

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารสำนักงานแบบชาญฉลาด
โดยพิจารณาองค์ประกอบแสงจากธรรมชาติ

A SMART LIGHTING CONTROL SYSTEM IN OFFICE BUILDING DESIGN
CONCEPT CONSIDERING THE DAYLIGHTING FACTOR



T138776



วีระวัฒน์ วานิช
WEERAWAT WANICH

วพ.
๖๘๔๖๗
๐๕๕๘

เลขทะเบียน 138776
วันเดือนปี 16 มี.ค. 2558

.b.....
.i.....

1๒๗1๘๒๑1

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงนี้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A SMART LIGHTING CONTROL SYSTEM IN OFFICE BUILDING DESIGN
CONCEPT CONSIDERING THE DAYLIGHTING FACTOR



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ **KMITL-2015-EN-M-020-128** อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2015

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF THECNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนเวสสำหรับกรเซงงานเพอการศกษาเท่านั้น เมอนุญาดใหนำไปใ้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อิกทั้งห้ามมิใ้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใ้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารสำนักงานแบบชาญฉลาดโดยพิจารณาองค์ประกอบแสงจากธรรมชาติ
นักศึกษา	นายวีระวัฒน์ วานิช
รหัสนักศึกษา	53610529
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2558
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.เชาว์ ชมภูอินไหว

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการจัดการแสงสว่างภายในอาคารที่มีแสงจากธรรมชาติเข้ามาภายในอาคาร แนวความคิดหลักเกิดจากปัญหาจากแสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในอาคารทำให้แต่ละบริเวณการทำงานมีความเข้มแสงไม่เท่ากัน งานวิจัยได้ทำการแบ่งห้องทดสอบเป็นสองส่วนทำการตรวจวัดความเข้มแสงในช่วงที่มีแสงจากธรรมชาติเข้ามา พบว่าส่วนของห้องที่อยู่ใกล้หน้าต่างนั้นมีความเข้มแสงสูงเกินมาตรฐาน ในขณะที่อีกส่วนมีความเข้มแสงต่ำเกินมาตรฐาน งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวความคิด การออกแบบ และการทดสอบชุดต้นแบบระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารที่มีแสงจากธรรมชาติร่วม ซึ่งการออกแบบยึดตามมาตรฐาน EN15193 การใช้แสงสว่างจากธรรมชาติภายในอาคาร งานวิจัยนี้ได้นำอุปกรณ์พัฒนา Arduino UNO เป็นอุปกรณ์หลักในการเชื่อมต่อชุดวัดแสงโปรแกรม LabVIEW และชุดควบคุมโคมไฟที่นำเสนอผ่านเครือข่ายไร้สายTCP/IP กระบวนการทำงานหลักโดยโปรแกรม LabVIEW (LabVIEW 2011 Student version) ทำหน้าที่จัดการควบคุมค่าต่างๆ ในการวัดแสงและควบคุมโคมไฟ งานวิจัยนี้นำโคมไฟแอลอีดีแบบปรับค่าความส่องสว่างได้มาใช้งานในการให้แสงสว่าง ระบบที่นำเสนอสามารถทำงานได้ดี จากผลการทดสอบในห้องทดสอบระยะเวลา 30 วันผลเป็นที่น่าพอใจ ระบบควบคุมที่นำเสนอสามารถทำงานได้อย่างแม่นยำถูกต้อง การทดสอบวัดค่าพลังงานเพิ่มเติมพบว่าระบบควบคุมสามารถช่วยประหยัดพลังงานอย่างน้อย 20% ในช่วงเวลาทดสอบ จากผลการทดสอบทั้งหมดข้อได้เปรียบที่เห็นได้ชัดของระบบควบคุมที่นำเสนอคือง่ายต่อการใช้งาน ประหยัดพลังงาน และสามารถนำไปพัฒนาต่อในการเพิ่มรูปแบบและจำนวนส่วนควบคุมการทำงานได้ง่าย หรือแม้แต่การควบคุมแสงสีภายในห้องสามารถทำได้เช่นกัน

Title	A Smart Lighting Control System in Office Building Design Concept Considering The Daylighting Factor
Student	Mr.Weerawat Wanich
Student ID.	53610529
Degree	Master of Engineer
Program	Electrical Engineering
Year	2015
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Chow Chompoo-Inwai

ABSTRACT

This thesis proposes the smart way to manage lighting in office building with daylighting. The original idea of how it works starts from the problem of low lighting quality in the office due to the dissimilarity of the lighting distribution in the particular office area. This research divides the specific area into two zones and starts monitoring the illuminance (Lux) using many photo sensors for each zone when the certain area has the daylight factor. From the observations, the zone adjacent to the windows has too much light (too bright to work) while another zone has too little light (inadequate light for work). This research thoroughly explains the design idea & concept, the control strategies, the implementation and the experimental results, including the analyzing results and conclusions. In this research, the EN15193 standard is set as the core standard for daylight definition and all other requirements to be complied with in the implementation phase. The Arduino UNO microcontroller is used as a main microprocessor to communicate between the light sensors, the proposed LabVIEW™ algorithm and the dimmable LED drivers via wireless system(TCP/IP). The LabVIEW™ algorithm (LabVIEW™ 2011 Student version) uses to compute and manage the control strategies from inputs/outputs of the controller and light sensors. The dimmable LED driver helps in completing the control process. The experiment from the Laboratory-tested environment for 30 days yields very satisfactory results. The proposed control system and devices are capable of doing its own jobs accurately and reliably. The additional plus from monitoring the power consumption is that the proposed system helps in reducing the demand for electricity in such area by at least 20% in the tested criteria. In conclusion, the key advantage of the proposed control system is that it is simple, reliable, energy saving and easy to expand the features and work functions as demand. It is capable of easily increasing the zones of interest and it is also capable of adding the color-controlled functions for better working environment in the near future to come.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 II
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถดำเนินการสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชาว์ ชมภูอินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำหลายๆด้าน ทั้งในด้านวิธีดำเนินการวิจัยและให้คำปรึกษาในการจัดทำวิทยานิพนธ์ ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีและสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้ จึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยพลังงานและวิศวกรรมส่องสว่าง(ESIRC) ที่ได้เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการทดสอบ พร้อมทั้งให้คำแนะนำในการออกแบบการทดสอบต่างๆ

ขอขอบคุณ อาจารย์ เพื่อน พี่ น้อง ในศูนย์วิจัยพลังงานและวิศวกรรมส่องสว่างทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจและให้การช่วยเหลืออย่างดียิ่งในทุกๆด้านเสมอมา ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายนี้ใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ครอบครัว และอีกหลายๆท่านที่ไม่สามารถกล่าวไว้ในนี้ได้ทั้งหมด คุณประโยชน์อันใดที่เกิดในงานวิจัยนี้ ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของท่านดังกล่าวข้างต้น จึงใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

วิระวัฒน์ วานิช

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่ออังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป.....	VI
สารบัญตาราง.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ลำดับขั้นตอนการทำวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎี หลักการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.2 การใช้แสงสว่างธรรมชาติภายในอาคาร	4
2.3 การตรวจวัดความเข้มแสง.....	6
2.3.1 แหล่งกำเนิดของแสง	6
2.3.2 ผลกระทบของปริมาณแสงที่มีต่อสุขภาพ	7
2.3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการตรวจวัดความเข้มแสงสว่าง.....	7
2.3.3 การตรวจวัดความเข้มแสงสว่าง.....	8
2.3.4 ขั้นตอนและเทคนิควิธีการวัดแสงสว่าง.....	9
2.4 โปรแกรม LabVIEW.....	10
2.4.1 Virtual Instrument (VI)	11
2.4.2 ความน่าเชื่อถือของ โปรแกรม LabVIEW	13
2.4.3 วิวัฒนาการของ LabVIEW.....	14
2.5 โปรแกรมและอุปกรณ์พัฒนา Arduino	15
2.5.1 อุปกรณ์พัฒนา Arduino.....	16
2.5.2 โปรแกรม Arduino IDE.....	17
บทที่ 3 การออกแบบ	18
3.1 ภาพรวมของระบบ	18

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต การคัดลอกหรือการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย การทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจะส่งผลให้มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือไม่รับผิดชอบต่อความเสียหายใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา IV นี้ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.1 กระบวนการทำงานโปรแกรมควบคุม	21
3.2.2 ส่วนประมวลผล	22
3.2.3 ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน	23
3.2.4 ส่วนจัดเก็บข้อมูล	24
3.2.5 ส่วนเชื่อมต่อสัญญาณไร้สาย	25
3.3 โมดูลรับส่งข้อมูล (I/O Module)	26
3.3.1 อุปกรณ์พัฒนา Arduino UNO	26
3.3.2 การเชื่อมต่อเครือข่ายด้วยโมดูลไร้สาย ESP8266	28
3.4 ชุดวัดแสง (Light Sensor)	29
3.5 ชุดควบคุมความส่องสว่าง	35
3.6 ระบบเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สาย	37
บทที่ 4 ขั้นตอนและผลการทดลอง	39
4.1 ทดสอบความแม่นยำชุดวัดแสง	40
4.2 ทดสอบการทำงานของระบบควบคุม	42
4.3 ทดสอบการทำงานของระบบควบคุมเมื่อจำลองแสงจากภายนอก	44
4.4 การทดสอบการทำของระบบในอาคารจริง	45
4.5 การทดสอบการทำงานของระบบในสภาพอากาศต่างๆ	48
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	50
5.1 สรุปผลงานวิจัย	50
5.2 ข้อเสนอแนะ	51
เอกสารอ้างอิง	52
ภาคผนวก	54
ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบที่นำเสนอ	55
ภาคผนวก ข. คุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์ต่างๆ	60
ภาคผนวก ค. บทความทางวิชาการ	73
ประวัติผู้เขียน	98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา **W** และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 วิธีการนำแสงจากภายนอกเข้าสู่อาคาร.....	5
2.2 คลื่นในย่านความถี่ต่างๆ	6
2.3 เครื่องวัดความเข้มแสงทั่วไป.....	7
2.4 สัญลักษณ์ LabVIEW.....	10
2.5 Front Panel ของโปรแกรม LabVIEW.....	11
2.6 Block Diagram ของโปรแกรม LabVIEW	12
2.7 Icon และ Connector.....	13
2.8 สัญลักษณ์ Arduino	15
2.9 Arduino Mini	16
2.10 ตัวอย่างโปรแกรม Ardino IDE.....	17
3.1 แนวคิดการทำงานจากระบบต้นแบบ	18
3.2 ระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารที่ใช้แสงจากธรรมชาติร่วม.....	19
3.3 แผนภาพการทำงานระบบควบคุมหลัก.....	19
3.4 กระบวนการทำงานโปรแกรมหลัก.....	21
3.5 โปรแกรมส่วนประมวลผล.....	22
3.6 ส่วนติดต่อผู้ใช้งานของโปรแกรมควบคุม.....	23
3.7 โปรแกรมส่วนจับเก็บข้อมูล.....	24
3.8 แสดงวิธีการแปลงชนิดข้อมูลระหว่างตัวเลขและตัวอักษร	24
3.9 แผนภาพแสดงการเชื่อมต่อแบบไร้สาย	25
3.10 การเชื่อมต่อเครือข่ายแบบTCP/IP	25
3.11 แสดงการทำงานของโมดูลรับส่ง	26
3.12 อุปกรณ์พัฒนา Arduino UNO	26
3.13 โมดูลไร้สาย ESP8266.....	28
3.14 LDR (Light Dependent Resistors).....	29
3.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับความเข้มแสง	29
3.16 วงจรวัดความเข้มแสงโดย LDR.....	30
3.17 ฟังก์ชัน Formula ของโปรแกรม LabVIEW	31
3.18 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความต้านทานLDR ช่วง 300-600Lux.....	32
3.19 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความต้านทาน LDR ช่วง 300-600Lux.....	32
3.20 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความต้านทาน LDR ช่วง 600-1000Lux	33
3.21 ชุดวัดแสง.....	35
3.22 LED Driver SIGNEX SPS3700.....	35
3.23 โมดูล PCF8591	36
3.24 วงจรขยายแรงดัน	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา VI ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.25 ชุดควบคุมความส่องสว่าง.....	37
3.26 การทำงานของ Wireless Router	37
3.27 อุปกรณ์ต่างๆที่ได้ออกแบบและจัดทำขึ้น.....	38
4.1 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ในห้องทดสอบ	39
4.2 อุปกรณ์วัดมาตรฐาน และ อุปกรณ์วัดที่นำเสนอ	40
4.3 การทดสอบความแม่นยำชุดวัดแสง.....	40
4.4 หน้าต่างสำหรับระบบคำสั่งควบคุมความเข้มแสง	42
4.5 การทดสอบการทำงานของระบบ.....	42
4.6 การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมเมื่อมีแสงจากภายนอกร่วม	44
4.7 กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลา.....	46
4.8 พลังงานไฟฟ้าสะสมในแต่ละช่วงเวลา.....	46
4.9 แสงบริเวณที่แสงภายนอกเข้าสู่ห้องทดสอบ	47



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ศัพท์ที่ใช้ใน LabVIEW.....	13
3.1 ความเข้มแสงจากอุปกรณ์วัดแสงมาตรฐานเปรียบเทียบกับความต้านทานของ LDR.....	31
3.2 ผลการคำนวณค่าความเข้มแสงจากสมการความสัมพันธ์ LDR.....	34
4.1 ค่าความเข้มแสงเปรียบเทียบระหว่างอุปกรณ์วัดมาตรฐานกับอุปกรณ์วัดแสงที่นำเสนอ	41
4.2 ระดับความเข้มแสงที่วัดได้เทียบกับระดับที่กำหนด	43
4.3 ระดับความเข้มแสงที่วัดได้เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงแหล่งแสงภายนอก.....	44
4.4 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลาต่างๆ	45
4.5 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลาต่างๆในสภาพอากาศปลอดโปร่ง.....	48
4.6 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลาต่างๆในสภาพอากาศมีเมฆมาก	49
4.7 การใช้พลังงานสะสมทั้งระบบในสภาพอากาศต่างๆ.....	49



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา **VIII** ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ปัจจุบันได้มีการนำแสงจากธรรมชาติมาใช้ร่วมในการออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคารอย่างแพร่หลาย จุดเด่นของแสงจากธรรมชาติคือ เป็นแสงที่มีความเหมาะสมกับการทำงานของมนุษย์มากที่สุด และได้มาจากธรรมชาติโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย ดังนั้นการนำแสงจากธรรมชาติมาใช้ร่วมกับการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารจึงเหมาะสมอย่างยิ่ง การนำแสงจากธรรมชาติมาใช้งานนั้นสามารถทำได้โดยให้แสงผ่านเข้ามาทางหน้าต่างหรือท่อนำแสง ยิ่งแสงจากธรรมชาติเข้ามาในภายในอาคารมากเพียงใดทำให้ใช้แสงจากหลอดไฟน้อยลงเท่านั้น ส่งผลให้สามารถประหยัดพลังงานในการสร้างแสงสว่างภายในอาคารได้

หลังการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารจะพบว่ายิ่งเรานำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคารยิ่งมากเพียงใดส่งผลให้ประหยัดค่าไฟฟ้าด้านแสงสว่างได้มากขึ้นเท่านั้น แต่แสงจากธรรมชาตินั้นมีข้อเสียหนึ่งประการคือ ปริมาณแสงที่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาและสภาพออกอากาศ ส่งผลให้เมื่อเราใช้แสงสว่างจากหลอดไฟเป็นจำนวนคงที่ เมื่อแสงจากธรรมชาติมีการเปลี่ยนแปลงทำให้ค่าความเข้มแสงบนพื้นที่ใช้งานมีการเปลี่ยนแปลงจากค่าที่เราออกแบบไว้ ส่งผลให้แสงสว่างภายในอาคารไม่เหมาะสมในการทำงาน

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะแก้ปัญหาในการควบคุมความเข้มแสง โดยการออกแบบชุดควบคุมความเข้มแสงภายในอาคารที่มีการใช้แสงจากธรรมชาติร่วมด้วย โดยการรักษาความเข้มแสงจากเพิ่มหรือหรีระดับความสว่างของหลอดไฟภายในอาคารทำให้ระดับความเข้มแสงมีค่าคงที่ตลอดเวลาแม้แสงจากธรรมชาติมีการเปลี่ยนแปลงก็ตาม

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาและออกแบบระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคาร ให้สามารถรักษาระดับความเข้มแสงคงที่ได้ เมื่อแสงจากธรรมชาติเปลี่ยนแปลง
2. นำเสนอแนวทางในการประหยัดพลังงานด้านแสงสว่างภายในอาคาร โดยการนำแสงจากธรรมชาติเข้ามาใช้ร่วมกับแสงจากหลอดไฟภายในอาคาร
3. วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานด้านแสงสว่าง เมื่อใช้แสงจากธรรมชาติร่วมในอาคาร โดยการควบคุมของระบบที่นำเสนอ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ออกแบบระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารที่ใช้แสงจากธรรมชาติร่วม โดยใช้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรเลอร์และโปรแกรม LabVIEW เป็นอุปกรณ์หลักในการทำงาน ให้มีความสามารถในการควบคุมระดับความเข้มแสงให้มีค่าคงที่เมื่อแสงจากธรรมชาติเปลี่ยนแปลง
2. สร้างชุดต้นแบบระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารที่ใช้แสงจากธรรมชาติร่วม
 - 2.1 เขียนโปรแกรมควบคุมโดยสร้างจากโปรแกรม LabVIEW ทำหน้าที่ติดต่อผู้ใช้งานและควบคุมอุปกรณ์ต่างๆของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อติดต่อระหว่างโปรแกรม LabVIEW และอุปกรณ์ภายนอกอื่นๆ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ลำดับขั้นตอนการทำวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางการควบคุมหลอดไฟให้สามารถเพิ่มและลดค่าความสว่างได้โดยการศึกษาระเบียบของหลอดไฟที่ใช้ภายในอาคารและแนวทางการควบคุม
2. ศึกษาโปรแกรม LabVIEW และแนวทางการเขียนโปรแกรมควบคุม
3. ออกแบบโปรแกรมควบคุมให้ทำงานตามต้องการ
4. ออกแบบชุดรับส่งข้อมูลและเลือกไมโครคอนโทรลเลอร์โดยตัดสินใจจากคุณสมบัติที่ครอบคลุมการทำงานและราคาถูก
5. สร้างชุดรับส่งข้อมูลเพื่อทำการติดต่อสื่อสารระหว่างชุดวัดความเข้มแสง ชุดควบคุมหลอดไฟ แอลอีดี และโปรแกรมควบคุม
6. ทดสอบและเปรียบเทียบการทำงานของอุปกรณ์วัดแสงที่นำเสนอกับอุปกรณ์มาตรฐาน
7. ทดสอบระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารที่ใช้แสงจากธรรมชาติร่วม
8. วิเคราะห์ผลการทดสอบและทำการปรับปรุง
9. สรุปผลและจัดทำวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. นำเสนอแนวทางการนำแสงจากธรรมชาติมาใช้งานร่วมกับแสงจากหลอดไฟภายในอาคาร
2. สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากแสงสว่างภายในอาคาร โดยการนำแสงจากธรรมชาติเข้ามาใช้ให้เกิดประโยชน์ให้มากที่สุด
3. สามารถควบคุมความเข้มแสงที่พื้นผิวใช้งานให้ใหม่ค่าคงที่เพื่อความเหมาะสมในการทำงาน
4. ชุดต้นแบบระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารที่ใช้แสงจากธรรมชาติร่วม สามารถพัฒนาต่อยอดและนำไปใช้ได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี หลักการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้ได้มีแนวคิดมาจากระบบ DALI (Digital Addressable Lighting Interface) ซึ่งเป็นมาตรฐานโปรโตคอลติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบดิจิทัล (IEC60929, IEC62386) ทำให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆได้ง่ายขึ้นโดยใช้สายข้อมูลเพียงหนึ่งคู่ในการควบคุมอุปกรณ์ เช่น การเปิดปิดโคมไฟแบบอิสระในห้องทำงานจำนวน 20 โคม โดยใช้สายสัญญาณเพียงคู่เดียว และสามารถควบคุมได้สูงถึง 64 อุปกรณ์ จากแนวคิดของระบบ DALI ผู้วิจัยได้นำแนวคิดประยุกต์ร่วมกับการออกแบบอาคารที่มีแสงสว่างจากธรรมชาติร่วม (EN-15193 Energy performance of buildings) ซึ่งเป็นการออกแบบอาคารโดยให้มีแสงจากธรรมชาติเข้ามาในอาคารทำให้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าในด้านแสงสว่างได้ รูปแบบแสงที่นำมาใช้คือ แสงกระจาย (Diffuse Light) กระจายแสงเข้ามาในอาคารเพื่อสร้างแสงสว่าง

พ.ศ.2549 ได้มีแนวปฏิบัติตามกฎหมายกระทรวง โดยกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง ในหัวข้อการตรวจวัดความเข้มแสง กล่าวถึงอันตรายของแสงสว่างและผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน [1]

พ.ศ.2557 สำนักความปลอดภัยแรงงาน ได้กล่าวว่าควรจัดการแสงสว่างให้เหมาะสมกับสถานที่ประกอบการ โดยมีปัจจัยสำคัญในเรื่องของการเลือกระบบแสงสว่างและแหล่งกำเนิดแสงสว่าง ลักษณะห้องหรือพื้นที่ใช้งาน และคุณภาพและปริมาณของแสงสว่าง เพื่อไม่ก่อให้เกิดการส่องสว่างที่รบกวนตา ทำให้การปฏิบัติงานต่างๆเป็นไปได้อย่างดี [2]

เทคนิคการใช้แสงธรรมชาติในอาคาร (Architectural Daylighting) เป็นเทคนิคการออกแบบระบบแสงสว่างเทคนิคหนึ่งที่ได้รับการอ้างอิงถึงมากขึ้นเรื่อยๆโดยจากการจำลองและการเก็บข้อมูลจากอาคารจริงในต่างประเทศพบว่าเทคนิคการใช้แสงธรรมชาติในอาคารสามารถช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมสภาวะแวดล้อมภายในอาคารให้มีความเหมาะสมต่อการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความพึงพอใจของผู้ใช้อาคาร [3]

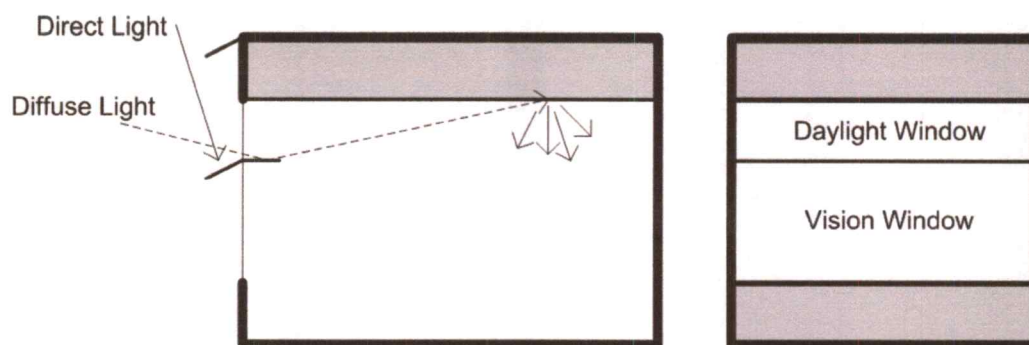
สำหรับในงานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อการสร้างระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคารโดยมุ่งเน้นไปที่อุปกรณ์แสงสว่างควบคุมการทำงานในด้านการปรับความสว่างของโคมไฟ เมื่ออาคารถูกออกแบบให้มีแสงจากธรรมชาติเข้ามาทำให้แสงสว่างภายในอาคารเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ดังนั้นถ้าต้องการควบคุมระดับความสว่างภายในอาคารให้คงที่จึงต้องมีการเพิ่มลดความสว่างของโคมไฟ งานวิจัยนี้จึงนำเสนอ “ระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารที่มีแสงจากธรรมชาติร่วม”

2.2 การใช้แสงสว่างธรรมชาติภายในอาคาร [4-6]

แสงสว่างธรรมชาติเป็นแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูงและมีความเหมาะสมสูงสุดสำหรับการใช้งานของมนุษย์ และปัจจุบันได้รับการพิสูจน์ทางวิทยาศาสตร์แล้วว่ามนุษย์มีความพึงพอใจในแสงสว่างธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นในห้องทำงานหรือในร้านค้าต่างๆ ในโรงเรียนที่ใช้แสงสว่างธรรมชาติ นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีกว่า ยิ่งไปกว่านั้น แสงสว่างธรรมชาติยังมีข้อได้เปรียบคือ เป็นแสงสว่างที่ได้มาเปล่าๆไม่ต้องลงทุน และสามารถใช้งานได้ตลอดช่วงเวลาใช้งานของอาคารที่มีการใช้งานในเวลากลางวัน

สำหรับประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ในเขตอากาศแบบร้อนชื้น มีอากาศร้อนตลอดทั้งปี การนำแสงสว่างธรรมชาติเข้ามาช่วยในการส่องสว่างภายในอาคารนับว่าเป็นสิ่งที่ทำลายความสามารถของผู้ออกแบบมาก เนื่องจากแสงสว่างจะนำเอาความร้อนเข้ามาในอาคารด้วย และความร้อนก็เป็นสิ่งต้องห้ามสำหรับอาคารในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารที่มีการปรับอากาศ เพราะความร้อนจะทำให้ภาระของการปรับอากาศสูงขึ้น ดังนั้นการนำแสงสว่างธรรมชาติเข้ามาใช้งานในอาคารจึงต้องหลีกเลี่ยงรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct Sunlight) และเลือกใช้เฉพาะแสงสว่างจากรังสีแบบกระจาย (Diffuse Daylight) เท่านั้น ประเทศไทยในเขตร้อนที่อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร จะมีความยาวของช่วงกลางวันประมาณ 12 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นอาคารที่ใช้งานในช่วงกลางวัน เช่น อาคารสำนักงานและสถานศึกษาจึงสามารถออกแบบให้ใช้งานแสงสว่างธรรมชาติเป็นแสงสว่างหลักสำหรับอาคารได้ตลอดช่วงเวลาการใช้งานของอาคาร

การออกแบบอาคารเพื่อการใช้งานแสงสว่างธรรมชาติ เมื่อแสงสว่างธรรมชาติเข้ามาในห้องผ่านทางหน้าต่าง ช่องเปิด หรือผนังโปร่งแสง ค่าความส่องสว่างที่บริเวณใกล้กับช่องเปิดจะมีค่าสูงกว่าบริเวณที่อยู่ลึกเข้าไปในห้อง ผู้ออกแบบควรพยายามออกแบบให้แสงสว่างกระจายเข้าไปภายในห้องให้ได้มากที่สุด โดยอาจใช้การออกแบบส่วนของอาคารหรือใช้อุปกรณ์ที่ช่วยในการสะท้อนแสงติดตั้งไว้ที่ช่องแสงเพื่อสะท้อนแสงสว่างเข้าไปในอาคารได้ลึกมากขึ้น ตัวอย่างของอุปกรณ์ดังกล่าวได้แก่ หิ้งสะท้อนแสง (light shelf) โดยหิ้งสะท้อนแสงจะสะท้อนแสงสว่างจากภายนอกขึ้นไปยังเพดาน แล้วสะท้อนเพดานเข้าไปยังส่วนที่ลึกเข้าไปของห้อง ระดับแสงสว่างที่บริเวณดังกล่าวจึงสูงขึ้นอีกเล็กน้อย ขณะเดียวกันระดับแสงสว่างที่บริเวณใกล้กับช่องแสงก็จะลดลง และที่สำคัญที่สุดคือ ช่วยลดค่าความแตกต่างของระดับความสว่างใน 2 บริเวณ ซึ่งจะช่วยให้เกิดความสบายตาแก่ผู้ใช้อาคาร

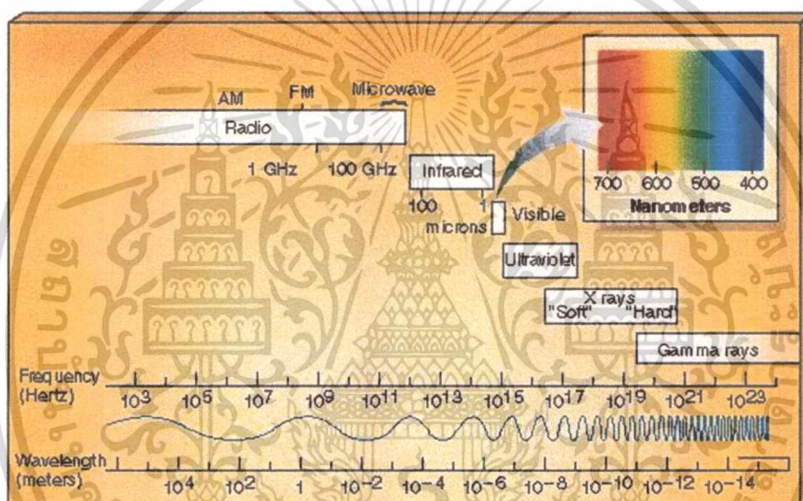


รูปที่ 2.1 วิธีการนำแสงจากภายนอกเข้าสู่อาคาร

วิธีการที่ง่ายและใช้กันมากที่สุดในการออกแบบให้แสงสว่างผ่านเข้าไปที่บริเวณด้านในของอาคาร คือการออกแบบช่องแสงให้อยู่ในระดับที่สูงบนผนังอาคาร แสงสว่างที่เข้ามาทางช่องแสงที่อยู่สูงจะสามารถผ่านเข้ามาภายในอาคารได้ลึกกว่า วิธีการที่แนะนำสำหรับการออกแบบ คือการออกแบบหน้าต่างหรือช่องเปิดแบบแยกส่วน (Split Window Design) ดังรูปที่ 2.1 โดยหน้าต่างที่อยู่ส่วนล่าง (lower window) จะทำหน้าที่เป็นหน้าต่างสำหรับการมองออกไปภายนอกอาคาร เพื่อเป็นการรักษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้อาคารกับสิ่งแวดล้อมภายนอก ขณะเดียวกันก็เป็นส่วนที่ให้แสงสว่างแก่บริเวณด้านนอกของอาคาร (บริเวณใกล้กับหน้าต่าง) ส่วนหน้าต่างส่วนบน (upper window) จะทำหน้าที่รับแสงสว่างธรรมชาติเพียงอย่างเดียว หึ่งสะท้อนแสงสว่างที่อยู่ระหว่างหน้าต่างทั้งสองจะช่วยสะท้อนให้แสงสว่างที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างส่วนบนนี้เข้าไปในอาคารได้ลึกยิ่งขึ้น

