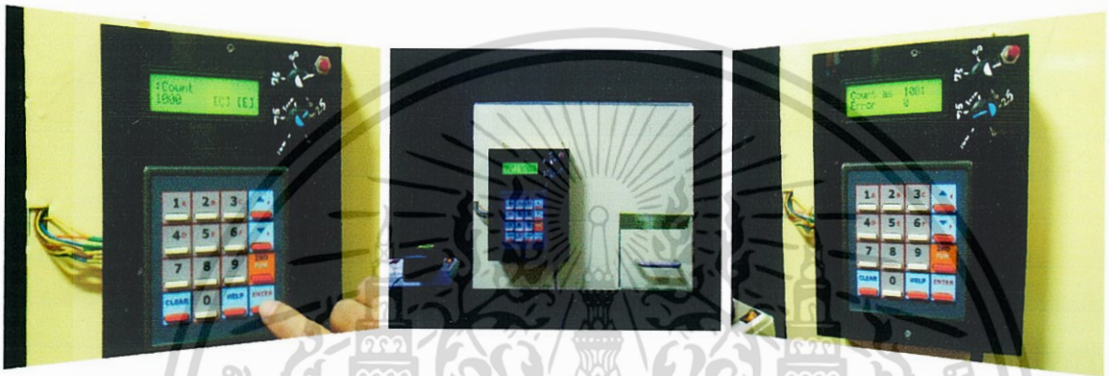
รายงานวิจัย

เครื่องนับเมล็ดธัญพืช

Cereal Kernel Counter



ชื่อผู้วิจัย ดร.ประสันต์ ชุ่มใจหาญ

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ปี 2553

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานวิจัย

เครื่องนับเมล็ดธัญพืช

Cereal Kernel Counter

ชื่อผู้วิจัย ดร.ประสันต์ ชุ่มใจหาญ

RCH SB188.2 ป395ค

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ปี 2553

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

12597065

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
สารบัญ	**2**
บทที่ 1 บทนำ	**4**
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	5
1.2 ขอบเขตของโครงการวิจัย	5
บทที่ 2 ความสำคัญและทฤษฎีในการออกแบบ	**6**
2.1 เมล็ดธัญพืช	6
2.2 ความสำคัญของการวัดค่าคุณสมบัติของเมล็ดธัญพืช	6
2.3 การลำเลียงเมล็ดธัญพืช	7
2.4 การนับเมล็ดธัญพืช	8
2.5 ระบบควบคุมการนับ	10
บทที่ 3 การสร้างเครื่องนับเมล็ดธัญญพืช	**11**
3.1 ขั้นตอนการลำเลียงเมล็ดธัญญพืช และการนับเมล็ดธัญญพืช	11
3.1.2 ระบบการเรียงเมล็ด	12
3.2 ส่วนประกอบของเครื่องนับเมล็ดข้าว	13
3.3 หลักการทำงานเครื่องนับเมล็ด	17
บทที่ 4 วิธีการทดสอบและผลการทดสอบ	**18**
4.1. การทดสอบมุมเอียงของถาดตัวป้อนและช่องเมล็ดข้าวผ่าน	18
4.2 หามุมเอียงที่เมล็ดข้าวสามารถตกได้อย่างอิสระของรางลำเลียง	19
4.3 การทดลองความแม่นยำเครื่องนับเมล็ดข้าว	**20**
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	**23**
5.1 บทสรุป	23
5.2 ข้อเสนอแนะ	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
ภาคผนวก ก การออกแบบอุปกรณ์เครื่องนับเมล็ดข้าว	24
ภาคผนวก ข_วิธีการใช้เครื่องนับเมล็ดข้าว	29
ภาคผนวก ค_ตารางผลการทดลอง	33
ภาคผนวก ง_Code ภาษาซีของวงจรการทำงาน	42
เอกสารอ้างอิง	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 บทนำ

ธัญญพืชเป็นผลผลิตอันดับต้นๆของประเทศไทย การบริโภคเมล็ดธัญญพืชมีทั้งแบบบริโภคโดยไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการผลผลิตต่างๆ แต่ส่วนมากแล้วนั้นการบริโภคเมล็ดธัญญพืชจำเป็นต้องผ่านขบวนการบางอย่างเพื่อจัดการ หรือแปรรูปธัญญพืชนั้นๆ เป็นผลผลิตสุดท้ายที่พร้อมจะนำมาประกอบอาหารในการรับประทาน เช่น การสีข้าวเพื่อเปลี่ยนรูปจากข้าวเปลือกเป็นข้าวสาร หรือข้าวกล้อง และการบดเมล็ดข้าวสาลี หรือข้าวโพดเพื่อผลิตแป้ง ดังนั้นกระบวนการแปรรูปธัญญพืชจึงเป็นกระบวนการที่สำคัญกระบวนการหนึ่งในการแปรรูปเมล็ดธัญญพืช

กระบวนการแปรรูปเมล็ดธัญญพืชจำเป็นต้องมีการกระทำกับเมล็ดธัญญพืชโดยตรงอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นการพัฒนาเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับเมล็ดธัญญพืชโดยตรง การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดธัญญพืชจึงเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการแปรรูป โดยส่วนมากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพที่นิยมกันคือการวัดคุณสมบัติของเมล็ดธัญญพืชโดยรวม เช่น ความหนาแน่น , มุมไถล, มุมกอง และอื่นๆ เพื่อเป็นประโยชน์ในคัดเลือกวัสดุสำหรับการออกแบบระบบลำเลียงเมล็ดธัญญพืช นอกจากนี้การวัดค่าคุณสมบัติโดยเทียบต่อจำนวนเมล็ดเช่น การหาน้ำหนักข้าวสาร 1,000 เมล็ด สำหรับศึกษาหาปริมาณการขัดเอารำออกจากเมล็ดข้าว เพื่อให้ได้ปริมาณระดับความขาวของเมล็ดข้าวสูงสุดโดยที่มีการขัดเอารำออกจากเมล็ดน้อยสุด หรือแม้แต่การหาน้ำหนักเมล็ดข้าวสาลี 1,000 เมล็ด สำหรับการศึกษาปริมาณรำที่ถูกขัดออกไปก่อนที่จะผ่านกระบวนการบดเมล็ดข้าวสาลีเพื่อลดต้นทุนในการผลิต

ในปัจจุบันการวัดค่าคุณสมบัติโดยการเปรียบเทียบต่อจำนวนเมล็ดเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างมากต่อการเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในการผลิตทั้งในด้านพลังงานและวัตถุดิบ แต่วิธีการคัดเลือกเมล็ดธัญญพืชยังคงใช้แรงงานคนในการนับและคัดแยก ซึ่งวิธีนี้สิ้นเปลืองทั้งปริมาณแรงงานที่ใช้และเวลาที่สูญเสียไปเป็นอย่างมากและยังส่งผลต่อการเพิ่มของค่าความคลาดเคลื่อนในการทดลองทางด้านเมล็ดธัญญพืช

ดังนั้นการมีเครื่องมือช่วยในการนับเมล็ดธัญญพืชจำมีความจำเป็นอย่างมากเพื่อเป็นการช่วยลดความคลาดเคลื่อนในการทดลอง ยังผลให้ได้มาซึ่งผลการทดลองที่น่าเชื่อถือมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องนับเมล็ดธัญญพืช

1.2 ขอบเขตของโครงการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้จะมุ่งเน้นสำหรับการออกแบบเครื่องนับเมล็ดข้าว หรือเมล็ดธัญญพืชอื่นๆที่มีคุณสมบัติใกล้เคียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ความสำคัญและทฤษฎีในการออกแบบ

2.1 เมล็ดธัญพืช

2.1.1 ข้าว - ข้าวเป็นอาหารหลักและเป็นพืชเศรษฐกิจหลักสำคัญของประเทศไทย และในด้านการพัฒนาและวิจัยถือว่ายังพัฒนาได้ดีมาระดับหนึ่ง ข้าวเป็นพืชที่มีลักษณะเรียวยาว มีขนาดด้านความกว้าง และความหนา ไม่แตกต่างกันมากนัก ทำให้สัดส่วนดังกล่าวมีค่าเข้าใกล้ 1 และสัดส่วนความยาวต่อความหนา อยู่ที่ประมาณ 3.0-3.5 ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ข้าว

2.1.2 ข้าวสาลี – ข้าวสาลีเป็นพืชอาหารหลักเช่นเดียวกับข้าว แต่นิยมนำไปประกอบอาหารประเภทอื่นมากกว่าการรับประทานในรูปแบบของข้าวสาลี เช่น ทำขนมปัง คุ๊กกี้ สปาเก็ตตี้ เมล็ดข้าวสาลีมีลักษณะแตกต่างออกไปจากข้าวเปลือกคือ มีฐานที่แบนราบ และมีส่วนด้านบนที่โค้งนูน แต่อย่างไรก็ตามสัดส่วนตามความกว้าง ต่อความหนามีค่าเข้าใกล้ 1 เช่นเดียวกับข้าว และสัดส่วนความยาวต่อความหนา อยู่ที่ประมาณ 2.0-3.5 ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ข้าวสาลี

ภาพที่ 2.1 เมล็ดข้าวสาลี (ซ้าย) และ เมล็ดข้าวเปลือก (ขวา)

2.2 ความสำคัญของการวัดค่าคุณสมบัติของเมล็ดธัญพืช

2.2.1 การวัดค่าแบบมวลรวม – การวัดค่าแบบมวลรวมเป็นการวัดค่าพื้นฐานที่ง่ายที่สุดของเมล็ดธัญญพืช เช่น ความหนาแน่น ความชื้น และค่าอื่นๆ

2.2.2 การวัดค่าแบบเมล็ดเดี่ยว - เนื่องจากกิจกรรมต่างๆที่กระทำกับเมล็ดธัญพืชเป็นการกระทำเชิงเมล็ดเดี่ยว เช่นการคัดขนาด การกะเทาะเปลือก และกิจกรรมอื่นๆ ดังนั้นการวัดค่าคุณสมบัติต่างๆเชิงเมล็ดเดี่ยวจึงมีความสำคัญมากกว่าการวัดค่าแบบมวลรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การลำเลียงเมล็ดธัญพืช

ปัจจัยสำคัญในการกำหนดลักษณะสร้างและขีดความสามารถของระบบขนถ่ายวัสดุ คือ ชนิดและสมบัติทางกายภาพของวัสดุขนถ่าย วัสดุขนถ่ายนั้นมีหลายชนิด เช่น ของแข็ง กึ่งของแข็ง ของเหลว และก๊าซ การขนถ่ายวัสดุที่เป็นของเหลวและก๊าซ ต้องการเทคโนโลยีทางอุปกรณ์เฉพาะอย่างซึ่งไม่ได้รวมอยู่ในขอบเขตของหนังสือนี้ วัสดุขนถ่ายที่อยู่ในขอบเขตของวิชามี 2 ลักษณะ คือ

1) วัสดุที่มีลักษณะเป็นชิ้น - เป็นวัสดุชิ้นเดียวอาจเป็นของแข็ง เช่น ขวด ลัง แก้ว ท่อก๊าซ หรือวัสดุที่อ่อนตัวได้ ได้แก่ กระสอบข้าว ก้อนขนมปัง หีบ แผ่นหนัง

2) วัสดุปริมาณมวล - เป็นวัสดุที่เป็นก้อนหรือเมล็ด ที่อยู่รวมตัวกันเป็นปริมาณมากๆ ได้แก่ ดิน ทราย เมล็ดธัญพืช น้ำตาลทราย

2.3.1 สมบัติทางกายภาพของวัสดุขนถ่ายที่มีลักษณะเป็นชิ้น - วัสดุมีลักษณะเป็นชิ้น มีสมบัติทางกายภาพที่สำคัญ และควรทราบเป็นพื้นฐานประกอบไปด้วย ขนาดและน้ำหนัก, ความหนาแน่น, รูปร่าง และลักษณะผิว ซึ่งรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

1. ขนาดและน้ำหนัก เป็นที่ทราบกันดีว่า วัสดุขนาดเล็กไม่จำเป็นต้องมีน้ำหนักน้อย หรือวัสดุขนาดใหญ่จะต้องมีน้ำหนักมากเสมอไป เนื่องจากต้องคำนึงถึงความหนาแน่นของวัสดุนั้นๆ ด้วย สำหรับขนาดของวัสดุในแง่ของการขนถ่ายลำเลียงนั้น ใช้ประกอบการพิจารณา ระยะพิกัด แคบ กว้าง ของอุปกรณ์ขนถ่าย ส่วนน้ำหนักของวัสดุนั้นใช้พิจารณาความสามารถรับภาระของภาระอุปกรณ์ ดังนั้นจึงสามารถแบ่งกลุ่มของวัสดุที่ใช้ในการวัดค่าได้ 2 ประเภท ตามขนาดของวัสดุและน้ำหนักของวัสดุ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- การแบ่งตามขนาดวัสดุ

