



點。

(2)目前大部份研究多為採購感測器與訊號擷取器(DAQ)，使用訊號擷取器公司所開發的程式，無法修改其程式內部的參數以因應不同機型的需求；且雖然有些工具機廠已使用內嵌式感測器主軸佈建系統，但傳統工具機廠若欲在成本考量下轉型，較不可能將全廠的機台重新置換。

## 1.2 研究目的

為解決上述議題，本研究提出基於微控制器之工具機訊號擷取裝置(MMSDAD)，其主要貢獻如下：

- (1)選用適合分析工具機訊號擷取之感測元件。
- (2)開發基於微控制器之工具機訊號擷取裝置(MCU-based Machine Signal Data Acquisition Device, MMSDAD)，以符合未來作為工具機診斷系統之平台。

## 1.3 文獻探討

根據台中精機客服部提供資料整理而得表 1，指出工具機使用上常見之問題以及可監控之物理訊號，並針對此類問題架設適合之感測元件。由表 1，本研究整理出主軸常見問題如振動、噪音與溫度等，所需之感測元件。

表 1 工具機常見之問題與需架設之感測元件

編號	工具機常見之問題	待監控之物理訊號	所需架設之感測元件
1	主軸(頭部)異音	振動、噪音	加速規、麥克風
2	主軸馬達性能衰減	振動、噪音、溫度	加速規、麥克風、熱電耦
3	主軸端刀具夾置不良	振動、噪音	加速規、麥克風

另外，針對目前國內外此研究主題的發展現況與背景分述如下：

林鼎皓[4]等人於 2005 年提出以 Windows CE 為基之智慧型遠端監控系統，其中包含嵌入式作業系統平台。藉由 Windows CE 嵌入式及硬即時特性，所建構的監控系統其資源需求遠較一般高階監控系統小，且具有 1ms 即時效能來進行監測機台是否異常。

陳俊宏[5]於 2006 年的論文也提到整合維護系統 (IMM) 必須要能即時取得生產設備的資訊，才能根據設備端所取得的資訊來進行維修與保養的

工作，因此「設備研究」是近年來被高度重視的研究領域。嵌入式系統與設備研究中的「機台資料擷取」(Data Collection) 具有高度的技術相依性。

劉玉柱[6]等人於 2011 年提出，機械廠內部所使用的感測器大多為類比式，容易受到環境雜訊的影響。為了解決此問題，需要搭配多個濾波器與放大電路，因而造成體積與成本增加。故其論文不同於以往所採用的類比式感測器，而使用數位式加速規 ADXL345。其研究針對 PCB 類比式加速規與數位式加速規 ADXL345 所做的雜訊干擾靜態測試，其 PCB 類比式加速規在經過訊號處理之下所受到的雜訊波動約為 0.028g，而數位式加速規 ADXL345 在無濾波、放大之下所受到的雜訊影響約為 0.02g，由此可看出數位式加速規所受到的干擾比類比式加速規的誤差率少 29.6%。本研究將採用此數位式加速規作為感測元件。

張良鈺[7]等人於 2012 年開發無線嵌入式模組用於工具機主軸運轉監測系統開發，無線嵌入式模組可透過感測器收集金屬環繞封閉空間內物理量資料，並且穿透金屬外殼將資料傳遞出來。以工具機主軸運轉監測為例，從訊號傳輸理論分析到嵌入式系統模組的設計與應用，用以研究嵌入式模組用於工具機主軸運轉監測系統之可行性。

Jay Lee [8]等人於 2002 年提出的 watchdog 裝置是一個以嵌入式系統方式設計並且具備取得設備資訊的裝置，並於近年來漸進式的擴大其功能。例如美商國家儀器(National Instruments)[9]於 2011 年推出的 Watchdog Agent Prognostics Toolkit，更是證明嵌入式訊號擷取裝置其發展性，也證明此嵌入式訊號擷取裝置是學界與業界極力發展的議題。

## 2. 訊號擷取裝置功能設計

### 2.1 MMSDAD 元件與規格

#### 2.1.1 微控制器(MCU)開發平台

本研究所使用的開發平台為 APP020 Plus(圖 3)，是專為微控制器 dsPIC30F4011 設計的實驗板，本研究利用燒錄器 REALICE，將程式燒錄至微控制器裡，以下介紹本研究所使用的微控制器 dsPIC30F4011 功能：

