อุปกรณ์ปรับความเข้มการส่องสว่างอัตโนมัติเพื่อช่วยรักษาสุขภาพสายตา

โดย

นางสาว สัจจาพร มีแก้ว	รหัสนักศึกษา	B5613854
นางสาว จีรวรรณ บรรลือ	รหัสนักศึกษา	B5618453
นางสาว ฐิติกานต์ ตันวิรัตน์	รหัสนักศึกษา	B5701094

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชา 527499 โครงงานวิศวกรรมโทรคมนาคม

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2557

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประจำภาคการศึกษาที่ 1ปีการศึกษา 2559

อุปกรณ์ปรับความเข้มการส่องสว่างอัตโนมัติเพื่อช่วยรักษาสุขภาพสายตา

คณะกรรมการสอบโครงงาน

_____

(อาจารย์ ดร.เศรษฐวิทย์ ภูฉายา)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

_____

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร. ประโยชน์ คำสวัสดิ์)

กรรมการ

_____

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวี หัตถกรรม)

กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับรายงานโครงงานฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม วิชา 527499 โครงงานวิศวกรรมโทรคมนาคม ประจำปีการศึกษา 2559

โครงงาน	อุปกรณ์ปรับความเข้มการส่องสว่างอัตโนมัติเพื่อช่วยรักษาสุขภาพสายตา		
จัดทำโดย	นางสาว สัจจาพร มีแก้ว	รหัสนักศึกษา	B5613854
	นางสาว จีรวรรณ บรรลือ	รหัสนักศึกษา	B5618453
	นางสาว ฐิติกานต์ ตันวิรัตน์	รหัสนักศึกษา	B5701094
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. เศรษฐวิทย์ ภูฉายา		
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม		
ภาคการศึกษาที่	1/2559		

บทคัดย่อ

(Abstract)

ในปัจจุบันนี้การใช้งานแสงสว่างจากหลอดไฟจำเป็นอย่างมากในชีวิตประจำวันของมนุษย์ เพราะทำให้มนุษย์สามารถดำเนินกิจกรรมต่างๆได้สะดวกมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามหากหลอดไฟให้ความเข้มการส่องสว่างที่ไม่เพียงพอหรือมากเกินไป อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพสายตาของมนุษย์ โดยการทำงานในบริเวณที่มีความสว่างมากหรือน้อยจนเกินไป จะทำให้เกิดผลเสียต่อผู้ทำงาน ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง ดังนั้นโครงงานนี้จึงเสนอการออกแบบและประดิษฐ์หลอดไฟปรับความเข้มแสงสว่างอัตโนมัติตามพื้นที่ใช้งาน โดยประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เป็นการผสมผสานการทำงานของArduino lamp dimmer กับ Arduino hardware ในการควบคุมความเข้มการส่องสว่างของหลอดไฟ ซึ่งสามารถควบคุมได้ผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการ Android

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่องอุปกรณ์ปรับความเข้มการส่องสว่างอัตโนมัติเพื่อช่วยรักษาสุขภาพสายตา สามารถสำเร็จลุลวงไปได้ด้วยดีเนื่องจากคณะผู้จัดทำโครงงานได้รับความช่วยเหลือด้านต่างๆ จากอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. เศรษฐวิทย์ ภูฉายา ผู้ที่เป็นแนวความคิดริเริ่มในโครงงานเรื่องอุปกรณ์ปรับความเข้มการส่องสว่างอัตโนมัติเพื่อช่วยรักษาสุขภาพสายตา และให้คำปรึกษาในทุกๆด้าน

ขอขอบคุณ Mr. Nicu Florica ผู้ออกแบบวงจรและให้คำปรึกษาและช่วยแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับวงจรหรี่ไฟนี้

ขอขอบคุณคณาจารย์ บุคลากรนักศึกษาบัณฑิตศึกษาสาขาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกท่าน รวมไปถึงเพื่อนทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือแก่คณะผู้จัดทำในด้านต่างๆ และสุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบคุณบิดามารดา ที่ท่านให้การดูแลเอาใจใส่และอยู่เคียงข้างมาโดยตลอด จนกระทั่งโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้จัดทำโครงงานใคร่ขอขอบพระคุณทุกๆท่านที่ได้กล่าวไปแล้ว ณ ที่นี้ สำหรับส่วนดีของโครงงานชิ้นนี้ ขออุทิศให้แก่คณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่คณะผู้จัดทำโครงงาน หากโครงงานชิ้นนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ทางคณะผู้จัดทำโครงงานใคร่ขอน้อมรับและขออภัยมา ณ ที่นี้

นางสาว สัจจาพร มีแก้ว
นางสาว จีรวรรณ บรรลือ
นางสาว ฐิติกานต์ ตันวิรัตน์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตงาน	2
1.4ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5แผนดำเนินงาน	2
บทที่ 2ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 มาตรฐานการส่องสว่างของ CIE	3
2.3 ความส่องสว่างและความสว่าง	4
2.4ผลกระทบของความส่องสว่างที่มีผลต่อสายตา	4
2.4.1 แสงสว่างน้อยเกินไป	4
2.4.2 แสงสว่างที่มากเกินไป	4
2.4.3การใช้แสงสว่างในเวลาและพื้นที่ที่ไม่จำเป็น	5
2.5 การทำงานของวงจรหรี่ไฟ	5
2.5.1 OPTO ISOLATE	5
2.5.2 ไตรแอก(Triac)	6
2.5.3 ตัวต้านทานชนิดคงที่	7
2.5.4 ไดโอด (Diode)	8
2.5.5อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง (Optocouplers)	11

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง **หน้า**

2.6 หลอดฮาโลเจน 13
2.7 เซนเซอร์วัดแสงTSL2561 luminosity sensor 14
2.8 NodeMCU 15
2.9 Arduino Board 16
2.10 Web Application 17
2.11 การทำงานของบอร์ดควบคุมด้วยการสั่งงานจาก แอพพลิเคชั่น 18
2.12 การต่อการใช้งาน 21
2.13 กล่าวสรุป 22

บทที่ 3 อุปกรณ์ต้นแบบ

3.1 กล่าวนำ 23
3.2 ชุดอุปกรณ์ต้นแบบ 23
3.3 หลักการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบ 27
3.4 การใช้โปรแกรม Arduino IDE 28
3.5โค้ดโปรแกรม 30
3.6 การโหลดโปรแกรมลงบอร์ด 36
3.7 การแสดงผลค่าความส่องสว่าง 38
3.8 ต้นแบบอุปกรณ์ปรับความส่องสว่างแบบอัตโนมัติ 50
3.9 กล่าวสรุป 51

บทที่ 4 ผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบ

4.1 กล่าวนำ 52
4.2 ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบ 52
4.3 กล่าวสรุป 64

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง **หน้า**

บทที่ 5 ข้อสรุปของโครงงาน

5.1 สรุปเนื้อหาการศึกษา 65

5.2 ปัญหาที่พบในขณะดำเนินการ 66

5.3 ข้อเสนอแนะ 66

5.4 แนวทางในการพัฒนาในอนาคต 67

5.5 กล่าวสรุป 67

เอกสารอ้างอิง 68

ประวัติผู้เขียน 69

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญภาพ

เรื่อง		หน้า
รูปที่ 1	แสดงภาพโครงสร้างและขาของ IC	5
รูปที่ 2	ตัวอย่างไตรแอกในงานอุตสาหกรรม	6
รูปที่ 3	โครงสร้างและวงจรสมมูลของไตรแอค	6
รูปที่4	รูปร่างและสัญลักษณ์ของตัวต้านทานแบบคงที่	7
รูปที่ 5	โครงสร้างไดโอดและสัญลักษณ์ไดโอด	8
รูปที่ 6	รูปการต่อวงจรไดโอด	8
รูปที่ 7	วงจรบริดเร็กติไฟร์	9
รูปที่ 8	แสดงการทำงานของวงจรบริดจ์เร็กติไฟร์	10
รูปที่ 9	คลื่นการทำงานของวงจรบริดจ์เร็กติไฟร์	10
รูปที่10	สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าของอุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง	11
รูปที่ 11	สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าและตัวถังของ 4N35 แบบ 6 ขา	12
รูปที่ 12	ตัวอย่างอุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงที่ใช้ตัวถังแบบต่างๆ	13
รูปที่ 14	ลักษณะของ TSL2561 luminosity sensor	14
รูปที่ 15	NodeMCU	15
รูปที่ 16	Arduino Board	16
รูปที่ 17	ตัวอย่าง Web Application การทำงานของแอปพลิเคชั่น	17
รูปที่ 18	การแสดงการไหลของข้อมูล	17

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญภาพ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 19ESP8266 (ESP-01)	18
รูปที่ 20 NodeMCU Devkit 0.9 (ESP-12) Version	19
รูปที่21 ส่วนประกอบของ NodeMCU Devkit 0.9 (ESP-12) Version 1	19
รูปที่ 22 NodeMCU Devkit 5.W (ESP-59E) Version 2	20
รูปที่ 23 ส่วนประกอบของ NodeMCU Devkit 1.0 (ESP12E)Version	20
รูปที่ 24 ภาพวงจรหรี่ไฟและการต่อใช้งาน	21
รูปที่ 25 อุปกรณ์ที่ใช้ในอุปกรณ์ต้นแบบปรับความส่องสว่าง	23
รูปที่ 26 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต้นแบบปรับความส่องสว่างอัตโนมัติ	24
รูปที่ 27 ผังการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบปรับความส่องสว่างอัตโนมัติ	25
รูปที่ 28 หน้าต่างเว็บไซต์สำหรับโหลดโปรแกรม Arduino IDE	28
รูปที่ 29 หน้าต่างโปรแกรม	28
รูปที่ 30 การเลือกคอมไพล์	29
รูปที่ 31 หน้าต่างแสดงความถูกต้องของโปรแกรมที่เขียนขึ้น	29
รูปที่ 32 การเชื่อมต่อโปรแกรมกับบอร์ด	36
รูปที่ 33 การเลือกพอร์ตเพื่อการสื่อสารระหว่างบอร์ดกับโปรแกรม	37
รูปที่ 34หน้าต่างเมื่อกำหนดพอร์ตการเชื่อมต่อเรียบร้อย	37
รูปที่ 35 หน้าต่างเว็บไซต์www.c9.io36	38

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญภาพ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 36 หน้าต่างสำหรับสร้างworkspace	38
รูปที่ 37 หน้าต่างเลือกtemplate	39
รูปที่ 38 หน้าต่างสำหรับการสร้างweb application	39
รูปที่ 39 หน้าต่างสำหรับพิมพ์คำสั่ง	39
รูปที่ 40 หน้าต่างแสดงกรอบข้อมูล	40
รูปที่ 41 ไฟล์งานที่ได้จากการพิมพ์คำสั่ง	40
รูปที่ 42 แสดงการติดตั้ง dependency	40
รูปที่ 43ข้อมูลที่อยู่ใน package.json	41
รูปที่ 44 ไฟล์ทั้งหมดที่ถูกสร้าง	41
รูปที่ 45 หน้าเว็บไซต์ www.heroku.com	48
รูปที่ 46การสร้างแอปพลิเคชั่น	49
รูปที่ 47 การตั้งชื่อแอปพลิเคชั่น	49
รูปที่ 48 ลิงค์ที่เชื่อมต่อกับแอปพลิเคชั่น	49
รูปที่ 49หน้าต่างแอปพลิเคชั่นแสดงความชื้น	50
รูปที่ 50ลักษณะอุปกรณ์ต้นแบบ	50
รูปที่ 51 การเตรียมอุปกรณ์ต้นแบบ	53
รูปที่ 52 การเชื่อมต่อ Wi-Fi	54

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญภาพ(ต่อ)

เรื่อง **หน้า**

รูปที่ 53 การวัดค่าความเข้มการส่องสว่าง 54

รูปที่ 54 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มการส่องสว่างกับเวลาภายในห้องนอน 55

รูปที่ 55 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มการส่องสว่างกับเวลาภายในทบทวน (ศูนย์บริการ9-10) 55

รูปที่ 56กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มการส่องสว่างกับเวลาภายในห้องทบทวนเดี่ยว(อาคารบรรณสาร) 56

รูปที่ 57 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มการส่องสว่างกับเวลาภายในห้องเรียน(อาคารเรียนรวม1) 56

รูปที่ 58 การเตรียมอุปกรณ์ 59

รูปที่ 59 การเชื่อมต่อ Wi-Fi 59

รูปที่ 60 การวัดค่าความเข้มการส่องสว่าง 60

รูปที่ 61 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มการส่องสว่างกับเวลาภายในห้องนอน 60

รูปที่ 62 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มการส่องสว่างกับเวลาภายในทบทวน (ศูนย์บริการ9-10) 61

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญภาพ(ต่อ)

เรื่อง **หน้า**

รูปที่ 63กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มการส่องสว่างกับเวลาภายในห้องทบทวนเดี่ยว(อาคารบรรณสาร) 61

รูปที่ 64กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มการส่องสว่างกับเวลาภายในห้องเรียน(อาคารเรียนรวม1) 62

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

ในสังคมปัจจุบันมีการใช้หลอดไฟกันอย่างแพร่หลาย โดยจะพบเห็นได้ในทุกๆที่ อย่างเช่น ตามอาคารบ้านเรือน ท้องถนน หรือโรงงานต่างๆ ซึ่งทำให้รู้ว่าหลอดไฟเป็นสิ่งสำคัญที่ใช้ในชีวิตประจำวัน หลอดไฟในปัจจุบันนั้นมีมากมายหลายรูปแบบและให้ความสว่างที่ต่างกันออกไป จึงมีการกำหนดมาตรฐานความสว่างการใช้งานในแต่ละสถานที่ แต่กลับพบว่าปัญหาเกี่ยวกับแสงสว่างในขณะนี้คือปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมแสงที่ไม่เหมาะสมต่อการใช้งาน ทำให้เกิดปัญหาด้านการมองเห็นซึ่งส่งผลกระทบต่อสายตาของมนุษย์เป็นอย่างมาก โดย กรณีที่ 1 แสงสว่างน้อยเกินไป จะมีผลเสียต่อตา ทำให้กล้ามเนื้อตาทำงานมากเกินไป โดยบังคับให้ ม่านตาเปิดกว้าง เพราะการมองเห็นนั้นไม่ชัดเจน ต้องใช้เวลาในการมองเห็นรายละเอียดนั้น ทำให้เกิดการเมื่อยล้าของตาที่ต้องเพ่งออกมา ปวดตา มึนศีรษะ ประสิทธิภาพและขวัญกำลังใจในการทำงานลดลง การหยิบจับ ใช้เครื่องมือเครื่องจักรผิดพลาดเกิดอุบัติเหตุขึ้น หรือไปสัมผัสถูกส่วนที่เป็นอันตราย กรณีที่ 2 แสงสว่างที่มากเกินไป แสงจ้าตาที่เกิดจากการแหล่งกำเนิดแสงโดยตรง (Direct glare) หรือ แสงจ้าตาที่เกิดจากการสะท้อนแสง (Reflected glare) จากวัสดุที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม เช่น ผนังห้อง เครื่องมือเครื่องจักร โต๊ะทำงาน เป็นต้น จะทำให้ผู้ทำงานเกิดความไม่สบายใจ เมื่อยล้า ปวดตา มึนศีรษะ กล้ามเนื้อหนังตากระตุก วิงเวียน นอนไม่หลับ การมองเห็นแย่ลง ระคายเคืองตาหรือสูญเสียความสามารถในการมองเห็นชั่วคราว (Temporary blindness) รวมไปถึงอาจเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อควบคุมม่านตาทำให้เกิดบาดเจ็บบริเวณดวงตาได้ นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดผลทางจิตใจ คือ เบื่อหน่ายในการทำงาน ขวัญและกำลังใจในการทำงานลดลง เป็นผลทำให้เกิดอุบัติเหตุได้เช่นเดียวกัน กรณีที่ 3 การใช้แสงสว่างในเวลาและพื้นที่ที่ไม่จำเป็น การใช้แสงสว่างในเวลาและพื้นที่ที่ไม่จำเป็น(Chepesiuk,2009) ย่อมส่งผลกระทบต่อความสามารถของร่างกายในการผลิตสารเมลาโทนินได้ดีในเวลากลางคืนซึ่งเมื่อร่างกายผลิตสารเมลาโทนิน ได้น้อยลง ย่อมส่งผลกระทบต่อวงจรชีวิตมนุษย์โดยทั่วไปด้วย อัน อาจทำให้เกิดโรคร้ายแรงหรืออันตรายต่อกายในอนาคตที่ส่งผลต่อ การำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ เช่น โรคนอนไม่หลับเรื้อรัง (chronic lack of sleep) โรค

เครียด (psychological stresses) (British Astronomical Association, 2012) โรคมะเร็งในเต้านม (breast cancer) (BBCNews,2003) และการพัฒนาการของทารก ที่คลอดก่อนกำหนด(development of premature babies) (BBC News, 2006) เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.เพื่อสร้างอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการปรับ เพิ่มลดความเข้มการส่องสว่างอัตโนมัติตามมาตรฐาน CIE และสามารถปรับค่าเพิ่ม-ลดความเข้มการส่องสว่างตามต้องการผ่านโทรศัพท์ระบบ Android ได้

2.เพื่อรักษาสุขภาพดวงตาที่มีผลมาจากการควบคุมความเข้มการส่องสว่าง

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ศึกษาการใช้โปรแกรม Arduino เพื่อใช้ในการเขียนโปรแกรม
2. ศึกษาการใช้งานบอร์ด Arduino
3. ศึกษาหลักการการทำงานของวงจรหรี่ไฟ แบบ Arduino lamp dimmer และ Arduino hardware
4. สร้างวงจรโดยการรวมทั้ง Arduino lamp dimmer และ Arduino hardware
5.ทำแอปพลิเคชั่นสำหรับควบคุมการหรี่ไฟผ่าน Android
5. นำอุปกรณ์ทั้งหมดมาประกอบเข้ากันให้พร้อมใช้งาน
6. ทดสอบอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำความรู้ทางทฤษฎีที่ได้เรียนมาประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติได้
2. ระบบที่ออกแบบและติดตั้งระบบเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อปรับแสงสว่างในห้องให้ได้มาตรฐานที่กำหนดและถนอมสายตา
3. สามารถทำงานเป็นทีมได้

1.5 แผนดำเนินงาน

1.5.1 ศึกษาหาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.5.2 ออกแบบวงจรDimmerและเขียนโปรแกรมสั่งการ

1.5.3 ทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดลอง

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

ในปัจจุบันความเข้มการส่องสว่างนั้นมีความสำคัญต่อมนุษย์อย่างมาก แต่ในความเข้มการส่องสว่างนั้นก็จะมีระดับความสว่างแตกต่างกันออกไปในแต่พื้นที่การใช้ประโยชน์ พบว่าหากในพื้นที่นั้นๆมีการควบคุมความส่องสว่างที่ไม่เหมาะสมต่อการใช้งาน ทำให้เกิดปัญหาด้านการมองเห็นซึ่งส่งผลกระทบต่อสายตาของมนุษย์ เพราะฉะนั้นในการควบคุมแสงสว่างเราจำเป็นต้องควบคุมมาตรฐานที่เหมาะสม

2.2 มาตรฐานการส่องสว่างของ CIE (COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE)

เป็นหน่วยงานที่ก่อตั้งขึ้นเพื่อกำหนดมาตรฐานของการส่องสว่างของแสงและสี ก่อตั้งโดยMr. Prof T vauieirและคณะโดยมีประเทศที่ใช้มาตรฐานของ CIE ถึง 40 ประเทศทั่วโลก

พื้นที่ต่างๆ	CIE	IES	BS
ห้องประชุม	300-500-750	200-300-500	750W
ห้องเขียนแบบ	500-750-1000	500-75-1000	750W
ห้องทำงานทั่วไป	300-500-750	200-300-500	500W
ห้องคอมพิวเตอร์	300-500-750	200-300-500	500W
ห้องสมุด	300-500-750	200-300-500	500W
ร้านค้าในอาคารพาณิชย์	500-750	500-750-100	500W
เคาน์เตอร์	200-300-500	200-300-500	200W
ห้องเก็บของ	100-150-200	100-150-200	150S
ห้องล็อบบี้หรือบริเวณต้อนรับ	100-150-200	100-150-200	150S
ห้องน้ำ	100-150-20	100-150-200	150S
ทางเดิน	50-100-150	100-150-200	100S
บันได	100-150-200	100-150-200	150F
ลิฟต์	100-150-200	100-150-200	150F

(ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างในอาคารตามมาตรฐาน CIE, IES และ BS)[5]
*** หมายเหตุมาตรฐาน IES คือ Illumination Engineering Societyมาตรฐาน BS คือ British Standards Exposure indexตัวเลข คือ ค่าความส่องสว่างตัวหนังสือ คือ ตำแหน่งของความสว่าง(W = Working Plane, S = Switch, F = Floor) ***

2.3 ความส่องสว่างและความสว่าง

2.3.1ความส่องสว่าง (อิลูมิแนนซ์) หมายถึงปริมาณแสงที่กระทบลงบนวัตถุต่อพื้นที่ มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางเมตร หรือ ลักซ์ (ถ้าหน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางฟุต ความส่องสว่างก็เป็น ฟุตแคนเดิล) อิลูมิแนนซ์ = ปริมาณแสง (ลูเมน)/พื้นที่ (m^2)

2.3.2ความสว่าง (ลูมิแนนซ์) หมายถึงปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุต่อพื้นที่ มีหน่วยเป็นแคนเดลาต่อตารางเมตร ปริมาณแสงที่เท่ากันเมื่อตกกระทบลงมาบนวัตถุที่มีสีต่างกันจะมีปริมาณแสงสะท้อนกลับต่างกัน นั่นคือ ลูมิแนนซ์ ต่างกัน สาเหตุที่ต่างกันก็เนื่องมาจากสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุต่างกัน

2.4 ผลกระทบของความส่องสว่างที่มีผลต่อสายตา

2.4.1 แสงสว่างน้อยเกินไป

จะมีผลเสียต่อตาทำให้กล้ามเนื้อตาทำงานมากเกินไปโดยบังคับให้ม่านตาเปิดกว้างเพราะการมองเห็นนั้นไม่ชัดเจนต้องใช้เวลาในการมองเห็นรายละเอียดนั้นทำให้เกิดการเมื่อยล้าของตาที่ต้องเพ่งออกมา ปวดตา มึนศีรษะ ประสิทธิภาพและขวัญกำลังใจในการทำงานลดลงการหยิบจับใช้เครื่องมือเครื่องจักรผิดพลาดเกิดอุบัติเหตุขึ้นหรือไปสัมผัสถูกส่วนที่เป็นอันตราย

2.4.2 แสงสว่างที่มากเกินไป

แสงจ้าตาที่เกิดจากการแหล่งกำเนิดแสงโดยตรง (Direct glare) หรือ แสงจ้าตาที่เกิดจากการสะท้อนแสง (Reflected glare) จากวัสดุที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม เช่น ผนังห้อง เครื่องมือ เครื่องจักร โต๊ะทำงาน เป็นต้น จะทำให้ผู้ทำงานเกิดความไม่สบายใจ เมื่อยล้า ปวดตา มึนศีรษะ กล้ามเนื้อหนังตากระตุก วิงเวียน นอนไม่หลับ การมองเห็นแย่ลง ระคายเคืองตาหรือสูญเสียความสามารถในการมองเห็นชั่วคราว (Temporary blindness)รวมไปถึงอาจเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อควบคุมม่านตาทำให้เกิดบาดเจ็บบริเวณดวงตาได้ นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดผลทางจิตใจ คือเบื่อหน่ายในการทำงาน ขวัญและกำลังใจในการทำงานลดลง เป็นผลทำให้เกิดอุบัติเหตุได้เช่นเดียวกัน

