การควบคุมความสว่างภายในอาคารด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

MICROCONTROLLER-BASED INDOOR BRIGHTNESS CONTROL

นายกฤตย์ กงอิ่ม รหัส 57362743

นายวรวุฒิ จันทร์รัก รหัส 57363405

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2560

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การควบคุมความสว่างภายในอาคารด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

ผู้ดำเนินโครงงาน นายกฤตย์ กงอิ่ม รหัส 57362743

นายวรวุฒิ จันทร์รัก รหัส 57363405

ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จันทรมินทร์

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2560

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จันทรมินทร์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร เดชะศิลารักษ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

ชื่อหัวข้อโครงงาน การควบคุมความสว่างภายในอาคารด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

ผู้ดำเนินโครงงาน นายกฤตย์ กงอิ่ม รหัส 57362743

นายวรวุฒิ จันทร์รัก รหัส 57363405

ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จันทรมินทร์

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2560

.....

บทคัดย่อ

ในโครงงานนี้มีการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมความสว่างภายในอาคารให้อยู่ในช่วงที่ต้องการโดยควบคุมม่านปรับแสงและระดับความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ภายในห้อง โดยมีเป้าหมายเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างภายในอาคารโดยใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติให้มากที่สุด การเริ่มและหยุดทำงานของระบบควบคุมสามารถเป็นไปอย่างอัตโนมัติโดยอาศัยตัวรับรู้การเคลื่อนไหวเพื่อตรวจจับการมีอยู่ของคนในห้อง ในที่นี้เราตรวจวัดความสว่างภายในแบบจำลองโดยใช้ตัวต้านทานไวแสงเพื่อแปลงระดับความสว่างให้อยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้าซึ่งถูกขยายสัญญาณและป้อนให้กับวงจรเปรียบเทียบก่อนที่จะถูกส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ระดับความสว่างในขณะนั้นจะถูกประมวลผลว่าสอดคล้องกับเงื่อนไขใดของการควบคุมที่ออกแบบไว้ โดยใช้มอเตอร์กระแสตรงปรับมุมของใบม่านเพื่อควบคุมปริมาณแสงธรรมชาติที่ส่องเข้ามา และใช้มอเตอร์เซอร์โวควบคุมวงจรหรี่ไฟเพื่อปรับระดับความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้อย่างต่อเนื่อง

Project title	Microcontroller-Based Indoor Brightness Control
Name	Mr. Krit Kongim ID. 57362743
	Mr. Woruwut Chanrak ID. 57363405
Project advisor	Asst. Prof. Niphat Jantharamin, Ph.D.
Major	Electrical Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic year	2017

.....

Abstract

This thesis presents a microcontroller application of indoor brightness control in such a way that the illuminance level is kept in a desired range. The control scheme is based on adjustments of curtains and luminaire brightness. The aim of this project is to reduce the electricity cost due to the space lighting as well as to improve exploitation of the natural light. The system operation can be started and stopped automatically by means of a motion sensor. A model of indoor lighting control is used, in which compact fluorescents light up the space and a light dependent resistor (LDR) serves as a light measuring device. The brightness measured in the model is converted into a small voltage which is then amplified before being fed into a comparator and, in turn, given to the microcontroller. The illuminance level is then analyzed so that a proper control pattern would be implemented to keep the space brightness in the desired range: Hereby, a DC motor adjusts the curtain position while a servo motor rotates a dimmer for dictating the brightness level of the compact fluorescents.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินโครงงานขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จันทรมินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ซึ่งเอาใจใส่ในรายละเอียดทุกขั้นตอนของการดำเนินโครงงาน โดยให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งโครงงานสำเร็จลุล่วง รวมถึงแนะนำหลักการเขียนปริญญานิพนธ์และตรวจทานแก้ไขอย่างละเอียดจนได้ปริญญานิพนธ์เป็นรูปเล่มสมบูรณ์

ขอขอบคุณกรรมการสอบโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร เดชะศิลารักษ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินโครงงาน

เหนือสิ่งอื่นใด ผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดาที่ให้การสนับสนุนในทุกด้านเกี่ยวกับการศึกษาของผู้ดำเนินโครงงาน รวมทั้งมอบความรัก ความเมตตา และคอยเป็นกำลังใจให้จนประสบความสำเร็จในวันนี้

ผู้ดำเนินโครงงาน
นายกฤตย์ กงอิ่ม
นายวรวุฒิ จันทร์รัก

พฤษภาคม 2560

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน 3
1.6 งบประมาณ 3

บทที่ 2 หลักการควบคุมความสว่างภายในอาคาร 4
2.1 แสงสว่าง 4
2.1.1 ปริมาณแสงสว่าง 4
2.1.2 แสงสว่างธรรมชาติ 5
2.1.3 ปริมาณแสงสว่างธรรมชาติ 6
2.1.4 แสงสว่างที่เหมาะสมในการทำงาน 8

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2 ตัวต้านทานไวแสง 9
2.2.1 โครงสร้าง 9
2.2.2 สมบัติทางแสง 9
2.2.3 ผลตอบสนองทางไฟฟ้า 11
2.3 วงจรขยาย 12
2.3.1 วงจรขยายไม่กลับเฟส 12
2.3.2 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน 13
2.4 แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Mega 2560 15
2.5 ส่วนควบคุมการทำงานของม่านปรับแสง 17
2.5.1 มอเตอร์เกียร์ 17
2.5.2 แผงวงจรรีเลย์ 18
2.6 ส่วนควบคุมความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์ 21
2.6.1 วงจรหรี่ไฟ 21
2.6.2 มอเตอร์เซอร์โว 22
2.7 ตัวรับรู้การเคลื่อนไหว 24

บทที่ 3 การพัฒนาชิ้นงานและโปรแกรมควบคุมการทำงาน 26
3.1 หลักการและขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร 26
3.2 วงจรตรวจวัดแสง 28
3.3 วงจรควบคุมความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์ 30
3.4 วงจรขับมอเตอร์ปรับใบม่าน 31
3.5 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร 32
3.6 การติดตั้งอุปกรณ์ภายในแบบจำลอง 34
3.7 การทำงานของระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร 35
3.8 คุณลักษณะของแบบจำลองระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร 38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดสอบ 39

4.1 การทดสอบในช่วงที่ม่านปิดสนิท 39

4.1.1 กรณีที่ค่าความสว่างสูงกว่าช่วงที่ต้องการ 39

4.1.2 กรณีที่ค่าความสว่างต่ำกว่าช่วงที่ต้องการ 39

4.2 การทดสอบในช่วงที่ม่านถูกควบคุมโดยอัตโนมัติ 41

4.2.1 กรณีที่ค่าความสว่างต่ำกว่าช่วงที่ต้องการ 41

4.2.2 กรณีที่ค่าความสว่างสูงกว่าช่วงที่ต้องการ 43

4.3 การทดสอยภายใต้การจำลองแสงธรรมชาติใน 1 วัน 44

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 45

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 45

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข 45

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป 46

เอกสารอ้างอิง 47

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 48

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ความสว่างที่ต้องการในที่ทำงาน 8

3.2 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของแบบจำลองระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร 38

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 สเปกตรัมของรังสีจากดวงอาทิตย์นอกชั้นบรรยากาศโลก 5

2.2 แสงจากดวงอาทิตย์และแสงกระจายจากท้องฟ้า 6

2.3 ความเข้มแสงตรงและความเข้มแสงกระจาย 7

2.4 ความเข้มของแสงสว่างธรรมชาติในรูปของความเข้มแสงสว่างจากส่วนต่างๆ ของท้องฟ้า 7

2.5 โครงสร้างของตัวต้านทานไวแสง 9

2.6 ความไวต่อแสงของตัวต้านทานไวแสง 10

2.7 ผลตอบสนองของตัวต้านทานไวแสงต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงทันทีทันใด 11

2.8 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส 13

2.9 วงจรเปรียบเทียบแรงดันอย่างง่าย 14

2.10 แรงดันอินพุตและเอาท์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน 15

2.11 แผงวงจร Arduino รุ่น Mega2560 16

2.12 มอเตอร์เกียร์ 12 VDC 50 rpm แกนเพลา 6 mm 17

2.13 สัญลักษณ์ภายในโครงสร้างของรีเลย์ 18

2.14 สภาวะการทำงานของรีเลย์ 18

2.15 แผงวงจรรีเลย์แบบมีตัวเชื่อมต่อทางแสง 20

2.16 แผนภาพวงจรการทำงานของรีเลย์แบบมีตัวเชื่อมต่อทางแสง 20

2.17 แผนภาพวงจรหรี่ไฟ 21

2.18 แผนภาพวงจรหรี่ไฟที่ลดผลของแบคแลชด้วยการต่อ C_2 22

2.19 องค์ประกอบหลักของมอเตอร์เซอร์โว 22

2.20 มอเตอร์เซอร์โวขนาดต่างๆ 23

2.21 โครงสร้างของมอเตอร์เซอร์โวแบบแอนะล็อก 24

2.22 มอดูลรับรู้การเคลื่อนไหวรุ่น HC-SR501 25

3.1 แผนภาพการทำงานโดยรวมของระบบ 27

3.2 แผนภาพวงจรการตรวจวัดแสง 28

3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันกับค่าความสว่าง 29

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.4 แผงวงจรตรวจวัดแสง 30

3.5 การใช้มอเตอร์เซอร์ควบคุมความสว่างของหลอดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 31

3.6 แผนภาพวงจรขับมอเตอร์ที่ใช้ควบคุมการปรับใบม่าน 32

3.7 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร 33

3.8 แบบจำลองของระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร 35

3.9 ขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคาร 36

4.1 การทำงานในที่ม่านปิดสนิทและค่าความสว่างสูงเกินช่วงที่ต้องการ 40

4.2 การทำงานในช่วงที่ม่านปิดสนิทและค่าความสว่างต่ำกว่าช่วงที่ต้องการ 40

4.3 การทำงานขณะที่ค่าความสว่างต่ำกว่าช่วงที่ต้องการและความเข้มแสงธรรมชาติเพียงพอ 42

4.4 การทำงานขณะที่ค่าความสว่างต่ำกว่าช่วงที่ต้องการและความเข้มแสงธรรมชาติต่ำ 42

4.5 การทำงานขณะที่ความสว่างสูงกว่าช่วงที่ต้องการ 43

4.6 การทดสอบการทำงานของระบบโดยอาศัยแหล่งกำเนิดแสงเทียม 44

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

พลังงานไฟฟ้าเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตประจำวันของเรา อาทิเช่น ใช้กับระบบแสงสว่างภายในอาคาร ใช้กับระบบปรับอากาศ เป็นต้น เนื่องจากการเพิ่มจำนวนของประชากรและการขยายตัวทางเศรษฐกิจส่งผลให้มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในประเทศไทยมาจากการนำเข้าจากต่างประเทศและผลิตเองโดย 70% ของเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นก๊าซธรรมชาติ ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ชั้นบรรยากาศและส่งผลต่อสภาวะโลกร้อน ดังนั้นประเทศไทยจึงมีนโยบายส่งเสริมการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัด ซึ่งนอกจากจะช่วยลดกำลังการผลิตไฟฟ้าที่จำเป็นแล้ว ยังช่วยยืดระยะเวลาการใช้แหล่งพลังงานสำรองของก๊าซธรรมชาติได้นานขึ้นและลดอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ

ในอาคารขนาดใหญ่โดยทั่วไปมีความสิ้นเปลืองของการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง การขยายตัวทางเศรษฐกิจทำให้มีการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มตามไปด้วย อย่างไรก็ตามเราสามารถประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างได้โดยออกแบบให้ทำงานร่วมกับการใช้แสงธรรมชาติจากภายนอกอาคาร โดยในช่วงเวลาที่มีแสงธรรมชาติส่องเข้ามาภายในอาคาร เราสามารถลดการให้แสงสว่างของหลอดไฟภายในอาคารลงได้ โดยปรับใช้แบบจำลองของโครงงานวิศวกรรมไฟฟ้า ปีการศึกษา 2554 เรื่อง การควบคุมความสว่างภายในอาคารด้วยพีแอลซีโดยใช้ตัวตรวจวัดแสง (ณัฐวิทย์ และคณะ, 2554)

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมความสว่างภายในอาคารให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้งาน โดยออกแบบให้ทำงานร่วมกับการใช้แสงธรรมชาติจากภายนอกอาคาร

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1) ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมวงจรหรี่ไฟและมอเตอร์ของม่านปรับแสง

2) สามารถควบคุมให้การเพิ่มหรือลดปริมาณแสงสว่างของหลอดไฟเป็นไปอย่างต่อเนื่อง

3) ควบคุมการปิดและเปิดไฟได้ด้วยตัวรับรู้การเคลื่อนไหว

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	พ.ศ. 2560					พ.ศ. 2561			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1) ศึกษาหลักการควบคุมและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง									
2) ออกแบบวงจรควบคุม									
3) สร้างวงจรควบคุม									
4) ทดสอบและปรับปรุงชิ้นงาน									
5) สรุปผลและจัดทำเล่มปริญญานิพนธ์									

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน

หลักการควบคุมความสว่างภายในอาคารด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ออกแบบขึ้นในโครงงานนี้ สามารถช่วยประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยออกแบบให้มีการใช้แสงธรรมชาติเข้ามาช่วย จึงสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและสามารถอำนวยความสะดวกในการเปิดปิดไฟด้วยตัวรับรู้การเคลื่อนไหว

1.6 งบประมาณ

1) ไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น Arduino Mega2560	550 บาท
2) แผงวงจรรีเลย์ รุ่น SRD-05VDC-SL-C	150 บาท
3) มอเตอร์เซอร์โว รุ่น TowerPro MG945	250 บาท
4) วงจรหรี่ไฟ	170 บาท
5) ตัวรับรู้การเคลื่อนไหว รุ่น HC-SR501	130 บาท
6) วงจรควบคุมและแสดงสถานะการทำงาน	150 บาท
7) สายไฟ	300 บาท
8) ค่าถ่ายเอกสาร	300 บาท
รวมเป็นเงิน (สองพันบาทถ้วน)	2,000 บาท

หมายเหตุ : ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2
หลักการควบคุมความสว่างภายในอาคาร

โครงงานนี้เป็นการควบคุมความสว่างภายในอาคารด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้ตัวตรวจวัดแสง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาปริมาณทางแสงสว่างและแสงสว่างธรรมชาติ เพื่อนำปริมาณแสงเหล่านั้นมาเป็นข้อมูลการในใช้ประโยชน์จากแสงในเวลากลางวัน โดยใช้ตัวต้านทานไวแสงเป็นตัวตรวจวัดแสง แล้วส่งสัญญาณให้กับออปแอมป์ที่ประกอบเป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดัน เพื่อให้ได้เป็นสัญญาณลอจิก (Logic) คือลอจิกต่ำ (Low logic) และลอจิกสูง (High logic) แล้วส่งสัญญาณนี้ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นตัวประมวลผลและควบคุมการทำงานของระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคาร เพื่อปรับความสว่างของหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์และควบคุมการทำงานของมอเตอร์ เพื่อปรับองศาของม่านปรับแสงให้ได้ปริมาณแสงสว่างอย่างเหมาะสม

2.1 แสงสว่าง

2.1.1 ปริมาณแสงสว่าง

แสงสว่างโดยทั่วไปซึ่งรวมถึงแสงสว่างธรรมชาติจะมีการกำหนดศัพท์ทางเทคนิค ซึ่งใช้ในการบอกปริมาณต่าง ๆ ดังนี้

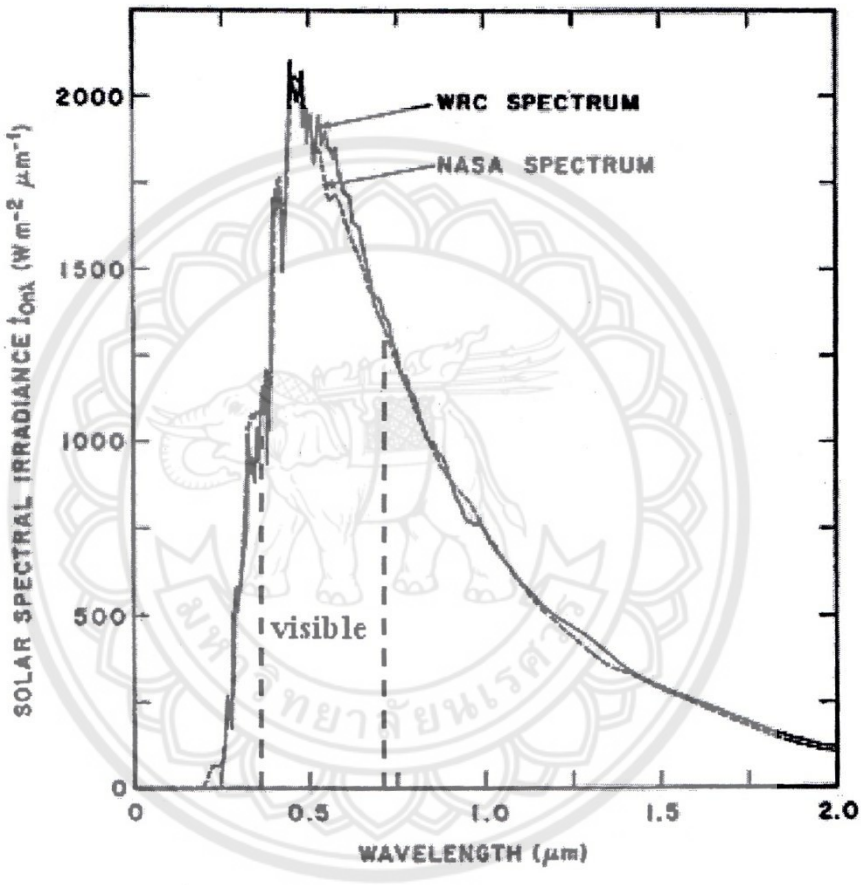
ฟลักซ์ (Flux) โดยทั่วไปฟลักซ์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะเป็นอัตราการไหลของพลังงาน ซึ่งมีหน่วยเป็นพลังงานต่อหนึ่งหน่วยเวลา (J/s หรือ Watt) เมื่อฟลักซ์ของแสงสว่างตกกระทบตาของมนุษย์ ประสาทตาจะรับรู้ในรูปของฟลักซ์ของแสงสว่าง (Illuminous flux) ในหน่วยลูเมน (Lumen) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับฟลักซ์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Radiant flux) โดย 683 lumen มีค่าเท่ากับ 1 W ที่ความยาวคลื่น 555 nm

