

ระบบไฟทางเดินอัจฉริยะพลังงานแสงอาทิตย์
INTELLIGENT STREET LIGHT BASED ON SOLAR SYSTEM ENERGY



ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

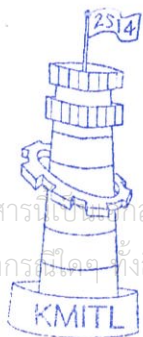
ระบบไฟทางเดินอัจฉริยะพลังงานแสงอาทิตย์
INTELLIGENT STREET LIGHT BASED ON SOLAR SYSTEM ENERGY



โดย
นายปิยณัฐ ศรีนุติวสุ 54010818
นางสาวมุกดารินทร์ จรูญธรรม 54011034
นายเมธี กล้าหาญ 54011039

อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร. ปราโมทย์ วาดเขียน
รศ.ดร. จีรสุดา โกษิยาภรณ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557



ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

(..... ปัทมกบ.....)

อาจารย์ที่ปรึกษา
15/5/58

วิศวกรรมโทรคมนาคม
Telecommunications Engineering



ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว

(..... Tlmjn.....)

กรรมการผู้ตรวจชิ้นงาน
15/5/58

วิศวกรรมโทรคมนาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อใช้ในการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำออกนอกระบบไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2557

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบไฟทางเดินอัจฉริยะพลังงานแสงอาทิตย์

INTELLIGENT STREET LIGHT BASED ON SOLAR SYSTEM ENERGY

ผู้จัดทำ

- | | |
|-------------------------------|----------|
| 1. นายปิยณัฐ ศรีนุตวิสุ | 54010818 |
| 2. นางสาวมุกดารินทร์ จรูญธรรม | 54011034 |
| 3. นายเมธี กล้าหาญ | 54011039 |


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ.ดร. ปราโมทย์ วาดเขียน)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รศ.ดร. จีรสุดา โกษียาภรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. ปราโมทย์ วาดเขียน และ รศ.ดร. จีรสุดา โกษิยาภรณ์ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดระยะเวลาในการทำปริญญานิพนธ์นี้ กระทั่งประสบความสำเร็จ ขอขอบพระคุณคณาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้จัดทำ

ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านอย่างหาที่สุดไม่ได้ ทั้งคุณบิดามารดาของผู้จัดทำ ที่คอยเลี้ยงดู อบรม ช่วยเหลือ และให้กำลังใจ ตลอดจนที่ปริญญานิพนธ์นี้ โดยเฉพะอย่างยิ่ง นายพัฒนา คัยนันท์ ที่คอยแนะนำแนวทางในการทำปริญญานิพนธ์นี้ อย่างดี จนกระทั่งสำเร็จลุล่วงความดีอันเกิดจากการทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำขอขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน



นายปิยณัฐ
นางสาวมุกดารินทร์
นายเมธี

ศรินุติวสุ
จรรยาธรรม
กล้าหาญ
ผู้จัดทำ

ระบบไฟทางเดินอัจฉริยะพลังงานแสงอาทิตย์
INTELLIGENT STREET LIGHT BASED ON SOLAR SYSTEM ENERGY

โดย	นาย ปิยณัฐ	ศรินทร์วิสุ	54010818
	นางสาวมุกดารินทร์	จรรุญธรรม	54011034
	นาย เมธี	กล้าหาญ	54011039

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. ปราโมทย์ วาดเขียน
รศ.ดร. จีรสุตา โกษิยาภรณ์

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอระบบไฟทางเดินอัจฉริยะพลังงานแสงอาทิตย์ โดยประยุกต์ใช้เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวเพื่อให้ไฟทางเดินทำงานเฉพาะเมื่อตรวจพบการเคลื่อนไหวผ่านเซนเซอร์เท่านั้นและมีเซนเซอร์แสงตรวจจับความเข้มแสงจากภายนอก เพื่อควบคุมการเปล่งแสงของโคมไฟ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA168 และ MAX232 จะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการทำงานของเซนเซอร์ทั้งสองและควบคุมให้ระบบทำงานเฉพาะในเวลากลางคืนเท่านั้น นอกจากนี้ระบบที่นำเสนอจะมีวงจร PWM เพื่อทำหน้าที่ปรับความสว่างของไฟทางเดินให้สอดคล้องกับแสงสว่างภายนอก กล่าวคือยิ่งภายนอกความสว่างลดลง ความสว่างไฟทางเดินจะเพิ่มขึ้นตาม อีกทั้งยังมีแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ทำหน้าที่เก็บพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวันเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้าสำหรับการทำงานของระบบในช่วงเวลากลางคืน

ABSTRACT

This project proposes a system for intelligent street light based on solar energy. The application of motion sensor is used for motion detecting and the light sensor is operated to turn the light on once any motion is detected. The light sensor will detect light intensity for controlling the brightness of the light. The ATMEGA168 microcontroller and MAX232 will control the operation of these sensors and control the system to work during the night only. In addition, the PWM circuit in the system is employed to adjust the brightness of the light in accordance with the ambient light, namely, the less the ambient light, the more the brightness of light. Moreover, the proposed system has solar panels and battery for storing solar energy during the day and supplying the charged electrical energy for the system's operation during the night.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1	บทนำ
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา
	1.2 วัตถุประสงค์
	1.3 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์
	1.4 ผลลัพธ์สุดท้ายที่จะได้รับ
บทที่ 2	ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง
	2.1 วงจรเซนเซอร์อินฟราเรด
	2.2 ตัวต้านทานไวแสง
	2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์
	2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ไอซีเบอร์เอทีเมกา168 และอาร์เอส232
	2.5 การใช้งานอาร์คูโอโนโปรแกรม
	2.6 การต่อวงจรไฟ LED ในการต่อแบบอนุกรมและขนาน
	2.7 หลักการและความหมายของพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์
	2.8 วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย
	2.9 วงจรชาร์จพลังงานแสงอาทิตย์
	2.10 วงจรขับกระแส
	2.11 หลักการ PWM
บทที่ 3	การออกแบบและการจัดทำปริญญาานิพนธ์
	3.1 การออกแบบวงจรไฟ LED

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 การออกแบบการคำนวณหาขนาดความจุของแบตเตอรี่และขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์	21
3.3 การออกแบบวงจรชาร์จพลังงานแสงอาทิตย์	23
3.4 การออกแบบการติดตั้งแผงเซลล์งานแสงอาทิตย์	24
3.5 การออกแบบวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	25
3.6 วงจรควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์	25
3.7 การออกแบบการทำงานของไฟ LED เมื่อต่อเข้ากับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	26
3.8 การออกแบบโค้ดในโปรแกรมอาร์ดูอีนो	26
3.9 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	27
3.10 การจัดเก็บผลการทดลอง	33
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 การทดสอบวงจรอินฟราเรด	34
4.2 การทดสอบวงจรชาร์จพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้เพาเวอร์ซัพพลายเป็นตัวจ่ายไฟ	36
4.3 การทดสอบวงจรชาร์จพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้แผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์	40
4.4 การทดสอบการใช้งานของวงจร LED	42
4.5 การวัดความเข้มแสงของโคมไฟ	43
4.6 การทดลองวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	52
4.7 การทดลองใช้วงจรขับไฟ LED	53
4.8 การทดสอบคุณลักษณะสัญญาณพัลส์ ค่าที่แสดงจากซีเรียลมอนิเตอร์และค่าความเข้มแสง	55
4.9 การเก็บค่าผลการทดสอบความเข้มแสงของโคมไฟ LED	58
4.10 การทดสอบระบบรวมทั้งหมด	62
4.11 การคำนวณความสามารถในการประหยัดพลังงานของชิ้นงานโคมไฟ	64
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล	66
5.2 ข้อเสนอแนะ	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บรรณานุกรม

ภาคผนวก โค้ดคำสั่งสำหรับควบคุมระบบไฟทางเดินอัตโนมัติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	2
2.2	3
2.3	4
2.4	5
2.5	8
2.6	8
2.7	9
2.8	9
2.9	10
2.10	10
2.11	11
2.12	12
2.13	13
2.14	15
2.15	16
2.16	17
2.17	18
3.1	20
3.2	20
3.3	21
3.4	22
3.5	23
3.6	23
3.7	24
3.8	25
3.9	25
3.10	26
3.11	27

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.12 แหล่งจ่ายกระแสไฟตรง	27
3.13 เครื่องออสซิลอสโคป	28
3.14 วงจรควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์	28
3.15 วงจรไฟ LED	29
3.16 เซนเซอร์อินฟาเรด	29
3.17 วงจรขับกระแสไฟ	30
3.18 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้งาน	30
3.19 แบตเตอรี่ที่ใช้งาน	31
3.20 วงจรชาร์จพลังงานแสงอาทิตย์	31
3.21 ฐานวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อทำการชาร์จ	32
3.22 โคมไฟทางเดินที่ใช้	32
4.1 ขาของเซนเซอร์อินฟาเรด	34
4.2 สัญญาณเอาต์พุต เมื่อมีการเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์อินฟาเรด	35
4.3 สัญญาณเอาต์พุต เมื่อไม่มีการเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์อินฟาเรด	35
4.4 วงจรชาร์จพลังงานแสงอาทิตย์	36
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมแบตเตอรี่เทียบกับเวลา	37
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์กระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าแบตเตอรี่เทียบกับเวลา	36
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์กำลังไฟฟ้าที่ได้จากการชาร์จแบตเตอรี่เทียบกับเวลา	38
4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการคายประจุเทียบกับเวลา	38
4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์กระแสไฟฟ้าที่ได้จากการคายประจุเทียบกับเวลา	39
4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์กำลังไฟฟ้าที่ได้จากการคายประจุเทียบกับเวลา	39
4.11 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์	40
4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมแบตเตอรี่เทียบกับเวลา	41
4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์กระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าแบตเตอรี่เทียบกับเวลา	42
4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์กำลังไฟฟ้าที่ได้จากการชาร์จแบตเตอรี่เทียบกับเวลา	42
4.15 วิธีการทดลองการใช้งานวงจร LED	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มแสงจากไฟ LED เพื่อเปรียบเทียบกับแรงดันตกคร่อม	43
4.17 แอปพลิเคชันที่ใช้วัดความเข้มของแสง	43
4.18 การวัดความเข้มแสงแบบแนวนอนโดยรอบ 360 องศา ในระยะการวัดทุกๆ 10 องศา	44
4.19 การวัดความเข้มแสงแบบแนวตั้งโดยรอบ 360 องศา ในระยะการวัดทุกๆ 10 องศา	44
4.20 ไฟ LED ที่ยังไม่มีโคมไฟ	45
4.21 กราฟที่พล็อตได้จากค่าความเข้มแสง 360 องศาแบบแนวนอน	46
4.22 กราฟที่พล็อตได้จากค่าความเข้มแสง 360 องศาแบบแนวตั้ง	48
4.23 ไฟ LED ที่มีโคมไฟ	48
4.24 กราฟที่พล็อตได้จากค่าความเข้มแสง 360 องศาแบบแนวนอนที่มีโคมไฟ	50
4.25 กราฟที่พล็อตได้จากค่าความเข้มแสง 360 องศาแบบแนวตั้งที่มีโคมไฟ	51
4.26 การทดลองการทำงานของวงจรเรกกูเลเตอร์ 7805	52
4.27 สัญญาณเอาต์พุตไฟตรง +5 โวลต์	52
4.28 การทดลองใช้วงจรขับไฟ LED	53
4.29 ไฟ LED สว่าง	54
4.30 ไฟ LED ไม่สว่าง	54
4.31 การทดลองการใช้งานของ PWM	55
4.32 สัญญาณพัลส์เมื่อมีแสงสว่างจากสภาพแวดล้อม 976 Lux	55
4.33 สัญญาณพัลส์เมื่อมีแสงสว่างจากสภาพแวดล้อม 615 Lux	56
4.34 สัญญาณพัลส์เมื่อมีแสงสว่างจากสภาพแวดล้อม 12 Lux	56
4.35 ค่าจากซีเรียล มอนิเตอร์ขณะมีแสงสว่างจากสภาพแวดล้อม 976 Lux	57
4.36 ค่าจากซีเรียล มอนิเตอร์ขณะมีแสงสว่างจากสภาพแวดล้อม 615 Lux	57
4.37 ค่าจากซีเรียล มอนิเตอร์ขณะมีแสงสว่างจากสภาพแวดล้อม 12 Lux	58
4.38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างซีเรียลมอนิเตอร์กับความเข้มแสงสว่างจากสภาพแวดล้อม	60
4.39 กราฟแสดงค่าความเข้มแสงของสภาพแวดล้อมภายนอกเทียบกับกำลังไฟฟ้าของโคมไฟ LED	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.40	กราฟแสดงค่าความเข้มแสงของสภาพแวดล้อมภายนอกเทียบกับความเข้มแสงของโคมไฟ LED	61
4.41	การทดสอบระบบรวม	62
4.42	โคมไฟ LED ในเวลากลางวัน	62
4.43	โคมไฟ LED ในเวลากลางคืน เมื่อมีการตรวจพบความเคลื่อนไหว	63
4.44	โคมไฟ LED ในเวลากลางคืน เมื่อไม่มีการตรวจพบความเคลื่อนไหว	64



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1	45
4.2	47
4.3	49
4.4	50
4.5	59
4.6	64
4.7	65

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญญานิพนธ์นี้เป็นการออกแบบระบบโคมไฟทางเดินที่ช่วยลดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าที่มีอัตราสูงขึ้น และเป็นการควบคุมการใช้พลังงานไม่ให้เกิดการสิ้นเปลือง โดยการทำงานของระบบโคมไฟทางเดินนั้น ในเวลากลางวันจะมีการชาร์จพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เข้าไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่ เพื่อดึงพลังงานมาใช้ในตอนกลางคืน โคมไฟทางเดินจะสว่างก็ต่อเมื่อตรวจพบการเคลื่อนไหวในระยะการตรวจจับของ PIR MOTION SENSOR และไฟจะดับลงเมื่อตรวจไม่พบการเคลื่อนไหว

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างระบบเซนเซอร์ที่สามารถควบคุมการสว่างและดับของไฟทางเดินได้
2. เพื่อศึกษาโปรแกรมอาร์ดูโน้ ให้สามารถเขียนควบคุมการแสดงผลของไฟทางเดินให้ตอบสนองอย่างถูกต้อง
3. เพื่อศึกษาการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในการใช้ติดตั้งเพื่อสะสมพลังงานไว้ใช้ในยามกลางคืน
4. สร้างระบบไฟทางเดินที่สามารถให้ความสว่างได้มากกว่า 50 Lux เพื่อให้เกิดความปลอดภัยตามมาตรฐานของกฎกระทรวง และช่วยลดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าซึ่งมีอัตราที่สูงขึ้นและไม่ให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงาน

1.3 ขอบเขตของปัญญานิพนธ์

1. สร้างระบบไฟทางเดินที่จะสว่างก็ต่อเมื่อตรวจพบการเคลื่อนไหวในระยะการตรวจจับของ PIR MOTION SENSOR สูงสุด ได้ระยะสูงสุดประมาณ 6 เมตร
2. สามารถจัดเก็บสะสมพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ไม่น้อยกว่า 40 วัตต์ต่อวันเข้าสู่แบตเตอรี่ โดยเฉลี่ยไฟจะสว่างประมาณ 5 ชั่วโมงต่อวัน และใช้วงจรไฟ LED ให้แสงสว่าง
3. สร้างระบบไฟทางเดินที่จะสว่างเฉพาะกลางคืน และกลางวันจะเก็บสะสมพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เข้าสู่แบตเตอรี่ เพื่อดึงพลังงานมาใช้ในเวลากลางคืนต่อไป
4. โคมไฟ LED สามารถปรับความสว่างแปรผกผันกับความเข้มแสงแวดล้อมได้ตามทฤษฎี PWM

1.4 ผลลัพธ์สุดท้ายที่จะได้รับ

1. ระบบไฟทางเดินที่สามารถใช้งานได้จริง และสามารถลดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าที่เกินความจำเป็นได้

2. เป็นแนวทางการพัฒนาระบบไฟทางเดินเพื่อให้เกิดประโยชน์และคุ้มค่ามากยิ่งขึ้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ทางวิชาการสงวนเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

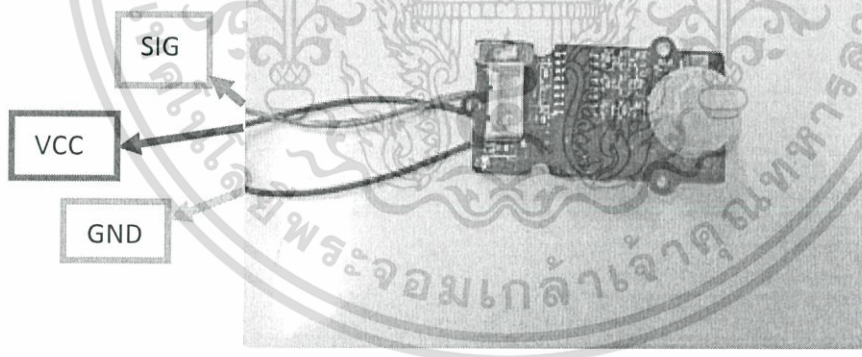
บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 วงจรเซนเซอร์อินฟราเรด

วงจรเซนเซอร์อินฟราเรด (PIR Motion Sensor) คือ อุปกรณ์เซนเซอร์ชนิดหนึ่งที่ใช้ตรวจจับการเคลื่อนไหว ทำให้มีการนำเอาเซนเซอร์ชนิดนี้ มาประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานหลายๆ อย่าง ดังเช่นปริญญานิพนธ์นี้ เพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งของการส่งไฟทางเดินให้สว่างในเวลากลางคืนนั่นเอง

การทำงานของวงจรเซนเซอร์อินฟราเรด สามารถปรับค่าระยะทาง และเวลาหน่วงได้ โดยหมุนค่าความต้านทานปรับค่าได้ทั้งสองตัวในอุปกรณ์ เซนเซอร์อินฟราเรดนี้จะประกอบด้วยขาทั้ง 3 ดังแสดงในรูปที่ 2.1

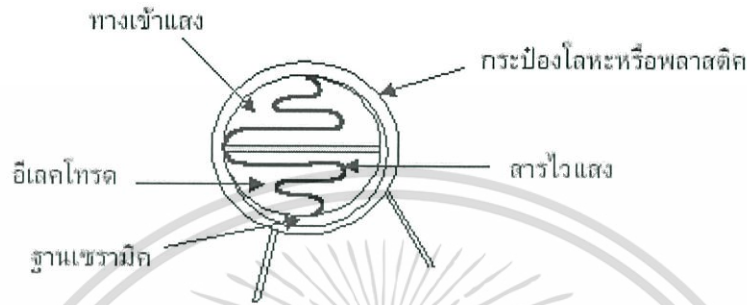


รูปที่ 2.1 ขาที่ใช้ในการทำงานของวงจรเซนเซอร์อินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ตัวต้านทานไวแสง

ตัวต้านทานไวแสง (Light Independent Resistor) หรือเรียกสั้นๆ ว่า LDR ทำมาจากสารแคดเมียมซัลไฟด์ (Cds) หรือแคดเมียมซีลีไนด์ (Cdse) ซึ่งเป็นสารประกอบชนิดกึ่งตัวนำมาฉาบบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรอง แล้วต่อขาจากสารที่ฉาบเอาไว้ออกมา ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบของ LDR [1]

โดย LDR ไวต่อแสงในช่วงคลื่น 400-1000 นาโนเมตร (1 นาโนเมตร = 10^{-9} เมตร) ซึ่งครอบคลุมช่วงคลื่นที่ไวต่อตาคน (400-700 นาโนเมตร) นั่นคือ LDR ไวต่อแสงอาทิตย์ และแสงจากหลอดไส้ หรือ หลอดเรืองแสง และยังไวต่อแสงอินฟราเรดที่ตามองไม่เห็นอีกด้วย (ช่วงคลื่นตั้งแต่ 700 นาโนเมตรขึ้นไป) ซึ่งหลักการทำงานคือ เมื่อมีแสงสว่างมาตกที่ตัว LDR กระแสที่ไหลผ่านตัว LDR จะสูง เนื่องจากมีความต้านทานต่ำ และเมื่อไม่มีแสงความต้านทานของ LDR มีค่าสูง ทำให้กระแสไหลได้น้อย

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คือ อุปกรณ์ที่สามารถสร้างระบบควบคุมได้ โดยอุปกรณ์นี้มีขนาดเล็ก และเป็นอุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำที่มีการรวมเอาฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ไว้ในตัวมันเอง ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งในที่นี้หมายถึงอุปกรณ์ภายในที่ประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง, พอร์ตในการเชื่อมต่อแบบต่างๆ ส่วนประกอบทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้แก่

2.3.1 หน่วยประมวลผลกลาง

หน่วยประมวลผลกลาง (Central processing unit) หรือ ซีพียู ประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ ดังนี้

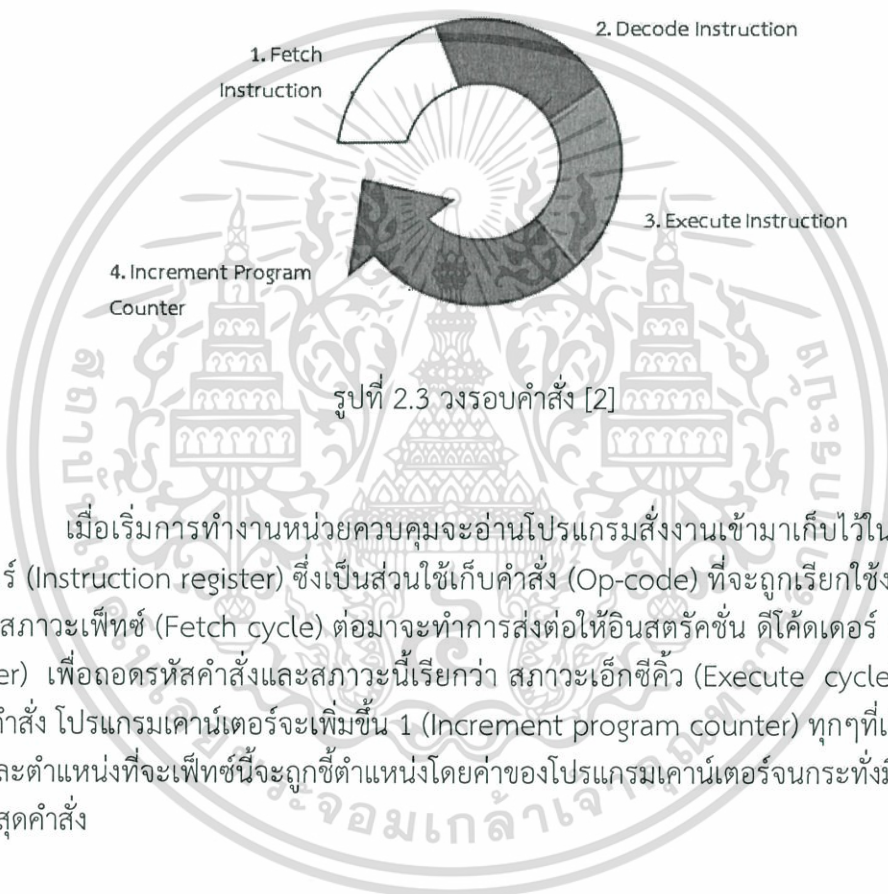
2.3.1.1 หน่วยคำนวณและตรรกะ (Arithmetic & logical unit)

ตรรกะทำหน้าที่คำนวณพีชคณิต ลอจิก และตรรกศาสตร์ โดยการคำนวณทั้งหมดจะอยู่ในกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.2 หน่วยควบคุม (Control unit)

หน่วยควบคุมทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะทำงานโดยเรียกใช้คำสั่งในโปรแกรมจากหน่วยความจำเข้ามาทำงานเรียกว่า วงรอบคำสั่ง (Instruction cycle) ในแต่ละวงรอบจะประกอบไปด้วยวงรอบการทำงานย่อย 2 วงรอบซึ่งประกอบไปด้วยการดึงหรือเฟตช์คำสั่ง (Fetch) ออกมาจากหน่วยความจำแล้ว เอ็กซีคิวต์ (Execute) คำสั่งเหล่านั้นทีละคำสั่ง โดยจะอธิบายจากแผนภาพการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 2.3



เมื่อเริ่มการทำงานหน่วยควบคุมจะอ่านโปรแกรมสั่งงานเข้ามาเก็บไว้ในอินสตรัคชันรีจิสเตอร์ (Instruction register) ซึ่งเป็นส่วนใช้เก็บคำสั่ง (Op-code) ที่จะถูกเรียกใช้งาน สภาวะนี้เรียกว่าสภาวะเฟตช์ (Fetch cycle) ต่อมาจะทำการส่งต่อให้อินสตรัคชัน ดีโคดเดอร์ (Instruction decoder) เพื่อถอดรหัสคำสั่งและสภาวะนี้เรียกว่า สภาวะเอ็กซีคิวต์ (Execute cycle) และใน 1 วงรอบคำสั่ง โปรแกรมเคาน์เตอร์จะเพิ่มขึ้น 1 (Increment program counter) ทุกๆที่เกิด 1 วงรอบคำสั่ง และตำแหน่งที่เฟตช์นี้จะถูกชี้ตำแหน่งโดยค่าของโปรแกรมเคาน์เตอร์จนกระทั่งมีคำสั่งให้หยุดหรือสิ้นสุดคำสั่ง

