# สายพานลำเลียงมันสำปะหลัง

# POTATOES CONVEYOR

ธีร์รัถย์ วงศ์สวัสดิ์
ธีรพัฒน์ หงษ์ทอง
สิรภัทร สินไพบูลย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# POTATOES CONVEYOR

TEELAD WONGSAWADEE

THEERAPAT HONGTONG

SIRAPAT SINPAIBUL

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINNERING IN MECHATRONICS ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2559**

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเข้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง สายพานลำเลียงมันสำปะหลัง

POTATOES CONVEYOR


ผู้จัดทำ นายธีร์รัถย์ วงศ์สวัสดิ์ 56010627

นายธีรพัฒน์ หงษ์ทอง 56010618

นายสิรภัทร สินไพบูลย์ 56011316


.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์)


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สายพานลำเลียงมันสำปะหลัง

โดย
นายธีร์รัถย์ วงศ์สวัสดิ์ 56010627
นายธีรพัฒน์ หงษ์ทอง 56010618
นายสิรภัทร สินไพบูลย์ 56011316

อาจารย์ที่ปรึกษา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์

ปีการศึกษา 2559

## บทคัดย่อ

ในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมมีความต้องการเพิ่มการผลิต ลดปัญหาการผลิตที่คุณภาพ และปริมาณไม่คงที่ ซึ่งปัญหาส่วนหนึ่งได้เกิดจากความผิดพลาดของคนงานไม่ว่าจะเป็น ปัญหาการขาดลาความเหนื่อยล้าดังที่กล่าวมา ทำให้ไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากปัญหาดังกล่าวจึงได้ทำการประดิษฐ์สายพานลำเลียงมันสำปะหลังเพื่อทดแทนการขนส่งด้วยมนุษย์ ทำให้สามารถลำเลียงได้ไวขึ้น และลดความเสียหายของตัววัตถุดิบ ซึ่งเป็นการจำลองสายพานลำเลียงจากของจริง (30 เมตร) เหลือขนาด 1 เมตร ซึ่งหลักการทำงานคือ เมื่อฝาขวดน้ำ (มันสำปะหลัง) เข้าสู่สายพานลำเลียงซึ่งมีลักษณะเป็นท่อนต่อกันสามารถยืดออก และหดเข้าออกเพื่อให้สะดวกต่อการขนย้ายได้ ซึ่งการกระจายมันสำปะหลังสู่โรงเก็บให้ทั่วถึงโดยมีส่วนหัวเป็นตัวบังคับทิศทางซ้ายขวา เดินหน้า ถอยหลัง และมีแผงควบคุมเพื่อควบคุมการยืดหด ซ้ายขวา ได้ตามต้องการของผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# POTATOES CONVEYOR

By

Mr.Teelad Wongsawadee

Mr.Theerapat Hongtong

Mr.Sirapat Sinpaibul

Advisor

Asst.Prof.Dr.Noppadol Maneerat

Academic Year 2016

## ABSTRACT

The industries, nowadays, intent to increase the quantity and improve the quality of the products with the least amount of time. One of the problems that happen during the process is limitation of human's ability in working. Using human labor in manufacturing might cause the delay and mistakes in producing process. To create a system with higher potential, many industries decide to use technologies instead of human labor. In this project, we decide to invent a conveyor system for cassavas. The system will allow the manufacturer to transport cassavas with less amount of time and reduce the damages of the products that might cause during the transportation.This project is a simulation of the real conveyor system which is 30-meter long. We decide to minimize it into 1-meter system. Potatoes are transported by conveyor into the warehouse where the cassavas are kept. The vacuuming tube is flexible and it can be stretch and shrink in order to transfer itself easily. The conveyor will control the direction of the cassavas so that it will spread evenly inside the warehouse by shaking left, right, backward and forward. We have control board for stretch and shrink , left and right for user.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก อาจาย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของปริญญานิพนธ์เล่มนี้ที่คอยให้คำเสนอแนะแนวคิด และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชาทุกท่านที่ได้มอบความรู้ทางทฤษฎี และปฏิบัติสามารถนำมาประยุกต์ ใช้กับการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้ได้ ขอขอบคุณ บิดา มารดา ผู้ให้ความอนุเคราะห์ด้านการเงินและให้การสนับสนุนทุกๆ ด้าน เสมอมา

ผู้จัดทำ

นายธีร์รัถย์ วงศ์สวัสดิ

นายธีรพัฒน์ หงษ์ทอง

นายสิรภัทร สินไพบูลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า


**บทคัดย่อภาษาไทย** I

**บทคัดย่อภาษาอังกฤษ** II

**กิตติกรรมประกาศ** III

**สารบัญ** IV

**สารบัญรูป** VI

**สารบัญตาราง** VIII

**บทที่ 1 บทนำ** 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำปริญญานิพนธ์ 1

1.3 ขอบเขตการทำโครงงาน 1

1.4 วิธีดำเนินการทำโครงงาน 2

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.6 แผนการดำเนินงาน 3

**บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง** 4

2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 4

2.1.2 การควบคุมมอเตอร์พื้นฐาน 5

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) 7

2.2.1 คุณสมบัติและการต่อใช้งาน Arduino Uno R3 7

2.3 สวิทชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) 9

2.4 รีเลย์ควบคุม (Control Relay) 10

2.5 Emergency Stop Switch 11

2.6 Push Bottom Switch 11

2.7 Terminal Box 12

2.8 โปรแกรมที่ใช้งาน 12

2.8.1 AutoCad 12

2.8.2 SolidWork 13



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| **บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน** | 15 |
| 3.1 Mechanical Design | 15 |
| 3.1.1 ประชุมงานเรื่องการออกแบบ | 16 |
| 3.1.2 การออกแบบโครงสร้าง และจัดหาวัสดุตามงบประมาณ | 16 |
| 3.1.3 การประกอบ | 18 |
| 3.2 Electrical Design | 21 |
| 3.2.1 ออกแบบวงจร | 21 |
| 3.2.2 จัดทำแผนวงจรและ Wiring | 22 |
| 3.2.3 Programming | 23 |
| 3.2.4 Test & Run | 27 |
| **บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน** | 29 |
| 4.1 โครงสร้างเครื่อง | 29 |
| 4.2 ส่วนประกอบทางไฟฟ้า | 31 |
| 4.3 ผลการทดลอง | 32 |
| **บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง** | 33 |
| 5.1 สรุปผลการทดลอง | 33 |
| 5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหา | 33 |
| 5.2.1 ปัญหาที่พบ | 33 |
| 5.2.2 แนวทางแก้ไข | 33 |
| 5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางพัฒนา | 34 |
| **เอกสารอ้างอิง** | 35 |
| **ประวัติผู้เขียน** | 36 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 1.1 วงจรภายในของมอเตอร์กระแสตรง | 4 |
| 2.2 ลักษณะของสัญญาณ PWM ที่ %Duty Cycle ต่างๆ | 6 |
| 2.3 ระบบควบคุมตำแหน่งที่ประกอบด้วยการควบคุมแบบป้องกัน | 6 |
| 2.4 การสร้าง Pulse ของ Rotary Encoder | 7 |
| 2.5 โครงสร้างภายนอกของ Arduino Uno R3 | 8 |
| 2.6 ตำแหน่งของขาบน ATMEGA328 | 8 |
| 2.7 Switching Power Supply | 9 |
| 2.8 หน้าสัมผัสรีเลย์ (Contact Relay) | 10 |
| 2.9 Emergency Stop Switch | 11 |
| 2.10 Push Button Switch | 12 |
| 2.11 Terminal Box | 12 |
| 2.12 โปรแกรม AutoCAD | 13 |
| 2.13 หน้าของโปรแกรม AutoCAD | 13 |
| 2.14 โปรแกรม SolidWork | 14 |
| 2.15 หน้าของโปรแกรม SolidWork | 14 |
| 3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน | 15 |
| 3.2 เป็นการออกแบบในส่วนของโครงด้านหลังสุด | 16 |
| 3.3 เป็นการออกแบบในส่วนของรางลูกกลิ้ง | 17 |
| 3.4 เป็นการออกแบบในส่วนของโครงทั้งหมดมาประกบกัน | 17 |
| 3.5 เป็นการออกแบบในส่วนของตัวกระจายมันสำปะหลัง | 17 |
| 3.6 เตรียมท่อขนาดต่างๆ | 18 |
| 3.7 ตัดท่อเพื่อไว้ใช้สำหรับวางมอเตอร์ขับสายพาน | 18 |
| 3.8 ตัดยางตามขนาดที่ได้ออกแบบไว้ | 19 |
| 3.9 ตัดแผงกั้น และแผ่นรองต่างๆ | 19 |
| 3.10 ประกอบทุกชิ้นเข้าด้วยกัน | 20 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป (ต่อ)


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 3.11 ติดตั้ง Limit Switch ตามตำแหน่งที่ได้ออกแบบ | 20 |
| 3.12 วงจรไฟฟ้า | 21 |
| 3.13 แผงวงจร | 22 |
| 3.14 การ Wiring | 22 |
| 3.15 แผงวงจร และแผงควบคุม | 23 |
| 3.16 ตัวอย่างโปรแกรมควบคุม | 23 |
| 3.17 ตัวอย่างโปรแกรมควบคุม | 24 |
| 3.18 Flowchart ฟังก์ชันหลัก | 24 |
| 3.19 Flowchart ฟังก์ชันของโหมดแมนนวล (Manual) | 25 |
| 3.20 Flowchart ฟังก์ชันของโหมดอัตโนมัติ (Automatic) | 26 |
| 3.21 ทดสอบการเคลื่อนที่และการทำงานของ Limit Switch | 27 |
| 3.22 ทดสอบการทำงานของ Servo Motor | 27 |
| 3.23 ทดสอบการลำเลียงหิน | 28 |
| 3.24 ทดสอบการเคลื่อนตัวกลับเมื่อทำงานเสร็จสิ้นแล้ว | 28 |
| 4.1 รางเลื่อน | 29 |
| 4.2 ส่วนสายพาน | 30 |
| 4.3 ส่วนหน้า | 30 |
| 4.4 สายพานลำเลียงเมื่อประกอบเสร็จ | 31 |
| 4.5 แผงควบคุมและวงจร | 31 |
| 4.6 ทดลองการลำเลียงของสายพาน | 32 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | หน้า |
|---|---|
| 1.1 ตารางแผนการดำเนินงาน | 3 |
| 4.1 การทดลองความเร็วในการขนถ่ายของเครื่องลำเลียงมันสำปะหลัง | 31 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ระบบอุตสาหกรรมในปัจจุบัน มีการแข่งขันที่สูงมากขึ้นผู้ประกอบการจึงต้องปรับตัว และนำเทคโนโลยีมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด อุตสาหกรรมต่างๆ ได้นำเครื่องจักรมาทำงานแทนแรงงานมนุษย์ เพิ่มขึ้น อุตสาหกรรมต้องการความสะอาดเพื่อให้ผลผลิตของตนเองได้มาตรฐาน ซึ่งการลำเลียงมันสำปะหลังเข้าสู่โรงเก็บนั้นได้ใช้รถตักลำเลียงเข้าไปในโรงเก็บ ซึ่งทำให้เกิดความสกปรกของโรงเก็บ ความล่าช้าที่จะต้องไปและกลับเพื่อลำเลียงวัตถุดิบ การเหนื่อยล้าของผู้ขับทำให้งานล่าช้า จึงต้องมีเครื่องช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลำเลียง ง่ายต่อการควบคุมมาตรฐาน และเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการทำปริญญานิพนธ์

1. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการขนย้ายมันสำปะหลัง
2. ลดต้นทุนด้านทรัพยากรมนุษย์
3. เป็นต้นแบบในการพัฒนารุ่นต่อๆ ไป
4. เรียนรู้การนำทฤษฎีที่ได้เรียนมาประยุกต์ใช้

## 1.3 ขอบเขตการทำโครงงาน

ขอบเขตของโครงงานนี้เป็นการออกแบบต้นแบบให้มีขนาดจำลองของจริงจาก 30 เมตร เหลือ น้อยกว่า 2 เมตร โดยเป็นสายพานลำเลียงมันสำประหลังที่สามารถยืดและ หดสามารถควบคุมโดยคน หรือแบบอัตโนมัติด้วย Arduino ตามแต่ผู้ใช้ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.4 วิธีดำเนินการทำโครงงาน

1. ศึกษาลักษณะทั่วไปของโรงงานและรูปแบบของมันสำปะหลัง
2. ออกแบบระบบขับเคลื่อน และปรับปรุง
3. ออกแบบระบบไฟฟ้า และแผงควบคุม
4. ทดสอบระบบ และปรับปรุง
5. เขียนรายงานวิทยานิพนธ์

