# จิตรกรอัจฉริยะ
# AUTOMATIC DRAWING MACHINE

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

# จิตรกรอัจฉริยะ

# AUTOMATIC DRAWING MACHINE

ธัชชัย พูลพล
ปีกาญจน์ พลับใจบุญ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# AUTOMATIC DRAWING MACHINE

THATCHAI POONPON
PEEKARN PLUBJAIBOON

*THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT*
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN CONTROL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2561**

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง จิตรกรอัจฉริยะ

AUTOMATIC DRAWING MACHINE


ผู้จัดทำ นายธัชชัย พูลพล 58010564

นายปีกาญจน์ พลับใจบุญ 58010797

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ถาวร เบญจนราสุทธิ์)


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# จิตรกรอัจฉริยะ

โดย
นายธัชชัย พูลพล 58010564
นายปีกาญจน์ พลับใจบุญ 58010797

อาจารย์ที่ปรึกษา
รองศาสตราจารย์ ดร.ถาวร เบญจนราสุทธิ์

ปีการศึกษา 2561

## บทคัดย่อ

ปัจจุบันศิลปะแบบต่าง ๆ ถูกนำมาใช้งานไม่ว่าเป็นงานศิลปะที่สร้างสรรค์โดยมนุษย์หรือโดยเครื่องจักร ในกรณีการใช้เครื่องจักร วัตถุประสงค์มักใช้เพื่อช่วยมนุษย์หรือทำหน้าที่แทนมนุษย์ เหตุผลหนึ่งคือเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ ตัวอย่างเช่น การวาดภาพบนกำแพงสูง ด้วยเหตุดังกล่าว การศึกษาในโครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องจักรวาดรูปอัตโนมัติต้นแบบซึ่งสามารถวาดภาพบนกระดาน เครื่องต้นแบบนี้จะจับภาพถ่ายหรือภาพที่ป้อนเข้าไป และแปลงเป็นภาพขาวดำ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น จะส่งคำสั่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อขับสเต็ปมอเตอร์สองตัว ซึ่งกำหนดตำแหน่งของปากกาที่ใช้วาด จากการทดลองพบว่าเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถวาดภาพลายเส้นได้ในแนวนอนและแนวตั้งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# AUTOMATIC DRAWING MACHINE

By

| | | |
|---|---|---|
| Thatchai | Poonpon | 58010564 |
| Peekarn | Plubjaiboon | 58010797 |

Advisor

Assoc.Prof.Dr. Taworn Benjanarasuth

Academic Year 2018

## ABSTRACT

Nowadays, the various kinds of arts have been employed regardless of the man-made ones or machine-made ones. In case of using machines, the object is to help or to replace human in creating an art work. One reason is to avoid an accident; for example, drawing on a high wall. Therefore in this study, the target is to make an automatic drawing machine prototype that can draw a picture on a board. The machine will capture a photograph and covert to a black-and-white image. The developed program then sends commands to Arduino to drive two stepper motors which locate the position of a painting pen. From the experiment found that the prototype machine can draw vertical line and horizontal line.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้ประสบผลสำเร็จไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ถาวร เบญจนราสุทธิ์ คอยให้คำปรึกษาให้ความสะดวกในการทำโครงงานและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแนวทางในการทำโครงงานนี้

ขอบคุณเพื่อนในกลุ่มทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือตลอดจนคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการทำโครงงาน ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ที่เป็นผู้ให้กำลังใจและให้โอกาสการศึกษาอันมีค่ายิ่ง

คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณทุกท่านอย่างสูงที่ให้การสนับสนุนเอื้อเฟื้อและให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจนกระทั่งโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำ
ธัชชัย พูลพล
ปิกาญจน์ พลับใจบุญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| **บทคัดย่อภาษาไทย** | I |
| **บทคัดย่อภาษาอังกฤษ** | II |
| **กิตติกรรมประกาศ** | III |
| **สารบัญ** | IV |
| **สารบัญรูป** | VI |
| **สารบัญตาราง** | VIII |
| **บทที่ 1 บทนำ** | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ | 1 |
| 1.3 ขอบเขตของโครงงาน | 1 |
| 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน | 1 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| 1.6 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์ | 2 |
| **บทที่ 2 ความรู้ที่เกี่ยวข้อง** | 3 |
| 2.1 การประมวลผลภาพ | 3 |
| 2.1.1 จุดกำเนิดการประมวลผลภาพ | 3 |
| 2.1.2 ความหมายของการประมวลผลภาพ | 4 |
| 2.1.3 วิธีการประมวลผลภาพขาวดำ 2 ระดับสี | 4 |
| 2.1.3.1 การเกรย์สเกล | 4 |
| 2.1.3.2 การเทรชโฮล | 5 |
| 2.2 สเต็ปมอเตอร์ | 5 |
| 2.2.1 การควบคุมการหมุนแบบเฟสเดียว | 6 |
| 2.2.2 การควบคุมการหมุนแบบสองเฟส | 7 |
| 2.2.3 การควบคุมการหมุนแบบครึ่งเฟส | 7 |
| 2.3 ทฤษฎีสามเหลี่ยมพีทาโกรัส | 8 |
| **บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน** | 9 |
| 3.1 ภาพรวมการดำเนินงาน | 9 |
| 3.1.1 โครงสร้างส่วนอุปกรณ์ | 9 |
| 3.1.2 แนวคิดโปรแกรมการทำงาน | 9 |
| 3.2 การออกแบบเครื่องจักรต้นแบบ | 11 |




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบเครื่องจักรต้นแบบ | 11 |
| 3.2.2 แนวคิดการเคลื่อนที่ของปากกา | 13 |
| 3.3 การออกแบบส่วนประมวลผล | 14 |
| 3.3.1 โปรแกรมส่วนคอมพิวเตอร์ | 14 |
| 3.3.1.1 ภาษาซีชาร์ป | 14 |
| 3.3.1.2 โปรแกรมวิชวลสตูดิโอ | 15 |
| 3.3.2 โปรแกรมส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ | 18 |
| **บทที่ 4 ผลการทดลอง** | 19 |
| 4.1 การรับไฟล์รูปภาพและการเปิดกล้อง | 19 |
| 4.1.1 การรับไฟล์รูปภาพ | 19 |
| 4.1.2 การเปิดกล้องเว็บแคมหรืออุปกรณ์ถ่ายภาพ | 19 |
| 4.2 การประมวลผลภาพขาวดำ | 20 |
| 4.2.1 การทดลองรูปภาพที่หนึ่ง | 20 |
| 4.2.2 การทดลองรูปภาพที่สอง | 21 |
| 4.3 การวาดภาพลายเส้น | 22 |
| 4.3.1 การทดลองการวาดภาพที่หนึ่ง | 22 |
| 4.3.2 การทดลองการวาดภาพที่สอง | 24 |
| 4.3.3 การทดลองการวาดภาพที่สาม | 27 |
| **บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและปัญหาในการทดลอง** | 29 |
| 5.1 สรุปผลการทดลอง | 29 |
| 5.2 ปัญหาในการทดลอง | 29 |
| 5.3 แนวทางในการแก้ปัญหาในการทดลอง | 29 |
| **เอกสารอ้างอิง** | 30 |
| **ภาคผนวก** | 31 |
| **ภาคผนวก ก สเต็ปมอเตอร์ เนมา 17** | 32 |
| **ภาคผนวก ข อาดูโน่ อูโน่ อาร์ 3** | 34 |
| **ภาคผนวก ค วงจรขับสเต็ปมอเตอร์ รุ่น ทีบี 6600** | 36 |
| **ภาคผนวก ง ไลบรารี่สำเร็จรูป เอฟร็อก** | 37 |
| **ภาคผนวก จ โปสเตอร์งาน KMITL Engineering Project Day 2019** | 39 |




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 ตัวอย่างการนำการประมวลผลภาพมาใช้ประโยชน์ | 3 |
| 2.2 ตัวอย่างการเกรย์สเกล | 4 |
| 2.3 ตัวอย่างการเทรชโฮล | 5 |
| 2.4 สเต็ปมอเตอร์แบบยูนิโพล่า | 6 |
| 2.5 สเต็ปมอเตอร์แบบไบโพล่า | 6 |
| 2.6 สามเหลี่ยมมุมฉาก | 8 |
| 3.1 ภาพรวมการออกแบบส่วนโครงสร้าง | 9 |
| 3.2 ภาพรวมแนวคิดส่วนโปรแกรม | 10 |
| 3.3 ภาพจำลองเครื่องจักรต้นแบบ | 11 |
| 3.4 การใช้ทฤษฎีสามเหลี่ยมพีทาโกรัสในการคำนวณ | 13 |
| 3.5 ส่วนประมวลผล | 14 |
| 3.6 หน้าต่างโปรแกรมที่ออกแบบ | 15 |
| 3.7 การใช้งานในส่วนที่ 16 | 16 |
| 3.8 การทำงานในส่วนที่ 2 | 16 |
| 3.9 การแสดงผลหลังใช้งานส่วนที่ 3 | 17 |
| 3.10 การใช้งานส่วนที่ 10 | 17 |
| 3.11 การแสดงผลหลังใช้งานส่วนที่ 12 | 17 |
| 3.12 ขั้นตอนการแปลงข้อมูลของโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ | 18 |
| 4.1 การรับรูปภาพด้วยโปรแกรมวิชวลสตูดิโอ | 19 |
| 4.2 การเปิดกล้อง | 19 |
| 4.3 การประมวลผลรูปภาพที่หนึ่งด้วยระดับเทรชโฮล 21 | 20 |
| 4.4 การประมวลผลรูปภาพที่หนึ่งด้วยระดับเทรชโฮล 61 | 20 |
| 4.5 การประมวลผลรูปภาพที่หนึ่งด้วยระดับเทรชโฮล 91 | 21 |
| 4.6 การประมวลผลรูปภาพที่สองด้วยระดับเทรชโฮล 27 | 21 |
| 4.7 การประมวลผลรูปภาพที่สองด้วยระดับเทรชโฮล 55 | 21 |
| 4.8 ภาพที่ใช้ในการทดลองภาพที่หนึ่ง | 22 |




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป (ต่อ)


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 4.9 การทดลองภาพที่หนึ่ง ณ เวลา 4 นาที โดยการวาดแบบแนวนอน | 23 |
| 4.10 การทดลองภาพที่หนึ่ง ณ เวลา 13 นาที โดยการวาดแบบแนวนอน | 23 |
| 4.11 การทดลองภาพที่หนึ่ง ณ เวลา 22 นาที โดยการวาดแบบแนวนอน | 23 |
| 4.12 การทดลองภาพที่หนึ่ง ณ เวลา 31 นาที โดยการวาดแบบแนวนอน | 24 |
| 4.13 การทดลองภาพที่หนึ่ง ณ เวลา 40 นาที โดยการวาดแบบแนวนอน | 24 |
| 4.14 ภาพที่ใช้ในการทดลองภาพที่สอง | 25 |
| 4.15 การทดลองภาพที่สอง ณ เวลา 5 นาที โดยการวาดแบบแนวนอน | 25 |
| 4.16 การทดลองภาพที่สอง ณ เวลา 10 นาที โดยการวาดแบบแนวนอน | 26 |
| 4.17 การทดลองภาพที่สอง ณ เวลา 30 นาที โดยการวาดแบบแนวนอน | 26 |
| 4.18 การทดลองภาพที่สอง ณ เวลา 37 นาที โดยการวาดแบบแนวนอน | 26 |
| 4.19 การทดลองภาพที่สอง ณ เวลา 34 นาที โดยการวาดแบบแนวตั้ง | 27 |
| 4.20 ภาพที่ใช้ในการทดลองภาพที่สาม | 27 |
| 4.21 ผลการทดลองภาพที่สามโดยการวาดแบบแนวนอน | 28 |
| 4.22 ผลการทดลองภาพที่สามโดยการวาดภาพแบบผสม | 28 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 ลำดับการขับสเต็ปมอเตอร์แบบเฟสเดียว | 7 |
| 2.2 ลำดับการขับสเต็ปมอเตอร์แบบสองเฟส | 7 |
| 2.3 ลำดับการขับสเต็ปมอเตอร์แบบครึ่งเฟส | 8 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ ขอบเขตของโครงงาน ขั้นตอนการดำเนินงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และรายละเอียดของปริญญานิพนธ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบันนั้นเริ่มมีการนำเครื่องจักรมาใช้ในการสร้างผลงานศิลปะกันมากขึ้น ตัวอย่างเช่น แบบเอ็กซ์วายพล็อตเตอร์ (XY Plotter) แบบโพล่ากราฟ (Polar Graph) แบบแขนกล (Scara Arm Machine) เป็นต้น แบบเอกซ์วายพล็อตเตอร์สามารถใช้งานได้ง่าย แต่มีข้อเสียคือ การวาดภาพในแนวดิ่งจะติดตั้งอุปกรณ์ได้ยาก และแบบแขนกลมีความซับซ้อนในการประกอบและเขียนโปรแกรม รวมถึงมีค่าใช้จ่ายที่สูง ส่วนแบบโพล่ากราฟจะมีข้อเสียคือ หากประกอบไม่ดีจะทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนขึ้นได้

โดยในโครงงานนี้จะประกอบเครื่องต้นแบบจิตรกรอัจฉริยะแบบโพล่ากราฟ ซึ่งสามารถติดตั้งใช้งานในการวาดภาพแนวดิ่งได้ง่าย รวมทั้งใช้อุปกรณ์ไม่มากและมีราคาที่ถูกกว่าแบบอื่น ๆ

## 1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

ศึกษาและสร้างเครื่องต้นแบบจิตรกรอัจฉริยะที่ใช้ในการสร้างผลงานศิลปะแบบโพล่ากราฟ โดยใช้สเต็ปมอเตอร์ (Step Motor) ไมโครคอนโทรลเลอร์และคอมพิวเตอร์ในการควบคุม เพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้ต่อในการวาดภาพบนผนังหรือกำแพงที่มีขนาดใหญ่มากขึ้น

