



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การออกแบบชุดควบคุมแสงสว่างเพื่อการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง THE DESIGN ILLUMINANCE CONTROL FOR ENERGY SAVING IN LIGHTING SYSTEM

รศ.ดร.อรรถพล เเงาพิทักษ์กุล

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจาก งบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การออกแบบชุดควบคุมแสงสว่างเพื่อการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง
THE DESIGN ILLUMINANCE CONTROL FOR ENERGY
SAVING IN LIGHTING SYSTEM

รศ.ดร.อรรถพล เจ่าพิทักษ์กุล

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจาก งบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การออกแบบชุดควบคุมแสงสว่างเพื่อการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง
แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้

ประจำปีงบประมาณ 2558

จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 50,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2557 ถึง 30 กันยายน 2558

รศ.ดร.อรรถพล เก้าพิทักษ์กุล หัวหน้าโครงการ

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอการออกแบบชุดควบคุมแสงสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) โดยวัตถุประสงค์ของโครงการคือ สำหรับการควบคุมแสงสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ใช้ภายในอาคารและสำนักงานเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการจ่ายค่าไฟฟ้าและช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ภายในสำนักงาน ซึ่งโดยปกติแล้วภายในสำนักงานจะมีแสงสว่างจากภายนอกเข้ามาภายในอาคารชุดควบคุมแสงสว่างจะใช้ประโยชน์จากแสงสว่างภายนอกมาช่วยให้ความสว่างโดยจะมีชุดควบคุมแสงสว่างมาทำการลดแสงสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) เพื่อให้ได้แสงสว่างตามที่ตั้งไว้ ในการออกแบบชุดควบคุมแสงสว่างนี้จะใช้เทคนิคการสร้างสัญญาณ PWM สัญญาณดังกล่าว จะถูกสร้างจากไมโครคอนโทรลเลอร์ 18F4520 เพื่อควบคุมปริมาณความเข้มแสง และจะมีการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับความเข้มแสงสว่างที่บริเวณพื้นงานเพื่อควบคุมความเข้มแสงที่พื้นงานให้เป็นไปตามที่กำหนดและยังสามารถประหยัดพลังงานได้อีกด้วยโดยภายในโครงการนี้จะเป็นการจำลองการติดตั้งชุดควบคุมความเข้มแสงภายในห้องทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของชุดควบคุมความเข้มแสงว่าสามารถประหยัดพลังงานได้ดีในช่วงใด เวลาใด และอย่างน้อยเพียงใดเพื่อนำไปพัฒนาต่อยอดในอนาคต โดยจากการทดลองติดตั้งวงจรควบคุมความเข้มแสงภายในห้องทดลองพบว่าสามารถประหยัดพลังงานได้จริง โดยจะสามารถทำงานได้ดีในช่วงเวลาที่แสงส่องเข้ามาสู่ภายในห้องจำลองมากดังนั้นชุดควบคุมความเข้มแสงจึงเป็นอีกทางเลือกที่น่าสนใจในการนำไปใช้เพื่อประหยัดพลังงานทั้งเพื่อตนเอง เพื่อสังคม และเพื่อโลกของเรา

คำสำคัญ : ระบบแสงสว่าง, การจัดการพลังงาน, หลอดไดโอดเปล่งแสง, สัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า

Research Title : The design illuminance control for energy saving in lighting system

Researcher : Assoc.Prof.Dr.Atthapol Ngaopitakkul

Faculty : Engineering

Department : Electrical Engineering

University : King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

ABSTRACT

A project presents an illumination control circuit of LED .The proposed scheme for saving energy in the office by dimming high power LED, is to reduce costs that a company has to pay over a million per month. Typically, the sun will offer the light to the building, and then we can make a profit from that by using the illumination control circuit to integrate the light from the sun and a light bulb. The control system will manipulate the intensity of light at workplace in order to keep light intensity in a proper range. We designed to use a Microcontroller 18F4520 to generate PWM signal in controlling the light intensity from a bulb (High Power LED). Moreover, we install phototransistor (TEMT6000) to measure it in the workplace so that we can operate the lamps not only to be range but also to save the energy. To be confirm that the illumination control circuit could be able to keep the light intensity in range (300 to 350 lux). We have installed the light intensity control in the simulation room so we can make sure that the illumination control could achieve the goal. By the result of the experiment, we found that the illumination control circuit could be able to control the light intensity, in order to keep it remain between 300 to 350 lux. Moreover, the illumination control circuit could reduce cost of electrical charge and not reducing the life cycle of the bulb (High power LED). I ultimately believe that this invention will be one of the most useful technologies so as to save the energy for yourself, society and the earth.

Keywords : Lighting System, Energy Management, LED Lamp, Electromagnetic Interference

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่ง
ทุนงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2558 สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยการช่วยจากหลายท่าน
โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัย ที่มอบทุนวิจัยให้แก่การวิจัยในครั้งนี้ ผู้จัดทำโครงการ
รู้สึกซาบซึ้งต่อความกรุณาของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัย และอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ให้ความรู้แก่ผู้วิจัย
ทำให้งานวิจัยครั้งนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี ท้ายนี้คณะผู้จัดทำ ขอขอบพระคุณผู้ช่วยวิจัยท่านอื่นๆ ซึ่งให้การสนับสนุนในด้าน
แรงงานและให้กำลังใจอีกทั้ง ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการจัดหาอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำโครงการครั้งนี้จนสำเร็จได้
ด้วยดี จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

รศ.ดร.อรรถพล เก้าพิทักษ์กุล หัวหน้าโครงการ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	IX
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	5
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	5
1.5 แผนการดำเนินงานโครงวิจัย.....	5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	10
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	11
2.1.1 หลักการทำงานทั่วไปของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง(High Power LED).....	11
2.1.2 คุณสมบัติ, ข้อดีและข้อจำกัดของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง(High Power LED).....	12
2.1.3 ประเภทของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED)	13
2.1.4 การประยุกต์ใช้งานของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED).....	14
2.2 เทคนิคการสร้างสัญญาณ (PWM).....	15
2.2.1 การเขียนโปรแกรมกำเนิดสัญญาณ PWM จาก PIC18F4520.....	15
2.2.2 รายละเอียดของสัญญาณ PWM.....	16
2.3 เทคนิคการควบคุมหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED).....	16
2.3.1 การควบคุมความสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้.....	17
2.3.2 การควบคุมโดยใช้สัญญาณ PWM.....	17

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.4 อุปกรณ์ขยายสัญญาณ.....	18
2.4.1 ออปโตคัปเปอเรอร์.....	18
2.4.2 วงจรใช้งานออปโตคัปเปอเรอร์.....	18
2.5 หลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจวัดความเข้มแสง.....	19
2.5.1 หลักการทำงานของโฟโตไดโอด (Photo diode).....	19
2.5.2 หลักการทำงานของโฟโตทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor).....	19
2.5.3 โฟโตดาร์ลิ่งตันทรานซิสเตอร์ (Photo Darlington Transistor).....	20
2.6 มอสเฟตกำลัง.....	21
2.7 การออกแบบแสงสว่าง.....	21
2.7.1 นิยามและศัพท์เกี่ยวกับแสง.....	22
2.7.1.1 สัมประสิทธิ์ของการใช้งาน (CU).....	22
2.7.2 การส่องสว่างสำนักงาน.....	24
2.8 การอนุรักษ์พลังงานด้านแสงสว่าง.....	26
2.8.1 แนวทางการจัดการค่าตัวแปรที่มีผลต่อก่อนอนุรักษ์พลังงานด้านแสงสว่าง.....	26
2.9 เทคโนโลยีการควบคุมแสงสว่าง.....	27
2.9.1 การควบคุมแสงสว่างแบบทำนายตามช่วงเวลาปฏิบัติงาน.....	27
2.9.2 การควบคุมแสงสว่างตามช่วงเวลาการปฏิบัติงานจริง.....	28
2.9.3 การควบคุมแสงสว่างแบบความสว่างคงที่.....	29
2.9.4 การควบคุมแสงสว่างแบบใช้แสงสว่างภายนอก.....	29
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ	
3.1 บทนำ.....	31
3.2 โครงสร้างทั่วไปของชุดควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสง กำลังสูง (Hight Power LED).....	31
3.3 วงจรตรวจจับความเข้มแสงสว่าง (Sensor).....	31
3.4 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller).....	32
3.5 วงจรขับมอสเฟตแบบแยกกราวด์ (Gate drive).....	33

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.6 วงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง +5, +2, และ ± 18 โวลต์ (Supply).....	35
3.7 หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED).....	37
3.8 วงจรควบคุมแสงสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสง (High Power LED).....	38
3.9 ขั้นตอนการทำงานของชุดควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสง(High Power LED).....	40
3.10 การคำนวณระบบแสงสว่างในตัวจำลอง.....	41
3.11 การออกแบบตัวจำลอง.....	42
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 ผลการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	46
4.1.1 ผลจากการจำลองกรณีศึกษาทดสอบ.....	46
4.2 การศึกษาด้านพลังงาน.....	49
4.3 การประหยัดพลังงานและความสามารถในการควบคุมความเข้มแสง.....	56
4.4 การศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์.....	59
4.5 การศึกษาด้านสัญญาณไฟฟ้าที่ได้.....	60
4.6 การศึกษาด้านคุณภาพแสงที่ได้เมื่อใช้วงจรรีไฟ.....	61
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	62
บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง.....	64
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก รายละเอียดทางเทคนิคของอุปกรณ์ประกอบชุดควบคุม.....	ก-1
ประวัตินักวิจัย	

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินโครงการ.....	7
2.1 ข้อมูลทางเทคนิคของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) สำหรับหลอดสีขาว.....	13
2.2 พื้นที่ของการใช้งานกับค่าความเข้มแสงที่เหมาะสม.....	23
3.1 มาตรฐานระดับความส่องสว่างตาม IES.....	41
4.2 ข้อมูลการจำลองความเข้มแสงด้วยโปรแกรม DIALux โดยผู้ทดลองมีขนาด1x2x1.5 เมตรซึ่งติดตั้งด้วยหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ขนาด 3x3 วัตต์จำนวน 2 ชุด.....	48
4.3 ข้อมูลการจำลองความเข้มแสงด้วยโปรแกรม DIALux โดยผู้ทดลองมีขนาด1x2x1.544 เมตรซึ่งติดตั้งหลอดหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่5ขนาด 36 วัตต์จำนวน 1 ชุด.....	48
4.4 ตารางแสดงค่าต่างๆที่วัดได้จากตู้ทดสอบของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ขนาด 3x3 วัตต์จำนวน 2 ชุดขณะใช้วงจรหรี่ไฟอัตโนมัติช่วงเช้า (9:30 น.).....	50
4.5 ตารางแสดงค่าต่างๆที่วัดได้จากตู้ทดสอบของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ขนาด 3x3 วัตต์จำนวน 2 ชุดขณะไม่ใช้วงจรหรี่ไฟอัตโนมัติช่วง เช้า (9:00 น.)	51
4.6 ตารางแสดงค่าต่างๆที่วัดได้จากตู้ทดสอบของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED)ขนาด 3x3 วัตต์จำนวน 2 ชุดขณะใช้วงจรหรี่ไฟ อัตโนมัติช่วงเที่ยง (13:00 น.)	52
4.7 ตารางแสดงค่าต่างๆที่วัดได้จากตู้ทดสอบของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ขนาด 3x3 วัตต์จำนวน 2 ชุดขณะไม่ใช้วงจรหรี่ไฟอัตโนมัติ ช่วงเที่ยง (13:00 น.)	53
4.8 ตารางแสดงค่าต่างๆที่วัดได้จากตู้ทดสอบของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ขนาด 3x3 วัตต์จำนวน 2 ชุดขณะใช้วงจรหรี่ไฟ อัตโนมัติช่วงเย็น (16:00 น.)	54

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.9 ตารางแสดงค่าต่างๆที่วัดได้จากตู้ทดสอบของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ขนาด 3x3 วัตต์จำนวน 2 ชุดขณะไม่ใช้วงจรหรี่ไฟอัตโนมัติ ช่วงเย็น (16:00น.)	55
4.10 ตารางแสดงค่าต่างๆที่วัดได้จากตู้ทดสอบของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ขนาด 3x3 วัตต์จำนวน 2 ชุดขณะใช้วงจรหรี่ไฟอัตโนมัติ ในช่วงเช้า (9:00-13:00 น.).....	57
4.11 ตารางแสดงค่าต่างๆที่วัดได้จากตู้ทดสอบของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ขนาด 3x3 วัตต์จำนวน 2 ชุดขณะใช้วงจรหรี่ไฟ อัตโนมัติในช่วงบ่าย (13:10-16:00น.)	58
4.12 เปรียบเทียบอัตราการคืนทุนเมื่อใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลัง (High Power LED) ขนาด 3x3 วัตต์จำนวน 2 ชุดแบบติดตั้งวงจรหรี่ไฟอัตโนมัติ และแบบที่ไม่ติดตั้งวงจรหรี่ไฟอัตโนมัติ.....	59

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ลักษณะการติดตั้งและการใช้งาน.....	4
2.1 การนำไฟฟ้าของไดโอด.....	12
2.2 สัญญาณ PWM ที่ได้จากการผสมระหว่างสัญญาณรูปสามเหลี่ยม และสัญญาณรูปคลื่นไซน์.....	15
2.3 วงจรหรีไฟของหลอดไดโอดเปล่งแสงในรูปแบบต่างๆ.....	16
2.4 สัญลักษณ์ของโฟโต้ไดโอด.....	19
2.5 การใช้งานโฟโต้ทรานซิสเตอร์.....	20
2.6 สัญลักษณ์ของมอสเฟตกำลัง.....	21
2.7 การให้แสงสว่างบริเวณทางเข้าสำนักงาน.....	24
2.8 การให้แสงสว่างสม่ำเสมอในพื้นที่สำนักงานเปิด.....	25
2.9 การให้แสงสว่างในห้องสำนักงานที่กันเป็นสัดส่วน.....	25
2.10 การทำงานของระบบควบคุมแสงสว่างทำนายช่วงเวลาการปฏิบัติงาน.....	27
2.11 การทำงานของระบบควบคุมแสงสว่างตามความมืด.....	28
2.12 การทำงานของระบบควบคุมแสงสว่างตามช่วงเวลาการปฏิบัติงานจริง.....	29
2.13 การทำงานของระบบควบคุมแสงสว่างแบบควบคุมแสงสว่างคงที่.....	30
2.14 การควบคุมแสงสว่างแบบใช้แสงสว่างภายนอกพร้อมด้วย.....	30
3.1 โครงสร้างชุดควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED).....	31
3.2 TEMT6000.....	32
3.3 วงจรตรวจจับความเข้มแสงสว่าง (Sensor).....	32
3.4 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์.....	33
3.5 วงจรขับมอสเฟตแบบแยกกราวด์.....	34
3.6 วงจรมอสเฟตกับหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED).....	34
3.7 วงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง ± 18 โวลต์.....	35
3.8 ไดรฟ์เวอร์ขนาด 18 โวลต์ (Driver).....	35
3.9 วงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง +5 โวลต์.....	36

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.10 วงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง +12 โวลต์.....	36
3.11 ไตรฟ์เวอร์ขนาด+12 โวลต์.....	36
3.12 หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED).....	37
3.13 วงจรชุดควบคุมแสงสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED).....	38
3.14 วงจรชุดควบคุมแสงสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED).....	39
3.15 แผนผังการทำงานชุดควบคุมหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED).....	40
3.16 การจัดวางหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED).....	42
3.17 การจัดวางเซนเซอร์ (Sensor).....	42
3.18 แบบร่างด้านข้างทั้งสองของตู้จำลอง.....	43
3.19 แบบร่างด้านหน้าของตู้จำลอง.....	43
3.20 สวิตช์, พาวเวอร์มิเตอร์, ลักซ์มิเตอร์.....	44
3.21 ภายในตู้จำลอง.....	44
3.22 ตู้จำลอง.....	45
4.2 การจำลองตู้ทดสอบหลอดไดโอดเปล่งแสง.....	46
4.3 การจำลองตู้ทดสอบหลอดฟลูออเรสเซนต์.....	47
4.4 จุดที่ทำการวัดความเข้มแสงในห้องจำลอง.....	49
4.5 รูปคลื่นแรงดันตกคร่อมหลอดไฟขณะที่ปรับดิโวลต์เซอร์เคลที่ละ 10 เปอร์เซ็นต์.....	60

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้ามีบทบาทสำคัญในการพัฒนาประเทศ ทั้งในภาคครัวเรือนและภาคอุตสาหกรรม ทำให้คุณภาพชีวิตของประชาชนในประเทศดีขึ้น และยังเป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจในภาคอุตสาหกรรม เกิดการพัฒนาทางเทคโนโลยีซึ่งปัจจุบันมีแนวโน้มการขยายตัวทางเศรษฐกิจมากขึ้น รวมไปถึงการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมและภาคครัวเรือน ด้วยเหตุนี้ทำให้ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งในระยะยาวพลังงานไฟฟ้าที่มีอยู่ในปัจจุบันจึงไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า ทั้งภาครัฐและเอกชนเล็งเห็นความสำคัญของการอนุรักษ์พลังงาน โดยมีการรณรงค์ให้มีการประหยัดพลังงานกันมากขึ้น ในปี พ.ศ.2550 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยมีการส่งเสริมให้ใช้เปลี่ยนการใช้ฟลูออเรสเซนต์รุ่น T8 มาเป็นรุ่น T5 แทน โดยมีเป้าหมายในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศ ในส่วนของภาคเอกชนการใช้หลอด T5 ยังไม่แพร่หลายมากนักเนื่องจากข้อจำกัดของหลอด ฟลูออเรสเซนต์รุ่น T5 ที่ไม่สามารถใช้ร่วมกับหลอดรุ่น T8 ได้ และด้วยเหตุนี้ในปัจจุบันทั้งภาครัฐและเอกชนจึงนิยมใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) เมื่อไม่นานมานี้ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ออกมาประกาศเตรียมเปลี่ยนระบบแสงสว่างในเขื่อนขนาดใหญ่ของประเทศไทยให้ใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) [1] ซึ่งมีข้อดีคือ มีประสิทธิภาพสูงกว่า ใช้กำลังไฟน้อยกว่า อีกทั้งยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยไม่มีองค์ประกอบของสารพิษ จากการที่หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ได้รับความนิยมมากขึ้น หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) จึงมีการพัฒนารูปแบบที่หลากหลาย

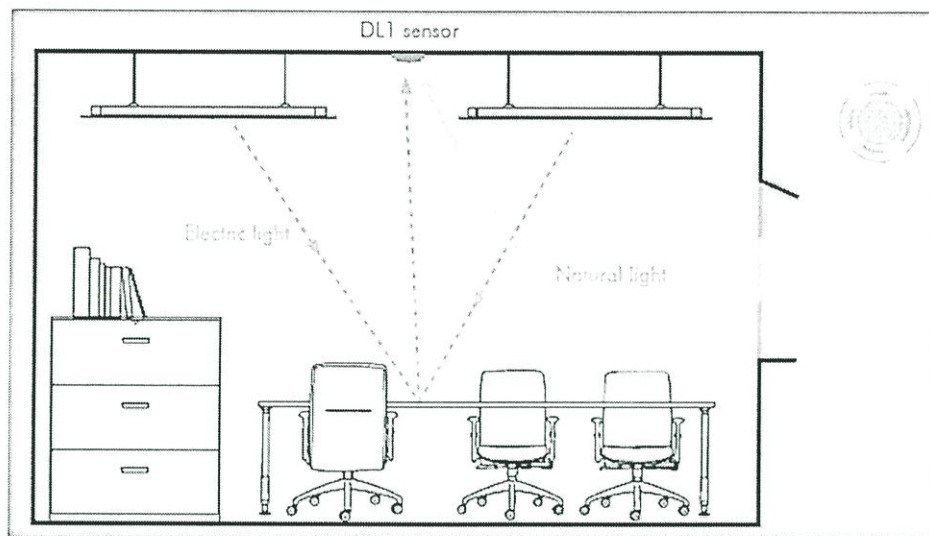
จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยมีการส่งเสริมและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง นอกจากการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) แล้ว ในปัจจุบัน อาคารสำนักงานหรือพื้นที่ที่มีแสงสว่างจากภายนอกส่องถึงมีแนวความคิดการใช้แสงสว่างจากภายนอกร่วมกับแสงสว่างในระบบแสงสว่าง ซึ่งตามมาตรฐานการส่องสว่างของ International commission illumination (CIE) ได้กำหนดให้ พื้นที่ปฏิบัติงานในอาคารสำนักงานควรมีค่าความสว่างอยู่ที่ 300-500 ลักซ์ ซึ่งในอาคารสำนักงานที่มีพื้นที่ที่แสงสว่างจากภายนอกส่องถึงตามช่วงเวลาต่างๆ หรือตัวอาคารมีลักษณะโปร่งแสง แสงสว่างจากภายนอกจึงสามารถส่องเข้ามายังภายในอาคารหรือพื้นที่ปฏิบัติงานได้ หลอดไฟฟ้าที่ให้แสงสว่างในบริเวณนั้นจึงไม่จำเป็นต้องใช้งานเต็มกำลัง โดยหลอดไฟฟ้าบริเวณดังกล่าวอาจทำงานที่ 60-80 เปอร์เซ็นต์ก็เพียงพอต่อแสงสว่างที่ต้องการในการปฏิบัติงาน จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงเป็นที่มาของเทคโนโลยีการควบคุมแสงสว่าง ที่นิยมใช้ในระบบแสงสว่างภายในอาคาร โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของชุดตรวจจับความสว่าง และชุดควบคุมแสงสว่าง ซึ่งการใช้แสงสว่างภายนอกร่วมกับแสงสว่างจากหลอด

ไฟฟ้านี้จะเป็นการลดการใช้พลังงานในส่วนที่ไม่จำเป็น และยังสามารถเพิ่มอายุการใช้งานของหลอดได้อีกด้วย

จากหลักการและเหตุผลโครงการวิจัย งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาชุดอุปกรณ์ควบคุมเพื่อใช้ประโยชน์จากแสงสว่างธรรมชาติ จากการศึกษาบทความวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องดังกล่าว ในเอกสารอ้างอิงที่ [2] Ochiai Holcomb และ Regina Mueller ได้นำเสนอผลการศึกษาคุณลักษณะทางแสง และ ประสิทธิภาพของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ประเภทต่าง ๆ เพื่อหาความเหมาะสมในการใช้งานของแต่ละประเภท ในเอกสารอ้างอิงที่ [3] David Caicedo และคณะ ได้ทำการศึกษาอัลกอริทึมสำหรับใช้ในการควบคุมแสงสว่าง โดยใช้กับระบบแสงสว่างที่มีการติดตั้งเซนเซอร์แบบเฉพาะจุด เพื่อให้แสงสว่างที่ออกมา มีการกระจายแสงที่เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งานจริงในเอกสารอ้างอิงที่ [4] Michael Fischer และคณะได้นำเสนอแบบจำลองการส่องสว่างในระบบควบคุมแสงสว่างโดยใช้การคำนวณแบบเมทริกซ์เข้ามาช่วยในการสร้างแบบจำลองเพื่อหารูปแบบการกระจายแสงที่เหมาะสมในพื้นที่ที่ทำการศึกษา ในเอกสารอ้างอิงที่ [5] Giuseppe Parise และคณะได้นำเสนอวิธีการหาประสิทธิภาพด้านพลังงานของระบบแสงสว่างซึ่งเป็นประโยชน์ในการออกแบบระบบควบคุมแสงสว่าง ให้เหมาะสมกับระบบแสงสว่างนั้น ๆ ในเอกสารอ้างอิงที่ [6] Sherif Matta และ Masud Mahmud เสนอระบบและรายละเอียดการออกแบบการประหยัดพลังงานโดยการควบคุมความแสงของหลอดไฟฟ้า เพื่อให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม และใช้แสงสว่างจากภายนอกในการควบคุมการหรี่แสงของระบบแสงสว่าง โดยทำการออกแบบและจำลองผ่านโปรแกรมในเอกสารอ้างอิงที่ [7] Giuseppe Parise และ Luigi Martirano ศึกษาวิธีการนำแสงสว่างภายนอกมาใช้ร่วมกับแสงสว่างจากหลอดไฟฟ้าโดยใช้เทคนิคการวัดแสงสว่างแบบต่างๆ มาใช้กับระบบควบคุมแสงสว่าง ในเอกสารอ้างอิงที่ [8] Andari Husen และคณะ ศึกษาการควบคุมแสงสว่างของหลอดไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง ให้พอดีกับความต้องการของผู้ใช้แสงสว่าง ในเอกสารที่ [9] Richard Mistrick และ Craig Casey นำเสนอการใช้ซอฟต์แวร์เดย์ลิมในการจำลองข้อมูลเกี่ยวกับแสงสว่างภายนอก เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับการออกแบบระบบแสงสว่างที่ใช้แสงสว่างจากภายนอกร่วมด้วย ในเอกสารที่ [10] Fracis Rubinstein และ Mahmut Karaye นำเสนอผลการทดสอบการใช้แสงสว่างจากภายนอกร่วมกับระบบควบคุมแสงสว่างตามช่วงเวลา (Occupancy control strategy) ซึ่งช่วยในการประหยัดพลังงานเนื่องจากชั่วโมงการทำงานของระบบแสงสว่างลดน้อยลง ในเอกสารอ้างอิงที่ [11] Luigi Martirano ศึกษาวิธีการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง โดยการเปรียบเทียบระหว่างการระบบควบคุมแสงสว่างแบบเปิดปิดอัตโนมัติ และระบบควบคุมแสงสว่างที่ใช้การหรี่แสงสว่าง (dimming) ในห้องเรียนสองห้อง ซึ่งจากการศึกษาพบว่า หากนำทั้งสองระบบนี้มาใช้ร่วมกัน จะสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 54 เปอร์เซ็นต์ ในเอกสารอ้างอิงที่ [12] แสดงผลสรุปให้เห็นว่า คนชอบแสงธรรมชาติมากกว่าแสงสว่างจากหลอดไฟฟ้า ในเอกสารอ้างอิงที่ [13] การใช้ประโยชน์จากแสงสว่างในเวลากลางวันสามารถทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดในช่วงเวลากลางวัน เช่น อาคารสำนักงาน, โรงเรียนและอาคารรัฐบาลอื่นๆ ระดับของแสงธรรมชาติทั่วทั้งอาคารแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับเป้าหมายที่กำหนดไว้ ในเอกสารอ้างอิงที่ [14] พบว่า วิธีการหรี่แสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประกอบด้วยผนังและแหล่งกำเนิดแสงเชื่อมต่อกันด้วยสายไฟเพียง 2 เส้นเท่านั้น ในเอกสารอ้างอิงที่ [15] พบว่า ข้อมูล

พื้นฐานของการหรีหลอดฟลูออเรสเซนต์ถูกสร้างในแผงควบคุมของ ELMAPS TC4 มันจะแสดงสมดุลของพลังงานรอบๆ จุดเริ่มต้นของอิเล็กทรอนิกส์ของฮอตสปอต ในเอกสารอ้างอิงที่ [16] พบว่า จะนำเสนอ บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์หลายท่อซึ่งมีเรื่องสำคัญ ได้แก่ ตัวประกอบกำลังที่มีค่าสูง ความสามารถในการหรี และการซอฟต์แวร์ซึ่งตนถึงการทำงานของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำในย่านความถี่สูง

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาชุดอุปกรณ์ควบคุมเพื่อใช้ประโยชน์จากแสงสว่างธรรมชาติในเวลากลางวัน (เรียกว่า daylighting) ซึ่งเป็นเรื่องง่าย เนื่องจากเวลากลางวันแสงธรรมชาติส่องผ่านหน้าต่างและสกายไลท์จึงทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้แสงสว่างจากหลอดไฟฟ้ามาก จึงสามารถปรับระดับแสงสว่างจากชุดอุปกรณ์ตรวจจับระดับแสงอัตโนมัติเพื่อหรีหรือทำให้สว่างตามที่ต้องการอย่างอัตโนมัติ ถ้าใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติมากขึ้นเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานได้ ลดต้นทุนด้านพลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการศึกษาบทความวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้ในเอกสารอ้างอิงที่ [12] แสดงให้เห็นว่าคนชอบแสงธรรมชาติมากกว่าแสงจากไฟฟ้าเพื่อสร้างความสุขของคนที่อยู่อาศัยอยู่ในอาคารได้ วิธีการใช้ประโยชน์จากแสงสว่างในเวลากลางวันโดยอัตโนมัติประกอบด้วยโคมไฟ (หรือหลอดไฟภายในโคมไฟ), ชุดตรวจจับความสว่างหรือเซ็นเซอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมแสงสว่าง ลักษณะการติดตั้งและการใช้งานแสดงดังรูปที่ 1 เซ็นเซอร์ที่มีตัวตรวจจับทำการวัดแสงสว่างในโซนที่กำหนดไว้ แล้วส่งข้อมูลนี้ไปยังซอฟต์แวร์การควบคุมแสงซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีเกณฑ์ที่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ หากระดับการส่องสว่างอยู่นอกเกณฑ์เหล่านั้นซอฟต์แวร์ทำการส่งคำสั่งไปหรีหรือปรับเพิ่มความสว่างของหลอดไฟฟ้าตามที่ต้องการ การทำการหรีแสงของหลอดไฟฟ้าเมื่อมีแสงสว่างจากภายนอกโดยแสงสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) เปลี่ยนแปลงตามค่าแสงสว่างจากภายนอก ในงานวิจัยใช้ชุดตรวจจับแสงสว่างเพื่อนำมาใช้ในการควบคุมแสงสว่างของหลอดไฟฟ้าให้เปลี่ยนแปลงอัตโนมัติตามมาตรฐานส่องสว่าง โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมวงจรปรับแสงสว่างอัตโนมัติ ซึ่งในงานวิจัยนี้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ได้โดยใช้แสงสว่างจากภายนอกทดแทน จากบทความที่ [13] การใช้ประโยชน์จากแสงสว่างในเวลากลางวันสามารถทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดในช่วงเวลากลางวัน เช่น อาคารสำนักงาน, โรงเรียนและอาคารรัฐบาลอื่นๆ ระดับของแสงธรรมชาติทั่วทั้งอาคารแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับเป้าหมายที่กำหนดไว้ หน้าต่างหรือสกายไลท์และสีของผนังเพดานและเฟอร์นิเจอร์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ต้องใช้วิธีที่มีความยืดหยุ่นพอที่ใช้โคมไฟฟ้ที่หรีใน "พื้นที่" ที่แตกต่างกันในเวลาและอัตราที่แตกต่างกันและระดับที่แตกต่างกัน



รูปที่ 1.1 ลักษณะการติดตั้งและการใช้งาน

กล่าวโดยสรุป จากการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานตามนโยบายลดการใช้พลังงาน และจากการศึกษาบทความวิชาการและงานวิจัย โครงการนี้จึงมีแนวคิดในการออกแบบชุดควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ทำหน้าที่ควบคุมแสงสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ในพื้นที่ที่มีแสงภายนอกส่องถึง โดยรับค่าจากชุดตรวจจับความสว่างหรือเซ็นเซอร์และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลและควบคุมแสงสว่างที่ออกจากหลอดไดโอดเปล่งแสง เพื่อให้ได้ค่าความเข้มแสงบริเวณพื้นงานเป็นไปตามมาตรฐานกำหนดซึ่งเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ลดการใช้พลังงานในส่วนที่ไม่จำเป็น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อสนับสนุนและส่งเสริมการใช้หลอดประหยัดพลังงานไฟฟ้า เช่น หลอดไดโอดเปล่งแสง เพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน

1.2.2 เพื่อศึกษาและออกแบบชุดควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดประหยัดพลังงานไฟฟ้า เพื่อให้ได้แสงสว่างที่เหมาะสมกับกิจกรรมนั้นๆ

1.2.3 เพื่อลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในบริเวณที่มีแสงสว่างจากภายนอกส่องถึง

1.2.4 เพื่อศึกษาการและออกแบบชุดควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดประหยัดพลังงานไฟฟ้า ที่มีราคาประหยัดและมีคุณภาพเพื่อช่วยลดการใช้พลังงานและมีความเหมาะสมที่สุดต่อไป

1.3 ขอบเขตของโครงการงาน

1.3.1 ศึกษาหาข้อมูลและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวกับหลอดประหยัดพลังงานไฟฟ้าเช่น หลอดไดโอดเปล่งแสง

1.3.2 ทำการทดสอบหลอดประหยัดพลังงานไฟฟ้าในเชิงการใช้พลังงานและการให้ปริมาณแสงสว่าง

1.3.3 ออกแบบและสร้างวงจรควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดประหยัดพลังงานไฟฟ้า

1.3.4 ทำการติดตั้งชุดควบคุมเข้ากับชุดต้นแบบแล้วทำการวัดค่าและทำการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานจากการใช้งานหลอดประหยัดพลังงานไฟฟ้า เช่น ค่าความเข้มแสง ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้งานค่าแรงดันที่ใช้งานและค่ากำลังไฟฟ้า

1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการงาน

1.4.1 ศึกษางานวิจัยและข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและทำการวางแผนดำเนินงาน

1.4.2 ศึกษาวิธีการสร้างชุดทดลองและจัดเตรียมอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชุดทดลอง

1.4.3 ศึกษาและออกแบบชุดควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดประหยัดพลังงาน เพื่อให้ได้แสงสว่างที่เหมาะสม

1.4.4 ศึกษาข้อมูลการใช้งานของโปรแกรม DIALux เพื่อใช้ในการจำลองความส่องสว่างก่อนการติดตั้งในตู้ทดลอง

1.4.5 ทำการติดตั้งเซนเซอร์และชุดควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดประหยัดพลังงาน

1.4.6 เปรียบเทียบค่าตัวแปรต่างๆ ทางไฟฟ้า ระหว่างการใช้งานหลอดประหยัดพลังงาน ที่มีชุดควบคุมและแบบไม่มีชุดควบคุม

1.5 แผนการดำเนินงานโครงการวิจัย (ให้ระบุขั้นตอน/แผน อย่างละเอียด)

1.5.1 การดำเนินงานในเดือนที่ ต.ค. ถึง เดือนที่ ธ.ค.

- ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทางด้านแสงสว่าง การควบคุมแบบอัตโนมัติและวางแผนการทำงาน
- จัดเตรียมอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาทั้งหมด ได้แก่ คอมพิวเตอร์รวมถึงโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูล อุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ประกอบชุดทดลอง
- ศึกษาข้อมูลการใช้งานของโปรแกรม Dialux ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ความส่องสว่างของชุดทดลองรวมถึงการเขียนโปรแกรมในชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

1.5.2 การดำเนินงานในเดือนที่ ม.ค. ถึงเดือนที่ มี.ค.

- ทำการออกแบบและสร้างวงจรชุดควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดประหยัดพลังงาน โดยใช้สัญญาณสัญญาณพัลส์วิดธ์มอดูเลต (PWM) และระบบควบคุมแสงธรรมชาติ (Day - Lighting Control)
- สร้างชุดทดลองระบบส่องสว่างสำหรับหลอดประหยัดพลังงาน ในลักษณะที่ไม่ใช้ชุดควบคุม และเก็บผลการทดลองที่เวลาต่างๆ
- จัดทำรายงานสรุปผลงานใน 6 เดือนแรก รวบรวมผลการวิจัย และนำมาเขียนบทความวิชาการในระดับนานาชาติ

1.5.3 การดำเนินงานในเดือนที่ เม.ษ. ถึงเดือนที่ ส.ค.

- ทำการติดตั้งชุดตรวจจับความสว่างหรือเซนเซอร์และชุดควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดประหยัดพลังงานเข้ากับชุดทดลอง
- ทดสอบการทำงานของชุดควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดประหยัดพลังงาน และปรับแก้ไขเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการทำงานตามต้องการ
- ทดสอบชุดควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดประหยัดพลังงาน เพื่อบันทึกค่าทางไฟฟ้าเพื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ชุดควบคุม

1.5.4 การดำเนินงานในเดือนที่ ก.ย.

- รวบรวมผลการวิจัย และนำมาเขียนบทความวิชาการในระดับนานาชาติ
- สรุปผลการทดลองและจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่จะดำเนินการ	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	เดือนที่															
			ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.				
1. เพื่อจัดเตรียมอุปกรณ์ และ ศึกษาการใช้โปรแกรมต่างๆ	1.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ งานวิจัยและวางแผนการทำงาน	ได้ เข้า ถึง ข้อมูล และ ผลงานวิจัยมาอ้างอิงเป็น ฐานข้อมูลในการทำงานและ ดำเนินการวางแผนการ ทำงาน																
	1.2 จัดเตรียมอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง กับการศึกษาทั้งหมด	อุปกรณ์หลังที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ คอมพิวเตอร์รวมไปถึง โปรแกรมที่ใช้ในการ ประมวลผลข้อมูล																
	1.3 ศึกษาข้อมูลการใช้งานของ โปรแกรม DIALux และการเขียน โปรแกรมในชุด ไมโครคอนโทรลเลอร์	สามารถใช้งานโปรแกรม DIALux มาวิเคราะห์การ ทำงานและสามารถเข้าใจการ เขียนคำสั่งโปรแกรมในชุด ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้																

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน(ต่อ)

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่จะดำเนินการ	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	เดือนที่															
			ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.				
2. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ ค่าความส่องสว่างและการ ใช้งานหลอดประหยัด พลังงาน	2.1 ทำการออกแบบและสร้างวงชุด ควบคุมแสงสว่าง	ใช้สัญญาณ PWM และตัว ตรวจจับ ในการควบคุมแสงสว่าง สำหรับหลอดประหยัดพลังงาน																
	2.2 สร้างชุดจำลองระบบส่องสว่าง สำหรับหลอดประหยัดพลังงานใน ลักษณะที่ไม่ใช่ชุดควบคุม	ชุดจำลองสำหรับวัดค่าความส่อง สว่างของหลอดประหยัดพลังงาน																
	2.3 ทำการติดตั้งเซนเซอร์และชุด ควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอด ประหยัดพลังงาน	ได้ชุดทดลองที่มีการติดตั้ง เซนเซอร์ควบคุมความส่องสว่าง																
	2.4 ทดสอบชุดควบคุมแสงสว่าง สำหรับหลอดประหยัดพลังงาน	บันทึกค่าทางไฟฟ้าเพื่อ เปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ใช่ชุด ควบคุม																

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน(ต่อ)

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่จะดำเนินการ	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	เดือนที่															
			ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.				
3.เพื่อรวบรวมผลการวิจัยและนำมาเขียนบทความวิชาการเพื่อส่งตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ	3.1 รวบรวมผลการวิจัย	สรุปขั้นตอนการวิเคราะห์และบทความทางวิชาการที่รวบรวมผลการวิจัย																
4.เพื่อจัดทำรายงานสรุปผลความก้าวหน้าและรายงานสรุปผลการศึกษาฉบับสมบูรณ์	4.1 ทำรายงานสรุปผลการศึกษา รอบ 6 เดือน	รายงานความก้าวหน้า																
	4.2 ทำรายงานสรุปผลการศึกษาฉบับสมบูรณ์	รายงานฉบับสมบูรณ์																

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการนี้สามารถแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ประโยชน์ในด้านการวิจัย และด้านการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

1.6.1 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ด้านการวิจัย

1. มีความรู้ความเข้าใจในการสร้างชุดควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED)
2. ทราบถึงการสร้างสัญญาณพัลส์ที่โมดูเลชั่น (PWM) ที่ใช้ในการควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED)
3. เป็นแนวคิดในการออกแบบระบบควบคุมแสงสว่างในอาคาร ที่มีการใช้แสงสว่างจากภายนอกพร้อมด้วย
4. เผยแพร่ความรู้ในการสร้างชุดควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ซึ่งเป็นประโยชน์แก่ผู้ใช้แสงสว่างในอาคารที่มีแสงสว่างภายนอกส่องถึง
5. สามารถนำความรู้ที่ได้จากโครงการนี้ไปเผยแพร่เพื่อพัฒนาและทำการวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับโครงการนี้

1.6.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับด้านการอนุรักษ์พลังงาน

1. สนับสนุนและส่งเสริมให้มีการวิจัยด้านการอนุรักษ์พลังงาน และช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงาน
2. เป็นการอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง โดยใช้ประโยชน์ของแสงสว่างจากภายนอกพร้อมด้วย
3. เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายจากการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง โดยยังคงมีประสิทธิภาพในการใช้งานเหมือนเดิม

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณสมบัติและข้อมูลทางเทคนิคของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED)

2.1.1 หลักการทำงานทั่วไปของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED)

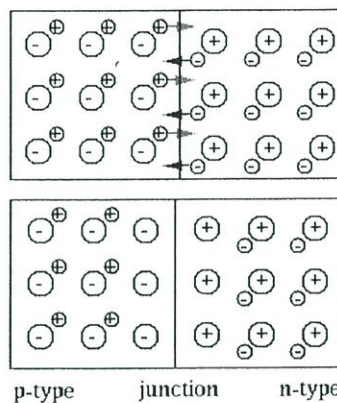
ไดโอดเปล่งแสง (light-emitting diode) หรือเรียกย่อๆ ว่า แอลอีดี ซึ่งสามารถเปล่งแสงออกมาได้ แสงที่เปล่งออกมาประกอบด้วยความถี่เดียวและเฟสต่อเนื่องกัน จะแตกต่างกับแสงธรรมชาติที่ตาคนมองเห็น โดยหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) สามารถเปล่งแสงออกมาได้เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และประสิทธิภาพในการให้แสงสว่างดีกว่าหลอดไฟขนาดเล็กรูปทั่วไป ภายในหลอดไดโอดเปล่งแสงประกอบด้วย แผ่นชิปสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นและชนิดพีติดอยู่ในถ้วยสะท้อนแสง มีเส้นลวดทองคำขนาดเล็กมากเชื่อมระหว่างสารกึ่งตัวนำและขา หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ชิ้นส่วนทั้งหมดถูกบรรจุในพลาสติกใสทรงโดม ซึ่งทำหน้าที่เป็นเลนส์รวมแสง โดยลักษณะลำแสงที่ออกมาจากหลอดนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น รูปร่างของถ้วยสะท้อนแสง ขนาดของชิปสารกึ่งตัวนำ รูปร่างเลนส์ ระยะห่างระหว่างตัวชิปกับผิวพลาสติกที่หุ้มอยู่เป็นต้น

ไดโอดเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำ 2 ชนิดได้แก่ สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-type semiconductor) ซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำที่ถูกดัดแปลงให้มีอิเล็กตรอนอิสระมากกว่าสารกึ่งตัวนำปกติกับสารกึ่งตัวนำชนิดพี (P-type semiconductor) ซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำดัดแปลงให้มีโฮล (hole) ซึ่งมีสภาพเป็นประจุบวก เมื่อนำสารกึ่งตัวนำดัดแปลงทั้งสองชนิดมาประกบติดกัน ในสภาพที่ไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่สารกึ่งตัวนำ อิเล็กตรอนส่วนหนึ่งของสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นและโฮลของสารกึ่งตัวนำชนิดพีที่รอยต่อของสารทั้งสองจะเคลื่อนที่เข้าหากันทำให้สารกึ่งตัวนำทั้งสองชนิดเกิดพื้นที่กลางที่ไม่มีประจุไฟฟ้าขึ้นโดยรอบบริเวณรอยต่อ

เมื่อต่อไฟฟ้ากระแสตรงเข้าที่ขาไดโอด โดยต่อขั้วลบกับสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น และต่อขั้วบวกเข้ากับสารกึ่งตัวนำชนิดพี อิเล็กตรอนอิสระในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นจะถูกผลักให้เคลื่อนที่ออกจากขั้วลบไปในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นเช่นกัน หากผ่านกระแสไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์สูงเพียงพอ จะทำให้พื้นที่กลางบริเวณที่ไม่มีประจุไฟฟ้าสลายไป ทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านไดโอดได้ แสงที่เปล่งออกมาจากไดโอดเปล่งแสงที่มีสีต่างกันนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อสารกึ่งตัวนำที่ใช้ในการผลิตเนื้อสารที่ใช้มีดังนี้

- สารประเภทแกเลียมอาร์เซไนด์ฟอสไฟด์ (Gallium Arsenide Phosphide ; GaAsP) จะทำให้กำเนิดแสงสีเหลืองและแสงสีเขียว

- สารกึ่งตัวนำฟอสไฟต์ (Gallium Phosphide ; Gap) จะทำให้เกิดแสงสีแดง
- ใช้กึ่งตัวนำอาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide) เขียนย่อ GaAs จะให้กำเนิดแสงอินฟราเรดออกมาซึ่งสารเหล่านี้มีคุณลักษณะพิเศษคือ สามารถเรืองแสงได้เมื่อรับไบอัสตรง การเกิดแสงที่ตัว LED นี้ เรียกว่า อิเล็กโทรลูมิเนสเซนซ์ (Electroluminescence)



รูปที่ 2.1 การนำไฟฟ้าของไดโอด

2.1.2 คุณสมบัติ, ข้อดีและข้อจำกัดของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED)

หลอด LED เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่จะมาแทนที่หลอดอื่นๆที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เพราะมีคุณสมบัติที่สามารถช่วยประหยัดพลังงานได้เป็นอย่างดีและมีประสิทธิภาพสูง โดยหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) มีให้เลือกหลายสี ซึ่งในโครงการจะเลือกใช้หลอดสีขาว

คุณสมบัติของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED)

1. หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) สามารถให้พลังงานแสงสว่างสูงถึง 70 ลูเมน/วัตต์ เมื่อเทียบกับหลอดไฟชนิดอื่น หลอดไดโอดเปล่งแสงมีคุณภาพเหนือกว่า
2. มีอายุการใช้งานของหลอดโดยเฉลี่ยประมาณ 50,000 ชั่วโมง
3. หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) มีความทนทานต่อการสั่นสะเทือนมากกว่า ไม่เปราะบางเหมือนหลอดหลอดขดลวด หรือ หลอดฟลูออเรสเซนต์
4. ลำแสงที่ออกมาจากหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) จะเย็น ไม่ร้อนเหมือนหลอดไส้และหลอดฮาโลเจน

5. หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) สามารถเปิด - ปิด ได้บ่อยครั้งโดยไม่เกิดความเสียหายง่าย เหมือนหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา โดยหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ให้ความสว่างทันทีเมื่อ เปิด สวิตช์

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลทางเทคนิคของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) สำหรับหลอดสีขาว

Parameter	Symbol	Rating	Unit
DC forward current	I_f	350	mA
Peak pulse current	I_{pulse}	500	mA
Average forward current	V_f	350	mA
T_j (700 mA)	T_j	135	$^{\circ}\text{C}$
Storage Temperature	T_{stg}	-40 ~ +120	$^{\circ}\text{C}$
Manual Soldering Time	T_{sol}	260	s

ข้อดีของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED)

1. มีประสิทธิภาพในการให้แสงสว่างสูงและทิศทางแสงสว่างจะส่องไปเฉพาะด้านหน้าเท่านั้น ทำให้ลดการสูญเสียแสงสว่างไปโดยเปล่าประโยชน์
2. จะใช้พลังงานน้อยเมื่อเทียบกับหลอดชนิดอื่นๆและปล่อยความร้อนออกมาน้อยมาก
3. ทนต่อการสั่นสะเทือน,สภาวะอากาศและสามารถเปิด - ปิดได้บ่อยครั้ง
4. มีขนาดเล็ก, น้ำหนักเบาและการดูแลรักษาง่าย

ข้อจำกัดของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED)

1. ราคาของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ยังมีราคาแพงกว่าหลอดชนิดอื่นๆ
2. ในการนำหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) มาใช้งานต้องผ่านการทดสอบชนิดสีของแสงก่อน ว่าสีที่เปล่งออกมาเป็นสีที่ถูกต้องหรือไม่

2.1.3 ประเภทของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED)

การแบ่งประเภทของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ตามลักษณะ package สามารถแบ่งได้ 2 ประเภทคือ

- 1) แบบ Lamp Type เป็นหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ที่มี

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 3mm ขึ้นไป การขับกระแสของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) จะถูกออกแบบให้ขับกระแสได้ไม่เกิน 150mA เพราะหลอดไดโอดเปล่งแสงจะถูกเคลือบด้วยอีพ็อกซีทั้งหมดเส้นทางการระบายความร้อนออกจากตัวหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) แต่ในชนิดนี้สามารถนำไปใช้ทั้งภายในและภายนอกซึ่งจะทนทานต่อสภาวะอากาศต่างๆได้มาก

2) แบบ Surface Mount Type มีลักษณะ packet เป็นตัวบางๆมีขนาดการขับ

กระแสตั้งแต่ 20mA – มากกว่า 1A ถ้าสามารถขับกระแสตั้งแต่ 300mA ขึ้นไปเรียกว่า power LED และจะบอกหน่วยเป็นวัตต์การใช้งานส่วนใหญ่จะใช้ภายในเพราะสารเคลือบหน้าหลอดไดโอดเปล่งแสง (High Power LED) ส่วนใหญ่เป็น ซิลิโคน ซึ่งละอองน้ำสามารถซึมผ่านเข้าสู่ภายในได้ และละอองน้ำหรือความชื้นต่าง ๆ นั้นยังสามารถซึมทะลุผ่านส่วนต่างๆของตัวหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ได้อีกด้วยหากแบ่งหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ตามการมองเห็นแสงของมนุษย์สามารถแบ่งได้ 2 ส่วน คือ

1. หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ให้แหล่งกำเนิดแสงที่มองไม่เห็นจะพบว่าเป็นหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่กำเนิดแสงอินฟราเรด เราสามารถพบเห็นหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ประเภทนี้ได้ทั่วไปจากรีโมทเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดต่างๆ

2. หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ให้แหล่งกำเนิดแสงที่มองเห็น จะให้แสงสีต่างๆกันซึ่งความแตกต่างนี้จะขึ้นอยู่กับสารเจือปนที่ใส่ลงไปในผลึก Ga จากการที่เรามองเห็นแสงจากหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) สีต่างๆกัน เช่น สีแดง ส้ม เหลืองก็เพราะว่าเกิดความแตกต่างกันของความยาวคลื่นแสง เช่น แสงสีแดงความยาวคลื่นประมาณ 0.7um แสงสีน้ำเงินประมาณ 0.48 um

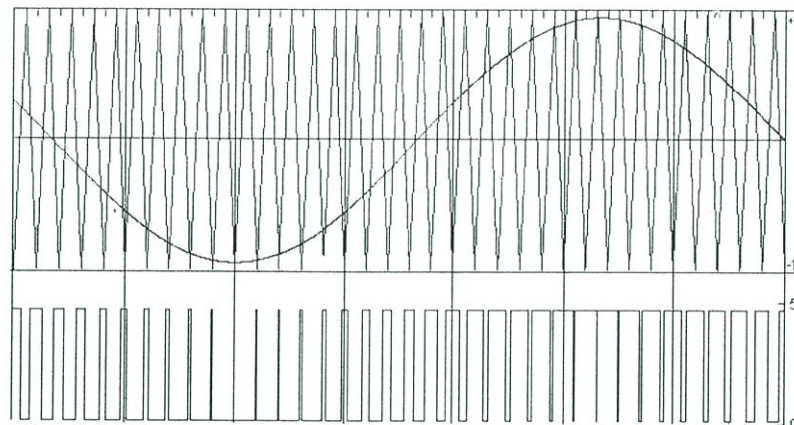
2.1.4 การประยุกต์ใช้งานของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED)

การประยุกต์ใช้งานของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ในลักษณะงานต่างๆ

1. ใช้ในงานตกแต่งภายนอกและภายในอาคาร สถานที่ เพื่อเพิ่มความสวยงาม
2. ใช้แทนหลอดไฟแบบธรรมดาของรถยนต์ ซึ่งหลอดไดโอดเปล่งแสงจะให้ความสว่างมากกว่า และมีความสวยงามมากกว่าหลอดทั่วไป
3. ใช้กับงานจราจร เช่น สัญญาณจราจร ป้ายสัญญาณ
4. ใช้กับงานการแพทย์ เป็นไฟส่องในการผ่าตัด

2.2 เทคนิคการสร้างสัญญาณ (PWM)

PWM ย่อมาจาก Pulse Width Modulation เป็นสัญญาณที่สามารถปรับความกว้างของพัลส์ (Pulse) หรือสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยม ดังแสดงในรูปที่ 2.2 หรือเรียกว่าดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) เนื่องจากการปรับดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle)จะเป็นตัวกำหนดปริมาณพลังงานให้กับอุปกรณ์ การนำเอาสัญญาณทั้งสองอันมาเปรียบเทียบกันและสองสัญญาณที่กล่าวมานี้ก็คือสัญญาณ“สามเหลี่ยม” กับสัญญาณที่ต้องการปรับความกว้างของพัลส์เช่น นำสัญญาณไซน์มาเปรียบเทียบกับสัญญาณสามเหลี่ยมจะได้สัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างคงที่



รูปที่ 2.2 สัญญาณ PWM ที่ได้จากการผสมระหว่างสัญญาณรูปสามเหลี่ยม และสัญญาณรูปคลื่นไซน์

2.2.1 การเขียนโปรแกรมกำเนิดสัญญาณ PWM จาก PIC18F4520

สัญญาณ PWM เป็นสัญญาณที่เกิดจากการผสมระหว่างสัญญาณรูปสามเหลี่ยม (Triangle wave) กับระดับแรงเคลื่อนสัญญาณไฟกระแสดตรงหรือสัญญาณอื่นๆ ที่มีระดับไฟกระแสดตรงเป็นตัวรองรับ ผลที่ได้จากการผสมสัญญาณดังกล่าวจะได้รูปคลื่นสัญญาณพัลส์ที่มี 2 สถานะ คือ เปิดกับ ปิดเมื่อนำสัญญาณพัลส์ที่ได้ไปขับอุปกรณ์กำลัง เช่น หลอดไฟมอเตอร์กระแสตรง เป็นต้น จะได้ผลการควบคุม คือ เมื่อสัญญาณพัลส์มีสถานะ เปิดหลอดไฟจะติดสว่างเต็มที่ ถ้าปิดไฟจะดับ หากสัญญาณมีความต่อเนื่องเช่นนี้ตลอดก็จะได้การติด-ดับของหลอดไฟต่อเนื่องกัน และหากการติดดับมีความถี่สูงๆ จนสายตาไม่สามารถสังเกตเห็นติด-ดับ จะสังเกตเห็นได้เพียงแสงที่ถี่สูง หากเราทำให้ช่วงเวลา ให้น้อยลงและในทางตรงกันข้ามหากเราทำให้ช่วงเวลา เปิดมากขึ้นเรื่อยๆก็จะทำให้หลอดไฟสว่างขึ้นเรื่อยๆจนสว่างเต็มที่เมื่อ เปิดตลอด

2.2.2 รายละเอียดของสัญญาณ PWM

1) ความถี่ (Frequency) หรือ f จะเป็นตัวกำหนดความถี่ของสัญญาณและต้องคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งความถี่จะใช้ในงานควบคุมอุปกรณ์กำลังต่างๆ ตั้งแต่ 400 Hz – 10 kHz ส่วนความถี่ที่ใช้เป็นพาหะของสัญญาณเสียง (Audio) ควรจะสูงกว่า 50 kHz – 1 MHz

2) คาบเวลา (Period) หรือ T จะเป็นตัวบอกช่วงเวลาความยาวของเวลาในรูปสัญญาณ โดยคาบเวลาจะขึ้นอยู่กับความถี่

$$T = 1/f$$

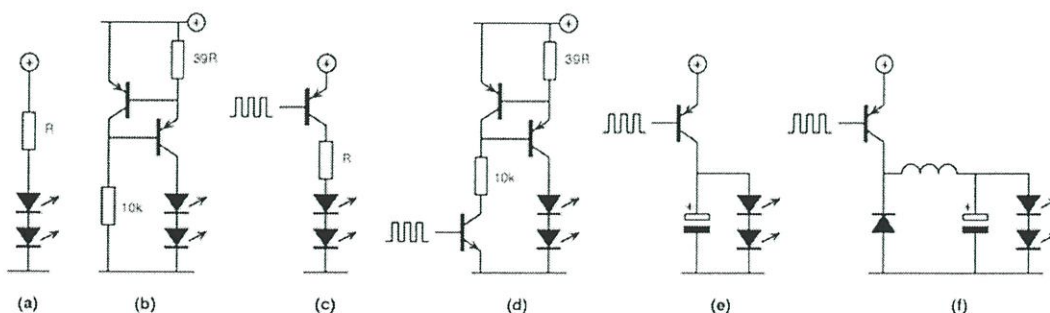
เมื่อ T คือ คาบเวลา มีหน่วยเป็น วินาที (s)

F คือ ความถี่ มีหน่วยเป็น เฮิร์ต (Hz)

3) ดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) จะบอกปริมาณพลังงานที่เกิดขึ้นเมื่อเรานำสัญญาณ PWM ไปควบคุมอุปกรณ์โดยมีค่า 0-100 เปอร์เซ็นต์

2.3 เทคนิคการควบคุมหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED)

โดยปกติแล้วการควบคุมความเข้มแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสงนั้นจะใช้ไฟฟ้ากระแสตรง หรือ อาจใช้สัญญาณ PWM ก็ได้ โดยปกติแล้วความเข้มแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสงจะขึ้นอยู่กับกระแสที่ผ่านตัวไดโอดเปล่งแสง โดยกระแสดังกล่าวจะส่งผลต่อสีของหลอดไดโอดเปล่งแสงอีกด้วยเนื่องจาก ตัวอย่างเช่น อุปกรณ์จำพวก ไพรอยนต์ โดยใช้วงจรในแบบต่างๆดังแสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวไม่สามารถปล่อยให้สีของหลอดไดโอดเปล่งแสงผิดเพี้ยนได้แต่ในทางปฏิบัตินั้นหลอดจำพวกนี้ก็ให้แสงที่ผิดเพี้ยนไปแต่ผิดเพี้ยนไปแค่เพียงเล็กน้อยเท่านั้นซึ่งสายตาของคนเราไม่สามารถสังเกตเห็นได้ จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการควบคุมหลอดไดโอดเปล่งแสงนั้นจะส่งผลต่อสีของแสงที่ได้จากหลอดไดโอดเปล่งแสงเทคนิคที่นำมาแก้ไขปัญหานี้คือการให้สัญญาณ PWM มาช่วยควบคุมแสงสว่างของหลอดไฟแทน



รูปที่ 2.3 วงจรหรือไฟของหลอดไดโอดเปล่งแสงในรูปแบบต่างๆ

2.3.1 การควบคุมความสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้ จากรูป (a) จะเป็นวงจรพื้นฐานที่ใช้การหรีไฟด้วยกระแส จากวงจรจะเห็นได้ว่าอุปกรณ์ในวงจรจะประกอบไปด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้ และ หลอดแอลอีดี โดยการควบคุมทำได้โดยการปรับค่าตัวต้านทานโดยพิจารณาจากสมการ

$$V = IR$$

เมื่อ	V	คือ แรงดันไฟฟ้า	หน่วยเป็น โวลต์ (V)
	I	คือ กระแสไฟฟ้า	มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)
	R	คือ ความต้านทาน	มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ω)

จะเห็นได้ว่าค่าความต้านทานกับกระแสแปรผกผันกัน โดยเมื่อกระแสมากขึ้นหลอดไดโอดเปล่งแสงจะยิ่งสว่างมากขึ้นด้วย

2.3.2 การควบคุมโดยใช้สัญญาณ PWM การควบคุมหลอดไดโอดเปล่งแสงด้วยสัญญาณ PWM นั้นทำได้โดยการเปิด-ปิดหลอดไดโอดเปล่งแสงอย่างรวดเร็วเกิดกว่าสายตาคนเราจะสามารถสังเกตเห็นได้ คือที่ความถี่มากกว่า 100Hz โดยวงจรที่ใช้จะเป็นดังรูป (c) การทำงานจะเป็นการใช้สัญญาณ PWM ไปควบคุมการเปิด-ปิดของ ทรานซิสเตอร์ อาจเป็นชนิด NPN ก็ได้ จะเห็นว่าในรูป (d) จะมีการต่อ ทรานซิสเตอร์เพิ่มขึ้นอีกหนึ่งตัวโดยเหตุผลในการต่อคือเพื่อให้สามารถเปิด-ปิดวงจรได้เร็วขึ้นจากรูป (c) เห็นว่าวงจรดังกล่าวจะสามารถทำงานได้ดีในสภาวะที่ Duty Cycle ของสัญญาณ PWM มีค่าไม่เข้าใกล้ 100% โดยเมื่อค่า Duty Cycle เข้าใกล้ 100% เช่น กระแสขณะเปิดวงจรอาจจะมีค่าประมาณ 200mA เป็นเวลา 5 μ s และปิดวงจร 45 μ sec จะได้กระแสเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 20mA ซึ่งจากรูป (e) เราใส่ ตัวเก็บประจุเข้าไปเพื่อให้สัญญาณออกมาเรียบมากขึ้นนั่นเอง เพราะหากกระแสที่มากกว่า 20mA เกิดขึ้นตัวกระแสเองจะไม่เป็น Linear ทำให้ต้องการ ตัวเก็บประจุที่ใหญ่เพียงพอไปแก้ไข

ปัญหาที่พบของวงจรดังรูป (e) คือค่าสัญญาณที่ออกมาจะเกิดการกระชากของกระแสซึ่งอาจสูงถึง 200mA แต่ความเข้มแสงที่ออกมาไม่ได้ออกมามากไปกว่ากระแสขนาด 20mA และ อีกปัญหาคือ ขณะเปิดปิดด้วยกระแสที่มากทรานซิสเตอร์ส่วนใหญ่ที่ขา gain ทนกระแสได้มากที่สุดอยู่ที่ประมาณ 100mA ซึ่งวิธีการแก้ไขทำได้โดยวงจรในรูป (f) โดยตัวเหนี่ยวนำจะทำหน้าที่ทำให้กระแสคงที่ ส่วนไดโอดที่นำมาต่อขนาดกับตัวเหนี่ยวนำนั้นจะติดตั้งเพื่อกรณีตัวเหนี่ยวนำเกิดการดิสชาร์จกระแสออก (60mA) อาจส่งผลต่อการทำงาน

ของทรานซิสเตอร์ได้จึงต้องติดตั้งไดโอดเพื่อป้องกันปัญหานี้โดยให้กระแสที่ดิสชาร์จออกมาจากตัวเหนี่ยวนำหมุนวนอยู่ในลูปของไดโอด

2.4 อุปกรณ์ขยายสัญญาณ

2.4.1 ออปโตคัปเปอเรอร์ อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง (OPTO ISOLATOR) หรือ ที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ตัวเชื่อมต่อผ่านแสง (OPTO COUPLER) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้การเชื่อมต่อกันทางแสงโดยใช้หลักการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง และเปลี่ยนกลับจากสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้าตามเดิม ใช้สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างสองวงจรที่ต้องการแยกกันทางไฟฟ้าอย่างเด็ดขาดเพื่อป้องกันการรบกวนกันทางไฟฟ้า แบ่งออกเป็นหลายชนิดแต่ละชนิดจะประกอบด้วยตัวส่งแสงและตัวรับแสงที่เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดต่างๆ เช่น ไดโอด ทรานซิสเตอร์ ไดแอก ไทรแอก เป็นต้น อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง (Opto-Isolator) หรือที่เรียกว่าออปโตคัปเปอเรอร์ (Opto-Coupler) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อทางแสงโดยใช้หลักการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง และเปลี่ยนกลับจากแสงเป็นไฟฟ้าตามเดิม ใช้สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างสองวงจรที่ต้องการแยกทางไฟฟ้าอย่างเด็ดขาดเพื่อป้องกันการรบกวนกันทางไฟฟ้า แบ่งออกเป็นหลายชนิดแต่ละชนิดจะประกอบด้วย ไดโอดเปล่งแสง ส่งแสงซึ่งปกติจะเป็นชนิดอินฟราเรดและตัวรับแสงที่เป็นโฟโตทรานซิสเตอร์หรือโฟโตไดโอด โดยจะถูกผลิตรวมอยู่ในตัวเดียวกัน

