

# 科學 创客 計劃

# STEM

## MAKER PROJECT



THE HONG KONG  
POLYTECHNIC UNIVERSITY  
香港理工大學

COLLEGE OF PROFESSIONAL AND  
CONTINUING EDUCATION  
專業及持續教育學院



優質教育基金  
Quality Education Fund

# 目錄

1	前言
5	第一章 Arduino基本資訊
5	第一節 編程提要
5	第一項 程式結構
7	第二項 參考和創作語法
9	第三項 編程手法
10	第四項 編程用字
15	第二節 事前準備
19	第二章 基礎課題
21	第一節 閃燈
23	第二節 交通燈

25	第三章 教案範例
26	第一節 超聲波
31	第二節 溫度和濕度
37	第三節 心跳
43	第四節 空氣污染物
50	第五節 紫外線
54	第六節 酸鹼度
59	第七節 二氧化碳
63	第八節 二進制
71	第九節 數學遊戲
75	參考資料
77	附件 PMS5003ST傳感器和驅動風扇程式碼

# 前言

優質教育基金 (Quality Education Fund, QEF) 於1998年成立，旨在資助基礎教育範圍內（即幼稚園、小學、中學及特殊教育）的各項非牟利創新計劃，藉以推動香港的優質教育。2018-19年度，《科學創客計劃》得蒙優質教育基金資助，在中學推行STEM教育，本手冊即為該計劃的部份成果。

在2015年的施政報告中，政府首次提出在本港中小學推動STEM教育，旨在培養學生綜合運用STEM學科知識及技能的能力。有效的STEM教育不但能提升學生的創造力、協作和解難能力，還能夠提升學生對科學的興趣和學習動機。

STEM是由科學 (Science)、科技 (Technology)、工程 (Engineering) 和數學 (Mathematics) 的英文字首字母縮寫而成。STEM教育有別於香港的傳統教育模式，除了著重跨學科應用，STEM教育以「動手」、「動腦」為中心，使之能訓練學生的創意和解決問題的能力，以面對未來經濟、科學和科技的高速發展所帶來的挑戰，同時亦為未來知識型社會培育人才，增強香港的競爭力。科學和數學一直是部份學生害怕的科目，而STEM教育所著重的探索精神，著重培養興趣，能帶領學生從簡單及具體的方向入手，透過親手創作，讓他們慢慢掌握知識和技巧，令學生對害怕的科目改觀。學生亦可以透過日常教學中的STEM教育了解到科學不一定是深奧的，而是每個人都能參與其中。老師需要灌輸學生享受製作過程的想法，不要害怕失敗，要透過動手做實踐，應用課堂上學到的知識，引導學生主動學習。

科學和科技的發展一日千里，我們希望透過「科學創客計劃」培養學生的創意、主動學習的精神、慎思明辨的能力以及積極的人生態度，期望他們將來能夠適應社會的急速轉變，並滿足未來社會對人才的需求。由此，本計劃不限於傳授知識，而是希望激發學生的創意，使他們能夠在課堂中學到的基礎上，發展出新的意念。

我們希望各學校能夠以是次的計劃為開始，在校內推動STEM教育，希望各學校可以以此為基礎，不斷添加內容，持續地推動STEM教育。

STEM教育不單只針對單一科目，而是融合各科的教育模式。在課堂上，學生需要動手創作發明品，使之在加強學生的知識和技巧的同時，增加他們對科學、科技和數學的興趣，即時應用亦能夠加深學生對課題的印象。透過STEM相關的創作和比賽，學生可以展現課堂上的學習成果，有助及早發掘他們的職業興趣。校本的STEM教育更可以為學生提供優良的環境學習，助他們發揮潛能。

推動STEM教育並非一時三刻能完成的事，必需持之以恆才能長遠而有效地推動。學校需要相信學生的潛能，培養他們的興趣，並給予適當的空間學生發揮。學生在創作的過程中難免會遇上困難甚至面對失敗，經歷失敗，反覆進行實驗和改良亦是STEM教育的重要一環。教育不只是知識傳遞，更要引導學生克服困難、展現創意。STEM教育在各方面均存在挑戰和不足之處，需要多方面的支援和配合，始能有更進一步的成果。學校在學生的成長及發展中飾演重大角色，大眾期望學校在灌輸知識外，能提供空間展示學生在科學探究及科技創新發展上的成果，為學生奠定學習基礎，為未來知識型社會培育人才，增強香港的競爭力。

Science

Technology

Engineering

Mathematics



# 計劃團隊名單（依筆劃排列）

計劃申請人      阮博文教授  
現任香港理工大學(理大) 專業及持續教育學院院長  
理大管理及市場學系教授

執行統籌      陳凱萱博士  
理大香港專上學院科技學部講師  
聯絡電郵: cccircle@hkcc-polyu.edu.hk/  
gabriel.chan@cpce-polyu.edu.hk

聯絡人      王志宏博士  
理大香港專上學院科技學部講師  
聯絡電郵: ccs Wong@hkcc-polyu.edu.hk/  
simon.wong@cpce-polyu.edu.hk

核心團隊成員      方玉輝醫生  
吳偉昌博士  
胡建生博士  
梁卓勳博士  
陳大昌先生  
陳嘉珩小姐  
陸偉強博士

校外專家委員      王灝博士  
吳子斌教授  
區志堅博士  
張浩然博士  
賴志成博士

# 計劃活動照片





# 第一章 Arduino基本資訊

## 第一節 編程提要

這一節包括一些使用Arduino編程的簡單心得。如果你已經了解如何編程，就可以跳至下一部份。在 Arduino 上編程，會比一般電腦上的程式簡單，亦可以用填表格 (form-filling) 的心態處理。

首先，我們會分析Arduino 的程式結構，然後提供使用者參考廠商提供的範例程式的方法和例子，最後是開發自家邏輯的程式的方法和例子。

### 第一項 程式結構

Arduino的程式語法是以C++ 語言為基礎發展出來的。其程式結構可分為五區：

#### 一、 程式庫的宣告 Library header declaration

在編譯時，我們要將額外需要的程式庫加進來，至於使用該程式庫與否，就視乎該應用需不需要參考那些額外程式。例如要聯繫PM2.5的傳感器， 需要使用而建立一條串行 (serial) 信號線， 由於基本的語言程式庫 ( basic language library) 並沒有記載這功能，就需要在程式最開頭宣告所需要外掛的程式庫，以便在編譯 (compiling) 的過程中將它們與程式連繫在一起，變成執行檔。除了廠方指定的程式外，若遇見相似的程式，我們可以記錄備用，或者在網站搜尋有關資料。

#### 二、 常數和變數的宣告 Variable declaration

這區用作建立全局變數和數值。在常數和變數的宣告區內，一般都會有些變/常數宣告，它們在此宣告之後，就可以在往後的程式中使用。放在開端的好處是方便以後作修改時，毋須在冗長的程式中搜尋。在程式上面一改數值，下面全部有使用處都會更新。宣告的內容包括：該數是變或常、種類、名稱和數值。

#### 三、 程式設定 setup()

第三區會建立啟動運作的開始狀態和條件。其中程式設定區(i.e. setup() {} ) 和程式重複區(i.e. loop() {} ) 是必需的，至少一個要有內容。在檔案菜單 (File menu) 開新程式時，會自動提供這兩個常駐功能 (routine functions) 。 程式設定區內的指令只會在開始時執行一次，程式重複區內的就會不斷重覆執行。在程式設定區內，通常用作啟動某些設備和變數，或重置系統至原始狀態。

#### 四、 程式重複 loop()

程式重複區會不斷循環偵測狀態，並執行任務。這區就是整個運作的核心程式，通常工作是先測試系統狀態或者條件， 再決定做什麼反應，例如：

- 甲、 執行某一些函數功能或者動作；
- 乙、 改變系統狀態；
- 丙、 呼叫一個副程式；
- 丁、 或者列出結果等等。

然後下一個循環再重新測試，永不會離開這區。

#### 五、 副程式 sub-routine

程式重複區下面，可以有多個副程式，把重複的步驟和功能，由設定區和重複區之中抽取出來，令原本的流程變得簡潔。副程式是一些可共用或重覆使用的功能或步驟。呼叫使用 (call) 來源可由：

- 甲、 程式設定區，
- 乙、 程式重複區，
- 丙、 其他副程式，
- 丁、 或者自己 (不斷遞迴直至某項條件成立或不成立為止)

## 第二項 參考和創作語法

程式的語法可以以自創的為主，亦可以以廠商提供的為主。以下將會分兩大部份，首先說明如何從廠商提供的範例程式中抄錄所需部份，然後再用例子重點說明自創語法需要留意的地方。

### 一、 廠商的範例程式

製造傳感器的廠商一般會提供範例程式，使用時不需要大改動甚至不用修改。選用某廠方的程式碼前，最好先了解每句碼的作用，然後依事件發生的次序（如有）選用，並修改變數數值（例如：原先傳感器會自行偵測溫度，當溫度上升超越臨界點即啟動LED，我們可以將啟動LED改為啟動風扇）。

當我們要整合多個廠方的程式碼時，首先要確定它們間的邏輯次序，並在同一區內，按照因果流程將先行的廠方碼放入，然後將後來的另一廠方碼放入，再行修改配合。

以PMS5003ST傳感器和驅動風扇為例：

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial PMSSerial(3, 4);
char col;
unsigned int PMSa = 0, FMHDSa = 0, TPSa = 0;
unsigned int PMS = 0, FMHDS = 0, TPS = 0;
unsigned char buffer_RTT[40]={};
char tempStr[15];

// For fan
const int INA = 10;
const int INB = 11;
byte speed = 100;
int threshold = 224;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  PMSSerial.begin(9600);

