

## การทดลองที่ 2 Brushed DC Motor และ Stepper Motor

### ผลการเรียนรู้หลัก

- Brushed DC Motor
- Stepper Motor

### การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้หลัก

- นักศึกษาต้องสามารถออกแบบการทดลองโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการ สืบเสาะพฤติกรรม ปรากฏการณ์ ทดลอง บันทึกผลการทดลอง สรุปผล และ อภิปรายผลการทดลอง เข้าใจหลักการทำงานของเซ็นเซอร์ และอุปกรณ์ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องได้ ตลอดจนใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ สถิติ และศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรม MATLAB เพื่อเก็บผลการทดลอง วิเคราะห์ผล การทดลอง วิเคราะห์ความเที่ยงตรง ความแม่นยำ ได้อย่างถูกต้อง และมีเหตุผลรองรับ ตรวจสอบความถูกต้องเทียบกับทฤษฎีที่น่าเชื่อถือ
- นักศึกษาต้องสามารถอธิบายความสามารถในการรับรู้ปริมาณทางฟิสิกส์ของเซ็นเซอร์ ทั้งหมดตั้งแต่ต้นจนจบกระบวนการได้ เช่น การอธิบายการวัดกระแสไฟฟ้าของ Current Sensor (จากแรงดันไฟฟ้าแปลงเป็นกระแสไฟฟ้าได้อย่างไร)
- นักศึกษาต้องสามารถกำหนด ตัวแปรในการทดลองได้อย่างถูกต้องและสมเหตุสมผล ไม่ ว่าจะเป็น ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุม อธิบายจุดประสงค์การทดลอง อธิบายสมมติฐานให้สอดคล้องกับตัวแปรที่กำหนด นิยามเชิงปฏิบัติการ และมีทฤษฎีที่ น่าเชื่อถือรองรับ เช่น ทฤษฎีทางฟิสิกส์ หรือข้อมูลจาก Datasheet
- นักศึกษาต้องสามารถออกแบบวิธีการทดลองเพื่อหาคำตอบ ให้สอดคล้องกับผลการ เรียนรู้ย่อยทั้งหมดได้ด้วยตนเองอย่างถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ รวมทั้ง บันทึกผล สรุปผล อภิปรายผล ตามข้อมูลที่บันทึกได้จริง มีกระบวนการทำซ้ำ อธิบายที่มาของผล การทดลองนั้นได้ โดยใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ ไฟล์ Simulink, mxx ฯลฯ และชุดการ ทดลองพร้อมบอร์ด Microcontroller ที่ TA จัดเตรียมให้เบื้องต้น
- นักศึกษาต้องสามารถเขียนรายงาน สัญลักษณ์ และสมการทางวิทยาศาสตร์ ได้อย่าง ถูกต้อง ทั้งขนาด และรูปแบบอักษร การเว้นช่องไฟ การเว้นขอบกระดาษ การเว้นระยะ พิมพ์ ให้ได้ระยะที่เหมาะสมตามหลักสากล

### การส่งงาน

ส่งเป็นไฟล์ .zip ด้วยชื่อ FRA231\_aa\_bb\_cc\_LABX โดยที่ aa, bb, cc คือรหัสนักศึกษา 2 ตัวท้าย และ X คือ LAB ที่ ในไฟล์ zip จะต้อง ประกอบไปด้วย ไฟล์ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องในการทดลอง เช่น .slx , .mlx, .xlsx, .mat รวมถึงไฟล์รายงานที่เป็น .pdf โดยนักศึกษาสามารถสร้าง ไฟล์หรือเขียนโปรแกรมใน MATLAB ได้ ๆ ขึ้นมาเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการทำการทดลองได้ และหากส่งด้วยชื่อที่ผิดจะไม่ทำการตรวจให้ ส่งงานใน XXX

