# ระบบควบคุมไฟส่องสว่างจากโซล่าเซลล์ด้วยโทรศัพท์มือถือ

# (Solar cell Lighting Control System By Smart Phone)


โดย

นรจ. จิรภัทร จันทร์แก้ว

นรจ.ชยานันต์ แก้วแกม

นรจ.ณัฐชัย คงถิ่น

นรจ.จักรพงศ์ ฝ่ายผนอม

นรจ.คิมหันต์ คำฮอม

นรจ.ผดุงศักดิ์ สมสวย


โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรนักเรียนจ่าทหารเรือชั้นปีที่ ๒

พรรคพิเศษ เหล่า ช่างยุทธโยธา (อิเล็กทรอนิกส์) ปีการศึกษา ๒๕๖๒


โรงเรียนอิเล็กทรอนิกส์ กองวิทยาการ กรมอิเล็กทรอนิกส์ทหารเรือ

**หัวข้อโครงงาน ระบบควบคุมไฟส่องสว่างจากโซล่าเซลล์ด้วยโทรศัพท์มือ**

**(Solar cell Lighting Control System By Smart Phone)**

**ผู้จัดทำ**


| | |
|---|---|
| นรจ.จิรภัทร | จันทร์แก้ว |
| นรจ.ชยานันต์ | แก้วแกม |
| นรจ.ณัฐชัย | คงถิ่น |
| นรจ.จักรพงศ์ | ฝ่ายผนอม |
| นรจ.คิมหันต์ | คำฮอม |
| นรจ.ผดุงศักดิ์ | สมสวย |


**ครูที่ปรึกษา**

| | |
|---|---|
| น.อ.นิบ | ทำเนียบ |
| ร.อ.เอนก | สุรินทร์ |
| พ.จ.ท.นัฐพล | ลิมบุรีธรรม |
| พ.จ.ท.สุรเดช | ลาดเหลือ |

**ปีการศึกษา ๒๕๖๒**

# บทคัดย่อ

เนื่องจากปัจจุบันการใช้สื่อการเรียนการสอนมีความหลากหลายและมีรูปแบบที่แตกต่างกันตามแต่เนื้อหาของรายวิชานั้น ๆ มีทั้งสื่อที่เป็นรูปแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอน Power Point และอื่น ๆ อีกมากมาย ตามแต่ความเหมาะสมของแต่ละเนื้อหารายวิชาซึ่งครูผู้สอนจะเลือกใช้ ทั้งนี้การเรียนการสอนของนักเรียนจ่าโรงเรียนอิเล็กทรอนิกส์นั้นเน้นที่ทักษะการปฏิบัติงานเป็นสำคัญควบคู่กับหลักวิชาการที่ถูกต้อง ในการเรียนการสอนจะมีการจำลองปัญหาในสถานการณ์จริงเพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกแก้ปัญหา รวมถึงการทดลองและการสรุปผลซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีความสนใจในการเรียนมากขึ้นส่งผลให้มีผลการเรียนที่ดีขึ้นตามไปด้วย

โครงงานสิ่งประดิษฐ์ชิ้นนี้ผู้จัดทำได้นำความรู้ที่ได้รับจากการเรียนการสอนในแต่ละวิชาทั้ง ๒ ชั้นปี รวมทั้งความรู้จากการค้นคว้าเพิ่มเติม มาบูรณาการเพื่อสร้าง ระบบการควบคุมการเปิด-ปิดไฟส่องสว่างด้วยระบบมือถือขึ้นมา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำความรู้ที่เรียนมาสู่การปฏิบัติงานจริง และเป็นการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานสะอาดและประหยัด หาได้จากธรรมชาติรวมถึงการควบคุมการเปิด – ปิด จากระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตโดยใช้โทรศัพท์มือถือเพื่อให้สามารถควบคุมการเปิด-ปิดได้ในระยะไกลเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน

# กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงงานครั้งนี้สำเร็จได้โดยการให้คำปรึกษาของที่ปรึกษาโครงงาน และความปรารถนาดีจาก น.อ.นิบ ทำเนียบ ร.อ.เอนก สุรินทร์ พ.จ.ท.นัฐพล ลิมบุรีธรรม และ พ.จ.ท.สุรเดช ลาดเหลือ

ขอขอบพระคุณ คุณครูแผนกบริการโรงเรียนอิเล็กทรอนิกส์ที่ให้การสนับสนุนในการให้คำแนะนำและความรู้ที่เกี่ยวกับโครงงานนี้ ตลอดจนให้การสนับสนุนเครื่องมือในการทำโครงงานจนลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณคุณครูประจำห้องสมุดที่ให้บริการด้านการค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงงานนี้ ตลอดจนโรงเรียนอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำให้เกิดโครงงานนี้ขึ้นมา

ความดีและประโยชน์ของคุณครูทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและประสิทธิ์ประสานวิชาต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจ และความรู้ที่ได้มานี้ส่งผลให้การทำโครงงานนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายนี้คณะจัดทำโครงงานใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้การสนับสนุนในด้านต่าง ๆ แก่ผู้จัดทำโครงงาน

คณะผู้จัดทำ

นรจ.จิรภัทร จันทร์แก้ว

นรจ.ชยานันต์ แก้วแกม

นรจ.ณัฐชัย คงถิ่น

นรจ.จักรพงศ์ ฝ่ายผนอม

นรจ.คิมหันต์ คำฮอม

นรจ.ผดุงศักดิ์ สมสวย

# สารบัญ


| | |
|---|---|
| บทคัดย่อ | ก |
| กิตติกรรมประกาศ | ข |
| บทที่ 1 | 7 |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญ | 7 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 7 |
| 1.3 สมมุติฐาน | 7 |
| 1.4 ขอบเขตโครงงาน | 8 |
| 1.5 ประโยชน์ของโครงงานที่คาดว่าจะได้รับ | 8 |
| บทที่ 2 | 9 |
| ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 9 |
| 2.1 ความรู้เกี่ยวกับโซล่าเซลล์ เบื้องต้น | 9 |
| 2.1.1 หลักการทำงานโซลาร์ เซลล์ | 9 |
| 2.1.2 แผงโซล่าเซลล์แบ่งออกเป็น 3 ชนิด | 10 |
| 2.1.2.1. แผงโซล่าเซลล์ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline Silicon Solar Cells) | 10 |
| 2.1.2.2. แผงโซล่าเซลล์ชนิด โพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline Silicon Solar Cells) | 11 |
| 2.1.2.3. แผงโซล่าเซลล์ชนิด ฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cells) | 12 |
| 2.2 คอนโทรลชาร์จโซล่าเซลล์ | 13 |
| 2.2.1. คอนโทรลชาร์จโซล่าเซลล์ solar charge controller | 14 |
| 2.2.1.1. PWM (Pulse Width Modulation) | 14 |
| 2.2.1.2. MPPT (Maximum Power Point Tracking) | 15 |
| 2.3 แบตเตอรี่ (Battery) | 15 |

**สารบัญ(ต่อ)**


2.3.1 ความสามารถในการจัดเก็บพลังงาน 16

2.3.2 ประเภทของแบตเตอรี่ 16

2.3.2.1. แบตเตอรี่ปฐมภูมิ 16

1. ถ่านคาร์บอนเคลือบสังกะสี (Carbon-zinc cells) 16

2. ถ่านอัลคาไลน์แบบใช้แล้วทิ้ง (Disposable alkaline cells) 17

3. ถ่านอัลคาไลน์รีชาร์จ (Rechargeable alkaline) 17

4. ถ่านลิเธียม (Lithium cells) 17

5. ถ่านนิกเกิลแคดเมียมหรือนิแคด (Nickel-cadmium cells, Nicads) 18

6. ถ่านนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ (Nickel-metal hydride, NiMH) 18

2.3.2.2. แบตเตอรี่ทุติยภูมิ 18

2.4 ความรู้เกี่ยวกับคอนเวอร์เตอร์ 19

2.4.1 ชนิดConverter (คอนเวอร์เตอร์) 20

1. DC to DC Converter: Step-Down ( บัคคอนเวอร์เตอร์ ) 20

2. DC to DC Converter: Step-Up (วงจรบูส คอนเวอร์เตอร์ ) 20

3. DC to DC Converter: Buck-Boost 20

2.5. ความรู้เกี่ยวกับEsp8266 20

2.6. ความรู้เกี่ยวกับรีเลย์ 22

2.6.1. ประเภทของรีเลย์ 22

2.6.2. ชนิดของรีเลย์ 23

2.6.3. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับรีเลย์ 24

2.6.4. ประโยชน์ของรีเลย์ 24

2.6.5. คุณสมบัติที่ดีของรีเลย์ 24

**สารบัญ(ต่อ)**


| | |
|---|---|
| 2.7. ความรู้เกี่ยวกับจอLCD | 25 |
| 2.8. ความรู้เกี่ยวกับสปอร์ตไลท์ | 26 |
| 2.9. โมดูลวัดกระแสและแรงดันVoltage Current Sensor | 26 |
| 2.10. Blynk Application | 27 |
| 2.11 Arduino Uno R3 | 29 |
| บทที่ 3 | 30 |
| 3.1. วิธีการดำเนินงาน | 30 |
| 3.2. แผนการดำเนินงาน | 31 |
| 3.3. ตารางวัสดุอุปกรณ์ | 32 |
| 3.4. ขั้นตอนการดำเนินงาน | 34 |
| 3.4.1. วางแผนออกแบบวงจรควบคุมการเปิด-ปิดไฟ และ จัดเตรียมอุปกรณ์ | 34 |
| 3.4.2. ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมการควบคุม | 34 |
| 3.4.3. การทำชิ้นโครงงาน | 35 |
| 3.4.3.1. การเจาะเหล็กฐานชิ้นโครงงาน | 35 |
| 3.4.3.2. การเชื่อมฐานของชิ้นโครงงาน | 35 |
| 3.4.3.3. การเจียสีออก | 36 |
| 3.4.3.4. การพ้นสีส่วนของงานชิ้นงาน | 36 |
| 3.4.4. การทดลองการต่อวงจร | 37 |
| 3.4.4.1. การทดลองการต่อวงจรครั้งที่ 1 | 38 |
| 3.4.3.2. การต่อวงจรทดสอบครั้งที่ 2 | 38 |

**สารบัญ(ต่อ)**

3.4.3.3. การต่อวงจรทดสอบครั้งที่3 38

3.5. ผลงานสำเร็จแล้ว 100% 38

3.6. โปรแกรมควบคุมการทำงาน 39

บทที่ 4 40

ผลการทดลอง 41

4.1. หลักการทำงานของระบบควบคุมวงจรการเปิด-ปิดไฟ 41

4.2. บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบควบคุมวงจรเปิด-ปิดไฟ 42

