การควบคุมความสว่างภายในอาคารด้วยพีแอลซีโดยใช้ตัวตรวจวัดแสง

PLC-BASED INDOOR BRIGHTNESS CONTROL VIA LIGHT SENSOR

นายณัฐวิทย์ อินทเจริญศานต์ รหัส 51364309

นายมานนท์ ขันธ์ทอง รหัส 51364453

นายวัจน์กร วงศธรบุญรัศมิ์ รหัส 51364507

12 ก.พ. 56

i 61113397

ปร.

84359 ก

2554

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2554

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การควบคุมความสว่างภายในอาคารด้วยพีแอลซีโดยใช้ตัวตรวจวัดแสง	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายณัฐวิทย์ อินทเจริญศานต์	รหัส 51364309
	นายมานนท์ ขันธ์ทอง	รหัส 51364453
	นายวัจน์กร วงศธรบุญรัศมิ์	รหัส 51364507
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า	
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์	
ปีการศึกษา	2554	

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

N Jantharamin .....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์)

.....กรรมการ

(ดร. ศุภวรรณ พลพีทักษ์ชัย)

.....กรรมการ

(ดร. แคทรียา สุวรรณศรี)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การควบคุมความสว่างภายในอาคารด้วยพีแอลซีโดยใช้ตัวตรวจวัดแสง	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายณัฐวิทย์ อินทเจริญศานต์	รหัส 51364309
	นายมานนท์ ขันธ์ทอง	รหัส 51364453
	นายวัจน์กร วงศธรบุญรัศมิ์	รหัส 51364507
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า	
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์	
ปีการศึกษา	2554	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอโครงงานที่นำพีแอลซีมาควบคุมความสว่างภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่ต้องการ โดยควบคุมการทำงานของม่านปรับแสงและระดับความสว่างของดวงโคมที่ใช้ภายในอาคาร แรงบันดาลใจในการทำโครงงานเกิดจากความต้องการที่จะลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของแสงสว่างภายในอาคาร รวมถึงเพิ่มการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ โครงงานนี้ได้สร้างแบบจำลองการควบคุมแสงสว่างภายในอาคารโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์แทนดวงโคม และใช้ตัวต้านทานไวแสงเพื่อตรวจวัดความสว่างภายในแบบจำลอง ความสว่างถูกแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้าซึ่งจะถูกขยายด้วยวงจรที่สร้างจากไอซีออปแอมป์หมายเลข 324N และป้อนให้กับวงจรเปรียบเทียบก่อนที่จะส่งไปยังพีแอลซีเพื่อประมวลผลว่าระดับความสว่างในขณะนั้นสอดคล้องกับเงื่อนไขใดของการควบคุมที่ได้ออกแบบไว้เพื่อควบคุมการหมุนของมอเตอร์ที่ใช้ปรับม่านและวงจรหรี่ไฟที่ใช้ปรับระดับความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์

Project title	PLC-based Indoor Brightness Control via Light Sensor	
Name	Mr. Natthawit Inthacharoensan	ID. 51364309
	Mr. Manon Khanthong	ID. 51364453
	Mr. Watjakorn Wongsathonbunyarat	ID. 51364507
Project advisor	Mr. Niphat Jantharamin, Ph.D.	
Major	Electrical Engineering	
Department	Electrical and Computer Engineering	
Academic year	2011	

Abstract

This thesis presents a project in which a PLC was used to control the indoor brightness in such a way that the luminance level was kept in a desired range. The control scheme was based on adjustments of curtains and luminaire brightness. The project was inspired by an attempt to reduce the electricity cost due to the space lighting as well as to improve exploitation of the natural light. In this project, a model of indoor lighting control was built, in which compact fluorescents were chosen to light up the space and a light dependent resistor (LDR) served as a light measuring device. The brightness measured in the model was converted into a small voltage which was then amplified by a 324N op-amp based circuit before fed into a comparator and, in turn, given to the PLC. The luminosity level was then analyzed so that a proper control pattern would be implemented to keep the space brightness in the desired range: Hereby, a DC motor adjusted the curtain position and a dimmer circuit dictated the brightness level of the compact fluorescents.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์เป็นอย่างยิ่งจาก ดร.นิพัทธ์ จันทรมินทร์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานและปริญญานิพนธ์ ตลอดจนแนะนำ ตรวจทาน และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอน เพื่อให้ปริญญานิพนธ์นี้สมบูรณ์ที่สุด คณะผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอระลึกถึงความกรุณาของท่านไว้ตลอดไป

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับคณะผู้ดำเนินโครงงาน นอกจากนี้ยังต้องขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือวัด จนทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เหนือสิ่งอื่นใด คณะผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ผู้มอบความรัก ความเมตตา สติปัญญา ความกล้าหาญ รวมทั้งเป็นผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างตั้งแต่วัยเยาว์จวบจนถึงปัจจุบัน คอยเป็นกำลังใจทำให้ได้รับความสำเร็จอย่างทุกวันนี้ และขอขอบพระคุณทุก ๆ คนในครอบครัวของคณะผู้ดำเนินโครงงานที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายณัฐวิทย์ อินทเจริญศานต์
นายมานนท์ ขันธ์ทอง
นายวัจน์กร วงศธรบุญรัศมิ์

สารบัญ

หน้า

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

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 3
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน 3
1.6 งบประมาณ 4

บทที่ 2 หลักการควบคุมความสว่างภายในอาคาร 5
2.1 แสงสว่าง 5
2.1.1 ปริมาณแสงสว่าง 5
2.1.2 แสงสว่างธรรมชาติ 6
2.1.3 ปริมาณแสงสว่างธรรมชาติ 9
2.2 ตัวต้านทานไวแสง 10
2.2.1 โครงสร้าง 10
2.2.2 สมบัติทางแสง 11
2.2.3 ผลตอบสนองทางไฟฟ้า 12
2.3 ออปแอมป์ 13
2.3.1 วงจรขยายไม่กลับเฟส 13
2.3.2 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน 15

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 พีแอลซี 17
2.4.1 ความแตกต่างระหว่างพีซีกับพีแอลซี 17
2.4.2 ส่วนประกอบของพีแอลซี 17
2.4.3 ชนิดของพีแอลซี 20
2.4.4 การทำงานของพีแอลซี 22
2.4.5 ขั้นตอนและแผนผังการใช้งานพีแอลซี 23
2.4.6 ข้อกำหนดในการเขียนโปรแกรม 23
2.4.7 ภาษาที่ใช้ในการเขียนพีแอลซี 25
2.4.8 คำสั่งพื้นฐานของพีแอลซี 26
2.4.9 ชุดทดลอง ET-BOARD V5.0 29

บทที่ 3 การพัฒนาชิ้นงานและโปรแกรมควบคุมการทำงาน 33
3.1 ส่วนประกอบและขั้นตอนการทำงานของระบบ 33
3.1.1 ขั้นตอนการทำงานของส่วนตรวจวัดแสง 34
3.1.2 การเลือกใช้อุปกรณ์ของวงจรเรียงกระแสและวงจรรักษาแรงดัน 34
3.1.3 ขั้นตอนการทำงานของส่วนควบคุมความสว่าง 34
3.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์เข้ากับพีแอลซี 35
3.3 การสร้างวงจรตรวจวัดแสง 37
3.4 การสร้างวงจรหรี่ไฟ 39
3.5 การสร้างวงจรขับมอเตอร์ 41
3.6 การสร้างแบบจำลอง 42
3.7 การประกอบวงจรและแบบจำลองเข้ากับพีแอลซี 44
3.8 ขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร 45
3.8.1 กรณีความสว่างสูงกว่าช่วงที่กำหนด 45
3.8.2 กรณีความสว่างอยู่ในช่วงที่กำหนด 46
3.8.3 กรณีความสว่างต่ำกว่าช่วงที่กำหนด 46

บทที่ 4 ผลการทดสอบ 47

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1 ผลการทดสอบระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร 47
4.1.1 กรณีความสว่างสูงกว่าช่วงที่กำหนด 47
4.1.2 กรณีความสว่างอยู่ในช่วงที่กำหนด 47
4.1.3 กรณีความสว่างต่ำกว่าช่วงที่กำหนด 48
4.2 ผลการทดสอบการทำงานกับแสงธรรมชาติ 49
4.2.1 กรณีรับแสงด้านทิศตะวันออก 49
4.2.2 กรณีรับแสงด้านทิศตะวันตก 50
4.2.3 กรณีรับแสงด้านทิศเหนือ 50

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 54
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน 54
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข 55
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป 55

เอกสารอ้างอิง 56

ภาคผนวก ก โปรแกรมควบคุมความสว่างภายในอาคาร 57
ภาคผนวก ข รายละเอียดของไอซี LM324N 64

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 69

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ข้อดีและข้อเสียของพีแอลซีชนิดบล็อก 21
2.2 ข้อดีและข้อเสียของพีแอลซีชนิดโมดูล 22
2.3 ข้อมูลของ ET-BOARD V5.0 ในโหมดพีแอลซี 30
3.1 รายละเอียดอินพุตและเอาท์พุตของพีแอลซี 37
4.1 ผลการทดสอบกรณีรับแสงโดยตรงด้านทิศตะวันออก 51
4.2 ผลการทดสอบกรณีรับแสงโดยตรงด้านทิศตะวันตก 51
4.3 ผลการทดสอบกรณีรับแสงด้านทิศเหนือ 52

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 ค่าพลังงานไฟฟ้าในรอบปีของประเทศไทย 1
2.1 สเปกตรัมของรังสีจากดวงอาทิตย์นอกชั้นบรรยากาศโลก 6
2.2 ตัวอย่างของสเปกตรัมรังสีตรง 7
2.3 ตัวอย่างของสเปกตรัมรังสีกระจาย 7
2.4 ตัวอย่างของสเปกตรัมรังสีรวม 8
2.5 แสงจากดวงอาทิตย์และแสงกระจายจากท้องฟ้า 8
2.6 ความเข้มแสงตรงและความเข้มแสงกระจาย 9
2.7 ความเข้มของแสงสว่างธรรมชาติในรูปของความเข้มแสงสว่างจากส่วนต่าง ๆ 10
2.8 โครงสร้างของตัวต้านทานไวแสง 11
2.9 ความไวต่อแสงความถี่ต่าง ๆ ของตัวต้านทานไวแสงทั้งสองประเภท 12
2.10 ผลตอบสนองของตัวต้านทานไวแสงต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงทันทีทันใด 13
2.11 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส 14
2.12 วงจรสมมูลของวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส 14
2.13 วงจรเปรียบเทียบแรงดันอย่างง่าย 15
2.14 แรงดันอินพุตและเอาท์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน 16
2.15 โครงสร้างของพีแอลซี 18
2.16 ตัวอย่างอุปกรณ์อินพุตของพีแอลซี 19
2.17 ตัวอย่างอุปกรณ์เอาท์พุตของพีแอลซี 20
2.18 ขั้นตอนการทำงานของพีแอลซี 22
2.19 แผนผังการใช้งานพีแอลซี 24
2.20 ET-BOARD V5.0 30
2.21 การต่อเอาท์พุตที่ระดับแรงดัน 10 V 31
2.22 การต่ออินพุตและเอาท์พุตที่ระดับแรงดัน 24 V 32
3.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบ 33
3.2 ขั้นตอนการทำงานของส่วนตรวจวัดแสง 34
3.3 ขั้นตอนการทำงานของส่วนประมวลผล 34
3.4 ขั้นตอนการทำงานของส่วนควบคุมความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์ 35
3.5 ขั้นตอนการทำงานของม่านปรับแสง 35

สารบัญรูป (ต่อ)

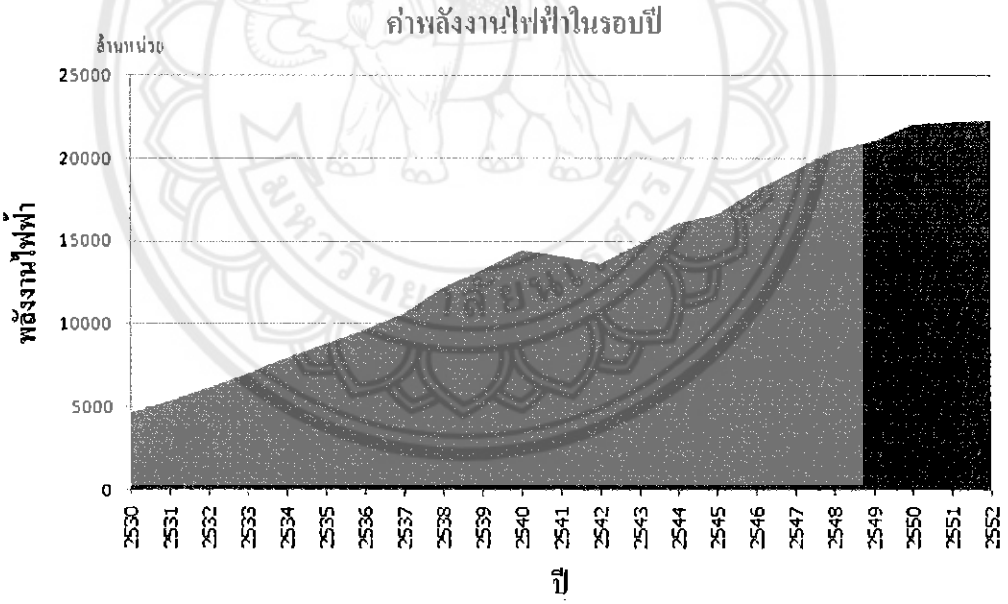
รูปที่ หน้า

3.6 แผนภาพการทำงานโดยรวมของระบบ 36
3.7 แผนภาพวงจรการตรวจวัดแสง 36
3.8 การติดตั้งวงจรตรวจวัดแสง 39
3.9 แผนภาพวงจรหรี่ไฟ 40
3.10 การติดตั้งวงจรหรี่ไฟ 40
3.11 แผนภาพวงจรขับมอเตอร์ที่ใช้ควบคุมการปรับใบม่าน 41
3.12 การติดตั้งวงจรขับมอเตอร์ 42
3.13 แบบจำลองของระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร 43
3.14 การเชื่อมต่อวงจรและแบบจำลองเข้ากับพีแอลซี 44
3.15 ผังขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคาร 45
4.1 การจำลองการทำงานของระบบกรณีความสว่างสูงกว่าช่วงที่กำหนด 48
4.2 การจำลองการทำงานของระบบกรณีความสว่างอยู่ในช่วงที่กำหนด 48
4.3 การจำลองการทำงานของระบบกรณีความสว่างต่ำกว่าช่วงที่กำหนด 49
4.4 ผลการทดสอบกรณีรับแสงโดยตรงทางด้านทิศตะวันออก 52
4.5 ผลการทดสอบกรณีรับแสงโดยตรงทางด้านทิศใต้ 53
4.6 ผลการทดสอบกรณีรับแสงทางด้านทิศเหนือ 53

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

พลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญ ในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชาชน และเป็นปัจจัยพื้นฐานของการผลิตในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม ดังนั้นประเทศไทยจึงต้องมีการจัดหาพลังงาน ให้มีปริมาณที่เพียงพอ มีราคาที่เหมาะสม และมีคุณภาพที่ดี สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างเพียงพอและสืบเนื่องจากการที่เป็นปัจจัยพื้นฐาน ส่งผลให้มีการเติบโตทางด้านการใช้พลังงานในประเทศไทยสูงขึ้นมาก สามารถสังเกตได้จากกราฟแสดงค่าพลังงานไฟฟ้าในรอบปีได้จากรูปที่ 1.1 จะเห็นว่ามีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อก้าวเข้าสู่การเป็นประเทศที่พัฒนาแล้ว ซึ่งมีการลดลงเล็กน้อยในช่วงภาวะเศรษฐกิจปี พ.ศ. 2540 แต่เมื่อมองภาพโดยรวมแล้วยังถือว่าเพิ่มขึ้นมากอย่างต่อเนื่องในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา



รูปที่ 1.1 ค่าพลังงานไฟฟ้าในรอบปีของประเทศไทย

หนึ่งในนโยบายทางด้านพลังงานของประเทศไทยคือ การส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานอย่างประหยัดและคุ้มค่า ซึ่งนอกจากจะช่วยลดต้นทุนทางด้านเชื้อเพลิงในการผลิตแล้วยังช่วยลดต้นทุนในการจัดหาพลังงานอีกด้วย เพื่อให้การประหยัดพลังงานครอบคลุมและคุ้มค่ามากที่สุดเราควรมุ่งเน้นไปยังอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสงสว่างอาทิเช่น หลอดไฟ เนื่องจากการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่างภายในอาคารในประเทศไทยมีปริมาณสูงกว่า 20% ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด ทั้งนี้

เนื่องมาจากอาคารสำนักงาน ร้านค้าและที่อยู่อาศัย ส่วนใหญ่ต้องเปิดไฟเพื่อให้ความสว่างในช่วงเวลากลางวัน การใช้ไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่างในลักษณะดังกล่าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งเป็นภาระของประเทศที่จะต้องขยายกำลังการผลิตไฟฟ้า ดังนั้นการลดการใช้พลังงานของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสงสว่าง จึงเป็นมาตรการที่สำคัญ ที่จะช่วยให้การดำเนินนโยบายทางด้านพลังงานของประเทศไทยสัมฤทธิ์ผลมากขึ้น

ตามปกติในเวลากลางวัน อาคารต่าง ๆ จะได้รับแสงสว่างจากท้องฟ้าและแสงสว่างโดยตรงจากดวงอาทิตย์ หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าแสงสว่างธรรมชาติ ถ้าหากมีการออกแบบอาคารที่เหมาะสม ก็จะสามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติเพื่อให้แสงสว่างภายในอาคารและลดการใช้ไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่างได้ นอกจากนี้แสงสว่างตามธรรมชาติยังมีผลดีต่อสุขภาพตา และสามารถก่อให้เกิดความสวยงามภายในอาคารได้ แต่เนื่องจากแสงสว่างธรรมชาติเป็นส่วนหนึ่งของรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาในรอบวันและตามฤดูกาลในรอบปี นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแบบสุ่มเนื่องจากอิทธิพลของเมฆ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวยังขึ้นกับสภาพทางภูมิศาสตร์และภูมิอากาศในบริเวณนั้น ในการใช้ประโยชน์จากแสงสว่างธรรมชาติจึงต้องคำนึงถึงข้อมูลความเข้มแสงสว่างธรรมชาติในขณะนั้น ๆ เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการประหยัดพลังงานต่อไป

พีแอลซี (Programmable logic controller: PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมที่ได้ความนิยมและเป็นที่แพร่หลายในปัจจุบัน ขนาดเล็ก มีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูง ถูกออกแบบมาให้ทนทานต่อสภาพแวดล้อมภายนอก อีกทั้งยังถูกพัฒนาให้มีการตัดสินใจและตรวจสอบการทำงานที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้ตามความต้องการและเหมาะสม เนื่องจากมีหน่วยอินพุตและเอาท์พุตหลายแบบและสามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้

การกำหนดระบบและรูปแบบการทำงานของม่านปรับแสงและระบบหรี่ไฟ เป็นส่วนประกอบสำคัญในการควบคุมการลดการใช้พลังงาน จึงต้องใช้พีแอลซีเป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของทั้งสองส่วนประกอบดังกล่าว เพื่อปรับระดับความสว่างตามความต้องการและความเหมาะสมทางด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อผลิตแสงสว่างควบคู่ไปกับการใช้แสงสว่างที่มีตามธรรมชาติ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อประยุกต์ใช้พีแอลซีในการควบคุม ความสว่างภายในอาคารสำนักงานให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้งาน โดยใช้ตัวตรวจวัดแสงในการตรวจสอบความเข้มของแสง

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1) สร้างแบบจำลองของระบบควบคุมความสว่างที่ควบคุมด้วยพีแอลซี
2) สร้างวงจรตรวจวัดความเข้มแสงเพื่อวิเคราะห์และส่งสัญญาณให้พีแอลซีกำหนดรูปแบบการทำงานของมอเตอร์ควบคุมม่านปรับแสงธรรมชาติและระบบหรี่แสงสำหรับปรับความสว่างของหลอดไฟ

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	ปี 2554							ปี 2555		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1) ศึกษาหลักการทำงานของพีแอลซี										
2) ศึกษาและเลือกอุปกรณ์เพื่อใช้ในโครงงาน										
3) ออกแบบและสร้างวงจรควบคุม										
4) ทดสอบและปรับปรุงชิ้นงาน										
5) สรุปผลการดำเนินโครงงานและจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์										

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน

ระบบควบคุมความสว่างอัตโนมัติภายในอาคารด้วยพีแอลซี ที่สร้างขึ้นในโครงงานนี้สามารถควบคุมความสว่างภายในอาคารสำนักงานได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานและเหมาะสมตามสภาพแวดล้อมอันจะเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานเกินความจำเป็นในการผลิตแสงสว่าง ลดต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและก่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างประหยัดและคุ้มค่า

1.6 งบประมาณ

1) ชุดตรวจวัดความเข้มแสง	2,000 บาท
2) ค่าใช้จ่ายในการสร้างแบบจำลอง	2,000 บาท
3) ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่มปริญญานิพนธ์	1,000 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (ห้าพันบาทถ้วน)	5,000 บาท

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2
หลักการควบคุมความสว่างภายในอาคาร

โครงงานนี้เป็นการควบคุมความสว่างภายในอาคารด้วยพีแอลซีโดยใช้ตัวตรวจวัดแสง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาปริมาณทางแสงสว่างและแสงสว่างธรรมชาติ เพื่อนำปริมาณแสงเหล่านั้นมาเป็นข้อมูลการในใช้ประโยชน์จากแสงในเวลากลางวัน โดยใช้ตัวต้านทานไวแสงเป็นตัวตรวจวัดแสง แล้วส่งสัญญาณให้กับออปแอมป์ที่ประกอบเป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดัน เพื่อให้ได้เป็นสัญญาณลอจิก (Logic) คือลอจิกต่ำ (Low logic) และลอจิกสูง (High logic) แล้วส่งสัญญาณนี้ให้กับพีแอลซี โดยพีแอลซีจะเป็นตัวประมวลผลและควมคุมการทำงานของระบบควบคุมแสงสว่าง เพื่อปรับความสว่างของหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์และควบคุมการทำงานของมอเตอร์ เพื่อปรับองศาของม่านปรับแสงให้ได้ปริมาณแสงสว่างอย่างเหมาะสม

2.1 แสงสว่าง

2.1.1 ปริมาณแสงสว่าง

แสงสว่างโดยทั่วไปซึ่งรวมถึงแสงสว่างธรรมชาติจะมีการกำหนดศัพท์ทางเทคนิค ซึ่งใช้ในการบอกปริมาณต่าง ๆ ดังนี้

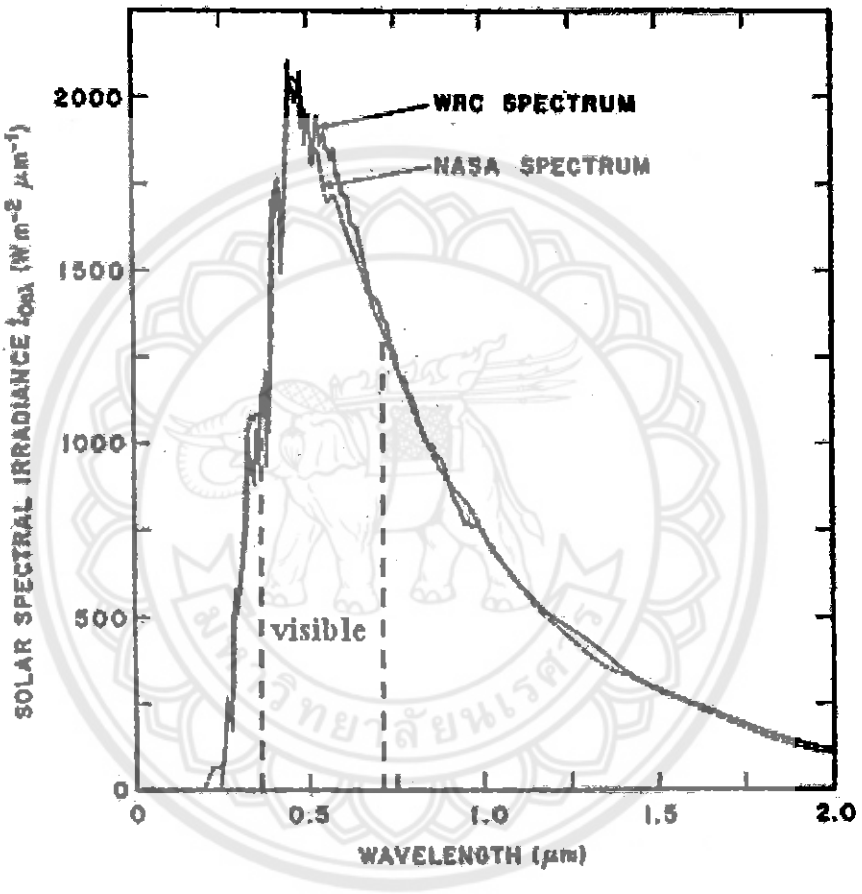
ฟลักซ์ (Flux) โดยทั่วไปฟลักซ์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะเป็นอัตราการไหลของพลังงาน ซึ่งมีหน่วยเป็นพลังงานต่อหนึ่งหน่วยเวลา (J/s หรือ Watt) เมื่อฟลักซ์ของแสงสว่างตกกระทบตาของมนุษย์ ประสาทตาจะรับรู้ในรูปของฟลักซ์ของแสงสว่าง (Illuminous flux) ในหน่วยลูเมน (Lumen) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับฟลักซ์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า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

ความส่องสว่าง (Luminance) มีหน่วยเป็น $lm/sr\text{-}m^2$ 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

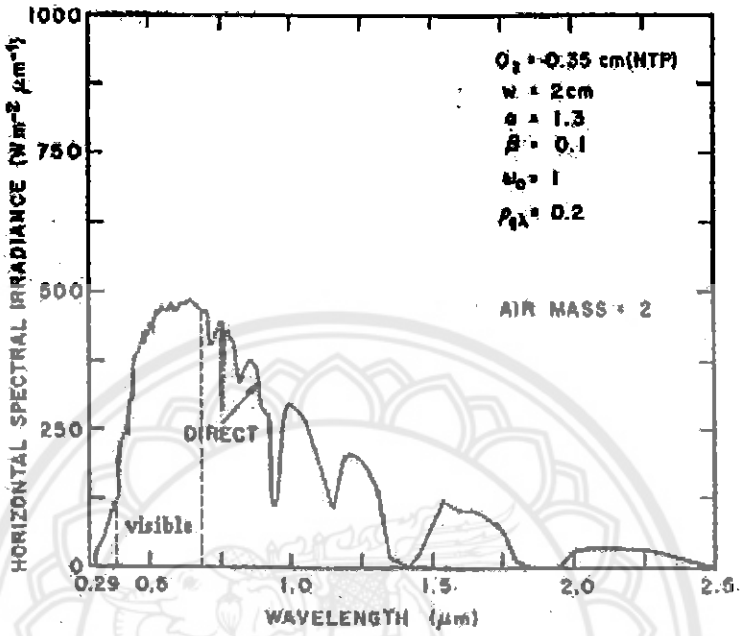
แสงธรรมชาติเป็นส่วนหนึ่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์ โดยจะเป็นส่วนที่ดวงตาของตามนุษย์สามารถรับรู้ มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 0.38-0.77 μm ที่นอกชั้นบรรยากาศ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนนี้จะมีความเข้มสูง ซึ่งสังเกตได้จากสเปกตรัมของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก ดังแสดงในรูปที่ 2.1



