ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

LABORATORY SET ON ARDUINO MICROCONTROLLER FOR MOTOR CONTROL VIA SMALL INDUSTRIAL ARM ROBOT

จารึก จารุมิตร
JARUK JARUMIT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2562
KMITL-2019-ED-M-231-073

ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

LABORATORY SET ON ARDUINO MICROCONTROLLER FOR MOTOR CONTROL VIA SMALL INDUSTRIAL ARM ROBOT

จารึก จารุมิตร

JARUK JARUMIT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2562

KMITL-2019-ED-M-231-073

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LABORATORY SET ON ARDUINO MICROCONTROLLER FOR MOTOR CONTROL VIA SMALL INDUSTRIAL ARM ROBOT

JARUK JARUMIT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION
IN ELECTRICAL COMMUNICATIONS ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2019

KMITL-2019-ED-M-231-037

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2019
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก
นักศึกษา	นายจารึก จารุมิตร
รหัสประจำตัว	57603088
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ดร.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหาคุณภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก และประสิทธิภาพของชุดทดลองการพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็กตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม สาขางานไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคพัทยา จำนวน 20 คน โดยสุ่มตัวอย่างด้วยการจับสลาก ระหว่างภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 เครื่องมือที่ใช้ใน งานวิจัยคือ ชุดทดลอง แบบประเมินคุณภาพ ใบงานการทดลองจำนวน 5 ใบงาน และแบบวัดผล สัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และประสิทธิภาพ ของชุดทดลอง

ผลจากการวิจัยพบว่า ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ในระดับ ดีมาก ($\bar{x}$ = 4.51, S.D. = 0.36) และด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}$ = 4.53, S.D. = 0.29) ส่วนประสิทธิภาพของชุดทดลองหรือ E_1/E_2 เท่ากับ 80.98/84.83 ซึ่ง เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Laboratory Set on Arduino Microcontroller for Motor Control via Small Industrial Arm Robot
Student	Mr. Jaruk Jarumit
Student ID	57603088
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Electrical Communications Engineering
Year	2019
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Wisuit Sunthonkanokpong
Thesis Co-Advisor	Assoc. Prof. Dr. Peerawut Suwanjan

ABSTRACT

The purpose of this research was to develop and determine the quality and efficiency of laboratory set on arduino microcontroller for motor control via small Industrial arm robot which was identified E_1/E_2 as 80/80. The sample of this research students in the diploma degree of the electric Power department at Pattaya Technical College during the semester of 2/2561. The tools in this study were an experimental board, five laboratory sheets, evaluative forms on quality of laboratory set on arduino microcontroller for motor control via small Industrial arm robot, and the content of laboratory sheet, as well as the achievement test. The data were analyzed by using mean, standard deviation, and the efficiency value of E_1/E_2.

The results of the study showed that the quality of laboratory set on arduino microcontroller for motor control via small Industrial arm robot was at the great level ($\bar{x}$ = 4.51, S.D. = 0.36) while the laboratory sheets' was at a good level ($\bar{x}$ = 4.53, S.D. = 0.29) Futhermore, the efficiency of laboratory set on arduino microcontroller for motor control via small Industrial arm robot set on E_1/E_2 was 80.98/84.83, this was in accordance with the already specified criteria.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก รศ. ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้สละเวลาในการให้คำปรึกษาพร้อมทั้งเสนอคำแนะนำและแนวทางแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการทำวิจัยด้วยความเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้สละเวลาในการประเมินชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่าง ๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ขอขอบคุณ นายสง่า คูคำ ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณวิทยาลัยเทคนิคพัทยา ที่ทำงานของผู้ทำวิจัย ที่เข้าใจและได้อนุมัติให้ผู้วิจัยได้ใช้เวลาสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ในการทำวิจัย ขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานทุกท่านที่คอยแนะนำให้ความรู้ และสุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาที่สนับสนุนและเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยเสมอมา

จารึก จารุมิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญภาพ VIII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 สมมุติฐานของการการวิจัย 2
1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย 2
1.5 ขอบเขตของการวิจัย 3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย 4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
2.1 การศึกษาหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง 7
2.2 การศึกษาวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ 8
2.3 ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino 9
2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับมอเตอร์ชนิดต่างๆ 11
2.5 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง 17
2.6 การหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง 19
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19
บทที่ 3 วิธีดำเนินการงานวิจัย 22
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 22
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 22
3.3 วิธีดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล 30
3.4 สถิติที่ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล 32
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 34
4.1 การวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลอง 34
4.2 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลอง 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 38
5.1 สรุปผลการวิจัย 38
5.2 อภิปรายผล 40
5.3 ข้อเสนอแนะ 42

บรรณานุกรม 43

ภาคผนวก 46
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิและหนังสือราชการ 47
ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก 53
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก 57
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม 60
ภาคผนวก จ แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน 93
ภาคผนวก ฉ การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก 105
ภาคผนวก ช ใบงานการทดลองชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก 111

ประวัติผู้เขียน 166

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 รูปแบบการกระตุ้นขดลวดของมอเตอร์แบบเต็มสเต็ป 1 เฟส 14

2.2 แสดงรูปแบบการกระตุ้นขดลวดของมอเตอร์แบบเต็มสเต็ป 2 เฟส 15

2.3 แสดงรูปแบบการกระตุ้นขดลวดของมอเตอร์แบบครึ่งสเต็ป 15

3.1 กำหนดการ การดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง 31

4.1 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพคุณภาพชุดทดลอง 35

4.2 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพใบงานการทดลอง 36

4.3 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 11
2.2 แสดงส่วนประกอบหลักของเซอร์โวมอเตอร์ 12
2.3 แสดงความกว้างโดยประมาณของสัญญาณ 12
2.4 แสดงรูปดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ 13
2.5 แสดงโครงสร้างสเต็ปปิ้งมอเตอร์ Bipolar และ Unipolar 13
2.6 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ 14
2.7 แสดงการเคลื่อนที่เมื่อขับมอเตอร์แบบเต็มสเต็ป 1 เฟส 14
2.8 แสดงการเคลื่อนที่เมื่อขับมอเตอร์แบบเต็มสเต็ป 2 เฟส 14
2.9 แสดงการเคลื่อนที่เมื่อขับมอเตอร์แบบครึ่งสเต็ป 15
2.10 แสดงตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กแบบปกติ 16
2.11 แสดงตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กแบบที่มีชุดเฟืองทดรอบ 16
2.12 แสดงการควบคุมการหมุนของมอเตอร์ด้วยวงจรขับแบบ H-Bridge 16
3.1 การสร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ 23
3.2 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง 26
3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบวัดความสามารถทางการปฏิบัติ 27
3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบท้ายใบงาน 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา เป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่ในการจัดการศึกษาวิชาชีพให้แก่นักเรียนนักศึกษา เยาวชนและประชาชน มีการจัดทำแผนพัฒนากำลังคนทั้งระดับกึ่งมืออาชีพ (Semi-Skill) ระดับช่างฝีมือ (Skill) ระดับช่างเทคนิค (Technical) และระดับเทคโนโลยี (Technologist) ที่มีคุณภาพ และมาตรฐาน สามารถตอบสนองความต้องการของตลาดแรงงาน และการประกอบอาชีพอิสระ สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อม ตลอดจนความสามารถทางด้านเทคโนโลยี เพื่อให้เป็นไปตามเจตนารมณ์ของรัฐธรรมนูญของราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2540 พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553 จะต้องมีทักษะความชำนาญตามมาตรฐานวิชาชีพ (Vocational Standard) ของหลักสูตรและสอดคล้องกับมาตรฐานอาชีพ (Occupation Standard) ที่กำหนด

การจัดการเรียนการสอนด้านช่างอุตสาหกรรม ด้วยการสอนแบบทำการทดลอง (Laboratory Instruction) เป็นการมุ่งเน้นให้ผู้เรียนนำความรู้ทางด้านทฤษฎีที่ได้ศึกษามาไปประยุกต์ในการฝึกทักษะ ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจ ได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการพัฒนากิจนิสัยที่ดีของช่าง เสริมสร้างทัศนคติที่ดีต่องานและทำให้ผู้เรียนมีโอกาสสัมผัสกับวัสดุอุปกรณ์ กระตุ้นให้เกิดการคิด เสนอความคิดเห็น และการแก้ปัญหา ทำให้เกิดการพัฒนาทางด้านทักษะและความรู้แก่ผู้เรียน การสอนแบบทดลอง หากมีการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม จะทำให้ผู้เรียนนำทฤษฎีที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์เพื่อให้เกิดประสบการณ์ตรง แต่ถ้าผู้สอนไม่สามารถจัดสภาพแวดล้อมของการเรียนการทดลองให้เหมาะสมกับเป้าหมาย หรือวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ และมีการเรียนการสอนโดยใช้สื่อ หรือชุดทดลองที่ไม่มีประสิทธิภาพ อาจทำให้ผู้เรียนไม่เกิดการเรียนรู้และสิ้นเปลืองวัสดุในการทดลอง

ในสาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคพัทยา ได้นำรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นส่วนหนึ่งในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ในการนำรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ให้นักศึกษามาพัฒนาหรือเขียนโปรแกรมในการควบคุมระบบไฟฟ้า เช่นวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มอเตอร์ขนาดเล็ก หุ่นยนต์ขนาดเล็ก เป็นต้น ในการจัดการเรียนการสอนในภาคปฏิบัตินั้น มักเกิดปัญหาจากความน่าสนใจในการฝึกปฏิบัติ ชุดฝึกที่ใช้ในการเรียนผู้สอนต้องนำวงจรมาประกอบทำให้ขั้นตอนยุ่งยากซับซ้อนและทำให้เสียเวลาในการประกอบ หรือเชื่อมต่อวงจรมากและไม่สามารถประยุกต์การใช้งานเองได้ ส่งผลทำให้เกิดความไม่สอดคล้องกับระยะเวลาหรือทักษะที่จะฝึกให้กับผู้เรียน ผู้ทำการวิจัยจึงมีแนวคิดในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยทำการศึกษาและใช้แนวทางในการสร้างแรงจูงใจและการสร้างชุดทดลองของ ชาญชัย แสงโพธิ์. (2559) ทำวิจัยเรื่องชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ มาพัฒนาการสร้างชุดทดลอง การพัฒนาบอร์ดทดลองมอเตอร์ชนิดต่างๆ 4 ชนิด ชุดหุ่นยนต์แขนกลโดยการนำมอเตอร์ชนิดต่างๆ มาประกอบในชุดแขนกล และสร้างบอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino สำหรับเขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม ซึ่งใช้เรียนในหน่วยการเรียนด้านมอเตอร์ ในวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคพัทยา

อีกปัจจัยหนึ่งผู้วิจัยทำการสอนวิชานี้พบว่าจะสามารถเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในหน่วยการเรียนการควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ได้ โดยพัฒนาสื่อการสอนหรือชุดทดลอง และเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง การเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ขนาดเล็ก ดังนั้นในการจัดกระบวนการเรียนการสอน จึงจำเป็นอย่างยิ่ง ที่จะต้องพัฒนาสื่อประกอบในการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาในเรื่องที่เรียนอย่างลึกซึ้ง ส่งผลให้การเรียนการสอนบรรลุวัตถุประสงค์และเกิดประสิทธิภาพสูงสุด และสามารถประยุกต์การทำงานในการควบคุมทางด้านไฟฟ้าและระบบควบคุมอัตโนมัติได้

จากความสำคัญและแก้ปัญหาดังที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการวิจัยเรื่อง ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่าง ๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เพื่อให้เห็นกระบวนการทำงานอย่างเป็นระบบ เป็นการสร้างแรงจูงใจให้น่าสนใจในการเรียนการสอนในวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ และคาดหวังว่าจะช่วยให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นและสามารถนำความรู้ที่ได้ ไปประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ เช่น การควบคุมระบบไฟฟ้าหุ่นยนต์ขนาดเล็กถึงขนาดใหญ่ และงานด้านอุตสาหกรรม เป็นต้น อีกทั้งช่วยลดเวลาในการเรียนกระตุ้นความสนใจ ได้เห็นการทำงานของชุดทดลองและการทำงานอย่างเป็นกระบวนการ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็กที่มีคุณภาพ

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก มีคุณภาพจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิอยู่ในระดับดีขึ้นไป ($\bar{X} \geq 3.50$)

1.3.2 ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด ไม่น้อยกว่า 80/80 (E_1/E_2)

1.4 กรอบแนวคิดของการวิจัย

การสร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ผู้วิจัยได้ใช้กรอบแนวคิด ในขั้นตอนที่ 1-6 ของ วัลลภ จันทร์ตระกูล. (2543 : 11) และการหาประสิทธิภาพ ในขั้นตอนที่ 7 ของ อรพันธ์ ประสิทธิรัตน์. (2530)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยประยุกต์ใช้เป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยเพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพ ของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก โดยมีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. กำหนดจุดประสงค์ในการนำอุปกรณ์ทดลองหรือสาธิตไปใช้ในการสอน
2. กำหนดหน้าที่ของอุปกรณ์
3. ศึกษาพิจารณาปัจจัยที่จะทำให้อุปกรณ์ทำงาน ได้ตามรายการหน้าที่
4. วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์
5. สร้างต้นแบบและตรวจสอบ
6. การเตรียมเอกสารใบงานประกอบ
7. การหาประสิทธิภาพ

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.5.1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคพัทยา ปีการศึกษา 2561 จำนวนทั้งหมด 30 คน

1.5.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคพัทยา ปีการศึกษา 2561 จำนวนทั้งหมด 20 คน โดยการสุ่มเลือกแบบจับสลากจากประชากรทั้งหมด

1.5.2 เนื้อหาที่นำมาสร้างชุดทดลอง

เนื้อหาสอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 3104-2103 ในหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2557 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ประกอบด้วยใบงานระหว่างเรียนจำนวน 4 ใบงาน และใบงานรวม ดังต่อไปนี้

ใบงานที่ 1 การทดลองควบคุมเซอร์โวมอเตอร์
ใบงานที่ 2 การทดลองควบคุมดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์
ใบงานที่ 3 การทดลองควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์
ใบงานที่ 4 การทดลองควบคุมดีซีมอเตอร์
ใบงานที่ 5 ใบงานรวมการทดลองการควบคุมหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

1.5.3 ขอบเขตของชุดทดลอง

ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เป็นชุดทดลองสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ในหน่วยการเรียน หน่วยที่ 11 การควบคุมดีซีมอเตอร์ หน่วยที่ 12 การควบคุมสเต็ปปิงมอเตอร์ และหน่วยที่ 13 การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ จัดทำเป็นกล่องทดลองขนาด (กว้างxยาวxสูง) 28x38x10.5 mm. จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduno 1 ชุด เชื่อมต่อกับขาซ็อกเก็ตไว้รอการเชื่อมต่อกับมอแตอร์ ชนิดต่างๆ

2. เซอร์โวมอเตอร์ 1 ตัว จัดทำอยู่ภายในกล่องทดลอง แสดงเข็มชี้ตำแหน่งการหมุนที่ด้านบนกล่อง พร้อมด้วยสายเชื่อมต่อ เพื่อใช้ทดสองควบคุมเซอร์โวมอเตอร์แบบธรรมดา

3. ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ 1 ตัว จัดทำอยู่ภายในกล่องทดลองแสดงเข็มชี้ตำแหน่งการหมุนที่ด้านบนกล่องชุดทดลอง เพื่อใช้ทดสองควบคุมดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์

4. สเต็ปปิ้งมอเตอร์ 1 ตัว เชื่อมต่อกับชุดขับมอเตอร์ จัดทำอยู่ภายในกล่อง แสดงเข็มชีตำแหน่งการหมุนที่ด้านบนกล่องชุดทดลอง เพื่อใช้ทดลองควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์

5. DC มอเตอร์และชุดขับมอเตอร์ จัดทำอยู่ภายในกล่องทดลองแสดงเข็มชี้ตำแหน่งการหมุนที่ด้านบนกล่อง เพื่อใช้ทดลองควบคุมดีซีมอเตอร์

6. หุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก มีมอเตอร์ชนิดต่างๆ ทั้ง 4 ชนิด ตามข้อแขน เพื่อใช้ทดลองใบงานรวมทดลองการควบคุมแขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย จึงกำหนดความหมายของคำต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัยดังนี้

1.6.1 ชุดทดลอง หมายถึง ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก โดยสอดคล้องตามรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 3104-2103 หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2557 ในสาขาวิชาช่างไฟฟ้า ประกอบด้วย บอร์ดทดลองพร้อมหุ่นยนต์แขนกลขนาดเล็กและใบงาน

1.6.2 ใบงานการทดลอง หมายถึง เอกสารที่มีรายละเอียดเนื้อหา และขั้นตอนการทดลอง มีจำนวน 4 ใบงาน ประกอบด้วย ใบงานที่ 1 การทดลองควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ ใบงานที่ 2 การทดลองควบคุมดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ ใบงานที่ 3 การทดลองควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ใบงานที่ 4 การทดลองควบคุมดีซีมอเตอร์

1.6.3 ใบงานรวม หมายถึง ใบงานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาหลังจากที่เรียนใบงานทดลองทั้ง 4 ใบงานครบแล้ว

1.6.4 คุณภาพ หมายถึง ผลประเมินชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก คุณภาพของชุดทดลองและใบงานการทดลองจากผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละด้าน รวม 3 ท่าน

1.6.5 แบบวัดความสามารถทางการปฏิบัติใบงาน หมายถึง แบบวัดความสามารถทางการปฏิบัติระหว่างการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดทดลองแต่ละใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.6 แบบวัดความสามารถทางการปฏิบัติใบงานรวม หมายถึง แบบวัดความสามารถทางการปฏิบัติระหว่างการปฏิบัติใบงานรวมของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดทดลอง

1.6.7 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนของนักศึกษาจากการปฏิบัติงานตามชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยวัดจากแบบวัดความสามารถทางการปฏิบัติ (80%) และแบบทดสอบท้ายใบงาน (20%)

1.6.8 ประสิทธิภาพชุดทดลอง หมายถึง ประสิทธิภาพ ของชุดทดลองที่วัดได้จากค่าคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบท้ายใบงานรวมกันหลังปฏิบัติการทดลองครบ 5 ใบงานและแบบทดสอบท้ายใบงานจากการปฏิบัติทดลองใน 5 ใบงานระหว่างการเรียนตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80

E_1 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียนที่ได้จากคะแนนของแบบวัดความสามารถทางการปฏิบัติใบงาน 4 ใบงานรวมกัน (80%) และแบบทดสอบท้ายใบงาน 4 ใบงานรวมกัน (20%)

E_2 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการปฏิบัติใบงานรวมที่ได้จากคะแนนของแบบวัดความสามารถทางการปฏิบัติใบรวม (80%) และแบบทดสอบท้ายใบงาน (20%)

1.6.9 ผู้ทรงคุณวุฒิ หมายถึง ผู้ที่มีประสบการณ์สอนในวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์หรือวิชาที่มีเนื้อหาสัมพันธ์กัน เช่น วิชาไมโครโปรเซสเซอร์ วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ วิชาการเขียนโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ หรือวิชาการออกแบบวงจรดิจิตอล เป็นต้น มาไม่น้อยกว่า 5 ปี หรือมีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโทหรือสูงกว่า ในสาขาวิชาที่ตรงหรือสัมพันธ์กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ตามหลักสูตรหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคพัทยา ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 การศึกษาหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง
2.2 การศึกษาวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์
2.3 ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino
2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับมอเตอร์ชนิดต่างๆ
2.5 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง
2.6 การหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การศึกษาหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง

2.1.1 หลักการของหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สำนักงานคณะกรรมการการ อาชีวศึกษา พุทธศักราช 2557 มีดังนี้

2.1.1.1 เป็นหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง ด้านวิชาชีพ ที่สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ แผนการศึกษาแห่งชาติ และประชาคมอาเซียน เพื่อผลิตและพัฒนากำลังคน ระดับฝีมือ ให้มีสมรรถนะ มีคุณธรรม จริยธรรม และจรรยาบรรณวิชาชีพ สามารถประกอบอาชีพได้ตรงตามความต้องการของสถานประกอบการและการประกอบอาชีพอิสระ

2.1.1.2 เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้เลือกเรียนได้อย่างกว้างขวาง เน้นสมรรถนะเฉพาะด้านด้วยการปฏิบัติจริง สามารถเลือกวิธีการเรียนตามศักยภาพและโอกาสของผู้เรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเทียบโอนผลการเรียน สะสมผลการเรียน เทียบความรู้และประสบการณ์จากแหล่งวิทยาการ สถานประกอบการ และสถานประกอบอาชีพอิสระ

2.1.1.3 เป็นหลักสูตรที่สนับสนุนการประสานความร่วมมือในการจัดการศึกษาร่วมกันระหว่างหน่วยงาน และองค์กรที่เกี่ยวข้อง ทั้งภาครัฐและเอกชน

2.1.1.4 เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้สถานศึกษา สถานประกอบการ ชุมชนและท้องถิ่น มีส่วนร่วมในการพัฒนาหลักสูตรให้ตรงตามความต้องการและสอดคล้องกับสภาพยุทธศาสตร์ของภูมิภาค เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ

2.1.2 จุดประสงค์ของหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา พุทธศักราช 2557 มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.1 เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะด้านภาษา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ สังคมศึกษา สุขศึกษา และพลศึกษา ในการพัฒนาตนเองและวิชาชีพ

2.1.2.2 เพื่อให้มีความเข้าใจหลักการบริหารและจัดการวิชาชีพ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและหลักการงานอาชีพที่สัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการพัฒนาวิชาชีพให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้าของเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยี

2.1.2.3 เพื่อให้มีความเข้าใจในหลักการและกระบวนการทางานในกลุ่มงานพื้นฐานด้านอุตสาหกรรม

2.1.2.4 เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้เหมาะสมกับความรู้ความสามารถของตน

2.1.2.5 เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานด้านช่างไฟฟ้าในสถานประกอบการและประกอบอาชีพอิสระรวมทั้งการใช้ความรู้ และทักษะเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อในระดับสูงขึ้นได้

2.1.2.6 เพื่อให้มีความเข้าใจในการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

2.1.2.7 เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่องานอาชีพ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ซื่อสัตย์สุจริต มีระเบียบวินัยมีความรับผิดชอบต่อสังคม สิ่งแวดล้อม ต่อต้านความรุนแรงและสารเสพติด

2.2 การศึกษาวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเนื้อหาวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ ตามหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

2.2.1 สังเขปรายวิชา

รหัสวิชา	3104-2103
ชื่อวิชา	ไมโครคอนโทรลเลอร์
ระดับ	ปวส.
พื้นฐาน	ไมโครโปรเซสเซอร์
เวลาเรียน	5 คาบ/สัปดาห์
จำนวนหน่วยกิต	3 หน่วยกิต

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติ โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรประกอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ รีจิสเตอร์ ระบบบัสการทำงาน ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ ใช้เครื่องมือเขียนโปรแกรมและโปรแกรมช่วยทดสอบ โดยใช้ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม การติดต่อซีพียูกับหน่วยความจำ อินพุตเอาต์พุต การอินเตอร์รัพ การติดต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอกแบบเบื้องต้น และผ่านระบบสื่อสาร การประยุกต์ใช้งานควบคุมเครื่องไฟฟ้าแบบต่างๆ

2.2.2 จุดประสงค์รายวิชา

2.2.2.1 เข้าใจโครงสร้าง ระบบ และการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2.2.2 ใช้เครื่องมือเขียนโปรแกรมควบคุมการติดต่อระบบ และการตรวจสอบความผิดพลาดของโปรแกรม

2.2.2.3 ประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมระบบไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.4 มีกิจนิสัยในการร่วมทำงานร่วมกับผู้อื่นด้วยความประณีต รอบครอบ และปลอดภัย

2.2.3 การจำแนกรายการเนื้อหาวิชา

จากจุดประสงค์รายวิชา มาตรฐานรายวิชา และคำอธิบายรายวิชาของวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 3104-2103 สามารถจำแนกเนื้อหาวิชาแบ่งเป็นหน่วยการเรียนการสอนได้ 16 หน่วยการเรียน โดยยึดตามแนวทางแผนการเรียนรู้วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 3104-2103 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557 รายละเอียดการจำแนกหน่วยการเรียนการสอนมีดังนี้

หน่วยที่ 1 เรื่องโครงสร้างและส่วนประกอบของไมโครคอนโทรลเลอร์	5 ชั่วโมง
หน่วยที่ 2 เรื่องเครื่องมือสำหรับศึกษาไมโครคอนโทรลเลอร์	5 ชั่วโมง
หน่วยที่ 3 เรื่องภาษาในการเขียนโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์	5 ชั่วโมง
หน่วยที่ 4 เรื่องภาษา C++ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์	5 ชั่วโมง
หน่วยที่ 5 เรื่องพื้นฐานการเชื่อมต่ออินพุตเอาต์พุต	5 ชั่วโมง
หน่วยที่ 6 เรื่องการแสดงผลด้วย LED 7-Segment	5 ชั่วโมง
หน่วยที่ 7 เรื่องการแสดงผลด้วย LCD	5 ชั่วโมง
หน่วยที่ 8 เรื่องการติดต่อสวิตช์เมตริกซ์	5 ชั่วโมง
หน่วยที่ 9 เรื่องการรับสัญญาณแอนะล็อก	5 ชั่วโมง
หน่วยที่ 10 เรื่องการติดต่อกับตัวตรวจวัดอุณหภูมิ DS1820	5 ชั่วโมง
หน่วยที่ 11 เรื่องการเขียนโปรแกรมควบคุมดีซีมอเตอร์	5 ชั่วโมง
หน่วยที่ 12 เรื่องการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์	5 ชั่วโมง
หน่วยที่ 13 เรื่องการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์	5 ชั่วโมง
หน่วยที่ 14 เรื่องการติดต่อกับไอซีสร้างฐานเวลาจริง (RTC)	5 ชั่วโมง
หน่วยที่ 15 เรื่องการอินเตอร์รัพต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์	5 ชั่วโมง
หน่วยที่ 16 เรื่องการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์	10 ชั่วโมง

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้รายการเนื้อหาวิชาทางด้านการควบคุมมอเตอร์ต่างๆ 3 หน่วยเพื่อใช้ในการวิจัยดังนี้คือ

หน่วยที่ 11 เรื่องการเขียนโปรแกรมควบคุมดีซีมอเตอร์
หน่วยที่ 12 เรื่องการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์
หน่วยที่ 13 เรื่องการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

2.3 ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

Arduino เป็นภาษาอิตาลี โดยเป็นชื่อโครงการพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ในรูปแบบ Open Source คือวิธีการในการออกแบบ พัฒนา และแจกจ่ายสำหรับต้นฉบับของสินค้าหรือความรู้ โดยเฉพาะซอฟต์แวร์ โดยโอเพนซอร์ซถูกพิจารณาว่าเป็นทั้งรูปแบบหนึ่งในการออกแบบ และแผนการในการ ดำเนินการ โอเพนซอร์ซเปิดโอกาสให้บุคคลอื่นนำเอาระบบนั้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัฒนาได้ต่อไป การพัฒนามาจากโครงการ Open Source เดิมของ AVR ที่ชื่อ Wiring โดยโครงการ Wiring ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เบอร์ ATmega128 ซึ่งมีข้อจำกัดหลายด้าน เช่น เป็นชิปที่มีตัวถังแบบ SMD ทำให้นำมาใช้งานยากเพราะตัว ไมโครคอนโทรลเลอร์มีขนาดเล็กเกินไป ทำให้ไม่สะดวกในการต่อใช้งานจริง มีขาอินพุตและเอาต์พุตจำนวน มากเกินไป ตัวบอร์ดมีขนาดใหญ่เกินไป ไม่เหมาะสมสำหรับผู้ที่เริ่มต้นเรียนรู้ด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้วย เหตุผลข้างต้นจึงทำให้ไม่ได้รับความนิยม ระยะต่อมาทีมงาน Arduino จึงได้นำโครงการ Wiring มาพัฒนา ใหม่ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ขนาดเล็ก คือ ATMega8 และ ATMega168 ทำให้ได้รับความนิยม จนถึงปัจจุบันนี้ ตัวอย่างรายละเอียดรุ่นต่าง ๆ มีดังนี้

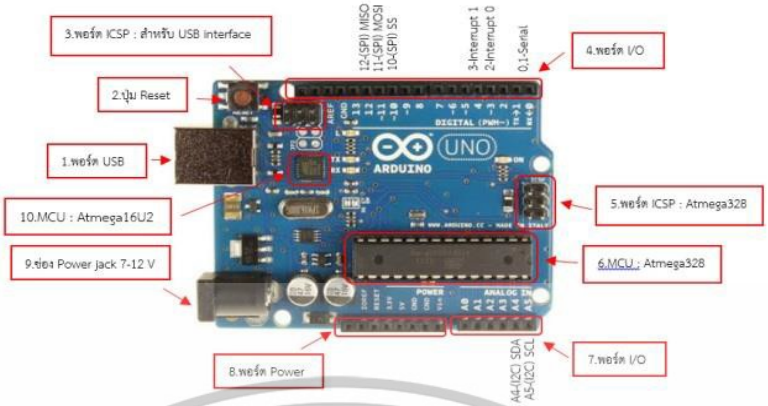
Arduino Uno R3

คำว่า Uno เป็นภาษาอิตาลี ซึ่งแปลว่าหนึ่ง เป็นบอร์ด Arduino รุ่นแรกที่ผลิตออกมา มีขนาด ประมาณ 68.6x53.4 mm. เป็นบอร์ดมาตรฐานที่นิยมใช้งานมากที่สุด เนื่องจากเป็นขนาดที่เหมาะสำหรับ การเริ่มต้นเรียนรู้ Arduino และมี Shields ให้เลือกใช้งานได้มากกว่าบอร์ด Arduino รุ่นอื่น ๆ ที่ออกแบบมา เฉพาะมากกว่า โดยบอร์ด Arduino Uno ได้มีการพัฒนาเรื่อยมาตั้งแต่ R2 R3 และรุ่นย่อยที่เปลี่ยนชิปไอซี เป็นแบบ SMD เป็นบอร์ด Arduino ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากราคาไม่แพง และส่วนใหญ่โปรเจค และ Library ต่าง ๆ ที่พัฒนาขึ้นมา Support จะอ้างอิงกับบอร์ดนี้เป็นหลัก และข้อดีอีกอย่างคือกรณีที่ MCU เสีย ผู้ใช้งานสามารถซื้อมาเปลี่ยนเองได้ง่าย Arduino Uno R3 มี MCU ที่เป็น Package DIP. ทันพงษ์ ภู่รักษ์. (2560)

ข้อมูลจำเพาะ

ชิปไอซีไมโครคอนโทรเลอร์	ATmega328
ใช้แรงดันไฟฟ้า	5 V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่แนะนำ)	7 – 12 V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่จำกัด)	6 – 20 V
พอร์ต Digital I/O	14 พอร์ต (มี 6 พอร์ต PWM output)
พอร์ต Analog Input	6 พอร์ต
กระแสไฟที่จ่ายได้ในแต่ละพอร์ต40 mA	
กระแสไฟที่จ่ายได้ในพอร์ต	3.3V 50 mA
พื้นที่โปรแกรมภายใน พื้นที่โปรแกรม	32 KB, Boot Loader ใช้ 500B
พื้นที่แรม	2 KB
พื้นที่หน่วยความจำถาวร (EEPROM)	1 KB
ความถี่คริสตัล	16 MHz
ขนาด 68.6 x 53.4 mm น้ำหนัก	25 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3

ที่มา www.Ce.kmitl.ac.th/download.php?DOWNLOAD_ID=4307&database=subject

หมายเลขต่าง ๆ ตามรูปที่ 2.1 มีความหมายดังนี้

1. USB Port: ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออับโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด

2. Reset Button: เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่

3. ICSP Port ของ ATmega16U2: เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Comport บน ATmega16U2

4. I/O Port: Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่น ๆ เพิ่มเติมด้วยเช่น Pin 0,1 เป็นขา Tx, Rx / Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM

5. ICSP Port: ATmega 328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader

6. MCU: ATmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino

7. I/O Port: นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็นช่องรับสัญญาณแอนะล็อกตั้งแต่ขา A0-A5

8. Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง+3.3 V, +5V, GND, Vin

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

10. MCU ของ ATmega16U2 เป็น MCจะทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย ATmega328

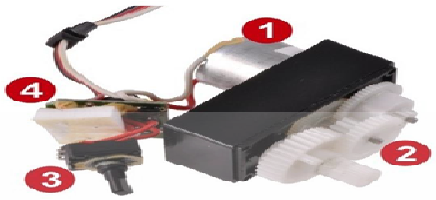
2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับมอเตอร์ชนิดต่างๆ

2.4.1. เซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) ที่ถูกประกอบรวมกับ ชุดเกียร์ และส่วนควบคุมต่างๆ ไว้ ในโมดูลเดียวกัน หรือ ภายในกล่องพลาสติกเดียวกัน โดยมอเตอร์ชนิดนี้จะมีสายต่อใช้งานเพียง 3 เส้น เท่านั้น คือ VCC, GND และสายสัญญาณควบคุม (Control Line) ซึ่งสามารถควบคุมให้มอเตอร์หมุนซ้าย หรือ ขวาได้จากสายสัญญาณเพียงเส้นเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสัญญาณที่ใช้ควบคุมนี้จะเป็นสัญญาณ พัลส์วิดท์มอดูเลชั่น (PWM) แบบ TTL Level ระดับแรงดันที่จ่ายให้มอเตอร์นี้จะอยู่ในช่วงประมาณ 4 ถึง 6 โวลท์

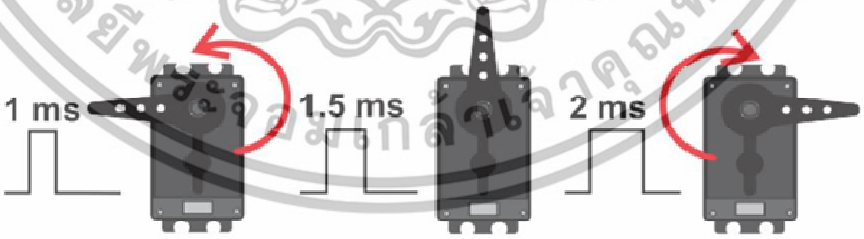


ภาพที่ 2.2 ส่วนประกอบหลักของเซอร์โวมอเตอร์

ส่วนประกอบหลักของเซอร์โวมอเตอร์ รูปที่ 2.2

1. Motor เป็นส่วนของตัวมอเตอร์
2. Gear Train หรือ Gearbox เป็นชุดเกียร์ทดแรง
3. Position Sensor เป็นเซ็นเซอร์ตรวจจับตำแหน่งเพื่อหาค่าองศาในการหมุน
4. Electronic Control System เป็นส่วนที่ควบคุมและประมวลผล

เซอร์โวมอเตอร์ รับสัญญาณดิจิตอลเพื่อปรับมุมองศาของแกน โดยมีลักษณะของสัญญาณเรียกว่า Pulse Width Modulation (PWM) ชุดควบคุมตำแหน่งของ RC Servo จะตรวจสอบช่วงเวลาที่สัญญาณอยู่ในสถานะ ON หรือ Pulse Width แล้วปรับตำแหน่งตามที่ผู้ผลิตเซอร์โวมอเตอร์ จะโปรแกรมไว้ ดังรูปที่ 2.3 แสดงความกว้างโดยประมาณของสัญญาณ ON สำหรับควบคุมตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ รุ่น SG90 โดยมี Period ของสัญญาณมีค่า 20 ms หากใช้งาน RC Servo รุ่นอื่นๆ ผู้ใช้งานควรศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมจาก Datasheet เช่น ระดับแรงดันของสัญญาณ PWM และ ความกว้างของสัญญาณ เป็นต้น รูปที่ 2.3 แสดงความกว้างของสัญญาณ ON หรือ OFF %Duty Cycle สำหรับควบคุมตำแหน่งของ RC Servo. ประภาส สุวรรณเพชร. (2560)



ภาพที่ 2.3 แสดงความกว้างโดยประมาณของสัญญาณ

2.4.2 ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์

ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์เป็นชุดมอเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถหมุนแกนไปยังตำแหน่ง (มุม) ต่างๆ ได้อย่างแน่นอนเช่นเดียวกับ เซอร์โวมอเตอร์แบบธรรมดา ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์จะแตกต่างในส่วนของสัญญาณที่นำไปควบคุมโดยแปลงสัญญาณควบคุมแบบ ppm เป็นการควบคุมแบบ rs485 serial protocol มีการรองรับการเชื่อมต่อแบบ daisy chain (ใช้แค่พอร์ตเดียว แต่พ่วงไปเรื่อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

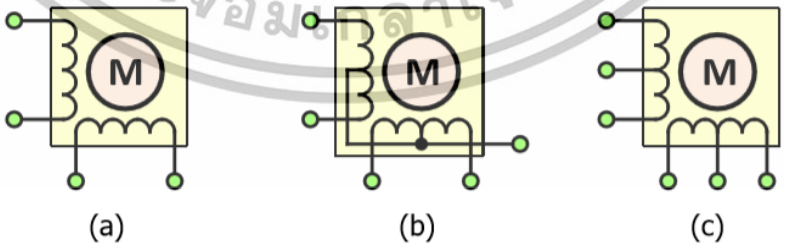
สูงสุดประมาณ 250 ตัว) โดยมอเตอร์แต่ละตัวสามารถตั้ง ID ได้ เวลาสั่งงาน เราจะส่งข้อมูลไปหา ID ที่ระบุได้ ลดความคลาดเคลื่อนโดยเปลี่ยนจากอนาลอกเป็นดิจิตอล หมุนแบบต่อเนื่องได้ โดยกำหนดความเร็ว หรือหมุนแบบไม่ครบรอบ โดยกำหนดองศา จูน PID ภายในได้และควบคุมแรงบิดได้ โดยจำกัดกระแสสูงสุด ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ ดังรูปที่ 2.4 Dynamixel AX-12A Robot Actuator. (2015)

ภาพที่ 2.4 ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์

2.4.3 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor)

สเต็ปปิ้งมอเตอร์หรือที่บางคนเรียกว่าสเต็ปเปอร์มอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่ทำงานโดยอาศัยพลังงาน จากไฟฟ้ากระแสตรงเช่นเดียวกับมอเตอร์กระแสตรง แต่มีความความแตกต่างจากมอเตอร์กระแสตรงที่ เมื่อป้อนไฟให้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะขยับเพียงเล็กน้อยเพื่อเข้าสเต็ป ในขณะที่มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงทั่วไปจะหมุนตราบที่ยังมีพลังงานจ่ายให้แก่ตัวมัน ทั้งนี้เป็นเพราะโครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์นั่นเอง แสดงตัวอย่างสเต็ปปิ้งมอเตอร์ในรูปที่ 2.6 โดยสเต็ปปิ้งมอเตอร์มีด้วยกัน 2 แบบคือ

1. Bipolar เป็นสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีขดลวด 2 ขดมีสายไฟให้ต่อใช้งาน 4 เส้นดังรูปที่ 2.5 (a)
2. Unipolar เป็นสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีขดลวด 4 ขด (2 ขดแบบมีแท็ปกลาง) โดยมี 2 แบบ
   2.1 แบบมีสายไฟให้ต่อใช้งาน 5 เส้น ดังรูปที่ 2.5 (b)
   2.2 แบบมีสายไฟให้ต่อใช้งาน 6 เส้น ดังรูปที่ 2.5 (c)



ภาพที่ 2.5 แสดงโครงสร้างสเต็ปปิ้งมอเตอร์ Bipolar และ Unipolar

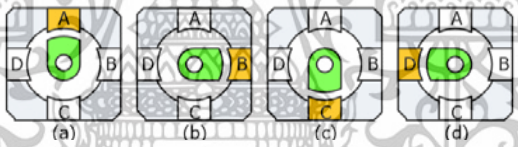
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.6 สเต็ปปิ้งมอเตอร์

การขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

การขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นการขับให้มอเตอร์ขยับไปตามจำนวนสเต็ปที่ต้องการซึ่งคุณสมบัติ ในการขยับในแต่ละสเต็ปของมอเตอร์มีหลายขนาดให้เลือกใช้งานเช่น 1.8 องศาต่อสเต็ป และ 7.5 องศาต่อสเต็ป การควบคุมการหมุนของมอเตอร์สามารถควบคุมการทำงานได้ 3 แบบ คือ

1. แบบเต็มสเต็ป 1 เฟส (Full step 1 phase) เป็นการขับครั้งละ 1 เฟส เรียงกันไปทำให้มอเตอร์หมุนไปครั้งละ 1 สเต็ป ถ้ามอเตอร์มีคุณสมบัติ 1.8 องศาต่อสเต็ป ก็จะหมุนไปครั้งละ 1.8 องศา โดยมีขั้นตอนขับเฟส ดังรูปที่ 2.7

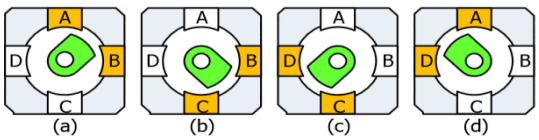


ภาพที่ 2.7 แสดงการเคลื่อนที่เมื่อขับมอเตอร์แบบเต็มสเต็ป 1 เฟส

ตารางที่ 2.1 รูปแบบการกระตุ้นขดลวดของมอเตอร์แบบเต็มสเต็ป 1 เฟส

สเต็ปที่	ขดลวด A	ขดลวด B	ขดลวด C	ขดลวด D	ภาพที่ 2.7
1	ON	OFF	OFF	OFF	(a)
2	OFF	ON	OFF	OFF	(b)
3	OFF	OFF	ON	OFF	(c)
4	OFF	OFF	OFF	ON	(d)

2. แบบเต็มสเต็ป 2 เฟส (Full step 2 phase) เป็นการขับครั้งละ 2 เฟส โดยมีคุณสมบัติที่ดีขึ้นคือ แรงบิดมากขึ้นเนื่องจากมีการขับครั้งละ 2 เฟส ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กมากขึ้นนั่นเอง แต่มุมในการหมุนจะมีค่าเท่ากันกับแบบเต็มสเต็ป 1 เฟส โดยมีขั้นตอนขับเฟสดังรูปที่ 2.8



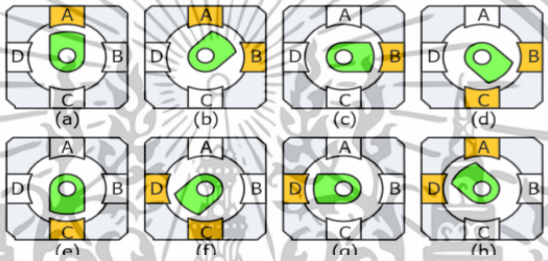
ภาพที่ 2.8 แสดงการเคลื่อนที่เมื่อขับมอเตอร์แบบเต็มสเต็ป 2 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงภาพแบบการกระตุ้นขดลวดของมอเตอร์แบบเต็มสเต็ป 2 เฟส

