

STEM 教育知識增益系列：

「空氣質素監察儀」學與教資源



引言

在這個「空氣質素監察儀」工作坊中，我們會利用開源的微控制器 Arduino，配合不同的氣體感測器的使用，製作一個能夠監察室內空氣質素的儀器，將所量度到的空氣質素指數即時顯示在 LCD 顯示屏中，讓用家了解室內空氣的情況。

學習目標

讓學生明白：

1. 微控制器在 STEM 專題習作的應用。
2. 在製作 STEM 專題習作中運用不同的感測器。
3. 電腦編程在電子控制中的角色。

學習內容

1. 簡介常用微控制器在 STEM 專題習作的應用。
2. 應用微控制器 Arduino UNO 設計及製作空氣質素監察儀。
3. 空氣質素監察儀專題研習的延伸活動。
4. 整合應用平面及立體設計軟件於鐳射切割和 3D 打印技術上，用以製作空氣質素監察儀的外殼。

學習計劃

本專題習作需時大約 6 個課節，以下為一個學習計劃的參考例子，在這例子裏，每一節為 40 分鐘，而每週則設有兩個課節。

週數	課節	學習內容
1	1-2	1. 專題研習簡介 2. Arduino 的基本認識
2	3-4	1. 以 Arduino 控制 I2C LCD 液晶屏幕 2. 介紹傳感器的使用：MQ2、MQ135 及灰塵傳感器
3	5-6	綜合使用平面及立體設計軟件，設計及製作空氣質素監察儀的外殼 1. 平面設計 2. 立體設計

學習活動

背景

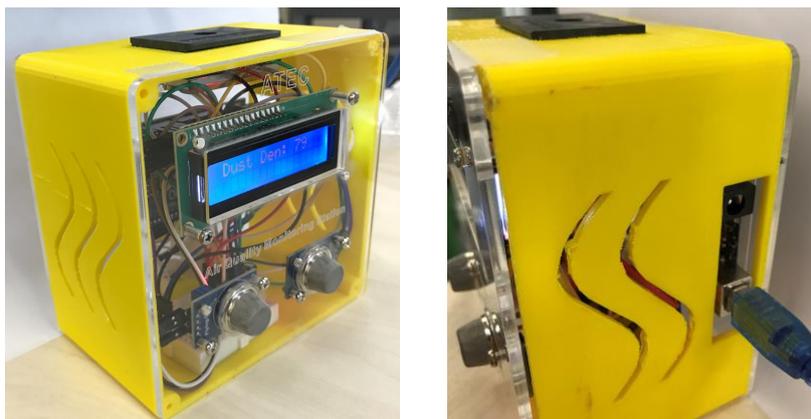
本學與教資源目的主要教授如何利用 Arduino 微處理器及傳感器製作空氣質素監察儀，並以 Arduino IDE 編程，將編寫好的程式上載到 Arduino 微處理器，以專題研習的方式學習編寫程式及運用電子元件。

建立空氣質素監察儀所需的材料

編號	元件	數量
1	Arduino UNO 開發版	1 塊
2	I2C 1602 液晶屏幕	1 塊
3	MQ-2 煙霧氣敏傳感器	1 枚
4	MQ-135 空氣質量傳感器	1 枚
5	PM2.5 GP2Y1014AU 灰塵傳感器	1 枚
6	小麵包板	1 塊
7	40P 40cm 杜邦線(公公、公母、母母)	20 枚
8	3Mx10mm 螺絲、螺絲	4 枚

學習成果

透過 Arduino 微處理器及不同的氣體傳感器，配合編程技巧，同學可以按不同的需要，製作出空氣質素監測儀，並透過平面及立體軟件，為儀器設計不同的外形，使之適合在不同的環境下使用。



使用平面及立體軟件設計儀器的外殼

延伸學習

相關的學與教資源，可參考由教育局開發的「以專題研習方式於 STEM 教育中教授機械人」學與教資源。詳情可參照下列網址：

<https://www.edb.gov.hk/tc/curriculum-development/kla/technology-edu/resources/tech-subjects/resources.html>

另外，我們還可以瀏覽教育局的 STEM 教育中心網站的教學資源，下載或閱覽多個不同的 STEM 專案學習資料。詳情可參照下列網址：

<https://atec.edu.hk/stemcentre/Learning%20Resources.html>

上載日期	項目	學習內容	下載或閱覽
31/3/2020	利用Tinkercad繪畫太陽能船馬達座	1.了解Tinkercad基本操作(建立立體、改變尺寸和對位等) 2.製作太陽能船馬達座	視頻檔案: Part 1 Part 2 Part 3 Part 4
31/3/2020	如何使用Tinkercad程式碼區塊(Codeblocks)建立3D模型	1.Tinkercad簡介 2.Codeblocks的特點 3.立體製作:雪花	視頻檔案: Part 1 Part 2 Part 3 Part 4

其他相關的參考網站：

- <https://create.arduino.cc/projecthub/mustafa-hesham/air-quality-monitor-b23523>
- <https://www.instructables.com/id/Air-Quality-Monitoring-Device-Using-Arduino/>
- <https://create.arduino.cc/projecthub/east-west-university/indoor-air-quality-monitoring-system-5b5244>
- <https://www.pubnub.com/blog/diy-air-quality-monitoring-system-with-realtime-readings-and-live-alerts/>

單元一：微控制器的應用和編程

在這階段裡，我們會介紹微控制器 Arduino 的特性，並且會為 Arduino UNO 作基本的編程。

1.1 Arduino 簡介

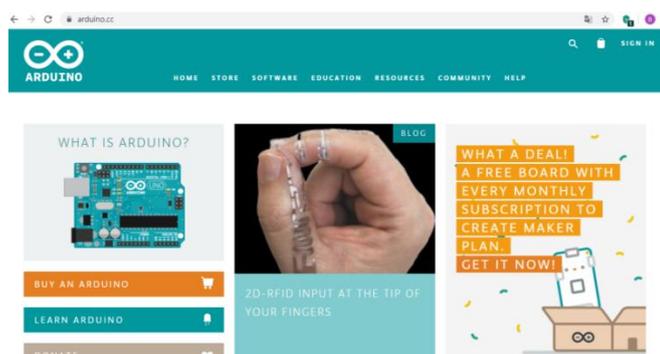


Arduino 是一塊包含多過輸入及輸出 (I/O) 接口的開源控制板，使用者可以透過 Arduino IDE 編寫程式，並將程式上載到控制板中，從而製作出不同的專題習作和互動裝置。配合多種不同而廉價的輸入及輸出電子元件，例如 LED 燈、蜂鳴器、和不同的傳感器，初學者可以利用大量的範例程式，輕鬆地將不同的組件推動起來。

Arduino 的特點：

- 開放源碼 Open source
- 硬體(Arduino I/O board)
- 軟體(Arduino IDE)
- 用感應器(sensor)能感應周遭環境變化(如：紅外線感應器、溫濕度感應器等)
- 能控制周遭裝置(如：燈、馬達)
- 電路可獨自運作
- 也可以搭配電腦運作，跟電腦溝通

在本工作坊中我們會使用最基本的 Arduino UNO 開發版。有關 Arduino 的學習資源，可瀏覽網址 <https://www.arduino.cc/>



下列為在這個專案中的一些輸入和輸出的電子元件

輸入元件



MQ 系列氣體傳感器



灰塵傳感器

輸出元件



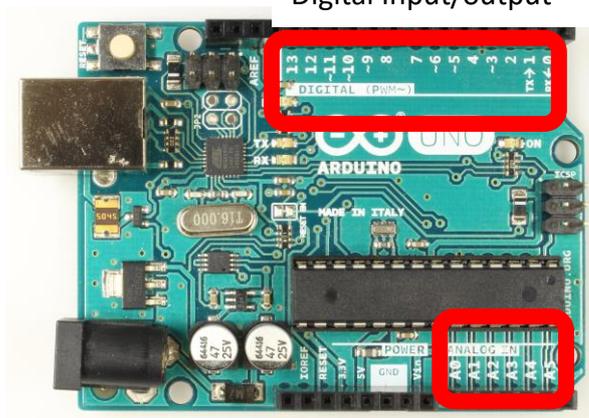
I2C 1602 液晶屏幕

1.2 Arduino 的結構

Arduino UNO 微處理器中包含多個輸入及輸出的接口，詳情可以見下圖：

數碼輸入/輸出

Digital Input/output



模擬輸入

Analog Input

1.3 Arduino 編程軟件

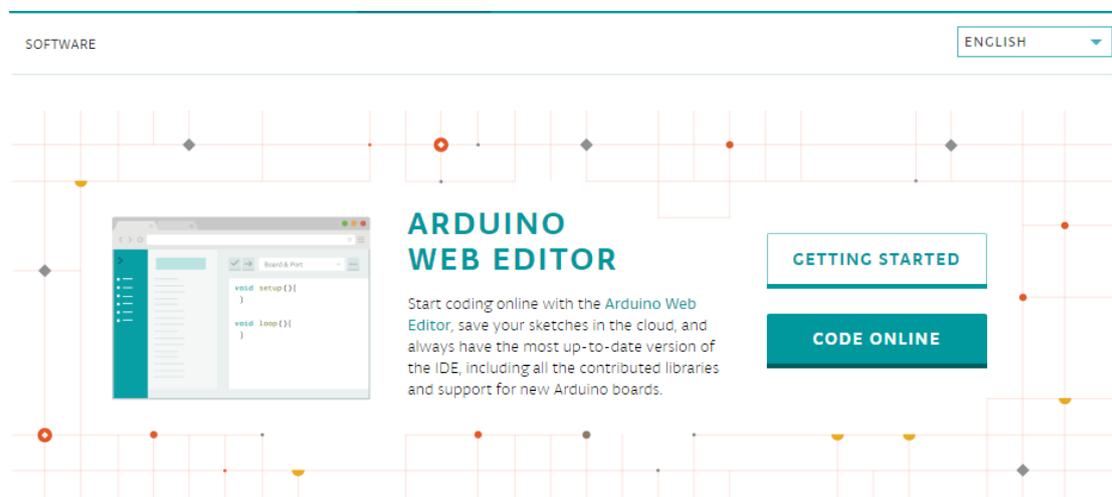
除了需要預備 Arduino 開發版，我們還需要安裝 Arduino 開發工具軟體 IDE，有關軟件可到下列網址下載最新的版本。

