|  |  |
| --- | --- |
| **การทดลองที่ 1 Sensor** | |
| **ผลการเรียนรู้หลัก**   * Potentiometer * Incremental Encoder * Ratiometric Linear Hall Effect Magnetic Sensor * Single Point Load Cell | **การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้หลัก**   * นักศึกษาต้องสามารถออกแบบการทดลองโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการ สืบเสาะพฤติกรรม ปรากฎการณ์ ทดลอง บันทึกผลการทดลอง สรุปผล และอภิปรายผลการทดลอง เข้าใจหลักการทำงานของเซ็นเซอร์ และอุปกรณ์ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องได้ ตลอดจนใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ สถิติ และศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรม MATLAB เพื่อเก็บผลการทดลอง วิเคราะห์ผลการทดลอง วิเคราะห์ความเที่ยงตรง ความแม่นยำ ได้อย่างถูกต้อง และมีเหตุผลรองรับ ตรวจสอบความถูกต้องเทียบกับทฤษฎีที่น่าเชื่อถือ * นักศึกษาต้องสามารถอธิบายความสามารถในการรับรู้ปริมาณทางฟิสิกส์ของเซ็นเซอร์ทั้งหมดตั้งแต่ต้นจนจบกระบวนการได้ เช่น การอธิบายหลักการวัดความเร็วเชิงมุมของ Incremental Encoder และการอธิบายการวัดน้ำหนักของ Load Cell (จากแรงดันไฟฟ้าแปลงเป็นน้ำหนักได้อย่างไร) * นักศึกษาต้องสามารถกำหนด ตัวแปรในการทดลองได้อย่างถูกต้องและสมเหตุสมผล ไม่ว่าจะเป็น ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุม อธิบายจุดประสงค์การทดลอง อธิบายสมมติฐานให้สอดคล้องกับตัวแปรที่กำหนด นิยามเชิงปฏิบัติการ และมีทฤษฏีที่น่าเชื่อถือรองรับ เช่น ทฤษฏีทางฟิสิกส์ หรือข้อมูลจาก Datasheet * นักศึกษาต้องสามารถออกแบบวิธีการทดลองเพื่อหาคำตอบ ให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ย่อยทั้งหมดได้ด้วยตนเองอย่างถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ รวมทั้ง บันทึกผล สรุปผล อภิปรายผล ตามข้อมูลที่บันทึกได้จริง มีกระบวนการทำซ้ำ อธิบายที่มาของผลการทดลองนั้นได้ โดยใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ ไฟล์ Simulink, mlx ฯลฯ และชุดการทดลองพร้อมบอร์ด Microcontroller ที่ TA จัดเตรียมให้เบื้องต้น * นักศึกษาต้องสามารถเขียนรายงาน สัญลักษณ์ และสมการทางวิทยาศาสตร์ ได้อย่างถูกต้อง ทั้งขนาด และรูปแบบอักษร การเว้นช่องไฟ การเว้นขอบกระดาษ การเว้นระยะพิมพ์ ให้ได้ระยะที่เหมาะสมตามหลักสากล |
| **การส่งงาน**  ให้ตัวแทนกลุ่ม 1 คน push code และไฟล์ทั้งหมดที่ใช้ในการทำ lab รวมถึงไฟล์รายงานที่เป็น pdf ขึ้นไปใน github แล้วแนบ link ส่งมาใน assignment นี้ได้เลย Optional : สามารถอัดคลิปวีดีโอ ส่งมาเพื่ออธิบายการทำ lab ทั้งหมดได้ครับ เป็นกลุ่มๆ นะครับ (แนบ link) Criteria : หลักๆ จะเน้นที่ความเข้าใจ ความถูกต้อง กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นะครับ โดย ให้ตั้งชื่อ repository ตามนี้นะครับ FRA231-LAB1-SGG-XX-YY-ZZ โดยที่ S = Sec, GG = เลขกลุ่ม, XX = รหัสนักศึกษาคนที่ 1, YY= รหัสนักศึกษาคนที่ 2, ZZ = รหัสนักศึกษาคนที่ 3 เช่น FRA231-LAB1-A01-11-22-33 อย่าลืมเปิดเป็น public นะครับ ใครส่งช้า หรือ commit หลังจากนั้น ปรับเป็น 0 ทุกกรณีนะครับ | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Potentiometer** | | |
