

ชื่อ

นาย ศุภสกร วรอุไร 66340500056

นาย จิตรภณ ทฐิธรรมเจริญ 66340500072

นาย ธีรณพ ศรีวานิช 66340500073

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 วัตถุประสงค์

1.1.1 เพื่อระบุชนิดของ Potentiometer ทั้ง 3 แบบ และ Linear Potentiometer ทั้ง 2 แบบ จากการเปรียบเทียบกับ Datasheet

1.1.2 เพื่ออธิบายหลักการทำงานของ Potentiometer โดยให้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีที่เซ็นเซอร์ตอบสนองต่อการหมุนหรือเลื่อนและสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปตามการหมุนหรือเลื่อน

1.1.3 เพื่ออธิบายลักษณะของสัญญาณของ Potentiometer ทั้ง 3 แบบ และ Linear Potentiometer ทั้ง 2 แบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหมุนหรือการเลื่อน พร้อมกับแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างระยะการหมุนหรือเลื่อนของเซ็นเซอร์และค่าของสัญญาณไฟฟ้า ทั้งสองทิศของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า

1.1.4 เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระยะการหมุนหรือเลื่อนของเซ็นเซอร์และค่าของสัญญาณไฟฟ้า ทั้งสองทิศของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า

1.1.5 เพื่อแปลงสัญญาณไฟฟ้าที่เป็น Analog ไปเป็น สัญญาณ Digital โดยใช้วงจรรูปแบบวงจร Schmitt-trigger

1.1.6 เพื่อสาธิตการเขียนโปรแกรมโดยใช้ MATLAB และ Simulink ในการเชื่อมต่อกับบอร์ด Nucleo STM32G474RE เพื่อนำสัญญาณจาก Potentiometer เป็น Input และแสดงผลแบบ Real-Time ผ่าน Data Inspector ในรูปแบบกราฟ รวมถึงการแสดง Raw Signal และ Voltage ในหน่วย SI

## 1.2 สมมติฐาน

1.2.1 เมื่อระยะของเสาในการหมุน แรงดันไฟฟ้าที่ส่งออกจาก Potentiometer A, B และ C จะเพิ่มขึ้นในลักษณะเป็นสัดส่วนกับการเปลี่ยนแปลงของระยะของเสาในการหมุนซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างระยะของเสาในการหมุนและแรงดันไฟฟ้าส่งออก

1.2.2 เมื่อระยะทางในการเลื่อน แรงดันไฟฟ้าที่ส่งออกจาก Linear Potentiometer A และ B จะเพิ่มขึ้นในลักษณะเป็นสัดส่วนกับการเปลี่ยนแปลงของระยะทางในการเลื่อนซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างระยะทางในการเลื่อนและแรงดันไฟฟ้าส่งออก

1.2.3 การเปลี่ยนแปลงทิศทางของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจะส่งผลต่อแรงดันไฟฟ้าส่งออกจาก Potentiometer A, B และ C และ Linear Potentiometer A และ B จะเปลี่ยนแปลงไป โดยเปลี่ยนแปลงในด้านของทิศทางของแรงดันไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้าส่งออกในรูปแบบการใช้งาน VOG และ GOV

1.2.4 วงจร Schmitt-trigger จะแปลงแรงดันไฟฟ้าที่ส่งออกมาจาก Potentiometer A, B และ C และ Linear Potentiometer A และ B ไปเป็นสัญญาณ Digital ได้

1.2.5 การประมวลผลข้อมูลจาก Potentiometer A, B และ C และ Linear Potentiometer A และ B แบบเรียลไทม์โดยใช้ซอฟต์แวร์ MATLAB และ Simulink สามารถทำได้สำเร็จ โดยการเชื่อมต่อกับบอร์ด Nucleo STM32G474RE และการแสดงค่าของสัญญาณในรูปแบบกราฟผ่าน Data Inspector จะสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณแรงดันไฟฟ้าอย่างถูกต้องตามเวลาจริง

### 1.3 ตัวแปร

#### ตัวแปรต้น

- ระยะองค์การในการหมุน Potentiometer A ในหนึ่งการทดลอง
- ระยะองค์การในการหมุน Potentiometer B ในหนึ่งการทดลอง
- ระยะองค์การในการหมุน Potentiometer C ในหนึ่งการทดลอง
- ระยะทางในการเลื่อน Linear Potentiometer A ในหนึ่งการทดลอง
- ระยะทางในการเลื่อน Linear Potentiometer B ในหนึ่งการทดลอง
- ทิศทางการจ่ายแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับเซ็นเซอร์ในรูปแบบการใช้งาน VOG และ GOV ในหนึ่งการทดลอง

#### ตัวแปรตาม

- แรงดันไฟฟ้าที่ได้จาก Potentiometer A, B และ C ซึ่งแปรผันตามระยะองค์การในการหมุน
- แรงดันไฟฟ้าที่ได้จาก Linear Potentiometer A และ B ซึ่งแปรผันตามระยะทางในการเลื่อน
- Raw Signal สัญญาณดิบที่ถูกส่งออกจากเซ็นเซอร์และยังไม่ได้ผ่านการประมวลผล ของ Potentiometer A, B และ C และ Linear Potentiometer A และ B
- แรงดันไฟฟ้าส่งออก ค่าแรงดันไฟฟ้าที่คำนวณจากสัญญาณ Raw Signal ของ Potentiometer A, B และ C และ Linear Potentiometer A และ B โดยแสดงในหน่วย SI
- สัญญาณ Digital จากวงจร Schmitt-trigger เมื่อนำแรงดันไฟฟ้าส่งออกของ Potentiometer A, B และ C และ Linear Potentiometer A และ B มาใช้งาน

#### ตัวแปรควบคุม

- แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้าสู่เซ็นเซอร์อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งมีผลต่อค่าแรงดันสัดส่วนที่ส่งออกจากเซ็นเซอร์
- อุณหภูมิที่คงที่ อุณหภูมิอาจมีผลต่อการทำงานของเซ็นเซอร์และวงจรต่าง ๆ ในการทดลอง
- ระยะองค์การในการหมุน Potentiometer A, B และ C อย่างสม่ำเสมอและคงที่ในทุกการหมุน
- ระยะทางในการเลื่อน Linear Potentiometer A และ B อย่างสม่ำเสมอและคงที่ในทุกการหมุน
- ชนิดของเซ็นเซอร์: ใช้เซ็นเซอร์ชนิดเดียวกันในการทดลองเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สม่ำเสมอ

ตัวแปรแทรกซ้อน

- ความผิดพลาดในการวัด: ความไม่แม่นยำในการเก็บข้อมูลหรือการวัดสัญญาณ

## 1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

Potentiometer เซ็นเซอร์ที่ทำงานโดยใช้หลักการการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานจากการเปลี่ยนแปลงองศาการหมุน โดยสัญญาณส่งออกมาจากการแบ่งแรงดันไฟฟ้าในตัวเซนเซอร์และมีลักษณะที่แปรผันไปกับค่าความต้านทาน

Linear Potentiometer เซ็นเซอร์ที่ทำงานโดยใช้หลักการการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานจากการเปลี่ยนแปลงระยะทาง โดยสัญญาณส่งออกมาจากการแบ่งแรงดันไฟฟ้าในตัวเซนเซอร์และมีลักษณะที่แปรผันไปกับค่าความต้านทาน

วงจร Schmitt-trigger เป็นวงจรสำหรับการแปลงค่าแรงดันไฟฟ้าไปเป็นสัญญาณ Digital

NUCLEO-G474RE บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล STM32 ที่ใช้ในการประมวลผลสัญญาณจากเซ็นเซอร์ต่างๆ รวมถึงการควบคุมการทำงานของระบบผ่านการเขียนโปรแกรม

MATLAB และ Simulink ซอฟต์แวร์สำหรับการคำนวณเชิงตัวเลขและการจำลองระบบ MATLAB ใช้ในการเขียนโปรแกรมและประมวลผลข้อมูล ในขณะที่ Simulink ใช้สำหรับการจำลองแบบกราฟิกในการวิเคราะห์และควบคุมระบบแบบเรียลไทม์

Raw Signal สัญญาณดิบที่ได้รับจากเซ็นเซอร์ก่อนที่จะถูกประมวลผลหรือแปลงให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถใช้งานได้ ข้อมูลดิบนี้มักจะถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อใช้ในขั้นตอนถัดไป

Data Inspector เครื่องมือใน Simulink ที่ใช้สำหรับแสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูลที่ถูกบันทึกจากการจำลองระบบ โดยแสดงข้อมูลในรูปแบบกราฟหรือตารางเพื่อช่วยให้ผู้ใช้ตรวจสอบการทำงานของระบบแบบเรียลไทม์

SI Derived Units (SI) หน่วยอนุพันธ์ในระบบหน่วยสากล

## 1.5 นิยามเชิงปฏิบัติการ

Potentiometer A, B และ C: ในการทดลองนี้ หมายถึงเซ็นเซอร์ที่ทำการแบ่งแรงดันไฟฟ้า โดยสัญญาณที่เซ็นเซอร์ส่งออกจะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความต้านทาน เซ็นเซอร์นี้จะต่อกับบอร์ด NUCLEO-G474RE เพื่ออ่านค่าและแสดงผล

Linear Potentiometer A และ B: ในการทดลองนี้ หมายถึงเซ็นเซอร์ที่ทำการแบ่งแรงดันไฟฟ้า โดยสัญญาณที่เซ็นเซอร์ส่งออกจะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความต้านทาน เซ็นเซอร์นี้จะต่อกับบอร์ด NUCLEO-G474RE เพื่ออ่านค่าและแสดงผล

