

# 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

高級中等學校組 電腦與資訊學科

佳作

052506

無(線)制資料收集器

學校名稱：光啟學校財團法人桃園市光啟高級中等學校

作者：  高二 展博勝  高二 吳宗樺  高二 姚道順	指導老師：  陳永峯
---	------------------

關鍵詞：無線通訊、自動化、微控制

## 摘要

本作品主要採用 Arduino 系統晶片平台進行與 Zigbee 無線模組結合達到蜂巢式產線資訊無線系統設計，控制核心 Arduino 晶片平台進行產線產品產出計數與產線停機警報功能即時通報系統設計，並研究 Zigbee 無線拓樸角色規劃設定後達到遠端資料傳遞，本作品採以最基本的產線完成品數量以及停機狀態即時記錄等功能做為案例示範，並以 Visual Basic 設計一套監控軟體讓工作人員即時監控所有產線資訊，並且將所蒐集的資訊紀錄於資料庫中，供產線專案管理人員直接於電腦中取出該班生產數量資訊，也可提供專案人員了解產線規劃品質是否足夠穩定。

## 壹、 研究動機



目前產業中工廠、建築物、農場溫室中陸續邁向自動化監控的規劃，當然，監控的來源是需要量測多個訊號點回饋至統一系統進行資訊存取與判斷，視產品種類不同訊號點分佈相當分散，且如直接採用佈線相當複雜，距離大約都在數十公尺以上，目前市面上很難找到合適的硬體裝置，尤其是一些特殊且具有危險性的室內密閉空間，更是無法讓工作人員長期暴露於危險環境中，這時就需要一套可自動監控的系統能夠將所有產線資訊統一蒐集到一個安全的區域進行監控。

## 貳、 研究目的

本系統研究針對於中小型企業工廠尚未完全自動化產線的問題，進而想要設計一套具無線遠端資料傳輸系統協助產線自動化的實現，現階段許多工廠仍是作業人員採用紙本進行記錄每條產線所生產的產品數量與製作時間及停機次數，但往往容易依人員疏忽導致記錄錯誤，或是當產線停機時無法獲得精準的發生時間點造成瑕疵品外流問題，因此，如果能夠設計一套兼具硬體與軟體的搭配設計下，並藉由 Zigbee 無線感測網路系統達到無線自動化產品數量計數以及產線警報停機即時記錄的方案，這樣就可減少人工成本。

## 參、 研究設備及器材

### 一、研究設備

		
溫控烙鐵	熱風槍	曝光機
		
電路板蝕刻機	裁刀	鑽孔機

## 肆、 研究過程或方法

### 一、研究過程

#### (一) 系統研究流程

本系統依照圖 1 流程建立完整系統功能。

1. 參考文獻蒐集與研讀
  - (1) 蒐集與本研究方向相關的資料並分析本研究目的可行性。
2. 無線傳輸模組相關資料研讀及傳輸介面實驗
  - (1) 研讀與分析各式無線傳輸模組與本研究目的之適用性。
  - (2) 測試並選用與本研究合適之無線傳輸介面。
3. 系統功能規劃
  - (1) 規劃完整系統功能。
  - (2) 規劃現有資源的利用與分配。

4. 硬體架構規劃
  - (1) 規劃前端硬體功能。
  - (2) 規劃前端實體樣式。
5. Arduino 韌體程式規劃
  - (1) 規劃使用 Arduino 開發板的功能程序。
6. PC 軟體界面規劃
  - (1) 規劃人機界面功能。
  - (2) 訂定軟韌體間通訊協定。
7. 前端系統與後端系統實作
  - (1) 依流程四所規劃之程序進行硬體電路設計與電路 Layout。
  - (2) 依流程五所規劃之程序進行韌體程式撰寫。
  - (3) 依流程六所規劃之程序進行 PC 軟體界面製作。
8. 各系統獨立測試
  - (1) 執行 Arduino 開發環境並使用 Watch window 功能查看韌體程式流程使否有誤。
  - (2) 硬體上電檢測是否有接觸不良、線路短路等問題。
  - (3) 將硬體電路與 Arduino 韌體程式結合製成前端系統，再次使用 Watch window 功能檢測前端系統功能正確與否及穩定度高低。
  - (4) 使用 X-CTU 模擬前端系統將資料封包並傳至軟體界面，並於界面上查看軟體執执行程序是否依照流程六所規劃。
9. 系統整合測試
  - (1) 整合前端系統與後端軟體界面，並實際運行整體系統，測試功能是否如流程三所規劃。



圖 1 系統研究流程圖

## 二、子系統流程

本系統依照整體實作功能可區分為二子系統，其各子系統流程如下分段敘述。

(一) 前端系統執执行程序如圖 2 所示

1. 上電後自動檢測手動模式是否啟動，若該模式啟動則亮起警報燈號後產線進入手動模式，並將訊息回傳至軟體監控界面顯示。
2. 若無處發手動模式則前端感測系統自動偵測產線上產品數量。
3. 前端系統自動判斷產線生產狀況，並回傳訊息至軟體監控界面。