วัสดุขนาดเล็ก หมายถึง วัสดุที่หิ้วได้ด้วยมือ

วัสดุขนาดกลาง หมายถึง วัสดุที่ยกได้โดยใช้แขนรองรับหรืออุ้มไว้

วัสดุขนาดใหญ่ หมายถึง วัสดุที่คนโอบไม่ได้

- การแบ่งตามน้ำหนักวัสดุ

วัสดุเบา หมายถึง วัสดุที่สามารถหิ้วหรือยกได้ด้วยมือหนักประมาณ 10 กิโลกรัม หรือน้อยกว่านั้น

วัสดุหนักปานกลาง หมายถึง วัสดุที่สามารถยกหรือแบกได้ หนักประมาณ 50 กิโลกรัม

วัสดุหนัก หมายถึง วัสดุที่คนยกไม่ไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความหนาแน่น อัตราส่วนระหว่างมวลต่อปริมาตรของวัตถุ ถ้าวัสดุนั้นมีความหนาแน่นสูงจะมีมวลมากกว่าวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า ความหนาแน่นเนื้อนั้นเป็นความหนาแน่นที่คำนวณจากมวลเนื้อของวัสดุล้วนๆซึ่งแตกต่างกับความหนาแน่นรวม เรื่องสมบัติของวัสดุปริมาณมวลต่อไป ความหนาแน่นเนื้อของวัสดุนั้นขึ้นอยู่กับชนิดเนื้อของวัสดุ

3. รูปร่าง วัสดุขนถ่ายที่มีลักษณะเป็นชิ้น แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทรูปร่างทรงเราขาคณิต และ ประเภทรูปทรงทั่วไป แต่ส่วนใหญ่จะเป็นรูปทรงเรขาคณิต ซึ่งสามารถคำนวณพื้นที่ผิว และปริมาตรได้ง่ายโดยมีสูตรอยู่แล้วนอกจากนี้ยังคำนวณหาน้ำหนักได้สะดวกถ้าทราบความหนาแน่นของวัสดุอีกด้วยส่วนวัสดุรูปทรงทั่วไป ได้แก่ วัสดุที่มีรูปทรงอื่นๆที่ไม่ใช่รูปทรงเรขาคณิต

4. ลักษณะผิว เป็นลักษณะที่สำคัญในการพิจารณาอุปกรณ์ขนถ่าย เพราะผิวของวัสดุต้องสัมผัสกับอุปกรณ์ เช่น รางเรียบ ลูกกลิ้ง ลูกล้อ สายพาน ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตของวัสุดชนิดนั้นๆ ต่อ พื้นผิวที่ใช้ในการขนถ่าย

2.4 การนับเมล็ดธัญพืช

การนับเมล็ดธัญพืชอาศัยหลักการของการตัดผ่านของวัตถุกับเซนเซอร์ โดยในที่นี้ใช้เซนเซอร์แสงเป็นอุปกรณ์ในการนับ clock เซนเซอร์แสงเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนความเข้มแสงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อส่งสัญญาณให้กับส่วนควบคุมของเครื่องไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ทำงานต่าง ๆ เซนเซอร์แสงนั้นภายในจะประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ แต่อุปกรณ์ที่สำคัญในการเปลี่ยนความเข้มแสงนั้นก็คืออุปกรณ์ที่มีชื่อว่า แอลดีอาร์ ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เซนเซอร์แบบอินฟราเรด

2.4.1 อินฟราเรด เซนเซอร์ (Infrared sensor)

อินฟราเรดเป็นแสงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่ามีความถี่อยู่ในช่วง 1011 – 1014 เฮิรตซ์ หรือความยาวคลื่น 10-3 – 10-6 เมตร เนื่องจากแสงอินฟราเรดมีความยาวคลื่นที่สั้นมีคุณสมบัติที่เด่น คือ จะเดินทางเป็นแนวเส้นตรง และไม่สามารถเดินทางผ่านสิ่งกีดขวางหรือวัตถุได้ จึงเป็นที่นิยมนำมาใช้ในการสื่อสารในระยะสั้น ๆ เช่น รีโมทสำหรับควบคุมวิทยุ โทรทัศน์ เป็นต้น หรือตรวจจับสิ่งของต่างๆ เซนเซอร์อินฟราเรดเซนเซอร์จะประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนเครื่องรับ และเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

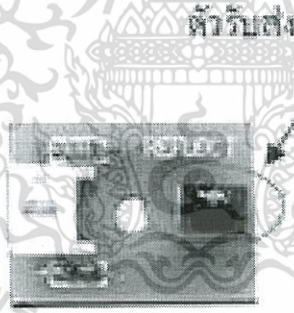
ส่วนเครื่องส่ง จะทำหน้าที่ส่งแสงอินฟราเรดให้กับเครื่องรับ ใช้ IR LED เป็นตัวขับแสงอินฟราเรด แสงที่ส่งออกมาจะมีช่วงความถี่ที่สูงกว่าความถี่ของแสงธรรมดา ทั่ว ๆ ไป คือ มากกว่า 20 kHz

ส่วนเครื่องรับ จะใช้ โฟโต้ไดโอด โฟโต้ทรานซิสเตอร์ หรือ แอลดีอาร์ เป็นตัวรับแสงก็ได้ โดยที่ทั้งเครื่องรับและส่งจะต้องมีความถี่เท่ากัน เพราะถ้าไม่เท่ากันจะทำให้ไม่สามารถรับส่งสัญญาณได้

2.4.2 การทำงานของอินฟราเรดเซนเซอร์

อินฟราเรดเซนเซอร์จะมีหลักการทำงาน คือ จะส่งแสงอินฟราเรดจากเครื่องรับไปยังเครื่องส่งโดยจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ เครื่องรับและเครื่องส่งอยู่ที่เดียวกัน และเครื่องรับเครื่องส่งอยู่คนละที่กัน

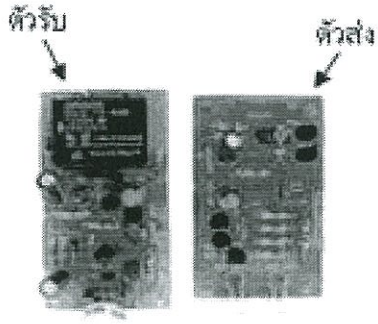
เครื่องรับและเครื่องส่งอยู่ที่เดียวกัน จะใช้หลักการสะท้อนกับวัตถุเมื่อมีวัตถุผ่านหรือขวางกั้นอยู่ เพื่อให้ระบบทำงานแต่ถ้าวัตถุไม่สะท้อนแสงหรือสะท้อนแสงได้น้อย เช่นวัตถุสีดำ ตัวเซนเซอร์ก็จะไม่ทำงานหรือทำงานได้ไม่ดี ดังรูป



ภาพที่ 2.2 อินฟราเรดเซนเซอร์ที่เครื่องรับส่งอยู่ที่เดียวกัน

เครื่องรับเครื่องส่งอยู่คนละที่กัน จะอาศัยหลักการของการตัดเส้นทางเดินของแสง เมื่อมีการตัดเส้นทางเดินของแสงระบบจะทำงาน โดยจะมีการนำไปประยุกต์ใช้งานมากมาย เช่น ทำวงจรตรวจจับคนเดินผ่าน เป็นต้น ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 อินฟราเรดเซนเซอร์ที่เครื่องรับส่งอยู่คนละที่

2.5 ระบบควบคุมการนับ

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) มาจากคำ 2 คำ คำหนึ่งคือ ไมโคร (Micro) หมายถึงขนาดเล็ก และคำว่า คอนโทรลเลอร์ (controller) หมายถึงตัวควบคุมดหรืออุปกรณ์ควบคุม ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงหมายถึงอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก แต่ในตัวอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กนี้ ได้บรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ ที่คนโดยส่วนใหญ่ค้นเคย กล่าวคือภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้รวมเอาซีพียู , หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน

นักออกแบบ พัฒนาผลิตภัณฑ์ ตลอดจนนักประดิษฐ์ทั้งหลายต่างหลีกเลี่ยงไม่ได้เลยที่จะต้องอาศัยวงจรอิเล็กทรอนิกส์เข้าไปมีส่วนเกี่ยวข้องในการควบคุม แต่ครั้นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาต่ออนุกรมเพื่อความสามารถที่เราต้องการนั้นก็ใหญ่โตเสียเหลือเกิน ดูเหมือนจะขัดแย้งกับความต้องการของผู้บริโภค และหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์

ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อรองรับกับความต้องการ นำไปควบคุมระบบที่ความสามารถที่เราต้องการโดยให้มีขนาดเล็กที่สุด แต่มิใช่เพียงแต่ขนาดเล็กเท่านั้น มันยังสามารถป้อนชุดคำสั่งให้สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ ด้วยรูปแบบการเขียนโปรแกรมภาษาต่างๆ ตามความถนัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 การสร้างเครื่องนับเมล็ดธัญญพืช

เครื่องนับเมล็ดธัญญพืชที่ได้ออกแบบประกอบไปด้วยการทำงานที่สำคัญสองขั้นตอน คือ 1) ขั้นตอนการลำเลียงเมล็ดธัญญพืช และ 2) ขั้นตอนการนับเมล็ดธัญญพืชโดย แต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดที่มาในทางทฤษฎีของการสร้างดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนการลำเลียงเมล็ดธัญญพืช และการนับเมล็ดธัญญพืช

ขั้นตอนที่มีความสำคัญลำดับต้นๆ ของการสร้างเครื่องนับเมล็ดธัญญพืช คือขั้นตอนการจัดการกับเมล็ดธัญญพืชให้เรียงตัวอย่างเป็นระเบียบและเรียงตัวต่อกันทีละเมล็ด เพื่อง่ายต่อการนับของขั้นตอนการนับเมล็ดธัญญพืช ดังนั้นอุปกรณ์ที่ช่วยในการเรียงตัวของเมล็ดธัญญพืชจึงต้องอาศัยหลักการการขนถ่ายวัสดุศาสตร์เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว การควบคุมการเรียงตัวของเมล็ดธัญญพืชสามารถแบ่งการควบคุมออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ ระบบการป้อน และระบบการเรียงเมล็ด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.1 ระบบการป้อนเมล็ด

ขั้นตอนการป้อนเมล็ดธัญญพืชเป็นการกำหนดจำนวนเมล็ดให้ไปสู่ระบบการเรียงเมล็ดในปริมาณที่ไม่มากเกินไปจนเกิดการล้นอุปกรณ์จัดเรียงเมล็ดธัญญพืชส่งผลให้เกิดการนับที่คลาดเคลื่อนได้ ซึ่งโดยทั่วไปลักษณะของการขนถ่ายวัสดุจะแบบออกเป็น 2 ประเภท คือ วัสดุที่มีลักษณะเป็นชิ้น และวัสดุปริมาณมวล (ปานมนัส ศิริสมบูรณ์, 2540)

วัสดุที่มีลักษณะเป็นชิ้น คือวัสดุชิ้นเดียวอาจจะเป็นวัสดุแข็ง (rigid) เช่นลัง ขวด แก้ว ท่อ ถังก๊าซ หรือวัสดุที่อ่อนตัวได้ (flexible) เช่น กระสอบข้าวสาร ก้อนขนมปัง ม้วนผ้ากระดาษ เป็นต้น ส่วนวัสดุปริมาณมวลได้แก่ วัสดุที่เป็นก้อน หรือเมล็ดหรือที่อยู่รวมกันมากๆได้แก่ ดิน ทราย เมล็ดธัญญพืช น้ำตาลทราย เป็นต้น

จากที่กล่าวข้างต้น การออกแบบอุปกรณ์ป้อนและลำเลียงเมล็ดธัญญพืชอาจจะดูเหมือนการออกแบบสำหรับการลำเลียงวัสดุปริมาณมวล แต่ความเป็นจริง การลำเลียงเมล็ดธัญญพืชสำหรับเครื่องนับเมล็ดธัญญพืชจะอยู่ในเกณฑ์ของวัสดุที่มีลักษณะเป็นชิ้น(ที่ละเมล็ด) เพราะวัตถุประสงค์ต้องการให้มีการเรียงของเมล็ดทีละเมล็ดเพื่อให้ง่ายต่ออุปกรณ์นับเมล็ด ถ้ามีการขนถ่าย(ลำเลียงแบบมวลรวมจะทำให้ไม่สามารถนับเมล็ดได้อย่างถูกต้อง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นการออกแบบอุปกรณ์สำหรับป้อนเมล็ดจึงต้องคำนึงถึงคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าวที่ด้วยเหมือนกัน ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวประกอบไปด้วย 1)ขนาดและน้ำหนัก 2) ความหนาแน่นเนื้อ 3)รูปร่าง 4)ลักษณะผิว ซึ่งได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.3.1