2.4.3การใช้แสงสว่างในเวลาและพื้นที่ที่ไม่จำเป็น

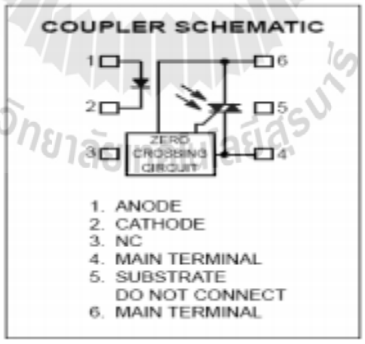
การใช้แสงสว่างในเวลาและพื้นที่ที่ไม่จำเป็น(Chepesiuk,2009) ย่อมส่งผลกระทบต่อความสามารถของร่างกายในการผลิตสารเมลาโทนินได้ดีในเวลากลางคืนซึ่งเมื่อร่างกายผลิตสารเมลาโทนินได้น้อยลง ย่อมส่งผลกระทบต่อวงจรชีวิตมนุษย์โดยทั่วไปด้วย อันอาจทำให้เกิดโรคร้ายแรงหรืออันตรายต่อกายในอนาคตที่ส่งผลต่อการำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ เช่น โรคนอนไม่หลับเรื้อรัง (chronic lack of sleep) โรคเครียด (psychological stresses) (British Astronomical Association, 2012) โรคมะเร็งในเต้านม (breast cancer) (BBCNews,2003) และการพัฒนาการของทารกที่คลอดก่อนกำหนด(development of premature babies) (BBC News, 2006) เป็นต้น

2.5 การทำงานของวงจรหรี่ไฟ

2.5.1OPTO ISOLATE

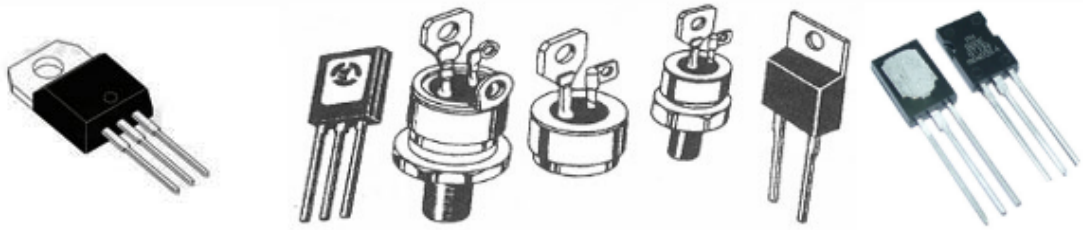
หลักการทำงานของ OPTO ISOLATE

OPTO ISOLATE MOC3041 เป็น IC ใช้สำหรับ แยกส่วนที่เป็นแรงดันไฟสูง ออกจากส่วนที่เป็นแรงดันไฟต่ำโดยสิ้นเชิง ซึ่งถ้าหากส่วนใดเกิดการลัดวงจรจะไม่ทำให้เกิดความเสียหายกับวงจรที่เหลือ จุดประสงค์ของการใส่ OPTO ISOLATE คือต้องการแยกวงจรโหลดที่มีกระแสสูงหรือแรงดันสูงออกจากวงจรควบคุม เพื่อจะได้ไม่รบกวนวงจรควบคุมและเพื่อความปลอดภัยป้องกันผู้ใช้ถูกไฟฟ้าช็อต เพราะวงจรต่อตรงกับไฟฟ้าแรงสูงACแรงดันขนาด 220 V โครงสร้างของ MOC3041 แสดงดังรูป



รูปที่ 2.5.1แสดงภาพโครงสร้างและขาของ IC

2.5.2 ไตรแอก(Triac)

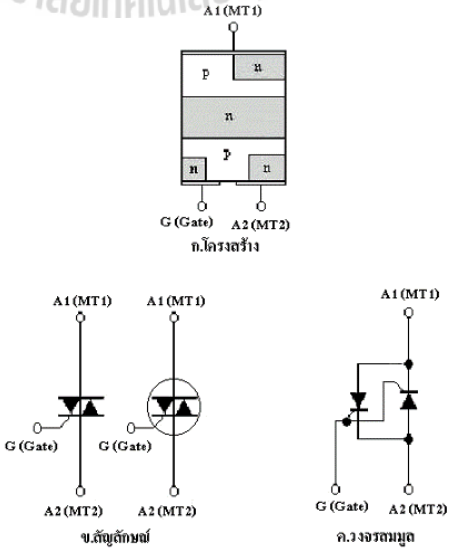


รูปที่ 2.5.2 เป็นตัวอย่าง ไตรแอก ในงานอุตสาหกรรม[6]

ไตรแอค(Triac) เป็นอุปกรณ์จำพวกสารกึ่งตัวนำในกลุ่มของไทริสเตอร์ มีลักษณะโครงสร้างภายในคล้ายกับไดแอค แต่มีขาเกตเพิ่มขึ้นมาอีก 1 ขา ไตรแอคถูกสร้างขึ้นเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของ SCR ซึ่งไม่สามารถนำกระแสในซีกลบของไฟฟ้าสลับได้การนำไตรแอคไปใช้งานส่วนใหญ่จะใช้ทำเป็นวงจรควบคุมการทำงานเป็นสวิตซ์ต่อแรงดันไฟสลับ ไตรแอคถูกสร้าง ขึ้นมาให้ใช้งานกับกระแสสูง ๆ ดังนั้นต้องระวังเรื่องของการระบายความร้อน สัญลักษณ์, โครงสร้างและวงจรสมมูลของไตรแอคดังรูปที่ 2 ก,ขและค

โครงสร้างของไตรแอคจะประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำตอนใหญ่ 3 ตอน คือ PNP และในสารกึ่งตัวนำตอนใหญ่จะมีสารกึ่งตัวนำตอนย่อยชนิด N อีก 3 ตอน ต่อร่วมในสารกึ่งตัวนำ P ทั้ง 2 ตอน มีขาต่อออกมาใช้งาน 3 ขา เหมือน SCR

- ขาแอโนด 1 (A1) เรียกว่า ขาเทอร์มินอล 1 (Main terminal 1) MT1
- ขาแอโนด 2 (A2) เรียกว่า ขาเทอร์มินอล 2 (Main terminal 2) MT2
- ขาเกท (Gate) G



รูปที่ 2.5.2-1 โครงสร้างและวงจรสมมูลของไตรแอค[6]

คุณสมบัติพื้นฐานเป็นข้อของไตรแอกซึ่งมีดังนี้

1. โดยปกติ ถ้าไม่มีสัญญาณทริกที่เกต ไตรแอกจะไม่ทำงานโดย จะมีลักษณะเหมือนกับสวิตช์ที่ถูกเปิดวงจร

2. ถ้าในกรณีที่ MT2 และ MT1 ถูกป้อนด้วยแรงดันบวกและลบตามลำดับไตรแอกจะถูกกระตุ้นให้ทำงานได้โดยการป้อนสัญญาณพัลส์เพียงสั้น ๆ ที่เกตของมัน โดยจะมีแรงดันตกคร่อมตัวมัน มีค่าประมาณ 1 หรือ 2 โวลต์ เท่านั้น และก็เช่นกันคือเมื่อไตรแอกเริ่มทำงานแล้ว ก็จะสามารถคงสภาพการทำงานอยู่เช่นนั้นต่อไปเรื่อย ๆ ตราบเท่าที่ยังมีกระแสไหลผ่านตัวมันอย่างต่อเนื่อง

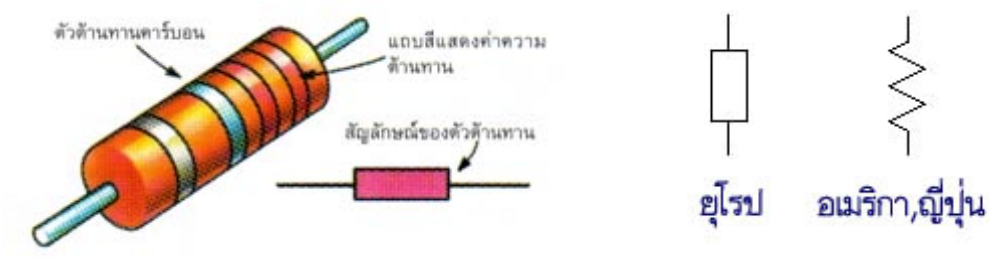
3. หลังจากที่ไตรแอกคงสภาพการทำงานอยู่นั้น ทางเดียวที่จะหยุดการทำงานลงได้ ก็โดยการลดปริมาณกระแสที่ไหลผ่านตัวมันลง ให้มีค่าต่ำกว่ากระแสโฮลดิ้งของมัน ในกรณีที่ใช้ไตรแอกในการจ่ายกระแส AC การหยุดทำงานจะเกิดขึ้นอย่างอัตโนมัติ เมื่อแรงดันของไฟสลับเข้าใกล้จุดตัดศูนย์ที่เกิดขึ้น ทุก ๆ ครึ่งคลื่น นั่นคือกระแสจะลดลงเป็นศูนย์

4. ไตรแอกถูกกระตุ้นให้ทำงานได้ ทั้งสัญญาณแบบบวกและลบที่ป้อนให้แก่ขาเกต โดยไม่คำนึงถึงขั้วที่ต่ออยู่ที่ MT1 และ MT2

5. ไตรแอกสามารถทนการกระชากของกระแสได้สูง เช่นโดยปกติสำหรับไตรแอกที่ทนกระแสปกติได้ 10 แอมแปร์ (rms) สามารถทนการกระชากของกระแสในช่วงหนึ่ง คาบเวลาของไฟ 60 เฮิรตซ์ได้สูงถึง 100 แอมแปร์ เป็นต้น

2.5.3 ตัวต้านทานชนิดคงที่

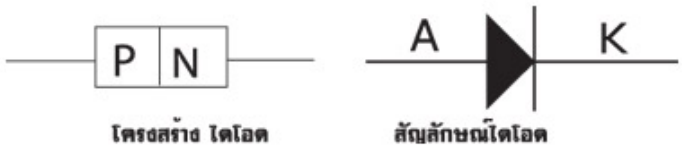
ตัวต้านทานชนิดคงที่เป็นตัวต้านทานที่ผลิตขึ้นมามีค่าความต้านทานคงที่ตายตัว เปลี่ยนแปลงไม่ได้ สามารถสร้างให้มีค่าความต้านทานกว้างมาก ตั้งแต่ค่าต่ำเป็นเศษส่วนของโอห์มไปจนถึงค่าสูงสุดเป็นเมกกะโอห์มขึ้นไป ผลิตมาใช้งานได้ทั้งประเภทโลหะและประเภทอโลหะ โดยเรียกตามวัสดุที่นำมาใช้ผลิต เช่น ไวร์วาวด์ ฟิล์มโลหะ คาร์บอนและฟิล์มคาร์บอน เป็นต้น ค่าทนกำลังไฟฟ้ามีตั้งแต่ 1/16 วัตต์ ถึงหลายร้อยวัตต์ ดังที่แสดงในรูปที่



รูปที่2.5.3รูปร่างและสัญลักษณ์ของตัวต้านทานแบบคงที่

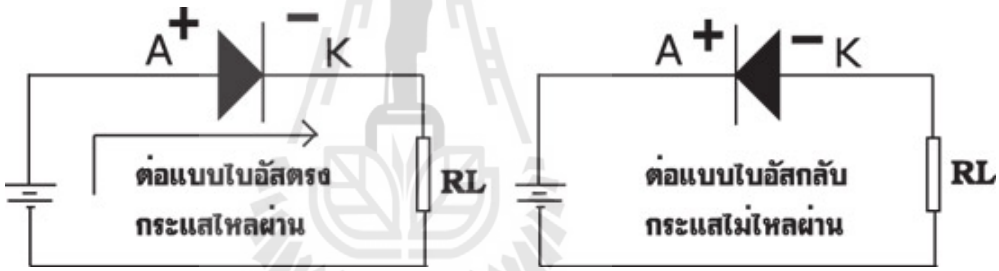
2.5.4**ไดโอด (Diode)**

ไดโอด Diode เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ทำหน้าที่ยอมให้กระแสไหลผ่านตัวไดโอดได้ทิศทางเดียวเท่านั้น ไดโอดผลิตจากสารกึ่งตัวนำ P และ N นำมาต่อกัน ไดโอดโดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 ขา คือ ขา A(อาโนด) และ ขา K (คาโทด) ดังที่แสดงในรูปที่ 2.5.4



รูปที่ 2.5.4โครงสร้างไดโอดและสัญลักษณ์ไดโอด[7]

ไดโอดนั้นจะมีการต่อวงจรได้ 2 แบบดังนี้ คือ



รูปที่ 2.5.4-1 รูปการต่อวงจร[7]

การต่อแบบไบอัส (bias) ตรง ถ้าต่อแบบนี้จะมีกระแสไหลผ่านตัวไดโอด

การต่อแบบไบอัสกลับ ถ้าต่อแบบนี้กระแสจะไม่ไหลผ่านตัวไดโอด ถือว่าไดโอดเปิดวงจร และมีค่าความต้านทานสูงมาก

แรงดัน คือ ตัวไดโอดเองรับแรงดันสูงสุดได้ที่เท่าไร เช่น 1N4001 สามารถรับแรงดันสูงสุด 50V หากมากกว่านี้จะเกิดความเสียหาย

กระแส คือตัวไดโอดสามารถทนกระแสได้ที่กี่แอมแปร์ เช่น 1N4001 - 1N4007 สามารถให้กระแสไหลผ่านตัวมันได้สูงสุด 1A หากมากกว่านี้จะเกิดความเสียหาย

- การใช้งานของไดโอด

การต่อวงจรเร็กติไฟร์

ไดโอดเป็นอุปกรณ์ที่ยอมให้กระแสไหลผ่านได้ทางเดียว เมื่อได้รับฟอร์เวิสไบแอส กระแสไหลผ่านไดโอดได้แต่ถ้าได้รับรีเวิสไบแอสจะไม่มีกระแสไหลผ่านไดโอด ดังนั้นไดโอดจึงนำไปใช้ในวงจรเปลี่ยนสัญญาณไฟกระแสสลับให้เป็นกระแสตรง เรียกว่าวงจรเร็กติไฟร์ (Rectifier Circuit) วงจรเร็กติไฟร์หมายถึง วงจรที่ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนไฟกระแสสลับ ให้เป็นไฟกระแสตรง การเปลี่ยนไฟกระแสสลับให้เป็นไฟกระแสตรงจะมี 2 แบบ คือ

1.การเปลี่ยนไฟกระแสสลับให้เป็นไฟกระแสตรงแบบครึ่งคลื่น

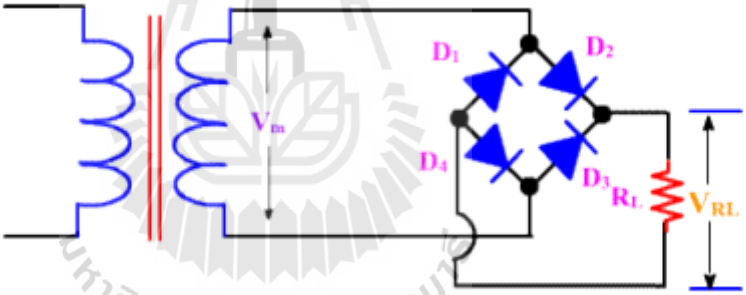
2.การเปลี่ยนไฟกระแสสลับให้เป็นไฟกระแสตรงแบบเต็มคลื่นการต่อวงจรเร็กติไฟร์สามารถต่อวงจรได้3 แบบ คือ

1.วงจรฮาล์ฟเวฟเร็กติไฟร์ (Half Wave Rectifier Circuit)

2.วงจรฟูลเวฟเร็กติไฟร์ (Full Wave Rectifier Circuit)

3.วงจรบริดจ์เร็กติไฟร์ (Bridge Rectifier Circuit)

ในการทดลองนี้เป็นการต่อแบบ วงจรบริดจ์เร็กติไฟร์ (Bridge Rectifier Circuit)

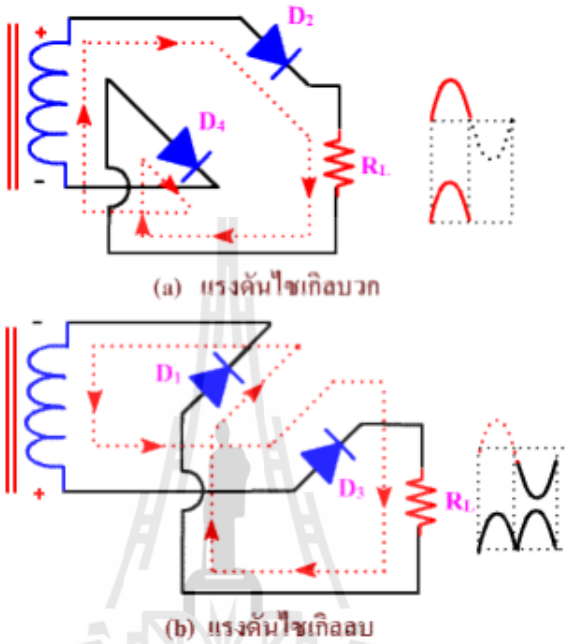


รูปที่2.5.4-2วงจรบริดเร็กติไฟร์[8]

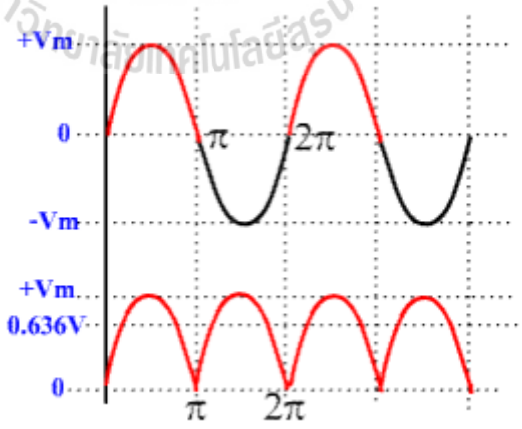
จากรูปที่ 2.5.4-2เป็นวงจรบริดจ์เร็กติไฟร์ประกอบด้วยหม้อแปลงซึ่งทำหน้าที่จัดแรงดันตามที่ต้องการซึ่งขดทุติยภูมิไม่มีเซนเตอร์แท็ป ดังนั้น วงจรนี้จึงต้องใช้ไดโอด 4 ตัว

เมื่อมีแรงดันครึ่งไซเกิลบวกที่ขดทุติยภูมิด้านบน ทำให้ไดโอด D1 ได้รับรีเวิสไบแอสและ D2 ได้รับฟอร์เวิดไบแอส ส่วนด้านล่างของขดทุติยภูมิเป็นลบ ทำให้ D4 ได้รับฟอร์เวิดไบแอส และ D3 ได้รับรีเวิสไบแอส เมื่อ D2 ได้รับฟอร์เวดิไบแอสจะมีกระแสไหลผ่าน D2 ผ่านRL ผ่าน D4 ครบวงจรที่ขดทุติยภูมิ

เมื่อมีแรงดันไซเกิลลบที่ขดทุติยภูมิจะทำให้ขดด้านบนเป็นลบ และด้านล่างเป็นบวก เป็นผลทำ ให้ไดโอด D1 และ D3 ได้รับฟอร์เวิสไบแอส ส่วน D2 กับD4 ได้รับรีเวิสไบแอส ดังนั้นจึงมีกระแสไหลผ่าน D3 ผ่าน RL ผ่าน D1 และครบวงจรที่ขดทุติยภูมิทำให้มีแรงดันตกคร่อมที่RL ดังรูปที่2.15 (b)



รูปที่2.5.4-3 แสดงการทำงานของวงจรบริดจ์เร็กติไฟร์[8]

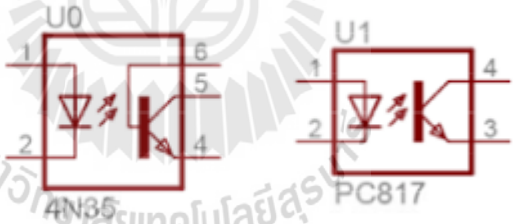


รูปที่ 2.5.4-4 คลื่นการทำงานของวงจรบริดจ์เร็กติไฟร์[8]

2.5.5อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง (Optocouplers)

อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง หรือที่เรียกว่า “ออปโต้คัปเปลอร์” (Opto-Coupler) หรือบางทีก็เรียกว่า อุปกรณ์แยกสัญญาณทางแสง (Opto-Isolator) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับการเชื่อมต่อทางแสง โดยการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นแสงแล้วเปลี่ยนกลับเป็นสัญญาณไฟฟ้าตามเดิม นิยมใช้สำหรับการ เชื่อมต่อสัญญาณระหว่างสองวงจร และต้องการแยกกันทางไฟฟ้าโดยเด็ดขาด เพื่อป้องกันการรบกวนกันทางไฟฟ้าระหว่างสองวงจร ภายในของอุปกรณ์ประเภทนี้ประกอบด้วยไดโอดเปล่งแสง (LED) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวส่งแสง (Optical Transmitter) เช่น แสงอินฟราเรด (Infrared) และสำหรับตัวรับแสง (Optical Receiver) ซึ่งมักนิยมใช้โฟโต้ทรานซิสเตอร์ (Phototransistor) เป็นตัวรับ โดยจะถูกผลิตรวมอยู่ในตัวถังเดียวกัน

โฟโต้ทรานซิสเตอร์ ทำงานได้ในลักษณะเดียวกับทรานซิสเตอร์รอยต่อคู่แบบ NPN แต่ไม่มีขาเบส (B) และถูกแทนที่ด้วยส่วนรับแสง เมื่อได้รับแสงหรืออนุภาคของแสง หรือที่เรียกว่า โฟตอน (Photons) ในปริมาณมากพอ จะทำให้เกิดอนุภาคอิสระที่มีประจุในบริเวณรอยต่อระหว่างเบสและคอลเลคเตอร์ (Base-Collector Region)และให้ผลเหมือนมีกระแสไหลเข้าที่ขาเบสรูปที่ 1.1 แสดงสัญลักษณ์ของอุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง แบบ 4 ขา (เบอร์ PC817) และ 6 ขา (เบอร์ 4N35)



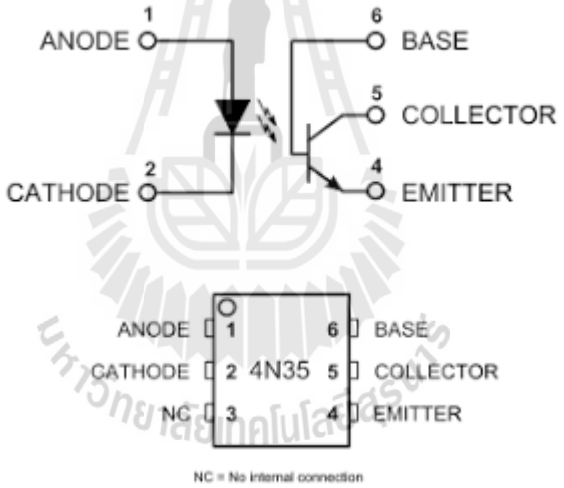
รูปที่ 2.5.5 สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าของอุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง[9]

อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงสามารถรับสัญญาณอินพุต (ดิจิทัล) เช่น จากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ เปิด-ปิด ไดโอดเปล่งแสงที่อยู่ภายในตัวอุปกรณ์ (ทำให้มีกระแสไหลผ่านไดโอดเปล่งแสง) และทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ด้วยแสง ดังนั้นจึงนำไปใช้ในลักษณะเป็นอุปกรณ์สวิตช์เปิด-ปิด หรือนำไป ต่อกับวงจรทรานซิสเตอร์ภายนอกเพื่อให้สามารถขับกระแสได้ในปริมาณที่สูงขึ้น