โครงสร้างสัญลักษณ์อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงจะเหมือนกับอุปกรณ์ประเภทโฟโต้แต่จะเพิ่มอุปกรณ์ส่งแสงอินฟราเรดคือไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดเข้าไปอีกหนึ่งตัวเช่นโฟโตทรานซิสเตอร์จะเพิ่มไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดเข้าไปอีกหนึ่งตัวจะได้ ออปโตทรานซิสเตอร์ อุปกรณ์ออปโตตัวอื่นก็เช่นเดียวกัน ปัจจุบันอุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงถูกสร้างขึ้นมาในรูปของไอซี 6 ขาปิดที่ภายใน ด้านอินพุตจะเป็นแอลอีดีอินฟราเรด (LED Infrared) ส่วนทางด้านเอาต์พุตนั้นจะเป็นอุปกรณ์ประเภทโฟโต้ชนิดต่างๆ ซึ่งมีอยู่มากมายเช่น โฟโตไดโอด

2.4.2 วงจรใช้งานออปโตคัปเปอเรอร์ วงจรใช้งานเบื้องต้นของออปโตคัปเปอเรอร์ มีไดโอดเปล่งแสงเป็นอินพุตและโฟโตทรานซิสเตอร์เป็นเอาต์พุตของวงจร เมื่อมีกระแสไหลผ่านไดโอดเปล่งแสง โดยมี ตัวต้านทาน เป็นตัวจำกัดกระแส ไดโอดเปล่งแสงจะส่องแสงไปที่โฟโตทรานซิสเตอร์ ทำให้โฟโตทรานซิสเตอร์นำกระแสมีแรงดันเอาต์พุตคร่อมที่ ตัวต้านทาน ซึ่งจะเห็นได้ว่าเอาต์พุตของวงจรจะถูกควบคุมโดยอินพุต โดยทั้งอินพุตและเอาต์พุตแยกกันทางไฟฟ้าโดยสิ้นเชิง วงจรนี้นิยมนำไปใช้ในวงจรควบคุมแรงดันแหล่งจ่ายไฟสวิตชิ่งในเครื่องรับโทรทัศน์ วงจรควบคุมไฟวิ่งวัตต์สูง เป็นต้นหัวใจสำคัญของอุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงนั้นคือ “Current Transfer Ratio” (CTR) ซึ่งก็หมายถึง อัตราส่วนระหว่างกระแสอินพุต (I_{in}) ต่อกระแสเอาต์พุต (I_{out})

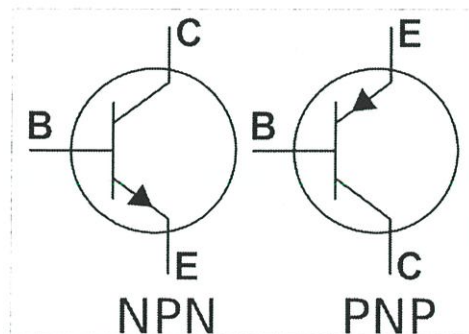
2.5 หลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับความเข้มแสง

2.5.1 หลักการทำงานของโฟโตไดโอด (Photo diode) โฟโตไดโอด (Photo Diode) เป็นอุปกรณ์เชิงแสงชนิดหนึ่ง ที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด P และสารกึ่งตัวนำชนิด N รอยต่อจะถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุที่แสงผ่านได้ เช่น กระจกใส โฟโตไดโอดจะมีอยู่ 2 แบบ คือแบบที่ตอบสนองต่อแสงที่เรามองเห็น และแบบที่ตอบสนองต่อแสงในย่านอินฟราเรด ในการรับใช้งานจะต้องต่อโฟโตไดโอดในลักษณะไบอัสกลับ

โฟโตไดโอด (Photo Diode) จะยอมให้กระแสไหลผ่านได้มากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มของแสง เมื่อโฟโตไดโอดได้รับไบอัสกลับ (Reverse Bias) ด้วยแรงดันค่าหนึ่งและมีแสงมาตกกระทบที่บริเวณรอยต่อ ถ้าแสงที่มาตกกระทบมีความยาวคลื่นหรือแลมด้าที่เหมาะสมจะมีกระแสไหลในวงจร โดยกระแสที่ไหลในวงจร จะแปรผกผันกับความเข้มของแสงที่มาตกกระทบ ลักษณะทั่วไปขณะไบอัสตรง (Forward Bias) จะยังคงเหมือนกับไดโอดธรรมดาที่ยอมให้กระแสไหลผ่านได้

โฟโตไดโอดเมื่อเทียบกับ LDR (ตัวต้านทานที่แปรค่าตามแสง) แล้วโฟโตไดโอดมีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานเร็วกว่า LDR มาก จึงนิยมนำไปประยุกต์งานในวงจรที่ต้องการความเร็วสูง เช่น เครื่องนับสิ่งของ, ตัวรับรีโมทคอนโทรล, วงจรกันขโมยอินฟราเรด เป็นต้น

เนื่องจากโฟโตไดโอดให้ค่าการเปลี่ยนแปลงของกระแสต่อแสงต่ำ คืออยู่ในช่วง 1-10 A เท่านั้น ดังนั้นการใช้งานโฟโตไดโอดจึงต้องมีตัวขยายกระแสเพิ่มเติม ผู้ผลิตจึงหันมาใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวขยายกระแสเพิ่มเติมอยู่ในตัวถึงเดียวกัน ซึ่งเรียกว่าโฟโตทรานซิสเตอร์(Photo Transistor)



รูปที่ 2.4 สัญลักษณ์ของโฟโตไดโอด

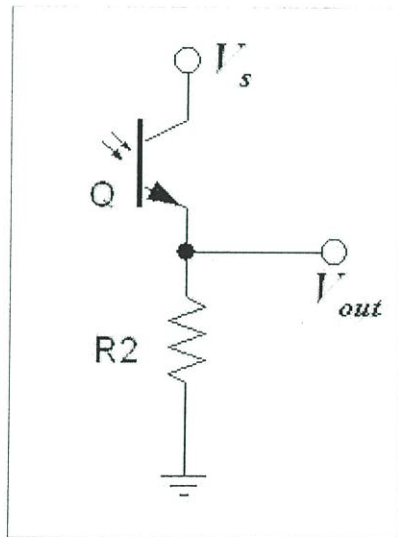
2.5.2 หลักการทำงานของโฟโตทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor)

โฟโตทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor) จะประกอบด้วยโฟโตไดโอดซึ่งจะต่ออยู่ระหว่างขาเบสกับคอลเลคเตอร์ ของทรานซิสเตอร์ กระแสที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของแสงจะถูกขยายด้วยทรานซิสเตอร์ (Transistor) ในการใช้งานโฟโตทรานซิสเตอร์ รอยต่อระหว่างเบส-อิมิตเตอร์ (Base-

Emitter) จะต่อไบอัสกลับ (Reverse Bias) ที่รอยต่อนี้เองเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการแปลงค่ากระแสที่ขึ้นอยู่กับความเข้มแสง

เมื่อไบอัสกลับ (Reverse Bias) ที่รอยต่อระหว่างเบสกับคอลเลคเตอร์ (Base-Collector) และมีแสงตกกระทบที่บริเวณรอยต่อ กระแสอันเนื่องมาจากแสง (I_p) จะถูกขยายด้วยอัตราขยายของทรานซิสเตอร์เป็นกระแสอิมิตเตอร์ (I_E) และถ้าไบอัสตรงที่ขาเบสด้วยกระแสเบส (I_B) จากภายนอกก็จะถูกขยายรวมกับกระแสเนื่องจากแสง (I_p) ด้วย

อัตราขยายกระแสที่สูงจะทำให้ผลตอบสนองต่อแสงจะไวขึ้น ค่าอัตราขยายของทรานซิสเตอร์สูงๆ จะต้องทำให้รอยต่อระหว่างเบสกับคอลเลคเตอร์มีพื้นที่มาก แต่ก็ทำให้กระแสรั่วไหลสูงขึ้นด้วย เพราะรอยต่อจะถูกไบอัสกลับ (Reverse Bias)



รูปที่ 2.5 การใช้งานโฟโตทรานซิสเตอร์

2.5.3 โฟโตดาร์ลิ่งตันทรานซิสเตอร์ (Photo Darlington Transistor)

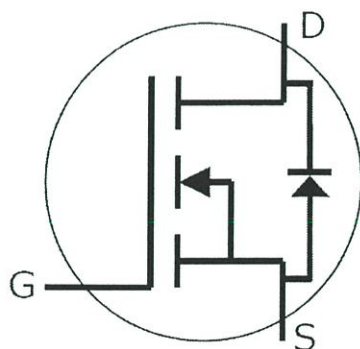
โฟโตดาร์ลิ่งตันทรานซิสเตอร์ (Photo Darlington Transistor) คือโฟโตทรานซิสเตอร์ 2 ตัวต่อร่วมกันในลักษณะวงจรดาร์ลิ่งตันคือต่อในลักษณะขาอิมิตเตอร์ (Emitter) ของตัวหนึ่งจะต่อเข้ากับเบส (Base) ของตัวถัดไปลักษณะการต่อเช่นนี้จะทำให้ทรานซิสเตอร์มีอัตราการขยายสูงขึ้นอีกมาก

2.6 มอสเฟตกำลัง

มอสเฟตกำลัง (Metal-Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor) มอสเฟตกำลังที่ใช้ในอิเล็กทรอนิกส์กำลัง กรณีมอสเฟตกำลังชนิดเอ็นแชนเนล (N-channel) เมื่อต้องการให้มอสเฟตกำลังนำกระแสอย่างต่อเนื่อง จะต้องมีการป้อนแรงดันไฟฟ้าระหว่างขาเกตกับขาซอสอย่างต่อเนื่อง ช่วงเวลาการสวิตซ์ของมอสเฟตกำลังจะมีค่าอยู่ระหว่างหลักสิบของนาโนวินาที ถึงหลักร้อยนาโนวินาทีซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดพิกัดของมอสเฟตกำลัง

ความต้านทานระหว่างขาเดรนกับขาซอสจะขึ้นอยู่กับพิกัดการทำงานของแรงดันไฟฟ้าหากทนแรงดันไฟฟ้าได้สูงก็ยิ่งทำให้ค่าความต้านทานระหว่างขาเดรนกับขาซอสมีค่ามากขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อกำลังสูญเสียจากการนำกระแส (conduction losses) เช่น มอสเฟตกำลังมีค่าพิกัดการทำงานของแรงดันไฟฟ้า 1000 โวลต์ จะมีค่าความต้านทานระหว่างขาเดรนกับขาซอส มากกว่ามอสเฟตกำลังมีค่าพิกัดการทำงานของแรงดันไฟฟ้า 200 โวลต์ ดังนั้นการสูญเสียจากการนำกระแสของมอสเฟตกำลังที่ทนได้ 1000 โวลต์ จะมีกำลังสูญเสียที่เกิดจากการนำกระแสมากกว่าของมอสเฟตกำลังที่ทนแรงดันไฟฟ้าได้ 200 โวลต์

ความต้านทานระหว่างขาเดรนกับขาซอสของมอสเฟตกำลัง จะมีค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิแปรบวก คือเมื่ออุณหภูมิมากขึ้นความต้านทานก็จะมากขึ้น มอสเฟตกำลังจะสามารถนำมาต่อขนานกันได้ง่ายหากต้องการใช้งานที่ต้องการกระแสไฟฟ้าสูงขึ้น ทั้งนี้มอสเฟตกำลังจะต้องมีคุณสมบัติต่างๆเหมือนกันมากที่สุด จึงจะสามารถนำมาต่อขนานกันได้



รูปที่ 2.6 สัญลักษณ์ของมอสเฟตกำลัง

2.7 การออกแบบแสงสว่าง

2.7.1 นิยามและศัพท์เกี่ยวกับแสง

1. แคนเดลา (Candela; I) แหล่งกำเนิดแสงสามารถวัดค่าได้ ค่าที่วัดได้ซึ่งอาจจะมีค่ามากหรือน้อยจะอยู่ในรูปของความเข้มแห่งการส่องสว่าง มีหน่วยแคนเดลา ความเข้มของการส่องสว่างจะมีค่าเท่ากับความเข้มของการส่องสว่างของวัตถุดำ (black body) ที่อุณหภูมิเยือกแข็งของแพลทินัม

(platinum) โดยทั่วไปความเข้มของการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงหนึ่งๆ มักมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามมุมที่ทำกับแนวแกนของแหล่งกำเนิดแสงนั้นๆ แต่อย่างไรก็ตาม ความเข้มแสงก็มักจะมีค่าเท่ากัน และสมมาตรกันระหว่างแนวแกนของแหล่งกำเนิดแสงนั้น

2. ความเข้มแสง (Illuminance; E) คืออัตราส่วนระหว่างฟลักซ์การส่องสว่างที่ตกกระทบบังส่วนย่อยส่วนหนึ่งของพื้นผิวนั้น หากด้วยพื้นที่ของส่วนย่อยที่แสงตกกระทบบนนั้น โดยที่ค่าฟลักซ์การส่องสว่างจะมีหน่วยเป็นลูเมนและถ้าพิจารณาพื้นที่เป็นหน่วยตารางเมตร ความเข้มแสงจะมีหน่วยเป็นลักซ์ (lux) ถ้าพิจารณาพื้นที่เป็นหน่วยตารางฟุต ความเข้มแสงจะมีหน่วยเป็นฟุต-แคนเดิล (foot-candle) โดยที่ 1 ฟุต-แคนเดิล=10.764 ลักซ์

3. ฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous Flux) คือปริมาณของแสงสว่างที่แพร่กระจายออกจากแหล่งกำเนิดแสง หรือปริมาณของแสงที่ได้รับบนพื้นผิวหนึ่ง มีหน่วยเป็นลูเมน (lumen; lm)

2.7.1.1 สัมประสิทธิ์ของการใช้งาน (CU)

สัมประสิทธิ์ของการใช้งาน (coefficient of utilization) หมายถึงอัตราส่วนระหว่างค่าฟลักซ์การส่องสว่าง (ลูเมน) ที่ตกกระทบบนพื้นผิวงานต่อค่าลูเมนทั้งหมดที่เปล่งออกจากแหล่งกำเนิดแสง โดยค่านี้อาจขึ้นอยู่กับ

1. ประสิทธิภาพและการกระจายแสงของแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะดวงโคมที่ใช้ งาน เช่น แสงที่เปล่งออกมาจะถูกดูดกลืนโดยดวงโคมเป็นจำนวนที่เปอร์เซ็นต์จากที่เปล่งออกมาทั้งหมด

2. ระยะความสูง ความสูงของดวงโคมที่ติดตั้งอยู่เหนือพื้นผิวงานจะเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งในการพิจารณาการออกแบบแสงสว่าง ทั้งนี้เพราะว่าความส่องสว่างจะเป็นสัดส่วนผกผันกับค่ากำลังสองของระยะทางจากดวงโคมไปยังพื้นผิวงาน เช่น ถ้าระยะทางเพิ่มขึ้น 2 เท่า จะทำให้ความสว่างลดลงไปถึง 4 เท่า

3. ขนาดและรูปร่างความกว้าง ความยาวของห้อง และระยะความสูงของดวงโคมสิ่งที่สำคัญต่อความเข้มแสงที่จะปรากฏบนพื้นผิวใช้งานอย่างยิ่ง เช่น ถ้าลักษณะของห้องเป็นแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส ฝ้าผนังและเพดานเป็นแบบชนิดที่ไม่สะท้อนแสง ถ้านำดวงโคมมาติดตั้งในตำแหน่งจุดศูนย์กลางของห้องแล้วจากรูปที่ จะเป็นว่าบริเวณพื้นที่จะได้รับแสงอย่างสม่ำเสมอ แต่ถ้าขนาดความยาวของห้องเพิ่มขึ้นอีก 50% ในส่วนที่เพิ่มขึ้นของพื้นที่ก็จะได้แสงน้อยกว่าพื้นผิวเดิม เพราะวาลำแสงจะมีการลาดลงสู่พื้นที่อย่างมาก ดังนั้นค่าเฉลี่ยของความเข้มแสงที่ปรากฏบนห้องที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าจึงมีค่าน้อยกว่าค่าความเข้มแสงในห้องที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส

4. การสะท้อนของแสงที่มาจากเพดานและฝ้าผนัง การสะท้อนของแสงที่มาจากเพดานและฝ้าผนังจะมีผลต่อการใช้งาน โดยถ้าฝ้าผนังหรือเพดานที่ใช้มีคุณภาพที่ใช้มีคุณสมบัติสะท้อนแสงได้ดี ก็จะมีค่าการใช้งานแตกต่างจากฝ้าผนังที่มีคุณสมบัติไม่ช่วยสะท้อนแสงเป็นอย่างมาก

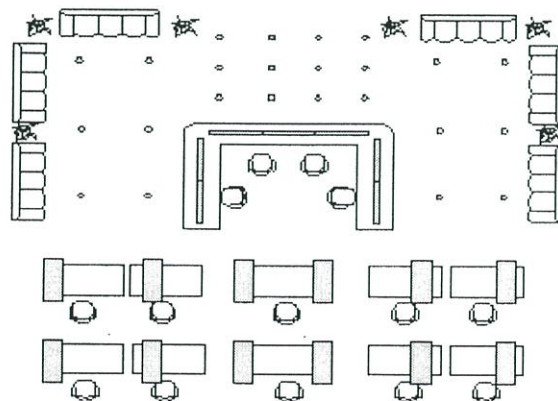
จึงสามารถสรุปได้ว่า ทุกๆองค์ประกอบที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้นล้วนเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องนำไปพิจารณาในการคำนวณเกี่ยวกับแสง โดย ระดับความเข้มแสงตามมาตรฐานของ IES ได้ทำการกำหนดค่าต่ำสุดของระดับความเข้มแสงสำหรับงานต่างๆไว้ ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากตารางต่อไปนี้

- ข) แสงสว่างเฉพาะที่ (Localized Lighting) คือ การให้แสงสว่างเป็นบางบริเวณเฉพาะที่ทำงานเท่านั้น เพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยไม่ต้องให้สม่ำเสมอเหมือนแบบแรก เช่น การให้แสงสว่างจากฝ้าเพดานโดยติดตั้งเฉพาะเหนือโต๊ะหรือบริเวณใช้งานให้ได้ความส่องสว่างตามต้องการ การให้แสงสว่างลักษณะนี้ประหยัดกว่าแบบ ก) ข้างต้น
- ค) แสงสว่างเฉพาะที่และทั่วไป (Local Lighting + General Lighting) คือ การให้แสงสว่างทั้งแบบทั่วไปทั้งบริเวณ และเฉพาะที่ที่ทำงาน ซึ่งมักใช้กับงานที่ต้องการความส่องสว่างสูงซึ่งไม่สามารถให้แสงแบบแสงสว่างทั่วไปได้เพราะเปลืองค่าไฟฟ้ามาก เช่น การให้แสงสว่างจากฝ้าเพดานเพื่อส่องบริเวณทั่วไป และที่โต๊ะทำงานติดโคมตั้งโต๊ะส่องเฉพาะต่างหากเพื่อให้ได้ความส่องสว่างสูงมากตามความต้องการของงาน

2.7.2 การส่องสว่างสำนักงาน

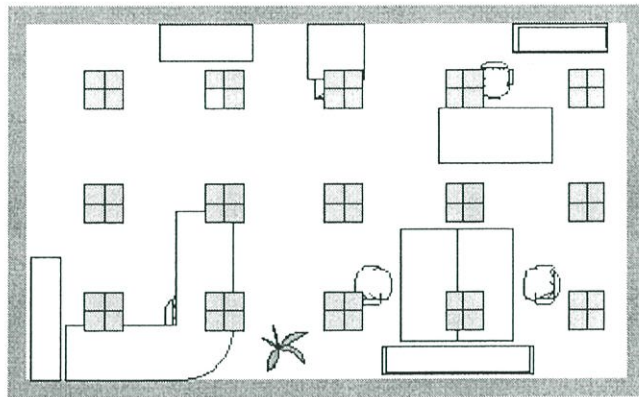
การส่องสว่างสำนักงานต้องให้ได้แสงสว่างสม่ำเสมอ ยกเว้นกรณีที่เป็นห้องต้อนรับ หรือเป็นบริเวณที่ไม่ได้ใช้ทำงานก็ไม่จำเป็นต้องให้มีแสงสว่างสม่ำเสมอ การส่องสว่างสำนักงานโดยทั่วไปก็ใช้หลอด ฟลูออเรสเซนต์คูลไวท์ (Cool White) หรือ เเดย์ไลท์ (Daylight)

โคมไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้กันมาก ได้แก่ โคมตัวสะท้อนแสงอะลูมิเนียม (Aluminum Reflector) อะลูมิเนียมมีสองแบบ คือ แบบกระจกเงา และ แบบด้าน วัสดุที่ใช้ควรมีประสิทธิภาพการสะท้อนแสงที่ดี เช่น มีสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของตัวสะท้อนแสง 95 % เป็นต้น และนอกจากนี้ต้องมีการออกแบบโคมที่ดีด้วย การพิจารณาโคมไฟฟ้าที่ประหยัดพลังงานควรพิจารณาจากประสิทธิภาพโดยรวมของโคมไฟฟ้า h (ปริมาณแสงที่ออกจากโคม/ ปริมาณแสงที่ออกจากหลอด) เป็นเกณฑ์



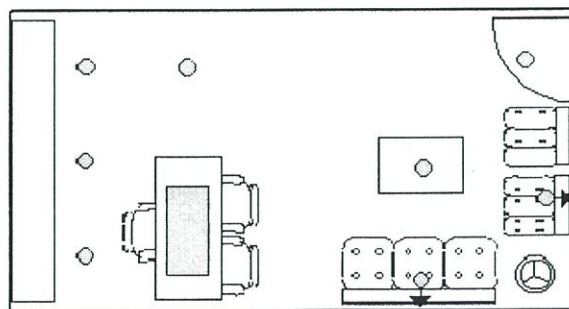
รูปที่ 2.7 การให้แสงสว่างบริเวณทางเข้าสำนักงาน

1. พื้นที่สำนักงานเปิด พื้นที่สำนักงานเปิด หมายถึง พื้นที่ขนาดใหญ่ไม่ได้กั้นเป็นห้อง หรือ กั้นคอก การให้แสงในลักษณะนี้กว้างโคมแบบให้แสงสม่ำเสมอหมดทั้งพื้นที่ดังแสดงในรูปที่ 2.8 การให้แสง พื้นที่เปิดควรระวังไม่ให้ระยะห่างระหว่างโคมมากเกินไป เพราะในทางปฏิบัติพื้นที่สำนักงานเปิดอาจมีการ กั้นคอก (Partition) ดังนั้นจึงต้องพิจารณาถึงเงาที่เกิดขึ้นเนื่องจากการบังแสงจากผนังที่เอามากันไว้ถ้า โคมวางห่างเกินไป แต่ถ้าไม่มีการกั้นคอกโคมไฟฟ้าที่มีการกระจายแสงใน แนวกว้างก็เหมาะเพราะไม่ต้องใช้จำนวนโคมมากเกินไป



รูปที่ 2.8 การให้แสงสว่างสม่ำเสมอในพื้นที่สำนักงานเปิด

2. สำนักงานกั้นคอก สำนักงานกั้นคอก หมายถึง สำนักงานที่มีการกั้นคอกสูง (Partition) ซึ่ง โดยมากมักจะอยู่ติดกับพื้นที่สำนักงานเปิดดังแสดงในรูปที่ 2.9 การให้แสงที่บริเวณนี้ก็อาจต้องมีการจัด โคมใหม่จากแนวเดิมของพื้นที่สำนักงานเปิด เพื่อให้แสงส่องลงบริเวณที่กั้นคอก และการออกแบบใน บริเวณดังกล่าวเมื่อต้องใช้สูตรการคำนวณแบบลูเมนต้องพิจารณาผลของการกั้นคอกสูงด้วย เพราะการกั้น คอกดังกล่าวทำให้ความส่องสว่างลดลงมากถึง 70-80% เช่น เมื่อยังไม่มีมีการกั้นคอกสูง วัดความส่อง สว่างที่โต๊ะทำงานได้ 500 ลักซ์ เมื่อมีคอกกั้นสูง ความส่องสว่างที่โต๊ะทำงานอาจเหลือเพียง $500 \times 0.7 = 350$ ลักซ์ เป็นต้น



รูปที่ 2.9 การให้แสงสว่างในห้องสำนักงานที่กั้นเป็นสัดส่วน

3. ห้องสำนักงาน ห้องสำนักงาน หมายถึง สำนักงานที่กันเป็นห้อง เช่น ห้องผู้จัดการ เป็นต้น การให้แสงในสำนักงานที่เป็นห้องนี้ พิจารณาได้เป็น 2 อย่าง คือ ถ้าห้องมีการปรับเปลี่ยนบ่อยก็ควรให้แสงแบบสม่ำเสมอ แต่ถ้าห้องไม่มีการปรับเปลี่ยนก็ควรให้แสงแบบเน้นเป็นที่ เช่น ที่กลางโต๊ะก็ติดตั้งโคมไฟฟลูออเรสเซนต์ให้ได้ประมาณ 500 ลักซ์ เมื่อให้แสงที่โต๊ะทำงานแล้ว บริเวณอื่นก็สามารถให้แสงตามความเหมาะสมได้จากโคมฟลูออเรสเซนต์ แทนที่จะให้ความส่องสว่างสูงมากจากหลอดฟลูออเรสเซนต์อย่างเดียวทำให้ไม่ประหยัดพลังงานแสงสว่าง

2.8 การอนุรักษ์พลังงานด้านแสงสว่าง

2.8.1 แนวทางการจัดการค่าตัวแปรที่มีผลต่อการอนุรักษ์พลังงานด้านแสงสว่าง

1) ลดค่าความส่องสว่าง (E) หมายถึงลดค่าความส่องสว่างจากระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าให้น้อยลงโดย

ก) ใช้แสงธรรมชาติหรือแสงอาทิตย์เข้ามาเสริมใช้กับบริเวณที่แสงธรรมชาติเข้ามาถึงหรือปรับปรุงพื้นที่ให้แสงธรรมชาติเข้าถึงมากขึ้นสามารถลดกำลังไฟฟ้าจากการส่องสว่างได้โดยแยกวจรสวิตช์ใช้เครื่องหรือแสงแต่ต้องคำนึงถึงความร้อนที่ตามมาภิแสงธรรมชาติด้วย

ข) สำรวจพื้นที่ใช้งานแสงสว่างว่าบริเวณใดมีการออกแบบดั้งเดิมไว้สูงเกินค่ามาตรฐานหรือมีการปรับเปลี่ยนรายละเอียดพื้นที่ใช้งานที่ไม่จำเป็นต้องใช้ความส่องสว่างมากเหมือนแต่ก่อนทำให้สามารถลดค่าความส่องสว่างพื้นที่นั้นๆลงได้

2) ลดพื้นที่ทำงานที่ไม่จำเป็น (A) หมายถึงการลดพื้นที่ทำงานที่ไม่จำเป็นลงเช่นในห้องขนาด 100 ตารางเมตรใช้ความส่องสว่าง 500 ลักซ์ติดตั้งโคมไฟใช้ 10 ชุดแสดงว่าโคมไฟ 1 ชุดครอบคลุมพื้นที่ 10 ตารางเมตรหากผู้ใช้งานพื้นที่ในห้องปฏิบัติงานในบริเวณเพียงครึ่งห้องหรือ 50 ตารางเมตรสามารถปิดโคมไฟในพื้นที่อีกครึ่งห้องที่เหลือที่ไม่ได้ใช้งาน 5 ชุดสิ่งที่จะต้องใช้อคือการควบคุมการเปิด-ปิดใช้งานเช่น สวิตซ์กระตุกที่โคมไฟอุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) ประเภทต่างๆการตั้งโปรแกรมควบคุมการทำงานเป็นโซน

3) ลดช่วงเวลาการใช้งาน (t) หมายถึงการลดช่วงเวลาการใช้งานระบบแสงสว่างที่ไม่จำเป็นลงเช่นไม่เปิดไฟแสงสว่างก่อนทำงานไม่เปิดไฟแสงสว่างทิ้งไว้หลังเลิกงานปิดไฟตอนพักเที่ยงแต่อาจมีข้อยกเว้นสำหรับพื้นที่ที่ต้องการรักษาความปลอดภัยสิ่งที่จะต้องใช้อคือการควบคุมการเปิด-ปิดใช้งาน การตั้งโปรแกรมควบคุมเวลาการใช้งานการกำหนดมาตรการในหน่วยงานในมาตรการลำดับที่ 1) 2) และ 3) นี้คือ E A และ t เป็นมาตรการด้านการจัดการเนื่องจากเกี่ยวข้องกับการใช้งานโดยตรงจึงขึ้นอยู่กับความต้องการใช้ของผู้ปฏิบัติงานอยู่ในพื้นที่นั้นๆทั้งในด้านปริมาณความส่องสว่าง (E) และแสงที่ต้องการใช้ในแต่ละพื้นที่และเวลา (A, t)

4) เพิ่มค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอดไฟและบัลลาสต์ (LPW) หมายถึงการเลือกใช้หลอดไฟและบัลลาสต์ที่มีประสิทธิภาพสูงกินไฟน้อยแต่ให้แสงปริมาณมากและมีคุณภาพด้านอื่นๆอยู่ใน

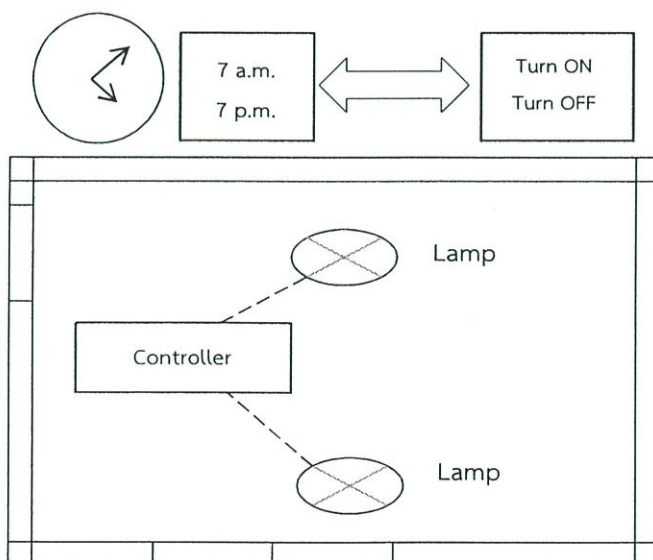
ระดับดีด้วยเช่นการเปลี่ยนชนิดของหลอดไฟการเปลี่ยนรุ่นของหลอดไฟการเปลี่ยนชนิดของบัลลาสต์และการเปลี่ยนรุ่นของบัลลาสต์

5) เพิ่มค่าตัวประกอบการใช้งานของโคม (UF) หมายถึงการเลือกใช้โคมไฟประสิทธิภาพสูงมีลักษณะการกระจายแสงเหมาะสมกับสถานที่ที่ติดตั้งใช้งานตลอดจนการปรับปรุงสภาพแวดล้อมที่ต้องการส่องสว่างด้วยการใช้วัสดุที่สว่างแทนวัสดุสีทึบ

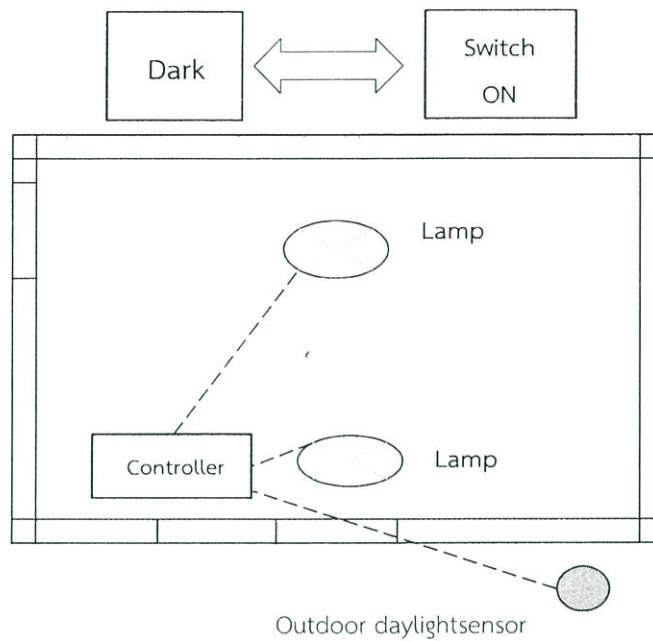
6) เพิ่มค่าตัวประกอบการบำรุงรักษา (MF) หมายถึงมีการบำรุงรักษาระบบแสงสว่างอย่างเป็นระบบชัดเจนว่าช่วงใดต้องทำอะไรบ้างเช่นจังหวะการเปลี่ยนหลอดที่เสื่อมหรือเสียการทำความสะอาดวงโคมและพื้นที่มาตรการลำดับที่ 4) และ 5) นี้คือ LPW และ UF เป็นเรื่องที่เจ้าของสถานที่ติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่างต้องพิจารณาตัดสินใจเลือกใช้เพราะเป็นเรื่องที่ต้องทำในช่วงออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าการดัดแปลงแก้ไขหลังจากที่มีระบบไฟฟ้าแสงสว่างเรียบร้อยแล้วจะได้ผลไม่เต็มที่และอาจมีต้นทุนค่าใช้จ่ายที่แพงกว่ามากสำหรับในมาตรการลำดับที่ 6) คือ MF ยังเข้าข่ายมาตรการจัดการที่ต้องมีการเอาใจใส่ตามระยะอย่างต่อเนื่อง