| **ผลการเรียนรู้ย่อย**   * ชนิดของ Potentiometer * การตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าขาออกต่อระยะทาง หรือ องศาการหมุนของ Potentiometer * การแปลงสัญญาณ Analog เป็นสัญญาณ Digital ตามรูปแบบวงจร Schmitt-trigger | **การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ย่อย**   * นักศึกษาต้องทำตามการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้หลัก * นักศึกษาต้องสามารถระบุชนิดของ Potentiometer ทั้งหมดในชุดการทดลองได้ * นักศึกษาต้องสามารถอธิบายหลักการทำงานของ Potentiometer ทั้งหมดในชุดการทดลองได้ ตลอดจนสามารถอธิบาย การตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าขาออกต่อระยะทาง หรือ องศาการหมุนของ Potentiometer * นักศึกษาต้องสามารถแปลงสัญญาณ Analog เป็นสัญญาณ Digital ตามรูปแบบวงจร Schmitt-trigger ได้ โดยประยุกต์ใช้ MATLAB และ Simulink ในการสั่งการหรือรับค่า ร่วมกับบอร์ด Nucleo STM32G474RE โดยใช้สัญญาณจากการหมุน Potentiometer ด้วยมือเป็น Input และ สัญญาณ Digital เป็น Output จากการ Log สัญญาณ แสดงผลเป็นกราฟจาก Data Inspector ใน MATLAB Simulink แสดงให้เห็นว่าสัญญาณ Output แปรผันตามสัญญาณ Input แบบ Real Time | |
| **อุปกรณ์การทดลอง**   1. PTA6043-2015DPA103 2. PTA6043-2015DPB103 3. PDB181-K420K-103A2 4. PDB181-K420K-103B 5. PDB181-K420K-103C 6. Nucleo STM32G474RE พร้อมสายอัปโหลด จำนวน 1 ชุด 7. PotenXplorer จำนวน 1 ชุด - ฐานสามารถบรรจุบอร์ดควบคุม, Breadboard, Potentiometer, 3D-Print ใช้สำหรับการวัดมุมการหมุนของ Potentiometer ลักษณะคล้ายไม้โพรแทกเตอร์ 8. สายจัมเปอร์ นักศึกษาหยิบได้ในกล่องสายไฟรีไซเคิล ห้อง 501 ภายในคาบเรียน | | |
| **วงจรที่ใช้ในการทดลอง**    สายไฟสีแดง -> 3V3  สายไฟสีเหลือง > A0  สายไฟสีดำ -> GND | | **PotenXplorer** |
| **ไฟล์ที่แนบมาด้วย**  Lab1.1\_Example | | |

|  |  |
| --- | --- |
| **Incremental Encoder** | |
| **ผลการเรียนรู้ย่อย**   * หลักการทำงานของ Incremental Encoder * ลักษณะสัญญาณ Output ของ Incremental Encoder เมื่อทิศทางและความเร็วการหมุนเปลี่ยนแปลงไป * คุณลักษณะเฉพาะของ Incremental Encoder * รูปแบบการอ่านสัญญาณของ Quadrature encoder ทุกรูปแบบ * Pulses Per Revolution ของ Incremental Encoder * Resolution ของ Incremental Encoder * การอ่านความเร็วมอเตอร์จากค่าตำแหน่งที่ Wrap-around ด้วยการ Unwrap ได้ * Encoder mode บน Nucleo STM32G474RE * MATLAB Simulink Run on Board / Connect IO mode * Type of Quadrature Encoding บน Nucleo STM32G474RE * ความแตกต่างจากการอ่านด้วย QEI และ Polling Method * Limitation of MATLAB Simulink และการอ่านด้วย Polling Method * สาเหตุหรือพฤติกรรมที่เกิดขึ้นเมื่อ อ่านค่าผิดพลาดตำแหน่งผิดพลาดจากวิธีการต่างๆ * STM32 Timer Encoder Mode: position and velocity estimation * Home Configuration for Incremental Encoder | **การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ย่อย**   * นักศึกษาต้องทำตามการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้หลัก * นักศึกษาต้องสามารถอธิบายหลักการทำงานของ Incremental Encoder ได้ * นักศึกษาต้องสามารถอธิบายหลักการทำงาน และความหมายของการ config parameter ใน IOC ได้ * นักศึกษาต้องสามารถอธิบายลักษณะสัญญาณ Output ของ Incremental Encoder ได้ เมื่อทิศทางและความเร็วการหมุนเปลี่ยนแปลงไป เจาะลึกไปที่รูปแบบเฟสของสัญญาณในแต่ช่อง Output ของ Incremental Encoder * นักศึกษาต้องสามารถหาค่า Pulses Per Revolution และ Resolution ของ Incremental Encoder ในชุดการทดลองได้ * นักศึกษาต้องสามารถอ่านค่าจาก Incremental Encoder ในรูปแบบการสัญญาณแบบ Quadrature encoder ได้ทุกรูปแบบ และทุกวิธีการ (QEI และ Polling Method) * นักศึกษาต้องสามารถอ่านค่า Raw Signal ของ QEI Method และแปลงเป็น Relative Position(pulses) ด้วยการ Integrate Discrete Velocity(diff\_counts) และแสดงผลพร้อมกันได้ * นักศึกษาต้องสามารถเขียนโปรแกรม โดยประยุกต์ใช้ MATLAB และ Simulink ในการสั่งการหรือรับค่า ร่วมกับบอร์ด Nucleo STM32G474RE โดยใช้สัญญาณจากการหมุน Incremental Encoder ด้วยมือเป็น Input และ และแสดงสัญญาณ Output จากการ Log สัญญาณ แสดงผลเป็นกราฟจาก Data Inspector ใน MATLAB Simulink แสดงให้เห็นว่าสัญญาณ Output แปรผันตามสัญญาณ Input แบบ Real Time โดยมี Output เป็น Raw Signal, Angular Position, Angular Velocity ในหน่วย SI * นักศึกษาต้องสามารถวิเคราะห์ ข้อดี-เสีย ของการอ่านด้วย QEI และ Polling Method ได้ * นักศึกษาต้องสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อ Homing Incremental Encoder ได้ |
| **อุปกรณ์การทดลอง**   1. Incremental Encoder AMT103-V จำนวน 1 อัน 2. BOURNS PEC11R-4220F-N0024 จำนวน 1 อัน 3. Nucleo STM32G474RE พร้อมสายอัปโหลด จำนวน 1 ชุด 4. EncoderXplorer จำนวน 1 ชุด - ฐานสามารถบรรจุบอร์ดควบคุม, Breadboard, Incremental Encoder, 3D-Print ใช้สำหรับการวัดมุมการหมุนของ Incremental Encoder ลักษณะคล้ายไม้โพรแทกเตอร์ 5. สายจัมเปอร์ นักศึกษาหยิบได้ในกล่องสายไฟรีไซเคิล ห้อง 501 ภายในคาบเรียน | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **วงจรที่ใช้ในการทดลอง** | | **EncoderXplorer** |
| สายไฟสีดำ -> GND  สายไฟสีแดง -> 3V3 | สายไฟสีน้ำเงิน -> D11  สายไฟสีเขียว -> D12 |
| **ไฟล์ที่แนบมาด้วย**  ReadPulses\_example.slx  amt10-v.pdf | | |

|  |  |
| --- | --- |
| **Magnetic Sensor** | |