2.3 การตรวจวัดความเข้มแสง [1, 6]

แสง เป็นพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่นซึ่งสามารถกระตุ้นจอภาพ (Retina) และทำให้เกิดการมองเห็นได้ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ปรากฏบนโลกมีความยาวคลื่นในช่วงที่กว้างมาก (รูปที่ 2.2) คือ จากคลื่นวิทยุซึ่งมีความยาวคลื่น (Wave length) เป็นเมตรหรือมากกว่านั้น จนถึงรังสีเอ็กซ์ (X-ray) ซึ่งมีความยาวคลื่นสั้นกว่าหนึ่งนาโนเมตร (10^{-9} เมตร) แสงที่ตาของมนุษย์สามารถมองเห็นได้อยู่ในช่วงระหว่าง คลื่นวิทยุ และรังสีเอ็กซ์ พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้ามีคุณสมบัติเป็นได้ทั้งคลื่นและอนุภาค พลังงานที่มีความยาวคลื่นกว้าง เช่นคลื่นวิทยุมีคุณสมบัติค่อนข้างไปทางคลื่น ในขณะที่พลังงานซึ่งมีความยาวคลื่นสั้น เช่น รังสีเอ็กซ์คุณสมบัติส่วนใหญ่เป็นอนุภาค (โฟตอน) ดังนั้นแสงที่ตาสามารถมองเห็นได้นั้นจึงมีลักษณะที่เฉพาะ คือ มีคุณสมบัติผสมผสานระหว่างคลื่นและอนุภาค มีความยาวคลื่นในช่วง 380 – 770 นาโนเมตร



รูปที่ 2.2 คลื่นในย่านความถี่ต่างๆ [1]

ความเข้มแสง (Illuminance) หมายถึง ปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบนหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่กำหนด หน่วยวัดความเข้มแสงมีหน่วยเป็น ลักซ์ (Lux) หรือ ฟุตแคนเดิล (Foot Candle)

$$1 \text{ ฟุตเทียน} = 10.76 \text{ ลักซ์}$$

2.3.1 แหล่งกำเนิดของแสง

แสงจากธรรมชาติ (Natural Lighting) แหล่งกำเนิดของแสงธรรมชาติที่สำคัญ คือ ดวงอาทิตย์ แสงสว่างจากหลอดไฟหรือสิ่งที่มีมนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น (Artificial Lighting) เช่น หลอดไส้ หลอดโซเดียมหลอดแสงจันทร์ หลอดเรืองแสง หลอดแอลอีดี เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ผลกระทบของปริมาณแสงที่มีต่อสุขภาพ

อันตรายของแสงสว่างนั้นมีผลกระทบต่อคนทำงาน ในกรณี แสงสว่างน้อยเกินไป จะมีผลเสียต่อนัยน์ตา ทำให้กล้ามเนื้อตาทำงานมากเกินไป เพราะบังคับให้รูม่านตาเปิดกว้างขึ้น เนื่องจากการมองเห็นนั้นไม่ชัดเจน ต้องใช้เวลาในการมองรายละเอียดนานขึ้น ทำให้เกิดความเมื่อยล้าของนัยน์ตาที่ต้องเพ็งขึ้นงาน เกิดอาการปวดตา มึนศีรษะ การหยิบจับโดยใช้เครื่องมืออุปกรณ์อาจผิดพลาดทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ หรือไปสัมผัสผิวกายส่วนที่เป็นอันตราย และในกรณี แสงสว่างที่มากเกินไป จะทำให้ผู้ทำงานเกิด ความไม่สบาย เมื่อยล้า ปวดตา มึนศีรษะ กล้ามเนื้อหนังตากระตุก วิงเวียน นอนไม่หลับ การมองเห็นแย่ง ซึ่งทั้งแสงสว่างน้อยเกินไปและมากเกินไป นอกจากจะก่อให้เกิดผลทางจิตใจ คือ เบื่อหน่ายในการทำงาน ขวัญและกำลังใจในการทำงานลดลงแล้ว ยังทำให้เกิดอุบัติเหตุในการทำงานเกิดขึ้นได้

2.3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการตรวจวัดความเข้มแสงสว่าง

เครื่องมือวัดความเข้มของแสงสว่าง ซึ่งอ่านค่าเป็น ลักซ์ (ตามกฎหมายกระทรวงแรงงาน เกี่ยวกับ ความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ.2549) หรือ ฟุตแคนเดิล ลักษณะโดยทั่วไปของเครื่องวัดความเข้มแสงแสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 เครื่องวัดความเข้มแสงทั่วไป [1]

เครื่องมือวัดมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือ

1) เซลล์รับแสง (Photo Cell) ทำด้วยแก้วหรือพลาสติกด้านในเคลือบด้วยสารซิลิกอน (Silicon) หรือ เซเลเนียม (Selenium) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า ถ้าความเข้มแสงสว่างมาก พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมากตามไปเป็นสัดส่วน เซลล์รับแสง อาจถูกออกแบบให้โค้งนูนเล็กน้อยเพื่อให้แสงจากทิศทางต่างๆ ตกกระทบในมุม 90 องศา หรือใกล้เคียงที่สุดได้รอบด้าน

2) มิเตอร์ (Meter) ส่วนนี้จะรับพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากเซลล์รับแสง และแสดงค่าบนหน้าจอกเป็นความเข้มแสงสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณลักษณะของเครื่องมือ สามารถวัดความเข้มแสงสว่างได้ ตั้งแต่ 0 ถึงมากกว่า 10,000 ลักซ์ คุณลักษณะของเครื่องวัดแสงต้องเป็นไปตามมาตรฐาน CIE 1931 ของคณะกรรมการระหว่างประเทศว่าด้วยความส่องสว่าง (International Commission on Illumination) หรือ ISO/CIE 10527 หรือเทียบเท่า เช่น JIS Z 8701 หรือดีกว่า (โดยเซลรับแสงต้องมีคุณลักษณะ Cosine-Corrected เพื่อปรับค่าของแสงที่ไม่ได้ตกตั้งฉากกับ Photo Cell และต้องมี Color Corrected ตามมาตรฐาน CIE)

2.3.3 การตรวจวัดความเข้มแสงสว่าง

ตามประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีดำเนินการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียงภายในสถานประกอบกิจการ ระยะเวลา และประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการ ได้กำหนดให้

ข้อ 3 นายจ้างจัดให้มีการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียงภายในสถานประกอบกิจการ ในสภาวะที่เป็นจริงของสภาพการทำงาน อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง กรณีที่มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงเครื่องจักร อุปกรณ์ กระบวนการผลิต วิธีการทำงาน หรือการดำเนินการใดๆ ที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความร้อน แสงสว่าง หรือการดำเนินการใดๆ ที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียง ให้นายจ้างดำเนินการจัดให้มีการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงาน เพิ่มเติมภายใน 90 วันนับจากวันที่มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลง

ข้อ 8 ให้ตรวจวัดความเข้มของแสงสว่างในสถานประกอบกิจการทุกประเภทกิจการ โดยให้ตรวจวัด “บริเวณพื้นที่ทั่วไป” บริเวณพื้นที่ใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตที่ลูกจ้างทำงาน และบริเวณที่ลูกจ้างต้องทำงานโดยใช้สายตามองเฉพาะจุดหรือต้องใช้สายตาอยู่กับที่ในการทำงาน ในสภาพการทำงานปกติและในช่วงเวลาที่มีแสงสว่างตามธรรมชาติน้อยที่สุด

การตรวจวัดความเข้มแสงสว่างภายในอาคาร วิธีการตรวจวัดโดยทั่วไปมี 2 วิธี คือ วัดที่จุดทำงาน และวัดแบบค่าเฉลี่ยของพื้นที่ทั่วไป

2.3.3.1 วัดแบบจุด (Spot Measurement)

เป็นการตรวจวัดความเข้มแสงสว่างบริเวณที่ลูกจ้างต้องทำงานโดยใช้สายตาเฉพาะจุดหรือต้องใช้สายตาอยู่กับที่ในการทำงาน ตรวจวัดในจุดที่สายตาระทบขึ้นงานหรือจุดที่ทำงานของคนงาน (Point of Work) โดยวางเครื่องวัดแสงในแนวระนาบเดียวกับชิ้นงาน หรือพื้นผิวที่สายตาดกกระทบ แล้วอ่านค่า

2.3.3.2 การวัดแสงเฉลี่ยแบบพื้นที่ทั่วไป (Area Measurement)

เป็นการตรวจวัดความเข้มแสงสว่างในบริเวณพื้นที่ทั่วไปภายในสถานประกอบกิจการ เช่น ทางเดิน และบริเวณพื้นที่ใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตที่ลูกจ้างทำงานการตรวจวัดแบบนี้สามารถทำได้สองวิธี คือ

1) แบ่งพื้นที่ทั้งหมดออกเป็น 2×2 ตารางเมตร โดยถือเซลรับแสงในแนวระนาบสูงจากพื้น 30 นิ้ว (75 เซนติเมตร) แล้วอ่านค่า (ในขณะที่วัดนั้นต้องมีให้เงาของผู้วัดบังแสงสว่าง) นำค่าที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) หากการติดหลอดไฟฟ้ามีลักษณะที่แน่นอนซ้ำๆ กัน สามารถวัดแสงในจุดที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ที่มีแสงตกกระทบในลักษณะเดียวกัน ตามวิธีการวัดแสงและการคำนวณค่าเฉลี่ย ของ IES (Illuminating Engineering Society of North America) Lighting Handbook 1981 (Reference Volume) หรือเทียบเท่า การวัดในลักษณะนี้ช่วยให้จำนวนจุดตรวจวัดน้อยลงได้

2.3.4 ขั้นตอนและเทคนิควิธีการวัดแสงสว่าง

1) รับผิดชอบต่อเครื่องอ่านค่าที่ศูนย์ ก่อนทำการตรวจวัดแสงสว่าง ต้องปรับให้เครื่องอ่านค่าที่ศูนย์ก่อนทุกครั้ง การปรับเครื่องเช่นนี้เรียกว่า Zeroing ซึ่งไม่ใช่การปรับเทียบความถูกต้อง (Calibration) ของเครื่องมือ การปรับให้เครื่องอ่านค่าที่ศูนย์ก่อนการเริ่มอ่านค่าเป็นสิ่งจำเป็นสามารถทำได้โดยใช้วัสดุสีดำทึบแสงปิดที่เซลล์รับแสง แล้วเปิดเครื่องและอ่านค่า ค่าที่อ่านได้ควรเป็นศูนย์ เนื่องจากไม่มีแสงตกกระทบเซลล์รับแสง หากไม่เป็นเช่นนั้นต้องปรับมิเตอร์ให้อ่านค่าศูนย์ก่อนเริ่มการตรวจวัด

2) ปรับมิเตอร์ โดยมีเตอร์บางรุ่นจะมีปุ่มให้ปรับเลือกช่วงของความเข้มแสงสว่างระดับต่างๆ หากไม่แน่ใจว่าระดับความเข้มของแสงสว่างเป็นปริมาณเท่าไรให้ปรับปุ่มไปช่วงของการวัดที่ระดับสูงก่อน ถ้าไม่ใช่ช่วงการวัดนั้นจึงค่อยปรับสเกลต่ำลงมา

3) ศึกษาลักษณะการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ขนาดของชิ้นงาน ความละเอียดของงาน ปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่ออารมณ์ การส่องสว่าง และคุณภาพของการส่องสว่าง

4) วางเซลล์รับแสงระนาบเดียวกับพื้นผิวงานของผู้ปฏิบัติงานนั้น อ่านค่าความเข้มแสงสว่าง ผู้ทำการตรวจวัดต้องระวังไม่ให้เงาของตัวเองทอดบังบนเซลล์รับแสง ซึ่งทำให้ค่าความเข้มแสงสว่างผิดจากความเป็นจริง

5) ให้เซลล์รับแสงรับแสงจนค่าแน่นอนทุกครั้ง (โดยทั่วไปประมาณ 5 – 15 นาที) จึงอ่านค่ามิเตอร์ และบันทึกผล

6) นำผลการตรวจวัดเปรียบเทียบกับกฎกระทรวงฯ เกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ 2549 หมวด 2 แสงสว่าง

7) การตรวจวัดความเข้มแสงสว่าง จะทำการตรวจวัดตามสภาพความเป็นจริง เช่น หากปฏิบัติงานโดยไม่เปิดไฟ แต่ใช้แสงสว่างจากธรรมชาติ ก็ทำการตรวจวัดตามสภาพจริงนั้น แต่หากปกติการทำงานนั้นเปิดหลอดไฟฟ้าในขณะทำงาน ให้เปิดหลอดไฟฟ้าไว้อย่างน้อย 20 นาที ก่อนทำการตรวจวัด ทั้งนี้เพื่อให้หลอดไฟส่องสว่างเต็มที่

8) ต้องวัดแสงในขณะที่ผู้ปฏิบัติงานอยู่ในลักษณะการทำงานจริงๆ แม้การทำงานนั้นจะทำให้เกิดเงาในการวัดแสง ควรพิจารณาตำแหน่งของดวงอาทิตย์และสภาพอากาศขณะที่ทำการวัดด้วย

9) งานที่ปฏิบัติในเวลากลางวัน ต้องทำการวัดแสงในตอนกลางวัน แต่ถ้างานที่ปฏิบัติ นั้นเป็น เวลากลางคืนก็ต้องทำการตรวจวัดในเวลากลางคืน

10) บันทึกผลการตรวจวัดแสงสว่างและปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น สภาพห้อง เพดาน ดวงไฟ ความสะอาด สี สภาพอากาศขณะที่ตรวจวัด เป็นต้น

2.4 โปรแกรม LabVIEW [7, 8, 14]



รูปที่ 2.4 สัญลักษณ์ LabVIEW

LabVIEW ย่อมาจาก Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench ซึ่งหมายความว่า เป็นโปรแกรมที่สร้างเครื่องมือวัดเสมือนจริงในห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรม ดังนั้นจุดประสงค์หลักของการทำงานของโปรแกรมนี้อาจเป็นการจัดการในด้านการวัดและเครื่องมือวัด อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นโปรแกรมประเภท GUI (Graphic User Interface) โดยสมบูรณ์ นั่นคือเราไม่จำเป็นต้องเขียน code หรือคำสั่งใดๆ ทั้งสิ้น และที่สำคัญลักษณะภาษาที่ใช้ในโปรแกรมนี้นี้เราจะเรียกว่าเป็น ภาษารูปภาพ หรือเรียกอีกอย่างว่าภาษา G (Graphical Language) ซึ่งจะแทนการเขียนโปรแกรมเป็นบรรทัดอย่างที่เราค้นเคยกับภาษาพื้นฐาน เช่น C, BASIC หรือ FORTRAN ด้วยรูปภาพหรือสัญลักษณ์ทั้งหมด ซึ่งแม้ว่าในเบื้องต้นเราอาจจะสับสนกับการจัดเรียงหรือเขียนโปรแกรมบ้าง แต่เมื่อเราค้นเคยกับการใช้โปรแกรมนี้อันแล้วเราจะพบว่า LabVIEW นี้มีความสะดวกและสามารถลดเวลาในการเขียนโปรแกรมลงไปได้มากโดยเฉพาะในงานเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อใช้ในการวัดและการควบคุม LabVIEW โดยได้มีการบรรจุโปรแกรมจำนวนมาก หรือ Libraries ไม่ว่าจะอุปกรณ์การเชื่อมต่อจะเป็น DAQ (Data Acquisition), GPIB (General Purpose Interface Bus หรือก่อนหน้านี้รู้จักกันในชื่อ Hewlett Packard Interface Bus, HP-IB), พอร์ตอนุกรม หรือ Serial Port เพื่อใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ที่ส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Instrument) รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ด้วยวิธีการต่างๆ นอกจากนี้ใน Libraries เหล่านี้ยังได้บรรจุฟังก์ชันการทำงานที่สำคัญอีกหลายประการ เช่น signal generation, signal processing, filters, สถิติ, พีชคณิต และ คณิตศาสตร์อื่นๆ ดังนั้น LabVIEW จึงทำให้การวัดและการใช้เครื่องมือวัดกลายเป็นเรื่องง่ายลงไปมาก โดย LabVIEW จะเขียนโปรแกรมโดยอาศัยรูปภาพ อาศัยหลักการทำงานของเครื่องมือวัดหรือการควบคุมทำให้ผู้ใช้สามารถออกแบบรูปแบบโปรแกรมตามที่ใช้ ต้องการหลักการดังกล่าวแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. Acquisition ซึ่งเป็นส่วนที่รับข้อมูล (Input) มาจากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าสู่ระบบ ในที่นี้คือ คอมพิวเตอร์ โดยข้อมูลที่เข้าสู่ระบบนี้อาจจะมาจากการ์ด DAQ (สำหรับสัญญาณทางไฟฟ้า), IMAQ (สำหรับข้อมูลประเภทรูป) หรือ GPIB (สำหรับควบคุมเครื่องมือวัด)

2. หลังจากที่ได้รับข้อมูลแล้วอาจจะผ่าน ฟังก์ชัน Analysis หรือ วิเคราะห์ข้อมูลซึ่งจะแสดงผล

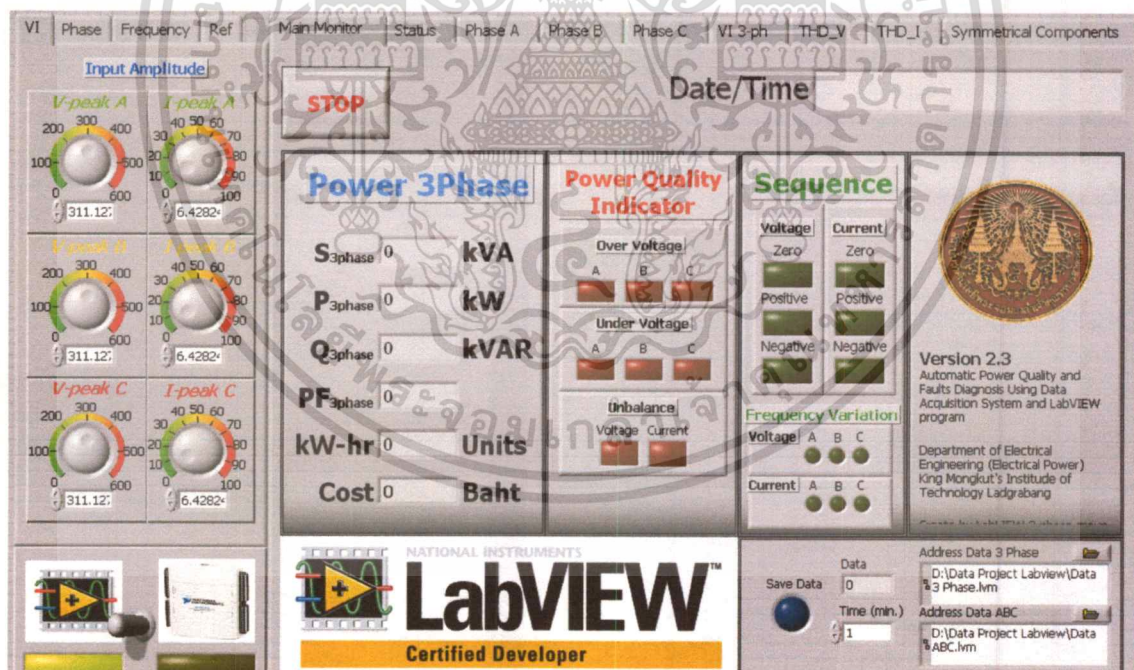
เอกสารในรูปแบบที่ผู้ใช้งานสามารถนำแสดงแทนสื่อที่วัดได้และใช้งานได้นั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Presentation คือ การแสดงผลในรูปแบบที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน โดยอาจแสดงบน หน้าจอคอมพิวเตอร์ เช่น DMM (Digital Multi-meter) แสดงผลเฉพาะสัญญาณที่วัดได้โดยไม่ต้อง จำเป็นต้องรู้ความสัมพันธ์กับเวลา หรือ Oscilloscope แสดงผลของข้อมูลที่สัมพันธ์กับเวลาหรือ spectrum Analyzer จะแสดงในรูปความถี่หรือการพิมพ์ออกมาเป็นรายงานเก็บข้อมูลในฮาร์ดดิสก์

2.4.1 Virtual Instrument (VI)

โปรแกรมที่เขียนขึ้นมาโดย LabVIEW เราจะเรียกว่า Virtual Instrument (VI) เพราะ ลักษณะที่ปรากฏทางจอภาพเมื่อผู้ใช้ใช้งานจะเหมือนกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ทางวิศวกรรม ใน ขณะเดียวกันหลังฉากของอุปกรณ์เสมือนจริงเหล่านั้นจะเป็นการทำงานของ ฟังก์ชัน, Subroutines โปรแกรมหลักเหมือนกับภาษาทั่วไป สำหรับ VI หนึ่งๆจะประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญสามส่วน คือ

1) Front Panel หรือหน้าปัด จะเป็นส่วนที่ใช้สื่อความกันระหว่างผู้ใช้กับโปรแกรม (หรือที่ นิยมเรียก user interface) โดยทั่วไปจะมีลักษณะเหมือนกับหน้าปัดของของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ ใช้งานด้านการวัดต่างๆ ไป โดยทั่วไปจะประกอบด้วย สวิตช์ปิดเปิด, ปุ่มบิด, ปุ่มกด จอแสดงผลหรือ แม้แต่ค่าที่ผู้ใช้สามารถกำหนด ดังนั้นสำหรับผู้ที่ยึดเคยกับการเขียนโปรแกรมประเภท Visual ทั้งหลายคงจะเข้าใจถ้าหากบอกว่า Front Panel นี้จะเปรียบเสมือนเป็น GUI ของโปรแกรมหรือ VI นั้นเอง ลักษณะของ Front Panel แสดงในรูปที่ 2.5

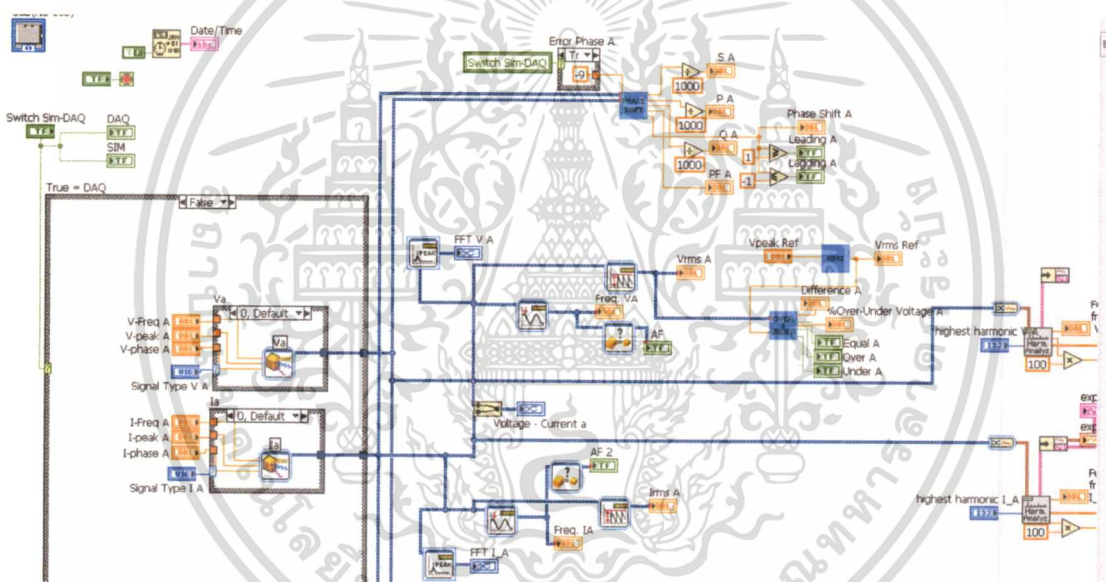


รูปที่ 2.5 Front Panel ของโปรแกรม LabVIEW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) **Block Diagram** เพื่อให้เกิดความเข้าใจง่ายขึ้น เราอาจมอง Block Diagram นี้เป็นเหมือนกับ Source Code หรือโปรแกรมของ LabVIEW ซึ่งปรากฏว่าอยู่ในรูปของภาษา G ซึ่ง Block Diagram นี้ ถือว่าเป็น Executable Program คือสามารถที่จะทำงานได้ทันที และข้อดีอีกประการหนึ่งก็คือ LabVIEW จะมีการตรวจสอบความผิดพลาดของโปรแกรมตลอดเวลา ทำให้โปรแกรมจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อไม่มีข้อผิดพลาดในโปรแกรมเท่านั้นโดยผู้ใช้สามารถที่จะดูรายละเอียดของความผิดพลาดแสดงให้เห็นได้ตลอดเวลา ทำให้การเขียนโปรแกรมนั้นง่ายขึ้นมาก

ส่วนประกอบภายใน Block Diagram นี้จะประกอบด้วย ฟังก์ชัน ค่าคงที่ โปรแกรมควบคุมการทำงานหรือโครงสร้าง จากนั้นในแต่ละส่วนเหล่านี้ ซึ่งจะปรากฏในรูปของ Block เราจะได้รับการต่อสาย (wire) สำหรับ Block ที่เหมาะสมเข้าด้วยกัน เพื่อกำหนดลักษณะการไหลของข้อมูลระหว่าง block เหล่านั้น ทำให้ข้อมูลได้รับการประมวลผลตามที่ต้องการ และแสดงผลออกมาให้แก่ผู้ใช้ต่อไป

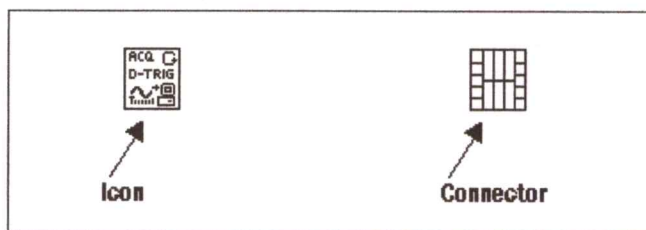


รูปที่ 2.6 Block Diagram ของโปรแกรม LabVIEW

3) **Icon และ Connector** เปรียบเสมือนโปรแกรมย่อย Subroutine ในโปรแกรมปกติทั่วๆ ไปโดย icon จะหมายถึง block diagram ตัวหนึ่งที่มีการส่งข้อมูลเข้าและออกผ่านทาง Connector ซึ่งใน LabVIEW เราจะเรียก Subroutine นี้ว่า subVI ข้อดีของการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา G นี้ก็คือเราสามารถสร้าง VI ที่ละส่วนขึ้นมาให้ทำงานด้วยตัวเองได้อย่างอิสระ จากนั้นในภายหลังหากเราต้องการเราก็สามารถเขียนโปรแกรมอื่นขึ้นมาเพื่อเรียกใช้งาน VI ที่เราเคยสร้างขึ้นก่อนหน้านี้ที่ละตัว ซึ่งทำให้ VI ที่เราเขียนขึ้นก่อนกลายเป็น subVI ไป การเขียนในลักษณะนี้เราเรียกว่าเขียนเป็น module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับลักษณะทั่วไปของ Icon และ Connector จะแสดงในรูปที่ 2.6 เราจะเห็นว่าเมื่อเราแสดงในรูปของ Connector เราจะพบว่ามันช่องต่อข้อมูลหรือที่เรียกว่า Terminal ปรากฏให้เห็น



รูปที่ 2.7 Icon และ Connector

คำศัพท์ต่างๆที่ใช้กันใน LabVIEW นี้ออกจะแตกต่างจากที่เราใช้กันในภาษาการเขียนโปรแกรมตัวหนังสือต่างๆไปในหลายๆด้าน ดังนั้นเพื่อให้ผู้ที่เริ่มใช้ LabVIEW เข้าใจถึงศัพท์ต่างๆที่ใช้ในโปรแกรมพื้นฐานต่างๆ ไป ตามตารางที่ได้แสดงต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 ศัพท์ที่ใช้ใน LabVIEW

LabVIEW	โปรแกรมพื้นฐาน	หน้าที่
VI	Program	ตัวโปรแกรมหลัก
Function	Function	ฟังก์ชันสำเร็จรูปที่สร้างขึ้นมากับโปรแกรมนั้นเช่น sin, log เป็นต้น
SubVI	Subroutine	โปรแกรมย่อยที่ถูกเรียกใช้โดยโปรแกรมหลัก
Front Panel	user interface	ส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้
Block Diagram	Program code	การเขียนตามขั้นตอนของที่แต่ละโปรแกรมกำหนดขึ้น

2.4.2 ความน่าเชื่อถือของ โปรแกรม LabVIEW

โปรแกรมแต่ละโปรแกรมนั้นผู้สร้างมีวัตถุประสงค์ในการจัดทำขึ้นอย่างแน่นอน และมีความชอบข่วยของงานที่แน่ชัด ดังนั้นหากเรานำโปรแกรมดังกล่าวไม่ตรงกับวัตถุประสงค์ หรืออยู่นอกขอบข่ายการทำงาน เราก็คงจะไม่สามารถใช้ประโยชน์อย่างสูงสุดจากโปรแกรมนั้นได้