  pinMode(INA, OUTPUT);
  pinMode(INB, OUTPUT);
}
```

} A  
}

} B

由於邏輯次序上是先由傳感器取得數據，再決定是否啟動風扇。所以先設置好廠方A的程式，然後才放置廠方B的程式片段。雖然該邏輯主要發生在程式重複區，在此區段內並無必要依此次序安排。但為了保持閱讀上的持續性，其他區段亦會按照相同次序編寫。（如欲閱讀完整程式碼，請參閱附件）。

### 二、 自家邏輯或演算法的程式

自創語法會倚重編程者的邏輯能力，較適合熟悉編程的開發者。

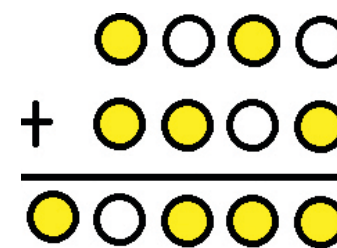
編程的流程粗略如下：

- 定義問題和範疇
- 決定輸入和輸出的情況和例子
- 尋求或設計解決的方法或演算法
- 建立整體的處理程序
- 編寫程式及建立電子模型
- 測試和修改

以下的篇幅會舉出一些常見的語法例子，其他請到參考資料內的「語法參考」連結內查看。

以二進制加法計算機為例：

- 設計時首先要定義問題的範圍，在此例子中是表達數學二進制加法的原理。
- 定義後可以開始設計原始模型：用四位元加四位元等於五位元的方法來表達（結果利用五位元以解決溢位的問題）。
- 設計原始模型後就要決定演算法，我們利用 XOR 直接進行兩位元運算，再用 XOR、AND及OR運算進位。
- 然後可以安排處理運算的過程：
  - ◊ 決定變數的代號，開關按鈕的次序和狀態
  - ◊ 程式開始運行時全部數值及狀態歸始，然後開始檢視輸入
  - ◊ 決定在那種狀態下改變某些變數，狀態及其顯示



- |       |   |                                       |
|-------|---|---------------------------------------|
| 重置    | ⇒ | 全部歸始                                  |
| 0, 1  | ⇒ | 視乎該列狀態，在列一或二，輸入新數值時現<br>有值向左移（溢出便會清除） |
| 加（+）  | ⇒ | 由列一轉移至列二進行輸入                          |
| 等於（=） | ⇒ | 將列一及列二的位元相加，並改變進位狀態，<br>從而得出答案        |

### 第三項 編程手法

在設計好二進制加法計算機的運行方法後，就要考慮用什麼編程手法來展現設計。一般會使用演繹法〔由上而下〕或歸納法〔由下而上〕。

- 演繹法〔由上而下〕：用偽代碼<sup>1</sup>〔pseudo code〕列出順序的流程及演算法〔algorithm〕然後根據結構及語法，將句子逐一翻譯成對應的程式碼。
- 歸納法〔由下而上〕：先用偽代碼列出最重要或者最複雜的部分及其演算法，再依次安排，聯繫組合成一個完整流程。然後根據結構及語法，將句子逐一翻譯成對應的程式碼。

<sup>1</sup>偽代碼〔pseudo code〕是用文字大意，寫出步驟和演算法的邏輯。初時比較粗糙，然後逐圈逐層剝離、細分、重寫、修改等等〔step-wise refinement〕，直到可以或差不多可以對照翻譯成程式碼。

### 第四項 編程用字

在程式結構簡介的部份提到結構中的五區，在這裡我們會再分五區，就編程用字進行講解。

#### 一、 程式庫宣告區

宣告例子：      宣告程式庫：`#include <LiquidCrystal_I2C.h>`  
宣告代替數值：`#define ledPin 13`

- 「#」：代表程式指示，在編譯程式碼前，先對編譯器提出行動要求
- 「include」：連繫程式與及隨後指定的程式庫
- 「< >」：標套程式庫檔案名稱的字符，也可以用英文雙引號代替〔\ " \"]
- 「.h」：檔案的類別
- 「define」：在編譯前，取代程式中所有使用該變數的地方為隨後的數值
- 毋須在句尾加分號〔;〕

#### 二、 常數和變數宣告區

這裡通常會設定傳感器的連線安排。

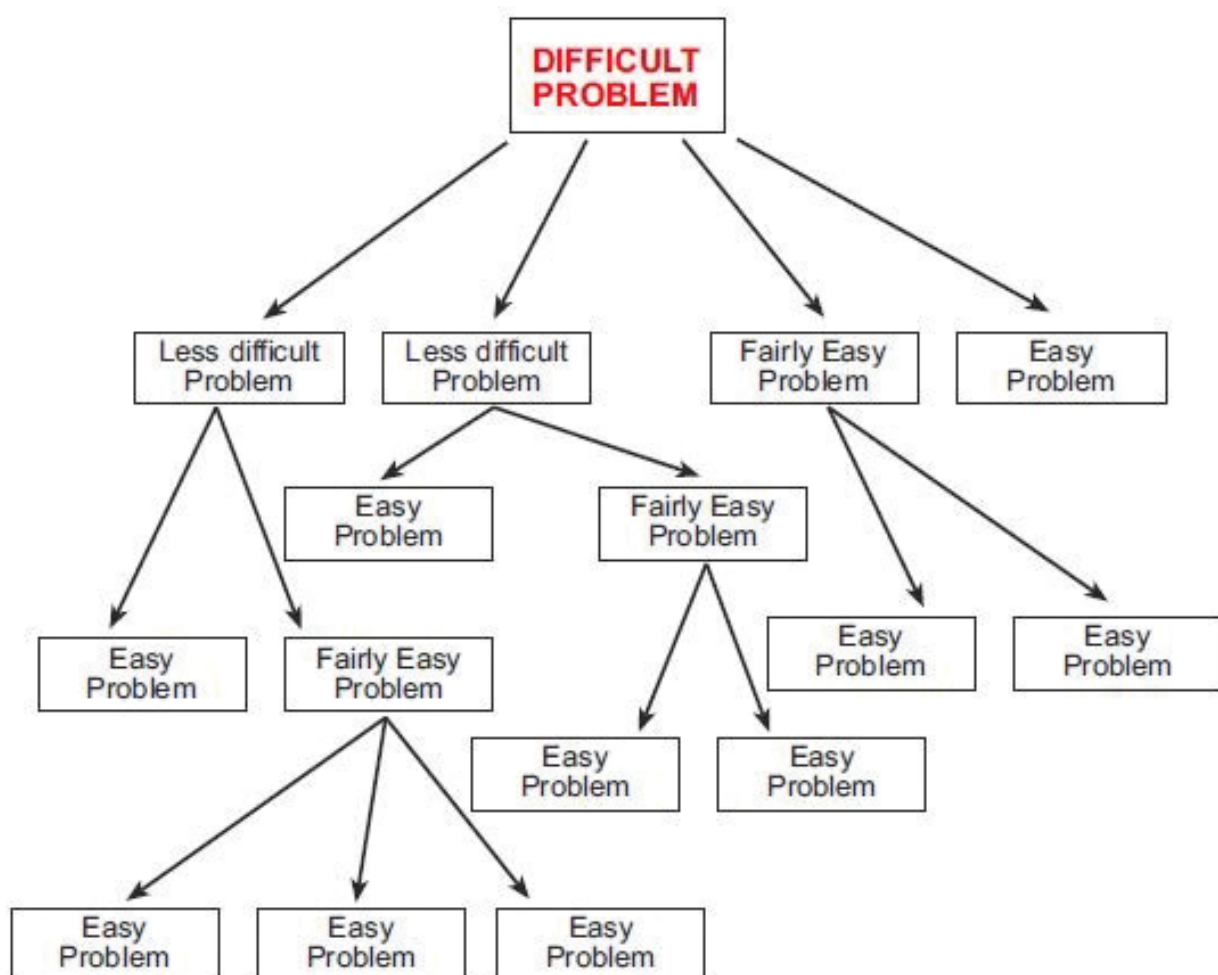
例子：

- `int ledPin = 3;`
- `bool carryState = false;`
- `char message* = "Hello world!";`
- `const float pi = 3.1416;`
- `// This is a comment 這是解說`

數值類別：

- 「int」：整數〔integer〕
- 「float」 / 「double」：浮點小數〔decimal〕
- 「bool」：布林代數〔boolean〕，即是「真〔true〕」或「假〔false〕」
- 「char」：字符〔character〕或字串〔string〕

區分數值類別是指定記憶體의分配和運算處理的方法，不同的數值類別有不同的內容要求，例如：`"a"+"b" = "ab"`，但將`"a" * "b"`的意義不大。而變數名稱可以底線連詞(e.g. `start_next_status`)或者以駱駝階〔Camel case〕寫出：一個詞的第一個字母細階，其他拼合的詞的第一個字母大階。形狀似駱駝峰（由尾看起），例如：`startNextStatus`。





- 「=」：分派數值 (assignment)。
- 「;」：在句尾加上分號 (理論上可以同一行寫很多句，但這樣會令程式難以閱讀，因此並非理想做法)。

所有在此宣告的變數都是全局變數 (Global variable)，會影響整個程式。在隨後的功能區內宣告的都是局部變數 (Local variable)，只影響該功能區。

- 「const」常數 (constant) 當這數值一旦宣稱，往後在程式內就可防止誤改。

其他數值類別的數值範圍：

- 「byte」：0 ~ 255
- 「int」：-32,768 ~ 32,767
- 「unsigned int」：0 ~ 65535
- 「long」：-2, 147, 483, 648 ~ 2, 147, 483, 647
- 「unsigned long」：0 ~ 4, 294, 967, 295

### 三、 程式設定區

- 還原狀態
  - ◊ 變數，例如 `rowState = 1;`
- 啟動設備
  - ◊ 例如 `digitalWrite(ledBuildIn,LOW);` 由該數碼線關掉控制板上的內建燈，HIGH 代表開啟
  - ◊ `digitalWrite()` 是一個內建的功能
- 設定設備
  - ◊ 例如 `Serial.begin(9600)`
    - 與電腦連線的監察通訊速度設定為 9600 baud (它表示通訊線路狀態每秒鐘變化的次數)
    - `Serial` 用大寫開頭，代表一個物件 (Object)
    - 「.」表示「的」的意思
    - 「begin」是 `Serial` 這物件提供的一個 Method (i.e. function)
    - 「(9600)」是送往處理的參數

C++ 利用物件導向 (Object-Oriented) 的方法整合相關的資訊與功能，成為專屬關係，令編程變得較為簡潔易明。

- `Serial` 是一個系統預設的物件，編程員也可按需要自行設計一部份。

### 四、 程式重複區

主要的邏輯運作通常會集中在這區和副程式區。在此宣告的變數是局部變數，只影響身在 { ... } 中的運作。程式碼分行和縮進出是為了方便閱讀，縮進出代表層次的從屬。

用算術例子來解構常見的語法結構：

例：`float total1 = pow((-1+2*3/4),5)-(6%7) = -6`

- 次序是先乘除後加減，由左到右
- 「\*」是乘、「/」是除、「%」是餘數、「( )」優先
- 例子中 6 的 7 次方 (6<sup>7</sup>) 的語法 `pow(base,exponent)` 是一個 Math library 的函數
- 用 `float` 類別是因為除法有機會不是整數

<sup>1</sup> 6÷4 做了整數除法，即 6÷4=1，所以第一項變成 0 了

以下會說明其他常見用字：

**甲、 條件偵測 if... then... else... 例子：**

```
if ( temperature > threshold ) {
    fanOn( );    //call routine
}

else {
    fanOff( );   //call routine
}
```

- 以上例子表示如果量度得出的溫度 (temperature) 高於設定點 (threshold)，就開啟風扇 (fanOn( ) )；否則 (else)，關閉風扇 (fanOff( ) )。
- if 是最常用的條件測試用字，如果條件成立，在「then { }」改變某狀態或執行某任務
- 可尾隨「else」，以執行緊接著後面 { } 內的任務
- 毋須用分號結尾

**if 的另一種表達方式：**

```
Serial.println(( sex == "M" ) ? "Male" : "Female");
```

**比較關係：**

- 相符，例如 row2State == true
- 不符，例如 row2State != true
- 大於，例如 x>3
- 大於等於，例如 x>=4
- 小於，例如 y<5
- 小於等於，例如 y<=6
- 和，例如 isRain && isShine
- 或，例如 tea || coffee

**乙、 迴圈 1****For loop 的例子：**

```
for (int i=0; i<10; i++) {
    // list out from 0 to 9 in each row
    Serial.println(i);
}
```

**在() 內分三部分：**

- int i=0：定義初始條件，以上意思是整數 i 等於 0
- i<10：迴圈的繼續條件，以上是達到 10 就不做隨後 { } 內的循環步驟
- i++：每次迴轉之後，條件狀況的變化，以上是 i 的值每次加 1

**運算符號 ++、--、+=、-=、\*=、/=**

每次遞變：「i++」等於加一，「i--」等於減一

- 「i += 10」等於 i = i+10，「i -= 10」等於 i = i-10；  
所以「i++」等於 i += 1，但沒有 i += 2 或之外的對應項，i-- 亦然。
- 「i \*=2」等於 i = i \* 2
- 「i /=2」等於 i = i/2

**丙、 迴圈 2****While loop 的例子：**

```
int i = 0;
while (i<10) {
    Serial.println(i);
    i++;
}
```

- 當條件(i<10) 仍是真，即執行「{ }」內的指令，否則跳到下一步，即執行 { } 之後的語句
- 這「while」的例子(迴圈 2)和「for」(迴圈 1)的結果相同。「for」指定次數，較簡單；「while」的變化條件可以較有彈性，但程式會稍為加長。

**五、 副程式區****例一：**

```
void reset ( ) {
    ...
}
```

- 「void」：表達運算結果回送的數值類別，例如 int。void 的意思是不回送
- 「reset」：在此是功能名稱
- 「()」：傳送的參數(parameter)用在此函數功能中，多於一個用逗號分開，空置代表沒有參數傳送

**例二：**

