



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

อุปกรณ์ติดตามตรวจวัดแรงสั่นสะเทือนของบรรจุภัณฑ์แก้ว
Glass Packaging Vibration Tracker

นางสาวพลอยศิณี บุญอยู่

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

อุปกรณ์ติดตามตรวจวัดแรงสั่นสะเทือนของบรรจุภัณฑ์แก้ว
Glass Packaging Vibration Tracker

นางสาวพลอยศิณี บุญอยู่

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา อุปกรณ์ติดตามตรวจวัดแรงสั่นสะเทือนของบรรจุภัณฑ์แก้ว

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาวพลอยศิณี บุญอยู่

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชา วิศวกรรมการวัดและควบคุม

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ รศ.ดร.เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายสุพรรณ วงศ์สวัสดิชาติ

ชื่อสถานประกอบการ บริษัท อุตสาหกรรมทำเครื่องแก้วไทย จำกัด(มหาชน)

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนออุปกรณ์ติดตามตรวจวัดแรงสั่นสะเทือนของบรรจุภัณฑ์แก้ว ในขณะที่ทำการส่งมอบให้ลูกค้า ที่มาของโครงการนี้เกิดจากบรรจุภัณฑ์แก้วได้รับความเสียหายขณะทำการส่งมอบให้ลูกค้า และถูกลูกค้า Complaint และส่งคืนสินค้า เนื่องจากลูกค้าให้ความสำคัญกับคุณภาพสินค้ามาก ทำให้ลูกค้ามีความกังวลในการสั่งซื้อสินค้าและบริษัทขาดความน่าเชื่อถือ ดังนั้นทางบริษัทฯ จึงได้มีแนวคิดในการสร้างเครื่องทดสอบแรงสั่นสะเทือนจำลองขึ้น เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์แก้วว่าสามารถทนต่อแรงสั่นสะเทือนจากการขนส่งได้หรือไม่

แต่การจะสร้างเครื่องจำลองนี้ขึ้นมาได้จะต้องมีการสร้างอุปกรณ์ติดตามบันทึกข้อมูลแรงสั่นสะเทือนก่อน จากนั้นจึงนำข้อมูลแรงสั่นสะเทือนมาเป็นข้อมูลให้เครื่องทดสอบแรงสั่นสะเทือนจำลอง สร้างแรงสั่นสะเทือนได้ตามข้อมูลแรงสั่นสะเทือนที่ได้จากอุปกรณ์ ด้วยเหตุนี้ทางบริษัทฯ จึงมอบหมายให้ผู้จัดทำจัดสร้างอุปกรณ์ติดตามบันทึกข้อมูลแรงสั่นสะเทือนขึ้น อุปกรณ์ที่นำเสนอใช้โปรแกรม Arduino IDE ในการควบคุมตรวจวัดและบันทึกข้อมูลค่าความเร่ง 3 แกน และค่าความเร็วเชิงมุม 3 แกน รวมทั้งใช้โปรแกรม LabVIEW ในการสร้างส่วนแสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูลค่าความเร่ง 3 แกน และค่าความเร็วเชิงมุม 3 แกน ที่ได้จากอุปกรณ์มาเป็นข้อมูลแรงสั่นสะเทือน โดยใช้เซ็นเซอร์วัดแรงสั่นสะเทือนรุ่น MPU-9250 ในการวัดค่าความเร่ง 3 แกน และค่าความเร็วเชิงมุม 3 แกน จากการทดลองพบว่าอุปกรณ์สามารถตรวจวัดและเก็บข้อมูลค่าความเร่ง 3 แกน และค่าความเร็วเชิงมุม 3 แกน มาวิเคราะห์และแสดงผลเป็นข้อมูลแรงสั่นสะเทือนได้จริง

คำสำคัญ: เซ็นเซอร์วัดแรงสั่นสะเทือน, แลปวิว, เอ็มทียู-9250

Co-operative Title: Glass Packaging Vibration Tracker

Student Intern Name: Miss Phloisini Bunhyu

Faculty: Engineering

Department: Instrumentation and Control Engineering

Advisor Name: Assoc. Prof. Dr. Kaset Sirisantamrid

Mentor Name: Mr. Suraphan Wongsawatdichart

Company: Thai Glass Industries Public Company Limited

ABSTRACT

This project presents a glass packaging vibration tracker for measuring the vibrations of glass packaging on transportation. This project originated from the damage of glass packing during delivery to the customer and the complaint from customer. Due to the customer need the qualified product and the delivery of quantity same as order in which it makes the company are lack in reliability. Therefore, the company has an idea of creating a simulated vibration test machine to test the pallet of the glass packaging whether it can withstand vibration from the transportation or not.

To make the simulator, the glass packaging vibration tracker is required to build first to collect the vibration data for the vibration test machine. For this reason, the company has assigned to produce it consists of the Arduino IDE program and MPU-9250 vibration sensor for measuring and recording of 3-axis acceleration values and 3-axis angular velocity values. Then, LabVIEW program is used to analyze 3-axes acceleration data and 3-axes angular velocity data and display the vibration of glass packaging. On experiments, it was found that the proposed vibration tracker can measure, store and analyze the 3-axes acceleration and 3-axes angular velocity data and display the vibration data.

Keyword: vibration sensor, LabVIEW, MPU-9250

กิตติกรรมประกาศ

การที่ข้าพเจ้าได้มาฝึกสหกิจศึกษา ณ บริษัท อุตสาหกรรมทำเครื่องแก้วไทย จำกัด(มหาชน) ตั้งแต่ วันที่ 6 เดือนสิงหาคม พ.ศ.2561 ถึงวันที่ 23 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2561 ส่งผลให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆ ที่มีค่ามากมาย สำหรับรายงานสหกิจศึกษานี้ สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่ายดังนี้

1. รศ.ดร.เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่เห็นความสำคัญของระบบการศึกษา และได้ให้โอกาสที่มีคุณค่ายิ่งแก่ข้าพเจ้า

2. คุณสุพรรณ วงศ์สวัสดิชาติ ตำแหน่งผู้จัดการส่วนวิศวกรรมหน้าราง ซึ่งเป็นพนักงานที่ปรึกษาและบุคคลท่านอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำรายงานฉบับนี้ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล เป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนให้การดูแลและให้ความเข้าใจเกี่ยวกับชีวิตการทำงานจริง ข้าพเจ้าขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

พลอยศิณี บุญอยู่

สารบัญ

บทที่.....	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	1
1.4 วิธีดำเนินการทำโครงการ	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 อุปกรณ์ และโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ARDUINO.....	3
2.1.1 ส่วนประกอบของ Arduino.....	3
2.2 ACCELEROMETER SENSOR และ GYROSCOPE.....	4
2.2.1 การวัดความเร่งในการเอียง.....	5
2.3 โปรแกรม LABVIEW	6
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ	8
3.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้.....	8
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน	12
บทที่ 4 ผลการทดลอง	20
4.1 การทดลองความเร่งของแต่ละแกนตามแรงโน้มถ่วงโลก (g)	20
4.2 การทดลองความเร็วเชิงมุม	20
4.3 การทดลองแรงสั่นสะเทือนจากมอเตอร์.....	22

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	25
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	25
5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไข.....	25
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	25
เอกสารอ้างอิง.....	26
ภาคผนวก.....	27



สารบัญตาราง

ตารางที่.....	หน้า
ตารางที่ 1.1 แสดงแผนการดำเนินงาน.....	2
ตารางที่ 4.1 ผลการวัดค่าความเร่งของแต่ละแกนตามแรงโน้มถ่วงโลก.....	20



สารบัญภาพ

ภาพที่.....	หน้า
ภาพที่ 2.1 บอร์ด Arduino.....	3
ภาพที่ 2.2 โปรแกรม Arduino IDE.....	4
ภาพที่ 2.3 ลักษณะการเอียงในทิศทางต่างๆ.....	5
ภาพที่ 2.4 แกน XYZ ในทิศทางต่างๆ.....	6
ภาพที่ 2.5 การเข้าสู่โปรแกรม LAB VIEW 2017.....	6
ภาพที่ 3.1 บอร์ด Arduino Uno REV3 SMD และ Case	8
ภาพที่ 3.2 Vibration Sensor รุ่น MPU-9250.....	9
ภาพที่ 3.3 Micro SD Card Module.....	10
ภาพที่ 3.4 สายไฟ(ผู้-เมีย).....	10
ภาพที่ 3.5 แบตเตอรี่สำรอง.....	11
ภาพที่ 3.6 Wiring Diagram ของ Arduino กับ MPU-9250 และ Micro SD Card Module.....	12
ภาพที่ 3.7 โปรแกรม Arduino IDE ควบคุม MPU-9250.....	15
ภาพที่ 3.8 โปรแกรม Arduino IDE ควบคุมบันทึกข้อมูล.....	15
ภาพที่ 3.9 ไฟล์ DATAfull.txt.....	16
ภาพที่ 3.10 Block Diagram โปรแกรม LabVIEW.....	17
ภาพที่ 3.11 Front Panel โปรแกรม LabVIEW แสดงผลตาราง กราฟ และรูปภาพ 3 มิติ.....	18
ภาพที่ 3.12 ประกอบอุปกรณ์.....	19
ภาพที่ 4.1 การเตรียมการทดลองความเร็วเชิงมุม.....	20
ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงผลการวัดค่าความเร็วเชิงมุม.....	21
ภาพที่ 4.3 การเตรียมการทดลองแรงสั่นสะเทือนจากมอเตอร์.....	22
ภาพที่ 4.4 หน้าจอแสดงผลการทดลองแรงสั่นสะเทือนจากมอเตอร์.....	23

