

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 6
	รหัสวิชา 20105-2005 ชื่อวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์	สอนครั้งที่ 13-15
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ที่ <i>งานเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์</i>	ทฤษฎี 3 ชม.
	ชื่อเรื่อง/ <i>งานเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์</i>	ปฏิบัติ 12 ชม.

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

- 1.1 ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วย Arduino
- 1.2 ควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วย Arduino
- 1.3 ดีซี เซอร์โวมอเตอร์
- 1.4 เอซี เซอร์โวมอเตอร์

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ รหัสหลักสูตร 0920084190205 การประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัวในโรงงานอุตสาหกรรม ระดับ 1

3. สมรรถนะประจำหน่วย

- 3.1 แสดงการโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
- 3.2 ประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ในวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์
- 3.3 ทดสอบวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ตามเงื่อนไขที่กำหนด

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- 4.1 อธิบายการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงดีซี เซอร์โวมอเตอร์ และเอซี เซอร์โวมอเตอร์
- 4.2 เขียนโปรแกรมควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วย Arduino
- 4.3 เตรียมความพร้อมด้านวัสดุ อุปกรณ์สอดคล้องกับงานได้อย่างถูกต้อง
- 4.4 ประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัวในโรงงานอุตสาหกรรม ระดับ 1 ตามมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ

5. สารการเรียนรู้

5.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง หรือ ดี.ซี.มอเตอร์ (D.C. Motor) เป็นเครื่องกลชนิดหนึ่ง que เปลี่ยนจากพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล โดยปกติมีขั้วต่อไฟฟ้าอยู่สองขั้ว คือ ขั้วบวกและขั้วลบ เมื่อต่อขั้วไฟฟ้าทั้งสองเข้าแบตเตอรี่โดยตรงมอเตอร์จะหมุนไปทางหนึ่ง แต่ถ้าสลับขั้วต่อไฟฟ้ากับแบตเตอรี่ มอเตอร์จะหมุนในทิศทางตรงกันข้าม โดยทั่วไปมักพบเห็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ได้แก่ หุ่นยนต์ เครื่องเล่น DVD รถบังคับวิทยุ รถจักรยานไฟฟ้า เป็นต้น ในบทนี้เป็นการนำ ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino มาควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แต่พอร์ตของ Arduino สามารถจ่ายกระแสได้ไม่เกิน 40 มิลลิแอมป์ (mA.)

5.2 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วย Arduino

พอร์ตดิจิทัลของ Arduino สามารถจ่ายกระแสได้ 40 มิลลิแอมป์ (mA.) ที่แรงดัน 5 โวลต์ (V.) เท่านั้น ซึ่งมอเตอร์ส่วนใหญ่ต้องการกระแสแรงดันไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้ามากกว่าที่พอร์ตของ Arduino ดังนั้นการทำงานจึงต้องใช้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์แบบดิจิทัลเพื่อช่วยให้ Arduino สามารถควบคุมโหลดที่มีความต้องการแรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้นได้ วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วย Arduino โดยใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ TIP120 ซึ่งสามารถรับค่าแรงดันได้ถึง 60 โวลต์ (V.) และจ่ายกระแสสูงสุดได้ 5 แอมป์ (A.)

5.3 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วย Arduino

การเขียนโปรแกรมควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มีคำสั่งเพื่อใช้ในการควบคุมความเร็วดังนี้ คำสั่ง `analogWrite ()`; เป็นคำสั่งสำหรับเขียนค่านาฬิกา (PWM wave) ในพอร์ตเอาต์พุตที่ต้องการ สามารถนำไปใช้ในการควบคุมความสว่างของหลอดแอลอีดี (LED) หรือควบคุมความเร็วมอเตอร์

5.4 การต่อใช้งาน Arduino กับไอซี L293D ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ไอซี L293D เป็นไอซีขับเคลื่อนมอเตอร์ได้ทั้งหมด 2 ตัว โดยมอเตอร์ต้องกินกระแสไม่เกิน 600 มิลลิแอมป์ (mA.) มีขาสำหรับต่อใช้งานทั้งหมด 16 ขา สามารถควบคุมมอเตอร์ให้หมุนไป-กลับได้ และมีขาเอ็นนาเบิล(EN) ใช้สำหรับการควบคุมความเร็วของมอเตอร์

6. กิจกรรมการเรียนรู้

6.1 ชี้นำเข้าสู่บทเรียน

จัดให้นักเรียนศึกษาควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าในบทเรียน

1. ผู้สอนจัดเตรียมเอกสาร พร้อมกับแนะนำรายวิชา วิธีการให้คะแนนและวิธีการเรียนเรื่อง งานเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์
2. ผู้สอนแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ของหน่วยที่ 6 และขอให้ผู้เรียนร่วมกันทำกิจกรรมการเรียนการสอน
3. ผู้สอนให้ผู้เรียนแสดงความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง งานเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์

6.2 ขั้นให้ความรู้

1. ผู้สอนเปิด PowerPoint หน่วยที่ 6 เรื่อง งานเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์
2. ผู้สอนอธิบายเนื้อหาในหน่วยที่ 6 เรื่อง งานเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์

6.3 ขั้นประยุกต์ใช้

1. ผู้สอนให้ผู้เรียนทำใบงานที่ 6 เรื่อง งานเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์
2. ผู้สอนให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดหน่วยที่ 6 งานเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์

6.4 ขั้นสรุปและประเมินผล

1. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนให้มีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน
2. ผู้สอนให้ผู้เรียนศึกษาเพิ่มเติมนอกห้องเรียน จากเว็บไซต์เนื้อหาเกี่ยวกับ Arduino

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

7.1 สื่อสิ่งพิมพ์

1. เอกสารประกอบการสอนวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์
2. ใบความรู้ที่ 6 เรื่อง งานเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์
3. ประกอบการเรียนการสอนขั้นให้ความรู้ เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
4. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 6 สรุปและประเมินผล
5. แบบประเมินผลงานตามใบงาน ใช้ประกอบการสอนขั้นประยุกต์ใช้
6. แบบประเมินพฤติกรรมการทำงาน ใช้ประกอบการสอนขั้นประยุกต์ใช้ ขั้นสรุปและประเมินผล

7.2 สื่อโสตทัศน์

1. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์
2. PowerPoint เรื่อง งานเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์
3. ห้องสมุดวิทยาลัยฯ

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

8.1.1 แบบวัดและประเมินผลความรู้

8.1.2 ใบรายการถาม ตอบ

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

8.2.1 ร้อยรอยการจดบันทึก

8.2.2 ใบงาน

8.2.3 การทดสอบภาคปฏิบัติ

9. การวัดและประเมินผล

9.1 เกณฑ์การปฏิบัติงาน

การสังเกต และพฤติกรรมระหว่างการเรียนรู้

9.2 วิธีการประเมิน

แบบทดสอบเฉพาะหน่วยและแบบวัดผลประเมินความรู้หลังเรียน

9.3 เครื่องมือประเมิน

ใบงาน แบบทดสอบเฉพาะหน่วย และแบบวัดผลประเมินความรู้หลังเรียน

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ข้อสรุปหลังการจัดการเรียนรู้

10.2 ปัญหาที่พบ

10.3 แนวทางแก้ปัญหา

	ใบความรู้	หน่วยที่ 6
	รหัสวิชา 20105-2005 ชื่อวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์	สอนครั้งที่ 13-15
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์	ทฤษฎี 3 ชม.
	ชื่อเรื่อง งานเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์	ปฏิบัติ 12 ชม.