## 1.3 ขอบเขตของโครงงาน

สร้างเครื่องต้นแบบจิตรกรอัจฉริยะ ซึ่งสามารถวาดภาพลายเส้น 2 ระดับสี ตามที่ได้จับภาพได้ด้วยกล้อง หรือภาพที่ได้ป้อนให้ โดยสามารถวาดภาพลายเส้นได้เฉพาะลายเส้นตามแนวตั้ง ลายเส้นตามแนวนอน และลายเส้นผสมตามแนวตั้งและแนวนอน ในขนาดไม่เกิน 10 x 10 เซนติเมตร และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ต่อในการวาดภาพที่ขนาดใหญ่ขึ้นได้

## 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ค้นคว้าองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องและศึกษาอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงงาน
2. ออกแบบเครื่องจักรต้นแบบ
3. ประกอบชิ้นงานและเขียนโปรแกรม
4. ทดลองและบันทึกผล
5. สรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพิ่มทักษะในการคิดวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา
2. เพิ่มทักษะในเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์
3. ได้เครื่องจิตรกรอัจฉริยะต้นแบบที่สามารถนำไปประยุกต์ต่อได้

## 1.6 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์

เนื้อหาที่จะกล่าวในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย 5 บท และภาคผนวก โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ เป็นการกล่าวถึงที่มาของปริญญานิพนธ์ วัตถุประสงค์ของการทำปริญญานิพนธ์ ขอบเขตของโครงงาน ขั้นตอนการดำเนินงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และรายละเอียดของปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 ความรู้ที่เกี่ยวข้อง เป็นการกล่าวถึงความรู้ต่าง ๆ ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการจัดทำโครงงาน

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน เป็นการอธิบายขั้นตอนการทำชิ้นงาน ทั้งในส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

บทที่ 4 ผลการทดลอง เป็นการทดลองและบันทึกผลการทดลองจากการใช้เครื่องจักรต้นแบบ

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและปัญหาในการทดลอง กล่าวถึงการนำผลการทดลองที่ได้มาสรุปผล และวิเคราะห์ปัญหารวมถึงวิธีการแก้ปัญหาในการทดลอง

ภาคผนวก ประกอบด้วย 5 บท โดยกล่าวถึง รายละเอียดของสเต็ปมอเตอร์ วงจรขับสเต็ปมอเตอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ อาร์ดูโน่ อูโน่ อาร์ 3 ไลบรารี่สำเร็จรูปเอฟร็อก และโปสเตอร์งาน KMITL Engineering Project Day 2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ความรู้ที่เกี่ยวข้อง

บทนี้กล่าวถึงความรู้ที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการจัดทำโครงงาน ประกอบด้วย การประมวลผลภาพ (Image Processing) สเต็ปมอเตอร์ ทฤษฎีสามเหลี่ยมพีทาโกรัส (Pythagorean Theorem) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

## 2.1 การประมวลผลภาพ

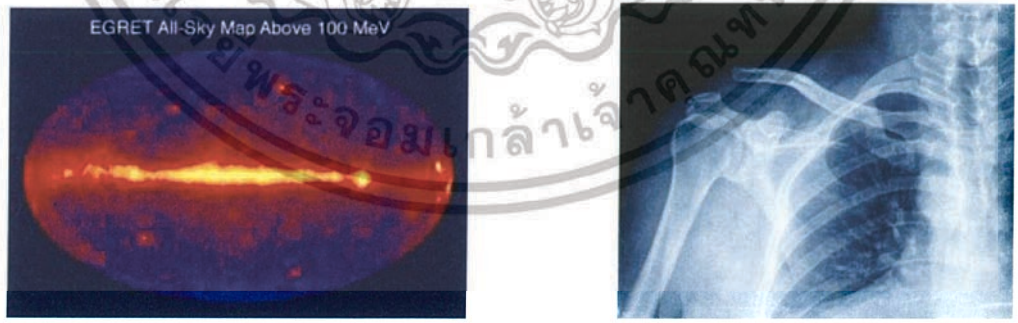
หัวข้อนี้จะกล่าวถึง จุดกำเนิดการประมวลผลภาพ ความหมายของการประมวลผลภาพ และวิธีการประมวลผลภาพขาวดำ 2 ระดับสี โดยมีรายละเอียดดังนี้

### 2.1.1 จุดกำเนิดการประมวลผลภาพ

จุดกำเนิดการประมวลผลภาพในระยะแรก ๆ นั้นเกิดในอุตสาหกรรมหนังสือพิมพ์ โดยการส่งรูปภาพครั้งแรกอาศัยการใช้สายเคเบิลใต้น้ำระหว่างลอนดอนและนิวยอร์ก ในช่วงต้นทศวรรษ 1920 ซึ่งสามารถลดระยะเวลาในการส่งรูปภาพจากมากกว่าหนึ่งสัปดาห์ลดลงเหลือประมาณ 3 ชั่วโมง โดยมีอุปกรณ์เฉพาะในการเข้ารหัสของรูปแบบในการส่งผ่านสายเคเบิล และทางด้านตัวรับจะทำการถอดรหัสและรวมภาพเข้าด้วยกัน

โดยในปัจจุบันมีการนำการประมวลผลภาพมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น การสื่อสารโทรคมนาคม การพิมพ์ การสื่อสารทางโทรทัศน์ การแพทย์ ระบบความปลอดภัย การค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

ปัจจุบันได้มีการนำการประมวลผลภาพมาใช้ในรูปแบบต่าง ๆ มากมาย อาทิเช่น การประมวลผลภาพด้วยรังสีแกมมา การประมวลผลภาพด้วยรังสีเอ็กซ์ เป็นต้น โดยมีตัวอย่างดังรูปที่ 2.1




(ก) การประมวลผลภาพด้วยรังสีแกมมา (ข) การประมวลผลภาพด้วยรังสีเอ็กซ์

**รูปที่ 2.1** ตัวอย่างการนำการประมวลผลภาพมาใช้ประโยชน์
(ที่มา : https://th.wikipedia.org)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.2 ความหมายของการประมวลผลภาพ

ความหมายของการประมวลผลภาพคือ การกระทำที่ส่งผลต่อรูปภาพเพื่อให้ได้รูปภาพใหม่ที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ ตัวอย่างเช่น การเพิ่มความคมชัด การประหยัดพื้นที่ในการเก็บข้อมูล หรือใช้สำหรับการประมวลผลระดับสูง เช่น การจดจำรูปร่างและลักษณะ โดยทั่วไปแล้วระดับของการประมวลผลภาพแบ่งได้เป็น 3 ระดับคือ

1. ระดับต่ำ (Low-Level) เป็นการจัดการเกี่ยวกับค่าสี และจุดภาพ เช่น การแปลงปริภูมิสี (Color Space) ภาพไบนารี การวิเคราะห์ดัชนีสี การแยกสี เป็นต้น

2. ระดับกลาง (Mid-Level) เป็นดึงข้อมูลจากภาพ เช่น การสกัดลักษณะเด่น (Feature Extraction) การสกัดและวิเคราะห์รูปร่าง รูปทรง (Geometry Extraction) เป็นต้น

3. ระดับสูง (High-Level) เป็นการวิเคราะห์ดึงข้อมูล และการรู้จำลักษณ์หรือลวดลายของภาพ (Recognition)

### 2.1.3 วิธีการประมวลผลภาพขาวดำ 2 ระดับสี

วิธีการประมวลผลภาพขาวดำ 2 ระดับสีคือ การเปลี่ยนรูปภาพสีให้เป็นรูปภาพขาวดำที่มีเพียง 2 ระดับสี ซึ่งมีขั้นตอนทั้งหมด 2 ขั้นตอนคือ การเกรย์สเกล (Gray Scaling) และการเทรชโฮล (Thresholding) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 2.1.3.1 การเกรย์สเกล

เกรย์สเกล คือ การเปลี่ยนจากภาพสีเป็นภาพโทนขาวดำ ดังรูปที่ 2.2 โดยในแต่ละพิกเซลของภาพดิจิตอลนั้น จะมีการเก็บค่าระดับสีแดง เขียว และน้ำเงิน ที่เรียกว่า อาร์จีบี (RGB) โดยมีองค์ประกอบแต่ละสีขนาดอย่างน้อย 1 ไบต์ ซึ่งในกรณี 1 ไบต์ สามารถมีค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 255 เพื่อแสดงสีในระดับต่าง ๆ การเกรย์สเกลนั้นจะเป็นการนำค่าอาร์จีบีมาคำนวณด้วยวิธีต่าง ๆ เพื่อรวมกันให้เหลือเพียงค่าเดียว เรียกว่า เกรย์ (Gray) ซึ่งในกรณี 1 ไบต์ สามารถมีค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 255 โดยค่า 0 สอดคล้องกับสีดำ และค่า 255 สอดคล้องกับสีขาว

(ก) ภาพต้นแบบ (ข) ภาพจากการเกรย์สเกล

**รูปที่ 2.2** ตัวอย่างการเกรย์สเกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.3.2 การเทรชโฮล**

การเทรชโฮลคือ การนำภาพโทนขาวดำที่ได้มาจากการเกรย์สเกล มาปรับให้เป็นภาพขาวดำที่มีระดับของสีเพียง 2 ระดับคือ ขาวและดำ ดังรูปที่ 2.3 โดยจะมีการกำหนดค่าเทรชโฮล (Threshold) ไว้ค่าหนึ่ง ซึ่งอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 โดยถ้าค่าเกรย์มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าเทรชโฮลที่กำหนดจะได้สีดำ และหากมากกว่าค่าเทรชโฮลที่กำหนดจะได้สีขาว

(ก) ภาพจากเกรย์สเกล (ข) ภาพจากการเทรชโฮล

**รูปที่ 2.3** ตัวอย่างการเทรชโฮล

## 2.2 สเต็ปมอเตอร์

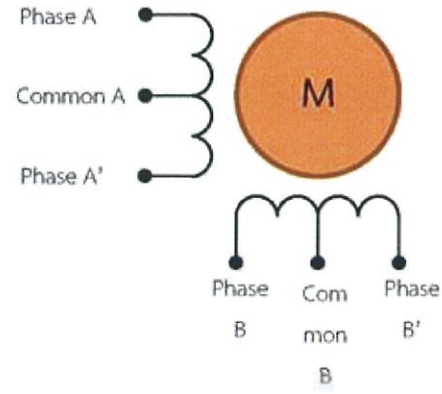
สเต็ปมอเตอร์คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน (Brushless DC Electric Motor) มีการหมุนที่เป็นช่วงที่เท่ากันต่อ 1 สเต็ปการหมุน โดยสามารถควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่และการหยุดของแต่ละสเต็ปได้ โดยปราศจากเซนเซอร์ตรวจจับตำแหน่งเมื่อมอเตอร์มีขนาดแรงบิดและความเร็วที่เหมาะสม โดยสเต็ปมอเตอร์สามารถทำงานได้โดยการป้อนสัญญาณแบบดิจิตอลโดยตรง โดยมีข้อดีดังนี้

1. สามารถหมุนได้ครบ 360 องศา อย่างต่อเนื่อง
2. การควบคุมตำแหน่งไม่ต้องอาศัยตัวตรวจจับการหมุน
3. ไม่เกิดการสึกหรอจากการสัมผัสของแปรงถ่าน และปัญหาจากประกายไฟ
4. การควบคุมโดยทางวงจรดิจิตอลหรือไมโครคอนโทรลเลอร์ทำได้ง่ายและสะดวก

สเต็ปมอเตอร์มีตั้งแต่สองเฟสไปจนถึงห้าเฟส โดยที่นิยมใช้กันจะเป็นสเต็ปมอเตอร์สองเฟส (Two-phase Step Motor) ซึ่งมีราคาที่ถูกและใช้งานง่าย โดยปกติแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ยูนิโพล่า (Unipolar) และไบโพล่า (Bipolar) ดังรูปที่ 2.4 และรูปที่ 2.5 ตามลำดับ ซึ่งสามารถสังเกตได้จากจำนวนสายคือ แบบยูนิโพล่าจะมีสายไฟต่อ 5 เส้น เมื่อ Common A และ Common B เชื่อมด้วยกัน หรือ 6 เส้น และแบบไบโพล่าจะมีสายไฟต่อ 4 เส้น เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) โครงสร้างภายนอก




(ข) โครงสร้างภายใน

**รูปที่ 2.4** สเต็ปมอเตอร์แบบยูนิโพล่า
(ที่มา : http://aimagin.com)

(ก) โครงสร้างภายนอก

(ข) โครงสร้างภายใน

**รูปที่ 2.5** สเต็ปมอเตอร์แบบไบโพล่า
(ที่มา : http://aimagin.com)

การควบคุมการหมุนของสเต็ปมอเตอร์แบบสองเฟสสามารถทำได้ โดยการควบคุมกระแสไฟที่จ่ายให้กับขดลวดในแต่ละเฟส อย่างเป็นลำดับที่แน่นอน การควบคุมการหมุนของสเต็ปมอเตอร์สามารถทำได้ 3 วิธีดังนี้

### 2.2.1 การควบคุมการหมุนแบบเฟสเดียว

การควบคุมการหมุนแบบเฟสเดียว (Single Phase) หรือเวฟไดร์ (Wave Drive) เป็นการป้อนกระแสไฟให้กับขดลวดของสเต็ปมอเตอร์ทีละขด โดยจะป้อนกระแสเรียงตามลำดับกันไปตามตารางที่ 2.1 (ตัวเลข 1 หมายถึง มีการจ่ายแรงดันให้กับขดลวด 0 คือ ไม่จ่ายแรงดันให้กับขดลวด) ดังนั้นกระแสที่ไหลในขดลวดจะทำการไหลในทิศทางเดียวกันทุกขด ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้แรงบิดของสเต็ปมอเตอร์มีน้อย จึงไม่เป็นที่นิยมใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.1** ลำดับการขับสเต็ปมอเตอร์แบบเฟสเดียว

| ลำดับ | เฟส A | เฟส B | เฟส A' | เฟส B' |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 5 | ย้อนกลับไปลำดับที่ 1 | | | |

### 2.2.2 การควบคุมการหมุนแบบสองเฟส

การควบคุมการหมุนแบบสองเฟส (Two Phase) หรือฟูลสเต็ปไดร์ (Full Step Drive) เป็นการป้อนกระแสไฟให้กับขดลวดของสเต็ปมอเตอร์ทั้ง 2 ขด พร้อม ๆ กันไป และป้อนกระแสเรียงตามลำดับกันไปตามตารางที่ 2.2 ดังนั้นจึงมีกระแสไหลในขดลวดของมอเตอร์มากขึ้น และจะทำให้มอเตอร์มีแรงบิดมากขึ้น