เมื่อแรงดันอินพุตอยู่ในระดับที่สูงกว่าแรงดันไบอัสตรงของไดโอดเปล่งแสง(VF)จะทำให้เกิดกระแสไหล หรือที่เรียกว่า กระแสอินพุต หรือ กระแสไบอัสตรง (IF) ทำให้ไดโอดเปล่งแสงตามปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหล ในการต่อวงจรจะต้องมีตัวต้านทานต่ออนุกรมอยู่ด้วย เพื่อจำกัดปริมาณของกระแสที่ไหลไม่ให้สูงเกิน ซึ่งขึ้นอยู่กับอุปกรณ์แต่ละตัวที่ใช้ แต่โดยทั่วไปแล้ว ควรจะ

ให้อยู่ในช่วง 5-50 มิลลิ-แอมแปร์ (mA) เมื่อโฟโต้ทรานซิสเตอร์ได้รับแสงจะทำให้สามารถนำไฟฟ้าได้ระหว่างขาCและEซึ่งให้ผลเหมือนในกรณีที่จ่ายกระแส เข้าที่ขาเบส (B)ของทรานซิสเตอร์รอยต่อคู่แบบ NPN และถ้ามีแรงดันตกคร่อมที่ขา C และขา E (VCE > 0V)ก็จะทำให้มีกระแสเอาต์พุตไหล

ตัวถังของอุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงที่พบเห็นได้บ่อย คือ ตัวถังแบบ 4 ขา และตัวถังแบบ 6ขา แต่มีไดโอดเปล่งแสงและโฟโต้ทรานซิสเตอร์เพียงหนึ่งคู่ อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงในตัวถังแบบ 6 ขา ตามตัวอย่าง ในรูปที่ 1.2 จะมีขาเบส (Base Connection Pin) ที่เชื่อมต่อมาจากบริเวณเบสของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ที่อยู่ภายใน และใช้ในการปรับความไวในการตอบสนองเชิงเวลาของสัญญาณไฟฟ้า (หรือกล่าวได้ว่า สามารถเปิด – ปิดสวิตช์ไฟฟ้าได้เร็วขึ้น) โดยการนำขาเบสไปต่อกับ ตัวต้านทานที่มีค่าอยู่ในช่วง 200kΩ ถึง 1MΩ ไปยัง GND ของวงจรเอาต์พุต แต่ถ้าไม่สนใจเรื่องความไวในการตอบสนองก็ไม่จำเป็นต้องต่อขอเบส



รูปที่ 2.5.5-1 สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าและตัวถังของ 4N35 แบบ 6 ขา[9]

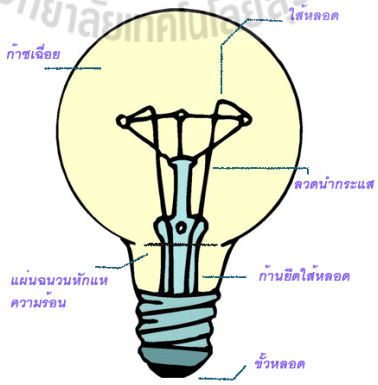
รูปที่ 2.5.5-1 แสดงตัวอย่างของอุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงที่นิยมใช้ (เฉพาะตัวถังแบบ Through-Hole Mount) ได้แก่เบอร์ PC817 CNY13-7 4N25 4N33 4N35 เป็นต้น อุปกรณ์บางตัว เช่น เบอร์ TLP250 (ตัวถังแบบ PDIP-8) เหมาะสำหรับควบคุมการเปิด-ปิดที่ขาเกตของมอสเฟตกำลัง (Power MOSFET) อุปกรณ์ เชื่อมต่อทางแสงบางตัว มีไดโอดเปล่งแสงและโฟโต้ทรานซิสเตอร์มากกว่าหนึ่งคู่ อยู่ภายในตัวถังเดียวกัน เช่น 2 หรือ 4 คู่ สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณได้ 2 หรือ 4 ช่อง ตามลำดับ อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงบางชนิด มีการต่อวงจรโฟโต้ทรานซิสเตอร์

กับทรานซิสเตอร์ NPN อีกหนึ่งตัวเป็นคู่ในลักษณะที่เรียกว่า ทรานซิสเตอร์ดาร์ลิงตัน (Darlington Transistor) ทำให้มีอัตราส่วนการขยายกระแสได้มากขึ้น

รูปที่ 2.5.5-2 ตัวอย่างอุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงที่ใช้ตัวถังแบบต่างๆ[9]

2.6 หลอดฮาโลเจน

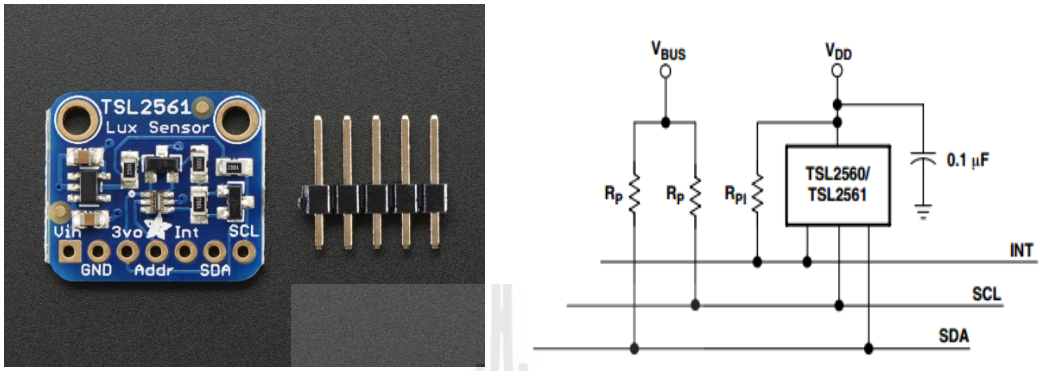
หลอดฮาโลเจนเป็นหลอดไฟที่ประกอบด้วยไส้ทังสเตน เมื่อเทียบกับหลอดไฟทั่วไปแล้ว หลอดไฟฮาโลเจนมีอายุการใช้งานที่นานกว่า เนื่องจากสามารถทนต่อความร้อนได้ดีกว่าไส้หลอดทั่วไป โดยมีอายุการใช้งานเฉลี่ยประมาณ 1,500 - 3,000 ชั่วโมง นอกจากนี้ให้ระดับความสว่าง และความถูกต้องของสีที่มากกว่าหลอดแบบอื่น ๆ ดังนั้นส่วนมากจึงนิยมนำมาใช้กับพื้นที่สำหรับสินค้าเป็นส่วนใหญ่ แต่ทั้งนี้สามารถนำมาใช้ในบ้านได้เช่นกัน เหมาะกับบริเวณที่ต้องการแสงสว่างเป็นพิเศษ อย่างเช่น มุมอับ ห้องทำงาน เป็นต้นดังที่แสดงในรูปที่



รูปที่2.6 หลอดไฟชนิดหลอดฮาโลเจน[10]

2.7 เซนเซอร์วัดแสงTSL2561 luminosity sensor

เซ็นเซอร์ TSL2561 เป็นเซ็นเซอร์วัดแสงแบบดิจิตอลเหมาะสำหรับการวัดแสงใช้ในช่วงกว้างตั้งแต่ 0.1 - 40,000 Lux



รูปที่ 2.7 ลักษณะของ TSL2561 luminosity sensor[11]

คุณสมบัติของ TSL2561 luminosity sensor

ใกล้เคียงกับการตอบสนองของสายตามนุษย์

วัดความสว่างในพื้นที่ได้อย่างแม่นยำ

ช่วงอุณหภูมิ: -30 to 80 *C

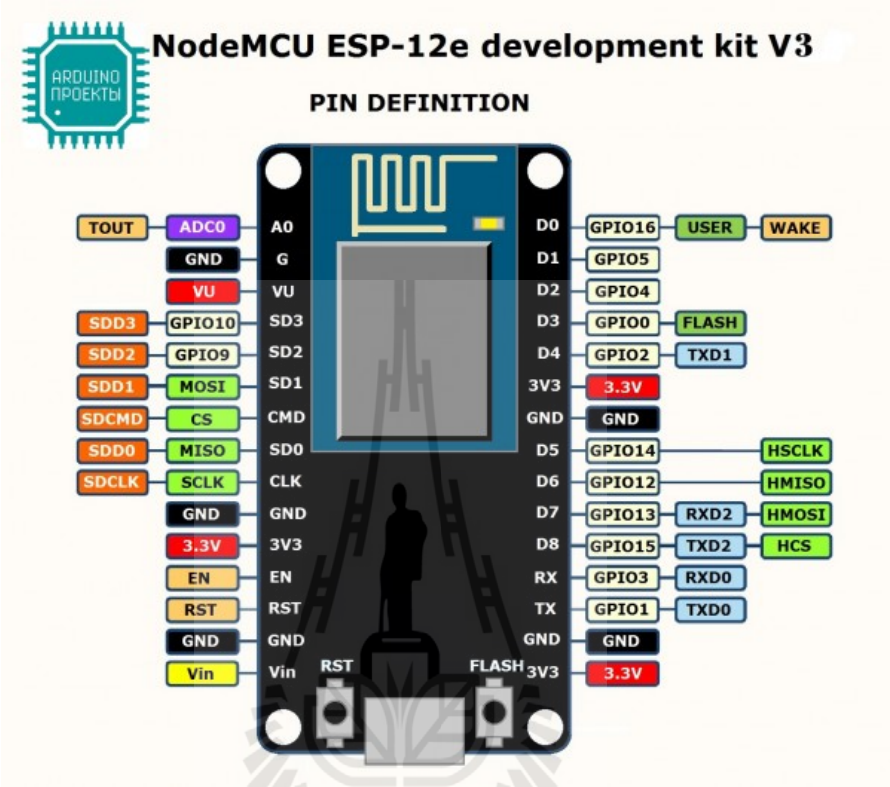
ช่วงความสว่าง (LUX): 0.1 - 40,000 Lux

ทนแรงดันสูงสุดได้ : 2.7-3.6V

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.8 NodeMCU

โครงงานนี้เลือกใช้ NodeMCU V3ในการประมวลผลชุดคำสั่งควบคุม ซึ่งรับสัญญาณมาจาก แล้วจะส่งสัญญาณที่ได้จากการประมวลผลไปให้วงจรควบคุมการหรี่ไฟในหลอดไฟ



รูปที่ 2.8NodeMCU[12]

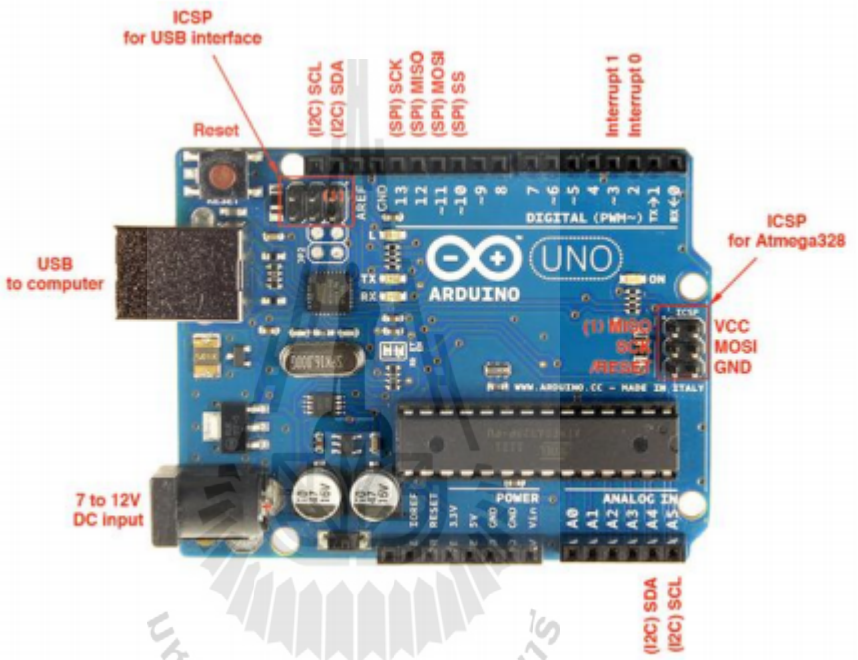
2.8.1 NodeMCU

NodeMCU เป็น platform ที่ออกแบบทุกอย่างเป็น Node การทำงานย่อยๆ และ ใช้ภาษา Lua ในการเขียนโปรแกรม แต่ด้วย platform ที่สะดวกในการใช้งาน ทางกลุ่มนักพัฒนาของ ESP8266 ก็เลยนำ NodeMCU (ESP8266) มันบรรจุในเป็นบอร์ดหนึ่งของ ARDUINO IDE (ESP8266) ด้วยเลย ได้จึงได้มีการพัฒนาต่อให้สามารถเขียนในภาษา C++ ซึ่งพลอยเองได้มาลองเริ่มเล่น หลังจากที่บอร์ด NodeMCU (ESP8266) นี้มีการพัฒนาบน ARDUINO IDE เรียบร้อยแล้ว หากเป็นผู้ที่นิยมเล่นไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ก่อนจะนิยมเล่นเป็นภาษา C/C++ ซึ่งภาษานี้สามารถไปได้กว้างเล่นได้หลายอย่างกว่า Lua ส่วนใน C/C++ มีกลุ่มพัฒนา นำ SDK ของ ESP8266 มาพัฒนาต่อยอด ให้เข้ากับ platform ของ Arduino จึงทำให้ ESP8266 ใช้ภาษา C/C++ ได้นี้เองซึ่งNodeMCUนั้นเป็นเครื่องมือที่จะทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรับสัญญาณจากภายนอกและส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าใช้เครื่องพีซีตั้งโต๊ะ ตัวบอร์ดออกแบบจากไมโครคอมพิวเตอร์ชิพเดี่ยวและมีโปรแกรมพัฒนาสำหรับเขียนโปรแกรมให้บอร์ดทำงาน

NodeMCUสามารถประยุกต์ทำเครื่องใช้อัจฉริยะไม่ว่าจะเป็นรับสัญญาณจากสวิทซ์ หรือ เซนเซอร์ และควบคุม หลอดไฟ, มอเตอร์, หรืออุปกรณ์อื่นๆ โปรเจค NodeMCUเป็นได้ทั้งแบบทำงานอิสระ หรือทำงานติดต่อกับโปรแกรมที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์

2.9 Arduino Board

โครงงานนี้เลือกใช้ Arduino Board ในการประมวลผลชุดคำสั่งควบคุม ซึ่งรับสัญญาณมาจาก แล้วจะส่งสัญญาณที่ได้จากการประมวลผลไปให้วงจรควบคุมการหรี่ไฟในหลอดไฟ



รูปที่ 2.9 Arduino Board[13]

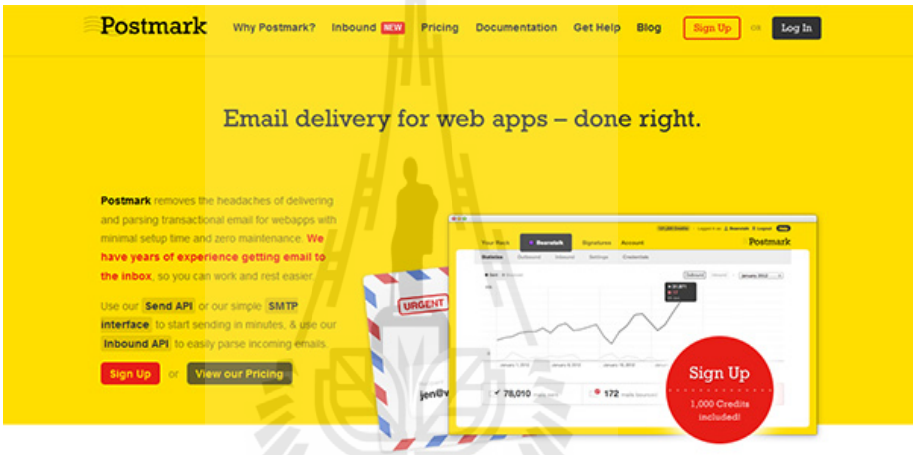
2.9.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ Arduino Board

Arduino เป็น platform ของ I/O บอร์ดอย่างง่ายๆ ที่มีI/O ขั้นพื้นฐานที่พอเพียงกับการใช้งาน และการเรียนรู้โดยตัวบอร์ดจะมาพร้อมกับชุดคำสั่งที่ใช้ควบคุม port I/O ไม่ว่าจะเป็น port digital, port analog, PWM และ Serial port ซึ่งArduino นั้นเป็นเครื่องมือที่จะทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรับสัญญาณจากภายนอกและส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าใช้เครื่องพีซีตั้งโต๊ะ ตัวบอร์ดออกแบบจากไมโครคอมพิวเตอร์ชิพเดี่ยวและมีโปรแกรมพัฒนาสำหรับเขียนโปรแกรมให้บอร์ดทำงาน Arduino สามารถประยุกต์ทำเครื่องใช้อัจฉริยะไม่ว่าจะเป็น

รับสัญญาณจากสวิทซ์ หรือ เซนเซอร์และควบคุม หลอดไฟ, มอเตอร์, หรืออุปกรณ์อื่นๆ โปรเจค Arduino เป็นได้ทั้งแบบทำงานอิสระ หรือทำงานติดต่อกับโปรแกรมที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์

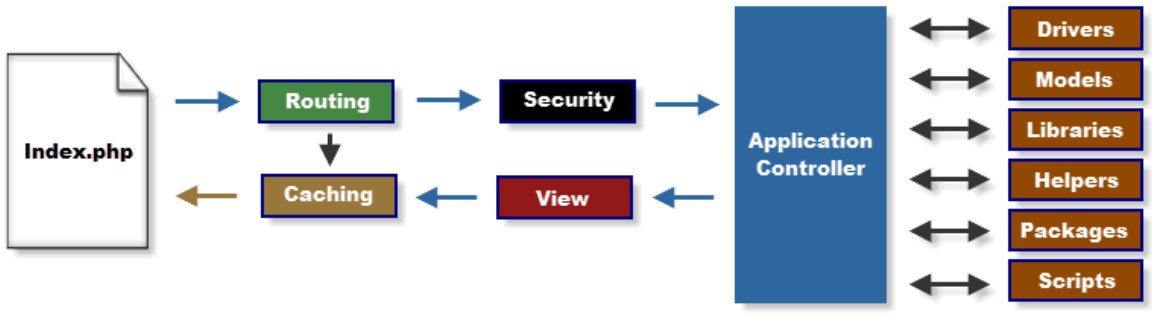
2.10 Web Application

Web Application (เว็บ แอพพลิเคชั่น) คือ Application ที่ถูกเขียนขึ้นมาเพื่อเป็น Browser (บราวเซอร์) สำหรับการใช้งานเว็บเพจต่างๆ ซึ่งถูกปรับแต่งให้แสดงผลแต่ส่วนที่จำเป็น เพื่อเป็นการลดทรัพยากรในการประมวลผล ของตัวเครื่องสมาร์ทโฟน หรือ แท็บเล็ต ทำให้โหลดหน้าเว็บไซต์ได้เร็วขึ้น อีกทั้งผู้ใช้งานยังสามารถใช้งานผ่าน อินเตอร์เน็ตและอินทราเน็ต ในความเร็วต่ำได้



รูปที่ 2.10ตัวอย่าง Web Applicationการทำงานของแอพพลิเคชั่น15]

การแสดงการไหลของข้อมูลตั้งแต่ต้นจนจบของระบบ :



รูปที่2.10.1 การแสดงการไหลของข้อมูล[16]

หน้า index.php เป็นตัวควบคุมส่วนหน้า, สร้างทรัพยากรพื้นฐานที่ต้องการในการรัน Code Igniter.

Routing:ตัว Router ทำการตรวจสอบ HTTP request กำหนดว่าควรจะทำอะไรกับมัน

Caching:ถ้ามีไฟล์แคชอยู่ ตัวมันจะถูกส่งกลับทันทีไปยังบราวเซอร์ โดยไม่ผ่านการทำงานปกติของระบบ

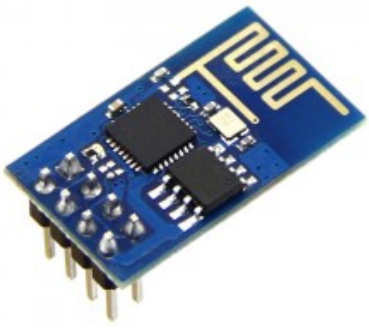
Security:ก่อนที่จะโหลดตัวควบคุมของแอพพลิเคชั่น (Application Controller) HTTP request และผู้ใช้ใดๆที่ส่งข้อมูลมาจะถูกกรองข้อมูลเพื่อความปลอดภัย

Application Controller: โหลดแบบจำลอง (Model),ไลบรารี่หลัก (Libraries), plugins, ผู้ช่วย (Helpers) และทรัพยากรอื่นๆที่จำเป็นในทำงานที่ถูกร้องขอมา

สุดท้าย View ปฏิบัติงานและถูกส่งกลับไปยังบราวเซอร์เพื่อโชว์หน้าจอ ถ้าระบบแคชถูกใช้งาน หน้าจอจะถูกแคชก่อนแล้วจึงค่อยส่งสิ่งที่ร้องขอมาเป็นลำดับถัดไป

2.11 การทำงานของบอร์ดควบคุมด้วยการสั่งงานจาก แอพพลิเคชั่น

NodeMCU คือ แพลตฟอร์มหนึ่งที่ใช้ช่วยในการสร้างโปรเจค Internet of Things (IoT) ที่ประกอบไปด้วย Development Kit (ตัวบอร์ด) และ Firmware (Software บนบอร์ด) ที่เป็น open source สามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Lau ได้ ทำให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น มาพร้อมกับโมดูล Wi-Fi (ESP8266) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการใช้เชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตนั่นเอง ตัวโมดูลESP8266นั้นมีอยู่ด้วยกันหลายรุ่นมาก ตั้งแต่เวอร์ชันแรกที่เป็น ESP-01 ไล่ไปเรื่อยๆจนปัจจุบันมีถึง ESP-12 แล้ว และที่ฝังอยู่ในNodeMCU version แรกนั้นก็เป็น ESP-12 แต่ใน version2 นั้นจะใช้เป็น ESP-12E แทน ซึ่งการใช้งานโดยรวมก็ไม่แตกต่างกันมากนัก NodeMCUนั้นมีลักษณะคล้ายกับ Arduino ตรงที่มีพอร์ต Input Output built inมาในตัว สามารถเขียนโปรแกรมคอนโทรลอุปกรณ์ I/O ได้โดยไม่ต้องผ่านอุปกรณ์อื่นๆ และเมื่อไม่นานมานี้ก็มีนักพัฒนาที่สามารถทำให้ Arduino IDE ใช้งานร่วมกับ Node MCU ได้ จึงทำให้ใช้ภาษา C/C++ ในการเขียนโปรแกรมได้ ทำให้เราสามารถใช้งานมันได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น NodeMCUตัวนี้สามารถทำอะไรได้หลายอย่างมากโดยเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ IoT ไม่ว่าจะเป็นการทำ Web Server ขนาดเล็ก การควบคุมการเปิดปิดไฟผ่านWi-Fi และอื่นๆอีกมากมาย ซึ่งจะสอนในบทความต่อๆไป

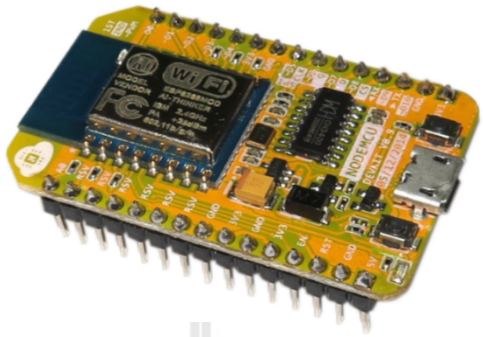


รูปที่ 2.11 ESP8266 (ESP-01)[17]