```
int sum(int x, int y ) {
    return x+y;
}
```

- 「int sum」：「int」表示回送的此函數功能的計算結果的數值類別是整數，「sum」是函數 功能的名稱
- 「int x」：第一個參數值在此的類別是整數(一定要跟傳過來之前的類別相符)(不論傳過來之前的名稱)，在此的變量名稱(variable name) 是 x
- 「return」：表示回送句子隨後運算的結果

部分較高階深入的概念和用法，例如：object, pointer, array, switch, math functions, print functions, random, binary operation, struct等，因為篇幅所限，未能盡錄，如有需要，可以登錄 YouTube 搜尋「Arduino Programming」或參考 Arduino 官方網站上「language reference」<sup>2</sup>一頁或其他網上資源。

<sup>2</sup><https://www.arduino.cc/en/Reference/HomePage2>

# 第二節 事前準備

以上述語言簡介作為基礎，這部份將介紹進行Arduino實際操作前的準備工作。

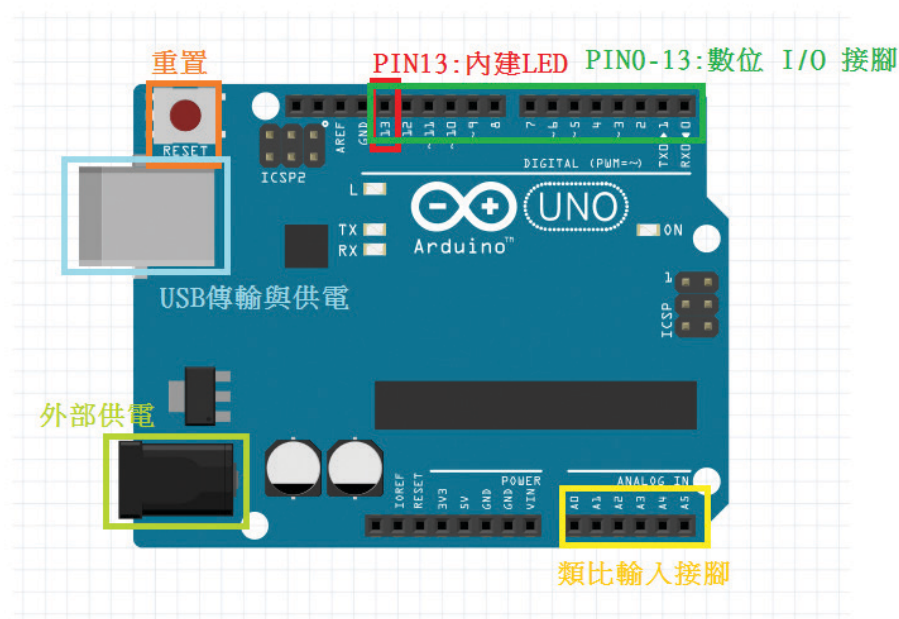
## 一、 認識Arduino UNO板

這份教案基於使用Arduino UNO編寫，以下部份簡介Arduino UNO的功能。

PIN0-13的數位接腳可以透過 `pinMode()`、`digitalWrite()`、`digitalRead()` 這幾個函式當輸出和輸入，特定接腳有以下功能：

Serial通訊	0(RX) 和 1 (TX) 這兩支腳，可用作接收(RX)與傳輸(TX) TTL 訊號的序列資料。
外部中斷	2 和 3 這兩支腳，可以利用外部事件觸發中斷。
PWM	3、5、 6、 9、10 和 11 六支腳，透過 <code>analogWrite()</code> 函式可以提供 8-bit 的 PWM 輸出。
SPI	10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO) 和 13 (SCK) 這四支腳搭配 SPI Library 可提供 SPI 序列通訊。
LED	13是內建的 LED，當 pin 腳為 HIGH 時，LED 打開，當 pin 腳為 LOW 時，LED 關閉。

(石致和，2013)



## 二、 下載驅動程式 - Arduino IDE

在Arduino的官方網站 (<http://arduino.cc/en/Main/Software>) 下載Arduino IDE，安裝後可以利用USB將Arduino和電腦連接，安裝USB驅動程式。



認識Arduino IDE

## 三、 安裝驅動程式

使用Arduino兼容版時，如果用Windows 7來連接，會出現無法連線的情況。在以下網址下載檔案即可解決：

[http://www.wch.cn/download/ch341ser\\_zip.html](http://www.wch.cn/download/ch341ser_zip.html)



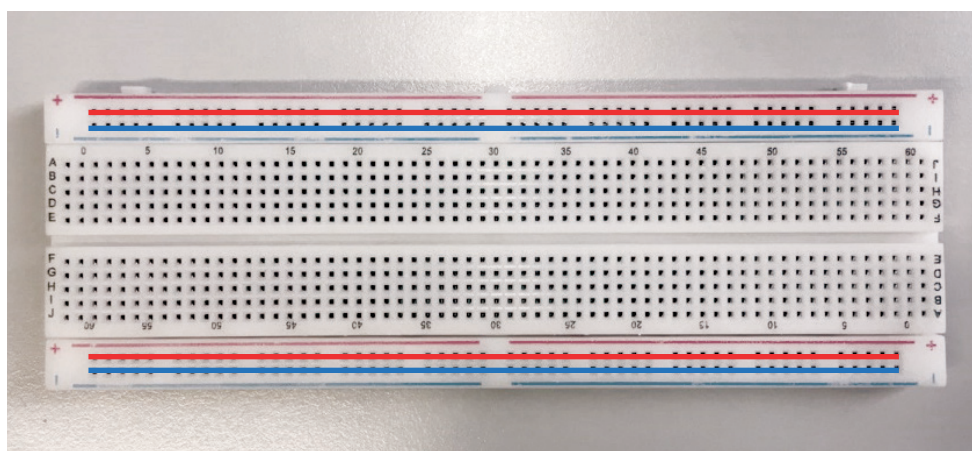
#### 四、 認識麵包板

麵包板的連接孔分為電源軌和接線軌，以下將講解兩部份的功能：

##### 電源軌：

板底有金屬條，在板上對應位置打孔使得元件插入孔中時能夠與金屬條接觸，從而達到導電目的。

在麵包板的上下兩側分別有兩列插孔，上方第一行標有「+」的一系列所有孔都連通，均為正極。上方第二行標有「-」的一系列所有孔都連通，均為負極（接地）。

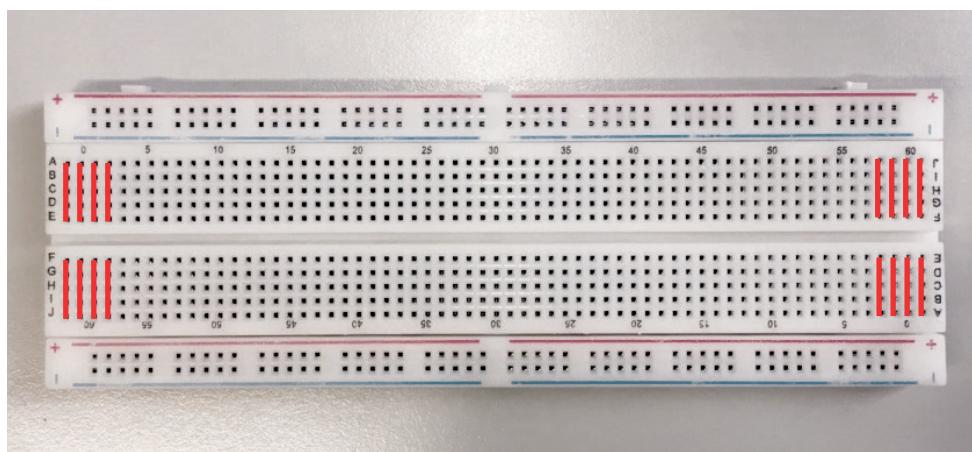


電源軌 (正極)

電源軌 (負極)

##### 接線軌：

連接孔分為上下兩部份，用來插接原件和跳線。在同一列中的5個插孔（在麵包板的兩端有字母標識，即ABCDE，FGHIJ）是互相連通的；列和列（在麵包板的上下兩側有數字標識，即0-60）之間以及凹槽上下部分（即EF）是不連通的。



接線軌

## 第二章 基礎課題

整份教案收錄八個針對不同學科的課題，此章節先收錄兩個Arduino的基礎課題 – 閃燈和交通燈。這兩個課題程度簡易，初學者也能輕鬆掌握，可啟發學生對Arduino的興趣。

透過使用Arduino能提升學生的學習興趣，加深他們對學習內容的理解，培養他們綜合和應用知識與技能、創意、協作和解決問題等的能力，並鼓勵學生提出解決方案，把所學所識付諸實踐。學生的自主學習和創造力有助他們就有興趣的問題進行長期且深入的研究和試驗，熟習尋找資料的方法和改變對知識的態度，養成正面的學習態度。

在正式指導學生使用Arduino前宜先介紹各樣配件（如麵包板），理解各零件的構造和操作原理，增添學生對使用Arduino的信心和減少疑惑。其後可根據課題需要介紹元件特性，並解說相關的電路與程式設計。

## 第一節 閃燈

## 基礎課題I：LED閃燈

## 單元資料

內容描述	閃燈是控制或使用Arduino中的入門課題，這個單元作為Arduino的導入課堂，引起學生對Arduino的興趣。此節會利用一顆LED燈看物理輸出（令LED燈閃爍）。
所涉科學課題	資訊及通訊科技科：電腦編程
難度	★☆☆☆☆
對象	中一至中二學生
預期學習成果	完成此單元後，學生能夠： <ol style="list-style-type: none"><li>1. 認識及控制Arduino。</li><li>2. 閱讀線路圖。</li><li>3. 了解麵包板的原理。</li><li>4. 依據線路圖，組裝一個令LED燈閃爍的裝置。</li><li>5. 透過修改控制程式，改變LED燈的閃動時間。</li></ol>
所需器材	本次實驗指定器材： <ol style="list-style-type: none"><li>a. Arduino UNO R3一塊連USB數據線</li><li>b. 安裝有Arduino開發系統的電腦一台</li><li>c. 控制程式碼</li><li>d. LED燈一顆（任何顏色均可）</li><li>e. 220 ohm 電阻</li></ol>

## 教案示例

所需時間：45分鐘

學與教活動	時間分配
引起動機：老師介紹Arduino的功能及其可能性。	5分鐘
老師講解線路圖及控制程式： <ol style="list-style-type: none"><li>1. 展示LED閃燈裝置的線路圖</li><li>2. 講解如何閱讀線路圖</li><li>3. 講解控制程式的原理</li><li>4. 程式碼說明</li><li>5. 解釋麵包板的原理</li></ol>	10分鐘
組裝： <ol style="list-style-type: none"><li>1. 學生按照老師提供的線路圖進行組裝。</li><li>2. 學生把控制程式載入到Arduino微電腦。</li><li>3. 學生對製成品進行初步測試。如成功組裝，閃燈會依照輸入的時間閃動。</li></ol>	15分鐘
改良： <ol style="list-style-type: none"><li>1. 學生控制程式，改變LED的閃動時間。</li><li>2. 學生向全班展示自己的製成品，並分享修改程式的方法。</li></ol>	15分鐘



基礎課題II：交通燈

單元資料

內容描述	交通燈顧名思義是模仿紅、黃、綠三色的交通訊號。每盞交通燈的紅、黃、綠燈切換時間會因應該路口的交通狀況而有所分別，學生學會基本設定後可以自行調整切換時間。
所涉科學課題	資訊及通訊科技科：電腦編程
難度	★☆☆☆☆
對象	中一至中二學生
預期學習成果	完成此單元後，學生能夠：  1. 依據線路圖，組裝一個模仿交通燈轉換的裝置。 2. 透過修改控制程式，設定LED燈轉換時間。
所需器材	本次實驗指定器材：  a. Arduino UNO R3一塊連USB數據線 b. 免焊萬用電路板（麵包板）一塊 c. 安裝有Arduino開發系統的電腦一台 d. 彩色杜邦線若干 e. 控制程式碼 f. 紅、黃、綠色LED燈各一 g. 220 ohm 電阻三顆
學生已有知識	1. 使用Arduino進行組裝的基本知識。 2. 把控制程式載入到Arduino執行的基本方法。

教案示例

所需時間：50分鐘

學與教活動	時間分配
引起動機：日常生活中紅綠燈扮演重要角色，沒有紅綠燈會造成交通混亂，藉著模仿交通燈運作的實驗，了解紅綠燈的運作模式，同時提升學生對程式語言的了解。	5分鐘
老師講解線路圖及控制程式：  1. 線路圖及程式碼說明	10分鐘
組裝：  1. 學生按照老師提供的線路圖進行組裝。 2. 學生按照程式，讓紅燈和黃燈同時亮起，作即將亮綠燈的提示，模仿交通燈轉換。    3. 學生把控制程式載入到Arduino微電腦。 4. 學生對製成品進行初步測試。如成功組裝，交通燈會依照輸入的時間轉換。	15分鐘
改良：  1. 加入220 ohm 電阻三顆，紅、綠色LED，模擬行人和行車交通燈轉換的情況。 例：當行人想過馬路時，按下按鈕，行車紅綠燈會從綠燈轉為紅燈，行人紅綠燈會從紅燈轉為綠燈，此時，行人可過馬路。  2. 學生向全班展示自己的製成品，並分享修改程式的方法。	20分鐘

## 第三章 教案範例

當學生掌握使用Arduino的基本技巧和知識之後，老師可讓學生發揮創意，設計自己的作品。這個過程能讓學生積極投入學習，學以致用，從而提升對科學的興趣。另一方面，由於所有的活動都是以問題導向（problem-based），學生必須運用跨學科的知識才能解決問題，因此通過這些活動也可以訓練學生這方面的能力。

本計劃裡的教案，皆是按照創客教育（Maker Education）的理念來設計，所有的教案都強調學生的主動參與和跨學科的解難能力。創客教育（Dougherty, 2013）是近年於全球興起的一種教育理念。創客教育的精神，是提供適當的空間、工具和條件，讓學生在輕鬆的氛圍下進行創作、學習、交流和分享。這些工具的特點是廉價和容易使用，讓一般人都能夠負擔和學習。而作品的類型則大多涉及科技作品及電腦程式，例如電子溫度計、空氣質素傳感器、智能避障車、遙控機械人、電子鐘等等。進行創作時，學生首先要學習相關工具的使用方法，掌握了基本的技術知識之後，便可以按照自己的興趣，製作出各式各樣的作品。

這章會提供八個教案例子予老師參考，包括物理、生物、化學和數學課題，每個科目會有兩個教案例子，題目如下：超聲波、溫度及濕度、心率、空氣污染、酸鹼度、二氧化碳、二進制加法和合24數學遊戲。

我們的教案有別於坊間的Arduino教學，較著重融入課堂，而非以課外的形式教授。我們明白科學或數學老師未必有接觸過Arduino，令教學上可能遇到不同程度的困難，因此，我們在此冊前半部份收錄了程式講解，令不太熟悉程式的老師亦能掌握編寫重點。在教案的部份，除了上述八個課題外，亦輯錄了交通燈和閃燈兩個基礎課題，讓老師和學生可以從基本入手，認識Arduino。

請到計劃網站（[www.stem-maker.hk](http://www.stem-maker.hk)）查閱詳細程式碼和組裝示範。

### 第一節 超聲波

凡超過20kHz（千赫）的聲波或振動頻率的都是超聲波。因為人類和動物接收的聲波頻率不相同，某些動物可以聽到超聲波。人類更將超聲波的高頻特性應用於醫學、工業等領域。

不同聲音的波段都不同，常用於量度波段的單位的單為有赫茲（Hz）、千赫（kHz）、兆赫（MHz）和吉赫（GHz）。人類能聽到的聲音頻率在20Hz至20,000Hz之間，頻率低於20Hz的次聲波和高於20kHz的超聲波都聽不到。雖然超聲波的波長短，其射線能夠反射、折射和聚焦。

狗隻能夠聽到一些超聲波。狗隻的能聽到的最高頻率達50kHz，比人類高出30kHz。而蝙蝠更是用超聲波來「看」路。蝙蝠發出的聲波在山洞內遇到障礙物便會反射，它們利用回聲的方向和回傳的時間得知周遭環境的圖像。由此，人們知道超聲波可以用作探測，便發明了聲納探測器。