สเต็ปที่	ขดลวด A	ขดลวด B	ขดลวด C	ขดลวด D	รูปที่ 2.8
1	ON	ON	OFF	OFF	(a)
2	OFF	ON	ON	OFF	(b)
3	OFF	OFF	ON	ON	(c)
4	ON	OFF	OFF	ON	(d)

แบบครึ่งสเต็ป (Haft step) เป็นการควบคุมให้มอเตอร์หมุนไปครั้งละครึ่งของสเต็ปดังนั้น หากมอเตอร์มีคุณสมบัติ 1.8 องศาต่อสเต็ปก็จะหมุนไปครั้งละ 0.9 องศาทำได้ตำแหน่งที่เที่ยงตรงมาก ขึ้นเมื่อนำไปประยุกต์ใช้งานวิธีการขับจะใช้การผสมกันระหว่างแบบเต็มสเต็ป 1 เฟสกับแบบเต็มสเต็ป 2 เฟส ซึ่งมีขั้นตอนขับเฟส ดังรูปที่ 2.6 ประภาส สุวรรณเพชร. (2560)



ภาพที่ 2.9 แสดงการเคลื่อนที่เมื่อขับมอเตอร์แบบครึ่งสเต็ป

ตารางที่ 2.3 แสดงภาพแบบการกระตุ้นขดลวดของมอเตอร์แบบครึ่งสเต็ป

สเต็ปที่	ขดลวด A	ขดลวด B	ขดลวด C	ขดลวด D	รูปที่ 2.9
1	ON	OFF	OFF	OFF	(a)
2	ON	ON	OFF	OFF	(b)
3	OFF	ON	OFF	OFF	(c)
4	OFF	ON	ON	OFF	(d)
5	OFF	OFF	ON	OFF	(e)
6	OFF	OFF	ON	ON	(f)
7	OFF	OFF	OFF	ON	(g)
8	ON	OFF	OFF	ON	(h)

2.4.4 ดีซี มอเตอร์ (DC motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) เป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีหน้าที่เปลี่ยนพลังงาน งานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกล เมื่อได้รับการป้อนพลังงานไฟฟ้าที่เป็นไฟฟ้ากระแสตรงจะทำให้แกนของ มอเตอร์หมุนแต่เนื่องจากการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงต้องการกระแสไฟฟ้าในปริมาณสูงกว่าความสามารถที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะจ่ายโดยตรงได้ ในการควบคุมมอเตอร์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวสั่งการจึงจำเป็นที่จะต้องมีวงจรขับมอเตอร์ โดยเฉพาะเพื่อทำหน้าที่ขับมอเตอร์ให้ทำงานได้ตามต้องการ แสดงตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กแบบปกติ ภาพที่ 2.10 แสดงตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กแบบที่มีชุดเฟืองทดรอบ ภาพที่ 2.11

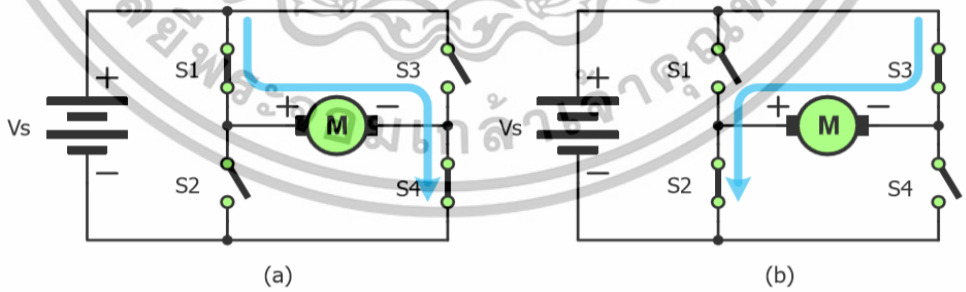
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กแบบปกติ

ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กแบบที่มีชุดเฟืองทดรอบ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กจะถูกนำมาใช้ในโครงงานที่มีกลไกการเคลื่อนไหวมีค่าแรงดันไฟฟ้าในการทำงานในช่วง 1.5 โวลต์ถึง 24 โวลต์

การควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นสามารถทำได้ง่ายเพียงป้อนไฟเข้าที่ขั้ว มอเตอร์เมื่อต้องการให้มอเตอร์หมุนและเมื่อต้องการให้มอเตอร์หยุดหมุนก็เพียงหยุดการป้อนไฟฟ้าหรือ ถ้าหากต้องการให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทางก็สามารถทำได้โดยการสลับขั้วไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์เพียงเท่านี้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงก็จะสามารถหมุนกลับทิศทางได้ในทันที สำหรับวงจรขับมอเตอร์ที่สามารถควบคุมทิศทางการหมุนได้ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ถูกจัดวางที่มีลักษณะคล้ายตัว H หรือวงจรขับแบบ H-Bridge ลักษณะของวงจรเป็นดังรูปที่ 2.12 ประภาส สุวรรณเพชร. (2560)



ภาพที่ 2.12 แสดงการควบคุมการหมุนของมอเตอร์ด้วยวงจรขับแบบ H-Bridge

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง

วัลลภ จันทร์ตระกูล (2543 : 11) แนวทางในการออกแบบ สร้างชุดทดลอง โดยทั่วไปจะมี 2 แบบ คือ การออกแบบสร้างตามแบบนิยม (Conventional Design) และแบบระเบียบวิธี (Methodical Design) ความแตกต่างของสองแนวทางนี้ คือ แนวทางแรกเป็นการออกแบบในลักษณะที่ปฏิบัติต่อๆ กันมา ไม่มีรูปแบบ หรือขั้นตอนการดำเนินงานที่เป็นแบบแผนแน่นอน แต่จะออกแบบกันตามความรู้ความเชี่ยวชาญแห่งตน จึงต่างจากแนวทางแบบที่สอง ซึ่งใช้วิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ คือ มีขั้นตอนงานที่เด่นชัดแน่นอน เป็นตรรกะ และสามารถประยุกต์ให้เหมาะสมกับงานออกแบบสร้างในสาขาต่างๆ ได้ ดังนั้น การออกแบบสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทอุปกรณ์ทดลองหรือสาธิต ได้นำหลักวิชาการทางด้านการออกแบบสร้าง มาประยุกต์เป็นหลักการ ที่มีขั้นตอนในการออกแบบสร้างเป็นขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดจุดประสงค์ในการนำอุปกรณ์ทดลองหรือสาธิตไปใช้ในการสอน เป็นขั้นตอนที่ต้องศึกษาข้อมูลต่างๆ เพื่อให้การออกแบบสร้างอุปกรณ์ทดลอง หรือสาธิตนั้น เกิดความเป็นจริง สำเร็จผลตามเป้าหมาย ควรจะต้องศึกษาถึงสภาพการณ์ ในการเรียนการสอน ศึกษาข้อมูลทางด้านวิชาการในเรื่องนั้นในบางครั้ง ถ้าหากเรื่องนั้นได้มีการพัฒนาอุปกรณ์มาแล้วโดยผู้อื่น เช่น บริษัทในต่างประเทศ ควรจะศึกษารายละเอียดต่างๆ ด้วย เป็นต้น เมื่อศึกษาข้อมูลต่างๆ แล้ว จึงนำมาใช้เขียนจุดประสงค์ของอุปกรณ์ในลักษณะคำบรรยาย แต่จะไม่ระบุรูปร่างลักษณะทางด้านเทคนิคอย่างเฉพาะเจาะจง ข้อมูลต่างๆ อาจกล่าวได้ว่าเป็นขอบเขตคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่จะออกแบบสร้างก็ได้ บางครั้งอาจจะกำหนดเป็นข้อๆ ก็ได้ และสุดท้ายจะต้องตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนอีกครั้ง จนกระทั่งได้ผลว่าเกิดความสอดคล้องครอบคลุมตามเป้าหมาย

ขั้นตอนที่ *2* กำหนดหน้าที่ (Function) ของอุปกรณ์ จากคำบรรยายคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่กำหนดขึ้นในข้อ 1 จะมาดำเนินการวิเคราะห์ คำบรรยายดังกล่าว เพื่อค้นหาค่าพื้นฐาน (Basic Term) ซึ่งทำให้ทราบรายการหน้าที่ (Function Element) ของอุปกรณ์ และได้กำหนดตัวรายการหน้าที่เป็นกลางทั่วๆ ไป ไม่ระบุเฉพาะเจาะจงว่าต้องใช้ชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์แบบใดรูปร่างอย่างไร อย่างไรก็ตาม เฉพาะค่าพื้นฐานก็อาจจะไม่ได้รายการหน้าที่ครอบคลุมลักษณะของอุปกรณ์ ดังนั้น จึงต้องวิเคราะห์ค่าประกอบสัมพันธ์ (Relation Term) ด้วย

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาพิจารณาปัจจัยที่จะทำให้อุปกรณ์ทำงาน ได้ตามรายการหน้าที่ (Function Element) เป็นการคิดค้นสิ่งที่จะทำให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามรายการหน้าที่ที่กำหนด (Function Carrier) ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของ วัสดุ (Materials) พลังงาน (Energy) และสัญญาณ (Signal) วิทยาการที่สำคัญซึ่งเกี่ยวข้องในขั้นตอนนี้ คือ วิชาฟิสิกส์ ได้แก่ ทางด้านกลไกล (Mechanic) เคมี ไฟฟ้า แสง เสียง ความร้อน เป็นต้น สิ่งที่จะต้องกำหนดอาจเป็นคำเขียนสั้นๆ หรือภาพสเก็ตช์ง่ายๆ เพื่อจะใช้เป็นชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์ (Construction Element) จะต้องพยายามเขียนกำหนดให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ สำหรับเป็นทางเลือกต่างๆ ที่จะทำการตัดสินใจเลือกในลำดับต่อไป แนวทางที่จะได้ทางเลือกต่างๆ คือ การศึกษาพิจารณาในเรื่องลักษณะรูปทรงแบบต่างๆ และลักษณะของการเคลื่อนไหวของส่วนประกอบนั้นๆ อาจจะต้องมีการระดมสมอง (Brain Stromming) ร่วมกัน ต้องศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่างๆ ที่มีอยู่ แม้กระทั่งผลงานของผู้อื่น ชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่คิดค้นขึ้นควรจะต้องพิจารณาเงื่อนไขบางประการ เช่น การใช้ชิ้นส่วนสำเร็จ ความยากง่ายในการผลิต และค่าใช้จ่าย เป็นต้น นอกจากนั้นควรจะให้ชิ้นส่วนประกอบ บางชิ้น ทำหน้าที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลายๆ หน้าที่ด้วย สิ่งสำคัญยิ่งในจุดนี้ คือ การพยายามใช้ชิ้นส่วน หรืออุปกรณ์บางอย่าง ซึ่งมีอยู่หรือได้พัฒนามาแล้ว

ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์ เป็นขั้นตอนที่ต้องการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจากทางเลือกต่างๆ โดยการวิเคราะห์และตัดสินใจเลือก ซึ่งมีวิธีการที่แตกต่างออกไป การตัดสินใจเลือกสิ่งสำคัญคือ แนวทางหรือมาตรการในการตัดสินใจเลือกเกณฑ์ โดยทั่วไปเกณฑ์ที่กำหนด ได้แก่ เรื่องประสิทธิภาพในการทำงาน ขนาดรูปร่าง การบำรุงรักษา ความคงทน ราคา เป็นต้น ส่วนน้ำหนักของเกณฑ์แต่ละเกณฑ์ ก็แตกต่างกันไป ตามแต่ความสำคัญ หรือจะเน้นหนักในเรื่องใด เช่น จะเน้นทางด้านเทคนิคหรือด้านเศรษฐศาสตร์ การตัดสินใจเลือกจะต้องมีความเที่ยงตรงและน่าเชื่อถือ ในการตัดสินใจเลือก จึงควรประกอบด้วยบุคคลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ฝ่ายออกแบบ ฝ่ายผลิต ฝ่ายจัดการ เป็นต้น การพัฒนาอุปกรณ์ซึ่งมีลักษณะประกอบต่างๆ จำนวนมาก อาจต้องทำการตัดสินใจเลือก ถึงสองขั้นตอน กล่าวคือ ขั้นแรกตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบแต่ละชิ้น ขั้นที่สองจะต้องวิเคราะห์ความเข้ากันได้หรือประกอบกันได้ของชิ้นส่วนประกอบต่างๆ ที่ได้เลือกมา แล้วจึงทำการตัดสินใจเลือกชุดประกอบย่อยๆ แต่ละชุด

ขั้นตอนที่ 5 สร้างต้นแบบและตรวจสอบ จากผลลัพธ์การตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบในข้อ 4 จะต้องนำมาร่างเป็นภาพประกอบต้นแบบโดยคร่าวๆ หรือเป็นแบบงานง่ายๆ ก่อน จากนั้นจึงทำการสร้างเป็นต้นแบบ ในบางครั้ง ขั้นตอนนี้อาจจะต้องมีการประลองหรือทดลองกลไกหน้าที่ของอุปกรณ์บางอย่าง เพื่อให้การสร้างต้นแบบประสบความสำเร็จ อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามต้องการ และจะทำให้ได้ข้อมูลด้านขนาด ระยะ รูปร่างของอุปกรณ์ ทางด้านอุปกรณ์ต้นแบบจะต้องทำการตรวจสอบทางด้านเทคนิคค้นหาข้อมูล (Data) บางอย่าง เพื่อทำให้แน่ใจว่าอุปกรณ์นั้นมีคุณลักษณะตรงตามต้องการ นอกจากนั้นจะศึกษาพิจารณาเรื่องแนวทางการผลิตต่อไป รวมทั้งกฎความปลอดภัยต่างๆ ด้วย ข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการตรวจสอบจะนำไปใช้ประกอบในการเขียนเอกสารประกอบของอุปกรณ์

ขั้นตอนที่ 6 เขียนแบบงาน ในกรณีที่พัฒนาออกแบบสร้างอุปกรณ์เพียงชิ้นเดียว งานเขียนแบบอาจไม่จำเป็น แต่ถ้าหากจะทำการผลิต หรือต้องการเก็บข้อมูลต่างๆ เพื่อประโยชน์ ในการดำเนินงานต่อไป งานเขียนแบบนับว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมาก แบบงานจะเป็นข้อมูลสำหรับการดำเนินการผลิต ดังนั้น แบบงานอุปกรณ์จะต้องมีแบบแยกชิ้นจนเป็นชิ้นเดียวที่มีข้อมูลอย่างครบถ้วนสำหรับช่างที่จะทำการผลิตได้ เช่น ขนาด พิกัดความเผื่อ วัสดุ เป็นต้น นอกจากนั้นต้องมีข้อมูลหมายเลขชิ้นส่วน ทั้งที่จะต้องสร้างขึ้นใหม่และชิ้นส่วนมาตรฐาน ดังนั้น งานเขียนแบบจึงต้องมีการกำหนดระบบ เลขหมายแบบ ซึ่งอาจจะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ แบบรวม แบบประกอบกลุ่มหลัก แบบประกอบกลุ่มย่อย และแบบชิ้นเดียว ระบบในงานเขียนแบบมีความสำคัญต่อการคำนวณราคา การวางแผนการผลิต และการเก็บข้อมูลทางด้านชิ้นส่วนและวัสดุของหน่วยงาน

ขั้นตอนที่ 7 การเตรียมเอกสารประกอบอุปกรณ์ที่ออกแบบสร้าง โดยทั่วไป ควรจะต้องจัดเตรียมเอกสารประกอบ และคู่มือการใช้งาน เพื่อผู้ใช้จะได้ใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัย และสอดคล้องตามจุดประสงค์ ในการออกแบบสร้างอุปกรณ์นั้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งอุปกรณ์ที่ออกแบบเพื่อใช้ในการเรียนการสอนจะต้องเตรียมเอกสารประกอบสำหรับใช้ในงานสอนจากในขั้นตอนที่ 5 คือ การสร้างต้นแบบและตรวจสอบจะได้รับข้อมูลส่วนหนึ่งที่จะนำมาใช้ในการจัดเตรียมเอกสารประกอบ และในภายหลังเมื่อได้ผลิตออกมาเป็นอุปกรณ์จริง ๆ แล้วก็จะต้องนำมาหาข้อมูลต่างๆ ต่อไปอีก เอกสารประกอบที่จะต้องจัดเตรียม อาจจะกำหนดให้มีในลักษณะต่างๆ กัน ตามแต่ความมุ่งหมายของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งาน โดยอาจจำแนกออกเป็น 4 ประเภท คือ คู่มือแนะนำการใช้งาน (Instruction Sheet) เอกสารประกอบในการศึกษาทดลอง (เช่น ตำรา ใบงาน แบบฝึกหัด แบบทดสอบ ใบเฉลยของผู้สอน และผู้เรียน เป็นต้น) Catalog และใบเอกสารเสนอลูกค้า (Prospect) ผู้ออกแบบสร้างอาจจะต้องทำหน้าที่เป็นผู้จัดเตรียมเอกสาร แต่ในบางกรณีก็อาจจะต้องตั้งเป็นทีมงาน หรือให้ผู้เชี่ยวชาญภายนอกเป็นฝ่ายพัฒนาขึ้นมา ผลงานที่ได้ดำเนินงานในขั้นตอนงานที่ 7 สามารถจะดำเนินการผลิตอุปกรณ์ในลักษณะการผลิตจำนวนมาก (Mass Production) ได้ โดยที่การเตรียมเอกสารประกอบก็ดำเนินการควบคู่กันไป

2.6 การหาประสิทธิภาพชุดทดลอง

อรพันธ์ ประสิทธิรัตน์ (2530 : 80-84) ในกรณีที่ได้ชุดทดลองที่สมบูรณ์แล้วก่อนนำชุดทดลองไปใช้กับผู้เรียน ควรนำชุดทดลองไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมิน แล้วอาจต้องมีการปรับปรุงแก้ไขเป็นที่พอใจแล้วนำไปทดลอง โดยหากลุ่มตัวอย่างเล็กๆ ประมาณ 2-3 คนเพื่อจะได้ตรวจสอบในด้านการใช้ถ้อยคำสำนวน หรือคำสั่งว่าเหมาะสมหรือไม่ ถ้าไม่เหมาะสมจะต้องทำการปรับปรุงแก้ไขใหม่ หลังจากนั้นจึงนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างประมาณ 20 คน เพื่อหาประสิทธิภาพตามกระบวนการหาประสิทธิภาพของสื่อการสอนโดยใช้สูตรดังนี้ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ (2533 : 139)

$$E_1 = \left[\frac{\sum x}{\frac{N}{A}}\right] \times 100 \qquad (2.1)$$

$$E_2 = \left[\frac{\sum y}{\frac{N}{B}}\right] \times 100 \qquad (2.2)$$

เมื่อ E_1 หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ คิดเป็นร้อยละจากการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียน 4 ใบงาน

E_2 หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ คิดเป็นร้อยละจากการทดสอบปฏิบัติใบงานรวมหลังการปฏิบัติทดลอง

$\sum x$ หมายถึง คะแนนรวมของผู้เรียนจากการปฏิบัติระหว่างการทดลอง

$\sum y$ หมายถึง คะแนนรวมของผู้เรียนจากการปฏิบัติในแบบทดสอบรวม

A หมายถึง คะแนนรวมของผู้เรียนจากการปฏิบัติระหว่างการทดลอง

B หมายถึง คะแนนรวมของผู้เรียนจากการปฏิบัติในแบบทดสอบรวม

N หมายถึง จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง และการหาประสิทธิภาพหรือการหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของชุดทดลองหลายเรื่องด้วยกัน สรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชาญชัย แสงโพธิ์ (2559 : บทคัดย่อ) ทำวิจัยเรื่องชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2556 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 1 แผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 2105-2105 จำนวน 25 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย ชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ ใบงานแบบประเมินคุณภาพ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แบบประเมินการปฏิบัติงานและสถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่าชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ มีคุณภาพด้านเนื้อหาใบงานอยู่ในระดับดี ($\bar{x}$ = 4.48 ,S.D.= 0.39) และคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}$ = 4.51 ,S.D.= 0.31) ประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์หรือ E_1/E_2 มีค่าเท่ากับ 81.22/88.80 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ (E_1/E_2 เท่ากับ 80/80) ที่ได้ตั้งสมมติฐานการวิจัย

เปรมชัย คงตัน (2554 : บทคัดย่อ) ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATMEGA 32 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา จำนวน 24 คน ผลจากการวิจัยพบว่า ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATMEGA 32 ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพด้านบอร์ดทดลอง ในระดับ ดีมาก มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.64 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 และด้านใบงานอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.50 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 และมีประสิทธิภาพ 80.92/82.46 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ และเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยสุชิน ชินสีห์ (2548; บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยการสร้างและศึกษาประสิทธิภาพชุดทดลอง ไมโครคอนโทรลเลอร์ เรื่องการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของ PIC Microcontrollerศึกษาความคิดเห็นของนักศึกษาเกี่ยวกับชุดทดลอง ใบงานการทดลอง และการเรียนด้วยสื่อการสอนชุดทดลองเรื่องการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อต่อภายนอกของ PIC Microcontroller ผลจากการวิจัยพบว่า นักศึกษาที่เรียนด้วยชุดทดลองการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของ PIC Microcontroller ที่สร้างขึ้นมีค่าร้อยละ 87.33/82.92 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 80/80

ประเสริฐ กลมภพตระกูล (2555 : 3-9) ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18f458 ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาอิเล็กทรอนิกส์ สาขางานเทคนิคคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีหมู่บ้านครู ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง จานวน 22 คนที่ลงทะเบียนเรียน วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ ผลจากการวิจัยพบว่าชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18f458 ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 46.5 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.48 กับการปฏิบัติการทดลอง ความคิดเห็นในด้านความสมบูรณ์ของข้อมูลภายในใบงาน มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 46.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.51 สามารถออกแบบใบงานทดลองได้เหมาะสมกับการใช้ในการปฏิบัติการทดลอง

วีระพล สวัสดิ์วงค์ (2555 : บทคัดย่อ) ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาและหาคุณภาพประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F913 ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ E_1/E_2 ไม่ต่ำกว่า 80/80 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แขนงวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 11 คน ผลจากการวิจัยพบว่า คุณภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F913 ด้านบอร์ดทดลอง ($\bar{x}$ = 4.73 ,S.D. = 0.44) และ ด้านใบงาน ($\bar{x}$ = 4.55 ,S.D. = 0.37) อยู่ในระดับดีมาก ส่วนประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F913 มีค่าเท่ากับ 82.10/84.78 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย คือ ไม่ต่ำกว่า 80/80

สุวัชชัย เลิศสถาพรสุข (2547: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยการสร้างชุดทดลองการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ผู้วิจัยได้ทำการสร้างชุดทดลองการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 พร้อมกับใบงานจำนวน 12 ใบงาน ในการวิจัยได้เลือกใบงาน 4 ใบงาน โดยนำชุดทดลองที่สร้างขึ้นไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 คนภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2547 ผลจากการวิจัยพบว่าชุดทดลองการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.89/81.45 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ละเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

นายสุวิทย์ อัฐกุลชัย (2560: บทคัดย่อ) ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink พร้อมกับใบงาน 10 ใบงาน โดยนำชุดทดลองที่สร้างขึ้นไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นโดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) จำนวน 40 คน ผลจากการวิจัยพบว่า

1. คุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ได้ผลการประเมินด้านชุดทดลองอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}$ = 4.74, S.D. = 0.30) และด้านใบงานการทดลองอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}$ = 4.96, S.D. = 0.04)

2. ประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 เท่ากับ 82.89/83.85 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์หลังอบรมสูงกว่าก่อนเข้ารับการอบรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01

ศณฏา สีกล่อม (2559 : บทคัดย่อ) ได้ทำวิจัยเรื่องสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม แขนงวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ (03376308) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โดยเลือกแบบเจาะจง ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 กลุ่มการเรียนๆ ละ 18 คน รวม 36 คน ซึ่งจัดเป็นกลุ่มทดลอง 18 คน และกลุ่มควบคุม 18 คน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงสูงกว่าการเรียนจากการสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองแบบกลุ่มเดียวเรื่องชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็กในการเรียนวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ตามหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา โดยมีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 วิธีการดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคพัทยา ปีการศึกษา 2561 จำนวนทั้งหมด 30 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคพัทยา ปีการศึกษา 2561 จำนวนทั้งหมด 20 คน โดยการสุ่มเลือกแบบจับสลาก

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นประกอบด้วย

1. ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ส่วนประกอบของชุดทดลองประกอบด้วย

ก. บอร์ดทดลองและแขนกล

ข. ใบงานการทดลอง

2. แบบประเมินคุณภาพด้านชุดทดลอง

ก. แบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง

ข. แบบประเมินคุณภาพใบงานการทดลอง

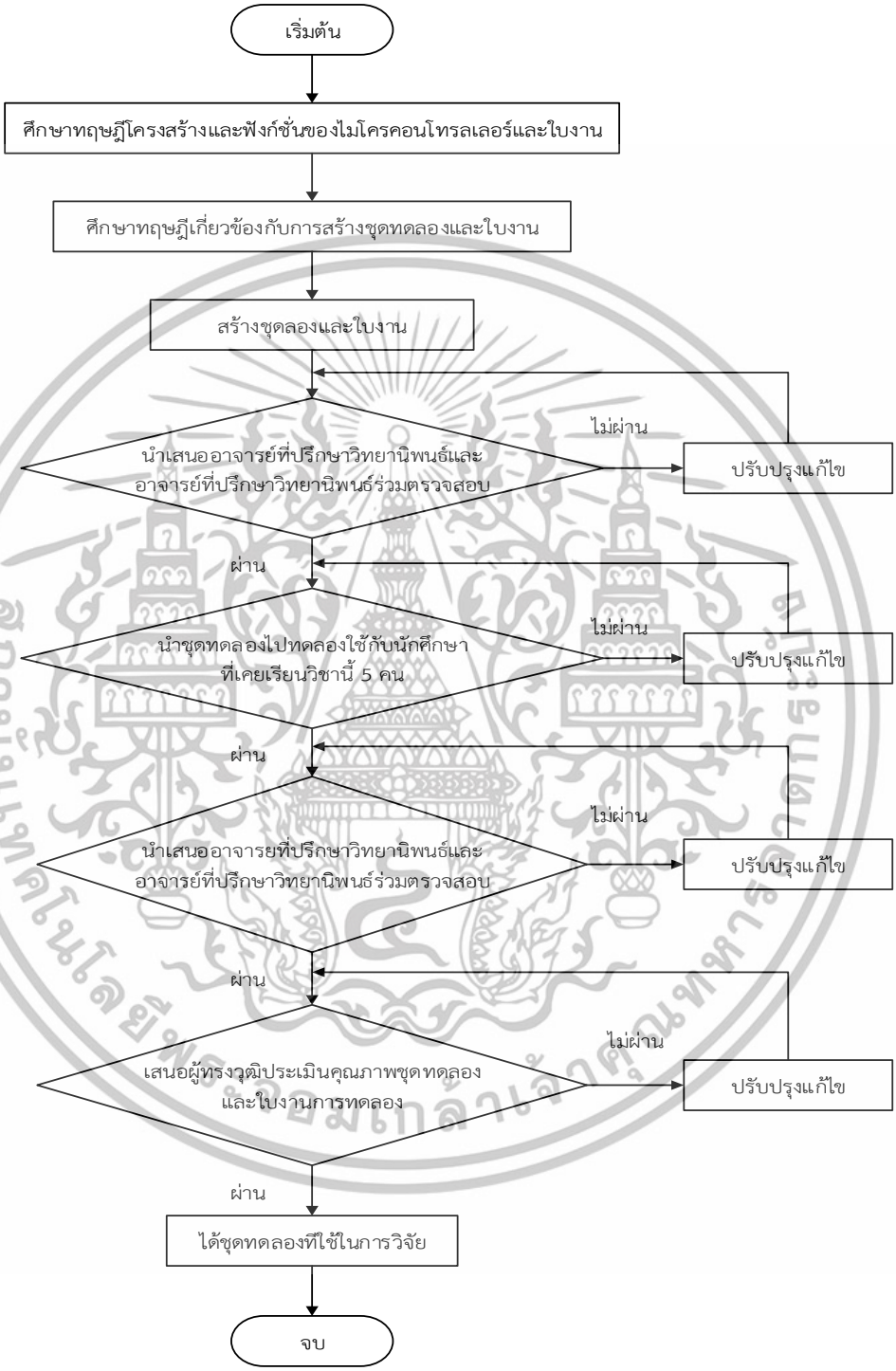
3. แบบวัดความสามารถทางด้านการปฏิบัติ

4. แบบทดสอบท้ายใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 การสร้างเครื่องมือ

3.2.1.1 การสร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก จะมีขั้นตอนการสร้างตามรูปที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 การสร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับการสร้างชุดทดลองมีดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการนำชุดทดลองไปใช้ โดยกำหนดจุดมุ่งหมายในการนำชุดทดลองที่สร้างขึ้นไปใช้ในการเรียนการสอน ในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาทางทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งานของอุปกรณ์ และสอบถามอาจารย์ผู้ที่สอนรายวิชา เพื่อกำหนดแนวทางในรายละเอียดของหัวข้อเนื้อหาต่างๆ ของชุดทดลอง รวมถึงศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับหลักการและวิธีการสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทชุดทดลองปฏิบัติ ค้นคว้าเอกสาร วิทยานิพนธ์ และตำราต่างๆ เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการทำงานวงจรการทดลองและการคำนวณการออกแบบวงจร

2. วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นประกอบของอุปกรณ์ โดยการเลือกชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบของชุดทดลอง ที่มีความคงทน ง่ายในการดูแลหรือซ่อมแซม และสามารถหาซื้อได้ง่าย

3. การสร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการสร้างต้นแบบของชุดทดลองก่อนจากนั้นสร้างชุดทดลองจริง โดยการออกแบบแขนกลดำเนินการสร้างติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ส่วนบอร์ดฝึกจะนำตัวอุปกรณ์ มาทำการเชื่อมต่อลงบนแผ่นวงจรสำเร็จรูป จัดแนวการวางตัวอุปกรณ์ แล้วทำการทดลองใช้งาน ชุดทดลองในแต่ละส่วนว่ามีการทำงานถูกต้องหรือไม่

4. นำชุดทดลองชุดทดลองมาทดลองใช้และทดสอบกับนักศึกษา ปวส. 2 สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง จำนวน 5 คน ถ้าพบข้อบกพร่องก็ปรับปรุงแก้ไข

5. นำชุดทดลองมาให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ ถ้าพบข้อบกพร่องทำการปรับปรุงแก้ไข

6. นำชุดทดลองที่ได้ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ทำการประเมินโดยแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก โดยมีรายนามดังนี้

6.1 รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ตันตระกูล หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

6.2 อาจารย์สง่า คูคำ หัวหน้าแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคพัทยา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

6.3 อาจารย์กิตติวัตร ศรีนวล ครูประจำแผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค)

3.2.1.2 การสร้างแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก การสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองและใบงาน จะใช้เป็นแบบประเมินมาตราส่วน (Rating scale) สามารถแบ่งเป็น 5 ระดับของดังนี้ (Likert's Rating scale)

5 หมายถึง ชุดทดลองมีคุณภาพดีมาก
4 หมายถึง ชุดทดลองมีคุณภาพดี
3 หมายถึง ชุดทดลองมีคุณภาพปานกลาง
2 หมายถึง ชุดทดลองมีคุณภาพพอใช้
1 หมายถึง ชุดทดลองมีคุณภาพควรปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การประเมินระดับคุณภาพ ในการวิเคราะห์ระดับคะแนนเฉลี่ยแต่ละข้อ ในทุกด้านจะใช้เกณฑ์กำหนดช่วงคะแนนเฉลี่ยไว้ เพื่อให้เกิดความถูกต้องและสะดวกในการแปลความหมายของคะแนนดังต่อไปนี้

4.50 ถึง 5.00 หมายถึง ชุดทดลองมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

3.50 ถึง 4.49 หมายถึง ชุดทดลองมีคุณภาพอยู่ในระดับดี

2.50 ถึง 3.49 หมายถึง ชุดทดลองมีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง

1.50 ถึง 2.49 หมายถึง ชุดทดลองมีคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้

1.00 ถึง 1.49 หมายถึง ชุดทดลองมีคุณภาพอยู่ในระดับควรปรับปรุง

ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องและวิธีการสร้างแบบประเมินคุณภาพ ตามแนวทางการประเมินคุณภาพสื่อการสอนของ (พิสิฐ เมธาภัทร และ ธีระพล เมธีกุล 2531)

2. กำหนดหัวข้อการประเมินคุณภาพของชุดทดลอง สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาหัวข้อแต่ละประเด็นมีคุณภาพผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีลิเกิร์ต โดยแบบประเมินแต่ละด้านจะมีช่องให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินซึ่งการประเมินแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

3. สร้างแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองประกอบด้วย

3.1 แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง

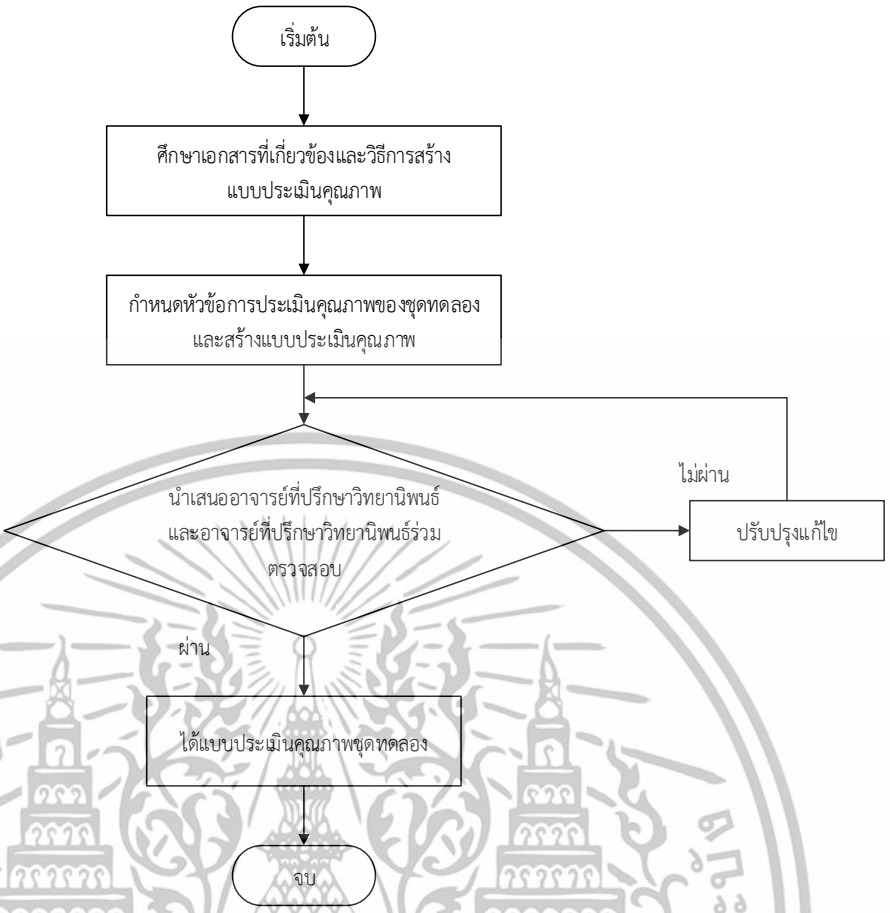
3.2 แบบประเมินคุณภาพใบงานการทดลอง จำนวน 5 ใบงาน

4. นำแบบประเมินคุณภาพที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อตรวจสอบและแก้ไขปรับปรุง

5. ได้แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง เพื่อใช้เก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยต่อไป

จากขั้นตอนการสร้างการประเมินคุณภาพของชุดทดลอง ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง

3.2.1.3 การสร้างแบบวัดความสามารถทางการปฏิบัติ มีขั้นตอนดังนี้

(1) ศึกษาวิธีการประเมินผล โดยใช้การสังเกตเพื่อวัดความสามารถและทักษะในการปฏิบัติงานของนักศึกษาจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

(2) ศึกษาเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละใบงานสร้างแบบวัดความสามารถทางการปฏิบัติ เป็นแบบตรวจรายการเพื่อวัดความสามารถและทักษะในการปฏิบัติงาน

(3) นำแบบวัดความสามารถทางการปฏิบัติไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ละอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบและเพื่อปรับปรุงแก้ไข

(4) นำแบบวัดความสามารถทางปฏิบัติไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิทำการประเมินนำแบบวัดความสามารถทางการปฏิบัติไปใช้ประเมินและบันทึกผลการปฏิบัติการทดลองของกลุ่มตัวอย่าง

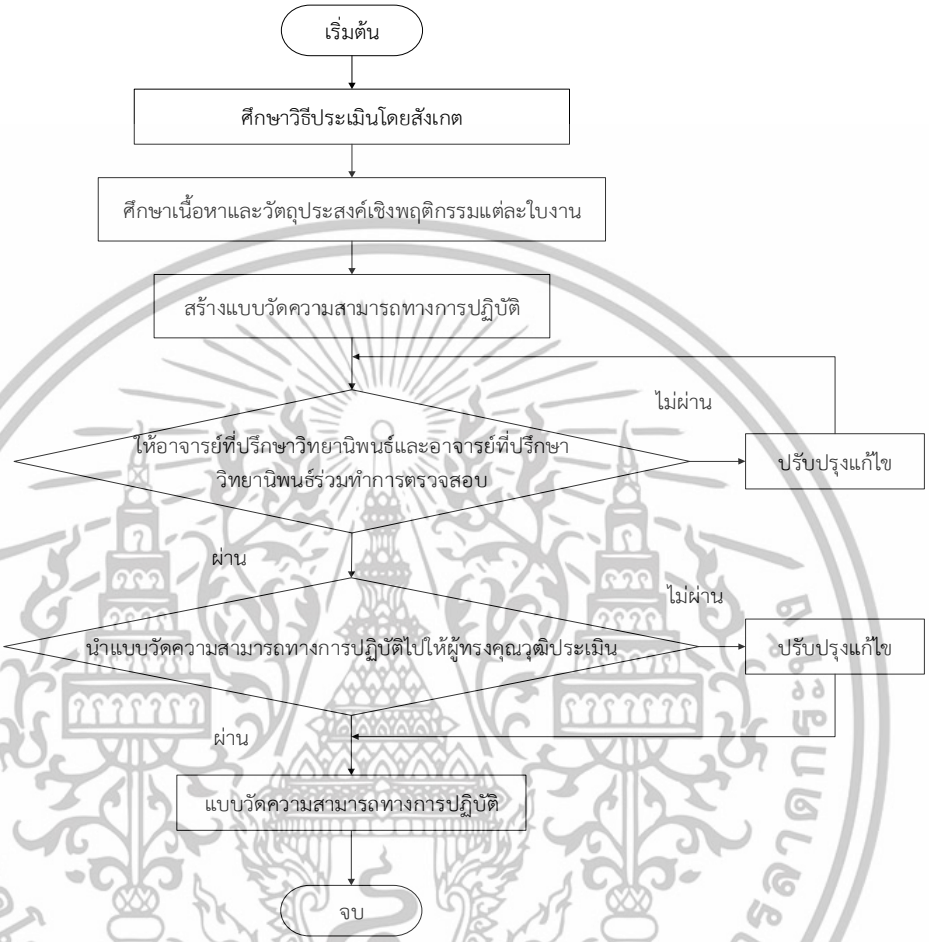
จากขั้นตอนการสร้างแบบวัดความสามารถทางการปฏิบัติ ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนดังรูปที่ 3.3

การสร้างแบบวัดความสามารถทางการปฏิบัติตามใบงานการทดลองที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของใบงานการทดลอง ผู้วิจัยได้นำแนวความคิดของ (บุรพร วงศ์เป็ง. 2557 : 46) แบบประเมินผลการปฏิบัติตามใบงานการทดลองที่สร้างขึ้นเป็นแบบวัดความสามารถแบบจัดอันดับคุณภาพ (Rating Scale) มีเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถดังนี้

ระดับ 3 สามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง โดยไม่ขอคำแนะนำจากผู้เรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับ 2 สามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง โดยขอคำแนะนำจากผู้เรียน
ระดับ 1 สามารถปฏิบัติงานได้ แต่ต้องการคำแนะนำจากผู้เรียนอย่างใกล้ชิด
ระดับ 0 ไม่สามารถปฏิบัติงานได้



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบวัดความสามารถทางการปฏิบัติ

3.2.1.4 การสร้างแบบทดสอบท้ายใบงาน

การสร้างแบบทดสอบท้ายใบงานมีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เกณฑ์ในการให้คะแนนคือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบ ให้ 0 คะแนน โดยการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชุดทดลองไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

(1) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างแบบทดสอบท้ายใบงานจากคู่มือและเอกสารต่างๆ

(2) วิเคราะห์เนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

(3) สร้างแบบทดสอบแบบเลือกตามที่วิเคราะห์ไว้ในข้างต้นในใบงานที่ 1-4 จำนวน 95 ข้อและใบงานรวม 45 ข้อ แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จากนั้นนำไปปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมเพื่อตรวจสอบความถูกต้องตามเนื้อหา และความเหมาะสมของข้อคำถาม

(4) สร้างแบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบท้ายใบงานกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยนำแบบประเมินความสอดคล้องที่สร้างขึ้นไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิใบงานการทดลอง จำนวน 3 ท่าน พิจารณา ทำการตรวจสอบความสอดคล้องใช้หลักเกณฑ์กำหนดความคิดเห็นดังนี้

คะแนน 1 สำหรับข้อคำถามที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน 0 สำหรับข้อคำถามที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน -1 สำหรับข้อคำถามที่เห็นว่าไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

โดยสูตรการคำนวณมีดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539 : 248-249) ซึ่งจะต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมากกว่า 0.50 ขึ้นไป

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \qquad \textbf{(3.1)}$$

เมื่อ IOC หมายถึง ดัชนีสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

$\sum R$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

N หมายถึง จำนวนของผู้ทรงคุณวุฒิ

(5) นำข้อสอบที่ผ่านดัชนีสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ใบงานที่ 1-4 จำนวน 87 ข้อและใบงานรวม 43 ข้อ รวม 13 ข้อ ไปทดสอบกับนักศึกษากลุ่มทดลองที่เคยเรียนเรื่องนี้มาแล้ว จำนวน 20 คน นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง ตั้งแต่ 0.20 – 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไป

(6) การหาค่าความยากง่าย (Difficulty) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ 2538 : 210 – 211)

$$p = \frac{R}{N} \qquad \textbf{(3.2)}$$

เมื่อ p หมายถึง ความยากง่าย

R หมายถึง จำนวนคนที่ทำข้อนั้นถูก

N หมายถึง จำนวนคนที่ทำข้อนั้นทั้งหมด

(7) การหาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ 2538 : 210 – 211)

$$D = \frac{R_u - R_L}{\frac{N}{2}} \qquad \textbf{(3.3)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ D หมายถึง อำนาจจำแนก

R_U หมายถึง จำนวนผู้เรียนที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง

R_L หมายถึง จำนวนผู้เรียนที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน

N หมายถึง จำนวนผู้เรียนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

(8) นำข้อสอบผ่านการหาค่าความยากงายและอำนาจจำแนกจำนวน 130 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่น โดยการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบท้ายใบงาน โดยใช้สูตร KR.20 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ 2538 : 198)

$$r_{tt} = \frac{N}{N-1}\left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2}\right] \quad \textbf{(3.4)}$$

เมื่อ r_{tt} หมายถึง ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

N หมายถึง จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ

p หมายถึง สัดส่วนของผู้เรียนที่ตอบถูก

q หมายถึง สัดส่วนของผู้เรียนที่ตอบผิด

S_t^2 หมายถึง ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

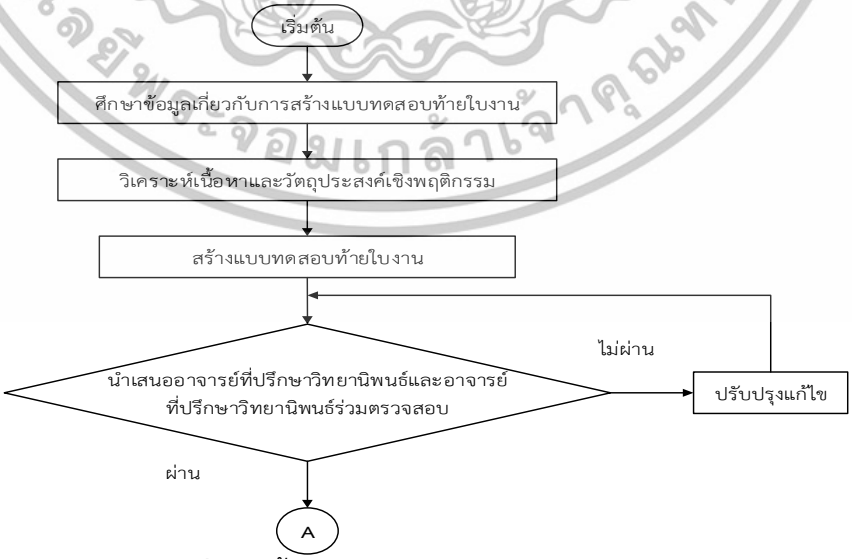
เกณฑ์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่มีค่า

0.7 – 1.0 แสดงว่า แบบทดสอบมีความเชื่อมั่นสูง

0.4 – 0.6 แสดงว่า แบบทดสอบมีความเชื่อมั่นปานกลาง

ต่ำกว่า 0.3 แสดงว่า แบบทดสอบมีความเชื่อมั่นต่ำ

(9) ได้แบบทดสอบที่ได้ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.35 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.70 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82 จำนวน 120 ข้อ นำไปใช้เป็นใช้แบบทดสอบท้ายใบงานที่ 1-4 จำนวน 80 ข้อและใบงานรวม 40 ข้อ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือประกอบการหาประสิทธิภาพ



ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบท้ายใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.4 (ต่อ)

3.3 วิธีการดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้า แผนกไฟฟ้ากำลัง ที่เรียนในรายวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์ วิทยาลัยเทคนิคพัทยา จำนวน 20 คน โดยการดำเนินการทดลองดังนี้

3.3.1 ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการทำวิจัยจากงานบริการวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคพัทยา เพื่อทำการทดลองเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.2 ในการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยอธิบายขอบข่ายเนื้อหา วัตถุประสงค์ และคำชี้แจงในการปฏิบัติใบงานและการประเมิน ให้กับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

3.3.3 ทำการสอนทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดลองตามใบงาน จากนั้นให้กลุ่มตัวอย่าง ทำการปฏิบัติใบงานและทำแบบทดสอบท้ายใบงาน จนครบ 4 ใบงาน โดยแจ้งกำหนดการล่วงหน้า การดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคพัทยา ทำการศึกษาปฏิบัติใบงานและทำแบบทดสอบท้ายใบงาน จำนวน 20 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มๆ 2 คน (ชุดทดลองมีจำนวน 2 ชุด) ใน 1 ใบงาน แบ่งเป็นกลุ่มได้ทั้งหมด 10 กลุ่ม มีกำหนดการดังตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 กำหนดการ การดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

ลำดับ	หัวข้อกิจกรรม	ว/ด/ป	เวลา
1	เข้าพบกลุ่มตัวอย่างเพื่ออธิบายขั้นตอนและวัตถุประสงค์ของการทำการทดลอง	11 เม.ย. 62	8.30 – 9.00 น.
2	**ทดลองใบงานที่ 1** ทำการสอนทฤษฎีใบงานที่ 1 ทั้ง 10 กลุ่ม จากนั้นให้นักศึกษาทำการศึกษาปฏิบัติใบงานและทำแบบทดสอบท้ายใบงาน กลุ่มละ 2 ชั่วโมง โดยกำหนดกลุ่มดังนี้	19 เม.ย. 62	9.30 – 9.30 น.
	กลุ่มที่ 1-3	19 เม.ย. 62	9.30 – .17.30 น
	กลุ่มที่ 4-7	20 เม.ย. 62	8.30 – 17.30 น
	กลุ่มที่ 8-10	21 เม.ย. 62	8.30 – 15.30 น
3	**ทดลองใบงานที่ 2** ทำการสอนทฤษฎีใบงานที่ 2 ทั้ง 10 กลุ่ม จากนั้นให้นักศึกษาทำการศึกษาปฏิบัติใบงานทดลองและทำแบบทดสอบท้ายใบงาน กลุ่มละ 2 ชั่วโมง โดยกำหนดกลุ่มดังนี้	22 มี.ค. 62	8.30 – 9.00 น.
	กลุ่มที่ 1-3	22 เม.ย. 62	9.00 – .17.00 น
	กลุ่มที่ 4-7	23 เม.ย. 62	8.30 – 17.30 น
	กลุ่มที่ 8-10	24 เม.ย. 62	8.30 – 15.30 น
4	**ทดลองใบงานที่ 3** ทำการสอนทฤษฎีใบงานที่ 3 ทั้ง 10 กลุ่ม จากนั้นให้นักศึกษาทำการศึกษาปฏิบัติใบงานทดลองและทำแบบทดสอบท้ายใบงาน กลุ่มละ 2 ชั่วโมง โดยกำหนดกลุ่มดังนี้	25 เม.ย. 60	8.30 – 9.00 น.
	กลุ่มที่ 1-3	25 เม.ย. 62	9.00 – .17.00 น
	กลุ่มที่ 4-7	26 เม.ย. 62	8.30 – 17.30 น
	กลุ่มที่ 8-10	27 เม.ย. 62	8.30 – 15.30 น
5	**ทดลองใบงานที่ 4** ทำการสอนทฤษฎีใบงานที่ 4 ทั้ง 10 กลุ่ม จากนั้นให้นักศึกษาทำการศึกษาปฏิบัติใบงานทดลองและทำแบบทดสอบท้ายใบงาน กลุ่มละ 2 ชั่วโมง โดยกำหนดกลุ่มดังนี้	28 เม.ย. 62	8.30 – 9.00 น.
	กลุ่มที่ 1-3	28 เม.ย. 62	9.00 – .17.00 น
	กลุ่มที่ 4-7	29 เม.ย. 62	8.30 – 17.30 น
	กลุ่มที่ 8-10	30 เม.ย. 62	8.30 – 15.30 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ลำดับ	หัวข้อกิจกรรม	ว/ด/ป	เวลา
6	**ทดลองใบงานรวม** ทำการสอนทบทวนทฤษฎีในใบงานรวม (ใบงานที่ 5) ทั้ง 10 กลุ่ม จากนั้นให้นักศึกษาทำการศึกษา ปฏิบัติใบงานทดลอง ทำแบบ ทดสอบท้ายใบงาน กลุ่มละ 3 ชั่วโมง โดยกำหนดกลุ่มดังนี้	1 พ.ค. 62	8.30 – 9.30 น.
	กลุ่มที่ 1-2	1 พ.ค. 62	9.30 – .16.30 น
	กลุ่มที่ 3-5	2 พ.ค. 62	8.30 – 17.30 น
	กลุ่มที่ 6-8	3 พ.ค. 62	8.30 – 17.30 น
	กลุ่มที่ 9-10	4 พ.ค. 62	8.30 – 15.30 น

3.3.4 เก็บข้อมูลการวิจัยโดยให้กลุ่มตัวอย่างทำการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียนครั้งละ 1 ใบงาน และทำการวัดทักษะการปฏิบัติงานโดยแบบวัดความสามารถทางการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียนเมื่อกลุ่มตัวอย่างทำการทดลองตามใบงานเสร็จ จึงให้ทำการทดสอบโดยใช้แบบทดสอบท้ายใบงานระหว่างเรียนทดลองจนครบ 4 ใบงาน

3.3.5 เมื่อทดลองใบงานระหว่างเรียนเสร็จแล้ว ให้นักศึกษาทำการทดลองปฏิบัติ ใบงานรวม (ใบงานที 5) และทำการวัดประสิทธิภาพโดยใช้แบบวัดความสามารถทางการปฏิบัติใบงานรวม และแบบทดสอบท้ายใบงานโดยใช้แบบทดสอบใบงานรวม กำหนดการตามดังตารางที่ 3.1

3.3.6 นำผลคะแนนที่ได้จากการปฏิบัติใบงานมาวิเคราะห์ตามวิธีการทางสถิติ

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของชุดทดลอง มีดังนี้

การหาค่าทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์หาคุณภาพของชุดทดลอง มีดังนี้

3.4.1.1 การหาค่าคะแนนเฉลี่ยของแบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ($\bar{x}$) ใช้สูตร ดังนี้ (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542: 164)

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \qquad (3.5)$$

เมื่อ $\bar{X}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของคะแนน

$\sum x$ หมายถึง ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

x หมายถึง คะแนนแต่ละจำนวน

n หมายถึง จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3.4.1.2 ในการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542: 179) คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$S.D.=\sqrt{\sum \frac{(x-\bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.6)$$

เมื่อ S.D หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum$ หมายถึง ผลรวม

x หมายถึง ผลรวมของคะแนนแต่ละคน

$\bar{x}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมด

n หมายถึง จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด

3.4.2 การหาค่าประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็กผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติดังนี้

3.4.2.1 ค่าประสิทธิภาพของชุดทดลอง E_1/E_2 (ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2533.139)

$$E_1 = \left[\frac{\sum x}{\frac{N}{A}}\right] \times 100 \quad (3.7)$$

$$E_2 = \left[\frac{\sum y}{\frac{N}{B}}\right] \times 100 \quad (3.8)$$

เมื่อ E_1 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียนที่ได้จากคะแนนของแบบวัดความสามารถทางการปฏิบัติใบงาน 4 ใบงานรวมกัน (80%) และแบบทดสอบท้ายใบงาน 4 ใบงานรวมกัน (20%)

E_2 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการปฏิบัติใบงานรวมที่ได้จากคะแนนของแบบวัดความสามารถทางการปฏิบัติใบรวม (80%) และแบบทดสอบท้ายใบงาน (20%)

$\sum x$ หมายถึง คะแนนรวมของการปฏิบัติใบงานทดลองและแบบทดสอบท้ายใบงาน ของนักศึกษา

$\sum y$ หมายถึง คะแนนรวมของการปฏิบัติใบงานรวมและแบบทดสอบท้ายใบงานของนักศึกษา

A หมายถึง คะแนนเต็มของการปฏิบัติใบงานทดลองรวม 4 ใบงานและแบบทดสอบท้ายใบงาน

B หมายถึง คะแนนเต็มของการปฏิบัติใบงานรวมและแบบทดสอบท้ายใบงาน

N หมายถึง จำนวนนักศึกษาทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคุณภาพ หาประสิทธิภาพ และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่าง ๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ด้วยแนวทางการหาคุณภาพโดยศึกษาความคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ในการประเมินคุณภาพและความเหมาะสมสอดคล้องระหว่างใบงานการทดลองของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่าง ๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก และแบบประเมินผลการปฏิบัติงานของผู้เรียน และข้อมูลประสิทธิภาพของชุดทดลองได้มาจากการดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับชั้น ปวส.1 สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคพัทยา หลังเรียนด้วยชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่าง ๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ที่จะศึกษาทางด้านวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ จำนวน 20 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบจับสลากจากประชากรทั้งหมด ผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้จากแบบแสดงความคิดเห็นและเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จึงนำเสนอตามลำดับดังนี้มีผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่าง ๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

4.1.1 การวิเคราะห์คุณภาพด้านชุดทดลอง

4.1.2 การวิเคราะห์คุณภาพด้านใบงานการทดลอง

4.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดทดลอง

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่าง ๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

การวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์คุณภาพด้านชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่าง ๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก การวิเคราะห์คุณภาพด้านใบงานการทดลอง โดยมีใบงานจำนวน 5 ใบงาน ซึ่งได้จากแบบประเมินที่ประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน มีดังนี้

4.1.1 การวิเคราะห์คุณภาพด้านชุดทดลอง

การประเมินคุณภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่าง ๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ทำการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน โดยมีรายการประเมิน 13 รายการ ผลการประเมินมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพด้านชุดทดลอง

ลำดับ	รายการประเมิน	$\bar{X}$ (n=3)	S.D.	ระดับคุณภาพ
1	ชุดทดลองเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5.00	0.00	ดีมาก
2	ชุดทดลองสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้	5.00	0.00	ดีมาก
3	ชุดทดลองมีความสะดวกในการเตรียมอุปกรณ์	4.67	0.58	ดีมาก
4	อุปกรณ์ของชุดทดลองที่นำมาใช้ ช่วยให้มีประสบการณ์ในการเรียนรู้	4.33	0.58	ดี
5	ชุดทดลองช่วยให้ผู้เข้าเรียนมีทักษะในการใช้งานอุปกรณ์	4.00	0.00	ดี
6	ชุดทดลองมีความสอดคล้องการใช้งานร่วมกับใบงาน	4.67	0.58	ดีมาก
7	ชุดทดลองมีความสะดวกในการดำเนินการเรียนการสอน	5.00	0.00	ดีมาก
8	ชุดทดลองมีความปลอดภัยในขณะทำการทดลอง	4.33	0.58	ดี
9	ชุดทดลองมีรูปร่าง ขนาดเหมาะสม	4.33	0.58	ดี
10	ชุดทดลองมีวิธีการใช้งาน ไม่ยุ่งยากซับซ้อน	4.67	0.58	ดีมาก
11	ชุดทดลองมีความสะดวกในการบำรุงรักษา	4.33	0.58	ดี
12	ชุดทดลองมีความคงทนแข็งแรง	4.33	0.58	ดี
13	ต้นทุนการผลิตชุดทดลองคุ้มค่ากับประโยชน์ที่ได้รับ	4.00	0.00	ดี
	ค่าเฉลี่ยรวม	**4.51**	**0.36**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 4.1 ผลปรากฏว่าการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่าง ๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก จากผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน พบว่าหัวข้อที่จัดอยู่ในระดับดีมากมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด 5.00 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.00 มีทั้งหมด 3 หัวข้อ ได้แก่ ชุดทดลองเหมาะสมกับระดับผู้เรียน ชุดทดลองสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ ชุดทดลองมีความสะดวกในการดำเนินการเรียนการสอน และหัวข้อที่จัดอยู่ในระดับดีมี ค่าคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด 4.00 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.00 มี 2 หัวข้อ ได้แก่ ชุดทดลองช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะในการใช้งานอุปกรณ์ ต้นทุนการผลิตชุดทดลองคุ้มค่ากับประโยชน์ที่ได้รับ โดยรวมค่าคะแนนเฉลี่ยทั้งหมด 4.51 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.36 ซึ่งแสดงว่าคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่าง ๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ถูกประเมินว่าอยู่ในระดับดีมาก

4.1.2 การวิเคราะห์คุณภาพด้านใบงานการทดลอง

การวิเคราะห์คุณภาพใบงานการทดลองโดยการประเมินคุณภาพใบงานการทดลอง จำนวน 5 ใบงาน มีรายการประเมิน 10 รายการ แต่ละใบงานทำการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ซึ่งผลการประเมินมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้านใบงานการทดลอง

ข้อที่	รายการประเมิน	$\bar{x}$ (n=3)	S.D.	ระดับคุณภาพ
1	ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์	5.00	0.00	ดีมาก
2	ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง	4.67	0.58	ดีมาก
3	เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียนรู้	4.33	0.58	ดี
4	ใบงานมีความเหมาะสมกับลำดับขั้นความรู้	4.67	0.58	ดีมาก
5	ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น	4.00	0.00	ดี
6	มีความสอดคล้องการใช้งานร่วมกับชุดทดลอง	4.67	0.58	ดีมาก
7	มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง	5.00	0.00	ดีมาก
8	มีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ผู้เรียน(ปวส.)	5.00	0.00	ดีมาก
9	มีเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	4.00	0.00	ดี
10	สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี	4.33	0.58	ดี
	ค่าเฉลี่ยรวม	**4.53**	**0.29**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 4.2 ผลปรากฏว่าการวิเคราะห์คุณภาพใบงานการทดลอง จากผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน มีผลการประเมินทั้ง 5 ใบงาน พบว่าหัวข้อที่จัดอยู่ในระดับดีมากมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด 5.00 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.00 คือหัวข้อ ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์ มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง และมีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ผู้เรียน (ปวส.) ส่วนค่าเฉลี่ยต่ำสุด 4.00 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.00 ทั้งหมด 3 หัวข้อ ได้แก่หัวข้อ ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น และมีเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน โดยรวมค่าคะแนนเฉลี่ยทั้งหมด 4.53 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.29 ซึ่งแสดงว่าคุณภาพของใบงานระหว่างเรียน จำนวน 4 ใบงานและในงานรวมจำนวน 1 ใบงาน รวม 5 ใบงาน ถูกประเมินว่าอยู่ในระดับดีมาก

4.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดทดลอง

การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังปฏิบัติการทดลองครบ 5 ใบงาน ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่าง ๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ในการหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีแบบวัดความสามารถทางด้านการปฏิบัติและแบบทดสอบท้ายใบงานครบ 5 ใบงาน ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 กับกลุ่มตัวอย่าง เป็นการทดสอบที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง โดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาแผนกไฟฟ้ากำลัง สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคพัทยา ที่ศึกษาจะศึกษาวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ จำนวน 20 คน ได้ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพดังตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

คะแนน	N	คะแนนเต็ม		คะแนนเฉลี่ยที่ทำได้		ร้อยละ		ประสิทธิภาพ
		ปฏิบัติ	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ทฤษฎี	ปฏิบัติ (80%)	ทฤษฎี (20%)	
ใบงาน 1-4 (E1)	20	80	80	64.85	64.50	64.85	16.13	80.98
ใบงานรวม (E2)	20	40	40	34.05	33.45	68.10	16.73	84.83

จากตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ที่พัฒนาขึ้นมีคะแนนระหว่างเรียน (E_1) นำคะแนนมาจากแบบประเมินผลการปฏิบัติงานและแบบทดสอบท้ายใบงานที่ 1 – 4 โดยแบ่งคะแนนออกเป็น ภาคปฏิบัติคะแนนเต็ม 80 คะแนน คะแนนเฉลี่ยที่ทำได้ 64.85 คะแนน ในภาคทฤษฎีคะแนนเต็ม 80 คะแนน คะแนนเฉลี่ยที่ทำได้ 64.50 คะแนน คิดเป็นร้อยละ ในภาคปฏิบัติร้อยละ 80 ได้ร้อยละ 64.85 ภาคทฤษฎีร้อยละ 20 ได้ร้อยละ 16.13 รวมเป็น 80.98 ผลประสิทธิภาพคือ 80.98 และมีคะแนนประเมินผลการปฏิบัติงานและแบบทดสอบท้ายใบงาน ใบงานรวมหรือใบงานที่ 5 (E_2) นำคะแนนมาจากแบบประเมินผลการปฏิบัติงานของใบงานรวมหรือใบงานที่ 5 และแบบทดสอบท้ายใบงาน โดยแบ่งคะแนนออกเป็นภาคปฏิบัติคะแนนเต็ม 40 คะแนน คะแนนเฉลี่ยที่ทำได้ 34.05 คะแนน ในภาคทฤษฎีคะแนนเต็ม 40 คะแนน คะแนนเฉลี่ยที่ทำได้ 33.45 คะแนน คิดเป็นร้อยละ ในภาคปฏิบัติร้อยละ 80 ได้ร้อยละ 68.10 ภาคทฤษฎีร้อยละ 20 ได้ร้อยละ 16.73 รวมเป็น 84.83 ผลประสิทธิภาพคือ 84.83 ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่าชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.98/84.83 ซึ่งมีค่าไม่น้อยกว่า 80/80 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ (รายละเอียดในภาคผนวก ฉ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก โดยสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผล

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.1.1.1 เพื่อพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ที่มีคุณภาพ

5.1.1.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

5.1.2 สมมุติฐานของการวิจัย

5.1.2.1 ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก มีคุณภาพจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิอยู่ในระดับดีขึ้นไป ($\overline{X} \geq 3.50$)

5.1.2.2 ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด ไม่น้อยกว่า 80/80 (E_1/E_2)

5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.1.3.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคพัทยา ปีการศึกษา 2561 จำนวนทั้งหมด 30 คน

5.1.3.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคพัทยา ปีการศึกษา 2561 จำนวนทั้งหมด 20 คน โดยการสุ่มเลือกแบบจับสลาก

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2542.การวิเคราะห์สถิติ : **สถิติเพื่อการตัดสินใจ.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.

กาญจนา วัฒายุ. 2545. **การวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษา.** กรุงเทพฯ : ธนพรการพิมพ์.

ชาญชัย แสงโพธิ์. 2559. “**ชุดปฏิบัติการไมโครไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์**” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชุติมา ประทีปชัย. 2548. **“การพัฒนาบทช่วยสอนและการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน”** โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการเรียนในชั้นเรียนปรกติ เรื่องการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์กับอุปกรณ์ภายนอก. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าพระนครเหนือ.

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่. 2539. **“ใบงานการทดลอง”** เอกสารประกอบการสอนวิชา Laboratory at Workshop Instruction. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2533. **เทคโนโลยีการศึกษา ทฤษฎีและการวิจัย.** กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ทันพงษ์ ภู่รักษ์. 2560 **เอกสารประกอบการสอนวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น**. [Online] Available: http://www.sbt.ac.th/new/sites/default/files/TNP_Unit_1.pdf

บทความ **Arduino คืออะไร** (2561). [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/latest-blogs/what-is-arduino-ch1.html

บุญชม ศรีสะอาด. 2537. **การพัฒนาการสอน,** สุวริยาศาสตร์.หน้า 68

บุรพร วงศ์เป็ง. 2557. **“บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การใช้โปรแกรม Proteus ในรายวิชาเขียนแบบอิเล็กทรอนิกส์ด้วยคอมพิวเตอร์”** ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ประภาส สุวรรณเพชร. 2560. **เอกสารประกอบการอบรม เรียนรู้และลองเล่น Arduino เบื้องต้น** (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1), แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชัยภูมิ.

ประเสริฐ กลมภพตระกูล. 2555. **“การพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18f458”** ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมกล้าธนบุรี

เปรมชัย คงตัน. 2554. **“ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATMEGA 32”** ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พรรณี ลีกิจวัฒนะ. 2550**. วิธีวิจัยทางการศึกษา.พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ :** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พิสิฐ เมธาพัทร และ ธีระพล เมธีกุล. 2531. **ยุทธวิธีการเรียนการสอนวิชาเทคนิค.** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภัทธา นิคมานนท์. 2539. **การประเมินผลการเรียน.** พิมพ์ครั้งที่ 1. อักษราพิพัฒน์. หน้า 121-150.

รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542. **วิธีวิจัยทางการศึกษา.** กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2538. **หลักการวิจัยทางการศึกษา.** กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วัลลภ จันทร์ตระกูล. 2543. **สื่อการเรียนการสอน.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.ศิริวรรณ คำภักดี. 2554. "การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองวงจรดิจิตอลโดยใช้ CPLD เบอร์ XC9572XL" มหาวิทยาลัยธนบุรี.

วัลลภ จันทร์ตระกูล. 2543. **แนวทางการออกแบบอุปกรณ์ช่วยสอนประเภทอุปกรณ์สาธิต. วารสารอาชีวศึกษา.**

วีระพล สวัสดิ์วงค์. 2555. "**ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F913**" ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. 2557 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พ.ศ.2557 กระทรวงศึกษาธิการ.

สุชิน ชินสีห์. 2558. "**การสร้างและศึกษาประสิทธิภาพชุดทดลองไมโครไมโครคอนโทรลเลอร์ เรื่อง การรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของ PIC Mirocontroller**" วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สุมาลี จันทร์ชลอ, 2557**. การปฏิบัติการในชั้นเรียน.** พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ. กรุงเทพฯ : โกสินทร์. หน้า 29-34

สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี. 2547. "**การออกแบบและสร้างโมดูลชุดปฏิบัติไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F876**" วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์ อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุวัชชัย เลิศสถาพรสุข. 2547 "**การสร้างชุดทดลองประยุกต์ใช้งานไมโครไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51**" วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุวิทย์ อัฐกุลชัย. 2560. "**ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink**" วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. 2528**. เทคโนโลยีทางการศึกษา.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ศณฎา สีกล่อม. 2559. **"สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงวิชาวิชาไมโครคอนโทรเลอร์"** วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เศรษฐ์ ไชยมงคล. 2547. “**บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่องการเขียนโปรแกรมภาษาซี สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS51**” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อรพันธุ์ ประสิทธิรัตน์. **คอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนการสอน.** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒบางเขน, 2530.

โอภาส ศิริศรชิตถาวร และ วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล: 2556. **หนังสือ เรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์กับ Arduino และบอร์ด Unicon: บริษัท อินโนเวตีฟเอ็กเพอริเมนต์ จำกัด.**

Dynamixel AX-12A Robot Actuator (2015). [Online]. Available: https://www.trossenrobotics.com/dynamixel-ax-12-robot-actuator.aspx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิและหนังสือราชการ

ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ภาคผนวก จ แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

ภาคผนวก ฉ การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

ภาคผนวก ช ชุดใบงานการทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็กภาคผนวก ตัวอย่างใบงานการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิและหนังสือราชการ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

1. รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ตันตระกูล	หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. อาจารย์สง่า คูคำ	หัวหน้าแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคพัทยา สังกัดคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ
3. อาจารย์กิตติวัตร ศรีนวล	ครูประจำแผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสือราชการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692
ที่ ศธ 0524.04 / 4399 วันที่ 26 ธันวาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและแบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

เรียน ผศ.ดร.สันติ ตันตระกูล

ด้วยนายจารึก จารุมิตร นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์ต่าง ๆ ผ่านห่นุยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก” โดยมี รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและแบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายจารึก จารุมิตร มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นพร้อมกันนี้ได้แนบแบบทดสอบและแบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 4399

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

26 ธันวาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและแบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

เรียน นายสง่า คูดำ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบและแบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

ด้วยนายจารึก จารุมิตร นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์ต่าง ๆ ผ่านห่นุยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก" โดยมี รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและแบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายจารึก จารุมิตร มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 081-555-6564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 4399

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

26 ธันวาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและแบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

เรียน นายกิตติวัตร ศรีนวล

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบและแบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

ด้วยนายจารึก จารุมิตร นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์ต่าง ๆ ผ่านห่นุยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก" โดยมี รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและแบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายจารึก จารุมิตร มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 081-555-6564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/๑๐๔๕

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๑๘ เมษายน ๒๕๖๒

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาทดลองเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคพัทยา แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง

ด้วย นายจารึก จารุมิตร นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่าง ๐ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก” โดยมี รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านให้ นายจารึก จารุมิตร ทดลองใช้แบบทดสอบ กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ ๑ แผนกช่างไฟฟ้ากำลัง ภายในสถานศึกษาของท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒
โทรสาร. ๐๒-๓๒๙-๘๔๓๖
ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๘๑-๕๕๕-๖๕๖๔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

คำชี้แจง แบบประเมินคุณภาพแบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1

1) การประเมินคุณภาพชุดทดลอง

2) การประเมินคุณภาพใบงานการทดลอง

ตอนที่ 2

1) ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

การประเมิน

ตอนที่ 1

ข้อที่ 1 และ 2 กรุณาใส่เครื่องหมาย √ ลงในช่องระดับการประเมินเพียงช่องเดียวโดยระดับคะแนนจะแสดงความหมายดังนี้

5 มีค่าเท่ากับ เห็นด้วยในระดับ ดีมาก

4 มีค่าเท่ากับ เห็นด้วยในระดับ ดี

3 มีค่าเท่ากับ เห็นด้วยในระดับ ปานกลาง

2 มีค่าเท่ากับ เห็นด้วยในระดับ พอใช้

1 มีค่าเท่ากับ เห็นด้วยในระดับ ควรปรับปรุง

ตอนที่ 2 โปรดเขียนแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ลงนามชื่อ .....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตอนที่ 1</u> 1) การประเมินคุณภาพชุดทดลอง

คำชี้แจง กรุณาใส่เครื่องหมาย √ ลงในช่องว่างให้ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับการประเมิน				
		5	4	3	2	1
1	ชุดทดลองเหมาะสมกับระดับผู้เรียน					
2	ชุดทดลองสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้					
3	ชุดทดลองมีความสะดวกในการเตรียมอุปกรณ์					
4	อุปกรณ์ของชุดทดลองที่นำมาใช้ ช่วยให้มีประสบการณ์ในการเรียนรู้					
5	ชุดทดลองช่วยให้ผู้เข้าเรียนมีทักษะในการใช้งานอุปกรณ์					
6	ชุดทดลองมีความสอดคล้องการใช้งานร่วมกับใบงาน					
7	ชุดทดลองมีความสะดวกในการดำเนินการเรียนการสอน					
8	ชุดทดลองมีความปลอดภัยในขณะทำการทดลอง					
9	ชุดทดลองมีรูปร่าง ขนาดเหมาะสม					
10	ชุดทดลองมีวิธีการใช้งาน ไม่ยุ่งยากซับซ้อน					
11	ชุดทดลองมีความสะดวกในการบำรุงรักษา					
12	ชุดทดลองมีความคงทนแข็งแรง					
13	ต้นทุนการผลิตชุดทดลองคุ้มค่ากับประโยชน์ที่ได้รับ					
รวม						
รวมคะแนนทั้งหมด						

<u>ตอนที่ 2</u> ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ลงนามชื่อ .....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตอนที่ 1</u> 2) การประเมินคุณภาพใบงานการทดลอง (ใบงานที่ 1-5)

คำชี้แจง กรุณาใส่เครื่องหมาย √ ลงในช่องว่างให้ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับการประเมิน				
		5	4	3	2	1
1	ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์					
2	ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง					
3	เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียนรู้					
4	ใบงานมีความเหมาะสมกับลำดับขั้นความรู้					
5	ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น					
6	มีความสอดคล้องการใช้งานร่วมกับชุดทดลอง					
7	มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง					
8	มีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ผู้เรียน (ปวส.)					
9	มีเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน					
10	สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี					
รวม						
รวมคะแนนทั้งหมด						

<u>ตอนที่ 2</u> ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ลงนามชื่อ .....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลอง ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพชุดทดลอง

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ					
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	$\overline{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1	ชุดทดลองเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
2	ชุดทดลองสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
3	ชุดทดลองมีความสะดวกในการเตรียมอุปกรณ์	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
4	อุปกรณ์ของชุดทดลองที่นำมาใช้ช่วยให้มีประสบการณ์ในการเรียนรู้	4	5	4	4.33	0.58	ดี
5	ชุดทดลองช่วยให้ผู้เข้าเรียนมีทักษะในการใช้งานอุปกรณ์	4	4	4	4.00	0.00	ดี
6	ชุดทดลองมีความสอดคล้องการใช้งานร่วมกับใบงาน	5	5	4	4.67	0.58	ดีมาก
7	ชุดทดลองมีความสะดวกในการดำเนินการเรียนการสอน	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
8	ชุดทดลองมีความปลอดภัยในขณะทำการทดลอง	4	5	4	4.33	0.58	ดี
9	ชุดทดลองมีรูปร่าง ขนาดเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	ดี
10	ชุดทดลองมีวิธีการใช้งาน ไม่ยุ่งยากซับซ้อน	5	5	4	4.67	0.58	ดีมาก
11	ชุดทดลองมีความสะดวกในการบำรุงรักษา	4	4	5	4.33	0.58	ดี
12	ชุดทดลองมีความคงทนแข็งแรง	4	5	4	4.33	0.58	ดี
13	ต้นทุนการผลิตชุดทดลองคุ้มค่ากับประโยชน์ที่ได้รับ	4	4	4	4.00	0.00	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม					**4.51**	**0.36**	**ดีมาก**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพใบงานการทดลอง ใบงานที่ 1-5

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ					
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	$\overline{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1	ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
2	ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
3	เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียนรู้	5	4	5	4.33	0.58	ดี
4	ใบงานมีความเหมาะสมกับลำดับขั้นความรู้	5	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
5	ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น	4	5	5	4.00	0.00	ดี
6	มีความสอดคล้องการใช้งานร่วมกับชุดทดลอง	4	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
7	มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง	5	5	4	5.00	0.00	ดีมาก
8	มีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ผู้เข้ารับการอบรม (ปวส.)	4	4	5	5.00	0.00	ดีมาก
9	มีเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาในการอบรม	4	4	4	4.00	0.00	ดี
10	สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี	4	4	5	4.33	0.58	ดี
	ค่าเฉลี่ยรวม				**4.53**	**0.29**	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบท้ายใบงานกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ข้อที่	ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ			$\sum R$	IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
ใบงานที่ 1 การทดลองควบคุมเซอร์โวมอเตอร์						
1	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
2	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
3	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
4	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
5	-1	-1	1	-1	-0.33	ไม่สอดคล้อง
6	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
7	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
8	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
9	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
10	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
11	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
12	-1	0	1	0	0.00	ไม่สอดคล้อง
13	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
14	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
15	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
16	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
17	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
18	-1	-1	1	-1	-0.33	ไม่สอดคล้อง
19	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
20	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
21	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
22	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
23	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
24	-1	-1	1	-1	-0.33	ไม่สอดคล้อง
25	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบท้ายใบงานกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ข้อที่	ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ			$\sum R$	IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
ใบงานที่ 2 การทดลองควบคุมดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์						
1	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
2	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
3	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
4	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
5	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
6	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
7	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
8	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
9	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
10	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
11	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
12	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
13	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
14	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
15	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
16	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
17	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
18	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
19	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
20	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
21	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
22	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
23	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
24	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.3 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบท้ายใบงานกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ข้อที่	ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ			$\sum R$	IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
ใบงานที่ 3 การทดลองควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์						
1	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
2	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
3	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
4	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
5	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
6	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
7	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
8	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
9	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
10	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
11	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
12	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
13	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
14	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
15	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
16	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
17	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
18	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
19	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
20	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
21	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
22	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
23	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
24	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
25	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.4 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบท้ายใบงานกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ข้อที่	ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ			$\sum R$	IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
ใบงานที่ 4 การทดลองควบคุมดีซีมอเตอร์						
1	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
2	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
3	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
4	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
5	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
6	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
7	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
8	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
9	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
10	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
11	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
12	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
13	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
14	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
15	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
16	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
17	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
18	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
19	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
20	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
16	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
17	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
18	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
19	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
20	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
21	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
22	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
23	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
24	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.5 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบท้ายใบงานกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ข้อที่	ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ			$\sum R$	IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
ใบงานรวม (ใบงานที่ 5) การทดลองการควบคุมแขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก						
1	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
2	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
3	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
4	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
5	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
6	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
7	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
8	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
9	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
10	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
11	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
12	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
13	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
14	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
15	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
16	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
17	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
18	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
19	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
20	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
21	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
22	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
23	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
24	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
25	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
26	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
27	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
28	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
29	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
30	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
31	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.5 (ต่อ)