ความส่องสว่าง (Luminance) มีหน่วยเป็น lm/sr-m^2 หรือ Cd/m^2 แสงจากท้องฟ้าในกรณีที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆจะมีค่าความส่องสว่างประมาณ 10-12 kCd/m^2 สำหรับแสงตรงจากดวงอาทิตย์จะมีค่าความส่องสว่างได้สูงถึง 20-50 kCd/m^2

ความเข้มแสง (Illuminance) เป็นปริมาณของฟลักซ์แสงสว่างที่ตกกระทบต่อพื้นที่หนึ่งหน่วย มีหน่วย lumen/m^2 ซึ่งมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ลักซ์ (lux)

2.1.2 แสงสว่างธรรมชาติ

แสงธรรมชาติเป็นส่วนหนึ่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์ โดยจะเป็นส่วนที่ดวงตาของตามนุษย์สามารถรับรู้ มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 0.38-0.77 μm ที่นอกชั้นบรรยากาศ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนนี้จะมีความเข้มสูง ซึ่งสังเกตได้จากสเปกตรัมของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก ดังแสดงในรูปที่ 2.1

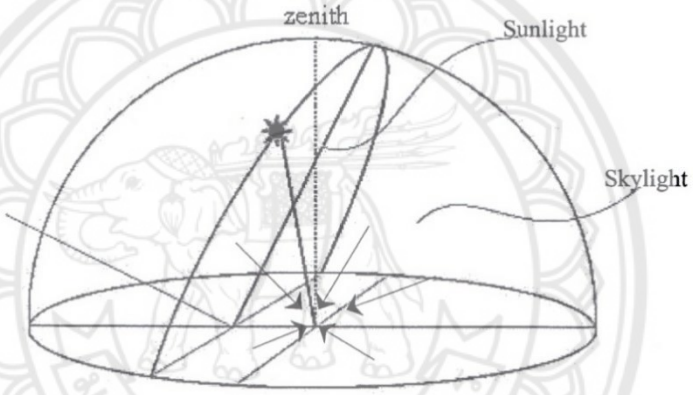


รูปที่ 2.1 สเปกตรัมของรังสีจากดวงอาทิตย์นอกชั้นบรรยากาศโลก (เสริม จันทร์ฉาย, 2552)

เมื่อรังสีจากดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศมายังพื้นผิวโลกจะถูกโมเลกุลอากาศ ฝุ่นละออง (Aerosols) และเมฆดูดกลืน (Absorb) และกระเจิง (Scatter) ส่วนที่ถูกกระเจิงจะทำให้เกิดรังสีกระจาย (Diffuse radiation) และส่วนที่เหลือพุ่งตรงมายังผู้สังเกต ซึ่งจะถูกเรียกว่า รังสีตรง (Direct radiation) ผลรวมของรังสีทั้งสองจะเรียกว่า รังสีรวม (Global radiation) สเปกตรัมของรังสีตรง รังสีกระจาย และรังสีรวม ในกรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของ

บรรยากาศที่สำคัญ ได้แก่ โอโซน (Ozone) ไอน้ำ ฝุ่นละออง และก๊าซต่าง ๆ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับมวลอากาศ (Air mass) ที่รังสีดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ผ่าน

ส่วนของสเปกตรัมของรังสีจากดวงอาทิตย์ที่สายตามนุษย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จะเรียกว่า แสงสว่างธรรมชาติ (Daylight) ซึ่งประกอบด้วยสองส่วน ได้แก่ แสงตรงจากดวงอาทิตย์ (Sunlight) และแสงกระจายจากท้องฟ้า (Skylight) แสงตรงจากดวงอาทิตย์จะเป็นส่วนของรังสีดวงอาทิตย์ที่พุ่งตรงจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านบรรยากาศของโลกมายังตำแหน่งที่พิจารณา ส่วนแสงกระจายจากท้องฟ้าจะเป็นแสงที่เกิดจากการกระเจิง (Scattering) ของแสงตรงจากดวงอาทิตย์โดยโมเลกุลของอากาศ ฝุ่นละออง และเมฆ ดังแสดงในรูปที่ 2.2

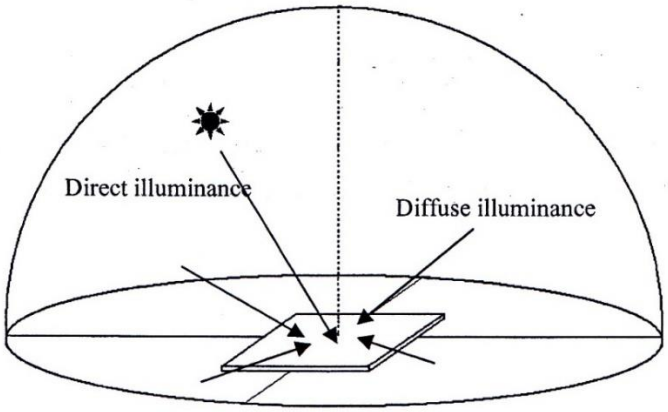


รูปที่ 2.2 แสงจากดวงอาทิตย์และแสงกระจายจากท้องฟ้า (เสริม จันทร์ฉาย, 2552)

เมื่อแสงตรงจากดวงอาทิตย์และแสงกระจายจากท้องฟ้าตกกระทบลงพื้นดิน ต้นไม้ และสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ จะมีการสะท้อน ซึ่งแสงสว่างส่วนนี้ยังคงเป็นแสงสว่างธรรมชาติอีกส่วนหนึ่งซึ่งเรียกว่าแสงสว่างธรรมชาติซึ่งสะท้อนจากพื้นผิวโลก (เสริม จันทร์ฉาย, 2552)

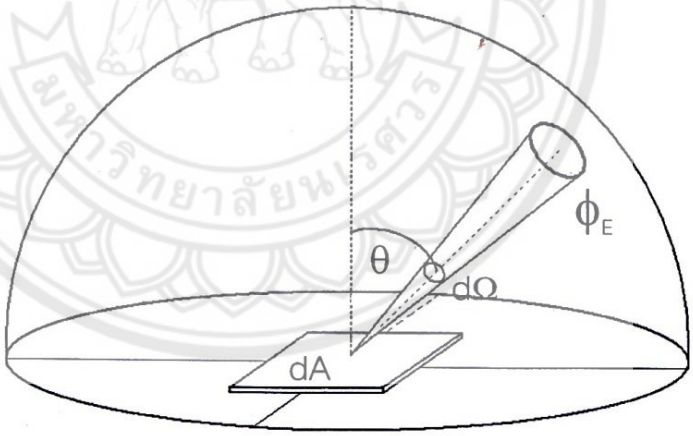
2.1.3 ปริมาณแสงสว่างธรรมชาติ

ความเข้มแสงเป็นปริมาณของแสงสว่างในรูปของฟลักซ์ที่ตกกระทบพื้นที่หนึ่งหน่วยซึ่งมีอยู่ 2 ประเภทคือ ความเข้มแสงตรง (Direct illuminance) และความเข้มแสงกระจาย (Diffuse illuminance) ซึ่งผลรวมของปริมาณทั้งสองประเภทเรียกว่า ความเข้มแสงรวม (Global illuminance)ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ความเข้มแสงตรงและความเข้มแสงกระจาย (เสริม จันทร์ฉาย, 2552)

เมื่อรังสีดวงอาทิตย์เดินทางผ่านบรรยากาศของโลกจะถูกกระเจิงโดยโมเลกุลของอากาศ ฝุ่นละออง และเมฆ เกิดเป็นรังสีกระจาย ซึ่งสายตามนุษย์รับรู้ได้ในรูปของความเข้มของแสงสว่างจากส่วนต่าง ๆ ของท้องฟ้า (รองศาสตราจารย์ ดร.เสริม จันทร์ฉาย, 2552) ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ความเข้มของแสงสว่างธรรมชาติในรูปของความเข้มแสงสว่างจากส่วนต่างๆ ของท้องฟ้า (เสริม จันทร์ฉาย, 2552)

โดยทั่วไปที่สภาพท้องฟ้าแบบหนึ่งและดวงอาทิตย์อยู่ ณ ตำแหน่งหนึ่ง ค่าความเข้มแสงสว่างจากส่วนต่าง ๆ ของท้องฟ้า จะมีค่าขึ้นอยู่กับระยะห่างเชิงมุม (Angular distance) ระหว่างจุด ๆ นั้นกับดวงอาทิตย์และมุมเซนิธ (Zenith) ของจุด ๆ นั้น (เสริม จันทร์ฉาย, 2552)

2.1.4 แสงสว่างที่เหมาะสมในการทำงาน

การมองเห็นนั้นเกิดจากมีแสงส่องตกกระทบไปที่วัตถุแล้วสะท้อนไปยังตัวรับภาพในดวงตาและส่งข้อมูลไปยังสมอง สมองรับภาพจะจัดเรียงแปลผลข้อมูลและสร้างเป็นภาพให้รู้สึกมองเห็นได้ การมองเห็นอย่างชัดเจนถูกต้องและเกิดความสบาย ควรมีการจัดแสงสว่างให้ถูกต้องเหมาะสมกับสถานที่ ลักษณะการดำเนินกิจกรรม โดยแสงสว่างต้องมีปริมาณความเข้มข้นแสงที่เหมาะสมมีคุณภาพสำหรับการมองเห็นที่ดี ซึ่งแสดงความสว่างที่ต้องการในที่ทำงานดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความสว่างที่ต้องการในที่ทำงาน

พื้นที่	ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงสว่าง (ลักซ์)
1) บริเวณพื้นที่ทั่วๆ ไปและห้องคอมพิวเตอร์	500
2) บริเวณพื้นที่ทั่วๆ ไปที่ลึกๆ ของที่ทำงาน	750
3) ห้องเขียนแบบ	750
4) ห้องทำงานส่วนตัว	750
5) ห้องประชุม	500

ที่มา: เทคนิคการออกแบบระบบแสงสว่าง โดย ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์

จากข้อมูลปริมาณแสงสว่างที่เหมาะสมในการทำงาน เราสามารถนำมาพิจารณาสำหรับการออกแบบความสว่างภายในอาคารโดยเปรียบเทียบกับแสงสว่างที่วัดได้ภายในอาคารขณะนั้นด้วยตัวต้านทานไวแสง เพื่อให้ได้ความสว่างที่ต้องการได้

2.2 ตัวต้านทานไวแสง

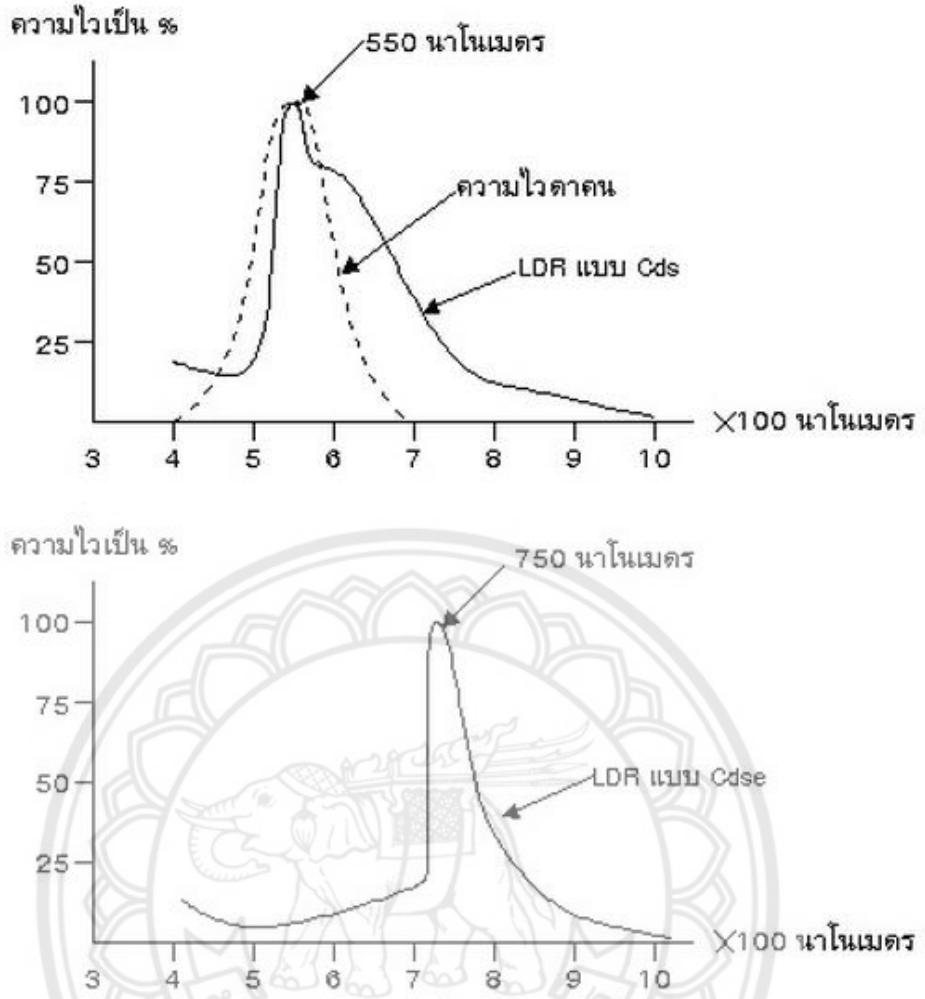
2.2.1 โครงสร้าง

ตัวทานไวแสง สามารถเปลี่ยนสภาพทางความต้านทานไฟฟ้าได้เมื่อมีแสงมาตกกระทบ ดังนั้นจึงถูกเรียกว่า โฟโตรีซีสเตอร์ (Photo resistor) หรือ โฟโตคอนดัคเตอร์ (Photo conductor) ซึ่งเป็นตัวต้านทานที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำ สามารถแบ่งออกได้เป็นประเภทแคดเมี่ยมซัลไฟด์ (Cadmium sulfide: Cds) และแคดเมี่ยมซิลินายด์ (Cadmium selenide: CdSe) โดยนำมาฉาบบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรองแล้วต่อขาจากสารที่ฉาบไว้ ดังรูปที่ 2.5 ส่วนที่ขดเป็นแนวเล็ก ๆ สีดำทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไวแสงโดยเส้นแนวสีดำนี้จะแบ่งพื้นที่ออกเป็นสองส่วน โดยทั้งสองส่วนนั้นคือส่วนสีทองซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่สัมผัสกับตัวต้านทานไวแสง ใช้สำหรับต่อขาออกมาภายนอก เรียกว่าอิเล็กโทรด (ธนาวุฒิ ไกรฤทธิกุล, 2542)

รูปที่ 2.5 โครงสร้างของตัวต้านทานไวแสง (ธนาวุฒิ ไกรฤทธิกุล, 2542)

2.2.2 สมบัติทางแสง

เนื่องจากตัวต้านทานไวแสงทำมาจากวัสดุสารกึ่งตัวนำ ทำให้เมื่อแสงตกกระทบจะถ่ายทอดพลังงานให้สารที่ฉาบอยู่ และเกิดคู่อิเล็กตรอนและโฮลขึ้น (Electron-hole pair) การที่เกิดโฮลและอิเล็กตรอนอิสระมาก จะทำให้ความต้านทานไฟฟ้าลดลง ดังนั้นยิ่งความเข้มของแสงที่ตกกระทบมีค่ามากเท่าไร ความต้านทานจะยิ่งลดลงแปรตามแสงนั้น โดยตัวต้านทานไวแสงแต่ละประเภทจะมีความไวต่อแสงในความถี่ที่ต่างกันสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.6 ซึ่งแสดงค่าแสงความถี่ต่าง ๆ ของตัวต้านทานไวแสงแต่ละประเภท



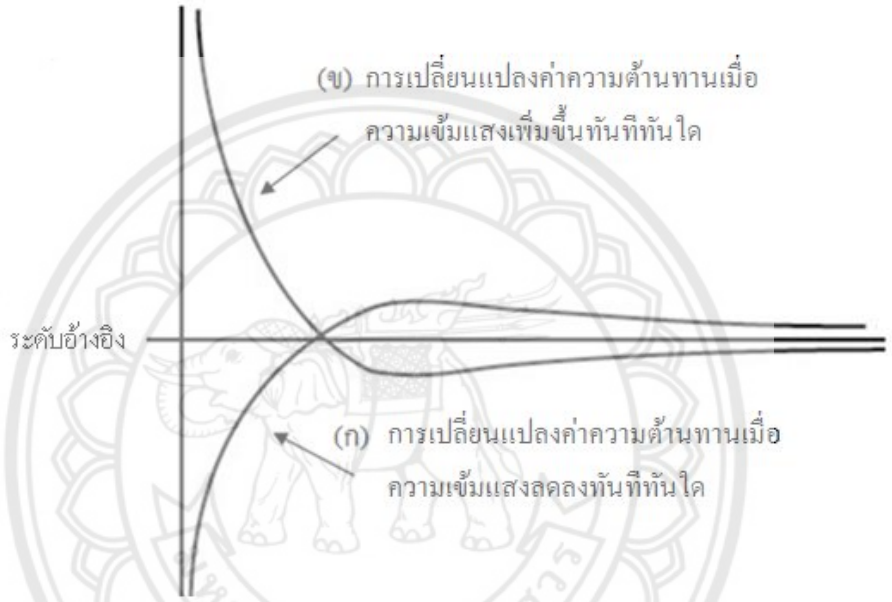
รูปที่ 2.6 ความไวต่อแสงของตัวต้านทานไวแสง (ธนาวุฒิ ไกรฤทธิกุล, 2542)

แสงที่ตกกระทบในช่วงความยาวคลื่นที่มีค่าประมาณ 400-1,000 nm เท่านั้นที่สามารถใช้ได้ ซึ่งคิดเป็นช่วงคลื่นที่แคบ ๆ เมื่อเทียบกับการทำงานของอุปกรณ์ไวแสงประเภทอื่น ๆ อย่างไรก็ตามแสงในช่วงคลื่นนี้มีอยู่ในแสงอาทิตย์ แสงจากหลอดไส้และแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งมีช่วงความยาวคลื่นหลายค่าที่ตัวต้านทานไวแสงสามารถตอบสนองได้ไวที่สุด (ธนาวุฒิ ไกรฤทธิกุล, 2542)

โดยทั่วไปตัวต้านทานไวแสงที่ทำจากแคดเมียมซัลไฟด์ จะไวต่อแสงที่มีความยาวคลื่นที่อยู่ในช่วง 500 nm ซึ่งเรามองเห็นเป็นสีเขียวไปจนถึงสีเหลือง สำหรับตัวต้านทานไวแสงบางตัวความยาวคลื่นที่ไวที่สุดของตัวต้านทานไวแสงมีค่าใกล้เคียงกับความยาวคลื่นที่ดวงตาคนตอบสนองได้ไวที่สุด จึงถูกใช้ทำเป็นตัววัดแสงในกล้องถ่ายรูป ในกรณีที่ตัวต้านทานไวแสงทำจากแคดเมียมซิลินายด์จะมีความไวต่อความยาวคลื่นในช่วง 700 nm (ธนาวุฒิ ไกรฤทธิกุล, 2542)