การหาคุณสมบัติทางกายภาพของการขนถ่ายวัสดุที่มีลักษณะเป็นชิ้นที่กล่าวข้างต้นของเมล็ดธัญญพืชนั้นจึงมีความจำเป็นในการออกแบบระบบป้อน และเรียงเมล็ดธัญญพืช(หัวข้อ 3.1.2) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวได้รายงานไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติบางประการของเมล็ดข้าวเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องนับเมล็ดธัญญพืช

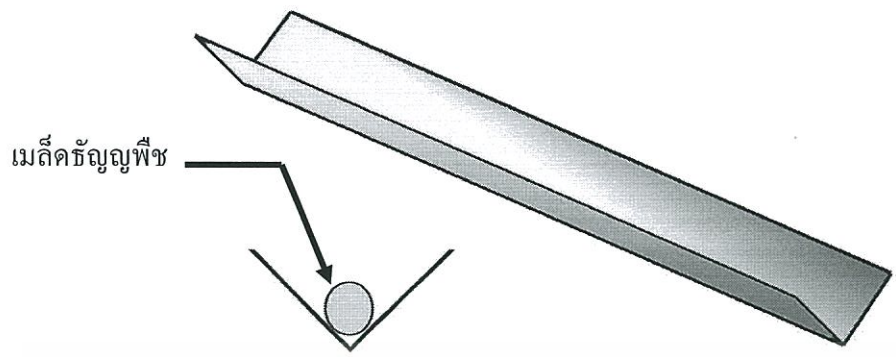
	ข้าวเปลือก	ข้าวกล้อง	ข้าวสาร
ขนาด (ยาว×กว้าง×หนา) mm	10.48×2.34×1.89	7.70×2.20×1.78	7.35×2.10×1.70
น้ำหนัก (g/1000grains)	26.331	20.084	16.620
ความหนาแน่นรวม (g/cm^3)	1.157	1.330	1.462
รูปร่าง (ความยาว/ความกว้าง)	4.48	3.50	3.50
สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (ไม้/เหล็ก/พลาสติก)	0.42/0.45/0.38	0.41/0.46/0.42	0.38/0.40/0.37

3.1.2 ระบบการเรียงเมล็ด

ระบบการเรียงเมล็ดให้เมล็ดธัญญพืชเรียงกันอย่างต่อเนื่องทำได้โดยการทำทางลำเลียงแบบตัววี (V) (ภาพที่ 3.1) พร้อมกับมีการเคลื่อนที่ของเมล็ดข้าวไปบนทางลำเลียงตัววีด้วยเหมือนกัน ทำให้เมล็ดธัญญพืชที่ได้จากระบบการป้อนเมล็ดข้าวไม่ตกซ้อนทับเมล็ดที่อยู่บนทางลำเลียงก่อนหน้านี้ การควบคุมให้เมล็ดธัญญพืชเคลื่อนที่สามารถทำได้สองวิธีคือ การให้เมล็ดธัญญพืชเคลื่อนที่ไปพร้อมกับการเคลื่อนที่ของทางลำเลียง หรือการทำให้เมล็ดธัญญพืชเคลื่อนที่ในขณะที่ทางลำเลียงอยู่กับที่ ซึ่งจากการทดสอบพบว่าการทำให้ทางลำเลียงเมล็ดอยู่กับที่แล้วให้เมล็ดเคลื่อนที่เป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกกว่าการทำให้ทั้งเมล็ดและทางลำเลียงเคลื่อนที่ไปพร้อมกัน

การควบคุมการเคลื่อนที่ของเมล็ดธัญญพืชที่ได้เรียงตัวกันนั้นสามารถทำได้โดยใช้หลักการสั่นสะเทือนของทางลำเลียงที่ลาดเอียง โดยมีมุมที่เพียงพอจะทำให้เมล็ดธัญญพืชเคลื่อนที่ได้อย่างช้าๆ ครั้งละ 1 เมล็ด โดยไม่มีการซ้อนทับกัน ทั้งนี้จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่สามารถการปรับตั้งความแรงของการสั่นสะเทือนให้เร็วหรือช้าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 ทางลำเลียงรูปตัววี (V) เพื่อเรียงเมล็ดธัญพืช

3.2 ส่วนประกอบของเครื่องนับเมล็ดข้าว

เครื่องนับเมล็ดข้าวประกอบไปด้วยส่วนสำคัญทั้งสิ้น 5 ส่วนด้วยกัน ซึ่งคือ 1) ถาดป้อนเมล็ด 2) ถาดเรียงเมล็ด 3) อุปกรณ์นับ 4) ถาดรองรับ และ 5) อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องนับเมล็ดธัญพืช ซึ่งรายละเอียดแสดงดังต่อไปนี้

3.2.1 ถาดป้อนเมล็ด

ถาดป้อนเมล็ดประกอบไปด้วยถาดโลหะขนาด 15×15 เซนติเมตร มีด้านหนึ่งทำการเจาะรูเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าสำหรับให้เมล็ดข้าวตกลง โดยมีขนาดของรูเท่ากับ 0.5×0.5 เซนติเมตร และทำมุมเอียงโดยให้ด้านที่ทำการเจาะรูอยู่ต่ำกว่าเพื่อให้เมล็ดข้าวเคลื่อนที่ผ่านช่องที่กำหนดไปยังถาดเรียงเมล็ด นอกจากที่ถาดป้อนเมล็ดต้องสามารถที่จะลำเลียงเมล็ดข้าวให้เคลื่อนลงไปที่รางลำเลียงแล้ว ถาดป้อนเมล็ดต้องสามารถบรรจุจำนวนเมล็ดได้พอเหมาะ เพื่อเกิดการขาดตอนของการนับ และถาดป้อนเมล็ดต้องมีอัตราการไหลของเมล็ดข้าวที่สม่ำเสมอ และไหลอย่างไม่ติดขัด

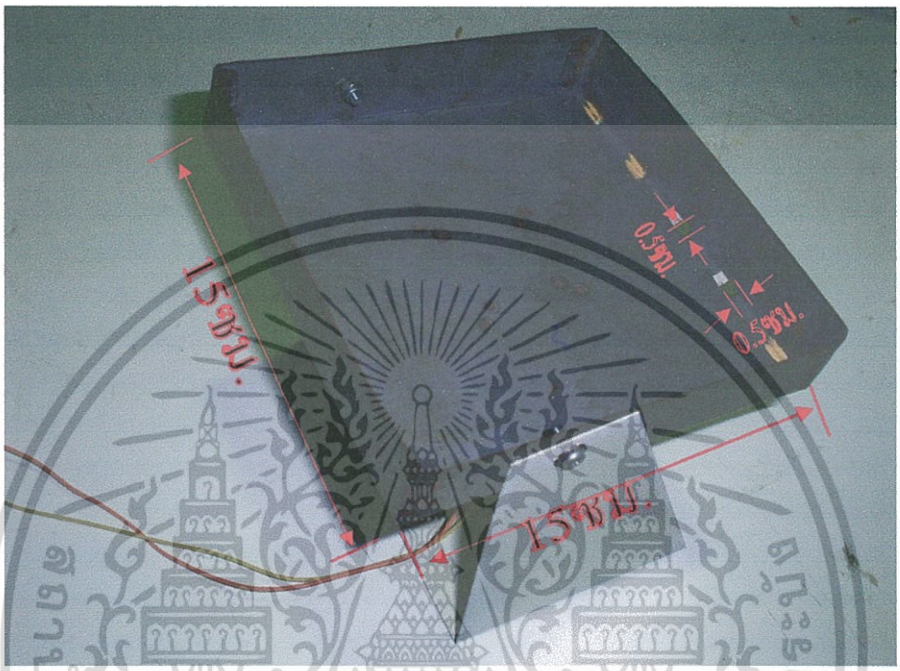
ถาดป้อนเมล็ดจะมีการติดตั้งอุปกรณ์ทำให้เกิดการเขย่าของถาด(มอเตอร์เยื้องศูนย์) ไว้ด้านล่างของตัวถาด

3.2.2 รางเรียงเมล็ด

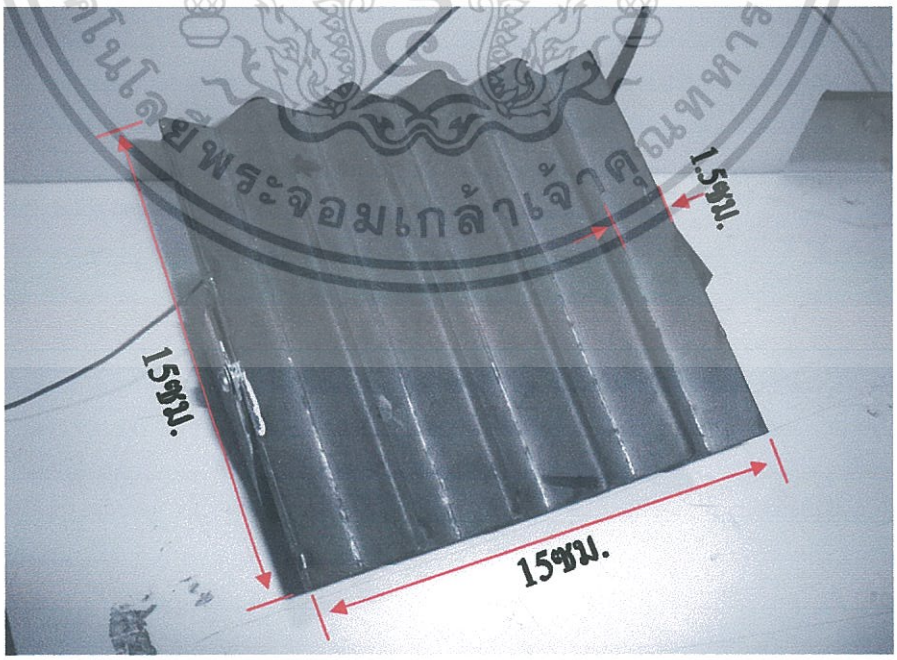
แนวทางการออกแบบรางลำเลียงเมล็ด เนื่องจากเมล็ดข้าวเป็นวัสดุปริมาณมวล เป็นวัสดุที่เป็นก้อนหรือเมล็ด ที่อยู่รวมตัวกันเป็นปริมาณมากๆ จึงกำหนดรางลำเลียงเป็นลักษณะตัววีมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อที่จะบังคับการเคลื่อนที่ของเมล็ดข้าวเรียงตัวกันตามความยาว โดยที่รางลำเลียงทำมุมเอียงต่ำลง 20 องศา และมีการติดตั้งมอเตอร์เยื้องศูนย์ไว้ด้านล่างของรางลำเลียงเพื่อช่วยในการลำเลียงไม่เกิดการติดขัดของเมล็ดข้าว โดยถาดเรียงนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เมล็ดข้าวเรียงตัวในการเคลื่อนที่ในลักษณะทีละเมล็ดไปที่ช่องตัวนับ



ภาพที่ 3.2 ถาดป้อนเมล็ด



ภาพที่ 3.3 รางเรียงเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 อุปกรณ์นับ

อุปกรณ์นับเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอันดับต้นๆของเครื่องนับเมล็ด ภาพที่3.4 เนื่องจากจะต้องมีความเม่นยำและมีความสม่ำเสมอในการนับ ดังนั้นจึงทำให้อุปกรณ์นับที่ได้ออกเป็นเป็น 2 ราง โดยแต่ละรางประกอบไปด้วยเซนเซอร์ก้ามปูจำนวน 2 ชุด เพื่อใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของการนับ โดยเมื่อเมล็ดถูกเรียงครั้งละ 1 เมล็ดโดยรางเรียงเมล็ดแล้วนั้น เมื่อเมล็ดเคลื่อนที่ผ่านขอบของรางเรียงเมล็ด จะเข้าสู่อุปกรณ์นับทันที ดังแสดงในภาพที่ 3.5 ถัดจากนั้นเมล็ดจะเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์เพื่อทำการส่งสัญญานไปยังอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน

ภาพที่ 3.4 อุปกรณ์นับ

ภาพที่ 3.6 การเชื่อมต่อระหว่างรางเรียงเมล็ดกับ อุปกรณ์นับ

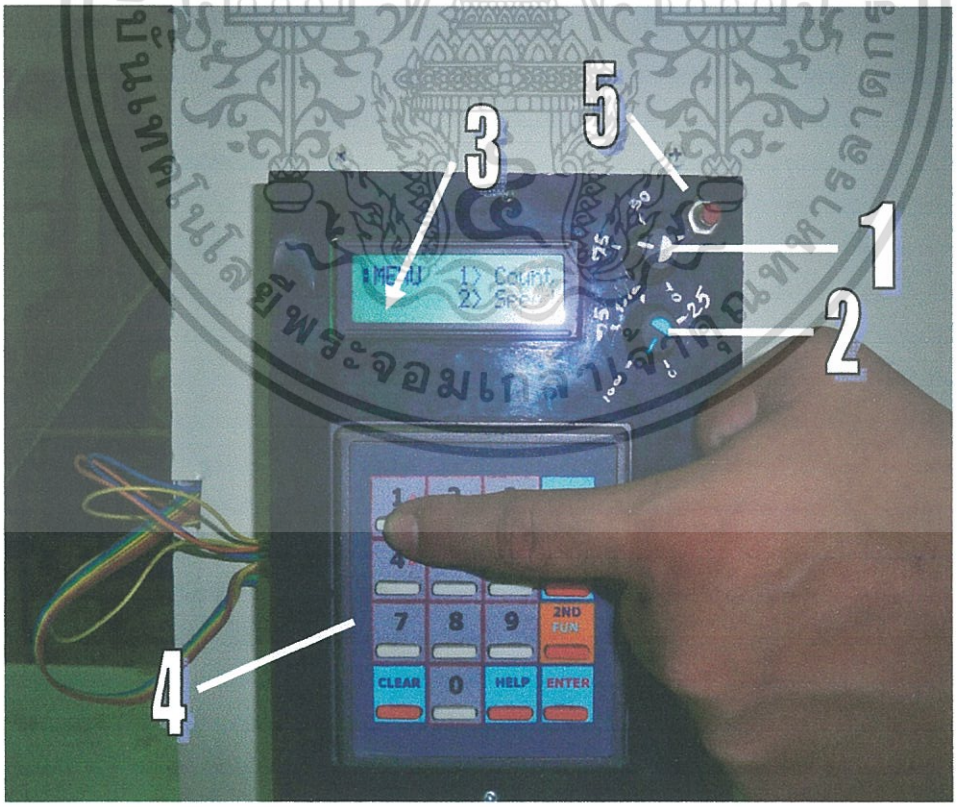
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 ถาดรองรับ

เมื่อเมล็ดข้าวผ่านการนับแล้วจะตกลงสู่ถาดรองรับด้านล่างถัดจากอุปกรณ์นับเมล็ด เพื่อนำเมล็ดที่ผ่านการนับไปวัดค่าต่างๆในขบวนการต่อๆไปได้

3.2.5 อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องนับเมล็ดธัญพืช

อุปกรณ์นี้ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องนับเมล็ดธัญพืช ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมระบบทั้งหมด โดยการเขียนวงจรควบคุมการนับค่าจากแป้นรับข้อมูลส่งไปยังเซนเซอร์เพื่อนับ เมื่อครบตามข้อมูลที่ป้อนจะหยุดการทำงานทั้งระบบ หากต้องการให้ระบบทำงานอีกครั้งป้อนข้อมูลไปยังแป้นรับข้อมูล ระบบก็จะทำงานเช่นเดิม โดยมีหน้าที่ในการควบคุม 2 ส่วน คือ 1) ควบคุมจำนวนและการนับเมล็ดธัญพืช และ 2) ควบคุมความเร็วมอเตอร์สั่น เพื่อกำหนดปริมาณการไหลของเมล็ดธัญพืช โดยมีอุปกรณ์หลักจำนวน 5 ชนิดบนอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องนับเมล็ดธัญพืช คือ 1) สวิทซ์ปรับการสั่นของถาดป้อนเมล็ดข้าว2) สวิทซ์ปรับการสั่นของรางเรียงเมล็ด 3) หน้าจอ LCD แสดงผล 4) แป้นพิมพ์สำหรับป้อนคำสั่ง และ 5) ปุ่มตั้งค่าใหม่ (reset)

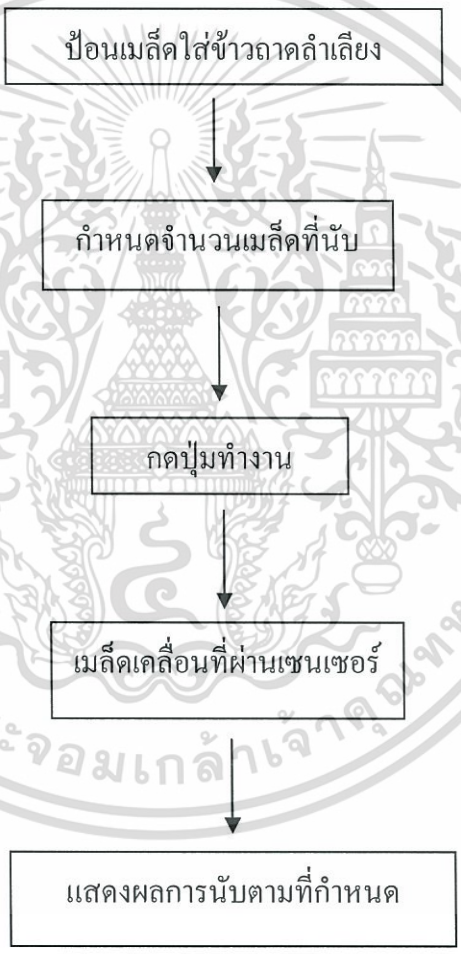


ภาพที่ 3.7 ระบบตัวควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 หลักการทำงานเครื่องนับเมล็ด

ป้อนเมล็ดข้าวใส่ถาดป้อน แล้วกำหนดจำนวนในการนับเมล็ดที่ตัวป้อนคำสั่ง กดปุ่มenter เพื่อเริ่มทำงาน เมล็ดข้าวจะค่อยๆเคลื่อนที่จากถาดป้อนเมล็ดไปรางลำเลียง และจากรางลำเลียงไปที่ที่ช่องนับเมล็ดข้าวตามลำดับ เมล็ดข้าวมีการเคลื่อนที่เนื่องมอเตอร์สั่นที่ติดไว้ที่ถาดป้อนเมล็ดและรางลำเลียง ที่ตัวนับจะมีเซ็นเซอร์ก้ามปู 2 ตัว เมล็ดข้าวไหลผ่านเซนเซอร์ เซนเซอร์จะทำการอ่านค่าให้ครบจำนวนที่ได้กำหนดไว้ เมื่อเมล็ดข้าวไหลผ่านเซนเซอร์ตามที่จำนวนที่กำหนดในขั้นต้นแล้ว ตัวควบคุมจะไปสั่งให้มอเตอร์หยุดทำงาน แต่เซนเซอร์ยังไม่หยุดนับจนกว่ามอเตอร์สั่นจะหยุดทำงานสนิท ค่าที่ได้จากการเซนเซอร์จะแสดงผลที่หน้าจอแสดงผล



ภาพที่ 3.8 แผนผังแสดงการทำงานเครื่องนับเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 วิธีการทดสอบและผลการทดสอบ

4.1. การทดสอบมุมเอียงของถาดตัวป้อนและช่องเมล็ดข้าวผ่าน

4.1.1 จุดประสงค์ เพื่อทดสอบหามุมเอียงที่เมล็ดข้าวสามารถไหลได้อย่างอิสระของถาดตัวป้อนและหาขนาดช่องไหลที่เหมาะสมเมล็ดข้าวสามารถไหลผ่านได้อย่างสม่ำเสมอ และไม่เกิดการทับซ้อนในการเรียงตัวของเมล็ดข้าว

4.1.2 วัสดุและอุปกรณ์

1. ถาดตัวป้อนเมล็ดข้าว
2. เมล็ดข้าว

4.1.3 วิธีการทดสอบ

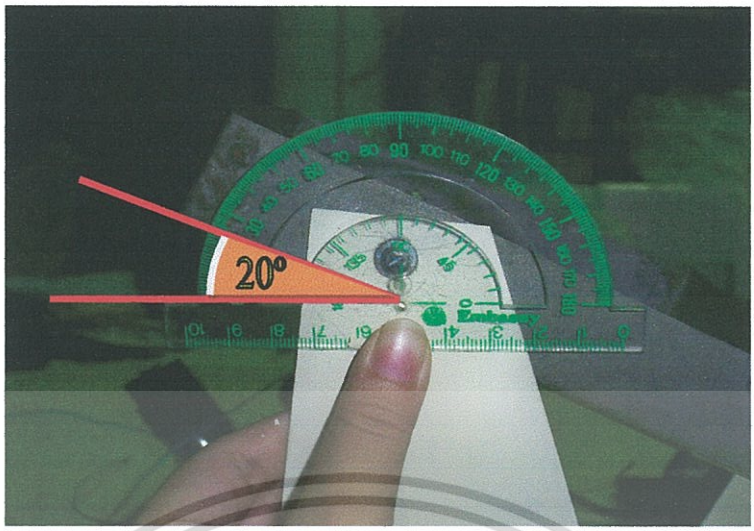
1. วางเมล็ดข้าวลงบนถาดป้อน
2. ค่อยๆ เอียงถาดป้อนเมล็ดข้าวเรื่อยๆ จนกว่าเมล็ดข้าวจะไหลลงอิสระ
3. บันทึกค่ามุมเอียงเมื่อเมล็ดข้าวไหลอย่างอิสระ
4. เจาะรูถาดป้อนโดยให้เมล็ดข้าวสามารถผ่านรูที่มีขนาด 0.5x1 เซนติเมตร และ 0.5x0.5 เซนติเมตร โดยใช้มุมเอียงที่เมล็ดข้าวไหลอิสระ
5. สังเกตการไหลของเมล็ดข้าวที่ไหลจากรูขนาด 0.5x1 เซนติเมตร และ 0.5x0.5 เซนติเมตร

4.1.4 ผลการทดสอบ

จากการทดสอบโดยใช้เมล็ดข้าววางบนถาดตัวป้อนแล้วค่อยๆปรับองศาให้เมล็ดไหลอิสระ พบว่าเมล็ดข้าวสามารถไหลเริ่มไหลได้อย่างอิสระที่มุม 15 องศาเมล็ดข้าวสามารถไหลได้อย่างอิสระจนเกือบหมด และที่มุม 20 องศา สามารถไหลได้อย่างอิสระจนหมด

ผลการทดลองเจาะรูพบว่ารูขนาด 0.5x1 cm. เมล็ดข้าวสามารถไหลผ่านรูเป็นจำนวนมาก จนทำให้เมล็ดข้าวทับซ้อนในรางลำเลียงเป็นจำนวนมาก จึงทำการลดขนาดลงให้เหลือขนาด 0.5x0.5 cm. ทำให้เมล็ดข้าวผ่านรูในปริมาณที่น้อยพอเหมาะไม่เกิดการทับซ้อนในรางลำเลียงได้ตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 การปรับมุมการไหลของเมล็ดข้าว

4.2 หามุมเอียงที่เมล็ดข้าวสามารถตกได้อย่างอิสระของรางลำเลียง

4.2.1 จุดประสงค์ เพื่อทดสอบหามุมเอียงที่เมล็ดข้าวสามารถไหลได้อย่างอิสระของรางลำเลียง

4.2.2 วัสดุและอุปกรณ์

1. รางลำเลียง
2. เมล็ดข้าว

4.2.3 วิธีการทดสอบ

1.รางลำเลียงเปิดรูปตัววี

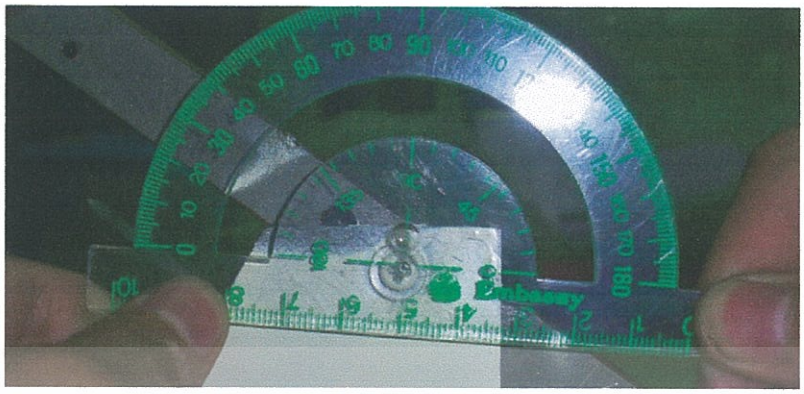
2.วางเมล็ดข้าวลงบนรางลำเลียงและหามุมเอียงที่เมล็ดสามารถไหลได้อย่างอิสระ

3.บันทึกค่ามุมเอียงเมื่อเมล็ดข้าวเริ่มไหลอย่างอิสระ

4.2.4 ผลการทดสอบ

จากการทดสอบโดยใช้เมล็ดข้าววางบนรางลำเลียงที่องศาต่างๆพบว่า ที่มุม 20 องศา เมล็ดข้าวสามารถไหลได้อย่างอิสระทั้งหมดโดยที่เมล็ดข้าวจะค่อยๆไหลลงมาตามรางลำเลียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 หามุมเอียงของรางเรียงเมล็ดที่ทำให้เมล็ดข้าวไหลอย่างอิสระ