超聲波的用途十分廣泛，無論是醫療、工業，還是軍事上，超聲波都能發揮作用。醫療上，超聲波可以用作診斷。由於超聲波掃描，不會釋放有害輻射，比X-射線等高輻射射線安全，因而常用於婦科檢查。產前檢查時用的超聲波掃描都是依賴聲波的反射得出胎兒影像，聲波到達身體組織邊界的時候會有不同的反射強度和反射距離，從而得出胎兒影像。工業上，工業焊接、切削、清洗等工序都可以用超聲波完成。在液體中發射超聲波時，液體中會產生很多細氣泡，氣泡破裂時所產生的音壓形成一股可將污物剝離的衝擊波，從而做到洗淨的功能。除此之外，上述提到的聲納探測很常用於軍事用途，尤其在海底的限制下，例如吸熱能力強、會吸引電磁波這些特點，令紅外線和雷達等裝置不能發揮效用，加上海水的傳聲能力較空氣強，只要用上特殊的分析設備，利用聲納探測器就能分析水中的情況。

# 超聲波距離檢測

程式碼及教學影片載於計劃網站 [www.stem-maker.hk](http://www.stem-maker.hk)的「實用手冊」及「教學媒體」。

## 單元資料

內容描述	<p>這個單元的主題是運用超聲波原理測量距離。超聲波是一種高頻率的聲波，超出了人類的聽覺範圍，但是可以用儀器偵測得到。本單元使用的超聲波傳感器可以同時發出及偵測超聲波。超聲波碰到障礙物之後被反射回來，透過量度從發出超聲波到反射波到達的時間，即可計算出障礙物的距離。在本單元中，學生將自行組裝一個超聲波距離檢測裝置，並以此進行實驗，從而加深理解聲波的物理特性，並實踐科學方法。</p> <p>由於超聲波的物理特性所限，以超聲波測量距離的準確度並不高。但是，超聲波傳感裝置可以作為低成本的撞擊警報器使用。當障礙物與傳感器距離少於某一個閾值時，電腦即可發出警告訊息。在本單元中，學生將會修改控制程式，令原先的距離檢測裝置提升為一個撞擊警報器，這部份將訓練學生運用已有知識解決新問題的能力。</p> 
所涉科學課題	<p>物理：醫學物理學聲波、波的物理特性、以速度及時間計算距離</p> <p>資訊及通訊科技科：電腦編程</p>
難度	<p>★★★★☆</p>
對象	<p>中一至中三學生</p>

預期學習成果	<p>完成此單元後，學生能夠：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 解釋以超聲波測量距離的物理學原理。</li> <li>2. 依據線路圖，組裝一個用超聲波測量距離的檢測裝置。</li> <li>3. 透過實驗，檢驗超聲波距離檢測裝置的準確度及應用條件。</li> <li>4. 修改控制程式，令檢測器變成一個撞擊警報器。</li> </ol>
每組所需器材	<p>本次實驗指定器材：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. 超聲波傳感器一枚 (HC-SR04)</li> </ol>  <ol style="list-style-type: none"> <li>b. 長間尺一把 (30cm或以上)</li> </ol> <p>其它配套：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Arduino UNO R3一塊連USB數據線</li> <li>b. 免焊萬用電路板 (麵包板) 一塊</li> <li>c. LCD顯示屏一枚 (LCD1602) 及連接板一塊 (LCM1602-IIC)</li> <li>d. 安裝有Arduino開發系統的電腦一台</li> <li>e. 9V電池一枚連電池盒</li> <li>f. 彩色杜邦線若干</li> <li>g. 控制程式碼</li> </ol>
學生已有知識	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 關於聲波的基本物理特性（速度及反射）</li> <li>2. 使用Arduino進行組裝的基本知識</li> <li>3. 把控制程式載入到Arduino執行的基本方法</li> </ol>



# 超聲波距離檢測

## 教案示例

所需時間：120分鐘（可分兩至三個課節進行）

學與教活動	時間分配
引起動機：老師播放使用超聲波原理的避障小車影片(Lopes, 2013)，指出超聲波距離測量的應用潛力。	5分鐘
老師講解超聲波的物理特性：  1. 重溫聲波的基本物理特性，包括聲波在空氣中的速度、聲波的反射特性等。 2. 講解以超聲波測量距離的原理。	10分鐘
老師講解線路圖及控制程式：  1. 展示超聲波檢測裝置的線路圖。 2. 講解控制程式的原理。	15分鐘
組裝：  1. 學生按照老師提供的線路圖分組進行組裝。 2. 學生把控制程式載入到Arduino微電腦。 3. 學生對製成品進行初步測試。如成功組裝，液晶體顯示屏上會顯示障礙物的距離。	30分鐘

實驗：  1. 學生運用自己組裝的超聲波距離檢測裝置，對室內物件進行量度，記錄檢測到的距離讀數，另外用間尺進行驗證。  2. 學生從不同的角度向物件發出超聲波，重複以上的量度，並討論發射角度對於量度的準確度有甚麼影響。  3. 學生討論除了角度之外，還有甚麼可能的因素會影響超聲波距離檢測的準確度（溫度、物體的反射特性等都會有所影響）。  4. 每組學生向全班報告實驗及討論結果。過程中，老師可引導學生運用物理學原理解釋結果。	30分鐘
撞擊警報器：  1. 學生修改控制程式，使得每當障礙物的距離少於某一閾值時，在液晶體顯示屏上顯示一行撞擊警報。老師可讓學生自行研究修改的方法，適當時給予提示。  2. 學生向全班展示自己的製成品，並分享修改程式的方法。	30分鐘

## 第二節 溫度和濕度

日常生活中，人們一般會關心溫度問題多於濕度問題，但其實兩者對我們身體健康均有著莫大關係。低溫環境會降低人的免疫力，增加感冒風險，而流感病毒在乾燥的空中傳播更快。溫度和濕度均會直接影響我們的日常生活。

先介紹溫度的特點，我們常說的溫度泛指氣溫的溫度。量度溫度的常用單位有攝氏（°C），華氏（°F）和卡氏（K）。水的沸點為100°C，冰點則為0°C，等於273.15K。在攝氏的度數後加上273.15就是卡氏的度數，即26.85°C等於300K，而-273.15°C等於0K。物體在卡氏零度（0K）的時候代表物體完全沒有熱量，因此卡氏是沒有負數的，0K也就是絕對零度。

現時，除了貝里斯、緬甸、賴比瑞亞和美國外，大多數國家都採用攝氏系統來表達溫度。因為0°C和100°C剛好表達冰點和沸點的溫度。還在用華氏的國家普遍認為華氏比攝氏更仔細。因為華氏的一度比攝氏的一度小，華氏有較大的區間可以更精確地描述溫度，而且使用華氏在表達常用溫度時可以避免出現負數。冰點和沸點以攝氏來顯示分別是0°C和100°C，但這並不代表攝氏的範圍，例如由二氧化碳凝固而成的乾冰的溫度相當於-78.5°C，液態氮的溫度甚至可低至-196°C，而燒滾的油油溫可達200°C或以上。

除了量度溫度，上述提及濕度也是環境的重要因素之一。溫度和濕度兩者加起來除了影響環境，亦是我們身體健康的重要指標。濕度是指空氣中的水氣含量。空氣中的水氣多或少跟空氣中的溫度有關，溫度越高，所包含的水氣就越多，反之亦然。香港的春天是一年之中濕度最高的日子，溫暖的南風吹來，帶來潮濕的空氣，當風遇到較冷的障礙物，例如牆壁、地板，當空氣中的水氣太多，超過了負荷就會形成小水滴。當濕度過高表示空氣中的水氣含量高，令我們身體排放的汗水難以蒸發，熱量亦無法散發，因而感到悶熱焮促。在秋冬的時候，冷風帶來乾和冷的空氣，令空氣中的濕度降低，所以在秋冬時我們的皮膚都會較乾燥。尤其在冬天在室內開暖風機時，室內空氣被加熱令相對濕度下降，人們身體會出現流鼻血，嘴唇乾裂等警號。

控制室內溫度和濕度水平有助保持身體健康。香港政府的藍天行動在學校及其他機構推廣空調室溫調校至攝氏25.5度（環境保護署，2006），每年的節能約章亦鼓勵市民將空調室溫調校至攝氏25.5度（機電工程署，2018），而世界衛生組織建議的最佳室內相對濕度為30% - 50%水平。保持適宜的溫度和濕度，建立舒適的環境不僅能讓人愉悅，更能預防疾病、增強體魄。

# 量度溫度及濕度

程式碼及教學影片載於計劃網站 [www.stem-maker.hk](http://www.stem-maker.hk)的「實用手冊」及「教學媒體」。

## 單元資料

內容描述	<p>溫度與濕度是判定環境舒適程度的重要參數。根據ISO7730標準，人體感到最舒適的溫度介乎於23.0-24.0℃，濕度則介乎於40-70%。如果大大超出了這個範圍，不但令人感到不適，亦可能會影響健康。坊間一般售買的溫濕度計，雖然能夠量度溫度與濕度，但未能就著讀數的範圍提供健康建議。例如，若溫濕計能夠在讀數遠遠超出舒適範圍時發出警告，將會比起單純量度讀數有用得多。</p> <p>在本單元中，學生將會使用Arduino配合DHT11溫濕度傳感器，組裝一個簡單的溫濕度檢測裝置。DHT11中量度濕度的部份設有一塊可以從空氣中吸取水份的元件，由於沾濕了的元件電阻會改變，因此透過量度通過元件的電壓差或電流強度，即可估算出空氣的相對濕度。至於DHT11量度溫度的原理亦相近。感溫元件由半導體組成，其電阻隨著溫度而變化，因此亦能透過量度電壓差或電流強度估算出來。</p> <p>這單元的組裝方法並不複雜，同學若是學過之前的幾個單元，這部份應該不會有特別困難。而為了做到在讀數不理想時發出警告，檢測器會連上若干LED顯示燈，並按環境中的溫度及濕度範圍，亮著不同顏色的顯示燈。例如，當溫度及濕度在理想範圍時亮綠燈，當稍為偏離理想範圍時亮黃燈，而當超出理想範圍較遠時則亮紅燈。這部份涉及編寫程式碼，同學將學會如何使用電腦程式，按照溫濕度傳感器傳回來的數據進行條件判斷，並控制LED顯示燈作出不同的反應。</p> <p>若時間許可，可讓同學改變檢測裝置發出警告的方式。例如，本檢測器附有一個LCD顯示屏，用來顯示溫度和濕度讀數。同學可以修改程式碼，改以文字方式在LCD顯示屏上發出警告。亦可另外加上一個蜂鳴器，當讀數不理想時發出聲音警示。</p> 
------	---

所涉科學課題	初中綜合科學：生物與空氣 - 溫度與濕度、環境科學 資訊及通訊科技科：電腦編程、程式條件控制
難度	★★★★★
對象	中二至中三學生
預期學習成果	<p>完成此單元後，學生能夠：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 解釋電子溫濕計的物理學原理。</li> <li>2. 依據線路圖，組裝一個用溫濕度傳感器測量溫度及濕度的裝置。</li> <li>3. 量度不同環境下的溫濕度讀數，並按讀數範圍以LED或其它方式發出警示。</li> </ol>
每組所需器材	<p>本次實驗指定器材：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. 溫濕度傳感器一枚 (DHT11)</li> <li>b. 紅綠黃LED顯示燈各一</li> </ol> <p>其它配套：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Arduino UNO R3一塊連USB數據線</li> <li>b. 免焊萬用電路板 (麵包板) 一塊</li> <li>c. LCD顯示屏一枚 (LCD1602) 及連接板一塊 (LCM1602-IIC)</li> <li>d. 安裝有Arduino開發系統的電腦一台</li> <li>e. 9V電池一枚連電池盒</li> <li>f. 彩色杜邦線若干</li> <li>g. 控制程式碼</li> <li>h. 蜂鳴器一個 (非必要)</li> </ol>
學生已有知識	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 使用Arduino進行組裝的基本知識</li> <li>2. 把控制程式載入到Arduino執行的基本方法</li> </ol>

# 量度溫度及濕度

## 教案示例

所需時間：120分鐘（可分兩至三個課節進行）

學與教活動	時間分配
引起動機：老師解釋溫度與濕度對於環境舒適及健康的重要性。	5分鐘
老師講解以電子方式量度溫度與濕度的原理。	10分鐘