4.3. วงจรควบคุม 44

4.4. หลักการทำงานของระบบควบคุม 45

4.5. การทดสอบประสิทธิภาพได้ผลการศึกษา 46

บทที่ 5 47

สรุปปัญหาและข้อเสนอแนะ 47

5.1. สรุปผลปัญหา 47

5.2. ข้อเสนอแนะ 47

ภาคผนวก 48

บรรณานุกรม 49

ประวัติคณะผู้จัดทำโครงงาน 50

# สารบัญ(รูปภาพ)

ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบของโซล่าเซลล์ 9
ภาพที่ 2.2 การทำงานของโซล่าเซลล์ 9
ภาพที่ 2.3 PWM (Pulse Width Modulation) 14
ภาพที่ 2.4 MPPT (Maximum Power Point Tracking) 15
ภาพที่ 2.5 บอร์ด esp 8266 20
ภาพที่ 2.6 ESP8266 21
ภาพที่ 2.7 ESP8266 ESP-01 21
ภาพที่ 2.8 ESP8266 ESP-03 21
ภาพที่ 2.9 ESP8266 ESP-07 22
ภาพที่ 2.10 ESP8266 ESP-12E 22
ภาพที่ 2.11 ตัวอย่าง App Blynk 27
ภาพที่ 2.12 การเชื่อมต่อแบบ Server to Client 27
ภาพที่ 2.13 ภาพรวมของระบบ Network Blynk 28
ภาพที่ 2.14 ข้อมูลหน้าจอที่จะมาแสดงใน App ของเรา 28
ภาพที่ 2.15 หน้าจอของ App ที่เราได้ทำการสร้างขึ้นมา 29
ภาพที่ 2.16 Arduino Uno R3 29
ภาพที่ 3.1 แผนผังวิธีการดำเนินงาน 30
ภาพที่ 3.4.1.1 การวางแผนการออกแบบวงจร 34
ภาพที่ 3.4.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ 34
ภาพที่ 3.4.2.1 การเขียนโปรแกรม 34
ภาพที่ 3.4.3.1 แสดงการเจาะรูเพื่อจะใส่ล้อของฐานชิ้นโครงงาน 35
ภาพที่ 3.4.3.2. แสดงการเชื่อมฐานของชิ้นโครงงานให้แข็งแรง 35
ภาพที่ 3.4.3.3. แสดงการเจียสีออกเพื่อที่จะพ้นสีฐานชิ้นโครงงาน 36
ภาพที่ 3.4.3.4. แสดงการพ้นสีให้กับชิ้นโครงงานเพื่อให้ดูสวยงาม 36
ภาพที่ 3.4.3.5. การประกอบชิ้นโครงงาน 36
ภาพที่ 3.4.4.1 การทดลองการต่อวงจรลงบอร์ดทดลองโดยมีครูที่ปรึกษาช่วยให้คำแนะนำในครั้งที่ 1 37
ภาพที่ 3.4.4.2 แสดงการทดลองการต่อวงจรลงบอร์ดทดลองโดยทดลองเพื่อความถูกต้อง 37
ภาพที่ 3.4.4.3. แสดงการต่อวงจรประกอบเข้ากับชิ้นงาน 37
ภาพที่ 3.4.5. แสดงผลงานที่เสร็จสมบูรณ์แล้วสามารถสั่งการเปิด-ปิดไฟด้วยโทรศัพท์มือถือได้ 38
ภาพที่ 4.2.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรมควบคุมวงจร 41
ภาพที่ 4.2.2 แหล่งจ่าย 42
ภาพที่ 4.2.3 การจ่ายไฟเลี้ยงให้ตัวอุปกรณ์ 42
ภาพที่ 4.2.4 การควบคุมการเปิด-ปิดด้วยมือถือ 43

## สารบัญ(รูปภาพ) ต่อ

ภาพที่ 4.3.วงจรควบคุม 44
ภาพที่ 4.4. หลักการทำงานของระบบควบคุม 45
ภาพ คณะผู้จัดทำโครงงาน 50

## สารบัญ(ตาราง)

3.2.1 ตารางแผนการดำเนินงาน 31
3.3 ตารางวัสดุอุปกรณ์ 32
4.5 ตารางการทดสอบเวลาในการชาร์จแบตเตอรี่เต็มโดยใช้แผงโซล่าเซลล์ในขนาด 120 w 46

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ที่มาและความสำคัญ

โครงงานสิ่งประดิษฐ์ชิ้นนี้ผู้จัดทำได้นำความรู้ที่ได้รับจากการเรียนการสอนในแต่ละวิชาทั้ง ๒ ชั้นปี รวมทั้งความรู้จากการค้นคว้าเพิ่มเติมมาบูรณาการเพื่อสร้างระบบการควบคุมการเปิด-ปิดไฟส่องสว่างด้วยระบบมือถือขึ้นมาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำความรู้ที่เรียนมาสู่การปฏิบัติงานจริงและเป็นการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานสะอาดและประหยัดหาได้จากธรรมชาติรวมถึงการควบคุมการเปิด–ปิดจากระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยโทรศัพท์มือถือเพื่อให้สามารถควบคุมการเปิด-ปิดได้ในระยะไกล เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน

ผู้จัดทำจึงนำทั้งการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ รวมถึงการควบคุมการเปิด–ปิดจากระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยใช้โทรศัพท์มือถือเพื่อให้สามารถควบคุมการเปิด-ปิดได้ในระยะไกล มารวมเข้าด้วยกันเพื่อจัดทำโครงงานสิ่งประดิษฐ์นี้ขึ้น โดยการใช้ Application Blynk โดยการเขียนชุดคำสั่งผ่าน บอร์ด ESP8266

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อนำพลังงานแสงอาทิตย์ที่เป็นพลังงานตามธรรมชาติมาใช้งาน

2. เพื่อควบคุมไฟส่องสว่าง ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ด้วยโทรศัพท์มือถือ

3. เพื่อนำความรู้ที่ได้รับจากการเรียนหลักสูตรนักเรียนจ่าทั้ง 2 ชั้นปีมาบูรณาการเพื่อปฏิบัติงานจริง ในโครงงานสิ่งประดิษฐ์

## 1.3 สมมุติฐาน

ระบบควบคุมการเปิด-ปิดไฟด้วยโทรศัพท์มือถือ สามารถสั่งเปิด-ปิดไฟในระยะทางที่ไกล ๆ ได้และช่วยลดปัญหาในการลืมเปิด-ปิดได้ และยังช่วยประหยัดเวลาให้เรามีเวลาว่างมากขึ้น

**1.4 ขอบเขตโครงงาน**

1. ควบคุมการเปิด-ปิด ด้วยโทรศัพท์มือถือผ่านเครือข่าย Internet Wifi
2. ควบคุมการเปิด-ปิด ด้วยสวิตช์ในระบบ manual
3. ควบคุมการเปิด-ปิด ด้วย Application Blynk โดยการเขียนชุดคำสั่งผ่าน บอร์ด ESP8266

**1.5 ประโยชน์ของโครงงานที่คาดว่าจะได้รับ**

1. ได้รับความรู้ เรื่อง โซลาร์ เซลล์
2. ได้รับความรู้ เรื่องการเขียนโปรแกรมผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
3. ประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า
4. ได้รับประสบการณ์จากการทำงานเป็นทีม
5. ได้รับประสบการณ์และความชำนาญ จากการใช้เครื่องมือในการฝึกปฏิบัติงานจริง

# บทที่ 2

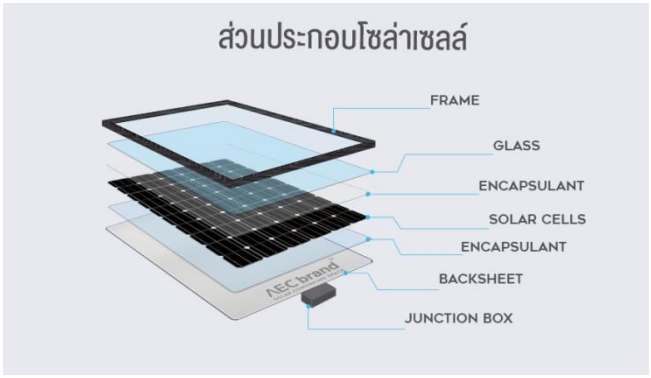
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ความรู้เกี่ยวกับโซล่าเซลล์ เบื้องต้น

Solar Cell คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ ชนิดพิเศษ ที่มีคุณสมบัติ ในการเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์ ไปเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก Solar Cell จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง +/- ซึ่งเราสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทันที รวมทั้งสามารถนำไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่ และใน Power Bank ได้

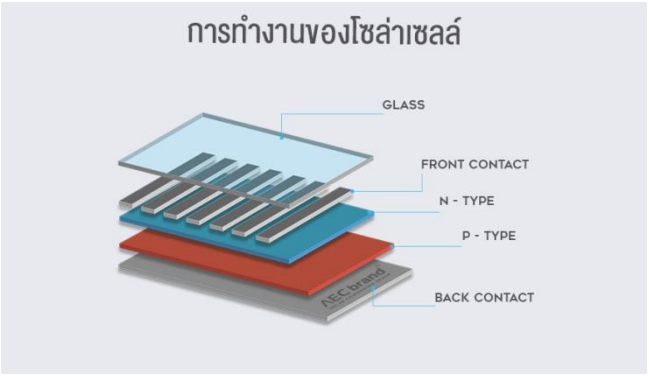
อธิบายง่ายๆดังต่อไปนี้ ดวงอาทิตย์ได้ปลดปล่อยพลังงานออกมา เป็นแสงอาทิตย์ และเดินทางมายังผิวโลก ซึ่งแสงจากดวงอาทิตย์ ประกอบด้วยอนุภาคของพลังงาน ที่เรียกว่า Photon โดย Photon จะทำหน้าที่ถ่ายเทพลังงานต่อให้กับ Electron ในสารกึ่งตัวนำของเซลล์แสงอาทิตย์ ( Solar Panel ) จนอยู่ในสถานะ Excited State ซึ่งเมื่อ Electron ได้รับพลังงานจาก Photon แล้ว ก็จะกระโดดออกมาจาก Atom และเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ

### 2.1.1 หลักการทำงานโซล่าเซลล์




ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบของโซล่าเซลล์

ที่มา : https://www.aecexport.com/




ภาพที่ 2.2 การทำงานของโซล่าเซลล์

ที่มา : https://www.aecexport.com/

1. N-Type คือแผ่นซิลิคอน ที่ผ่านกระบวนการ โดยปิ้งด้วยสารฟอสฟอรัส ทำให้มีคุณสมบัติเป็นตัวส่ง อิเล็กตรอน เมื่อได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์

2. P-Type คือแผ่นซิลิคอน ที่ผ่านกระบวนการ โดยปิ้งด้วยสารโบรอน ทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน ( โฮล ) เมื่อได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ จะมีคุณสมบัติเป็นตัวรับ อิเล็กตรอน

### 2.1.2 แผงโซล่าเซลล์แบ่งออกเป็น 3ชนิด แต่ละชนิด ความแตกต่าง ข้อดีและเสียแตกต่างกันไป

#### 2.1.2.1. แผงโซล่าเซลล์ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline Silicon Solar Cells)

แผงโซล่าเซลล์ ชนิดที่ทำมาจาก ผลึกซิลิคอนเชิงเดี่ยว (mono-Si) หรือบางทีก็เรียกว่า single crystalline (single-Si) สังเกตุค่อนข้างง่ายกว่าชนิดอื่น เพราะจะเห็นแต่ละเซลล์ลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมตัดมุมทั้งสี่มุม และมีสีเข้ม