| **ผลการเรียนรู้ย่อย**   * หลักการทำงานของ Magnetic Sensor * ลักษณะสัญญาณ Output ของ Magnetic Sensor (Magnetic Response) * Magnetic Flux Direction * Magnetic Flux Density * Sensitivity Linearity ของ Magnetic Sensor * Magnetic Field Shielding | **การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ย่อย**   * นักศึกษาต้องทำตามการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้หลัก * นักศึกษาต้องสามารถอธิบายหลักการทำงานของ Ratiometric Linear Hall Effect Magnetic Sensor ได้ * นักศึกษาต้องสามารถอธิบายลักษณะสัญญาณ Output ของ Ratiometric Linear Hall Effect Magnetic Sensor ได้ เมื่อ Magnetic Flux Density เปลี่ยนแปลงไป * นักศึกษาต้องสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง Magnetic Field Shielding และ Magnetic Flux Density * นักศึกษาต้องสามารถเขียนโปรแกรม โดยประยุกต์ใช้ MATLAB และ Simulink ในการสั่งการหรือรับค่า ร่วมกับบอร์ด Nucleo STM32G474RE โดยใช้สัญญาณจาก Ratiometric Linear Hall Effect Magnetic Sensor เป็น Input และ และแสดงสัญญาณ Output จากการ Log สัญญาณ แสดงผลเป็นกราฟจาก Data Inspector ใน MATLAB Simulink แสดงให้เห็นว่าสัญญาณ Output แปรผันตามสัญญาณ Input แบบ Real Time โดยมี Output เป็น Raw Signal, Magnetic Flux Density ในหน่วย SI derived |
| **อุปกรณ์การทดลอง**   1. DRV5055 Ratiometric Linear Hall Effect Magnetic Sensor จำนวน 1 อัน 2. Nucleo STM32G474RE พร้อมสายอัปโหลด จำนวน 1 ชุด 3. MagneticXplorer จำนวน 1 ชุด - ฐานสามารถบรรจุบอร์ดควบคุม, Breadboard, DRV5055A2, 3D-Print ใช้สำหรับการปรับระยะแม่เหล็กถาวรกับ Sensor 4. สายจัมเปอร์ นักศึกษาหยิบได้ในกล่องสายไฟรีไซเคิล ห้อง 501 ภายในคาบเรียน | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **วงจรที่ใช้ในการทดลอง** | | **MagneticXplorer** |
| สายไฟสีดำ -> GND  สายไฟสีแดง -> 3V3 | สายไฟสีน้ำเงิน -> A0 |
| **ไฟล์ตัวอย่างที่แนบมาด้วย**  Lab1.1\_Example | | |

|  |  |
| --- | --- |
| **Single Point Load Cell with INA125 Instrumentation Amplifier** | |
| **ผลการเรียนรู้ย่อย**   * หลักการทำงานของ Load cell แบบ Strain Gauge * Wheatstone bridge * Strain Gauge * 2 Op-amps Differential Amplifier * Signal Conditioning * Sensor Resolution * ค่า Gain เมื่อ Single External Resistor มีค่าเปลี่ยนแปลงไป | **การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ย่อย**   * นักศึกษาต้องทำตามการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้หลัก * นักศึกษาต้องสามารถอธิบายหลักการทำงานของ Load cell, วงจร Wheatstone bridge, Strain Gauge, 2 Op-amps Differential Amplifier ได้ * นักศึกษาต้องสามารถอธิบายค่าสัญญาณ Output ของ Load Cell ได้ เมื่อแรงที่กระทำต่อ Load Cell เปลี่ยนแปลงไป * นักศึกษาต้องสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า Gain และ ค่าความต้านทานของ Single External Resistor และส่งผลอย่างไรกับการวัดค่าของ Load Cell * นักศึกษาต้องสามารถอธิบายกระบวนการ Signal Conditioning ทั้งหมดได้ตั้งแต่ต้นจนจบกระบวนการ ว่าค่าที่อ่านได้จาก Load Cell มีที่มาอย่างไร อธิบายให้เห็นถึงวิธีคิดและขั้นตอนทั้งหมด ทั้งก่อนและ หลัง Calibrate Sensor หรือ วิธีจัดการข้อมูลที่ได้มา จัดการอย่างไร รวมถึงหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำต่อ Load Cell แรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจาก Load Cell ทั้งแบบที่ยังไม่ผ่าน INA125 และผ่าน INA125 * นักศึกษาต้องสามารถเขียนโปรแกรม โดยประยุกต์ใช้ MATLAB และ Simulink ในการสั่งการหรือรับค่า ร่วมกับบอร์ด Nucleo STM32G474RE โดยใช้สัญญาณจาก INA125 Instrumentation Amplifier ที่ต่อเข้ากับ Single Point Load Cell เป็น Input และ และแสดงสัญญาณ Output จากการ Log สัญญาณ แสดงผลเป็นกราฟจาก Data Inspector ใน MATLAB Simulink แสดงให้เห็นว่าสัญญาณ Output แปรผันตามสัญญาณ Input แบบ Real Time โดยมี Output เป็นน้ำหนัก ในหน่วย SI derived |
| **อุปกรณ์การทดลอง**   1. Single Point Load Cell YZC-131A จำนวน 1 อัน 2. INA125 Instrumentation Amplifier จำนวน 1 อัน 3. Trimpot 100 K 25 Turns จำนวน 1 อัน 4. Resistor 4.7K Ohm จำนวน 1 อัน 5. Nucleo STM32G474RE พร้อมสายอัปโหลด จำนวน 1 ชุด 6. LoadCellXplorer จำนวน 1 ชุด - ฐานสามารถบรรจุบอร์ดควบคุม, Breadboard, 3D-Print ใช้สำหรับการประกอบกับ Load Cell 7. สายจัมเปอร์ นักศึกษาหยิบได้ในกล่องสายไฟรีไซเคิล ห้อง 501 ภายในคาบเรียน | |

|  |  |
| --- | --- |
| **วงจรที่ใช้ในการทดลอง** | **LoadCellXplorer** |
| **ไฟล์ที่แนบมาด้วย**  Lab1.1\_Example | |

|  |  |
| --- | --- |
| **การทดลองที่ 2 Brushed DC Motor และ Stepper Motor** | |
| **ผลการเรียนรู้หลัก**   * Brushed DC Motor * Stepper Motor | **การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้หลัก**   * นักศึกษาต้องสามารถออกแบบการทดลองโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการ สืบเสาะพฤติกรรม ปรากฎการณ์ ทดลอง บันทึกผลการทดลอง สรุปผล และอภิปรายผลการทดลอง เข้าใจหลักการทำงานของเซ็นเซอร์ และอุปกรณ์ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องได้ ตลอดจนใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ สถิติ และศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรม MATLAB เพื่อเก็บผลการทดลอง วิเคราะห์ผลการทดลอง วิเคราะห์ความเที่ยงตรง ความแม่นยำ ได้อย่างถูกต้อง และมีเหตุผลรองรับ ตรวจสอบความถูกต้องเทียบกับทฤษฎีที่น่าเชื่อถือ * นักศึกษาต้องสามารถอธิบายความสามารถในการรับรู้ปริมาณทางฟิสิกส์ของเซ็นเซอร์ทั้งหมดตั้งแต่ต้นจนจบกระบวนการได้ เช่น การอธิบายการวัดกระแสไฟฟ้าของ Current Sensor (จากแรงดันไฟฟ้าแปลงเป็นกระแสไฟฟ้าได้อย่างไร) * นักศึกษาต้องสามารถกำหนด ตัวแปรในการทดลองได้อย่างถูกต้องและสมเหตุสมผล ไม่ว่าจะเป็น ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุม อธิบายจุดประสงค์การทดลอง อธิบายสมมติฐานให้สอดคล้องกับตัวแปรที่กำหนด นิยามเชิงปฏิบัติการ และมีทฤษฏีที่น่าเชื่อถือรองรับ เช่น ทฤษฏีทางฟิสิกส์ หรือข้อมูลจาก Datasheet * นักศึกษาต้องสามารถออกแบบวิธีการทดลองเพื่อหาคำตอบ ให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ย่อยทั้งหมดได้ด้วยตนเองอย่างถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ รวมทั้ง บันทึกผล สรุปผล อภิปรายผล ตามข้อมูลที่บันทึกได้จริง มีกระบวนการทำซ้ำ อธิบายที่มาของผลการทดลองนั้นได้ โดยใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ ไฟล์ Simulink, mlx ฯลฯ และชุดการทดลองพร้อมบอร์ด Microcontroller ที่ TA จัดเตรียมให้เบื้องต้น * นักศึกษาต้องสามารถเขียนรายงาน สัญลักษณ์ และสมการทางวิทยาศาสตร์ ได้อย่างถูกต้อง ทั้งขนาด และรูปแบบอักษร การเว้นช่องไฟ การเว้นขอบกระดาษ การเว้นระยะพิมพ์ ให้ได้ระยะที่เหมาะสมตามหลักสากล |
| **การส่งงาน**  ส่งเป็นไฟล์ .zip ด้วยชื่อ FRA231\_aa\_bb\_cc\_LABX โดยที่ aa, bb, cc คือรหัสนักศึกษา 2 ตัวท้าย และ X คือ LAB ที่ ในไฟล์ zip จะต้องประกอบไปด้วย ไฟล์ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องในการทดลอง เช่น .slx , .mlx, .xlsx, .mat รวมถึงไฟล์รายงานที่เป็น .pdf โดยนักศึกษาสามารถสร้างไฟล์หรือเขียนโปรแกรมใน MATLAB ใด ๆ ขึ้นมาเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการทำการทดลองได้ และหากส่งด้วยชื่อที่ผิดจะไม่ทำการตรวจให้ ส่งงานใน XXX | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **DC Motor with WCS1700 Hall Current Sensor** | | |
| **ผลการเรียนรู้ย่อย**   * หลักการทำงานของ DC Motor * การอ่านความเร็วมอเตอร์จากค่าตำแหน่งที่ Wrap-around ด้วยการ Unwrap ได้ส่วนประกอบของ 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-Though 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 และความสามารถของ 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 * นักศึกษาต้องสามารถอธิบายหลักการทำงาน 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 วิธีจัดการข้อมูลที่ได้มา จัดการอย่างไร รวมถึงหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้จริง กับแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจาก Hall Current Sensor และอธิบายกระบวนการการ Unwrap ค่า * นักศึกษาต้องสามารถเขียนโปรแกรม โดยประยุกต์ใช้ MATLAB และ Simulink ในการสั่งการหรือรับค่า ร่วมกับบอร์ด Nucleo STM32G474RE โดยใช้สัญญาณจาก Incremental Encoder, Hall Current Sensor เป็น Input และ และแสดงสัญญาณ 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 | **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 และแสดงสัญญาณ 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 | | |
| **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  **3. Stepper Motor Driver**  M0 -> PB15  M1 -> PB14  M2 -> PB13  EN -> PB1  DIR -> PB2  STEP -> PC8 | | **MotorXplorer**  เสร็จแล้วแต่ไม่ได้ใส่รูป |
| **ไฟล์ที่แนบมาด้วย**  Control\_example.slx | | |