<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>



The screenshot shows the Arduino website's software download page. At the top is a navigation bar with links for HOME, STORE, SOFTWARE, EDU, RESOURCES, COMMUNITY, and HELP, along with a search icon, a shopping cart icon, and a SIGN IN link. The main heading is "Download the Arduino IDE". Below this is a large section with the Arduino logo on the left and text on the right. The text reads: "ARDUINO 1.8.10. The open-source Arduino Software (IDE) makes it easy to write code and upload it to the board. It runs on Windows, Mac OS X, and Linux. The environment is written in Java and based on Processing and other open-source software. This software can be used with any Arduino board. Refer to the Getting Started page for installation instructions." To the right of this text is a list of download options: "Windows Installer, for Windows XP and up", "Windows ZIP file for non admin install", "Windows app Requires Win 8.1 or 10" (with a "Get" button), "Mac OS X 10.8 Mountain Lion or newer", "Linux 32 bits", "Linux 64 bits", "Linux ARM 32 bits", and "Linux ARM 64 bits". Below these options are links for "Release Notes", "Source Code", and "Checksums (sha512)".

同學也可以選擇在線版本(需要繳付費用)

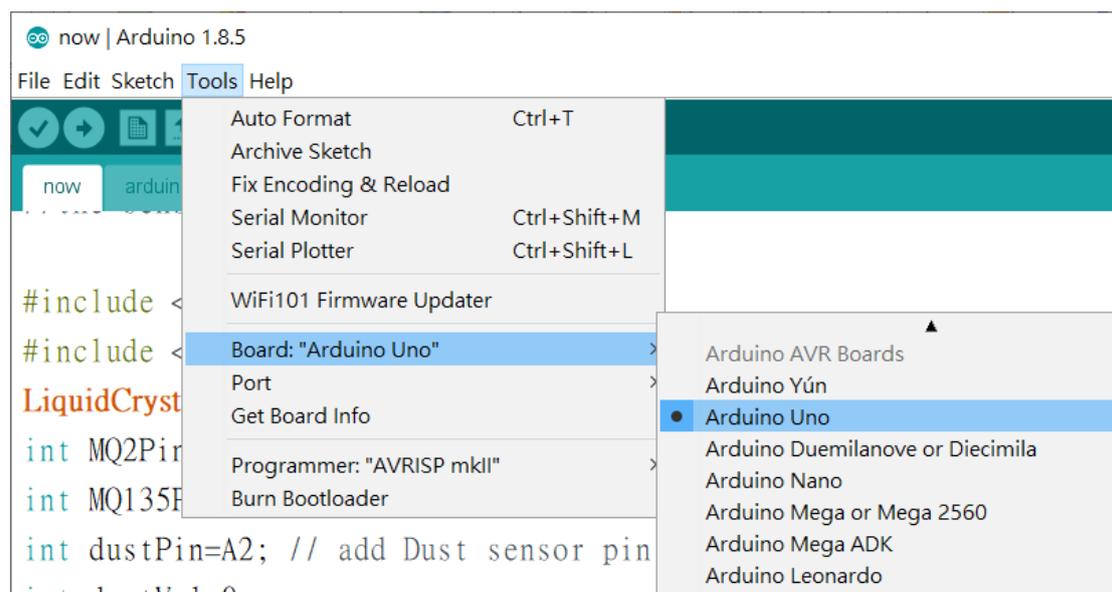


The screenshot shows the Arduino Web Editor page. At the top left is the word "SOFTWARE" and at the top right is a language dropdown menu set to "ENGLISH". The main content area features a grid background with a central image of the Arduino Web Editor interface showing code in a text editor. To the right of the image is the heading "ARDUINO WEB EDITOR" and a paragraph: "Start coding online with the Arduino Web Editor, save your sketches in the cloud, and always have the most up-to-date version of the IDE, including all the contributed libraries and support for new Arduino boards." Below this text are two buttons: "GETTING STARTED" and "CODE ONLINE".

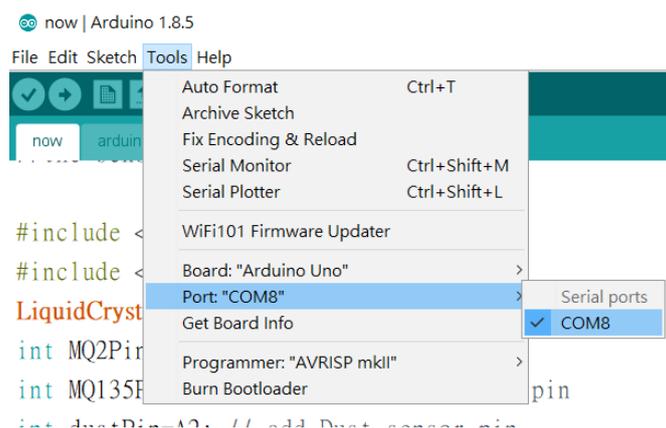
1.4 上載程式前作好準備

在電腦上安裝了 Arduino 開發工具軟體 IDE 之後，同學需按下列步驟作預備：

1. 用 USB 線將 Arduino UNO 和電腦連接
2. 打開 Arduino IDE 軟件
3. 在 tools/Board 選「Arduino Uno」
4. 在 tools/Port 選 Arduino Uno 連接的 com



在 tools/Board 選「Arduino Uno」



選 Arduino UNO 連接的 com

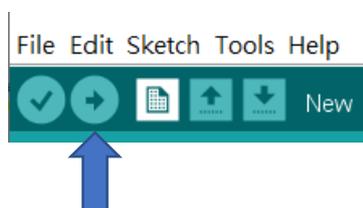
單元二：Arduino 編程

2.1 基本概念

在 Arduino 的程式碼中，結構上包含了兩個循環，分別為 void setup() 和 void loop()。在 void setup() 中為程式設定，循環內的指令只會執行一次；而在 void loop() 中，循環內的指令會無限循環。

```
void setup() {  
    指令只會執行一次  
}  
  
void loop() {  
    指令會無限循環  
}
```

當完成編輯程式後，按下「上載」按鈕，程式便會上載到 Arduino UNO 開發版中，開發版之後便會按著程式中的指令運行。

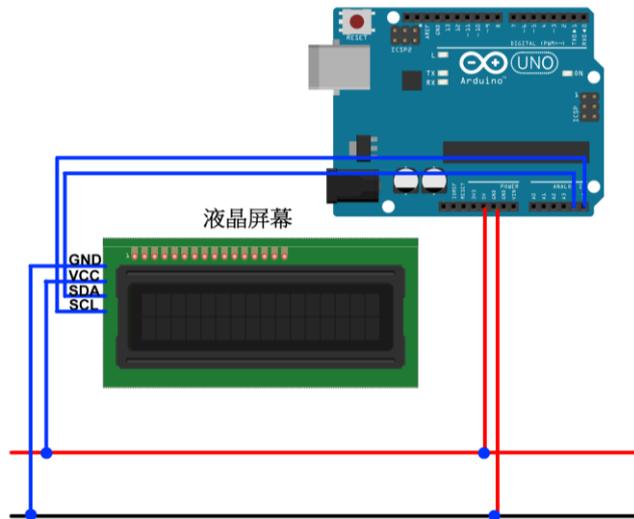


2.2 連接 I2C 1602 液晶屏幕

在這個空氣質素監察儀中，所有感測到的數據將會顯示在液晶屏幕中。在這部分我們會介紹如何將液晶屏幕接駁至 Arduino，讓數據顯示出來。

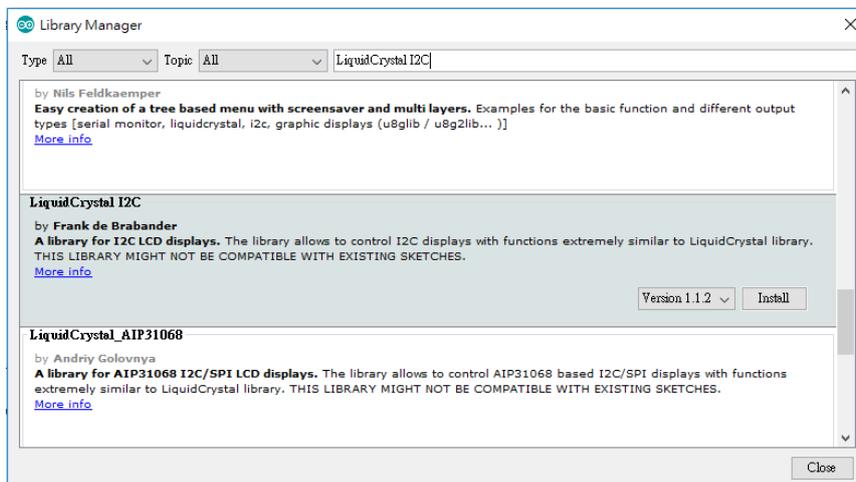
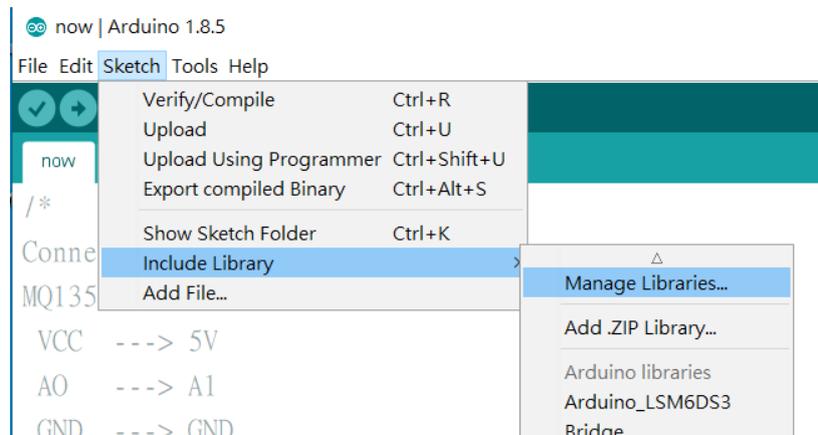
在這個專案中，我們使用的液晶屏幕是 I2C 1602 液晶屏幕。名字當中的「I2C」表示 Inter-Integrated Circuit，這個技術可以讓微控制器以較少的接腳數連接多個低速週邊裝置。故此，在接駁液晶屏幕的時候，除了電源之外，便只有資料線 (SDA, Serial Data Line) 及時脈線 (SCL, Serial Clock Line)，這兩條訊號線需要接駁。另外，名字中的「1602」，表示在液晶屏幕中，最多可以顯示兩行，每行 16 個字符。

按下圖將 I2C 1602 液晶屏幕與 Arduino 接駁起來。



I2C 1602 液晶屏幕接駁圖

使用 I2C 1602 液晶屏幕之前，我們需要在 Arduino IDE 先安裝 LiquidCrystal I2C 的程式庫(library)，步驟如下：在 Arduino IDE 按下「Sketch」後，選擇「Include Library」，再選擇「Manage Libraries」，在視窗中輸入「LiquidCrystal I2C」，尋找有關的程式庫，最後按下「Install」，程式庫便會自動安裝。



完成安裝程式庫後，在 Arduino IDE 開啟一個新的檔案，複製下列內容到檔案中。

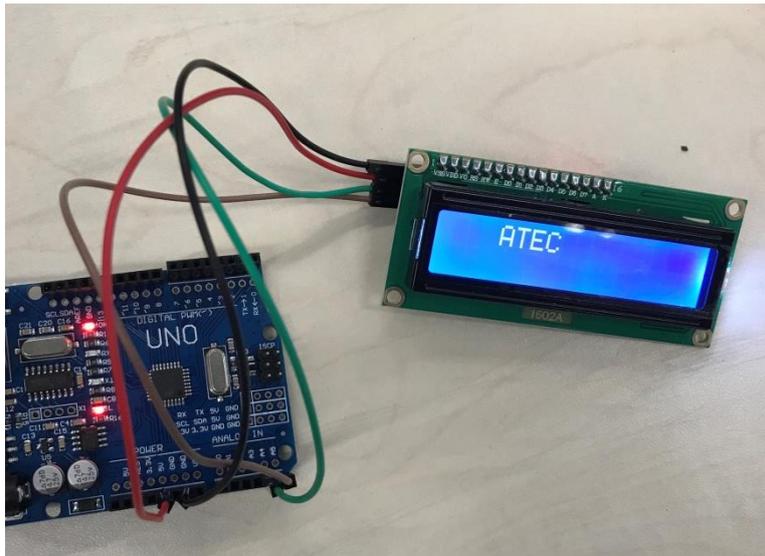
```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //註解 1
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,16,2); //註解 2
void setup()
{
  lcd.init(); //註解 3
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(3,0); //註解 4
  lcd.print("ATEC"); //註解 5
  delay(3000); //註解 6
  lcd.clear(); //註解 7
}
void loop()
{
}
```

當程式上載到 Arduino UNO 開發版後(有關如何上載程式碼至 Arduino，可參照單元 2.1)，液晶屏幕便會顯示字串「ATEC」，過了三秒後，字串便會消失。

有關程式中的一些註解如下：

註解	程式碼	解釋
1	#include <LiquidCrystal_I2C.h>	程式中將會使用 LiquidCrystal I2C 程式庫。
2	LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,16,2)	為液晶屏幕定義，當中的「0x3F」是 LCD I2C 的地址，「16,2」表示液晶屏幕有兩行，每行 16 字符位置。
3	lcd.init()	啟動液晶屏幕
4	lcd.setCursor(3,0)	將顯示字符的開始位置，設置第一行第 3 個位置。
5	lcd.print("ATEC")	將字符 ATEC 顯示出來。
6	delay(3000)	等候三秒(當中的數字 3000 代表 3 秒)
7	lcd.clear()	將畫面上的字符清除

顯示結果如下：



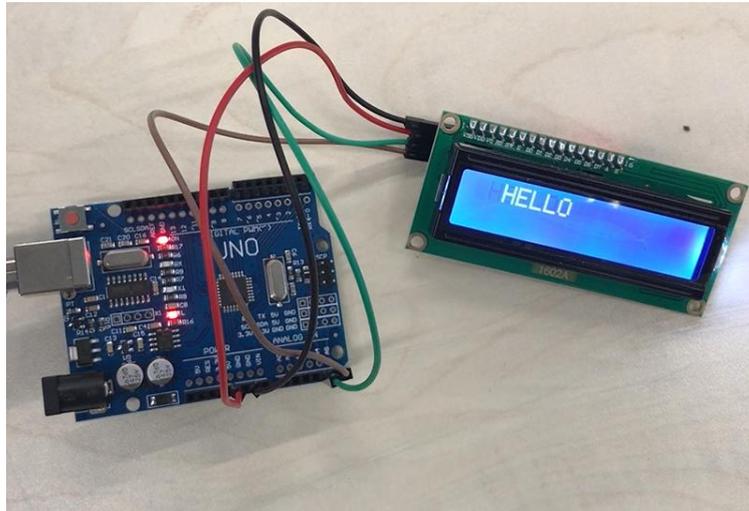
(參照影片：<https://youtu.be/loGQPMkWBik>)

2.3 製作走動的字串

我們可以藉著製作走動的字符，也可以將繁多的字符，顯示在液晶屏幕中。
在 Arduino IDE 開啟一個新的檔案，複製下列內容到檔案中。

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,16,2);
void setup()
{
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(3,0);
  lcd.print("ATEC");
  delay(3000);
  lcd.clear();
}
void loop()
{
  for (int i= 0; i < 16; i++) {
    lcd.setCursor(i,0);
    lcd.print("HELLO");
    delay(500);
    lcd.clear();
  }
}
```

當程式上載到 Arduino UNO 開發板後，液晶屏幕便會顯示字串「ATEC」，過了三秒後，「ATEC」字串便會消失，然後「HELLO」字串會顯示出來，並會由左至右移動。

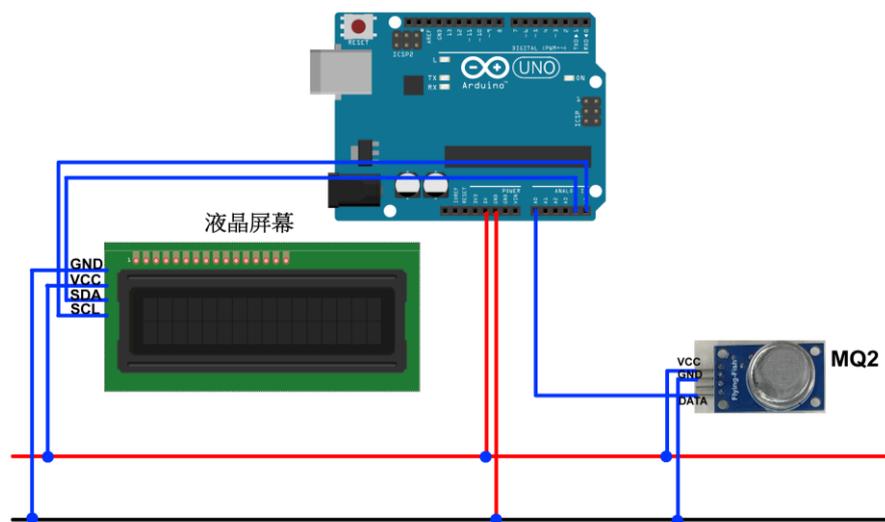


(參照影片：<https://youtu.be/IcGXYaBhIno>)

2.4 MQ2 傳感器的使用

MQ2 傳感器可以檢測空氣中的物質包括異丁烷，液化石油氣，甲烷，乙醇，氫氣，煙霧等。只需使用傳感器的類比輸出，便可以將數據輸入到 Arduino 開發板，其靈敏度也可以調教電位器來改變。

按下圖將 MQ2 傳感器與 Arduino 接駁起來。

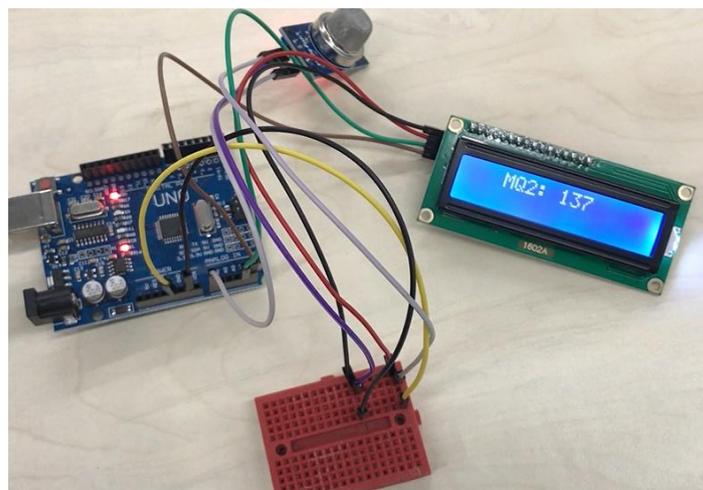


MQ2 傳感器的接駁圖

在 Arduino IDE 開啟一個新的檔案，複製下列內容到檔案中。

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,16,2);
int MQ2Pin = A0; // add MQ2 sensor pin
void setup()
{
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(3,0);
  lcd.print("ATEC");
  delay(3000);
  lcd.clear();
}
void loop()
{
  int data_MQ2 = analogRead(MQ2Pin);
  lcd.setCursor(3,0);
  lcd.print("MQ2: ");
  lcd.print(data_MQ2);
  delay(1000);
}
```