วงจร Schmitt-trigger: ในการทดลองนี้ หมายถึงวงจรที่ใช้ในการแปลงแรงดันไฟฟ้าไปเป็นสัญญาณ Digital

ในรูปแบบการใช้งาน VOG: ในการทดลองนี้ หมายถึงการต่อสายจัมเปอร์โดย V คือแรงดันไฟฟ้าต่อเข้าขาที่ 1 , O คือแรงดันไฟฟ้าส่งออกสู่บอร์ดต่อเข้าขาที่ 2 และ G คือกราวด์ต่อเข้าขาที่ 3 ของ Potentiometer A, B และ C และ Linear Potentiometer A และ B

ในรูปแบบการใช้งาน GOV: ในการทดลองนี้ หมายถึงการต่อสายจัมเปอร์โดย V คือแรงดันไฟฟ้าต่อเข้าขาที่ 3 , O คือแรงดันไฟฟ้าส่งออกสู่บอร์ดต่อเข้าขาที่ 2 และ G คือกราวด์ต่อเข้าขาที่ 1 ของ Potentiometer A, B และ C และ Linear Potentiometer A และ B

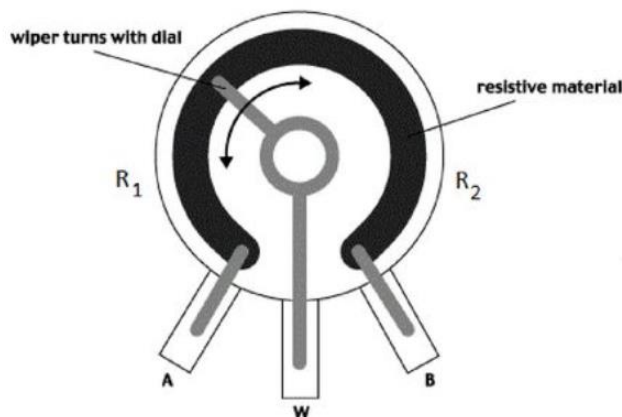
MATLAB และ Simulink: ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมและจำลองการทำงานของเซ็นเซอร์ ในการทดลองนี้จะใช้ MATLAB และ Simulink เพื่อแสดงผลกราฟและวิเคราะห์ข้อมูลจากเซ็นเซอร์แบบเรียลไทม์

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 Rotary Potentiometer

Rotary Potentiometer เป็นเซนเซอร์ที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานจากการหมุนและส่งแรงดันไฟฟ้าออกมาจากการแบ่งแรงดันไฟฟ้า โดยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานนั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงช่วงความยาวของแผ่นโลหะภายในเซนเซอร์ โดยจะมีแผ่นโลหะลักษณะรูปวงแหวนไม่ครบรอบอยู่ภายในและมีก้านแบ่งที่ติดอยู่กับแกนโลหะที่ใช้หมุน โดยทั้งสองส่วนนั้นสัมผัสกัน โดยเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงมุมจากการหมุนแกนโลหะจะทำให้เกิดช่วงความยาวของแผ่นโลหะรูปวงแหวนไม่ครบรอบถูกแบ่งเป็น 2 ฝั่ง



รูปที่ 1 Rotary Potentiometer

โดยเมื่อให้กระแสไหลผ่านแผ่นโลหะรูปวงแหวนไม่ครบรอบ จากนั้นทำการแบ่งแรงดันโดยการต่อสายสัญญาณที่ก้านแบ่งก็จะทำให้ได้แรงดันที่แปรผันไปตามความต้านทานได้ โดย Rotary Potentiometer สามารถค่าความต้านทานและแรงดันไฟฟ้าได้ตามสมการดังนี้

$$R_1 = \frac{\theta_{\text{rotated}}}{\theta_{\text{max}}} R_{\text{operated}} \quad \text{และ} \quad R_2 = \frac{\theta_{\text{max}} - \theta_{\text{rotated}}}{\theta_{\text{max}}} R_{\text{operated}}$$

$$V_{\text{out}} = \frac{R_1}{R_{\text{operated}}} V_{\text{in}} \quad \text{หรือ} \quad V_{\text{out}} = \frac{R_2}{R_{\text{operated}}} V_{\text{in}}$$

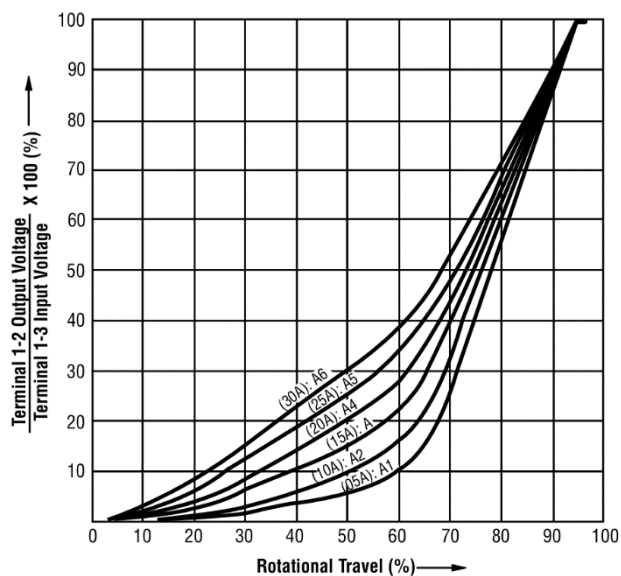
$$V_{out} = \frac{\theta_{rotated}}{\theta_{max}} V_{in} \quad \text{หรือ} \quad V_{out} = \frac{\theta_{rotated}}{\theta_{max}} V_{in}$$

โดย Rotary Potentiometer จะถูกแบ่งเป็นสองชนิดคือ Linear Taper และ Audio Taper และทั้งสองมีคุณสมบัติหลักๆดังนี้

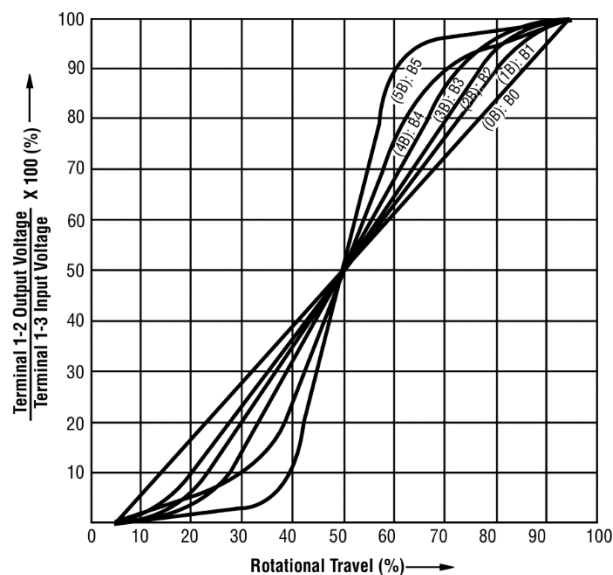
คุณสมบัติ	Linear Taper	Audio Taper	หน่วย
ช่วงความต้านทาน	1 ถึง 1,000	1 ถึง 1,000	K ohms
ความต้านทานคลาดเคลื่อน	$\pm 20$	$\pm 20$	%
ช่วงอุณหภูมิที่ทำงานได้	-10 ถึง +50	-10 ถึง +50	°C
แรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ทำงานได้	200	150	V
มุมมองศาที่หมุนได้	$300 \pm 5$	$300 \pm 5$	องศา

ตารางที่ 1 คุณสมบัติหลักของ Linear Taper และ Audio Taper

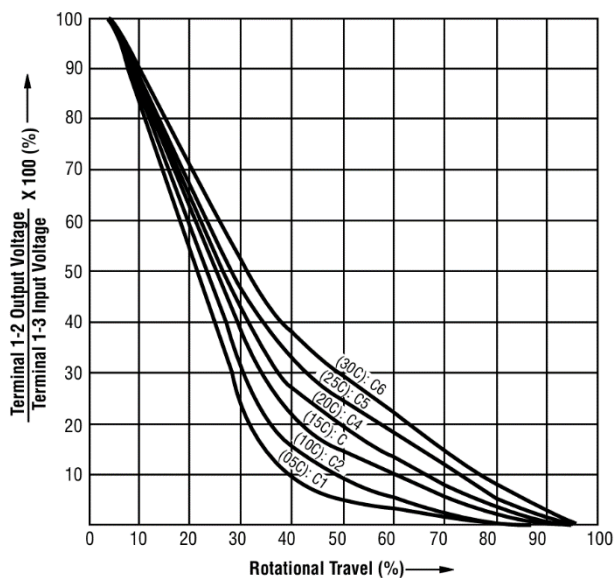
อีกทั้ง Taper ยังถูกแบ่งออกทั้งหมดเป็น 3 Series ได้แก่ A Series Tapers, B Series Tapers และ C Series Tapers โดยแต่ละ Series มีความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์แรงดันไฟฟ้ากับเปอร์เซ็นต์การหมุนดังนี้



กราฟที่ 1 A Series Tapers



กราฟที่ 2 B Series Tapers



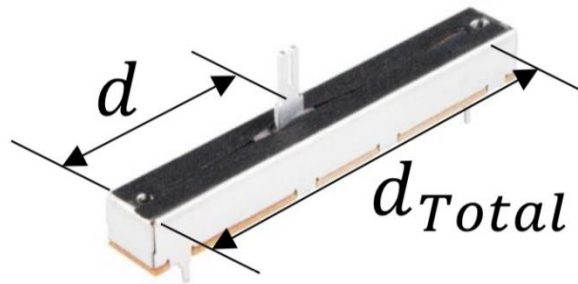
กราฟที่ 3 C Series Tapers

## 2.2 Low Profile Slide Potentiometer

Rotary Potentiometer เป็นเซนเซอร์ที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานจากการการเลื่อนและส่งแรงดันไฟฟ้าออกมาจากการแบ่งแรงดันไฟฟ้า โดยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานนั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงช่วงความยาวของแผ่นโลหะภายในเซนเซอร์ โดยจะมีแผ่นโลหะลักษณะเส้นตรงอยู่ภายในและมีก้านแบ่งที่ติดอยู่กับแกนโลหะที่ใช้



