RMXplorer

LAB 1.1: Potentiometer

Name

- นายตะวัน นพเกตุ 67340500014
- นายพีรกานต์ ยู 67340500031
- นายพุฒิพงศ์ วงษ์พงษ์ 67340500073

Objectives

- เพื่อศึกษาหลักการทำงานของ Potentiometer และการเปลี่ยนแปลงแรงดันตามตำแหน่งของตัวต้านทานปรับค่าได้
- เพื่อเรียนรู้และเปรียบเทียบคุณสมบัติของ Potentiometer ชนิดต่าง ๆ
- เพื่อออกแบบและจำลองการทำงานของ Schmitt Trigger ใน Simulink
- เพื่อกำหนดค่าเกณฑ์ขั้นสูง (Upper Threshold) และเกณฑ์ขั้นต่ำ (Lower Threshold) เพื่อศึกษาพฤติกรรมของสัญญาณ Output

หลักการทำงานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. **การแปลงค่าดิจิทัลจากตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (ADC) ไปเป็นค่าแรงดันไฟฟ้า**

ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลเป็นวงจรที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณแรงดันไฟฟ้าอนาล็อกให้เป็นค่าดิจิทัลในรูปของตัวเลข เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถประมวลผลได้ การทำงานของ ADC อาศัยการเปรียบเทียบแรงดันอินพุตกับค่าอ้างอิง แล้วแปลงเป็นค่าดิจิทัลตามจำนวนบิตที่กำหนด เช่น 8-bit, 10-bit, 12-bit เป็นต้น

เราจึงสามารถหาค่าแรงดันออกได้โดย

$$V_{out} = \frac{ADC_{value}}{4095} \times V_{ref}$$

โดยที่

$V_{out} =$ ค่าแรงดันที่อ่านได้

$ADC_{value} =$ ค่าดิจิตอลที่อ่านได้

$4095 =$ ค่าความละเอียด (12-bit)

$V_{ref} =$ แรงดันอ้างอิง (3.3 V)

โดยสามารถเขียน MATLAB Function ได้ดังนี้

รูปที่ 1 MATLAB Function สำหรับแปลงค่า ADC เป็นแรงดัน (ดูในภาคผนวก)

2. **Voltage Divider**

Potentiometer เป็นตัวต้านทานปรับค่าได้ที่มีขั้ว 3 ขา ได้แก่ VCC, GND และ Out ซึ่งใช้ในการแบ่งแรงดันไฟฟ้า (Voltage Divider) ตามตำแหน่งของตัวปรับเมื่อหมุนหรือเลื่อนตัวปรับ ค่าความต้านทานระหว่างขาทั้งสองด้านจะเปลี่ยน ส่งผลให้แรงดันขาออกเปลี่ยนแปลงตาม

หลักการคำนวณพื้นฐานคือ

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

โดยที่ R_1 และ R_2 เป็นค่าความต้านทานของแต่ละส่วนของแถบตัวต้านทานที่แบ่งโดยตำแหน่งของตัวปรับ

3. **Schmitt Trigger**

Schmitt Trigger เป็นวงจรเปรียบเทียบ (Comparator Circuit) ที่มีการทำงานแบบ Hysteresis ซึ่งจะกำหนดเกณฑ์ขั้นสูง (Upper Threshold) และเกณฑ์ขั้นต่ำ (Lower Threshold) สำหรับการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณดิจิทัล การมี Hysteresis ช่วยป้องกันการสั่นหรือการเปลี่ยนสถานะรวดเร็วเกินไปของสัญญาณในกรณีที่มีสัญญาณรบกวน (Noise) ทำให้สัญญาณขาออกมีความเสถียรและเหมาะสมสำหรับการประมวลผลในระบบดิจิทัล

โดยช่วงแรงดันคือ 0 – 3.3 V ดังนั้นจึงเลือกค่าช่วงเปิด – ปิด (Hysteresis) ให้อยู่ราว 1 V ถึง 2 V เพื่อป้องกันการสลับสถานะบ่อยเมื่อมีสัญญาณรบกวน โดยกำหนดให้