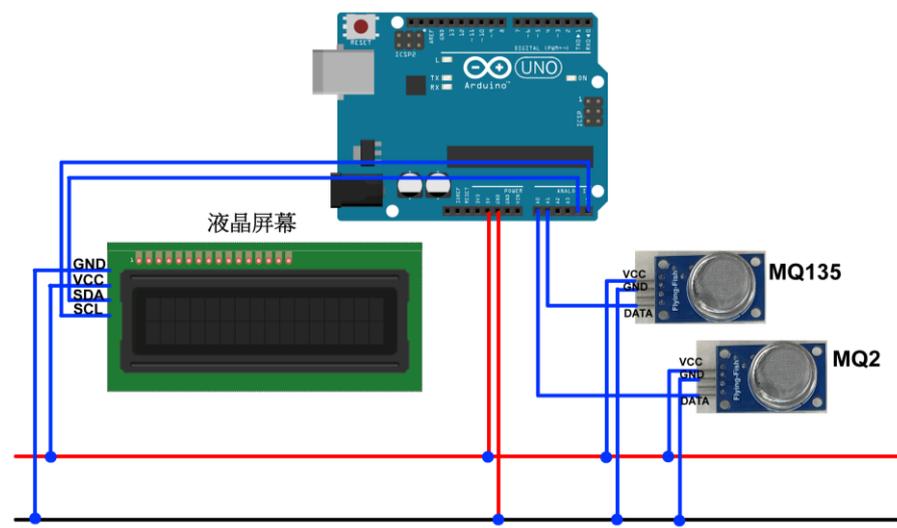
當程式上載到 Arduino UNO 開發板後，液晶屏幕便會顯示 MQ2 傳感器量度的數據。



(參照影片：<https://youtu.be/RODBa9nkD3w>)

2.5 MQ135 傳感器的使用

MQ135 感測器能夠檢測氨氣、硫化物、苯系蒸汽和煙霧等有害的氣體，是一款適合多種應用的低成本空氣質素感測器。在使用 MQ135 前，需要先預熱 20 秒，感測的數據才會穩定。在傳感器操作的時候，請避免接觸，以免受傷。按下圖將 MQ135 傳感器與 Arduino 接駁起來。



MQ135 傳感器的接駁圖

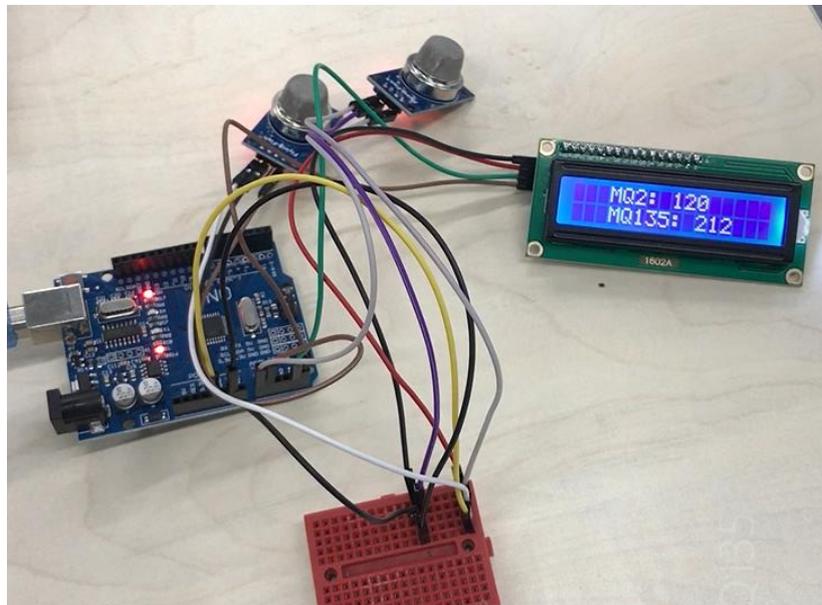
在 Arduino IDE 開啟一個新的檔案，複製下列內容到檔案中。

```
//Let the sensor warm up for the MQ135
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,16,2);
int MQ2Pin = A0;          // add MQ2 sensor pin
int MQ135Pin = A1;       // add MQ135 sensor pin
void setup()
{
  lcd.init();             // initialize the lcd
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(3,0);
  lcd.print("ATEC");
  delay(3000);
  lcd.clear();
}

void loop()
{
```

```
int data_MQ2 = analogRead(MQ2Pin);
int data_MQ135 = analogRead(MQ135Pin);
lcd.setCursor(3,0); // First line in the LCD
lcd.print("MQ2: ");
lcd.print(data_MQ2);
lcd.setCursor(3,1); // Second line in the LCD
lcd.print("MQ135: ");
lcd.print(data_MQ135);
delay(1000);
}
```

當程式上載到 Arduino UNO 開發版後，液晶屏幕便會顯示 MQ2 和 MQ135 傳感器量度的數據。

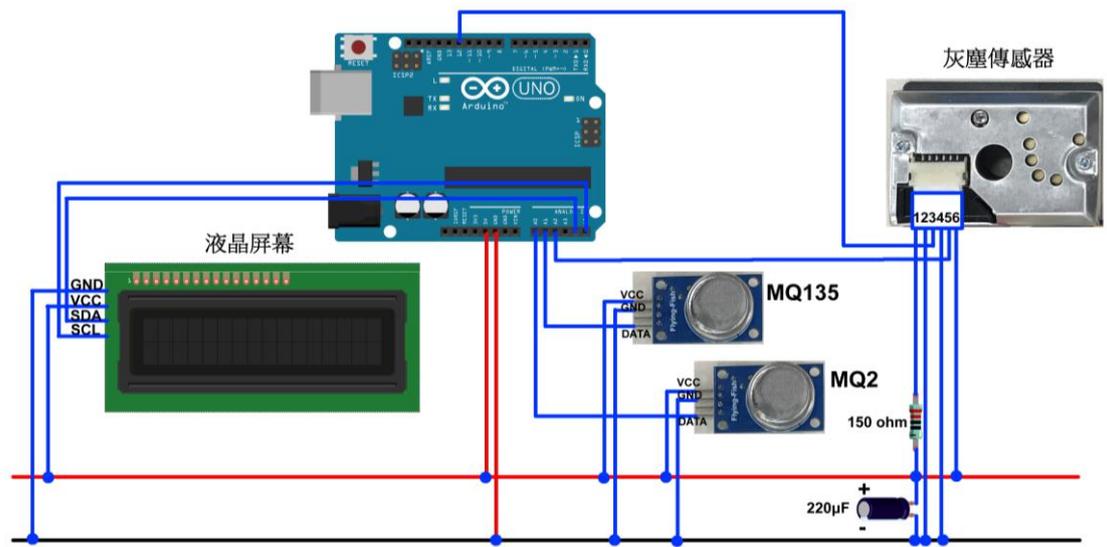


(參照影片：<https://youtu.be/UVZC6emgQVQ>)

2.6 灰塵傳感器的使用

灰塵傳感器(PM2.5 GP2Y1014AU)是用於探測空氣中微細的灰塵。在傳感器的中央部分有一個圓柱形空間，空間中有光線的發出及接收，傳感器的原理是利用灰塵微粒會影響光線的路徑，令光線散射而令強度衰減，從這個衰減率中便能夠反映空氣中灰塵的濃度。