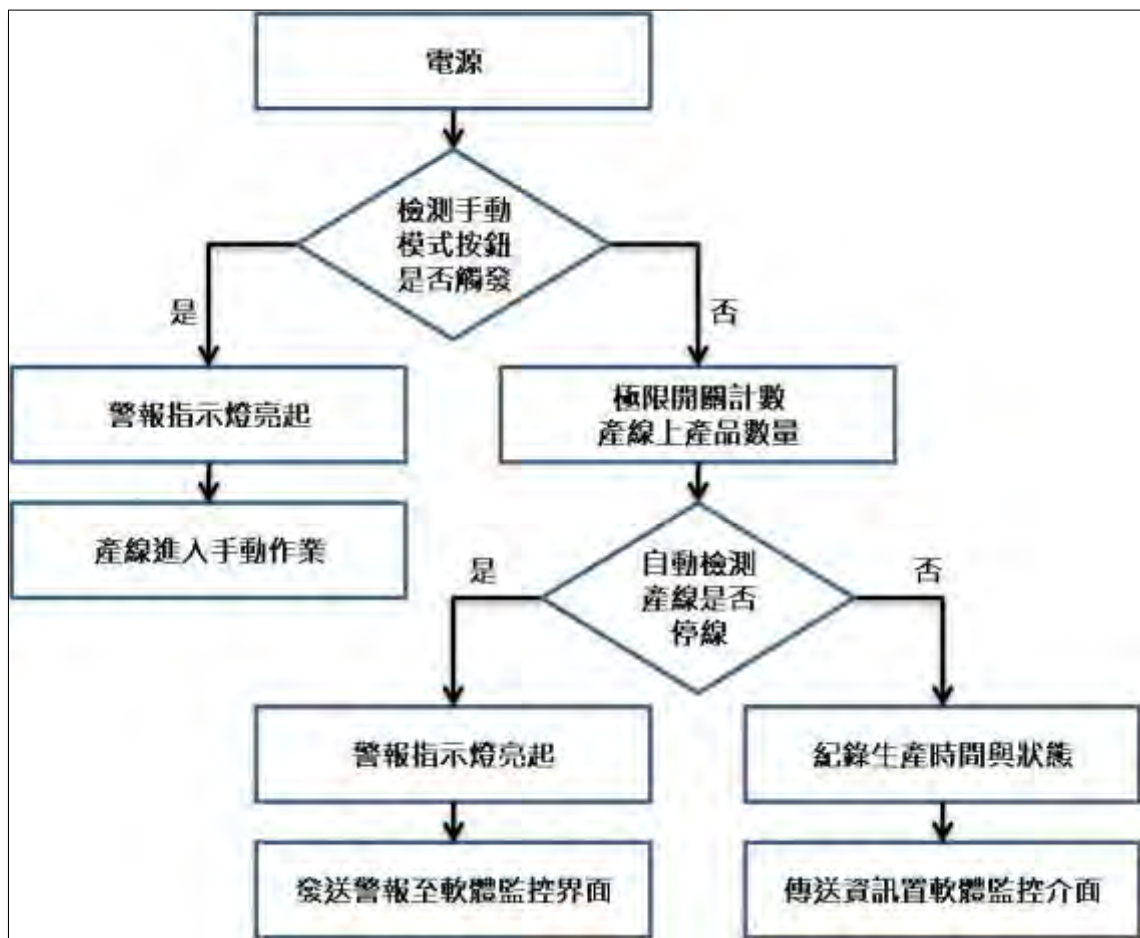


圖 2 前端系統執执行程序

(二) 後端系統執行程序如圖 3 所示

1. 軟體執行後自動顯示監控界面。
2. 啟動串列埠接收前端系統資訊。
3. 更新產線監控頁面。
4. 數據存入資料庫保存。

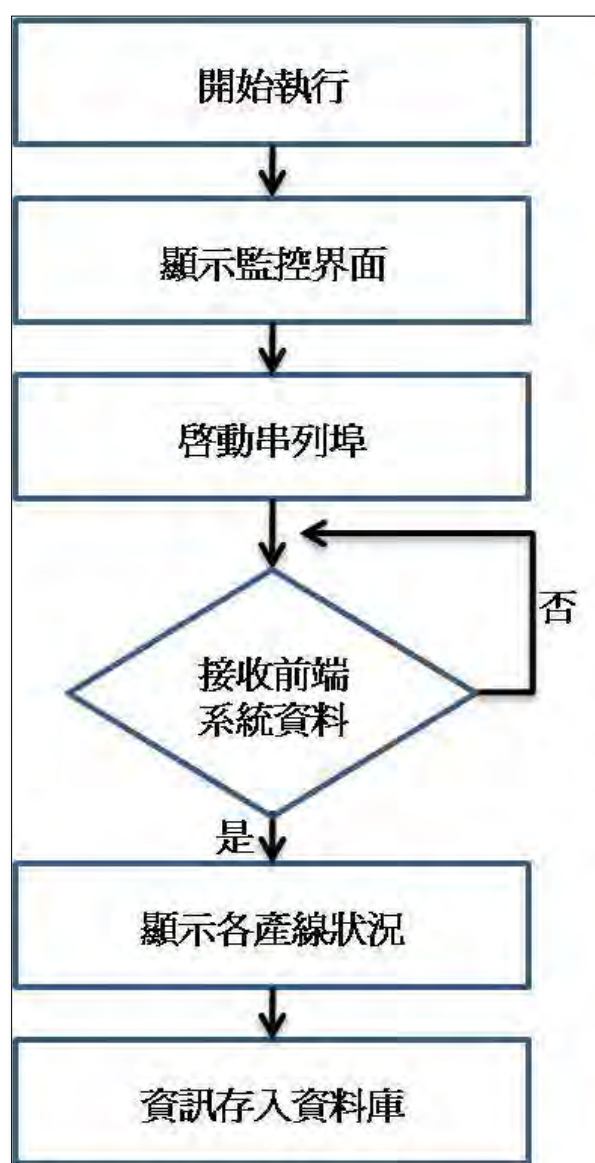


圖 3 後端系統執行程序

### 三、系統設計方法

#### (一) Arduino UNO 平台使用

本系統採用 Arduino UNO 平台作為微控制晶片核心(如圖 4 所示)，透過 C 語言韌體程式撰寫進行 I/O 輸入、輸出、UART 串列資料傳輸技術、Zigbee 無線模組連結等功能實現。



圖 4 Arduino UNO 平台圖

#### (二) 警報 LED 設計

本系統採用易顯現 LED 紅燈作為產線停機警示燈號，電路採用 NPN 電路設計(圖 5)，LED 紅燈控制亦隨著警報按鍵訊號判斷亮滅動作。(如圖 6 所示)。

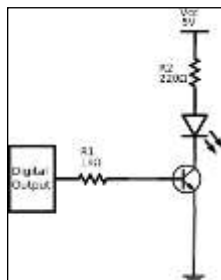


圖 5 迷你型風力發電機組圖



圖 6 發電機電路焊接圖

#### (三) 警報按鍵設計

本作品採用按鍵(圖 8)進行設計產線停機警示燈號手動模式開啟與關閉，I/O 訊號設計為 Active Low 作動(圖 7)。

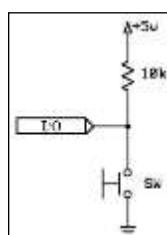


圖 7 I/O Active Low 電路圖



圖 8 按鍵實體圖



#### (四) 生產數量觸發感測開關

本作品採用極限開關(圖 10)進行設計產線生產數量觸發感測開關，I/O 訊號設計為 Active Low 作動(圖 9)，感測開關可依照不同產品種類進行改變偵測數量方式，本作品以極限開關作為案例。

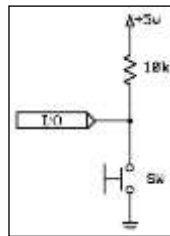


圖 9 電源模組腳位圖



圖 10 電源模組實體圖

#### (五) ZigBee 無線模組

本系統採用美國 Digi International 公司所發展之 ZigBee 無線模組產品，其模組型號命名為 XBee，如圖 12 所示。本無線模組外型具小而優，優而遠的特色，並且經由原廠所開發之快速設定軟體界面進行操作，已將所有命令 Command 建成圖型化控制，讓使用者可快速上手，僅透過電源正負線以及資料傳輸之 TXD、RXD 腳位即可快速達到連線，如圖 11 為模組腳位圖。

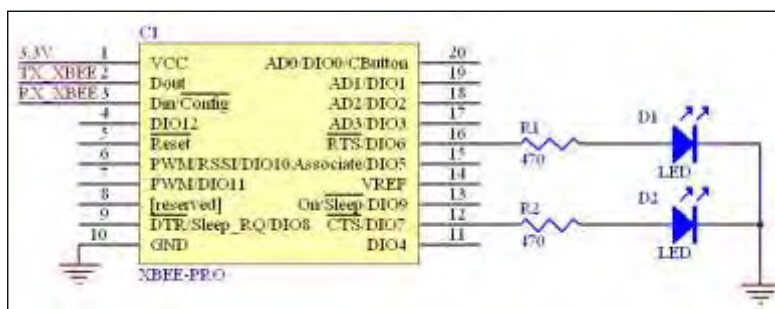


圖 11 XBee 電路圖



圖 12 XBee 實體圖

## (六) XBee 與 Arduino 訊號準位轉換電路

本系統採用 Arduino 晶片平台為 5V 電源系統，XBee 無線模組是採用 3.3V 電源系統，所以兩個介面連接時需要先做電壓準位轉換，不可以直接將 5V 電位的腳位直接接到 3.3V，避免造成 XBee 腳位因電壓過高受損(圖 14)，當然，XBee 3.3V 訊號無法足夠提供給 Arduino 晶片腳位訊號判斷，所以也要設計一個轉 5V 電位的轉換電路(圖 13)。

