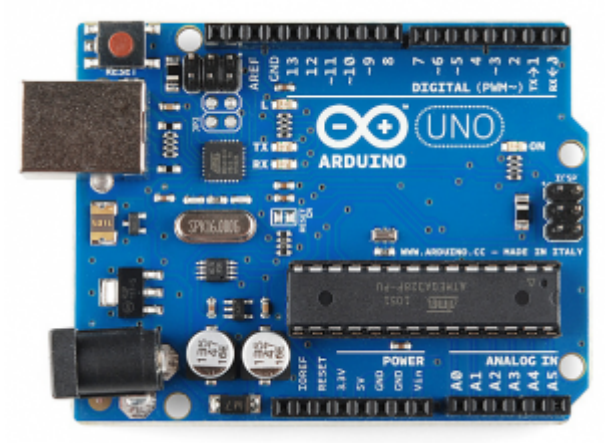
محاكاة ثلاثية الأبعاد لخط الأفق باستخدام الاردينو وحساس التسارع

مقدمة

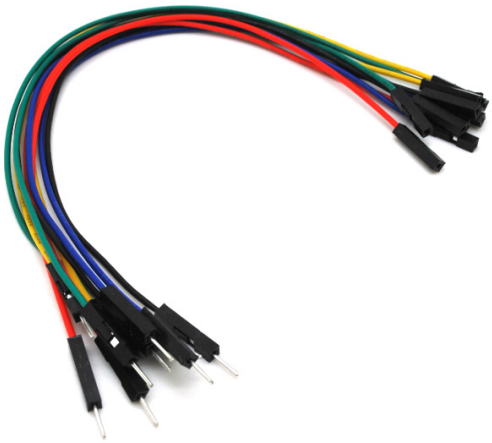
خط الأفق هو خط وهمي يفصل السماء عن الأرض، بالحقيقة ليس هناك خط مرسوم يفصل الاثنان عن بعض، فالأرض كروية الشكل والسماء تغطي سطحها من جميع الجوانب ولكن يتراءى لأعيننا عند النظر للأفق بأن هناك خط بينهما، يساعد هذا التمثيل على قياس زوايا ميل الطائرة بالنسبة للأفق الطبيعي للأرض، في هذا الدرس ستتعلم كيفية محاكاة خط الأفق باستخدام الاردوينو وحساس الحركة والتسارع في ثلاث اتجاهات.