2.2.3 ผลตอบสนองทางไฟฟ้า

อัตราส่วนระหว่างความต้านทานของตัวต้านทานไวแสงขณะที่ไม่มีแสงและมีแสง มีค่าแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับรุ่น โดยทั่วไปค่าความต้านทานในขณะที่ไม่มีแสงจะมีค่ามากกว่า 0.5 MΩ ในขณะที่มืดสนิทอาจขึ้นไปได้มากกว่า 2 MΩ ในขณะที่มีแสงตกกระทบจะมีค่าไม่เกิน 10-20 kΩ หรือในบางรุ่นอาจมีค่าลดลงจนเหลือน้อยกว่า 1 Ω โดยปกติตัวต้านทานไวแสงสามารถทนแรงดันสูงสุดได้ไม่ต่ำกว่า 100 V และมีกำลังสูญเสียประมาณ 50 mW



รูปที่ 2.7 ผลตอบสนองของตัวต้านทานไวแสงต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงทันทีทันใด (ธนาวุฒิ ไกรฤทธิกุล, 2542)

นอกเหนือจากลักษณะสมบัติต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น คุณลักษณะอีกอย่างหนึ่งที่สำคัญ คือ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อความเข้มแสงเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.7(ก) ถ้าหากตัวต้านทานไวแสงได้รับแสงที่มีความเข้มสูงขึ้น ความต้านทานจะมีค่าต่ำและในทันทีที่ความเข้มของแสงถูกลดลงเหลือเพียงระดับอ้างอิง ความต้านทานมีค่าค่อย ๆ เพิ่มขึ้นไปจนมากกว่าระดับอ้างอิงก่อนจะลดลงมาอยู่ในระดับอ้างอิง ในทำนองเดียวกันถ้าความเข้มแสงมีค่าน้อยแล้วเปลี่ยนความเข้มเป็นระดับอ้างอิงทันที ดังรูปที่ 2.7(ข) ความต้านทานจะลดต่ำลงกว่าระดับอ้างอิงก่อนจะเพิ่มกลับไปอยู่ในระดับอ้างอิง ในความเข้มแสงเท่ากันตัวต้านทานไวแสงแบบแคดเมียมซิลินายด์จะใช้เวลาในการเข้าสู่สถานะอยู่ตัวน้อยกว่าแบบแคดเมียมซัลไฟต์ แต่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความ

ต้านทานเลยระดับอ้างอิงไปมากกว่า และใช้เวลานานกว่าในการเปลี่ยนระดับความต้านทานจากค่าหนึ่งไปอีกค่าหนึ่ง (ธนาวุฒิ ไกรฤทธิกุล, 2542)

2.3 วงจรขยาย

การตรวจวัดความเข้มแสงโดยตัวต้านท้านไวแสงสามารถพิจารณาจากแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานไวแสง ซึ่งมีปริมาณผกผันกับปริมาณแสงที่มาตกกระทบ เราสามารถนำหลักการของวงจรเปรียบเทียบแรงดันมาช่วยในการพิจารณาความสว่างได้ แต่เนื่องจากแรงดันที่วัดได้มีค่าน้อยมาก จึงยังไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบได้ จึงต้องมีการขยายแรงดันเพิ่มขึ้นก่อนโดยใช้วงจรขยายแรงดันไม่กลับเฟส

2.3.1 วงจรขยายไม่กลับเฟส

วงจรขยายไม่กลับเฟสจะมีการป้อนกลับแบบบวก โดยการนำส่วนหนึ่งของแรงดันเอาท์พุตป้อนกลับผ่านตัวต้านทาน R_2 มายังขั้วอินพุตขาบวก ส่วนขั้วอินพุตขาลบนั้นให้ต่อลงดิน เนื่องจากมีการต่อขั้วอินพุตขาลบลงดิน ส่งผลทำให้ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วอินพุตขาลบเท่ากับศูนย์ และการที่ออปแอมป์ที่มีคุณสมบัติแบบอุดมคติ ความต่างศักย์ระหว่างขั้วอินพุตทั้งสองจะเท่ากับศูนย์ นั่นคือ $v_i = 0$ ดังนั้น ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วอินพุตขาบวกจะมีค่าเท่ากับศูนย์เช่นเดียวกัน ในสภาพที่ขั้วอินพุต มีศักย์ไฟฟ้าเท่ากับจุดลงดิน ทั้ง ๆ ที่ไม่ได้ถูกต่อให้ลงกราวนด์ กล่าวได้ว่าขั้วอินพุตขาบวก มีสภาพเป็นกราวนด์เสมือน (Virtual ground) (ธนันต์ ศรีสกุล, 2552) ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.8

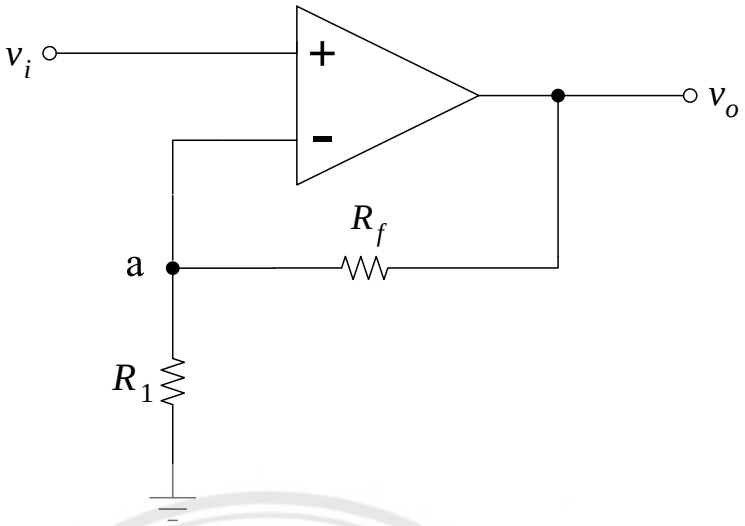
จากรูปใช้กฎกระแสของเคอร์ชอฟที่จุด a โดยกำหนดให้กระแสไหลเข้าโนดมีค่าเท่ากับศูนย์

$$I_{in} = 0 \tag{2.7}$$

$$\frac{0 - v_i}{R_1} - \frac{v_i - v_o}{R_f} = 0 \tag{2.8}$$

$$V_0 = \frac{R_f v_i}{R_1} + v_i \tag{2.9}$$

$$\therefore G = \frac{v_o}{v_i} = 1 + \frac{R_f}{R_1} \tag{2.10}$$



รูปที่ 2.8 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

วงจรนี้จะมองเห็นอิมพิแดนซ์ขาเข้าเป็นอนันต์ และอิมพิแดนซ์ขาออกเท่ากับศูนย์ โดยค่า G คือ อัตราขยายของวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

2.3.2 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

วงจรเปรียบเทียบแรงดันอย่างง่าย แสดงดังรูปที่ 2.9 โดยจะมีการป้อนแรงดัน v_i เข้าที่ขั้วอินพุตขาบวกของออปแอมป์ และที่ขั้วอินพุตขาลบของออปแอมป์จะถูกต่อลงกราวนด์

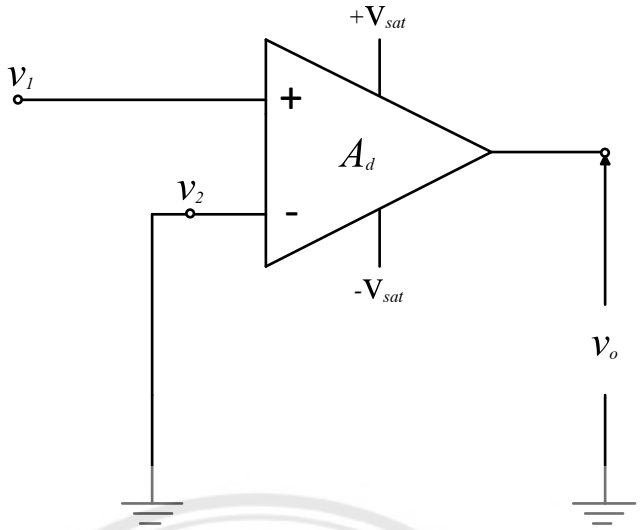
จากสมการพื้นฐานของออปแอมป์ $v_o = A_d v_i$ เนื่องจากออปแอมป์ในทางอุดมคติจะมีค่าอัตราขยายส่วนต่าง A_d ที่มีค่ามากจนเข้าใกล้อนันต์ ดังนั้นเอาท์พุตของออปแอมป์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1

$$v_1 > 0$$

$$v_o = \infty \times v_1$$

$$v_o \to \infty$$



รูปที่ 2.9 วงจรเปรียบเทียบแรงดันอย่างง่าย (ณัฐวิทย์ และคณะ, 2554)

แต่เนื่องจากเอาท์พุตถูกจำกัดค่าด้วยแหล่งจ่ายไฟดังนั้น ถ้า $v_1 > 0$ แล้ว $v_o = +V_{sat}$

กรณีที่ 2

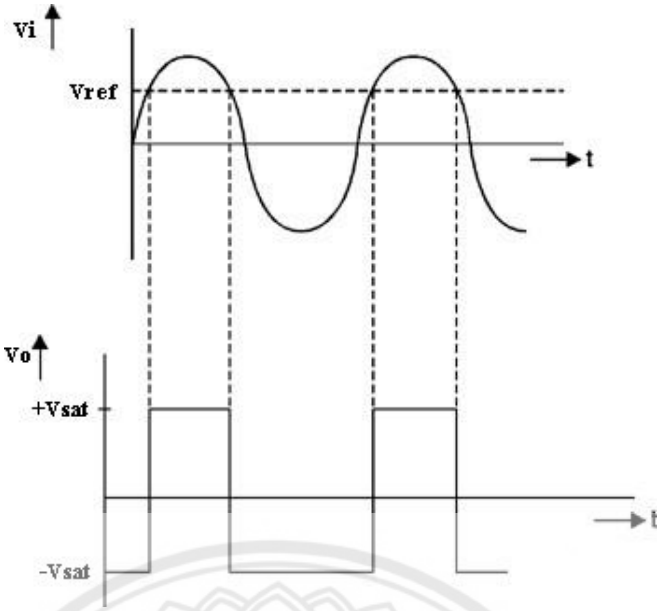
$$v_1 < 0$$

$$v_o = \infty \times v_1$$

$$v_o \to -\infty$$

แต่เนื่องจากเอาท์พุตถูกจำกัดค่าด้วยแหล่งจ่ายไฟดังนั้น ถ้า $v_1 < 0$ แล้ว $v_o = -V_{sat}$

สรุปได้ว่าถ้าแรงดันที่ขั้วอินพุตขาบวกมีค่ามากกว่ากราวนด์ (แรงดันที่ขั้วอินพุตขาลบ) จะได้เอาท์พุตเท่ากับแรงดันอิ่มตัวค่าบวก *(+V_{sat})* ในทางกลับกันถ้าแรงดันที่ขั้วอินพุตขาบวกมีค่าน้อยกว่ากราวนด์ (แรงดันที่ขั้วอินท์พุตขาลบ) จะได้แรงดันเอาท์พุตมีค่าเท่ากับแรงดันอิ่มตัวค่าลบ (*-V_{sat}*) (ธนันต์ ศรีสกุล, 2552) ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แรงดันอินพุตและเอาท์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน (ณัฐวิทย์ และคณะ, 2554)

โดยสัญญาณเอ้าท์พุตที่ได้จะถูกส่งไปประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งในโครงงานนี้ได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น Mega2560

2.4 แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Mega 2560

แผงวงจร Arduino รุ่น Mega 2560 จัดอยู่ในตระกูล AVR ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega2560 แสดงดังรูปที่ 2.11 เป็นแผงวงจรArduino ที่ออกแบบมาสำหรับงานที่ต้องใช้อินพุตและเอาท์พุตมากกว่า Arduino รุ่นอื่นๆ เช่น งานที่ต้องรับสัญญาณจากตัวรับรู้ หรือควบคุมมอเตอร์ เซอร์โวหลายๆตัว โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เป็นแพลตฟอร์ม (Platform) ของอินพุตและเอาท์พุต (I/O) ที่เพียงพอกับการใช้งานและการเรียนรู้ และมีการพัฒนาแบบ Open source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ แผงวงจรถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นใช้งาน ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลงเพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวแผงวงจรหรือโปรแกรมต่อได้ผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิคส์จากภายนอกเข้ามาที่ขา I/O ของแผงวงจร หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับแผงวงจรเสริม (Shield) ประเภทต่างๆ เช่น X Bee Shield, Music Shield, Relay Shield, Wireless Shield, GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับแผงวงจร Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้โดยตัวแผงวงจรมีคำสั่งที่ใช้ควบคุมพอร์ต อินพุตและเอาท์พุต ไม่ว่าจะเป็นพอร์ตดิจิตอล พอร์ตแอนะล็อกพีดับเบิลยูเอ็มและพอร์ตอนุกรมซึ่งแผงวงจร Arduino ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรับสัญญาณจากภายนอกและส่งสัญญาณไปควบคุม

อุปกรณ์ภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ตัวแผงวงจรออกแบบจากไมโครคอมพิวเตอร์ชิพเดี่ยวและมีโปรแกรมพัฒนาสำหรับเขียนโปรแกรมให้แผงวงจร Arduino สามารถรับสัญญาณจากสวิตช์หรือตัวรับรู้และควบคุมหลอดไฟมอเตอร์หรืออุปกรณ์อื่นๆ แผงวงจร Arduino สามารถทำงานอิสระหรือทำงานติดต่อกับโปรแกรมที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ (Arduino, 2017)

ตัวแผงวงจร Arduino รุ่น Mega 2560 จะกล่าวถึงสถาปัตยกรรมของเอวีอาร์ (AVR) ขนาด 8 bits โดยเป็นหน่วยประมวลผลกลาง (Central processing unit, CPU) แบบ RISC (Reduced Instruction Set Computer) มีสถาปัตยกรรมการต่อหน่วยความจำแบบฮาวาร์ด (Harvard) ซึ่งแยกหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลออกจากกันโดยเด็ดขาดดังแสดงในรูปที่ 2.12 โดยใช้หน่วยความจำแบบแฟลช (Flash) สำหรับเป็นหน่วยความจำโปรแกรม ซึ่งมีความจุมากกว่ารุ่น Arduino รุ่น Uno R3 ทำให้สามารถเขียนโปรแกรมเข้าไปได้มากกว่าในความเร็วของ MCU ที่เท่ากัน และใช้หน่วยความจำแบบ SRAM สำหรับหน่วยความจำข้อมูลและนอกจากนี้ยังมีหน่วยความจำแบบ EEPROM ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลเอาไว้ได้โดยไม่จำเป็นต้องมีไฟเลี้ยงอีกด้วย

รูปที่ 2.11 แผงวงจร Arduino รุ่น Mega2560

ที่มา: www.arduitronics.com

แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น Mega2560 มีคุณสมบัติเด่นดังนี้

1) ทำงานในย่านแรงดัน 1.8-5.5 V แรงดันของระบบอยู่ที่ 5 V

2) มีหน่วยความจำข้อมูลแบบ SRAM ขนาด 8 kb

3) มีหน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM ขนาด 4 kb

4) สนับสนุนการเชื่อมต่อแบบ I2C bus

5) มีพอร์ตอินพุตและเอาท์พุตแบบดิจิตอลจำนวน 54 ช่อง

6) มีพอร์ตเอาท์พุตแบบแอนะล็อกจำนวน 16 ช่อง

7) มีวงจรสื่อสารอนุกรม

8) สนับสนุนช่องสัญญาณสำหรับสร้างสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม (PWM) จำนวน 14 ช่อง

ซึ่งสัญญาณที่รับมาจากวงจรเปรียบเทียบแรงดันจะถูกส่งไปควบคุมมอเตอร์ของม่านปรับแสงและวงจรหรี่ไฟ

2.5 ส่วนควบคุมการทำงานของม่านปรับแสง

ในการควบคุมการทำงานของม่านปรับแสงได้เลือกใช้มอเตอร์เกียร์ในการควบคุมการหมุนของม่านและใช้แผงวงจรรีเลย์ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์เกียร์

2.5.1 มอเตอร์เกียร์

เป็นมอเตอร์กระแสตรงเพราะสามารถควบคุมแรงบิดและความเร็วได้ดี รวมถึงในการปรับความเร็วสามารถทำได้ในช่วงที่กว้างและเหมาะสำหรับการใช้งานในระบบที่มีขนาดเล็ก มอเตอร์เกียร์แสดงได้ดังรูปที่ 2.12 ซึ่งมีขนาดอยู่ระหว่าง 6-120 W โดยสามารถทดความเร็วรอบของมอเตอร์ได้ มีทั้งแบบธรรมดาและปรับรอบใช้กับงานตามที่ต้องการ การทดรอบส่งผลให้ความเร็วรอบในการหมุนของมอเตอร์เกียร์ลดลงแต่ทำให้แรงบิดเพิ่มขึ้น

การกำหนดรูปแบบการทำงานให้กับมอเตอร์มอเตอร์กระแสตรงนั้นสามารถใช้อุปกรณ์ตัดต่อวงจรควบคุมการนำกระแสไฟฟ้าให้มอเตอร์ทำงานตามต้องการได้ โดยอาศัยการออกแบบวงจรให้สอดคล้องกับรูปแบบการทำงานของมอเตอร์

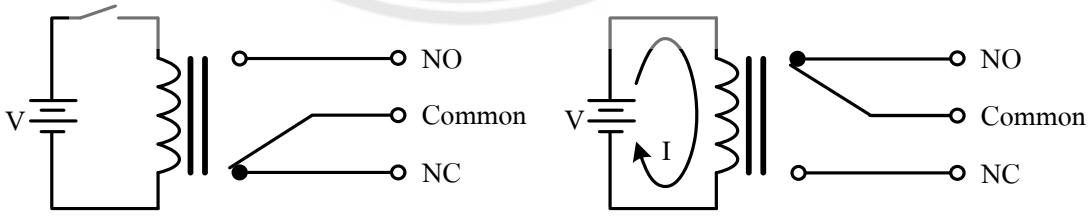
รูปที่ 2.12 มอเตอร์เกียร์ 12 VDC 50 rpm แกนเพลา 6 mm