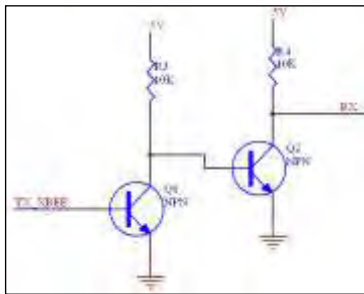


圖 13 XBee 訊號接收電路圖

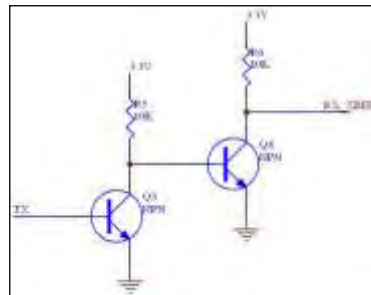


圖 14 XBee 訊號傳送電路圖

## (七) 軟體界面設計

本作品以 Visual Studio 2010 建構生產線上機台之監控系統，並且透過 Access 資料庫將資料如[發生時間]、[機台狀況]、[生產總數]、[停線總數]…等儲存於系統 Data Base 中(圖 16)，本作品中所監控的部分為各機台使用的狀態，當機台正常運作時指示燈呈現綠色，當機台發生異常導至停線時監控端指示燈則呈現紅色，讓管理者可以即時得知機台狀況，另外在監控端上會同時紀錄各機台的生產數量及停線次數(圖 15)，除此之外在本系統中也新增了查詢歷史紀錄的功能，此功能方便管理者在監控當日的機台狀況時，可以透過下拉式表單選取要查詢的機台，點選查詢後系統會依據管理者所選擇的機台至 Data Base 中抓取該機台的歷史紀錄，讓管理者可以快速了解各機台的生產數量及異常次數。



圖 15 軟體界面圖

統計時間	機台編號	生產總數	停機次數
2016/3/16 上午 02:53:43	1	4	1
2016/3/16 上午 02:59:10	1	7	3
2016/3/16 上午 03:01:33	1	3	1
2016/3/16 上午 03:02:11	1	12	2
2016/3/16 上午 03:03:32	1	2	3
2016/3/16 上午 03:26:12	1	5	2
2016/3/16 下午 04:38:10	1	0	0
2016/3/16 下午 04:40:35	1	0	0
2016/3/16 下午 04:41:59	1	0	0
2016/3/16 下午 04:54:43	1	1	1
2016/3/16 下午 05:01:19	1	0	1
2016/3/16 下午 05:02:56	1	0	0
2016/3/16 下午 05:11:15	1	36	1
2016/3/16 下午 05:17:34	1	0	0
2016/3/16 下午 05:22:53	1	5	3
2016/3/16 下午 05:27:02	1	0	0
2016/3/16 下午 05:38:59	1	5	2

圖 16 軟體歷史資料庫查詢

## 伍、 研究結果

本系統設計驗證首先確認Arduino感測控制系統安裝固定是否牢靠(圖18)，然後安裝Zigbee End Device模組到電路板上，接著安裝Router模組於系統群組中，最後安裝Coordinator於電腦端，整體系統送電後先開啟軟體確認是否正確連接USB Com Port，經測試後系統正常無誤，然後於各產線End Device模組端執行計數開關控制，並且於電腦軟體界面中同步查看資訊是否正常透過無線模組傳遞至畫面中，測試後系統無誤(圖17所示)。接著測試停機手動開關，一樣於各產線End Device模組端執行停機開關控制，於軟體畫面確認資料無誤。

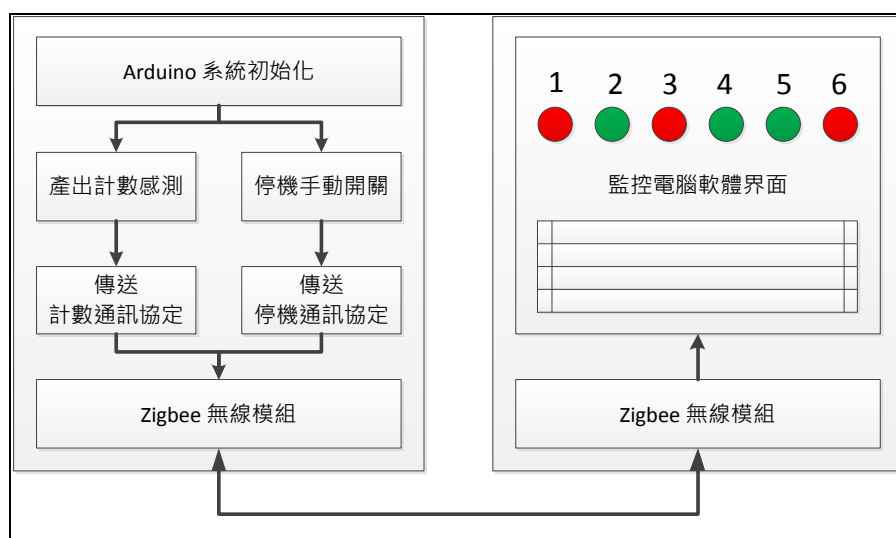


圖 17 系統操作程序圖

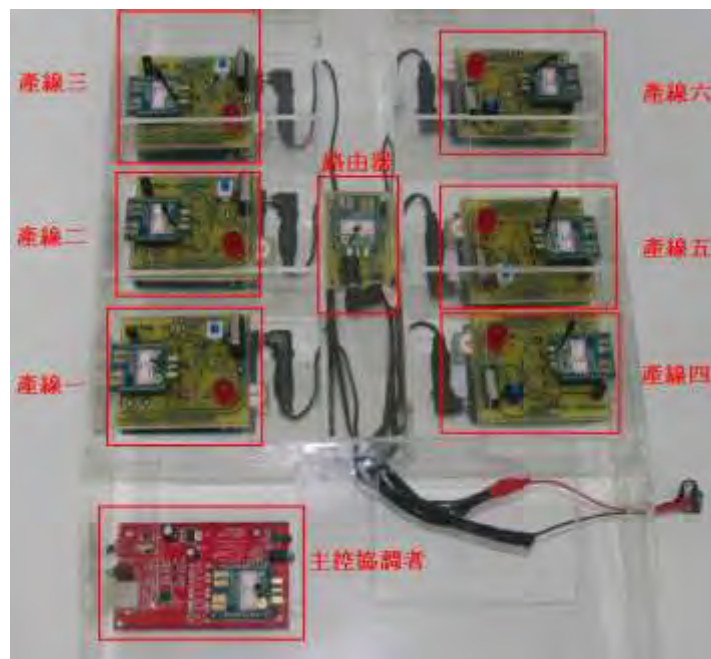


圖 18 作品實體圖

## 陸、 討論

### 一、資通訊技術的選擇

#### (一) 藍牙無線技術

早期的 1.0 和 1.0B 版本存在多個問題，多家廠商指出他們的產品互不相容。同時，在兩個裝置「連結」(handshaking)的過程中，藍牙硬體的位址 (BD\_ADDR) 會被傳送出去，在協定的層面上不能做到匿名，造成洩漏資料的危險，令一些使用者卻步[1]。