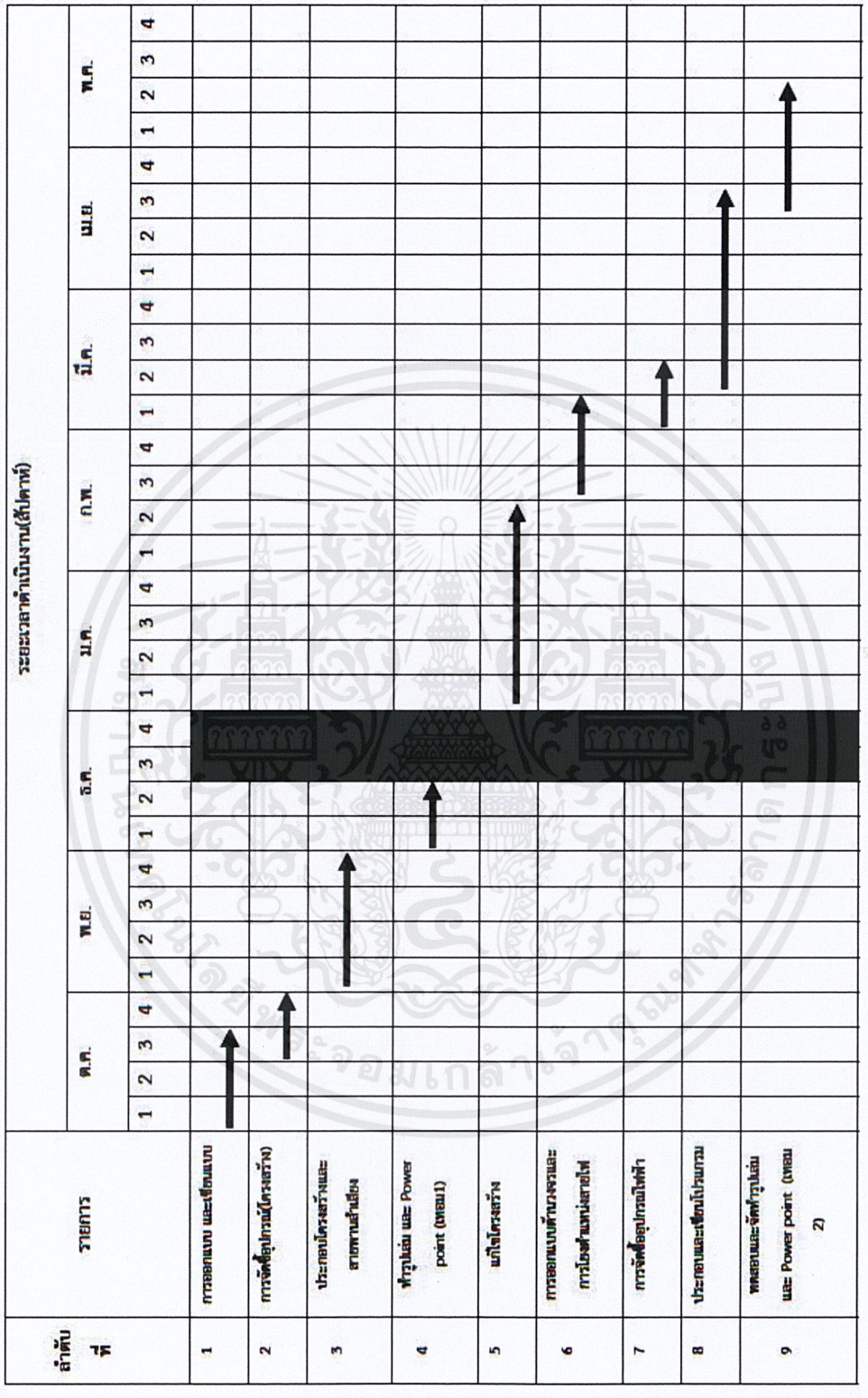
## 1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เรียนรู้การทำงาน เจอปัญหา และแก้ไขปัญหา เมื่อทำงานเป็นกลุ่ม
2. ได้มีส่วนช่วยพัฒนาการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.6 แผนการดำเนินงาน

**ตารางที่ 1.1** ตารางแผนการดำเนินงาน




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึงแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน เช่น หลักการทำงานของมอเตอร์และการควบคุมมอเตอร์ โปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบ และการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งความรู้ทั้งหมดนั้นเกิดจากการสืบค้นเพิ่มเติมเพื่อนำมาจัดโครงงานทั้งหมด

## 2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

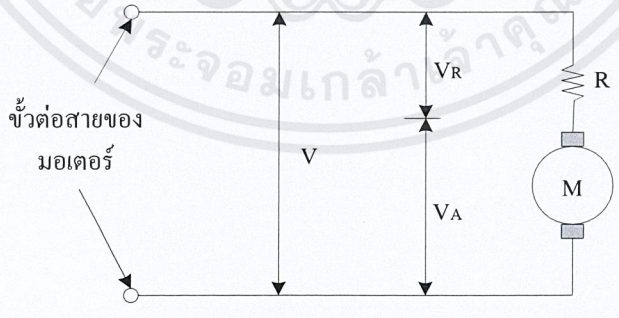
### 2.1.1 หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง

เมื่อมีการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดในสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดแรงแม่เหล็ก ซึ่งมีสัดส่วนของแรงขึ้นกับกระแสแรงของสนามแม่เหล็ก โดยแรงจะเกิดขึ้นเป็นมุมฉากกับกระแสและสนามแม่เหล็ก ขณะที่ทิศทางของแรงกลับตรงกันข้ามกัน ถ้าหากกระแสของสนามแม่เหล็กไหลย้อนกลับจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแส และสนามแม่เหล็กเป็นผลทำให้ทิศทางของแรงเปลี่ยนไป ด้วยคุณสมบัตินี้ทำให้มอเตอร์กระแสตรงกลับทิศทางการหมุนได้

สนามแม่เหล็กของมอเตอร์ส่วนหนึ่งเกิดขึ้นจากแม่เหล็กถาวร ซึ่งจะถูกยึดติดกับแผ่นเหล็กหรือเหล็กกล้า โดยปกติส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ยึดอยู่กับที่ และขดลวดเหนี่ยวนำจะพันอยู่กับส่วนที่เป็นแกนหมุนของมอเตอร์

**คุณสมบัติของมอเตอร์กระแสตรง**

ในการอธิบายคุณสมบัติของมอเตอร์กระแสตรงให้ละเอียดนั้นต้องพิจารณาแรงดันที่ป้อนและความต้านทานของโรเตอร์ด้วย วงจรภายในของมอเตอร์เขียนได้ดังรูปที่ 2.1




**รูปที่ 2.1** วงจรภายในของมอเตอร์กระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสมมติให้โรเตอร์ (Rotor) ไม่มีความต้านทานอยู่เลย อนุกรมกับความต้านทานซึ่งในที่นี้ก็คือความต้านทานของขดลวดนั่นเอง แรงดันที่ขั้วต่อสายของมอเตอร์ก็คือ ผลบวกระหว่างแรงดันที่อยู่ที่โรเตอร์ ($V_A$) และแรงดันตกคร่อมความต้านทานขดลวด ($V_R$)

แรงดัน $V_A$ ถูกเรียกว่า แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำป้อนกลับ (BACK EMF) ซึ่งเกิดขึ้นในโรเตอร์ ขณะที่หมุนแรงดันที่เกิดขึ้นนี้เป็นไปตากกฎของการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าจากการเคลื่อนที่ของตัวนำในสนามแม่เหล็ก สัมพันธ์กับแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำแม่เหล็ก และ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของตัวนำ แรงดันที่เกิดขึ้นจะมีขั้วตรงกันข้ามกับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ และ แปรผันตรงกับความเร็วในการหมุน ผลบวกของแรงดันที่ทุ่นโรเตอร์ ($V_A$) และแรงดันตกคร่อมขดลวด ($V_R$) ต้องเท่ากับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ (V) จากสมการที่ (2.1)

$$V = V_A + V_R \quad (V) \tag{2.1}$$

เมื่อพิจารณาตั้งแต่มอเตอร์หยุดนิ่ง ความเร็วมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้น $V_A = 0$, $V_R = V$ กระแสที่ไหลในมอเตอร์หาได้จากสมการที่ (2.2)

$$I = V_R / R \quad (A) \tag{2.2}$$

เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนจะมีความเร็ว และ $V_A$ เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามความเร็ว $V_R$ ซึ่งมีค่าเท่ากับความแตกต่างระหว่าง $V_A$ และ V จะเริ่มลดลงกระแส I ก็จะเริ่มลดลงเช่นกันขณะที่มอเตอร์ยังมีความเร่งอยู่ ความเร็วจะเพิ่มขึ้น แรงบิดจะลดลงจนกว่าจะถึงจุดซึ่งแรงบิดจองมอเตอร์รับภาระโหลดได้สมดุลพอดี ขณะที่มอเตอร์ไม่มีโหลด และ หมุนอย่างอิสระจะมีเพียงค่าความฝืดของแบริ่ง และแรงต้านอากาศทำให้ $V_A$ เกือบเท่ากับค่า V

### 2.1.2 การควบคุมมอเตอร์ขั้นพื้นฐาน

การควบคุมมอเตอร์ประกอบไปด้วยการควบคุมความเร็ว และการควบคุมตำแหน่งหรือมุมของมอเตอร์ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

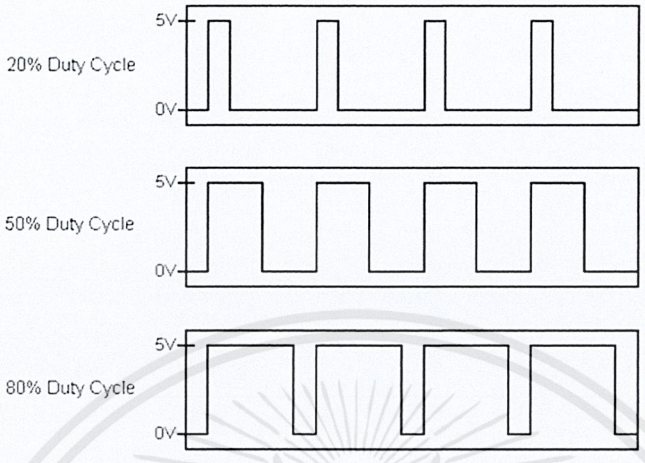
**1. การควบคุมความเร็วของมอเตอร์**

PWM (Pulse Width Modulation) เป็นการควบคุมความเร็วโดยการปรับความกว้างของพัลซ์ โดยการนำเอาสัญญาณสองสัญญาณมาเปรียบเทียบกัน ประกอบด้วยสัญญาณสามเหลี่ยมและสัญญาณที่ต้องการปรับความกว้างของพัลซ์ ซึ่งสร้างได้ด้วยการใช้วงจร Comparator หรือวงจรเปรียบเทียบ สามารถสร้างได้ด้วยการใช้ Op-Amp ตัวเดียว อีกทั้งไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนมากจะสามารถสร้างสัญญาณ Output PWM ได้เช่นเดียวกัน

ข้อดีของสัญญาณ PWM คือ มีประสิทธิภาพเพราะ Power Supply จะจ่ายกำลังได้เต็มที่ทั้ง ON และ OFF โดยในโครงงานนี้จะมีการใช้มอสเฟตเป็นตัวตัด-ต่อวงจรของ H-bridge เพื่อสามารถที่จะควบคุมจังหวะในการจ่ายกระแสด้วยการ ON-OFF ในสัดส่วน (Duty cycle) ที่ต่างกันด้วยความถี่

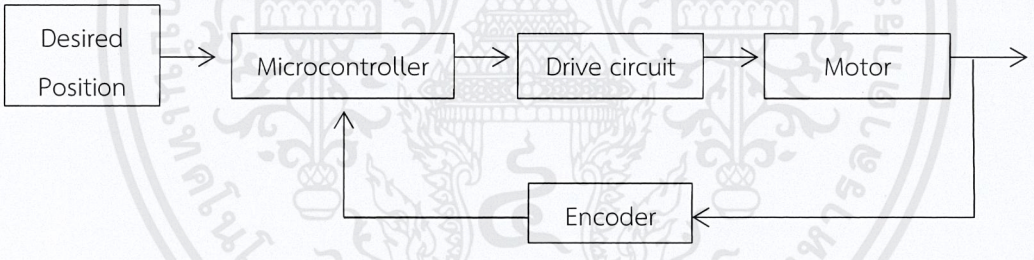
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เหมาะสม หากไม่เช่นนั้นที่ความถี่ต่ำมอเตอร์จะมีการกระตุก แต่ที่ความถี่ที่สูงมากก็จะมีการสูญเสียพลังงานในวงจรที่มากขึ้นเช่นกัน ดังรูปที่ 2.2




