

การออกแบบระบบการวัดค่าความสว่างแบบเรียลไทม์  
DESIGN OF REAL-TIME BRIGHTNESS MEASUREMENT SYSTEM



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)  
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของทางสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต  
ปีการศึกษา 2560

# DESIGN OF REAL-TIME BRIGHTNESS MEASUREMENT SYSTEM



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENT FOR  
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED PHYSICS)  
DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF SCIENCE  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในของโรงเรียนนี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ACADEMIC YEAR 2017





ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ      การออกแบบระบบการวัดค่าความสว่างแบบเรียลไทม์  
 Design of Real-Time Brightness Measurement System

ชื่อนักศึกษา      นางสาวทิตติยาภรณ์ พึ่งเกษม      รหัสนักศึกษา 57050973  
                                  นางสาววัลลภ บุญเกิด      รหัสนักศึกษา 57050980  
                                  นางสาวปรียาพร แดงรอด      รหัสนักศึกษา 57050994

ปริญญา      วิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)  
 ภาควิชา      ฟิสิกส์  
 ปีการศึกษา      2560  
 อาจารย์ที่ปรึกษา      รศ.สาหร่าย เล็กชะอุ่ม

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้  
 โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)  
 ประจำปีการศึกษา 2560

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ณัฐพร พรหมรส ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.เชรชฐา รัตนพันธ์ กรรมการ	
อ.ภารจ บัณฑิตธาดาวิทย์ กรรมการ	
รศ.สาหร่าย เล็กชะอุ่ม กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังเป็นทรัพย์สินของหน่วยงานและตัวเราจึงเป็นเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงการ	การออกแบบระบบการวัดค่าความสว่างแบบเรียลไทม์
ชื่อนักศึกษา	นางสาวทิตยาภรณ์ พึ่งเกษม รหัสนักศึกษา 57050973
	นางสาววัลลกร บุญเกิด รหัสนักศึกษา 57050980
	นางสาวปรียาพร แดงรอด รหัสนักศึกษา 57050994
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชา	ฟิสิกส์
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2560
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์สาหร่าย เล็กชะอุ่ม

### บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เพื่อพัฒนาระบบการวัดค่าความสว่าง โดยอุปกรณ์ที่ใช้วัดแสงคือการนำตัวโมดูลเซนเซอร์ MAX 44009 รุ่น GY-49 มาใช้ในการวัดความสว่างของแสง การพัฒนาระบบการวัดค่าความสว่างได้นำ microcontroller ชนิด Arduino Uno R3 สร้างฟังก์ชันใช้งาน และใช้โปรแกรม Visual Studio 2017 สำหรับสร้างโปรแกรมการวัดค่าความสว่างของแสงที่วัดได้จากโมดูลเซนเซอร์ เพื่อเปรียบเทียบค่าที่วัดกับเครื่องอ้างอิงลักซ์มิเตอร์โมเดล การทดสอบการทำงานแบ่งสองส่วนคือส่วนแรกเป็นการทดสอบโปรแกรมระบบการวัดค่าความสว่างโดยใช้ตัวโมดูลเซนเซอร์ MAX 44009 รุ่น GY-49 ที่ต้องการวัดกับเครื่องอ้างอิงลักซ์มิเตอร์โมเดล และส่วนที่สองเป็นการหาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการวัดเทียบกับค่าอ้างอิง เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ได้คือ 2.716 และ 2.495 ซึ่งค่าที่ได้ค่อนข้างแม่นยำ และการทดสอบการทำงานของระบบการวัดค่าความสว่างนั้นทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และต้นทุนการผลิตต่ำจึงเหมาะกับการนำไปพัฒนาหรือประยุกต์ใช้งานอื่นๆที่มีประโยชน์ต่อไป

**คำสำคัญ :** โมดูลเซนเซอร์ MAX 44009 รุ่น GY-49 ลักซ์มิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Title</b>	Design of Real-Time Brightness Measurement System	
<b>Students</b>	Miss Titiyaporn Pungkasem	Student ID 57050973
	Miss Thawankorn Boonkoed	Student ID 57050980
	Miss Preyaporn Tangrod	Student ID 57050994
<b>Degree</b>	Bachelor of Science (Applied Physics)	
<b>Department</b>	Physics	
<b>Faculty</b>	Science	
<b>University</b>	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)	
<b>Academic</b>	2017	
<b>Advisor</b>	Assoc.Prof.Sarai Lekchaum	

### Abstract

This special project is to develop a system of brightness measurement. For measuring brightness, MAX 44009 (GY-49) is used to be optical detector. Moreover, this development of measurement system, several functions for using system are created by Arduino Uno R3 and measured value is shown via display software that is built in Visual Studio 2017. This work consists of two parts; firstly, comparison of measured value during our device and standard device (Lux meter: LX-1330B) and secondary, finding the error of measurement. The error is 2.716 and 2.495 which this allow us to know that our device is a good agreement and provide high performance. On the other hand, the production cost is not expensive that is therefore suitable to development and utilization.

**Keywords :** MAX 44009 (GY-49) Lux meter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษเรื่องนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับการช่วยเหลือและสนับสนุนจาก รองศาสตราจารย์สาทร่าย เล็กชะอุ่ม ผู้ซึ่งให้คำแนะนำคำปรึกษาทางด้านวิชาการที่ติดต่อมาและยังเสนอแนะข้อสงสัยต่างๆทำให้คณะผู้ศึกษาวิจัยมีความรู้ ความเข้าใจและแนวทางที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดทำโครงการพิเศษนี้

ขอขอบคุณ นายคณิงชาติ แสนยศ นักศึกษาปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความรู้และเสนอแนวคิดในการสร้างระบบการวัดค่าความสว่างพร้อมทั้งคอยให้คำปรึกษาที่ติดต่อมา

ขอขอบคุณ นางสาวกมลทิพย์ แก้วบุญเรือง นักศึกษาปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในการออกแบบ การสร้าง และการทดสอบการวัดค่าความสว่าง อีกทั้งยังสร้างความสนุกสนานในการทำงานเป็นอย่างมาก

ขอขอบคุณ นายทัตเทพ หอมงาม นักศึกษาปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำในเรื่องของการสร้างโปรแกรมการวัดค่าความสว่าง

ขอขอบคุณเพื่อนๆสาขาวิชาฟิสิกส์ทุกคนที่คอยให้คำปรึกษา ความสนุกสนานและกำลังใจในการทำโครงการพิเศษมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่เมตตาตั้งแต่การศึกษาภาคบังคับจนถึงปัจจุบันตลอดจนกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่และครอบครัวของผู้ศึกษาวิจัยที่คอยให้คำปรึกษาเป็นทุนทรัพย์และคอยเป็นแรงผลักดันให้ผู้ศึกษาวิจัยมีกำลังใจในการทำโครงการพิเศษซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในการศึกษาและการทำโครงการพิเศษนี้ ตลอดจนบุคคลต่างๆที่ให้ความช่วยเหลืออีกมากที่ผู้ศึกษาวิจัยไม่สามารถกล่าวนามได้หมดในที่นี้ ผู้ศึกษาวิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงกราบขอบพระคุณและขอบคุณไว้ในโอกาสนี้

ทิตติยาภรณ์ พึ่งเกษม

ธวัชกร บุญเกิด

ปรียาพร แดงรอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>4</b>
2.1 ระบบเรียลไทม์ (Real-Time System)	4
2.2 แสงและคุณสมบัติของแสง	4
2.2.1 ธรรมชาติของแสง	4
2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการตรวจวัดความเข้มแสงสว่าง	5
2.3.1 ขั้นตอนและเทคนิควิธีการวัดแสงสว่าง	6
2.4 หน่วยในการวัดความเข้มแสง	7
2.4.1. ความส่องสว่าง (Illuminance,E)	7
2.4.2 ฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous Flux ; $\Phi$ )	8
2.4.3 ความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous Intensity ; I)	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 อุปกรณ์ตัวตรวจจับแสง (Light detector)	9
2.5.1 โฟโตไดโอด (Photo Diode)	9
2.5.2 MAX44009 Ambient Light	10
2.6 ตัวควบคุมการทำงานของระบบโดยใช้ Arduino	11
2.6.1 การเขียนโปรแกรมบน Arduino	11
2.6.2 ส่วนประกอบของบอร์ด Arduino	14
2.6.3 การใช้งานบอร์ด Arduino กับ MAX4400	15
2.7 HC-05 Bluetooth Serial Module	16
2.7.1 อุปกรณ์ที่รองรับ HC-05	16
2.7.2 การใช้งาน HC-05 Bluetooth Serial Module	17
2.7.3 การเชื่อมต่อ Bluetooth HC-05 กับคอมพิวเตอร์	17
2.8 Visual Studio	19
2.8.1 วิธีการ Download และติดตั้ง Visual Studio 2017	19
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน</b>	<b>21</b>
3.1 ศึกษาทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ในการวัดความสว่าง	21
3.1.1 MAX44009 Ambient Light	21
3.1.2 เครื่องวัดแสง (Lux Meter)	23
3.2 ออกแบบและพัฒนาโปรแกรม เพื่อใช้งานร่วมกับเซนเซอร์วัดแสง MAX44009	24
3.2.1 การใช้งานด้วยโปรแกรม Arduino	24
3.2.2 การใช้งานด้วยโปรแกรม Visual studio 2017	27
3.2.3 การใช้งานโปรแกรมการวัดค่าความสว่าง	34
3.2.4 การใช้งานผ่าน HC-05 Bluetooth Serial Module	36
3.3 ออกแบบการสร้างระบบการวัดค่าความสว่าง	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.3.1 การเชื่อมต่อวงจรภายในระบบ	40
3.3.2 การหาค่า Factor	40
<b>บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล</b>	<b>41</b>
4.1 การหาค่า Factor เพื่อนำไปสอบเทียบกับเครื่องลักซ์มิเตอร์	41
4.2 หาค่าความสว่างของเครื่องมือที่สร้างขึ้นหลังจากที่ได้ทำการสอบเทียบ	69
<b>บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ</b>	<b>74</b>
5.1 สรุปผลการทดสอบจากการวัดและการวิเคราะห์	74
5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง	74
5.3 ข้อเสนอแนะ	75
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
2.1 ค่าความสว่างที่เหมาะสมกับการมองเห็น	8
2.2 คุณสมบัติ Arduino Uno R3	15
2.3 แสดงการเชื่อมต่อ MAX44009 กับบอร์ด Arduino	15
3.1 แสดงคุณสมบัติของ Max44009	22
3.2 แสดงข้อมูลทางเทคนิคของลักซ์มิเตอร์ รุ่น LX-1330B	23
3.3 แสดงคุณลักษณะของ HC-05 Bluetooth Serial Module	37
4.1 ผลการทดสอบเพื่อหาค่าสอบเทียบ ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 18 เมษายน	44
4.2 ผลการทดสอบวัดความสว่าง ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 19 เมษายน	69
4.3 ผลการทดสอบวัดความสว่าง ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 20 เมษายน	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 เครื่องมือวัดความเข้มของแสงสว่าง	5
2.2 ความส่องสว่างที่ตกกระทบบนวัตถุ	7
2.3 แสดงปริมาณแสงที่ตกลงบนผิวทรงกลม	8
2.4 แสดงวงจรโฟโตไดโอดและกราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแสกับความเข้มของแสง	9
2.5 แสดงสัญลักษณ์และการไบอัสใช้งาน	9
2.6 รูปร่างของ MAX44009 Ambient Light	10
2.7 Functional Block Diagram MAX44009	11
2.8 เลือกหุ่นบอร์ดอาดูโนที่ต้องการอัปโหลด	12
2.9 เลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด	12
2.10 กดปุ่ม verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง	13
2.11 Upload code Program	13
2.12 ส่วนประกอบของบอร์ด Arduino	14
2.15 แผนผังการเชื่อมต่อระหว่าง MAX44009 และบอร์ด Arduino	16
2.16 รูปร่าง HC-05 Bluetooth Serial Module	16
2.17 แผนผังการเชื่อมต่อระหว่าง Bluetooth HC-05 และบอร์ด Arduino	17
2.18 การเชื่อมต่อ Bluetooth HC-05 กับคอมพิวเตอร์	17
2.19 code ที่ใช้สั่งงาน Arduino ผ่าน Bluetooth	18
2.20 หน้าต่างผลลัพธ์การแสดงผลการเชื่อมต่อเสร็จสิ้น	18
2.21 ไฟล์สำหรับใช้ติดตั้ง Visual Studio 2017	19
2.22 เลือก package ที่จะติดตั้ง	19
2.23 หน้าต่างระหว่างรอการติดตั้ง	20
2.24 หน้าต่างเมื่อทำการติดตั้งเสร็จสมบูรณ์	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.1 รูปร่างและลักษณะของ Max44009	21
3.2 ลักษณะของ MAX44009	22
3.3 ลักษณะมีเตอร์ รุ่น LX-1330B	23
3.4 หน้าต่างเว็บไซต์สำหรับโหลดโปรแกรม Arduino IDE	24
3.5 หน้าต่างโปรแกรม	25
3.6 การเลือกคอมไพล์	25
3.7 หน้าต่างแสดงความถูกต้องของโปรแกรมที่เขียนขึ้น	26
3.8 คำสั่งที่ใช้สำหรับเซนเซอร์ MAX44009	26
3.9 หน้าต่างเริ่มการเปิดโปรแกรม Visual studio 2017	27
3.10 เลือก File > New > Project	27
3.11 เลือกภาษาในการเขียนโปรแกรม	28
3.12 คำสั่งแสดง comport ที่เชื่อมต่อกับ sensor	28
3.13 ทำการตั้งชื่อ Form แล้วกด Add	29
3.14 เลือก control จาก Toolbox มาวางบน Form	29
3.15 ออกแบบหน้าโปรแกรม	30
3.16 หน้าโปรแกรมเสร็จสมบูรณ์	30
3.17 เขียนโค้ดเพื่อใส่คำสั่งควบคุม	31
3.18 เพิ่ม Library	31
3.19 คำสั่งตรวจสอบสถานะพอร์ต	31
3.20 คำสั่งเลือก comport เมื่อโปรแกรมยังไม่ทำงาน	31
3.21 คำสั่งแสดง comport ที่เชื่อมต่อใน ComboBox	32
3.22 คำสั่งแสดงค่าเมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน	32
3.23 ตั้งค่าปุ่ม clear ค่า ใน RichTextBox	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.24 ตั้งค่าปุ่ม connect และ disconnect	32
3.25 เมื่อกดปุ่ม connect โปรแกรมจะรับค่าจาก Arduino	32
3.26 คำสั่งแสดงสถานะและกำหนดเวลาการแสดงค่าในโปรแกรม	33
3.27 ตั้งค่าปุ่ม save รูปกราฟและกำหนดไฟล์ที่จัดเก็บ	33
3.28 ตั้งค่าปุ่ม Export data เพื่อบันทึกค่าและกำหนดไฟล์ที่จัดเก็บ	33
3.29 โปรแกรมเริ่มทำงาน	34
3.30 หน้าต่างโปรแกรมการวัดค่าความสว่าง	34
3.31 เลือก comport ที่เชื่อมต่อกับ sensor	35
3.32 กด connect/disconnect เพื่อเป็นการเริ่ม/หยุด การทำงาน	35
3.33 ข้อมูลและกราฟที่ได้จากการทดลอง	36
3.34 ทิวทัศน์ในการจัดเก็บข้อมูลและกราฟ	36
3.35 HC-05 Bluetooth Serial Module	36
3.36 เลือก More Bluetooth options	37
3.37 เลือก COM Port	38
3.38 เลือก COM Ports ที่เชื่อมต่อกับ Arduino	38
3.39 Flowchart แสดงการทำงานของระบบ	39
3.40 รูปแบบการเชื่อมต่อวงจรภายในระบบ	40
3.41 เครื่องมือวัดค่าความสว่าง	40
4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบและวิเคราะห์หาค่า Factor	41
4.2 การตั้งตำแหน่งของเครื่องมือวัด	42
4.3 สถานที่ในการทดสอบ ดาดฟ้าตึกจุฬารามณ์วลัยลักษณ์ 1	42
4.4 เครื่องมือในการทดสอบ	43
4.5 แสดงการเชื่อมต่อโปรแกรมวัดความสว่างกับ Bluetooth	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างของแสงจาก Lux meter (Lux) กับความสว่างของแสงจาก MAX44009 (Lux) ในช่วง 3000 ถึง 11999 Lux	64
4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างของแสงจาก Lux meter (Lux) กับความสว่างของแสงจาก MAX44009 (Lux) ในช่วง 12000 ถึง 24999 Lux	64
4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างของแสงจาก Lux meter (Lux) กับความสว่างของแสงจาก MAX44009 (Lux) ในช่วง 25000 ถึง 42999 Lux	65
4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างของแสงจาก Lux meter (Lux) กับความสว่างของแสงจาก MAX44009 (Lux) ในช่วง 43000 ถึง 69999 Lux	65
4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างของแสงจาก Lux meter (Lux) กับความสว่างของแสงจาก MAX44009 (Lux) ในช่วง 70000 ถึง 100500 Lux	66
4.11 โค้ด Arduino หลังจากใส่ค่า Factor	67
4.12 โค้ด Arduino หลังจากใส่ค่า Factor	68
4.13 โค้ด Arduino หลังจากใส่ค่า Factor	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เครื่องวัดแสง คืออุปกรณ์ที่ใช้วัดปริมาณแสง โดยเฉพาะแสงที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า โดยแสงทำให้เกิดความสว่างบนพื้นที่ที่แสงตกกระทบและเป็นปัจจัยสำคัญในการมองเห็น ซึ่งแต่ละพื้นที่จะมีความสว่างที่แตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดแสงนั้นๆ โดยปริมาณของแสงที่ตกกระทบบนพื้นผิวคือความสว่าง และวัดออกมาในหน่วยลักซ์ ซึ่งเป็นการวัดความสว่างของแสงที่ใช้เพื่อตรวจสอบหรือระบุค่าความสว่างให้มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ โดยค่าของความสว่างจะวัดได้จากอุปกรณ์วัดความสว่างของแสง เช่น ลักซ์มิเตอร์ (Lux meter) และตัวต้านทานปรับค่าตามแสง (LDR : Light Dependent Resistor) ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชนิดมีข้อดีและข้อจำกัดในการวัดที่แตกต่างกันไป

โดยลักซ์มิเตอร์นั้นมีค่าที่แม่นยำแต่มีราคาค่อนข้างสูงและต้องบันทึกค่าด้วยตนเองตลอดการทดลอง อีกทั้ง LDR มีราคาไม่สูงแต่ต้องมีการปรับเทียบค่าตัวต้านทาน เพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน ซึ่งจำเป็นต้องหาค่าตัวต้านทานที่ใกล้เคียงกับลักซ์มิเตอร์ ทำให้มีความยุ่งยากในการวัดและเสียเวลาค่อนข้างมาก

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะพัฒนาและออกแบบระบบการวัดค่าความสว่างแบบเรียลไทม์ โดยการนำตัวโมดูลเซนเซอร์ MAX 44009 รุ่น GY-49 มาใช้ในการวัดความสว่างของแสง และใช้โปรแกรม Visual Studio 2017 สำหรับสร้างโปรแกรมวัดค่าความสว่างของแสงที่วัดได้จากโมดูลเซนเซอร์ และเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับค่ามาตรฐานของลักซ์มิเตอร์ เพื่อที่จะนำตัวโมดูลเซนเซอร์มาใช้สร้างเครื่องมือวัดความสว่างของแสงที่มีราคาไม่แพง สะดวกในการใช้งานและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวัดความสว่างของแสงให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด

### 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาและออกแบบเครื่องมือวัดความสว่างของแสง
2. เพื่อสร้างเครื่องมือวัดความสว่างของแสงที่มีความแม่นยำและราคาไม่แพง
3. เพื่อสามารถนำเครื่องเครื่องมือวัดความสว่างของแสงไปประยุกต์ใช้ในการวัดความสว่างของแสงอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาการทำงานของวงจรวัดความสว่าง
2. ใช้โปรแกรม Visual Studio 2017 ในการสร้างโปรแกรมวัดค่าความสว่างของแสง
3. ออกแบบและสร้างเครื่องวัดความสว่างโดยใช้ Arduino ในการควบคุม
4. สอบเทียบเครื่องวัดความสว่างที่สร้างขึ้นกับเครื่องลักซ์มิเตอร์
5. ทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือวัด

### 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

โครงการมีระยะเวลาในการจัดทำรวมทั้งสิ้น 7 เดือน โดยเริ่มตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน พ.ศ.2560 ถึง วันที่ 29 มีนาคม พ.ศ.2561 ซึ่งมีแผนการดำเนินงานแบ่งเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับวงจรวัด
- ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาการใช้บอร์ด Arduino ในการควบคุมการวัดและโปรแกรม Visual Studio
- ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดความสว่าง
- ขั้นตอนที่ 4 ทดสอบเครื่องมือวัดความสว่างที่สร้างขึ้นเทียบกับเครื่องลักซ์มิเตอร์
- ขั้นตอนที่ 5 วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบ
- ขั้นตอนที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลา						
	ก.ย. 2560 – มี.ค. 2561						
	ก.ย. 2560	ต.ค. 2560	พ.ย. 2560	ธ.ค. 2560	ม.ค. 2561	ก.พ. 2561	มี.ค. 2561
ขั้นตอนที่ 1							
ขั้นตอนที่ 2							
ขั้นตอนที่ 3							
ขั้นตอนที่ 4							
ขั้นตอนที่ 5							
ขั้นตอนที่ 6							

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความรู้ที่สามารถนำไปพัฒนาระบบในการวัดความสว่าง
2. ได้เครื่องมือวัดความสว่างที่มีความแม่นยำและราคาไม่แพง
3. สามารถนำเครื่องมือวัดไปประยุกต์ใช้ในการวัดความสว่างของแสงอย่างมีประสิทธิภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ระบบเรียลไทม์ (Real-Time System)

คือ ระบบปฏิบัติการเวลาจริง หมายถึงการตอบสนองทันที เช่น ระบบ Sensor ที่ส่งข้อมูลให้คอมพิวเตอร์ เครื่องมือทดลองทางวิทยาศาสตร์ ระบบภาพทางการแพทย์ ระบบควบคุมในโรงงาน อุตสาหกรรม ระบบหัวฉีดในรถยนต์ ระบบควบคุมการยิง ระบบแขนกล และเครื่องใช้ในครัวเรือน ทั้งหมด ถือเป็นจุดประสงค์อีกอย่างหนึ่งของ ระบบปฏิบัติการ ลักษณะสำคัญที่สุดของ ระบบปฏิบัติการเวลาจริงจะต้องตอบสนองโดยทันทีต่อกระบวนการเวลาจริงในไม่ช้าเท่ากระบวนการนั้นต้องการ ตัวอย่าง การใช้ระบบ Real-time เพื่อสร้าง web site ที่สามารถตอบโต้-ปฏิสัมพันธ์กับผู้เยี่ยมชมเว็บได้ แบบ Real-time โดยอาจใช้โปรแกรมช่วยทำเว็บอย่าง SMF (Simple Machine Forum) หรือไม่ก็ PHP-BB และหากเป็นจำพวก Blog ก็ต้อง Word press เป็น CMS (Contents Management System) ตัวหนึ่งที่มีความสามารถในการสร้างบล็อกโดยเฉพาะ เป็นต้น

Real-Time แบ่งได้ 2 ระบบ

1. Hard real-time system เป็นระบบที่ถูกรับรองว่าจะได้รับการตอบสนองตรงเวลา และหยุดรอไม่ได้ เช่น ระบบตลาดหุ้น, ระบบธนาคาร เป็นต้น
2. Soft real-time system เป็นระบบ less restrictive type ที่สามารถให้งานอื่นทำให้เสร็จก่อนได้ เช่น Robot ระบบเครื่องจักรต่างๆ เป็นต้น

### 2.2 แสงและคุณสมบัติของแสง

#### 2.2.1 ธรรมชาติของแสง

แสงส่วนใหญ่ที่เราได้รับมาจากดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ส่วน แสงจากดวงจันทร์ที่เราเห็นในเวลาค่ำคืนเป็นแสงจากดวงอาทิตย์ตกกระทบผิวดวงจันทร์ แล้วสะท้อนมายังโลก นอกจากแหล่งกำเนิดแสงในธรรมชาติแล้ว ยังมีแหล่งกำเนิดแสงที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น หลอดไฟ ตะเกียง เทียนไข เป็นต้น แสงมีประโยชน์และเป็นสิ่งจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิต

การมองเห็นวัตถุใดๆ ต้องมีแสงจากวัตถุมาเข้าตา ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 กรณี

1. เมื่อวัตถุนั้นมีแสงสว่างในตัวเอง จะมีแสงสว่างจากวัตถุเข้าตาโดยตรง
2. วัตถุนั้นไม่มีแสงสว่างในตัวเอง ต้องมีแสงจากแหล่งกำเนิดแสงอื่นกระทบวัตถุนั้นแล้วสะท้อนเข้าตาเมื่อแสงเคลื่อนที่ไปกระทบวัตถุต่างๆ วัตถุบางชนิดแสงผ่านไปได้ แต่วัตถุบางชนิดแสงผ่านไปไม่ได้ แบ่งวัตถุตามปริมาณแสงและลักษณะที่แสงผ่านวัตถุได้ 3 ประเภทดังนี้

(1) วัตถุโปร่งใส หมายถึงวัตถุที่แสงผ่านได้หมดหรือเกือบหมดอย่างเป็นระเบียบ เราจึง  
ไม่สามารถมองเห็นวัตถุที่อยู่ข้างหลังได้อย่างชัดเจน วัตถุโปร่งใสมีหลาย

ชนิด เช่น อากาศ กระจกใส แก้วใส่น้ำ และแผ่นพลาสติกใส เป็นต้น

(2) วัตถุโปร่งแสง หมายถึง วัตถุที่แสงผ่านได้อย่างไม่เป็นระเบียบ เมื่อเรามองผ่านวัตถุโปร่งแสง จึงเห็นวัตถุอีกด้านหนึ่งไม่ชัดเจน เช่น กระจกชุบน้ำมัน กระจกฝ้า กระจกไขหรือกระจกลอกลาย และหมอก เป็นต้น

(3) วัตถุทึบแสง หมายถึง วัตถุที่แสงผ่านไปไม่ได้ เช่น ผ้า แผ่นไม้ แผ่นอะลูมิเนียม แผ่นสังกะสี กระจกหนา เหล็ก และทองแดง เป็นต้น

## 2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการตรวจวัดความเข้มแสงสว่าง

เครื่องมือวัดความเข้มของแสงสว่าง ซึ่งอ่านค่าเป็น ลักซ์ (ตามกฎกระทรวงฯ เกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549 ) หรือ ฟุตแคนเดิล เครื่องมือวัด มีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ

1) เซลล์รับแสง (Photo Cell) ทำด้วยแก้วหรือพลาสติก ด้านในเคลือบด้วยสารซิลิกอน (Silicon) หรือ เซเลเนียม (Selenium) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าถ้าความเข้มแสงสว่างมาก พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมากตามไป เป็นสัดส่วน เซลล์รับแสง อาจถูกออกแบบให้โค้งนูนเล็กน้อย เพื่อให้แสงจากทิศทางต่างๆ ตกกระทบในมุม  $90^{\circ}$  หรือใกล้เคียงที่สุดได้รอบด้าน

2) ส่วนมิเตอร์ (Meter) ส่วนนี้จะรับพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากเซลล์รับแสง และแสดงค่าบนหน้าจอเป็นความเข้มแสงสว่าง คุณลักษณะของเครื่องมือ สามารถวัดความเข้มแสงสว่างได้ ตั้งแต่ 0 – มากกว่า 10,000 ลักซ์ คุณลักษณะของเครื่องวัดแสง ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน CIE 1931 ของคณะกรรมการระหว่างประเทศว่าด้วยความส่องสว่าง(International Commission on Illumination) หรือ ISO/CIE 10527 หรือเทียบเท่า เช่น JIS Z 8701 หรือดีกว่า (โดยเซลล์รับแสง ต้องมีคุณลักษณะCosine-Corrected เพื่อปรับค่าของแสงที่ไม่ได้ติดตั้งฉากกับ Photo Cell และต้องมี Color Corrected ตามมาตรฐาน CIE )



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่แบบใดก็ได้โดยไม่ได้รับอนุญาตของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.1 เครื่องมือวัดความเข้มของแสงสว่าง

### 2.3.1 ขั้นตอนและเทคนิควิธีการวัดแสงสว่าง

(1) ปรับให้เครื่องอ่านค่าที่ศูนย์ ก่อนทำการตรวจวัดแสงสว่าง ต้องปรับให้เครื่องอ่านค่าที่ศูนย์ก่อนทุกครั้ง การปรับเครื่อง เช่นนี้ เรียกว่า Zeroing ซึ่งไม่ใช่การปรับเทียบความถูกต้อง (Calibration) ของเครื่องมือ การปรับให้เครื่องอ่านค่าที่ศูนย์ก่อนการเริ่มอ่านค่าเป็นสิ่งจำเป็น สามารถทำได้โดยใช้วัสดุสีดำทึบแสงปิดที่เซลล์รับแสงแล้วเปิดเครื่องและอ่านค่า ค่าที่อ่านได้ควรเป็นศูนย์เนื่องจากไม่มีแสงตกกระทบเซลล์รับแสง หากไม่เป็นเช่นนั้นต้องปรับมิเตอร์ให้อ่านค่าที่ศูนย์ก่อนเริ่มการตรวจวัด

(2) ปรับมิเตอร์ โดยมีเตอร์บางรุ่นจะมีปุ่มให้ปรับเลือกช่วงของความเข้มแสงสว่างระดับต่างๆ หากไม่แน่ใจว่าระดับความเข้มของแสงสว่างเป็นปริมาณเท่าไรให้ปรับปุ่มไปช่วงของการวัดที่ระดับสูงก่อน ถ้าไม่ใช่ช่วงการวัดนั้นจึงค่อยปรับสเกลต่ำลงมา

(3) ศึกษาลักษณะการทำงานของผู้ปฏิบัติงานขนาดของชิ้นงานความละเอียดของงาน ปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อการมอง การส่องสว่าง และคุณภาพของการส่องสว่าง

(4) วางเซลล์รับแสง ระบายเดียวกับพื้นผิวงานของผู้ปฏิบัติงานนั้น อ่านค่าความเข้มแสงสว่าง ผู้ทำการตรวจวัดฯ ต้องระวังไม่ให้เงาของตัวเองทอดบังบนเซลล์รับแสง ซึ่งทำให้ค่าความเข้มแสงสว่างผิดจากความเป็นจริง

(5) ให้เซลล์รับแสงรับแสงจนค่าแน่นอนทุกครั้ง (โดยทั่วไปประมาณ 5 - 15 นาที) จึงอ่านค่ามิเตอร์และบันทึกผล

(6) นำผลการตรวจวัดเปรียบเทียบกับกฎกระทรวงฯ เกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง

(7) การตรวจวัดความเข้มแสงสว่าง จะทำการตรวจวัดตามสภาพความเป็นจริง เช่น หากปฏิบัติงานโดยไม่เปิดไฟ แต่ใช้แสงสว่างจากธรรมชาติก็ทำการตรวจวัดตามสภาพจริงนั้น แต่หากปกติการทำงานนั้นเปิดหลอดไฟฟ้าในขณะที่ทำงาน ให้เปิดหลอดไฟฟ้าไว้อย่างน้อย 20 นาที ก่อนทำการตรวจวัด ทั้งนี้เพื่อให้หลอดไฟส่องสว่างเต็มที่

(8) ต้องวัดแสงในขณะที่ผู้ปฏิบัติงานอยู่ในลักษณะการทำงานจริงๆ แม้การทำงานนั้นจะทำให้เกิดเงาในการวัดแสง ควรพิจารณาตำแหน่งของดวงอาทิตย์และสภาพอากาศขณะที่ทำการวัดด้วย

(9) งานที่ปฏิบัติในเวลากลางวันต้องทำการวัดแสงในตอนกลางวัน แต่ถ้างานที่ปฏิบัตินั้นเป็นเวลากลางคืนก็ต้องทำการตรวจวัดในเวลากลางคืน

(10) บันทึกผลการตรวจวัดแสงสว่างและปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น สภาพห้อง เพดาน ดวงไฟ ความสะอาด สี สภาพอากาศขณะที่ตรวจวัด เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 หน่วยในการวัดความเข้มแสง

ความเข้มของแสงนิยมวัดในหน่วยกำลังเทียน (candle power) หรือลูเมน (lumen) ปริมาณแสงแปรผันโดยตรงกับความเข้ม (intensity) ของแสงก่อนที่เราจะทำการออกแบบแสงสว่าง นั้นเราต้องทราบค่าหน่วยและศัพท์ทางการวัดแสงเพื่อให้สามารถออกแบบได้ถูกต้องตรงตาม มาตรฐานของการออกแบบ มีดังนี้

### 2.4.1. ความส่องสว่าง (Illuminance, E)

หมายถึง ความส่องสว่างที่กระทบลงบนวัตถุมีความสัมพันธ์คือ ปริมาณแสง (ลูเมน) ต่อ พื้นที่ มี 2 หน่วยคือ ลักซ์ (Lux) กับ ฟุตแคนเดิล (footcandle) เป็นหน่วยการการส่องสว่าง โดยวัดจาก ฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous Flux ;  $\Phi$ ) ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (Luminous Flux ;  $\Phi$ ) หรือ ลูเมน (Lumen) ความส่องสว่างในหน่วยของลักซ์กับฟุตแคนเดิล มีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$1 \text{ LUX} = 0.0929 \text{ fc}$$

$$1 \text{ fc} = 10.76 \text{ LUX}$$

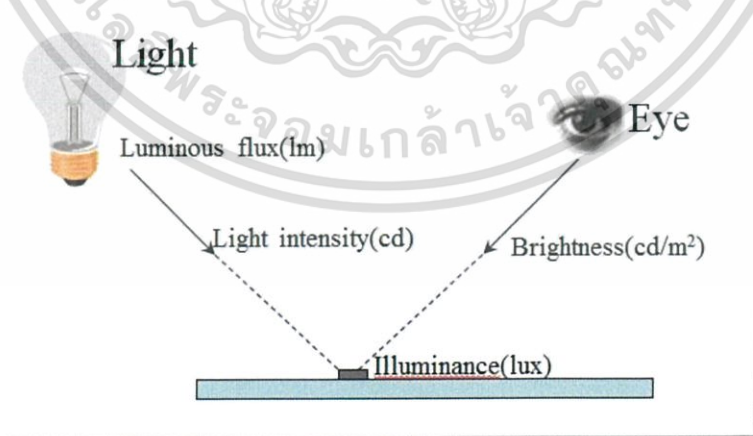
ค่าของความส่องสว่างบนพื้นผิวใดๆ จะแปรผันโดยตรงกับความเข้มของการส่องสว่าง และแปรผกผัน กับค่าระยะห่างยกกำลังสอง

$$E = \frac{I}{D^2}$$

E = ความส่องสว่าง

I = ความเข้มของการส่องสว่าง

D = ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงไปยังพื้นที่ผิว

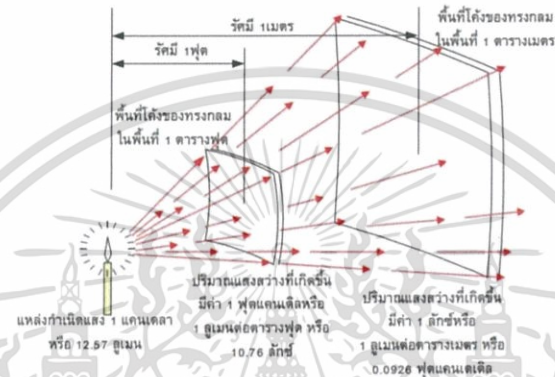


รูปที่ 2.2 ความส่องสว่างที่ตกกระทบบนวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4.2 ฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous Flux ; $\Phi$ )

พลังงานแสงสว่างที่แผ่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงต่อหน่วยเวลา หน่วยเป็น ลูเมน (Lumen ; lm) ใช้สัญลักษณ์  $\Phi$  1 ลูเมน หมายถึง ปริมาณแสงที่ส่องบนพื้นที่หนึ่งตารางเมตร บนผิวทรงกลมที่มีรัศมี หนึ่งเมตรโดยมีแหล่งกำเนิดแสงหนึ่งแคนเดลา หรือ หนึ่งกำลังเทียนวางที่จุดศูนย์กลางของวงกลม ซึ่งเมื่อพิจารณาพื้นที่ทั้งหมดของทรงกลมแล้ว จะมีค่าเท่ากับ 12.57 ตารางหน่วยพื้นที่ เพราะฉะนั้น ค่าความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 แคนเดลา จะสามารถแปลงปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่างออกไปได้เท่ากับ 12.57 ลูเมน



รูปที่ 2.3 แสดงปริมาณแสงที่ตกลงบนผิวทรงกลม

## 2.4.3 ความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous Intensity ; I)

เป็น ความหนาแน่นของฟลักซ์ส่องสว่างหรือพลังงานที่ส่องออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงในทิศทางใดๆ ต่อมุมเชิงของแข็ง (Solid Angle) หน่วยเป็น ลูเมน / สเตอเรเดียน หรือ แคนเดลา (Candela ; cd) หรืออาจจะกล่าวได้ว่า แคนเดลา คือ ความเข้มแสงตามทิศทางที่กำหนดไว้

1 แคนเดลา = 12.57 ลูเมน

### ตารางที่ 2.1 ค่าความสว่างที่เหมาะสมกับการมองเห็น

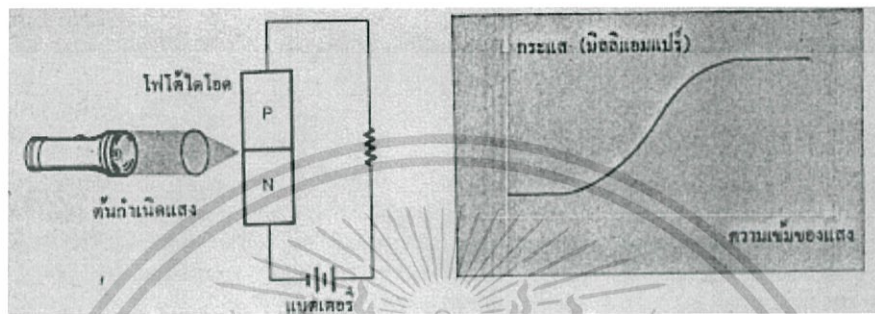
สถานที่	ความสว่าง (LUX)
ถนนสายหลัก	9 - 20
ถนนสายรอง	6 - 13
ถนนสายย่อย	2 - 9
ถนนทางแยก	15 - 20
ห้องนั่งเล่น ห้องครัว ห้องอาหาร	150 - 300
ห้องอ่านหนังสือ ห้องทำงาน	500 - 1000
บันไดฉุกเฉิน	30 - 75
ทางเดินในอาคาร	75 - 200
ห้องประชุม	75 - 300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งถ้าไม่มีให้ตีพิมพ์และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

## 2.5 อุปกรณ์ตรวจจับแสง (Light detector)

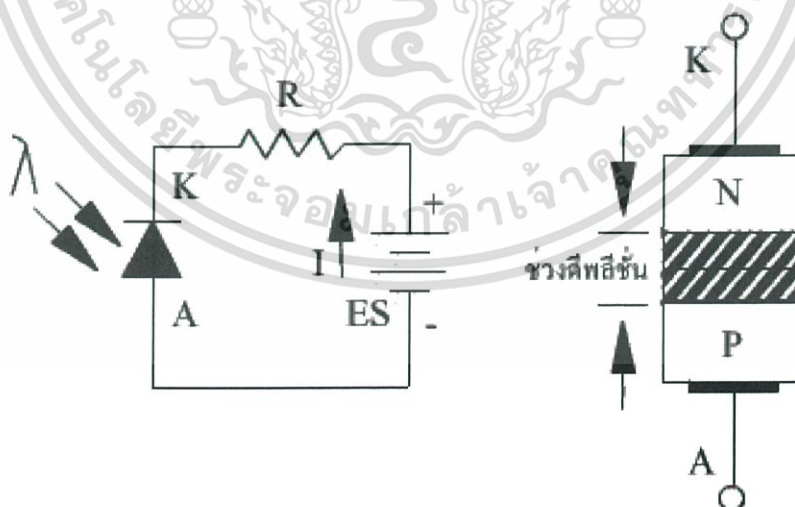
### 2.5.1 โฟโตไดโอด (Photo Diode)

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



รูปที่ 2.4 แสดงวงจรโฟโตไดโอดและกราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแสกับความเข้มของแสง

โฟโตไดโอด จะยอมให้กระแสไหลผ่านได้มากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มของแสง เมื่อโฟโตไดโอดได้รับไบอัสกลับ (Reverse Bias) ด้วยแรงดันค่าหนึ่งและมีแสงมาตกกระทบบที่บริเวณรอยต่อ ถ้าแสงที่มาตกกระทบบมีความยาวคลื่นที่เหมาะสมจะมีกระแสไหลในวงจร โดยกระแสที่ไหลในวงจรจะแปรผกผันกับความเข้มของแสงที่มาตกกระทบบ ลักษณะทั่วไปขณะไบอัสตรง (Forward Bias) จะยังคงเหมือนกับไดโอดธรรมดาคือยอมให้กระแสไหลผ่านได้

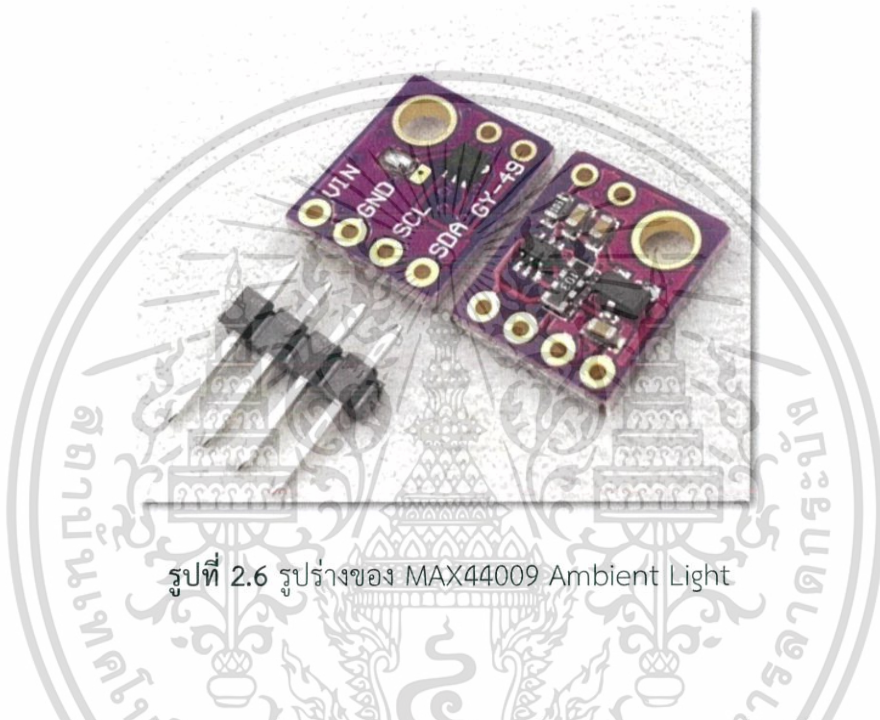


รูปที่ 2.5 แสดงสัญลักษณ์และการไบอัสใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5.2 MAX44009 Ambient Light

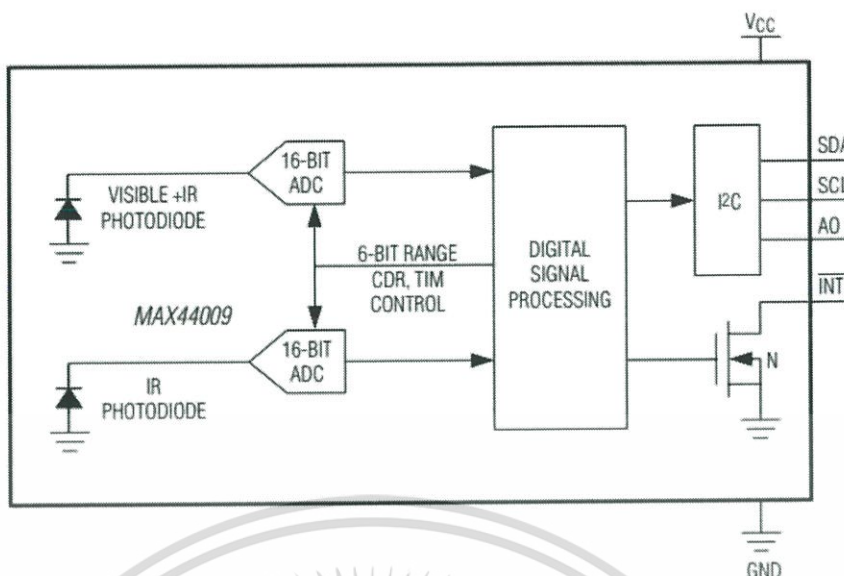
เซนเซอร์วัดแสงรอบข้างรุ่น MAX44009 มีเอาต์พุตดิจิทัล I2C ซึ่งเหมาะสำหรับแอปพลิเคชันพกพาเช่น สมาร์ทโฟน โน้ตบุ๊กและเซนเซอร์อุตสาหกรรม ที่มีย่านการวัดกว้างพิเศษตั้งแต่ 0.045 ลักซ์ จนถึง 188,000 ลักซ์ การใช้งานที่มีแสงน้อยช่วยให้ใช้งานได้ง่าย ในการใช้งานกระจกสีเข้มการตอบสนองทางแสงของโฟโตไดโอดบนชิปได้รับการปรับให้เหมาะกับการรับรู้ของดวงตามนุษย์ในแง่ของแสงโดยรวมถึง IR ออกแบบมาเพื่อใช้งานได้ตั้งแต่ช่วงแรงดันไฟฟ้า 1.7 ถึง 3.6 V และใช้พลังงานเพียง 0.65  $\mu\text{A}$



รูปที่ 2.6 รูปร่างของ MAX44009 Ambient Light

MAX44009 เป็นเซนเซอร์ตรวจจับแสง ประกอบด้วย ตัวแปลงอนาล็อกเป็นดิจิทัล (ADC) เป็นการรวมเอากระแสจากโฟโตไดโอดทั้งสองตัว การรวมกันทั้งสอง channel จะปรากฏขึ้นพร้อมกันเมื่อรอบการแปลงผลลัพธ์เสร็จสิ้นผลลัพธ์จากการแปลงจะถูกโอนไปยังการบันทึกข้อมูลที่ Channel 0 หรือ Visible+ IR และ Channel 1 หรือ IR ตามลำดับ การถ่ายโอนข้อมูลจะมีสองบัพเฟอร์ เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลมีความสมบูรณ์ หลังจากการโอนข้อมูล อุปกรณ์จะเริ่มต้นรอบการรวมระบบต่อไปโดยอัตโนมัติดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 Functional Block Diagram MAX44009

การสื่อสารกับอุปกรณ์สามารถทำได้โดยการส่งข้อมูลผ่านทาง I2C (Inter-Integrated Circuit) เพื่อการเชื่อมต่อกันเป็นระบบบัสและรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ได้เป็นจำนวนมาก โดยใช้สายสัญญาณเพียงสองเส้น คือ Serial Data Line (SDA) ใช้ทำหน้าที่ส่งข้อมูล และ Serial Clock Line (SCL) ทำหน้าที่ส่งสัญญาณนาฬิกา โดย MAX44009 สามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างง่ายดาย โดยไม่จำเป็นต้องมีวงจรภายนอกในการการปรับสัญญาณ ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายของตัว PCB ได้ดี