แผงโซล่าเซลล์ ชนิดที่ทำมาจาก ผลึกซิลิคอนเชิงเดี่ยว (mono-Si) หรือบางทีก็เรียกว่า single crystalline (single-Si) สังเกตุค่อนข้างง่ายกว่าชนิดอื่น เพราะจะเห็นแต่ละเซลล์ลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมตัดมุมทั้งสี่มุม และมีสีเข้ม

แผงโซล่าเซลล์ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ นั้น เป็นชนิดที่ทำมาจากซิลิคอนที่มีความบริสุทธิ์สูง โดยเริ่มมาจากแท่งซิลิคอนทรงกระบอก อันเนื่องมาจาก เกิดจากกระบวนการ กวนให้ผลึกเกาะกันที่แกนกลาง ที่เรียกว่า Czochralski process จึงทำให้เกิดแท่งทรงกระบอก จากนั้นจึงนำมาตัดให้เป็นสี่เหลี่ยม และลบมุมทั้งสี่ออก เพื่อที่จะทำให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด และลดการใช้วัตถุดิบโมโนซิลิคอนลง ก่อนที่จะนำมาตัดเป็นแผ่นอีกที จึงทำให้เซลล์แต่ละเซลล์หน้าตาเป็นอย่างที่เห็นในแผงโซล่าเซลล์

**ข้อดี**

1. แผงโซล่าเซลล์ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ มีประสิทธิภาพสูงสุด เพราะผลิตมาจาก ซิลิคอนเกรดดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพเฉลี่ยอยู่ที่ 15-20%
2. แผงโซล่าเซลล์ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ มีประสิทธิภาพต่อพื้นที่สูงสุด เพราะว่าให้กำลังสูงจึงต้องการพื้นที่น้อยที่สุดในการติดตั้งแผงโซลล่าเซลล์ชนิดนี้ โมโนคริสตัลไลน์ สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เกือบ 4 เท่า ของชนิด ฟิล์มบางหรือ thin film
3. แผงโซล่าเซลล์ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ มีอายุการใช้งานยาวนานที่สุด โดยเฉลี่ยแล้วประมาณ 25 ปีขึ้นไป
4. แผงโซล่าเซลล์ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ ผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากว่าชนิด โพลีคริสตัลไลน์ เมื่ออยู่ในภาวะแสงน้อย

**ข้อเสีย**

1. แผงโซล่าเซลล์ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ เป็นชนิดที่มีราคาแพงที่สุด ในบางครั้งการติดตั้งด้วย แผงโซล่าเซลล์ชนิด โพลีคริสตัลไลน์ หรือชนิด thin film อาจมีความคุ้มค่ามากกว่า

2. ถ้าหาก แผงโซล่าเซลล์ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ มีความสกปรกหรือถูกบังแสงในบางส่วนของแผง อาจทำให้วงจรหรือ inverter ไหม้ได้ เพราะอาจจะทำให้เกิดโวลต์สูงเกินไป

**2.1.2.2. แผงโซล่าเซลล์ชนิด โพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline Silicon Solar Cells)**

แผงโซล่าเซลล์ชนิด โพลีคริสตัลไลน์ เป็นแผงโซล่าเซลล์ชนิดแรก ที่ทำมาจากผลึกซิลิคอน โดยทั่วไปเรียกว่า โพลีคริสตัลไลน์ (polycrystalline,p-Si) แต่บางครั้งก็เรียกว่า มัลติ-คริสตัลไลน์ (multi-crystalline,mc-Si) โดยในกระบวนการผลิต สามารถที่จะนำเอา ซิลิคอนเหลว มาเทใส่โมลด์ที่เป็นสี่หลี่ยมได้เลย ก่อนที่จะนำมาตัดเป็นแผ่นบางอีกที จึงทำให้เซลล์แต่ละเซลล์เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ไม่มีการตัดมุม สีของแผงจะออก น้ำเงิน ไม่เข้มมาก

**ข้อดี**

1. แผงโซล่าเซลล์ชนิด โพลีคริสตัลไลน์ มีขั้นตอนกระบวนการผลิตที่ง่าย ไม่ซับซ้อน จึง ใช้ปริมาณซิลิคอน ในการผลิตน้อยกว่า เมื่อเทียบกับ ชนิด โมโนคริสตัลไลน์
2. แผงโซล่าเซลล์ชนิด โพลีคริสตัลไลน์ มีประสิทธิภาพในการใช้งาน ในที่อุณหภูมิสูง ดีกว่า ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ เล็กน้อย
3. แผงโซล่าเซลล์ชนิด โพลีคริสตัลไลน์ มีราคาถูกกว่าเมื่อเทียบกับ ชนิด โมโนคริสตัลไลน์

**ข้อเสีย**

1. แผงโซล่าเซลล์ชนิด โพลีคริสตัลไลน์ มีประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 13-16% ซึ่งต่ำกว่า เมื่อเทียบกับชนิด โมโนคริสตัลไลน์
2. แผงโซล่าเซลล์ชนิด โพลีคริสตัลไลน์ มีประสิทธิภาพต่อพื้นที่ต่ำกว่า ชนิด โมโนคริสตัลไลน์แผงโซล่าเซลล์ชนิด โพลีคริสตัลไลน์ มีสีน้ำเงิน ทำให้บางครั้งอาจดูไม่สวยงาม เมื่อเทียบกับ ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ และชนิด thin film ที่มีสีเข้ม เข้ากับสิ่งแวดล้อม เช่น หลังคาบ้านได้ดีกว่า

**2.1.2.3. แผงโซล่าเซลล์ชนิด ฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cells)**

(แผงโซล่าเซลล์ อะมอร์ฟัส เป็นหนึ่งในหลายชนิด ของแบบฟิล์มบาง)

หลักการโดยทั่วไปของการผลิต โซล่าเซลล์ ชนิดฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cell, TFSC) คือ การนำเอาสารที่สามารถแปลงพลังงานจากแสงเป็นกระแสไฟฟ้า มาฉาบเป็นฟิล์มหรือชั้นบางๆ ซ้อนกันหลายๆชั้น จึงเรียก โซล่าเซลล์ชนิดนี้ว่า ฟิล์มบาง หรือ thin film ซึ่งสารฉาบที่ว่านี้ก็มีด้วยกันหลายชนิด ชื่อเรียกของ แผงโซล่าเซลล์ ชนิดฟิล์มบางจึงแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับชนิดวัสดุที่นำมาใช้ ได้แก่ อะมอร์ฟัส Amorphous silicon (a-Si),Cadmium telluride (CdTe),Copper indium gallium selenide (CIS/CIGS) และ Organic photovoltaic cells (OPC)

ด้านประสิทธิภาพของ แผงโซล่าเซลล์ ชนิดฟิล์มบางนั้น มีประสิทธิภาพเฉลี่ยอยู่ที่ 7-13% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่นำมาทำเป็นฟิล์มฉาบ แต่สำหรับบ้านเรือนโดยทั่วไปแล้ว มีเพียงประมาณ 5% เท่านั้นที่ใช้ แผงโซล่าเซลล์ ที่เป็นแบบชนิดฟิล์มบาง

**ข้อดี**

1. แผงโซล่าเซลล์ชนิดฟิล์มบาง มีราคาถูกกว่า เพราะสามารถผลิตจำนวนมากได้ง่ายกว่า ชนิดผลึกซิลิคอน

2. ในที่อากาศร้อนมากๆ แผงโซล่าเซลล์ ชนิด ฟิล์มบาง มีผลกระทบน้อยกว่า

3. ไม่มีปัญหาเรื่อง เมื่อแผงสกปรกแล้วจะทำให้วงจรไหม้

4. ถ้าคุณมีที่เหลือเฟือ แผงโซล่าเซลล์ ชนิด ฟิล์มบาง ก็เป็นทางเลือกที่ดี

**ข้อเสีย**

1. แผงโซล่าเซลล์ ชนิด ฟิล์มบาง มีประสิทธิภาพต่ำ

2. แผงโซล่าเซลล์ ชนิด ฟิล์มบาง มีประสิทธิภาพต่อพื้นที่ต่ำ

3. สิ้นเปลืองค่าโครงสร้างและอุปกรณ์อื่นๆ เช่น สายไฟ

4. ไม่เหมาะนำมาใช้ตามหลังคาบ้าน เพราะมีพื้นที่จำกัด

หลักการคือ เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน และโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวขึ้น

โดยอิเล็กตรอน ก็จะเคลื่อนไหวไปรวมตัวกันที่ Front Electrode และโฮลก็จะเคลื่อนไหวไปรวมตัวกันที่ Black Electrode และเมื่อมีการเชื่อมต่อระบบจนครบวงจรขึ้น ก็จะเกิดเป็นกระแสไฟฟ้าให้เราสามารถนำไปใช้งานได้

## 2.2 **คอนโทรลชาร์จโซล่าเซลล์**

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตัวหนึ่งที่มีคุณสมบัติเพียงเพื่อคอยควบคุมการชาร์จไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลลงสู่แบตเตอรี่ ของระบบโซล่าเซลล์เพื่อเก็บกระแสไฟเพื่อนำมาใช้งานตามที่เราออกแบบไว้ ซึ่งคอนโทรลชาร์จ หรือโซล่าชาร์จเจอร์ทั่วไป จะมีหลักการทำงานหรือหน้าที่ จ่ายกระแสไฟเมื่อแรงดันแบตเตอรี่อยู่ในระดับต่ำตามที่แต่ละยี่ห้อตั้งค่ามา และทำการตัดการจ่ายกระแสไฟเพื่อไปประจุยังแบตเตอรี่เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่อยู่ในระดับที่สูงตามที่ได้กำหนดไว้เหมือนกัน เพื่อป้องกันการ Over Charge ซึ่งจะทำให้แบตเกิดความเสียหายและเสื่อมอายุก่อนวัยอันควร ทำให้ใช้งานได้ไม่คุ้มค่าค่าตัวของมัน และคุณสมบัติของคอนโทรลชาร์จโซล่าเซล หรือโซล่าชาร์จเจอร์โดยทั่วไปในช่วงเวลากลางคืนยังคอยปกป้องไม่ให้ไฟจากแบตเตอรี่ย้อนขึ้นไปยังตัวแผงโซล่าเซลซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อตัวแผงโซล่าเซลล์อีกด้วย และอีกข้อหนึ่งก็คือเป็นตัวสวิตซ์อัตโนมัติที่ใช้จ่ายไฟให้โหลดเวลาที่ไม่มีแสงมากระทบแผงโซล่าเซลล์ (ส่วนใหญ่จะเป็นหลอดไฟฟ้า) อีกนัยก็คือใช้แทนสวิตซ์แสง (Photo Switch)

คอนโทรลชาร์จโซล่าเซลล์ จะต่อระหว่างแผงโซล่าเซลล์กับแบตเตอรี่และโหลด ทำงานโดยจะดูว่าแรงดันไฟฟ้าที่อยู่ในแบตเตอรี่อยู่ในระดับใด ถ้าอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าที่ตั้งไว้ ตัวเครื่องควบคุมการชาร์จจะทำการปลดโหลดออกจากระบบโดยทันที(Load disconnect)เพื่อป้องกันการคลายประจุของแบตเตอรี่ที่มากเกินไปและอาจทำให้แบตเตอรี่เสื่อมเร็วขึ้น ส่วนใหญ่จะตั้งค่าแรงดันการปลดโหลดไว้ที่ประมาณ 11.5 โวลต์สำหรับแรงดันระบบที่ 12 โวลต์ นอกจากนี้เครื่องควบคุมการชาร์จก็จะต่อการทำงานของโหลดใหม่ (Load reconnect) ถ้าแบตเตอรี่มีค่าแรงดันที่เพิ่มขึ้นตามที่ตั้งไว้ เช่นค่าจะตั้งไว้ที่ 12.6โวลต์สำหรับแรงดันระบบ 12 โวลต์เป็นต้น