4.3 การทดลองความแม่นยำเครื่องนับเมล็ดข้าว

4.3.1 จุดประสงค์ เพื่อทดสอบหาความแม่นยำของเครื่องนับเมล็ดข้าว

4.3.2 วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องนับเมล็ดข้าว
2. เมล็ดข้าว

4.3.3 วิธีการทดสอบ

1. นำเมล็ดข้าวใส่ที่ถาดป้อนเมล็ด
2. ตั้งค่าที่ตั้งค่าตัวคอนโทลเลอร์ให้นับที่ 10 เมล็ด
3. จับเวลาในการนับเมล็ดข้าว
4. นับจำนวนเมล็ดที่ออกมาจากช่องตัวนับ
5. บันทึกเวลาในการนับเมล็ด จำนวนเมล็ดที่นับได้จริงหลังออกจากช่องเซนเซอร์และจำนวนเมล็ดเครื่องนับเมล็ดนับได้ที่หน้าจอแสดงผล
6. ทำตามขั้นตอนที่ 2 – 5 ซ้ำเป็นจำนวน 25 ครั้ง
7. ทำตามขั้นตอนการทดลองที่ 3-6 โดยเปลี่ยนให้เครื่องนับเมล็ดนับที่จำนวน 30, 50, 90, 300, 900 และ1200 เมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 ผลการทดสอบ

จากการทดลองพบว่า ตั้งค่าให้เครื่องนับเมล็ดข้าวที่จำนวน 10 เมล็ด ใช้เวลาเฉลี่ย 4.8 วินาที จำนวนเมล็ดเฉลี่ยที่นับได้จริงหลังออกจากช่องเซนเซอร์ 10.32 เมล็ด จำนวนเมล็ดเฉลี่ยเครื่องนับเมล็ดนับได้ที่หน้าจอแสดงผล 10.36 เมล็ด มีค่าความแม่นยำ 99.64 %

ตั้งค่าเครื่องนับเมล็ดข้าวให้นับที่ 30 เมล็ด ใช้เวลาเฉลี่ย 22.2 วินาที จำนวนเมล็ดเฉลี่ยที่นับได้จริงหลังออกจากช่องเซนเซอร์ 30.60 เมล็ด จำนวนเมล็ดเฉลี่ยเครื่องนับเมล็ดนับได้ที่หน้าจอแสดงผล 30.92 เมล็ด มีค่าความแม่นยำ 98.95 %

เครื่องนับเมล็ดข้าวนับที่ 50 เมล็ด ใช้เวลาเฉลี่ย 34.8 วินาที จำนวนเมล็ดเฉลี่ยที่นับได้จริงหลังออกจากช่องเซนเซอร์ 50.64 เมล็ด จำนวนเมล็ดเฉลี่ยเครื่องนับเมล็ดนับได้ที่หน้าจอแสดงผล 50.84 เมล็ด มีค่าความแม่นยำ 99.60 %

เครื่องนับเมล็ดข้าวนับที่ 90 เมล็ด ใช้เวลาเฉลี่ย 45 วินาที จำนวนเมล็ดเฉลี่ยที่นับได้จริงหลังออกจากช่องเซนเซอร์ 92.24 เมล็ด จำนวนเมล็ดเฉลี่ยเครื่องนับเมล็ดนับได้ที่หน้าจอแสดงผล 91.60 เมล็ด มีค่าความแม่นยำ 99.30 %

เครื่องนับเมล็ดข้าวนับที่ 300 เมล็ด ใช้เวลาเฉลี่ย 120 วินาที จำนวนเมล็ดเฉลี่ยที่นับได้จริงหลังออกจากช่องเซนเซอร์ 308.48 เมล็ด จำนวนเมล็ดเฉลี่ยเครื่องนับเมล็ดนับได้ที่หน้าจอแสดงผล 301.64 เมล็ด มีค่าความแม่นยำ 97.78 %

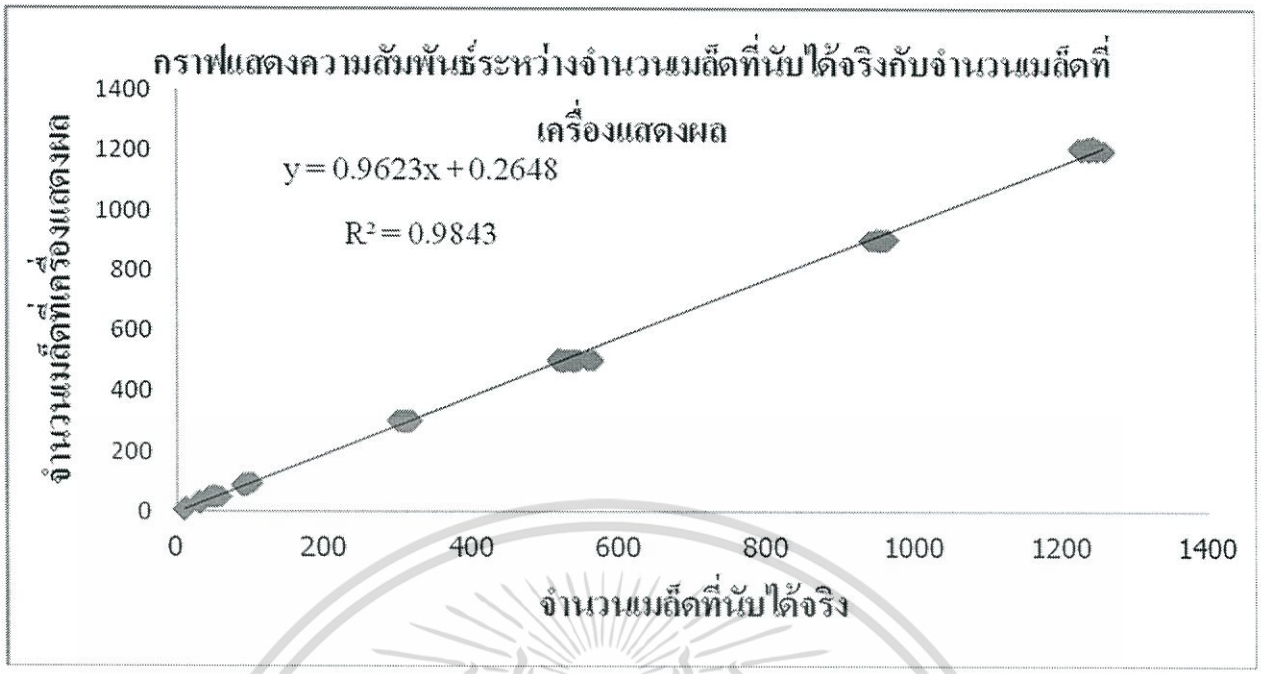
เครื่องนับเมล็ดข้าวนับที่ 500 เมล็ด ใช้เวลาเฉลี่ย 225.6 วินาที จำนวนเมล็ดเฉลี่ยที่นับได้จริงหลังออกจากช่องเซนเซอร์ 531.24 เมล็ด จำนวนเมล็ดเฉลี่ยเครื่องนับเมล็ดนับได้ที่หน้าจอแสดงผล 502.12 เมล็ด มีค่าความแม่นยำ 94.52 %

เครื่องนับเมล็ดข้าวนับที่ 900 เมล็ด ใช้เวลาเฉลี่ย 306.6 วินาที จำนวนเมล็ดเฉลี่ยที่นับได้จริงหลังออกจากช่องเซนเซอร์ 953.04 เมล็ด จำนวนเมล็ดเฉลี่ยเครื่องนับเมล็ดนับได้ที่หน้าจอแสดงผล 902.12 เมล็ด มีค่าความแม่นยำ 94.66 %

เครื่องนับเมล็ดข้าวนับที่ 1200 เมล็ด ใช้เวลาเฉลี่ย 333.6 วินาที จำนวนเมล็ดเฉลี่ยที่นับได้จริงหลังออกจากช่องเซนเซอร์ 1238.60 เมล็ด จำนวนเมล็ดเฉลี่ยเครื่องนับเมล็ดนับได้ที่หน้าจอแสดงผล 1206.88 เมล็ด มีค่าความแม่นยำ 97.44 %

และจากการนำข้อมูลทั้งหมดของจำนวนที่นับได้จริงหลังออกจากช่องเซ็นเซอร์ และจำนวนเมล็ดที่เครื่องนับแสดงผล โดยให้แกน X เป็นจำนวนเมล็ดที่เครื่องนับแสดงผล และแกน Y เป็นจำนวนที่นับได้จริง ไปพล็อตกราฟเส้นตรง เพื่อที่จะหาความแม่นยำในการนับเมล็ดข้าวของเครื่อง จากการพล็อตกราฟพบว่า เครื่องนับเมล็ดมีความแม่นยำในการนับเมล็ด 96.23% ซึ่งถ้าค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าเครื่องทำงานได้แม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 ความแม่นยำในการนับของเครื่องนับเมล็ดธัญพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

จากการทดลองและได้ทำการสร้างเครื่องนับเมล็ดจากที่ได้กล่าวมาแล้ว ข้อสรุปของเครื่องนับเมล็ดสามารถใช้งานได้จริงและมีประสิทธิภาพในการนับเมล็ดเป็นที่น่าพอใจ เป็นดังนี้คือ ใช้ถาดป้อนมีขนาด 15x15 เซนติเมตร เจาะรูจำนวน2 รูมีขนาด 0.2x0.6 เซนติเมตร อยู่บริเวณขอบด้านล่างของถาดป้อนมุมเอียงที่ 20 องศา รางลำเลียงมีขนาดยาว 15 เซนติเมตร ความกว้างในแต่ละช่อง 2.8 เซนติเมตร มีจำนวนรางที่ใช้ในการลำเลียง 2 ราง มุมเอียงที่ 20 องศา ใช้เซนเซอร์ชนิดก้ามปูเป็นตัวนับเมล็ดข้าว และจากการทดลองเครื่องนับเมล็ดข้าวพบว่า เครื่องนับเมล็ดมีค่าความแม่นยำในการนับที่เชื่อถือที่ระดับ 96.23 % ทั้งนี้การที่เมื่อมีการนับเมล็ดจำนวนมากขึ้นนั้นส่งผลให้มีการกระโดดข้าม (หรือซ้อนทับกันของเมล็ด)มากขึ้น จึงทำให้มีเมล็ดบางส่วนที่ตกลงสู่ถาดรองรับโดยไม่ได้ผ่านการนับ ดังนั้นเพื่อให้ความแม่นยำที่มากขึ้นของข้อมูลควรทำการนับเมล็ดข้าวครั้งละ 100-200 เมล็ดเพื่อรักษาระดับความแม่นยำให้อยู่ในระดับ 99%

5.2 ข้อเสนอแนะ

ปัญหาที่เกิดจากการใช้เครื่องนับเมล็ดคือ ในบางครั้งเมล็ดเคลื่อนซ้อนทับกันในรางลำเลียงทำให้ไปอุดตันที่ปากช่องตัวนับ ดั้งนั้นเพื่อให้ไม่เกิดการเคลื่อนซ้อนทับของเมล็ดข้าวจึงควรปรับกระแสมอเตอร์ให้มากยิ่งขึ้น

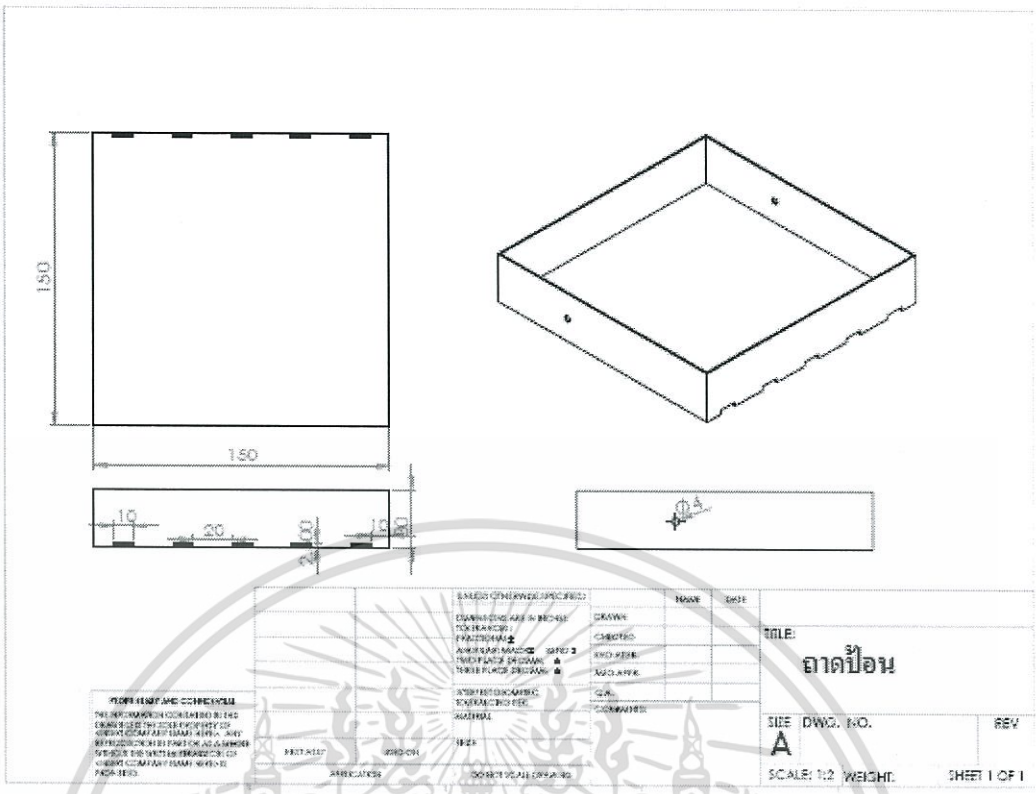
ซึ่งจะทำให้เมล็ดข้าวเคลื่อนที่ได้เร็ว ความเร็วในการไหลที่รางลำเลียงในระดับที่มากเกินไปทำให้เมล็ดข้าวเกิดการกระโดดข้ามตัวนับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