2.3.2 หน่วยความจำ (Memory Unit)

แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

2.3.2.1 หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data memory)

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล เช่น แรม (Random access memory) แรม สามารถเขียน อ่าน และเก็บข้อมูลได้ทราบเท่าที่ยังทำการจ่ายไฟเลี้ยง เมื่อไม่ได้จ่ายไฟเลี้ยงข้อมูลที่อยู่ภายในหน่วยความจำจะหายไปทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.2 หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program memory)

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม เช่น รอม (Read only memory) สามารถอ่านข้อมูลเก็บโปรแกรมชุดคำสั่ง ข้อมูลที่เก็บเอาไว้จะไม่วันสูญหายเพราะรอม ไม่ต้องการไฟเลี้ยงเพื่อรักษาข้อมูลภายในจึงสามารถเก็บรักษาข้อมูลไว้ได้ตลอด

2.3.2.3 อีพรอม (Erasable programmable ROM)

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม สามารถอ่านข้อมูลเก็บโปรแกรมชุดคำสั่งเหมือนรอม แต่อีพรอมจะลบข้อมูลได้ด้วยแสงยูวี

2.3.2.4 อีอีพรอม (Electrical erasable programmable ROM)

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม สามารถอ่านข้อมูลเก็บโปรแกรมชุดคำสั่งเหมือนรอม แต่อีอีพรอมจะลบข้อมูลได้ด้วยไฟฟ้า

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ไอซีเบอร์เอทีเมกา168 และอาร์เอส232

2.4.1 เอทีเมกา168 (Atmega168)

เอทีเมกา168 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์สถาปัตยกรรมของเอวีอาร์ ขนาด 8 บิต เป็นซีพียูแบบไมโครโพรเซสเซอร์ที่มีคำสั่งน้อย (Reduced instruction set computer) ซึ่งมีรายละเอียด ดังแสดงในรูปที่ 2.4

(PCINT14/RESET) PC6	1	28	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)
(PCINT16/RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)
(PCINT17/TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3/PCINT11)
(PCINT18/INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2/PCINT10)
(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1/PCINT9)
(PCINT20/XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADC0/PCINT8)
VCC	7	22	GND
GND	8	21	AREF
(PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC
(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK/PCINT5)
(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11	18	PB4 (MISO/PCINT4)
(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)
(PCINT23/AIN1) PD7	13	16	PB2 (SS/OC1B/PCINT2)
(PCINT0/CLKO/ICP1) PB0	14	15	PB1 (OC1A/PCINT1)

รูปที่ 2.4 แสดงการทำงานของเอทีเมกา168

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.1 ใช้หน่วยความจำประเภท อีอีพรอม

ใช้รอมประเภทอีอีพรอมขนาด 1 กิโลไบต์ เป็นหน่วยความจำแบบแฟลช (Flash memory) ขนาด 16 กิโลไบต์ สำหรับเป็นหน่วยความจำโปรแกรม

2.4.1.2 ใช้หน่วยความจำประเภท แรมแบบเอสแรม (SRAM Memory)

เป็นหน่วยความจำข้อมูล โดยเอสแรม ย่อมาจากคำว่า สเตติกแรม (Static RAM)

2.4.1.3 วงจรสื่อสารอนุกรม แบบซิงโครนัส (Synchronous)

เพื่อใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ กับอุปกรณ์ภายนอกโดยการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส เป็นการส่งข้อมูลที่เป็นกลุ่ม ใช้สัญญาณนาฬิกาเป็นตัวกำหนดจังหวะ โดยสัญญาณนาฬิกาของฝ่ายรับจะได้มาจากฝ่ายส่ง ดังนั้นในการรับส่งข้อมูล ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง สัญญาณนาฬิกาของทั้งสองฝ่ายจะมีเฟสตรงกัน

2.4.1.4 วงจรสื่อสารอนุกรม แบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)

จัดเป็นการสื่อสารอนุกรมแบบใช้สายสัญญาณเส้นเดียวในการส่งสัญญาณ โดยทั้งฝ่ายส่งข้อมูลและฝ่ายรับข้อมูลต่างก็มีสัญญาณนาฬิกาควบคุมจังหวะการทำงาน จึงทำให้การทำงานของทั้งสองฝ่ายไม่สอดคล้องกันตามจังหวะของสัญญาณนาฬิกา ดังนั้นเมื่อทำการรับส่งข้อมูลใน ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง ทั้ง 2 ฝ่าย จะมีความถี่ของสัญญาณนาฬิกาเท่ากันแต่จะมีเฟสที่ต่างกัน

2.4.1.5 มีพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตรวมกันจำนวน 23 บิต

2.4.1.6 วงจรนับและวงจรถับเวลา

ขนาด 8 บิต จำนวน 2 ตัว และ 16 บิต จำนวน 1 ตัว วงจรนับนั้นทำหน้าที่เป็นตัวจับเวลา (Timer) เพื่อควบคุมสัญญาณนาฬิกาให้ทำหน้าที่เป็นตัวนับ (Counter) เพื่อนับจำนวนพัลส์ของระบบ

2.4.1.7 สนับสนุนช่องสัญญาณสำหรับสร้างพัลส์วิดธ์มอดูเลชั่น (Pulse width modulation)

มีช่องสร้างพัลส์วิดธ์มอดูเลชั่นจำนวน 6 ช่องสัญญาณ

2.4.1.8 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 10 บิต

2.4.1.9 ทำงานที่ย่านแรงดัน 1.8 ถึง 5.5 โวลต์

2.4.1.10 ความถี่ใช้งานสูงสุด 20 เมกะเฮิรตซ์

2.4.2 อาร์เอส232 (Recommended Standard 232)

อาร์เอส232 คือ มาตรฐานการเชื่อมต่อข้อมูลแบบอนุกรม (Serial) ใช้เพื่อเพิ่มระยะทางเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการส่งข้อมูล แบบอนุกรม ให้สามารถส่งได้ระยะทางที่มากขึ้น โดยมีการเปลี่ยนระดับแรงดัน ของตรรกะ (Logic) จากเดิมที่จะอยู่ในช่วง 0 โวลต์ ถึง 5 โวลต์หรือ 0-3.3 โวลต์ เป็นช่วง -15 โวลต์ ถึง +15 โวลต์

2.5 การใช้งานอาร์ดูอินโโปรแกรม (Arduino Program)

อาร์ดูอินคือ ชื่อเรียกแพลตฟอร์ม (Platform) ของระบบสมองกลประเภทหนึ่ง เป็นโปรแกรมแบบเปิดเสรี (Open source open platform) ซึ่งก็คือโปรแกรมที่สามารถดาวน์โหลดฟรี ใช้ฟรีและยังเปิดโอกาสให้บุคคลทั่วไปสามารถแสดงความคิดเห็นตลอดจนนำไปพัฒนาต่อ

2.5.1 ข้อมูลพื้นฐานของอาร์ดูอิน

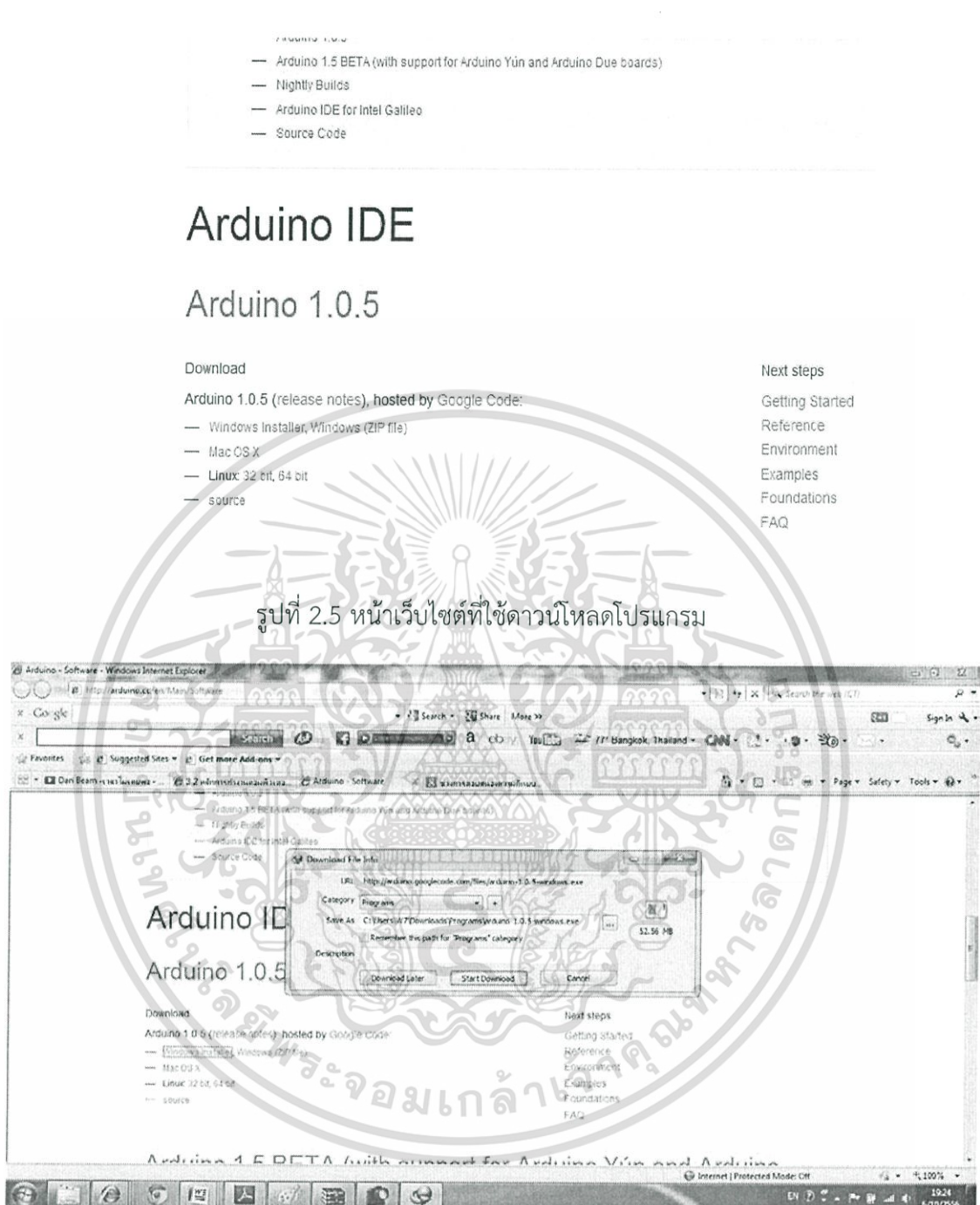
อาร์ดูอินเป็นบอร์ดที่พัฒนาโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลเอวีอาร์เป็นหน่วยประมวลผล ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลเอวีอาร์ที่เอามาใช้นั้น ต้องมีการเบิร์นเฟิร์มแวร์ (Burn firmware burn firmware) ไว้แล้ว โดยหน้าที่ของเฟิร์มแวร์คือ การรับข้อมูลโปรแกรมที่เขียนแล้วจากเครื่องมือที่ช่วยในการพัฒนาโปรแกรมเช่น คอมไพเลอร์ (Compiler) ที่เรียกว่า อินเตอร์เฟซ ดีไซน์ เอ็นไวรอนเมนต์ (Interface design environment) หรือ ไอดีอี มาเขียนไว้ที่ตัวมันเองเพื่อให้บอร์ดทำงานตามที่เขียนโปรแกรม ข้อดีคือ พัฒนาด้วยภาษาซีพลัสพลัสได้ จึงมีคุณสมบัติการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object-oriented programming) หรือ โอโอพี ซึ่งไม่ต้องใช้ผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต (Internet service provider) หรือ ไอเอสพี จึงเหมาะแก่ผู้เริ่มต้น โครงสร้างการเขียนเข้าใจง่ายไม่ซับซ้อน ไม่ได้อ้างอิงจากฮาร์ดแวร์ (Hardware) มากนัก ต้นทุนถูก เป็นโปรแกรมแบบเปิดเสรีจึงมีข้อมูลและไลบรารี (Library) ให้เลือกใช้อย่างกันแพร่หลาย แต่อย่างไรก็ตามข้อเสียของการพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลเอวีอาร์นี้คือ ใช้ภาษาซีพลัสพลัสในการเขียนโปรแกรมซึ่งจะทำให้สิ้นเปลืองทรัพยากร

2.5.2 การติดตั้งและการใช้งานโปรแกรมอาร์ดูอิน

เนื่องจากโปรแกรมอาร์ดูอินไม่ใช่โปรแกรมพื้นฐานของคอมพิวเตอร์ที่ใช้โดยทั่วไป จึงจำเป็นต้องมีการติดตั้งโปรแกรมก่อน โดยมีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. เข้าไปที่เว็บไซต์ <http://arduino.cc/en/Main/Software> เพื่อดาวน์โหลดโปรแกรมอาร์ดูอิน โดยมีหน้าเว็บไซต์เป็น ดังแสดงในรูปที่ 2.5 เมื่อกดดาวน์โหลดจะมีหน้าต่างขึ้นมาเพื่อให้ตอบตกลงว่าจะดาวน์โหลดหรือไม่ ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ไปที่หัวข้อ “Download” แล้วกดเลือกระบบปฏิบัติการของคอมพิวเตอร์ที่ต้องการจะติดตั้งโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



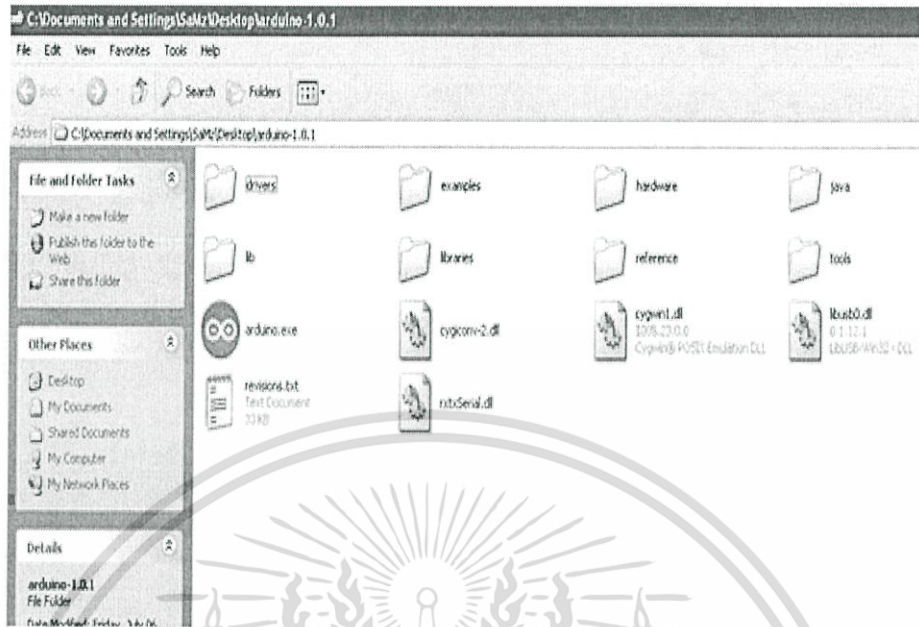
รูปที่ 2.5 หน้าเว็บไซต์ที่ใช้ดาวน์โหลดโปรแกรม

รูปที่ 2.6 เมื่อกดดาวน์โหลดจะมีหน้าต่างแสดงให้ดาวน์โหลด [3]

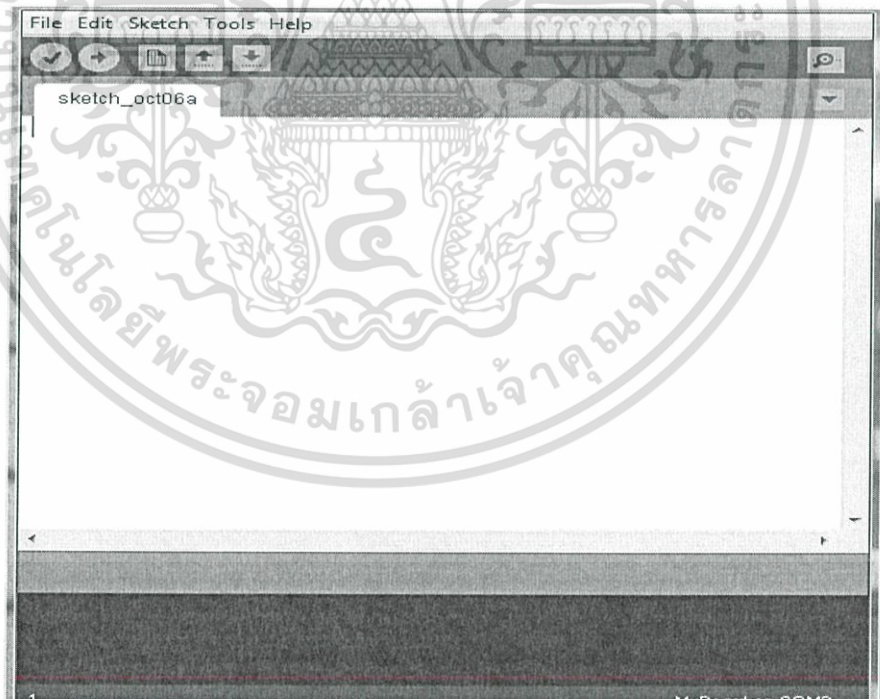
2. เมื่อกดเลือกระบบปฏิบัติการของคอมพิวเตอร์ที่ต้องการจะติดตั้งโปรแกรมแล้ว จะมีหน้าต่างขึ้นมา ซึ่งเป็นหน้าต่างดาวน์โหลดโปรแกรม

3. เมื่อดาวน์โหลดเสร็จแล้วให้ทำการแตกไฟล์ จะได้หน้าจอแสดงผลดังรูปที่ 2.7 เมื่อเปิดโปรแกรมอาร์ดูইনိုจะมีหน้าต่างโปรแกรมขึ้นมาดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ไฟล์ข้อมูลทั้งหมดเมื่อทำการแตกไฟล์แล้ว [3]

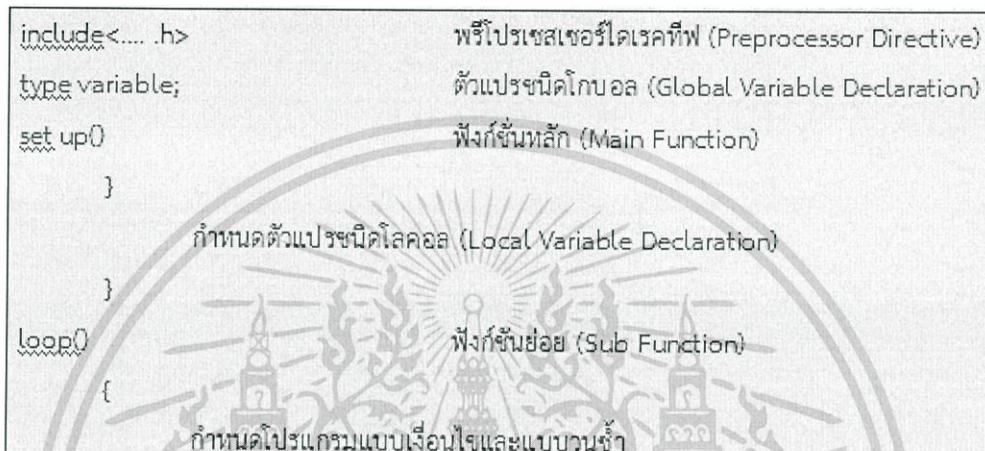


รูปที่ 2.8 หน้าต่างโปรแกรมอาร์ดูอิโน้ [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ส่วนประกอบของคำสั่งในโปรแกรมอาร์ดูโน

ในการเขียนโปรแกรมอาร์ดูโนนั้นมีหลักการคล้ายคลึงกับการเขียนโปรแกรมภาษาซีพลัส-พลัส แต่มีความยุ่งยากน้อยกว่า โดยที่ส่วนประกอบของคำสั่งมีทั้งหมด 3 ส่วน คือ เฮดเตอร์ (header), เซ็ตอัพ (set up()) และลูป (loop()) ดังรูปที่ 2.9

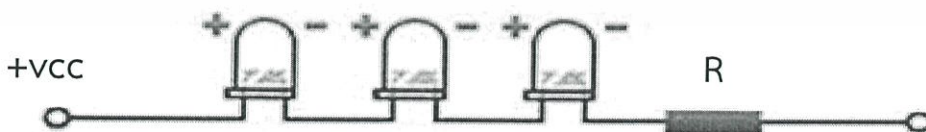


รูปที่ 2.9 โครงสร้างของโปรแกรมอาร์ดูโน [4]

2.6 การต่อวงจรไฟ LED ในการต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน

การต่อไฟ LED สามารถต่อได้ 2 แบบคือการต่อแบบอนุกรม และการต่อแบบขนานโดยสามารถหาค่าแรงดันตกคร่อมได้จาก $V = IR$ และสามารถหาค่ากระแสได้จาก $I = \frac{V}{R}$

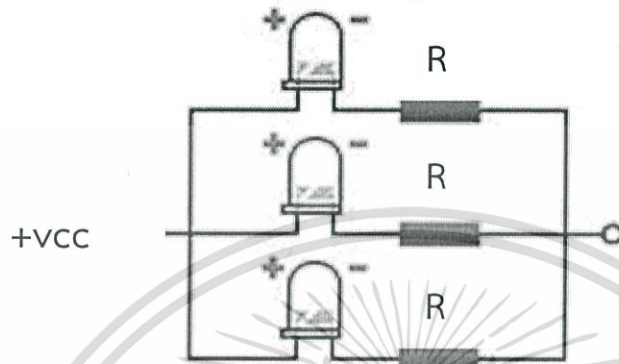
การต่อไฟ LED แบบอนุกรม คือ การนำไฟ LED มาต่อเรียงกัน โดยการนำขั้วของไฟ LED ที่มีขั้วต่างกันมาต่อเข้าด้วยกันแล้วนำเอาขั้วที่เหลือไปใช้งาน ซึ่งการต่อแบบนี้จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลไปในทิศทางเดียวกระแสไฟฟ้าภายในวงจรอนุกรมจะมีค่าเท่ากันทุกๆจุด การต่อแบบนี้ ถ้าสายไฟขาดแม้เพียงสายเดียวจะมีผลให้วงจรเปิดทั้งวงจร ทำให้หลอดไฟ LED ดับหมด ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การต่อไฟ LED เป็นวงจรแบบอนุกรม [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อไฟ LED แบบขนาน คือ วงจรที่ไฟ LED ครอบงำกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ทำให้กระแสไฟฟ้า แยกผ่านไฟ LED แต่ละตัว มีผลทำให้ค่าของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมไฟ LED แต่ละตัวมีค่าเท่ากัน วงจรแบบนี้ ถ้าสายไฟที่ต่อวงจรส่วนใด ส่วนหนึ่งขาด ส่วนนั้นวงจรเปิดไฟ LED เฉพาะช่วงนั้น จะไม่ทำงาน แต่ในส่วนอื่นยังคงทำงานได้ดังแสดงในรูปที่ 2.11

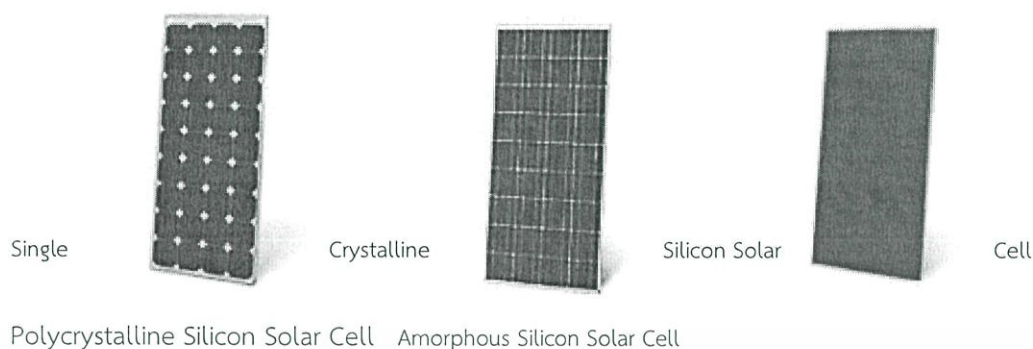


รูปที่ 2.11 การต่อไฟ LED เป็นวงจรแบบขนาน [6]

2.7 หลักการและความหมายของพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์

พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) หรือ PV มีชื่อเรียกกันไปหลายอย่าง เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์สุริยะ หรือเซลล์ photovoltaic ซึ่งต่างก็มีที่มาจากคำว่า Photovoltaic โดยแยกออกเป็น photo หมายถึง แสง และ volt หมายถึง แรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมคำแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง แนวความคิดนี้ได้ถูกค้นพบมาตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1839 แต่เซลล์แสงอาทิตย์ก็ยังไม่ถูกสร้างขึ้นมา จนกระทั่งใน ปี ค.ศ. 1954 จึงมีการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ และได้ถูกนำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับดาวเทียมในอวกาศ เมื่อ ปี ค.ศ. 1959 ดังนั้น สรุปได้ว่า เซลล์แสงอาทิตย์ คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลียม อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide), อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide), แคดเมียม เทลลูไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้น ทำให้สามารถทำงานได้ ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ตามวัสดุที่ใช้ ดังแสดงในรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