按下圖將灰塵傳感器與 Arduino 接駁起來。



灰塵傳感器的接駁圖

在 Arduino IDE 開啟一個新的檔案，複製下列內容到檔案中。

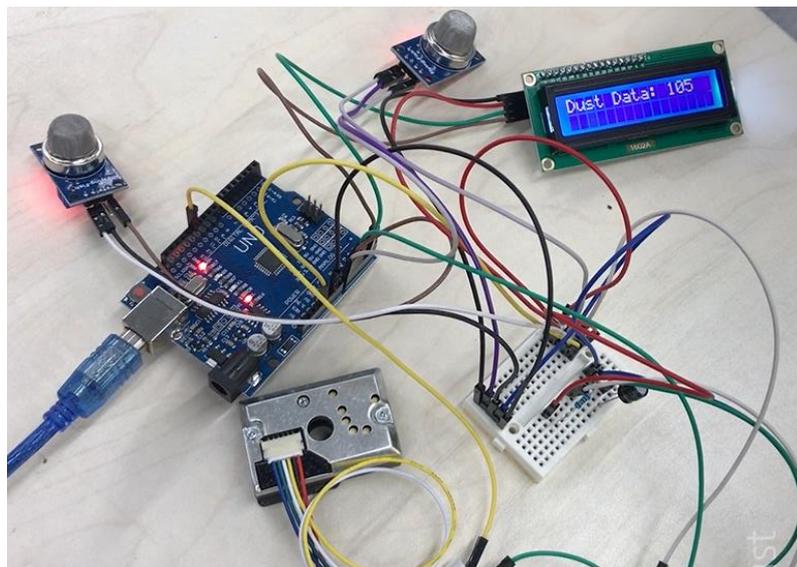
```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,16,2);
int MQ2Pin = A0;           // add MQ2 sensor pin
int MQ135Pin = A1;        // add MQ135 sensor pin
int dustPin=A2;           // add Dust sensor pin
int dustVal=0;
int ledPower=12;          //Dust LED pin
int delayTime=280;
int delayTime2=40;
float offTime=9680;
void setup()
{
  lcd.init();              // initialize the lcd
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(3,0);
  lcd.print("ATEC");
  delay(3000);
  lcd.clear();
  pinMode(ledPower,OUTPUT);
}
void loop()
{
  int data_MQ2 = analogRead(MQ2Pin);
  int data_MQ135 = analogRead(MQ135Pin);
```

```

lcd.setCursor(3,0);          //Set cursor to first line in the LCD
lcd.print("MQ2: ");
lcd.print(data_MQ2);
lcd.setCursor(3,1);          // Set cursor to second line in the LCD
lcd.print("MQ135: ");
lcd.print(data_MQ135);
delay(3000);
lcd.clear();
digitalWrite(ledPower,LOW);    // power on the LED
delayMicroseconds(delayTime);
dustVal=analogRead(dustPin);    // read the dust value
delayMicroseconds(delayTime2);
digitalWrite(ledPower,HIGH);    // turn the LED off
delayMicroseconds(offTime);
lcd.setCursor(1,0);          // Set cursor to first line in the LCD
lcd.print("Dust Den: ");
lcd.print(dustVal);
delay(3000);
lcd.clear();
}

```

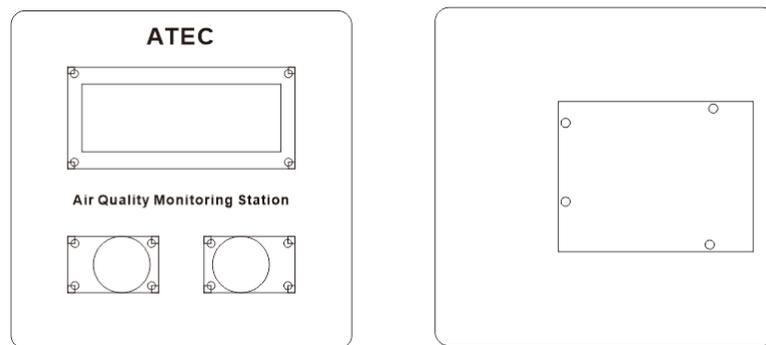
當程式上載到 Arduino UNO 開發版後，液晶屏幕便會顯示 MQ2、MQ135 和灰塵傳感器量度的數據。



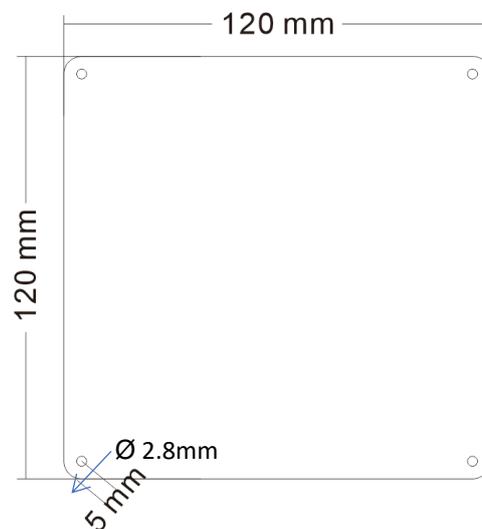
(參照影片：<https://youtu.be/ejObR6CadSY>)

單元三：設計及製作空氣質素監察儀的外殼

在這個空氣質素監察儀中，包含著多個電子元件，故此我們需要為這個儀器製作一個外殼，整齊地將所有元件盛載起來。考慮到這個儀器是用作感測空氣成分，外殼的設計不能夠密封，需要有空隙讓空氣流通進入儀器中。我們將會利用平面與立體設計軟件，配合鐳射切割機和 3D 立體打印機，製作空氣質素監察儀的外殼。我們會利用 CorelDRAW 平面設計軟件來繪畫面板和底板，完成後的圖樣將會輸出至鐳射切割機，並以 3mm 的亞加力膠板切割出來。另外，我們會以 Tinkercad 立體設計軟件，繪畫出外殼的側面，完成後的立體檔案將會輸出至 3D 立體打印機，並打印出來。最後將兩個配件合併起來，製成這個空氣質素監察儀的外殼。