LabVIEW ก็เช่นเดียวกัน โดยจุดประสงค์หลักแล้ว บริษัท National Instrument ได้เริ่มพัฒนาโปรแกรมที่จะนำมาใช้กับระบบเครื่องมือวัดที่มีความง่ายในการเขียนโปรแกรมและมีฟังก์ชันเพื่อจะช่วยในการวัดทางวิศวกรรมให้มากที่สุด เพราะด้วยความเป็นมาบริษัท National Instrument เริ่มจากการผลิตอุปกรณ์ที่ใช้กับการวัดทางวิศวกรรม ไม่ใช่บริษัทที่เริ่มต้นมาจากการผลิต Software เป็นหลัก ดังนั้นคงไม่ผิดนักสำหรับผู้ที่ต้องการจะใช้ประโยชน์สูงสุดจากโปรแกรม LabVIEW คือผู้ที่ต้องการจะนำข้อมูลจากภายนอกเครื่องคอมพิวเตอร์ เข้ามาในเครื่องเพื่อทำการการวิเคราะห์ข้อมูลประมวลค่า แสดงผลและในหลายกรณีใช้ในระบบควบคุมอัตโนมัติด้วยคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการสงวนสิทธิ์ในเนื้อหา โดยผู้จัดทำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อได้เปรียบสูงสุดของ LabVIEW คือการพยายามทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์ของเราเมื่อรวมกับ LabVIEW และ อุปกรณ์เชื่อมต่อเพื่อการเก็บข้อมูล (Data Acquisition Card) แล้วสามารถเปลี่ยนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลของเราให้กลายเป็นเครื่องมือวัดในหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็น Oscilloscope, Multi-meter, Function Generator, Strain Meter Thermometer หรือ เครื่องมือวัดอื่นๆ ตามที่เราต้องการ ทำให้เราสามารถใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ในการทำการวัดและเครื่องมือวัดได้อย่างกว้างขวาง ซึ่งจุดนี้เองที่เป็นที่มาของชื่อ เครื่องมือวัดเสมือนจริง (Virtual Instrument) และ ข้อได้เปรียบเหนือการใช้อุปกรณ์จริงเหล่านั้นคือ Virtual Instrument สามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับการใช้งานของผู้ใช้แต่ละกลุ่มได้ โดยการเปลี่ยน VI ให้เป็นไปตามต้องการเป็นเรื่องที่ไม่ยุ่งยากนัก

ข้อดีอีกประการหนึ่งในการหนึ่งของการใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือวัดก็คือ สามารถใช้ทำเป็น Data Logger และ PLC (Programmable Logical Controlled) ได้พร้อมกัน ซึ่งโดยปกติแล้วระบบควบคุมมักจะไม่อยู่ในเครื่องมือวัดจริงขั้นพื้นฐาน หรือ Data Logger แม้จะเก็บข้อมูลได้ แต่การสั่งการทำงานกับอุปกรณ์ตัวอื่น จะมีความยุ่งยากในการสั่งการมาก

กล่าวโดยสรุปก็คือหากเรามี LabVIEW, คอมพิวเตอร์และ DAQ Card (หรือระบบการติดต่อสื่อสารอื่นเช่น GPIB หรือ Serial Port ซึ่งรายละเอียดและความแตกต่างจะกล่าวต่อไป ภายหลัง เราสามารถสร้างเครื่องมือวัดเสมือนจริงได้มากมาย หากเราต้องมี Transducer ที่เหมาะสมประกอบอยู่ด้วย ซึ่งจุดนี้เองคือข้อดีของโปรแกรม

2.4.3 วิวัฒนาการของ LabVIEW

LabVIEW มีจุดกำเนิดขึ้นในปี 1983 โดยทางบริษัท National Instrument ได้เริ่มการค้นคว้าเพื่อจะหาวิธีการที่จะลดภาระและเวลาในการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งานด้านระบบเครื่องมือวัด ซึ่งเป็นจุดเริ่มของแนวความคิดการสร้าง LabVIEW หลังจากการใช้เวลาทำงาน 3 ปี ในปี 1986 บริษัทได้ปล่อย LabVIEW version 1 สู่ตลาดเพื่อใช้กับคอมพิวเตอร์ Macintosh เท่านั้น เพราะแม้ว่าเครื่อง Macintosh จะไม่เป็นที่ใช้อย่างกว้างขวางในทางด้านการวัดและเครื่องมือวัดทางวิศวกรรม ลักษณะการทำงานด้วยกราฟฟิกส์ของเครื่อง Macintosh เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยี

ที่ใช้กับ LabVIEW สำหรับระบบปฏิบัติการอื่นที่ไม่ใช่ GUI นั้นไม่มีความเหมาะสมที่จะใช้กับ LabVIEW ดังนั้นสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ทาง NI จึงต้องรอให้เทคโนโลยีระบบปฏิบัติการ GUI ของเครื่อง PC พร้อมเสียก่อน ซึ่ง NI ก็ต้องรอนจนกระทั่งระบบปฏิบัติการ Windows ประสบผลสำเร็จทั้งในด้านเทคโนโลยีและการตลาด

ในปี 1990 ทาง NI ได้ประสบผลสำเร็จในการนำ LabVIEW version 2 ออกสู่ตลาด โดยได้ปรับแก้และเขียนระบบควบคุมใหม่ทั้งหมด ตามคำแนะนำของผู้ใช้งาน โดยเฉพาะการเขียน Compiler ที่ทำให้เวลาการทำงานของโปรแกรมรวดเร็วขึ้น ทัดเทียมกับการเขียนด้วยภาษาขั้นพื้นฐาน เช่น C และต่อมาเมื่อเทคโนโลยีด้านระบบปฏิบัติการของ PC มีความพร้อมที่จะใช้งานกับ GUI ทางบริษัทจึงได้ผลิต LabVIEW for Windows และ LabVIEW for SUN เข้าสู่ตลาดในปี 1992

หลังจากนั้นบริษัทก็ได้พัฒนาโปรแกรมให้เหมาะสมกับเทคโนโลยีที่เพิ่มขึ้น ความเร็วของระบบคอมพิวเตอร์ รูปแบบปฏิบัติการที่เปลี่ยนแปลงไปเช่น LabVIEW สำหรับ Windows NT, Windows 95 รวมถึงการสร้าง version ใหม่ เพื่อจัดระบบและการเขียนโปรแกรมให้สะดวกมากขึ้น ตลอดจนสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ มากขึ้น พร้อมทั้งสร้างฟังก์ชันต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานมากขึ้น นอกจากนี้ยังสร้างโปรแกรมที่สามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการอื่นที่ไม่ได้เขียน

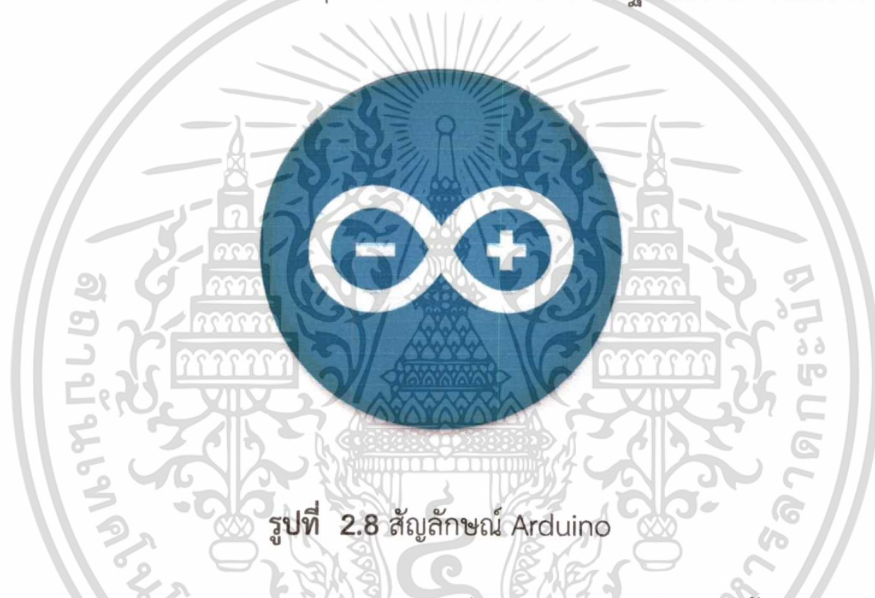
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บนระบบปฏิบัติการนั้นได้ โดยเริ่มจาก LabVIEW 3 ในปี ค.ศ. 1993, LabVIEW 4 ในปี ค.ศ. 1996 และล่าสุด LabVIEW 5 ในปี ค.ศ. 1998 ซึ่งเป็นโปรแกรมล่าสุดและเอกสารชุดนี้จะเขียนตามลักษณะการทำงานของโปรแกรมใน Version 5 นี้

ในปัจจุบันนี้ LabVIEW เป็นโปรแกรมที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งในวงการศึกษาวิจัย และในวงการอุตสาหกรรมเพื่อใช้ในระบบการควบคุมอัตโนมัติ ถ้าหากว่าคุณกำลังมองหาโปรแกรมทางด้านการวัดและเครื่องมือวัด LabVIEW อาจจะเป็นคำตอบหนึ่งของคุณก็ได้

2.5 โปรแกรมและอุปกรณ์พัฒนา Arduino

Arduino เป็นระบบที่ใช้ในการพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต้นแบบ ซึ่งออกแบบให้ใช้งานง่ายทั้งฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ กลุ่มเป้าหมายผู้ใช้งาน Arduino ได้แก่ ศิลปิน นักประดิษฐ์ นักออกแบบ ใช้ในงานอดิเรก หรือ ใครก็ตามที่สนใจในการประดิษฐ์นวัตกรรม งานสร้างสรรค์



รูปที่ 2.8 สัญลักษณ์ Arduino

ประวัติความเป็นมาของ Arduino มีผู้ริเริ่มเป็นชาวอิตาลี ดังนั้นจึงอ่านออกเสียงไปในทางอิตาลีว่า อาดูโยโน่ หรือ บางคนก็อ่านว่า อาดูโน่ หรือ อาดูโยอีโน่ ก็ได้ Arduino ต้นในปี 2005 ผู้ริเริ่มของ Arduino ชื่อว่า Massimo Banzi และ David Cuartielles ซึ่งอาศัยอยู่ในเมือง Ivrea ทางตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศอิตาลี สองคนนี้ตั้งใจสร้างอุปกรณ์ประเภทไมโครคอนโทรลเลอร์ราคาถูกที่นักเรียนนักศึกษาสามารถเข้าถึง และซื้อหามาเป็นเจ้าของได้ง่าย โรงงานเล็กๆในเมือง Ivrea นี้ถูกใช้เป็นที่ผลิตบอร์ด Arduino เวอร์ชันแรก โดยใช้ชื่อโครงการของพวกเขาว่า Arduino of Ivrea

นอกจากจะตั้งใจให้ราคาของอุปกรณ์นั้นถูกเมื่อเทียบกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอื่นๆ ในท้องตลาดแล้ว พวกเขายังตั้งใจให้ Arduino สามารถพัฒนาโดยโปรแกรมที่ "แจกฟรี" ภายใต้เงื่อนไขในการใช้งานลักษณะ Open Source ดังนั้นจึงเลือกใช้การพัฒนาบนพื้นฐานของระบบ Wiring

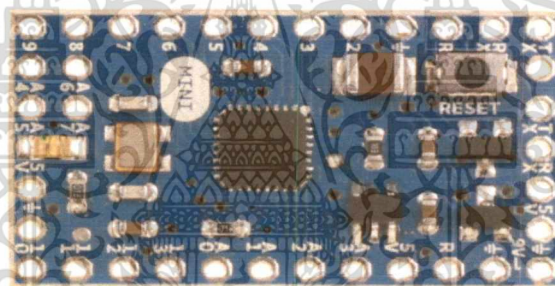
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 อุปกรณ์พัฒนา Arduino

การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ก็เปรียบเหมือนกับสมองของมนุษย์ คือมีหน้าที่คิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ คำนวณทางลอจิก สั่งการ มีส่วนความจำ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณ หรือ ประมวลผลต่างๆ แต่จะไม่สามารถทำงานได้เอง โดยไม่มีมือ เท้า แขน ขา หรือ ตา หู จมูก ซึ่งเปรียบได้กับ อุปกรณ์ส่วนควบ (Accessories) อื่น เช่น เซนเซอร์ มอเตอร์ ระบบสื่อสารผ่าน อินเทอร์เน็ต ระบบแสดงผลผ่านจอภาพ เป็นต้น ดังนั้นโดยสรุปคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่ในการคิดคำนวณ รับค่าจากระบบวัดผลภายนอก เข้ามาประมวลผล เพื่อสั่งการตอบสนองออกไปที่ อุปกรณ์ต่อเชื่อมอื่นๆ

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในปัจจุบันก็มีอยู่หลายยี่ห้อ เช่น PIC ของบริษัทไมโครชิพ Z80 MCS-51 ARM-Cortex AVR และ อื่นๆอีกมาก Arduino ก็เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แบบหนึ่งที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวที่ต่างจากยี่ห้ออื่นๆ คือ การเป็น Open Source ซึ่งทำให้ได้เปรียบเรื่องราคา และจำนวนผู้ใช้งานทั่วโลก

Arduino เวอร์ชันแรกปรากฏต่อสายตาชาวโลกในเดือนกันยายน ปี 2006 เรียกชื่อว่า Arduino Mini ซึ่งมีขนาดเล็กและราคาถูก ราคาขายในเมืองไทยขายอยู่ไม่กี่ร้อยบาท



รูปที่ 2.9 Arduino Mini

ถึงปัจจุบัน Arduino มีบอร์ดหลายแบบให้เลือกใช้งานตามความถนัดและความเหมาะสมมากกว่า 20 รุ่น แต่ละรุ่นก็มีขนาด ความจุ ความเร็ว จำนวนขาพอร์ตอินพุต เอาท์พุต แตกต่างกันไป มีตั้งแต่ราคาหลักสองสามร้อยบาท ไปจนกระทั่งพันกว่าบาท นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ต่อพ่วง (Shield) ให้เลือกใช้หลากหลาย ราคาก็เป็นไปตามแนวคิดเดิมคือ สมเหตุสมผลสุดๆ ทำให้เป็นที่นิยมมากขึ้นเรื่อยๆสาเหตุที่ราคาถูกก็สามารถสรุปได้ดังนี้

- ระบบเป็นแบบ Open Source ไม่มีลิขสิทธิ์ในการนำไปใช้งานต่อเชิงพาณิชย์ และแจกไฟล์ที่ใช้ในการสร้างต้นแบบให้ฟรีๆ ทำให้ประเทศผู้ผลิตอย่างจีนสามารถนำไปผลิตได้ในราคาสบายๆ โดยไม่ต้องกังวลเรื่องค่าลิขสิทธิ์

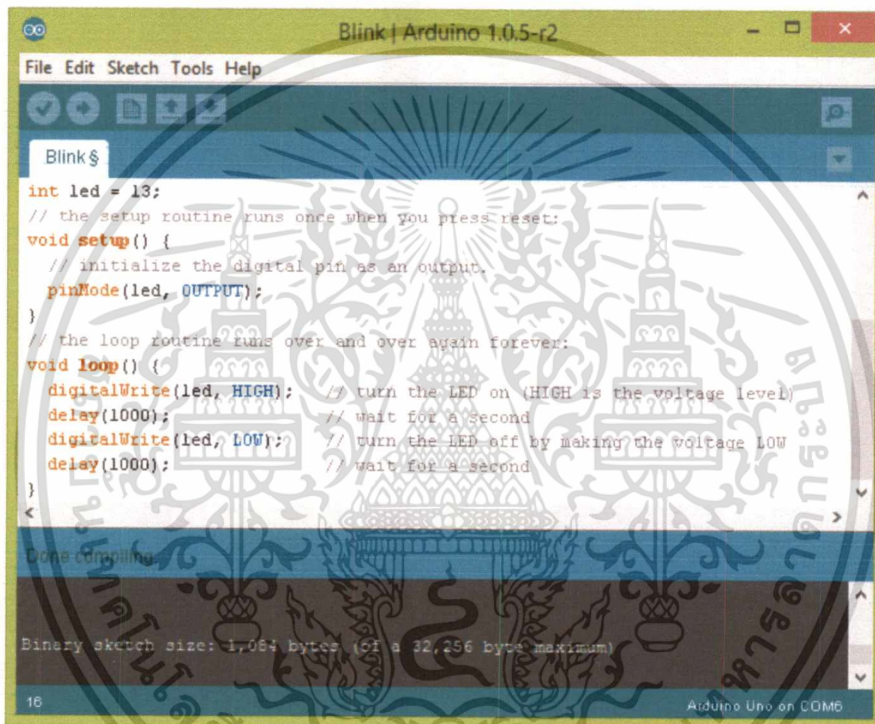
- ซอฟต์แวร์ หรือ Arduino IDE ที่ใช้ในการพัฒนายังแจกให้ฟรี ดาวน์โหลดกันได้อย่างถูกกฎหมาย เอาไปใช้งานต่อ สร้างผลิตภัณฑ์แล้วขายต่อ โดยไม่ต้องเสียค่าลิขสิทธิ์แบบไมโครคอนโทรลเลอร์เจ้าอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีซอฟต์แวร์ฟรี (Freeware) ที่พัฒนาและเข้ามาร่วมอุดมการ (เช่น Fritzing และ Processing) ทำให้เกิดเป็นชุมชนขนาดใหญ่ที่มีเครื่องมือเครื่องมือเข้ามาให้ใช้กันฟรีๆ มากมาย ทั้ง Blog และ website ต่างๆ

2.5.2 โปรแกรม Arduino IDE

โปรแกรม Arduino IDE (Arduino integrated development environment) เป็นโปรแกรมสำหรับพัฒนาอุปกรณ์ Arduino ซึ่งเป็นโอเพ่นซอสทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของบอร์ด Arduino จึงมีเครื่องมือสำหรับเขียนโปรแกรมมาให้ใช้กันฟรี สามารถดาวน์โหลดได้ที่ <http://arduino.cc/en/Main/Software>



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างโปรแกรม Arduino IDE

บทที่ 3

การออกแบบ

3.1 ภาพรวมของระบบ

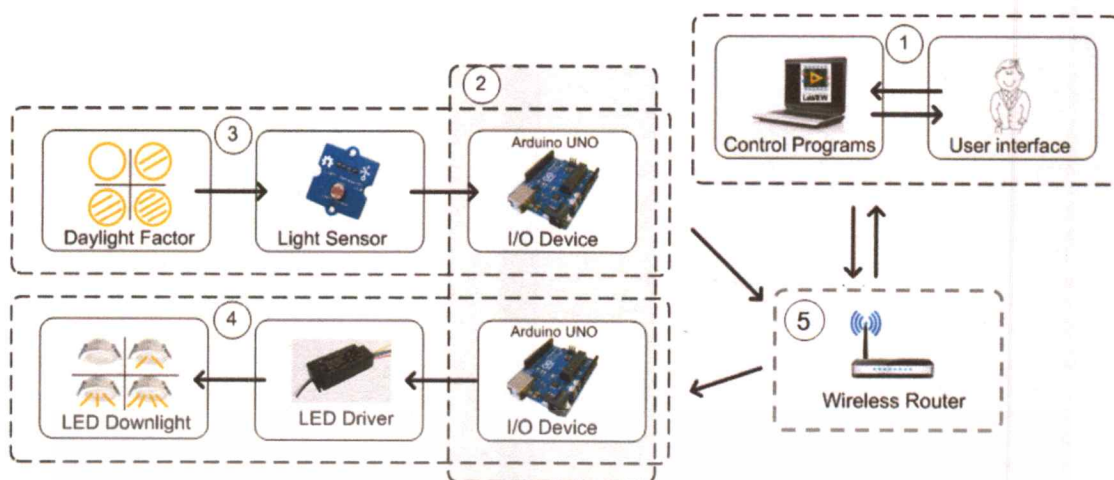
ในหัวข้อนี้กล่าวถึงการทำงานของระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารที่ใช้แสงจากธรรมชาติร่วม ซึ่งการทำงานถูกออกแบบให้มีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของแสงจากธรรมชาติเพื่อรักษาระดับความเข้มแสงภายในอาคารให้คงที่เนื่องจากความเข้มแสงที่มากกว่าหรือน้อยกว่าค่ามาตรฐานนั้นจะมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานและสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน



รูปที่ 3.1 แนวคิดการทำงานของระบบต้นแบบ

รูปที่ 3.1 แสดงแนวความคิดการทำงานของระบบ คืออาคารที่ได้รับการออกแบบให้มีแสงสว่างจากธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารนั้น ปริมาณแสงที่เข้ามาภายในอาคารมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอเกิดจากปัจจัยต่างๆเช่น สภาพอากาศ ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลา ทำให้ค่าความเข้มแสงในพื้นที่ทำงานไม่คงที่ ดังนั้นในช่วงเวลาที่มีแสงจากภายนอกมากทำให้มีแสงเข้ามาภายในอาคารปริมาณมากทำให้ต้องลดการใช้แสงสว่างจากหลอดไฟลง แต่ในทางกลับกันเมื่อแสงจากภายนอกน้อยทำให้มีแสงเข้ามาภายในอาคารปริมาณน้อยทำให้ต้องเพิ่มแสงสว่างจากหลอดไฟ

จากแนวความคิดนี้จึงได้ทำการออกแบบระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารที่มีแสงจากธรรมชาติร่วม โดยที่ระบบควบคุมจะทำหน้าที่รักษาระดับความเข้มแสงในพื้นที่ทำงานให้มีค่าคงที่เพื่อให้เกิดความสบายสูงสุดต่อผู้ปฏิบัติงานภายในอาคาร ภาพรวมของระบบแสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารที่ใช้แสงจากธรรมชาติร่วม

ระบบควบคุมสามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

- (1) ส่วนควบคุมหลัก
- (2) โมดูลรับส่งข้อมูล
- (3) ชุดวัดแสง
- (4) ชุดควบคุมความส่องสว่าง
- (5) ระบบเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สาย

3.2 การออกแบบส่วนควบคุมหลัก (Control Device)

ส่วนควบคุมหลักเป็นหัวใจสำคัญของระบบทั้งหมดทำหน้าที่รับคำสั่งจากผู้ใช้งานและอุปกรณ์วัดแสง จากนั้นทำการประมวลผลแล้วสั่งการควบคุมระดับความส่องสว่างของโคมไฟผ่านทางโมดูลรับส่งแสงแสดงการทำงานดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แผนภาพการทำงานระบบควบคุมหลัก

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้โปรแกรม LabVIEW ในการสร้างโปรแกรมควบคุมซึ่งโปรแกรม LabVIEW มีจุดเด่นในด้านการวัดผลและควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ โดยโปรแกรมควบคุมทำงานบนคอมพิวเตอร์เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานของผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมหลักสามารถแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆได้ดังนี้

(1) ส่วนประมวลผล ทำหน้าที่เปรียบเทียบข้อมูลและสั่งการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ

(2) ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน ทำหน้าที่รับคำสั่งจากผู้ใช้งานและแสดงผลการทำงานรวมถึงข้อมูลต่างๆของระบบให้ผู้ใช้งานทราบ

(3) ส่วนจัดเก็บข้อมูล ทำหน้าที่จัดเก็บข้อมูลจากโมดูลรับส่งข้อมูลซึ่งมีค่าความเข้มแสงและค่าแรงดันควบคุมคอมโพ

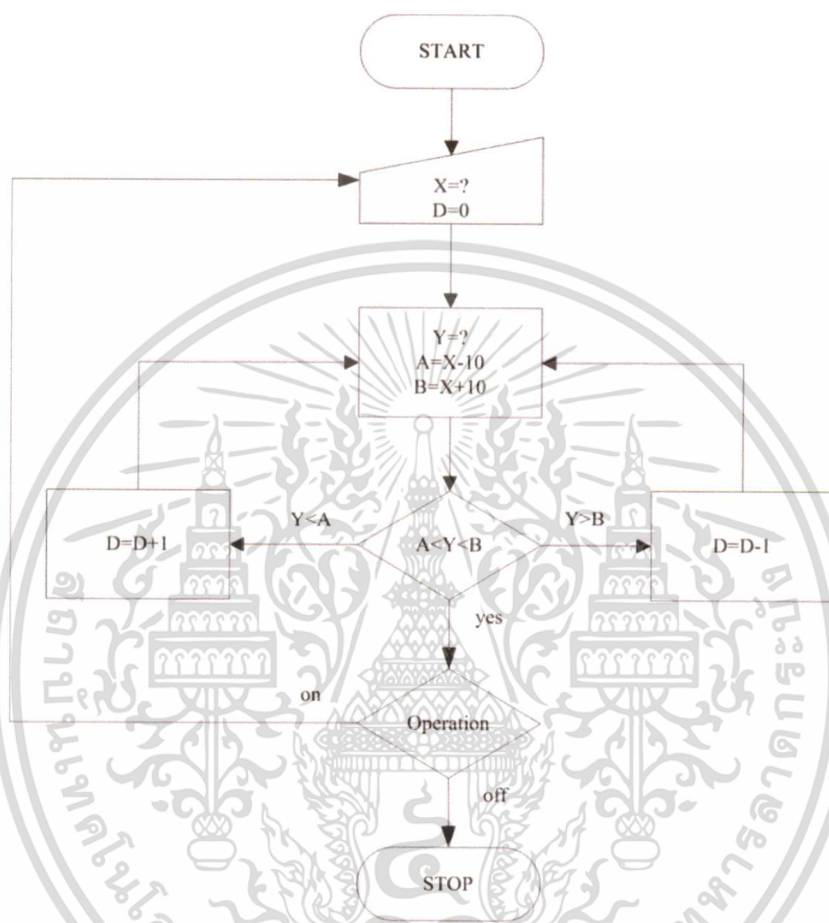
(4) ส่วนเชื่อมต่อสัญญาณไร้สาย ทำหน้าที่เชื่อมต่อส่วนควบคุมหลักกับโมดูลรับส่งข้อมูล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 กระบวนการทำงานโปรแกรมควบคุม

โปรแกรมควบคุมหลักสร้างโดยโปรแกรม LabVIEW ทำการประมวลผลสั่งการและรับส่งข้อมูลต่างๆ แสดงกระบวนการทำงานตามแผนภูมิดังรูปที่ 3.4



เมื่อกำหนด X = ความเข้มแสงที่ต้องการ
Y = ความเข้มแสงที่วัดได้
D = แรงแดับควบคุม(0-10v)

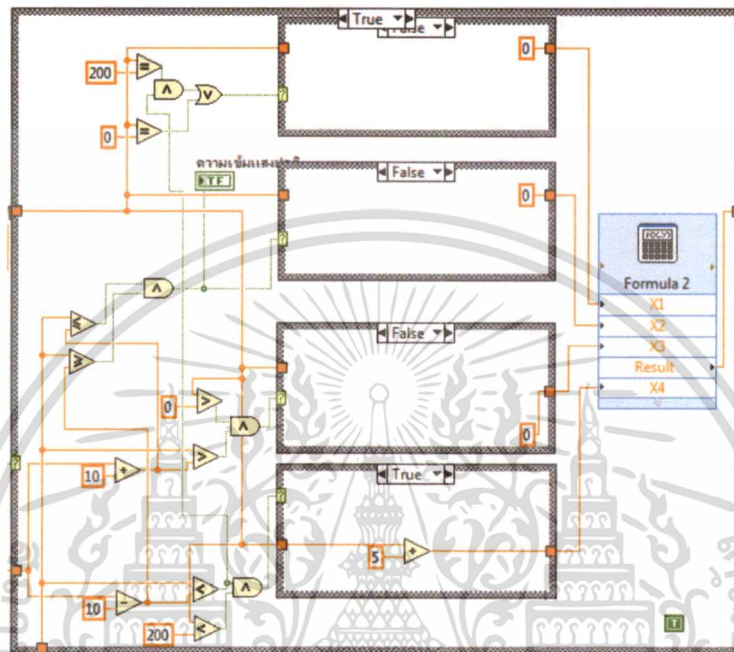
รูปที่ 3.4 กระบวนการทำงานโปรแกรมหลัก

จากแผนภูมิการทำงาน เมื่อผู้ใช้งานกำหนดค่าความเข้มแสงที่ต้องการ(X) ระบบทำการกำหนดช่วงของความเข้มแสงที่ยอมรับได้ คือบวกลบสิบของค่าที่กำหนด จากนั้นทำการวัดความเข้มแสง (Y) แล้วทำการเปรียบเทียบ ถ้าความเข้มแสงไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด ระบบทำการเพิ่มหรือลดแรงแดับควบคุม (D) เพื่อควบคุมความสว่างของโคมไฟต่อไป แล้วทำการวัดความเข้มแสงเปรียบเทียบค่าที่กำหนดจนกระทั่งอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ ระบบจะทำการวนซ้ำเพื่อรักษาระดับความเข้มแสงต่อไปเรื่อยๆ หยุดการทำงานเมื่อผู้ใช้สั่งการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ส่วนประมวลผล

โปรแกรมส่วนประมวลผล ทำหน้าที่เปรียบเทียบข้อมูลและสั่งการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ในการเขียนโปรแกรมใช้ฟังก์ชันในการเปรียบเทียบและการบวกลบตัวเลขเป็นหลัก ซึ่งมีการเขียนโปรแกรมดังรูปที่ 3.5