**รูปที่ 2.2** ลักษณะของสัญญาณ PWM ที่ %Duty Cycle ต่างๆ

**2. การควบคุมตำแหน่ง/มุมของมอเตอร์**



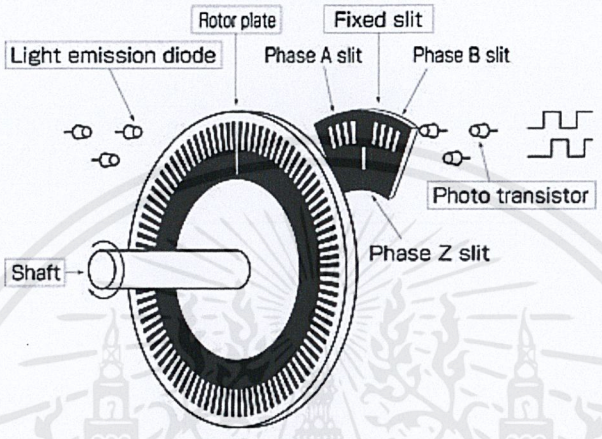

**รูปที่ 2.3** ระบบควบคุมตำแหน่งที่ประกอบด้วยการควบคุมแบบป้อนกลับ

จากรูปที่ 2.3 คือ บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมตำแหน่งมอเตอร์ DC เมื่อมีการกำหนดตำแหน่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครคอนโทรเลอร์จะทำการสร้างสัญญาณควบคุมให้กับวงจรขับมอเตอร์ เมื่อมอเตอร์มีการการหมุน Encoder จะทำการตรวจจับตำแหน่งที่มอเตอร์ได้หมุนพร้อมทั้งส่งสัญญาณป้อนกลับ ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับการคำนวณค่าผิดพลาดของตำแหน่งระหว่าง Desired Position กับ Position Feed Back เพื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณสำหรับการควบคุมแบบ Proportional Plus Integral Plus Derivative (PID)

เนื่องจากมีระบบควบคุมตำแหน่ง จึงได้มีการนำ Rotary Encoder มาใช้สำหรับการระบุตำแหน่งพร้อมทั้งทิศทางของการเคลื่อนที่ เพื่อที่จะนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง Input สำหรับการควบคุมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Incremental Encoder หรือโดยทั่วไปเรียกว่า Rotary Encoder จะสร้างสัญญาณพัลส์ (Pulse) ที่แปรผันตรงกับการหมุนของเพลามอเตอร์ หรือจะหมุนด้วยความเร็วเท่ากับเพลาของมอเตอร์นั่นเอง โดย Rotary Encoder จะประกอบด้วยจานหมุน (Rotary Disk) และอุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) โดยจานหมุนจะมีช่องเล็กๆ (Slit) เมื่อเพลาของมอเตอร์หมุนจะทำให้จานหมุนไปตัดลำแสงของ Sensor ทำให้ชุดรับแสงมีการรับสัญญาณเป็นช่วงๆ ส่งผลให้สัญญาณเอาต์พุท (Output) มีลักษณะ Pulse แสดงดังรูปที่ 2.4




**รูปที่ 2.4** การสร้าง Pulse ของ Rotary Encoder

## 2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คืออุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียู, หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน

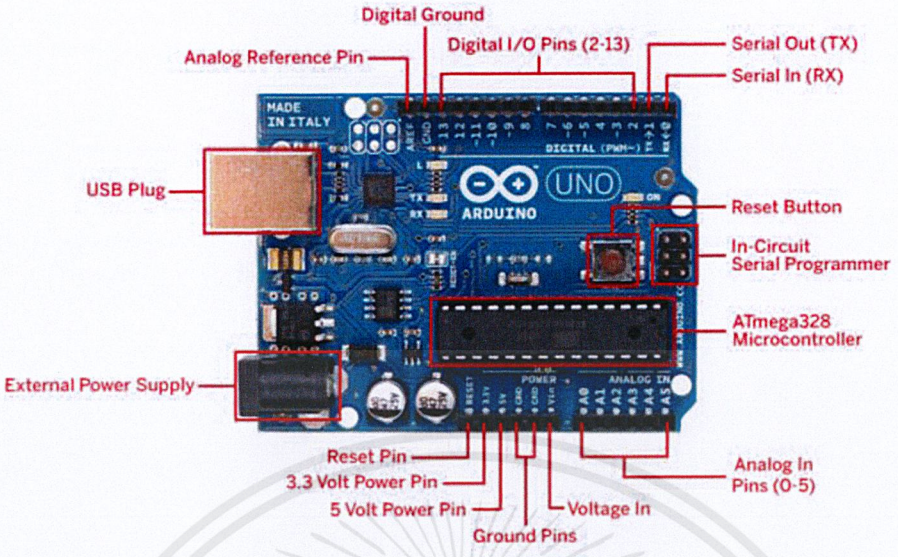
### 2.3.1 คุณสมบัติและการต่อใช้งาน Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 เป็น Microcontroller Board (MCU) ที่ใช้ ATmega328 เป็น MCU หลักที่รวบรวมอุปกรณ์สนับสนุนการทำงานของ CPU ไว้มากมาย อาทิเช่น Analog to Digital, SPI, UART, Timer, Counter และ PWM ซึ่งอุปกรณ์สนับสนุนการทำงานเหล่านี้ทำให้ MCU สามารถทำงานได้กว้างขวาง

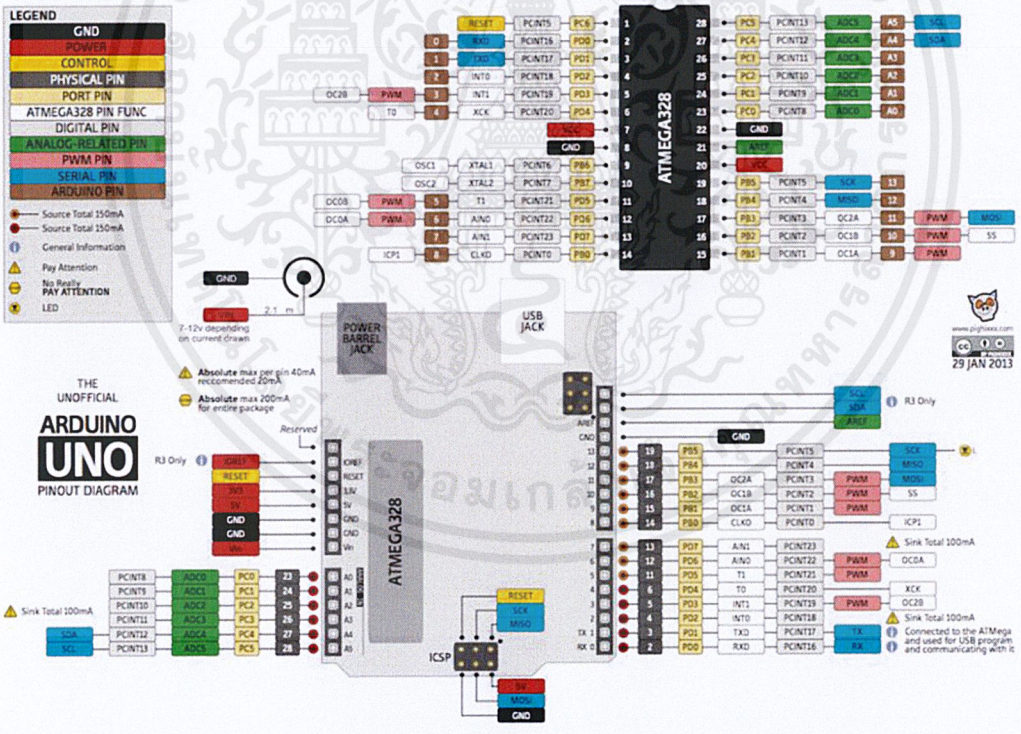
**คุณสมบัติของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์**

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีขา Digital 14 ขา อินพุต/เอาต์พุต (สามารถทำเป็น PWM ได้ถึง 6 ขา) และมีขา Analog อินพุตได้อีก 6 ขา, Runที่ความถี่ 16 MHz มี USB Connector และ Power Jack DC ดังรูปที่ 2.5 และรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.5** โครงสร้างภายนอกของ Arduino Uno R3




**รูปที่ 2.6** ตำแหน่งของขาบน ATMEGA328

**ฟังก์ชัน ADC**

ปกติใน CPU ของ AVR - ATMEGA32 นั้นจะมีฟังก์ชัน ADC อยู่ภายในตัวไอซี สำหรับฟังก์ชัน ADC นี้สามารถรับสัญญาณอนาล็อกได้สูงสุด 8 Channel โดยรับสัญญาณเข้ามาทางพอร์ต A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสามารถเลือกใช้ฟังก์ชันนี้ทำการแปลงสัญญาณอนาล็อกทีละ Channel อย่างต่อเนื่อง หรือจะให้ทำการแปลงสัญญาณเฉพาะ Channel ที่ต้องการได้เช่นกัน โดยสัญญาณดิจิตอลที่แปลงได้จะมีความละเอียด 10 บิต โดยการรับสัญญาณแต่ละขาของพอร์ท A

**ฟังก์ชัน PWM**

เนื่องจากว่า PWM เป็นฟังก์ชันการทำงานหนึ่งในโหมด PWM ของ Timer/Counter ที่อยู่ภายใน AVR–ATMEGA32 ดังนั้นจึงเกี่ยวข้องกับการทำงานของ Timer/Counter ของ AVR–ATMEGA32

**Timer /Counter**

ภายใน AVR-ATMEGA32 จัดให้มี Timer/Counter 3 ชุด โดยจัดเป็น Timer/Counter ขนาด 8 บิด 2 ชุด และ Timer/Counter ขนาด 16 บิต 1 ชุด ดังนี้คือ Timer/Counter2 และ Timer/Counter0 และ Timer/Counter1 ซึ่ง Timer/Counter2 สามารถรับสัญญาณ Clock จากภายนอก ซึ่งเป็น Option ที่จะนำ Timer/Counter2 มาทำเป็น RTC โดยใช้ XTAL ที่มีค่าความถี่เท่ากับ 32.768 KHz มาเป็นฐานเวลา และTimer/Counter0 และ Timer/Counter1 ใช้วงจร Prescaling ขนาด 10 บิตร่วมกัน ส่วน Timer/Counter2 ใช้วงจร Prescaling แยกออกต่างหาก

## 2.3 สวิทชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)

สวิทชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย เป็นแหล่งจ่ายไฟตรงคงค่าแรงดันแบบหนึ่งและสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟสลับโวลต์สูง ให้เป็นแรงดันไฟตรงโวลต์ต่ำ เพื่อใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ได้เช่นเดียวกันแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น (Linear Power Supply) ถึงแม้เพาเวอร์ซัพพลายทั้งสองแบบจะต้องมีการใช้หม้อแปลงในการลดทอนแรงดันสูงให้เป็นแรงดันต่ำเช่นเดียวกัน แต่สวิทชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายจะต้องการใช้หม้อแปลงที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักน้อย เมื่อเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น อีกทั้งสวิทชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย ยังมีประสิทธิภาพสูงกว่าอีกด้วยดังรูปที่ 2.7

**รูปที่ 2.7** Switching Power Supply

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 รีเลย์ควบคุม (Control Relay)

เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสภาวะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิทช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมวงจรต่างๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย ดังรูปที่ 2.8

**รีเลย์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลักก็คือ**

1. ส่วนของขดลวด (Coil) เหนี่ยวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะไปกระทุ้งให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำนี้ เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน (ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่ผู้ผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระทุ้งให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

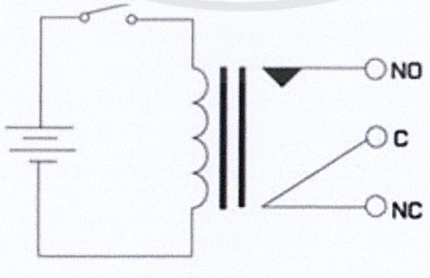
2. ส่วนของหน้าสัมผัส (Contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิทช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่ต้องการนั่นเอง

**จุดต่อใช้งานมาตรฐาน ประกอบด้วย**

จุดต่อ NC ย่อมาจาก Normally Close หมายความว่าปกติปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปมักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลา

จุดต่อ NO ย่อมาจาก Normally Open หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปมักต่อจุดปกติเปิดเข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดปิด เช่น โคมไฟสนามเหนือหน้าบ้าน

จุดต่อ C ย่อมากจาก Common คือ จุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ




**รูปที่ 2.8** หน้าสัมผัสรีเลย์ (Contact Relay)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

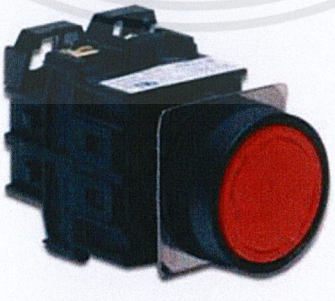
## 2.5 Emergency Stop Switch

สวิทช์ปุ่มกดฉุกเฉิน หรือเรียกว่าสวิทช์หัวเห็ด เป็นสวิทช์หัวใหญ่กว่าสวิทช์แบบธรรมดา เป็นสวิทช์ที่มักใช้กับปุ่มหยุดเครื่องจักรกลต่างๆ ตอนเวลาฉุกเฉิน ซึ่งออกแบบให้เมื่อกดที่ปุ่มนี้แล้ว เครื่องจักรกลทุกอย่างที่มีปุ่มฉุกเฉิน จะต้องหยุดการทำงานในทันที เพื่อป้องกันอุบัติเหตุต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นกับผู้ที่ใช้เครื่องจักรกลในทันทีทันใด ดังรูปที่ 2.9

**รูปที่ 2.9** Emergency Stop Switch

## 2.6 Push Button Switch

สวิทช์แบบกด (Push Button Switch) เป็นสวิทช์ที่เวลาใช้งานต้องกดปุ่มสวิทช์ลงไป การควบคุมตัดต่อสวิทช์ ต้องกดปุ่มที่อยู่ส่วนกลางสวิทช์ กดปุ่มสวิทช์หนึ่งครั้งสวิทช์ต่อ (ON) และเมื่อกดปุ่มสวิทช์อีกหนึ่งครั้งสวิทช์ตัด (OFF) การทำงานเป็นเช่นนี้ตลอดเวลา แต่สวิทช์แบบกดบางแบบอาจเป็นชนิดกดติดปล่อยดับ (Momentary) คือ ขณะกดปุ่มสวิทช์เป็นการต่อ (ON) เมื่อปล่อยมือออกจากปุ่มสวิทช์เป็นการตัด (OFF) ทันที ดังรูปที่ 2.10

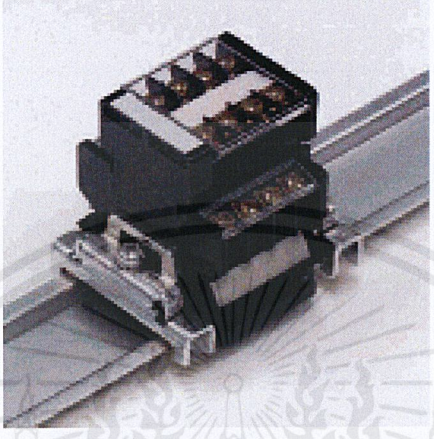


**รูปที่ 2.10** Push Button Switch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7 Terminal Box

เป็นจุดพักสายภายในตู้ Control เพื่อรอลากสายไฟไปยังเครื่องจักรต่อไป ซึ่งจะง่ายต่อการ Wiring เนื่องจากไม่จำต้องลากตรงจากอุปกรณ์ไฟฟ้า แต่สามารถลากสายไฟจากอุปกรณ์ไฟฟ้าลง Terminal ก่อน แล้วค่อยลากจาก Terminal ออกจากตู้อีกที ดังรูปที่ 2.11



**รูปที่ 2.11** Terminal Box

## 2.8 โปรแกรมที่ใช้ในการทำงาน

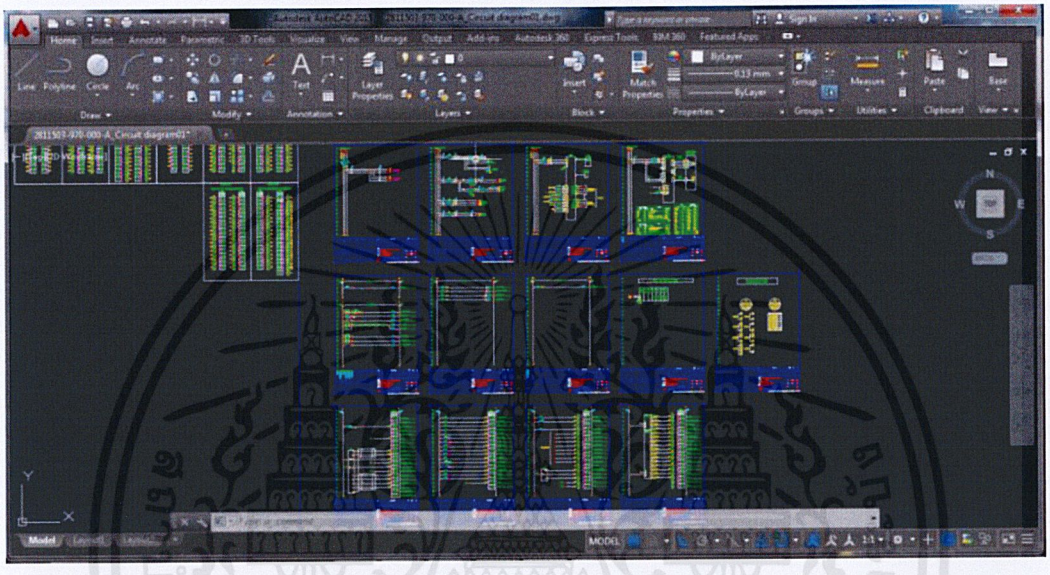
มีการใช้โปรแกรมในการออกแบบโครงสร้างของชิ้นงานดังนี้

### 2.8.1 AutoCAD

เป็นโปรแกรมที่ออกแบบมาเพื่อการเขียนแบบไม่ว่าจะเป็นการเขียนแบบไฟฟ้า แบบเครื่องกล หรือแม้กระทั่งแบบของโครงสร้างของสิ่งก่อสร้าง ภายในตัวโปรแกรมจะมีเครื่องมือสำเร็จรูปเพื่อให้ง่ายต่อการออกแบบให้ผู้ใช้งานแบบสามารถเขียนแบบอย่างรวดเร็ว และสามารถบันทึกไฟล์ในสกุลต่างเพื่อนำไปใช้งานได้หลากหลาย ดังรูปที่ 2.12 และรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 2.12** โปรแกรม AutoCAD



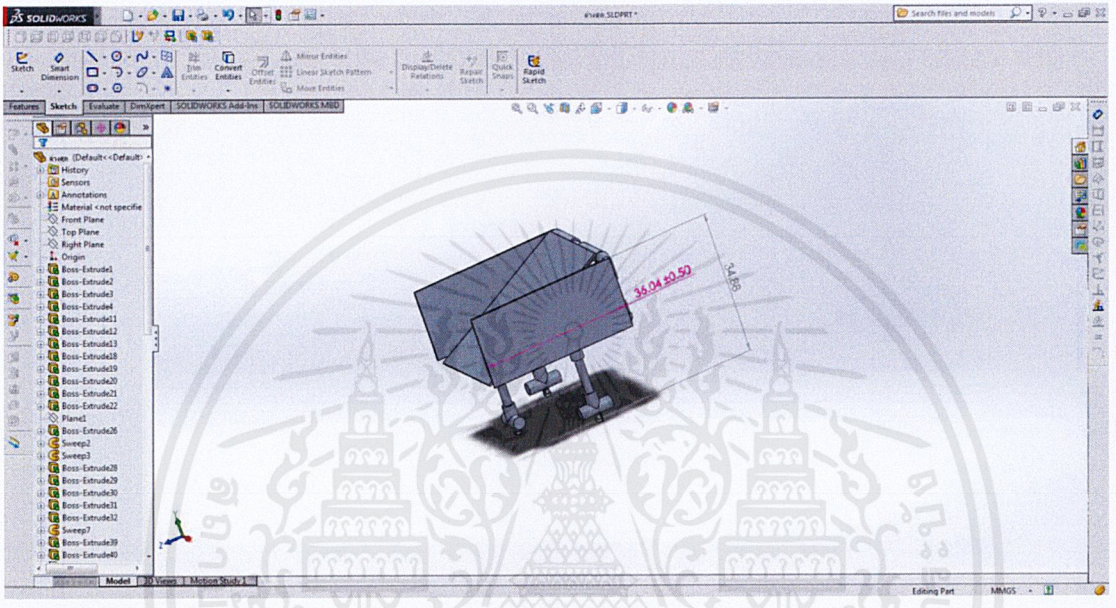
**รูปที่ 2.13** หน้าของโปรแกรม AutoCAD

### 2.8.2 SolidWork

เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างของชิ้นงาน ภายในตัวโปรแกรมจะมีเครื่องมือมากมาย เพื่อให้ง่ายต่อการออกแบบ ให้ผู้อ่านแบบสามารถเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น เพราะจะเห็นได้เลยว่าอุปกรณ์แต่ละตัวมีการเชื่อมต่อกันอย่างไร ขนาดของแต่ละชิ้นส่วนนั้นมีขนาดเท่าไร อีกทั้งในการเขียนแบบยังมีการแบ่งแยกชนิดของการ์ดไว้อย่างเด่นชัดทำให้สามารถเปลี่ยนรายละเอียดของตัวแบบได้โดยง่าย ดังรูปที่ 2.14 และรูปที่ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 2.14** โปรแกรม SolidWork

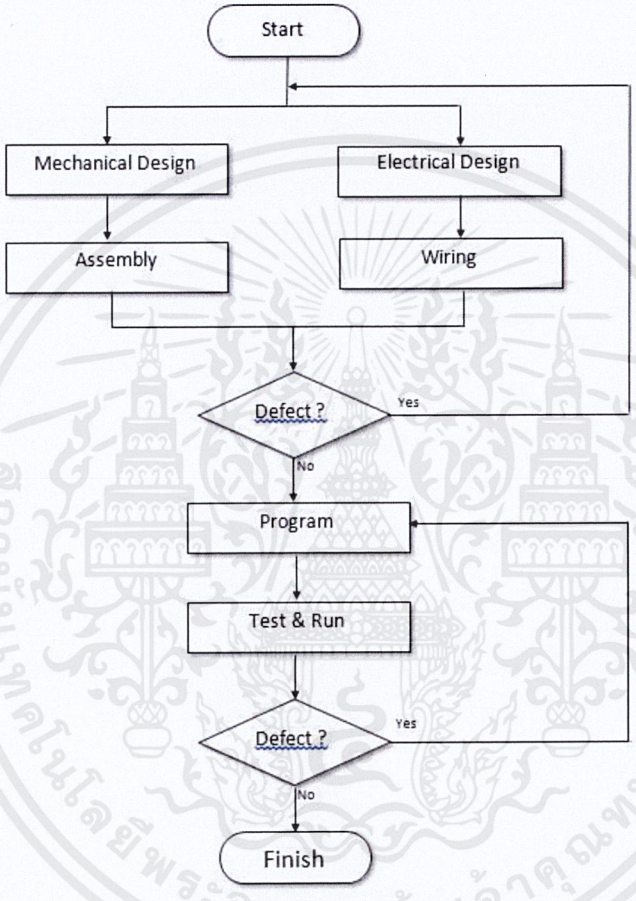


**รูปที่ 2.15** หน้าของโปรแกรม SolidWork

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการจัดทำโครงงานนี้จะมีการแบ่งขั้นตอนในการดำเนินงานซึ่งสามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดังนี้ ดังรูปที่ 3.1




**รูปที่ 3.1** แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน

**ขั้นตอนในการทำงานจะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน**

3.1 Mechanical Design

3.1.1 ประชุมงานเรื่องการออกแบบ

3.1.2 ออกแบบโครงสร้าง และจัดหาวัสดุ

3.1.3 ประกอบ

3.2 Electrical Design

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 ออกแบบวงจร

3.2.2 จัดทำแผงวงจร และ Wiring

3.2.3 Programming

3.2.4 Test & Run

## 3.1 Mechanical Design

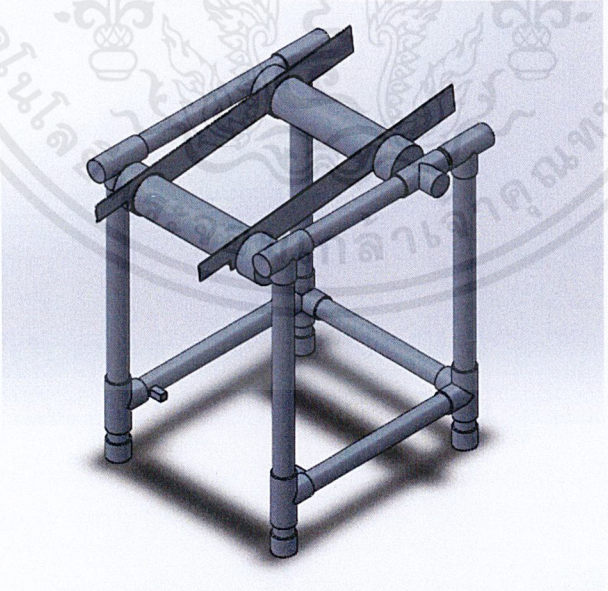
ฝ่าย Mechanical Design ทำงานเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้าง และการประกอบให้กับสายพานลำเลียงมันสำปะหลัง