ที่มา: www.nattakit.com

2.5.2 แผงวงจรรีเลย์

รีเลย์ ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรโดยนำสัญญาณควบคุมที่ส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำมาใช้ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ม่านปรับแสง รีเลย์มีหลายชนิดและหลายขนาดขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน เช่น รีเลย์ขนาดเล็ก ใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ รีเลย์ขนาดใหญ่ ใช้ในระบบไฟฟ้ากำลัง เป็นต้น โครงสร้างภายในของรีเลย์โดยทั่วไปประกอบด้วยขดลวด หน้าสัมผัส ปกติปิด (Normally Close หรือ NC) และหน้าสัมผัสปกติเปิด (Normally Open หรือ NO) ในสภาวะปกติหน้าสัมผัสปกติปิดเชื่อมต่ออยู่กับขาจุดร่วม (Common) ดังแสดงในรูปที่ 2.13 ในขณะที่ยังไม่มีการจ่ายกระแสให้ขดลวดของรีเลย์ หน้าสัมผัสปกติปิดกับขาจุดร่วมยังต่อถึงกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปได้ เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ขดลวดของรีเลย์ อำนาจแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะดึงขาจุดร่วมมาต่อกับหน้าสัมผัสปกติเปิดทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลจากหน้าสัมผัสปกติเปิดไปยังขาจุดร่วมได้ และเมื่อกระแสที่จ่ายให้ขดลวดหยุดไหลขาจุดร่วมจะถูกสปริงดึงกลับไปติดกับหน้าสัมผัสปกติปิดดังเดิม (บ้านอิเล็กทรอนิกส์, 2554) ดังรูปที่ 2.14

รูปที่ 2.13 สัญลักษณ์ภายในโครงสร้างของรีเลย์ (บ้านอิเล็กทรอนิกส์, 2554)



(ก) สภาวะปกติ (ข) สภาวะทำงาน

รูปที่ 2.14 สภาวะการทำงานของรีเลย์ (บ้านอิเล็กทรอนิกส์, 2554)

การใช้งานรีเลย์โดยทั่วไปคำนึงถึงปัจจัยต่อไปนี้

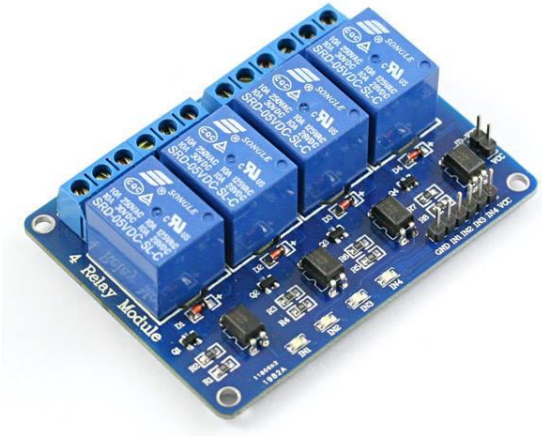
1) ชนิดและจำนวนหน้าสัมผัสภายในตัวรีเลย์

2) แรงดันใช้งานหรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้ สามารถดูได้ที่ตัวรีเลย์ ซึ่งจะระบุค่าแรงดันใช้งานไว้ เช่น 12 VDC หมายถึงต้องใช้แรงดันที่ 12 VDC เท่านั้น ซึ่งหากใช้มากกว่านี้จะส่งผลให้ขดลวดภายในตัวรีเลย์อาจขาดได้หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่ามากๆ อาจทำให้รีเลย์ไม่ทำงาน ในส่วนของการต่อวงจรนั้นสามารถต่อเข้ากับขั้วใดก็ได้ เพราะรีเลย์จะไม่ระบุขั้วต่อไว้ (นอกจากรีเลย์ชนิดพิเศษ)

3) การใช้งานกระแสผ่านหน้าสัมผัส จะมีการระบุค่าไว้ที่ตัวรีเลย์ เช่น 10 A 220 VAC หมายถึง หน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นสามารถทนกระแสได้ 10 A ที่ 220 VAC แต่ในการใช้งานจริง ควรให้รีเลย์ทำงานต่ำกว่าระดับกระแสพิกัด เนื่องจากหากมีกระแสมากจะยิ่งมีผลทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นเสียหายได้เร็วขึ้น แผนภาพการเชื่อมต่อของแผงวงจรรีเลย์แบบมีตัวเชื่อมต่อทางแสงแสดงได้ดังรูปที่ 2.16

ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้แผงวงจรรีเลย์แบบมีตัวเชื่อมต่อทางแสง (Opto-isolator) สำหรับตัดต่อวงจรในโครงงานประกอบด้วยรีเลย์ 4 ตัวดังรูปที่ 2.15 ซึ่งแต่ละตัวสามารถรองรับกระแสได้สูงถึง 10 A และใช้งานได้ทั้งกับไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ ซึ่งรับแรงดันกระแสตรง 5 V และมีหลอดแอลอีดีแสดงสถานะการทำงานของรีเลย์แต่ละตัว ซึ่งมีการป้องกันวงจรควบคุมออกจากวงจรกำลังด้วยตัวเชื่อมต่อด้วยแสงเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนจากการทำงานของอุปกรณ์

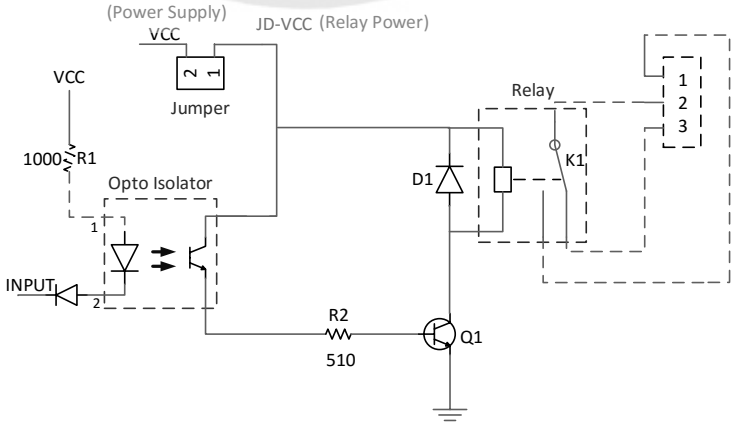
การใช้งานที่แผงวงจรของรีเลย์จะมีตัวเชื่อมสำหรับเชื่อมต่อไฟเลี้ยงวงจรของวงจรควบคุม (VCC) เข้ากับไฟเลี้ยงชุดรีเลย์ (JD - VCC) ซึ่งหากอุปกรณ์ที่ไปควบคุมโหลดต่าง ๆ นั้นไม่ได้สร้างสัญญาณรบกวนมากนัก สามารถใช้งานมอดูลนี้โดยตรงได้ทันทีด้วยการป้อน VCC IN1 IN2 และ GND จากวงจรควบคุมได้ทันที อย่างไรก็ตามจากการใช้ VCC ของวงจรควบคุม ป้อนให้กับ JD - VCC ทำให้ทั้งระบบยังคงต้องใช้กราวนด์อ้างอิงร่วมกัน ซึ่งหากใช้งานเพื่อควบคุมไฟสูง กระแสสูง หรืออุปกรณ์ประเภทขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเกิดการรบกวนได้ง่ายควรทำการแยกไฟเลี้ยงรีเลย์ออกจากไฟเลี้ยงวงจรด้วยการปลดตัวเชื่อมต่อไฟเลี้ยง ดังกล่าว แล้วทำการจ่ายไฟเลี้ยงที่เป็นอิสระต่อวงจรควบคุมเข้าสู่ขา JD-VCC และ GND แทน โดยในการควบคุมของภาคควบคุม จะป้อนสัญญาณควบคุมผ่านขา IN1-IN4 และขา VCC โดยไม่ต้องเชื่อมต่อ GND ของฝั่งควบคุม



รูปที่ 2.15 แผงวงจรรีเลย์แบบมีตัวเชื่อมต่อทางแสง

ที่มา: https://www.arduitronics.com

การทำงานของรีเลย์ เริ่มจากจ่ายไฟเลี้ยงเข้าที่ตัวเชื่อมต่อทางแสง (Opto-isolator) และขดลวดของรีเลย์ การป้อนอินพุตด้วยลอจิก 0 ทำให้วงจรภายในตัวเชื่อมต่อทางแสงเริ่มทำงาน นั่นคือมีความต่างศักย์ตกคร่อมไดโอดเปล่งแสง ทำให้เกิดการไบแอสไปหน้า ส่งผลทำให้ไดโอดเกิดการเปล่งแสงไปตกกระทบกระตุ้นที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ที่อยู่ภายในตัวเชื่อมต่อทางแสง ทรานซิสเตอร์จึงนำกระแส เกิดกระแสไหลผ่านตัวต้านทาน R2 เข้าที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ส่งผลให้เกิดการนำกระแส จึงเกิดความต่างศักย์ที่ขดลวดของรีเลย์ ทำให้มีกระแสไหลผ่านขดลวด ส่งผลให้รีเลย์มีการเปลี่ยนสถานะของหน้าสัมผัส ซึ่งแผนภาพการเชื่อมต่อของแผงวงจรรีเลย์แบบมีตัวเชื่อมต่อทางแสงแสดงได้ดังรูปที่ 2.16



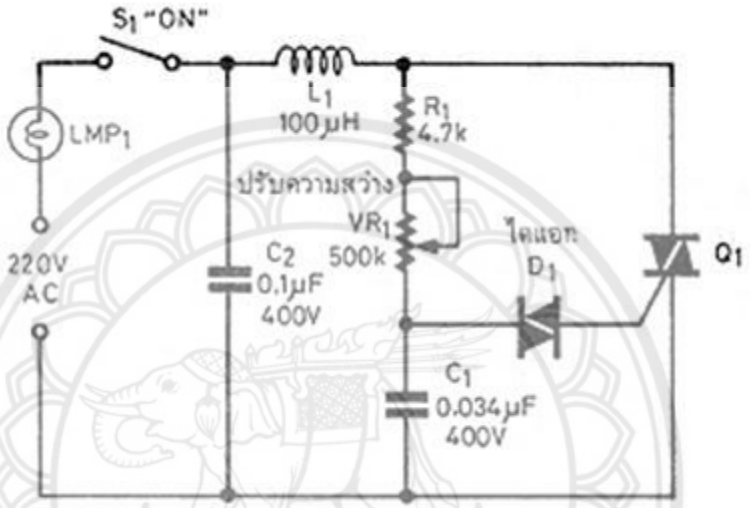
รูปที่ 2.16 แผนภาพวงจรการทำงานของรีเลย์แบบมีตัวเชื่อมต่อทางแสง

ที่มา: https://arduino-info.wikispaces.com/RelayIsolation

2.6 ส่วนควบคุมความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์

2.6.1 วงจรหรี่ไฟ

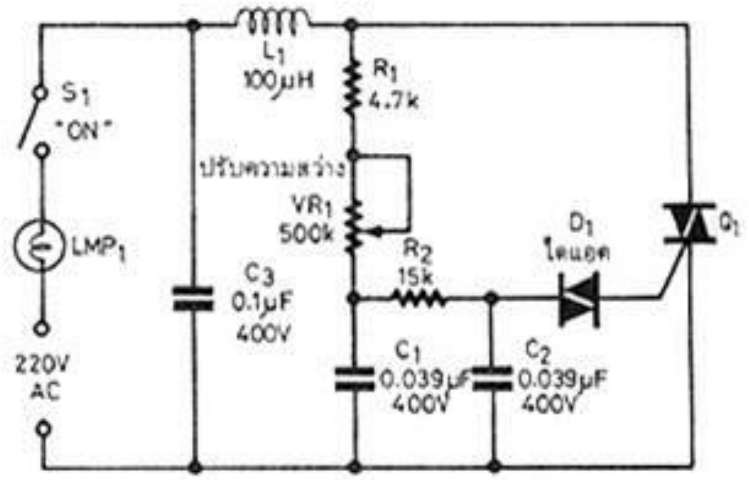
วงจรหรี่ไฟเป็นอุปกรณ์ที่สามารถลดความสว่างจากหลอดไฟ โดยอาศัยตัวทานต้านปรับค่าได้ควบคุมความสว่างจากหลอดไฟ โดยสามารถแสดงแผนภาพวงจรการทำงานของวงจรหรี่ไฟดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 แผนภาพวงจรหรี่ไฟ

ที่มา: http://www.mltelectronic.com

จากรูปที่ 2.17 แสดงถึงวงจรที่ใช้ไดแอกเป็นตัวสร้างสัญญาณกระตุ้นให้แก่ไตรแอก ผลที่เกิดขึ้นสำหรับวงจรนี้คือการควบคุมความสว่างของหลอดไฟจะไม่สมบูรณ์เนื่องฮิสเทอรีซิส หรือเรียกว่าแบคแลช (Backlash) นั่นคือ ในขณะที่ทำการลดความสว่างของหลอดไฟจนกระทั่งดับ โดยการปรับค่า VR_1 ให้สูงสุดนั้น ถ้าต้องการให้หลอดไฟเริ่มสว่างอีกครั้ง จะต้องปรับ VR_1 ไปเป็นค่าประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ของค่าสูงสุด ความสว่างที่ได้จะไม่ใช่ค่อย ๆ เริ่มสว่าง แต่จะสว่างขึ้นเล็กน้อยอย่างทันทีทันใด จึงเป็นการทำให้ควบคุมความสว่างได้ไม่ต่อเนื่องเท่าที่ควร ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากในขณะที่ไดแอกกระตุ้นไตรแอกนั้นจะเป็นการคายประจุของ C_1 ออกไปด้วย (พลผดุง ผดุง กุล, 2532)



รูปที่ 2.18 แผนภาพวงจรหรี่ไฟที่ลดผลของแบคแลชด้วยการต่อ C_2

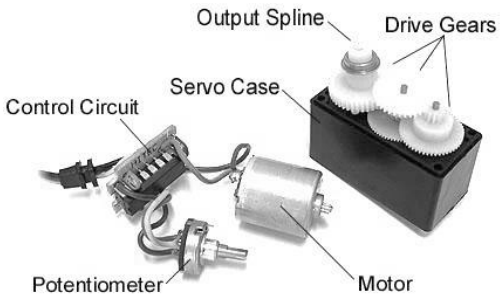
ที่มา: http://www.mltelectronic.com

ผลของแบคแลชที่เกิดขึ้นนี้สามารถลดลงได้โดยต่อความต้านทานค่า 47 Ω อนุกรมเข้ากับไดแอก เพื่อลดผลของการคายประจุของ C_1 แต่วิธีการที่ดีที่สุดที่นิยมใช้กันได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.18 ในที่นี้ไดแอกจะถูกกระตุ้นจาก C_2 แทน ซึ่งจะมีระดับแรงดันตกคร่อมเป็นไปตาม C_1 แต่ C_1 จะถูกลดผลของการคายประจุในขณะที่ไดแอกทำงานโดยความต้านทาน R_2 (พลผดุง ผดุงกุล, 2532)

การกำหนดรูปแบบการทำงานให้กับวงจรหรี่ไฟนั้นสามารถใช้มอเตอร์เซอร์โวควบคุมการปรับค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่าได้ เพื่อควบคุมแสงสว่างที่ได้จากหลอดไฟโดยการกำหนดองศาการหมุนของมอเตอร์เซอร์โวให้สัมพันธ์กันกับตัวต้านทานปรับค่าได้

2.6.2 มอเตอร์เซอร์โว

มอเตอร์เซอร์โว (Servo motor) มีส่วนประกอบต่าง ๆ แสดงให้เห็นแสดงในรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 องค์ประกอบหลักของมอเตอร์เซอร์โว (วรรณษมล กันภัย, 2553)

องค์ประกอบหลักของมอเตอร์เซอร์โวโดยทั่วไปแล้วจะมีส่วนประกอบหลักดังนี้คือ

1) โครง (Servo case) ซึ่งส่วนใหญ่จะทำมาจากพลาสติก

2) มอเตอร์ (Motor) ซึ่งเป็นส่วนให้กำลังในการหมุนของมอเตอร์เซอร์โว

3) วงจรควบคุม (Control circuit) มีหน้าที่ในการถอดรหัสสัญญาณควบคุมที่รับค่ามาเป็นแบบพีดับเบิลยูเอ็ม และส่งไปควบคุมการทำงานของมอเตอร์ให้หมุนไปอยู่ในตำแหน่งที่ได้ถอดรหัสมา

4) เฟืองขับ (Drive gear) คือ ชุดทดรอบจากการหมุนของมอเตอร์เพื่อให้ได้แรงบิดที่สูง

5) สลัก (Output spline) คือ ส่วนที่ป้องกันการเสียดสีระหว่างโครงและเพลา (Shaft) ซึ่งอาจใช้อุปกรณ์ประเภทลูกปืน (Bearing) เพื่อช่วยลดแรงเสียดทานที่ดี

6) สายไฟและสายสัญญาณ (Servo wire) มีสามเส้นติดเป็นชุดเดียวกัน มีหน้าที่ดังนี้

เส้นที่ 1 จ่ายไฟกระแสตรง ซึ่งแรงดันปกติมีค่า 5-6 V

เส้นที่ 2 เป็นสายกราวนด์

เส้นที่ 3 รับสัญญาณพัลส์ควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์

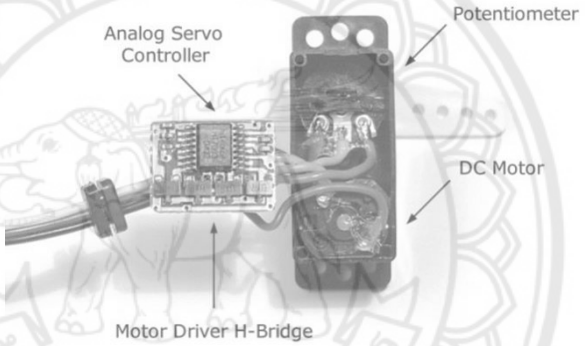
มอเตอร์เซอร์โวมีขนาดต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 2.20 โดยปกติขนาดของมอเตอร์เซอร์โวจะมีอยู่ด้วยกัน 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก (Micro) ขนาดมาตรฐาน (Standard) และขนาดใหญ่ (Giant) ซึ่งมีการใช้งานที่แตกต่างกันไปแต่ในปัจจุบันก็ได้มีมอเตอร์เซอร์โวที่มีขนาดที่หลากหลายเพื่อครอบคลุมการใช้งานมากขึ้น

รูปที่ 2.20 มอเตอร์เซอร์โวขนาดต่างๆ (วรรณษมล กันภัย, 2553)

นอกเหนือจากขนาดภายนอกของมอเตอร์เซอร์โวที่เราต้องพิจารณาในการใช้งานแล้วยังมีคุณลักษณะที่ต้องพิจารณาอีก คือ ความเร็ว (Speed) และแรงบิด (Torque) การวัดความเร็วของมอเตอร์เซอร์โวเทียบจากเวลาที่ใช้ต่อองศาในการหมุนค่าหนึ่ง ซึ่งมุมมาตรฐานที่ใช้วัดกันทั่วไปคือ 60° จึงกล่าวได้ว่า ความเร็วของมอเตอร์เซอร์โวขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ในการหมุนแขนของมอเตอร์เซอร์

โวไปจากตำแหน่งเดิมเป็นมุม 60° ดังนั้น ตัวเลขเวลาที่มีค่าน้อยเท่าใดมอเตอร์เซอร์โวยิ่งมีความเร็วมากขึ้นเท่านั้น

มอเตอร์เซอร์โวแบบแอนะล็อกมีลักษณะและส่วนประกอบดังในรูปที่ 2.21 ความเร็วและแรงบิดของมอเตอร์แบบ แอนะล็อกถูกกำหนดด้วยความกว้างของพัลส์แรงดันขนาด 4.8-6.0 V ความถี่ 50 Hz ซึ่งควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งการปรับความกว้างของพัลส์จะเกิดขึ้นทุก ๆ 20 ms ซึ่งอาจไม่สามารถตอบสนองต่อสัญญาณได้เร็วพอหรือสร้างแรงบิดได้ดีพอเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณควบคุมเพียงเล็กน้อยหรือเมื่อมีแรงจากภายนอกมากระทำให้ตำแหน่งของมอเตอร์เซอร์โวเลื่อนไปจากตำแหน่งที่ตั้งไว้ อย่างไรก็ตามความเร็วในการตอบสนองดังกล่าวไม่เป็นปัญหาต่อการควบคุม



รูปที่ 2.21 โครงสร้างของมอเตอร์เซอร์โวแบบแอนะล็อก (วรรณษมล กันภัย, 2553)

2.7 ตัวรับรู้การเคลื่อนไหว

มอดูลรับรู้การเคลื่อนไหวรุ่น HC-SR501 (PIR Motion Sensor Module) แสดงดังรูปที่ 2.22 เป็นมอดูลรับรู้การเคลื่อนไหวแบบ Pyroelectric Sensor สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตที่มีการแพร่รังสีอินฟราเรดออกจากร่างกาย โดยใช้การตรวจจับรังสีอินฟราเรดที่ผ่านตัวรับรู้การเคลื่อนไหว สัญญาณที่ส่งออกมาจากโมดูลรับรู้การเคลื่อนไหว จะสามารถนำมากำหนดเงื่อนไขให้กับการทำงานของระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลการทำงานของระบบ (ArduinoAll, 2561)

แผงวงจรตัวรับรู้การเคลื่อนไหวรุ่น HC-SR501 มีคุณสมบัติเด่นดังนี้

1) ไฟเลี้ยงมอดูล VCC = 5-20 VDC.