2.9 เทคโนโลยีการควบคุมแสงสว่าง

2.9.1 การควบคุมแสงสว่างแบบทำนายตามช่วงเวลาปฏิบัติงานการควบคุมแสงสว่างแบบทำนายตามช่วงเวลาช่วยลดชั่วโมงการทำงานของระบบแสงสว่างทำให้ประหยัดพลังงานโดยการเปิดปิดหลอดไฟตามตารางเวลาที่กำหนดไว้ในแต่ละวันโดยใช้การเปิดปิดแบบอัตโนมัติตามเวลาที่กำหนดไว้ผู้ใช้งานในอาคารสำนักงานไม่จำเป็นต้องใช้แสงสว่าง ในช่วงกลางคืนและช่วงวันหยุดแต่ในขณะเดียวกันสามารถกำหนดเวลาเปิดปิดในพื้นที่อื่นๆได้ตามความต้องการของผู้ใช้ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10การทำงานจากระบบควบคุมแสงสว่างทำนายช่วงเวลาการปฏิบัติงาน

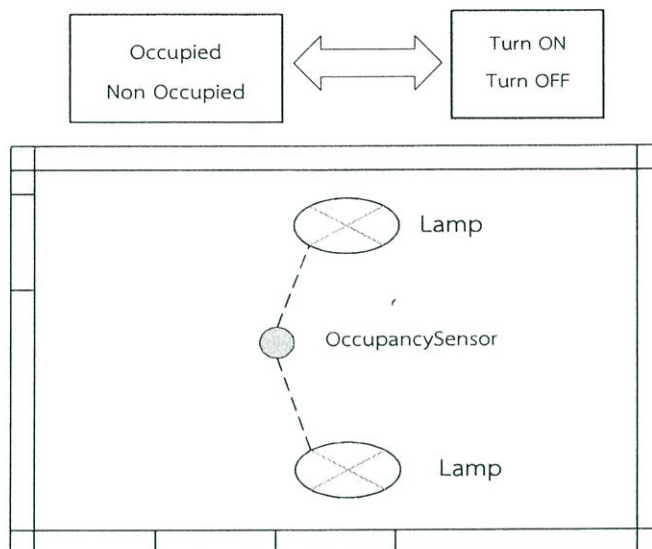


รูปที่ 2.11 การทำงานของระบบควบคุมแสงสว่างตามความมืด

การควบคุมแสงสว่างตามความมืด ดังแสดงในรูปที่ 2.11 จัดเป็นรูปแบบหนึ่งของการควบคุมแสงสว่างแบบทำนายตามช่วงเวลา โดยขึ้นอยู่กับการณ์ขึ้นลงของพระอาทิตย์ ที่สามารถคำนวณได้ตามพื้นที่ตั้งของสถานที่นั้นๆ ระบบแสงสว่างจะเปิดโดยอัตโนมัติเมื่อแสงสว่างจากภายนอกน้อยลง และจะปิดเมื่อมีแสงสว่างจากภายนอกเพียงพอ การควบคุมแบบนี้ไม่นิยมใช้ในอาคารที่ปิดทึบ แต่นิยมใช้กับอาคารที่มีการตกแต่งด้วยกระจก และมีแสงสว่างส่องถึง การควบคุมแสงสว่างด้วยวิธีนี้ไม่จำเป็นต้องใช้เซนเซอร์ โดยการเปิดปิดสามารถทำได้จากการตั้งตารางเวลา

2.9.2 การควบคุมแสงสว่างตามช่วงเวลาการปฏิบัติงานจริง

การควบคุมแสงสว่างตามช่วงเวลาการปฏิบัติงานจริง กำหนดเวลาทำงานของระบบแสงสว่าง โดยขึ้นอยู่กับเวลาปฏิบัติงานบนพื้นที่ที่กำหนด ต่างจากการควบคุมแสงแบบทำนายช่วงเวลาปฏิบัติงาน การควบคุมแสงสว่างลักษณะนี้ไม่ได้ทำงานโดยการตั้งเวลาตามตารางเวลา ระบบจะตรวจจับบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน หากมีการปฏิบัติงานระบบจะเปิดไฟ หากระบบไม่สามารถตรวจจับกิจกรรมหรือการปฏิบัติงานได้ ระบบจะปิดไฟ เพื่อป้องกันระบบปิดไฟในช่วงที่มีการปฏิบัติงาน สามารถทำการหน่วงเวลา โดยตั้งดีเลย์ใหม่ ตั้งแต่ 10-15 นาที



รูปที่ 2.12 การทำงานของระบบควบคุมแสงสว่างตามช่วงเวลาการปฏิบัติงานจริง

การควบคุมแสงสว่างตามช่วงเวลาการปฏิบัติงานจริงเหมาะสมกับพื้นที่ที่มีการปฏิบัติงานไม่เป็นไปตามตารางเวลา หรือไม่สามารถคาดเดาได้ เช่น สำนักงานส่วนตัว ทางเดิน ห้องประชุม พื้นที่ตามชั้นหนังสือของห้องสมุด ห้องเก็บของ โดยสามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 20-50 เปอร์เซ็นต์ การควบคุมแสงสว่างในลักษณะนี้จำเป็นต้องมีเซนเซอร์ตรวจจับ ดังแสดงในรูปที่ 2.12

2.9.3 การควบคุมแสงสว่างแบบความสว่างคงที่

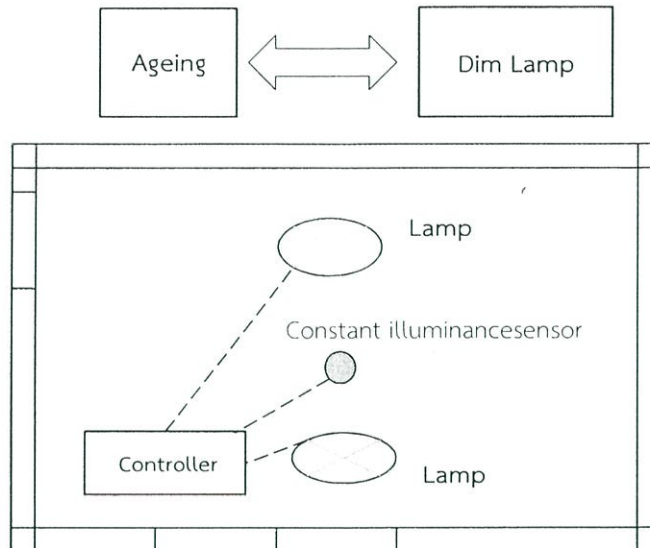
การควบคุมแสงสว่างแบบความสว่างคงที่ ใช้โฟโตเซลล์เพื่อวัดระดับแสงสว่าง ในบริเวณที่กำหนด ถ้าระดับแสงสว่างสูงเกินไป ตัวควบคุมแสงสว่างจะลดความเข้มแสงที่ปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดแสง ถ้าระดับแสงสว่างน้อยเกินไป ตัวควบคุมจะเพิ่มความเข้มแสง ระบบจะใช้พลังงานน้อยลงในการรักษาระดับความสว่างมีการควบคุมอุปกรณ์ในระบบดังแสดงในรูปที่ 2.13

2.9.4 การควบคุมแสงสว่างแบบใช้แสงสว่างภายนอก

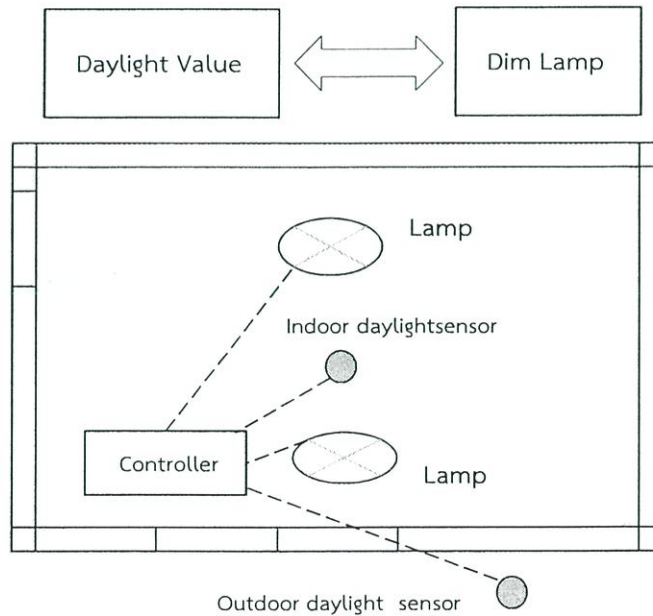
ระบบควบคุมแสงสว่างแบบใช้แสงสว่างภายนอก จะลดการใช้พลังงานของระบบแสงสว่างโดยใช้แสงสว่างจากภายนอกร่วมกับแสงจากหลอดไฟในระบบ โดยระบบควบคุมนี้จะรักษาความสว่างตามที่กำหนด

ระบบควบคุมแสงสว่างแบบใช้แสงสว่างภายนอก ใช้โฟโตเซลล์ในการวัดระดับแสงสว่าง ภายในพื้นที่หรือจุดที่กำหนด ถ้าระดับแสงสว่างสูงเกินไป ตัวควบคุมแสงสว่างจะลดความเข้มแสงที่ปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดแสง ถ้าระดับแสงสว่างน้อยเกินไป ตัวควบคุมจะเพิ่มความเข้มแสง นิยมเซนเซอร์ในพื้นที่กว้าง แยกการควบคุมหลอดไฟเป็นกลุ่ม ระบบจะใช้พลังงานน้อยลงในการรักษาระดับความสว่าง มีการควบคุมอุปกรณ์ในระบบดังแสดงในรูปที่ 2.14

ระบบควบคุมแสงสว่างแบบใช้แสงสว่างภายนอกใช้กันอย่างแพร่หลายในบริเวณที่มีหน้าต่าง และ เป็นพื้นที่กว้าง ห้องเรียน ชั้นสำนักงานบนตึกสูง สามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 20-50เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 2.13 การทำงานของระบบควบคุมแสงสว่างแบบควบคุมแสงสว่างคงที่



รูปที่ 2.14 การควบคุมแสงสว่างแบบใช้แสงสว่างภายนอกร่วมด้วย

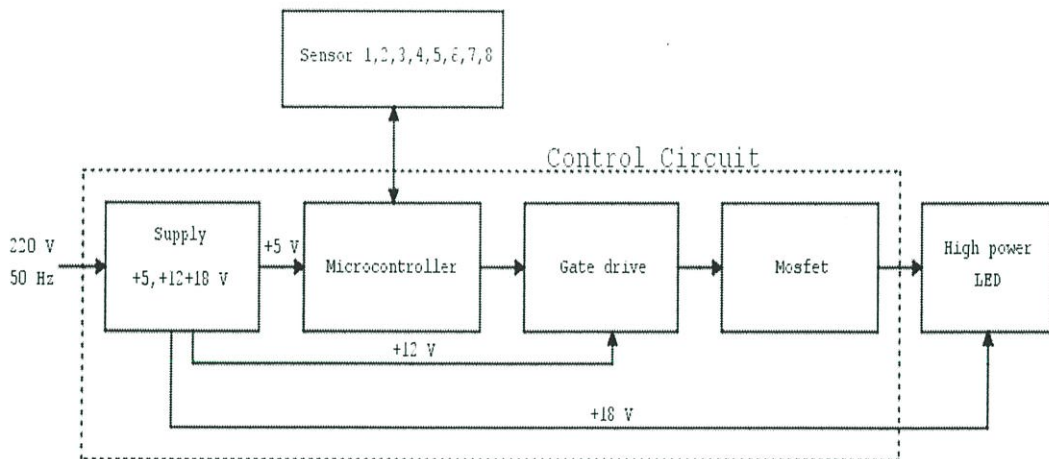
บทที่ 3

การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

3.1 บทนำ

การออกแบบชุดควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ประกอบด้วยวงจรตรวจจับความเข้มแสงสว่าง (Sensor), วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller), วงจรขับ มอสเฟตแบบแยกกราวด์ (Gate drive), วงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง (Supply) +5, +12 และ ± 18 โวลต์ และหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ตามลำดับ และการออกแบบตู้จำลอง ที่มีลักษณะคล้ายกับสำนักงาน ประกอบด้วยการคำนวณระบบแสงสว่างภายในและการออกแบบขนาดของ ตู้จำลอง

3.2 โครงสร้างทั่วไปของชุดควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED)

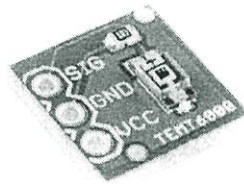


รูปที่ 3.1 โครงสร้างชุดควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED)

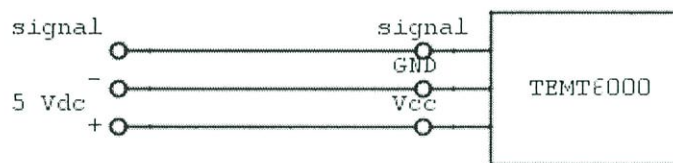
3.3 วงจรตรวจจับความเข้มแสงสว่าง (Sensor)

วงจรตรวจจับความเข้มแสงสว่าง ทำหน้าที่เป็นเซนเซอร์ตรวจจับความเข้มแสงสว่าง ส่งข้อมูลไปยัง ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อกำหนดค่าดีวตี้ไซเคิลของสัญญาณ PWM ที่ออกมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อรักษาระดับความสว่างของหลอดไดโอดเปล่งกำลังสูง (High Power LED) ให้มีค่าความเข้มแสงสว่าง

ประมาณ 300 - 350 ลักซ์ ณ พื้นงาน ซึ่งชุดควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง 1 ชุด ประกอบด้วยตัวตรวจจับความเข้มแสงสว่าง (Sensor) ทั้งหมด 4 ตัว ตัวตรวจจับความเข้มแสงสว่าง (Sensor) ที่เลือกใช้คือ TEMT6000 ดังรูปที่ 3.2 ซึ่งจำเป็นต้องจ่ายแรงดันไฟตรงขนาด +5 V เพื่อเป็นไฟเลี้ยงให้กับตัวตรวจจับความเข้มแสงสว่าง (Sensor)



รูปที่ 3.2 TEMT6000



รูปที่ 3.3 วงจรตรวจจับความเข้มแสงสว่าง (Sensor)

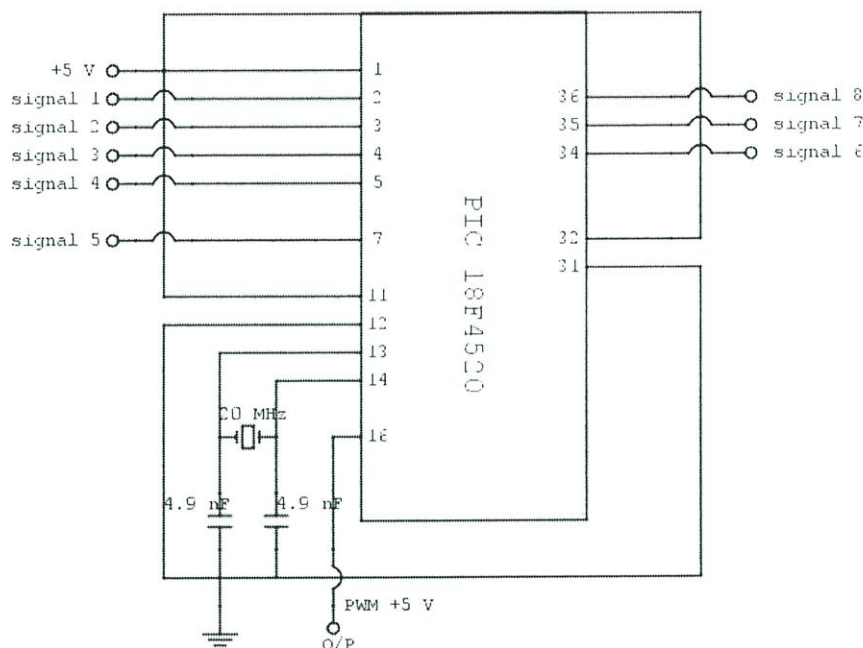
3.4 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ชุดควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลัง (High Power LED) เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ 18F4520 ทำหน้าที่ต่างๆ ดังต่อไปนี้

- รับข้อมูลที่ตัวตรวจจับความเข้มแสงสว่างส่งมายังไมโครคอนโทรลเลอร์
- ประมวลผลในการส่งสัญญาณ PWM ไปควบคุมความเข้มแสงสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED)
- สร้างสัญญาณ PWM ไปใช้ในการขับมอสเฟสของชุดควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสง (High Power LED)

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับสัญญาณจากตัวตรวจจับความเข้มแสงสว่าง (Sensor) ทั้ง 8 ตัว เข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ขา 2, 3, 4, 5, 7, 34, 35, 36 ตามลำดับ ในการต่อตัวเก็บประจุขนาด 4.9 นาโนฟารัด จำนวน 2 ตัว, คริสตอสขนาด 20 เมกะเฮิร์ตและแหล่งจ่ายไฟตรงขนาด +5 โวลต์ เข้ากับ

ไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถศึกษาได้จาก Data Sheet ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ PIC 18F4520 ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะสร้างสัญญาณ PWM ขนาด +5 โวลต์ ออกมาที่ขา 16 ดังรูปที่ 3.4



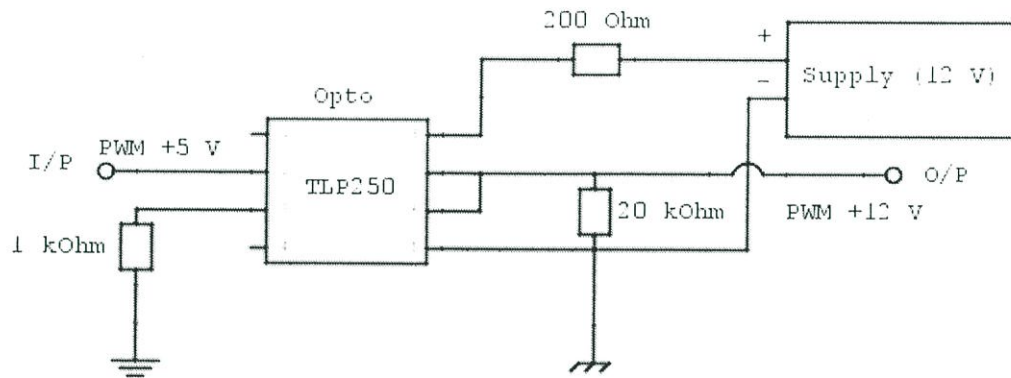
รูปที่ 3.4 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

3.5 วงจรขับมอสเฟตแบบแยกกราวด์ (Gate drive)

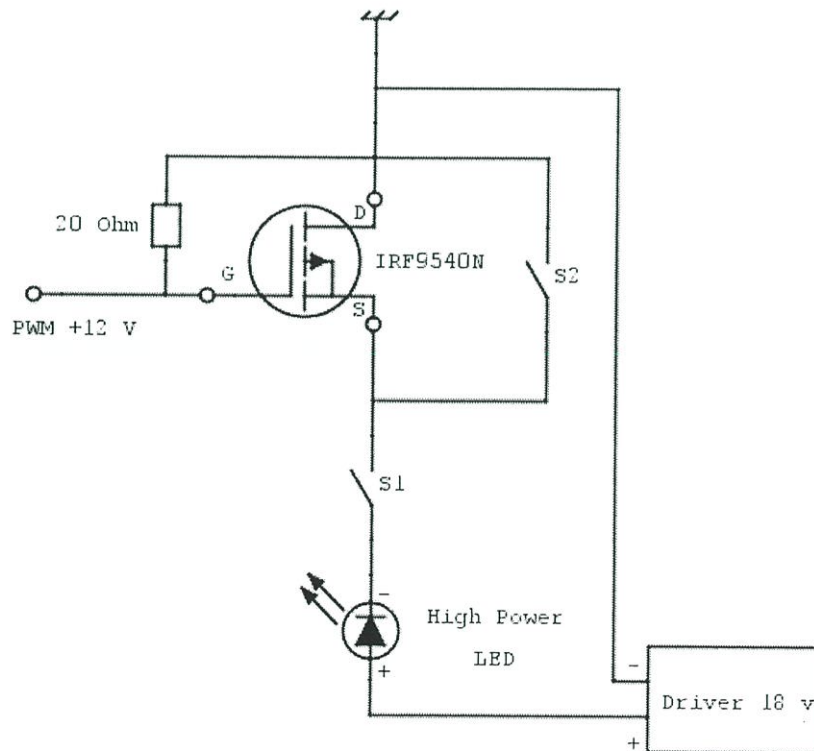
เนื่องจากสัญญาณ PWM ที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์มีขนาด +5 โวลต์ ทำให้ไม่สามารถไปขับมอสเฟตได้ จึงใช้ออปโตคัปเปิลเลอร์ (Opto-Coupler) เบอร์ TLP250 ในวงจรขับ มอสเฟตแบบแยกกราวด์ เพื่อขยายขนาดของสัญญาณ PWM จากขนาด +5 โวลต์ เป็นขนาด +12 โวลต์ จึงส่งไปขับมอสเฟตเบอร์ IRF9540N ที่ขาเกตของมอสเฟต

ในการต่อวงจรขับมอสเฟตแบบแยกกราวด์ ดังรูปที่ 3.5 ออปโตคัปเปิลเลอร์ (Opto-Coupler) จะรับสัญญาณ PWM ขนาด +5 โวลต์เข้าที่ขา 2 และรับแรงดันไฟตรงขนาด 12 โวลต์จากแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงทางด้านบวกเข้าที่ขา 8 มีความต้านทานขนาด 200 โอห์มต่ออนุกรมด้วย ออปโตคัปเปิลเลอร์ (Opto-Coupler) จ่ายสัญญาณ PWM ขนาด +18 โวลต์ ออกที่ขา 6 กับ 7 ส่วนขาที่ 3 ต่ออนุกรมกับความต้านทานขนาด 1 กิโลโอห์มลงกราวด์ซึ่งเป็นกราวด์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ และมีความต้านทานขนาด 20 กิโลโอห์ม ต่อขนานระหว่างขาที่สัญญาณ PWM ขนาด +18 โวลต์ ออกมา กับกราวด์ ซึ่งกราวด์ดังกล่าวจะ

แยกออกจากกราวด์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนขาที่ 5 จะต่อลงกราวด์ที่แยกจากกราวด์ไมโครคอนโทรลเลอร์เหมือนกัน และต่อกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงขนาด 12 โวลต์ ทางด้านลบ เอาต์พุตที่ได้จากวงจรขับมอสเฟตแบบแยกกราวด์จะไปขับมอสเฟต 2 ตัว เพื่อควบคุมหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED)



รูปที่ 3.5 วงจรขับมอสเฟตแบบแยกกราวด์



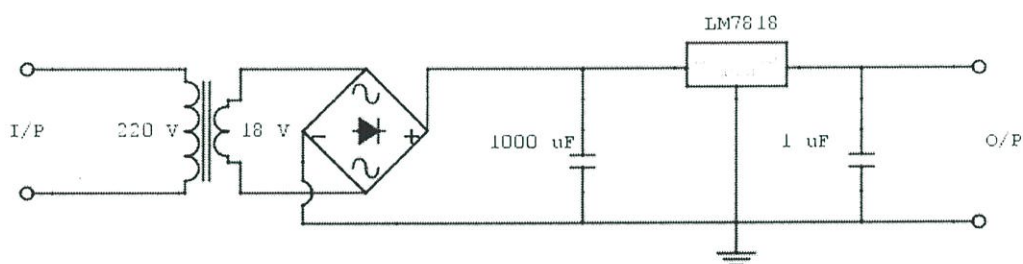
รูปที่ 3.6 วงจรมอสเฟตกับหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED)

จากรูปที่ 3.6 มอสเฟต เบอร์ IRF9540N ขาเกตของมอสเฟตจะรับสัญญาณ PWM ขนาด +18 โวลต์ ส่วนขาซอร์สต่ออนุกรมกับสวิตช์ 1 (S1), หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) และต่อกับ ไดรฟ์เวอร์ (Driver) ขนาด 18 โวลต์ ทางด้านบวก ส่วนขาเดรนจะลงกราวด์ที่แยกจากกราวด์ ไมโครคอนโทรลเลอร์และต่อกับไดรฟ์เวอร์ (Driver) ขนาด 18 โวลต์ ทางด้านลบ และต่อความต้านทาน ขนาด 20 กิโลโอห์มคร่อมระหว่างขาเกตกับเดรนของมอสเฟต ส่วนสวิตช์ 2 (S2) ต่อกคร่อมระหว่างขาเกต กับขาซอร์สของมอสเฟต

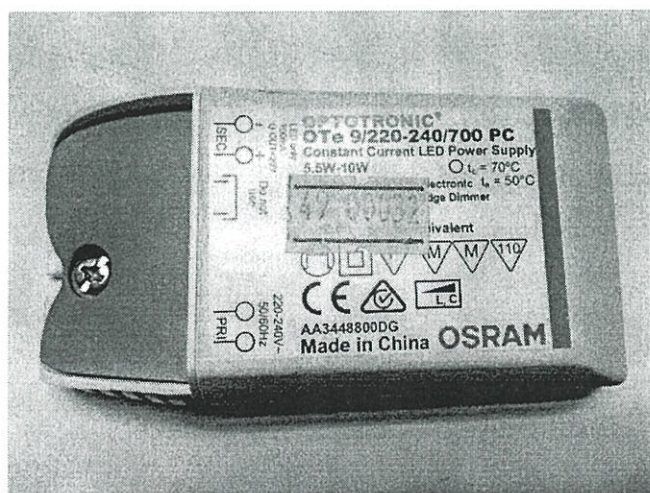
3.6 วงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง +5, +12 และ ± 18 โวลต์ (Supply)

ใช้วงจรเรกูเลเตอร์ (Regulator) สร้างแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง +5, +12 และ ± 18 โวลต์ โดยใช้ IC เบอร์ LM7805, LM7812, และ LM7818 ตามลำดับ โดยทางด้านขาเข้ารับไฟมาจาก หม้อแปลงแรงดัน (Center Tap) 220/18 โวลต์ เพื่อใช้จ่ายไฟให้กับ

1. จ่ายแรงดันไฟตรง ± 18 โวลต์ ให้กับวงจรหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ซึ่งได้จัดซื้อไดรฟ์เวอร์ขนาด ± 18 โวลต์

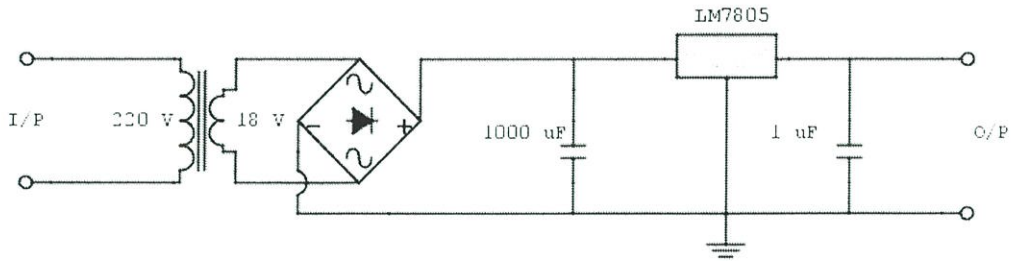


รูปที่ 3.7 วงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง ± 18 โวลต์



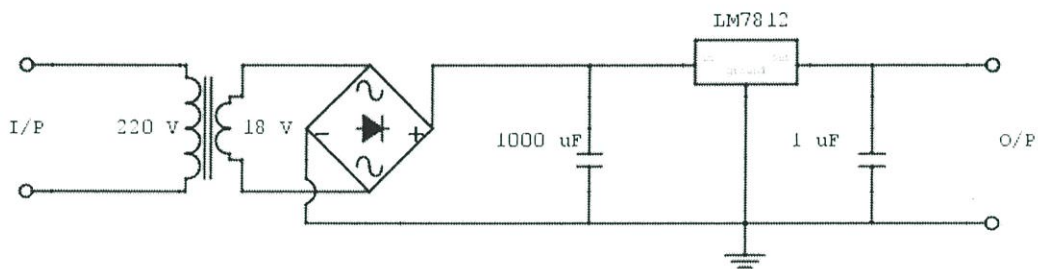
รูปที่ 3.8 ไดรฟ์เวอร์ขนาด 18 โวลต์ (Driver)

2. จ่ายแรงดันไฟตรง +5 โวลต์ ให้กับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) และจ่ายให้กับวงจรตรวจจับความเข้มแสงสว่าง (Sensor)



รูปที่ 3.9 วงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง +5 โวลต์

3. จ่ายแรงดันไฟตรง +12 โวลต์ ให้กับวงจรขับมอสเฟตแบบแยกกราวด์ (Gate drive) เพื่อเป็นไฟเลี้ยงออปโตคัปเปลอร์ (Opto-Coupler) ซึ่งได้จัดซื้อไดร์ฟเวอร์ขนาด +12 โวลต์



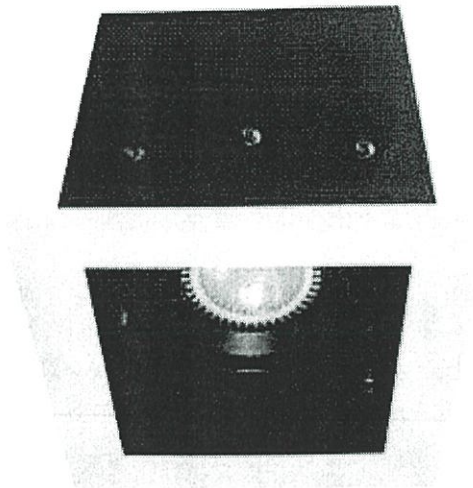
รูปที่ 3.10 วงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง +12 โวลต์