المواد والأدوات

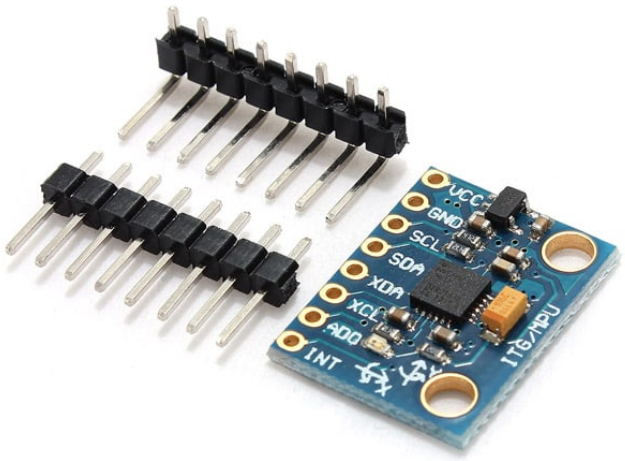


1× اردوينو اونو

1× سلك الاردوينو

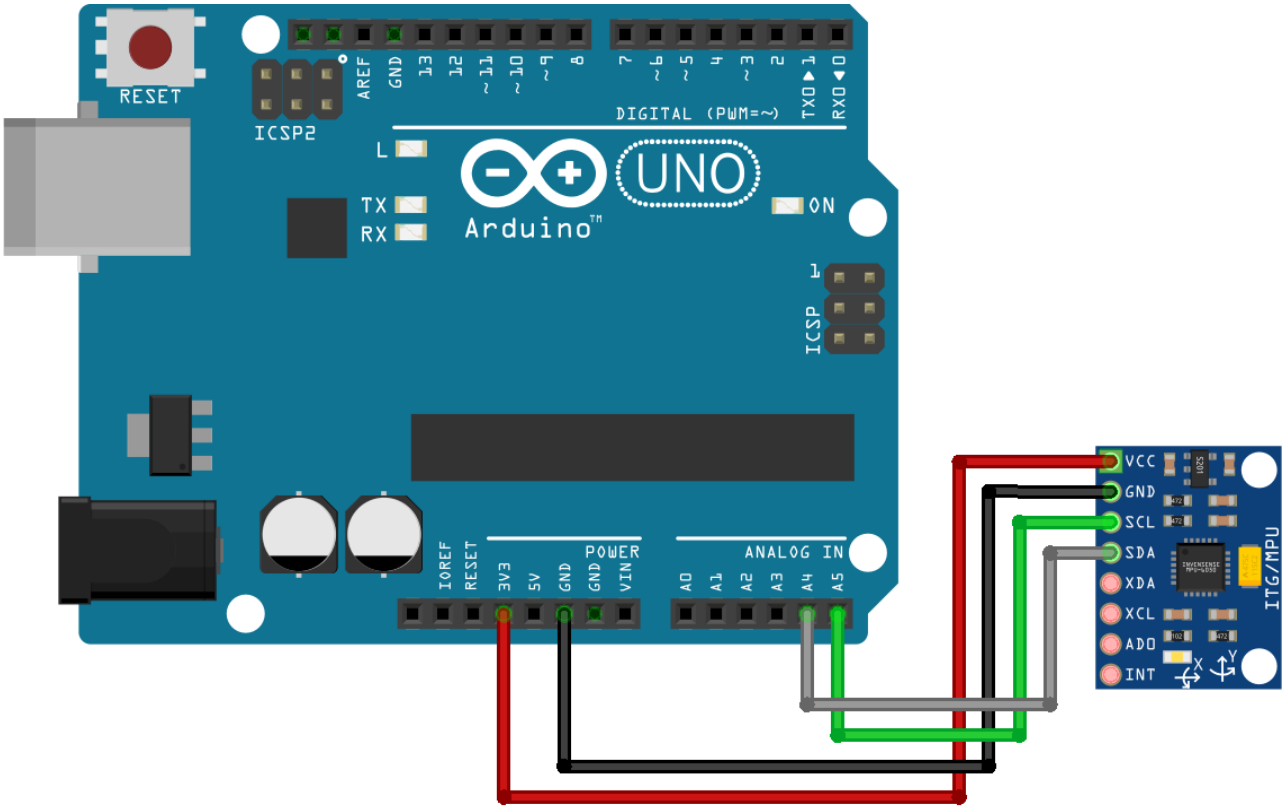


حزمة أسلاك توصيل (ذكر – أنثى)



1× حساس الحركة والتسارع في ثلاث اتجاهات

توصيل الدائرة



الكود البرمجي (Arduino IDE)

IDE عليك تنصيب مكتبة حساس الحركة والتسارع في ثلاث اتجاهات MPU6050.

بعد ذلك ارفع الكود الخاص بمحاكاة خط الأفق على لوحة الاردوينو حتى تتمكن من قراءة البيانات من الحساس.

```
#include<Wire.h> // wire library
const int MPU_addr=0x68; // MPU address
int16_t AcX,AcY,AcZ,Tmp,GyX,GyY,GyZ; // 16 bit data array
int minVal=265;
int maxVal=402;
double x; double y; double z;
void setup() {
Serial.begin(9600);
Wire.begin();
Wire.beginTransmission(MPU_addr);
Wire.write(0x6B);
Wire.write(0);
Wire.endTransmission(true);
}
void loop() {

Wire.beginTransmission(MPU_addr);
Wire.write(0x3B);
Wire.endTransmission(false);
Wire.requestFrom(MPU_addr,14,true);
AcX=Wire.read()<<8|Wire.read();
AcY=Wire.read()<<8|Wire.read();
AcZ=Wire.read()<<8|Wire.read();
```

```
int xAng = map(AcX,minVal,maxVal,-90,90);
int yAng = map(AcY,minVal,maxVal,-90,90);
int zAng = map(AcZ,minVal,maxVal,-90,90);

x= RAD_TO_DEG * (atan2(-yAng, -zAng)+PI);
y= RAD_TO_DEG * (atan2(-xAng, -zAng)+PI);
z= RAD_TO_DEG * (atan2(-yAng, -xAng)+PI);
Serial.print(x);
Serial.print(" ");
Serial.print(y);
Serial.print(" ");
Serial.print(z);
Serial.print(" ");
Serial.print("\n");}
```

شرح الكود البرمجي

في البداية نقوم بإدراج مكتبة Wire.h، التي تحتوى على الدوال اللازمة للتواصل بين الاردوينو و حساس الحركة والتسارع في ثلاث اتجاهات.

```
#include<Wire.h> // wire library
```

بعد ذلك يتم تحديد بروتوكول الاتصال التسلسلي I2c الخاص بحساس التسارع.

```
const int MPU_addr=0x68; // MPU address
```

هنا يتم تعريف عدد من المتغيرات من النوع Array.

```
int16_t AcX,AcY,AcZ,Tmp,GyX,GyY,GyZ; // 16 bit data array
```

يتم تحدد أقصى قيمة وأقل قيمة يقرأها الحساس بين (265–402) لقياس الزوايا من 0 إلى 360.

```
int minVal=265;
int maxVal=402;
```

المتغيرات x,y و z نوعها double, يتم تخزين قيمة المحور x في المتغير x وقيمة المحور y في المتغير y وقيمة المحور z في المتغير z.

```
double x; double y; double z;
```

في دالة ()void يبدأ الاتصال التسلسلي والنقل بين حساس التسارع والعنوان 0x68.

```
void setup() {
Serial.begin(9600);
Wire.begin();
Wire.beginTransmission(MPU_addr);
Wire.write(0x6B);
```

```
Wire.write(0);
```

هنا يتم انهاء عملية النقل.

```
Wire.endTransmission(true);
}
```

في دالة ()loop, يدخل حساس التسارع في وضع السكون بعد توصيله مع العنوان 0x3B.

```
Wire.write(0x3B);
```

هنا تبدأ عملية النقل من جديد.

```
Wire.endTransmission(false);
```

يتم طلب 14 مسجلًا من حساس التسارع والحركة في ثلاث اتجاهات.