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

- 1.1 ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วย Arduino
- 1.2 ควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วย Arduino
- 1.3 ดีซี เซอร์โวมอเตอร์
- 1.4 เอซี เซอร์โวมอเตอร์

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ รหัสหลักสูตร 0920084190205 การประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัวในโรงงานอุตสาหกรรม ระดับ 1

3. สมรรถนะประจำหน่วย

- 3.1 แสดงการโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
- 3.2 ประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ในวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์
- 3.3 ทดสอบวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ตามเงื่อนไขที่กำหนด

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- 4.1 อธิบายการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงดีซี เซอร์โวมอเตอร์ และเอซี เซอร์โวมอเตอร์
- 4.2 เขียนโปรแกรมควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วย Arduino
- 4.3 เตรียมความพร้อมด้านวัสดุ อุปกรณ์สอดคล้องกับงานได้อย่างถูกต้อง
- 4.4 ประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัวในโรงงานอุตสาหกรรม ระดับ 1 ตามมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ

5. สารการเรียนรู้

5.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง หรือ ดี.ซี.มอเตอร์ (D.C. Motor) เป็นเครื่องกลชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนจากพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล โดยปกติมีขั้วต่อไฟฟ้าอยู่สองขั้ว คือ ขั้วบวกและขั้วลบ เมื่อต่อขั้วไฟฟ้าทั้งสองเข้าแบตเตอรี่โดยตรงมอเตอร์จะหมุนไปทางหนึ่ง แต่ถ้าสลับขั้วต่อไฟฟ้ากับแบตเตอรี่ มอเตอร์จะหมุนในทิศทางตรงกันข้าม โดยทั่วไปมักพบเห็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ได้แก่ หุ่นยนต์ เครื่องเล่น DVD รถบังคับวิทยุ รถจักรยานไฟฟ้า เป็นต้น ในบทนี้เป็นการนำ ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino มาควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แต่พอร์ตของ Arduino สามารถจ่ายกระแสได้ไม่เกิน 40 มิลลิแอมป์ (mA.)

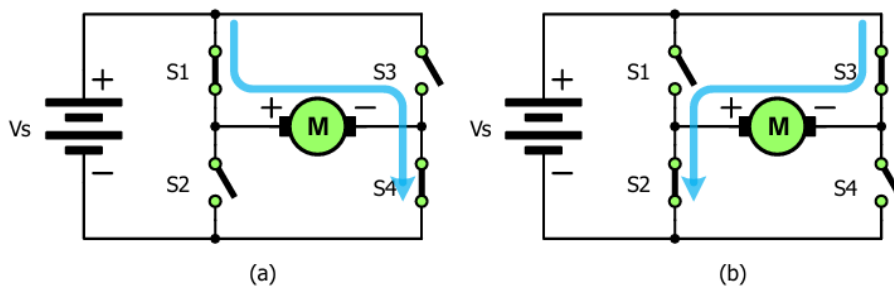


รูปที่ 1 ตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กแบบปกติ



รูปที่ 2 ตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กแบบที่มีชุดเฟืองทดรอบ

เป็นวงจรขับเคลื่อนแบบ H-Bridge ที่ใช้สวิตช์ ในสภาวะแรกเริ่มที่สวิตช์ทุกตัวยังไม่ทำงานมอเตอร์จะไม่ได้รับกระแสไฟฟ้าทำให้มอเตอร์ไม่หมุน เมื่อทำการควบคุมให้สวิตช์ทำงานโดยให้ S1 และ S4 ทำงาน มอเตอร์จะหมุนตามเข็มนาฬิกา (CW: Clock wise) หากต้องการให้มอเตอร์หมุนกลับ ทิศทางโดยให้ มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา (CCW: Counter clock wise) ก็เพียงสลับการทำงานของ สวิตช์โดยให้ S1, S4 ไม่ทำงานและให้สวิตช์ S2, S3 ทำงานแทน

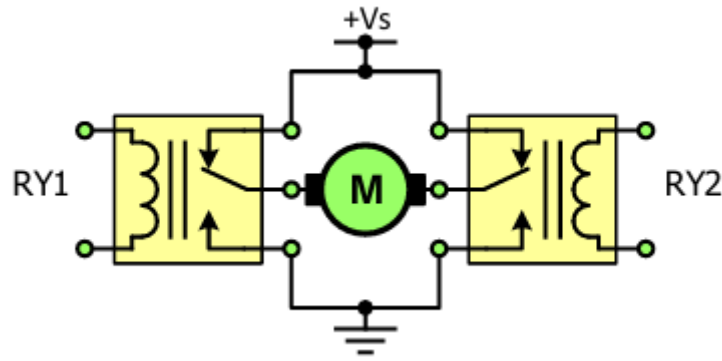


รูปที่ 3 การควบคุมมอเตอร์ด้วยวงจรขับเคลื่อนแบบ H-Bridge

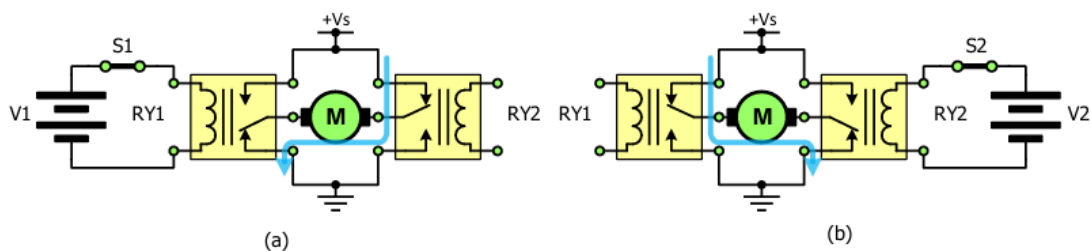
ตารางที่ 1 การควบคุมมอเตอร์ด้วยวงจรขับเคลื่อนแบบ H-Bridge แบบใช้สวิตช์

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

วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ที่เป็นลักษณะ H-Bridge สามารถเปลี่ยนจากการใช้สวิตช์มาเป็นรีเลย์ โดยใช้ รีเลย์ที่เป็นชนิด SPDT (Single pole double throw) ดังรูปที่ 4.13-5 และการควบคุมทิศทางการหมุนเป็น



รูปที่ 4 วงจรขับแบบ H-Bridge ที่ใช้รีเลย์



รูปที่ 5 การควบคุมมอเตอร์ด้วยวงจรขับแบบ H-Bridge ที่ใช้รีเลย์

5.2 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

พอร์ตดิจิตอลของ Arduino สามารถจ่ายกระแสได้ 40 มิลลิแอมป์ (mA.) ที่แรงดัน 5 โวลต์ (V.) เท่านั้น ซึ่งมอเตอร์ส่วนใหญ่ต้องการกระแสแรงดันไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้ามากกว่าที่พอร์ตของ Arduino ดังนั้นการทำงานจึงต้องใช้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์แบบดิจิตอลเพื่อช่วยให้ Arduino สามารถควบคุมโหลดที่มีความต้องการแรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้นได้ วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วย Arduino โดยใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ TIP120 ซึ่งสามารถรับค่าแรงดันได้ถึง 60 โวลต์ (V.) และจ่ายกระแสสูงสุดได้ 5 แอมป์ (A.)

