การศึกษาระบบการให้น้ำเฉพาะที่สำหรับการปลูกพืชในโรงเรือน

Site Specific Irrigation System for Greenhouse Planting

กันตพิชญ์ ศรีพงษ์ใหญ่

ปกรณ์ รัตนฉัตราพันธ์

ภูริชญา ขำประเสริฐพร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

การศึกษาระบบการให้น้ำเฉพาะที่สำหรับการปลูกพืชในโรงเรือน

Site Specific Irrigation System for Greenhouse Planting

กันตพิชญ์ ศรีพงษ์ใหญ่
ปกรณ์ รัตนฉัตราพันธ์
ภูริชญา ขำประเสริฐพร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Site Specific Irrigation System for Greenhouse Planting

KANTAPICH SRIPONGYAI
PAKORN RATTANACHATTRAPUN
BHURICHAYA KHAMPRASERTPORN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2561

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบการให้น้ำเฉพาะที่สำหรับการปลูกพืชในโรงเรือน Site Specific Irrigation System for Greenhouse Planting
นักศึกษาผู้จัดทำ	นาย กันตพิชญ์ ศรีพงษ์ใหญ่ รหัสนักศึกษา 58010071
	นาย ปกรณ์ รัตนฉัตราพันธ์ รหัสนักศึกษา 58010702
	นางสาว ภูริชญา ขำประเสริฐพร รหัสนักศึกษา 58010984
ปริญญา	วิศกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)
หลักสูตร	วิศวกรรมเกษตร
ภาควิชา	วิศวกรรมเกษตร
ปีการศึกษา	2561

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	**ลายมือชื่อ**
ผศ. ภัทรชัย วิชัยยะ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบการให้น้ำเฉพาะที่สำหรับการปลูกพืชในโรงเรือน
นักศึกษา	1.นายกันตพิชญ์ ศรีพงษ์ใหญ่
	2.นายปกรณ์ รัตนฉัตราพันธ์
	3.นางสาวภูริชญา ขำประเสริฐพร
รหัสประจำตัว	58010071
	58010702
	58010984
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา	วิศวกรรมเกษตร
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ. ภัทรชัย วิชัยยะ

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอระบบการให้น้ำเฉพาะที่สำหรับการปลูกพืชในโรงเรือน เนื่องจาก ในปัจจุบันการรดน้ำให้ปุ๋ยขาดความแม่นยำไม่เป็นไปตามความต้องการของพืช จึงมีแนวความคิดที่จะสร้างเครื่องให้น้ำและปุ๋ยโดยใช้ระบบการให้น้ำเฉพาะที่สำหรับการปลูกพืชในโรงเรือน เคลื่อนที่ไปตามระนาบแกน X และแกน Y จะทำให้ปริมาณน้ำในดินเพียงพอสำหรับความต้องการ โดยป้อนตำแหน่งที่กำหนด หัวฉีดจะเคลื่อนที่ไปยัง ณ จุดที่กำหนด และให้ปริมาณตามที่กำหนด นำไปสู่การออกแบบ สร้างระบบที่มีประสิทธิภาพและต้นทุนต่ำต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Site Specific Irrigation System for Greenhouse Planting
Student	Mr. KANTAPICH SRIPONGYAI
	Mr. PAKORN RATTANACHATTRAPUN
	Ms. BHURICHAYA KHAMPRASERTPORN
Student ID.	58010071
	58010702
	58010984
Degree	Bachelor Degree
Program	Agricultural Engineering
Year	2018
Thesis Advisor	Asst. Prof. PATTARACHAI VICHAIYA

ABSTRACT

This project presented a site specific watering system for plant production. The movement of water nozzle was controlled by the microprocessor, through computer program. Growing plot must be arranged in X – Y coordinate so the moving of nozzle can be controlled in 2D plane. Experiment conducted showed accurate control of X – Y position. However, the amount of water emitted was error by the average of 2.344%. It was found that this error caused by time lag of pump injection. Problem was solve by using solenoid valve to control water injection.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี โดยมีความอนุเคราะห์ของบุคคลหลาย ๆ ท่านซึ่งไม่อาจจะนำมากล่าวได้ทั้งหมด ซึ่งผู้มีพระคุณท่านแรกคือ ผศ. ภัทรชัย วิชัยยะ ที่คอยให้คำแนะนำ และให้คำปรึกษามาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจสอบแก้ไขปริญญานิพนธ์ให้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ของภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุก ๆ ท่านที่ให้ความรู้ ให้คำแนะนำ และแสดงความคิดเห็นในการจัดทำปริญญานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี รวมไปถึงภาควิชาวิศวกรรมเกษตรที่ให้การช่วยเหลือด้านอุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ และสถานที่ในการทำงานมาโดยตลอด

ท้ายที่สุดนั้น ผู้จัดทำปริญญานิพนธ์นี้ต้องขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ของคณะผู้จัดทำที่ให้กำเนิด อบรมสั่งสอน และคอยเป็นกำลังใจให้ตลอดมา ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ ติชม แนะนำ จนทำให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นายกันตพิชญ์ ศรีพงษ์ใหญ่
นายปกรณ์ รัตนฉัตราพันธ์
นางสาวภูริชญา ขำประเสริฐพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ.....i

Abstract.....ii

กิตติกรรมประกาศ.....iii

สารบัญ.....iv

สารบัญรูปภาพ.....vi

สารบัญตาราง.....viii

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ที่มาและความสำคัญ.....1

1.2 วัตถุประสงค์.....2

1.3 ขอบเขตการศึกษา.....2

1.4 ผลที่ความว่าจะได้รับ.....2

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....2

บทที่2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1 วิธีการให้น้ำแก่พืชปลูก.....3

2.2 Arduino.....6

2.3 ความหมายและหลักการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 12

2.4 ปั๊ม (Pump)..... 14

2.5 สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย..... 17

2.6 รีเลย์ (Relay)..... 19

บทที่ 3 ออกแบบ สร้าง และขั้นตอนการทดลอง..... 21

3.1 การออกแบบและสร้าง..... 22

3.2 ขั้นตอนการสร้างเครื่อง..... 22

3.3 การต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์..... 24

3.4 วิธีการคำนวณตัวเลขที่ป้อนในโปรแกรม..... 27

3.5 การควบคุมการทำงานของ เครื่องให้น้ำอัตโนมัติผ่าน Microcontroller Arduino..... 28

3.6 การควบคุมการทำงาน เครื่องให้น้ำอัตโนมัติโดยผ่าน โปรแกรม Source Rabbit..... 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบการให้น้ำเฉพาะที่สำหรับการปลูกพืชในโรงเรือน..... 36
บทที่4 ผลการทดลอง..... 37
4.1 วัตถุประสงค์ของการทดสอบ..... 37
4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ..... 37
4.3 วิธีการทดสอบ..... 37
4.4 ผลการทดสอบ..... 37
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 42
5.1 สรุปผลการทดลอง..... 42
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 42
บรรณานุกรม..... 43
ภาคภนวก ก รายละเอียดอุปกรณ์..... 44
1.1 Jumper Settings..... 47
4th Axis Configuration..... 47
End Stop Configuration..... 49
Configuring Micro Stepping for Each Axis..... 50
ภาคภนวก ข 3D Part..... 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1.1 อุปกรณ์ของระบบให้น้ำแบบฉีดฝอย 4
รูปที่ 2.1.2.1 การให้น้ำทางผิวดิน แบบท่วมผิวดินแปลงใหญ่และแบบท่วมเฉพาะในร่องคู.....5
รูปที่ 2.1.2.2 แผนผังแสดงวิธีการให้น้ำทางผิวดินแบบต่างๆ.....6
รูปที่ 2.2.1 บอร์ด Arduino ต่อกับLEC.....7
รูปที่ 2.2.2 บอร์ด Arduino ต่อกับบอร์ด XBee Shield.....7
รูปที่ 2.2.2.1 การเชื่อมต่อ Arduino กับ คอมพิวเตอร์.....8
รูปที่ 2.2.2.2 เลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ต้องการ upload.....8
รูปที่ 2.2.2.3 เลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด.....9
รูปที่ 2.2.2.4 กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและcompile โค้ดโปรแกรม.....9
รูปที่ 2.2.3.1 Layout & Pin out Arduino Board.....10
รูปที่ 2.2.4 Arduino CNC Shield V.3.....11
รูปที่ 2.2.4.1 Stepping Motor Driver A4998.....11
รูปที่ 2.3.2.1 สเต็ปมอเตอร์แบบมีสาย 5 เส้น.....12
รูปที่ 2.3.2.2 สเต็ปมอเตอร์แบบมีสาย 6 เส้น.....12
รูปที่ 2.3.2.3 สเต็ปมอเตอร์หลายแบบไบโพลาร์.....12
รูปที่ 2.3.2.4 โครงสร้างของ Stepping Motor.....12
รูปที่ 2.4.1.1 ปั๊มเลื่อนชักแบบขับดันโดยตรง.....14
รูปที่ 2.4.1.2 แสดงปั๊มเลื่อนชักแบบกำลัง.....15
รูปที่ 2.4.1.3 แสดงปั๊มเลื่อนชักแบบไดอะแฟรม.....15
รูปที่ 2.4.2.1 ภาพการทำงาน ของ Diaphram Pump.....16
รูปที่ 2.6.1.1 รีเลย์.....19
รูปที่ 2.6.2.1 จุดต่อมาตรฐาน.....20
รูปที่ 3.2.1.1 ต้นแบบเครื่องให้น้ำแบบแม่นยำ.....23
รูปที่ 3.2.2.1 Shield V3 + Driver.....24
รูปที่ 3.3.1 อุปกรณ์ต่างๆ.....25
รูปที่ 3.3.2 แผนผังการทำงานของโปรแกรมในชุดไมโครคอนโทรลเลอร์.....26
รูปที่ 3.6.1 การเลือก Example GrblUpload.....29
รูปที่ 3.6.2 ใส่ Code Grbl Upload.....29
รูปที่ 3.7.1.1 โปรแกรม Source Rabbit.....30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7.1.2 Setting Source Rabbit.....31
รูปที่ 3.7.1.3 G code ในการควบคุมเครื่อง.....33
รูปที่ 3.7.1.4 โปรแกรม Source Rabbit.....34
รูปที่ 3.7.1.5 G code.....35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 ระยะค่า X Y Max/Min.....27
ตารางที่ 2 ระยะค่า X Y จากโปรแกรมเทียบกับระยะจริง.....28
ตารางที่ 3 ราคาต้นทุนระบบการให้น้ำเฉพาะที่สำหรับการปลูกพืชในโรงเรือน.....36
ตารางที่ 4 ผลการทดลอง จุดที่1 เก็บค่าการเคลื่อนที่ทั้งหมด 10 ครั้ง.....38
ตารางที่ 5 จุดเคลื่อนที่จริง.....39
ตารางที่ 6 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่.....39
ตารางที่ 7 การทดสอบปริมาณการให้น้ำ.....40

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

การเกษตรกรรมเป็นอาชีพสำคัญของประชากรของประเทศไทย รายได้จากการทำเกษตรกรรมไม่แน่นอนโดยมีปัจจัยหลายอย่างเช่น ราคาพืชผลทางการเกษตรมีความผันผวน ผลผลิตไม่แน่นอน ดินเสื่อมสภาพและธาตุอาหารไม่เพียงพอ พื้นที่ไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นเพื่อให้การทำเกษตรกรรมมีความมั่นคงจึงต้องควบคุมปัจจัยต่างๆเหล่านี้ ปัจจัยหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชได้แก่ธาตุอาหารและน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำ น้ำจะทำการละลายธาตุอาหารเพื่อให้พืชสามารถดูดน้ำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง หากขาดน้ำหรือมีน้ำไม่เพียงพอพืชจะไม่สามารถดูดไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงได้ ในทางกลับกันหากมีน้ำมากเกินไปหรือพื้นดินแฉะ ก็จะทำให้รากพืชเน่าเสียหายได้ ดังนั้นมีความจำเป็นจะต้องให้น้ำแก่พืชอย่างเหมาะสม ปัจจุบันการให้น้ำที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายและใช้น้ำน้อยคือระบบการให้น้ำแบบน้ำหยด โดยการให้น้ำพืชที่ค่อยๆให้ทีละน้อยแต่ให้ตลอดเวลาหรือให้เป็นช่วงเวลาเพื่อไม่ให้แฉะเกินไปวิธีการนี้นอกจากจะทำให้พืชได้น้ำเพียงพอและยังประหยัดน้ำอีกด้วย อย่างไรก็ตามการใช้ระบบน้ำหยดมีต้นทุนสูงในด้านการลงทุนเพราะทุกต้นพืชจะต้องมีระบบน้ำหยดแต่ละหัวประจำตำแหน่งเป็นของตัวเอง ยังมีค่าใช้จ่ายในการการเดินท่อหลักการให้น้ำระบบน้ำหยดจึงยังมีข้อจำกัดด้านการลงทุน

ปัจจุบันระบบการใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวและซอฟต์แวร์ในการสร้างโปรแกรมมีความซับซ้อนน้อยลงและถูกออกแบบมาให้ใช้ได้ง่าย มีความแม่นยำสูง การประยุกต์สมองกลฝังตัวเพื่อใช้ในการควบคุมระบบการให้น้ำแบบเฉพาะที่จึงสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าเดิม นอกจากนั้นระบบเซ็นเซอร์ตัววัดปัจจัยความต้องการธาตุอาหารน้ำของพืชเช่น เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน เซ็นเซอร์วัดปริมาณธาตุอาหารมีราคาถูกและมีความหลากหลายจึงทำให้การบริหารและการควบคุมระบบการให้น้ำถูกต้องแม่นยำและง่ายกว่าเดิม

ระบบการควบคุมมอเตอร์แบบสองแกนและสามแกนถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมมาเป็นเวลากว่า 20 ปี ในอดีตต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการควบคุมแต่ปัจจุบันการพัฒนาทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ทำให้การควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์มีความแม่นยำ ดังนั้นการนำระบบนี้มาใช้ในการกำหนดตำแหน่งต้นพืชและให้น้ำแก่พืชด้วยการใช้โปรแกรมในการควบคุม กำหนดได้ทั้งตำแหน่งและปริมาณการให้น้ำ เครื่องให้น้ำแบบเฉพาะที่มีโครงสร้างที่มีการควบคุมมอเตอร์ในแนวแกน X และแนวแกน Y ซึ่งทั้งสองแกนนี้ตั้งฉากกัน ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่แบบสองแกน หากมีแกนที่สามหรือแกน Z ก็จะเป็นการเลื่อนขึ้นเลื่อนลงในแนวดิ่ง ความสามารถในการเคลื่อนตัวของมอเตอร์ทั้งในแนวแกน X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และแกน Y ทำให้ตำแหน่งของหัวฉีดเคลื่อนที่ ในแนวระนาบได้ทั่วทั้งระนาบ ความแม่นยำหรือระยะระหว่างจุดสองจุดใกล้กันขึ้นอยู่กับความละเอียดของระบบควบคุม แต่โดยส่วนใหญ่การปลูกพืชจะมีความห่างกันพอสมควร ดังนั้นระยะห่างระหว่างจุดพ่นน้ำจึงไม่เป็นปัญหาในเชิงการควบคุม

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและสร้างเครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้น้ำแก่พืชในจุดที่กำหนดได้อย่างแม่นยำ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. โครงสร้างมีขนาด กว้าง*ยาว เท่ากับ 1000*1500 mm.

1.4 ผลที่ความว่าจะได้รับ

1. ได้ระบบซึ่งสามารถควบคุมการให้ปริมาณน้ำและตรงตามจุดที่กำหนดได้อย่างแม่นยำ

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. กำหนดหัวข้อโปรเจค
2. ปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาและส่งหัวข้อโปรเจค
3. ค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
4. สั่งซื้ออุปกรณ์ที่ต้องการ
5. ลงมือทำเครื่องให้น้ำเฉพาะที่แบบแม่นยำ
6. ตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่อง
7. แก้ไขส่วนที่ผิดพลาดของเครื่อง
8. สรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วิธีการให้น้ำแก่พืชปลูก

การให้น้ำแก่พืชอาจทำได้หลายวิธี การที่จะเลือกวิธีใดวิธีหนึ่งจะต้องพิจารณาลักษณะของภูมิประเทศ คุณสมบัติของดิน ลักษณะของพื้นที่ที่ได้เตรียมไว้ พืชที่จะปลูก วิธีการเพาะปลูก เงินทุน ตลอดจนความต้องการน้ำ และ ต้นทุน ที่จะนำของเครื่องจักรอุปกรณ์มาให้น้ำแก่พืช โดยทั่วไปวิธีการให้น้ำ แบ่งออกเป็น 4 แบบใหญ่ๆ ด้วยกันคือ การให้น้ำแบบฉีดฝอย (sprinkler irrigation) การให้น้ำทางผิวดิน (surface irrigation) การให้น้ำทางใต้ผิวดิน (subsurface irrigation) และการให้น้ำแบบหยด (drip irrigation)

2.1.1 การให้น้ำแบบฉีดฝอย

การชลประทานแบบนี้จะให้น้ำแก่พืชโดยการฉีดน้ำจากหัวฉีดขึ้นไปในอากาศแล้วให้น้ำตกลงมาเป็นฝอย โดยมีรูปทรงการแผ่กระกระจายของหยดน้ำอย่างสม่ำเสมอ ระบบชลประทานแบบฉีดฝอยอาจแบ่งออกเป็น 3 ประเภทด้วยกัน คือ

1. แบบติดตั้งอยู่กับที่ (permanent system)
2. แบบเคลื่อนย้ายได้เพียงบางส่วน (semiportable system)
3. แบบเคลื่อนย้ายได้ทั้งหมด (portable system)

ประสิทธิภาพในการให้น้ำของการชลประทานฉีดฝอยอยู่ระหว่าง 75 – 85 เปอร์เซ็นต์ โดยมีอุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของการให้น้ำแบบฉีดฝอย (รูปที่ 2.1.1) ดังนี้