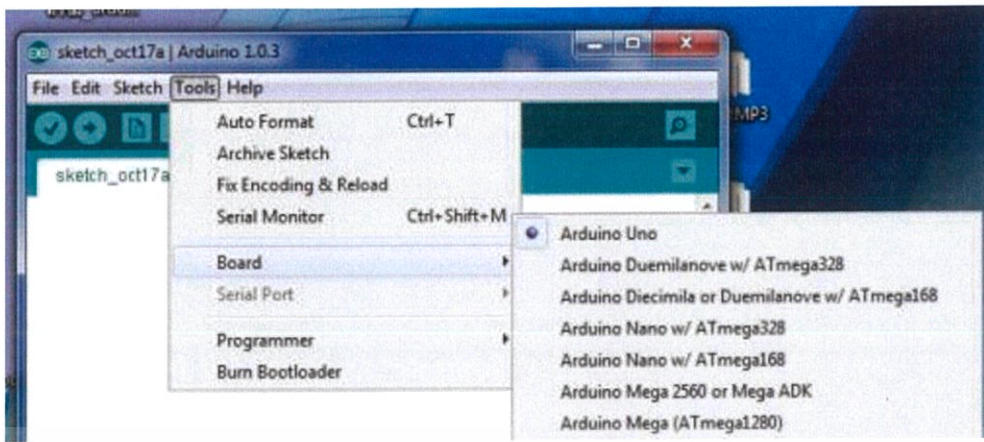
## 2.6 ตัวควบคุมการทำงานของระบบโดยใช้ Arduino

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือ มีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ใช้งานยังในการดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ดหรือโปรแกรมได้

### 2.6.1 การเขียนโปรแกรมบน Arduino

1. เขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ผ่านทางโปรแกรม ArduinoIDE ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จาก [Arduino.cc/en/main/software](http://Arduino.cc/en/main/software)
2. หลังจากที่เขียนโค้ดโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้ใช้งานเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ใช้ และหมายเลข Com port

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



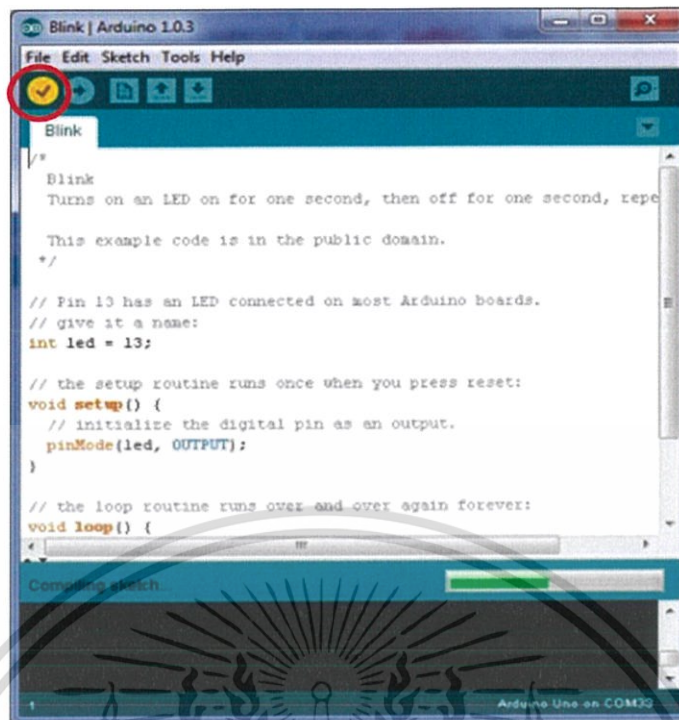
รูปที่ 2.8 เลือกบอร์ดอาดูโนที่ต้องการ upload



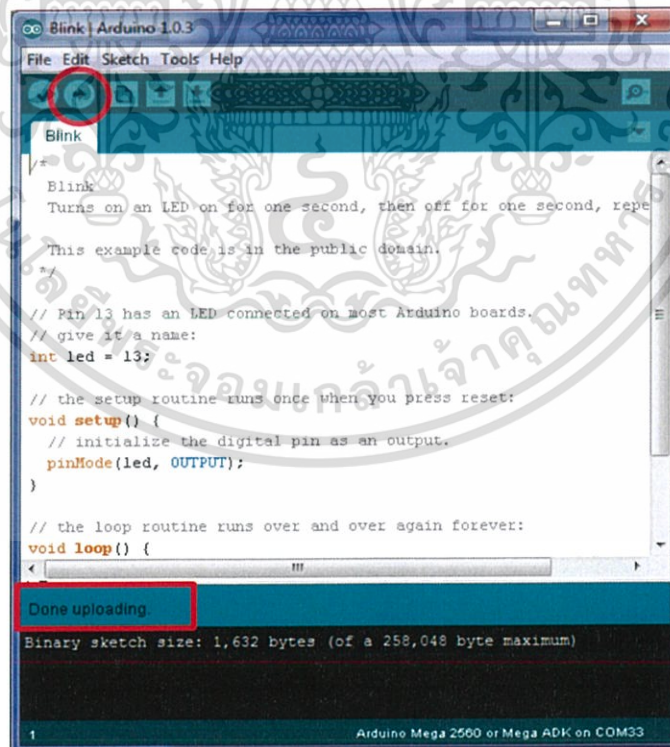
รูปที่ 2.9 เลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด

3. กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ Compile โค้ดโปรแกรม จากนั้นกดปุ่ม Upload โค้ด โปรแกรมไปยังบอร์ด Arduino ผ่านทางสาย USB เมื่ออัปโหลดเรียบร้อยแล้ว จะแสดงข้อความแถบข้างล่าง “Done uploading” และบอร์ดจะเริ่มทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



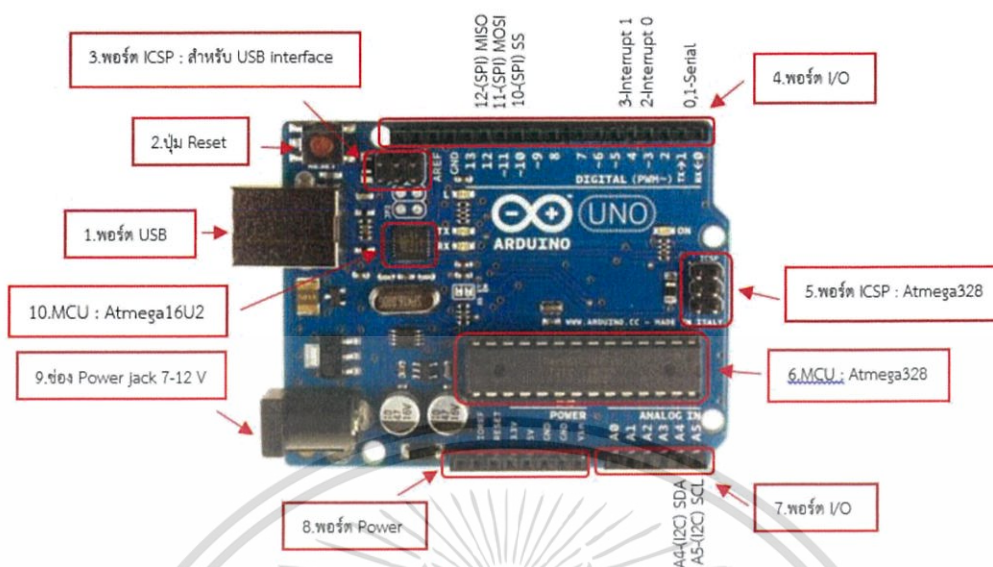
รูปที่ 2.10 กดปุ่ม verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง



รูปที่ 2.11 Upload code Program

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6.2 ส่วนประกอบของบอร์ด Arduino



รูปที่ 2.12 ส่วนประกอบของบอร์ด Arduino

1. USBPort: ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออัปโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด
2. Reset Button: เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่
3. ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2
4. I/O Port: Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx,Rx Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM
5. ICSP Port: Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader
6. MCU: Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้นบนบอร์ด Arduino
7. I/O Port: นอกจากจะเป็น Digital I/O ยังเปลี่ยนเป็นช่องรับสัญญาณอนาล็อกตั้งแต่ขา A0 ถึงขา A5
8. Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, Vin
9. Power Jack: รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V
10. MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 Spec Arduino Uno R3

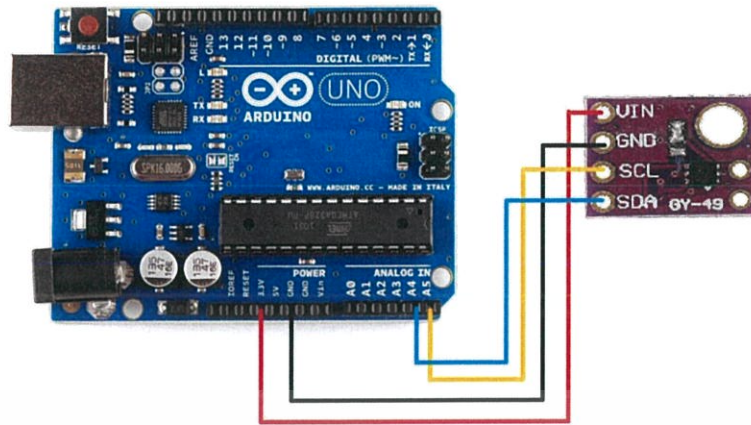
ชิปไอซีไมโครคอนโทรเลอร์	ATmega328
ใช้แรงดันไฟฟ้า	5V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า	7 – 12 V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า	6 – 20 V
พอร์ต Digital I/O	14 พอร์ต (มี 6 พอร์ต PWM output)
พอร์ต Analog input	6 พอร์ต
กระแสไฟที่จ่ายได้ในแต่ละพอร์ต	40 mA
กระแสไฟที่จ่ายได้ในพอร์ตสำหรับขา 3.3 V	50 mA
ความถี่คริสตัล	16 MHz
ขนาด	68.6x53.4 mm
น้ำหนัก	25 กรัม

### 2.6.3 การใช้งานบอร์ด Arduino กับ MAX44009

ตารางที่ 2.3 แสดงการเชื่อมต่อ MAX44009 กับบอร์ด Arduino

Device Pin	Arduino
GND	GND
Vcc	3.3 or 5v
SCL	A5
SDA	A4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 แผนผังการเชื่อมต่อระหว่าง MAX44009 และบอร์ด Arduino

## 2.7 HC-05 Bluetooth Serial Module

Module Bluetooth HC-05 เป็นโมดูลที่ทำหน้าที่ในการแปลง Serial ที่ปกติจะมีสาย TX RX ให้ออกมาเป็นระบบ Bluetooth แบบไร้สาย เหมาะสำหรับเอามาทำให้ Arduino 2 ตัวคุยกัน ผ่านระบบไร้สาย หรือเอามาทำให้ Arduino คุยกับอุปกรณ์จำพวก Mobile Device พวกมือถือ (ระบบ Android ,IOS) หรือเอามาคุยกับ โปรแกรมที่เขียนขึ้นบน คอมพิวเตอร์ โน้ตบุค



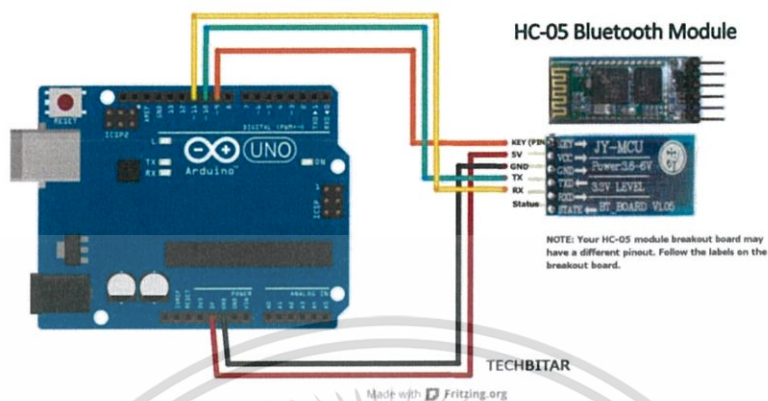
รูปที่ 2.16 รูปร่าง HC-05 Bluetooth Serial Module

### 2.7.1 อุปกรณ์ที่รองรับ HC-05

HC-05เป็นโมดูล Bluetooth ที่รองรับกับอุปกรณ์ส่วนใหญ่ในปัจจุบัน (05/08/2558) มีเพียง iPhone ที่ไม่สามารถใช้งานได้ เนื่องจาก iPhone ใช้ Bluetooth เวอร์ชัน 4.0 ต้องใช้งานโมดูล HM-10 แทน ซึ่งเป็นโมดูล Bluetooth 4.0 จึงจะสามารถนำมาใช้งานกับ iPhone ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7.2 การใช้งาน HC-05 Bluetooth Serial Module

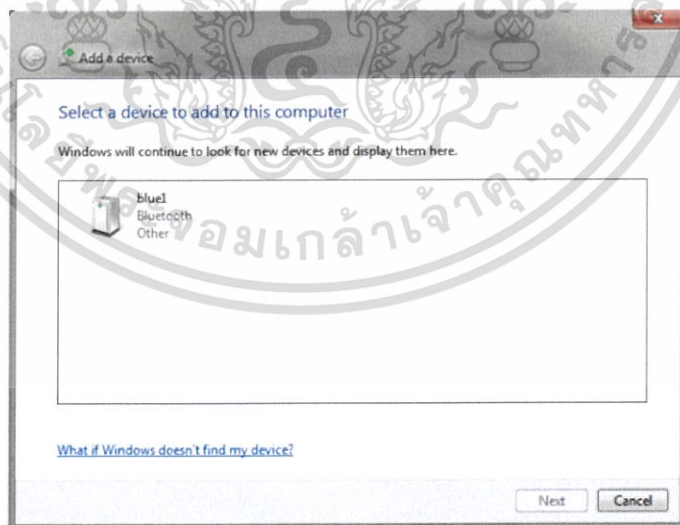


รูปที่ 2.17 แผนผังการเชื่อมต่อระหว่าง Bluetooth HC-05 และบอร์ด Arduino

หลังจากต่อใช้งานจะสังเกตเห็นหลอด LED ที่ Bluetooth HC-05 กระพริบเป็นจังหวะแสดงให้เห็นว่าตัว Bluetooth HC-05 ไม่ได้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ใดๆ แต่หากหลอด LED ติดค้างนั้นหมายถึง Bluetooth HC-05 เชื่อมต่อกับอุปกรณ์อยู่

### 2.7.3 การเชื่อมต่อ Bluetooth HC-05 กับคอมพิวเตอร์

- 1) ไปที่ Control Panel\Hardware and Sound\Devices and Printers
- 2) กด Add a Device เลือก จากนั้นใส่ PASSCODE



รูปที่ 2.18 การเชื่อมต่อ Bluetooth HC-05 กับคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3) ทำการทดลองส่งข้อมูลจาก Arduino มาที่ Computer

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial BTserial(10, 11); // RX | TX

char c = ' ';

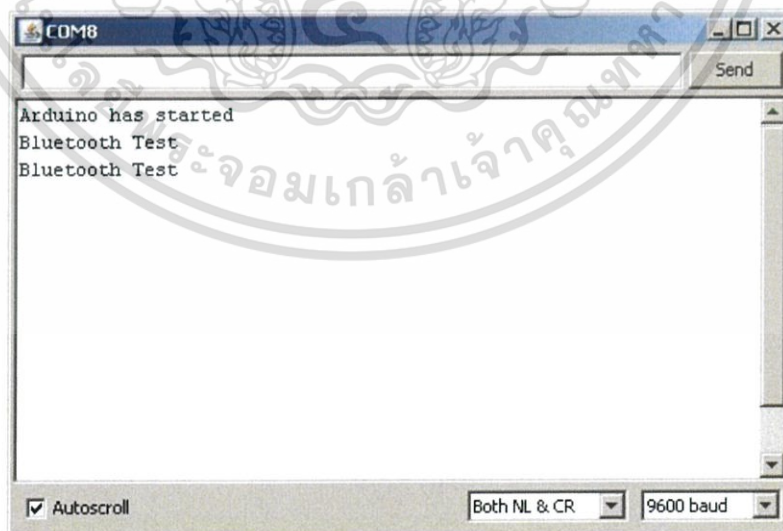
void setup()
{
  Serial.begin(9600);