5.3 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วย Arduino

การเขียนโปรแกรมควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มีคำสั่งเพื่อใช้ในการควบคุมความเร็วดังนี้ คำสั่ง `analogWrite ();` เป็นคำสั่งสำหรับเขียนค่าอนาล็อก (PWM wave) ในพอร์ตเอาต์พุตที่ต้องการ สามารถนำไปใช้ในการควบคุมความสว่างของหลอดแอลอีดี (LED) หรือควบคุมความเร็วมอเตอร์

5.4 การต่อใช้งาน Arduino กับไอซี L293D ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ไอซี L293D เป็นไอซีขับมอเตอร์ได้ทั้งหมด 2 ตัว โดยมอเตอร์ต้องกินกระแสไม่เกิน 600 มิลลิแอมป์ (mA.) มีขาสำหรับต่อใช้งานทั้งหมด 16 ขา สามารถควบคุมมอเตอร์ให้หมุนไป-กลับได้ และมีขาเอ็นนาเบิล(EN) ใช้สำหรับการควบคุมความเร็วของมอเตอร์

5.5 สเต็ปเปอร์มอเตอร์

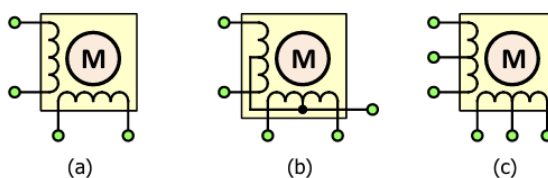
หรือที่บางคนเรียกว่าสเต็ปมิงมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ททางานโดยอาศัยพลังงาน จากไฟฟ้า กระแสตรงเช่นเดียวกับมอเตอร์กระแสตรง แต่มีความแตกต่างจากมอเตอร์กระแสตรงที่ เมื่อ ป้อนไฟให้กับสเต็ปเปอร์มอเตอร์จะขยับเพียงเล็กน้อยเพื่อเข้าสเต็ป ในขณะที่มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงทั่วไปจะหมุนตรงไปยังมีพลังงานจ่ายให้แก่ตัวมัน ทั้งนี้เพราะโครงสร้างของสเต็ป เพอร์ มอเตอร์นั่นเอง โดย สเต็ปเปอร์มอเตอร์มีด้วยกัน 2 แบบคือ

1. Bipolar เป็นสเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่มีขดลวด 2 ขดมสายไฟให้ต่อใช้งาน 4 เส้นดังรูปที่ 4.14-1 (a)

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

2.1 แบบมสายไฟให้ต่อใช้งาน 5 เส้น ดังรูปที่ 4.14-1 (b)

2.2 แบบมสายไฟให้ต่อใช้งาน 6 เส้น ดังรูปที่ 4.14-1 (c)

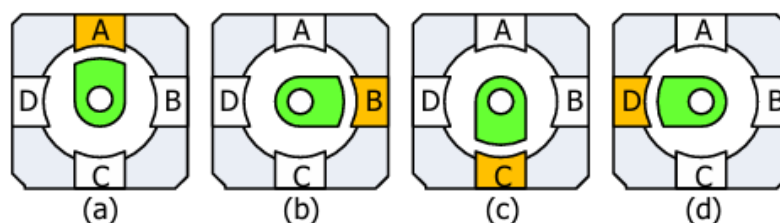


รูปที่ 6 โครงสร้างสเต็ปเปอร์ Bipolar และ Unipolar

1. การขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

การขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์เป็นการขับให้มอเตอร์ขยับไปตามจ านวนสเต็ปที่ต้องการซึ่ง คุณสมบัติ ในการขยับในแต่ละสเต็ปของมอเตอร์มีหลายขนาดให้เลือกใช้งานเช่น 1.8 องศาต่อสเต็ป และ 7.5 องศา ต่อสเต็ป การควบคุมการหมุนของมอเตอร์สามารถควบคุมการทำงานได้ 3 แบบ คือ

1. แบบเต็มสเต็ป 1 เฟส (Full step 1 phase) เป็นการขับครั้งละ 1 เฟสเรียงกันไป ทำให้ มอเตอร์ หมุนไปครั้งละ 1 สเต็ป ถ้ามอเตอร์มีคุณสมบัติ 1.8 องศาต่อสเต็ปก็จะหมุนไปครั้งละ 1.8 องศา โดยมี ขั้นตอนขับเฟสดังรูปที่ 7

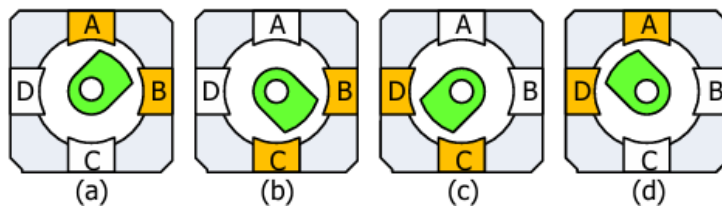


รูปที่ 7 แสดงการเคลื่อนที่เมื่อขับมอเตอร์แบบเต็มสเต็ป 1 เฟส

ตาราง การเคลื่อนที่เมื่อขับมอเตอร์แบบเต็มสเต็ป 1 เฟส

สเต็ปที่	ขดลวด A	ขดลวด B	ขดลวด C	ขดลวด D	รูปที่ 4.14-4
1	ON	OFF	OFF	OFF	(a)
2	OFF	ON	OFF	OFF	(b)
3	OFF	OFF	ON	OFF	(c)
4	OFF	OFF	OFF	ON	(d)

2. แบบเต็มสเต็ป 2 เฟส (Full step 2 phase) เป็นการขับครั้งละ 2 เฟส โดยมีคุณสมบัติที่ดัดขึ้นคือ แรงบิดมากขึ้น เนื่องจากการขับครั้งละ 2 เฟส ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กมากขึ้นนั่นเอง แต่มุมในการหมุน จะมีค่าเท่ากับกับแบบเต็มสเต็ป 1 เฟส โดยมีขั้นตอนขับเฟสดังรูปที่ 8