เกณฑ์ขั้นสูง 2.2 V ≈ 2/3 ของ 3.3 V

เกณฑ์ขั้นต่ำ 1.1 V ≈ 1/3 ของ 3.3 V

รูปที่ 2 แสดง MATLAB Function เพื่อจำลองวงจร Schmitt Trigger (ดูในภาคผนวก)

การทดลองที่ 1 หลักการทำงานของ Potentiometer แบบหมุน (Principle of Operation of Rotary Potentiometer)

จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับตำแหน่งการหมุนของ Potentiometer
2. เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของ Potentiometer ชนิดต่าง ๆ

สมมติฐาน

1. เมื่อเปลี่ยนตำแหน่งตัวปรับของ Potentiometer ค่าแรงดันขาออกจะเปลี่ยนแปลงตามตำแหน่งการหมุน
2. Potentiometer แบบ Linear Taper จะให้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับตำแหน่งตัวหมุนเป็นเชิงเส้น
3. Potentiometer แบบ Audio และ Reverse Audio Taper จะให้ความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้นตามลักษณะของแต่ละชนิด

ตัวแปร

1. ตัวแปรต้น
- ชนิดของ Potentiometer
- ตำแหน่งของตัวหมุน
2. ตัวแปรตาม
- ค่าแรงดันไฟฟ้าขาออกที่เปลี่ยนไปตามตำแหน่งของตัวหมุน
3. ตัวแปรควบคุม
- ค่าแรงดันไฟฟ้าขาเข้าที่จ่ายให้กับ Potentiometer
- ค่าความต้านทานรวมของ Potentiometer
- อุณหภูมิและสภาวะแวดล้อมระหว่างการทดลอง

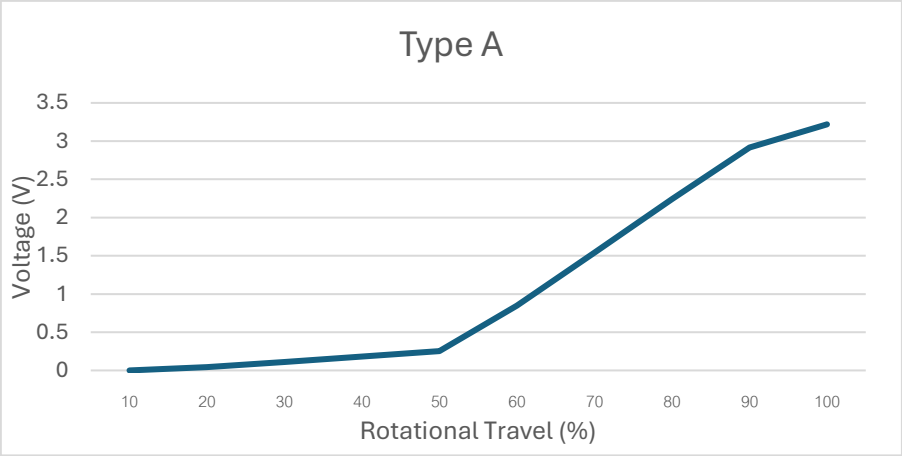
ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. เชื่อมต่อบอร์ด NUCLEO-G474RE กับ Potentiometer ทุกชนิดโดยเชื่อมต่อขา VCC, GND และ Out เข้ากับตัวบอร์ดตาม Pin ที่กำหนด
2. กำหนดค่าแรงดันอินพุตเท่ากันที่ 3.3 V
3. หมุนแกนของ Potentiometer (Rotational Travel) ทีละ 10% และวัดค่าแรงดันขาออกในแต่ละตำแหน่งของตัวหมุน
4. บันทึกค่าแรงดันขาออกที่ได้จากแต่ละชนิดของ Potentiometer ตำแหน่งละ 30 ค่า
5. นำค่าที่ได้ของแต่ละตำแหน่งมาหาค่าเฉลี่ยและวาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขาออกกับตำแหน่งตัวหมุน
6. วิเคราะห์รูปกราฟเพื่อเปรียบเทียบลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแต่ละชนิดของ Potentiometer