## DC Motor with WCS1700 Hall Current Sensor

### ผลการเรียนรู้ย่อย

- หลักการทำงานของ DC Motor
- การอ่านความเร็วมอเตอร์จากค่าตำแหน่งที่ Wrap-around ด้วยการ Unwrap ได้ ส่วนประกอบของ DC Motor
- Cored vs Coreless DC Motor
- Power Flow ใน DC Motor
- ประสิทธิภาพของ DC Motor
- ฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของ DC Motor เชิงไฟฟ้าและทางกล
- Motor Characteristic
- Motor Specification
- การควบคุมทิศทางของ Motor ด้วย H Bridge Drive
- การป้องกันการการ Shoot-Through ภายใน H Bridge Drive
- การควบคุมความเร็วของ Motor ด้วย Pulse Width Modulation
- ความสัมพันธ์ของ Frequency กับ ความเร็ว และ กระแสไฟฟ้า
- โหมดการทำงานของ Motor Driver 4 รูปแบบ
- การควบคุม Motor ผ่าน Mode Lock Anti-Phase และ Sign-Magnitude ใน Cytron MD20A

### การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ย่อย

- นักศึกษาต้องทำตามการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้หลัก
- นักศึกษาต้องสามารถอธิบายหลักการทำงานของ DC Motor และ ความสามารถของ Motor-Torque Constant และ Back-EMF Constant ของ DC motor ได้
- นักศึกษาต้องสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของ Speed, Torque, Current, Power, %Efficiency ได้ เมื่อ Load Torque ที่กระทำต่อ DC Motor ผ่านการปรับ Load Torque ด้วย Magnetic Particle Clutches เปลี่ยนแปลงไป และแรงดันไฟฟ้า Input จากการปรับ Duty Cycle, Frequency ของ PWM ที่จ่ายเข้า DC Motor เปลี่ยนแปลงไป
- นักศึกษาต้องสามารถพิสูจน์ Motor Characteristic ที่หาได้จากใช้ Dynamic Torque Motor ในการทำให้เกิด Load ที่ต่างกัน
- นักศึกษาต้องสามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและความเร็วของ DC Motor
- นักศึกษาต้องสามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ของ Duty Cycle, Frequency, Speed, และ Current ทั้งในเงื่อนไขแบบ No Load และ Full Load
- นักศึกษาต้องสามารถอธิบายหลักการทำงานของ H-Bridge Drive Mode ทั้ง 3 Mode ได้ (Sign-Magnitude, Locked Anti-Phase, Async Sign-Magnitude) และ ควบคุม DC Motor ได้ทั้ง 2 Mode (Sign-Magnitude, Locked Anti-Phase)
- นักศึกษาต้องสามารถอธิบายกระบวนการ Signal Conditioning, Signal Processing ทั้งหมดได้ตั้งแต่ต้นจนจบกระบวนการ ว่าค่าที่อ่านได้จาก Incremental Encoder, Hall Current Sensor มีที่มาอย่างไร อธิบายให้เห็นถึงวิธีคิดและขั้นตอนทั้งหมด ทั้งก่อนและ หลัง Calibrate Sensor หรือ วิธีจัดการข้อมูลที่ได้นำ จัดการอย่างไร รวมถึงหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้จริงกับแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจาก Hall Current Sensor และอธิบายกระบวนการการ Unwrap ค่า
- นักศึกษาต้องสามารถเขียนโปรแกรม โดยประยุกต์ใช้ MATLAB และ Simulink ในการสั่งการหรือรับค่า ร่วมกับบอร์ด Nucleo STM32G474RE โดยใช้สัญญาณจาก Incremental Encoder, Hall Current Sensor เป็น Input และ แสดงสัญญาณ Output จากการ Log สัญญาณ แสดงผลเป็นกราฟจาก Data Inspector ใน MATLAB Simulink แสดงให้เห็นว่าสัญญาณ Output แปรผันตามสัญญาณ Input แบบ Real Time โดยมี Output เป็นความเร็วเชิงมุม และกระแสไฟฟ้า ในหน่วย SI derived