**ตารางที่ 2.2** ลำดับการขับสเต็ปมอเตอร์แบบสองเฟส

| ลำดับ | เฟส A | เฟส B | เฟส A' | เฟส B' |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 5 | ย้อนกลับไปลำดับที่ 1 | | | |

### 2.2.3 การควบคุมการหมุนแบบครึ่งเฟส

การควบคุมการหมุนแบบครึ่งเฟส (Half Step) เป็นการป้อนกระแสแบบสองเฟสและหนึ่งเฟสสลับกันไปตามตารางที่ 2.3 ซึ่งเป็นการเพิ่มความละเอียดของตำแหน่งในการหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.3** ลำดับการขับสเต็ปมอเตอร์แบบครึ่งเฟส

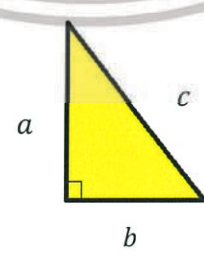
| ลำดับ | เฟส A | เฟส B | เฟส A' | เฟส B' |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 9 | ย้อนกลับไปลำดับที่ 1 | | | |

ความเร็วของการหมุนของแกนสเต็ปมอเตอร์ จะขึ้นอยู่กับการหน่วงเวลา (Time Delay) ในแต่ละลำดับ ถ้าการหน่วงเวลามีค่าน้อย แกนจะหมุนเร็วขึ้น ถ้าการหน่วงเวลามีค่ามาก แกนจะหมุนช้าและหมุนไม่สม่ำเสมอ

## 2.3 ทฤษฎีสามเหลี่ยมพีทาโกรัส

ทฤษฎีสามเหลี่ยมพีทาโกรัส เป็นทฤษฎีแสดงความสัมพันธ์ในเรขาคณิตแบบยุคลิด (Euclidean Geometry) ระหว่างด้านทั้งสามของสามเหลี่ยมมุมฉาก ดังรูปที่ 2.6 โดยกำลังสองของด้านตรงข้ามมุมฉากเท่ากับผลรวมของกำลังสองของอีกสองด้านที่เหลือ ดังสมการที่ (2.1)

$$c^2 = a^2 + b^2 \tag{2.1}$$




**รูปที่ 2.6** สามเหลี่ยมมุมฉาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินงาน

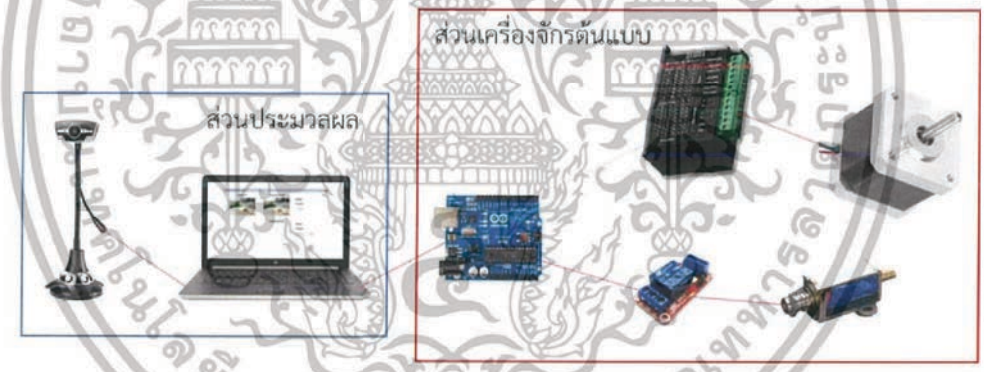
ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนและวิธีในการดำเนินงานของโครงงานนี้ โดยจะแบ่งออกเป็น ภาพรวมการดำเนินงาน การออกแบบเครื่องจักรต้นแบบ การออกแบบส่วนประมวลผล โดยมีรายละเอียดดังนี้

## 3.1 ภาพรวมการดำเนินงาน

การดำเนินงานโดยภาพรวมแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ โครงสร้างส่วนอุปกรณ์ และแนวคิดโปรแกรมการทำงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

### 3.1.1 โครงสร้างส่วนอุปกรณ์

โครงสร้างส่วนอุปกรณ์ที่ออกแบบนั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนประมวลผล และส่วนเครื่องจักรต้นแบบ โดยในส่วนประมวลผลจะอาศัยคอมพิวเตอร์พร้อมกล้องเว็บแคม (Webcam) และในส่วนเครื่องจักรต้นแบบจะอธิบายในหัวข้อ 3.1.2 โดยภาพรวมการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ทั้ง 2 ส่วน แสดงดังรูปที่ 3.1

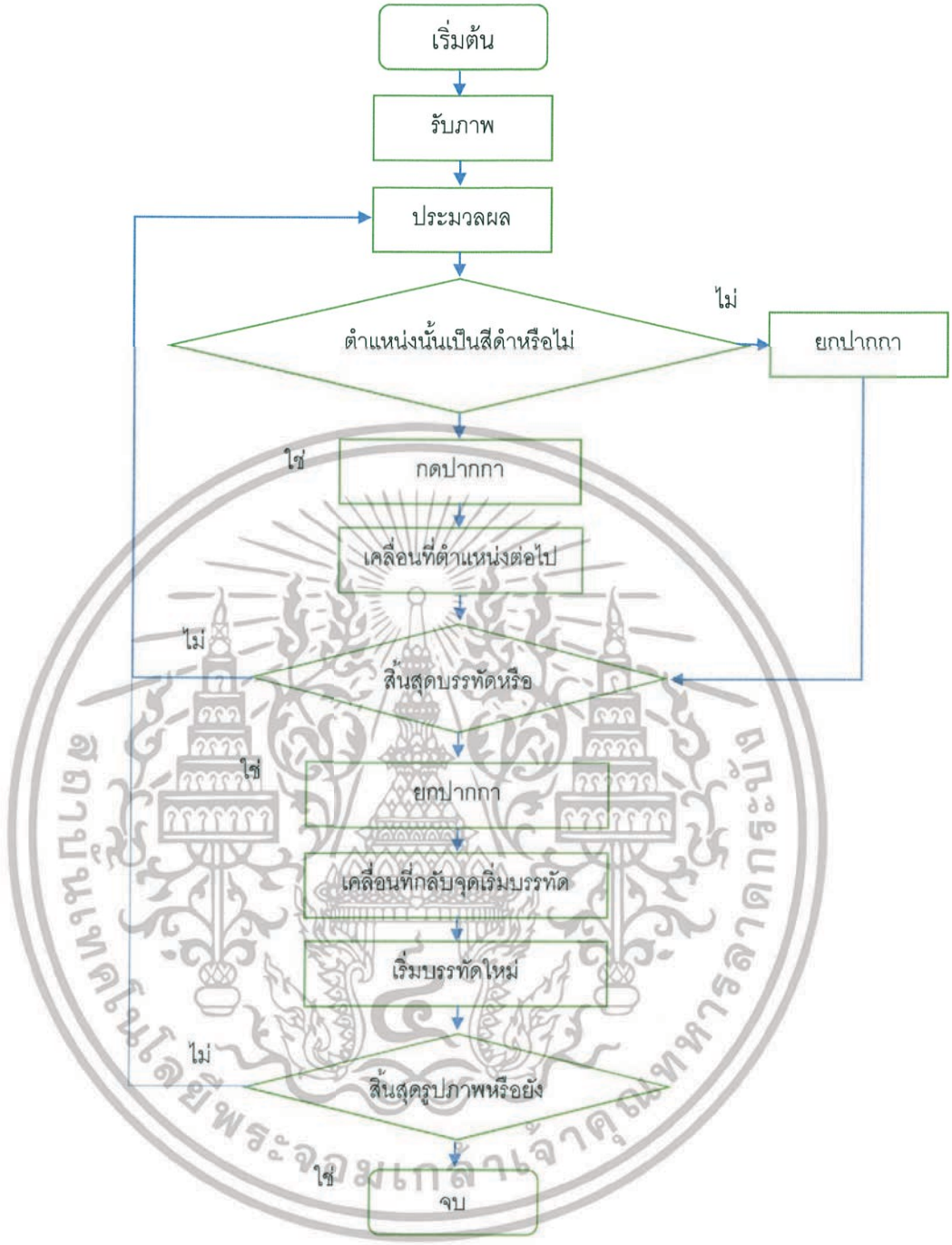



**รูปที่ 3.1** ภาพรวมการออกแบบส่วนโครงสร้าง

### 3.1.2 แนวคิดโปรแกรมการทำงาน

แนวคิดโปรแกรมการทำงานของโครงงานอธิบายได้ดังรูปที่ 3.2 โดยเมื่อเริ่มทำงาน ส่วนประมวลผลเมื่อได้รับภาพจะประมวลผลภาพและทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากรูปภาพ แล้วส่งข้อมูลออกไปเป็นอินพุตที่ส่วนเครื่องจักรต้นแบบ โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวรับอินพุตเข้ามา แล้วแปลค่าส่งออกไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.2** ภาพรวมแนวคิดส่วนโปรแกรม

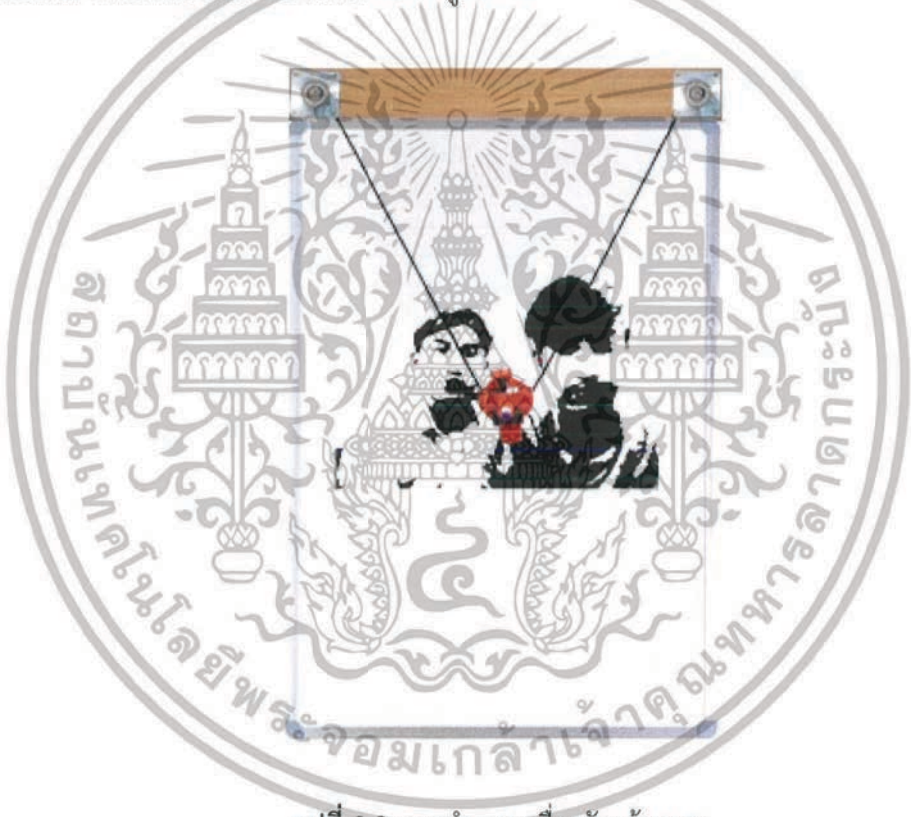
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2 การออกแบบเครื่องจักรต้นแบบ

หัวข้อนี้จะกล่าวถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบเครื่องจักรต้นแบบ และแนวคิดการเคลื่อนที่ของปากกา โดยมีรายละเอียดดังนี้

### 3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบเครื่องจักรต้นแบบ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบเครื่องจักรต้นแบบประกอบไปด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ ชนิด อาดูโน่ อูโน่ อาร์ 3 (Arduino UNO R3) รีเลย์ (Relay) สเต็ปมอเตอร์ 2 ตัว วงจรขับสเต็ปมอเตอร์ (Step Motor Driver) 2 ตัว โซลินอยด์มอเตอร์ (Solenoid Motor) สายพานและพูเล่ย์ (Pulley) ซึ่งมีการประกอบกันโดยสเต็ปมอเตอร์จะติดที่มุมของกระดานทั้งสองข้าง และเชื่อมต่อกับสายพานที่ติดอยู่กับด้ามจับปากกา โดยที่ปลายของสายพานแต่ละข้างจะมีตัวถ่วงน้ำหนักเพื่อให้สายมีความตึงอยู่ตลอดเวลา ดังภาพจำลองเครื่องจักรต้นแบบ รูปที่ 3.3



**รูปที่ 3.3 ภาพจำลองเครื่องจักรต้นแบบ**

โดยอุปกรณ์ที่กล่าวมาจะมีการทำงานร่วมกันคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุมการทำงานของรีเลย์และวงจรขับสเต็ปมอเตอร์ จากนั้นวงจรขับสเต็ปมอเตอร์จะสร้างสัญญาณขับสเต็ปมอเตอร์แบบสองเฟส และรีเลย์จะควบคุมการกดเข้ากดออกของโซลินอยด์มอเตอร์ โดยมีรายละเอียดของอุปกรณ์แต่ละชิ้นดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.2.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดูโน่ อูโน่ อาร์ 3**

ไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดูโน่ อูโน่ อาร์ 3 เป็นหนึ่งในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่ชนิดอูโน่ โดยมีขนาดประมาณ 68.66 x 53.4 มิลลิเมตร และเป็นบอร์ดมาตรฐานที่นิยมใช้งานมากที่สุด เนื่องจากเป็นขนาดที่เหมาะสำหรับการเริ่มต้นเรียนรู้อาดูโน่ โดยมีรายละเอียดดังภาคผนวก ข

**3.2.1.2 รีเลย์**

รีเลย์คือ อุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสภาวะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ควบคุมวงจรต่าง ๆ ในงานอิเล็กทรอนิกส์ โดยในโครงงานนี้จะเลือกใช้รีเลย์หนึ่งช่องสัญญาณพิกัด 5 โวลต์