รูปที่ 3.11 ไดร์ฟเวอร์ขนาด +12 โวลต์

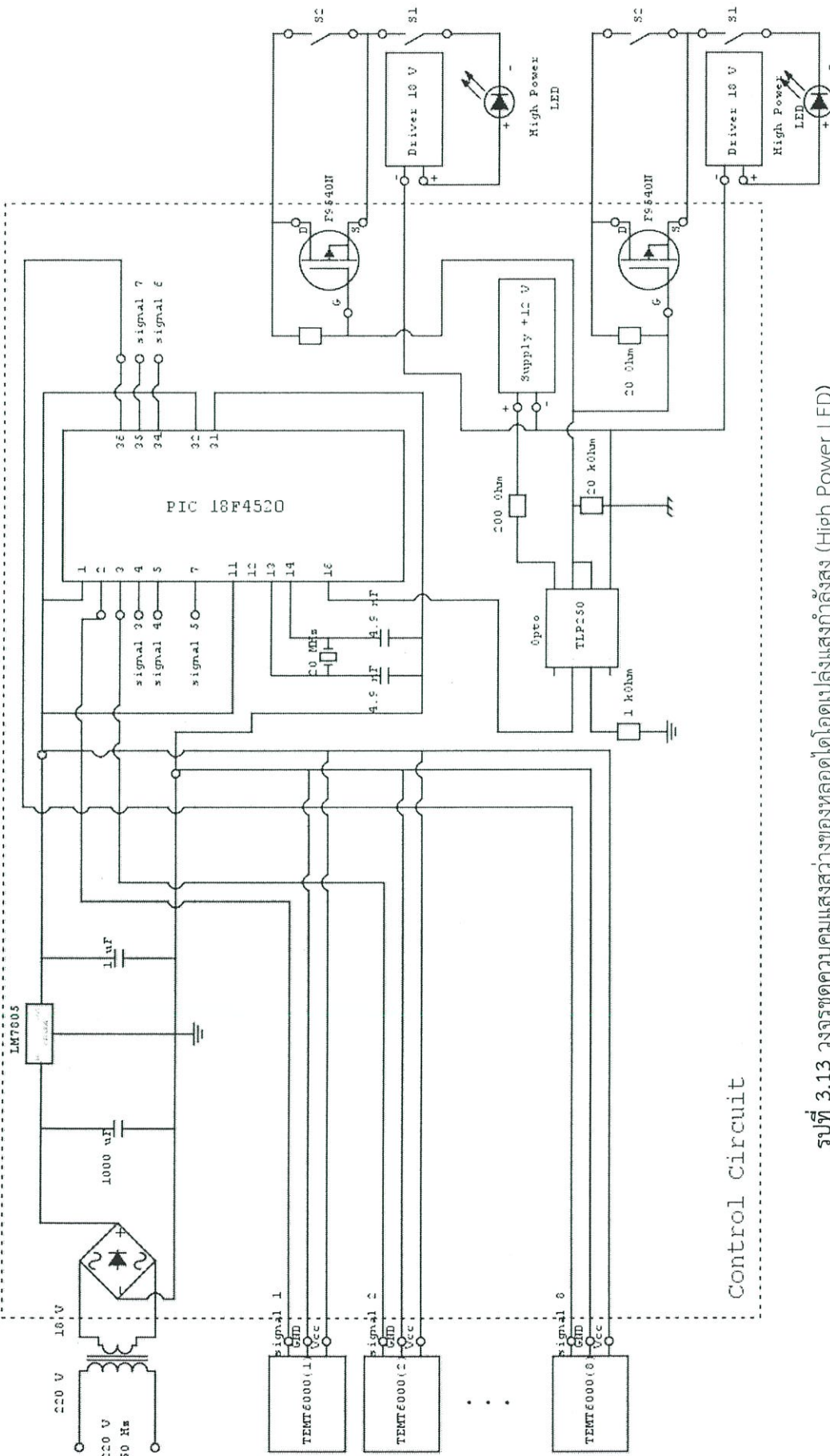
3.7 หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED)

หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ที่เลือกใช้ขนาด 9 วัตต์ 18 โวลต์ แสงชนิดเดย์ไลท์ (Daylight) อุณหภูมิสีของแสงเท่ากับ 6,500 เคลวิน ประกอบด้วยหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) 3 หลอด หลอดละ 3 วัตต์ ตู้จำลองที่ได้ออกแบบมานั้น จะใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) จำนวน 2 หลอด



รูปที่ 3.12 หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED)

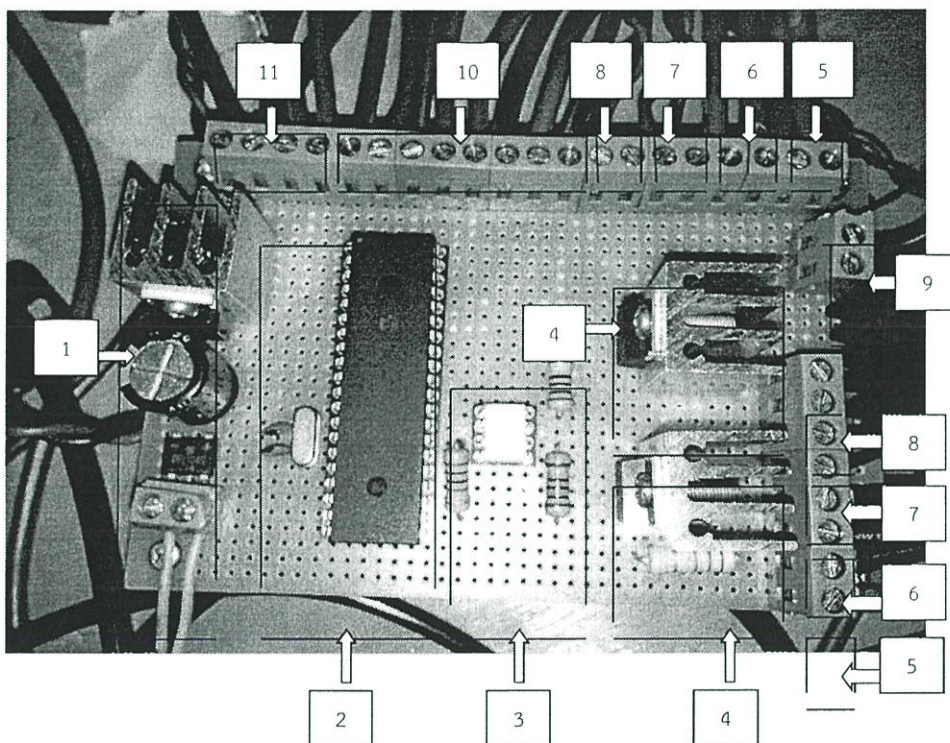
3.8 วงจรชุดควบคุมแสงสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสง (High Power LED)



Control Circuit

รูปที่ 3.13 วงจรชุดควบคุมแสงสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED)

จากรูปที่ 3.13 แหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงขนาด +5 โวลต์ เพื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ และตัวตรวจจับความเข้มแสงทั้ง 8 ตัว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับสัญญาณจากตัวตรวจจับความเข้มแสง มาประมวลผลเพื่อส่งสัญญาณ PWM ขนาด +5 โวลต์ ไปยังออปโตคัปเปิลอร์ ซึ่งทำหน้าที่ขยายขนาดสัญญาณ PWM เป็น +18 โวลต์ เพื่อส่งไปยังมอสเฟตทั้ง 2 ตัว ซึ่งมอสเฟตทำหน้าที่ควบคุมหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง

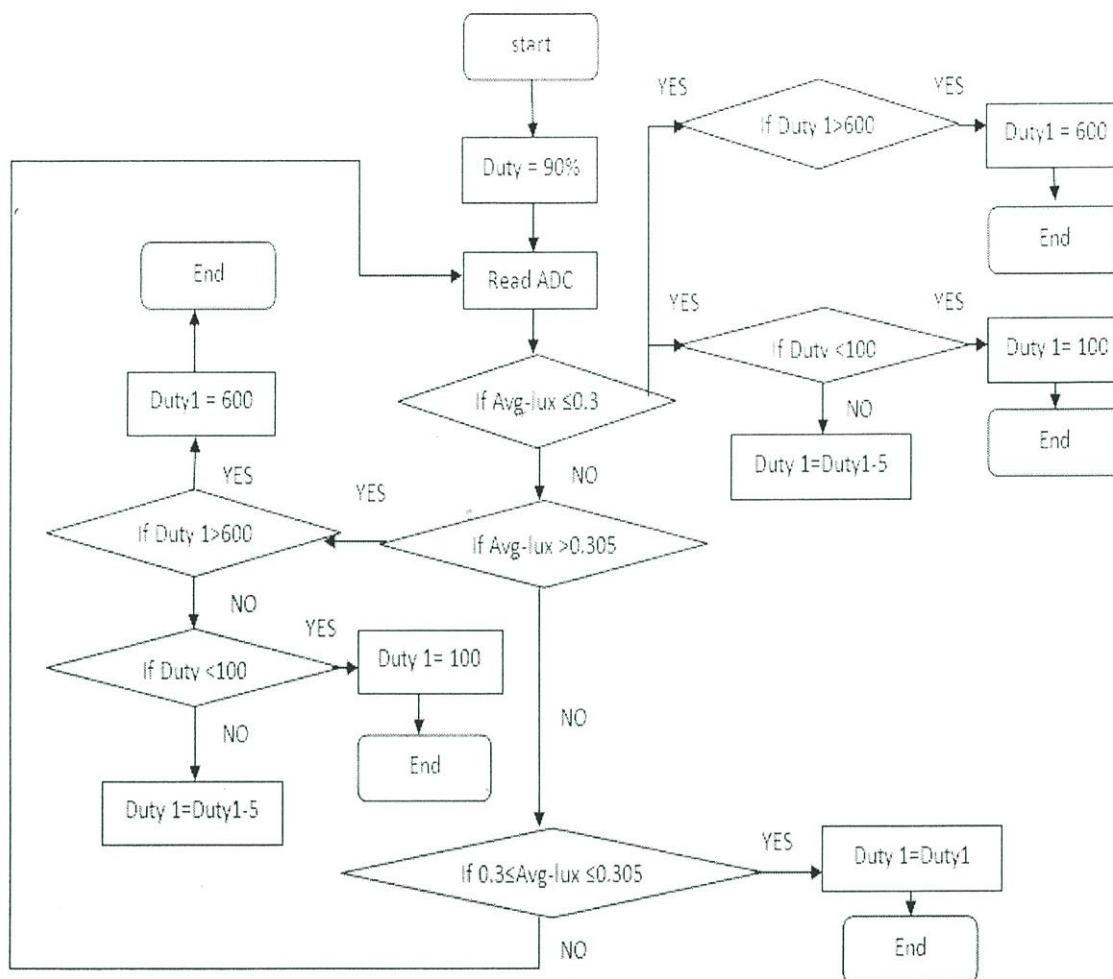


รูปที่ 3.14 วงจรชุดควบคุมแสงสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED)

จากรูปที่ 3.14 หมายเลขที่กำหนดในรูปเป็นอุปกรณ์ ดังต่อไปนี้

- | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| 1 = วงจรแหล่งจ่ายไฟตรง +5 V | 7 = ช่องต่อหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง |
| 2 = วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ | 8 = ช่องต่อแหล่งจ่ายไฟตรง ± 18 V |
| 3 = วงจรขับเคลื่อน | 9 = ช่องต่อแหล่งจ่ายไฟตรง +12 V |
| 4 = มอสเฟต | 10 = ช่องต่อสายสัญญาณ |
| 5 = สวิตช์ 1 (S1) | 11 = ช่องต่อแหล่งจ่ายไฟตรง +5 V |
| 6 = สวิตช์ 2 (S2) | |

3.9 ขั้นตอนการทำงานของชุดควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED)



รูปที่ 3.15 แผนผังการทำงานชุดควบคุมหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED)

จากรูปที่ 3.15 แสดงแผนผังการทำงานชุดควบคุมหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) โดยกำหนดค่าตัวตั้งซีเคิลเริ่มต้นเท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์ ไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าความเข้มแสงจากเซนเซอร์ พิจารณาค่าความเข้มแสงเฉลี่ย โดยพิจารณาทั้งหมด 3 ช่วง คือ ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยน้อยกว่าหรือมากกว่า 0.3, ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยมากกว่า 0.305 และค่าความเข้มแสงเฉลี่ยน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.305 และมากกว่าหรือเท่ากับ 0.3

3.10 การคำนวณระบบแสงสว่างภายในตู้จำลอง

การคำนวณระบบแสงสว่างภายในตู้จำลองให้ตามมาตรฐานระดับส่องสว่างตาม IES ดังนี้

ตารางที่ 3.1 มาตรฐานระดับความส่องสว่างตาม IES

พื้นที่ต่างๆ	ความส่องสว่างตามมาตรฐาน IES (ลักซ์)
ห้องเรียน, ห้องประชุม, ห้องคอมพิวเตอร์, ห้องประชุม	300 - 500
พื้นที่ส่วนกลาง, ห้องน้ำ, ทางเดิน	100 - 200

การคำนวณระบบแสงสว่างภายในตู้จำลองใช้วิธีการคำนวณแบบลูเมน กำหนดค่าดังนี้

พื้นที่ของห้อง เท่ากับ 1×2 เมตร

ค่าความเข้มแสง เท่ากับ 300 ลักซ์

ฟลักซ์ที่เกิดบนพื้นผิวการใช้งาน เท่ากับ $1 \times 2 \times 300$ ลูเมน

MF คือ ตัวประกอบบำรุงรักษา โดยปกติจะมีค่า 80 เปอร์เซ็นต์ หรือ 0.8

UF เท่ากับ 0.5

วิธีการคำนวณ

$$\text{ฟลักซ์ที่ติดตั้ง} = \frac{1 \times 2 \times 300}{UF \times MF} = \frac{1 \times 2 \times 300}{0.5 \times 0.8}$$

ดังนั้น ฟลักซ์ที่ติดตั้ง เท่ากับ 240 ลูเมน

หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High power LED) 9 วัตต์ : ค่าฟลักซ์ของหลอด เท่ากับ 180 ลูเมน

$$\text{จำนวนโคม} = \frac{240}{180}$$

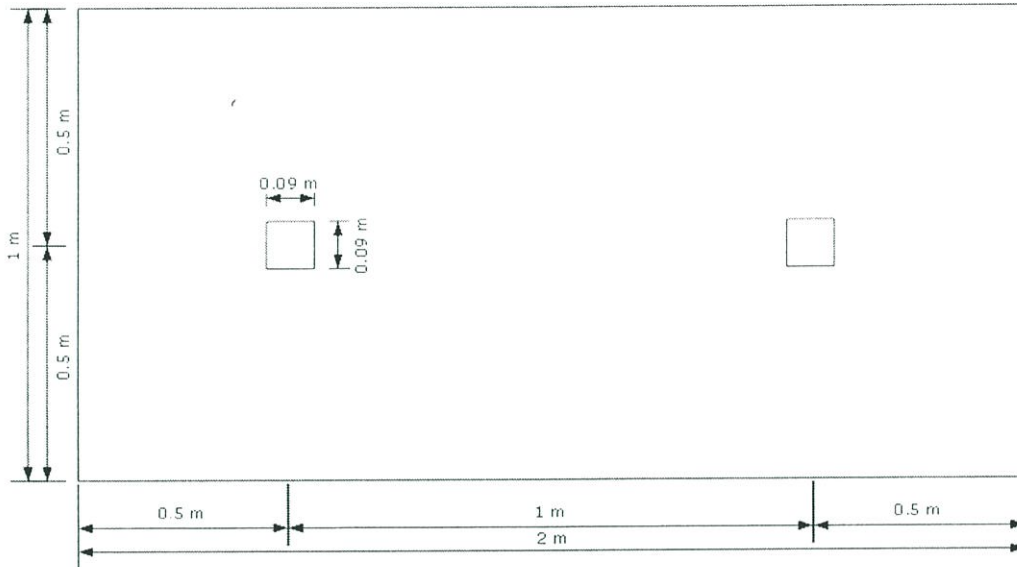
ดังนั้น จำนวนโคม เท่ากับ 1.33 หลอด

จำนวนโคมที่ใช้ภายในตู้จำลองทั้งหมด 2 หลอด ระยะห่างโคมสำหรับความเข้มแสงสม่ำเสมอ

$$\frac{S}{H_m} \leq 1$$

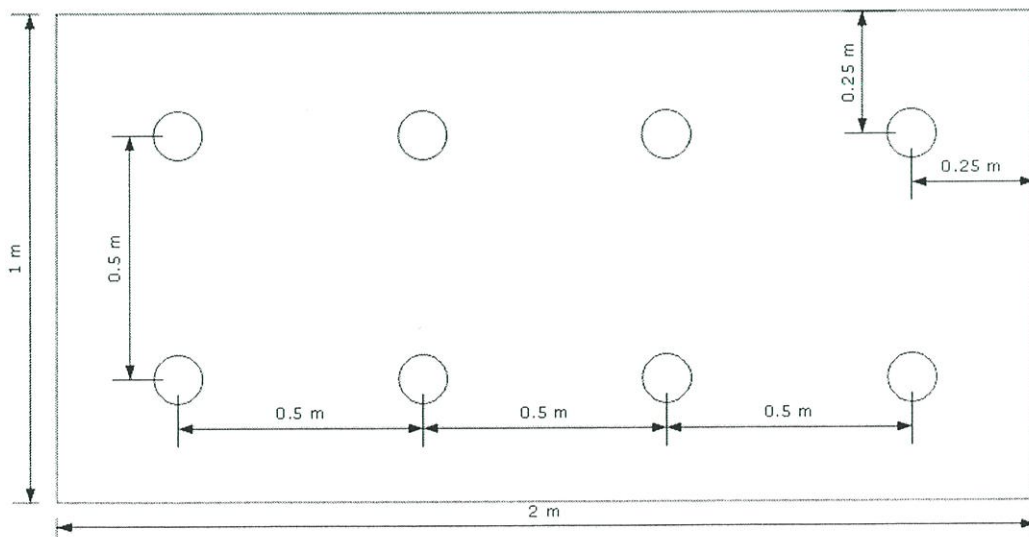
โดย ค่าความสูงของดวงโคม (H_m) เท่ากับ 1.5 เมตร

ค่าระยะห่างระหว่างดวงโคม (S) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 x 1.5 เมตร
 ดังนั้น ค่าระยะห่างระหว่างดวงโคม (S) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.5 เมตร
 เลือกใช้ค่าระยะห่างระหว่างดวงโคม (S) เท่ากับ 1 เมตร (ดังรูปที่ 3.14)



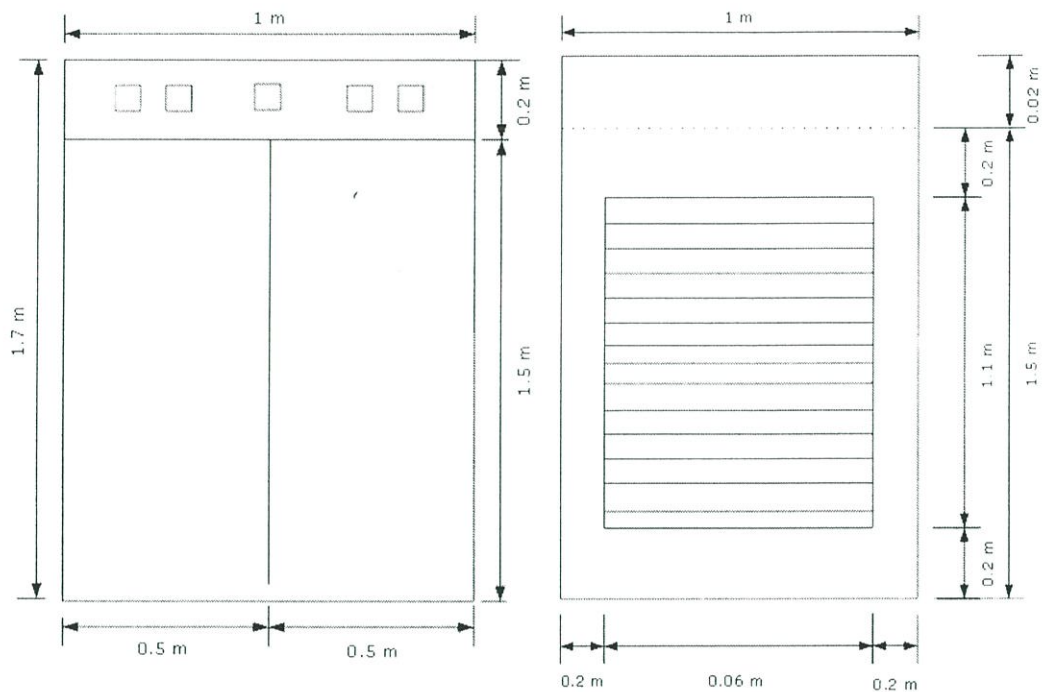
รูปที่ 3.16 การจัดวางหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED)

3.11 การออกแบบตู้จำลอง

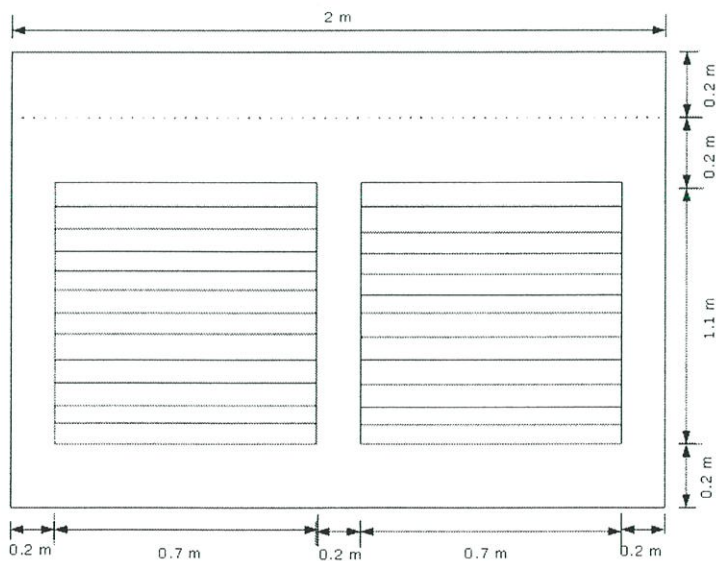


รูปที่ 3.17 การจัดวางเซนเซอร์ (Sensor)

จากรูปที่ 3.17 แสดงตำแหน่งการวางเซนเซอร์ทั้ง 8 ตำแหน่ง โดยเซนเซอร์ทุกตัวจะมีระยะห่างกัน 0.5 เมตร ซึ่งเซนเซอร์จะวางระยะห่างจากขอบตู้จำลอง 0.25 เมตร

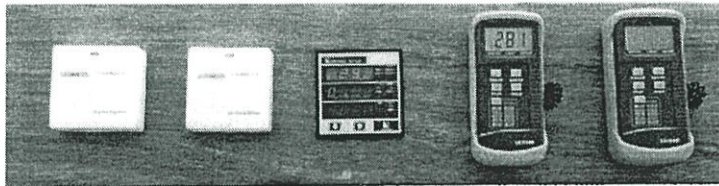


รูปที่ 3.18 แบบร่างด้านข้างทั้งสองของตู้จำลอง

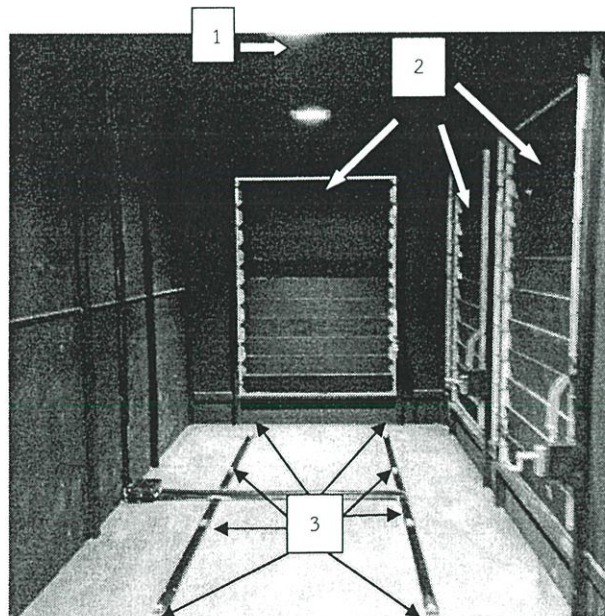


รูปที่ 3.19 แบบร่างด้านหน้าของตู้จำลอง

จากรูปที่ 3.18 และ 3.19 แสดงแบบร่างของตู้จำลอง ตู้จำลองมีขนาดภายนอก ดังนี้ ความกว้างเท่ากับ 2 เมตร, ความยาวเท่ากับ 1 เมตรและความสูงเท่ากับ 1.7 เมตร ซึ่งความสูงจากพื้นงานถึงระดับที่วางหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูงเท่ากับ 1.5 เมตร ด้านหน้าของตู้จำลองจะประกอบไปด้วยบานเกร็ดขนาด 1.1x0.7 เมตร จำนวน 2 ช่อง และด้านข้างด้านหนึ่งของตู้จำลองประกอบด้วยบานเกร็ดขนาด 1.1x0.6 จำนวน 1 ช่อง และด้านข้างอีกด้านของตู้จำลองประกอบไปด้วยประตู, สวิตช์ จำนวน 2 ตัว, พาวเวอร์มิเตอร์ จำนวน 1 ตัว, ลักซ์มิเตอร์ จำนวน 2 ตัว (ดังรูปที่ 3.20)



รูปที่ 3.20 สวิตช์, พาวเวอร์มิเตอร์, ลักซ์มิเตอร์



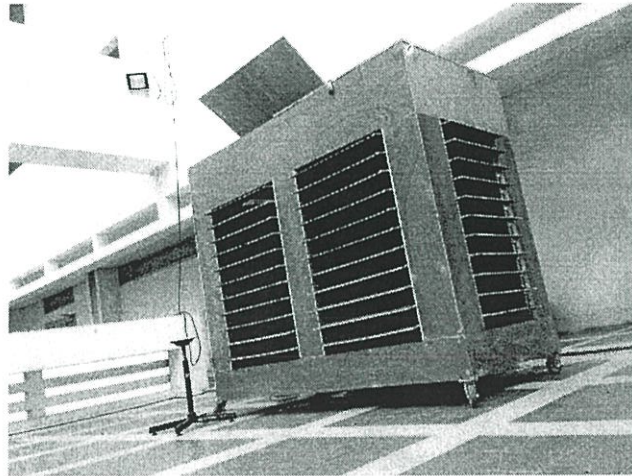
รูปที่ 3.21 ภายในตู้จำลอง

จากรูปที่ 3.21 แสดงให้เห็นภายในตู้จำลอง ซึ่งประกอบไปด้วยตำแหน่งของเซนเซอร์ทั้ง 8 ตัว และบานเกร็ดทั้ง 3 ช่อง หมายเลขที่กำหนดในรูปแบบอุปกรณ์ ดังต่อไปนี้

1 = หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง

2 = บานเกร็ด

3 = เซนเซอร์



รูปที่ 3.22 ตู้จำลอง

บทที่ 4

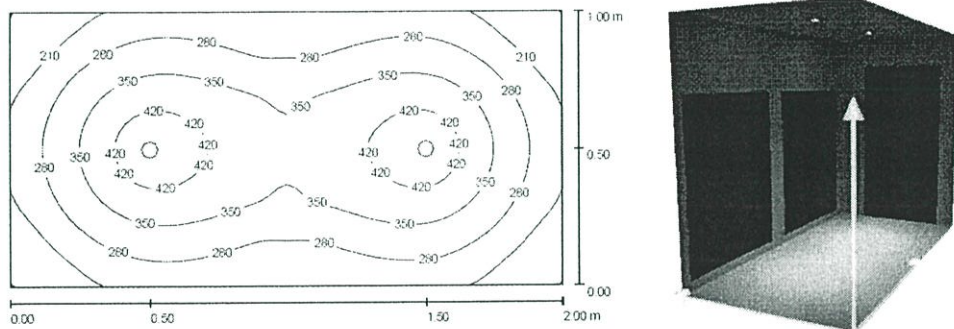
ผลการทดลอง

4.1 ผลการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

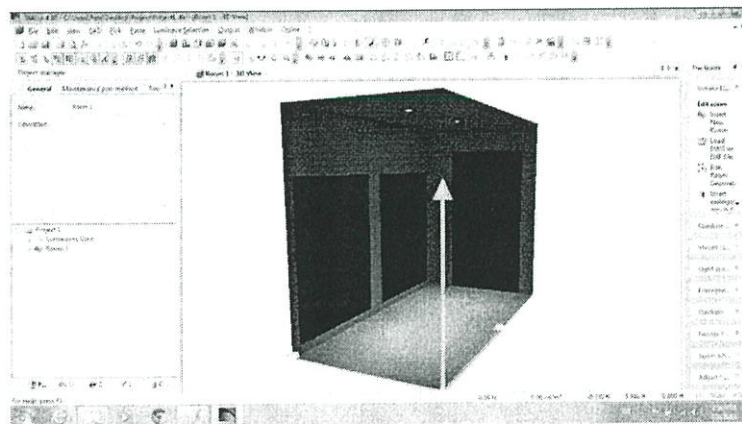
ในการวิจัยจะใช้โปรแกรม DIALux สำหรับจำลองผลการทดลองในคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาโปรแกรมและออกแบบกรณีศึกษาต่างๆ

4.1.1 ผลจากการจำลองกรณีศึกษาตู้ทดสอบ

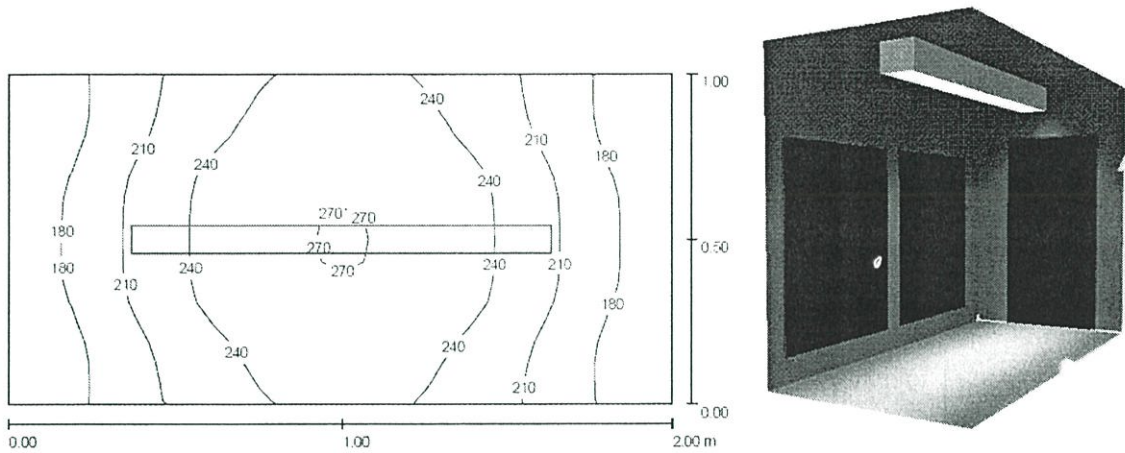
ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้มีการสร้างตู้ทดลองที่ใช้ในกรณีศึกษาโดยได้ใช้โปรแกรม DIALux ในการจำลองทางแสงสว่างเพื่อเปรียบเทียบกับแสงสว่างที่ได้จากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่ 5 ขนาด 39 วัตต์ จำนวน 1 ชุดซึ่งผลการจำลองที่ได้ดังรูปที่ 4.2 และผลการจำลองหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่ 5 ขนาด 39 วัตต์ จำนวน 1 ชุดดังรูปที่ 4.3



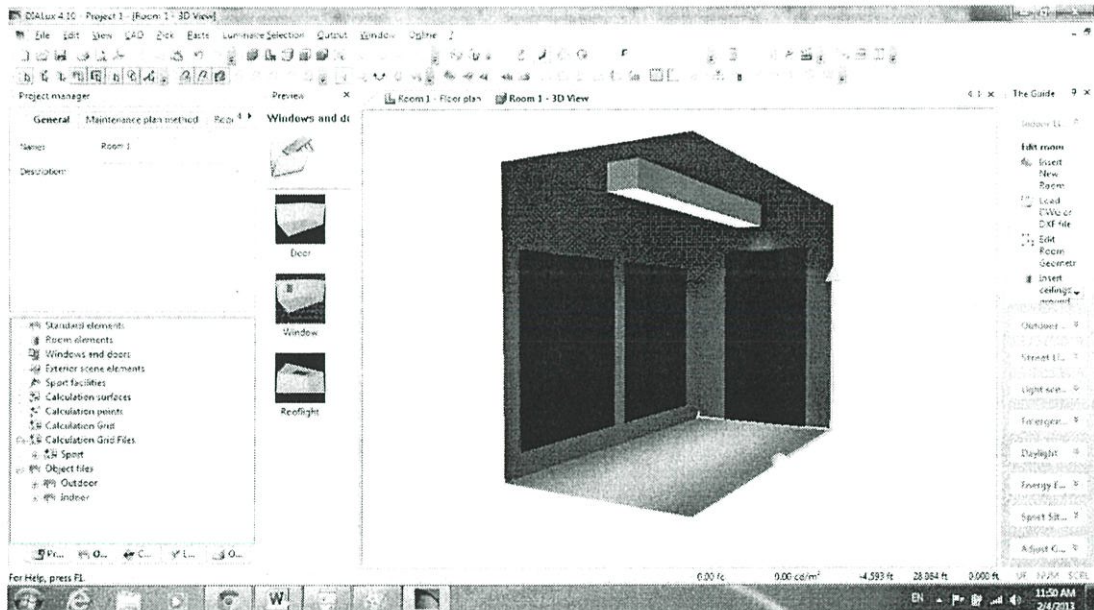
(ก) การติดตั้งหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูงขนาด 3x3 วัตต์จำนวน 2 ชุด ในตู้ทดสอบ



