โครงการ
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ **ออกแบบชุดอเนกประสงค์เพื่อวัดค่าผลการทดลองในทางฟิสิกส์ผ่านชุดพัฒนา ARDUINO จากสัญญาณอนาล็อก**

ชื่อนิสิต นายธนกุล มานสัจจธรรม **เลขประจำตัว** 5833420523

ภาควิชา ฟิสิกส์

ปีการศึกษา 2561

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของโครงงานทางวิชาการที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของโครงงานทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด
The abstract and full text of senior projects in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the senior project authors' files submitted through the faculty.

รายงานโครงงานนิสิตชั้นปีที่ 4

เรื่อง

ออกแบบชุดอเนกประสงค์เพื่อวัดค่าผลการทดลองในทางฟิสิกส์ ผ่านชุดพัฒนา ARDUINO จากสัญญาณอนาล็อก

โดย

นายธนกุล มานสัจจธรรม

รหัสนิสิต 5833420523

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พงษ์ ทรงพงษ์

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2561

ชื่อโครงงาน	ออกแบบชุดอเนกประสงค์เพื่อวัดค่าผลการทดลองในทางฟิสิกส์ผ่านชุดพัฒนา ARDUINO จากสัญญาณอนาล็อก
ผู้จัดทำโครงงาน	นายธนกุล มานสัจจธรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พงษ์ ทรงพงษ์
ภาควิชา	ฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2561

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2561
คณะกรรมการได้ตรวจรับรองรายงานฉบับบนี้แล้ว

.....ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อำนาจ สาธานนท์)

.....กรรมการ
(อ.ดร. ฉัตรชัย ศรีนิติวงศ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พงษ์ ทรงพงษ์)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อโครงงาน	ออกแบบชุดอเนกประสงค์เพื่อวัดค่าผลการทดลองในทางฟิสิกส์ผ่านชุดพัฒนา ARDUINO จากสัญญาณอนาล็อก
ผู้จัดทำโครงงาน	นายธนกุล มานสัจจธรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พงษ์ ทรงพงษ์
ภาควิชา	ฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2561

บทคัดย่อ

ในโครงงานนี้ได้มีการออกแบบและจัดทำชุดอเนกประสงค์เพื่อวัดค่าผลการทดลองในทางฟิสิกส์ โดยมีการเขียนโปรแกรมใช้เป็นคำสั่งในการควบคุมแผงไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ ARDUINO ให้มีการเก็บบันทึกค่าผลการทดลอง จากนั้นยังส่งข้อมูลผลการทดลองไปทำการวิเคราะหาค่าปริมาณทางฟิสิกส์ในคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรมคำนวณ Microsoft Excel (PLX-DAQ) ผู้จัดทำได้มีการออกแบบการทดลองมา 1 ชุดการทดลอง ที่สามารถหาค่าปริมาณในทางฟิสิกส์ได้ 2 ค่า ได้แก่ การหาค่าความเร่งโน้มถ่วงเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก และค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของแท่งวัตถุแข็งเกร็งที่มีจุดหมุนที่ตำแหน่งปลายแท่ง พบว่า ชุดทดลองสามารถหาค่าความเร่งโน้มถ่วงเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกได้ มีค่าเท่ากับ 9.69 $m \cdot s^{-2}$ และค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของแท่งวัตถุแข็งเกร็งมีจุดหมุนที่ตำแหน่งปลายแท่ง มีค่าเท่ากับ 0.08 $kg \cdot m^2$ นอกจากนี้ได้มีการทดสอบประสิทธิภาพของชุดอเนกประสงค์ พบว่าชุดอเนกประสงค์มีความสามารถในการรับข้อมูลได้ดีในช่วงการทดลองที่มีความถี่ 0.50-100.00 Hz มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 1.00%

Project Title	Design of a Multi-purpose Experiment Interface System Using ARDUINO Platform from Analog Signal
Name	Tanakul Manasadjathum
Project Advisor	Assist. Prof. Pong Songpong
Department	Physics
Academics Year	2018

Abstract

A multipurpose set was created to acquire physical experimental values using the ARDUINO microcontroller development kit. Pendulum positions were recorded and sent for data analysis to a computer running. Microsoft Excel (PLX-DAQ). We designed an experimental set in order to obtain 2 values, gravitational acceleration and a moment of inertia of a rigid body with a pirot point at the end of the rod. From the experimental set, the gravitational acceleration was determined is 9.69 $m \cdot s^{-2}$ and the moment of inertia of a rigid body with a rotating point at the end of the rod is 0.08 $kg \cdot m^2$. In addition, the efficiency of the multipurpose set was tested, the results suggested that data receiving was effective within frequencies of 0.50-100.00 hertz and period error less than 1.00 %.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สามารถดำเนินการมาได้ดีเป็นเพราะคำแนะนำและความช่วยเหลือของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พงษ์ ทรงพงษ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน โดยท่านผู้ที่ให้คำแนะนำได้อย่างดีมาก ทั้งในตัวส่วนของการทดลองและตัวโปรแกรมต่าง ๆ เมื่อใดที่ผู้ดำเนินการมีการติดขัดท่านจะแนะนำและสามารถหาข้อผิดพลาดได้อย่างรวดเร็วและตลอดเวลา

ผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อำนาจ สาธานนท์ และอ.ดร. ฉัตรชัย ศรีนิติวงศ์ ที่กรุณาสละเวลามาเป็นกรรมการสอบโครงการ ออกแบบชุดอเนกประสงค์เพื่อวัดค่าผลการทดลองในทางฟิสิกส์ผ่านชุด ARDUINO จากสัญญาณอนาล็อก พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้องและคำแนะนำในการดำเนินโครงการ

ขอขอบคุณ คุณเฉลิมวุฒิ ชำนาญฉา เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ ที่สละเวลาให้คำปรึกษาเกี่ยวกับวงจรต่าง ๆให้ยืมเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ในการดำเนินโครงการและขอขอบคุณ คุณสุรกฤษ ผลโคกสูง เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ 202/PHY ที่คอยให้คำแนะนำในการสร้างชุดการทดลองและจัดหาอุปกรณ์ต่าง ๆ

และสุดท้ายนี้ขอบคุณเพื่อนๆทุกคนในภาควิชาฟิสิกส์ที่คอยให้คำปรึกษาและส่งกำลังใจให้สามารถดำเนินโครงการผ่านมาได้ดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) a
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) b
กิตติกรรมประกาศ c
สารบัญ d
สารบัญรูปภาพ f

บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตการศึกษา 1
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2.1 โมเมนต์ความเฉื่อย(Moment of inertia) 3
2.2 การเคลื่อนที่ของลูกตุ้มอย่างง่าย(Simple pendulum) 4
2.3 ศึกษาการใช้อุปกรณ์และโปรแกรมต่าง ๆ 6

บทที่ 3 การออกแบบและดำเนินการ
3.1 ทำการต่อตัวต้านทานปรับค่าได้ (Variable Resistor) กับบอร์ด ARDUINO ช่องสัญญาณอนาล็อก 10
3.2 ออกแบบวงจรกล่องวัดอเนกประสงค์กับชุดการทดลอง 11
3.3. หลักการทำงานของชุดอเนกประสงค์ 12
3.4 ต่อวงจรของกล่องอเนกประสงค์กับชุดการทดลอง 14
3.5 การออกแบบการทดลองเพื่อหาความคลาดเคลื่อนชุดอเนกประสงค์ ARDUINO 18

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 หาความคลาดเคลื่อนชุดอเนกประสงค์ ARDUINO
20
4.2 หาค่าความเร่งโน้มถ่วงสากลเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (g)
21
4.3 หาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุแข็งเกร็ง
25

หน้า

บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง 26

ภาคผนวก

ก. โค้ดโปรแกรมของชุดอเนกประสงค์ ARDUINO จากสัญญาณอนาล็อก
27
ข. บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ARDUINO UNO R3 30
ค. กราฟจากการทดลองหาความคลาดเคลื่อนของชุดอเนกประสงค์ 32

บรรณานุกรม 34

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 แท่งวัตถุยาว L และมีมวล M ซึ่งมีแกนหมุนอยู่ที่ปลายด้านหนึ่ง และตั้งฉากกับแกนของแท่งวัตถุ 3

รูปที่ 2 ภาพแสดงทิศทางของแรง และระยะห่างจนถึงจุดหมุนที่ทำให้วัตถุเกิดการแกว่ง 5

รูปที่ 3 การใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบสามขา เพื่อสร้างสัญญาณอนาล็อก 6

รูปที่ 4 แสดงขาของจอ LCD 16x2 แบบอนุกรม (I2C) 7

รูปที่ 5 การเชื่อมต่อระหว่าง LCD กับ I2C 8

รูปที่ 6 หน้าต่างของโปรแกรม ARUINO IDE 8

รูปที่ 7 หน้าต่างของโปรแกรมคำนวณ Microsoft Excel (PLX-DAQ) 9

รูปที่ 8 การต่อตัวต้านทานปรับค่าได้กับบอร์ด ARDUINO เพื่อรับค่าสัญญาณอนาล็อก 10

รูปที่ 9 วงจรกล่องวัดอเนกประสงค์กับตัวรับรู้สัญญาณ 11

รูปที่ 10 ภาพวงจรภายในกล่องอเนกประสงค์ 14

รูปที่ 11 กล่องวัดอเนกประสงค์ ARDUINO 14

(a) ภาพวงจรที่ต่อภายในกล่องอเนกประสงค์

(b) ภาพถ่ายนอกของกล่องอเนกประสงค์ประกอบด้วย จอ LCD และ START/STOP SWITCH

รูปที่ 12 **(a)** การต่อชุดอเนกประสงค์เข้ากับการทดลอง 15

(b) การต่อเซนเซอร์(ตัวต้านทานปรับค่าได้) เข้ากับวัตถุ

รูปที่ 13 หน้าจอ LCD ของกล่องวัดอเนกประสงค์ เมื่อเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ 16

รูปที่ 14 หน้าจอโปรแกรม Microsoft Excel (PLX-DAQ) หลังจากกด connect 16

รูปที่ 15 หน้าจอแสดงผล LCD แสดงข้อความ Collecting Data และแสดงข้อความ Num Data พร้อมตัวเลข 17

รูปที่ 16 โปรแกรม Microsoft Excel (PLX-DAQ) จะแสดงค่าสถานะที่บอร์ด ARDUINO เก็บ 17

รูปที่ 17 หน้าจอแสดงผล LCD แสดงข้อความ Total Data พร้อมกับตัวเลข และแสดงข้อความ End 18

รูปที่ 18 ต่อวงจรเพื่อทดสอบความสามารถของ ARDUINO 19

รูปที่ 19 แสดงผลการทดลองหาความคลาดเคลื่อนของชุดอเนกประสงค์ ที่ความถี่ 0.5 Hz 20

รูปที่ 20 โปรแกรม Microsoft-Excel (PLX-DAQ) ขณะทำการเก็บข้อมูล 22

รูปที่ 21 ทำการแปลงค่าจากบอร์ด ARDUINO เป็น มุมที่เวลาใด ๆ 22

รูปที่ 22 Plot graph เพื่อแสดงความสัมพันธ์ตำแหน่งของวัตถุกับเวลา และหาคาบการเคลื่อนที่ของวัตถุ 23

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 23 Spread sheet ต่าง ๆ ที่ใช้ในการเก็บผลการทดลอง 23

รูปที่ 24 กราฟแสดงความสัมพันธ์เพื่อหาค่าความเร่งโน้มถ่วงเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (g) 24

รูปที่ 25 กราฟแสดงความสัมพันธ์เพื่อหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อย (I_0) 25

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันมีชุดการทดลองอย่างง่าย เพื่อทำให้สามารถทดลองหาค่าปริมาณในทางฟิสิกส์ และสามารถอธิบายปรากฏการณ์ในทางฟิสิกส์ได้อีกด้วย แต่ชุดการทดลองเหล่านั้นไม่สามารถบันทึกผลการทดลองและทำการวิเคราะห์ผลการทดลองได้ ต้องอาศัยผู้ทำการทดลองเป็นคนดำเนินการทั้งหมด บางการทดลองที่มีความซับซ้อน ยุ่งยากในการบันทึกและวิเคราะห์ผลการทดลอง ผู้จัดทำโครงงานนนี้จึงมีแนวคิดสร้างชุดอเนกประสงค์เพื่อวัดค่าผลการทดลอง โดยอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นนี้มีคุณสมบัติเด่นคือ สามารถบันทึกผลการทดลอง นำส่งผลการทดลองมาทำการวิเคราะห์ผลในโปรแกรมคำนวณ Microsoft Excel ที่สามารถสร้างกราฟแสดงแนวโน้มของผลการทดลอง และสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองจากความสัมพันธ์ของกราฟกราฟ เพื่อหาค่าปริมาณในทางฟิสิกส์ได้

สำหรับโครงการนี้ใช้ชุดพัฒนา ARDUINO ทำหน้าที่เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผลและเก็บผลการทดลองที่วัดได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณจากการทดลอง โดยสัญญาณที่ ARDUINO สามารถรับส่งสัญญาณได้นั้นมี 2 แบบคือ สัญญาณดิจิตอล และสัญญาณอนาล็อก โครงการนี้เลือกใช้สัญญาณอนาล็อก เนื่องจากค่าตัวแปรจากการทดลองสามารถแปลงค่าเป็นความต่างศักย์ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาและออกแบบชุดอเนกประสงค์เพื่อวัดค่าผลการทดลองในทางฟิสิกส์ผ่านชุดพัฒนา