ผลการทดลอง

1. Potentiometer Type A

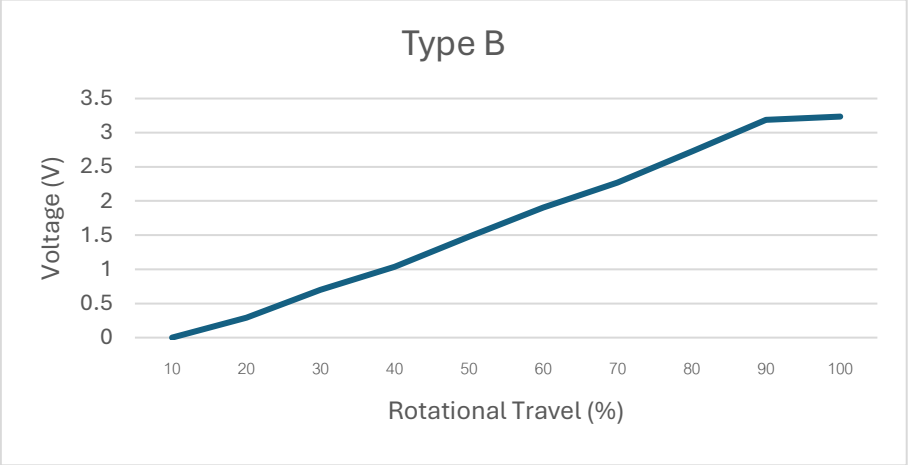
ตารางที่ 1 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยแรงดันในแต่ละ Rotational Travel ของ Type A (ดูในภาคผนวก)



รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงดันขาออกกับตำแหน่งตัวหมุนของ Type A

2. Potentiometer Type B

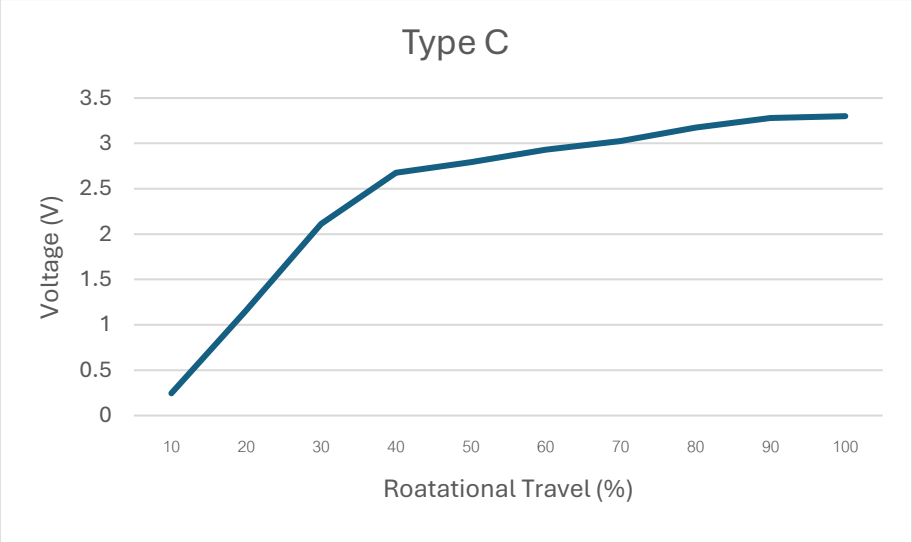
ตารางที่ 2 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยแรงดันในแต่ละ Rotational Travel ของ Type B (ดูในภาคผนวก)



รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงดันขาออกกับตำแหน่งตัวหมุนของ Type B

3. Potentiometer Type C

ตารางที่ 3 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยแรงดันในแต่ละ Rotational Travel ของ Type C (ดูในภาคผนวก)



รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงดันขาออกกับตำแหน่งตัวหมุนของ Type C