#### (二) Wi-Fi 無線技術

Wi-Fi 網路範圍有限。一個使用 802.11b 或 802.11g 的典型無線路由器和天線，在沒有任何障礙物下可覆蓋範圍可達到室內-50 平方米 (538 英尺) / 室外-140 平方米 (1,500 英尺)。802.11n 可到達超過這個範圍兩倍的距離，範圍隨頻率的波段調整。Wi-Fi 在 2.4 GHz 的頻率區段範圍比 5 GHz 的頻率區段稍微好些。通過使用定向天線，室外覆蓋範圍可提高數公里或以上。在一般情況下一個 Wi-Fi 裝置的最高功率傳輸是受限於地方法規，如美國 FCC 第 15 條。為達到無線區網的應用要求，和其他裝置相比 Wi-Fi 顯得相當耗電。其他技術如藍牙 (可支援無線 PAN 應用) 提供了一個較小的傳播範圍 (小於十公尺)，因此耗電量較低。其他低耗電技術，如 ZigBee 的有相當長的範圍，但傳輸速率卻很低。Wi-Fi 的高耗電特性使得電池壽命的問題漸受重視。[2]

#### (三) Zigbee 無線技術

ZigBee，也稱紫蜂，是一種低速短距離傳輸的無線網路協定，底層是採用 IEEE 802.15.4 標準規範的媒體存取層與實體層。主要特色有低速、低耗電、低成本、支援大量網路節點、支援多種網路拓撲、低複雜度、快速、可靠、安全。IEEE802.15.4 協定是 IEEE802.15.4 工作群組為低速率無線個人區域網 (WPAN:Wireless Personal Area Network) 制定的標準，該工作群組成立於 2002 年 12 月，致力於定義一種廉價的，固定、便攜或行動裝置使用的，低複雜度、低成本、低功耗、低速率的無線連線技術，並於 2003 年 12 月通過了第一個 802.15.4 標準。隨著無線傳感器網路技術的發展，無線傳感器網路的標準也得到了快速的發展。802.15.4 標準定義了在個人區域網中通過射頻方式在裝置間進行互連的方式與協定，該標準使用避免衝突的載波監聽多址接入方式作為媒

體存取機制，同時支援星型與對等型拓撲結構。在 802.15.4 標準中指定了兩個物理頻段和直接序列擴頻（DSSS）實體層頻段：868/915MHz 和 2.4GHz。2.4GHz 的實體層支援空氣中 250kb/s 的速率，而 868/915MHz 的實體層支援空氣中 20kb/s 和 40kb/s 的傳輸速率。由於封包開銷和處理延遲，實際的資料吞吐量會小於規定的位元率。作為支援低速率、低功耗、短距離無線通訊的協定標準，802.15.4 在無線電頻率和資料率、資料傳輸模型、裝置類型、網路工作方式、安全等方面都做出了說明。並且將協定模型劃分為實體層和媒體接入控制層兩個子層進行實現[3]。

#### (四) 無線技術的優缺點比較

綜觀上述說明，我們可以明顯比較出無線資通訊技術的優缺點，而本系統的無線技術需包含以下幾種優勢，低功耗、資訊安全、支援大量網路節點，因此本系統選用 Zigbee 無線通訊作為本系統資通訊技術的核心。

1. 低功耗：本系統因產線產量計數自動化，資訊傳輸量極大，因此在選用通訊技術方面需選擇低功耗的傳輸技術來降低成本。
2. 資訊安全： ZigBee 技術的安全性源於其系統性的設計，至今為止，ZigBee 技術在全球還沒有發生一起破解先例，而 WiFi、藍牙、Z-Wave 等無線技術的安全事故卻頻發。由此可見，其在近距離無線通信領域內的安全地位[4]。現在多數產品出廠時皆有產品型號，本系統考量未來將結合產品資訊於前端偵測系統中，因此在產線生產過程中所傳遞的訊息需格外注意資安問題。
3. 支援大量網路節點：理論上，一個 ZigBee 閘道器可以連接 65000 多個設備，目前在實際應用中已經可以組成超過 100 種設備的穩定網絡，這樣的網絡規模已經遠超 WiFi、Z-Wave、藍牙等技術，在可預見的將來也足以滿足智慧家庭的需求[4]。一對多技術應用於產線產品計數自動化一環中，為工廠節省了因擴大產線而改變生產技術的成本。

## 二、Zigbee無線傳輸距離與產線距離適用性探討

目前工業用資通訊技術大部分皆採用RS-232有線式的傳輸介面，RS-232是美國電子工業聯盟(EIA)制定的序列資料通訊的介面標準，原始編號全稱是EIA-RS-232(簡稱232，RS232)。它被廣泛用於電腦串列埠外設連線。它規定連接電纜和機械、電氣特性、訊號功能及傳送過程，被推薦在短距離(15m以內)間通訊[5]。

本作品的資通訊技術部分採用了Zigbee無線傳輸的方式，並將End Device模組端分散至較遠的地方，慢慢拉遠離Coordinator，並記錄戶外與室內最遠距離，然後加入Router模組確認可增加多少距離(如表1所示)，從表1測試結果可發現Zigbee應用於產線的距離適用性的確很高。

表1 XBee 無線模組通訊距離測試

End Device	Router	Coordinator	戶外距離	室內距離
O	X	O	120公尺	40公尺
O	O	O	200公尺	70公尺(可L型轉彎)

## 柒、 結論

本系統已將產線最基本的產品數量與停機資訊建構無線節點傳送架構，並建構資料庫儲存所有資訊，未來此架構可應用於其他產業上，並發揮 Zigbee 前端所有感測電路的應用，只要更換不同種類的感測器電路即可完成，再加上後端資料庫可將資料傳入網路平台的雲端伺服器中，如此一來就可與客戶線上共同瞭解產品的生產歷程與紀錄，達到物聯網的實質效果。

本系統設計的過程中因所學技術還尚缺較深奧的實際線路設計，雖然系統操作上是沒有問題，但是對於產品量產仍還有許多功夫需要琢磨，所以未來還可針對不同感測器的類比訊號與數位訊號電路更加的完美設計。當然，未來上大學有機會能更碰到更多不同模組能夠應用，我們系統現在還只是個縮小版的雛形，但仍算是一個完整的展示平台，未來還想學習更多不同的無線模組，包括 GPS、WIFI 等等高階模組，讓系統能夠更加強大。

## 捌、 參考資料及其他

- [1] 維基百科・藍牙・自由的百科全書・取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/藍牙>
- [2] 維基百科・Wi-Fi・自由的百科全書・取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>
- [3] 維基百科・Zigbee・自由的百科全書・取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/ZigBee>
- [4] Carina Ying(2014 年 07 月 22 日)・解析 WiFi 與 Zigbee 背後的優缺點・取自 <http://www.ledinside.com.tw/knowledge/20140722-29708.html>
- [5] 維基百科・RS-232・自由的百科全書・取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/RS-232>
- [6] 趙英傑(2014)・超圖解 Arduino 互動設計入門-第二版・台灣・旗標出版股份有限公司。
- [7] 陳福春(2013)・感測器・台灣・全華科技圖書股份有限公司。
- [8] 張逸中(2014)・第一次寫 Visual Basic 2010 就上手：18 堂範例學習課・台灣・松崗資產管理股份有限公司。

## 【評語】 052506

本作品開發於生產線上進行產品數量及停機狀態資料收集的系統，主題清楚，具實用價值。

但對實驗結果較少進行深入分析來進行更多的改進實驗。

建議多加實驗和分析此系統的功能和效能來驗證和改進此系統的準確性和使用效能。

作品海報



# 一、研究動機：

我們看到許多工廠仍然以人工計算產量的方式，而人工計算的方式時常會出現一些突發狀況，例如：無法準確的計算出生產數量、故障時間、以及什麼時間的狀況。市面上又很難找到合適的硬體裝置，尤其是依些特殊且具有危險性的室內密閉空間，更無法讓工作人員長期待在危險環境中，此時就需要有一套可自動監控的系統能夠將產線資訊統一蒐集到安全的區域進行控管。