ثم سيتم إرسال رسالة إيقاف بعد الطلب.

```
Wire.requestFrom(MPU_addr,14,true);
```

بعد قراءة البيانات لكل المحاور (x و y و z) يتم تخزينها في AcX,AcY, AcZ.

```
AcX=Wire.read()<<8|Wire.read();
AcY=Wire.read()<<8|Wire.read();
AcZ=Wire.read()<<8|Wire.read();
```

بعد ذلك، يتم تعيين الحد الأدنى والحد الأقصى لقيمة بيانات المحاور من الحساس بنطاق معين من ـ90 إلى 90.

```
int xAng = map(AcX,minVal,maxVal,-90,90);
int yAng = map(AcY,minVal,maxVal,-90,90);
int zAng = map(AcZ,minVal,maxVal,-90,90);
```

هنا يتم حساب 360 درجة.

ثم يتم تحويل وحدة الراديان إلى وحدة درجة.

```
x= RAD_TO_DEG * (atan2(-yAng, -zAng)+PI);
y= RAD_TO_DEG * (atan2(-xAng, -zAng)+PI);
z= RAD_TO_DEG * (atan2(-yAng, -xAng)+PI);
```

هنا تتم طباعة قيم المحاور x,y و z على شاشة الاتصال التسلسلي.

```
Serial.print(x);
Serial.print(" ");
Serial.print(y);
Serial.print(" ");
Serial.print(z);
Serial.print(" ");
```

```
Serial.print("\n");}
```

الكود البرمجي (Processing)

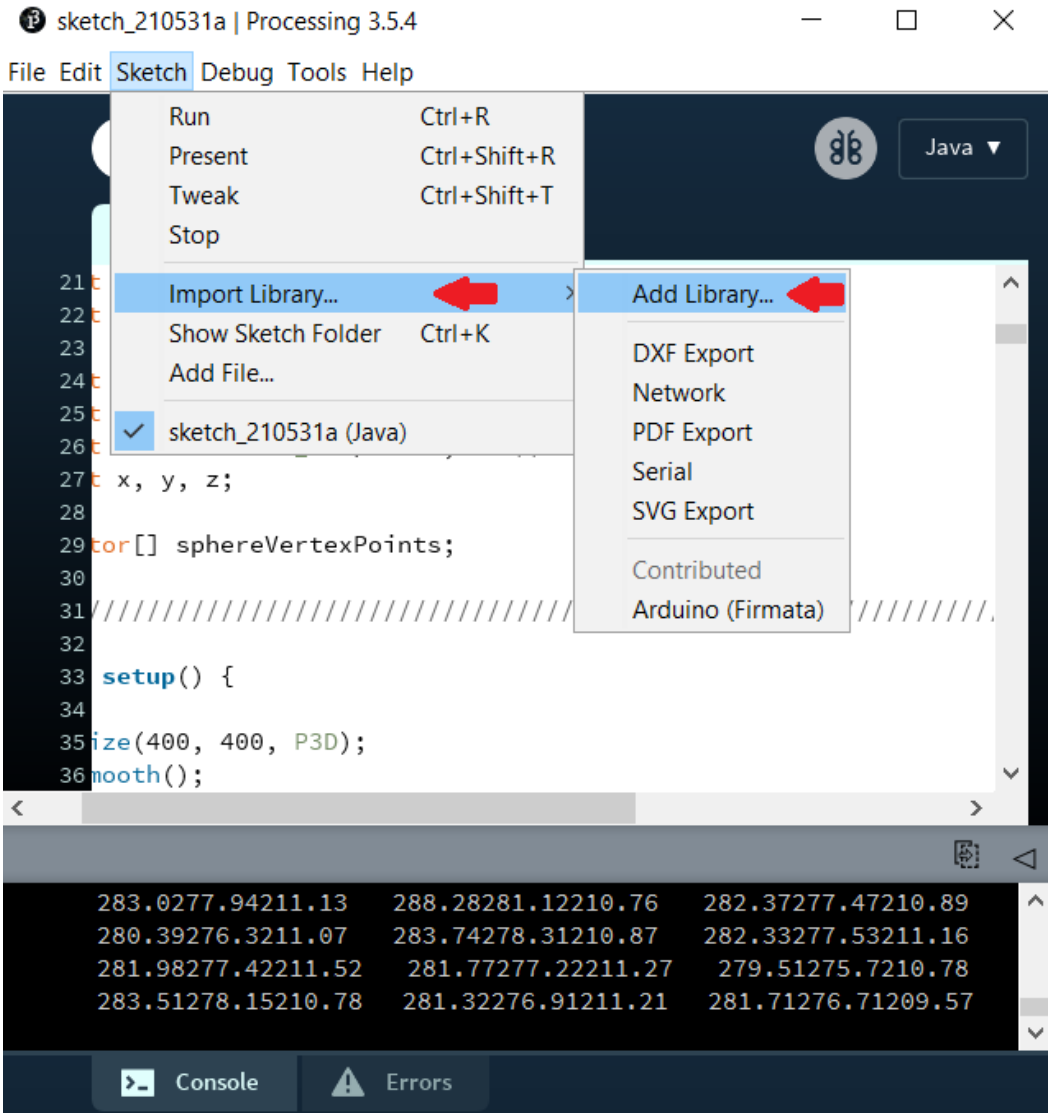
انقر على الرابط التالي Processing وحمّل برنامج Processing حسب نوع نظام التشغيل المتوفر لديك.