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

บริษัท อุตสาหกรรมทำเครื่องแก้วไทย จำกัด (มหาชน) มีการดำเนินการทางธุรกิจด้านบรรจุภัณฑ์แก้วในไทยมากกว่า 60 ปี และได้เข้าร่วมทุนกับบริษัทออสเตรเลีย คอนโซลิเดเต็ด อินดัสตรี จำกัด ประเทศออสเตรเลีย ซึ่งต่อมาคือบริษัทโอเวน อิลินอยด์ และก่อตั้งบริษัท อุตสาหกรรมทำเครื่องแก้วไทย จำกัด (มหาชน) โดยได้รับการสนับสนุนเทคโนโลยีที่ทันสมัย นับเป็นโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์แก้วที่ใช้เครื่องจักรอัตโนมัติรายแรกในไทยและในเอเชีย ปัจจุบันบริษัทกำลังการผลิตมากกว่า 1,700 ตันต่อวัน ซึ่งสามารถผลิตแก้วได้มากเพียงพอ แต่ก็ยังประสบปัญหาการถูกส่งคืนสินค้าบรรจุภัณฑ์แก้ว เนื่องจากบรรจุภัณฑ์แก้วได้รับความเสียหายเมื่อขนส่งไปถึงลูกค้า ซึ่งลูกค้าให้ความสำคัญกับคุณภาพสินค้ามาก ลูกค้าจึงเกิดความกังวลในการสั่งซื้อสินค้า ทำให้บริษัทขาดความน่าเชื่อถือ ดังนั้นทางบริษัทจึงได้มีแนวคิดในการสร้างเครื่องทดสอบแรงสั่นสะเทือนจำลองขึ้น เพื่อทดสอบพาเลตของบรรจุภัณฑ์แก้วว่าสามารถทนต่อแรงสั่นสะเทือนจากการขนส่งได้หรือไม่

แต่การจะสร้างเครื่องจำลองนี้ขึ้นมาได้ จะต้องมีการสร้างอุปกรณ์ติดตามบันทึกข้อมูลแรงสั่นสะเทือนก่อน จากนั้นจึงนำข้อมูลแรงสั่นสะเทือนมาเป็นข้อมูลแบบอย่างให้เครื่องทดสอบแรงสั่นสะเทือนจำลอง สามารถสร้างแรงสั่นสะเทือนได้ตามข้อมูลแรงสั่นสะเทือนที่ได้จากอุปกรณ์ ดังนั้นทางบริษัทฯ จึงมอบหมายให้ผู้จัดทำจัดทำอุปกรณ์ติดตามบันทึกข้อมูลแรงสั่นสะเทือนขึ้น ด้วยเหตุนี้เองจึงเป็นที่มาของโครงงานสหกิจศึกษา

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาแรงสั่นสะเทือนของบรรจุภัณฑ์แก้วที่เกิดจากการขนส่ง
2. เพื่อสร้างอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแรงสั่นสะเทือนของบรรจุภัณฑ์แก้ว
3. เพื่อนำข้อมูลแรงสั่นสะเทือนของบรรจุภัณฑ์แก้วมาทดสอบและวิเคราะห์ย้อนหลังได้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. ออกแบบโปรแกรมควบคุมและเก็บข้อมูลแรงสั่นสะเทือน โดยใช้โปรแกรม Arduino IDE Vibration Sensor รุ่น MPU-9250 และ Micro SD Card Module เท่านั้น
2. ออกแบบโปรแกรมวิเคราะห์และแสดงผลตาราง กราฟ และรูปภาพ 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม LabVIEW

1.4 วิธีดำเนินการทำโครงการงาน

ตารางที่ 1.1 แสดงแผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงาน	เดือน			เดือน		
	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม
ศึกษาโรงงานและวางแผนโครงการงาน	■					
ศึกษาการใช้งานโปรแกรม SOLIDWORKS และ PLC Omron	■					
ศึกษาการใช้งานโปรแกรม LabVIEW และ Arduino		■				
เขียนโปรแกรม Arduino กับ Vibration Sensor (MPU-9250)		■	■			
เขียนโปรแกรม LabVIEW			■	■		
ทดลอง ปรับปรุง และประกอบอุปกรณ์				■	■	
จัดทำรูปเล่มโครงการและนำเสนอ					■	■
นำเสนอผลงาน						■

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำอุปกรณ์ไปตรวจวัดและจัดเก็บข้อมูลแรงสั่นสะเทือนได้
2. สามารถนำข้อมูลที่จัดเก็บมาวิเคราะห์และแสดงผลได้
3. สามารถนำข้อมูลที่วิเคราะห์ไปประยุกต์ใช้กับเครื่องทดสอบแรงสั่นสะเทือนจำลองต่อไปได้

บทที่ 2

อุปกรณ์และโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง

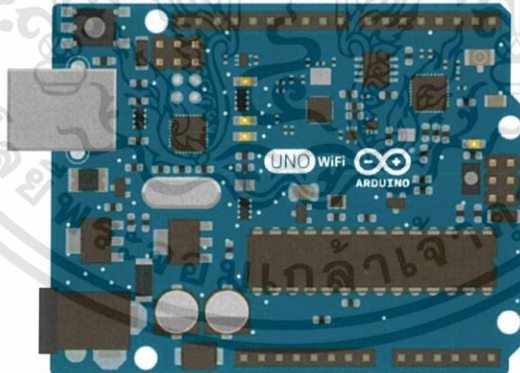
2.1 Arduino [1][2]

Arduino เป็นภาษาอิตาลี อ่านว่า "อาดูอีโน" หรือจะเรียกว่า "อาดูยโน" ก็ได้ Arduino เป็น Open-Source Platform (แพลตฟอร์มสาธารณะ) โดยเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR สำหรับการสร้างต้นแบบทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ง่ายต่อการใช้งาน Arduino ถูกใช้ประโยชน์ในลักษณะเดียวกับ MCU (Microcontroller Unit) อื่นๆ คือ ใช้ติดต่อสื่อสารและควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ ด้วยการเขียนโปรแกรมให้กับ MCU เพื่อควบคุมการรับส่งสัญญาณทางไฟฟ้าตามเงื่อนไขต่างๆ โดยตัวอย่างการประยุกต์ใช้ Arduino ในชีวิตประจำวัน เช่น ระบบเปิด/ปิดไฟอัตโนมัติ ระบบเปิดปิดประตูอัตโนมัติ ระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ หรือใช้ควบคุมความเร็วและทิศทางการหมุนของมอเตอร์ เป็นต้น

2.1.1 ส่วนประกอบของ Arduino

1. ส่วนที่เป็น Hardware

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) เป็นการร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ประกอบเป็นบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน หรือที่เรียกกันว่า บอร์ด Arduino โดยบอร์ด Arduino เองก็มีหลายรุ่นให้เลือกใช้ โดยในแต่ละรุ่นอาจมีความแตกต่างกันในเรื่องของขนาดหรือสเปก เช่น จำนวนของขา รับส่งสัญญาณ เป็นต้น



ภาพที่ 2.1 บอร์ด Arduino

2. ส่วนที่เป็น Software

ภาษา C/C++ เป็นภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมควบคุม Arduino IDE เป็นเครื่องมือสำหรับเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Arduino คอมไพล์โปรแกรม (Compile) และอัปโหลด (Upload) โปรแกรมลงบอร์ด



ภาพที่ 2.2 โปรแกรม Arduino IDE

2.2 Accelerometer Sensor และ Gyroscope [3]

Accelerometer Sensor คือ Sensor วัดความเร่งเพิ่มขึ้นหรือลดลง (ในหน่วย m/s^2) เช่น ความเร่งของแรงโน้มถ่วงก็คือ $9.81 m/s^2$ หรือ a (มาจาก Acceleration) เป็นเซ็นเซอร์ตรวจจัดการ โดยหลักการทำงานให้สมมติว่ามีห้องสี่เหลี่ยมเล็กๆ ที่ทุกด้านของกำแพงจะมีสปริงติดอยู่เวลาที่ห้องนี้เอียงไปทางใดทางหนึ่ง สปริงก็จะยุบไปด้านนั้นๆ โดยสมมติว่าแรงดันของสปริงมีน้อยกว่าแรงโน้มถ่วงของโลกและใช้วงจรไฟฟ้าในการดึง Output Analog ออกมาใช้งาน (หรือ Output Digital ซึ่งก็แล้วแต่ตัว Sensor เอง)

Gyroscope (วัดความเร็วเชิงมุม) คืออุปกรณ์ที่ทำงานด้วยหลักฟิสิกส์ตามกฎแรงโน้มถ่วงของนิวตัน กำหนดขึ้นในปี 1852 โดยนักฟิสิกส์ที่ชื่อ ฌอง โบนาปต์ เลอง ฟูโกสต์ (Leon Foucault) โดยการนำวงล้อมาติดในวงแหวนที่หมุนได้ โดยที่วงล้อจะนอนอยู่แนวระนาบ แต่วงแหวนสามารถหมุนได้อิสระ และพอฟูโกสต์เปลี่ยนจากวงล้อเป็น Rotor ก็ทำให้ได้พบว่า การเคลื่อนไหวของ Rotor ก็หมุนตัวเองในทิศเดิมของมัน โดยไม่อิงกับแรงโน้มถ่วงโลกเช่นกัน จากการสร้าง Gyroscope นี้ ยุคต้นทศวรรษที่ 19 จึงเป็นประโยชน์กับการสร้างเข็มทิศเครื่อง บินสามารถบอกทิศได้ รวมถึงบอกได้ว่าเครื่องบินอยู่ในระดับที่บินเสถียรเท่าใด ทำให้นักบินสามารถคุมเครื่องให้อยู่ในแนวตรงในสภาพอากาศที่เลวร้ายหรือในเรื่องของเรือ Gyroscope ก็ถูกนำไปใช้กับการนำใบช่วยลดการโคลงของเรือ รวมถึงลดแรงเค้นที่กระดูกงูเรือ ทำให้การโดยสารเรือทำได้นุ่มนวลมากขึ้น

เนื่องจาก Accelerometer ทำงานในแบบมิติเดียว โดยเริ่มจัดการเคลื่อนไหวจากแนวแกนเริ่มต้นที่เครื่องถืออยู่ ปัญหาของการที่ทำงานแนวแกนเดียวคือ การตอบสนองการใช้งานจะไม่แม่นยำ เช่น เล่นเกม

มือถือ เมื่อถือเครื่องเอียง แต่การแสดงผลไม่มา หรือเล่นเกมประเภทขับรถ แล้วไม่สามารถคุมทิศทางได้ ทั้งที่ถือเครื่องตรงแนวและเอียงนิดเดียวเท่านั้น การเพิ่ม Gyroscope จึงเป็นการเสริมการทำงานของเซ็นเซอร์หลักให้มีการทำงานที่แม่นยำมากขึ้น สามารถคำนวณการเคลื่อนไหวแบบหมุนรอบตัวเอง โดยการหมุนรอบตัวเองจะรองรับการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นทุกแนวแกน ไม่ว่าจะเริ่มต้นเคลื่อนไหวจากแนวแกนใดก็ตาม ทำให้การถือเครื่องใช้งาน ไม่ว่าจะเริ่มต้นเครื่องจะกำลังถืออยู่ในแนวแกนไหน มุมไหนก็ตาม การตอบสนองในการเคลื่อนไหวเครื่องจะแม่นยำมากขึ้น