### 3.1.1 ประชุมงานเรื่องการออกแบบ

ก่อนที่จะทำการเริ่มงานได้นั้น ต้องมีการประชุมกันเพื่อหารือเรื่องงบประมาณ ของทั้งด้านฝ่าย Mechanical Design และ Electrical Design ว่าใช้งบประมาณเท่าไหร่ ซึ่งในกรณีอยู่ในงบประมาณที่ค่อนข้างจำกัด จึงได้จัดทำแบบจำลองจากขนาดจริง

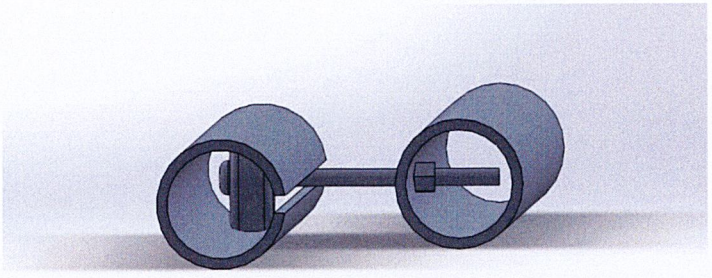
### 3.1.2 การออกแบบโครงสร้าง และจัดหาวัสดุตามงบประมาณ

ผู้ออกแบบได้ใช้โปรแกรม SolidWork ในการออกแบบโครงสร้าง สิ่งที่ต้องทำในขั้นตอนนี้ คือ นำข้อสรุปที่ได้จากข้อ 3.1.1 มา โดยข้อสรุปนี้ได้ใช้ท่อเป็นโครงสร้างหลักเพื่อประหยัดต่องบประมาณ ซึ่งออกแบบได้ดังรูปที่ 3.2 ถึงรูปที่ 3.5

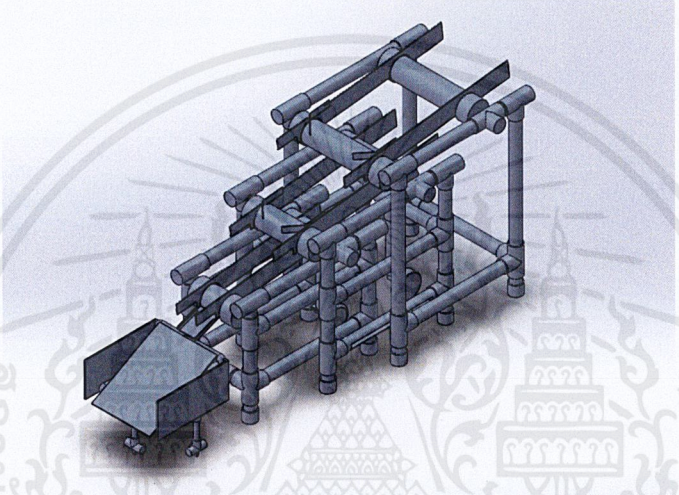


**รูปที่ 3.2** การออกแบบในส่วนของโครงด้านหลังสุด

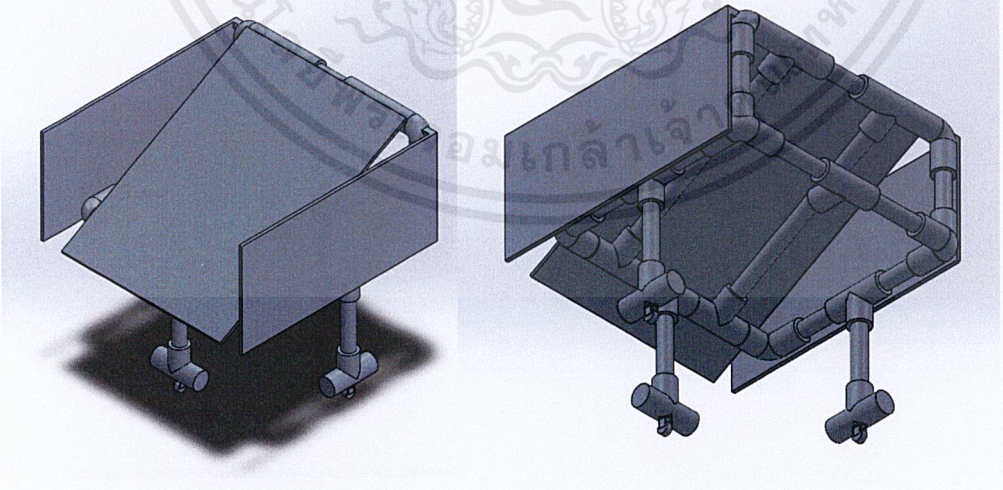
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 3.3** การออกแบบในส่วนของรางลูกกลิ้ง



**รูปที่ 3.4** การออกแบบในส่วนของโครงทั้งหมดมาประกบกัน

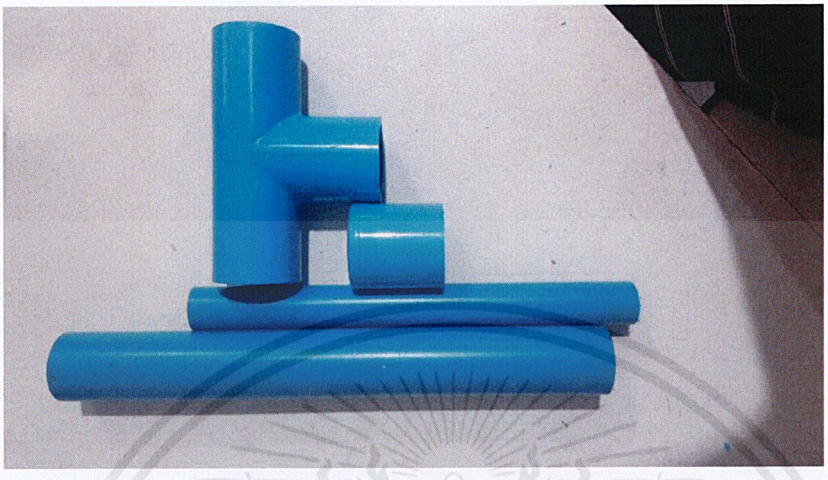


**รูปที่ 3.5** การออกแบบในส่วนของตัวกระจายมันสำปะหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.3 การประกอบ

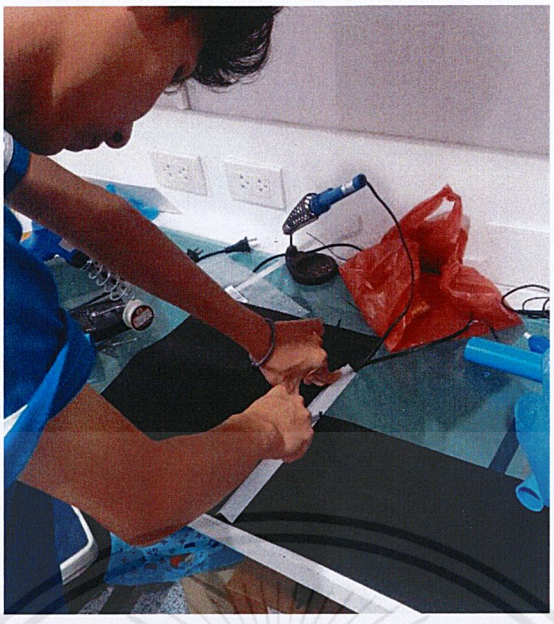
ผู้ออกแบบได้ทำการเตรียมวัสดุ และประกอบเพื่อให้ได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ดังข้อ 3.1.2 ซึ่งมีการดำเนินงานตามขั้นตอนได้ดังรูปที่ 3.6 ถึงรูปที่ 3.11



**รูปที่ 3.6** เตรียมท่อขนาดต่างๆ

**รูปที่ 3.7** ตัดท่อเพื่อไว้ใช้สำหรับวางมอเตอร์ขับสายพาน

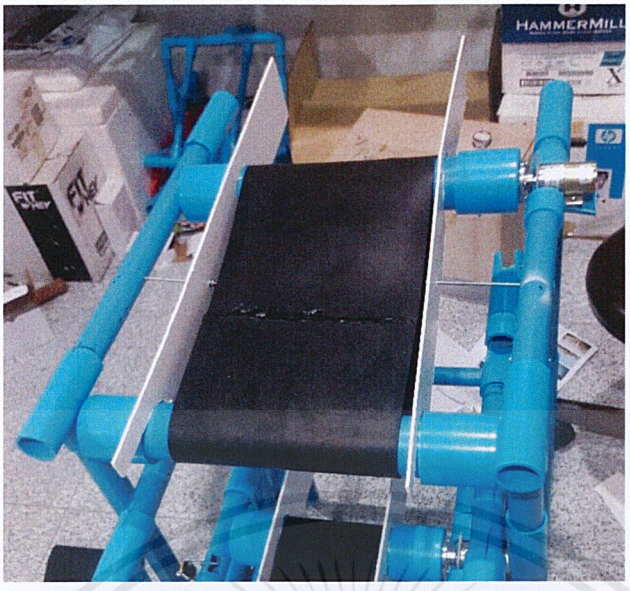
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 3.8** ตัดยางตามขนาดที่ได้ออกแบบไว้

**รูปที่ 3.9** ตัดแผงกั้น และแผ่นรองต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.10** ประกอบทุกชิ้นเข้าด้วยกัน

**รูปที่ 3.11** ติดตั้ง Limit Switch ตามตำแหน่งที่ได้ออกแบบ

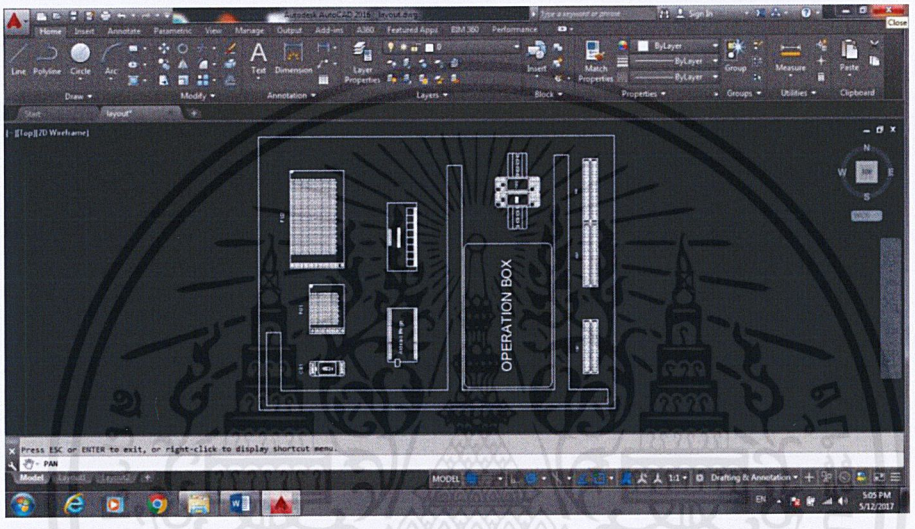
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2 Electrical Design

ฝ่าย Electrical Design ทำงานเกี่ยวกับการออกแบบระบบไฟฟ้า แผงควบคุม และการเขียนโปรแกรมให้กับสายพานลำเลียงมันสำปะหลัง

### 3.2.1 ออกแบบวงจร

ผู้ออกแบบได้นำข้อมูลของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องใช้จากข้อที่ 3.1.1 ซึ่งผู้ออกแบบได้ใช้โปรแกรม AutoCad ในการออกแบบวงจรไฟฟ้าดังรูปที่ 3.12