بعد تحميله فك الضغط عنه وافتح البرنامج استعدادًا للبدء بالعمل عليه.

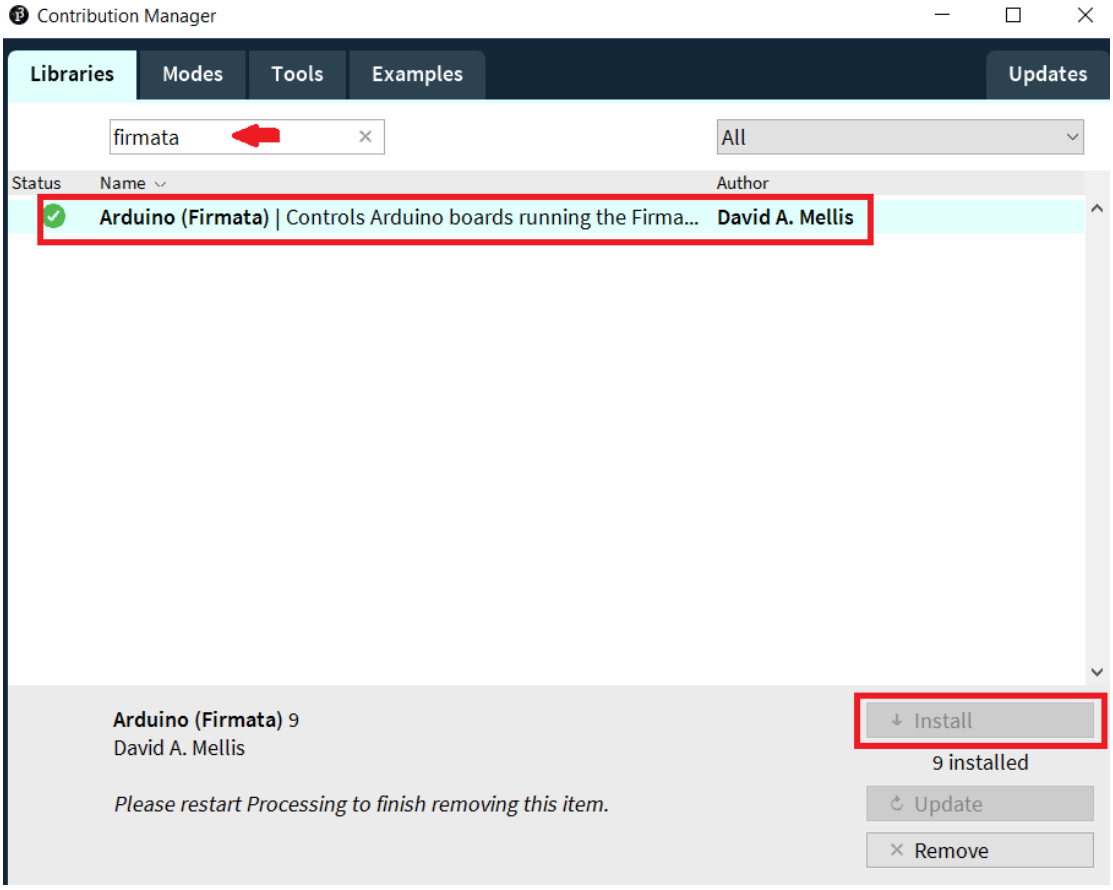
يساعدك الكود البرمجي بمحاكاة ورسم خط الأفق والتحكم به بواسطة حساس الحركة والتسارع.

في البداية عليك تنصيب مكتبة (Arduino (firmata.

من قائمة sketch انقر على import library ثم Add library.



اكتب في خانة البحث firmata وانقر عليها وابدأ بتنزيلها كما هو موضح بالصورة.