ARDUINO จากสัญญาณอนาล็อก

2. เพื่อวิเคราะห์ผลการทดลองและหาความเคลื่อนในทางฟิสิกส์ ผ่านโปรแกรมคำนวณ

Microsoft Excel จากชุดอเนกประสงค์

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

โครงงานนนี้ได้มีการออกแบบและจัดทำชุดอเนกประสงค์เพื่อวัดค่าผลการทดลองในทางฟิสิกส์ผ่านชุดพัฒนา ARDUINO ที่ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บข้อมูล และส่งผ่านข้อมูลมายังคอมพิวเตอร์ จากนั้นนำข้อมูลเหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์ผลการทดลองและความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ในโปรแกรมคำนวณ Microsoft Excel

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของอุปกรณ์และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

1.1 ศึกษา ARDUINO ที่ทำหน้าที่เป็น ไมโครคอนโทรลเลอร์

1.2 ศึกษาวิธีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ ARDUINO กับ Microsoft Excel โดยผ่านโปรแกรม PLX-DAQ

1.3 ศึกษาการทดลองและอุปกรณ์ ตัวรับรู้สัญญาณต่าง ๆ ที่จะนำมาทำการทดลองกับชุดอเนกประสงค์

1.4 ศึกษาการเขียนโปรแกรมให้ตัว ARDUINO สามารถรับแล้วส่งค่าผลการทดลองมาที่ Microsoft Excel

1.5 ศึกษาการแปลงค่าสัญญาณอนาล็อก ที่มาจากตัว ARDUINO ให้เป็นค่าที่ต้องการวัดของแต่ละการทดลอง

1.6 ศึกษาตัวโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อให้สามารถนำเสนอผลของการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างถูกต้องชัดเจน และเข้าใจง่ายที่สุด

2. ออกแบบและทำการต่อวงจรของแต่ละการทดลอง

3. เขียนโปรแกรมให้กับตัว ARDUINO ของแต่ละการทดลอง ให้สามารถทำงานได้

4. ทดสอบความสามารถของชุดอเนกประสงค์ที่ใช้วัดค่าผลการทดลองทางฟิสิกส์

5. ทำการเชื่อมต่อชุดอเนกประสงค์กับชุดการทดลองเพื่อหาค่าปริมาณในทางฟิสิกส์

5. จัดทำรูปเล่มรายงานโครงการ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าน่าจะได้รับ

1. สามารถออกแบบและจัดทำชุดอเนกประสงค์เพื่อวัดค่าผลการทดลองในทางฟิสิกส์ผ่านชุดพัฒนา ARDUINO จากสัญญาณอนาล็อกได้

2. สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองและหาความคลาดเคลื่อน จากข้อมูลที่มาจากชุดอเนกประสงค์ได้ผ่านโปรแกรมคำนวณ Microsoft Excel

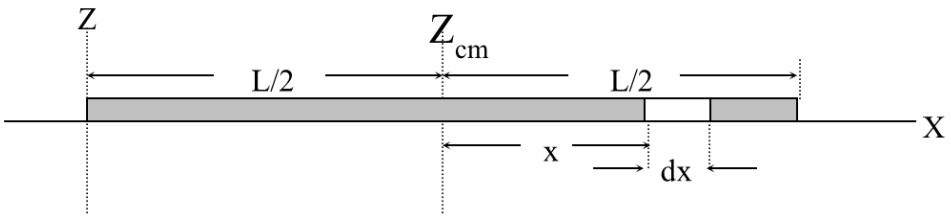
บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 โมเมนต์ความเฉื่อย(Moment of inertia)

โมเมนต์ความเฉื่อย เป็นสมบัติอย่างหนึ่งเกิดขึ้นเมื่อวัตถุหมุน เป็นปริมาณที่บอกความเฉื่อยในการหมุน (Rotational Inertia) ของวัตถุ ในการที่จะพยายามรักษาสภาพเดิมของการหมุนเอาไว้ โดยวัตถุมีโมเมนต์ความเฉื่อยมาก ก็จะทำให้วัตถุนั้นเปลี่ยนสภาพของการหมุนเดิมได้ยาก และถ้าวัตถุนั้นมีโมเมนต์ความเฉื่อยน้อยก็จะทำให้วัตถุนั้นเปลี่ยนสภาพของการหมุนเดิมได้ง่าย ซึ่งขึ้นกับมวลของอนุภาคที่รวมกันเป็นวัตถุก้อนนั้น และยังขึ้นกับระยะห่างจากแกนหมุนอีกด้วย แต่ความเฉื่อยของการหมุนยังขึ้นกับการกระจายของมวลของแต่ละอนุภาคที่ประกอบขึ้นเป็นวัตถุ โดยเทียบกับแกนหมุน

โดยโครงงานนี้จะมุ่งเน้นศึกษาหาโมเมนต์ของความเฉื่อยของแท่งวัตถุยาว L และมีมวล M ซึ่งมีแกนหมุนอยู่ที่ปลายด้านหนึ่ง และตั้งฉากกับแกนของแท่งวัตถุ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แท่งวัตถุยาว L และมีมวล m ซึ่งมีแกนหมุนอยู่ที่ปลายด้านหนึ่ง และตั้งฉากกับแกนของแท่งวัตถุ

สามารถหาโมเมนต์ความเฉื่อยได้ดังนี้

จาก $$I = \int R^2 \, dm$$

นั่นคือ $$I_{cm} = \int x^2 \lambda dx = \frac{m}{L} \int_{-L/2}^{L/2} x^2 \, \mathbf{dm} = \frac{mL^2}{I2}$$

จากทฤษฎีแกนขนานเมื่อ $a = \frac{L}{2}$

โมเมนต์ของความเฉื่อยรอบแกน Z ได้

$$I_0 = I_{cm} + ma^2$$

$$I_0 = \frac{mL^2}{3} \quad \ldots (1)$$

I_0 คือโมเมนต์ของความเฉื่อยรอบแกน Z

2.2 การเคลื่อนที่ของลูกตุ้มอย่างง่าย(Simple pendulum)

การเคลื่อนที่ของลูกตุ้มอย่างง่าย (Simple pendulum) เป็นการแกว่งอย่างง่ายที่ไม่คิดแรงเสียดทานใด ๆ การแกว่งเป็นการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาบนเส้นทางเดิม เรียกว่าการเคลื่อนที่ ที่มีคาบ (Period) การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย (Simple pendulum) ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาโมนิคอย่างง่าย อีกลักษณะหนึ่ง เราจะพิจารณาการแกว่งใน 1 มิติของซิมเปิลฮาโมนิค เขียนในรูปของสมการของการกระจัด (x) ที่เปลี่ยนแปลงกับเวลา (t) เรียกว่าสมการการเคลื่อนที่ (Equation of motion) เขียนได้เป็น

$$\mathrm{x(t)} = \mathrm{A}\sin(\omega t + \emptyset)$$

เมื่อ x ระยะขจัดของวัตถุจากตำแหน่งสมดุล มีหน่วยเป็นเมตร (x)

A แอมปลิจูดหรือระยะขจัดสูงสุด มีหน่วยเป็น (m)

ω ความถี่เชิงมุม มีหน่วยเป็น เรเดียนต่อวินาที (rad/s)

$\emptyset$ ค่าคงที่เฟสมีหน่วยเป็น (rad)

ความเร็วของวัตถุ (v) สามารถหาได้จากอนุพันธ์ของ x เทียบกับ t

$$\mathrm{v(t)} = \omega\mathrm{A}\cos(\omega\mathrm{t} + \emptyset)$$

ความเร่งของวัตถุ (a) สามารถหาได้จากอนุพันธ์ของ x เทียบกับ t

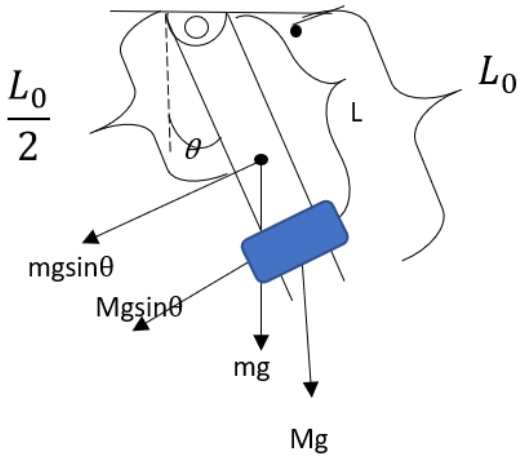
$$\mathrm{a(t)} = -\omega^2\,\mathrm{A}\sin(\omega t + \emptyset)$$

หรือเขียนอีกแบบหนึ่ง

$$\mathrm{a(t)} = -\omega^2\mathrm{x(t)} \qquad \text{... (2)}$$

เรียกสมการนี้ว่า สมการความเร่งของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาโมนิค

ในโครงงานได้มีการออกแบบชุดการทดลองให้มีการแกว่งแท่งวัตถุยาว L และมีมวล m ซึ่งมีแกนหมุนอยู่ที่ปลายด้านหนึ่ง และตั้งฉากกับแกนของแท่งวัตถุ พร้อมกับติดมวล M เพิ่มเติมที่สามารถเลื่อนปรับระยะห่างจากจุดหมุนได้



รูปที่ 2 ภาพแสดงทิศทางของแรง และระยะห่างจนถึงจุดหมุนที่ทำให้วัตถุเกิดการแกว่ง

หาสมการความเร่งของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาโมนิค

$$\sum \tau = I \cdot \alpha$$

$$\sum F \bullet r = -I \cdot \alpha$$

$$mg\sin\theta \cdot \frac{L_0}{2} + Mg\sin\theta \cdot L = -(I_0 + \sum MR^2)\frac{d^2\theta}{dt^2}$$

$$\frac{d^2\theta}{dt} = -\left[\frac{mg\frac{L_0}{2} + MgL}{I_0 + ML^2}\right]\theta$$

จากสมการความเร่งของซิมเปิลฮาร์โมนิค สมการที่ (2)

ดังนั้น $$\omega^2 = \frac{m\frac{L_0}{2} + ML}{I_0 + ML^2}g \quad \ldots (3)$$

คิดตอนไม่มีมวลติด M เพื่อทำการหาค่า โมเมนต์ความเฉื่อยของแกนที่ใช้ในการแกว่ง

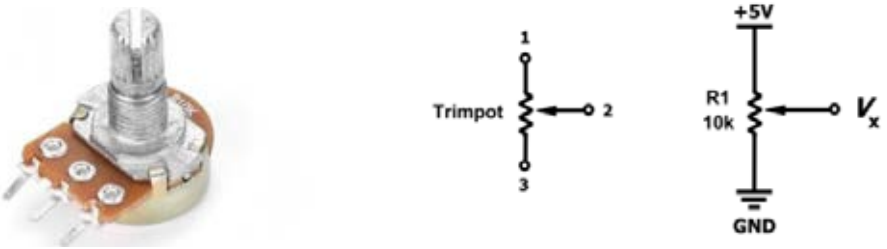
จะได้ว่า $$\omega^2 = \frac{mg\frac{L_0}{2}}{I_0} \quad \ldots (4)$$

2.3 ศึกษาการใช้อุปกรณ์และโปรแกรมต่าง ๆ

2.3.1. ตัวต้านทานปรับค่าได้

ตัวต้านทานปรับค่าได้ (Trimpot หรือ Potentiometer) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาต่อวงจร เพื่อสร้างสัญญาณอนาล็อกซึ่งเป็นแรงดันไฟฟ้าที่สามารถปรับระดับได้ เช่น ในช่วง 0V ถึง VCC

โดยทั่วไป แล้ว ตัวต้านทานปรับค่าได้จะมีอยู่สามขา (กำหนดหมายเลขขาเป็น 1 2 3 ตามลำดับ) ในการต่อตัวต้านทานปรับค่าได้ เพื่อสร้างสัญญาณอนาล็อกและปรับระดับแรงดันได้ จะใช้ขาที่อยู่ ด้านนอกสองขา (ขา 1 และขา 3) ต่อกับแรงดันไฟเลี้ยง VCC (เช่น +5V) และ GND ตามลำดับ ขาตรงกลาง (ขา 2) จะได้แรงดันปรับค่าได้ในช่วง 0V ถึง +5V ตามวงจรในรูปที่ 8 แรงดันที่วัดได้ที่จุด V_x จะอยู่ในช่วง 0V ถึง +5V ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับการหมุนปรับที่ปุ่มของตัวต้านทานปรับค่าได้ ตามมาตรฐานตัวต้านทานปรับค่าได้สามารถหมุนได้ 300 องศานำไปสู่การคำนวณค่ามุมที่เวลาใด ๆ จากค่าความต่างศักย์ได้ในบทที่ 3



รูปที่ 3 การใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบสามขา เพื่อสร้างสัญญาณอนาล็อก

2.3.2. จอแสดงผล LCD แบบ I2C

จอ Liquid Crystal Display (LCD) เป็นจอแสดงผลรูปแบบหนึ่งที่นิยมนำมาใช้งานกันกับระบบสมองกล ฝังตัวอย่างแพร่หลาย จอ LCD มีทั้งแบบแสดงผลเป็นตัวอักขระเรียกว่า Character LCD ซึ่งมีการกำหนดตัวอักษร หรืออักขระที่สามารถแสดงผลไว้ได้อยู่แล้ว และแบบที่สามารถแสดงผลเป็นรูปภาพหรือสัญลักษณ์ได้ตามความ ต้องการของผู้ใช้งานเรียกว่า Graphic LCD ในโครงงานนี้ได้มีการใช้จอ LCD ขนาด 16x2 Character หรือที่นิยมเรียกกันว่าจอ LCD 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด จอ LCD ที่มาพร้อมกับบอร์ด I2C Bus

