

ชื่อ

นาย ศุภสกร วรอุไร 66340500056

นาย จิตรภณ ทฐิธรรมเจริญ 66340500072

นาย ธัญนพ ศรีวานิช 66340500073

บทที่ 1

บทนำ

1.1 วัตถุประสงค์

1.1.1 ตอบสนองต่อการหมุนและสัญญาณที่ได้เปลี่ยนแปลงไปตามการหมุนและความเร็วการหมุนที่แตกต่างกันเพื่ออธิบายหลักการทำงานและศึกษาความแตกต่างของ Incremental Encoder ทั้งสองแบบ โดยให้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีที่เซ็นเซอร์

1.1.2 เพื่ออธิบายลักษณะของสัญญาณของ Incremental Encoder เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางการหมุนรวมไปถึงความเร็วในการหมุน พร้อมกับแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างระยะการหมุน, ทิศทางการหมุนและความเร็วการหมุนของเซ็นเซอร์และค่าของสัญญาณไฟฟ้า อยู่ในรูปของ มุมเรเดียน และความเร็วเชิงมุม รวมไปถึงการอ่านตำแหน่งเชิงมุมและความเร็วเชิงมุม แบบ Unwrap-Around

1.1.3 เพื่อหา Pulse Per Rotation (PPR) และ Resolution ของ Incremental Encoder แต่ละแบบ

1.1.4 เพื่ออธิบายค่าที่ได้ในแต่ละโหมดของ Incremental Encoder จาก QEI และ Polling method พร้อมทั้งอธิบายความแตกต่างของทั้งสองวิธี

1.1.5 เพื่อสาธิตการเขียนโปรแกรมโดยใช้ MATLAB และ Simulink ในการเชื่อมต่อกับบอร์ด Nucleo STM32G474RE เพื่อนำสัญญาณจาก Incremental Encoder เป็น Input และแสดงผลแบบ Real-Time ผ่าน Data Inspector ในรูปแบบกราฟ รวมถึงการแสดง Raw Signal, Angular Position และ Angular Velocity ในหน่วย SI และการทำ Home Configuration สำหรับ Encoder ด้วย

1.2 สมมติฐาน

1.2.1 เมื่อหมุน Incremental Encoder ทั้งสองแบบให้ครบหนึ่งรอบ จากนั้นทำการสังเกตข้อมูลที่ได้จากการอ่าน Mode X1 โดยไม่เกิดการ Wrap Around ก็จะได้ PPR และ Resolution ของ Incremental Encoder นั้นมา

1.2.2 เมื่อหมุน Incremental Encoder ทั้งสองแบบ ทั้งสองทิศทาง ตำแหน่งเชิงมุมจะเพิ่มขึ้นและลดลงตามทิศทางการหมุน รวมไปถึงความเร็วเชิงมุมจะเพิ่มขึ้นในช่วงที่มีการหมุนและลดลงในช่วงที่มีการหมุนในทิศทางตรงกันข้าม

1.2.3 Mode ในการอ่าน Incremental Encoder ทั้ง 3 Mode ได้แก่ X1, X2 และ X4 จะได้ค่าการนับไม่เท่ากัน

1.2.4 วิธีการอ่านแบบ QEI และ Polling จะให้ค่าการนับของทุก Mode เท่ากันเสมอ

1.2.5 เมื่อทำการใช้คำสั่ง Home Configuration ทำที่อ่านได้ทั้งหมดจะต้องไปเริ่มต้นที่ศูนย์ทันที

1.2.6 การประมวลผลข้อมูลจาก Incremental Encoder แบบเรียลไทม์โดยใช้ซอฟต์แวร์ MATLAB และ Simulink สามารถทำได้สำเร็จ โดยการเชื่อมต่อกับบอร์ด NUCLEO-G474RE และการแสดงค่าของสัญญาณในรูปแบบกราฟผ่าน Data Inspector จะสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณแรงดันไฟฟ้าอย่างถูกต้องตามเวลาจริง

1.3 ตัวแปร

1.3.1 ตัวแปรต้น

- ระยะและความเร็วในการหมุน Incremental Encoder ทั้ง 2 แบบ
- วิธีการอ่านข้อมูล แบบ QEI และ Polling Method

1.3.2 ตัวแปรตาม

- สัญญาณทางไฟฟ้าที่ได้จาก Incremental Encoder ซึ่งแปรผันตามระยะการหมุนและทิศทางการหมุน
- ตำแหน่งเชิงมุมที่ได้จากการคำนวณข้อมูล Unwrap Around ซึ่งแปรผันตามระยะการหมุนและทิศทางการหมุน
- ความเร็วเชิงมุมที่ได้จากการคำนวณข้อมูลจากตำแหน่งเชิงมุม ซึ่งแปรผันความเร็วในการหมุนและทิศทางการหมุน
- Raw Signal สัญญาณดิบที่ถูกส่งออกจากเซ็นเซอร์และยังไม่ได้ผ่านการประมวลผล ของ Incremental Encoder ทั้ง 2 แบบ

1.3.3 ตัวแปรควบคุม

- แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้าสู่เซ็นเซอร์อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งมีผลต่อค่าแรงดันสัดส่วนที่ส่งออกจากเซ็นเซอร์
- อุณหภูมิที่คงที่ อุณหภูมิอาจมีผลต่อการทำงานของเซ็นเซอร์และวงจรต่าง ๆ ในการทดลอง
- ชนิดของเซ็นเซอร์: ใช้เซ็นเซอร์ชนิดเดียวกันในการทดลองเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สม่ำเสมอ

1.3.4 ตัวแปรแทรกซ้อน

- ความผิดพลาดในการวัด: ความไม่แม่นยำในการเก็บข้อมูลหรือการวัดสัญญาณ]

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.4.1 Incremental Encoder เซ็นเซอร์ที่มีแผ่นดิสที่มีช่องหลายช่องทั้งหมดสองแผ่นวางเหลื่อมกัน และมีเซ็นเซอร์แสงตรวจจับช่องว่างเหล่านั้น ทำให้เกิดเป็นสัญญาณ Digital สองสัญญาณที่มี Phase ต่างกัน 90 องศา

1.4.2 Mode X1, X2 และ X4 คือความละเอียดในการอ่านข้อมูล Incremental Encoder โดยข้อมูลที่ได้มาจะเรียกว่าจำนวนการนับ ซึ่งมาจากการนำ Pulse คูณกับ ความละเอียดในการอ่าน

1.4.3 QEI Method วิธีการค่าข้อมูล Incremental Encoder ซึ่งจะนำจำนวน Pulse คูณกับ ความละเอียดในการอ่านซึ่งความละเอียดในการนับขึ้นอยู่กับ Mode ที่ใช้ในการอ่าน

1.4.4 Polling Method วิธีการค่าข้อมูล Incremental Encoder ที่จะอ่านลำดับการทำงานของสัญญาณ Digital ขา A กับ B โดยที่ Mode X1 จะอ่านสัญญาณขอบขาขึ้นของสัญญาณใดสัญญาณหนึ่ง Mode X2 จะอ่านสัญญาณขอบขาขึ้นและสัญญาณขอบขาลงของสัญญาณใดสัญญาณหนึ่ง และ Mode X4 จะอ่านสัญญาณขอบขาขึ้นและสัญญาณขอบขาลงของทั้งสองสัญญาณ

1.4.5 NUCLEO-G474RE บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล STM32 ที่ใช้ในการประมวลผลสัญญาณจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ รวมถึงการควบคุมการทำงานของระบบผ่านการเขียนโปรแกรม

1.4.6 MATLAB และ Simulink ซอฟต์แวร์สำหรับการคำนวณเชิงตัวเลขและการจำลองระบบ MATLAB ใช้ในการเขียนโปรแกรมและประมวลผลข้อมูล ในขณะที่ Simulink ใช้สำหรับการจำลองแบบกราฟิกในการวิเคราะห์และควบคุมระบบแบบเรียลไทม์

1.4.7 Raw Signal สัญญาณดิบที่ได้รับจากเซ็นเซอร์ก่อนที่จะถูกประมวลผลหรือแปลงให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถใช้งานได้ ข้อมูลดิบนี้มักจะถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อใช้ในขั้นตอนถัดไป

1.4.8 Data Inspector เครื่องมือใน Simulink ที่ใช้สำหรับแสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูลที่ถูกบันทึกจากการจำลองระบบ โดยแสดงข้อมูลในรูปแบบกราฟหรือตารางเพื่อช่วยให้ผู้ใช้ตรวจสอบการทำงานของระบบแบบเรียลไทม์

1.4.9 SI Derived Units (SI) หน่วยอนุพันธ์ในระบบหน่วยสากล

1.5 นิยามเชิงปฏิบัติการ

1.5.1 Incremental Encoder: ในการทดลองนี้ หมายถึงเซ็นเซอร์ที่มีแผ่นดิสก์ที่มีช่องหลายช่องทั้งหมดสองแผ่นวางเหลื่อมกัน และมีเซ็นเซอร์แสงตรวจจับช่องว่างเหล่านั้น ทำให้เกิดเป็นสัญญาณ Digital สองสัญญาณที่มี Phase ต่างกัน 90 องศา เซ็นเซอร์นี้จะต่อกับบอร์ด Nucleo STM32G474RE เพื่ออ่านค่าและแสดงผล

1.5.2 Mode X1, X2 และ X4: ในการทดลองนี้ หมายถึงคือความละเอียดในการอ่านข้อมูล Incremental Encoder โดยข้อมูลที่ได้อ่านจะเรียกว่าจำนวนการนับ ซึ่งมาจากการนำ Pulse คูณกับ ความละเอียดในการอ่าน

1.5.3 QEI Method: ในการทดลองนี้ วิธีการค่าข้อมูล Incremental Encoder ซึ่งจะนำจำนวน Pulse คูณกับความละเอียดในการอ่านซึ่งความละเอียดในการนับขึ้นอยู่กับ Mode ที่ใช้ในการอ่าน

1.5.4 Polling Method: ในการทดลองนี้ หมายถึงวิธีการค่าข้อมูล Incremental Encoder ที่จะอ่านลำดับการทำงานของสัญญาณ Digital ขา A กับ B โดยที่ Mode X1 จะอ่านสัญญาณขอบขาขึ้นของสัญญาณใดสัญญาณหนึ่ง Mode

X2 จะอ่านสัญญาณขอบขาขึ้นและสัญญาณขอบข้างของสัญญาณใดสัญญาณหนึ่ง และ Mode X4 จะอ่านสัญญาณขอบขาขึ้นและสัญญาณขอบข้างของทั้งสองสัญญาณ

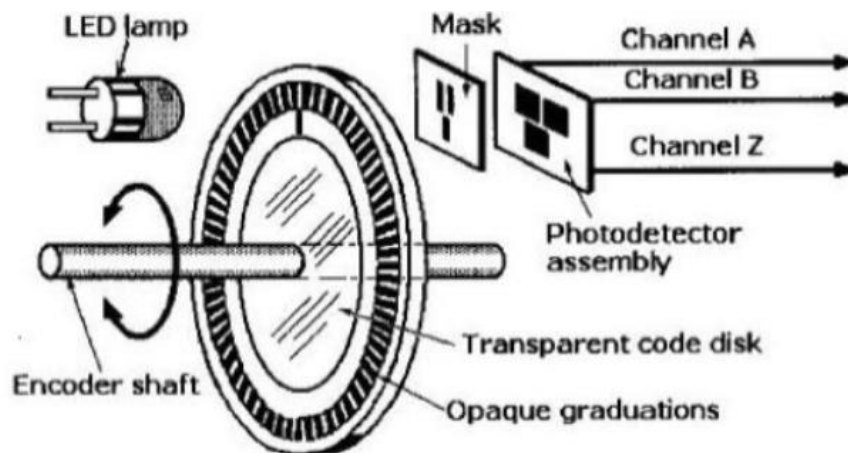
1.5.5 MATLAB และ Simulink: ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมและจำลองการทำงานของเซ็นเซอร์ ในการทดลองนี้ จะใช้ MATLAB และ Simulink เพื่อแสดงผลกราฟและวิเคราะห์ข้อมูลจากเซ็นเซอร์แบบเรียลไทม์

บทที่ 2

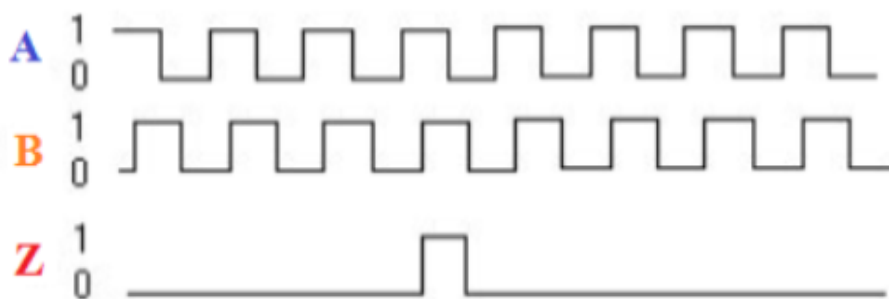
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 Incremental Encoder

Incremental Encoder เป็นเซนเซอร์ที่จะประกอบด้วย จานหมุน และอุปกรณ์ตรวจจับ โดยจานหมุนจะมีช่องเล็ก ๆ เมื่อเพลลาของมอเตอร์หมุนจะทำให้จานหมุนไปตัดลำแสงของเซ็นเซอร์แสง ทำให้ชุดรับแสงได้รับสัญญาณเป็นช่วงๆ จึงทำให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นสัญญาณ Pulse Per Rotation (PPR)



รูปที่ 1 Incremental Encoder



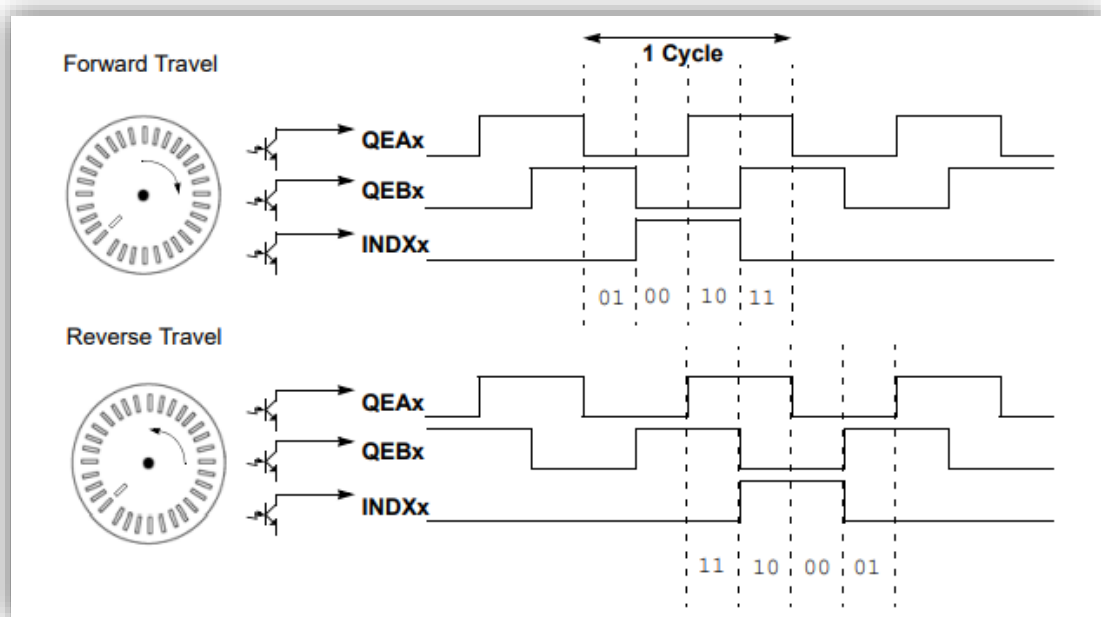
รูปที่ 2 สัญญาณจาก Incremental Encoder

หลักการเมื่อมีการหมุนของแกนเพลลา จะทำให้มีสัญญาณเอาต์พุตที่เป็นสัญญาณ Square wave มี 3 Tracks คือ A , B , Z โดยจะสัมพันธ์กับระยะการเคลื่อนที่และตำแหน่งสัญญาณส่งออกของ Encoder A และ B มีมุมที่ห่างกัน 90

องศา ทางไฟฟ้า ส่วน Z จะมีสัญญาณ 1 Pulse ต่อ 1 รอบ หรือบางตัวจะเป็น Pulse แบบ Invert เช่น A- , B- , Z- ซึ่งเป็นสัญญาณที่กลับ Phase กัน 90 องศา เพื่อเช็คทิศทางการหมุนของมอเตอร์ เป็นต้น

2.2 Quadrature Encoder Interface (QEI)

Quadrature Encoder Interface (QEI) ดูป็นการอ่านค่าสัญญาณที่สร้างโดยตัว Encoder สามารถมีสี่สถานะเฉพาะ (01, 00, 10 และ 11) ซึ่งสะท้อนความสัมพันธ์ระหว่าง Phase A (QEAx) และ Phase B (QEBx)



รูปที่ 3 Quadrature Encoder Interface (QEI)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 วิธีดำเนินการทดลอง

3.1.1 วัสดุอุปกรณ์

3.1.1.1 Incremental Encoder AMT103-V จำนวน 1 อัน

3.1.1.2 BOURNS PEC11R-4220F-N0024 จำนวน 1 อัน

3.1.1.3 NUCLEO-G474RE พร้อมสายอัปโหลด จำนวน 1 ชุด

3.1.1.4 EncoderXplorer จำนวน 1 ชุด - ฐานสามารถบรรจุบอร์ดควบคุม, Breadboard, Potentiometer, 3D-Print ใช้สำหรับการวัดมุมการหมุนของ Potentiometer ลักษณะคล้าย ไมโครแทกเตอร์

3.1.1.5 สายจัมเปอร์ นักศึกษาหยิบได้ในกล่องสายไฟรีไซเคิล ห้อง 501 ภายในคาบเรียน

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2.1 ทำการเตรียมอุปกรณ์

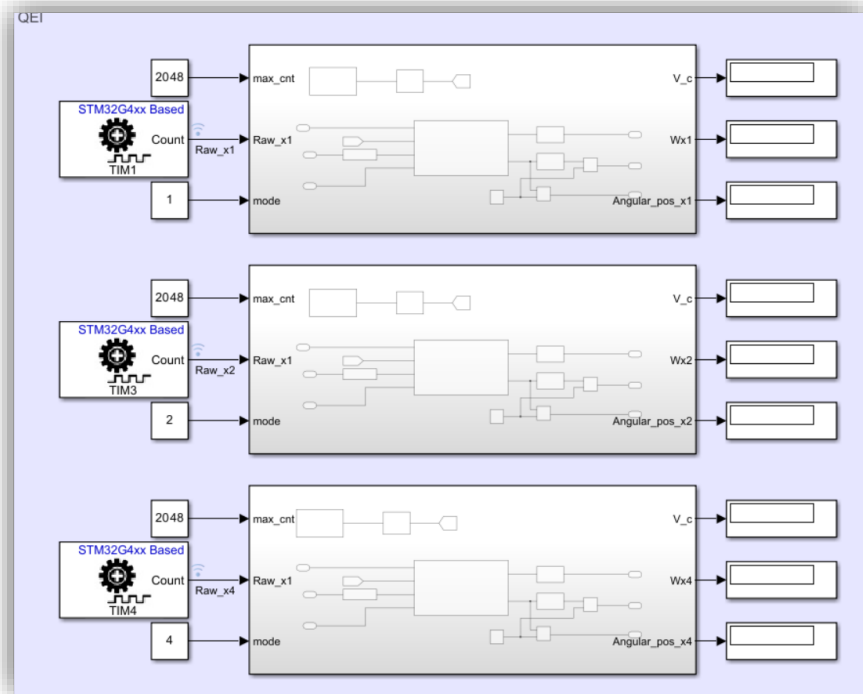
3.2.1.1 บอร์ด NUCLEO-G474RE เปลี่ยนโหมดรับแหล่งพลังงานเป็น E5V