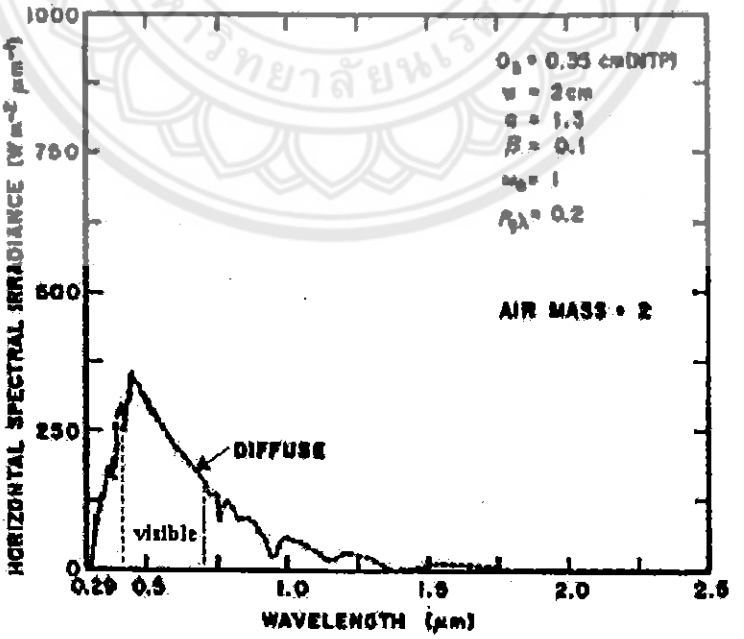
รูปที่ 2.1 สเปกตรัมของรังสีจากดวงอาทิตย์นอกชั้นบรรยากาศโลก [1]

เมื่อรังสีจากดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศมายังพื้นผิวโลกจะถูกโมเลกุลอากาศ ฝุ่นละออง (Aerosols) และเมฆดูดกลืน (Absorb) และกระเจิง (Scatter) ส่วนที่ถูกกระเจิงจะทำให้เกิดรังสีกระจาย (Diffuse radiation) และส่วนที่เหลือพุ่งตรงมายังผู้สังเกต ซึ่งจะถูกเรียกว่า รังสีตรง (Direct radiation) ผลรวมของรังสีทั้งสองจะเรียกว่า รังสีรวม (Global radiation) สเปกตรัมของรังสีตรง รังสีกระจาย และรังสีรวม ในกรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของบรรยากาศที่สำคัญ ได้แก่ โอโซน (Ozone) ไอน้ำ ฝุ่นละออง และก๊าซต่าง ๆ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับ

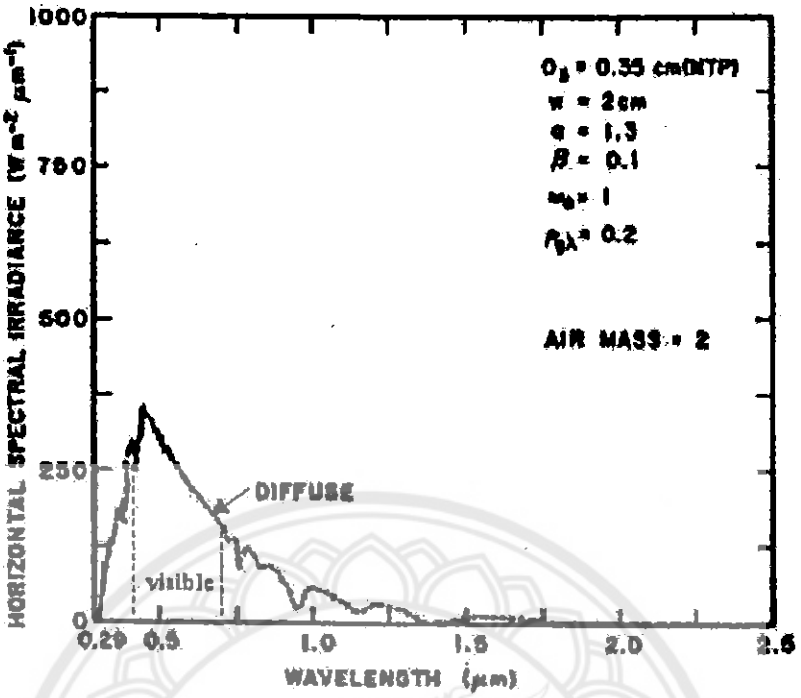
มวลอากาศ (Air mass) ที่รังสีดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ผ่าน สเปกตรัมของรังสีตรง รังสีกระจาย และรังสีรวมในสภาพท้องฟ้าอากาศปราศจากเมฆ [1] แสดงดังที่รูปที่ 2.2-2.4



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างของสเปกตรัมรังสีตรง [1]

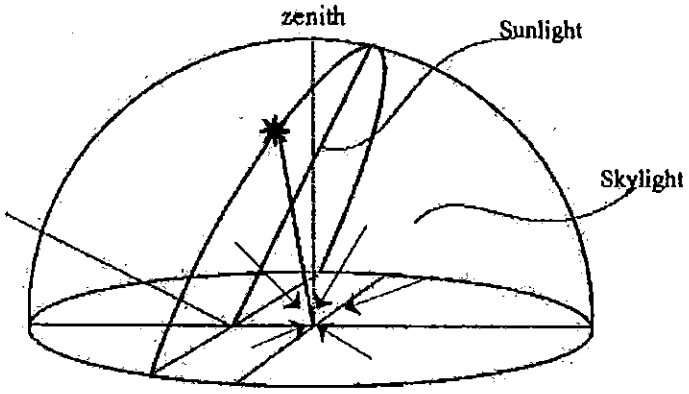


รูปที่ 2.3 ตัวอย่างของสเปกตรัมรังสีกระจาย [1]



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างของสเปกตรัมรังสีรวม [1]

ส่วนของสเปกตรัมของรังสีจากดวงอาทิตย์ที่สายตามนุษย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จะเรียกว่า แสงสว่างธรรมชาติ (Daylight) ซึ่งประกอบด้วยสองส่วน ได้แก่ แสงตรงจากดวงอาทิตย์ (Sunlight) และแสงกระจายจากท้องฟ้า (Skylight) แสงตรงจากดวงอาทิตย์จะเป็นส่วนของรังสีดวงอาทิตย์ที่พุ่งตรงจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านบรรยากาศของโลกมายังตำแหน่งที่พิจารณา ส่วนแสงกระจายจากท้องฟ้าจะเป็นแสงที่เกิดจากการกระเจิง (Scattering) ของแสงตรงจากดวงอาทิตย์โดยโมเลกุลของอากาศ ฝุ่นละออง และเมฆ ดังแสดงในรูปที่ 2.5

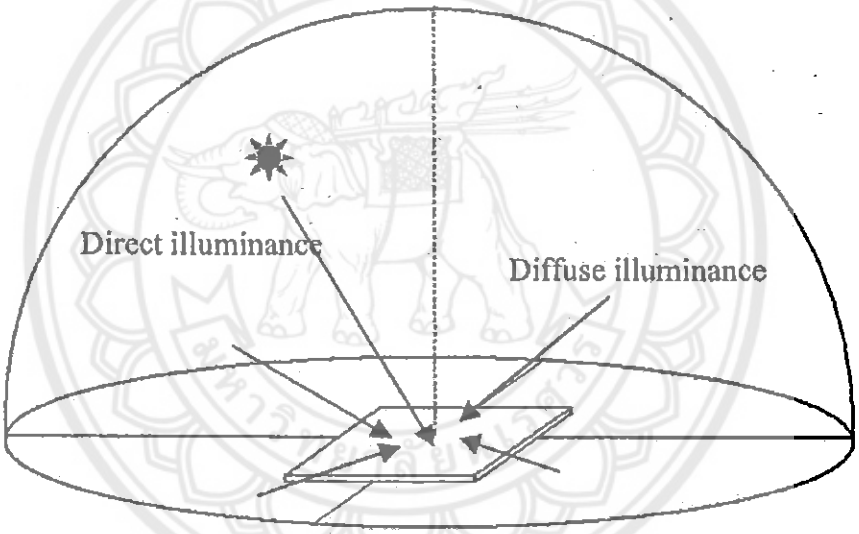


รูปที่ 2.5 แสงจากดวงอาทิตย์และแสงกระจายจากท้องฟ้า [1]

เมื่อแสงตรงจากดวงอาทิตย์และแสงกระจายจากท้องฟ้าตกกระทบลงพื้นดิน ต้นไม้ และสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ จะมีการสะท้อน ซึ่งแสงสว่างส่วนนี้ยังคงเป็นแสงสว่างธรรมชาติอีกส่วนหนึ่ง ซึ่งเรียกว่าแสงสว่างธรรมชาติซึ่งสะท้อนจากพื้นผิวโลก [1]

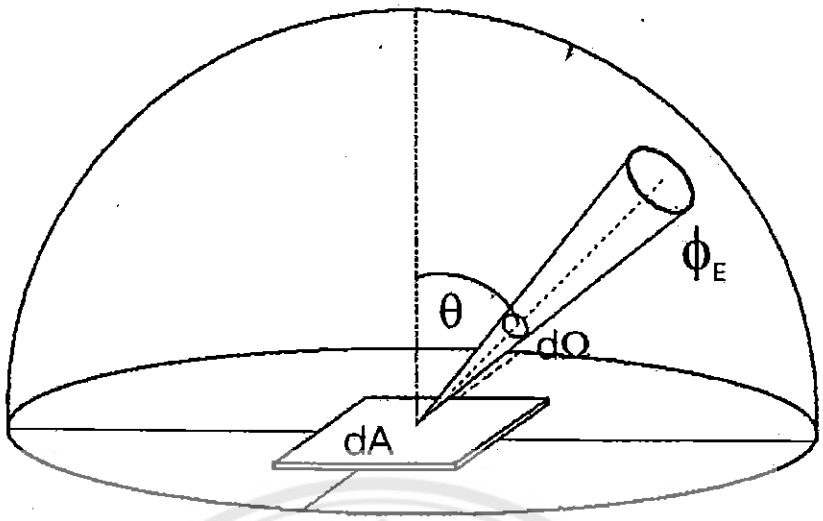
2.1.3 ปริมาณแสงสว่างธรรมชาติ

ความเข้มแสงเป็นปริมาณของแสงสว่างในรูปของฟลักซ์ที่ตกระทบพื้นที่หนึ่งหน่วยซึ่งมีอยู่ 2 ประเภทคือ ความเข้มแสงตรง (Direct illuminance) และความเข้มแสงกระจาย (Diffuse illuminance) ซึ่งผลรวมของปริมาณทั้งสองประเภทเรียกว่า ความเข้มแสงรวม (Global illuminance) ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ความเข้มแสงตรงและความเข้มแสงกระจาย [1]

เมื่อรังสีดวงอาทิตย์เดินทางผ่านบรรยากาศของโลกจะถูกกระเจิงโดยโมเลกุลของอากาศ ฝุ่นละออง และเมฆ เกิดเป็นรังสีกระจาย ซึ่งสายตามนุษย์รับรู้ได้ในรูปของความเข้มของแสงสว่างจากส่วนต่าง ๆ ของท้องฟ้า [1] ดังแสดงในรูปที่ 2.7



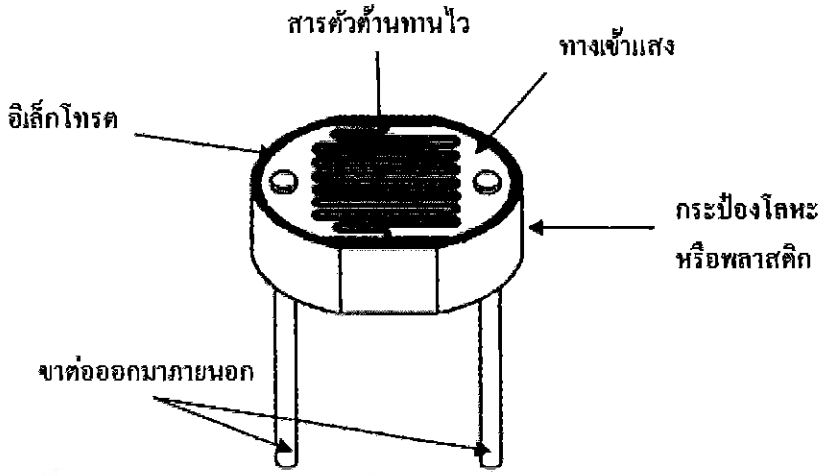
รูปที่ 2.7 ความเข้มของแสงสว่างธรรมชาติในรูปของความเข้มแสงสว่างจากส่วนต่าง ๆ ของท้องฟ้า [1]

โดยทั่วไปที่สภาพท้องฟ้าแบบหนึ่งและดวงอาทิตย์อยู่ ณ ตำแหน่งหนึ่ง ค่าความเข้มแสงสว่างจากส่วนต่าง ๆ ของท้องฟ้า จะมีค่าขึ้นอยู่กับระยะห่างเชิงมุม (Angular distance) ระหว่างจุด ๆ นั้นกับดวงอาทิตย์และมุมเซนิธ (Zenith) ของจุด ๆ นั้น [1]

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 2.8 ส่วนที่ขดเป็นแนวเล็ก ๆ สีดำทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไวแสงโดยเส้นแนวสีดำนี้จะแบ่งพื้นที่ออกเป็นสองส่วน โดยทั้งสองส่วนนั้นคือส่วนสีทองซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่สัมผัสกับตัวต้านทานไวแสง ใช้สำหรับต่อขาออกมาภายนอก เรียกว่าอิเล็กโทรด [2]



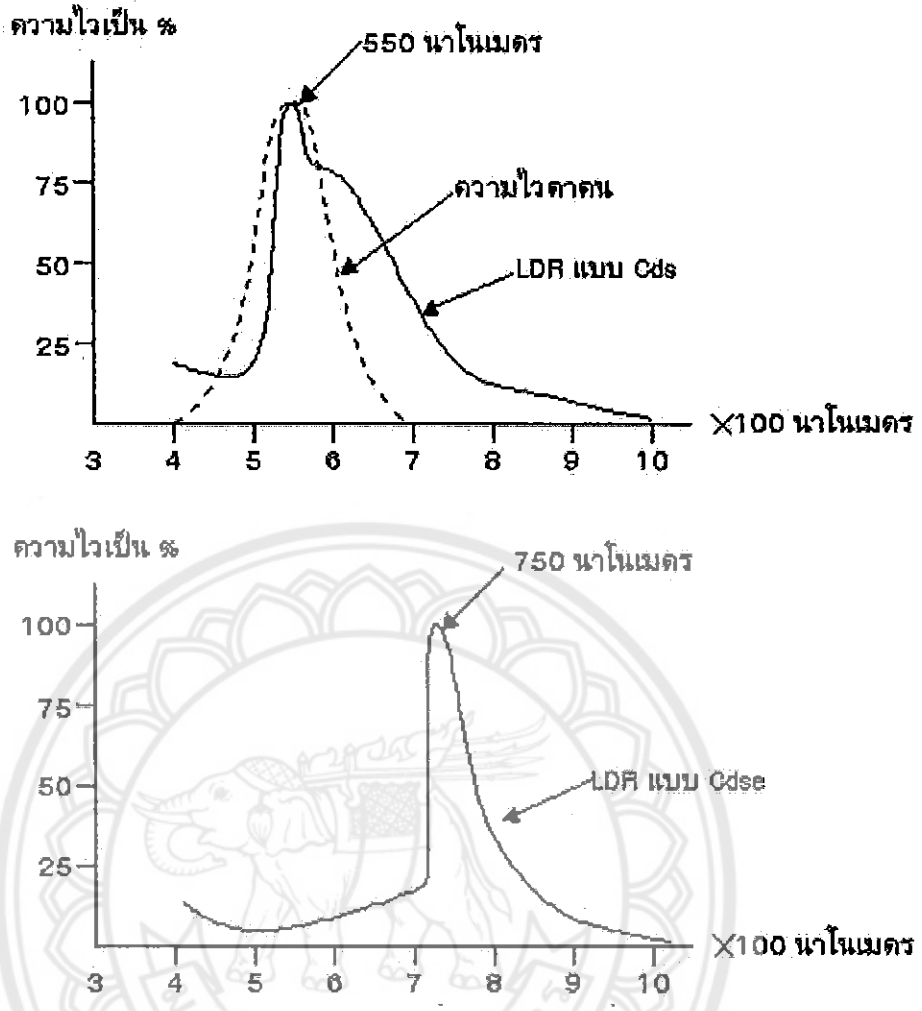
รูปที่ 2.8 โครงสร้างของตัวต้านทานไวแสง [2]

2.2.2 สมบัติทางแสง

เนื่องจากตัวต้านทานไวแสงทำมาจากวัสดุสารกึ่งตัวนำ ทำให้เมื่อแสงตกกระทบจะถ่ายทอดพลังงานให้สารที่ฉาบอยู่ และเกิดคู่อิเล็กตรอนและโฮลขึ้น (Electron-hole pair) การที่เกิดโฮลและอิเล็กตรอนอิสระมาก จะทำให้ความต้านทานไฟฟ้าลดลง ดังนั้นยิ่งความเข้มของแสงที่ตกกระทบมีค่ามากเท่าไร ความต้านทานจะยิ่งลดลงแปรตามแสงนั้น โดยตัวต้านทานไวแสงแต่ละประเภทจะมีความไวต่อแสงในความถี่ที่ต่างกัน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.9 ซึ่งแสดงค่าแสงความถี่ต่าง ๆ ของตัวต้านทานไวแสงแต่ละประเภท

ในส่วนของแสงที่ตกกระทบนั้นแสงในช่วงความยาวคลื่นที่มีค่าประมาณ 400-1,000 nm เท่านั้นที่สามารถใช้ได้ ซึ่งคิดเป็นช่วงคลื่นที่แคบ ๆ เมื่อเทียบกับการทำงานของอุปกรณ์ไวแสงประเภทอื่น ๆ อย่างไรก็ตามแสงในช่วงคลื่นนี้มีอยู่ในแสงอาทิตย์ แสงจากหลอดไส้และแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งมีช่วงความยาวคลื่นหลายค่าที่ตัวต้านทานไวแสงสามารถตอบสนองได้ไวที่สุด [2]

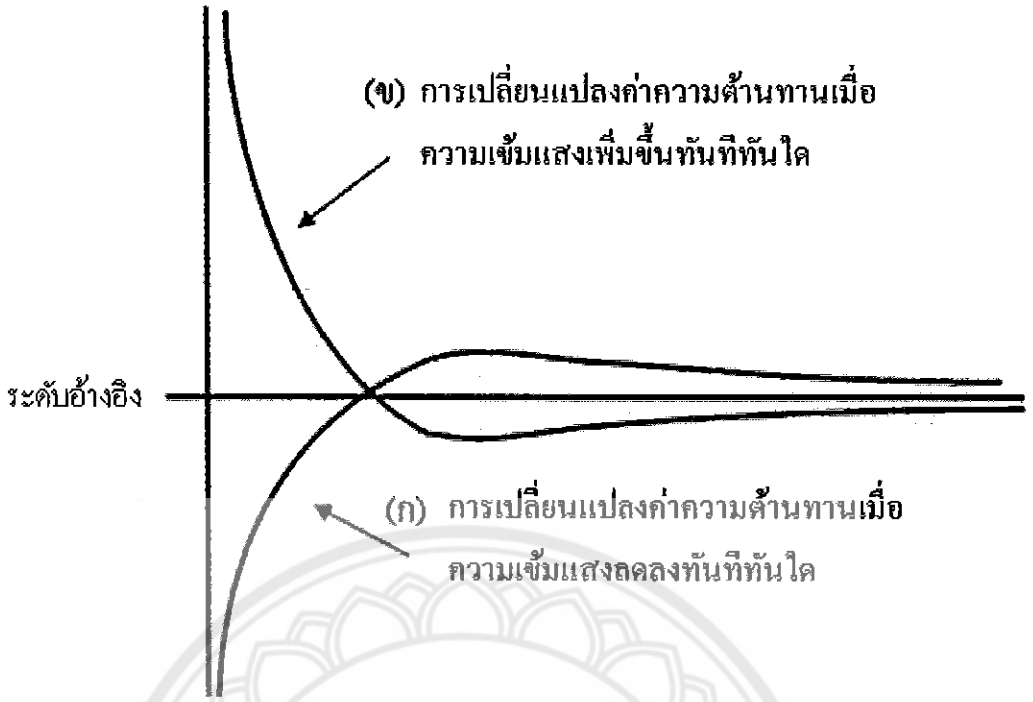
โดยทั่วไปตัวต้านทานไวแสงที่ทำจากแคดเมียมซัลไฟด์ จะไวต่อแสงที่มีความยาวคลื่นที่อยู่ในช่วง 500 nm ซึ่งเรามองเห็นเป็นสีเขียวไปจนถึงสีเหลือง สำหรับตัวต้านทานไวแสงบางตัวความยาวคลื่นที่ไวที่สุดของตัวต้านทานไวแสงมีค่าใกล้เคียงกับความยาวคลื่นที่ดวงตาคนตอบสนองได้ไวที่สุด จึงถูกใช้ทำเป็นตัววัดแสงในกล้องถ่ายรูป ในกรณีที่ตัวต้านทานไวแสงทำจากแคดเมียมซิลินายด์จะมีความไวต่อความยาวคลื่นในช่วง 700 nm ซึ่งอยู่ในช่วงแสงอินฟราเรด [2]



รูปที่ 2.9 ความไวต่อแสงความถี่ต่าง ๆ ของตัวต้านทานไวแสงทั้งสองประเภท เมื่อเทียบกับความไวของตาคน [2]

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 2.10 ผลตอบสนองของตัวต้านทานไวแสงต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงทันทีทันใด [2]

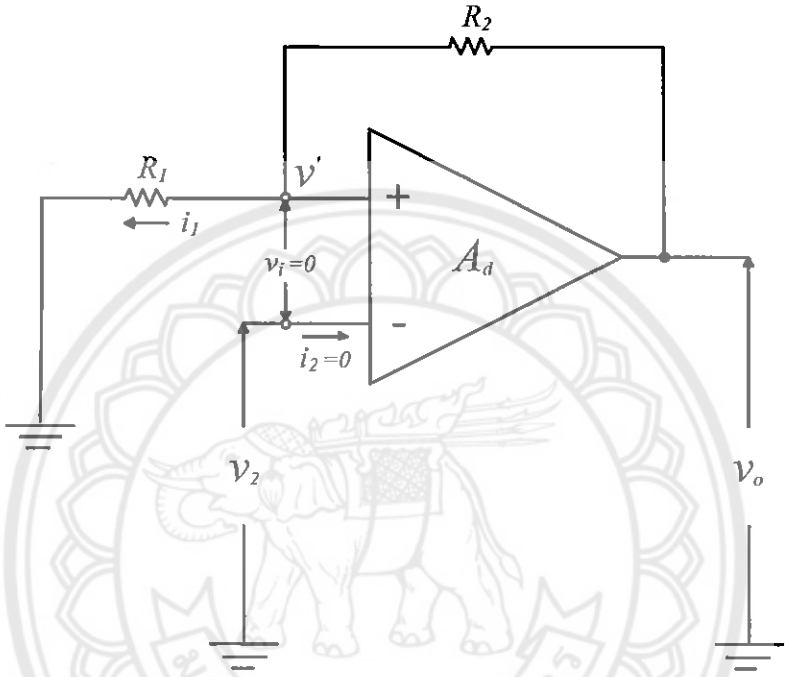
นอกเหนือจากลักษณะสมบัติต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น คุณลักษณะอีกอย่างหนึ่งที่สำคัญคือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อความเข้มแสงเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.10(ก) ถ้าหากตัวต้านทานไวแสงได้รับแสงที่มีความเข้มสูงขึ้น ความต้านทานจะมีค่าต่ำและในทันทีที่ความเข้มของแสงถูกลดลงเหลือเพียงระดับอ้างอิง ความต้านทานมีค่าค่อย ๆ เพิ่มขึ้นไปจนมากกว่าระดับอ้างอิงก่อนจะลดลงมาอยู่ในระดับอ้างอิง ในทำนองเดียวกันถ้าความเข้มแสงมีค่าน้อยแล้วเปลี่ยนความเข้มเป็นระดับอ้างอิงทันที ดังรูปที่ 2.10(ข) ความต้านทานจะลดต่ำลงกว่าระดับอ้างอิงก่อนจะเพิ่มกลับไปอยู่ในระดับอ้างอิง ในความเข้มแสงเท่ากันตัวต้านทานไวแสงแบบแคดเมียมซิลินายด์จะใช้เวลาในการเข้าสู่สถานะอยู่ตัวน้อยกว่าแบบแคดเมียมซัลไฟต์ แต่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานเลยระดับอ้างอิงไปมากกว่า และใช้เวลานานกว่าในการเปลี่ยนระดับความต้านทานจากค่าหนึ่งไปอีกค่าหนึ่ง [2]

2.3 ออปแอมป์

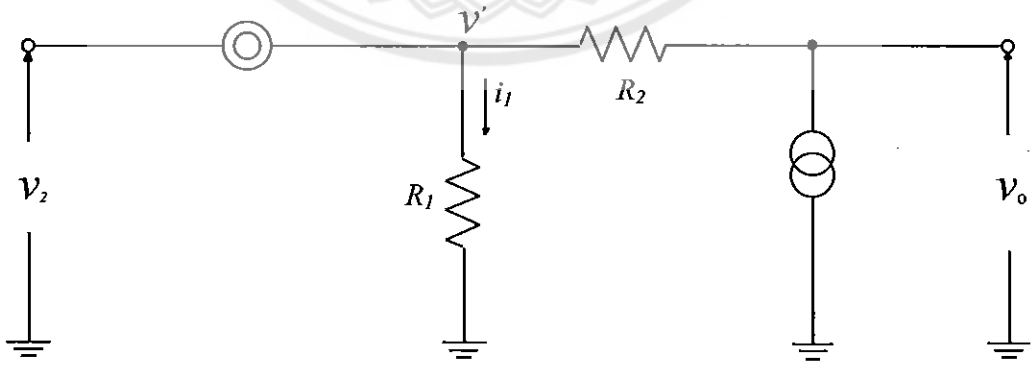
2.3.1 วงจรขยายไม่กลับเฟส

วงจรขยายไม่กลับเฟสจะมีการป้อนกลับแบบบวก โดยการนำส่วนหนึ่งของแรงดันเอาท์พุตป้อนกลับผ่านตัวต้านทาน R_2 มายังขั้วอินพุตขาบวก ส่วนขั้วอินพุตขาลบนั้นให้ต่อลงดิน เนื่องจากมีการต่อขั้วอินพุตขาลบลงดิน ส่งผลทำให้ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วอินพุตขาลบเท่ากับศูนย์ และการ

ที่ออปแอมป์ที่มีคุณสมบัติแบบอุดมคติ ความต่างศักย์ระหว่างขั้วอินพุตทั้งสองจะเท่ากับศูนย์ นั่นคือ $v_i = 0$ ดังนั้น ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วอินพุตขาบวกจะมีค่าเท่ากับศูนย์เช่นเดียวกัน ในสภาพที่ขั้วอินพุต มีศักย์ไฟฟ้าเท่ากับจุดลงดิน ทั้ง ๆ ที่ไม่ได้ถูกต่อให้ลงกราวด์ กล่าวได้ว่าขั้วอินพุตขาบวก มีสภาพเป็นกราวด์เสมือน (Virtual ground) [3] ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.11 และมีวงจรสมมูลแสดงดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.11 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส



รูปที่ 2.12 วงจรสมมูลของวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

จากวงจรสมมูล จะสามารถคำนวณวงจรได้ดังนี้

$$v' = v_2 \tag{2.7}$$

$$i_2 = \frac{v'}{R_1} = \frac{v_2}{R_1} \tag{2.8}$$

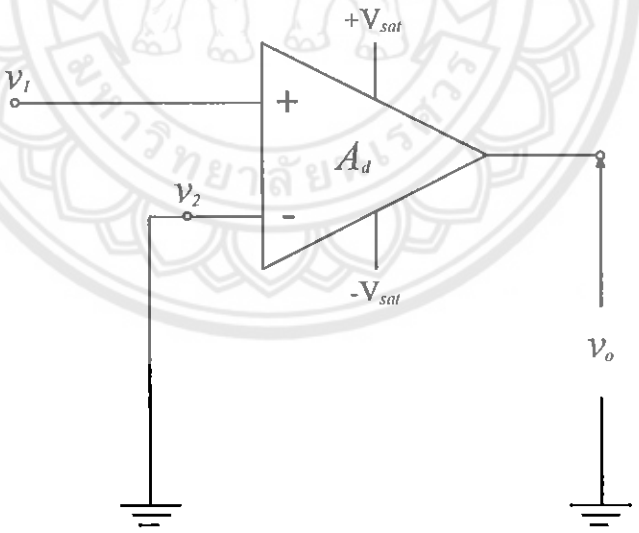
$$V_0 = (R_1 + R_2)i_1 = \frac{R_1 + R_2}{R_1} v_1 \tag{2.9}$$

$$\therefore G = \frac{v_o}{v_i} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \tag{2.10}$$

วงจรนี้จะมองเห็นอินพุตอิมพิแดนซ์เป็นอนันต์ และเอาท์พุตอิมพิแดนซ์เท่ากับศูนย์ โดยค่า G คืออัตราขยายของวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

2.3.2 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

วงจรเปรียบเทียบแรงดันอย่างง่าย แสดงดังรูปที่ 2.13 โดยจะมีการป้อนแรงดัน v_1 เข้าที่ขั้วอินพุตขาบวกของออปแอมป์ และที่ขั้วอินพุตขาลบของออปแอมป์จะถูกต่อลงกราวด์



รูปที่ 2.13 วงจรเปรียบเทียบแรงดันอย่างง่าย

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

กรณีที่ 1

$$v_1 > 0$$

$$v_o = \infty \times v_1$$

$$v_o \to \infty$$

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

กรณีที่ 2

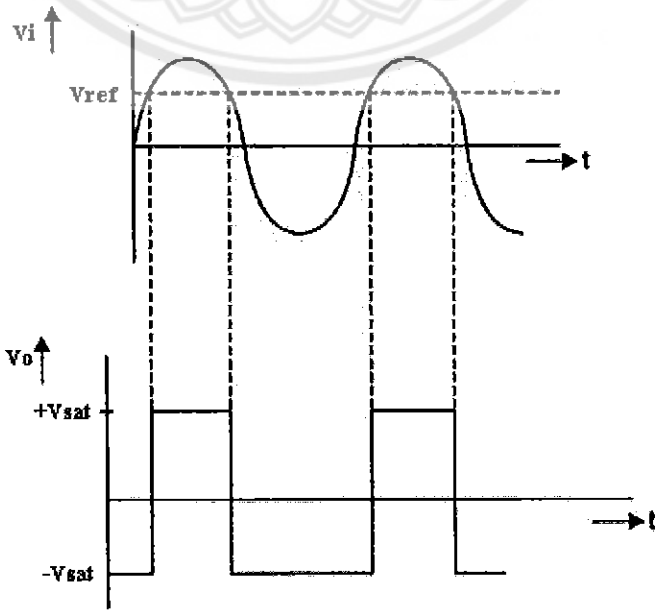
$$v_1 < 0$$

$$v_o = -\infty \times v_1$$

$$v_o \to -\infty$$

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

สรุปได้ว่าถ้าแรงดันที่ขั้วอินพุตขาบวกมีค่ามากกว่ากราวด์ (แรงดันที่ขั้วอินพุตขาลบ) จะได้เอาท์พุตเท่ากับแรงดันอิ่มตัวค่าบวก ($+V_{sat}$) ในทางกลับกันถ้าแรงดันที่ขั้วอินพุตขาบวกมีค่าน้อยกว่ากราวด์ (แรงดันที่ขั้วอินท์พุตขาลบ) จะได้แรงดันเอาท์พุตมีค่าเท่ากับแรงดันอิ่มตัวค่าลบ ($-V_{sat}$) [3] ซึ่งแสดงได้รูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 แรงดันอินพุตและเอาท์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน [6]

2.4 พีแอลซี

พีแอลซี (Programmable logic controller: PLC) เป็นอุปกรณ์ชนิดโซลิดสเตต (Solid state devices) ที่ทำงานแบบลอจิก (Logic function) การออกแบบการทำงานของพีแอลซีมีความคล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ เมื่อพิจารณาหลักการพื้นฐานแล้ว พีแอลซีประกอบด้วยส่วนตรรกะเชิงตัวเลขแบบโซลิดสเตต (Solid state digital logic elements) เพื่อให้การทำงานและการตัดสินใจเป็นแบบลอจิก พีแอลซีใช้สำหรับควบคุมกระบวนการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรมการใช้พีแอลซีสำหรับการควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้รีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นต้องเดินสายไฟ ฉะนั้นเมื่อต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่ จำเป็นต้องเดินสายไฟใหม่ ทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูง แต่ถ้าใช้พีแอลซีการเปลี่ยนขบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่นั้นทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้น นอกจากนี้แล้วพีแอลซียังใช้ระบบแบบโซลิดสเตต ซึ่งน่าเชื่อถือกว่าต้องการกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

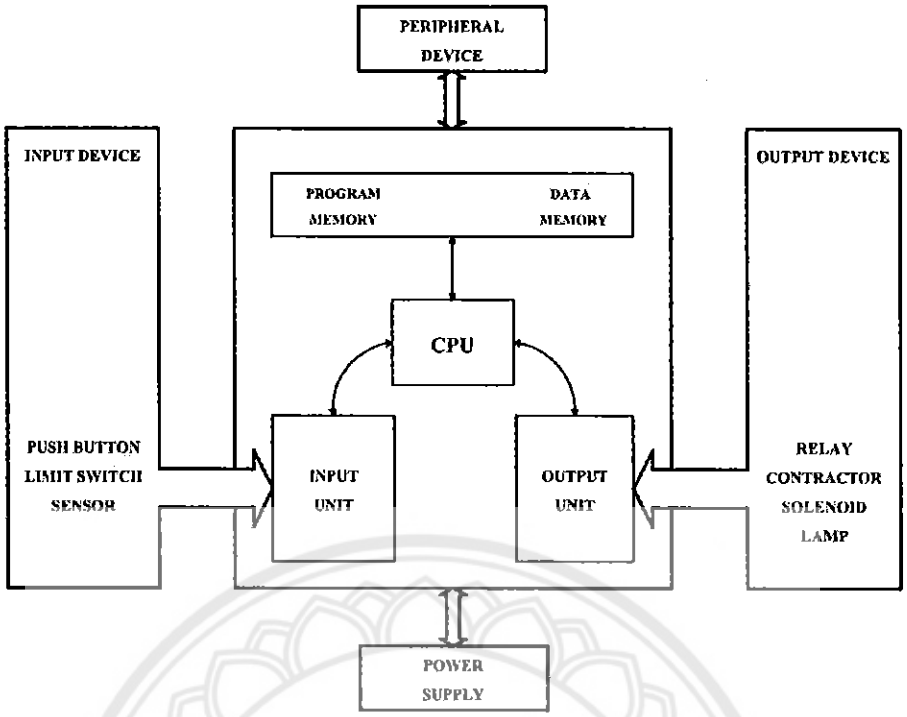
นอกจากนี้พีแอลซีสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น เครื่องอ่านรหัสแถบ (Barcode reader) และเครื่องพิมพ์ (Printer) ซึ่งในปัจจุบันนอกจากพีแอลซีจะใช้งานแบบเดี่ยว (Standalone) แล้วยังสามารถต่อพีแอลซีหลายตัวเข้าด้วยกันเพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จะเห็นได้ว่าการใช้งานพีแอลซีมีความยืดหยุ่นมากกว่าการใช้งานวงจรรีเลย์แบบเก่า ดังนั้นในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ จึงเปลี่ยนมาใช้พีแอลซีมากขึ้น [4]

2.4.1 ความแตกต่างระหว่างพีซีกับพีแอลซี

พีแอลซีเป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือระบบกระบวนการต่าง ๆ ที่มีลักษณะการทำงานเป็นแบบลอจิกคือ เปิดกับปิดหรือศูนย์กับหนึ่งเท่านั้น แต่ระบบพีซี (Personal computer: PC) จะรวมเอาการควบคุมที่มีสัญญาณเป็นแบบดิจิตอลหรือแอนะล็อก การติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอก จึงทำให้พีแอลซีจะมีขนาดเล็กกว่า หรืออาจกล่าวได้ว่าพีแอลซีเป็นส่วนหนึ่งของพีซี [4]

2.4.2 ส่วนประกอบของพีแอลซี

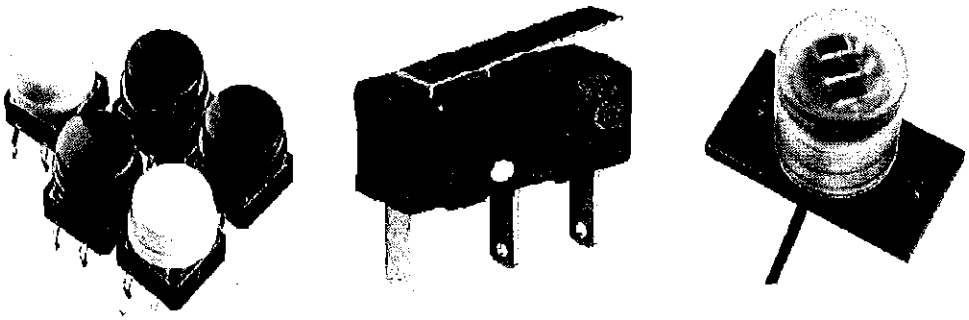
พีแอลซีประกอบไปด้วย หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ หน่วยรับข้อมูล หน่วยส่งข้อมูลและหน่วยป้อนกลับโปรแกรม สำหรับพีแอลซีขนาดเล็ก ส่วนประกอบทั้งหมดจะรวมกันเป็นเครื่องเดียว แต่ในพีแอลซีขนาดใหญ่จะสามารถแยกออกเป็นส่วนประกอบต่าง ๆ ได้โดยทั่วไป โครงสร้างของพีแอลซีประกอบด้วย 5 ส่วนหลัก ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 โครงสร้างของพีแอลซี

ก) ภาคอินพุต จะทำหน้าที่รับข้อมูลเข้ามา และส่งต่อไปยังหน่วยประมวลกลางเพื่อประมวลผล สัญญาณอินพุตจะสัญญาณแบบแรงดันไฟฟ้า (VDC) หรือกระแสไฟฟ้า (mA) โดยจะถูกส่งมาจากอุปกรณ์อินพุตจากภายนอกที่เป็นสวิตช์และตัวตรวจจับชนิดต่าง ๆ ซึ่งถูกแปลงให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมถูกต้อง ไม่ว่าจะเป็นกระแสสลับหรือกระแสตรง เพื่อส่งให้หน่วยประมวลผลกลาง ดังนั้นสัญญาณเหล่านี้จึงต้องมีความถูกต้องไม่เช่นนั้นแล้วหน่วยประมวลผลกลางจะเสียหายได้ แสดงตัวอย่างอุปกรณ์อินพุตของพีแอลซีดังรูปที่ 2.16 สัญญาณอินพุตที่ดีต้องมีคุณสมบัติและหน้าที่ดังต่อไปนี้

- สัญญาณเข้าต้องได้รับระดับแรงดันที่เหมาะสมกับพีแอลซี
- การส่งสัญญาณระหว่างอินพุตกับหน่วยประมวลกลางเกิดขึ้นโดยใช้ลำแสง ซึ่งอาศัยอุปกรณ์จำพวกโฟโตทรานซิสเตอร์ เพื่อต้องการแยกสัญญาณทางไฟฟ้าออกจากกันเพื่อป้องกันไม่ให้หน่วยประมวลกลางเสียหายเมื่ออินพุตเกิดการลัดวงจร
- หน้าสัมผัสต้องไม่สั่นสะเทือน อุปกรณ์อินพุตที่ส่งสัญญาณออกมาในลักษณะเปิดกับ ปิด หรือ 0 กับ 1 จะสามารถใช้ได้กับพีแอลซีที่รับสัญญาณอินพุตแบบดิจิตอลเท่านั้น ส่วนสัญญาณอินพุตที่เป็นสัญญาณแอนะล็อกมาตรฐานต่าง ๆ เช่น 0-10 V, 4-20 mA หรือ 1-5 V ต้องต่อเข้ากับภาคอินพุตของพีแอลซีที่สามารถรับสัญญาณแอนะล็อกเท่านั้น



push button limit switch light sensor

รูปที่ 2.16 ตัวอย่างอุปกรณ์อินพุตของพีแอลซี

ข) หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (Central processing unit: CPU) ทำหน้าที่คำนวณและควบคุม ซึ่งเปรียบเสมือนสมองของพีแอลซีภายในหน่วยประมวลผลกลางประกอบด้วยวงจรลอจิกหลายชนิดที่ควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ แทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ ตัวนับหรือตัวจับเวลา (Couter or Timer) และตัวจัดลำดับ (Sequencers) เพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกแบบวงจรโดยใช้แผนภาพแลดเดอร์ (Relay ladder diagram) ได้ หน่วยประมวลกลางรับข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุตต่าง ๆ แล้วประมวลผลและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ ก่อนจะส่งข้อมูลที่เหมาะสมและถูกต้องไปยังอุปกรณ์เอาท์พุต

ค) หน่วยความจำ (Memory unit) ทำหน้าที่เก็บรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน โดยขนาดของหน่วยความจำถูกแบ่งออกเป็นบิตข้อมูล (Data bit) ภายในหน่วยความจำ 1 บิต มีค่าสภาวะทางลอจิก 0 หรือ 1 แตกต่างกันออกไปแล้วแต่คำสั่ง ซึ่งพีแอลซีประกอบด้วยหน่วยความจำสองชนิดคือ รอม (Read only Memory: ROM) และแรม (Random access memory: RAM)

- แรม ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลที่ใช้ในการปฏิบัติงานของพีแอลซีหน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็ก ๆ ต่อไว้เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและการเขียนข้อมูลลงในแรมทำได้ง่ายมาก เพราะฉะนั้นจึงเหมาะกับงานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมบ่อยครั้ง
- รอม ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของพีแอลซีตามโปรแกรมของผู้ใช้ หน่วยความจำแบบรอมสามารถแบ่งได้เป็น อีพร็อม(Erasable programmable read only memory: EPROM) ซึ่งต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม จึงเหมาะสมกับงานที่ไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงโปรแกรม นอกจากนี้ยังมีแบบอีอีพร็อม (Electrically erasable programmable read only

memory: EEPROM) หน่วยความจำประเภทนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม สามารถใช้งานได้เหมือนกับแรม ซึ่งไม่ต้องใช้แบตเตอรี่สำรอง แต่ราคาสูงกว่าเนื่องจากรวมคุณสมบัติของรอมและแรมไว้ด้วยกัน

ง) ภาคเอาท์พุต ทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งต่อข้อมูลควบคุมอุปกรณ์ภายนอกเพื่อให้อุปกรณ์ด้านเอาท์พุตทำงานตามที่โปรแกรมไว้ ส่วนของเอาท์พุตจะทำหน้าที่รับค่าสภาวะที่ได้จากการประมวลผลของหน่วยประมวลกลาง แล้วนำค่าเหล่านี้ไปควบคุมอุปกรณ์ทำงาน เช่น รีเลย์ โซลีนอยด์ หรือหลอดไฟ เป็นต้น นอกจากนั้นยังทำหน้าที่แยกสัญญาณของหน่วยประมวลกลางออกจากอุปกรณ์เอาท์พุต สัญญาณที่ออกมาจากภาคเอาท์พุตของพีแอลซีไม่ว่าจะเป็นเอาท์พุตแบบรีเลย์ หรือทรานซิสเตอร์ก่อนที่สัญญาณจะถูกส่งผ่านไปยังอุปกรณ์เอาท์พุตได้ต้องผ่านบัฟเฟอร์รีเลย์ (Buffer relay) หรือต้องต่อผ่านวงจรขับ (Drive circuit) ก่อนจึงจะสามารถต่อเข้าโหลดได้ เช่น ถ้าต้องการสัญญาณเอาท์พุตไปควบคุมให้มอเตอร์ทำงานต้องส่งผ่านวงจรขับก่อน เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกมาจากพีแอลซีมีค่าน้อยกว่ากระแสที่มอเตอร์จะนำไปใช้ได้ เป็นต้น ตัวอย่างอุปกรณ์เอาท์พุตของพีแอลซีดังรูปที่ 2.17

รูปที่ 2.17 ตัวอย่างอุปกรณ์เอาท์พุตของพีแอลซี

2.4.3 ชนิดของพีแอลซี

โครงสร้างภายนอกของพีแอลซีสามารถจำแนกพีแอลซี ได้เป็น 2 ชนิด ดังนี้

ก. พีแอลซีชนิดบล็อก (Block type PLCs) พีแอลซีประเภทนี้ รวมส่วนประกอบทั้งหมดของพีแอลซีอยู่ในบล็อกเดียวกัน ทั้งตัวประมวลผล หน่วยความจำ ภาคอินพุต ภาคเอาท์พุต และแหล่งจ่ายไฟ ซึ่งข้อดีและข้อเสียของพีแอลซีชนิดบล็อกดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อดีข้อและเสียของพีแอลซีชนิดบล็อก

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ง่ายต่อการใช้งานเพราะส่วนประกอบต่าง ๆ รวมอยู่ในบล็อกเดียวกัน 2. มีขนาดเล็กสามารถติดตั้งได้โดยง่าย 3. เหมาะกับการควบคุมระบบขนาดเล็ก	1. เมื่ออินพุตและเอาท์พุต เสียจุดใดจุดหนึ่ง ต้องนำพีแอลซีออกไปทั้งชุดทำให้ระบบต้องหยุดทำงานชั่วระยะเวลาหนึ่ง 2. มีฟังก์ชั่นให้เลือกใช้งานน้อยกว่าพีแอลซีชนิดโมดูล 3. การเพิ่มจำนวนอินพุตและเอาท์พุตสามารถเพิ่มจำนวนได้น้อยกว่าพีแอลซีชนิดโมดูล

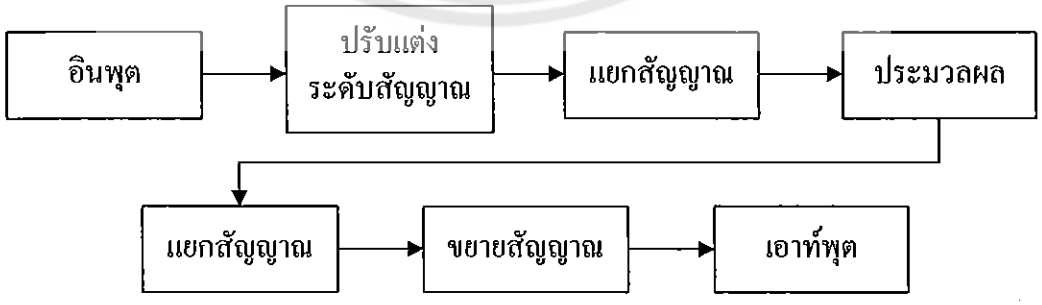
ข. พีแอลซีชนิดโมดูล (Modular type PLCs) หรือแร็ค (Rack type PLCs) พีแอลซีชนิดนี้ส่วนประกอบในแต่ละส่วนสามารถที่จะแยกออกจากกันเป็นโมดูล (Modules) เช่น ภาคอินพุตและเอาท์พุต อยู่ในส่วนของโมดูลอินพุตและเอาท์พุต (Input/Output units) ซึ่งสามารถเลือกใช้งานได้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับรุ่นของพีแอลซี เช่น อาจใช้เป็นอินพุตอย่างเดียวขนาด 8/16 จุด หรือเป็นเอาท์พุตอย่างเดียวขนาด 4/8/12/16 จุด ในส่วนของหน่วยประมวลผลกลางและหน่วยความจำจะรวมอยู่ในซีพียูโมดูล (CPU module) โดยสามารถเปลี่ยนขนาดของซีพียูโมดูลให้เหมาะสมกับความต้องการใช้งานได้ในการนำไปใช้งานส่วนประกอบต่าง ๆ ของพีแอลซีชนิดโมดูลที่กล่าวมาทั้งหมดนั้นจะถูกนำมาต่อร่วมกัน บางรุ่นใช้เป็นตัวเชื่อมต่อกันระหว่างยูนิต แต่บางรุ่นต้องใช้แบ็คเพลน (Backplane) ในการรวมยูนิตต่าง ๆ เข้าด้วยกันเพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกันได้ ซึ่งข้อดีและข้อเสียของพีแอลซีชนิดโมดูลแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ข้อดีและข้อเสียของพีแอลซีชนิดโมดูล

ข้อดี	ข้อเสีย
1. เพิ่มขยายระบบได้ง่ายเพียงแค่ติดตั้งโมดูลต่าง ๆ ที่ต้องการใช้งานลงไปบนแบ็คเพลน 2. สามารถขยายจำนวน อินพุต/เอาท์พุต ได้มากกว่าชนิดบล็อก 3. อุปกรณ์ อินพุต/เอาท์พุต เสียจุดใดจุดหนึ่ง สามารถถอดเฉพาะโมดูลนั้นไปซ่อม ทำให้ระบบสามารถทำงานต่อไปได้ 4. มียูนิตและรูปแบบการติดตั้งให้เลือกใช้งานมากกว่าพีแอลซีชนิดบล็อก	1. ราคาแพงเมื่อเทียบกับพีแอลซีชนิดบล็อก

2.4.4 การทำงานของพีแอลซี

ขั้นตอนการทำงานของพีแอลซี แสดงได้ดังรูปที่ 2.18 ซึ่งเป็นการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยมีไมโครโปรเซสเซอร์ทำหน้าที่รับค่าจากภายนอกเข้ามาประมวลผล เมื่อได้ผลลัพธ์จะส่งออกสู่ภายนอกเพื่อใช้ควบคุมอุปกรณ์ที่ต้องการหลัง จากนั้นจะกลับมารับค่าสภาวะจากภายนอกใหม่ โดยลักษณะการทำงานแบบนี้เป็นการวนรอบของโปรแกรมที่เรียกว่าการสแกน โดยเวลาในการสแกนจะเริ่มตั้งแต่การรับค่าสภาวะเข้ามาเพื่อทำการประมวลผลจนกระทั่งส่งผลลัพธ์ออกไป



รูปที่ 2.18 ขั้นตอนการทำงานของพีแอลซี

2.4.5 ขั้นตอนและแผนผังการใช้งานพีแอลซี

การใช้งานพีแอลซีมีขั้นตอนการใช้งานโดยสรุปดังนี้

ก. กำหนดอินพุตและเอาท์พุต คือการกำหนดตำแหน่งของสวิตช์ปุ่มกด หรือแมกเนติกว่าอยู่ตำแหน่งที่เท่าใด เช่น สวิตช์ปุ่มกดต่อเข้าที่ขั้วต่อสาย 1 คือบิต 00 เป็นต้น

ข. เดินสายไฟจากอินพุตเข้าที่ขั้วต่อสายด้านอินพุตและต่อสายด้านเอาท์พุตเข้าที่โหลด

ค. เขียนโปรแกรมลงในหน่วยประมวลกลางของพีแอลซี เขียนตามขั้นตอนการทำงานของเครื่อง อาจอยู่ในรูปของนีมอนิกหรือแลดเดอร์ก็ได้

ง. การให้พีแอลซีทำงานจากโปรแกรมและการหน้าจอโปรแกรม หลังจากเขียนโปรแกรมจบแล้วสั่งทำงานนั้นคือสั่งให้เครื่องจักรทำงานตามขั้นตอนที่เขียนไว้ในโปรแกรมตามต้องการและดูสภาวะการทำงานที่หน้าจอ [5]

ซึ่งเราสามารถเขียนเป็นแผนผังการทำงานโดยละเอียด ได้ดังรูปที่ 2.19

2.4.6 ข้อกำหนดในการเขียนโปรแกรม

ก. ควรเขียนโปรแกรมให้อ่านเข้าใจง่ายไม่ซับซ้อน

ข. หน้าสัมผัสของ รีเลย์อินพุต รีเลย์เอาท์พุต รีเลย์ภายใน ตัวตั้งเวลาและตัวนับสามารถโหลดเพื่อนำมาเขียนโปรแกรมเป็นจำนวนเท่าใดก็ได้ตามความต้องการของผู้ใช้

ค. พิจารณาแผนภาพแลดเดอร์จากซ้ายไปขวาและบนลงล่าง

ง. ส่งสัญญาณควบคุมซ้ำกันมากกว่าหนึ่งครั้งไปยังรีเลย์ภายในหมายเลขเดียวกันไม่ได้

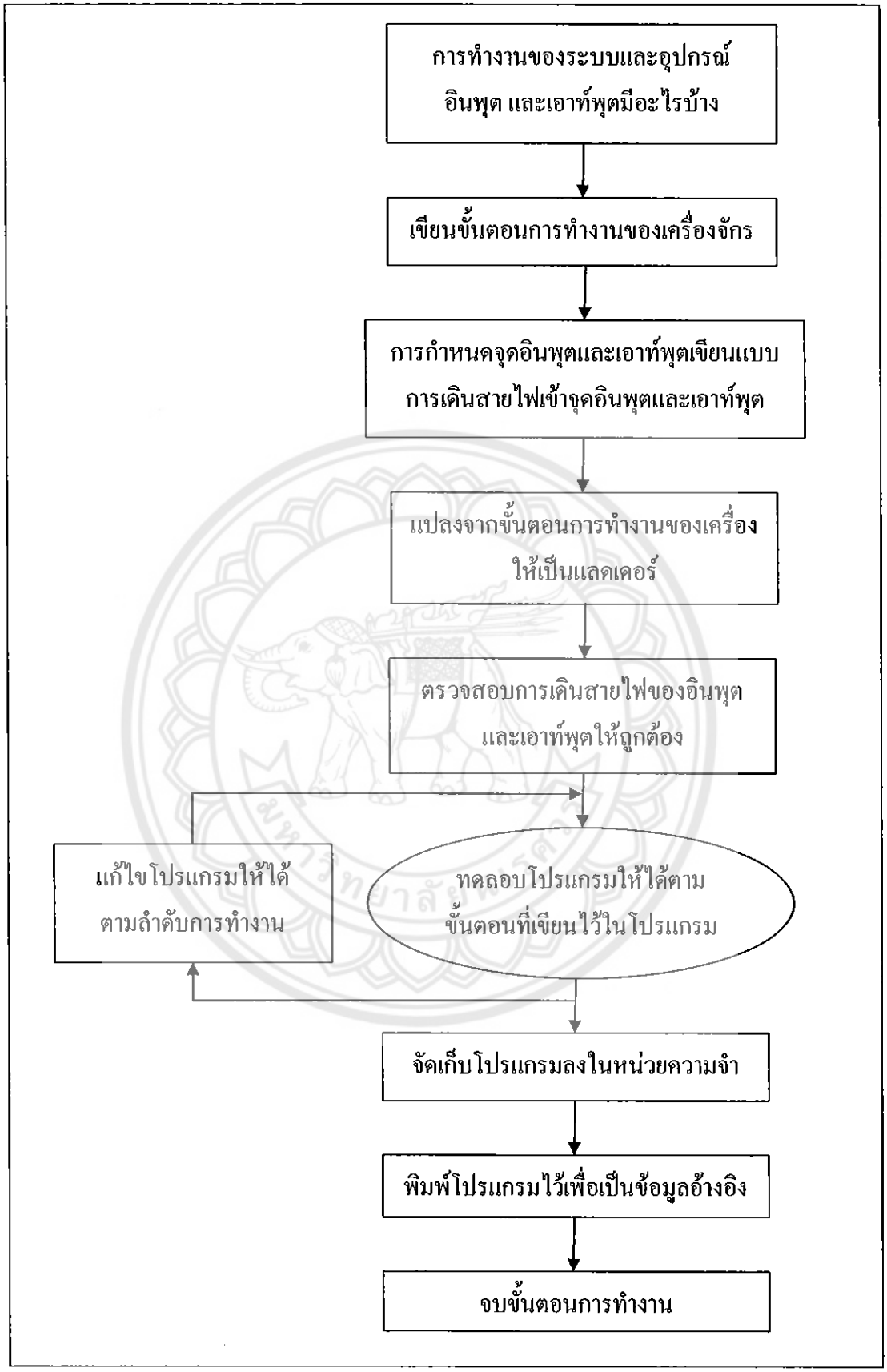
จ. ขดลวดเอาท์พุตหรือรีเลย์ภายในต่อโดยตรงกับบัสทางด้านซ้ายไม่ได้ หากจำเป็นให้ใช้หน้าสัมผัสที่เปิดตลอดเวลามาคั่นกลางระหว่างบัสกับเอาท์พุต