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า Potentiometer แบบหมุนสามารถแบ่งแรงดันไฟฟ้าได้ตามตำแหน่งของตัวหมุนจริง โดย Potentiometer Type B ให้ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างแรงดันกับการหมุน ส่วนชนิด Potentiometer Type A และ Type C ให้ความสัมพันธ์แบบโค้งตามลักษณะของการตอบสนองแต่ละชนิด ผลการทดลองจึงยืนยันหลักการทำงานของ Potentiometer ตามทฤษฎีได้อย่างถูกต้อง

อภิปรายผล

จากการทดลองเมื่อหมุนแกนของ Potentiometer จะพบว่าแรงดันขาออกเปลี่ยนแปลงตามตำแหน่งการหมุนของตัวหมุนซึ่งสอดคล้องกับหลักการแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) ตามทฤษฎี โดย Type B มีการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่เป็นสัดส่วนตรงกับมุมการหมุน ส่วนแบบ Type A และ Type C แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ไม่เป็นเชิงเส้น คือแรงดันจะเพิ่มขึ้นเร็วหรือช้าในบางช่วงของการหมุน ทั้งนี้อาจมีความคลาดเคลื่อนจากค่าทางทฤษฎีเนื่องจากความไม่แม่นยำของการอ่านค่า มุมหมุนไม่สม่ำเสมอ หรือค่าความต้านทานภายในของอุปกรณ์

การทดลองที่ 2 หลักการทำงานของ Potentiometer แบบเส้นตรง (Principle of Operation of Linear Potentiometer)

จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับระยะเลื่อน
2. เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของ Potentiometer ชนิดต่าง ๆ

สมมติฐาน

1. เมื่อเปลี่ยนตำแหน่งตัวปรับของ Potentiometer ค่าแรงดันขาออกจะเปลี่ยนแปลงตามระยะเลื่อน
2. แบบ Linear Taper จะให้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับระยะเลื่อนเป็นเชิงเส้น
3. แบบ Audio Taper จะให้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับระยะเลื่อนไม่เป็นเชิงเส้น

ตัวแปร

1. ตัวแปรต้น
- ชนิดของ Potentiometer
- ตำแหน่งของตัวหมุน
2. ตัวแปรตาม
- ค่าแรงดันไฟฟ้าขาออกที่เปลี่ยนไปตามตำแหน่งของตัวหมุน
3. ตัวแปรควบคุม
- ค่าแรงดันไฟฟ้าขาเข้าที่จ่ายให้กับ Potentiometer
- ค่าความต้านทานรวมของ Potentiometer
- อุณหภูมิและสภาวะแวดล้อมระหว่างการทดลอง