เลื่อน โดยทั้งสองส่วนนั้นสัมผัสกัน โดยเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงระยะทางจากการเลื่อนแกนโลหะจะทำให้เกิดช่วงความยาวของแผ่นโลหะลักษณะเส้นตรงถูกแบ่งเป็น 2 ฝั่ง



รูปที่ 2 Low Profile Slide Potentiometer

โดยเมื่อให้กระแสไหลผ่านแผ่นโลหะรูปวงแหวนไม่ครบรอบ จากนั้นทำการแบ่งแรงดันโดยการต่อสายสัญญาณที่ก้านแบ่งก็จะทำให้ได้แรงดันที่แปรผันไปตามความต้านทานได้ โดย Rotary Potentiometer สามารถค่าค่าความต้านทานและแรงดันไฟฟ้าได้ตามสมการดังนี้

$$R_1 = \frac{d_{\text{slided}}}{d_{\text{max}}} R_{\text{operated}} \quad \text{และ} \quad R_2 = \frac{d_{\text{max}} - d_{\text{slided}}}{d_{\text{max}}} R_{\text{operated}}$$

$$V_{\text{out}} = \frac{R_1}{R_{\text{operated}}} V_{\text{in}} \quad \text{หรือ} \quad V_{\text{out}} = \frac{R_2}{R_{\text{operated}}} V_{\text{in}}$$

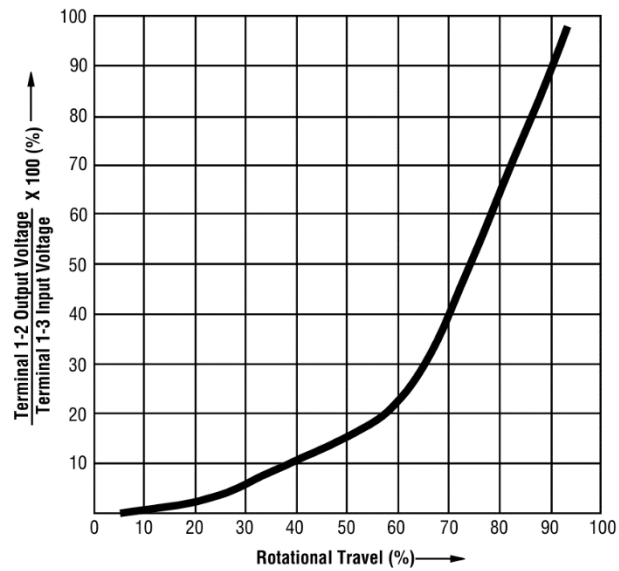
$$V_{\text{out}} = \frac{d_{\text{slided}}}{d_{\text{max}}} V_{\text{in}} \quad \text{หรือ} \quad V_{\text{out}} = \frac{d_{\text{max}} - d_{\text{slided}}}{d_{\text{max}}} V_{\text{in}}$$

โดย Rotary Potentiometer จะถูกแบ่งเป็นสองชนิดคือ Linear Taper และ Audio Taper และทั้งสองมีคุณสมบัติหลักๆดังนี้

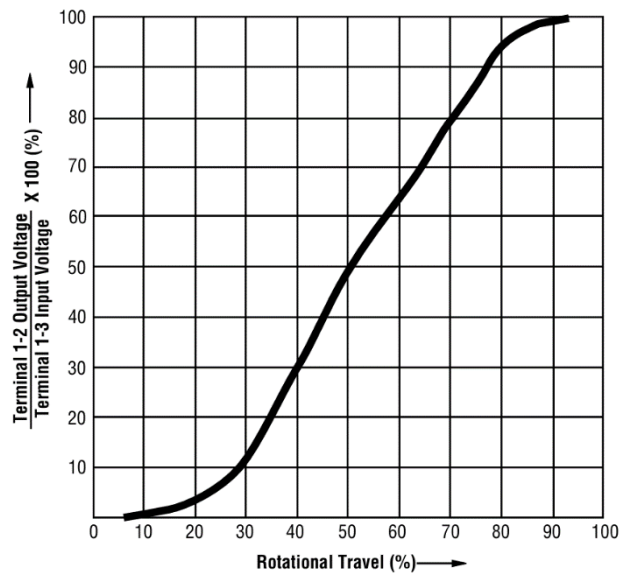
คุณสมบัติ	Linear Taper	Audio Taper	หน่วย
ช่วงความต้านทาน	1 ถึง 1,000	1 ถึง 1,000	K ohms
ความต้านทานคลาดเคลื่อน	$\pm 20$	$\pm 20$	%
ช่วงอุณหภูมิที่ทำงานได้	-10 ถึง +50	-10 ถึง +50	$^{\circ}\text{C}$
แรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ทำงานได้	200	150	V
ระยะทางที่เลื่อนได้	60	60	มิลลิเมตร

ตารางที่ 2 คุณสมบัติหลักของ Linear Taper และ Audio Taper

โดยทั้งสอง Tapers มีความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์แรงดันไฟฟ้ากับเปอร์เซ็นต์การเลื้อนดังนี้



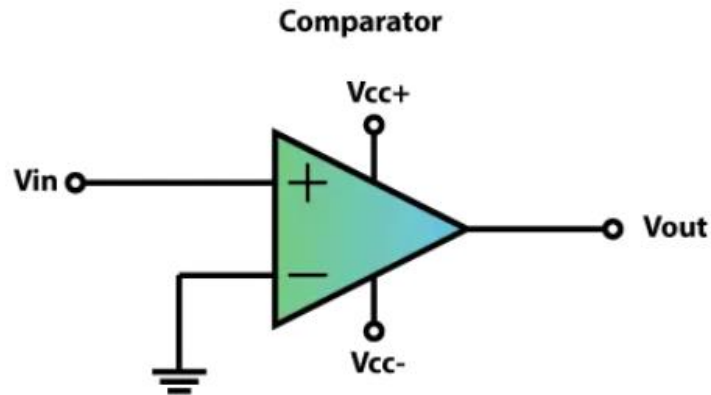
กราฟที่ 4 Audio Taper



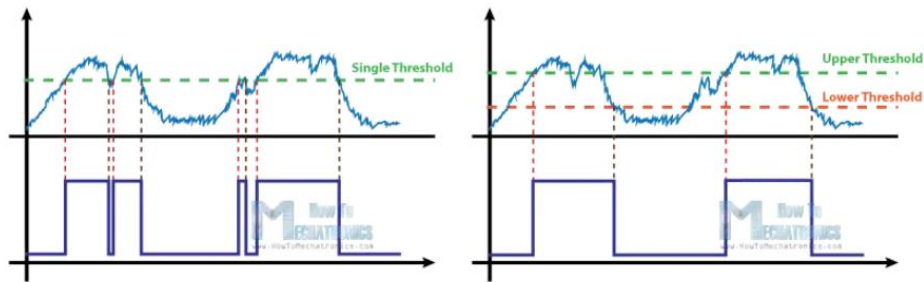
กราฟที่ 5 Audio Taper

## 2.3 วงจร Schmitt-trigger

วงจร Schmitt-trigger คือวงจรที่ใช้สำหรับการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าที่นำเข้ามาและมีสัญญาณรบกวน แปลงเป็นสัญญาณ Digital ได้ โดยมีช่วงการทำงานสองช่วงโดยแบ่งเป็นช่วงทำงานลอจิกสูงและลอจิกต่ำโดยทั้งสองมีค่าห่างกันที่พอเหมาะที่สัญญาณรบกวนไม่สามารถเปิดการทำงานลอจิกใดลอจิกหนึ่งได้



รูปที่ 3 วงจร Schmitt-trigger



รูปที่ 4 สัญญาณจากรูปที่วงจร Schmitt-trigger

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการทดลอง

#### 3.1 วิธีดำเนินการทดลอง

##### 3.1.1 วัสดุและอุปกรณ์

- PTA6043-2015DPA103 (Linear Potentiometer A) จำนวน 1 อัน
- PTA6043-2015DPB103 (Linear Potentiometer B) จำนวน 1 อัน
- PDB181-K420K-103A2 (Potentiometer A) จำนวน 1 อัน
- PDB181-K420K-103B (Potentiometer B) จำนวน 1 อัน
- PDB181-K420K-103C (Potentiometer C) จำนวน 1 อัน
- NuUCLEO-G474RE พร้อมสายอัปโหลด จำนวน 1 ชุด
- PotenXplorer จำนวน 1 ชุด - ฐานสามารถบรรจุบอร์ดควบคุม, Breadboard, Potentiometer, 3D-Print ใช้สำหรับการวัดมุมการหมุนของ Potentiometer ลักษณะคล้ายไมโครแทกเตอร์
- สายจัมเปอร์ นักศึกษาหิยได้ในกล่องสายไฟรีไซเคิล ห้อง 501 ภายในคาบเรียน
- เวอเนียร์คาร์ปเปอร์ จำนวน 1 ชิ้น