قبل رفع الكود البرمجي الخاص بتمثيل خط الأفق إلى لوحة الاردوينو هناك أمور مهمة عليك تحريرها اقرأ شرح الكود البرمجي.

```
import org.firmata.*;
import cc.arduino.*;
import processing.serial.*;
import java.awt.event.KeyEvent;
import java.io.IOException;
import processing.opengl.*;

Serial myPort;
String data="";

float Pitch; // replaces roll and pitch
float Bank;
float Azimuth;

float Phi; //Dimensional axis
float Theta;
float Psi;

float radius = 250.0;
float rho = radius;
float factor = TWO_PI / 40.0; // detail is 40
float x, y, z;

PVector[] sphereVertexPoints;

void setup() {
```

```
size(400, 400, P3D);
smooth();

myPort = new Serial(this, "COM3", 9600); // starts the serial communication
myPort.bufferUntil('\n');
}

void draw() {
background(0);
stroke(100);
strokeWeight(4);
fill(200);
rect(130, 10, 150, 50, 7); // (x,y,w,h, round corner dia)
fill(CLOSE);
fill(0);
rect(150, 30, 70, 25, 7);
fill(CLOSE);

strokeWeight(CLOSE); // very useful
fill(CLOSE);
stroke(CLOSE);

fill(0);
textSize(14);
text("Altitude: ", 150, 50, 50);
fill(CLOSE);
float y1 = y++;

float Alt = abs(Pitch/25+y1*10);

fill(0,255,255);
text(Alt, 160,70,50); // alt, x,y,z
fill(CLOSE);


fill(0, 0, 255);
textSize(12);
text(" m/s", 220, 70, 50 );
fill(CLOSE);

translate(width/2, height/2, -250); // camera placement
lights();


textLayer();
MakeAnglesDependentOnMPU6050();

fill(100);
circle(0,0,700); // dark gray circle
fill(CLOSE);

fill(150);
circle(0,0,670); // light grey circle
```

```
fill(CLOSE);

beginShape();

fill(255,255,0);
vertex(-14, -10, 300);
vertex(14, -10, 300); // yellow triangle, each vertex is x and y coords
vertex(0, -20, 300);
vertex(0, -20, 300);
stroke(0);
strokeWeight(2);
stroke(CLOSE);

endShape(CLOSE);


beginShape();
fill(255,255,0);
stroke(0);
strokeWeight(2);
stroke(CLOSE);
vertex(-50, -5, 300);
vertex( 50, -5, 300); // yellow line
vertex( 50, -10, 300);
vertex(-50, -10, 300);
fill(CLOSE);
endShape(CLOSE);


fill(210);
arc(-120, 0, 380, 525, PI/2, 3*PI/2); // left gauge fill
arc(120, 0, -380, -525, PI/2, 3*PI/2); // right gauge fill
fill(CLOSE);

pushMatrix();


rotateX(radians(Bank));
rotateZ(radians(Pitch)); // comment out to change to mouse
rotateY(radians(Azimuth));


// rotateX(radians(mouseY)); // comment in, to change to mouse.
// rotateY(radians(mouseX));
for(float PHI = 0.0; PHI < HALF_PI; PHI += factor) {

beginShape(QUAD_STRIP);
stroke(240);
strokeWeight(1);

for(float THETA = 0.0; THETA < TWO_PI + factor; THETA += factor) {

x = rho * sin(PHI) * cos(THETA);
```

```
z = rho * sin(PHI) * sin(THETA);
y = -rho * cos(PHI);

vertex(x, y, z);

x = rho * sin(PHI + factor) * cos(THETA);
z = rho * sin(PHI + factor) * sin(THETA);
y = -rho * cos(PHI + factor);

vertex(x, y, z);
fill(100, 100,255);
}
endShape(CLOSE);
}

for(float phi = 0.0; phi < HALF_PI; phi += factor) {
beginShape(QUAD_STRIP);
for(float theta = 0.0; theta < TWO_PI + factor; theta += factor) {
x = rho * sin(phi) * cos(theta);
z = rho * sin(phi) * sin(theta);
y = -rho * cos(phi);

vertex(-x, -y, -z);

x = rho * sin(phi + factor) * cos(theta);
z = rho * sin(phi + factor) * sin(theta);
y = -rho * cos(phi + factor);

vertex(-x, -y, -z);
fill(255,128,0);

}

endShape(CLOSE);

}
popMatrix();
//////////////////////////////////////////////////////////////////////
} // void draw
////////////////////////////////////////////////////////////////////////
void textLayer() {


MakeAnglesDependentOnMPU6050();

/*pushMatrix();

rotateX(Bank/10);
rotateY(-Pitch/10);
rotateZ(Azimuth/10);

fill(255);
```

```
textSize(15);
text( "50", 0, 110, 230);
text( "90", 0, 180, 200);

popMatrix(); */

//////////////////////////////////////////////////////////

pushMatrix();

float y1 = y++;
float alt = abs(Pitch/25+y1*10+90);


beginShape();
rotateZ(alt);
stroke(255,255,0); // throttle measurement yellow
strokeWeight(8);
line(0,0,-310, 0);
stroke(CLOSE);
endShape();
strokeWeight(CLOSE);

popMatrix();

//////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
int radius = 300;
int lines = 5*17;

for (int a=120; a<240; a=a+360/lines) {

float x = radius * cos(radians(a)); // gauge lines
float y = radius * sin(radians(a));


stroke(50);
line(0,0,x,y);
line(0,0,-x,-y);
strokeWeight(3);
stroke(CLOSE);

}

//////////////////////////////////////////////////////////

for (int a=120; a<160; a=a+360/lines) {

float x = radius * cos(radians(a)); // red gauge lines
float y = radius * sin(radians(a));

stroke(255,0,0);
line(0,0,-x,-y);
strokeWeight(3);
```

```
stroke(CLOSE);
}

for (int a=160; a<190; a=a+360/lines) {

float x = radius * cos(radians(a)); // orange gauge lines
float y = radius * sin(radians(a));

stroke(255,128,0);
line(0,0,-x,-y);
strokeWeight(3);
stroke(CLOSE);

}


for (int a=220; a<240; a=a+360/lines) {

float x = radius * cos(radians(a)); // red gauge max throttle
float y = radius * sin(radians(a));

stroke(255,0,0);
strokeWeight(3);
line(0,0,x,y);
stroke(CLOSE);

}

//////////////////////////////////////////////////////////////////

}
//////////////////////////////////////////////////////////////////////////
void serialEvent(Serial myport) { //Reading the datas by Processing.

String input = myport.readStringUntil('\n');

if (input != null) {

input = trim(input);
String[] values = split(input, " ");

if (values.length == 3) {

float phi = float(values[0]);
float theta = float(values[1]);
float psi = float(values[2]);

print(phi);
print(theta);
println(psi);

Phi = phi;
Theta = theta;
```

```
Psi = psi;
}
}
}

////////////////////////////////////////////////////////////////////////
void MakeAnglesDependentOnMPU6050() {

Bank = round(-Theta);
Pitch =round(-Phi-3);
Azimuth = round(Psi/700);


// Bank = -Phi/10;
// Pitch = Theta/10; // use these values for the ADXL345
// Azimuth = Psi/10;

}

////////////////////////////////////////////////////////////////////////
```