2.2.1 การวัดความเร่งในการเอียง

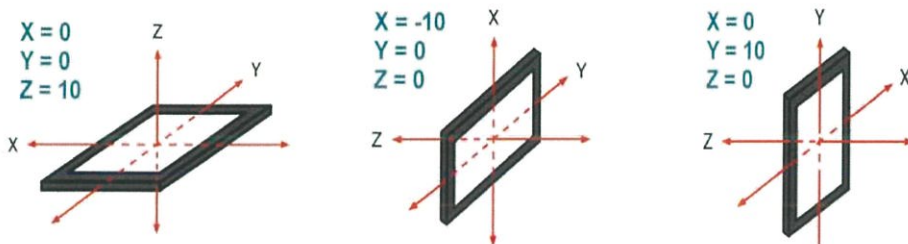
ก็คือการเอียงในแต่ละทิศจะมีลักษณะการเอียงในทิศทางต่างๆ ดังนี้



ภาพที่ 2.3 ลักษณะการเอียงในทิศทางต่างๆ

ให้สังเกตว่า แกน X และ Y จะมีแค่ขึ้นลงเท่านั้น แต่แกน Z จะพิเศษกว่าคือมีทั้งสองแกนที่เคลื่อนที่ ดังนั้นเวลาที่เอียงไปทางแกน X แกน Z ก็จะมีเอียงด้วย และเมื่อเอียงไปทางแกน Y แกน Z ก็จะมีเอียงตาม

Accelerometer จะวัดความเร่งในแต่ละแกนง่ายๆก็คือ เวลาที่เครื่องอยู่นิ่งๆไม่มีการขยับ ค่าแต่ละแกนก็เป็น 0 แต่ในความเป็นจริง อย่าลืมว่ายังมีแรงโน้มถ่วงของโลกอยู่ด้วย ดังนั้นค่าจาก Accelerometer จึงไม่ได้เป็น 0 ทั้งหมด เวลาไม่เคลื่อนที่ ถ้าเราตั้งเครื่องให้แกน Z ตั้งฉากกับพื้นโลก แกน X และ Y จะเป็น 0 แต่ว่าแกน Z จะไม่เป็น 0 เพราะมีแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำอยู่ ดังนั้นค่าที่ได้จากแกน Z จะเป็น 9.8 m/s^2 แต่มันเป็นค่าในอุดมคติ ในความเป็นจริงเป็นไปได้อยู่แล้วที่จะได้ค่าเป็น 9.8 ตลอดเวลา แต่ค่าจะเปลี่ยนแปลงไปมาระหว่างค่า 9.8 ต่ำกว่าบ้าง มากกว่าบ้าง ค่าแกน XYZ จะเป็นไปตามทิศทางดังนี้



ภาพที่ 2.4 แกน XYZ ในทิศทางต่างๆ

ในกรณีนี้คือเครื่องอยู่หนึ่ง ค่า 10 (ปิดค่า) ที่ได้ก็จะเป็นผลของแรง G ของโลก จากนั้นให้ดูภาพที่เครื่องวางตั้งฉากกับพื้นโลก ที่ค่า $X = 0$, $Y = 10$ และ $Z = 0$ สมมติว่าเครื่องเคลื่อนที่ลง (ความเร่งทิศเดียวกับแรง G ของโลก) ค่าความเร่งที่ได้ก็จะมีมากกว่า 10 (แรงโน้มถ่วงโลก + ความเร่งจากเครื่อง) แต่ถ้าเคลื่อนที่ขึ้นข้างบน ก็จะเป็นการสวนทางกับแรงโน้มถ่วงโลก ค่าที่ได้ก็จะน้อยกว่า 10 (แรงโน้มถ่วงโลก - ความเร่งจากเครื่อง)

2.3 โปรแกรม LabVIEW [4]



ภาพที่ 2.5 การเข้าสู่โปรแกรม LAB VIEW 2017

LabVIEW ย่อมาจาก Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench เป็นโปรแกรมที่สร้างเครื่องมือวัดเสมือนจริงและในตัวของโปรแกรมจะประกอบไปด้วยฟังก์ชันในการวัดมากมาย LabVIEW จะแตกต่างจากโปรแกรมอื่นก็คือ ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมคือภาษารูปภาพ หรือเรียกอีกอย่างว่า

ภาษา G (Graphical Language) ซึ่งจะแทนการเขียนโปรแกรมเป็นบรรทัด เช่น ภาษา C, BASIC หรือ FORTRAN ด้วยรูปภาพหรือสัญลักษณ์ทั้งหมด ทำให้ง่ายกว่าการเขียนโปรแกรมเป็นบรรทัด

ประโยชน์อีกประการหนึ่งสำหรับการหนึ่งของการใช้คอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญสำหรับการวัดก็คือ สามารถที่จะเอามาใช้สำหรับทำเป็น Data Logger และ PLC (Programmable Logical Controlled) ได้พร้อมกัน ซึ่งโดยปกติแล้วระบบควบคุมก็จะมีในอุปกรณ์วัดจริงขั้นพื้นฐาน หรือ Data Logger แม้จะเก็บข้อมูลได้แต่การสั่งการปฏิบัติงานกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์อื่น จะมีความยุ่งยากในการออกคำสั่งมากมาย



บทที่ 3 วิธีดำเนินการ

3.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้

1. Arduino Uno SMD REV3 SMD จำนวน 1 อัน



ภาพที่ 3.1 บอร์ด Arduino Uno REV3 SMD และ case

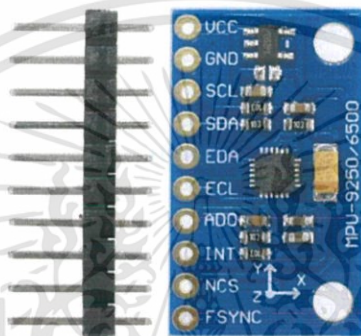
Arduino Uno REV3 SMD เป็นบอร์ดที่ผู้จัดทำเลือกใช้ในการทำโครงงานนี้ มีคุณสมบัติและการทำงานเหมือนกับบอร์ด Arduino UNO R3 ทุกอย่าง แต่สาเหตุที่เลือกใช้ Arduino Uno REV3 SMD เพราะว่ามีราคาถูกกว่ารุ่นอื่น และมีจำนวน I/O เพียงพอต่อการใช้งาน เมื่อต่อกับ Vibration Sensor รุ่น MPU-9250 และ Micro SD Card Module

ข้อมูลจำเพาะของ Arduino Uno REV3 SMD

ชิปไอซีไมโครคอนโทรเลอร์	ATmega328
ใช้แรงดันไฟฟ้า	5V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่แนะนำ)	7 – 12 V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่จำกัด)	6 – 20 V
พอร์ต Digital I/O	14 พอร์ต (มี 6 พอร์ต PWM output)
พอร์ต Analog Input	6 พอร์ต
กระแสไฟที่จ่ายได้ในแต่ละพอร์ต	40 mA
กระแสไฟที่จ่ายได้ในพอร์ต	3.3 V 50 mA
พื้นที่โปรแกรมภายใน	32 KB พื้นที่โปรแกรม, 500B ใช้โดย Bootloader
พื้นที่แรม	2 KB

พื้นที่หน่วยความจำถาวร (EEPROM)	1 KB
ความถี่คริสตัล	16 MHz
ขนาด	68.6 x 53.4 mm
น้ำหนัก	25 กรัม

2. Vibration Sensor รุ่น MPU-9250 จำนวน 1 อัน



ภาพที่ 3.2 Vibration Sensor รุ่น MPU-9250

โมดูล MPU-9250 เป็นเซ็นเซอร์วัดแรงสั่นสะเทือนที่เลือกมาใช้ในการทำโครงงานนี้ โดยนำมาวัดความเร่ง 3 แกน และวัดความเร็วเชิงมุม 3 แกนของบรรจุภัณฑ์แก้ว ซึ่งมีความแม่นยำและเที่ยงตรงมากกว่าเมื่อเทียบกับ Vibration Sensor รุ่น ADXL-335

ข้อมูลจำเพาะของ MPU-9250

รุ่นของโมดูล	MPU-9250
ใช้ชิพ	MPU-9250
แหล่งจ่ายไฟ	3-5 V (ตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้าภายใน)
วิธีการสื่อสาร	โปรโตคอลสื่อสารมาตรฐาน I ² C
ช่วง Gyroscope	$\pm 250 \pm 500 \pm 1000 \pm 2000 \text{ }^\circ / \text{s}$
ช่วงความเร่ง	$\pm 2 \pm 4 \pm 8 \pm 16\text{g}$
ช่วงสนามแม่เหล็ก	$\pm 4800 \text{ }\mu\text{T}$
ระยะห่างระหว่างพิน	2.54 mm
ขนาดโมดูล	15 mm * 25 mm

3. Micro SD Card Module จำนวน 1 อัน



ภาพที่ 3.3 Micro SD Card Module

โมดูลสำหรับบันทึกข้อมูลลง Micro SD Card ใช้สำหรับเพิ่มความสามารถในการบันทึกข้อมูลต่างๆ จากบอร์ด Arduino ลงบน Micro SD Card มีอินเตอร์เฟสแบบ SPI มีไลบรารีสำเร็จรูปให้พร้อมใช้งาน มีวงจรเรกูเลต 3.3V มาให้ในตัวบอร์ด สามารถใช้ไฟได้ในช่วง 4.5V - 5.5V

คุณสมบัติของโมดูลมีดังนี้

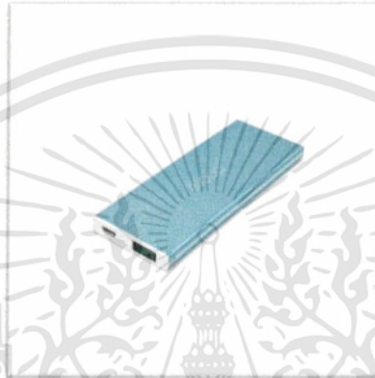
- 1) รองรับการ์ด Micro SD, การ์ด Micro SDHC (การ์ดความเร็วสูง)
 - 2) มีวงจรเรกูเลต 3.3V ในตัวบอร์ด
 - 3) แหล่งจ่ายไฟคือ 4.5V ~ 5.5V, 3.3V แผงวงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้า
 - 4) การสื่อสารมาตรฐานอินเตอร์เฟส SPI
4. สายไฟจัมเปอร์ (ผู้-เมีย) จำนวน 10 เส้น