ส่วนแรงดันในการชาร์จแบตเตอรี่โดยทั่วไป(Regulation Voltage)จะมีค่า 14.3 โวลท์สำหรับระบบ 12 โวลต์ เมื่อแบตเตอรี่ชาร์จจนเต็ม ถ้าปล่อยแบตเตอรี่ทิ้งไว้แรงดันของแบตเตอรี่จะลดลง ดังนั้นเครื่องควบคุมการชาร์จจะชาร์จรักษาระดับแรงดันในแบตเตอรี่ให้คงที่อยู่เสมอ(Float Voltage) มีค่า 13.7 โวลต์ สำหรับระบบ 12 โวลต์

คอนโทรลชาร์จโซล่าเซลล์ solar charge controller หรืออุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ มี 2 ประเภท คือ PWM (Pulse Width Modulation) และ MPPT (Maximum Power Point Tracking) มีตั้งแต่ขนาดกระแส 10A – 60A และ แรงดัน 12V 24V 48V หรือ 96V มีราคาตั้งแต่ 300-30,000 บาท ให้เลือกใช้

**2.2.1. คอนโทรลชาร์จโซล่าเซลล์ solar charge controller แบ่งเป็น 2 ประเภทตามลักษณะหลักการทำงาน คือ**

**2.2.1.1. PWM (Pulse Width Modulation)** หลักการทำงาน ก็คือ ควบคุมความถี่ของคลื่นไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ให้คงที่ ด้วยระบบดิจิทัล (Digital) เพื่อให้ประหยัดพลังงาน และสามารถควบคุมการประจุไฟเข้าสู่แบตเตอรี่ได้เป็นอย่างดี ทำให้แบตเตอรี่ไม่เสื่อมเร็ว มีฟังก์ชั่นไฟแสดงสถานะการทำงานที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น การทำงานของแผงโซล่าเซลล์/ ระดับการเก็บประจุของแบตเตอรี่ (ไฟเต็ม/ ไฟกลาง/ ไฟน้อย หรือใกล้หมด) / การจ่ายไฟ DC ให้เครื่องใช้ไฟฟ้าDC ที่กำลังต่อเชื่อมวงจร มีระบบการตัดไฟอัตโนมัติ ในกรณีไฟแบตเตอรี่ใกล้หมด เพื่อป้องกันแบตเตอรี่เสีย/ เสื่อมสภาพ เนื่องจากการใช้ไฟเกินกำลัง (Over Charge/ Over Discharge Protection)มี PWM Solar Charge Controller ขนาดต่างๆ ตามความต้องการใช้งานตามระดับปริมาณกระแสไฟใช้งาน ดังต่อไปนี้ 10A 20A 30A 40A 50A 60A และเลือกตามแรงดัน Input ได้แก่ 12V 24V 48V หรือ 96V

ภาพที่ 2.3 PWM (Pulse Width Modulation)

ที่มา : https://solarcellthailand96.com/

**2.2.1.2. MPPT (Maximum Power Point Tracking)** หลักการทำงานของตัวนี้ ก็คือ มีระบบไมโครโพรเซสเซอร์ หรือตัวจับสัญญาณ คอยควบคุมดูแลสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์เปรียบเทียบกับแรงดันกระแสในแบตเตอรี่ และเลือกสัญญาณไฟฟ้าที่สูงที่สุดจากแผงเพื่อประจุลงในแบตเตอรี่ให้เต็มที่ตลอดเวลา ดังนั้นจึงหมดห่วงเมื่อใช้อุปกรณ์ชนิดนี้ ขณะที่สภาพแสงแดดภายนอกไม่คงที่ แสงแดดอ่อนๆ ในช่วงเช้า/ ช่วงเย็น หรือตอนครึ้มๆ ก่อน/หลังฝนตกมี **MPPT Solar Charge Controller** ขนาดต่างๆ ตามความต้องการใช้งานตามระดับปริมาณกระแสไฟใช้งาน ดังต่อไปนี้ 10A 20A 30A 40A 50A 60A และเลือกตามแรงดัน Input ได้แก่ 12V 24V 48V หรือ 96V

ภาพที่ 2.4 MPPT (Maximum Power Point Tracking)

ที่มา : https://solarcellthailand96.com/

## 2.3 แบตเตอรี่ (Battery)

แบตเตอรี่ (Battery) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานเพื่อไว้ใช้ต่อไป ถือเป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานเคมีให้เป็นไฟฟ้าได้โดยตรงด้วยการใช้เซลล์กัลวานิก (galvanic cell) ที่ประกอบด้วยขั้วบวกและขั้วลบ พร้อมกับสารละลายอิเล็กโตรไลต์ (electrolyte solution) แบตเตอรี่อาจประกอบด้วยเซลล์กัลวานิกเพียง 1 เซลล์หรือมากกว่าก็ได้

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บไฟฟ้าเท่านั้น ไม่ได้ผลิตไฟฟ้า สามารถประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ (recharge) ได้หลายครั้ง และประสิทธิภาพจะไม่เต็ม 100% จะอยู่ที่ประมาณ 80% เพราะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปในรูปความร้อนและปฏิกิริยาเคมีจากการประจุ/จ่ายประจุนั่นเอง
แบตเตอรี่จัดเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพงและเสียหายได้ง่ายหากดูแลรักษาไม่ดีเพียงพอหรือใช้งานผิดวิธี รวมถึงอายุการใช้งานของแบตเตอรี่แต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป เนื่องด้วยวิธีการใช้, การบำรุงรักษา, การประจุและอุณหภูมิ ฯลฯ โดยสามารถจำแนกแบตเตอรี่ออกได้ 2 กลุ่มสำคัญๆ คือ ตามการใช้งานและประเภทของโครงสร้าง

**2.3.1. ความสามารถในการจัดเก็บพลังงาน**

ความจุของแบตเตอรี่ในการบรรจุพลังงานมีหน่วยเป็น แอมแปร์-ชั่วโมง (Ampere-Hour; Ah) พลังงานในแบตเตอรี่ 12 V 100 Ah เท่ากับ 12V x 100Ah หรือ 12V x 100A x 3600s จะได้เท่ากับ 4.32 MJ ถ้าแบตเตอรี่ 100 Ah เท่ากับว่าแบตเตอรี่จะจ่ายกระแส 1 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 100 ชั่วโมง หรือ แบตเตอรี่จ่ายกระแส 10 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 10 ชั่วโมง เช่นเดียวกับแบตเตอรี่จ่ายกระแส 5 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 20 ชั่วโมง ซึ่งทั้งหมดนี้จ่าย กระแสเท่ากับ 100 Ah ทั้งสิ้น จะเห็นได้ว่า แบตเตอรี่ที่มีความจุเท่ากันอาจมีความเร็วในการจ่ายกระแสต่างกันได้ ดังนั้น การจะทราบความจุของแบตเตอรี่ต้องทราบถึง อัตราการจ่ายกระแสด้วย มักกำหนดเป็นจำนวนชั่วโมงของการจ่ายกระแสเต็มที่ การกำหนดขนาดของแบตเตอรี่สำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์นั้น ขึ้นอยู่กับความจุของ แบตเตอรี่ในการจัดเก็บพลังงาน, อัตราการจ่ายประจุสูงสุด, อัตราการประจุสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดที่จะนำแบตเตอรี่ไปใช้งาน (อุณหภูมิที่ได้ผลดีที่สุดของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด คือ 77 F หรือประมาณ 60-80 F)

**2.3.2. ประเภทของแบตเตอรี่**

**2.3.2.1. แบตเตอรี่ปฐมภูมิ** เป็นแบตเตอรี่ที่เมื่อผ่านการใช้แล้วไม่สามารถนำกลับมาชาร์จประจุเพื่อกลับมาใช้ใหม่ได้ หรือที่มักเรียกกันว่า “ถ่าน” มีอยู่หลายชนิด เช่น ถ่านอัลคาไลน์ ถ่านลิเทียม เป็นต้น แบตเตอรี่แบบนี้มีหลายขนาด ใช้ในวิทยุ นาฬิกา เก็บพลังงานได้สูง อายุการใช้งานสูง แต่เมื่อถูกใช้หมดจะกลายเป็นขยะมลพิษ ในช่วงเวลาที่ผ่านมา ถ่านไฟฉายแบบอัลคาไลน์ที่ใช้แล้วทิ้งนั้นเป็นที่นิยมกันมากในหมู่นักเดินป่าทั้งหลาย แต่ในระยะหลังนี้ถ่านไฟฉายอีกประเภทหนึ่งที่ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นคือถ่านลิเธียม ซึ่งมีน้ำหนักเบา ให้พลังงานสูง ใช้ได้ดีในที่อากาศเย็นและสามารถเก็บไว้ได้นาน นอกจากนี้ ในปัจจุบันผู้ผลิตยังได้ผลิตถ่านลิเธียมในขนาด AA ออกมาอีกด้วย แต่อย่างไรก็ดี ตลาดถ่านไฟฉายในปัจจุบันไม่ได้แข่งที่ประเภทถ่านอัลคาไลน์หรือลิเธียมเพียงอย่างเดียวแต่จะเป็นการแข่งขันกันระหว่างถ่านไฟฉายแบบที่ใช้แล้วทิ้ง (Throwaways) กับแบบที่สามารถประจุไฟเข้าไปใหม่ได้ (Rechargeables) หรือที่เรียกกันว่าถ่านแบบรีชาร์จ ถ่านไฟฉายในตลาดปัจจุบันที่ใช้กันในการเดินป่า สามารถแบ่งออกได้เป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

**1. ถ่านคาร์บอนเคลือบสังกะสี (Carbon-zinc cells)**

ถ่านไฟฉายทั่วๆ ไปจะมีหลักการทำงานคร่าวๆ คือ ใช้คาร์บอนเป็นขั้วบวก หุ้มด้วยแอมโมเนียมคลอไรด์ และเคลือบด้านนอกด้วยสังกะสีซึ่งเป็นขั้วลบ เมื่อมีปฏิกิริยาทางเคมีเกิดขึ้นจะให้อิเล็กตรอนออกมา และเปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง แต่ถ้าปฏิกิริยาเคมีดังกล่าวเกิดการย้อนกลับก็จะทำให้เราสามารถประจุไฟเข้าไปในแบตเตอรี่ใหม่ได้หรือที่เรียกว่าการรีชาร์จนั่นเอง แต่ถ่านคาร์บอนเคลือบสังกะสีในประเภทนี้เป็นถ่านไฟฉายรุ่นแรกๆ ที่ไม่สามารถจะรีชาร์จได้ และในปัจจุบันก็ได้มีถ่านประเภทอื่นๆ ออกมาแทนที่จำนวนมาก