|  |  |
| --- | --- |
| **การทดลองที่ 3 Brushless DC Motor** | |
| **ผลการเรียนรู้หลัก**   * Brushless DC Motor | **การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้หลัก**   * นักศึกษาต้องสามารถออกแบบการทดลองโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการ สืบเสาะพฤติกรรม ปรากฎการณ์ ทดลอง บันทึกผลการทดลอง สรุปผล และอภิปรายผลการทดลอง เข้าใจหลักการทำงานของเซ็นเซอร์ และอุปกรณ์ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องได้ ตลอดจนใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ สถิติ และศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรม MATLAB เพื่อเก็บผลการทดลอง วิเคราะห์ผลการทดลอง วิเคราะห์ความเที่ยงตรง ความแม่นยำ ได้อย่างถูกต้อง และมีเหตุผลรองรับ ตรวจสอบความถูกต้องเทียบกับทฤษฎีที่น่าเชื่อถือ * นักศึกษาต้องสามารถอธิบายความสามารถในการรับรู้ปริมาณทางฟิสิกส์ของเซ็นเซอร์ทั้งหมดตั้งแต่ต้นจนจบกระบวนการได้ เช่น การอธิบายการวัดความเร็วของ Brushless DC Motor จาก Hall Sensor (จากคลื่นสัญญาณไฟฟ้าแปลงเป็นความเร็วได้อย่างไร) * นักศึกษาต้องสามารถกำหนด ตัวแปรในการทดลองได้อย่างถูกต้องและสมเหตุสมผล ไม่ว่าจะเป็น ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุม อธิบายจุดประสงค์การทดลอง อธิบายสมมติฐานให้สอดคล้องกับตัวแปรที่กำหนด นิยามเชิงปฏิบัติการ และมีทฤษฏีที่น่าเชื่อถือรองรับ เช่น ทฤษฏีทางฟิสิกส์ หรือข้อมูลจาก Datasheet * นักศึกษาต้องสามารถออกแบบวิธีการทดลองเพื่อหาคำตอบ ให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ย่อยทั้งหมดได้ด้วยตนเองอย่างถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ รวมทั้ง บันทึกผล สรุปผล อภิปรายผล ตามข้อมูลที่บันทึกได้จริง มีกระบวนการทำซ้ำ อธิบายที่มาของผลการทดลองนั้นได้ โดยใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ ไฟล์ Simulink, mlx ฯลฯ และชุดการทดลองพร้อมบอร์ด Microcontroller ที่ TA จัดเตรียมให้เบื้องต้น * นักศึกษาต้องสามารถเขียนรายงาน สัญลักษณ์ และสมการทางวิทยาศาสตร์ ได้อย่างถูกต้อง ทั้งขนาด และรูปแบบอักษร การเว้นช่องไฟ การเว้นขอบกระดาษ การเว้นระยะพิมพ์ ให้ได้ระยะที่เหมาะสมตามหลักสากล |
| **การส่งงาน**  ส่งเป็นไฟล์ .zip ด้วยชื่อ FRA231\_aa\_bb\_cc\_LABX โดยที่ aa, bb, cc คือรหัสนักศึกษา 2 ตัวท้าย และ X คือ LAB ที่ ในไฟล์ zip จะต้องประกอบไปด้วย ไฟล์ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องในการทดลอง เช่น .slx , .mlx, .xlsx, .mat รวมถึงไฟล์รายงานที่เป็น .pdf โดยนักศึกษาสามารถสร้างไฟล์หรือเขียนโปรแกรมใน MATLAB ใด ๆ ขึ้นมาเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการทำการทดลองได้ และหากส่งด้วยชื่อที่ผิดจะไม่ทำการตรวจให้ ส่งงานใน XXX | |

|  |  |
| --- | --- |
| **Brushless DC Motor** | |