#### 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

##### 3.2.1 ทำการเตรียมอุปกรณ์

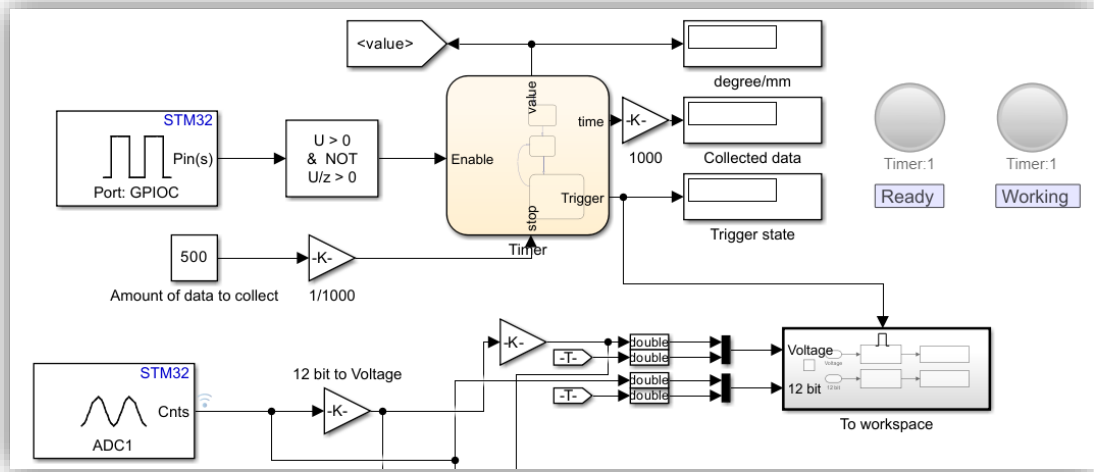
3.2.1.1 บอร์ด NUCLEO-G474RE เปลี่ยนโหมดรับแหล่งพลังงานเป็น E5V

3.2.1.2 ติดตั้งบอร์ด NUCLEO-G474RE เข้ากับ PotenXplorer



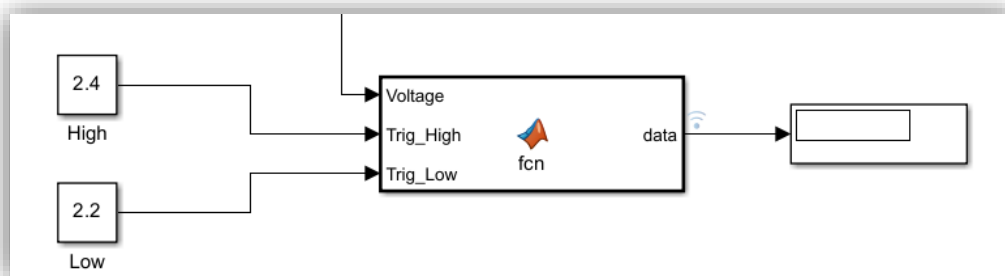
ส่วนนี้คือส่วนสำหรับการแสดงสัญญาณดิบและค่าแรงดันไฟฟ้า โดยแรงดันไฟฟ้ามาจากการเทียบสัญญาณไตรยางค์

$$V_{out} = \text{Raw signal} \times \frac{V_{in}}{4095}$$



รูปที่ 7 ระบบเก็บข้อมูล

ส่วนนี้คือส่วนสำหรับเก็บค่าข้อมูลสัญญาณดิบและค่าแรงดันไฟฟ้า โดยการเก็บข้อมูลจะเกิดขึ้นเมื่อกดเริ่มการทำงานของระบบ จากนั้นเมื่อมีการกดปุ่มสีฟ้าบนบอร์ด NUCLEO-G474RE ระบบจะส่งค่าการกดปุ่มไปยัง State flow ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้นับจำนวนข้อมูลที่ต้องการเก็บ, บอกตำแหน่งถัดไปในการเก็บข้อมูลและเปิดการส่งออกข้อมูลไปยัง Workspace ใน MATLAB อีกทั้งไฟสถานะทั้งสองดวงไฟ ready จะทำงานก็ต่อเมื่อไม่มีการเก็บข้อมูลหรือพร้อมต่อการเก็บข้อมูล และไฟ working จะทำงานเมื่อมีการเก็บข้อมูล



รูปที่ 8 วงจร Schmitt-trigger

ส่วนนี้หรือวงจร Schmitt-trigger ที่ถูกสร้างขึ้นโดย MATLAB function ซึ่งสามารถปรับช่วงการทำงานของลอจิกสูงและลอจิกต่ำได้

### 3.2.3 การเตรียมระบบใน MATLAB

ทำการสร้างระบบสำหรับการเฉลี่ยค่าข้อมูล, สร้างชุดข้อมูล, เปรียบเทียบข้อมูลและ แสดงผลข้อมูล

```
function Average = calculateAverage(data,first,last)
    data = data.';
    Average = sum(data(first:last))/500;
end
```

รูปที่ 9 ระบบสำหรับการเฉลี่ยค่าข้อมูล

ส่วนนี้คือฟังก์ชันสำหรับการเฉลี่ยข้อมูลสำหรับชุดข้อมูลที่มีจำนวน 500 ค่าถ้วน โดยจะรับค่าชุดข้อมูล, ตำแหน่งข้อมูลแรกและตำแหน่งข้อมูลสุดท้าย

```
function AverageArray = MakeAverageArray(data,filename)
    ArraySize = size(data,1) / 500;
    data = data.';
    AverageArray = zeros(2,ArraySize);
    for i = 0:ArraySize-1
        AverageArray(1,i+1) = calculateAverage(data,(i*500)+1,(i*500)+500);
        AverageArray(2,i+1) = data(2,(i*500)+1);
    end
    save(filename,"AverageArray");
end
```

รูปที่ 10 ระบบสำหรับการสร้างชุดข้อมูล

ส่วนนี้คือฟังก์ชันสำหรับการสร้างชุดข้อมูลและฟังก์ชันนี้มีการเรียกใช้ calculateAverage โดยจะรับค่าชุดข้อมูลและชื่อชุดข้อมูลที่ต้องการสร้าง

```

function CompareData(d1,d2,dim)
    Size = numel(d1)/2;
    p5 = 0;

    for i = 2:Size
        p1 = d1(1,i);
        p2 = d2(1,i);
        p3 = abs(p2 - p1);
        p4 = 100 - p3;
        if p4 < 80
            p4 = 0;
        end
        p4 = p4/100;
        p5 = p5 + p4;
    end
    result = 2.5 * p5;

    Dim = dim;
    str = {'Macth (%) : ',num2str(result)};
    annotation('textbox',dim,'String',str,'FitBoxToText','on');

end

```

รูปที่

ส่วนนี้คือฟังก์ชันสำหรับการเปรียบเทียบค่าข้อมูลโดยจะเปรียบแต่ละจุด จุดละร้อยละ 2.5 ทั้งหมด 40 จุด หากจุดใดมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 80 จุดนั้นค่าร้อยละส่งออกจะเท่ากับศูนย์ทันที จะส่งออกข้อมูลเป็นร้อยละความเข้ากันของกราฟ โดยข้อมูลนำเข้า คือค่าข้อมูลอ้างอิง, ค่าข้อมูลเปรียบเทียบและตำแหน่งสำหรับแสดงข้อมูล



```

function GraphPlot(varargin)
    x_label_name = varargin{nargin-2};
    y_label_name = varargin{nargin-1};

    Property = varargin{nargin};

    Parameter_Name = varargin{nargin-3};
    Reverse = varargin{nargin-5};
    Error = varargin{nargin-4};

    Data = varargin{1};

    Size = size(Data,2);

    title_name = Parameter_Name{1};

    for i = 2:size(Parameter_Name,2)
        title_name = title_name + " VS ";
        title_name = title_name + Parameter_Name{i};
    end
end

```

รูปที่

ส่วนนี้เป็นส่วนการคัดแยกข้อมูลนำเข้าของฟังก์ชัน GraphPlot ที่ใช้ในการแสดงค่าชุดข้อมูลตั้งแต่ 1 ชุดขึ้นไปโดยจะรับค่าชุดข้อมูล, การกลับด้านของกราฟ, การสร้างกราฟข้อผิดพลาด, ชื่อกราฟ, ชื่อแกนนอน, ชื่อแกนตั้ง และคุณสมบัติการสร้างกราฟ

```

x_label_name = "Traveling";
y_label_name = "Voltage";

Parameter_name1 = {"Audio Taper"};
Parameter_name2 = {"Linear Taper"};

Data1 = {Audio{1}};
Data2 = {Linear{1}};

Rev1 = [0];
Rev2 = [0];

Err1 = [0];
Err2 = [0];

Property1 = {'-';'black';'2'};
Property2 = {'-';'black';'2'};

GraphPlot(Data1,Rev1,Err1,Parameter_name1,x_label_name,y_label_name,Property1);
GraphPlot(Data2,Rev2,Err2,Parameter_name2,x_label_name,y_label_name,Property2);

dim = [0.925 0.5 0.3 0.3];
str = 'Macth : ';
annotation('textbox',dim,'String',str,'FitBoxToText','on');

```

รูปที่ ตัวอย่างข้อมูลนำเข้า

```

figure;
hold on;

for i = 1:Size

    TMP = Data{i};

    x_axis = TMP(2,:);
    if Reverse(i)
        y_axis = flip1r(TMP(1,:));
    else
        y_axis = TMP(1,:);
    end
    Graph = plot(x_axis,y_axis,Property{1,i},Color=Property{2,i},LineWidth=str2double(Property{3,i}));
    err = Error(i);
    if err > 0
        errorbar(x_axis,y_axis,err,Property{2,i},'CapSize',0);
    end
    Graph.DataTipTemplate.DataTipRows(1).Label = x_label_name + " : ";
    Graph.DataTipTemplate.DataTipRows(2).Label = y_label_name + " : ";
    Graph.DataTipTemplate.DataTipRows(4).Label = Parameter_Name{i};
end
hold off;