3.2.1.2 ติดตั้งบอร์ด Nucleo STM32G474RE เข้ากับ EncoderXplorer

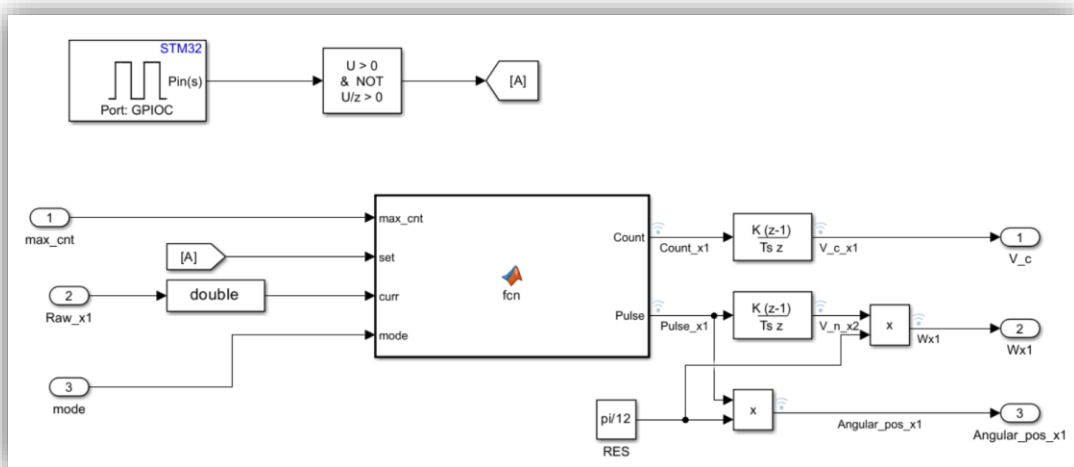
3.2.1.3 เชื่อมต่อ Incremental Encoder ทั้ง 2 แบบ โดย V ต่อกับ 3.3 V, G ต่อกับ GND, A ต่อกับ Pin PA8, PA6, PA11 และ PB4 และ B ต่อกับ Pin PA9, PA7, PA12 และ PB5

3.2.2 การเตรียมระบบใน Simulink

ทำการสร้างระบบสำหรับการอ่านจำนวนการนับโดยใช้ QEI และ Polling Method, คำนวณ Pulse , Unwrap Around, Angular Position, Angular Velocity และ Homing Configuration



รูปที่ 4 ระบบการอ่านข้อมูลแบบ QEI ทั้ง 3 Mode



รูปที่ 5 ระบบภายในการอ่านข้อมูลแบบ QEI

ส่วนนี้คือระบบภายใน Subsystem ของทั้ง 3 Mode

```
function [Count,Pulse] = fcn(max_cnt,set,curr,mode)
    persistent prev;
    persistent Homing;
    persistent pos;

    if isempty(prev)
        prev = curr;
        Homing = 0;
        pos = 0;
    end

    Delta = curr - prev;

    if Delta <= -1*(max_cnt/2)
        Delta = Delta + max_cnt + 1;
    elseif Delta >= max_cnt/2
        Delta = Delta - max_cnt - 1;
    end

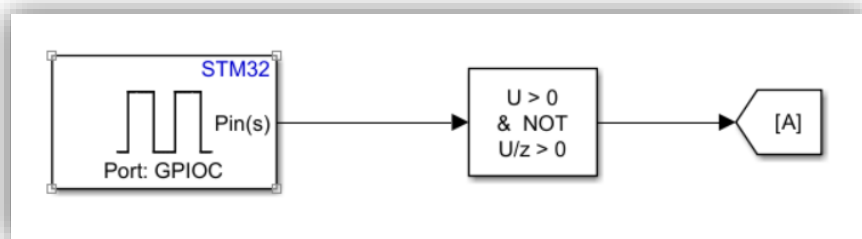
    if set
        Homing = pos;
    end

    pos = pos + Delta;
    Count = pos - Homing;
    prev = curr;

    Pulse = Count/mode;

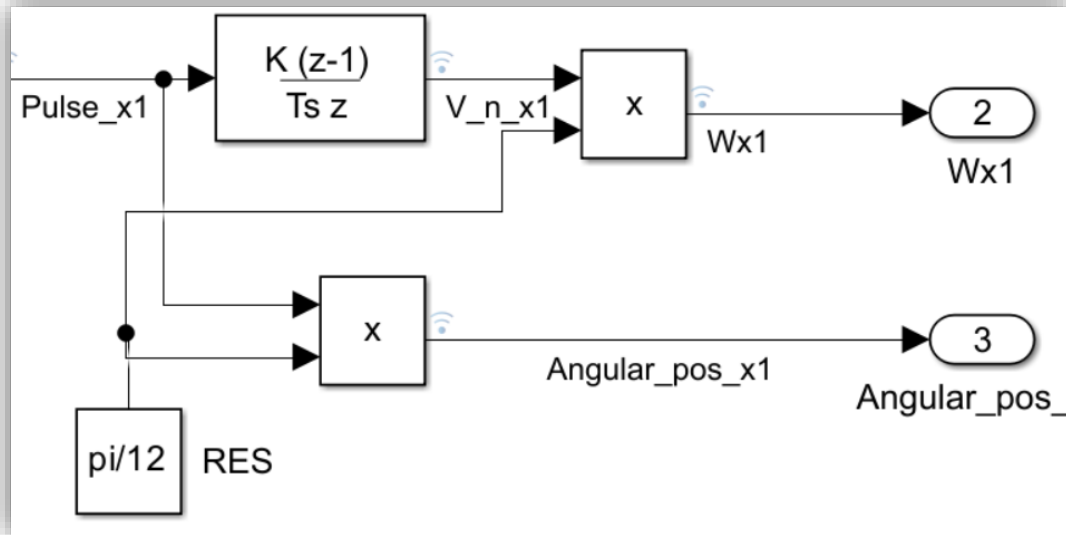
end
```

รูปที่ 6 ฟังก์ชัน Unwrap Around ,คำนวณ Pulse และ Homing Configuration



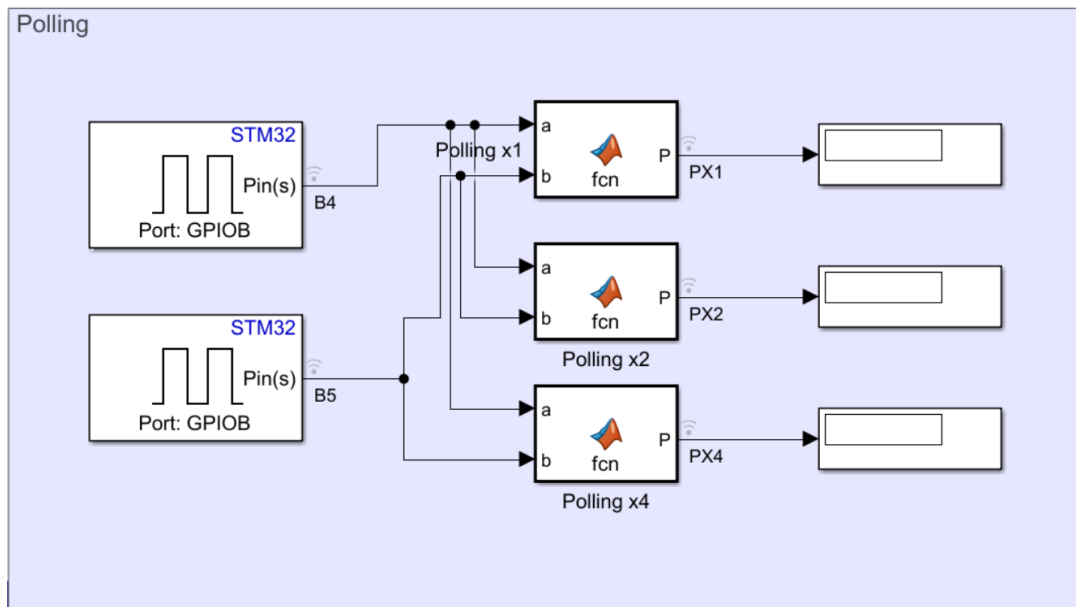
รูปที่ 7 ระบบสั่งการ Homing Configuration

ส่วนนี้คือระบบ Unwrap Around ,คำนวณ Pulse และ Homing Configuration ในฟังก์ชันเดียวกันโดย Homing Configuration จะมีการทำงานร่วมกับปุ่มกดสี่ฟ้านบนบอร์ด



รูปที่ 8 ส่วนการคำนวณ Angular Position และ Angular Velocity

ส่วนนี้คือส่วนการคำนวณ Angular Position และ Angular Velocity



รูปที่ 9 ระบบการอ่านข้อมูลแบบ Polling ทั้ง 3 Mode

ระบบส่วนนี้คือระบบสำหรับแสดงค่าจำนวนการนับแบบ Polling ทั้ง 3 Mode

```

function P = fcn(a,b)
    persistent pos;
    persistent trig;
    if isempty(trig)
        trig = 1;
        pos = 0;
    end
    if a-b == -1 && trig
        pos = pos + 1;
        trig = 0;
    elseif a-b == 1 && trig
        pos = pos - 1;
        trig = 0;
    end

    if a == 1 && b == 1
        trig = 1;
    end
    P = pos;
end

```

รูปที่ 10 Polling X1

```

function P = fcn(a,b)
    persistent pos;
    persistent trig;
    if isempty(trig)
        trig = 1;
        pos = 0;
    end
    if a-b == -1 && trig
        pos = pos + 1;
        trig = 2;
    elseif a-b == 1 && trig
        pos = pos - 1;
        trig = 2;
    end

    if a == 0 && b == 0
        trig = 0;
    end

    if a-b == 1 && trig == 0
        pos = pos + 1;
        trig = -1;
    elseif a-b == -1 && trig == 0
        pos = pos - 1;
        trig = -1;
    end

    if a == 1 && b == 1
        trig = 1;
    end
    P = pos;
end