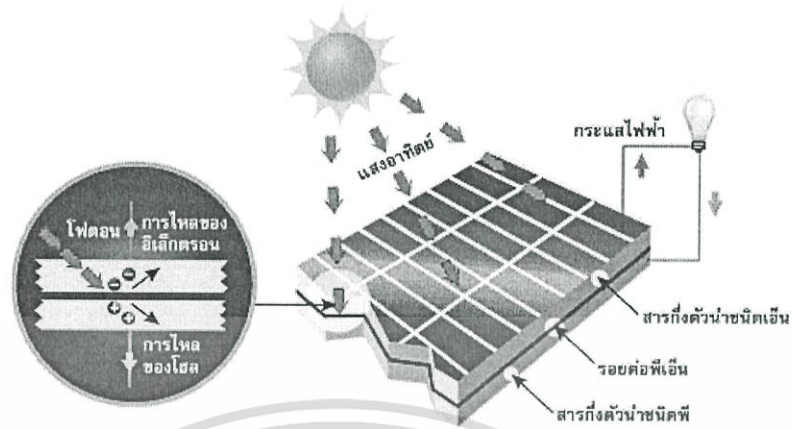


รูปที่ 2.12 แสดงชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 ชนิด [7]

1. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน ชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Monocrystalline Silicon Solar Cell และชนิดผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก
2. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน (0.0005 มม.) น้ำหนักเบาและประสิทธิภาพเพียง 5-10%
3. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆ เช่น แกลเลียม อาร์เซไนด์, แคดเมียม เทลลูไรด์ และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ เป็นต้น มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) และผลึกรวม (Polycrystalline) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลียม อาร์เซไนด์ จะให้ประสิทธิภาพสูงถึง 20-25%

2.7.1 หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและประจุบวกขึ้น ได้แก่ อิเล็กตรอนและ โฮล โครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์ เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ และพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไปที่ขั้วบวก (ปกติที่ฐานจะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดพี ขั้วไฟฟ้าด้านหลังจึงเป็นขั้วบวก ส่วนด้านรับแสงใช้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ขั้วไฟฟ้าจึงเป็นขั้วลบ)ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสองเมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ [8]

2.7.2 ขั้นตอนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์

ดังนี้

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystal) มีขั้นตอนการผลิต

1. นำซิลิคอนที่ถลุงได้มาหลอมเป็นของเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 1400°C แล้วดึงผลึกออกจากของเหลว โดยลดอุณหภูมิลงอย่างช้าๆ จนได้แท่งผลึกซิลิคอนเป็นของแข็ง แล้วนำมาตัดเป็นแว่นๆ
2. นำผลึกซิลิคอนที่เป็นแว่น มาแพร่ซึมด้วยสารเจือปนต่างๆ เพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็น ภายในเตาแพร่ซึมที่มีอุณหภูมิประมาณ $900-1000^{\circ}\text{C}$ แล้วนำไปทำขั้นตอนการสะท้อนแสงด้วยเตาออกซิเดชันที่มีอุณหภูมิสูง
3. ทำขั้วไฟฟ้าสองด้านด้วยการฉาบโอโลหะภายใต้สุญญากาศ เมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องนำไปทดสอบประสิทธิภาพด้วยแสงอาทิตย์เทียม และวัดหาคุนสมบัติทางไฟฟ้า

ดังนี้

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกรวม (Polycrystalline) มีขั้นตอนการผลิต

1. นำซิลิคอนที่ถลุงและหลอมละลายเป็นของเหลวแล้วมาเทลงในแบบพิมพ์ เมื่อซิลิคอนแข็งตัว จะได้เป็นแท่งซิลิคอนเป็นแบบผลึกรวม แล้วนำมาตัดเป็นแว่นๆ
2. จากนั้นนำมาแพร่ซึมด้วยสารเจือปนต่างๆ และทำขั้วไฟฟ้าสองด้านด้วยวิธีการเช่นเดียวกับที่สร้างเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกเดี่ยว

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากที่มาจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ทำการแยกสลายก๊าซซิลเลน (Silane Gas) ให้เป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอน โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เครื่อง Plasma CVD (Chemical Vapor Deposition) เป็นการผ่านก๊าซซิลเลนเข้าไปในกรอบแก้วที่มีขั้วไฟฟ้าความถี่สูง จะทำให้ก๊าซแยกสลายเกิดเป็นพลาสมา และอะตอมของซิลิคอนจะตกลงบนฐานหรือสแตนเลสสตีลที่วางอยู่ในกรอบแก้ว เกิดเป็นฟิล์มบางขนาดไม่เกิน 1 ไมครอน (0.001 มม.)

2. ขณะที่แยกสลายก๊าซซิลเลน จะผสมก๊าซฟอสฟีนและโดโบเรนเข้าไปเป็นสารเจือปน เพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็นสำหรับใช้เป็นโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

3. การทำขั้วไฟฟ้า มักใช้ขั้วไฟฟ้าโปร่งแสงที่ทำจาก ITO (Indium Tin Oxide)

2.7.3 ลักษณะเด่นของเซลล์แสงอาทิตย์

1. ใช้พลังงานจากธรรมชาติ คือ แสงอาทิตย์ ซึ่งสะอาดและบริสุทธิ์ ไม่ก่อปฏิกิริยาที่จะทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ
2. เป็นการนำพลังงานจากแหล่งธรรมชาติมาใช้อย่างคุ้มค่าและไม่วันหมดไปจากโลกนี้
3. สามารถนำไปใช้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ทุกพื้นที่บนโลก และได้พลังงานไฟฟ้าใช้โดยตรง
4. ไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงอื่นใดนอกจากแสงอาทิตย์ รวมถึงไม่มีการเผาไหม้ จึงไม่ก่อให้เกิดมลภาวะด้านอากาศและน้ำ
5. ไม่เกิดของเสียขณะใช้งาน จึงไม่มีการปล่อยมลพิษทำลายสิ่งแวดล้อม
6. ไม่เกิดเสียงและไม่มีการเคลื่อนไหวขณะใช้งาน จึงไม่เกิดมลภาวะด้านเสียง
7. เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ และไม่มีชิ้นส่วนใดที่มีการเคลื่อนไหวขณะทำงาน จึงไม่เกิดการสึกหรอ
8. ต้องการการบำรุงรักษาน้อยมาก
9. อายุการใช้งานยืนยาวและประสิทธิภาพคงที่
10. มีน้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย เคลื่อนย้ายสะดวกและรวดเร็ว
11. เนื่องจากมีลักษณะเป็นโมดูล จึงสามารถประกอบได้ตามขนาดที่ต้องการ
12. ช่วยลดปัญหาการสะสมของก๊าซต่างๆ ในบรรยากาศ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์, ไฮโดรคาร์บอน และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ฯลฯ ซึ่งเป็นผลจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจำพวกน้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ ล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก ทำให้โลกร้อนขึ้น เกิดฝนกรด และอากาศเป็นพิษ ฯลฯ

2.7.4 อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้ากระแสตรง จึงนำกระแสไฟฟ้าไปใช้ได้เฉพาะกับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น ในการทำปฏิกิริยานิพนธ์นี้เราใช้แค่ 2 ชนิดคือ

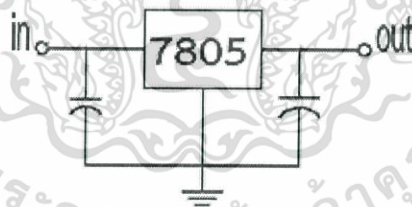
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรงและมีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) มีการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ เซลล์มาต่อกันเป็นแถวหรือเป็นชุด (Solar Array) เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าใช้งานตามที่ต้องการ โดยการต่อกันแบบอนุกรม จะเพิ่มแรงดันไฟฟ้า และการต่อกันแบบขนาน จะเพิ่มกระแสไฟฟ้า หากสถานที่ตั้งทางภูมิศาสตร์แตกต่างกัน ก็จะมีผลให้ปริมาณของค่าเฉลี่ยพลังงานสูงสุดในหนึ่งวันไม่เท่ากันด้วย รวมถึงอุณหภูมิก็มีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า หากอุณหภูมิสูงขึ้น การผลิตพลังงานไฟฟ้าจะลดลง

2.แบตเตอรี่ (Battery) ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ใช้เวลาที่ต้องการ เช่น เวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ เวลากลางคืน หรือนำไปประยุกต์ใช้งานอื่นๆ แบตเตอรี่มีหลายชนิดและหลายขนาดให้เลือกใช้งานตามความเหมาะสม

2.8 วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

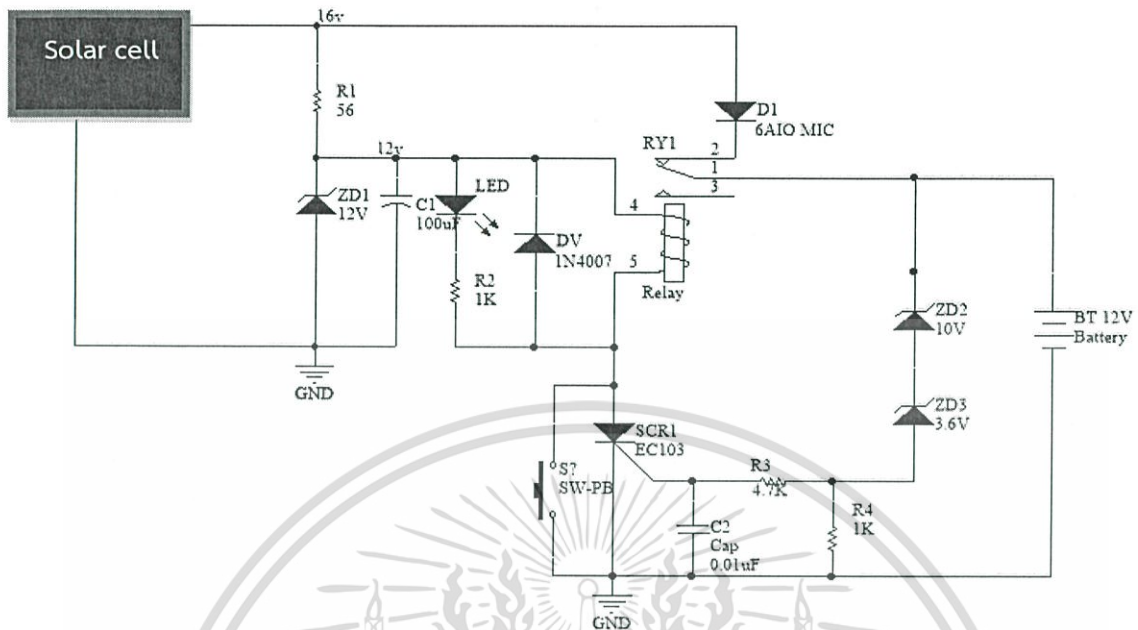
วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย สำหรับไฟตรง +5 โวลต์ โดยใช้เรกกูเลเตอร์ 7805 โดยกระแสเอาต์พุตจ่ายสูงสุดได้ 1 แอมป์ และต้องมีแผ่นระบายความร้อน (heat sink) ที่เหมาะสม เพื่อระบายความร้อนจากตัวเรกกูเลเตอร์ที่เราใช้ สามารถสร้างไฟตรงตามขนาดที่เราต้องการได้ ซึ่งวงจรเพาเวอร์ซัพพลายสำหรับไฟตรง +5 โวลต์ ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 วงจรเพาเวอร์ซัพพลายสำหรับไฟตรง +5 โวลต์

2.9 วงจรชาร์จพลังงานแสงอาทิตย์

วงจรชาร์จพลังงานแสงอาทิตย์ คือวงจรที่ใช้สำหรับเก็บพลังงานไว้ในแบตเตอรี่ (Charging Controller) ดังแสดงในรูปที่ 2.15

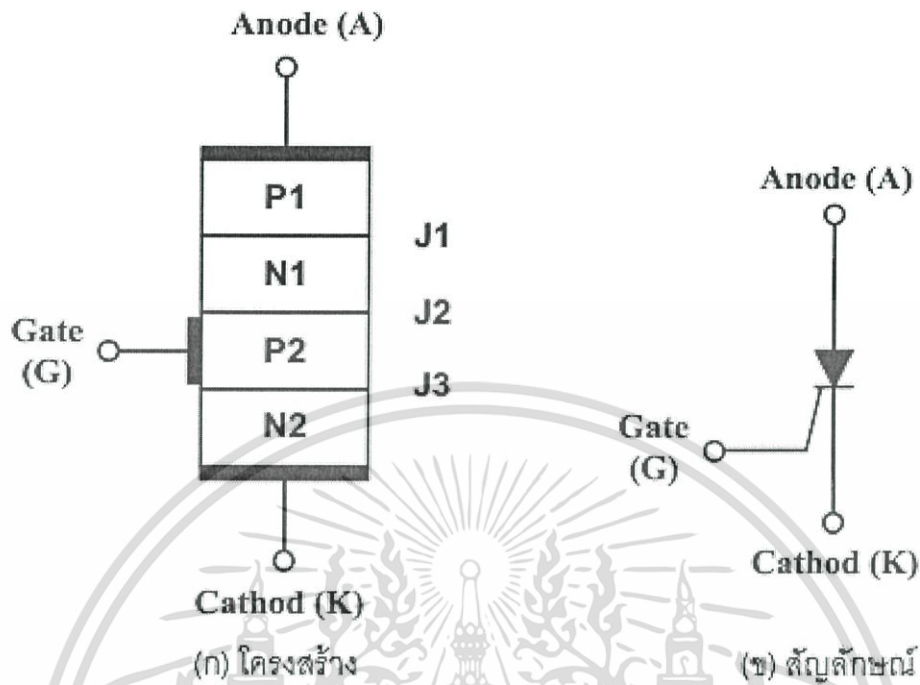


รูปที่ 2.15 วงจรชาร์จพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเก็บพลังงานไว้ในแบตเตอรี่

การทำงานของวงจรมันเริ่มจากการได้รับอินพุตจากแผงเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ หรือ จากตัวจ่ายกระแสไฟตรง (Power Supply) ที่อินพุตต้องไม่เกิน 16 โวลต์ เมื่อได้รับอินพุต จากแบตเตอรี่ยังไม่เต็ม กระแสจะไหลเข้าแบตเตอรี่โดยที่ รีเลย์จะอยู่ที่ขา NC หรือ ปกติปิด (normally close) คือ สภาวะปกติที่หน้าสัมผัสกับขั้วสัมผัสกันถ้าต้องการให้แยกกัน วงจรก็จะทำการชาร์จไปเรื่อยๆ และเมื่อแบตเตอรี่ถึงจุดๆ หนึ่งที่แรงดันจะสูงสุด SCR จะขอตกลงกราวส่งผลให้รีเลย์ทำงาน รีเลย์จะอยู่ที่ขา NO (normally open) คือ สภาวะปกติที่หน้าสัมผัสกับขั้วแยกจากกัน แบตเตอรี่ก็จะหยุดชาร์จ

2.9.1 ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งาน SCR กับ วงจรชาร์จพลังงานแสงอาทิตย์

SCR เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำ 4 ชั้น มีขั้วต่อออกมาใช้งาน 3 ขั้ว คือ ขั้วแอโนด (Anode) คาโทด (Cathode) และเกต (Gate) ดังแสดงในรูปที่ 2.16 การทำงานของ SCR มีลักษณะคล้ายคลึงกับของไดโอด ซึ่งมี 2 สถานะ คือ สถานะนำกระแส และไม่นำกระแส กระแสไหลผ่าน SCR ได้ทิศทางเดียว SCR จึงมีสัญลักษณ์คล้ายคลึงไดโอด ดังแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของ SCR [9]

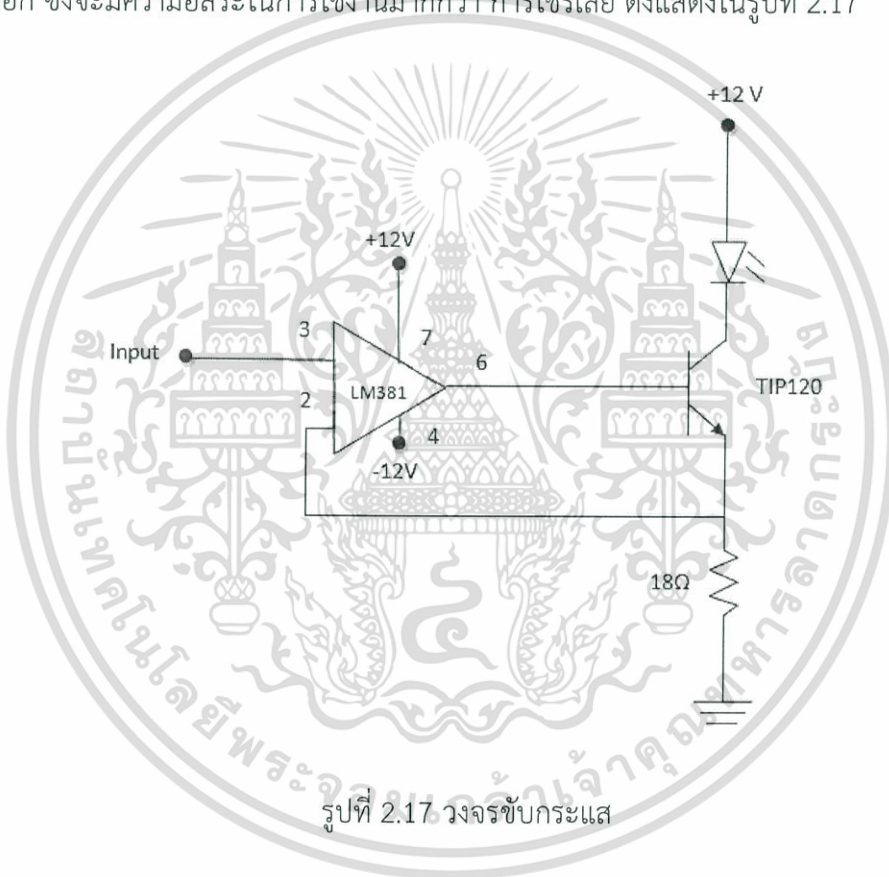
SCR จะทำงานเหมือนสวิตช์ที่เปิดปิดไฟได้ เมื่อให้แรงดันคร่อมระหว่างขั้วอโนดกับคาโทดโดยให้ขั้วอโนดและคาโทดเป็นโพลตามโครงสร้าง SCR ในรูปที่ 2.1.6 (ก) รอยต่อ PN J1 และ J3 จะถูกไบแอสตาม และรอยต่อ J2 จะถูกไบแอสย้อน กระแสจะไม่ไหลผ่าน SCR ในระยะแรก ซึ่งเปรียบได้เหมือนสวิตช์เปิด ถ้าลองเพิ่มแรงดันที่คร่อม SCR ขึ้นไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงแรงดันค่าหนึ่งซึ่งเรียกว่าแรงดันพังทะลุ (Breakover voltage) หรือ VBO รอยต่อ J2 จะเกิด Breakover ทำให้เกิดกระแสไหลผ่านจากขั้วอโนดมาที่คาโทดได้การทำงานในช่วงนี้เหมือนกับสวิตช์ปิด

ข้อเกตเป็นข้อควบคุมให้ SCR เปลี่ยนสถานะจากไม่นำกระแสไปเป็นนำกระแสได้ถ้าป้อนกระแสไฟฟ้า เข้าที่ข้อเกต จะนำกระแสได้ทันทีแม้ว่าแรงดันที่คร่อมตัว SCR จะน้อยกว่าแรงดัน VBO ก็ตาม การเปลี่ยนสถานะจากไม่นำกระแสไปสู่สถานะนำกระแสของ SCR จึงสามารถทำได้ 2 วิธีคือการเพิ่มแรงดันที่คร่อม SCR ให้เกินค่า VBO และการใส่กระแสเกต SCR จะไม่ยอมให้กระแสไหลผ่านในทิศตรงข้าม ถ้าแรงดันที่คร่อม SCR เป็นบวกที่คาโทดและเป็นลบที่อโนด กระแสจะไม่ไหลผ่าน SCR

2.10 วงจรขับกระแส

วงจรขับกระแส (วงจรถูกขับ) หรือ วงจรขยายนั้น นอกจากจะต้องทำหน้าที่ขยายแรงดันขนาดเล็กให้มีขนาดใหญ่ขึ้นแล้ว ในหลายกรณีเราต้องการให้แรงดันที่ถูกขยายนั้นมีค่ามากพอสำหรับการขับเคลื่อนเป็นเอกสารที่ส่งวันเวลาสำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอาต์พุตด้วย อย่างไรก็ตามเนื่องจากวงจรขยายแรงดัน (voltage amplifier) โดยทั่วไปมีประสิทธิภาพด้านกำลัง (power efficient) ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นหากเราต้องการให้วงจรเหล่านี้จ่ายกระแสปริมาณมากออกมาขับเอาต์พุตได้ วงจรจะกินกำลังมากและจะมีความสูญเสียในรูปของความร้อนสูงมากจนอาจทำให้อุปกรณ์ใหม่หรือระเบิดได้ ดังนั้นโดยทั่วไปเราจะนำสัญญาณที่ผ่านการขยายแรงดันแล้วมาเข้าวงจรขยายกำลัง (power amplifier) ซึ่งเป็นวงจรที่มีอัตราขยายประมาณหนึ่งแต่จะมีความสามารถในการจ่ายกระแสเอาต์พุตสูง ทำให้เวลาสั่งการจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ขาเอาต์พุตต่อเข้ากับวงจรขับ ก็สามารถทำให้คอมโพ LED เกิดความสว่างได้ตามคำสั่งที่ป้อนได้ในรูปแบบแอนะล็อก ซึ่งจะมีความอิสระในการทำงานมากกว่า การใช้รีเลย์ ดังแสดงในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 วงจรขับกระแส

2.11 หลักการ PWM

PWM ย่อมาจาก Pulse Width Modulation คือ สัญญาณที่สามารถปรับเปลี่ยนความกว้างของ Pulse ได้ หรือที่เรียกว่า Duty cycle ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดปริมาณของพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอุปกรณ์ เช่น มอเตอร์ และหลอดไฟ ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ และปรับความสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น โดยสัญญาณ PWM เป็นสัญญาณที่เกิดจากการผสมกันสองสัญญาณ คือ ระหว่างสัญญาณรูปสามเหลี่ยม (Triangle wave) กับระดับแรงดันเคลื่อนสัญญาณไฟตีสี่หรือสัญญาณอื่น ๆ ที่มีระดับไฟตีสี่เป็นตัวรองรับ ผลที่ได้จากการผสมสัญญาณดังกล่าวจะได้รูปคลื่นสัญญาณพัลส์ที่มี 2 สถานะ คือ ON กับ OFF เมื่อนำสัญญาณพัลส์ที่ได้ไปขับอุปกรณ์กำลัง เช่น หลอดไฟ มอเตอร์ตีสี่ เราจะได้ผลการควบคุม คือเมื่อสัญญาณพัลส์มีสถานะ ON หลอดไฟจะสว่างเต็มที่ ถ้า OFF ไฟจะดับ หากสัญญาณมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษานานาชาติ เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ในการนำเอกสารนี้ไปใช้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต่อเนื่องเช่นนี้ตลอดก็จะได้การติด และดับ ของหลอดไฟต่อเนื่อง และหากการติดดับมีความถี่สูง จนสายตาไม่สามารถสังเกตการติด และดับได้ ก็สามารถสังเกตเห็นได้เพียงแสงที่หรี่ลง โดยหากทำให้ ช่วงเวลา ON น้อยลง ในทางตรงกันข้าม หากทำให้ช่วงเวลา ON มากขึ้นเรื่อยๆ ก็จะทำให้หลอดไฟ สว่างขึ้นเรื่อยๆ จนถึงสว่างเต็มที่เมื่อ ON ตลอด



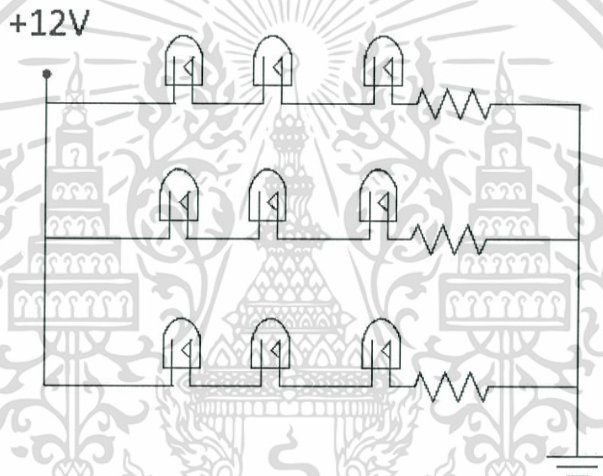
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

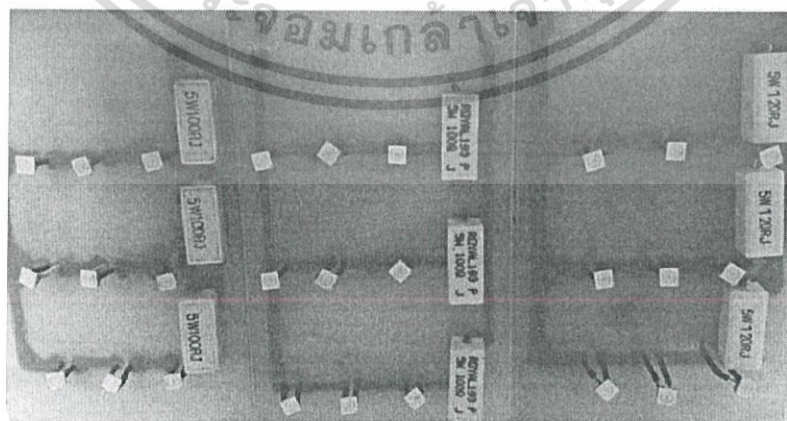
การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์