```

รูปที่

```
legend(Parameter_Name,'Location','northwest')

title(title_name);
xlabel(x_label_name);
ylabel(y_label_name);

xlim([0 100]);
ylim([0 100]);

xticks(0:10:100);
yticks(0:10:100);

grid minor;

end
```

รูปที่

ส่วนนี้เป็นส่วนการแสดงผลข้อมูลชุดข้อมูลทั้งหมดของฟังก์ชัน GraphPlot โดยจะมีการใช้ข้อมูลนำเข้าทั้งหมด

#### 3.2.4 การทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน

3.2.4.1 ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะองศาในการหมุนและแรงดันไฟฟ้าส่งออกของ Potentiometer A, B และ C โดยหมุนเซนเซอร์อย่างสม่ำเสมอและบันทึกข้อมูลทุกครั้งที่หมุน โดยใช้ MATLAB/Simulink บันทึกข้อมูลโดยมีรูปแบบการเก็บข้อมูลทั้งการต่อแบบ VOG และ GOV จากนั้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะองศาในการหมุนและแรงดันไฟฟ้าส่งออก ในรูปแบบกราฟการทดลอง

3.2.4.2 ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางในการเลื่อนและแรงดันไฟฟ้าส่งออกของ Linear Potentiometer A และ B โดยเลื่อนเซนเซอร์อย่างสม่ำเสมอและบันทึกข้อมูลทุกครั้งที่เลื่อน โดยใช้ MATLAB/Simulink บันทึกข้อมูลโดยมีรูปแบบการเก็บข้อมูลทั้งการต่อแบบ VOG และ GOV จากนั้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะองศาในการหมุนและแรงดันไฟฟ้าส่งออก ในรูปแบบกราฟการทดลอง

3.2.4.3 ทดสอบค่าชุดข้อมูลของ Potentiometer A, B และ C และ Linear Potentiometer A และ B กับ Datasheet เพื่อระบุชนิดของ Potentiometer ทุกตัว

3.2.4.3 ทดสอบการใช้งานวงจร Schmitt-trigger และทำการสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงใน Data Inspector

3.2.5 การแสดงผลและการวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลที่ได้ทำการบันทึกจากนั้นทำการแสดงผลโดยใช้ระบบใน MATLAB ทำการวิเคราะห์ผลความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะองศาในการหมุนและแรงดันไฟฟ้าส่งออกของ Potentiometer A, B และ C และ ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางในการเลื่อนและแรงดันไฟฟ้าส่งออกของ Linear Potentiometer A และ B จากการใช้ฟังก์ชัน GraphPlot

3.2.6 การสรุปผล และจัดทำรายงาน สรุปผลการทดลองโดยเทียบกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ เขียนรายงานการทดลอง รวมถึงข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลใน MATLAB และ Simulink ส่งรายงานสรุปผลการทดลอง

### 3.3 ขั้นตอนการทดลอง

เพื่อที่สามารถทำการทดลองให้ได้สอดคล้องกับข้อมูล ผู้จัดทำได้ทำการเรียงลำดับการทดลองไว้ดังนี้

3.3.1 การทดลองของ Potentiometer A, B และ C

3.3.1.1 ทำการต่อแบบ VOG ให้กับบอร์ดและเซนเซอร์

3.3.1.2 หมุนเซนเซอร์ให้อยู่ที่ศูนย์องศา

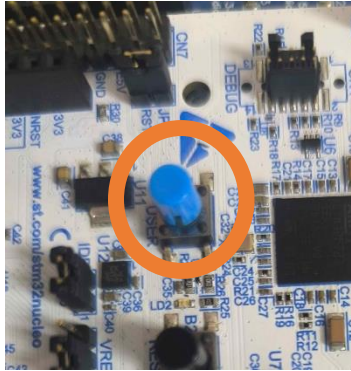


รูปที่

3.3.1.3 ทำการตั้งค่าระบบเก็บข้อมูลให้เก็บข้อมูลทั้งหมด 500 ค่าในหนึ่งจุด

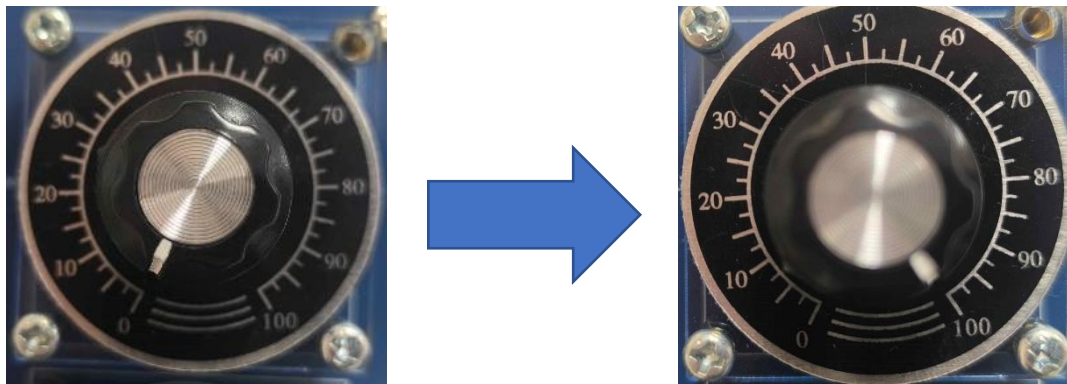
3.3.1.4 ทำการเริ่มต้นระบบเก็บข้อมูล

### 3.3.1.5 ทำการกดปุ่มรีเซ็ตบนบอร์ด NUCLEO-G474RE เพื่อให้ระบบเริ่มเก็บข้อมูล



รูปที่

### 3.3.1.6 เมื่อระบบเก็บข้อมูลแสดงไฟสถานะ ready ให้ทำการใช้มือหมุนตามเข็มนาฬิกาจนเซนเซอร์ ครั้งละ 7.5 องศา ดำเนินการตามข้อที่ 5) ทำทั้งหมด 40 ครั้ง



รูปที่รูปที่

### 3.3.1.7 เมื่อดำเนินการครบทั้ง 41 ทำการปิดระบบของระบบเก็บข้อมูลเพื่อในระบบหยุดส่ง ข้อมูลไปยัง Workspace ใน MATLAB

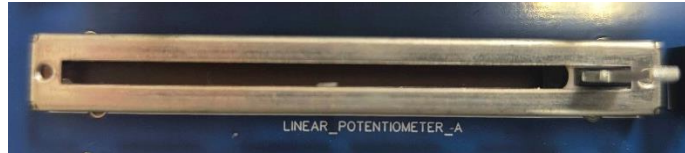
### 3.3.1.8 ทำการเรียงใช้ MakeAverageArray ใน Matlab เพื่อนำข้อมูลที่ได้นำมาทำการสร้างชุด ข้อมูล

### 3.3.1.9 ทำการต่อแบบ GOV ให้กับบอร์ดและเซนเซอร์ และดำเนินการทดลองตั้งแต่ข้อ 2) ถึง ข้อ 8)

### 3.3.2 การทดลองของ Linear Potentiometer A และ B

#### 3.3.2.1 ทำการต่อแบบ VOG ให้กับบอร์ดและเซนเซอร์

#### 3.3.2.2 เลื่อนเซนเซอร์ให้อยู่ที่ศูนย์มิลลิเมตร

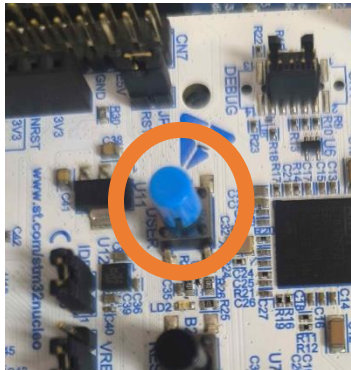


รูปที่

#### 3.3.2.3 ทำการตั้งค่าระบบเก็บข้อมูลให้เก็บข้อมูลทั้งหมด 500 ค่าในหนึ่งจุด

#### ทำการเริ่มต้นระบบเก็บข้อมูล

#### 3.3.2.4 ทำการกดปุ่มสีฟ้าบนบอร์ด NUCLEO-G474RE เพื่อให้ระบบเริ่มเก็บข้อมูล

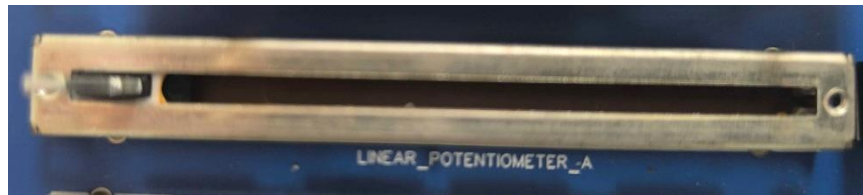


รูปที่

#### 3.3.2.5 เมื่อระบบเก็บข้อมูลแสดงไฟสถานะ ready ให้ทำใช้เวอร์เนียร์คาร์ิปเปอร์ปรับค่าเพิ่มทีละ 1.5 มิลลิเมตรจากนั้นทำการเลื่อนเซนเซอร์ให้ได้ 1.5 มิลลิเมตร ดำเนินการตามข้อที่ 5) ทำทั้งหมด 40 ครั้ง



รูปที่



รูปที่

3.3.2.6 เมื่อดำเนินการครบทั้ง 41 ทำการปิดระบบของระบบเก็บข้อมูลเพื่อในระบบหยุดส่งข้อมูลไปยัง Workspace ใน MATLAB

