

ระบบทดสอบการเคลื่อนที่ตามแสงดวงอาทิตย์ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อศึกษา  
ประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์

Mobile Test Systems Based on Sun's Light Controlled by  
a Microcontroller to Determine the Efficiency of Solar Cells

เอกลักษณ์ หลวงโภชน<sup>1\*</sup> ศุภวดี เนตรโพธิ์แก้ว<sup>2</sup> ทศนัย นวกิจพิทักษ์<sup>3</sup> อภิชาติ บุญเสนอ<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup> นักศึกษา <sup>2</sup> อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพฯ 10800

**บทคัดย่อ**

ในปัจจุบันพลังงานทดแทนจากแสงอาทิตย์ได้มีส่วนสำคัญในระดับอุตสาหกรรมการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยมาก แต่ศักยภาพการนำแสงอาทิตย์มาใช้ยังต่ำ จึงได้หาวิธีการรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ให้ได้มากที่สุด ดังนั้นจึงได้คิดค้นชุดทดลองตามแสงแบบ 2 แกน เพื่อระบุทิศทางของแหล่งกำเนิดแสงบนแกนระนาบและแกนตั้งโดยการใช้การเปรียบเทียบค่าความต้านทาน ตกคร่อมของตัวต้านทานปรับค่าตามแสงเพื่อระบุองศาของแหล่งกำเนิดแสงได้ และสามารถให้ผู้สนใจนำไปพัฒนาต่อเพื่อใช้งานจริงได้

**Abstract**

Current energy from sun made a significant contribution in the electricity manufacturing industry in Thailand. However, the potential application of solar energy are at the low level. The agency will need to make solar energy perpendicular to the sun as much as possible. Therefore, the invention of the light experimental set for two-axis motion to identify the vertical axis was done to compare the value of Light Dependent Resistor to locate the origin of the light and can be applied to the real work in the future.

**คำสำคัญ** : พลังงานจากแสงอาทิตย์

**Keywords** : solar energy

ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ [ekalak\\_@hotmail.com](mailto:ekalak_@hotmail.com) โทร. 087-169-7265

# 1. บทนำ

## 1.1 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม

ในปัจจุบันได้มีการใช้เทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ในชีวิตประจำวันอย่างแพร่หลายเราจึงนำมาประยุกต์เพื่อให้เกิดความหลากหลายในด้านการใช้งาน ซึ่งทางด้านผู้จัดทำได้นำหลักการมาพัฒนาเพื่อใช้ในการสร้างชุดทดลองการเคลื่อนที่ตามแสง และสืบเนื่องมาจากเทคโนโลยีด้านพลังงานทดแทนกำลังมีส่วนสำคัญในด้านการพัฒนาประเทศ จึงได้ค้นคว้าวิจัยการติดตามการเคลื่อนที่ของแสง โดยนำแหล่งกำเนิดแสงมาเป็นตัวทดสอบเบื้องต้นเพื่อให้ผู้สนใจสามารถนำไปพัฒนาต่อได้

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้มีความเข้าใจถึงหลักการทำงานระบบตามตำแหน่งแสง
2. เพื่อให้มีความเข้าใจเทคนิคการควบคุมสแตปปีงมอเตอร์
3. เพื่อให้ทราบถึงหลักการเขียนโปรแกรมและหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น

JX-Mega128

## 1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เข้าใจหลักการการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์JX-Mega128
2. สามารถขยายเครือข่ายการควบคุมได้ง่าย
3. ได้ชุดทดลองเคลื่อนที่ตามแสงเพื่อให้ผู้สนใจนำไปพัฒนาต่อได้

## 1.4 ลำแสง

แสงเป็นพลังงานรูปหนึ่ง เดินทางในรูปคลื่นด้วยอัตราเร็วสูง 300,000 กิโลเมตรต่อวินาทีแหล่งกำเนิดแสงมีทั้งแหล่งกำเนิดที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติดังรูปที่ 1 เช่นแสงดวงอาทิตย์ที่เป็นแหล่งพลังงานของสิ่งมีชีวิต แหล่งกำเนิดแสงที่มนุษย์สร้างขึ้นรูปที่ 2 เช่นแสงสว่างจากหลอดไฟ เป็นต้น