3.1 การออกแบบวงจรไฟ LED

วงจรไฟ LED ที่ทำการออกแบบเพื่อให้เป็นคอมไฟในปริญญานิพนธ์นี้ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 และในการออกแบบจะทำการออกแบบดังแสดงในรูปที่ 3.2 ตามการออกแบบแบบอนุกรม และแบบขนานโดยจะใช้ตัวต้านทานแบบเซรามิกขนาด 5 วัตต์ 100 โอห์ม และนำแผ่นลายวงจร LED ทั้ง 3 แผ่นมาประกอบกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.3

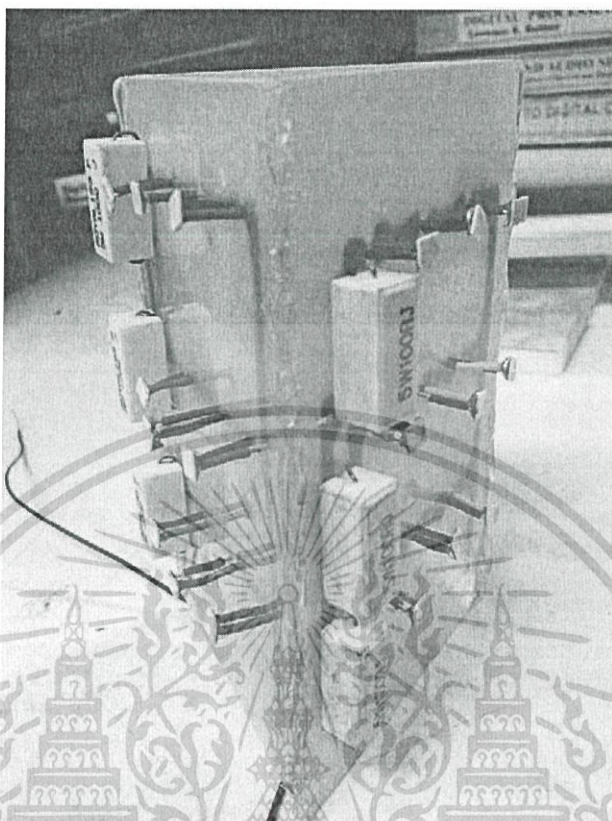


รูปที่ 3.1 วงจรไฟ LED ที่ออกแบบ



รูปที่ 3.2 แผ่นลายวงจรไฟ LED

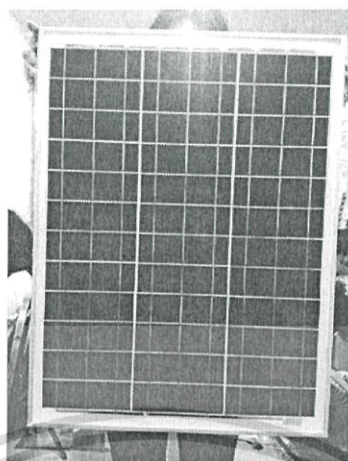
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แผ่นลายวงจรไฟ LED ที่ประกอบเสร็จ

3.2 การออกแบบการคำนวณหาขนาดความจุของแบตเตอรี่และขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์

ในการคำนวณหาขนาดความจุของแบตเตอรี่ในการชาร์จเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อเก็บพลังงานไว้ในแบตเตอรี่ ดูความเหมาะสมของขนาดแบตเตอรี่ที่ใช้ในการเก็บพลังงาน โดยสามารถเริ่มการคำนวณโดยการหาโหลดจากสูตร $P = IV$ โดยค่าของไฟที่ใช้ในวงจรไฟ LED คือ 12 โวลต์ และค่ากระแสคือ 0.31 แอมป์ ดังนั้นเมื่อแทนค่าในสมการจะได้ $12 \times 0.31 \approx 3.8$ วัตต์ สามารถอธิบายได้ว่า ใน 1 ชั่วโมงจะมีกำลังงานทั้งหมด 3.8 วัตต์ และใน 1 วันจะเท่ากับ $24 \times 3.8 = 91$ วัตต์ ซึ่งการชาร์จแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในประเทศไทยนั้นจะสามารถชาร์จได้ประมาณ 4 ชั่วโมงใน 1 วัน ตั้งแต่เวลาโดยประมาณคือ 11.00 ถึง 15.00 น. เพราะฉะนั้นในการผลิตกำลังไฟให้ได้ 91 วัตต์ ต่อวัน คำนวณได้จากกำลังงานที่ใช้ทั้งหมดคือ 91 วัตต์หารด้วยจำนวนชั่วโมงที่สามารถชาร์จเซลล์แสงอาทิตย์ได้คือ 4 ชั่วโมง จะได้กำลังงานที่เหมาะสมของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ใน 1 วันคือ $91 \div 4 = 22.75$ วัตต์ เราสามารถใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 25 วัตต์ได้ แต่เพื่อประสิทธิภาพของการทำงานที่ต่อเนื่องเราจึงใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 40 วัตต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 40 วัตต์

โดยรายละเอียดการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้น มีดังนี้

- Maximum power: 40 W
- Output tolerance ± 5 V
- Maximum power voltage: 17.8 V
- Maximum power current: 2.25 A
- Open circuit voltage: 21.2 V
- Short circuit current: 2.76 A
- Maximum system voltage 1000 V

3.2.1 การคำนวณค่ากำลังงานที่เซลล์แสงอาทิตย์สามารถเก็บได้

การคำนวณค่ากำลังงานที่เซลล์แสงอาทิตย์สามารถเก็บได้ หาได้จากค่ากำลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เลือกใช้คือ 40 วัตต์ คูณกับจำนวนชั่วโมงที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถชาร์จได้คือ 4 จะได้ $40 \times 4 = 160$ วัตต์ แต่มีความต้องการใช้พลังงานเพียงแค่ 91 วัตต์ จะได้ $160 \div 91 = 1.75$ โดยประมาณแล้วพลังงานของเราที่ชาร์จได้สามารถอยู่ได้ถึง 1 วัน กับอีก 18 ชั่วโมง

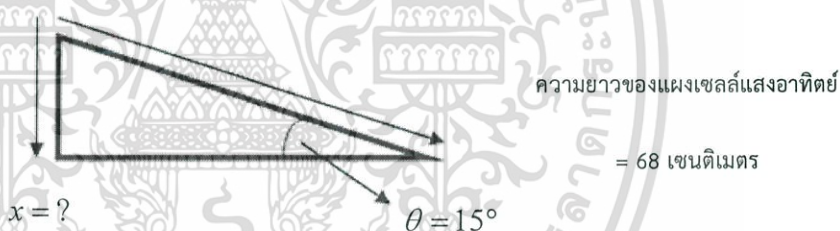
3.2.2 การเลือกขนาดแบตเตอรี่ที่เหมาะสม

ในการคำนวณหาค่าแบตเตอรี่ที่เหมาะสมที่ใช้ในการชาร์จเราสามารถหาได้จาก 160 วัตต์ คือจำนวนกำลังงานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 40 วัตต์ และ 12 โวลต์ คือไฟที่ใช้ในวงจรไฟ LED เมื่อนำมาแทนค่าในสมการจะได้ $160 \div 12 = 13.33$ แอมป์ชั่วโมง โดยประมาณแล้วคือ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบการติดตั้งแผงเซลล์งานแสงอาทิตย์ เพื่อทำการชาร์จและเก็บพลังงาน

ในส่วนของการออกแบบการติดตั้งแผงเซลล์งานแสงอาทิตย์ จะสามารถอธิบายตามหลักทฤษฎีได้ดังนี้คือ ตำแหน่งที่อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรมากเท่าไร ก็จะมีมุมความเข้มแสงของดวงอาทิตย์เพิ่มมากขึ้น ประเทศไทยถือเป็นตำแหน่งที่เหมาะสมแก่การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์เป็นอย่างมาก เพราะอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร ทำให้ความเข้มแสงมีปริมาณที่สูง แต่เนื่องจากประเทศไทยอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรขึ้นมา จึงทำให้การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จึงต้องติดตั้งแผงระนาบรับแสงให้หันไปทางด้านทิศใต้ (มุมจากทิศเหนือ (Azimuth) ประมาณ 180 องศา) และมีความชันของแผง (Tilt angle) จากแนวระนาบตาม องศาละติจูดจากพื้นที่ที่จะติดตั้ง โดยที่กรุงเทพฯ จะมีความชันแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ที่ประมาณ 15 องศาจากแนวระนาบ ส่วนเชียงใหม่ความชันแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ที่ประมาณ 18.4 องศา แผงเซลล์แสงอาทิตย์จึงจะสามารถผลิตไฟฟ้าได้ดีโดยเฉลี่ยตลอดปี จึงทำให้สามารถออกแบบที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การหาความสูงของฐานที่ติดตั้งแผงเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์

การหาความสูงของฐานที่ติดตั้งแผงเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้สูตรการหาตรีโกณมิติ จะแสดงได้ดังนี้

$$\sin 15^\circ = \frac{x}{68}$$

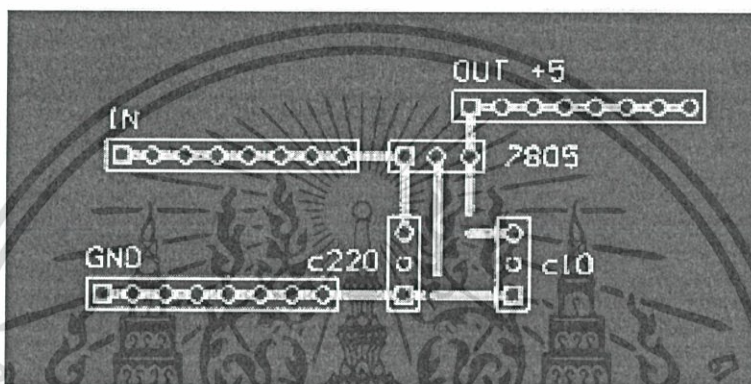
$$0.259 = \frac{x}{68}$$

$$x = 17.560 \text{ เซนติเมตร}$$

ดังนั้นความสูงของฐานที่ตั้งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องเท่ากับ 17.560 เซนติเมตร เพื่อที่จะได้ฐานที่ตั้งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ 15 องศา เพื่อให้เหมาะสมสำหรับการใช้งาน

3.5 การออกแบบวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย เพื่อสร้างไฟตรงขนาด +5 โวลต์ โดยใช้เรกูเลเตอร์ 7805

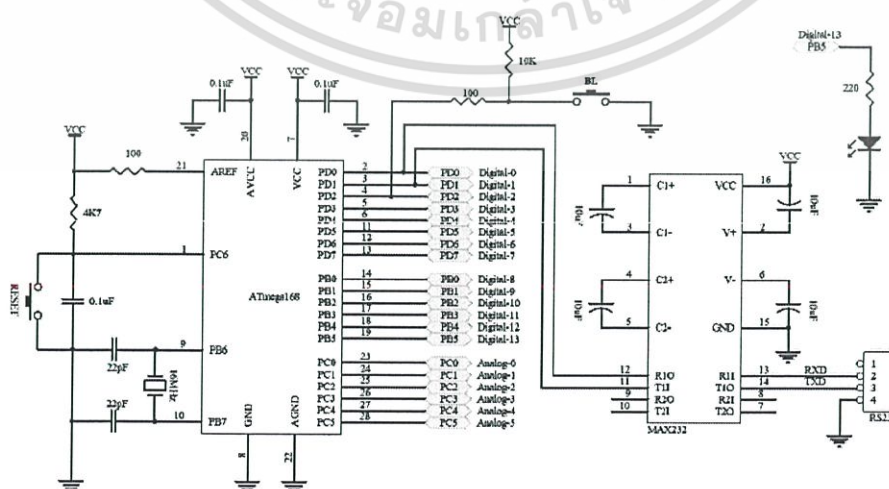
การออกแบบวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย เพื่อสร้างไฟตรงขนาด +5 โวลต์ โดยใช้เรกูเลเตอร์ 7805 เป็นการนำวงจรที่ต่อบนบอร์ดนำมาออกแบบลาย PCB บนโปรแกรม Altium Designer เพื่อนำไปกัดลายแผ่นปริ้นต่อไป เพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งานจริง แสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ลายวงจรพีซีบี เพาเวอร์ซัพพลาย เพื่อสร้างไฟตรง ขนาด +5 โวลต์

3.6 วงจรควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

วงจรที่ใช้ในการควบคุมการแสดงผลหลังจากที่เซนเซอร์อินฟราเรดตรวจพบการเคลื่อนไหว และ LDR ซึ่งเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์รับคำสั่ง ผ่านโค้ดโปรแกรมอาร์ดูอิโน้เพื่อแสดงผลต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3.9

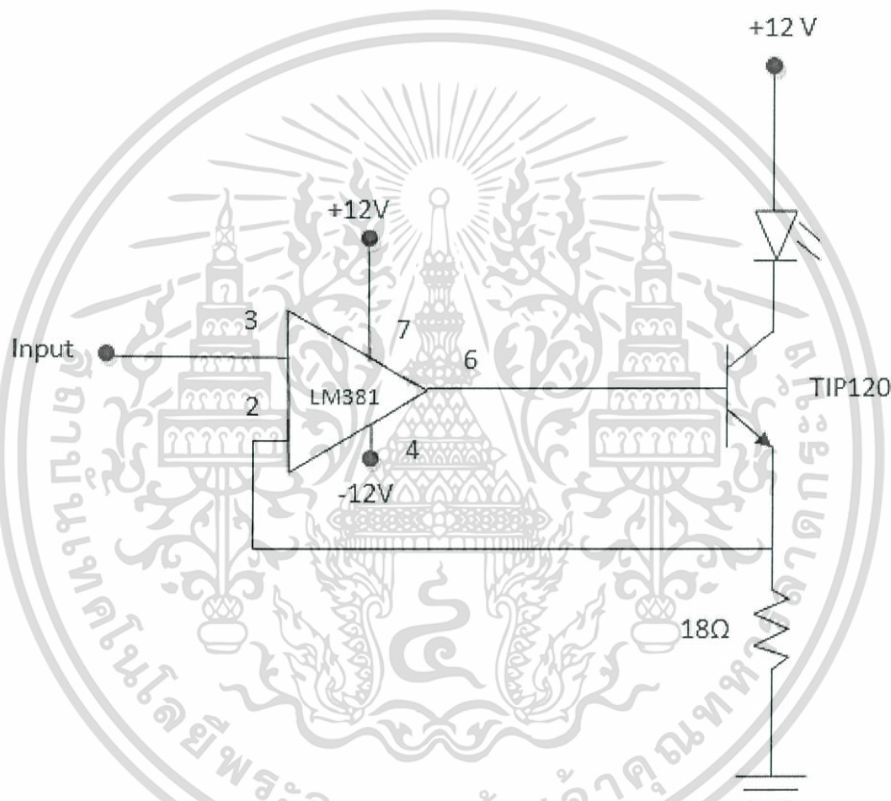


รูปที่ 3.9 วงจรควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การออกแบบการทำงานของไฟ LED เมื่อต่อเข้ากับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านวงจรขับกระแส

ออกแบบโดยการนำแหล่งจ่ายกระแสไฟต่อเข้ากับขาบวกของไฟ LED แล้วนำขาลบของไฟ LED ต่อเข้ากับขา C ของไอซี TIP120 ที่ประกอบอยู่ภายในวงจรขับกระแส และต่อขา 3 ของออปแอมป์เบอร์ LM381 เข้ากับขาเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.10

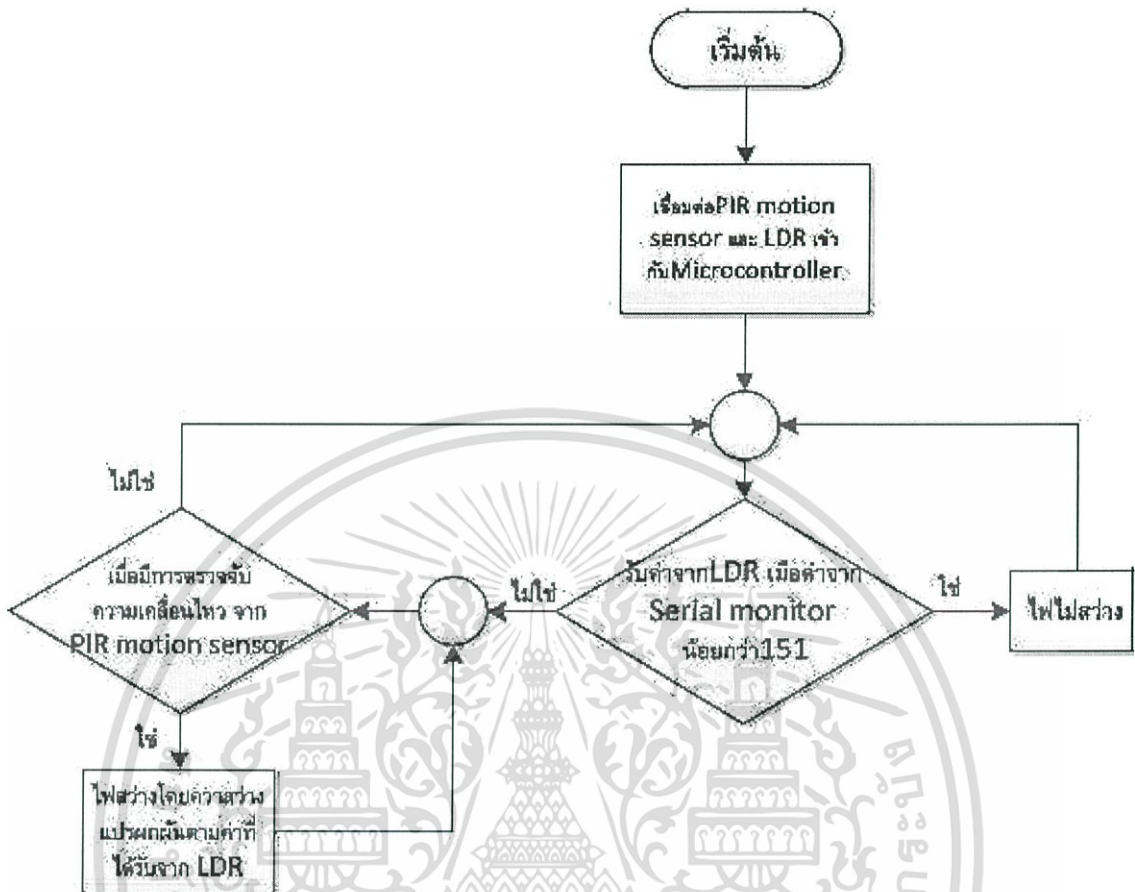


รูปที่ 3.10 วงจรขับไฟ LED

3.8 การออกแบบโค้ดในโปรแกรมอาร์ดูอิโน้

การออกแบบโค้ด ในโปรแกรมอาร์ดูอิโน้ ให้ระบบทำงานโดย ในเวลากลางวัน ระบบจะไม่ทำงาน ไม่ว่าจะ เซนเซอร์อินฟราเรด จะตรวจพบหรือไม่ ส่วนในเวลากลางคืน เมื่อเซนเซอร์อินฟราเรดตรวจพบไฟ LED จะสว่างเป็นระยะเวลา 10 วินาที และทุกครั้งที่ไฟ LED สว่างจะมีความสว่างแปรผกผันกับสภาพแวดล้อม โดยค่าที่กำหนดใน Serial monitor ที่กำหนดได้มาจากการเทียบค่าความเข้มแสงในสภาพแวดล้อมที่ควรจะเป็น ตามมาตรฐานของกฎกระทรวง ด้านความปลอดภัย แสดงในไฟล์เวิร์กชาร์ท ดังแสดงในรูปที่ 3.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

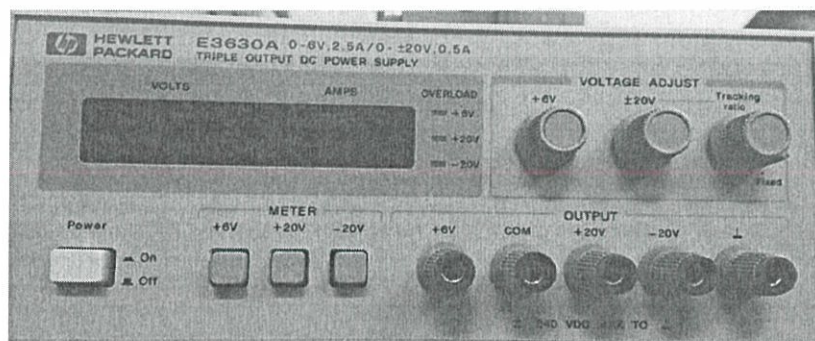


รูปที่ 3.11 โฟลว์ชาร์ต สำหรับเขียนบนโปรแกรมอาร์ดูอิโน้

3.9 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

สรุปรายการเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

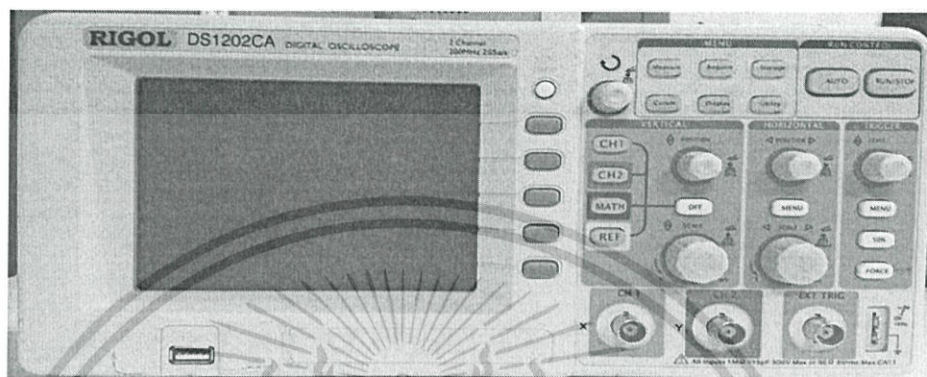
1. แหล่งจ่ายกระแสไฟตรง (Power supply) ใช้สำหรับป้อนแหล่งจ่ายไฟให้กับวงจรและอุปกรณ์ต่างๆ ในการทดลอง โดยทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ จาก 220 โวลต์ ให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ลักษณะของพาวเวอร์ซัพพลาย แสดงดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แหล่งจ่ายกระแสไฟตรง

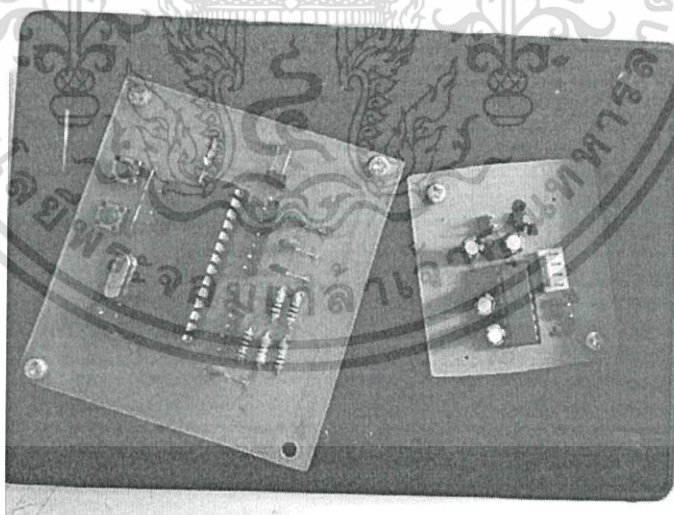
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เครื่องออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและแสดงรูปสัญญาณต่างๆออกมาเป็นภาพซึ่งจะปรากฏบนจอออสซิลโลสโคป โดยใช้ในการวัดสัญญาณ กระแสไฟฟ้า หรือแรงดันไฟฟ้าโดยวัดได้ทั้งแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง และกระแสสลับ นอกจากนั้นยังใช้ในการวัดความถี่และเฟสของสัญญาณอีกด้วย เครื่องออสซิลโลสโคปแสดงดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 เครื่องออสซิลโลสโคป

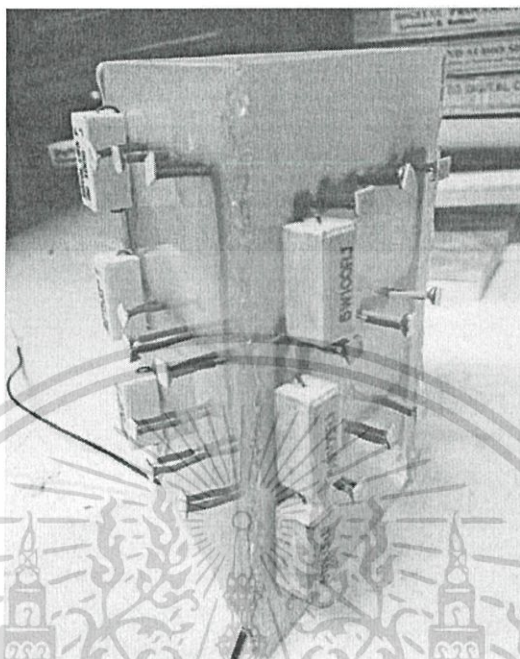
3. วงจรควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 วงจรควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