**3.2.1.3 สเต็ปมอเตอร์**

โครงงานนี้ใช้สเต็ปมอเตอร์ จากหัวข้อ 2.2 ทั้งหมด 2 ตัว เพื่อใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของตำแหน่งปากกา โดยได้เลือกใช้สเต็ปมอเตอร์ รุ่น เนมา 17 (NEMA 17) โดยมีรายละเอียดดังภาคผนวก ก

**3.2.1.4 วงจรขับสเต็ปมอเตอร์**

วงจรขับสเต็ปมอเตอร์คือ วงจรที่ใช้ในการควบคุมการจ่ายสัญญาณเพื่อควบคุมสเต็ปมอเตอร์ โดยโครงงานนี้ ใช้วงจรขับสเต็ปมอเตอร์ รุ่น ทีบี 6600 (TB 6600) โดยมีรายละเอียดดังภาคผนวก ค

**3.2.1.5 โซลินอยด์มอเตอร์**

โซลินอยด์มอเตอร์คือ อุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแม่เหล็ก มักใช้ในการล็อกประตูอัตโนมัติต่าง ๆ โดยในโครงงานนี้เลือกใช้โซลินอยด์มอเตอร์พิกัดไฟฟ้า 12 โวลต์

**3.2.1.6 สายพานและพูเล่ย์**

สายพานและพูเล่ย์คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการลำเลียงต่าง ๆ โดยในโครงงานนี้ใช้ในการช่วยการเคลื่อนที่ของตำแหน่งปากกา ซึ่งเลือกใช้ชุดสายพานและพูเล่ย์ขนาด 5 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2 แนวคิดการเคลื่อนที่ของปากกา

แนวคิดการเคลื่อนที่ของปากกาสามารถใช้ทฤษฎีสามเหลี่ยมพีทาโกรัสช่วยในการคำนวณ โดยพิจารณาจากตำแหน่งสเต็ปมอเตอร์ทั้งสองตัวและตำแหน่งปลายปากกา ดังรูปที่ 3.4

**รูปที่ 3.4** การใช้ทฤษฎีสามเหลี่ยมพีทาโกรัสในการคำนวณ

จากรูปที่ 3.4 เมื่อลากเส้นตรงจากตำแหน่งปากกาโดยตั้งฉากกับแนวกระดาน ทำให้เกิดรูปสามเหลี่ยมมุมฉากขึ้น 2 รูป ซึ่งสามารถคำนวณระยะได้จากทฤษฎีสามเหลี่ยมพีทาโกรัส ดังสมการที่ (3.1) และสมการที่ (3.2)

$$XL^2 = X^2 + H^2 \tag{3.1}$$

$$YL^2 = Y^2 + H^2 \tag{3.2}$$

จากนั้นหากปากกาเคลื่อนที่ไปทางขวา 1 หน่วย จะทำให้ระยะ $X$ และ $Y$ เปลี่ยนไปดังสมการที่ (3.3) และสมการที่ (3.4)

$$X_{new} = X + 1 \tag{3.3}$$

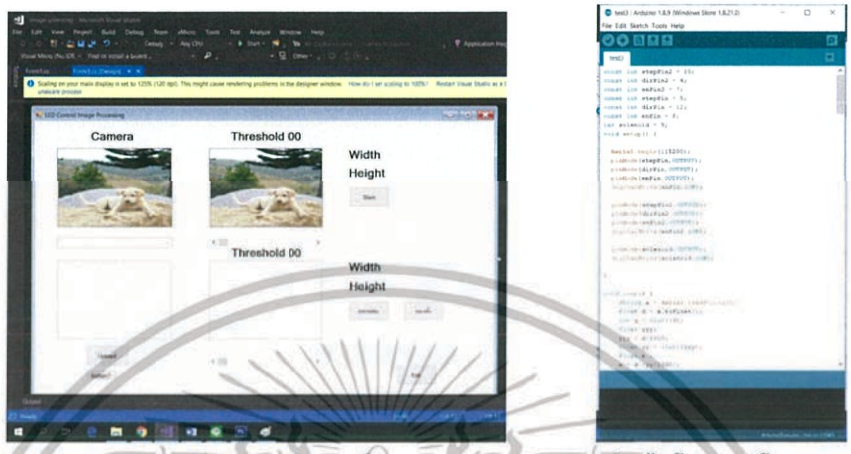
$$Y_{new} = Y - 1 \tag{3.4}$$

และสามารถหาค่าของ $XL_{new}$ และ $YL_{new}$ ใหม่นี้ โดยอาศัยสมการที่ (3.1) และสมการที่ (3.2) อีกครั้ง ดังนั้นสามารถหาผลต่างของค่า $XL_{new}$ กับ $XL$ และ $YL_{new}$ กับ $YL$ ซึ่งคือ ความยาวสายพานที่เปลี่ยนไปโดยสามารถนำไปคำนวณมุมการหมุนของสเต็ปมอเตอร์ที่สอดคล้องได้ โดยจากโครงสร้างที่ออกแบบการหมุน 1 รอบ หรือ 360 องศา จะได้ระยะความยาวสายพานที่เปลี่ยนไป 4 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.3 การออกแบบส่วนประมวลผล

การออกแบบส่วนประมวลผลจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ โปรแกรมส่วนคอมพิวเตอร์และโปรแกรมส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.5 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้




(ก) ส่วนคอมพิวเตอร์ (ข) ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์

**รูปที่ 3.5** ส่วนประมวลผล

### 3.3.1 โปรแกรมส่วนคอมพิวเตอร์

โปรแกรมส่วนคอมพิวเตอร์ออกแบบมาใช้ในการรับภาพ เปิดกล้อง ประมวลผลภาพ และส่งอินพุตไปยังส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการใช้โปรแกรมวิชวลสตูดิโอ (Visual Studio) ช่วยในการเขียนด้วยภาษาซีชาร์ป (C#) โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 3.3.1.1 ภาษาซีชาร์ป

ภาษาซีชาร์ปคือ ภาษาเขียนโปรแกรมที่หลากหลาย โดยมีรูปแบบกฎเกณฑ์และข้อบังคับในการเขียนที่เข้มงวด ซึ่งมีคุณสมบัติในการเขียนแบบฟังก์ชัน การเขียนทั่วไป และการเขียนโปรแกรมแบบออบเจ็ค มันถูกพัฒนาโดยไมโครซอฟต์ (Microsoft) ภายใต้เน็ตเฟรมเวิร์ค (.NET Framework) โดยในการพัฒนาภาษาซีชาร์ปนี้ มีความตั้งใจให้มันเขียนง่าย ทันสมัย เป็นโปรแกรมเพื่อวัตถุประสงค์ทั่วไปและเป็นแบบออบเจ็ค ซีชาร์ปเป็นภาษาเขียนโปรแกรมเพื่อวัตถุประสงค์

ภาษาซีชาร์ป ถูกออกแบบมาให้เขียนโปรแกรมแบบ จียูไอ (Graphical User Interface) สำหรับทำงานบนวินโดว์ ฟอร์ม (Windows Form) และนอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาเว็บแอพพลิเคชันและเว็บเซอร์วิสได้ ภายใต้เอเอสพี.เน็ต (ASP.NET) ที่เป็นซอฟต์แวร์ที่สามารถแก้ไข

โดยในโครงงานนี้จะใช้โปรแกรมวิชวลสตูดิโอมาช่วยในการเขียนภาษาซีชาร์ปเพื่อทำการรับภาพ เปิดกล้อง ประมวลผลภาพ และส่งอินพุตไปยังส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ และมีการเรียกใช้งานไลบรารี่สำเร็จรูปของเอฟร็อกดอทเน็ต (AForge.NET) ซึ่งเป็นไลบรารี่ที่สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวาง

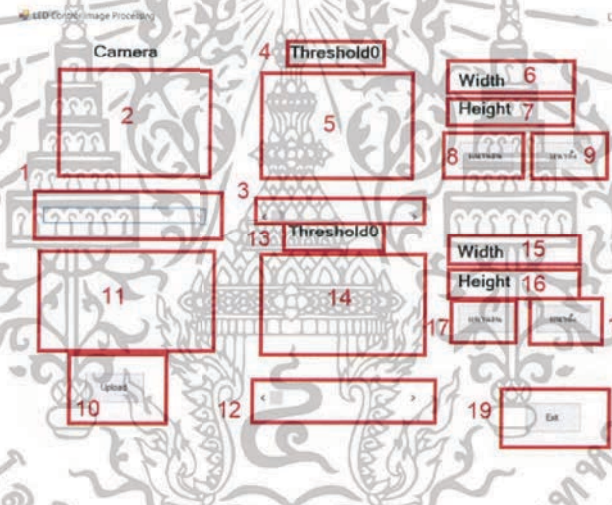
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในโครงงานนี้จะมีการเรียกใช้ไลบรารี่ AForge.Imaging.Filters, AForge.Video และ AForge.Video.DirectShow เพื่อทำการเปลี่ยนภาพสีเป็นภาพขาวดำ 2 ระดับ การเปิดกล้องเว็บแคม หรืออุปกรณ์ถ่ายภาพที่เชื่อมต่ออยู่ และการแสดงภาพที่ได้จากการเปิดกล้อง ตามลำดับ ซึ่งสามารถดูรายละเอียดได้จากภาคผนวก ง

### 3.3.1.2 โปรแกรมวิชวลสตูดิโอ

โปรแกรมวิชวลสตูดิโอคือ โปรแกรมหนึ่งที่ใช้เป็นเครื่องมือในการช่วยพัฒนาซอฟต์แวร์และระบบต่าง ๆ เช่น การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การสร้างเว็บไซต์ การเขียนแอพพลิเคชัน เป็นต้น โดยรองรับระบบการทำงานของไมโครซอฟต์ วินโดวส์ สมาร์ทโฟน เว็บเบราว์เซอร์ ต่าง ๆ โดยสามารถใช้ภาษาในการเขียนได้หลากหลาย เช่น วีบีดอทเน็ต (VB.NET) ซีพลัสพลัส (C++) ซีชาร์ป (C#) และเจชาร์ป (J#) เป็นต้น

โดยในโครงงานนี้จะใช้โปรแกรมวิชวลสตูดิโอมาช่วยในการเขียนภาษาซีชาร์ปเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน โดยมีหน้าต่างโปรแกรมและส่วนต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.6



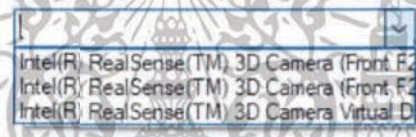

**รูปที่ 3.6** หน้าต่างโปรแกรมที่ออกแบบ

| | |
|---|---|
| ส่วนที่ 1 | ใช้ในการเลือกกล้องเว็บแคมหรืออุปกรณ์ถ่ายภาพที่เชื่อมต่อ |
| ส่วนที่ 2 | แสดงภาพที่ได้จากกล้องเว็บแคมหรืออุปกรณ์ที่ถ่ายภาพที่เชื่อมต่อ |
| ส่วนที่ 3 | ใช้ปรับระดับเทรชโฮล เพื่อเปลี่ยนให้ภาพจากส่วนที่ 2 เป็นภาพขาวดำ |
| ส่วนที่ 4 | แสดงระดับเทรชโฮลจากส่วนที่ 3 |
| ส่วนที่ 5 | แสดงภาพที่ได้จากการปรับระดับเทรชโฮลจากส่วนที่ 3 |
| ส่วนที่ 6 | แสดงความกว้างของภาพในส่วนที่ 5 |
| ส่วนที่ 7 | แสดงความยาวของภาพในส่วนที่ 5 |
| ส่วนที่ 8 | ใช้เพื่อทำการวาดภาพในส่วนที่ 5 แบบแนวนอน |
| ส่วนที่ 9 | ใช้เพื่อทำการวาดภาพในส่วนที่ 5 แบบแนวตั้ง |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 10 ใช้เพื่อรับภาพจากคอมพิวเตอร์
ส่วนที่ 11 แสดงภาพที่รับมาจากส่วนที่ 10
ส่วนที่ 12 ใช้ปรับระดับเทรชโฮล เพื่อเปลี่ยนให้ภาพจากส่วนที่ 11 เป็นภาพขาวดำ
ส่วนที่ 13 แสดงระดับเทรชโฮลจากส่วนที่ 12
ส่วนที่ 14 แสดงภาพที่ได้จากการปรับระดับเทรชโฮลจากส่วนที่ 12
ส่วนที่ 15 แสดงความกว้างของภาพในส่วนที่ 14
ส่วนที่ 16 แสดงความยาวของภาพในส่วนที่ 14
ส่วนที่ 17 ใช้เพื่อทำการวาดภาพในส่วนที่ 14 แบบแนวนอน
ส่วนที่ 18 ใช้เพื่อทำการวาดภาพในส่วนที่ 14 แบบแนวตั้ง
ส่วนที่ 19 ใช้ในการปิดโปรแกรม

เมื่อใช้งานในส่วนที่ 1 จะแสดงรายละเอียดของกล้องเว็บแคม หรืออุปกรณ์ที่เชื่อมต่ออยู่ และสามารถเลือกอุปกรณ์นั้น ๆ ได้ดังแสดงในรูปที่ 3.7



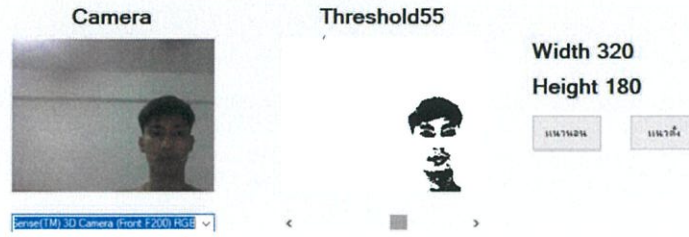

**รูปที่ 3.7** การใช้งานในส่วนที่ 1

โดยเมื่อทำการเลือกอุปกรณ์ในส่วนที่ 1 แล้ว ในส่วนที่ 2 จะแสดงภาพที่ได้จากอุปกรณ์เป็นแบบเวลาจริง (Real Time) ดังแสดงในรูปที่ 3.8