ฉ. วางตำแหน่งหน้าสัมผัสไว้หลังขดลวดรีเลย์ไม่ได้

ช. รีเลย์ภายในและตัวตั้งเวลา สามารถนำมาต่อขนานกันได้เพื่อรับเงื่อนไขของหน้าสัมผัสชุดเดียวกัน

ซ. หน้าสัมผัสของอินพุตและเอาท์พุต รีเลย์ภายใน ตัวตั้งเวลา และตัวนับเวลา สามารถนำมาต่อขนานหรืออนุกรมได้ไม่จำกัดจำนวน

ฌ. เริ่มโปรแกรมจากแอดเดรสแรก (0000) ถึงคำสั่ง END ตัวแรกโดยที่ END อาจมีหลายตำแหน่งทั้งนี้เพื่อการทดสอบโปรแกรมเป็นส่วน ๆ [6]



รูปที่ 2.19 แผนผังการใช้งานพีแอลซี [6]

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

2.4.7 ภาษาที่ใช้ในการเขียนพีแอลซี

การควบคุมพีแอลซีให้ทำงานตามความต้องการได้นั้นจำเป็นต้องมีภาษาหรือคำสั่งที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมเครื่องพีแอลซีซึ่งมีอยู่หลายภาษา เช่น ภาษาแลดเดอร์ ภาษาบูลลีน ภาษาบล็อกคำสั่งข้อความภาษาอังกฤษ ภาษาฟังก์ชันชาร์ต ซึ่งภาษาที่ใช้งานง่ายและเป็นที่นิยมกมากที่สุด คือ ภาษาแลดเดอร์ (Ladder language) และภาษาบูลลีน (Boolean language) โดยจะทำการเขียนภาษาแลดเดอร์ขึ้นมาก่อนแล้วจึงแปลจากภาษาแลดเดอร์เป็นภาษาบูลลีนเพื่อป้อนเข้าสู่เครื่อง [6]

ก. ภาษาแลดเดอร์ เป็นภาษาเชิงรูปภาพ เรียกกันว่าแผนภาพแลดเดอร์ (Ladder diagram) ถูกออกแบบมาเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานประกอบด้วยสัญลักษณ์หน้าสัมผัส ซึ่งมีลักษณะคล้ายวงจรรีเลย์โดยการเขียนโปรแกรมต้องระบุตำแหน่งหรือหมายเลขของอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ถูกต้อง ภาษาแลดเดอร์มีลักษณะคล้ายขั้นบันไดที่มีการอ่านหรือเขียนจากบนลงล่าง

ข. ภาษาบูลลีนเป็นภาษาพื้นฐานของพีแอลซี มีรูปแบบหรือการสื่อความหมายที่เป็นตรรกะที่เข้าใจได้ง่าย เช่น LD, OR, NOT และ OUT เป็นต้น

ค. ภาษาคำสั่งในรูปบล็อกเป็นการเขียนโปรแกรมคำสั่งของพีซีโดยใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ คล้ายภาษาแลดเดอร์แต่จัดไว้ในบล็อกรูปสี่เหลี่ยม ภาษาบล็อกนี้ใช้กับคำสั่งหรือการควบคุมที่ค่อนข้างซับซ้อนหรือมีข้อมูลที่เป็นตัวเลขเกี่ยวข้อง เช่น การคำนวณทางคณิตศาสตร์ และการควบคุมตำแหน่งเครื่องจักร โดยปกติภาษาบล็อกมักใช้ร่วมกับภาษาแลดเดอร์ คำสั่งภาษาบล็อกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มคำสั่งคือ
   - คำสั่งหน่วงเวลาและนับจำนวน
   - คำสั่งคำนวณทางคณิตศาสตร์
   - คำสั่งการจัดเก็บข้อมูล
   - คำสั่งการเคลื่อนย้ายข้อมูล

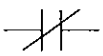
ง. คำสั่งภาษาอังกฤษที่ใช้กับพีแอลซีถูกดัดแปลงมาจากภาษาระดับสูงของคอมพิวเตอร์ เช่น ภาษาเบสิก และภาษาปาสคาล ทำให้การเขียนโปรแกรมมีความคล่องตัวและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น โปรแกรมที่เขียนขึ้นสามารถอ่านและเข้าใจง่ายเหมาะสำหรับการตรวจสอบแก้ไขในภายหลัง พีแอลซีที่ใช้คำสั่งข้อความภาษาอังกฤษเป็นพีแอลซีขนาดใหญ่ ซึ่งมีการคำนวณที่ซับซ้อนและการจัดการข้อมูลจำนวนมาก

จ. ภาษาฟังก์ชันชาร์ตหรือลำดับฟังก์ชันชาร์ต (Sequencial function chart language) เป็นภาษาที่ใช้บรรยายการควบคุมลำดับโดยใช้แผนภาพสถานะเป็นภาษาที่เข้าใจง่าย เพราะสามารถเขียนได้ทันทีจากการทำงานของเครื่องจักร

2.4.8 คำสั่งพื้นฐานของพีแอลซี

การที่เราจะสามารถทำการควบคุมพีแอลซีให้ทำงานได้นั้นจำเป็นต้องทราบคำสั่งพื้นฐานเพื่อนำไปใช้ในการเขียนโปรแกรมต่อไป

ก. ภาษาบูลลีน: NOT

ภาษาแลดเดอร์: 

NOT เป็นการกระทำลอจิก NOT กับค่าสภาวะปัจจุบันโดยสามารถเปรียบได้กับหน้าสัมผัสปกติปิดของอุปกรณ์คือมีสภาวะ ON อยู่ตลอดเวลาจึงเปรียบได้กับมีกระแสไหลผ่านไปได้ตลอดเวลาใช้ร่วมกับคำสั่ง LOAD, AND และ OR ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

ข. ภาษาบูลลีน: LD (LOAD)

ภาษาแลดเดอร์:

LD เป็นการนำค่าสภาวะที่กำหนดเข้ามาสู่โปรแกรม โดยต้องกำหนดหมายเลขหรือตำแหน่งให้กับอุปกรณ์

ค. ภาษาบูลลีน: AND

ภาษาแลดเดอร์:

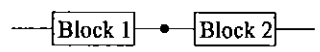
AND เป็นการนำค่าสภาวะของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่กำหนดเข้ามาทำลอจิก AND กัน โดยใช้เมื่อเงื่อนไขที่ต้องการเกิดขึ้นในลักษณะของการอนุกรมตั้งแต่สองขึ้นไป

ง. ภาษาบูลลีน: OR

ภาษาแลดเดอร์:

OR เป็นการนำค่าสภาวะของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่กำหนดเข้ามาทำลอจิก OR กัน โดยใช้เมื่อเงื่อนไขที่ต้องการเกิดขึ้นในลักษณะของการขนานตั้งแต่สองขึ้นไป

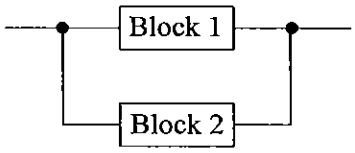
จ. ภาษาบูลลีน: AND LD

ภาษาแลดเดอร์: 

AND LD เป็นการนำค่าสภาวะที่เก็บรักษาไว้มาทำลอจิก AND กันโดยใช้เมื่อเงื่อนไขของการขนานสองชุดหรือมากกว่า เกิดขึ้นในลักษณะที่อนุกรมกัน

ฉ. ภาษาบูลลีน: OR LD

ภาษาแลดเดอร์:



OR LD เป็นการนำค่าสภาวะที่เก็บรักษาไว้มาทำลอจิก OR กัน โดยใช้เมื่อเงื่อนไขของการอนุกรม สองชุดหรือมากกว่าเกิดขึ้นในลักษณะขนานกัน

ช. ภาษาบูลลีน: OUT

ภาษาแลดเดอร์:

OUT ใช้เพื่อควบคุมสถานะของอุปกรณ์ปลายทางให้มีการทำงานตามเงื่อนไขข้างหน้า โดยใช้เมื่อต้องการนำค่าสภาวะออกมาทางอุปกรณ์ปลายทางต่าง ๆ

ซ. ภาษาบูลลีน: DIFU (FUNC 13)

ภาษาแลดเดอร์:

DIFU ใช้เมื่อต้องการให้การทำงานของเอาท์พุตเป็นแบบพัลส์ที่เกิดขึ้นในคาบเวลาสั้น ๆ โดยที่เอาท์พุต ON เมื่อสถานะที่เข้ามาเปลี่ยนจาก OFF ไปเป็น ON

ฌ. ภาษาบูลลีน: DIFD (FUNC 14)

ภาษาแลดเดอร์:

DIFD ใช้เมื่อต้องการให้การทำงานของเอาท์พุต เป็นแบบพัลส์ที่เกิดขึ้นในคาบเวลาสั้น ๆ โดยที่เอาท์พุต ON เมื่อสถานะที่เข้ามาเปลี่ยนจาก ON ไปเป็น OFF

ญ. ภาษาบูลลีน: LATCH (FUNC 11)

ภาษาแลดเดอร์:

LATCH เป็นคำสั่งที่มีการทำงานเหมือน RS Flip-flop คือมีอินพุตสองทาง อินพุตหนึ่งใช้สำหรับให้เอาท์พุตเกิดการค้างค่าสภาวะที่ ON และอีกอินพุตหนึ่งสำหรับให้เอาท์พุตที่ถูกค้างค่าสภาวะ ON เปลี่ยนเข้าสู่สถานะ OFF

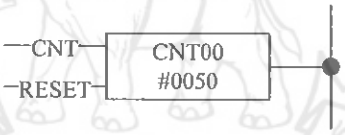
ฎ. ภาษาบูลลีน: TIM (TIMER)

ภาษาแลดเดอร์:

TIM เป็นการเรียกใช้ตัวตั้งเวลาซึ่งสามารถหน่วงเวลาการทำงานหรือกำหนดค่าเวลาได้ โดยสามารถตั้งเวลาการหน่วงตั้งแต่ 000.0-999.9 s การกำหนดเวลาการหน่วงให้แก่เครื่องได้นั้นต้องทราบว่า 1 หน่วยมีค่า 100 ms เช่น เมื่อต้องการหน่วงเวลาไป 5 s หลังจากเทียบค่าจะได้ว่า 5 s มีค่าเท่ากับ 50 หน่วยหลังจากนั้นเราจะนำค่านี้ป้อนให้แก่เครื่อง 0050

ฏ. ภาษาบูลลีน: CNT (COUNTER)

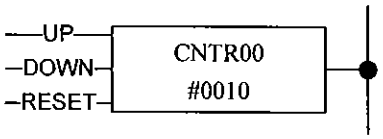
ภาษาแลดเดอร์:



CNT เป็นตัวนับโดยรับสัญญาณที่ CNT และยกเลิกการนับที่รีเซตโดยที่ตัวเลข #0005 เป็นตัวเลขที่เรากำหนดให้ทำการนับซึ่งเป็นค่าเท่าใดก็ได้ เมื่อสัญญาณมีการเปลี่ยนแปลงหนึ่งครั้งจะนับเพิ่มหนึ่งจนกว่าสัญญาณเปลี่ยนแปลงครบตามจำนวนที่เรากำหนด ตัวนับจะหยุดนับและต้องทำการรีเซตใหม่เพื่อให้ตัวนับนับต่อไป

ฐ. ภาษาบูลลีน: CNTR (REVERSIBLE COUNTER) (FUNC 12)

ภาษาแลดเดอร์:

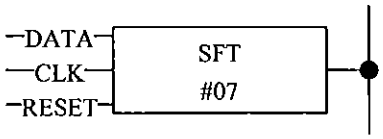


REVERSIBLE COUNTER หรือเรียกอีกชื่อว่า UP-DOWN COUNTER ทั้งนี้เพราะทำการนับขึ้นในกรณีที่มีสัญญาณเข้าที่ UP INPUT และทำการนับลงเมื่อมีสัญญาณเข้าที่ DOWN INPUT ซึ่งลักษณะของการนับมีการนับขึ้นและลงโดยอัตโนมัติกล่าวคือ เมื่อมีสัญญาณอินพุตเข้าที่

UP INPUT 2 ครั้งก็จะขึ้นสองและถ้ามีสัญญาณเข้าที่ DOWN INPUT 1 ครั้งจะได้ว่าจำนวนสุทธิเป็น 1 แต่ถ้ามีสัญญาณเข้าที่ขา RESET จะทำให้ค่าจากการนับมีค่า 0000 ทันที

ฑ. ภาษาบูลลีน: SFT (SHIFT)

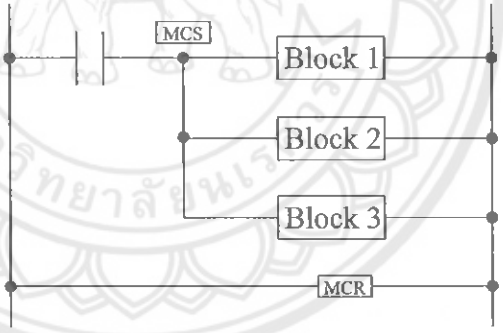
ภาษาแลดเดอร์:



SFT เป็นคำสั่งที่ใช้เลื่อนข้อมูลของเอาท์พุตโดยเลื่อนจากบิตที่ 0 ไปหาบิตที่ 7โดยมีขา CLK ควบคุมการเลื่อนข้อมูล เมื่อ DATAINPUT มีสภาวะ ON SFT 07 ก็จะเริ่มเข้าสู่การนับและเมื่อ CLK INPUT มีสภาวะ ON SFT 07 จะเลื่อนข้อมูลจากบิตแรกสุดและเมื่อ CLK INPUT มีสภาวะ ON อีก SFT 07 จะเลื่อนข้อมูลไปหาบิตถัดไป

ฒ. ภาษาบูลลีน: MCS (FUNC 02),MCR (FUNC 03)

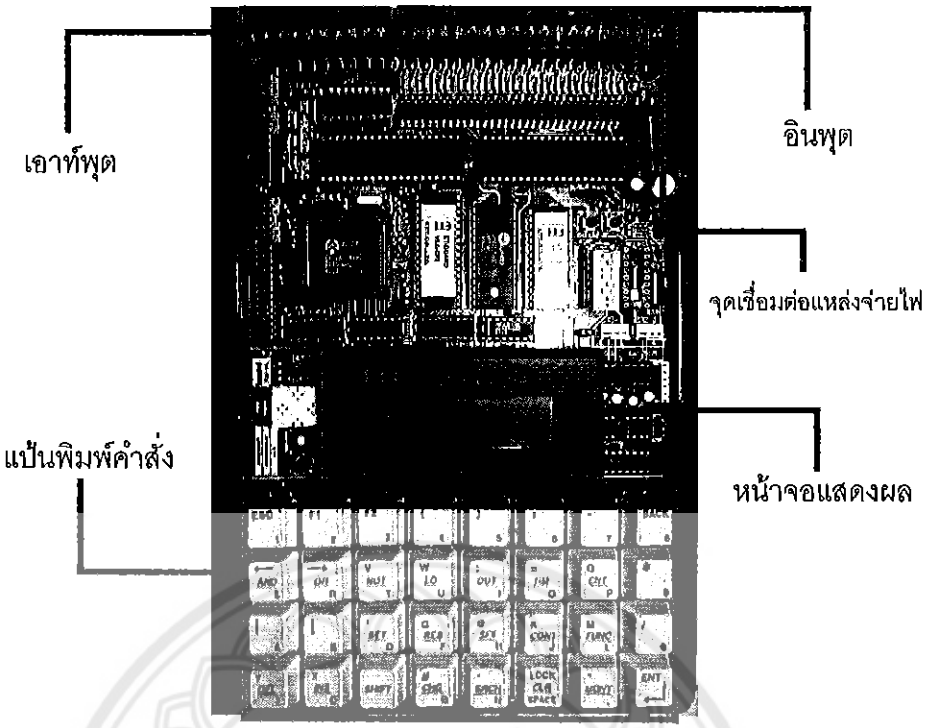
ภาษาแลดเดอร์:



MCS ถูกใช้เมื่อต้องการสั่งให้มีการควบคุมหลัก ส่วน MCR เป็นตัวกำหนดจุดสิ้นสุดของการควบคุมหลัก

2.4.9 ชุดทดลอง ET-BOARD V5.0

ก. ชุดทดลอง ET-BOARD V5.0 แสดงในรูปที่ 2.20 ผลิตโดยบริษัท อีทีที จำกัด มีความสามารถในการทำงานเป็นพีแอลซี โดยป้อนคำสั่งควบคุมได้ที่ชุดทดลองหรือผ่านทางคอมพิวเตอร์รายละเอียดของ ET-BOARD V5.0 แสดงในตารางที่ 2.3



รูปที่ 2.20 ET-BOARD V5.0

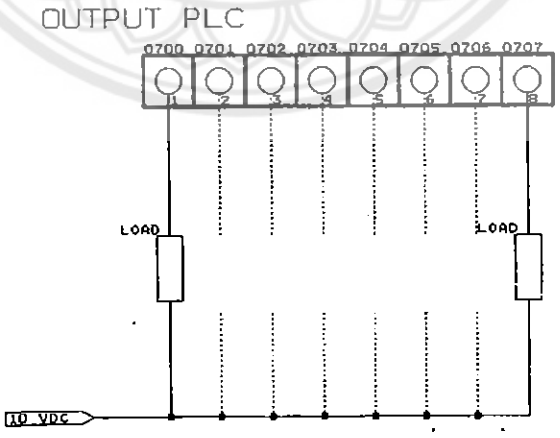
ตารางที่ 2.3 ข้อมูลของ ET-BOARD V5.0 ในโหมดพีแอลซี

ภาษาที่ใช้ป้อนคำสั่ง	ภาษาบูลลีน
คำสั่งที่ใช้ควบคุม	8 คำสั่งพื้นฐาน 14 คำสั่งพิเศษ 32 ปุ่มกด
หน้าจอแสดงผล	แอลซีดี 16 อักษร 2 แถว
ความจุของโปรแกรม	3 kbyte
หน่วยความจำ	อีพรอมและอีอีพรอม
อินพุต	16 จุด แบบ 24 V หรือ 10 V 16 จุด ในระดับสัญญาณทีทีแอล
เอาท์พุต	8 จุด แบบ 24 V หรือ 10 V 8 จุด ในระดับสัญญาณทีทีแอล
ตำแหน่งรีเลย์ภายใน	152 จุด
ตำแหน่งรีเลย์ตัวตั้งเวลา	48 จุดนับเวลาได้ตั้งแต่ 0 ถึง 999.9 s
ตำแหน่งรีเลย์ตัวนับ	48 จุด นับได้ 0 ถึง 9999
ตำแหน่งรีเลย์พิเศษ	6 จุด

ข. การกำหนดตำแหน่งภายในพีแอลซี

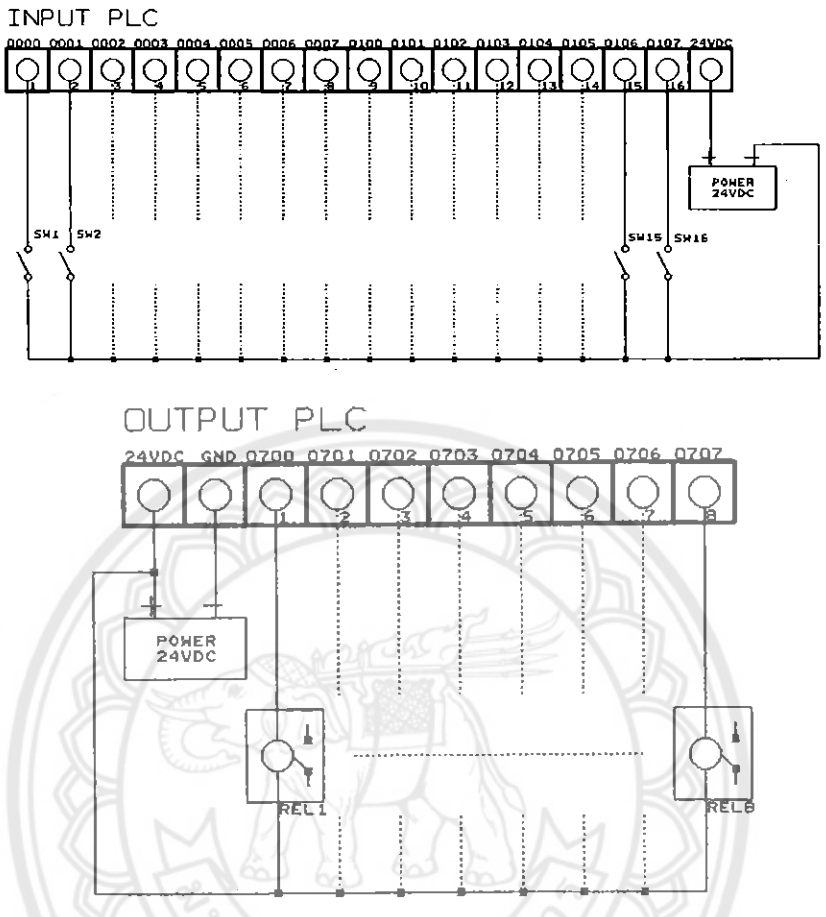
- ตำแหน่งอินพุต มี 4 ตำแหน่ง โดยตำแหน่งที่เรียกใช้งานคือ 00 และ 01 ซึ่งแต่ละตำแหน่งมี 8 บิต ดังนั้นจึงมีอินพุต 16 จุด และที่เหลืออีก 2 ตำแหน่งเป็นส่วนขยาย คือตำแหน่งที่ 02 และ 03 แต่สัญญาณที่มาจากจุดนี้ต้องเป็นสัญญาณทีทีแอล
- ตำแหน่งเอาท์พุตมี 2 ตำแหน่ง โดยการเรียกเอาท์พุตมาใช้งานอยู่ที่ตำแหน่ง 07 และ 08 ซึ่ง 1 ตำแหน่งมี 8 บิต โดยตำแหน่งที่ 07 เป็นเอาท์พุตที่แรงดัน 10 V หรือ 24 V ให้กระแสไหลผ่านได้ 100 mA ส่วนในตำแหน่ง 08 เป็นส่วนขยายซึ่งมีระดับสัญญาณเป็นทีทีแอล
- ตำแหน่งรีเลย์ภายใน กำหนดตำแหน่งด้วยตัวเลข 4 หลัก คือ หลักแรกเป็นตำแหน่งของรีเลย์ภายในแล้วตามด้วยบิตซึ่งมี 19 ตำแหน่ง ๆ ละ 8 บิต ดังนั้นรีเลย์ภายในจึงมีทั้งหมด 152 จุด รีเลย์ภายในไม่มีหน้าสัมผัสใช้งานจริง แต่เป็นหน่วยความจำหรือรีจิสเตอร์เก็บค่า
- ตำแหน่งตัวตั้งเวลาและตัวนับ ในการเรียกใช้ประกอบด้วยตัวเลข 2 หลัก คือ ตำแหน่งที่ไม่มีส่วนที่เป็นบิตซึ่งมีอย่างละ 48 ตำแหน่งโดยที่ตัวตั้งเวลามีชื่อเรียกใช้ TIM ใช้เป็นตัวนับเวลาแบบนับถอยหลังได้ตั้งแต่ 0 ถึง 999.9 s มีตำแหน่งเรียกใช้จาก 00-47 ตัวนับมีด้วยกัน 2 ชนิด มีชื่อเรียกใช้ CNT ใช้นับสัญญาณอินพุตแบบนับลงและ CNTR ทำงานได้ทั้งนับขึ้นและนับลง ซึ่งมีตำแหน่งเรียกใช้งานร่วมกัน คือ 00 ถึง 47

ค. การต่อเอาท์พุตของพีแอลซี โดยใช้ระดับแรงดัน 10 V แสดงได้ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 การต่อเอาท์พุตที่ระดับแรงดัน 10 V

การต่ออินพุตและเอาท์พุตโดยใช้ระดับแรงดัน 24 V แสดงได้ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 การต่ออินพุตและเอาท์พุตที่ระดับแรงดัน 24 V

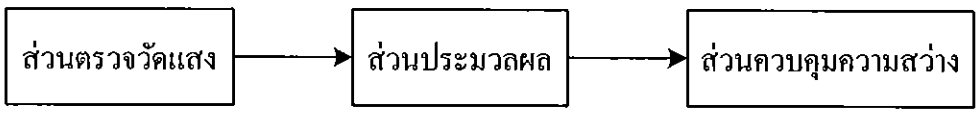
บทที่ 3
การพัฒนาชิ้นงานและโปรแกรมควบคุมการทำงาน

จากการศึกษาทฤษฎีและการทำงานของวงจรต่าง ๆ รวมถึงการใช้งานคำสั่งของพีแอลซี ในบทที่ 2 จึงได้มีการออกแบบโปรแกรม โดยเริ่มต้นจากการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและทิศทางการรับแสงของอาคาร จากนั้นจึงกำหนดขั้นตอนการทำงาน และทำการเขียนแผนผังภาพรวมการทำงานของระบบ เพื่อนำไปกำหนดตำแหน่งอินพุตและเอาท์พุตของพีแอลซีและสร้างเงื่อนไขในการทำงานของโปรแกรม ในส่วนของโปรแกรมจะถูกเขียนเป็นภาษาแลดเดอร์เพื่อให้สะดวกในการแก้ไขโปรแกรม และทำการแปลงเป็นภาษาบูลลีน แล้วนำไปป้อนให้แก่พีแอลซีเพื่อนำไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ และตรวจสอบข้อผิดพลาดในการทำงานของโปรแกรม เมื่อโปรแกรมทำงานได้ตรงตามเงื่อนไขโดยไม่มีข้อผิดพลาดแล้ว จึงนำพีแอลซีและอุปกรณ์ภายในระบบไปเชื่อมต่อเข้ากับแบบจำลอง