##### (a) 類比轉數位功能(ADC)

此微控制器具有 10 位元類比數位訊號轉換器 (Analog to Digital Converter, ADC)，且可以同時採樣與保存 (Sample and Hold)，並達到每秒 500K 個採樣轉換速率，擁有 9 個輸入的通道，以及自動輸入掃描的功能。利用此功能轉換類比的聲音訊號，成為可分析之數位訊號。

##### (b) 通用非同步接收傳輸模組 (UART)

利用 UART 作為 MCU 與電腦溝通的控制介面，可經由此介面讓 MCU 彈性控制 Serial Port 模組通訊協定與資料傳輸格式。

- (c) 同步串列通訊傳輸模組 SPI ( Serial Peripheral Interface )

三軸加速度計 ADXL 345 是一個內含 10 位元 ADC 的數位元件，而熱電偶 MAX6675 的輸出有 12 位元解析度，兩者皆利用 SPI 通訊模組作為與微控制器的溝通介面。

- (d) 串列埠 ( Serial port )

用於序列式逐位資料傳輸。本研究由 MCU 以 RS232 傳輸資料到電腦端以 USB 接收。一般而言設定 Baud Rate 為 9600 bps，Parity 設為 None，DataBits 設資料長度為 8bit，StopBits 設停止位元為 1bit。本研究將採取此基本設定架構。

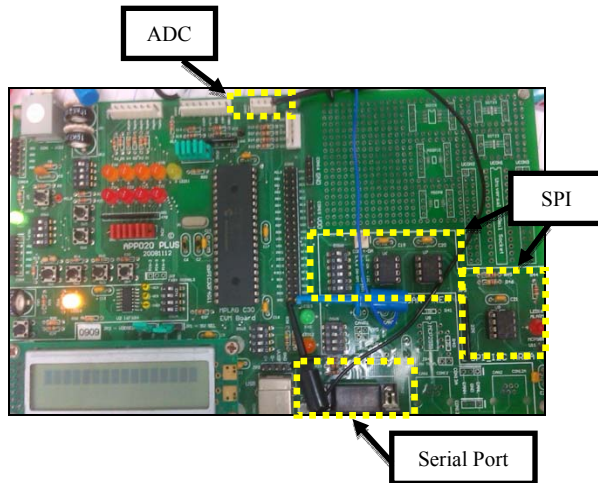


圖 3 APP020 Plus

### 2.1.2 三軸加速度計

本研究使用 ANALOG DEVICES 公司的三軸加速度計 ADXL345 (圖 4)，作為振動訊號擷取之感測元件。此元件支援三軸重力加速度輸出，由於±2g 解析度較高，且符合工具機振動頻率響應，故設定偵測±2g 的重力加速度。此三軸加速度計採用靜電容感應設計，因此省電與低雜訊為其特色，在標準電壓 2.5V 下，只有 23μA，為一低功耗元件，在長期工具機訊號擷取的需求下，更顯現其價值。

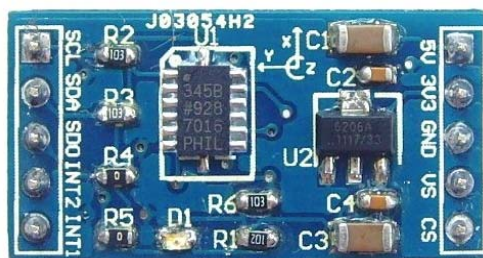


圖 4 三軸加速度計 ADXL345

### 2.1.3 冷端補償熱電偶

溫度感測一般分為接觸式與非接觸式，後者是可量測大範圍的空間溫度，而前者適合量測物體表面溫度，用於工具機組件溫度量測能降低因環境溫度導致的量測誤差，因此溫度感測元件採用 MAXIM 公司的冷端補償 k 型熱電偶 MAX6675(圖 5)，其類比輸出資料為 12 位元之解析度，並有 SPI 相容之規格；轉換之溫度範圍為 0°C 到 1024°C。該 IC 內部轉換公式(公式 1)如下：

$$V_{OUT} = (41\mu V / ^\circ C) \times (T_R - T_{AMB}) \quad (1)$$

其中， $V_{OUT}$  為熱電偶輸出電壓(μV)

$T_R$  為遠端熱電偶節點的溫度(°C)

$T_{AMB}$  為環境溫度(°C)