รูปที่ 1 แสงจากธรรมชาติ



รูปที่ 2 แสงที่มนุษย์สร้างขึ้น

## 1.5 การสะท้อนของแสง

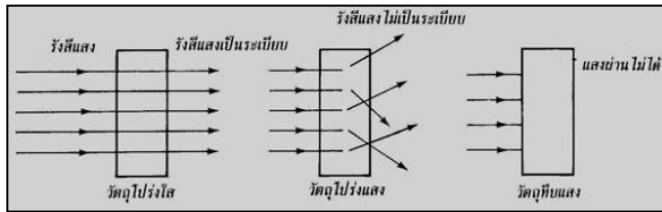
เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นสม่ำเสมอเช่น น้ำ อากาศ แท่งพลาสติกใส หรือสุญญากาศแสงจะเคลื่อนที่เป็นแนวตรงอย่างไรก็ตามถ้าแสงเคลื่อนที่ไปกระทบวัตถุต่างชนิดกันและเป็นวัตถุทึบแสงที่มีผิวขัดมันแสงจะเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ ณ ตำแหน่งบนผิวที่แสงกระทบและเคลื่อนที่กลับทิศในตัวกลางเดิมเรียกการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ของแสงนี้ว่า การสะท้อนโดยทั่วไปลักษณะการสะท้อนของแสงขึ้นอยู่กับลักษณะของผิววัตถุ

ลักษณะของผิววัตถุมี 2 ลักษณะ

1. วัตถุผิวเรียบมัน มีลักษณะการสะท้อนแสงอย่างเป็นระเบียบ
2. วัตถุผิวขรุขระ มีลักษณะการสะท้อนแสงอย่างไม่เป็นระเบียบ

## 1.6 การเคลื่อนที่ของแสงผ่านวัตถุ

เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านกลุ่มควันหรือฝุ่นละออง จะเห็นเป็นลำแสงเส้นตรงและสามารถทะลุผ่านวัตถุได้ วัตถุที่ยอมให้แสงเคลื่อนที่ผ่านเป็นเส้นตรงไปได้นั้นเราเรียกวัดถุนี้ว่าวัตถุโปร่งใสเช่น แก้ว อากาศ น้ำ เป็นต้นถ้าแสงเคลื่อนที่ผ่านวัตถุบางชนิดแล้วเกิดการกระจายของแสงออกไป โดยรอบทำให้แสงเคลื่อนที่ไม่เป็นเส้นตรง เราเรียกวัดถุนั้นว่าวัตถุโปร่งแสงเช่น กระดาษฝ้า กระดาษไข พลาสติกฝ้า เป็นต้นส่วนวัตถุที่ไม่ยอมให้แสงเคลื่อนที่ผ่านไปได้ เราเรียกว่าวัตถุทึบแสงเช่น ผนังคอนกรีต กระดาษแข็งหนาๆ เป็นต้นวัตถุทึบแสงจะสะท้อนแสงบางส่วนและดูดกลืนแสงบางส่วนไว้ทำให้เกิดเงาขึ้นดังรูปที่ 3



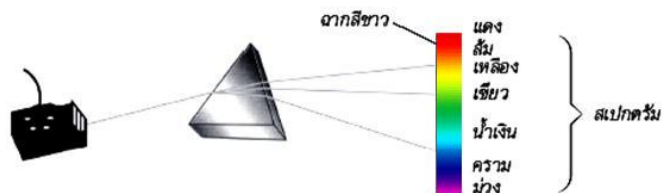
รูปที่ 3 การเคลื่อนที่ของแสงผ่านวัตถุต่างๆ

## 1.7 สเปกตรัมของแสง

สเปกตรัม หมายถึงอนุกรมของแถบสีหรือเส้นที่ได้จากการผ่านรังสีเข้าไปในสเปกโตรสโคปทำให้พลังงานรังสีแยกออกเป็นแถบหรือเส้นที่มีความยาวคลื่นต่างๆ เรียงลำดับกันดังรูปที่ 4

สเปกตรัมมี 2 ชนิด

1. สเปกตรัมต่อเนื่องเป็นสเปกตรัมที่ประกอบด้วยแถบสีต่อเนื่องกันอย่างกลมเกลียว
2. สเปกตรัมไม่ต่อเนื่องหรือเรียกว่าเส้นสเปกตรัมเป็นสเปกตรัมที่เป็นเส้น หรือเป็นแถบเล็กๆ ไม่เกิดต่อเนื่องกัน