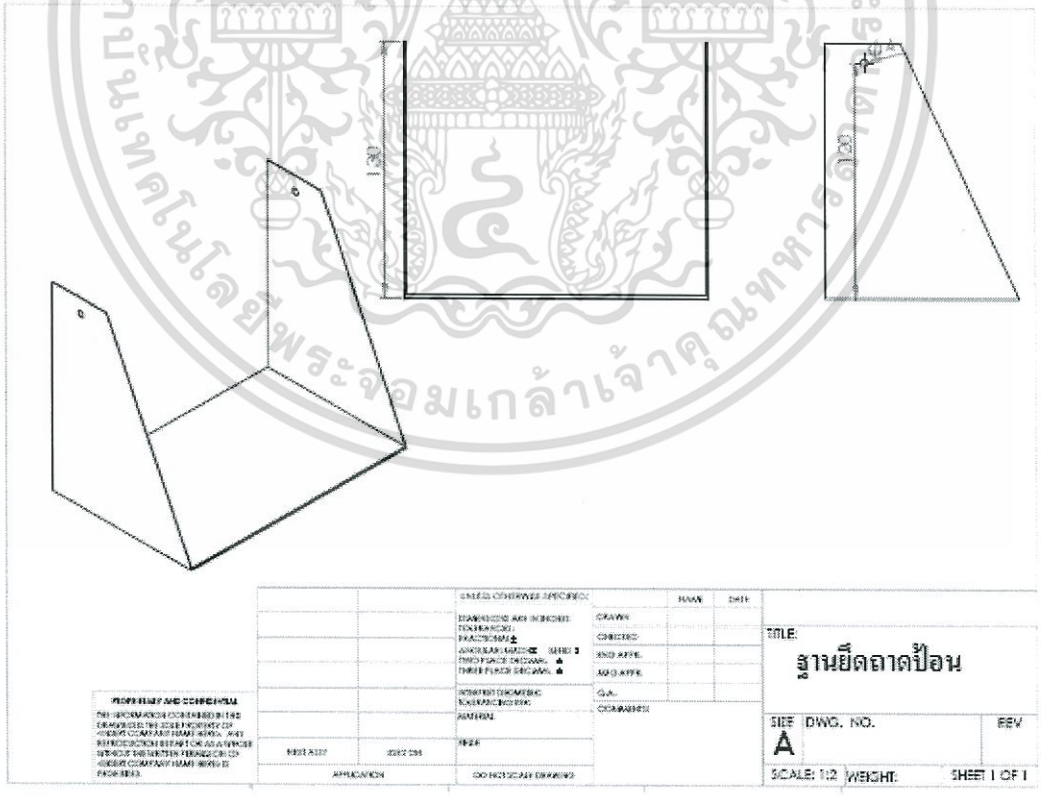
ภาคผนวก ก

การออกแบบอุปกรณ์เครื่องนับเมล็ดข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