```

รูปที่ 11 Polling X2

```

function P = fcn(a,b)
    persistent pos;
    persistent trigA;
    persistent trigB;
    if isempty(trigA)
        trigA = 1;
        trigB = 1;
        pos = 0;
    end
    if a-b == -1 && trigA
        pos = pos + 1;
        trigA = 2;
    elseif a-b == 1 && trigA
        pos = pos - 1;
        trigA = 2;
    end

    if a-b == -1 && trigA == 0
        pos = pos + 1;
        trigA = -1;
    elseif a-b == 1 && trigA == 0
        pos = pos - 1;
        trigA = -1;
    end

    if b-a == 1 && trigB
        pos = pos + 1;
        trigB = 2;
    elseif b-a == -1 && trigB
        pos = pos - 1;
        trigB = 2;
    end

    if b-a == 1 && trigB == 0
        pos = pos + 1;
        trigB = -1;
    elseif b-a == -1 && trigB == 0
        pos = pos - 1;
        trigB = -1;
    end

    if a == 0 && b == 0
        trigA = 0;
        trigB = 0;
    end

    if a == 1 && b == 1
        trigA = 1;
        trigB = 1;
    end
    P = pos;
end

```

รูปที่ 12 Polling X4

3.2.3 การทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน

3.2.3.1 ทดสอบการหา PPR โดยการหมุน Encoder หนึ่งรอบโดยค่าเริ่มต้นที่ได้จาก Incremental Encoder ทั้ง 2 แบบ จะต้องเริ่มต้นที่ศูนย์และระหว่างการหมุนให้ครบหนึ่งรอบจะต้องไม่เกิดการ Wrap Around

3.2.3.2 ทดสอบการใช้งานฟังก์ชัน Unwrap Around โดยการหมุน Incremental Encoder ทั้ง 2 แบบไปยังจุดต่ำสุดที่เกิดการ Wrap Around และจุดสูงสุดที่เกิดการ Wrap Around

3.2.3.3 ทดสอบการอ่านจำนวนการนับจาก Incremental Encoder ทั้งสองแบบ แบบละ 3 Mode

โดยทดสอบการอ่านทั้งแบบ QEI และ Polling เปรียบเทียบกันแบบ Real time

3.2.3.4 ทดสอบการใช้งานระบบการคำนวณ Angular Position ใน QEI โดยการหมุนไปในองศาต่างๆ ในทุกโหมดการอ่านค่า Mode X1, Mode X2 และ Mode X4

3.2.3.5 ทดสอบการใช้การ Homing Configuration ของ Incremental Encoder ทั้ง 2 แบบ

3.2.4 การแสดงผลและการวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลที่ได้ทำการบันทึกจากนั้นทำการแสดงผลโดยใช้ Data Inspector Simulink ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองทั้งหมด

3.2.5 การสรุปผล และจัดทำรายงาน สรุปผลการทดลองโดยเทียบกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ เขียนรายงานการทดลองรวมถึงข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลใน MATLAB และ Simulink ส่งรายงานสรุปผลการทดลอง

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

เพื่อที่สามารถทำการทดลองให้ได้สอดคล้องกับข้อมูล ผู้จัดทำได้ทำการเรียงลำดับการทดลองไว้ดังนี้

3.3.1 การทดลองหาค่า PPR ของ Incremental Encoder ทั้ง 2 แบบ

3.3.1.1 ทำการต่อสายข้อมูลเข้ากับ Incremental Encoder แบบที่ 1

3.3.1.2 หมุนเซนเซอร์ให้อยู่ที่ศูนย์องศา

3.3.1.3 ทำการเริ่มต้นระบบเก็บข้อมูล

3.3.1.4 ทำการหมุน Incremental Encoder ให้ครบหนึ่งรอบ

3.3.1.5 สังเกตและบันทึกผลข้อมูลที่ได้จาก Data Inspector

3.3.1.6 ทำการหยุดระบบเก็บข้อมูล

3.3.1.7 ทำการต่อสายข้อมูลเข้ากับ Incremental Encoder แบบที่ 2

3.3.1.8 ดำเนินการทดลองตั้งแต่ข้อที่ 2) ถึง 6)

3.3.2 การทดสอบการใช้ฟังก์ชัน Unwrap Around

3.3.2.1 ทำการต่อสายข้อมูลเข้ากับ Incremental Encoder แบบที่ 1

3.3.2.2 หมุนเซนเซอร์ให้อยู่ที่ศูนย์องศา

3.3.2.3 ทำการเริ่มต้นระบบเก็บข้อมูล

3.3.2.4 ทำการหมุน Incremental Encoder ให้ถึงจุดต่ำสุดที่เกิดการ Warp Around

3.3.2.5 ทำการหมุน Incremental Encoder ให้ถึงจุดสูงสุดที่เกิดการ Warp Around

3.3.2.6 สังเกตและบันทึกผลข้อมูลที่ได้จาก Data Inspector

3.3.2.7 ทำการหยุดระบบเก็บข้อมูล

3.3.2.8 ทำการต่อสายข้อมูลเข้ากับ Incremental Encoder แบบที่ 2

3.3.2.9 ดำเนินการทดลองตั้งแต่ข้อที่ 2) ถึง 7)

3.3.3 การทดลองการเปรียบเทียบการอ่านค่าจำนวนการนับของ QEI กับ Polling

3.3.3.1 ทำการต่อสายข้อมูลเข้ากับ Incremental Encoder แบบที่ 1

3.3.3.2 หมุนเซนเซอร์ให้อยู่ที่ศูนย์องศา

3.3.3.3 ทำการเริ่มต้นระบบเก็บข้อมูล

3.3.3.4 เปิดแสดงค่าจำนวนการนับของทั้งแบบ QEI และ Polling

3.3.3.5 เปรียบเทียบข้อมูลใน Mode X1

3.3.3.6 เปรียบเทียบข้อมูลใน Mode X2

3.3.3.7 เปรียบเทียบข้อมูลใน Mode X4

3.3.3.8 สังเกตและบันทึกผลข้อมูลที่ได้จาก Data Inspector

3.3.3.9 ทำการหยุดระบบเก็บข้อมูล

3.3.3.10 ทำการต่อสายข้อมูลเข้ากับ Incremental Encoder แบบที่ 2

3.3.3.11 ดำเนินการทดลองตั้งแต่ข้อที่ 2) ถึง 9)

3.3.4 การทดลองใช้งานระบบการคำนวณ Angular Position ใน QEI

3.3.4.1 ทำการต่อสายข้อมูลเข้ากับ Incremental Encoder แบบที่ 1

3.3.4.2 หมุนเซนเซอร์ให้อยู่ที่ศูนย์องศา

3.3.4.3 ทำการเริ่มต้นระบบเก็บข้อมูล

3.3.4.4 ทำการหมุน Incremental Encoder ทั้ง 4 ครั้ง ครั้งละ 90 องศา สังเกตและบันทึกผล
ข้อมูลที่ได้จาก Data Inspector ทุกครั้งที่หมุน

3.3.4.5 เปรียบเทียบข้อมูลใน Mode X1

3.3.4.6 เปรียบเทียบข้อมูลใน Mode X2

3.3.4.7 เปรียบเทียบข้อมูลใน Mode X4

3.3.4.8 ทำการหยุดระบบเก็บข้อมูล

3.3.4.9 ทำการต่อสายข้อมูลเข้ากับ Incremental Encoder แบบที่ 2

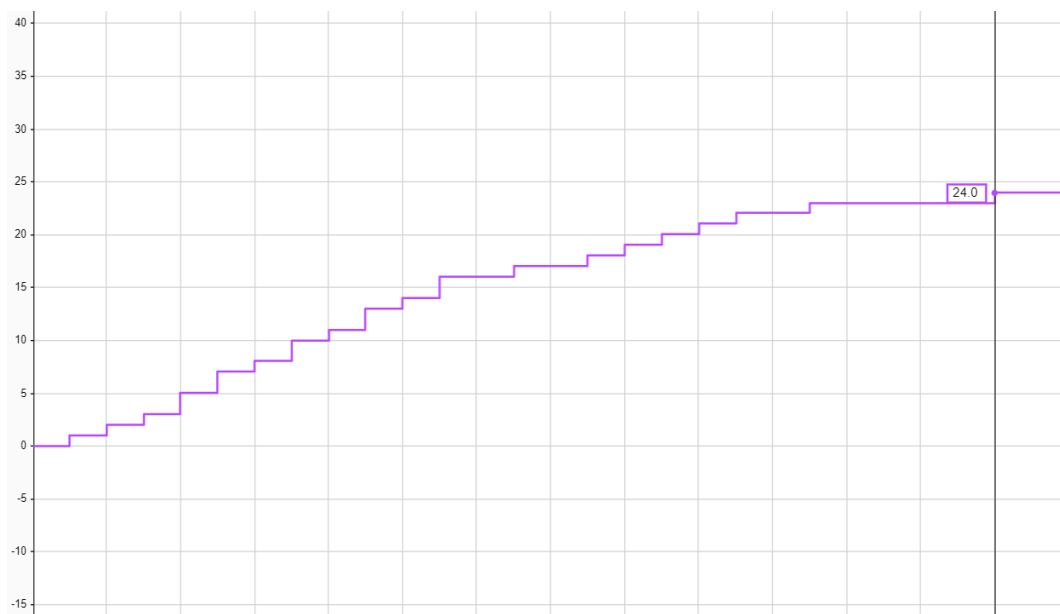
3.3.4.10 ดำเนินการทดลองตั้งแต่ข้อที่ 2) ถึง 9)