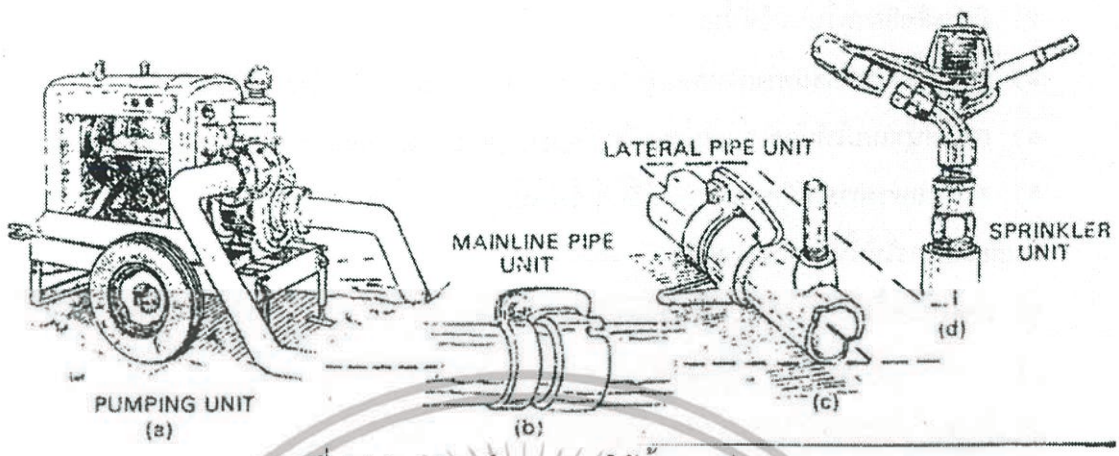
(a) เครื่องสูบน้ำ (pumping unit) ทำหน้าที่สูบน้ำจากแหล่งน้ำและเพิ่มความดันให้กับหัวจ่ายน้ำ

(b) ท่อประธาน (mainline pipe unit) ทำหน้าที่ส่งน้ำจากเครื่องสูบน้ำไปสู่ท่อแยก

(c) ท่อแยก (lateral pipe unit) ทำหน้าที่ส่งน้ำจากท่อประธานให้กับหัวจ่ายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(d) หัวจ่ายน้ำ (sprinkler unit) ทำหน้าที่จ่ายน้ำให้กับพืชปลูก โดยส่วนใหญ่จะจ่ายน้ำโดยการหมุนหัวฉีดเป็นวงกลมในแนวราบ (rotary sprinkler)



รูปที่ 2.1.1 อุปกรณ์ของระบบให้น้ำแบบฉีดฝอย

2.1.1.1 ข้อดีของการให้น้ำแบบฉีดฝอย

1. ลดการเสียพื้นที่จากการจัดทำระบบชลประทาน เช่น การขุดคูร่องน้ำลงได้

2. มีประสิทธิภาพในการให้น้ำ อยู่ระหว่าง 75% - 85%

3. ใช้น้ำเพื่อประโยชน์ทางการเกษตรหรืออื่นๆ ร่วมกันได้ เช่น ใช้ในการให้น้ำสนามหญ้าหน้าบ้าน

4. การให้น้ำแบบประหยัดน้ำ เหมาะแก่การให้น้ำแก่พืชรากตื้นหรือพืชที่เริ่มงอก

5. สามารถผ่วงการให้ปุ๋ย ร่วมไปกับระบบการให้น้ำแบบนี้ได้

2.1.1.2 ข้อเสียของการให้น้ำแบบฉีดฝอย

1. ค่าลงทุนครั้งแรกสูงมาก และอาจต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาและดำเนินการสูง

2. การเคลื่อนย้ายไม่สะดวก

3. เมื่อมีน้ำกระจาย ทำให้พืชที่ไม่ได้ต้องการปลูกได้รับน้ำ อาจจะทำให้วัชพืชเติบโตได้ เช่น หญ้า

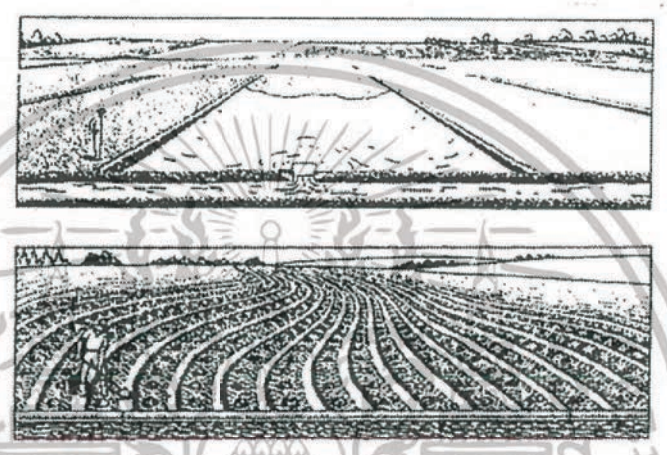
4. การสูญเสียน้ำไปโดยการระเหย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การให้น้ำทางผิวดิน

การชลประทานแบบนี้ให้น้ำโดยการขังหรือปล่อยให้น้ำไหลไปบนผิวดินและซึมลงไปในดินตรงบริเวณที่มีรากพืช การให้น้ำทางผิวดินอาจแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ด้วยกันคือ (รูปที่ 2.1.2.1 และ 2.1.2.2)

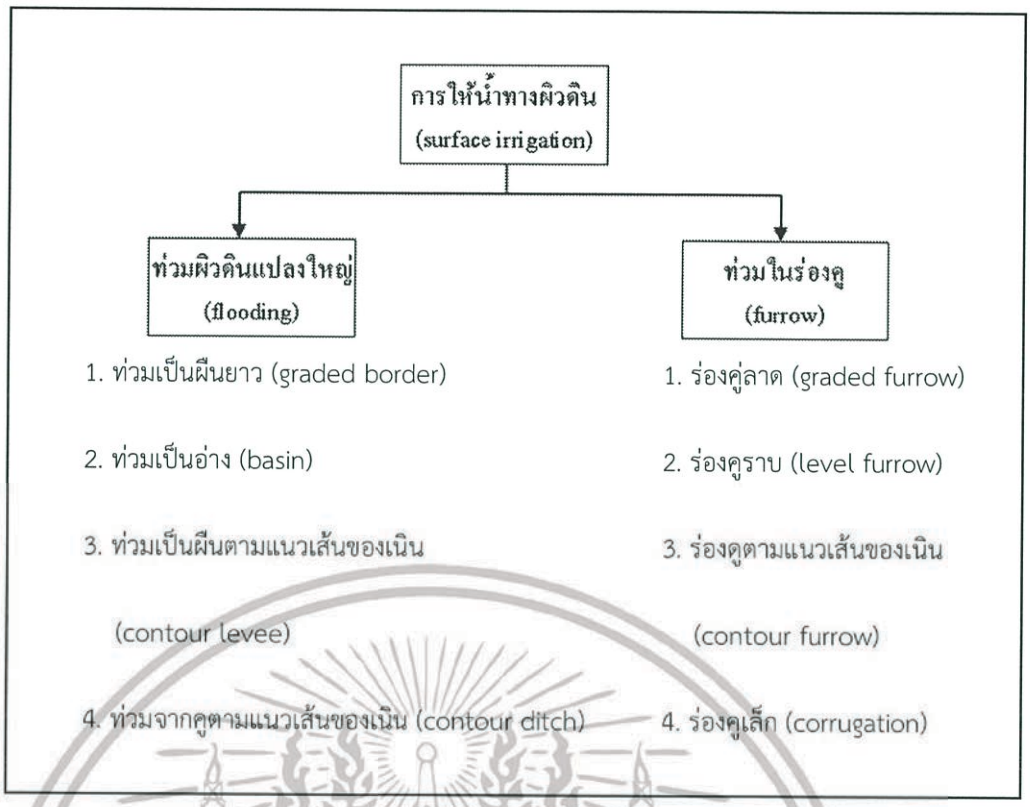
1. แบบให้น้ำท่วมผิวดินเป็นแปลงใหญ่ (flooding)
2. แบบให้น้ำท่วมเฉพาะในร่องคู (furrow)



รูปที่ 2.1.2.1 การให้น้ำทางผิวดิน แบบท่วมผิวดินแปลงใหญ่ (a) และแบบท่วมเฉพาะในร่องคู (b)

สำหรับวิธีการให้น้ำท่วมเป็นผืนใหญ่นั้น โดยปกติแล้วต้องการอัตราการให้น้ำมากกว่าแบบให้น้ำท่วมเฉพาะในร่องคู ในแปลงปลูกที่ไม่มีความลาดเทจะต้องการอัตราการให้น้ำมากกว่าแปลงปลูกที่มีความลาดเทเพราะแปลงที่ไม่มีความลาดเทน้ำจะไหลไปถึงจุดต่าง ๆ ในแปลงได้ช้า ดังนั้นจะต้องให้น้ำด้วยอัตราสูงเพื่อให้น้ำท่วมแผ่ไปทั้งแปลงอย่างรวดเร็ว หรือไหลจากหัวร่องไปถึงท้ายร่องอย่างรวดเร็ว ถ้าหากน้ำไหลไปถึงท้ายแปลงแล้วจะต้องลดอัตราการให้น้ำลง เพราะมิฉะนั้นน้ำจะไหลเลยท้ายแปลงออกไป ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำโดยเปล่าประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1.2.2 แผนผังแสดงวิธีการให้น้ำทางผิวดินแบบต่าง ๆ

จากการที่มีวิธีการให้น้ำทางผิวดินหลายวิธีทำให้ประสิทธิภาพในการให้น้ำ จึงแตกต่างกันไปได้มาก แต่โดยเฉลี่ยแล้วประสิทธิภาพในการให้น้ำจะอยู่ระหว่าง 40% – 80%

2.1.2.1 ข้อดีของการให้น้ำทางผิวดิน

1. สามารถใช้ได้ดีกับดินและพืชเกือบทุกชนิด
2. มีอัตราการซึมน้ำผ่านดินได้ดีและพืชสามารถดูดซึมน้ำได้ในเวลาอันรวดเร็ว
3.หากมีการออกแบบและให้น้ำที่เหมาะสม จะทำให้การให้น้ำแบบนี้มีประสิทธิภาพสูงที่ 80% ได้

2.1.2.2 ข้อเสียของการให้น้ำทางผิวดิน

1. พื้นที่ไม่ราบเรียบและลาดเทไม่สม่ำเสมอจะไม่เหมาะสมกับการให้น้ำแบบนี้
2. อาจเกิดการกัดเซาะแปลงขึ้นหากพื้นที่มีความลาดเทมาก
3. คันดินและคูน้ำอาจเป็นสิ่งกีดขวางการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตร

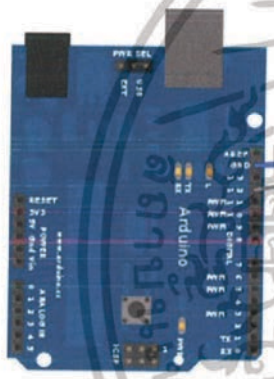
โดยระบบการให้น้ำเฉพาะที่สำหรับปลูกพืชในโรงเรือน จะใช้วิธีการให้น้ำบนผิวดินโดยการฉีดฝอยลงในตำแหน่งที่กำหนด (อ้างอิงจาก [1],[2],[3])

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

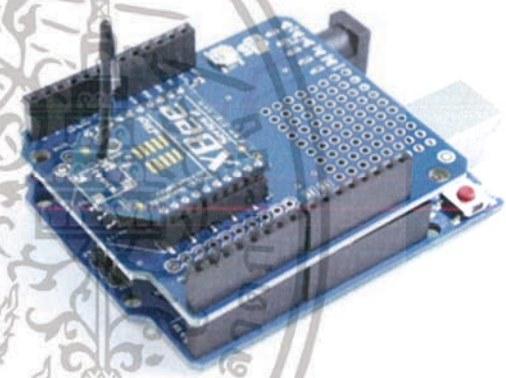
2.2 Arduino

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล Automatic Voltage Regulator ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

ความง่ายในการใช้งานของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิคส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด (รูปที่ 2.2.1) หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ (รูปที่ 2.2.2) เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้ทันที



รูปที่ 2.2.1 บอร์ด Arduino ต่อกับ LEC



รูปที่ 2.2.2 บอร์ด Arduino ต่อกับบอร์ด XBee Shield

2.2.1 จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยม

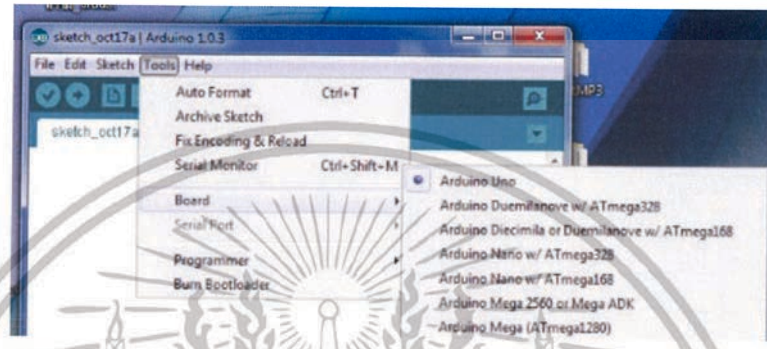
1. ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น
2. มี Arduino Community กลุ่มคนที่ร่วมกันพัฒนาที่มีความชำนาญ
3. Open Hardware ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน
4. ราคาไม่แพง
5. Cross Platform สามารถพัฒนาโปรแกรมบน OS ใดก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การเขียนโปรแกรมบน Arduino

1. เขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ผ่านทางโปรแกรม ArduinoIDE ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จาก Arduino.cc/en/main/software (รูปที่ 2.2.2.1)

2. หลังจากที่เขียนโค้ดโปรแกรมเรียบร้อยแล้วให้ผู้ใช้งานเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ใช้และหมายเลข Com port (รูปที่ 2.2.2.2)

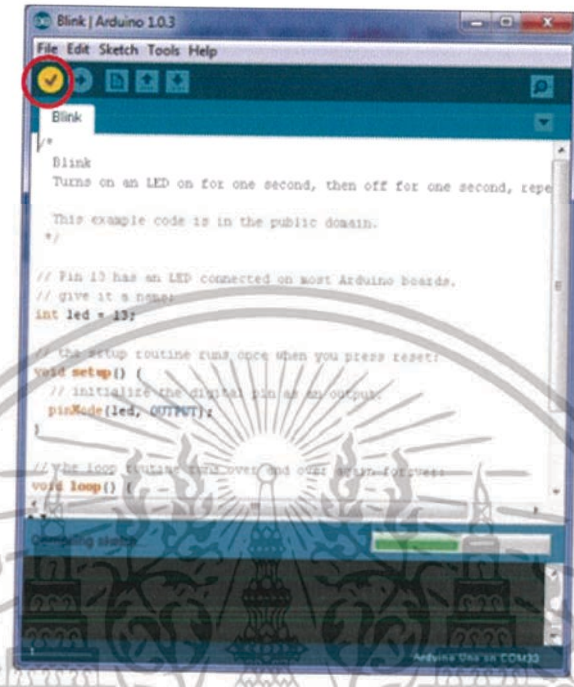


รูปที่ 2.2.2.1 เลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ต้องการ upload

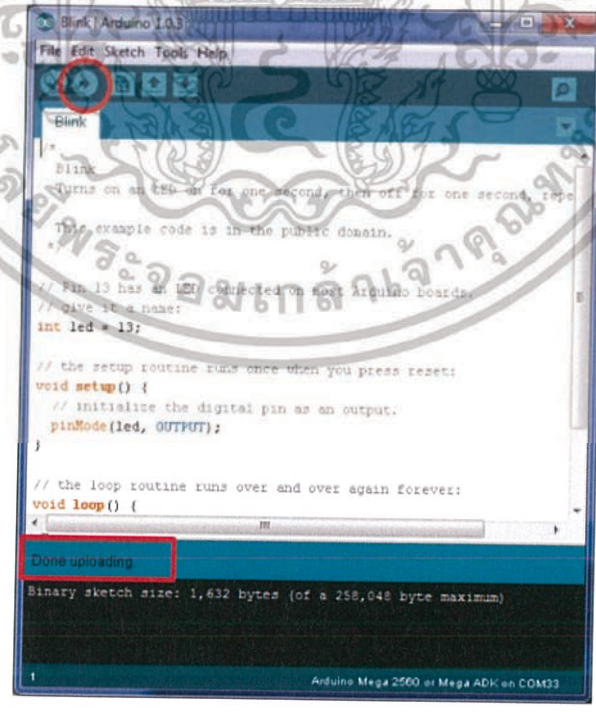
รูปที่ 2.2.2.2 เลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กดปุ่ม Verify (รูปที่ 2.2.2.3) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ Compile โค้ดโปรแกรม จากนั้นกดปุ่ม Upload โค้ด โปรแกรมไปยังบอร์ด Arduino ผ่านทางสาย USB เมื่อ Upload เรียบร้อยแล้ว จะแสดงข้อความแถบข้างล่าง “Done uploading” และบอร์ดจะเริ่มทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ได้ทันที (รูปที่ 2.2.2.4)



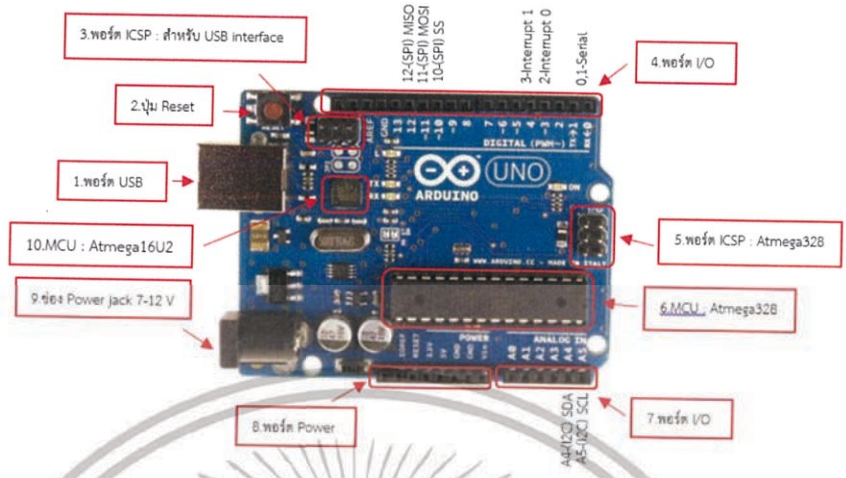
รูปที่ 2.2.2.3 กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ Compile โค้ดโปรแกรม