ภาพที่ 3.4 สายไฟจัมเปอร์(ผู้-เมีย)

สายไฟจัมเปอร์ตัวผู้-ตัวเมีย ยาว 21 เซนติเมตร สีรุ้ง สามารถฉีกแยกใช้งานได้ เหมาะสำหรับ DIY โครงการงานอิเล็กทรอนิกส์ หรือใช้ต่อเพิ่มความยาวของบอร์ดทดลองต่างๆ สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆไม่ว่าจะเป็น Arduino/Module/Sensor เป็นต้น โดยต่อใช้งานกับ Vibration Sensor รุ่น MPU-9250 จำนวน 4 เส้น และต่อใช้งานกับ Micro SD Card Module จำนวน 6 เส้น รวมเป็น 10 เส้น

5. แบตเตอรี่สำรอง Eloop e17 10000 mAh จำนวน 1 อัน



ภาพที่ 3.5 แบตเตอรี่สำรอง

Eloop E17 ความจุ 10,000 mAh ภายนอกเป็นอลูมิเนียม ภายในเป็นเซลล์แบตเตอรี่ Lithium-Polymer มีพอร์ต USB จ่ายไฟ 2.1 A ชาร์จ Smart-Phone, Tablet, Digital-Camera และอุปกรณ์อื่นๆ ได้ มีไฟ LED แสดงสถานะ 4 ดวง (ดวงละ 25%) การจ่ายไฟจะเป็นแบบอัตโนมัติทั้งหมดรวมไปถึงระบบการตัดไฟ และระบบป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร

ข้อมูลจำเพาะของ Eloop e17 10000 mAh

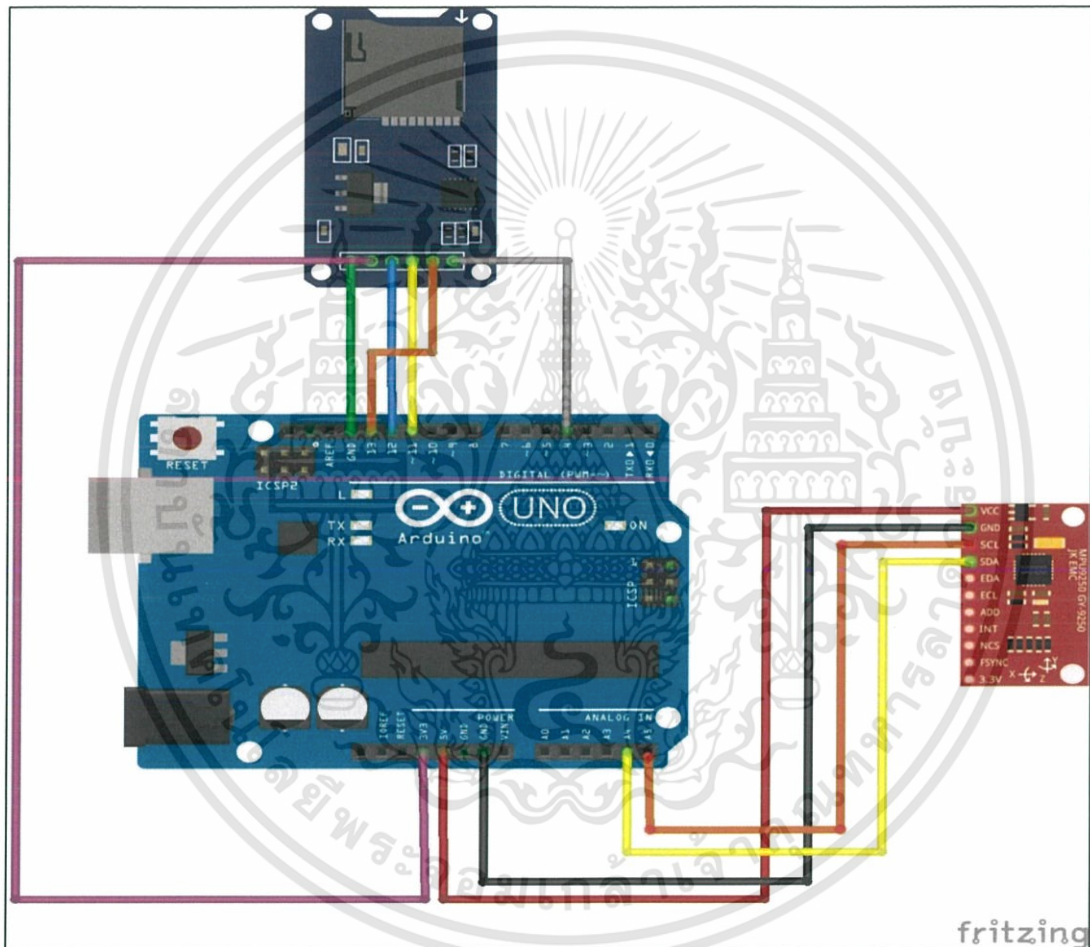
ความจุแบตเตอรี่ Capacity	10,000 mAh
ชนิดแบตเตอรี่	Lithium-ion
Input	DC 5.0 V, 1.0 A
Output 1	DC 5.0 V, 2.1 A
ขนาด	152 x 54 x 12 mm
น้ำหนัก	183 กรัม
ใช้เวลาชาร์จไฟเข้า	10 hrs.

6. กล่องใส่อุปกรณ์ จำนวน 1 อัน

3.2. ขั้นตอนการดำเนินงาน

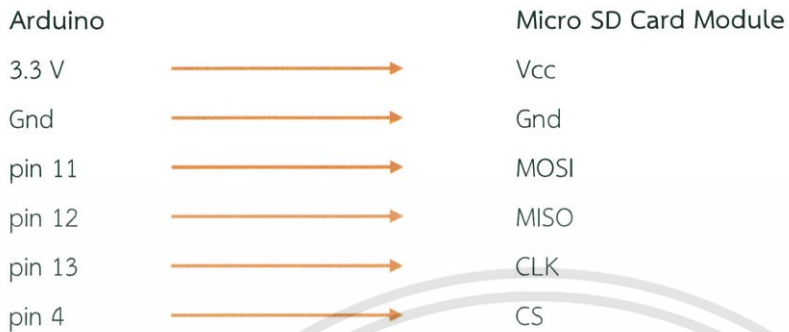
จากภาพที่ 3.6 แสดงการ Wiring Arduino กับ MPU-9250 และ Micro SD Card Module รูปโมดูลสีแดงคือ MPU-9250 โมดูลสีน้ำเงินคือ Micro SD Card Module และโมดูลสีฟ้าคือ Arduino UNO REV3 SMD เมื่อมีการต่อใช้งานแล้ว จะต้องทำการโหลดไลบรารีของทั้งสองโมดูล เพื่อใช้ในการเขียนควบคุมโมดูลทั้งสองนี้ โดยมีการต่อใช้งานดังนี้

1. การ Wiring Arduino กับ MPU-9250 และ Micro SD Card Module

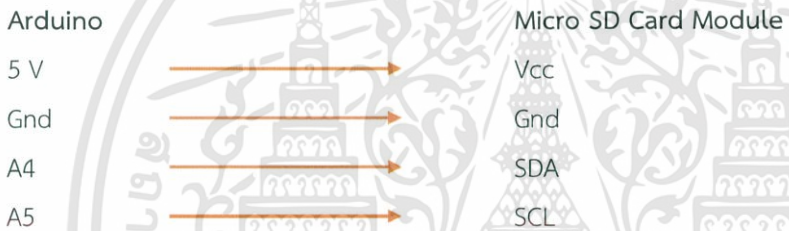


ภาพที่ 3.6 Wiring Diagram ของ Arduino กับ MPU-9250 และ Micro SD Card Module

การต่อ Arduino กับ Micro SD Card Module



การต่อ Arduino กับ MPU-9250



2. เขียนโปรแกรม Arduino IDE ควบคุม MPU-9250

ใช้ไลบรารี MPU-9250 อ่านค่าความเร่ง และความเร่งเชิงมุมจาก MPU-9250 แกน XYZ และเลือกย่านการวัดของความเร่ง คือ $\pm 2g$ ($1g = 9.81 \text{ m/s}^2$) เนื่องจากย่านการวัดของความเร่งมี ($\pm 2 \pm 4 \pm 8 \pm 16g$) เหตุผลที่ใช้ย่านการวัด $\pm 2g$ หาได้จากการคำนวณโดยการสมมติว่าความเร็วสูงสุดที่ใช้ในการขับรถบรรทุกสูง สุด 100 km/h และใช้เวลาในการเบรกจนรถหยุดสนิทเร็วสูงสุดคือ 3 วินาที ดังนั้นความเร่งสามารถคำนวณได้จากสมการ $v = u + at$

โดยค่า $v = 0$, $u = 100 \text{ km/h}$, $t = 3 \text{ s}$ จะได้

$$0 = 100 \text{ km/h} + a(3 \text{ s})$$

$$a = 9.257 \text{ m/s}^2$$

ซึ่งมีค่าน้อยกว่า $1g$ ($1g = 9.81 \text{ m/s}^2$ แรงโน้มถ่วงโลก)

ดังนั้นใช้ย่านการวัด $\pm 2g$ ก็ทำให้มีความละเอียดเพียงพอ

เอาต์พุต MPU-9250 ของความเร่งนั้นมี 16 บิต โดยต้องการให้เอาต์พุตมีช่วงการวัด $\pm 2g$ สามารถเขียนได้ดังนี้

ให้ $ax =$ อินพุตความเร่งในแกน x ดังนั้นสามารถเขียนคำสั่งเอาต์พุตได้ดังนี้

$$\text{ความเร่งในแนวแกน } x = \frac{ax \times 2^{16}}{2 \times 2g} = \frac{ax}{16384}$$