บทที่ 4

ผลการทดลอง

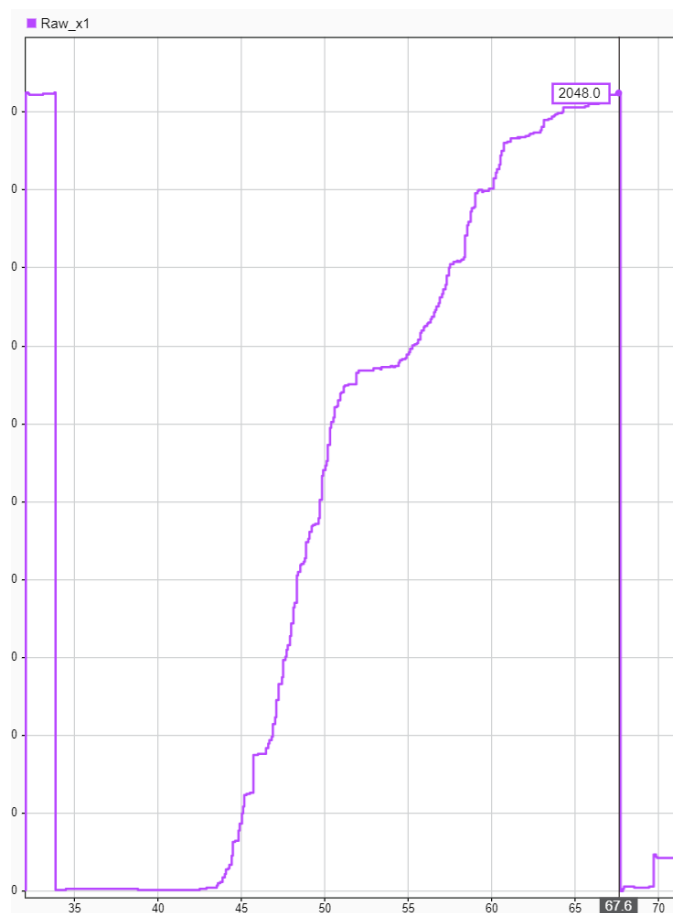
4.1 ผลการทดลองหาค่า PPR ของ Incremental Encoder ทั้ง 2 แบบ

4.1.1 ผลการทดลองหาค่า PPR ของ Incremental Encoder แบบที่ 1



รูปที่ 13 PPR ของ Incremental Encoder แบบที่ 1

4.1.2 ผลการทดลองหาค่า PPR ของ Incremental Encoder แบบที่ 2



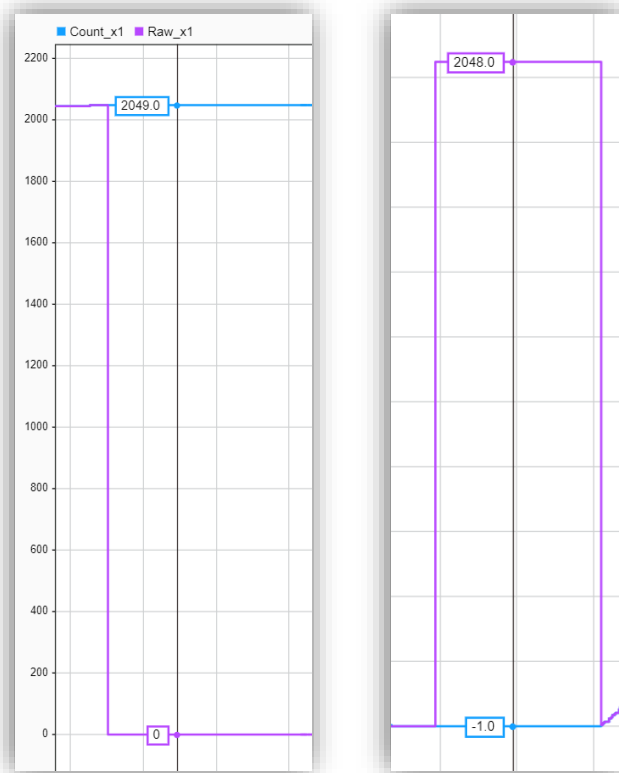
รูปที่ 14 PPR ของ Incremental Encoder แบบที่ 2

จากผลการทดลองพบว่า Incremental Potentiometer แบบที่ 1 มีค่าจำนวนการนับที่ได้จากการหมุนครบหนึ่งรอบ มีค่าจำนวนนับเท่ากับ 24 ส่วน Incremental Potentiometer แบบที่ 2 มีค่าจำนวนการนับที่ได้จากการหมุนครบหนึ่งรอบ มีค่าจำนวนนับเท่ากับ 2048

4.2 ผลการทดสอบของการใช้ฟังก์ชัน Unwrap Around

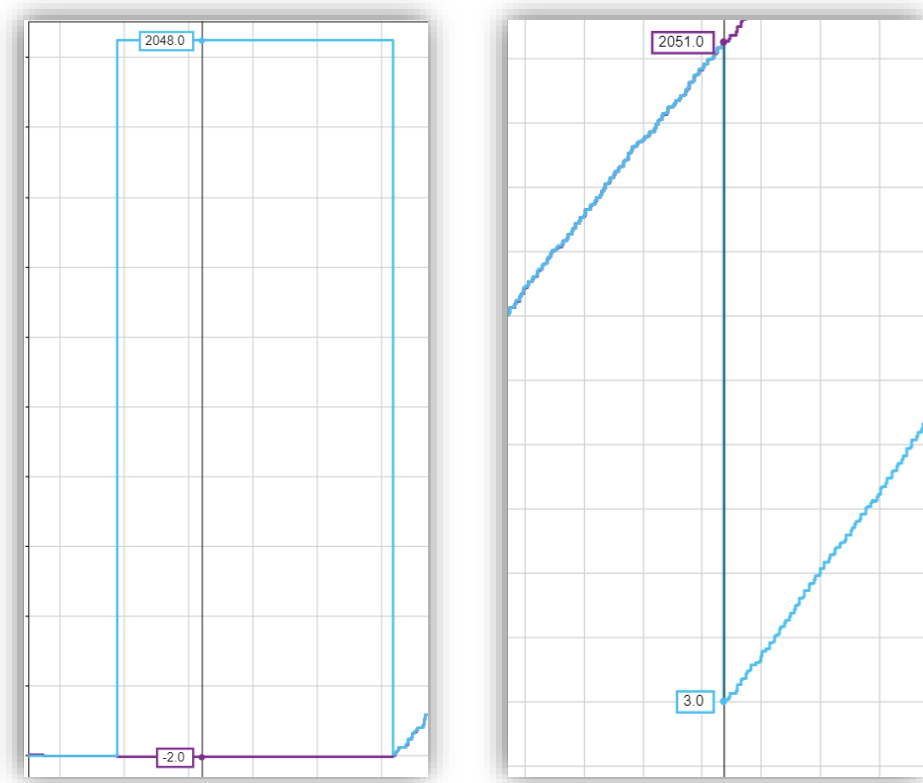
4.2.1 ผลการทดสอบของการใช้ฟังก์ชัน Unwrap Around ของ Incremental Encoder แบบที่ 1

- Mode X1



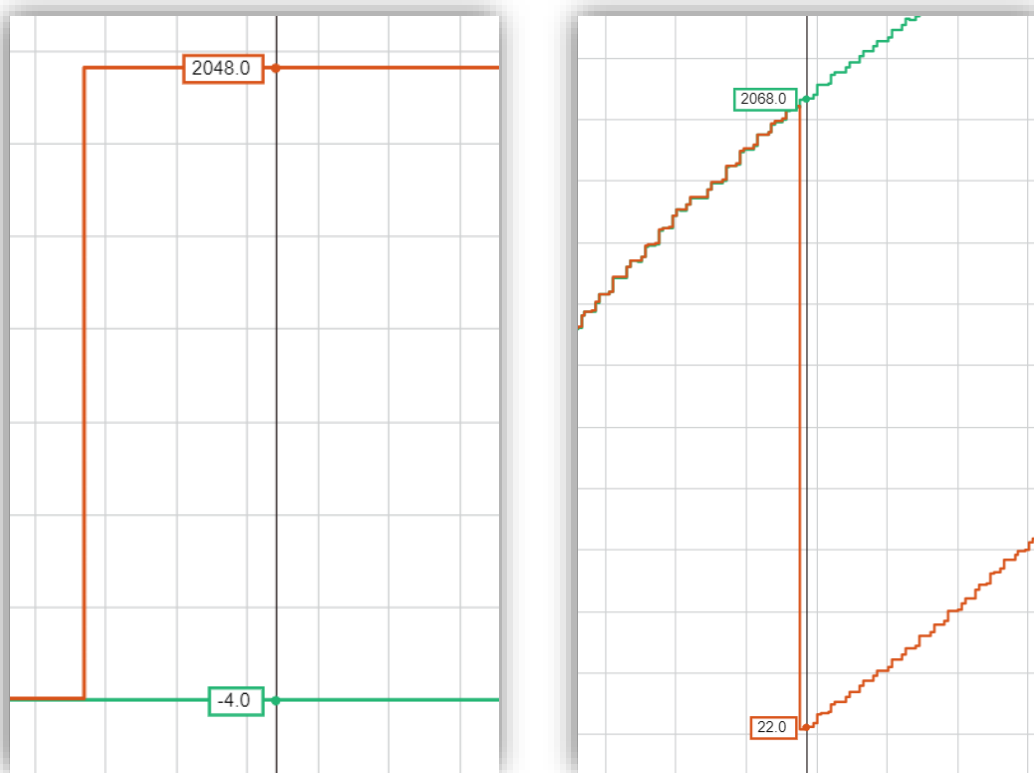
รูปที่ 15 Unwrap Around X1

- Mode X2



รูปที่ 16 Unwarp Around X2

- Mode X4

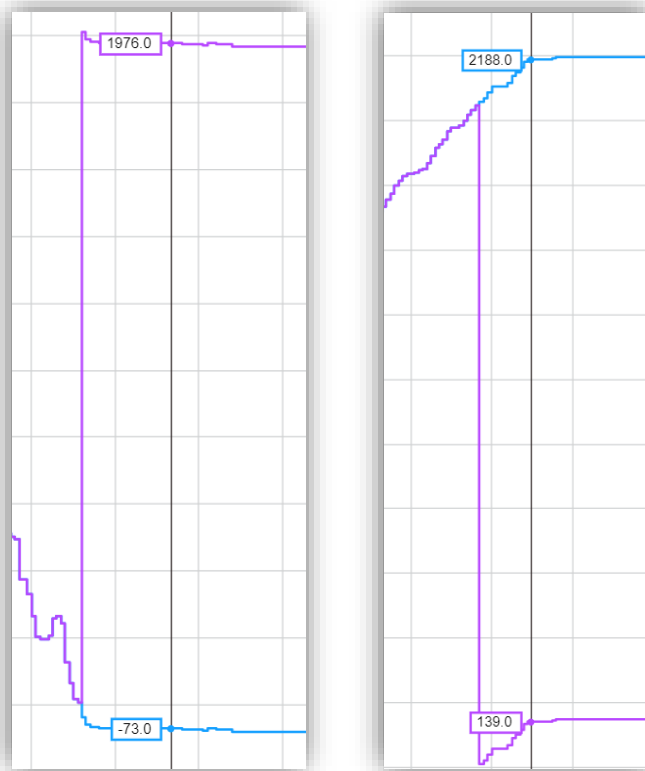


รูปที่ 17 Unwarp Around X4

จากผลการทดลองการใช้งานฟังก์ชัน Unwarp Around ของ Incremental Encoder แบบที่ 1 พบว่าเมื่อถึงจุดต่ำสุดที่เกิดการ Warp Around ค่าจำนวนการนับสามารถลดลงต่ำกว่าจุดต่ำสุดที่เกิดการ Warp Around และ เมื่อถึงจุดสูงสุดที่เกิดการ Warp Around ค่าจำนวนการนับสามารถขึ้นสูงกว่าจุดสูงสุดที่เกิดการ Warp Around ได้