รูปที่ 2.2.2.4 แสดงข้อความแถบข้างล่าง Done uploading

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 Layout & P (in – out) Arduino Board (Model: Arduino UNO R3) (รูปที่ 2.2.3.1)



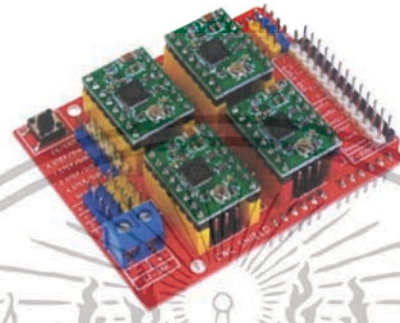
รูปที่ 2.2.3.1 Layout Arduino Board

1. USB Port ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออับโหลดโปรแกรมเข้า MCU และ จ่ายไฟให้กับบอร์ด
2. Reset Button เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่
3. ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Comport บน Atmega16U2
4. I/O Port Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx, Rx Serial, Pin 3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM
5. ICSP Port Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader
6. MCU Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino
7. I/O Port นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0–A5
8. Power Port ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3V, +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 ผ่าน Atmega16U2 (อ้างอิงจาก [4])

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 Arduino CNC Shield V.3 (รูปที่ 2.2.4)

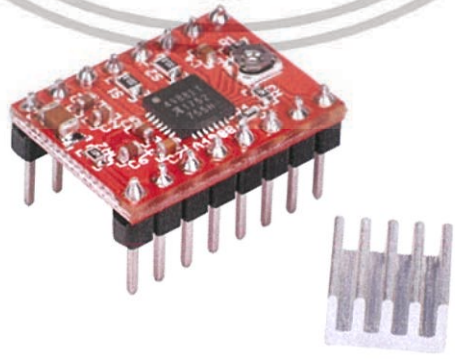
เป็นบอร์ดเพิ่มเติม ที่ใช้ร่วมกับ Arduino UNO R3 โดยปกติแล้วจะใช้สำหรับเครื่องแกะสลักเครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติ จึงได้นำมาประยุกต์ใช้ เพื่อช่วยทำให้การสร้างระบบให้น้ำเฉพาะจุดเป็นไปได้ง่ายขึ้น โดยโปรแกรมที่ใช้เป็น Opensource Shield สามารถควบคุม stepping motors ผ่านตัว driver A4988 (อ้างอิงจาก [5])



รูปที่ 2.2.4 Arduino CNC Shield V.3

2.2.4.1 Stepping Motor Driver A4998

Stepping Motor Driver ในการทำโครงงานครั้งนี้ได้ใช้ วงจร A4998 (รูปที่ 2.2.4.1) ในการขับมอเตอร์ เนื่องจาก บอร์ดที่ใช้เป็น Arduino CNC Shield V.3 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ใช้กับระบบCNC โดยตรง ซึ่งสามารถ Drive Motor ได้ 3 ตัว และมีวงจร Drive มาด้วย คือ A4998 ที่ไว้ใช้สำหรับ การ Drive Stepping Motor ในโครงงานนี้เลือกใช้ Drive Motor A4998 3 ตัว ไว้สำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์ ในแนวแกน X และ แกน Y ส่วนตัวที่ 3 ใช้ในการเปิด - ปิด ปั๊ม แทนการขับมอเตอร์ (อ้างอิงจาก [6]) .



รูปที่2.2.4.1 Stepping Motor Driver A4998

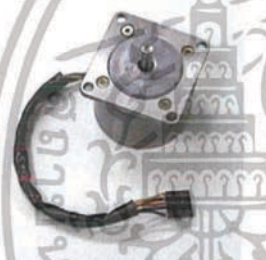
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 Stepping Motor

2.3.1 ความหมายและหลักการทำงานของ Stepping Motor

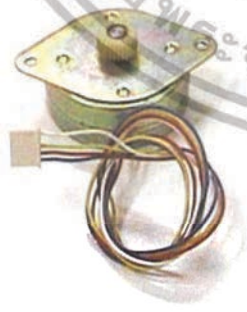
Stepping Motor เป็นมอเตอร์ที่ขับเครื่องด้วยพัลส์ ลักษณะการขับเคลื่อนจะหมุนรอบแกนได้ 360 องศา เป็นการหมุนไม่ต่อเนื่อง แต่เป็นการหมุนแบบเสต็ป โดยแต่ละสเต็ปจะขับเคลื่อนได้ 1, 1.5, 1.8 หรือ 2 องศาแล้วแต่ละ โครงสร้างของมอเตอร์ ลักษณะที่นำมอเตอร์ไปใช้จะเป็นงานที่ต้องการตำแหน่งแม่นยำ โดย Stepping Motor นั้น ไม่สามารถใช้งานหรือทำงานได้เองต้องมีอุปกรณ์ที่ช่วยในการขับเคลื่อนมอเตอร์นั้นคือ Stepping Motor Drive และตัว Controller

2.3.2 ชนิดและโครงสร้างของ Stepping Motor

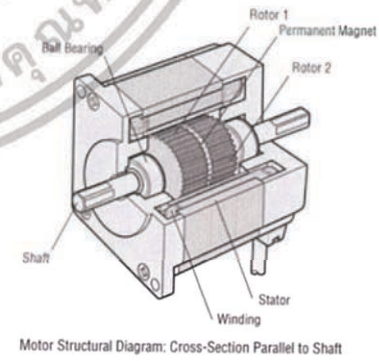


รูปที่ 2.3.2.1 Stepping Motor แบบมีสาย 5 เส้น

รูปที่ 2.3.2.2 Stepping Motor แบบมีสาย 6 เส้น



รูปที่ 2.3.2.3 สเต็ปมอเตอร์แบบไบโพลาร์



Motor Structural Diagram: Cross-Section Parallel to Shaft

รูปที่ 2.3.2.4 โครงสร้างสเต็ปมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stepping Motor มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนคือ

Rotor : Rotor Stepping Motor จะเป็นแม่เหล็กถาวร โดยที่ Rotor 1 เป็นขั่ว N และ Rotor 2 คือ S

Winding : หรือที่เรียกว่าขดลวด

Stator : คือโลหะหรือวัสดุจำเพาะของผู้ผลิตแต่ละราย ซึ่งมีอยู่หลายแบบเช่น

1. แบบแม่เหล็กถาวร (PERMANENT MAGNET) Stepping Motor แบบ PM จะมีสเตเตอร์ (STATOR) ที่พันขดลวดไว้หลายๆรอบและมีโรเตอร์ (ROTOR) ทาด้วยแม่เหล็กถาวร รูปทรงเป็นกระบอกฟันเลื่อย เมื่อป้อนไฟกระแสตรง ให้กับขดสเตเตอร์ จะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กไฟฟ้ามีผลต่อโรเตอร์ ทำให้มอเตอร์หมุน มอเตอร์แบบ PM จะเกิดแรงฉุดยึด ให้โรเตอร์หยุดอยู่กับที่แม้จะไม่ได้ป้อนไฟเข้าขดลวด ขนาดของ Step angle จะเป็น 1.8, 7.5, 15, 30, 45 และ 90 องศา

2. แบบแปรค่ารีลักแตนซ์ (VARIABLE RELUCTANCE) Stepping Motor แบบ VR โรเตอร์ทาจาก สารเฟอร์โรแมก-เนติกกำลังอ่อนหรือที่เรียกว่าเหล็กอ่อน มอเตอร์แบบนี้ในขณะที่ไม่จ่ายพลังงานไฟฟ้าเข้ามอเตอร์ โรเตอร์สามารถหมุนได้อย่างอิสระ โรเตอร์มีลักษณะเป็น ฟันเลื่อยรูปทรงกระบอก โดยจะมีความสัมพันธ์ความเร็วโดยตรงกับจำนวนรอบของขดลวดในสเตเตอร์ แรงบิดที่เกิดขึ้นจะไปหมุนโรเตอร์ไปในเส้นทางของอำนาจแม่เหล็กที่มีค่ารีลักแตนท์ต่ำที่สุด ตำแหน่งที่จะเกิดแน่นอน และมีเสถียรภาพแต่จะเกิดขึ้นได้หลายๆจุด ดังนั้นเมื่อป้อนไฟเข้าขดลวดต่างๆ ในมอเตอร์ที่ขดลวดแตกต่างกันไปก็ทำให้มอเตอร์หมุนไปตำแหน่งต่างๆกัน โรเตอร์ของ VR จะมีความเฉื่อยของโรเตอร์น้อยจึงมีความเร็วรอบสูงกว่ามอเตอร์แบบ PM (อ้างอิงจาก [7])

2.3.3 ศัพท์เกี่ยวกับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

1. PHASE เป็นส่วนของขดลวดระหว่างปลายสายกับ CENTER TAP หรือทั้งขดถ้าไม่มี CENTER TAP

2. Phase Angle หมายถึงจำนวนองศาที่เกิดจากการหมุนในแต่ละสเต็ป

3. FULL STEP MODE หมายถึงการหมุนแบบ FULL STEP คือ การหมุนแต่ละสเต็ป จะได้มุมเท่ากับ Phase Angle

4. HALF STEP MODE เป็นการหมุนแบบ HALF STEP การหมุนแต่ละสเต็ปจะได้มุมเป็นครึ่งหนึ่งของ Phase Angle

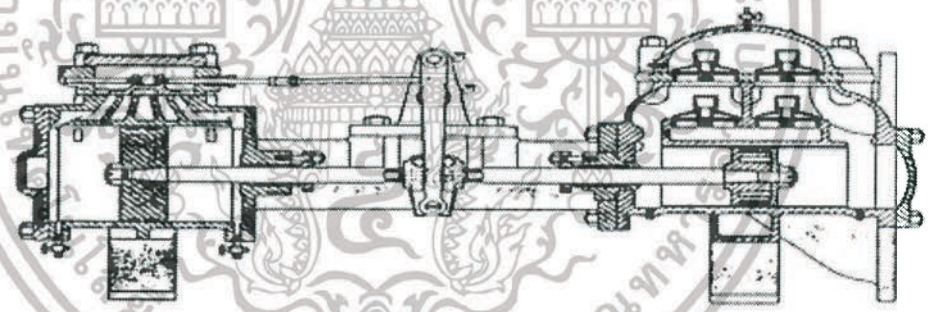
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ปั๊ม (Pump)

2.4.1 ปั๊มแบบเลื่อนชักหรือแบบลูกสูบ (RECIPROCATING PUMPS)

ปั๊มแบบเลื่อนชักจะมีลักษณะการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาโดยมีลูกสูบทำหน้าที่ในการอัดของไหลภายในกระบอกสูบให้มีความดันสูงขึ้น ด้วยการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาเหมาะสำหรับสูบของไหลในปริมาณที่ไม่มากนัก แต่ต้องการเฮดในระบบที่สูง ของเหลวที่ใช้ปั๊มประเภทนี้จะต้องมีความสะอาดเพียงพอที่ไม่ทำให้ชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ภายในกระบอกสูบเกิดการสึกหลอที่เร็วขึ้น การอัดตัวของของไหลแต่ละครั้งจะเป็นจังหวะตามการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของสูบไม่มีการต่อเนื่องกันจึงทำให้ การไหลของของไหลมีลักษณะเป็นช่วงๆ (pulsation)

1. ปั๊มเลื่อนชักแบบขับดันโดยตรง (Direct Acting) (รูปที่ 2.4.1.1) ปั๊มแบบนี้จะใช้น้ำมันไฮดรอลิกส์หรือไอน้ำเป็นตัวเพิ่มพลังงานให้แก่ลูกสูบเคลื่อนที่อัดของไหลให้มีความดันสูงขึ้น ลักษณะการสร้างจะมี 2 แบบ คือ แบบลูกสูบเดียว (Simplex) และแบบสองสูบ (Duplex) แสดงภาพปั๊มเลื่อนชักแบบ Duplex ด้านซ้ายของภาพเป็นส่วนที่ไอน้ำเข้า และด้านขวาเป็นส่วนที่ของไหลออก

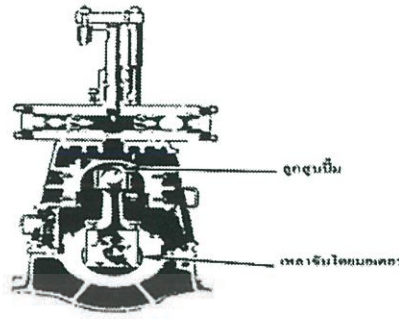


รูปที่ 2.4.1.1 ปั๊มเลื่อนชักแบบขับดันโดยตรง

2. ปั๊มเลื่อนชักแบบกำลัง (power) (รูปที่ 2.4.1.2) ปั๊มแบบนี้จะใช้พลังงานจากภายนอก มาใช้ในการขับสูบ พลังงานดังกล่าวได้จากเครื่องยนต์หรือมอเตอร์เป็นเครื่องต้นกำลัง ถ่ายทอดกำลังโดยสายพานหรือเพลา ที่ความเร็วคงที่ปั๊มแบบนี้จะสูบของไหลได้ในอัตราที่เกือบคงที่ ปั๊มแบบนี้จะให้

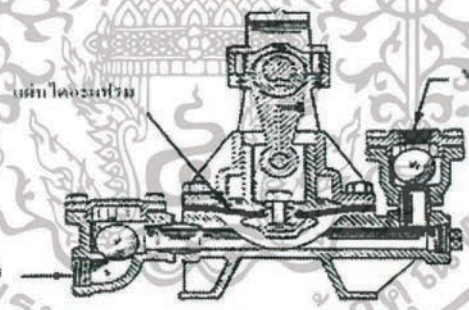
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันขับที่สูง ดังนั้นในการติดตั้งสูบประเภทนี้จะต้องติดตั้งลิ้นระบายความดัน เพื่อช่วยป้องกันระบบท่อส่งและตัวปั๊มไม่ให้ได้รับความเสียหาย เนื่องจากแรงดันที่สูงเกินไป



รูปที่ 2.4.1.2 แสดงปั๊มเลื่อนชักแบบกำลัง

3. DIAPHRAGM PUMP (ไดอะแฟรมปั๊ม) หรือ AODD PUMP (รูปที่ 2.4.1.3 ,รูปที่2.4.2.1) ปั๊มแบบนี้จะมีแผ่นไดอะแฟรมทำด้วยอโลหะ ซึ่งมีความหยุ่นตัวและแข็งแรง จะทำหน้าที่ในการดูดและอัดของไหลให้มีความดันสูงขึ้น แผ่นไดอะแฟรมจะถูกยึดติดอยู่กับที่ นิยมใช้กับงานที่อัตราการสูบไม่มากนัก และของไหลมีสารแขวนลอยปะปนมาด้วย

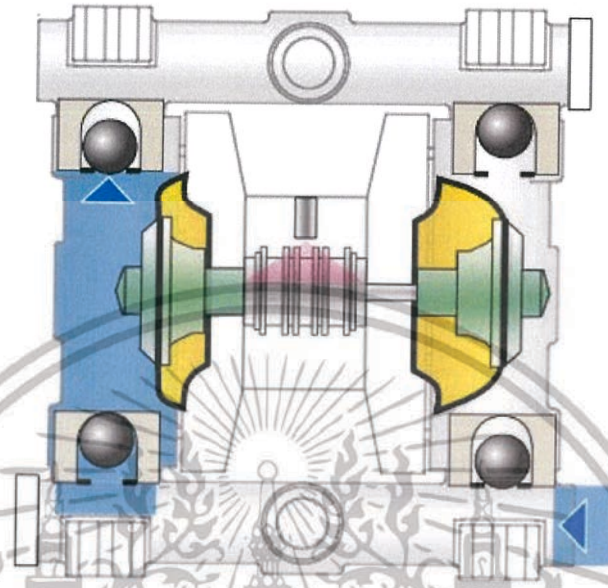


รูปที่ 2.4.1.3 แสดงปั๊มเลื่อนชักแบบไดอะแฟรม

การทำงานของปั๊มเหมือนกับการทำงานของปั๊มลูกสูบ เพียงแต่ลูกสูบไม่มีการสัมผัสกับของเหลวโดยตรง แต่มีการติดตั้งแผ่นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นคั่นเอาไว้ระหว่างลูกสูบกับของเหลวซึ่งเราเรียกว่าแผ่นไดอะแฟรม โดยใช้ลูกสูบเป็นตัวส่งแรงไปที่แผ่นไดอะแฟรม เพื่อสร้างแรงดันอากาศและมีลักษณะการทำงานแบบดูด – อัด เป็น stroke ดังนั้นจึงสามารถป้องกันการรั่วไหลของสารที่ทำการปั๊มและป้องกันไม่ให้สารที่ใช้หล่อลื่นระหว่างลูกสูบ กับกระบอกสูบเข้าไปปนเปื้อนสารที่ทำการปั๊ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วย ปั๊มพวกนี้บางชนิดสามารถทำงานกับของเหลวที่สามารถกัดกร่อนโลหะได้ เพราะตัวลูกสูบและกระบอกสูบที่ทำจากโลหะนั้นไม่ได้มีการสัมผัสกับของเหลวโดยตรง ในกรณีที่ของเหลวที่ทำการปั๊มนั้นมีของแข็งแขวนลอยอยู่ โอกาสที่ของแข็งที่แขวนลอยจะเข้าไปแทรกอยู่ในช่องว่างระหว่างกระบอกสูบ



และลูกสูบจะไม่มี ปั๊มพวกนี้ก็ให้พฤติกรรมการไหลเป็นจังหวะ โดยนำไปใช้งานกับของเหลวหลากหลายที่มีชนิด เช่น

รูปที่ 2.4.2.1 ภาพการทำงาน ของ DIAPHRAGM PUMP

1. น้ำมันที่มีความหนืด เช่น น้ำมันหล่อลื่น (Lubricant), น้ำมันไฮโดรลิค (Hydraulic Oil) ฯลฯ

2. น้ำมันเชื้อเพลิง เช่น น้ำมันดีเซล (Diesel), เบนซิน (Gasoline), น้ำมันก๊าด (Kerosene)

3. ตัวทำละลาย (Solvent) เช่น Acetone, Toluene, Alcohol ฯลฯ

4. สารเคมีจำพวกกรด-ด่าง เช่น สารเคมีในงานบำบัดน้ำ (Wasted Water Treatment) เช่น PAC, NaOCL (คลอรีนน้ำ), สารส้มน้ำ ฯลฯ