รูปที่ 4 สเปกตรัมของแสง

## 1.8 ตัวต้านทานปรับค่าตามแสง

ตัวต้านทานปรับค่าตามแสง เป็นอุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำชนิด 2 ขั้วต่อ มีชื่อเรียกหลายแบบ เช่นตัวต้านทานไวแสง หรือแอลดีอาร์ทำมาจากสารแคดเมียมซัลไฟด์ (Cds) หรือแคดเมียมซีลีไนด์ (Cdse) ซึ่งเป็นสารประกอบชนิดกึ่งตัวนำมาฉาบบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรอง แล้วต่อขาจากสารที่ฉาบเอาไว้

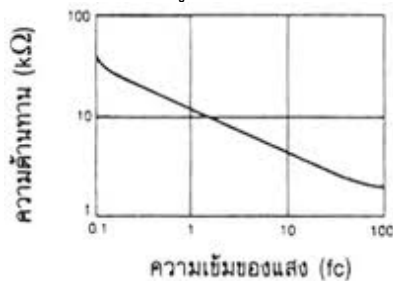


รูปที่ 5 ตัวต้านทานปรับค่าตามแสง

จะเห็นได้ในรูปที่ 5 ส่วนที่ขีดเป็นแนวเอียงสีดำ ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไวแสง และแนวสีดำนั้นจะแบ่งพื้นที่ของตัวมันออกเป็นสองข้างซึ่งจะเห็นว่ามีส่วนที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ทำหน้าที่สัมผัสกับตัวต้านทานไวแสง เป็นที่สำหรับต่อขาออกมาภายนอกหรือเรียกว่าอิเล็กโทรดส่วนที่เหลือจะเป็นฐานเซรามิกและอุปกรณ์สำหรับห่อหุ้ม

### 1.9 คุณสมบัติตัวต้านทานปรับค่าตามแสง

ค่าความต้านทานในตัวต้านทานปรับค่าตามแสงระหว่างขั้วต่อทั้งสองจะเปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มของแสงที่มาตกกระทบ ความเข้มของแสงน้อย ตัวต้านทานปรับค่าตามแสงจะมีค่าความต้านทานสูง และถ้าความเข้มของแสงมากตัวต้านทานปรับค่าตามแสงมีค่าความต้านทานต่ำ ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของแสงและค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่าตามแสง

คุณสมบัติทางแสงของตัวต้านทานปรับค่าตามแสงจะไวต่อแสงในช่วงคลื่น 400-1000 นาโนเมตร (1 นาโนเมตร =  $10^{-9}$  เมตร) ซึ่งครอบคลุมช่วงคลื่นที่ไวต่อตาคน (400-700 นาโนเมตร) นั่นคือ ตัวต้านทานปรับค่าตามแสงจะไวต่อแสงอาทิตย์และแสงจากหลอดไส้หรือหลอดเรืองแสงและยังไวต่อแสงอินฟราเรดที่ตามองไม่เห็นอีกด้วย (ช่วงคลื่นตั้งแต่ 700 นาโนเมตรขึ้นไป)

คุณสมบัติทางไฟฟ้า

ความต้านทานในขณะไม่มีแสงจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.5 เมกะวัตต์ขึ้นไป และความต้านทานขณะที่มีแสงจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 10 กิโลวัตต์ ลงมาทนแรงดันสูงสุดได้มากกว่า 100 โวลต์ และทนกำลังไฟได้ประมาณ 50 มิลลิวัตต์

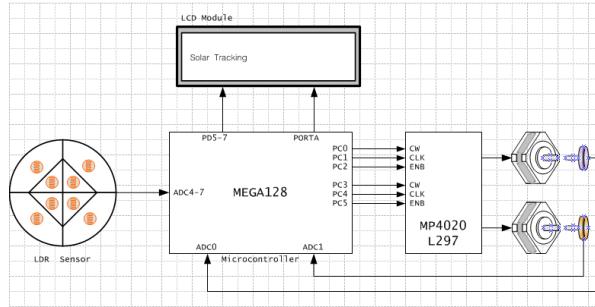
#### 1.10 ไมโครคอนโทรลเลอร์ JX - Mega128

ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega128 ของ Atmel มีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช 128 กิโลไบต์ เขียนและลบได้ 10,000 ครั้งและมีหน่วยความจำข้อมูลอีพรอม 4 กิโลไบต์สามารถเขียนและลบได้ 100,000 ครั้งและมีหน่วยความจำข้อมูลแรม 4 กิโลไบต์ สัญญาณนาฬิกาจากคริสตอลความถี่ 16 MHz



รูปที่ 7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ JX-Mega128

#### 1.11 ขั้นตอนการดำเนินงานบล็อกไดอะแกรม



รูปที่ 8 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของฮาร์ดแวร์

**หลักการทำงาน**

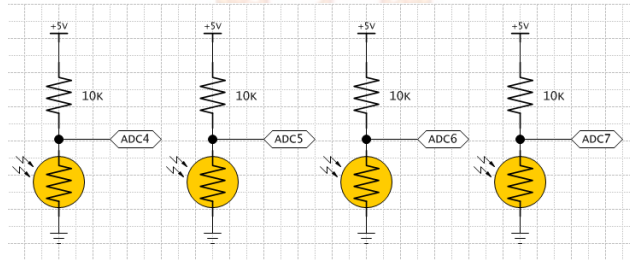
1. เมื่อเซ็นเซอร์แอลดีอาร์ได้รับแสง ความต้านทานของตัวแอลดีอาร์จะเปลี่ยนไป
2. ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์หมุนเพื่อปรับให้ค่าความต้านทานของแอลดีอาร์ให้มีค่าใกล้เคียงกัน
3. เมื่อความต้านทานของแอลดีอาร์มีค่าใกล้เคียงจนถึงจุดที่กำหนดไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์หยุดหมุน

**หยุดหมุน**

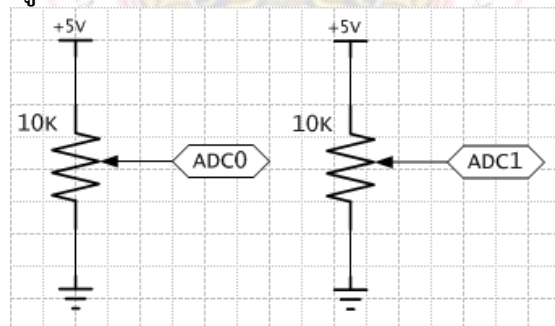
4. หลังจากมอเตอร์หยุดหมุนแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะคำนวณองศาจากค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่าได้ทั้ง 2 ตัว

5. เมื่อคำนวณค่าเสร็จก็จะนำค่ามาแสดงผลที่จอแอลดีอาร์เพื่อโชว์ค่ามุมในแนวตั้งและแนวนอน

**1.12 โครงสร้างของวงจรภาคตรวจวัดระดับความเข้มแสง**



รูปที่ 9 การต่อวงจรตัวต้านทานปรับค่าตามแสง



รูปที่ 10 โครงสร้างของวงจรการต่อ ความต้านทานปรับค่าได้

**หลักการทำงาน**

1. เมื่อมีแสงส่องมากระทบแอลดีอาร์ก็จะทำให้ค่าความต้านทานของแอลดีอาร์มีค่าลดลงทำให้แรงดันไหลผ่านได้มากขึ้น
2. ค่าแรงดันของแต่ละตัวจะถูกนำไปแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งงานมอเตอร์

3. เมื่อมอเตอร์หมุนเพลลาของมอเตอร์ก็จะไปหมุนกับตัวต้านทานปรับค่าได้เพื่อปรับค่าความต้านทาน
4. นำเอา Voltage ที่ตกคร่อมของตัวต้านทานปรับค่าได้มาแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล และนำไปคำนวณหาองศา ดังรูปที่ 8

### 1.13 การคำนวณหาค่าองศาจากแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานปรับค่าได้

กำหนดให้ค่าที่ตำแหน่งที่ 0 องศา ค่าแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลจะได้ 100 ตำแหน่งที่ 360 องศา ค่าแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลจะได้ 820

$$820 - 100 = 720 \text{ องศา}$$

$$720 / 2 = 360 \text{ องศา}$$

เพราะฉะนั้นนำค่าแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลที่ได้จากการวัดจริงมา ลบกับค่าต่ำสุดคือ 100 แล้วจึงนำมาหารกับ 2