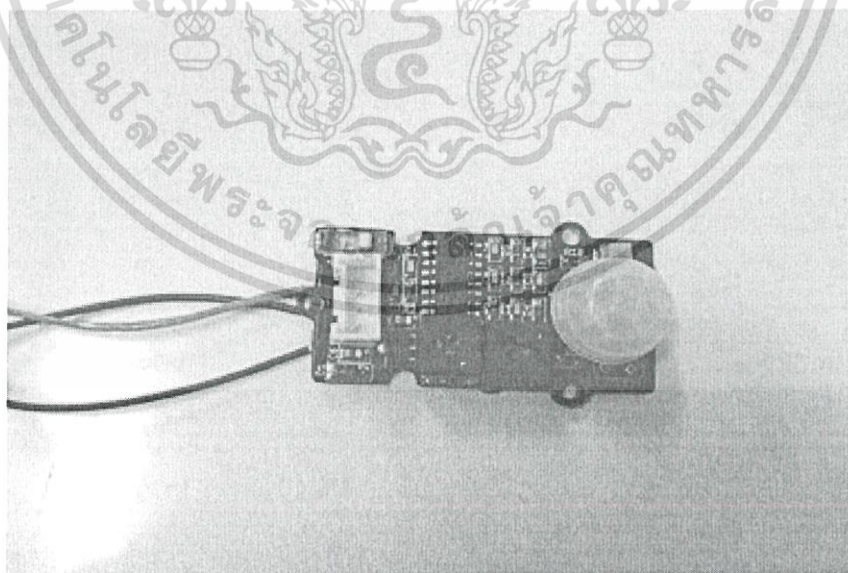
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วงจรไฟ LED ดังแสดงในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 วงจรไฟ LED

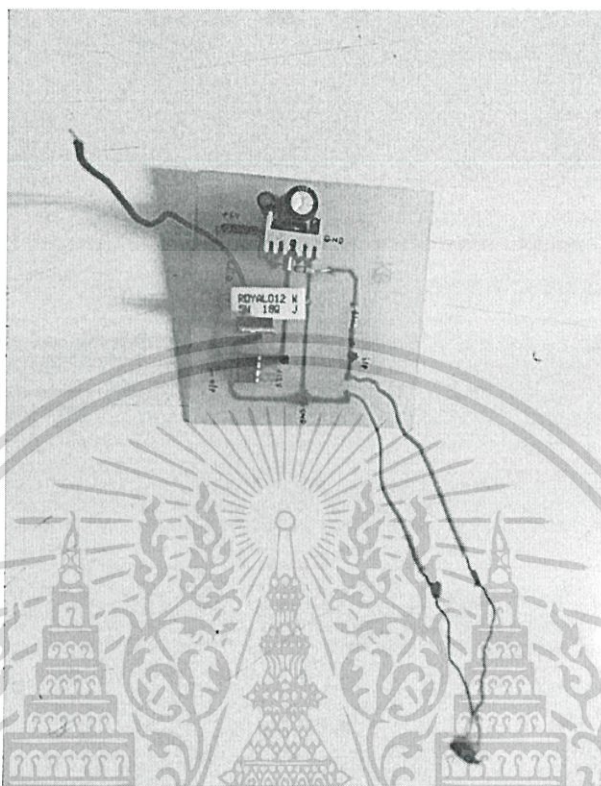
5. เซนเซอร์อินฟราเรดตรวจจับความเคลื่อนไหว ดังแสดงในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 เซนเซอร์อินฟราเรด

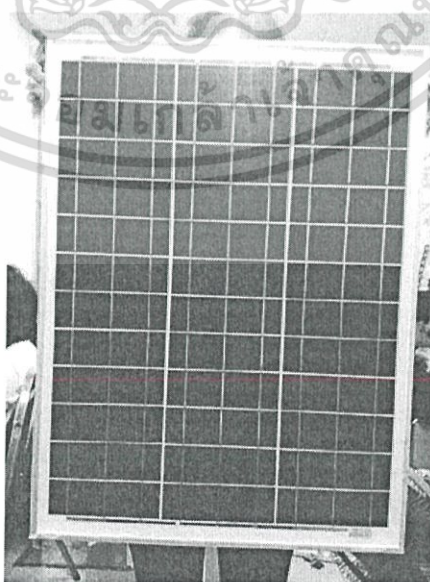
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. วงจรขับกระแสไฟ LED ดังแสดงในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 วงจรขับกระแสไฟ

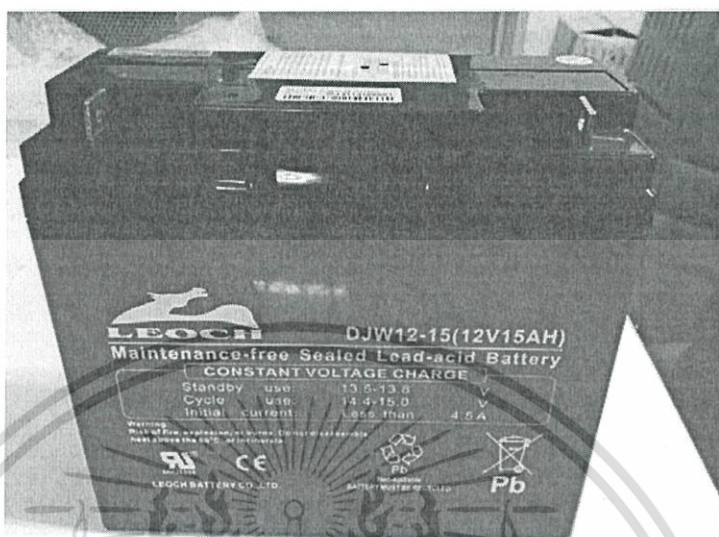
7. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 40 วัตต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้งาน

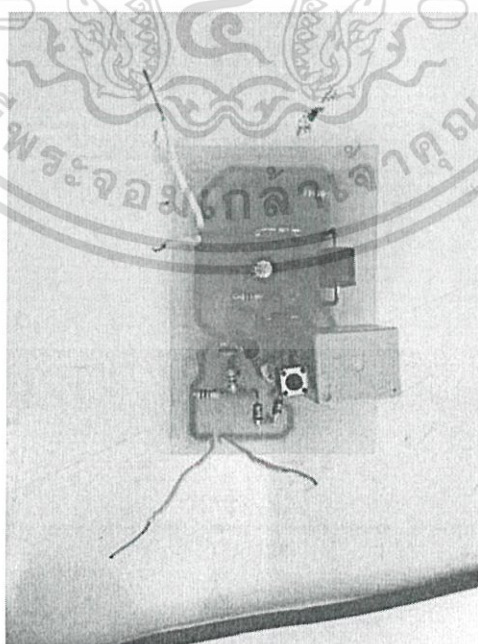
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. แบตเตอรี่ขนาดที่เหมาะสมที่ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 แบตเตอรี่ที่ใช้งาน

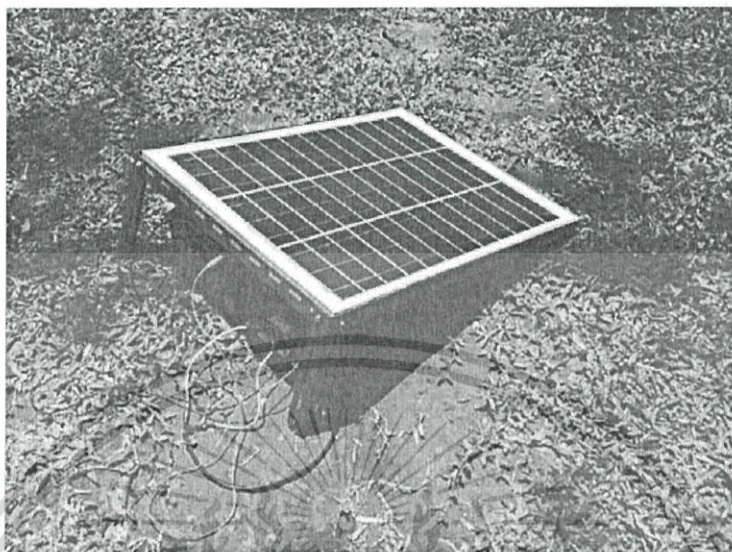
9. วงจรชาร์จพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อเก็บพลังงานไว้ในแบตเตอรี่ ดังแสดงในรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 วงจรควบคุมการชาร์จพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.ฐานวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในองศาที่เหมาะสม ดังแสดงในรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 ฐานวางและแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ประกอบเข้าด้วยกันแล้ว

11.โคมไฟทางเดินที่ทำการประกอบเข้ากับไฟ LED ดังแสดงในรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 โคมไฟทางเดินที่ใช้ในปริญญาณิพนธ์นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 การจัดเก็บผลการทดลอง

- 1.ทดลองเซนเซอร์อินฟราเรด ตรวจสอบความเคลื่อนไหว ที่ตรวจสอบด้วยออสซิลโคป ว่าได้ผลตามทฤษฎีหรือไม่
- 2.ทดลองใช้วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ สั่งงานแสดงผลตอบสนองเวลา เซนเซอร์อินฟราเรด ตรวจสอบความเคลื่อนไหว ให้ไฟ LED ติดโดยผ่านทางโปรแกรมอาร์ดูโนได้เขียนขึ้นมา
- 3.ทดลองการใช้ LDR ในสภาพแวดล้อมจริงว่ามีการเปลี่ยนแปลงตามทฤษฎีหรือไม่
- 4.ทดลองรวมระบบวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับวงจร LDR ให้เป็นไปตามที่ออกแบบไว้คือเวลากลางวันไฟ LED จะไม่สว่าง และ ในเวลากลางคืนไฟ LED จะสว่าง
- 5.ทดลองใช้วงจรไฟ LED ที่ได้ทำขึ้นเพื่อใช้เป็นแสงสว่างในคอมพิวเตอร์เมื่อเซนเซอร์อินฟราเรดสามารถตรวจจับได้ถึงความเคลื่อนไหว
- 6.ทดลองใช้วงจรขับไฟ LED ที่ได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้สำหรับวงจรไฟ LED
- 7.วัดความเข้มแสงจากวงจรไฟ LED ด้วยแอมป์ลิเคชันทางโทรศัพท์มือถือที่ชื่อ Light Meter มีหน่วยการวัดเป็น Lux
- 8.ทดลองชาร์จแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับแบตเตอรี่ตามที่ได้คำนวณและทำการวัดค่าความต่างศักย์ที่เปลี่ยนไปของแบตเตอรี่
- 9.ทดลองดิสชาร์จแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับแบตเตอรี่ตามที่ได้คำนวณและทำการวัดค่าความต่างศักย์ที่เปลี่ยนไปของแบตเตอรี่
- 10.ทำการทดลองวงจรเพาเวอร์ซัพพลายโดยใช้เรกกูเลเตอร์เพื่อสร้างไฟตรงขนาด +5 โวลต์ จากไฟตรง +12 โวลต์ ว่ามีไฟตามขนาดตามที่ต้องการหรือไม่
- 11.ทำการทดสอบวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้า พร้อมกับค่าความสว่างหน่วย Lux ที่ออกจากไฟ LED เทียบกับความสว่างหน่วย Lux ของสภาพแวดล้อมจริง
- 12.ทำการทดลองระบบต่างๆเข้าด้วยกันทั้งหมดว่าเป็นไปตามขอบเขตของปริิญาพันธ์ที่ออกแบบไว้หรือไม่

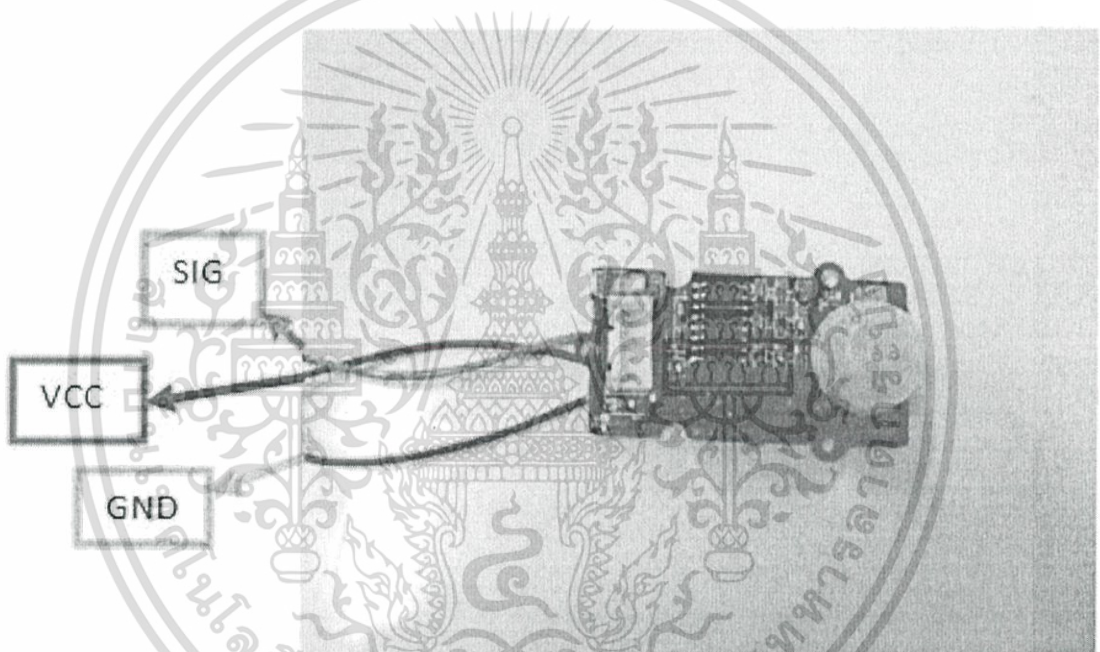
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

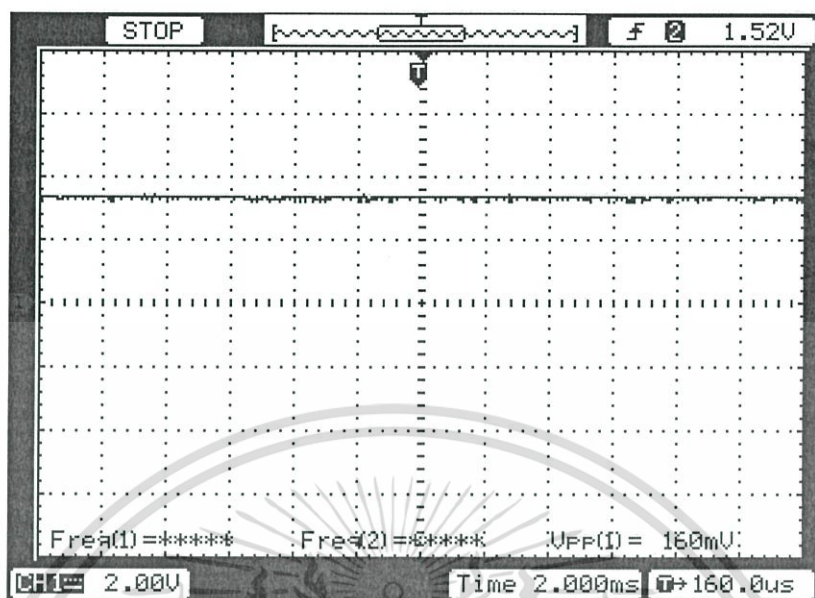
4.1 การทดสอบวงจร PIR Motion Sensor

ทำการทดสอบวงจร PIR Motion Sensor โดยวิธีการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.1 กล่าวคือ ต่อไฟ +5 โวลต์เข้าที่ขา VCC ป้อนกราวด์เข้าที่ขา GND และต่อขา SIG เข้ากับเครื่องออสซิลโลสโคปเพื่อวัดสัญญาณเอาต์พุต (จากรูป ขา GND คือเส้นสีเขียว ขา VCC เส้นสีแดง และ ขา SIG เส้นสีส้ม)

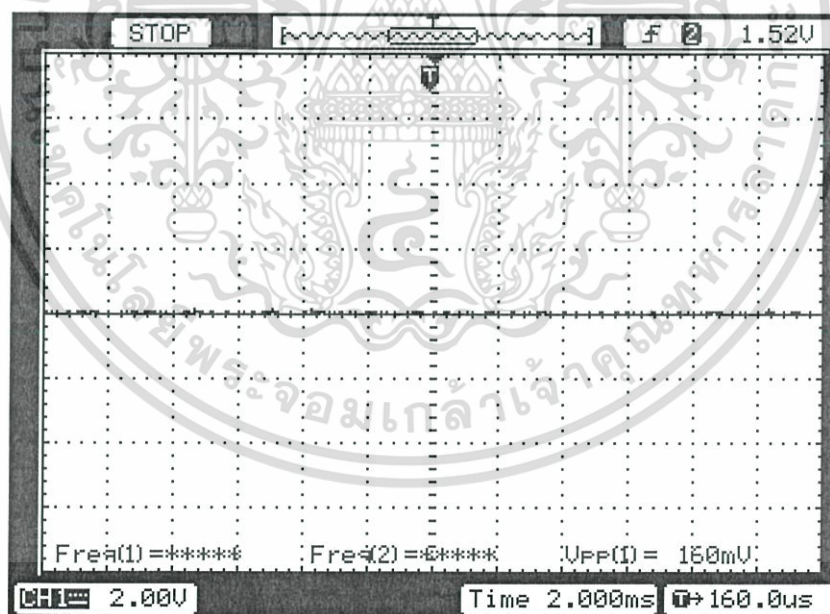


รูปที่ 4.1 ขาของเซนเซอร์อินฟราเรด

ภายใน PIR MOTION SENSOR จะมีอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวที่สามารถตรวจจับได้ในระยะสูงสุดประมาณ 6 เมตร เมื่อมีการเคลื่อนไหวผ่านเข้ามาในพื้นที่บริเวณเซนเซอร์ทำงาน โดยจะเห็นว่าเมื่อมีการเคลื่อนไหวผ่าน PIR MOTION SENSOR ที่ระยะ 2 เมตร จะได้ค่าสัญญาณขาออก (SIG) ออกมาประมาณ 3.6 โวลต์ ซึ่งค่าแรงดันจะเท่ากันตลอดการตรวจจับไม่ว่าวัตถุจะอยู่ที่ระยะเท่าใด ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และเมื่อไม่มีการเคลื่อนที่ผ่าน จะได้แรงดันขาออก ที่ค่า 0 โวลต์ ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.2 สัญญาณเอาต์พุต เมื่อมีการเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์

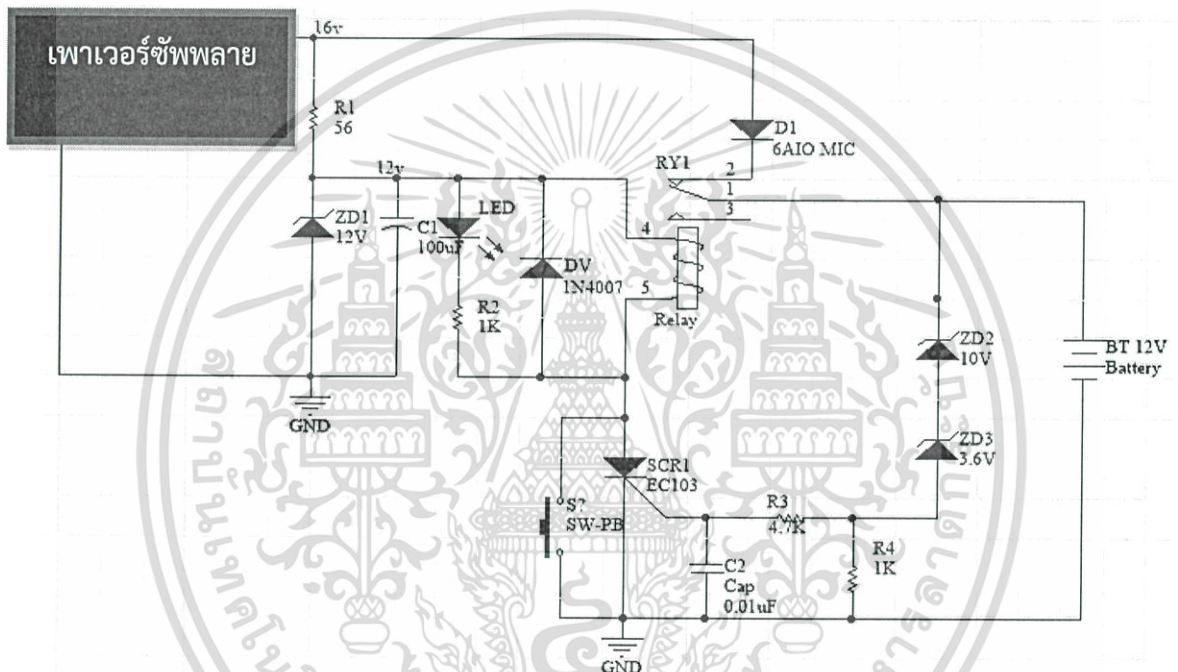


รูปที่ 4.3 สัญญาณเอาต์พุต เมื่อไม่มีการเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

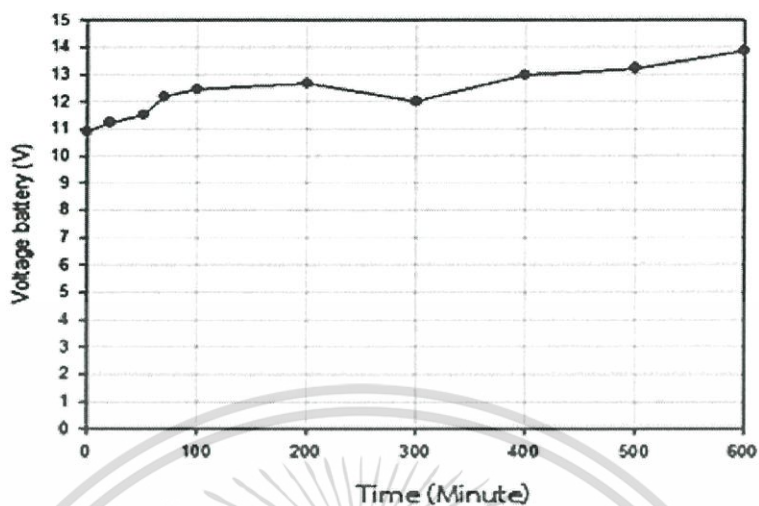
4.2 การทดสอบวงจรชาร์จพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเก็บพลังงานไว้ในแบตเตอรี่ (Charger Circuit) โดยใช้เพาเวอร์ซัพพลายเป็นตัวจ่ายไฟ

ในการต่อวงจรเพื่อการทดลองนั้น เราจะใช้ไฟจากเพาเวอร์ซัพพลายเพื่อแทนพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นพลังงานในการทำการชาร์จ ป้อนอินพุตที่ 15.5 โวลต์ ถึง 16 โวลต์ เพื่อวัดกระแส ในขณะที่ทำการชาร์จและ การเพิ่มขึ้นของค่าแรงดันแบตเตอรี่ ดังแสดงในรูปที่ 4.4

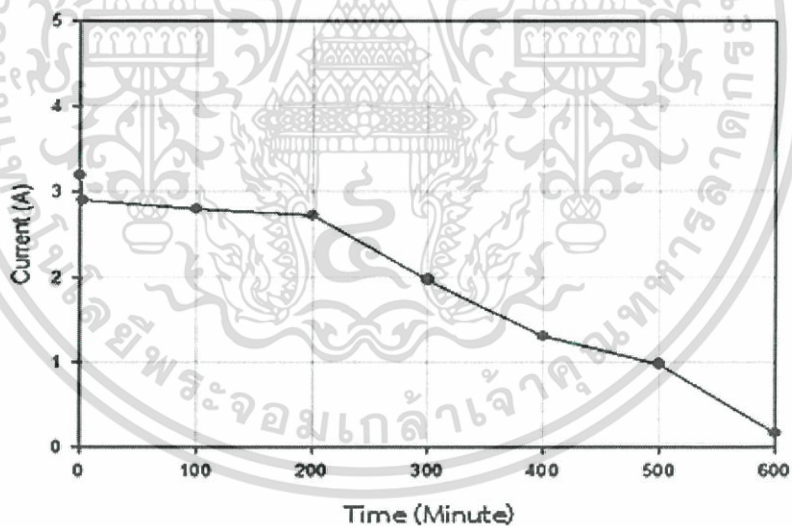


รูปที่ 4.4 วงจรชาร์จพลังงานแสงอาทิตย์

จากวงจรรูปที่ 4.4 ทำการทดสอบวงจรชาร์จโดยนำแบตเตอรี่ 12 โวลต์ 15 แอมป์ มาต่อและจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าเท่ากับ 15.5 โวลต์ ถึง 16 โวลต์ จะทำให้วงจรนี้ทำการชาร์จเข้าที่แบตเตอรี่ซึ่งทำการวัดแรงดันที่ตกร้อมของแบตเตอรี่ และวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าแบตเตอรี่โดยการต่อแบบอนุกรม และหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการชาร์จแบตเตอรี่ เมื่อต่อ Power supply แทนการใช้ Solar cell จะได้ผลดังรูปที่ 4.5 - 4.7 ตามลำดับ