5. ของเหลวที่มีความหนืดสูง เช่น Glycerin, Resin, Polymer ฯลฯ

6. ของเหลวที่มีตะกอนหรือของแข็งแขวนลอยอยู่ เช่น ของเหลวในกระบวนการผลิตเซรา - มิกหรือเครื่องสุขภัณฑ์ เป็นของเหลวในกระบวนการผลิตกระดาษ ฯลฯ โดยแผ่นไดอะแฟรมจะมีหลากหลายชนิด เช่น BUNA-N, Neoprene, Santoprene, FKM (Viton), EDPM, Hytrel, PTFE ฯลฯ ทางผู้ใช้งานจึงต้องเลือกรุ่นของตัวปั๊มให้เหมาะสมกับการใช้งานแต่ละประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดเด่นของ DIAPHRAGM PUMP (ไดอะแฟรมปั๊ม)

1. ขับเคลื่อนด้วยระบบลมจึงใช้งานในโซนอันตรายได้ (Explosion Proof)

2. เมื่อแรงดันสมดุล ปั๊มจะหยุดทำงานอัตโนมัติจึงไม่ต้องติดตั้งวาล์วระบายแรงดัน (Relief Valve)

3. เป็นระบบ Self-Priming (สามารถดูดของเหลวได้ด้วยตัวเอง)

4. ทนทานต่อความเสียหายจากการเดินปั๊มโดยไม่มีของเหลวอยู่ภายในตัวปั๊ม (Dry-Running Ability)

5. ให้ Head ที่สูง (High Head)

6. รองรับของเหลวที่มีความหนืดได้ค่อนข้างสูง (Medium Viscosity)

7. ควบคุมปริมาณของเหลวที่ส่งออกจากตัวปั๊มได้ค่อนข้างแม่นยำ (Volume Control)

8. รองรับของแข็งหรือสิ่งแขวนลอยได้ดี (Solid Handling)

ไดอะแฟรมปั๊ม จึงเป็นที่นิยมในแวดวงอุตสาหกรรมโดยมักจะเป็นตัวเลือกอันดับต้นๆ สำหรับใช้ในงานขนถ่ายของเหลวโดยมีท่อหลายขนาดตั้งแต่ ½", 1", 1½"และ 2" ให้เลือกใช้งาน โดยตัวปั๊มจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ

1. Metallic AODD Pump จะเป็นปั๊มที่มีตัวถัง (Body) ที่ผลิตจากโลหะ จะมีจุดเด่นในเรื่องความแข็งแรงทนทานสูง สามารถทนอุณหภูมิได้สูง มีขนาดท่อตั้งแต่ ½", 1", 1½" และ 2" ให้เลือกใช้งาน

2. Non-metallic AODD Pump จะเป็นปั๊มที่มีตัวถัง (Body) ที่ผลิตจากพลาสติกวิศวกรรมจำประเภทเทอร์โมพลาสติก มีจุดเด่นในเรื่องของความต้านทานต่อการกัดกร่อนจากสารเคมี ประเภทกรด, น้ำหนักเบา มีขนาดท่อตั้งแต่ ½", 1", 1½" และ 2" ให้เลือกใช้งาน

เพราะฉะนั้นการจะเลือกใช้งาน ปั๊มไดอะแฟรมให้เหมาะสม กับการใช้งานจึงต้องดูที่การใช้งานเป็นหลัก ว่าจะใช้งานกับของเหลวประเภทไหนเพื่อใช้วัสดุที่เหมาะสม (อ้างอิงจาก [8])

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) เป็นแหล่งจ่ายไฟตรงคงค่าแรงดันแบบหนึ่ง และสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟไปจากกระแสสลับโวลต์สูง ให้เป็นแรงดันไฟกระแสตรงค่าต่ำเพื่อใช้ในงานอิเล็คทรอนิกส์ได้เช่นเดียวกันแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น (Linear Power Supply) ถึงแม้เพาเวอร์ซัพพลายทั้งสองแบบจะต้องมีการใช้หม้อแปลงในการลดทอนแรงดันสูงให้เป็นแรงดันต่ำเช่นเดียวกัน แต่สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายจะต้องการใช้หม้อแปลงที่มีขนาดเล็ก และน้ำหนักน้อย เมื่อเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น อีกทั้งสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายยังมีประสิทธิภาพสูงกว่าอีกด้วย

ในปัจจุบันสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายได้เข้ามามีบทบาทกับชีวิตเราอย่างมาก เครื่องใช้อิเล็คทรอนิกส์ขนาดเล็กซึ่งต้องการแหล่งจ่ายไฟที่มีกำลังสูงแต่มีขนาดเล็ก เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องโทรสาร และ โทรทัศน์ จำเป็นจะต้องใช้สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย แนวโน้มการนำสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายมาใช้ในเครื่องใช้อิเล็คทรอนิกส์ทุกประเภทจึงเป็นไปได้สูง การศึกษาหลักการทำงานและการออกแบบสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานอิเล็คทรอนิกส์ทุกประเภท เนื่องจากงานที่ใช้เป็นงานอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งต้องใช้ แรงดันไฟกระแสตรงต่ำ และใช้งานง่าย จึงเลือกใช้สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายในงานนี้

2.5.1 สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น

ข้อได้เปรียบของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น คือ ประสิทธิภาพที่สูง ขนาดเล็ก และน้ำหนักเบากว่าแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นใช้หม้อแปลงความถี่ต่ำจึงมีขนาดใหญ่ และน้ำหนักมาก ขณะใช้งานจะมีแรงดันและกระแสผ่านตัวหม้อแปลงตลอดเวลา กำลังงานสูญเสียที่เกิดจากหม้อแปลงจึงมีค่าสูง

การคงค่าแรงดันแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นส่วนมากจะใช้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ต่ออนุกรมที่เอาต์พุตเพื่อจ่ายกระแสและคงค่าแรงดัน กำลังงานสูญเสียในรูปความร้อนจะมีค่าสูงและต้องใช้แผ่นระบายความร้อนขนาดใหญ่ซึ่งกินเนื้อที่ เมื่อเพาเวอร์ซัพพลายต้องจ่ายกำลังงานสูงๆ จะทำให้มีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก ปกติแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นจะมีประสิทธิภาพประมาณ 30% หรืออาจทำได้สูงถึง 50% ในบางกรณี ซึ่งนับได้ว่าค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายซึ่งมีประสิทธิภาพในช่วง 65 – 80 %

สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายมีช่วงเวลาโคลสต์อัพประมาณ $20x10^{-3}$ ถึง $50x10^{-3}$ วินาที ในขณะที่แหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นจะทำได้เพียงประมาณ $20x10^{-3}$ วินาที ซึ่งมีผลต่อการจัดหาแหล่งจ่ายไฟสำรองเพื่อป้องกันการหยุดทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้กับเพาเวอร์ซัพพลายเมื่อเกิดการหยุด

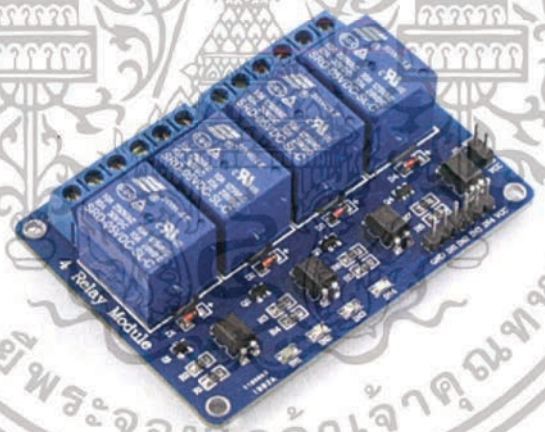
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ่ายแรงดันไฟกระแสสลับ รวมทั้งสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายสามารถทำงานได้ในช่วงแรงดันอินพุตค่อนข้างกว้างจึงยังคงสามารถทำงานได้เมื่อเกิดกรณีแรงดันไฟตกอีกด้วย

อย่างไรก็ตาม สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายจะมีเสถียรภาพในการทำงานที่ต่ำกว่า และก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนได้สูงเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น รวมทั้งสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายยังมีความซับซ้อนของวงจรมากกว่าและมีราคาสูง ที่กำลังงานต่ำๆ แหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นจะประหยัดกว่าและให้ผลดีเท่าเทียมกัน ดังนั้นสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายจึง มักนิยมใช้กันในงานที่ต้องการกำลังงานตั้งแต่ 20 วัตต์ขึ้นไปเท่านั้น (อ้างอิงจาก [9])

2.6 รีเลย์ (Relay) (รูปที่ 2.6.1.1)

เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสภาวะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดเพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมวงจรต่างๆ



รูปที่ 2.6.1.1 รีเลย์

2.6.1 รีเลย์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลัก

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ส่วนของหน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการ

2.6.2 จุดต่อใช้งานมาตรฐาน (รูปที่ 2.6.2.1) ประกอบด้วย

1. จุดต่อ NC ย่อมาจาก normal close หมายความว่าปกติปิดหรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลาเช่น

2. จุดต่อ NO ย่อมาจาก normal open หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดปิดเช่นโคมไฟสนามหนือหน้าบ้าน

3. จุดต่อ C ย่อมากจาก common คือจุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ

รูปที่ 2.6.2.1 จุดต่อมาตรฐาน

2.6.3 ข้อคำถึงในการใช้งานรีเลย์ทั่วไป

1. แรงดันใช้งาน หรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้ หากเราดูที่ตัวรีเลย์จะระบุค่า แรงดันใช้งานไว้ (หากใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนมากจะใช้แรงดันกระแสตรงในการใช้งาน) เช่น 12V DC คือต้องใช้แรงดันที่ 12V DC เท่านั้นหากใช้มากกว่านี้ ขดลวดภายใน ตัวรีเลย์อาจจะขาดได้ หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่ามาก รีเลย์จะไม่ทำงาน ส่วนในการต่อวงจรนั้นสามารถต่อขั้วใดก็ได้ครับ เพราะตัวรีเลย์จะไม่ระบุขั้วต่อไว้ (นอกจากชนิดพิเศษ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การใช้งานกระแสผ่านหน้าสัมผัส ซึ่งที่ตัวรีเลย์จะระบุไว้ เช่น 10A 220 AC คือ หน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นสามารถทนกระแสได้ 10 แอมแปร์ที่ 220V AC แต่การใช้ก็ควรจะใช้งานที่ระดับกระแสต่ำกว่านี้จะเป็นการดีกว่าเพราะถ้ากระแสมากหน้าสัมผัส ของรีเลย์จะละลายเสียหายได้

3. จำนวนหน้าสัมผัสการใช้งาน ควรดูว่ารีเลย์นั้นมีหน้าสัมผัสให้ใช้งานกี่อัน และมีขั้วคอมมอนด้วยหรือไม่

2.6.4 ประเภทของรีเลย์

เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ (solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจร ไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. รีเลย์กำลัง (power relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ (Contactor or Magneticcontactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

2. รีเลย์ควบคุม (control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่รีเลย์ควบคุมบางทีเรียกกันง่ายๆว่า"รีเลย์"

2.6.6 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับรีเลย์

2.6.6.1 หน้าที่ของรีเลย์

เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ตรวจสอบสภาพการณ์ของทุกส่วนในระบบกำลังไฟฟ้าอยู่ตลอดเวลา หากระบบมีการทำงานที่ผิดปกติ รีเลย์จะเป็นตัวสั่งการให้ตัดส่วนที่ลัดวงจรหรือส่วนที่ทำงานผิดปกติออกจากระบบทันทีโดยเซอร์กิตเบรกเกอร์จะเป็นตัวที่ตัดส่วนที่เกิดการลัดวงจรออกจากระบบจริงๆ

2.6.6.2 ประโยชน์ของรีเลย์

1. ทำให้ระบบส่งกำลังมีเสถียรภาพ (Stability) สูงโดยรีเลย์จะตัดวงจรเฉพาะส่วนที่เกิดผิดปกติออกเท่านั้น ซึ่งจะเป็นการลดความเสียหายให้แก่ระบบน้อยที่สุด

2. ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมส่วนที่เกิดผิดปกติ

3. ลดความเสียหายไม่เกิดลุกลามไปยังอุปกรณ์อื่นๆ

4. ทำให้ระบบไฟฟ้าไม่ดับทั้งระบบเมื่อเกิดการลัดวงจรขึ้นในระบบ

(อ้างอิงจาก [9])

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ออกแบบ สร้าง และขั้นตอนการทดลอง

3.1 การออกแบบและสร้าง

3.1.1 การออกแบบโครงสร้าง

วัสดุที่ใช้ประกอบเป็นโครงสร้างของ ระบบการให้น้ำเฉพาะที่สำหรับปลูกในโรงเรือน ได้แก่ 2020 aluminum extrusion เป็นชิ้นส่วนที่เป็นโครงสร้างหลักของระบบนี้ซึ่ง ชิ้นส่วนชนิดนี้มีร่องตรงกลางไว้สำหรับ ใส่ nut, screw, bracket ไว้สำหรับยึดชิ้นส่วน 3D printing parts รวมไปถึงเพลา โดยจะให้ต้องกำหนดจุด Coordinate ก่อน (X , Y) เพื่อส่งค่าไปยังตัว Arduino เพื่อที่จะให้ตัว Stepping motor เคลื่อนแกน (X,Y) ไปยังจุดที่ต้องการ เมื่อถึงจุดที่ต้องการแล้ว จะทำการฉีดน้ำตรงจุด

3.2 ขั้นตอนการสร้างระบบการให้น้ำเฉพาะที่สำหรับปลูกพืชในโรงเรือน

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับทำโครงสร้างระบบการให้น้ำเฉพาะที่สำหรับใช้ในโรงเรือน

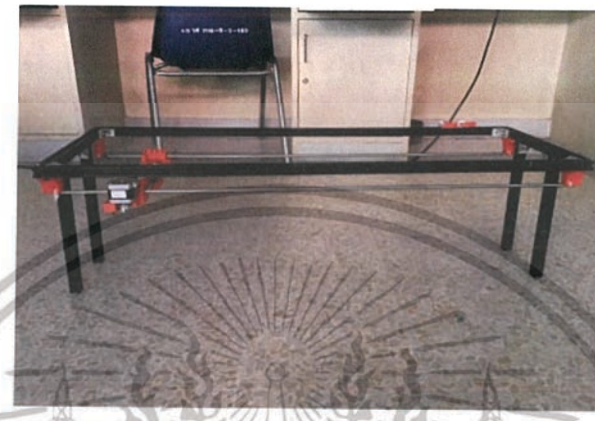
1. เหล็กรางอะลูมิเนียมขนาดเส้น 980 mm. x 330 mm. ความสูง 300 mm.
2. Metal square bracket
3. GT2 16 teeth pulley
4. 3 m of GT2, 2 mm belt
5. LM8UU bearings
6. 3D Printing Parts
7. Cable Type
8. Motor

1. นำเหล็กรางอะลูมิเนียมขนาดเส้น 980 mm. x 330 mm. ความสูง 300 mm. ประกอบเข้ากับท่ออะลูมิเนียม ยาว 980 mm. เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm. และ ท่ออะลูมิเนียม ยาว 350 mm. เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำ LM8UU bearings ใส่เข้ากับ 3D Printing part ที่อยู่ตรงกลางสายพานแล้วเสียบผ่านท่อเหล็กขนาด 330 mm.

3. ตัวยึดมอเตอร์กับเพลาใช้ชิ้นส่วน 3D printing part ใช้เคเบิ้ลไทป์ และสายพานใช้แบบตัวยึดมอเตอร์ ท่ออะลูมิเนียม และสายพาน โดยนำ 3D printing part ไปปริ้นกับเครื่อง 3D printer โดยใช้โปรแกรม Cura



รูปที่ 3.2.1.1 ต้นแบบเครื่องให้น้ำแบบแม่นยำ

3.2.2 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับระบบการให้น้ำเฉพาะที่สำหรับใช้ในโรงเรือน

1. บอร์ด Arduino
2. บอร์ด Shield V.3
3. Driver A4988
4. Stepping Motor
5. Diaphragm pump
6. Relay
7. สายไฟ

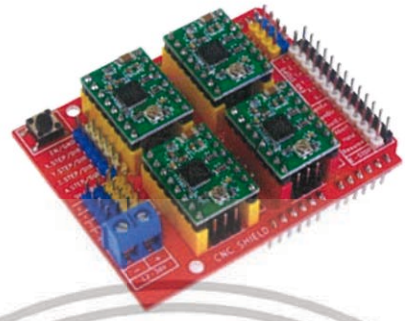
3.2.2.1 การต่อวงจร Shield V.3 กับ Arduino

เริ่มจากการนำ Shield V.3 ซึ่งมี Driver ของตัว Stepping motor มาต่อกัน (รูปที่ 3.2.2.1) โดย จะติดตั้งไว้สามจุดก็คือ

1. Driver สำหรับควบคุมแกน X
2. Driver สำหรับควบคุมแกน Y
3. Driver สำหรับควบคุมรีเลย์เพื่อเปิดปิดปั๊มน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากนั้นจะทำการต่อเข้ากับตัว Arduino และเริ่มทำการควบคุมโดยในที่นี้ จะให้ Arduino ทำการอ่านตัว Library GRBL ซึ่งจะง่ายต่อการ ปรับปรุงและควบคุมการทำงานของ Stepping motor