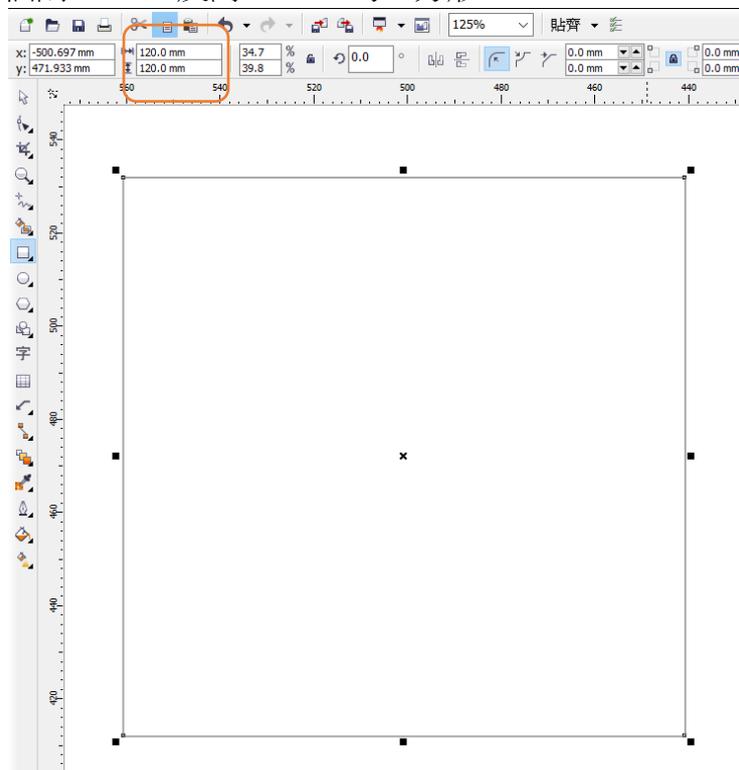
面板和底板



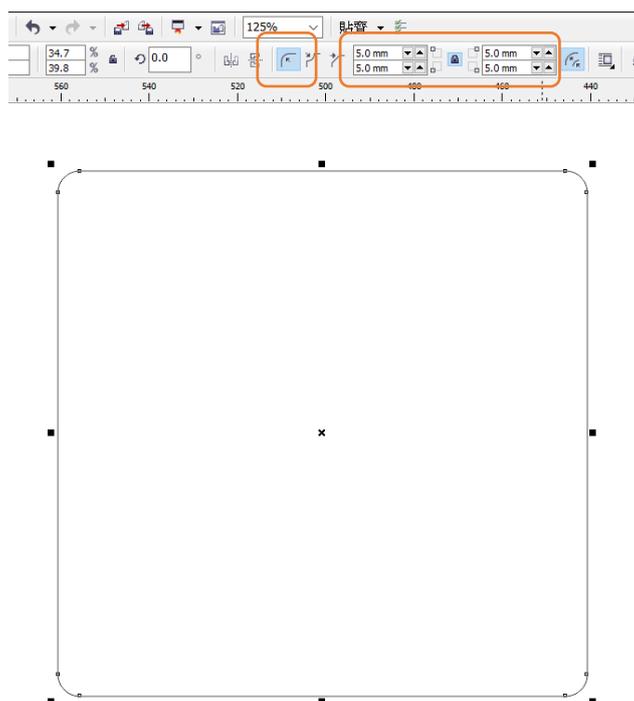
面板的螺絲尺寸圖

3.1 以 CorelDRAW 繪畫底板及面版

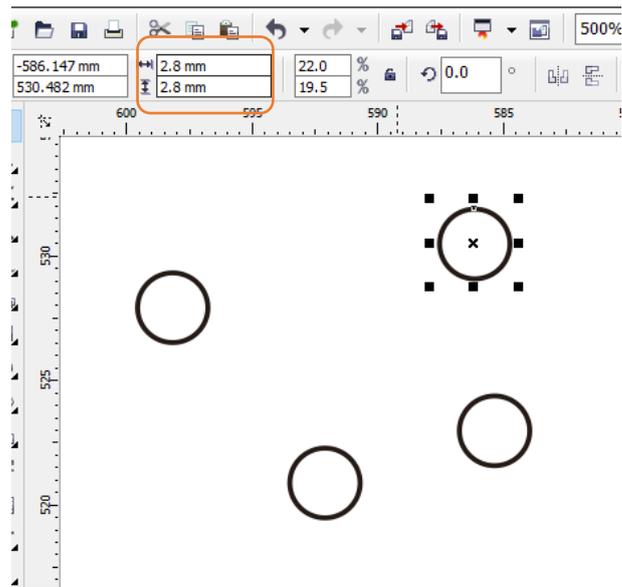
步驟一：畫一個闊 120mm 及高 120mm 的正方形



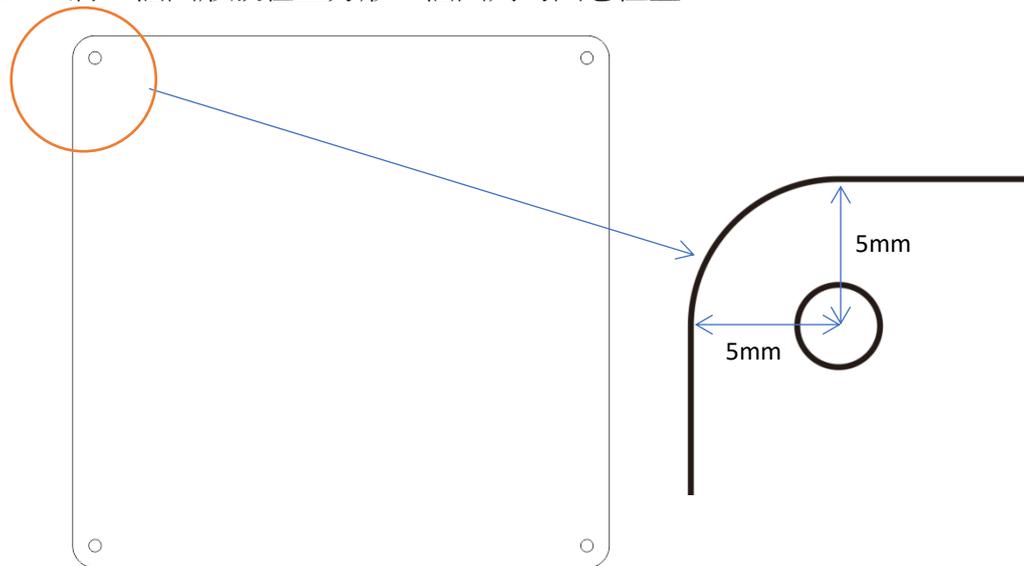
步驟二：利用「圓角」功能改變正方形的形狀



步驟三：畫 4 個直徑為 2.8mm 的圓形



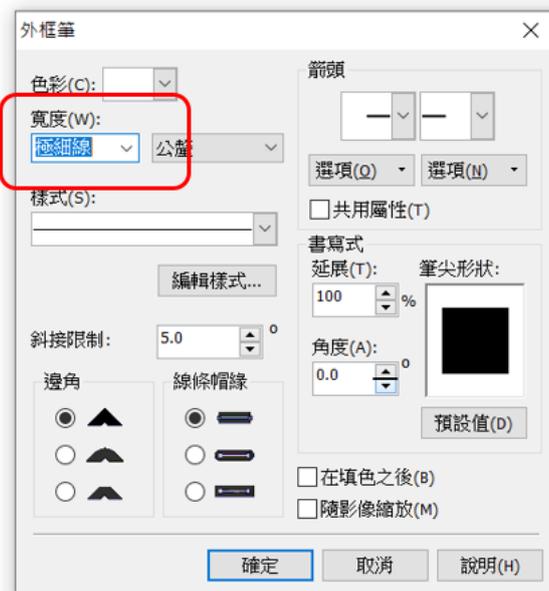
步驟四：將四個圓形放在正方形四個圓角的圓心位置



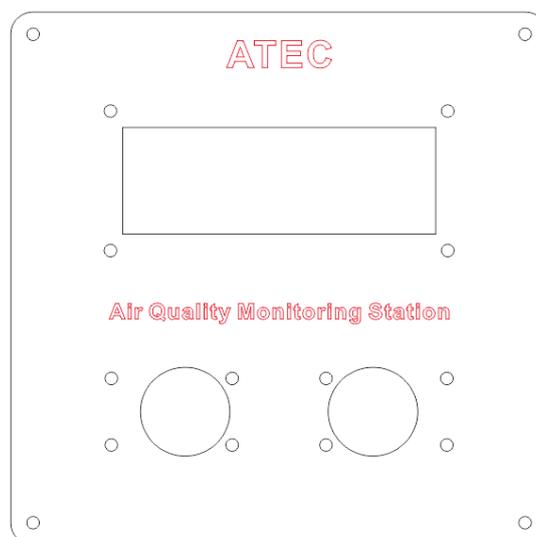
步驟五：將線條設置黑色，表示該線條的切割為穿透。



步驟六：將所有線變成極細線

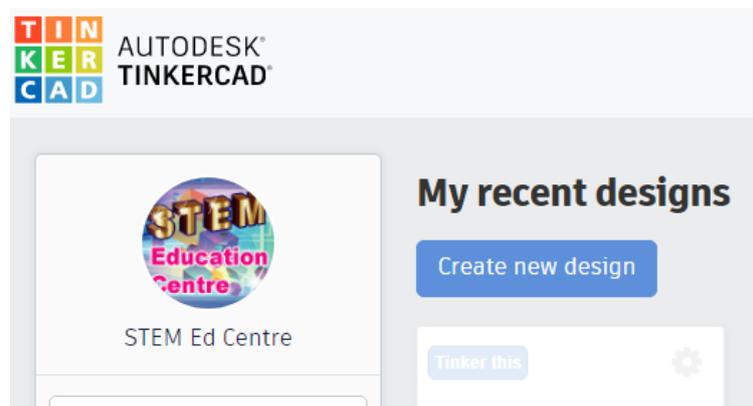


步驟七：將其他元件建立及拖拉到正確的位置，並加上設備名稱的英文字。

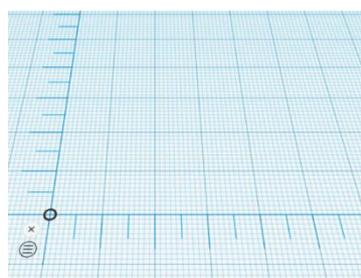
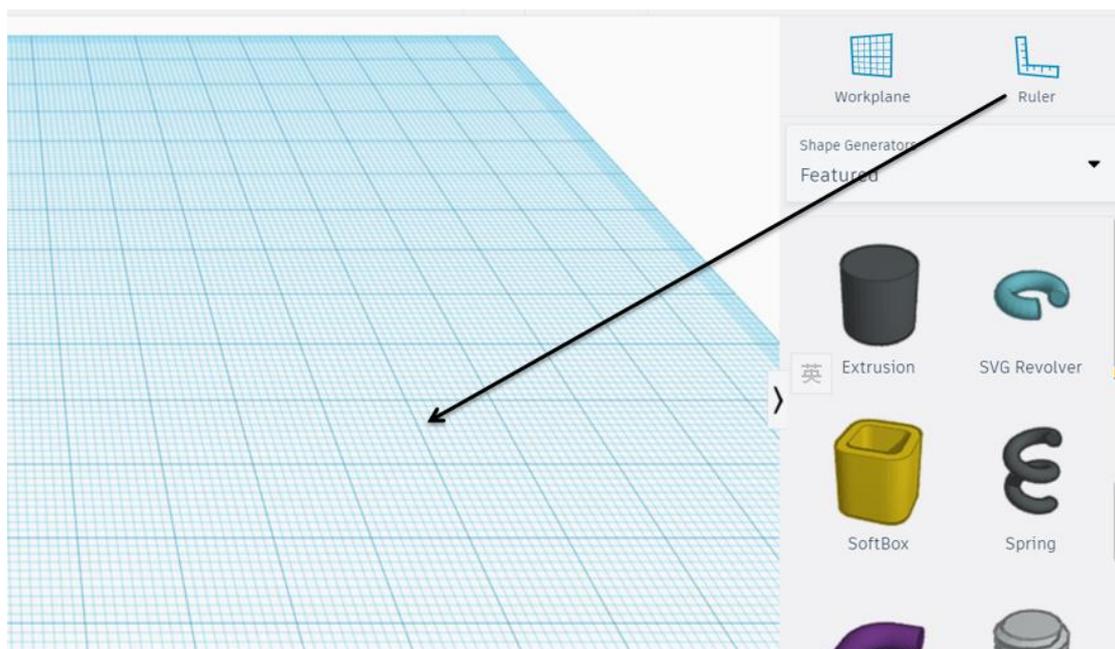


3.2 以 Tinkercad 繪畫外殼的側面

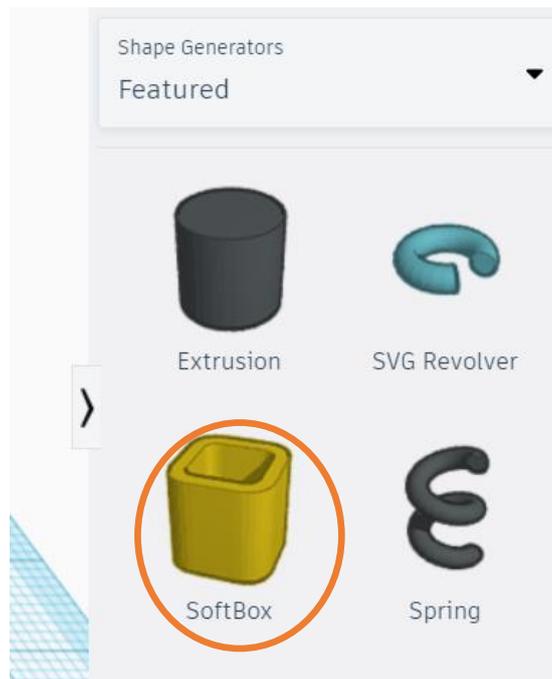
使用網頁瀏覽器進入 Tinkercad 網站(網址為 www.tinkercad.com)。登入後，開啟一個新的立體設計，便可以開始繪畫外殼的側面。