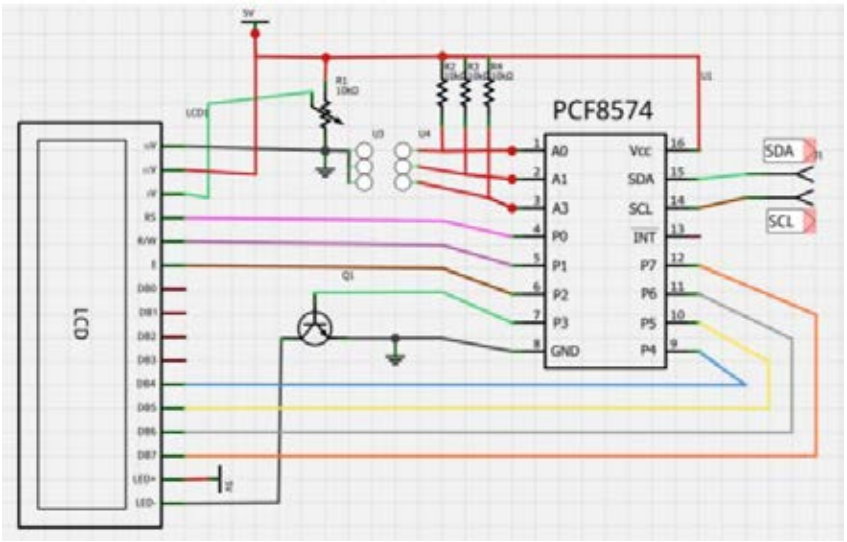
ที่ทำให้การใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้นและมาพร้อมกับ VR สำหรับปรับความเข้มของจอใน รูปแบบ I2C ใช้ขาในการเชื่อมต่อกับ ARDUINO เพียง 4 ขา (แบบ Parallel ใช้16 ขา) ซึ่งทำให้ใช้งานได้ง่ายและสะดวกมากยิ่งขึ้น

รูปที่ 4 แสดงขาของจอ LCD 16x2 แบบอนุกรม (I2C)

ARDUINO Uno R3	LCD (I2C)
GND	GND (Pin 1)
+5VDC	VCC (Pin 2)
A4(SDA)	SDA (Pin 3 Serial Data)
A5(SCL)	SCL (Pin 4 Serial Clock)

ตารางที่ 1 แสดงขาของจอ LCD 16x2 แบบอนุกรม

สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่าง ARDUINO กับ LCD ที่มีบอร์ด I2C อยู่แล้วนั้น การส่งข้อมูลจาก
ARDUINO ถูกส่งออกมาในรูปแบบอนุกรม (serial) ไปยังบอร์ด I2C และบอร์ดจะมีหน้าที่แปลงข้อมูลให้เป็นขนาน (Parallel) เพื่อติดต่อกับจอ LCD โดยที่รหัสคำสั่งที่ใช้ในการสั่งงานจอ LCD ยังคงไม่ต่างกับจอ LCD ที่เป็นแบบ Parallel โดยส่วนใหญ่บอร์ด I2C จะเชื่อมต่อกับตัวควบคุมของจอ LCD เพียง 4 บิต เท่านั้น วงจร ภายในระหว่างจอ LCD กับบอร์ด I2C นั้น มีการต่อไว้ดังนี้



รูปที่ 5 การเชื่อมต่อระหว่าง LCD กับ I2C

(ที่มา www.loxhop.com)

2.3.3 โปรแกรม ARDUINO IDE (IDE นั้นย่อมาจาก Integrated Development Environment)

โปรแกรม ARDUINO IDE เป็นโปรแกรมที่สามารถใช้ในการเขียนคำสั่งให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ในชุดอเนกประสงค์ ได้แก่ บอร์ด ARDUINO,SWITCH หน้าจอ LCD แบบ I2C และโปรแกรม Microsoft Excel (PLX-DAQ) ให้สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่ต้องการ ซึ่งโปรแกรมนี้มีความสะดวกในการเขียนโปรแกรมคำสั่งชุดอเนกประสงค์ เพราะมีไลบรารีจำนนมาก ทำให้สามารถนำมาใช้ได้เลย ไม่จำเป็นต้องเขียนใหม่ ทำให้สามารถพัฒนาชุดอเนกประสงค์ได้อย่างรวดเร็ว

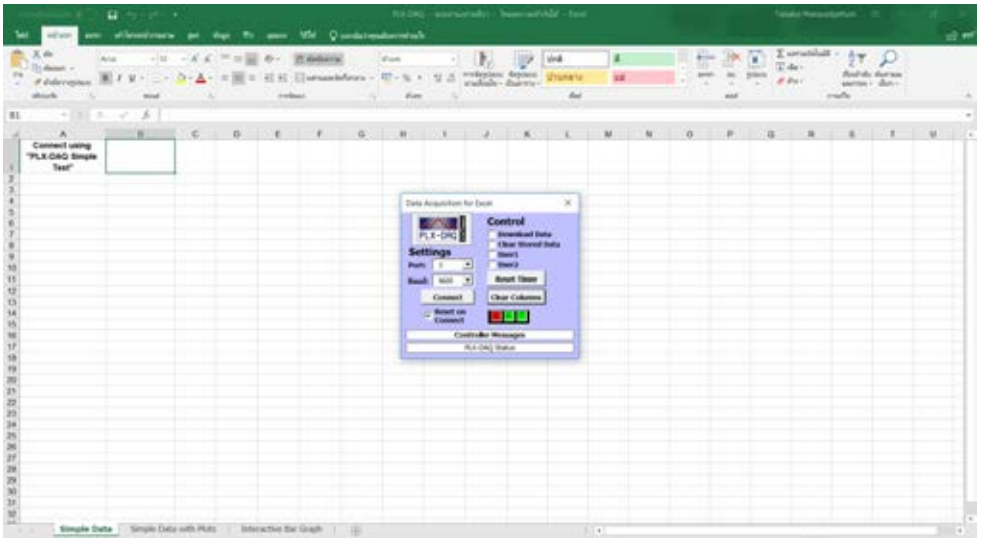
รูปที่ 6 หน้าต่างของโปรแกรม ARUINO IDE

2.3.4 โปรแกรมคำนวณ Microsoft Excel (PLX-DAQ)

โปรแกรม PLX-DAQ Spreadsheet เป็น Platform ที่สามารถทำงานร่วมกับ Microsoft Excel โดยที่ตัวโปรแกรมนี้ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างบอร์ด ARDUINO UNO R3 กับ Microsoft Excel ทำการรับข้อมูลจากบอร์ด ARDUINO แล้วส่งข้อมูลไปยังโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับจาก ARDUINO โดยการส่งข้อมูลให้ Microsoft Excel จะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน

1. เมื่อทำการกด Connect ที่หน้าต่างของ PLX-DAQ จะเป็นการเชื่อมระหว่างบอร์ด ARDUINO กับ Microsoft Excel หน้าต่างโปรแกรม Microsoft Excel จะแสดงชื่อหัวตารางแสดงข้อมูลที่ถูกนำเข้ามา

2. เมื่อทำการกดสวิตช์ที่กล่องอเนกประสงค์ จะเป็นการเริ่มรับข้อมูลจากบอร์ด ARDUINO เข้ามาในโปรแกรม Microsoft Excel ทีละชุดข้อมูลตามที่ได้เขียนโปรแกรมคำสั่งไว้ใน โปรแกรม ARDUINO IDE



รูปที่ 7 หน้าต่างของโปรแกรมคำนวณ Microsoft Excel (PLX-DAQ)

บทที่ 3

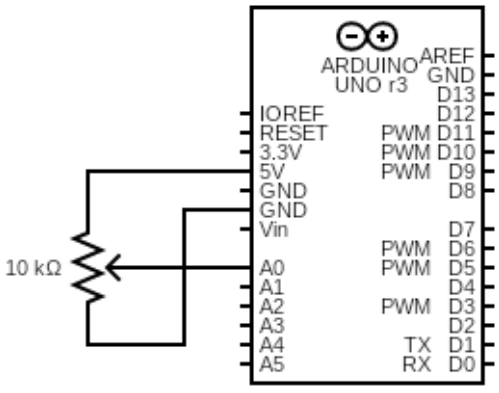
การออกแบบและการดำเนินการ

โครงงานนี้ได้ออกแบบและจัดทำชุดอุปกรณ์อเนกประสงค์สำหรับวัดผลการทดลองในทางฟิสิกส์ สำหรับการทดลองที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ การหาโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุแข็งเกร็ง และการหาความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง ทั้ง 2 ปริมาณนั้นสามารถออกแบบการทดลองและหาค่าได้จากการเคลื่อนที่ของลูกตุ้มอย่างง่าย(Simple pendulum) ทำให้ต้องหาอุปกรณ์หัววัดที่ทำหน้าที่เป็นจุดหมุน และสามารถวัดค่าที่เปลี่ยนไปได้ตลอดเวลา พบว่าวัสดุที่เหมาะสมกับการทดลองนี้คือ ตัวต้านทานปรับค่าได้ (Variable Resistor)

3.1 ทำการต่อตัวต้านทานปรับค่าได้ (Variable Resistor) กับบอร์ด ARDUINO ช่องสัญญาณอนาล็อก

ตัวต้านทานปรับค่าได้เป็นเซนเซอร์ที่วัดความต้านทาน โดยที่ความต้านทานจะเปลี่ยนไปเมื่อมีการหมุนโวลลุ่มของตัวต้านทาน ในโครงงานนี้ได้ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ 10K โวลลุ่มโพเทนซิโอมิเตอร์ (3 ขา) คือ มีความต้านทานสูงสุด 10 kΩ

ในส่วนของตัวบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ARDUINO Uno R3 มีขาที่สามารถอ่านค่าสัญญาณ Analog ได้ทั้งหมด 6 ขา คือ ขา A0 – A5 โดยที่จะรับค่าสัญญาณจากกการเปลี่ยนแปลงของตัวต้านทานปรับค่าได้ ที่ขา A0 โดยจะมีวงจรดังรูปที่ 3



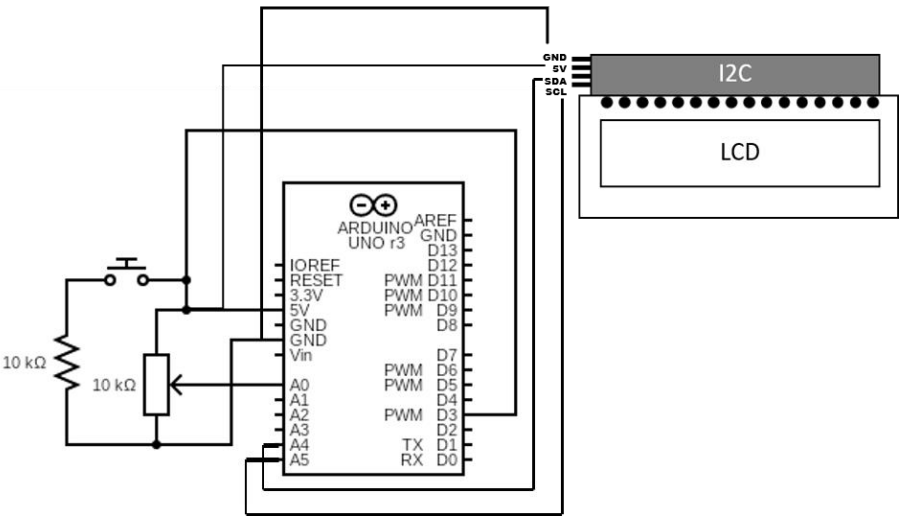
รูปที่ 8 การต่อตัวต้านทานปรับค่าได้กับบอร์ด ARDUINO เพื่อรับค่าสัญญาณอนาล็อก

ค่าจากสัญญาณอนาล็อก ที่บอร์ด ARDUINO สามารถอ่านค่าได้ 10 บิต ทำให้จะมีค่าอยู่ในช่วง 0-1023 โดยความจริงแล้วค่าความต้านที่เวลาใด ๆ หรือแม้กระทั่งค่ามุมที่เวลาใด ๆ ไม่ได้มีความสำคัญมากกับชุดการทดลองนี้เพราะจะดูการเปลี่ยนแปลงของการเคลื่อนที่เป็นหลัก สิ่งที่ต้องการคือ เวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่แต่ละรอบ แต่หากต้องการทราบค่ามุมที่เวลาใด ๆ ($\theta(t)$) สามารถหาคำนวณได้ตามสมการ

$$\text{value from Arduino} * \frac{300}{1024} = \theta(t) \qquad \text{... (5)}$$