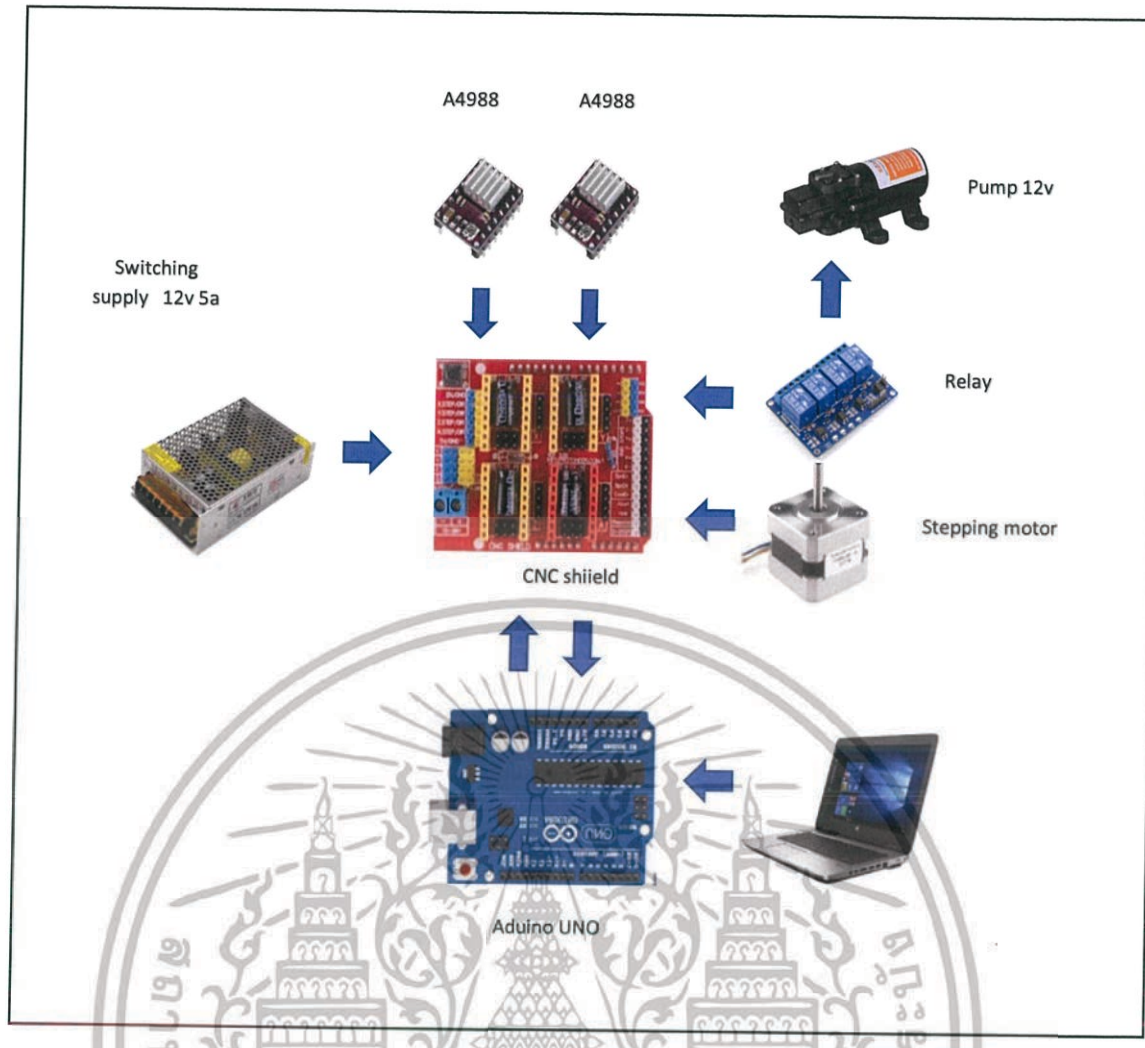


รูปที่ 3.2.2.1 Shield V.3 + Driver

3.3 การต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์

เมื่อกำหนดจุด coordinate ผ่านโปรแกรม sourcerabbit แล้ว ตัวโปรแกรมจะแปลงจุด coordinate เป็นค่า Gcode เพื่อส่งค่าจากคอมพิวเตอร์ไปยังบอร์ด Arduino UNO ไปถึงบอร์ด Shield V.3 เพื่อประมวลผล รับค่าแล่วส่งต่อไปยัง Driver A4988 เพื่อไปขับตัว Stepping motor และ Relay เพื่อให้ Diaphragm pump ทำงานเปิด - ปิดเพื่อจ่ายน้ำ ไฟที่ใช้เลี้ยงบอร์ด Shield V.3 เป็น Switching supply 12V 20A เนื่องจากเลือกใช้ Nema17, 42mm Stepping motor และ Diaphragm pump ซึ่งใช้ไฟ 12V
(รูปที่ 3.3.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3.1 อุปกรณ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3.2 แผนผังการทำงานของโปรแกรมในชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการคำนวณตัวเลขที่ป้อนในโปรแกรม

กำหนดระยะทาง X,Y = 250 Step/mm.

X,Y = 1 ได้มาจากการสั่ง 800 Step จะเท่ากับระยะทาง 3.2 mm

ให้ตำแหน่งที่ X01 = 3.2 mm. , Y01 = 3.2 mm. หัวจ่ายน้ำห่างจากจุด (0,0) โดยมีค่าพิกัด (X= 46.8 mm. ,Y = -3 mm.)

ตารางที่ 1 : ระยะค่า X Y Max และ Min

ค่า X ที่ใส่ใน โปรแกรม(Max)	ค่า X ที่เคลื่อนที่จริง (Max)	ค่า Y ที่ใส่ใน โปรแกรม (Max)	ค่า Y ที่เคลื่อนที่จริง (Max)
44	(44x3.2)+46.8 =187.6 mm.	233	(233x3.2)+46.8 =742.6 mm.

3.4.1 คำนวณค่าที่ป้อนในโปรแกรมตามจุดที่กำหนด ที่ X = 50 mm.

จากที่หัวจ่ายน้ำอยู่ห่างจากจุด (0,0) = 46.8 mm.

= 50 – 46.8 = 3.2 mm.

เคลื่อนที่จริง 3.2 mm. ในค่าในคอม X = 1

เคลื่อนที่จริง 3.2 mm. ในค่าในคอม X = $\frac{3.2}{3.2}$ = 1

3.4.2 คำนวณค่าที่ป้อนในโปรแกรมตามจุดที่กำหนด ที่ X = 100 mm.

จากที่หัวจ่ายน้ำอยู่ห่างจากจุด (0,0) = 46.8 mm.

= 100 – 46.8 = 53.2 mm.

เคลื่อนที่จริง 3.2 mm. ในค่าในคอม X = 1

เคลื่อนที่จริง 53.2 mm. ในค่าในคอม X = $\frac{53.2}{3.2}$ = 16.62

3.4.3 คำนวณค่าที่ป้อนในโปรแกรมตามจุดที่กำหนด ที่ X = 150 mm.

จากที่หัวจ่ายน้ำอยู่ห่างจากจุด (0,0) = 46.8 mm.

= 150 – 46.8 = 103.2 mm.

เคลื่อนที่จริง 3.2 mm. ในค่าในคอม X = 1

เคลื่อนที่จริง 103.2 mm. ในค่าในคอม X = $\frac{103.2}{3.2}$ = 32.25

3.4.4 คำนวณค่าที่ป้อนในโปรแกรมตามจุดที่กำหนด ที่ Y = 150 mm.

จากที่หัวจ่ายน้ำอยู่ห่างจากจุด (0,0) = -3 mm.

= 150 – (-3) = 153 mm.

เคลื่อนที่จริง 3.2 mm. ในค่าในคอม Y = 1

เคลื่อนที่จริง 153 mm. ในค่าในคอม Y = $\frac{153}{3.2}$ = 47.8125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 คำนวณค่าที่ป้อนในโปรแกรมตามจุดที่กำหนด ที่ Y = 400 mm.

จากที่หัวจ่ายน้ำอยู่ห่างจากจุด (0,0) = -3 mm.

= 400 – (-3) = 403 mm.

เคลื่อนที่จริง 3.2 mm. ในค่าในคอม Y = 1

เคลื่อนที่จริง 403 mm. ในค่าในคอม Y = $\frac{403}{3.2}$ = 125.94

3.4.6 คำนวณค่าที่ป้อนในโปรแกรมตามจุดที่กำหนด ที่ Y = 650 mm.

จากที่หัวจ่ายน้ำอยู่ห่างจากจุด (0,0) = -3 mm.

= 650 – (-3) = 653 mm.

เคลื่อนที่จริง 3.2 mm. ในค่าในคอม Y = 1

เคลื่อนที่จริง 653 mm. ในค่าในคอม Y = $\frac{653}{3.2}$ = 204.07

ตารางที่ 2 : ระยะค่า X Y จากโปรแกรมเทียบกับระยะจริง

ค่า X ที่ใส่ในโปรแกรม	ค่า X ที่เคลื่อนที่จริง	ค่า Y ที่ใส่ในโปรแกรม	ค่า Y ที่เคลื่อนที่จริง
1	46.8 + 3.2 = 50 mm.	47.8125	150 mm.
16.62	46.8 + (3.2x16.625) = 100 mm.	125.94	400 mm.
32.25	150 mm.	204.07	650 mm.

3.5 การคำนวณปริมาณการให้น้ำ (ปั๊มมีปริมาณการให้น้ำ เท่ากับ 3100 $\frac{ml}{min}$)

3.5.1 คำนวณเวลาในการให้น้ำ ต้องการให้น้ำ 100 ml.

ปริมาณน้ำ 3100 ml. ใช้เวลา 60 วินาที

ปริมาณน้ำ 100 ml. ใช้เวลา $\frac{100 \times 60}{3100}$ = 1.94 วินาที

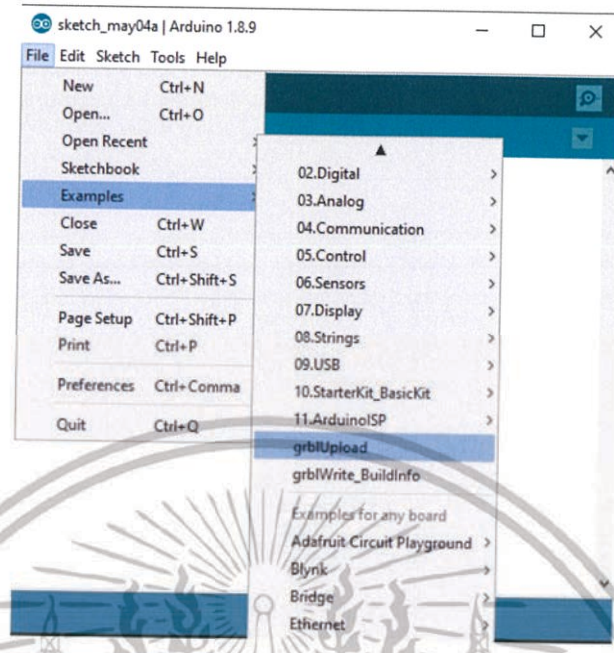
3.6 การควบคุมการทำงานของ เครื่องให้น้ำอัตโนมัติผ่าน Microcontroller Arduino

1. ในการควบคุมการทำงาน จำเป็นต้องเพิ่ม Library ของ GRBL CNC ลงไปใน โปรแกรม Arduino โดยสามารถ ดาวโหลดได้ จาก https://github.com/gnea/grbl/releases

2. ทำการใส่ library GRBL ลงไปใน Code Arduino

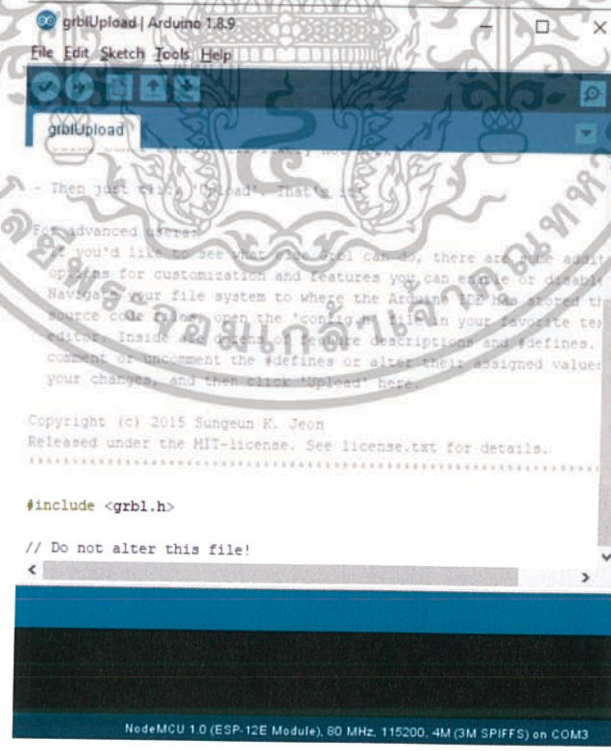
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เลือก File > Example > GRBlupload (รูปที่ 3.6.1)



รูปที่ 3.6.1 การเลือก Example GrblUpload

4. ทำการ Verify > Upload ลง Arduino (รูปที่ 3.6.2)



รูปที่ 3.6.2 ใส่ Code Grbl Upload

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การควบคุมการทำงานของเครื่องให้น้ำอัตโนมัติโดยผ่าน โปรแกรม Source Rabbit

โปรแกรม source rabbit เป็นโปรแกรม GRBL Controller ไว้สำหรับควบคุมอุปกรณ์ CNC ผ่าน Arduino โดยโปรแกรม source rabbit มีความเสถียรและสามารถอ่าน G-code ผ่าน Text ได้ จึงได้ถูกนำมาใช้

3.7.1 การทำงานของโปรแกรมควบคุม

1. เข้าโปรแกรม Source Rabbit ทำการ Set ค่าต่าง ตามที่ต้องการ (รูปที่ 3.7.1.1)

รูปที่ 3.7.1.1 โปรแกรม Source Rabbit

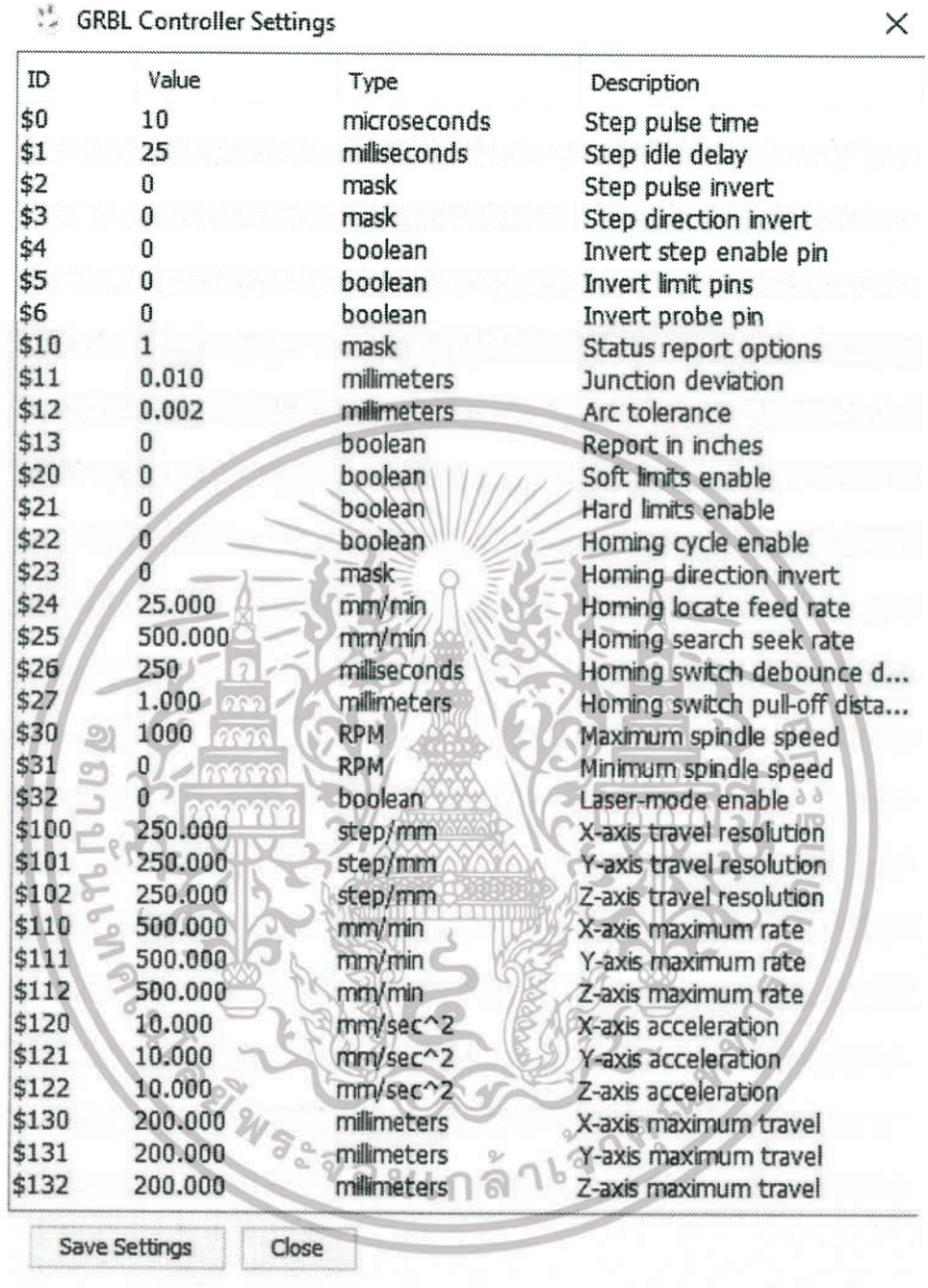
Port : “เลือกตำแหน่งของ Port ที่เสียบ Arduino”

Baud : “เลือกความเร็ว 115200”

Framework : “เลือก GRBL 0.9 and later”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำการ Setting ตามรูป (รูปที่ 3.7.1.2)



รูปที่ 3.7.1.2 Setting Source Rabbit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กดไปที่ Browse แล้ว เลือกไฟล์ ที่บันทึก Gcode ไว้ ในที่นี้ จะเขียน G code ผ่าน Text โดยมี Code ดังนี้ (รูปที่ 3.7.1.3)

```
G00 X1 Y47.8125
G1 Z00 F200
G00 Z05
G00 X16.625 Y47.8125
G1 Z00 F200
G1 Z05
G00 X32.25 Y47.8125
G1 Z00 F200
G00 Z05
G00 X1 Y125.94
G1 Z00 F200
G00 Z05
G00 X16.625 Y125.94
G1 Z00 F200
G00 Z05
```