老師講解線路圖及控制程式：  1. 展示溫濕度檢測裝置的線路圖。 2. 講解控制程式的原理。	15分鐘
組裝：  1. 學生按照老師提供的線路圖分組進行組裝。 2. 學生把控制程式載入到Arduino微電腦。 3. 學生對製成品進行初步測試。如成功組裝，液晶體顯示屏上會顯示當前的溫度與濕度。	30分鐘

### 實驗及改良：

60分鐘

1. 學生運用自己組裝的溫濕度檢測器，在不同的環境進行量度（例如在有空調的房間、室外有遮陰處、太陽直接照射下分別進行量度），並與其他同學的讀數比較。
2. 驗證檢測器是否能在溫濕度超出範圍時發出警告，並與同學感到的舒適度作出對照。老師可以請同學判定所採用的警告條件是否合理，進行修改。例如，香港的夏季炎熱而潮濕，上述的ISO7730標準並無考慮濕度與溫度的互動關係：當濕度較高時，同樣的高溫會比乾燥時令人更加難受。老師可以引導同學從自身經驗出發，修改程式的控制條件。
3. 學生亦可修改控制程式，改變檢測器發出警告的方式，例如加入更多顯示燈以作出不同程度的警告，加入蜂鳴器以發出聲音警示，或以文字方式在LCD顯示屏發出警示等。
4. 學生向全班展示自己的作品，並分享自己的設計理念。



### 第三節 心跳

心跳是動物的基本生命徵狀，心跳的快慢能直接反映其生理狀態。一個正常成年人的心率大約在每分鐘60至100次的範圍內。從胎兒時期，母親懷孕六周左右，胎兒的心臟組織就開始跳動，胎兒的心率在每分鐘120至160次之間。出生時，嬰兒的心率是最快的，可達每分鐘140次，然後心率會隨著年齡增長而減慢，直到13歲，兒童的心率會逐漸接近成年人的水平。

心臟是人體非常重要的器官，它推動血液在身體各部份流動，為身體提供氧氣和養份。心跳過快或過慢都有可能危及性命。上面提及到正常成年人的心率應在每分鐘60至100次的範圍內，飲用刺激性飲品如咖啡、奶茶等都有機會心跳加速，但心率長期過快就需要留意，有可能是患有心臟相關的疾病，例如高血壓和自律神經系統失調。有運動習慣的人則會因為各器官功能的提升而有較慢的心率，運動員每分鐘心跳可以只有40至50次，但在一般人身上，就有可能是身體反映出健康問題。由於心跳減慢時，心臟未能輸出足夠的血液至各個器官，便有機會出現頭暈等症狀。心跳減慢很可能是心臟機能退化的徵狀，後果不容忽視。

現時市面上有很多備有量度心跳功能的智能手錶，雖然這些智能手錶並不能像心電圖般測量微細的心臟節律變化，但測量心跳率的準確率一般都有八至九成，配帶能量度心跳的手錶能夠提升自己對身體狀況的掌握。運動時的心率會根據運動強度而波動，運動的強度分為低、中、高三級。最高心跳率是220減去年齡，低強度訓練時的心跳率應該為最高心跳率的60-70%，中強度為70-80%，高強度則為80-90%。做運動時配帶這些智能手錶方便運動員觀察身體狀況，從而令訓練更有效率。

心跳穩定與否跟生活習慣息息相關。由於身體機能衰退，心跳過慢的情況在長者身上比較常見。心跳過慢，會令患者容易感到疲倦、虛弱，嚴重的話甚至會暈倒，一旦暈倒，就很容易釀成意外。要預防心跳過慢，重點是保持良好的生活習慣，健康飲食，少吃高脂肪、高糖份的食物，加上定期運動都有助維持血管和心臟健康。

# 量度脈搏

程式碼及教學影片載於計劃網站 [www.stem-maker.hk](http://www.stem-maker.hk) 的「實用手冊」及「教學媒體」。

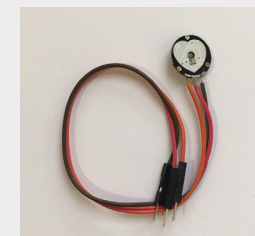
## 單元資料

內容描述	<p>心臟的每一次跳動，都為我們的身體傳送著身體所需的營養和代謝的廢物。心臟每分鐘跳動的次數稱之為心率。正常人平靜時每分鐘60-90次，運動時候心率會加速。心率變化與心臟疾病密切相關。如果心率超過160次/分鐘，或低於40次/分鐘，大多見於心臟病患者，如常伴有心悸、胸悶等不適感，應及早進行詳細檢查，以便針對病因進行治療。</p> <p>通過本單元的學習，學生可以用簡單快捷的方法測量出被測個體的心率。通過改變被測個體的身體處境（例如：運動時，寒冷時，炎熱時，精神緊張時），來研究外來刺激對於心率的影響。</p>
所涉科學課題	<p>生物科：人體生理學 - 調節與控制</p> <p>資訊及通訊科技科：電腦編程</p>
難度	★★★☆☆
對象	中四以上學生
預期學習成果	<p>完成此單元後，學生能夠：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 瞭解關注心跳率的重要性。</li> <li>2. 依據線路圖，組裝一個測量心跳的裝置。</li> <li>3. 透過實驗，測量不同環境下同一個體心跳的變化。</li> <li>4. 通過自學，再與教師討論留意心跳改變的重要性。</li> </ol>

## 每組所需器材

## 本次實驗指定器材：

- a. 心率傳感器一枚



## 其它配套：

- Arduino UNO R3 電路板一塊連USB數據線
- 免焊萬用電路板 (麵包板) 一塊
- LCD顯示屏一枚 (LCD1602) 及連接板一塊 (LCM1602-IIC)
- 安裝有Arduino開發系統的電腦一台
- 9V電池一枚連電池盒
- 彩色杜邦線若干
- 控制程式碼

## 學生已有知識

1. 使用Arduino進行組裝的基本知識
2. 把控制程式載入到Arduino執行的基本方法

# 量度脈搏

## 教案示例

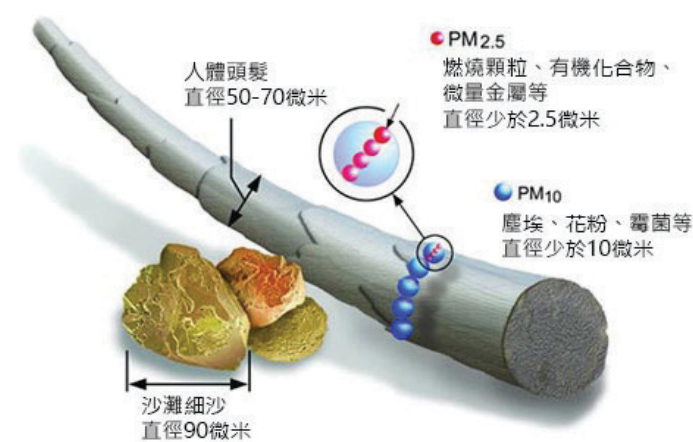
所需時間：120分鐘（可分兩至三個課節進行）

學與教活動	時間分配
引起動機： 心臟病在近年有持續年輕化趨勢，一項調查發現20至30歲的年輕人，當中有35%的人已出現最少一項高危因素，例如高血壓、高血脂等等，成因相信是缺少運動及不良飲食習慣。有心臟科醫生指，近年有年僅20歲便因心臟病發需送院急救的個案，提醒年輕人不要忽視心臟健康，30歲以上的市民更要定期體檢。	5分鐘
老師講解心血管的基本構造：  1. 心臟與血管相連，心臟像一個泵，推動血液在血管中流動。 2. 心率的基本定義，何為正常心率，有關心率的常見疾病。	10分鐘
老師講解線路圖及控制程式：  1. 展示測試心率裝置的線路圖。 2. 講解控制程式的原理。	15分鐘

組裝：  1. 學生按照老師提供的線路圖分組進行組裝。 2. 學生把控制程式載入到Arduino電子板。 3. 學生對製成品進行初步測試。如成功組裝，液晶體顯示屏上會顯示被測個體的心率。	30分鐘
實驗：  1. 測量並記錄在不同溫度下的被測個體的心率。 2. 測量個體平靜時的心率，以及激烈運動後，半個小時內心率的變化。 3. 每組學生向全班報告實驗及討論結果。過程中，老師可引導學生運用生物學原理解釋結果。	60分鐘

## 第四節 空氣污染物

空氣中有很多不同類型的污染物，當中的懸浮粒子（particulate matter，簡稱PM）依直徑分別，直徑小於或等於2.5微米的顆粒稱為PM2.5，例如室內的二手煙，直徑小於10微米的顆粒則稱為PM10。這些顆粒可以在空氣中停留很長時間，而且是可吸入的懸浮粒子。懸浮粒子可透過呼吸進入體內，尤其是PM2.5，因為它的粒子很細小，很容易會帶同重金屬等的有毒物質一同積聚在氣管或深入肺部，引致呼吸及心血管系統疾病，影響身體健康。



圖一：懸浮粒子的大小（來源：美國國家環境保護局）

顆粒物可由自然或人為產生，更可分為原生性和衍生性。以PM2.5為例，原生性的PM2.5是指排放到大氣時已經是2.5微米的顆粒，例如因風力作用而揚起的灰塵微粒和海水飛沫，或是汽車、工廠排放的微粒等；衍生性的PM2.5是指人為或自然活動排放到大氣的化學物質，經化學反應生成PM2.5，例如煉鋼廠、石化工廠等排出的污染物都是衍生性的PM2.5。

世界衛生組織針對空氣污染對身體的影響提供指引，並指當人們長期曝露在PM2.5維持於 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  水平或以上的環境中，死亡風險將會增加15%。美國醫學會雜誌的研究指出當空氣中PM2.5的濃度長期高於 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，死亡風險就會上升，濃度每增加 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，總死亡風險會上升4%，心肺疾病帶來的死亡風險上升6%，肺癌帶來的死亡風險上升8%。可見吸入污染物對身體的負面影響，大眾可以透過改善生活習慣來減少排放。

香港的大氣粒子主要來自燃燒過程，尤其是柴油車輛和發電廠排放的廢氣。除了依賴政府管制，我們日常都可以透過不同渠道減少排放空氣污染物。飲食方面，我們可以減少進食油炸食物，減少煮食時產生的氣體排放。交通方面，香港的交通擠塞問題嚴重，車速減慢時會令廢氣排放量上升，加上車輛數目不斷增加，造成了龐大的空氣污染源頭。我們應多乘搭公共交通工具，減少以私家車出行，盡力減少排放空氣污染物。空氣污染物特別是可吸入懸浮粒子對我們身體有害，大眾應該合力減排，潔淨空氣。



# 測量PM2.5含量

程式碼及教學影片載於計劃網站 [www.stem-maker.hk](http://www.stem-maker.hk)的「實用手冊」及「教學媒體」。

## 單元資料

內容描述	<p>空氣中有很多不同類型的污染物，當中的懸浮粒子（particulate matter，簡稱PM）有很多種，它們的直徑大小有別，小於或等於2.5微米的顆粒稱為PM2.5，例如室內的二手煙，亦有稱為PM10的顆粒，PM10是指粒徑在10微米以下的顆粒物，因此會包括PM2.5。這些顆粒可以在空氣中停留很長時間，而且是可吸入的懸浮粒子。懸浮粒子可透過呼吸進入體內，尤其是PM2.5，因為它的粒子很細小，很容易會帶同重金屬等的有毒物質一同積聚在氣管或深入肺部，引致呼吸及心血管系統疾病，影響身體健康。</p> <p>通過本單元的學習，學生可以用簡單快捷的方法測量出空氣中的污染物含量。通過量度不同環境的污染物（例如：操場、課室、禮堂），來研究不同環境因素對污染物含量的影響。</p>
所涉科學課題	<p>初中綜合科學：生物與空氣</p> <p>高中綜合科學：能量、天氣與空氣質素</p> <p>資訊及通訊科技科：電腦編程</p>
難度	<div> <div>★</div> <div>★</div> <div>★</div> <div>★</div> <div>★</div> </div>
對象	<p>中二至中四學生</p>
預期學習成果	<p>完成此單元後，學生能夠：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 瞭解空氣污染物對人體的影響。</li> <li>2. 依據線路圖，組裝一個量度空氣污染物的裝置。</li> <li>3. 透過實驗，量度不同環境因素下空氣污染物含量的變化。</li> <li>4. 通過自學，再與教師討論如何改善空氣中污染物的含量。</li> </ol>

## 每組所需器材

## 本次實驗指定器材：

- a. 空氣質素監測器(PMS5003ST)



## 其它配套：

- a. Arduino UNO R3電路板一塊連USB數據線
- b. 免焊萬用電路板 (麵包板) 一塊
- c. LCD顯示屏一枚 (LCD1602) 及連接板一塊 (LCM1602-IIC)
- d. 安裝有Arduino開發系統的電腦一台
- e. 9V電池一枚連電池盒
- f. 彩色杜邦線若干
- g. 控制程式碼

## 學生已有知識

1. 使用Arduino進行組裝的基本知識
2. 把控制程式載入到Arduino執行的基本方法

# 測量PM2.5含量

## 教案示例

所需時間：120分鐘（可分兩至三個課節進行）

學與教活動	時間分配
<p>引起動機：世界衛生組織針對空氣污染對身體的影響提供指引，並指當人們長期曝露在PM2.5 維持於35 µg/m³ 水平或以上的環境中，死亡風險會增加15%。美國醫學會雜誌的研究指出當空氣中PM2.5的濃度長期高於10 µg/m³，死亡風險就會上升。濃度每增加10 µg/m³，總死亡風險會上升4%，心肺疾病帶來的死亡風險上升6%，肺癌帶來的死亡風險上升8%。可見吸入PM2.5對身體的負面影響，大眾可以透過改善生活習慣來減少排放。</p>	5分鐘