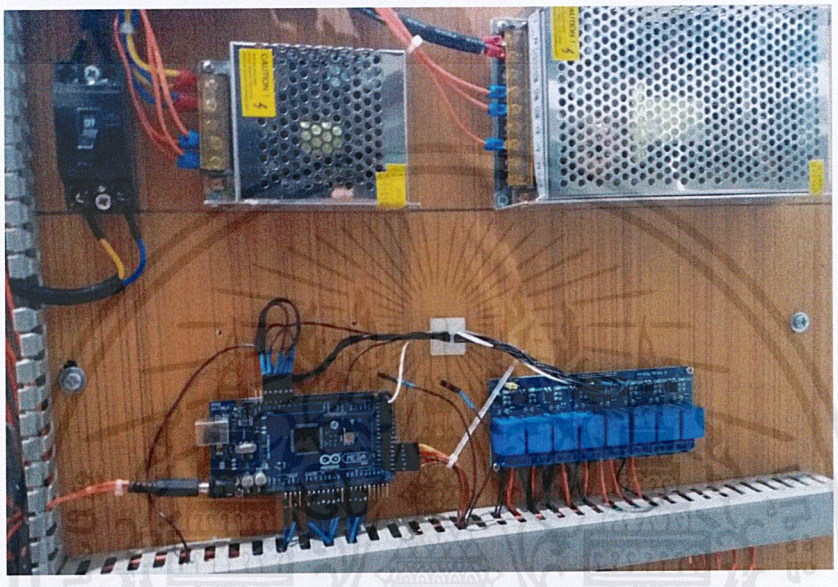



**รูปที่ 3.12** วงจรไฟฟ้า

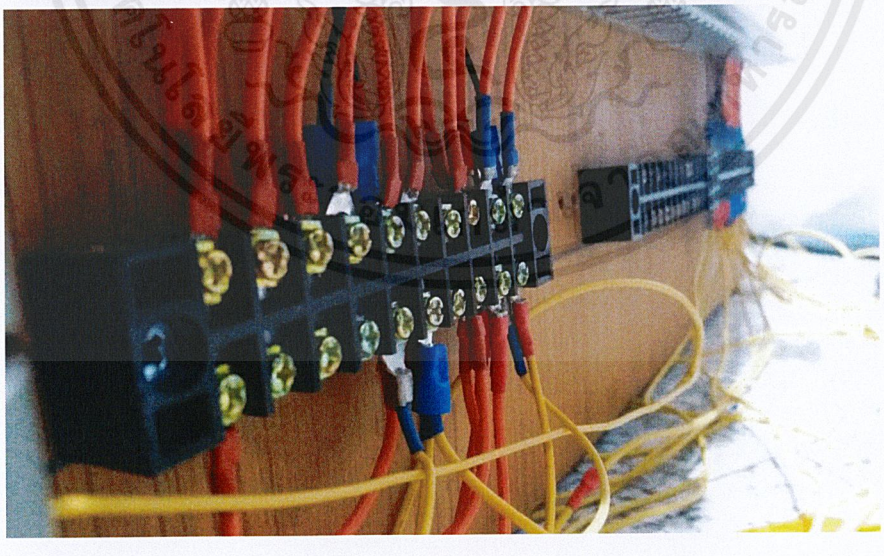
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2 จัดทำแผงวงจร และ Wiring

ผู้ออกแบบได้นำข้อมูลจากข้อ 3.2.1 มาทำแผงวงจรซึ่งในที่นี้ได้ทำการวางบนเศษไม้เหลือใช้ เพื่อเป็นการลดต้นทุน ซึ่งได้ใช้ Power Supply เข้ามาแปลงไฟเพื่อให้สามารถใช้งานกับไฟขนาด 220V ผู้ออกแบบใช้ Arduino เป็นตัวควบคุมการทำงานต่างๆ และทำการ Wiring ดังรูปที่ 3.13 ถึง รูปที่ 3.15

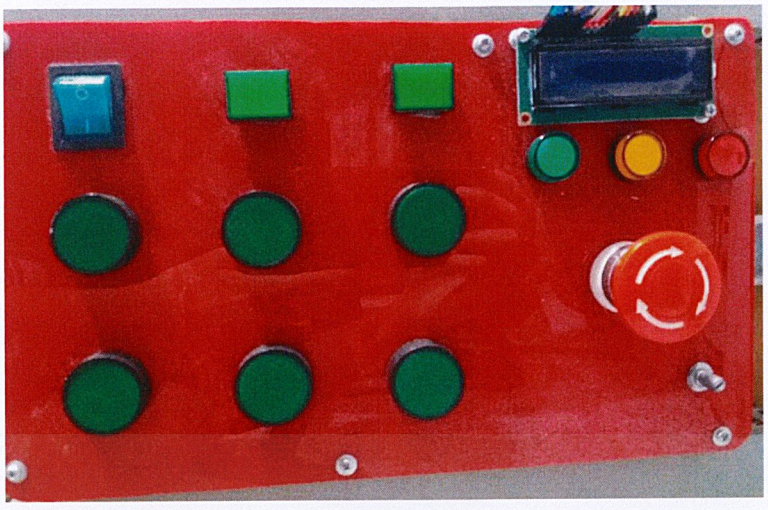


**รูปที่ 3.13** แผงวงจร



**รูปที่ 3.14** การ Wiring

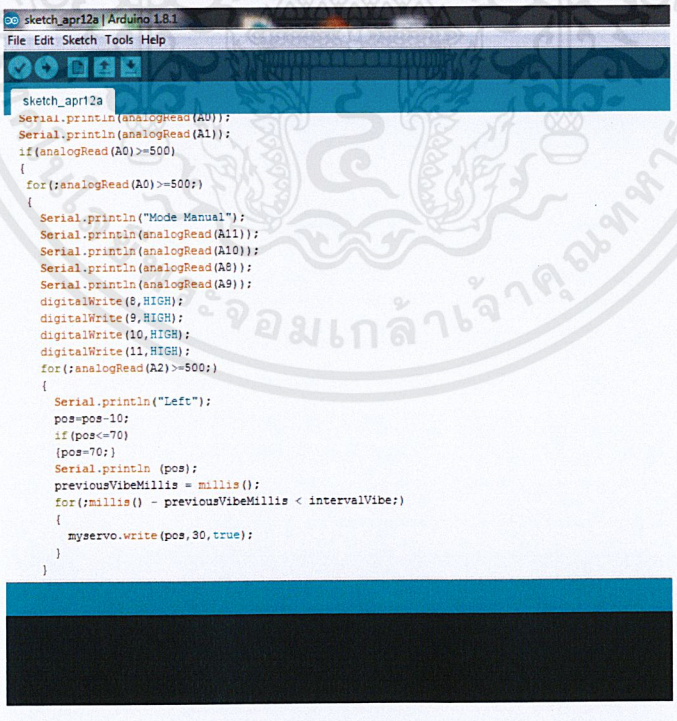
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 3.15** แผงวงจร และแผงควบคุม

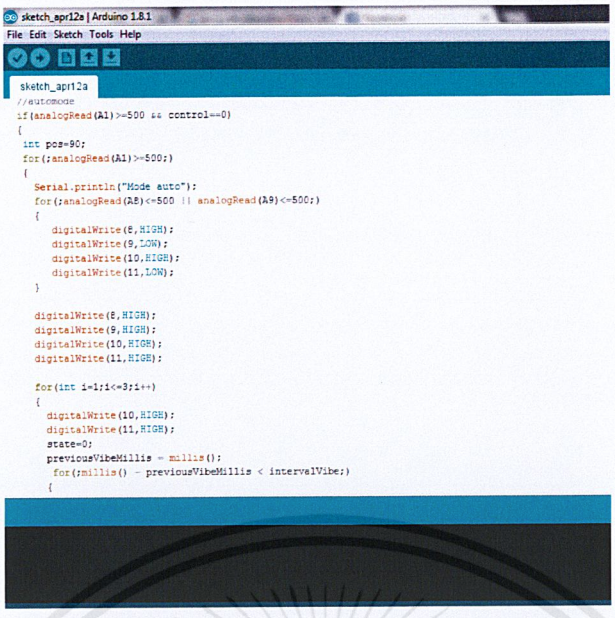
### 3.2.3 Programming

ผู้ออกแบบได้ใช้โปรแกรม Arduino IDE ป็นซอฟต์แวร์สำเร็จรูปจากผู้พัฒนา Arduino โดยโปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมสำหรับควบคุม Arduino โดยเขียนโปรมแกรมแบ่งออกเป็นโหมดอัตโนมัติ (Automatic) และโหมดแมนนวล (Manual) ดังรูปที่ 3.16 ถึงรูปที่ 3.20