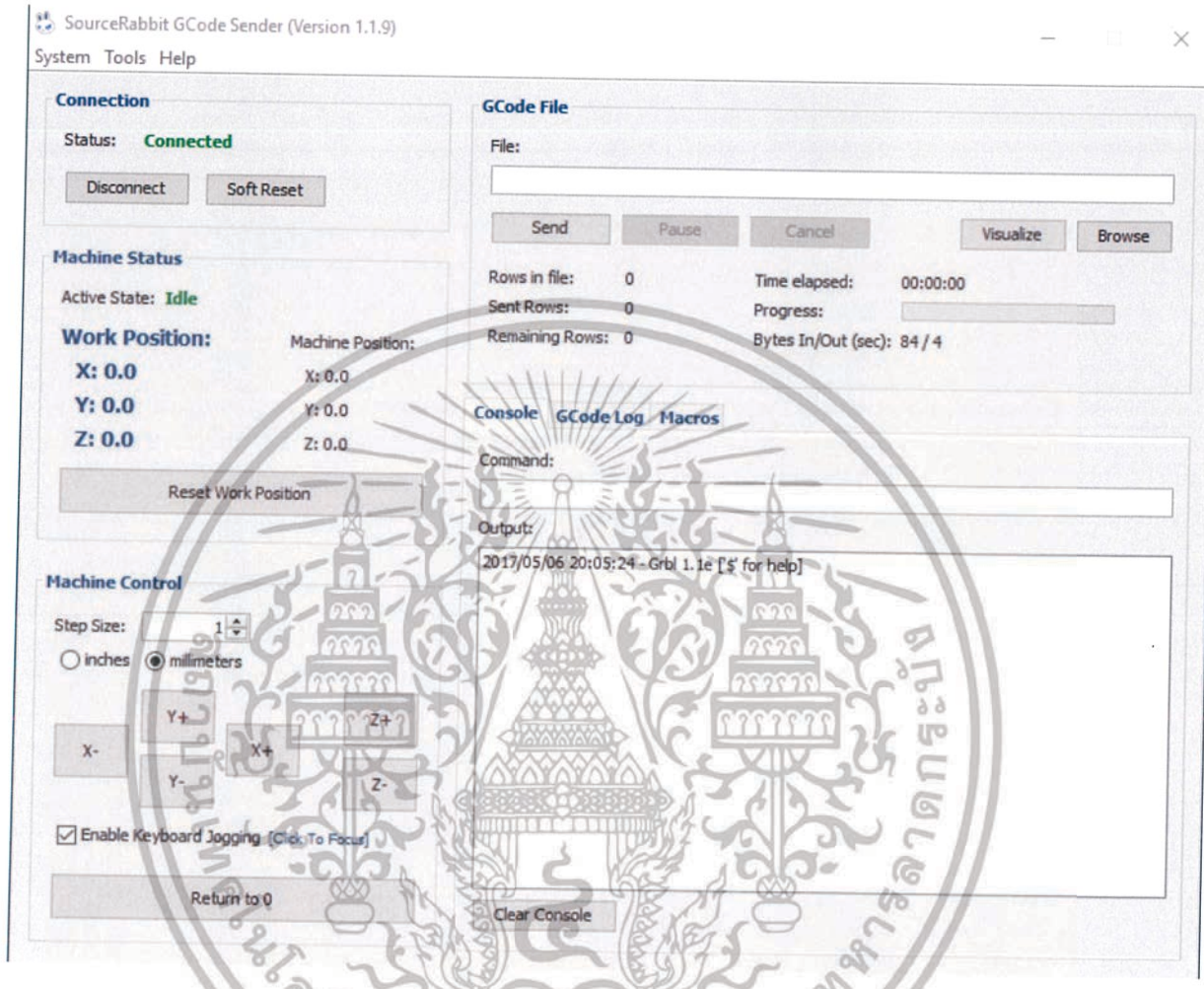
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
G00 X32.25 Y125.94
G1 Z00 F200
G00 Z05
G00 X1 Y203.125
G1 Z00 F200
G00 Z05
G00 X16.625 Y203.125
G1 Z00 F200
G00 Z05
G00 X32.25 Y203.125
G1 Z00 F200
G00 Z05
G00 X00 Y00
```

รูปที่ 3.7.1.3 G code ในการควบคุมเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เลือก Browse แล้วเลือก ไฟล์ Text ที่บันทึก Gcode เอาไว้ แล้วกด Send เพื่อทำการ Runโปรแกรม(รูปที่ 3.7.1.4)



รูปที่ 3.7.1.4 โปรแกรม Source Rabbit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การเขียน Gcode และ ความหมายของรหัสคำสั่งต่างๆ (รูปที่ 3.7.1.5)

รหัสคำสั่ง	ความหมาย/การทำงาน
G00	การเคลื่อนที่เร็ว
G01	การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงโดยมีอัตราป้อน
G02	การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง ทิศทางตามเข็มนาฬิกา
G03	การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง ทิศทวนเข็มนาฬิกา
G17	เลือกระนาบในการทำงาน XY
G18	เลือกระนาบในการทำงาน XZ
G19	เลือกระนาบในการทำงาน ZY
G20	ป้อนข้อมูลที่มีหน่วยเป็นนิ้ว
G21	ป้อนข้อมูลที่มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร
G28	การเลื่อนกลับไปยังจุดอ้างอิง
G40	ยกเลิกการชดเชยขนาดรัศมีของเครื่องมือตัด
G41	การชดเชยขนาดรัศมีของเครื่องมือตัดทางด้านซ้าย
G42	การชดเชยขนาดรัศมีของเครื่องมือตัดทางด้านขวา
G43	การชดเชยขนาดความยาวของเครื่องมือตัด (ค่าบวก)
G44	การชดเชยขนาดความยาวของเครื่องมือตัด (ค่าลบ)
G49	ยกเลิกการชดเชยขนาดความยาวของเครื่องมือตัด
G54	ปรับตั้งโคออร์ดิเนตของชิ้นงาน
G70	ป้อนข้อมูลที่มีหน่วยเป็นนิ้ว
G71	ป้อนข้อมูลที่มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร
G80	ยกเลิกการทำวัฏจักร (Cycle)
G81	วัฏจักรการเจาะรู
G83	วัฏจักรการเจาะรูลึก
G84	ยกเลิกการสต๊าปเกลียว
G85	วัฏจักรการคว้านรู
G90	การวัดขนาดแบบสัมบูรณ์
G91	การวัดขนาดแบบต่อเนื่อง
G92	เปลี่ยนโคออร์ดิเนตของชิ้นงาน
G99	วัฏจักรของการเลื่อนกลับไปยังจุดอ้างอิง

รูปที่ 3.7.1.5 G code

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 ค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบการให้น้ำเฉพาะที่สำหรับการปลูกพืชในโรงเรือน

ตารางที่ 3 : ราคาต้นทุนระบบการให้น้ำเฉพาะที่สำหรับการปลูกพืชในโรงเรือน

รายการ	ราคา (บาท)
1.อุปกรณ์สำหรับทำโครงสร้าง (เพลา เหล็กราง ฯ)	4,860
2.อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ (สายไฟ Arduino ฯ)	970
รวมเป็นเงินจำนวน	5,830

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

ผลการทดลอง

4.1 วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

1. เพื่อทดสอบความแม่นยำของเครื่อง
2. เพื่อทดสอบปริมาณการให้น้ำ

4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. ระบบการให้น้ำเฉพาะที่สำหรับให้น้ำในโรงเรือน
2. แก้วใส่น้ำ
3. ถังใส่น้ำ
4. บีกเกอร์วัดปริมาณน้ำ

4.3 วิธีการทดสอบ

1. โดยกำหนดจุด 1-9 ที่ระยะจุดตั้งต้น (0,0 cm.) จุดที่1 (5,15 cm.), จุดที่2 (10,15 cm.), จุดที่3 (15,15 cm.), จุดที่4 (5,40 cm.), จุดที่5 (10,40 cm.), จุดที่6 (15,40 cm.), จุดที่7 (5,65 cm.), จุดที่8 (10,65 cm.) และ จุดที่9 (15,65 cm.)

2. เลื่อนแกนไปตามจุดที่กำหนดเป็นจำนวน 10 ครั้ง ต่อจุด โดยสั่งการผ่าน Arduino

3. หาค่าความคลาดเคลื่อนของระยะในแนวแกน X,Y

4. กำหนดเวลาในการให้น้ำที่ 2 วินาที ปริมาณน้ำ 100 ml.

5. เก็บผลปริมาณน้ำที่ได้ในแต่ละจุด

4.4 ผลการทดสอบ

1. ทดสอบโดยการวัดระยะการเคลื่อนตัวของหัวฉีดตามจุดที่กำหนด (cm.) เพื่อเปรียบเทียบกับจุดตั้งต้นและดูความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทดสอบการให้ปริมาณน้ำในแต่ละจุด (100ml.)

ตัวอย่างผลการทดลอง จุดที่1 เก็บค่าการเคลื่อนที่ทั้งหมด 10 ครั้ง

ตารางที่ 4 : ตัวอย่างการทดลอง จุดที่1 เก็บค่าการเคลื่อนที่ทั้งหมด 10 ครั้ง

จุดที่ 1	จุดที่กำหนด(X.Y) (cm.)	จุดที่เคลื่อนที่จริง(X,Y) (cm.)
ครั้งที่ 1	(5,15)	(7,16)
ครั้งที่ 2	(5,15)	(6,17)
ครั้งที่ 3	(5,15)	(6,17)
ครั้งที่ 4	(5,15)	(5,15)
ครั้งที่ 5	(5,15)	(7,17)
ครั้งที่ 6	(5,15)	(8,16)
ครั้งที่ 7	(5,15)	(5,18)
ครั้งที่ 8	(5,15)	(6,17)
ครั้งที่ 9	(5,15)	(6,16)
ครั้งที่ 10	(5,15)	(7,16)
ค่าเฉลี่ย		(6.3,16.5)

กำหนดให้

ΔX = จุดที่เคลื่อนที่จริง - จุดที่กำหนด (แกนX) หน่วย cm.

ΔY = จุดที่เคลื่อนที่จริง - จุดที่กำหนด (แกนY) หน่วย cm.

$$S.D. = \sqrt{\frac{(x-\bar{x})^2}{n-1}}$$

จะได้ตารางที่ 6 ซึ่ง แสดงค่า ΔX, ΔY, ค่าเฉลี่ย ΔX, ค่าเฉลี่ย ΔY และค่า S.D.

$\bar{x}$ เท่ากับ 6.3 และ $\bar{y}$ เท่ากับ 16.5 ซึ่ง แสดงในตารางที่ 4 และ ตารางที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 : ความคลาดเคลื่อน จุดที่ 1

การทดสอบ	ΔX (cm.)	ΔY (cm.)
ครั้งที่ 1	2	1
ครั้งที่ 2	1	2
ครั้งที่ 3	1	2
ครั้งที่ 4	0	0
ครั้งที่ 5	2	2
ครั้งที่ 6	3	1
ครั้งที่ 7	0	3
ครั้งที่ 8	1	2
ครั้งที่ 9	1	1
ครั้งที่ 10	2	1
ค่าเฉลี่ย	1.3	1.5
S.D.	0.9487	0.8498

ตารางที่ 6 : ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ในแต่ละจุดในการทดลอง

จุดที่	$\bar{x}$	$\bar{y}$	ค่าเฉลี่ย ΔX	ค่าเฉลี่ย ΔY	S.D. X	S.D. Y	*COV (%)
1	6.3	16.5	1.3	1.5	0.9487	0.8498	15.06
2	11.3	16.5	1.3	1.5	0.9487	0.8498	8.40
3	16.3	16.5	1.3	1.5	0.9487	0.8498	5.82
4	6.3	41.5	1.3	1.5	0.9487	0.8498	15.06
5	11.3	41.5	1.3	1.5	0.9487	0.8498	8.40
6	16.3	41.5	1.3	1.5	0.9487	0.8498	5.82
7	6.3	66.4	1.3	1.4	0.9487	0.9661	15.06
8	11.3	66.4	1.3	1.4	0.9487	0.9661	8.40
9	16.3	66.4	1.3	1.4	0.9487	0.9661	5.82
ค่าเฉลี่ย			1.3	1.4667	0.9487	0.8886	13.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*COV คือค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร ซึ่งค่านี้เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซนต์ของค่าเฉลี่ย

Coefficient of Variation (COV) = (Standard Deviation / Mean) * 100 %

จากตาราง ในจุดที่ 1 จะเห็นว่า ค่าเฉลี่ยในการเคลื่อนที่แนวแกน X เคลื่อนที่ห่างออกจากจุดตั้งต้น 1.3 cm. และในแนวแกน Y เคลื่อนที่ห่างออกจากจุดตั้งต้น 1.5 cm. ซึ่งจุดตั้งต้น (5,15) cm. และ ค่า SD ในแนวแกน X = 0.9487 cm. ในแนวแกน Y ได้ค่า SD = 0.8498 cm. จากข้อมูลข้างต้นทำให้ทราบว่า ในตำแหน่งจุดที่ 1 มีความคลาดเคลื่อน จากจุดตั้งต้นในแนวแกน X เฉลี่ย = 1.3 cm. และ ในแนวแกน Y เฉลี่ย = 1.4667 cm. และค่า COV เฉลี่ย = 13.09% ไม่เกิน 30% ยอมรับได้ อ้างอิงจาก บรรณานุกรม [11]

4.4.2 การทดสอบปริมาณการให้น้ำ

โดยกำหนดให้น้ำแต่ละจุด ในปริมาณ 100 ml เก็บผลการทำลอง 10 ครั้ง

ตารางที่ 7 : การทดสอบปริมาณการให้น้ำ

จุดที่	ปริมาณการให้น้ำที่ได้จากการทดลอง (ml.)										ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำที่ได้จากการทดลอง	ปริมาณการให้น้ำ (%)	ค่าS.D.