32	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
33	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
34	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
35	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
36	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
37	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
38	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
39	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
40	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
41	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
42	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
43	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 1 ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบท้ายใบงาน
ใบงานที่ 1 การทดลองควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1. ในเชิงความหมายของ Servo Motor คือ ก. ระบบควบคุมอัตโนมัติ ข. มอเตอร์ที่สั่งให้หมุนไปยังตำแหน่งองศาได้เองอย่างถูกต้อง ค. มอเตอร์ ง. การควบคุมแบบป้อนกลับ	1.00	0.51	0.61
2. RC Servo Motor ซึ่งนิยมนำมาใช้กับอะไร ก. เครื่องเล่นที่บังคับด้วยคลื่นโทรทัศน์ ข. เครื่องเล่นที่บังคับด้วยคลื่นโทรศัพท์ ค. เครื่องเล่นที่บังคับด้วยคลื่นไมโครเวฟ ง. เครื่องเล่นที่บังคับด้วยคลื่นวิทยุ	1.00	0.42	0.53
3. Gear Train หรือ Gearbox คือ ก. เป็นชุดเกียร์ทดแรง ข. เป็นชุดเกียร์เพิ่มแรง ค. เป็นส่วนของตัวมอเตอร์ ง. เป็นส่วนที่ควบคุมและประมวลผล	1.00	0.49	0.56
4. Electronic Control System คือ ก. เป็นส่วนของตัวมอเตอร์ ข. เป็นส่วนที่ควบคุมและประมวลผล ค. เซ็นเซอร์ตรวจจับตำแหน่งเพื่อหาค่าองศาในการหมุน ง. จุดเชื่อมต่อสายไฟ	1.00	0.51	0.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 1 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
5. Feedback Control คือ ก. ระบบควบคุมที่มีการนำค่าอินพุตมาเปรียบเทียบกับค่าเอาต์พุต ข. ระบบควบคุมที่มีการนำค่าเอาต์พุตมาเปรียบเทียบกับค่าอินพุต ค. ระบบควบคุมที่มีการนำค่าแรงดันมาเปรียบเทียบกับค่ากระแส ง. ระบบควบคุมที่มีการนำค่ากระแสมาเปรียบเทียบกับค่าแรงดัน	1.00	0.42	0.43
6. Position Sensor คือ ก. เป็นส่วนของตัวมอเตอร์ ข. เป็นส่วนที่ควบคุมและประมวลผล ค. เซ็นเซอร์ตรวจจับตำแหน่งเพื่อหาค่าองศาในการหมุน ง. จุดเชื่อมต่อสายไฟ	1.00	0.49	0.63
7. การอ่านและประมวลผลค่าความกว้างของสัญญาณพัลซ์ที่ส่งเข้ามาเพื่อ ก. แปลค่าเป็นตำแหน่งองศาที่ต้องการ ข. จ่ายสัญญาณพัลซ์ ค. เปรียบเทียบกับค่าอินพุต ง. เปรียบเทียบกับค่าเอาต์พุต	0.67	0.42	0.58
8. กำหนดความกว้างของสัญญาณพัลซ์ไว้ที่ 2 ms ตัว Servo Motor หมุนแบบใด ก. ไปทางด้ายซ้ายจนสุด ข. ไปทางด้ายขวาจนสุด ค. เดินหน้าจนสุด ง. อยู่ที่ตำแหน่งตรงกลาง	1.00	0.53	0.60
9. ที่ 1 องศาความกว้างพัลซ์เท่ากับ 5.55 us ที่มุม 45 องศา หาค่าความกว้างพัลซ์ที่ต้องการได้เท่าใด ก. 107.75 us ข. 222.75 us ค. 249.75 us ง. 274.75 us	0.67	0.20	0.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 1 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
10. ฟังก์ชั่นของ Arduino ภายใน Servo Library ชื่อ attach() คือ ก. ฟังก์ชั่นที่ใช้ควบคุมตำแหน่งที่ให้ Servo Motor หมุนไปยังตำแหน่งองศาที่กำหนด ข. ฟังก์ชั่นที่ใช้ควบคุมตำแหน่งที่ต้องการ ค. ฟังก์ชั่นที่ใช้ในการกำหนดขาสัญญาณ ง. ฟังก์ชั่นอ่านค่าองศาที่สั่งเข้าไปด้วยฟังก์ชั่น write()	1.00	0.46	0.43
11. ฟังก์ชั่นของ Arduino ภายใน Servo Library ชื่อ read() คือ ก. ฟังก์ชั่นชะลอการทำงานในหน่วยไมโครวินาที ข. ฟังก์ชั่นชะลอการทำงานในหน่วยวินาที ค. ฟังก์ชั่นชะลอการทำงานในหน่วยนาที ง. ฟังก์ชั่นอ่านค่าองศาที่สั่งเข้าไปด้วยฟังก์ชั่น write()	1.00	0.25	0.52
12. Servo Library ของ Arduino สามารถสั่งงาน RC Servo Motor ได้แบบใดบ้าง ก. 0-45 องศา และ หมุนครบรอบ ข. 0-90 องศา และ หมุนครบรอบ ค. 0-120 องศา และ หมุนครบรอบ ง. 0-180 องศา และ หมุนครบรอบ	1.00	0.53	0.60
13. การอ่านและประมวลผลค่าความกว้างของสัญญาณพัลซ์ที่ส่งเข้ามาเพื่อ ก. แปลค่าเป็นตำแหน่งองศาที่ต้องการ ข. จ่ายสัญญาณพัลซ์ ค. เปรียบเทียบกับค่าอินพุต ง. เปรียบเทียบกับค่าเอาต์พุต	1.00	0.39	0.54
14. สัญญาณควบคุม RC Servo Motor อยู่ในรูปแบบใด ก. PAM ข. PCM ค. PWM ง. SAM	0.67	0.52	0.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 1 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
15. มุมหรือองศาที่หมุนเซอร์โวมอเตอร์จะขึ้นอยู่กับอะไร ก. ความถี่ของสัญญาณพัลซ์ ข. ความกว้างของสัญญาณพัลซ์ ค. คาบของสัญญาณพัลซ์ ง. ความสูงของสัญญาณพัลซ์	0.67	0.45	0.42
16. กำหนดความกว้างของสัญญาณพัลซ์ไว้ที่ 1 ms ตัว Servo Motor หมุนแบบใด ก. ไปทางด้ายซ้ายจนสุด ข. ไปทางด้ายซ้ายจนสุด ค. เดินหน้าจนสุด ง. ถอยหลังจนสุด	1.00	0.53	0.45
17. กำหนดความกว้างของสัญญาณพัลซ์ไว้ที่ 1.5 ms ตัว Servo Motor หมุนแบบใด ก. ไปทางด้ายซ้ายจนสุด ข. ไปทางด้ายขวาจนสุด ค. เดินหน้าจนสุด ง. อยู่ที่ตำแหน่งตรงกลางพอดี	1.00	0.40	0.53
18. ที่ 0 องศาใช้ความกว้างพัลซ์เท่ากับ 1000 us ที่ 180 องศาความกว้างพัลซ์เท่ากับ 2000 us ที่ 1 องศา จะใช้ความกว้างพัลซ์เท่าใด ก. 4.44 us ข. 5.55 us ค. 6.66 us ง. 7.77 us	0.67	0.54	0.51
19. ค่ามุมเท่ากับ 90 สั่งให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนอย่างไร ก. หมุนด้วยความเร็วสูงสุดในทิศทางหนึ่ง ข. หมุนด้วยความเร็วสูงสุดในทิศทางตรงกันข้าม ค. หยุดหมุน ง. หมุนด้วยความเร็วสูงสุด	1.00	0.51	0.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 1 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
20.การควบคุมตำแหน่ง เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปยังองศาที่กำหนดคำสั่งที่ใช้คืออะไร ก. servoWrite ข. digitalWrite ค. analogWrite ง. myservo.Write	0.67	0.54	0.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 2 ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบท้ายใบงาน
ใบงานที่ 2 การทดลองควบคุมดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1. ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ แตกต่างจาก เซอร์โวมอเตอร์อย่างไร ก. มีแรงบิดสูงกว่า ข. มอเตอร์มีขนาดใหญ่กว่า ค. มีการควบคุมแบบ Rs 485 Serial protocol ง. มีการควบคุมแบบป้อนกลับ	1.00	0.39	0.62
2. ID ในดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ คืออะไร ก. Address ของมอเตอร์แต่ละตัว ข. ส่วนของตัวมอเตอร์ ค. ส่วนที่ควบคุมและประมวลผล ง. เซ็นเซอร์ตรวจจับตำแหน่งเพื่อหาค่าองศาในการหมุน	1.00	0.44	0.65
3. Digital Servo Motor สามารถกำหนด ID ได้ทั้งหมดกี่ตัว ก. 125 ข. 153 ค. 252 ง. 253	1.00	0.58	0.43
4. ลักษณะการหมุนของดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ คือ ก. หมุนเป็นสเต็ป ข. ขณะจ่ายไฟหมุนต่อเนื่องไม่มีหยุด ค. หมุนเป็นจังหวะ ง. กำหนดการหมุนโดยกำหนดความเร็วตำแหน่งและทิศทางได้	1.00	0.50	0.51
5. การ Control Digital Servo Motor คือ ก. ระบบควบคุมที่มีการนำค่าอินพุตมาเปรียบเทียบกับค่าเอาต์พุต ข. ระบบควบคุมที่มีการส่งค่าและอ่านค่าดิจิตอลเพื่อควบคุมการหมุน ค. ระบบควบคุมที่มีการนำค่าแรงดันมาเปรียบเทียบกับค่ากระแส ง. ระบบควบคุมที่มีการนำค่ากระแสมาเปรียบเทียบกับค่าแรงดัน	0.67	0.55	0.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 2 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
6. การสื่อสารข้อมูลเพื่อสั่งงานใน Digital Servo Motor ผ่านระบบใด ก. Control Bus ข. Direct Port ค. Serial protocol ง. Parallel protocol	1.00	0.53	0.46
7. ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ นิยมนำมาใช้ทำอะไรมากที่สุด ก. หุ่นยนต์ ข. ของเล่น ค. สร้างเครื่องจักร ง. รถยนต์	0.67	0.56	0.50
8. การกำหนดค่า Buadrate ที่ใช้กับบอร์ด Arduino ควรใช้ค่าเท่าไร ก. 1000 บิตต่อวินาที ข. 5714 บิตต่อวินาที ค. 57142 บิตต่อวินาที ง. 1000000 บิตต่อวินาที	1.00	0.47	0.66
9. การสื่อสารแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัสคือ ก. 59 รอบต่อนาที ข. 8 บิต 1 บิตหยุดไม่มีพาริตี้ ค. -5 ถึง +70 องศาเซลเซียส ง. 16 บิต 1 บิตหยุดไม่มีพาริตี้	0.67	0.34	0.51
10. การควบคุมตำแหน่งที่แม่นยำและสามารถควบคุมความเร็วด้วยความละเอียดเท่าไร ก. 1000 step ข. 1000 step ค. 1024 step ง. 2048 step	1.00	0.43	0.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 2 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
11. การติดต่อแบบอนุกรมแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (half duplex) คือ ก. การสื่อสารแบบทิศทางเดียว ข. การสื่อสารแบบสองทิศทางสลับกัน ค. การสื่อสารแบบทิศทางเดียวพร้อมกัน ง. การสื่อสารแบบสองทิศทางในเวลาเดียวกัน	1.00	0.49	0.53
12. ไฟเลี้ยงที่ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ ต้องการควรอยู่ประมาณกี่โวลท์ ก. 3-5 โวลท์ ข. 6-9 โวลท์ ค. 8-12 โวลท์ ง. 12-24 โวลท์	1.00	0.41	0.41
13. คำสั่ง Dynamixel.begin(); คือ ก. คำสั่งเริ่มต้นการเขียนโปรแกรมควบคุมดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ ข. คำสั่งเริ่มต้นการหมุนดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ ค. คำสั่งควบคุมตำแหน่งดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ ง. คำสั่งควบคุมความเร็วดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์	1.00	0.55	0.49
14. ถ้าต้องควบคุมการหมุนดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ ให้ไปยังตำแหน่งที่ต้องการควรใช้คำสั่งใด ก. speed(Motor_ID, SPEED) ข. readPosition(Motor_ID); ค. move(Motor_ID, POSITION); ง. readTemperature(Motor_ID);	1.00	0.51	0.48
15. ถ้าต้องควบคุมความเร็วในการหมุนดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ ควรใช้คำสั่งใด ก. speed(Motor_ID, SPEED) ข. readPosition(Motor_ID); ค. turn(Motor_ID, SIDE, SPEED); ง. readTemperature(Motor_ID);	1.00	0.39	0.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 2 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
16. ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ถ้าต้องควบคุมตำแหน่งการหมุนและความเร็วควรใช้คำสั่งใด ก. speed(Motor_ID, SPEED) ข. move(Motor_ID, POSITION); ค. moveSpeed(Motor_ID, POSITION, SPEED); ง. readTemperature(Motor_ID);	1.00	0.44	0.52
17. คำสั่ง Dynamixel.moveSpeed(ID_1,100,100); คือ ก. ควบคุมความเร็วของมอเตอร์เท่ากับ 100,100 ข. ควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์เท่ากับ 100,100 ค. ควบคุมความเร็วและอ่านค่าตำแหน่งเท่ากับ 100,100 ง. ควบคุมตำแหน่งและความเร็วของมอเตอร์เท่ากับ 100,100	0.67	0.48	0.64
18. คำสั่ง readTemperature(Motor_ID); คำสั่งใช้งานคือ ก. อ่านค่าอุณหภูมิของมอเตอร์คำสั่ง ข. อ่านค่าตำแหน่งของมอเตอร์คำสั่ง ค. อ่านค่าความเร็วของมอเตอร์ ง. คำสั่งอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์	1.00	0.56	0.53
19. คำสั่งอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์คือ ก. readTemperature(Motor_ID); ข. readPosition(Motor_ID); ค. readVoltage(Motor_ID); ง. speed(Motor_ID, SPEED)	0.67	0.37	0.48
20. ถ้าต้องการให้มอเตอร์ที่หมุนได้ 360 องศา ให้หมุนซ้ายหรือขวาต่อเนื่องควรใช้คำสั่งใด ก. speed(Motor_ID, SPEED) ข. readPosition(Motor_ID); ค. readTemperature(Motor_ID); ง. turn(Motor_ID, SIDE, SPEED);	1.00	0.61	0.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 3 ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบท้ายใบงาน
ใบงานที่ 3 การทดลองควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1. Stepping motor หรือ เรียกอีกอย่างว่า ก. Servo Motor ข. Stepper Motor ค. Control Motor ง. DC Motor	1.00	0.56	0.47
2. สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor) มีการทำงานอย่างไร ก. เมื่อจ่ายไฟจะหมุนทันที ข. เมื่อจ่ายไฟจะยังไม่หมุน ค. หมุนก่อนจ่ายไฟ ง. หมุนแบบเป็น Step	0.67	0.37	0.58
3. สเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิด Unipolar มีสายต่อออกมาใช้งานกี่เส้น ก. 3 ถึง 4 เส้น ข. 4 ถึง 5 เส้น ค. 5 ถึง 6 เส้น ง. 6 ถึง 7 เส้น	1.00	0.44	0.50
4. หลักการของการทำงานของ Stepping Motor คือ ก. การมอดูเลตสัญญาณตามแอมพลิจูด ข. การมอดูเลตสัญญาณเฟสเซอร์ ค. การจ่ายไฟเข้าไปทีละขดตามลำดับ ง. การมอดูเลตสัญญาณตามความถี่	1.00	0.41	0.64
5. มอเตอร์แบบใดมีขดลวดประกอบด้วยกันทั้งหมด 4 ขด ก. Wave Stepping Motor ข. Bipolar Stepping Motor ค. Full Step Drive ง. Unipolar Stepping Motor	1.00	0.38	0.63
6. ลักษณะเด่นของสเต็ปปิ้งมอเตอร์คือข้อใด ก. มีความแม่นยำมาก ข. มีความเร็วต่ำ ค. ให้แรงบิดต่ำ ง. ให้แรงบิดสูง	1.00	0.22	0.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 3 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
7. สัญญาณที่ป้อนให้แก่สเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นสัญญาณรูปคลื่นใด ก สัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยม ข. สัญญาณรูปคลื่นพัลส์ ค. สัญญาณรูปคลื่นไซน์ ง สัญญาณรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสตรง	1.00	0.37	0.68
8. ไอซี ULN2803 เป็นชุดทรานซิสเตอร์สำหรับขับมอเตอร์แต่ละเฟสประกอบด้วยทรานซิสเตอร์กี่ชุด ก. 6 ชุด ข. 7 ชุด ค. 8 ชุด ง. 10 ชุด	1.00	0.46	0.67
9. การเรียงลำดับการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ Full Step 1 เฟส ตามรูปแบบการกระตุ้น ขดลวดของมอเตอร์ตรงข้อใด ก. 1000, 0100, 0010, 0001 ข. 1100, 0110, 0011, 1001 ค. 1000, 0110, 1100, 0011 ง. 1110, 0111, 1011, 1101	1.00	0.55	0.58
10. คำสั่งควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ Full Step 2 เฟส ให้ทำงานหมุนไปยัง Step 2 ใช้คำสั่งใดในกรณี ที่ L1 L2 L3 และ L4 ต่อตำแหน่งตามลำดับคือ ก. 1000 ข. 0110 ค. 1100 ง. 0011	1.00	0.56	0.54
11. คำสั่งควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ Haft Step ให้ทำงานหมุนไปยัง สเต็ปที่ 4 ใช้คำสั่งใดในกรณี ที่ L1 L2 L3 และ L4 ต่อตำแหน่ง ตามลำดับคือ ก. 1000 ข. 0110 ค. 1100 ง. 0011	1.00	0.50	0.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 3 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
12. การจ่ายสัญญาณให้แก่ขดลวดภายในมอเตอร์ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor) ความละเอียดของการหมุนจะขึ้นอยู่กับอะไร ก. ความเร็วของมอเตอร์ ง. การหมุนของมอเตอร์ ค. ความละเอียดของ Step ง. การจ่ายไฟ	1.00	0.48	0.53
13. Permanent Step Motor มีตัวอักษรย่อว่าอะไร ก. PS ข. PSM ค. MP ง. PM	1.00	0.21	0.65
14. ถ้าต้องการเพิ่มความเร็วสเต็ปปิ้งมอเตอร์ใน Arduino ต้องทำอย่างไร ก. เพิ่มกระแสไฟฟ้าในมอเตอร์ ข. เพิ่มแรงดันไฟฟ้าในมอเตอร์ ค. เพิ่มเวลาแต่ละสเต็ป ง. ลดเวลาเวลาแต่ละสเต็ป	1.00	0.40	0.49
15. คำสั่ง pinMode(pin,mode); คือฟังชั่นใดในการขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ก. ฟังก์ชั่นสั่งให้มอเตอร์ทำงานทุกขด ข. ฟังก์ชั่นอ่านค่าจากสัญญาณเพื่อนำมาควบคุมมอเตอร์ ค. ฟังก์ชั่นเพิ่มความเร็วมอเตอร์ ง. ฟังก์ชั่นส่งค่าลอจิกดิจิทัลไปยังขาพอร์ต	1.00	0.42	0.52
16. คำสั่ง analogRead(pin); คือคำสั่งใดในการขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ก. สั่งให้มอเตอร์แต่ละขดทำงาน ข. อ่านค่าอนาลอก ค. เพิ่มความเร็วมอเตอร์ ง. อ่านค่าความเร็วมอเตอร์	1.00	0.54	0.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 3 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
17. คำสั่ง เขียนลอจิกออกพอร์ต คือคำสั่งใดในการขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ก. Serial.begin(speed); ข. pinMode(pin,mode); ค. digitalWrite(pin,value); ง. Delay(ms);	1.00	0.62	0.40
18. สเต็ปปิ้งมอเตอร์มีคุณสมบัติ 1.8 องศาต่อสเต็ป ต้องการหมุนไปตำแหน่งจาก 0 ไปยัง 270 องศาโดยการขับ <u>แบบ Full Step</u> 1 เฟส ต้องหมุนกี่สเต็ป ก. 120 สเต็ป ข. 150 สเต็ป ค. 180 สเต็ป ง. 270 สเต็ป	1.00	0.55	0.45
19. สเต็ปปิ้งมอเตอร์มีคุณสมบัติ 1.8 องศาต่อสเต็ป ต้องการหมุนไปตำแหน่งจาก 0 ไปยัง 100 องศาโดยการขับแบบครึ่งสเต็ป ต้องหมุนกี่สเต็ป ก. 55 ข. 111 สเต็ป ค. 100 สเต็ป ง. 120 สเต็ป	0.67	0.56	0.52
20. ถ้าต้องการหมุนเต็ปปิ้งมอเตอร์ใน Arduino ต้องเขียนคำสั่งนับจำนวนรอบควรใช้คำสั่งใด ก. for ข. switch case ค. if else ง. while	1.00	0.63	0.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 4 ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบท้ายใบงาน
ใบงานที่ 4 การทดลองควบคุมดีซีมอเตอร์

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1. มอเตอร์มอเตอร์ไฟฟ้า (Motor) หมายถึงเครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงพลังงาน ก. เครื่องกลที่เปลี่ยนแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า ข. ที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสง ค. เครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ง. เครื่องกลที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเคมี	1.00	0.55	0.42
2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะอะไร ก. ทนทาน ข. ราคาถูก ค. ปรับความเร็วได้ ง. ประหยัดไฟฟ้า	1.00	0.53	0.53
3. แบ่งออกตามการใช้ของกระแสไฟฟ้าได้ 2 ชนิด คือ ก. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสูง / มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสต่ำ ข. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ / มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ค. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสบวก / มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสลบ ง. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสบ้าน / มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสโรงงาน	0.67	0.66	0.54
4. กระแสไฟฟ้าทีไหลเข้าไปในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะไหลเข้าไปที่ใด ก. คอมมิวเตเตอร์ / ขดลวดอาร์มาเจอร์ ข. ขดลวดอาร์มาเจอร์ / ขดลวดสนามแม่เหล็ก ค. แปรงถ่าน / คอมมิวเตเตอร์ ง. แปรงถ่าน / ขดลวดอาร์มาเจอร์	1.00	0.42	0.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 4 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
5. คุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กเป็นอย่างไร ก. หักล้างกันในทิศทางตรงข้าม ข. เสริมแรงทิศทางเดียวกัน ค. หักล้างกันในทิศทางตรงข้าม และ เสริมแรงทิศทางเดียวกัน เกิดแรงบิดในตัวอาร์มาเจอร์ ง. เกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ในขณะเดียวกัน	1.00	0.49	0.50
6. ทุ่นอาร์มาเจอร์คือ ก. ส่วนที่หมุน ข. ส่วนอยู่กับที่ ค. ขดลวดสนามแม่เหล็ก ง. ขดลวด	1.00	0.37	0.61
7. การนำกระแสตรงมาตัดผ่านสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดทอร์กขึ้นในทิศที่เหมาะสมเพื่อ ก. สร้างให้เกิดการหมุนของสเตเตอร์ ข. สร้างให้เกิดการหมุนของขดลวด ค. สร้างให้เกิดการหมุนของทุ่นอาร์มาเจอร์ ง. สร้างให้เกิดการหมุนของขดลวดสนามแม่เหล็ก	1.00	0.46	0.56
8. กระแสไฟฟ้าในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) จะสร้างขั้วแม่เหล็กแบบใด ก. ขั้วสูง-ต่ำ ข. ขั้วเหนือ-ใต้ ค. ขั้วซ้าย-ขวา ง. ขั้วบน-ล่าง	1.00	0.41	0.51
9. DC Motor ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ ก. ขั้วแม่เหล็กเหนือ / ใต้ ข. ทุ่นอาร์มาเจอร์ / สเตเตอร์ ค. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ / มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ง. ขดลวดอาร์มาเจอร์ / ขดลวดสนามแม่เหล็ก	1.00	0.34	0.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 4 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
10. หลักการทำงานของ DC Motor คือ ก. แรงดันสลับตัดผ่านสนามแม่เหล็ก เกิดทอร์กขึ้นในทิศที่เหมาะสม ข. กระแสสลับตัดผ่านสนามแม่เหล็ก เกิดทอร์กขึ้นในทิศที่เหมาะสม ค. แรงดันสลับตัดผ่านสนามแม่เหล็ก เกิดทอร์กขึ้นในทิศที่เหมาะสม ง. กระแสตรงตัดผ่านสนามแม่เหล็ก เกิดทอร์กขึ้นในทิศที่เหมาะสม	1.00	0.53	0.47
11. วงจร H-Bridge สามารถควบคุมมอเตอร์ได้อย่างไร ก. ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ ข. ควบคุมทิศทางของมอเตอร์ ค. ควบคุมทิศทางและความเร็วรอบของมอเตอร์ ง. ควบคุมการเดินหน้าและถอยหลังของมอเตอร์	1.00	0.56	0.54
12. หากต้องการให้หมุนตามเข็ม (Clockwise :CW) ให้สวิตซ์ทำงานอย่างไร ก. S2 และ S3 ปิดวงจร และ S1 และ S4 เปิดวงจร ข. S1 และ S4 ปิดวงจร ค. S2 และ S3 เปิดวงจร ง. S1 และ S4 ปิดวงจร และ S2 และ S3 เปิดวงจร	1.00	0.37	0.59
13. อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่นิยมใช้ในวงจร H-Bridge คือ ก. DIODE หรือ ZENERDIODE ข. TRIAC หรือ DIAC ค. TRANSISTER ง. MOSFET หรือ IGBT	1.00	0.44	0.45
14. วงจรที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์แบบที่นิยมใช้กันเรียกว่า ก. A-Bridge ข. H-Bridge ค. R-Bridge ง. T-Bridge	1.00	0.44	0.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 4 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
15. IC สำเร็จรูปที่ใช้ในการทดลองควบดีซีคุมมอเตอร์มีชื่อเรียกว่า ก. L298n ข. 7812 ค. 1N40n01 ง. LM324	0.67	0.62	0.66
16. การควบดีซีคุมมอเตอร์โดยใช้ IC สำเร็จรูป เพื่อควบคุมการปิดเปิดตรงกับข้อใด ก. แมกเนติก คอนแทคเตอร์ ข. สวิทช์ 4 ตัว ค. วงจรรวมอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ง. รีเลย์	1.00	0.61	0.49
17. หลักการแก้ไขสัญญาณรบกวนทำได้หลายแบบ เช่นต่อกันในลักษณะวงจร ก. วงจร RL อินติเกรเตอร์ ข. วงจร RLC อินติเกรเตอร์ ค. วงจร LC อินติเกรเตอร์ ง. วงจร RC อินติเกรเตอร์	1.00	0.49	0.51
18. หากต้องการให้หมุนทวนเข็ม (Conter Clockwise :CCW) ให้ ก. S1 และ S4 ปิดวงจร ข. S2 และ S3 ปิดวงจร และ S1 และ S4 เปิดวงจร ค. S1 และ S4 ปิดวงจร และ S2 และ S3 เปิดวงจร ง. S2 และ S3 เปิดวงจร	0.67	0.43	0.55
19. พารามิเตอร์ที่ใช้ระบุรูปร่างหน้าตาของ PWM ที่สำคัญคือ ก. วงจรบัก วงจรบูส ข. วงจรบักบูส ค. ความถี่ของคลื่นพาหะ (Carrier Frequency) และอัตราส่วนหน้าที่ (Duty Ratio) ง. ฟังก์ชั่นชะลอการทำงานในหน่วยนาโนวินาที	1.00	0.55	0.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 4 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
20. PWM (Pulse Width Modulation) คือ ก. การมอดูเลตสัญญาณตามความถี่ ข. การมอดูเลตสัญญาณตามแอมพลิจูด ค. การมอดูเลตสัญญาณเฟสเซอร์ ง. การมอดูเลตสัญญาณเรดิโอ	0.67	0.52	0.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 5 ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบท้ายใบงาน

ใบงานรวม (ใบงานที่ 5) การทดลองการควบคุมแขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1. Gearbox ตรงกับข้อใด ก. Servo case ข. Adjust Gear ค. Gear Train ง. Control curciut	1.00	0.61	0.53
2. ข้อใดของเซอร์โวมอเตอร์เป็นส่วนที่ควบคุมแลประมวลผล ก. Position Sensor ข. Electronic Control System ค. Gear Train ง. Hall effect sensor	1.00	0.59	0.62
3. เซ็นเซอร์ตรวจจับตำแหน่งเพื่อหาค่าองศาในการหมุนคือ ก. Position Sensor ข. Electronic Control Sensor ค. Gear Train ง. Hall effect sensor	1.00	0.45	0.58
4. เซอร์โวมอเตอร์มีขั้วต่อใช้งานกี่ขาและใช้แหล่งจ่ายไฟกี่โวลท์ ก. 4 ขา และ 4-6 โวลท์ ข. 4 ขา และ 6-12 โวลท์ ค. 3 ขา และ 4-6 โวลท์ ง. 3 ขา และ 6-12 โวลท์	1.00	0.56	0.54
5. กำหนดความกว้างของสัญญาณพัลซ์ไว้ที่ 1 ms ตัว Servo Motor หมุนแบบใด ก. ไปทางด้ายซ้ายจนสุด ข. ไปทางด้ายขวาจนสุด ค. เดินหน้าจนสุด ง. อยู่ที่ตำแหน่งตรงกลาง	0.67	0.49	0.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 5 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
6. กำหนดความกว้างของสัญญาณพัลซ์ไว้ที่ 1.5 ms ตัว Servo Motor หมุนไปตำแหน่งใด ก. ไปทางด้ายซ้ายจนสุด ข. ไปทางด้ายขวาจนสุด ค. เดินหน้าจนสุด ง. อยู่ที่ตำแหน่งตรงกลาง	1.00	0.50	0.60
7. ที่ 1 องศาความกว้างพัลซ์เท่ากับ 5.55 us ที่มุม 30 องศา หาค่าความกว้างพัลซ์ที่ต้องการได้เท่าใด ก. 107.5 us ข. 166.5 us ค. 249.75 us ง. 274.75 u	1.00	0.59	0.63
8. ถ้าต้องการหมุนเซอร์โวมอเตอร์ ไปยังตำแหน่ง 100 องศา ควรเขียนคำสั่งโปรแกรม Arduino IDE อย่างไรถูกต้อง ก. digitalWrite(100); ข. digitalWrite(9,100); ค. myservo.attach(100); ง. myservo.write(100);	1.00	0.44	0.48
9. ที่ 0 องศาใช้ความกว้างพัลซ์เท่ากับ 1000 us ที่ 180 องศาความกว้างพัลซ์เท่ากับ 2000 us ที่ 5องศา จะใช้ความกว้างพัลซ์เท่าใด ก. 16.65 us ข. 22.22 us ค. 27.77 us ง. 33.33 us	1.00	0.40	0.49
10. การเขียนโปรแกรมคำสั่ง map(value, 0, 1023, 0, 180) นี้หมายความว่าอย่างไรในการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ ก. อ่านสัญญาณแอนาลอกที่ปรากฏอยู่ที่ขาพอร์ต ข. เปลี่ยนแปลงค่าจากตัวแปรจากช่วงตัวเลขระหว่างค่าหนึ่งไปสู่ช่วงตัวเลขใหม่ ค. ฟังก์ชั่นสั่งให้เซอร์โวหมุนไปยังมุมที่กำหนด ง. ตัวเลขมุมที่ต้องการให้เซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่ไป	0.67	0.54	0.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 5 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
11. ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ แตกต่างจาก เซอร์โวมอเตอร์อย่างไร ก. มีแรงบิดสูงกว่า ข. มอเตอร์มีขนาดใหญ่กว่า ค. มีการควบคุมแบบ Rs 485 Serial protocol ง. มีการควบคุมแบบป้อนกลับ	1.00	0.57	0.65
12. Address ในดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ คืออะไร ก. หมายเลขของมอเตอร์แต่ละตัว ข. ส่วนประกอบของตัวมอเตอร์ ค. ส่วนที่ควบคุมและประมวลผล ง. เซ็นเซอร์ตรวจจับตำแหน่งเพื่อหาค่าองศาในการหมุน	1.00	0.52	0.59
13. การกำหนด ID สามารถกำหนดลักษณะอย่างไร ก. กำหนดเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ ข. กำหนดเป็นตัวอักษรภาษาไทย ค. กำหนดเป็นตัวเลขตามจำนวน ID ง. กำหนดเป็นตัวเลขตาม ID ที่กำหนดไว้	1.00	0.26	0.52
14. ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์มีสื่อสารข้อมูลเพื่อสั่งงานแบบใด ก. สัญญาณดิจิตอล ข. สัญญาณอนาลอก ค. สัญญาณพัลส์ ง. สัญญาณไซน์เวป	1.00	0.61	0.56
15. ทำไมต้องมีการกำหนดค่า Buadrate ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมใน Arduino ก. เพื่อต้องการหมายเลขของมอเตอร์แต่ละตัว ข. เพื่อการติดต่อสื่อสารระหว่าง Arduino กับมอเตอร์ ค. เพื่อต้องการให้มอเตอร์หมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ง. เพื่อเริ่มต้นการหมุนมอเตอร์	1.00	0.52	0.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 5 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
16. การสื่อสารแบบสองทิศทางสลับกันตรงกับข้อใด ก. Full Duplex ข. Half Duplex ค. Direct Duplex ง. Quad Duplex	1.00	0.36	0.47
17. ต้องควบคุมการหมุนดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ให้ไปยังตำแหน่ง ที่ 90 องศาคือ ก. speed(Motor_ID, 90) ข. readPosition(Motor_ID, 90); ค. move(Motor_ID, 90) ; ง. readTemperature(Motor_ID, 90);	1.00	0.36	0.51
18. ต้องควบคุมความเร็วในการหมุนดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ด้วยความเร็วที่ 255 ควรใช้คำสั่งใด ก. speed(Motor_ID, 255) ข. readPosition(Motor_ID, 255); ค. turn(Motor_ID, Left, 255); ง. readTemperature(Motor_ID,255);	1.00	0.50	0.66
19. คำสั่ง readPosition(Motor_ID); คือ ก. อ่านค่าอุณหภูมิของมอเตอร์ ข. อ่านค่าตำแหน่งของมอเตอร์ ค. อ่านค่าความเร็วของมอเตอร์ ง. คำสั่งอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์	1.00	0.35	0.54
20. คำสั่ง moveSpeed(ID_1, 150, 200); คือ ก. มอเตอร์ตำแหน่งที่ ID_1 หมุนไปตำแหน่งที่ 150 องศาด้วยความเร็ว 200 ข. อ่านค่ามอเตอร์ตัวที่ ID_1 ที่ตำแหน่ง 150 องศาด้วยความเร็ว 200 ค. มอเตอร์ตัวที่1ไปตำแหน่งที่200องศาด้วยความเร็ว150 ง. อ่านค่ามอเตอร์ตัวที่ ID_1 ที่ตำแหน่ง 200 องศาด้วยความเร็ว 150	1.00	0.43	0.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 5 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
21. Stepping Motor ชนิด Bipolar มีขดลวดจำนวนกี่ขด ก. 2 ขด ข. 3 ขด ค. 4 ขด ง. 6 ขด	1.00	0.60	0.59
22. สเต็ปปิ้งมอเตอร์แตกต่างจากดีซีมอเตอร์อย่างไร ก. สเต็ปปิ้งมอเตอร์มีขดลวด 1 ขด ดีซีมอเตอร์มีจำนวนหลายขด ข. สเต็ปปิ้งมอเตอร์มีขดลวด 3 ขด ดีซีมอเตอร์มี 1 ขด ค. สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนเป็นสเต็ป ดีซีมอเตอร์หมุนแบบต่อเนื่อง ง. สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนต่อเนื่อง ดีซีมอเตอร์หมุนเป็นสเต็ป	1.00	0.54	0.61
23. Stepper Motor หรือ เรียกอีกอย่างว่า ก. เซอร์โวมอเตอร์ ข. สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ค. เอซีมอเตอร์ ง. ดีซีมอเตอร์	1.00	0.50	0.50
24. ลักษณะเด่นของ Stepping Motor คือข้อใด ก. ให้แรงบิดต่ำ ข. ให้แรงบิดสูง ค. มีความเร็วต่ำ ง. มีความแม่นยำมาก	1.00	0.32	0.44
25. ไอซี ULN2803 มีหน้าที่ทำงานอย่างไร ก. ป้อนสัญญาณให้แก่สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ข. เป็นชุดทรานซิสเตอร์สำหรับขับมอเตอร์แต่ละเฟส ค. กำเนิดสัญญาณรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสตรง ง. การกระตุ้นขดลวดของมอเตอร์	1.00	0.57	0.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 5 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
26. การเรียงลำดับการควบคุม Stepping Motor แบบ Full Step 2 เฟส ตามรูปแบบการกระตุ้น ขดลวดของมอเตอร์ตรงข้อใด ก. 1000, 0100, 0010, 0001 ข. 1100, 0110, 0011, 1001 ค. 1000, 0110, 1100, 0011 ง. 1110, 0111, 1011, 1101	1.00	0.45	0.63
27. การควบคุม Stepping Motor แบบครึ่งสเต็ป สเต็ปที่ 3 ขดลวดของมอเตอร์ตรงข้อใด ก. 1000 ข. 0100 ค. 1000 ง. 1110	1.00	0.43	0.60
28. คำสั่ง keep = analogRead(A0); หมายถึง ก. อ่านค่าอนาล็อกจาก keep มาไว้ที่ A0 ข. อ่านค่าอนาล็อกจากขา A0 มาเก็บไว้ในตังแปร keep ค. อ่านค่าความเร็วมอเตอร์ของ keep จากขาA0 ง. ส่งค่าอนาล็อกจากขา A0 มาเก็บไว้ในตังแปร keep	1.00	0.49	0.42
29. การควบคุมความเร็ว Stepping Motor ใช้คำสั่งใด ก. Serial.print(val); ข. digitalWrite(5,HIGH); ค. analogWrite(5); ง. Delay(ms);	1.00	0.51	0.59
30. สเต็ปปิ้งมอเตอร์มีคุณสมบัติ 1.8 องศาต่อสเต็ป ต้องการหมุนไปตำแหน่งจาก 0 ไปยัง 150 องศาโดยการขับแบบครึ่งสเต็ป ต้องหมุนกี่สเต็ป ก. 55 สเต็ป ข. 83 สเต็ป ค. 100 สเต็ป ง. 120 สเต็ป	1.00	0.38	0.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 5 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
31. เครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าคือข้อใด ก. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ข. สเตปมอเตอร์ ค. ดีซีมอเตอร์ ง. เอซีมอเตอร์	1.00	0.54	0.62
32. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดใดที่ให้แรงบิดสูงที่สุด ก. แยกวงจรกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็ก ข. แบบขนาน ค. แบบอนุกรม ง. แบบผสม	1.00	0.60	0.49
33. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดใดที่มีขดลวดสนามแม่เหล็กสองชุด ก. แยกวงจรกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็ก ข. แบบขนาน ค. แบบอนุกรม ง. แบบผสม	1.00	0.55	0.58
34. โมเมนต์ของแรงที่ทำให้เกิดการหมุนหรือการบิดรอบแกนเพลาของมอเตอร์ ก. กำลังขับ (power drive) ข. แรงม้า (Horse Power) ค. แรงบิด (torque) ง. ความเร็วของมอเตอร์	1.00	0.55	0.47
35. หากต้องการให้หมุนตามเข็ม (Clockwise :CW) ให้สวิตซ์ทำงานอย่างไร ก. S1 และ S4 ปิดวงจร และ S2 และ S3 เปิดวงจร ข. S2 และ S3 ปิดวงจร และ S1 และ S4 เปิดวงจร ค. S2 และ S3 เปิดวงจร ง. S1 และ S4 ปิดวงจร	1.00	0.43	0.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 5 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
36. วงจร H-Bridge สามารถควบคุมมอเตอร์ได้อย่างไร ก. ควบคุมทิศทางและความเร็วรอบของมอเตอร์ ข. ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ ค. ควบคุมการเดินหน้าและถอยหลังของมอเตอร์ ง. ควบคุมทิศทางของมอเตอร์	1.00	0.51	0.51
37. วงจร H-Bridge ที่ใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่นิยมใช้คือ ก. TRANSISTER ข. MOSFET หรือ IGBT ค. DIODE หรือ ZENERDIODE ง. TRIAC หรือ DIAC	1.00	0.50	0.45
38. IC L298n ทำหน้าที่อะไร ก. ควบคุมทิศทางและความเร็วรอบของมอเตอร์ ข. ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ ค. ควบคุมการเดินหน้าและถอยหลังของมอเตอร์ ง. ควบคุมทิศทางของมอเตอร์	1.00	0.39	0.53
39. ต้องการควบคุมความเร็วของมอเตอร์เขียนคำสั่งโปรแกรมตรงกับข้อใด ก. digitalWrite(5,HIGH); ข. digitalRead(5,100); ค. analogWrite(5,100); ง. analogRead(5);	1.00	0.41	0.57
40. ถ้าต้องการควบคุมทิศทางการหมุนมอเตอร์ไปในทิศทางหนึ่ง ควรเขียนคำสั่งโปรแกรมตรงกับข้อใดถูกต้องที่สุด ก. digitalWrite(5,HIGH); digitalWrite(6,HIGH); ข. digitalWrite(5,HIGH); digitalWrite(6,LOW); ค. analogWrite(5,100); analogWrite(5,100); ง. analogRead(5); analogWrite(5,100);	1.00	0.55	0.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน
ใบงานที่ 1 การทดลองควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

ผู้ถูกประเมิน .....

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
		3	2	1	0
1	เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	X			
2	เลือกใช้เมนูของโปรแกรมตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด				
3	เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม				
4	หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม				
5	ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น				
6	ผลลัพธ์ที่การทำงานถูกต้อง				
7	ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด				
รวม					
รวมคะแนนการประเมินทั้งหมด 20 คะแนน					

ลงชื่อ .....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การให้คะแนน ใบงานที่ 1 การทดลองควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

1) เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

2 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยไม่ต้องแนะนำ

1 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองไม่ได้

2) เลือกใช้เมนูของโปรแกรมตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด

3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้เมนูของโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้เมนูของโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้เมนูของโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้เมนูของโปรแกรมไม่ได้

3) เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม

3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมไม่ได้

4) หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม

3 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมไม่ได้

5) ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น

3 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมไม่ถูกต้อง

6) ผลลัพธ์ที่การทำงานควบคุมมอเตอร์ถูกต้อง

3 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานควบคุมมอเตอร์ได้โดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานควบคุมมอเตอร์ได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานควบคุมมอเตอร์ได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานควบคุมมอเตอร์ไม่ได้

7) ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด

3 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด

2 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 10 นาที

1 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 20 นาที

0 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานไม่เสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน
ใบงานที่ 2 การทดลองควบคุมดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์

ผู้ถูกประเมิน .....

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
		3	2	1	0
1	เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	X			
2	เลือกใช้เมนูของโปรแกรมตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด				
3	เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม				
4	หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม				
5	ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น				
6	ผลลัพธ์ที่การทำงานถูกต้อง				
7	ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด				
รวม					
รวมคะแนนการประเมินทั้งหมด 20 คะแนน					

ลงชื่อ .....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การให้คะแนน ใบงานที่ 2 การทดลองควบคุมดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์

1) เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

2 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยไม่ต้องแนะนำ

1 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองไม่ได้

2) เลือกใช้เมนูของโปรแกรมตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด

3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้เมนูของโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้เมนูของโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้เมนูของโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้เมนูของโปรแกรมไม่ได้

3) เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม

3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมไม่ได้

4) หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม

3 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมไม่ได้

5) ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น

3 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมไม่ถูกต้อง

6) ผลลัพธ์ที่การทำงานควบคุมมอเตอร์ถูกต้อง

3 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานควบคุมมอเตอร์ได้โดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานควบคุมมอเตอร์ได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานควบคุมมอเตอร์ได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานควบคุมมอเตอร์ไม่ได้

7) ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด

3 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด

2 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 10 นาที

1 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 20 นาที

0 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานไม่เสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน
ใบงานที่ 3 การทดลองควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ผู้ถูกประเมิน .....

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
		3	2	1	0
1	เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	X			
2	เลือกใช้เมนูของโปรแกรมตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด				
3	เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม				
4	หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม				
5	ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น				
6	ผลลัพธ์ที่การทำงานถูกต้อง				
7	ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด				
รวม					
รวมคะแนนการประเมินทั้งหมด 20 คะแนน					

ลงชื่อ .....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การให้คะแนน ใบงานที่ 3 การทดลองควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์

1) เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

2 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยไม่ต้องแนะนำ

1 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองไม่ได้

2) เลือกใช้เมนูของโปรแกรมตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด

3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้เมนูของโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้เมนูของโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้เมนูของโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้เมนูของโปรแกรมไม่ได้

3) เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม

3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมไม่ได้

4) หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม

3 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมไม่ได้

5) ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น

3 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมไม่ถูกต้อง

6) ผลลัพธ์ที่การทำงานควบคุมมอเตอร์ถูกต้อง

3 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานควบคุมมอเตอร์ได้โดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานควบคุมมอเตอร์ได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานควบคุมมอเตอร์ได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานควบคุมมอเตอร์ไม่ได้

7) ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด

3 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด

2 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 10 นาที

1 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 20 นาที

0 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานไม่เสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน
ใบงานที่ 4 การทดลองควบคุมดีซีมอเตอร์

ผู้ถูกประเมิน .....

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
		3	2	1	0
1	เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	X			
2	เลือกใช้เมนูของโปรแกรมตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด				
3	เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม				
4	หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม				
5	ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น				
6	ผลลัพธ์ที่การทำงานถูกต้อง				
7	ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด				
รวม					
รวมคะแนนการประเมินทั้งหมด 20 คะแนน					

ลงชื่อ .....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การให้คะแนน ใบงานที่ 4 การทดลองควบคุมดีซีมอเตอร์

1) เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

2 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยไม่ต้องแนะนำ

1 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองไม่ได้

2) เลือกใช้เมนูของโปรแกรมตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด

3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้เมนูของโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้เมนูของโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้เมนูของโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้เมนูของโปรแกรมไม่ได้

3) เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม

3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมไม่ได้

4) หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม

3 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมไม่ได้

5) ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น

3 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมไม่ถูกต้อง

6) ผลลัพธ์ที่การทำงานควบคุมมอเตอร์ถูกต้อง

3 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานควบคุมมอเตอร์ได้โดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานควบคุมมอเตอร์ได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานควบคุมมอเตอร์ได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานควบคุมมอเตอร์ไม่ได้

7) ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด

3 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด

2 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 10 นาที

1 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 20 นาที

0 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานไม่เสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน
ใบงานที่ 5 ใบงานรวมการทดลองการควบคุมหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

ผู้ถูกประเมิน .....