## 2. วิธีการทดลอง

### 2.1 ในการหาผลของการทดสอบประสิทธิภาพซึ่งหาจากค่าเฉลี่ยของมุมมอง

โดยจำนวนครั้งที่ใช้ในการหาค่ามีทั้งหมด 5 ครั้ง และนำค่าที่ได้นั้นมาหาข้อสรุป ซึ่งจะมีขั้นตอนในการทดสอบ ดังนี้

1. การทดสอบประสิทธิภาพแกนนอน
2. การทดสอบประสิทธิภาพแกนตั้ง

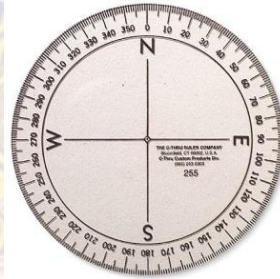
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. แหล่งกำเนิดแสง
2. ไมโครแทรกเตอร์สำหรับวัดองศา

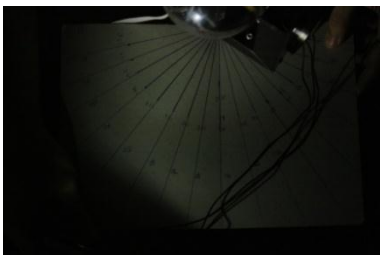
ใช้แหล่งกำเนิดแสงเป็นไฟฉายเพื่อทำการทดลอง เนื่องจากสามารถควบคุมและวัดองศาได้ง่าย ดังรูปที่ 1 และใช้ไมโครแทรกเตอร์วัดองศาของแหล่งกำเนิดแสงเพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่แสดงผลจอ LCD



รูปที่ 11 แหล่งกำเนิดแสง



รูปที่ 12 ไมโครแทรกเตอร์สำหรับวัดองศา



รูปที่ 13 การทดสอบวัดแสงที่มุมแกนนอน 60 ° รูปที่ 14 จอแสดงผลแอลซีดีที่มุมแกนนอน 60 °



### 2.2 การทดสอบประสิทธิภาพค่าองศาของแกนนอน

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ปิดไฟเพื่อให้แสงมีค่าที่ต่ำกว่าค่าที่กำหนดเพื่อให้เครื่องเซ็ดไปที่จุดเริ่มต้น
2. นำแหล่งกำเนิดแสงส่องโดยเริ่มจากค่าที่มุมศูนย์
3. ค่อยๆเลื่อนแหล่งกำเนิดแสงไปครั้งละ 30 องศาจนถึง 180 องศา ดังรูปที่ 3
4. บันทึกผลการทดลองจากค่าที่อ่านได้บนจอ LCD ดังรูปที่ 4
5. ทำการทดลองซ้ำและหาค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องดังตารางที่ 1

### 2.3 การทดสอบประสิทธิภาพค่าองศาของแกนตั้ง

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ปิดไฟเพื่อให้แสงมีค่าที่ต่ำกว่าค่าที่กำหนดเพื่อให้เครื่องเซ็ดไปที่จุดเริ่มต้น
2. นำแหล่งกำเนิดแสงส่องโดยเริ่มจากค่าที่มุมศูนย์
3. ค่อยๆเลื่อนแหล่งกำเนิดแสงไปครั้งละ 30 องศา จนถึง 360 องศา ดังรูปที่ 5
4. บันทึกผลการทดลองจากค่าที่อ่านได้บนจอ LCD ดังรูปที่ 6
5. ทำการทดลองซ้ำและหาค่าเฉลี่ยของค่า Error ของเครื่องดังตารางที่ 2

### 3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

เปรียบเทียบประสิทธิภาพซึ่งหาจากค่าเฉลี่ยของมุมมองศา ทั้งในแกนนอนและแกนตั้งใช้แหล่งกำเนิดแสงเป็นไฟฉาย โดยจำนวนครั้งที่ใช้ในการหาค่าทั้งหมด 5 ครั้ง