**2. ถ่านอัลคาไลน์แบบใช้แล้วทิ้ง (Disposable alkaline cells)**

ถ่านอัลคาไลน์ที่ใช้แล้วทิ้งได้เริ่มมีใช้ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1958 (พ.ศ. 2501) ซึ่งเมื่อแรกเริ่มนั้นเป็นที่นิยมกันมากเพราะสามารถให้พลังงานได้มากกว่าถ่านไฟฉายแบบเก่า แต่ในระยะหลังเริ่มมีคนตระหนักกันถึงปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เนื่องมาจากการใช้ถ่านอัลคาไลน์แบบใช้แล้วทิ้งกันมากขึ้น เนื่องจากไฟฉายประเภทนี้มีสารปรอทเป็นส่วนประกอบและเนื่องจากปริมาณการใช้งานที่นิยมกันมากจนทำให้เกิดปัญหาขยะมีพิษเพิ่มมากขึ้นทั่วโลก ดังนั้นผู้ผลิตจึงได้พยายามมากขึ้นที่จะพัฒนาถ่านอัลคาไลน์ให้ไม่เป็นอันตรายต่อ

สภาพแวดล้อม ในช่วงปลายทศวรรษที่ 1980 ได้มีผู้ผลิตถ่านอัลคาไลน์แบบที่มีสารปรอทต่ำลงออกมา และในปี 1990 ก็ได้มีถ่านอัลคาไลน์แบบปลอดสารปรอทเกิดขึ้น (เช่นถ่านดูราเซลล์ และอีเนอร์ไจเซอร์ ที่นิยมกันในปัจจุบันนั่นเอง) แต่ถึงอย่างไรก็ตาม การที่มีปริมาณการใช้งานถ่านอัลคาไลน์จำนวนมากในปัจจุบันก็ยังก่อให้เกิดปัญหาเรื่องขยะพิษไปทั่วโลกอยู่ดี ยกตัวอย่างเช่น เฉพาะในประเทศอเมริกามีการทิ้งถ่านอัลคาไลน์จำนวนถึง 2 พันล้านก้อนต่อปี ข้อเสียที่สำคัญของถ่านอัลคาไลน์แบบใช้แล้วทิ้งนี้ก็คือจะมีประสิทธิภาพลดลงอย่างมากในสภาพอากาศที่หนาวเย็น

**3. ถ่านอัลคาไลน์รีชาร์จ (Rechargeable alkaline)**

ถ่านอัลคาไลน์รีชาร์จเริ่มมีใช้เมื่อ ค.ศ. 1993 ให้พลังงาน 1.5 โวลต์เท่ากับถ่านอัลคาไลน์แบบใช้แล้วทิ้ง แต่เมื่อมีการชาร์จใหม่เรื่อยๆ ประสิทธิภาพของถ่านจะลดลงตามจำนวนการชาร์จในแต่ละครั้ง ถึงแม้จะมีการดูแลรักษาและชาร์จอย่างดีก็ตาม เมื่อชาร์จไปประมาณสิบครั้งประสิทธิภาพจะลดลงเหลือประมาณ 60% และเมื่อชาร์จไปสามสิบครั้งประสิทธิภาพจะลดลงเหลือเพียง 40% และลดลงไปเรื่อยๆ ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างถ่านอัลคาไลน์รีชาร์จกับถ่านนิแคดจึงเห็นได้ชัดว่าถ่านนิแคดมีอายุการใช้งานนานกว่ากันมาก นอกจากนี้ เพื่อให้ถ่านอัลคาไลน์รีชาร์จมีอายุการใช้งานยาวนานที่สุด เราควรจะต้องรีชาร์จถ่านอย่างสม่ำเสมอ และอย่าปล่อยให้แบตเตอรี่หมดเกลี้ยง และจำเป็นจะต้องใช้เครื่องชาร์จเฉพาะด้วย

บริษัทเยอรมนีบริษัทหนึ่งได้ผลิตถ่านอัลคาไลน์รีชาร์จยี่ห้อ Accucell ขึ้น โดยความสามารถมากขึ้น ซึ่งมีข้อดีที่สำคัญกว่าถ่านอัลคาไลน์รีชาร์จสมัยก่อนคือสามารถรีชาร์จได้นับร้อยครั้งโดยที่ประสิทธิภาพไม่ตกลงไปมากนัก ทำให้มีคนหันมาให้ความสนใจและเป็นที่นิยมมากขึ้น

**4. ถ่านลิเธียม (Lithium cells)**

ได้มีการเริ่มใช้ถ่านลิเธียมครั้งแรกกับไฟฉายติดศีรษะที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรม ซึ่งในขณะนั้นมีราคาแพงมากถึง 20 เหรียญสหรัฐ แต่มีอายุการใช้งานยาวนานมากและยังสามารถใช้งานในสภาพอากาศที่หนาวเย็นมากๆ ได้อีกด้วย แต่เนื่องจากมันมีสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นส่วนประกอบ จึงถูกห้ามนำขึ้นเครื่องบินไม่ว่าจะติดตัวขึ้นไปหรือใส่ในกระเป๋าเดินทางที่โหลดไว้ใต้เครื่อง ดังนั้น บริษัทผู้ผลิตจึงได้พัฒนาถ่านลิเธียมประเภทนี้ออกมากลายเป็นลิเธียมธิโอนีลคลอไรด์ซึ่งใช้ได้ดีกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานต่ำ เช่น หลอด LED (Light-emitting diode) สามารถนำขึ้นเครื่องบินได้ มีการผลิตออกมาในขนาด AA และยังมีราคาที่ถูกลงอีกด้วย (ประมาณ 9 – 11 เหรียญสหรัฐ) เมื่อเทียบกับว่าถ่านก้อนหนึ่งสามารถใช้ได้นานหลายเดือน

เมื่อเร็วๆ นี้ บริษัทเอเวอร์เรดี้ อีเนอร์ไจเซอร์ ได้ผลิตถ่านไฟฉายแบบลิเธียมไอร์ออนไดซัลไฟด์

(Lithium-iron disulfide) ในขนาด 1.5 โวลต์ AA ออกมาสำหรับใช้กับกล้องถ่ายรูปแบบอัตโนมัติ ข้อดีของถ่านชนิดนี้คือมีน้ำหนักเบากว่าถ่านอัลคาไลน์ถึง 60% และสามารถเก็บเอาไว้ได้นานถึงสิบปี แต่อย่างไรก็ดี ผู้เชี่ยวชาญได้กล่าวว่าถ่านลิเธียมแบบนี้เมื่อเกิดปฏิกิริยาทางเคมีภายในแล้วจะทำให้ประสิทธิภาพของตัวถ่านลดลงเมื่อใช้กับอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานต่ำ เช่น ไฟฉาย นอกจากนี้ ข้อเสียอีกประการหนึ่งคือ ในการผลิตถ่านลิเธียมแบบนี้นั้นจำเป็นต้องใช้พลังงานในการผลิตถ่านหนึ่งก้อนมากกว่าที่ตัวถ่านไฟฉายเองสามารถจะให้พลังงานได้ โดยใช้พลังงานในการผลิตมากกว่าถึง 50 เท่า ซึ่งความจริงที่น่าเศร้าอีกอย่างก็คือถ่านแบบนี้ไม่สามารถจะรีชาร์จใหม่ได้ด้วย

**5. ถ่านนิกเกิลแคดเมียมหรือนิแคด (Nickel-cadmium cells, Nicads)**

ถ่านนิแคดเป็นถ่านที่สามารถรีชาร์จได้ เริ่มมีใช้ครั้งแรกในช่วงทศวรรษ 1950 และสามารถจะรีชาร์จใหม่ได้นับร้อยครั้ง แต่ในสมัยนั้น นักเดินป่าส่วนใหญ่จะไม่นิยมใช้ถ่านนิแคดเนื่องจากปัญหาสำคัญเกี่ยวกับการชาร์จแบตเตอรี่ นั่นคือเราจำเป็นจะต้องใช้แบตเตอรี่ให้หมดเกลี้ยงก่อนถึงจะชาร์จใหม่ได้ มิฉะนั้นจะทำให้เกิดเมโมรี่เอ็ฟเฟ็กต์ (Memory Effect) ซึ่งหมายถึงการชาร์จแบตเตอรี่ได้เพียงบางส่วน ไม่สามารถชาร์จได้เต็มที่ ซึ่งเกิดจากการชาร์จแบตเตอรี่ในขณะที่แบตเตอรี่เดิมยังไม่หมดดี ทำให้การชาร์จครั้งต่อไปจะใช้เวลาสั้นลง เนื่องจากแบตเตอรี่จะเก็บความจำในการชาร์จที่สั้นที่สุดเอาไว้ และทำให้ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลดน้อยลง หรือหากเราชาร์จทิ้งเอาไว้นานเกินไปก็จะทำให้แบตเตอรี่ร้อนมากและเสียหายได้อีกเช่นกัน ถ่านนิแคดยังให้พลังงานเพียง 1.2 โวลต์ซึ่งน้อยกว่าถ่านอัลคาไลน์ที่ให้พลังงาน 1.5 โวลต์อีกด้วย และนอกจากนี้สารแคดเมียมยังเป็นสารพิษที่อันตรายมากอีกด้วย

อย่างไรก็ดี ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาถ่านนิแคดให้มีคุณภาพดีขึ้นมาก สามารถรีชาร์จได้ง่ายขึ้น และยังมีองค์กรหรือสมาคม (ในต่างประเทศ) ที่คอยรับเก็บถ่านนิแคดที่ใช้แล้วเพื่อเอาไปรีไซเคิลและนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งไม่ทำให้เกิดปัญหากับสภาพแวดล้อมอีกด้วย

**6. ถ่านนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ (Nickel-metal hydride, NiMH)**

ถ่าน NiMH นี้มีประสิทธิภาพอยู่ตรงกลางระหว่างถ่านนิแคดและถ่านอัลคาไลน์รีชาร์จ ถ่าน NiMH ให้พลังงาน 1.2 โวลต์เหมือนถ่านนิแคดและสามารถชาร์จใหม่ได้หลายร้อยครั้งเช่นกัน แต่การชาร์จถ่าน NiMH จะไม่เกิดเมโมรี่เอ็ฟเฟ็กต์เหมือนถ่านนิแคด ตัวถ่าน NiMH จะสามารถรีชาร์จด้วยตัวเองประมาณ 1-4 % ของพลังงานที่เหลืออยู่ทุกวัน แต่เราไม่สามารถเก็บถ่าน NiMH เอาไว้ได้นานเท่ากับถ่านอื่นๆ

