規劃軟體程式功能時，也要依硬體電路的特性來做以下幾點探討：

- (1) 正確控制 LED 顯示圖文的延遲時間
- (2) 在不同轉速下文字能顯示於固定位置
- (3) 讓程式配合感測器來判斷風扇轉速
- (4) 程式能計算各種風力的轉速
- (5) 未使用風扇時 MCU 能以省電模式運作

3.2.1主程式架構規劃

我們將程式整體架構分為主程式（MAIN）和三個副程式區塊，分別是：由定位感測器來啟動的外部中斷副程式、供主程式計時的內部中斷 Timer 1 以及控制 LED 的顯示副程式。使用孕龍科技提供的邏輯分析儀進行主程式及一個副程式的驗證及實驗。

A. 主程式：

此段程式控制其他三個副程式的執行順序，其流程圖（如圖四a）所示，當執行主程式時會先設定各暫存器，包含有Timer使用的計時暫存器、時間暫存器，儲存轉速的暫存器和控制 Delay 時間快慢的暫存器。設定完暫存器後，再設定Port A及Port B為輸出狀態，讓 15 顆 LED 得以正常顯示MCU所發送的Table資料，接著再開啟INT外部中斷與內部中斷Timer 1以啟動轉速感測開關與轉速計時器，再來就等待磁簧開關碰到磁鐵時進行資料顯示（Call 顯示副程式），若主程式在10秒內未偵測到風扇葉片轉動，則進入HALT模式，讓MCU以省電模式來運作。

B. 外部中斷副程式：

此副程式配合INT接腳在磁簧開關接近磁鐵時啟動外部中斷副程式，其流程圖（如圖四b），當葉片旋轉時，磁簧開關接觸到磁鐵即觸發INT接腳，程式會跳至外部中斷所設定的 04H 向量，執行EEL_PRO中斷副程式，因為副程式中可能會修改到ACC和Status的值，故在副程式執行前將ACC、Status的狀態儲存到暫存器，再依序讀取由中斷Timer所產生的每一時間單位值（1ms、10ms、100ms、1s、10s），並儲存至時間暫存器。

透過儲存這五種單位的時間值，再經過程式加總與計算，即可得到風扇葉片的上一圈轉速，將計算出來的時間值存入轉速暫存器，以供顯示副程式調整Delay時間值用，最後清除計時暫存器讓內部中斷Timer 1的計數值設歸零重數，再讀回ACC、Status的狀態。



C. Timer 1 計時中斷副程式：

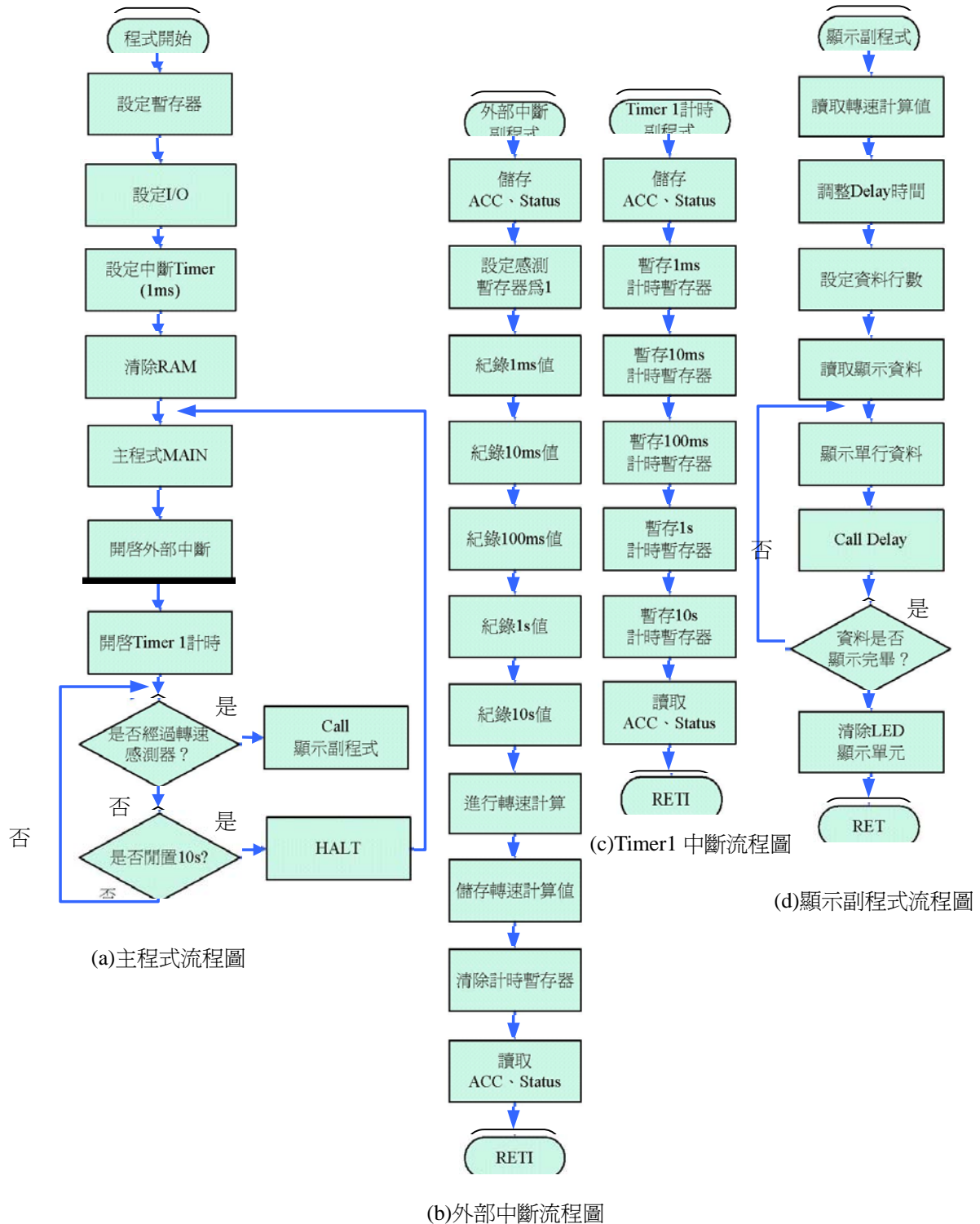
由於我們要得知風扇轉速的時間必須設定一個計時器，在程式執行過程中不間斷的計時，故設定一個內部中斷來當成系統的時鐘，並且將中斷時間設定為1ms，這是因為電風扇葉片旋轉一圈的平均時間約在 60ms~150ms 之間，為了方便設計程式去計算轉速，則我們把最小計時單位設定成1ms。