圖 5 冷端補償熱電偶計 MAX6675

### 2.1.4 聲音感測元件

聲音訊號是一種非常敏感且高頻的物理量，應用於不同環境與機台零組件感測上，靈敏度會直接影響頻譜上的擷取結果，太高會產生雜訊，太低會使訊號產生失真，因此靈敏度可調功能於聲音訊號擷取上是關鍵重點之一。因本文之研究機台為傳統紅色小銑床，雜訊較難以掌控且非為完整之線性訊號。因此，研究採用 flamigo 公司的聲音感測元件(圖 6)，經由調變可變電阻來調整其靈敏度，可彈性調整以符合小銑床之訊號變化，且其採用簡單的 ADC 訊號擷取功能，接上一個 ANx 腳位及基本電壓與接地，即可擷取物理訊號，適合本研究之研究機台使用。



圖 6 聲音感測元件

## 2.2 WMSDAD 模組設計

### 2.2.1 三層式模組功能設計

由以上之開發平台與感測元件，本研究建構一個三層式模組系統架構(圖7)，由最底層往上，說明如下：

#### (a) 硬體層(Hardware Layer)

此層為本研究中機台訊號擷取裝置之硬體模組元件(Unit)。其中由三個主要元件所組成，分別為 Serial Port 模組、感測模組與微控制器(MCU)。Serial Port 模組主要負責訊號傳遞，透過工具機佈署之 MCU，機台監控或管理人員，可透過本研究所開發之裝置 MMSDAD 有效且穩定的連線至電腦端。其中，透過 MCU，可有效的將感測元件擷取之訊號轉為數位訊號，以網路封包(Network Packet)之形式送出。

#### (b) 作業系統層(OS Layer)

此層主要負責協調(coordinate)各裝置。本研究以 Windows .Net Framework 為基礎，開發裝置平台。可有效多方監控各裝置模組所收到之資訊。其中記憶體管理、程序控制則由 .Net Framework 進行處理。其中，透過並行技術，.NET Framework 可有效的同步管理各種不同之訊號擷取裝置。

#### (c) 使用者介面層(UserInterfaceLayer)

此為圖形使用者介面( Graphical User Interface, GUI)，是一個可透過電腦端程式監測模組感測資訊層。

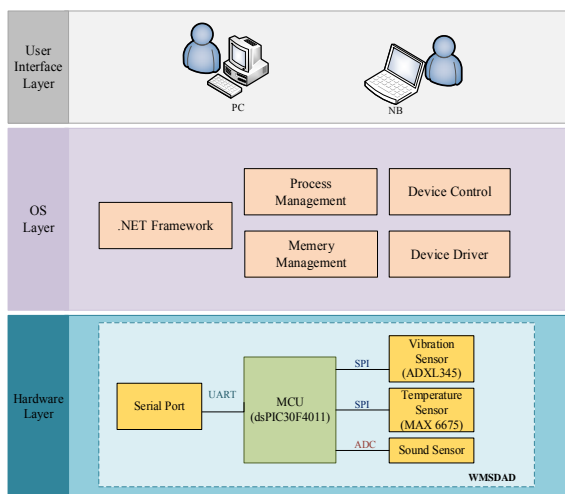


圖 7 MMSDAD 三層式模組圖

### 2.2.2 MMSDAD 系統運作流程

MMSDAD 之系統運作流程如圖 8，首先進行初始化，包含 APP020 Plus 硬體與 Serial Port 模組初始化，接下來擷取感測元件訊號，包含振動、聲音與溫度訊號，並經由 Serial Port 模組進行異地資料傳輸，再經由遠端的 PC 或 NB 將資料接收，以圖形化使用者介面顯示，將物理訊號以文字檔方式儲存，用 MATLAB 進行演算法模擬，完成系統運作流程之規劃。