**2.3.2.2. แบตเตอรี่ทุติยภูมิ** เป็นแบตเตอรี่ที่เมื่อผ่านการใช้แล้วสามารถนำกลับมาชาร์จประจุเพื่อกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น แบตเตอรี่รถยนต์ แบตเตอรี่มือถือ และถ่านรุ่นใหม่ๆ เป็นต้น แบตเตอรี่ชนิดอัดกระแสไฟใหม่ได้หรือ เซลล์ทุติยภูมิ สามารถอัดกระแสไฟใหม่ได้หลังจากไฟหมดเนื่องจากสารเคมีที่ใช้ทำแบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถทำให้กลับไปอยู่ในสภาพเดิมได้โดยการอัดกระแสไฟเข้าไปใหม่ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้อัดไฟนี้เรียกว่า ชาร์เจอร์ หรือ รีชาร์เจอร์ แบตเตอรี่ชนิดอัดกระแสไฟใหม่ได้ที่เก่าแก่ที่สุดซึ่งใช้อยู่จนกระทั่งปัจจุบัน คือ "เซลล์เปียก"แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด (lead-acid battery) แบตเตอรี่ชนิดนี้จะบรรจุในภาชนะที่ไม่ได้ปิดผนึก (unsealed container) ซึ่งแบตเตอรี่จะต้องอยู่ในตำแหน่งตั้งตลอดเวลาและต้องเป็นพื้นที่ที่ระบายอากาศได้เป็นอย่างดี เพื่อระบายก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาและแบตเตอรี่ชนิดจะมีน้ำหนักมากรูปแบบสามัญของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด คือแบตเตอรี่รถยนต์ ซึ่งสามารถจะให้กระแสไฟฟ้าได้ถึงประมาณ 10,000วัตต์ในช่วงเวลาสั้นๆ และมีกระแสตั้งแต่ 450 ถึง 1100แอมแปร์ สารละลายอิเล็กโตรไลต์ของแบตเตอรี่คือ กรดซัลฟิวริก ซึ่งสามารถเป็นอันตรายต่อผิวหนังและตาได้ แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดที่มีราคาแพงมากเรียกว่า แบตเตอรี่เจล (หรือ "เจลเซลล์") ภายในจะบรรจุอิเล็กโตรไลต์ประเภทเซมิ-โซลิด (semi-solid electrolyte) ที่ป้องกันการหกได้ดี และแบตเตอรี่ชนิดอัดไฟใหม่ได้ที่เคลื่อนย้ายได้สะดวกกว่าคือประเภท "เซลล์แห้ง" ที่นิยมใช้กันใน โทรศัพท์มือถือ และแลปท๊อป (Notebook) ปัจจุบันนิยมใช้งาน ทั้งแบตเตอรี่แบบปฐมภูมิและทุติยภูมิ ซึ่งส่วนใหญ่มีตะกั่วเป็นส่วนประกอบ ที่มีคราบเป็นพิษ และผลเสียต่อสภาพแวดล้อม แบตเตอรี่ที่เข้ามาทดแทนแบตเตอรี่ตะกั่ว ในอนาคตสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-แคดเมียม (NiCd) แบตเตอรี่ชนิดนี้มีราคาแพงกว่าแบตเตอรี่ตะกั่ว แต่สามารถชาร์จประจุได้มากครั้งกว่า และอายุการใช้งานยาวนาน

2. แบตเตอรี่ชนิดโซเดียม-ซัลเฟอร์ (NaS) เป็นแบตเตอรี่ที่มีความหนาแน่นของพลังงานต่ำ ราคาแพง สามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 350oC

3. แบตเตอรี่ชนิดซิงค์-โบรมีน (ZnBr) เป็นแบตเตอรี่ที่ให้แรงดันไฟฟ้าสูง ราคาถูก อายุการใช้งานที่ยาวนาน เหมาะสำหรับใช้กับรถไฟฟ้า แต่มักมีปัญหาจากการั่วของประจุที่เก็บ และก๊าซโบรมีนเป็นก๊าซที่อันตราย

4. แบตเตอรี่ชนิดวาเนเดียม-รีด็อก (Vanadium-Redox) แบตเตอรี่แบบนี้สามารถชาร์จประจุได้ทันทีเพียงแค่เปลี่ยนอิเล็กโทรไลต์ มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน อัตราการรั่วของประจุต่ำ มีความหนาแน่นของพลังงานสูง ใช้ง่าย ราคาถูก ถึงแม้ว่าวาเนเดียมจะมีพิษต่อสิ่งมีชีวิต แต่จะปลอดภัยเมื่ออยู่ในภาชนะบรรจุที่ได้มาตรฐาน

## 2.4. ความรู้เกี่ยวกับคอนเวอร์เตอร์

**Converter (คอนเวอร์เตอร์)** อุปกรณ์แปลงสัญญาณหรือตัวแปลงสัญญาณ หรือบางครั้งอาจจะได้ยินกันในชื่อเรียกต่างๆ มากมาย เช่น Transmitter, Signal Transmitter, Pulse isolator เป็นต้น โดยอุปกรณ์เหล่านี้มีหน้าที่แปลงสัญญาณต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น อุณหภูมิ, ไฟกระแสตรง, ไฟกระแสสลับ ให้เป็นสัญญาณมาตรฐาน เช่น 4...20mA, 0...10VDC สัญญาณมาตรฐานเป็นสัญญาณที่ถูกกำหนดขึ้นเพื่อให้ผู้ผลิตอุปกรณ์ควบคุมได้ยึดถือเป็นมาตรฐานในการออกแบบอุปกรณ์ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ สามารถใช้งานร่วมกันได้ โดยสัญญาณมาตรฐานที่ใช้กันจะแบ่งเป็น 2 ประเภท

1. สัญญาณกระแสไฟฟ้ามาตรฐาน**:** เป็นการส่งสัญญาณในรูปของกระแสตรง (DC Current) โดยมาตรฐานที่ได้ยินกันบ่อยๆ ได้แก่ 4-20mA หมายความว่าเมื่อวัดค่าเป็น 0% จะเท่ากับกระแส 4mA และหากวัดค่าได้เป็น 100% เท่ากับกระแส 20mA การส่งสัญญาณในรูปแบบนี้สามารถส่งสัญญาณได้ในระยะไกล การเกิดสัญญาณรบกวนน้อย

2. สัญญาณแรงดันไฟฟ้ามาตรฐาน: เป็นการส่งสัญญาณในรูปของแรงดันไฟฟ้า (DC Voltage) เช่น 0-10V หมายความว่า เมื่อค่าวัดเป็น 0% ก็จะเท่ากับแรงดัน 0V และค่าวัดเป็น 100% จะมีค่าเท่ากับ 10V สัญญาณมาตรฐานแรงดันนี้จะเหมาะกับการส่งสัญญาณในระยะใกล้ๆ เนื่องจากจะเกิดสัญญาณรบกวนได้ง่ายกว่าแบบกระแส

**2.4.1. ชนิดของ Converter (คอนเวอร์เตอร์)**

**1. DC to DC Converter: Step-Down / บัคคอนเวอร์เตอร์ / Buck Converter**

**วงจรลดแรงดันไฟฟ้าใช้สำหรับปรับลดแรงดันไฟฟ้า** DC วงจรลดแรงดันแบบ Step-Down หรือเรียกอีกแบบว่า Buck Converter (บัคคอนเวอร์เตอร์) ใช้ลดแรงดันจากแรงดันสูงให้ต่ำลง ใช้หลักการสวิตชิ่ง-ตัวเหนี่ยวนำ(L) จึงทำให้มีความร้อนและความสูญเสียกำลังไฟน้อย ไม่เหมือนกับการลดแรงดันโดยใช้ IC ตระกูล 78xx / 317 ทั่วไปที่ใช้หลักการลดทอนทำให้เกิดความร้อนสูง วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์เมื่อลดแรงดันลงแล้วจะได้กระแส Output เพิ่มขึ้น

**2. DC to DC Converter: Step-Up / วงจรบูส คอนเวอร์เตอร์ / Boost Converter**

**วงจรเพิ่มแรงดันไฟฟ้า ใช้สำหรับปรับเพิ่มแรงดัน DC ให้สูงขึ้น** วงจรเพิ่มแรงดันแบบปรับค่าได้ทุกตัวกระแสที่ระบุเป็นกระแส Input ที่รับได้สูงสุด หลักการทำงานของวงจรคือ ใช้กระแส Input ไปแลกเป็นแรงดัน Output ดังนั้นยิ่งเพิ่มแรงดันให้สูงขึ้นมากเท่าไหร่ กระแสก็จะลดลงผกผันกัน

**3. DC to DC Converter: Buck-Boost**

**วงจรปรับลด/เพิ่มไฟฟ้าอัตโนมัติ สำหรับปรับเพิ่มหรือลดแรงดันไฟฟ้า DC** ไม่ว่าในกรณีแรงดันจะสูงหรือต่ำกว่าที่ตั้งค่าไว้ วงจรจะทำให้การชดเชยแรงดันให้อัตโนมัติ

**2.5. ความรู้เกี่ยวกับEsp8266**

ESP8266 เป็นชื่อเรียกของชิฟของโมดูล ESP8266 สำหรับติดต่อสื่อสารบนมาตรฐาน WiFi ทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 3.0-3.6V ทำงานใช้กระแสโดยเฉลี่ย 80mA รองรับคำสั่ง deep sleep ในการประหยัดพลังงาน ใช้กระแสน้อยกว่า 10 ไมโครแอมป์ สามารถ wake up กลับมาส่งข้อมูลใช้เวลาน้อยกกว่า 2 มิลลิวินาที ภายในมี Low power MCU 32bit ทำให้เราเขียนโปรแกรมสั่งงานได้ มีวงจร analog digital converter ทำให้สามารถอ่านค่าจาก analog ได้ความละเอียด 10bit ทำงานได้ที่อุณหภูมิ -40 ถึง 125 องศาเซลเซียส

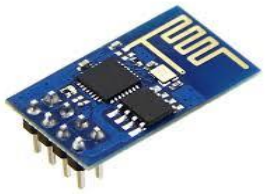
ภาพที่ 2.5 บอร์ด esp 8266 ที่มา : https://thiti.dev/

ESP8266 มี 11 รุ่นได้แก่รุ่น ESP8266 มีอยู่หลายรุ่นดังรูป แต่รุ่นที่นิยมใช้งานคือ

1. ESP-01
2. ESP-03
3. ESP-07
4. ESP-12

ภาพที่ 2.6 ESP8266 มี 11 รุ่น ที่มา : https://thiti.dev/

1.ESP8266 ESP-01 เป็นรุ่นที่มีขาต่อออกมาข้างนอก จึงสามารถต่อกับบอร์ดทดลองได้ง่าย มีขา GPIO 4 ขา คือ GPIO0 , GPIO1, GPIO2 , GPIO3



ภาพที่ 2.7 ESP8266 ESP-01 ที่มา : https://thiti.dev/

2. ESP8266 ESP-03 จะคล้ายกับ ESP-01 มี package การต่อขาเป็นแบบเซอร์เฟสเมาส์ โดยจะมีขา GPIO มากขึ้น ทำให้เราสั่งงานอุปกรณ์ได้มากกว่า ESP8266 ESP-01 โดย ESP8266-13 มีขาทั้งหมด 14 ขา มีเสาอากาศแบบมาให้ในตัว และยังสามารถต่อสายอากาศเพิ่มเพื่อเพิ่มกำลังการรับส่ง ได้ที่ขา 14

**ภาพที่** 2.8 ESP8266 ESP-03 ที่มา : https://thiti.dev/

**3. ESP8266 ESP-07** เพิ่มแผ่นเหล็กครอบชิฟ ESP8266 ไว้เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน มีขาทั้งหมด 16 ขา โดยมีขา GPIO ให้เราใช้งาน 11 ขาและขา Analog Read อีก 1 ขา