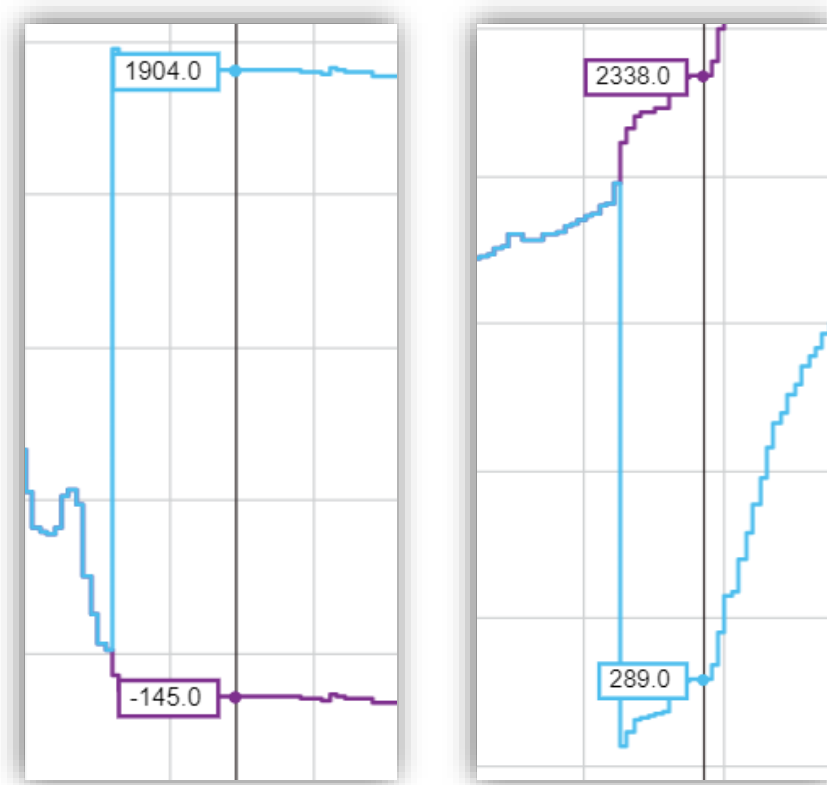
4.2.2 ผลการทดลองการใช้งานฟังก์ชัน Unwarp Around ของ Incremental Encoder แบบที่ 2

- Mode X1



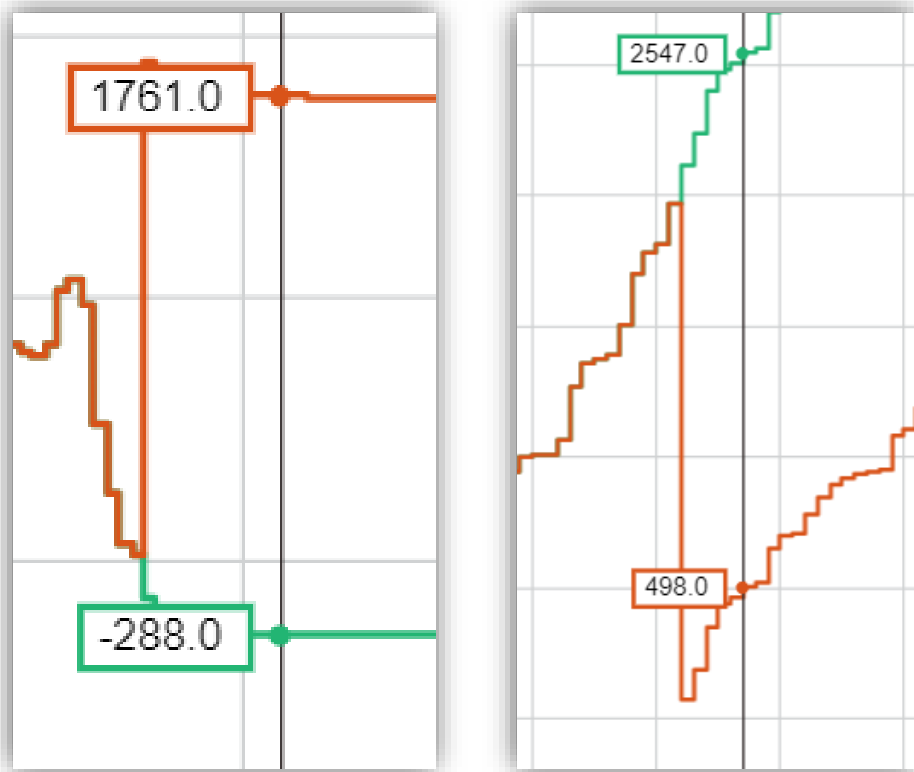
รูปที่ 18 Unwarp Around X_1

- Mode X2



รูปที่ 19 Unwarp Around X2

- Mode X4



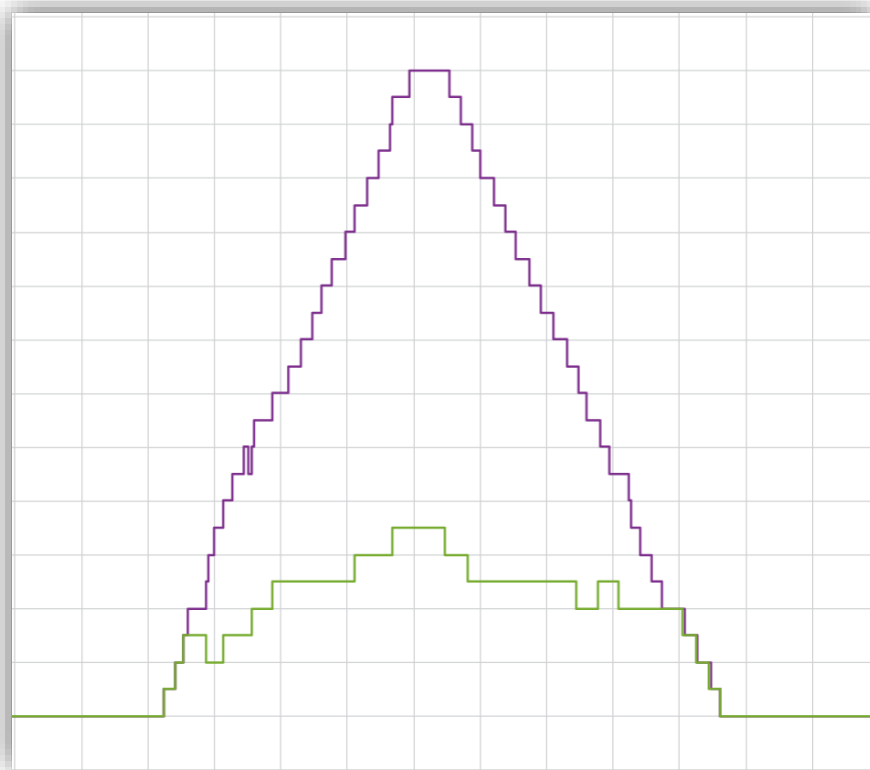
รูปที่ 20 Unwrap Around X4

จากผลการทดลองการใช้งานฟังก์ชัน Unwrap Around ของ Incremental Encoder แบบที่ 1 พบว่าเมื่อถึงจุดต่ำสุดที่เกิดการ Warp Around ค่าจำนวนการนับสามารถลดลงต่ำกว่าจุดต่ำสุดที่เกิดการ Warp Around และ เมื่อถึงจุดสูงสุดที่เกิดการ Warp Around ค่าจำนวนการนับสามารถขึ้นสูงกว่าจุดสูงสุดที่เกิดการ Warp Around ได้

4.3 ผลการทดลองการเปรียบเทียบการอ่านค่าจำนวนการนับของ QEI กับ Polling

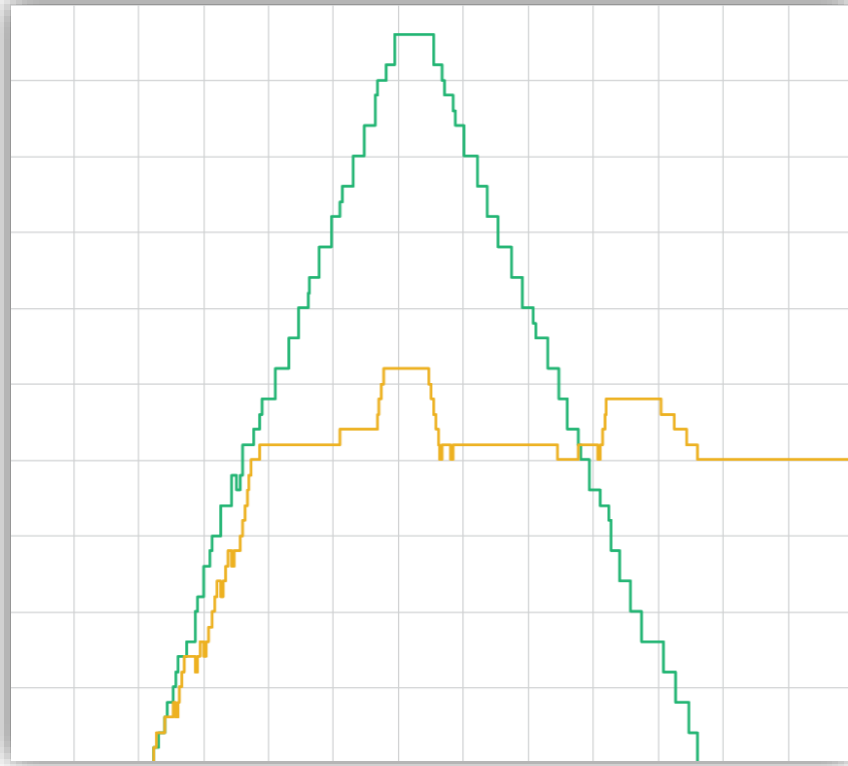
4.3.1 การทดลองการเปรียบเทียบการอ่านค่าจำนวนการนับของ QEI กับ Polling ของ Incremental Encoder แบบที่ 1