  BTserial.begin(9600);
}

void loop()
{
  BTserial.println("Bluetooth Test");
  Serial.println("Bluetooth Test");
  delay(1000);
}
```

รูปที่ 2.19 code ที่ใช้สั่งงาน Arduino ผ่าน Bluetooth

4) ไปกดที่ Serial Monitor ในโปรแกรม Arduino IDE ตั้ง Broud rate ไปที่ 9600 เลือก COMPORT เป็นอันเดียวกับของ Bluetooth HC-05 ก็จะได้ผลลัพธ์ดังรูป



รูปที่ 2.20 หน้าต่างผลลัพธ์การแสดงผลการเชื่อมต่อเสร็จสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.8 Visual Studio

คือ โปรแกรมตัวหนึ่งที่เป็นเครื่องมือที่ช่วยพัฒนาซอฟต์แวร์และระบบต่างๆ ซึ่งสามารถติดต่อสื่อสารพูดคุยกับคอมพิวเตอร์ได้ในระดับหนึ่งแล้ว แต่ยังไม่สามารถพัฒนาเป็นระบบเองได้เหมาะสมสำหรับภาษา VB และ VB.NET เนื่องจากไมโครซอฟต์ได้พัฒนาโปรแกรมและภาษาขึ้นมาควบคู่กันเพื่อให้ใช้งานได้ซึ่งกันและกัน ซึ่งนักโปรแกรมเมอร์จะนำเครื่องมือมาใช้ในการพัฒนาต่อยอดให้เกิดเป็นระบบต่างๆ หรือเป็นเว็บไซต์ และแอปพลิเคชันต่างๆ ดังนั้น Visual Studio จึงเป็นโปรแกรมตัวหนึ่งที่เป็นเครื่องมือที่ช่วยพัฒนาซอฟต์แวร์และระบบต่างๆ ซึ่งโปรแกรมได้มีการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ในระดับหนึ่งแล้ว แต่ไม่สามารถพัฒนาเป็นระบบได้ด้วยตนเอง นักพัฒนาจะนำเครื่องมือของโปรแกรมมาใช้พัฒนาต่อให้เกิดเป็นซอฟต์แวร์หรือระบบต่างๆ เพื่อช่วยอำนวยความสะดวก และลดเวลาการทำงานและข้อผิดพลาดได้เป็นอย่างมาก

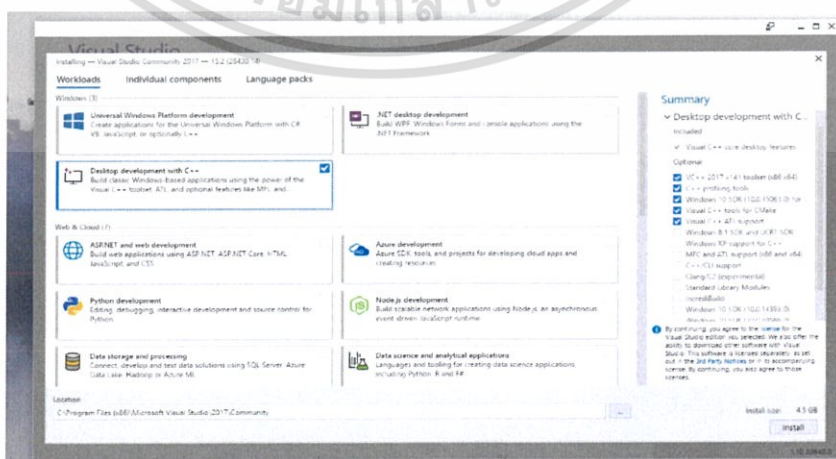
### 2.8.1 วิธีการ Download และติดตั้ง Visual Studio 2017

#### 1) Download ไฟล์สำหรับใช้ติดตั้ง Visual Studio 2017

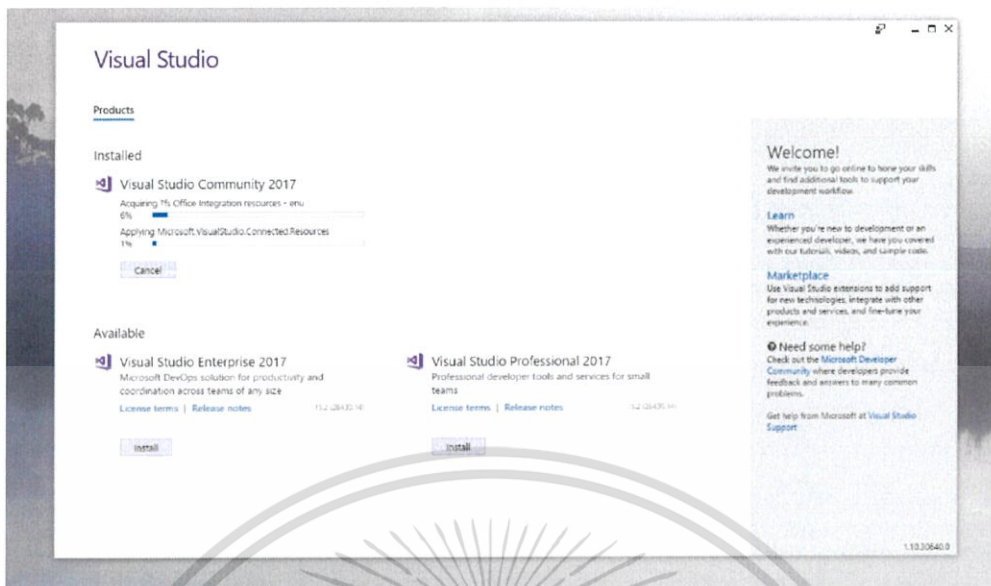


รูปที่ 2.20 ไฟล์สำหรับใช้ติดตั้ง Visual Studio 2017

2) เมื่อ Download เสร็จแล้ว ทำการเปิดไฟล์และกด Continue จะได้ดังรูป จากนั้นเลือก Universal Windows Platform development , Desktop development with C++และ .NET desktop development แล้วกด Install

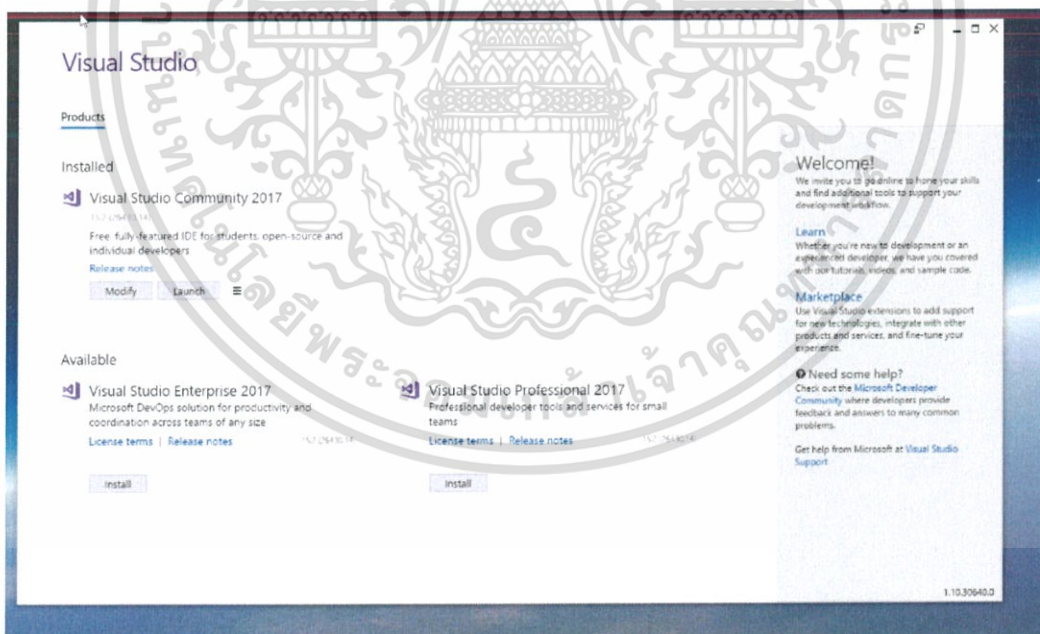


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดรูปที่ 2.21 เลือก package ที่จะติดตั้ง เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 หน้าต่างระหว่างรอการติดตั้ง

3) เมื่อทำการติดตั้งเสร็จสิ้น ให้กด Launch



รูปที่ 2.23 หน้าต่างเมื่อทำการติดตั้งเสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

# วิธีการดำเนินงาน

การออกแบบ การสร้าง และวิเคราะห์ระบบเครื่องมือในการวัดความสว่างของแสง มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

3.1 ศึกษาทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ในการวัดความสว่าง

3.2 ออกแบบและพัฒนาโปรแกรม Arduino เพื่อใช้งานร่วมกับเซนเซอร์วัดแสง Max44009 ให้แสดงค่าความสว่างของแสงผ่านโปรแกรม Visual Studio 2017

3.3 ออกแบบการสร้างระบบการวัดค่าความสว่าง

3.4 ทดสอบระบบการวัดค่าความสว่าง

3.5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

### 3.1 ศึกษาทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ในการวัดความสว่าง

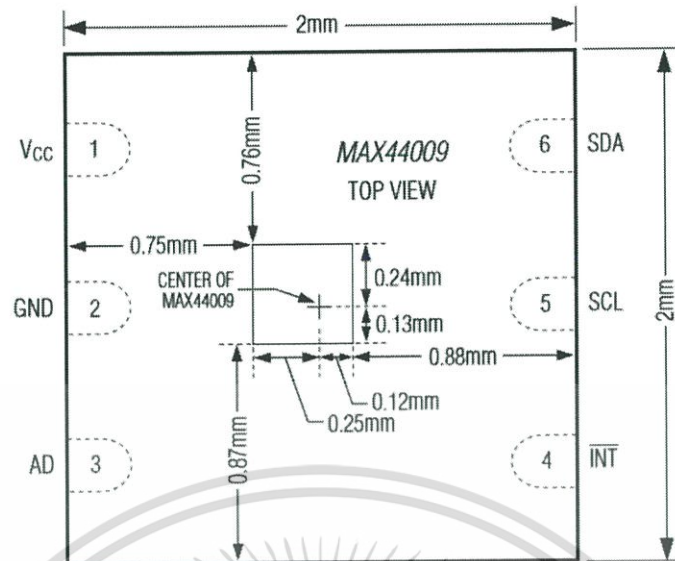
#### 3.1.1 MAX44009 Ambient Light

ในส่วนของอุปกรณ์ตัวรับแสงในการออกแบบการทดลองนี้ ได้ใช้เซนเซอร์วัดแสง MAX44009 Ambient Light เป็นตัววัดค่าความส่องสว่างของแสง (Illuminance,E) หน่วยเป็นลักซ์ (lux)



รูปที่ 3.1 รูปร่างและลักษณะของ Max44009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ลักษณะของ MAX44009

ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติของ Max44009

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
<b>OPTICAL CHARACTERISTICS</b>							
Maximum Lux Sensitivity		Fluorescent light		0.045		Lux/LSB	
Saturation Ambient Lux Level		Sunlight		188,000		Lux	
Total Error	TE	Green LED 538nm response, $T_A = +25^{\circ}\text{NC}$ (Note 2)		15		%	
Light Source Matching		Fluorescent/incandescent light		10		%	
Infrared Transmittance at 940nm	IRR	$T_A = +25^{\circ}\text{NC}$ (Note 3)		0	0.5	%	
Ultraviolet Transmittance at 363nm	UVR	$T_A = +25^{\circ}\text{NC}$ (Note 3)		1.2		%	
Dark Level Count	0LUX	0 lux, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ , 800ms range		0	0.045	Lux	
Maximum Signal Integration Time		Has 50/60Hz rejection		800		ms	
Minimum Signal Integration Time		Automatic mode, has 50/60Hz rejection		100		ms	
		Manual mode only		6.25			
ADC Conversion Time	ACT	100ms range, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$		99.6	100	100.4	ms
		100ms range		97	103	107	
<b>POWER SUPPLY</b>							
Power-Supply Voltage	$V_{CC}$	Guaranteed by TE test		1.7	3.6	V	
Power-Supply Current	$I_{CC}$	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$ , 90 lux, I <sup>2</sup> C inputs inactive		0.65	1.2	$\mu\text{A}$	
		$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to $+85^{\circ}\text{C}$		1.6			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.2 เครื่องวัดแสง (Lux Meter)

เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดความสว่างเฉพาะความเข้มที่ปรากฏในสายตาของมนุษย์ การวัดนี้แตกต่างจากการวัดของพลังงานแสงที่เกิดขึ้นจริงหรือที่ผลิตโดยสะท้อนจากวัตถุหรือแหล่งกำเนิดแสง ลักซ์ (Lux) เป็นหน่วยของการวัดความสว่าง ทำยที่สุ่มันก็มาจากแคนเดลา หน่วยมาตรฐานของการวัดการใช้พลังงานของแสง แคนเดลาเป็นจำนวนที่คงที่ซึ่งใกล้เคียงกับความสว่างของ 1 แร่งเทียน (1 Watt) ในขณะที่แคนเดลาเป็นหน่วยของพลังงานก็มีหน่วยเทียบเท่าที่รู้จักกันเป็นลูเมนซึ่งมาตรการเบาเหมือนกันในแง่ของการรับรู้ของตนได้ด้วยตามนุษย์ 1 ลูเมนเทียบเท่ากับแสงที่ผลิตในทิศทางเดียวจากแหล่งกำเนิดแสง 1 แคนเดลา

ในส่วน of เครื่องมือที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าความสว่างจะใช้ลักซ์มิเตอร์ รุ่น LX-1330B เพื่อเปรียบเทียบกับค่าความสว่างที่วัดได้จาก MAX44009



รูปที่ 3.3 ลักซ์มิเตอร์ รุ่น LX-1330B

ตารางที่ 3.2 แสดงข้อมูลทางเทคนิคของลักซ์มิเตอร์ รุ่น LX-1330B

Measuring range	0-200.000 Lux
Resolution display	1 Lux
Accuracy	below 20.000 Lux +/- 3 % over 20.000 Lux +/- 5 %
Dimensions	100x60x28 mm Photo Detector
Dimensions	149x71x41 mm Luxmeter
Power supply	1x9 Volt battery
Weight	280 g (incl. battery)
Operating temperature	-10 °C to 60 °C
Humidity	0 - 80 %
Order-No.	B113 L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ลักษณะเฉพาะ

- สามารถเลือกช่วงการวัดได้ 4 ช่วง
- จอ LCD มีขนาดใหญ่
- มีระบบ Hold function
- มีการสอบเทียบภายในระบบของตัวเครื่อง

### การวัดค่า

ถ็อเซนเซอร์แสง ในพื้นที่ที่ต้องการวัดแสง โดยหันเซนเซอร์ไปทางทิศทางของแสง หน้าจอจะแสดงค่าความสว่าง หน่วยเป็น ลักซ์ (Lux)

### การใช้งานลักซ์มิเตอร์

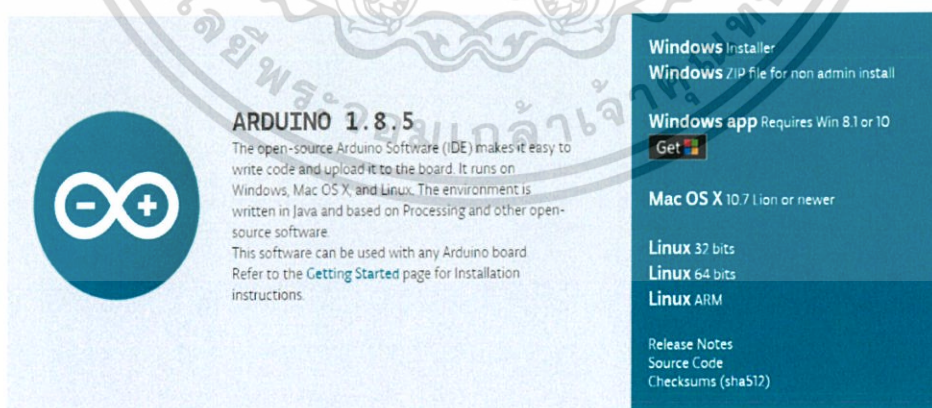
เปิดสวิตช์เครื่อง วางหรือถือหัววัดแสงในบริเวณที่ต้องการวัดความสว่าง อ่านค่าความสว่างจากจอแสดงผล ในกรณีที่ตั้งสวิตช์เลือกช่วงวัดไว้ที่ตำแหน่ง  $\times 10$  หรือ ที่ตำแหน่ง  $\times 100$  ตามลำดับ จึงจะได้ความสว่าง และนำค่าที่วัดได้เปรียบเทียบกับเซนเซอร์

## 3.2 ออกแบบและพัฒนาโปรแกรม เพื่อใช้งานร่วมกับเซนเซอร์วัดแสง MAX44009

### 3.2.1 การใช้งานด้วยโปรแกรม Arduino

บอร์ด Arduino Uno R3 เป็นบอร์ด Arduino ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจาก ราคาไม่แพง ส่วนใหญ่โปรเจกต์และ Library ต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นมา Support จะอ้างอิงกับบอร์ดนี้เป็นหลัก เนื่องจากเป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับการเริ่มต้นการเรียนรู้ และมี Shields ให้เลือกใช้งานได้มากกว่าบอร์ด Arduino รุ่นอื่นๆ โดยมีขั้นตอนการใช้งานดังนี้

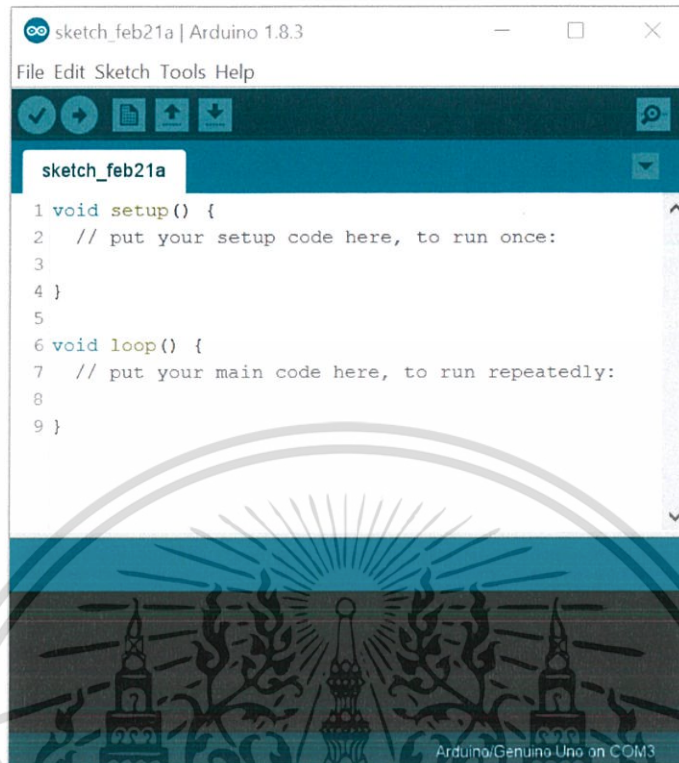
1. เปิดโปรแกรม Arduino ที่ได้โหลดมาจาก <http://arduino.cc/en/Main/Software>



รูปที่ 3.4 หน้าต่างเว็บไซต์สำหรับโหลดโปรแกรม Arduino IDE

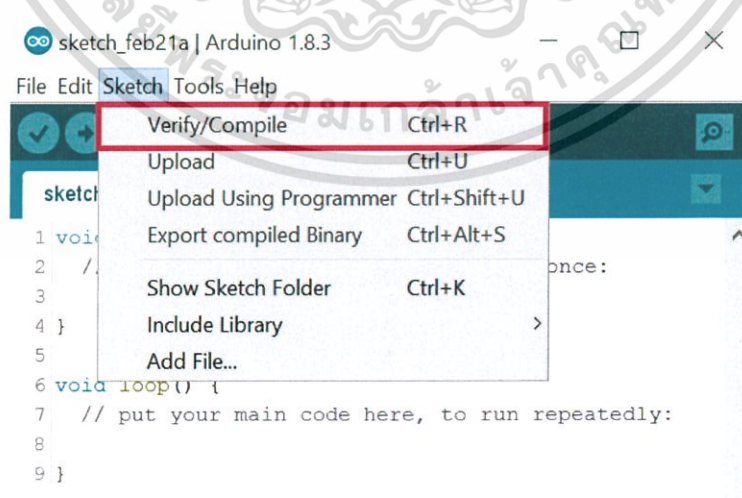
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อเปิดโปรแกรมแล้วจะพบกับหน้าต่างของ IDE ดังรูป



รูปที่ 3.5 หน้าต่างโปรแกรม

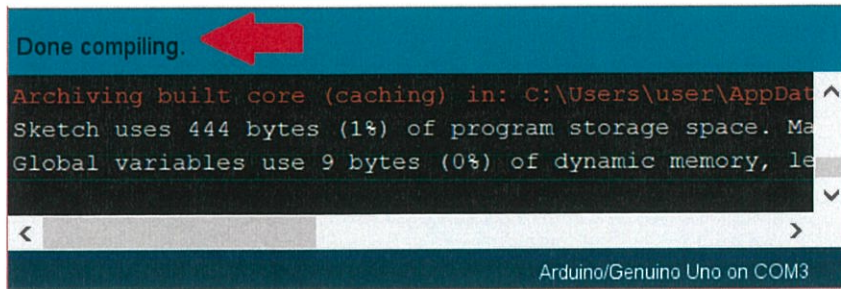
- ไปที่ Tools -> Board แล้วเลือกให้ตรงกับบอร์ดที่ใช้งานสำหรับ Arduino UNO
- เลือกบอร์ด Arduino UNO
- เขียนโปรแกรม ลงในโปรแกรม Arduino IDE
- จากนั้นคอมไพล์โปรแกรมโดยไปที่ Sketch -> Verify / Compile



รูปที่ 3.6 การเลือกคอมไพล์

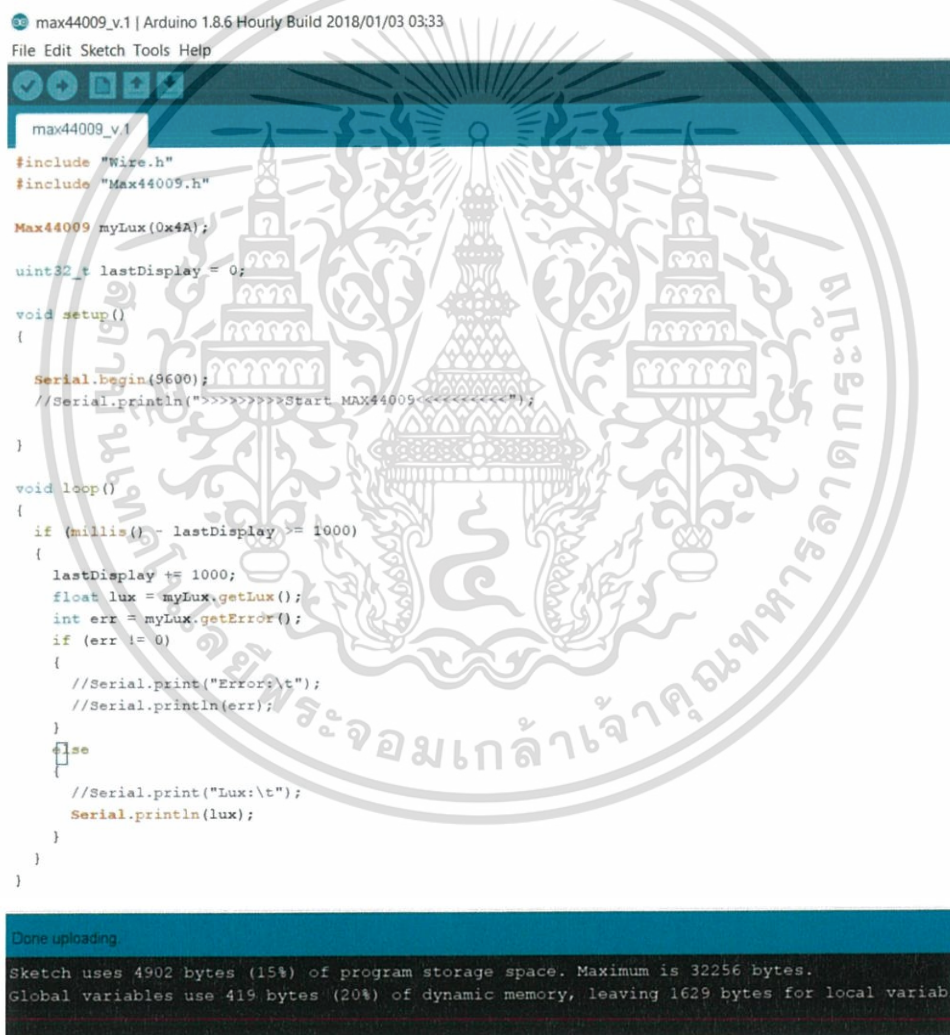
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 7. เมื่อคอมไพล์เรียบร้อยจะมีข้อความปรากฏดังรูป



รูปที่ 3.7 หน้าต่างแสดงความถูกต้องของโปรแกรมที่เขียนขึ้น

ในการออกแบบและพัฒนากการเขียนโปรแกรมด้วย Arduino เพื่อใช้ในการควบคุมระบบการวัดค่าความสว่างแบบเรียลไทม์ได้มีการป้อนคำสั่งดังนี้



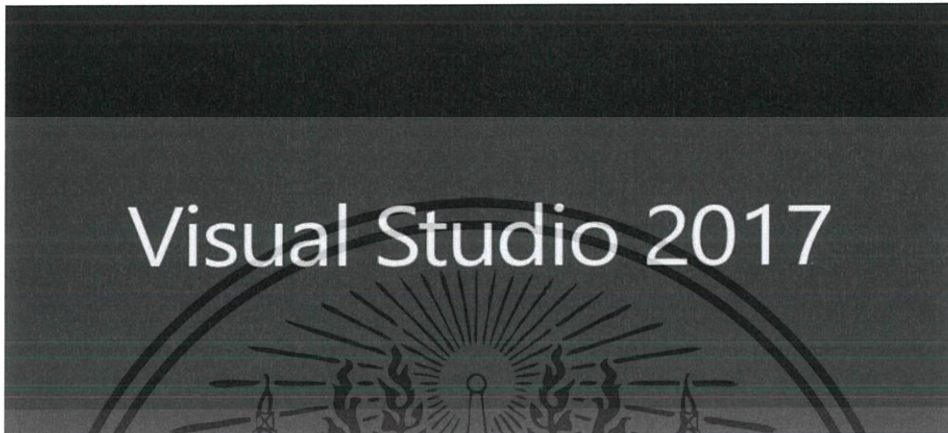
รูปที่ 3.8 คำสั่งที่ใช้สำหรับเซนเซอร์ MAX44009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

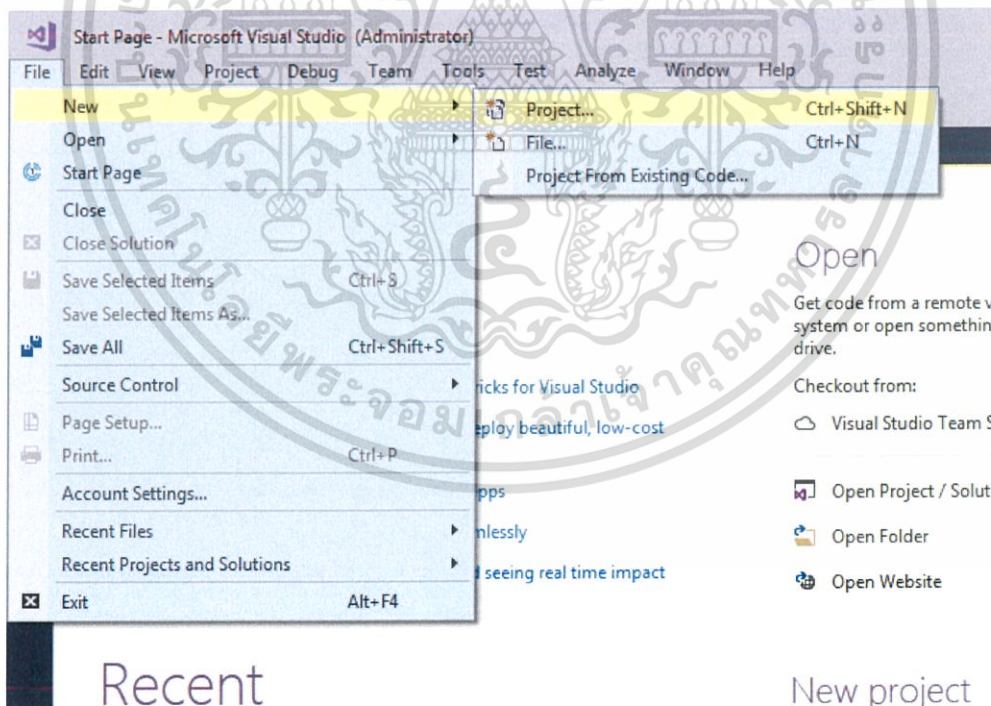
### 3.2.2 การใช้งานด้วยโปรแกรม Visual studio 2017

จากที่ทราบว่า Visual studio 2017 เป็นโปรแกรมตัวหนึ่งที่เป็นเครื่องมือที่ช่วยพัฒนาซอฟต์แวร์และระบบต่างๆ จึงได้ทำการนำเครื่องมือของโปรแกรมมาใช้ในการพัฒนาและสร้างระบบการวัดค่าความสว่างแบบเรียลไทม์ ดังนี้

- 1) เปิดโปรแกรม Visual studio 2017

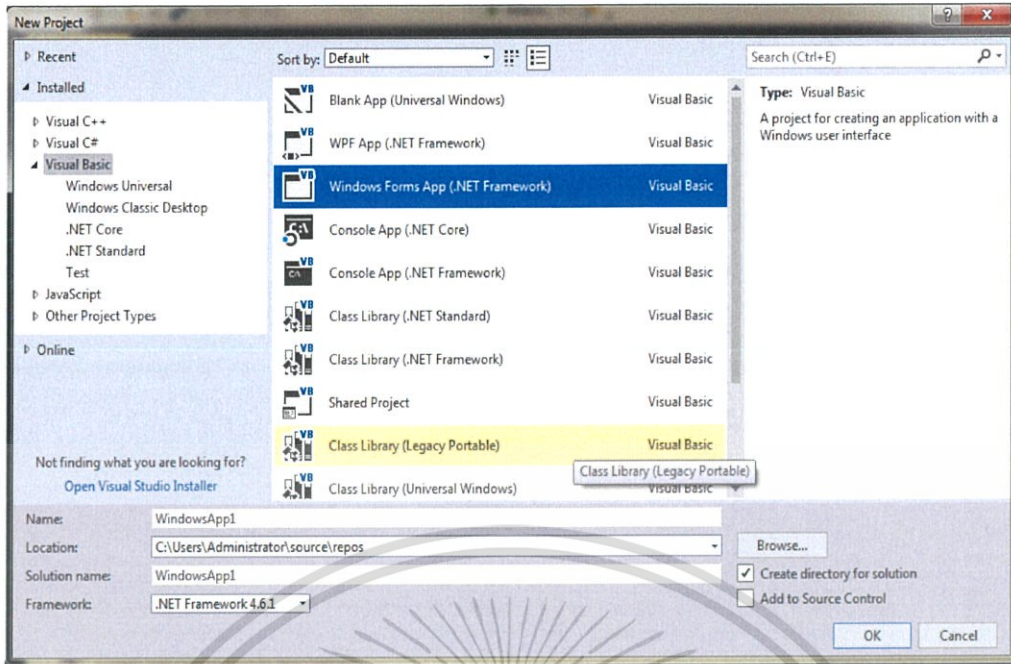


รูปที่ 3.9 หน้าต่างเริ่มการเปิดโปรแกรม Visual studio 2017



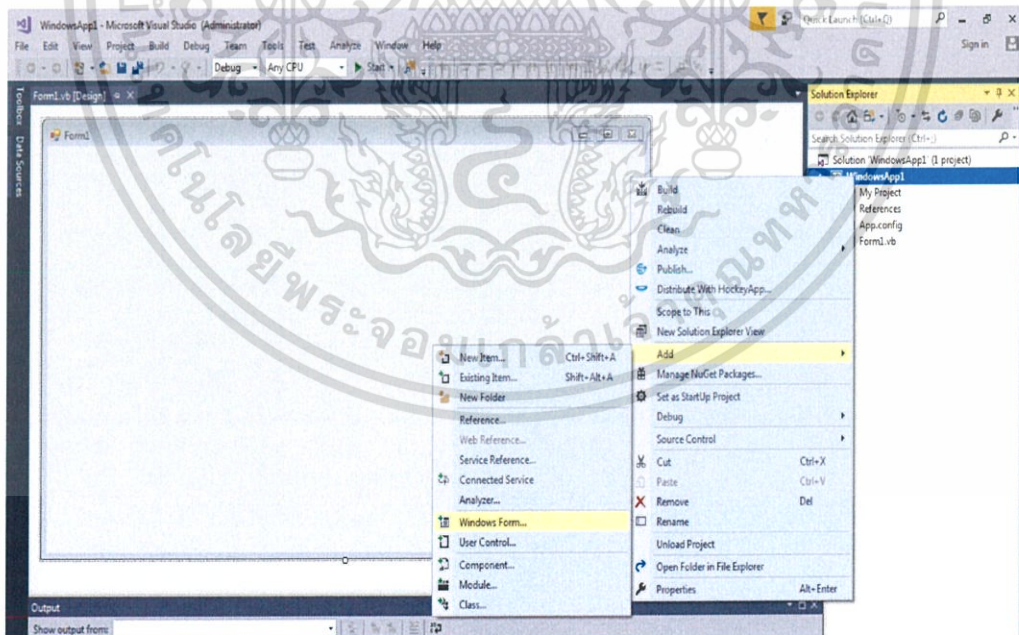
รูปที่ 3.10 เลือก File > New > Project

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



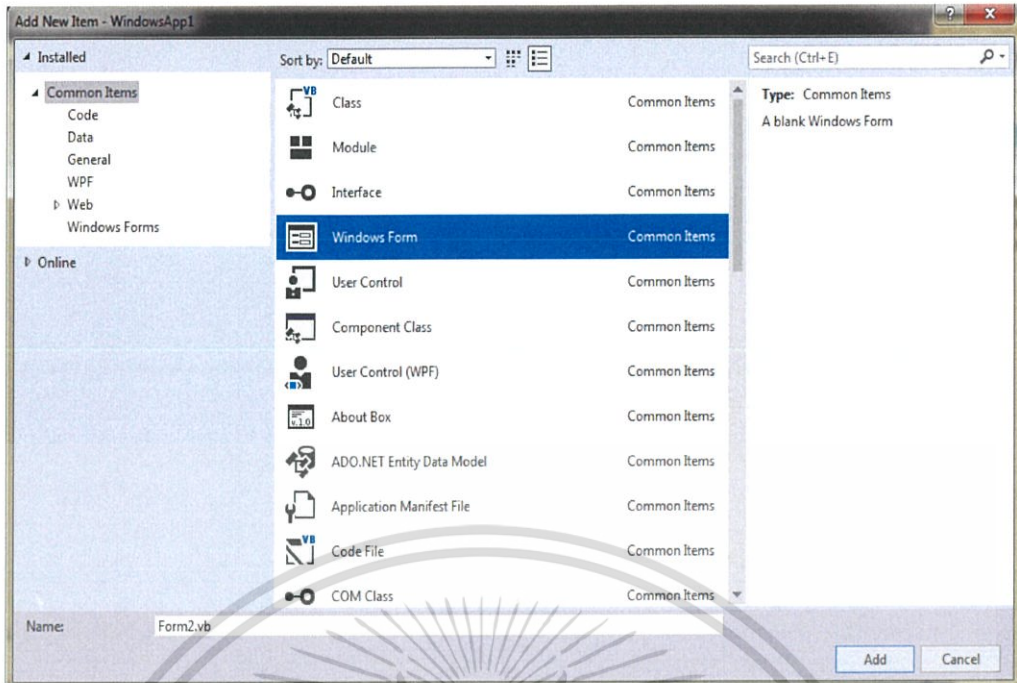
รูปที่ 3.11 เลือกภาษาในการเขียนโปรแกรม เลือก Visual Basic และไปที่ Windows Forms App พร้อมตั้งชื่อให้กับ Project แล้วกด OK

2) โปรแกรมจะสร้าง Form ขึ้นมาให้ 1 Form สามารถลบทิ้งแล้วสร้างใหม่ได้ หากต้องการเพิ่มฟอร์มใหม่ สามารถทำได้โดยการคลิกขวาที่ Project > Add > Window Form



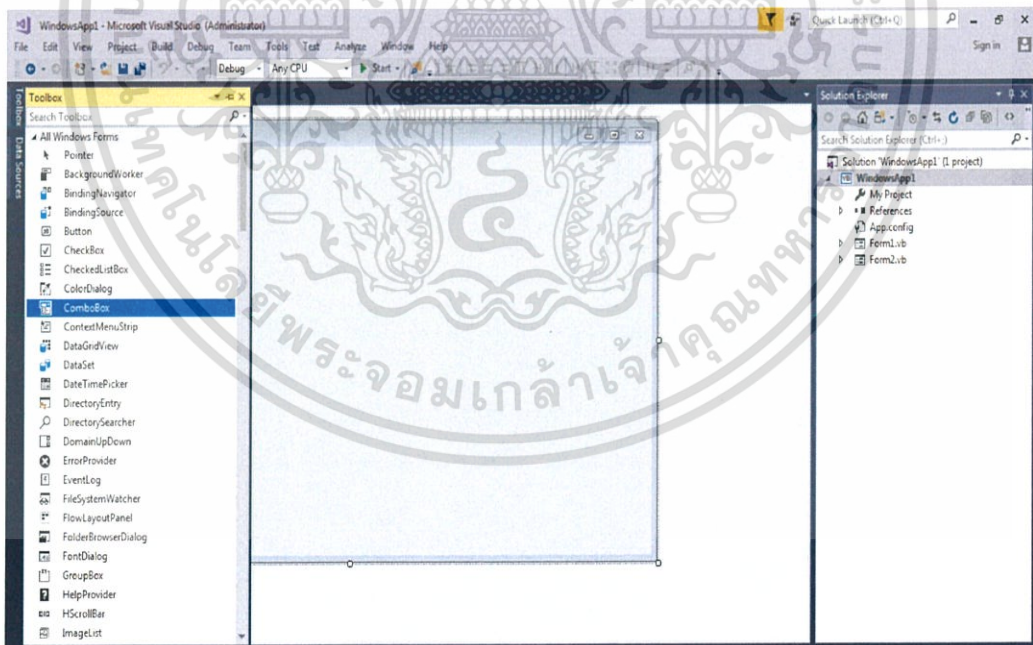
รูปที่ 3.12 คลิกขวาที่ Project > Add > Window Form

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



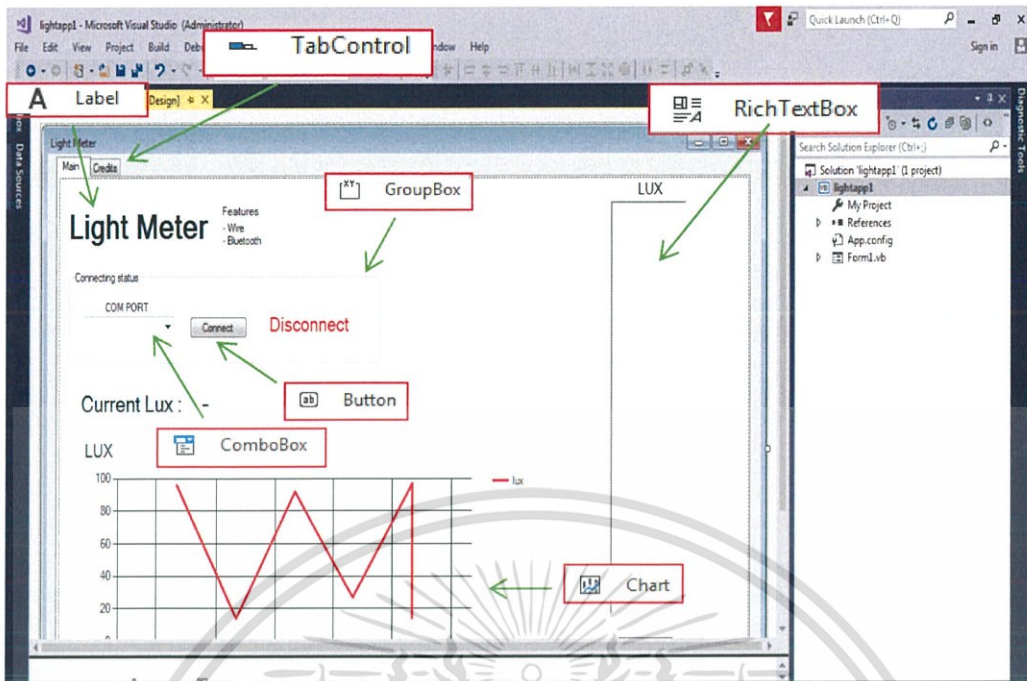
รูปที่ 3.13 ทำการตั้งชื่อ Form แล้วกด Add

3) Toolbox เป็นหน้าต่างที่รวมเครื่องมือต่างๆ เพื่อออกแบบสร้างโปรแกรมของเราไว้บนหน้าจอได้อย่างง่ายๆ โดยเพียงคลิกลาก Control มาวางบน Form ก็จะได้ Object บนฟอร์มนั้น

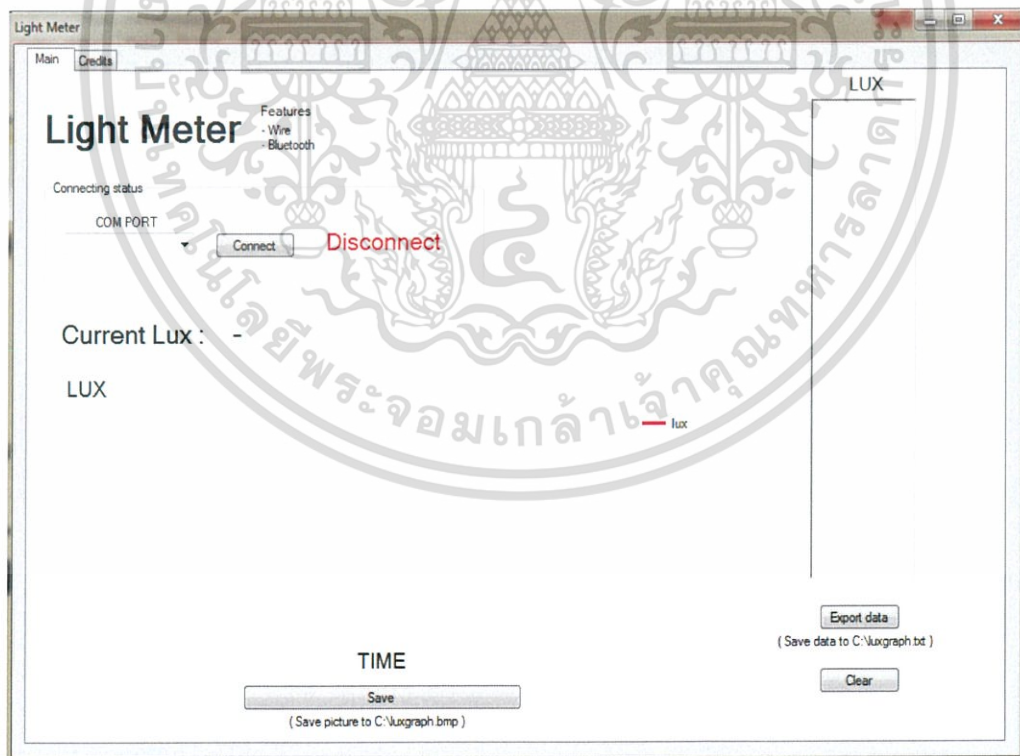


รูปที่ 3.14 คลิกลาก Control จาก Toolbox มาวางบน Form

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



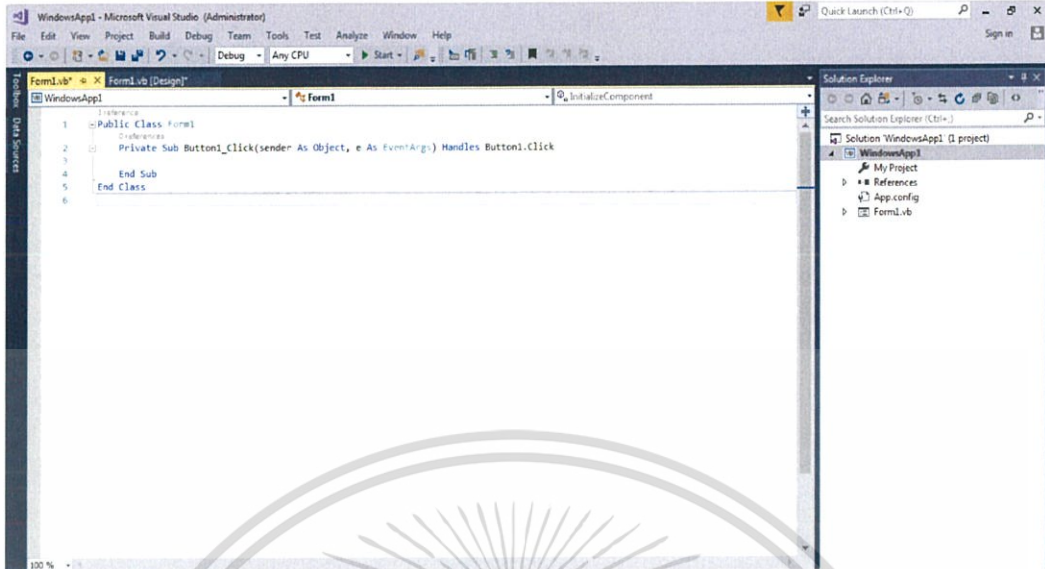
รูปที่ 3.15 ออกแบบหน้าโปรแกรม



รูปที่ 3.16 ออกแบบหน้าโปรแกรมเสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) คลิกที่ Control บน Form จะปรากฏหน้าต่างให้เขียนโค้ดเพื่อใส่คำสั่งควบคุม

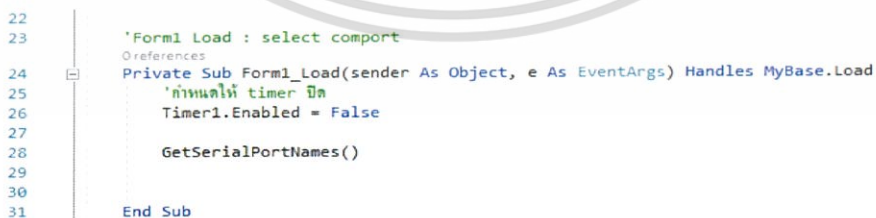


รูปที่ 3.17 เขียนโค้ดเพื่อใส่คำสั่งควบคุม



รูปที่ 3.18 เพิ่ม Library

รูปที่ 3.19 คำสั่งตรวจสอบสถานะพอร์ต



รูปที่ 3.20 คำสั่งเลือก comport เมื่อโปรแกรมยังไม่ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

32 1 reference
33 Sub GetSerialPortNames()
34 For Each sp As String In My.Computer.Ports.SerialPortNames
35     'แสดง comport ที่เชื่อมต่อใน ComboBox
36     ComboBox1.Items.Add(sp)
37 Next
38 End Sub