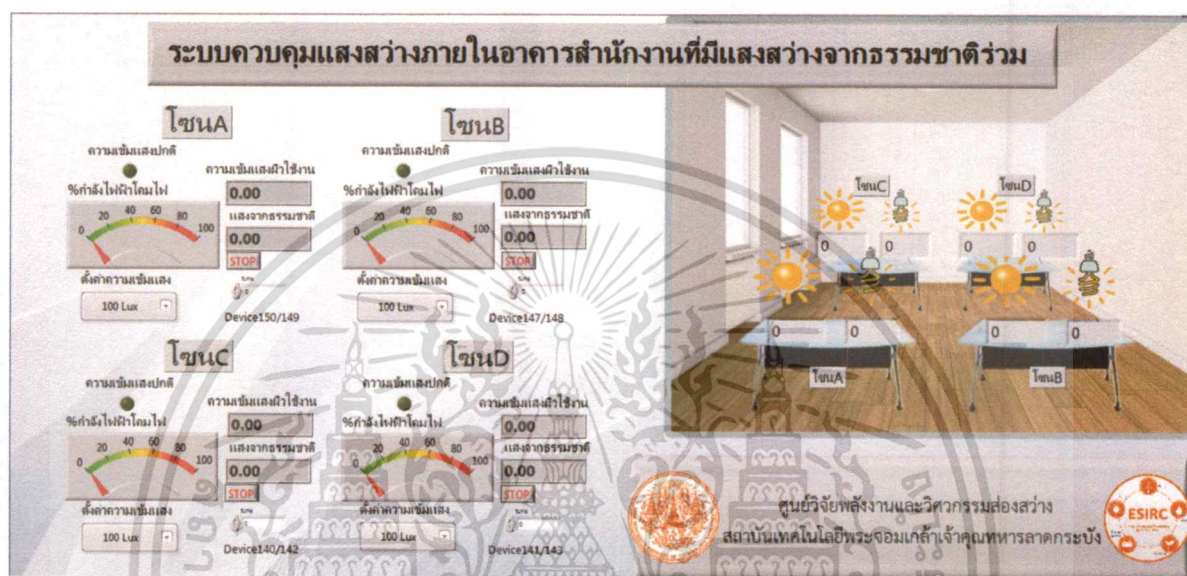


รูปที่ 3.5 โปรแกรมส่วนประมวลผล

การทำงานโดยนำค่าความเข้มแสงที่วัดได้มาทำการเปรียบเทียบกับช่วงค่าความเข้มแสงที่กำหนด จากนั้นทำการปรับค่าแรงดันควบคุม ทำงานวนลูปจนค่าความเข้มแสงที่วัดได้อยู่ในช่วงที่กำหนด

3.2.3 ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

โปรแกรมส่วนติดต่อผู้ใช้งาน ทำหน้าที่รับคำสั่งจากผู้ใช้งานและแสดงผลการทำงานรวมถึงข้อมูลต่างๆของระบบให้ผู้ใช้ทราบ ในส่วนนี้รับคำสั่งผ่านทางและแสดงผลผ่านทาง Front Panel ของโปรแกรม LabVIEW แสดงดังรูปที่ 3.6 ในหน้าต่างฝั่งซ้ายใช้สำหรับตั้งค่าระดับความเข้มแสงและแสดงสถานะการทำงานของระบบ ส่วนฝั่งขวาแสดงภาพของห้องทำงานและปริมาณแสงจากแหล่งต่างๆ



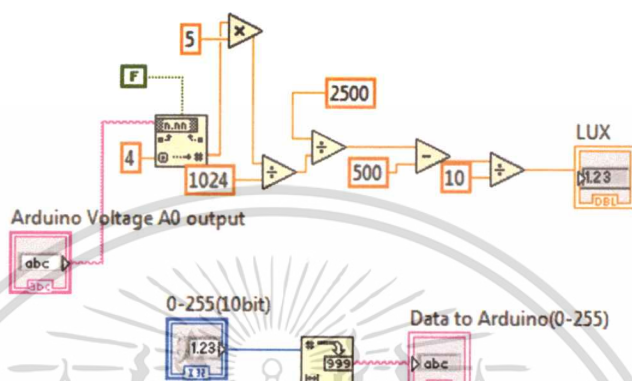
รูปที่ 3.6 ส่วนติดต่อผู้ใช้งานของโปรแกรมควบคุม

ในส่วนนี้ผู้ใช้สามารถเลือกความเข้มแสงที่ 100, 200 และ 300 Lux เพื่อให้ระบบทำการรักษาระดับความเข้มแสงที่ต้องการ หน้าจอแสดงผลแสดงเปอร์เซ็นต์ของกำลังไฟฟ้าของโคมไฟเพื่อให้ทราบถึงปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ใช้ และแสดงความเข้มแสงที่พื้นผิวใช้งานกับแสงจากธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

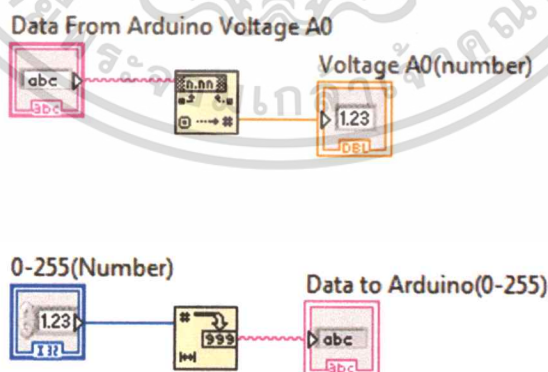
3.2.4 ส่วนจัดเก็บข้อมูล

ส่วนจัดเก็บข้อมูล ทำหน้าที่เก็บข้อมูลจากโมดูลรับส่งข้อมูลและแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่ต้องการ โปรแกรมส่วนนี้ทำหน้าที่เก็บข้อมูลค่าความเข้มแสง และค่าแรงดันควบคุม เพื่อเป็นฐานข้อมูลให้โปรแกรมส่วนอื่นนำไปประมวลผลและแสดงผลต่อไป แสดงโปรแกรมส่วนจัดเก็บข้อมูลแสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 โปรแกรมส่วนจัดเก็บข้อมูล

การทำงานหลักๆของโปรแกรมคือการเตรียมความพร้อมของข้อมูลเพื่อให้สะดวกในการส่งต่อหรือนำไปใช้คำนวณ ในการส่งข้อมูลผ่าน TCP/IP นั้น ข้อมูลต้องอยู่ในรูปตัวอักษร(string) แต่ข้อมูลในการคำนวณของโปรแกรมควบคุมนั้นใช้ในรูปแบบตัวเลข ดังนั้นข้อมูลแรงดันควบคุมที่ทำการเก็บไว้ต้องแปลงจากตัวเลขให้อยู่ในรูปตัวอักษรก่อน และข้อมูลความเข้มแสงที่รับมานั้นอยู่ในรูปตัวอักษรจึงต้องทำการแปลงเป็นตัวเลขก่อนนำไปทำการคำนวณ แสดงดังรูปที่ 3.8 ในส่วนการแปลงความเข้มแสงในหน่วยของแรงดันให้อยู่ในหน่วยของ Lux จะอธิบายในส่วนของชุดวัดแสงต่อไป

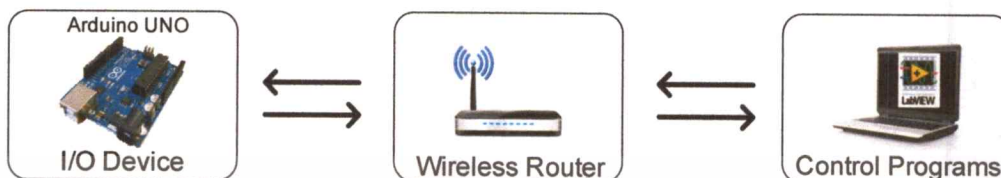


รูปที่ 3.8 แสดงวิธีการแปลงชนิดข้อมูลระหว่างตัวเลขและตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

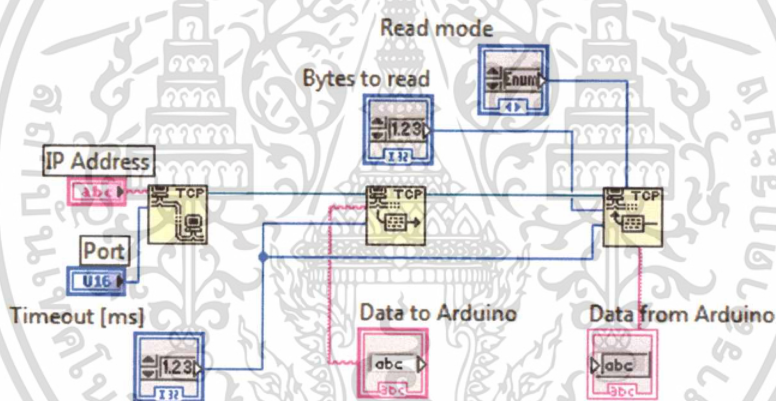
3.2.5 ส่วนเชื่อมต่อสัญญาณไร้สาย

ส่วนเชื่อมต่อสัญญาณไร้สาย ทำหน้าที่เชื่อมต่อส่วนควบคุมหลักกับโมดูลรับส่งข้อมูลในรูปแบบ TCP/IP ผ่านทางอุปกรณ์ไร้สายของคอมพิวเตอร์ มีเราเตอร์เป็นอุปกรณ์ช่วยในการเชื่อมต่อแบบไร้สายแสดงการทำงานดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แผนภาพแสดงการเชื่อมต่อแบบไร้สาย

โปรแกรมในส่วนนี้ใช้ฟังก์ชัน TCP/IP ในการรับส่งข้อมูล ทำงานในรูปแบบ Client เชื่อมต่อไปยังโมดูลที่ทำการระบุ IP แสดงโปรแกรมดังรูปที่ 3.10

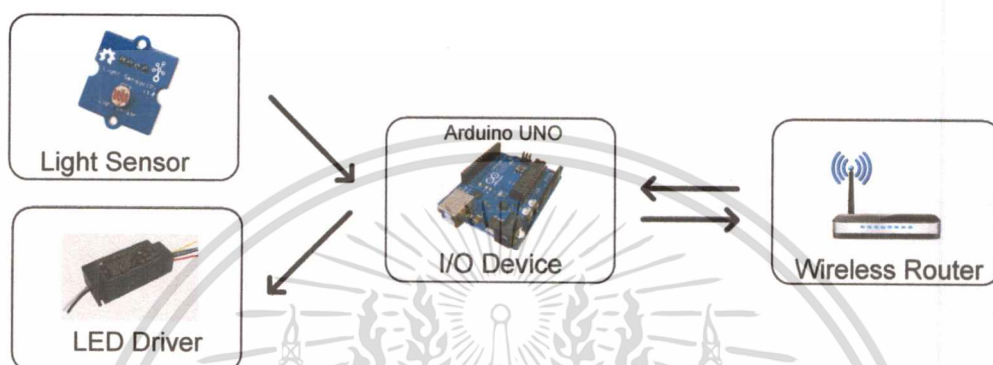


รูปที่ 3.10 การเชื่อมต่อเครือข่ายแบบTCP/IP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 โมดูลรับส่งข้อมูล (I/O Module)

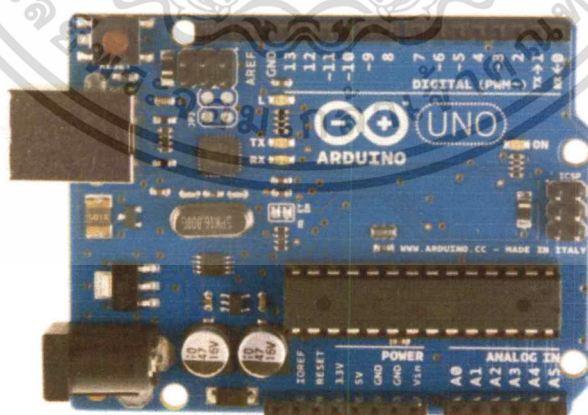
ในการใช้งานโปรแกรม LabVIEW ในคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ I/O ในการเชื่อมต่อสัญญาณให้กับโปรแกรม LabVIEW เช่น DAQ GPIB แต่ในการวิจัยนี้ได้นำอุปกรณ์คอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ I/O คอนโทรลเลอร์ที่นำมาใช้คืออุปกรณ์พัฒนา Arduino UNO ทำหน้าที่รับค่าความเข้มแสงจากอุปกรณ์วัดแสง และส่งแรงดันควบคุมให้กับคอมไฟ แสดงการทำงานดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แสดงการทำงานของโมดูลรับส่ง

3.3.1 อุปกรณ์พัฒนา Arduino UNO

Arduino UNO เป็นอุปกรณ์พัฒนาคอนโทรลเลอร์แบบเริ่มต้น ซึ่งมีคุณสมบัติเพียงพอกับการใช้งานในงานวิจัยนี้ และอีกหนึ่งเหตุผลที่เลือกใช้เพราะมีราคาถูก โดยฟังก์ชันหลักที่นำไปใช้ คือการเชื่อมต่อแบบอนุกรม Serial UART และ Serial I2C ลักษณะของ Arduino Uno แสดงดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 อุปกรณ์พัฒนา Arduino UNO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดอุปกรณ์ Arduino UNO มีรายละเอียดดังนี้

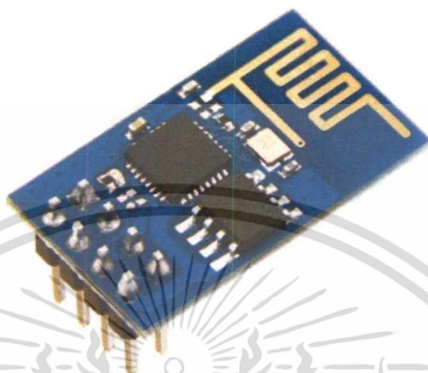
ไมโครคอนโทรเลอร์	ATmega328
แหล่งจ่ายไฟ	5V
ไฟเข้า	7-12V
ไฟเข้า (สูงสุดต่ำสุด)	6-20V
ดิจิตอล I/O	14 ขา
PWMเอาต์พุต	6 ขา
อนาล็อกอินพุต	6 ขา
กระแสไฟฟ้า DC ต่อ I/O	40 mA
กระแสไฟฟ้าออก DC สำหรับ 3.3V	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328)
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การเชื่อมต่อเครือข่ายด้วยโมดูลไร้สาย ESP8266

อุปกรณ์พัฒนา Arduino UNO เชื่อมต่อโปรแกรม LabVIEW ผ่านทางเครือข่ายแบบไร้สาย แต่เนื่องจาก Arduino UNO ไม่มีอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายภายในตัว ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์ภายนอกมาช่วยในการเชื่อมต่อเครือข่าย ในงานวิจัยนี้ได้เลือกโมดูลไร้สาย ESP8266 ในการเชื่อมต่อเครือข่ายในรูปแบบ TCP/IP โมดูลไร้สาย ESP8266 แสดงดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 โมดูลไร้สาย ESP8266

โมดูลไร้สาย ESP8266 เป็นโมดูลขนาดเล็กและใช้พลังงานต่ำ ทำการเชื่อมต่อกับ Arduino UNO ผ่านทาง Serial UART โมดูลไร้สาย ESP8266 ตั้งค่าการทำงานโดยใช้คำสั่ง AT ผ่านทาง Serial Monitor ของโปรแกรม Arduino IDE ทำการเชื่อมต่อเครือข่ายที่ได้ตั้งค่าไว้เองโดยอัตโนมัติ ในงานวิจัยนี้ โมดูลไร้สาย ESP8266 ทำงานในสถานะ Server คอยรับการเชื่อมต่อจากโปรแกรมควบคุม เมื่อทำการเชื่อมต่อสำเร็จโมดูลรับส่งข้อมูลจะทำการรับส่งข้อมูลต่างๆกับโปรแกรมควบคุม

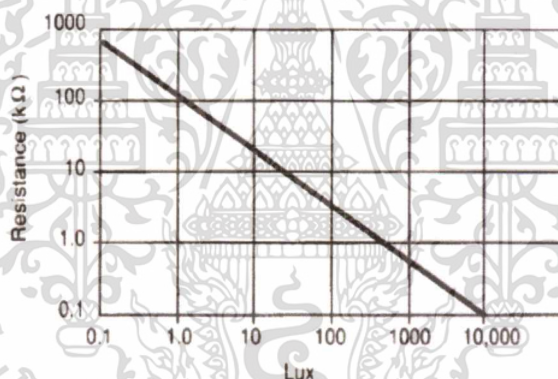
3.4 ชุดวัดแสง (Light Sensor)

โดยทั่วไปการวัดความเข้มแสงนั้นทำได้โดยการใช้ Lux Meter ในการวัด แต่ในงานวิจัยนี้ อุปกรณ์วัดแสงต้องนำไปติดตั้งที่พื้นผิวใช้งานหลายจุด เนื่องจาก Lux Meter มีราคาสูง ดังนั้นจึงนำ LDR (Light Dependent Resistors) รูปที่ 3.14 ที่มีราคาถูกกว่ามากมาใช้แทน



รูปที่ 3.14 LDR (Light Dependent Resistors)

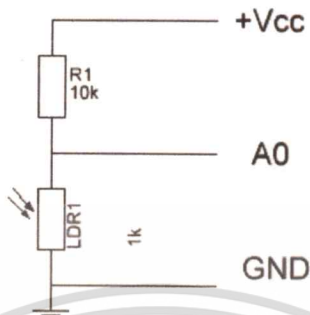
LDR คือตัวต้านทานแปรผันตามความเข้มแสง การทำงานของ LDR คือเมื่อความเข้มแสงมีค่ามากขึ้น ความต้านทานของ LDR มีค่าลดลง แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับค่าความต้านทานของ LDR มาตรฐาน แสดงตามกราฟรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับความเข้มแสง

เนื่องจาก LDR เป็นตัวต้านทาน ดังนั้นการนำมาใช้งานจึงต้องใช้ A/D (Analog to Digital Converter) ของไมโครรับส่งในการอ่านค่าความต้านทาน จากนั้นค่าความต้านทานที่อ่านได้ถูกส่งต่อไปยังโปรแกรมควบคุม จากนั้นโปรแกรมควบคุมทำการแปลงค่าความต้านทานเป็นเป็นค่าความเข้มแสงต่อไป

การใช้งาน LDR สามารถหาค่าความต้านทาน LDR ทำได้โดยใช้วงจรแบ่งแรงดัน (Voltage divider) ทำการแบ่งแรงดันออกมา โดยทั่วไป LDR มีความต้านทานใช้งานอยู่ในช่วง 1k-100k โอห์ม ดังนั้น $R_1 = 10k$ โอห์ม ใช้ไฟเลี้ยงสำหรับวงจรแบ่งแรงดัน (V_{cc}) ขนาด 5V แสดงวงจรดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 วงจรวัดความเข้มแสงโดย LDR

ในส่วนของโปรแกรมควบคุมค่าความเข้มแสงที่ได้รับนั้นเป็นค่าของแรงดันที่ส่งมาในรูปแบบข้อมูลขนาด 10บิต (0-1024) ดังนั้นจึงต้องทำการแปลงค่าที่ได้มาให้เป็นค่าแรงดัน (V_o) ก่อน เมื่อ A_0 คือแรงดันในรูปของข้อมูล 10บิต V_{ref} คือแรงดันอ้างอิงจากวงจรแบ่งแรงดัน ได้จากสมการ (3.1)

$$V_o = \frac{A_o \times V_{ref}}{1024} \quad (3.1)$$

จากวงจรแบ่งแรงดันต่อไปเลี้ยงขนาด 5V ผ่านตัวต้านทานขนาด 10k โอห์ม ตามสมการของวงจรแบ่งแรงดัน แรงดันขาออก (V_o) หาได้จากสมการ (3.2)

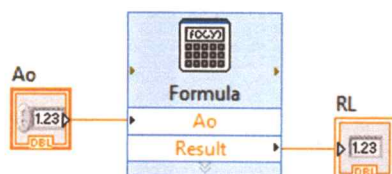
$$V_o = 5 \times \frac{R_L}{R_L + 10} \quad (3.2)$$

สามารถหาค่าความต้านทานของ LDR (R_L) โดยการจัดรูปสมการ (3.2) ได้ดังสมการ (3.3)

$$R_L = \frac{10 \times V_o}{5 - V_o} \quad (3.3)$$

จากสมการที่ (3.3) เมื่อต้องการหาค่าความต้านทาน R_L จำเป็นต้องทราบค่า แรงดันขาออก (V_o) ก่อน โปรแกรมการคำนวณหาค่า แรงดันขาออก (V_o) โดยใช้ฟังก์ชัน Formula ของโปรแกรม LabVIEW ทำการกำหนดสมการลงใน Formula แสดงดังรูปที่ 3.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 ฟังก์ชัน Formula ของโปรแกรม LabVIEW

เมื่อได้ค่าความต้านทาน R_L ทำการหาค่าความเข้มแสงได้โดยนำค่าความต้านทาน R_L แทนลงในสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความต้านทานของ LDR เนื่องจาก LDR เป็นอุปกรณ์ราคาถูกทำให้สมการความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความต้านทานของ LDR แต่ละชิ้นไม่เหมือนกันทำให้ต้องหาค่าความสัมพันธ์เฉพาะของอุปกรณ์แต่ละชิ้น โดยทำการวัดค่าความเข้มแสงจากแอลอีดี เปรียบเทียบกับค่าความต้านทานของ LDR ช่วงความเข้มแสงที่ทำการวัดอยู่ในช่วง 50-1000 LUX เพื่อให้สามารถวัดแสงจากธรรมชาติที่มีปริมาณความเข้มแสงสูงได้ถูกต้อง ทำการควบคุมความเข้มแสงโดยแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับปรับค่าได้ (Variac) ผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 3.1

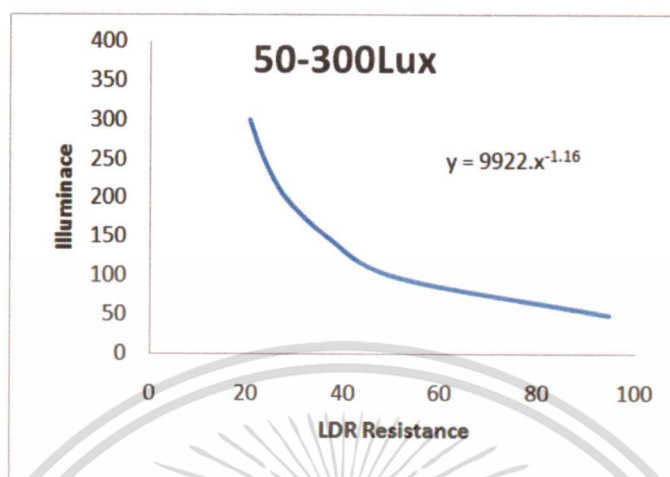
ตารางที่ 3.1 ความเข้มแสงจากอุปกรณ์วัดแสงมาตรฐานเปรียบเทียบกับความต้านทานของ LDR

Illuminance(Lux)	Resistance(k Ω)	Illuminance (Lux)	Resistance(k Ω)
50	94.5	550	12.4
100	50.0	600	11.7
150	36.6	650	11.0
200	28.0	700	10.4
250	23.4	750	9.8
300	20.4	800	9.4
350	17.9	850	9.0
400	16.1	900	8.6
450	14.6	950	8.3
500	13.5	1000	8.0

จากข้อมูลในตารางที่ 3.1 นำไปสร้างกราฟหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความต้านทานโดยแบ่งช่วงของสมการออกเป็น 3 ช่วง (50-300, 300-600, 600-1000Lux) เพื่อให้สมการมีความถูกต้องสูงแสดงความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

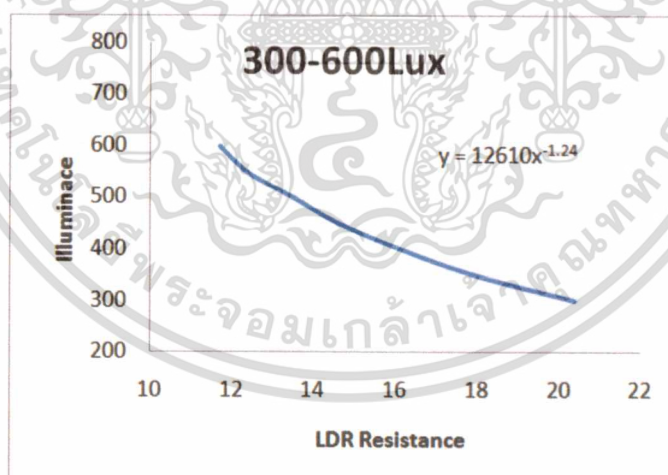
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ความเข้มแสงกับความต้านทาน LDR ช่วงความเข้มแสง 50-300 Lux สมการความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการยกกำลัง คือ $\text{Lux} = 9922 \times R_L^{-1.16}$



รูปที่ 3.18 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความต้านทาน LDR ช่วง 300-600 Lux

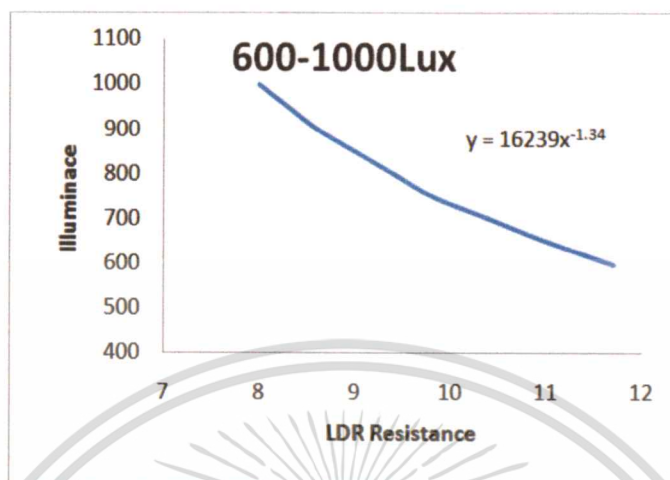
รูปที่ 3.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ความเข้มแสงกับความต้านทาน LDR ช่วงความเข้มแสง 300-600 Lux สมการความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการยกกำลังคือ $\text{Lux} = 12610 \times R_L^{-1.24}$



รูปที่ 3.19 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความต้านทาน LDR ช่วง 300-600 Lux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ความเข้มแสงกับความต้านทาน LDR ช่วงความเข้มแสง 600-1000 Lux สมการความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการยกกำลัง คือ $\text{Lux} = 16239 \times R_L^{-1.34}$



รูปที่ 3.20 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความต้านทาน LDR ช่วง 600-1000 Lux

เมื่อได้สมการความสัมพันธ์แล้วเพื่อให้สามารถมั่นใจได้ว่าสมการถูกต้องจึงต้องทำการตรวจสอบสมการ โดยการแทนค่าความต้านทานลงในสมการคำนวณหาค่าความเข้มแสง แสดงผลการคำนวณค่าความเข้มแสงและค่าความคลาดเคลื่อนตามตารางที่ 3.2 จากผลการทดสอบเห็นได้ว่าสมการความสัมพันธ์ที่ได้มานั้นสามารถแปลงค่าความต้านทาน LDR เป็นค่าความเข้มแสงได้อย่างถูกต้องโดยที่มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5% ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้

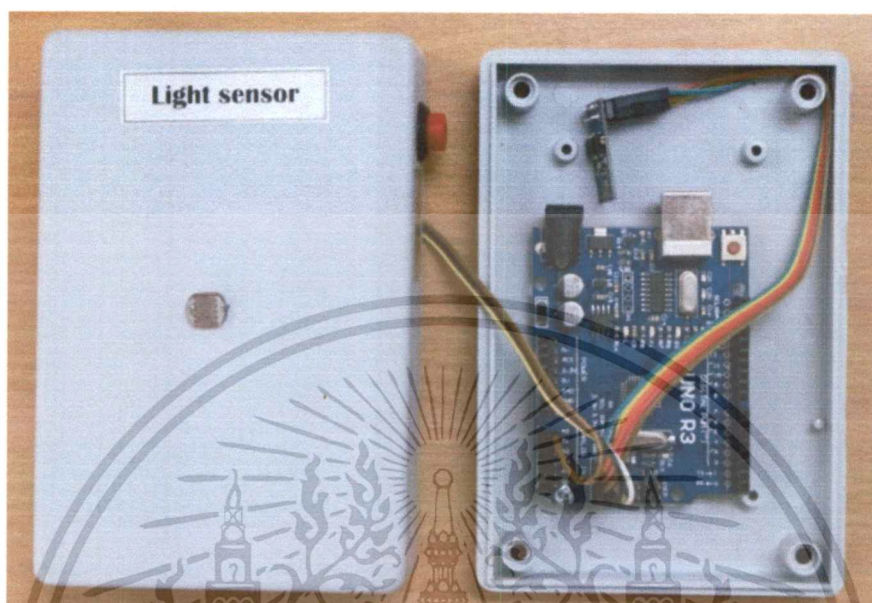
สำหรับสมการความสัมพันธ์ที่ได้มานั้นสามารถใช้ได้กับ LDR เพียงตัวเดียว เนื่องจาก LDR แต่ละตัวเมื่อได้รับความเข้มแสงที่เท่ากันค่าความต้านทานของ LDR มีความแตกต่างกันมาก ส่งผลให้ไม่สามารถใช้สมการความสัมพันธ์เดียวกันได้ ดังนั้นจึงต้องหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความต้านทาน LDR ใหม่ทุกตัว

ตารางที่ 3.2 ผลการคำนวณค่าความเข้มแสงจากสมการความสัมพันธ์ LDR

LDR Resistance(k Ω)	Measured Illuminance(Lux)	Calculated Illuminance(Lux)	Error (%)	Equation
94.5	50	49.12	-1.75	Lux = 9922 x R _L ^{-1.16}
50.0	100	103.25	3.25	
36.6	150	148.60	-0.93	
28.0	200	203.13	1.56	
23.4	250	250.45	0.18	
20.4	300	293.94	-2.01	
17.9	350	351.49	0.42	Lux = 12610 x R _L ^{-1.24}
16.1	400	400.90	0.22	
14.6	450	452.64	0.58	
13.5	500	498.85	-0.22	
12.4	550	554.34	0.78	
11.7	600	595.79	-0.70	
11.0	650	648.58	-0.21	Lux = 16239 x R _L ^{-1.34}
10.4	700	699.33	-0.09	
9.8	750	757.43	0.99	
9.4	800	801.02	0.12	
9.0	850	849.20	-0.09	
8.6	900	902.66	0.29	
8.3	950	946.75	-0.34	
8.0	1000	994.73	-0.52	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