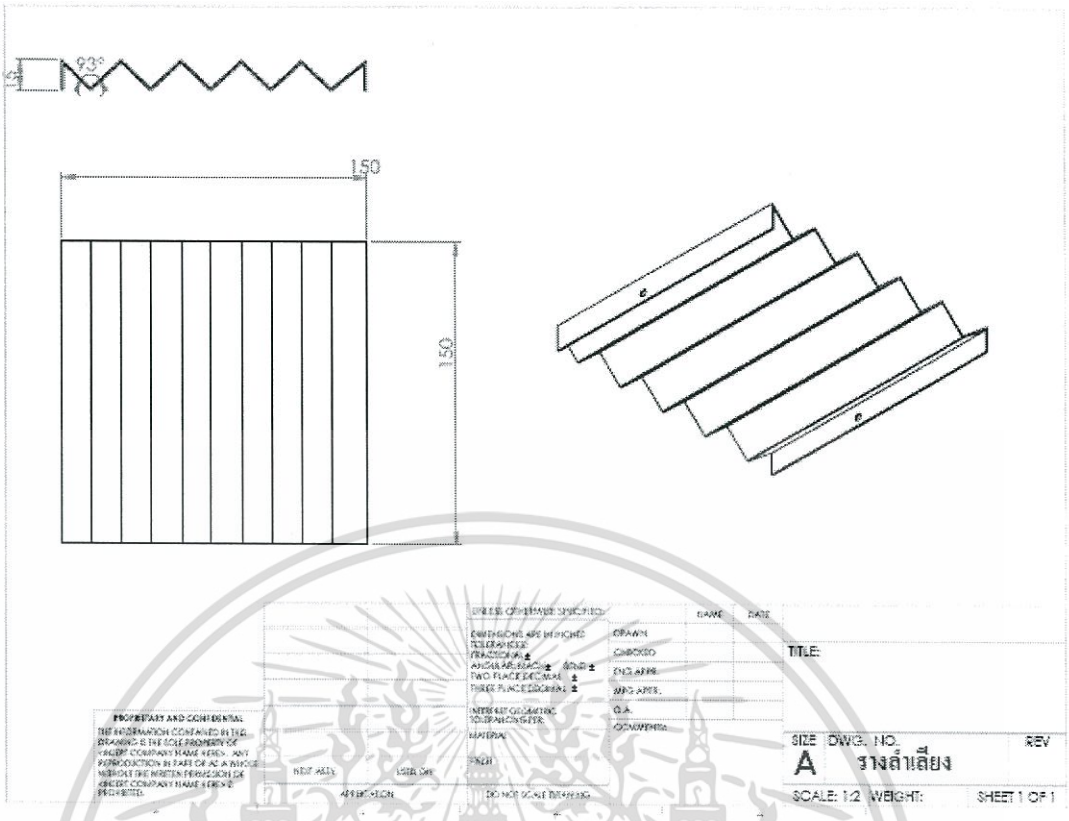


ภาพที่ ก.1 แบบถาดป้อน

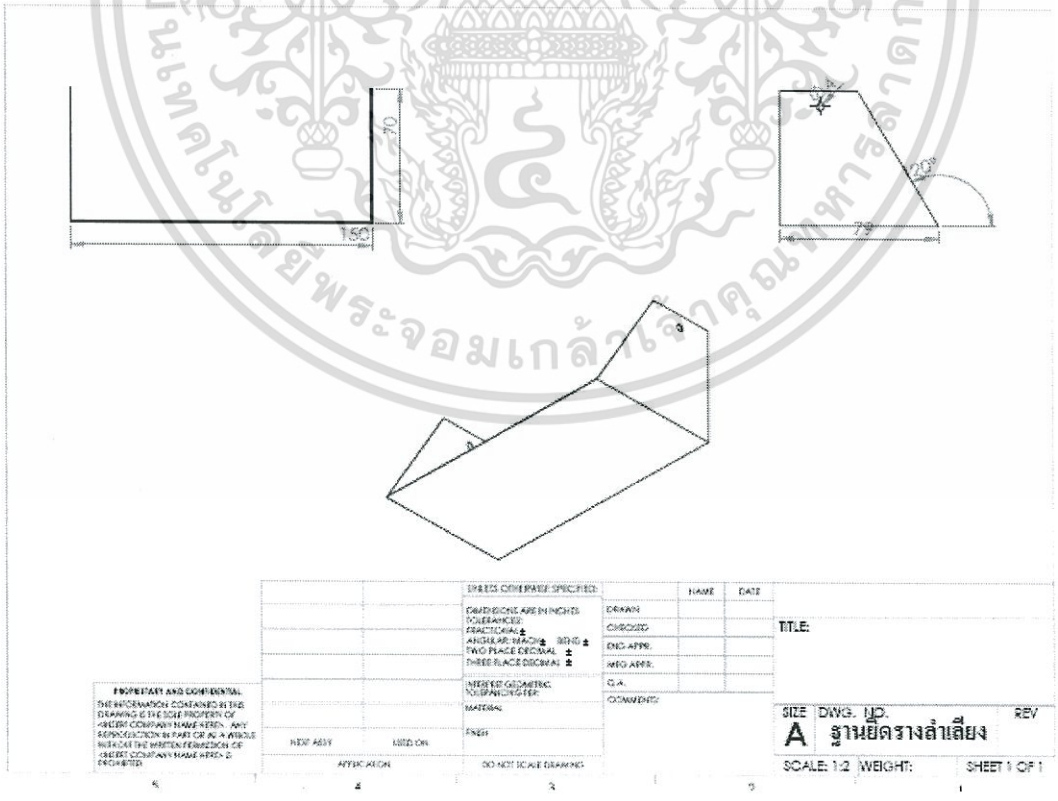


ภาพที่ ก.2 แบบฐานยึดถาดป้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

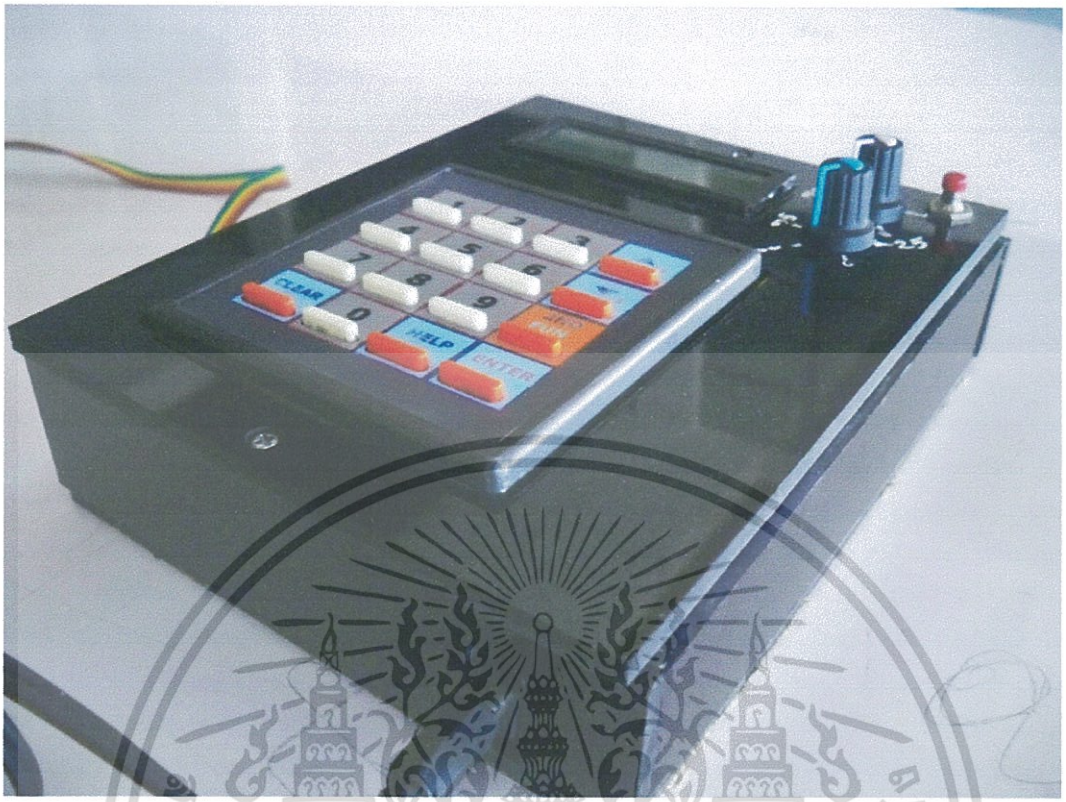


ภาพที่ ก.3 แบบรางลำเลียง

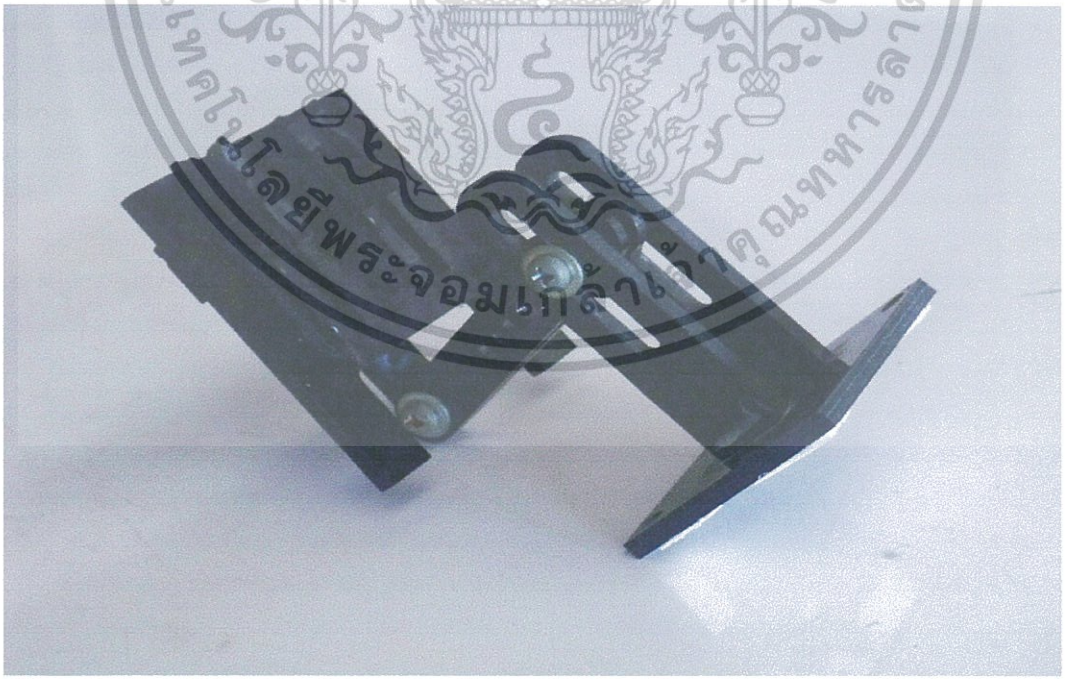


ภาพที่ ก.4 แบบฐานยึดรางลำเลียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

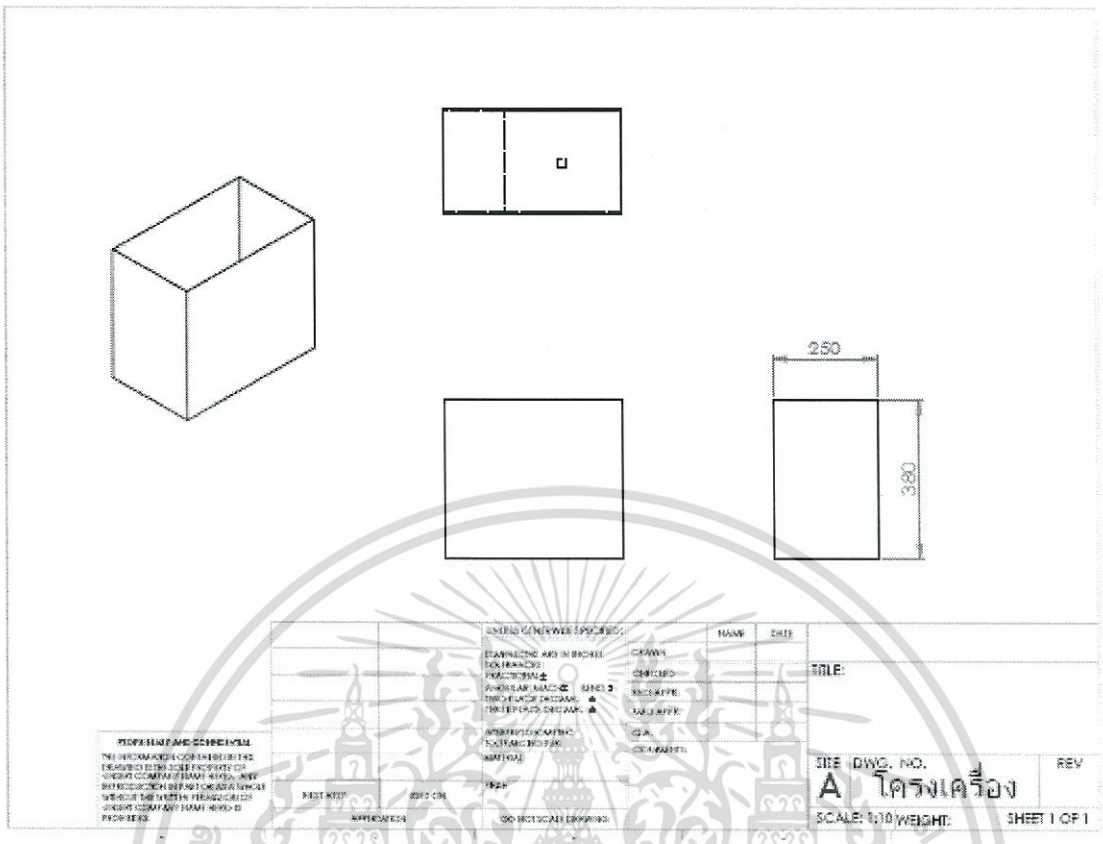


ภาพที่ ก.5 ระบบควบคุม



รูภาพที่ ก.6 ตัวนับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.7 แบบโครงเครื่องนับเมล็ด

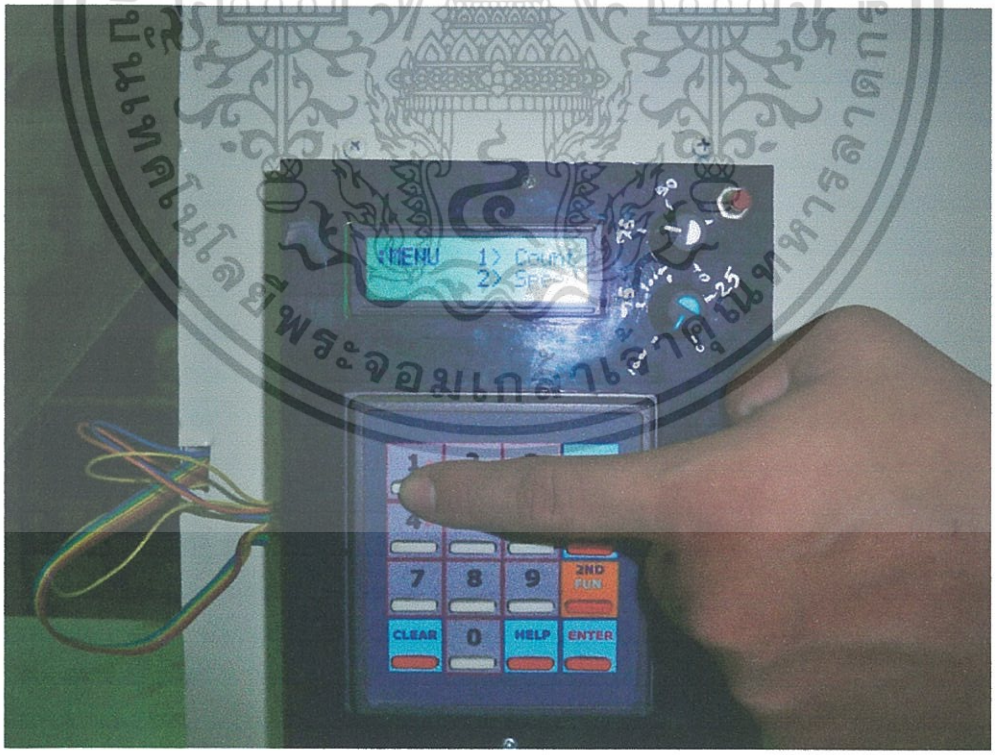
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วิธีการใช้เครื่องนับเมล็ดข้าว

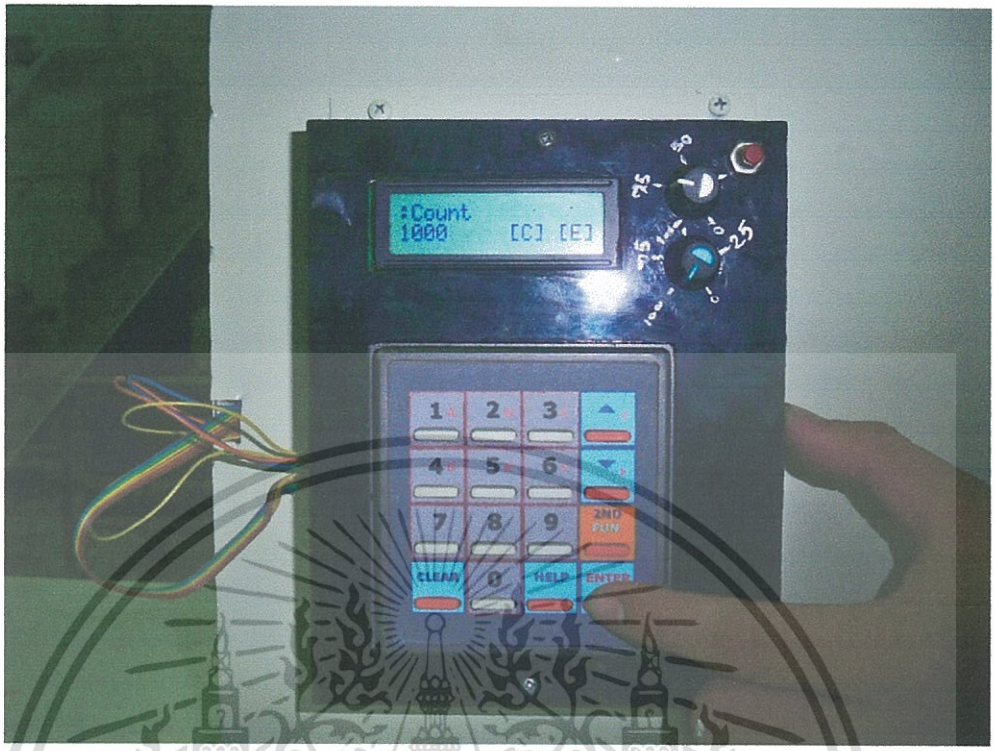
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ข.1. เสียบปลั๊กไฟเครื่องนับเมล็ดข้าว



ภาพที่ ข.2. กดเลข1 เพื่อตั้งค่ากำหนดจำนวนเมล็ดข้าวที่ต้องการนับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.3. กดจำนวนที่ต้องการให้นับเมล็ดข้าว แล้วกดปุ่ม ENTER

ภาพที่ ข.4. กดปุ่ม ENTER อีกครั้ง เพื่อเริ่มทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ข.5. เครื่องจะแสดงผลทำงานนับเมล็ดข้าว หลังจากนับเมล็ดจนครบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ค่าความแม่นยำของเครื่องนับเมล็ดที่ 10 เมล็ด

ค่าความแม่นยำที่ 10 เมล็ด			
ครั้งที่	จำนวนจริง(เมล็ด)	ค่าที่แสดงผล(เมล็ด)	เวลา(นาที)
1	10	10	0.05
2	10	10	0.05
3	11	11	0.04
4	12	11	0.04
5	10	10	0.05
6	10	10	0.11
7	10	10	0.12
8	10	10	0.11
9	10	10	0.08
10	10	10	0.10
11	10	11	0.07
12	10	10	0.06
13	10	10	0.11
14	10	10	0.13
15	10	10	0.06
16	10	10	0.05
17	10	10	0.05
18	11	11	0.09
19	11	11	0.10
20	10	10	0.09
21	11	11	0.09
22	11	11	0.12
23	11	11	0.14
24	10	11	0.09
25	10	10	0.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 ค่าความแม่นยำของเครื่องนับเมล็ดที่ 30 เมล็ด

ค่าความแม่นยำที่ 30 เมล็ด			
ครั้งที่	จำนวนจริง(เมล็ด)	ค่าที่แสดงผล(เมล็ด)	เวลา(นาที)
1	31	31	0.47
2	30	30	0.36
3	30	30	0.20
4	32	30	0.23
5	30	36	0.37
6	30	30	0.40
7	31	30	0.38
8	31	36	0.26
9	30	31	0.28
10	31	31	0.36
11	31	31	0.42
12	30	30	0.31
13	30	30	0.37
14	30	30	0.47
15	30	30	0.49
16	30	31	0.37
17	31	31	0.35
18	32	32	0.46
19	31	30	0.32
20	30	30	0.41
21	31	31	0.37
22	31	31	0.32
23	31	31	0.39
24	30	30	0.49
25	31	30	0.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 ค่าความแม่นยำของเครื่องนับเมล็ดที่ 50 เมล็ด