2) ใช้กระแสไฟฟ้าขณะทำงานประมาณ 65 mA

3) สามารถตั้งเวลาการหน่วงเวลาได้ 5-200 s

4) สามารถตั้งระยะความไวในการตอบสนอง 3-7 m มีลักษณะการตอบสนองเป็นรูปโคน

5) สามารถตั้งโหมด Trigger ได้ 2 โมด คือ H-trigger หรือ L-trigger ซึ่งปกติจะถูกกำหนดตั้งไว้ที่ H-trigger (Default) เป็นการเลือก trigger แบบ Repeat Trigger สำหรับในส่วน L-trigger เป็นการเลือก trigger แบบ Non-repeatable Trigger (Single Trigger) ทำได้โดยการย้าย Jumper จากจุด H ไป Jumper จุด L แทน

6) สัญญาณ Output = 3.3 V (TTL high level) / 0 V (TTL low level)

7) ตัวรับรู้การเคลื่อนไหวถ้าพบความเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต จะให้สัญญาณเอ้าท์พุท 3.3V เป็นแบบ TTL high level ซึ่งสามารถใช้เป็นสัญญาณในการควบคุมทรานซิสเตอร์ให้นำกระแสเพื่อขับโหลดต่างๆต่อไป เช่น ขับรีเลย์เพื่อควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น

8) ตัวรับรู้การเคลื่อนไหวถ้าไม่พบความเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต จะให้สัญญาณเอ้าท์พุท 0 V เป็นแบบ TTL low level

9) รัศมีในการตรวจจับ (Angle Sensor) < 110°

10) อุณหภูมิในการทำงานอยู่ในช่วง -15 ถึง 70 องศาเซลเซียส

11) ใช้กระแสไฟฟ้าขณะ Standby ประมาณ 50 μA.

12) มอดูลขนาด 2.4 cm(กว้าง) x 3.2 cm(ยาว) x 1.8 cm(สูง)

รูปที่ 2.22 มอดูลรับรู้การเคลื่อนไหวรุ่น HC-SR501

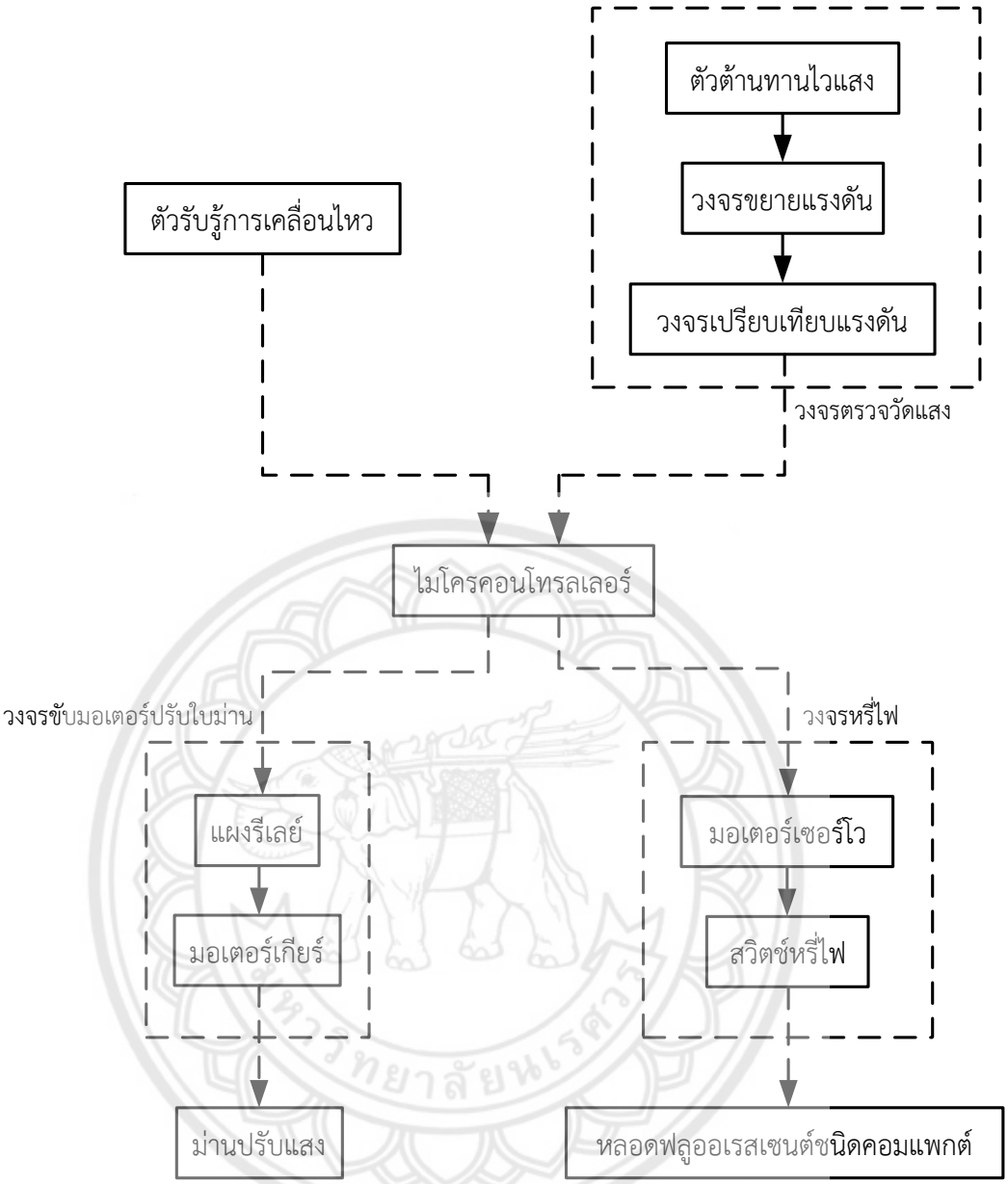
ที่มา: https://search-by-image.info/main/34361

บทที่ 3
การพัฒนาชิ้นงานและโปรแกรมควบคุมการทำงาน

จากการศึกษาทฤษฎีทางแสงและการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงการใช้งานคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ในบทที่ 2 จึงออกแบบโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร โดยเริ่มต้นจากการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและทิศทางการรับแสงของอาคาร จากนั้นจึงกำหนดขั้นตอนการทำงาน และเขียนแผนผังภาพรวมการทำงานของระบบ เพื่อนำไปกำหนดตำแหน่งอินพุตและเอาท์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ และสร้างเงื่อนไขในการทำงานของโปรแกรม แล้วนำไปป้อนให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ และตรวจสอบข้อผิดพลาดในการทำงานของโปรแกรม เมื่อโปรแกรมทำงานได้ตรงตามเงื่อนไขโดยไม่มีข้อผิดพลาดแล้ว จึงนำไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์ภายในระบบไปเชื่อมต่อเข้ากับแบบจำลอง

3.1 หลักการและขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร

ระบบควบคุมความสว่างภายในอาคารด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ควบคุมปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้ามาในอาคารและแสงสว่างที่สร้างจากหลอดไฟ โดยใช้ตัวตรวจวัดแสงทำการวัดความสว่างในขณะนั้นแล้วนำไปประมวลผลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อออกแบบเงื่อนไขการทำงานของส่วนควบคุมความสว่าง ซึ่งประกอบด้วยการทำงานของวงจร 4 ส่วนร่วมกันคือ ส่วนตรวจวัดความเข้มแสง ส่วนรับรู้การเคลื่อนไหว ส่วนประมวลผล และส่วนควบคุมความสว่าง ดังรูปที่ 3.1 เมื่อแสงตกกระทบตัวต้านทานไวแสงจะเกิดแรงดันตกคร่อมที่แปรผกผันกับค่าความต้านทานของตัวต้านทานไวแสง จากนั้นแรงดันที่เกิดขึ้นจะถูกขยาย และนำไปเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงที่ตั้งค่าไว้ ผลจากการเปรียบเทียบระดับแรงดันจะเป็นอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะสร้างสัญญาณเอาท์พุตเพื่อควบคุมการทำงานของส่วนควบคุมความสว่าง ซึ่งประกอบด้วย 2 วงจรคือ วงจรหรี่ไฟและวงจรขับมอเตอร์ปรับใบม่าน เพื่อควบคุมแสงสว่างภายในห้องให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ แต่หากไม่มีการเคลื่อนไหวในห้องภายในระยะเวลาที่กำหนดไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้ปิดม่านและดับไฟ

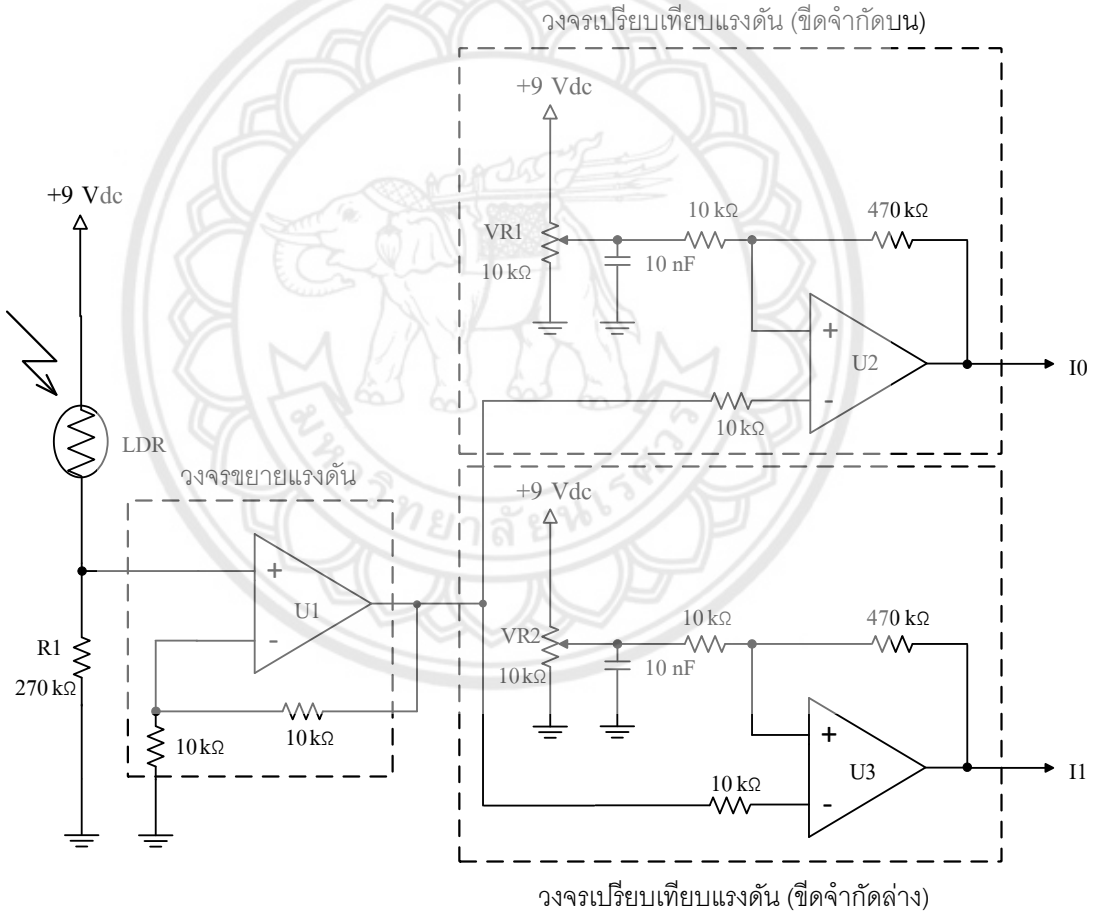


รูปที่ 3.1 แผนภาพการทำงานโดยรวมของระบบ

หลังจากออกแบบการทำงานโดยรวมของระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร เราจึงกำหนดการเชื่อมต่อและกำหนดเงื่อนไขการทำงานของอุปกรณ์ในระบบเพื่อควบคุมความสว่างให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ

3.2 วงจรตรวจวัดแสง

วงจรตรวจวัดแสงอาศัยตัวต้านทานไวแสงในการตรวจวัดแสงสว่าง โดยที่ตัวต้านทานไวแสงมีค่าความต้านทานที่แปรผกผันปริมาณแสง ส่งผลให้แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานเปลี่ยนแปลงไป อย่างไรก็ตาม แรงดันที่เกิดขึ้นนั้นยังมีค่าต่ำ จึงต้องมีการขยายแรงดันให้สูงขึ้นโดยใช้วงจรขยายแรงดัน จากนั้นแรงดันจะถูกส่งไปเปรียบเทียบในวงจรเปรียบเทียบแรงดันเพื่อให้ได้เอาท์พุตออกมาในลักษณะลอจิก ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้วงจรรวม LM324N ซึ่งถูกออกแบบมาให้มีออปแอมป์ 4 ตัวอยู่ภายใน จึงสามารถสร้างวงจรตรวจวัดแสงโดยใช้วงจรรวมแค่เพียงตัวเดียว แผนภาพวงจรตรวจวัดแสงแสดงได้ดังรูปที่ 3.2

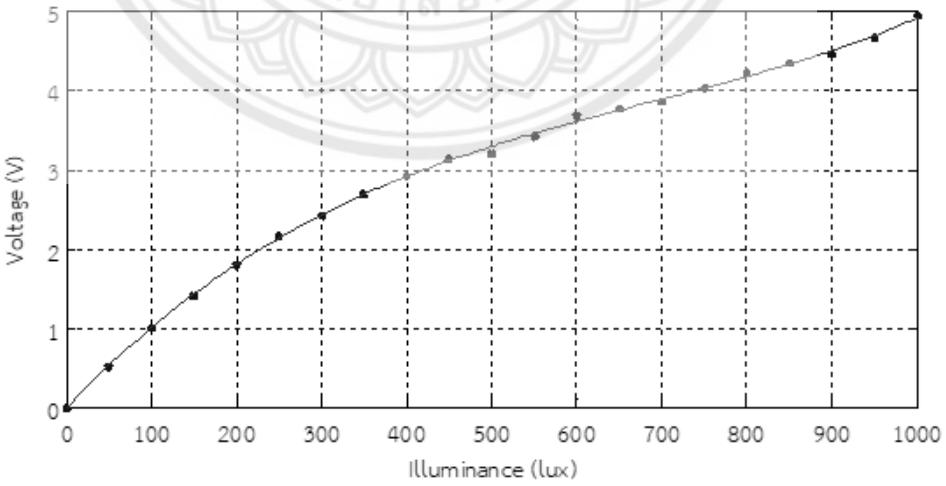


รูปที่ 3.2 แผนภาพวงจรการตรวจวัดแสง (ณัฐวิทย์ และคณะ, 2554)

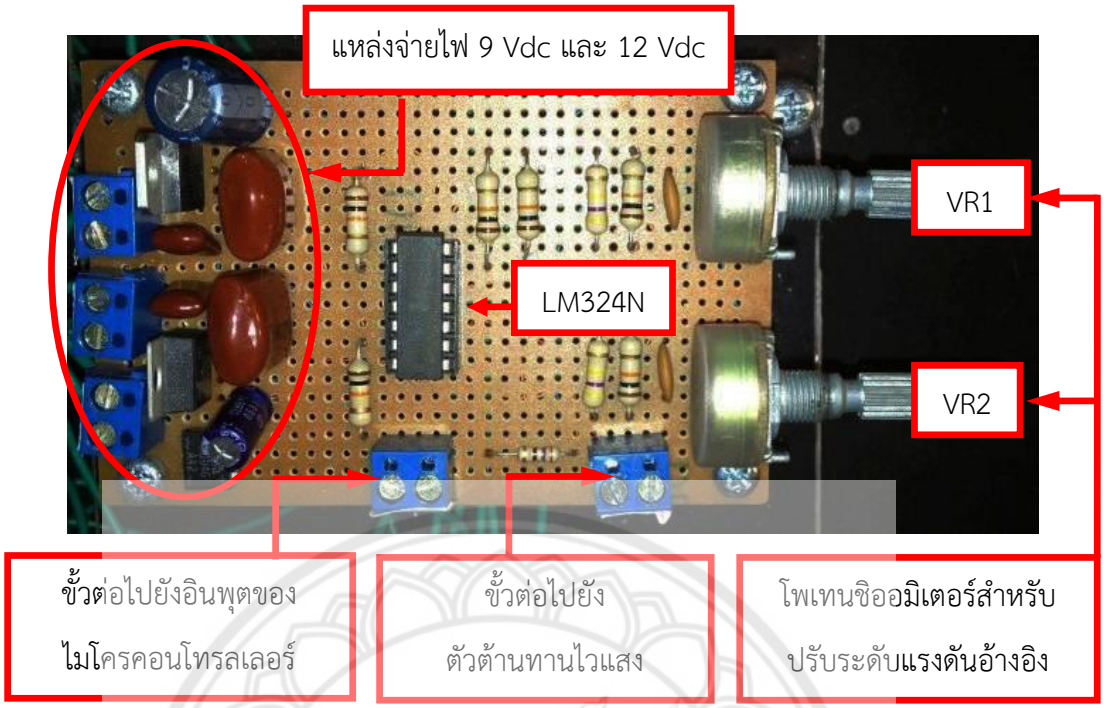
เมื่อมีแสงตกกระทบที่ตัวต้านทานไวแสงซึ่งต่ออนุกรมอยู่กับตัวต้านทาน R1 จะทำให้ค่าความต้านทานของตัวต้านทานไวแสงเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานไวแสงและตัว

ต้านทาน R1 เปลี่ยนแปลงไปด้วย แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R1 ถูกต่อเข้ากับอินพุตขาลบของออปแอมป์ U1 ซึ่งถูกต่อเป็นวงจรขยายแรงดันที่มีอัตราขยาย 2 เท่า จากนั้นเอาท์พุตที่ได้จากออปแอมป์ U1 ถูกส่งไปยังอินพุตขาลบของออปแอมป์ U2 และ U3 ซึ่งเป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดัน โดยอาศัยโพเทนชิออมิเตอร์ VR1 และ VR2 เป็นตัวปรับระดับแรงดันอ้างอิงของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน โดยหากแรงดันที่อินพุตขาลบต่ำกว่าระดับแรงดันอ้างอิง แรงดันเอาท์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันจะเป็นลอจิกสูง (6 V) แต่หากแรงดันอินพุตขาลบสูงกว่าระดับแรงดันอ้างอิง แรงดันเอาท์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันจะเป็นลอจิกต่ำ (0 V)

จากการทดสอบการหาค่าแรงดันเอาท์พุตจากวงจรขยายแรงดันที่แปรผันกับค่าความสว่างที่ตกกระทบตัวต้านทานไวแสง โดยกำหนดค่าความสว่างในช่วง 0–1000 lx ซึ่งจะถูกนำไปใช้เป็นแรงดันอ้างอิงสำหรับกำหนดช่วงค่าความสว่างที่ต้องการ ผลการทดสอบพบว่า แรงดันอ้างอิงที่ปรับตั้งนั้นมีความสัมพันธ์ค่อนข้างเป็นเชิงเส้นกับระดับความสว่างที่ต้องการ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันกับค่าความสว่างสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.3 โดยในวงจรตรวจวัดแสง ออปแอมป์ U2 เป็นตัวเปรียบเทียบแรงดัน 3.4 V ซึ่งสอดคล้องกับค่าความสว่าง 550 lx (ขีดจำกัดบน) และออปแอมป์ U3 เป็นตัวเปรียบเทียบแรงดัน 3.2 V ซึ่งสอดคล้องกับค่าความสว่าง 500 lx (ขีดจำกัดล่าง) โดยเอาท์พุตที่ได้จากวงจรเปรียบเทียบแรงดันทั้งสองถูกใช้เป็นอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อกำหนดเงื่อนไขการทำงานของระบบ โดยแผงวงจรตรวจวัดแสงที่ใช้ในโครงงานแสดงได้ดังรูปที่ 3.4



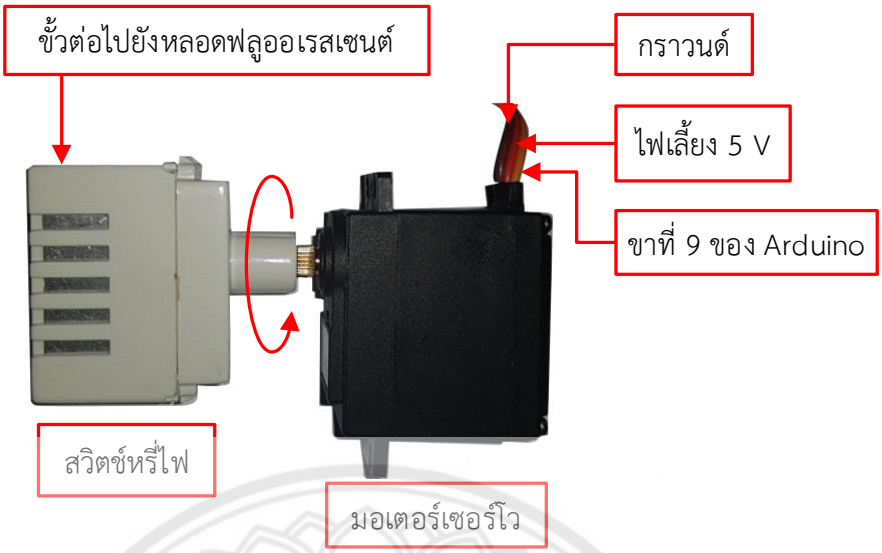
รูปที่ 3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันกับค่าความสว่าง



รูปที่ 3.4 แผงวงจรตรวจวัดแสง (ณัฐวิทย์ และคณะ, 2554)

3.3 วงจรควบคุมความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์

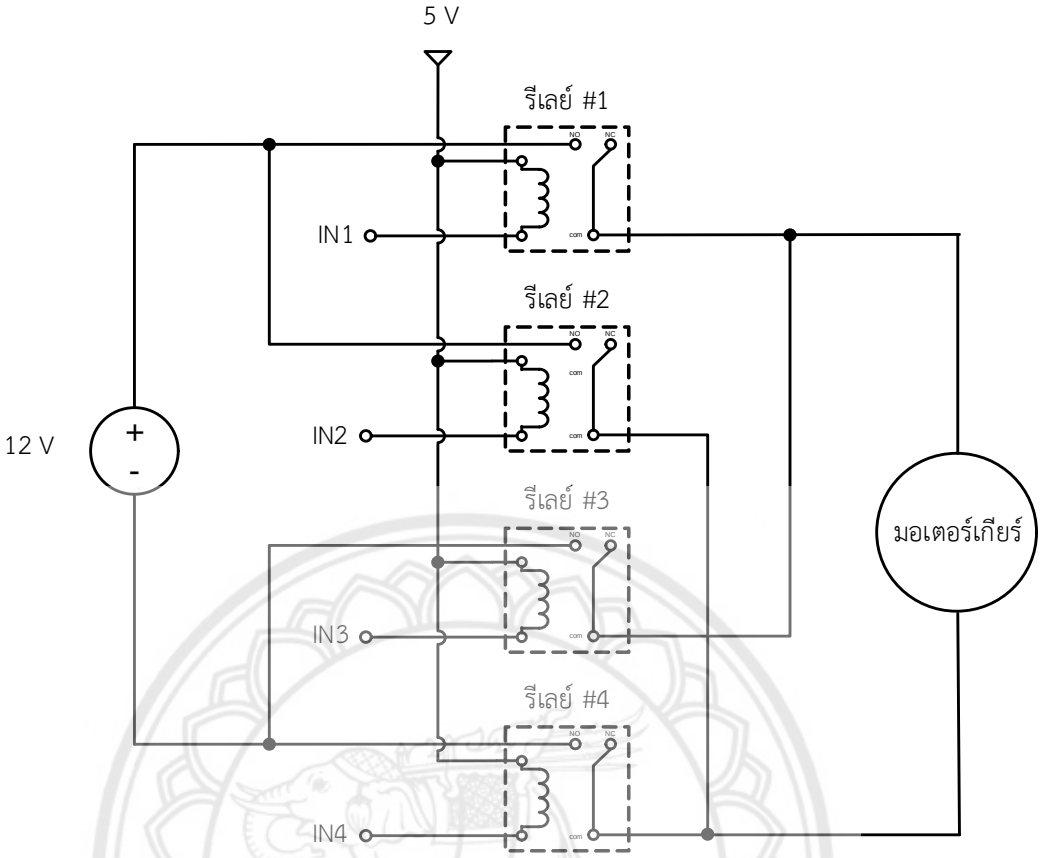
สวิตช์หรี่ไฟสามารถควบคุมการเพิ่มและลดความสว่างที่สร้างจากหลอดไฟได้โดยปรับค่าของตัวต้านทานแบบแปรค่าได้ภายในตัวสวิตช์ ซึ่งโครงงานนี้ได้นำมอเตอร์เซอร์โวมาควบคุมการหมุนสวิตช์หรี่ไฟ โดยนำมอเตอร์เซอร์โวต่อเข้าโดยตรงกับแกนหมุนของตัวต้านทานแบบแปรค่าได้ดังรูปที่ 3.5 เพื่อทำให้การเพิ่มและลดความสว่างของหลอดไฟเป็นไปอย่างต่อเนื่อง การทำงานของวงจรหรี่ไฟถูกกำหนดด้วยสัญญาณเอาท์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ตามเงื่อนไขที่ได้ออกแบบไว้ โดยควบคุมการหมุนของมอเตอร์เซอร์โวเพื่อควบคุมความสว่างภายในแบบจำลองให้อยู่ในช่วงความสว่างที่ต้องการ



รูปที่ 3.5 การใช้มอเตอร์เซอร์ควบคุมความสว่างของหลอดหลอดฟลูออเรสเซนต์

3.4 วงจรขับมอเตอร์ปรับใบม่าน

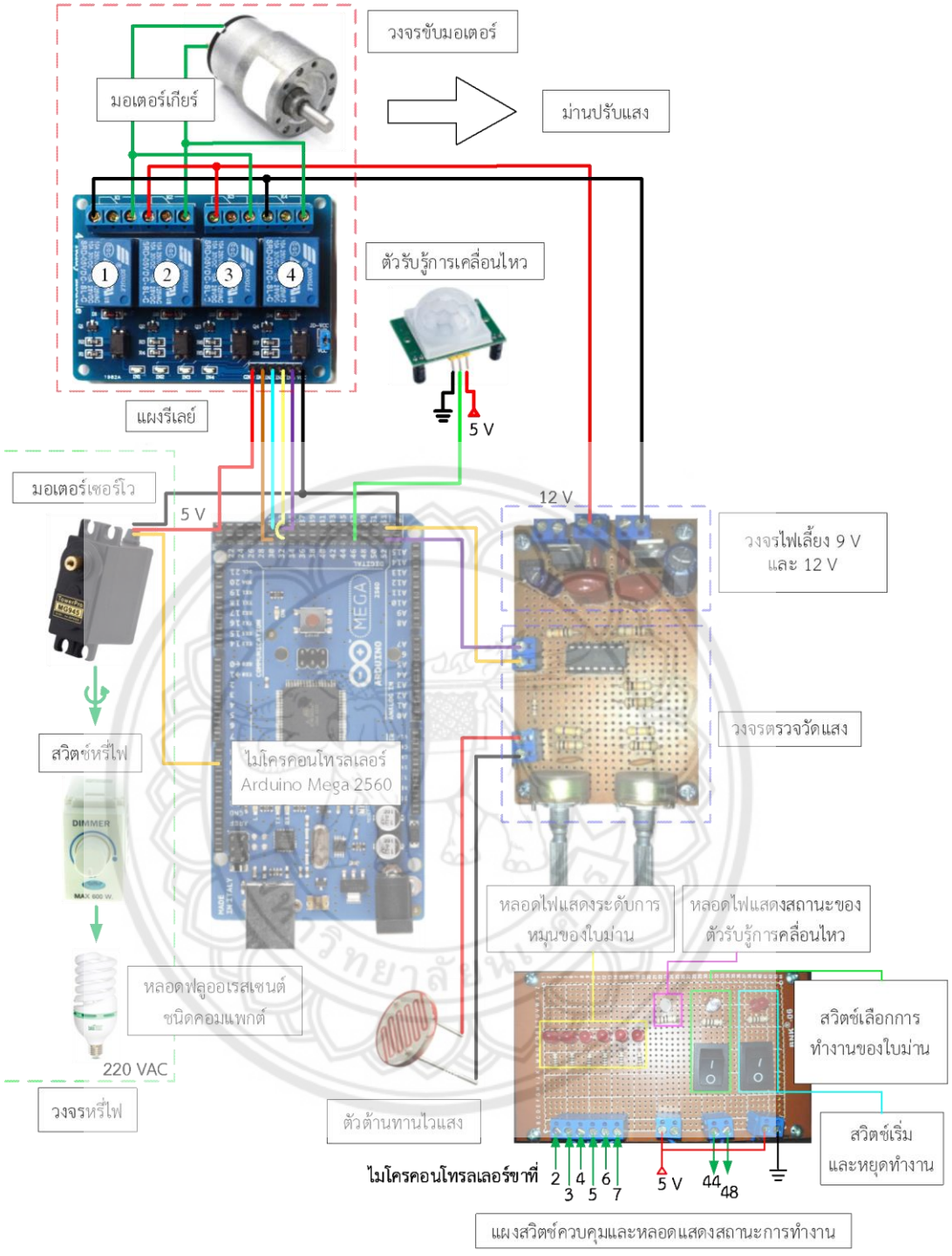
วงจรขับมอเตอร์เป็นส่วนที่ใช้ในการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ที่เชื่อมต่อกับม่านปรับแสงซึ่งใช้ควบคุมการเปลี่ยนมุมของใบม่าน โดยใช้รีเลย์ในการตัดต่อวงจรสำหรับการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ แผนภาพวงจรขับมอเตอร์แสดงได้ดังรูปที่ 3.6 เมื่อมีสัญญาณเอาท์พุตจากไมโครคอนโทรลเลอร์มาเข้าที่ขั้วต่อ IN1 และ IN2 ของรีเลย์ #1 และ #2 ตามลำดับ จะเกิดการเหนี่ยวนำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์เปลี่ยนสถานะเพื่อเชื่อมต่อไฟกระแสตรงขนาด 12 V และกราวนด์เข้าสู่มอเตอร์เกียร์ ส่งผลให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา และเมื่อมีสัญญาณเอาท์พุตจากไมโครคอนโทรลเลอร์มาเข้าที่ขั้วต่อ IN3 และ IN4 ของรีเลย์ #3 และ #4 ตามลำดับ จะเกิดการเชื่อมต่อวงจรในลักษณะตรงกันข้ามกับกรณีของ IN1 และ IN2 จึงทำให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา



รูปที่ 3.6 แผนภาพวงจรขับมอเตอร์ที่ใช้ควบคุมการปรับใบม่าน

3.5 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร

การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ของระบบควบคุมความสว่างภายในอาคารประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก ได้แก่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวรับรู้การเคลื่อนไหว วงจรตรวจวัดแสง ตัวรับรู้การเคลื่อนไหว วงจรหรี่ไฟ วงจรขับมอเตอร์ปรับใบม่าน สวิตช์ควบคุม และหลอดแสดงสถานะการทำงาน ซึ่งสามารถได้ดังรูปที่ 3.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าจากตัวรับรู้การเคลื่อนไหวและวงจรตรวจวัดแสง จากนั้นส่งสัญญาณให้รีเลย์ตัดต่อวงจรของมอเตอร์เกียร์ที่ระดับแรงดัน 12 V เพื่อปรับมุมของใบม่านและส่งสัญญาณให้มอเตอร์เซอร์โวซึ่งรับไฟเลี้ยง 5 V หมุนปรับเพิ่มหรือลดแสงสว่างของหลอดไฟ ในที่นี้ระดับการหมุนของใบม่านปรับแสงถูกกำหนดให้มี 6 ระดับโดยแสดงด้วยหลอดแอลอีดี นอกจากนี้ยังมีสวิตช์ทางเลือกควบคุมอีก 2 ตัว โดยตัวหนึ่งใช้เริ่มและหยุดการทำงานของระบบและอีกตัวหนึ่งใช้เพื่อกำหนดให้ใบม่านถูกควบคุมแบบอัตโนมัติหรือปิดสนิท

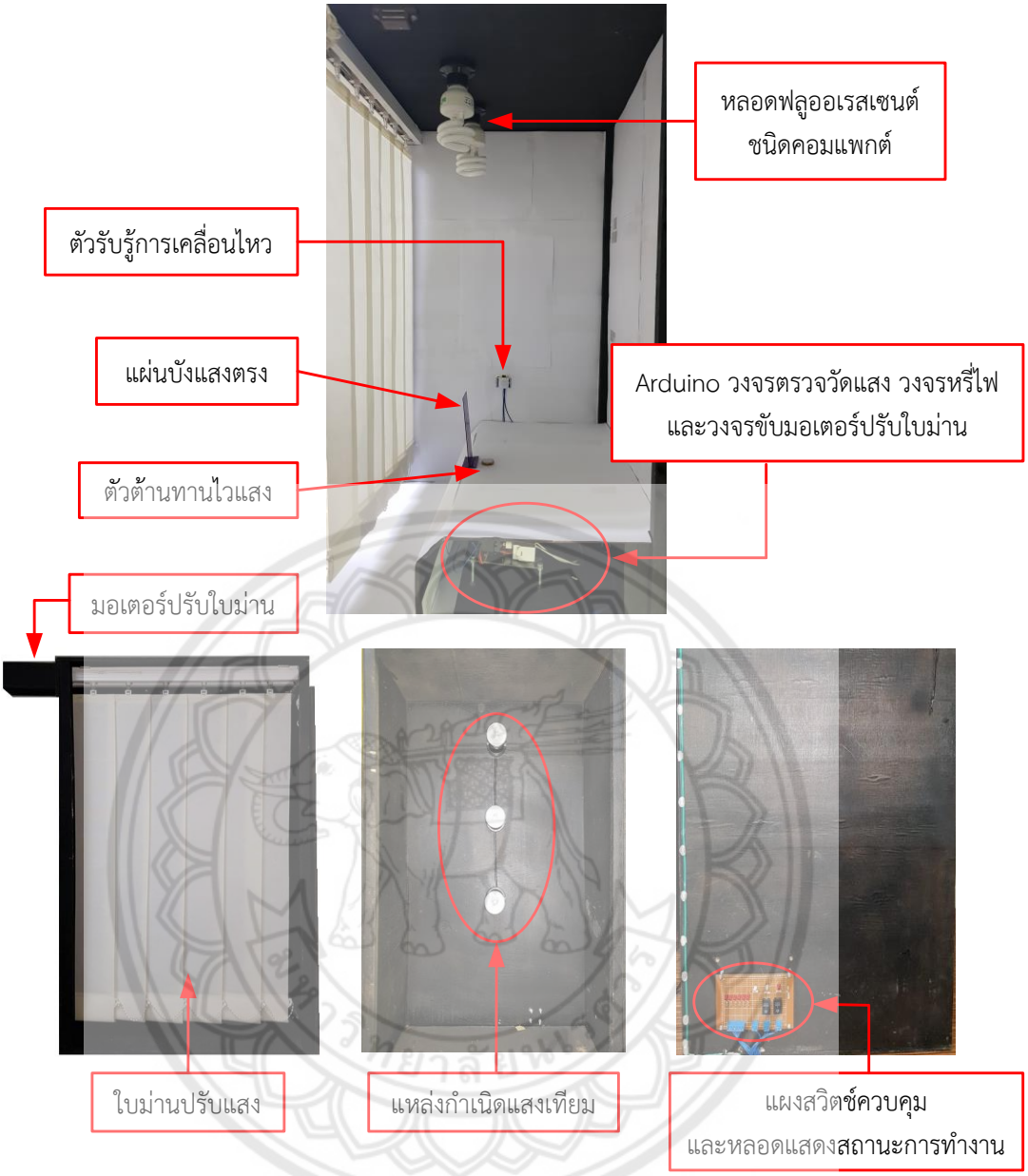


รูปที่ 3.7 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร

3.6 การติดตั้งอุปกรณ์ภายในแบบจำลอง

ในโครงงานนี้ ได้ปรับใช้แบบจำลองของโครงงานวิศวกรรมไฟฟ้าในปีการศึกษา 2554 เรื่อง “การควบคุมความสว่างภายในอาคารด้วยพีแอลซี” โดยใช้ตัวตรวจวัดแสงเพื่อใช้ทดสอบการทำงานของระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร โดยใช้แบบจำลองแทนห้องทำงานภายในอาคารสำนักงานที่มีผนังอย่างน้อย 1 ด้านรับแสงธรรมชาติจากภายนอกได้ โครงสร้างของแบบจำลองห้องทำงานมีขนาด 50×50×90 เซนติเมตร ภายในประกอบด้วยม่านปรับแสง วงจรตรวจวัดแสง ไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรหรี่ไฟ วงจรขับมอเตอร์ปรับใบม่าน และหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์ นอกจากแบบจำลองห้องทำงานแล้วยังมีการใช้หลอดไส้เป็นแหล่งกำเนิดแสงเพื่อจำลองแสงธรรมชาติให้กับแบบจำลอง รายละเอียดของแบบจำลองแสดงได้ดังรูปที่ 3.8