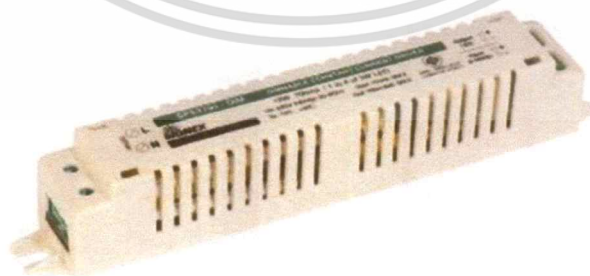
หลังจากที่ได้สมการความสัมพันธ์ของ LDR ครบทุกตัวแล้วถือเป็นอันเสร็จสิ้นในส่วนของการออกแบบชุดวัดแสง ขั้นตอนต่อไปคือการประกอบ LDR เข้ากับโมดูลรับส่งข้อมูล ชุดวัดแสงที่ได้ทำการออกแบบแสดงดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 ชุดวัดแสง

3.5 ชุดควบคุมความส่องสว่าง

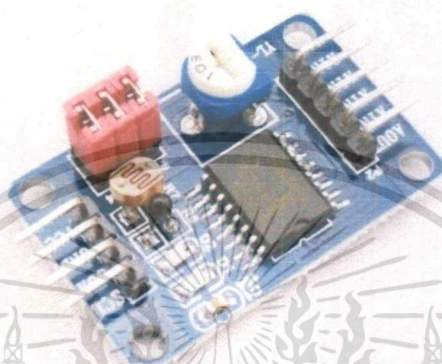
ในงานวิจัยนี้ใช้โคมไฟ LED ในการให้แสงสว่างภายในอาคาร ในการควบคุมความส่องสว่างของโคม LED นั้นทำได้โดยการปรับกระแสขาออกของชุดขับหลอด LED (LED Driver) แต่การจะปรับค่ากระแสขาออกของ LED Driver ได้นั้น อุปกรณ์ LED Driver ต้องรองรับการปรับกระแสด้วย ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ LED Driver SIGNEX SPS3700 พิกัดกำลังไฟ 12W กระแสคงที่ 0-700mA ปรับกระแสโดยแรงดันควบคุม 0-10V แสดงดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 LED Driver SIGNEX SPS3700

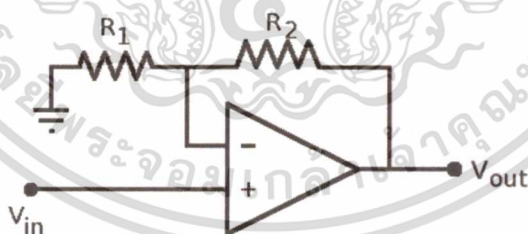
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากต้องใช้แรงดัน 0-10V ในการปรับความส่องสว่างโคมไฟ LED ดังนั้นถึงต้องสร้างแรงดัน 0-10V ชุดควบคุมความส่องสว่างใช้วงจร D/A (Digital to Analog Converter) ในการสร้างแรงดัน อุปกรณ์ D/A ที่ใช้คือ โมดูล PCF8591 แสดงดังรูปที่ 3.23 โมดูล PCF8591 เป็นวงจร D/A ขนาด 8 บิต ดังนั้นค่าดิจิทัลที่นะไปแปลงเป็นอนาล็อกอยู่ในช่วง 0-255 แต่เนื่องจากโมดูล PCF8591 ใช้ไฟเลี้ยงขนาด 5V ดังนั้นแรงดันอนาล็อกสูงสุดที่สร้างได้คือ 5V แต่ LED Driver ต้องการแรงดัน 0-10V ดังนั้นถึงต้องมีวงจรขยายแรงดันเพิ่มจาก 0-5V เป็น 0-10V



รูปที่ 3.23 โมดูล PCF8591

วงจรขยายแรงดันเลือกใช้วงจรขยายแรงดันออปแอมป์ (OP-AMP) ที่ออกแบบให้มีกำลังขยาย 2 เท่า แสดงวงจรดังรูปที่ 3.24 การทำงานของวงจรออปแอมป์ คือเมื่อมีแรงดันขาเข้าเข้ามาวงจรจะสร้างแรงดันขาออกขนาดสองเท่าของแรงดันขาเข้า และออปแอมป์ยังทำหน้าที่จ่ายกระแสควบคุมแทนโมดูล PCF8591



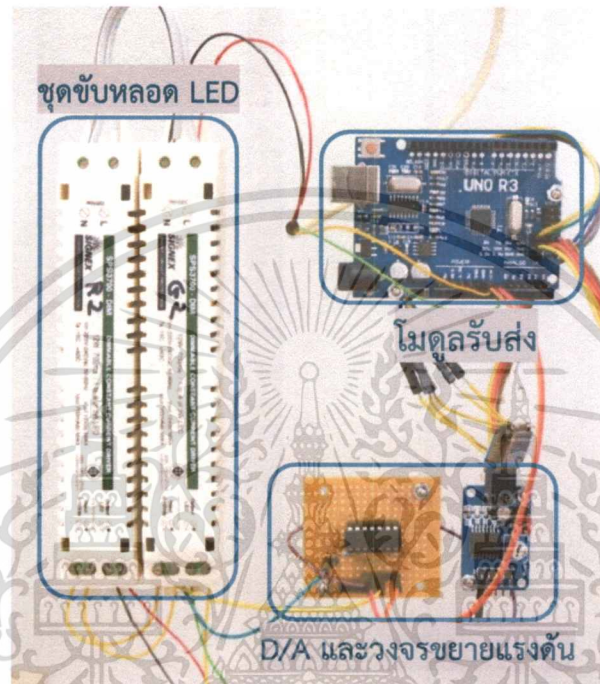
รูปที่ 3.24 วงจรขยายแรงดัน

วงจรขยายแรงดันทำงานในโหมดไม่กลับขั้ว (non-inverting) คือสัญญาณขาเข้าและขาออกมีขั้วเดียวกัน ในการคำนวณหาค่ากำลังขยายของวงจรออปแอมป์ คำนวณได้จากสมการที่ (3.4) เมื่อต้องการกำลังขยาย 2 เท่า ดังนั้นจึงเลือกใช้ R_1 และ R_2 ขนาดเท่ากับ 10k โอห์ม แรงดันขาออกได้จากสมการ (3.5)

$$Gain = 1 + \frac{R_2}{R_1} \quad (3.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ $V_{out} = (1 + \frac{R_2}{R_1}) \times V_{in}$ นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า (3.5)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของชุดควบคุมความส่องสว่างทำงานเริ่มต้นจากโมดูลรับส่งข้อมูลรับค่าแรงดันควบคุมจากโปรแกรมควบคุม จากนั้นทำงานส่งการไปยังโมดูล D/A เพื่อสร้างแรงดันควบคุม 0-5V เมื่อได้แรงดันควบคุม 0-5V ทำการขยายแรงดันโดยออปแอมป์เพื่อให้ได้แรงดันควบคุมเป็น 0-10V แสดงรูปชุดควบคุมความส่องสว่างดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 ชุดควบคุมความส่องสว่าง

3.6 ระบบเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สาย

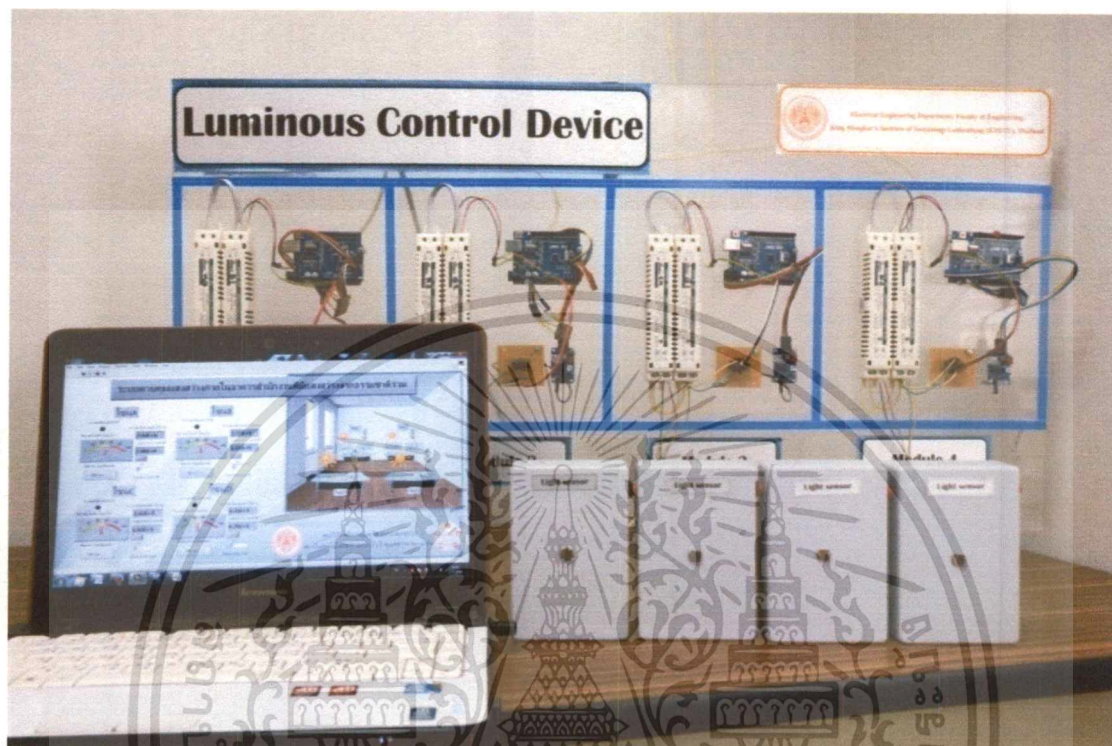
ในส่วนของอุปกรณ์ Wireless Router ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้าด้วยกัน โดยทำการระบุ IP Address ให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ข้อดีของการเชื่อมต่อแบบไร้สายอีกประการหนึ่งคือ ลดความยุ่งยากในการเดินสายสัญญาณที่จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนอุปกรณ์ด้วยแสดงการทำงานดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 การทำงานของ Wireless Router

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการออกแบบและจัดทำอุปกรณ์เสร็จสิ้นแล้ว อุปกรณ์ทั้งหมดแสดงดังรูปที่ 3.26 ขั้นตอนต่อไปคือการทดสอบและพิสูจน์ความสามารถของอุปกรณ์และระบบควบคุม โดยขั้นตอนและวิธีการทดสอบแสดงในหัวข้อถัดไป



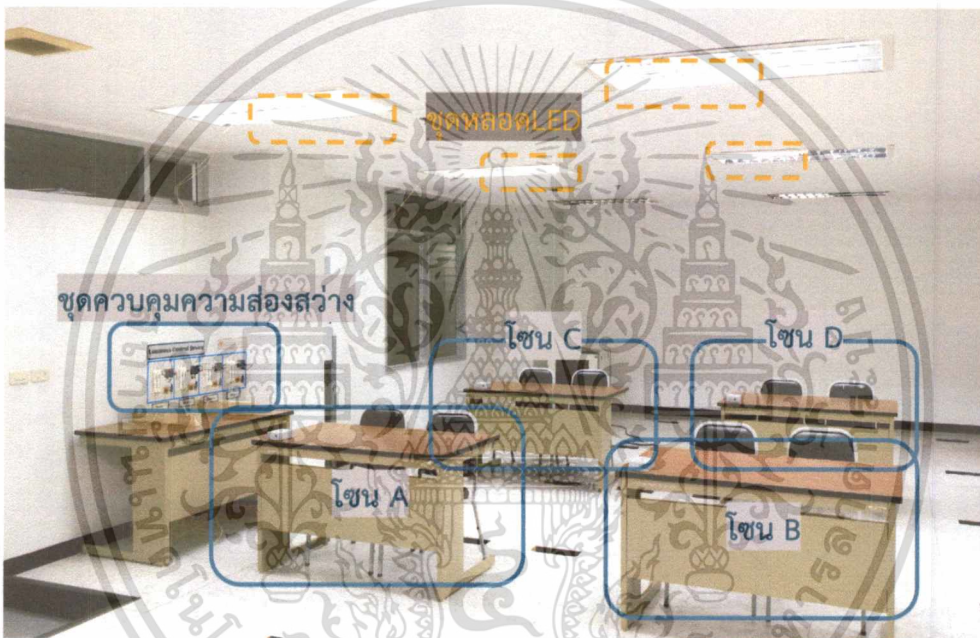
รูปที่ 3.27 อุปกรณ์ต่างๆ ที่ได้ออกแบบและจัดทำขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ขั้นตอนและผลการทดสอบ

หลังจากที่ได้ทำการออกแบบระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารที่ใช้แสงจากธรรมชาติร่วมแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการนำอุปกรณ์ที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นไปทดสอบประสิทธิภาพและการทำงานของระบบควบคุม โดยการทดสอบนั้นทำโดยการทดสอบในห้องทดสอบขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 6 เมตร แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ในแต่ละส่วนทำการติดตั้งโคม LED จำนวน 1 ชุด และมีชุดวัดแสงในแต่ละส่วน ชุดวัดแสงตั้งสูงจากพื้น 80 เซนติเมตร เท่ากับพื้นที่ใช้งานมาตรฐาน ห้องทดสอบแสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ในห้องทดสอบ

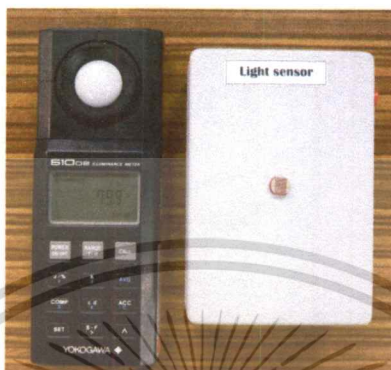
ห้องทดสอบถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ ส่วน A B C และ D มีการทดสอบดังนี้

- ทดสอบความแม่นยำชุดวัดแสง
- ทดสอบการทำงานของระบบควบคุม
- ทดสอบการทำงานของระบบควบคุมเมื่อจำลองแสงภายนอก
- ทดสอบการทำงานของระบบในอาคารจริง
- ทดสอบการทำงานของระบบในสภาพอากาศต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ทดสอบความแม่นยำชุดวัดแสง

การทดสอบและเปรียบเทียบความแม่นยำของชุดวัดแสงที่นำเสนอเปรียบเทียบกับอุปกรณ์มาตรฐาน(Lux Meter)รูปที่ 4.2 เพื่อให้มั่นใจว่าชุดวัดแสงที่นำเสนอ มีความถูกต้องแม่นยำในการวัดความเข้มแสง



รูปที่ 4.2 อุปกรณ์วัดมาตรฐาน และ อุปกรณ์วัดที่นำเสนอ

การทดสอบใช้หลอดLED เป็นแหล่งกำเนิดแสง ทำการควบคุมความเข้มแสงโดยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับปรับค่าได้(Variac) ในการทดสอบใช้ค่าความเข้มแสงจาก Lux Meter เป็นค่าอ้างอิง จากนั้นทำการบันทึกค่าความเข้มแสงที่ได้จากชุดวัดแสงที่นำเสนอ ทำการปรับค่าความเข้มแสง 50-500 Lux แสดงการทดสอบดังรูปที่ 4.3 ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.3 การทดสอบความแม่นยำชุดวัดแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ค่าความเข้มแสงเปรียบเทียบระหว่างอุปกรณ์วัดมาตรฐานกับอุปกรณ์วัดแสงที่นำเสนอ

อุปกรณ์วัดแสง มาตรฐาน	ชุดวัดแสงA		ชุดวัดแสงB		ชุดวัดแสงC		ชุดวัดแสงD	
	ความเข้มแสง (Lux)	Error (%)	ความเข้มแสง (Lux)	Error (%)	ความเข้มแสง (Lux)	Error (%)	ความเข้มแสง (Lux)	Error (%)
50	51	2.00	48	-4.00	48	-4.00	50	0.00
100	98	-2.00	101	1.00	100	0.00	98	-2.00
150	148	-1.33	148	-1.33	152	1.33	151	0.66
200	201	0.50	202	1.00	196	-2.00	199	-0.50
250	254	1.60	250	0.00	251	0.40	249	-0.40
300	303	1.00	301	0.33	297	-1.00	297	-1.00
350	344	-1.71	347	-0.85	347	-0.85	353	0.85
400	397	-0.75	399	-0.25	404	1.00	400	0
450	455	1.11	445	-1.11	442	-1.77	451	0.22
500	511	2.20	507	-1.40	496	-0.80	502	0.40

จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าค่าความเข้มแสงจากชุดวัดแสงเมื่อเทียบกับอุปกรณ์วัดมาตรฐานมีค่าความคลายเคลื่อนไม่เกิน 5% ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ ดังนั้นผลการทดสอบสามารถยืนยันได้ว่าค่าความเข้มแสงจากชุดวัดแสงนั้นมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ทดสอบการทำงานของระบบควบคุม

ในหัวข้อนี้ทำการทดสอบการทำงานของระบบเมื่อผู้ใช้งานทำการกำหนดค่าความเข้มแสงที่ชุดควบคุมตามรูปที่ 4.4 เป้าหมายเพื่อทดสอบระบบควบคุมสามารถทำการปรับค่าความเข้มแสงบนพื้นผิวใช้งานให้มีค่าตามที่ผู้ใช้งานกำหนดได้ การทดสอบทำการตั้งค่าความเข้มแสงที่ 100 150 200 250 และ 300 ลักซ์



รูปที่ 4.4 หน้าต่างสำหรับระบบคำสั่งควบคุมความเข้มแสง

การตั้งอุปกรณ์ทดสอบแสดงดังรูปที่ 4.5 การทดสอบทำงานโดยกำหนดค่าความเข้มแสงที่ชุดควบคุม ตั้งแต่ 100-300Lux ทำการบันทึกค่าความเข้มแสงที่พื้นผิวใช้งานที่วัดได้ ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.5 การทดสอบการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ระดับความเข้มแสงที่วัดได้เทียบกับระดับที่กำหนด

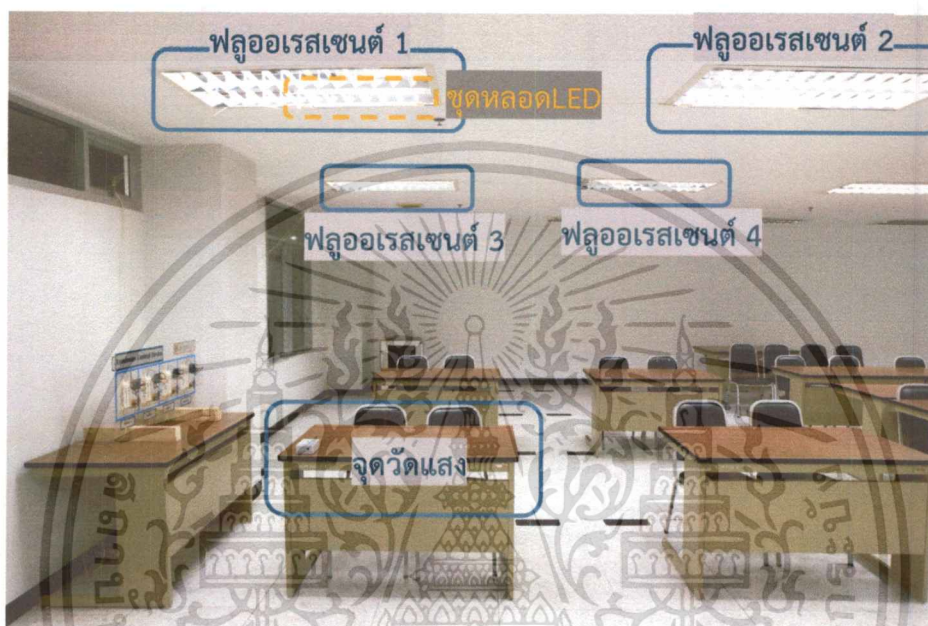
ความเข้มแสงที่ ต้องการ (Lux)	ความเข้มแสงที่วัดได้ (Lux)	คลาดเคลื่อน (Lux)	คลาดเคลื่อน (%)
100	97	-3	-3
150	159	9	6
200	204	4	2
250	241	-9	-3.6
300	305	5	1.7

จากตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการทำงานของระบบควบคุม ระบบควบคุมที่ได้ของแบบการทำงานให้ปรับค่าความเข้มแสงให้อยู่ในช่วง ± 10 ลักซ์จากค่าความเข้มแสงที่กำหนด ซึ่งผลการทำงานของระบบควบคุมสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ ส่วนเวลาในการทำงานนั้นขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างค่าความเข้มแสงปัจจุบันกับค่าความเข้มแสงที่กำหนด เกิดจากระบบควบคุมได้มีการออกแบบให้เพิ่มกำลังไฟฟ้าของคอมโพสครั้งละ 2.5% ทุกๆ 1 วินาที ดังนั้นเวลาในการทำงานของระบบจะอยู่ในช่วง 0-20 วินาที จากผลการทดสอบสรุปได้ว่าระบบสามารถปรับค่าความเข้มแสงให้เป็นที่ผู้ใช้งานกำหนดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ทดสอบการทำงานของระบบควบคุมเมื่อจำลองแสงจากภายนอก

ในหัวข้อนี้ทำการทดสอบการทำงานของระบบเมื่อแสงจากภายนอกมีการเปลี่ยนแปลง ในการทดสอบนี้ใช้แสงฟลูออเรสเซนต์เป็นแหล่งแสงจากภายนอก การทดลองทำโดยกำหนดค่าความเข้มแสงที่พื้นผิวใช้งานไว้ที่ 300 ลักซ์ ทำการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 36w จำนวน 0 ถึง 4 หลอด เพื่อเป็นการจำลองแสงจากภายนอกที่มีการเปลี่ยนแปลง จากนั้นทำการบันทึกค่าความเข้มแสงที่พื้นผิวใช้งาน แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบรูปที่ 4.6 ผลการทดสอบในตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.6 การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมเมื่อมีแสงจากภายนอก

ตารางที่ 4.3 ระดับความเข้มแสงที่วัดได้เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงแหล่งแสงภายนอก

หลอดฟลูออเรสเซนต์ (โคม)	ความเข้มแสงที่ต้องการ (Lux)	ความเข้มแสงที่วัดได้ (Lux)	กำลังไฟฟ้าLED (%)
0	300	292	100
1	300	297	72
2	300	295	45
3	300	307	20
4	300	380	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดสอบจะเห็นว่าเมื่อทำการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์จำนวน 0-3 หลอด ระบบควบคุมสามารถรักษาระดับความเข้มแสงให้มีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนดได้ แต่เมื่อเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์จำนวน 4 หลอด ระบบควบคุมทำการลดกำลังไฟฟ้าLEDจนเหลือ 0% แต่ความเข้มแสงที่พื้นผิวใช้งานยังคงมีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนด ในกรณีนี้แสงจากภายนอกมีค่ามากกว่าค่าที่กำหนดทำให้ระบบปิดการทำงานของโคมLEDตามที่ออกแบบไว้ ดังนั้นระบบควบคุมแสงสว่างสามารถทำการรักษาระดับความเข้มแสงให้มีค่าตามที่กำหนดได้

4.4 การทดสอบการทำงานของระบบในอาคารจริง

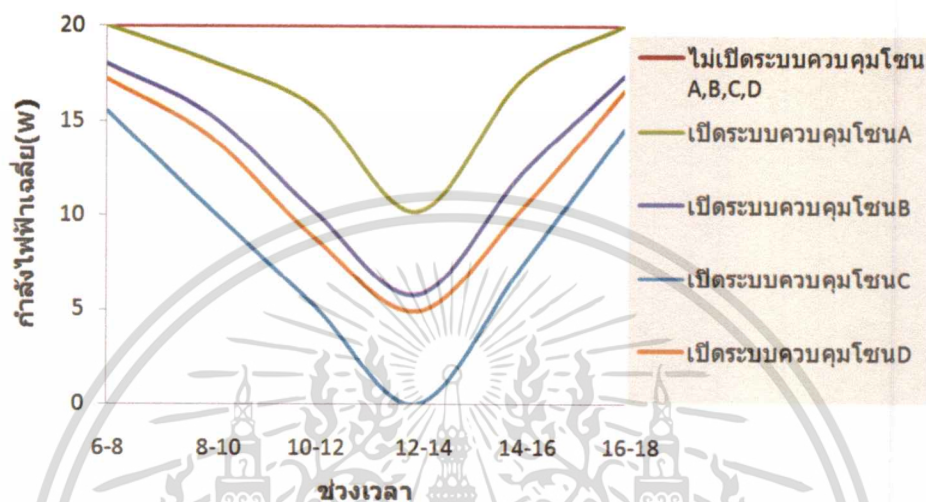
หลังจากที่ได้ทำการทดสอบอุปกรณ์และการทำงานของระบบต่างๆแล้วขั้นตอนต่อไป คือ การนำระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารที่มีแสงจากธรรมชาติร่วมไปทดสอบใช้งานจริง การทดสอบนี้ใช้เวลา 12 ชั่วโมง ซึ่งเป็นเวลาในช่วงกลางวันที่มีแสงจากธรรมชาติเข้ามาในห้อง ห้องถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วนและติดตั้งอุปกรณ์ตามรูปที่ 4.1 ตั้งค่าการทำงานของระบบควบคุมที่ระดับความเข้มแสง 300Lux ทำการวัดกำลังไฟฟ้าและบันทึกค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ในแต่ละช่วงเวลา แสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลาต่างๆ

เวลา	ไม่เปิดระบบควบคุม		เปิดระบบควบคุม				โซน D			
	โซน A	โซน A	โซน B	โซน C	โซน C	โซน D	โซน D	โซน D		
	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (W)	พลังงานไฟฟ้าสะสม (kWh)	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (W)	พลังงานไฟฟ้าสะสม (kWh)	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (W)	พลังงานไฟฟ้าสะสม (kWh)	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (W)	พลังงานไฟฟ้าสะสม (kWh)		
6:00-8:00	20	0.040	20	0.040	18	0.036	15.5	0.031	17.2	0.034
8:00-10:00	20	0.080	18.1	0.076	15.3	0.066	10.3	0.051	14.1	0.062
10:00-12:00	20	0.120	15.7	0.107	10.2	0.08	5.2	0.062	8.8	0.080
12:00-14:00	20	0.160	10.2	0.128	5.8	0.098	0	0.062	4.9	0.090
14:00-16:00	20	0.200	17.2	0.162	12.2	0.123	7.3	0.076	10.3	0.110
16:00-18:00	20	0.240	20	0.202	17.4	0.157	14.6	0.105	16.6	0.143
พลังงานไฟฟ้าสะสมแต่ละโซน (โซน A B C และ D)	0.240 kWh		0.202 kWh		0.157 kWh		0.103 kWh		0.143 kWh	
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งระบบ	0.960 kWh				0.605 kWh					

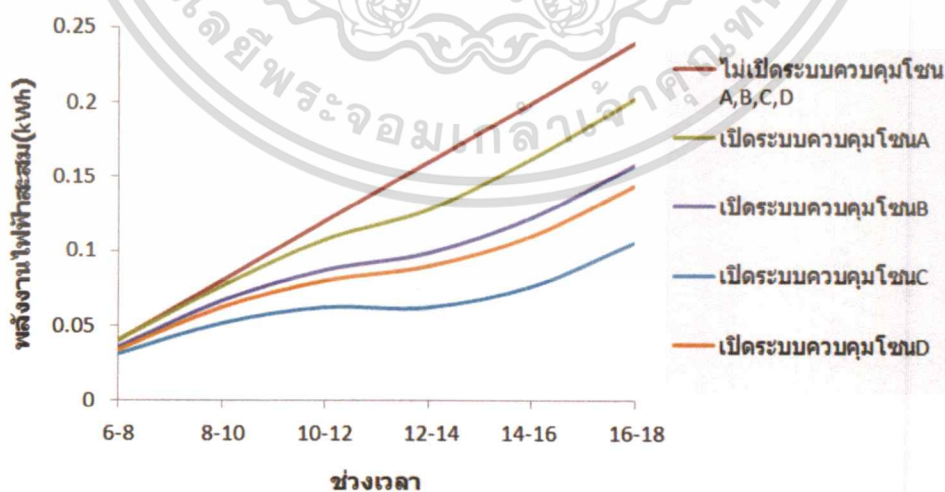
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดสอบตารางที่ 4.4 นำข้อมูลกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ในแต่ละช่วงเวลาสร้างเป็นกราฟเปรียบเทียบระหว่าง ไม่เปิดระบบควบคุม และเปิดระบบควบคุมทั้ง 4 โซน แสดงกราฟดังรูปที่ 4.7 จากกราฟเห็นได้ว่าเมื่อเปิดระบบควบคุมค่ากำลังไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลามีค่าลดลง โดยกำลังไฟฟ้าจะลดลงต่ำสุดในช่วง 12.00-14.00น ในส่วนของกำลังไฟฟ้านั้นในโซนC มีค่าลดลงมากที่สุด และ โซนD โซนB และโซน A ตามลำดับ



รูปที่ 4.7 กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลา

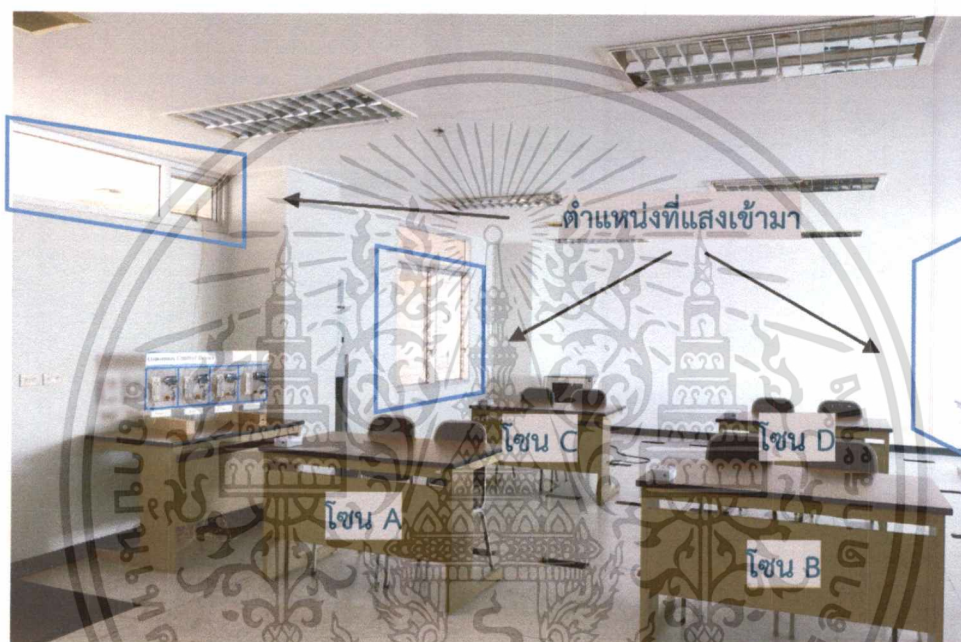
ในส่วนของพลังงานไฟฟ้าสะสม นำข้อมูลสร้างเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.8 จากกราฟเห็นได้ว่า โซนC ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุดในช่วงทดสอบซึ่งสอดคล้องกับกราฟกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่โซนC ใช้กำลังไฟฟ้าน้อยที่สุดและรองลงมาคือโซนD โซนB และโซน A ตามลำดับ