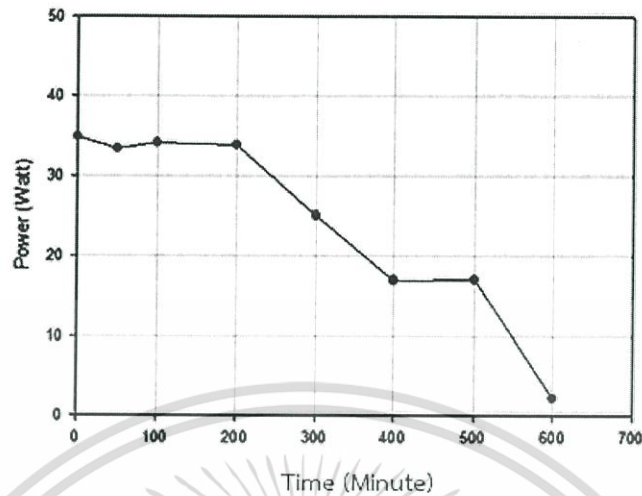


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่แบตเตอรี่เทียบกับเวลา



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์กระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าแบตเตอรี่เทียบกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

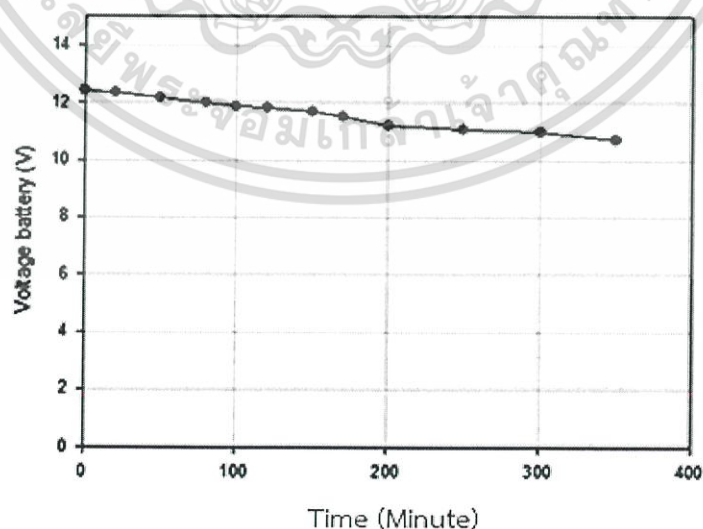


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์กำลังไฟฟ้าที่ได้จากการชาร์จแบตเตอรี่เทียบกับเวลา

กราฟที่ได้ในรูปที่ 4.5 – 4.7 เป็นไปตามที่คาดหวัง นั่นคือ แบตเตอรี่มีประสิทธิภาพในการเก็บพลังงานที่ดี และพร้อมใช้งานจริง

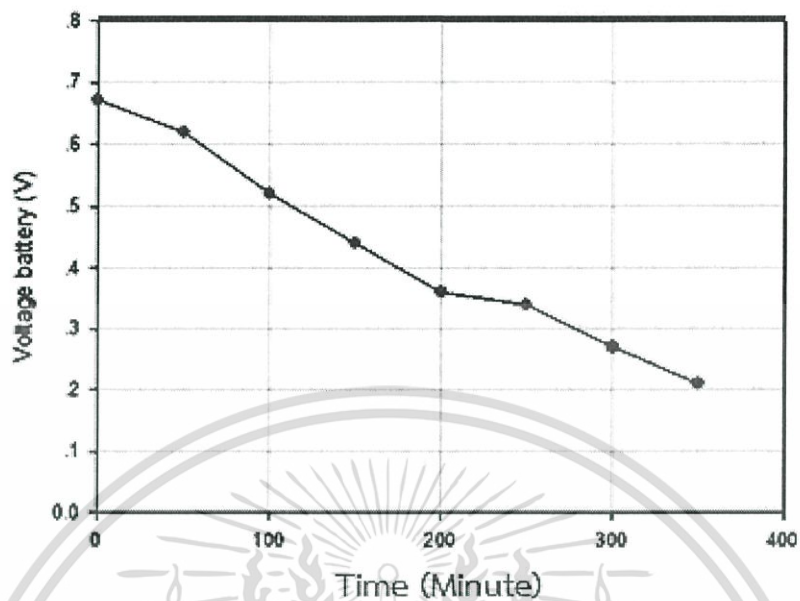
4.2.1 การทดสอบการคายประจุ

จากวงจรที่ 4.4 ทำการคายประจุของแบตเตอรี่โดยต่อโหลดที่ค่าความต้านทานเท่ากับ 20 โอห์ม สามารถวัดค่าแรงดันที่ตกคร่อมของแบตเตอรี่ และวัดกระแสที่ไหลออกจากแบตเตอรี่โดยการต่อแอมมิเตอร์ และกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการคายประจุได้ดังรูปที่ 4.8 รูปที่ 4.9 และ รูปที่ 4.10 ตามลำดับ

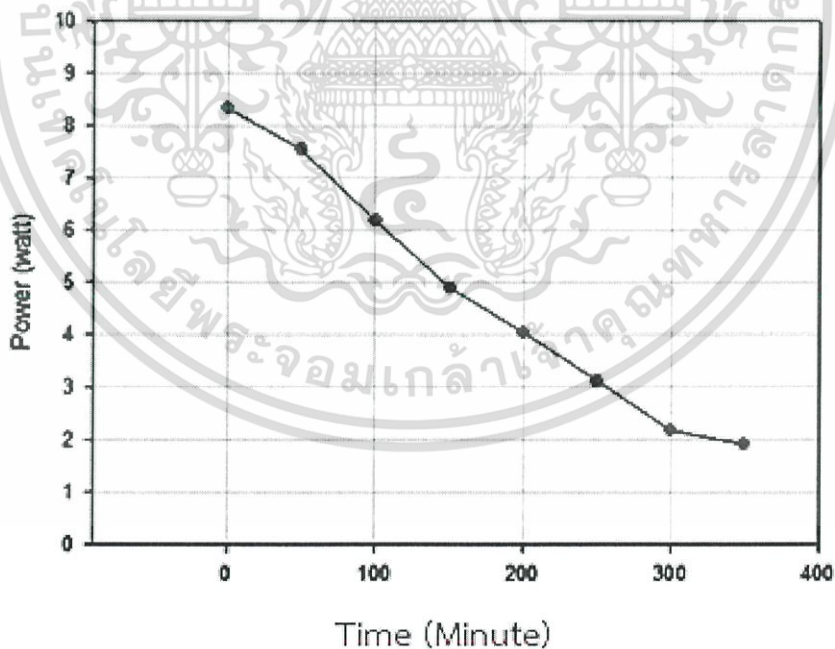


รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการคายประจุเทียบกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์กระแสไฟฟ้าที่ได้จากการคายประจุเทียบกับเวลา



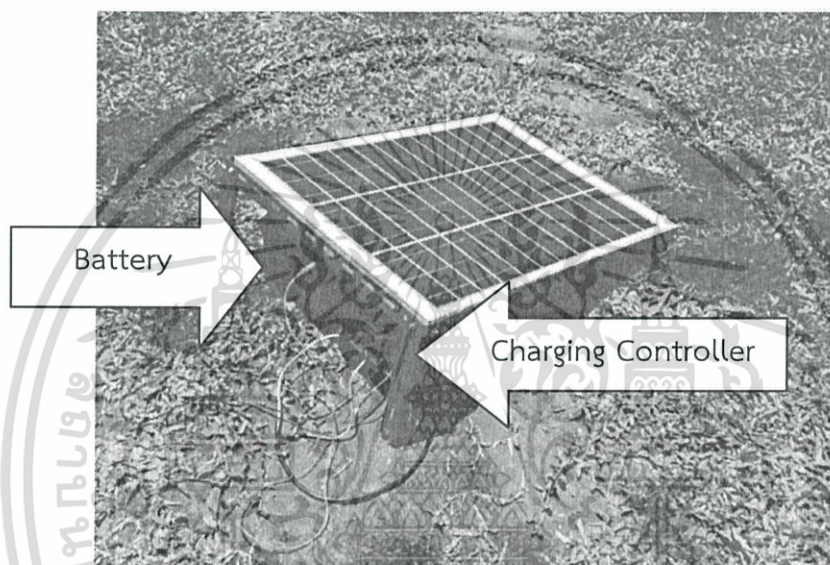
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์กำลังไฟฟ้าที่ได้จากการคายประจุเทียบกับเวลา

กราฟที่ได้ในรูปที่ 4.8 – 4.10 เป็นไปตามที่คาดหวัง นั่นคือ แบตเตอรี่มีประสิทธิภาพในการคายพลังงานที่ดี และพร้อมใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดสอบวงจรชาร์จพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเก็บพลังงานไว้ในแบตเตอรี่ (Charging Controller) โดยใช้แผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์

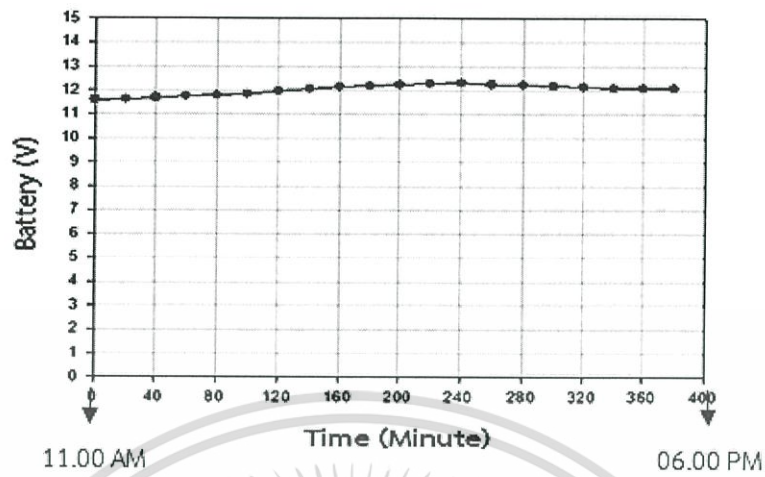
ในการต่อวงจรเพื่อการทดลองนั้น เราจะใช้ไฟจากแผงเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานในการทำการชาร์จ เพื่อวัดกระแสในขณะที่ทำการชาร์จ หาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่ตกคร่อมแบตเตอรี่ กับ กระแสที่ไหลเข้าแบตเตอรี่ขณะทำการชาร์จและค่ากำลังไฟฟ้า โดยการทดลองชาร์จเพื่อวัดแรงดันและกระแส แสดงรูปวิธีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในการทำการชาร์จในรูปแบบที่ 4.11



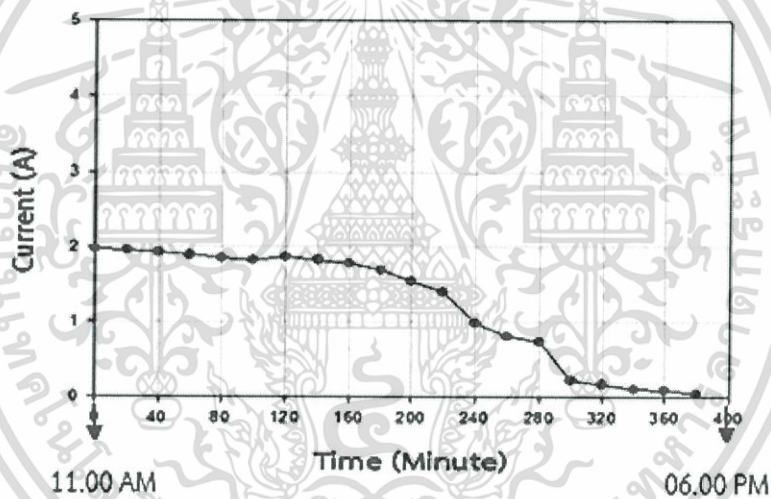
รูปที่ 4.11 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากวงจรรูปที่ 4.4 ทำการทดสอบวงจรชาร์จ โดยช่วงเวลาที่ทำการชาร์จเริ่มต้นที่ 11.00 น. ถึง 18.00 น. ซึ่งเวลาในการชาร์จตามทฤษฎีจะชาร์จได้ดีในช่วงเวลา 11.00น. ถึง 15.00น. การเริ่มชาร์จมีแรงดันไฟฟ้าของแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตกคร่อมวงจรมีค่าเท่ากับ 13.85 โวลต์ เก็บผลการทดลองทุกๆ 20 นาที รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 380 นาที จนถึงเวลาแสงอาทิตย์หมด นำค่าที่ได้จากการเก็บผลการทดลองมาพล็อตกราฟเพื่อแสดงความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่ขั้วแบตเตอรี่เทียบกับเวลา จากกราฟจะสังเกตว่าช่วงเวลาเริ่มต้นในการชาร์จคือ 11.00 น. แรงดันที่ตกคร่อมในแบตเตอรี่มีค่าเท่ากับ 11.85 โวลต์ และแรงดันจะค่อยๆเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.12 ส่วนกราฟแสดงความสัมพันธ์กระแสที่ได้จากการชาร์จแบตเตอรี่เทียบกับเวลาในรูปที่ 4.13 จะสังเกตว่าช่วงเวลาเริ่มต้นในการชาร์จคือ 11.00 น. กระแสที่ไหลเข้าแบตเตอรี่มีค่าเท่ากับ 2.00 แอมป์ และจะค่อยๆลดลง จากค่าแรงดันที่ตกคร่อมและกระแสที่ไหลเข้าในขณะที่ทำการชาร์จจะนำมาพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์กำลังไฟฟ้าที่ได้จากการชาร์จแบตเตอรี่เทียบกับเวลา สังเกตว่ากำลังไฟฟ้าจะเพิ่มและลดตามแสงจากสภาพแวดล้อมจากแสงของดวงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 4.14 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

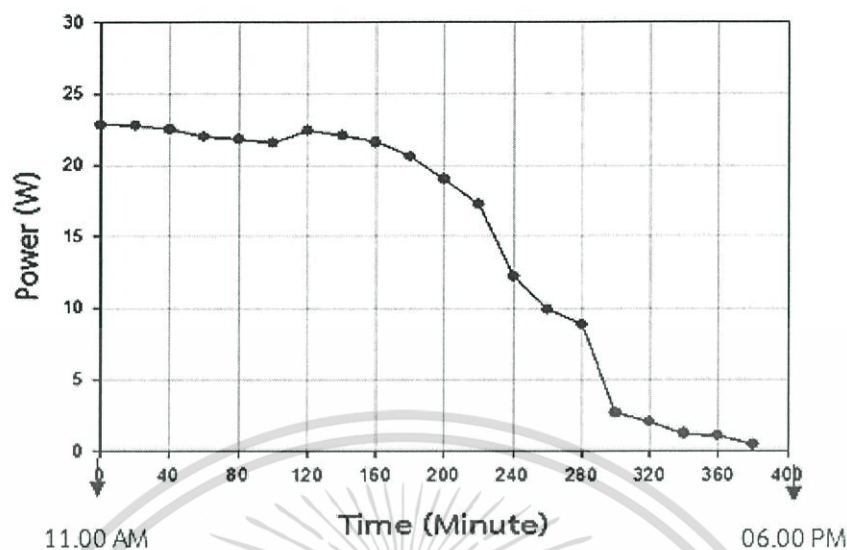


รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้าตกรวมที่ขั้วแบตเตอรี่เทียบกับเวลา



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์กระแสที่ได้จากการชาร์จแบตเตอรี่เทียบกับเวลา

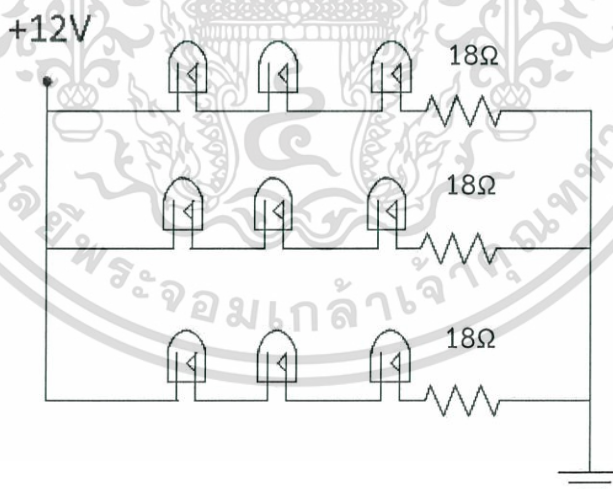
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์กำลังไฟฟ้าที่ได้จากการชาร์จแบตเตอรี่เทียบกับเวลา

4.4 การทดสอบการใช้งานของวงจร LED

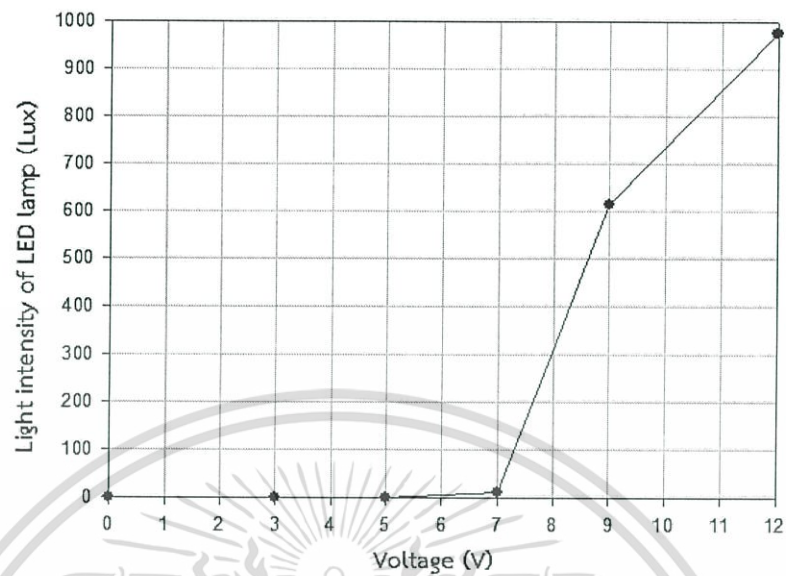
วิธีการทดสอบการทำงานของวงจร LED นำขา VCC ของวงจรที่ได้ทำการออกแบบจ่ายไฟที่ +12 โวลต์ และขาลบที่ GND ของวงจรเพื่อทดสอบการทำงานของไฟ LED ดังแสดงในรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 วิธีการทดสอบการใช้งานของวงจร LED

ในการทดลองเพื่อเก็บผลความสว่างของไฟ LED โดยเริ่มให้แรงดันตกคร่อมโคมไฟจาก 0 โวลต์ ไปจนถึง 12 โวลต์ แล้ววัดค่าความเข้มแสงจากโคมไฟ เมื่อป้อนแรงดันเพิ่มขึ้นค่าของความเข้มแสงจะเพิ่มขึ้นเช่นกัน ทำการพล็อตกราฟเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มแสงจากไฟ LED เพื่อเปรียบเทียบกับแรงดันตกคร่อม ดังแสดงในรูปที่ 4.16

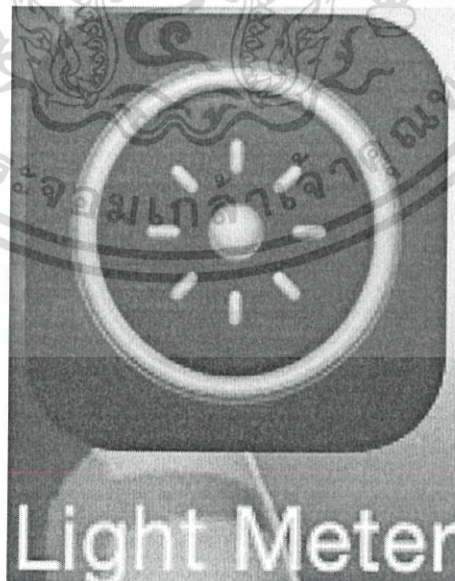
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มแสงจากไฟ LED เพื่อเปรียบเทียบกับแรงดัน
ตกคร่อม

4.5 การวัดความเข้มแสงของโคมไฟ

การวัดค่าความเข้มแสง โดยใช้แอปพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือ ที่ชื่อว่า Light Meter เป็นการวัดความเข้มแสงในครั้งนี้มีหน่วยการวัดเป็น Lux ดังแสดงในรูปที่ 4.17

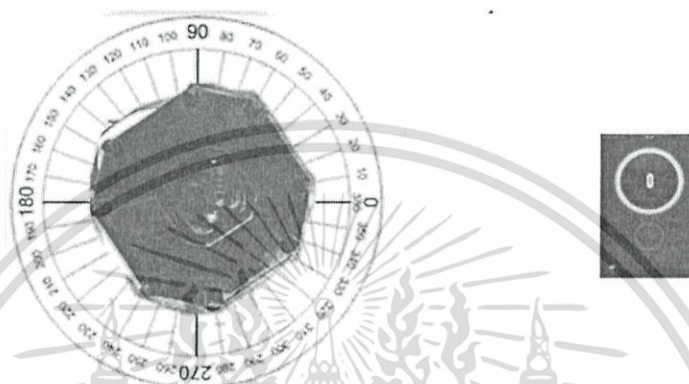


รูปที่ 4.17 แอปพลิเคชันที่ใช้วัดความเข้มแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.1 การวัดความเข้มแสง

ทำการวัดความเข้มแสงแบบรอบทิศทาง 360 องศา ทั้งแนวตั้งและแนวนอนตามเข็มนาฬิกา โดยเลื่อนระยะการวัดทีละ 10 องศา ตามรูปแบบวงกลมดังแสดงในรูปที่ 4.18 และ 4.19 ตามลำดับ



รูปที่ 4.18 การวัดความเข้มแสงแบบแนวนอนโดยรอบ 360 องศา ในระยะการวัดทุกๆ 10 องศา

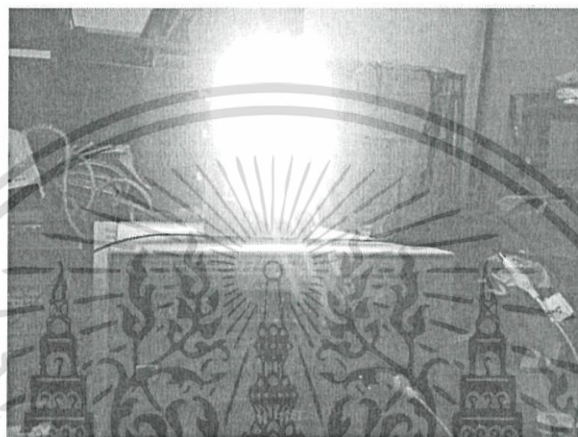


รูปที่ 4.19 การวัดความเข้มแสงแบบแนวตั้งโดยรอบ 360 องศา ในระยะการวัดทุกๆ 10 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 การทดลองวัดความสว่างของไฟ LED โดยที่ยังไม่มีโคมไฟ

การวัดความสว่างของไฟ LED โดยที่ยังไม่มีโคม จ่ายแรงดัน ที่ 12 โวลต์ โดยทำการวัดแบบรอบทิศทาง 360 องศา ทั้งแนวตั้งและแนวนอน โดยเลื่อนระยะการวัดทุกๆ 10 องศา ดังแสดงในรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 ไฟ LED ที่ยังไม่มีโคมไฟ

ตารางที่ 4.1 ผลที่ได้จากการวัดความเข้มแสงแบบรอบทิศทางในแนวนอนโดยที่ยังไม่มีโคมไฟ

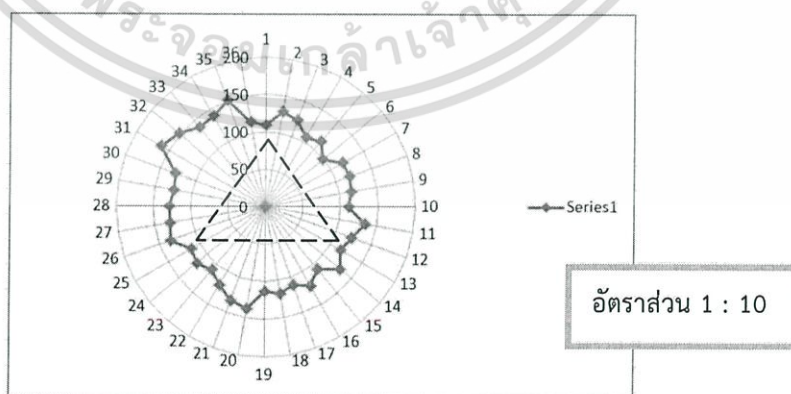
องศา	ความเข้มแสง (Lux)	องศา	ความเข้มแสง (Lux)
0	109	90	111
10	129	100	135
20	123	110	122
30	107	120	116
40	114	130	130
50	99	140	109
60	118	150	122
70	119	160	111
80	116	170	118

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ผลที่ได้จากการวัดความเข้มแสงแบบรอบทิศทางในแนวนอนโดยที่ยังไม่มีโคมไฟ

องศา	ความเข้มแสง (Lux)	องศา	ความเข้มแสง (Lux)
180	113	280	125
190	138	290	129
200	133	300	162
210	121	310	152
220	110	320	138
230	119	330	140
240	114	340	151
250	135	350	115
260	130	360	109
270	129	-	-

เมื่อนำผลการทดลองในตารางที่ 4.1 การวัดค่าความเข้มแสงที่วัดทั้ง 360 องศาในแนวนอน มาพล็อตกราฟจะได้ ในรูปที่ 4.21 โดยเส้นประสามเหลี่ยม แสดงทิศทางการวางหลอดไฟ LED