1	99	98	99	100	97	96	99	100	99	96	98.3	98.3	1.49
2	100	95	97	98	100	96	100	93	100	95	97.4	97.4	2.59
3	99	99	94	100	96	95	99	100	99	100	98.1	98.1	2.23
4	96	100	99	100	100	100	97	100	97	100	98.4	98.4	1.95
5	97	100	99	94	98	98	100	100	99	100	98.6	98.6	1.89
6	98	99	97	97	96	96	95	99	94	99	96.8	96.8	1.98
7	96	98	99	95	98	99	96	95	96	99	97.1	97.1	1.66
8	100	94	93	99	97	98	99	96	99	98	97.3	97.3	2.31
9	99	94	95	97	99	99	98	94	95	99	96.9	96.9	2.18
ค่าเฉลี่ย											97.65		2.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพการให้น้ำ (%) ในตำแหน่ง จุดที่ 1

$$= \frac{\text{ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำที่ได้จริงจุดที่ } \mathbf{1}}{\mathbf{100\ ml.}} \times 100$$

$$= \frac{\mathbf{98.3}}{\mathbf{100\ ml.}} \times 100$$

= 98.3%

จากตารางแสดงปริมาณการให้น้ำ (%) ในแต่ละจุด และค่าประสิทธิภาพการให้น้ำทุกจุด เฉลี่ย ($\bar{X}$) ออกมาแล้วจะได้ค่า เท่ากับ 97.65%. ซึ่งมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 2.0354

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง

1. ค่าเฉลี่ยในการเคลื่อนในแนวแกน X เคลื่อนที่ห่างออกจากจุดตั้งต้นเฉลี่ย 1.3 cm. และในแนวแกน Y เคลื่อนที่ห่างออกจากจุดตั้งต้นเฉลี่ย 1.4667 cm และ ค่า SD ในแนวแกน X = 0.9487 cm. ในแนวแกน Y ได้ค่า SD = 0.8886 cm. จากข้อมูลข้างต้น ทำให้ทราบว่า มีค่า COV = 13.09% ซึ่งในทางการเกษตร มีค่าไม่ควรเกิน 30%

จากการทดลองทำให้ได้เห็นว่าระบบการให้น้ำเฉพาะที่สำหรับการปลูกพืชในโรงเรือนนั้นมีความแม่นยำสูงในการเคลื่อนที่ไปตามจุดที่ต้องการ

2. จากการทดสอบปริมาณน้ำที่ได้จากการทดลองโดยใช้ปั๊มแบบไดอะแฟรม มีประสิทธิภาพการให้น้ำที่ 98.3 %

5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับระบบการให้น้ำเฉพาะที่สำหรับการปลูกพืชในโรงเรือน เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยได้มีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ควรเพิ่มความสมดุลของสายพานให้สามารถไหลลื่นกว่านี้
2. ควรเพิ่มเติมระบบเพื่อควบคุมออนไลน์เพื่อสะดวกต่อการควบคุมภายในโรงเรือนให้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] กองบริรักษ์ที่ดิน. 2525. **คู่มือการวางแผนระบบการให้น้ำในไร่นาและความสัมพันธ์ระหว่างดิน พืช และน้ำ.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงและสหกรณ์. 139 หน้า.

[2] วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2526. **หลักการชลประทาน. ภาควิศวกรรม ชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์**

[3] อภิชาติ อนุกูลอำไพ วิบูลย์ บุญยธโรกุล วรารุธ วุฒิวณิชย์ โกวิทย์ ท้วมเสงี่ยม และ มนตรี ค้ำชู 2524 **คู่มือการชลประทานระดับไร่นา** ภาควิชาวิศวกรรมและอาหาร สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย 354 หน้า // จาก เว็บไซต์:http://natres.psu.ac.th/Department/PlantScience/510111web/book/book%20content.htm/chapter09/Agri_09.htm

[4] บริษัท วีนัส ซัพพลาย.//**แนะนำเพื่อนใหม่ที่ชื่อ Arduino**.//สืบค้นเมื่อ 22 กุมภาพันธ์ 2562.// จากเว็บไซต์ : https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics/บทความ-arduino-คคืออะไร-เริ่มต้นใช้งาน-arduino.html

[5] banggood.com//**CNC Shield V3**//สืบค้นเมื่อ 16 พฤษภาคม 2562//จากเว็บไซต์: https://sea.banggood.com/th/CNC-Shield-V3-Expansion-Board4xA4988-Step-Motor-Driver-ModuleUNO-R3-Board-kit-For-Arduino-p-1149269.html?cur_warehouse=CN

[6] banggood.com//**Driver A4988**//สืบค้นเมื่อ 16 พฤษภาคม 2562//จากเว็บไซต์: https://sea.banggood.com/3D-Printer-A4988-Reprap-Stepping-Stepper-Step-Motor-Driver-Module-p-88765.html?akmClientCountry=TH&&cur_warehouse=CN

[7] ณรงค์ บวบทอง.//**สเต็ปปิ้งมอเตอร์**.//สืบค้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2562.//จากเว็บไซต์: http://narong.ece.engr.tu.ac.th/ei444/document/15-stepper_motor.pdf

[8] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.(2004). ตอนที่ 4 บทที่ 1 **ระบบอัดอากาศ ปั้มน้ำและพัดลม. In** ตำราฝึกอบรมผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอาวุโส (ผอส.) ด้านความร้อน (pp. 1-1 – 1-72).//จากเว็บไซต์:http://ienergyguru.com/2015/09/pump/

[8] พงศ์ธวัช ชีพพิมลชัย ,อโณ โชติมณี .//**สวิตชิ่งพาวเวอร์ซัพพลายเบื้องต้น.**//สืบค้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์62.//จาก เว็บไซต์:https://www.cpe.ku.ac.th/yuen/204471/power/switching_regulator/

[9] บริษัท พีเอสพี เทค จำกัด.//**รีเลย์ คืออะไร?.**//สืบค้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2562.//จาก เว็บไซต์:http://www.psptech.co.th/รีเลย์relayคืออะไร-15696.page

[10] 3D Printer for family//จากเว็บไซต์ https://www.thingiverse.com/thing:891409

[11] การวัดการกระจายข้อมูล//จากเว็บไซต์ http://www.mwit.ac.th/~math/E_Learning/MATH30203/sources/Statistics_06.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคภนวก ก

รายละเอียด และ Specification ของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Stepper Motor 42mm

General Specification

Code : 17HS4401

Step angle accuracy : ± 5% (full step,not load)

Resistance accuracy : ± 10%

Inductance accuracy : ± 20%

Temperature rise : 80deg Max (rated current,2 phase on)

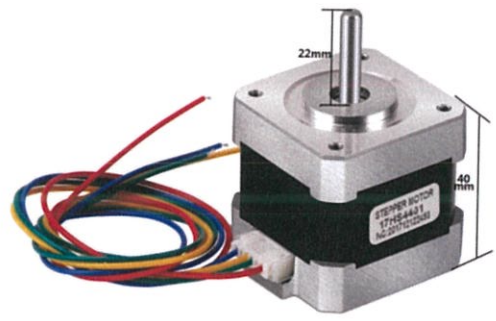
Ambient temperature : —20deg ~ +50deg

Insulation resistance : 100MΩ Min, 500V DC

Insultion Strength : 500V AC for one minute

Datasheet (17HS4401S, 1.7A, 65 oz-in holding torque, 5mm diameter shaft)

Model	Step Angle (deg)	Motor Length (mm)	Rated Current (A)	Phase Resistance (Ohm)	Phase Inductance (mH)	Holding Torque (N.cm)	Detent Torque (N.cm)	Rotor Inertia (g.cm2)	Lead Wire (No)	Motor Weight (g)
17HS4401S	1.8	40	1.7	1.5	2.8	42	2.65	65	4	300

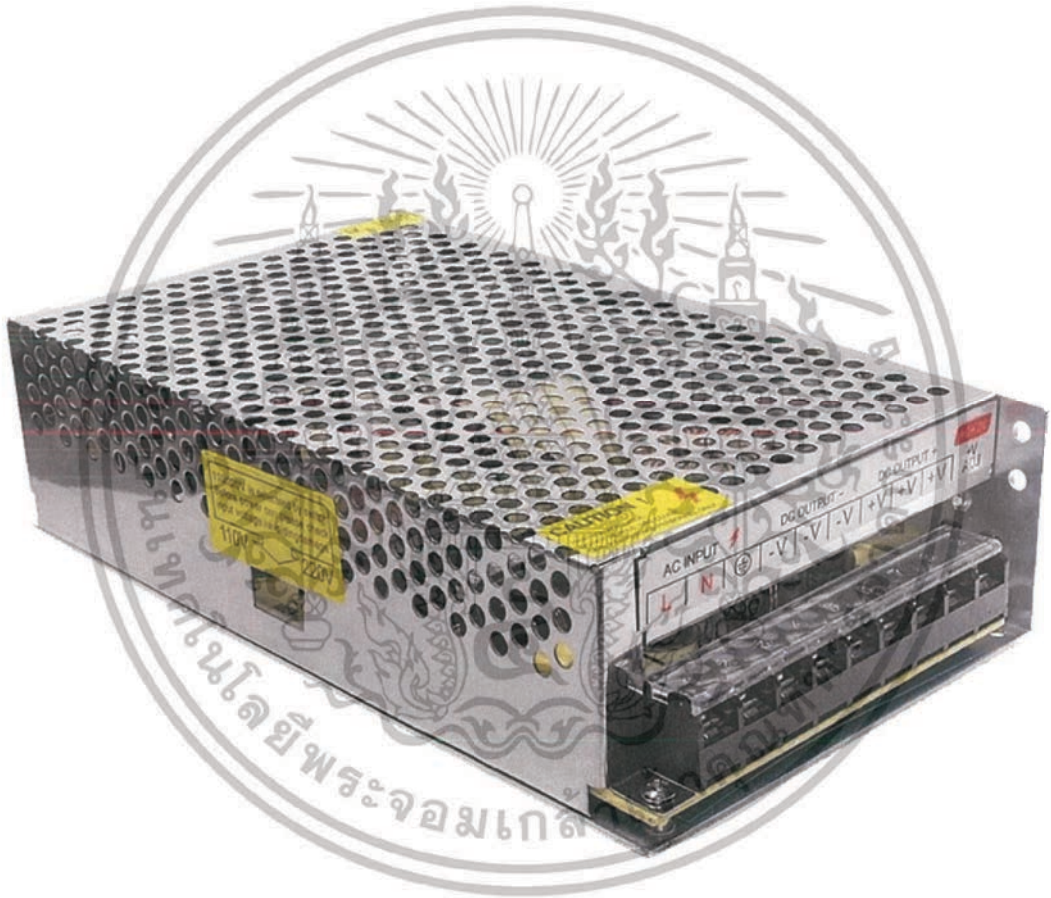


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Switching Power Supply LED 12V 5A-30A

คุณสมบัติ

- Switching Power Supply LED ใช้สำหรับหม้อแปลงไฟกระแสสลับ (AC) 110/220V เป็นกระแสตรง (DC) 12V
- AC Input :110/220V ±15% 47/63Hz
- DC output : 12V 5A-30A
- ผ่านมาตรฐาน มอก.1955-2551



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. CNC Shield V3 Engraving Machine A4988 Driver Board

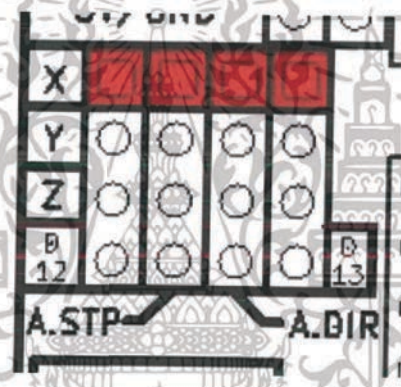
3.1 Jumper Settings

Jumper ใช้ในการตั้งค่าแกนทั้ง 4 แกน ที่เป็น การตั้งค่าสเตปปิ้งและ endstop

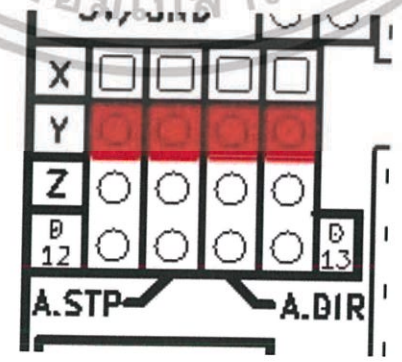
ส่วนถัดไปจะอธิบายถึงวิธีการตั้งค่า

4th Axis Configuration