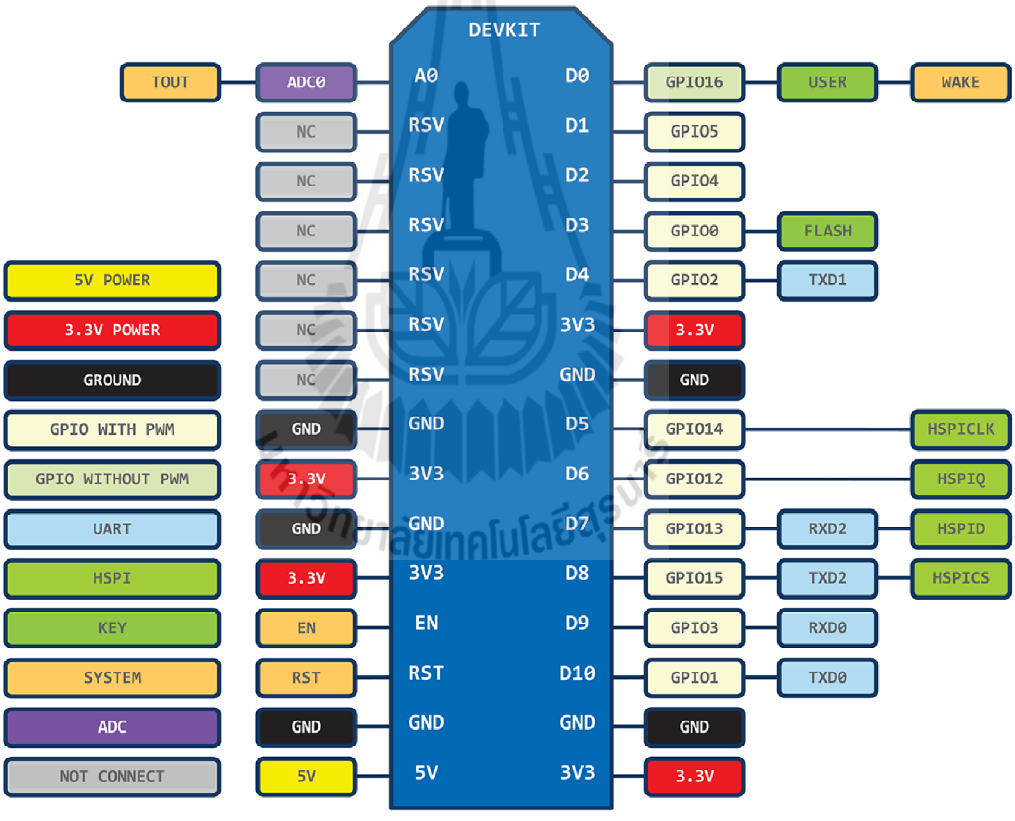
NodeMCU Development Kit

ชุดพัฒนาบอร์ด NodeMCU หรือเรียกสั้นๆว่า NodeMCU DevKit ปัจจุบันมีอยู่ 2 เวอร์ชันด้วยกัน

NodeMCU Devkit 0.9 (ESP-12) Version 1

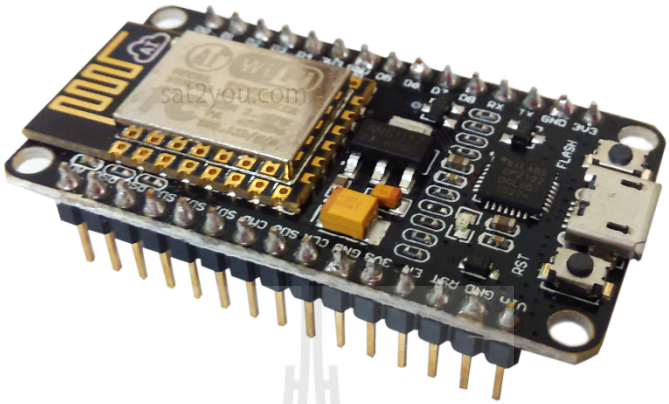


รูปที่2.11.1 NodeMCU Devkit 0.9 (ESP-12) Version 1[17]

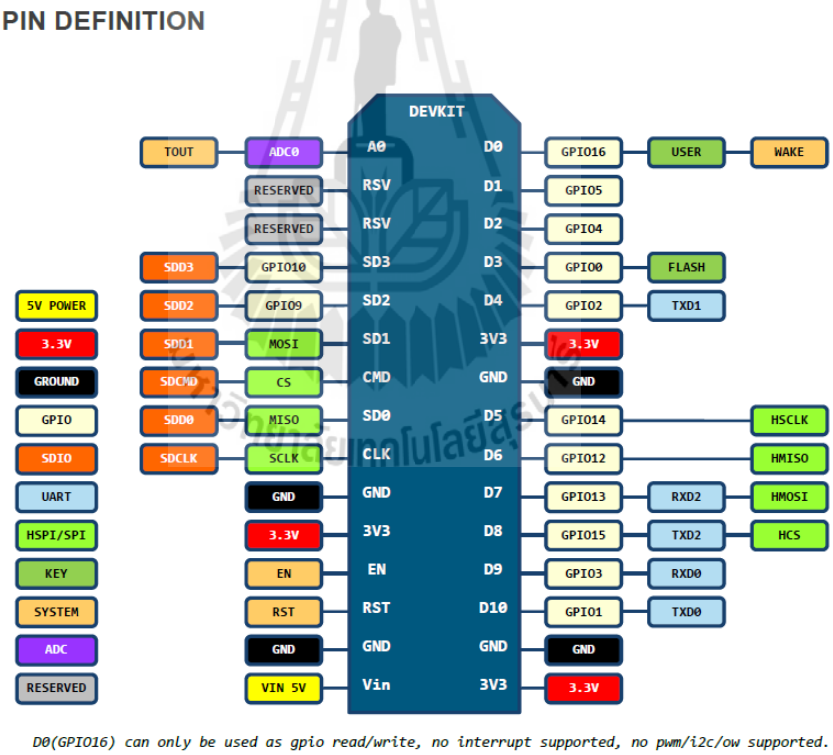


รูปที่2.11.2 ส่วนประกอบของ NodeMCU Devkit 0.9 (ESP-12) Version 1[17]

NodeMCU Devkit 1.0 (ESP-12E) Version 2



รูปที่2.11.3 NodeMCU Devkit 1.0 (ESP-12E) Version 2[17]



รูปที่2.11.4 ส่วนประกอบของ NodeMCU Devkit 1.0 (ESP-12E) Version 2[17]

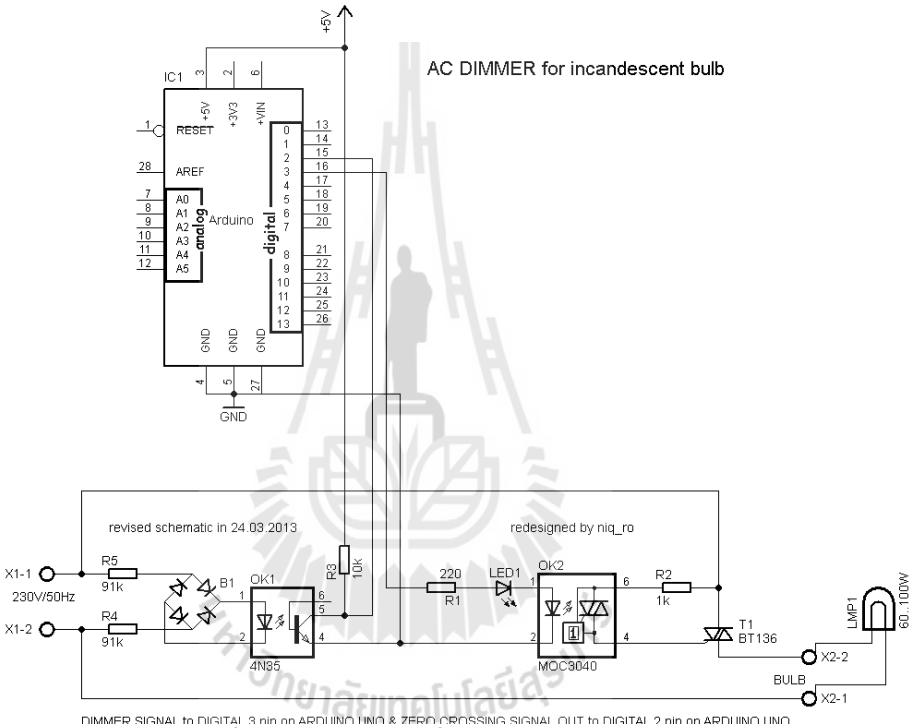
NodeMCU Specification

-ชุดพัฒนานี้ based on โมดูลWi-Fi ที่ชื่อ ESP8266

-มี GPIO PWM, I2C, 1-Wire และ ADC รวมมาอยู่บนบอร์ดเดียว

-มี USB-TTL มาในตัว ไม่ต้องซื้อแยกเหมือนกับการใช้ ESP8266 ปกติ ทำให้ใช้งานได้สะดวกขึ้น
-มีขา GPIO 10 ขา ทุกๆขาสามารถเป็น PWM, I2C และ 1-wire ได้
-มี PCB antenna สำหรับรับส่งสัญญาณไร้สาย
-ใช้คอนเนกเตอร์แบบ micro-USB สำหรับจ่ายแรงดันไฟเลี้ยงหรือเท่ากับ +5V และสำหรับดาวน์โหลดเฟิร์มแวร์

2.12การต่อการใช้งาน



รูปที่ 2.12 ภาพวงจรหรี่ไฟและการต่อใช้งาน[2]

เป็นการควบคุมระบบไฟฟ้ากระแสสลับ ให้สามารถมีระดับแรงดันเอาต์พุตต่างๆ ตามที่เราต้องการ โดยอาศัยหลักการในการควบคุมเฟสของสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ (AC 220V) ซึ่งเป็นสัญญาณไซน์เวฟ (มุมเฟส 360 องศา) ขนาดความถี่ 50Hz การควบคุมเฟสจะอาศัยหลักการทำงานของไตรแอค (Triac) โดยการควบคุมการจุดชนวนเกตของไตรแอคซึ่งการจุดชนวนเกตที่มุมเฟสต่างๆ ของไตรแอคจะมีผลต่อค่าระดับแรงดันเอาต์พุตกระแสสลับ โดยเราจะใช้สัญญาณจากจุดที่เรียกว่า Zero-Crossing เป็นจุดอ้างอิงในการกระตุ้นเฟสของสัญญาณ

2.13 กล่าวสรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงประเภทของหลอดไฟที่ใช้ การทำงานของวงจรหรี่ไฟ การทำงานของแอพพลิเคชั่นการทำงานของบอร์ดควบคุมด้วยการสั่งงานจากแอพพลิเคชั่น ซึ่งก่อนจะทำการออกแบบ และประกอบอุปกรณ์ต้นแบบ จำเป็นต้องศึกษาทฤษฎีพื้นฐานในเรื่องดังกล่าวให้มีความเข้าใจเป็นอย่างดี เพราะอุปกรณ์แต่ละชนิดนั้นจะต้องนำมาประกอบเป็นส่วนเดียวกัน เพื่อให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์ของโครงงาน

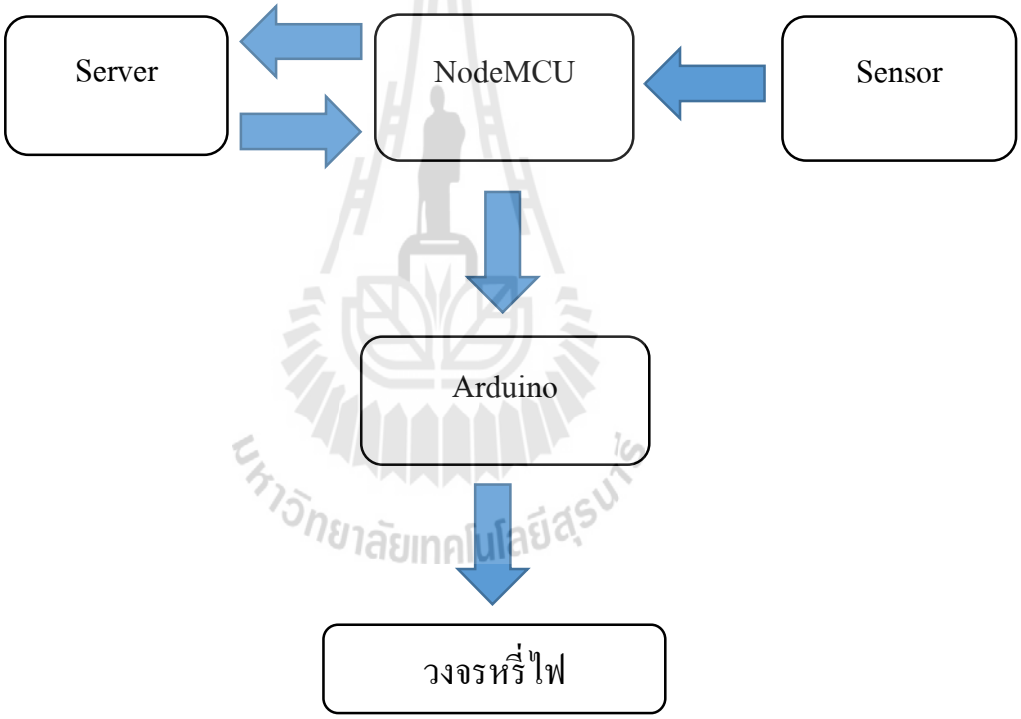
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
การออกแบบและการจำลอง

3.1 กล่าวนำ

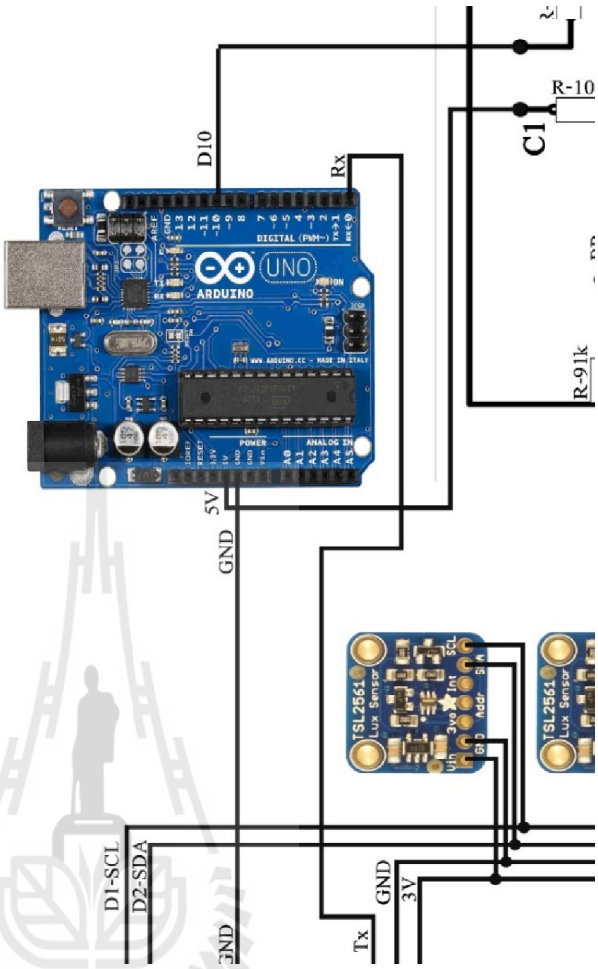
การที่จะทำให้วงจรหรี่ไฟทำงานร่วมกับแอปพลิเคชั่นได้นั้น จะต้องอาศัยบอร์ดArduino และNodeMCUที่มีการทำงานโดยเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตมาควบคุมการทำงาน ซึ่งจะต้องทำการเขียนโปรแกรม และอัดโปรแกรมลงบอร์ดด้วย ในส่วนนี้จะกล่าวถึงโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุม ก็คือโปรแกรม Arduino IDEอีกทั้งยังกล่าวถึงตัวที่ใช้โหลดโปรแกรม กับโค๊ดโปรแกรมอีกด้วย

3.2 ชุดอุปกรณ์ต้นแบบ



รูปที่ 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในอุปกรณ์ต้นแบบปรับความส่องสว่าง

อุปกรณ์ต้นแบบเป็นการทำงานร่วมกันของโมดูลเซนเซอร์TSL2561 บอร์ด Arduino UNO NodeMCU และวงจรหรี่ไฟ ดังรูปที่ 3.1 เพื่อให้อุปกรณ์สามารถทำงานในการปรับความส่องสว่าง ซึ่งการเชื่อมต่ออุปกรณ์เป็นดังรูปที่ 3.2โดยมีรายละเอียดการเชื่อมต่ออุปกรณ์ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต้นแบบปรับความ

- การเชื่อมต่อเซนเซอร์ TSL2561 กับNodeMCU

ตัวที่1

- ที่ขา Vin ของโมดูลเซนเซอร์ TSL2561 เชื่อมต่อกับ ตำแหน่ง 3V ของบอร์ด NodeMCU
- ที่ขา Gnd ของโมดูลเซนเซอร์ TSL2561 เชื่อมต่อกับ ตำแหน่ง GND ของบอร์ด NodeMCU
- ที่ขา SDA ของโมดูลเซนเซอร์ TSL2561 เชื่อมต่อกับ ต NodeMCU
- ที่ขา SCL ของโมดูลเซนเซอร์ TSL2561 เชื่อมต่อกับ ต MCU

ตัวที่2

- ที่ขา Vin ของโมดูลเซนเซอร์ TSL2561 เชื่อมต่อกับ ตำ CU
- ที่ขา Gnd ของโมดูลเซนเซอร์ TSL2561 เชื่อมต่อกับ ต MCU
- ที่ขา SDA ของโมดูลเซนเซอร์ TSL2561 เชื่อมต่อกับ ตำแหน่ง D2 ของบอรด NodeMCU

เนื่องจากไลบรารี่TimeOneที่ใช้ควบคุมวงจรหรี่ไฟนั้นไม่สามารถใช้งานได้ใน NodeMCUจึงต้องนำบอร์ด Arduinoมาใช้ในการควบคุมการหรี่ไฟอีกต่อหนึ่ง

- ที่ขา SCL ของโมดูลเซนเซอร์ TSL2561 เชื่อมต่อกับ ตำแหน่งที่ D1 ของบอร์ด NodeMCU
- ที่ขา Addr ของโมดูลเซนเซอร์ TSL2561 เชื่อมต่อกับ ตำแหน่งที่ 3V ของบอร์ด NodeMCU

ตัวที่3

- ที่ขา Vin ของโมดูลเซนเซอร์ TSL2561 เชื่อมต่อกับ ตำแหน่ง 3V ของบอร์ด NodeMCU
- ที่ขา Gnd ของโมดูลเซนเซอร์ TSL2561 เชื่อมต่อกับ ตำแหน่ง GND ของบอร์ด NodeMCU
- ที่ขา SDA ของโมดูลเซนเซอร์ TSL2561 เชื่อมต่อกับ ตำแหน่ง D2 ของบอร์ด NodeMCU
- ที่ขา SCL ของโมดูลเซนเซอร์ TSL2561 เชื่อมต่อกับ ตำแหน่งที่ D1 ของบอร์ด NodeMCU
- ที่ขา Addr ของโมดูลเซนเซอร์ TSL2561 เชื่อมต่อกับ ตำแหน่งที่ GND ของบอร์ด NodeMCU

- การเชื่อมต่อNodeMCU กับบอร์ด Arduino UNO

- ที่ขา Tx ของNodeMCU เชื่อมต่อกับ ตำแหน่งRx ของบอร์ด Arduino UNO
- ที่ขา GND ของNodeMCU เชื่อมต่อกับ ตำแหน่งGND ของบอร์ด Arduino UNO

- การเชื่อมต่อบอร์ด Arduino UNO กับวงจรหรี่ไฟ

- ที่ขา D10 ของบอร์ด Arduino UNO เชื่อมต่อกับตำแหน่งC1ของวงจรหรี่ไฟ
- ที่ขา 5V ของบอร์ด Arduino UNO เชื่อมต่อกับตำแหน่ง 5Vของวงจรหรี่ไฟ
- ที่ขา GND ของบอร์ด Arduino UNO เชื่อมต่อกับตำแหน่งGNDของวงจรหรี่ไฟ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3 หลักการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบ

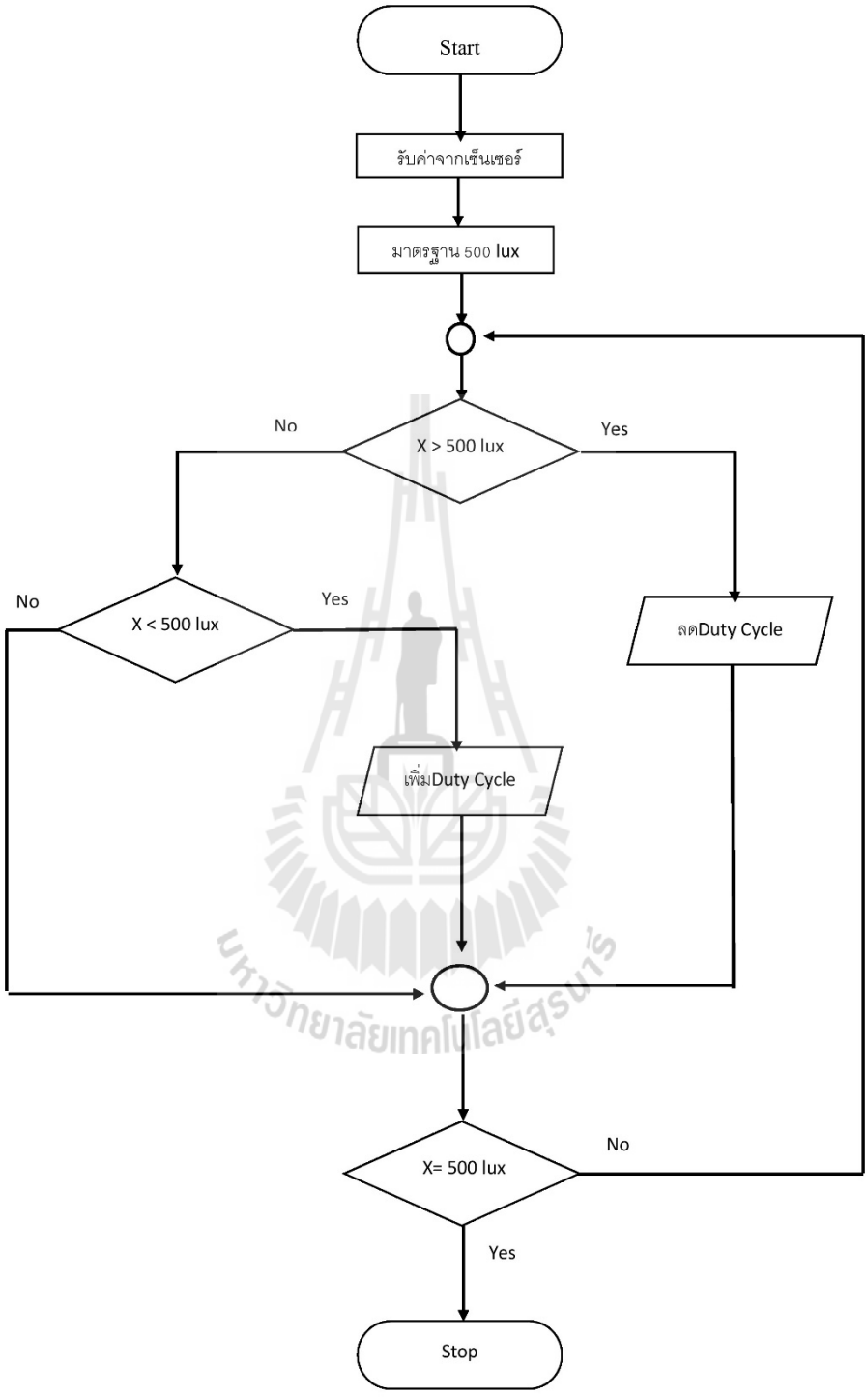
อุปกรณ์ต้นแบบปรับความเข้มการส่องสว่างอัตโนมัติมีหลักการทำงานดังรูปที่ 3.3 โดยรับข้อมูลจากโมดูลเซนเซอร์TSL2561จากนนั้นNodeMCUจะดึงข้อมูลมาประมวลผลและควบคุมการทำงานตามเงื่อนไขในโปรแกรมที่เขียนไว้เพื่อสั่งการทำงานไปยังArduino UNO จากนั้นArduino UNOจะทำการปรับสัญญาณพัลส์เพื่อส่งต่อไปยังวงจรหรี่ไฟให้ปรับความเข้มการส่องสว่างของหลอดไฟตามที่กำหนด โดยมีเงื่อนไขการทำงานดังนี้