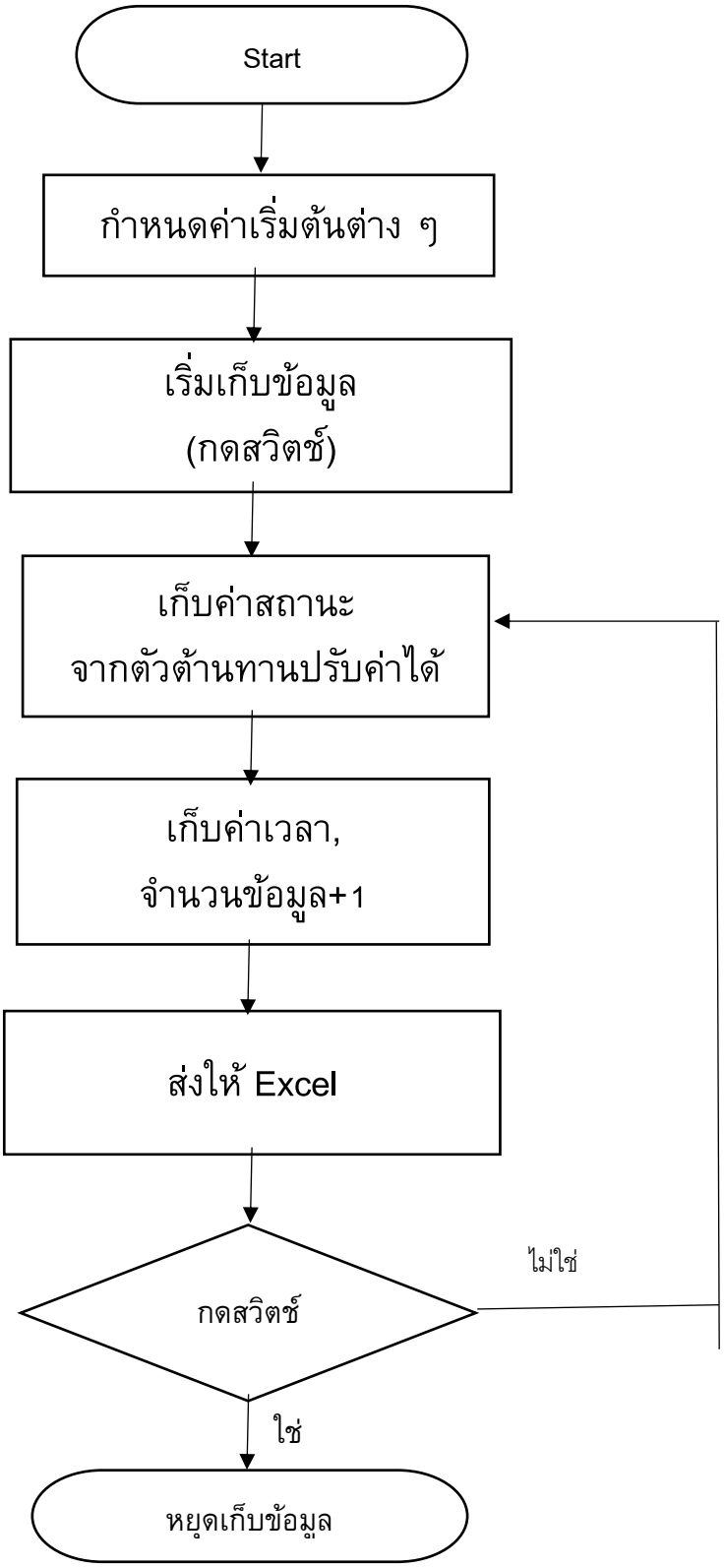
3.2 ออกแบบวงจรกล่องวัดอเนกประสงค์กับชุดการทดลอง

การออกแบบวงจรกล่องวัดอเนกประสงค์ให้สามารถเชื่อมต่อกับชุดการทดลอง เพื่อเก็บบันทึกข้อมูลและสามารถนำไปวิเคราะห์ผลการทดลอง ในโครงงานได้มีการออกแบบชุดการทดลองเพื่อวัดหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก และหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุแข็งเกร็ง โดยอาศัยหลักการแกว่งของ Pendulum ได้มีการเลือกใช้เซนเซอร์คือ ตัวต้านทานปรับค่าได้ ต่อเข้ากับตัว ARDUINO ซึ่งตัวต้านทานปรับค่าได้จะถูกใช้ทำหน้าที่เป็นจุดหมุนของวัตถุแข็งแกร่ง เพราะสามารถนำค่าความต้านทานที่เวลาใด ๆ มาแปลงเป็นค่ามุมที่เวลาใด ๆ ของการหมุน แต่ด้วยความที่ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบ 3 ขา มีความฝืด จึงทำให้มีการฉีดสารหล่อลื่นเพื่อลดความฝืดยี่ห้อ SONAX เพื่อทำให้ตัวต้านทานปรับค่าได้สามารถหมุนได้คล่องขึ้นนอกจากนี้ยังมีการต่อสวิตช์ไฟฟ้าเพื่อเป็นตัวกำหนด การเริ่มเก็บหรือหยุดเก็บข้อมูลผลการทดลองของตัว ARDUINO และสุดท้ายจะมีการต่อจอแสดงผล LCD แบบ I2C เพื่อเป็นการบอกสถานการณ์ทำงานของตัว ARDUINO และจำนวนข้อมูลที่ทำการเก็บผลการทดลอง ต่อได้ดังรูป



รูปที่ 9 วงจรกล่องวัดอเนกประสงค์กับตัวรับรู้สัญญาณ

3.3. หลักการทำงานของชุดอเนกประสงค์



แผนผังแสดงการทำงานของชุดอเนกประสงค์กับการทดลอง

ในการส่งข้อมูลต่าง ๆ จากบอร์ด ARDUINO ให้ Microsoft Excel ต้องเขียนโปรแกรมคำสั่งให้ PLX-DAQ ใน ARDUINO IDE จะมีด้วยกัน 2 ส่วนคือ

1.เป็นการส่งแถบชื่อสถานะ (LABEL) ว่าต้องการส่งข้อมูลอะไรบ้างจากตัว ARDUINO ให้กับ Microsoft Excel ในโครงงานได้มีการส่งมา 3 ค่า คือ Time(เวลาที่ทำการทดลอง), Started Time(เวลาที่บอร์ด ARDUINO ใช้ในการเก็บข้อมูลแต่ละค่า) และ Register value(ค่าจากตัวต้านทานปรับค่าได้จากขา A0) ในรูปที่ 14 สามารถเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

```
Serial.begin(9600);
Serial.println("CLEARDATA");
Serial.println("LABEL,Time,Stared Time,Register value");
```

หากต้องการเก็บข้อมูลจากสัญญาณอนาล็อกจากขา A1 - A5 พร้อมกันทำได้โดยการเพิ่ม LABEL ต่อจาก Register value จะไปแสดงเป็นคอลัมน์ถัดไปใน Microsoft Excel

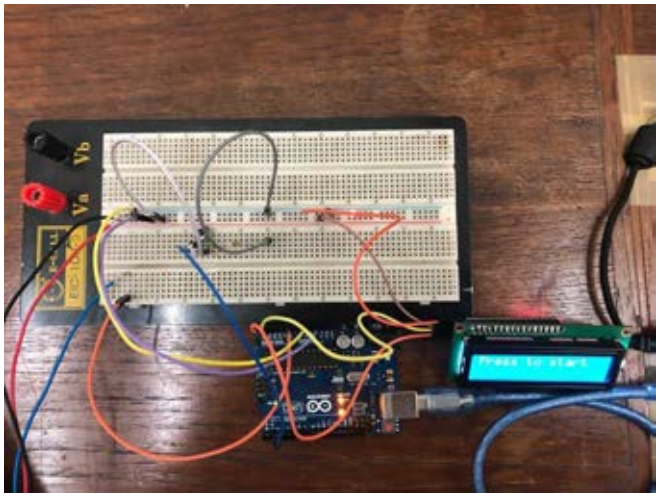
2.เป็นการส่งค่าข้อมูลของสถานะต่าง ๆ ให้กับ Microsoft Excel ทีละชุดในการเก็บแต่ละรอบ ในรูปที่ 16 และจะหยุดเก็บข้อมูลเมื่อทำการกดสวิตช์ สามารถเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

```
int vr = analogRead(vr_pin);  \\ ก่อนหน้านี้ในโครงงานนนี้มีการกำหนดขา A0 = vr_pin
Serial.print("DATA,TIME,"); \\ เวลาที่ทำการทดลอง
Serial.print(millis()); \\ เวลาจากบอร์ด ARDUINO
Serial.print(",");
Serial.println(vr); \\ ค่าสถานะจากตัวตัวต้านทานปรับค่าได้
delay(50);
```

หากต้องการให้ค่าข้อมูลจากสัญญาณอนาล็อกจากขา A1 - A5 แสดงใน Microsoft Excel ให้มีการสั่ง print ข้อมูลต่อจาก Serial.println(vr); ในบรรทัดถัดไปโดยข้อมูลแต่ละขาต้องมี Serial.print(","); คั่นแต่ละบรรทัด

3.4 ต่อวงจรของกล่องอเนกประสงค์กับชุดการทดลอง

นำอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวงจรภายในกล่องอเนกประสงค์ได้แก่ สวิตช์ และจอแสดงผล LCD แบบ I2C มาต่อเข้าเข้ากับบอร์ด ARDUINO ตามรูปที่ 9



รูปที่ 10 ภาพวงจรภายในกล่องอเนกประสงค์

นำวงจรของอุปกรณ์ต่าง ๆ จากรูปที่ 10 มาประกอบเข้าด้วยกันให้บรรจุอยู่ในกล่อง เพื่อให้สะดวกต่อการขนย้ายและการใช้งาน

(a)

(b)

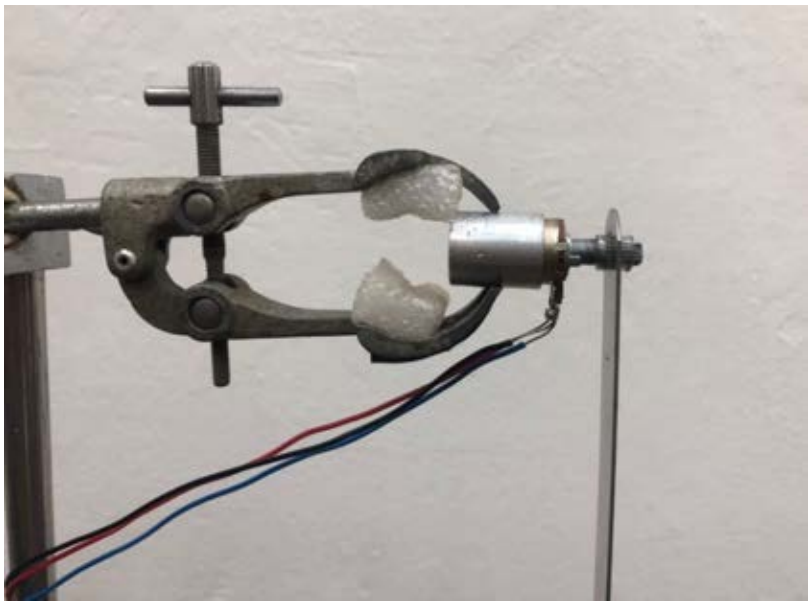
รูปที่ 11 กล่องวัดอเนกประสงค์ ARDUINO

(a) ภาพวงจรที่ต่อภายในกล่องอเนกประสงค์

(b) ภาพถ่ายนอกของกล่องอเนกประสงค์ประกอบด้วย จอ LCD START/STOP SWITCH และมีการสาย 3 สายที่ต่อออกมาจากกล่องเอาไว้ต่อเซนเซอร์เข้ากับบอร์ด สายสีแดงต่อเข้ากับ 5V สายสีดำต่อเข้ากับ GND และสายสีน้ำเงินต่อเข้ากับขาอนาล็อกเพื่อรับว่า Voltage จากชุดการทดลอง

หลังจากนั้นทำการเชื่อมต่อ ARDUINO เข้ากับ คอมพิวเตอร์ (ด้วยสายUSB) และต่อเข้ากับตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ทำหน้าที่เป็นจุดหมุนให้กับแท่งวัตถุแข็งเกร็งที่ติดมวลเพิ่ม แล้วเปิดโปรแกรมคำนวณ Microsoft Excel (PLX-DAQ) เพื่อเตรียมการเก็บค่าผลการทดลอง

รูปที่ 12 (a) การต่อชุดอเนกประสงค์เข้ากับการทดลอง

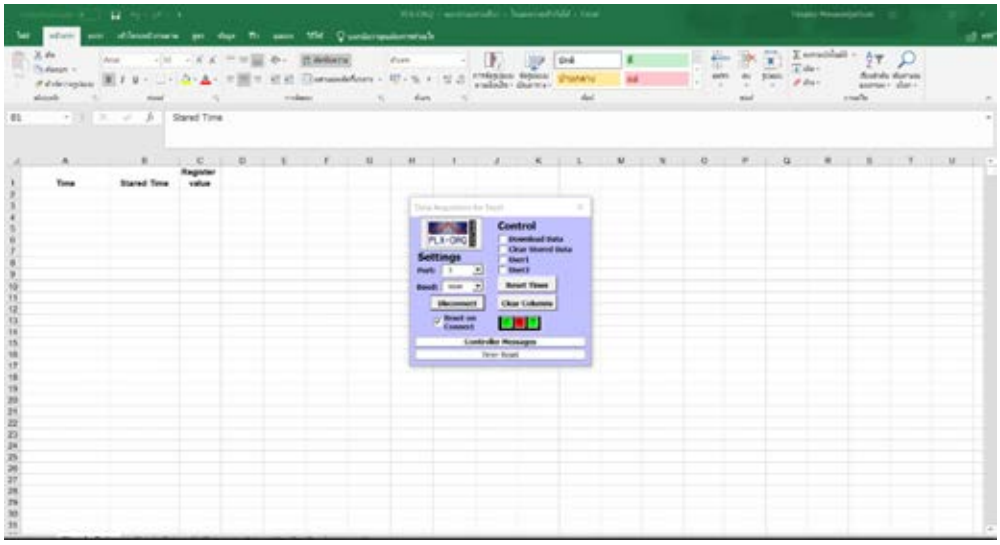


รูปที่ 12 (b) การต่อเซนเซอร์(ตัวต้านทานปรับค่าได้)เข้ากับวัตถุ

ก่อนเริ่มทำการทดลองหน้าจอแสดงผล LCD จะแสดงข้อความ Press to start เป็นคำสั่งให้กดสวิตช์เพื่อเริ่มทำการเก็บข้อมูล และในส่วนของตัวโปรแกรม Microsoft Excel (PLX-DAQ) ต้องทำการ

กด connect เพื่อเชื่อมโปรแกรมกับบอร์ด ARDUINO ดังรูปที่ 14 และหน้าต่างโปรแกรม Microsoft Excel (PLX-DAQ) จะแสดงคอลัมน์ Time(แสดงเวลาที่ทำการทดลอง), Started Time(แสดงเวลาที่ทำการทดลองจากบอร์ดARDUINO), Register Value(ค่าข้อมูลที่เป็นบิต จากตัวต้านทานปรับค่าได้)