ในส่วนของแบบจำลองการทำงานมีการออกแบบเพื่อให้ตอบสนองต่อเงื่อนไขการทำงานที่กำหนดขึ้น โดยแบบจำลองจะถูกนำไปใช้ในการทดสอบการทำงานของระบบในเงื่อนไขต่าง ๆ ซึ่งผลการทดสอบที่ได้จะเป็นตัวระบุถึงความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้งานกับสภาวะแวดล้อมจริง

3.1 ส่วนประกอบและขั้นตอนการทำงานของระบบ

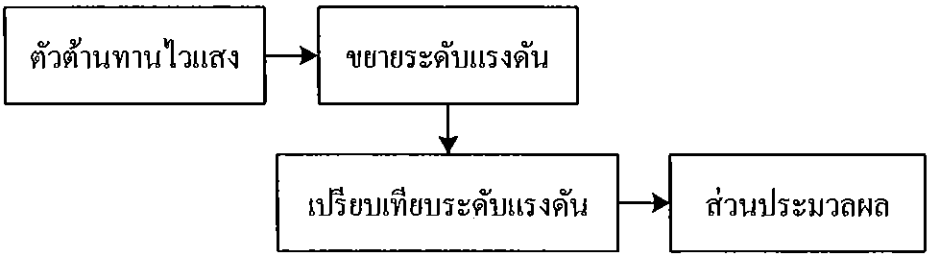
ระบบควบคุมความสว่างภายในอาคารด้วยพีแอลซีโดยใช้ตัวตรวจวัดแสงมีการใช้วงจรตรวจวัดแสงทำการตรวจวัดความสว่างในขณะนั้น และนำไปประมวลผลที่พีแอลซีเพื่อกำหนดเงื่อนไขการทำงานของส่วนควบคุมแสงสว่าง ซึ่งสามารถแยกการทำงานออกได้เป็น 3 ส่วน คือ ส่วนตรวจวัดแสง ส่วนประมวลผล และส่วนควบคุมความสว่าง ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบ

3.1.1 ขั้นตอนการทำงานของส่วนตรวจวัดแสง

ขั้นตอนการทำงานของส่วนตรวจวัดแสง แสดงได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการทำงานของส่วนตรวจวัดแสง

การทำงานของส่วนตรวจวัดแสงสามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อมีแสงมาตกกระทบยังตัวต้านทานไวแสงจะทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมที่แปรผกผันกับค่าความต้านทานของตัวต้านทานไวแสง จากนั้นแรงดันที่เกิดขึ้นจะถูกขยาย เพื่อนำไปใช้เปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงที่ตั้งค่าไว้ และผลจากการเปรียบเทียบระดับแรงดันจะถูกนำไปใช้เป็นอินพุตของส่วนประมวลผล

3.1.2 การเลือกใช้อุปกรณ์ของวงจรเรียงกระแสและวงจรรักษาแรงดัน

ขั้นตอนการทำงานของส่วนประมวลผล แสดงได้ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการทำงานของส่วนประมวลผล

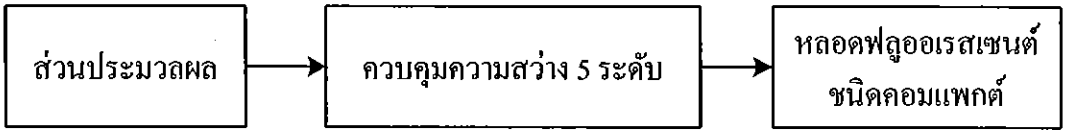
การทำงานของส่วนประมวลผลสามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อมีสัญญาณเข้ามาที่อินพุต สัญญาณจะถูกส่งไปประมวลผลยังพีแอลซี จากนั้นหน่วยประมวลผลของพีแอลซีจะส่งสัญญาณไปยังเอาท์พุต เพื่อนำไปควบคุมอุปกรณ์ในระบบต่อไป

3.1.3 ขั้นตอนการทำงานของส่วนควบคุมความสว่าง

ขั้นตอนการทำงานของส่วนควบคุมความสว่างจะสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนควบคุมความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์ และส่วนควบคุมการทำงานของม่านปรับแสง

ก. ส่วนควบคุมความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์

ขั้นตอนการทำงานของส่วนควบคุมความสว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์ แสดงได้ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการทำงานของส่วนควบคุมความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์

การทำงานของส่วนควบคุมความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์สามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อมีสัญญาณเอาท์พุตจากส่วนประมวลผลส่งไปยังส่วนควบคุมความสว่าง 5 ระดับ จะส่งผลทำให้ความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์เปลี่ยนไปตามระดับที่ได้รับคำสั่งจากเอาท์พุต

ข. ส่วนควบคุมการทำงานของม่านปรับแสง

ขั้นตอนการทำงานของส่วนควบคุมการทำงานของม่านปรับแสง แสดงได้ดังรูปที่ 3.5

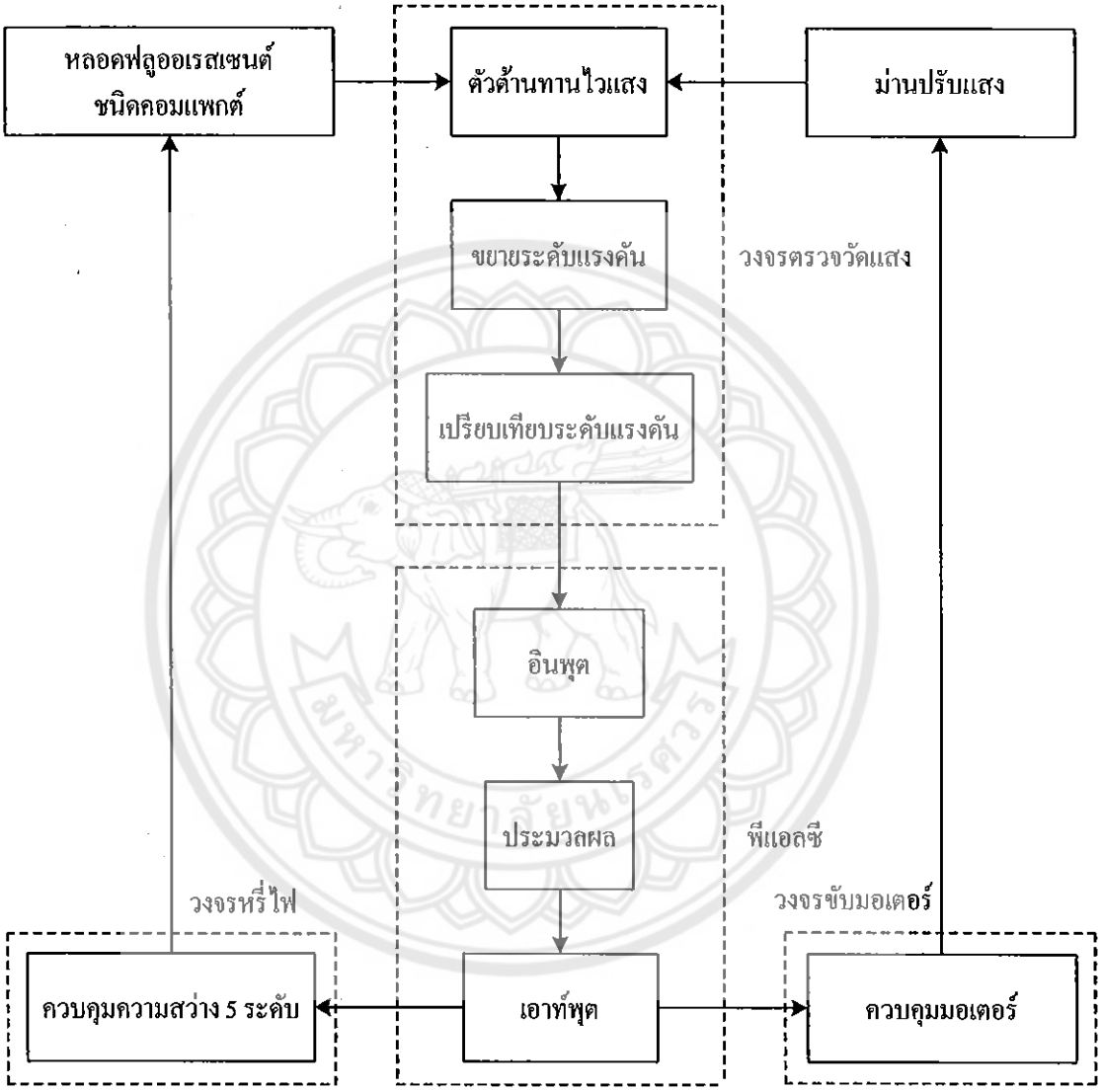
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการทำงานของม่านปรับแสง

การทำงานของม่านปรับแสงสามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อมีสัญญาณเอาท์พุตจากส่วนประมวลผลส่งไปยังส่วนควบคุมมอเตอร์ เพื่อเป็นการกำหนดทิศทางการหมุนของมอเตอร์ เมื่อมอเตอร์หมุนจะส่งผลให้ม่านปรับแสงซึ่งติดอยู่กับมอเตอร์นั้น ปรับระดับของใบม่านสัมพันธ์ตามการหมุนของมอเตอร์

3.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์เข้ากับพีแอลซี

จากขั้นตอนการทำงานของระบบในแต่ละส่วนย่อย สามารถเขียนเป็นแผนภาพการทำงานโดยรวมของระบบ แสดงได้ดังรูปที่ 3.6 ซึ่งเป็นแผนผังที่อธิบายการทำงานภาพรวมของระบบควบคุมความสว่างด้วยพีแอลซีโดยใช้ตัวตรวจวัดแสง โดยภายในระบบจะประกอบไปด้วย วงจรตรวจวัดแสง พีแอลซี วงจรหรี่ไฟ และวงจรขับมอเตอร์

ขั้นตอนการทำงานของระบบโดยรวมนั้น เริ่มจากการตรวจวัดความสว่างโดยใช้ตัวต้านทานไวแสง เอาท์พุตที่ได้จากส่วนตรวจวัดความสว่างจะอยู่ในรูปแบบของลอจิก และเอาท์พุตที่ได้นั้นจะถูกส่งไปประมวลผลที่พีแอลซี เพื่อควบคุมการทำงานของส่วนควบคุมความสว่าง 5 ระดับ และส่วนควบคุมมอเตอร์ให้ทำงานตามเงื่อนไขที่ได้โปรแกรมไว้



รูปที่ 3.6 แผนภาพการทำงานโดยรวมของระบบ

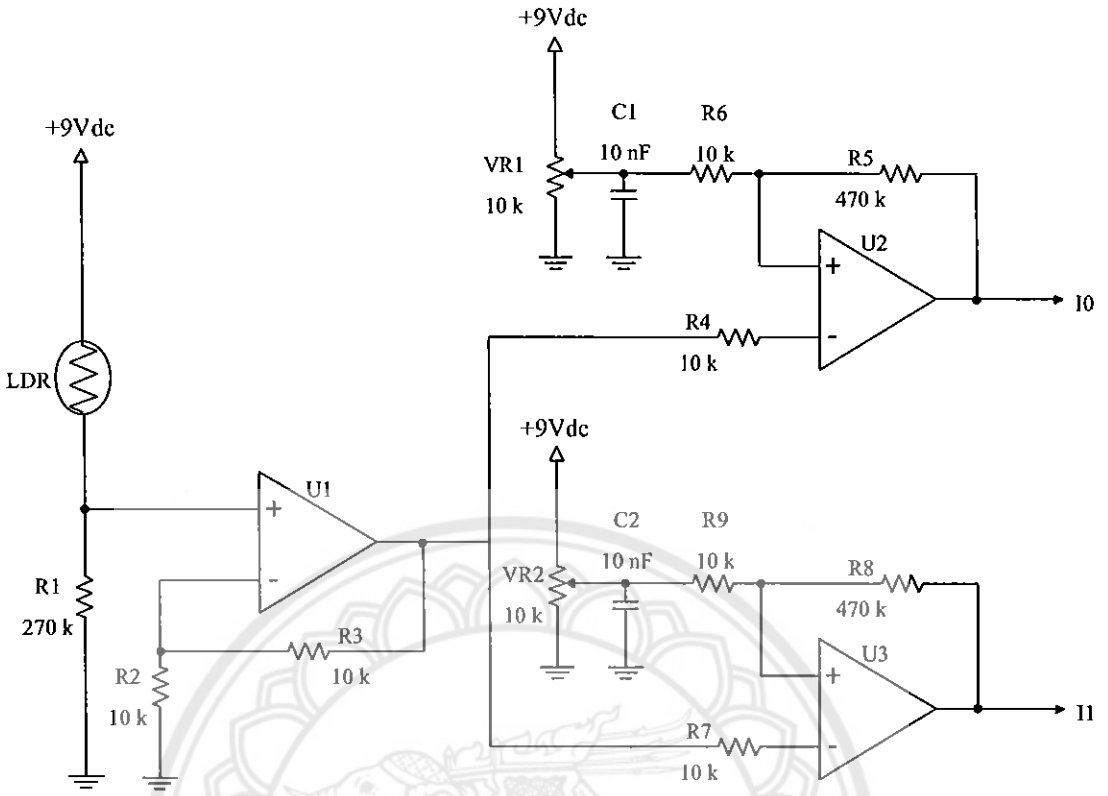
จากแผนภาพส่วนประกอบของระบบควบคุมความสว่างภายในอาคารด้วยพีแอลซีโดยใช้ตัวตรวจวัดแสง เราจึงสามารถกำหนดตำแหน่งให้กับอุปกรณ์ เพื่อที่จะนำไปเชื่อมต่อเข้ากับพีแอลซี โดยแสดงได้ดังตารางที่ 3.1 ซึ่งแสดงรายละเอียดการเชื่อมต่ออินพุตและเอาท์พุตของพีแอลซี

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดอินพุตและเอาท์พุตของพีแอลซี

ตำแหน่ง	ประเภท	รายละเอียด	สัญลักษณ์
0000	อินพุต	ความสว่างขอบบน	I0
0001	อินพุต	ความสว่างขอบล่าง	I1
0002	อินพุต	สวิตช์เปิด	S0
0003	อินพุต	สวิตช์ปิด	S1
0700	เอาท์พุต	ความสว่างระดับที่ 1	L0 (OUT0)
0701	เอาท์พุต	ความสว่างระดับที่ 2	L1 (OUT1)
0702	เอาท์พุต	ความสว่างระดับที่ 3	L2 (OUT2)
0703	เอาท์พุต	ความสว่างระดับที่ 4	L3 (OUT3)
0704	เอาท์พุต	ความสว่างระดับที่ 5	L4 (OUT4)
0705	เอาท์พุต	สถานะว่าง	L5 (OUT5)
0706	เอาท์พุต	มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา	M0 (OUT6)
0707	เอาท์พุต	มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา	M1 (OUT7)

3.3 การสร้างวงจรตรวจวัดแสง

วงจรตรวจวัดแสง อาศัยตัวต้านทานไวแสงในการตรวจวัดแสงสว่าง โดยที่ตัวต้านทานไวแสงมีค่าความต้านทานที่แปรผกผันปริมาณแสง ส่งผลให้แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานเปลี่ยนแปลงไป อย่างไรก็ตามแรงดันที่เกิดขึ้นนั้นยังไม่สามารถนำไปใช้งานได้ทันที จึงมีการขยายระดับแรงดันให้สูงขึ้นโดยใช้วงจรขยายแรงดัน จากนั้นแรงดันจะถูกส่งไปเปรียบเทียบในวงจรเปรียบเทียบแรงดันเพื่อให้ได้เอาท์พุตออกมาในลักษณะลอจิก ในโครงงานนี้ ได้เลือกใช้ไอซี LM324N ซึ่งถูกออกแบบมาให้มีออปแอมป์ 4 ตัว อยู่ภายใน ดังนั้นจึงสามารถสร้างวงจรตรวจวัดแสงโดยใช้ไอซีแค่เพียงตัวเดียว โดยแผนภาพวงจรตรวจวัดแสง แสดงได้ดังรูปที่ 3.7

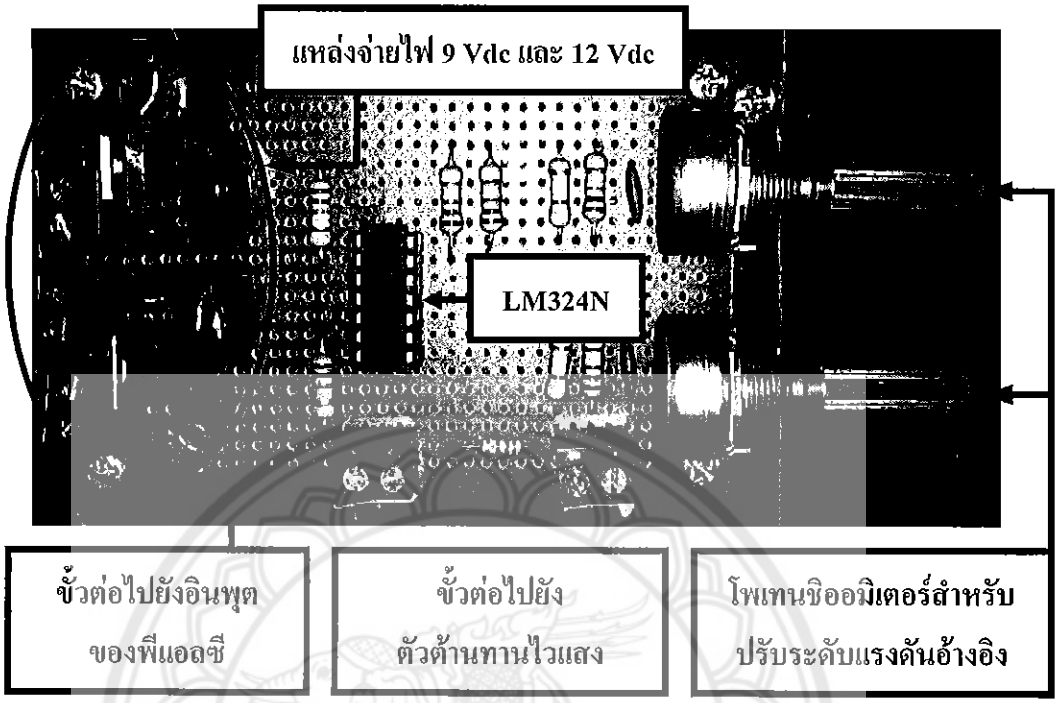


รูปที่ 3.7 แผนภาพวงจรการตรวจวัดแสง

จากรูปที่ 3.7 สามารถอธิบายการทำงานได้ โดยเริ่มต้นเมื่อมีแสงมาตกกระทบที่ตัวต้านทานไวแสง ซึ่งต่ออนุกรมอยู่กับตัวต้านทาน R1 จะทำให้ค่าความต้านทานของตัวต้านทานไวแสงเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานไวแสง และตัวต้านทาน R1 เปลี่ยนแปลงไปด้วย แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R1 จะถูกต่อเข้ากับอินพุตขาลบของออปแอมป์ U1 ซึ่งถูกต่อเป็นวงจรขยายแรงดันที่มีอัตราขยาย 2 เท่า จากนั้นเอาท์พุตที่ได้จากออปแอมป์ U1 ถูกส่งไปยังอินพุตขาลบของออปแอมป์ U2 และ U3 ซึ่งเป็นวงจรเปรียบเทียบระดับแรงดัน โดยอาศัยโพเทนชิออมิเตอร์ VR1 และ VR2 เป็นตัวปรับระดับแรงดันอ้างอิงของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน โดยหากแรงดันที่อินพุตขาลบต่ำกว่าระดับแรงดันอ้างอิง แรงดันเอาท์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันนั้นจะแสดงเป็นลอจิกสูง (7.78 V) แต่หากแรงดันอินพุตขาลบสูงกว่าระดับแรงดันอ้างอิง แรงดันเอาท์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันจะแสดงเป็นลอจิกต่ำ (0 V)

แรงดันอ้างอิงที่ปรับตั้งนั้นมีค่าสัมพันธ์กับระดับความสว่างที่ต้องการ นั่นคือที่ระดับแรงดัน 5.3 V สอดคล้องกับค่าความสว่าง 750 lx และที่ระดับแรงดัน 3.5 V สอดคล้องกับค่าความสว่าง 350 lx โดยในวงจรตรวจวัดแสง ออปแอมป์ U2 ทำหน้าที่เป็นตัวเปรียบเทียบระดับแรงดันของค่าความสว่าง 750 lx และออปแอมป์ U3 ทำหน้าที่เป็นตัวเปรียบเทียบระดับแรงดันของค่าความ

สว่าง 350 lx ซึ่งเอาท์พุตที่ได้จากวงจรเปรียบเทียบระดับแรงดันทั้งสอง ถูกใช้เป็นอินพุตของพีแอลซีเพื่อประมวลผลการทำงานของระบบ โดยการติดตั้งวงจรตรวจวัดแสงแสดงได้ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 การติดตั้งวงจรตรวจวัดแสง

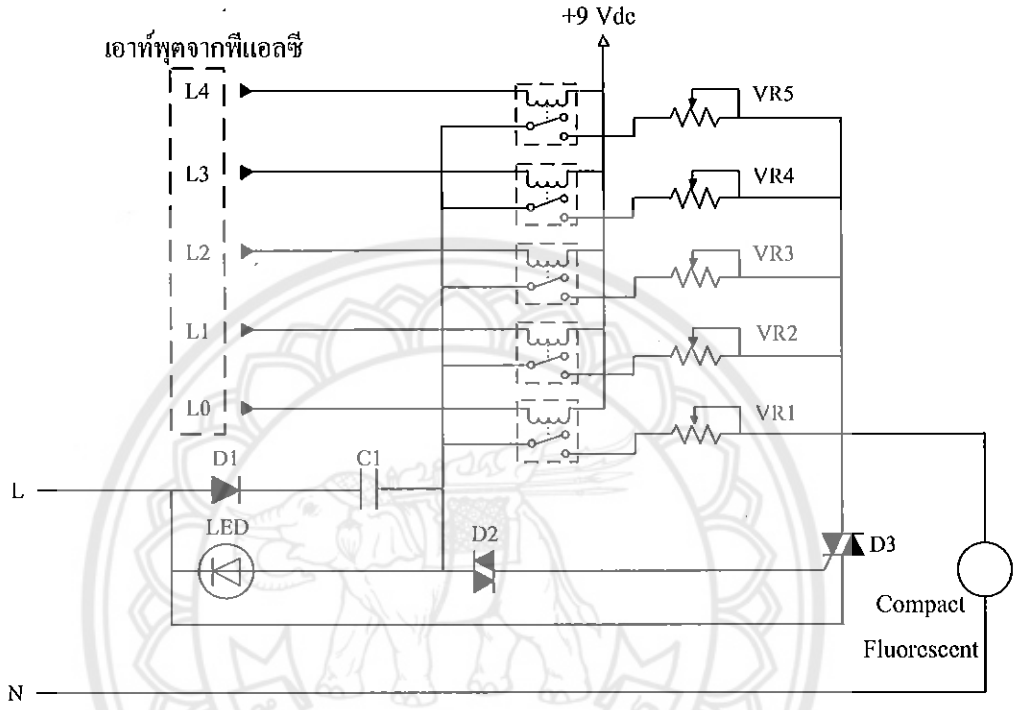
3.4 การสร้างวงจรหรี่ไฟ

วงจรหรี่ไฟมีการใช้ไตรแอค (Triac) เป็นตัวควบคุมการนำกระแสที่จะไหลไปสู่หลอดไฟ โดยวงจรหรี่ไฟที่ใช้ไตรแอคเป็นวงจรหรี่ไฟที่ใช้งานง่าย และเนื่องจากภายในวงจรมีอุปกรณ์จำนวนน้อยจึงง่ายต่อการสร้าง โดยแผนภาพวงจรหรี่ไฟ แสดงได้ดังรูปที่ 3.9

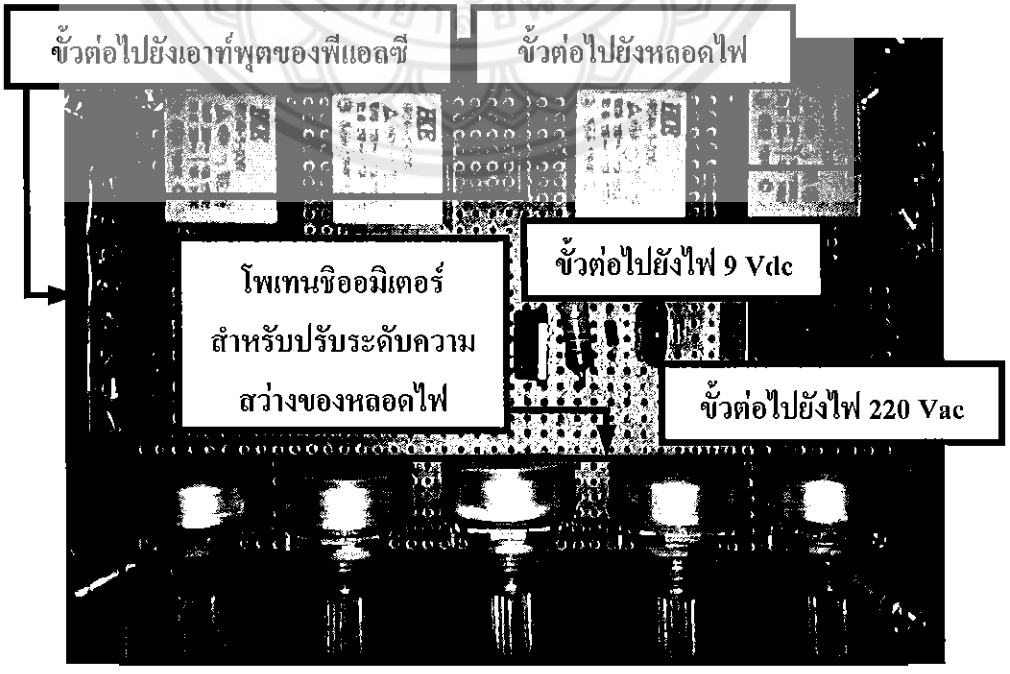
เมื่อมีการจ่ายไฟ 220 V เข้าวงจร ตัวเก็บประจุ C1 เริ่มอัดประจุ หลังจากที่แรงดันของ C1 มีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงระดับแรงดันพังทลายของไดแอค (Diac) ทำให้ไดแอคเริ่มนำกระแส ส่งผลให้ในช่วงเวลาที่ไดแอคนำกระแส ตัวเก็บประจุ C1 เริ่มคายประจุ และเริ่มอัดประจุใหม่อีกครั้ง ซึ่งทำให้ไดแอคไม่สามารถนำกระแสได้ในช่วงที่อัดประจุ ดังนั้นกำลังไฟฟ้าที่ได้จึงลดลง โดยวงจรมีการใช้โพเทนชิออมิเตอร์เป็นตัวกำหนดระยะเวลาในการอัดของตัวเก็บประจุ ดังนั้นเมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่าความต้านทาน จึงส่งผลให้กำลังไฟฟ้าที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย

วงจรหรี่ไฟในระบบควบคุมคที่สร้างขึ้นถูกออกแบบให้แบ่งความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์ออกเป็น 5 ระดับ ดังนั้นภายในวงจรจึงใช้โพเทนชิออมิเตอร์จำนวน 5 ตัว เพื่อเป็นตัวกำหนดความสว่างของหลอดไฟในแต่ละระดับ โดยการทำงานที่ความสว่างในแต่ละ