(ข) การจำลองตู้ทดสอบหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังด้วยโปรแกรม DIALux
รูปที่ 4.2 การจำลองตู้ทดสอบหลอดไดโอดเปล่งแสง



(ก) การติดตั้งหลอดหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่ 5 ขนาด 39 วัตต์จำนวน 1 ชุด ในตู้ทดสอบ



(ข) การจำลองตู้ทดสอบหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ 5 ด้วยโปรแกรม DIALux
รูปที่ 4.3 การจำลองตู้ทดสอบหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ 5

จากผลการจำลองด้วยโปรแกรม DIALux จะเห็นว่า การกระจายแสงสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง ที่ได้มีการกระจายแบบเป็นจุดๆ คือมีมุมการกระจายแสงน้อยกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ 5 แต่ให้ความเข้มแสงเพียงพอตามมาตรฐาน CIE โดยค่าการกระจายแสงที่ได้จากกรณีศึกษาจะเป็นดังตารางที่ 4.2 และ 4.3

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลการจำลองความเข้มแสงด้วยโปรแกรม DIALux โดยตู้ทดลองมีขนาด1x2x1.5เมตรซึ่งติดตั้งด้วยหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ขนาด 3x3 วัตต์จำนวน 2 ชุด

ประเภทพื้นผิว	สัมประสิทธิ์การสะท้อน (%)	ค่าความเข้มแสงเฉลี่ย (lux)	ค่าความเข้มแสงต่ำสุด (lux)	ค่าความเข้มแสงสูงสุด (lux)	ค่าความสม่ำเสมอของแสง
พื้นห้อง	4	294	139	473	0.453
เพดาน	4	42	33	48	0.785
กำแพง	4	85	24	149	/

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลการจำลองความเข้มแสงด้วยโปรแกรม DIALux โดยตู้ทดลองมีขนาด1x2x1.5เมตรซึ่งติดตั้งหลอดหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่5 ขนาด 36 วัตต์จำนวน 1 ชุด

ประเภทพื้นผิว	สัมประสิทธิ์การสะท้อน (%)	ค่าความเข้มแสงเฉลี่ย (lux)	ค่าความเข้มแสงต่ำสุด (lux)	ค่าความเข้มแสงสูงสุด (lux)	ค่าความสม่ำเสมอของแสง
พื้นห้อง	4	202	152	245	0.749
เพดาน	4	216	88	390	0.406
กำแพง	4	254	103	724	/

จากข้อมูลที่ได้จะเห็นว่ารูปแบบการกระจายแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง 3x3 วัตต์จำนวน 2 ชุด กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36วัตต์จำนวน 1 ชุดจะแตกต่างกันจากตารางที่ 4.2 จะพบว่าแสงสว่างที่ได้จากหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) จะเป็นรูปของการส่องเป็นจุดโดยจะเห็นได้จากค่าความเข้มแสงเฉลี่ยบริเวณเพดานกับกำแพงนั้นมีค่าน้อยมากคือ 42 และ 85ลักซ์ตามลำดับ ในทางตรงกันข้ามจากตารางที่ 4.3 จะพบว่าการกระจายแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะเป็นแบบกระจายออกทั่วทิศทางโดยจะเห็นว่าค่าความเข้มแสงเฉลี่ยบริเวณเพดาน และ กำแพงนั้นมีค่าน้อยมากคือ 216 และ 254 ลักซ์ตามลำดับ

หากจะพูดถึงแสงสว่างที่พื้นหรือเปรียบได้กับพื้นงานจริงจากความสูงดังกล่าว จะพบว่าแสงสว่างที่ได้ของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ให้ความเข้มแสงมากกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์โดยค่าจากตารางที่ 4.2 และ 4.3 คือ 294 และ 202ตามลำดับ

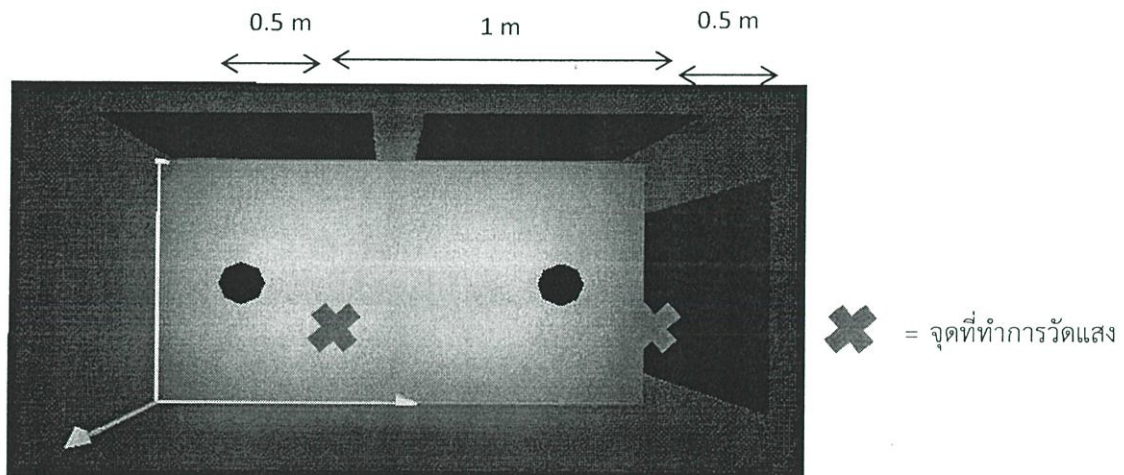
จากข้อมูลทั้งหมดที่กล่าวมาจะพบว่าข้อดีของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) คือ หากเทียบการใช้พลังงานกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่5 แล้วจะพบว่าหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง(High Power

LED) จะกินพลังงานน้อยกว่า หลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่ 5 ในขณะที่เดียวกันก็จะให้ความเข้มแสงในบริเวณที่ต้องการมากกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่ 5 ที่วัตต์น้อยกว่า

4.2 การศึกษาด้านพลังงาน

การทดลองนี้จะเป็นการทดสอบการประหยัดพลังงานและความสามารถในการปรับแสงสว่างอัตโนมัติว่าสามารถหรี่แสงได้จริงตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยความเข้มแสงที่ต้องการคือ 300-350 ลักซ์ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน CIE

โดยในการทดลองนี้จะค่อยๆทำการเปิดบานเกล็ด ในการเปิดบานเกล็ดนั้นจะแบ่งออกเป็นทั้งหมด 9 ชั้น แล้วจะทำการวัดแสงสว่างบริเวณพื้นของกล่องทดลอง เป็นบริเวณทั้งหมด 2 จุดจุดละ 2 ครั้งได้แก่ บริเวณใต้หลอดที่ 1 และบริเวณใต้หลอดที่ 2 ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 จุดที่ทำการวัดความเข้มแสงในห้องจำลอง

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงค่าต่างๆที่วัดได้จากตู้ทดสอบของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ขนาด 3x3 วัดจำนวน 2 ชุดขณะใช้วงจรหรี่ไฟอัตโนมัติช่วงเช้า (9:30 น.)

องศา บานเกล็ด (องศา)	ความเข้มแสง ณ ไดโคมไฟที่1 (lux)		ความเข้มแสง ณ ไดโคมไฟที่2 (lux)		Duty Cycle (%)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลัง (W)	Power Factor
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2					
5	292	295	298	287	95	227.1	0.129	28	0.97c
10	305	300	295	300	95	227.3	0.128	28	0.97c
20	315	314	318	298	70	227.2	0.128	28	0.97c
30	320	318	305	315	68	227.4	0.128	26	0.97c
40	333	332	320	315	20	228.0	0.122	16	0.97c
50	330	325	325	305	18	229.1	0.076	15	0.96c
60	321	320	315	333	14	229.5	0.074	14	0.96c
70	321	320	314	320	8	229.5	0.033	5	0.69c
80	519	520	550	560	8	229.8	0.035	5	0.63c

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงค่าต่างๆที่วัดได้จากตู้ทดสอบของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ขนาด 3x3 วัดจำนวน 2 จุดขณะไม่ใช้วงจรรีไฟอ์ดโนมิตช่วงเช้า (9:00 น.)

องศา บานเกล็ด (องศา)	ความเข้มแสง ณ ไตโคมไฟที่ 1 (lux)	ความเข้มแสง ณ ไตโคมไฟที่ 2 (lux)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลัง (W)	Power Factor
5	336	335	227.1	0.094	19	0.90c
10	338	340	227.1	0.094	19	0.90c
20	340	345	227.1	0.094	19	0.90c
30	343	348	227.1	0.094	19	0.90c
40	350	355	227.1	0.094	19	0.90c
50	360	358	227.1	0.094	19	0.90c
60	390	385	227.1	0.094	19	0.90c
70	430	433	227.1	0.094	19	0.90c
80	600	602	227.1	0.094	19	0.90c

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงค่าต่างๆที่วัดได้จากตู้ทดสอบของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ขนาด 3x3 วัตต์จำนวน 2 ชุดขณะใช้วงจรหรี่ไฟอัตโนมัติช่วงเที่ยง (13:00 น.)

องศา บานเกล็ด (องศา)	ความเข้มแสง ณ ใต้โคมไฟที่1 (lux)		ความเข้มแสง ณ ใต้โคมไฟที่2 (lux)		Duty Cycle (%)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลัง (W)	Power Factor
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2					
5	321	320	325	315	95	231.9	0.124	27	0.96c
10	320	324	330	326	95	228.1	0.126	27	0.97c
20	330	332	328	330	70	227.7	0.125	27	0.97c
30	341	336	345	337	70	227.6	0.125	27	0.96c
40	335	347	340	347	68	227.8	0.125	27	0.97c
50	350	356	351	352	68	227.9	0.125	27	0.96c
60	395	390	390	390	68	227.4	0.125	27	0.96c
70	380	385	384	380	68	227.3	0.133	28	0.96c
80	372	370	377	370	8	225.6	0.046	7	0.67c

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงค่าต่างๆที่วัดได้จากตู้ทดสอบของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ขนาด 3x3 วัตต์จำนวน 2 ชุดขณะไม่ใช้วงจรรีไฟต์โนมิตช่วงเที่ยง (13:00 น.)

องศา บานเกล็ด (องศา)	ความเข้มแสง ณ ไตโคมไฟที่ 1 (lux)	ความเข้มแสง ณ ไตโคมไฟที่ 2 (lux)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลัง (W)	Power Factor
5	370	375	225.6	0.093	19	0.90c
10	372	380	225.6	0.093	19	0.90c
20	375	370	225.6	0.093	19	0.90c
30	380	382	225.6	0.093	19	0.90c
40	390	384	225.6	0.093	19	0.90c
50	410	407	225.6	0.093	19	0.90c
60	430	435	225.6	0.093	19	0.90c
70	475	480	225.6	0.094	19	0.90c
80	720	715	225.6	0.094	19	0.90c

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงค่าต่างๆที่วัดได้จากตู้ทดสอบของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ขนาด 3x3 วัดจำนวน 2 ชุดขณะใช้วงจรหรี่ไฟอัตโนมัติช่วงเย็น (16:00 น.)

องศา บานเกล็ด (องศา)	ความเข้มแสง ณ ไดโอดไฟที่1 (lux)		ความเข้มแสง ณ ไดโอดไฟที่2 (lux)		Duty Cycle (%)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลัง (W)	Power Factor
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2					
5	292	295	298	287	95	227.1	0.129	28	0.97c
10	305	300	295	300	95	227.3	0.128	28	0.97c
20	315	314	318	298	70	227.2	0.128	28	0.97c
30	320	318	305	315	68	227.4	0.128	26	0.97c
40	333	332	320	315	20	228.0	0.122	16	0.97c
50	330	325	325	305	18	229.1	0.076	15	0.96c
60	321	320	315	333	14	229.5	0.074	14	0.96c
70	321	320	314	320	8	229.5	0.033	5	0.69c
80	519	520	550	560	8	229.8	0.035	5	0.63c

ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงค่าต่างๆที่วัดได้จากตู้ทดสอบของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ขนาด 3x3 วัตต์จำนวน 2 ชุดขณะไม่ใช้วงจรหรือไฟัดโนมิตช่วงเย็น (16:00น.)

องศา บานเกล็ด (องศา)	ความเข้มแสง ณ ไตโคมไฟที่ 1 (lux)	ความเข้มแสง ณ ไตโคมไฟที่ 2 (lux)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลัง (W)	Power Factor
5	336	335	227.1	0.094	19	0.90c
10	338	340	227.1	0.094	19	0.90c
20	340	345	227.1	0.094	19	0.90c
30	343	348	227.1	0.094	19	0.90c
40	350	355	227.1	0.094	19	0.90c
50	360	358	227.1	0.094	19	0.90c
60	390	385	227.1	0.094	19	0.90c
70	430	433	227.1	0.094	19	0.90c
80	600	602	227.1	0.094	19	0.90c

จากผลการทดลองเห็นได้ว่าค่าที่ได้จากชุดควบคุมหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูงในด้านพลังงานนั้นสามารถประหยัดพลังงานได้สูงในช่วงที่มุมมองคาของบานเกล็ดเปิดมากกว่า 50 องศาขึ้นไปโดยสามารถประหยัดได้สูงที่สุดมากถึง 14 วัตต์ โดยจากการทดลองจะพบว่าชุดควบคุมหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) มีความสามารถในการควบคุมความเข้มแสงให้อยู่ในช่วง 300 – 350 ลักซ์ โดยสามารถปรับค่าตัวรีเลย์ได้ตั้งแต่ 16 – 95 เปอร์เซ็นต์โดยหลอดไฟจะเริ่มหรือเมื่อมีตัวรีเลย์ต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์โดยสังเกตได้จากกระแสที่ลดลง เนื่องจากความเข้มแสงหรือความสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูงขึ้นอยู่กับกระแส กรณีที่แสงเข้ามาภายในมากเกินไปที่จะรักษาระดับความเข้มแสงได้กล่าวคือค่าตัวรีเลย์อยู่ที่ 16 เปอร์เซ็นต์แล้วจะทำให้ความเข้มแสงมีค่าความเข้มแสงสูงขึ้นเรื่อยๆเนื่องจากหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) มีความสามารถในการให้แสงสว่างได้น้อยทำหลอดไม่สามารถควบคุมความสว่างต่อไปได้

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าช่วงเวลาที่ชุดควบคุมหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) แล้วสามารถทำให้ประหยัดพลังงานได้มากที่สุด จากตารางที่ 4.4 เทียบกับ 4.5 จะพบว่าเป็นช่วงเช้าเพราะสามารถประหยัดพลังงานได้ที่องศาการเปิดบานเกล็ดตั้งแต่ 40 – 80 องศาในขณะที่ ช่วงบ่ายนั้นจากตารางที่ 4.6 เทียบกับ 4.7 จะพบว่าชุดควบคุมสามารถประหยัดการใช้ไฟได้เฉพาะองศาบานเกล็ดอยู่ที่ 80 องศาเท่านั้น และค่าที่ได้ในช่วงเย็นจากตารางที่ 4.8 เทียบกับ 4.9 จะพบว่าช่วงเวลาตอนเย็นวงจรควบคุมแสงสว่างจะสามารถประหยัดพลังงานได้น้อยกว่าช่วงเช้าเช่นกันโดยจะประหยัดที่มุมมองคาบานเกล็ด 70 – 80 องศา

4.3 การประหยัดพลังงานและความสามารถในการควบคุมความเข้มแสง

การทดลองนี้จะเป็นการเก็บค่าความเข้มแสงที่ได้จากหลอดทุกๆ 10 นาทีตั้งแต่ 9:00 – 16:00 น. โดยทิศทางการวางห้องจำลองจะวางด้านที่มีบานเกล็ดไปทางทิศตะวันออกและเพื่อเป็นการเก็บข้อมูลความสามารถและช่วงเวลาที่ชุดควบคุมสามารถประหยัดพลังงานได้ รวมไปถึงความสามารถในการควบคุมความเข้มแสงโดยหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) โดยจะต้องหรือความสว่างเมื่อมีแสงเข้ามา และจะต้องสว่างมากขึ้นเมื่อแสงจากภายนอกเข้ามาน้อย ในการวิเคราะห์ค่านั้นจะแยกวิเคราะห์โดยแบ่งเป็นช่วงเช้าคือตั้งแต่เวลา 9:00 – 13:00 น. และช่วงบ่ายคือตั้งแต่เวลา 13:10 – 16:00 น. โดยค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ได้จากการเก็บค่าจะเป็นดังตารางที่ 4.10 และ 4.11

ตารางที่ 4.10 ตารางแสดงค่าต่างๆที่วัดได้จากตู้ทดสอบของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ขนาด 3x3 วัดจำนวน 2 ชุดขณะใช้วงจรหรือไฟอัตโนมัติในช่วงเช้า (9:00–13:00 น.)

เวลา	ความเข้มแสง ณ ไดโอดไฟที่ 1 (lux)	ความเข้มแสง ณ ไดโอดไฟที่ 2 (lux)	กำลัง (W)	เวลา	ความเข้มแสง ณ ไดโอดไฟที่ 1 (lux)	ความเข้มแสง ณ ไดโอดไฟที่ 2 (lux)	กำลัง (W)
9:00	320	318	18	11:20	300	295	19
9:10	314	308	18	11:30	287	284	17
9:20	310	307	17	11:40	300	283	19
9:30	300	298	8	11:50	294	289	20
9:40	300	310	8	12:00	300	289	16
9:50	300	299	8	12:10	280	285	15
10:00	312	309	12	12:20	279	283	13
10:10	316	316	15	12:30	290	293	17
10:20	314	315	15	12:40	300	305	19
10:30	318	317	15	12:50	314	308	21
10:40	312	310	14	13:00	316	320	23
10:50	300	302	8				
11:00	298	200	8				
11:10	288	288	18				

ตารางที่ 4.11 ตารางแสดงค่าต่างๆที่วัดได้จากตู้ทดสอบของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ขนาด 3x3 วัดจำนวน 2 ชุดขณะใช้วงจรหรี่ไฟอัตโนมัติในช่วงบ่าย (13:10-16:00น.)

เวลา	ความเข้มแสง ณ ใต้โคมไฟที่1 (lux)	ความเข้มแสง ณ ใต้โคมไฟที่2 (lux)	กำลัง (W)	เวลา	ความเข้มแสง ณ ใต้โคมไฟที่1 (lux)	ความเข้มแสง ณ ใต้โคมไฟที่2 (lux)	กำลัง (W)
13:10	300	305	18	14:40	355	360	27
13:20	350	360	27	14:50	359	356	27
13:30	385	390	27	15:00	363	360	27
13:40	380	385	27	15:10	364	359	27
13:50	372	369	27	15:20	356	355	27
14:00	345	365	27	15:30	365	365	27
14:10	365	362	27	15:40	362	362	27
14:20	369	367	27	15:50	350	351	27
14:30	367	365	27	16:00	349	353	27

จากผลการทดลองจะพบว่าวงจรควบคุมความเข้มแสงนั้นจะทำงานได้ดีในช่วงเช้าคือตั้งแต่เวลาถึงเวลา 12:40 โดยจะสังเกตเห็นได้ว่าค่าในการประหยัดพลังงานนั้นไม่คงที่ เนื่องจากแสงที่ส่องเข้ามาจากภายนอกเข้าสู่กล่องทดลองมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาอันเนื่องมาจากเหตุการณ์ต่างๆไปอิเช่น เมฆบังแสงอาทิตย์ เป็นต้น

ในขณะที่ช่วงเวลาตั้งแต่ 12:50 จนไปถึงเวลา 16:00 ซึ่งเป็นเวลาเลิกงานนั้นกลับไม่สามารถประหยัดพลังงานได้อันเนื่องมาจากตำแหน่งของพระอาทิตย์เปลี่ยนไป โดยในช่วงเช้าคือตั้งแต่เวลา จนไปถึง 12:40

พระอาทิตย์จะขึ้นจากทางทิศตะวันออกและส่องเข้ามาภายในห้องจำลองได้ทำให้ตัววัดแสงสามารถจับความสว่างได้อย่างชัดเจน แต่ในทางตรงกันข้ามเมื่อเลยเวลา 12:50 เป็นต้นไปแสงจะส่องมาจากทิศตะวันตกซึ่งตัวกล่องทดลองไม่ได้ติดตั้งหน้าต่างไว้ในทิศทางนั้นๆทำให้ไม่สามารถรับค่าแสงสว่างได้ส่งผลให้ความสว่างภายในห้องทดลองน้อยกว่าในช่วงเช้าทำให้วงจควบคุมความเข้มแสงไม่สามารถช่วยให้ประหยัดพลังงานได้ โดยในทางปฏิบัติอาจสามารถติดตั้งการใช้งานวงจรควบคุมความเข้มแสงให้ทำงานเฉพาะในช่วงเช้าเมื่อหน้าต่างห้องหันไปทางทิศตะวันออก และในทางตรงกันข้ามให้ห้องที่มีหน้าต่างหันไปทางทิศตะวันตกติดตั้งวงจรควบคุมความเข้มแสงให้ทำงานเฉพาะในช่วงบ่าย เมื่อทำเช่นนี้แล้วจะเป็นการประหยัดพลังงานที่ต้องใช้ในการผลิตแสงสว่างได้อย่างแท้จริง

4.4 การศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์

ในส่วนนี้จะเป็นการเปรียบเทียบราคาค่าไฟที่ต้องจ่ายใน 1ปีระหว่างวงจรที่ใช้วงจรหรือแสงอัตโนมัติ กับหลอดไฟที่ไม่ได้ใช้วงจรหรือแสงอัตโนมัติ

สมมติให้ห้องจำลองเป็นห้องทำงานขนาดใหญ่ซึ่งมีการติดตั้งหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ติดตั้งวงจรหรือไฟเป็นจำนวน 50 ดวงเปิดไฟตั้งแต่เวลา 8:00 – 16:00 ทุกวัน และกำหนดให้ชุดที่ใช้วงจรหรือไฟในพลังงานเท่ากับเปิดบานเกล็ด 70 องศา คือ 23 วัตต์ผลที่ได้เป็นดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบอัตราการคืนทุนเมื่อใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลัง (High Power LED) ขนาด 3x3 วัตต์จำนวน 2 ชุดแบบติดตั้งวงจรหรือไฟอัตโนมัติ และแบบที่ไม่ติดตั้งวงจรหรือไฟอัตโนมัติ

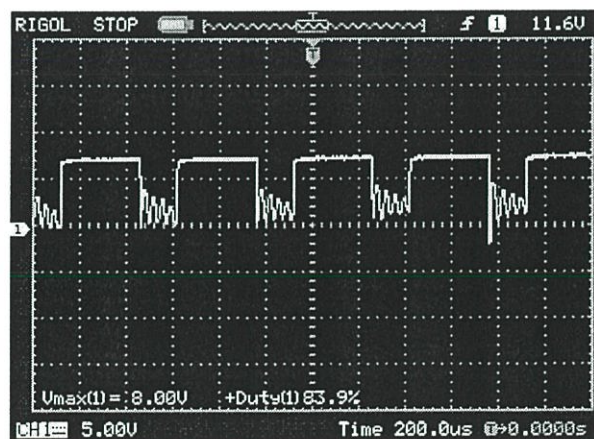
สูตรการคำนวณ	หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังแบบติดตั้งวงจรหรือไฟอัตโนมัติ	หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังแบบไม่ติดตั้งวงจรหรือไฟอัตโนมัติ
จำนวนหน่วยไฟ ต่อ ปี (หน่วย)	$\frac{(23 \times 50 \times 8 \times 240)}{1000}$ = 2,208	$\frac{(26 \times 50 \times 8 \times 240)}{1000}$ = 2,496
ค่าไฟฟ้า/ปี (บาท)	2,208 × 4 = 8,832	2,496 × 4 = 9,984
เงินที่ประหยัดต่อปี (บาทต่อปี)	9,984 – 8,832 = 1,154	

จากตารางที่ 4.12 เห็นได้ว่าหากใช้วงจรหรือไฟอต์โนมิตจำนวน 50 ชุดไปควบคุมหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) จำนวน 50 ดวง จะสามารถลดค่าไฟได้มากถึง 1,154 บาทต่อปีและถ้าหากมีการใช้จำนวนหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ที่มากขึ้นไปอีก เช่นในอาคาร หรือสำนักงานที่มีขนาดใหญ่ ก็จะสามารถประหยัดค่าไฟได้มากขึ้นอีกเป็นทวีคูณ

จะเห็นได้ว่าหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) จัดเป็นหลอดไฟทางเลือกในการประหยัดพลังงานในปัจจุบัน เนื่องจากในปัจจุบันหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) จัดเป็นหลอดประเภทที่ประหยัดพลังงานมากที่สุด โดยจากวงจรควบคุมความเข้มแสงก็เป็นอีกหนึ่งทางเลือกเพื่อที่จะเพิ่มขีดความสามารถของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ให้สามารถประหยัดพลังงานได้มากยิ่งขึ้น ดังนั้นการติดตั้งหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) และวงจรควบคุมความเข้มแสงจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจอีกทางหนึ่งทั้งในภาคครัวเรือน และภาคอุตสาหกรรมอีกด้วย

4.5 การศึกษาด้านสัญญาณไฟฟ้าที่ได้

การทดสอบในส่วนนี้จะเป็นการตรวจสอบแรงดันที่บริเวณหลอดว่าเกิดการกระชากขณะเปิด-ปิด ว่ามีแรงดันกระชากสูงเกินกว่าที่พิกัดของหรือไม่ซึ่งอาจส่งผลให้อายุการใช้งานของหลอดสั้นลงโดยสัญญาณที่ได้ นั้นเป็นดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 รูปคลื่นแรงดันตกคร่อมหลอดไฟขณะที่ปรับดิวิตซ์เซลล์ทีละ 10 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าผลของการเพิ่มค่าตัวตีไซเคิลที่ละไม่มากจะทำให้การเกิดแอมป์ขณะ มอส เพดทำการเปิด-ปิดต่ำ จากรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าค่า แรงดันสูงสุดคือ 13.4 โวลต์ซึ่งพิกัดของหลอดไฟที่ถูก นำมาใช้ในโครงการนี้มีพิกัด 12 โวลต์ ทำให้เราสามารถสรุปได้ว่าการใช้วงจรรีไฟจะไม่ทำให้เกิดไฟกระชากที่ รุนแรง อันเนื่องมาจากมอสเพดทำการเปิด-ปิดวงจรด้วยความเร็ว 20kHz จะไม่ส่งผลให้หลอดไดโอดเปล่งแสง กำลังมีอายุการใช้งานสั้นลง

4.6 การศึกษาด้านคุณภาพแสงที่ได้เมื่อใช้วงจรรีไฟ

โดยปกติแล้วหากแสงสว่างที่ได้มีค่าไม่คงที่ จะส่งผลให้เกิดอาการมึนงงได้ เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของ แสงสว่าง ด้วยความกังวลดังกล่าวทำให้คณะผู้จัดทำโครงการได้ลองทำการทดลองโดยเข้าไปนั่งในกล่องทดลอง ดังกล่าวขณะที่มีการเปิดใช้งานวงจรรีไฟอัตโนมัติผลที่ได้คือ ผู้ทดลองไม่เกิดอาการมึนงงหรือปวดหัว โดย เหตุผลที่ได้จากการทดลองนี้ทำให้ผู้ทดลองไม่เกิดอาการมึนงงคือ

4.6.1 จากตารางที่ 4.4 จะพบว่าค่าที่วงจรรีไฟทำงานนั้นค่าความเข้มแสงที่เปลี่ยนไปมีค่าแตกต่างกัน ไม่เกิน 30 ลักซ์ทำให้สายตาของคนไม่สามารถสังเกตเห็นได้

4.6.2 เนื่องจากรวงจรรีไฟอัตโนมัติที่ถูกออกแบบใช้ในการทดลองนี้มีความถี่ในการทำงานสูงถึง 20 kHz ในขณะที่สายตาของคนนั้นสามารถสังเกตเห็นไฟกระพริบได้ด้วยความเร็วในการกระพริบสูงสุดไม่เกิน 100Hz ดังนั้นการเลือกใช้ความถี่ในการสวิตซ์ของมอสเพดที่ 20 kHz จึงเป็นค่าที่เหมาะสม และสามารถแน่ใจได้ว่าผู้ใช้ จะไม่รู้สึกรมึนงงเมื่อเข้าไปอยู่ภายในห้องที่ติดตั้งชุดควบคุมความเข้มแสงอัตโนมัติอย่างนอน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยการออกแบบชุดควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสง (High power LED) จะแบ่งทำการศึกษออกเป็น 4 ส่วนหลักๆ ได้แก่ การจำลองและทำการศึกษผลการทดลองด้วยโปรแกรม DIALux ศึกษาด้านพลังงานโดยวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่เกิดขึ้นเนื่องจากวงจรหรือไฟ้อตโนมติ วิเคราะห์คลื่นสัญญาณที่ไปจ่ายให้หลอดว่ามีผลทำให้หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูงมีอายุการใช้งานที่สั้นลงหรือไม่ และวิเคราะห์คุณภาพของแสง

ในการศึกษาโดยการจำลองผลการทดลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DIALux จะพบว่าหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูงจะมีรูปแบบการกระจายแสงที่แตกต่างจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่ 5 โดยรูปแบบการกระจายแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูงนั้นจะเป็นแบบการรวมแสงส่องเป็นจุดๆเดียว ในทางตรงกันข้ามหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่ 5 จะส่องกระจายแสงไปทั่วทิศทาง โดยข้อดีที่พบจากหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูงการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DIALux คือ หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูงให้แสงสว่างที่พื้นที่งานที่ต้องการสูงกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ ในปริมาณวัตต์ที่ใกล้เคียงหรือเท่ากัน ทำให้สามารถสรุปได้ว่าหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูงสามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่ 5

นอกเหนือจากการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แล้ว ในโครงการนี้ได้มีการจำลองกล่องทดลองขนาด 1x2x1.5 เมตร โดยทำการติดตั้งหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูงขนาด 3x3 วัตต์ จำนวน 2 หลอดเพื่อตรวจวัดและวิเคราะห์ผลที่ได้จากการติดตั้งวงจรหรือแสงอัตโนมัติว่าสามารถลดการใช้พลังงานได้มากน้อยเพียงใด โดยผลลัพธ์จากการทดลองพบว่า การติดตั้งวงจรหรือไฟ้อตโนมติกับหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูงสามารถลดการใช้พลังงานได้จริงในเพราะในการใช้งานจริงในสำนักงานแสงที่เข้ามาทางหน้าต่างโดยปกติจะมากกว่า 200 ลักซ์อยู่แล้วจึงเปรียบได้กับการเปิดบานเกล็ด 70 องศาซึ่งหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูงสามารถลดการใช้พลังงานโดยการหรือทำให้กินไฟน้อยลงถึง 3 วัตต์ต่อ 2 หลอดดังนั้นในทางปฏิบัติการติดตั้งระบบแสงสว่างภายในจำเป็นต้องใช้หลอดไฟเป็นจำนวนมากทำให้วงจรหรือไฟ้อตโนมติสามารถลดการใช้พลังงานลงได้มาก

สำหรับสัญญาณแรงดันที่นำไปจ่ายให้หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูงซึ่งเกิดขึ้นมาจากการสวิชชิงของมอสเฟสนั้นจะเกิดการแดมป์ (Damping) ซึ่งจากการตรวจวัดการแดมป์ (Damping) ของสัญญาณที่ออกมาพบว่าไม่ส่งผลต่ออายุการใช้งานของหลอดไดโอดเปล่งแสงเนื่องจากค่าสูงสุดของการ แดมป์ (Damping) นั้นมีค่าต่างจากพิกัดของหลอดไฟไม่มากนัก โดยค่าสูงสุดของจุดช่วงแดมป์ (Damping) คือ 13.6 โวลต์ ในขณะที่พิกัดแรงดันของหลอดไฟที่ 12 โวลต์นั่นเอง

ในส่วนของคุณภาพแสงนั้นจัดว่าเป็นจุดด้อยของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูงเพราะมีการส่องความสว่างเป็นจุดทำให้มีแสงจ้ามากเกินไป จากการติดตั้งชุดควบคุมความสว่างด้วยสัญญาณพัลส์ของหลอด

ไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง จะสามารถกำจัดปัญหาความสว่างมากเกินไปในจุดๆนี้ได้ และยังสามารถประหยัดพลังงานได้อีกด้วย

โดยภาพรวมของผลลัพธ์ที่ออกมาสรุปได้ว่าการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) จะสามารถลดการใช้พลังงานได้มากพอสมควร และหากติดตั้งชุดควบคุมแสงสว่างด้วยสัญญาณพัลส์ของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) เข้าไปด้วยจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้ยิ่งขึ้นไปอีก

ในส่วนของการเลือกความถี่ในการสวิชชิงของมอสเฟสนั้นควรเลือกใช้ค่าในหลักกิโลเฮิร์ต เพราะหากต่ำกว่านั้นอาจทำให้ผู้ใช้งานเกิดอาการมึนงงจากการกระพริบของหลอดไฟ จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงสรุปได้ว่าแม้ในปัจจุบันหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) และวงจรหรือไฟอิตโนมิติจะยังไม่เป็นที่รู้จักกันมากนักในประเทศไทย แต่ด้วยความสามารถ และประโยชน์ต่างๆที่ได้จากหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) เชื่อว่าวันหนึ่งหลอดไฟชนิดนี้จะเข้ามามีบทบาทแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ และยังเป็นอีกทางเลือกสำหรับผู้ที่ต้องการลดการใช้พลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อมที่สดใส และยังสามารถลดการใช้เงินในกระเป๋าที่จะต้องจ่ายเป็นค่าไฟได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงพลังงานและ กฟผ. นำร่องเปลี่ยนโคมไฟถนนชนิด LED. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก :<http://www.dsm.egat.co.th/File/LED%20Lamp%20Sirikit%20Dam-th.pdf>(วันที่สืบค้นข้อมูล 12 กรกฎาคม 2557)
- [2] CIE, 2001/ISO 2002. Joint CIE/ISO standard S008/E:2001/ISO 8995-1:2002(E): Lighting of Work Places - Part 1: Indoor.
- [3] O.Holcomband R. Mueller, "The LED Lightbulb: Are we there yet?Progress andChallenges for Solid State Illuminatiion,"in Proc. IEEE Int. Conf. Pervas.Comput.Commun. Workshops, 2007, pp. 654-659.
- [4] D. Caicedo and A.Pandharipande, "Distributed Illumination Control With Local Sensing and Actuation in Networked Lighting Systems," IEEE Sensors Journal, Vol. 13, No. 3, 2012, pp 1092-1104.
- [5] M. Fischer, K. Wuand P. Agathoklis, "Intelligent Illumination Model-BasedLightingControl,"32nd International Conference on Distributed Computing Systems Workshops, 2012
- [6] G. Parise and L. Martirano, "Energy Performance of Interior Lighting Systems,"IEEE Sensors Journal, Vol. 9, No. 2, 2011, pp 880-885.
- [7] S. Matta and S.M. Mahmud, "An Intelligent Light Control System for PowerSaving," 28th Distributed Computing Systems Workshops International Conference, 2008, pp. 316-321
- [8] G. Parise and L.Martirano, "Combined Electric Light and Daylight Systems Eco design," Industry Applications Magazine, March-April 2011, pp. 14-19.
- [9] S.A. Husen, A. Pandharipande, L. Tolhuizen, Y. Wang and M. Zhao, "Lighting Systems Control for Demand Response," IEEE Power and Energy journal, vol.5, 2011, pp 52-58.
- [10] R.G. Mistrick and C.A. Casey, "Performance Modeling of Daylight Integrated Photo sensor controled Lighting System" IEEE Sensors Journal, Vol. 11, No. 3, 2011, pp903-914.