在Timer 1中斷副程式執行的過程會使ACC與Status的值被更改，所以要先儲存到暫存器中，再將Timer 1中斷所產生之1ms 值存入 1ms 時間暫存器，當 1ms 時間暫存器的值為10 時，代表時間已過了10ms，此時會清除1ms時間暫存器的值，並進位到 10ms 時間暫存器，這樣逢十進位的計算方式更能幫助我們計算風扇的轉速，而 10ms 時間暫存器的值寫入 10 次後又再進位到 100ms，以此類推，最高可計數到10s即進入HALT模式，跳出副程式前再讀回ACC和Status的值，其流程圖（如圖四c）所示。

D. 顯示副程式：

當磁簧開關接觸到磁鐵定位器時隨即啟動顯示副程式，進入程式後先從轉速暫存器讀取出風扇的轉速計算值，藉由轉速值去調整Delay延遲副程式的時間，就能讓不同轉速的風扇葉片也能將文字顯示在固定位置上。

調整完延遲時間後接著設定所要顯示的資料行數，再讀取已儲存於記憶體中的顯示資料，並使用TABRDC指令讓資料顯示在Port A和Port B上，使得LED能依照高低態來顯示 15 位元的資料，即為一行資料，經過延遲副程式的短暫暫停，指標會移往下一行資料，當初所設定的行數也會減少一行，如此反覆執行直到所設定的資料都顯示完畢為止，最後把Port A及Port B除能，讓所有LED恢復熄滅狀態，其流程圖（如圖四d）所示。



圖四 軟體程式流程圖



4. 測試方法

作品測試

本作品完成硬體電路後，使用孕龍公司所提供的邏輯分析儀 LAP-16128U（以下簡稱 LAP-16128U）來測試外部中斷接腳與 Port A、Port B 輸出腳的時脈週期，確保程式流程正確無誤，另外再測試內部中斷Timer 1的中斷週期是否為1ms。

我們預期在磁簧開關短路導通時，會送出一低態訊號至INT外部中斷接腳，此時Port A與Port B 會依照顯示資料所設定的高低態來控制LED的亮滅，顯示完資料的Port A 和 Port B 以及INT外部中斷接腳都會恢復為高態。