- หากความเข้มการส่องสว่างภายในห้องมีค่าน้อยกว่า 500 Lux NodeMCUจะสั่งการไปยังบอร์ดArduino UNO เพื่อปรับค่าDuty cycleของสัญญาณพัลส์ให้เพิ่มขึ้น ก็จะเพิ่มความเข้มการส่องสว่างของหลอดไฟ

- หากความสิ่งสว่างภายในห้องมีค่าเท่ากับ 500 Lux อุปกรณ์ก็จะไม่มีการสั่งการ

- หากความเข้มการส่องสว่างภายในห้องมีค่ามากกว่า 500 Lux NodeMCUจะสั่งการไปยังบอร์ดArduino UNO เพื่อปรับค่าDuty cycleของสัญญาณพัลส์ให้ลดลง ก็จะลดความเข้มการส่องสว่างของหลอดไฟ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



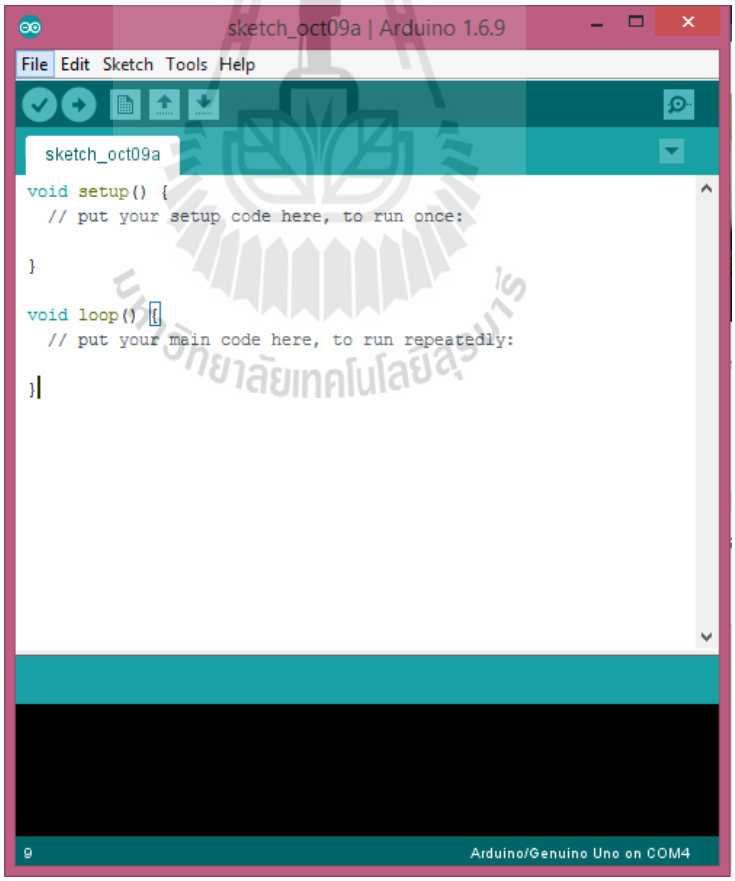
รูปที่ 3.3 ผังการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบปรับความเข้มการส่องสว่างอัตโนมัติ

3.4 การใช้โปรแกรม Arduino IDE

1. เปิดโปรแกรม Arduino ที่ได้โหลดมาจาก http://arduino.cc/en/Main/Software

รูปที่ 3.4 หน้าต่างเว็บไซต์สำหรับโหลดโปรแกรม Arduino IDE

2. เมื่อเปิดโปรแกรมแล้วจะพบกับหน้าต่างของ IDE ดังรูป

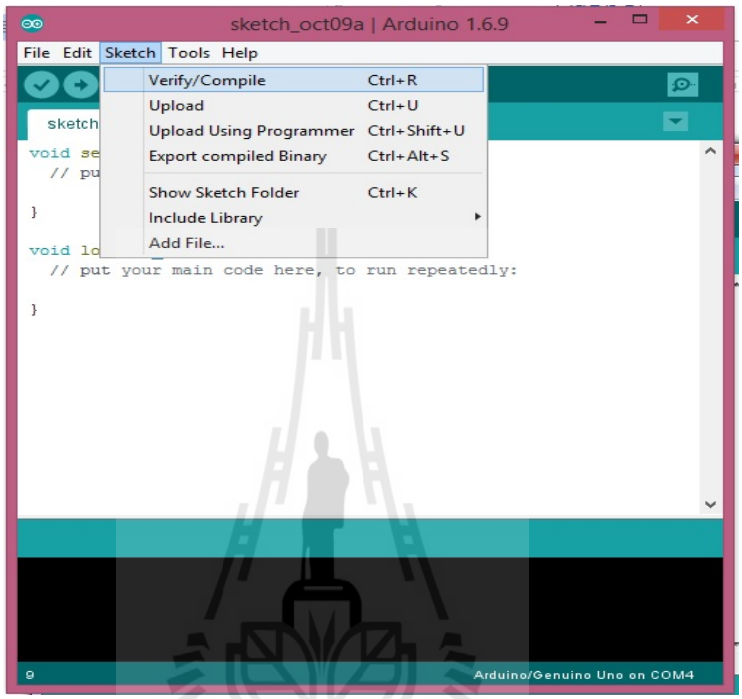


รูปที่ 3.5 หน้าต่างโปรแกรม

3. ไปที่ **Tools->Board** แล้วเลือกให้ตรงกับบอร์ดที่ใช้งานสำหรับ Arduino UNO ให้เลือกบอร์ด **Arduino UNO**

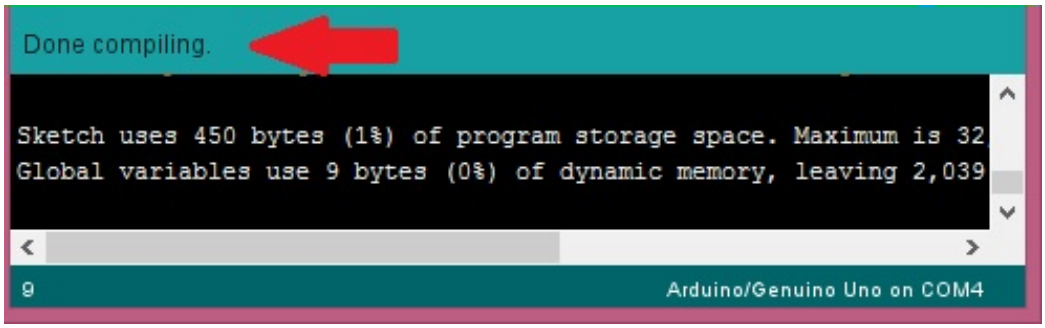
4. เขียนโปรแกรมลงในโปรแกรมArduino IDE

5. จากนั้นคอมไฟล์โปรแกรมโดยไปที่ Sketch->Verify / Compile



รูปที่ 3.6 การเลือกคอมไพล์

6. เมื่อคอมไฟล์เรียบร้อยจะมีข้อความปรากฏดังรูป



รูปที่ 3.7 หน้าต่างแสดงความถูกต้องของโปรแกรมที่เขียนขึ้น

3.5 โค้ดโปรแกรม

การทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบปรับค่าความเข้มการส่องสว่างอัตโนมัติมีโค้ดโปรแกรมดังนี้

กำหนดค่าเริ่มต้นโปรแกรม

```
#include <Arduino.h>                          //เพิ่มไลบรารี่ของอาดูโน่
#include <ArduinoJson.h>                      //เพิ่มไลบรารี่ในการแปลง json
#include <Wire.h>                             //เพิ่มไลบรารี่ในการใช้ I2C กับ Sensor
#include <ESP8266WiFi.h>                      //เพิ่มไลบลารี่เกี่ยวกับไวไฟ
#include <ESP8266WiFiMulti.h>                 //เพิ่มไลบลารี่เกี่ยวกับไวไฟ
#include <ESP8266HTTPClient.h>                //เพิ่มไลบลารี่เกี่ยวกับการเชื่อมต่อ
                                              HTTP
#include <Adafruit_Sensor.h>                  //เพิ่มไลบรารี่เกี่ยวกับเซ็นเซอร์
#include <Adafruit_TSL2561_U.h>               //เพิ่มไลบรารี่เกี่ยวกับเซ็นเซอร์แสง
//Wi-Fi
ESP8266WiFiMulti WiFiMulti;                   //เพิ่มตัวแปรที่ใช้ในการเชื่อมต่อ
String updateHost ="http://nodemcuserver.herokuapp.com/update/";
                                              //เพิ่มตำแหน่งที่จะใช้ในการส่งค่า
String users = "http://nodemcuserver.herokuapp.com/get/user";
                                              //เพิ่มตำแหน่งที่จะใช้ดึงข้อมูลที่ผู้ใช้
                                              ป้อนเข้ามา
StaticJsonBuffer<200> jsonBuffer;             //เพิ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับการแปลงข้อมูล
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
HTTPClient http;                                    //เพิ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับการเชื่อมต่อ http

double s1 = 0, s2= 0, s3= 0;                        //เพิ่มตัวแปรที่ใช้ในการเก็บข้อมูลที่วัดได้จากเซ็นเซอร์แสง

int nodeLux = 0;                                    //เพิ่มตัวแปรข้อมูลที่จะเก็บค่าเฉลี่ยของเซ็นเซอร์แสง

        int userLux = 200;                          //เพิ่มตัวแปรข้อมูลที่จะเก็บค่าเฉลี่ยของ int lux = 0;
```

ส่วนของการส่งค่าจากNodeMCUไปยังArduino

```
//-----send 2-bit to arduino-------//
void sendToArduino() {
    if(nodeLux > userLux){                          //ถ้าค่าเฉลี่ยที่วัดได้มากกว่าค่าที่ผู้ใช้ต้องการ

if((nodeLux - userLux) > 20){                       //ค่ามากกว่า20ขึ้นไป
Serial.println("Decrease 000001");                  //ทำการส่งคำสั่งลดไปยังซีเรียลพอร์ท
   }
 } elseif(nodeLux < userLux) {                      //ถ้าค่าเฉลี่ยที่วัดได้น้อยค่าที่ผู้ใช้ต้องการ

if((userLux - nodeLux) > 20) {                      //ค่าเฉลี่ยได้น้อยกว่า20ลงมา
Serial.println("Increase");                        //ทำการส่งคำสั่งลดไปยังserial port
   }
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
 }
}
```

ส่วนของรับค่าจากเซิร์ฟเวอร์

```
//------------------------HTTP---------------------------------------//
int getJSON(String choose) {
if((WiFiMulti.run() == WL_CONNECTED)) {          //ตรวจสอบสถานะเชื่อมต่อไวไฟ
http.begin(choose); //HTTP                       //เริ่มทำการเชื่อมต่อกับตำแหน่งที่เลือกไว้
    http.addHeader("Cache-Control", "max-age=0"); //ตั้งค่าเพื่อไม่ให้เกิดการใช้แคช
    int httpCode = http.GET();                    //ดึงค่าสถานะจากการเชื่อมต่อ
    if(httpCode > 0) {                            //การเชื่อมต่อถูกต้อง
      if(httpCode == HTTP_CODE_OK) {              //ตรวจสอบค่าสถานะว่าถูกต้องหรือไม่
      String payload = http.getString();          //ทำการเก็บข้อมูลที่ได้จากการเชื่อมต่อ
    return getData(payload);                      //ส่งค่ากลับโดยทำงานรวบกับฟังก์ชันถอดข้อความ
      }else{                                      //สถานะเชื่อมต่อล้มเหลว
        return 0;                                 //ส่งค่า 0 กลับ
      }
    } else {                                      //สถานะการเชื่อมต่อมีปัญหา
```

```
        return 0;                                   //ส่งค่า 0 กลับ
      }
      http.end();                                   //ตัดการเชื่อมต่อ
}
}
```

ส่วนของการส่งค่าขึ้นเซิร์ฟเวอร์

```
void sendData(int a){
   String link = updateHost+a;                      //ทำการตั้งค่าตำแหน่งที่จะส่งไปพร้อม
                                                    ค่าที่จะส่งเป็น a
     if((WiFiMulti.run() == WL_CONNECTED)) {        //ตรวจสอบการเชื่อมต่อ
      http.begin(link); //HTTP                      //เริ่มต้นการเชื่อมต่อและส่งข้อมูล
      http.addHeader("Cache-Control", "max-age=0"); //ตั้งค่าเพื่อไม่ให้เกิดการใช้แคช
      int httpCode = http.GET();                    //ดึงค่าสถานะจากการเชื่อมต่อ
      if(httpCode > 0) {                            //ตรวจสอบค่าสถานะการเชื่อมต่อ
        if(httpCode == HTTP_CODE_OK) {              //การเชื่อมต่อถูกต้อง
        }
      } else {                                      //การเชื่อมต่อล้มเหลว
return 0;                                           //ส่งค่า 0 กลับ
      }
```

```
    http.end();                                   //ตัดการเชื่อมต่อ
  }
}
```

ส่วนของการอ่านค่าจากเซ็นเซอร์แสง

```
void getLightSensor(){
 sensors_event_t event;                           //ทำการประกาศพอยเตอร์ของ
                                                  เซนเซอร์
 tsl.getEvent(&event);                            //ตั้งค่าตัวแปรเซ็นเซอร์ตัวที่ 1 ผ่าน
                                                  พอยเตอร์
 s1 = event.light+7;                              //ดึงค่าผ่านพอยเตอร์และเก็บไว้ที่ s1
                                                  พร้อมค่าทดความคลาดเคลื่อน
 ts2.getEvent(&event);                            //ตั้งค่าตัวแปรเซ็นเซอร์ตัวที่ 2 ผ่าน
                                                  พอยเตอร์
 s2 = event.light+7;                              //ดึงค่าผ่านพอยเตอร์และเก็บไว้ที่ s2
                                                  พร้อมค่าทดความคลาดเคลื่อน
 ts3.getEvent(&event);                            //ตั้งค่าตัวแปรเซ็นเซอร์ตัวที่ 2 ผ่าน
                                                  พอยเตอร์
 s3 = event.light+7;                              //ดึงค่าผ่านพอยเตอร์และเก็บไว้ที่ s3
                                                  พร้อมค่าทดความคลาดเคลื่อน
 nodeLux = (int) (s1+s2+s3)/3;                    //ทำการหาค่าเฉลี่ยทั้ง 3 เซ็นเซอร์เก็บ
                                                  ไว้ที่ nodeLux
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ส่วนของการปรับค่าในArduino

```
void updateDim(){
 switch(level){                                  //ใช้ switch-case ในการเลือกระดับของความสว่าง
   case 33 :                                     //ถ้าค่าระดับ 33
    dim = 0;        break;                       //กำหนด dim = 0 คือสว่างมากที่สุดและหยุดการทำงาน
   case 32 :                                     //ถ้าค่าระดับ 32
    dim = 30;       break;                       //กำหนด dim = 30 และหยุดการทำงาน
     ….
   case 1 :                                      //ถ้าค่าระดับ 1
    dim = 250;      break;                       //กำหนด dim = 30 คือสว่างน้อยที่สุดและหยุดการทำงาน
   default :                                     //ถ้าค่านอกเหนือจาก case ที่กำหนด
    level = 1;                                   //ปรับระดับเป็น 1 เสมอ
  }
  Serial.println(level);                         //แสดงค่าระดับ
```

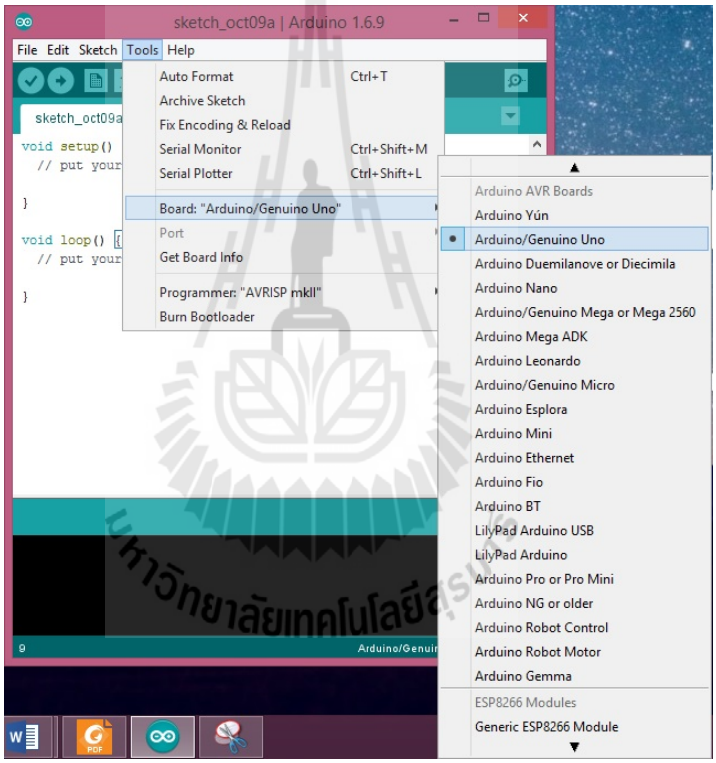
3.6 การโหลดโปรแกรมลงบอร์ด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เมื่อทำการเขียนโปรแกรมถูกต้องแล้วต่อไปเป็นขั้นตอนการโหลดโค้ดโปรแกรมลงบนบอร์ด ซึ่งจะมีการตั้งค่าต่างๆ ดังนี้

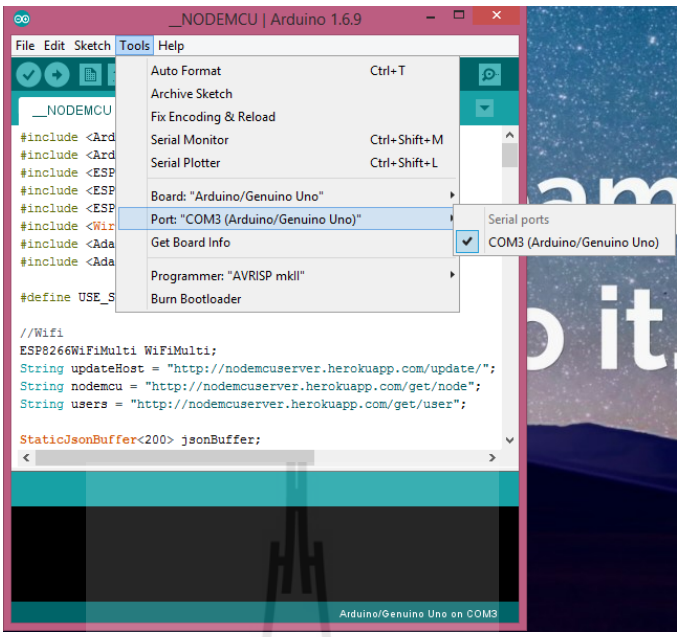
1. เชื่อมต่อสาย USB เข้ากับคอมพิวเตอร์และบอร์ด Arduino UNO R3

2. เลือกบอร์ด โดยเลือกรุ่นของบอร์ด Arduino ที่ใช้ให้ตรงกับโปรแกรมที่ใช้งาน ซึ่งสำหรับอุปกรณ์ต้นแบบใช้บอร์ด Arduino UNO R3 โดยกดแถบเครื่องมือ Tool แล้วเลือกไปที่ Board “Arduino Uno” ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 การเชื่อมต่อโปรแกรมกับบอร์ด

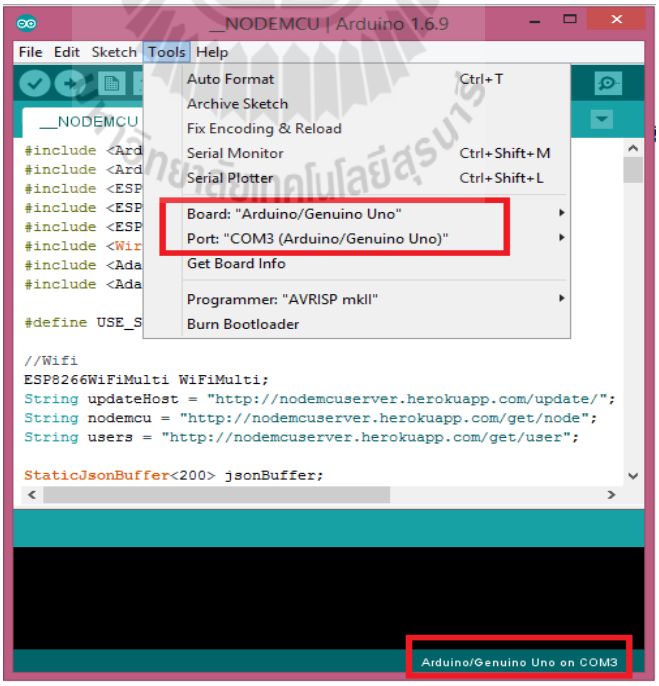
3. เลือกพอร์ต ซึ่งต้องเลือกช่องพอร์ต USB ให้ตรงกับที่เสียบ Arduino โดยปกติโปรแกรมจะเลือกให้อัตโนมัติ แต่อย่างไรก็ตามควรตรวจสอบให้ตรงกันโดยกดแถบเครื่องมือ Tool แล้วเลือกไปที่ Port “ COM5 ” แล้วกดเลือก Port COM5 ทั้งนี้ ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การเลือกพอร์ตเพื่อการสื่อสารระหว่างบอร์ดกับโปรแกรม

4. จากนั้นทำการอัพโหลดโปรแกรมไปที่บอร์ด โดยกดที่ปุ่ม Upload

5. เมื่อเลือกเสร็จแล้วโปรแกรม Arduino จะต้องขึ้นตามกรอบสี่เหลี่ยม ดังรูปที่ 3.10



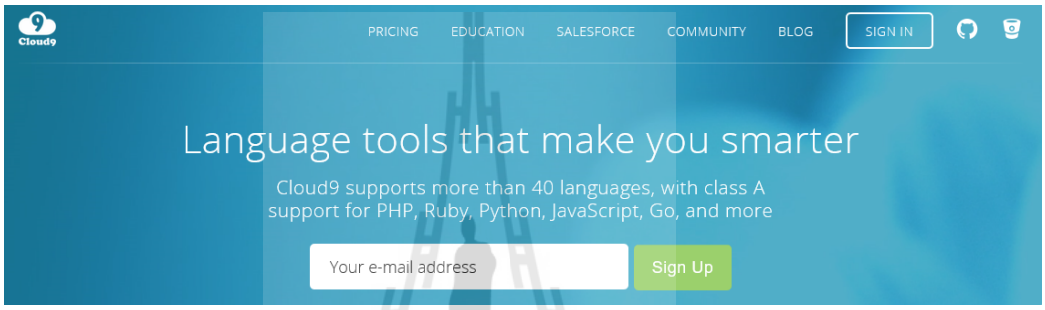
รูปที่ 3.10 หน้าต่างเมื่อกำหนดพอร์ตการเชื่อมต่อเรียบร้อย

6. จากนั้นทำการอัพโหลดโปรแกรมไปที่บอร์ด โดยกดที่ปุ่ม Upload

7. เมื่ออัพโหลดเสร็จเรียบร้อยแล้วจะแสดงคำว่า Done uploading จากนั้น ตรวจสอบอุปกรณ์ที่ได้ต่อไว้ ว่าทำงานตรงตามโปรแกรมที่เขียนหรือไม่

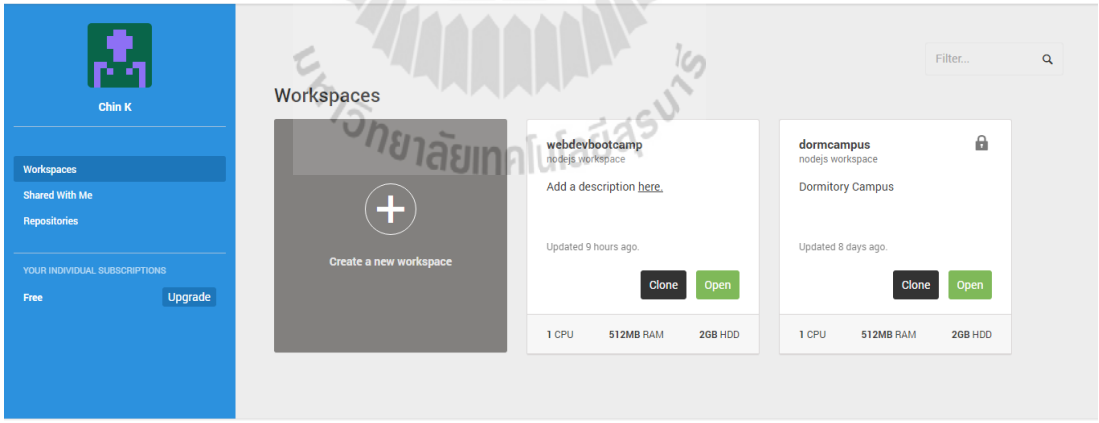
3.7 การแสดงผลค่าความเข้มการส่องสว่าง

1.ทำการสมัครเข้าใช้งาน IDE Online บน C9 Clouds



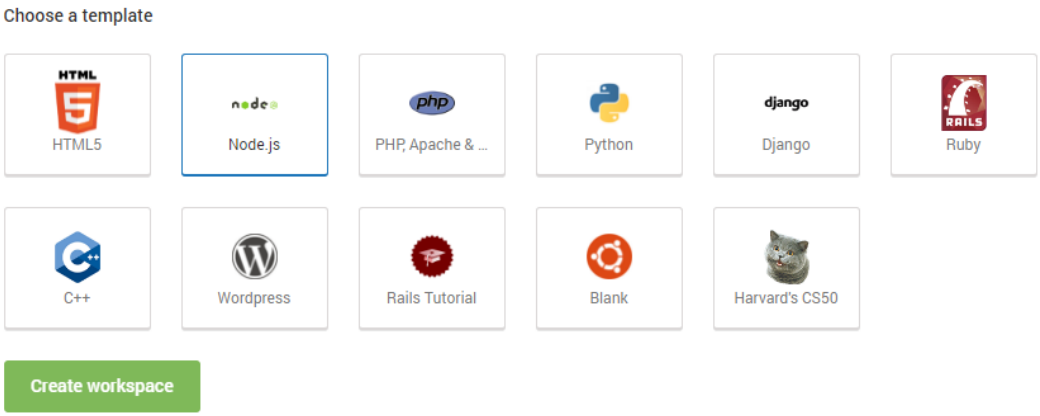
รูปที่ 3.11 หน้าต่างเว็บไซต์www.c9.io

2.ทำการสร้าง Workspace ใหม่



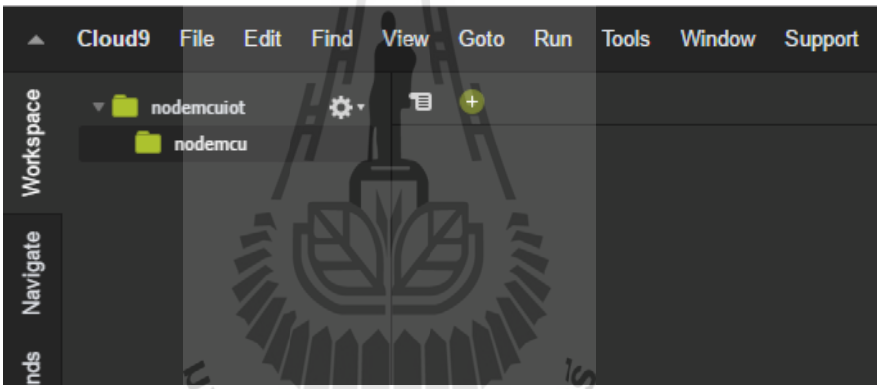
รูปที่ 3.12 หน้าต่างสำหรับสร้างworkspace

3.ทำการเลือก template เป็น Node.js



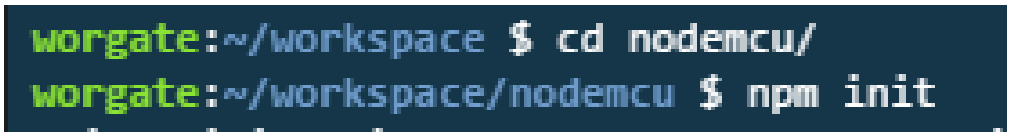
รูปที่ 3.13 หน้าต่างเลือกtemplate

4.ทำการลบข้อมูลทั้งหมดและสร้าง directory ชื่อ nodemcu



รูปที่ 3.14 หน้าต่างสำหรับการสร้างweb application

5.ทำการเลือกตำแหน่งไปยัง directory ที่สร้างไว้และใช้คำสั่ง npm init เพื่อเริ่มสร้าง application



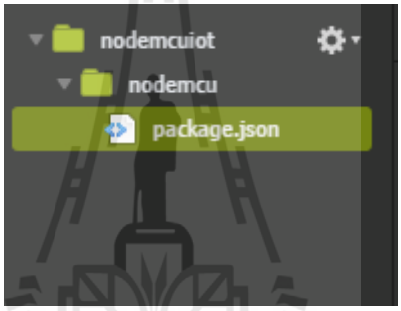
รูปที่ 3.15 หน้าต่างสำหรับพิมพ์คำสั่ง

6.ทำการใส่ข้อมูล และกำหนด entry point เป็น app.js