รูปที่ 4.8 พลังงานไฟฟ้าสะสมในแต่ละช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าสะสมสังเกตเห็นได้ว่าทั้ง 4 โชน มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ซึ่งการใช้พลังงานในแต่ละโชนขึ้นอยู่กับปริมาณแสงภายนอกที่เข้ามาในบริเวณนั้นๆ แสดงทิศทางของแสงภายนอกที่เข้ามาในห้องทดสอบดังรูปที่ 4.9 จากรูปจะเห็นได้ว่าห้องทดสอบมีแสงเข้ามาทางฝั่งขวาของห้อง ทำให้โชน B และ D ได้รับแสงมากกว่าโชน A และ C แต่ในโชน C นั้นมีหน้าต่างติดอยู่ทำให้โชน C ได้รับแสงจากทางซ้ายเพิ่มเติมด้วย ทำให้โชน C ได้รับแสงจากภายนอกมากที่สุด จากข้อมูลนี้ทำให้เห็นได้ว่าเมื่อเปิดระบบควบคุมแสงแล้ว ทำให้โชน C ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าปริมาณกำลังไฟฟ้าที่สามารถลดได้นั้นขึ้นอยู่กับปริมาณแสงที่เข้ามาในพื้นที่แต่ละโชน



รูปที่ 4.9 แสงบริเวณที่แสงภายนอกเข้าสู่ห้องทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทดสอบการทำงานของระบบในสภาพอากาศต่างๆ

ในการทดสอบนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ทดสอบระบบควบคุมในวันที่สภาพอากาศปลอดโปร่ง และมีเมฆมาก เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า ทำการทดสอบโดยทำการเปิดระบบควบคุมตั้งค่าความเข้มแสงที่ 300 Lux จากนั้นทำการบันทึกกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยและพลังงานไฟฟ้าสะสม ผลการวัดแสดงดังตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลาต่างๆในสภาพอากาศปลอดโปร่ง

เวลา	ไม่เปิดระบบควบคุม		เปิดระบบควบคุม											
	โซน A		โซน A				โซน B				โซน C		โซน D	
	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (W)	พลังงานไฟฟ้าสะสม (kWh)	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (W)	พลังงานไฟฟ้าสะสม (kWh)	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (W)	พลังงานไฟฟ้าสะสม (kWh)	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (W)	พลังงานไฟฟ้าสะสม (kWh)	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (W)	พลังงานไฟฟ้าสะสม (kWh)	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (W)	พลังงานไฟฟ้าสะสม (kWh)		
6:00-8:00	20	0.040	18.2	0.036	17.5	0.035	15.2	0.030	16.2	0.032				
8:00-10:00	20	0.080	15.2	0.066	12.3	0.059	9.2	0.048	11.5	0.055				
10:00-12:00	20	0.120	13.1	0.093	8.2	0.076	3.9	0.056	5.2	0.065				
12:00-14:00	20	0.160	7.3	0.107	5.1	0.086	0	0.056	4.5	0.074				
14:00-16:00	20	0.200	15.7	0.139	10.7	0.107	5.3	0.067	8.7	0.092				
16:00-18:00	20	0.240	18.4	0.175	18.1	0.143	15.7	0.098	17.2	0.126				
พลังงานไฟฟ้าสะสมแต่ละโซน (โซน A B C และ D)	0.240 kWh		0.175 kWh		0.143 kWh		0.098 kWh		0.126 kWh					
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งระบบ	0.960 kWh						0.540 kWh							

ตารางที่ 4.5 ผลการวัดพลังงานสะสมแสดงให้เห็นว่าระบบควบคุมสามารถช่วยประหยัดพลังงานลงไปได้ถึง 43.75% เมื่อเทียบกับแบบไม่ใช้ระบบควบคุมในวันที่สภาพอากาศปลอดโปร่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลาต่างๆในสภาพอากาศมีเมฆมาก

เวลา	ไม่เปิดระบบควบคุม		เปิดระบบควบคุม									
	ควบคุม		อากาศมีเมฆมาก									
	โซน A	โซน A	โซน A	โซน B	โซน C	โซน D	โซน A	โซน B	โซน C	โซน D		
กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (W)	พลังงานไฟฟ้าสะสม (kWh)	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (W)	พลังงานไฟฟ้าสะสม (kWh)	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (W)	พลังงานไฟฟ้าสะสม (kWh)	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (W)	พลังงานไฟฟ้าสะสม (kWh)	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (W)	พลังงานไฟฟ้าสะสม (kWh)	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (W)	พลังงานไฟฟ้าสะสม (kWh)	
6:00-8:00	20	0.040	20	0.040	20	0.040	18.6	0.037	19.2	0.038		
8:00-10:00	20	0.080	18.2	0.076	17.1	0.074	15.5	0.068	16.4	0.071		
10:00-12:00	20	0.120	16.7	0.109	15.3	0.104	12.9	0.094	13.2	0.097		
12:00-14:00	20	0.160	14.2	0.138	12.3	0.129	9.8	0.113	10.5	0.118		
14:00-16:00	20	0.200	16.5	0.171	16.8	0.163	13.1	0.139	14.7	0.148		
16:00-18:00	20	0.240	20	0.211	19.1	0.201	15.2	0.170	18.6	0.185		
พลังงานไฟฟ้าสะสมแต่ละโซน (โซน A B C และ D)	0.240 kWh		0.211 kWh		0.201 kWh		0.170 kWh		0.185 kWh			
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งระบบ	0.960 kWh				0.767 kWh							

ตารางที่ 4.6 ผลการวัดพลังงานสะสมแสดงให้เห็นว่าระบบควบคุมสามารถช่วยประหยัดพลังงานลงไปได้ถึง 20.10% เมื่อเทียบกับแบบไม่ใช้ระบบควบคุมในวันที่สภาพอากาศมีเมฆมาก จากนั้นนำข้อมูลของพลังงานสะสมที่ใช้ทั้งระบบ แบบไม่เปิดระบบควบคุม และเปิดระบบควบคุมในสภาพอากาศต่างๆมาวิเคราะห์ผลแสดงตารางเปรียบเทียบดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การใช้พลังงานสะสมทั้งระบบในสภาพอากาศต่างๆ

พลังงานที่ใช้ทั้งระบบ (kWh)	ไม่เปิดระบบควบคุม	เปิดระบบควบคุม	
		อากาศปลอดโปร่ง	อากาศมีเมฆมาก
	0.960	0.540	0.767

จากข้อมูลตารางที่ 4.7 แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าสภาพอากาศเป็นปัจจัยหนึ่งในการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยที่สภาพอากาศปลอดโปร่งทำให้มีแสงจากภายนอกเข้ามาภายในอาคารมากทำให้สามารถลดการใช้พลังงานได้มาก แต่ในทางกลับกันในวันที่สภาพอากาศมีเมฆมากนั้นแสงจากภายนอกที่เข้ามาภายในอาคารมีปริมาณน้อยทำให้การใช้พลังงานลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวความคิดในการออกแบบระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารที่มีแสงจากธรรมชาติร่วม โดยระบบควบคุมต้นแบบมีความสามารถในการรักษาระดับความเข้มแสงภายในอาคารและยังสามารถพัฒนาเพิ่มขีดความสามารถของระบบต่อไปในอนาคต มีรายละเอียดสรุปผลและข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 สรุปผลงานวิจัย

1. ระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารที่มีแสงจากธรรมชาติร่วม สามารถรักษาระดับความเข้มแสงที่พื้นผิวใช้งานให้คงที่ด้วยวิธีการเพิ่มหรือลดความส่องสว่างของดวงโคม ทำให้ผูปฏิบัติงานมีความผ่อนคลายทางสายตา และลดผลกระทบต่อสุขภาพในการทำงานใน บริเวณที่ความเข้มแสงไม่เหมาะสม
2. ชุดวัดความเข้มแสงโดยใช้อุปกรณ์ LDR ในการออกแบบซึ่งมีราคาถูกเมื่อเทียบกับอุปกรณ์วัดความเข้มแสงมาตรฐาน โดยชุดวัดความเข้มแสงที่นำเสนอมีค่าความคลาดเคลื่อน 3% ค่าความคลาดเคลื่อนนี้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ชุดวัดความเข้มแสงที่นำเสนอเหมาะสมกับการใช้งานที่ไม่ต้องการความแม่นยำสูง
3. ระบบควบคุมระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารที่มีแสงจากธรรมชาติร่วม สามารถช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงานคือ แสงจากภายนอกหรือแสงจากธรรมชาติ โดยปริมาณแสงจากภายนอกนั้นขึ้นกับการออกแบบอาคารให้มีปริมาณแสงเข้ามาอย่างน้อยเพียงใดและขึ้นกับสภาพอากาศในขณะนั้น ปริมาณแสงจากภายนอกเข้ามามากขึ้นทำให้สามารถประหยัดพลังงานในด้านแสงสว่างมากขึ้นด้วย
4. ระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารที่มีแสงจากธรรมชาติร่วมที่สร้างขึ้นด้วยโปรแกรม LabVIEW ซึ่งมีจุดเด่นในการใช้งานด้าน GUI ทำให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกในการใช้งานระบบควบคุมอย่างมาก
5. ระบบควบคุมที่นำเสนอเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆผ่านเครือข่ายไร้สาย ซึ่งมีจุดเด่นมากในเรื่องการติดตั้งที่ง่ายกว่าการเดินสายสัญญาณเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ระบบเครือข่ายไร้สายที่ได้ออกแบบให้รูปแบบการเชื่อมต่อแบบ TCP/IP ที่มีใช้โดยทั่วไปอยู่แล้วตามอาคารสำนักงานหรือบ้านเรือน ทำให้สะดวกมากยิ่งขึ้นในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ชุดวัดความเข้มแสงที่นำเสนอมีย่านการตอบสนองต่อคลื่นแสงที่แคบเนื่องจากคุณสมบัติของ LDR ทำให้สามารถใช้วัดแสงได้เพียงแหล่งกำเนิดแสงชนิดใดชนิดหนึ่ง ดังนั้นในการวัดแสงที่มีย่านความถี่ที่กว้างขึ้นจึงควรนำอุปกรณ์วัดแสงที่มีย่านการตอบสนองต่อคลื่นแสงที่กว้างมาใช้งาน เพื่อให้สามารถวัดแสงได้อย่างถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

2. ระบบควบคุมที่นำเสนอสามารถพัฒนาต่อยอดในด้านการควบคุมแสงสีภายในห้องเพื่อสร้างบรรยากาศที่ดีในการใช้งาน หรือสามารถควบคุมการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศ เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ต่อไปในอนาคต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] แนวปฏิบัติตามกฎกระทรวง. กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง, 2549.
- [2] สำนักความปลอดภัยแรงงาน. แสงสว่างในที่ทำงาน. กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, 2557
- [3] วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์. ข้อเสนอแนะในการประยุกต์ใช้เทคนิคการใช้แสงธรรมชาติกับอาคาร. วารสาร TIEA Newsletter ปีที่ 3 ฉบับที่ 2 เมษายน-มิถุนายน, 2552.
- [4] M. Fontoynt, *Daylight Performance of Building*, Lyon, France: James & James, 1999.
- [5] EN-15193 Std., “Energy performance of buildings and Energy requirements for lighting”
- [6] A. Ryer, *Light Measurement Handbook*, Newburyport, MA: International Light, pp.29-38, 1997.
- [7] J. Travis, *LabVIEW for Everyone: Graphical Programming Made Easy and Fun*, 2nd Edition, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2007.
- [8] L. Cory, *LabVIEW Digital Signal Processing and Digital Communications*, New York: McGraw-Hill, 2005.
- [9] B. Sklar, *Digital Communications: Fundamentals & Applications*, 2nd Ed., New Jersey: Prentice Hall, 2001.
- [10] IESNA, *LIGHTING HANDBOOK: Volume 1*, 9th Edition, New York, USA, 2000.
- [11] SUNROM Technology Co.,Ltd., “Light Dependent Resistor: LDR”, [online]. Available : <http://www.sunrom.com/media/files/p/54/3190-datasheet.pdf>, Jun.28, 2008 [Feb. 15, 2014].
- [12] Jet Mungkornassawakul and Chow Chompoo-Inwai, “Data Acquisition System and Labview Program In Being a Smart and Low Cost Three Phase Disturbance Measuring Unit,” *The International Conference on Electrical Engineering ICEE2012 Proceeding*, pp.1590-1595, Kanazawa, Japan, 2012.
- [13] Chow Chompoo-Inwai and Jet Mungkornassawakul, “A Smart Recording Power Analyzer Prototype Using LabVIEW and Low-Cost Data Acquisition (DAQ) in Being a Smart Renewable Monitoring System,” *IEEE Proceeding on Green Technologies Conference (IEEE-GreenTech2013)*, pp.49-56, Denver, USA, 2013.

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [14] เจตน์ มังกรอัสวกุล. ต้นแบบเครื่องวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าเพื่อรองรับระบบไฟฟ้าอัจฉริยะ โดยใช้โปรแกรมแลปวิวและระบบจัดเก็บข้อมูลต้นทุนต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2556.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- ภาคผนวก
- ก. การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบที่นำเสนอ
 ข. คุณลักษณะเฉพาะของอุปกรณ์ต่างๆ
 ค. บทความทางวิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบที่นำเสนอ

ในหัวข้อนี้นำเสนอข้อมูลการลงทุนในการติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารร่วมกับหลอดไฟประเภท LED เปรียบเทียบกับ ระบบที่ใช้หลอดไฟประเภท LED ที่ไม่ติดตั้งระบบควบคุม และหลอด Fluorescent ไม่ติดตั้งระบบควบคุม ทำการวิเคราะห์ข้อมูลการลงทุนและศึกษาจุดคุ้มทุนในการเปลี่ยนหลอดไฟในระบบเดิม (Fluorescent) เป็นหลอดไฟ LED พร้อมระบบควบคุม โดยมีหัวข้อนำเสนอ ดังนี้

- 1) ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงาน
- 2) พลังงานที่ใช้ของระบบต่างๆใน 1 ปี
- 3) ประมาณการลงทุนติดตั้งของระบบต่างๆ
- 4) การคำนวณความคุ้มค่าการลงทุน(จุดคุ้มทุน)
- 5) สรุปผลการวิเคราะห์

1. ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงาน

จากผลการวิจัยข้างต้นระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารที่มีแสงจากธรรมชาติร่วมมีความสามารถในการช่วยประหยัดพลังงานได้ โดยปัจจัยในการประหยัดพลังงานนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักๆสองประการคือ การออกแบบช่องทางให้แสงเข้ามาภายในอาคารและสภาพอากาศ ดังนั้นปัจจัยที่มีการแปรผันตลอดเวลาคือสภาพอากาศ ในการวิเคราะห์นี้ได้นำข้อมูลจำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยของภาคกลางช่วงปี 2548 ถึง 2542 โดยกรมอุตุนิยมวิทยาและสำนักงานสถิติแห่งชาติ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สถิติจำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยในภาคกลาง

พ.ศ.	จำนวนวันที่ฝนตก (วัน)
2548	115
2549	118
2550	117
2551	132
2552	118
เฉลี่ย 5 ปี	120

จากข้อมูลในรูปที่ 1 เมื่อนำจำนวนวันที่ฝนตกในช่วงเวลา 5 ปี มาหาค่าเฉลี่ยอีกครั้ง จะได้ข้อมูลจำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยอยู่ที่ 120วัน/ปี

2. พลังงานที่ใช้ของระบบต่างๆใน 1 ปี

จากข้อมูลการวิจัยวันที่อากาศปลอดโปร่งระบบควบคุมสามารถประหยัดพลังงานได้ 43.75% ในส่วนของวันที่มีเมฆมาก หรือ วันที่ฝนตก สามารถประหยัดพลังงานได้ 20.10% ดังนั้นเมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าใน 1 ปี โดยนำข้อมูลสถิติจำนวนวันที่ฝนตกมาใช้ร่วม สามารถหาพลังงานที่ใช้ใน 1 ปี โดยการหาพลังงานที่ใช้คำนวณการใช้งานอาคาร 365 วัน วันละ 12 ชม.

จำนวนหลอดไฟที่ใช้ 16 หลอด แสดงการใช้พลังงานในระบบต่างๆได้ดังตารางที่ 2 ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 พลังงานที่ใช้ของระบบต่างๆ

ระบบ	จำนวนพลังงาน/ปี (kWh)
ฟลูออเรสเซนต์+บัลลาสต์	1หลอด = 197.1
กำลังไฟฟ้า 38+7 = 45w	16หลอด = 3152.6
แอลอีดี	1หลอด = 87.6
กำลังไฟฟ้า 20w	16หลอด = 1401.6
แอลอีดี+ชุดควบคุม	
แอลอีดี(หลอดโปร่ง)	16หลอด = 529.4 (245วัน)
แอลอีดี(ฝนตก)	16หลอด = 377.4 (120วัน)
ชุดควบคุม 40w	ชุดควบคุม = 175.2

จากข้อมูลตารางที่ 2 สามารถสรุปการใช้พลังงานระบบต่างๆในปี ได้ดังต่อไปนี้

- ระบบหลอดฟลูออเรสเซนต์ 3152.6 kWh/ปี
- ระบบหลอดแอลอีดี 1401.6 kWh/ปี
- ระบบหลอดแอลอีดี+ชุดควบคุม 1082.0 kWh/ปี

จากการพลังงานที่ใช้ใน 1 ปี เมื่อคิดเป็นค่าไฟฟ้าในราคา kWh ละ 3.5 บาทแล้ว จะเห็นได้ว่าค่าไฟฟ้าเมื่อใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์เท่ากับ 11034.1 บาท/ปี แอลอีดี 4905.6 บาท/ปี และแอลอีดีพร้อมระบบควบคุม 3787 บาท/ปี

3. ประเมินการลงทุนติดตั้งของระบบต่างๆ

ในหัวข้อนี้แสดงราคาของอุปกรณ์ต่างๆโดยประมาณ เพื่อที่จะแสดงให้เห็นถึงค่าการลงทุนในระบบต่างๆเพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจการลงทุนต่อไป แสดงราคาอุปกรณ์ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อุปกรณ์และราคา

รายการ	ราคา/หน่วย (บาท)	อายุการใช้งาน(ปี)
หลอดฟลูออเรสเซนต์	100	2
บัลลาสต์	50	10
หลอดแอลอีดี	500	5
ชุดควบคุม	5,000	10

จากข้อมูลในตารางที่ 2 สามารถสรุปค่าใช้จ่ายของแต่ละระบบได้ดังนี้

- ระบบหลอดฟลูออเรสเซนต์ 2,400 บาท
- ระบบหลอดแอลอีดี 8,000 บาท
- ระบบหลอดแอลอีดี+ชุดควบคุม 13,000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การคำนวณความคุ้มค่าการลงทุน (จุดคุ้มทุน)

จากข้อมูลในหัวข้อที่ 2 และ 3 นำข้อมูลของพลังงานที่ใช้ใน 1 ปี และราคาการลงทุนมาวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุน สำหรับการตัดสินใจเลือกระบบแสงสว่างในการใช้งานภายในอาคารโดยยึดระบบหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นระบบหลักในการตัดสินใจใช้งานเพราะว่าเป็นระบบที่ใช้ในปัจจุบันอยู่แล้ว ในการวิเคราะห์คิดค่าพลังงานไฟฟ้ารวมกับค่า FT ที่หน่วยละ 3.5 บาท แสดงผลการวิเคราะห์ในรูปแบบติดตั้งใหม่และเปลี่ยนจากระบบเดิมเป็นระบบใหม่ดังนี้

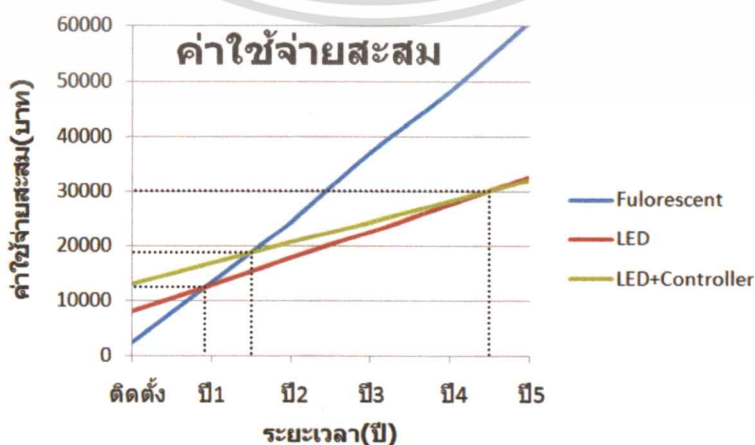
4.1 แบบติดตั้งใหม่

แบบติดตั้งใหม่คือการเลือกใช้ระบบแสงสว่างสำหรับอาคารใหม่หรือเปลี่ยนใหม่ทั้งระบบ ข้อมูลการลงทุนและจุดคุ้มทุนแสดงโดยดังตารางที่3

ตารางที่ 3 ข้อมูลการลงทุนและค่าใช้จ่ายสะสมช่วงเวลา 5 ปี

รายการค่าใช้จ่าย	ฟลูออเรสเซนต์		แอลอีดี		แอลอีดี+ชุดควบคุม	
	ค่าใช้จ่าย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสะสม	ค่าใช้จ่าย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสะสม	ค่าใช้จ่าย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสะสม
ติดตั้ง	2400	2400	8000	8000	13000	13000
ปี1	พลังงาน	11034.1	พลังงาน	4905.6	พลังงาน	3787
	บำรุงรักษา	-	บำรุงรักษา	-	บำรุงรักษา	-
ปี2	พลังงาน	11034.1	พลังงาน	4905.6	พลังงาน	3787
	บำรุงรักษา	-	บำรุงรักษา	-	บำรุงรักษา	-
ปี3	พลังงาน	11034.1	พลังงาน	4905.6	พลังงาน	3787
	บำรุงรักษา	1600	บำรุงรักษา	-	บำรุงรักษา	-
ปี4	พลังงาน	11034.1	พลังงาน	4905.6	พลังงาน	3787
	บำรุงรักษา	-	บำรุงรักษา	-	บำรุงรักษา	-
ปี5	พลังงาน	11034.1	พลังงาน	4905.6	พลังงาน	3787
	บำรุงรักษา	1600	บำรุงรักษา	-	บำรุงรักษา	-

จากข้อมูลในตารางที่ 3 เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ นำไปสร้างกราฟค่าใช้จ่ายสะสมเพื่อหาจุดคุ้มค่าการลงทุนของระบบต่างๆ แสดงดังรูปที่ 1

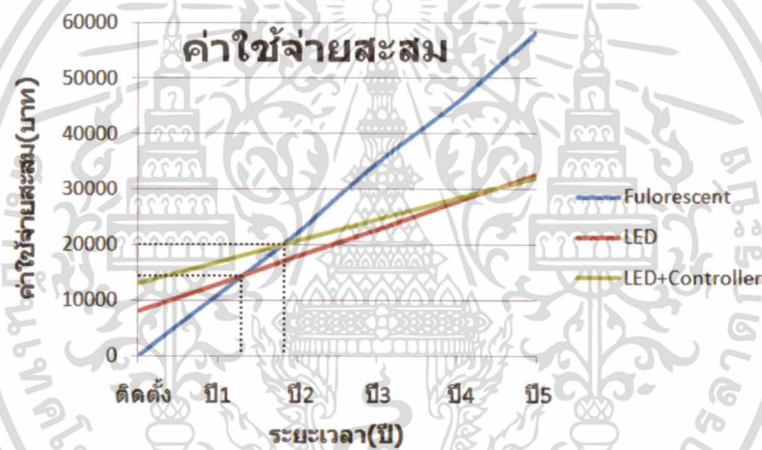


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานและพิจารณาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 1 กราฟค่าใช้จ่ายสะสมของแต่ละระบบ
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟเมื่อเทียบการลงทุนของหลอดฟลูออเรสเซนต์กับหลอดแอลอีดีและแอลอีดีแบบมีระบบควบคุม จะเห็นได้ว่าระบบฟลูออเรสเซนต์มีค่าการติดตั้งที่ถูกมากเมื่อเทียบกับระบบที่ใช้หลอดแอลอีดี แต่หลอดฟลูออเรสเซนต์ใช้กำลังไฟฟ้าสูงกว่าทำให้ต้องจ่ายค่าไฟที่แพงกว่าในภายหลัง เมื่อทำการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเมื่อเลือกใช้หลอดแอลอีดีแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์จะเห็นว่าใช้เวลาเพียง 0.9 ปี ในการประหยัดค่าไฟไปเป็นส่วนต่างค่าการติดตั้งจำนวน 5600 บาท และเมื่อเทียบกับหลอดไฟแอลอีดีแบบมีระบบควบคุมซึ่งราคาสูงที่สุดแต่ประหยัดไฟสูงสุดใช้เวลา 1.5 ปี และเมื่อเปรียบเทียบการเลือกใช้งานระบบแอลอีดี กับแอลอีดีแบบมีระบบควบคุม เห็นได้ว่าเมื่อติดตั้งระบบควบคุมเพิ่มเข้าไปสามารถประหยัดค่าไฟอีก 1118.6 บาท/ปี และสามารถคืนทุนได้ในเวลา 4.5 ปี

4.2 แบบเปลี่ยนจากหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดแอลอีดี

ในส่วนนี้จะทำการหาจุดคุ้มทุนเมื่อมีระบบเดิมอยู่แล้วคือหลอดฟลูออเรสเซนต์ ทำการเปลี่ยนเป็นหลอดแอลอีดีหรือหลอดแอลอีดีพร้อมระบบควบคุม ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่างจากหัวข้อที่ 4.1 ตรงที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ไม่มีค่าติดตั้งแสดงกราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายสะสมดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กราฟค่าใช้จ่ายสะสมของแต่ละระบบ

จากกราฟจะเห็นได้ว่าระยะเวลาคืนทุนเพิ่มขึ้นโดยเมื่อเปลี่ยนไปใช้หลอดแอลอีดีสามารถคืนทุนในระยะเวลา 1.3 ปี และเมื่อใช้แอลอีดีพร้อมระบบควบคุมคืนทุนใน 1.8 ปี

5. สรุปผลการวิเคราะห์

ระบบหลอดแอลอีดีพร้อมชุดควบคุมที่นำเสนอมีราคาสูงมาก เมื่อเทียบกับหลอดแอลอีดีและหลอดฟลูออเรสเซนต์ แต่เมื่อดูค่าการประหยัดพลังงานแล้วสามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 65% เมื่อเทียบกับระบบหลอดฟลูออเรสเซนต์ และ 22.8% เมื่อเทียบกับระบบหลอดแอลอีดี เมื่อคำนวณหาจุดคุ้มทุนค่าการลงทุนเห็นได้ว่าระบบแอลอีดีพร้อมชุดควบคุมที่นำเสนอ สามารถคืนทุนในระยะเวลา 1.5 ปี เมื่อเทียบกับระบบหลอดฟลูออเรสเซนต์ และ 4.5 ปี เมื่อเทียบกับระบบหลอดแอลอีดี ถือว่ามีความน่าสนใจในการลงทุนเพราะอายุการใช้งานของหลอดแอลอีดีถึง 5 ปี และอายุการใช้งานของระบบควบคุมนานถึง 10 ปี ทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านแสงสว่างได้อย่างมาก สำหรับการลงทุนติดตั้งระบบหลอดแอลอีดีเพียงอย่างเดียวมีความน่าสนใจไม่น้อยเช่นกัน เพราะสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลาเพียง 0.9 ปี เมื่อเทียบกับระบบหลอดฟลูออเรสเซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