2^{16} คือ เอาต์พุต MPU-9250 ของความเร่งมีค่า 16 บิต

$2g$ คือ เอาต์พุตที่ต้องการให้อยู่ในช่วงการวัด $\pm 2g$

2 คือ ช่วงการวัด $\pm 2g$ เนื่องจากมีค่าเป็นบวกและลบ จึงคูณด้วย 2

ซึ่งแกน y และแกน z ก็จะมีค่าเท่ากับ $\frac{ay}{16384}$ และ $\frac{az}{16384}$ และย่านการวัดของความเร่งเชิงมุม มี $\pm 250 \pm 500 \pm 1000 \pm 2000 \text{ }^\circ/\text{s}$

แต่ผู้จัดทำเลือกใช้ย่าน $\pm 250 \text{ }^\circ/\text{s}$ เนื่องจากบรรทัดฐานที่จะนำไปขนส่งนั้นถูกบรรจุให้มีขนาดใหญ่ จึงเป็นไปได้ยากที่บรรทัดฐานจะเกิดการเอียง จึงไม่จำเป็นต้องใช้ย่านที่กว้างมากนัก เอาต์พุตของความเร่งเชิงมุมนั้นมี 16 บิต ถ้าต้องการให้เอาต์พุตมีช่วงการวัด $\pm 250 \text{ }^\circ/\text{s}$ สามารถเขียนได้ดังนี้

ให้ $gx =$ อินพุตความเร็วเชิงมุมในแกน x ดังนั้นสามารถเขียนคำสั่งเอาต์พุตได้ดังนี้

$$\text{ความเร่งในแนวแกน } x = \frac{gx \times 2^{16}}{2 \times 250} = \frac{gx}{131.072}$$

2^{16} คือ เอาต์พุต MPU-9250 ของความเร่งมีค่า 16 บิต

250 degree/s คือ เอาต์พุตที่ต้องการให้อยู่ในช่วงการวัด $\pm 250 \text{ degree/s}$

2 คือ ช่วงการวัด $\pm 250 \text{ degree/s}$ เนื่องจากมีค่าเป็นบวกและลบ จึงคูณด้วย 2

ซึ่งแกน y และแกน z ก็มีค่าเท่ากับ $\frac{gy}{131.072}$ และ $\frac{gz}{131.072}$

```
code_arduino | Arduino 1.8.5
File Edit Sketch Tools Help

code_arduino

}

}

void getAccel_Data(void)
{
  accelgyro.getMotion9(&ax, &ay, &az, &gx, &gy, &gz, &mx, &my, &mz);

  Axyz[0] = (double) ax / 16384;
  Axyz[1] = (double) ay / 16384;
  Axyz[2] = (double) az / 16384;
}

void getGyro_Data(void)
{
  accelgyro.getMotion9(&ax, &ay, &az, &gx, &gy, &gz, &mx, &my, &mz);

  Gxyz[0] = (double) gx / 131.072;
  Gxyz[1] = (double) gy / 131.072;
  Gxyz[2] = (double) gz / 131.072;
}
```

ภาพที่ 3.7 โปรแกรม Arduino IDE ควบคุม MPU-9250

3. เขียนโปรแกรม Arduino IDE ควบคุมการบันทึกข้อมูล

```
code_arduino | Arduino 1.8.5
File Edit Sketch Tools Help

code_arduino

unsigned long currentMillis = 0;

if (currentMillis - previousMillis >= 100) {

  myFile = SD.open("DATAfull.txt", FILE_WRITE);

  if (myFile){
    i++;
    myFile.print(i);
    myFile.print("\t");
    myFile.print(Axyz[0],2);
    myFile.print("\t");
    myFile.print(Axyz[1],2);
    myFile.print("\t");
    myFile.print(Axyz[2],2);
    myFile.print("\t");
    myFile.print(Gxyz[0],2);
    myFile.print("\t");
    myFile.print(Gxyz[1],2);
    myFile.print("\t");
    myFile.println(Gxyz[2],2);
  }
}
```

ภาพที่ 3.8 โปรแกรม Arduino IDE บันทึกข้อมูลลงใน Micro SD Card

จากภาพที่ 3.8 แสดงโปรแกรม Arduino IDE ในการบันทึกข้อมูลลงใน Micro SD Card ใช้ไลบรารีของ Micro SD Card Module เขียนจัดเก็บข้อมูล โดยจะเขียนให้เก็บข้อมูลของค่าลำดับที่ของข้อมูล ความเร่ง 3 แกน (X, Y และ Z) และความเร็วเชิงมุม 3 แกน (X, Y และ Z) โดยจะบันทึกค่าทุกๆ 100 มิลลิวินาที เก็บไว้ในไฟล์ DATAfull.txt

File	Edit	Format	View	Help				
1		0.00	-0.12	1.03	-0.54	0.36	0.17	0.00
2		0.03	-0.12	1.02	-0.52	-0.13	0.20	0.00
3		0.06	-0.12	1.01	-0.49	-0.06	0.20	0.00
4		0.05	-0.12	1.02	-0.34	-0.05	0.45	0.00
5		0.05	-0.13	1.02	-0.28	-0.09	0.13	0.00
6		0.05	-0.12	1.02	-0.45	0.15	0.26	0.00
7		0.06	-0.12	1.02	-0.55	0.02	0.24	0.00
8		0.05	-0.12	1.03	-0.32	-0.08	0.21	0.00
9		0.05	-0.12	1.02	-0.35	0.25	0.50	0.00
10		0.05	-0.14	1.03	-0.45	-0.03	0.56	0.00
11		0.06	-0.12	1.03	-0.46	-0.29	0.15	0.00
12		0.06	-0.13	1.02	-0.21	-0.31	0.33	0.00
13		0.05	-0.12	1.02	-0.42	-0.24	0.51	0.00
14		0.05	-0.13	1.03	-0.60	0.00	0.39	0.00
15		-0.05	-0.13	1.03	-0.60	0.00	0.39	0.00

ภาพที่ 3.9 ไฟล์ DATAfull.txt

จากภาพที่ 3.9 เป็นไฟล์ DATAfull.txt แสดงการบันทึกค่าลำดับที่ของข้อมูล ความเร่ง 3 แกน (X, Y และ Z) และความเร็วเชิงมุม 3 แกน (X, Y และ Z) ตามลำดับ

4. เขียนโปรแกรม LabVIEW วิเคราะห์และแสดงผลตาราง กราฟ และรูปภาพ

เมื่อบันทึกค่าแล้ว จะนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ ใช้โปรแกรม LabVIEW โดยนำค่าความเร่งและความเร็วเชิงมุมมาแสดงในตาราง กราฟ และรูปภาพ 3 มิติ

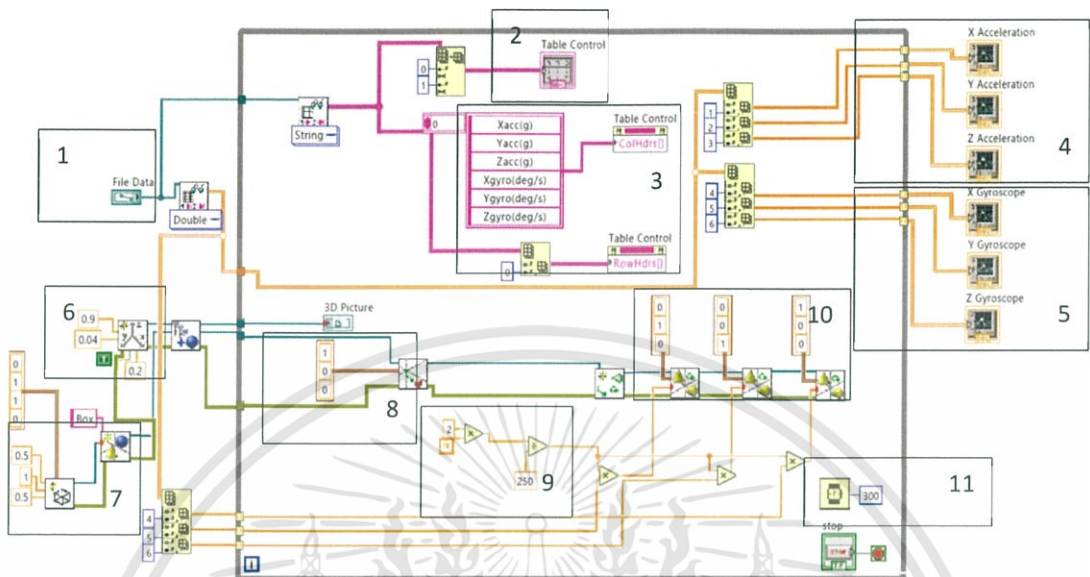
หมายเลข 1 คือ File Path Control ช่องใส่ที่อยู่ของข้อมูลแรงสั่นสะเทือนที่ต้องการนำมาวิเคราะห์

หมายเลข 2 คือ Table Control ใช้แสดงข้อมูลลำดับที่ ค่าความเร่ง 3 แกน และความเร็วเชิงมุม 3 แกน เป็นตาราง

หมายเลข 3 คือ การกำหนดชื่อให้กับ Column และแถวของตารางโดยจะมีลำดับที่ ค่าความเร่ง 3 แกน โดยเรียงจากซ้ายไปขวา เป็น X-Z และค่าความเร็วเชิงมุม 3 แกน โดยเรียงจากซ้ายไปขวา เป็น X-Z

หมายเลข 4 คือ Waveform Graph แสดงค่าความเร่ง 3 แกนโดยนำค่าจากไฟล์ DATAfull.txt มาใช้ Column 1-3 ก็คือความเร่ง 3 แกน X-Z

หมายเลข 5 คือ Waveform Graph แสดงค่าความเร็วเชิงมุม 3 แกนโดยนำค่าจากไฟล์ DATAfull.txt มาใช้ column 4-6 ก็คือความเร็วเชิงมุม 3 แกน X-Z



ภาพที่ 3.10 Block Diagram โปรแกรม LabVIEW

หมายเลข 6 คือ การกำหนดขนาดแกน X, Y และ Z ให้กับรูปภาพ 3 มิติ โดยมีความยาวแต่ละแกนเท่ากับ

0.9 ความหนาของแต่ละแกนเท่ากับ 0.04 และขนาดตัวอักษรแต่ละแกนเท่ากับ 0.2

หมายเลข 7 คือ การกำหนดขนาดของรูปร่างวัตถุ โดยมีความกว้างเท่ากับ 0.5 ความยาวเท่ากับ 0.5 และความลึกเท่ากับ 1 และกำหนดให้เป็นสีฟ้า