รูปที่ 13 หน้าจอ LCD ของกล่องวัดอเนกประสงค์ เมื่อเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

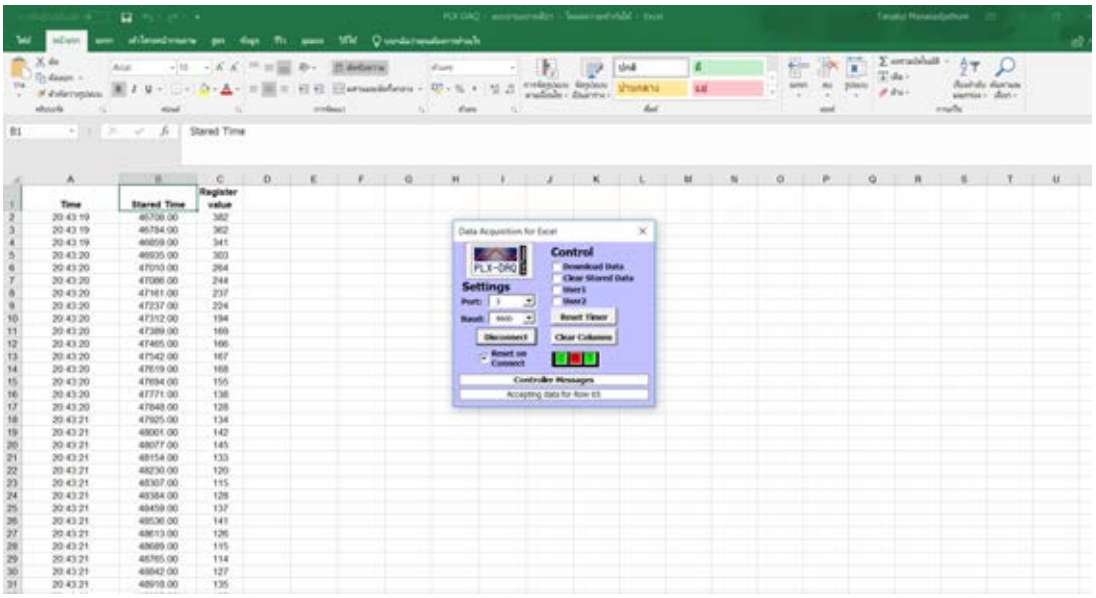


รูปที่ 14 หน้าจอโปรแกรม Microsoft Excel (PLX-DAQ) หลังจากกด connect

ขณะทำการทดลอง ได้ทำการกดสวิตช์ START ที่กล่องอเนกประสงค์ เพื่อทำให้ ARDUINO ทำการเก็บข้อมูล แล้วส่งข้อมูลให้โปรแกรมคำนวณ Microsoft Excel (PLX-DAQ) หน้าจอแสดงผล LCD จะแสดงข้อความ Collecting Data เพื่อเป็นการบอกว่ากำลังดำเนินเก็บข้อมูลผลการทดลอง และจะแสดง

ข้อความ Num Data พร้อมตัวเลขเพื่อเป็นการบอกจำนวนข้อมูลที่ถูกเก็บ ในส่วนของโปรแกรม Microsoft Excel จะแสดงค่าสถานะที่บอร์ด ARDUINO เก็บได้จากตัวต้านทานปรับค่าได้

รูปที่ 15 หน้าจอแสดงผล LCD แสดงข้อความ Collecting Data และแสดงข้อความ Num Data พร้อมตัวเลข



รูปที่ 16 โปรแกรม Microsoft Excel (PLX-DAQ) จะแสดงค่าสถานะที่บอร์ด ARDUINO เก็บ

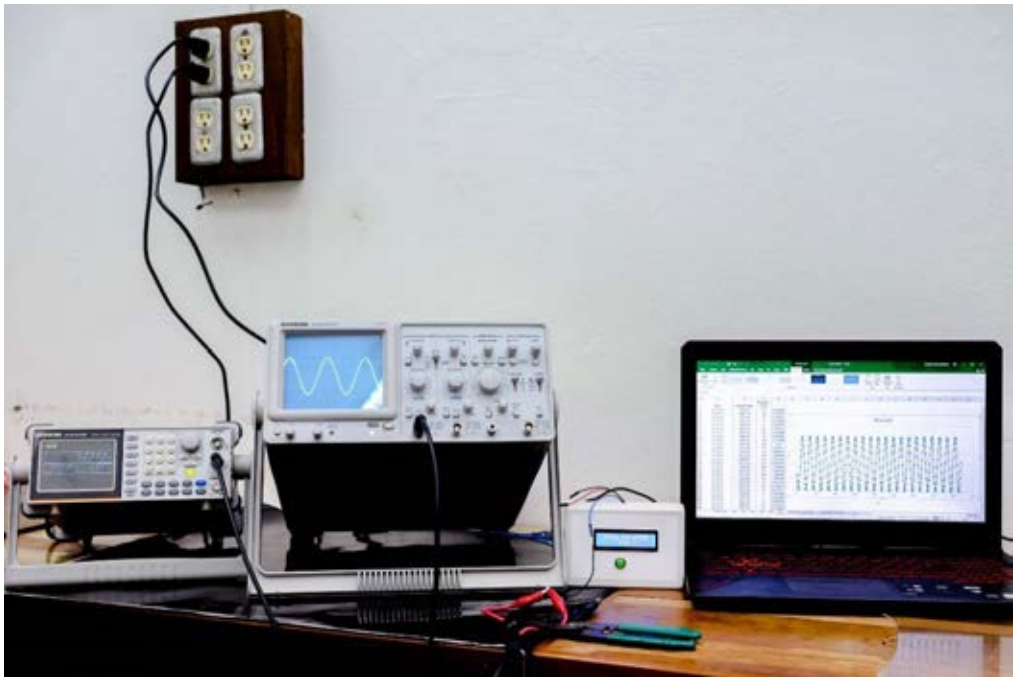
เมื่อทำการทดลองได้จำนวนข้อมูลที่เพียงพอต่อ ทำการกดสวิตช์ STOP เพื่อทำการหยุดเก็บข้อมูล หน้าจอ LCD จะแสดงข้อความ Total Data และ ตัวเลข เพื่อเป็นการสรุปจำนวนข้อมูลของผลการทดลองที่จะนำมาวิเคราะห์ พร้อมทั้งแสดงข้อความ End เพื่อเป็นการบอกว่าขณะนี้กล่องอเนกประสงค์ได้จบการทำงาน

รูปที่ 17 หน้าจอแสดงผล LCD แสดงข้อความ Total Data พร้อมกับตัวเลข และแสดงข้อความ End

3.5 การออกแบบการทดลองเพื่อหาความคลาดเคลื่อนชุดอเนกประสงค์ ARDUINO

ในการสร้างชุดอเนกประสงค์นั้น ได้มีการใช้ ARDUINO รุ่น UNO R3 เป็นตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมชุดการทดลอง ให้มีการเริ่มเก็บข้อมูล ส่งข้อมูลให้คอมพิวเตอร์เพื่อทำการวิเคราะห์หาค่าผลการทดลองในทางฟิสิกส์ จะต้องมีการทดสอบความสามารถของชุดอเนกประสงค์ ว่ามีความสามารถในการรับส่งข้อมูล จากชุดการทดลองจนถึงโปรแกรม Microsoft Excel(PLX-DAQ) แม้ว่าตัวบอร์ด ARDUINO มีความถี่ในการทำงานมากถึง 16 MHz แต่ความสามารถในการรับส่งข้อมูลจากสัญญาณอนาล็อกของชุดอเนกประสงค์ ไม่สามารถทำงานได้ดีในทุกความถี่ เพราะเมื่อความถี่ที่สูงชุดอเนกประสงค์ไม่สามารถจับค่าสัญญาณที่มีค่าความสูง(แอมพลิจูด)ของสัญญาณอนาล็อกได้คงที่ ผู้จัดทำโครงงานจึงมีการออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบชุดวัดอเนกประสงค์ ARDUINO ว่ามีความสามารถวัดค่าผลการทดลองที่มีความถี่ที่เหมาะสมอยู่ในช่วงใด เพื่อให้ค่าความถี่และแอมพลิจูด มีค่าคงที่และใกล้เคียงกับแหล่งกำเนิดสัญญาณ

การทดลองที่ออกแบบขึ้นมาเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อน จะใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณ (Function Generator) ที่สามารถให้สัญญาณที่มีความถี่คงที่ จากนั้นทำการส่งสัญญาณเชื่อมต่อกับ Oscilloscope และ ตัวบอร์ด ARDUINO ดังรูปที่ 18 เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าจริงที่วัดได้จาก Scope กับ ค่าที่วัดได้จาก ARDUINO ที่แสดงในคอมพิวเตอร์ จากนั้นปรับความถี่ของสัญญาณเพื่อหาช่วงค่าความถี่ที่เหมาะสม กับชุดอเนกประสงค์



รูปที่ 18 ต่อวงจรเพื่อทดสอบความสามารถของ ARDUINO

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผลการทดลอง 4.1 หาความคลาดเคลื่อนชุดอเนกประสงค์ ARDUINO

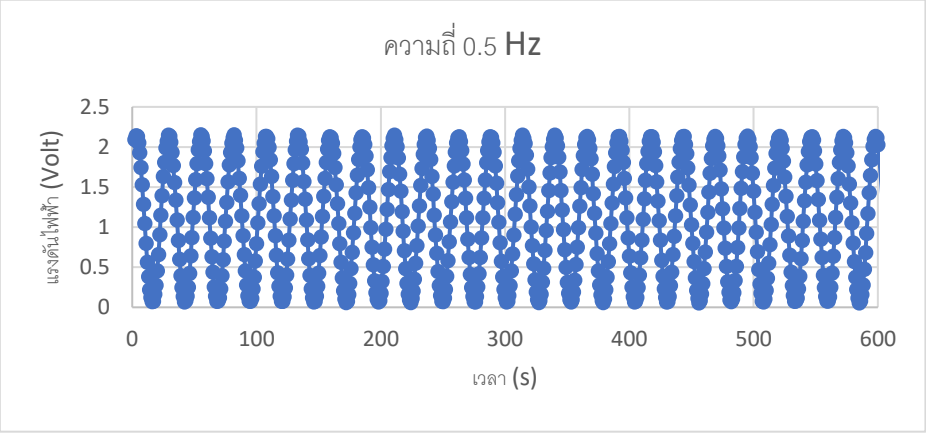
ในการทดลองเครื่องกำเนิดสัญญาณจะใช้เป็นรูปฟังก์ชันไซน์ ซึ่งทางผู้จัดทำโครงงานได้เลือกทดลองความถี่ในช่วงที่ตรงกับการทดลอง 0.50-100.00 เฮิรตซ์ จากนั้นทำการตรวจสอบว่าข้อมูลที่ผ่านชุดอเนกประสงค์ สามารถอ่านค่าได้ตรงกับเครื่องกำเนิดสัญญาณหรือไม่ ซึ่งจะดำเนินการโดยพล็อตกราฟ ดังตัวอย่างในรูปที่ 19 จากการสังเกตุกราฟ พบว่าค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้บางลูกคลื่นไม่สามารถจับค่าที่ตำแหน่งสูงสุดได้ เมื่อความถี่เครื่องแหล่งกำเนิดสัญญาณมีค่าสูง ดังนั้นทำการหาความถี่จากกราฟโดยใช้วิธีการ Least square method จึงมีการสร้างสมการฟังก์ชันไซน์

$$V = A\sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t + \varphi)$$

จากนั้นทำการกำหนดค่า A และ f เพื่อให้ได้ค่าแรงดันไฟฟ้าจากทฤษฎี เมื่อเวลาใด ๆ หาค่า

ผลต่างแรงดันไฟฟ้า(ε) = แรงดันจากทฤษฎี-แรงดันการทดลอง

ทำการหาค่า $\sum(\varepsilon)^2$ จากนั้นทำการเปลี่ยนค่า A , f จนทำให้ค่า $\sum(\varepsilon)^2$ มีค่าน้อยที่สุด สุดท้ายแล้วดำเนินการหาค่าความถี่แล้วเปรียบเทียบจาก เครื่องกำเนิดสัญญาณ



รูปที่ 19 แสดงผลการทดลองหาความคลาดเคลื่อนของชุดอเนกประสงค์ ที่ความถี่ 0.50 Hz

ผลการทดลองหาความคลาดเคลื่อนของกล่องวัดอเนกประสงค์ ARDUINO จากสัญญาณอนาล็อก ในช่วงความถี่ 0.50-100.00 เฮิรตซ์ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 2

ความถี่จากเครื่องกำเนิดสัญญาณ(Hz)	ความถี่จากการทดสอบ (Hz)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน
0.50	0.50	0.00
1.00	1.00	0.00
3.00	3.01	0.33
5.00	4.99	0.20
10.00	10.00	0.00
50.00	50.02	0.04
100.00	100.04	0.04