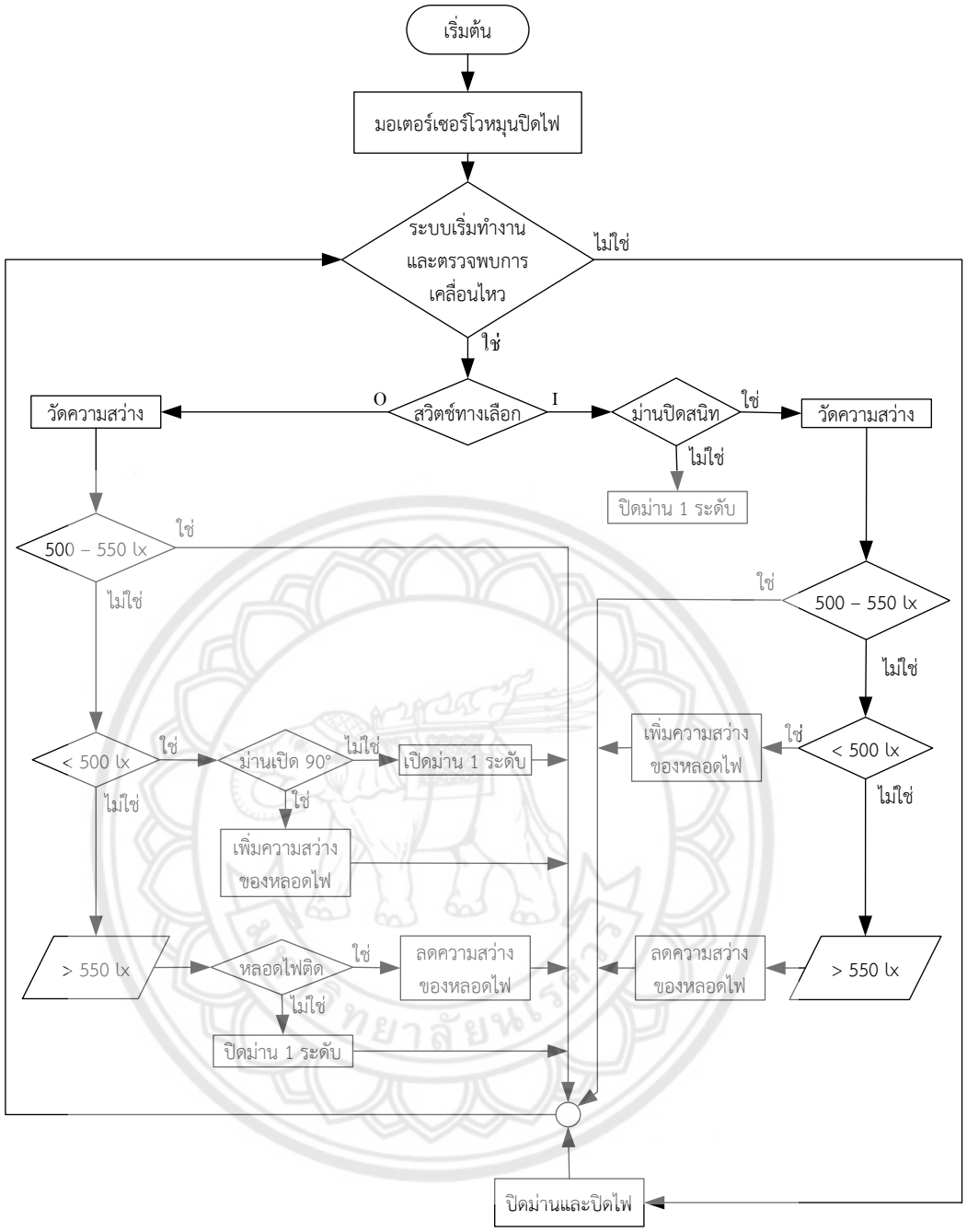
ม่านปรับแสงมีใบม่านเป็นแนวตั้งและสามารถปรับตำแหน่งของใบม่านได้โดยให้หมุนรอบแกนดิ่ง โดยต่อเพลาของมอเตอร์เกียร์เข้ากับแกนหมุนของม่านเพื่อให้สามารถปรับใบม่านด้วยการควบคุมการหมุนของมอเตอร์เกียร์ ตำแหน่งเริ่มต้นของใบม่านมีลักษณะเหลื่อมทับกัน การหมุนของมอเตอร์เกียร์ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงมุมของใบม่าน โดยใบม่านจะหมุนตามเข็มนาฬิกา ในการทำงานของระบบ ใบม่านที่อยู่ในตำแหน่ง 90 องศา นั่นคือใบม่านแต่ละใบขนานกัน จึงเป็นตำแหน่งที่สามารถรับแสงได้มากที่สุด เมื่อกำหนดให้แสงธรรมชาติส่องตั้งฉากกับผนังด้านที่ติดตั้งใบม่าน นอกจากนี้ยังได้สร้างแผ่นบังแสงตรงเพื่อบังแสงที่ส่องเข้ามากระทบตัวต้านทานไวแสงภายในแบบจำลองโดยตรง และเลี่ยงการตรวจวัดได้ค่าความสว่างเฉลี่ยสูงเกินจริง



รูปที่ 3.8 แบบจำลองของระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร

3.7 การทำงานของระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร

ในโครงงานนี้ได้จำลองสภาวะของแสงที่อาจเกิดขึ้นได้ในสภาพแวดล้อมจริงเพื่อทดสอบการทำงานของระบบควบคุมความสว่างที่พัฒนาขึ้น โดยแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคาร

เริ่มต้นการทำงานของระบบ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์เซอร์โวหมุนเพื่อปิดไฟเพื่อป้องกันไม่ให้หลอดไฟทำงาน หลังจากนั้นเมื่อมีสัญญาณจากตัวรับรู้การเคลื่อนไหวส่งมายังไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งแสดงว่ามีคนอยู่ภายในห้อง ระบบจะตรวจสอบสัญญาณจากสวิตช์เลือกการทำงานของม่าน ถ้ากดสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง O มุมของใบม่านจะถูกควบคุมอย่างอัตโนมัติ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มรับค่าสัญญาณเอาท์พุตจากวงจรวัดตรวจวัดแสงเพื่อควบคุมการทำงาน

ของส่วนควบคุมความสว่างตามเงื่อนไขที่ออกแบบไว้ แต่ถ้ากดสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง I ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์เกียร์หมุนใบม่านจนปิดสนิทก่อน ซึ่งเงื่อนไขการควบคุมความสว่างสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

ก) ความสว่างต่ำกว่าช่วงที่ต้องการ

ในกรณีที่กดสวิตช์เลือกการทำงานของใบม่านไปที่ตำแหน่ง O และความสว่างภายในแบบจำลองมีค่าต่ำกว่าช่วงที่ต้องการ หากมุมของใบม่านน้อยกว่า 90° ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์หมุนใบม่านเพิ่ม 1 ระดับแล้วตรวจสอบค่าความสว่าง ถ้ายังไม่อยู่ในช่วงที่ต้องการ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะอาจสั่งให้มอเตอร์หมุนใบม่านเพิ่มทีละระดับจนถึง 90° เพื่อให้สามารถรับแสงธรรมชาติได้เข้ามาสูงให้มากที่สุดก่อน หลังจากนั้นจึงจะเริ่มสั่งให้มอเตอร์เซอร์โวหมุนสวิตช์หรี่ไฟเพื่อเพิ่มความสว่างของหลอดไฟอย่างต่อเนื่องจนกว่าจะได้ค่าความสว่างอยู่ในช่วงที่ต้องการ

ในกรณีที่กดสวิตช์เลือกการทำงานของใบม่านไปที่ตำแหน่ง I ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์เซอร์โวหมุนสวิตช์หรี่ไฟเพื่อเพิ่มความสว่างของหลอดไฟอย่างต่อเนื่องจนกว่าจะได้ค่าความสว่างอยู่ในช่วงที่ต้องการ

ข) ความสว่างสูงกว่าช่วงที่ต้องการ

ในกรณีที่กดสวิตช์เลือกการทำงานของใบม่านไปที่ตำแหน่ง O และความสว่างภายในแบบจำลองมีค่าสูงกว่าช่วงที่ต้องการ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์เซอร์โวหมุนสวิตช์หรี่ไฟเพื่อลดความสว่างของหลอดไฟลงอย่างต่อเนื่องจนกว่าจะได้ค่าความสว่างอยู่ในช่วงที่ต้องการ แต่หากดับไฟแล้วความสว่างยังคงสูงกว่าช่วงที่ต้องการ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์ปรับใบม่านหมุนปิดใบม่านครั้งละ 1 ระดับจนกว่าค่าความสว่างจะลดลงจนอยู่ในช่วงที่ต้องการ

ในกรณีที่กดสวิตช์เลือกการทำงานของใบม่านไปที่ตำแหน่ง I ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์เซอร์โวหมุนสวิตช์หรี่ไฟเพื่อลดความสว่างของหลอดไฟอย่างต่อเนื่องจนกว่าความสว่างจะอยู่ในช่วงที่ต้องการ

ในระหว่างที่ไมโครคอนโทรลเลอร์กำลังควบคุมความสว่างภายในแบบจำลองให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ ถ้ามีการกดสวิตช์เพื่อหยุดการทำงานของระบบหรือไม่มีสัญญาณจากการตรวจจับการเคลื่อนไหวส่งเข้ามายังไมโครคอนโทรลเลอร์ระบบจะสั่งให้มอเตอร์ปรับใบม่านหมุนเพื่อปิดใบม่านสนิท จากนั้นจะสั่งให้มอเตอร์เซอร์โวหมุนเพื่อดับไฟ

3.8 คุณลักษณะของแบบจำลองระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร

ในโครงงานนี้ได้นำแบบจำลองของโครงงานวิศวกรรมไฟฟ้าในปีการศึกษา 2554 หัวข้อเรื่อง “การควบคุมความสว่างภายในอาคารด้วยพีแอลซีโดยใช้ตัวตรวจวัดแสง” มาปรับใช้ โดยปรับปรุงทั้งในส่วนของโครงสร้างแบบจำลองและระบบควบคุม ซึ่งคุณลักษณะของแบบจำลองที่ใช้ในโครงงานนี้เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองในปีการศึกษา 2554 สามารถสรุปรายละเอียดได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของแบบจำลองระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร

ปีการศึกษา 2554	ปีการศึกษา 2560
- ควบคุมการทำงานด้วยพีแอลซีขนาดเล็กซึ่งมีจำนวนพอร์ตจำกัดและมีราคาค่อนข้างแพง	- ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งมีจำนวนพอร์ตมากกว่าในราคาที่ถูกกว่า
- ระบบไม่สามารถเริ่มและหยุดการทำงานได้อย่างอัตโนมัติ	- ระบบสามารถเริ่มและหยุดการทำงานได้อย่างอัตโนมัติโดยใช้ตัวรับรู้การเคลื่อนไหว
- ช่วงความสว่างที่ต้องการคือ 350-750 lx	- ช่วงความสว่างที่ต้องการคือ 500-550 lx
- ใช้รีเลย์ควบคุมการเพิ่มและการลดความสว่างของหลอดไฟเป็นขั้นได้ 5 ระดับ	- ใช้มอเตอร์เซอร์โวและสวิตช์หรี่ไฟควบคุมการเพิ่มและการลดความสว่างของหลอดไฟให้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง
- มุมของใบม่านถูกควบคุมอย่างอัตโนมัติ	- สามารถเลือกรูปแบบการทำงานของม่าน (ม่านถูกควบคุมอย่างอัตโนมัติหรือใบม่านปิดสนิท)
- ปรับเพิ่มหรือลดมุมของใบม่านครั้งละ 15° โดยใช้แผงรีเลย์ร่วมกับมอเตอร์เกียร์ควบคุมการหมุนของใบม่าน	- ปรับเพิ่มหรือลดมุมของใบม่านครั้งละ 15° โดยใช้แผงรีเลย์ร่วมกับมอเตอร์เกียร์ควบคุมการหมุนของใบม่าน
- ตัวต้านทานไวแสงอาจรับแสงภายนอกโดยตรง จึงวัดความสว่างเฉลี่ยได้สูงเกินจริง	- ใช้แผ่นบังแสงให้กับตัวต้านทานไวแสงเพื่อป้องกันแสงตรงจากแสงภายนอก
- ใช้หลอดแอลอีดีแสดงระดับความสว่างของหลอดไฟ (1 หลอด/ระดับ)	- ใช้หลอดแอลอีดีแสดงตำแหน่งของม่าน (1 หลอด/15°) รูปแบบการทำงานของม่านและเอาท์พุตของตัวรับรู้การเคลื่อนไหว

บทที่ 4
ผลการทดสอบ

หลังจากออกแบบการทำงานของระบบ ปรับปรุงแบบจำลอง และเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของแบบจำลองดังที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 3 แล้ว จึงได้ทดสอบการทำงานของระบบควบคุม

4.1 การทดสอบในช่วงที่ม่านปิดสนิท

4.1.1 กรณีที่ค่าความสว่างสูงกว่าช่วงที่ต้องการ

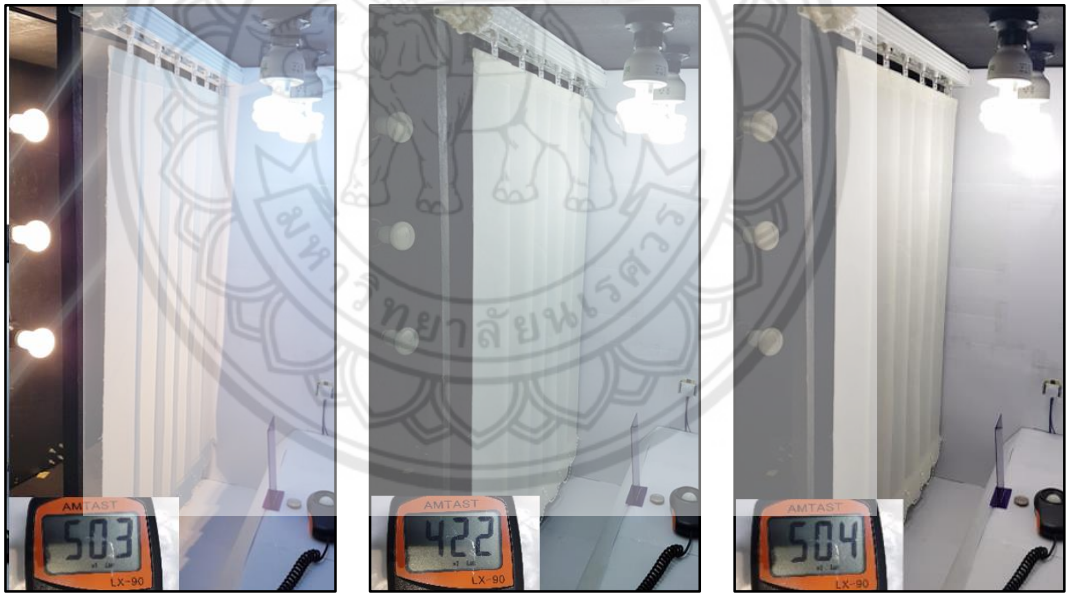
เมื่อระบบเริ่มการทำงาน ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์หมุนเพื่อปรับใบม่านให้อยู่ที่ตำแหน่ง 0° และปรับเพิ่มความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกว่าค่าความสว่างจะอยู่ในช่วงที่ต้องการ ซึ่งการจำลองการทำงานในแบบวิธีที่นี้ในช่วงเวลากลางวันขณะที่เมฆเคลื่อนที่พ้นจากดวงอาทิตย์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.1 โดยเริ่มให้มีแสงจากภายนอกส่องเข้ามาในแบบจำลอง ระบบจะยังคงรักษาความสว่างภายในแบบจำลองให้อยู่ในช่วงที่ต้องการดังรูปที่ 4.1(ก) หลังจากนั้นถ้าแสงที่ส่องเข้ามาภายในแบบจำลองมีค่าสูงขึ้นหรือเมฆเคลื่อนที่พ้นจากดวงอาทิตย์จนทำให้ความสว่างภายในแบบจำลองมีค่าที่สูงกว่าช่วงที่ต้องการดังรูปที่ 4.1(ข) ระบบจะลดความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ เพื่อรักษาความสว่างให้อยู่ในช่วงที่ต้องการดังรูปที่ 4.1(ค)