<p>老師講解PM2.5的產生過程：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>原生性的PM2.5是指排放到大氣時已經是2.5微米的顆粒，例如因風力作用而揚起的灰塵微粒和海水飛沫，或是汽車、工廠排放的微粒等。</li> <li>衍生性的PM2.5是指人為或自然活動排放到大氣的化學物質，經化學反應生成PM2.5，例如煉鋼廠、石化工廠等排出的污染物。</li> </ol>	10分鐘
<p>老師講解線路圖及控制程式：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>展示量度空氣污染物裝置的線路圖。</li> <li>講解控制程式的原理。</li> </ol>	15分鐘

<p>組裝：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>學生按照老師提供的線路圖分組進行組裝。</li> <li>學生把控制程式載入到Arduino電子板。</li> <li>學生對製成品進行初步測試。如成功組裝，液晶體顯示屏上會顯示空氣污染物濃度。</li> </ol>	30分鐘
<p>實驗：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>測量並記錄在不同環境（例如：操場、課室、禮堂）下的空氣污染物含量。</li> <li>連續五天於在指定地點量度空氣污染物含量。</li> <li>紀錄測量當天的空氣污染指數。</li> <li>利用空氣污染指數和測量結果比較，並找出關聯性。</li> <li>每組學生向全班報告實驗及討論結果。過程中，老師可引導學生運用生態學原理解釋結果。</li> </ol>	60分鐘

## 第五節 紫外線

紫外線 (UV) 根據波長分為紫外線A (UVA)、紫外線B (UVB)及紫外線C (UVC)。太陽所釋放的紫外線A可以穿透雲層及玻璃進入室內，更可穿透至皮膚的真皮層令我們曬黑。經過長時間接觸紫外線A，會令皮膚曬傷、發紅，長久之後皮膚更會失去彈性，和造成黑色素沉澱。大部份的紫外線B會被平流層的臭氧吸收，但小部份來到地面的紫外線B仍會令皮膚曬傷及發紅，長時間曝曬會引致脫皮甚至起水泡。紫外線C會被大氣層所吸收，並不會到達地面。

水的表面、沙灘的沙粒和建築物的玻璃幕牆都會反射紫外線，令地面的紫外線增強。紫外線除了會把我們的皮膚曬傷，過量的紫外線還會增加患上皮膚癌和白內障的風險。所以，到戶外活動前應該做好防曬措施，例如塗防曬液、使用能阻擋紫外線的傘子和太陽眼鏡等，避免受到紫外線的傷害。雖然過量的紫外線會導致各重傷害，但這並不代接要避免陽光的照射。適量的陽光能幫助身體製造維生素D，有助身體更有效吸收及使用鈣質和磷質，能強健骨骼，減少骨折的機會。

紫外線在日常的用途十分廣泛，日常生活以至醫療都會用到。紫外線可以替食水和器具殺菌、辨別偽鈔、防治蟲害，其中，紫外線B還可以可抑制人體免疫系統，減低發炎反應，從而治療牛皮癬等皮膚疾病。

# 測量紫外線-B含量

程式碼及教學影片載於計劃網站 [www.stem-maker.hk](http://www.stem-maker.hk)的「實用手冊」及「教學媒體」。

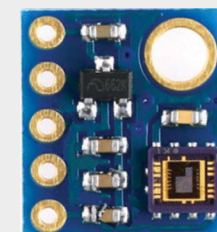
## 單元資料

內容描述	<p>本教案會用上ML8511紫外線傳感器，此傳感器能檢測280-390nm的光。這被歸類為紫外線B（燃燒射線）光譜和大部分紫外線A（曬黑射線）光譜的一部分。經過長時間接觸紫外線A，會令皮膚曬傷、發紅，長久之後皮膚更會失去彈性，和造成黑色素沉澱。大部份的紫外線B會被平流層的臭氧吸收，但小部份來到地面的紫外線B仍會令皮膚曬傷及發紅，長時間曝曬會引致脫皮甚至起水泡。測量紫外線含量可以提醒我們做好防曬措施，避免受到紫外線的傷害。</p> <p>通過本單元的學習，學生可以用簡單快捷的方法測量出紫外線-B含量。</p>
所涉科學課題	<p>綜合科學：輻射與我</p> <p>資訊及通訊科技科：電腦編程</p>
難度	★ ★ ★ ★ ★
對象	中一至中三學生
預期學習成果	<p>完成此單元後，學生能夠：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 解釋紫外線的影響及功能。</li> <li>2. 依據線路圖，組裝一個測量紫外線-B含量的裝置。</li> <li>3. 量度不同環境的紫外線讀數。。</li> </ol>

## 每組所需器材

## 本次實驗指定器材：

- a. GY-8511紫外線傳感器模塊



## 其它配套：

- Arduino UNO R3一塊連USB數據線
- 免焊萬用電路板 (麵包板) 一塊
- 安裝有Arduino開發系統的電腦一台
- 彩色杜邦線若干
- 控制程式碼

## 學生已有知識

1. 使用Arduino進行組裝的基本知識
2. 把控制程式載入到Arduino執行的基本方法



# 測量紫外線-B含量

## 教案示例

所需時間：80分鐘

學與教活動	時間分配
引起動機：老師解釋紫外線類型及其影響和功能。	10分鐘
老師講解線路圖及控制程式： <ol style="list-style-type: none"> <li>展示測量紫外線-B含量裝置的線路圖。</li> <li>講解控制程式的原理。</li> </ol>	10分鐘
組裝： <ol style="list-style-type: none"> <li>學生按照老師提供的線路圖分組進行組裝。</li> <li>學生把控制程式載入到Arduino微電腦。</li> <li>學生對製成品進行初步測試。如成功組裝，電腦顯示屏上會顯示當前的紫外線含量。</li> </ol>	20分鐘
實驗及改良： <ol style="list-style-type: none"> <li>學生運用自己組裝的紫外線B檢測器，在不同環境體進行檢測（例如室內及室外），再比較讀數。</li> <li>驗證檢測器是否能量度不同含量，並與其他同學的結果作出對照。老師可以請同學考慮其他顯示方式或用途。例如，裝置在紫外線超出某一水平時亮燈提示；亦可以用作評估防紫外線產品的成效。</li> <li>學生向全班展示自己的作品，並分享自己的設計理念。</li> </ol>	40分鐘

## 第六節 酸鹼度

酸鹼度又稱pH值，是量度溶液酸鹼程度的標準。pH值等於7的溶液是中性，例如純水和氯化鈉溶液。酸鹼度的度數為0至14，pH值越小，溶液的酸性越強；相反，pH值越大，溶液的鹼性越強。現時在強酸和強鹼的工業條件下，pH值可以是負數或大於14，當液體中的氫離子 (H<sup>+</sup>) 濃度大於1mol/L時，pH值為負數，例如鹽酸的pH值為-1，氫氧化鈉的pH值為15。當H<sup>+</sup> 的濃度大於1mol/L時，pH值就會是負數，而且負數絕對值越大，酸度越強，pH值所顯示1-14範圍只適用於H<sup>+</sup>的濃度小的時候，由於pH值只用於表示稀溶液，所以負值並不常用，濃酸濃鹼的酸鹼度會用nmol/L表示。

計算pH的公式如下：

$$-pH = -\log[H^+] = \log \frac{1}{H^+}$$

例：

當鹽酸濃度為12M=12N：

pH = −log[H<sup>+</sup>]

pH = −log12M

pH = −1.079

量度pH值的工具主要有三種，分別是酸鹼指示劑、試紙，和pH計。酸鹼指示劑能在酸鹼度不同的溶液中呈現不同的顏色；pH試紙遇到酸鹼性不同的溶液時，會有顏色轉變顯示它的酸鹼度，跟標準比色卡對照就能知道溶液的酸鹼度為多少；而pH計是一部電子儀器，利用特殊的測量探頭連接到電壓錶，測量並顯示pH值。

人體可以維持血液中酸鹼度穩定，而身體不同部位的酸鹼度會有很大差別，單靠食物亦不能改變血液中的酸鹼度。那麼pH值對我們身體有何影響？胃部的酸鹼度是人體內酸度最高的，pH為1.35至3.5，而皮膚的酸鹼度則是4至6.5。胃裡的酸度能幫助我們消化，而皮膚的酸性則能夠作為保護屏障，防止微生物過度生長。人體裡的pH值不會因為吸收的食物的酸鹼度而改變，腎臟和呼吸系統是調節體內酸鹼度的重要系統。腎臟會將體內多餘的酸性物質排出，因此尿液有機會偏酸性。由於二氧化碳溶於血液會變酸，呼吸系統會排放體內過多的二氧化碳來調節血液的酸鹼度。但當身體出現毛病，調節機能失效，就會導致體內酸性過多而引發多種疾病，例如骨質疏鬆、關節炎、腎結石等。

# 酸鹼度測試

程式碼及教學影片載於計劃網站 [www.stem-maker.hk](http://www.stem-maker.hk)的「實用手冊」及「教學媒體」。

## 單元資料

內容描述	<p>酸鹼度又稱pH值，是量度溶液酸鹼程度的標準。pH值等於7的溶液是中性，例如純水和氯化鈉溶液。酸鹼度的度數為1至14，pH值越小，溶液的酸性越強；相反，pH值越大，溶液的鹼性越強。現時在強酸和強鹼的工業條件下，pH值可以是負數或大於14，例如鹽酸的pH值為-1，氫氧化鈉的pH值為15。</p> <p>在本單元中，學生將會使用Arduino配合酸鹼度傳感器，組裝一個簡單的酸鹼度量度裝置。為了做到顯示酸鹼度讀數，檢測器會連上電腦，按測量的液體酸鹼度，於程式內顯示不同的讀數。例如，當量度脫脂牛奶和全脂牛奶時會顯示不同讀數。這部份涉及編寫程式碼，同學將學會如何使用電腦程式，按照傳感器傳回來的數據進行分析。</p> <p>若時間許可，可讓同學改變檢測裝置的顯示方式。例如，可以利用不同顏色的LED顯示燈，顯示被檢測液體的酸性或鹼性。同學可以修改程式碼，改以LED顯示燈顯示酸鹼度。</p>
所涉科學課題	<p>綜合科學：常見的酸和鹼</p> <p>資訊及通訊科技科：電腦編程</p>
難度	★★★★☆
對象	中二至中三學生
預期學習成果	<p>完成此單元後，學生能夠：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>解釋酸鹼度的化學原理。</li> <li>依據線路圖，組裝一個用酸鹼度傳感器測量酸鹼度的裝置。</li> <li>量度不同液體的酸鹼度讀數，並利用讀數和其他量度方式如pH試紙比較。</li> </ol>

每組所需器材	<p>本次實驗指定器材：</p> <p>a. 酸鹼度採集模塊</p>  <p>b. 酸鹼度電極</p>  <p>其它配套：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Arduino UNO R3一塊連USB數據線</li> <li>免焊萬用電路板 (麵包板) 一塊</li> <li>安裝有Arduino開發系統的電腦一台</li> <li>彩色杜邦線若干</li> <li>控制程式碼</li> </ol>
學生已有知識	<ol style="list-style-type: none"> <li>使用Arduino進行組裝的基本知識</li> <li>把控制程式載入到Arduino執行的基本方法</li> </ol>

# 酸鹼度測試

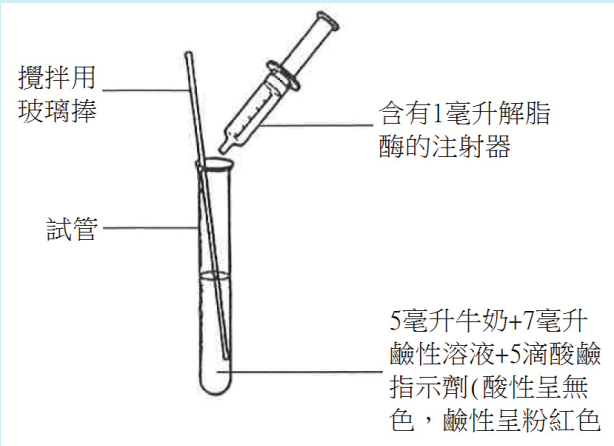
## 教案示例

所需時間：125分鐘（可分兩至三個課節進行）

學與教活動	時間分配
引起動機：老師解釋酸鹼度高低及其改變對環境及日常生活的影響。	5分鐘
老師講解以電子方式量度酸鹼度的原理。	10分鐘
老師講解線路圖及控制程式：  1. 展示酸鹼度量度裝置的線路圖 2. 講解控制程式的原理	10分鐘
準備：  1. 以pH緩衝劑製作緩衝液。 2. 放探筆入緩衝液內，讀取數據並作出調整。另倒出酸性和鹼性緩衝劑，再重覆步驟校準。	10分鐘



pH緩衝劑

組裝：  1. 學生按照老師提供的線路圖分組進行組裝。 2. 學生把控制程式載入到Arduino微電腦。 3. 學生對製成品進行初步測試。如成功組裝，液晶體顯示屏上會顯示當前的酸鹼度。	30分鐘