```
name: (nodemcu)
version: (1.0.0)
description:
entry point: (index.js) app.js
test command:
git repository:
keywords:
author:
license: (ISC)
```

รูปที่ 3.16 หน้าต่างแสดงกรอบข้อมูล

7.จากนั้นจะได้ไฟล์ package.json ใน directory ที่สร้างขึ้น



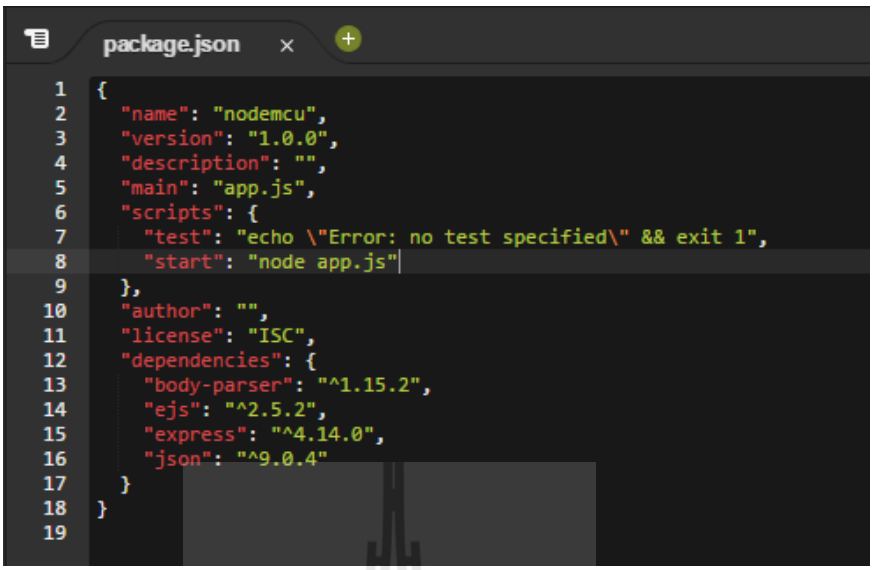
รูปที่ 3.17ไฟล์งานที่ได้จากการพิมพ์คำสั่ง

8.ทำการติดตั้ง dependency เสมือน library ที่จะใช้เป็นเครื่องมือในการสร้าง application

```
worgate:~/workspace/nodemcu $ npm install ejs body-parser express json --save
npm WARN package.json nodemcu@1.0.0 No description
npm WARN package.json nodemcu@1.0.0 No repository field.
npm WARN package.json nodemcu@1.0.0 No README data
ejs@2.5.2 node_modules/ejs
```

รูปที่ 3.18 แสดงการติดตั้ง dependency

9.จากนั้นไฟล์ package.json จะมีการเพิ่ม dependencies ตามที่เราได้ติดตั้ง และเพิ่มคำสั่ง start ลงใน scripts ดังภาพ



รูปที่ 3.19ข้อมูลที่อยู่ใน package.json

10.ทำการสร้างไฟล์ชื่อ app.js และ index.ejs ซึ่งจะอยู่ใน directory ชื่อ views

รูปที่ 3.20ไฟล์ทั้งหมดที่ถูกสร้าง

11.เขียนโค๊ดโปรแกรมในการทำงาน

ภายใน app.js

```
var bodyParser  = require("body-parser");
```

//ทำการประกาศใช้ body-parser ในการจัดการตัว application

```
 var express     = require("express");                    //ทำการประกาศใช้ express ในการจัดการ route

var app         = express();                             //สร้างตัวแปรในการใช้ route


app.set("view engine", "ejs");                           //ทำการประกาศการใช้งานร่วมกับไฟล์ ejs

app.use(express.static("public"));                       //ประกาศการเข้าถึง file เป็นแบบ public

app.use(bodyParser.urlencoded({extended: true}));        //ทำการตั้งค่า body-parser

var max = 800;                                           //กำหนดค่าสูงสุด

var min = 100;                                           //กำหนดค่าต่ำสุด

var nodemcu = 555;                                       //กำหนดค่าเซ็นเซอร์เริ่มต้น

var user = 555;                                          //กำหนดค่าผู้ใช้เริ่มต้น

var nodeOBJECT;                                          //สร้างตัวแปรที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับเซ็นเซอร์

var userOBJECCT;                                         //สร้างตัวแปรที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับผู้ใช้

//JSON - NODE

app.get("/get/node", function(req, res) {                //สร้างเส้นทาง /get/node เพื่อส่งค่า node เป็น json


   makeJson();                                           //ทำการสร้างไฟล์ json
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
    res.send(nodeOBJECT);                          //ทำการส่งตัวแปร node แบบ json
});

app.get("/get/user", function(req, res) {          //สร้างเส้นทาง /get/user เพื่อส่งค่า user
                                                   เป็น json
    makeJson();                                    //ทำการสร้างไฟล์ json
    res.send(userOBJECT);                          //ทำการส่งตัวแปร user แบบ json

});

//USER INDEX - USER & NODE
app.get("/", function(req, res){                   //สร้างเส้นทาง / เพื่อแสดงหน้าการ
                                                   ปรับตั้ง
    makeJson();                                    //ทำการสร้างไฟล์ json
    res.render("index",{node : nodeOBJECT , user : userOBJECT});
                                                   //ทำการแสดงหน้าการปรับตั้ง และส่ง
                                                   ค่าตัวแปรไปยังหน้าปรับตั้ง
});
//RECIEVED POST REQUEST - USER
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
app.post("/", function(req, res){                    //สร้างเส้นทางเมื่อมีการส่งค่าผ่านเมทอด post ของ user

  makeJson();                                        //ทำการสร้างไฟล์ json

  var updateLux = parseInt(req.body.lux);            //นำค่าที่ส่งผ่านเมธอดเก็บไว้ในตัวแปร updateLux

  if(typeof updateLux != "number" || isNaN(updateLux)){
                                                     //ตรวจสอบค่าตัวแปร updateLux เป็นตัวเลขหรือไม่

    res.send("error");                               //ทำการส่งข้อความกลับหากไม่เป็นตัวเลข

  }else{

    if(updateLux >= min && updateLux <= max ){       //ทำการตรวจสอบตัวเลขให้อยู่ขอบเขตที่กำหนด

      user = updateLux;                              //ทำการใส่ค่าใหม่ให้ user

      res.redirect("back");                          //ทำการย้อนกลับ

    }else {                                          //หากไม่อยู่ในนขอบเขต

      res.redirect("back");                          //ทำการย้อนกลับ

    }

  }

});
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
// Manual Update - NODE

app.get("/update/:value", function(req, res) {                    //สร้างเส้นทาง /get/node/:value เพื่อ
ปรับค่า node

    var updateLux = parseInt(req.params.value);                   //ทำการดึงค่า value เก็บไว้ในตัวแปร
updateLux

    if(typeof updateLux != "number" || isNaN(updateLux)){
                                                                  //ตรวจสอบค่าตัวแปร updateLux เป็น
                                                                  ตัวเลขหรือไม่
      res.send("error");                                          //ทำการส่งข้อความกลับหากไม่เป็น
                                                                  ตัวเลข

    }else{
        if(updateLux >= 0){                                       //ถ้าตัวเลขมากกว่าหรือเท่ากับ 0
          nodemcu = updateLux;                                    //ทำการใส่ค่าใหม่ให้ node
          res.sendStatus(200);                                    //ส่งค่าสถานะการเชื่อมต่อสมบูรณ์
                                                                  กลับ

        }else {
          res.send("Update Failure");                             //ทำการส่งข้อความกลับหากไม่
                                                                  สมบูรณ์

        }
  }

});
```

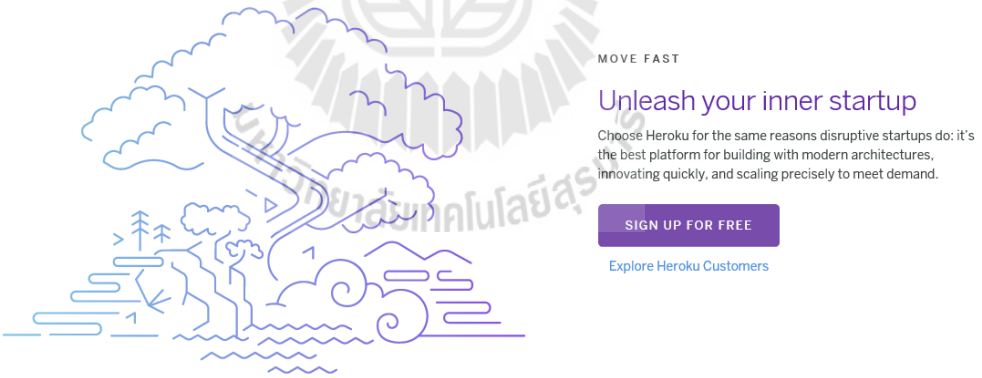
```
function makeJson() {                                   //เมื่อถูกเรียกจะทำการปรับค่าตัวแปร
                                                        nodeOBJECT และ userOBJECT ให้
                                                        เป็นค่าล่าสุด
 nodeOBJECT = JSON.parse('{"model": "NodeMCU","lux":' +nodemcu+'}');
                                                        //ทำการใส่ค่าใหม่ให้ nodeOBJECT
                                                        แบบ json โดยการใช้ค่า nodemcu
                                                        ปัจจุบัน
 userOBJECT = JSON.parse('{"model": "User","lux":' +user+'}');
                                                        //ทำการใส่ค่าใหม่ให้แบบ
                                                        userOBJECTjson โดยการใช้ค่า
                                                        ปัจจุบัน
}
app.listen(process.env.PORT ,process.env.IP ,function(){
                                                        //ทำการตั้งค่าการเชื่อมต่ออัตโนมัติ
   console.log("SERVER IS RUNNING");
});
<link rel="stylesheet" type="text/css"
href="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/3.3.7/css/bootstrap.min.css">
                                                        //ทำการเรียกใช้ bootstrap
<script src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/1.12.4/jquery.min.js"></script>
                                                        //ทำการเรียกใช้ ajax
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
<h1 class="node" id="timing"><%=node.lux%></h1>      //กำหนด id เพื่อจะใช้ในการเปลี่ยนค่าอัตโนมัติ

…

<p id="userTiming"><%= user.lux%></p>                //กำหนด id เพื่อจะใช้ในการเปลี่ยนค่าอัตโนมัติ

<form action="/" method="POST">

…

function update(){

setInterval(function(){

   var jqxhr = $.getJSON( "https://nodemcux2.herokuapp.com/get/node",
                                                     //ทำการกำหนดเส้นทางที่จะใช้ดึงข้อมูลของ node

  function(data) {

                document.getElementById("timing").innerHTML = data.lux;
                                                     //ทำการใส่ค่าที่แสดงใหม่ตาม id