### อุปกรณ์การทดลอง

1. Nidec Components Geared DC Geared Motor, 12 V dc, 20 Ncm, 70 rpm, 6mm Shaft Diameter จำนวน 1 อัน
2. Incremental Encoder AMT103-V จำนวน 1 อัน
3. Warner Electric Magnetic Particle Clutches MPB12 จำนวน 1 อัน
4. WCS1700 Hall Current Sensor จำนวน 1 อัน
5. Cytron MDD20A Motor Driver จำนวน 1 อัน
6. Nucleo STM32G474RE พร้อมสายอัปโหลด จำนวน 1 ชุด
7. MotorXplorer จำนวน 1 ชุด - ฐานสามารถบรรจุบอร์ดควบคุม, Breadboard, 3D-Print ใช้สำหรับการประกอบกับ DC Motor

#### วงจรที่ใช้ในการทดลอง

##### 1. Incremental Encoder AMT103-V

5V -> 3V3

GND -> GND

A -> PA6

B -> PA7

##### 2. Magnetic Encoder

SCL -> PB8

SDA -> PB9

DIR -> GND

VCC -> 3V3

GND -> GND

#### MotorXplorer

ของจริง ออกแบบเสร็จแล้วครับ เย่

#### ไฟล์ที่แนบมาด้วย

ReadPulses\_example.slx

## Stepper Motor

### ผลการเรียนรู้ย่อย

- หลักการทำงานของ Stepper Motor
- ส่วนประกอบของ Stepper Motor
- การ Loss Step
- การสั่งความเร็วด้วยความเร่งของ Stepper Motor
- Stepper Motor Characteristic
- Stepper Motor Specification
- Stepper Motor Rotor Type
- Stepper Drive Mode
- Stepper Drive Type

สค. อย. ในเอกสารอ้างอิง

### การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ย่อย

- นักศึกษาต้องทำตามการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้หลัก
- นักศึกษาต้องสามารถอธิบายหลักการทำงานของ Stepper Motor ได้
- นักศึกษาต้องสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของ Speed เมื่อ Frequency ของสัญญาณที่จ่ายเข้า Stepper Motor เปลี่ยนแปลงไป
- นักศึกษาต้องสามารถอธิบายหลักการทำงานของรูปแบบการ Drive แบบ Full-Step, Half-Step และ Micro-Step ได้ ว่าส่งผลต่อการควบคุมความเร็วและตำแหน่งของ Stepper Motor อย่างไร
- นักศึกษาต้องสามารถอธิบายกระบวนการ Signal Conditioning, Signal Processing ทั้งหมดได้ตั้งแต่ต้นจนจบกระบวนการ ว่าค่าที่อ่านได้จาก Incremental Encoder, Hall Current Sensor มีที่มาอย่างไร อธิบายให้เห็นถึงวิธีคิดและขั้นตอนทั้งหมด ทั้งก่อนและ หลัง Calibrate Sensor หรือ วิธีจัดการข้อมูลที่ได้มา จัดการอย่างไร รวมถึงหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้จริง กับแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจาก Hall Current Sensor และอธิบายกระบวนการการ Unwrap ค่า
- นักศึกษาต้องสามารถเขียนโปรแกรม โดยประยุกต์ใช้ MATLAB และ Simulink ในการสั่งการควบคุมความเร็วของ Stepper Motor ในรูปแบบของความถี่ ความเร็วเชิงมุม และรับค่า ร่วมกับบอร์ด Nucleo STM32G474RE โดยใช้สัญญาณจาก Incremental Encoder, Hall Current Sensor เป็น Input และ แสดงสัญญาณ Output จากการ Log สัญญาณ แสดงผลเป็นกราฟจาก Data Inspector ใน MATLAB Simulink แสดงให้เห็นว่าสัญญาณ Output แปรผันตามสัญญาณ Input แบบ Real Time โดยมี Output เป็นความเร็วเชิงมุม และกระแสไฟฟ้า ในหน่วย SI derived