```

รูปที่ 3.21 คำสั่งแสดง comport ที่เชื่อมต่อใน ComboBox

```

41 'เปิด timer
42 References
43 Private Sub Timer1_Tick(sender As Object, e As EventArgs) Handles Timer1.Tick
44     Dim NewTemp() As String = Split(SerialPort.ReadLine, ",") ' รับค่าที่ Arduino ส่งมา
45
46
47     current_lux.Text = NewTemp(0) 'ค่าที่ Arduino ส่งมาแสดงใน TextBox
48     current_lux.ForeColor = Color.Red
49
50     'แสดงค่า lux ใน RichTextBox1
51     RichTextBox1.SelectionAlignment = HorizontalAlignment.Center
52     RichTextBox1.Text & " " + NewTemp(0)
53
54     'แสดงกราฟที่รับค่าจาก arduino ตั้งค่าล้นบนแกน x ให้เป็น ค่าเวลาปัจจุบัน
55     Chart1.Series("lux").Points.AddXY(TimeOfDay, NewTemp(0))
56 End Sub

```

รูปที่ 3.22 คำสั่งแสดงค่าเมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน

```

57
58 'ตั้งค่าปุ่ม clear ค่าใน RichTextBox
59 References
60 Private Sub Clearbutton_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Clearbutton.Click
61     RichTextBox1.Text = ""
62 End Sub

```

รูปที่ 3.23 ตั้งค่าปุ่ม clear ค่า ใน RichTextBox

```

64
65 'ตั้งค่าปุ่ม connect และ disconnect
66 References
67 Private Sub Connect_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Connect.Click
68     If ComboBox1.SelectedIndex <> -1 Then
69         Try
70             If SerialPort.IsOpen Then
71                 'Set Algo when SerialPort Close (Disconnect)
72                 SerialPort.Close()
73                 Connect.Text = "Connect"
74
75                 'string show connect status
76                 connect_status.Text = "Disconnect"
77                 connect_status.ForeColor = Color.Red
78
79                 Timer1.Enabled = False
80                 current_lux.Text = "-"
81                 current_lux.ForeColor = Color.Black
82             Else

```

รูปที่ 3.24 ตั้งค่าปุ่ม connect และ disconnect

```

83
84     'Set Algo when SerialPort Open (Connect)
85     SerialPort.PortName = ComboBox1.SelectedItem.ToString
86     SerialPort.BaudRate = 9600
87     SerialPort.DataBits = 8
88     SerialPort.Parity = Parity.None
89     SerialPort.StopBits = StopBits.One
90     SerialPort.Handshake = Handshake.None
91     SerialPort.Encoding = System.Text.Encoding.Default
92     SerialPort.Open()
93     Connect.Text = "Disconnect"
94

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รูปที่ 3.25 เมื่อกดปุ่ม connect โปรแกรมจะรับค่าจาก Arduino ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

95
96         'string show connect status
97         connect_status.Text = "Connect !!!"
98         connect_status.ForeColor = Color.Green
99
100         Timer1.Enabled = True
101
102
103         '10min
104         'delay_time = 600000
105
106         '1 min
107         'delay_time = 60000
108
109         '1 sec
110         delay_time = 500
111
112
113         Timer1.Interval = delay_time
114
115         End If
116     Catch ex As Exception
117         MsgBox(ex.Message)
118     End Try
119 Else
120     MsgBox("Please choose a serial port", vbInformation, "Serial Port")
121 End If
122 End Sub

```

รูปที่ 3.26 คำสั่งแสดงสถานะและกำหนดเวลาการแสดงค่าในโปรแกรม

```

123
124     'ตั้งค่าปุ่ม save รูปภาพ
125     Private Sub Save_pic_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Save_pic.Click
126         Dim img As New Bitmap(Chart1.Width, Chart1.Height)
127         Chart1.DrawToBitmap(img, New Rectangle(Point.Empty, img.Size))
128
129         'save รูปที่ C:\luxgraph.bmp
130         img.Save("C:\luxgraph.bmp")
131
132         'แสดงปุ่ม save ลง C:\luxgraph.bmp
133         Process.Start("C:\luxgraph.bmp")
134     End Sub

```

รูปที่ 3.27 ตั้งค่าปุ่ม save รูปภาพและกำหนดไฟล์ที่จัดเก็บ

```

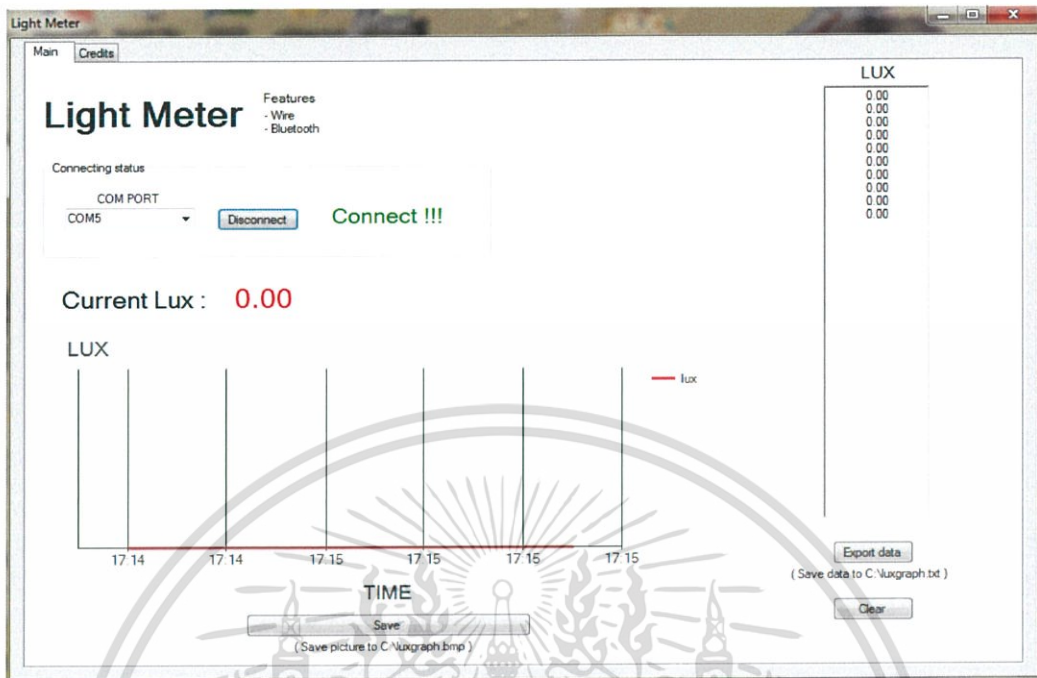
135
136     'ปุ่ม export data
137     Private Sub Button_export_data_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button_export_data.Click
138         'export data ลง C:\luxgraph.txt
139         Dim writer As TextWriter = New StreamWriter("C:\luxgraph.txt")
140         writer.Write(RichTextBox1.Text)
141         writer.Close()
142
143         'แสดงกล่องข้อความ export เสร็จ
144         MessageBox.Show("Exported")
145     End Sub
146
147 End Class

```

รูปที่ 3.28 ตั้งค่าปุ่ม Export data เพื่อบันทึกค่าและกำหนดไฟล์ที่จัดเก็บ

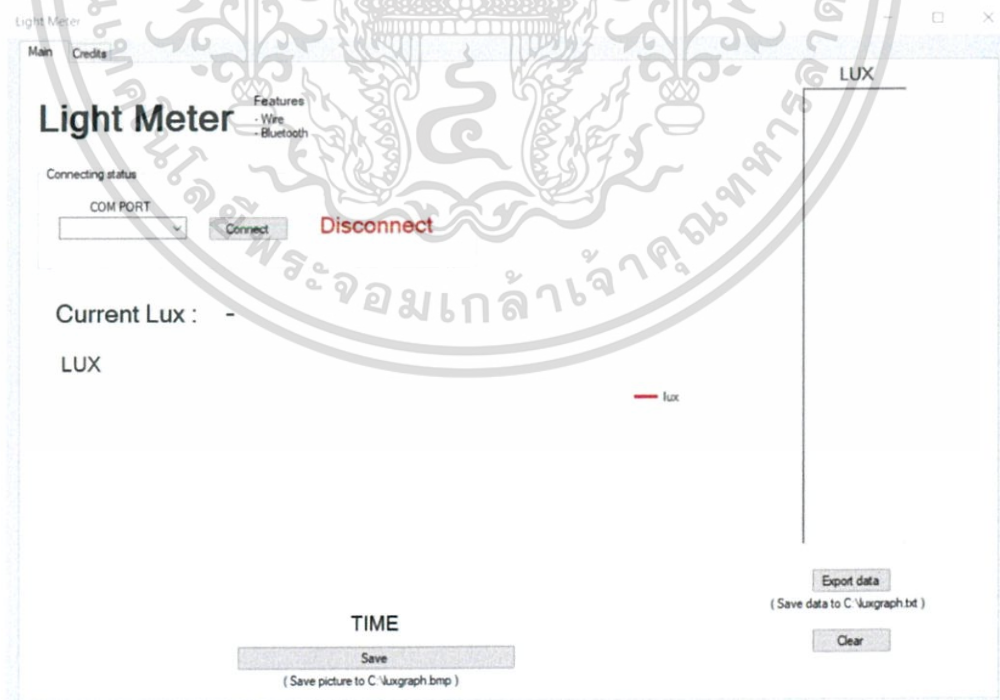
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) กด Save และทำการ Run โปรแกรม