**รูปที่ 3.8** การทำงานในส่วนที่ 2

และเมื่อทำการใช้งานในส่วนที่ 3 เพื่อปรับระดับเทรชโฮล จะทำให้มีการแสดงผลในส่วนที่ 4, 5, 6 และ 7 ดังแสดงในรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.9** การแสดงผลหลังใช้งานส่วนที่ 3

ทำการใช้งานส่วนที่ 10 จะมีหน้าต่างขึ้นมาเพื่อเลือกรูปภาพจากคอมพิวเตอร์ และเมื่อเลือกรูปภาพสำเร็จจะแสดงผลในส่วนที่ 11 ดังรูปที่ 3.10

(ก) หน้าต่างเพื่อเลือกรูปภาพ (ข) การแสดงผลในส่วนที่ 11

**รูปที่ 3.10** การใช้งานส่วนที่ 10

และเมื่อทำการใช้งานในส่วนที่ 12 เพื่อปรับระดับเทรชโฮล จะทำให้มีการแสดงผลในส่วนที่ 13, 14, 15 และ 16 ดังแสดงในรูปที่ 3.11

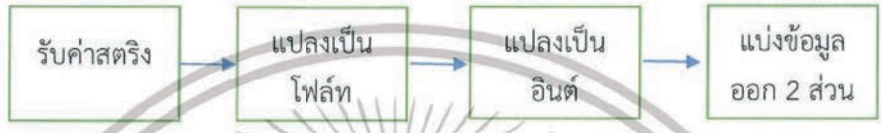
**รูปที่ 3.11** การแสดงผลหลังใช้งานส่วนที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.2 โปรแกรมส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์

โปรแกรมส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้จะใช้โปรแกรมอาดูโน่ ไอดีอี (Arduino IDE) ซึ่งใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์จำพวกอาดูโน่ โดยมีพื้นฐานการเขียนเหมือนกับภาษาซี (C)

โดยในโครงงานนี้จะใช้การเขียนโปรแกรมอาดูโน่เพื่อรับอินพุตซึ่งเป็นข้อมูลแบบข้อความชนิดสตริง (String) จากโปรแกรมวิชวลสตูดิโอ เพื่อที่จะนำไปควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในการสั่งการอุปกรณ์ส่วนต่าง ๆ ในการวาดภาพ จำเป็นต้องมีการแปลงให้เป็นข้อมูลในรูปแบบของจำนวนเต็มอินต์ (Int) ซึ่งมีขั้นตอนในการแปลงข้อมูลที่รับจากโปรแกรมวิชวลสตูดิโอดังรูปที่ 3.12




**รูปที่ 3.12** ขั้นตอนการแปลงข้อมูลของโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

จากรูปที่ 3.12 เมื่อรับข้อมูลแบบสตริงมาโปรแกรมจะทำการเปลี่ยนให้เป็นในรูปแบบของตัวเลขชนิดโฟล์ท (Float) และทำการแปลงต่อไปเป็นจำนวนเต็มอินต์ เมื่อเสร็จแล้วจะทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน แต่ละส่วนจะนำไปควบคุมสเต็ปมอเตอร์แต่ละตัว

ในการควบคุมการทำงานของรีเลย์ เนื่องจากในการเคลื่อนที่ของสเต็ปมอเตอร์ในการวาดภาพแต่ละครั้งจะใช้จะหมุนมากกว่า 5 องศา ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมจึงกำหนดเพิ่มว่าข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการควบคุมสเต็ปมอเตอร์จะต้องไม่เท่ากับ 1 และ 2 หากมีค่าเท่ากับ 1 หรือ 2 จะใช้ในการควบคุมการทำงานของรีเลย์ที่เชื่อมต่อกับโซลินอยด์มอเตอร์แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองจากการการทดลองเครื่องจักรต้นแบบ โดยจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ การรับรูปภาพและการเปิดกล้อง การประมวลผลภาพขาวดำ การวาดภาพลายเส้น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

## 4.1 การรับรูปภาพและการเปิดกล้อง

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการรับรูปภาพ และการเปิดกล้องเว็บแคมหรืออุปกรณ์ถ่ายภาพที่เชื่อมต่อ โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ภาพที่ได้จากการรับเข้ามาจากคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมวิชวลสตูดิโอ และการรับภาพจากการเปิดกล้องแว็บแคมหรืออุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ

### 4.1.1 การรับไฟล์รูปภาพ

ในการทดลองนี้จะเป็นการรับไฟล์รูปภาพจากคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมวิชวลสตูดิโอ จากหัวข้อ 3.3.1.2 โดยในการทดลองนี้สามารถรับรูปภาพและแสดงผลในโปรแกรมได้ ดังรูปที่ 4.1

(ก) หน้าต่างเลือกรูปภาพ (ข) รูปภาพที่แสดง

**รูปที่ 4.1** การรับรูปภาพด้วยโปรแกรมวิชวลสตูดิโอ

### 4.1.2 การเปิดกล้องเว็บแคมหรืออุปกรณ์ถ่ายภาพ

ในการทดลองนี้จะทำการเปิดกล้องหรืออุปกรณ์ถ่ายภาพที่เชื่อมต่อ จากหัวข้อ 3.3.1.2 ซึ่งสามารถเลือกกล้องเว็บแคมหรืออุปกรณ์ถ่ายภาพที่เชื่อมต่อ และแสดงผลได้ ดังรูปที่ 4.2

**รูปที่ 4.2** การเปิดกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 การประมวลผลภาพขาวดำ

ในการทดลองนี้จะทำการประมวลผลภาพโดยวิธีการตามหัวข้อ 3.3.1.2 เพื่อที่จะเปลี่ยนภาพที่ได้จากกล้องเว็บแคมหรืออุปกรณ์ถ่ายภาพเชื่อมต่อ หรือภาพที่รับมาจากคอมพิวเตอร์ให้เป็นภาพขาวดำ 2 ระดับสี โดยมีรายละเอียดดังนี้

### 4.2.1 การทดลองรูปภาพที่หนึ่ง

การทดลองรูปภาพที่ 1 ทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง โดยมีการปรับระดับเทรชโฮลที่ระดับต่าง ๆ กัน และทำการบันทึกผล โดยในการทดลองครั้งแรกปรับระดับเทรชโฮลที่ 21 ภาพที่ได้จะมีพื้นที่สีขาวมาก เนื่องจากระดับเทรชโฮลมีค่าที่ต่ำ ดังรูปที่ 4.3

(ก) ภาพต้นแบบ (ข) ภาพจากการปรับเทรชโฮล

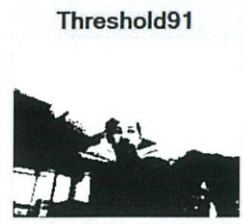
**รูปที่ 4.3** การประมวลผลรูปภาพที่หนึ่งด้วยระดับเทรชโฮล 21

ในการทดลองครั้งที่ 2 ทำการปรับระดับเทรชโฮลที่ 61 ภาพที่ได้มีสีดำมากขึ้น เนื่องจากการเพิ่มระดับเทรชโฮล ดังที่แสดงในรูปที่ 4.4

**รูปที่ 4.4** การประมวลผลรูปภาพที่หนึ่งด้วยระดับเทรชโฮล 61

ในการทดลองครั้งที่ 3 ทำการปรับระดับเทรชโฮลที่ 91 ภาพที่ได้มีสีดำมากที่สุดจากการทดลองทั้ง 3 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.5** การประมวลผลรูปภาพที่หนึ่งด้วยระดับเทรชโฮล 91

### 4.2.2 การทดลองรูปภาพที่สอง

การทดลองรูปภาพที่ 2 ทำการทดลองทั้งหมด 2 ครั้ง โดยการปรับระดับเทรชโฮลที่ระดับต่างกัน ๆ และทำการบันทึกผล โดยในการทดลองครั้งแรกปรับระดับเทรชโฮลที่ 27 ภาพที่ได้จะมีพื้นที่สีขาวมาก เนื่องจากระดับเทรชโฮลมีค่าที่ต่ำ ดังรูปที่ 4.6

(ก) ภาพต้นแบบ (ข) ภาพจากการปรับเทรชโฮล

**รูปที่ 4.6** การประมวลผลรูปภาพที่สองด้วยระดับเทรชโฮล 27

ในการทดลองครั้งที่ 2 ทำการปรับระดับเทรชโฮลที่ 55 ภาพที่ได้มีสีดำมากขึ้น เนื่องจากการเพิ่มระดับเทรชโฮล ดังที่แสดงในรูปที่ 4.7

**รูปที่ 4.7** การประมวลผลรูปภาพที่สองด้วยระดับเทรชโฮล 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.3 การวาดภาพลายเส้น

ในการทดลองนี้จะทำการวาดภาพลายเส้นจากรูปภาพที่ผ่านการปรับค่าเทรชโฮลด้วยวิธีการในหัวข้อ 3.3.1.2 ทำการทดลองทั้งหมด 3 รูป ซึ่งมีความละเอียดตั้งแต่ 20 x 20 พิกเซล ถึง 40 x 40 พิกเซล โดยมีรายละเอียดดังนี้

### 4.3.1 การทดลองการวาดภาพที่หนึ่ง

การทดลองการวาดภาพที่หนึ่ง ทำการรับไฟล์ภาพจากคอมพิวเตอร์ซึ่งมีขนาด 20 x 20 พิกเซล ทำการประมวลผลภาพให้เป็นภาพขาวดำที่มี 2 ระดับ ด้วยระดับเทรชโฮล 91 ตามวิธีในหัวข้อ 3.3.1.2 ดังรูปที่ 4.8

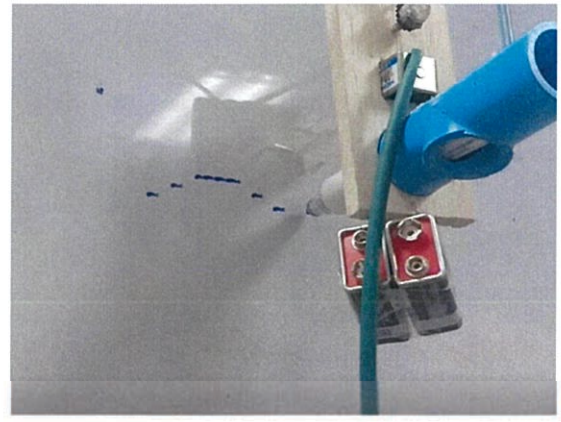
(ก) รูปภาพต้นฉบับ (ข) รูปภาพที่ได้จากการปรับเทรชโฮล

**รูปที่ 4.8** รูปภาพที่ใช้ในการทดลองภาพที่หนึ่ง

ทำการทดลองโดยการใช้งานส่วนที่ 17 จากหัวข้อ 3.3.1.2 ในที่นี้กำหนดให้การเคลื่อนที่ครั้งละ 1 พิกเซล ต่อระยะประมาณ 2 มิลลิเมตร เครื่องจักรต้นแบบจะทำการเริ่มจากวาดภาพจากบรรทัดบนสุดซ้ายมือ ซึ่งจะมีการประมวลผลด้วยโปรแกรมวิชวลสตูดิโอ หากตำแหน่งที่เคลื่อนที่ไปเป็นสีดำจะทำการกดปากกา แต่หากเป็นสีขาวจะทำการยกปากกาขึ้น โดยจะเคลื่อนที่จากซ้ายไปขวา และเมื่อสิ้นสุดบรรทัดเครื่องจักรต้นแบบจะทำการยกปากกาแล้วเคลื่อนที่กลับมายังจุดเริ่มต้นของบรรทัด และทำการเคลื่อนที่ลงไปบรรทัดต่อไป และทำการวาดภาพต่อจนสิ้นสุดรูปภาพ ซึ่งได้ผลการทดลอง ณ เวลาต่าง ๆ ดังนี้

ในระยะแรกเครื่องจักรต้นแบบวาดรูปตามที่เขียนโปรแกรมเอาไว้ และใช้เวลาในการเคลื่อนที่ค่อนข้างช้า ดังรูปที่ 4.9 ถึงรูปที่ 4.10

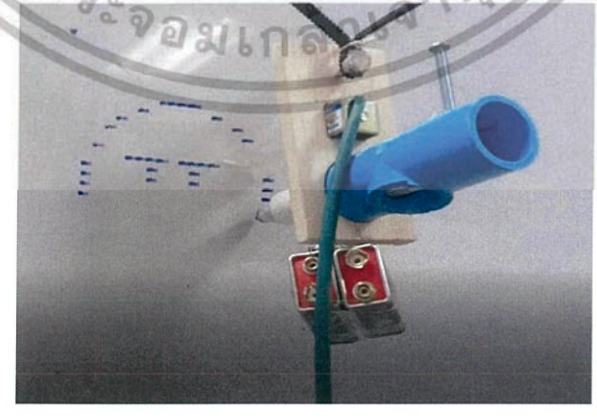
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 4.9** การทดลองภาพที่หนึ่ง ณ เวลา 4 นาที โดยการวาดแบบแนวนอน

**รูปที่ 4.10** การทดลองภาพที่หนึ่ง ณ เวลา 13 นาที โดยการวาดแบบแนวนอน

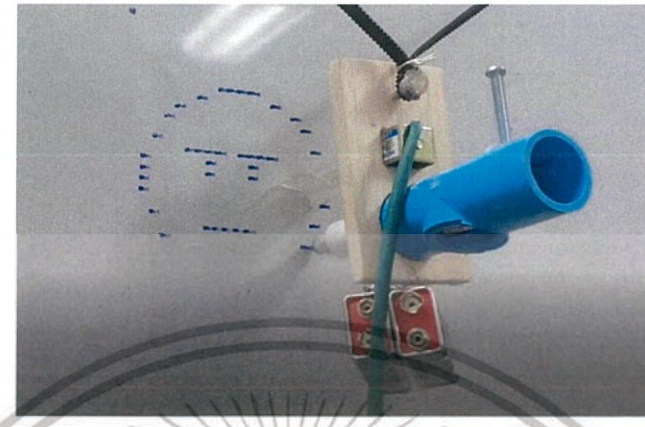
การทดลอง ณ เวลา 22 นาที เครื่องจักรต้นแบบสามารถทำการวาดภาพได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 4.11