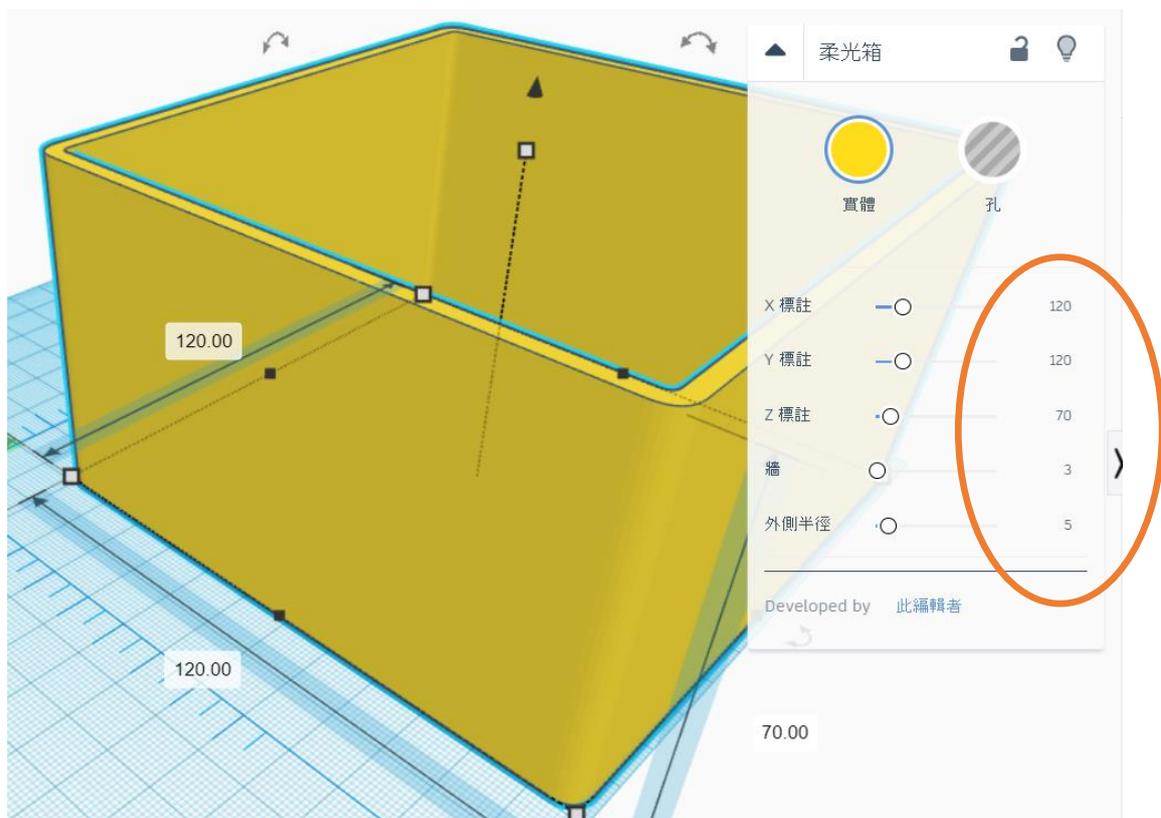
步驟一：先將尺規拖動到方格紙上 作為物件尺寸的參考



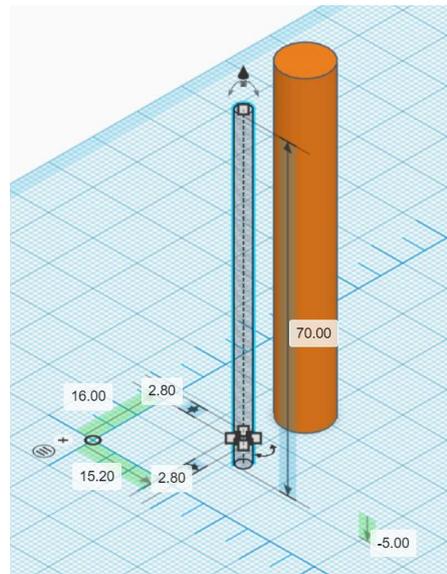
步驟二：選擇 Featured(特色) → SoftBox (柔光箱)



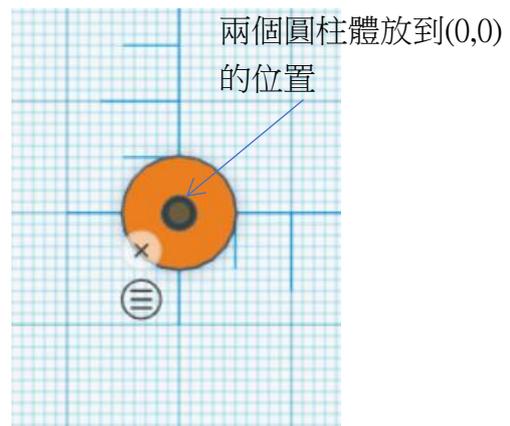
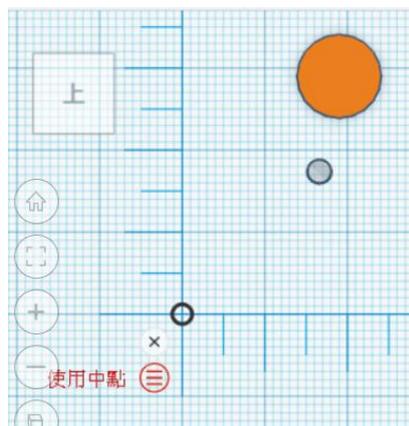
步驟三：按下面的數據，畫一個柔光箱。



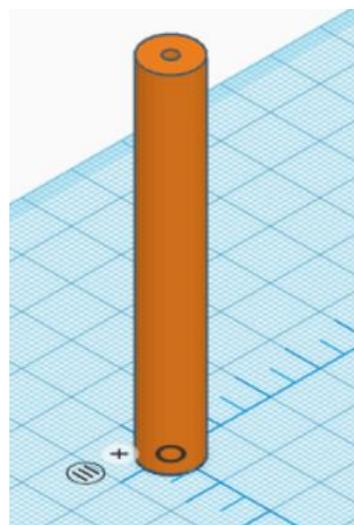
步驟四：畫一個直徑長 10mm 及高為 70mm 的圓柱體，及一個直徑長 2.8mm 及高為 70mm 的圓柱體，將直徑 2.8mm 的圓柱體物料設定為「孔」。



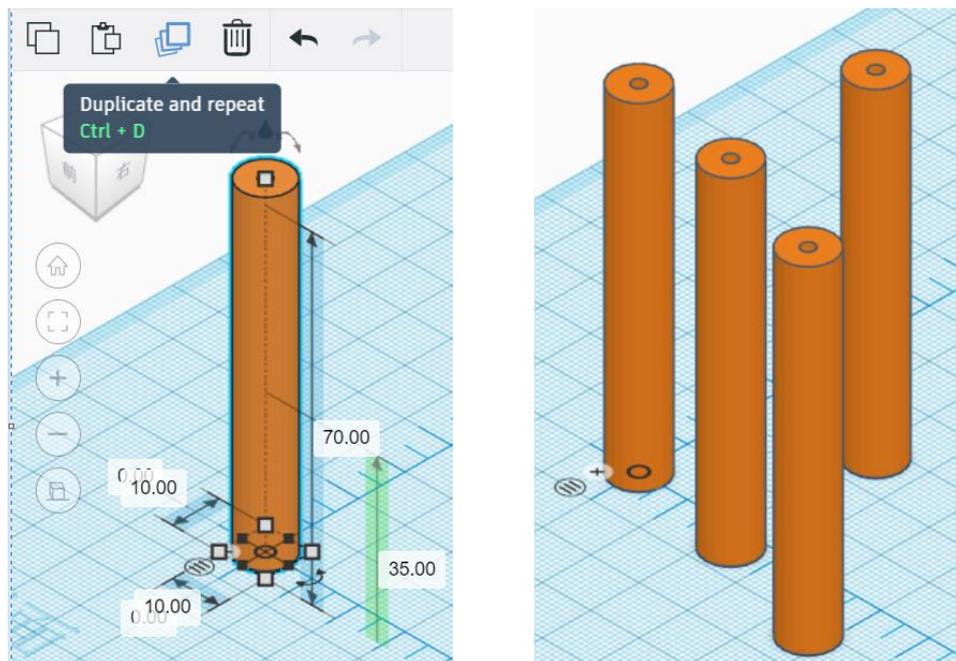
步驟五：在原點的位置按下使用中點，軟件便會以物件的中心點作為基點。將這兩個圓柱體放到(0,0)的位置。