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
		3	2	1	0
1	เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง				
2	เลือกใช้เมนูของโปรแกรมตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด				
3	เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม				
4	กำหนดค่าตัวแปร				
5	เรียกดูคำสั่งย้อนหลัง				
6	หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม				
7	ผลลัพธ์การทำงานของการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์				
8	ผลลัพธ์การทำงานของการควบคุมดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์				
9	ผลลัพธ์การทำงานของการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์				
10	ผลลัพธ์การทำงานของการควบคุมดีซีมอเตอร์				
11	ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น				
12	ผลลัพธ์ที่แสดงผลทำงานโดยรวม				
13	ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด				
14	การประยุกต์ใช้โปรแกรม	X	X		
	รวม				
	รวมคะแนนการประเมินทั้งหมด 40 คะแนน				

ลงชื่อ .....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การให้คะแนน ใบงานที่ 5 ใบงานรวมการทดลองการควบคุมหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

1) เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองไม่ได้

2) เลือกใช้เมนูของโปรแกรมตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด

3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้เมนูของโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้เมนูของโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้เมนูของโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้เมนูของโปรแกรมไม่ได้

3) เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม

3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมไม่ได้

4) กำหนดค่าตัวแปร

3 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าตัวแปรได้โดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าตัวแปรได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าตัวแปรได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าตัวแปรไม่ได้

5) เรียกดูคำสั่งย้อนหลัง

3 คะแนน เมื่อ เรียกดูคำสั่งย้อนหลังได้โดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ เรียกดูคำสั่งย้อนหลังได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ เรียกดูคำสั่งย้อนหลังได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ เรียกดูคำสั่งย้อนหลังไม่ได้

6) หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม

3 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมไม่ได้

7) ผลลัพธ์การทำงานของการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

3 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยไม่ต้องแนะนำ

2 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมไม่ถูกต้อง

8) ผลลัพธ์การทำงานของการควบคุมดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยไม่ต้องแนะนำ
2 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
1 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
0 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมไม่ถูกต้อง

9) ผลลัพธ์การทำงานของการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์
3 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยไม่ต้องแนะนำ
2 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
1 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
0 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมไม่ถูกต้อง

10) ผลลัพธ์การทำงานของการควบคุมดีซีมอเตอร์
3 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยไม่ต้องแนะนำ
2 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
1 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
0 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมไม่ถูกต้อง

11) ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น
3 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยไม่ต้องแนะนำ
2 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
1 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
0 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมไม่ถูกต้อง

12) ผลลัพธ์ที่แสดงผลทำงานโดยรวม
3 คะแนน เมื่อ อ่านค่าผลลัพธ์แสดงผลทำงานโดยรวมได้โดยไม่ต้องแนะนำ
2 คะแนน เมื่อ อ่านค่าผลลัพธ์แสดงผลทำงานโดยรวมโดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
1 คะแนน เมื่อ อ่านค่าผลลัพธ์ที่แสดงผลทำงานโดยรวมโดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
0 คะแนน เมื่อ อ่านค่าผลลัพธ์ที่แสดงผลทำงานโดยรวมไม่ได้

13) ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด
3 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด
2 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 15 นาที
1 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 30 นาที
0 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานไม่เสร็จ

14) การประยุกต์ใช้โปรแกรม
1 คะแนน เมื่อ การประยุกต์ใช้โปรแกรมได้
0 คะแนน เมื่อ การประยุกต์ใช้โปรแกรมไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ.1 คะแนนของใบงานที่ 1 – 4 จากการปฏิบัติงาน (E_1)

คนที่	คะแนนจากการประเมินผลการปฏิบัติงาน ใบงานที่ 1 - 4				คะแนนเต็ม 80 คะแนน	คิดเป็นร้อยละ 80%
	ใบงานที่ 1	ใบงานที่ 2	ใบงานที่ 3	ใบงานที่ 4		
1	15	17	15	16	63	63.00
2	17	16	17	15	65	65.00
3	18	16	16	17	67	67.00
4	16	17	17	16	66	66.00
5	17	16	16	15	64	64.00
6	15	14	15	16	60	60.00
7	16	19	18	17	70	70.00
8	15	16	15	15	61	61.00
9	16	15	17	16	64	64.00
10	17	18	17	17	69	69.00
11	16	17	17	15	65	65.00
12	14	16	16	15	61	61.00
13	18	15	15	15	63	63.00
14	17	16	17	17	67	67.00
15	16	16	16	16	64	64.00
16	15	15	18	18	66	66.00
17	17	18	17	16	68	68.00
18	16	16	16	15	63	63.00
19	17	17	17	16	67	67.00
20	16	17	16	15	64	64.00
คะแนนเฉลี่ย					**64.85**	**64.85**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ.2 คะแนนของใบงานที่ 1 – 4 จากการทำแบบทดสอบภาคทฤษฎี (E_1)

คนที่	คะแนนจากการทำแบบทดสอบท้ายใบงานที่ 1 - 4				คะแนนเต็ม 80 คะแนน	คิดเป็นร้อยละ 20%
	ใบงานที่ 1	ใบงานที่ 2	ใบงานที่ 3	ใบงานที่ 4		
1	15	17	15	16	63	15.75
2	18	16	17	15	66	16.50
3	15	16	15	17	63	15.75
4	16	15	15	16	62	15.50
5	17	16	18	19	70	17.50
6	15	14	16	16	61	15.25
7	18	19	18	18	73	18.25
8	15	16	17	17	65	16.25
9	16	15	15	16	62	15.50
10	17	18	17	17	65	16.25
11	16	17	17	15	63	15.75
12	15	16	16	15	62	15.50
13	14	15	16	16	61	15.25
14	18	16	18	18	70	17.50
15	15	16	16	17	64	16.00
16	16	15	17	18	66	16.50
17	17	18	18	18	71	17.75
18	15	16	16	15	62	15.50
19	15	14	15	16	60	15.00
20	15	14	16	16	61	15.25
คะแนนเฉลี่ย					**64.5**	**16.125**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ.3 คะแนนของใบงานที่ 5 (E_2)

คนที่	คะแนนภาคปฏิบัติ		คะแนนภาคทฤษฎี		รวม 100%
	คะแนนเต็ม 40 คะแนน	คิดเป็นร้อยละ 80%	คะแนนเต็ม 40 คะแนน	คิดเป็นร้อยละ 20%	
1	34	68.00	35	17.50	85.50
2	36	72.00	37	18.50	90.50
3	33	66.00	32	16.00	82.00
4	34	68.00	35	17.50	85.50
5	37	74.00	34	17.00	91.00
6	35	70.00	36	18.00	88.00
7	37	74.00	35	17.50	91.50
8	31	62.00	33	16.50	78.50
9	33	66.00	31	15.50	81.50
10	37	74.00	36	18.00	92.00
11	34	68.00	32	16.00	84.00
12	34	68.00	29	14.50	82.50
13	31	62.00	34	17.00	79.00
14	32	64.00	32	16.00	80.00
15	32	64.00	36	18.00	82.00
16	37	74.00	35	17.50	91.50
17	35	70.00	34	17.00	87.00
18	32	64.00	32	16.00	80.00
19	34	68.00	32	16.00	84.00
20	33	66.00	29	14.50	80.50
คะแนนเฉลี่ย	**34.05**	**68.1**	**33.45**	**16.725**	**84.825**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ.4 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

กลุ่มตัวอย่าง N=20	คะแนนจากแบบประเมินผลการปฏิบัติงานและแบบทดสอบท้ายการทดลองของใบงานที่ 1 – 4 โดยแบ่งคะแนนออกเป็น ภาคปฏิบัติร้อยละ 80 ภาคทฤษฎีร้อยละ 20 (คะแนนเต็ม 80 คะแนน)					คะแนนจากแบบประเมินผลการปฏิบัติงานของใบงานที่ 5 และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ โดยแบ่งคะแนนออกเป็น ภาคปฏิบัติร้อยละ 80 ภาคทฤษฎีร้อยละ 20 (คะแนนเต็ม 80 คะแนน)				
	ภาคปฏิบัติ		ภาคทฤษฎี			ภาคปฏิบัติ		ภาคทฤษฎี		
	80 คะแนน	ร้อยละ 80%	80 คะแนน	ร้อยละ 20%	รวม 100%	40 คะแนน	ร้อยละ 80%	40 คะแนน	ร้อยละ 20%	รวม 100 %
1	63	63.00	63	15.75	78.75	34	68.00	35	17.50	85.50
2	65	65.00	66	16.50	81.50	36	72.00	37	18.50	90.50
3	67	67.00	63	15.75	82.75	33	66.00	32	16.00	82.00
4	66	66.00	62	15.50	81.50	34	68.00	35	17.50	85.50
5	64	64.00	70	17.50	81.50	37	74.00	34	17.00	91.00
6	60	60.00	61	15.25	75.25	35	70.00	36	18.00	88.00
7	70	70.00	73	18.25	88.25	37	74.00	35	17.50	91.50
8	61	61.00	65	16.25	77.25	31	62.00	33	16.50	78.50
9	64	64.00	62	15.50	79.50	33	66.00	31	15.50	81.50
10	69	69.00	65	16.25	85.25	37	74.00	36	18.00	92.00
11	65	65.00	63	15.75	80.75	34	68.00	32	16.00	84.00
12	61	61.00	62	15.50	76.50	34	68.00	29	14.50	82.50
13	63	63.00	61	15.25	78.25	31	62.00	34	17.00	79.00
14	67	67.00	70	17.50	84.50	32	64.00	32	16.00	80.00
15	64	64.00	64	16.00	80.00	32	64.00	36	18.00	82.00
16	66	66.00	66	16.50	82.50	37	74.00	35	17.50	91.50
17	68	68.00	71	17.75	85.75	35	70.00	34	17.00	87.00
18	63	63.00	62	15.50	78.50	32	64.00	32	16.00	80.00
19	67	67.00	60	15.00	82.00	34	68.00	32	16.00	84.00
20	64	64.00	61	15.25	79.25	33	66.00	29	14.50	80.50
ค่าเฉลี่ย	**64.85**	**64.85**	**64.50**	**16.13**	**80.98**	**34.05**	**68.10**	**33.45**	**16.73**	**84.83**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าเพื่อหาประสิทธิภาพของของชุดทดลอง หรือ E_1/E_2 ดังนี้

$$E_1 = \left[\frac{\sum x}{\frac{N}{A}} \right] x100$$

$$E_2 = \left[\frac{\sum y}{\frac{N}{B}} \right] x100$$

$\sum x$ = 1297 + 1290 = 2,587

$$E_1 = \left[\frac{2587}{\frac{20}{160}} \right] x100$$

E_1 = 80.98

$\sum y$ = 681 + 669 = 1,350

$$E_2 = \left[\frac{1,350}{\frac{20}{80}} \right] x100$$

E_2 = 84.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

ใบงานการทดลองชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 1 การทดลองควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

คำชี้แจง ให้ผู้เรียนทุกคนทำการทดลองตามใบงานการทดลองที่ 1 เรื่องงานโปรแกรมควมคุมเซอร์โวมอเตอร์ตามขั้นตอนการปฏิบัติงาน โดยการเสียบสายเซอร์โวมอเตอร์ ในบอร์ดทดลองของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ฯ

จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้มีทักษะการปฏิบัติงานโปรแกรมควมคุมเซอร์โวมอเตอร์

จุดประสงค์การเรียนรู้เชิงพฤติกรรม (เพื่อให้ผู้เรียน.....)

1. สามารถใช้โปรแกรม Arduino IDE ในการเขียนโปรแกรมภาษา C เบื้องต้นได้
2. สามารถใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ บอร์ด Arduino UNO R3 เบื้องต้นได้
3. สามารถทดสอบควมคุมเซอร์โวมอเตอร์ได้
4. สามารถเขียนโปรแกรมควมคุมเซอร์โวมอเตอร์ได้
5. สามารถประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด Arduino UNO R3 เบื้องต้นได้
6. มีกิจนิสัยในการแสวงหาความรู้เพิ่มเติม การทำงานด้วยความประณีต รอบคอบและปลอดภัย

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. โปรแกรม Arduino IDE 1.8.4 หรือสูงกว่า	1	โปรแกรม
2. สาย USB สำหรับ Arduino Uno R3	1	เส้น
3. ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก	1	ชุด
4. เครื่องคอมพิวเตอร์	1	เครื่อง

ข้อควรระวัง

1. เชื่อมสายมอเตอร์ให้ตรงกับชนิดของมอเตอร์และตำแหน่งขาให้ตรงกับขั้วต่อ ถอดสายขั้วต่อมอเตอร์ชนิดอื่นๆ ออกให้หมด
2. ไม่ควรต่อสายต่อวงจรในบอร์ด Arduino Uno R3 ทิ้งไว้ ควรถอดสายต่อวงจรออกให้หมด เพราะผล การทดลองอาจเกิดการผิดพลาดไม่เป็นไปตามทฤษฎีได้
3. ไม่ควรถอดสายสายโหลด USB เข้าออกตลอดเวลา เพราะอาจทำให้ภาคจ่ายไฟของบอร์ด Arduino Uno R3 เสียหายได้

ทฤษฎี

เซอร์โวมอเตอร์หรือ RC เซอร์โวมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ไปยังมุมที่ต้องการได้ด้วยวงจร ควบคุมแบบป้อนกลับภายใน เซอร์โวมอเตอร์ขนาดเล็กนิยมใช้กันมากในเครื่องเล่นบังคับวิทยุ เช่น รถ เรือ เครื่องบิน เซอร์โวมอเตอร์ประกอบขึ้นจากส่วนประกอบหลัก ๆ 3 ส่วนคือ

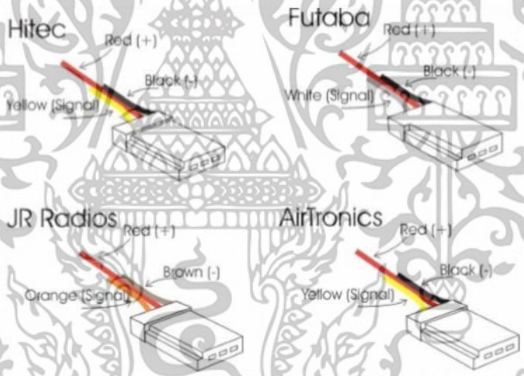
1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็ก
2. ชุดเกียร์ทดรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วงจรควบคุม

รูปที่ 1.1 แสดงโครงสร้างเซอร์โวมอเตอร์

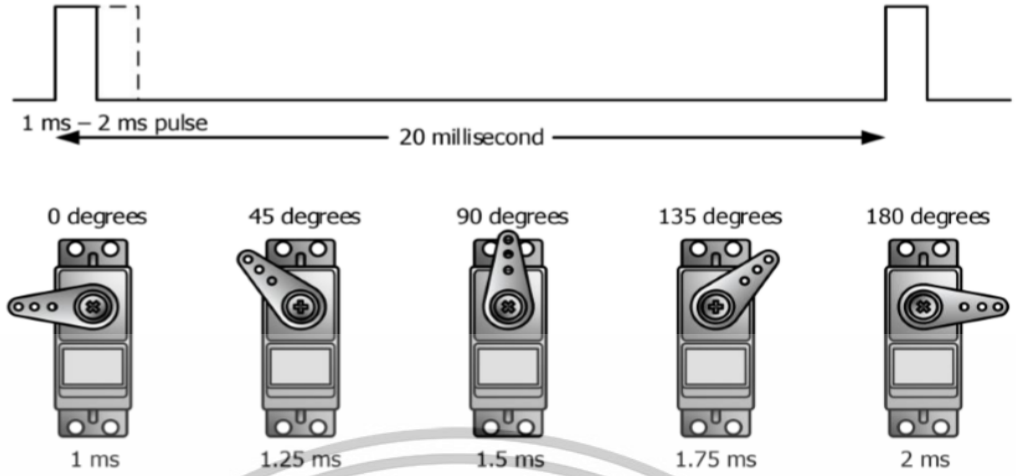
เซอร์โวมอเตอร์มีคอนเน็คเตอร์สำหรับต่อใช้งาน 3 ขา โดยใช้ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ 2 ขาและอีกหนึ่งขาจะใช้ต่อกับสัญญาณควบคุม เซอร์โวมอเตอร์ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงในการทำงานมีแรงดันใช้งานอยู่ ในช่วง 4-6 โวลต์ (สำหรับรุ่นกำลังแรงบิดสูงจะใช้แรงดันสูงถึง 12 โวลต์) การเรียงขาคอนเน็คเตอร์เป็น มาตรฐานแบบเดียวกัน มีความต่างกันบ้างตรงสีของสายไฟขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิตดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 แสดงคอนเน็คเตอร์เซอร์โวมอเตอร์ของแต่ละบริษัท

การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ให้เคลื่อนไปยังมุมที่ต้องการ สามารถทำได้โดยการส่งพัลส์ที่มีค่าประมาณ 1 ms - 2 ms ดังรูปที่ 1.3 โดยสัญญาณของพัลส์ใน 1 ลูกคลื่นมีคาบเวลาประมาณ 20 ms เซอร์โวมอเตอร์สามารถเคลื่อนที่ตั้งแต่มุม 0 องศาจนถึง 180 องศา (ซึ่งบางตำราอาจกล่าวว่าเคลื่อนตั้งแต่ มุม -90 องศาถึง +90 องศา) ซึ่งโครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์ไม่สามารถที่จะหมุนที่มุมเกินกว่าที่กำหนด ไว้ได้ ในการใช้งานเซอร์โวมอเตอร์ที่มีการรับภาระโหลดอาจจะทำให้ตำแหน่งเคลื่อนได้หากไม่ส่ง สัญญาณควบคุมแบบต่อเนื่อง โดยปกติโครงสร้างภายในที่เป็นเฟืองทดรอบจะทำการล็อกตำแหน่งไว้ แล้วในระดับหนึ่งแต่ไม่สามารถคงตำแหน่งเดิมไว้ได้หากการต่อใช้งานมีการรับภาระโหลด ในกรณีที่ต้องการล็อกตำแหน่งจะต้องส่งพัลส์ควบคุมตำแหน่งอย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.3 แสดงสัญญาณพัลส์ที่ใชควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

การเขียนโค๊ดโปรแกรมเพื่อใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์สามารถเขียนโค้ดโดยไม่ พึ่งไลบรารี่ก็สามารถทำได้ แต่ถ้าใช้ไลบรารี่การเขียนโค้ดโปรแกรมก็ง่ายขึ้นซึ่งไลบรารี่ที่ใช้มีชื่อว่า Servo.h เป็นไลบรารี่ที่มาพร้อมกับโปรแกรม Arduino IDE ตั้งแต่ตอนติดตั้งดังนั้นจึงไม่ต้องติดตั้งใหม่ สามารถใช้งานได้ทันที

ฟังก์ชั่น Arduino ที่ใช้งานในใบงานการทดลอง

1. **ฟังก์ชั่นกำหนดโหมดการทำงานให้กับขาพอร์ต** โดยสามารถกำหนดได้ทั้งขาดิจิทัลโดยใส่เพียงตัวเลขของขา (0, 1, 2,...13) และขาแอนาลอกที่ต้องการให้ทำงานในโหมดดิจิทัลแต่ การใส่ขาต้องใส่ A นำหน้าซึ่งใช้ได้เฉพาะ A0, A1,...A5 ส่วนขา A6 และ A7 ไม่สามารถใช้งานในโหมดดิจิทัลได้ รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

pinMode(pin,mode);

pin: หมายเลขขาที่ต้องการเซ็ตโหมด, mode: INPUT, OUTPUT, INPUT_PULLUP

2. **ฟังก์ชั่นส่งค่าลอจิกดิจิทัลไปยังขาพอร์ต** ค่า HIGH เป็นการส่งลอจิก 1 และค่า LOW เป็นการ ส่งลอจิก 0 ออกไปยังขาพอร์ต ฟังก์ชั่นนี้จะทำงานได้ต้องมีการใช้ฟังก์ชั่น pinMode ก่อน รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

digitalWrite(pin,value);

pin: หมายเลขขาที่ต้องการเขียนลอจิกออกพอร์ต, value: HIGH หรือ LOW

3. **ฟังก์ชั่นหน่วงเวลาหรือฟังก์ชั่นหยุดค้าง** การใช้งานสามารถกำหนดตัวเลขของเวลาที่ต้องการหยุดค้าง ตัวเลขที่ใส่เป็นตัวเลขของเวลาหน่วยเป็นมิลลิวินาที ตัวเลขของเวลาที่ใส่ ได้สูงสุดคือ 4,294,967,295 ซึ่งเป็นขนาดของตัวแปร unsigned long รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

Delay(ms); ms : ตัวเลขที่หยุดค้างของเวลาหน่วยมิลลิวินาที (unsigned long)

4. **ฟังก์ชั่นอ่านสัญญาณแอนาลอก** เป็นฟังก์ชั่นที่อ่านสัญญาณแอนาลอกที่ปรากฏอยู่ที่ขาพอร์ต แอนาลอกที่ต้องการอ่านนั้น ๆ ค่าที่อ่านได้จะอยู่ในช่วง 0-1023 สำหรับแรงดันของสัญญาณแอนาลอกที่ 0-5V ดังนั้น ต้องใช้ตัวแปรที่เป็น int สำหรับเก็บค่าที่อ่านได้ รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

analogRead(pin); pin : ขาพอร์ตแอนาลอกที่ต้องการอ่านค่าสัญญาณแอนาลอก

5. **ฟังก์ชั่นแปลงช่วงตัวเลข** เป็นฟังก์ชั่นทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงค่าที่ได้รับจากตัวแปรจากช่วงตัวเลขระหว่างค่าหนึ่งถึงอีกค่าหนึ่งไปสู่ช่วงตัวเลขใหม่ที่ต้องการ

map(value, fromLow, fromHigh, toLow, toHigh)

value: ตัวแปรที่ต้องการอ่านค่านำมาเปลี่ยนช่วงตัวเลข

fromLow : ตัวเลขสเกลล่างสุดของค่าจากตัวแปร

fromHigh : ตัวเลขสเกลสูงสุดของค่าจากตัวแปร

toLow : ตัวเลขสเกลล่างสุดของค่าที่ต้องการเปลี่ยนไป

toHigh : ตัวเลขสเกลสูงสุดของค่าที่ต้องการเปลี่ยนไป

6. **ฟังก์ชั่นใช้งานของไลบรารี่ Servo.h**

การใช้งานเซอร์โวมอเตอร์หากใช้ไลบรารี่ช่วยงานจะทำให้สะดวก การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์จำนวนหลาย ๆ ตัวพร้อม ๆ กันเขียนโค้ดง่าย ซึ่งไลบรารี่มีมาพร้อมกับโปรแกรม Arduino IDE แล้ว

ไลบรารี่	แหล่งดาวน์โหลด
Servo.h	ไม่ต้องดาวน์โหลดเนื่องจากมาพร้อมกับ Arduino IDE

7. **ฟังก์ชั่นประกาศชื่อเซอร์โวมอเตอร์** ใช้ในการระบุชื่อใช้แทนเซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้งานรูปแบบเป็นดังนี้

Servo myservo;

หมายถึง ต่อไปในโปรแกรมจะใช้ชื่อ myservo ในการเรียกใช้งานเซอร์โวมอเตอร์ที่กำลังต่อใช้งานกับ Arduino

8. ฟังก์ชั่นกำหนดขาเชื่อมต่อ ใช้กำหนดขาที่ใช้เชื่อมต่อกับเซอร์โวมอเตอร์รูปแบบเป็นดังนี้

.attach(pin);

pin: ตัวเลขพอร์ตทำการเชื่อมต่อกับเซอร์โวมอเตอร์ ตัวอย่าง myservo.attach(9); หมายถึง เซอร์โวมอเตอร์ที่ชื่อว่า myservo มีการเชื่อมต่อที่ขา D9

9. ฟังก์ชั่นสั่งให้เซอร์โวหมุนไปยังมุมที่กำหนด ใช้สั่งให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปยังมุมที่ กำหนดซึ่งค่ามุมที่สามารถป้อนอยู่ในระหว่าง 0-180 รูปแบบเป็นดังนี้

.write(val);

Val : ตัวเลขมุมที่ต้องการให้เซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่ไป ตัวอย่าง myservo.write(45); หมายถึง เซอร์โวมอเตอร์ที่ชื่อว่า myservo เคลื่อนที่ไปยังมุม 45 องศา

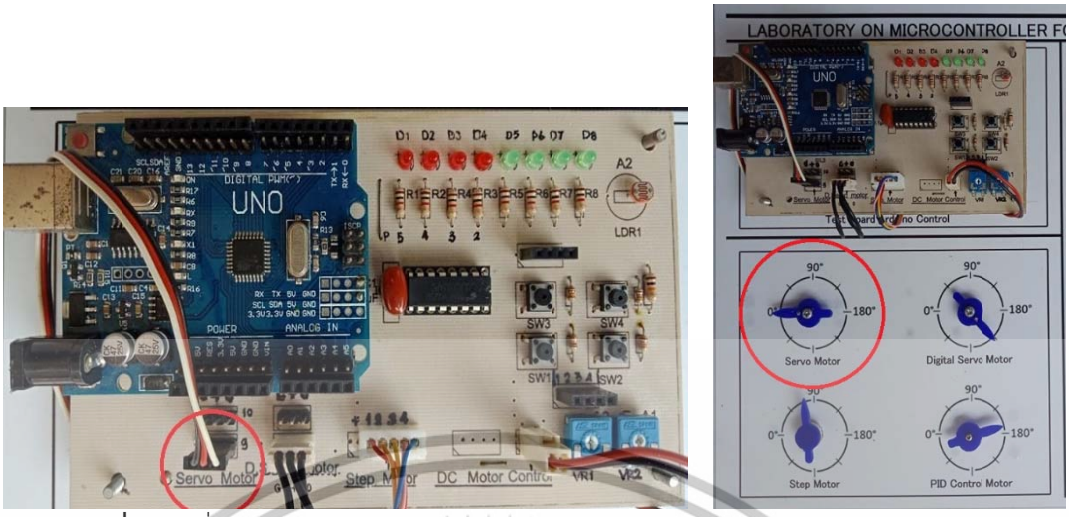
[ที่มา: ครูประภาส สุวรรณเพชร, **เอกสารประกอบการอบรม เรียนรู้และลองเล่น Arduino เบื้องต้น (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1)**, หน้าที่ 194-197.]

ลำดับขั้นการทดลอง

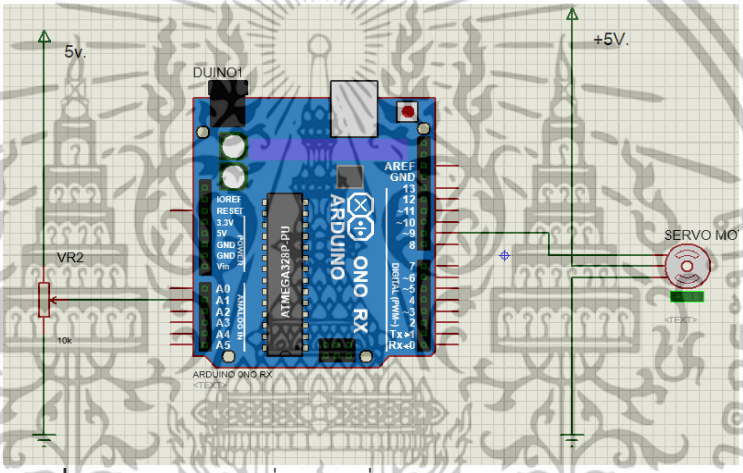
ตอนที่ 1 เขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์

1. เชื่อมสายคอนเนคเตอร์ของเซอร์โวมอเตอร์เข้ากับบอร์ดทดลอง Arduino ฯ ดังรูปที่ 1.4 (ก)
2. การต่อวงจรที่ใช้การเชื่อมต่อขาใช้งานในบอร์ดทดลอง
3. ทดสอบเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์แบบง่ายๆ ดังรูปที่ 1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.4 เชื่อมสายคอนเนคเตอร์ของเซอร์โวมอเตอร์และตำแหน่งมอเตอร์ในชุดทดลองฯ



รูปที่ 1.5 การต่อวงจรที่ใช้การเชื่อมต่อขาใช้งานในบอร์ดทดลอง

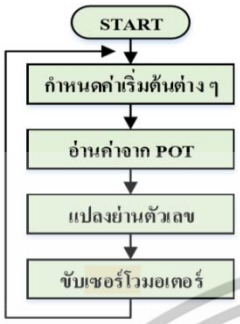
4. เปิดโปรแกรม Arduino IDE จากนั้นพิมพ์โค้ดโปรแกรมควบคุมควบคุมการเคลื่อนที่ของเซอร์โว โดยใช้บอร์ดของชุดทดลองตามรูปที่ 1.5 ดังต่อไปนี้

```
#include <Servo.h>
Servo myservo;

int pos = 0;

void setup() {
  myservo.attach(9);
}
void loop() {
     myservo.write(0);
     delay(1000);
     myservo.write(180);
     delay(1000);
}
```

รูปที่ 1.6 แสดงการตัวอย่างการเขียนโค้ดง่ายๆ ในการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. แนวคิดการเรียนรู้ คือ ออกแบบและเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ไปที่มุมต่าง ๆ โดยรับค่าจากการหมุนโพเทนธิโอมิเตอร์โดยมีขั้นตอนดังนี้



(ก) ผังงาน

```
#include <Servo.h>
#define pot A1
Servo myservo;
void setup()
{
  myservo.attach(9);
}
void loop()
{
  int val = analogRead(pot);
  val = map(val, 0, 1023, 0, 180);
  myservo.write(val);
  delay(15);
}
```

(ข) โค้ดโปรแกรม

รูปที่ 1.7 แสดงโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์

6. บันทึกไฟล์โค้ด ชื่อ Lab1-1
7. ทำการ Compile โค้ด Lab1-1
8. เชื่อมต่อสาย USB กับ บอร์ดทดลอง
9. Upload โปรแกรม Lab10-1 ลงบอร์ดทดลอง
10. สังเกตวงจรการทำงานและบันทึกผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

11. คำถามท้ายการทดลองตอนที่ 1 จากโค้ดโปรแกรม Lab10-1 จงตอบคำถามต่อไปนี้

11.1 บรรทัดที่ 1 ทำหน้าที่.....

11.2 บรรทัดที่ 2 ทำหน้าที่.....

11.3 บรรทัดที่ 3 ทำหน้าที่.....

11.4 บรรทัดที่ 6 ทำหน้าที่.....

11.5 บรรทัดที่ 10 ทำหน้าที่.....

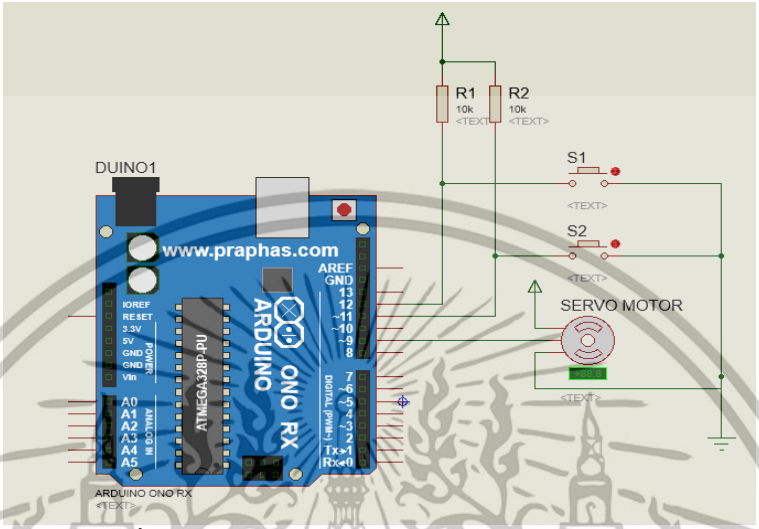
11.6 บรรทัดที่ 11 ทำหน้าที่.....

11.7 บรรทัดที่ 12 ทำหน้าที่.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2 งานที่มอบหมาย

เขียนโปรแกรมควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ ให้นักศึกษาต่อสวิตช์ที่อยู่ในบอร์ด โดยการเชื่อมสายสวิตช์ 2 ตัว คือ S1 และ S2 พร้อมทั้งเขียนโค้ดโดยมีเงื่อนไขดังนี้ กด S1 หมุนไปที่ตำแหน่ง 45 องศา กด S2 หมุนไปตำแหน่งที่ 90 องศา



รูปที่ 1.8 แสดงวงจรควบคุมเซอร์โวมอเตอร์โดยใช้สวิตช์ควบคุม

1. จงเขียนผังงานจากงานที่มอบหมาย

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. พิมพ์โค้ดโปรแกรมตามผังงานในข้อที่ 9
3. บันทึกไฟล์โค้ด ชื่อ Lab1-2
4. ทำการ Compile โค้ด Lab1-2
5. เชื่อมต่อสาย USB กับ บอร์ด Arduino Uno R3
6. Upload โปรแกรม Lab1-2 ลงบอร์ด Arduino UNO R3
7. สังเกตวงจรการทำงานและบันทึกผลการทดลอง

.....
.....
.....
.....
.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 2 การเขียนโปรแกรมควบคุมดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์

คำชี้แจง ให้ผู้เรียนทุกคนทำการทดลองตามใบงานการทดลองที่ 2 เรื่องงานโปรแกรมควบคุมดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ตามขั้นตอนการปฏิบัติงาน โดยการเสียบสายมอเตอร์ในบอร์ดของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่าง ๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้มีทักษะการประยุกต์งานโปรแกรมควมคุมดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ได้
เพื่อให้มีทักษะการปฏิบัติงานโปรแกรมควมคุมดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ได้

จุดประสงค์การเรียนรู้เชิงพฤติกรรม (เพื่อให้ผู้เรียน.....)

7. สามารถใช้โปรแกรม Arduino IDE ในการเขียนโปรแกรมภาษา C เบื้องต้นได้
8. สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ ได้
9. สามารถประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด Arduino UNO R3 เบื้องต้นได้
10. มีกิจนิสัยในการแสวงหาความรู้เพิ่มเติม การทำงานด้วยความประณีต รอบคอบและปลอดภัย

เครื่องมือและอุปกรณ์

5. โปรแกรม Arduino IDE 1.8.4 หรือสูงกว่า	1	โปรแกรม
6. สาย USB สำหรับ Arduino Uno R3	1	เส้น
7. ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่าง ๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก	1	ชุด
8. เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา	1	เครื่อง

ข้อห้ามและข้อควรระวัง

1. เชื่อมสายมอเตอร์ให้ตรงกับชนิดของมอเตอร์และตำแหน่งขาให้ตรงกับขั้วต่อ และถอดสายขั้วต่อมอเตอร์ชนิดอื่นๆ ออกให้หมด
2. ไม่ควรต่อสายต่อวงจรในบอร์ด Arduino Uno R3 ทิ้งไว้ ควรถอดสายต่อวงจรออกให้หมด เพราะผล การทดลองอาจเกิดการผิดพลาดไม่เป็นไปตามทฤษฎีได้
3. ไม่ควรถอดสายสายโหลด USB เข้าออกตลอดเวลา เพราะอาจทำให้ภาคจ่ายไฟของบอร์ด Arduino Uno R3 เสียหายได้

ทฤษฎี

2.4.2 ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์

ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์เป็นชุดมอเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถหมุนแกนไปยังตำแหน่ง (มุม) ต่างๆ ได้อย่างแน่นอนเช่นเดียวกับ เซอร์โวมอเตอร์แบบธรรมดา ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์จะแตกต่างในส่วนของสัญญาณที่นำไปควบคุมโดยแปลงสัญญาณควบคุมแบบ ppm เป็นการควบคุมแบบ rs 485 Serial protocol มีการรองรับการเชื่อมต่อแบบ daisy chain (ใช้แค่พอร์ตเดียว แต่พ่วงไปเรื่อยๆ สูงสุดประมาณ 252 ตัว) โดยมอเตอร์แต่ละตัวสามารถตั้ง ID ได้ เวลาสั่งงาน เราจะส่งข้อมูลไปหา ID

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ระบุได้ ลดความคลาดเคลื่อนโดยเปลี่ยนจากอนาลอกเป็นดิจิตอล หมุนแบบต่อเนื่องได้ โดยกำหนดความเร็ว หรือหมุนแบบไม่ครบรอบ โดยกำหนดองศา จูน PID ภายในได้และควบคุมแรงบิดได้ โดยจำกัดกระแสสูงสุด

ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์อาจมีหลายๆ ผลิตภัณฑ์ๆ ที่ใช้ศึกษาคือ เซอร์โวมอเตอร์ของ Dynamixel AX-12 เป็นเซอร์โวมอเตอร์ที่มีความนิยมใช้เนื่องจากมีขายในประเทศไทยและนิยมนำมาสร้างหุ่นยนต์และอื่นๆ มีส่วนประกอบต่างๆ คือตัว DC มอเตอร์ เกียร์ทด วงจรควบคุมที่แม่นยำและที่มีฟังก์ชั่นเครือข่ายทั้งหมดในแพ็คเกจเดียว มีขนาดกะทัดรัด สามารถผลิตแรงบิดสูงและทำจากวัสดุคุณภาพสูงเพื่อให้ความแข็งแกร่งและความยืดหยุ่นของโครงสร้างที่จำเป็นต่อการทนต่อแรงภายนอกขนาดใหญ่ นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการตรวจจับและสัญญาณภายในเช่น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ แรงดันไฟฟ้า การเคลื่อนที่หรือการหมุน ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ Dynamixel มีข้อดีอยู่หลายประการเมื่อเทียบกับยี่ห้ออื่น การควบคุมตำแหน่งที่แม่นยำและสามารถควบคุมความเร็ว ด้วยความละเอียด 1024 step สามารถกำหนดตำแหน่งเชิงมุมและแรงบิดโหลดที่มีอยู่ได้ การสื่อสารดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ Dynamixel มีการสื่อสารผ่านการสื่อสารแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัส กับ 8 บิต 1 บิตหยุดไม่มีพาริตี้ ลักณะดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ ดังรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์

ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ Dynamixel รุ่น AX-12A เป็นชุดมอเตอร์ พร้อมเฟืองขับที่ ใช้ การติดต่อแบบอนุกรมแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (half duplex) เชื่อมต่อพ่วงกันแบบลูกโซ่ หรือ Daisy-chain ได้มากถึง 253 ตัวคือ 0 ถึง 252 โดยกำหนดรหัสได้อย่างอิสระ การต่อขั้วต่อขาใช้งาน รูปที่ 2.2 คุณสมบัติทางเทคนิค ที่สำคัญมีดังนี้

ต้องการไฟเลี้ยงในย่าน +9 ถึง +12Vdc

กินกระแสไฟฟ้าสูงสุด 900mA (ที่ ไฟเลี้ยง +12V และที่ แรงบิด 1.5 นิวตัน.เมตร หรือ 15 กิโลกรัม.เซนติเมตร)

มีอัตราทดเฟือง 254 : 1

ความเร็วเฉลี่ย 59 รอบต่อนาที (ที่ไฟเลี้ยง +12V 1.5A และไม่มีโหลด)

น้ำหนัก 30 กรัม

แรงบิดสูงสุด 1.5 นิวตัน.เมตร หรือ 15 กิโลกรัม/เซนติเมตร

ควบคุมตำแหน่งได้ 300 องศา ความละเอียด 0.29 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบข้อมูลในการสื่อสาร 8 บิตข้อมูล 1 บิตหยุดไม่มีพาริตี้ (Half duplex Asynchronous Serial Communication (8bit,1stop,No Parity)

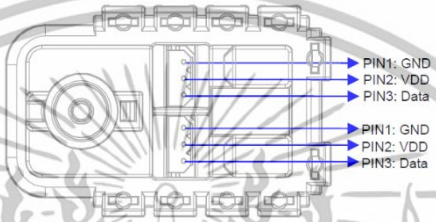
อัตราบอด 7,343 ถึง 1 ล้านบิตต่อวินาที (ค่าตั้งต้นคือ 1 ล้านบิตต่อวินาที)

ข้อมูลที่อ่านได้จากมอเตอร์ ประกอบด้วยตำแหน่ง, อุณหภูมิ , แรงบิด , แรงดันไฟเลี้ยง

เฟืองทดภายในผลิตจากพลาสติกวิศวกรรมคุณภาพสูง

อณุหภูมิใช้งาน -5 ถึง +70 องศาเซลเซียส

ขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) 32 x 50 x 40 มิลลิเมตร



รูปที่ 2.2 ลักษณะขั้วต่อขาใช้งาน

การเขียนโค๊ดโปรแกรมเพื่อใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของควบคุมดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ สามารถเขียนโค้ดโดยต้องใช้ไลบรารี่ การใช้ไลบรารี่การเขียนโค้ดโปรแกรมก็ง่ายขึ้นซึ่งไลบรารี่ที่ใช้มีชื่อว่าDynamixelUNO_Shield.h เป็นไลบรารีที่ต้องดาวน์โหลดมาใช้กับโปรแกรม Arduino IDE

ฟังก์ชั่น Arduino ที่ใช้งานในใบงานการทดลอง

1. **ฟังก์ชั่นกำหนดโหมดการทำงานให้กับขาพอร์ต** โดยสามารถกำหนดได้ทั้งขาดิจิทัลโดยใส่เพียงตัวเลขของขา (0, 1, 2,...13) และขาแอนาลอกที่ต้องการให้ทำงานในโหมดดิจิทัลแต่ การใส่ขาต้องใส่ A นำ หน้าซึ่งใช้ได้เฉพาะ A0, A1,...A5 ส่วนขา A6 และ A7 ไม่สามารถใช้งานในโหมดดิจิทัลได้ รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

pinMode(pin,mode);

pin : หมายเลขขาที่ต้องการเซตโหมด,mode : INPUT, OUTPUT, INPUT_PULLUP

2. **ฟังก์ชั่นส่งค่าลอจิกดิจิทัลไปยังขาพอร์ต** ค่า HIGH เป็นการส่งลอจิก 1 และค่า LOW เป็นการ ส่งลอจิก 0 ออกไปยังขาพอร์ต ฟังก์ชั่นนี้จะทำงานได้ต้องมีการใช้ฟังก์ชั่น pinMode ก่อน รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

digitalWrite(pin,value);

pin : หมายเลขขาที่ต้องการเขียนลอจิกออกพอร์ต ,value : HIGH หรือ LOW

3. **ฟังก์ชั่นหน่วงเวลาหรือฟังก์ชั่นหยุดค้าง** การใช้งานสามารถกำหนดตัวเลขของเวลาที่ต้องการหยุดค้าง ตัวเลขที่ใส่เป็นตัวเลขของเวลาหน่วยเป็นมิลลิวินาที ตัวเลขของเวลาที่ใส่ ได้สูงสุดคือ 4,294,967,295 ซึ่งเป็นขนาดของตัวแปร unsigned long รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

Delay(ms); ms : ตัวเลขที่หยุดค้างของเวลาหน่วยมิลลิวินาที (unsigned long)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ฟังก์ชั่นอ่านสัญญาณแอนาลอก เป็นฟังก์ชั่นที่อ่านสัญญาณแอนาลอกที่ปรากฏอยู่ที่ขาพอร์ต แอนาลอกที่ต้องการอ่านนั้น ๆ ค่าที่อ่านได้จะอยู่ในช่วง 0-1023 สำหรับแรงดันของสัญญาณแอนาลอกที่ 0-5V ดังนั้น ต้องใช้ตัวแปรที่เป็น int สำหรับเก็บค่าที่อ่านได้ รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

analogRead(pin); pin: ขาพอร์ตแอนาลอกที่ต้องการอ่านค่าสัญญาณแอนาลอก

5. ฟังก์ชั่นแปลงช่วงตัวเลข เป็นฟังก์ชั่นทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงค่าที่ได้รับจากตัวแปรจากช่วงตัวเลขระหว่างค่าหนึ่งถึงอีกค่าหนึ่งไปสู่ช่วงตัวเลขใหม่ที่ต้องการ

map(value, fromLow, fromHigh, toLow, toHigh)

value : ตัวแปรที่ต้องการอ่านค่านำมาเปลี่ยนช่วงตัวเลข

fromLow : ตัวเลขสเกลล่างสุดของค่าจากตัวแปร

fromHigh : ตัวเลขสเกลสูงสุดของค่าจากตัวแปร

toLow : ตัวเลขสเกลล่างสุดของค่าที่ต้องการเปลี่ยนไป

toHigh : ตัวเลขสเกลสูงสุดของค่าที่ต้องการเปลี่ยนไป

6. ฟังก์ชั่นใช้งานของไลบรารี่ DynamixelUNO_Shield.h

การใช้งานเซอร์โวมอเตอร์หากใช้ไลบรารี่ช่วยงานจะทำให้สะดวก การควบคุมดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ จำนวนหลาย ๆ ตัวพร้อม ๆ กันเขียนโค้ดง่าย ซึ่งไลบรารี่โปรแกรม Arduino IDE ต้องดาวน์โหลดมาใช้งาน

ไลบรารี่	แหล่งดาวน์โหลด
DynamixelUNO_Shield.h	https://forum.arduino.cc
SoftwareSerial.h	มีอยู่ใน Arduino IDE

7. ฟังก์ชั่นเริ่มต้นการประกาศใช้ติดต่อดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ ใช้ในการระบุชื่อใช้แทนดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้งาน รูปแบบเป็นดังนี้

Dynamixel.begin();

หมายถึง ต่อไปในโปรแกรมจะใช้ชื่อ Dynamixel.begin(); ในการเรียกใช้งานค่าเริ่มต้นดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ที่กำลังต่อใช้งานกับ Arduino

Buadrate ที่นิยมใช้งานของมอเตอร์ DXL 1000000, 57142

ตัวอย่าง โค้ดเปลี่ยน Buadrate ของมอเตอร์ DXL จาก 1000000 เป็น 57142

Dynamixel.begin(1000000);

Dynamixel.setBD(1,57142);

การใช้กำหนดขาที่ใช้เชื่อมต่อกับดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ เช่น Dynamixel.setBD (1,57142); เป็นการเชื่อมต่อเข้ากับขาที่ 1

<u>หมายเหตุ</u> ค่าเริ่มต้น (Default) ของดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ จะเซ็ตค่า Buadrate คือ 1000000 การสื่อสารกับ Arduino จำเป็นต้องกำหนดให้มีค่าต่ำกว่า เช่น 57142 หรือกำหนดให้ต่ำกว่าได้ตามมาตรฐานการสื่อสารจึงจะสามารถสื่อสารกันได้