**ภาพที่** 2.9 ESP8266 ESP-07 ที่มา : https://thiti.dev/

**4. ESP8266 ESP-12E** มีการจัดขาและต่อใช้งานแบบเดียวกับรุ่น ESP-07 โดยเปลี่ยนเสาอากาศมาเป็นแบบเดินวงจรภายใน PCB และเพิ่มขาอีก 6 ขา คือ SCLK MOSI MISO สำหรับติดต่อกับเซนเซอร์อื่น ๆ โปรโตคอล SPI ซึ่งรุ่นนี้ก็ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก จนเกิดการต่อยอดเป็นบอร์ด ESP8266-12 รุ่นต่าง ๆ

ภาพที่ 2.10 ESP8266 ESP-12E ที่มา : https://thiti.dev/

## 2.6. ความรู้เกี่ยวกับรีเลย์

### 2.6.1. ประเภทของรีเลย์

เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับ ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ (solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจร ไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. รีเลย์กำลัง (power relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ (Contactor or Magneticcontactor)ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

2. รีเลย์ควบคุม (control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุม บางทีเรียกกันง่าย ๆ ว่า "รีเลย์"

**2.6.2. ชนิดของรีเลย์**

การแบ่งชนิดของรีเลย์สามารถแบ่งได้ 11 แบบ คือ
ชนิดของรีเลย์แบ่งตามลักษณะของคอยล์ หรือ แบ่งตามลักษณะการใช้งาน (Application) ได้แก่รีเลย์ ดังต่อไปนี้

1.รีเลย์กระแส (Current relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยใช้กระแสมีทั้งชนิดกระแสขาด (Under-current)และกระแสเกิน (Over current)

2. รีเลย์แรงดัน (Voltage relay) คือ รีเลย์ ที่ทำงานโดยใช้แรงดันมีทั้งชนิดแรงดันขาด (Under-voltage) และ แรงดันเกิน (Over voltage)

3. รีเลย์ช่วย (Auxiliary relay) คือ รีเลย์ที่เวลาใช้งานจะต้องประกอบเข้ากับรีเลย์ชนิดอื่น จึงจะทำงานได้

4. รีเลย์กำลัง (Power relay) คือ รีเลย์ที่รวมเอาคุณสมบัติของรีเลย์กระแส และรีเลย์แรงดันเข้าด้วยกัน

5. รีเลย์เวลา (Time relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยมีเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 4 แบบ คือ

5.1. รีเลย์กระแสเกินชนิดเวลาผกผันกับกระแส (Inverse time over current relay) คือ รีเลย์ ที่มีเวลาทำงานเป็นส่วนกลับกับกระแส

5.2. รีเลย์กระแสเกินชนิดทำงานทันที (Instantaneous over current relay) คือรีเลย์ที่ทำงานทันทีทันใดเมื่อมีกระแสไหลผ่านเกินกว่าที่กำหนดที่ตั้งไว้

5.3. รีเลย์แบบดิฟฟินิตไทม์เล็ก (Definite time lag relay) คือ รีเลย์ ที่มีเวลาการทำงานไม่ขึ้นอยู่กับความมากน้อยของกระแสหรือค่าไฟฟ้าอื่นๆ ที่ทำให้เกิดงานขึ้น

5.4. รีเลย์แบบอินเวอสดิฟฟินิตมินิมั่มไทม์เล็ก (Inverse definite time lag relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยรวมเอาคุณสมบัติของเวลาผกผันกับกระแส (Inverse time) และ แบบดิฟฟินิตไทม์แล็ก (Definite time lag relay) เข้าด้วยกัน

6. รีเลย์กระแสต่าง (Differential relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยอาศัยผลต่างของกระแส

7. รีเลย์มีทิศ (Directional relay) คือรีเลย์ที่ทำงานเมื่อมีกระแสไหลผิดทิศทาง มีแบบรีเลย์กำลังมีทิศ (Directional power relay) และรีเลย์กระแสมีทิศ (Directional current relay)

8. รีเลย์ระยะทาง (Distance relay) คือ รีเลย์ระยะทางมีแบบต่างๆ ดังนี้

8.1. รีแอกแตนซ์รีเลย์ (Reactance relay)

8.2. อิมพีแดนซ์รีเลย์ (Impedance relay)

8.3. โมห์รีเลย์ (Mho relay)

8.4. โอห์มรีเลย์ (Ohm relay)

8.5. โพลาไรซ์โมห์รีเลย์ (Polaized mho relay)

8.6. ออฟเซทโมห์รีเลย์ (Off set mho relay)

9. รีเลย์อุณหภูมิ (Temperature relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานตามอุณหภูมิที่ตั้งไว

10. รีเลย์ความถี่ (Frequency relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานเมื่อความถี่ของระบบต่ำกว่าหรือมากกว่าที่ตั้งไว้

11. บูคโฮลซ์รีเลย์ (Buchholz ‘s relay) คือรีเลย์ที่ทำงานด้วยก๊าซ ใช้กับหม้อแปลงที่แช่อยู่ในน้ำมันเมื่อเกิด ฟอลต์ ขึ้นภายในหม้อแปลง จะทำให้น้ำมันแตกตัวและเกิดก๊าซขึ้นภายในไปดันหน้าสัมผัส ให้รีเลย์ทำงาน

**2.6.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับรีเลย์**

หน้าที่ของรีเลย์ คือ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ตรวจสอบสภาพการณ์ของทุกส่วน ในระบบกำลังไฟฟ้าอยู่ตลอดเวลาหากระบบมีการทำงานที่ผิดปกติ รีเลย์จะเป็นตัวสั่งการให้ตัดส่วนที่ลัดวงจรหรือส่วนที่ทำงานผิดปกติออกจากระบบทันทีโดยเซอร์กิตเบรกเกอร์จะเป็นตัวที่ตัดส่วนที่เกิดฟอลต์ออกจากระบบจริงๆ

**2.6.4. ประโยชน์ของรีเลย์**

1.ทำให้ระบบส่งกำลังมีเสถียรภาพ (Stability) สูงโดยรีเลย์จะตัดวงจรเฉพาะส่วนที่เกิดผิดปกติ ออกเท่านั้น ซึ่งจะเป็นการลดความเสียหายให้แก่ระบบน้อยที่สุด

2.ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมส่วนที่เกิดผิดปกติ

3.ลดความเสียหายไม่เกิดลุกลามไปยังอุปกรณ์อื่นๆ

4.ทำให้ระบบไฟฟ้าไม่ดับทั้งระบบเมื่อเกิดฟอลต์ขึ้นในระบบ

**2.6.5. คุณสมบัติที่ดีของรีเลย์**

1.ต้องมีความไว (Sensitivity) คือมีความสามารถในการตรวจพบสิ่งที่ผิดปกติเพียงเล็กน้อยได้

2.มีความเร็วในการทำงาน (Speed) คือความสามารถทำงานได้รวดเร็วทันใจ ไม่ทำให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์และไม่กระทบกระเทือนต่อระบบ โดยทั่วไปแล้วเวลา ที่ใช้ในการตัดวงจรจะขึ้นอยู่กับระดับของแรงดันของระบบด้วยระบบ 6-10 เควิน จะต้องตัดวงจรภายในเวลา 1.5-3.0 วินาทีระบบ 100-220 เควิน จะต้องตัดวงจรภายในเวลา 0.15-0.3 วินาทีระบบ 300-500 เควิน จะต้องตัดวงจรภายในเวลา 0.1-0.12 วินาที

## 2.7. ความรู้เกี่ยวกับจอLCD

### 2.7.1. จอ Character LCD กับ Arduino

คำว่า LCD ย่อมาจากคำว่า Liquid Crystal Display ซึ่งเป็นจอที่ทำมาจากผลึกคริสตอลเหลว หลักการคือด้านหลังจอจะมีไฟส่องสว่าง หรือที่เรียกว่า Backlight อยู่ เมื่อมีการปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปกระตุ้นที่ผลึก ก็จะทำให้ผลึกโปร่งแสง ทำให้แสงที่มาจากไฟ Backlight แสดงขึ้นมาบนหน้าจอ ส่วนอื่นที่โดนผลึกปิดกั้นไว้ จะมีสีที่แตกต่างกันตามสีของผลึกคริสตอล เช่น สีเขียว หรือ สีฟ้า ทำให้เมื่อมองไปที่จอก็จะพบกับตัวหนังสือสีขาว แล้วพบกับพื้นหลังสีต่างๆกัน

จอ LCD จะแบ่งเป็น 2 แบบใหญ่ๆตามลักษณะการแสดงผลดังนี้

1. **Character LCD** เป็นจอที่แสดงผลเป็นตัวอักษรตามช่องแบบตายตัว เช่น จอ LCD ขนาด 16x2 หมายถึงใน 1 แถว มีตัวอักษรใส่ได้ 16 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัดให้ใช้งาน ส่วน 20x4 จะหมายถึงใน 1 แถว มีตัวอักษรใส่ได้ 20 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัด

2. **Graphic LCD** เป็นจอที่สามารถกำหนดได้ว่าจะให้แต่ละจุดบนหน้าจอกั้นแสง หรือปล่อยแสงออกไป ทำให้จอนี้สามารถสร้างรูปขึ้นมาบนหน้าจอได้ การระบุขนาดจะระบุในลักษณะของจำนวนจุด (Pixels) ในแต่ละแนว เช่น 128x64 หมายถึงจอที่มีจำนวนจุดตามแนวนอน 128 จุด และมีจุดตามแนวตั้ง 64 จุด

ในบทความนี้จะกล่าวถึง Character LCD เพียงอย่างเดียว เนื่องจากใช้งานได้ง่าย และนิยมใช้งานในโปรเจคทั่วๆไปมากกว่าครับ

### 2.7.2 การเชื่อมต่อกับจอ Character LCD

การเชื่อมต่อจะมีด้วยกัน 2 แบบ คือ

**การเชื่อมต่อแบบขนาน** - เป็นการเชื่อมต่อจอ LCD เข้ากับบอร์ด Arduino โดยตรง โดยจะแบ่งเป็นการเชื่อมต่อแบบ 4 บิต และการเชื่อมต่อแบบ 8 บิต ใน Arduino จะนิยมเชื่อมต่อแบบ 4 บิต เนื่องจากใช้สายในการเชื่อมต่อน้อยกว่า

**การเชื่อมต่อแบบอนุกรม** - เป็นการเชื่อต่อกับจอ LCD ผ่านโมดูลแปลงรูปแบบการเชื่อมต่อกับจอ LCD จากแบบขนาน มาเป็นการเชื่อมต่อแบบอื่นที่ใช้สายน้อยกว่า เช่น การใช้โมดูล I2C Serial Interface จะเป็นการนำโมดูลเชื่อมเข้ากับตัวจอ LCD แล้วใช้บอร์ด Arduino เชื่อมต่อกับบอร์ดโมดูลผ่านโปรโตคอล I2C ทำให้ใช่สายเพียง 4 เส้น ก็ทำให้หน้าจอแสดงผลข้อความต่างๆออกมาได้