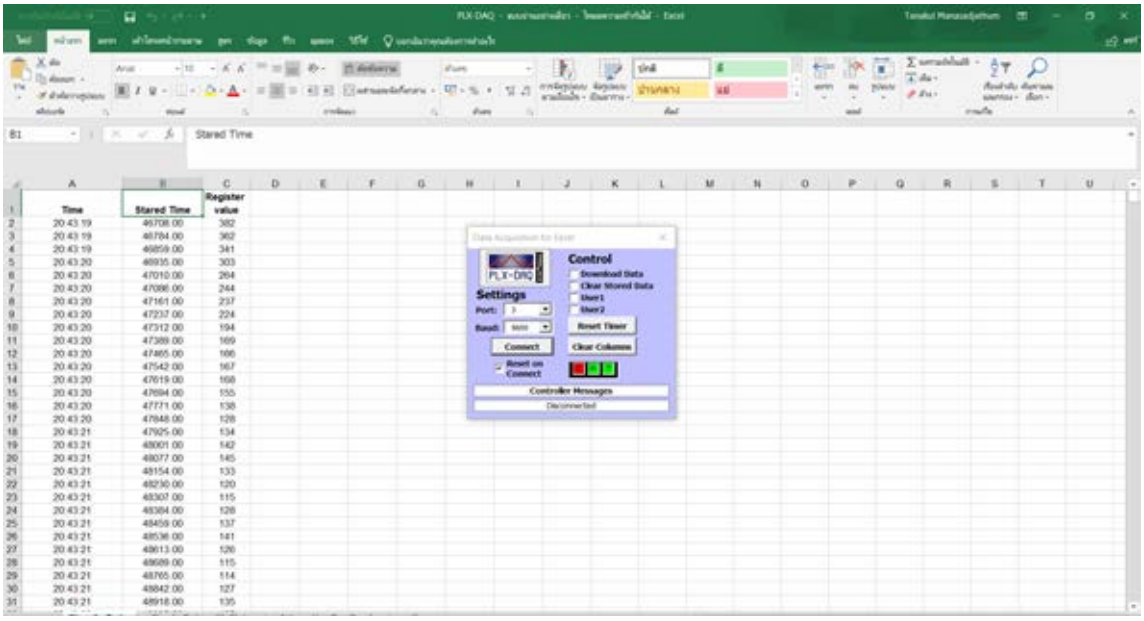
ตารางที่ 2 ผลการทดลองการหาความคลาดเคลื่อนของชุดวัดอเนกประสงค์ ARDUINO

ผลการทดลอง 4.2 หาค่าความเร่งโน้มถ่วงสากลเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก(g)

ในโครงงานนี้ได้ทำการทดลองหาค่าความเร่งโน้มถ่วงจากแรงดึงดูดของโลก จากการแกว่งของวัตถุแข็งเกร็งที่ และมีการติดมวลเพิ่มเติมที่สามารถเลื่อนเปลี่ยนตำแหน่งได้ เมื่อมีการเปลี่ยนระยะห่างจากวัตถุถึงจุดหมุน(L) ทำให้ค่าคาบในการเคลื่อนที่ของวัตถุมีค่าแตกต่างกันที่ตำแหน่งของมวลแตกต่างกัน จะส่งให้ผลความถี่เชิงมุม(ω) ในการแกว่งเปลี่ยนแปลงตาม จากนั้นทำการเขียนกราฟหาค่าความเร่งโน้มถ่วงจากแรงดึงดูดของโลกจากสมการที่ 3

$$\omega^2 = \frac{m\frac{L_0}{2} + ML}{I_0 + ML^2} g$$

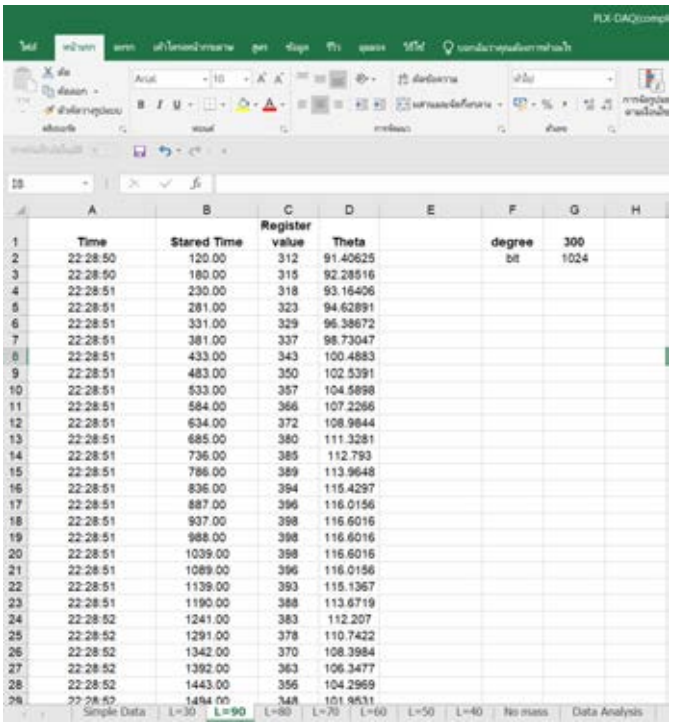
เมื่อประกอบชุดอเนกประสงค์เข้ากับชุดการทดลองเรียบร้อยแล้วดังรูปที่ 12 จากนั้นทำการกดสวิตช์ START จะได้ผลการทดลองเป็นข้อมูลดิบที่มาจากการเก็บข้อมูลของบอร์ด ARDUINO ดังรูปที่ 20



รูปที่ 20 โปรแกรม Microsoft-Excel (PLX-DAQ) ขณะทำการเก็บข้อมูล

จากรูปที่ 20 จะเห็นว่าข้อมูลที่ได้มีค่าระหว่าง 0-1023 เราต้องทำการแปลงค่าเหล่านี้ให้เป็นมุมที่เวลาใด ๆ ตามสมการที่ 5

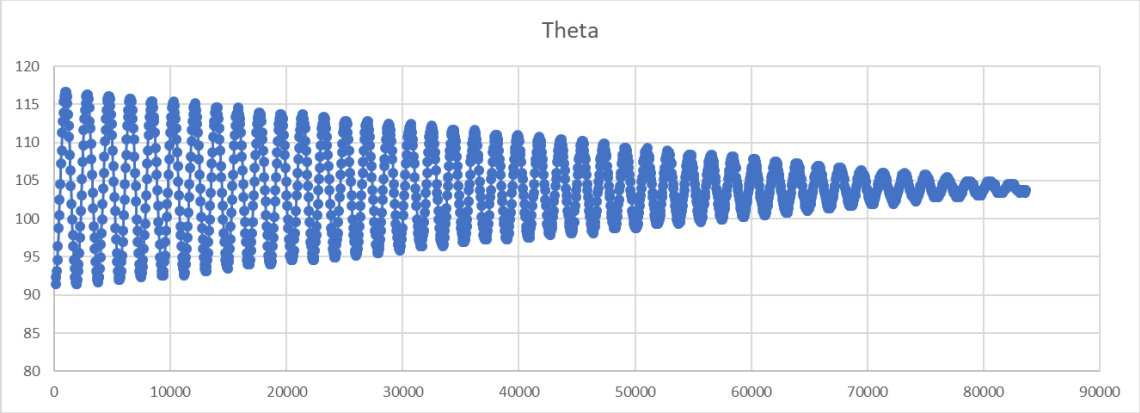
$$\text{value from Arduino} * \frac{300}{1024} = \theta(t)$$



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Time	Stared Time	Register value	Theta		degree	300	
2	22:28:50	120.00	312	91.40625		bit	1024	
3	22:28:50	180.00	315	92.28516				
4	22:28:51	230.00	318	93.16406				
5	22:28:51	281.00	323	94.62891				
6	22:28:51	331.00	329	96.38672				
7	22:28:51	381.00	337	98.73047				
8	22:28:51	433.00	343	100.4883				
9	22:28:51	483.00	350	102.5391				
10	22:28:51	533.00	357	104.5898				
11	22:28:51	584.00	366	107.2266				
12	22:28:51	634.00	372	108.9844				
13	22:28:51	685.00	380	111.3281				
14	22:28:51	736.00	385	112.793				
15	22:28:51	786.00	389	113.9648				
16	22:28:51	836.00	394	115.4297				
17	22:28:51	887.00	396	116.0156				
18	22:28:51	937.00	398	116.6016				
19	22:28:51	988.00	398	116.6016				
20	22:28:51	1039.00	398	116.6016				
21	22:28:51	1089.00	396	116.0156				
22	22:28:51	1139.00	393	115.1367				
23	22:28:51	1190.00	388	113.6719				
24	22:28:52	1241.00	383	112.207				
25	22:28:52	1291.00	378	110.7422				
26	22:28:52	1342.00	370	108.3984				
27	22:28:52	1392.00	363	106.3477				
28	22:28:52	1443.00	356	104.2969				
29	22:28:52	1494.00	348	101.9531				

รูปที่ 21 ทำการแปลงค่าจากบอร์ด ARDUINO เป็น มุมที่เวลาใด ๆ

จากนั้นพล็อตกราฟ ระหว่างมุมของวัตถุกับเวลาจะได้ดังรูปที่ 22 พบว่าลักษณะของกราฟที่เกิดขึ้นมีลักษณะเป็นรูป sine wave เกิดการสั่นแบบคาบคงที่ และแอมปลิจูดลดลงแบบเชิงเส้น ถ้าเป็นแรงต้านจากอากาศแอมพลิจูดตามทฤษฎีของกราฟจะมีการลดลงแบบเอ็กซ์โพเนนยเชียล หากเป็นผลมาจากแรงต้านมีค่าคงที่ แอมปลิจูดลดลงแบบเชิงเส้น ซึ่งตรงตามกราฟผลการทดลอง ดังนั้นแรงต้านที่มีค่าคงที่ในการทดลองนนี้คือแรงเสียดทานที่ทำให้ระบบสูญเสียพลังงานออกไปนั้นมีค่าคงที่ พลังงานจึงลดลงตามระยะทางที่เคลื่อนที่เป็นเชิงเส้น

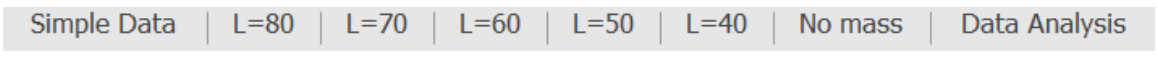


รูปที่ 22 Plot graph เพื่อแสดงความสัมพันธ์ตำแหน่งของวัตถุกับเวลา และหาคาบการเคลื่อนที่ของวัตถุ

ในการหาคาบจากการทดลองจะไม่ใช้วิธีการ Least square เพราะไม่สามารถทราบสมการที่แน่นอนของกราฟในรูปที่ 22 ในการทดลองนี้จะใช้วิธีการนับยอดของลูกคลื่นที่ติดกัน เพื่อทำการหาคาบเฉลี่ย T_{av} ทำได้ดังนี้ เลือกค่าเวลาที่ทำให้วัตถุมีค่าของมุมสูงสุดในแต่ละลูกคลื่นทั้งหมด 11 ลูกคลื่นที่ติดกัน ทำการหาคาบเฉลี่ย T_{av} ของการเคลื่อนที่ของวัตถุ 10 คาบ หลังจากทำการหาคาบเฉลี่ย จากนั้นได้ทำการคำนวณหาความถี่เชิงมุม (ω) จากสมการ

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T_{av}}$$

ทำการทดลองต่อโดยการปรับตำแหน่งของมวลที่ติดเพิ่มเพื่อทำการเก็บค่าความเร็วเชิงมุม (ω) ที่ตำแหน่งต่าง ๆ โดยที่ตำแหน่งของที่ห่างจากจุดหมุน ตั้งแต่ 0.40-0.80 m หลังจากที่ได้ผลการทดลองเรียบร้อยแล้วก็ต้องเก็บใน Sheet ใหม่ ดังรูปที่ 23



รูปที่ 23 Spread sheet ต่าง ๆ ที่ใช้ในการเก็บผลการทดลอง

ผลการทดลองที่มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของมวล ตั้งแต่ 0.40-0.80 m จะได้ค่าความเร็วเชิงมุม
ดังตารางที่ 3

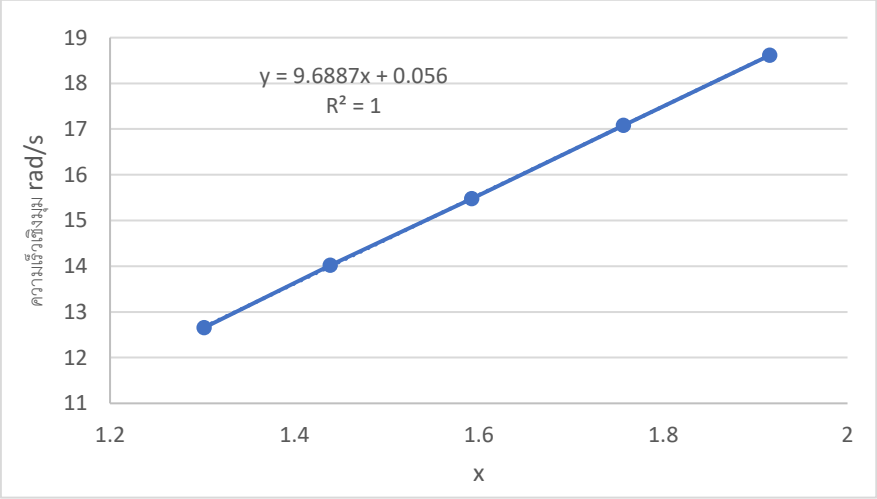
ระยะห่างของมวลถึงจุดหมุน(m)	ความเร็วเชิงมุม (rad/s)
0.40	4.31
0.50	4.13
0.60	3.93
0.70	3.75
0.80	3.56

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดลองระยะห่างของมวลถึงจุดหมุน(m)และความเร็วเชิงมุม (rad/s)