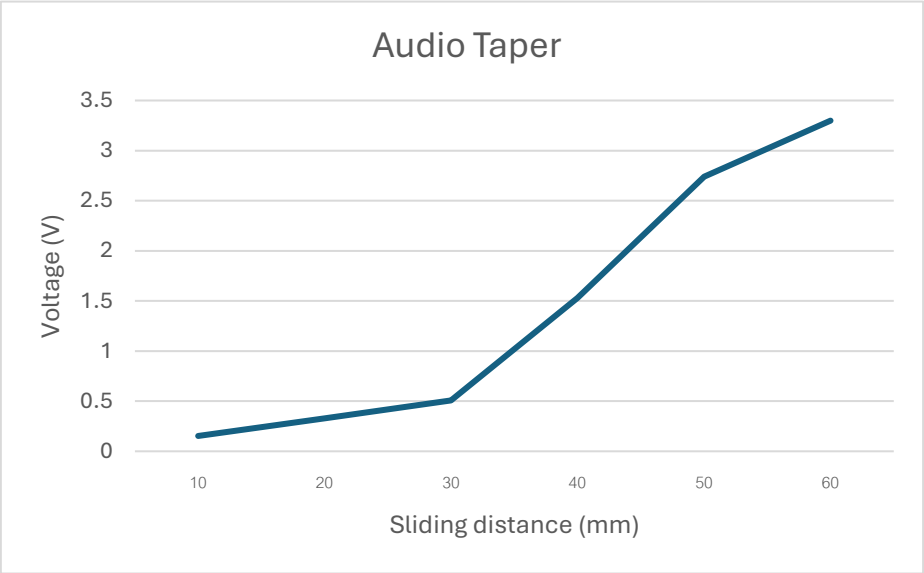
ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. เชื่อมต่อบอร์ด NUCLEO-G474RE กับ Potentiometer ทุกชนิดโดยเชื่อมต่อขา VCC, GND และ Out เข้ากับตัวบอร์ดตาม Pin ที่กำหนด
2. กำหนดค่าแรงดันอินพุตเท่ากันที่ 3.3 V
3. เลื่อนแกนของ Potentiometer ทีละ 10 mm และวัดค่าแรงดันขาออกในแต่ละตำแหน่ง
4. บันทึกค่าแรงดันขาออกที่ได้จากแต่ละชนิดของ Potentiometer ตำแหน่งละ 30 ค่า
5. นำค่าที่ได้ของแต่ละตำแหน่งมาหาค่าเฉลี่ยและวาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขาออกกับระยะเลื่อน
6. วิเคราะห์รูปกราฟเพื่อเปรียบเทียบลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแต่ละชนิดของ Potentiometer

ผลการทดลอง

1. Audio Taper

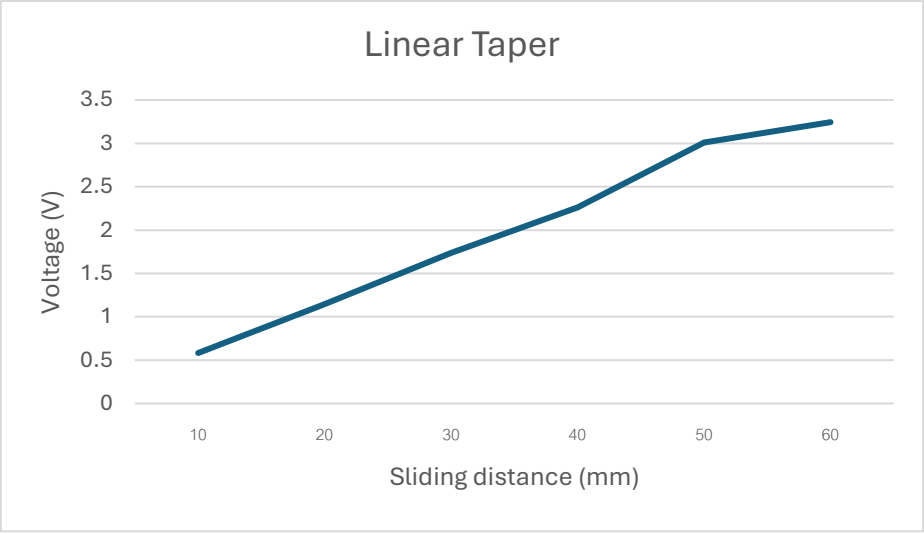
ตารางที่ 4 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยแรงดันในแต่ละระยะการเลื่อนของ Audio Taper (ดูในภาคผนวก)



รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงดันขาออกกับระยะเลื่อนของ Audio Taper

2. Linear Taper

ตารางที่ 5 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยแรงดันในแต่ละระยะการเลื่อนของ Linear Taper (ดูในภาคผนวก)



รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงดันขาออกกับระยะเลื่อนของ Linear Taper

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า Potentiometer ทั้งสองชนิดมีหลักการทำงานตามทฤษฎีของการแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) โดยชนิด Linear Taper ให้ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างแรงดันและระยะเลื่อน ส่วนชนิด Audio Taper ให้ความสัมพันธ์แบบลอการิทึม ผลการทดลองจึงสอดคล้องกับหลักการทางทฤษฎีและข้อมูลจาก Datasheet อย่างชัดเจน

อภิปรายผล

จากการทดลองพบว่า เมื่อเลื่อนตัวปรับของ Potentiometer แรงดันขาออกจะเปลี่ยนแปลงตามตำแหน่งของตัวเลื่อน โดยชนิด Linear Taper ให้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขาออกกับตำแหน่งของระยะเลื่อนที่เป็นเชิงเส้น กล่าวคือ เมื่อเพิ่มระยะการเลื่อนในปริมาณเท่ากัน จะได้แรงดันที่เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนเท่ากัน ส่วน Audio Taper จะให้การเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ไม่เป็นเชิงเส้น โดยในช่วงต้นของการเลื่อนแรงดันจะเพิ่มขึ้นช้า และจะเพิ่มเร็วขึ้นในช่วงปลาย ทั้งนี้ค่าที่วัดได้อาจมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยจากปัจจัยต่าง ๆ

ภาคผนวก

```
function V = adc2voltage(adc_value, Vref)
    % ตรวจสอบขอบเขตค่าของ ADC
    if any(adc_value < 0 | adc_value > 4095)
        error('adc_value ต้องอยู่ในช่วง 0 ถึง 4095');
    end

    % คำนวณแรงดัน
    V = (adc_value / 4095) * Vref;
end
```

รูปที่ 1 MATLAB Function สำหรับแปลงค่า ADC เป็นแรงดัน

```
function y = schmitt_trigger(V)
%#codegen
% Schmitt Trigger: แปลงแรงดัน analog → digital (0 หรือ 1)
% V : แรงดันอินพุตจาก adc2voltage

V_high = 2.2;  % Threshold สูง
V_low  = 1.1;  % Threshold ต่ำ

persistent state
if isempty(state)
    state = 0;
end

if V > V_high
    state = 1;
elseif V < V_low
    state = 0;
end

y = state;
end
```

รูปที่ 2 แสดง MATLAB Function เพื่อจำลองวงจร Schmitt Trigger

ตารางที่ 1 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยแรงดันในแต่ละ Rotational Travel ของ Type A

Rotational Travel (%)	Voltage (V)
10	0
20	0.04166
30	0.11185
40	0.18118
50	0.25186
60	0.84648
70	1.54277
80	2.24384
90	2.91448
100	3.21925

ตารางที่ 2 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยแรงดันในแต่ละ Rotational Travel ของ Type B

Rotational Travel (%)	Voltage (V)
10	0
20	0.29352
30	0.69957
40	1.03658
50	1.47513
60	1.90578
70	2.26756
80	2.72171
90	3.18557
100	3.2355

ตารางที่ 3 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยแรงดันในแต่ละ Rotational Travel ของ Type C

Rotational Travel (%)	Voltage (V)
10	0.24547
20	1.16009
30	2.1113
40	2.67583
50	2.79419
60	2.92901
70	3.02732
80	2.24384
90	3.1756
100	3.3

ตารางที่ 4 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยแรงดันในแต่ละระยะการเลื่อนของ Audio Taper

Sliding distance (mm)	Voltage (V)
10	0.153006
20	0.328417
30	0.508418
40	0.1530867
50	2.741109
60	3.299114

ตารางที่ 5 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยแรงดันในแต่ละระยะการเลื่อนของ Linear Taper

Sliding distance (mm)	Voltage (V)
10	0.582288
20	1.146068
30	1.736684
40	2.262266
50	3.010239
60	3.244315

ลิงก์อ้างอิง

- Potentiometer: Definition, Types, And Working Principle
  https://www.electrical4u.com/potentiometer/

- What is Schmitt Trigger | How It Works
  https://howtomechatronics.com/how-it-works/electrical-engineering/schmitt-trigger/

- Analog to Digital Conversion
  https://learn.sparkfun.com/tutorials/analog-to-digital-conversion/relating-adc-value-to-voltage

- Datasheet
  https://www.mouser.com/datasheet/3/40/1/pta.pdf
  https://www.mouser.com/datasheet/3/40/1/PDB18.pdf