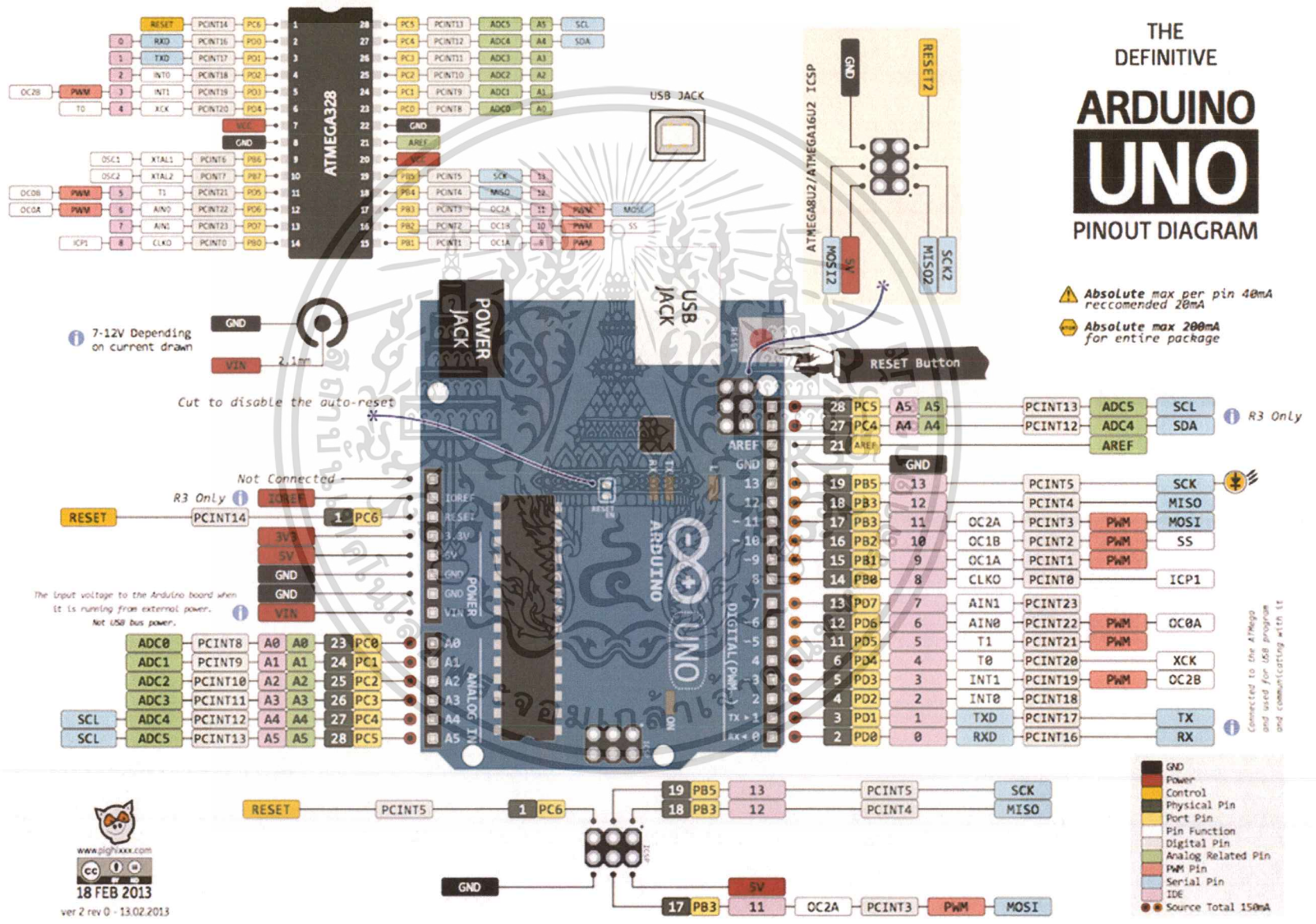
- ข.1 Arduino UNO
- ข.2 ESP8266 WIFI module
- ข.3 Light Dependent Resistor (LDR)
- ข.4 PCF9591 Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

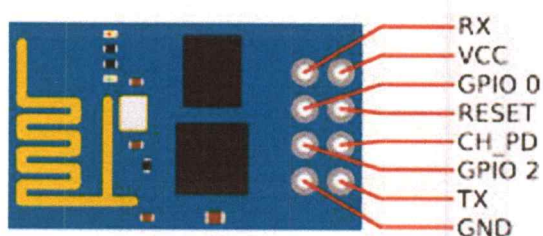
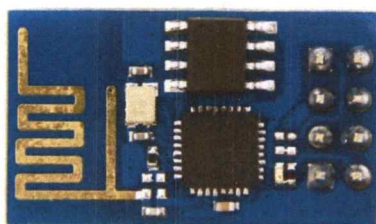
THE DEFINITIVE ARDUINO UNO PINOUT DIAGRAM





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ESP8266 WIFI Module



Features

- 802.11 b/g/n protocol
- Wi-Fi 2.4 GHz, support WPA/WPA2
- Super small module size (11.5mm x 11.5mm)
- Integrated 10-bit ADC
- Integrated TCP/IP protocol stack (ipv4 only at the moment)
- Integrated TR switch, balun, LNA, power amplifier and matching network Integrated PLL, regulators, and power management units
- +20dBm output power in 802.11b mode
- Supports antenna diversity
- Deep sleep power <10uA, Power down leakage current < 5uA
- Integrated low power 32-bit MCU
- SDIO 2.0, SPI, UART, [I2C](#)
- STBC, 1x1 MIMO, 2x1 MIMO
- A-MPDU & A-MSDU aggregation & 0.4μs guard interval
- Wake up and transmit packets in < 2ms
- Standby power consumption of < 1.0mW (DTIM3)
- Operating temperature range -40C ~ 125C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ESP8266 AT Command Set

Function	AT Command	Response
Working	AT	OK
Restart	AT+RST	OK [System Ready, Vendor:www.ai-thinker.com]
Firmware version	AT+GMR	AT+GMR 0018000902 OK
List Access Points	AT+CWLAP	AT+CWLAP +CWLAP:(4,"RocheFortSurLac",-38,"70:62:b8:6f:6d:58",1) +CWLAP:(4,"LiliPad2.4",-83,"f8:7b:8c:1e:7c:6d",1) OK
Join Access Point	AT+CWJAP? AT+CWJAP="SSID","Password"	Query AT+CWJAP? +CWJAP:"RocheFortSurLac" OK
Quit Access Point	AT+CWQAP=? AT+CWQAP	Query OK
Get IP Address	AT+CIFSR	AT+CIFSR 192.168.0.105 OK
Set Parameters of Access Point	AT+ CWSAP? AT+ CWSAP= <ssid>,<pwd>,<chl>,<ecn>	Query ssid, pwd chl = channel, ecn = encryption
WiFi Mode	AT+CWMODE? AT+CWMODE=1 AT+CWMODE=2 AT+CWMODE=3	Query STA AP BOTH
Set up TCP or UDP connection	AT+CIPSTART=? (CIPMUX=0) AT+CIPSTART = <type>,<addr>,<port> (CIPMUX=1) AT+CIPSTART= <id><type>,<addr>,<port>	Query id = 0-4, type = TCP/UDP, addr = IP address, port= port
TCP/UDP Connections	AT+ CIPMUX? AT+ CIPMUX=0 AT+ CIPMUX=1	Query Single Multiple
Check join devices' IP	AT+CWLIF	
TCP/IP Connection Status	AT+CIPSTATUS	AT+CIPSTATUS? no this fun
Send TCP/IP data	(CIPMUX=0) AT+CIPSEND=<length>; (CIPMUX=1) AT+CIPSEND= <id>,<length>	
Close TCP / UDP connection	AT+CIPCLOSE=<id> or AT+CIPCLOSE	
Set as server	AT+ CIPSERVER= <mode>[,<port>]	mode 0 to close server mode; mode 1 to open; port = port
Set the server timeout	AT+CIPSTO? AT+CIPSTO=<time>	Query <time>0~28800 in seconds
Baud Rate*	AT+CIOBAUD? Supported: 9600, 19200, 38400, 74880, 115200, 230400, 460800, 921600	Query AT+CIOBAUD? +CIOBAUD:9600 OK
Check IP address	AT+CIFSR	AT+CIFSR 192.168.0.106 OK
Firmware Upgrade (from Cloud)	AT+CIUPDATE	1. +CIPUPDATE:1 found server 2. +CIPUPDATE:2 connect server 3. +CIPUPDATE:3 got edition 4. +CIPUPDATE:4 start update
Received data	+IPD	(CIPMUX=0): + IPD, <len>; (CIPMUX=1): + IPD, <id>,<len>; <data>
Watchdog Enable*	AT+CSYSWDTENABLE	Watchdog, auto restart when program errors occur: enable
Watchdog Disable*	AT+CSYSWDTDISABLE	Watchdog, auto restart when program errors occur: disable

* New in V0.9.2.2 (from <http://www.electrodragon.com/w/Wi07c>)

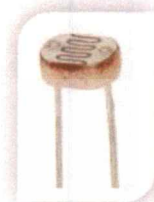
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Light Dependent Resistor - LDR

Two cadmium sulphide(cds) photoconductive cells with spectral responses similar to that of the human eye. The cell resistance falls with increasing light intensity. Applications include smoke detection, automatic lighting control, batch counting and burglar alarm systems.



Applications

Photoconductive cells are used in many different types of circuits and applications.

Analog Applications

- Camera Exposure Control
- Auto Slide Focus - dual cell
- Photocopy Machines - density of toner
- Colorimetric Test Equipment
- Densitometer
- Electronic Scales - dual cell
- Automatic Gain Control – modulated light source
- Automated Rear View Mirror

Digital Applications

- Automatic Headlight Dimmer
- Night Light Control
- Oil Burner Flame Out
- Street Light Control
- Absence / Presence (beam breaker)
- Position Sensor

Electrical Characteristics

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Cell resistance	1000 LUX	-	400	-	Ohm
	10 LUX	-	9	-	K Ohm
Dark Resistance	-	-	1	-	M Ohm
Dark Capacitance	-	-	3.5	-	pF
Rise Time	1000 LUX	-	2.8	-	ms
	10 LUX	-	18	-	ms
Fall Time	1000 LUX	-	48	-	ms
	10 LUX	-	120	-	ms
Voltage AC/DC Peak				320	V max
Current				75	mA max
Power Dissipation				100	mW max
Operating Temperature		-60	-	+75	Deg. C

Guide to source illuminations

Light source Illumination	LUX
Moonlight	0.1
60W Bulb at 1m	50
1W MES Bulb at 0.1m	100
Fluorescent Lighting	500
Bright Sunlight	30,000

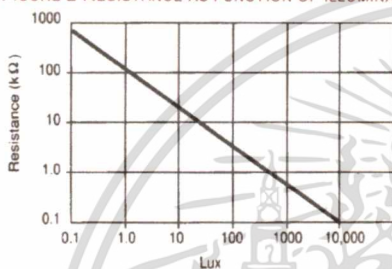
FIGURE 1 CIRCUIT SYMBOL



Sensitivity

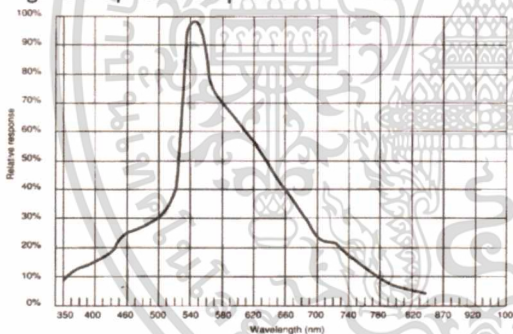
The sensitivity of a photodetector is the relationship between the light falling on the device and the resulting output signal. In the case of a photocell, one is dealing with the relationship between the incident light and the corresponding resistance of the cell.

FIGURE 2 RESISTANCE AS FUNCTION OF ILLUMINATION



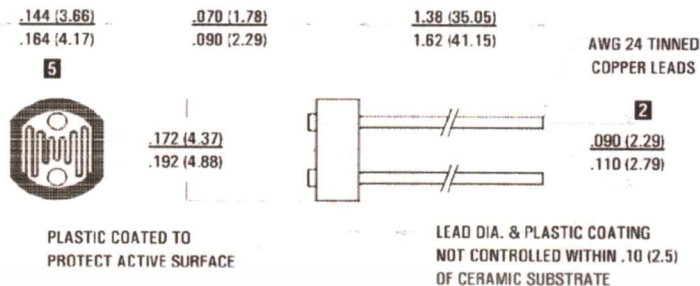
Spectral Response

Figure 3 Spectral response

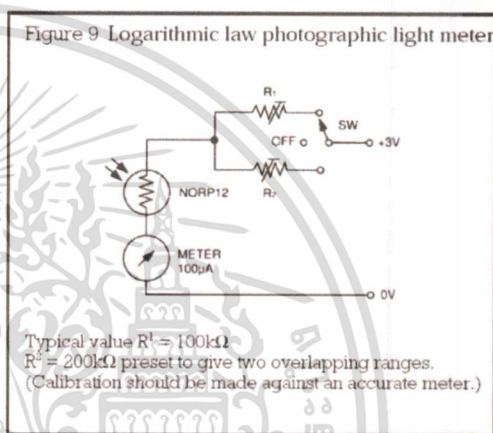
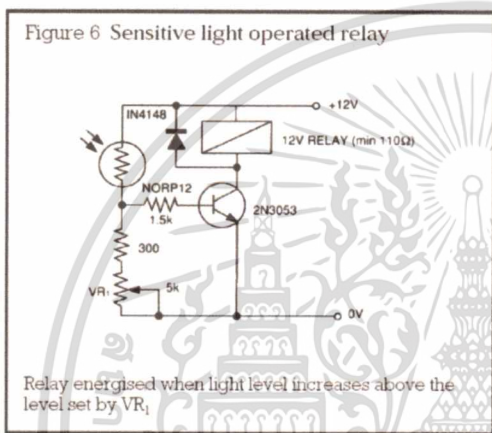


Like the human eye, the relative sensitivity of a photoconductive cell is dependent on the wavelength (color) of the incident light. Each photoconductor material type has its own unique spectral response curve or plot of the relative response of the photocell versus wavelength of light.

Dimensions



Typical Application Circuits



3

Sunrom Technologies

Your Source for Embedded Systems

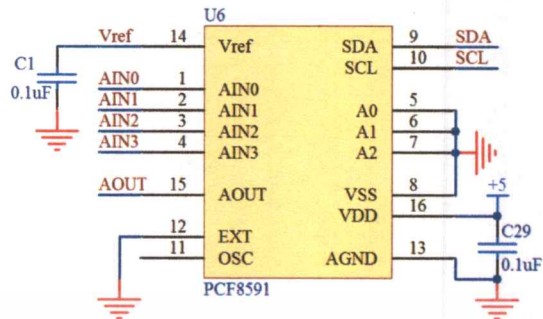
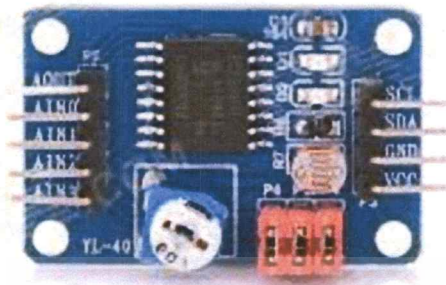
Visit us at www.sunrom.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PCF8591 Module



A PCF8591 AD / DA chip introduced

PCF8591 is a monolithic, single supply, low power, 8-bit CMOS data acquisition device. PCF8591 has four analog inputs, one analog output and a serial I2C bus interface. PCF8591 the three address pins A0, A1 and A2 can be used for programming the hardware address, allowing access to the same I2C-bus PCF8591 8 devices without the need for additional hardware. PCF8591 device on the input and output address, control and data signals are bi-directional two-wire I2C-bus for transmission in a serial manner.

PCF8591 key performance indicators:

- single power supply
- PCF8591 operating voltage range of 2.5V-6V
- Low Standby Current
- via I2C -bus serial input / output
- PCF8591 through 3 hardware address pins addressing
- PCF8591 I2C bus speed sampling rate decision
- 4 analog inputs programmable as single-ended or differential inputs
- auto increment channel selection
- PCF8591 analog voltage range from VSS to VDD
- PCF8591 built-in track and hold circuit
- 8-bit successive approximation A / D converter
- Through an analog output of the DAC gain

Baby description

- A module chip PCF8951
- 2 module supports an external 4-channel voltage input capture (voltage input range 0-5v)
- 3 module integration photoresistor, you can capture the ambient light intensity through the AD precise values
- 4 module integrated thermistor temperature by exact numerical AD acquisition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 5 module integrates a channel 0-5V voltage input capture (via the blue potentiometer adjustment input voltage)
- 6 module with power indicator (the module after power indicator lights)
- 7 module with DA output indicator , when the module DA output interface voltage reaches a certain value , the board will be lit DA output indicator, the higher the voltage , the light intensity is more obvious ;
- 8 Module PCB size : 3.6cm * 2.3cm
- 9 standard double panel , thickness 1.6mm, nice layout , surrounded by a through hole , aperture : 3mm, convenient fixed

module interface description

This module expansion outside the left and right , respectively, 2-way pin header , respectively, as follows:

DA output interface chip left AOUT

AIN0 chip analog inputs 0

AIN1 chip analog inputs 1

AIN2 chip analog inputs 2

AIN3 chip analog input interface 3

Right SCL IIC clock interface connected microcontroller IO port

SDA IIC digital interface connected microcontroller IO port

GND Module to external ground

VCC Power Interface External 3.3v-5v

Four modules use red short cap

There are three red module shorted cap, respectively function as follows :

- Connect the shorting cap P4 P4 , select thermistor access circuit
- Connect the shorting cap P5 P5 , select photoresistor access circuit
- Connect the shorting cap P6 P6 , select 0-5V Adjustable voltage access circuit

ภาคผนวก ค.
บทความทางวิชาการ

- ค.1 “A Smart Lighting Control System in Office Building Design Concept Considering The Daylight Factor Using a Microprocessor Base and LabVIEW Program”, Annual Conference on Engineering and Information Technology 2014 (ACEAIT 2014), Tokyo Japan, 28-30 March 2014
- ค.2 “The improvement of a Smart Lighting Control System in Office Building Design Concept Considering The Daylight Factor Using a Microprocessor Base and LabVIEW Program”, Annual Conference on Engineering and Information Technology 2015 (ACEAIT 2015), Tokyo Japan, 22-24 March 2015



ภาคผนวก ค.1

“A Smart Lighting Control System in Office Building Design Concept Considering The Daylight Factor Using a Microprocessor Base and LabVIEW Program”, Annual Conference on Engineering and Information Technology 2014 (ACEAIT 2014), Tokyo Japan, 28-30 March 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Conference Proceedings



ACEAIT

Annual Conference on Engineering and Information Technology

ISFAS

International Symposium on Fundamental and Applied Sciences

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACEAIT-3080
A Smart Lighting Control System in Office Building Design Concept
Considering the Daylight Factor Using a Microprocessor Based and
LabVIEW™ Program

Chow Chompoo-Inwai^a and WeerawatWanich^{b*}

Electrical Engineering Department, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of
 Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok, THAILAND, 10520

*Corresponding Author: wanich_we@hotmail.com, chompoo@gmail.com

Abstract

Nowadays, Natural Daylighting factor has played significant roles in modern illumination engineering design due to two huge advantages: it is free and it is extremely pleasant for human works. This article proposes a design concept and the implementation of a smart lighting control system in the general office building considering the daylight or natural daylighting factor. The original idea of how it works starts from the problem of low lighting quality in the office due to the dissimilarity of the lighting distribution in the particular office area. This research divides the specific area into two zones and starts monitoring the illuminance (Lux) using many photo sensors for each zone when the certain area has the daylight factor. From the observations, the zone adjacent to the windows has too much light (too bright to work) while another zone has too little light (inadequate light for work). This paper thoroughly explains the design idea & concept, the control strategies, the implementation and the experimental results, including the analyzing results and conclusions.

In this research, the EN15193 standard is set as the core standard for daylight definition and all other requirements to be complied with in the implementation phase, the STM32F103 microcontroller is used as a main microprocessor to communicate between the light sensors, the proposed LabVIEW™ algorithm and the dimmable LED drivers. The LabVIEW™ algorithm (LabVIEW™ 2011 Student version) functioned as a key processing unit in order to compute and manage the control strategies from inputs/outputs of the controller and light sensors. The dimmable LED driver helps in completing the control process. The proposed system is capable of working either in Manual or Automatic setting modes. The experiment from the Laboratory-tested environment for 30 days yields very satisfactory results. The proposed control system and devices are capable of doing its own jobs accurately and reliably. The additional

plus from monitoring the power consumption is that the proposed system helps in reducing the demand for electricity in such area by at least 35% in the tested criteria. In conclusion the key advantage of the proposed control system is that it is simple, reliable, energy saving and easy to expand the features and work functions as demand. It is capable of easily increasing the zones of interest and it is also capable of adding the color-controlled functions for better working environment in the near future to come.

Keywords: Smart Lighting Control System, Daylighting Factor, LabVIEW™, Energy Saving

1. Introduction

In the present, Lighting applications has not been featured to workplace due to the problem of the light in the building is insufficient brightness, non-uniformity light distribution and use unnecessary lighting in areas where daylighting. Therefore, This research present A Smart Lighting Control System in Office Building Design Concept Considering the Daylight Factor that controls the illuminance in areas for sufficient illuminance and energy saving.

2. Related Theories

2.1 Daylight Used Buildings [1,2]

Daylighting is highly effective light and suitable for human use. Today, it has been scientifically proven that humans have satisfaction when watching in daylight environment whether in the office or in the shops. In schools, Students can learn better with daylight.

Moreover, daylight is also an advantage that has come from nature without investment and can be activated at any time during the use of the building in the daytime. The standards are designed according to EN15193: Energy performance of buildings - Energy requirements for lighting.

2.2 Measuring the illuminance [3]

2.2.1 *Spot Measurement* measures the illuminance by using eye -specific points, or to use in their work depending on the measurements in the affected eye, workpoint or the work of workers by putting LUX meter horizontal with the workpoint or substrate eyes and read the illuminance.

2.2.2 *Area Measurement* measures the illuminance in the common areas within the establishment such as corridors and areas utilized in the manufacturing process. This

measurement can be made by whole area is divided into smaller 2 x 2 square meters by LUX meter plane height of 30 inches (75 cm) and then read the measured values are averaged .

2.3 LabVIEW™ Program [4,5]

LabVIEW™ is a comprehensive developing platform that applies a graphical language instead of text code in traditional programming i.e., C, Pascal, JAVA. It provides a wide range of compatibilities and flexibilities e.g., the design, control and a variety of test systems. One big advantage is that it provides some virtually-measuring devices for testing the under-developing system to avoid risks of damaging the expensive and actual system.

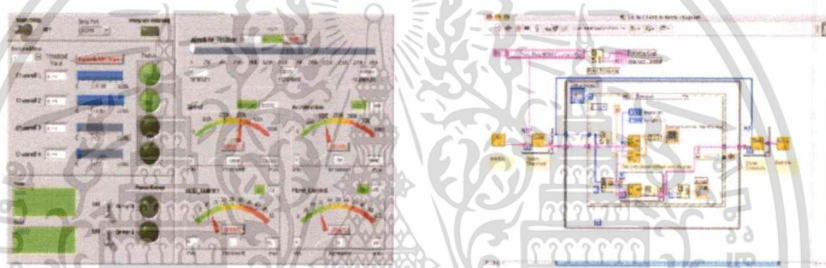


Fig.1 (a) Example Front panel of LabVIEW

(b) G Language (Graphical

Language)

In this platform, a computer with LabVIEW™ program is needed to control an operation of the Data Acquisition (DAQ) from processing, visualizing and storing data. Two main parts that need to be designed and customizable are Fig.1(a) the user interface called Front panel and Fig.1(b) the graphical language code called Block diagram. Figure 1 showed LabVIEW™ program.

3. Design Concepts

This section presents the design concept. Consists of designing The conceptual design schematic, Designing of Testing room, Control system^①, I/O device^② and selection Light sensor^③ and LED driver^④. The system overview in Fig.2

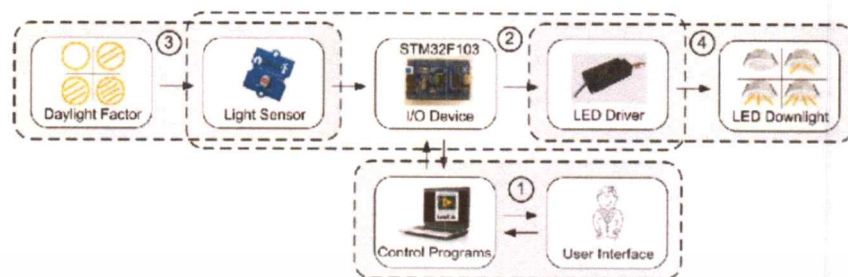


Fig.2 System overview

3.1 The conceptual design schematic

Concepts in design, System maintain illuminance in office building when daylight changing due to time and cloudy. Illuminance maintained by lighting control system that control lamps luminous.

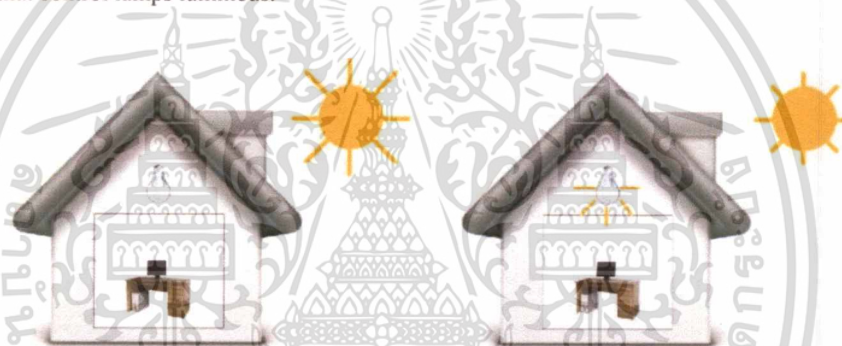


Fig.3 Conceptual design

Fig.3 In daytime, daylight comes in office building. Volume of luminous depends on whether cause varies illuminance. Control program running on computer measure illuminance then control lamps luminous in office building to maintain illuminance.

3.2 Room Simulation

The design of the testing room with windows on one side only similar to office room in the building. Choose size 4x8 meters and designed light installation with DIALux program with uniformity light, Lamp LED Downlight 18w used. The average illuminance 300 LUX by IES standard. Workspace height 0.7 m and ceiling height 2.8 m. Fig.4

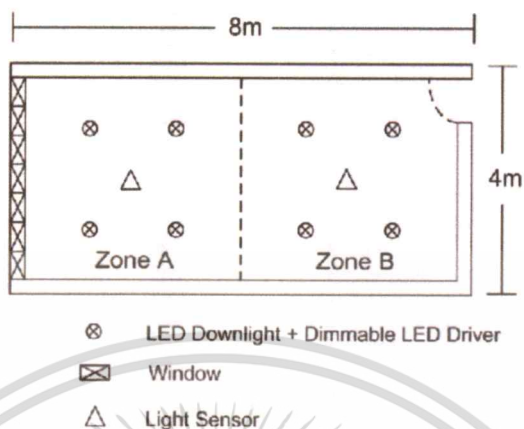


Fig.4 Room simulated

From design divided room into 2 zones 4x4 square zone A with windows and zone B without windows. Installed in each zone 4 lamp LED Downlight average illuminance 320 LUX.

3.3 Control System^①

Control System serves to maintain the illuminance in each zone in the value as determined by the monitor illuminance through the Light sensor is installed in each zone. fig.5

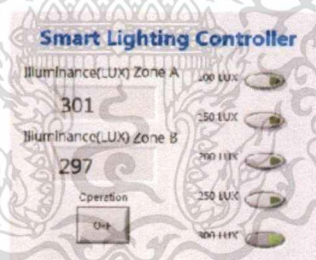


Fig.5 Smart Lighting Controller

Control System Created by the LabVIEW program operates by comparing the illuminance measured. Then control the power of LED Downlight with LED Driver DUTY Ratio Fig.6

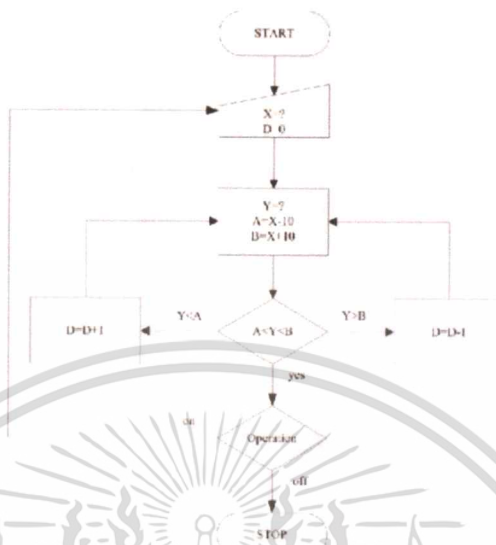


Fig.6 Control Programs

- X Desire illuminance
- Y Measured illuminance
- D Duty Ratio

Concept of control programs by select a desire illuminance of X, then Y measured as illuminance comparing Y with A and B, then adjust D until Y is between A and B.

3.4 Input/Output Device^② [6]

Due to the LabVIEW program running on Computer so it is necessary to use the I / O device for LabVIEW applications. There are I/O device for LabVIEW is Data Acquisition (DAQ), which are used by a range of tasks. The research use STM32F103 Microcontroller replacement DAQ connected with Computer via serial port to receive the illuminance and transmit the duty of LED Downlight. Fig.7

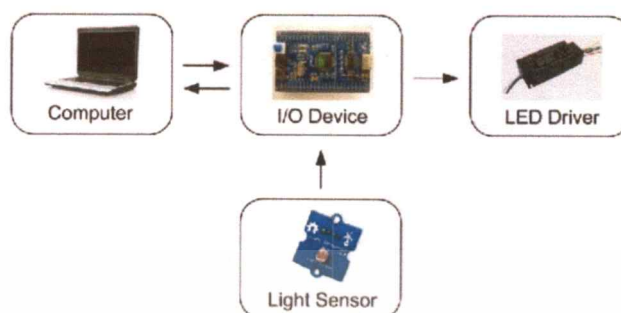


Fig.7 Input/Out System

3.5 Light Sensor³

The Light sensor Fig.8(a) made from LDR (Light Dependent Resistors) is a device used to measure the illuminance that does not need too much accuracy. The principle works resistance within the LDR changes as illuminance when light Fig.8(b). Connect to STM32F103 control via the A/D transmission voltage value to calculate to illuminance.