**รูปที่ 4.11** การทดลองภาพที่หนึ่ง ณ เวลา 22 นาที โดยการวาดแบบแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลอง ณ เวลา 31 นาที เครื่องจักรต้นแบบสามารถวาดภาพได้มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 4.12



**รูปที่ 4.12** การทดลองภาพที่หนึ่ง ณ เวลา 31 นาที โดยการวาดแบบแนวนอน

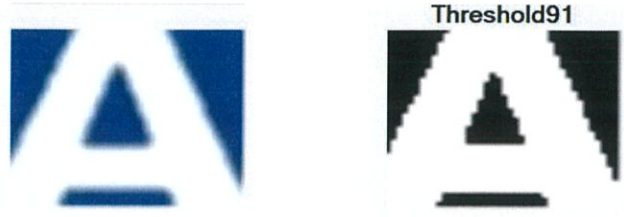
การทดลอง ณ เวลา 40 นาที เครื่องจักรต้นแบบสามารถวาดภาพได้เสร็จสมบูรณ์ โดยภาพที่ได้มีความคล้ายคลึงกับภาพต้นแบบ ดังรูปที่ 4.13

**รูปที่ 4.13** การทดลองภาพที่หนึ่ง ณ เวลา 40 นาที โดยการวาดแบบแนวนอน

### 4.3.2 *การทดลองการวาดภาพที่ 2*

การทดลองการวาดภาพที่ 2 ทำการรับไฟล์ภาพจากคอมพิวเตอร์ซึ่งมีขนาด 40 x 40 พิกเซล ทำการประมวลผลภาพให้เป็นภาพขาวดำที่มี 2 ระดับ ด้วยระดับเทรชโฮล 91 ตามวิธีในหัวข้อ 3.3.1.2 ดังรูปที่ 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




(ก) ภาพต้นแบบ (ข) ภาพจากการประมวลผลภาพ

**รูปที่ 4.14** รูปภาพที่ใช้ในการทดลองภาพที่สอง

ทำการทดลองโดยการใช้งานส่วนที่ 17 จากหัวข้อ 3.3.1.2 เครื่องจักรต้นแบบจะทำการเริ่มจากวาดภาพจากบรรทัดบนสุดซ้ายมือ ซึ่งจะมีการประมวลผลด้วยโปรแกรมวิชวลสตูดิโอ หากตำแหน่งที่เคลื่อนที่ไปเป็นสีดำจะทำการกดปากกา แต่หากเป็นสีขาวจะทำการยกปากกาขึ้น โดยจะเคลื่อนที่จากซ้ายไปขวา และเมื่อสิ้นสุดบรรทัดเครื่องจักรต้นแบบจะทำการยกปากกาแล้วเคลื่อนที่กลับมายังจุดเริ่มต้นของบรรทัด และทำการเคลื่อนที่ลงไปบรรทัดต่อไป และทำการวาดภาพต่อจนสิ้นสุดรูปภาพ ในที่นี้กำหนดให้การเคลื่อนที่ครั้งละ 2 พิกเซล ต่อระยะประมาณ 2 มิลลิเมตร ซึ่งได้ผลการทดลอง ณ เวลาต่าง ๆ ดังนี้

ในระยะแรกเครื่องจักรต้นแบบวาดรูปตามที่เขียนโปรแกรมเอาไว้ และใช้เวลาในการเคลื่อนที่ค่อนข้างช้า ดังรูปที่ 4.15 ถึงรูปที่ 4.16

**รูปที่ 4.15** การทดลองภาพที่สอง ณ เวลา 5 นาที โดยการวาดแบบแนวนอน

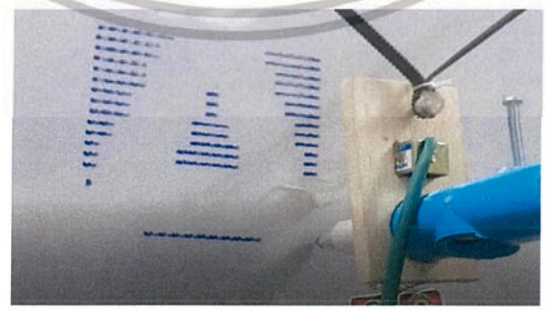
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 4.16** การทดลองภาพที่สอง ณ เวลา 10 นาที โดยการวาดแบบแนวนอน

การทดลอง ณ เวลา 30 นาที เครื่องจักรต้นแบบสามารถวาดภาพได้มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 4.17

**รูปที่ 4.17** การทดลองภาพที่สอง ณ เวลา 30 นาที โดยการวาดแบบแนวนอน

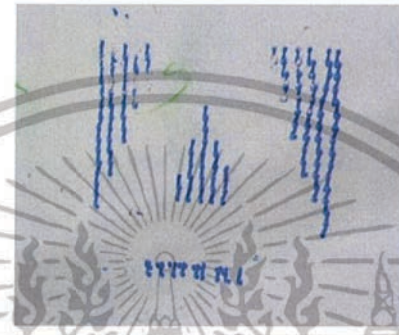
การทดลอง ณ เวลา 37 นาที เครื่องจักรต้นแบบสามารถวาดภาพได้เสร็จสมบูรณ์ โดยรูปที่ได้จะมีความคล้ายคลึงกับต้นแบบน้อยกว่าการทดลองรูปภาพที่ 1 แต่สามารถวาดภาพได้เร็วกว่า ดังรูปที่ 4.18



**รูปที่ 4.18** การทดลองภาพที่สอง ณ เวลา 37 นาที โดยการวาดแบบแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการทดลองโดยส่วนที่ 18 ในหัวข้อ 3.3.1.2 เครื่องจักรต้นแบบจะทำการเริ่มจากวาดภาพจากบรรทัดบนสุดซ้ายมือ ในที่นี้กำหนดให้การเคลื่อนที่ครั้งละ 2 พิกเซล ต่อระยะประมาณ 2 มิลลิเมตร ซึ่งจะมีการประมวลผลด้วยโปรแกรมวิชวลสตูดิโอ หากตำแหน่งที่เคลื่อนที่ไปเป็นสีดำจะทำการกดปากกา แต่หากเป็นสีขาวจะทำการยกปากกาขึ้น โดยจะเคลื่อนที่จากบนลงล่าง และเมื่อสิ้นสุดแถวเครื่องจักรต้นแบบจะทำการยกปากกาแล้วเคลื่อนที่กลับมายังจุดเริ่มต้นของแถว และทำการเคลื่อนที่เพื่อเริ่มแถวต่อไปทางซ้าย และทำการวาดภาพต่อจนสิ้นสุดรูปภาพ ซึ่งได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.19



**รูปที่** 4.19 การทดลองภาพที่สอง ณ เวลา 37 นาที โดยการวาดแบบแนวตั้ง

### 4.3.2 การทดลองการวาดภาพที่สาม

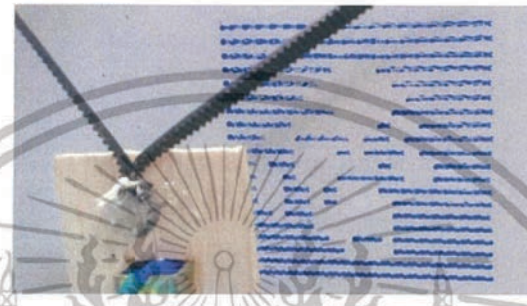
การทดลองการวาดภาพที่สาม ทำการรับไฟล์ภาพจากคอมพิวเตอร์ซึ่งมีขนาด 20 x 20 พิกเซล ทำการประมวลผลภาพให้เป็นภาพขาวดำที่มี 2 ระดับ ด้วยระดับเทรชโฮล 91 ตามวิธีในหัวข้อ 3.3.1.2 ดังรูปที่ 4.20

(ก) ภาพต้นแบบ (ข) ภาพที่ได้จากการปรับเทรชโฮล

**รูปที่ 4.20** รูปภาพที่ใช้ในการทดลองภาพที่สาม

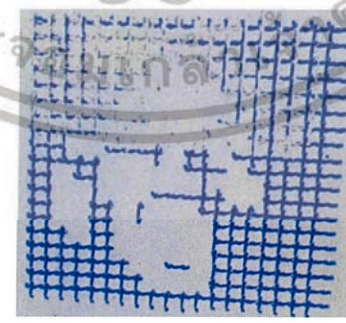
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการทดลองโดยการใช้งานส่วนที่ 17 จากหัวข้อ 3.3.1.2 เครื่องจักรต้นแบบจะทำการเริ่มจากวาดภาพจากบรรทัดบนสุดซ้ายมือ ในที่นี้กำหนดให้การเคลื่อนที่ครั้งละ 1 พิกเซล ต่อระยะประมาณ 2 มิลลิเมตร ซึ่งจะมีการประมวลผลด้วยโปรแกรมวิชวลสตูดิโอ หากตำแหน่งที่เคลื่อนที่ไปเป็นสีดำจะทำการกดปากกา แต่หากเป็นสีขาวจะทำการยกปากกาขึ้น โดยจะเคลื่อนที่จากซ้ายไปขวา และเมื่อสิ้นสุดบรรทัดเครื่องจักรต้นแบบจะทำการยกปากกาแล้วเคลื่อนที่กลับมายังจุดเริ่มต้นของบรรทัด และทำการเคลื่อนที่ลงไปบรรทัดต่อไป และทำการวาดภาพต่อจนสิ้นสุดรูปภาพ โดยใช้เวลาทั้งหมด 40 นาที ซึ่งได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.21



**รูปที่ 4.21** ผลการทดลองภาพที่สามโดยการวาดแบบแนวนอน

ทำการทดลองโดยส่วนที่ 18 ในหัวข้อ 3.3.1.2 ลงในภาพเดิม เครื่องจักรต้นแบบจะทำการเริ่มจากวาดภาพจากบรรทัดบนสุดซ้ายมือ ในที่นี้กำหนดให้การเคลื่อนที่ครั้งละ 1 พิกเซล ต่อระยะประมาณ 2 มิลลิเมตร ซึ่งจะมีการประมวลผลด้วยโปรแกรมวิชวลสตูดิโอ หากตำแหน่งที่เคลื่อนที่ไปเป็นสีดำจะทำการกดปากกา แต่หากเป็นสีขาวจะทำการยกปากกาขึ้น โดยจะเคลื่อนที่จากบนลงล่าง และเมื่อสิ้นสุดแถวเครื่องจักรต้นแบบจะทำการยกปากกาแล้วเคลื่อนที่กลับมายังจุดเริ่มต้นของแถว และทำการเคลื่อนที่เพื่อเริ่มแถวต่อไปทางซ้าย และทำการวาดภาพต่อจนสิ้นสุดรูปภาพ ซึ่งได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.22 ซึ่งมีความละเอียดและคล้ายคลึงภาพต้นแบบมากกว่าทุกการทดลอง



**รูปที่ 4.22** ผลการทดลองภาพที่สามโดยการวาดภาพแบบผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการทดลองและปัญหาในการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลการทดลอง ปัญหาในการทดลอง และแนวทางการแก้ไขปัญหาในการทดลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

## 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการใช้งานเครื่องจักรต้นแบบวาดภาพอัจฉริยะระบบที่ออกแบบว่าสามารถรับภาพที่ต้องการวาดผ่านคอมพิวเตอร์โดยการเปิดไฟล์ภาพ และโดยกล้องเว็บแคมหรืออุปกรณ์ถ่ายภาพที่เชื่อมต่อ สามารถนำไปประมวลผลภาพให้ออกมาเป็นภาพขาวดำ 2 ระดับสี แล้วทำการประมวลผลและแปลงค่าเพื่อส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ทำให้สามารถวาดรูปภาพลายเส้นในแนวนอนและแนวตั้งได้ตามวัตถุประสงค์ของโครงงาน โดยภาพที่ได้จากการวาดภาพแนวตั้งจะมีความคล้ายคลึงกับภาพต้นแบบน้อยกว่าการวาดภาพแบบแนวนอน และการวาดรูปภาพแบบผสมกันระหว่างแบบแนวตั้งและแบบแนวนอนจะมีความคล้ายคลึงกับภาพต้นแบบมากที่สุด

โดยเครื่องต้นแบบไม่สามารถวาดภาพที่มีความละเอียดสูง เนื่องใช้เวลาในการวาดภาพนาน ซึ่งจากการทดลองในบทที่ 4 จะเห็นว่าการวาดภาพในหนึ่งแนว ขนาด 20 x 20 พิกเซล โดยการเคลื่อนที่ไปครั้งละ 1 พิกเซลต่อระยะ 2 มิลลิเมตร และการวาดภาพในหนึ่งแนว ขนาด 40 x 40 พิกเซล โดยเคลื่อนที่ไปครั้งละ 2 พิกเซลต่อระยะ 2 มิลลิเมตร ใช้เวลประมาณ 40 นาที และการวาดภาพแบบผสมระหว่างการวาดแบบแนวนอนและแนวตั้ง ใช้เวลารวมกันประมาณ 80 นาที หรือ 1 ชั่วโมง 20 นาที

## 5.2 ปัญหาในการทดลอง

1. เครื่องจักรต้นแบบมีขนาดใหญ่ยากแก่การเคลื่อนย้าย
2. เครื่องจักรต้นแบบใช้เวลาในการวาดภาพนานห
3. การวาดภาพขนาดใหญ่ เครื่องจักรต้นแบบวาดภาพได้ไม่ตรง เนื่องจากสายพานหย่อน
4. เกิดปัญหาในการกดปากกาความเข้มของแต่ละจุดไม่เท่ากัน

## 5.3 แนวทางในการแก้ปัญหาในการทดลอง

1. ออกแบบอุปกรณ์ในส่วนของกระดานและที่ยึดกระดานให้สะดวกในการเคลื่อนย้ายมากขึ้น
2. ทำการศึกษาและปรับแก้ในส่วนของการเขียนโปรแกรมในการควบคุมสเต็ปมอเตอร์ให้ดีขึ้น เพื่อลดระยะเวลาในการวาดภาพ
3. เพิ่มระยะห่างของสเต็ปมอเตอร์ทั้งสองตัว เพื่อให้สายพานมีความตึงมากขึ้น
4. เพิ่มตัวถ่วงน้ำหนักที่ด้ามจับปากกา เพื่อให้สามารถกดปากกาได้ดีมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง

[1] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods. 2002. **Digital Image Processing Second Edition**. New Jersey : Prentice-Hall, Inc.