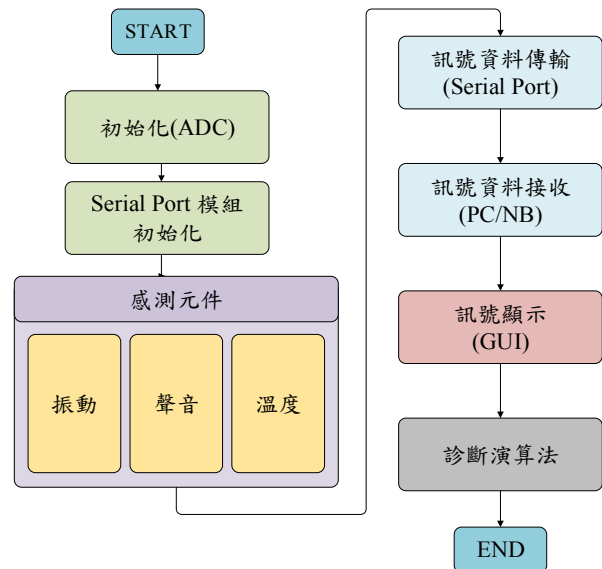


圖 8 MMSDAD 系統運作流程

## 3. 研究成果

### 3.1 MMSDAD 開發環境

本研究之軟體在 Windows 7 作業系統環境下進行開發及測試，開發所使用的工具包括

#### (1) Microsoft Visual Studio 2010：

以 C#為程式開發之語言，作為設計具備圖形使用者介面(Graphical User Interface, GUI)之監控頁面，如圖 9，可即時顯示各個無線感測元件監測之狀態，左列分別為聲音訊號圖、溫度訊號圖、振動訊號圖以及規劃未來加入快速傅立葉轉換(FFT)的振動訊號圖；右上則為訊號之文字表示，以日期、時間、電壓與物理量表示，未來會將電壓值轉換為物理量以進行分析；右下已規劃加入快速傅立葉轉換(FFT)與主成分分析(PCA)，其中 FFT 可以將時域訊號轉換為頻域，PCA 則可用以作為故障分類，用以分析工具機故障診斷。

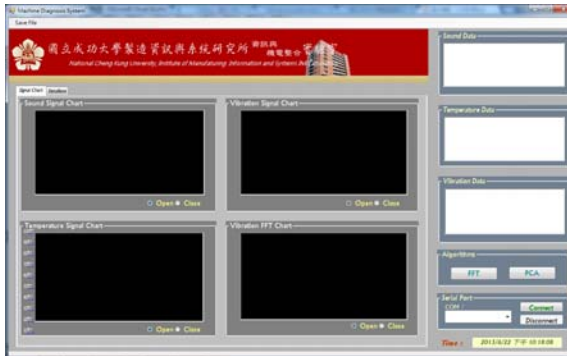


圖 9 WMSDAD 之使用者介面



圖 11 紅色銑床

(2) MPLAB 軟體開發訊號擷取系統：

本研究使用 Microchip 的 MPLAB IDE，開發一個感測元件擷取訊號之程式。其中以溫度訊號為例（圖 10），在溫度感測函式 (Temperature\_Sensor) 中，首先用 TEMPcapture1 函式取得溫度的數位資料，傳入之引數 NUMBER\_ONE 選用通道一感測，並將擷取結果指向指標變數 TEMPdataNine 中儲存，最後經由 GetTEMPvalue 函式讀取指標變數後進行溫度物理量轉換，當成功將數位量轉換成溫度單位後，再回傳值給 TEMPvalueNine 變數完成溫度感測程式。

```
void Temperature_Sensor(void)
{
TEMPcapture1(&TEMPdataNine,NUMBER_ONE);
TEMPvalueNine
=GetTEMPvalue(&TEMPdataNine);
}
```

圖 10 MPLAB 訊號擷取範例程式碼

本研究以傳輸聲音與溫度訊號為主，進行訊號擷取，採用 MAX6675 溫度感測元件與 flamigo 公司之聲音感測元件，在 5 伏特為標準電壓下進行實驗，由 MMSDAD 擷取後之聲音與溫度訊號介面如圖 13。此開發系統設計中，將聲音訊號解譯後儲存為文字檔案（圖 14），並以日期、時間與電壓表示每單位時間擷取之訊號，將此數據經由 MATLAB 進行相關演算法之模擬，做為未來完整工具機診斷平台參考之用途。

3.2 MMSDAD 佈署與測試

由表 1 整理的工具機常見問題，發現主軸為主要異常原因發生之處，所以本研究佈建感測元件於工具機實驗機型紅色銑床之主軸（圖 11），並參照圖 7 之三層架構圖，進行佈署與測試（圖 12）。