實驗及改良：  1. 學生運用自己組裝的酸鹼度檢測器，對不同酸鹼度的液體進行檢測（例如全脂牛奶、脫脂牛奶），並與其他同學的讀數比較。    2. 驗證檢測器是否能量度不同酸鹼度，並與pH試紙等其他量度方法得出的結果作出對照。老師可以請同學考慮其他顯示方式。例如，連接不同顏色的LED顯示燈顯示不同酸鹼度，酸性是紅色、中性是黃色、鹼性是藍色等。  3. 學生向全班展示自己的作品，並分享自己的設計理念。	60分鐘

## 第七節 二氧化碳

二氧化碳（CO<sub>2</sub>）是空氣中其中一種常見的化合物，空氣中的二氧化碳濃度和人體健康有著密切的關係。當人們在二氧化碳濃度超過1000ppm的環境下逗留會容易感到疲倦，在濃度達至5000ppm的環境連續逗留八小時或以上更可能會導致嚴重缺氧，造成永久性腦損傷、昏迷，甚至死亡。

植物能降低大氣中的二氧化碳含量，栽種植物有助建立舒適的環境。因植物會透過光合作用吸取二氧化碳，並產生氧氣。植物於春夏季時會比秋冬進行更多光合作用，所以春夏季所消耗的二氧化碳會較多，空氣中的二氧化碳含量亦會較低，反之亦然。植物吸收的二氧化碳主要來自大自然中的碳循環，碳循環中產生的二氧化碳份量穩定，容易被植物吸收進行光合作用，再釋放出氧氣。但人類從事經濟活動所產生的二氧化碳份量龐大，植物未能夠完全吸收，工廠活動中燃燒化石燃料的過程會排放大量二氧化碳，二氧化碳會吸收紅外線和紫外線，再把太陽散發出來的熱能鎖起，當大氣中的二氧化碳含量持續增加，熱能更難流失，令氣溫上升，氣溫上升導致全球氣候變暖的現象稱為溫室效應。

人類的活動產生大量二氧化碳，減少二氧化碳等溫室氣體排放是全球關注的重要議題。「京都議定書」是《聯合國氣候變化框架公約》的補充條款，目的是控制各國的溫室氣體排放量，以保持生態系統穩定。減排不只是政府的責任，我們亦可從日常生活中著手，減少二氧化碳的排放。生產電的過程中會消耗化石燃料並釋放二氧化碳，每生產一度電就會釋放出0.67公斤二氧化碳。依賴植物進行光合作用減碳的效果始終有限，減少用電、節約能源才能最有效地減少空氣中的二氧化碳含量。

## 測量二氧化碳含量

程式碼及教學影片載於計劃網站 [www.stem-maker.hk](http://www.stem-maker.hk)的「實用手冊」及「教學媒體」。

### 單元資料

內容描述	<p>二氧化碳是空氣中其中一種常見的化合物，空氣中的二氧化碳濃度和人體健康有著密切的關係。當人們在二氧化碳濃度超過1000ppm的環境下會容易感到疲倦，在濃度達至5000ppm的環境連續逗留八小時或以上更可能會導致嚴重缺氧，造成永久性腦損傷、昏迷，甚至死亡。</p> <p>在本單元中，學生將會使用Arduino配合二氧化碳傳感器，組裝一個簡單的裝置檢測二氧化碳濃度。為了做到顯示二氧化碳濃度讀數，檢測器會連上電腦，按測量的環境中的二氧化碳濃度，於電腦程式中顯示讀數。這部份涉及編寫程式碼，同學將學會如何使用電腦程式，按照傳感器傳回來的數據進行分析。</p> <p>若時間許可，可讓同學改變檢測裝置的顯示方式。例如，可以利用不同顏色的LED顯示燈，顯示被檢測環境的二氧化碳濃度對人體的影響程度。同學可以修改程式碼，改以LED顯示燈顯示二氧化碳濃度。</p>
所涉科學課題	綜合科學：生物與空氣 資訊及通訊科技科：電腦編程
難度	★ ★ ★ ★ ★
對象	中二至中三學生



# 測量二氧化碳含量

## 單元資料

預期學習成果	<p>完成此單元後，學生能夠：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 解釋不同濃度的二氧化碳對人體的影響。</li> <li>2. 依據線路圖，組裝一個用二氧化碳傳感器測量二氧化碳濃度的裝置。</li> <li>3. 量度不同環境的二氧化碳讀數。</li> </ol>
每組所需器材	<p>本次實驗指定器材：</p> <p>a. 二氧化碳採集模塊(CCS811)</p>  <p>其它配套：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Arduino UNO R3一塊連USB數據線</li> <li>b. 免焊萬用電路板 (麵包板) 一塊</li> <li>c. 安裝有Arduino開發系統的電腦一台</li> <li>d. 彩色杜邦線若干</li> <li>e. 控制程式碼</li> </ol>
學生已有知識	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 使用Arduino進行組裝的基本知識</li> <li>2. 把控制程式載入到Arduino執行的基本方法</li> </ol>

## 教案示例

所需時間：120分鐘（可分兩至三個課節進行）

學與教活動	時間分配
引起動機：老師解釋二氧化碳濃度高低和改變對環境及人體的影響。	5分鐘
老師講解以電子方式量度二氧化碳濃度的原理。	10分鐘
<p>老師講解線路圖及控制程式：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 展示檢測二氧化碳濃度裝置的線路圖。</li> <li>2. 講解控制程式的原理。</li> </ol>	15分鐘
<p>組裝：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 學生按照老師提供的線路圖分組進行組裝。</li> <li>2. 學生把控制程式載入到Arduino微電腦。</li> <li>3. 學生對製成品進行初步測試。如成功組裝，電腦程式內會顯示當前的二氧化碳濃度。</li> </ol>	30分鐘
<p>實驗及改良：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 學生運用自己組裝的二氧化碳濃度檢測器，對不同環境的二氧化碳濃度進行檢測，並與其他同學的讀數比較。</li> <li>2. 驗證檢測器是否能量度不同二氧化碳濃度。</li> <li>3. 老師可以請同學考慮其他顯示方式。例如，連接不同顏色的LED顯示燈作二氧化碳濃度警示，例如低於800ppm是綠色、800-1000ppm是黃色、高於1000ppm是紅色。老師可引導學生思考二氧化碳濃度高時的應對措施，例如如何引進新鮮空氣。</li> <li>4. 學生向全班展示自己的作品，並分享自己的設計理念。</li> </ol>	60分鐘

二進制是以「2」為基數的記數系統，並會用兩個符號「0」和「1」來表示，每個數字都稱為一個位元或比特（Bit）。計算機就是用二進制的系統。以二進制計算加、減、乘、除四則運算的方式如下：

例如：

加法： $00+00=00$ ， $00+01=01$ ， $01+00=01$ ， $01+01=10$

減法： $0-0=0$ ， $1-0=1$ ， $1-1=0$ ， $10-1=01$

乘法： $0\times 0=0$ ， $0\times 1=0$ ， $1\times 0=0$ ， $1\times 1=1$

除法： $0\div 1=0$ ， $1\div 1=1$

decimal	hexadecimal	binary
0	0	0000
1	1	0001
2	2	0010
3	3	0011
4	4	0100
5	5	0101
6	6	0110
7	7	0111
8	8	1000
9	9	1001
10	A	1010
11	B	1011
12	C	1100
13	D	1101
14	E	1110
15	F	1111

除了二進制，還有八、十，和十六進制等系統。我們日常所用的是十進制，會使用0， 1， 2， 3， 4， 5， 6， 7， 8， 9這十個符號來表示。由00到99，十進制用兩個符號就能表示，但二進制就是0000000到1100011，要用7比特表示，因而令二進制看似麻煩和複雜。其實二進制是現今很常用的系統，尤其在計算機、電腦和其他電子儀器。因為二進制的運算規則簡單而且通用性強，足夠表達很多電子儀器的狀態。二進制可以簡明地表達兩種穩定的狀態，例如電壓的開關。而且，在電腦的中央處理器的算術邏輯裡，0和1兩個符號可以清晰地表示真假、對錯等。換言之，每1比特都只有兩種完全不同的狀態。如上面提到的00-99，兩位數字就有100種狀態（ $10^2=100$ ），唯用電壓模擬狀態表達相當複雜，容易出錯。相比十進制，二進制每位只有0或1兩種電壓狀態，00-99只需要7個簡單元件就足以表達（ $2^7=128$ ），使用的元件比十進制少，簡單的設計令電子儀器更穩定運作。

## 二進制加法計算機

程式碼及教學影片載於計劃網站 [www.stem-maker.hk](http://www.stem-maker.hk)的「實用手冊」及「教學媒體」。

### 單元資料

內容描述	<p>二進制是以2為基數的記數系統，並會用兩個符號0和1來表示，每個數字都稱為一個位元或一比特(bit)。計算機就是用二進制的系統。二進制可以做到加、減、乘、除等運算。</p> <p>在本單元中，學生將會使用Arduino組裝一個簡單的二進制加法計算機。此二進制計算機能進行加法計算。由於起始時建議組裝一位元加一位元的計算機，降低組裝難度。若學生能夠完成後，可以視乎學生的程度，給學生嘗試編寫兩位元加兩位元或更多位元相加的程式碼來製作相應的計算機。</p> <p>根據學生的知識和技巧，他們可以透過不同方式編寫二進制計算機的程式碼，例如初中學生可做一位元加一位元，結果是兩位元的二進制計算機，高中學生則可製作更多位元相加的二進制計算機。藉此訓練學生推理思考，同學亦能學會如何使用電腦程式和編程語言。</p>
所涉科學課題	初中數學：整數指數律 - 理解二進制和十進制 資訊及通訊科技：電腦系統 - 在資訊處理及儲存使用二進制碼、電腦編程
難度	★ ★ ★ ★ ★
對象	中二至中六學生
預期學習成果	完成此單元後，學生能夠：  1. 解釋二進制的數學原理 2. 依據線路圖，組裝一個二進制加法計算機

# 二進制加法計算機

## 單元資料

每組所需器材	<p>本次實驗指定器材：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>任何顏色LED顯示燈4顆</li> <li>按鍵開關5顆</li> </ol> <p>其它配套：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Arduino UNO R3一塊連USB數據線</li> <li>免焊萬用電路板 (麵包板) 兩塊</li> <li>安裝有Arduino開發系統的電腦一台</li> <li>9V電池一枚連電池盒</li> <li>彩色杜邦線若干</li> <li>控制程式碼</li> </ol>
學生已有知識	<ol style="list-style-type: none"> <li>使用Arduino進行組裝的基本知識</li> <li>把控制程式載入到Arduino執行的基本方法</li> </ol>

## 教案示例

所需時間：120分鐘（可分兩至三個課節進行）

學與教活動	時間分配
引起動機：老師解釋二進制的用途。	5分鐘
老師解釋二進制的原理及計算方法。	10分鐘
<p>老師講解線路圖及控制程式：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>展示二進制計算裝置的線路圖</li> </ol>	15分鐘

## 教案示例

組裝：

30分鐘

1. 學生按照老師提供的線路圖分組進行組裝。
2. 學生把控制程式載入到Arduino微電腦。
3. 學生對製成品進行初步測試。如成功組裝，按下對應按鍵會開啟對應的LED燈。

實驗及改良：

60分鐘

老師示範一位元加一位元，結果是兩位元的二進制計算機（需要四顆LED燈），A0、B0、C0和C1。

$$\begin{array}{r} \text{A0} \\ + \quad \text{B0} \\ \hline \text{C1} \quad \text{C0} \end{array}$$

解釋此二進制計算機只能處理四個情況（可邀請學生寫下所有可能性）。

0	0	1	1
+ 0	+ 1	+ 0	+ 1
00	01	01	10

# 教案示例

老師解釋如何用不同方法得出相同結果。

方法一：