[2] NEXTSOFTWAREHOUSE. 2014. "**ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการประมวลผลภาพดิจิทัล**" [Online].Available: https://nextsoftwares.wordpress.com/2014/05/22/ความรู้เบื้องต้นเกี่ยว/

[3] marcuscode. 2015. "**ความรู้เกี่ยวกับภาษา C#**" [Online].Available: http://marcuscode.com/lang/csharp

[4] myarduino. 2015. "**การเขียนโปรแกรม Arduino**" [Online].Available: https://www.myarduino.net/article/5/การเขียนโปรแกรมเบื้องต้นกับ-arduino-c

[5] Kong Ruksiam. 2016. "**การเขียนโปรแกรม Visual C#**" [Online].Available: https://www.youtube.com/watch?v=Pm4hq_cbbiY

[6] Anthony J. Bianculli. "**Stepper Motors: Application and Selection**" , IEEE Spectrum Magazine, Volume: 7 , Issue: 12 , Dec. 1970

[7] Yusuf Abdullahi Badamasi. "**The Working Principle of an Arduino**", Proc. IEEE International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO), 2014.

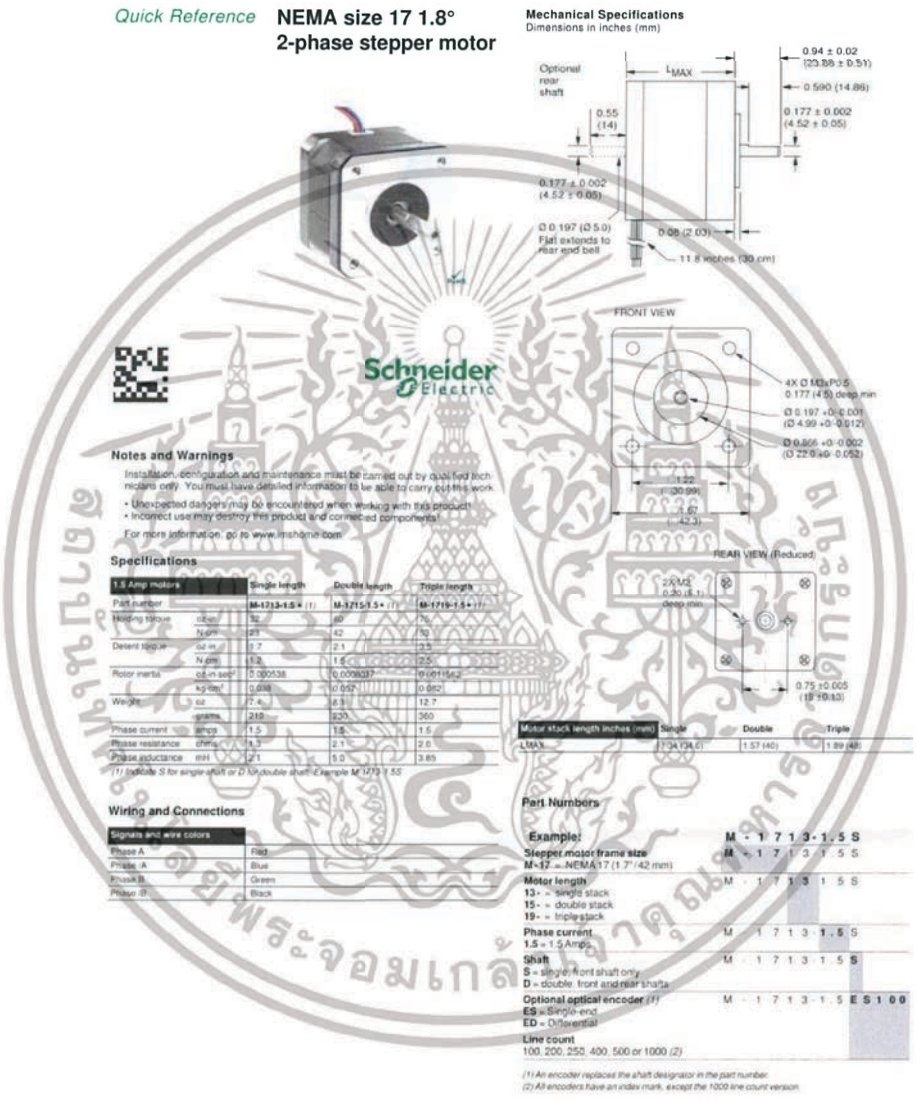
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

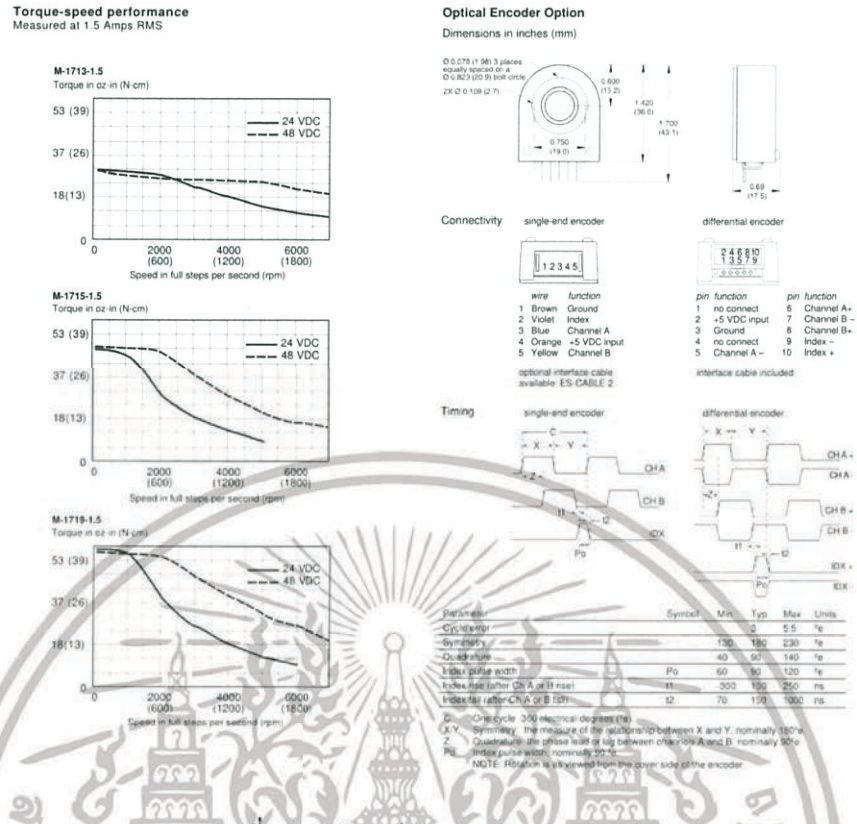
# ภาคผนวก ก
# สเต็ปมอเตอร์ เนมา 17

สเต็ปมอเตอร์ เนมา 17 (NEMA 17) เป็นสเต็ปมอเตอร์ที่นำมาใช้ในการสร้างเครื่องจักรต้นแบบ เนื่องจากมีขนาดและราคาที่พอเหมาะ โดยมีคู่มือการใช้ ดังรูปที่ ก.1




**รูปที่ ก.1** คู่มือสเต็ปมอเตอร์ เนมา 17
(ที่มา : https://www.datasheetspdf.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ ก.2** คู่มือสเต็ปมอเตอร์ เนมา 17 (ต่อ)

(ที่มา : https://www.datasheetspdf.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข
# อาดูโน่ อูโน่ อาร์ 3

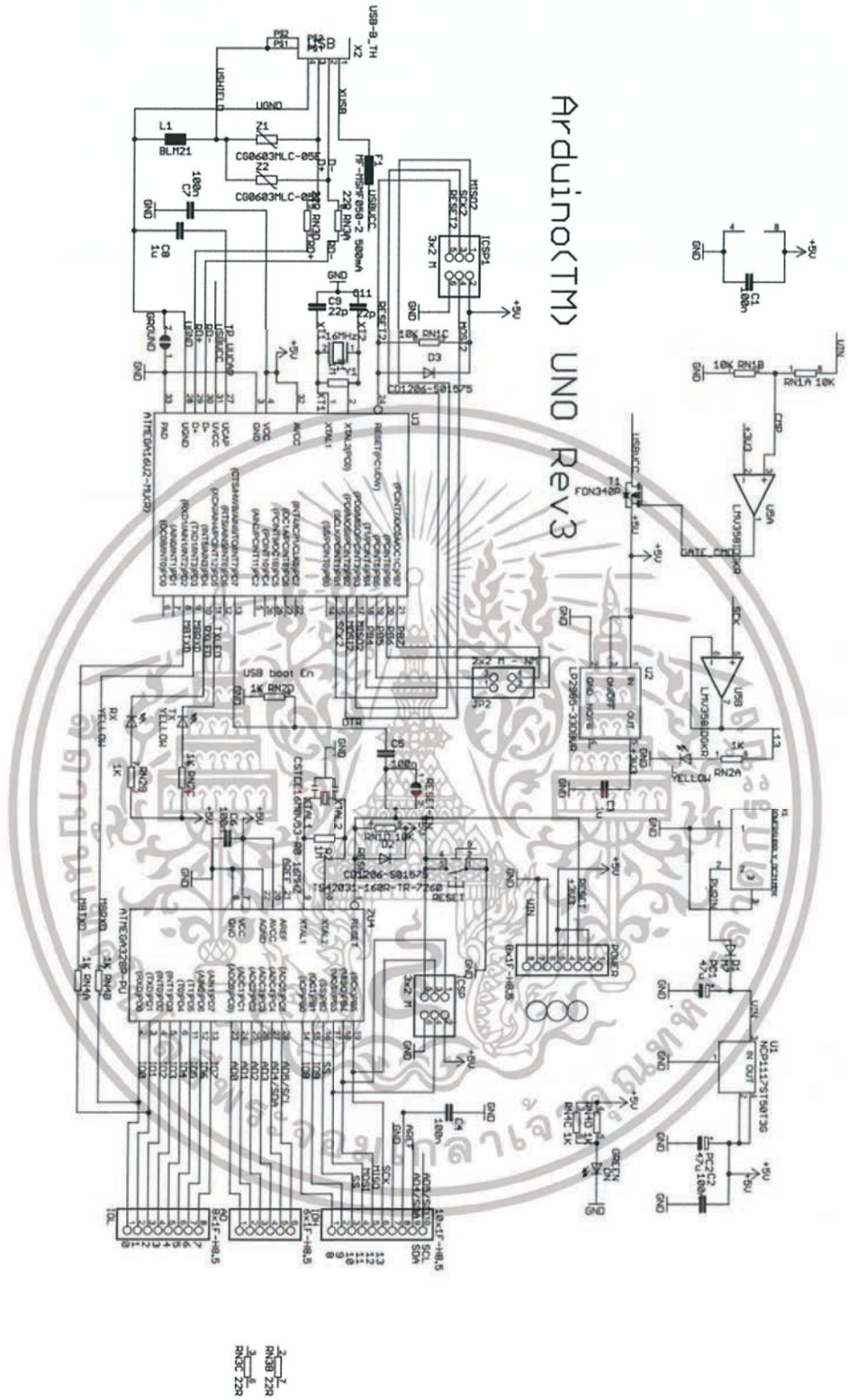
อาดูโน่ อูโน่ อาร์ 3 คือไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดหนึ่ง ที่ถูกนำมาใช้ในการสร้างเครื่องจักรต้นแบบ และโดยมีรายละเอียดขาแต่ละตำแหน่งดังรูปที่ ข.1 และมีโครงสร้างภายในดังรูปที่ ข.2 ซึ่งมีคุณสมบัติเฉพาะต่าง ๆ ดังนี้

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ เอทีเมก้า 328 (ATmega328 Microcontroller)
2. รับอินพุตตั้งแต่ 7 ถึง 12 โวลต์
3. มีดิจิตอลเอ้าพุตพีดับเบิลยูเอ็ม (PWM Outputs) 6 ขา
4. มีอนาล็อกอินพุต 6 ช่อง (Analog Inputs)
5. ความจำแฟลช (Flash Memory) 32 กิโลไบต์
6. ความจำชั่วคราว 2 กิโลไบต์

และมีรายละเอียดของขาต่าง ๆ ดังรูปที่ ข.1 และมีโครงสร้างภายใน ดังรูปที่ ข.2

**รูปที่ ข.1** รายละเอียดขาของอาร์ดูโน่ อูโน่ อาร์สาม
(ที่มา : https://components101.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



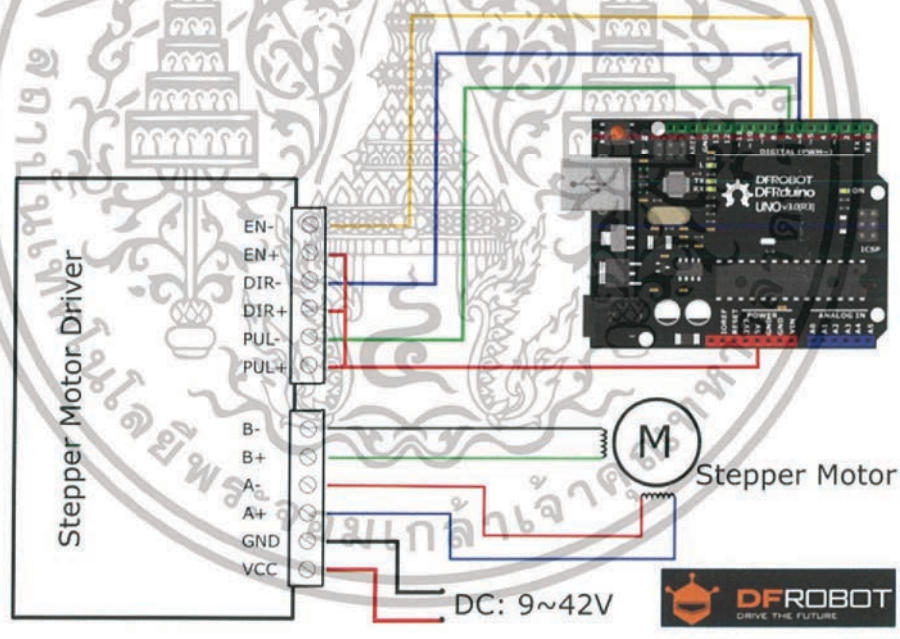

**รูปที่ ข.2** โครงสร้างภายในของอาร์ดูโน่ อูโน่ อาร์สาม
(ที่มา : https://components101.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค
# วงจรขับสเต็ปมอเตอร์ รุ่น ทีบี 6600