### อุปกรณ์การทดลอง

1. RS PRO Hybrid, Permanent Magnet Stepper Motor, 0.22Nm Torque, 2.8 V, 1.8°, 42.3 x 42.3mm Frame, 5mm Shaft จำนวน 1 อัน
2. Incremental Encoder AMT103-V จำนวน 1 อัน
3. WCS1700 Hall Current Sensor จำนวน 1 อัน
4. Cytron MDD20A Motor Driver จำนวน 1 อัน
5. Nucleo STM32G474RE พร้อมสายอัปโหลด จำนวน 1 ชุด
6. MotorXplorer จำนวน 1 ชุด - ฐานสามารถบรรจุบอร์ดควบคุม, Breadboard, 3D-Print ใช้สำหรับการประกอบกับ Stepper Motor

|   |   |
|---|---|
| <p>วงจรที่ใช้ในการทดลอง</p> <p><b>1. Incremental Encoder AMT103-V</b></p> <p>5V -&gt; 3V3<br/> GND -&gt; GND<br/> A -&gt; PA6<br/> B -&gt; PA7</p> <p><b>2. Magnetic Encoder</b></p> <p>SCL -&gt; PB8<br/> SDA -&gt; PB9<br/> DIR -&gt; GND<br/> VCC -&gt; 3V3<br/> GND -&gt; GND</p> <p><b>3. Stepper Motor Driver</b></p> <p>M0 -&gt; PB15<br/> M1 -&gt; PB14<br/> M2 -&gt; PB13<br/> EN -&gt; PB1<br/> DIR -&gt; PB2<br/> STEP -&gt; PC8</p> | <p>MotorXplorer</p> <p>เสร็จแล้วแต่ไม่ได้ใส่รูป</p> |
| <p>ไฟล์ที่แนบมาด้วย</p> <p>Control_example.slx</p>  |   |

|   |   |
|---|---|
| <p>วงจรที่ใช้ในการทดลอง</p> <p><b>1. Incremental Encoder AMT103-V</b></p> <p>5V -&gt; 3V3</p> <p>GND -&gt; GND</p> <p>A -&gt; PA6</p> <p>B -&gt; PA7</p> <p><b>2. Magnetic Encoder</b></p> <p>SCL -&gt; PB8</p> <p>SDA -&gt; PB9</p> <p>DIR -&gt; GND</p> <p>VCC -&gt; 3V3</p> <p>GND -&gt; GND</p> <p><b>3. Stepper Motor Driver</b></p> <p>M0 -&gt; PB15</p> <p>M1 -&gt; PB14</p> <p>M2 -&gt; PB13</p> <p>EN -&gt; PB1</p> <p>DIR -&gt; PB2</p> <p>STEP -&gt; PC8</p> | <p>MotorXplorer</p> <p>เสร็จแล้วแต่ไม่ได้ใส่รูป</p> |
| <p>ไฟล์ที่แนบมาด้วย</p> <p>Control_example.slx</p>  |   |