หมายเลข 8 คือ การกำหนดระยะห่างของวัตถุกับแกน โดยให้วัตถุอยู่ตรงจุดศูนย์กลางแกน

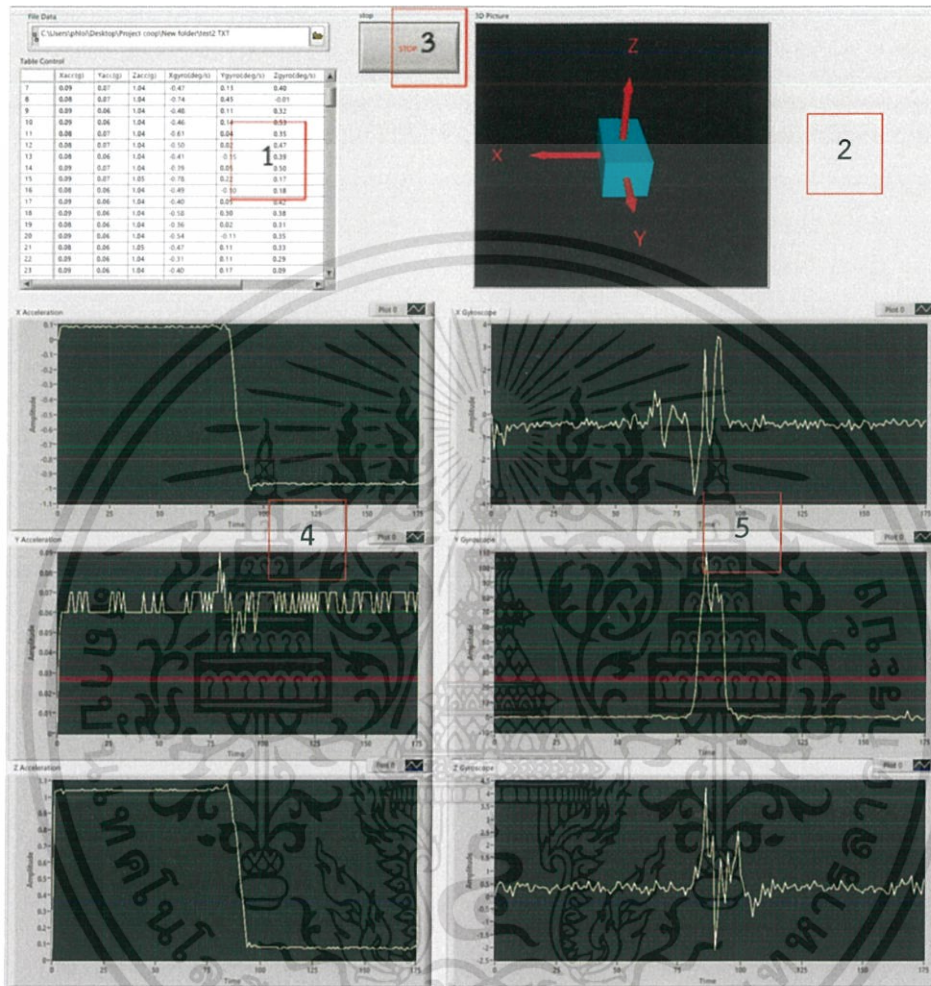
หมายเลข 9 คือ นำค่าความเร็วเชิงมุม 3 แกน มาแปลงเป็นมุมโดยใช้สูตร $\frac{2\pi \times (x,y,z)}{250 \text{ degree/s}}$

หมายเลข 10 คือ การกำหนดให้วัตถุตรงกับมุมของแต่ละแกน

หมายเลข 11 คือ หน่วงเวลา 300 มิลลิวินาที

จากภาพที่ 3.10 Block Diagram โปรแกรม LabVIEW เมื่อนำอุปกรณ์ไปวัดและบันทึกข้อมูลแรงสั่น สะเทือนแล้ว เราจะนำ Micro SD Card มาเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ แล้วเปิดโปรแกรม LabVIEW ขึ้นมา จากนั้นนำที่อยู่ข้อมูลจาก Micro SD Card ก็คือไฟล์ DATAfull.txt ไปใส่ในหมายเลข 1 File Path ข้อมูลไฟล์ DATA full.txt จะถูกส่งไปแสดงในหมายเลข 2 Table Control เป็นตารางแสดงค่าลำดับที่ ค่าความเร่ง 3 แกน และค่าความเร็วเชิงมุม 3 แกน ตามลำดับ ส่วนหมายเลข 3 คือการตั้งชื่อหัวของ Column และแถว ในขณะที่เดียวกันก็ส่งข้อมูลไปที่หมายเลข 4 และ 5 คือ Waveform Graph โดยหมายเลข 4 แสดงค่าความเร่ง 3 แกน นำค่าจาก ไฟล์ DATAfull.txt มาใช้ Column 1-3 ก็คือความเร่ง 3 แกน X-Z หมายเลข 5 แสดงค่าความเร็วเชิงมุม 3 แกน นำค่าจากไฟล์ DATAfull.txt มาใช้ Column 4-6 ก็คือ ความเร็วเชิงมุม 3 แกน X-Z ในส่วนของรูปภาพ 3 มิติก็จะมีการกำหนดขนาดแกน X-Z กำหนดขนาดรูปร่างวัตถุ จะใช้ข้อมูลเพียงแค่

ส่วนของความเร็วเชิงมุมมาแปลงเป็นมุม เพื่อให้รูปร่างวัตถุที่สร้างขึ้นสามารถเคลื่อนที่ได้ตามข้อมูลความเร็วเชิงมุมและมีการหน่วงเวลาการเคลื่อนที่ของรูปร่างวัตถุทุกๆ 300 มิลลิวินาที



ภาพที่ 3.11 Front Panel โปรแกรม LabVIEW แสดงผลตาราง กราฟ และรูปภาพ 3 มิติ

- หมายเลข 1 คือ ตารางแสดงลำดับที่ ค่าความเร่ง 3 แกน และค่าความเร็วเชิงมุม 3 แกน
- หมายเลข 2 คือ รูปภาพ 3 มิติ จะนำค่าความเร็วเชิงมุม มาแปลงเป็นมุมเพื่อให้รูปภาพสามารถเคลื่อนไหวได้ตามข้อมูลจริง
- หมายเลข 3 คือ ปุ่มหยุดการเคลื่อนไหวของรูปภาพ 3 มิติ
- หมายเลข 4 คือ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร่ง 3 แกนกับลำดับที่ของข้อมูล โดยเรียงจากบนลงล่าง คือ X ถึง Z ตามลำดับ
- หมายเลข 5 คือ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเชิงมุม 3 แกนกับลำดับที่ของข้อมูล โดยเรียงจากบนลงล่าง คือ X ถึง Z ตามลำดับ

จากภาพที่ 3.11 Front Panel โปรแกรม LabVIEW แสดงผลตาราง กราฟ และรูปภาพ 3 มิติ เป็นหน้าจอแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลของแรงสั่นสะเทือนที่ได้จากวางอุปกรณ์ตะแคงไปทางแกน X ทางลบ จะเห็นได้ว่าหมายเลข 1 คือ ตารางสามารถแสดงค่าลำดับที่ของข้อมูล ค่าความเร่ง 3 แกน และค่าความเร็วเชิงมุม 3 แกนได้ ทั้งยังแสดงเป็นรูปภาพ 3 มิติ ตามหมายเลข 2 และหมายเลข 4 คือ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร่ง 3 แกนกับลำดับที่ของข้อมูล โดยเรียงจากบนลงล่าง คือ X ถึง Z ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าตอนต้นค่าความเร่งที่แกนแกน X มีค่าเป็น 1g เพราะวางในท่าปกติ แต่ลดลงจนเป็น -1g เพราะวางอุปกรณ์ตะแคงไปทางแกน X ทางลบ ส่วนแกน Y จะมีค่าใกล้เคียง 0g เพราะไม่มีการขยับไปทางแกน Y แต่ก็มีค่าคลาดเคลื่อน 0.06-0.07g แกน Z เมื่อวางปกติจะมีค่าแรงโน้มถ่วงกดลงทำให้แกน Z มีค่า 1g เสมอ แต่เมื่อตะแคงไปทางแกน X ทางลบ ทำให้ค่าแกน Z มีค่าใกล้เคียง 0g ส่วนที่ค่าความเร็วเชิงมุม 3 แกน มีการสั่นไหวตรงจุดที่มีการตะแคงอุปกรณ์จึงเกิดความเร็วเชิงมุมขึ้น ทำให้มีการแกว่งของค่าความเร็วเชิงมุมทั้ง 3 แกน การแกว่งขึ้นลงของกราฟแสดงให้เห็นว่าเซ็นเซอร์มีการแกว่งไปทางเข็มนาฬิกา และทวนเข็มนาฬิกา

6. อุปกรณ์ต่างๆในกล่อง



ภาพที่ 3.13 อุปกรณ์ต่างๆบรรจุอยู่ในกล่อง

ภาพที่ 3.13 แสดงการบรรจุอุปกรณ์ต่างๆลงในกล่อง กล่องที่ใช้เป็นพลาสติกขนาด 230 x 80 x 45 mm ภายในบรรจุ Arduino UNO REV3 SMD ที่ต่อใช้งานกับ MPU-9250, Micro SD Card Module และแบตเตอรี่สำรอง

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดลองความเร่งของแต่ละแกนตามแรงโน้มถ่วงโลก (g)

ทำการทดลองโดยการวางอุปกรณ์ตะแคงไปตามแกน X-Z ทั้งทางลบ และทางบวก วัดค่าความเร่งของแต่ละแกน ซึ่งค่าความเร่งตามแรงโน้มถ่วงโลก คือ $1g = 9.81 \text{ m/s}^2$

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดค่าความเร่งของแต่ละแกนตามแรงโน้มถ่วงโลก

ความเร่งแต่ละแกน (g)	X+	X-	Y+	Y-	Z+	Z-
จำนวนครั้งที่วัด						
1	1.03	-0.97	1.03	-0.96	1.04	-0.99
2	1.04	-0.96	1.03	-0.96	1.05	-0.98
3	1.03	-0.97	1.04	-0.97	1.04	-0.98
ค่าเฉลี่ย	1.033	-0.963	1.033	-0.963	1.043	-0.983