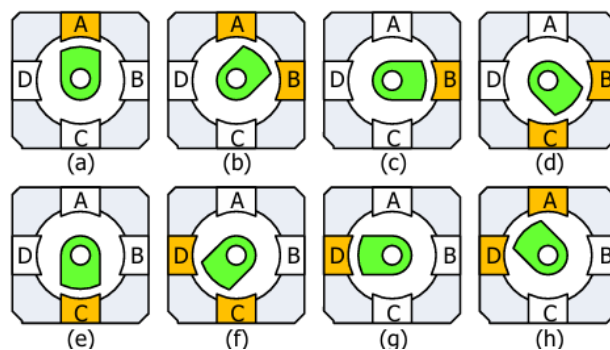


รูปที่ 8 แสดงการเคลื่อนที่เมื่อขับมอเตอร์แบบเต็มสเต็ป 2 เฟส

ตาราง การเคลื่อนที่เมื่อขับมอเตอร์แบบเต็มสเต็ป 2 เฟส

สเต็ปที่	ขดลวด A	ขดลวด B	ขดลวด C	ขดลวด D	รูปที่ 4.14-5
1	ON	ON	OFF	OFF	(a)
2	OFF	ON	ON	OFF	(b)
3	OFF	OFF	ON	ON	(c)
4	ON	OFF	OFF	ON	(d)

3. แบบครึ่งสเต็ป (Half step) เป็นการควบคุมให้มอเตอร์หมุนไปครึ่งละครึ่งของสเต็ปจนหากมอเตอร์มีคุณสมบัติ 1.8 องศาต่อสเต็ปจะหมุนไปครึ่งละ 0.9 องศาได้ตำแหน่งที่เที่ยงตรงมาก ขนเมื่อนำไปประยุกต์ใช้งานวงจรขับจะใช้การผสมกันระหว่างแบบเต็มสเต็ป 1 เฟสกับแบบเต็มสเต็ป 2 เฟส ซึ่งมีขั้นตอนขับเฟสดังรูป



รูปที่ 9 แสดงการเคลื่อนที่เมื่อขับมอเตอร์แบบครึ่งสเต็ป

ตาราง การเคลื่อนที่เมื่อขับมอเตอร์แบบครึ่งสเต็ป

สเต็ปที่	ขดลวด A	ขดลวด B	ขดลวด C	ขดลวด D	รูปที่ 4.14-6
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)

5.6 เซอร์โวมอเตอร์

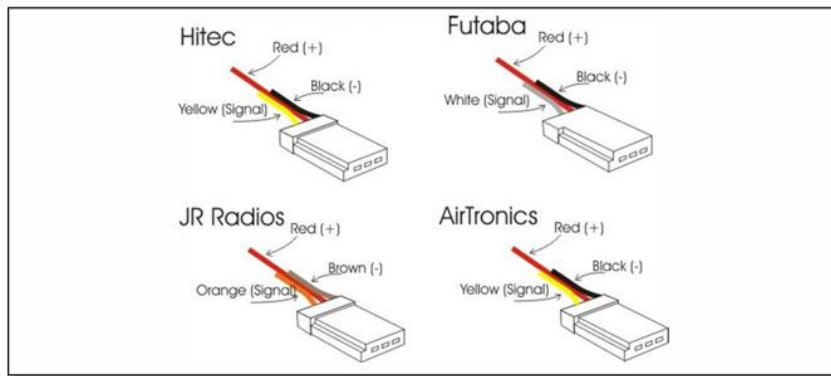
เป็นมอเตอร์ที่สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ไปยังมุมที่ต้องการได้ด้วยวงจร ควบคุมแบบป้อนกลับภายใน เซอร์โวมอเตอร์ขนาดเล็กนิยมใช้กันมากในเครื่องเล่นบังคับวิทยุ เช่น รถ เรอ เครื่องบิน เซอร์โวมอเตอร์ประกอบขึ้นจากส่วนประกอบหลัก ๆ 3 ส่วนคือ

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็ก
2. ชุดเกียร์ทดรอบ
3. วงจรควบคุม

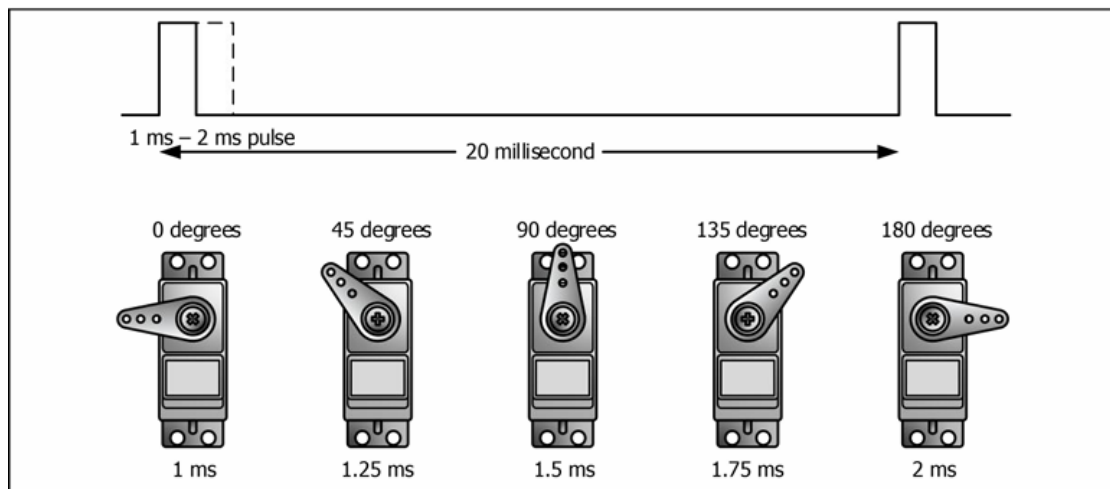


รูปที่ 10 แสดงเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์มีคอนเนคเตอร์สำหรับต่อใช้งาน 3 ขา โดยใช้ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ 2 ขาและอีกหนึ่งขาจะใช้ต่อกับสัญญาณควบคุม เซอร์โวมอเตอร์ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงในการทำงานมีแรงดันใช้งานอยู่ในช่วง 4-6 โวลต์ (สำหรับรุ่นกลางแรงบิดสูงจะใช้แรงดันสูงถึง 12 โวลต์) การเรียงขาคอนเนคเตอร์เป็น มาตรฐานแบบเดียวกัน มีความต่างกันบ้างตรงสีของสายไฟขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต



การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ให้เคลื่อนไปยังมุมที่ต้องการ สามารถทำได้โดยการส่งพัลส์ที่มีค่าประมาณ 1 ms - 2 ms ดังรูปที่ 4.15-3



รูปที่ 11 สัญญาณพัลส์ที่ใช้ควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

6. แบบฝึกหัดท้ายหน่วย

ตอนที่ 1 ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงบนคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว

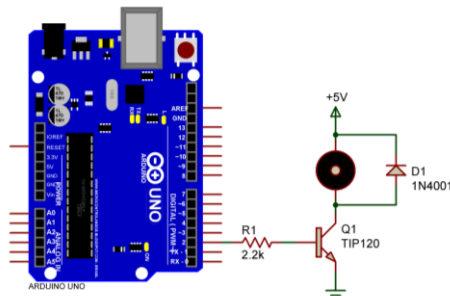
1. อุปกรณ์ประเภทใดไม่มีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