นับ50 เมล็ด			
ครั้งที่	จำนวนจริง(เมล็ด)	จำนวนที่เครื่องนับ(เมล็ด)	เวลา(วินาที)
1	45	50	40.6
2	60	51	50.7
3	55	52	30.8
4	50	50	90.0
5	52	53	63.8
6	50	51	14.5
7	45	50	14.9
8	50	55	26.0
9	45	51	20.3
10	50	50	39.6
11	53	50	40.5
12	48	50	15.6
13	50	50	40.6
14	50	50	30.7
15	55	52	20.6
16	51	52	18.0
17	53	51	53.1
18	51	52	40.5
19	46	50	37.9
20	54	50	20.6
21	52	50	25.7
22	50	50	29.5
23	50	51	37.4
24	50	50	29.5
25	51	50	39.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4 ค่าความแม่นยำของเครื่องนับเมล็ดที่ 90 เมล็ด

นับ90 เมล็ด			
ครั้งที่	จำนวนจริง(เมล็ด)	จำนวนที่เครื่องนับ(เมล็ด)	เวลา(วินาที)
1	88	90	18.3
2	93	90	82.3
3	90	90	67.5
4	91	90	64.8
5	89	90	97.3
6	95	90	46.8
7	91	91	90.0
8	92	90	85.2
9	102	98	49.0
10	92	92	39.6
11	94	90	40.5
12	93	90	15.6
13	92	92	40.6
14	92	93	30.7
15	95	92	20.6
16	89	92	18.0
17	93	90	53.1
18	90	90	40.5
19	95	94	37.9
20	90	93	20.6
21	93	91	25.7
22	92	92	29.5
23	90	90	37.4
24	88	94	29.5
25	97	96	39.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5 ค่าความแม่นยำของเครื่องนับเมล็ดที่ 300 เมล็ด

ค่าความแม่นยำที่ 300 เมล็ด			
ครั้งที่	จำนวนจริง(เมล็ด)	ค่าที่แสดงผล(เมล็ด)	เวลา(นาที)
1	308	305	1.50
2	306	301	2.10
3	314	302	1.30
4	308	301	2.20
5	308	301	1.15
6	304	301	1.10
7	312	302	1.20
8	311	300	1.50
9	305	300	2.45
10	309	301	2.58
11	316	303	2.40
12	310	302	2.30
13	318	302	2.20
14	305	300	2.30
15	306	301	2.00
16	308	302	1.54
17	316	301	1.45
18	298	300	2.57
19	305	300	2.58
20	311	304	2.54
21	312	301	1.58
22	302	302	2.43
23	299	304	2.06
24	306	300	2.54
25	315	305	2.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.6 ค่าความแม่นยำของเครื่องนับเมล็ดที่ 500 เมล็ด

ค่าความแม่นยำที่ 500 เมล็ด			
ครั้งที่	จำนวนจริง(เมล็ด)	ค่าที่แสดงผล(เมล็ด)	เวลา(นาที)
1	527	503	4.03
2	534	501	2.43
3	544	502	2.56
4	565	503	3.47
5	540	503	4.02
6	546	503	3.50
7	530	502	4.01
8	538	503	3.48
9	540	500	4.07
10	522	503	3.57
11	539	503	3.58
12	527	502	4.07
13	536	500	4.01
14	522	500	3.45
15	516	502	3.57
16	517	503	4.21
17	518	506	4.01
18	521	503	3.55
19	539	502	3.47
20	558	503	4.05
21	525	500	4.21
22	527	502	4.26
23	518	501	4.34
24	519	503	4.03
25	520	500	4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.7 ค่าความแม่นยำของเครื่องนับเมล็ดที่ 900 เมล็ด

ค่าความแม่นยำที่ 900 เมล็ด			
ครั้งที่	จำนวนจริง(เมล็ด)	ค่าที่แสดงผล(เมล็ด)	เวลา(นาที)
1	950	901	5.10
2	964	903	5.40
3	955	904	5.52
4	949	904	5.50
5	963	902	5.33
6	948	902	5.47
7	957	901	5.43
8	938	902	5.36
9	953	900	5.30
10	962	903	4.56
11	955	901	4.58
12	960	902	5.21
13	952	902	5.02
14	953	902	5.25
15	948	904	5.14
16	954	902	5.10
17	950	901	4.57
18	947	902	5.38
19	961	901	5.04
20	955	901	5.01
21	949	903	4.49
22	957	902	5.06
23	952	902	5.19
24	944	902	4.59
25	950	904	5.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.8 ค่าความแม่นยำของเครื่องนับเมล็ดที่ 1200 เมล็ด

ค่าความแม่นยำที่ 1200 เมล็ด			
ครั้งที่	จำนวนจริง(เมล็ด)	ค่าที่แสดงผล(เมล็ด)	เวลา(นาที)
1	1258	1201	6.56
2	1237	1202	6.78
3	1243	1205	7.04
4	1230	1209	7.23
5	1234	1210	6.54
6	1249	1209	6.55
7	1232	1211	6.82
8	1233	1210	6.20
9	1242	1211	6.15
10	1234	1206	7.05
11	1238	1213	7.64
12	1226	1203	6.34
13	1234	1206	6.65
14	1243	1210	6.39
15	1227	1202	6.11
16	1239	1205	7.01
17	1247	1202	6.94
18	1250	1200	6.45
19	1243	1205	7.02
20	1236	1213	6.74
21	1242	1219	6.34
22	1240	1203	6.57
23	1238	1201	6.45
24	1247	1206	7.05
25	1223	1210	6.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

Code ภาษาซีของวงจรการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
*/
#include <LCDHC595.h>          // Used 74HC595 Control lCD Library
#include <EEPROM.h>

// Arduino Pins
#define SIN_PIN   4            // 74HC595 Serial In Pin
#define STR_PIN   7            // 74HC595 Strobe pin
#define CLK_PIN   8            // 74HC595 Clock pin
#define row0  10               //Key pad pin
#define row1  11               //Key pad pin
#define row2  12               //Key pad pin
#define row3  13               //Key pad pin
#define col0  0                //Key pad pin
#define col1  1                //Key pad pin
#define col2  3                //Key pad pin
#define col3  9                //Key pad pin
#define motor_up 5             // motor control
#define motor_down 6           // motor control

//////////////////varible//////////////////////

 volatile  char  enter  =  'a';
 volatile  int  key_nb[16];
 volatile                int
 key_number=-1;  volatile
 char key_kp='a';
 int size_data=0;
 long  int  data;
 byte cs= 0x40;
 long int data_run=0;
 ////////Motor////////
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 int motor_speed_a =EEPROM.read(0);
 int motor_speed_b =EEPROM.read(1);

 int motor_speed_a_ = map(motor_speed_a,0,255,0,100);
 int motor_speed_b_ = map(motor_speed_b,0,255,0,100);

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

////////////////define LCD ////////////////////////////
LCDHC595 lcd = LCDHC595(SIN_PIN, STR_PIN, CLK_PIN);


//////////////define Keypad 4*4/////////////////////////
const byte ROWS = 4; //four
rows const byte COLS = 4; //four
columns
byte rowPins[ROWS] = {row0,row1,row2,row3};
byte colPins[COLS] = {col0,col1,col2,col3};
char hexaKeys[ROWS][COLS] =
{ /*col0 col1 col2 col3 */
 { '1' , '2' , '3' , 'U' }, /*row0*/
 { '4' , '5' , '6' , 'D'}, /*row1*/
 { '7' , '8' , '9' , 'F'}, /*row2*/
 { 'C' , '0' , 'H' , 'E'} /*row3*/
};
//////////////////////////////////////////////////////


 void setup()
 {
  lcd.Initial();              // Initial LCD
  lcd.Backlight(1);           // ON Backlight LED
  //pinMode(2,INPUT);
  //pinMode(5,OUTPUT);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//pinMode(6,OUTPU
T);  analogWrite(5,0);
analogWrite(6,0);
for(int i=0 ; i<ROWS ;i++ )  // control keypad
{
 pinMode(rowPins[i],OUTP
 UT);
 digitalWrite(rowPins[i],HIG
 H);
 pinMode(colPins[i],INPUT)
 ;
}

 ///////SAY Hello//////////
 lcd.ClearScreen();          //      Clear      Screen
 Display lcd.Print("Loading...");
 delay(1000);
}


//////////////////////////////////////////////
char keybordRead_control()     //Get data to varible
   {
   char char_in='a';
   key_kp    =    'a';
   cs=0x40;
   for(int i=0 ; i<4 ; i++)
      {
        digitalWrite(rowPins[i],HI
        GH);

       if((digitalRead(colPins[0])==1)      &&      (i==0))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                                        char_in='1';
//  else if((digitalRead(colPins[0])==1) && (i==1))   number_in=4;
//  else if((digitalRead(colPins[0])==1) && (i==2))   number_in=7;
 else   if((digitalRead(colPins[0])==1)   &&   (i==3))
 char_in='C';

 else    if((digitalRead(colPins[1])==1)    &&(i==0))
 char_in='2';
//  else if((digitalRead(colPins[1])==1) &&(i==1))   number_in=5;
// else if((digitalRead(colPins[1])==1) &&(i==2))   number_in=8;
// else if((digitalRead(colPins[1])==1) &&(i==3))   number_in=0;

//  else if(digitalRead(colPins[2])==1 &&i==0)    number_in=3;
// else if(digitalRead(colPins[2])==1 &&i==1)    number_in=6;
//  else if(digitalRead(colPins[2])==1 &&i==2)    number_in=9;
 else      if(digitalRead(colPins[2])==1      &&i==3)
                                    char_in='H';

  else      if(digitalRead(colPins[3])==1      &&i==0)
                                   char_in='U';
  else      if(digitalRead(colPins[3])==1      &&i==1)
                                   char_in='D';
  else      if(digitalRead(colPins[3])==1      &&i==2)
                                   char_in='F';
  else      if(digitalRead(colPins[3])==1      &&i==3)
                                   char_in ='E';

  digitalWrite(rowPins[i],L
  OW);

 }
/*   if(number_in!=-1)
     {  lcd.SetCursor(cs);  cs++
     ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        key_number=number_i
        n;
         key_nb[size_data]=number_
        in;
        lcd.Print(key_nb[size_data]);
        size_data++;
    }
*/

 if(char_in!='a')
    {
        if(char_in  == 'E')
        {
         lcd.SetCursor(0x40)
         ;  lcd.Print("Enter");
         key_kp          ='E';
         delay(300);

        }
        else if(char_in == 'C')
        {
          lcd.SetCursor(0x40)
          ;  lcd.Print("Clear");
          key_kp     =     'C';
          delay(300);

        }
        else if(char_in == 'F')
        {
          lcd.SetCursor(0x40)
          ;1 cd.Print("Menu  ");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  key_kp      =      'F';
  delay(300);
}
 else if(char_in == 'U')
 {
  lcd.SetCursor(0x40)
  ; lcd.Print("Plus  ");
  key_kp      =      'U';
  delay(300);
}
 else if(char_in == 'D')
 {
  lcd.SetCursor(0x40)
  ; lcd.Print("Minus");
  key_kp      =      'D';
  delay(300);
}
 else if(char_in == 'H')
 {
  lcd.SetCursor(0x40)
  ; lcd.Print("Help  ");
  key_kp      =      'H';
  delay(300);
 }
 else if(char_in == '1')
 {
  lcd.SetCursor(0x40)
  ; lcd.Print("1>    ");
  key_kp      =      '1';
  delay(300);
 }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      else if(char_in == '2')
      {
        lcd.SetCursor(0x40)
        ; lcd.Print("2>     ");
        key_kp      =      '2';
        delay(300);
      }

      lcd.SetCursor(0x40);
      lcd.Print(" ");
  }


return key_kp;


cs=0x40;

for(int i = 0 ;i<16;i++)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ปานมนัส ศิริสมบูรณ์. (2547),**วิศวกรรมการขนถ่ายวัสดุ**,แผนกตำราคณะวิศวกรรมศาสตร์

[2] Kulwiec, R.A., 1985. **Materials Handling Handbook (2nd Edition)** ,John Wiley & Sons.

[3] Haynes, D.O., 1962. **Materials Handling applications**. (Modern Asia Edition), Chales E, Tuttle Company, Tokyo, Japan.

[4] เมธี หมั่นทำการและก่อเกียรติ บุญชูกุศล, 2528 . กลศาสตร์วิศวกรรม(ภาคสถิตยศาสตร์)บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด กรุงเทพมหานคร

[5] http://riceproduct.org/index.php?option=com_content&task=view&id=84&Itemid=50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้