                …

        }, 1000);                                    //ทำงานอัตโนมัติทุก ๆ 1 วินาที

setInterval(function(){

  var jqxhr = $.getJSON( "https://nodemcux2.herokuapp.com/get/user",
```

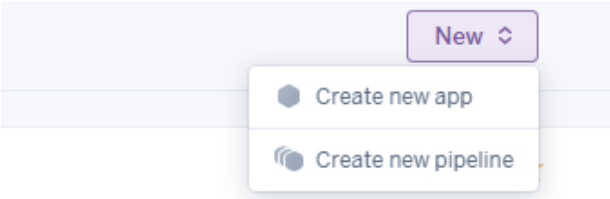
```
                                                    //ทำการกำหนดเส้นทางที่จะใช้ดึง
                                                    ข้อมูลของ user
  function(data) {
                document.getElementById("userTiming").innerHTML = data.lux;
                                                    //ทำการใส่ค่าที่แสดงใหม่ตาม id
                …
        }, 1000);                                   //ทำงานอัตโนมัติทุก ๆ 1 วินาที
}
…
```

12.สมัครเข้าใช้งานเซิร์ฟเวอร์ Heroku



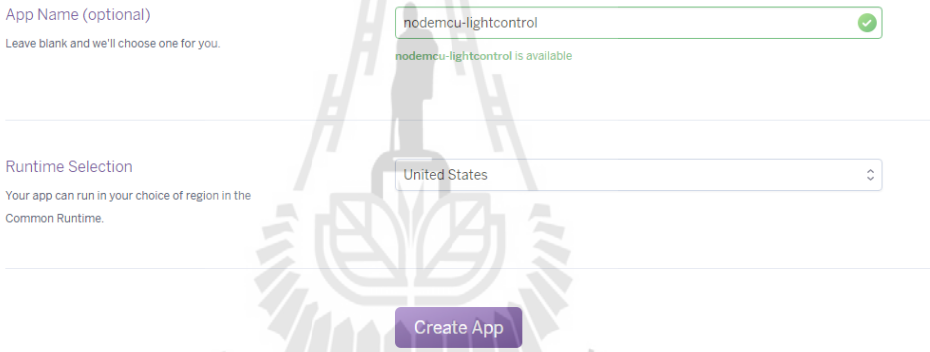
รูปที่ 3.21หน้าเว็บไซต์www.heroku.com

13.ทำการสร้างแอปพลิเคชั่น โดยกดไปที่ create new app



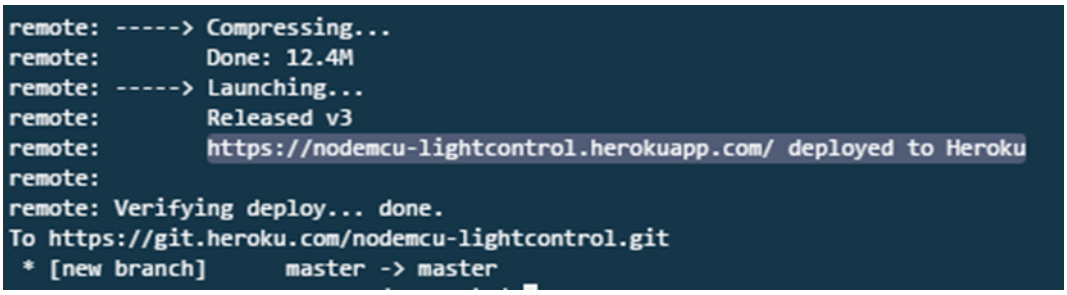
รูปที่ 3.22การสร้างแอปพลิเคชั่น

14.ตั้งชื่อแอปพลิเคชั่น



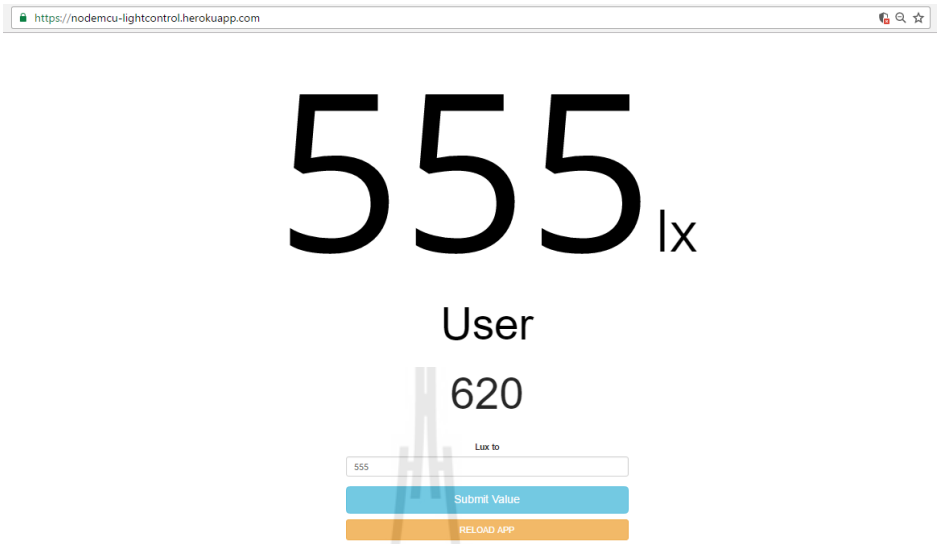
รูปที่ 3.23การตั้งชื่อแอปพลิเคชั่น

15.ใช้คำสั่งheroku login จากนั้นป้อนอีเมลล์และพาสเวิร์ด พิมพ์gid init ,gid add. และ gid commit จากนั้นป้อนคำสั่งถัดไป gid push เมื่อป้อนคำสั่งแล้วจะได้ลิงค์ที่เชื่อมไปยังแอปพลิเคชั่น



รูปที่ 3.24ลิงค์ที่เชื่อมต่อกับแอปพลิเคชั่น

16.เมื่อเชื่อมต่อได้สำเร็จแอปพลิเคชั่นจะแสดงค่าความเข้มการส่องสว่าง ดังรูปที่ 3.25



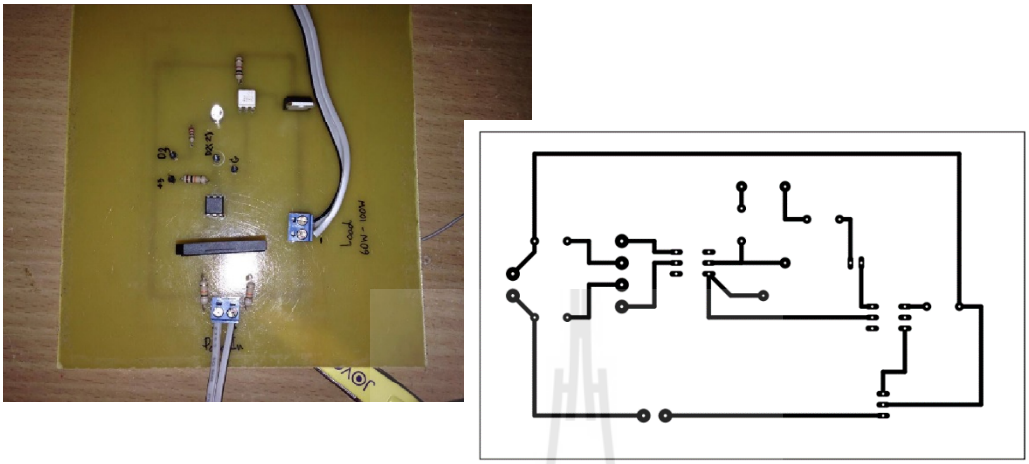
รูปที่ 3.25 หน้าต่างแอปพลิเคชั่นแสดงความชื้น

3.8 ต้นแบบอุปกรณ์ปรับความเข้มการส่องสว่างแบบอัตโนมัติ

อุปกรณ์ต้นแบบปรับความเข้มการส่องสว่างอัตโนมัติมีลักษณะ ดังรูปที่ 3.26

รูปที่ 3.26ลักษณะอุปกรณ์ต้นแบบ

3.9 วงจรหรี่ไฟ



3.10กล่าวสรุป

เนื้อหาบทที่ 3 แสดงชุดอุปกรณ์ต้นแบบ หลักการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบ การต่อพอร์ตขอบอร์ด Arduino UNO กับอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในอุปกรณ์ต้นแบบ การใช้โปรแกรม Arduino IDE โค้ดโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบทั้งหมด การโหลดโปรแกรมลงบอร์ดเพื่อให้ทำงานได้อย่างอัตโนมัติและการแสดงผลค่าความส่องสว่างผ่านแอปพลิเคชั่น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4

การทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบ

4.1กล่าวนำ

เมื่อสร้างอุปกรณ์ต้นแบบเสร็จแล้วขั้นตอนต่อไปคือการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์โดยทำการทดสอบทั้งหมด 2 กรณี คือ1. กรณีวัดค่าความเข้มการส่องสว่างโดยไม่ใช้อุปกรณ์ปรับความสว่างอัตโนมัติ 2.กรณีวัดค่าความส่องสว่างเมื่อเพิ่มอุปกรณ์ความเข้มการส่องสว่างอัตโนมัติ โดยทำการการทดสอบในห้องนอน , ห้องเรียน, ห้องทบทวน (ศูนย์บริการ9-10) และห้องทบทวนเดี่ยว (บรรณสาร)

4.2 ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบ

การทดสอบการทำงานอุปกรณ์ปรับค่าความเข้มการส่องสว่างอัตโนมัติเนื่องจากมีความต้องการที่จะทราบว่าอุปกรณ์เพิ่มความเข้มการส่องสว่างอัตโนมัติการสามารถปรับค่าความเข้มการส่องสว่างให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดได้จริงหรือไม่และการมีอุปกรณ์เพิ่มความเข้มการส่องสว่างมีผลดีอย่างไรจึงได้แบ่งการทดลองเป็น 2 กรณีได้แก่

1.กรณีวัดค่าความเข้มการส่องสว่างโดยไม่ใช้อุปกรณ์ปรับความสว่างอัตโนมัติ

2.กรณีวัดค่าความเข้มการส่องสว่างเมื่อเพิ่มอุปกรณ์ความส่องสว่างอัตโนมัติ

(ทั้งสองกรณีทำการวัดในห้องนอน, ห้องเรียน, ห้องทบทวน (ศูนย์บริการ9-10) และห้องทบทวนเดี่ยว (บรรณสาร))

<u>การทดลองที่ 1</u> : ทดสอบการวัดค่าความเข้มการส่องสว่างโดยไม่ใช้อุปกรณ์ปรับความสว่างอัตโนมัติ

1.1 ทดสอบในห้องนอน

1.2 ทดสอบในห้องเรียน

1.3 ห้องทบทวน (ศูนย์บริการ9-10)

1.4ห้องทบทวนเดี่ยว (บรรณสาร)

<u>วัตถุประสงค์</u> : เพื่อทดสอบการวัดค่าความเข้มการส่องสว่างโดยไม่ใช้อุปกรณ์ปรับความเข้มการสว่างอัตโนมัติว่าภายในห้องมีค่าเป็นไปตามมาตรฐานหรือไม่

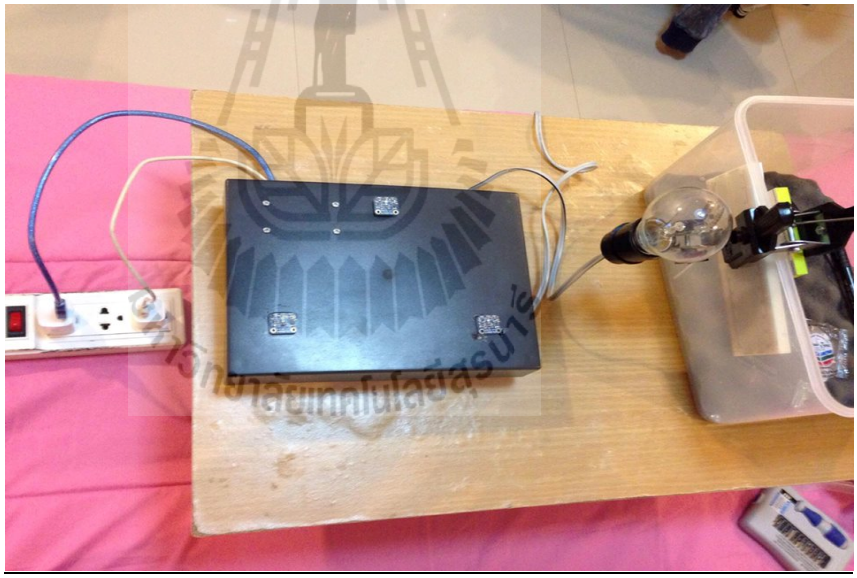
<u>วัสดุอุปกรณ์</u>

1. ชุดอุปกรณ์ต้นแบบ

2. โทรศัพท์มือถือ

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

1. จัดวางอุปกรณ์ต้นแบบดังรูปที่ 4.1(กรณีไม่เพิ่มความเข้มการส่องสว่างจากหลอดไฟ)

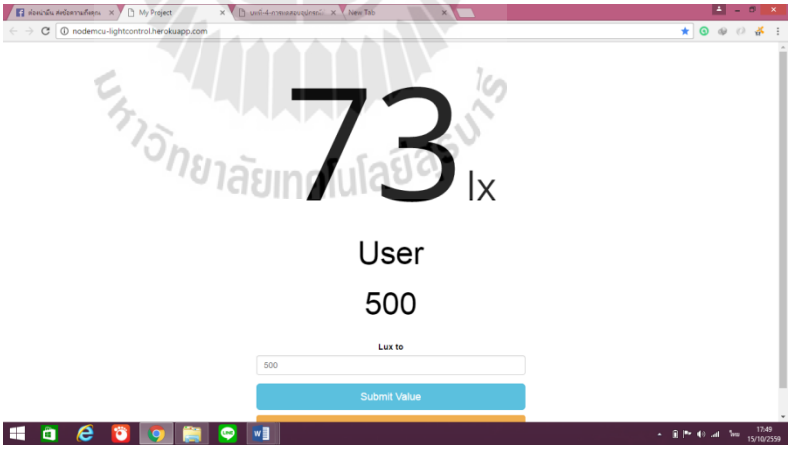


รูปที่4.1 การเตรียมอุปกรณ์

2. เชื่อมต่อWi-Fiของอุปกรณ์ต้นแบบกับโทรศัพท์มือถือเพื่อเก็บค่าความเข้มการส่องสว่างเป็นเวลา 30 นาที ดังรูปที่ 4.2

รูปที่4.2 การเชื่อมต่อWi-Fi

3. เมื่ออุปกรณ์ต้นแบบเริ่มวัดค่าความเข้มการส่องสว่างโดยจะสังเกตได้จากหน้าของเว็บแอปพลิเคชั่นดังรูปที่ 4.3

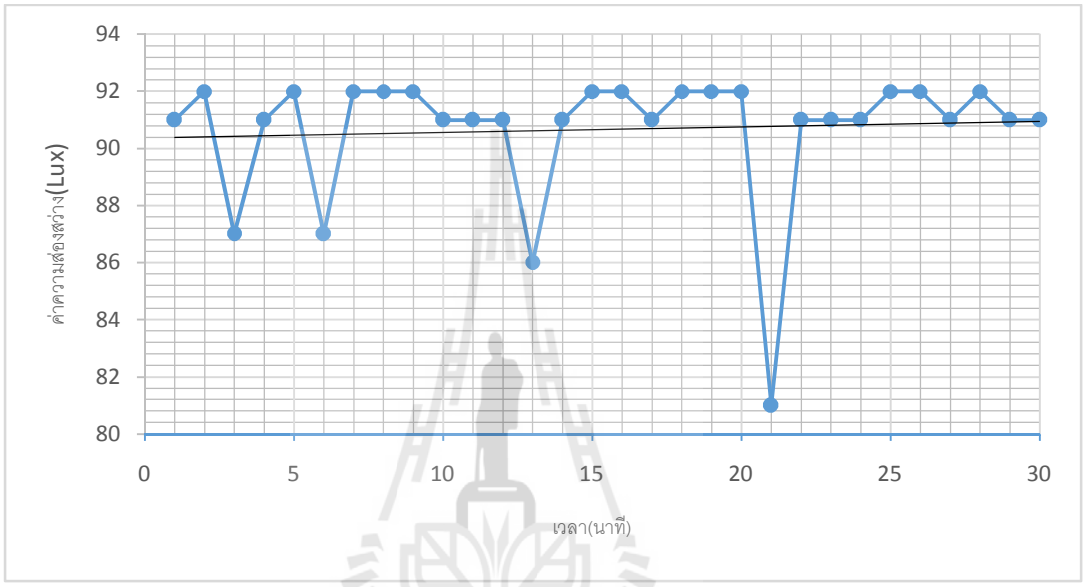


รูปที่ 4.3 การวัดค่าความเข้มการส่องสว่าง

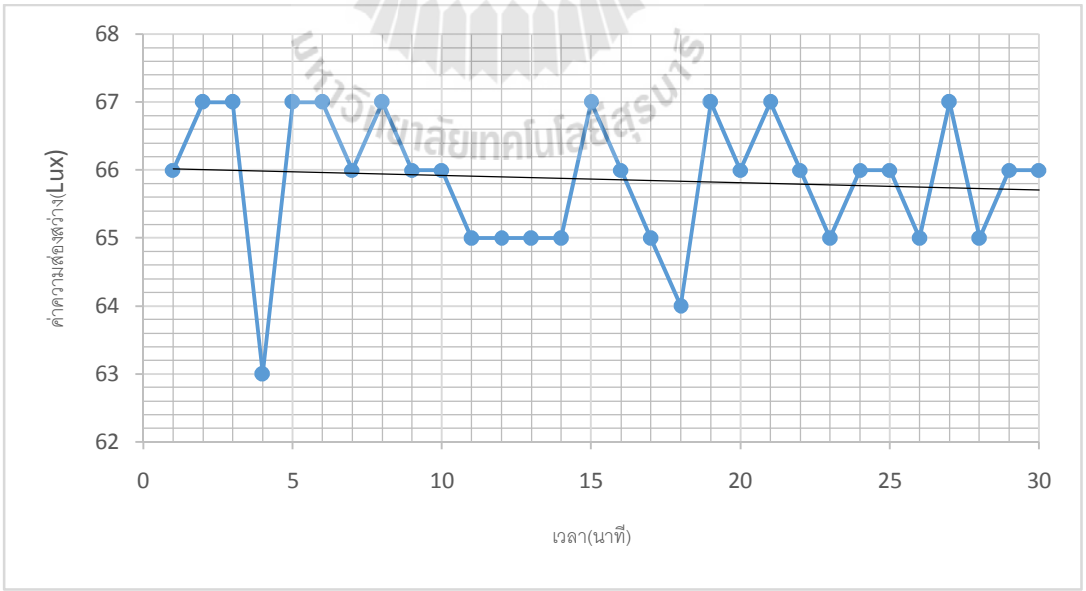
4.สังเกตและบันทึกผลการทดลอง

<u>บันทึกผลการทดลอง</u>

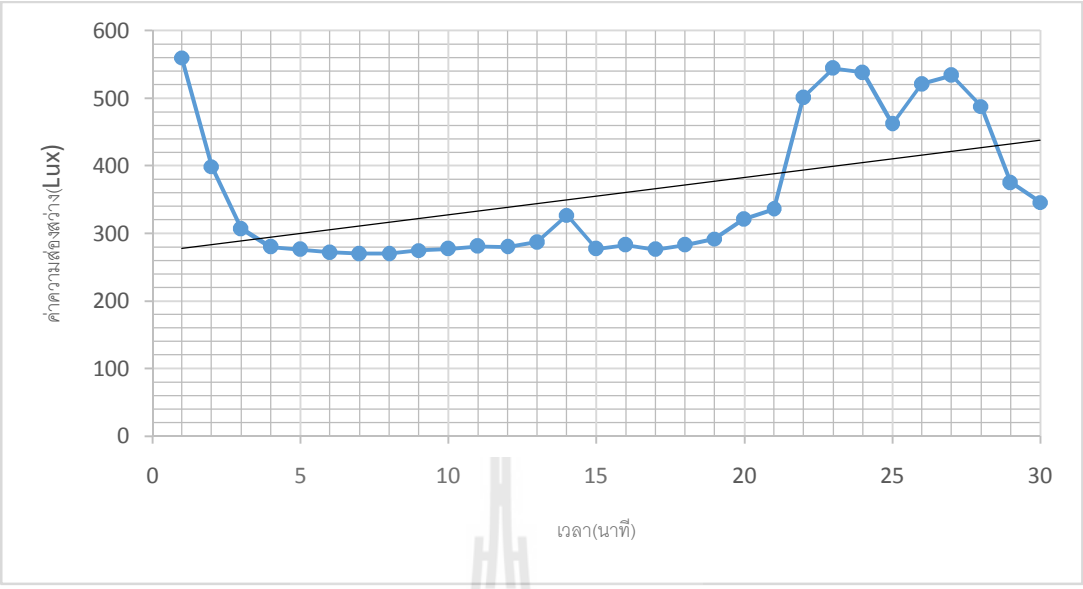
จากการทดสอบการวัดค่าความเข้มการส่องสว่างในห้องต่างๆ หลังจากได้ทำการเก็บข้อมูลความเข้มการส่องสว่างภายในห้องนอนเป็นเวลา30นาที จำนวน4ห้องมาเขียนกราฟตามลำดับได้ดังนี้



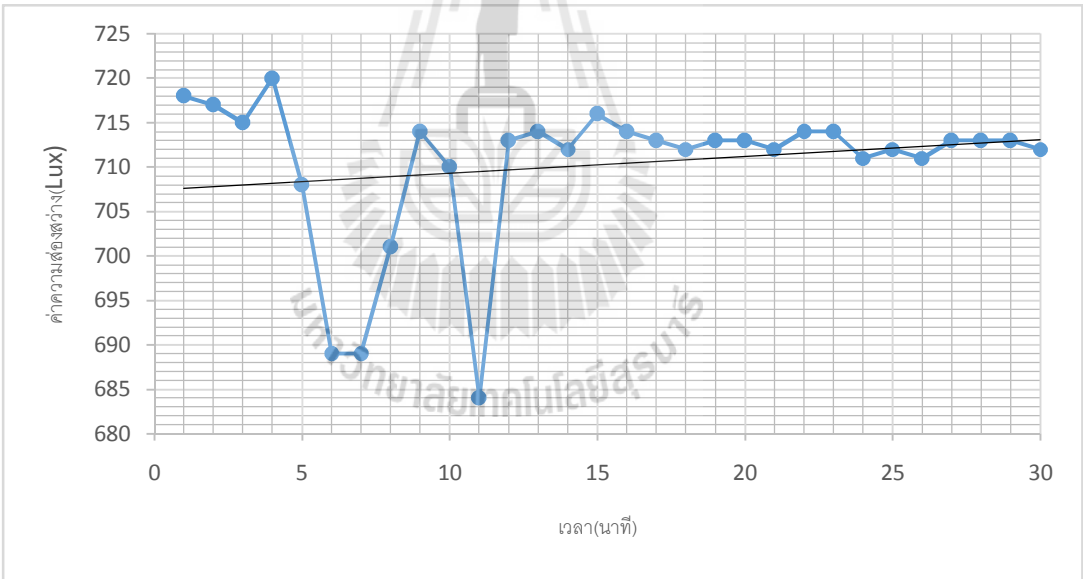
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มการส่องสว่างกับเวลาภายในห้องนอน



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มการส่องสว่างกับเวลาภายในห้องทบทวน (ศูนย์บริการ9-10)



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มการส่องสว่างกับเวลาภายในห้องทบทวนเดี่ยว(อาคารบรรณสาร)



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มการส่องสว่างกับเวลาภายในห้องเรียน(อาคารเรียนรวม1)

<u>วิเคราะห์ผลการทดลอง</u>

จากการทดลองเพื่อทดสอบการวัดค่าความเข้มการส่องสว่างว่าภายในห้องมีค่าเป็นไปตามมาตรฐานหรือไม่ พบว่าจากรูปที่4.4กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มการส่องสว่างกับ

เวลาภายในห้องนอน เมื่อพิจารณากราฟจะพบว่าค่าความเข้มการส่องสว่างภายในห้องนอนนั้นจะมีค่าอยู่ในช่วง80-95 Lux ซึ่งค่าความเข้มการส่องสว่างตามมาตรฐานนั้นจะอยู่ที่ 500 Lux แสดงให้เห็นว่าห้องนอนนั้นมีค่าความส่องสว่างน้อยกว่าค่ามาตรฐาน จากรูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มการส่องสว่างกับเวลาภายในห้องทบทวน(ศูนย์บริการ9-10) เมื่อพิจารณากราฟจะพบว่าค่าความเข้มการส่องสว่างภายในห้องทบทวน(ศูนย์บริการ9-10)นั้นจะอยู่ในช่วง 60-70 Luxซึ่งค่าความส่องสว่างตามมาตรฐานนั้นจะอยู่ที่ 500 Lux แสดงให้เห็นว่าห้องทบทวน(ศูนย์บริการ9-10)มีค่าความเข้มการส่องสว่างน้อยกว่าค่ามาตรฐาน จากรูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มการส่องสว่างกับเวลาภายในห้องทบทวนเดี่ยว(อาคารบรรณสาร) เมื่อพิจารณากราฟจะพบว่าค่าความเข้มการส่องสว่างในช่วง3-22นาทีนั้นค่าความเข้มการส่องสว่างจะมีค่าอยู่ในช่วง 250-400 Lux ซึ่งค่าความเข้มการส่องสว่างในช่วงนี้มีจะมีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐาน และในช่วงเวลาที่23-30 นาทีนั้นค่าความเข้มการส่องสว่างภายในห้องนั้นจะมีค่าช่วงประมาณ500Lux ซึ่งจะเป็นไปตามค่ามาตรฐาน จากรูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มการส่องสว่างกับเวลาภายในห้องเรียน(อาคารเรียนรวม1) เมื่อพิจารณากราฟจะพบว่าค่าความเข้มการส่องสว่างภายในห้องเรียน(อาคารเรียนรวม1)นั้นจะอยู่ในช่วง 650-750 Lux ซึ่งค่าซึ่งค่าความเข้มการส่องสว่างตามมาตรฐานนั้นจะอยู่ที่ 500 Lux แสดงให้เห็นว่าห้องนอนนั้นมีค่าความเข้มการส่องสว่างมากกว่าค่ามาตรฐาน

<u>สรุปผลการทดลอง</u>

จากการทดลองเพื่อทดสอบการวัดค่าความเข้มการส่องสว่างว่าภายในห้องทั้ง4ห้องดังที่แสดงในรูปที่4.4-4.7 ซึ่งเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มการส่องสว่างและเวลาในแต่ละห้อง จะเห็นได้ว่าค่าความเข้มการส่องสว่างของแต่ละห้องนั้นจะมีค่าที่แตกต่างกัน ซึ่งโดยตามมาตรฐานแล้วค่าความเข้มการส่องสว่างภายในห้องนั้นจะมีค่า500Lux เมื่อเปรียบเทียบกับกราฟในแต่ละห้องแล้วจะเห็นได้ว่าค่าความเข้มการส่องสว่างของแต่ละห้องบางห้องก็จะมีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐาน และบางห้องอาจจะมีค่าความเข้มการส่องสว่างมากกว่าค่ามาตรฐาน โดยจะสังเกตได้ว่าแต่ละห้องนั้นจะมีปัจจัยหลายๆอย่างที่ส่งผลต่อค่าความเข้มการส่องสว่าง เช่น จำนวนหลอดไฟ เมื่อมีจำนวนหลอดไฟเป็นจำนวนมากค่าความส่องสว่างก็จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย อายุการใช้งานของหลอดไฟ เมื่อหลอดไฟมีการใช้งานมาเป็นเวลานานนั้นจะเกิดการเสื่อมของหลอดไฟจะทำให้

ค่าความเข้มการส่องสว่างที่แผ่ออกมามีค่าลดลง ช่วงเวลา หากเป็นเวลาในตอนกลางวันนั้นจะมีค่าเข้มการความส่องสว่างที่เกิดจากดวงอาทิตย์เพิ่มเข้ามาส่งผลให้ค่าความเข้มการส่องสว่างภายในห้องมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย แต่หากเป็นในเวลากลางคืนที่ไม่มีแสงอาทิตย์แล้วค่าความเข้มการส่องสว่างภายในห้องจะลดลง และสภาพแวดล้อมภายนอก หากในห้องนั้นๆมีการใช้อุปกรณ์ที่ทำให้เกิดแสงก็จะส่งผลให้ค่าความเข้มการส่องสว่างในแต่ละห้องไม่เท่ากันได้ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะแสดงให้เห็นว่าค่าความเข้มการส่องสว่างนั้นเป็นค่าที่สามารถควบคุมได้ โดยที่ควบคุมผ่านปัจจัยนั้นๆ

<u>การทดลองที่ 2</u> : ทดสอบการวัดค่าความเข้มการส่องสว่างโดยใช้อุปกรณ์ปรับความสว่างอัตโนมัติ

1.1 ทดสอบในห้องนอน

1.2 ทดสอบในห้องเรียน

1.3 ห้องทบทวน (ศูนย์บริการ9-10)

1.4ห้องทบทวนเดี่ยว (บรรณสาร)

<u>วัตถุประสงค์</u> : เพื่อทดสอบการวัดค่าความเข้มการส่องสว่างโดยใช้อุปกรณ์ปรับความสว่างอัตโนมัติว่าภายในห้องมีค่าเป็นไปตามมาตรฐานหรือไม่

<u>วัสดุอุปกรณ์</u>

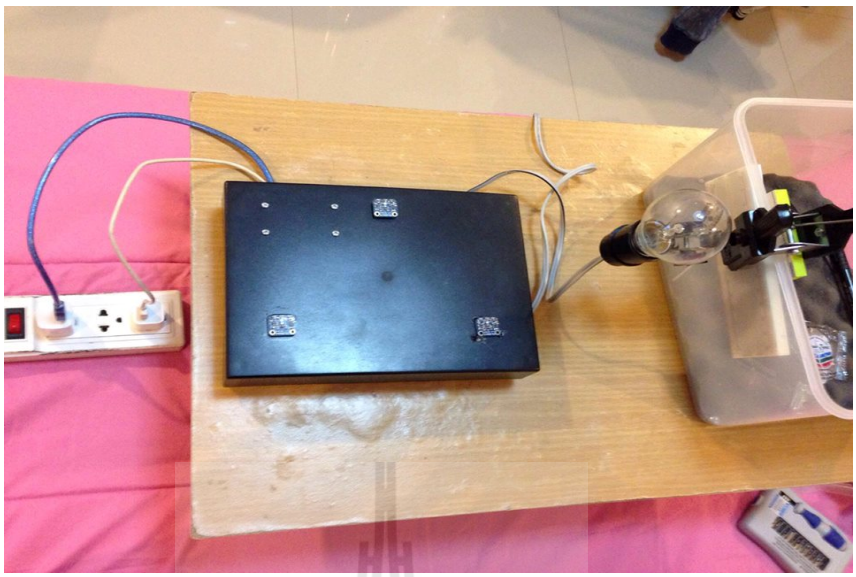
1. ชุดอุปกรณ์ต้นแบบ

2. โทรศัพท์มือถือ

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

1. จัดวางอุปกรณ์ต้นแบบดังรูปที่ 4.8(กรณีเพิ่มความเข้มการส่องสว่างจากหลอดไฟ)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

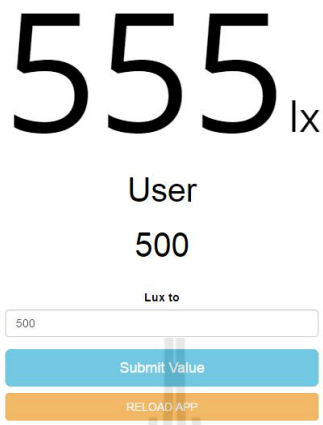


รูปที่4.8 การเตรียมอุปกรณ์

2.เชื่อมต่อWi-Fiของอุปกรณ์ต้นแบบกับโทรศัพท์มือถือเพื่อเก็บค่าความเข้มการส่องสว่างเป็นเวลา 30 นาที ดังรูปที่ 4.9

รูปที่4.9 การเชื่อมต่อWi-Fi

3.ทำการป้อนค่ามาตรฐานที่ 500 LUX เมื่ออุปกรณ์ต้นแบบเริ่มวัดค่าความเข้มการส่องสว่างโดยจะสังเกตได้จากหน้าของเว็บแอปพลิเคชั่นดังรูปที่ 4.10



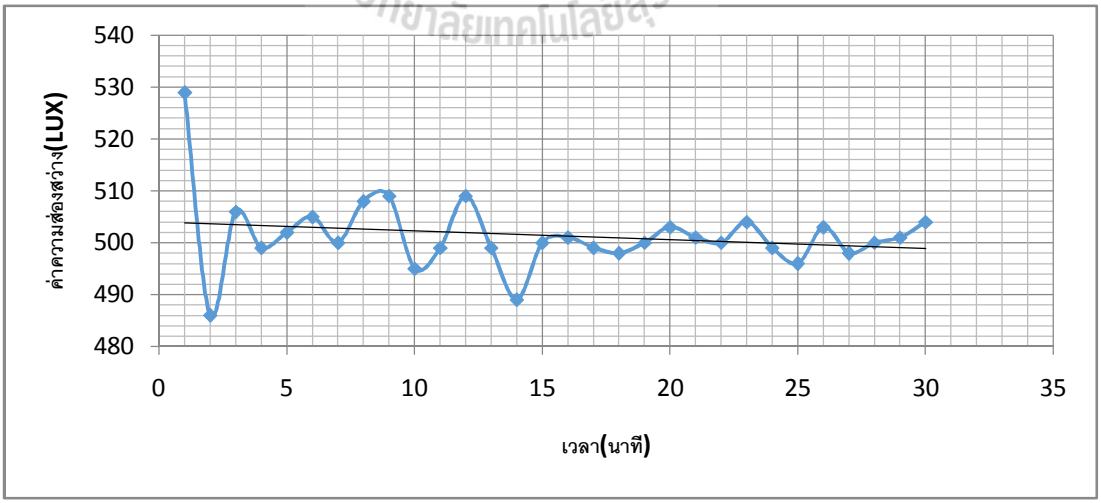
รูปที่ 4.10 การวัดค่าความเข้มการส่องสว่าง

4.สังเกตและบันทึกผลการทดลอง

<u>บันทึกผลการทดลอง</u>

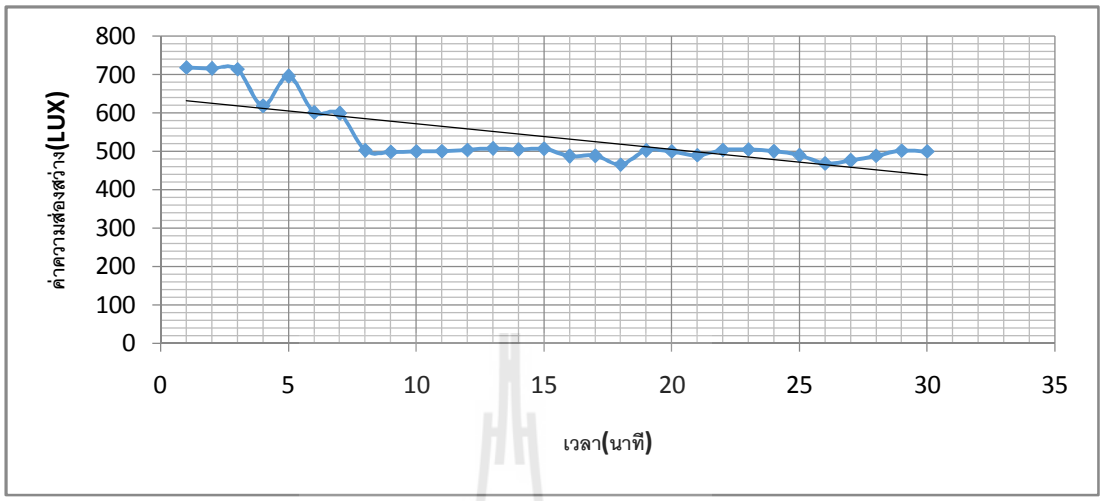
จากการทดสอบการวัดค่าความเข้มการส่องสว่างในห้องต่างๆ หลังจากได้ทำการเก็บข้อมูลความโดย

2.1ค่าความเข้มการส่องสว่างภายในห้องนอนเป็นเวลา30นาที ซึ่งจะได้กราฟดังนี้



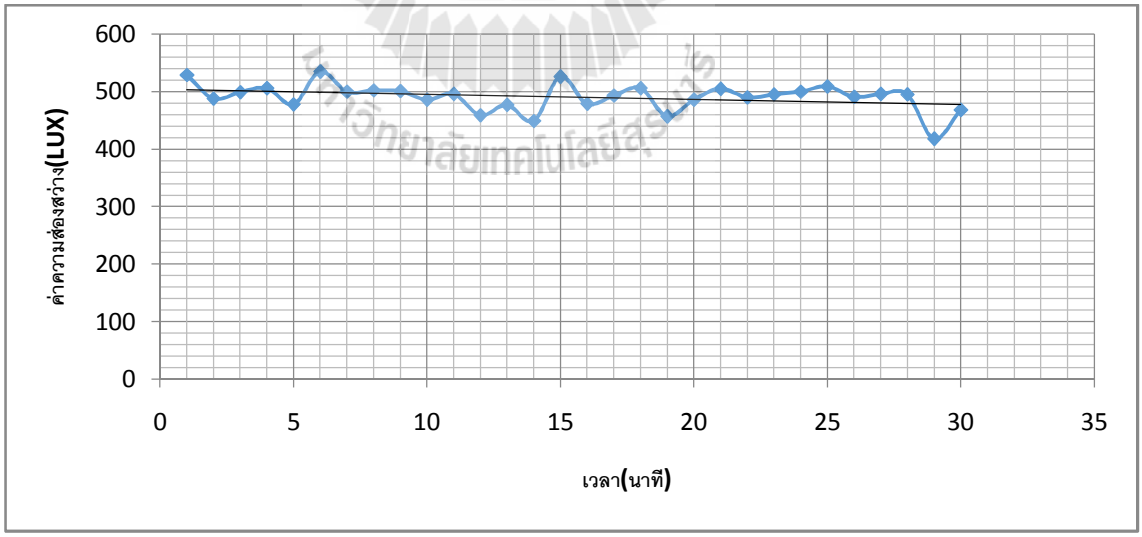
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มการส่องสว่างกับเวลาภายในห้องนอน

2.2 ค่าความเข้มการส่องสว่างภายในห้องห้องทบทวน(ศูนย์บริการ9-10)เป็นเวลา30นาที ซึ่งจะได้กราฟดังนี้



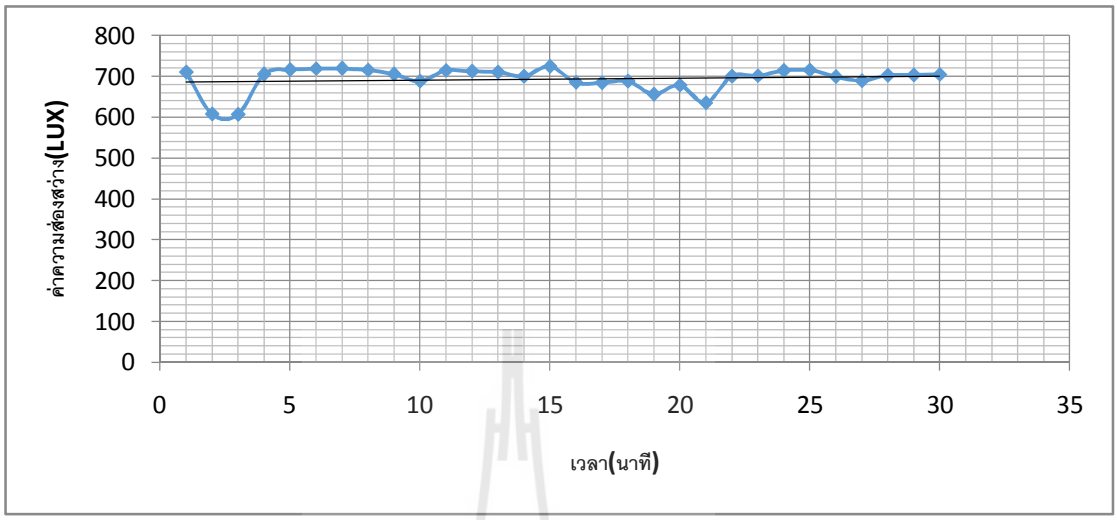
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มการส่องสว่างกับเวลาภายในห้องทบทวน (ศูนย์บริการ9-10)

2.3 ค่าความเข้มการส่องสว่างภายในห้องห้องทบทวนเดี่ยว(อาคารบรรณสาร)



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มการส่องสว่างกับเวลาภายในห้องทบทวนเดี่ยว(อาคารบรรณสาร)