รูปที่ 3.29 โปรแกรมเริ่มทำงาน

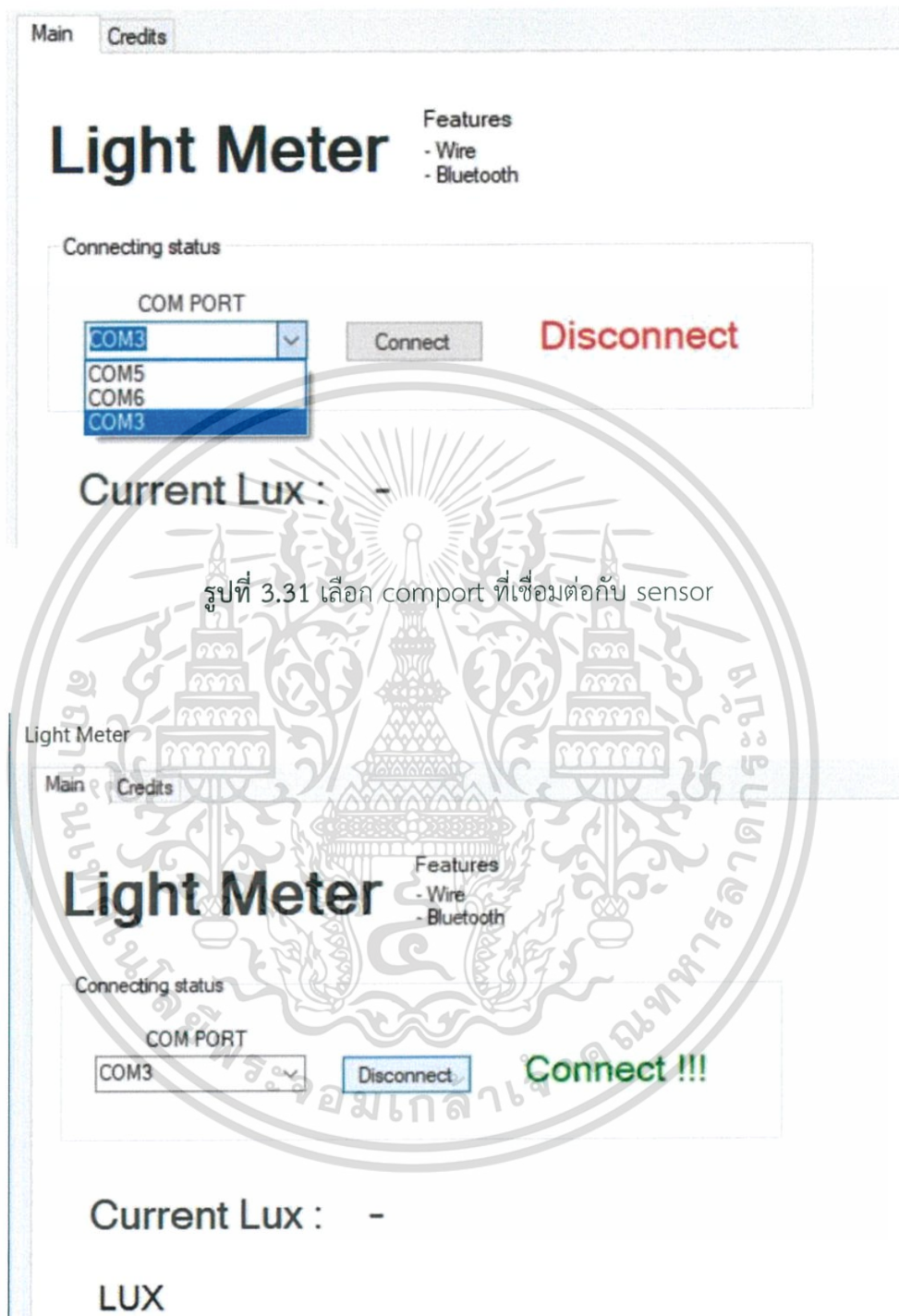
### 3.2.3 การใช้งานโปรแกรมการวัดค่าความสว่าง



รูปที่ 3.30 หน้าต่างโปรแกรมการวัดค่าความสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

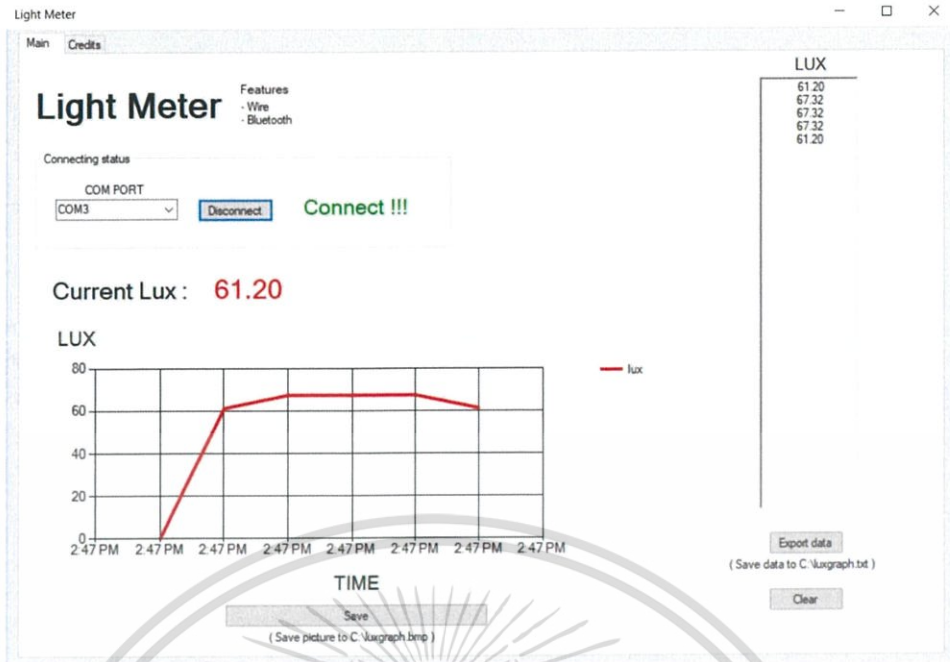
## Light Meter



รูปที่ 3.31 เลือก comport ที่เชื่อมต่อกับ sensor

รูปที่ 3.32 กด connect/disconnect เพื่อเป็นการเริ่ม/หยุด การทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

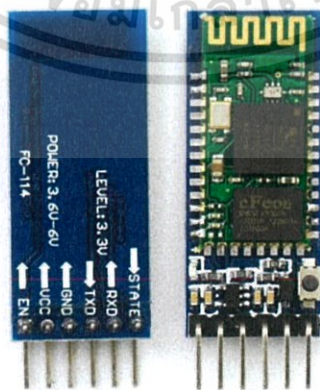


รูปที่ 3.33 ข้อมูลและกราฟที่ได้จากการทดลอง

รูปที่ 3.34 ที่อยู่ในการจัดเก็บข้อมูลและกราฟ

### 3.2.4 การใช้งานผ่าน HC-05 Bluetooth Serial Module

HC-05 Bluetooth Serial Module เป็นโมดูลที่ทำหน้าที่ในการแปลง Serial ให้ออกมาเป็นระบบ Bluetooth แบบไร้สาย เป็นการทำให้ Arduino คุยกับโปรแกรมที่เขียนขึ้น



รูปที่ 3.35 HC-05 Bluetooth Serial Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงคุณลักษณะของ HC-05 Bluetooth Serial Module

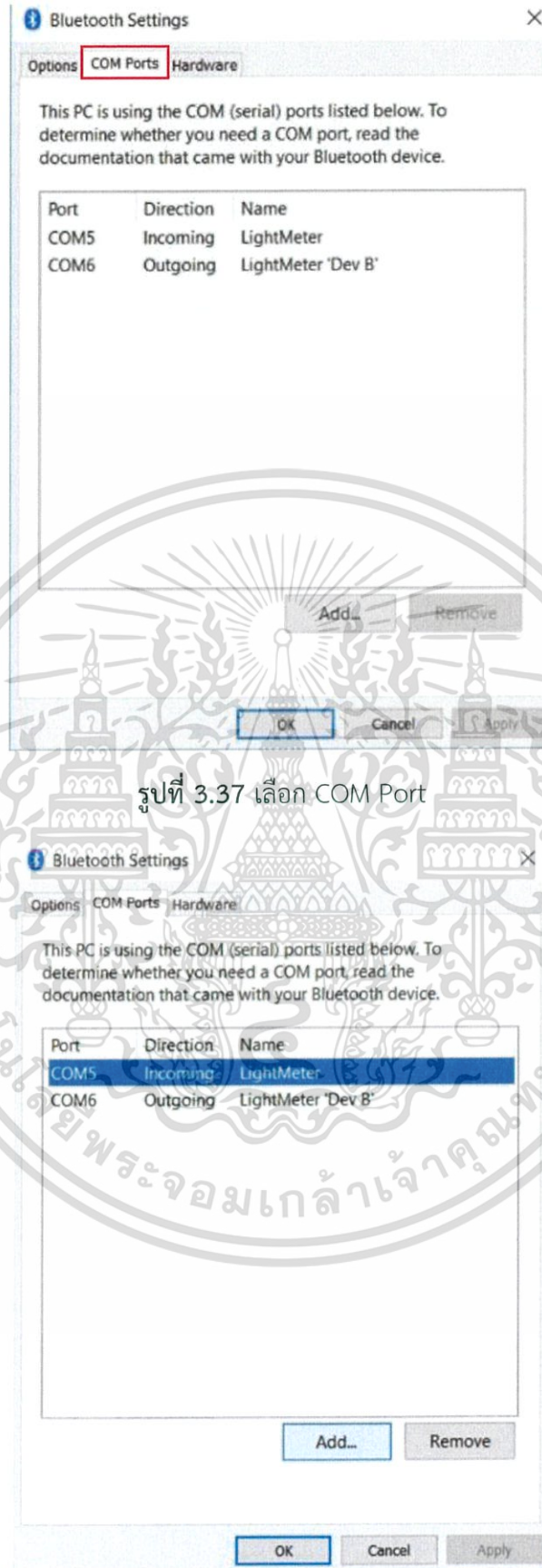
Bluetooth protocol	Bluetooth Specification v2.0+EDR
Frequency	2.4GHz ISM band
Modulation	GFSK(Gaussian Frequency Shift Keying)
Emission power	≤4dBm, Class 2
Sensitivity	≤-84dBm at 0.1% BER
Speed: Asynchronous	2.1Mbps(Max) / 160 kbps, Synchronous: 1Mbps/1Mbps
Security	Authentication and encryption
Profiles	Bluetooth serial port
Power supply	+3.6 - 6 VDC 50mA
Working temperature	20 ~ +75 Centigrade

### ขั้นตอนแสดงการเชื่อมต่อ HC-05 กับ Arduino

The screenshot shows the Windows Settings application. The 'Bluetooth & other devices' section is active. The Bluetooth toggle switch is turned on. Below the toggle, it says 'Now discoverable as "DESKTOP-FOR475L"'. There are sections for 'Mouse, keyboard, & pen' (with a USB Receiver) and 'Other devices' (with a LightMeter Paired). On the right side, there are links for 'Turn on Bluetooth even faster', 'Get more info about Bluetooth', 'Related settings' (including Devices and printers, Sound settings, Display settings), and 'More Bluetooth options' (which is highlighted with a red box). At the bottom right, there are links for 'Have a question? Get help' and 'Make Windows better Give us feedback'.

รูปที่ 3.36 เลือก More Bluetooth options

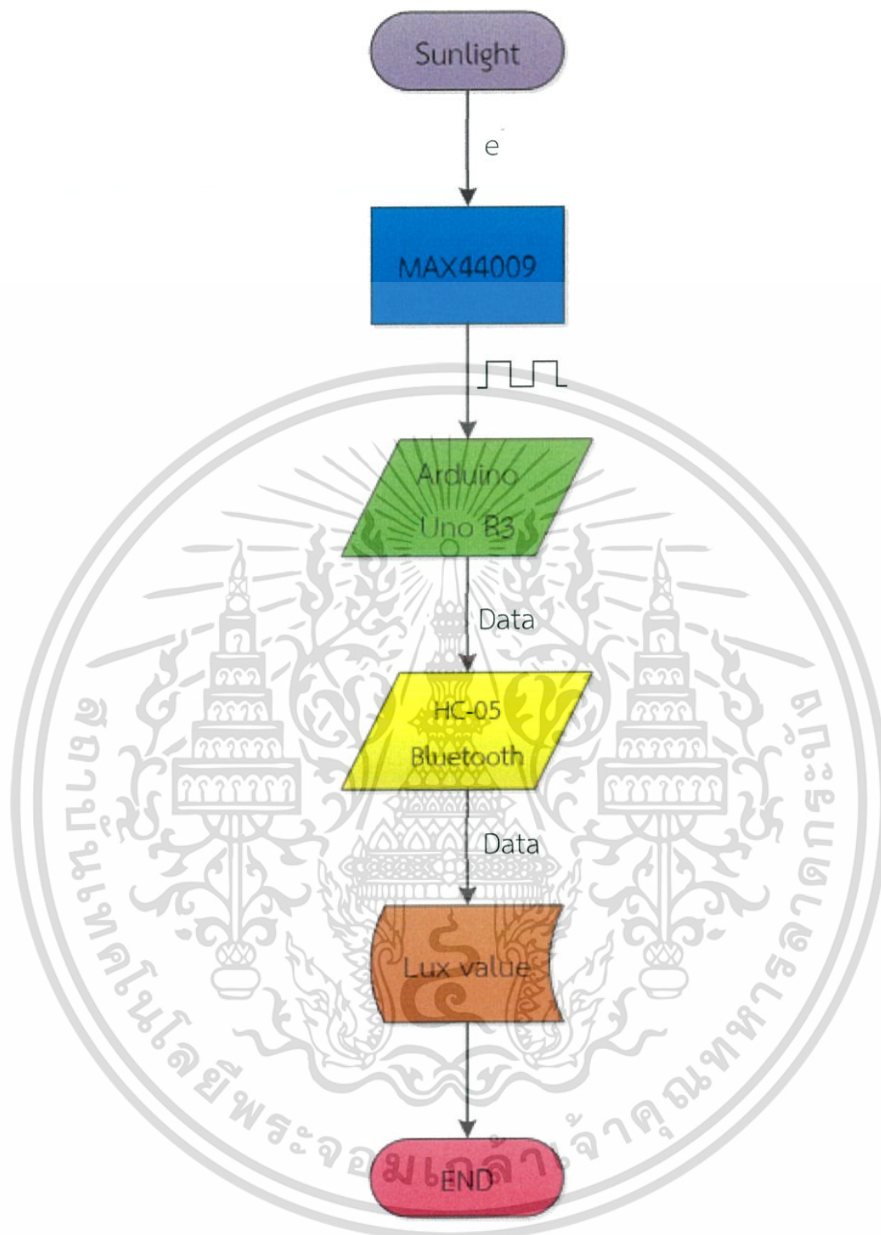
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.37 เลือก COM Port

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

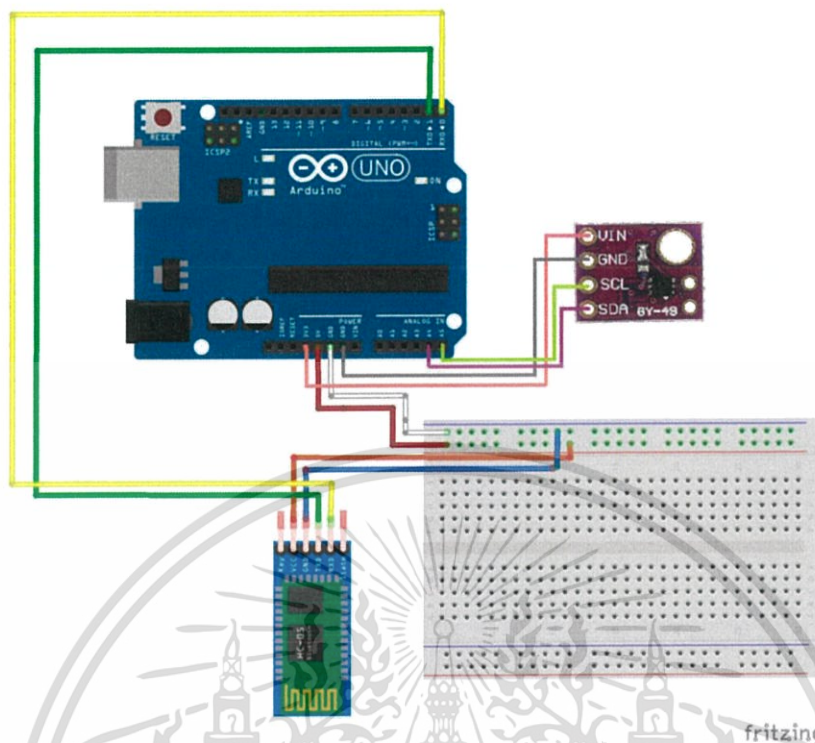
### 3.3 ออกแบบการสร้างระบบการวัดค่าความสว่าง



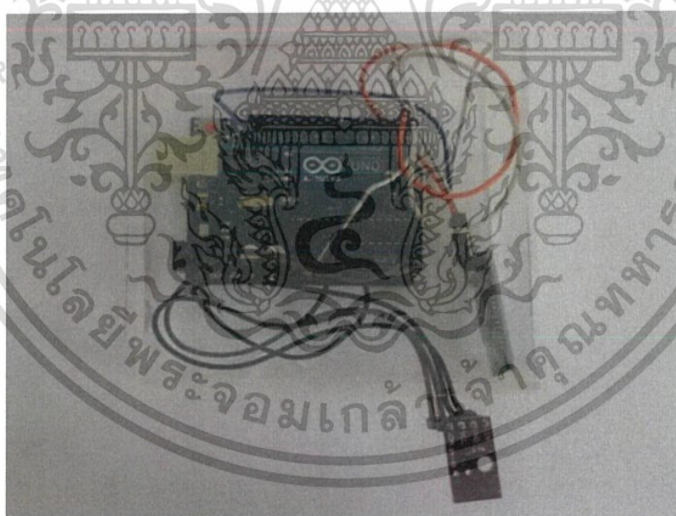
รูปที่ 3.39 Flowchart แสดงการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.1 การเชื่อมต่อวงจรภายในระบบ



รูปที่ 3.40 รูปแบบการเชื่อมต่อวงจรภายในระบบ



รูปที่ 3.41 เครื่องมือวัดค่าความสว่าง

### 3.3.2 การหาค่า Factor

การหาค่า Factor คือการหาค่าตัวแปรที่ได้จากการทดลอง เพื่อนำค่าตัวแปรที่ได้จากการทดลองของเครื่องมือที่เราสร้าง ไปทำการสอบเทียบกับเครื่องวัดแสง (Lux Meter) รุ่น LX-1330B โดยการนำ Factor ที่ได้จากการทดลองใส่ลงใน code Arduino จากของเดิม รูปที่ 3.12 เพื่อให้ได้ค่าความสว่างในหน่วยลักซ์ ที่มีค่าใกล้เคียงมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเขียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและอภิปรายผล

ในการทดลองและวิเคราะห์ของโครงการการออกแบบระบบการวัดค่าความสว่างแบบเรียลไทม์ ได้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 การทดลองหาค่า Factor เพื่อนำไปสอบเทียบกับเครื่องลักซ์มิเตอร์

ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบเพื่อหาค่าความสว่างหลังจากที่ได้ทำการสอบเทียบ

#### 4.1 การหาค่า Factor เพื่อนำไปสอบเทียบกับเครื่องลักซ์มิเตอร์



รูปที่ 4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและวิเคราะห์หาค่า Factor

#### อุปกรณ์ในการทดลอง

1. MAX44009 Ambient Light
2. เครื่องวัดความสว่างของแสง (Lux meter) รุ่น LX-1330B
3. บอร์ด Arduino Uno R3
4. HC-05 Bluetooth Serial Module
5. Notebook computer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการจัดตั้ง MAX 44009 กับ ลักซ์มิเตอร์ที่ตำแหน่งใกล้เคียงกัน โดยหันด้านเซนเซอร์ขึ้นรับแสงอาทิตย์ที่มุม  $180^{\circ}$

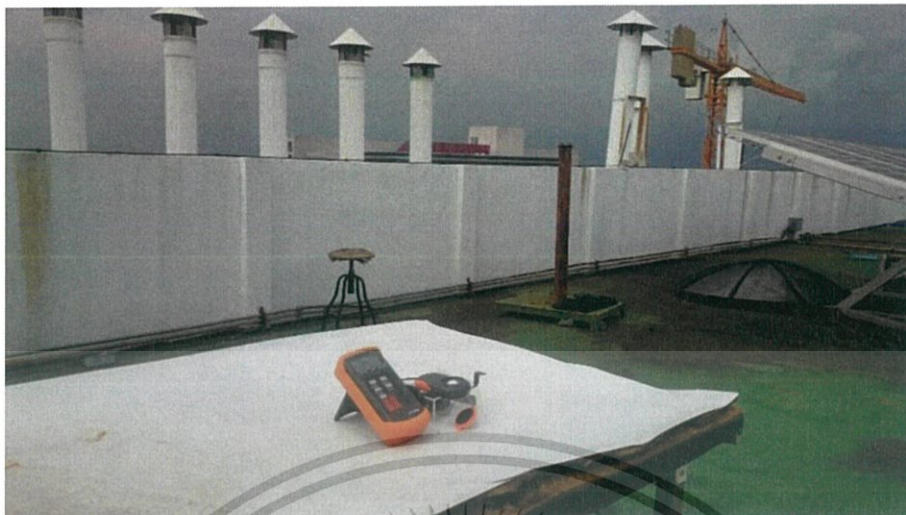


รูปที่ 4.2 การตั้งตำแหน่งของเครื่องมือวัด



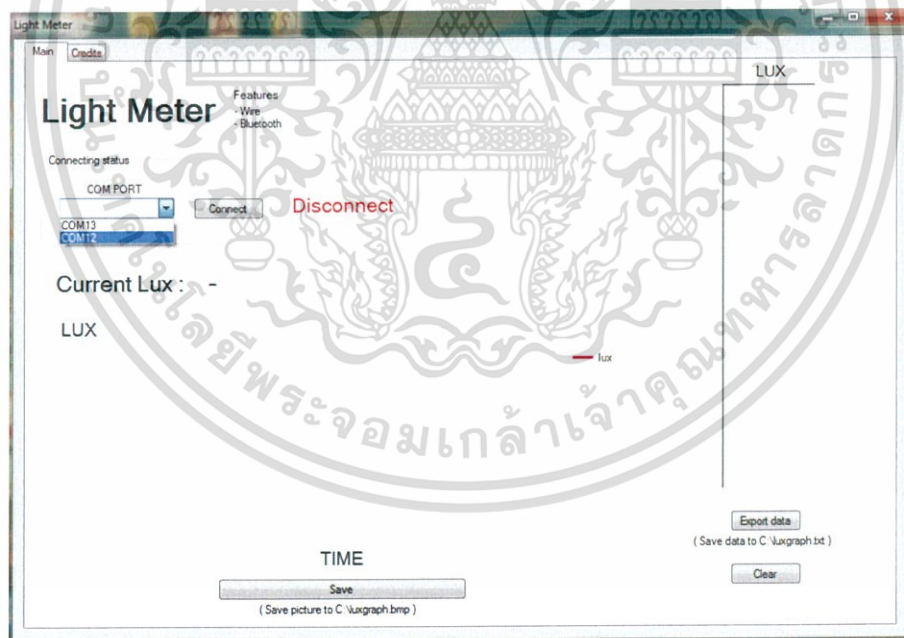
รูปที่ 4.3 สถานที่ในการทดสอบ คาดฟ้าตึกจุฬารัตน์วลัยลักษณ์ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 เครื่องมือในการทดสอบ

## 2. ทำการเชื่อมต่อโปรแกรมวัดความสว่างกับ Bluetooth



รูปที่ 4.5 แสดงการเชื่อมต่อโปรแกรมวัดความสว่างกับ Bluetooth

## 3. การวัดค่าความสว่าง โดยบันทึกผลการทดลองจาก Lux meter และโปรแกรมวัดค่าความสว่างที่สร้างขึ้นทุกๆ 1 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเพื่อหาค่า Factor ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 18 เมษายน  
โดยได้ทำการเรียงลำดับค่าความสว่างจากน้อยไปมาก

No.	MAX44009	Lux meter
1	3525.12	4990
2	3525.12	4890
3	3525.12	4780
4	3525.12	4740
5	3525.12	4690
6	3916.8	5470
7	3916.8	5360
8	3916.8	5240
9	3916.8	5150
10	3916.8	5070
11	4308.48	5870
12	4308.48	5780
13	4308.48	5680
14	4308.48	5580
15	4700.16	6440
16	4700.16	6320
17	4700.16	6250
18	4700.16	6030
19	5091.84	6940
20	5091.84	6630
21	5483.52	7210
22	5875.2	8000
23	5875.2	7800
24	5875.2	7600
25	5875.2	7500
26	5875.2	7300
27	6266.88	9000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเพื่อหาค่า Factor ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 18 เมษายน  
โดยได้ทำการเรียงลำดับค่าความสว่างจากน้อยไปมาก (ต่อ)