ทำการ Plot Graph ตามสมการ

$$\omega^2 = \frac{m\frac{L_0}{2} + ML}{I_0 + ML^2} g$$

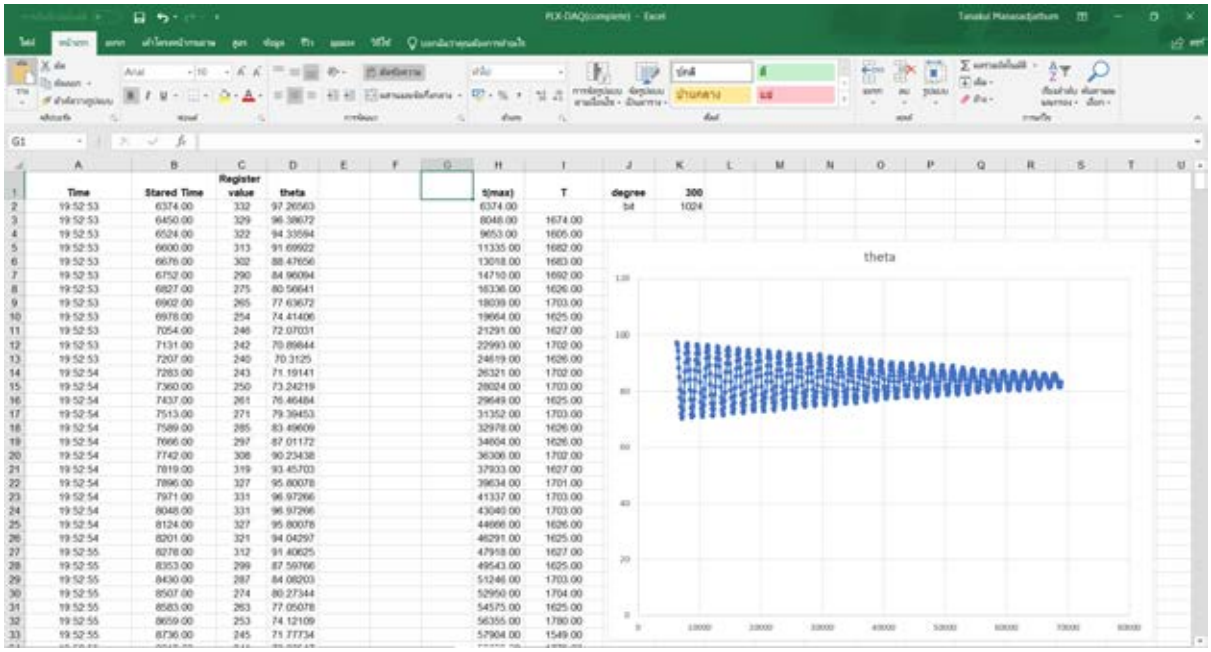
จะได้กราฟดังรูปที่ 24 และพบว่าความชันของ Graph ก็คือค่าความเร่งโน้มถ่วงเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (g) มีค่าเท่ากับ 9.6887 $m \cdot s^{-2}$



รูปที่ 24 กราฟแสดงความสัมพันธ์เพื่อหาค่าความเร่งโน้มถ่วงเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก(g)

ผลการทดลอง 4.3 หาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุแข็งเกร็ง

ส่วนการทดลองหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุแข็งเกร็ง ทำได้โดยการนำมวลที่มาติดออก แล้วแกว่งด้วยวัตถุแข็งเกร็งอย่างเดียว แล้วทำการทดลองเหมือนเดิมทุกประการ จะได้ผลการทดลองดังรูปที่ 25



Time	Stared Time	Register value	theta	t(max)	T	degree	300
19:52:53	6374.00	332	97.26563	6374.00		bit	1024
19:52:53	6450.00	329	96.38672	8048.00	1674.00		
19:52:53	6524.00	322	94.33594	9653.00	1605.00		
19:52:53	6600.00	313	91.69922	11335.00	1682.00		
19:52:53	6676.00	302	88.47656	13018.00	1683.00		
19:52:53	6752.00	290	84.96094	14710.00	1692.00		
19:52:53	6827.00	275	80.56641	16336.00	1626.00		
19:52:53	6902.00	265	77.63672	18039.00	1703.00		
19:52:53	6978.00	254	74.41406	19664.00	1625.00		
19:52:53	7054.00	246	72.07031	21291.00	1627.00		
19:52:53	7131.00	242	70.89844	22993.00	1702.00		
19:52:53	7207.00	240	70.3125	24619.00	1626.00		
19:52:54	7283.00	243	71.19141	26321.00	1702.00		
19:52:54	7360.00	250	73.24219	28024.00	1703.00		
19:52:54	7437.00	261	76.46484	29649.00	1625.00		
19:52:54	7513.00	271	79.39453	31352.00	1703.00		
19:52:54	7589.00	285	83.49609	32978.00	1626.00		
19:52:54	7666.00	297	87.01172	34604.00	1626.00		
19:52:54	7742.00	308	90.23438	36306.00	1702.00		
19:52:54	7819.00	319	93.45703	37933.00	1627.00		
19:52:54	7896.00	327	95.80078	39634.00	1701.00		
19:52:54	7971.00	331	96.97266	41337.00	1703.00		
19:52:54	8048.00	331	96.97266	43040.00	1703.00		
19:52:54	8124.00	327	95.80078	44666.00	1626.00		
19:52:54	8201.00	321	94.04297	46291.00	1625.00		
19:52:55	8278.00	312	91.40625	47918.00	1627.00		
19:52:55	8353.00	299	87.59766	49543.00	1625.00		
19:52:55	8430.00	287	84.08203	51246.00	1703.00		
19:52:55	8507.00	274	80.27344	52950.00	1704.00		
19:52:55	8583.00	263	77.05078	54575.00	1625.00		
19:52:55	8659.00	253	74.12109	56355.00	1780.00		
19:52:55	8736.00	245	71.77734	57904.00	1549.00		

รูปที่ 25 กราฟแสดงความสัมพันธ์เพื่อหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อย (I_0)

หลังจากนั้นนำไปแทนในการที่ 4

$$\omega^2 = \frac{mg\frac{L_0}{2}}{I_0}$$

เพื่อทำการหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุแข็งเกร็ง I_0 โดยค่า g ใช้จากผลการทดลอง 4.2 จะพบว่าได้ค่า I_0 มีค่าเท่ากับ 0.08 $kg \cdot m^2$

บทที่ 5

วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูลของชุดอเนกประสงค์ ARDUINO ที่ความถี่ 0.50, 1.00, 3.00, 5.00 , 10.00 , 50.00 และ 100.00 เฮิรตซ์ พบว่าชุดอเนกประสงค์มีความสามารถในการรับข้อมูลได้ดีในช่วงการทดลองที่มีความถี่ 0.50-100.00 Hz มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 1.00% แต่จากการทดลองเมื่อเพิ่มความถี่เพิ่มมากขึ้นพบว่าค่าความถี่จะมีค่าความคลาดเคลื่อนเพิ่มมากขึ้น และค่าแอมพลิจูดของสัญญาณมีค่าไม่คงที่ เพราะชุดอเนกประสงค์ไม่สามารถจับค่าของสัญญาณได้ทันได้ทุกข้อมูลที่ถูกส่งมา ทำให้ชุดอเนกประสงค์นี้ไม่ควรต่อกับชุดการทดลองที่มีค่าความถี่ในการส่งข้อมูลเกิน 5.00 Hz เพราะค่าแอมพลิจูดของแต่ละลูกคลื่นมีค่าต่างกันมาก (พิจารณารายละเอียดเพิ่มเติมจากภาคผนวก ค)

เพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพในการใช้งานจริงของชุดอเนกประสงค์ ได้มีการออกแบบชุดการทดลองมา 1 ชุดการทดลอง ที่สามารถหาค่าปริมาณในทางฟิสิกส์ได้ 2 ค่า ได้แก่ การหาค่าความเร่งโน้มถ่วงสากลเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก และค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุแข็งเกร็ง

ผลการทดลองหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (g) มีค่า 9.69 $m \cdot s^{-2}$ และเมื่อเทียบกับความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (ค่าทางทฤษฎี) มีค่า 9.81 $m \cdot s^{-2}$ แล้วค่าที่ได้จากการทดลองมีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1.22%

ผลการทดลองหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุ (I_0) มีค่าเท่ากับ 0.08 $kg \cdot m^2$ มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.72% เมื่อเทียบกับค่าทางทฤษฎี ตามสมการที่ 1

ค่าความคลาดเคลื่อนของชุดอเนกประสงค์เพื่อวัดค่าผลการทดลองในทางฟิสิกส์นี้เกิดจากแรงเสียดทานของตัวต้านทานปรับค่าได้เนื่องจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ในรูปที่ 22 เห็นได้ว่าเกิดการสั่นแบบคาบคงที่ แต่แอมปลิจูดลดลงแบบเชิงเส้นไม่ใช่ลดลงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล เป็นผลมาจากแรงต้านมีค่าคงที่ ดังนั้นแรงต้านมีค่าคงที่นั้นคือแรงเสียดทานที่ทำให้ระบบสูญเสียพลังงานออกไปนั้นมีค่าคงที่ พลังงานจึงลดลงตามระยะทางที่เคลื่อนที่เป็นเชิงเส้น และมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นในขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดลองนี้ต้องอาศัยค่าเวลาในการเคลื่อนที่ของวัตถุจากบอร์ด ARDUINO ในการคำนวณหาค่าความเร็วเชิงมุม (ω) ซึ่งเวลาที่นำมาคำนวณเป็นค่าเวลาที่วัตถุใช้การเคลื่อนที่รวมกับเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลจากบอร์ด ARDUINO มายังโปรแกรม Microsoft Excel (PLX-DAQ)

ข้อเสนอแนะในการพัฒนาชุดอเนกประสงค์เพื่อวัดค่าผลการทดลองในทางฟิสิกส์ คือ การใช้เซ็นเซอร์ที่มีแรงเสียดทานน้อย และมีความสามารถในการบอกตำแหน่งและเวลาได้

ภาคผนวก

ก. โค้ดโปรแกรมของชุดอเนกประสงค์ ARDUINO

```
// ตั้งค่าหน้าจอ LCD
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>
#define I2C_ADDR 0x27 // <<----- Add your address here. Find it from I2C Scanner
#define BACKLIGHT_PIN 3
#define En_pin 2
#define Rw_pin 1
#define Rs_pin 0
#define D4_pin 4
#define D5_pin 5
#define D6_pin 6
#define D7_pin 7
int i=1;
int state = 0;
boolean Pressed = false;
LiquidCrystal_I2C lcd(I2C_ADDR, En_pin,Rw_pin,Rs_pin,D4_pin,D5_pin,D6_pin,D7_pin);
// สิ้นสุดการตั้งค่าหน้าจอ LCD

#define vr_pin A0 // กำหนดขาในการรับสัญญาณอนาล็อก

void setup() {
// code คำสั่งการแสดงผลจอ LCD
  lcd.begin(16,2);
  lcd.setBacklightPin(BACKLIGHT_PIN,POSITIVE);
  lcd.backlight();
  lcd.home (); // go home
  lcd.print("Start Program");
  delay(3000);
```

```
  lcd.clear();
// สิ้นสุด code คำสั่งการแสดงผลจอ LCD

 //code ในการเขียนคำสั่งเพื่อเริ่มเชื่อมต่อ ARDUNO กับ Microsoft Excel (PLX-DAQ)
 Serial.begin(9600);
  Serial.println("CLEARDATA");
  Serial.println("LABEL,Time,Stared Time,Register value");
  Serial.println("RESETTIMER");
//สิ้นสุดcode ในการเขียนคำสั่งเพื่อเริ่มเชื่อมต่อ ARDUNO กับ Microsoft Excel (PLX-DAQ)
  Serial.println("CLEAR");
  lcd.setCursor(0,0);
  pinMode(3,INPUT); // กำหนดขาสวิตช์
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Press to start");
}
void loop()
{
    Serial.print(digitalRead(3));
    if( digitalRead(3)==1 && state==0)
    {

      Serial.print("press button");
      state = 1;
    }

    while( digitalRead(3)==0&&state==1)
    {
      data();
    }
}
 // ส่วนในการเก็บข้อมลจากบอร์ด ARDUINO
void data()
{
  int vr = analogRead(vr_pin);
  Serial.print("DATA,TIME,");
```

```
  Serial.print(millis());
  Serial.print(",");
  Serial.println(vr);
  delay(50);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Collecting Data");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Num Data="+ String(i));
  i+=1;
  if(digitalRead(3)==1&&state==1)
  {
    Serial.print("end");
    state = 2;
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(6,1);
    lcd.print("End!!!");
    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print("Total Data="+ String(i));
  }
// สิ้นสุดการเก็บข้อมูลจากบอร์ด ARDUINO
}
```

ข. บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ARDUINO UNO R3

ARDUINO อ่านว่า (อา-ดู-อิ-โน่ หรือ อาดุยโน่) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software สามารถดัดแปลงและนำมาเผยแพร่ได้โดยไม่ผิดกฎหมาย ตัวบอร์ด ARDUINO ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย เนื่องจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ARDUINO UNO R3 สามารถเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษา C++ จากคอมพิวเตอร์ ในการควบคุม บอร์ด ARDUINO ผ่านทางโปรแกรม ARDUINO IDE ซึ่งจะช่วยให้ฝังคำสั่งลงในบอร์ด ARDUINO ชนิดต่าง ๆ ได้ ในส่วนของ software นี้ เรายังสามารถดาวโหลด library เพิ่มได้จาก internet ซึ่งทำให้สามารถเขียนโปรแกรมกับ controller ชนิดอื่น ๆ ไม่จำกัดอยู่แค่ ARDUINO อีกด้วยดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