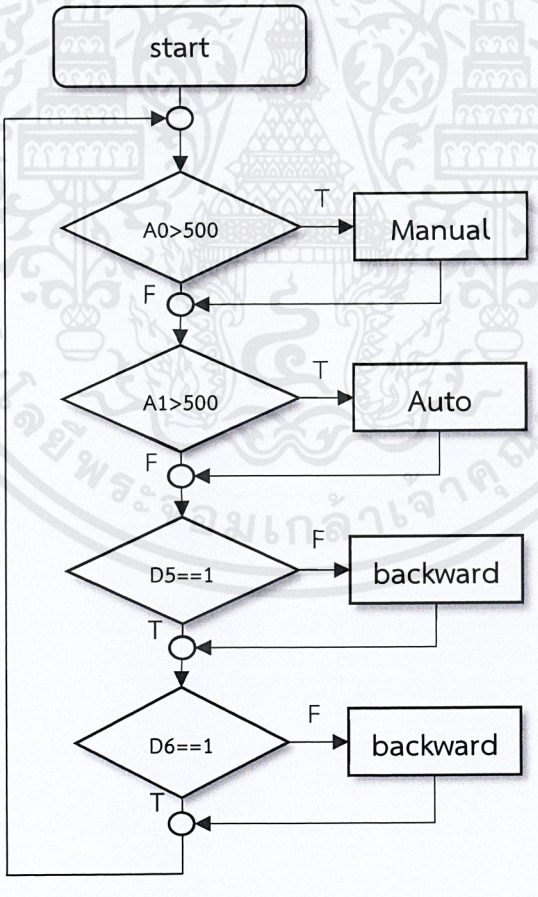



**รูปที่ 3.16** ตัวอย่างโปรแกรมควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

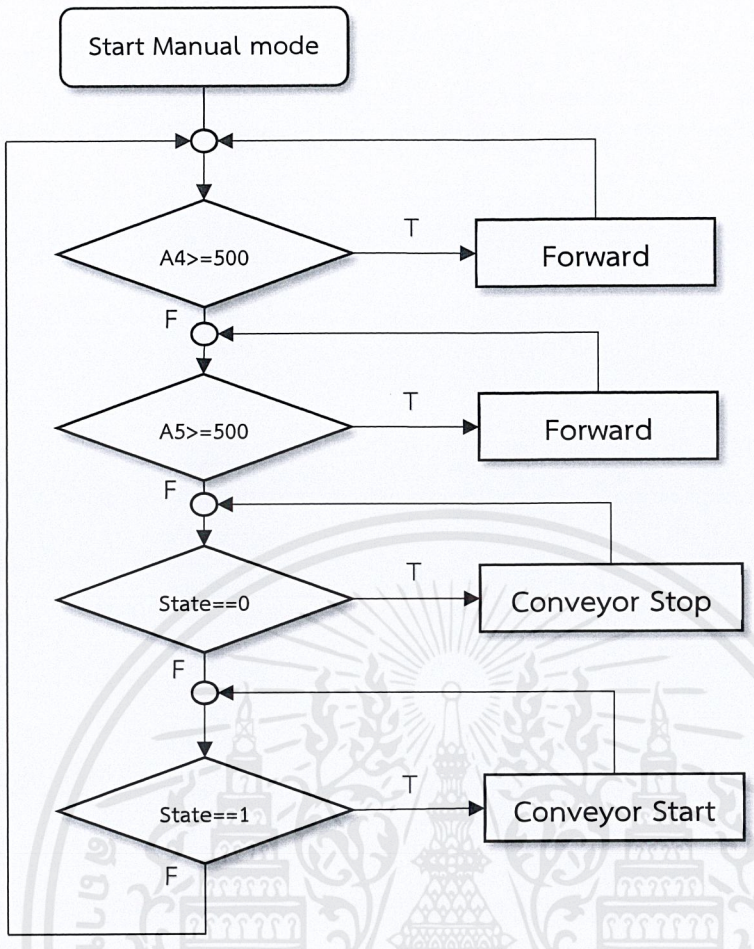



**รูปที่ 3.17** ตัวอย่างโปรแกรมควบคุม



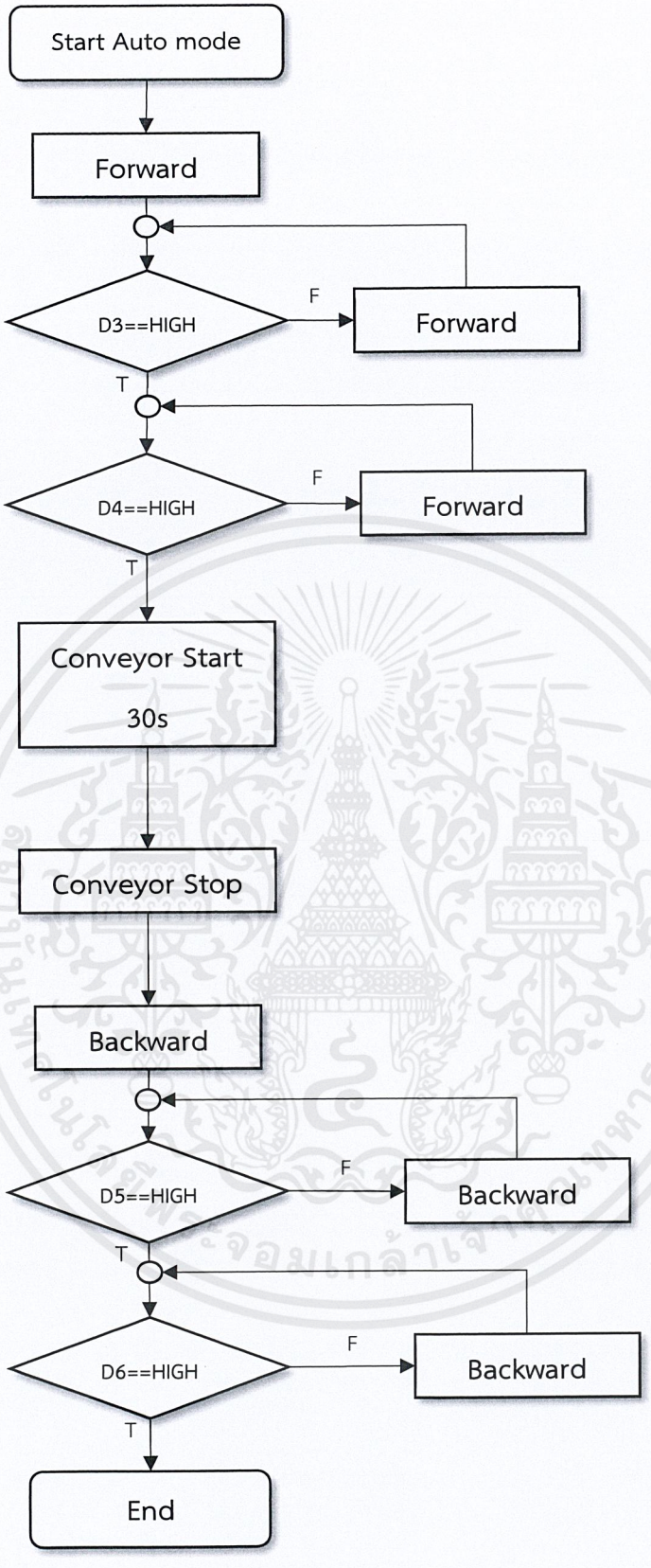

**รูปที่ 3.18** Flowchart ฟังก์ชันหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.19** Flowchart ฟังก์ชันของโหมดแมนนวล (Manual)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

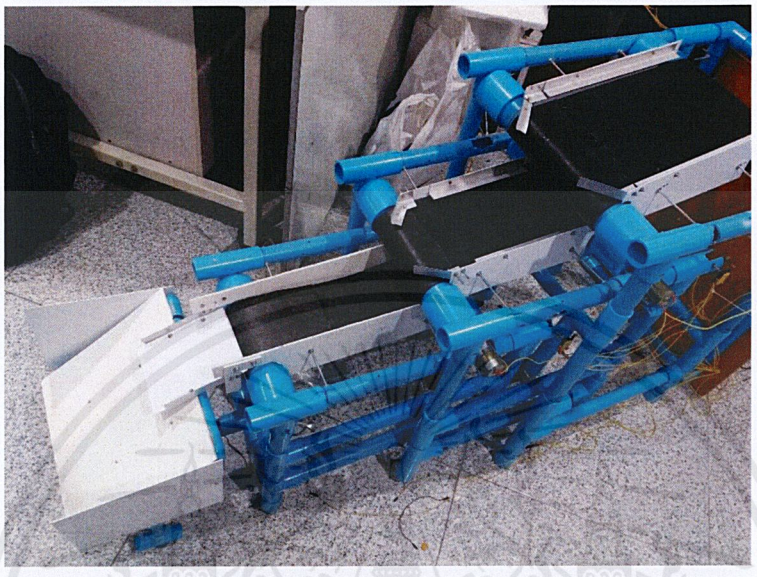



**รูปที่ 3.20** Flowchart ฟังก์ชันของโหมดอัตโนมัติ (Automatic)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.4 Test & Run

หลังจากที่มีการเขียนโปรแกรมเสร็จเรียบร้อย จะมาถึงขั้นตอน Test & Run เพื่อทดลองหาข้อผิดพลาดของแต่ละส่วนว่าสามารถทำงานได้ปกติหรือไม่ ดังรูปที่ 3.21 ถึงรูปที่ 3.24

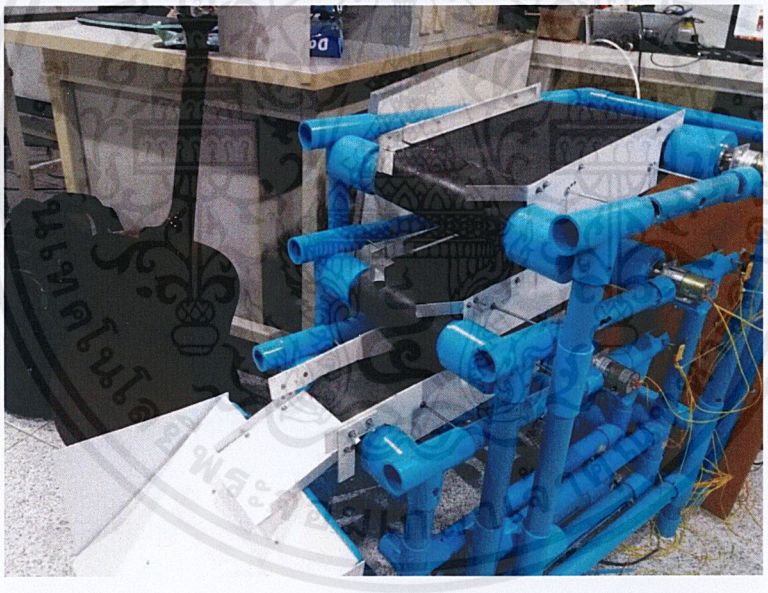


**รูปที่ 3.21** ทดสอบการเคลื่อนที่และการทำงานของ Limit Switch

**รูปที่ 3.22** ทดสอบการทำงานของ Servo Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 3.23** ทดสอบการลำเลียงหิน



**รูปที่ 3.24** ทดสอบการเคลื่อนตัวกลับเมื่อทำงานเสร็จสิ้นแล้ว

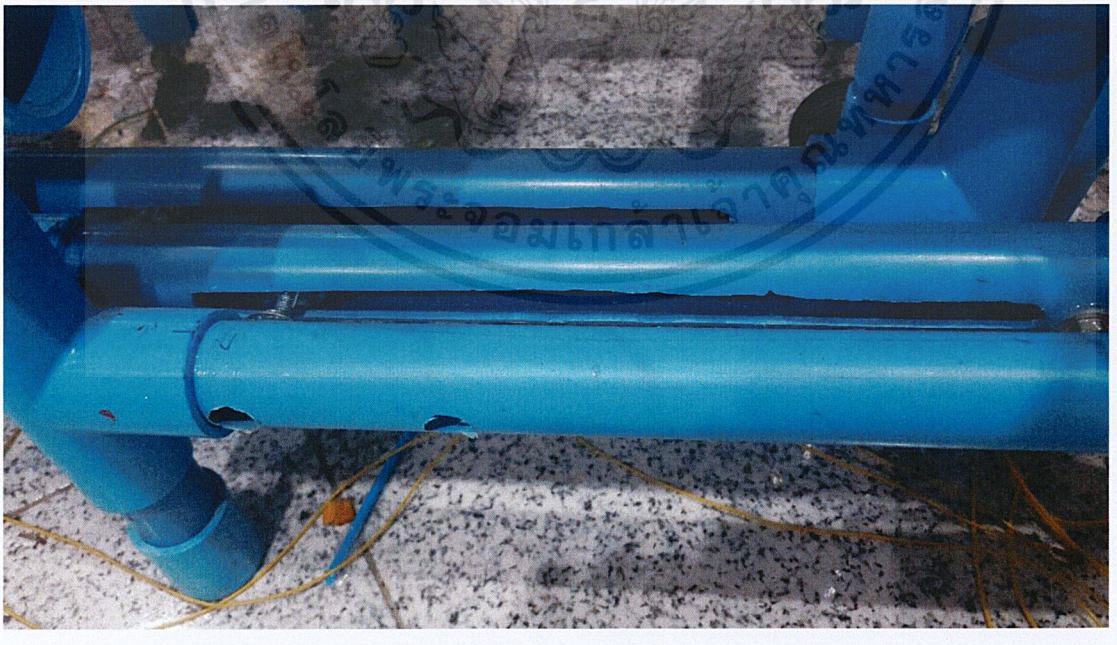
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการดำเนินงาน

ในส่วนของผลการดำเนินโครงงานนี้ จะกล่าวถึงโครงสร้างเครื่อง ส่วนประกอบไฟฟ้า ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผล

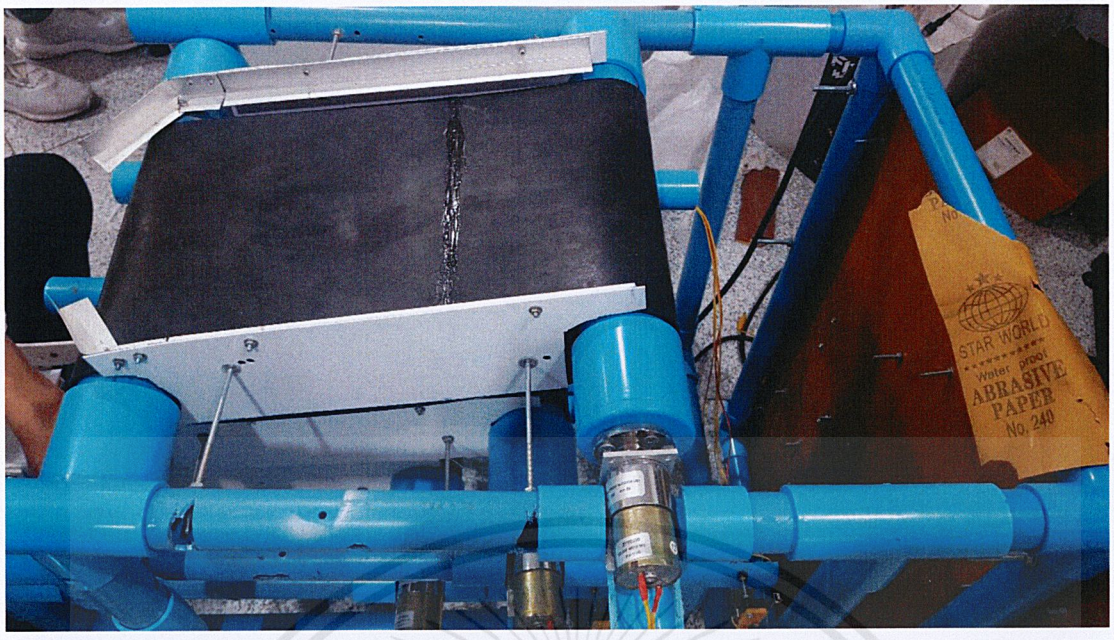
## 4.1 โครงสร้างเครื่อง

ส่วนประกอบของสายพานลำเลียง ถูกดำเนินการประกอบจนเสร็จสิ้น โดยโครงสร้างของสายพานลำเลียง ถูกแบ่งเป็น 3 ส่วน โดยทำการเริ่มประกอบในส่วนของโครงหลักและราง เป็นอันดับแรก เนื่องจากโครงเป็นส่วนหลัก โดยเริ่มดำเนินการออกแบบและประกอบในเทอม 1 แต่ใช้เวลานาน เนื่องจากเป็นส่วนหลักและได้ทำการแก้ไขโครงสร้างจากเดิมที่ได้ออกแบบไว้จึงทำให้ประกอบในส่วนของโครงหลักและราง เป็นเวลาตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2559 จนถึงวันที่ 25 มีนาคม 2560 ส่วนต่อมาทำการประกอบ คือ ส่วนของสายพานใช้เวลาดำเนินงานเนื่องจากเป็นส่วนที่ค่อนข้างไม่ซับซ้อน โดยใช้เวลาดำเนินงาน ตั้งแต่วันที่ 15 ตุลาคม 2559 จนถึง วันที่ 20 พฤศจิกายน 2559 ในส่วนสุดท้ายเป็นส่วนเป็นที่กระจายมันสำปะหลัง เป็นส่วนที่มีความซับซ้อนน้อยที่สุด แต่เป็นส่วนสุดท้ายที่ทำการประกอบ จึงได้เริ่มดำเนินการประกอบส่วนที่ 3 หลังจากที่ประกอบ 2 ส่วนแรกเสร็จแล้ว โดยใช้เวลาการดำเนินงานตั้งแต่ 5 มกราคม 2560 จนถึง 28 มกราคม 2560 ตามรูปที่ 4.1 ถึงรูปที่ 4.4