3.3.2.7 ทำการเรียงใช้ MakeAverageArray ใน Matlab เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการสร้างชุดข้อมูล

3.3.2.8 ทำการต่อแบบ GOV ให้กับบอร์ดและเซนเซอร์ และดำเนินการทดลองตั้งแต่ข้อ 2) ถึงข้อ 8)

### 3.3.3 การทดลองของวงจร Schmitt-trigger

3.3.3.1 ทำการต่อแบบ GOV ให้กับบอร์ดและเซนเซอร์ โดยใช้ Potentiometer A

3.3.3.2 หมุนเซนเซอร์ให้อยู่ที่ศูนย์องศา

3.3.3.3 ตั้งค่าให้ลอจิกสูงทำงานที่ 2.4 V และลอจิกต่ำทำงานที่ 2.2 V

3.3.3.4 สังเกตการณ์ทำงานใน Data Inspector และบันทึกผล

### 3.3.4 การทดลองของระบบชนิดของ Potentiometer ทุกตัว

3.3.4.1 นำชุดข้อมูลทั้งหมดมาทำการเปรียบเทียบที่กับ Datasheet โดยใช้ฟังก์ชัน Compare

3.3.4.2 สังเกตการณ์และบันทึกผล

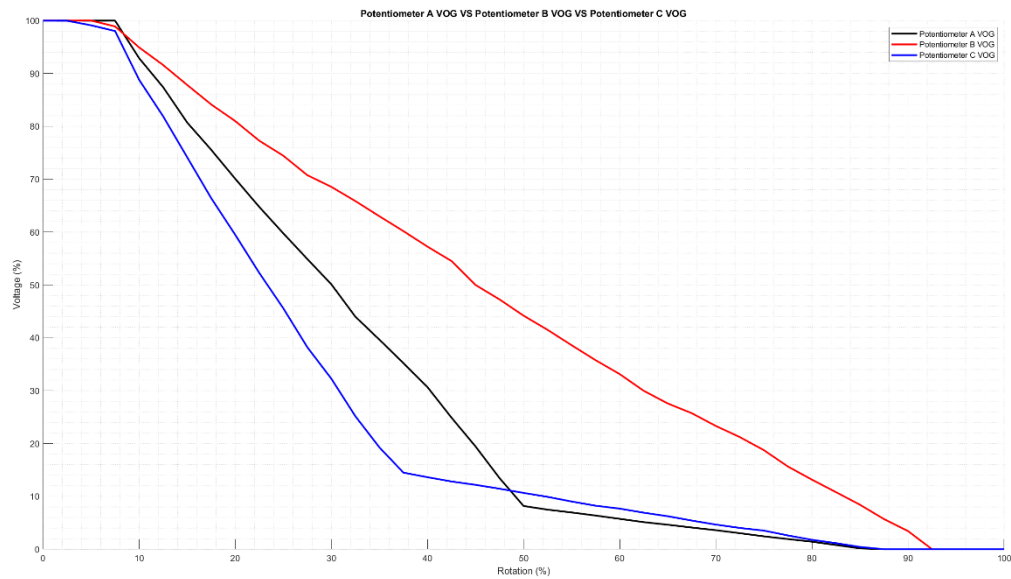


## บทที่ 4

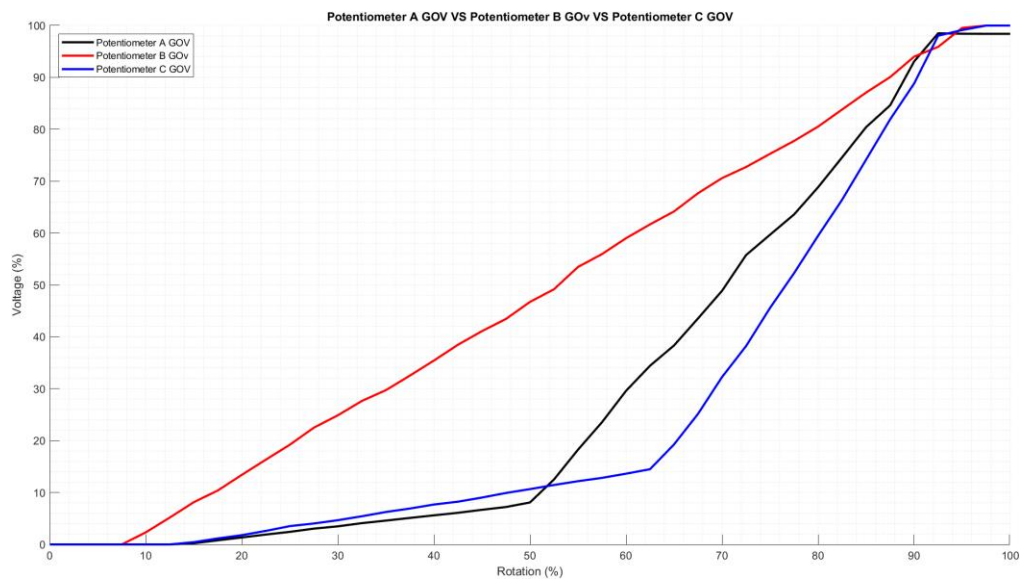
### ผลการทดลอง

#### 4.1 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างระยะองศาในการหมุนและระยะทางการเลื่อนและแรงดันไฟฟ้าส่งออก

4.1.1 Potentiometer A, B และ C ทั้งการต่อแบบ VOG และ GOV ได้ผลการทดลองดังนี้



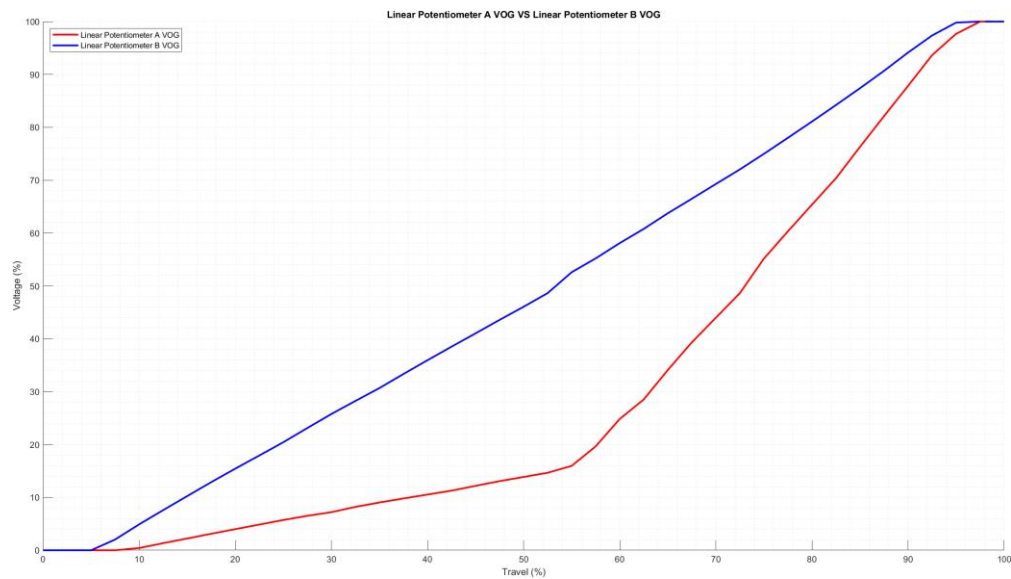
รูปที่



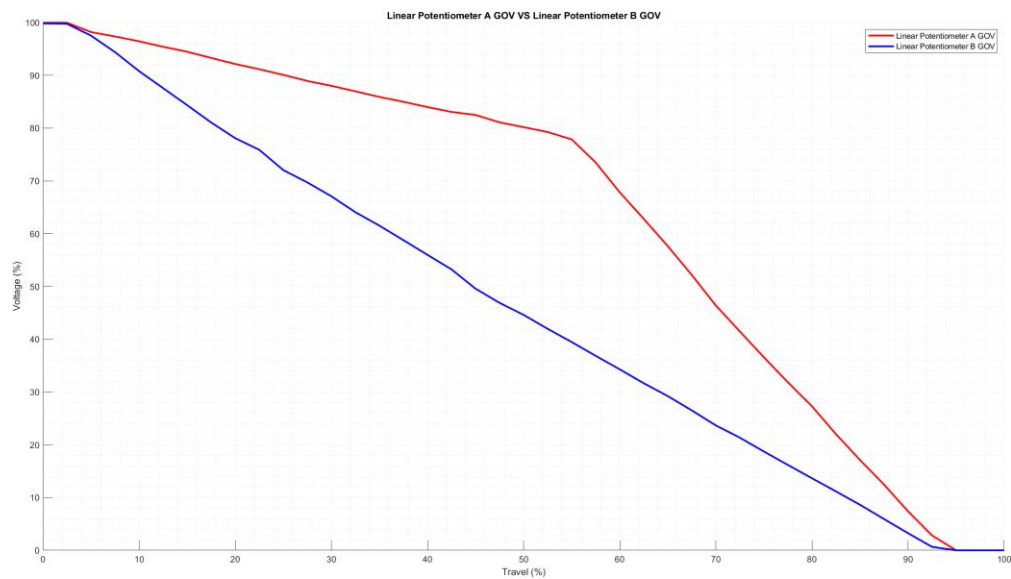
รูปที่

จากผลการทดลองพบว่ากราฟของ Potentiometer A และ C แบบ VOG มีลักษณะกราฟแบบ Exponential Decay Potentiometer A และ C แบบ GOV มีลักษณะกราฟแบบ Exponential Growth และ Potentiometer B VOG และ GOV เป็นลักษณะกราฟเส้นตรง