No.	MAX44009	Lux meter
28	6266.88	8800
29	6266.88	8600
30	6266.88	8400
31	6266.88	8300
32	6266.88	8300
33	7050.24	10100
34	7050.24	9900
35	7050.24	9800
36	7050.24	9600
37	7050.24	9400
38	7050.24	9300
39	7050.24	9200
40	7833.6	10800
41	7833.6	10700
42	7833.6	10400
43	7833.6	10200
44	8616.96	12200
45	8616.96	12000
46	8616.96	11800
47	8616.96	11600
48	8616.96	11300
49	8616.96	11200
50	8616.96	11000
51	9400.32	13300
52	9400.32	13200
53	9400.32	13000
54	9400.32	12900

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเพื่อหาค่า Factor ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 18 เมษายน  
โดยได้ทำการเรียงลำดับค่าความสว่างจากน้อยไปมาก (ต่อ)

No.	MAX44009	Lux meter
55	9400.32	12700
56	9400.32	12300
57	10183.68	14300
58	10183.68	14200
59	10183.68	14100
60	10183.68	14000
61	10183.68	13800
62	10183.68	13300
63	10183.68	13500
64	10967.04	15500
65	10967.04	15400
66	10967.04	15300
67	10967.04	15200
68	10967.04	15100
69	10967.04	15000
70	10967.04	14900
71	10967.04	14900
72	10967.04	14800
73	10967.04	14800
74	10967.04	14700
75	10967.04	14700
76	10967.04	14600
77	10967.04	14500
78	11750.4	16600
79	11750.4	16200
80	11750.4	16100
81	11750.4	15900

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเพื่อหาค่า Factor ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 18 เมษายน  
โดยได้ทำการเรียงลำดับค่าความสว่างจากน้อยไปมาก (ต่อ)

No.	MAX44009	Lux meter
82	11750.4	15700
83	12533.76	18600
84	12533.76	18500
85	12533.76	18200
86	12533.76	17800
87	12533.76	17500
88	12533.76	17100
89	14100.48	21100
90	14100.48	20700
91	14100.48	20400
92	14100.48	19800
93	14100.48	19400
94	15667.2	23100
95	15667.2	23200
96	15667.2	22700
97	15667.2	22300
98	15667.2	21800
99	15667.2	21400
100	17233.92	25000
101	17233.92	25100
102	17233.92	24800
103	17233.92	24500
104	17233.92	23800
105	17233.92	23500
106	18800.64	27400
107	18800.64	27300
108	18800.64	27100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเพื่อหาค่า Factor ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 18 เมษายน  
โดยได้ทำการเรียงลำดับค่าความสว่างจากน้อยไปมาก (ต่อ)

No.	MAX44009	Lux meter
109	18800.64	27000
110	18800.64	26900
111	18800.64	26800
112	18800.64	26600
113	18800.64	26400
114	18800.64	26100
115	18800.64	25800
116	18800.64	25500
117	20367.36	29400
118	20367.36	29100
119	20367.36	29800
120	20367.36	29300
121	20367.36	29200
122	20367.36	29100
123	20367.36	28800
124	20367.36	28600
125	20367.36	28500
126	20367.36	28300
127	20367.36	28100
128	20367.36	27700
129	21934.08	29700
130	21934.08	31900
131	21934.08	29500
132	21934.08	30000
133	21934.08	29400
134	21934.08	30300
135	21934.08	26500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเพื่อหาค่า Factor ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 18 เมษายน  
โดยได้ทำการเรียงลำดับค่าความสว่างจากน้อยไปมาก (ต่อ)

No.	MAX44009	Lux meter
109	18800.64	27000
110	18800.64	26900
111	18800.64	26800
112	18800.64	26600
113	18800.64	26400
114	18800.64	26100
115	18800.64	25800
116	18800.64	25500
117	20367.36	29400
118	20367.36	29100
119	20367.36	29800
120	20367.36	29300
121	20367.36	29200
122	20367.36	29100
123	20367.36	28800
124	20367.36	28600
125	20367.36	28500
126	20367.36	28300
127	20367.36	28100
128	20367.36	27700
129	21934.08	29700
130	21934.08	31900
131	21934.08	29500
132	21934.08	30000
133	21934.08	29400
134	21934.08	30300
135	21934.08	26500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบุคลากรในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเพื่อหาค่า Factor ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 18 เมษายน  
โดยได้ทำการเรียงลำดับค่าความสว่างจากน้อยไปมาก (ต่อ)

No.	MAX44009	Lux meter
136	21934.08	30100
137	21934.08	31700
138	21934.08	32600
139	21934.08	32300
140	21934.08	32400
141	21934.08	32100
142	21934.08	31000
143	23500.8	33900
144	23500.8	32900
145	23500.8	32100
146	23500.8	34800
147	23500.8	33200
148	23500.8	34400
149	23500.8	34300
150	23500.8	34500
151	25067.52	35100
152	25067.52	35600
153	25067.52	34000
154	25067.52	41200
155	25067.52	36200
156	25067.52	39200
157	25067.52	37600
158	25067.52	37000
159	25067.52	37100
160	25067.52	38600
161	25067.52	36200
162	25067.52	36100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกิจนิเทศเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเพื่อหาค่า Factor ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 18 เมษายน  
โดยได้ทำการเรียงลำดับค่าความสว่างจากน้อยไปมาก (ต่อ)

No.	MAX44009	Lux meter
163	25067.52	35700
164	25067.52	35400
165	25067.52	35300
166	25067.52	34600
167	25067.52	34800
168	25067.52	34700
169	25067.52	34600
170	25067.52	34400
171	25067.52	34700
172	25067.52	34600
173	25067.52	34700
174	25067.52	35100
175	25067.52	35600
176	25067.52	35800
177	25067.52	35900
178	25067.52	35400
179	28200.96	38000
180	28200.96	41600
181	28200.96	38500
182	28200.96	41300
183	28200.96	40500
184	28200.96	39400
185	28200.96	41100
186	28200.96	39700
187	28200.96	42200
188	28200.96	42600
189	28200.96	42400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเพื่อหาค่า Factor ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 18 เมษายน  
โดยได้ทำการเรียงลำดับค่าความสว่างจากน้อยไปมาก (ต่อ)

No.	MAX44009	Lux meter
190	28200.96	42400
191	28200.96	42200
192	28200.96	41900
193	28200.96	42400
194	28200.96	42800
195	28200.96	43200
196	28200.96	43400
197	28200.96	43400
198	28200.96	42500
199	28200.96	42500
200	28200.96	43500
201	28200.96	43700
202	28200.96	43500
203	28200.96	43500
204	28200.96	43300
205	28200.96	42600
206	28200.96	40500
207	28200.96	39700
208	28200.96	40200
209	28200.96	39700
210	28200.96	40600
211	28200.96	40500
212	28200.96	39800
213	28200.96	39700
214	31334.4	44100
215	31334.4	45700
216	31334.4	44700

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเพื่อหาค่า Factor ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 18 เมษายน  
โดยได้ทำการเรียงลำดับค่าความสว่างจากน้อยไปมาก (ต่อ)

No.	MAX44009	Lux meter
217	31334.4	43600
218	31334.4	55400
219	31334.4	42800
220	31334.4	47700
221	31334.4	43400
222	31334.4	44700
223	31334.4	44000
224	31334.4	44500
225	31334.4	45500
226	31334.4	43100
227	31334.4	43500
228	31334.4	44400
229	31334.4	45400
230	31334.4	44300
231	31334.4	43900
232	31334.4	44200
233	31334.4	46300
234	31334.4	45400
235	34467.84	48100
236	34467.84	46900
237	34467.84	50400
238	34467.84	46600
239	34467.84	46400
240	34467.84	47800
241	34467.84	46900
242	34467.84	50100
243	34467.84	48800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเพื่อหาค่า Factor ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 18 เมษายน  
โดยได้ทำการเรียงลำดับค่าความสว่างจากน้อยไปมาก (ต่อ)

No.	MAX44009	Lux meter
244	34467.84	47900
245	34467.84	53100
246	34467.84	51100
247	34467.84	50900
248	34467.84	50800
249	34467.84	48600
250	34467.84	52300
251	34467.84	51700
252	34467.84	50400
253	34467.84	52800
254	37601.28	51600
255	37601.28	33300
256	37601.28	33700
257	37601.28	63300
258	37601.28	51300
259	37601.28	54100
260	37601.28	55400
261	37601.28	53100
262	37601.28	53900
263	37601.28	58300
264	37601.28	55200
265	37601.28	53300
266	37601.28	53400
267	37601.28	53300
268	37601.28	55200
269	37601.28	53800
270	37601.28	57000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเพื่อหาค่า Factor ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 18 เมษายน  
โดยได้ทำการเรียงลำดับค่าความสว่างจากน้อยไปมาก (ต่อ)

No.	MAX44009	Lux meter
271	37601.28	52500
272	37601.28	57100
273	37601.28	55400
274	37601.28	55700
275	37601.28	57700
276	37601.28	54500
277	37601.28	53100
278	40734.72	61200
279	40734.72	57300
280	40734.72	56800
281	40734.72	56500
282	40734.72	56100
283	40734.72	56500
284	40734.72	56600
285	40734.72	58100
286	40734.72	58700
287	40734.72	60500
288	40734.72	59900
289	40734.72	58800
290	40734.72	57500
291	40734.72	57200
292	40734.72	56600
293	40734.72	56900
294	40734.72	58300
295	40734.72	58500
296	40734.72	58400
297	40734.72	57100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเพื่อหาค่า Factor ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 18 เมษายน  
โดยได้ทำการเรียงลำดับค่าความสว่างจากน้อยไปมาก (ต่อ)

No.	MAX44009	Lux meter
298	40734.72	58500
299	40734.72	57400
300	40734.72	60800
301	40734.72	58700
302	40734.72	57900
303	40734.72	58500
304	40734.72	58200
305	40734.72	60300
306	40734.72	58300
307	40734.72	56100
308	40734.72	62400
309	43868.16	55700
310	43868.16	59600
311	43868.16	60000
312	43868.16	62200
313	43868.16	62400
314	43868.16	60200
315	43868.16	57600
316	43868.16	63200
317	43868.16	61100
318	43868.16	65800
319	43868.16	65000
320	43868.16	64500
321	43868.16	62700
322	47001.6	66400
323	47001.6	65000
324	47001.6	68200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกึ่งโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเพื่อหาค่า Factor ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 18 เมษายน  
โดยได้ทำการเรียงลำดับค่าความสว่างจากน้อยไปมาก (ต่อ)

No.	MAX44009	Lux meter
325	47001.6	69000
326	47001.6	60600
327	47001.6	59000
328	47001.6	67700
329	50135.04	86500
330	50135.04	71700
331	50135.04	72200
332	50135.04	72700
333	50135.04	76300
334	50135.04	76000
335	50135.04	76300
336	50135.04	74900
337	50135.04	78700
338	50135.04	80100
339	50135.04	75800
340	50135.04	69800
341	50135.04	67900
342	50135.04	73900
343	56401.92	78000
344	56401.92	82800
345	56401.92	82900
346	56401.92	80800
347	56401.92	83600
348	56401.92	85900
349	56401.92	84700
350	56401.92	82300
351	56401.92	88700

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเพื่อหาค่า Factor ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 18 เมษายน  
โดยได้ทำการเรียงลำดับค่าความสว่างจากน้อยไปมาก (ต่อ)

No.	MAX44009	Lux meter
352	56401.92	90900
353	56401.92	92400
354	56401.92	94500
355	56401.92	85300
356	56401.921	86400
357	56401.921	89800
358	62668.8	91200
359	62668.8	90600
360	62668.8	94200
361	62668.8	86700
362	62668.8	92800
363	62668.8	85400
364	62668.8	89300
365	62668.8	92000
366	62668.8	90000
367	62668.8	89200
368	62668.8	86900
369	62668.8	94400
370	62668.8	102100
371	62668.8	100200
372	62668.8	99800
373	62668.8	98000
374	62668.8	98500
375	62668.8	100600
376	62668.8	99500
377	68935.68	99100
378	68935.68	93200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเพื่อหาค่า Factor ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 18 เมษายน  
โดยได้ทำการเรียงลำดับค่าความสว่างจากน้อยไปมาก (ต่อ)

No.	MAX44009	Lux meter
379	68935.68	89700
380	68935.68	94700
381	68935.68	100800
382	68935.68	102300
383	68935.68	109200
384	75202.57	121600
385	75202.57	122700
386	75202.57	121400
387	75202.57	122800
388	75202.57	123400
389	75202.57	110000
390	75202.57	110200
391	75202.57	108400
392	75202.57	109000
393	75202.57	101800
394	75202.57	110700
395	75202.57	109300
396	75202.57	111200
397	75202.57	113400
398	75202.57	115400
399	81469.45	113700
400	81469.45	111700
401	81469.45	115000
402	81469.45	114800
403	81469.45	112300
404	81469.45	111500
405	81469.45	118400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูและบุคลากรทางการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเพื่อหาค่า Factor ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 18 เมษายน  
โดยได้ทำการเรียงลำดับค่าความสว่างจากน้อยไปมาก (ต่อ)

No.	MAX44009	Lux meter
406	81469.45	115300
407	81469.45	111300
408	81469.45	118000
409	81469.45	126500
410	81469.45	115100
411	81469.45	118800
412	81469.45	111400
413	81469.45	116800
414	81469.45	112800
415	81469.45	112300
416	81469.45	111700
417	81469.45	111300
418	81469.45	114900
419	81469.45	119200
420	81469.45	112400
421	81469.45	121700
422	81469.45	120700
423	81469.45	120400
424	81469.45	120200
425	81469.45	121500
426	81469.45	126000
427	87736.32	129500
428	87736.32	122900
429	87736.32	120500
430	87736.32	128600
431	87736.32	124500
432	87736.32	124700

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเพื่อหาค่า Factor ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 18 เมษายน  
โดยได้ทำการเรียงลำดับค่าความสว่างจากน้อยไปมาก (ต่อ)

No.	MAX44009	Lux meter
433	87736.32	127300
434	87736.32	127900
435	87736.32	125800
436	87736.32	128500
437	87736.32	124500
438	87736.32	123900
439	87736.32	123800
440	87736.32	125500
441	87736.32	125300
442	87736.32	122100
443	87736.32	122000
444	87736.32	123100
445	87736.32	127000
446	87736.32	126500
447	87736.32	126800
448	87736.32	125500
449	87736.32	121500
450	87736.32	125600
451	87736.32	129900
452	87736.32	131100
453	87736.32	131900
454	87736.32	134400
455	87736.32	133300
456	87736.32	132400
457	87736.32	131600
458	87736.32	131800
459	87736.32	131300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูผู้สอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเพื่อหาค่า Factor ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 18 เมษายน  
โดยได้ทำการเรียงลำดับค่าความสว่างจากน้อยไปมาก (ต่อ)

No.	MAX44009	Lux meter
460	87736.32	129500
461	87736.32	130300
462	87736.32	131200
463	87736.32	133600
464	87736.32	135000
465	87736.32	133600
466	87736.32	134700
467	87736.32	131400
468	87736.32	130500
469	94003.21	133700
470	94003.21	135800
471	94003.21	134400
472	94003.21	136700
473	94003.21	131200
474	94003.21	131600
475	94003.21	133300
476	94003.21	134600
477	94003.21	134400
478	94003.21	135200
479	94003.21	134200
480	94003.21	134600
481	94003.21	134300
482	94003.21	134300
483	94003.21	135200
484	94003.21	135100
485	94003.21	137500
486	94003.21	135800

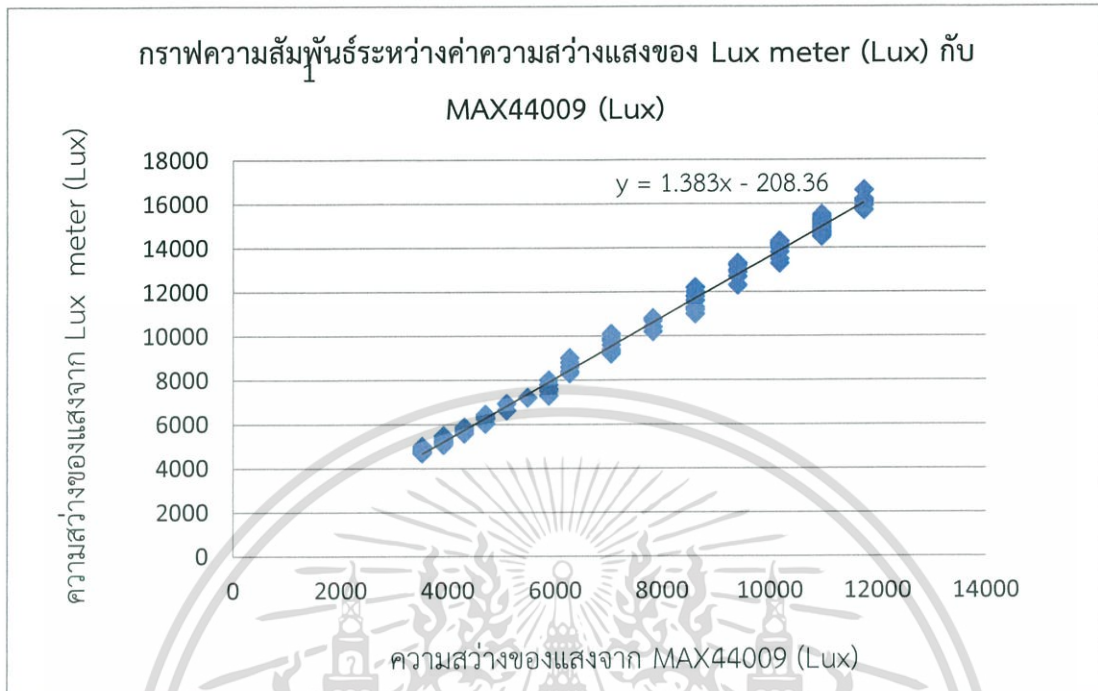
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับศิษย์ชั้นมัธยมศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ผู้อื่นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเพื่อหาค่า Factor ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 18 เมษายน  
โดยได้ทำการเรียงลำดับค่าความสว่างจากน้อยไปมาก (ต่อ)

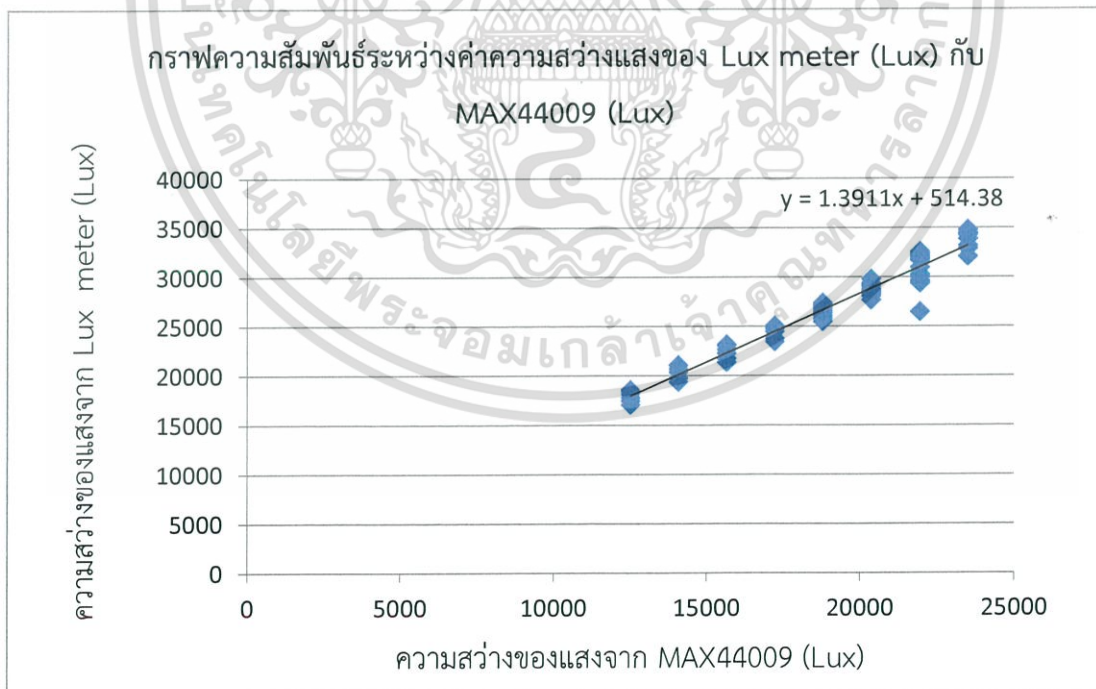
No.	MAX44009	Lux meter
487	94003.21	135600
488	94003.21	135300
489	94003.21	135900
490	94003.21	136800
491	94003.21	139200
492	94003.21	134400
493	94003.21	135400
494	94003.21	138000
495	94003.21	138000
496	94003.21	142200
497	94003.21	143400
498	100270.09	140000
499	100270.09	145500
500	100270.09	139400
501	100270.09	142300
502	100270.09	141200
503	100270.09	139700
504	100270.09	143100
505	100270.09	137100
506	100270.09	141070
507	100270.09	139400
508	100270.09	143300
509	100270.09	147600
510	100270.09	151000
511	100270.09	154100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และห้ามมิให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
หมายเหตุ สภาอากาศมีกลุ่มเมฆบดบังแสงอาทิตย์เป็นบางช่วง  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 นำไปพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างของแสงจาก Lux meter (Lux) กับความสว่างของแสงจาก MAX44009 (Lux) ได้ดังนี้

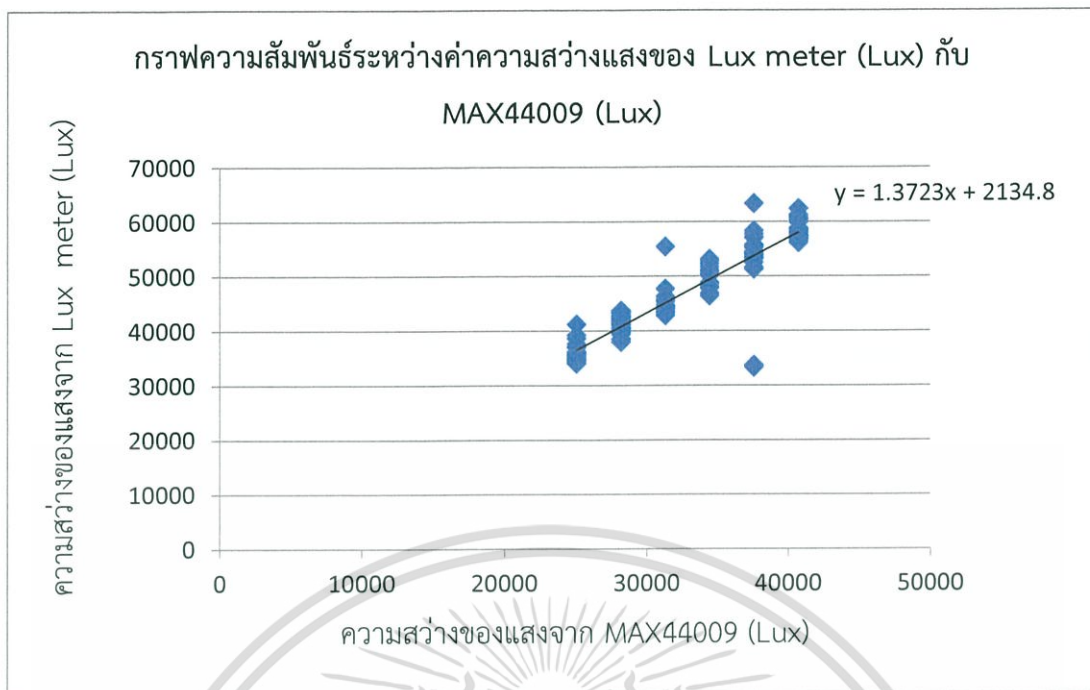


รูปที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างของแสงจาก Lux meter (Lux) กับ ความสว่างของแสงจาก MAX44009 (Lux) ในช่วง 3000 ถึง 11999 Lux