วงจรขับสเต็ปมอเตอร์ รุ่น ทีบี 6600 (TB 6600) เป็นวงจรขับสเต็ปมอเตอร์ที่ใช้งานง่ายและไม่มีความซับซ้อน จึงนิยมในการใช้งานทั่วไป โดยในโครงงานนี้ได้นำมาใช้ในควบคุมสเต็ปมอเตอร์โดยการเชื่อต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังรูปที่ ค.1 โดยมีคุณสมบัติเฉพาะดังนี้

1. การป้อนอินพุตตั้งแต่ 0 ถึง 5 แอมป์
2. กระแสไฟขาออกตั้งแต่ 0.5 ถึง 4.0 แอมป์
3. การควบคุมมอเตอร์ขนาด 3.3 ถึง 24 โวลต์
4. กำลังไฟฟ้าสูงสุด 160 วัตต์
5. สเต็ปการควบคุม 1, 2 / A, 2 / B, 4, 8, 16, 32
6. อุณหภูมิการใช้งานตั้งแต่ – 10 องศา ถึง 45 องศา
7. น้ำหนัก 0.2 กิโลกรัม
8. ขนาด 96 x 71 x 37 มิลลิเมตร




**รูปที่ ค.1** ตัวอย่างการเชื่อมต่อระหว่างสเต็ปมอเตอร์ วงจรขับ และไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ง
# ไลบรารี่สำเร็จรูป เอฟร็อก

ไลบรารี่สำเร็จรูป เอฟร็อก สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ซึ่งถูกนำมาใช้ในการเขียนโปรแกรมในส่วนคอมพิวเตอร์ โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ ง.1

**AForge.NET Framework** is a C# framework designed for developers and researchers in the fields of Computer Vision and Artificial Intelligence - image processing, computer vision, neural networks, genetic algorithms, machine learning, etc.

**Namespaces**

| Namespace | Description |
|---|---|
| AForge | The **AForge** namespace is a core namespace of **AForge.NET** framework, which contains core classes used by other namespaces of the framework and classes, which can be used independently for various purposes. |
| AForge.Controls | The **AForge.Controls** namespace contains different useful UI controls, which may be used together with other classes of **AForge.NET** framework. |
| AForge.Fuzzy | The **AForge.Fuzzy** namespace contains set of interfaces and classes to operate with fuzzy sets. |
| AForge.Genetic | The **AForge.Genetic** namespace contains interfaces and classes for genetic computations. The namespace and its sub namespaces contain classes, which allows to solve many different problems (optimization, approximation, prediction, etc) with the help of Genetic Algorithms (GA), Genetic Programming (GP), Gene Expression Programming (GEP) |
| AForge.Imaging | The **AForge.Imaging** namespace contains interfaces and classes for different image processing routines. |
| AForge.Imaging.ColorReduction | The **AForge.Imaging.ColorReduction** namespace contains set of classes aimed to perform color reduction in color images, which include color quantization classes, color re-coding functionality and color dithering algorithms. |
| AForge.Imaging.ComplexFilters | The **AForge.Imaging** namespace contains interfaces and classes for different image processing routines, which are done on complex Fourier transformed images. |
| AForge.Imaging.Filters | The **AForge.Imaging.Filters** namespace contains collection of interfaces and classes, which provide different image processing filters. Classes of this namespace allow to do different transformation of a source image, doing it directly on the source image or providing new image as a result of image processing routine. |
| AForge.Imaging.Formats | The **AForge.Imaging.Formats** namespace contains interfaces and classes, which are used to handle different image file formats. |
| AForge.Imaging.Textures | The **AForge.Imaging.Textures** namespace contains collection of classes, which generate different type of textures used for creating different effects. |
| AForge.MachineLearning | The **AForge.MachineLearning** namespace contains interfaces and classes for different algorithms of machine learning. |
| AForge.Math | The **AForge.Math** namespace contains set of math utilities, which are used by other **AForge.NET** framework's namespaces or may be used individually. |
| AForge.Math.Geometry | The **AForge.Math.Geometry** namespace contains set of geometry utilities, which are used by other **AForge.NET** namespaces or may be used individually. |
| AForge.Math.Metrics | The **AForge.Math.Metrics** namespace contains set of classes, which implement different difference and similarity metrics. |
| AForge.Math.Random | The **AForge.Math.Random** namespace contains interfaces and classes for random numbers generation. |
| AForge.Neuro | The **AForge.Neuro** namespace contains interfaces and classes for neural networks computations. The namespace and its sub namespaces contain classes, which allow as creating of popular neural network architectures, as classes to train these networks. |
| AForge.Neuro.Learning | The**AForge.Neuro.Learning** namespace contains interfaces and classes for neurons and neural networks learning. The namespace contains classes as for supervised learning, as for unsupervised learning. |
| AForge.Robotics.Lego | The **AForge.Robotics.Lego** namespace contains set of classes, which allow to manipulate different Lego Mindstorm robotics devices. The list of supported devices includes Lego Minstorm RCX and Lego Mindstorm NXT. |
| AForge.Robotics.Lego | The **AForge.Robotics.Lego** namespace contains set of classes, which allow to manipulate different Lego Mindstorm robotics devices. The list of supported devices includes Lego Minstorm RCX and Lego Mindstorm NXT. |
| AForge.Robotics.Surveyor | The **AForge.Robotics.Surveyor** namespace contains set of classes, which are aimed to control robotics kits provided by Surveyor company, such as SRV-1 camera/robot and SVS (Stereo Vision System) board. |
| AForge.Robotics.TeRK | The **AForge.Robotics.TeRK** namespace contains set of classes, which are aimed to control TeRK (Telepresence Robot Kit) based robots, such as Qwerk. |
| AForge.Video | The **AForge.Video** namespace contains interfaces and classes to access different video sources. |
| AForge.Video.DirectShow | The **AForge.Video.DirectShow** namespace contains classes, which allow to access video sources using *DirectShow* interface. |
| AForge.Video.FFMPEG | The **AForge.Video.FFMPEG** namespace contains classes, which allow reading and writing video files through FFmpeg library. This is an experimental namespace which is aimed to provide better API for writing/reading video file and replace **AForge.Video.VFW** at some point in time. **Note:** the API allows writing and reading video data only. Reading and writing of sound data is not supported and is not planned for now. |
| AForge.Video.Kinect | The **AForge.Video.Kinect** namespace contains classes, which allow to access to video and depth data of Microsoft's Xbox Kinect device. |
| AForge.Video.VFW | The **AForge.Video.VFW** namespace contains classes, which allow reading and writing of AVI files using *Video for Windows* interface. |
| AForge.Video.Ximea | The **AForge.Video.Ximea** namespace contains classes, which allow capturing images from XIMEA cameras. |
| AForge.Vision.Motion | The **AForge.Vision.Motion** namespace contains interfaces and classes used for motion detection and processing in video streams. |

**รูปที่ ง.1** ไลบรารี่สำเร็จรูปเอฟร็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในโครงงานนี้จะมีการเรียกใช้ไลบรารี่ AForge.Imaging.Filters, AForge.Video และ AForge.Video.DirectShow เพื่อทำการเปลี่ยนภาพสีเป็นภาพขาวดำ 2 ระดับ การเปิดกล้องเว็บแคม หรืออุปกรณ์ถ่ายภาพที่เชื่อมต่ออยู่ และการแสดงภาพที่ได้จากการเปิดกล้อง ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ ง.2 ถึง ง.4

| | |
|---|---|
| GammaCorrection | Gamma correction filter. |
| GaussianBlur | Gaussian blur filter. |
| GaussianSharpen | Gaussian sharpen filter. |
| Grayscale | Base class for image grayscaling. |
| Grayscale.CommonAlgorithms | Set of predefined common grayscaling algorithms, which have aldready initialized grayscaling coefficients. |
| GrayscaleBT709 | **Obsolete.** Grayscale image using BT709 algorithm. |
| GrayscaleRMY | **Obsolete.** Grayscale image using R-Y algorithm. |
| GrayscaleToRGB | Convert grayscale image to RGB. |
| GrayscaleY | **Obsolete.** Grayscale image using Y algorithm. |
| HistogramEqualization | Histogram equalization filter. |
| HitAndMiss | Hit-And-Miss operator from Mathematical Morphology. |
| HomogenityEdgeDetector | Homogenity edge detector. |
| HorizontalRunLengthSmoothing | Horizontal run length smoothing algorithm. |
| HSLFiltering | Color filtering in HSL color space. |
| HSLLinear | Luminance and saturation linear correction. |
| HueModifier | Hue modifier. |
| ImageWarp | Image warp effect filter. |

**รูปที่ ง.2** ข้อมูลไลบรารี่ AForge.Imaging.Filters

| Class | Description |
|---|---|
| AsyncVideoSource | Proxy video source for asynchronous processing of another nested video source. |
| JPEGStream | JPEG video source. |
| MJPEGStream | MJPEG video source. |
| NewFrameEventArgs | Arguments for new frame event from video source. |
| ScreenCaptureStream | Screen capture video source. |
| VideoException | Video related exception. |
| VideoSourceErrorEventArgs | Arguments for video source error event from video source. |

**รูปที่ ง.3** ข้อมูลไลบรารี่ AForge.Video



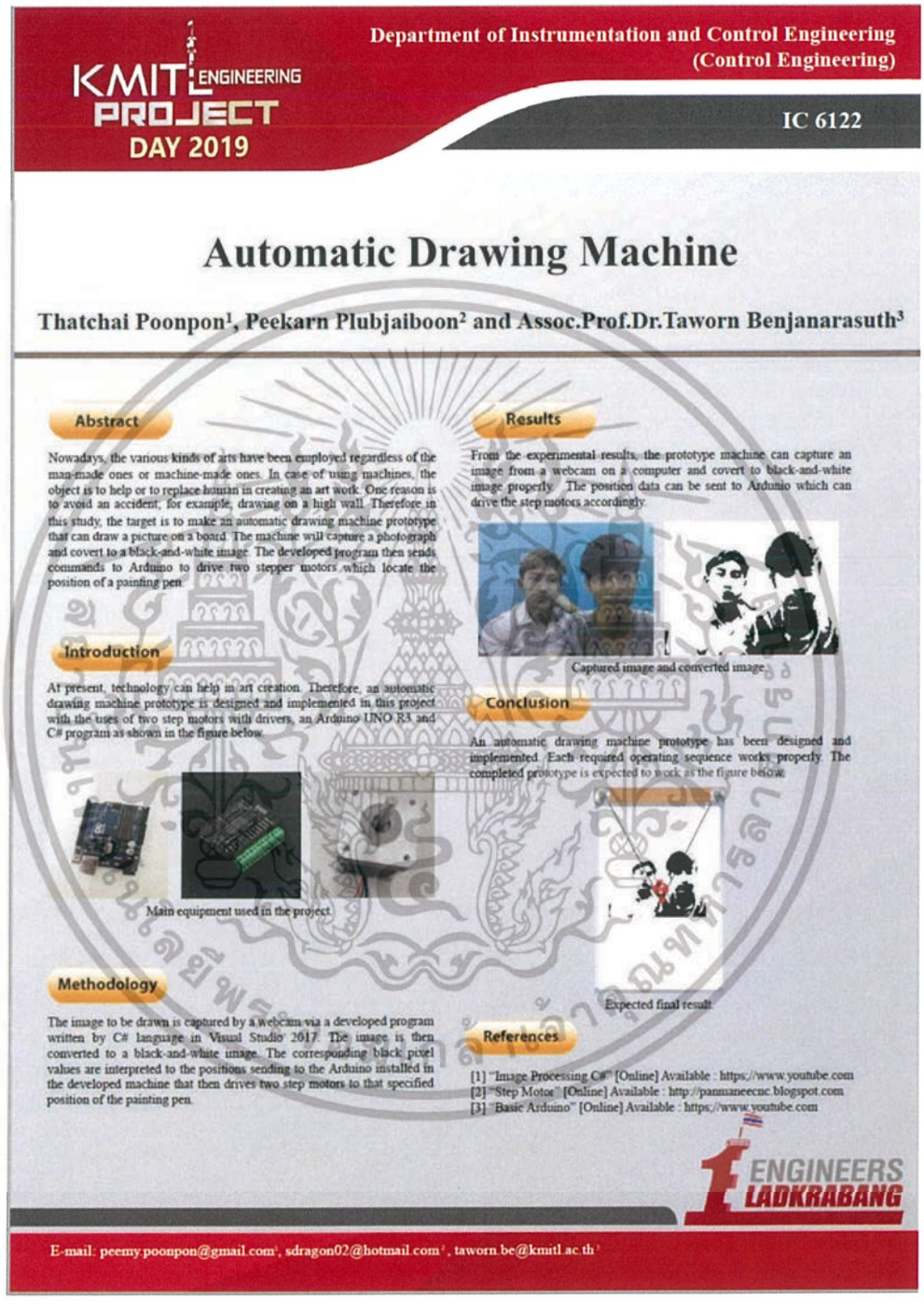
| Class | Description |
|---|---|
| FileVideoSource | Video source for video files. |
| FilterCategory | DirectShow filter categories. |
| FilterInfo | DirectShow filter information. |
| FilterInfoCollection | Collection of filters' information objects. |
| VideoCapabilities | Capabilities of video device such as frame size and frame rate. |
| VideoCaptureDevice | Video source for local video capture device (for example USB webcam). |
| VideoCaptureDeviceForm | Local video device selection form. |
| VideoInput | Video input of a capture board. |

**รูปที่ ง.4** ข้อมูลไลบรารี่ AForge.Video.DirectShow

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก จ

# โปสเตอร์งาน KMITL Engineering Project Day 2019




**รูปที่ จ.1** โปสเตอร์งาน KMITL Engineering Project Day 2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้