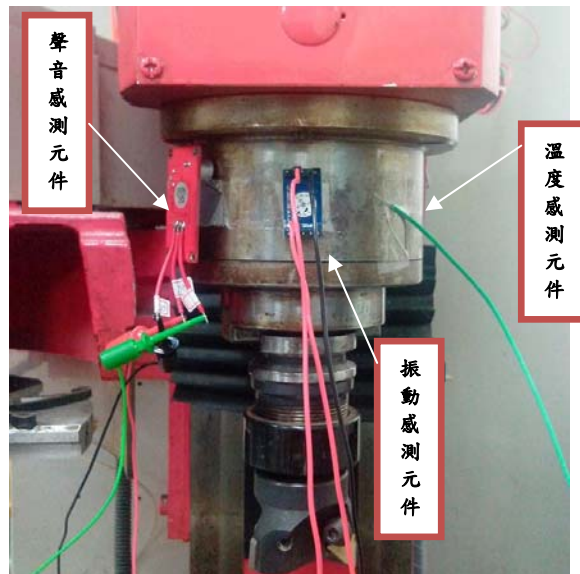


圖 12 感測元件架設於紅色銑床之主軸

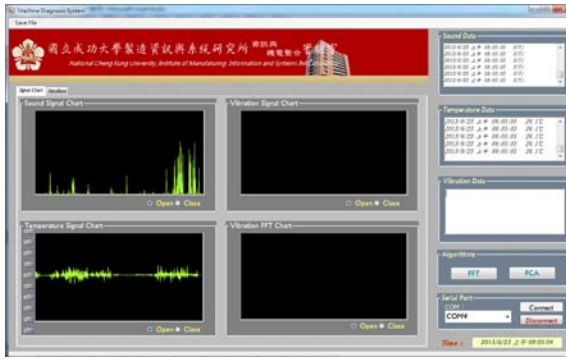


圖 13 MMSDAD 擷取之聲音與溫度訊號



圖 14 MMSDAD 之聲音訊號文字檔

在實驗樣本採取上，我們連續收集 30 天的聲音訊號與溫度訊號，每 0.01 秒擷取一次訊號，其中以一般工廠上班時間 9~10 小時為例，設定機台每天運轉 10 小時，停機 14 小時進行訊號擷取。由實驗數據中我們可觀察到，隨著機台待機、運轉，本研究的訊號擷取裝置（MMSDAD）皆可有效的擷取到各個聲音訊號。隨著機台運轉時間的增加，擷取到的溫度訊號也隨之上升，故可推論本研究的溫度與聲音感測元件，可有效擷取機台溫度與聲音訊號。

#### 4. 結論與未來展望

本研究已成功建置一組工具機訊號擷取裝置 (MMSDAD)，能夠擷取聲音與溫度訊號，並以 Serial Port 傳輸模組，實現網路封包傳輸機制。本研究以 MATLAB 加入演算法 FFT，並將時域訊號轉換為頻域，與 PCA 作為故障分類之功用。未來將加入振動訊號擷取功能，並加入診斷演算法，以分析工具機故障診斷之原因。本研究之貢獻如下：

- (1)選用適合分析工具機訊號擷取之感測元件。
- (2)開發基於微控制器之工具機訊號擷取裝置 (MCU-based Machine Signal Data Acquisition Device, MMSDAD)，以符合未來作為工具機診斷系統之平台。

#### 致謝

感謝國科會編號 NSC 102-2221-E-006-107-之計畫，對本研究之經費提供與技術支援，使本研究得以順利進行，特此致上感謝之意。

#### 參考文獻

- [1] 黃建中, "2011 年工具機產銷年度統計," 台灣區工具機暨零組件工業同業公會, 2012.
- [2] 行政院經濟部工業局, "三業四化 (製造業服務化、科技及製造業服務化、科技及國際化、傳統產業特色國際化、傳統產業特色) 行動計畫 (核定本)," 2012.
- [3] 陳國民, "I DEAS Tech 工具機海外服務智慧化," 台中精機股份有限公司, 2012.
- [4] 林鼎皓、陳響亮, "以 Windows CE 為基之智慧型遠端監控系統設計與實現," 國立成功大學, 2005.
- [5] 陳俊宏、鄭芳田, "適用於智慧型維護應用之資料收集的分散性嵌入式系統平臺," 國立成功大學, 2006.
- [6] 劉玉柱, "工具機主軸碰撞紀錄與即時振動監測模組之研發," 國立中正大學, 2011.
- [7] 張良鈺、李達生, "無線嵌入式工具機主軸故障監測系統開發," 國立臺北科技大學, 2012.
- [8] Center of Intelligent Maintenance System (IMS), "<http://www.imscenter.net>," IMS Annual Report, U.S.A., 2002.
- [9] National Instruments, "Watchdog Agent™ Prognostics Toolkit for LabVIEW - IMS Center," "<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/zht/mid/210191>," 2011.