8. ฟังก์ชั่นควบคุมการหมุน รูปแบบเป็นดังนี้

speed(Motor_ID, SPEED) ; ตั้งค่าความเร็วในการหมุนของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

move(Motor_ID, POSITION) ; ปรับเปลี่ยนตำแหน่งของมอเตอร์ แต่ความเร็วในการหมุน จะหมุนที่ความเร็วสูงสุดของมอเตอร์

moveSpeed(Motor_ID, POSITION, SPEED); ปรับเปลี่ยนตำแหน่ง และความเร็วของมอเตอร์ โดยจะอยู่ในคำสั่งเดียว

turn(Motor_ID, SIDE, SPEED); คำสั่งนี้ใช้กับมอเตอร์ที่หมุนได้ 360 องศา สามารถสั่งให้หมุนซ้ายหรือขวาโดยใช้คำสั่ง LEFT, RIGHT และตั้งค่าความเร็ว

9. **ฟังก์ชั่นอ่านค่าสถานะ**ของดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ รูปแบบเป็นดังนี้

readPosition(Motor_ID); คำสั่งอ่านค่าตำแหน่งของมอเตอร์

readSpeed(Motor_ID); คำสั่งอ่านค่าความเร็วของมอเตอร์

readTemperature(Motor_ID); คำสั่งอ่านค่าอุณหภูมิของมอเตอร์

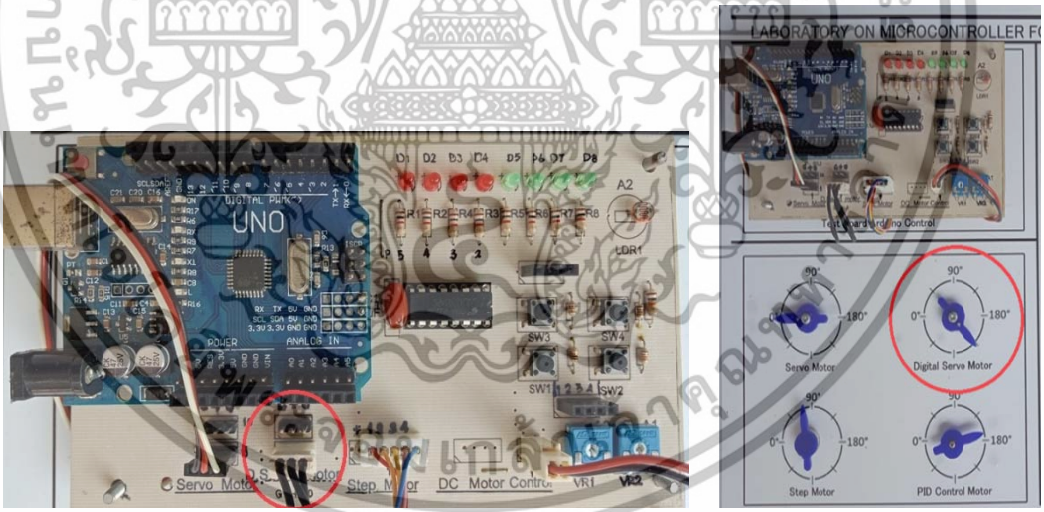
readVoltage(Motor_ID); คำสั่งอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์

ลำดับขั้นการทดลอง

ตอนที่ 1 เขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์

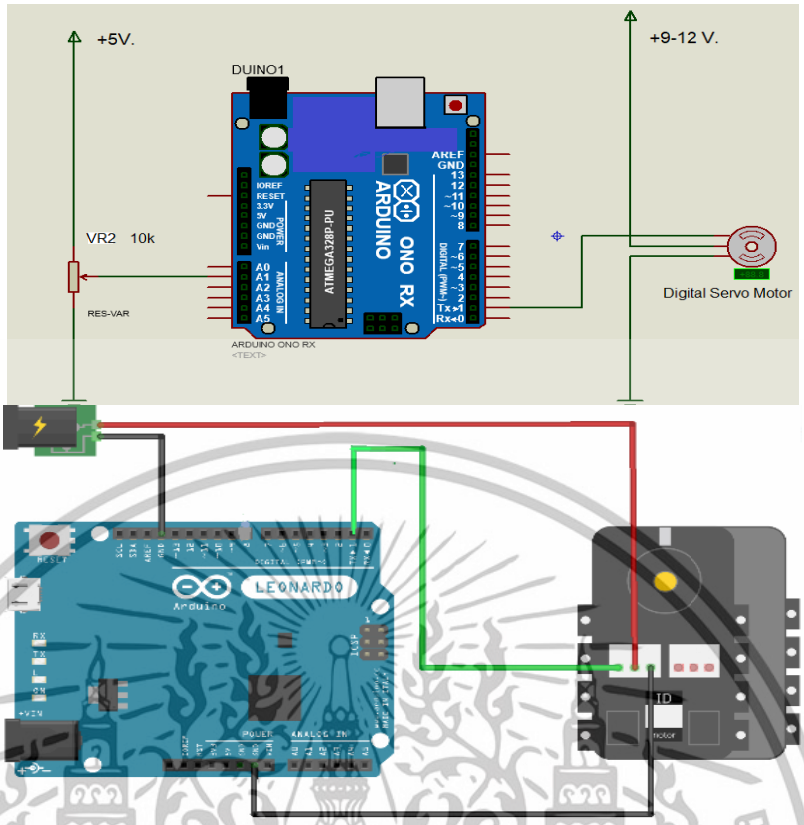
แนวคิดการเรียนรู้ คือ ออกแบบและเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ไปที่มุมต่าง ๆ โดยรับค่าจากการหมุนโพเทนธิโอมิเตอร์โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. เชื่อมสายมอเตอร์ของดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์โดยเสียบสายเข้ากับบอร์ดในชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ฯ ในช่องที่ 2 ที่มีชื่อว่า D.Servo motor ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 เชื่อมสายมอเตอร์ของดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์และตำแหน่งมอเตอร์ในบอร์ดของชุดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงการต่อวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์

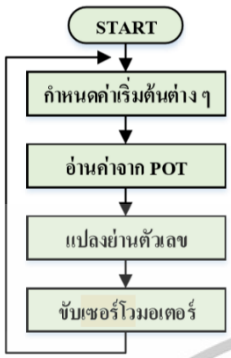
2. เปิดโปรแกรม Arduino IDE จากนั้นพิมพ์โค้ดโปรแกรมควบคุมควบคุมการเคลื่อนที่ของดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์โดยใช้บอร์ดในชุดทดลอง ตามรูปที่ 2.4 ดังต่อไปนี้

```
#include<DynamixelUNO_Shield.h>
#include<SoftwareSerial.h>
#define ID_1 1

void setup() {
  Dynamixel.begin(57142);
  delay(1000);
}
void loop() {
  Dynamixel.moveSpeed(ID_1,100,100);
  delay(1000);
  Dynamixel.moveSpeed(ID_1,300,100);
  delay(1000);

}
```

รูปที่ 2.5 แสดงการตัวอย่างการเขียนโค้ดง่ายๆ ในการควบคุมดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) ผังงาน



(ข) โค้ดโปรแกรม

```
#include<DynamixelUNO_Shield.h>
#include<SoftwareSerial.h>
#define pot A1;
#define ID_1 1

void setup() {
  Dynamixel.begin(57142);
  delay(1000);
}
void loop() {
  int val = analogRead(pot)
  val = map(val 0,1023,0,360)
  Dynamixel.moveSpeed(ID_1,val,100);
  delay(100);
}
```

รูปที่ 2.6 แสดงโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์โดยใช้โพเทนธิโอมิเตอร์

3. บันทึกไฟล์โค้ด ชื่อ Lab2-1
4. ทำการ Compile โค้ด Lab2-1
5. เชื่อมต่อสาย USB กับ บอร์ด Arduino Uno R3
6. Upload โปรแกรม Lab2-1 ลงบอร์ดทดลอง Arduino
7. สังเกตวงจรการทำงานและบันทึกผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8. คำถามท้ายการทดลองตอนที่ 1 จากโค้ดโปรแกรม Lab2-1 จงตอบคำถามต่อไปนี้

8.1 บรรทัดที่ 1 ทำหน้าที่.....

8.2 บรรทัดที่ 2 ทำหน้าที่.....

8.3 บรรทัดที่ 3 ทำหน้าที่.....

8.4 บรรทัดที่ 7 ทำหน้าที่.....

8.5 บรรทัดที่ 11 ทำหน้าที่.....

8.6 บรรทัดที่ 12 ทำหน้าที่.....

8.7 บรรทัดที่ 13 ทำหน้าที่.....

ตอนที่ 2 งานที่มอบหมาย

เขียนโปรแกรมควบคุมดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ โดยใช้โพเทนธิโอมิเตอร์ 2 ตัว คือ VR1 และ VR2 VR1 ใช้ปรับความเร็วรอบ ส่วน VR2 ใช้ปรับตำแหน่งจาก 0-360 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. จงเขียนผังงานจากงานที่มอบหมาย

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. พิมพ์โค้ดโปรแกรมตามผังงานในข้อที่ 9
3. บันทึกไฟล์โค้ด ชื่อ Lab2-2
4. ทำการ Compile โค้ด Lab2-2
5. เชื่อมต่อสาย USB กับ บอร์ด Arduino Uno R3
6. Upload โปรแกรม Lab2-2 ลงบอร์ดทดลอง Arduino
7. สังเกตวงจรการทำงานและบันทึกผลการทดลอง

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

สรุปผลการทดลอง

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานการทดลองที่ 3 เรื่องการทดลองควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์มอเตอร์

คำชี้แจง ให้ผู้เรียนหรือนักศึกษาทุกคนทำการทดลองตามใบงานการทดลองที่ 3 การทดลองควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์มอเตอร์ตามขั้นตอนการปฏิบัติงาน โดยการเสียบสายสเต็ปปิ้งมอเตอร์ในบอร์ดทดลองของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ฯ

จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้มีทักษะการปฏิบัติงานโปรแกรมควมคุมสเต็ปสเต็ปปิ้งมอเตอร์

จุดประสงค์การเรียนรู้เชิงพฤติกรรม (เพื่อให้ผู้เรียน.....)

1. สามารถใช้โปรแกรม Arduino IDE ในการเขียนโปรแกรมภาษา C เบื้องต้นได้
2. สามารถใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ บอร์ด Arduino UNO R3 เบื้องต้นได้
3. สามารถเขียนโปรแกรมควมคุมสเต็ปสเต็ปปิ้งมอเตอร์ได้
4. สามารถประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด Arduino UNO R3 เบื้องต้นได้
5. มีกิจนิสัยในการแสวงหาความรู้เพิ่มเติม การทำงานด้วยความประณีต รอบคอบและปลอดภัย

เครื่องมือและอุปกรณ์

1.	ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็กโปรแกรม	1	ชุด
2.	Arduino IDE 1.8.4 หรือสูงกว่า	1	โปรแกรม
3.	สาย USB สำหรับ Arduino Uno R3	1	เส้น
4.	เครื่องคอมพิวเตอร์	1	เครื่อง

ข้อห้ามและข้อควรระวัง

1) เชื่อมสายมอเตอร์ให้ตรงกับชนิดของมอเตอร์และตำแหน่งขาให้ตรงกับขั้วต่อ ถอดสายขั้วต่อมอเตอร์ชนิดอื่นๆ ออกให้หมด
2) ไม่ควรต่อสายต่อวงจรในบอร์ด Arduino Uno R3 ทิ้งไว้ ควรถอดสายต่อวงจรออกให้หมด เพราะผล การทดลองอาจเกิดการผิดพลาดไม่เป็นไปตามทฤษฎีได้
3) ไม่ควรถอดสายสายโหลด USB เข้าออกตลอดเวลา เพราะอาจทำให้ภาคจ่ายไฟของบอร์ด Arduino Uno R3 เสียหายได้

ทฤษฎี

สเต็ปปิ้งมอเตอร์หรือที่บางคนเรียกว่าสเต็ปเปอร์มอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่ทำงานโดยอาศัยพลังงาน จากไฟฟ้ากระแสตรงเช่นเดียวกับมอเตอร์กระแสตรง แต่มีความความแตกต่างจากมอเตอร์กระแสตรงที่ เมื่อป้อนไฟให้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ จะขยับเพียงเล็กน้อยเพื่อเข้าสเต็ป ในขณะที่มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงทั่วไปจะหมุนตราบที่ยังมีพลังงานจ่ายให้แก่ตัวมัน ทั้งนี้เป็นเพราะโครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ นั่นเอง โดยสเต็ปปิ้งมอเตอร์ มีด้วยกัน 2 แบบคือ

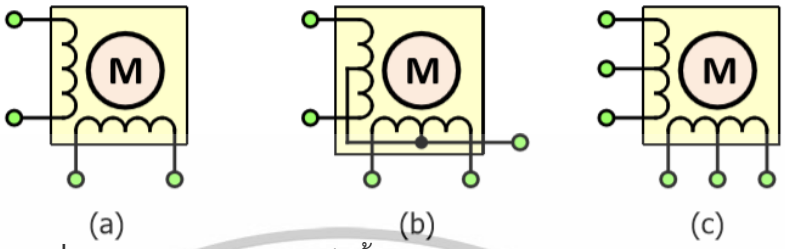
1. Bipolar เป็นสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีขดลวด 2 ขดมีสายไฟให้ต่อใช้งาน 4 เส้นดังรูปที่ 1.1 (a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Unipolar เป็นสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ที่มีขดลวด 4 ขด (2 ขดแบบมีแท็ปกลาง) โดยมี 2 แบบ

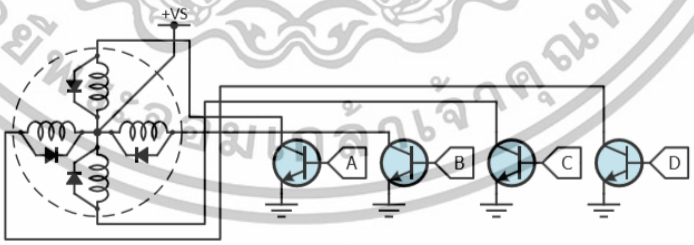
2.1 แบบมีสายไฟให้ต่อใช้งาน 5 เส้น ดังรูปที่ 3.1 (b)

2.2 แบบมีสายไฟให้ต่อใช้งาน 6 เส้น ดังรูปที่ 3.1 (c)



รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างสเต็ปปิ้งมอเตอร์ Bipolar และ Unipolar

ใบงานนี้เลือกใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ Unipolar ซึ่งมีขดลวดอยู่ภายในจำนวน 4 ขด (ที่จริงเป็น 2 ขดที่มีจุดแท็ปกลาง) โดยจำนวนรอบของขดลวดทั้ง 4 ขดจะมีค่าความต้านทานเท่ากัน ดังนั้นก่อนใช้งานต้องทำการหาตำแหน่งสายที่ใช้งานว่าเป็นสายตำแหน่งใดของขดลวด ค่าความต้านทานของ ขดลวดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีสายต่อแบบ 5 เส้นเมื่อวัดค่าความต้านทานของสายทุกเส้นจะสามารถ อ่านค่าได้ทุกเส้นนั่นหมายความว่าทุกเส้นเชื่อมต่อถึงกันและมีสายไฟเพียงเส้นเดียวเท่านั้นที่วัดค่าความ ต้านทานเทียบกับเส้นอื่น ๆ แล้วมีค่าความต้านทานที่วัดได้ในแต่ละเส้นเท่ากันทั้งหมด สายไฟเส้นนั้น เป็นสายร่วม นำสายร่วมต่อกับไฟบวก 5 โวลต์ นำสายไฟเส้นที่เหลือต่อลงกราวด์ครั้งละเส้นเรียงกัน โดย สลับกันไปมา จนกว่าสเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนไปทางด้านเดียวกัน สำหรับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีสายต่อ แบบ 6 เส้น เมื่อทำการวัดค่าความต้านทานจะมีเพียง 3 เส้น 2 ชุดที่วัดแล้วอ่านค่าความต้านทานได้ และ ในแต่ละชุดจะมีเส้นเดียวที่มีสายร่วม โดยเมื่อวัดค่าความต้านทานของสายร่วมกับสายเส้นอื่น จะมีค่า ความต้านทานเท่ากัน เมื่อนำมาใช้งานจะต้องนำสายร่วมทั้ง 2 เส้นของทั้ง 2 ชุดมาต่อร่วมกัน (แบบ 5 เส้นต่อไว้แล้วภายในตัวมอเตอร์) สำหรับวงจรขับต้องใช้วงจรขับที่ออกแบบมาสำหรับขับขดลวดเช่นเดียวกับวงจรขับรีเลย์โดยวงจรต้องมีไดโอดต่อคร่อมขดลวดเพื่อใช้ขจัดแรงดันย้อนกลับ (Back EMF) ที่เกิดขึ้นเมื่อทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแส วงจรเป็นดังรูปที่ 3.2

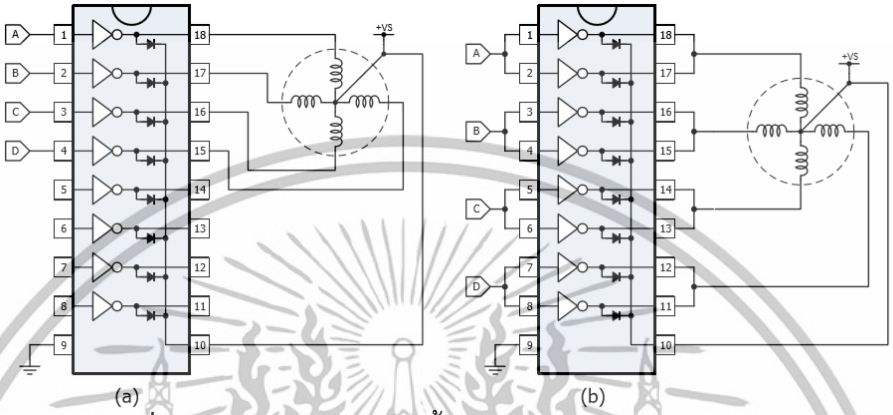


รูปที่ 3.2 แสดงวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ที่ใช้ทรานซิสเตอร์

ในทางปฏิบัติสามารถใช้ไอซีที่เป็นทรานซิสเตอร์อาร์เรย์อยู่ภายในแทนการใช้ทรานซิสเตอร์ได้ โดยไอซีนี้มีวงจรภายในเป็นวงจรทรานซิสเตอร์จำนวนหลายชุด ได้แก่เบอร์ ULN2003, ULN2803 ซึ่ง เบอร์ ULN2003 มีวงจรทรานซิสเตอร์ภายใน 7 ชุด และเบอร์ ULN2803 มี 8 ชุดโดยในแต่ละชุดเป็นวงจรทรานซิสเตอร์ที่มีการจัดวงจรภายในเป็นแบบวงจรทรานซิสเตอร์ที่ต่อแบบดาร์ลิงตัน ซึ่งสามารถขับ โหลดกระแสสูงโดยใช้กระแสเบสต่ำ (ลอจิกที่ป้อนเข้ามาทางอินพุท) จากลักษณะการทำงานของวงจรใน แต่ละชุดจะมีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกับวงจรน็อตเกตในวงจรดิจิทัล สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะใช้งานเพียง 4 ชุดเท่านั้นดังรูปที่ 3.3 (a) ในกรณีที่ต้องการขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีกำลังมากเป็นมอเตอร์ที่ต้องการกระแสสูง ซึ่งการขับกระแสสูงสามารถใช้ไอซีเบอร์ ULN2803 มีวงจร ทรานซิสเตอร์ 8 ชุด โดยทำการขนานกัน 2 ชุดต่อการขับมอเตอร์ 1 ขด ดังรูปที่ 3.3 (b) ภายในไอซีมี ไดโอดป้องกันแรงดันย้อนกลับ (Back EMF) เตรียมไว้สำหรับโหลดที่เป็นขดลวด ดังนั้นเมื่อใช้งานจริง ไม่ต้องต่อไดโอดเพิ่มภายนอก เพียงแต่ต้องต่อขาร่วมของไดโอดเข้ากับแหล่งจ่ายที่เชื่อมเข้าที่จุดร่วมของ ขดลวด

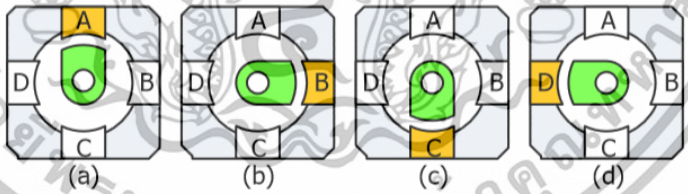


รูปที่ 3.3 แสดงวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบใช้ไอซี ULN2803

การขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

การขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นการขับให้มอเตอร์ขยับไปตามจำนวนสเต็ปที่ต้องการซึ่งคุณสมบัติในการขยับในแต่ละสเต็ปของมอเตอร์มีหลายขนาดให้เลือกใช้งานเช่น 1.8 องศาต่อสเต็ป และ 7.5 องศา ต่อสเต็ป การควบคุมการหมุนของมอเตอร์สามารถควบคุมการทำงานได้ 3 แบบ คือ

a. **แบบเต็มสเต็ป 1 เฟส (Full step 1 phase)** เป็นการขับครั้งละ 1 เฟสเรียงกันไป ทำให้มอเตอร์ หมุนไปครั้งละ 1 สเต็ป ถ้ามอเตอร์มีคุณสมบัติ 1.8 องศาต่อสเต็ปก็จะหมุนไปครั้งละ 1.8 องศา โดยมีขั้นตอนขับเฟสดังรูปที่ 3.4



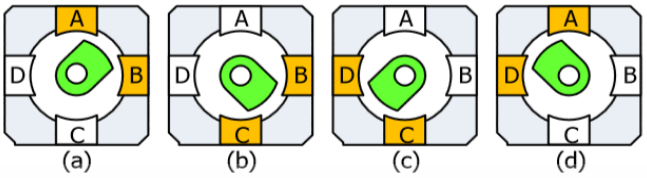
รูปที่ 3.4 แสดงการเคลื่อนที่เมื่อขับมอเตอร์แบบเต็มสเต็ป 1 เฟส

ตารางที่ 3.1 รูปแบบการกระตุ้นขดลวดของมอเตอร์แบบเต็มสเต็ป 1 เฟส

สเต็ปที่	ขดลวด A	ขดลวด B	ขดลวด C	ขดลวด D	รูปที่ 3.4
1	ON	OFF	OFF	OFF	(a)
2	OFF	ON	OFF	OFF	(b)
3	OFF	OFF	ON	OFF	(c)
4	OFF	OFF	OFF	ON	(d)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b. **แบบเต็มสเต็ป 2 เฟส (Full step 2 phase)** เป็นการขับครั้งละ 2 เฟส โดยมีคุณสมบัติที่ดีขึ้นคือ แรงบิดมากขึ้นเนื่องจากมีการขับครั้งละ 2 เฟส ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กมากขึ้นนั่นเอง แต่มุมในการหมุน จะมีค่าเท่ากันกับแบบเต็มสเต็ป 1 เฟส โดยมีขั้นตอนขับเฟสดังรูปที่ 3.5

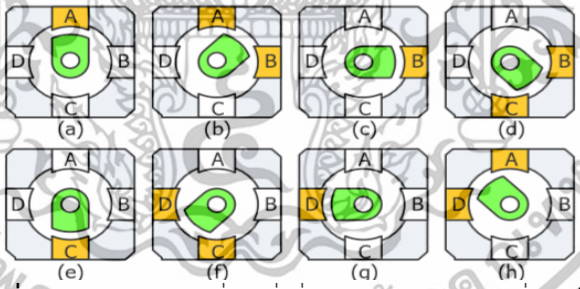


รูปที่ 3.5 แสดงการเคลื่อนที่เมื่อขับมอเตอร์แบบเต็มสเต็ป 2 เฟส

ตารางที่ 3.2 แสดงรูปแบบการกระตุ้นขดลวดของมอเตอร์แบบเต็มสเต็ป 2 เฟส

สเต็ปที่	ขดลวด A	ขดลวด B	ขดลวด C	ขดลวด D	รูปที่ 3.6
1	ON	ON	OFF	OFF	(a)
2	OFF	ON	ON	OFF	(b)
3	OFF	OFF	ON	ON	(c)
4	ON	OFF	OFF	ON	(d)

c. **แบบครึ่งสเต็ป (Haft step)** เป็นการควบคุมให้มอเตอร์หมุนไปครั้งละครึ่งของสเต็ปดังนั้นหากมอเตอร์มีคุณสมบัติ 1.8 องศาต่อสเต็ปก็จะหมุนไปครั้งละ 0.9 องศาทำได้ตำแหน่งที่เที่ยงตรงมาก ขึ้นเมื่อนำไปประยุกต์ใช้งานวิธีการขับจะใช้การผสมกันระหว่างแบบเต็มสเต็ป 1 เฟสกับแบบเต็ม สเต็ป 2 เฟส ซึ่งมีขั้นตอนขับเฟสดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงการเคลื่อนที่เมื่อขับมอเตอร์แบบครึ่งสเต็ป

ตารางที่ 3.3 แสดงรูปแบบการกระตุ้นขดลวดของมอเตอร์แบบครึ่งสเต็ป

สเต็ปที่	ขดลวด A	ขดลวด B	ขดลวด C	ขดลวด D	รูปที่ 3.6
1	ON	OFF	OFF	OFF	(a)
2	ON	ON	OFF	OFF	(b)
3	OFF	ON	OFF	OFF	(c)
4	OFF	ON	ON	OFF	(d)
5	OFF	OFF	ON	OFF	(e)
6	OFF	OFF	ON	ON	(f)
7	OFF	OFF	OFF	ON	(g)
8	ON	OFF	OFF	ON	(h)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชั่น Arduino ที่ใช้งานในใบงานการทดลอง

1. **ฟังก์ชั่นกำหนดโหมดการทำงานให้กับขาพอร์ต** โดยสามารถกำหนดได้ทั้งขาดิจิทัลโดยใส่เพียงตวัเลขของขา (0, 1, 2,...13) และขาแอนาลอกที่ต้องการให้ทำงานในโหมดดิจิทัลแต่ การใส่ขาต้องใส่ A นำ หน้าซึ่งใช้ได้เฉพาะ A0, A1,...A5 ส่วนขา A6 และ A7 ไม่สามารถใช้งานในโหมดดิจิทัลได้ รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

   pinMode(pin,mode);

   pin : หมายเลขขาที่ต้องการเซตโหมด,mode : INPUT, OUTPUT, INPUT_PULLUP

2. **ฟังก์ชั่นส่งค่าลอจิกดิจิทัลไปยังขาพอร์ต** ค่า HIGH เป็นการส่งลอจิก 1 และค่า LOW เป็นการ ส่งลอจิก 0 ออกไปยังขาพอร์ต ฟังก์ชั่นนี้จะทำงานได้ต้องมีการใช้ฟังก์ชั่น pinMode ก่อน รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

   digitalWrite(pin,value);

   pin : หมายเลขขาที่ต้องการเขียนลอจิกออกพอร์ต ,value : HIGH หรือ LOW

3. **ฟังก์ชั่นหน่วงเวลาหรือฟังก์ชั่นหยุดค้าง** การใช้งานสามารถกำหนดตัวเลขของเวลาที่ต้องการหยุดค้าง ตัวเลขที่ใส่เป็นตัวเลขของเวลาหน่วยเป็นมิลลิวินาที ตัวเลขของเวลาที่ใส่ ได้สูงสุดคือ 4,294,967,295 ซึ่งเป็นขนาดของตวัแปร unsigned long รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

   Delay(ms); ms : ตัวเลขที่หยุดค้างของเวลาหน่วยมิลลิวินาที (unsigned long)

4. **ฟังก์ชั่นกำหนดความเร็วในการสื่อสารทางพอร์ตอนุกรม** รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

   Serial.begin(speed); speed: ตัวเลขของอัตราเร็วในการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

5. **ฟังก์ชั่นส่งข้อมูลออกพอร์ต** เป็นฟังก์ชั่นที่ใช้ในการส่งข้อมูลออกทางพอร์ตอนุกรมหรือพิมพ์ข้อมูลออกทางพอร์ตเพื่อแสดงผลที่จอคอมพิวเตอร์เมื่อพิมพ์เสร็จตัวเคอร์เซอร์จะรออยู่ที่ท้ายสิ่งที่พิมพ์นั้น ๆ รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

   Serial.print(val); Serial.print(val, format);

6. **ฟังก์ชั่นส่งข้อมูลออกพอร์ต** คล้ายกับฟังก์ชั่น Serial.print ต่างกันตรงที่เมื่อพิมพ์เสร็จตัวเคอร์เซอร์จะขึ้นมารอยังบรรทัดใหม่ ดังนั้นเมื่อสั่งพิมพ์ครั้งถัดไปข้อมูลที่ปรากฏจะอยู่ที่บรรทัดใหม่แทนที่จะต่อท้ายเหมือนกับฟังก์ชั่น Serial.print รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

   Serial.println(val); Serial.println(val, format);

7. **ฟังก์ชั่นอ่านสัญญาณแอนาลอก** เป็นฟังก์ชั่นที่อ่านสัญญาณแอนาลอกที่ปรากฏอยู่ที่ขาพอร์ต แอนาลอกที่ต้องการอ่านนั้น ๆ ค่าที่อ่านได้จะอยู่ในช่วง 0-1023 สำหรับแรงดันของสัญญาณแอนาลอกที่ 0-5V ดังนั้น ต้องใช้ตัวแปรที่เป็น int สำหรับเก็บค่าที่อ่านได้ รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

   analogRead(pin); pin: ขาพอร์ตแอนาลอกที่ต้องการอ่านค่าสัญญาณแอนาลอก

8. **ฟังก์ชั่นแปลงช่วงตัวเลข** เป็นฟังก์ชั่นทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงค่าที่ได้รับจากตัวแปรจากช่วงตัวเลขระหว่างค่าหนึ่งถึงอีกค่าหนึ่งไปสู่ช่วงตัวเลขใหม่ที่ต้องการ

   map(value, fromLow, fromHigh, toLow, toHigh)

   value : ตัวแปรที่ต้องการอ่านค่านำมาเปลี่ยนช่วงตัวเลข

   fromLow : ตัวเลขสเกลล่างสุดของค่าจากตัวแปร

   fromHigh : ตัวเลขสเกลสูงสุดของค่าจากตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

toLow : ตัวเลขสเกลล่างสุดของค่าที่ต้องการเปลี่ยนไป
toHigh : ตัวเลขสเกลสูงสุดของค่าที่ต้องการเปลี่ยนไป

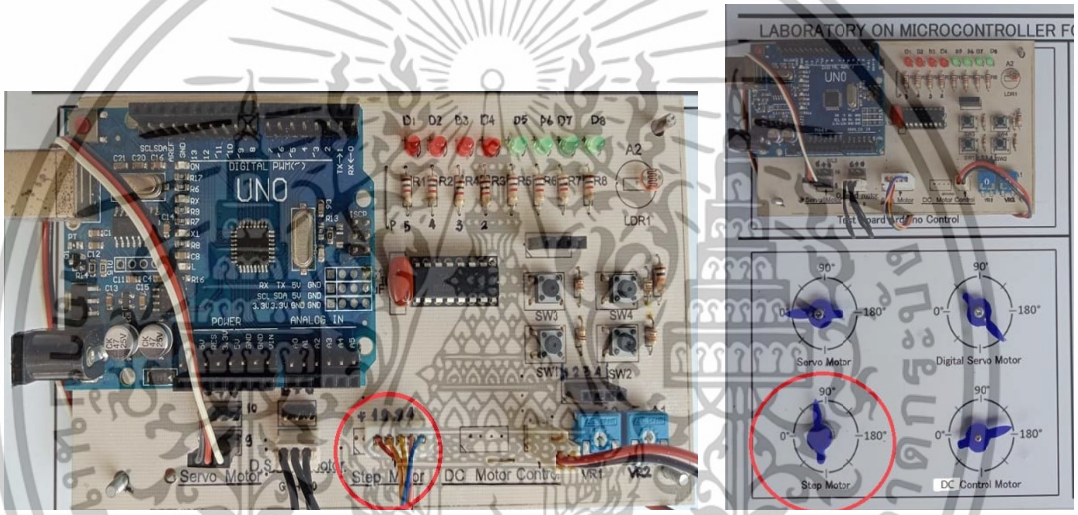
[ที่มา:ครูประภาส สุวรรณเพชร,**เอกสารประกอบการอบรม เรียนรู้และลองเล่น Arduino เบื้องต้น (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1)** ,หน้าที่ 184-188.]

ลำดับขั้นการทดลอง

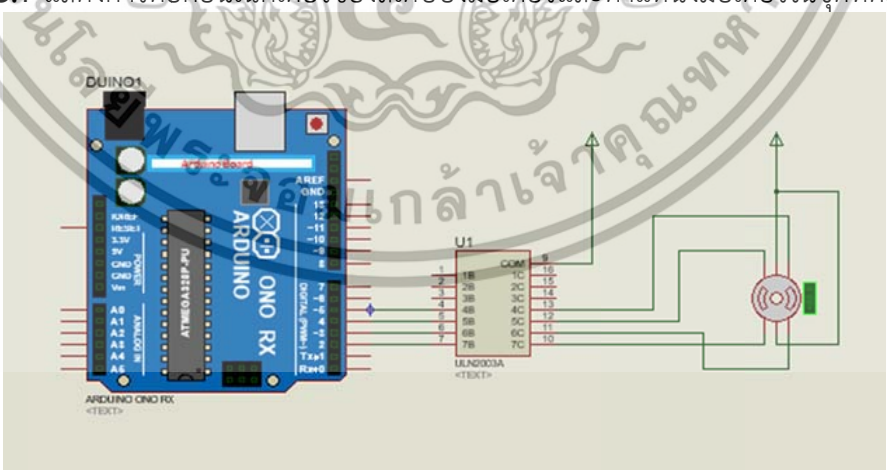
ตอนที่ 1 โปรแกรมควบคุมการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

แนวคิดการเรียนรู้ คือ เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ โดยให้หมุนในทิศทางเดียว (หมุนตามเข็มนาฬิกา) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ต่อคอนเน็กเตอร์ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ลงบอร์ดทดลอง Arduino ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงการต่อคอนเน็กเตอร์ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์และตำแหน่งมอเตอร์ในชุดทดลองฯ

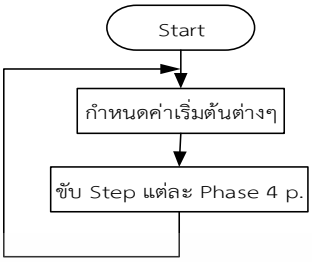


รูปที่ 3.8 แสดงการต่อวงจรทดลองการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เปิดโปรแกรม Arduino IDE จากนั้นพิมพ์โค้ดโปรแกรมการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ตามรูปที่ 3.9 ดังต่อไปนี้

(ก) ผังงาน



(ข)โค้ดโปรแกรม

Lab3-1 §

```
int ph1 = 5;
int ph2 = 4;
int ph3 = 3;
int ph4 = 2;
int motorSpeed = 100;
void setup() {
 pinMode(ph1,OUTPUT);
 pinMode(ph2,OUTPUT);
 pinMode(ph3,OUTPUT);
 pinMode(ph4,OUTPUT);
}

void loop() {
 //step 1
  digitalWrite(ph1,HIGH); digitalWrite(ph2,LOW); digitalWrite(ph3,LOW); digitalWrite(ph4,LOW);
  delay(motorSpeed);
 //step 2
  digitalWrite(ph1,LOW); digitalWrite(ph2,HIGH); digitalWrite(ph3,LOW); digitalWrite(ph4,LOW);
  delay(motorSpeed);
  //step 3
  digitalWrite(ph1,LOW); digitalWrite(ph2,LOW); digitalWrite(ph3,HIGH); digitalWrite(ph4,LOW);
  delay(motorSpeed);
  //step 4
  digitalWrite(ph1,LOW); digitalWrite(ph2,LOW); digitalWrite(ph3,LOW); digitalWrite(ph4,HIGH);
  delay(motorSpeed);
}
```

รูปที่ 3.9 แสดงโปรแกรมการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบเต็มสเต็ป 1 เฟส

3. ทำการ Compile โค้ด Lab3-1
4. บันทึกไฟล์โค้ด ชื่อ Lab3-1
5. เชื่อมต่อสาย USB กับ บอร์ด Arduino Uno R3
6. Upload โปรแกรม Lab9-1 ลงบอร์ด Arduino UNO R3
7. สังเกตการทำงานและบันทึกผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. คำถามท้ายการทดลองตอนที่ 1 จากโค้ดโปรแกรม Lab3-1 จงตอบคำถามต่อไปนี้

8.1 บรรทัดที่ 1-5 ทำหน้าที่.....

.....

8.2 บรรทัดที่ 7-10 ทำหน้าที่.....

.....

8.3 บรรทัดที่ 15-25 ทำหน้าที่.....

.....

**หมายเหตุ ถ้าต้องการหมุนนับจำนวนสเต็ป จะใช้คำสั่งวนทำซ้ำ เช่น for(i=0; i<10; i++)เมื่อนับครบก็จะหลุดจาก for อาจจะให้หยุดทำงาน

ตอนที่ 2 งานที่มอบหมาย

เขียนโปรแกรมควบคุมการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบเต็มสเต็ป 2 เฟส โดยให้มีการหมุนทวนเข็มและตามเข็มนาฬิกาในองศาที่กำหนดขึ้นเอง โดยมีเงื่อนไขดังนี้ดังนี้

1. จงเขียนผังงานจากงานที่มอบหมาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

พิมพ์โค้ดโปรแกรมตามผังงานในข้อที่ 9

2. บันทึกไฟล์โค้ด ชื่อ Lab3-2
3. ทำการ Compile โค้ด Lab3-2
4. เชื่อมต่อสาย USB กับ บอร์ด Arduino Uno R3
5. Upload โปรแกรม Lab3-2 ลงบอร์ดทดลอง Arduino
6. สังเกตวงจรการทำงานและบันทึกผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 4 การทดลองควบคุมดีซีมอเตอร์

คำชี้แจง ให้ผู้เรียนทุกคนทำการทดลองตามใบงานการทดลองที่ 4 เรื่องงานโปรแกรมควบคุมดีซีมอเตอร์ ตามขั้นตอนการปฏิบัติงาน โดยการเชื่อมต่อสายมอเตอร์เข้ากับบอร์ดทดลอง

จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้มีทักษะการปฏิบัติงานโปรแกรมควมคุมดีซีมอเตอร์
เพื่อให้มีทักษะการประยุกต์ใช้การควมคุมดีซีมอเตอร์

จุดประสงค์การเรียนรู้เชิงพฤติกรรม (เพื่อให้ผู้เรียน.....)