شرح الكود البرمجي

هنا يتم استدعاء المكتبات الضرورية مثل org.firmata.* و cc.arduino.* و processing.serial.* و processing.serial.* و java.awt.event.KeyEvent و java.io.IOException و processing.opengl.*.

```
import org.firmata.*;
import cc.arduino.*;
import processing.serial.*;
import java.awt.event.KeyEvent;
import java.io.IOException;
import processing.opengl.*;
```

المتغير myPort من النوع Serial يحمل قيمة المدخل التسلسلي.

```
Serial myPort;
```

هناك مصطلحات يجب معرفتها:

الخطران Pitching: التحكم بمقدمة الطائرة سواء إلى الأعلى أو الأسفل.
Banking: إمالة الطائرة على الجنب.
Azimuth: هو زاوية بين المحور Y الموجب والشمال المغناطيسي ويتراوح مداها بين 0 و 360 درجة.

```
float Pitch; // replaces roll and pitch
float Bank;
float Azimuth;
```

هنا يتم تعريف زوايا أويلر (Phi, Theta, Psi): هي ثلاث زوايا لوصف وجهة جسم صلب (الجسم الذي لا تتغير الأبعاد لنسبية بين نقاطه بتقدم الزمن) في الفضاء الإقليدي ثلاثي الأبعاد.

```
float Phi; //Dimensional axis
float Theta;
float Psi;
```

هنا يتم تعريف المتغير radios نصف القطر ويحمل القيمة 250.0.

والمتغير rho يأخذ نفس قيمة المتغير radios.

المتغير factor يأخذ القيمة TWO_PI هو ثابت رياضي بقيمة 6.28318530717958647693 ضعف نسبة محيط الدائرة إلى قطرها مقسوم على 40,0.

المتغيرات x,y و z يتم قراءة قيمها من حساس الحركة والتسارع في ثلاث اتجاهات.

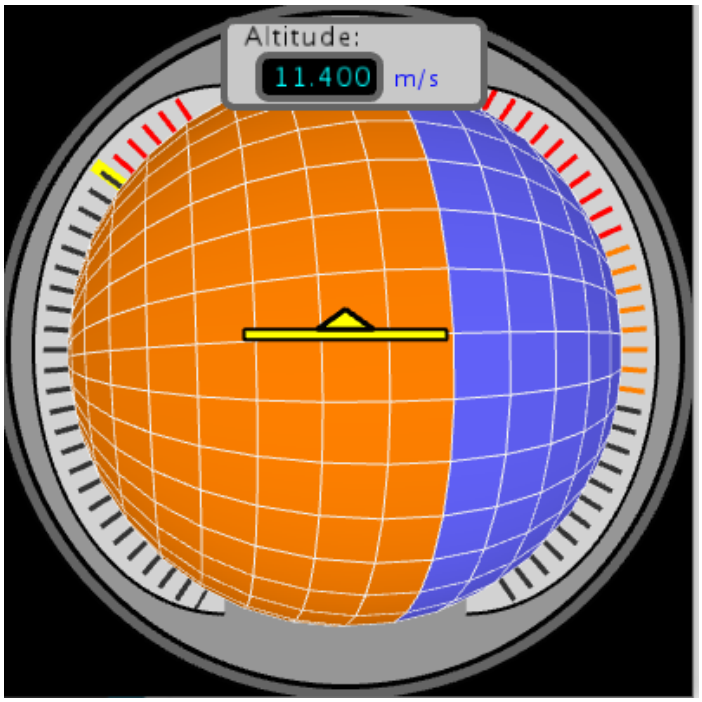
```
float radius = 250.0;
float rho = radius;
float factor = TWO_PI / 40.0; // detail is 40
float x, y, z;
```