#### 4.1.2 Linear Potentiometer A และ B ทั้งการต่อแบบ VOG และ GOV ได้ผลการทดลองดังนี้



รูปที่

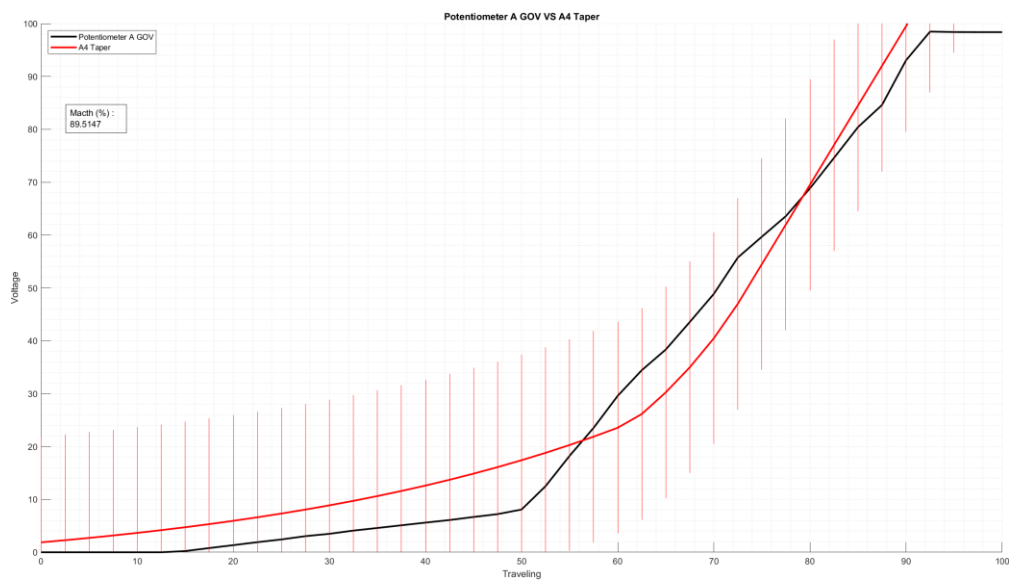


รูปที่

จากผลการทดลองพบว่ากราฟของ Linear Potentiometer A แบบ VOG มีลักษณะกราฟแบบ Exponential Growth Potentiometer A แบบ GOV มีลักษณะกราฟแบบ Exponential Decay และ Linear Potentiometer B VOG และ GOV เป็นลักษณะกราฟเส้นตรง

## 4.2 ผลทดสอบค่าชุดข้อมูลของ Potentiometer A, B และ C และ Linear Potentiometer A และ B กับ Datasheet เพื่อระบุชนิดของ Potentiometer ทุกตัว

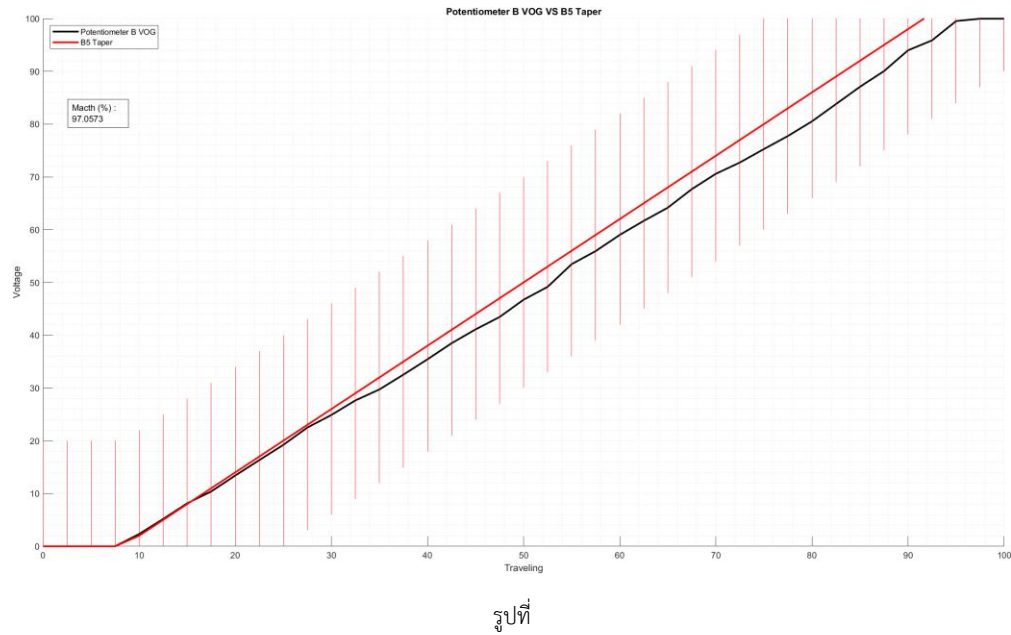
### 4.2.1 ผลทดสอบค่าชุดข้อมูลของ Potentiometer A กับ Datasheet



รูปที่

จากผลการทดลองเปรียบเทียบชุดข้อมูลของ Potentiometer A กับ Datasheet พบว่า Potentiometer A แบบ GOV มีความใกล้เคียงกับ A4 Series Taper มากที่สุดร้อยละ 89.51

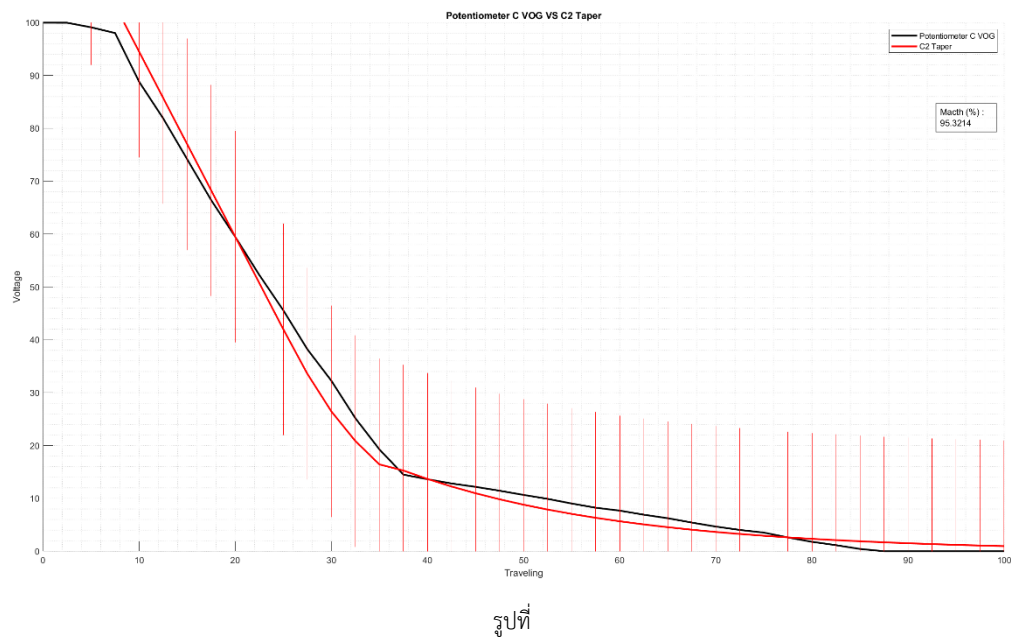
#### 4.2.2 ผลทดสอบค่าชุดข้อมูลของ Potentiometer B กับ Datasheet



รูปที่

จากผลการทดลองเปรียบเทียบชุดข้อมูลของ Potentiometer B กับ Datasheet พบว่า Potentiometer B แบบ VOG มีความใกล้เคียงกับ B5 Series Taper มากที่สุดร้อยละ 97.06

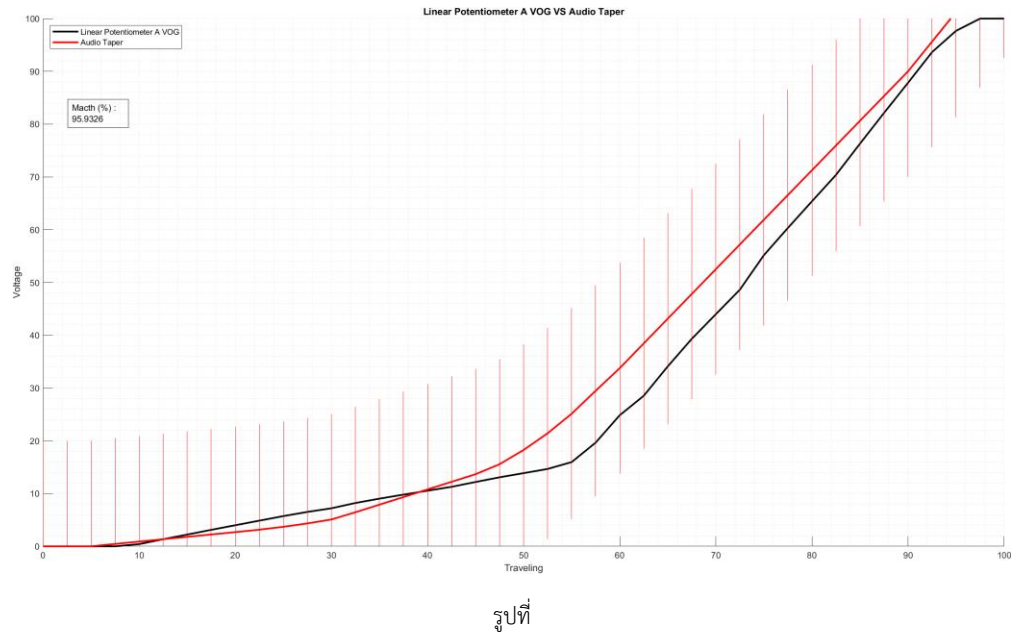
#### 4.2.3 ผลทดสอบค่าชุดข้อมูลของ Potentiometer C กับ Datasheet