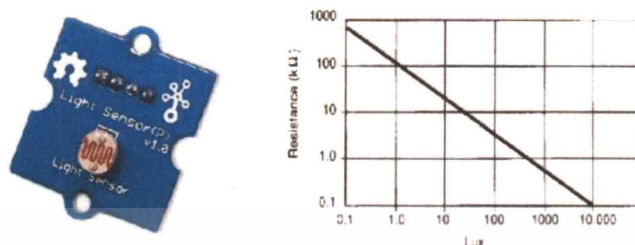


Fig.8 (a) Light Sensor

(b) Resistance as illuminance

3.6 LED Driver⁴

To adjust the brightness of LED lamps, LED Driver requires the ability to be adjusted. The control LED Driver signal has many forms. This system use PWM Dimming Driver in use for convenient control of the Duty Ratio Control from STM32F103 Fig.9(1) The PWM Dimming LED Driver drive LED with direct current in constant current mode Fig.9(2)

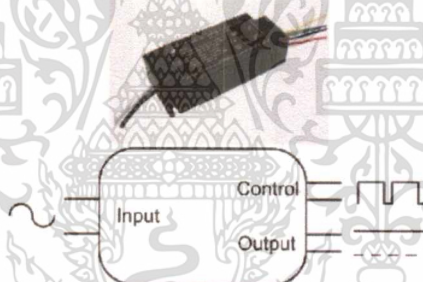


Fig.9 (1) PWM Dimming LED Driver (2) Diagram of PWM Dimming LED Driver

4. Experimental Results

After design control systems and devices. In this section test the performance of the device and test the control system to work in various conditions. Including measurement the energy used when using consecutive 24 Hr and compared the system energy efficiency. Test setting in Fig.10

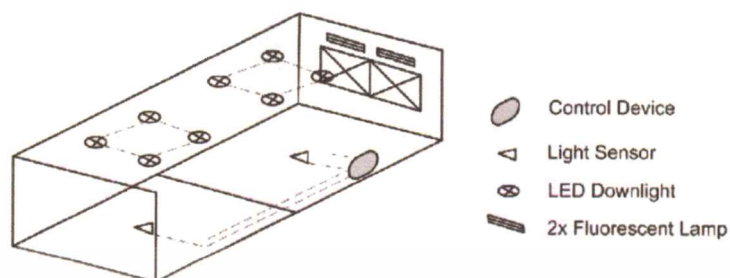


Fig.10 Test room configuration

4.1 Verification of Light Sensor

Comparison of light sensor performance with conventional LUX Meter Table1. To determine the accuracy of the illuminance experimentally measured in different areas with different illuminance values compared with LUX Meter Extech precision +/- 4% accuracy Fig.11



Fig.11 Conventional LUX Meter

Table1. Comparison the illuminance measured

Conventional LUX Meter (lux)	Propose Light Sensor (lux)	Error (%)
85	88	3.5
197	201	2.0
313	303	3.1
407	397	2.5
511	497	2.7

4.2 Control System Test

Testing system to controls the illuminance by fix illuminance in control program. Measuring illuminances with LUX meter Table2

Table2. Result of illuminance control

Desire illuminance	Measure illuminance
--------------------	---------------------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(lux)	(lux)
100	97
150	159
200	204
250	241
300	305

4.3 Control System Test with external light source

Testing system to controls the illuminance infect with external lighting by fix illuminance in control program. Measuring illuminances with LUX meter. Use fluorescent 18w instead Daylight. Maintain the illuminance by 300 lux table3

Table3. Result of illuminance when infect with external lighting

Fluorescent (lamp)	Desire illuminance (lux)	Measure illuminance (lux)
0	300	304
1	300	293
2	300	295
3	300	307
4	300	310

4.4 Operation running and Power monitor

Operation test by metering power in zones A and B with Power Analyser Fig.12 Recording energy in each zone for 1 day.



Fig.12 Power Analyser

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 4 Power monitoring

Time	Non-Controlled		Controlled	
	Zone A (w)	Zone B (w)	Zone A (w)	Zone B (w)
6 am	72.8	72.8	72.8	72.8
8 am	72.8	72.8	13.7	51.1
10 am	72.8	72.8	0	47.3
12 am	72.8	72.8	0	45.2
2 pm	72.8	72.8	10.7	52.4
4 pm	72.8	72.8	33.5	65.5
6 pm	72.8	72.8	61.8	72.8
8 pm – 4 am	72.8	72.8	72.8	72.8
Total Energy Consume	1.75 Unit	1.75 Unit	1.24 Unit	1.46 Unit

Table4, The results energy 3.5 Unit consumed in one day with non-operate control system when operate control system energy consumed decreased to 2.7 Unit/day save energy 22.8%. If the room used just the day (6 am - 6 pm) can save energy up to 46.2%. The cumulate energy consume show in fig.13 (a) and power consume comparison in fig.13 (b).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

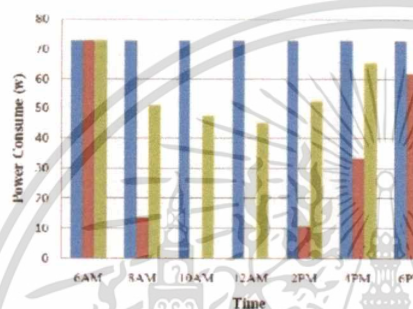
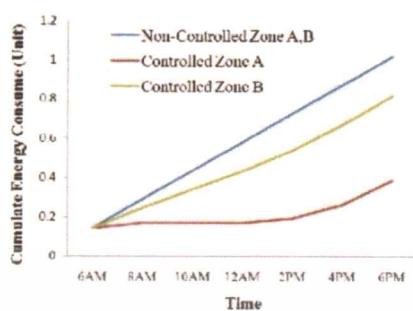


Fig.13 (a)Cumulate Energy consume (b)Power Consume

5. Conclusion

From design and experimental results, light sensor can work well with acceptable accuracy close to conventional device. The control system is designed can maintain the value of illuminance as determined on varies daylight. When comparing the energy consume between non-operate and operate system .Operate system can save energy up 46.3% at daytime.

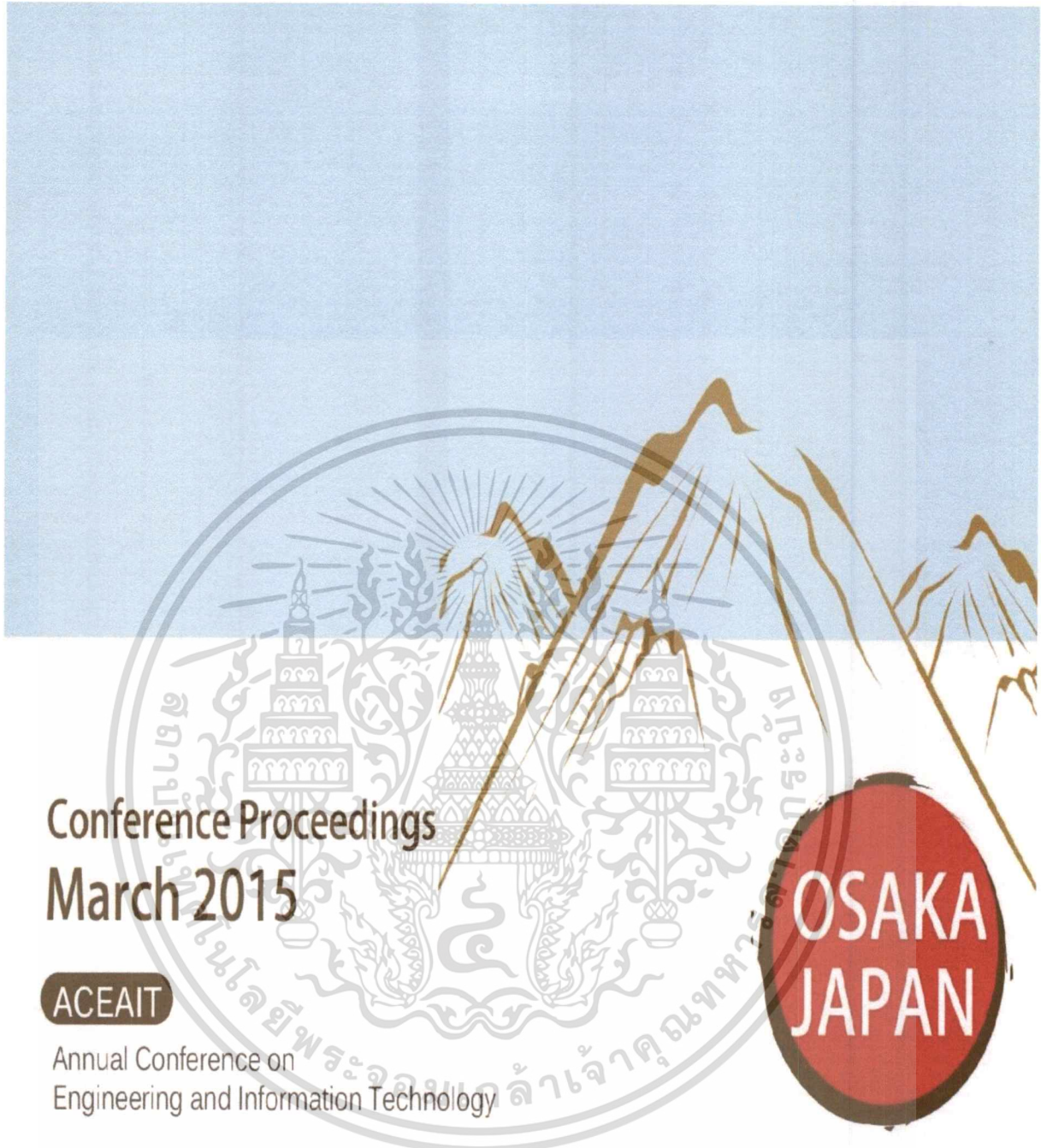
References

- [1] M. Fontoyont, *Daylight Performance of Building*. Lyon,France : James&James,1999
- [2] EN15193 "Energy performance of buildings and Energy requirements for lighting"
- [3] A. Ryer. *Light Measurement Handbook*. Newburyport,MA : International Light,1997, pp. 29-38.
- [4] J. Travis. *LabVIEW for everyone : graphical programming made easy and fun*, Upper Saddle River, NJ : Prentice Hall, 2007.
- [5] L. Cory. *LabVIEW digital signal processing : and digital communications*, New York : McGraw-Hill, 2005



ภาคผนวก ค.2

“The improvement of a Smart Lighting Control System in Office Building Design Concept Considering The Daylight Factor Using a Microprocessor Base and LabVIEW Program”, Annual Conference on Engineering and Information Technology 2015 (ACEAIT 2015), Tokyo Japan, 22-24 March 2015



Conference Proceedings March 2015

ACEAIT

Annual Conference on
Engineering and Information Technology

ISFAS

International Symposium on
Fundamental and Applied Sciences

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACEAIT-3755**The Improvement of a Smart Lighting Control System in Office Building Design Concept Considering The Daylight Factor Using a Microprocessor Based and LabVIEW Program****Weerawat Wanich***

Electrical Engineering Department, Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,
Ladkrabang, Bangkok, THAILAND, 10520

*E-mail: wanich_we@hotmail.com

Chow Chompoo-Inwai

Electrical Engineering Department, Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,
Ladkrabang, Bangkok, THAILAND, 10520

E-mail: chompoo@gmail.com

ABSTRACT

Nowadays, Natural Daylighting factor has played significant roles in modern illumination engineering design due to two huge advantages: it is free and it is extremely pleasant for human works. According to last year article named a Smart Lighting Control System in Office Building Design Concept, the previously proposed control system and devices are capable of doing its own jobs accurately and reliably and helps in reducing the demand for electricity by at least 35%. This article proposes the improvement based on the previous research; especially on the communication system from wire connection to wireless connection. The main idea starts from the real-world problems of many difficulties found after installing the wire connection via serial port between Control unit and I/O module. This research paper proposes the use of wireless LAN network communication via TCP/IP protocol to link all devices in the system together in order to be able to measure and control properly. This paper elaborates the design idea & concept, the connection strategies, the implementation and the experimental results, including the analyzing results and conclusions. The proposed LabVIEW algorithm (LabVIEW 2011 Student version) functioned as a key processing unit in order to compute, manage the control strategies and transmit data from inputs/outputs of the controller and light sensors. The experiment from the Laboratory environment for 30 days yields very satisfactory results. In conclusion, the key advantage of the proposed control system is that it is simple, reliable, energy saving and easy to expand the features and work functions as demand. It is capable of easily increasing the zones of interest and it is also capable of adding the color-controlled functions for better working environment in the near future to come.

Keywords: Smart Lighting Control System, Daylight Factor, LabVIEW algorithm, Visual comfort, Energy Saving

I. Introduction

Daylight or Daylighting is the practice of placing [windows](#) or other openings and [reflective](#) surfaces so that during the day [natural light](#) provides effective internal [lighting](#). Particular attention is given to daylighting while designing a building when the aim is to maximize visual comfort or to reduce energy use. Energy savings can be achieved either from the reduced use of artificial (electric) lighting or from [passive solar](#) heating or cooling. Artificial lighting energy use can be reduced by simply installing fewer electric lights because daylight is present, or by dimming/switching electric lights automatically in response to the presence of daylight, a process known as [daylight harvesting](#). In this research, we focus on how to control/utilize the uses of daylighting when there are some basic problems occurred e.g., (1) insufficient illuminance, (2) low quality lighting in the working area/office/room (non-uniformity lighting distribution) and (3) redundant energy consumption in the area where there is daylighting from natural. This paper proposes the smart way to manage the office lighting system based on two key factors that are *Visual comfort* and *Energy saving*. According to last year article named a Smart Lighting Control System in Office Building Design Concept, the previously proposed control system and devices are capable of doing its own jobs accurately and reliably and helps in reducing the demand for electricity by at least 35%. The actual problems found after installing the wire connection via serial port between Control unit and I/O devices as of many difficulties. The conceptual design, system overview, the control system device, the control algorithm and the experimental results will be presented later in this article.

II. Related theories

2.1 The Uses of Daylighting in Office Buildings [1-2]

Daylighting is highly effective light and suitable for human use. Today, it has been scientifically proven that humans have satisfaction when watching in daylight environment whether in the office or in the shops. In schools, there are some research shows that students will be able to learn better with daylight. Moreover, daylight also has an advantage that it comes from nature without any addition investment and can be activated at any time during the use of the building in the daytime. The EN-15193 standards: *Energy performance of buildings - Energy requirements for lighting* has been used as a base guideline throughout this research.

2.2 TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)

TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) is the basic communication language or protocol of the Internet. It can also be used as a communications protocol in a private network (either an [intranet](#) or an [extranet](#)). When you are set up with direct access to the Internet, your computer is provided with a copy of the TCP/IP program just as every other computer that you may send messages to or get information from also has a copy of TCP/IP.

2.3 Wireless Local Area Network (WLAN)

A wireless LAN (or WLAN, for wireless local area network) is one in which a mobile user can connect to a local area network (LAN) through a [wireless](#) (radio) connection. The [IEEE802.11](#) group of standards specify the technologies for wireless LANs. 802.11 standards use the [Ethernet protocol](#) and [CSMA/CA](#) (carrier sense multiple access with collision avoidance) for path sharing and include an encryption method, the [Wired Equivalent Privacy algorithm](#).

2.4 LabVIEW™ Program [4-5, 11]

LabVIEW™ is a comprehensive developing platform that applies a graphical language instead of text code in traditional programming i.e., C, Pascal, JAVA. It provides a wide range of compatibilities and flexibilities e.g., the design, control and a variety of test systems. One big advantage is that it provides some virtually-measuring devices for testing the under-developing system to avoid risks of damaging the expensive and actual system.

III. Design concepts

This section briefly elaborates the design concepts and related devices used in this research consisting of (1) the conceptual design, (2) the System overview, (3) Zoning control concept, (4) the control system concept and algorithm, (5) the I/O devices, (6) the lighting sensor, (7) the dimmable LED driver and (8) the power quality analyzer.

3.1 The design concept

The LED lighting system installed in the certain room/office can be controlled according to incoming daylight, one or more wireless sensors can be incorporated together with the I/O device and LabVIEW algorithm for automatic or manual operation [11].

3.2 System Overview

The proposed Smart lighting control system consists of four key units as shown in Fig.1 below. The first one is named the *Control Unit* which acts like a main processing unit to calculate and process all signals from/to the inputs and outputs from I/O devices. The second module is called the *I/O Device* which mainly acts like a gateway to get analog inputs then pass the signal through the *Control Unit* via wireless communication. The *I/O Device* also has one more important function to acquire the after processed signal from a *Control Unit* and send it out to output devices. The third unit is a *Lighting Sensor Unit* which mainly acts like a measuring device to indicate how much light come in to the interested area. And the last Unit is called the *Output devices* which will get the control signal from the *Control Unit* and process all commands.

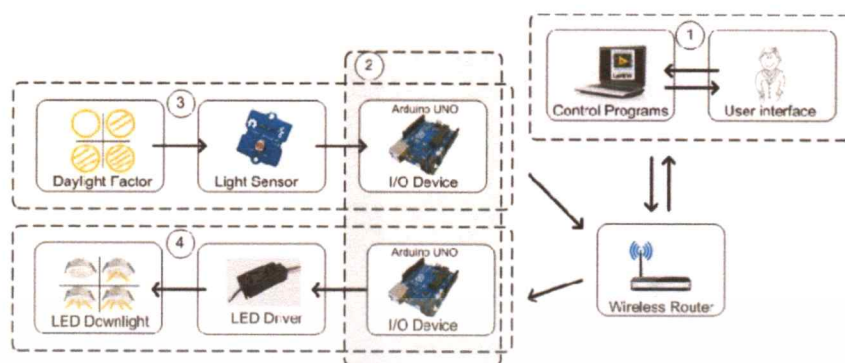


Fig.1 System overview

3.3 Room configurations and set up for Simulation

The testing room configuration is designed such that it has windows on two sides. The room dimension is set as 8x8 meters. This particular room divided into four zones called *Zone A*, *Zone B*, *Zone C* and *Zone D*. The currently-installed lighting system has four 18W LED-type down light luminaires with dimmable LED driver for each luminaire. The working plane is set to be 0.70 meter as stated in IESNA standard [7]. The average illuminance from the pre-calculation is set to be about 300 lux. Figure 2 illustrates the room of interested.

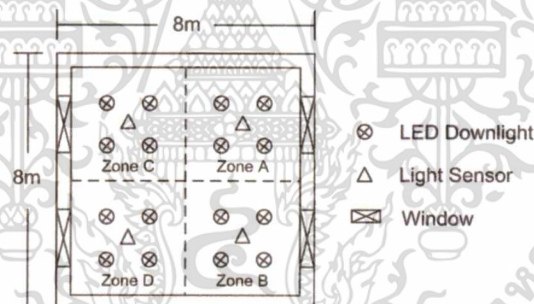


Fig.2 Room configurations and set up for Simulation

3.4 Control Unit System (Section ① in Fig.1)

Control unit system comprises of a personal computer (PC) or laptop with the LabVIEW algorithm (Student version 2013 is used in this research). The main purpose of this unit is to process the lighting input signals from the light sensor and from the daylight; then compute how to send out the signal to control the output devices which, in this case, are the dimmable LED drivers and LED luminaires. One unit of the light sensor will be installed for each zone (see Fig.2 and Fig.5) at the working plane level. The signal from each light sensor will then be send to the control unit system. This control unit system will compute and process the input

signals according to the algorithm shown in Fig.3(a) by comparing the real-time measured illuminance in the room with the setting desired illuminance and adjusting the output signal as required (see also Fig.3). Here is how the control algorithm works: the desired illuminance (X) was set in the LabVIEW user interface as shown in Fig.3(b). The measuring illuminance (Y) will be acquired from the light sensor. The illuminance X and Y will then be compared and adjust the duty ratio (D) until the certain tolerance of the different between X and Y is reached.

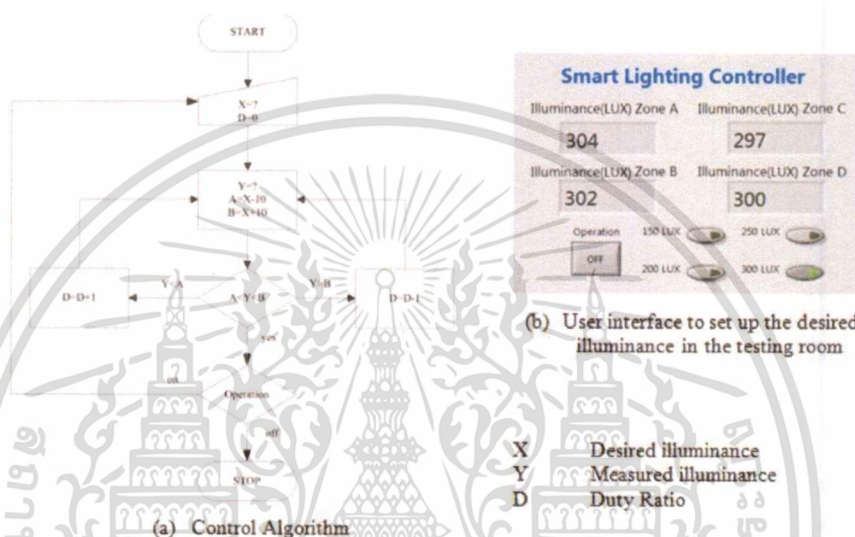


Fig.3 Block diagram of the control unit system algorithm

3.5 Wireless Communication System

The proposed Control unit applies TCP/IP Function from Labview program to communicate via wireless connector of PC/Laptop. This Control unit acts like a standalone server for signal connection using fix IP address for each individual Control unit; then open the port for external I/O device which act like a client. Each of the external I/O devices connected to the server at different port number for convenience in transmitting and receiving data. All of the devices in this system will be connected through the internet router to assure the same network configuration.

3.6 I/O Device (Section ② in Fig.1) [6]

The LabVIEW algorithm was written by on the National Instrument platform which normally utilized the data acquisition board (DAQ board) as an I/O Device. This research proposed the use of the microprocessor Arduino UNO to be an I/O device instead. This microcontroller will be connected to the PC/Laptop via Wi-Fi Module to acquire the illuminance parameter from

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

the light sensor (LDR) and send out the post-processing signal to control the duty ratio of the dimmable LED driver.

3.7 Lighting Sensor Unit (Section ③ in Fig.1) [8]

The Lighting sensor used in this research shown in Fig.4(a) made from LDR (Light Dependent Resistors). It is a device used to measure the illuminance that does not need too much accuracy (general specification for error is $\pm 5\%$). The principle work is that the resistance of the LDR will be change when the illuminance changes. The variation of the resistance will be sending out as input signal to the control unit via the Arduino UNO microcontroller.

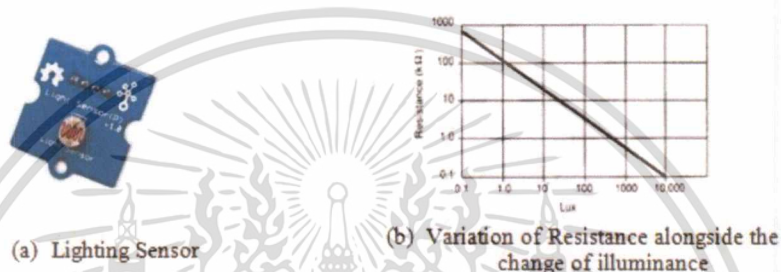


Fig.4 Lighting Sensor Unit and Devices

3.8 The LED Driver and Output Devices (Section ④ in Fig.1)

To adjust the brightness and the level of energy consumption of the LED luminaires in Fig.3., the dimmable LED Drivers is required here. The dimmable LED drivers need the duty ratio signal from the Control Unit to adjust the outputs. This system uses PWM Dimming LED Driver for convenient control of the Duty Ratio from Arduino UNO microcontroller. The LED driver in this paper is the PWM dimmable LED Driver with direct constant current mode [11].

IV. Experimental results

The main goals of the experiment are the overall system performance. The system with no control and the controlled system on sunny day can be seen in the experimental results. The testing facility configurations and set up are shown as in Fig. 5 below.

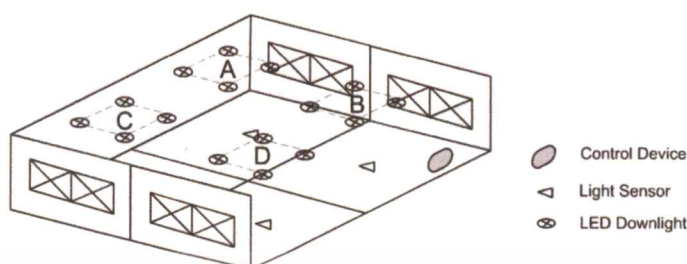


Fig.5 Testing facility configuration and set up

Control System Test with Actual External Daylight Environment

The main goal for this test is to see how the proposed system works in the environment of where the actual daylighting comes into play. The test configuration is already mentioned in Fig.5. The testing time is set to be 12 hours of operation in Sunny day. The illuminance and the power consumption of each zone are monitored and recorded continuously for 12 hours. The test results can be seen from Table IV. From this set up, we found out that the energy consumption in case of having the proposed control system is noticeably less than when there is no control at all. This experiment shows the number up-to 56.6% of energy saving.

TABLE IV Power Consumption Comparisons between the conventional Non-Controlled system versus the proposed controlled system

Time	Non-Controlled		Controlled							
	Zone A,B,C,D		Zone A		Zone B		Zone C		Zone D	
	Avg measuring Power (W)	Accumulate Energy (kWh)	Avg measuring Power (W)	Accumulate Energy (kWh)	Avg measuring Power (W)	Accumulate Energy (kWh)	Avg measuring Power (W)	Accumulate Energy (kWh)	Avg measuring Power (W)	Accumulate Energy (kWh)
6:00-8:00 a.m.	72.8	0.145	72.8	0.145	72.8	0.145	72.8	0.145	72.8	0.145
8:00-10:00 a.m.	72.8	0.291	23.7	0.193	25.5	0.196	50	0.245	52.2	0.25
10:00-12:00 a.m.	72.8	0.436	0	0.193	0	0.196	24.1	0.293	25.2	0.294
0:00-2:00 p.m.	72.8	0.572	11.2	0.215	12.4	0.221	11.5	0.316	12.8	0.32
2:00-4:00 p.m.	72.8	0.728	25.9	0.267	26.1	0.273	0	0.316	0	0.32
4:00-6:00 p.m.	72.8	0.873	62.3	0.391	65.2	0.404	20.4	0.357	21.2	0.362
Sub Total Energy Consumption	0.873		0.391		0.404		0.357		0.362	
Total energy consume (12hr)	3.492 kWh		1.514 kWh							

V. Conclusion

It is clear from the experimental results that the proposed Smart Lighting Control System in office building works exceptionally well with highly efficient and reliable performance. The proposed connection system which changes the series connection via the serial port to the new wireless connection has many advantages over the previous method. One key advantage is that

we can now freely layout lighting sensors in many positions which make the entire control system to work more accurate. Another key advantage of the proposed wireless connection is easier to carry or relocate the position of the lighting sensors and/or luminaires. The proposed controlling scheme increases lighting sensors from two to four resulting in better accuracy in lighting control methodology. As a result, the more accurate the system works, the better energy saving becomes. Since this research is still in the middle state of work completion in the near future. There are still plenty of rooms for improvements. One of the near future developments is that to add feature of acquiring and recording data from this system and device to be analyze. One possibility is to add the new feature to support the remote control and monitor via a smart phone or a tablet PC. Another possibility is that to utilize the satisfied LabVIEW algorithm from this work in a form of embedded system with higher grade of equipment to be more reliable for the future energy saving policy in Thailand.

References

- [1] M. Fontoyont, *Daylight Performance of Building*, Lyon, France: James & James, 1999.
- [2] EN-15193 Std., "Energy performance of buildings and Energy requirements for lighting"
- [3] A. Ryer, *Light Measurement Handbook*, Newburyport, MA: International Light, pp.29-38, 1997.
- [4] J. Travis, *LabVIEW for Everyone: Graphical Programming Made Easy and Fun*, 2nd Edition, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2007.
- [5] L. Cory, *LabVIEW Digital Signal Processing and Digital Communications*, New York: McGraw-Hill, 2005.
- [6] B. Sklar, *Digital Communications: Fundamentals & Applications*, 2nd Ed., New Jersey: Prentice Hall, 2001.
- [7] IESNA, *LIGHTING HANDBOOK: Volume I*, 9th Edition, New York, USA, 2000.
- [8] SUNROM Technology Co.,Ltd., "Light Dependent Resistor: LDR", URL: <http://www.sunrom.com/media/files/p/54/3190-datasheet.pdf>, Jun.28, 2008 [Feb. 15, 2014].
- [9] Jet Mungkornassawakul and Chow Chompoo-Inwai, "Data Acquisition System and Labview Program In Being a Smart and Low Cost Three Phase Disturbance Measuring Unit," *The International Conference on Electrical Engineering ICEE2012 Proceeding*, pp.1590-1595, Kanazawa, Japan, 2012.
- [10] Chow Chompoo-Inwai and Jet Mungkornassawakul, "A Smart Recording Power Analyzer Prototype Using LabVIEW and Low-Cost Data Acquisition (DAQ) in Being a Smart Renewable Monitoring System," *IEEE Proceeding on Green Technologies Conference (IEEE-GreenTech2013)*, pp.49-56, Denver, USA, 2013.
- [11] Weerawat Wanich and Chow Chompoo-Inwai, "A Smart Lighting Control System in Office Building Design Concept Considering the Daylight Factor Using a Microprocessor Based and LabVIEW™ Program," *The 2nd Annual Conference on Engineering and Information Technology ACEAIT2014 Proceeding*, Tokyo, Japan, 2014.

ประวัติผู้เขียน

- ชื่อ-นามสกุล** นายวีระวัฒน์ วานิช
- วัน เดือน ปีเกิด** 6 ตุลาคม 2530 ที่จังหวัดศรีสะเกษ
- ที่อยู่** 1604 ถ.ศรีสุมังค์ ซ.ศรีสุมังค์10 ต.เมืองใต้ อ.เมือง จ.ศรีสะเกษ 33000
- ประวัติการศึกษา** 2553 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ความชำนาญเฉพาะด้าน** 1.) ระบบพลังงานทดแทน และการประหยัดพลังงาน
2.) การออกแบบและการทำงานของอุปกรณ์ให้แสงสว่างประเภท LED
- ผลงานทางวิชาการ**
- 1.) Wanich W. and Chompoo-inwai C., "A Smart Lighting Control System in Office Building Design Concept Considering The Daylight Factor Using a Microprocessor Base and LabVIEW Program", Annual Conference on Engineering and Information Technology 2014 (ACEAIT 2014), Tokyo Japan, 28-30 March 2014
 - 2.) Wanich W. and Chompoo-inwai C., "The improvement of a Smart Lighting Control System in Office Building Design Concept Considering The Daylight Factor Using a Microprocessor Base and LabVIEW Program", Annual Conference on Engineering and Information Technology 2015 (ACEAIT 2015), Tokyo Japan, 22-24 March 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้