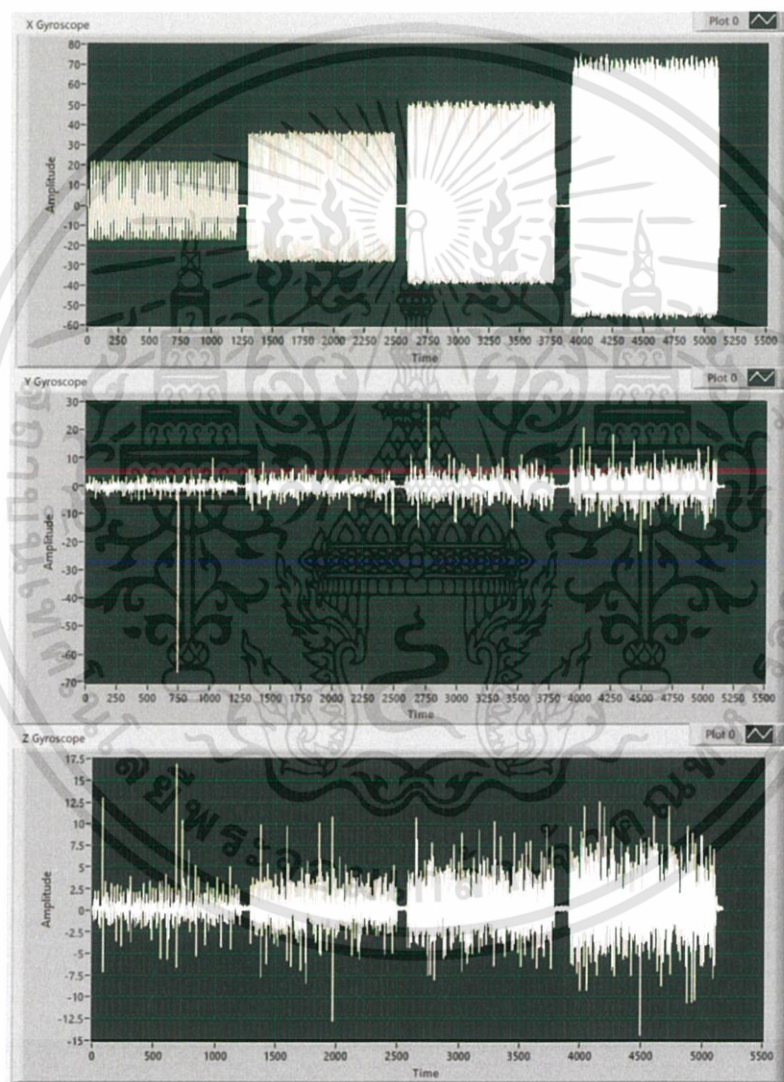
จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของแต่ละแกนมีค่าใกล้เคียงกับค่าจริง นั่นก็คือหากเป็นแกน X, Y และ Z ทางบวกค่าความเร่งจะมีค่าใกล้เคียง +1g แต่หากเป็นทางลบค่าความเร่งก็จะมีค่าใกล้เคียงกับ -1g จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์มีความเที่ยงตรง สามารถวัดค่าความเร่ง 3 แกนได้ดี

4.2 การทดลองความเร็วเชิงมุม



ภาพที่ 4.1 การเตรียมการทดลองความเร็วเชิงมุม

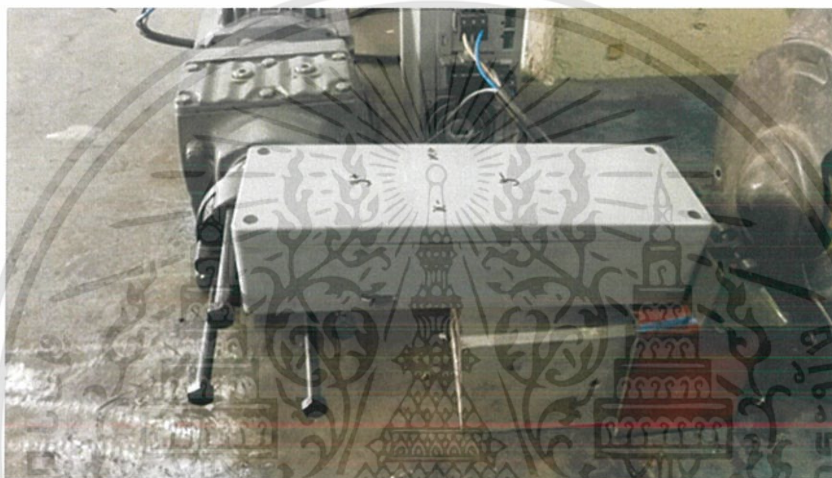
ทำการทดลองโดยใช้มอเตอร์ในการจำลอง ซึ่งมอเตอร์มีส่วนที่ต่อจากออกมาเป็นแท่ง 1 หัว เพื่อให้สามารถวางอุปกรณ์ให้หมุนไปตามมอเตอร์ได้ เราจะวางให้ฝั่งแกน Y ทางบวก หมุนไปตามมอเตอร์ และแกน Y ทางลบ ยึดติดกับเหล็ก และป้อนความถี่ให้กับมอเตอร์ 4 ความถี่ คือ 30, 50, 70 และ 90 Hz ตามลำดับ โดยหากจะเปลี่ยนความถี่ต่อไปจะต้องหยุด 10 วินาทีก่อนแล้วจึงเปลี่ยนความถี่ต่อไป เพื่อให้สามารถแยกความถี่แต่ละความถี่ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น เมื่อทำการทดลองเสร็จสิ้น ค่าที่ได้จากอุปกรณ์จะนำไปวิเคราะห์กับโปรแกรม LabVIEW ได้ดังนี้



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงผลการวัดค่าความเร็วเชิงมุม

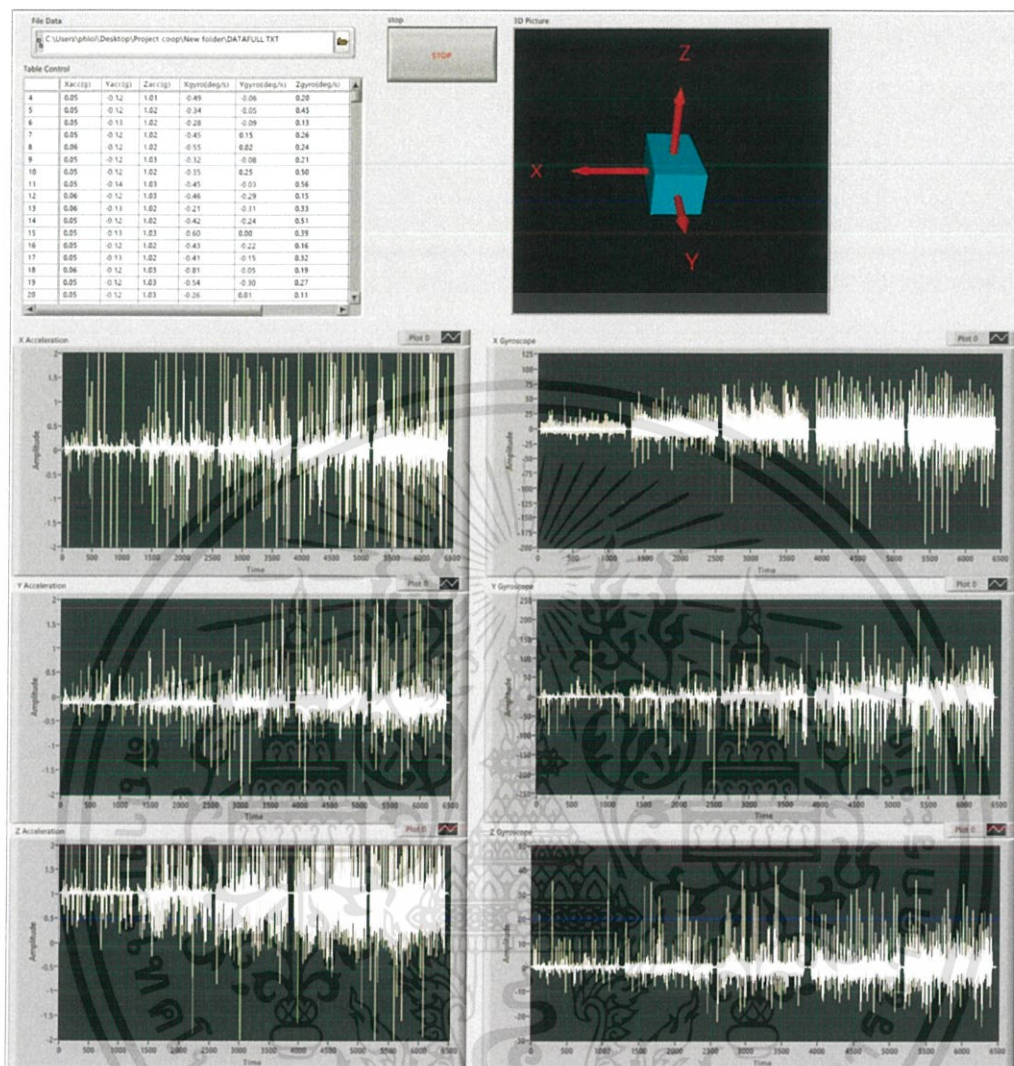
จากการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าความเร็วเชิงมุมรอบแกน X ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา และในทิศทางทวนเข็มนาฬิกามีค่าเท่ากัน เนื่องจากความถี่ที่ป้อนให้มอเตอร์นั้นมีความคงที่ ทำให้ความเร็วรอบมีค่าคงที่ด้วย สามารถเห็นความแตกต่างของแต่ละความถี่ได้ทั้ง 4 ความถี่ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์มีความเที่ยงตรง สามารถวัดความเร็วเชิงมุมได้ดี แต่ในส่วนของแกน Y และแกน Z มีการเคลื่อนที่ที่อิสระ จึงทำให้ค่าความเร็วเชิงมุมที่ได้ แกว่งและมีออฟเซตช็อกเกิดขึ้น