- Mode X1



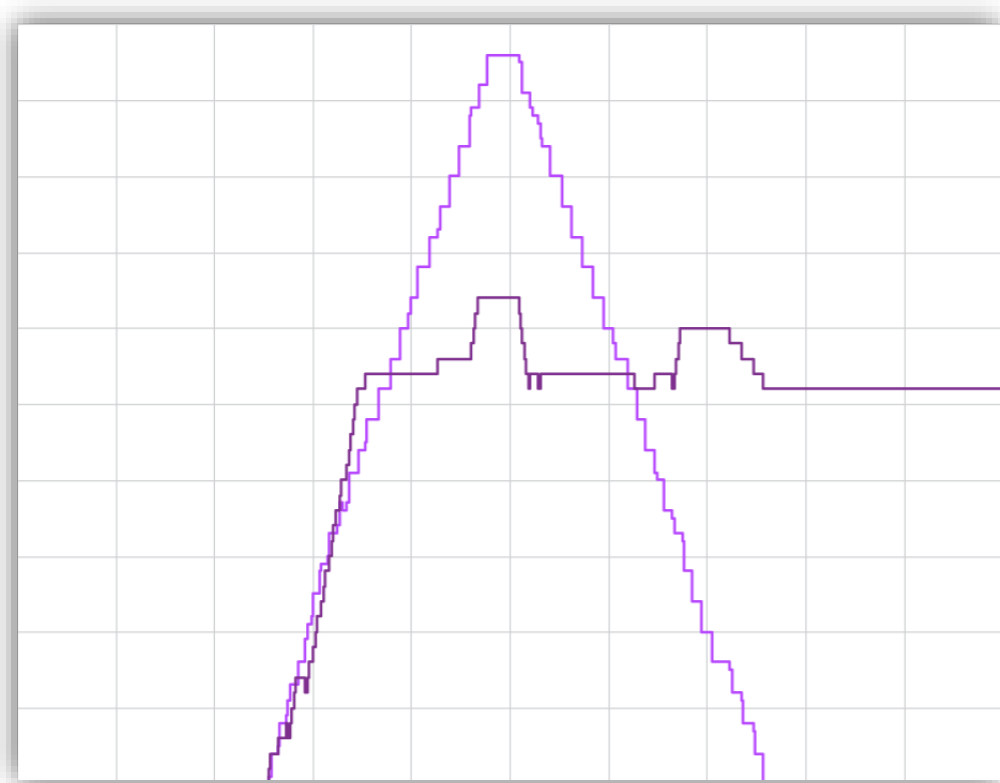
รูปที่ 21 QEI กับ Polling X1 ของ Incremental Encoder แบบที่ 1

- Mode X2



รูปที่ 22 QEI กับ Polling X2 ของ Incremental Encoder แบบที่ 1

- Mode X4

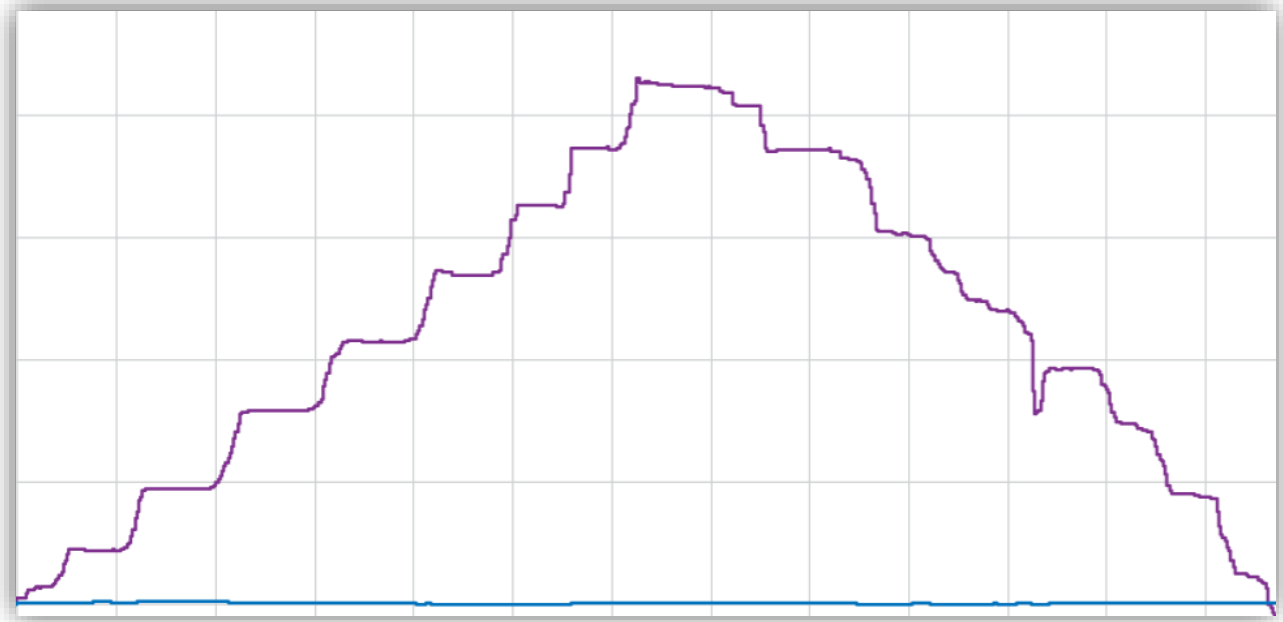


รูปที่ 23 QEI กับ Polling X4 ของ Incremental Encoder แบบที่ 1

จากผลการทดลองการเปรียบเทียบค่าจำนวนการนับจากการอ่านค่าแบบ QEI กับแบบ Polling พบว่า QEI สามารถอ่านค่าได้ครบทุกจุดและอ่านได้อย่างต่อเนื่อง ต่างกับการอ่านแบบ Polling ที่อ่านค่าได้ไม่ครบทุกจุด และมีความต่อเนื่องในการอ่านค่าบางช่วงเท่านั้น อีกทั้งเมื่อสังเกตที่ความชันของ QEI และ Polling พบว่า Polling มีความชันมากกว่า สามารถกล่าวได้ว่า Polling มีความเร็วในการอ่านค่ามากกว่า QEI

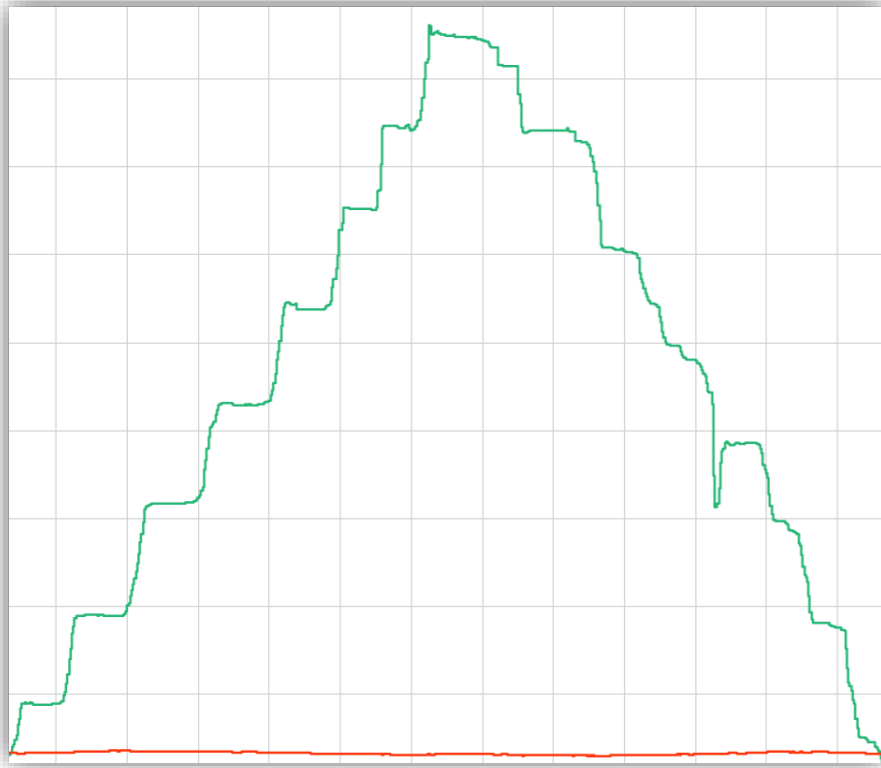
4.3.2 การทดลองการเปรียบเทียบการอ่านค่าจำนวนการนับของ QEI กับ Polling ของ Incremental Encoder แบบที่ 2