คุณสมบัติของบอร์ด ARDUINO มีดังนี้

- ชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega328
- แรงดันไฟฟ้าที่ต้องการในการทำงาน 5V
- ย่านแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟที่เหมาะสม 7 – 12V
- ย่านแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟที่รองรับได้ 6 – 20V
- พอร์ต Digital I/O 14 พอร์ต (มี 6 พอร์ต PWM output)
- พอร์ต Analog Input 6 พอร์ต
- กระแสไฟที่จ่ายได้สูงสุดต่อขาสัญญาณอินพุตเอาต์พุต 40 mA
- กระแสไฟที่จ่ายได้ในพอร์ต 3.3V 50mA
- พื้นที่โปรแกรมภายใน 32KB พื้นที่โปรแกรม, 500B ใช้โดย Boo loader
- พื้นที่แรม 2KB
- พื้นที่หน่วยความจำถาวร (EEPROM) 1KB
- ความถี่คริสตัล 16 MHz

- ขนาด 68.6 x 53.4 mm
- น้ำหนัก 25 กรัม

โดยที่ลักษณะของบอร์ด ARDUINO กับหน้าที่ของขาต่าง ๆ ดังนี้

1. USBPort: ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออับโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด

2. Reset Button: เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่

3. ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2

4. I/OPort: Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย

เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx, Rx Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM

5. ICSP Port: Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader

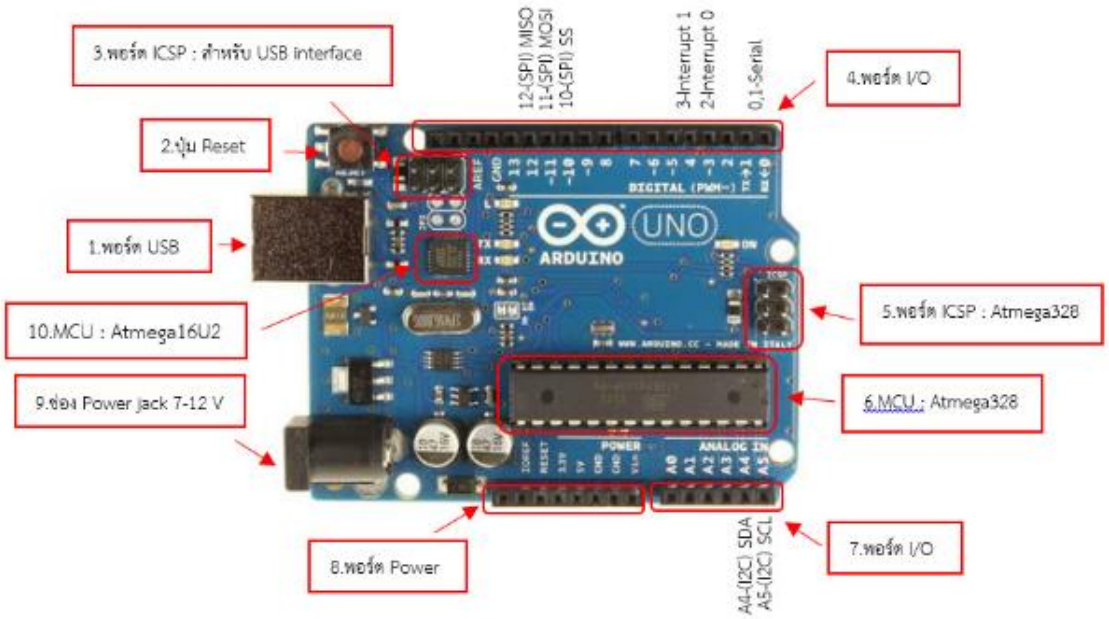
6. MCU: Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด ARDUINO

7. I/OPort: นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้วยังเปลี่ยนเป็นช่องรับสัญญาณอนาล็อกตั้งแต่ขา A0-A5

8. Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, V_{in}

9. Power Jack: รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V

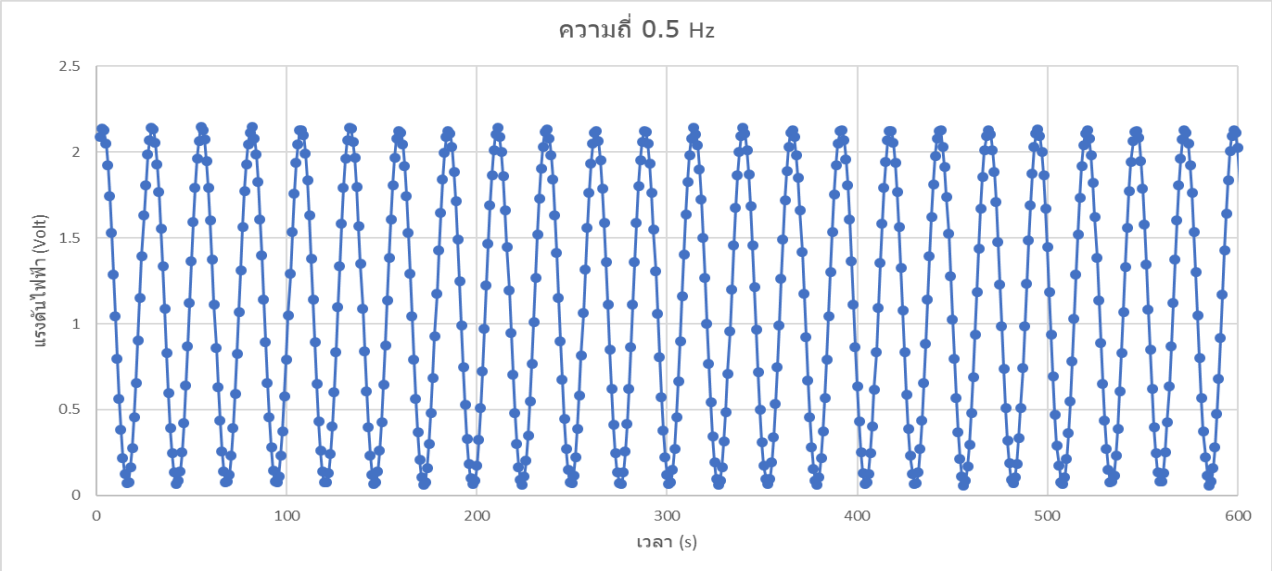
10. MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่านAtmega16U2



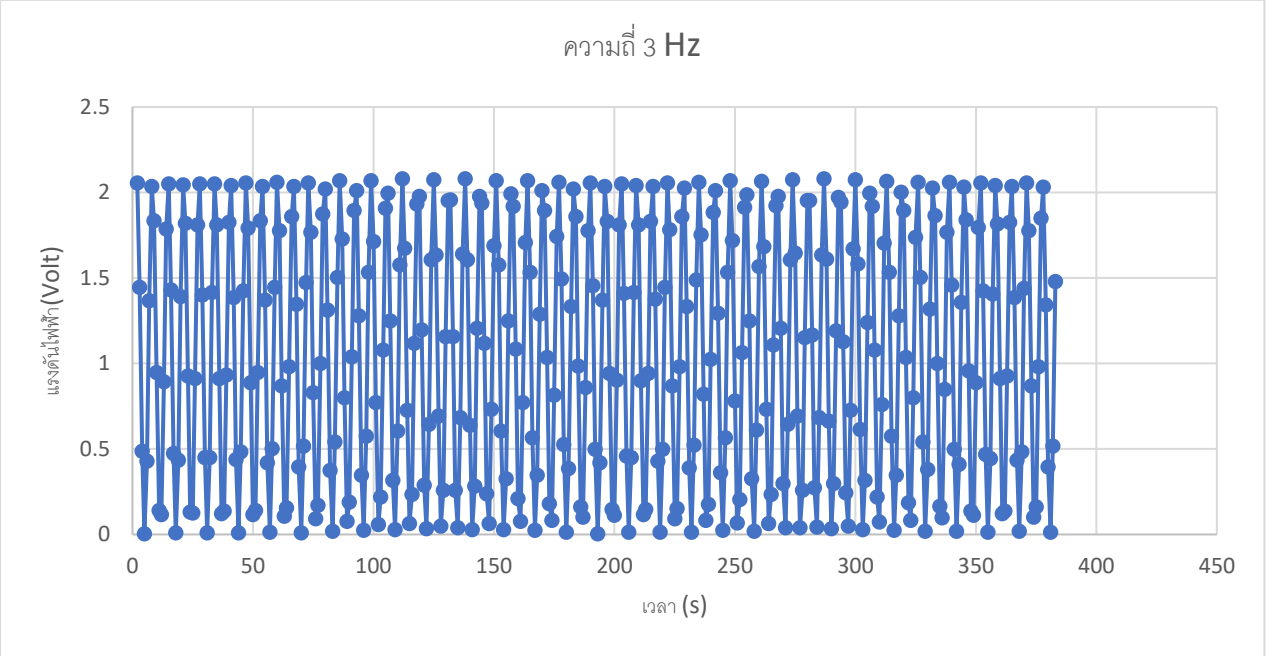
บอร์ดและขาต่าง ๆ ของ ARDUINO UNO R3

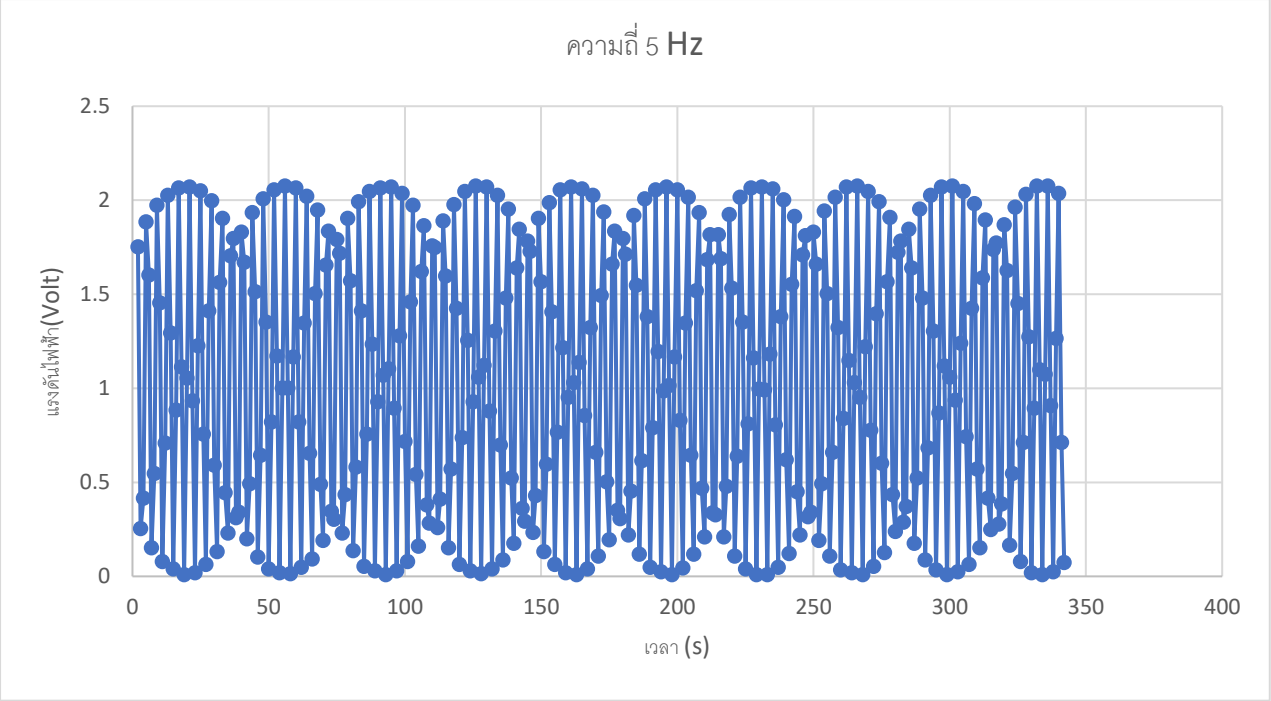
http://paisal-pipat.blogspot.com/2017/05/arduino-uno-r3.html

ค. กราฟจากการทดลองหาความคลาดเคลื่อนของชุดอเนกประสงค์



ความถี่ 1Hz
แรงดันไฟฟ้า(Volt)
2.5
2
1.5
1
0.5
0
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
เวลา (s)


ความถี่ 3 Hz
แรงดันไฟฟ้า(Volt)
2.5
2
1.5
1
0.5
0
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
เวลา (s)



บรรณานุกรม

[1] .Arduino.cc. (2561). AnalogRead. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก

https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/analog-io/analogread/

(วันที่ค้นข้อมูล : 28 ตุลาคม 2561)

[2] .Arduino.cc. (2558). Read Analog Voltage. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก

https://www.arduino.cc/en/Tutorial/ReadAnalogVoltage

(วันที่ค้นข้อมูล : 28 ตุลาคม 2561)

[3]. Arduino All Tutor. (2561). Arduino อ่านค่าแบบ Analog INPUT. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก

https://www.arduinoall.net/arduino-tutor/lessons/8-arduino-analogread-ok/

(วันที่ค้นข้อมูล : 28 ตุลาคม 2561)

[4].ครูประภาส สุวรรณเพชร. (2560). เรียนรู้และลองเล่น ARDUINO เบื้องต้น. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก

https://www.praphas.com/index.php/2008-11-03-14-25-25/51-arduino/96-2-arduino

(วันที่ค้นข้อมูล : 29 กันยายน 2561)

[5].ไพศาล คิ้มเข้ม. และ พิพัฒน์ ดีดศรี. (2560).โครงสร้างของ บอร์ด Arduino uno r3. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://paisal-pipat.blogspot.com/2017/05/arduino-uno-r3.html

(วันที่ค้นข้อมูล : 12 พฤกษภาคม 2562)

[6].ผศ.พงษ์ ทรงพงษ์. (2560).มวลผูกปลายสปริงที่มีความหน่วง. [หนังสือ]. เข้าถึงได้จาก หนังสือฟิสิก์บนกระดานคำนวณ

(วันที่ค้นข้อมูล : 12 พฤกษภาคม 2565)