4.3 การทดลองแรงสั่นสะเทือนจากมอเตอร์



ภาพที่ 4.3 การเตรียมการทดลองแรงสั่นสะเทือนจากมอเตอร์

ทำการทดลองโดยใช้มอเตอร์ในการจำลอง ซึ่งมอเตอร์มีส่วนที่ต่อจากออกมาเป็นแท่ง 4 หัว เมื่อวางอุปกรณ์และหมุนมอเตอร์จะทำให้อุปกรณ์ตกลงไปกระทบกับแท่งเหล็กชั้นถัดไปเรื่อยๆ โดยเราจะวางให้ฝั่งแกน Y ทางบวก หมุนไปตามมอเตอร์ และแกน Y ทางลบ ยึดติดกับเหล็ก และป้อนความถี่ให้กับมอเตอร์ 5 ความถี่ คือ 10, 20, 30, 40 และ 50 Hz ตามลำดับ โดยหากจะเปลี่ยนความถี่ต่อไปจะต้องหยุด 10 วินาทีก่อน แล้วจึงเปลี่ยนความถี่ต่อไป เพื่อให้สามารถแยกความถี่แต่ละความถี่ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น เมื่อทำการทดลองเสร็จสิ้น ค่าที่ได้จากอุปกรณ์จะนำไปวิเคราะห์กับโปรแกรม LabVIEW ได้ดังนี้



ภาพที่ 4.4 หน้าจอแสดงผลการทดลองแรงสั่นสะเทือนจากมอเตอร์

จากภาพที่ 4.4 หน้าจอแสดงผลการทดลองแรงสั่นสะเทือนจากมอเตอร์ จะเห็นได้ว่าตารางสามารถแสดงลำดับที่ของข้อมูลค่าความเร่ง 3 แกน และความเร็วเชิงมุม 3 แกนได้ และยังสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปแสดงเป็นรูปภาพ 3 มิติ ซึ่งสามารถเคลื่อนไหวได้ตามข้อมูลจริง (จากวิดีโอ) ส่วนกราฟความเร่ง 3 แกน ช่วงที่อุปกรณ์ตกลงมาที่แท่งเหล็กถัดมา แกน Z ทางบวกจะมีค่าสูงถึง 2g เพราะถูกกระแทกโดยตรง และเมื่อยิ่งเพิ่มความถี่ มอเตอร์ก็จะยิ่งหมุนเร็วขึ้น ทำให้อุปกรณ์ถูกกระแทกถี่ขึ้น ค่าความเร่งที่แกน Z ทางบวกก็จะมีค่าเท่ากับ 2g ถี่ขึ้น ส่วนความเร่งในแกน X และ แกน Y มีการเคลื่อนไหวที่อิสระ จึงทำให้ค่าที่ได้มีการแกว่งไปมา และเมื่อเพิ่มความถี่ ความเร่งที่ได้ก็จะมีค่าเป็น 2g ถี่ขึ้น ความเร็วเชิงมุม 3 แกน จะเห็นได้ว่าที่แกน X จะมีค่าไม่สม่ำเสมอเหมือนการทดลองก่อนหน้านี้ เนื่องจากมีการกระแทกเกิดขึ้นจึงทำให้เกิดอาฟเตอร์ช็อกคือการสั่นแกว่งของอุปกรณ์หลังกระแทก ทำให้ค่าที่ได้แกว่งๆ ไม่สม่ำเสมอแต่จะมีลักษณะแพทเทินเดิม

คือ ค่าตอนถูกระแทกจะขึ้นสูงหลังจากนั้นก็แกว่งเบาลง จนถูกระแทกใหม่ค่าก็จะขึ้นสูงใหม่และลดลง แต่ถ้าความถี่สูงมากก็จะทำให้เห็นค่าการแกว่งของออฟเทอร์ชอกน้อย เพราะความถี่มากก็จะให้อุปกรณ์ถูกระแทกถี่ขึ้น ซึ่งในแกน Y และ Z ก็เป็นเช่นเดียวกัน สรุปผลการทดลองได้ว่าอุปกรณ์สามารถวัดแรงสั่นสะเทือนได้ดี และยังสามารถนำข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์มาวิเคราะห์กับโปรแกรม LabVIEW ได้ดีอีกด้วย



บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. อุปกรณ์สามารถตรวจวัดและเก็บข้อมูลแรงสั่นสะเทือนได้เป็นอย่างดี
2. สามารถนำข้อมูลแรงสั่นสะเทือนที่ได้จากอุปกรณ์ไปวิเคราะห์ และแสดงผลด้วยโปรแกรม LabVIEW เป็นตาราง กราฟ และรูปภาพ 3 มิติ ได้ดี

5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไข

ปัญหา คือการประกอบอุปกรณ์ไม่แน่นหนาพอ เนื่องจากกล่องบรรจุอุปกรณ์เป็นพลาสติกที่มีช่องไม่พอดีกับอุปกรณ์ทำให้วางเซ็นเซอร์ได้ไม่ดี การวัดค่าความเร่ง 3 แกน และความเร็วเชิงมุม 3 แกน อาจมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย

วิธีการแก้ไข คือ ออกแบบกล่องบรรจุอุปกรณ์ เพื่อให้สามารถวางอุปกรณ์และเซ็นเซอร์ได้พอดีไม่แน่นหนา เมื่อวัดค่าความเร่ง 3 แกน และความเร็วเชิงมุม 3 แกน จะได้วัดได้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยลง และเลือกวัสดุที่คงทนมาทำกล่อง เพื่อให้อุปกรณ์และเซ็นเซอร์สามารถทนต่อการนำไปติดตั้งจริงได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. โปรแกรมแสดงผลกราฟยังดูเข้าใจยาก ต้องทำให้ดูแล้วเข้าใจง่าย
2. เริ่มทำโปรเจกซ์ ทำให้มีเวลาในการศึกษาข้อมูลและเขียนโปรแกรมน้อย

เอกสารอ้างอิง

- [1] ArduinoPro. “Arduino Basic [EP0]” [Online].
Available: <https://www.arduinospro.com/article/7/arduino-basic-ep0/>.2561
- [2] บริษัท วินัส ซัพพลาย จำกัด. “มาทำความรู้จักกับ Arduino รุ่นต่าง ๆ กัน” [Online].
Available: <https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics.html>.2561
- [3] Xcodethai. “Accelerometer และ Gyroscope” [Online].
Available: <http://accelerometer-gyroscope-sensor-app.blogspot.com/>.2561
- [4] บางเบา ชีม. “โปรแกรม LabVIEW” [Online].
Available: <http://dreamsut.blogspot.com/2017/06/ni-labview-2014.html>.2561
- [5] Mouser Electronics, Inc. “MPU-9250” [Online].
Available: <https://th.mouser.com/Search/Refine.aspx?Keyword=MPU-9250>.2561
- [6] Miscellaneous. “MicroSD Card” [Online].
Available: <https://www.appdisqus.com/2014/04/02/microsd-card.html>.2561



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Code โปรแกรม Arduino

```
#include "Wire.h"
#include <SPI.h> //for the SD card module
#include <SD.h> // for the SD card
#include "I2Cdev.h"
#include "MPU9250.h"// for MPU-9250
```

```
MPU9250 accelgyro;
```

```
I2Cdev I2C_M;
```

```
int16_t ax, ay, az;
```

```
int16_t gx, gy, gz;
```

```
int16_t mx, my, mz;
```

```
float Axyz[3];
```

```
float Gxyz[3];
```

```
float Mxyz[3];
```

```
const int chipSelect = 10;
```

```
int i=0;
```

```
File myFile;
```

```
unsigned long currentMillis = 0;
```

```
unsigned long previousMillis = 0;
```

```
void setup ()
```

```
{
```

```
  Wire.begin();
```

```
  Serial.begin(38400);
```

```
  if(!SD.begin(chipSelect)) {
```

```
    return;
```

```

    }
}

void loop ()
{
    unsigned long currentMillis = millis();

    if (currentMillis - previousMillis >= 100) {
        myFile = SD.open("DATAfull.txt", FILE_WRITE);

        if (myFile){
            i=i+1;
            myFile.print(i);
            myFile.print("\t");
            myFile.print(Axyz[0],2);
            myFile.print("\t");
            myFile.print(Axyz[1],2);
            myFile.print("\t");
            myFile.print(Axyz[2],2);
            myFile.print("\t");
            myFile.print(Gxyz[0],2);
            myFile.print("\t");
            myFile.print(Gxyz[1],2);
            myFile.print("\t");
            myFile.println(Gxyz[2],2);
        }

        myFile.close();
        Serial.println(currentMillis-2012);
        Serial.println("Acceleration(g) of X,Y,Z:");
        Serial.print(Axyz[0]);
        Serial.print(",");
        Serial.print(Axyz[1]);

```

```

Serial.print(",");
Serial.println(Axyz[2]);
Serial.println("Gyro(degress/s) of X,Y,Z:");
Serial.print(Gxyz[0]);
Serial.print(",");
Serial.print(Gxyz[1]);
Serial.print(",");
Serial.println(Gxyz[2]);
Serial.println();
previousMillis = currentMillis;
getAccel_Data();
getGyro_Data();
}
}

void getAccel_Data(void)
{
  accelgyro.getMotion9(&ax, &ay, &az, &gx, &gy, &gz, &mx, &my, &mz);
  Axyz[0] = (double) ax / 16384;
  Axyz[1] = (double) ay / 16384;
  Axyz[2] = (double) az / 16384;
}

void getGyro_Data(void)
{
  accelgyro.getMotion9(&ax, &ay, &az, &gx, &gy, &gz, &mx, &my, &mz);
  Gxyz[0] = (double) gx / 131.072;
  Gxyz[1] = (double) gy / 131.072;
  Gxyz[2] = (double) gz / 131.072;
}
}

```

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวพลอยศิณี บุญอยู่
วัน เดือน ปีเกิด 18 กันยายน 2539
ที่อยู่ 295 ม.3 ต.บ้านนา อ.บ้านนา ถ.สุวรรณศร จ.นครนายก 26110
E-mail phloisinib@gmail.com
โทรศัพท์ 0809026738

ประวัติการศึกษา

- พ.ศ.2552 - 2554 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบ้านนา “นายกพิทยากร”
- พ.ศ.2555 - 2557 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสิรินธรราชวิทยาลัย
- พ.ศ.2558 - ปัจจุบัน วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต หลักสูตรวิศวกรรมการวัดคุมภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์ทำงาน

- นักศึกษาฝึกงาน แผนกไฟฟ้าและพลังงาน บริษัท ทีซีซี เอ็นจิเนียริง เซอร์วิส จำกัด
- นักศึกษาโครงการสหกิจศึกษา แผนก Cold End Engineering บริษัท อุตสาหกรรมทำเครื่องแก้วไทย จำกัด (มหาชน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้