รูปที่

จากผลการทดลองเปรียบเทียบชุดข้อมูลของ Potentiometer B กับ Datasheet พบว่า Potentiometer C แบบ VOG มีความใกล้เคียงกับ C2 Series Taper มากที่สุดร้อยละ 95.32

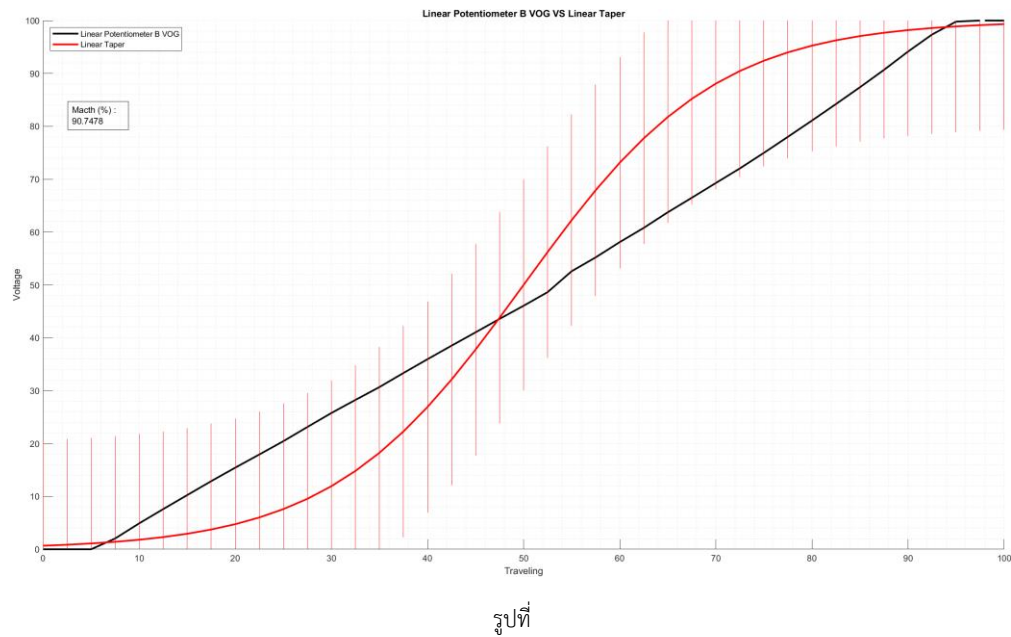
#### 4.2.4 ผลทดสอบค่าชุดข้อมูลของ Linear Potentiometer A กับ Datasheet



รูปที่

จากผลการทดลองเปรียบเทียบชุดข้อมูลของ Linear Potentiometer A กับ Datasheet พบว่า Linear Potentiometer A แบบ VOG มีความใกล้เคียงกับ Audio Taper มากที่สุดร้อยละ 95.93

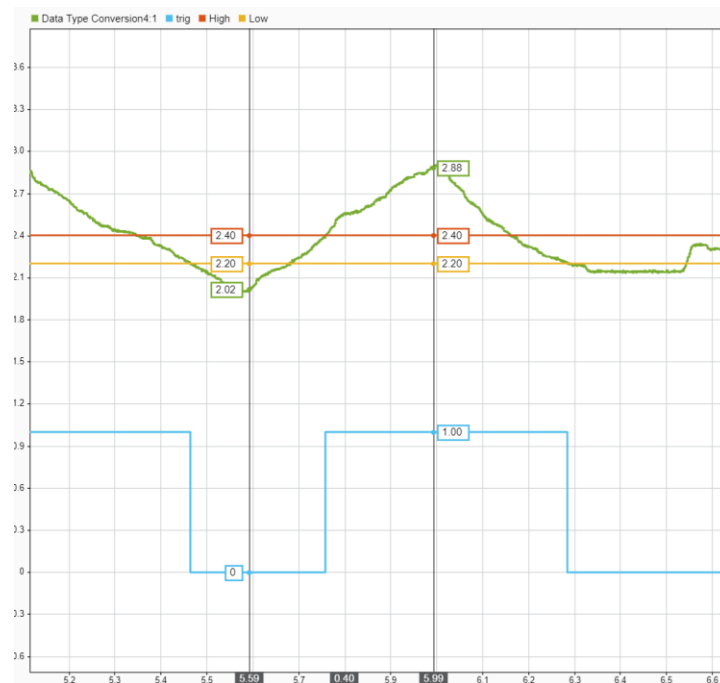
#### 4.2.5 ผลทดสอบค่าชุดข้อมูลของ Linear Potentiometer B กับ Datasheet



รูปที่

จากผลการทดลองเปรียบเทียบชุดข้อมูลของ Linear Potentiometer A กับ Datasheet พบว่า Linear Potentiometer B แบบ VOG มีความใกล้เคียงกับ Linear Taper มากที่สุดร้อยละ 90.75

#### 4.3 ผลการทดสอบการใช้งานวงจร Schmitt-trigger และทำการสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงใน Data Inspector



รูปที่ ผลการทดสอบการใช้งานวงจร Schmitt-trigger

ผลการทดลองทดสอบวงจร Schmitt-trigger จะเห็นว่าเมื่อแรงดันตัดเส้นแรงดันลอจิกต่ำหากลอจิกปัจจุบันเป็นลอจิกต่ำจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง หากลอจิกปัจจุบันเป็นลอจิกสูง ลอจิกปัจจุบันจะเปลี่ยนเป็นลอจิกต่ำ และเมื่อแรงดันตัดเส้นแรงดันลอจิกสูงหากลอจิกปัจจุบันเป็นลอจิกสูงจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง หากลอจิกปัจจุบันเป็นลอจิกต่ำ ลอจิกปัจจุบันจะเปลี่ยนเป็นลอจิกสูง

## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### 5.1 การสรุปผล

5.1.1 ระยะเวลาในการหมุนเพิ่มขึ้น แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการแบ่งแรงดันไฟฟ้าก็จะเพิ่มขึ้น/ลดลง เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงไปของค่าความต้านทาน ที่ส่วนใหญ่จะแปรผันในรูปแบบ Exponential และส่วนน้อยจะแปรผันเป็นเส้นตรง

5.1.2 ระยะเวลาในการเลื่อนเพิ่มขึ้น แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการแบ่งแรงดันไฟฟ้าก็จะเพิ่มขึ้น/ลดลง เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงไปของค่าความต้านทาน ที่ส่วนใหญ่จะแปรผันในรูปแบบ Exponential และส่วนน้อยจะแปรผันเป็นเส้นตรง

5.1.3 การเปลี่ยนแปลงทิศทางของแหล่งจ่ายไฟให้กับเซนเซอร์ ส่งผลโดยตรงกับเซนเซอร์ทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าที่กลับด้านจากแหล่งจ่ายไฟในทิศทางเดิม

5.1.4 สามารถระบุชนิดของ Potentiometer A, B และ C และ Linear Potentiometer A และ B ดังนี้

- Potentiometer A คือ Potentiometer A4 Series Taper
- Potentiometer B คือ Potentiometer B5 Series Taper
- Potentiometer C คือ Potentiometer C2 Series Taper
- Linear Potentiometer A คือ Potentiometer Audio Taper
- Linear Potentiometer B คือ Potentiometer Linear Taper

5.1.5 สามารถประยุกต์ใช้วงจร Schmitt-trigger ในการแปลงแรงดันไฟฟ้าที่รับมาจากเซนเซอร์ให้กลายเป็นสัญญาณ Digital ได้

#### 5.2 การอภิปรายผล

ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงหลักการทำงาน, ลักษณะของสัญญาณส่งออก ของเซนเซอร์ Potentiometer ลักษณะของสัญญาณที่ได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากับการเปลี่ยนแปลงทิศทางแหล่งจ่ายไฟรวมไปถึงการหมุนและการเลื่อนเซนเซอร์ในลักษณะของ Exponential: Growth และ Decay และเส้นตรง อีกทั้งเซนเซอร์

Potentiometer ยังสามารถนำวงจร Schmitt-trigger มาประยุกต์ใช้ในการแปลงสัญญาณส่งออกของเซนเซอร์ให้เป็นสัญญาณ Digital ได้

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

อาจได้ข้อมูลของ Rotary Potentiometer ที่ละเอียดมากขึ้นจากการใช้อุปกรณ์ในการวัดมุมในการหมุนแต่ละครั้งในการทดลองเก็บข้อมูล

แหล่งอ้างอิง

1. Rotary Potentiometer <https://www.mouser.com/ProductDetail/Bourns/PDB181-K420K-103A2?qs=ZTdx6reOWK%2F91p994fqu2g%3D%3D&srsltid=AfmBOoo4hVO46iogHKyD0KLhRHXJJ8mOF6PCV08H5nPcaCi8CFzX0DJ>
2. Low Profile Slide Potentiometer [https://www.mouser.com/ProductDetail/Bourns/PTA6043-2015DPA103?qs=U%2FacTlguYxapXI1x524WqA%3D%3D&srsltid=AfmBOopHgHGP-cYFyDDDz8PfxS8Aqn07vBkMNx\\_yJZWV65sVTiLJKSKW](https://www.mouser.com/ProductDetail/Bourns/PTA6043-2015DPA103?qs=U%2FacTlguYxapXI1x524WqA%3D%3D&srsltid=AfmBOopHgHGP-cYFyDDDz8PfxS8Aqn07vBkMNx_yJZWV65sVTiLJKSKW)