ตารางที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพแกนนอน

องศาที่ กำหนด (องศา)	องศาวัด ครั้งที่ 1 (องศา)	องศาวัด ครั้งที่ 2 (องศา)	องศาวัด ครั้งที่ 3 (องศา)	องศาวัด ครั้งที่ 4 (องศา)	องศาวัด ครั้งที่ 5 (องศา)	ค่าองศา เฉลี่ย ครั้งที่ 1-5 (องศา)	เปอร์เซ็นต์ คลาดเคลื่อน โดยเฉลี่ย (%)
0	0	0	0	0	0	0	0
30	28	32	33	31	32	31.2	0.04
60	60	59	57	58	62	59.2	0.014
90	89	92	90	90	91	90.4	0.004
120	121	121	123	119	120	120.8	0.006
150	149	153	152	148	148	150	0
180	181	178	180	179	177	179	0.006
210	212	211	213	208	211	211	0.004
240	240	238	242	242	239	240.2	0.0008
270	270	268	266	272	271	269.4	0.003
300	303	298	298	301	300	300	0
330	325	333	334	332	325	329.8	0.001
360	361	361	357	362	361	360.4	0.001

ตารางที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพแกนตั้ง

องศาที่ กำหนด (องศา)	องศาวัด ครั้งที่ 1 (องศา)	องศาวัด ครั้งที่ 2 (องศา)	องศาวัด ครั้งที่ 3 (องศา)	องศาวัด ครั้งที่ 4 (องศา)	องศาวัด ครั้งที่ 5 (องศา)	ค่าองศา เฉลี่ย ครั้งที่ 1-5 (องศา)	เปอร์เซ็นต์ คลาดเคลื่อน โดยเฉลี่ย (%)
0	0	0	0	0	0	0	0
30	31	29	32	31	31	30.8	0.026

จะได้ค่าการทดลองทั้งหมด แล้วนำมาหาค่าเปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ย แต่เมื่อแสงบริเวณที่เครื่องทำงานมีความสว่างมากจะทำให้เครื่องไม่สามารถระบุพิกัดที่ต้องการได้หรือมีค่าคลาดเคลื่อนสูง

#### 4. สรุป

จากผลการทดลองพบว่า มีค่าคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเล็กน้อยซึ่งเกิดมาจากสแต็ปของมอเตอร์มีความหยวบเมื่อมอเตอร์หมุนไป 1 สเต็ปองศาที่หมุนไปจะหมุนไปครึ่งละ 1.8 องศาทำให้ตัว LDR ที่รับแสงเพื่อเปรียบเทียบค่อนข้างมีความคลาดเคลื่อนสูง และค่าของตัว LDR มีค่าความต้านทานไม่เท่ากันจึงได้ค่าที่มีความคลาดเคลื่อนซึ่งในบางมุม องศาที่กำหนดไว้ไม่ลงตัวกับ สเต็ปของมอเตอร์ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งมอเตอร์หมุนสลับ ซ้าย-ขวา จึงทำให้เครื่องสั่นและเกิดความผิดพลาดในการอ่านค่าของวอลุ่ม และในการอ่านค่าของตัววอลุ่มจะสังเกตได้ว่า ตัววอลุ่มที่หมุนได้จำนวนรอบมากกว่าจะมีความทศนิยมของค่าแรงดันตกคร่อมมากกว่าตัวที่หมุนรอบได้น้อยกว่า จึงทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์คำนวณค่าของมุมผิดพลาดไป

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเนื่องจากได้รับคำแนะนำในเรื่องของข้อมูลค่าปริกษาและสถานที่ปฏิบัติงาน อาจารย์ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมบทความรวมถึงอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้คำสอนและคำแนะนำ

คุณค่าและประโยชน์ใดๆ อันพึงมีต่อบทความนี้ คณะผู้จัดทำขอขอบเพื่อทดแทนคุณแต่บิดา-มารดา ครู-อาจารย์ ผู้ประสาวิชาความรู้ และผู้ให้ความช่วยเหลืออนุเคราะห์แก่คณะผู้จัดทำทุกท่านทุกท่าน

#### 6. เอกสารอ้างอิง

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเขียนไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR. 2554. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก

<http://www.find-docs.com>. (วันที่ค้นข้อมูล: 13 เมษายน 2554).

เครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์. 2537. ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เครื่องหันแผงรับแสงแดดให้ติดตามตำแหน่งดวงอาทิตย์. 2547. ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ด้วยอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งดวงอาทิตย์เชิงดิจิทัล. 2548. สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.