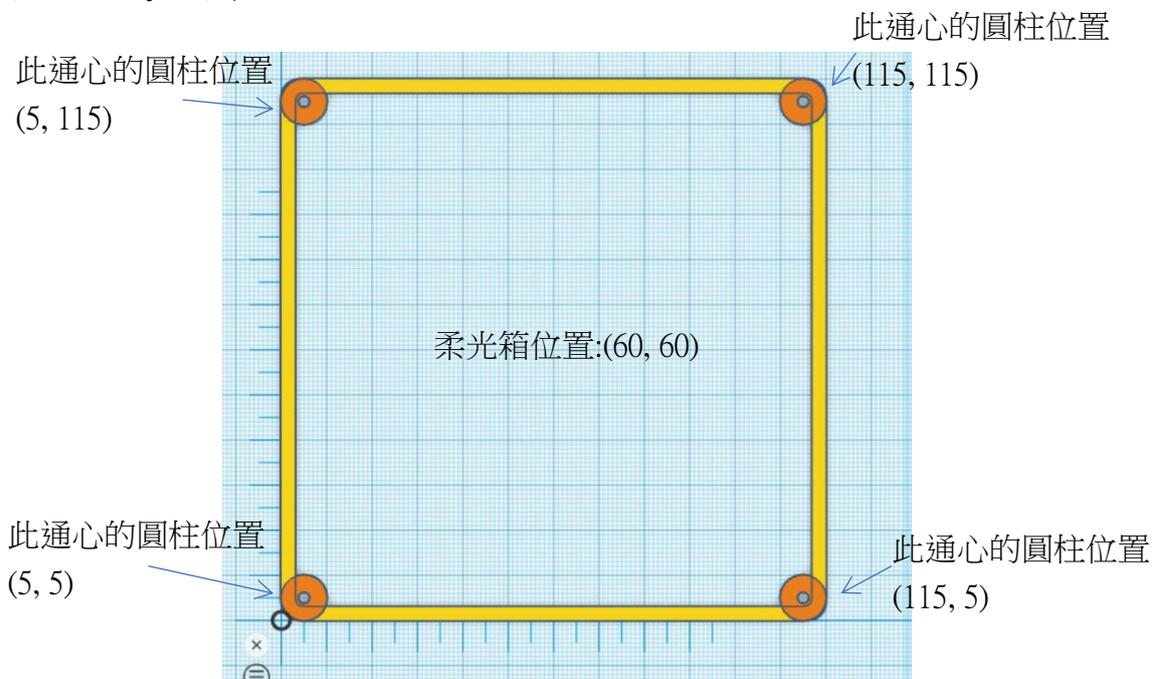
步驟六：選擇這兩個圓柱體然後按下「組成群組」，製作出一個通心的圓柱體。

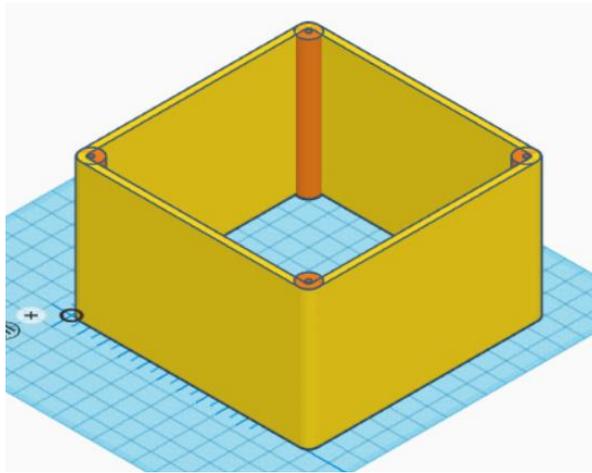


步驟七：選擇這個通心的圓柱體，然後按下「Duplicate and repeat」三次，製作出多三個相同的通心圓柱體。

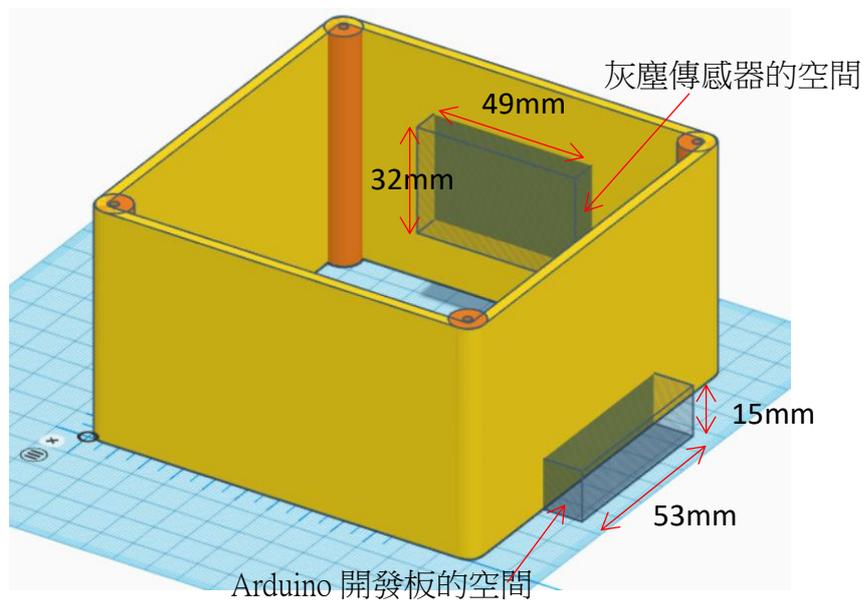


步驟八：將柔光箱和四個通心的圓柱體放到適當的位置 (括弧中的數字為各個物件的 x 及 y 坐標)

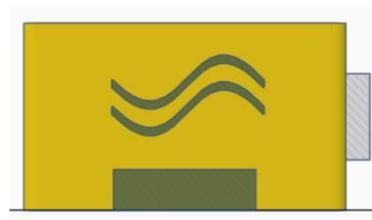
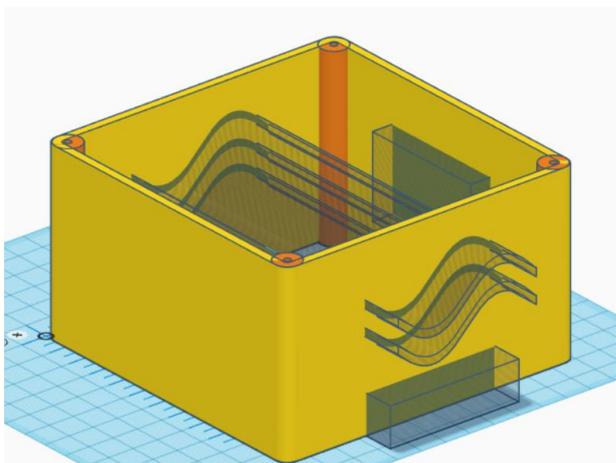




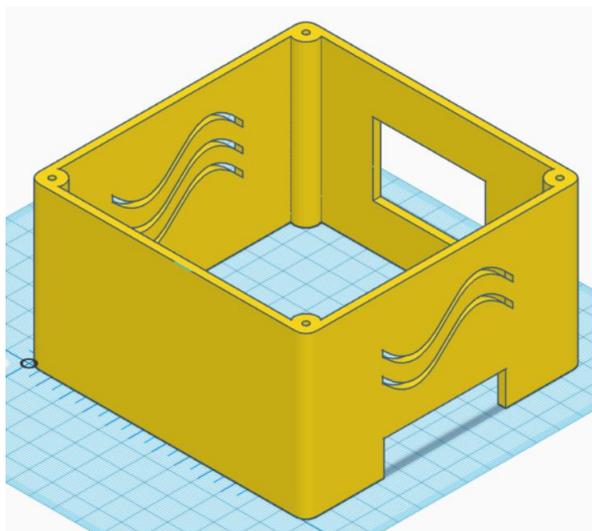
步驟九：接著我們要預備灰塵傳感器和 Arduino 開發板的空間，以便進放這些元件。按下列尺寸畫出兩個長方體空間，並放到適當的位置。



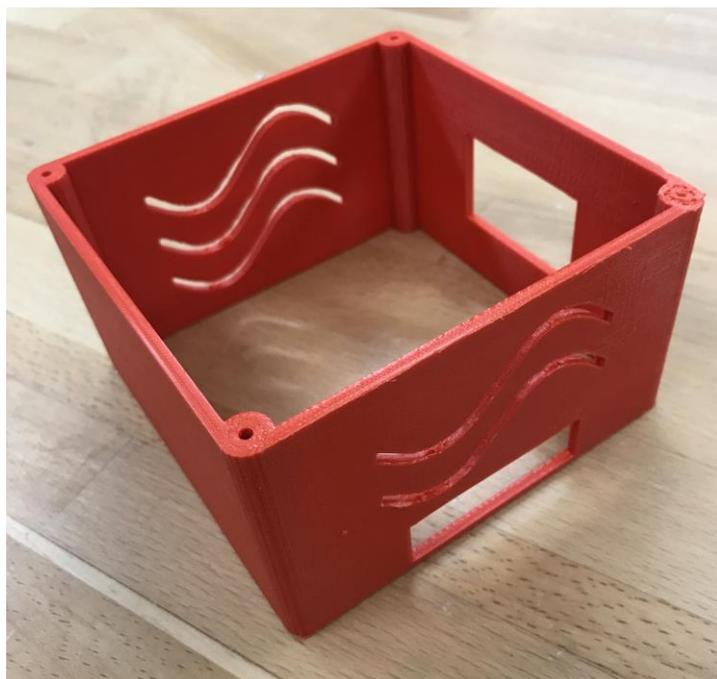
步驟十：選擇「全部」 → 「擠出的曲線」，製造一個波浪形的空間，並拖動到方格紙上。調整這個空間的大小及方向，預備為外殼的側面製作波浪型的罅隙。



步驟十一：利用「組成群組」功能將灰塵傳感器和 Arduino 開發板和波浪形的空間移去便可完成。



外殼側面完成圖



外殼側面實物圖



空氣質素監察儀製成品