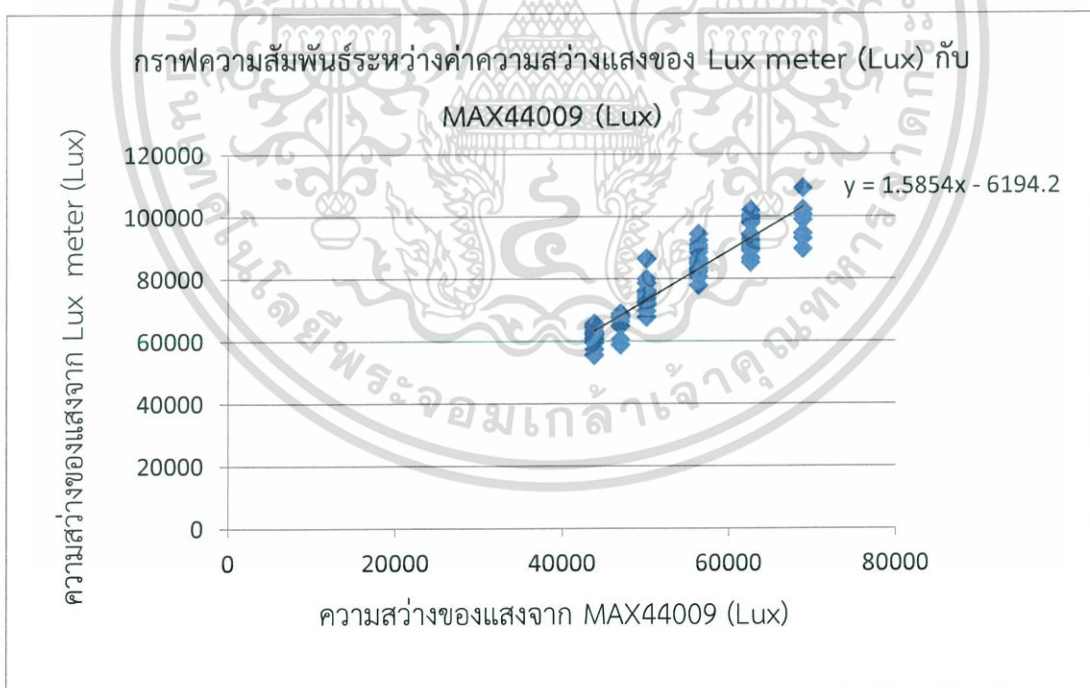


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างของแสงจาก Lux meter (Lux) กับ ความสว่างของแสงจาก MAX44009 (Lux) ในช่วง 12000 ถึง 24999 Lux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

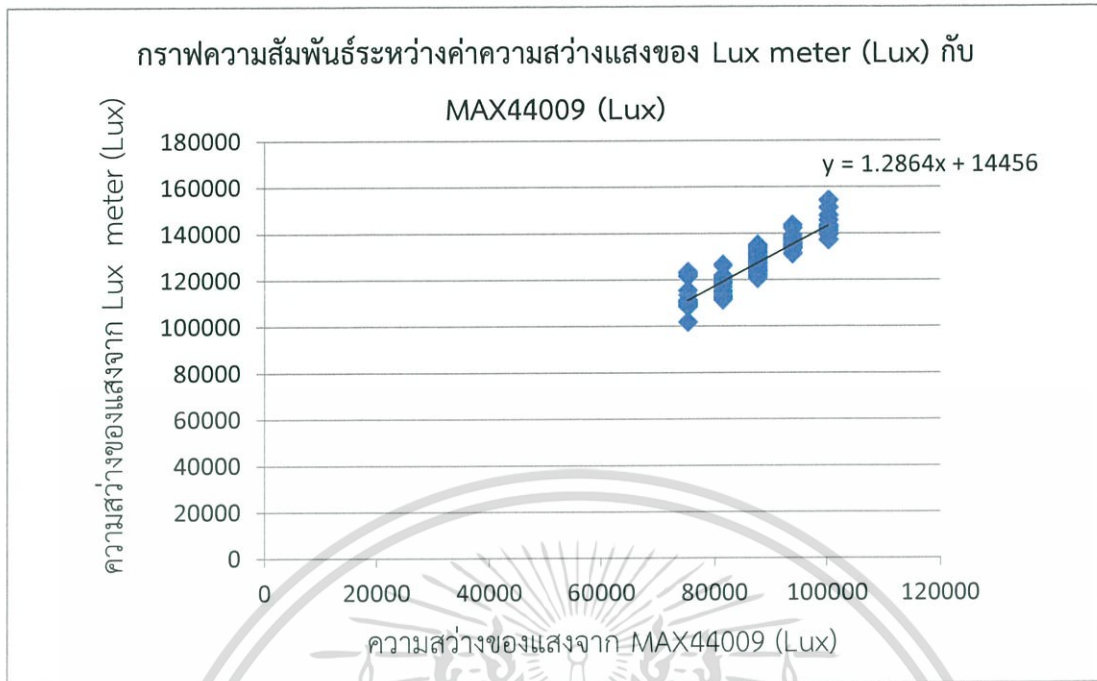


รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างของแสงจาก Lux meter (Lux) กับ ความสว่างของแสงจาก MAX44009 (Lux) ในช่วง 25000 ถึง 42999 Lux



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างของแสงจาก Lux meter (Lux) กับ ความสว่างของแสงจาก MAX44009 (Lux) ในช่วง 43000 ถึง 69999 Lux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างของแสงจาก Lux meter (Lux) กับ ความสว่าง ของแสงจาก MAX44009 (Lux) ในช่วง 70000 ถึง 100500 Lux

จากกราฟรูปที่ 4.4 ในช่วงค่าความสว่าง 3000-11999 Lux สามารถคำนวณค่าความสว่างได้จากสมการ

$$y = 1.3830x - 208.36 \quad (4.1)$$

จากกราฟรูปที่ 4.5 ในช่วงค่าความสว่าง 12000-24999 Lux สามารถคำนวณค่าความสว่างได้จากสมการ

$$y = 1.3911x + 514.38 \quad (4.2)$$

จากกราฟรูปที่ 4.6 ในช่วงค่าความสว่าง 25000-42999 Lux สามารถคำนวณค่าความสว่างได้จากสมการ

$$y = 1.3723x + 2134.8 \quad (4.3)$$

จากกราฟรูปที่ 4.7 ในช่วงค่าความสว่าง 43000-69999 Lux สามารถคำนวณค่าความสว่างได้จากสมการ

$$y = 1.5854x - 6194.2 \quad (4.4)$$

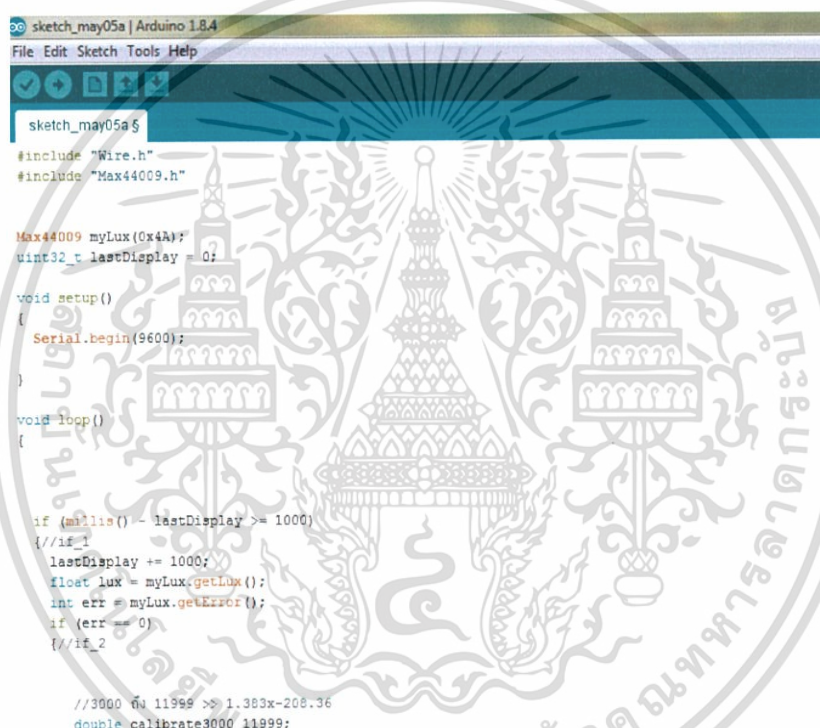
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้ขงมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟรูปที่ 4.8 ในช่วงค่าความสว่าง 70000-100500 Lux สามารถคำนวณค่าความสว่างได้จากสมการ

$$y = 1.2864.x + 14456 \quad (4.5)$$

โดย x แทนค่าความสว่างของแสงจาก MAX44009

หลังจากที่ทำการทดลองหาค่า Factor จากขั้นตอนที่ 1 แล้วได้สมการที่ (4.1), (4.2), (4.3), (4.4) และ (4.5) นำสมการดังกล่าวสร้างเงื่อนไขของโค้ด Arduino โดยใส่สมการตามช่วงความสว่างได้ดังนี้



```

sketch_may05a | Arduino 1.8.4
File Edit Sketch Tools Help

sketch_may05a $

#include "Wire.h"
#include "Max44009.h"

Max44009 myLux(0x4A);
uint32_t lastDisplay = 0;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  if (millis() - lastDisplay >= 1000)
  {
    //if_1
    lastDisplay += 1000;
    float lux = myLux.getLux();
    int err = myLux.getError();
    if (err == 0)
    {
      //if_2

      //3000 ถึง 11999 >> 1.383x-208.36
      double calibrate3000 11999;
    }
  }
}

```

รูปที่ 4.11 โค้ด Arduino หลังจากใส่ค่า Factor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
sketch_may05a | Arduino 1.8.4
File Edit Sketch Tools Help

sketch_may05a$
//3000 ถึง 11999 >> 1.383x-208.36
double calibrate3000_11999;
calibrate3000_11999 = (1.383*lux)-208.36;

//12000 ถึง 24999 >> 1.3911x+514.38
double calibrate12000_24999;
calibrate12000_24999 = (1.3911*lux)+514.38;

//25000 ถึง 42999 >> 1.3723x+2134.8
double calibrate25000_42999;
calibrate25000_42999 = (1.3723*lux)+2134.8;

//43000 ถึง 69999 >> 1.5854x-6194.2
double calibrate43000_69999;
calibrate43000_69999 = (1.5854*lux)-6194.2;

//70000 ถึง 100500 >> 1.2864x+14456
double calibrate70000_100500;
calibrate70000_100500 = (1.2864*lux)+14456;
```

รูปที่ 4.12 โค้ด Arduino หลังจากใส่ค่า Factor

```
sketch_may05a | Arduino 1.8.4
File Edit Sketch Tools Help

sketch_may05a$
if(lux > 2999 && lux < 12000){ //calibrate3000_11999
  Serial.println(calibrate3000_11999);
}else if(lux > 11999 && lux < 25000){ //calibrate12000_24999
  Serial.println(calibrate12000_24999);
}else if(lux > 24999 && lux < 43000){ //calibrate25000_42999
  Serial.println(calibrate25000_42999);
}else if(lux > 42999 && lux < 70000){ //calibrate43000_69999
  Serial.println(calibrate43000_69999);
}else if(lux > 69999 && lux < 100501){ //calibrate70000_100500
  Serial.println(calibrate70000_100500);
} else{
  Serial.println(lux);
}
} //if_2
} //if_1

//1 sec
delay(1000);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 4.13 โค้ด Arduino หลังจากใส่ค่า Factor ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 หาค่าความสว่างของเครื่องมือที่สร้างขึ้นหลังจากที่ได้ทำการสอบเทียบ

### อุปกรณ์ในการทดสอบ

1. MAX44009 Ambient Light
2. เครื่องวัดความสว่างของแสง (Lux meter) รุ่น LX-1330B
3. บอร์ด Arduino Uno R3
4. HC-05 Bluetooth Serial Module
5. Notebook computer

ทำการทดลองวัดค่าความสว่างของแสงโดยฮับโพลต์โค้ด Arduino ที่ทำการสร้างเงื่อนไขและใส่ค่า factor แต่ละช่วงความสว่างไว้แล้วลงในบอร์ด Arduino Uno R3 เพื่อให้ค่าความสว่างของแสงจาก MAX44009 มีความใกล้เคียงกับ Lux meter ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบวัดความสว่าง ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 19 เมษายน

เวลา	MAX44009 (Lux)	Lux meter (Lux)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
9.30	119258.30	120400	0.948
9.40	127320.00	130300	2.287
9.50	135381.73	134500	0.656
10.00	135381.73	136000	0.455
10.10	135381.73	134600	0.581
10.20	135381.73	136000	0.455
10.30	135381.73	137200	1.325
10.40	135381.73	138500	2.251
10.50	135381.73	134400	0.730
11.00	127320.00	130400	2.362
11.10	127320.00	128300	0.764
11.20	127320.00	128300	0.764
11.30	127320.00	125400	1.531
11.40	93160.92	100100	6.932
11.50	119258.30	116000	2.809
12.00	111196.59	112300	0.983
12.10	111196.59	106900	4.019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบวัดความสว่าง ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 19 เมษายน (ต่อ)

เวลา	MAX44009 (Lux)	Lux meter (Lux)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
12.20	103096.43	100700	2.380
12.30	103096.43	100400	2.686
12.40	93160.92	96500	3.460
12.50	93160.92	94500	1.417
13.00	93160.92	90100	3.397
13.10	93160.92	92400	0.824
13.20	53735.04	57200	6.058
13.30	49435.02	52100	5.115
13.40	40834.98	42100	3.005
13.50	36534.96	39200	6.799
14.00	36534.96	37000	1.257
14.10	33206.34	35400	6.197
14.20	33206.34	34100	2.621
14.30	31026.88	32000	3.041
14.40	26667.95	25300	5.407
14.50	26667.95	25100	6.247
15.00	24488.49	25700	4.714
15.10	22309.02	22800	2.153
15.20	20129.56	21500	6.374
15.30	20129.56	20500	1.807
15.40	17950.09	17400	3.161
15.50	17950.09	17500	2.572
16.00	13875.67	13300	4.328
16.10	12792.28	12800	0.060
16.20	11708.90	12550	6.702
16.30	11708.90	11400	2.710
16.40	10625.51	10100	5.203
16.50	9542.12	9540	0.022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ที่ผลิตขึ้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบวัดความสว่าง ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 19 เมษายน (ต่อ)

เวลา	MAX44009 (Lux)	Lux meter (Lux)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
17.00	9542.12	9530	0.127
17.10	8458.74	8550	1.067
17.20	7917.04	7510	5.420
17.30	6833.61	6990	2.237
17.40	6291.96	6260	0.511
17.50	6291.96	6180	1.812
18.00	5750.27	5780	0.514

หมายเหตุ สภาพอากาศมีกลุ่มเมฆบดบังแสงอาทิตย์เป็นบางช่วง

จากตารางที่ 4.2 ค่าความสว่างแสงของ MAX44009 หลังจากการสอบเทียบแล้ว นำไป  
เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ได้เท่ากับ 2.716 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบวัดความสว่าง ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 20 เมษายน

เวลา	MAX44009 (Lux)	Lux meter (Lux)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
9.30	68322.137	69900	2.257
9.40	68322.137	69200	1.269
9.50	68322.137	69600	1.836
10.00	63354.381	62500	1.367
10.10	73289.892	71000	3.225
10.20	83225.404	82800	0.514
10.30	93160.916	95300	2.245
10.40	93160.916	95400	2.347
10.50	83225.404	86600	3.897
11.00	73289.892	74800	2.019
11.10	63354.381	64200	1.317
11.20	83225.404	83100	0.151

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น หากมีข้อผิดพลาดหรือข้อสงสัยใดๆ กรุณาแจ้งไปยังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบวัดความสว่าง ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 20 เมษายน (ต่อ)

เวลา	MAX44009 (Lux)	Lux meter (Lux)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
11.30	103096.427	99700	3.407
11.40	103096.427	101000	2.076
11.50	103096.427	101100	1.975
12.00	143443.444	148900	3.665
12.10	143443.444	149100	3.794
12.20	143443.444	147800	2.948
12.30	143443.444	144500	0.731
12.40	143443.444	151500	5.318
12.50	135381.729	137900	1.826
13.00	135381.729	139900	3.230
13.10	111196.586	114100	2.545
13.20	111196.586	113700	2.202
13.30	93160.916	97300	4.254
13.40	73289.892	75500	2.927
13.50	83225.404	83600	0.448
14.00	58035.056	57000	1.816
14.10	63354.381	62400	1.529
14.20	83225.404	85600	2.774
14.30	73289.892	74900	2.150
14.40	93160.916	97400	4.352
14.50	53735.037	52800	1.771
15.00	45134.997	45200	0.144
15.10	73289.892	71300	2.791
15.20	63354.381	60800	4.201
15.30	58035.056	59200	1.968
15.40	83225.404	85500	2.660
15.50	63354.381	63500	0.229
16.00	40834.977	39400	3.642

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบวัดความสว่าง ช่วงเวลา 9.30 – 18.00 น. วันที่ 20 เมษายน (ต่อ)

เวลา	MAX44009 (Lux)	Lux meter (Lux)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
16.10	36534.958	37200	1.788
16.20	24488.486	24900	1.653
16.30	22309.022	22900	2.581
16.40	12792.283	12200	4.855
16.50	11708.896	11500	1.816
17.00	10625.509	10400	2.168
17.10	9542.122	9100	4.858
17.10	8458.735	8900	4.958
17.20	7917.042	7700	2.819
17.30	6291.961	6400	1.688
17.40	5208.574	5300	1.725
17.50	4125.188	4200	1.781
18.00	4125.188	3900	5.774

จากตารางที่ 4.3 ค่าความสว่างแสงของ MAX44009 หลังจากการสอบเทียบแล้ว นำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ได้เท่ากับ 2.495 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดสอบจากการวัดและการวิเคราะห์

สรุปการทดสอบระบบการวัดค่าความสว่างแบบเรียลไทม์ โดยการนำตัวโมดูลเซนเซอร์ MAX44009 มาใช้ในการวัดความสว่างของแสงอาทิตย์ และสร้างออกมาเป็นโปรแกรมการวัดความสว่างที่ผ่านบลูทูธ และตัวเครื่องมือมีขนาดที่พกพาง่าย ทำให้มีความสะดวกในการวัด โดยงบประมาณที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือวัดความสว่างอยู่ที่ 780 บาท ซึ่งเป็นราคาที่ถูกลงเมื่อเทียบกับลักซ์มิเตอร์มาตรฐาน

ในการทดสอบระบบการวัดค่าความสว่างที่สร้างขึ้นได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ตอนคือการทดสอบหาค่า Factor เพื่อนำไปสอบเทียบกับเครื่องลักซ์มิเตอร์และการทดสอบเพื่อหาค่าความสว่างหลังจากที่ได้ทำการสอบเทียบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

##### 5.1.1 การทดสอบหาค่า Factor เพื่อนำไปสอบเทียบกับเครื่องลักซ์มิเตอร์

จากการทดสอบการวัดความสว่างเพื่อหาค่า Factor โดยทำการวัดทุกๆ 1 นาที ตั้งแต่เวลา 9.30 น. – 18.00 น. และนำค่าที่ได้ไปสอบเทียบกับเครื่องลักซ์มิเตอร์ ได้ Factor ออกมาดังนี้

ค่าความสว่าง 3,000 – 11,999 Lux	ค่า Factor ที่ได้คือ $1.383X-208.36$
ค่าความสว่าง 12,000 – 24,999 Lux	ค่า Factor ที่ได้คือ $1.391X+514.38$
ค่าความสว่าง 25,000 – 42,999 Lux	ค่า Factor ที่ได้คือ $1.372X+2134.80$
ค่าความสว่าง 43,000 – 69,999 Lux	ค่า Factor ที่ได้คือ $1.584X-6194.20$
ค่าความสว่าง 70,000 – 100,500 Lux	ค่า Factor ที่ได้คือ $1.2864X+14456.00$

##### 5.1.2 การทดสอบเพื่อหาค่าความสว่างหลังจากที่ได้ทำการสอบเทียบ

จากการทดสอบหาค่าความสว่างหลังจากทำการสอบเทียบพบว่า ในวันที่ 19 เมษายน 2561 และวันที่ 20 เมษายน 2561 มีค่าความสว่างที่ใกล้เคียงกับลักซ์มิเตอร์ โดยมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเท่ากับ 2.716 เปอร์เซ็นต์และ 2.495 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างแม่นยำและยอมรับได้

#### 5.2 วิจัยณ์ผลการทดลอง

ในการทดสอบค่าความสว่างที่ได้จากเครื่องมือการวัดความสว่างที่สร้างพบว่า ผลลัพธ์ที่ได้มีประสิทธิภาพค่อนข้างดี แต่ในการทดสอบค่าความสว่างบางช่วงมีลักษณะที่ไม่ต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลมาจากความละเอียดของเครื่องมือและสภาพอากาศ ณ เวลานั้นๆ ที่มีเมฆมาบดบังแสงอาทิตย์ ในส่วนของโปรแกรมที่ใช้วัดความสว่างสามารถนำไปประยุกต์ใช้และพัฒนาต่อได้ แต่ระหว่างที่ทำการทดสอบเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมมีอาการค้างบางครั้งทำให้เสียเวลาในการทดสอบ และเครื่องล็กซ์มีเตอร์มีการเปลี่ยนค่าที่เร็วซึ่งบางทำให้บันทึกค่าไม่ทัน ซึ่งอาจทำให้เกิดค่าที่ผิดพลาดเล็กน้อย

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

1. เพื่อผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพที่แม่นยำมากกว่านี้ ควรระบบติดตามดวงอาทิตย์เพื่อให้ตัวเซนเซอร์หันเข้าหาดวงอาทิตย์ตลอดเวลา
2. ควรเพิ่มสถานที่ในการทดสอบและการเก็บค่าความสว่างหลายๆวัน เพื่อเปรียบเทียบความสว่างของแสงในแต่ละวัน
3. ทำการปรับปรุงโปรแกรมการวัดค่าความสว่างให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
4. ทำการออกแบบเครื่องมือให้มีความสะดวกต่อการใช้งานมากกว่านี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Greenpeace. *พลังงานแสงอาทิตย์*. (online). Available :  
<http://www.greenpeace.org/seasia/th/campaigns/climate-and-energy/solutions/solar/>.
- [2] Arduino2Day. *MAX44009 (Ambient Light Sensor)*. (online). Available :  
<http://www.arduino2day.com/article/max44009-ambient-light-sensor>.
- [3] Digital Illuminance Meter. *LX1330B Instruction Manual*. (online). Available :  
<https://www.globalmediapro.com/att/a/2/c/4/a2c448/lx1330b-manual.pdf>.
- [4] เครื่องมือวิทยาศาสตร์. *ธรรมชาติของแสง*. (online). Available :  
<https://home.kku.ac.th/chuare/12/spectrophotometer.pdf>.
- [5] Arduino Projects. *การใช้งาน Module Bluetooth HC-05*. (online). Available:  
<http://arduinoprojects.in.th/module-bluetooth-hc>.
- [6] Ioxhop. *Bluetooth module HC05*. (online). Available :  
<https://www.ioxhop.com/article/26/bluetooth-module-hc05>.
- [7] Arduino. *Arduino คืออะไร*. (online). Available :  
<http://www.thaieasyelec.com/75-1-micro-metal-gearmotor-hp-detail.html?tmpl=component&flexiblelayout=print>.
- [8] Visual Basic. *ภาษา Visual Basic*. (online). Available :  
<http://marcuscode.com/lang/visual-basic>.
- [9] Programming. *วิธีใช้ Visual studio เขียนภาษา C*. (online). Available :  
<http://www.bana.net/c/>.
- [10] เครื่องวัดแสง. *Lux Meter Light Meter*. (online). Available :  
<https://www.voake.com.html>.
- [11] สารานุกรม IT. *Real-Time System*. (online). Available :  
<http://www.mindphp.com/AD/73/2307-real-time.html>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[12] สารานุกรมเสรี. *ความส่องสว่าง*. (online). Available :

<https://th.wikipedia.org/wiki/>.

[13] Myarduino. *Arduino*. (online). Available :

<http://www.myarduino.net/article/arduino>.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้