- ก. รถบังคับวิทยุ ข. เครื่องเล่น DVD
ค. หุ่นยนต์ ง. เครื่องซักผ้า

2. อุปกรณ์ข้อใดใช้สำหรับขับเคลื่อนให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสามารถทำงานได้

- ก. ตัวเก็บประจุ ข. ตัวต้านทาน
ค. เฟต ง. ไดโอด

จากรูปวงจรข้างล่างนี้ ใช้สำหรับคำถามในข้อ 3 - 6



3. ข้อใดเป็นอุปกรณ์สำหรับขับกระแสเพื่อให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสามารถทำงานได้

- ก. ไดโอด ข. ทรานซิสเตอร์
ค. เฟต ง. รีเลย์

4. ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนควรใช้คำสั่งใด

- ก. digitalWrite(2, HIGH);
ข. digitalWrite(3, LOW);
ค. analogWrite(4, HIGH);
ง. analogWrite(5, LOW);

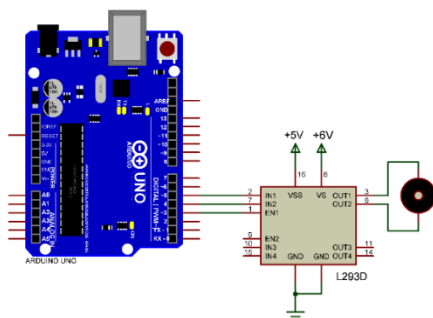
5. ถ้าต้องการให้มอเตอร์หยุดหมุนควรใช้คำสั่งใด

- ก. digitalWrite(1, HIGH);
ข. digitalWrite(2, LOW);
ค. analogWrite(3, HIGH);
ง. analogWrite(4, LOW);

6. คำสั่งใดใช้ในการควบคุมความเร็วมอเตอร์

- ก. digitalWrite(0, HIGH);
ข. digitalWrite(1, LOW);
ค. analogWrite(2, 255);
ง. analogWrite(3, LOW);

จากรูปวงจรข้างล่างนี้ ใช้สำหรับคำถามในข้อ 7 - 10



7. จากวงจรข้อใดเป็นอุปกรณ์ควบคุม มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- ก. ไอซี L293D ข. ทรานซิสเตอร์
 - ค. ไอซี L298D ง. รีเลย์
8. จากวงจรไอซี L293D สามารถขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้กี่ตัว
- ก. 1 ตัว ข. 2 ตัว
 - ค. 3 ตัว ง. 4 ตัว
9. ขาอินพุต (EN) ทำหน้าที่ใด
- ก. ควบคุมทิศทางมอเตอร์
 - ข. ควบคุมการหมุนทวนเข็มนาฬิกา
 - ค. ควบคุมการหมุนตามเข็มนาฬิกา
 - ง. ควบคุมความเร็วมอเตอร์
10. เมื่อต้องการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงให้หมุนด้วยความเร็วครึ่งหนึ่งของความเร็วสูงสุด ต้องใช้คำสั่งใด
- ก. analogWrite(2, 100);
 - ข. analogWrite(2, 127);
 - ค. analogWrite(2, 191);
 - ง. analogWrite(2, 255);

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงอธิบายการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วย Arduino
2. จงอธิบายการใช้ Arduino กับไอซี L293D เพื่อควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

7. เอกสารอ้างอิง

บรรณานุกรม ภาษาไทย ไมโครคอนโทรลเลอร์ : ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ, 2567.
(สาโรช กล่อมบุญ, 2562)

8. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)

ตอนที่ 1 ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงบนคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. อุปกรณ์ประเภทใดไม่มีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ก. รถบังคับวิทยุ ข. เครื่องเล่น DVD

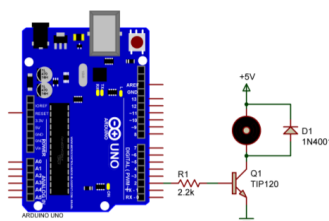
ค. หุ่นยนต์ ง. เครื่องซักผ้า

2. อุปกรณ์ข้อใดใช้สำหรับขับเคลื่อนให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสามารถทำงานได้

ก. ตัวเก็บประจุ ข. ตัวต้านทาน

ค. เฟด ง. ไดโอด

จากรูปวงจรข้างล่างนี้ ใช้สำหรับคำถามในข้อ 3 - 6



3. ข้อใดเป็นอุปกรณ์สำหรับขับเคลื่อนให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสามารถทำงานได้

ก. ไดโอด ข. ทรานซิสเตอร์

ค. เฟด ง. รีเลย์

4. ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนควรใช้คำสั่งใด

ก. `digitalWrite( 2, HIGH );`

ข. `digitalWrite( 3, LOW );`

ค. `analogWrite( 4, HIGH );`

ง. `analogWrite( 5, LOW );`

5. ถ้าต้องการให้มอเตอร์หยุดหมุนควรใช้คำสั่งใด

ก. `digitalWrite( 1, HIGH );`

ข. `digitalWrite( 2, LOW );`

ค. `analogWrite( 3, HIGH );`

ง. `analogWrite( 4, LOW );`

6. คำสั่งใดใช้ในการควบคุมความเร็วมอเตอร์

ก. `digitalWrite( 0, HIGH );`

ข. `digitalWrite( 1, LOW );`

ค. `analogWrite( 2, 255 );`

ง. `analogWrite( 3, LOW );`

ก. ไอซี L293D ข. ทรานซิสเตอร์

ค. ไอซี L298D ง. รีเลย์

. จากวงจรไอซี L293D สามารถขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ก็ตัว

ค. 3 ตัว ง. 4 ตัว

ก. ควบคุมทิศทางการมอเตอร์

ข. ควบคุมการหมุนทวนเข็มนาฬิกา

ง. ควบคุมความเร็วมอเตอร์

```
n. analogWrite( 2, 100 );
```

```
  9. analogWrite( 2, 191 );
```

```
၁. analogWrite( 2, 255 );
```

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงอธิบายการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วย Arduino

วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วย Arduino โดยใช้ทรานซิสเตอร์เพื่อนำมาควบคุมมอเตอร์ การเขียนโปรแกรมควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มีคำสั่งเพื่อใช้ในการควบคุมความเร็วดังนี้

คำสั่ง analogWrite (); เป็นคำสั่งสำหรับเขียนค่าอนาล็อก (PWM wave) ในพอร์ตเอาต์พุตที่ต้องการสามารถนำไปใช้ในการควบคุมความสว่างของหลอดแอลอีดี (LED) หรือควบคุมความเร็วมอเตอร์ คำสั่ง analogWrite() นี้เป็นการสร้างลูกคลื่นรูปสี่เหลี่ยมอย่างต่อเนื่องซึ่งมีรอบการทำงานตามที่กำหนดไว้ สัญญาณพัลส์วิดท์มอดูเลชัน (Pulse Width Modulation : PWM) เพื่อใช้ในการควบคุมความเร็วมอเตอร์ ถ้ากำหนดค่าอนาล็อกเท่ากับ 0 มอเตอร์จะไม่หมุน ถ้ากำหนดค่าอนาล็อกเท่ากับ 127 มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วครึ่งหนึ่งของความเร็วมอเตอร์ และถ้ากำหนดค่าอนาล็อกเท่ากับ 255 มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วสูงสุด