ระดับนั้นจะถูกกำหนดโดยเอาท์พุตของพีแอลซีซึ่งต่ออยู่กับขดลวดของรีเลย์ สัญญาณเอาท์พุตของพีแอลซีทำให้ขดลวดของรีเลย์เกิดการเหนี่ยวนำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์เปลี่ยนตำแหน่งส่งผลให้หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์ มีแสดงค่าความสว่างตามที่ปรับตั้งในระดับนั้น ซึ่งการติดตั้งวงจรหรี่ไฟสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.9 แผนภาพวงจรหรี่ไฟ

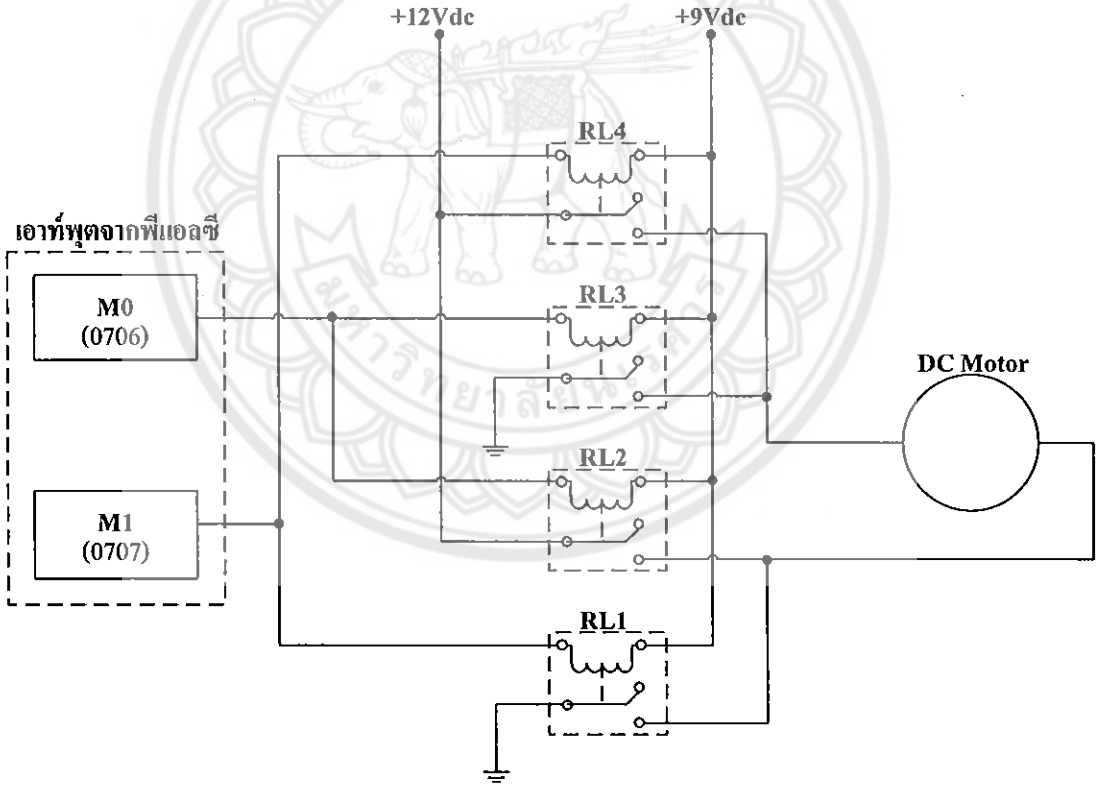


รูปที่ 3.10 การติดตั้งวงจรหรี่ไฟ

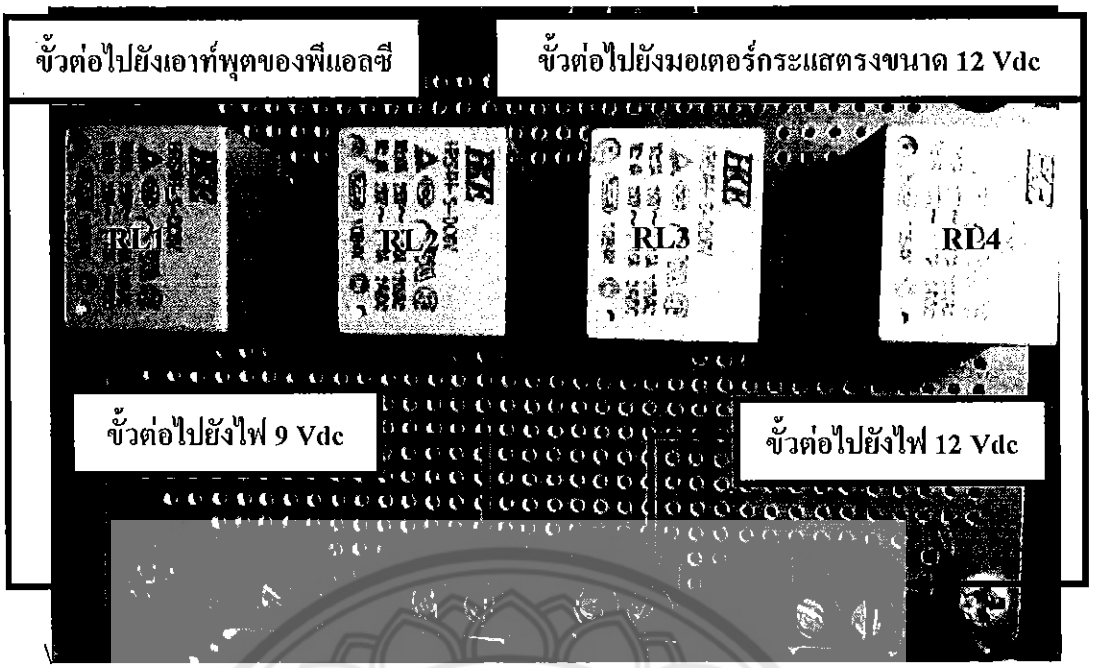
3.5 การสร้างวงจรขับมอเตอร์

วงจรขับมอเตอร์เป็นส่วนที่ใช้ในการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ซึ่งใช้ควบคุมการเปลี่ยนตำแหน่งของใบม่าน โดยในวงจรจะอาศัยรีเลย์เป็นอุปกรณ์ในการตัดต่อวงจรการควบคุมมอเตอร์ แผนภาพวงจรขับมอเตอร์แสดงได้ดังรูปที่ 3.11

เมื่อมีสัญญาณเอาท์พุต M0 ออกมาจากพีแอลซี จะส่งผลให้ขดลวดของรีเลย์ RL2 และ RL3 เหนี่ยวนำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์เปลี่ยนสถานะเพื่อเชื่อมต่อไฟกระแสตรงขนาด 12 V จากรีเลย์ RL2 และ กราวด์ จากรีเลย RL3 เข้าสู่มอเตอร์ ส่งผลให้มอเตอร์หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา แต่ถ้ามีสัญญาณเอาท์พุต M1 ออกมาจากพีแอลซีจะส่งผลให้รีเลย์ RL1 และ RL4 ทำงานการเชื่อมต่อวงจรซึ่งเป็นลักษณะตรงกันข้ามกับกรณีของสัญญาณเอาท์พุต M0 จึงทำให้มอเตอร์เกิดการหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา โดยการติดตั้งวงจรขับมอเตอร์ แสดงได้ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.11 แผนภาพวงจรขับมอเตอร์ที่ใช้ควบคุมการปรับใบม่าน

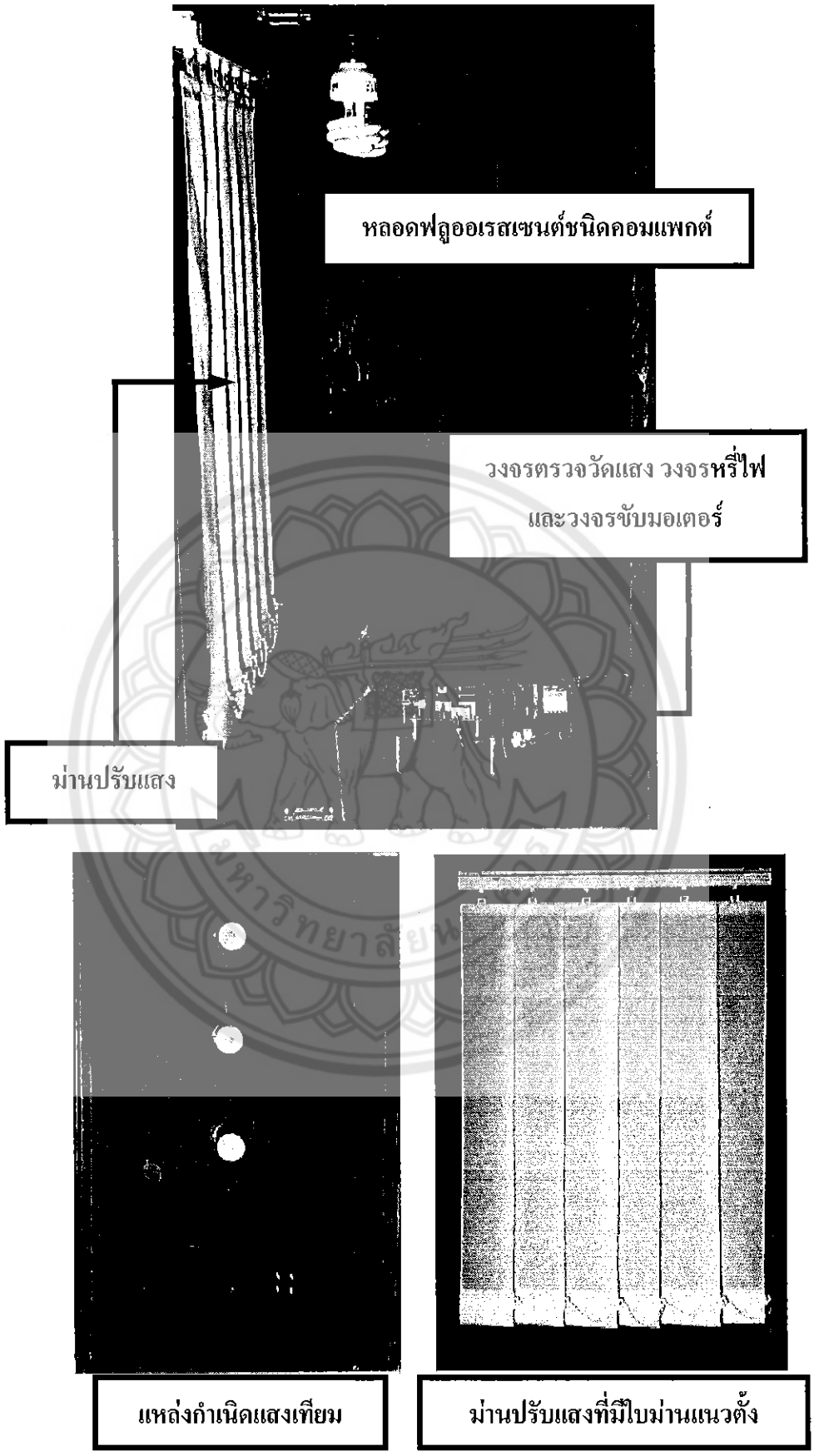


รูปที่ 3.12 การติดตั้งวงจรขับมอเตอร์

3.6 การสร้างแบบจำลอง

ในโครงงานนี้ ได้สร้างแบบจำลองขึ้นเพื่อใช้ทดสอบการทำงานของระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร โดยแบบจำลองที่สร้างขึ้นจะถูกใช้แทนห้องทำงานที่อยู่ภายในอาคารสำนักงานโครงสร้างโดยรวมของแบบจำลองมีขนาด 50×50×90 เซนติเมตร ภายในประกอบด้วยม่านปรับแสง วงจรตรวจวัดแสง วงจรหรี่ไฟ วงจรขับมอเตอร์ และหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์ นอกจากแบบจำลองของห้องทำงานแล้ว ยังมีการสร้างแหล่งกำเนิดแสงเทียมโดยใช้หลอดไส้ เป็นแหล่งกำเนิดแสงให้กับแบบจำลอง ซึ่งรายละเอียดของแบบจำลองแสดงได้ดังรูปที่ 3.13

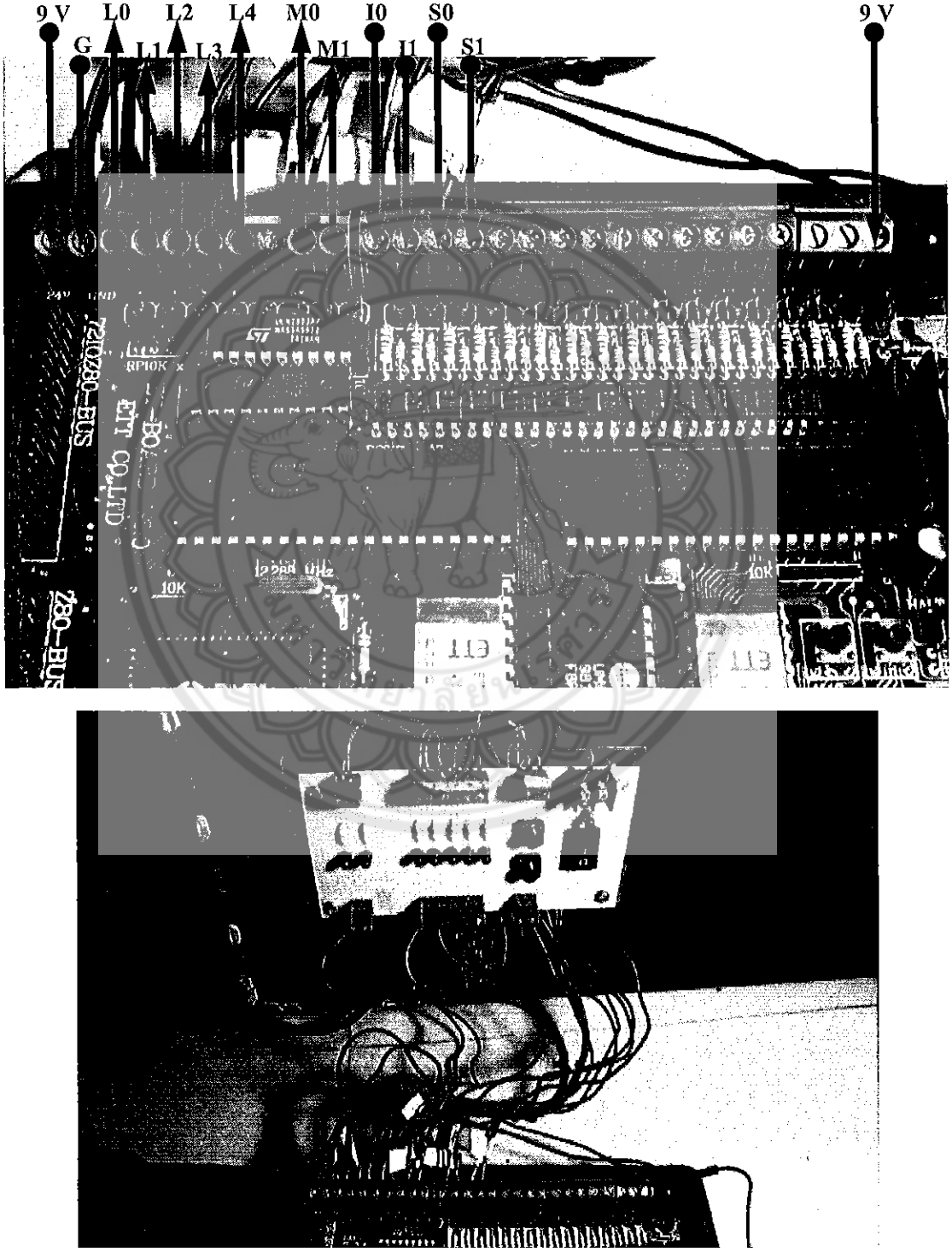
แบบจำลองที่สร้างขึ้น มีการใช้ม่านปรับแสงชนิดที่มีใบม่านเป็นแนวตั้งและสามารถปรับตำแหน่งของใบม่านได้โดยให้หมุนรอบแกนดิ่ง ในแบบจำลองมีการต่อเพลาของมอเตอร์เข้ากับแกนหมุนของม่านเพื่อให้สามารถปรับใบม่านด้วยการควบคุมการหมุนของมอเตอร์ ตำแหน่งเริ่มต้นของใบม่านมีลักษณะเหลื่อมทับกัน การหมุนของมอเตอร์ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของใบม่าน โดยใบม่านจะหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ในการทำงานของระบบ ใบม่านที่อยู่ในตำแหน่ง 90 องศา เป็นตำแหน่งที่สามารถรับแสงได้มากที่สุดเนื่องจากใบม่านแต่ละใบนั้นวางตัวในลักษณะขนานกัน จึงทำให้มีพื้นที่ในการบังแสงน้อยลงกว่าเดิม รายละเอียดของม่านปรับแสงแสดงได้ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แบบจำลองของระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร

3.7 การประกอบวงจรและแบบจำลองเข้ากับพีแอลซี

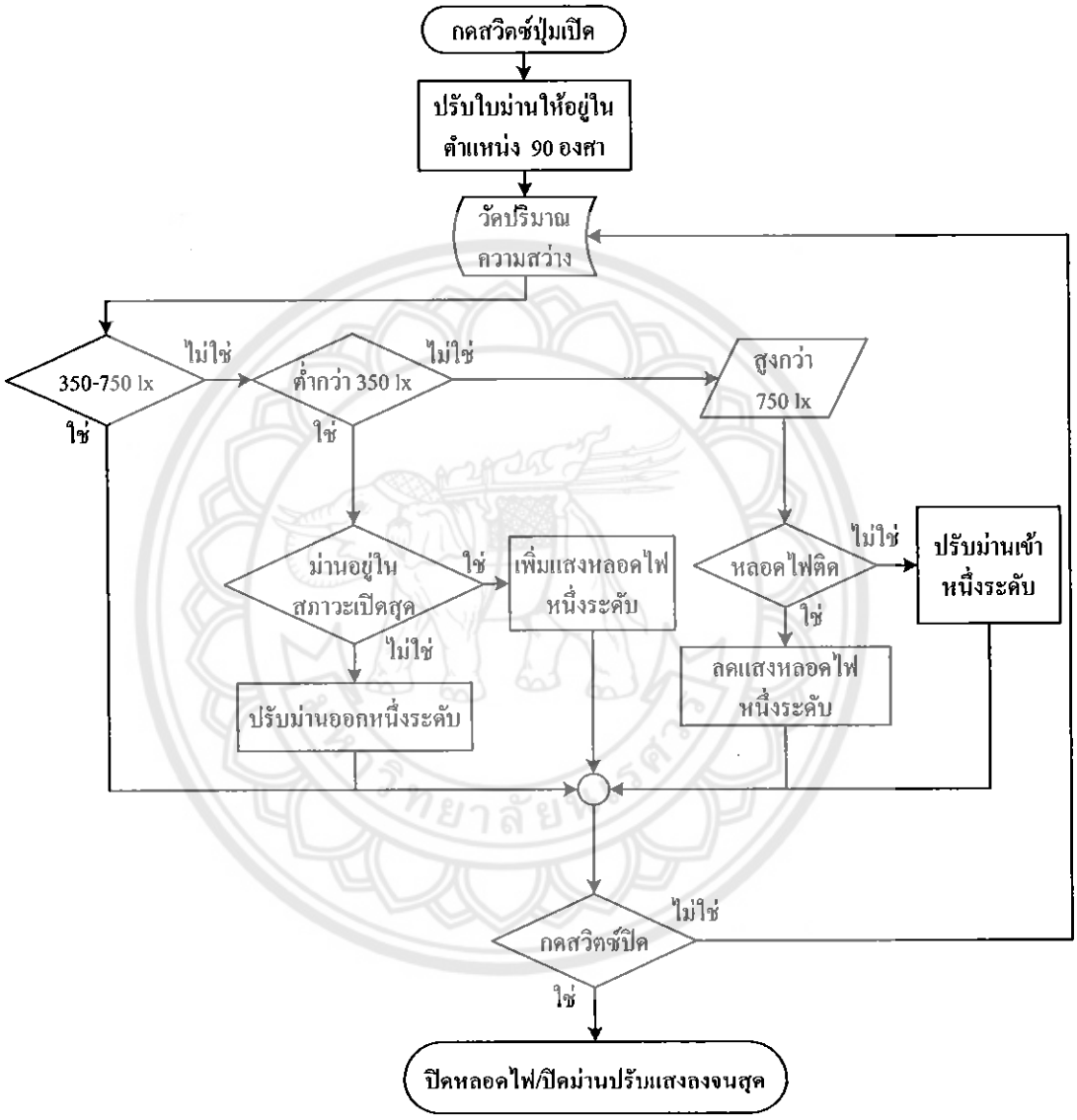
การประกอบวงจรการทำงานและอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับแบบจำลอง แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 3.12 โดยจะมีการนำอินพุตและเอาท์พุตของพีแอลซีไปเชื่อมต่อกับวงจรการทำงานต่าง ๆ ผ่านแผงควบคุมซึ่งติดตั้งอยู่ภายนอกแบบจำลอง โดยแสดงได้ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 การเชื่อมต่อวงจรและแบบจำลองเข้ากับพีแอลซี

3.8 ขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร

ในโครงงานนี้ผู้ดำเนินโครงงานได้จำลองสภาวะแสงที่อาจเกิดขึ้นได้ในสภาวะแวดล้อมจริงเพื่อนำมาทดสอบการทำงานของระบบควบคุมความสว่างที่สร้างขึ้น ซึ่งขั้นตอนการทำงานของระบบโดยรวมแสดงได้ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ผังขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคาร

สภาวะแสงที่อาจเกิดขึ้นได้ถูกจำแนกเป็น 3 กรณีดังนี้

3.8.1 กรณีความสว่างสูงกว่าช่วงที่กำหนด

ในกรณีความสว่างที่ตัวต้านทานไวแสงในแบบจำลองตรวจวัดได้นั้นมีค่าความสว่างสูงกว่าช่วงที่กำหนด พีแอลซีจะสั่งให้มอเตอร์หมุนเพื่อปรับตำแหน่งของใบม่าน โดยเลื่อนตำแหน่งไป

ครั้งละ 15 องศาจนหยุดอยู่ที่ตำแหน่ง 90 องศา ในขณะนี้พีแอลซีเริ่มรับค่าจากวงจรเปรียบเทียบแรงดันเพื่อนำมาประมวลผล เมื่อพีแอลซีพบว่าขณะนี้ความสว่างมีค่าเกินช่วงที่กำหนด พีแอลซีจะสั่งให้ปรับลดมุมของใบม่านลงครั้งละ 15 องศา จนกว่าค่าความสว่างที่วัดได้จะอยู่ในช่วงที่กำหนด แต่หากว่าความสว่างยังคงเกินกว่าช่วงที่กำหนด ม่านปรับแสงก็จะถูกปรับระดับใบม่านลงจนอยู่ในตำแหน่ง 0 องศา นั่นคือม่านปิด นั่นเอง

ในการทำงานประสานกันของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์และม่านปรับแสง กำหนดให้ใบม่านอยู่ในตำแหน่ง 90 องศา เพื่อเปิดรับแสงจากภายนอก ถ้าค่าความสว่างในแบบจำลองเพิ่มสูงขึ้นเกินช่วงที่กำหนด พีแอลซีจะทำการสั่งให้หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์ปรับลดระดับความสว่างลงก่อนจนค่าความสว่างภายในแบบจำลองอยู่ในช่วงที่กำหนด แต่ถ้าหากปรับลดจนหลอดไฟดับลงแล้ว ความสว่างที่แบบจำลองได้รับนั้นยังคงมีค่าสูงกว่าช่วงที่กำหนด พีแอลซีจะสั่งให้ปรับลดองศาของใบม่าน เพื่อลดปริมาณแสงที่ได้รับจากภายนอกลง จนความสว่างภายในแบบจำลองนั้นอยู่ในช่วงที่กำหนด พีแอลซีจึงจะหยุดการสั่งงาน และให้ใบม่านปรับแสงหยุดอยู่ที่ระดับนั้น ๆ

3.8.2 กรณีความสว่างอยู่ในช่วงที่กำหนด

ในกรณีความสว่างที่ตัวต้านทานไวแสงในแบบจำลองตรวจวัดได้นั้นมีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนด ในการเริ่มต้นการทำงานของระบบพีแอลซีจะสั่งให้มอเตอร์หมุนเพื่อปรับใบม่านไปครั้งละ 15 องศาจนหยุดอยู่ที่ตำแหน่ง 90 องศา ในขณะนี้พีแอลซีเริ่มรับค่าจากวงจรเปรียบเทียบแรงดันเพื่อนำมาประมวลผล ซึ่งถ้าหากพีแอลซีตรวจสอบแล้วพบว่าความสว่างอยู่ในช่วงที่กำหนด พีแอลซีจะสั่งให้มอเตอร์หยุดหมุน นั่นคือใบม่านปรับแสงยังอยู่ในตำแหน่งที่ 90 องศา

3.8.3 กรณีความสว่างต่ำกว่าช่วงที่กำหนด

ในกรณีความสว่างที่ตัวต้านทานไวแสงในแบบจำลองตรวจวัดได้นั้นมีค่าความสว่างต่ำกว่าช่วงที่กำหนด ในการเริ่มต้นการทำงานของระบบพีแอลซีจะสั่งให้มอเตอร์หมุนเพื่อปรับใบม่านไปครั้งละ 15 องศาจนหยุดอยู่ที่ตำแหน่ง 90 องศา ในขณะนี้พีแอลซีเริ่มรับค่าจากวงจรเปรียบเทียบแรงดันเพื่อนำมาประมวลผล โดยเมื่อพีแอลซีพบว่า ความสว่างต่ำกว่าช่วงที่กำหนด พีแอลซีจะยังคงให้ใบม่านปรับแสงอยู่ในตำแหน่ง 90 องศา เพื่อให้แบบจำลองได้รับแสงจากภายนอกมากที่สุดและปรับเพิ่มระดับความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์ ซึ่งมีทั้งหมด 5 ระดับ จนกระทั่งความสว่างภายในแบบจำลองมีค่าเพิ่มขึ้นจนอยู่ในช่วงที่กำหนด พีแอลจึงสั่งให้คงค่าการทำงานให้อยู่ในระดับความสว่างค่านั้น

บทที่ 4
ผลการทดสอบ

หลังจากสร้างวงจรการทำงานต่าง ๆ และแบบจำลองการทำงานของระบบ รวมถึงการออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบดังที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 3 แล้ว ผู้จัดทำโครงงานได้ดำเนินการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร ซึ่งสามารถอธิบายในหัวข้อดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดสอบระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร

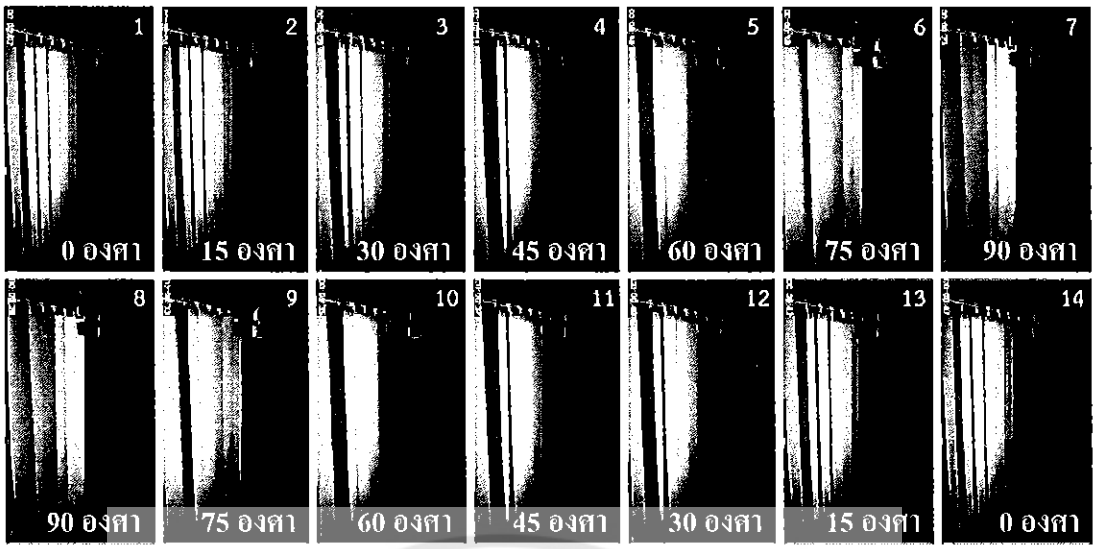
ในการทดสอบระบบควบคุมความสว่างภายในอาคาร เป็นการทดสอบการทำงานของระบบซึ่งใช้แบบจำลองห้องทำงานเป็นอุปกรณ์ในการทดสอบ และใช้แหล่งกำเนิดแสงเทียมเป็นแหล่งกำเนิดที่ให้แสงสว่างแก่แบบจำลอง ซึ่งในการทดสอบได้มีการปรับตั้งค่าแรงดันอ้างอิงไว้ด้วยกัน 2 ระดับคือ ที่ระดับแรงดัน 3.5 V ซึ่งสอดคล้องกับรัดบความสว่างในปริมาณ 350 lx และที่ระดับแรงดัน 5.3 V ซึ่งสอดคล้องกับระดับความสว่างในปริมาณ 750 lx โดยผลการทดสอบสามารถจำแนกได้เป็นกรณีต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

4.1.1 กรณีความสว่างสูงกว่าช่วงที่กำหนด

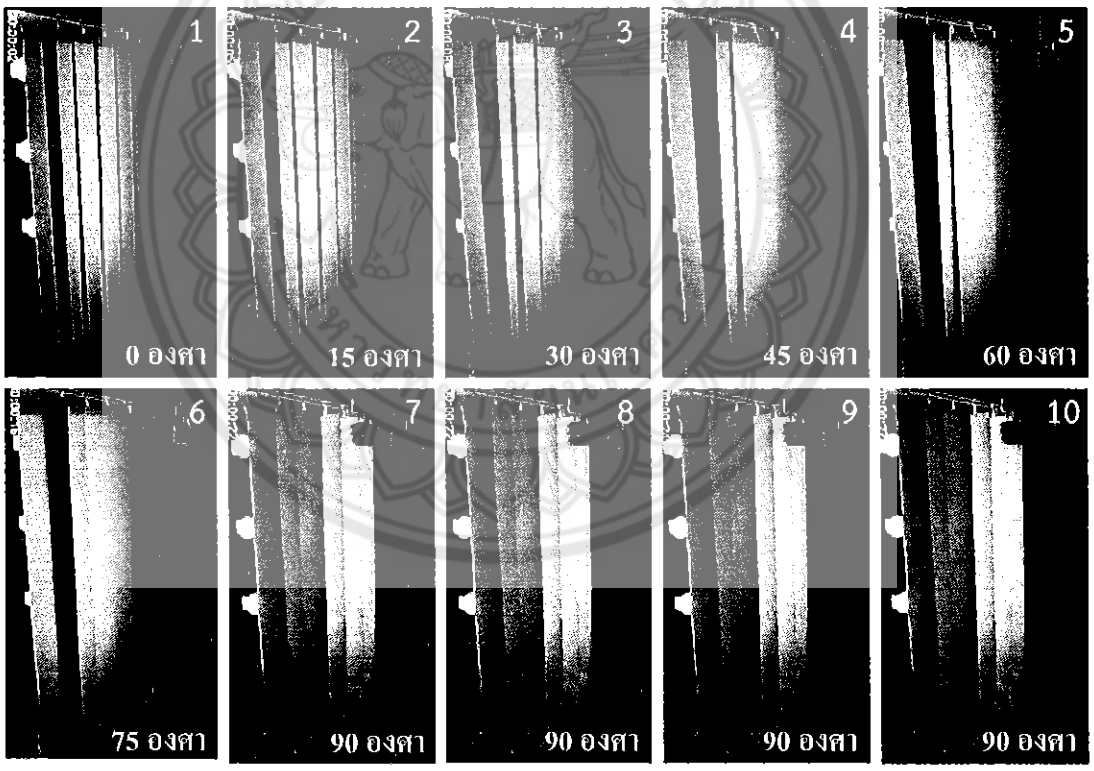
เมื่อให้ระบบเริ่มต้นทำงานมอเตอร์หมุนปรับใบม่านไปอยู่ในตำแหน่ง 90 องศา ซึ่งเป็นระดับสูงสุดของม่านปรับแสง โดยในการปรับในแต่ละระดับใช้เวลา 2 s และเมื่อพีแอลซีตรวจวัดได้ว่ามีความสว่างในแบบจำลองสูงเกินกว่าช่วงที่กำหนด ม่านปรับแสงจึงปรับลดองศาของใบม่านลงทีละระดับซึ่งใช้เวลา 2 s ในการปรับแต่ละระดับและใช้เวลาในการรอรับค่าอีก 2 s โดยจะปรับลดองศาของใบม่านลงจนระดับความสว่างอยู่ในช่วงที่กำหนด แต่เมื่อแสงสว่างยังคงเกินช่วงที่กำหนด ม่านปรับแสงจะปรับระดับใบม่านลงจนถึงระดับต่ำสุดนั่นคือ 0 องศา ดังแสดงในรูปที่ 4.1

4.1.2 กรณีความสว่างอยู่ในช่วงที่กำหนด

เมื่อให้ระบบเริ่มต้นทำงาน มอเตอร์หมุนปรับใบม่านไปอยู่ในตำแหน่ง 90 องศาซึ่งเป็นระดับสูงสุดของม่านปรับแสง โดยใช้เวลาในการปรับในแต่ละระดับเป็นเวลา 2 s และเมื่อพีแอลซีตรวจวัดได้ว่ามีความสว่างในแบบจำลองอยู่ในช่วงที่กำหนด จะไม่มีการสั่งให้ม่านปรับแสงทำงาน โดยม่านปรับแสงยังคงอยู่ในตำแหน่งองศาสูงสุดที่ 90 องศาต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 การจำลองการทำงานของระบบกรณีความสว่างสูงกว่าช่วงที่กำหนด

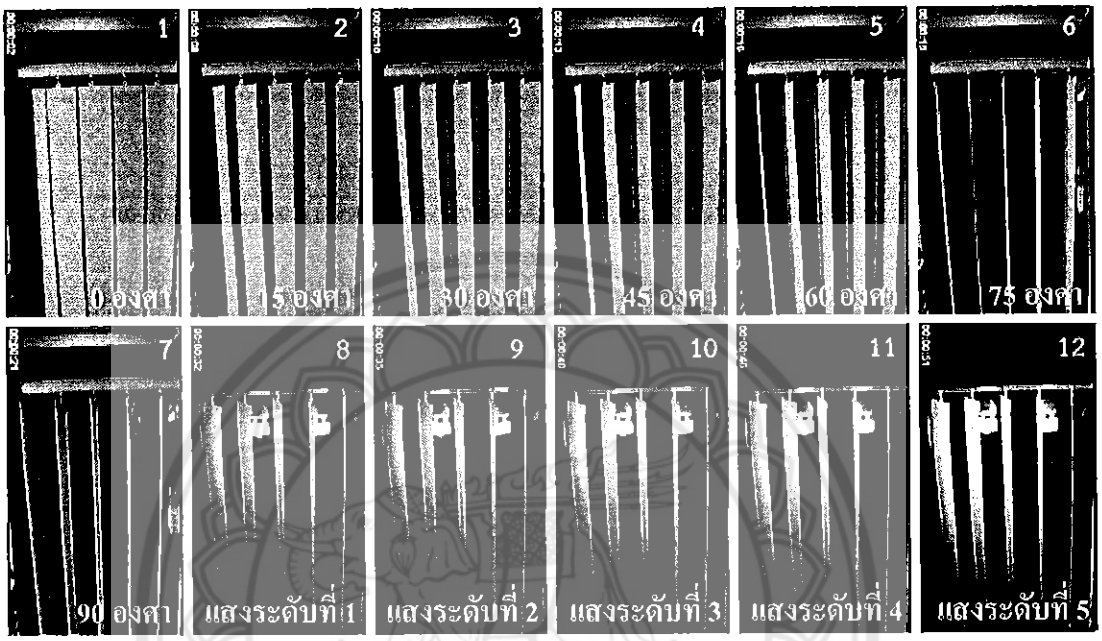


รูปที่ 4.2 การจำลองการทำงานของระบบกรณีความสว่างอยู่ในช่วงที่กำหนด

4.1.3 กรณีความสว่างต่ำกว่าช่วงที่กำหนด

เมื่อให้ระบบเริ่มต้นทำงาน มอเตอร์หมุนปรับใบม่านไปอยู่ในตำแหน่ง 90 องศา ซึ่งเป็นระดับสูงสุดของม่านปรับแสง โดยใช้เวลาในการปรับในแต่ละระดับเป็นเวลา 2 s และเมื่อพีแอลซี

ตรวจวัดได้ว่ามีความสว่างในแบบจำลองต่ำกว่าช่วงที่กำหนด หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์จะถูกปรับเพิ่มความสว่างของหลอดขึ้นทีละระดับ โดยมีการหน่วงเวลารอรับค่า ระดับละ 5 s ซึ่งในระดับความสว่างสูงสุดของหลอดไฟ จะมีค่าความสว่างที่อยู่ในช่วงที่กำหนด พีแอลซีจึงหยุดสั่งการทำงานและหลอดไฟจะทำงานอยู่ในระดับความสว่างสูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การจำลองการทำงานของระบบกรณีความสว่างต่ำกว่าช่วงที่กำหนด

4.2 ผลการทดสอบการทำงานกับแสงธรรมชาติ

นอกเหนือจากการทดสอบการทำงานของระบบโดยอาศัยแสงเทียมจากหลอดไส้แล้ว ยังมีการนำแบบจำลองไปทดสอบกับแสงธรรมชาติ ในเงื่อนไขของการรับแสงที่แตกต่างกัน โดยผลการทดสอบถูกจำแนกเป็นกรณีต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

4.2.1 กรณีรับแสงด้านทิศตะวันออก

ในการทดสอบการรับแสงจากธรรมชาติโดยตรงในด้านทิศตะวันออก ผลจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 12.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่แบบจำลองยังได้รับแสงจากดวงอาทิตย์โดยตรง ค่าความสว่างจะมีค่าที่สูงเกินช่วงที่กำหนด ถึงแม้ว่าม่านปรับแสงจะปิดอยู่ก็ตาม แต่ในช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 17.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่ดวงอาทิตย์เปลี่ยนตำแหน่งไปอยู่ด้านตรงข้ามกับด้านที่รับแสงของแบบจำลอง จะเห็นว่าในช่วงนี้ค่าความสว่างนั้นลดลงและระบบสามารถควบคุมความสว่างให้อยู่ในช่วงที่กำหนดได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.4

4.2.2 กรณีรับแสงด้านทิศตะวันตก

ในการทดสอบการรับแสงจากธรรมชาติโดยตรงในด้านทิศตะวันตก ผลการทดสอบจะมีลักษณะที่ตรงกันข้ามกับการทดสอบในทิศตะวันออก โดยในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 12.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่แบบจำลองนั้นยังไม่ได้รับแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ ระบบสามารถควบคุมความสว่างให้อยู่ในช่วงที่กำหนดได้ แต่ในช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 17.00 น. ดวงอาทิตย์ได้เปลี่ยนตำแหน่งไปอยู่ในด้านที่รับแสงของแบบจำลอง จึงทำให้ในช่วงเวลานี้ค่าความสว่างจะมีค่าที่สูงเกินช่วงที่กำหนด ถึงแม้ว่าม่านปรับแสงจะปิดอยู่ก็ตาม ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.5

4.2.3 กรณีรับแสงด้านทิศเหนือ

ในการทดสอบการรับแสงจากธรรมชาติโดยตรงในด้านทิศเหนือ ผลจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ช่วงเวลาตลอดทั้งการทดสอบนั่นคือ ช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 17.00 น. ระบบสามารถควบคุมค่าความสว่างให้อยู่ในช่วงที่กำหนดได้โดยไม่มีช่วงเวลาไหนที่มีความสว่างเกินกว่าช่วงที่กำหนด เนื่องจากการทดสอบรับแสงในด้านทิศเหนือนั้น จะไม่ได้รับแสงจากดวงอาทิตย์โดยตรง และการรับแสงตลอดทั้งวันนั้นจะมีค่าความสว่างที่ได้รับจะไม่แตกต่างกันมาก

เนื่องจากการรับแสงทางด้านทิศเหนือ และการรับแสงทางทิศใต้นั้นส่งผลต่อการทำงานของระบบควบคุมในลักษณะใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการรับแสงทางด้านทิศเหนือและทิศใต้จะมีลักษณะที่คล้ายกัน และการทำงานของระบบจะมีลักษณะการทำงานที่เหมือนกัน คือ สามารถควบคุมความสว่างให้อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ได้ ซึ่งรายละเอียดผลการทดสอบกรณีรับแสงด้านทิศเหนือ แสดงได้ดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.6

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบกรณีรับแสงโดยตรงด้านทิศตะวันออก

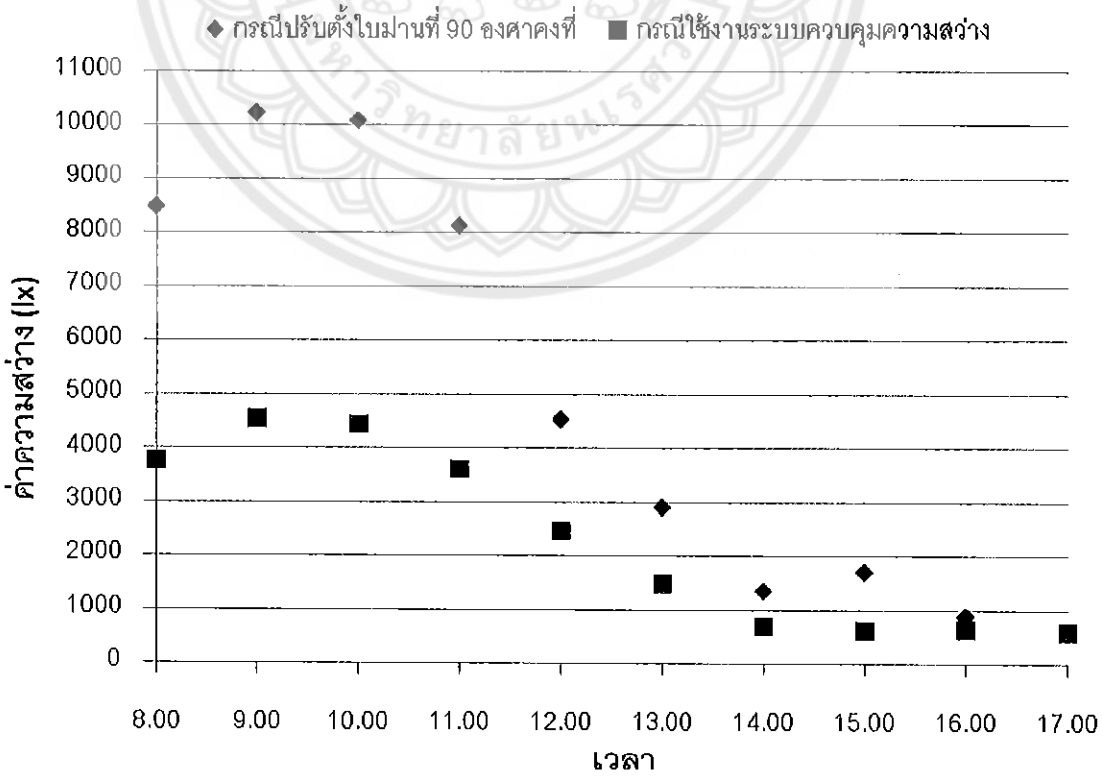
เวลา	ความสว่าง (lx)		แรงดัน (V)	สถานะ ม่านปรับแสง (องศา)	สถานะ หลอดไฟ
	สภาวะม่าน เปิดสูงสุด	สภาวะระบบ ทำงาน			
8.00 น.	8483	3770	7.72	0	หลอดไฟดับ
9.00 น.	10215	4540	7.72	0	หลอดไฟดับ
10.00 น.	10090	4440	7.73	0	หลอดไฟดับ
11.00 น.	8140	3620	7.74	0	หลอดไฟดับ
12.00 น.	4520	2460	7.74	0	หลอดไฟดับ
13.00 น.	2890	1488	7.32	0	หลอดไฟดับ
14.00 น.	1351	695	5.10	30	หลอดไฟดับ
15.00 น.	1698	610	4.78	30	หลอดไฟดับ
16.00 น.	870	635	4.98	45	หลอดไฟดับ
17.00 น.	588	588	4.20	45	หลอดไฟดับ

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบกรณีรับแสงโดยตรงด้านทิศตะวันตก

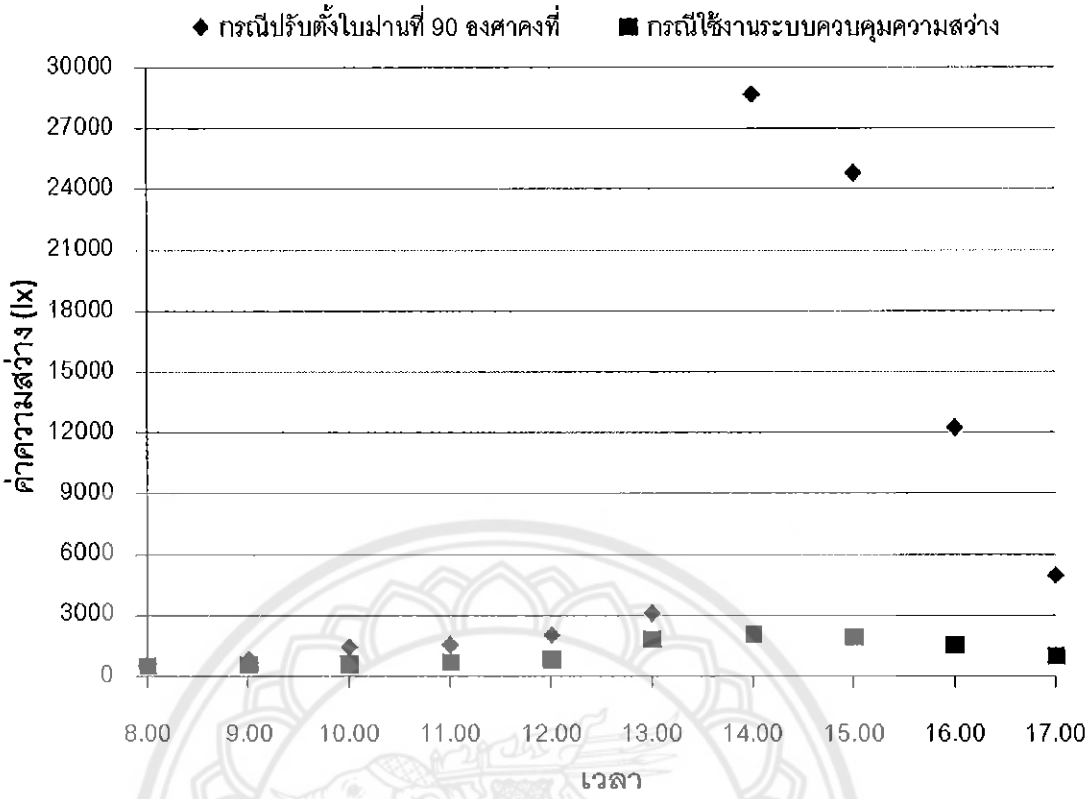
เวลา	ความสว่าง (lx)		แรงดัน (V)	สถานะ ม่านปรับแสง (องศา)	สถานะ หลอดไฟ
	สภาวะม่าน เปิดสูงสุด	สภาวะระบบ ทำงาน			
8.00 น.	519	519	4.45	90	หลอดไฟดับ
9.00 น.	856	584	4.67	60	หลอดไฟดับ
10.00 น.	1412	606	4.74	30	หลอดไฟดับ
11.00 น.	1540	710	5.18	30	หลอดไฟดับ
12.00 น.	2050	860	5.68	0	หลอดไฟดับ
13.00 น.	3080	1835	7.74	0	หลอดไฟดับ
14.00 น.	28700	2090	7.75	0	หลอดไฟดับ
15.00 น.	24800	1950	7.75	0	หลอดไฟดับ
16.00 น.	12250	1544	7.75	0	หลอดไฟดับ
17.00 น.	4970	1002	7.75	0	หลอดไฟดับ

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบกรณีรับแสงด้านทิศเหนือ

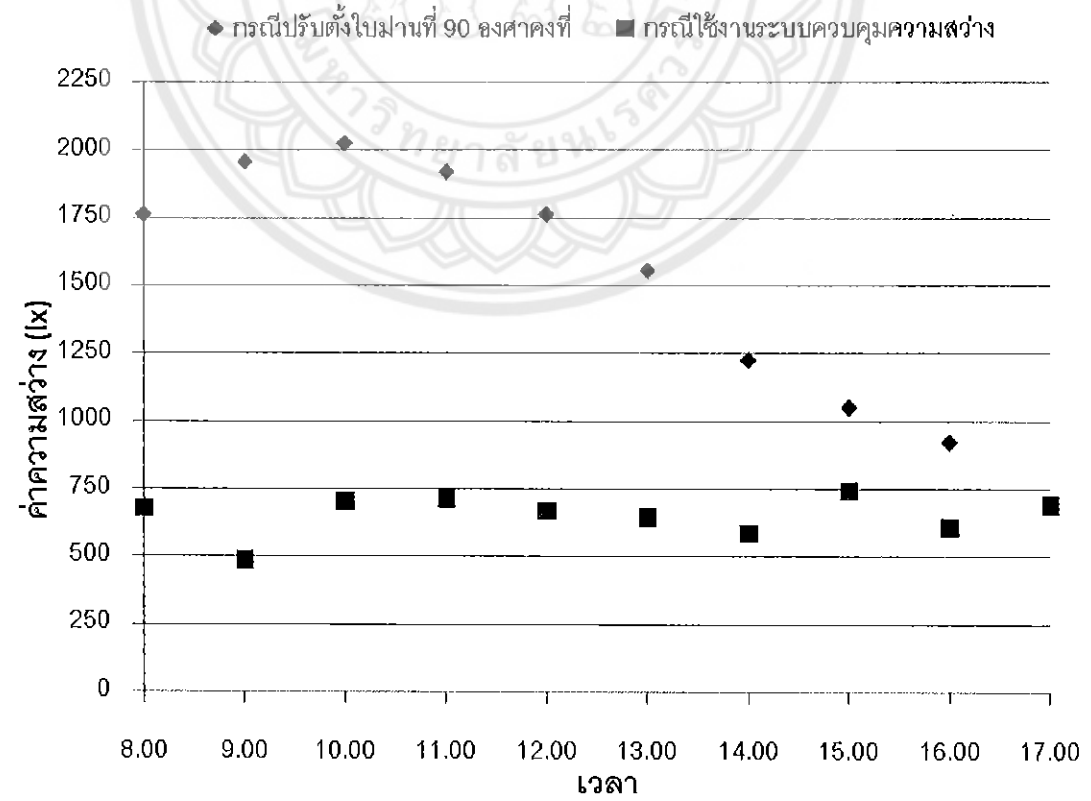
เวลา	ความสว่าง (lx)		แรงดัน (V)	สถานะม่านปรับแสง (องศา)	สถานะหลอดไฟ
	สภาวะม่านเปิดสูงสุด	สภาวะระบบทำงาน			
8.00 น.	1764	680	5.02	60	หลอดไฟดับ
9.00 น.	1958	489	4.38	15	หลอดไฟดับ
10.00 น.	2027	706	5.15	30	หลอดไฟดับ
11.00 น.	1920	714	5.18	30	หลอดไฟดับ
12.00 น.	1765	671	4.96	30	หลอดไฟดับ
13.00 น.	1558	644	4.90	30	หลอดไฟดับ
14.00 น.	1227	588	4.66	30	หลอดไฟดับ
15.00 น.	1050	745	5.24	45	หลอดไฟดับ
16.00 น.	922	609	4.72	90	หลอดไฟดับ
17.00 น.	690	690	5.07	90	หลอดไฟดับ



รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบกรณีรับแสงโดยตรงทางด้านทิศตะวันออก



รูปที่ 4.5 ผลการทดสอบกรณีรับแสงโดยตรงทางด้านทิศใต้



รูปที่ 4.6 ผลการทดสอบกรณีรับแสงทางด้านทิศเหนือ

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินโครงงานสามารถสรุปผล ชี้แจงปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินงาน รวมทั้งเสนอแนวทางแก้ปัญหา พร้อมให้ข้อเสนอแนะในการนำโครงงานไปพัฒนาต่อไป

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน

ในโครงงานนี้ได้นำพีแอลซีมาใช้ในระบบควบคุมความสว่างภายในอาคารสำนักงานให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้งาน ซึ่งมีการกำหนดช่วงความสว่างที่ 350 lx ถึง 750 lx และสามารถปรับช่วงความสว่างที่ต้องการได้ โดยการปรับโพเทนชิออมิเตอร์ ในระบบควบคุมดังกล่าวมีการใช้ตัวต้านทานไวแสงในการตรวจสอบความเข้มของแสงภายในอาคาร และใช้พีแอลซีควบคุมการปรับตำแหน่งของใบม่านปรับแสงและมีการหรี่แสงเพื่อปรับระดับความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ เพื่อให้ได้แสงที่เพียงพอต่อความต้องการ และสร้างแบบจำลองห้องทำงานเพื่อทดสอบการทำงานระบบควบคุมความสว่าง