1. สามารถใช้โปรแกรม Arduino IDE ในการเขียนโปรแกรมภาษา C เบื้องต้นได้
2. สามารถใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ บอร์ด Arduino UNO R3 เบื้องต้นได้
3. สามารถเขียนโปรแกรมควมคุมดีซีมอเตอร์ได้อย่างถูกต้อง
4. สามารถประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด Arduino UNO R3 เบื้องต้นได้
5. มีกิจนิสัยในการแสวงหาความรู้เพิ่มเติม การทำงานด้วยความประณีต รอบคอบและปลอดภัย

เครื่องมือและอุปกรณ์

1.	โปรแกรม Arduino IDE 1.8.4 หรือสูงกว่า	1	โปรแกรม
2.	สาย USB สำหรับ Arduino Uno R3	1	เส้น
3.	ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก	1	ชุด
4.	เครื่องคอมพิวเตอร์	1	เครื่อง

ข้อควรระวัง

1) เชื่อมสายมอเตอร์ให้ตรงกับชนิดของมอเตอร์และตำแหน่งขาให้ตรงกับขั้วต่อและถอดสายขั้วต่อมอเตอร์ชนิดอื่นๆ ออกให้หมด
2) ไม่ควรต่อสายต่อวงจรในบอร์ด Arduino Uno R3 ทิ้งไว้ ควรถอดสายต่อวงจรออกให้หมด เพราะผล การทดลองอาจเกิดการผิดพลาดไม่เป็นไปตามทฤษฎีได้
3) ไม่ควรถอดสายสายโหลด USB เข้าออกตลอดเวลา เพราะอาจทำให้ภาคจ่ายไฟของบอร์ด Arduino Uno R3 เสียหายได้

ทฤษฎี

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) เป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกล เมื่อได้รับการป้อนพลังงานไฟฟ้าที่เป็นไฟฟ้ากระแสตรงจะทำให้แกนของมอเตอร์หมุนแต่เนื่องจากการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงต้องการกระแสไฟฟ้าในปริมาณสูงกว่าความสามารถที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะจ่ายโดยตรงได้ จึงจำเป็นที่จะต้องมีวงจรขับมอเตอร์โดยเฉพาะเพื่อทำหน้าที่ขับมอเตอร์ให้ทำงานได้ตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีโครงสร้างและส่วนประกอบเหมือนกับเครื่องกำเนิด ไฟฟ้ากระแสตรงทุกประการ การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจึงคล้ายกับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงกล่าวคือ แบ่งเป็น 4 ประเภทดังนี้

ก. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแยกวงจรกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็ก (Separately excited D.C. motor)

ข. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (D.C. shunt motor)

ค. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม (D.C. series motor)

ง. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (D.C. compound motor)

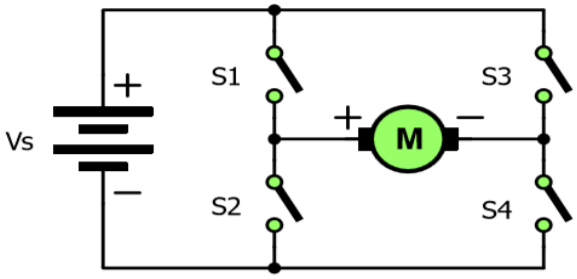
รูปที่ 4.1 แสดงตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กแบบปกติ

รูปที่ 4.2 แสดงตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กแบบที่มีชุดเฟืองทดรอบ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กจะถูกนำมาใช้ในโครงงานที่มีกลไกการเคลื่อนไหวมีค่าแรงดันไฟฟ้าในการทำงานในช่วง 1.5 โวลต์ถึง 24 โวลต์

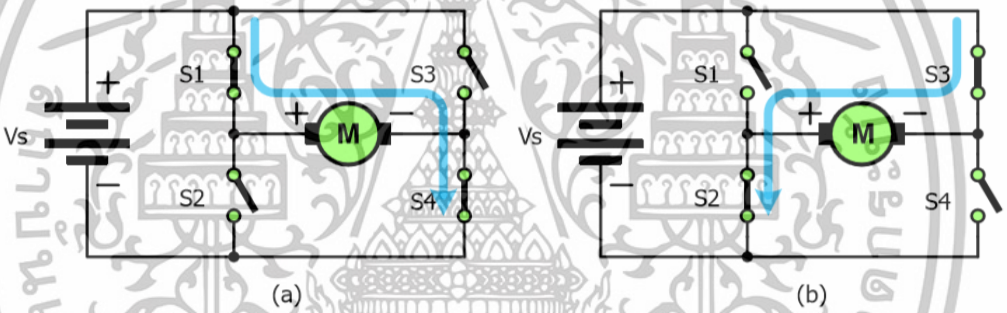
การควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นสามารถทำได้ง่ายเพียงป้อนไฟเข้าที่ขั้ว มอเตอร์เมื่อต้องการให้มอเตอร์หมุนและเมื่อต้องการให้มอเตอร์หยุดหมุนก็เพียงหยุดการป้อนไฟฟ้าหรือ ถ้าหากต้องการให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทางก็สามารถทำได้โดยการสลับขั้วไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์เพียงเท่านี้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงก็จะสามารถหมุนกลับทิศทางได้ในทันที สำหรับวงจรขับมอเตอร์ที่สามารถควบคุมทิศทางการหมุนได้ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ถูกจัดวางที่มีลักษณะคล้ายตัว H ในภาษาอังกฤษจึงเรียกวงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในลักษณะนี้ว่าวงจรขับแบบ H-Bridge ลักษณะของวงจรเป็นดังรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงวงจรขับแบบ H-Bridge

จากรูปที่ 4.4 เป็นวงจรขับแบบ H-Bridge ที่ใช้สวิตช์ ในสภาวะแรกเริ่มที่สวิตช์ทุกตัวยังไม่ทำงานมอเตอร์จะไม่ได้รับกระแสไฟฟ้าทำให้มอเตอร์ไม่หมุน เมื่อทำการควบคุมให้สวิตช์ทำงานโดยให้ S1 และ S4 ทำงาน มอเตอร์จะหมุนตามเข็มนาฬิกา (CW: Clock wise) หากต้องการให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทางโดยให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา (CCW: Counter clock wise) ก็เพียงสลับการทำงานของ สวิตช์โดยให้ S1, S4 ไม่ทำงานและให้สวิตช์ S2, S3 ทำงานแทน การควบคุมดังกล่าวจะมีลักษณะดังรูปที่ 4.5



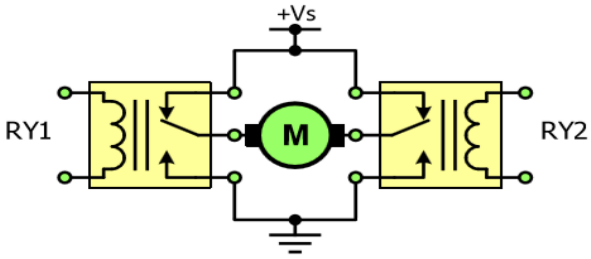
รูปที่ 4.4 แสดงการควบคุมการหมุนของมอเตอร์ด้วยวงจรขับแบบ H-Bridge

ตารางที่ 4.1 แสดงการควบคุมมอเตอร์ด้วยวงจรขับแบบ H-Bridge แบบใช้สวิตช์

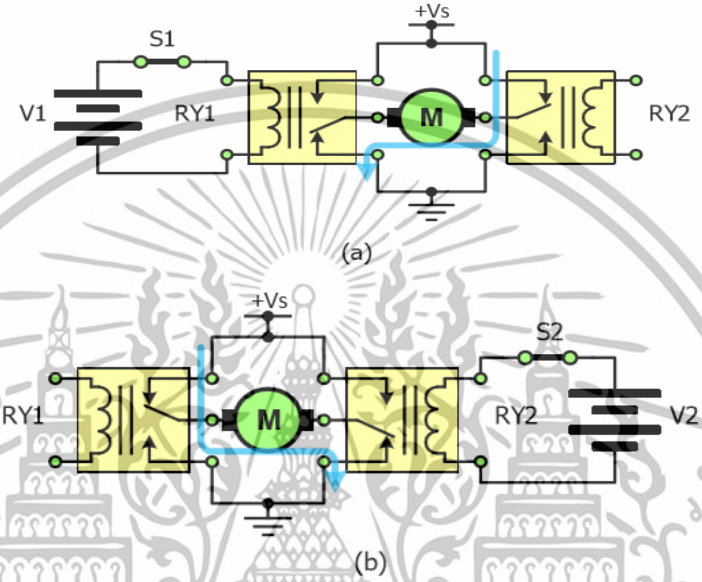
สถานะของสวิตช์				สถานะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
S1	S2	S3	S4	
OFF	OFF	OFF	OFF	ไม่หมุน
ON	OFF	OFF	ON	หมุนตามเข็มนาฬิกา)CW)
OFF	ON	ON	OFF	หมุนทวนเข็มนาฬิกา)CCW)

วงจรขับมอเตอร์ที่เป็นลักษณะ H-Bridge สามารถเปลี่ยนจากการใช้สวิตช์มาเป็นรีเลย์โดยใช้รีเลย์ที่เป็นชนิด SPDT (Single pole double throw) ดังรูปที่ 4.6 และการควบคุมทิศทางการหมุนเป็น ดังรูป 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

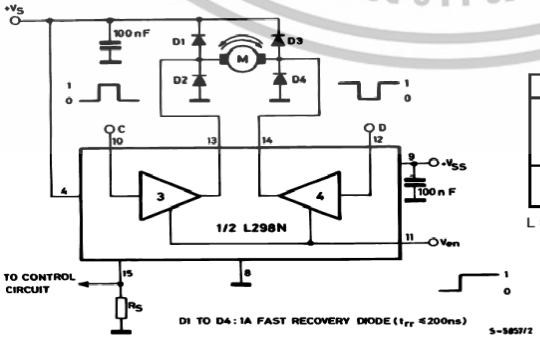


รูปที่ 4.5 แสดงวงจรขับมอเตอร์แบบ H-Bridge ที่ใช้รีเลย์



รูปที่ 4.6 แสดงการควบคุมการหมุนของมอเตอร์ด้วยวงจรขับแบบ H-Bridge ที่ใช้รีเลย์

การใช้งานจริงมีไอซีที่ถูกออกแบบมาเพื่อการนี้โดยเฉพาะมีคุณสมบัติเป็นวงจรขับแบบ H-Bridge ในกรณีที่ใช้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กที่ใช้กระแสไม่เกิน 600 มิลลิแอมป์จะใช้ไอซีเบอร์ L293D แต่หากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงใช้กระแสสูงเกินค่าดังกล่าวแต่ไม่เกิน 4 แอมป์จะต้องใช้ไอซีเบอร์ L298 ในใบงานนี้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กซึ่งจะใช้ไอซีเบอร์ L298N โครงสร้างของไอซีเป็นดังรูปที่ 4.7 เป็นไอซีสำเร็จรูปดังรูปที่ 4.8 (a) ที่ใช้งานง่ายและมีผู้จัดจำหน่ายทำเป็นบอร์ดสำเร็จดังรูปที่ 4.9 (b) ในการทดลอง

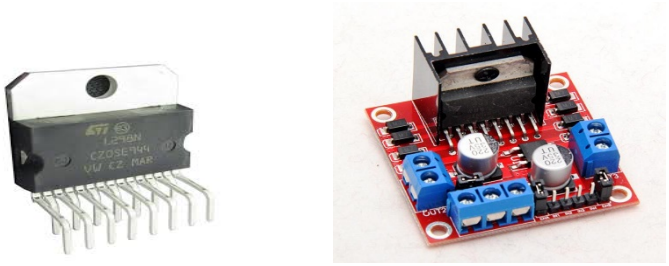


Inputs		Function
V_{en} = H	C = H ; D = L	Forward
	C = L ; D = H	Reverse
	C = D	Fast Motor Stop
V_{en} = L	C = X ; D = X	Free Running Motor Stop

L = Low H = High X = Don't care

รูปที่ 4.7 แสดงโครงสร้างไอซีขับมอเตอร์กระแสตรงขนาดเล็กเบอร์ L298N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) (b)

รูปที่ 4.8 ไอซีสำเร็จรูป และบอร์ดสำเร็จไอซี L298N

ฟังก์ชั่น Arduino ที่ใช้งานในใบงานการทดลอง

1. **ฟังก์ชั่นกำหนดโหมดการทำงานให้กับขาพอร์ต** โดยสามารถกำหนดได้ทั้งขาดิจิทัลโดยใส่เพียงตวัเลขของขา (0, 1, 2,...13) และขาแอนาลอกที่ต้องการให้ทำงานในโหมดดิจิทัลแต่ การใส่ขาต้องใส่ A นำ หน้าซึ่งใช้ได้เฉพาะ A0, A1,...A5 ส่วนขา A6 และ A7 ไม่สามารถใช้งานในโหมดดิจิทัลได้ รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

   pinMode(pin,mode);

   pin : หมายเลขขาที่ต้องการเซตโหมด,mode : INPUT, OUTPUT, INPUT_PULLUP

2. **ฟังก์ชั่นส่งค่าลอจิกดิจิทัลไปยังขาพอร์ต** ค่า HIGH เป็นการส่งลอจิก 1 และค่า LOW เป็นการ ส่งลอจิก 0 ออกไปยังขาพอร์ต ฟังก์ชั่นนี้จะทำงานได้ต้องมีการใช้ฟังก์ชั่น pinMode ก่อน รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

   digitalWrite(pin,value);

   pin : หมายเลขขาที่ต้องการเขียนลอจิกออกพอร์ต ,value : HIGH หรือ LOW

3. **ฟังก์ชั่นหน่วงเวลาหรือฟังก์ชั่นหยุดค้าง** การใช้งานสามารถกำหนดตัวเลขของเวลาที่ต้องการหยุดค้าง ตัวเลขที่ใส่เป็นตัวเลขของเวลาหน่วยเป็นมิลลิวินาที ตัวเลขของเวลาที่ใส่ ได้สูงสุดคือ 4,294,967,295 ซึ่งเป็นขนาดของตัวแปร unsigned long รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

   Delay(ms); ms : ตัวเลขที่หยุดค้างของเวลาหน่วยมิลลิวินาที (unsigned long)

4. **ฟังก์ชั่นกำหนดความเร็วในการสื่อสารทางพอร์ตอนุกรม** รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

   Serial.begin(speed); speed: ตัวเลขของอัตราเร็วในการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

5. **ฟังก์ชั่นส่งข้อมูลออกพอร์ต** เป็นฟังก์ชั่นที่ใช้ในการส่งข้อมูลออกทางพอร์ตอนุกรมหรือพิมพ์ข้อมูลออกทางพอร์ตเพื่อแสดงผลที่จอคอมพิวเตอร์เมื่อพิมพ์เสร็จตัวเคอร์เซอร์จะรออยู่ที่ท้ายสิ่งที่พิมพ์นั้น ๆ รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

   Serial.print(val); Serial.print(val, format);

6. **ฟังก์ชั่นส่งข้อมูลออกพอร์ต** คล้ายกับฟังก์ชั่น Serial.print ต่างกันตรงที่เมื่อพิมพ์เสร็จตัวเคอร์เซอร์จะขึ้นมารอยังบรรทัดใหม่ ดังนั้นเมื่อสั่งพิมพ์ครั้งถัดไปข้อมูลที่ปรากฏจะอยู่ที่บรรทัดใหม่แทนที่จะต่อท้ายเหมือนกับฟังก์ชั่น Serial.print รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

   Serial.println(val); Serial.println(val, format);

7. **ฟังก์ชั่นอ่านสัญญาณแอนาลอก** เป็นฟังก์ชั่นที่อ่านสัญญาณแอนาลอกที่ปรากฏอยู่ที่ขาพอร์ต แอนาลอกที่ต้องการอ่านนั้น ๆ ค่าที่อ่านได้จะอยู่ในช่วง 0-1023 สำหรับแรงดันของสัญญาณแอนาลอกที่ 0-5V ดังนั้น ต้องใช้ตัวแปรที่เป็น int สำหรับเก็บค่าที่อ่านได้ รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

analogRead(pin); pin: ขาพอร์ตแอนาลอกที่ต้องการอ่านค่าสัญญาณแอนาลอก

8. **ฟังก์ชั่นให้ขาพอร์ตส่งสัญญาณ PWM** เป็นฟังก์ชั่นที่ให้ขาพอร์ตดิจิทัลขา 3, 5, 6, 9, 10 และ 11 (ซึ่งเป็นขาที่ส่งสัญญาณ PWM ได้) ส่งสัญญาณ PWM ออกตามค่าดิวตี้ไซเคิลที่กำหนดด้วยความถี่ 490 Hz

analogWrite(pin, value)

pin : ขาพอร์ตดิจิทัลที่ต้องการส่งสัญญาณ PWM

value : ค่าดิวตี้ไซเคิลที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 255

9. **ฟังก์ชั่นแปลงช่วงตัวเลข** เป็นฟังก์ชั่นทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงค่าที่ได้รับจากตัวแปรจากช่วงตัวเลขระหว่างค่าหนึ่งถึงอีกค่าหนึ่งไปสู่ช่วงตัวเลขใหม่ที่ต้องการ

map(value, fromLow, fromHigh, toLow, toHigh)

value : ตัวแปรที่ต้องการอ่านค่านำมาเปลี่ยนช่วงตัวเลข

fromLow : ตัวเลขสเกลล่างสุดของค่าจากตัวแปร

fromHigh : ตัวเลขสเกลสูงสุดของค่าจากตัวแปร

toLow : ตัวเลขสเกลล่างสุดของค่าที่ต้องการเปลี่ยนไป

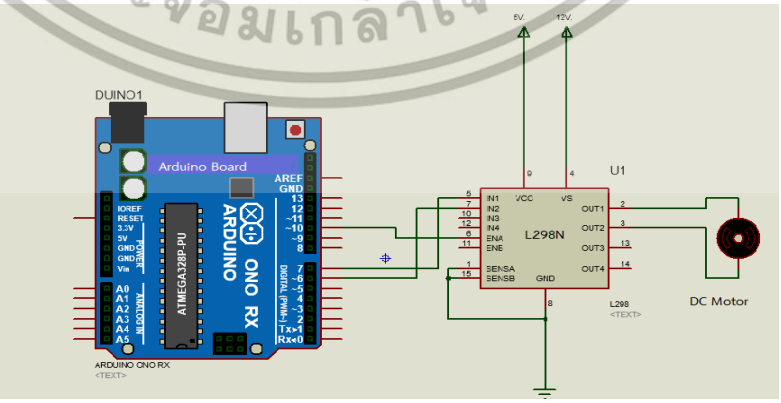
toHigh : ตัวเลขสเกลสูงสุดของค่าที่ต้องการเปลี่ยนไป

[ที่มา:ครูประภาส สุวรรณเพชร,**เอกสารประกอบการอบรม เรียนรู้และลองเล่น Arduino เบื้องต้น (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1)** ,หน้าที่ 151-154.]

ลำดับขั้นการทดลอง

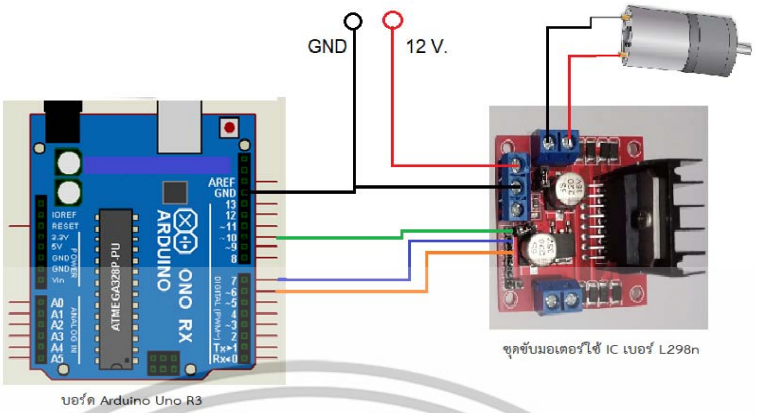
ตอนที่ 1 โปรแกรมควบคุมการทำงานของดีซีมอเตอร์ด้วยไอซี L298N

แนวคิดการเรียนรู้ คือ เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของดีซีมอเตอร์โดยควบคุมทิศทางการหมุนให้มีทั้งหมุนตามเข็มนาฬิกา (CW) ทวนเข็มนาฬิกา (CCW) และหยุดหมุน การกลับทิศทางการหมุนจะต้องมีการสั่งให้หยุดหมุนก่อนช่วงเวลาหนึ่งเพื่อไม่ให้เกิดกระแสสูงกว่าปกติที่เกิดจากการต้านทิศทางการหมุน และศึกษาวงจรควบคุมการทำงานของดีซีมอเตอร์โดยใช้บอร์ด Arduino UNO R3 กับชุดขับมอเตอร์ ใช้ IC L298n ซึ่งประกอบอยู่ภายในชุดทดลอง ดังรูปที่ 4.9 โดยมีขั้นตอนดังนี้



(a)

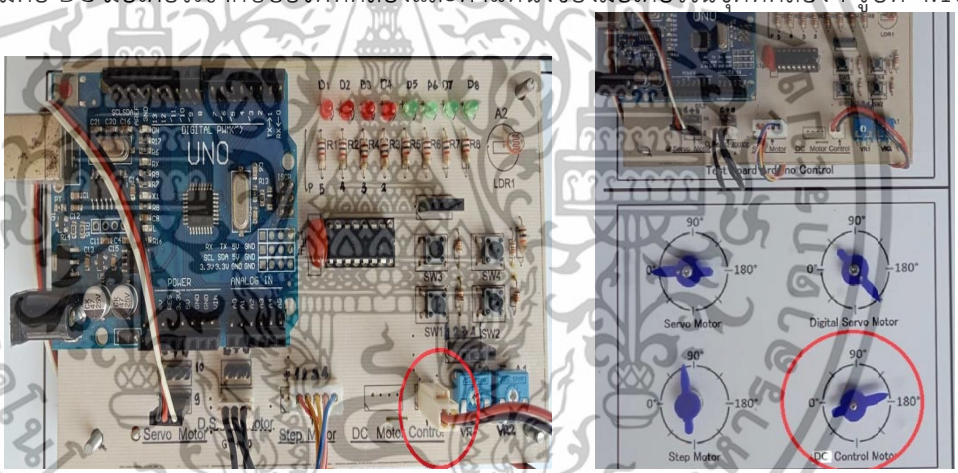
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(b)

รูปที่ 4.9 แสดงการต่อวงจรควบคุมการทำงานของดีซีมอเตอร์ด้วยบอร์ดไอซี L298N

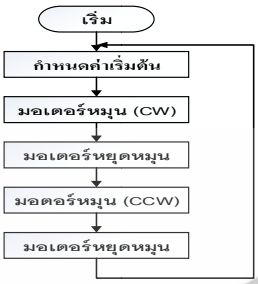
1. การเชื่อมต่อ DC มอเตอร์เข้ากับบอร์ดทดลองและตำแหน่งของมอเตอร์ในชุดทดลองฯ รูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 การเชื่อมต่อ DC มอเตอร์เข้ากับบอร์ดทดลองและตำแหน่งของมอเตอร์ในชุดทดลองฯ

2. เปิดโปรแกรม Arduino IDE จากนั้นพิมพ์โค้ดโปรแกรมควบคุมการทำงานของดีซีมอเตอร์ด้วยไอซี L293D ตามรูปที่ 4.11 ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Lab4_0 | Arduino 1.8.5

File Edit Sketch Tools Help

Lab4_0

```
int in1 =6;
int in2 =7;
int en0 =10;
int sensorReading =0;
int motorSpeed = 250;
int val;
void setup() {
  pinMode(in1,OUTPUT);
  pinMode(in2,OUTPUT);
  pinMode(en0,OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(in1,LOW);
  digitalWrite(in2,HIGH);
  analogWrite(en0,motorSpeed );
  delay(6500);
  digitalWrite(in2,LOW);
  delay(2000);
  digitalWrite(in1,HIGH);
  digitalWrite(in2,LOW);
  analogWrite(en0,motorSpeed );
  delay(6500);
  digitalWrite(in1,LOW);
```

(ก) ผังงาน (ข) โค้ดโปรแกรม

รูปที่ 4.11 แสดงผังงานและโปรแกรมควบคุมการทำงานของดีซีมอเตอร์ด้วยไอซี L298D

3. บันทึกไฟล์โค้ด ชื่อ Lab4-1
4. ทำการ Compile โค้ด Lab4-1
5. เชื่อมต่อสาย USB กับ บอร์ด Arduino Uno R3
6. Upload โปรแกรม Lab4-1 ลงบอร์ด Arduino UNO R3
7. สังเกตการทำงานและบันทึกผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8. คำถามท้ายการทดลองตอนที่ 1 จากโค้ดโปรแกรม Lab4-1 จงตอบคำถามต่อไปนี้

8.1 บรรทัดที่ 1-3 ทำหน้าที่.....

.....

8.2 บรรทัดที่ 8-10 ทำหน้าที่.....

.....

8.3 บรรทัดที่ 18-19 ทำหน้าที่.....

.....

8.4 บรรทัดที่ 20-22 ทำหน้าที่.....

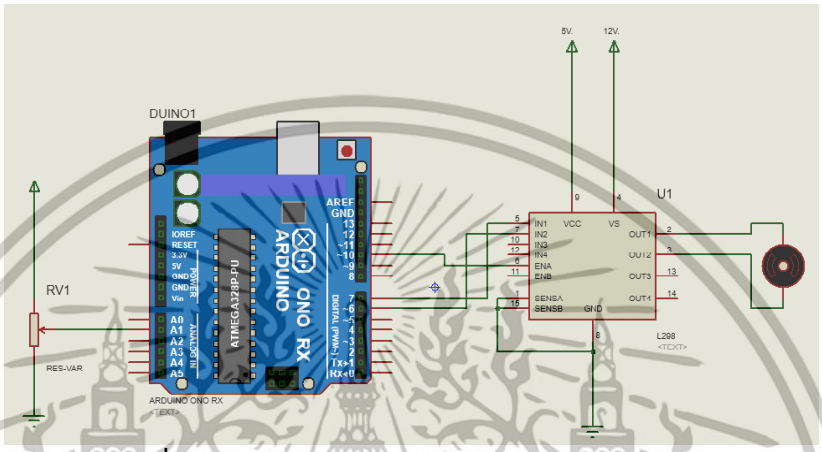
.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.5 บรรทัดที่ 24-25 ทำหน้าที่.....

.....

ตอนที่ 2 เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของดีซีมอเตอร์ด้วยไอซี L298N ควบคุมความเร็วด้วยโพเทนธิโอมิเตอร์ แนวคิดการเรียนรู้ คือ เขียนโปรแกรมควบคุมการหมุนของมอเตอร์ที่มีการหมุนทั้งทิศทางตามเข็มและทวนเข็มนาฬิกาโดยสามารถปรับความเร็วของการหมุนด้วย PWM ได้โดยใช้โพเทนธิโอมิเตอร์ต่อเข้าพอร์ตรับสัญญาณแอนาลอกเป็นตัวปรับความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ โดยมีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 4.12 การต่อวงจรโปรแกรมควบคุมดีซีมอเตอร์

1. พิมพ์โค้ดโปรแกรมโปรแกรมควบคุมการทำงานของดีซีมอเตอร์ด้วยชุดทดลอง ควบคุมความเร็วด้วยโพเทนธิโอมิเตอร์ และเขียนผังงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. บันทึกไฟล์โค้ด ชื่อ Lab4-2
3. ทำการ Compile โค้ด Lab4-2
4. เชื่อมต่อสาย USB กับ บอร์ด Arduino Uno R3
5. Upload โปรแกรม Lab4-2 ลงบอร์ด Arduino UNO R3
6. สังเกตวงจรการทำงานและบันทึกผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.....

7. คำถามท้ายการทดลองตอนที่ 2 จากโค้ดโปรแกรม Lab 4-2 จงตอบคำถามต่อไปนี้

7.1 บรรทัดที่ 1 ทำหน้าที่.....

.....

7.2 บรรทัดที่ 4-10 ทำหน้าที่.....

.....

7.3 บรรทัดที่ 14-21 ทำหน้าที.....

.....

7.4 บรรทัดที่ 23-30 ทำหน้าที่.....

.....

.....

7.5 บรรทัดที่ 33-38 ทำหน้าที่.....

.....

.....

ตอนที่ 3 งานที่มอบหมาย

เขียนโปรแกรมควบคุมการหมุนโดยให้สามารถปรับความเร็วของการหมุนของมอเตอร์ได้อย่างอิสระด้วยโพเทนชิโอมิเตอร์ 2 ตัว โดยโพเทนชิโอมิเตอร์ตัวที่ 1 (VR1) ให้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ และโพเทนชิโอมิเตอร์ตัวที่ 2 (VR2) ให้ควบคุมทิศทางการหมุนโดยหมุน VR2 ไปทางซ้ายมอเตอร์หมุนซ้ายหมุน VR2 ไปทางขวาให้มอเตอร์หมุนขวา ทดลองในบอร์ดทดลอง โดยมีเงื่อนไขดังนี้ดังนี้

1. จงเขียนผังงานจากงานที่มอบหมาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. พิมพ์โค้ดโปรแกรมตามผังงานในข้อที่ 16
3. บันทึกไฟล์โค้ด ชื่อ Lab4-3
4. ทำการ Compile โค้ด Lab4-3
5. เชื่อมต่อสาย USB กับ บอร์ด Arduino Uno R3
6. Upload โปรแกรม Lab4-3 ลงบอร์ด Arduino UNO R3
7. สังเกตวงจรการทำงานและบันทึกผลการทดลอง

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.....
.....
.....
.....
.....
.....

สรุปผลการทดลอง

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 5 (ใบงานรวม) การทดลองควบคุมหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

คำชี้แจง ให้นักศึกษาทุกคนทำการทดลองตามใบงานการทดลองที่ 5 เรื่องการเขียนโปรแกรมควมคุมควบคุมมอเตอร์ชนิดต่างๆ 4 ชนิด ตามขั้นตอนการปฏิบัติงาน

จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้มีทักษะการประยุกต์งานโปรแกรมควมคุมมอเตอร์ชนิดต่างๆได้

เพื่อให้มีทักษะการปฏิบัติงานโปรแกรมควมคุมมอเตอร์ชนิดต่างๆได้

เพื่อให้มีทักษะการปฏิบัติงานโปรแกรมควมคุมมอเตอร์ชนิดต่างๆ ควบคุมการทำงานของแขนกลได้

จุดประสงค์การเรียนรู้เชิงพฤติกรรม (เพื่อให้ผู้เรียน.....)

4) สามารถใช้โปรแกรม Arduino IDE ในการเขียนโปรแกรมภาษา C เบื้องต้นได้
5) สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ชนิดต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็กได้
6) สามารถประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างถูกต้อง
7) มีกิจนิสัยในการแสวงหาความรู้เพิ่มเติม การทำงานด้วยความประณีต รอบคอบและปลอดภัย

เครื่องมือและอุปกรณ์

8) โปรแกรม Arduino IDE 1.8.4 หรือสูงกว่า	1	โปรแกรม
9) สาย USB สำหรับ Arduino Uno R3	1	เส้น
10) ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์ชนิดต่างๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก	1	ชุด
11) เครื่องคอมพิวเตอร์	1	เครื่อง

ข้อควรระวัง

1. เชื่อมสายของมอเตอร์ของแขนกลฯ เข้ากับบอร์ดทดลองให้ตรงกับขั้วต่อของมอเตอร์แต่ละชนิด
2. ไม่ควรต่อสายต่อวงจรในบอร์ดทดลองทิ้งไว้ ควรถอดสายต่อวงจรออกให้หมด เพราะผล การทดลองอาจเกิดการผิดพลาดไม่เป็นไปตามทฤษฎีได้
3. ไม่ควรถอดสายสายโหลด USB เข้าออกตลอดเวลา เพราะอาจทำให้ภาคจ่ายไฟของบอร์ด Arduino Uno R3 เสียหายได้
4. สายเชื่อมระหว่างมอเตอร์ของแขนกลฯ อาจพันกัน ควรจัดสายให้เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

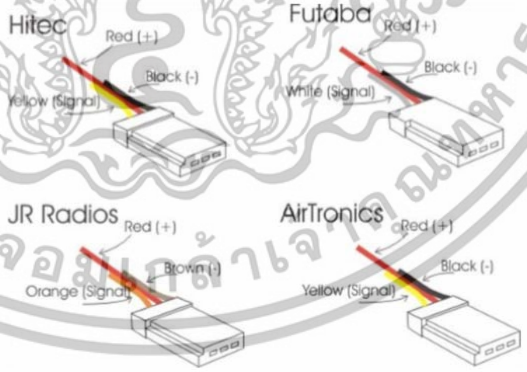
ทฤษฎีที่ 1 เซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์หรือ RC เซอร์โวมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ไปยังมุมที่ต้องการได้ด้วยวงจร ควบคุมแบบป้อนกลับภายใน เซอร์โวมอเตอร์ขนาดเล็กนิยมใช้กันมากในเครื่องเล่นบังคับวิทยุ เช่น รถ เรือ เครื่องบิน เซอร์โวมอเตอร์ประกอบขึ้นจากส่วนประกอบหลัก ๆ 3 ส่วนคือ

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็ก
2. ชุดเกียร์ทดรอบ
3. วงจรควบคุม

รูปที่ 5.1 แสดงโครงสร้างเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์มีคอนเน็คเตอร์สำหรับต่อใช้งาน 3 ขา โดยใช้ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ 2 ขาและอีก หนึ่งขาจะใช้ต่อกับสัญญาณควบคุม เซอร์โวมอเตอร์ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงในการทำงานมีแรงดันใช้งานอยู่ในช่วง 4-6 โวลต์ (สำหรับรุ่นกำลังแรงบิดสูงจะใช้แรงดันสูงถึง 12 โวลต์) การเรียงขาคอนเน็คเตอร์เป็น มาตรฐานแบบเดียวกัน มีความต่างกันบ้างตรงสีของสายไฟขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิตดังรูปที่ 5.2

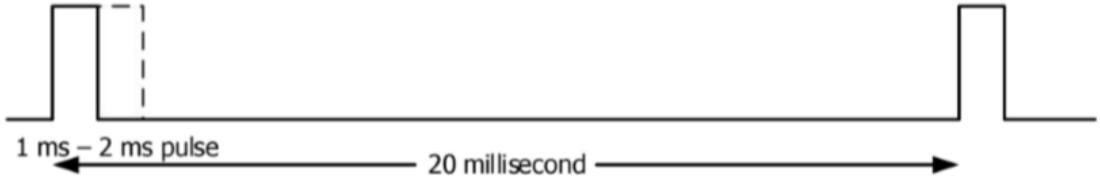


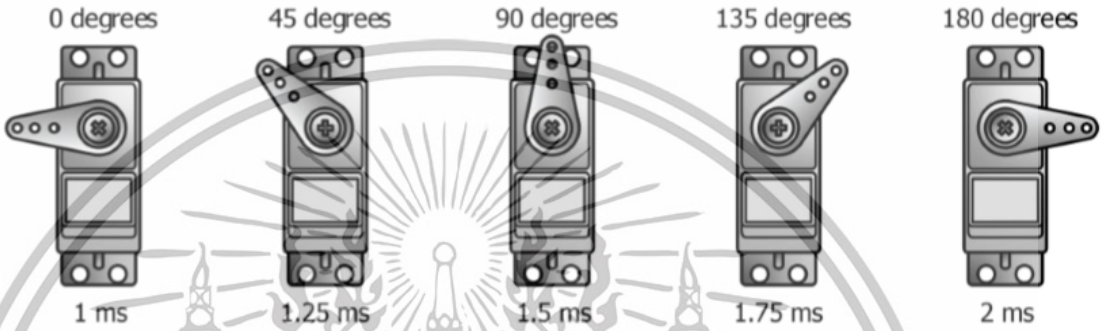
รูปที่ 5.2 แสดงคอนเน็คเตอร์เซอร์โวมอเตอร์ของแต่ละบริษัท

การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ให้เคลื่อนไปยังมุมที่ต้องการ สามารถทำได้โดยการส่งพัลส์ที่มีค่าประมาณ 1 ms - 2 ms ดังรูปที่ 1.3 โดยสัญญาณของพัลส์ใน 1 ลูกคลื่นมีคาบเวลาประมาณ 20 ms เซอร์โวมอเตอร์สามารถเคลื่อนที่ตั้งแต่มุม 0 องศาจนถึง 180 องศา (ซึ่งบางตำราอาจกล่าวว่าเคลื่อนตั้งแต่ มุม -90 องศาถึง +90 องศา) ซึ่งโครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์ไม่สามารถที่จะหมุนที่มุมเกินกว่าที่กำหนด ไว้ได้ ในการใช้งานเซอร์โวมอเตอร์ที่มีการรับภาระโหลดอาจจะทำให้ตำแหน่งเคลื่อนได้หากไม่ส่ง สัญญาณควบคุมแบบต่อเนื่อง โดยปกติโครงสร้างภายในที่เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฟืองทดรอบจะทำการล็อกตำแหน่งไว้ แล้วในระดับหนึ่งแต่ไม่สามารถคงตำแหน่งเดิมไว้ได้หากการต่อใช้งานมีการรับภาระโหลด ในกรณีที่ต้องการล็อกตำแหน่งจะต้องส่งพัลส์ควบคุมตำแหน่งอย่างต่อเนื่อง





รูปที่ 5.3 แสดงสัญญาณพลัส์ที่ใชควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

การเขียนโค๊ดโปรแกรมเพื่อใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์สามารถเขียนโค้ดโดยไม่ พึ่งไลบรารี่ก็สามารถทำได้ แต่ถ้าใช้ไลบรารี่การเขียนโค้ดโปรแกรมก็ง่ายขึ้นซึ่งไลบรารี่ที่ใช้มีชื่อว่า Servo.h เป็นไลบรารี่ที่มาพร้อมกับโปรแกรม Arduino IDE ตั้งแต่ตอนติดตั้งดังนั้นจึงไม่ต้องติดตั้งใหม่ สามารถใช้งานได้ทันที

1.1 ฟังก์ชั่นใช้งานของไลบรารี่ Servo.h

การใช้งานเซอร์โวมอเตอร์หากใช้ไลบรารี่ช่วยงานจะทำให้สะดวก การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์จำนวนหลาย ๆ ตัวพร้อม ๆ กันเขียนโค้ดง่าย ซึ่งไลบรารี่มีมาพร้อมกับโปรแกรม Arduino IDE แล้ว

ไลบรารี่	แหล่งดาวน์โหลด
Servo.h	ไม่ต้องดาวน์โหลดเนื่องจากมาพร้อมกับ Arduino IDE

1.2 ฟังก์ชั่นประกาศชื่อเซอร์โวมอเตอร์ ใช้ในการระบุชื่อใช้แทนเซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้งานรูปแบบเป็นดังนี้

Servo myservo;

หมายถึง ต่อไปในโปรแกรมจะใช้ชื่อ myservo ในการเรียกใช้งานเซอร์โวมอเตอร์ที่กำลังต่อใช้งานกับ Arduino

1.3 ฟังก์ชั่นกำหนดขาเชื่อมต่อ ใช้กำหนดขาที่ใช้เชื่อมต่อกับเซอร์โวมอเตอร์รูปแบบเป็นดังนี้

.attach(pin);

pin: ตัวเลขพอร์ตทำการเชื่อมต่อกับเซอร์โวมอเตอร์ ตัวอย่าง myservo.attach(9); หมายถึง เซอร์โวมอเตอร์ที่ชื่อว่า myservo มีการเชื่อมต่อที่ขา D9

1.4 ฟังก์ชั่นสั่งให้เซอร์โวหมุนไปยังมุมที่กำหนด ใช้สั่งให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปยังมุมที่ กำหนด ซึ่งค่ามุมที่สามารถป้อนอยู่ในระหว่าง 0-180 รูปแบบเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.write(val);

Val : ตัวเลขมุมที่ต้องการให้เซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่ไป ตัวอย่าง myservo.write(45); หมายถึง เซอร์โวมอเตอร์ที่ชื่อว่า myservo เคลื่อนที่ไปยังมุม 45 องศา

ทฤษฎีที่ 2 ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์

ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์เป็นชุดมอเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถหมุนแกนไปยังตำแหน่ง (มุม) ต่างๆ ได้อย่างแน่นอนเช่นเดียวกับ เซอร์โวมอเตอร์แบบธรรมดา ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์จะแตกต่างในส่วนของสัญญาณที่นำไปควบคุมโดยแปลงสัญญาณควบคุมแบบ ppm เป็นการควบคุมแบบ rs485 Serial protocol มีการรองรับการเชื่อมต่อแบบ daisy chain (ใช้แค่พอร์ตเดียว แต่พ่วงไปเรื่อยๆ สูงสุดประมาณ 252 ตัว) โดยมอเตอร์แต่ละตัวสามารถตั้ง ID ได้ เวลาสั่งงาน เราจะส่งข้อมูลไปหา ID ที่ระบุได้ ลดความคลาดเคลื่อนโดยเปลี่ยนจากอนาลอกเป็นดิจิตอล หมุนแบบต่อเนื่องได้ โดยกำหนดความเร็ว หรือหมุนแบบไม่ครบรอบ โดยกำหนดองศา จูน PID ภายในได้และควบคุมแรงบิดได้ โดยจำกัดกระแสสูงสุด

ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์อาจมีหลายๆ ผลิตภัณฑ์ๆ ที่ใช้ศึกษาคือ เซอร์โวมอเตอร์ของ Dynamixel AX-12 เป็นเซอร์โวมอเตอร์ที่มีความนิยมใช้เนื่องจากมีขายในตลาดเมืองไทยและนิยมนำมาสร้างหุ่นยนต์และอื่นๆ มีส่วนประกอบต่างๆ คือตัว DC มอเตอร์ เกียร์ทด วงจรควบคุมที่แม่นยำและที่มีฟังก์ชั่นเครือข่ายทั้งหมดในแพ็คเกจเดียว มีขนาดกะทัดรัด สามารถผลิตแรงบิดสูงและทำจากวัสดุคุณภาพสูงเพื่อให้ความแข็งแกร่งและความยืดหยุ่นของโครงสร้างที่จำเป็นต่อการทนต่อแรงภายนอกขนาดใหญ่ นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการตรวจจับและสัญญาณภายในเช่น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ แรงดันไฟฟ้า การเคลื่อนที่หรือการหมุน ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ Dynamixel มีข้อดีอยู่หลายประการเมื่อเทียบกับยี่ห้ออื่น การควบคุมตำแหน่งที่แม่นยำและสามารถควบคุมความเร็ว ด้วยความละเอียด 1024 step สามารถกำหนดตำแหน่งเชิงมุมและแรงบิดโหลดที่มีอยู่ได้ การสื่อสารดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ Dynamixel มีการสื่อสารผ่านการสื่อสารแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัส กับ 8 บิต 1 บิตหยุดไม่มีพาริตี้ ดังแสดงในรูปที่ 5.4 ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์

รูปที่ 5.4 ดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์ Dynamixel รุ่น AX-12A เป็นชุดมอเตอร์ พร้อมเฟืองขับที่ ใช้ การติดต่อแบบอนุกรมแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (half duplex) เชื่อมต่อพ่วงกันแบบลูกโซ่ หรือ Daisy-chain ได้มากถึง 253 ตัว คือ 0 ถึง 252 โดยกำหนดรหัสได้อย่าง อิสระด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า UCON-DXL คุณสมบัติทางเทคนิค ที่สำคัญมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการไฟเลี้ยงในย่าน +9 ถึง +12Vdc

กินกระแสไฟฟ้าสูงสุด 900mA (ที่ ไฟเลี้ยง +12V และที่ แรงบิด 1.5 นิวตัน.เมตร หรือ 15 กิโลกรัม. เซนติเมตร)

มีอัตราทดเฟือง 254 : 1

ความเร็วเฉลี่ย 59 รอบต่อนาที (ที่ไฟเลี้ยง +12V 1.5A และไม่มีโหลด)

น้ำหนัก 30 กรัม

แรงบิดสูงสุด 1.5 นิวตัน.เมตร หรือ 15 กิโลกรัม/เซนติเมตร

ควบคุมตำแหน่งได้ 300 องศา ความละเอียด 0.29 องศา

รูปแบบข้อมูลในการสื่อสาร 8 บิตข้อมูล 1 บิตหยุดไม่มีพาริตี้ (Half duplex Asynchronous Serial Communication (8bit,1stop,No Parity))

อัตราบอด 7,343 ถึง 1 ล้านบิตต่อวินาที (ค่าตั้งต้นคือ 1 ล้านบิตต่อวินาที)

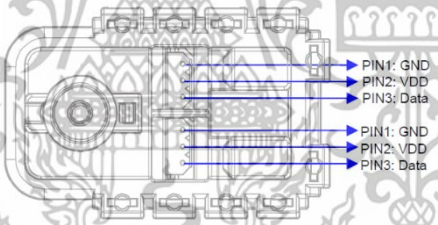
ข้อมูลที่อ่านได้จากมอเตอร์ ประกอบด้วยตำแหน่ง, อุณหภูมิ , แรงบิด , แรงดันไฟเลี้ยง

เฟืองทดภายในผลิตจากพลาสติกวิศวกรรมคุณภาพสูง

อณุหภูมิใช้งาน -5 ถึง +70 องศาเซลเซียส

ขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) 32 x 50 x 40 มิลลิเมตร

การใช้งานดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ควรต่อขาใช้งานให้ถูกต้อง ดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 ลักษณะขั้วต่อขาใช้งาน

การเขียนโค๊ดโปรแกรมเพื่อใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของควบคุมดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ สามารถเขียนโค้ดโดยต้องใช้ไลบรารี่ การใช้ไลบรารี่การเขียนโค้ดโปรแกรมก็ง่ายขึ้นซึ่งไลบรารี่ที่ใช้มีชื่อว่าDynamixelUNO_Shield.h เป็นไลบรารี่ที่ต้องดาวน์โหลดมาใช้กับโปรแกรม Arduino IDE

2.1 ฟังก์ชั่นใช้งานของไลบรารี่ DynamixelUNO_Shield.h

การใช้งานดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ หากใช้ไลบรารี่ช่วยงานจะทำให้สะดวก การควบคุมดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ จำนวนหลาย ๆ ตัวพร้อม ๆ กันเขียนโค้ดง่าย ซึ่งไลบรารี่โปรแกรม Arduino IDE ต้องดาวน์โหลดมาใช้งาน

ไลบรารี่	แหล่งดาวน์โหลด
DynamixelUNO_Shield.h	https://forum.arduino.cc
SoftwareSerial.h	มีอยู่ใน Arduino IDE

2.2 **ฟังก์ชั่นเริ่มต้นการประกาศใช้ติดต่อดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์** ใช้ในการระบุชื่อใช้แทนดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้งาน รูปแบบเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dynamixel.begin();

หมายถึง ต่อไปในโปรแกรมจะใช้ชื่อ Dynamixel.begin(); ในการเรียกใช้งานค่าเริ่มต้นดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ที่กำลังต่อใช้งานกับ Arduino

Buadrate ที่นิยมใช้งานของมอเตอร์ DXL 1000000, 57142

ตัวอย่าง โค้ดเปลี่ยน Buadrate ของมอเตอร์ DXL จาก 1000000 เป็น 57142

Dynamixel.begin(1000000);

Dynamixel.setBD(1,57142);

การใช้กำหนดขาที่ใช้เชื่อมต่อกับดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ เช่น Dynamixel.setBD (1,57142); เป็นการเชื่อมต่อเข้ากับขาที่ 1