2. จงอธิบายการใช้ Arduino กับไอซี L293D เพื่อควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ไอซี L293D เป็นไอซีขับมอเตอร์ได้ทั้งหมด 2 ตัว โดยมอเตอร์ต้องกินกระแสไม่เกิน 600 มิลลิแอมป์ (mA.) มีขาสำหรับต่อใช้งานทั้งหมด 16 ขา สามารถควบคุมมอเตอร์ให้หมุนไป-กลับได้ และมีขาเอ็นนาเบิล(EN) ใช้สำหรับการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ วงจรการต่อใช้งาน Arduino กับไอซีควบคุมมอเตอร์เบอร์ L293D ที่พอร์ตดิจิตอลขา 3 และ 4 ต่อที่ขาอินพุตขา IN1 และ IN2 ใช้สำหรับควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ส่วนพอร์ตดิจิตอลขา 2 ต่อ เข้าที่ขา EN1 ใช้สำหรับการปรับความเร็วของมอเตอร์ ขา 16 ต่อไฟเลี้ยง +5 โวลต์ร่วมกับไฟเลี้ยง Arduino ขา 8 ต่อไฟเลี้ยงของมอเตอร์ เช่นมอเตอร์ใช้แรงดันไฟฟ้า +6 โวลต์ VS นำไปต่อแรงดันไฟฟ้า +6 โวลต์ ขา 4, 5, 12, 13 ต่อลงกราวด์ และขา OUT1, OUT2 ต่อกับมอเตอร์

	ใบงาน	หน่วยที่ 6
	รหัสวิชา 20105-2005 ชื่อวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์	สอนครั้งที่ 12-15
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์	ทฤษฎี 3 ชม. ปฏิบัติ 12 ชม.
ชื่อเรื่อง งานเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

- 1.1 ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วย Arduino
- 1.2 ควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วย Arduino
- 1.3 ดีซี เซอร์โวมอเตอร์
- 1.4 เอซี เซอร์โวมอเตอร์

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ รหัสหลักสูตร 0920084190205 การประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัวในโรงงานอุตสาหกรรม ระดับ 1

3. สมรรถนะประจำหน่วย

- 3.1 แสดงการโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
- 3.2 ประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ในวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์
- 3.3 ทดสอบวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ตามเงื่อนไขที่กำหนด

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- 4.1 อธิบายการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงดีซี เซอร์โวมอเตอร์ และเอซี เซอร์โวมอเตอร์
- 4.2 เขียนโปรแกรมควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วย Arduino
- 4.3 เตรียมความพร้อมด้านวัสดุ อุปกรณ์สอดคล้องกับงานได้อย่างถูกต้อง
- 4.4 ประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัวในโรงงานอุตสาหกรรม ระดับ 1 ตามมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ

5. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. บอร์ดทดลอง Breadboard 830 Point 1 แผง
2. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วย
 - 2.1 ไอซี L298D 1 ตัว 1 ตัว
 - 2.2 ไดโอด 1N4001 1 ตัว
 - 2.3 ตัวเก็บประจุ 100 uF 1 ตัว
 - 2.4 Potentiometer 10k 1 ตัว
 - 2.5 มอเตอร์ไฟตรง 6V 1 ตัว
3. บอร์ด Arduino Nano 3.0 1 ตัว

4. สายเชื่อมต่อ USB (Mini USB) 1 ชุด
5. คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง

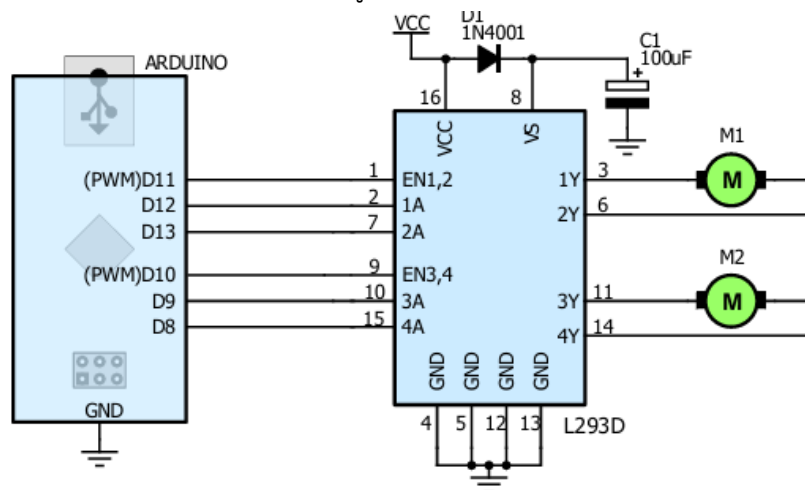
6. ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. ศึกษาจุดประสงค์ทั่วไปและทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง
2. ดำเนินการต่อวงจรลงบอร์ดทดลองตามวงจรที่กำหนด
3. เขียนโปรแกรมควบคุมและทดสอบการทำงานของวงจร
4. สรุปผลการปฏิบัติงาน

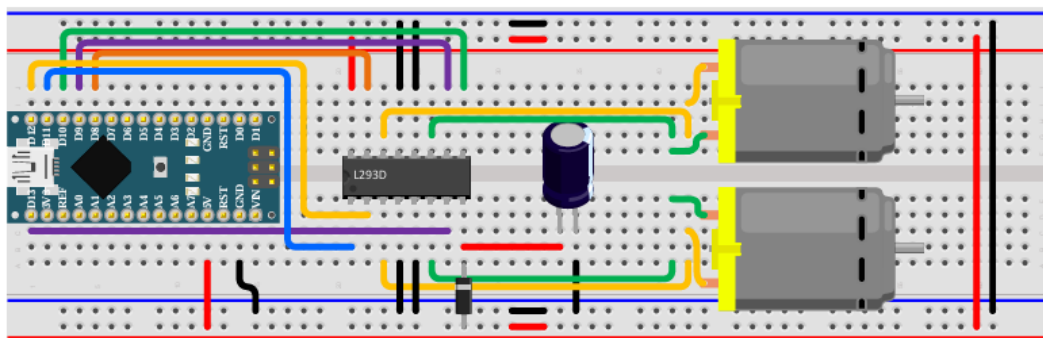
7. วงจรที่ใช้ทดลอง

1. วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ที่ใช้บอร์ดโมดูล Arduino สำเร็จรูป
2. ทดลองด้วยการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม Proteus