| Stepper Motor   |  |
|---|--|
| <b>ผลการเรียนรู้ย่อย</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● หลักการทำงานของ Stepper Motor</li> <li>● ส่วนประกอบของ Stepper Motor</li> <li>● การ Loss Step</li> <li>● การสั่งความเร็วด้วยความเร่งของ Stepper Motor</li> <li>● Stepper Motor Characteristic</li> <li>● Stepper Motor Specification</li> <li>● Stepper Motor Rotor Type</li> <li>● Stepper Drive Mode</li> <li>● Stepper Drive Type</li> </ul>   | <b>การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ย่อย</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● นักศึกษาต้องทำตามการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้หลัก</li> <li>● นักศึกษาต้องสามารถอธิบายหลักการทำงานของ Stepper Motor ได้</li> <li>● นักศึกษาต้องสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของ Speed เมื่อ Frequency ของสัญญาณที่จ่ายเข้า Stepper Motor เปลี่ยนแปลงไป</li> <li>● นักศึกษาต้องสามารถอธิบายหลักการทำงานของรูปแบบการ Drive แบบ Full-Step, Half-Step และ Micro-Step ได้ ว่าส่งผลต่อการควบคุมความเร็วและตำแหน่งของ Stepper Motor อย่างไร</li> <li>● นักศึกษาต้องสามารถอธิบายกระบวนการ Signal Conditioning, Signal Processing ทั้งหมดได้ตั้งแต่ต้นจนจบกระบวนการ ว่าค่าที่อ่านได้จาก Incremental Encoder, Hall Current Sensor มีที่มาอย่างไร อธิบายให้เห็นถึงวิธีคิดและขั้นตอนทั้งหมด ทั้งก่อนและ หลัง Calibrate Sensor หรือ วิธีจัดการข้อมูลที่ได้มา จัดการอย่างไร รวมถึงหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้จริง กับแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจาก Hall Current Sensor และอธิบายกระบวนการการ Unwrap ค่า</li> <li>● นักศึกษาต้องสามารถเขียนโปรแกรม โดยประยุกต์ใช้ MATLAB และ Simulink ในการสั่งการควบคุมความเร็วของ Stepper Motor ในรูปแบบของความถี่ ความเร็วเชิงมุม และรับค่า ร่วมกับบอร์ด Nucleo STM32G474RE โดยใช้สัญญาณจาก Incremental Encoder, Hall Current Sensor เป็น Input และ แสดงสัญญาณ Output จากการ Log สัญญาณ แสดงผลเป็นกราฟจาก Data Inspector ใน MATLAB Simulink แสดงให้เห็นว่าสัญญาณ Output แปรผันตามสัญญาณ Input แบบ Real Time โดยมี Output เป็นความเร็วเชิงมุม และกระแสไฟฟ้า ในหน่วย SI derived</li> </ul> |
| <b>อุปกรณ์การทดลอง</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. RS PRO Hybrid, Permanent Magnet Stepper Motor, 0.22Nm Torque, 2.8 V, 1.8°, 42.3 x 42.3mm Frame, 5mm Shaft จำนวน 1 อัน</li> <li>2. Incremental Encoder AMT103-V จำนวน 1 อัน</li> <li>3. WCS1700 Hall Current Sensor จำนวน 1 อัน</li> <li>4. Cytron MDD20A Motor Driver จำนวน 1 อัน</li> <li>5. Nucleo STM32G474RE พร้อมสายอัปโหลด จำนวน 1 ชุด</li> <li>6. MotorXplorer จำนวน 1 ชุด - ฐานสามารถบรรจุบอร์ดควบคุม, Breadboard, 3D-Print ใช้สำหรับการประกอบกับ Stepper Motor</li> </ol> |  |

1. Nidec Components Geared DC Geared Motor, 12 V dc, 20 Ncm, 70 rpm, 6mm Shaft Diameter จำนวน 1 อัน
2. Incremental Encoder AMT103-V จำนวน 1 อัน
3. Warner Electric Magnetic Particle Clutches MPB12 จำนวน 1 อัน
4. WCS1700 Hall Current Sensor จำนวน 1 อัน
5. Cytron MDD20A Motor Driver จำนวน 1 อัน
6. Nucleo STM32G474RE พร้อมสายอัปโหลด จำนวน 1 ชุด
7. MotorXplorer จำนวน 1 ชุด - ฐานสามารถบรรจุบอร์ดควบคุม, Breadboard, 3D-Print ใช้สำหรับการประกอบกับ DC Motor