<u>หมายเหตุ</u> ค่าเริ่มต้น (Default) ของดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ จะเซ็ตค่า Buadrate คือ 1000000 การสื่อสารกับ Arduino จำเป็นต้องกำหนดให้มีค่าต่ำกว่า เช่น 57142 หรือกำหนดให้ต่ำกว่าได้ตามมาตรฐานการสื่อสารจึงจะสามารถสื่อสารกันได้

2.3 **ฟังก์ชั่นควบคุมการหมุน** รูปแบบเป็นดังนี้

speed(Motor_ID, SPEED) ; ตั้งค่าความเร็วในการหมุนของมอเตอร์

move(Motor_ID, POSITION) ; ปรับเปลี่ยนตำแหน่งของมอเตอร์ แต่ความเร็วในการหมุน จะหมุนที่ความเร็วสูงสุดของมอเตอร์

moveSpeed(Motor_ID, POSITION, SPEED); ปรับเปลี่ยนตำแหน่ง และความเร็วของมอเตอร์ โดยจะอยู่ในคำสั่งเดียว

turn(Motor_ID, SIDE, SPEED); คำสั่งนี้ใช้กับมอเตอร์ที่หมุนได้ 360 องศา สามารถสั่งให้หมุนซ้ายหรือขวาโดยใช้คำสั่ง LEFT, RIGHT และตั้งค่าความเร็ว

2.4 **ฟังก์ชั่นอ่านค่าสถานะ**ของดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ รูปแบบเป็นดังนี้

readPosition(Motor_ID); คำสั่งอ่านค่าตำแหน่งของมอเตอร์

readSpeed(Motor_ID); คำสั่งอ่านค่าความเร็วของมอเตอร์

readTemperature(Motor_ID); คำสั่งอ่านค่าอุณหภูมิของมอเตอร์

readVoltage(Motor_ID); คำสั่งอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์

ทฤษฎีที่ 3 สเต็ปปิ้งมอเตอร์

สเต็ปปิ้งมอเตอร์หรือที่บางคนเรียกว่าสเต็ปเปอร์มอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่ทำงานโดยอาศัยพลังงาน จากไฟฟ้ากระแสตรงเช่นเดียวกับมอเตอร์กระแสตรง แต่มีความความแตกต่างจากมอเตอร์กระแสตรงที่ เมื่อป้อนไฟให้กับสเต็ปเปอร์มอเตอร์จะขยับเพียงเล็กน้อยเพื่อเข้าสเต็ป ในขณะที่มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงทั่วไปจะหมุนตราบที่ยังมีพลังงานจ่ายให้แก่ตัวมัน ทั้งนี้เป็นเพราะโครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์นั่นเอง โดยสเต็ปเปอร์มอเตอร์มีด้วยกัน 2 แบบคือ

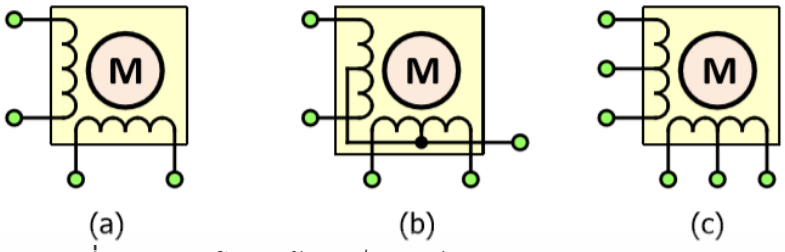
1. Bipolar เป็นสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีขดลวด 2 ขดมีสายไฟให้ต่อใช้งาน 4 เส้นดังรูปที่ 5.6 (a)

2. Unipolar เป็นสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีขดลวด 4 ขด (2 ขดแบบมีแท็ปกลาง) โดยมี 2 แบบ

2.1 แบบมีสายไฟให้ต่อใช้งาน 5 เส้น ดังรูปที่ 3.1 (b)

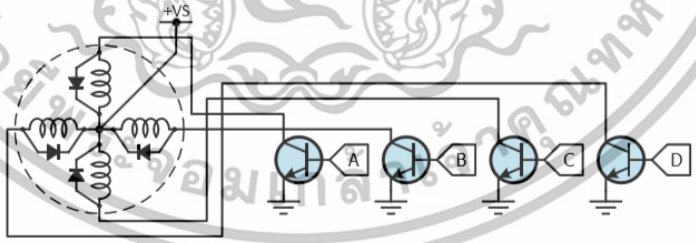
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 แบบมีสายไฟให้ต่อใช้งาน 6 เส้น ดังรูปที่ 3.1 (c)



รูปที่ 5.6 แสดงโครงสร้างสเต็ปเปอร์ Bipolar และ Unipolar

ในงานนี้เลือกใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์มอเตอร์แบบ Unipolar ซึ่งมีขดลวดอยู่ภายในจำนวน 4 ขด (ที่จริง เป็น 2 ขดที่มีจุดแท็ปกลาง) โดยจำนวนรอบของขดลวดทั้ง 4 ขดจะมีค่าความต้านทานเท่ากัน ดังนั้นก่อนใช้งานต้องทำการหาตำแหน่งสายที่ใช้งานว่าเป็นสายตำแหน่งใดของขดลวด ค่าความต้านทานของ ขดลวดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีสายต่อแบบ 5 เส้นเมื่อวัดค่าความต้านทานของสายทุกเส้นจะสามารถ อ่านค่าได้ทุกเส้นนั่นหมายความว่าทุกเส้นเชื่อมต่อถึงกันและมีสายไฟเพียงเส้นเดียวเท่านั้นที่วัดค่าความ ต้านทานเทียบกับเส้นอื่น ๆ แล้วมีค่าความต้านทานที่วัดได้ในแต่ละเส้นเท่ากันทั้งหมด สายไฟเส้นนั้น เป็นสายร่วม นำสายร่วมต่อกับไฟบวก 5 โวลต์ นำสายไฟเส้นที่เหลือต่อลงกราวด์ครั้งละเส้นเรียงกัน โดย สลับกันไปมา จนกว่าสเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนไปทางด้านเดียวกัน สำหรับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ที่มีสายต่อ แบบ 6 เส้น เมื่อทำการวัดค่าความต้านทานจะมีเพียง 3 เส้น 2 ชุดที่วัดแล้วอ่านค่าความต้านทานได้ และ ในแต่ละชุดจะมีเส้นเดียวที่มีสายร่วม โดยเมื่อวัดค่าความต้านทานของสายร่วมกับสายเส้นอื่น จะมีค่า ความต้านทานเท่ากัน เมื่อนำมาใช้งานจะต้องนำสายร่วมทั้ง 2 เส้นของทั้ง 2 ชุดมาต่อร่วมกัน (แบบ 5 เส้นต่อไว้แล้วภายในตัวมอเตอร์) สำหรับวงจรขับต้องใช้วงจรขับที่ออกแบบมาสำหรับขับขดลวดเช่นเดียวกับวงจรขับรีเลย์โดยวงจรต้องมีไดโอดต่อคร่อมขดลวดเพื่อใช้ขจัดแรงดันย้อนกลับ (Back EMF) ที่เกิดขึ้นเมื่อทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแส วงจรเป็นดังรูปที่ 5.7

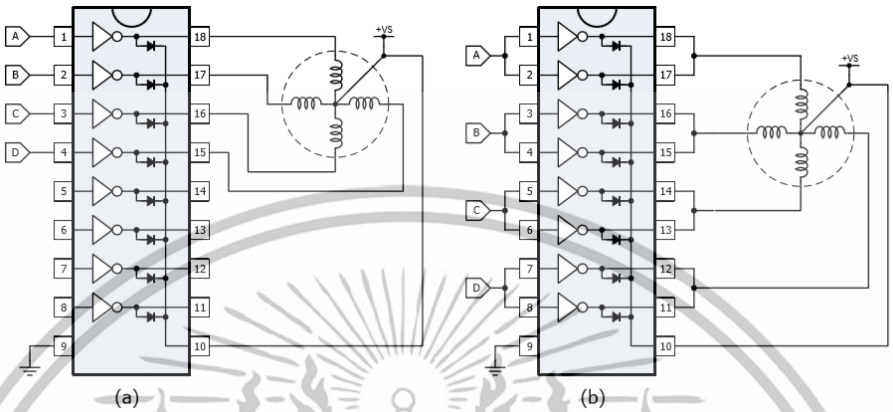


รูปที่ 5.7 แสดงวงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์

ในทางปฏิบัติสามารถใช้ไอซีที่เป็นทรานซิสเตอร์อาร์เรย์อยู่ภายในแทนการใช้ทรานซิสเตอร์ได้ โดยไอซีนี้มีวงจรภายในเป็นวงจรทรานซิสเตอร์จำนวนหลายชุด ได้แก่เบอร์ ULN2003, ULN2803 ซึ่ง เบอร์ ULN2003 มีวงจรทรานซิสเตอร์ภายใน 7 ชุด และเบอร์ ULN2803 มี 8 ชุดโดยในแต่ละชุดเป็นวงจรทรานซิสเตอร์ที่มีการจัดวงจรภายในเป็นแบบวงจรทรานซิสเตอร์ที่ต่อแบบดาร์ลิงตัน ซึ่งสามารถขับ โหลดกระแสสูงโดยใช้กระแสเบสต่ำ (ลอจิกที่ป้อนเข้ามาทางอินพุท) จากลักษณะการทำงานของวงจรใน แต่ละชุดจะมีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกับวงจรน็อตเกตในวงจรดิจิทัล สำหรับการขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะใช้งานเพียง 4 ชุดเท่านั้นดังรูปที่ 5.8 (a) ในกรณีที่ต้องการขับสสเต็ปปิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ที่มีกำลังมากเป็นมอเตอร์ที่ต้องการกระแสสูง ซึ่งการขับกระแสสูงสามารถใช้ไอซีเบอร์ ULN2803 มีวงจร ทรานซิสเตอร์ 8 ชุด โดยทำการขนานกัน 2 ชุดต่อการขับมอเตอร์ 1 ขด ดังรูปที่ 5.8 (b) ภายในไอซีมี ไดโอดป้องกันแรงดันย้อนกลับ (Back EMF) เตรียมไว้สำหรับโหลดที่เป็นขดลวด ดังนั้นเมื่อใช้งานจริง ไม่ต้องต่อไดโอดเพิ่มภายนอก เพียงแต่ต้องต่อขาร่วมของไดโอดเข้ากับแหล่งจ่ายที่เชื่อมเข้าที่จุดร่วมของ ขดลวด

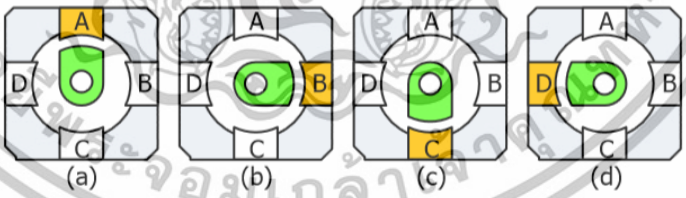


รูปที่ 5.8 แสดงวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบใช้ไอซี ULN2803

การขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

การขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นการขับให้มอเตอร์ขยับไปตามจำนวนสเต็ปที่ต้องการซึ่งคุณสมบัติในการขยับในแต่ละสเต็ปของมอเตอร์มีหลายขนาดให้เลือกใช้งานเช่น 1.8 องศาต่อสเต็ป และ 7.5 องศา ต่อสเต็ป การควบคุมการหมุนของมอเตอร์สามารถควบคุมการทำงานได้ 3 แบบ คือ

a. **แบบเต็มสเต็ป 1 เฟส (Full step 1 phase)** เป็นการขับครั้งละ 1 เฟสเรียงกันไป ทำให้มอเตอร์ หมุนไปครั้งละ 1 สเต็ป ถ้ามอเตอร์มีคุณสมบัติ 1.8 องศาต่อสเต็ปก็จะหมุนไปครั้งละ 1.8 องศา โดยมีขั้นตอนขับเฟสดังรูปที่ 5.9



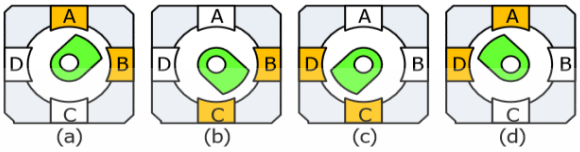
รูปที่ 5.9 แสดงการเคลื่อนที่เมื่อขับมอเตอร์แบบเต็มสเต็ป 1 เฟส

ตารางที่ 5.1 รูปแบบการกระตุ้นขดลวดของมอเตอร์แบบเต็มสเต็ป 1 เฟส

สเต็ปที่	ขดลวด A	ขดลวด B	ขดลวด C	ขดลวด D	รูปที่ 3.4
1	ON	OFF	OFF	OFF	(a)
2	OFF	ON	OFF	OFF	(b)
3	OFF	OFF	ON	OFF	(c)
4	OFF	OFF	OFF	ON	(d)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b. **แบบเต็มสเต็ป 2 เฟส (Full step 2 phase)** เป็นการขับครั้งละ 2 เฟส โดยมีคุณสมบัติที่ดีขึ้นคือ แรงบิดมากขึ้นเนื่องจากมีการขับครั้งละ 2 เฟส ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กมากขึ้นนั่นเอง แต่มุมในการหมุน จะมีค่าเท่ากันกับแบบเต็มสเต็ป 1 เฟส โดยมีขั้นตอนขับเฟสดังรูปที่ 5.10

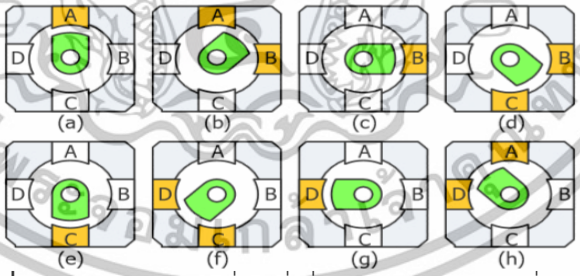


รูปที่ 5.10 แสดงการเคลื่อนที่เมื่อขับมอเตอร์แบบเต็มสเต็ป 2 เฟส

ตารางที่ 3.2 แสดงรูปแบบการกระตุ้นขดลวดของมอเตอร์แบบเต็มสเต็ป 2 เฟส

สเต็ปที่	ขดลวด A	ขดลวด B	ขดลวด C	ขดลวด D	รูปที่ 3.6
1	ON	ON	OFF	OFF	(a)
2	OFF	ON	ON	OFF	(b)
3	OFF	OFF	ON	ON	(c)
4	ON	OFF	OFF	ON	(d)

c. **แบบครึ่งสเต็ป (Haft step)** เป็นการควบคุมให้มอเตอร์หมุนไปครั้งละครึ่งของสเต็ปดังนั้นหาก มอเตอร์มอเตอร์มีคุณสมบัติ 1.8 องศาต่อสเต็ปก็จะหมุนไปครั้งละ 0.9 องศาทำได้ตำแหน่งที่เที่ยงตรงมาก ขึ้นเมื่อนำไปประยุกต์ใช้งานวิธีการขับจะใช้การผสมกันระหว่างแบบเต็มสเต็ป 1 เฟสกับแบบเต็มสเต็ป 2 เฟส ซึ่งมีขั้นตอนขับเฟสดังรูปที่ 5.11



รูปที่ 5.11 แสดงการเคลื่อนที่เมื่อขับมอเตอร์แบบครึ่งสเต็ป

ตารางที่ 5.3 แสดงรูปแบบการกระตุ้นขดลวดของมอเตอร์แบบครึ่งสเต็ป

สเต็ปที่	ขดลวด A	ขดลวด B	ขดลวด C	ขดลวด D	รูปที่ 3.6
1	ON	OFF	OFF	OFF	(a)
2	ON	ON	OFF	OFF	(b)
3	OFF	ON	OFF	OFF	(c)
4	OFF	ON	ON	OFF	(d)
5	OFF	OFF	ON	OFF	(e)
6	OFF	OFF	ON	ON	(f)
7	OFF	OFF	OFF	ON	(g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8	ON	OFF	OFF	ON	(h)

ทฤษฎีที่ 4 การทดลองควบคุมดีซีมอเตอร์

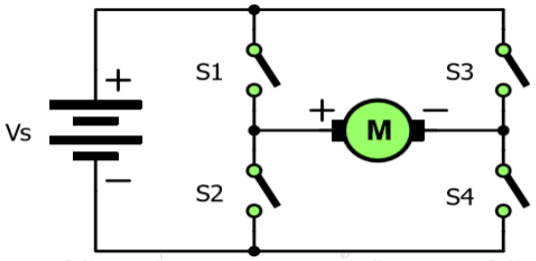
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) เป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกล เมื่อได้รับการป้อนพลังงานไฟฟ้าที่เป็นไฟฟ้ากระแสตรงจะทำให้แกนของมอเตอร์หมุนแต่เนื่องจากการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงต้องการกระแสไฟฟ้าในปริมาณสูงกว่าความสามารถที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะจ่ายโดยตรงได้ จึงจำเป็นที่จะต้องมีวงจรขับมอเตอร์โดยเฉพาะเพื่อทำหน้าที่ขับมอเตอร์ให้ทำงานได้ตามต้องการ

รูปที่ 5.12 แสดงตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กแบบปกติ

รูปที่ 5.13 แสดงตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กแบบที่มีชุดเฟืองทดรอบ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กจะถูกนำมาใช้ในโครงงานที่มีกลไกการเคลื่อนไหวมีค่าแรงดันไฟฟ้าในการทำงานในช่วง 1.5 โวลต์ถึง 24 โวลต์

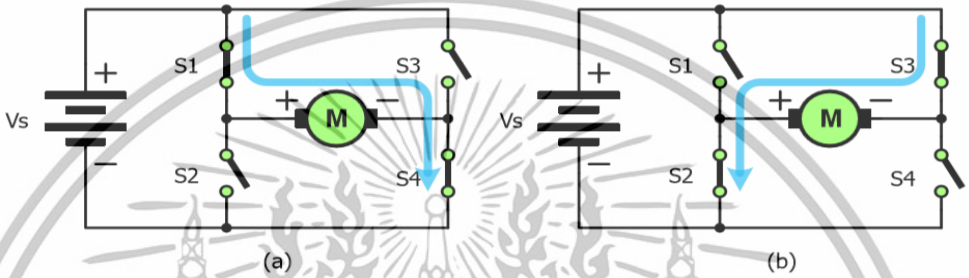
การควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นสามารถทำได้ง่ายเพียงป้อนไฟเข้าที่ขั้ว มอเตอร์เมื่อต้องการให้มอเตอร์หมุนและเมื่อต้องการให้มอเตอร์หยุดหมุนก็เพียงหยุดการป้อนไฟฟ้าหรือ ถ้าหากต้องการให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทางก็สามารถทำได้โดยการสลับขั้วไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์เพียงเท่านี้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงก็จะสามารถหมุนกลับทิศทางได้ในทันที สำหรับวงจรขับมอเตอร์ที่สามารถควบคุมทิศทางการหมุนได้ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ถูกจัดวางที่มีลักษณะคล้ายตัว H ในภาษาอังกฤษจึงเรียกวงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในลักษณะนี้ว่าวงจรขับแบบ H-Bridge ลักษณะของวงจรเป็นดังรูปที่ 5.14



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.14 แสดงวงจรขับแบบ H-Bridge

จากรูปที่ 5.15 เป็นวงจรขับแบบ H-Bridge ที่ใช้สวิตช์ ในสภาวะแรกเริ่มที่สวิตช์ทุกตัวยังไม่ทำงานมอเตอร์จะไม่ได้รับกระแสไฟฟ้าทำให้มอเตอร์ไม่หมุน เมื่อทำการควบคุมให้สวิตช์ทำงานโดยให้ S1 และ S4 ทำงาน มอเตอร์จะหมุนตามเข็มนาฬิกา (CW: Clock wise) หากต้องการให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทางโดยให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา (CCW: Counter clock wise) ก็เพียงสลับการทำงานของ สวิตช์โดยให้ S1, S4 ไม่ทำงานและให้สวิตช์ S2, S3 ทำงานแทน การควบคุมดังกล่าวจะมีลักษณะดังรูปที่ 5.15

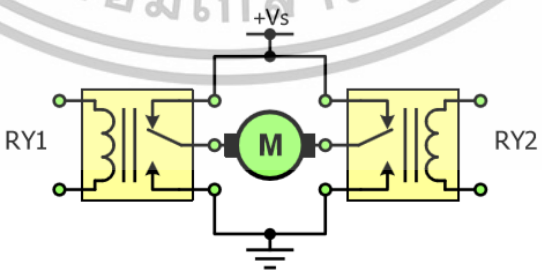


รูปที่ 5.15 แสดงการควบคุมการหมุนของมอเตอร์ด้วยวงจรขับแบบ H-Bridge

ตารางที่ 5.4 แสดงการควบคุมมอเตอร์ด้วยวงจรขับแบบ H-Bridge แบบใช้สวิตช์

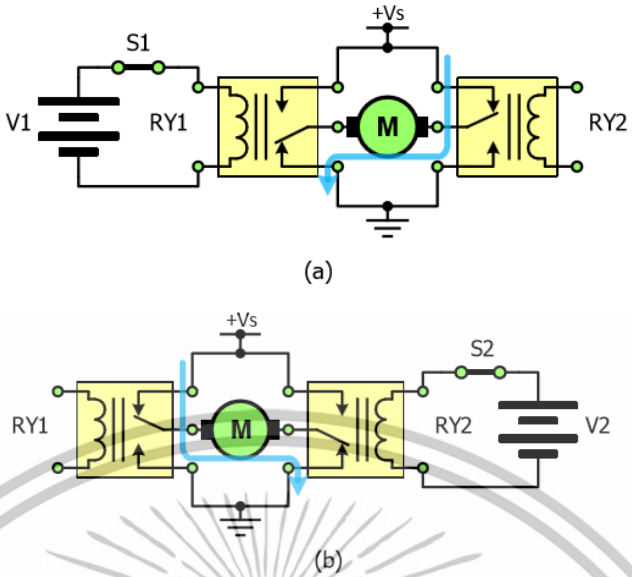
สถานะของสวิตช์				สถานะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
S1	S2	S3	S4	
OFF	OFF	OFF	OFF	ไม่หมุน
ON	OFF	OFF	ON	หมุนตามเข็มนาฬิกา)CW)
OFF	ON	ON	OFF	หมุนทวนเข็มนาฬิกา)CCW)

วงจรขับมอเตอร์ที่เป็นลักษณะ H-Bridge สามารถเปลี่ยนจากการใช้สวิตช์มาเป็นรีเลย์โดยใช้รีเลย์ที่เป็นชนิด SPDT (Single pole double throw) ดังรูปที่ 4.6 และการควบคุมทิศทางการหมุนเป็น ดังรูป 5.16



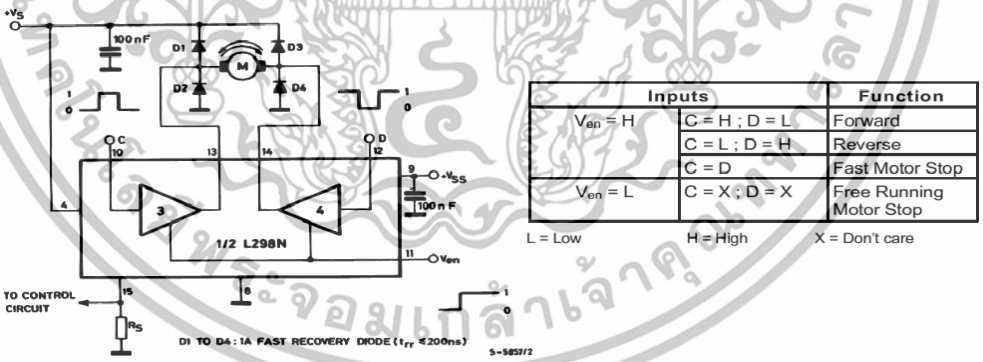
รูปที่ 5.16 แสดงวงจรขับมอเตอร์แบบ H-Bridge ที่ใช้รีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

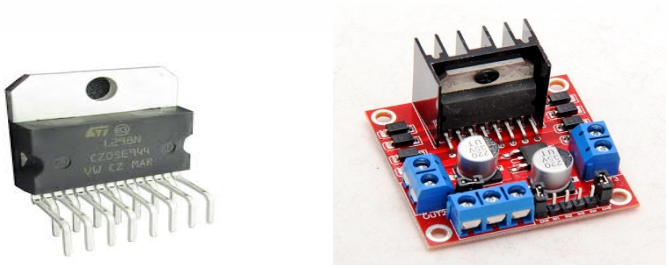


รูปที่ 5.17 แสดงการควบคุมการหมุนของมอเตอร์ด้วยวงจรขับแบบ H-Bridge ที่ใช้รีเลย์

การใช้งานจริงมีไอซีที่ถูกออกแบบมาเพื่อการนี้โดยเฉพาะมีคุณสมบัติเป็นวงจรขับแบบ H-Bridge ในกรณีที่ใช้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กที่ใช้กระแสไม่เกิน 600 มิลลิแอมป์จะใช้ไอซีเบอร์ L293D แต่หากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงใช้กระแสสูงเกินค่าดังกล่าวแต่ไม่เกิน 4 แอมป์จะต้องใช้ไอซีเบอร์ L298 ในใบงานนี้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กซึ่งจะใช้ไอซีเบอร์ L298N โครงสร้างของไอซีเป็นดังรูปที่ 5.18 เป็นไอซีสำเร็จรูปดังรูปที่ 5.19 (a) ที่ใช้งานง่ายและมีผู้จัดจำหน่ายทำเป็นบอร์ดสำเร็จดังรูปที่ 5.19 (b) ในการทดลอง



รูปที่ 5.18 แสดงโครงสร้างไอซีขับมอเตอร์กระแสตรงขนาดเล็กเบอร์ L298N



(b) (b)

รูปที่ 5.19 ไอซีสำเร็จรูป และบอร์ดสำเร็จไอซี L298N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเขียนโค๊ดโปรแกรมเพื่อใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆ อาจต้องใช้โค๊ดที่เป็นมาตรฐานของโปรแกรม Arduino IDE และมีความจำเป็นในการเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ซึ่งมอเตอร์บางชนิดไม่จำเป็นต้องพึ่งพาไลบรารี่ ดังนี้

ฟังก์ชั่น Arduino ที่ใช้งานในใบงานการทดลอง

1. **ฟังก์ชั่นกำหนดโหมดการทำงานให้กับขาพอร์ต** โดยสามารถกำหนดได้ทั้งขาดิจิทัลโดยใส่เพียงตวัเลขของขา (0, 1, 2,...13) และขาแอนาลอกที่ต้องการให้ทำงานในโหมดดิจิทัลแต่การใส่ขาต้องใส่ A นำ หน้าซึ่งใช้ได้เฉพาะ A0, A1,...A5 ส่วนขา A6 และ A7 ไม่สามารถใช้งานในโหมดดิจิทัลได้ รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

   pinMode(pin,mode);

   pin : หมายเลขขาที่ต้องการเซตโหมด,mode : INPUT, OUTPUT, INPUT_PULLUP

2. **ฟังก์ชั่นส่งค่าลอจิกดิจิทัลไปยังขาพอร์ต** ค่า HIGH เป็นการส่งลอจิก 1 และค่า LOW เป็นการ ส่งลอจิก 0 ออกไปยังขาพอร์ต ฟังก์ชั่นนี้จะทำงานได้ต้องมีการใช้ฟังก์ชั่น pinMode ก่อน รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

   digitalWrite(pin,value);

   pin : หมายเลขขาที่ต้องการเขียนลอจิกออกพอร์ต ,value : HIGH หรือ LOW

3. **ฟังก์ชั่นหน่วงเวลาหรือฟังก์ชั่นหยุดค้าง** การใช้งานสามารถกำหนดตัวเลขของเวลาที่ต้องการหยุดค้าง ตัวเลขที่ใส่เป็นตัวเลขของเวลาหน่วยเป็นมิลลิวินาที ตัวเลขของเวลาที่ใส่ ได้สูงสุดคือ 4,294,967,295 ซึ่งเป็นขนาดของตวัแปร unsigned long รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

   Delay(ms); ms : ตัวเลขที่หยุดค้างของเวลาหน่วยมิลลิวินาที (unsigned long)

4. **ฟังก์ชั่นกำหนดความเร็วในการสื่อสารทางพอร์ตอนุกรม** รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

   Serial.begin(speed); speed: ตัวเลขของอัตราเร็วในการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

5. **ฟังก์ชั่นส่งข้อมูลออกพอร์ต** เป็นฟังก์ชั่นที่ใช้ในการส่งข้อมูลออกทางพอร์ตอนุกรมหรือพิมพ์ข้อมูลออกทางพอร์ตเพื่อแสดงผลที่จอคอมพิวเตอร์เมื่อพิมพ์เสร็จตัวเคอร์เซอร์จะรออยู่ที่ท้ายสิ่งที่พิมพ์นั้น ๆ รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

   Serial.print(val); Serial.print(val, format);

6. **ฟังก์ชั่นส่งข้อมูลออกพอร์ต** คล้ายกับฟังก์ชั่น Serial.print ต่างกันตรงที่เมื่อพิมพ์เสร็จตัวเคอร์เซอร์จะขึ้นมารอยังบรรทัดใหม่ ดังนั้นเมื่อสั่งพิมพ์ครั้งถัดไปข้อมูลที่ปรากฏจะอยู่ที่บรรทัดใหม่แทนที่จะต่อท้ายเหมือนกับฟังก์ชั่น Serial.print รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

   Serial.println(val); Serial.println(val, format);

7. **ฟังก์ชั่นอ่านสัญญาณแอนาลอก** เป็นฟังก์ชั่นที่อ่านสัญญาณแอนาลอกที่ปรากฏอยู่ที่ขาพอร์ต แอนาลอกที่ต้องการอ่านนั้น ๆ ค่าที่อ่านได้จะอยู่ในช่วง 0-1023 สำหรับแรงดันของสัญญาณแอนาลอกที่ 0-5V ดังนั้น ต้องใช้ตัวแปรที่เป็น int สำหรับเก็บค่าที่อ่านได้ รูปแบบของฟังก์ชั่นเป็นดังนี้

   analogRead(pin); pin: ขาพอร์ตแอนาลอกที่ต้องการอ่านค่าสัญญาณแอนาลอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ฟังก์ชั่นให้ขาพอร์ตส่งสัญญาณ PWM เป็นฟังก์ชั่นที่ให้ขาพอร์ตดิจิทัลขา 3, 5, 6, 9, 10 และ 11 (ซึ่งเป็นขาที่ส่งสัญญาณ PWM ได้) ส่งสัญญาณ PWM ออกตามค่าดิวตี้ไซเคิลที่กำหนดด้วยความถี่ 490 Hz

analogWrite(pin, value)

pin : ขาพอร์ตดิจิทัลที่ต้องการส่งสัญญาณ PWM

value : ค่าดิวตี้ไซเคิลที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 255

9. ฟังก์ชั่นแปลงช่วงตัวเลข เป็นฟังก์ชั่นทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงค่าที่ได้รับจากตัวแปรจากช่วงตัวเลขระหว่างค่าหนึ่งถึงอีกค่าหนึ่งไปสู่ช่วงตัวเลขใหม่ที่ต้องการ

map(value, fromLow, fromHigh, toLow, toHigh)

value : ตัวแปรที่ต้องการอ่านค่านำมาเปลี่ยนช่วงตัวเลข

fromLow : ตัวเลขสเกลล่างสุดของค่าจากตัวแปร

fromHigh : ตัวเลขสเกลสูงสุดของค่าจากตัวแปร

toLow : ตัวเลขสเกลล่างสุดของค่าที่ต้องการเปลี่ยนไป

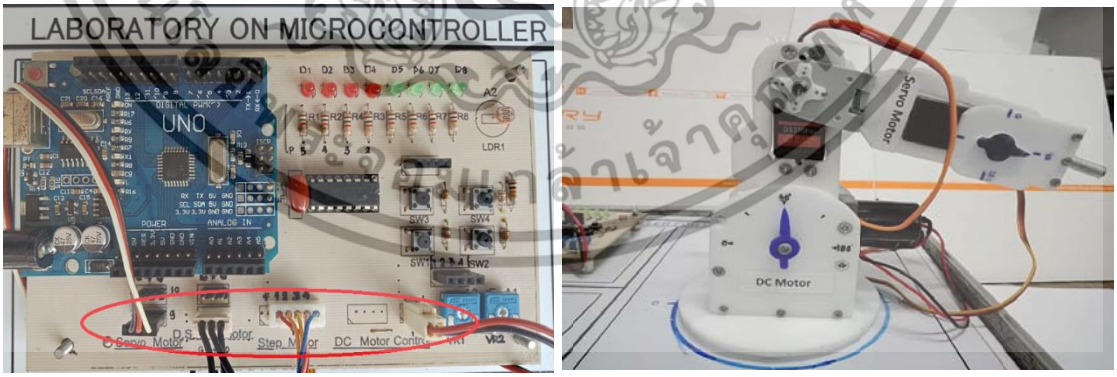
toHigh : ตัวเลขสเกลสูงสุดของค่าที่ต้องการเปลี่ยนไป

ลำดับขั้นการทดลอง

ตอนที่ 1 เขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ชนิดต่างๆ 4 ชนิดของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบต่าง ๆ ผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

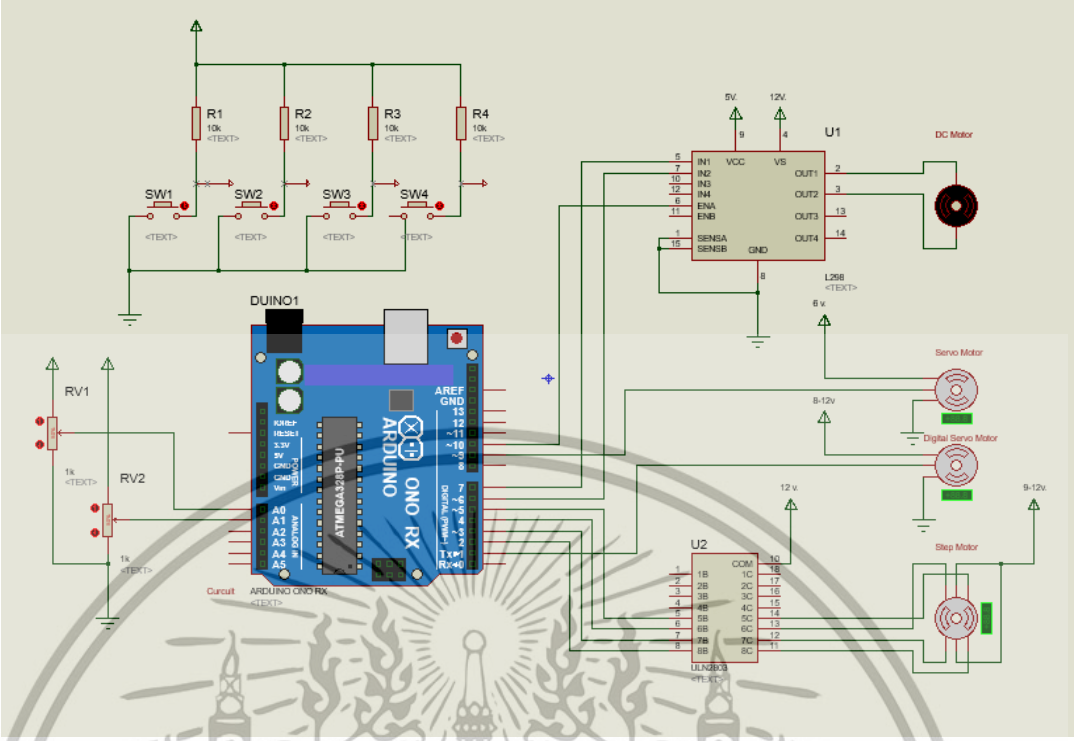
แนวคิดการเรียนรู้ คือ ออกแบบและเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ชนิดต่างๆ 4 ชนิดผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ไปที่มุมต่าง ๆ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. เชื่อมสายมอเตอร์ของมอเตอร์ของชุดแขนกลฯ โดยเสียบสายเข้ากับบอร์ดในชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รูปที่ 5.20



รูปที่ 5.20 เชื่อมสายมอเตอร์ของดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์และตำแหน่งมอเตอร์ในบอร์ดของชุดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วงจรทดลองรวมของบอร์ดทดลอง

รูปที่ 5.21 แสดงการต่อวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ในแขนกลฯ

2. เปิดโปรแกรม Arduino IDE จากนั้นพิมพ์โค้ดโปรแกรมควบคุมควบคุมการเคลื่อนที่มอเตอร์โดยใช้บอร์ดในชุดทดลองผ่านหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมขนาดเล็ก (ในการเขียนโค๊ดเพื่อให้การควบคุมมอเตอร์แต่ละชนิดชนิดเช่น เซอร์โวมอเตอร์และดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์ ให้ง่ายขึ้นอาจต้องใช้การพึ่งพาไลบรารี่ เพื่อให้การเขียนโค๊ดได้ง่ายขึ้น) โดยกำหนดไว้ที่หัวโปรแกรมตามรูปที่ 5.22 ดังต่อไปนี้
3. การเขียนโค๊ดโปรแกรมควรเขียนทดลองมอเตอร์แต่ละชนิดก่อน (ใบงานที่ 1-4) เมื่อเขียนทดลองได้แล้วนำโค๊ดที่เขียนได้มารวมกันเป็นโปรแกรมเดียว โดยการเขียนเป็นฟังชั่นย่อยๆ ของแต่ละโปรแกรมของมอเตอร์ และควรกำหนดค่าเริ่มต้นก่อนเพื่อไม่ให้มอเตอร์ทำงานไม่ถูกตำแหน่ง ตัวอย่างโค๊ดโปรแกรมรูปที่ 5.22

Armrobot

```
#include <Servo.h>
#include <DynamixelUNO_Shield.h>
#include <SoftwareSerial.h>
Servo myservo;
int val1;
int val2;
int val3;
int speed_DCmot=255;
int speed_step =300;
#define EN1 11
#define IN2 10
#define IN1 12
#define ph1 2
#define ph2 3
#define ph3 4
#define ph4 5
int Dx1;
void setup() {
  myservo.attach(9);
  Dynamixel.begin(57142);
  pinMode(ph1,OUTPUT);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
38
39 void step_motor()
40 {
41   //for (int i=0; i< 50; i++)
42   //step 1
43   digitalWrite(ph1,HIGH); digitalWrite(ph2,LOW); digitalWrite(ph3,LOW); digitalWrite(ph4,LOW);
44   delay(speed_step);
45  //step 2
46   digitalWrite(ph1,HIGH); digitalWrite(ph2,HIGH); digitalWrite(ph3,LOW); digitalWrite(ph4,LOW);
47   delay(speed_step);
48   //step 3
49   digitalWrite(ph1,LOW); digitalWrite(ph2,HIGH); digitalWrite(ph3,HIGH); digitalWrite(ph4,LOW);
50   delay(speed_step);
51   //step 4
52   digitalWrite(ph1,LOW); digitalWrite(ph2,LOW); digitalWrite(ph3,HIGH); digitalWrite(ph4,HIGH);
53   delay(speed_step);
54 }
55
56 void dc_motor()
57 {
58  analogWrite(EN1,speed_DCmot);
59  for (int j=0; j< 100; j++)
60   digitalWrite(IN1,HIGH);
61   digitalWrite(IN2,LOW);
62   delay(100);
63   for (int j=0; j< 100; j++)
64   digitalWrite(IN1,LOW);
65   digitalWrite(IN2,LOW);
66   delay(100);
67
68 }
69
70 void servo_motor()
71 {
72   myservo.write(45);
73   delay(1000);
74   myservo.write(45);
75   }
76
77 void Dservo_motor()
78 {   Dynamixel.moveSpeed(Dx1,180,100);
79    delay(1000);
80    Dynamixel.moveSpeed(Dx1,160,100);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
70 void servo_motor()
71 {
72   myservo.write(45);
73   delay(1000);
74   myservo.write(45);
75   }
76
77 void Dservo_motor()
78 {   Dynamixel.moveSpeed(Dx1,180,100);
79     delay(1000);
80     Dynamixel.moveSpeed(Dx1,160,100);
81   }
82 void StopAll(){
83   digitalWrite(IN1,LOW);
84   digitalWrite(IN2,LOW);
85   digitalWrite(ph1,LOW);
86   digitalWrite(ph2,LOW);
87   digitalWrite(ph3,LOW);
88   digitalWrite(ph4,LOW);
89 }
```

รูปที่ 5.22 แสดงโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของดิจิตอลเซอร์โวมอเตอร์โดยใช้โพเทนธิโอมิเตอร์

4. บันทึกไฟล์โค้ด ชื่อ Lab5-1
5. ทำการ Compile โค้ด Lab5-1
6. เชื่อมต่อสาย USB กับ บอร์ดทดลอง
7. Upload โปรแกรม Lab5-1 ลงบอร์ดทดลอง
8. สังเกตวงจรการทำงานและบันทึกผลการทดลอง
9. สังเกตวงจรการทำงานและบันทึกผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

10. คำถามท้ายการทดลองตอนที่ 1 จากโค้ดโปรแกรม Lab10-1 จงตอบคำถามต่อไปนี้
    - 10.1 บรรทัดที่ 1-17 ทำหน้าที่.....
    - 10.2 บรรทัดที่ 18-29 ทำหน้าที่.....
    - 10.3 บรรทัดที่ 31-36 ทำหน้าที่.....
    - 10.4 บรรทัดที่ 39-53 ทำหน้าที่.....
    - 10.5 บรรทัดที่ 56-66 ทำหน้าที่.....
    - 10.6 บรรทัดที่ 70-74 ทำหน้าที่.....
    - 10.7 บรรทัดที่ 77-80 ทำหน้าที่.....
    - 10.8 บรรทัดที่ 82-88 ทำหน้าที่.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2 งานที่มอบหมาย

เขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ผ่านหุ่นขนกลตามผู้ควบคุมกำหนดให้

1. จงเขียนผังงานจากงานที่มอบหมาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. พิมพ์โค้ดโปรแกรมตามผังงานในข้อที่ 9
3. บันทึกไฟล์โค้ด ชื่อ Lab5-2
4. ทำการ Compile โค้ด Lab5-2
5. เชื่อมต่อสาย USB กับ บอร์ดทดลอง
6. Upload โปรแกรม Lab1-2 ลงบอร์ดทดลอง
7. สังเกตวงจรการทำงานและบันทึกผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ–สกุล	นายจารึก จารุมิตร
วัน เดือน ปี เกิด	2 มีนาคม 2511
สถานที่เกิด	จังหวัดชลบุรี
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 148/279 ม.9 ต.หนองปรือ อ.บางละมุง จ.ชลบุรี 20150
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2533 สำเร็จการศึกษา ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สาขางานอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีแหลมฉบัง ปีการศึกษา 2549 สำเร็จการศึกษา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ว.ท.บ.) สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม(ไฟฟ้า) คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันราชภัฏราชนครินทร์ จ.ฉะเชิงเทรา ปีการศึกษา 2562 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (ค.อ.ม.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	ปัจจุบันรับราชการครู วิทยาลัยเทคนิคพัทยา อ.บางละมุง จ.ชลบุรี ตำแหน่ง ครู คศ. 2 ประจำแผนกช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคพัทยา อ.บางละมุง จ.ชลบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้