```
if(A0== 0 && B0 == 0)
    {C1 = 0;   C0 = 0;}
if(A0 == 0 && B0 == 1)
    {C1 = 0;   C0 = 1;}
if(A0 == 1 && B0 == 0)
    {C1 = 0;   C0 = 1;}
if(A0 == 1 && B0 == 1)
    {C1 = 1;   C0 = 0;}
```

簡化的方法：

由於所有LED燈起始時都設定為0 (不亮燈)，因此可以忽略不會亮燈的情況 (C0和/或C1等於零)。

```
if(A0 == 0 && B0 == 1)
    {C0 = 1;}
if(A0 == 1 && B0 == 0)
    {C0 = 1;}
if(A0 == 1 && B0 == 1)
    {C1 = 1}
```

方法二：增加一個變量(variable)來計算結果：

```
int total = 0;
if(A0 == 1)
    {total++;}
if(B0 == 1)
    {total++;}
```

```
if(total == 0)
    {C1 = 0;   C0 = 0;}
if(total == 1)
    {C1 = 0;   C0 = 1;}
if(total == 2)
    {C1 = 1;   C0 = 0;}
```

簡化的方法：

由於所有LED燈起始時都設定為0 (不亮燈)，因此可以忽略不會亮燈的情況 (C0和/或C1等於零)。

```
int total = 0;
if(A0 == 1)
    {total++;}
if(B0 == 1)
    {total++;}

if(total == 1)
    {C0 = 1;}
if(total == 2)
    {C1 = 1;}
```





## 第九節 數學遊戲

STEM中的M是指「Mathematics」數學，學習算術可以訓練學生的邏輯推理，這章節會介紹名為「合24」的數學遊戲，希望學生在遊戲中體會算術的樂趣和增強學生的解難能力和運算速度。

合24原是用撲克牌來進行的益智類遊戲，玩法是從一幅52張撲克牌中抽取4張牌，自由運用加、減、乘、除和括號進行運算，從而得出數值為24的答案，運算符號和括號可重複使用，例如抽取的數值為2、4、10、10，可以組成 $[(4 \div 10) + 2] \times 10 = 24$ 。我們將進行遊戲的工具由撲克牌改變為Arduino。除了涉及奇數的運算會較複雜以外，有些數值的解法只有一個亦令解題的難度增加。

## 合24數學遊戲

程式碼及教學影片載於計劃網站 [www.stem-maker.hk](http://www.stem-maker.hk)的「實用手冊」及「教學媒體」。

### 單元資料

內容描述	<p>合24原是用撲克牌來進行的益智類遊戲，玩法是從一幅52張撲克牌中抽取4張牌，自由運用加、減、乘、除和括號進行運算，從而得出數值為24的答案，運算符號和括號可重複使用</p> <p>單一組數字都會有不同的解法，當抽到的數字涉及奇數，運算算會較複雜，亦有些數字組合只有一個解法，令解題難度增加，增加解題的趣味性。由於遊戲只運用加、減、乘、除和括號進行運算，遊戲的門檻不高，初中生也適合參與。</p>
所涉科學課題	資訊及通訊科技：電腦編程 數學：四則運算
難度	★ ★ ★ ★ ★
對象	中二至中四學生
預期學習成果	<p>完成此單元後，學生能夠：</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. 依據線路圖，組裝一個用合24遊戲裝置。</li><li>2. 增強邏輯推理、解難能力和體會算術的樂趣。</li></ol>

# 合24數學遊戲

## 單元資料

每組所需器材	<p>本次實驗指定器材：</p> <p>a. 4*4或3*4矩陣鍵盤</p> <div><div>3X4 Keypad</div><div>4X4 Keypad</div></div> <p>其它配套：</p> <p>a. Arduino UNO R3一塊連USB數據線</p> <p>b. 免焊萬用電路板 (麵包板) 一塊</p> <p>c. LCD顯示屏一枚 (LCD1602) 及連接板一塊 (LCM1602-IIC)</p> <p>d. 安裝有Arduino開發系統的電腦一台</p> <p>e. 9V電池一枚連電池盒</p> <p>f. 彩色杜邦線若干</p> <p>g. 控制程式碼</p>
學生已有知識	<p>1. 使用Arduino進行組裝的基本知識</p> <p>2. 把控制程式載入到Arduino執行的基本方法</p>

## 教案示例

所需時間：115分鐘（可分兩至三個課節進行）

學與教活動	時間分配
引起動機：老師解釋合24的遊戲規則及玩法，引起學生的興趣。	10分鐘
老師講解線路圖及控制程式：  1. 展示合24遊戲裝置的線路圖 2. 講解控制程式的原理	15分鐘
組裝：  1. 學生按照老師提供的線路圖分組進行組裝。 2. 學生把控制程式載入到Arduino微電腦。 3. 學生對製成品進行初步測試。如成功組裝，液晶體顯示屏上會顯示合24遊戲題目。	30分鐘
實驗及改良：  1. 學生運用自己組裝的合24遊戲機，計算並作答，與其他同學比賽進行遊戲。 2. 驗證遊戲機是否能準確運算。 3. 老師可以請同學考慮其他顯示方式。例如，答對或誤答時的展示。 4. 學生向全班展示自己的作品，並分享自己的設計理念。	60分鐘

## 參考資料

程式碼及教學影片載於計劃網站 [www.stem-maker.hk](http://www.stem-maker.hk) 的「實用手冊」及「教學媒體」。

Arduino (2018). Language Reference. Retrieved from <https://www.arduino.cc/reference/en/>

Dougherty, Dale (2013). Design, make, play: Growing the next generation of STEM innovators.

Lopes, J. (2013, July 25). Autonomous Arduino Car Maze Solving with 3 Ultrasonic Sensors [Video File]. Retrieved from [https://www.youtube.com/watch?v=ekeUSu\\_ubf8](https://www.youtube.com/watch?v=ekeUSu_ubf8)

機電工程署〔2018〕。《節能約章2018》。香港：機電工程署，香港特別行政區政府。  
擷取自：<https://www.energysaving.gov.hk/esc2018/tc/charter/index.html>

環境保護署〔2006〕。《藍天行動》。香港：環境保護署，香港特別行政區政府。  
擷取自：[https://www.epd.gov.hk/epd/mobile/tc\\_chi/action\\_blue\\_sky/25.5\\_programmes.html](https://www.epd.gov.hk/epd/mobile/tc_chi/action_blue_sky/25.5_programmes.html)

香港天文台（2018）。紫外線資訊。香港：香港天文台，香港特別行政區政府。  
擷取自：<https://www.hko.gov.hk/wxinfo/uvindex/chinese/cwhatisuv.htm>

石致和（2013）。〈Arduino基本介紹〉。《中央研究院計算中心通訊》，第六期。



# 附件 PMS5003ST傳感器和驅動風扇程式碼

如欲取得其他課題之程式碼，請到計劃網站「實用手冊」一欄下載 ([www.stem-maker.hk](http://www.stem-maker.hk))。

```
/*
  @file SEN0233.ino

  @brief Air Quality Monitor (PM 2.5, HCHO, Temperature & Humidity)

  @n Get the module here: https://www.dfrobot.com/product-1612.html

  @n This example is to detect formaldehyde, PM2.5, temperature and humidity in the environment.

  @copyright [DFRobot](http://www.dfrobot.com), 2017

  @copyright GNU Lesser General Public License

  @author [lijun](ju.li@dfrobot.com)

  @version V1.0

  @date 2017-03-01
*/

// For PMS

#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial PMSSerial(3, 4); // Arduino board Software RX, TX

char col;

unsigned int PMSa = 0,FMHDSa = 0,TPSa = 0,HDSa = 0,PMSb = 0,FMHDSb = 0,TPSb = 0,HDSb = 0;

unsigned int PMS = 0,FMHDS = 0,TPS = 0,HDS = 0,CR1 = 0,CR2 = 0;

unsigned char buffer_RTT[40]={}; //Serial buffer; Received Data

char tempStr[15];

// For fan

const int INA = 10;

const int INB = 11;

byte speed = 100; // change this to alter speed 0~255, but Min 80

int threshold = 224; // Assume 22.4C to trigger the fan
```

```
void setup()

{

  Serial.begin(9600);

  PMSSerial.begin(9600);

  pinMode(INA,OUTPUT);

  pinMode(INB,OUTPUT);

}

void loop()

{

  while(!PMSSerial.available()); //Wait until PMSSerial is available

  while(PMSSerial.available()>0) //Data check: weather there is any Data in PMSSerial

  {

    for(int i=0;i<40;i++)

    {

      col =PMSSerial.read();

      buffer_RTT[i]=(char)col;

      delay(2);

    }

    PMSSerial.flush(); //Waits for the transmission of outgoing serial data to complete

    CR1 =(buffer_RTT[38]<<8) + buffer_RTT[39];

    CR2 = 0;

    for(int i=0;i<38;i++)

      CR2 += buffer_RTT[i];
```



```
if(CR1 == CR2)          //Check data integrity
{
    PMSa=buffer_RTT[12];    //Read PM2.5 High 8-bit
    PMSb=buffer_RTT[13];    //Read PM2.5 Low 8-bit
    PMS=(PMSa<<8)+PMSb;     //PM2.5 value
    FMHDSa=buffer_RTT[28];  //Read Formaldehyde High 8-bit
    FMHDSb=buffer_RTT[29];  //Read Formaldehyde Low 8-bit
    FMHDS=(FMHDSa<<8)+FMHDSb; //Formaldehyde value
    TPSa=buffer_RTT[30];    //Read Temperature High 8-bit
    TPSb=buffer_RTT[31];    //Read Temperature Low 8-bit
    TPS=(TPSa<<8)+TPSb;     //Temperature value
    HDSa=buffer_RTT[32];    //Read Humidity High 8-bit
    HDSb=buffer_RTT[33];    //Read Humidity Low 8-bit
    HDS=(HDSa<<8)+HDSb;     //Humidity value
}
else
{
    PMS = 0;
    FMHDS = 0;
    TPS = 0;
    HDS = 0;
}

Serial.println("-----uart-----");
Serial.print("Temp : ");
sprintf(tempStr,"%d%d.%d",TPS/100,(TPS/10)%10,TPS%10);
Serial.print(tempStr);
```

```
Serial.println(" C");          //Serial print Temperature
Serial.print("RH   : ");
sprintf(tempStr,"%d%d.%d",HDS/100,(HDS/10)%10,HDS%10);
Serial.print(tempStr);        //Serial print humidity
Serial.println(" %");
Serial.print("HCHO : ");
Serial.print(FMHDS);
Serial.println(" ug/m3");      //Serial print formaldehyde, unit: ug/m³
Serial.print("PM2.5: ");
Serial.print(PMS);
Serial.println(" ug/m3");      //Serial print PM2.5, unit: ug/m³
Serial.println();

//Fan in action
if (TPS> threshold){
    analogWrite(INA, 1);
    analogWrite(INB, speed);
}else{
    digitalWrite(INA,LOW);
    digitalWrite(INB,LOW);
}
}
```