測試條件及環境

在一般室溫環境下，將HT48F50E上的INT、Port A 和Port B 接腳設定為低態觸發，並將內部中斷Timer 1的週期設定為 1ms。

測試步驟

我們將測試分為外部中斷測試與內部計時Timer測試，並將兩者單獨分析。

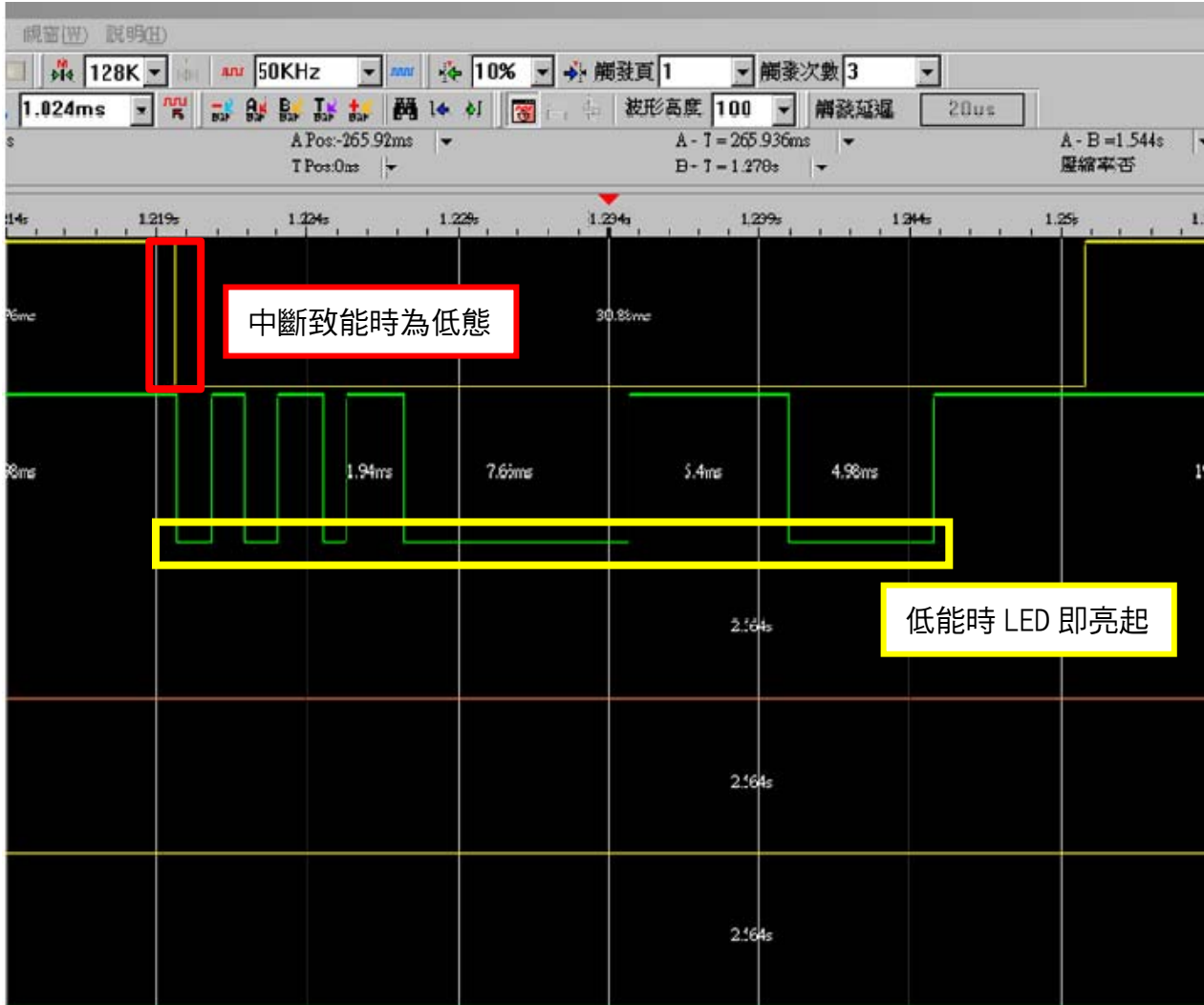
在測試外部中斷時，先將LAP-16128U的 GND 探針接至HT48F50E的VSS腳，再把LAP-16128U的A0探針接到INT腳，A1 探針則接在Port A或Port B的任一腳，在這裡我們選擇變化次數較多的PA.7腳上。

而測試內部計時Timer也是把 LAP-16128U 與 HT48F50E 的接地腳接在一起，由於內部計時 Timer 1 中斷時並不會在任何接腳上有狀態的改變，所以我們在副程式內加上 PC.4 的清除、設置指令，最後將 LAP-16128U 的 A0 探針 接至 PC.4 接腳上即可。



測試結果

外部中斷測試中，在磁簧開關短路後 A0（黃色線）由高態轉為低態，A1（綠色線）探針也截取到 PA.7 腳上的變化訊號，低態即為 LED 顯示資料的工作時間，其測試圖如圖五所示。



圖五 外部中斷時脈圖



在內部計時 Timer 測試中，當 Timer 1 中斷 觸發時 PC.4 接腳由高態轉至低態，完成 Timer 1 中斷副程式後再轉回高態，中斷副程式的執行時間為 13us，而 PC.4 的高態轉低態時間為 988us，由此我們可得知整個 Timer 1 的中斷時間和我們所設定的 1ms 非常近似，其測試圖如圖六所示。



圖六 內部計時Timer1時脈圖



實際測試圖



圖七 本作品實際測試圖

5. 參考文獻

1. 吳一農，“Holtek 48 單晶片微電腦實務 應用”，全華圖書公司。
2. 張慶龍，“單晶片控制與網路傳輸應用”，全華圖書公司。
3. 鍾啟仁，“HT46xx 微控器理論與實務寶典”，全華圖書公司。