| **ผลการเรียนรู้ย่อย**   * หลักการทำงานของการควบคุม Brushless DC Motor * Sensorless Control และ Sensor-based Control * BLCD Motor Control Techniques   + Trapezoidal   + Field Oriented Control (FOC) * ความแตกต่างของการควบคุม 6-Step Control และ FOC โดยเน้นถึงความแตกต่างในวิธีการเปลี่ยนและจัดการกับ Vector ของกระแสไฟฟ้า ผ่านการอธิบายด้วย Space Vector Modulation (SVM) * ความแตกต่างระหว่าง Trapezoidal และ Sinusoidal * ความสัมพันธ์ระหว่าง 6-Step Control และ PWM * ความสัมพันธ์ระหว่าง PWM และ Frequency Output (Back EMF และ Hall Sensor) * ความแตกต่างระหว่าง Feedback จาก Back EMF และ Hall Sensor * การจัดการกับ Feedback ของ Sensorless Control เพื่อหาตำแหน่งเทียบกับ Feedback ของ Sensor-based Control บน ESC และ MCU   + Op-Amp   + Zero Crossing * การหาความเร็วจาก Feedback ของ Trapezoidal Control | **การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ย่อย**   * นักศึกษาต้องทำตามการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้หลัก * นักศึกษาต้องสามารถอธิบายหลักการทำงานของ Brushless DC Motor ได้ * นักศึกษาต้องเข้าใจวิธีการตั้งค่า Motor ในโปรแกรม Motor Workbench 6.3.2 * นักศึกษาต้องเข้าใจวิธีการตั้งค่า PWM Generation Frequency และ Speed Sensing * นักศึกษาต้องเข้าใจ Electrical parameters, Mechanical parameters, และ Motor magnetic structure ของ BLDC Motor * นักศึกษาต้องเข้าใจ BLDC motor control types ทั้งในรูปแบบ Sensorless Control และ Sensor-based Control * นักศึกษาต้องเข้าใจและอธิบายกราฟสัญญาณของ BLDC Motor ทั้ง 3 Phases จากพฤติกรรมที่สังเกตว่ามาจากควบคุมแบบไหน และสาเหตุที่กราฟมีลักษณะเช่นนี้โดยละเอียด และวิเคราะห์โดยใช้ผลการเรียนรู้ย่อยที่เกี่ยวข้องมาอธิบายและอภิปรายในผลการทดลอง ครอบคลุมถึง   + Brushless DC (BLDC) Motor   + Trapezoidal Back EMF   + Permanent Magnet Synchronous Machine (PMSM)   + Trapezoidal Control   + Field-Oriented Control (FOC)   + Pulse Width Modulation (PWM)   + Commutation Logic   + Six-Step Commutation   + Space Vector Modulation (SVM)   + Sensorless Control   + Hall Effect Sensors   โดยสามารถนำผลการทดลองไปเปรียบเทียบกับพฤติกรรมการควบคุม PMSM แบบ FOC ด้วยการสืบค้นจากแหล่งข้อมูลภายนอก เช่น MATLAB   * นักศึกษาต้องเข้าใจวิธีการคำนวณหาความเร็วของ BLDC Motor จาก Frequency ของสัญญาณที่อ่านได้จาก Oscilloscope * นักศึกษาต้องเข้าใจวิธีการใช้งาน Oscilloscope 4 Channels ในการจับสัญญาณของ BLDC Motor ทั้ง 3 Phases |
| **อุปกรณ์การทดลอง**   1. BLDC Motor จำนวน 1 อัน 2. STMICROELECTRONICS X-NUCLEO-IHM08M1จำนวน 1 อัน 3. Nucleo STM32G474RE พร้อมสายอัปโหลด จำนวน 1 ชุด 4. BLDCXplorer จำนวน 1 ชุด - ฐานสามารถบรรจุบอร์ดควบคุม, Breadboard, 3D-Print ใช้สำหรับการประกอบกับ BLDC Motor | |

|  |  |
| --- | --- |
| **วงจรที่ใช้ในการทดลอง**  **----** | **MotorXplorer**  เสร็จแล้วแต่ไม่ได้ใส่รูป |
| **ไฟล์ที่แนบมาด้วย**  Control\_example.slx | |