**รูปที่ 4.1** รางเลื่อน

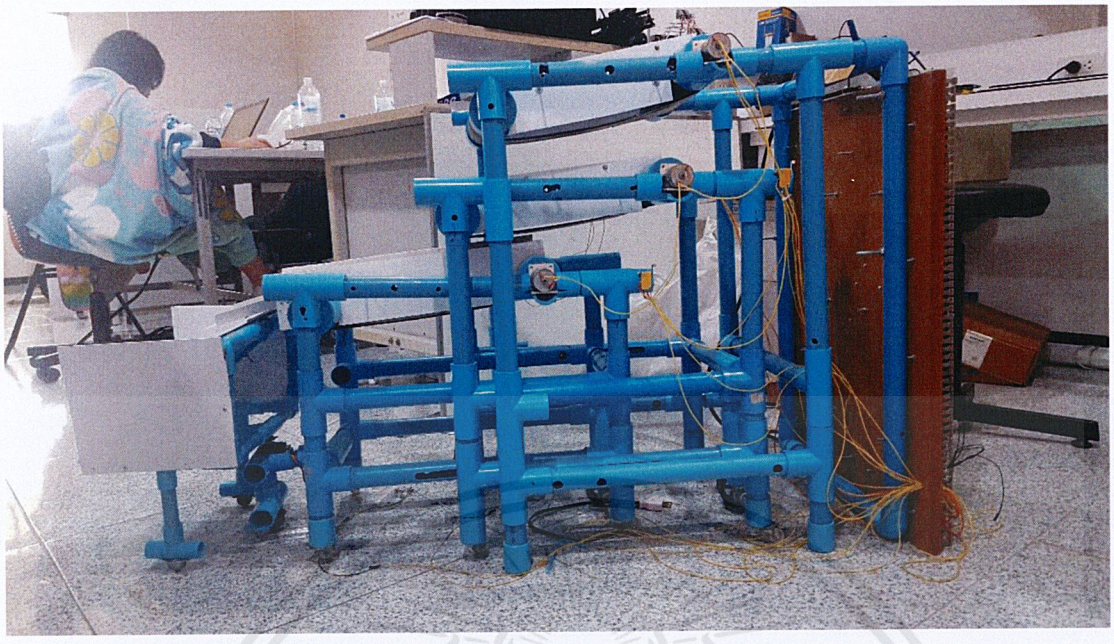
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.2** ส่วนสายพาน

**รูปที่ 4.3** ส่วนหน้า

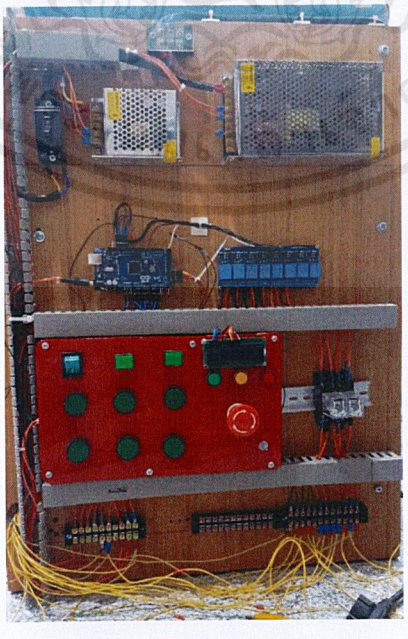
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 4.4** สายพานลำเลียงเมื่อประกอบเสร็จ

## 4.2 ส่วนประกอบทางไฟฟ้า

ผลการดำเนินงานในด้านส่วนประกอบทางไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1.แผงควบคุมและบอร์ด Arduino สามารถเข้ากันได้ 2. การเดินสายไฟทั้งหมด เชื่อมกับแผงวงจร สามารถเข้ากันได้ดังรูปที่ 4.5



**รูปที่ 4.5** แผงควบคุมและวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.3 ผลการทดลอง

**ตารางที่ 4.3** การทดลองความเร็วในการขนถ่ายของเครื่องลำเลียงมันสำปะหลัง

| ทดสอบครั้งที่ | ความเร็วในการลำเลียง(Kg/min) |
|---|---|
| 1 | 6.5 |
| 2 | 3 |
| 3 | 5.6 |
| 4 | 6.1 |
| 5 | 4 |
| 6 | 6.1 |
| 7 | 5.7 |
| 8 | 4.7 |
| 9 | 6.2 |
| 10 | 6.3 |

จากผลการทดสอบ คำนวณหาค่าเฉลี่ย ความเร็วในการลำเลียง เท่ากับ 5.42 kg/min

จากตารางที่ 4.3 พบว่ามีบางครั้งมีหินที่ลำเลียงหล่นระหว่างการลำเลียง เนื่องจากหินบางส่วนมีขนาดใหญ่ ทำให้สายพานหย่อนและเกิดรูระหว่างสายพานและแผงกั้น จึงทำให้ความเร็วในการสายพานลดลง

**รูปที่ 4.6** ทดลองการลำเลียงของสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5

# สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในส่วนของบทนี้จะกล่าวถึง สรุปผลการทดลอง ปัญหาที่พบ แนวทางการแก้ไข ข้อเสนอแนะ และแนวทางพัฒนา

## 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากทดสอบสายพานลำเลียงมันสำปะหลังที่ได้ทำการออกแบบ พบว่าสามารถลำเลียงได้น้ำหนักสูงสุดได้ไม่เกิน 2 kg เนื่องจากในระหว่างการทดลองเมื่อมีน้ำหนักรวมมากกว่า 2 kg จะทำให้สายพานรับน้ำหนักไม่ไหว จึงเกิดช่องว่างระหว่างสายพานและแผงกั้นและมีความเร็วในการลำเลียงเฉลี่ย 5.42 kg/min จากการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง ซึ่งพบว่าใน 10 ครั้ง มีทั้งหมด 3 ครั้งที่มีความเร็วในการลำเลียงน้อยกว่าค่าเฉลี่ย ได้แก่ครั้งที่ 2, 5, 8 ซึ่งเกิดจากการที่หินตกหล่นระหว่างการลำเลียง ซึ่งถือเป็นค่าที่ยอมรับได้

## 5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหา

### 5.2.1. ปัญหาที่พบ

ปัจจุบันเครื่องจักรนี้ยังอยู่ในช่วงของการพัฒนา ทำให้ระบบยังมีข้อจำกัดที่เกิดจากการทำต้นแบบ จากผลการทดสอบพบว่า สายพานยังไม่สามารถรับน้ำหนักในปริมาณมากไม่ได้ และ Servo Motor ที่ควบคุมส่วนหน้าไม่มีกำลังมากพอในการขับส่วนหน้าทำให้ต้องทำการลดความยาวของส่วนหน้าลง เพื่อให้ Servo Motor สามารถขับส่วนหน้าได้ วัสดุที่ใช้ในการทำโครงสร้างนั้นไม่มีความแข็งแรง อีกทั้งยังไม่มีความชำนาญมากพอจึงทำให้ตัวโครงไม่สมดุลเท่าที่ควร

### 5.2.2. แนวทางแก้ไข

ควรมีการเปลี่ยนแปลงวัสดุที่ใช้ในการทำโครงจากท่อเป็นเหล็กฉาก เพื่อให้มีความแม่นยำได้ตามแบบที่วางไว้ เปลี่ยนสายพานให้ใช้ยางแบบมีเส้นใยเพื่อเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนักของสายพาน และเปลี่ยน Servo Motor ที่มีกำลังที่มากกว่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางพัฒนา

เครื่องจักรนี้ยังสามารถพัฒนาเพื่อนำไปใช้จริงได้ในอุตสาหกรรมได้ คือ เพิ่มฟังก์ชันในการขนย้าย ด้วยการปรับเปลี่ยนมอเตอร์และ Servo เพื่อให้สามารถเคลื่อนย้ายตัวเครื่องจักรได้ ทั้งยังสามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างเพื่อให้เป็นไปตามจุดประสงค์ของการใช้งานในรูปแบบที่แตกต่างกันไป

ในประเทศไทยได้มีการนำเทคโนโลยีเครื่องจักรอัตโนมัติมาใช้กันมากขึ้น เพื่อทดแทนการขาดแคลนแรงงานในการผลิต ในปัจจุบันการนำเข้าหุ่นยนต์หรือเครื่องจักรอัตโนมัติจากต่างประเทศมีราคาสูง การพัฒนาระบบเครื่องจักรอัตโนมัติภายในประเทศควรที่จะได้รับการส่งเสริมและสนับสนุนจากทางภาครัฐและเอกชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง

[1] **"Servo Motor"** (Online). Available :

http://thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article

[2] **"DC Motor"** (Online). Available :

http://www.adisak51.com/page21.html

[3] **"Relay"** (Online). Available :

http://kpp.ac.th/elearning/elearning3/book-09.html

[4] **"Conveyor"** (Online). Available :

kingsasia.co.th/wp-content/uploads/2016/06/design_conveyor_belt.pdf

[5] **"Limit Switch"** (Online). Available :

www.fonengineering.com/2011/07/03/limit-switch/

[6] **"Power Supply"** (Online). Available :

https://www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/power/switching_regulator/

[7] **"Debounce Switch"** (Online). Available :

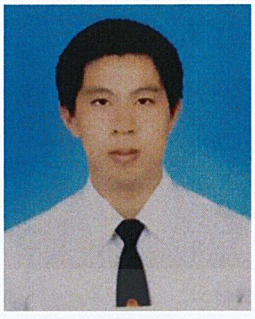
www.eng.utah.edu/cs5780/debouncing

[8] **"Bending Force"** (Online). Available :

www.bu.edu/moss/mechanics-of-materials-bending-normal-stress

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน



**ชื่อ-สกุล :** นายสิรภัทร สินไพบูลย์

**เกิด :** 31 มีนาคม พ.ศ. 2538

**ประวัติการศึกษา :** สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย นนทบุรี จังหวัดนนทบุรี เข้าศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี 2556

**ที่อยู่** : 7/94 หมู่บ้านติวานนท์ ต.บางพูด อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120

**เบอร์โทรศัพท์ :** 086-412-6819

**อีเมล์ :** tomza18874@hotmail.co.th

**Facebook : Alaptop T Tomiiz**

**ความสามารถทางคอมพิวเตอร์และการใช้โปรแกรม :** Microsoft office, Auto CAD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ชื่อ-สกุล :** นายธีร์รัถย์ วงศ์สวัสดิ์

**เกิด :** 5 ตุลาคม พ.ศ. 2536

**ประวัติการศึกษา :** สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนลาซาล จังหวัดกรุงเทพ เข้าศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี 2556

**ที่อยู่** : 177/1 หมู่3 ตำบลสำโรง อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ

**เบอร์โทรศัพท์ :** 086-412-6819

**อีเมล์ :** jenjensang_ej@windowslive.com

**Facebook : Earl T Wongsawade**

**ความสามารถทางคอมพิวเตอร์และการใช้โปรแกรม :** Microsoft office, Auto CAD, SolidWork

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ชื่อ-สกุล :** นายธีรพัฒน์ หงษ์ทอง

**เกิด :** 3 เมษายน พ.ศ. 2538

**ประวัติการศึกษา :** สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสตรีสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ เข้าศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี 2556

**ที่อยู่** : 10/133 หมู่ที่7 ตำบลบางเมือง อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ

**เบอร์โทรศัพท์ :** 089-765-4611

**อีเมล์ :** Sharp_palm@hotmail.com

**Facebook : Palmy Theerapat**

**ความสามารถทางคอมพิวเตอร์และการใช้โปรแกรม :** Microsoft office, Auto CAD, Proteus, Arduino IDE, Visual Studio IDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้