#### วงจรที่ใช้ในการทดลอง

##### 1. Incremental Encoder AMT103-V

5V -> 3V3

GND -> GND

A -> PA6

B -> PA7

##### 2. Magnetic Encoder

SCL -> PB8

SDA -> PB9

DIR -> GND

VCC -> 3V3

GND -> GND

#### MotorXplorer

ของจริง ออกแบบเสร็จแล้วครับ เย่

#### ไฟล์ที่แนบมาด้วย

ReadPulses\_example.slx



| DC Motor with WCS1700 Hall Current Sensor  |   |
|--|---|
| <p><b>ผลการเรียนรู้ย่อย</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● หลักการทำงานของ DC Motor</li> <li>● การอ่านความเร็วมอเตอร์จากค่าตำแหน่งที่ Wrap-around ด้วยการ Unwrap ได้ ส่วนประกอบของ DC Motor</li> <li>● Cored vs Coreless DC Motor</li> <li>● Power Flow ใน DC Motor</li> <li>● ประสิทธิภาพของ DC Motor</li> <li>● ฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของ DC Motor เชิงไฟฟ้าและทางกล</li> <li>● Motor Characteristic</li> <li>● Motor Specification</li> <li>● การควบคุมทิศทางของ Motor ด้วย H Bridge Drive</li> <li>● การป้องกันการการ Shoot-Through ภายใน H Bridge Drive</li> <li>● การควบคุมความเร็วของ Motor ด้วย Pulse Width Modulation</li> <li>● ความสัมพันธ์ของ Frequency กับ ความเร็ว และ กระแสไฟฟ้า</li> <li>● โหมดการทำงานของ Motor Driver 4 รูปแบบ</li> <li>● การควบคุม Motor ผ่าน Mode Lock Anti-Phase และ Sign-Magnitude ใน Cytron MD20A</li> </ul> | <p><b>การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ย่อย</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● นักศึกษาต้องทำตามการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้หลัก</li> <li>● นักศึกษาต้องสามารถอธิบายหลักการทำงานของ DC Motor และ ความสามารถของ Motor-Torque Constant และ Back-EMF Constant ของ DC motor ได้</li> <li>● นักศึกษาต้องสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของ Speed, Torque, Current, Power, %Efficiency ได้ เมื่อ Load Torque ที่กระทำต่อ DC Motor ผ่านการปรับ Load Torque ด้วย Magnetic Particle Clutches เปลี่ยนแปลงไป และแรงดันไฟฟ้า Input จากการปรับ Duty Cycle, Frequency ของ PWM ที่จ่ายเข้า DC Motor เปลี่ยนแปลงไป</li> <li>● นักศึกษาต้องสามารถพิสูจน์ Motor Characteristic ที่หาได้จากใช้ Dynamic Torque Motor ในการทำให้เกิด Load ที่ต่างกัน</li> <li>● นักศึกษาต้องสามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและความเร็วของ DC Motor</li> <li>● นักศึกษาต้องสามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ของ Duty Cycle, Frequency, Speed, และ Current ทั้งในเงื่อนไขแบบ No Load และ Full Load</li> <li>● นักศึกษาต้องสามารถอธิบายหลักการทำงานของ H-Bridge Drive Mode ทั้ง 3 Mode ได้ (Sign-Magnitude, Locked Anti-Phase, Async Sign-Magnitude) และ ควบคุม DC Motor ได้ทั้ง 2 Mode (Sign-Magnitude, Locked Anti-Phase)</li> <li>● นักศึกษาต้องสามารถอธิบายกระบวนการ Signal Conditioning, Signal Processing ทั้งหมดได้ตั้งแต่ต้นจนจบกระบวนการ ว่าค่าที่อ่านได้จาก Incremental Encoder, Hall Current Sensor มีที่มาอย่างไร อธิบายให้เห็นถึงวิธีคิดและขั้นตอนทั้งหมด ทั้งก่อนและ หลัง Calibrate Sensor หรือ วิธีจัดการข้อมูลที่ได้มา จัดการอย่างไร รวมถึงหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้จริงกับแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจาก Hall Current Sensor และอธิบายกระบวนการการ Unwrap ค่า</li> <li>● นักศึกษาต้องสามารถเขียนโปรแกรม โดยประยุกต์ใช้ MATLAB และ Simulink ในการสั่งการหรือรับค่า ร่วมกับบอร์ด Nucleo STM32G474RE โดยใช้สัญญาณจาก Incremental Encoder, Hall Current Sensor เป็น Input และ แสดงสัญญาณ Output จากการ Log สัญญาณ แสดงผลเป็นกราฟจาก Data Inspector ใน MATLAB Simulink แสดงให้เห็นว่าสัญญาณ Output แปรผันตามสัญญาณ Input แบบ Real Time โดยมี Output เป็นความเร็วเชิงมุม และกระแสไฟฟ้า ในหน่วย SI derived</li> </ul> |
| อุปกรณ์การทดลอง  |   |