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

- [11] F.M. Rubinstein and M. Karayel, "The Measured Energy Savings from Two Lighting Control Strategies," IEEE Transaction On Industry Application, Vol. IA-20, No.5, 1984, pp. 1189-1197.
- [12] L. Martirano, "Lighting systems to save energy in educational classrooms," Optical Technique, Vol. 33, No. 1, 2009, pp. 110-115.
- [13] HEP Group USA Inc. "Daylight Control & Energy Savings," P O Box 3088 Rancho Palos Verdes, CA 90274 USA, pp. 2-7.
- [14] Cooper Industries, Ltd. "SMART ENVIRONMENTS," 600 Travis, Ste. 5800Houston, pp. 1-7.
- [15] Wing-Hung Ki, Jiying Shi, Elson Yau, Philip K. T. Mok, and Johnny K. O. Sin, "Phase-Controlled Dimmable Electronic Ballast for Fluorescent Lamps," Department of Electrical and Electronic Engineering, Hong Kong University of Science and Technology, 1999.
- [16] L.H. Goud and J.W.F. Dorleijn "Standardized data for dimming of fluorescent lamps," Development Department Roosendaal Philips Lighting B.V., 2002.

ภาคผนวก ก

รายละเอียดทางเทคนิคของอุปกรณ์ประกอบชุดควบคุม

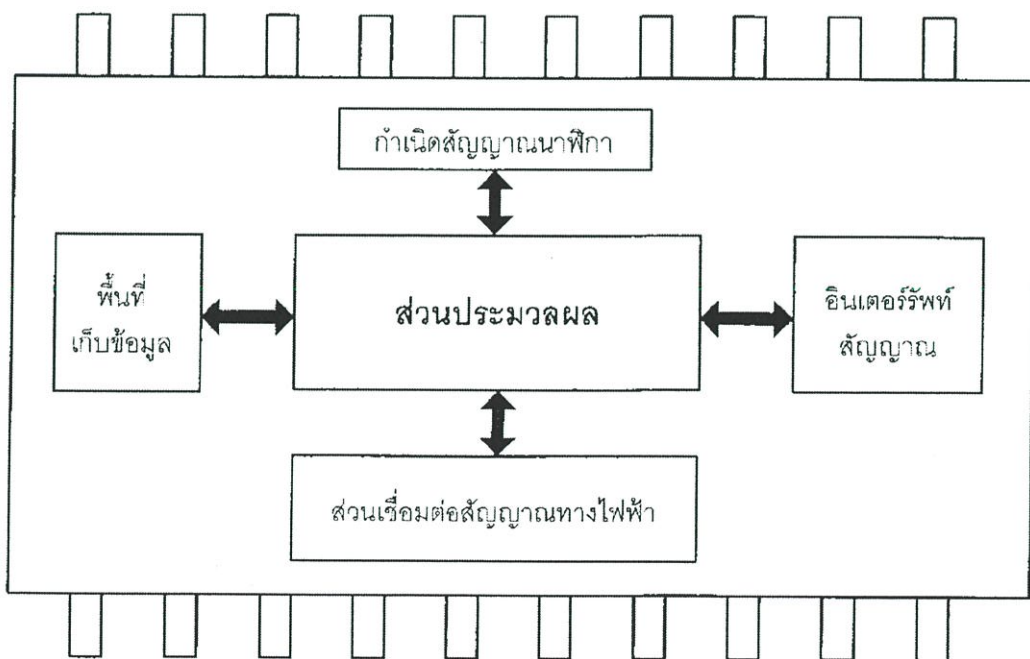
ก.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

PIC คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์อีกตระกูลหนึ่ง ย่อมาจากคำว่า Peripheral Interface Controller ซึ่ง concept ของ microcontroller ตระกูลนี้ก็คือ พยายามรวมเอาทุกอย่างเอาไว้ในตัวของมันไม่ว่าจะเป็น PROGRAM MEMROY , RAW , EEPROM , SERIAL , I2C , PWM ,A/D ฯลฯ โดยไม่จำเป็นต้องต่ออุปกรณ์เสริมจากภายนอก ในตัวของ PIC จะมีฟังก์ชันที่ใช้ในการประมวลผลรวมทั้งหน่วยความจำ ซึ่งทำให้เหมือนกับ CPU ตัวหนึ่งเลยทีเดียว

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เสมือนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าหรือระบบควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ให้มีความสามารถในการทำงานมากขึ้นโดยสามารถเปลี่ยนแปลงลำดับการทำงานได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขภายในหน่วยความจำ ทำให้สามารถนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ ใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์การไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ได้

ก.1.1 โครงสร้างหลักภายในไมโครคอนโทรลเลอร์

โครงสร้างหลักภายในไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น แบ่งออกได้หลายส่วนที่จะทำงานสัมพันธ์กัน รูปโครงสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงได้ดังภาพด้านล่าง



รูปที่ ก-1 โครงสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์

จากภาพจะเห็นว่าโครงสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ มีอยู่ 5 ส่วน คือ ส่วนพื้นที่เก็บข้อมูล ส่วนเชื่อมต่อสัญญาณทางไฟฟ้า ส่วนกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ส่วนอินเทอร์รัพท์สัญญาณ ซึ่งทั้งหมดรับส่งข้อมูลมาที่ส่วนประมวลผล ซึ่งสามารถอธิบายในแต่ละส่วนได้ดังนี้

1). ส่วนประมวลผล (Processing unit) คือส่วนที่ทำหน้าที่คำนวณทางคณิตศาสตร์ หรือการตัดสินใจแบบมีเงื่อนไข (Logic) ซึ่งจะมีการทำงานที่ซับซ้อน โดยลำดับในการทำงานของส่วนประมวลผลจะขึ้นอยู่กับลำดับคำสั่งในการทำงาน (Programming code) ซึ่งบรรจุอยู่ในส่วนพื้นที่เก็บข้อมูล

2). ส่วนพื้นที่เก็บข้อมูล (Memory unit) คือส่วนที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูล โดยแบ่งชนิดของพื้นที่เก็บข้อมูลเป็น 2 แบบ คือ แบบชั่วคราว (Random Access Memory : RAM) และแบบกึ่งถาวร (Erasable Programmable Read Only Memory : EPROM) ซึ่งพื้นที่เก็บข้อมูลแบบชั่วคราวนี้จะเป็นข้อมูลที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้อยู่ตลอดเวลาและถูกใช้เป็นข้อมูลในการเก็บค่า ตัวแปรในการคำนวณ โดยข้อมูลประเภทนี้จะสูญหายเมื่อเราหยุดจ่ายไฟเลี้ยงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนพื้นที่เก็บข้อมูลแบบกึ่งถาวรจะเป็นข้อมูลที่ใช้เก็บคำสั่งการทำงาน (Code) ซึ่งข้อมูลประเภทนี้เราสามารถเปลี่ยนแปลงได้แต่ต้องใช้กรรมวิธีพิเศษแต่ข้อมูลจะไม่สูญหายแม้ว่าจะหยุดจ่ายไฟเลี้ยงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วก็ตาม

3). ส่วนเชื่อมต่อสัญญาณไฟฟ้า (Interface unit) จะทำหน้าที่ติดต่อสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีอยู่ 2 แบบคือ อินพุตและเอาต์พุตแบบดิจิทัล (Digital I/O) โดยจะรับข้อมูลและส่งข้อมูลด้วยสัญญาณทางดิจิทัล (Digital signal) และอินพุตเอาต์พุตแบบอนาล็อก (Analog I/O) รับและส่งสัญญาณแบบสัญญาณทางอนาล็อก (Analog signal) ซึ่งในการรับส่งสัญญาณของอนาล็อกจะมีอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์บางรุ่นเท่านั้น

4). ส่วนกำเนิดสัญญาณนาฬิกา จะทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณนาฬิกาโดยใช้วงจรเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เรียกว่าวงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator circuit) ซึ่งมีอุปกรณ์หลักคือคริสตอล (XTal) มากำหนดช่วงเวลาในการประมวลผล (Execute time) ของส่วนประมวลผล โดยจะมีผลต่อความเร็วในการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้สัญญาณนาฬิกาจะยังใช้กำหนดความเร็วในการรับส่งข้อมูลดิจิทัลแบบอนุกรม (Digital series communication signal) และกำหนดความถี่ในส่วนของตัวตั้งเวลา (Timer) ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

5). ส่วนอินเทอร์รัพท์สัญญาณ จะทำหน้าที่จัดลำดับความสำคัญในการทำงานในกรณีที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานในลักษณะหลายงานพร้อมกัน (Multitasking) ซึ่งจะอำนวยความสะดวกอย่างมากในการเขียนโปรแกรมเพื่อรองรับการทำงานลักษณะนี้

ก.1.2 ประเภทของไมโครคอนโทรลเลอร์

เราสามารถแบ่งประเภทของไมโครคอนโทรลเลอร์ตามลักษณะการทำงานด้านการประมวลผลได้ 2 ประเภท ดังนี้

1). ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ RISC (Reduced instruction set computer) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีโครงสร้างการทำงานที่มีจำนวนชุดคำสั่งน้อย และแต่ละคำสั่งจะทำงานแบบง่ายๆ แต่ความเร็วในการทำงานแต่ละคำสั่งจะสูงมากซึ่งถือเป็นข้อเด่น แต่มีข้อด้อยคือชุดคำสั่งจะทำงานอย่างง่ายๆ คำสั่งในการคำนวณจะมีแค่เพียงคำสั่ง บวก และ ลบ

2). ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ CISC (Complex instruction set computer) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีโครงสร้างการทำงานมีชุดคำสั่งที่มากกว่าแบบ RISC ซึ่งแต่ละคำสั่งจะสามารถทำงานที่ซับซ้อนได้โดยใช้เพียงแค่ 1 คำสั่งเท่านั้น ซึ่งจะสะดวกมากในการใช้งานที่มีการคำนวณที่ซับซ้อนหากจะเปรียบเทียบกันพบว่า ข้อดีของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ CISC จะมีคำสั่งที่ทำงานได้ซับซ้อนมากกว่า แต่ข้อด้อยคือความเร็วในการทำงานสำหรับแบบ CISC คือความเร็วในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ CISC ต่อ 1 คำสั่ง จะช้ากว่าการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ RISC

ก.1.3 ชนิดของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ Peripheral Interface Controller (PIC)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้สามารถใช้งานได้หลากหลายด้วยตัวมันเอง โดยไม่จำเป็นต้องต่ออุปกรณ์เสริมจากภายนอก ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นถือเป็นส่วนสำคัญมาก เปรียบเสมือนเป็นสมองของหุ่นยนต์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC หากแบ่งออกตามชนิดของ Program memory สามารถแบ่งได้เป็น 3 แบบคือ

1). One Time Programmable (OTP) เป็นชิพที่มีราคาถูกที่สุดจาก 3 แบบ เนื่องจากว่าชนิดนี้จะสามารถทำการโปรแกรมได้แค่ครั้งเดียวเท่านั้น หลังจากชิพได้ถูกโปรแกรมไปแล้วจะไม่สามารถโปรแกรมเข้าไปใหม่ได้อีก ดังนั้นประเภทนี้จะนิยมใช้หลังจากได้พัฒนาโปรแกรมจนกระทั่งจุดบกพร่องต่างๆ ในโปรแกรมไม่มีอีกแล้ว เพราะจะมีต้นทุนต่ำเมื่อเทียบกับชนิดอื่น จะมีตัวอักษร C แสดงบนตัวชิพ เช่น 16C74, 16C84 เป็นต้น

2). EPROM เป็นชิพที่เมื่อเขียนโปรแกรมเข้าไปแล้วสามารถโปรแกรมใหม่ด้วยการลบโปรแกรมเดิม โดยให้แสง Ultra Violet (UV) ส่องผ่านเข้าไปยังชิพ ประมาณ 5 -10 นาที ดังนั้นที่ด้านบนของชิพจะมีกรอบกระจกเพื่อให้แสง UV สามารถส่องผ่านเข้าไปในตัวชิพได้ แต่ก็มีจำนวนครั้งในการลบโปรแกรมเช่นกัน เมื่อลบโปรแกรมด้วยแสง UV มากๆ เข้าก็ไม่สามารถโปรแกรมเข้าไปได้แล้ว จะมีตัวอักษร JW หรือมีกรอบกระจกอยู่บนตัวชิพ

3). Electronically Erasable Programmable Read Only Memory (EEPROM) เป็นชิพที่สามารถอ่านหรือเขียนด้วยสัญญาณทางไฟฟ้า ใช้เวลาในการลบข้อมูลไม่กี่วินาที และสามารถลบ

และเขียนใหม่ได้หลายพันครั้ง ทำให้เป็นที่นิยมที่สุดใน 3 ประเภท มีตัวอักษร F เป็นตัวบอก เช่น 16F84, 16F877

ก.1.4 คุณลักษณะทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC

ชนิดของหน่วยความจำ

- หน่วยความจำแบบแฟลช โปรแกรมและลบได้หลายครั้ง
- หน่วยความจำแบบโปรแกรมได้ครั้งเดียว OTP (One Time Programmable)
- หน่วยความจำ ROM (Read Only Memory) โปรแกรมและลบได้หลายครั้ง วิธีลบโดยใช้

แสงอุลตราไวโอเรต

จำนวนขาอินพุต - เอาต์พุต

- มีจำนวนขาตั้งแต่ 4 ขา จนถึงมากกว่า 120 ขา

ขนาดหน่วยความจำ

- 0.5 - 512K

คุณสมบัติอื่น ๆ

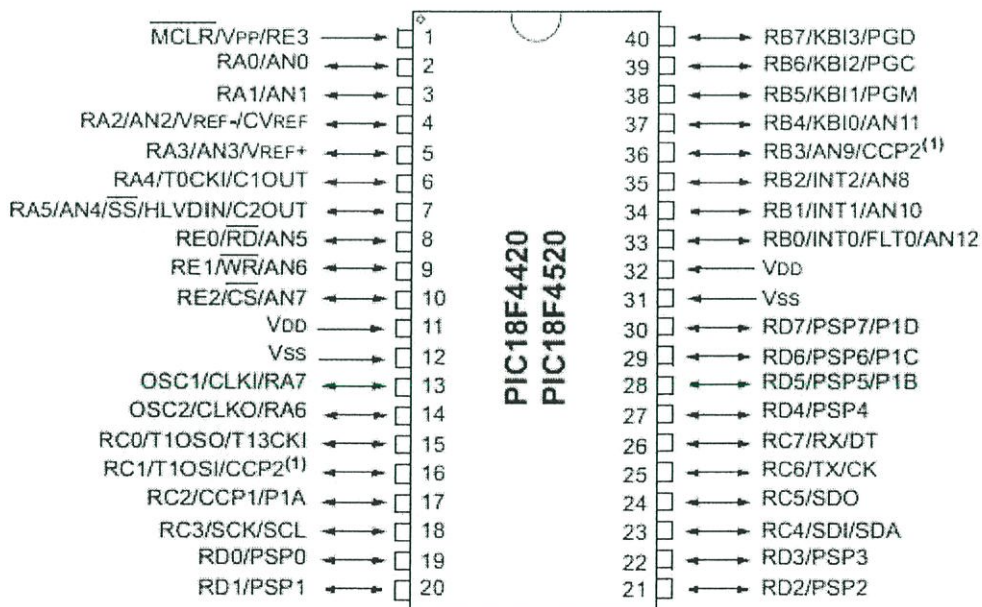
- ซีพียูเป็นแบบ RISC มีคำสั่งใช้งานประมาณ 35 คำสั่ง
- ความถี่สัญญาณนาฬิกา ตั้งแต่ไฟตรงถึงสูงสุด 80MHz
- ดิจิตอล I/O พอร์ต
- มีช่องอะนาลอกอินพุต
- มีโมดูลเปรียบเทียบแรงดันอะนาลอก
- มีไทมเมอร์ภายใน
- กระแสชอร์สและกระแสซิงค์สูง
- ตอบสนองแหล่งกำเนิดการอินเทอร์รัปต์ทั้งภายในและภายนอก
- มีวงจรเพาเวอร์อออร์รีเซต (POR)
- เพาเวอร์อัปไทมเมอร์ (PWRT)
- มีโหมดประหยัดพลังงานหรือสแตนด์บาย
- มีวอตช์ด็อกไทมเมอร์ (WDT)
- มีวงจร USB เชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก
- สามารถเลือกป้องกันข้อมูลทั้งในหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูล
- สามารถเลือกใช้วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาได้
 1. EC ใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอก
 2. ER ใช้ตัวต้านทาน
 3. INTRC ใช้ตัวต้านทานและคาปาซิเตอร์ร่วมกับสัญญาณนาฬิกาภายใน PIC เอง

4. LP ใช้คริสตอลพลังงานต่ำความถี่สูงสุดไม่เกิน 200KHz
5. XT ใช้คริสตอล ความถี่ตั้งแต่ 100KHz - สูงสุดไม่เกิน 4MHz
6. HS ใช้คริสตอลความถี่สูงสุดไม่เกิน 20MHz
 - ไฟเลี้ยง +3V. ถึง +5.5V.
 - มีโมดูล PWM (Pulse Width Modulated)
 - มีโมดูลสื่อสารข้อมูลอนุกรม USART

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC แบ่งรุ่นออกได้ 4 ขนาดคือ

- แบบชุดคำสั่งขนาด 12 บิต เบอร์ขึ้นต้นด้วย PIC12C5XXX, 16C5X
- แบบชุดคำสั่งขนาด 14 บิต เบอร์ขึ้นต้นด้วย PIC16F8X, 16F87X
- แบบชุดคำสั่งขนาด 16 บิต เบอร์ขึ้นต้นด้วย PIC17C7XX, 18C2XX
- แบบชุดคำสั่งขนาด 32 บิต เบอร์ขึ้นต้นด้วย PIC32MX3XX/4XX

ก.1.5 โครงสร้างภายนอกและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4520



รูปที่ ก-2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ PIC18F4520

PIC ชุดคำสั่งขนาด 16 บิต

PIC ตระกูลนี้นิยมใช้งานอย่างกว้างขวางมาก มีคำสั่งเพิ่ม 23 คำสั่งจาก 35 คำสั่งใน PIC ขนาด 16 บิต ทำงานที่ความถี่สูงสุด 40 MHz ดังตารางที่ ข-1

ตารางที่ ก-1 ตารางแสดงคุณสมบัติ PIC ขนาด 16 บิต

ไมโครคอนโทรลเลอร์	หน่วยความจำ	โปรแกรม	หน่วยความจำ	ข้อมูล	ความเร็ว
17C43	4096 × 16	454	33	33	-
17C752	8192 × 16	678	33	50	12
18C242	8192 × 16	512	40	23	5
18C252	16384 × 16	1536	40	23	5
18F4520	32768 × 16	1536	40	36	13

ก.2 ออปโตคัปเปิลเลอร์ (Opto-Coupler) เบอร์ TLP250

TLP250

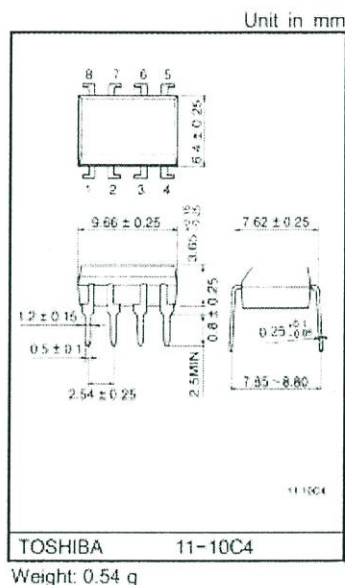
Transistor Inverter
 Inverter For Air Conditionor
 IGBT Gate Drive
 Power MOS FET Gate Drive

The TOSHIBA TLP250 consists of a GaAlAs light emitting diode and a integrated photodetector.
 This unit is 8-lead DIP package.
 TLP250 is suitable for gate driving circuit of IGBT or power MOS FET.

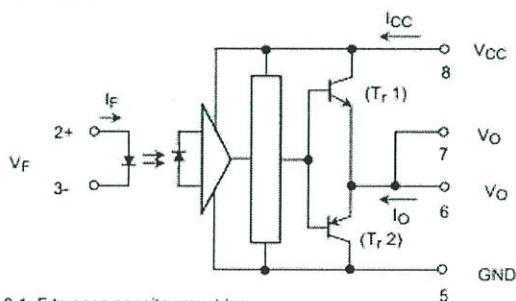
- Input threshold current: $I_F=5mA(max.)$
- Supply current (I_{CC}): $11mA(max.)$
- Supply voltage (V_{CC}): $10-35V$
- Output current (I_O): $\pm 1.5A (max.)$
- Switching time (t_{pLH}/t_{pHL}): $1.5\mu s(max.)$
- Isolation voltage: $2500V_{rms}(min.)$
- UL recognized: UL1577, file No.E67349
- Option (D4) type
 - VDE approved: DIN VDE0884/06.92.certificate No.76823
 - Maximum operating insulation voltage: $630V_{PK}$
 - Highest permissible over voltage: $4000V_{PK}$

(Note) When a VDE0884 approved type is needed, please designate the "option (D4)"

- Creepage distance: $6.4mm(min.)$
- Clearance: $6.4mm(min.)$

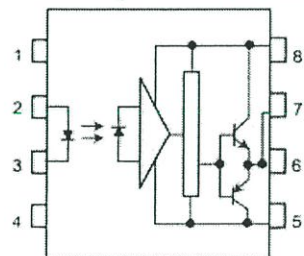


Schematic



A 0.1 μF bypass capacitor must be connected between pin 8 and 5 (See Note 5).

Pin Configuration (top view)



- 1 : N.C.
- 2 : Anode
- 3 : Cathode
- 4 : N.C.
- 5 : GND
- 6 : V_O (Output)
- 7 : V_O
- 8 : V_{CC}

Truth Table

		Tr1	Tr2
Input LED	On	On	Off
	Off	Off	On

Absolute Maximum Ratings (Ta = 25°C)

Characteristic		Symbol	Rating	Unit	
LED	Forward current	I_F	20	mA	
	Forward current derating (Ta ≥ 70°C)	$\Delta I_F / \Delta T_a$	-0.36	mA / °C	
	Peak transient forward current (Note 1)	I_{FPT}	1	A	
	Reverse voltage	V_R	5	V	
	Junction temperature	T_j	125	°C	
Detector	*H*peak output current ($P_W \leq 2.5\mu s, f \leq 15kHz$) (Note 2)	I_{OPH}	-1.5	A	
	*L*peak output current ($P_W \leq 2.5\mu s, f \leq 15kHz$) (Note 2)	I_{OPL}	+1.5	A	
	Output voltage	V_O	(Ta ≤ 70°C)	35	V
			(Ta = 85°C)	24	
	Supply voltage	V_{CC}	(Ta ≤ 70°C)	35	V
			(Ta = 85°C)	24	
	Output voltage derating (Ta ≥ 70°C)	$\Delta V_O / \Delta T_a$	-0.73	V / °C	
	Supply voltage derating (Ta ≥ 70°C)	$\Delta V_{CC} / \Delta T_a$	-0.73	V / °C	
Junction temperature	T_j	125	°C		
Operating frequency (Note 3)	f	25	kHz		
Operating temperature range	T_{opr}	-20-85		°C	
Storage temperature range	T_{sig}	-55-125		°C	
Lead soldering temperature (10 s)	T_{sol}	260		°C	
Isolation voltage (AC, 1 min., R.H. ≤ 60%) (Note 4)	BV_S	2500		Vrms	

(Note 1) Pulse width $P_W \leq 1\mu s$, 300pps

(Note 2) Exponential waveform

(Note 3) Exponential waveform, $I_{OPH} \leq -1.0A (\leq 2.5\mu s)$, $I_{OPL} \leq +1.0A (\leq 2.5\mu s)$

(Note 4) Device considered a two terminal device: Pins 1, 2, 3 and 4 shorted together, and pins 5, 6, 7 and 8 shorted together.

(Note 5) A ceramic capacitor(0.1 μF) should be connected from pin 8 to pin 5 to stabilize the operation of the high gain linear amplifier. Failure to provide the bypassing may impair the switching property. The total lead length between capacitor and coupler should not exceed 1cm.

Recommended Operating Conditions

Characteristic	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Input current, on	$I_{F(ON)}$	7	8	10	mA
Input voltage, off	$V_{F(OFF)}$	0	—	0.8	V
Supply voltage	V_{CC}	15	—	30 20	V
Peak output current	I_{OPH}/I_{OPL}	—	—	±0.5	A
Operating temperature	T_{opr}	-20	25	70 85	°C

Electrical Characteristics (Ta = -20~70°C, unless otherwise specified)

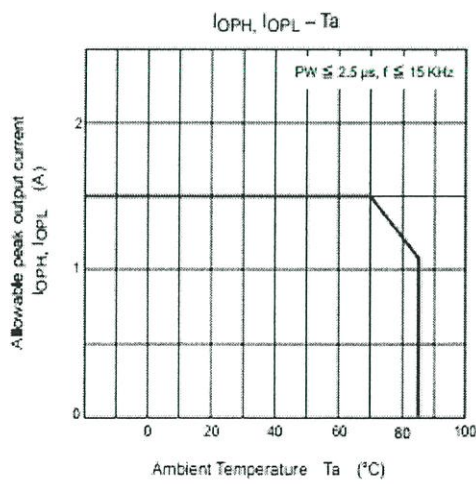
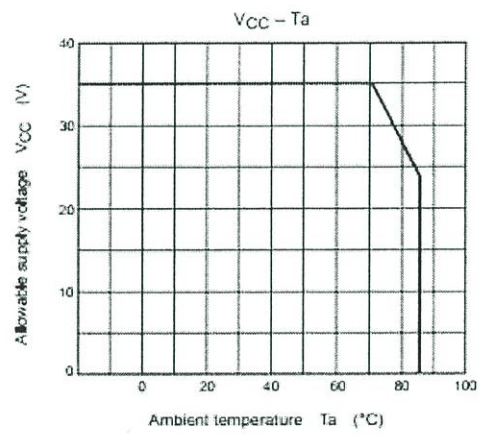
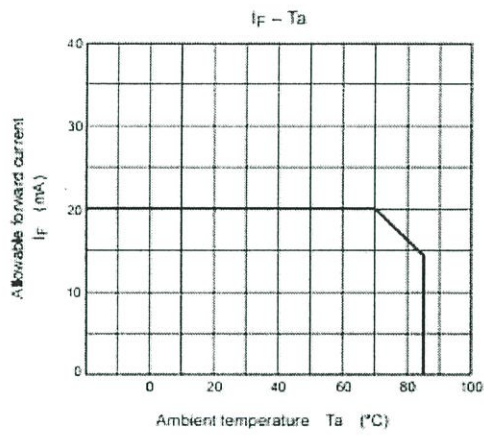
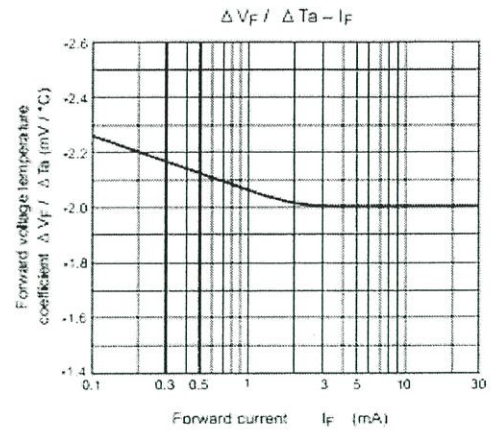
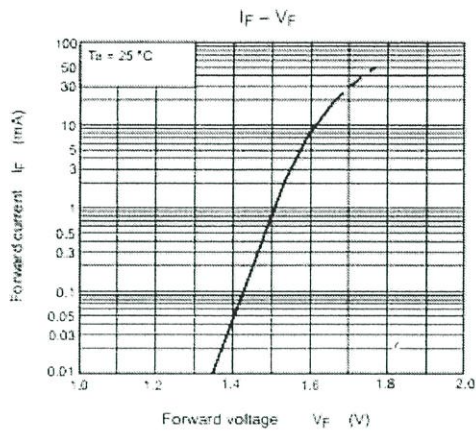
Characteristic		Symbol	Test Circuit	Test Condition	Min.	Typ.*	Max.	Unit
Input forward voltage		V _F	—	I _F = 10 mA, Ta = 25°C		1.6	1.8	V
Temperature coefficient of forward voltage		ΔV _F / ΔTa	—	I _F = 10 mA	—	-2.0	—	mV / °C
Input reverse current		I _R	—	V _R = 5V, Ta = 25°C		—	10	μA
Input capacitance		C _T	—	V = 0, f = 1MHz, Ta = 25°C		45	250	pF
Output current	"H" level	I _{OPH}	3	V _{CC} = 30V (*1) I _F = 10 mA V _{B-6} = 4V	-0.5	-1.5	—	A
	"L" level	I _{OPL}	2		I _F = 0 V _{B-5} = 2.5V	0.5	2	
Output voltage	"H" level	V _{OH}	4	V _{CC1} = +15V, V _{EE1} = -15V R _L = 200Ω, I _F = 5mA	11	12.8	—	V
	"L" level	V _{OL}	5	V _{CC1} = +15V, V _{EE1} = -15V R _L = 200Ω, V _F = 0.8V	—	-14.2	-12.5	
Supply current	"H" level	I _{CCH}	—	V _{CC} = 30V, I _F = 10mA Ta = 25°C	—	7	—	mA
				V _{CC} = 30V, I _F = 10mA	—	—	11	
	"L" level	I _{CCCL}	—	V _{CC} = 30V, I _F = 0mA Ta = 25°C	—	7.5	—	
				V _{CC} = 30V, I _F = 0mA	—	—	11	
Threshold input current	"Output L→H"	I _{FLH}	—	V _{CC1} = +15V, V _{EE1} = -15V R _L = 200Ω, V _O > 0V	—	1.2	5	mA
Threshold input voltage	"Output H→L"	I _{FHL}	—	V _{CC1} = +15V, V _{EE1} = -15V R _L = 200Ω, V _O < 0V	0.8	—	—	V
Supply voltage		V _{CC}	—		10	—	35	V
Capacitance (input-output)		C _S	—	V _S = 0, f = 1MHz Ta = 25°C	—	1.0	2.0	pF
Resistance(input-output)		R _S	—	V _S = 500V, Ta = 25°C R _H ≤ 60%	1×10 ¹²	10 ¹⁴	—	Ω

* All typical values are at Ta = 25°C (*1): Duration of I_O time ≤ 50μs

Switching Characteristics (Ta = -20~70°C, unless otherwise specified)

Characteristic		Symbol	Test Circuit	Test Condition	Min.	Typ.*	Max.	Unit
Propagation delay time	L→H	t _{pLH}	6	I _F = 8mA V _{CC1} = +15V, V _{EE1} = -15V R _L = 200Ω	—	0.15	0.5	μs
	H→L	t _{pHL}			—	0.15	0.5	
Output rise time		t _r			—	—	—	
Output fall time		t _f			—	—	—	
Common mode transient immunity at high level output		C _{MH}	7	V _{CM} = 600V, I _F = 8mA V _{CC} = 30V, Ta = 25°C	-5000	—	—	V / μs
Common mode transient immunity at low level output		C _{ML}	7	V _{CM} = 600V, I _F = 0mA V _{CC} = 30V, Ta = 25°C	5000	—	—	V / μs

* All typical values are at Ta = 25°C



International
IR Rectifier

PD - 91437B

IRF9540N

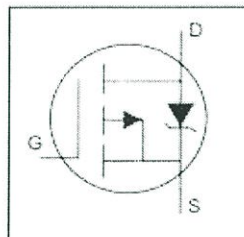
HEXFET® Power MOSFET

- Advanced Process Technology
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- P-Channel
- Fully Avalanche Rated

Description

Fifth Generation HEXFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET Power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.