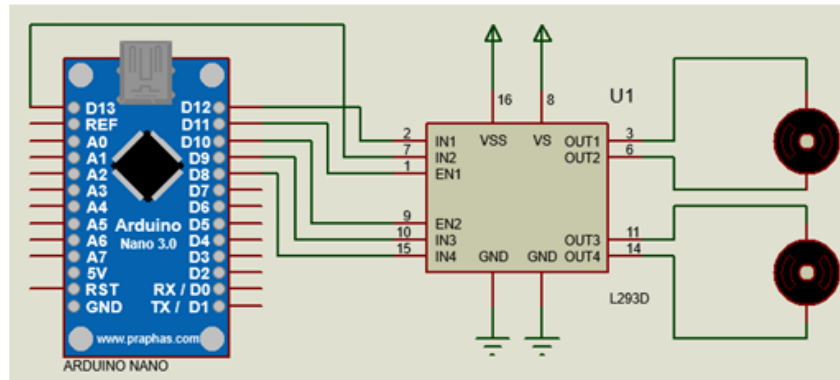
กรณีที่ใช้ Arduino ในการทดลอง ต่อดังรูป



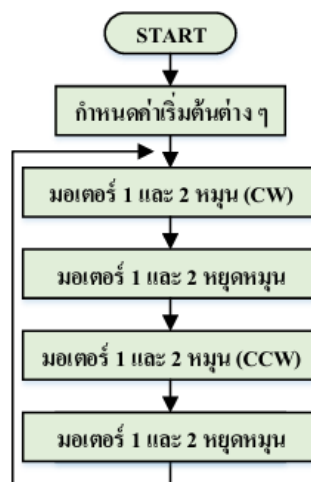
การต่อวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ที่ใช้บอร์ดโมดูล Arduino สำเร็จรูป



การต่อวงจรเพื่อทดลองด้วยการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม Proteus



8. การเขียนโค้ดโปรแกรมควบคุม



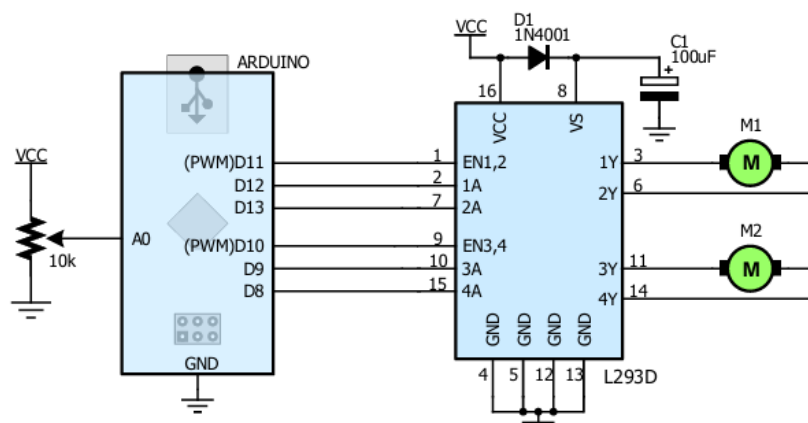
```

1  #define EN1 11
2  #define EN2 10
3  #define IN1 12
4  #define IN2 13
5  #define IN3 9
6  #define IN4 8
7  void AllStop(void);
8  void setup()
9  {
10   pinMode(EN1,OUTPUT);pinMode(EN2,OUTPUT);
11   pinMode(IN1,OUTPUT);pinMode(IN2,OUTPUT);
12   pinMode(IN3,OUTPUT);pinMode(IN4,OUTPUT);
13   digitalWrite(EN1,HIGH);digitalWrite(EN2,HIGH);
14   AllStop();
15 }
16 void loop()
17 {
18   digitalWrite(IN1,LOW);digitalWrite(IN2,HIGH);delay(3000);
19   digitalWrite(IN3,LOW);digitalWrite(IN4,HIGH);delay(2000);
20   AllStop();
21   digitalWrite(IN1,HIGH);digitalWrite(IN2,LOW);delay(3000);
22   digitalWrite(IN3,HIGH);digitalWrite(IN4,LOW);delay(2000);
23   AllStop();
24 }
25 void AllStop(void)
26 {
27   digitalWrite(IN1,LOW);digitalWrite(IN2,LOW);
28   digitalWrite(IN3,LOW);digitalWrite(IN4,LOW);
29   delay(250);
30 }
  
```

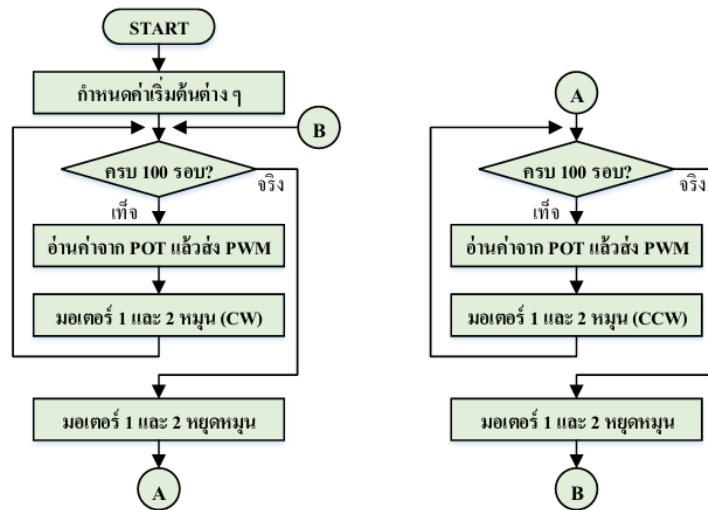
รายละเอียดโค้ดโปรแกรม

- บรรทัดที่ 1,2 กำหนดชื่อ EN1, EN2 ให้แทน 11, 10 (เป็นขา Enable ของมอเตอร์ตัวที่ 1 และ 2 ที่ต่ออยู่กับขา D11, D10 ของ Arduino)
- บรรทัดที่ 3,4 กำหนดชื่อ IN1, IN2 ให้แทน 12, 13 (เป็นขาควบคุมการหมุนของมอเตอร์ตัวที่ 1 ต่ออยู่กับขา D12, D13 ของ Arduino)
- บรรทัดที่ 5,6 กำหนดชื่อ IN3, IN4 ให้แทน 9, 8 (เป็นขาควบคุมการหมุนของมอเตอร์ตัวที่ 2 ต่ออยู่กับขา D12, D13 ของ Arduino)
- บรรทัดที่ 7 ประกาศรูปแบบฟังก์ชันรองที่ใช้หยุดการหมุนของมอเตอร์ทั้ง 2 ตัว
- บรรทัดที่ 10-12 กำหนดโหมดให้กับขาพอร์ตทำงานเป็นเอาต์พุตพอร์ต
- บรรทัดที่ 13 สั่งให้ไอซี L293D พร้อมการทำงานโดยการกระตุ้นที่ขา Enable
- บรรทัดที่ 14 เรียกใช้ฟังก์ชันรองหยุดการหมุนของมอเตอร์
- บรรทัดที่ 18 สั่งให้มอเตอร์ตัวที่ 1 หมุนตามเข็มนาฬิกาเป็นเวลา 3 วินาที
- บรรทัดที่ 19 สั่งให้มอเตอร์ตัวที่ 2 หมุนตามเข็มนาฬิกาเป็นเวลา 2 วินาที
- บรรทัดที่ 20 เรียกใช้ฟังก์ชันรองหยุดการหมุนของมอเตอร์
- บรรทัดที่ 21 สั่งให้มอเตอร์ตัวที่ 1 หมุนทวนเข็มนาฬิกาเป็นเวลา 3 วินาที
- บรรทัดที่ 22 สั่งให้มอเตอร์ตัวที่ 2 หมุนทวนเข็มนาฬิกาเป็นเวลา 2 วินาที
- บรรทัดที่ 23 เรียกใช้ฟังก์ชันรองหยุดการหมุนของมอเตอร์
- บรรทัดที่ 25-30 ฟังก์ชันรองที่สั่งงานให้หยุดการหมุนของมอเตอร์