## การทดลองที่ 2 Brushed DC Motor และ Stepper Motor

### ผลการเรียนรู้หลัก

- Brushed DC Motor
- Stepper Motor

### การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้หลัก

- นักศึกษาต้องสามารถออกแบบการทดลองโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการ สืบเสาะพฤติกรรม ปรากฏการณ์ ทดลอง บันทึกผลการทดลอง สรุปผล และ อภิปรายผลการทดลอง เข้าใจหลักการทำงานของเซ็นเซอร์ และอุปกรณ์ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องได้ ตลอดจนใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ สถิติ และศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรม MATLAB เพื่อเก็บผลการทดลอง วิเคราะห์ผล การทดลอง วิเคราะห์ความเที่ยงตรง ความแม่นยำ ได้อย่างถูกต้อง และมีเหตุผลรองรับ ตรวจสอบความถูกต้องเทียบกับทฤษฎีที่น่าเชื่อถือ
- นักศึกษาต้องสามารถอธิบายความสามารถในการรับรู้ปริมาณทางฟิสิกส์ของเซ็นเซอร์ ทั้งหมดตั้งแต่ต้นจนจบกระบวนการได้ เช่น การอธิบายการวัดกระแสไฟฟ้าของ Current Sensor (จากแรงดันไฟฟ้าแปลงเป็นกระแสไฟฟ้าได้อย่างไร)
- นักศึกษาต้องสามารถกำหนด ตัวแปรในการทดลองได้อย่างถูกต้องและสมเหตุสมผล ไม่ ว่าจะเป็น ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุม อธิบายจุดประสงค์การทดลอง อธิบายสมมติฐานให้สอดคล้องกับตัวแปรที่กำหนด นิยามเชิงปฏิบัติการ และมีทฤษฎีที่ น่าเชื่อถือรองรับ เช่น ทฤษฎีทางฟิสิกส์ หรือข้อมูลจาก Datasheet
- นักศึกษาต้องสามารถออกแบบวิธีการทดลองเพื่อหาคำตอบ ให้สอดคล้องกับผลการ เรียนรู้ย่อยทั้งหมดได้ด้วยตนเองอย่างถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ รวมทั้ง บันทึกผล สรุปผล อภิปรายผล ตามข้อมูลที่บันทึกได้จริง มีกระบวนการทำซ้ำ อธิบายที่มาของผล การทดลองนั้นได้ โดยใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ ไฟล์ Simulink, mlx ฯลฯ และชุดการ ทดลองพร้อมบอร์ด Microcontroller ที่ TA จัดเตรียมให้เบื้องต้น
- นักศึกษาต้องสามารถเขียนรายงาน สัญลักษณ์ และสมการทางวิทยาศาสตร์ ได้อย่าง ถูกต้อง ทั้งขนาด และรูปแบบอักษร การเว้นช่องไฟ การเว้นขอบกระดาษ การเว้นระยะ พิมพ์ ให้ได้ระยะที่เหมาะสมตามหลักสากล

### การส่งงาน

ส่งเป็นไฟล์ .zip ด้วยชื่อ FRA231\_aa\_bb\_cc\_LABX โดยที่ aa, bb, cc คือรหัสนักศึกษา 2 ตัวท้าย และ X คือ LAB ที่ ในไฟล์ zip จะต้อง ประกอบไปด้วย ไฟล์ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องในการทดลอง เช่น .slx , .mlx, .xlsx, .mat รวมถึงไฟล์รายงานที่เป็น .pdf โดยนักศึกษาสามารถสร้าง ไฟล์หรือเขียนโปรแกรมใน MATLAB ได้ ๆ ขึ้นมาเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการทำการทดลองได้ และหากส่งด้วยชื่อที่ผิดจะไม่ทำการตรวจให้ ส่งงานใน XXX