Using two jumpers the 4th axis can be configured to clone the X or Y or Z axis. It can also run as an individual axis by using Digital Pin 12 for Stepping signal and Digital Pin 13 as direction signal. (GRBL only supports 3 axis's at the moment)

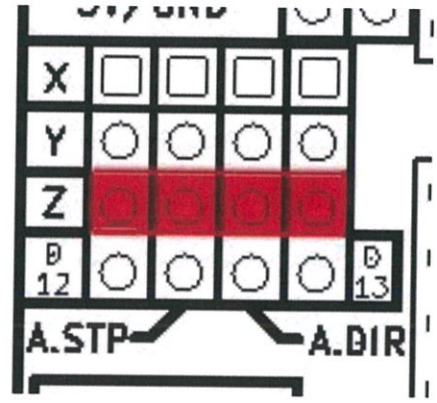


Clone X-Axis to the 4th stepper driver(Marked as A)

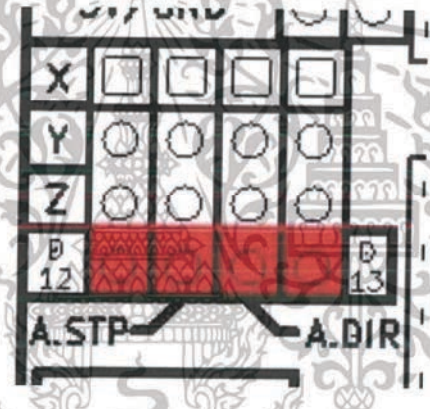


Clone Y-Axis to the 4th stepper driver(Marked as A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Clone Z-Axis to the 4th stepper driver(Marked as A)

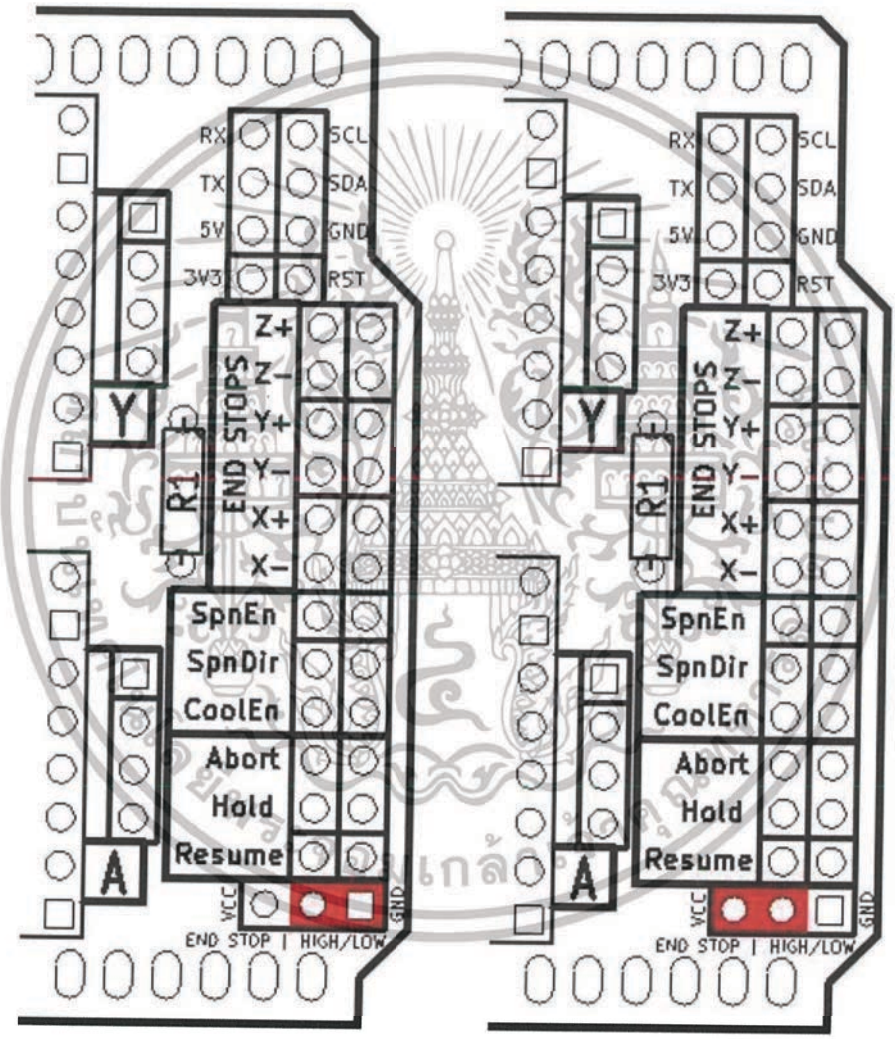


Use D12 and D13 to drive the 4th stepper driver(Marked as A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

End Stop Configuration

By default GRBL is configured to trigger an alert if an end-stop goes low (Gets grounded). On the forums this has been much debated and some people requested to have active High end-stops. The jumpers in the picture provides the option to do both. (To run with default setting on GRBL the jumper need to be connected like the left shield in the image below) (This Jumper was only introduced in Version 3.02)

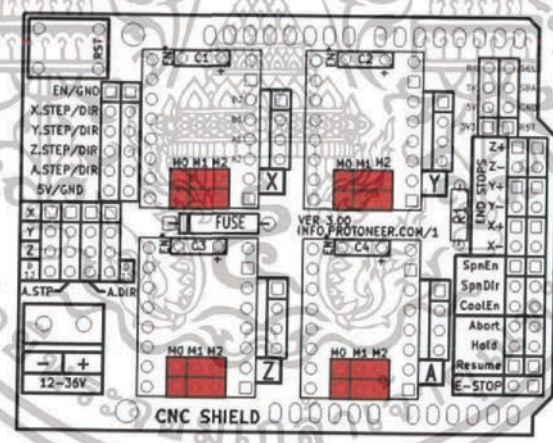


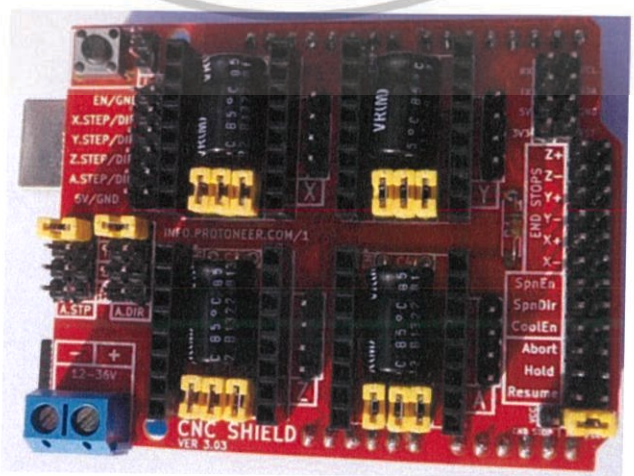
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

End-stop switches are standard “always open” switches. An End-stop gets activated when the end-stop pin connects to ground(When setup with default GRBL settings).

Configuring Micro Stepping for Each Axis

Each axis has 3 jumpers that can be set to configure the micro stepping for the axis.





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 A4988 Driver

A4988 เป็นโมดูลบอร์ด สำหรับควบคุม Stepper Motor โดยเฉพาะ และยังหนึ่งในโมดูลที่ได้รับความนิยมสูงอีกด้วยสามารถควบคุม Stepper Motor แบบ Bipolar ซึ่งเป็น Stepper แบบพื้นฐานที่ได้รับความนิยมสูงเช่นเดียวกัน สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลายรูปแบบ เช่น งานหุ่นยนต์ เครื่อง CNC หรือ 3D Printer เป็นต้น

Stepper Motor ที่ใช้แรงดันต่ำกว่า 8 V ก็สามารถใช้ A4988 ได้เช่นกัน โดยตัวโมดูลจะทำหน้าที่ปรับแรงดันให้กับมอเตอร์ ตามความเหมาะสมโดยอ้างอิงจากการปรับ Current Limit เพื่อให้มอเตอร์ได้รับแรงดันที่ไม่มากจนเกินไป

Description

1. Operating Voltage คือแรงดันที่ Stepper Motor นำไปใช้ โดยมาจากแหล่งจ่ายภายนอก เช่น Switching Power Supply หรือ Adapter

2. Logic Voltage คือแรงดันสั่งการการหมุนของ Stepper โดยจะใช้แรงดันตั้งแต่ 3 - 5.5 V ในการสั่งการสถานะ HIGH หรือ LOW

3. Continuous current per phaseคือปริมาณกระแสต่อเฟสสูงสุดที่สามารถทนได้ โดยไม่มีระบบระบายความร้อน

4. Maximum current per phaseคือปริมาณกระแสต่อเฟสสูงสุดที่สามารถทนได้ เมื่อมีระบบระบายความร้อนแล้ว เช่น Heatsink หรือพัดลมระบายความร้อน

5. Microstep resolutions ความละเอียดของการหมุน ยิ่งน้อย ยิ่งแม่นยำ และลื่นไหลมาก แต่ก็จะทำให้เวลาในการทำงานช้าลงด้วย

ขีดจำกัดการทนกระแสของโมดูลนี้ ซึ่งจริงๆแล้วรวมถึงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ขึ้นอยู่กับความร้อนที่เกิดขึ้นบนตัวอุปกรณ์ เช่นเดียวกับสายไฟทั่วไปหากมีกระแสไหลผ่านมากเกินไป จะทำให้สายไฟขาดได้ ซึ่งไม่ใช่เพราะกระแส แต่เป็นเพราะความร้อนที่มากับกระแส เพราะฉะนั้นการช่วยลดความร้อนให้อุปกรณ์ จะเป็นการเพิ่มขีดจำกัดการทนกระแสด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับ Step Resolution

Step Resolution คือความละเอียดขององศาในการหมุนของ Stepper เช่น ใน Stepper ทั่วๆไปที่มีองศาการหมุน 1.8° per Step หมายถึง Stepper จะหมุน 1.8° ทุกๆสัญญาณ 1 Step นั่นคือถ้าจะหมุน 1 รอบ (360°) จะต้องหมุนทั้งหมด 360° / 1.8° = 200 Step ซึ่งนี่คือ Full Step Resolution ของมอเตอร์ตัวนี้

ซึ่งถ้าหากต้องการให้มอเตอร์หมุนได้ละเอียดยิ่งขึ้น นั่นคือการลดองศาในการหมุนต่อ 1 Step นั่นเอง เช่นต้องการให้มอเตอร์ หมุนได้ 0.9°ต่อ 1 Step นั่นคือต้องหมุนทั้งหมด 360° / 0.9° = 400 Step และเราเรียกมันว่า 1/2 Step Resolution เนื่องจากมีความละเอียดเป็น 2 เท่าของ Full Step แต่องศาการหมุนเป็น 1/2 เท่าของ Full Step

โดย A4988 สามารถปรับ Step Resolution สูงสุดได้ถึง 1/16 Step นั่นหมายถึง มอเตอร์ตัวนี้จะมีองศาในการหมุนสูงสุดถึง 0.1125° per Step เลยทีเดียว โดยจะต้องหมุน 3200 Step ทุกๆ 1 รอบ แต่ทั้งนี้ ยิ่งมีความละเอียดมาก ก็จะทำให้การทำงานช้าลงด้วย แต่เราสามารถแก้ไขโดยการเพิ่มความถี่ตามจำนวนเท่าของ Step Resolution

วิธีการปรับ Step Resolution

A4988 ใช้ขา MS1 MS2 และ MS3 เป็นตัวกำหนดสถานะของ State ต่างๆดังนี้

MS1	MS2	MS3	Microstep Resolution
LOW	LOW	LOW	FULL STEP
HIGH	LOW	LOW	Half Step (1/2)
LOW	HIGH	LOW	Quarter Step (1/4)
HIGH	HIGH	LOW	Eighth Step (1/8)
HIGH	HIGH	HIGH	Sixteenth Step (1/16)

เราสามารถทำให้ขาต่างๆเป็น HIGH ได้ โดยการนำไฟ 3 - 5.5 V ต่อเข้ายังขานั้นๆ และทำให้เป็น LOW โดยการปล่อยว่างไว้ เนื่องจากทั้ง 3 ขา มีตัวต้านทาน Pull Down ในตัวเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Pump

ปั๊มน้ำ DC 12V รุ่น Diamon star D16/D20 (ปั๊มพ่นหมอก, ปั๊มไดอะแฟรม) สามารถนำไปใช้ในพื้นที่ขนาดเล็ก ตัวเครื่องไม่หนัก

คุณสมบัติปั๊มน้ำDC 12V รุ่น Diamon star D16/D20 (ปั๊มพ่นหมอก,ปั๊มไดอะแฟรม)

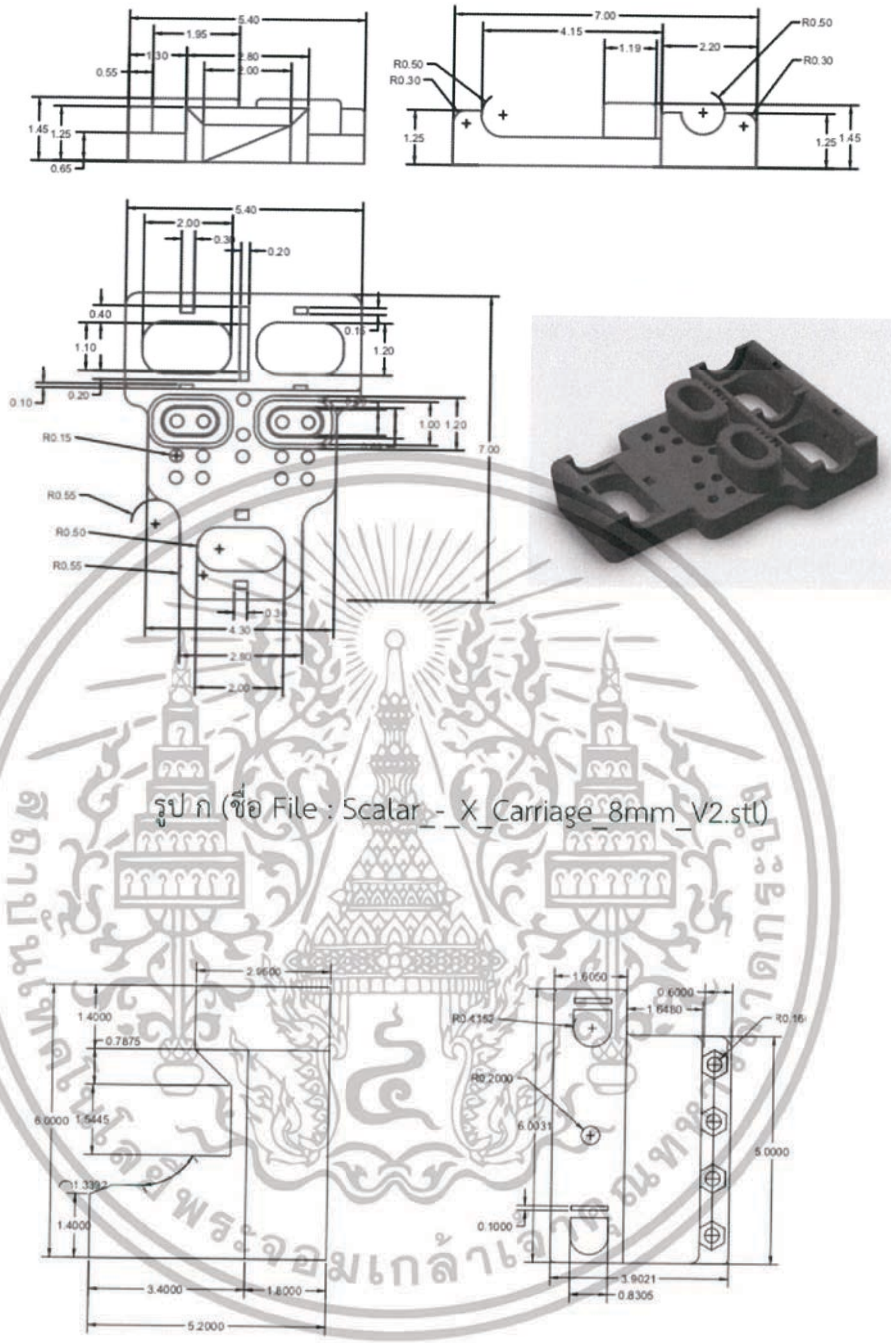
1. แรงดัน : 12V (9 - 14 V)
2. กระแสไฟที่ใช้ : 2.2A
3. แรงดัน 80PSI (5.5 บาร์)
4. สายไฟสีแดงขั้ว +, สายสีดำขั้ว -
5. อัตราการสูบน้ำได้สูงสุด : 3.1 ลิตร/นาที
6. ประเภท ปั๊มพ่นหมอก, ปั๊มไดอะแฟรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

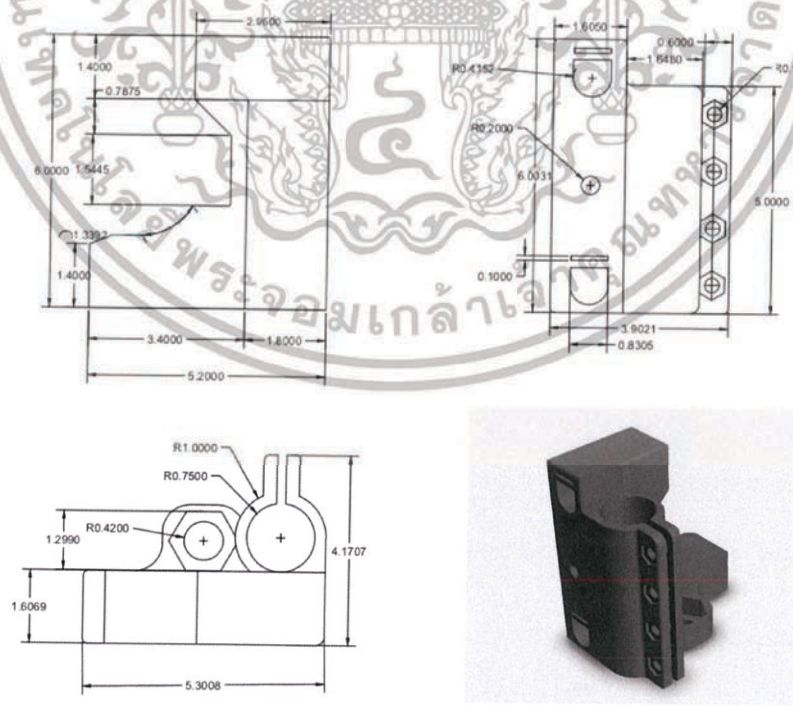
ภาคภนวก ข

แผนภาพอุปกรณ์ชิ้นส่วน 3D Part

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

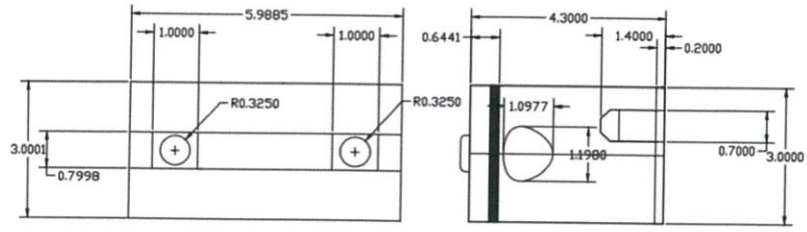


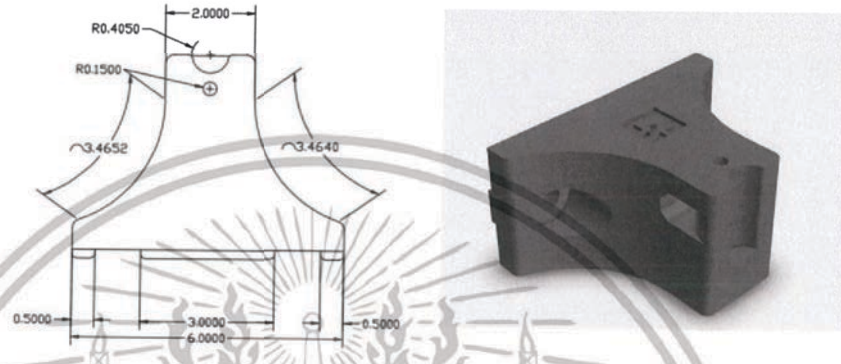
รูป ก (ชื่อ File : Scalar_-_X_Carriage_8mm_V2.stl)



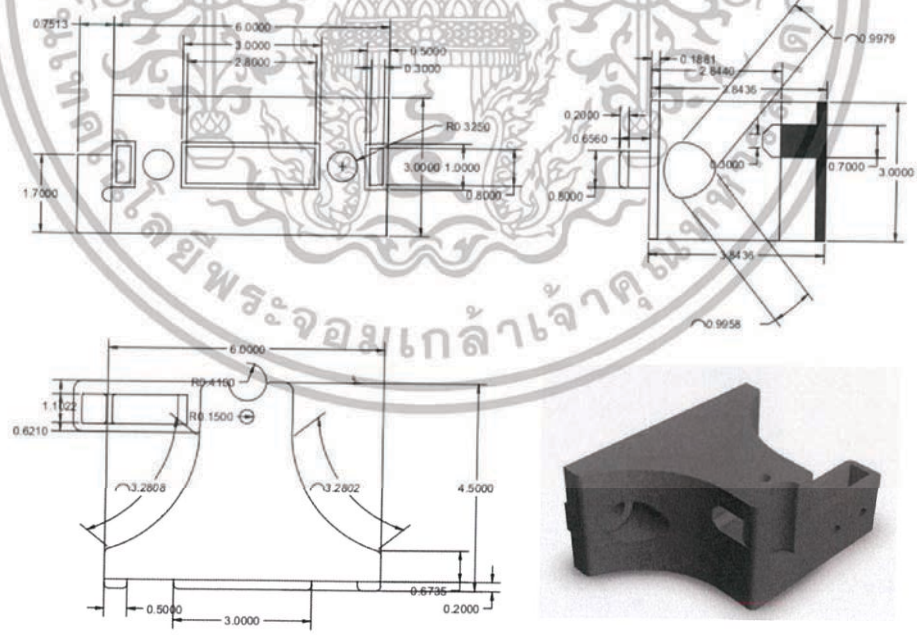
รูป ข (ชื่อ File : Scalar_M_Idler_8mm.stl)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



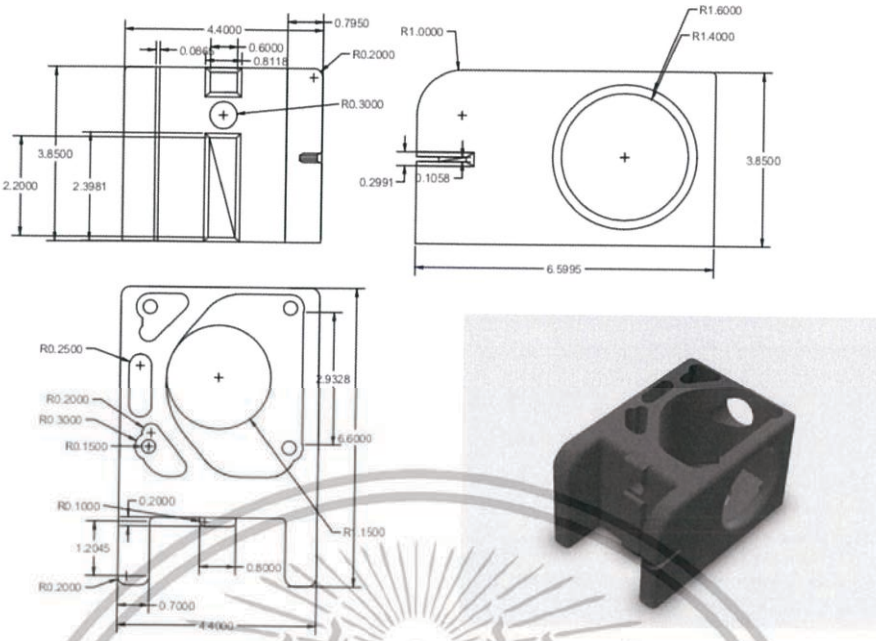


รูป ค (ชื่อ File : Scalar_-_Y_Axis_Support_8mm.stl)

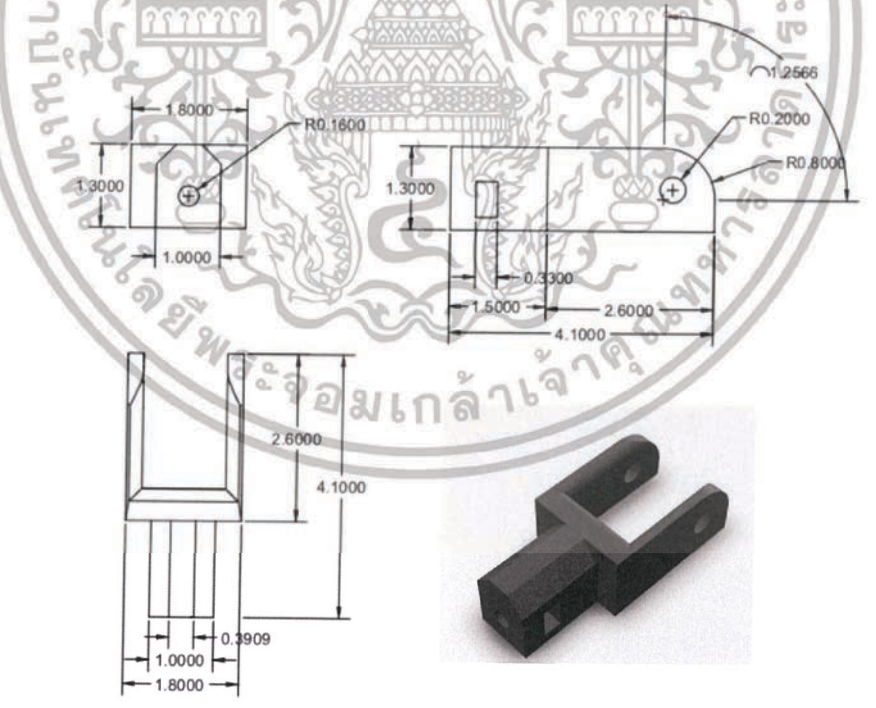


รูป ง (ชื่อ File : Scalar_-_Y_Axis_Support_8mm_with_End_Stop.stl)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

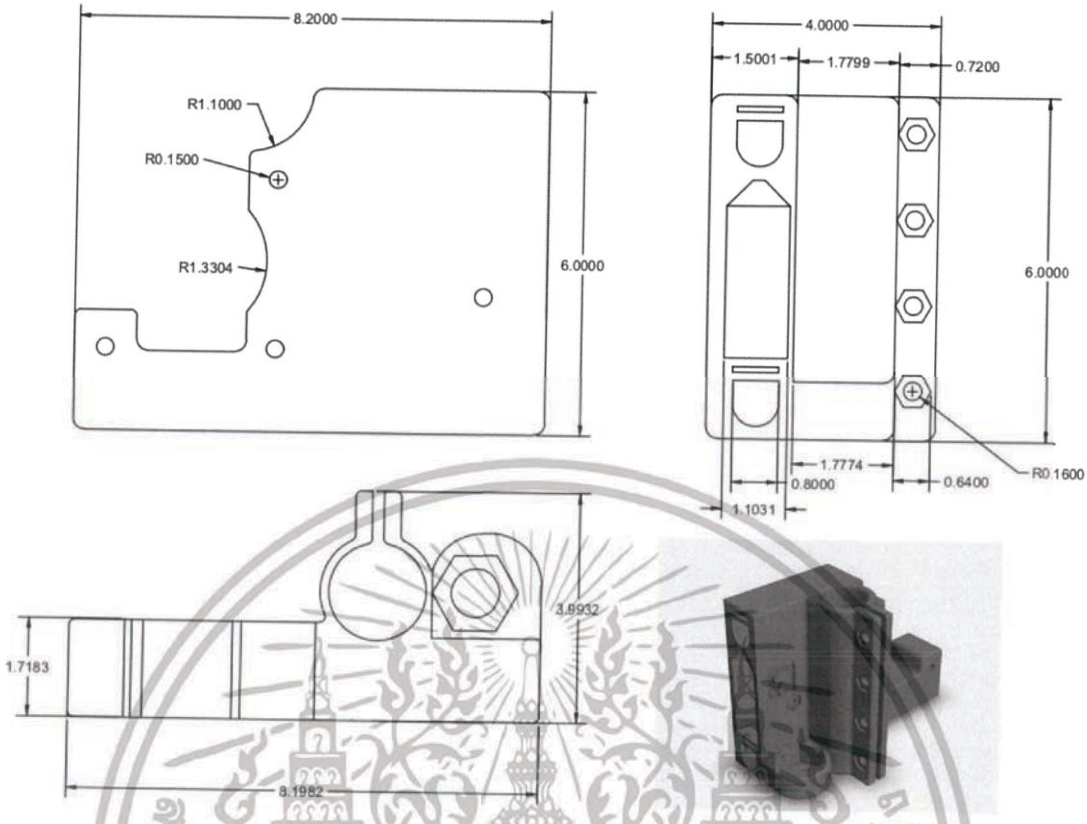


รูป จ (ชื่อ File : motor_holder_short.stl)



รูป ฉ (ชื่อ File : Idler.stl)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ช (File : Scalar_M_Motor_Holder.stl)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้