# 二、研究目的：

設計一套透過硬體與軟體的搭配設計下，並藉由無線感測網路系統達到無線自動化產品數量計數以及產線警報停機即時記錄之目的，取代傳統人力慢速執行，提供產線工作效率。

# 三、研究器材：



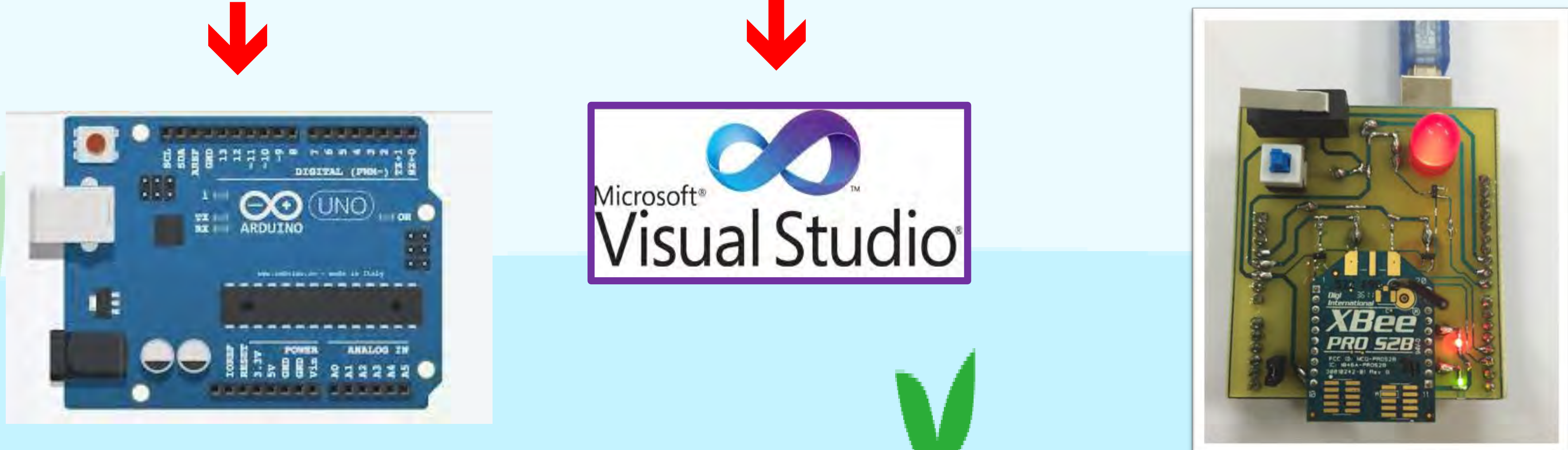
# 四、研究方法：

硬體電路板設計



韌體程式設計

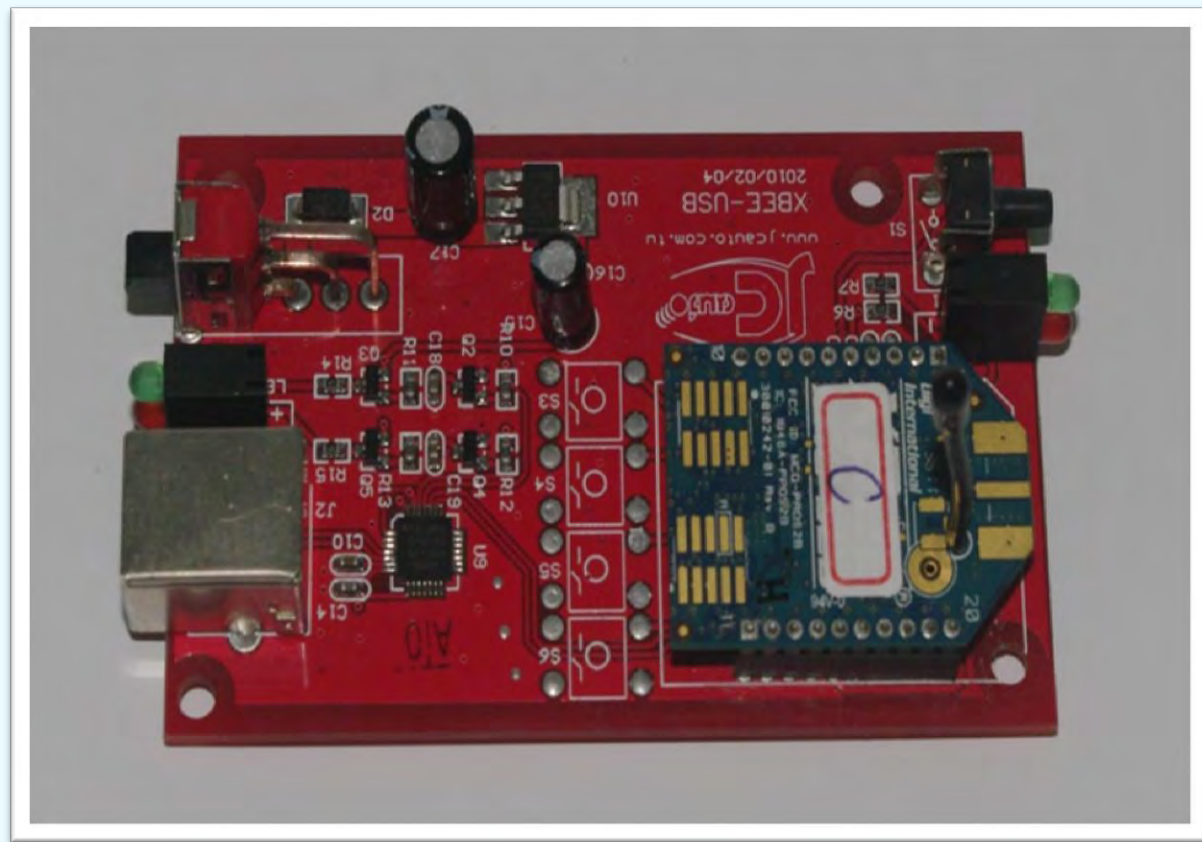
軟體人機介面設計



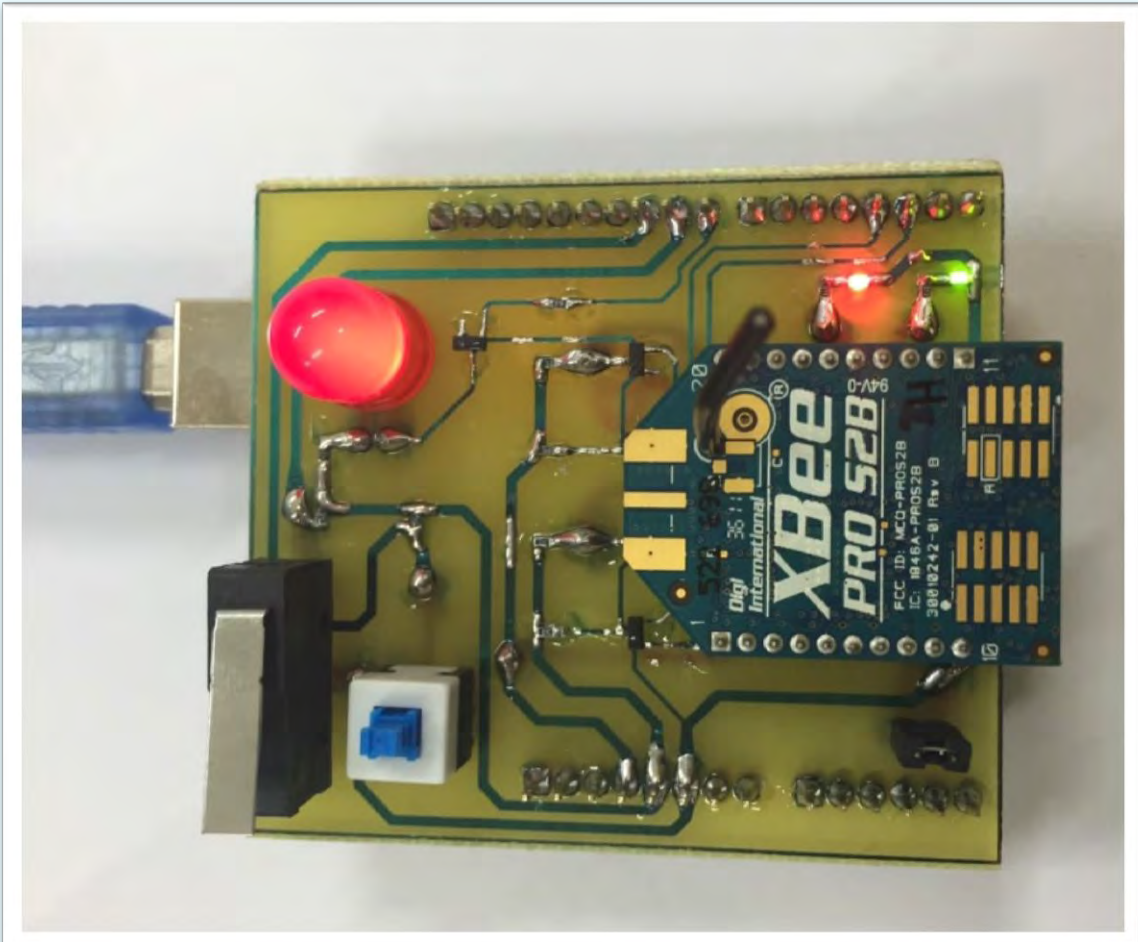


五、研究結果：

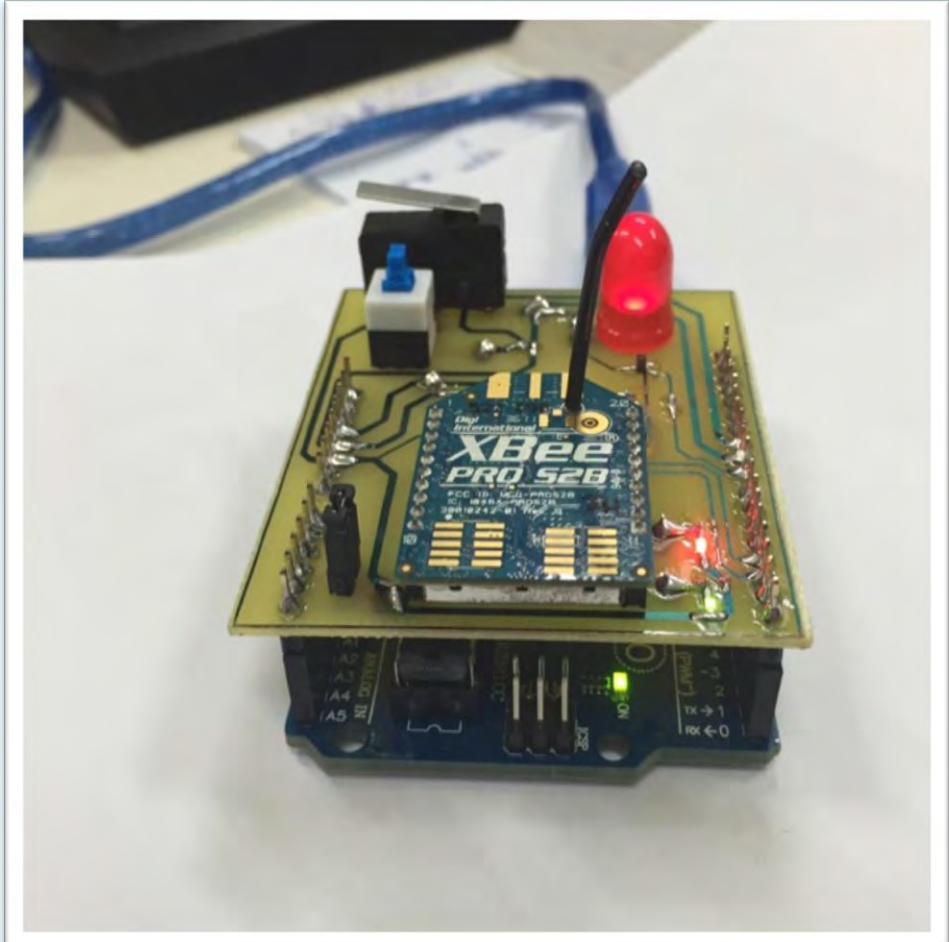
◎硬體單一模組實體圖



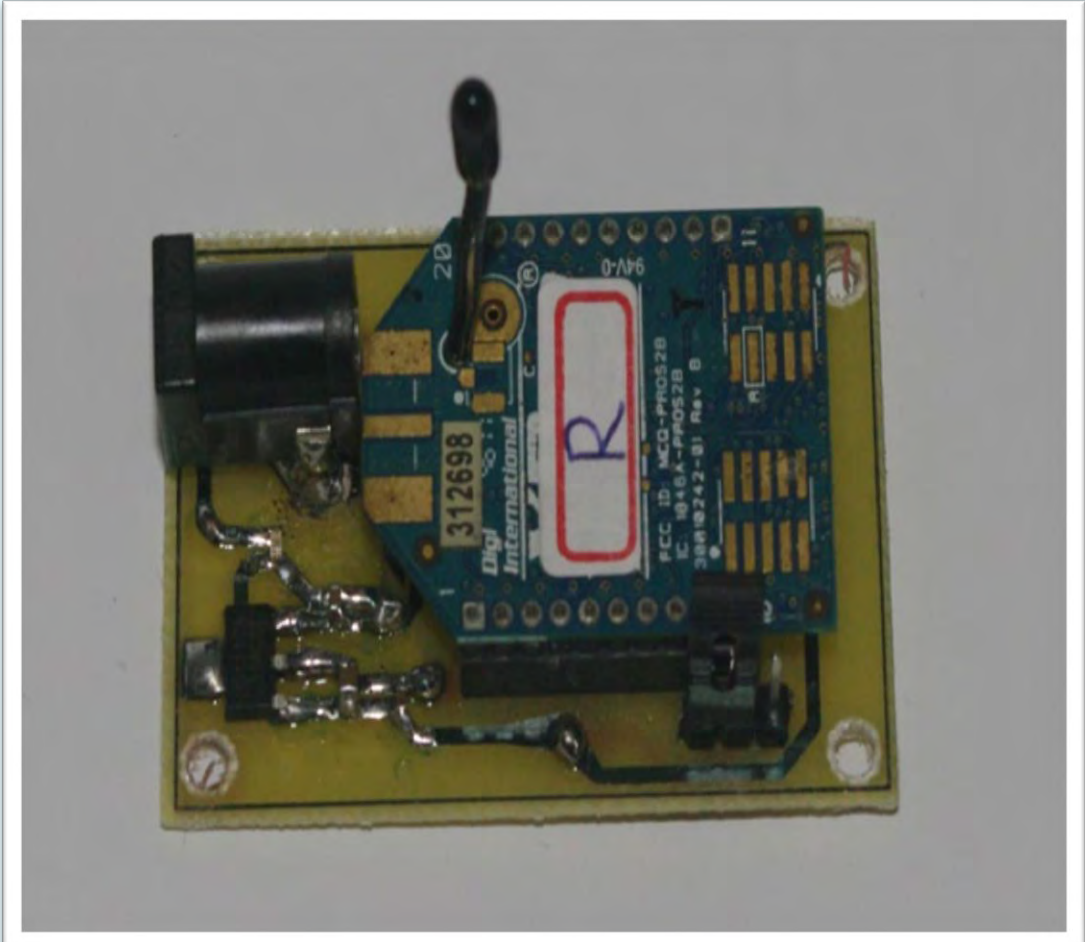
↑ 主控模組



↑ 產線模組俯視圖

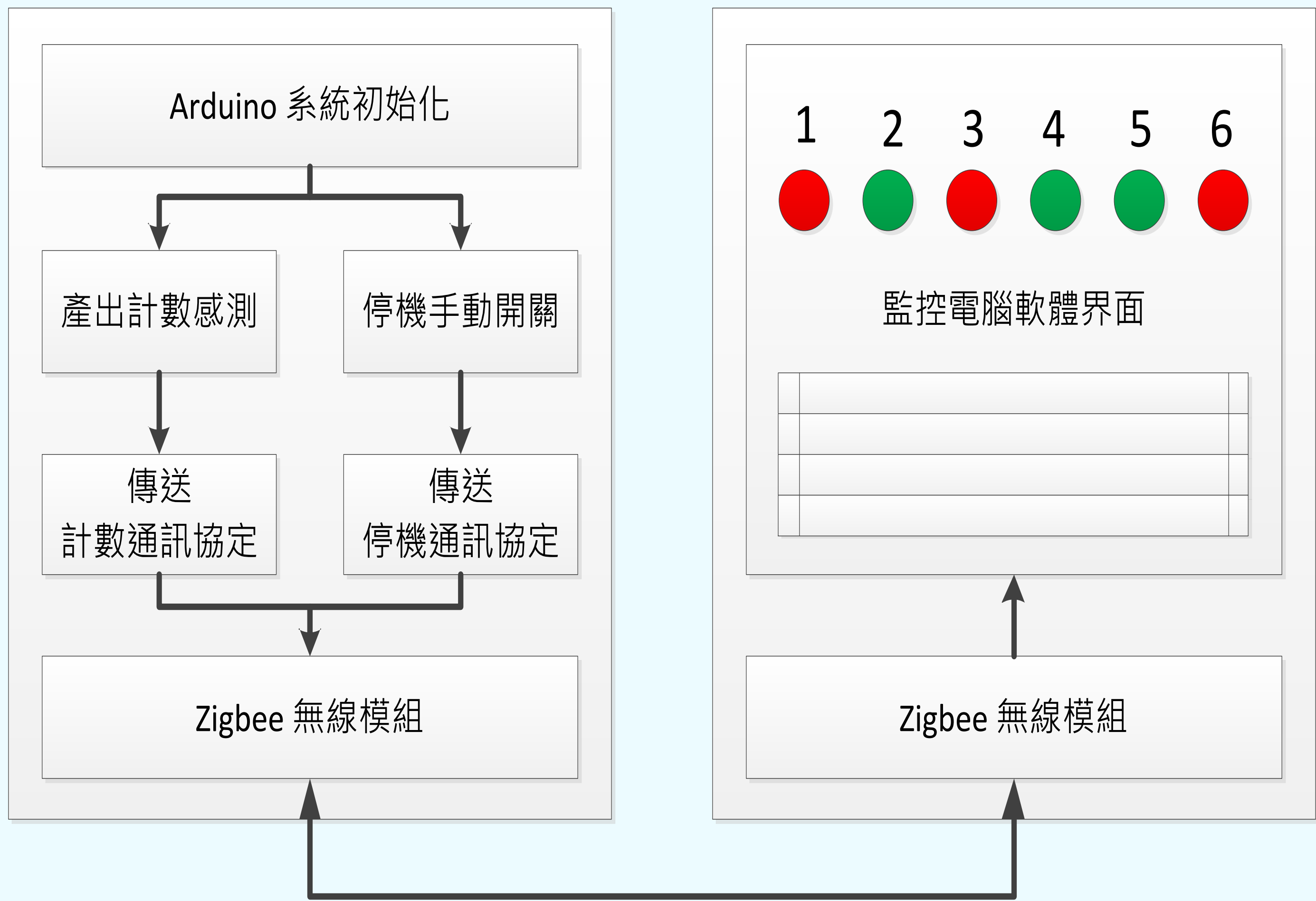


↑ 產線模組側面圖

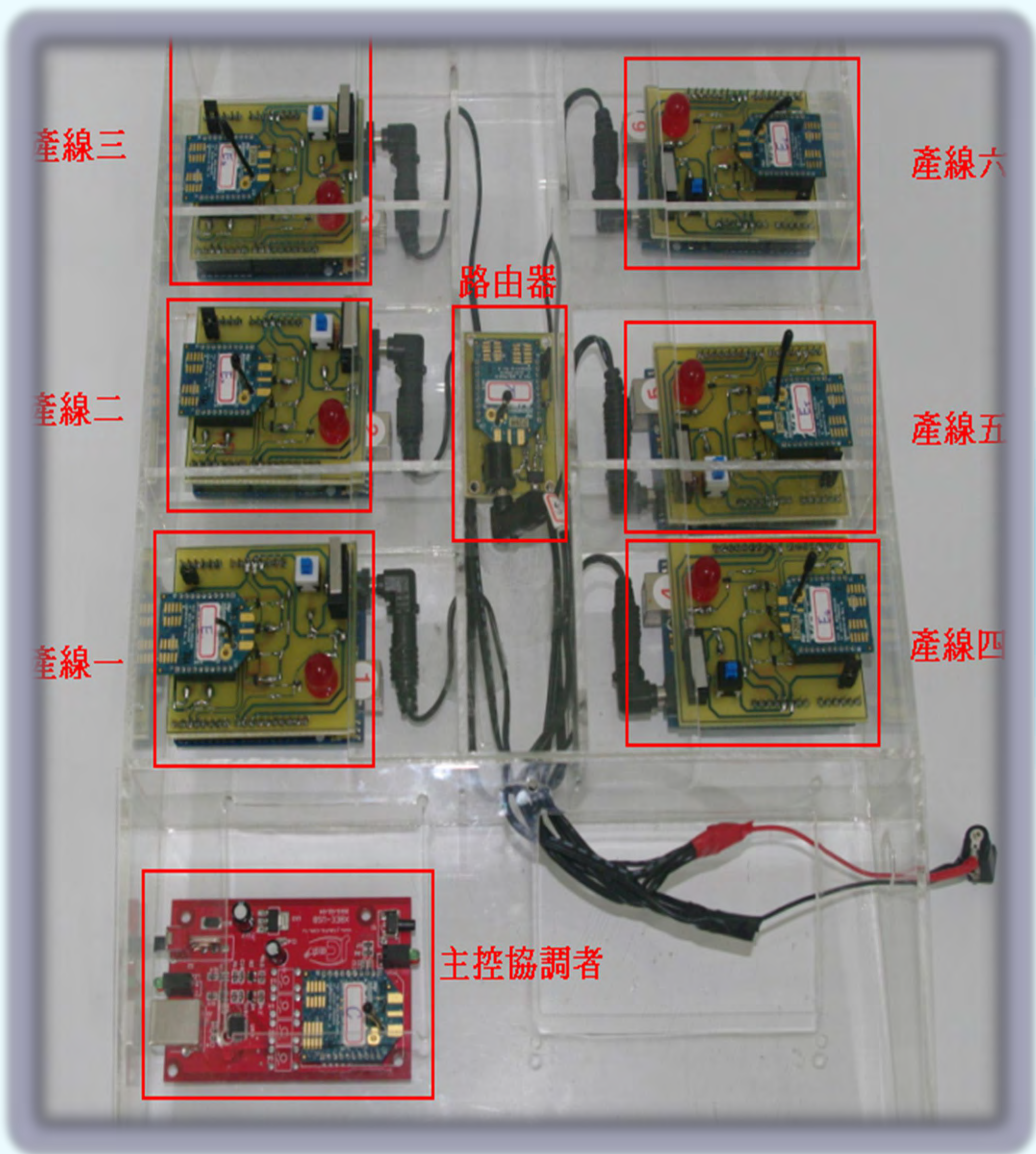