ในการทดสอบ มีการทดสอบการทำงานของระบบกับแสงเทียม โดยใช้หลอดไส้เป็นแหล่งกำเนิดแสง เพื่อทดสอบการทำงานของระบบตามเงื่อนไขต่าง ๆ แทนแสงจากธรรมชาติ จากการทดสอบพบว่าระบบสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ โดยในกรณีที่แสงมีความสว่างมากเกินค่าที่ต้องการ ม่านปรับแสงจะถูกปรับลดองศาของใบม่านลงจนแสงอยู่ในช่วงที่กำหนด ในกรณีที่แสงมีความสว่างต่ำกว่าค่าที่ต้องการ ม่านปรับแสงจะถูกปรับเพิ่มองศาของใบม่านขึ้นจนแสงอยู่ในช่วงที่กำหนด และหากแสงยังคงต่ำกว่าช่วงที่กำหนด พีแอลซีจะสั่งให้เพิ่มความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์ จนกว่าจะได้ค่าความสว่างอยู่ในช่วงที่กำหนด นอกจากนี้ยังมีการทดสอบการทำงานกับแสงธรรมชาติ โดยทดสอบกับเงื่อนไข การรับแสงโดยตรงด้านทิศตะวันออกซึ่งพบว่าในช่วงเช้าได้รับปริมาณแสงมากเกิน เพราะแบบจำลองได้รับแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ ในขณะที่ช่วงบ่ายระบบสามารถควบคุมปริมาณแสงให้อยู่ในช่วงที่กำหนดได้ ในกรณีรับแสงโดยตรงด้านทิศตะวันตก พบว่าในช่วงเช้าระบบสามารถควบคุมปริมาณแสงให้อยู่ในช่วงที่กำหนดได้ แต่ในช่วงบ่ายได้รับปริมาณแสงมากเกินความต้องการ ในการรับแสงทางด้านทิศเหนือสามารถควบคุมปริมาณแสงตามความต้องการได้ทั้งวันเนื่องจากไม่ได้รับแสงจากดวงอาทิตย์โดยตรง อย่างไรก็ตามเนื่องจากไม่ได้เป็นการทดสอบกับสภาพห้องจริง ดังนั้นการทำงานของระบบในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามที่ได้ทำการทดสอบไปนั้นในสภาพห้องจริงอาจจะแตกต่างไปจากผลที่ได้จากการทดสอบในแบบจำลอง

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

ในโครงงานมีการใช้ตัวต้านทานไวแสงเป็นอุปกรณ์ในการตรวจวัดแสง และมีการทดสอบการรับจากแสงธรรมชาติและแสงเทียม ซึ่งแสงทั้งสองแหล่งส่งผลต่อค่าความต้านทานของตัวต้านทานไวแสงที่แตกต่างกันจึงทำให้ระดับแรงดันที่จะนำไปเป็นแรงดันอ้างอิงในวงจรเปรียบเทียบแรงดันนั้นมีค่าที่แตกต่างกัน ซึ่งทำให้เกิดปัญหาในการตรวจวัดความสว่างจากแหล่งกำเนิดทั้งสองแหล่งพร้อมกัน แนวทางในการแก้ไขคือ การเปลี่ยนไปใช้อุปกรณ์ในการตรวจวัดแสงตัวอื่น เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ เป็นต้น และในวงจรเปรียบเทียบแรงดัน ความแม่นยำของวงจรในการเปรียบเทียบแรงดันกับแรงดันอ้างอิงยังไม่มากพอ จึงทำให้ค่าความสว่างที่กำหนดมีค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าที่ต้องการ ดังนั้นจึงควรแก้ไขวงจรเปรียบเทียบระดับแรงดันให้มีความแม่นยำมากขึ้น นอกจากนั้นยังมีปัญหาเรื่องจำนวนเอาท์พุตของพีแอลซี ซึ่งมีจำนวนน้อยส่งผลทำให้มีการเปลี่ยนแปลงระดับความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์อย่างเห็นได้ชัด โดยปัญหานี้มีแนวทางแก้ไขคือ เปลี่ยนไปใช้พีแอลซีชนิดที่มีจำนวนเอาท์พุตมากกว่าเดิม

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

การทดสอบหลักการทำงานของระบบควบคุมที่ออกแบบในโครงงานนี้ได้ใช้แบบจำลอง ซึ่งมีข้อจำกัดด้านโครงสร้าง ประกอบกับข้อจำกัดของตัวอุปกรณ์ตรวจวัดแสงสว่างที่ใช้ในโครงงาน ซึ่งเมื่อนำไปใช้กับสภาพห้องจริงอาจทำให้การทำงานคลาดเคลื่อนไปจากผลการทดสอบ ดังนั้น จึงต้องมีการศึกษาการทำงานของระบบในสภาพห้องจริง รวมทั้งศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องผลของแสงในทิศทางต่าง ๆ และศึกษาการใช้งานระบบในห้องที่มีขนาดแตกต่างกัน เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิผล

เอกสารอ้างอิง

[1] รองศาสตราจารย์ ดร.เสริม จันทร์ฉาย. (2552). **การศึกษาการกระจายของแสงสว่างจากท้องฟ้าในประเทศไทยเพื่อประยุกต์ใช้ในการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร.** รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

[2] ธนาวุฒิ ไกรฤทธิกุล. **LDR ตัวต้านทานไวแสง.** สืบค้นเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม 2554 จาก http://electronics.se-ed.com/contents/041s060/041s060_p02.asp

[3] ธนันต์ ศรีสกุล. (2552). **พื้นฐานการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์.** กรุงเทพฯ: วิตตี้กรุ๊ป

[4] นายอนุชิต พาลี, นายธนากร บั่นซางคอน, นายเอกสิทธิ์ เชื้อวงษ์ดี. (2549). **แบบจำลองระบบการทำงานของโรงงานน้ำแข็งด้วยพีแอลซี.** ปริญญานิพนธ์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก

[5] ธนากร ทาจันทร์, นพพล ปรีดาภิรมย์ และสมคิด ไชยวงค์. (2546). **การควบคุมระบบลิฟท์ด้วยพีแอลซี.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก

[6] บริษัท อีทีที จำกัด. **ET-BOARD V5.0 USER'S MANUAL PLC & BASIC 180.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์อีทีที.

ภาคผนวก ก
โปรแกรมควบคุมความสว่างภายในอาคาร

```
1.  LD          0002
2.  OR          0900
3.  AND   NOT   0902
4.  AND   NOT   1001
5.  OUT         0900
6.  LD          0900
7.  LD    NOT   0001
8.  AND         0903
9.  OR    LD
10. AND   NOT   0707
11. AND   NOT   0906
12. LD          0901
13. AND   NOT   0903
14. LD          0904
15. OR    LD
16. LATCH 0706
17. LD          0706
18. AND   NOT   0902
19. LD          0902
20. OR    LD
21. TIM         00
22. DATA        #0016
23. LD    NOT   0706
24. AND   NOT   0902
25. TIM         01
26. DATA        #0020
27. LD    TIM   00
28. LD    TIM   01
29. LATCH 0901
30. LD          0901
31. LD          0002
32. CNT         00
33. CNT   DATA  #0006
34. LD    CNT   00
35. AND   NOT   1001
36. OUT         0902
37. LD          0902
38. TIM         02
39. DATA        #0020
40. LD    TIM   02
41. OUT         0903
42. LD          0706
43. AND   NOT   0903
44. TIM         03
45. DATA        #0016
46. LD    NOT   0706
47. AND         0903
48. TIM         04
49. DATA        #0020
50. LD    TIM   03
51. LD    TIM   04
52. LATCH 0904
53. LD          0000
54. AND         1000
55. AND   NOT   0706
56. AND         0903
57. LD          1001
58. OR    LD
```

ส่วนตรวจสอบสวิตซ์ปุ่มเริ่มการทำงาน

ส่วนสั่งการทำงานของมอเตอร์เพื่อเปิดม่านออก

ส่วนตรวจสอบเพื่อให้ม่านเปิดออกจนอยู่ในสถานะเปิดออกรับแสงธรรมชาติมากที่สุด

ส่วนหน่วงเวลาก่อนเริ่มทำการวัดปริมาณแสง

ส่วนสั่งการทำงานของมอเตอร์เพื่อเปิดม่านออก (ต่อ)

ส่วนสั่งการทำงานของมอเตอร์เพื่อปิดม่านเข้า

```
59. AND   NOT   0907
60. LD          0905
61. LATCH 0707
62. LD          0707
63. LD          1001
64. OR          0903
65. AND   LD
66. TIM         05
67. DATA        #0016
68. LD    NOT   0707
69. LD          1001
70. OR          0903
71. AND   LD
72. TIM         06
73. DATA        #0020
74. LD    TIM   05
75. LD    TIM   06
76. LATCH 0905
```

ส่วนสั่งการทำงานของมอเตอร์เพื่อปิดม่านเข้า (ต่อ)

```
77. LD          0706
78. LD          0707
79. LD          0907
80. OR          0002
81. CNTR        01
82. DATA        #0005
83. LD    CNT   01
84. OUT         0906
```

ส่วนตรวจสอบสถานะเปิดม่านออกจนสุด

```
85. LD          0707
86. LD          0706
87. LD          0906
88. CNTR        02
89. DATA        #0005
90. LD    CNT   02
91. OUT         0907
```

ส่วนตรวจสอบสถานะปิดม่านเข้าจนสุด

```
92. LD          0003
93. AND         0903
94. LD          0002
95. AND         0907
96. LATCH 1001
```

ส่วนตรวจสอบสวิตซ์ปุ่มหยุดการทำงาน

```
97. LD          0000
98. AND         0701
99. AND   NOT   0705
100. LD   NOT   0001
101.AND   NOT   0701
102.AND         0705
103.OR    LD
104.AND   NOT   0702
105.AND   NOT   0703
106.AND   NOT   0704
107.AND         0903
108.AND         0906
109.TIM         07
110.DATA        #0050
```

ส่วนตรวจสอบสถานะและหน่วงเวลาก่อนสั่งการทำงาน ของสถานะความสว่างของหลอดไฟระดับที่ 1

```
111.LD    TIM   07
112.LD          0000
113.AND         0701
114.AND   NOT   0705
115.LD    NOT   0001
116.AND   NOT   0701
```

ส่วนสั่งการทำงานของสถานะความสว่างของหลอดไฟระดับที่ 1 หลังจากหน่วงเวลาแล้ว

```
117.AND         0705
118.OR    LD
119.AND   LD
120.LD          0700
121.AND   NOT   0701
122.AND   NOT   0705
123.OR    LD
124.AND   NOT   0702
125.AND   NOT   0703
126.AND   NOT   0704
127.AND         0903
128.AND         0906
129.OUT         0700
130.LD          0000
131.AND   NOT   0700
132.AND         0702
133.LD    NOT   0001
134.AND         0700
135.AND   NOT   0702
136.OR    LD
137.AND   NOT   0703
138.AND   NOT   0704
139.AND   NOT   0705
140.AND         0903
141.AND         0906
142.TIM         08
143.DATA        #0050
144.LD    TIM   08
145.LD          0000
146.AND   NOT   0700
147.AND         0702
148.LD    NOT   0001
149.AND         0700
150.AND   NOT   0702
151.OR    LD
152.AND   LD
153.LD    NOT   0700
154.AND         0701
155.AND   NOT   0702
156.OR    LD
157.AND   NOT   0703
158.AND   NOT   0704
159.AND   NOT   0705
160.AND         0903
161.AND         0906
162.OUT         0701
163.LD          0000
164.AND   NOT   0701
165.AND         0703
166.LD    NOT   0001
167.AND         0701
168.AND   NOT   0703
169.OR    LD
170.AND   NOT   0700
171.AND   NOT   0704
172.AND   NOT   0705
173.AND         0903
174.AND         0906
```

ส่วนสั่งการทำงานของสถานะความสว่างของหลอดไฟระดับที่ 1 หลังจากหน่วงเวลาแล้ว (ต่อ)

ส่วนตรวจสอบสถานะและหน่วงเวลาก่อนสั่งการทำงานของสถานะความสว่างของหลอดไฟระดับที่ 2

ส่วนสั่งการทำงานของสถานะความสว่างของหลอดไฟระดับที่ 2 หลังจากหน่วงเวลาแล้ว

ส่วนตรวจสอบสถานะและหน่วงเวลาก่อนสั่งการทำงานของสถานะความสว่างของหลอดไฟระดับที่ 3

```
175.TIM         09
176.DATA        #0050
177.LD    TIM   09
178.LD          0000
179.AND   NOT   0701
180.AND         0703
181.LD    NOT   0001
182.AND         0701
183.AND   NOT   0703
184.OR    LD
185.AND   LD
186.LD    NOT   0701
187.AND         0702
188.AND   NOT   0703
189.OR    LD
190.AND   NOT   0700
191.AND   NOT   0704
192.AND   NOT   0705
193.AND         0903
194.AND         0906
195.OUT         0702
196.LD          0000
197.AND   NOT   0702
198.AND         0704
199.LD    NOT   0001
200.AND         0702
201.AND   NOT   0704
202.OR    LD
203.AND   NOT   0700
204.AND   NOT   0701
205.AND   NOT   0705
206.AND         0903
207.AND         0906
208.TIM         10
209.DATA        #0050
210.LD    TIM   10
211.LD          0000
212.AND   NOT   0702
213.AND         0704
214.LD    NOT   0001
215.AND         0702
216.AND   NOT   0704
217.OR    LD
218.AND   LD
219.LD    NOT   0702
220.AND         0703
221.AND   NOT   0704
222.OR    LD
223.AND   NOT   0700
224.AND   NOT   0701
225.AND   NOT   0705
226.AND         0903
227.AND         0906
228.OUT         0703
229.LD    NOT   0001
230.AND   NOT   0700
231.AND   NOT   0701
232.AND   NOT   0702
```

ส่วนตรวจสอบสถานะและหน่วงเวลาก่อนสั่งการทำงาน ของสถานะความสว่างของหลอดไฟระดับที่ 3 (ต่อ)

ส่วนสั่งการทำงานของสถานะความสว่างของหลอดไฟ ระดับที่ 3 หลังจากหน่วงเวลาแล้ว

ส่วนตรวจสอบสถานะและหน่วงเวลาก่อนสั่งการทำงาน ของสถานะความสว่างของหลอดไฟระดับที่ 4

ส่วนสั่งการทำงานของสถานะความสว่างของหลอดไฟ ระดับที่ 4 หลังจากหน่วงเวลาแล้ว

ส่วนตรวจสอบสถานะและหน่วงเวลาก่อนสั่งการทำงาน ของสถานะความสว่างของหลอดไฟระดับที่ 5

```
233.AND       0703
234.AND  NOT  0705
235.AND       0903
236.AND       0906
237.TIM       11
238.DATA      #0050
239.LD   TIM  11
240.AND  NOT  0001
241.AND       0703
242.LD   NOT  0703
243.AND       0704
244.OR   LD
245.AND  NOT  0700
246.AND  NOT  0701
247.AND  NOT  0702
248.AND  NOT  0705
249.AND       0903
250.AND       0906
251.OUT       0704
252.LD        0000
253.AND       0700
254.AND  NOT  0701
255.AND  NOT  0702
256.AND  NOT  0703
257.AND  NOT  0704
258.AND       0903
259.TIM       12
260.DATA      #0050
261.LD   TIM  12
262.AND       0000
263.AND       0700
264.LD   NOT  0700
265.OR   LD
266.AND  NOT  0701
267.AND  NOT  0702
268.AND  NOT  0703
269.AND  NOT  0704
270.AND       0903
271.OUT       0705
272.LD        0705
273.TIM       13
274.DATA      #0020
275.LD   TIM  13
276.OUT       1000
277.END
```

ส่วนตรวจสอบสถานะและหน่วงเวลาก่อนสั่งการทำงาน
ของสถานะความสว่างของหลอดไฟระดับที่ 5 (ต่อ)

ส่วนสั่งการทำงานของสถานะความสว่างของหลอดไฟ
ระดับที่ 5 หลังจากหน่วงเวลาแล้ว

ส่วนตรวจสอบสถานะและหน่วงเวลาก่อนสั่งการทำงาน
ของสถานะว่าง

ส่วนหน่วงเวลาก่อนเริ่มทำการสั่งงานมอเตอร์เพื่อควบคุม
ม่านปรับแสง

ส่วนสิ้นสุดโปรแกรมการทำงาน

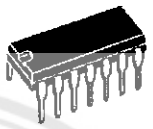
ภาคผนวก ข

รายละเอียดของไอซี LM324N

LM124
LM224 - LM324

LOW POWER QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

- WIDE GAIN BANDWIDTH : 1.3MHz
- INPUT COMMON-MODE VOLTAGE RANGE INCLUDES GROUND
- LARGE VOLTAGE GAIN : 100dB
- VERY LOW SUPPLY CURRENT/AMPLI : 375µA
- LOW INPUT BIAS CURRENT : 20nA
- LOW INPUT OFFSET VOLTAGE : 5mV max.
  (for more accurate applications, use the equivalent parts LM124A-LM224A-LM324A which feature 3mV max)
- LOW INPUT OFFSET CURRENT : 2nA
- WIDE POWER SUPPLY RANGE :
  SINGLE SUPPLY : +3V TO +30V
  DUAL SUPPLIES : ±1.5V TO ±15V



N
DIP14
(Plastic Package)

D
SO14
(Plastic Micropackage)

P
TSSOP14
(Thin Shrink Small Outline Package)

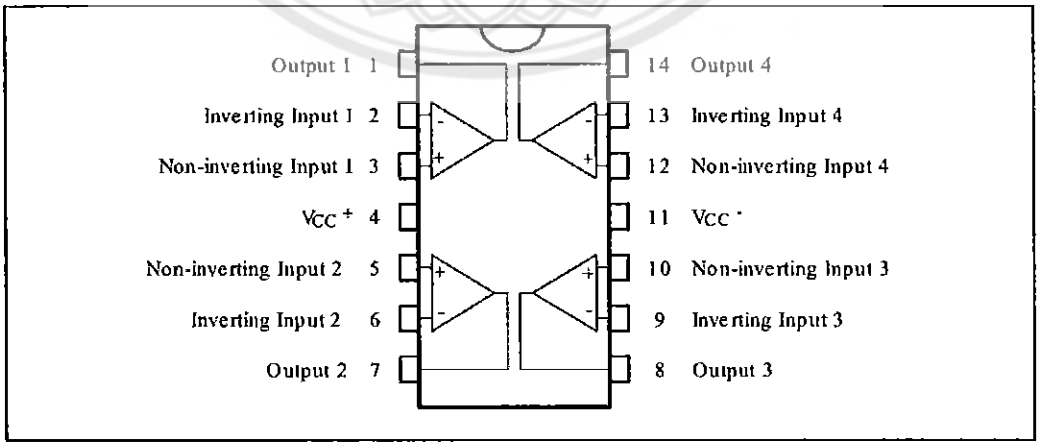
DESCRIPTION

These circuits consist of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers. They operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

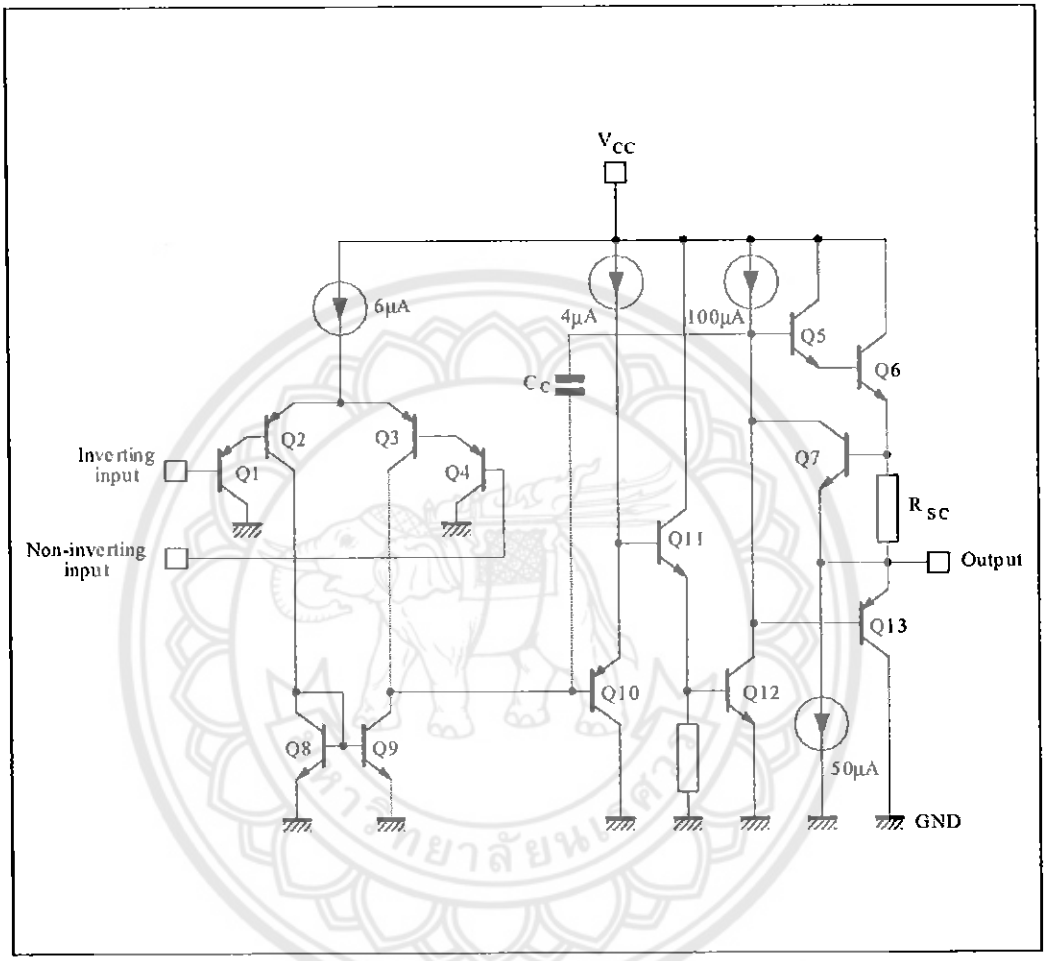
ORDER CODES

Part Number	Temperature Range	Package		
		N	D	P
LM124	-55°C, +125°C	•	•	•
LM224	-40°C, +105°C	•	•	•
LM324	0°C, +70°C	•	•	•
Example : LM224N				

PIN CONNECTIONS (top view)



SCHEMATIC DIAGRAM (1/4 LM124)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	LM124	LM224	LM324	Unit
V_{cc}	Supply Voltage	±16 or 32			V
V_i	Input Voltage	-0.3 to +32			V
V_{id}	Differential Input Voltage - (*)	+32	+32	+32	V
P_{tot}	Power Dissipation N Suffix D Suffix	500 -	500 400	500 400	mW mW
-	Output Short-circuit Duration - (note 1)	Infinite			
I_{in}	Input Current – (note 6)	50	50	50	mA
T_{oper}	Operating Free Air Temperature Range	-55 to +125	-40 to +105	0 to +70	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	-65 to +150	-65 to +150	-65 to +150	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

V_{CC}^+ = +5V, V_{CC}^- = Ground, V_O = 1.4V, T_{amb} = +25°C (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	LM124 - LM224 - LM324			Unit
		Min.	Typ.	Max.	
V_{io}	Input Offset Voltage (note 3) T_{amb} = +25°C LM324 $T_{min.} \le T_{amb} \le T_{max.}$ LM324		2	5 7 7 9	mV
I_{io}	Input Offset Current T_{amb} = +25°C $T_{min.} \le T_{amb} \le T_{max.}$		2	30 100	nA
I_{ib}	Input Bias Current (note 2) T_{amb} = +25°C $T_{min.} \le T_{amb} \le T_{max.}$		20	150 300	nA
A_{vd}	Large Signal Voltage Gain (V_{CC}^+ = +15V, R_L = 2kΩ, V_O = 1.4V to 11.4V) T_{amb} = +25°C $T_{min.} \le T_{amb} \le T_{max.}$	50 25	100		V/mV
SVR	Supply Voltage Rejection Ratio ($R_S \le 10k\Omega$) (V_{CC}^+ = 5V to 30V) T_{amb} = +25°C $T_{min.} \le T_{amb} \le T_{max.}$	65 65	110		dB
I_{CC}	Supply Current, all Amp, no load T_{amb} = +25°C V_{CC} = +5V V_{CC} = +30V $T_{min.} \le T_{amb} \le T_{max.}$ V_{CC} = +5V V_{CC} = +30V		0.7 1.5 0.8 1.5	1.2 3 1.2 3	mA
V_{icm}	Input Common Mode Voltage Range (V_{CC} = +30V) - (note 4) T_{amb} = +25°C $T_{min.} \le T_{amb} \le T_{max.}$	0 0		V_{CC} -1.5 V_{CC} -2	V
CMR	Common-mode Rejection Ratio ($R_S \le 10k\Omega$) T_{amb} = +25°C $T_{min.} \le T_{amb} \le T_{max}$	70 60	80		dB
I_{source}	Output Current Source (V_{id} = +1V) V_{CC} = +15V, V_o = +2V	20	40	70	mA
I_{sink}	Output Sink Current (V_{id} = -1V) V_{CC} = +15V, V_o = +2V V_{CC} = +15V, V_o = +0.2V	10 12	20 50		mA µA

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	LM124 - LM224 - LM324			Unit
		Min.	Typ.	Max.	
V_{OH}	High Level Output Voltage (V_{CC} = +30V) T_{amb} = +25°C R_L = 2kΩ $T_{min.} \le T_{amb} \le T_{max.}$ T_{amb} = +25°C R_L = 10kΩ $T_{min.} \le T_{amb} \le T_{max.}$ (V_{CC} = +5V, R_L = 2kΩ) T_{amb} = +25°C $T_{min.} \le T_{amb} \le T_{max.}$	 26 26 27 27 3.5 3	 27 28		V
V_{OL}	Low Level Output Voltage (R_L = 10kΩ) T_{amb} = +25°C $T_{min.} \le T_{amb} \le T_{max.}$		5	20 20	mV
SR	Slew Rate V_{CC} = 15V, V_i = 0.5 to 3V, R_L = 2kΩ, C_L = 100pF, unity gain)		0.4		V/µs
GBP	Gain Bandwidth Product V_{CC} = 30V, f = 100kHz, V_{in} = 10mV R_L = 2kΩ, C_L = 100pF		1.3		MHz
THD	Total Harmonic Distortion f = 1kHz, A_V = 20dB, R_L = 2kΩ, V_O = $2V_{pp}$ C_L = 100pF, V_{CC} = 30V		0.015		%
e_n	Equivalent Input Noise Voltage f = 1kHz, R_s = 100Ω, V_{CC} = 30V		40		$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$
DV_{io}	Input Offset Voltage Drift		7	30	µV/°C
DI_{IO}	Input Offset Current Drift		10	200	pA/°C
V_{o1}/V_{o2}	Channel Separation (note 5) 1kHz ≤ f ≤ 20kHz		120		dB

Notes : 1. Short-circuits from the output to V_{CC} can cause excessive heating if V_{CC} > 15V. The maximum output current is approximately 40mA independent of the magnitude of V_{CC}. Destructive dissipation can result from simultaneous short-circuit on all amplifiers.

2. The direction of the input current is out of the IC. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.

3. V_o = 1.4V, R_s = 0Ω, 5V < V_{CC}^+ < 30V, 0 < V_{ic} < V_{CC}^+ - 1.5V

4. The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V. The upper end of the common-mode voltage range is V_{CC}^+ - 1.5V, but either or both inputs can go to +32V without damage.

5. Due to the proximity of external components insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequences.

6. This input current only exists when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistor becoming forward biased and thereby acting as input diodes clamps. In addition to this diode action, there is also NPN parasitic action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the Op-amps to go to the V_{CC} voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration than an input is driven negative.
This is not destructive and normal output will set up again for input voltage higher than -0.3V.

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายณัฐวิทย์ อินทเจริญศานต์

ภูมิลำเนา 101/1 หมู่ 6 ต.หย่วน อ.เชียงคำ จ.พะเยา

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเชียงคำวิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **Natthawit_Int@hotmail.com**

ชื่อ นายมานนท์ ขันธ์ทอง

ภูมิลำเนา 5 หมู่ 10 ต.บ้านหลวง อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนยุพราชวิทยาลัย
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **Khanthongmanon@gmail.com**

ชื่อ นายวัจน์กร วงศธรบุญรัศมิ์

ภูมิลำเนา: 122 ต.ชัยนาท อ.เมือง จ.ชัยนาท

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนชัยนาทพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **S.watjakorn@gmail.com**