- Mode X1



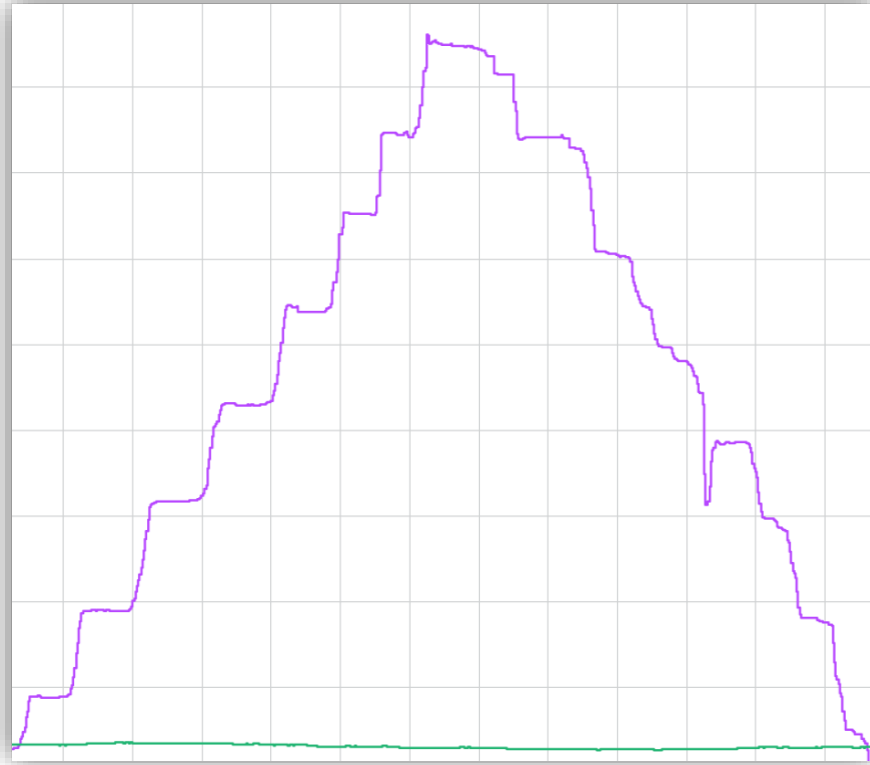
รูปที่ 24 QEI กับ Polling X1 ของ Incremental Encoder แบบที่ 2

- Mode X2



รูปที่ 25 QEI กับ Polling X2 ของ Incremental Encoder แบบที่ 2

- Mode X4

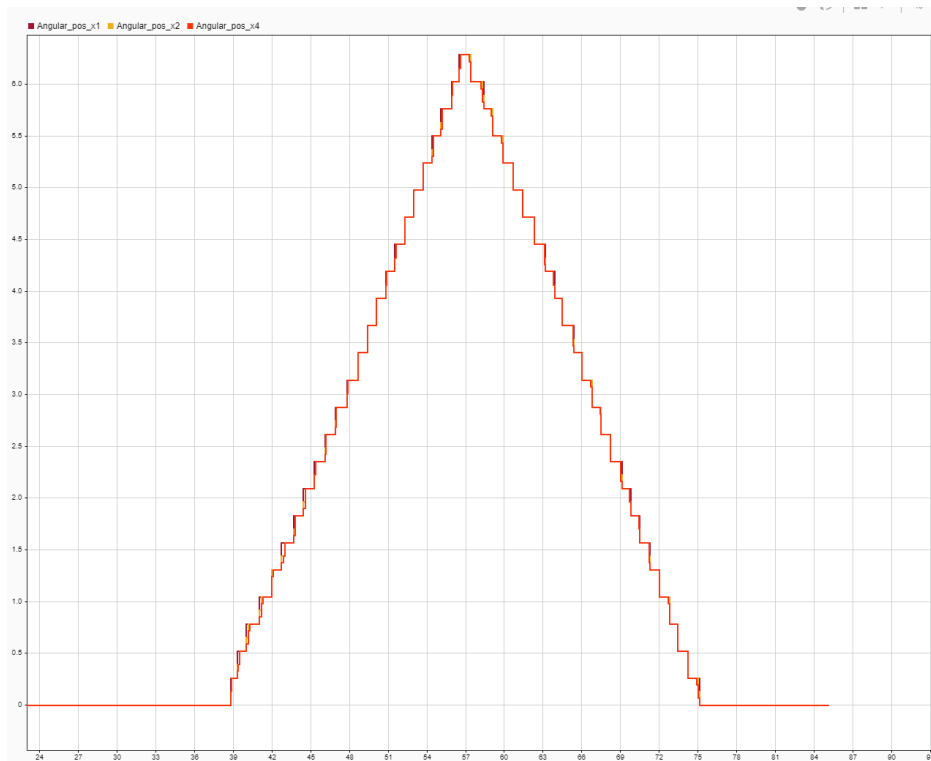


รูปที่ 26 QEI กับ Polling X4 ของ Incremental Encoder แบบที่ 2

จากผลการทดลองการเปรียบเทียบค่าจำนวนการนับจากการอ่านค่าแบบ QEI กับแบบ Polling พบว่า QEI สามารถอ่านค่าได้ครบทุกจุดและอ่านได้อย่างต่อเนื่อง แต่กับการอ่านค่าแบบ Polling นั้นไม่สามารถอ่านค่าได้เลย

4.4 ผลการทดลองใช้งานระบบการคำนวณ Angular Position ใน QEI

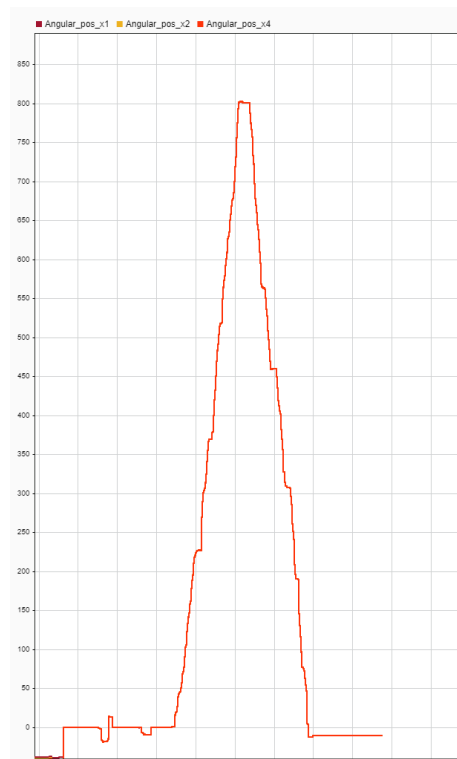
4.4.1 ผลการทดลองใช้งานระบบการคำนวณ Angular Position ใน QEI ของ Incremental Encoder แบบที่ 1



รูปที่ 27 Angular Position ใน QEI ของ Incremental Encoder แบบที่ 1

จากผลการทดลองระบบการคำนวณ Angular Position พบว่า Angular Position สอดคล้องกันทุกจุด กล่าวได้ว่าระบบการคำนวณ Angular Position สามารถรับค่าของแต่ละ Mode มาทำการคำนวณและได้ผลสอดคล้องกันทุก Mode

4.4.2 ผลการทดลองใช้งานระบบการคำนวณ Angular Position ใน QEI ของ Incremental Encoder แบบที่ 2



รูปที่ 28 Angular Position ใน QEI ของ Incremental Encoder แบบที่ 2

จากผลการทดลองระบบการคำนวณ Angular Position พบว่า Angular Position สอดคล้องกันทุกจุด กล่าวได้ว่าระบบการคำนวณ Angular Position สามารถรับค่าของแต่ละ Mode มาทำการคำนวณและได้ผลสอดคล้องกันทุก Mode

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 การสรุปผล

5.1.1 จากการทดลองในการหาค่า PPR ของ Incremental Encoder ของทั้งสองแบบพบว่า Incremental Encoder แบบที่ 1 มีค่า PPR เท่ากับ 24 PPR และ Incremental Encoder แบบที่ 2 มีค่า PPR เท่ากับ 2048 PPR

จากการทดลองใช้ฟังก์ชัน Unwrap Around พบว่าฟังก์ชัน Unwrap Around สามารถทำให้ค่าจำนวนการนับสามารถทะลุจุดต่ำสุดและจุดสูงสุดที่ทำให้เกิดการ Warp Around ได้ และสามารถใช้ได้กับ Incremental Encoder ทั้ง 2 แบบและทุกโหมดการอ่านได้

5.1.2 จากการทดลองเปรียบเทียบการอ่านค่า Incremental Encoder ทั้งสองแบบ ด้วยการอ่านแบบ QEI และ Polling พบว่า ในการอ่านค่าแบบ QEI สามารถอ่านค่าได้ทุกจุดและต่อเนื่อง ส่วนการอ่านแบบ Polling สามารถอ่านค่าจาก Incremental แบบที่ 1 ได้บางส่วน และ ไม่สามารถอ่านค่าจาก Incremental แบบที่ 2 ได้เลย เมื่อนำ PPR ของ Incremental Encoder ทั้งสองแบบมาพิจารณาจึงสามารถสรุปได้ว่า การอ่านแบบ QEI สามารถอ่านค่า Incremental Encoder ที่มีช่วง PPR ระหว่าง 24 – 2048 PPR ได้ ส่วนการอ่านแบบ Polling ไม่สามารถอ่านค่าได้เต็มประสิทธิภาพเมื่อ Incremental Encoder มีค่า PPR มากกว่า 24 PPR

5.1.3 จากการทดลองการใช้ระบบคำนวณ Angular Position พบว่ามีใช้งานกับทุกโหมดการอ่านของ Incremental Encoder ทั้ง 2 แบบพบว่ามีค่าเท่ากันและสอดคล้องกับความเป็นจริงจึงกล่าวได้ว่าระบบคำนวณ Angular Position สามารถใช้งานได้

5.1.4 จากการทดลองใช้งาน Homing Configuration พบว่าเมื่อเรียกใช้งานไม่ว่าค่าจะเป็นเท่าไรก็就会被ปรับเป็นศูนย์ สรุปได้ว่า Homing Configuration สามารถใช้งานได้

5.2 การอภิปรายผล

จากการทดลองทั้งหมดพร้อมผลการทดลองทั้งหมดนั้นยืนยันได้ว่า สามารถระบบ PPR ของ Incremental Encoder ทั้งสองแบบได้อีกทั้งระบบการอ่านค่าที่เหมาะสมที่สุดในการอ่านค่าของการอ่านแบบ QEI และระบบที่สร้างมาทั้งหมดสามารถนำมาใช้กับ Incremental Encoder ทั้งสองแบบได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

อาจได้ข้อมูลของ Incremental Encoder แบบที่ 2 ที่ละเอียดมากขึ้นจากการติดตั้งที่มีความคงที่และแข็งแรงมากขึ้น อาจลดข้อผิดพลาดของข้อมูลลงได้มาก

แหล่งอ้างอิง

1. Incremental Encoder

https://www.pm.co.th/%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%AD%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%94/Increment_Und_Encoder_Und_%E0%B8%95%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B8%81%E0%B8%B1%E0%B8%9A_Und_Absolute_Und_Encoder_Und_%E0%B8%AD%E0%B8%A2%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B9%84%E0%B8%A3