↑ 路由器模組

※系統實作結果：



▲系統操作程序圖



▲作品實體圖

◎軟體介面圖

Port : COM28 Baud Rate : 9600 關閉 Port

現在時間： 2017/4/23 下午 03:19:47

**1號機台**  
生產數量 3  
狀態 ●  
停線次數 1

**2號機台**  
生產數量 0  
狀態 ●  
停線次數 2

**3號機台**  
生產數量 1  
狀態 ●  
停線次數 1

**4號機台**  
生產數量 1  
狀態 ●  
停線次數 1

**5號機台**  
生產數量 2  
狀態 ●  
停線次數 1

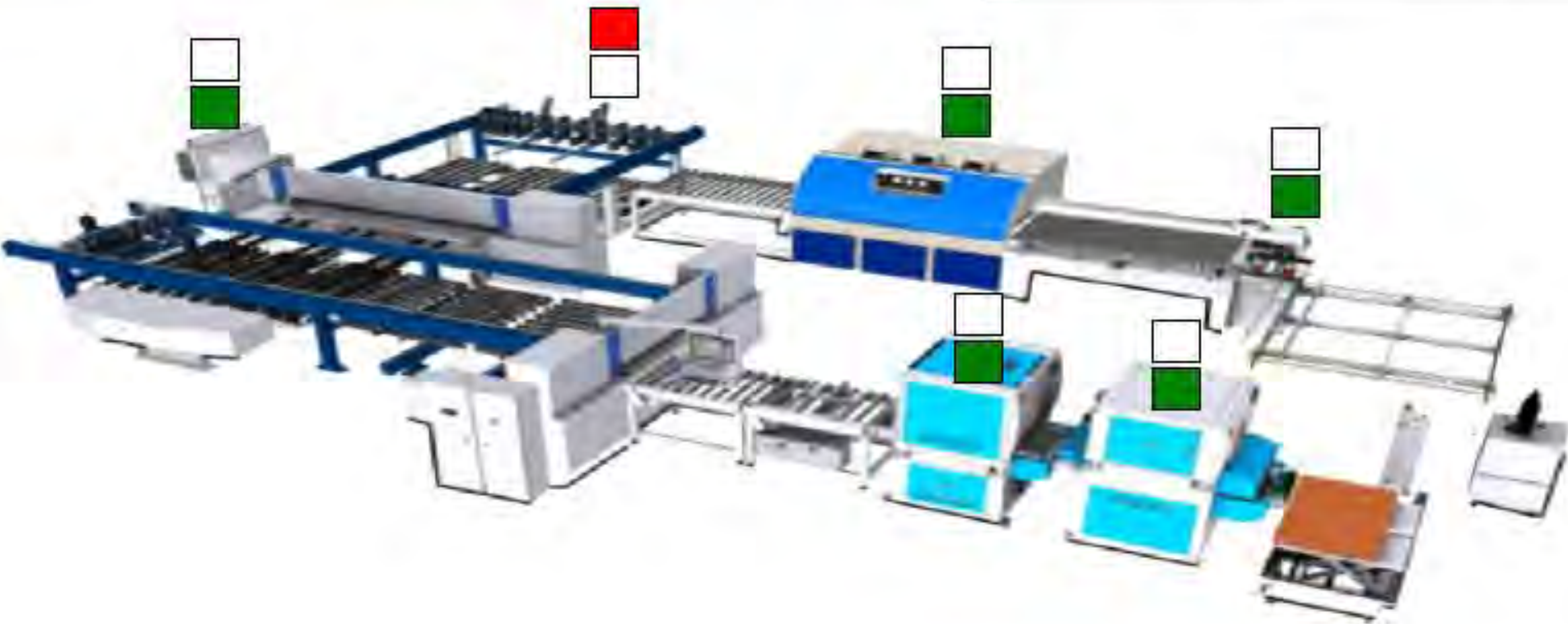
**6號機台**  
生產數量 1  
狀態 ●  
停線次數 1

即時資料顯示視窗

發生時間	機台編號	狀態
2017/4/23 下午 03:19:45	1	正常
2017/4/23 下午 03:19:45	2	停線
2017/4/23 下午 03:19:45	3	正常
2017/4/23 下午 03:19:45	4	正常