การทดลองที่ 2 เขียนโปรแกรมควบคุมการหมุนของมอเตอร์ที่มีการหมุนทั้งทิศทางตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกาโดยสามารถปรับความเร็วของการหมุนด้วย PWM ได้ โดยใช้โพเทนชิโอมิเตอร์ต่อเข้าพอร์ตรับสัญญาณแอนะล็อกเป็นตัวปรับความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ดังรูป



ผังงาน จากโจทย์สามารถเขียนเป็นผังงาน ได้ดังนี้

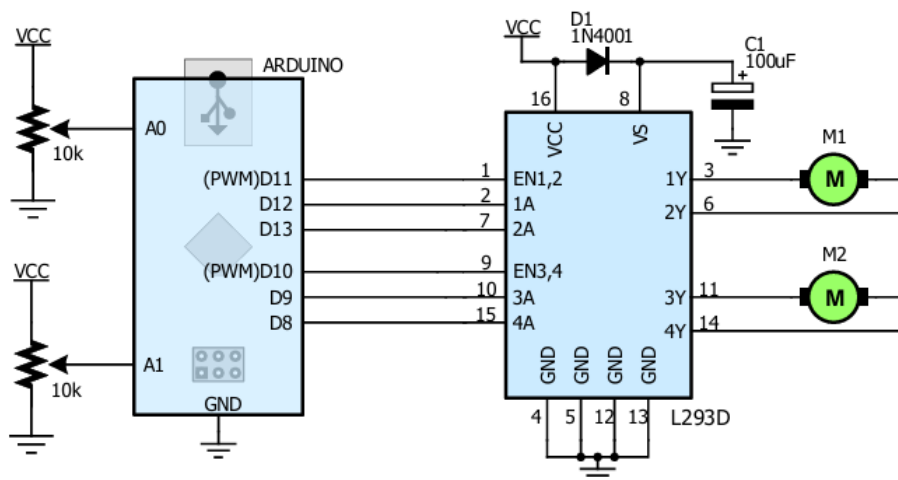


```

1  #define EN1 11
2  #define EN2 10
3  #define IN1 12
4  #define IN2 13
5  #define IN3 9
6  #define IN4 8
7  #define POT A0
8  void AllStop(void);
9  void setup()
10 {
11     pinMode(EN1,OUTPUT);pinMode(EN2,OUTPUT);
12     pinMode(IN1,OUTPUT);pinMode(IN2,OUTPUT);
13     pinMode(IN3,OUTPUT);pinMode(IN4,OUTPUT);
14     AllStop();
15 }
16 void loop()
17 {
18     int PWM;
19     for(int i=0;i<100;i++)
20     {
21         PWM=analogRead(POT);
22         PWM=map(PWM,0,1023,50,255);
23         analogWrite(EN1,PWM);analogWrite(EN2,PWM);
24         digitalWrite(IN1,LOW);digitalWrite(IN2,HIGH);delay(30);
25         digitalWrite(IN3,LOW);digitalWrite(IN4,HIGH);delay(20);
26     }
27     AllStop();
28     for(int i=0;i<100;i++)
29     {
30         PWM=analogRead(POT);
31         PWM=map(PWM,0,1023,50,255);
32         analogWrite(EN1,PWM);analogWrite(EN2,PWM);
33         digitalWrite(IN1,HIGH);digitalWrite(IN2,LOW);delay(30);
34         digitalWrite(IN3,HIGH);digitalWrite(IN4,LOW);delay(20);
35     }
36     AllStop();
37 }
38 void AllStop(void)
39 {
40     digitalWrite(IN1,LOW);digitalWrite(IN2,LOW);
41     digitalWrite(IN3,LOW);digitalWrite(IN4,LOW);
42     delay(250);
43 }
  
```

งานที่มอบหมาย 1

- เขียนโปรแกรมควบคุมการหมุนโดยให้สามารถปรับความเร็วของการหมุนของมอเตอร์ในแต่ละตัวได้อย่างอิสระด้วยโพเทนติโอมิเตอร์ 2 ตัว โดยโพเทนติโอมิเตอร์ตัวที่ 1 ให้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ตัวที่ 1 และโพเทนติโอมิเตอร์ตัวที่ 2 ให้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ตัวที่ 2 วงจรที่ใช้ทดลองเป็นดังรูป



9. สรุปและวิจารณ์ผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้องปฏิบัติงานใหม่

.....

.....

.....

10. การประเมินผล

ใบประเมินผลวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์		ค่า	ค่า
หน่วยที่ชื่อหน่วย.....		น้ำหนัก	น้ำหนัก
เรื่อง.....		คะแนน	คะแนนที่
ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....		หมวดวัด	แท้จริง
ลำดับที่	รายการแบบประเมิน	(คะแนน)	(คะแนน)
1.	แบบฝึกหัด	30	3
2.	ใบบางาน - การเตรียมเก็บรักษาเครื่องมือ (10) - ทักษะในการปฏิบัติงาน (20) - ปฏิบัติงานถูกต้องตามขั้นตอน (15) - ความถูกต้องของใบบางาน (15)	60	6
3.	คุณธรรมจริยธรรม - ความตรงต่อเวลา (2) - การแต่งกาย (2) - ความตั้งใจในการปฏิบัติงาน (2) - การทำงานร่วมกับผู้อื่น (2) - ความรับผิดชอบ (2)	10	1
คะแนนรวมที่ได้		100	10

ข้อเสนอแนะ.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

แบบบันทึกสรุปผลคะแนนประจำวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์
 หน่วยที่.....ชื่อหน่วย.....

รายการแบบประเมิน		แบบฝึกหัด	ใบงาน	คุณธรรมจริยธรรม	รวมคะแนนที่ได้
ค่าน้ำหนักคะแนนที่แท้จริง		3	6	1	10
เลขที่	ชื่อ-สกุล	คะแนนที่ได้			
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

11. เอกสารอ้างอิง /เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

บรรณานุกรม ภาษาไทย ไมโครคอนโทรลเลอร์ : ศูนย์ส่งเสริมอาชีพฯ, 2567.
 (สาโรช กล้ามอญ, 2562