PVector[] هو عبارة عن class يتم فيه وصف الأبعاد الثنائية والثلاثية الأبعاد.

هنا سيتم استخدام مجسم ثلاثي الأبعاد كروي.

```
PVector[] sphereVertexPoints;
```

شكل المجسم المستخدم في الدرس:



في الدالة setup():

يتم توضيح حجم المجسم الكروي ثلاثي الأبعاد size(400, 400, P3D).

وهنا myPort = new Serial(this, “COM3”, 9600) يتم تحديد قيمة مدخل الاتصال التسلسلي. (هذا السطر قابل للتحرير بناء على القيمة الموجودة لديك).

```
void setup()
{
size(400, 400, P3D);
smooth();
myPort = new Serial(this, "COM3", 9600); // starts the serial communication
myPort.bufferUntil('\n');
}
```

في الدالة ()draw سيتم تعيين لون الخلفية باللون الأسود ويساوي القيمة 0.

```
void draw()
{
background(0);
```

سيتم رسم مستطيلان لتوضيح الارتفاع Altitude.

المستطيل الأول مغلق بلون رمادي قيمته 200 وحدود قيمتها 100.

مكانها على محور x= 130 وعلى محور y=10 عرضها=150 طولها= 50.

```
stroke(100);
strokeWeight(4);
fill(200);
rect(130, 10, 150, 50, 7); // (x,y,w,h, round corner dia)
fill(CLOSE);
```

المستطيل الثاني مغلق بلون أسود قيمته 0.

مكانها على محور x= 150 وعلى محور y=30 عرضها=70 طولها= 25.

```
fill(0);
rect(150, 30, 70, 25, 7);
fill(CLOSE);

strokeWeight(CLOSE); // very useful
fill(CLOSE);
stroke(CLOSE);
fill(0);
textSize(14);
text("Altitude: ", 150, 50, 50);
fill(CLOSE);
```

المستطيل الأول سيكتب داخله الارتفاع Altitude وحجم الخط 14.

```
textSize(14);
text("Altitude: ", 150, 50, 50);
fill(CLOSE);
```

المستطيل الثاني سيكتب داخله قيمة الارتفاع Altitude.

```
float Alt = abs(Pitch/25+y1*10);

fill(0,255,255);
text(Alt, 160,70,50); // alt, x,y,z
fill(CLOSE);
```

وفي نهاية يمين المستطيل سيتم كتابة الوحدة المستخدمة باللون الأزرق.

```
fill(0, 0, 255);
textSize(12);
text(" m/s", 220, 70, 50 );
fill(CLOSE);
```

سيتم رسم دائرة لونها رمادي غامق.

```
fill(100);
circle(0,0,700); // dark gray circle
fill(CLOSE);
```

ودائرة باللون المادي الفاتح.

```
fill(150);
circle(0,0,670); // light grey circle
fill(CLOSE);
```

هنا سيتم رسم المثلث الصغير الذي سيظهر بالمنتصف.

```
fill(255,255,0);
vertex(-14, -10, 300);
vertex(14, -10, 300); // yellow triangle, each vertex is x and y coords
vertex(0, -20, 300);
vertex(0, -20, 300);
stroke(0);
strokeWeight(2);
stroke(CLOSE);

endShape(CLOSE);
```

هنا سيتم رسم الخط الأصفر.

```
beginShape();
fill(255,255,0);
stroke(0);
strokeWeight(2);
stroke(CLOSE);
vertex(-50, -5, 300);
vertex( 50, -5, 300); // yellow line
vertex( 50, -10, 300);
vertex(-50, -10, 300);
fill(CLOSE);
```

```
endShape(CLOSE);
```

هنا سيتم رسم الخطوط الصغيرة المتقطعة على حدود المجسم الكروي.

```
fill(210);
arc(-120, 0, 380, 525, PI/2, 3*PI/2); // left gauge fill
arc(120, 0, -380, -525, PI/2, 3*PI/2); // right gauge fill
fill(CLOSE);

pushMatrix();
```

سيكون التحكم بخط الأفق من قبل المستخدم بواسطة حساس الحركة والتسارع.

```
rotateX(radians(Bank));
rotateZ(radians(Pitch)); // comment out to change to mouse
rotateY(radians(Azimuth));


// rotateX(radians(mouseY)); // comment in, to change to mouse.
// rotateY(radians(mouseX));
```

سيتم رسم شريط رباعي الشكل على المجسم الكروي.