รูปที่ 4.21 กราฟที่พล็อตได้จากค่าความเข้มแสง 360 องศา แบบแนวนอน

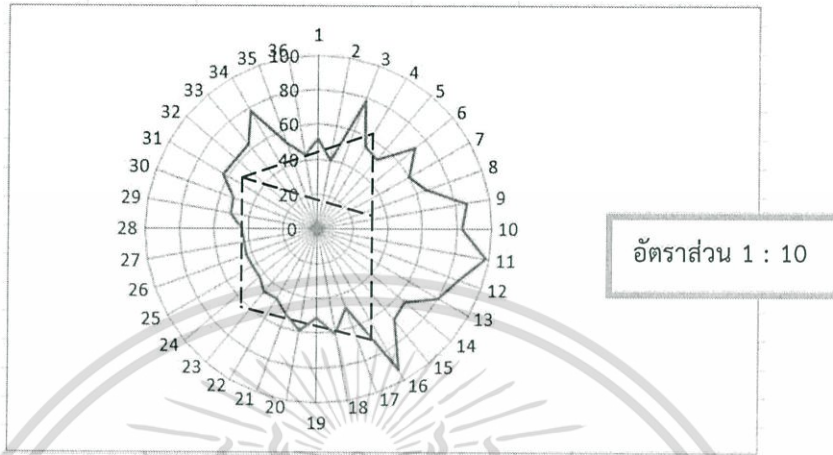
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลที่ได้จากการวัดความเข้มแสงแบบรอบทิศทางในแนวตั้งโดยที่ยังไม่มีโคมไฟ

องศา	ความเข้มแสง (Lux)	องศา	ความเข้มแสง (Lux)
0	52	190	59
10	40	200	52
20	78	210	46
30	54	220	47
40	52	230	43
50	72	240	43
60	60	250	44
70	66	260	43
80	87	270	44
90	83	280	51
100	98	290	52
110	86	300	63
120	80	310	62
130	65	320	63
140	68	330	78
150	93	340	52
160	48	350	43
170	61	360	52
180	51	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำผลการทดลองในตารางที่ 4.2 การวัดค่าความเข้มแสงที่วัดทั้ง 360 องศาในแนวตั้ง โดยเลื่อนระยะทุกๆ 10 องศา มาพล็อตกราฟจะได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 กราฟที่พล็อตได้จากค่าความเข้มแสง 360 องศา แบบแนวตั้ง

4.5.3 การทดลองวัดความสว่างของไฟ LED ที่มีโคมไฟ

การวัดความสว่างของไฟ LED โดยมีโคมไฟ ทำการจ่ายแรงดัน ที่ 12 โวลต์ โดยทำการวัดแบบรอบที่ทาง 360 องศา ทั้งแนวตั้งและแนวนอน โดยเลื่อนระยะการวัดทุกๆ 10 องศา ดังแสดงในรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 ไฟ LED ที่มีโคมไฟ

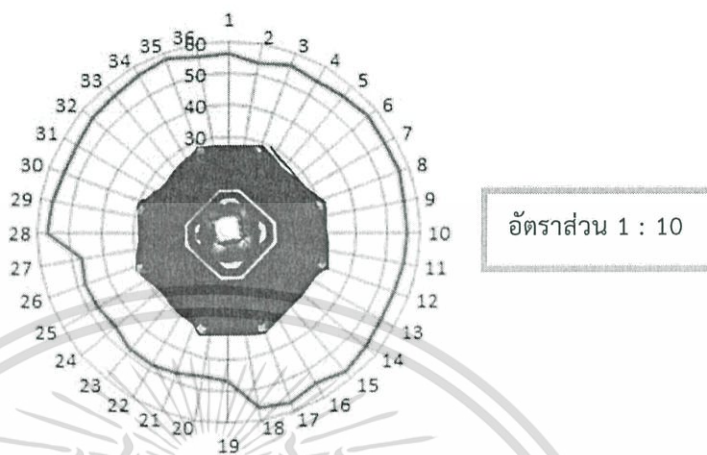
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลที่ได้จากการวัดความเข้มแสงแบบรอบทิศทางในแนวนอนที่มีคอมพิวเตอร์

องศา	ความเข้มแสง (Lux)	องศา	ความเข้มแสง (Lux)
0	56	190	46
10	54	200	47
20	56	210	48
30	55	220	48
40	56	230	46
50	57	240	47
60	56	250	48
70	57	260	47
80	56	270	57
90	56	280	56
100	56	290	55
110	55	300	55
120	55	310	56
130	56	320	56
140	57	330	57
150	55	340	58
160	57	350	56
170	56	360	56
180	47	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำผลการทดลองในตารางที่ 4.3 การวัดค่าความเข้มแสงที่วัดทั้ง 360 องศาในแนวนอน โดยเล็กระยะการวัดทุกๆ 10 องศา มาพล็อตกราฟจะได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 กราฟที่พล็อตได้จากค่าความเข้มแสง 360 องศา แบบแนวนอน

ตารางที่ 4.4 ผลที่ได้จากการวัดความเข้มแสงแบบรอบทิศทางในแนวตั้งที่มีคอมพิวเตอร์

องศา	ความเข้มแสง (Lux)	องศา	ความเข้มแสง (Lux)
0	55	120	41
10	67	130	44
20	49	140	47
30	47	150	51
40	45	160	57
50	43	170	55
60	44	180	55
70	41	190	43
80	39	200	47
90	30	210	34
100	37	220	27
110	35	230	20

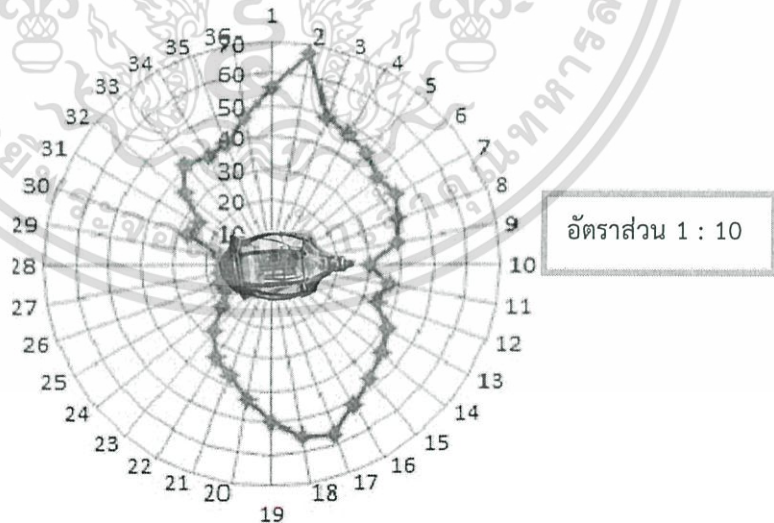
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) ผลที่ได้จากการวัดความเข้มแสงแบบรอบทิศทางในแนวตั้งโดยที่มีโคมไฟ

องศา	ความเข้มแสง (Lux)	องศา	ความเข้มแสง (Lux)
240	16	310	35
250	17	320	41
260	16	330	39
270	15	340	40
280	16	350	47
290	27	360	55
300	26	-	-

เมื่อนำผลการทดลองในตารางที่ 4.4 การวัดค่าความเข้มแสงที่วัดทั้ง 360 องศาในแนวตั้งโดยเลื่อนระยะทุกๆ 10 องศา มาพล็อตกราฟจะได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.25

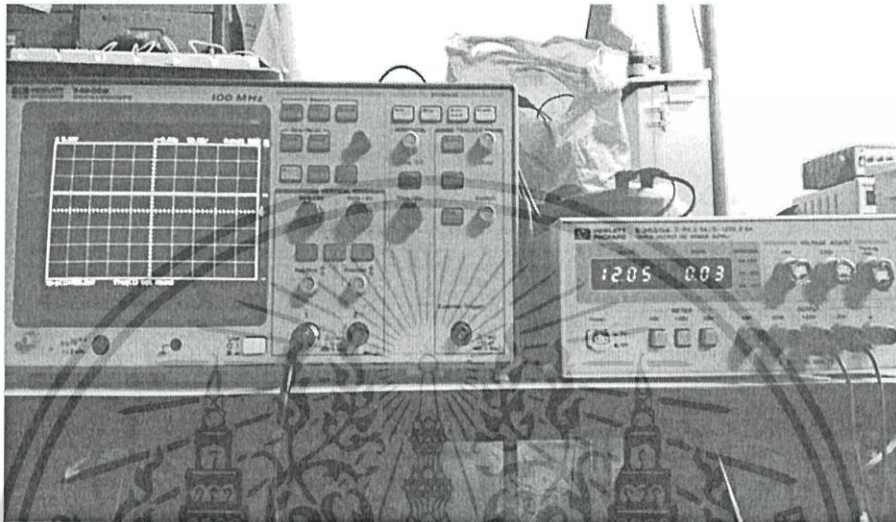


รูปที่ 4.25 กราฟที่พล็อตได้จากค่าความเข้มแสง 360 องศา แบบแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

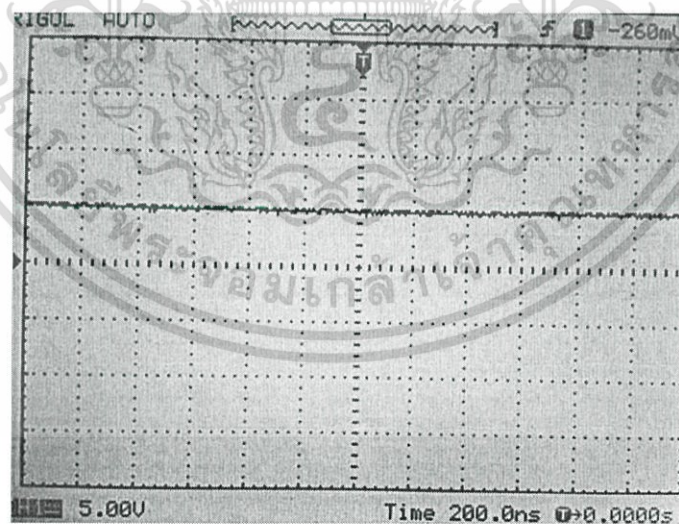
4.6 การทดลองวงจรพาวเวอร์ซัพพลาย

วงจรเรกกูเลเตอร์ 7805 เป็นวงจรที่ทำกรแปลงไฟตรง ป้อนไฟตรงที่มีขนาด +12 โวลต์ ที่ขาอินพุต และจะได้ไฟตรงที่มีขนาด +5 โวลต์ที่ขาเอาต์พุต ดังแสดงในรูปที่ 4.26



รูปที่ 4.26 การทดลองการทำงานของวงจรเรกกูเลเตอร์ 7805

และจะได้สัญญาณไฟตรง +5 โวลต์ จากวงจรเรกกูเลเตอร์ 7805 ดังแสดงในรูปที่ 4.27

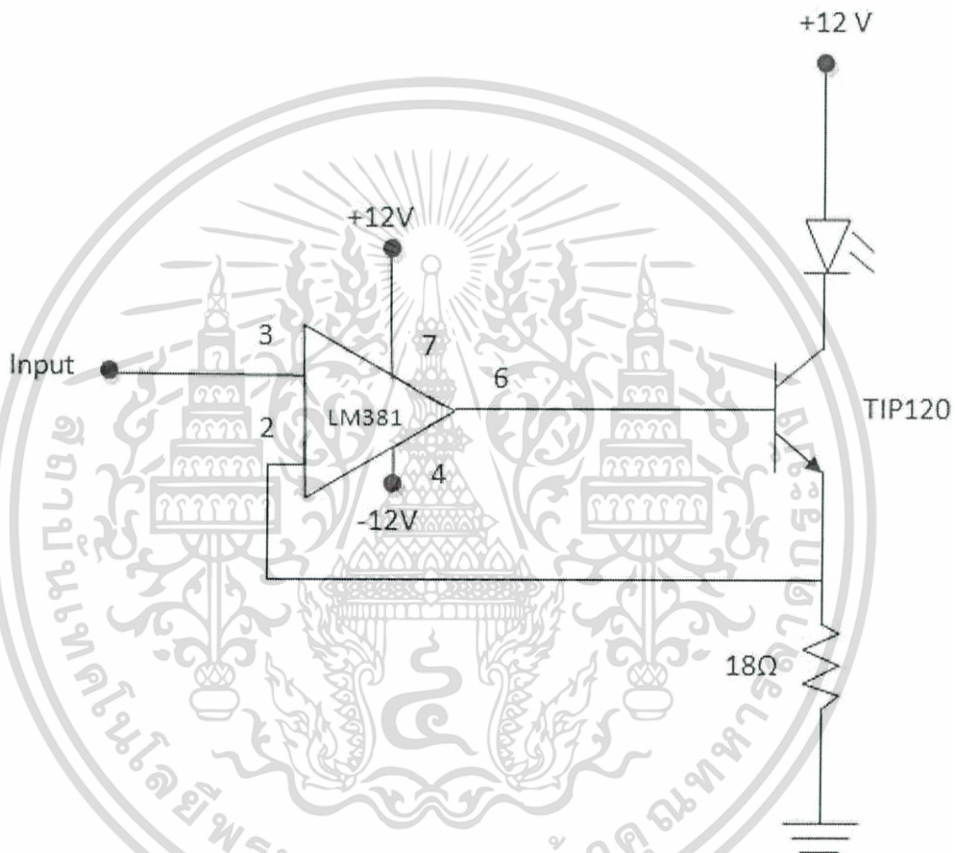


รูปที่ 4.27 สัญญาณเอาต์พุตไฟตรง +5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

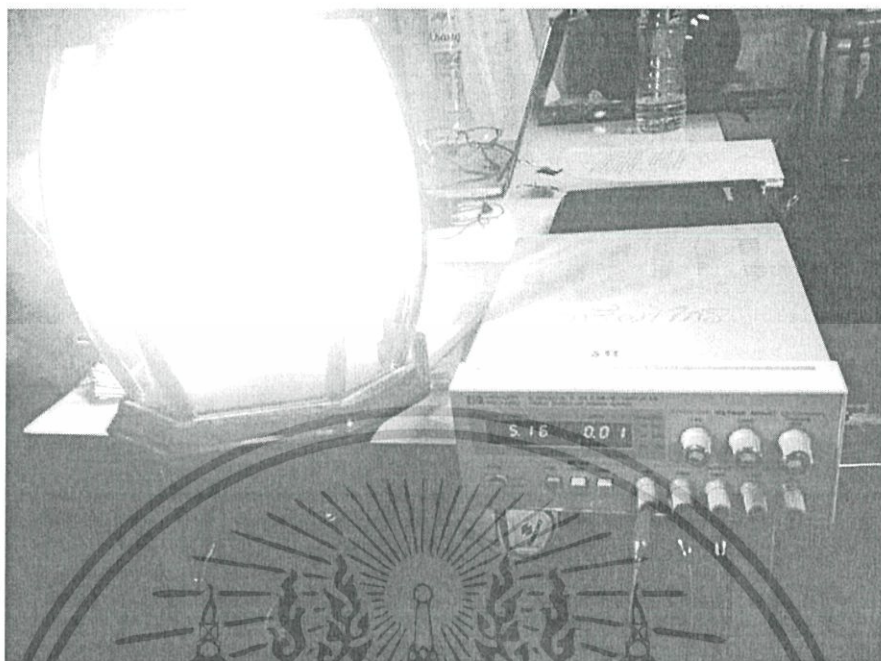
4.7 การทดลองใช้วงจรขับไฟ LED ที่ได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นสวิตช์สำหรับวงจรไฟ LED

การทดลองใช้วงจรขับไฟ LED ที่ได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นสวิตช์สำหรับวงจรไฟ LED โดยการต่อเข้ากับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ดังแสดงในรูปที่ 4.28



รูปที่ 4.28 การทดลองใช้วงจรขับไฟ LED

ทดลองให้ไฟตรง 5 โวลต์ ที่ขาอินพุตของวงจรดังแสดงในรูปที่ 4.28 เพื่อแทนไฟตรงที่เข้ามาจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการทดสอบวงจรขับ จะเห็นได้ว่าเมื่อมีไฟตรง 5 โวลต์ เข้ามาที่วงจรไฟจะติด เมื่อป้อนไฟตรงที่มีแรงดันไม่ถึง 5 โวลต์ โคมไฟจะดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.29 และ 4.30 ตามลำดับ



รูปที่ 4.29 ไฟ LED สว่าง

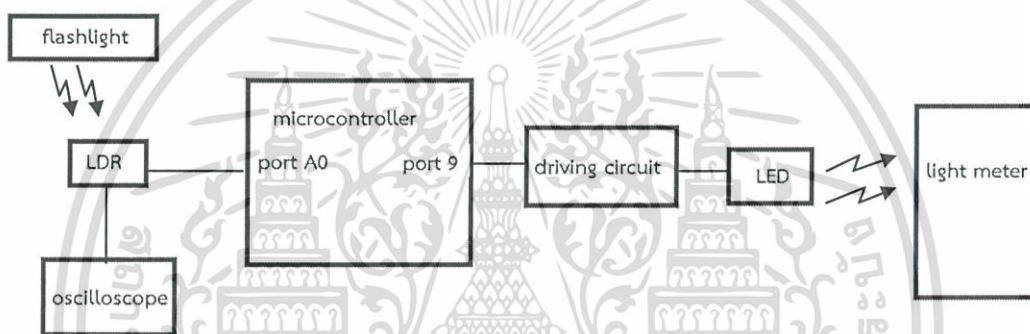


รูปที่ 4.30 ไฟ LED ไม่สว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

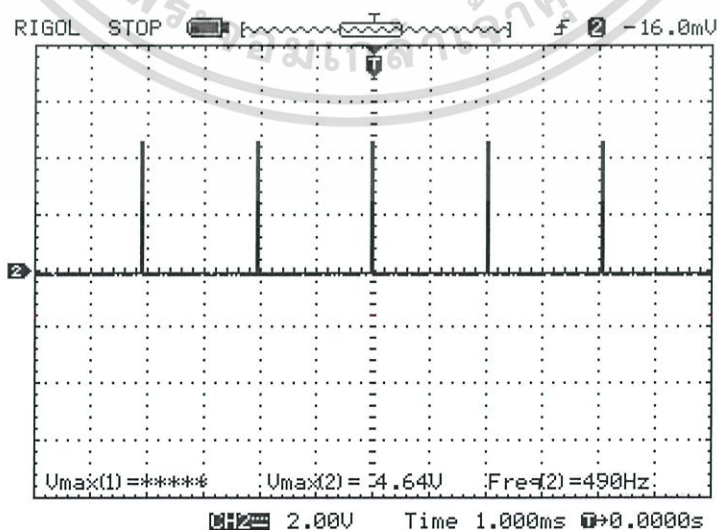
4.8 การทดสอบคุณลักษณะสัญญาณ PWM จากการเปลี่ยนค่าของ LDR ค่าที่แสดงจากซีเรียลมอนิเตอร์ และค่าความเข้มแสง

ทำการทดสอบคุณลักษณะสัญญาณ PWM จากการเปลี่ยนค่าของ LDR โดยวัดผ่านเครื่องออสซิลโลสโคป เทียบกับค่าที่แสดงจากหน้าต่างโปรแกรมอาร์ดูอิโน้ และเทียบกับค่าความเข้มแสงจากแอปพลิเคชัน Light Meter โดยทั้งหมดทดสอบในห้องมืด แล้วค่อยปรับความสว่างเพิ่มเข้าใกล้ LDR ขึ้นเรื่อยๆ จนใกล้ LDR มากที่สุด เพื่อการชัดเจนจึงแบ่งการเก็บผลทดสอบเป็นสามลักษณะ คือ ขณะที่แสงสว่างแวดล้อมมาก(976 Lux) ปานกลาง(615 Lux) และน้อย(12 Lux) ดังแสดงในรูปที่ 4.31



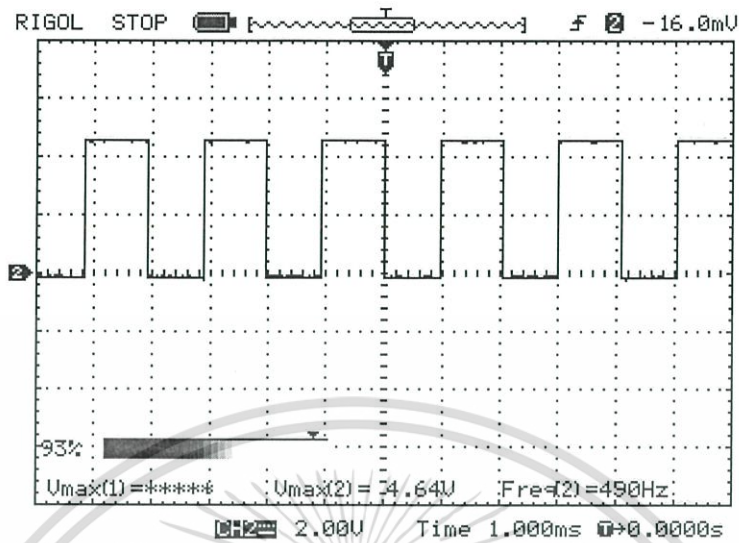
รูปที่ 4.31 การทดลองการใช้งาน PWM

เมื่อนำมาวัดเพื่อคุณลักษณะสัญญาณพัลส์จากเครื่องออสซิลโลสโคป ขณะที่มีความเข้มแสงจากสภาพแวดล้อมมาก(976 Lux) ปานกลาง(615 Lux) และน้อย(12 Lux) จะได้สัญญาณพัลส์ ที่มีความกว้างแปรผกผันกับความเข้มแสง ดังแสดงในรูปที่ 4.32 4.33 และ 4.34 ตามลำดับ

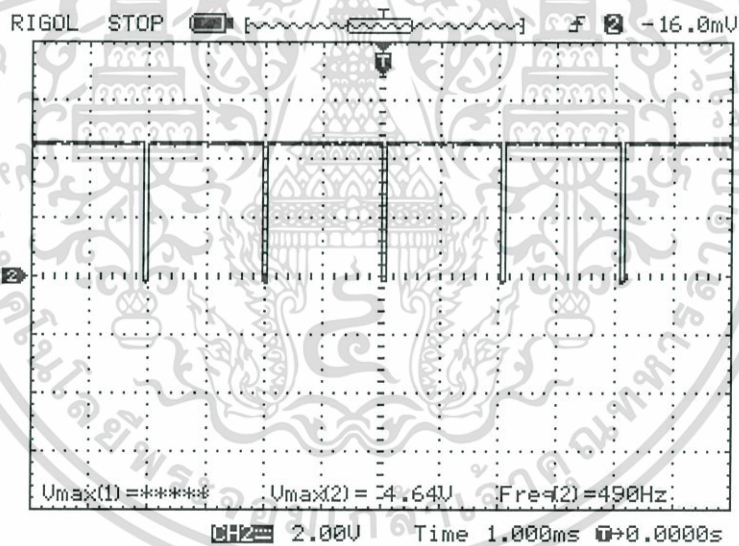


รูปที่ 4.32 สัญญาณพัลส์เมื่อขณะมีแสงสว่างจากสภาพแวดล้อม 976 Lux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



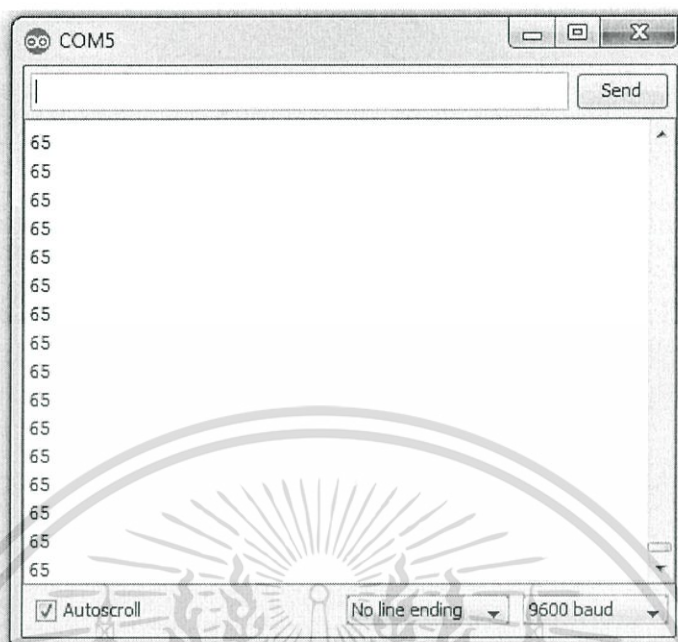
รูปที่ 4.33 สัญญาณพัลส์เมื่อขณะมีแสงสว่างจากสภาพแวดล้อม 615 Lux



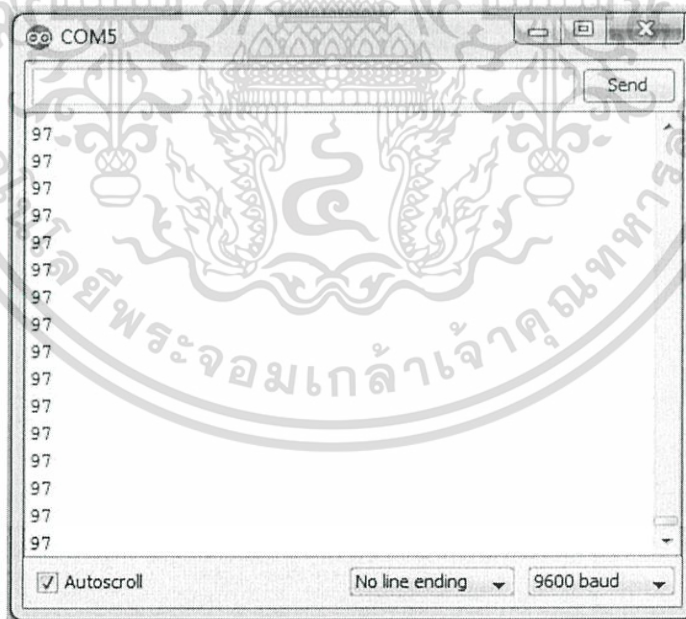
รูปที่ 4.34 สัญญาณพัลส์เมื่อขณะมีแสงสว่างจากสภาพแวดล้อม 12 Lux