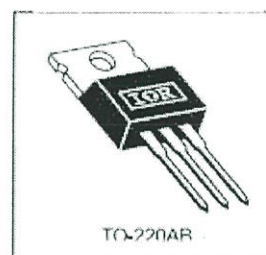
The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.



$$V_{DS} = -100V$$

$$R_{DS(on)} = 0.117\Omega$$

$$I_D = -23A$$



Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ -10V$	-23	A
$I_D @ T_C = 100^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ -10V$	-16	
I_{DM}	Pulsed Drain Current ①	-76	
$P_D @ T_C = 25^\circ C$	Power Dissipation	140	W
	Linear Derating Factor	0.91	W/°C
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 20	V
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy ②	430	mJ
I_{AR}	Avalanche Current ③	-11	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy ④	14	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ⑤	-5.0	V/ns
T_J	Operating Junction and	-55 to +175	°C
T_{STG}	Storage Temperature Range		
	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case)	
	Mounting torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf·in (1.1N·m)	

Thermal Resistance

	Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	1.1	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	0.50	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	62	

Electrical Characteristics @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

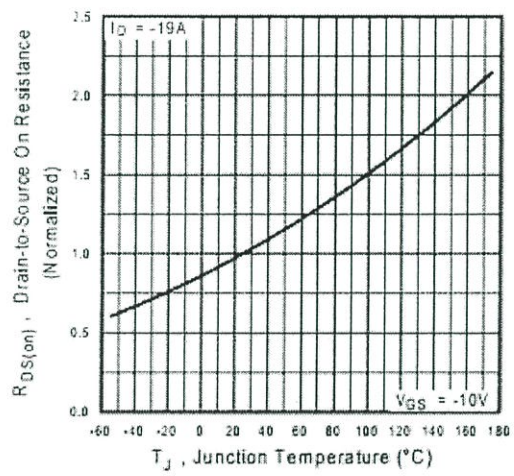
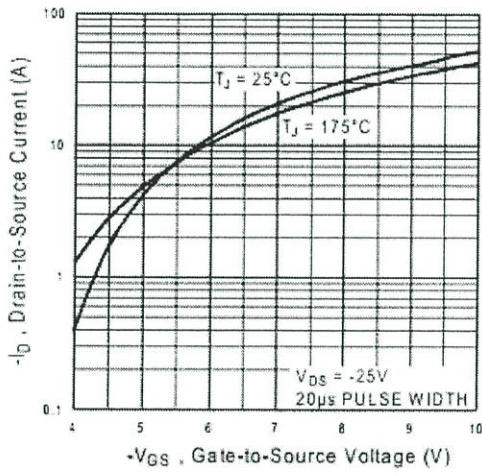
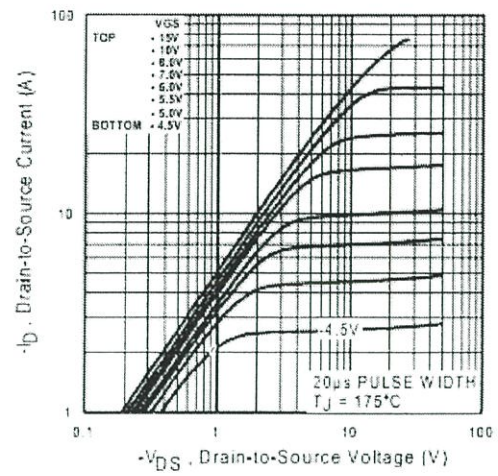
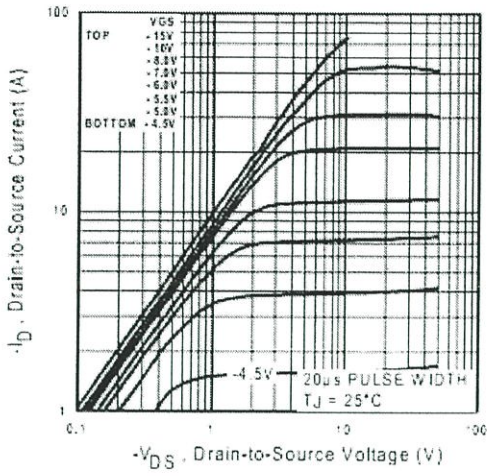
	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
$V_{(BR)DSS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	-100	—	—	V	$V_{GS} = 0V, I_D = -250\mu A$
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	-0.11	—	V/ $^\circ\text{C}$	Reference to $25^\circ\text{C}, I_D = -1mA$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	0.117	Ω	$V_{GS} = -10V, I_D = -11A$ ③
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	-2.0	—	-4.0	V	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = -250\mu A$
g_{fs}	Forward Transconductance	5.3	—	—	S	$V_{DS} = -50V, I_D = -11A$
I_{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	-25	μA	$V_{DS} = -100V, V_{GS} = 0V$
I_{GSS}	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	-250	nA	$V_{DS} = -80V, V_{GS} = 0V, T_J = 150^\circ\text{C}$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100	nA	$V_{GS} = 20V$
Q_g	Total Gate Charge	—	—	97	nC	$I_D = -11A$
Q_{gs}	Gate-to-Source Charge	—	—	15	nC	$V_{DS} = -80V$
Q_{gd}	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	51	nC	$V_{GS} = -10V$, See Fig. 6 and 13 ④
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	15	—	ns	$V_{DD} = -50V$
t_r	Rise Time	—	67	—		$I_D = -11A$
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	51	—		$R_G = 5.1\Omega$
t_f	Fall Time	—	51	—		$R_G = 4.2\Omega$, See Fig. 10 ⑤
L_D	Internal Drain Inductance	—	4.5	—	nH	Between lead, 6mm (0.25in.) from package and center of die contact
L_S	Internal Source Inductance	—	7.5	—		
C_{iss}	Input Capacitance	—	1300	—	pF	$V_{GS} = 0V$
C_{oss}	Output Capacitance	—	400	—		$V_{DS} = -25V$
C_{rss}	Reverse Transfer Capacitance	—	240	—		$f = 10\text{MHz}$, See Fig. 5

Source-Drain Ratings and Characteristics

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
I_S	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	-23	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode.
I_{SM}	Pulsed Source Current (Body Diode) ①	—	—	-76		
V_{SD}	Diode Forward Voltage	—	—	-1.6	V	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_S = -11A, V_{GS} = 0V$ ②
t_{rr}	Reverse Recovery Time	—	150	220	ns	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_F = -11A$
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge	—	830	1200	nC	$di/dt = -100A/\mu s$ ③
t_{on}	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by L_S+L_D)				

Notes:

- ① Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature. (See fig. 11)
- ② Starting $T_J = 25^\circ\text{C}$, $L = 7.1\text{mH}$
 $R_G = 25\Omega, I_{AS} = -11A$. (See Figure 12)
- ③ $I_{SD} \leq -11A, di/dt \leq -470A/\mu s, V_{DD} \leq V_{(BR)DSS}, T_J \leq 175^\circ\text{C}$
- ④ Pulse width $\leq 300\mu s$, duty cycle $\leq 2\%$.



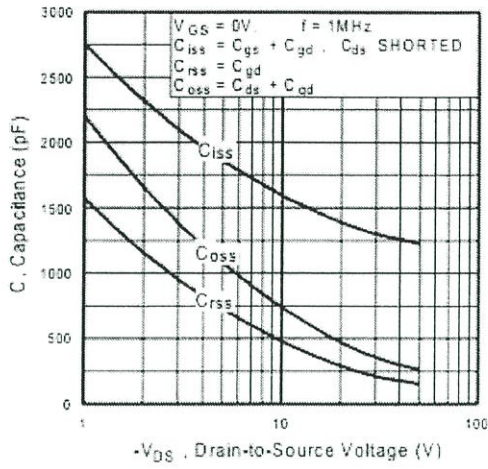


Fig 5. Typical Capacitance Vs. Drain-to-Source Voltage

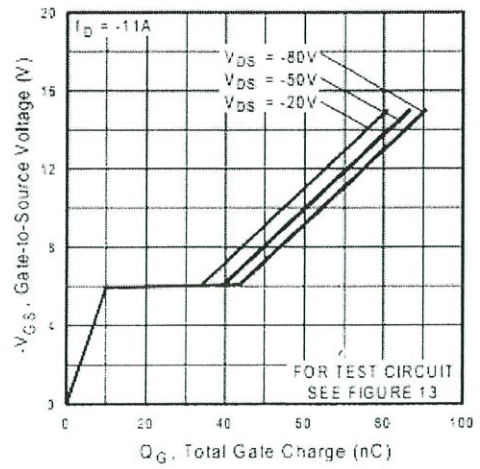


Fig 6. Typical Gate Charge Vs. Gate-to-Source Voltage

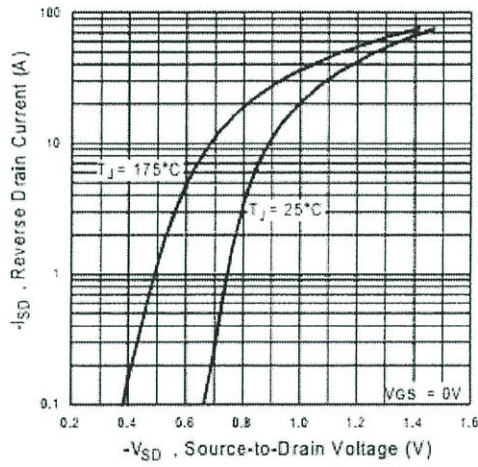


Fig 7. Typical Source-Drain Diode Forward Voltage

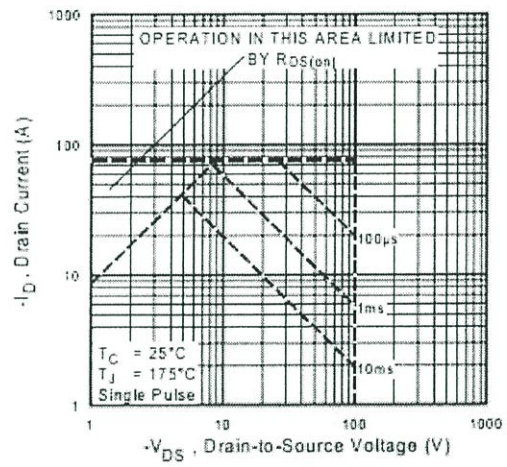


Fig 8. Maximum Safe Operating Area

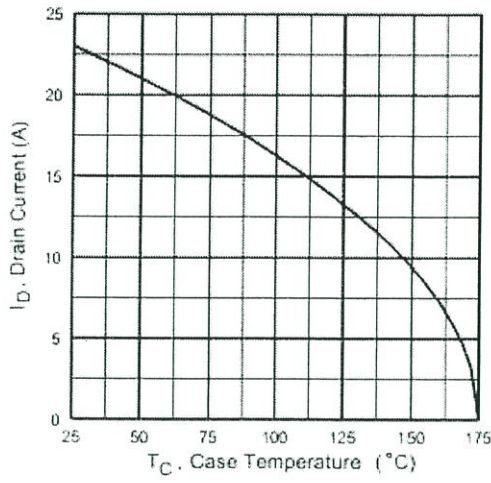


Fig 9. Maximum Drain Current Vs. Case Temperature

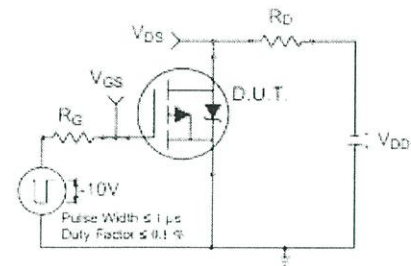


Fig 10a. Switching Time Test Circuit

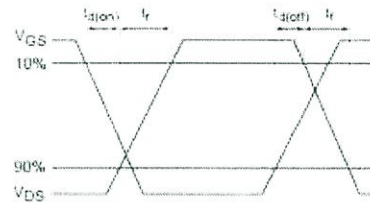


Fig 10b. Switching Time Waveforms

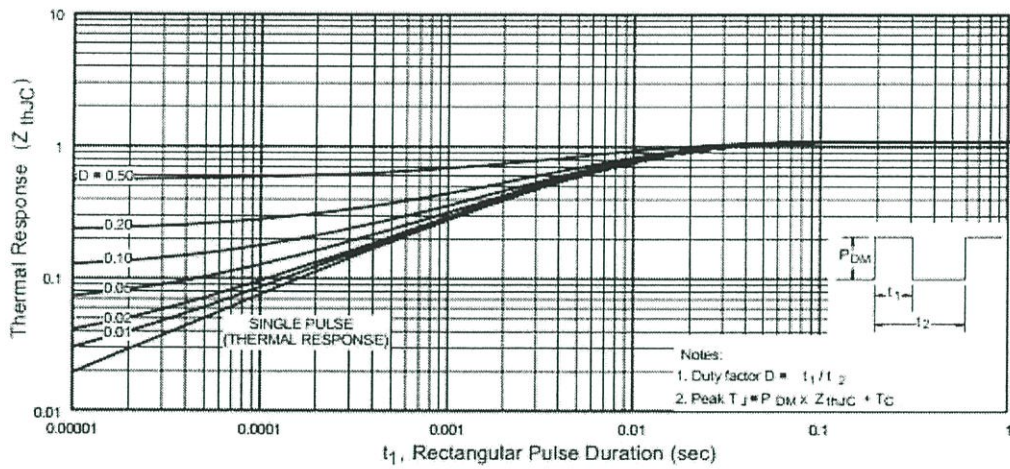


Fig 11. Maximum Effective Transient Thermal Impedance, Junction-to-Case

ก.3 เซนเซอร์ เบอร์ TEMT6000



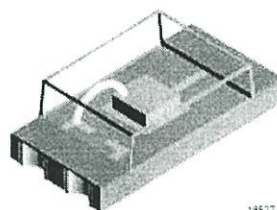
TEMT6000

Vishay Semiconductors

Ambient Light Sensor

Description

TEMT6000 is a silicon NPN epitaxial planar phototransistor in a miniature transparent mold for surface mounting onto a printed circuit board. The device is sensitive to the visible spectrum.



Features

- Adapted to human eye responsivity
- Wide angle of half sensitivity $\phi = \pm 60^\circ$
- SMD style package on PCB technology
- Suitable for IR reflow soldering
- Lead free component
- Component in accordance to RoHS 2002/95/EC and WEEE 2002/96/EC

Applications

Ambient light sensor for display backlight dimming in:
 Mobile phones
 Notebook computers
 PDA's
 Cameras
 Dashboards

Absolute Maximum Ratings

$T_{amb} = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise specified

Parameter	Test condition	Symbol	Value	Unit
Collector Emitter Voltage		V_{CEO}	6	V
Emitter Collector Voltage		V_{ECO}	1.5	V
Collector current		I_C	20	mA
Total Power Dissipation	$T_{amb} \leq 55^\circ\text{C}$	P_{tot}	100	mW
Junction Temperature		T_j	100	$^\circ\text{C}$
Operating Temperature Range		T_{amb}	- 40 to + 85	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range		T_{stg}	- 40 to + 85	$^\circ\text{C}$
Soldering Temperature	$t \leq 3$ s	T_{sd}	260	$^\circ\text{C}$
Thermal Resistance Junction/ Ambient		R_{thJA}	450	K/W

Basic Characteristics

T_{amb} = 25 °C, unless otherwise specified

Parameter	Test condition	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Collector Emitter Breakdown Voltage	I _C = 0.1 mA	V _{CEO}	6			V
Collector dark current	V _{CE} = 5 V, E = 0	I _{CEO}		3	50	nA
Collector-emitter capacitance	V _{CE} = 0 V, f = 1 MHz, E = 0	C _{CEO}		16		pF
Collector Light Current	E _v = 20 lx, standard light A	I _{ca}	3.5	10	16	μA
	E _v = 100 lx, standard light A	I _{ca}		50		μA
Angle of Half Sensitivity		φ		±60		deg
Wavelength of Peak Sensitivity		λ _p		570		nm
Range of Spectral Bandwidth		λ _{0.1}		360 to 970		nm
Collector Emitter Saturation Voltage	E _v = 20 lx, 0.45 μA	V _{CEsat}		0.1		V

Typical Characteristics (T_{amb} = 25 °C unless otherwise specified)

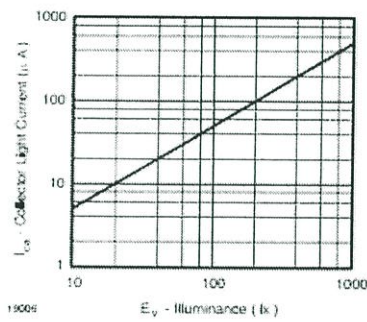


Figure 1. Collector Light Current vs. Illuminance

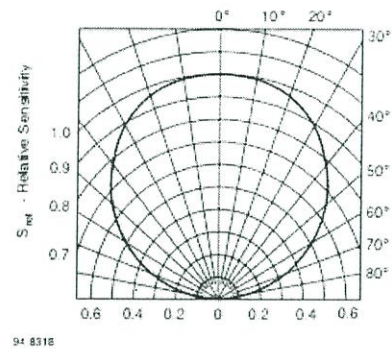


Figure 3. Relative Radiant Sensitivity vs. Angular Displacement

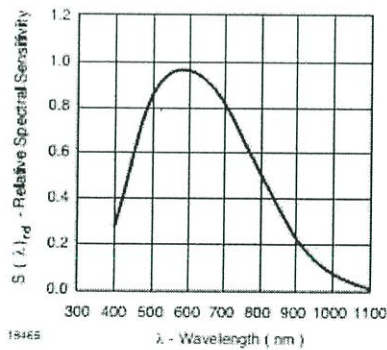


Figure 2. Relative Spectral Responsivity vs. Wavelength

Reflow Solder Profiles

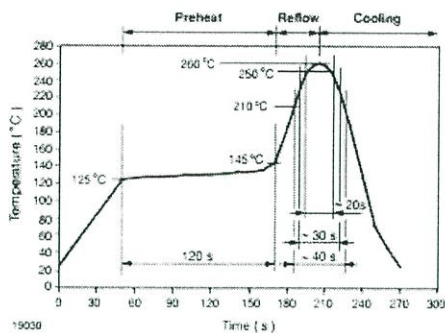


Figure 4. Lead-Free (Sn) Reflow Solder Profile

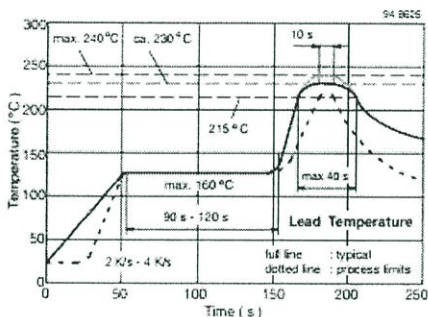


Figure 5. Lead Tin (SnPb) Reflow Solder Profile

Drying

In case of moisture absorption devices should be baked before soldering. Conditions see J-STD-020 or Label. Devices taped on reel dry using recommended conditions 192 h @ 40 °C (+ 5 °C), RH < 5 %

Drypack

Devices are packed in moisture barrier bags (MBB) to prevent the products from moisture absorption during transportation and storage. Each bag contains a desiccant.

Floor Life

Floor life (time between soldering and removing from MBB) must not exceed the time indicated in J-STD-020. TEMT6000 is released for: Moisture Sensitivity Level 4, according to JEDEC, J-STD-020

Floor Life: 72 h

Conditions: $T_{amb} < 30\text{ °C}$, RH < 60 %

ก.4 ไดรฟ์เวอร์ขนาด 18 โวลต์ สำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง

OPTOTRONIC®

OTe 9/220-240/700 PC



**700mA Constant Current LED Power Supply with
PhaseCut functionality**

**Technical
Information**

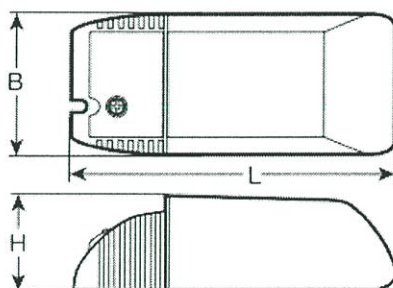
Edition: March 2012
Subject to change

Technical data

Reference:	OTe 9/220-240/700 PC
For LED modules:	700 mA LED
Nominal Voltage:	220 – 240 V _{AC}
Line Current, nominal:	56mA @ 230V
Mains Frequency:	50/60 Hz
Protection Class:	II
Output Current:	700 mA _{DC}
(Remark)	+/- 5%
Output voltage:	7,5 V _{DC} – 14 V _{DC}
(Remark)	Maximum < 20 V _{DC}
Output Power:	10 W
(Remark)	Partial Load 5,5W .. 10W
Rated Power factor:	≥ 0,85 (full load) @ 230V > 0,75 (minimum load) @ 230V
Power Loss:	< 3 W max.
ECG efficiency:	≥ 77%
(Remark)	full load at 230V
Power Loss in no load condition	< 1,5 W
(Remark):	No load condition
Input Voltage:	195 – 264 VAC
(Remark)	Permitted voltage range
DC Voltage:	No
Dimmable:	Yes
(Remark)	Suitable for use with electronic leading- and trailing edge dimmer (Phase Cut)
Dimming Range:	10%.....100%
No-load proof:	Yes
Short circuit protection:	Automatic, reversible
Overload protection:	Automatic, reversible
Overtemperature protection:	Automatic, reversible
Ambient temperature range, t _a :	-20 °C to +50 °C
Max. case temperature at t _c point:	70 °C
ECG Lifetime:	50.000h
(Remark)	at t _{case} = 70 °C at t _c point and 10% failure rate
Maximum casing temperature in case of fault	110°C

Inrush current:	< 10 A
(Remark)	$t_{width} = 250 \mu s$ (measured at 50% I_{peak})
Max. no. of ECG @ circuit breakers 10 A (B type):	150
Max. no. of ECG @ circuit breakers 16 A (B type):	160
Terminal:	Input: Screw terminals Output: Screw terminals
Cable cross section input side	0,5 mm ² – 2,5 mm ²
(Remark)	Solid and flexible
Wire preparation length Input side:	5,0 mm
Cable cross section output side:	0,5 mm ² – 2,5 mm ²
(Remark)	Solid and flexible
Wire preparation length output side:	5,0 mm
Max. cable length - system:	2 m
Geometry (l x b x h):	109 x 53 x 33 mm
Weight:	~ 100g
IP Code:	IP20
(Remark)	
Safety:	IEC 61347-1, IEC 61347-2-13
Performance:	IEC 62384
Radio interference:	CISPR 15
Harmonic content:	IEC 61000-3-2
Immunity:	IEC 61000-3-3 IEC 61547
Surge capability:	L-N: 1kV
Galvanic isolation primary/secondary :	3,75 kVrms
(Remark)	SELV-equivalent
Approvals:	CE   10 (in preparation)

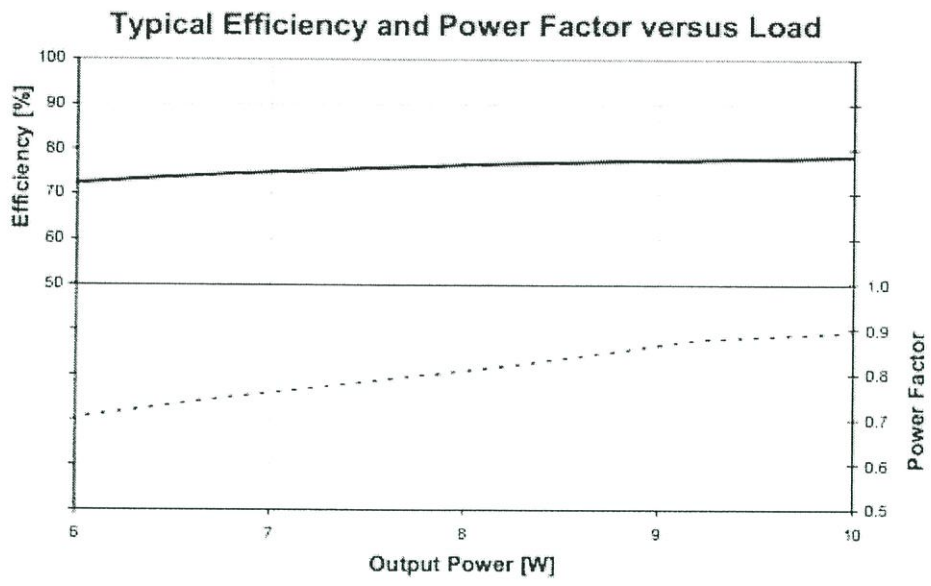
Geometry



$l = 109 \text{ mm}$, $b = 53 \text{ mm}$, $h = 33 \text{ mm}$.

Ordering information

	EAN 10 (1 pc)	EAN 40 (20 pcs)
OTe 9/220-240/700 PC	4008321688842	4008321688859



ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัวหัวหน้าโครงการ

ชื่อ (ภาษาไทย) รศ.ดร.อรรถพล เก้าพิทักษ์กุล
(ภาษาอังกฤษ) Atthapol Ngaopitakkul, Ph.D.

วัน เดือน ปีเกิด 28 สิงหาคม 2521

เพศ ชาย สถานะทางการสมรส โสด

ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์

หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้ พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพฯ 10520 โทร 02-329-8330 โทรสาร 02-329-8330

เบอร์มือถือ 0817324318 Email knatthap@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีจบ
ปริญญาเอก	วิศวกรรมไฟฟ้า	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2550
ปริญญาโท	วิศวกรรมไฟฟ้า	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2447
ปริญญาตรี	วิศวกรรมไฟฟ้า	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2545

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ Power System, Power System Protection, Application of Wavelet Transform to power system protection, Artificial Neural Networks, Illumination, Energy Management

ผลงานวิจัยย้อนหลัง 3 ปีและผลงานวิจัยอื่นๆ (เช่น Proceedings หนังสือ ฯลฯ)

Journal Papers

1. A. Ngaopitakkul, and S. Bunjongjit, "An application of a discrete wavelet transform and a back-propagation neural network algorithm for fault diagnosis on single-circuit transmission line," *International Journal of Systems Science (IJSS)*, Vol. 44, No. 9, September, 2013, pp. 1745-1761. (ISI Impact factor 2012 = 1.305)
2. C. Jettanasen, and A. Ngaopitakkul, "A Novel Probabilistic Neural Networks-Based Algorithm for Classifying Internal Fault in Transformer Windings" *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering (TEEE)*, Vol. 8, No. 3, March, 2013, pp. 123-131. (ISI Impact factor 2011 = 0.394)
3. A. Ngaopitakkul and C. Jettanasen, "Selection of Proper Activation Functions in Back-Propagation Neural Networks Algorithm for Identifying the phase with fault appearance in Transformer Windings," *International Journal of Innovative Computing, Information and Control (IJICIC)*, Vol. 8, No. 6, June, 2012, pp. 4299-4318. (ISI Impact factor 2010 = 1.664)
4. S. Bunjongjit and A. Ngaopitakkul, "Selection of Proper Artificial Neural Networks for Fault Classification on Single Circuit Transmission Line," *International Journal of Innovative Computing, Information and Control (IJICIC)*, Vol. 8, No. 1(A), January, 2012, pp. 361-374. (ISI Impact factor 2010 = 1.664)
5. A. Ngaopitakkul and C. Jettanasen, "The comparisons technique of coefficient DWT for identifying Simultaneous Fault Types on Transmission System," *International Journal of Innovative Computing, Information and Control (IJICIC)*, Vol. 7, No. 10, October, 2011, pp. 5789-5800. (ISI Impact factor 2010 = 1.664)

ประวัติการทำงานที่สำคัญ และ Professional Activities

Committee : IEEJ-EIT Joint Symposium : Advanced Technology in Power Systems (2008-2009)

Committee : Illuminating Engineering Association of Thailand (TIEA) (Jan 2008 – Present)

Committee : Thai Mechanical and Electrical Design and Consulting Engineer Association (MECT)
(Oct 2008 – Present)

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

Dec 2012 – Present	Head of Research Project “Development of Earth Terminal Configuration of Towers Using Impulse Characteristics” {Supported by the EGAT Research Fund, Thailand}
Mar 2012 – Present	Head of Research Project “An Application of Discrete Wavelet Transform and Artificial Intelligent for Fault Diagnosis in Distribution System” {Supported by the National Research Council of Thailand, Thailand}
Sep 2011 – May 2012	Advisor of Research Project “Study and analysis of harmonics issued from electronic ballast of T5 fluorescent lamp” {Supported by EPPO Fund, Thailand}
Oct 2010 – Sep 2011	Researcher of Project “The Classification of fault in power transformer using Discrete Wavelet Transform” {Supported by the Faculty of Engineering Fund, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, Thailand}
Sep 2010 – May 2011	Advisor of Research Project “Feasibility and System Impact Study of Energy Saving using T5 in Building” {Supported by EPPO Fund, Thailand}
Dec 2009 – Nov 2011	Head of Research Project “An Application of Discrete Wavelet Transform and Artificial Intelligent Algorithm for Simultaneous Fault Diagnosis in Electrical Power Transmission Systems” {Supported by the King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang Research Fund, Thailand}
Oct 2009 – Sep 2010	Head of Research Project “Fault Diagnosis in Underground Cable Systems using Discrete Wavelet Transform” {Supported by the Faculty of Engineering Fund, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, Thailand}

Oct 2008 – Sep 2009 Researcher of Project “Fault Analysis on Single Circuit Transmission line Using Discrete Wavelet Transform and Fuzzy Logic” {Supported by the Faculty of Engineering Fund, Srinakarinwirot, Thailand}

Oct 2007 – Sep 2008 Researcher of Project “An Application of Discrete Wavelet Transform and Neural Network for Fault Diagnosis in Transmission Systems” {Supported by the Faculty of Engineering Fund, Srinakarinwirot, Thailand}