ودوران x,y و z بناء على القيم المقروءة من الحساس.

وسيتم استبدال Alt بالقيمة التي تم احتسابها.

```
for(float PHI = 0.0; PHI < HALF_PI; PHI += factor) {
beginShape(QUAD_STRIP);
stroke(240);
strokeWeight(1);

for(float THETA = 0.0; THETA < TWO_PI + factor; THETA += factor) {
x = rho * sin(PHI) * cos(THETA);
z = rho * sin(PHI) * sin(THETA);
y = -rho * cos(PHI);

vertex(x, y, z);
x = rho * sin(PHI + factor) * cos(THETA);
z = rho * sin(PHI + factor) * sin(THETA);
y = -rho * cos(PHI + factor);

vertex(x, y, z);
x = rho * sin(phi + factor) * cos(theta);
z = rho * sin(phi + factor) * sin(theta);
y = -rho * cos(phi + factor);
vertex(-x, -y, -z);
fill(255,128,0);
}
endShape(CLOSE);
}
popMatrix();
```

```
//////////////////////////////////////////////////////////////////
} // void draw
////////////////////////////////////////////////////////////////////
```

سيتم حساب قيمة الارتفاع بناء على القيم المقروءة من حساس الحركة والتسارع في ثلاث اتجاهات.

```
void textLayer() {
MakeAnglesDependentOnMPU6050();

/*pushMatrix();

rotateX(Bank/10);
rotateY(-Pitch/10);
rotateZ(Azimuth/10);

fill(255);

textSize(15);
text( "50", 0, 110, 230);
text( "90", 0, 180, 200);

popMatrix(); */

//////////////////////////////////////////////////////

pushMatrix();

float y1 = y++;
float alt = abs(Pitch/25+y1*10+90);
```

هنا سيتم تدوير المثلث الأصفر بناء على قيمة Alt.

```
beginShape();
rotateZ(alt);
stroke(255,255,0); // throttle measurement yellow
strokeWeight(8);
line(0,0,-310, 0);
stroke(CLOSE);
endShape();
strokeWeight(CLOSE);
```

الخطوط المتقطعة على جوانب المجسم ستكون باللون الأسود والأحمر والبرتقالي.

```
int radius = 300;
int lines = 5*17;

for (int a=120; a<240; a=a+360/lines) {

float x = radius * cos(radians(a)); // gauge lines
```

```
float y = radius * sin(radians(a));


stroke(50);
line(0,0,x,y);
line(0,0,-x,-y);
strokeWeight(3);
stroke(CLOSE);

}

//////////////////////////////////////////////////////////

for (int a=120; a<160; a=a+360/lines) {

float x = radius * cos(radians(a)); // red gauge lines
float y = radius * sin(radians(a));

stroke(255,0,0);
line(0,0,-x,-y);
strokeWeight(3);
stroke(CLOSE);
}

for (int a=160; a<190; a=a+360/lines) {

float x = radius * cos(radians(a)); // orange gauge lines
float y = radius * sin(radians(a));

stroke(255,128,0);
line(0,0,-x,-y);
strokeWeight(3);
stroke(CLOSE);

}


for (int a=220; a<240; a=a+360/lines) {

float x = radius * cos(radians(a)); // red gauge max throttle
float y = radius * sin(radians(a));

stroke(255,0,0);
strokeWeight(3);
line(0,0,x,y);
stroke(CLOSE);

}
```

إمكانية الوصول للبيانات المقروءة من الحساس عن طريق المنفذ الناقل التسلسلي.

```
void serialEvent(Serial myport) { //Reading the datas by Processing.
```

```
String input = myport.readStringUntil('\n');

if (input != null) {

input = trim(input);
String[] values = split(input, " ");

if (values.length == 3) {

float phi = float(values[0]);
float theta = float(values[1]);
float psi = float(values[2]);

print(phi);
print(theta);
println(psi);

Phi = phi;
Theta = theta;
Psi = psi;
}
}
}
```

في الدالة ()MakeAnglesDependentOnMPU6050 يتم إسناد قيمة Bank و Pitch و Azimuth بناء على القراءات من حساس الحركة والتسارع في ثلاث اتجاهات.

```
void MakeAnglesDependentOnMPU6050() {

Bank = round(-Theta);
Pitch =round(-Phi-3);
Azimuth = round(Psi/700);


// Bank = -Phi/10;
// Pitch = Theta/10; // use these values for the ADXL345
// Azimuth = Psi/10;

}
```

يمكنك اختبار محاكي خط الأفق الخاص بك.

لا تنسَ فصل مصدر الطاقة بعد الانتهاء من استخدام النظام.