เมื่ออ่านค่าจากซีเรียล มอนิเตอร์ จากโค้ดบนโปรแกรม ขณะที่มีแสงสว่างจากสภาพแวดล้อมมาก ปานกลาง และน้อย จะได้ค่าจากซีเรียล มอนิเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.35 4.36 และ 4.37 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

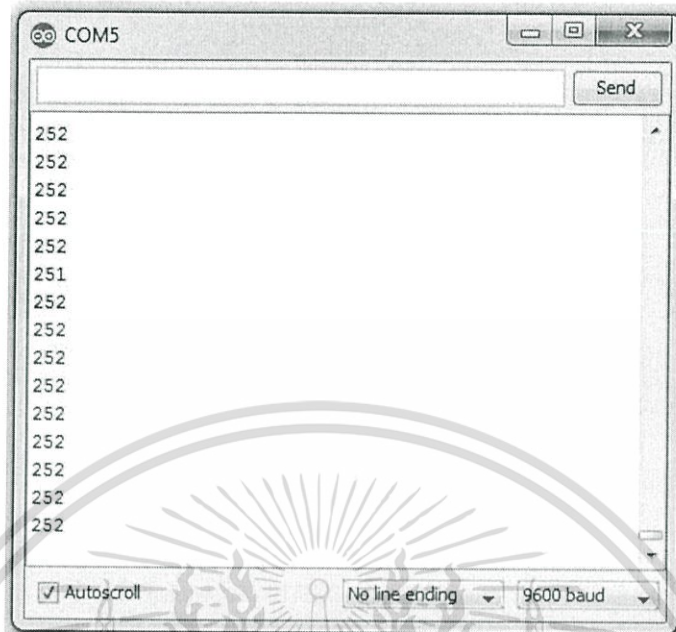


รูปที่ 4.35 ค่าจากซีเรียล มอนิเตอร์ขณะมีแสงสว่างจากสภาพแวดล้อม 976 Lux



รูปที่ 4.36 ค่าจากซีเรียล มอนิเตอร์ขณะมีแสงสว่างจากสภาพแวดล้อม 615 Lux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.37 ค่าจากซีเรียล มอนิเตอร์ขณะมีแสงสว่างจากสภาพแวดล้อม 12 Lux

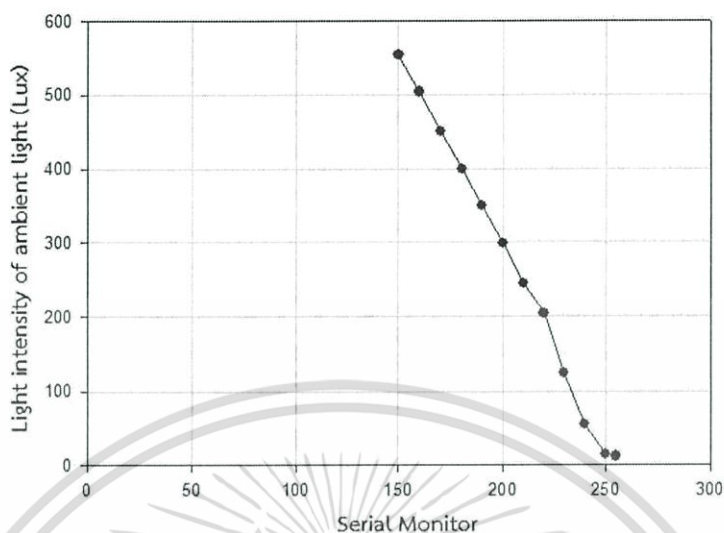
4.9 การเก็บค่าผลการทดสอบความเข้มแสงของโคมไฟ LED

การเก็บค่าผลการทดสอบความเข้มแสงของโคมไฟ LED เป็นการวัดเก็บค่าเทียบกันระหว่างค่าความเข้มแสงจากสภาพแวดล้อม ค่าความเข้มแสงจากโคมไฟ LED ค่าความเข้มแสงรวมจากสภาพแวดล้อมจากโคมไฟ LED ที่ระยะ 1 เมตรที่ออกแบบให้มีความสว่างประมาณ 75 Lux ค่าแรงดันที่ตกคร่อมโคมไฟ LED ค่ากระแสที่ไหลผ่านโคมไฟ LED ค่ากำลังไฟฟ้าของโคมไฟ LED และค่าจากซีเรียล มอนิเตอร์ ขณะที่โคมไฟ LED กำลังใช้งาน ตั้งแต่สภาพแวดล้อมช่วงบ่าย จนถึงสภาพแวดล้อมช่วงกลางวันที่มีตสนิท

ตารางที่ 4.5 ผลจากการทดสอบความสว่างของไฟ LED ปรับความสว่างสอดคล้องกับความเข้มแสง

ค่าความเข้มแสงสว่างจากสภาพแวดล้อม (Lux)	ค่าความเข้มแสงสว่างจากสภาพแวดล้อม รวมกับความเข้มแสงสว่างจากโคมไฟ LED ที่ระยะ 1 เมตร (Lux)	ค่าความเข้มแสงสว่างจากโคมไฟ LED (Lux)	ค่าแรงดันที่ตกคร่อมโคมไฟ LED (โวลต์)	ค่ากระแสที่ไหลผ่านโคมไฟ LED (แอมป์)	ค่ากำลังไฟฟ้าของโคมไฟ LED (วัตต์)	ค่าจากซีเรียลมอนิเตอร์
554	76	271	8.35	0.053	0.46	150
504	75	294	8.38	0.058	0.49	160
451	75	307	8.45	0.063	0.53	170
399	76	352	8.50	0.071	0.60	180
350	75	398	8.63	0.075	0.64	190
298	75	416	8.71	0.077	0.67	200
244	75	450	8.72	0.080	0.70	210
203	77	485	8.80	0.083	0.73	220
124	77	566	8.83	0.088	0.77	230
55	76	601	8.86	0.091	0.81	240
15	75	726	8.95	0.095	0.85	250
12	76	735	9.02	0.098	0.88	255

จะเห็นได้ว่าค่าความเข้มแสง ณ บริเวณที่ติดตั้งโคมไฟ จะมีค่าคงที่อยู่ประมาณ 75 – 77 Lux เนื่องจากโคมไฟปรับความสว่างให้สอดคล้องกับสภาพแสงสว่างจากภายนอกและเมื่อนำค่าความเข้มแสงจากโคมไฟ LED มาพล็อตกราฟเทียบค่าจากซีเรียลมอนิเตอร์ จะได้ผลดังรูปที่ 4.38



รูปที่ 4.38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างซีเรียลมอนิเตอร์กับค่าความเข้มแสงสว่างจากสภาพแวดล้อม

จากรูปที่ 4.38 เมื่อนำค่าความเข้มแสงสว่างจากสภาพแวดล้อม (Lux) มาเทียบกับค่าจากซีเรียล มอนิเตอร์จะได้สมการดังนี้

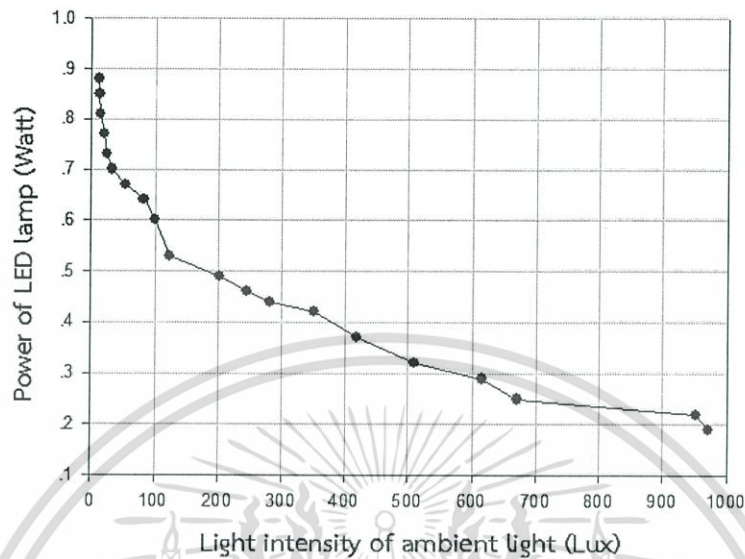
$$y = -5.3546x + 1362.9 \quad (4.1)$$

โดยค่า x คือค่าซีเรียล มอนิเตอร์

ค่า y คือค่าความเข้มแสงสว่างจากสภาพแวดล้อม (Lux)

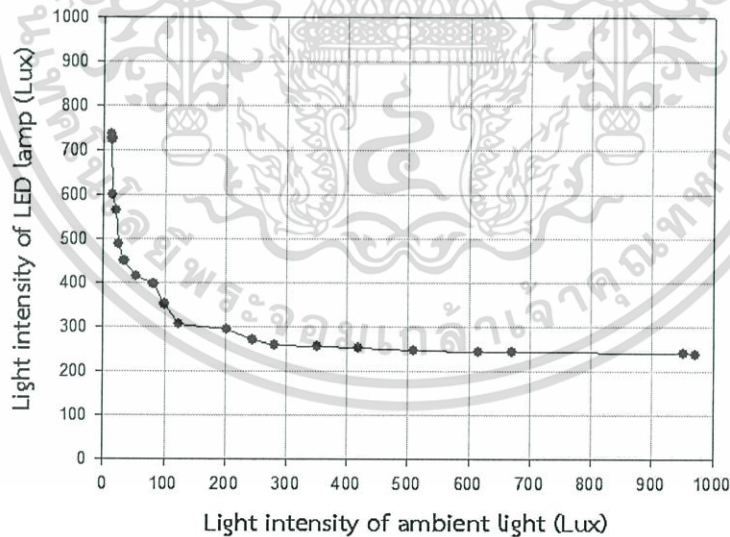
จากการทดสอบสามารถนำมาพล็อตกราฟเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของความเข้มแสงจากสภาพแวดล้อมภายนอกกับกำลังไฟฟ้าของโคมไฟ LED แสดงได้ดังรูปที่ 4.39 และความเข้มแสงจากสภาพแวดล้อมภายนอกกับความเข้มแสงจากโคมไฟ LED ดังแสดงในรูปที่ 4.40 ตามลำดับ

Light intensity of ambient light And power of LED lamp (Lux)



รูปที่ 4.39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความเข้มแสงจากสภาพแวดล้อมภายนอกกับกำลังไฟฟ้าของ
โคมไฟ LED

Light intensity of ambient light And Light intensity of LED lamp (Lux)



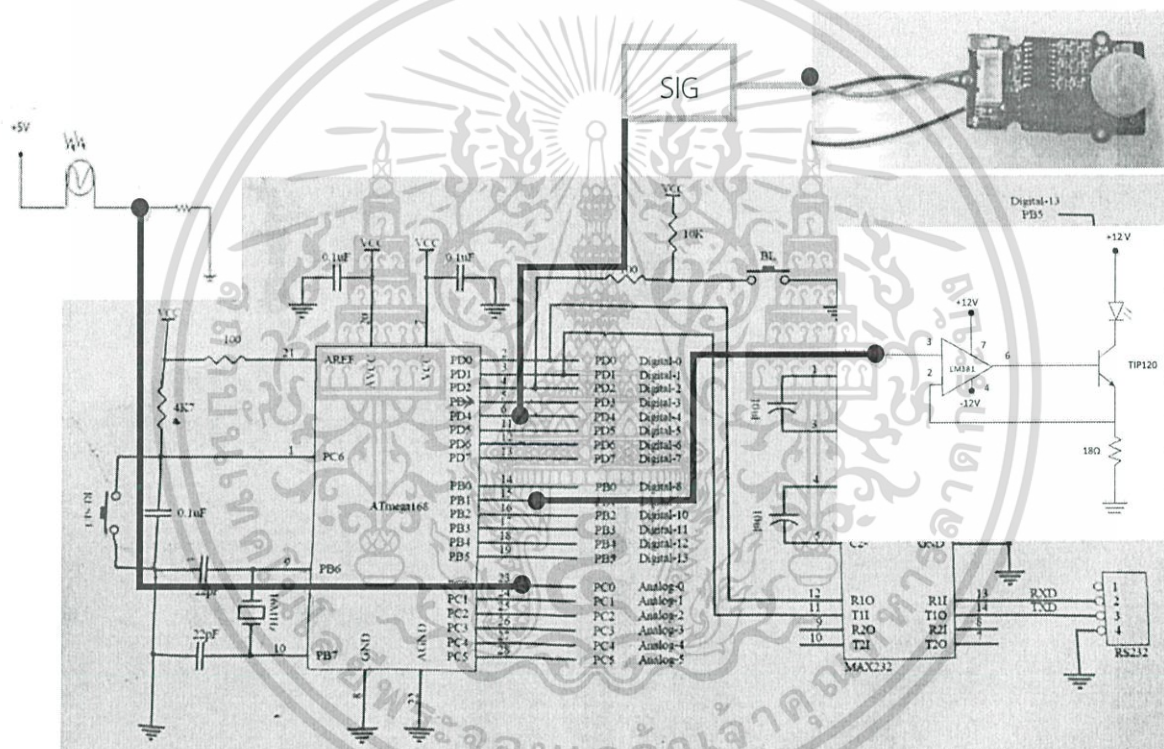
รูปที่ 4.40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความเข้มแสงจากสภาพแวดล้อมภายนอกกับความเข้มแสง
จากโคมไฟ LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10 การทดสอบระบบรวมทั้งหมด เพื่อเก็บผลการทดลองที่สามารถใช้งานได้จริง

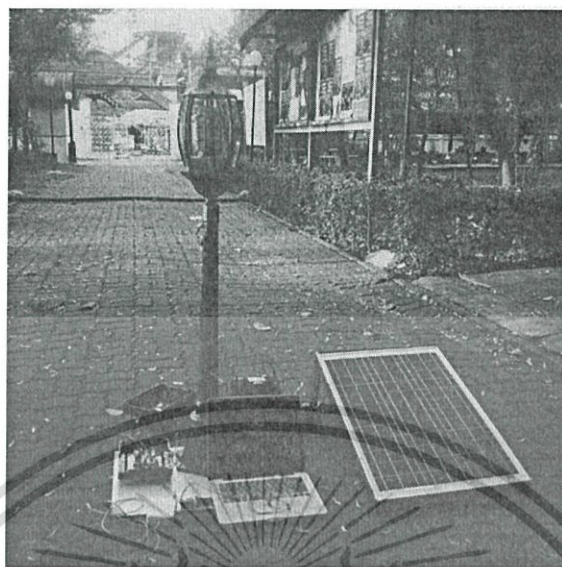
การทดลองระบบรวมทั้งหมดที่เป็นไปตามขอบเขตที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อเก็บผลการทดลองสามารถทำการต่อวงจรทั้งหมดดังแสดงในรูปที่ 4.41

ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองระบบรวมทั้งหมดนั้นจะได้ว่า เมื่อเวลากลางวันที่มีแสงสว่างมาก LED ในโคมโไฟจะไม่สว่าง แต่ถ้าเป็นเวลากลางคืน LED ในโคมโไฟจะสว่างเมื่อมีการตรวจจับความเคลื่อนไหวจากเซนเซอร์ จะสว่างเป็นเวลา 10 วินาที แต่ถ้าไม่มีการตรวจจับความเคลื่อนไหวจากเซนเซอร์ LED ในโคมโไฟจะไม่สว่าง แสดงได้ดังรูปที่ 4.42 4.43 และ 4.44 ตามลำดับ



รูปที่ 4.41 การทดสอบระบบรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

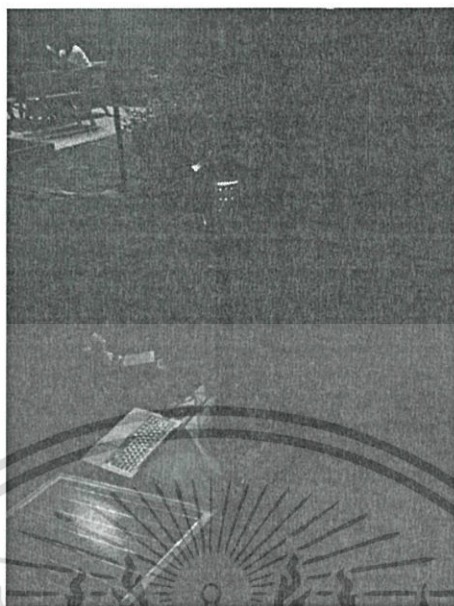


รูปที่ 4.42 โคมไฟ LED ในเวลากลางวัน



รูปที่ 4.43 โคมไฟ LED ในเวลากลางคืนเมื่อมีการตรวจจับความเคลื่อนไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.44 โคมไฟ LED ในเวลากลางคืนเมื่อไม่มีการตรวจจับความเคลื่อนไหว

4.11 การคำนวณความสามารถในการประหยัดพลังงานของชั้นงานโคมไฟ

ตารางที่ 4.6 แสดงความสามารถประหยัดพลังงานของชั้นงานโคมไฟ LED เทียบกับ หลอดไฟทั่วไป

	หลอด LED ใน โคมไฟ (27หลอด)	หลอดไส้	หลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์ ซั้วเกลียว	หลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์ ซั้วเสียบ
ค่าความสว่าง (ลูเมน)	780.76	730	520	900
ขนาด(วัตต์)	0.86	60	8	11

โดยค่าความสว่างลูเมนหาได้จาก $1\text{Lux} = 10.76\text{lm} / \text{ft}^2$ ดังนั้น โคมไฟ LED สว่างสูงสุด 78 Lux จึงได้เท่ากับ 780.76 ลูเมน

การประหยัดพลังงานหรือค่าไฟฟ้าที่ใช้ สามารถเทียบได้จากการคิดค่าไฟที่ใช้ในหน่วยยูนิต โดย
 1 ยูนิต = [กำลังไฟฟ้า (วัตต์) ของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการคำนวณ/1000] x จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่
 ต้องการคำนวณ x จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานในหนึ่งวัน แบ่งการเปรียบเทียบสองแบบ แบบแรกคือ เปิด
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โคมไฟ LED ให้สว่างที่สุด และแบบสองคือ เปิดโคมไฟ LED ที่มีการปรับความสว่างตามสภาพแวดล้อม ณ เวลาต่างๆ แล้วนำทั้งสองแบบมาเทียบค่าไฟฟ้าที่ใช้กับหลอดไส้ หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ขั้วเกลียว และหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ขั้วเสียบ ในช่วงเวลาตั้งแต่ 17.00 น. ถึง 22.00 น. ซึ่งเป็นระยะเวลารวม 5 ชั่วโมง เมื่อทราบจำนวนยูนิตแล้ว จะสามารถคำนวณค่าไฟฟ้าได้โดยเปรียบเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าได้ดังนี้

5 หน่วย หน่วยละ 0.00 บาท

10หน่วยต่อไป (หน่วยที่6 - 15) หน่วยละ 1.3576 บาท

10หน่วยต่อไป (หน่วยที่16 - 25) หน่วยละ 1.5445 บาท

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าไฟที่ใช้ของชิ้นงานโคมไฟ LED เทียบกับ หลอดไฟทั่วไป ในช่วงการคิดค่าไฟฟ้าระหว่างหน่วยที่ 6 - 15

	หลอด LED ใน โคมไฟ (27หลอด)	หลอดไส้	หลอดคอม แพกต์ฟลูออเรส เซนต์ ขั้วเกลียว	หลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์ ขั้วเสียบ
เปิดโคมไฟ LED ที่ความสว่าง สูงสุด(0.86 วัตต์)	0.0058 บาท	0.4073 บาท	0.0543 บาท	0.0747 บาท
เปิดโคมไฟ LED ที่มีการปรับความ สว่างตาม สภาพแวดล้อม (เฉลี่ย 0.68 วัตต์)	0.0046 บาท	0.4073 บาท	0.0543 บาท	0.0747 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ปฏิญานิพนธ์นี้ได้ออกแบบโคมไฟทางเดินพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้บริเวณพื้นที่ทางเดินในสวนภายในที่พักอาศัย หรืออาคาร เพื่อเพิ่มความสะดวกรสบายและลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น คือไฟ LED ของโคมไฟจะทำงานก็ต่อเมื่อเป็นได้รับการตรวจจับจากเซนเซอร์ LDR ว่าเป็นเวลากลางคืนหรือมีความมืดเท่านั้น และ PIR motion sensor ได้รับการตรวจจับว่ามีคนเดินผ่านในบริเวณโคมไฟ โดยถ้าเซนเซอร์ทั้งสองไม่ได้ตรวจจับพบพร้อมกัน ไฟ LED จากโคมไฟจะไม่ทำงาน อีกทั้งความสว่างของไฟ LED จะสว่างแปรผกผันตามความสว่างของบรรยากาศแวดล้อม แล้วในเวลากลางวันก็จะเป็นเวลาชาร์จพลังงานจากแสงอาทิตย์ เข้าสู่แบตเตอรี่เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานให้โคมไฟในคืนต่อไป

จากการทดลองในปฏิญานิพนธ์นี้พบว่าระบบการทำงานโดยรวมถือว่ามีการทำงานเป็นที่น่าพอใจ และมีความสามารถประหยัดพลังงานมากกว่าหลอดไฟทั่วไป

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

การทำปฏิญานิพนธ์นี้ปัญหาที่พบส่วนมากจะเป็นการออกแบบให้ชิ้นงานเมื่อเสร็จแล้วมีความสามารถที่เหมาะสมกับต้นทุน และมีประสิทธิภาพที่มากกว่าโคมไฟทางเดินทั่วไป อีกทั้งเวลาทดสอบระบบจริงยังต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมจริงด้วย ส่วนข้อเสนอแนะ มีดังต่อไปนี้

- 1.ปฏิญานิพนธ์นี้มีความละเอียดอ่อนในการตรวจจับเพื่อให้ได้ความแม่นยำที่สามารถใช้งานได้จริง ดังนั้นต้องใช้อุปกรณ์ที่มีความสามารถและครอบคลุมการใช้งาน

- 2.ปฏิญานิพนธ์นี้ต้องใช้อุปกรณ์ในการต่อวงจรที่ใช้ในระบบค่อนข้างเยอะ ดังนั้น ควรมีความรอบคอบในการต่อวงจร เพื่อไม่ให้วงจรระบบที่ต่อขึ้นมา เกิดความเสียหายหรือชำรุดได้

บรรณานุกรม

- [1] Sites.google.com. “ตัวต้านทานความไวแสง.”
<https://sites.google.com/site/believess20/electronics/taw-tha-n-wi-saeng-ldr>.
- [2] Wiki. “instruction cycle”.
http://en.wikipedia.org/wiki/Instruction_cycle#Circuits_Used.
- [3] Arduino.cc. “Arduino Software”.
<http://arduino.cc/en/Main/Software>.
- [4] Blogger Gravitech. “เริ่มเขียนโปรแกรม.”
<https://www.gravitechthai.com/guru2.php?p=260>.
- [5] Kpp.ac.thรหัส2100-1003. “วงจรอนุกรม”.
<http://kpp.ac.th/elearning/elearning3/book-06.html>.
- [6] Kpp.ac.thรหัส2100-1003. “วงจรขนาน”.
<http://kpp.ac.th/elearning/elearning3/book-06.html>.
- [7] Wiki. “solar cell”.
http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell.
- [8] Sites.google.com. “what is solar cell”.
<http://www.solarproductsstore.com/understanding-solar-equipment/what-is-solar-cell/>.
- [9] Elearning.Chanwit. “โครงสร้างและสัญลักษณ์ของSCR.”
<http://chanwitchanon.blogspot.com/2009/05/scr.html>.
- [10] กระทรวง. “มาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง.”
<http://www.bsa.or.th/%E0%B8%81%E0%B8%8E%E0%B8%AB%E0%B8%A1%E0%B8%B2%E0%B8%A2>.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int A;

int sensor = A0;

int led = 9;

int sv = 0;

int svv = 0;

void setup()
{
  pinMode(4,INPUT);
  Serial.begin(9600);
  pinMode(led, OUTPUT);
}

void loop()
{
  A = digitalRead(4);
  sv = analogRead(sensor);
  svv = map(sv, 0, 1023, 0, 255);

  Serial.println(svv);

  if(A==HIGH)
  {
    if( svv<=160 && svv>=151 )
      analogWrite(led,50);
    if(svv<=170 && svv>=161)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
  analogWrite(led,70);
}

if(svv<=180 && svv>=171)
{
  analogWrite(led,90);
}

if(svv<=190 && svv>=181)
{
  analogWrite(led,110);
}

if(svv<=200 && svv>=191)
{
  analogWrite(led,130);
}

if(svv<=210 && svv>=201)
{
  analogWrite(led,150);
}

if(svv<=220 && svv>=211)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

analogWrite(led,170);

}

if(svv<=230 && svv>=221)

{

analogWrite(led,190);

}

if(svv<=240 && svv>=231)

{

analogWrite(led,210);

}

if(svv<=255 && svv>=241)

{

analogWrite(led,255);

}

delay(10000);

}

if(A == LOW || svv<=150){

analogWrite(led,0);

}

}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้