4.1.2 กรณีที่ค่าความสว่างต่ำกว่าช่วงที่ต้องการ

เมื่อระบบเริ่มการทำงาน ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์หมุนเพื่อปรับใบม่านให้อยู่ที่ตำแหน่ง 0° และปรับเพิ่มความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกว่าค่าความสว่างจะอยู่ในช่วงที่ต้องการ ซึ่งการจำลองการทำงานในแบบวิธีที่นี้ในช่วงเวลากลางวันขณะที่ท้องฟ้าเริ่มมืดครึ้มหรือในเวลากลางคืนสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.2 โดยเริ่มให้มีแสงจากภายนอกส่องเข้ามาในแบบจำลอง ระบบจะยังคงรักษาความสว่างภายในแบบจำลองให้อยู่ในช่วงที่ต้องการดังรูปที่ 4.2(ก) หลังจากนั้นถ้าแสงที่ส่องเข้ามาภายในแบบจำลองมีค่าต่ำลงหรือท้องฟ้าเริ่มมืดครึ้มจนทำให้ความสว่างภายในแบบจำลองมีค่าที่ต่ำกว่าช่วงที่ต้องการดังรูปที่ 4.2(ข) ระบบจะเพิ่มความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ เพื่อรักษาความสว่างให้อยู่ในช่วงที่ต้องการดังรูปที่ 4.2(ค)

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4.1 การทำงานในที่ม่านปิดสนิทและค่าความสว่างสูงเกินช่วงที่ต้องการ



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4.2 การทำงานในช่วงที่ม่านปิดสนิทและค่าความสว่างต่ำกว่าช่วงที่ต้องการ

4.2 การทดสอบในช่วงที่ม่านถูกควบคุมโดยอัตโนมัติ

4.2.1 กรณีที่ค่าความสว่างต่ำกว่าช่วงที่ต้องการ

ก) ขณะที่แสงธรรมชาติมีความเข้มเพียงพอ

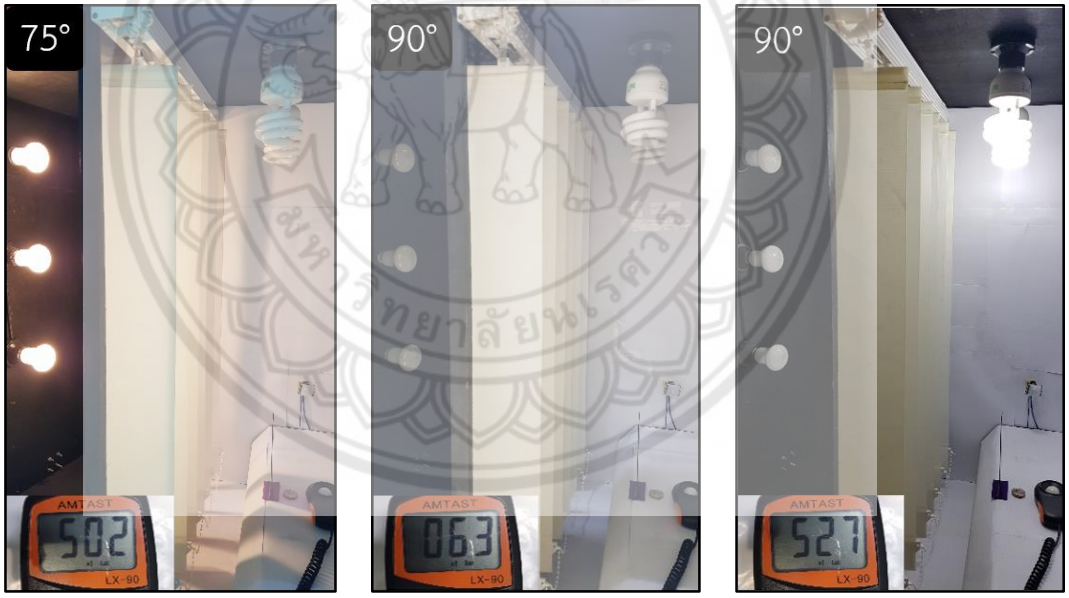
เมื่อระบบเริ่มทำงาน มอเตอร์หมุนปรับใบม่านให้เปิดครั้งละ15° โดยใช้เวลา 1.5 s ในการปรับแต่ละระดับ และเพิ่มความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขึ้นอย่างต่อเนื่องจนความสว่างอยู่ในช่วงที่ต้องการ ซึ่งการจำลองการทำงานในแบบวิธีที่นี้เป็นช่วงเวลากลางวันขณะที่เมฆเคลื่อนที่มาบังดวงอาทิตย์สามารถดังรูปที่ 4.3 โดยเริ่มให้มีแสงจากภายนอกส่องเข้ามาในแบบจำลอง ระบบจะยังคงรักษาความสว่างภายในแบบจำลองให้อยู่ในช่วงที่ต้องการดังรูปที่ 4.3(ก) หลังจากนั้นถ้ามีเมฆเคลื่อนที่มาบังดวงอาทิตย์จนทำให้ค่าความสว่างภายในแบบจำลองต่ำกว่าช่วงที่ต้องการดังรูปที่ 4.3(ข) ระบบจะสั่งให้มอเตอร์หมุนเพื่อปรับใบม่านให้เปิด เพื่อเพิ่มความสว่างให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ ดังรูปที่ 4.3(ค)

ข) ขณะที่แสงธรรมชาติมีความเข้มต่ำ

เมื่อระบบเริ่มทำงาน มอเตอร์หมุนปรับใบม่านให้เปิดครั้งละ15° โดยใช้เวลา 1.5 s ในการปรับแต่ละระดับ และเพิ่มความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขึ้นอย่างต่อเนื่องจนความสว่างอยู่ในช่วงที่ต้องการ ซึ่งการจำลองการทำงานในแบบวิธีที่นี้เป็นช่วงเวลากลางวันขณะที่ท้องฟ้าเริ่มมืดครึ้มหรือในเวลากลางคืนสามารถดังรูปที่ 4.4 โดยเริ่มให้มีแสงจากภายนอกส่องเข้ามาในแบบจำลอง ระบบจะยังคงรักษาความสว่างภายในแบบจำลองให้อยู่ในช่วงที่ต้องการดังรูปที่ 4.4(ก) หลังจากนั้นถ้าท้องฟ้าเริ่มมืดครึ้มจนทำให้ค่าความสว่างภายในแบบจำลองต่ำกว่าช่วงที่ต้องการดังรูปที่ 4.4(ข) ระบบจะสั่งให้มอเตอร์หมุนเพื่อปรับใบม่านให้เปิดและปรับเพิ่มความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขึ้นอย่างต่อเนื่องให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ ดังรูปที่ 4.4(ค)

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4.3 การทำงานขณะที่ค่าความสว่างต่ำกว่าช่วงที่ต้องการและความเข้มแสงธรรมชาติเพียงพอ

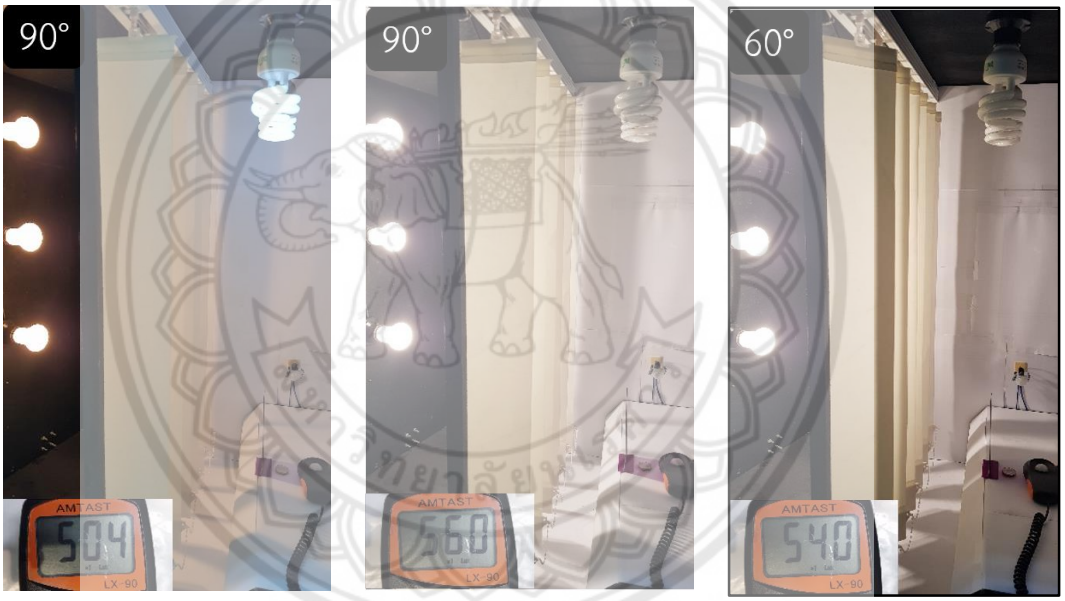


(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4.4 การทำงานขณะที่ค่าความสว่างต่ำกว่าช่วงที่ต้องการและความเข้มแสงธรรมชาติต่ำ

4.2.2 กรณีที่ค่าความสว่างสูงกว่าช่วงที่ต้องการ

เมื่อระบบเริ่มทำงาน มอเตอร์หมุนปรับใบม่านให้เปิดครั้งละ15° โดยใช้เวลา 1.5 s ในการปรับแต่ละระดับ และเพิ่มความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขึ้นอย่างต่อเนื่องจนความสว่างอยู่ในช่วงที่ต้องการดังรูปที่ 4.5 ซึ่งจำลองการทำงานในเวลากลางวันขณะที่เมฆเคลื่อนพ้นดวงอาทิตย์ เมื่อแสงจากภายนอกเข้ามาในแบบจำลอง ระบบยังคงรักษาความสว่างภายในแบบจำลองให้อยู่ในช่วงที่ต้องการดังรูปที่ 4.5(ก) หลังจากนั้นถ้ามีเมฆเคลื่อนที่พ้นจากดวงอาทิตย์จนทำให้ค่าความสว่างภายในแบบจำลองสูงกว่าช่วงที่ต้องการ ระบบจะสั่งให้ปรับลดความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ลงอย่างต่อเนื่องดังรูปที่ 4.5(ข) หลังจากนั้น ถ้าความสว่างยังสูงกว่าช่วงที่ต้องการ ระบบจะสั่งให้มอเตอร์หมุนเพื่อปรับใบม่านให้ปิด เพื่อรักษาความสว่างให้อยู่ในช่วงที่ต้องการดังรูปที่ 4.5(ค)

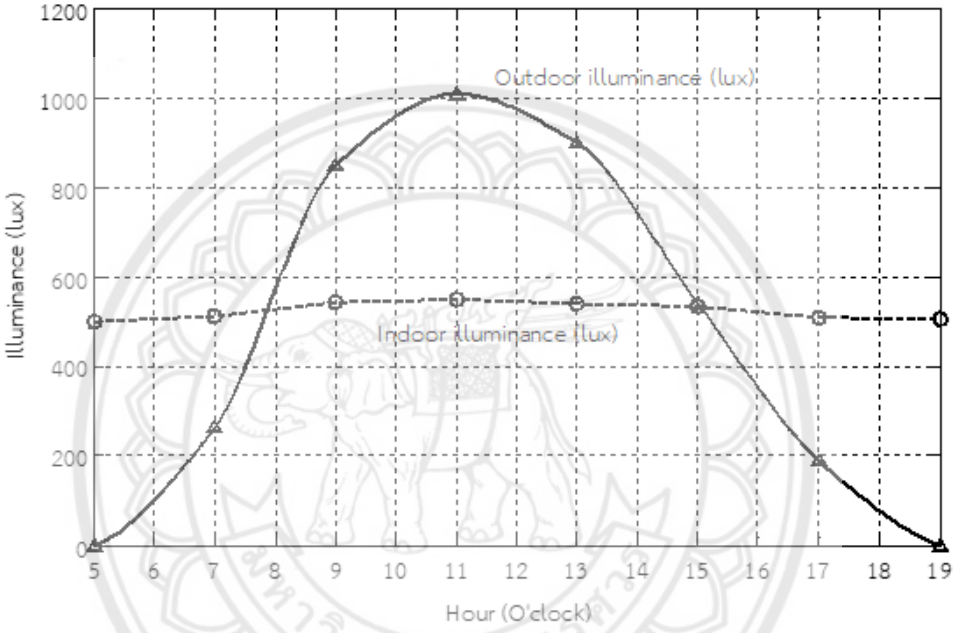


(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4.5 การทำงานขณะที่ความสว่างสูงกว่าช่วงที่ต้องการ

4.3 การทดสอยภายใต้การจำลองแสงธรรมชาติใน 1 วัน

หลังจากนั้นได้ทดสอบการทำงานของระบบโดยอาศัยแสงเทียมจากหลอดไส้ ซึ่งใช้จำลองความสว่างของแสงธรรมชาติในทิศตะวันออกตั้งแต่เวลา 5.00 น. ถึง 11.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีแสงจากดวงอาทิตย์มาก ค่าความสว่างจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น จนเกินกว่าช่วงที่กำหนด และในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 19.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่ดวงอาทิตย์เปลี่ยนตำแหน่งไปอยู่ด้านตรงข้าม จะเห็นว่าในช่วงนี้ค่าความสว่างนั้นลดลง ระบบสามารถควบคุมความสว่างให้อยู่ในช่วงที่กำหนดได้ ดังแสดงได้ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การทดสอบการทำงานของระบบโดยอาศัยแหล่งกำเนิดแสง**เทียม**

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินโครงงานสามารถสรุปผล ชี้แจงปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินงาน รวมทั้งเสนอแนวทางแก้ปัญหา พร้อมให้ข้อเสนอแนะในการนำโครงงานไปพัฒนาต่อไป

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ในโครงงานนี้ได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ในระบบควบคุมความสว่างภายในอาคารสำนักงานให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้งาน ซึ่งมีการกำหนดช่วงความสว่างที่ 500 lx ถึง 550 lx และสามารถปรับช่วงความสว่างที่ต้องการได้ โดยการปรับโพเทนชิออมิเตอร์ ในระบบควบคุมดังกล่าวมีการใช้ตัวต้านทานไวแสงในการตรวจสอบความเข้มของแสงภายในแบบจำลอง และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการปรับตำแหน่งของใบม่านปรับแสงและมีการหรี่แสงเพื่อปรับระดับความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ เพื่อให้ได้แสงที่เพียงพอต่อความต้องการ โดยใช้แบบจำลองแทนห้องทำงานเพื่อทดสอบการทำงานระบบควบคุมความสว่าง

ในการทดสอบการทำงานของระบบโดยใช้แบบจำลอง หลอดไส้ถูกใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่จำลองแสงธรรมชาติเพื่อทดสอบการทำงานของระบบตามเงื่อนไขต่าง ๆ ผู้ใช้สามารถเลือกแบบวิธีการทำงานของม่านได้ด้วยสวิตช์ทางเลือก ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ระบบสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ โดยในกรณีที่ความสว่างมีค่าสูงเกินช่วงที่ต้องการ มุมของใบม่านถูกปรับเพื่อลดปริมาณแสงจากภายนอกลงจนความสว่างอยู่ในช่วงที่กำหนด ในกรณีที่ความสว่างมีค่าต่ำกว่าช่วงที่ต้องการ มุมของใบม่านถูกปรับเพิ่มจนแสงอยู่ในช่วงที่กำหนด และหากความสว่างยังคงต่ำกว่าช่วงที่ต้องการ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้เพิ่มความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์จนกว่าจะได้ความสว่างอยู่ในช่วงที่กำหนด นอกจากนี้ยังอำนวยความสะดวกในการเปิดและปิดระบบอย่างอัตโนมัติด้วยตัวรับรู้การเคลื่อนไหว

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

การจำลองแสงธรรมชาติจากภายนอกแบบจำลองซึ่งใช้หลอดไส้ยังมีความไม่สม่ำเสมอของการกระจายแสง นอกจากนี้ ในขณะที่มีแสงจากภายนอกส่องเข้ามากระทบกับตัวต้านทานไวแสงโดยตรง อาจทำให้วัดค่าความสว่างเฉลี่ยภายในแบบจำลองผิดพลาดได้ การติดตั้งแผ่นกระจายแสงจะช่วยให้

การกระจายแสงภายในแบบจำลองมีความความสม่ำเสมอมากขึ้น และการเพิ่มขนาดหรือเพิ่มจำนวนตัวต้านทานไวแสงสามารถช่วยให้การวัดค่าความเฉลี่ยภายในแบบจำลองได้ถูกต้องมากขึ้น

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

หลักควบคุมที่พัฒนาขึ้นในโครงงานนี้สามารถใช้ควบคุมม่านที่มีใบม่านเรียงในแนวนอน ซึ่งอาจควบคุมการกระจายของแสงจากภายนอกที่เข้ามาภายในอาคารได้ดีกว่าม่านที่มีใบม่านเรียงในแนวดิ่ง นอกจากนี้ยังควรศึกษาความคุ้มทุนของการติดตั้งใช้งานระบบควบคุมที่พัฒนาขึ้น ซึ่งประกอบด้วยการคำนวนราคาต้นทุน ค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า และระยะเวลาที่จะคุ้มทุน

เอกสารอ้างอิง

ณัฐวิทย์ อินทเจริญศานต์, มานนท์ ขันธ์ทอง และวัจน์กร วงศธรบุญรัศมิ์. (2554). **การควบคุมความสว่างภายในอาคารด้วยพีแอลซีโดยใช้ตัวตรวจวัดแสง.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ธนาวุฒิ ไกรฤทธิกุล. (2542). **LDR ตัวต้านทานไวแสง.** สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2560, จาก http://electronics.se-ed.com/contents/041s060/041s060_p02.asp

ธนันต์ ศรีสกุล. (2552). **พื้นฐานการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์.** กรุงเทพฯ: วิตตี้กรุ๊ป

บ้านอิเล็กทรอนิกส์. (2554). **อุปกรณ์ ตอน รีเลย์.** สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2560, จาก goo.gl/kYe4Hx.

พลผดุง ผดุงกุล. (2532). **วงจรหรี่ไฟ.** สืบค้นเมื่อพฤศจิกายน 2560, จาก http://www.mltelectronic.com.

รองศาสตราจารย์ ดร.เสริม จันทร์ฉาย. (2552). **การศึกษาการกระจายของแสงสว่างจากท้องฟ้าในประเทศไทยเพื่อประยุกต์ใช้ในการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร.** รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัย ศิลปากร, นครปฐม.

วรรณชมล กันภัย. (2553). **Rc Servo ความรู้พื้นฐานในการใช้งานเซอร์โว.** สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2560, จาก http://www.tdhobby.com

Arduino. (2017). **Arduino Mega 2560 REV3.** Retrieved November 10, 2017, from https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3.

ArduinoAll. (20 พฤษภาคม 2561). **Motion Sensor Arduino PIR HC-SR501.** สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2560, จาก https://www.arduinoall.com.