2017/4/23 下午 03:19:45	5	正常

選擇編號 3 查詢

統計時間	機台編號	生產總數	停線次數
2016/4/9 上午 08:58:30	3	2	0
2016/4/9 上午 09:01:52	3	4	1
2016/4/9 上午 09:10:56	3	1	0
2017/4/23 下午 03:18:01	3	4	1





## 六、討論：

### ◎無線通訊技術的選擇

#### (一)藍牙無線技術

藍牙主力應用於一對一兩個裝置「連結」(handshaking)為大宗設計，對於需要一對多且遠距傳遞訊息上實為困難，不適合應用於多節點網路工廠等環境。

#### (二) Wi-Fi 無線技術

Wi-Fi 裝置雖然是最高功率傳輸，為達到無線區網的應用要求，和其他裝置相比Wi-Fi 顯得相當耗電，Wi-Fi 的高耗電特性與高費用文提使得對於大量使用的客戶來說是一大的問題。

#### (三) ZigBee 無線技術

**低功耗：**本系統因產線產量計數自動化，資訊傳輸量極大，因此在選用通訊技術方面需選擇低功耗的傳輸技術來降低成本。

**支援大量網路節點：**理論上，一個ZigBee閘道器可以連接65000多個設備，目前在實際應用中已經可以組成超過100種設備的穩定網絡，這樣的網絡規模已經遠超WiFi、Z-Wave、藍牙等技術，在可預見的將來也足以滿足智慧家庭的需求。一對多技術應用於產線產品計數自動化一環中，為工廠節省了因擴大產線而改變生產技術的成本。

## 七、結論：

本系統已將產線最基本的產品數量與停機資訊建構無線節點傳送架構，並建構資料庫儲存所有資訊，未來此架構可應用於其他產業上，並發揮Zigbee 前端所有感測電路的應用，只要更換不同種類的感測器電路即可完成，再加上後端資料庫可將資料傳入網路平台的雲端伺服器中，如此一來就可與客戶線上共同瞭解產品的生產歷程與紀錄，達到物聯網的實質效果。

## 八、參考資料：

- [1] 趙英傑(2014) •*超圖解Arduino 互動設計入門-第二版*•台灣•旗標出版股份有限公司。
- [2] 陳福春(2013) •*感測器*•台灣•旗標出版股份有限公司。
- [3] 張逸中(2014) •*第一次寫Visual Basic 2010 就上手：18 堂範例學習課*•台灣•松崗資產管理股份有限公司。