2.4 ค่าความเข้มการส่องสว่างภายในภายในห้องเรียน(อาคารเรียนรวม1)



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มการส่องสว่างกับเวลาภายในห้องเรียน (อาคารเรียนรวม1)

<u>วิเคราะห์ผลการทดลอง</u>

จากการทดลองเพื่อทดสอบการวัดค่าความเข้มการส่องสว่างว่าภายในห้องมีค่าเป็นไปตามมาตรฐานหรือไม่ พบว่าจากรูปที่4.11กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มการส่องสว่างกับเวลาภายในห้องนอน เมื่อพิจารณากราฟจะพบว่าค่าความเข้มการส่องสว่างภายในห้องนอนนั้นจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่501.40 Lux ซึ่งค่าความเข้มการส่องสว่างตามมาตรฐานนั้นจะอยู่ที่ 500 Lux แสดงให้เห็นว่าห้องนอนนั้นมีค่าความเข้มการส่องสว่างใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน จากรูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มการส่องสว่างกับเวลาภายในห้องทบทวน(ศูนย์บริการ9-10) เมื่อพิจารณากราฟจะพบว่าค่าความเข้มการส่องสว่างภายในห้องทบทวน(ศูนย์บริการ9-10)นั้นจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 534.63 Lux แสดงให้เห็นว่าห้องทบทวน(ศูนย์บริการ9-10)มีค่าความเข้มการส่องสว่างเฉลี่ยมากว่าห้องนอนและมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานจากรูปที่ 4.13กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มการส่องสว่างกับเวลาภายในห้องทบทวนเดี่ยว(อาคารบรรณสาร) เมื่อพิจารณากราฟจะพบว่าค่าความเข้มการส่องสว่างมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 490.63 Lux ซึ่งค่าความเข้มการส่องสว่างในช่วงนี้มีจะมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน จากรูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความ

เข้มการส่องสว่างกับเวลาภายในห้องเรียน(อาคารเรียนรวม1) เมื่อพิจารณากราฟจะพบว่าค่าความเข้มการส่องสว่างภายในห้องเรียน(อาคารเรียนรวม1)นั้นจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 693.46 Lux สังเกตได้ว่าค่าความส่องสว่างที่ใกล้เคียงกับมาตรฐานมากที่สุดคือว่าความเข้มการส่องสว่างที่วัดในห้องนอน, ห้องทบทวนเดี่ยว(อาคารบรรณสาร),ห้องทบทวน(ศูนย์บริการ9-10)และห้องเรียน(อาคารเรียนรวม 1)ตามลำดับ

<u>สรุปผลการทดลอง</u>

จากการทดลองเพื่อทดสอบการวัดค่าความเข้มการส่องสว่างว่าภายในห้องทั้ง4 ห้องดังที่แสดงในรูปที่4.11-4.14 ซึ่งเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มการส่องสว่างและเวลาในแต่ละห้อง จะเห็นได้ว่าค่าความเข้มการส่องสว่างของแต่ละห้องนั้นจะมีค่าที่แตกต่างกัน ซึ่งโดยตามมาตรฐานแล้วค่าความส่องสว่างภายในห้องนั้นจะมีค่า500Lux เมื่อเปรียบเทียบกับกราฟในแต่ละห้องแล้วจะเห็นได้ว่าค่าความเข้มการส่องสว่างของแต่ละห้องมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานและบางห้องอาจจะมีค่าความเข้มการส่องสว่างมากกว่าค่ามาตรฐานซึ่งการที่ค่าความเข้มการส่องสว่างมากกว่ามาตรฐานเป็นเพราะในการทดลองเราไม่สอมารถควบคุมแสงสว่างภายนอนได้ โดยจะสังเกตได้ว่าแต่ละห้องนั้นจะมีปัจจัยหลายๆอย่างที่ส่งผลต่อค่าความเข้มการส่องสว่าง เช่น จำนวนหลอดไฟ เมื่อมีจำนวนหลอดไฟเป็นจำนวนมากค่าความส่องสว่างก็จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย อายุการใช้งานของหลอดไฟ เมื่อหลอดไฟมีการใช้งานมาเป็นเวลานานนั้นจะเกิดการเสื่อมของหลอดไฟจะทำให้ค่าความส่องสว่างที่แผ่ออกมามีค่าลดลง ช่วงเวลา หากเป็นเวลาในตอนกลางวันนั้นจะมีค่าความเข้มการส่องสว่างที่เกิดจากดวงอาทิตย์เพิ่มเข้ามาส่งผลให้ค่าความส่องสว่างภายในห้องมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย แต่หากเป็นในเวลากลางคืนที่ไม่มีแสงอาทิตย์แล้วค่าความเข้มการส่องสว่างภายในห้องจะลดลง และสภาพแวดล้อมภายนอก หากในห้องนั้นๆมีการใช้อุปกรณ์ที่ทำให้เกิดแสงก็จะส่งผลให้ค่าความเข้มการส่องสว่างในแต่ละห้องไม่เท่ากันได้ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะแสดงให้เห็นว่าค่าความเข้มการส่องสว่างนั้นเป็นค่าที่สามารถควบคุมได้ โดยที่ควบคุมผ่านปัจจัยนั้นๆ

4.4 กล่าวสรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบ การทำงานของวงจรหรี่ไฟในห้องต่างๆ โดยแยกออกเป็น 2 กรณี คือ 1.กรณีวัดค่าความเข้มการส่องสว่างโดยไม่ใช้อุปกรณ์ปรับความเข้มการส่องสว่างอัตโนมัติ 2.กรณีวัดค่าความเข้มการส่องสว่างเมื่อเพิ่มอุปกรณ์ความเข้มการส่องสว่างอัตโนมัติ และแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ เพื่อให้ได้ทดสอบว่าอุปกรณ์ต้นแบบมีประสิทธิภาพและสามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ของโครงงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปเนื้อหาการศึกษา

ปัญหาเกี่ยวกับแสงสว่างในขณะนี้คือปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมแสงที่ไม่เหมาะสมต่อการใช้งาน ทำให้เกิดปัญหาด้านการมองเห็นซึ่งส่งผลกระทบต่อสายตาของมนุษย์เป็นอย่างมาก โดย กรณีที่ 1 แสงสว่างน้อยเกินไป จะมีผลเสียต่อตา ทำให้กล้ามเนื้อตาทำงานมากเกินไป โดยบังคับให้ ม่านตาเปิดกว้าง เพราะการมองเห็นนั้นไม่ชัดเจน ต้องใช้เวลาในการมองเห็นรายละเอียดนั้น ทำให้เกิดการเมื่อยล้าของตาที่ต้องเพ่งออกมา ปวดตา มึนศีรษะ ประสิทธิภาพและขวัญกำลังใจในการทำงานลดลง การหยิบจับ ใช้เครื่องมือเครื่องจักรผิดพลาดเกิดอุบัติเหตุขึ้น หรือไปสัมผัสถูกส่วนที่เป็นอันตราย กรณีที่ 2 แสงสว่างที่มากเกินไป แสงจ้าตาที่เกิดจากการแหล่งกำเนิดแสงโดยตรง (Direct glare) หรือ แสงจ้าตาที่เกิดจากการสะท้อนแสง (Reflected glare) จากวัสดุที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม เช่น ผนังห้อง เครื่องมือ เครื่องจักร โต๊ะทำงาน เป็นต้น จะทำให้ผู้ทำงานเกิดความไม่สบายใจ เมื่อยล้า ปวดตา มึนศีรษะ กล้ามเนื้อหนังตากระตุก วิงเวียน นอนไม่หลับ การมองเห็นแย่ลง ระคายเคืองตา หรือสูญเสียความสามารถในการมองเห็นชั่วคราว (Temporary blindness) รวมไปถึงอาจเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อควบคุมม่านตาทำให้เกิดบาดเจ็บบริเวณดวงตาได้ดังนั้นโครงงานนี้จึงจัดทำอุปกรณ์ต้นแบบการปรับค่าความส่องสว่างอัตโนมัติ เพื่อปรับความส่องสว่างให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมตามมาตรฐาน ซึ่งอุปกรณ์ต้นแบบนี้มีหลักการทำงาน โดยการรับข้อมูลจากเซ็นเซอร์แสง TSL2561 จากนั้นจะส่งผลไปที่NodeMCUให้ประมวลโดยเปรียบเทียบค่าที่ได้รับมากับค่ามาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ เมื่อเปรียบเทียบแล้ว หากมากหรือน้อยกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ NodeMCUจะส่งผลจากการประมวลข้อมูลไปที่บอร์ด Arduino UNO R3 โดยใช้สัญญาณพัลส์ในการสื่อสาร แล้วเมื่อบอร์ดArduino UNO R3 ได้รับข้อมูลมาก็จะทำการประมวลผลต่อแล้วจึงจะสั่งการไปที่วงจรหรี่เพื่อเป็นการควบคุมการหรี่ไฟให้หลอดไฟมีค่าความส่องสว่างเป็นไปตามค่ามาตรฐาน สำหรับการทดสอบการทำงานอุปกรณ์ต้นแบบพบว่าอุปกรณ์ต้นแบบจะปรับค่าความส่องสว่างตรงตามมาตรฐาน โดยจะทำงานได้ดีเมื่อห้องมีขนาดเล็ก ซึ่งจะเป็นไปตามสมการLux = $\frac{lumen}{\text{พื้นที่}(m)^2}$

5.2 ปัญหาที่พบในขณะดำเนินการ

ในการทำโครงงานอุปกรณ์ปรับค่าเข้มการความส่องสว่างอัตโนมัติ ซึ่งพบปัญหาต่างๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.1 ประกอบด้วยปัญหาที่พบขณะดำเนินการและสาเหตุของปัญหา

ตารางที่5.1 ปัญหาที่พบและสาเหตุของปัญหาขณะดำเนินการ

ปัญหาที่พบขณะดำเนินการ	สาเหตุของปัญหาขณะดำเนินการ
1.การทำงานของเครื่องปรับค่าความเข้มการส่องสว่างอัตโนมัติ จะใช้เวลานานในการปรับค่าความเข้มการส่องสว่าง	ในการประมวลผลนั้นมีการส่งต่อข้อมูลผ่านอุปกรณ์ประมวลผลหลายอุปกรณ์
2.การทำงานของเซ็นเซอร์ ในการอ่านค่าความเข้มการส่องสว่าง บางครั้งค่าความเข้มการส่องสว่างที่อ่านได้จะเกิดการผิดเพี้ยน	สายไฟที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างตัวเซ็นเซอร์กับตัวบอร์ดนั้นมีปัญหา
3.อุปกรณ์ต้นแบบมีข้อจำกัดในการปรับลดค่าความเข้มการส่องสว่างในกรณีที่ค่าความส่องสว่างในสภาพแวดล้อมภายนอกนั้นมีค่ามาก	ข้อจำกัดของอุปกรณ์ที่ไม่สามารถควบคุมแสงภายนอกได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1.ควรเลือกใช้วิธีการในการส่งข้อมูลให้รวดเร็วยิ่งขึ้น โดยอาจจะทำการลดจำนวนอุปกรณ์การประมวลผลให้น้อยลง

2.ควรตรวจสอบและเลือกใช้สายไฟที่มีความคงทน และตรวจดูการเชื่อมต่อของสายไฟกับอุปกรณ์ให้มั่นคงอยู่เสมอ

5.4 แนวทางในการพัฒนาในอนาคต

1.ปรับปรุงอุปกรณ์ให้สามารถลดค่าความเข้มการส่องสว่างในสภาพแวดล้อมที่มีแสงมากจากเดิมที่อุปกรณ์ทำเพียงเพิ่มความเข้มการส่องสว่าง

2.เพิ่มความแม่นยำของเซ็นเซอร์ในการอ่านค่าความเข้มการส่องสว่าง โดยการเพิ่มจำนวนเซ็นเซอร์ให้มากขึ้น อาจจะติดตั้งไว้รอบๆห้อง เพื่อให้ได้ค่าที่ไม่ผิดพลาด

5.5 กล่าวสรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงการสรุปผลการทดลอง ปัญหาในการทดลองข้อเสนอแนะ แนวทางการพัฒนาในอนาคต เพื่อให้เป็นประโยชน์สูงสุดแก่ผู้ที่กำลังสนใจศึกษาในโครงงานเรื่องนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

[1]http://www.tieathai.org/know/application/ch5.htm

[2] https://github.com/tehniq3/ac-dimmer_with_triac

[3] ปีดิเทพ อยู่ยืนยง. (2010). *กฎหมายควบคุมมลภาวะทางแสงกับการพัฒนาอย่างยั่งยืน*.สืบค้นจาก www.bu.ac.th/knowledgecenter/executive_journal/july_sep_12/pdf/aw15.pdf

[4] *กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง*(2549). กรุงเทพฯ: กระทรวงแรงงาน

[5] http://iampalathip.blogspot.com/

[6]https://wiki.stjohn.ac.th/groups/poly_electronics/wiki/bd331/_.html

[7]http://longdo-el.tarad.com/webboard-th-77264-1374249-การวัดไดโอด+การใช้งานไดโอด.html

[8] http://km.cric.ac.th/files/10112911113603661_10122215154031.pdf

[9] http://brushlessservocontrolr-ccar.blogspot.com/2013/08/optocouplers.html

[10] http://www.jobpub.com/articles/showarticle.asp?id=2489

[11] http://www.thaieasyelec.com/products/sensors/light-color/adafruit-tsl2561-digital-luminosity-lux-light-sensor-breakout-detail.html

[12] http://arduino-project.net/nodemcu-v3-arduino-ide/

[13] http://www.electroschematics.com/7958/arduino-uno-pinout/

[14] http://news.siamphone.com/news-17863.html

[15] http://designmodo.com/web-application-interface/

[16] http://www.live2know.com/articles/208-codeigniter-php-framework.html

[17] http://www.sat2you.com/site/?p=2136

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสัจจาพร มีแก้ว เกิดเมื่อวันที่ 24 พฤศจิกายน พ.ศ. 2537 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลพิบูล อำเภอพิบูลมังสาหาร จังหวัดอุบลราชธานี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนเบ็ญจะมะมหาราช อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี เมื่อปี พ.ศ. 2556 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นางสาวจีรวรรณ บรรลือ เกิดเมื่อวันที่ 17 กรกฎาคม พ.ศ. 2537 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลห้วยสัตว์ใหญ่ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนหัวหิน อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เมื่อปี พ.ศ. 2556 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นางสาวฐิติกานต์ ตันวิรัตน์ เกิดเมื่อวันที่ 25มิถุนายน พ.ศ. 2536 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลปากช่อง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนรุ่งอรุณวิทยา อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2555 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี