

以數位程式紀錄實驗數據-結合 Arduino 與 LabVIEW 程式

曾賢德¹

¹ 國立東華大學物理學系

E-Mail: sdtzeng@gms.ndhu.edu.tw

前言

本文簡介如何利用 Arduino 開發板結合免費的 LabVIEW 程式，實現數位化的實驗記錄，可供科學探究實作實驗教學之參考。

數位化的實驗數據擷取裝置是現今許多科學實驗不可或缺的重要工具。透過數位程式(軟體)及數據擷取介面(硬體)，我們可以高速、長時間、自動化的記錄大量實驗數據。之後經由適當的計算分析處理，可以得到以往用人力難以得到的實驗細節及結果。在進行入門的科學教育實作時，常需要低成本、容易取得、使用彈性大、可以自己編寫程式的數位軟硬體。2005 年興起的 Arduino 正可滿足這方面的基本應用需求。Arduino 使用類似 C 語言的簡易程式語法，可讀取 Arduino 開發板上的類比、數位訊號或做數位輸出控制，讓學生可以學習程式以及數位軟硬體結合。雖然 Arduino 可獨立運行許多功能，但應用於實驗數據的即時觀察時，Arduino 的整合開發環境(Integrated Development Environment, IDE)目前僅提供非常簡易的監控視窗(觀察回傳的文字)或繪圖家(觀察數值變化曲線)，且難以將訊息即時儲存於電腦硬碟。因此我們利用 LabVIEW 程式開發了一些泛用型程式，可讀取 Arduino 輸出數據、繪圖呈現、數值平均、儲存紀錄。期望此數位輔助工具能廣泛用於探究實驗教學及科學專題研究上。

一、器材與軟體

本文使用 Arduino 開發板讀取電壓，以熱敏電阻測溫度。使用的器材有: Arduino Uno 開發板(及 USB 連接線)、杜邦線(公對公 3 條)、麵包板、熱敏電阻、1 k Ω 電阻。使用的軟體有 Arduino IDE、LabVIEW 社群版(Community edition)或 LabVIEW Runtime，以及筆者用 LabVIEW 開發的“Get Signals from Arduino”程式。這些程式的下載說明可參考文末延伸學習中所附的連結網址。

二、實作範例

(一) 讀取電壓

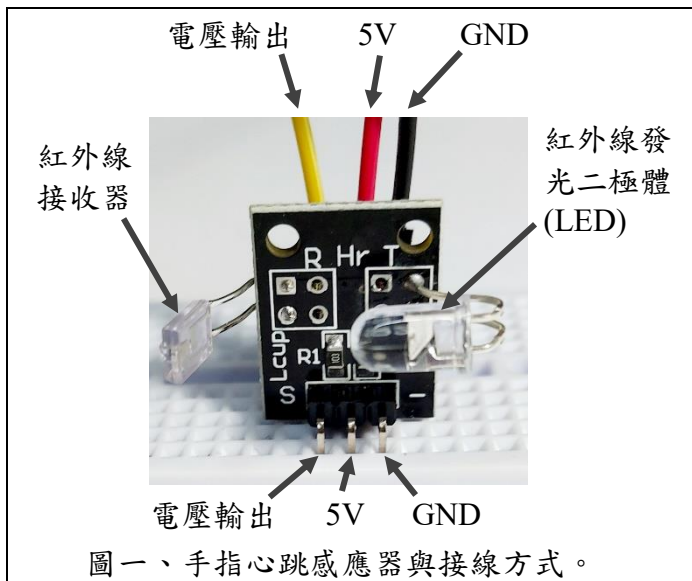
實驗時，經常需要讀取感測器的電壓，以下以讀取電壓的 Arduino 程式為例。此程式將開發板上 A0 接孔(Analog pin number 0)的電壓讀入，並透過序列埠(Serial port)即時將電壓值傳送至電腦。其中，雙斜線(//)右方的文字為註解說明，不影響程式編譯。可將此段程式全部(含註解)複製貼上到 Arduino IDE 編輯器中，再上傳至 Arduino 開發板上執行。

```

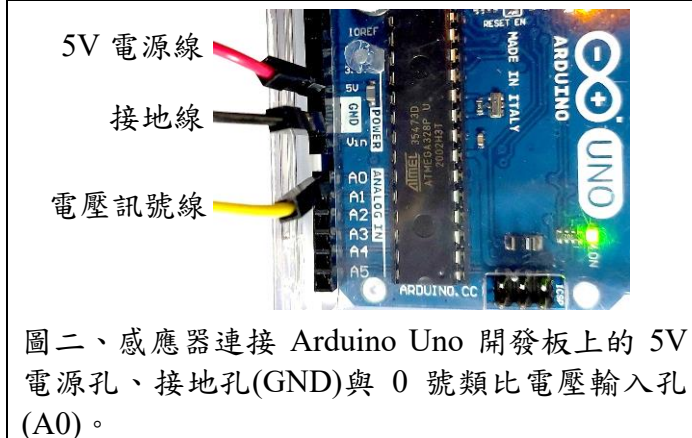
void setup() { Serial.begin(115200); } // 設定序列埠傳輸速率(此例中速率設為 115200 bps)
void loop() { // 不斷重複執行迴圈
float voltage = 5.0*analogRead(A0)/1023; // 將 A0 輸入口的讀值(0-1023)換算成電壓值(0-5V)
Serial.println(voltage,3); // 將 電壓值(voltage) 傳送到序列埠暫存器
Serial.flush(); // 等待序列埠暫存器中的數據傳送至電腦完畢(清空)
}

```

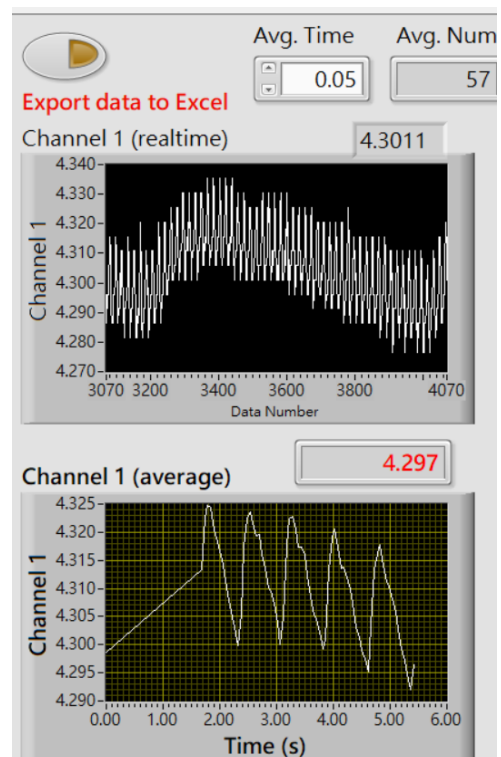
以下以手指心跳感測器(如圖一)為例，其結構非常簡單，主要有一個 LED 發出紅外光，照射到紅外線接收器上。感測器需要的電源由開發板上的 5V 電源孔及接地孔(Ground, GND)提供。當 LED 與接收器中間有物體阻隔時，接收器接收到的紅外線減弱，此時感測器的輸出電壓變大。此輸出電壓送至開發板上的 A0 接孔，經由上面的 Arduino 程式將類比電壓轉換成數位數值(Analog to Digital conversion)，並傳送到電腦。在電腦端，若執行“Get Signals from Arduino”程式(使用方法後述)，則可觀察電壓隨時間變化的曲線。圖三是以手指阻隔在 LED 與接收器中間時得到的訊號曲線，原始電壓訊號(圖三上)有相當大的雜訊，但經過即時的平均處理，可得到較清楚的變化曲線(圖三下)，每次的上下變化代表每一下心跳。由於血液會吸收紅外線，電壓曲線迅速上升處表示心臟壓送血液進到手指血管時，較平緩下降處代表血液流回心臟時。



圖一、手指心跳感應器與接線方式。



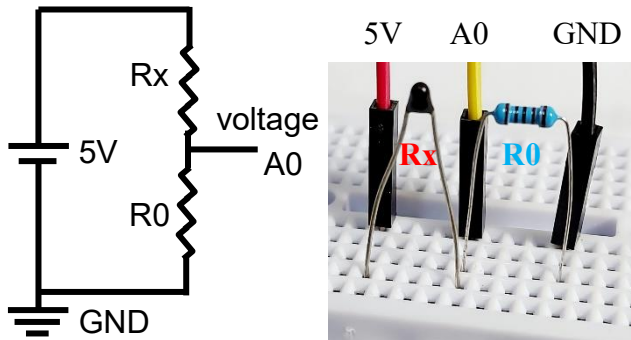
圖二、感應器連接 Arduino Uno 開發板上的 5V 電源孔、接地孔(GND)與 0 號類比電壓輸入孔(A0)。



圖三、手指心跳感測器透過 Arduino 傳回電腦的電壓訊號變化曲線。(上)原始電壓訊號，(下)經過程式即時平均處理後的變化曲線。可清楚看出每一下心跳變化。

(二) 讀取熱敏電阻溫度

許多的感測器是透過電阻變化來提供待測的物理量，例如從熱敏電阻的電阻值可以推算出溫度，光敏電阻的電阻值反應出光線強弱。以下以使用熱敏電阻測溫度變化為例，說明電路連接方式、Arduino 程式內容、Get Signals from Arduino 程式的介面操作。



圖四、(左)測量電阻的電路連接示意圖。由待測電阻 R_x 與已知電阻 R_0 接點的電壓可推算出待測電阻值 R_x 。(右)熱敏電阻、 $1\text{ k}\Omega$ 電阻及各接線的接法。圖中，紅、黃、黑三條杜邦線接到 Arduino Uno 開發板上的位置同圖二。

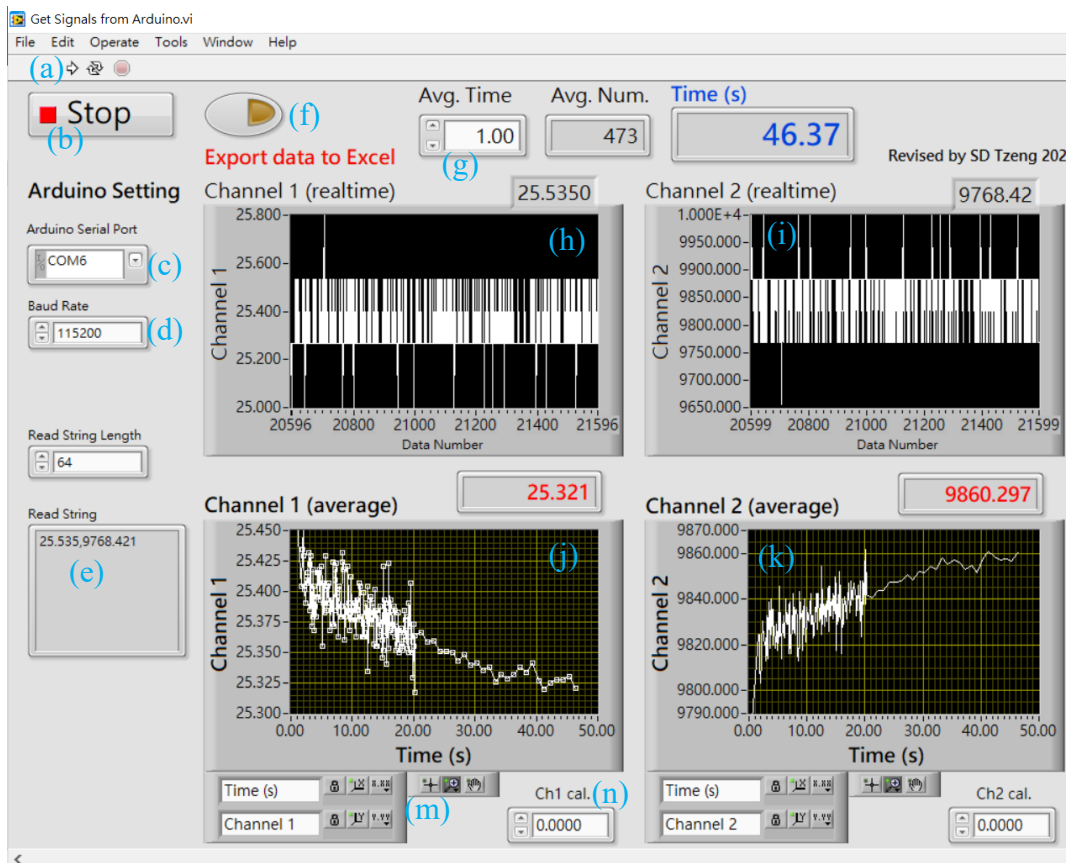
依照圖四的接法，從電源電壓(5.0 V)、待測電阻 R_x 與已知電阻 R_0 連接處接點的電壓 (voltage) 可推算出待測電阻值為 $R_x = (5.0/\text{voltage} - 1)*R_0$ 。下面的 Arduino 程式可得到熱敏電阻值 R_x ，並進一步利用斯坦哈特-哈特(Steinhart-Hart)公式得到溫度值 T ，最後將 R_x 與 T 的數值(精度取到小數點後 3 位)傳送到電腦。格式為 T,R_x ，兩者間用逗號“,” 隔開， R_x 之後換行。

```
float R0 = 1000;
void setup() { Serial.begin(115200); }
void loop() {
float voltage = 5.0*analogRead(A0)/1023;
float Rx = (5.0/voltage - 1)*R0;
float temp = 0.001129148+0.000234125*log(Rx)+0.0000000876741*(log(Rx))*(log(Rx))*(log(Rx));
float T = 1/temp -273.15;
Serial.print(T,3); Serial.print(","); Serial.println(Rx,3); Serial.flush();
}
```

當使用“Get Signals from Arduino”程式讀取序列埠傳過來的字串時，程式會將逗號“,” 前後的溫度 T 與電阻 R_x 數值分別繪圖、處理。以圖五顯示的原始訊號為例，熱敏電阻的電阻值 R_x 約在 9850 歐姆上下跳動，溫度值約在 $25.4\text{ }^\circ\text{C}$ 上下跳動。這些訊號跳動常常是環境中的 60 Hz 電源雜訊或其他隨機的擾動因素造成的，所以將數值取適當的一小段時間平均可以降低隨機跳動，得到更清楚的訊號變化。

訊號的平均處理是實驗上重要的設定，其會影響數據的精度(解析度)以及反應時間。以圖五記錄的數據為例，前 20 秒是以 0.1 秒為平均時間(約每 47 筆數據點平均一次)，得到的平均溫度上下跳動幅度約 $0.025\text{ }^\circ\text{C}$ ，已經比原始數據約 $0.1\text{ }^\circ\text{C}$ 的上下跳動改善很多。20 秒後改以 1 秒為平均時間(約每 473 筆數據點平均一次)，跳動幅度則降至 $0.01\text{ }^\circ\text{C}$ 以下，數據精度得到

明顯的改善。透過平均來壓抑隨機跳動的效果，可以參考平均標準差 $\bar{\sigma}$ 的計算公式 $\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$ 。當拿來計算的數據筆數 n 越大，平均後的跳動幅度(平均標準差 $\bar{\sigma}$)會是原本跳動幅度(標準差 σ)的 $1/\sqrt{n}$ 。亦即數據筆數增加 100 倍時，可以使隨機跳動幅度小 10 倍。這也是使用數位裝置輔助我們做大量數據處理的明顯好處，可以透過大量的數據得到更準確的結果。



圖五、“Get Signals from Arduino”程式介面說明。(a)開始讀取鍵、(b)程式停止鍵、(c)選取 Arduino 序列埠、(d)設定序列埠鮑率(需與 Arduino 程式設定一致)、(e)顯示讀取字串文字、(f)將數據匯出到 Excel 程式(亦可在數據圖上點滑鼠右鍵，選 export 來匯出數據)、(g)設定平均時間、(h)第一欄原始數據繪圖、(i)第二欄原始數據繪圖、(j)第一欄原始數據平均值繪圖、(k)第二欄原始數據平均值繪圖、(m)數據範圍選取與座標軸設定工具、(n)數據校正(偏移)。

延伸學習

1. Get Signals from Arduino 程式軟體可免費下載使用，軟體操作說明及相關探究實作範例，可參考科普活動計劃網址：<https://sites.google.com/view/lab-maker>
2. 一個使用 Arduino 結合 LabVIEW 程式的實驗範例-比熱實驗，可參考科普活動計劃網址：<https://sites.google.com/gms.ndhu.edu.tw/phys-exp/main/Specific-Heat>
示範實驗影片網址：<https://youtu.be/MWJNKjmCiaQ>