**2.8. ความรู้เกี่ยวกับสปอร์ตไลท์**

โคมไฟ LED ฟลัดไลท์ (LED Flood Light) หรือ โคมไฟสาดแสง คือ โคมไฟ สปอร์ตไลท์ LED ที่นำไปใช้แทน สปอร์ตไลท์ แบบเดิม สำหรับให้แสงสว่างในพื้นที่กว้างๆ เช่น สนามกีฬา ลานจอดรถ สนามหญ้า หรือ ใช้สำหรับส่องสว่างโฟกัสในบางจุด เช่น ตึก สถาปัตยกรรมต่างๆ เป็นต้น เรามี สปอร์ตไลท์ LED ให้เลือกหลากหลายรูปแบบ เพื่อตอบโจทย์รูปแบบการใช้งานที่แตกต่างกันโดยสปอร์ตไลท์ LED จะติดตั้งตามบ้าน อาคาร หอพัก อพาทเม้นต์ รีสอร์ท โรงแรม สนามบอล หรือสนามกีฬาต่างๆ รวมลานจอดรถ หรือส่องป้ายทั้งขนาดเล็กและใหญ่ หรือตามอีเว้นท์ งานแต่งงาน และอื่นๆอีกมากมาย

**องค์ประกอบหลักของสปอร์ตไลท์ LED**

1. LED Chip เป็นส่วนประกอบหลักสำคัญที่กำหนด ความสว่าง และประสิทธิภาพของหลอด LEDว่าสามารถให้ค่าแสงสว่างได้เท่าใด และไกลแค่ไหน

2. Phosphor เป็นส่วนประกอบหลักสำคัญที่กำหนดสีของแสง , Color Shift , ค่า CRI (ค่าความถูกต้องของสี หากมีตัวเลขมากจะให้ความถูกต้องของสีที่ชัดเจนและเหมือนจริง ) โดยส่วนมากค่า CRI ของสปอร์ตไลท์ LED จะไม่ต่ำกว่า CRI 7แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับสปอร์ตไลท์ LED100wแต่ละยี่ห้อ แต่ละประเภท และแต่ละกำลังไฟ

3. Package เป็นส่วนประกอบหลักสำคัญที่ช่วยป้องกัน LED Chip และPhosphorไม่ให้ได้รับการกระทบกระเทือน และยังมีผลต่อการระบายความร้อนของตัวสปอร์ตไลท์ LED ซึ่งจะมีผลต่ออายุการใช้งาน หากแพจเกจไม่ดีก็จะระบายความร้อนได้ไม่ดีเท่าที่ควร ส่งผลให้สปอร์ตไลท์ LED ตัวนั้นอาจมีอายุการใช้งานที่สั้นลงหรือน้อยลงกว่าสปอร์ตไลท์ LED ตัวอื่น นอกจากนี้แพจเกจยังมีผลต่อการกระจายของแสงจากที่ต่ำลงที่สูง จากจุดๆหนึ่งไปอีกจุด แพจเกจคือตัวควบคุมทิศทางของแสงให้เป็นไปตามที่ต้องการ

**2.9. โมดูลวัดกระแสและแรงดันVoltage Current Sensor**

เหมาะสำหรับการใช้งานกับอุปกรณ์ขนาดเล็ก เช่น การวัดพลังงาน Battery ของอุปกรณ์พกพาต่างๆ โดยใช้ IC รุ่น MAX472

สามารถวัดแรงดันได้ตั้งแต่ 3-25V (Arduino operating voltage of 5V) หรือ 3-16.5V (Arduino operating voltage of 3.3v) เนื่องจากใช้ Voltage divider 1/5 เพื่อลดระดับแรงดัน (การใช้งานแรงดันสูงกว่าที่กำหนดอาจจะทำให้อุปกรณ์เสียหายครับ)

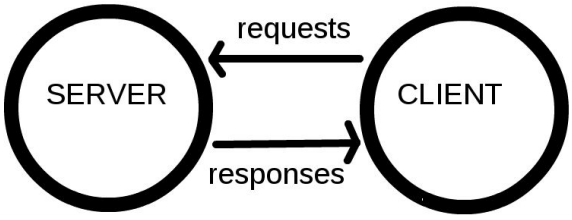
วัดค่ากระแส 0 - 3 A โดยมีค่าความแม่นยำ 2 % ให้แรงดัน ouput 1 V/A

## 2.10 Blynk Application

Blynk คือ Application สำเร็จรูปสำหรับงาน IOT มีความน่าสนใจคือการเขียนโปรแกรมที่ง่าย ไม่ต้องเขียน App เองสามารถใช้งานได้อย่าง Real time สามารถเชื่อมต่อ Device ต่างๆเข้ากับ Internet ได้อย่างง่ายดาย ไม่ว่าจะเป็น Arduino, Esp8266, Esp32, Nodemcu,Rasberry pi นำมาแสดงบน Application ได้อย่างง่ายดาย แล้วที่สำคัญ Application Blynk ยังฟรี และ รองรับในระบบ IOS และ Android อีกด้วย เป็นอะไรที่น่าสนใจมากๆใช่ไหมครับ คราวนี้เรามาเริ่มกันเลย

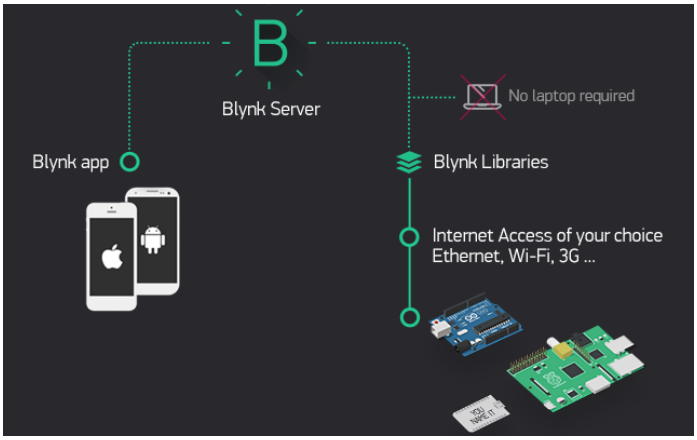
ภาพที่ 2.11 ตัวอย่าง App Blynk ที่มา : https://www.ab.in.th/

ในยุคสมัยก่อน การเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อกันระหว่าง อุปกรณ์ 2 ชิ้นเข้าด้วยกันมักจะใช้งานในลักษณะของ Server >>> Client ทำให้เกิดข้อจำกัดต่างๆมากมาย ยกตัวอย่าง เราต้องการเปิดปิดไฟ ผ่านหน้าเว็บ เราก็จะให้ Arduino เป็น Server และ เครื่องคอมพิวเตอร์ (Client) เป็นเครื่องลูก ข้อจำกัดที่เกิดขึ้นคือทรัพยากร เช่น CPU RAM ROM ของเราอาจจะไม่พอ มักจะเจอปัญหาเอ๋อบ่อย ค้างไปดื้อๆ ก็มี ทำให้การเขียนโปรแกรมเป็นไปได้ยากต้องประหยัดทรัพยากรให้ได้มากที่สุดเพื่อจะให้สามารถทำงานได้ และการเซ็ต Netword เป็นไปได้ยาก ส่วนใหญ่มักจะใช้ในวง Lan หรือถ้าต้องการ ควบคุมผ่าน Wan จะต้อง Forword Set ระบบ Network จนปวดหัว




ภาพที่ 2.12 การเชื่อมต่อแบบ Server to Client ที่มา : https://www.ab.in.th/

ต่อมาเป็นยุคของ Cloud เกิดขึ้น บวกกับมี Chip Wifi ราคาถูก Esp8266 ถูกผลิตขึ้นมา แต่ด้วยข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร จึงมีอวิธีการคิดว่า ถ้านำข้อมูลไปใส่ลงใน Server เลยละแล้วให้ Device ของเราเรียกเข้าไปแก้ไข หรืออ่านข้อมูลโดยตรง ทำให้ความฉลาดของตัวอุปกรณ์ของเราไม่มีวันสิ้นสุดหมดข้อจำกัดหลายอย่าง Device กลายเป็นแค่ตัวรับ Data และส่ง Data มาแสดงเท่านั้น ทำให้ Chip Esp8266 จึงได้รับความนิยมในปัจจุบัน




ภาพที่ 2.13 ภาพรวมของระบบ Network Blynk ที่มา : https://www.ab.in.th/

วิธีการทำงานของ Blynk เริ่มจาก อุปกรณ์ เช่น Arduino esp8266 Esp32 Rasberry Pi เชื่อมต่อไปยัง Server ของ Blynk โดยตรง สามารถรับส่งข้อมูลหากันได้

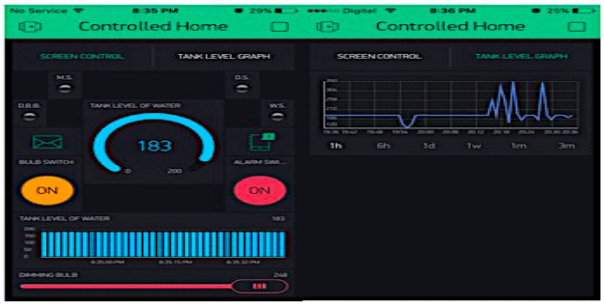
คอมพิวเตอร์ Smartphone ก็จะเชื่อมต่อกับ Server ของ Blynk โดยตรง กลายเป็นว่า มี Server เป็นสะพานให้เชื่อต่อหากันจึงหมดปัญหาและข้อจำกัดทุกอย่างทำให้อุปกรณ์ของเรามีความฉลาดมากขึ้น

การออกแบบในลักษณะ ภาพที่ 3 เป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน เพราะไม่จำเป็นต้อง Set อุปกรณ์ Network ต่างๆ ให้ปวดหัว

พูดถึงระบบไปแล้วคราวนี้เราจะมาดูความสามารถของ Application Blynk ดูบ้างว่าสามารถทำอะไรได้บ้าง

ภาพที่ 2.14 ข้อมูลหน้าจอที่จะมาแสดงใน App ของเรา ที่มา : https://www.ab.in.th/

จากภาพที่ 4 เราสามารถเลือก หน้าจอของภาพ คำอธิบาย เกจ์วัดต่างๆ ก็สามารถออกแบบได้เองได้อย่างอิสระอีกด้วย ต้องการอะไรไม่ต้องการอะไรเราสามารถเลือกได้ตาทความของเราได้เลย

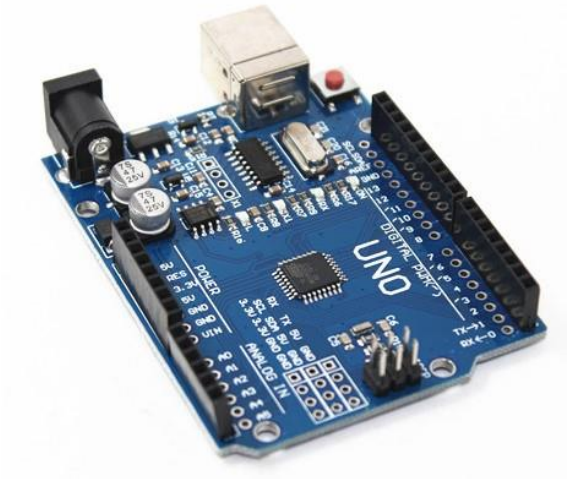



ภาพที่ 2.15 หน้าจอของ App ที่เราได้ทำการสร้างขึ้นมา ที่มา : https://www.ab.in.th/

จากภาพที่ 5 เราสามารถจับลากจัดเลียงปรับขนาดให้เหมาะสมตรงตามความต้องการของเรา

## 2.11 Arduino Uno R3

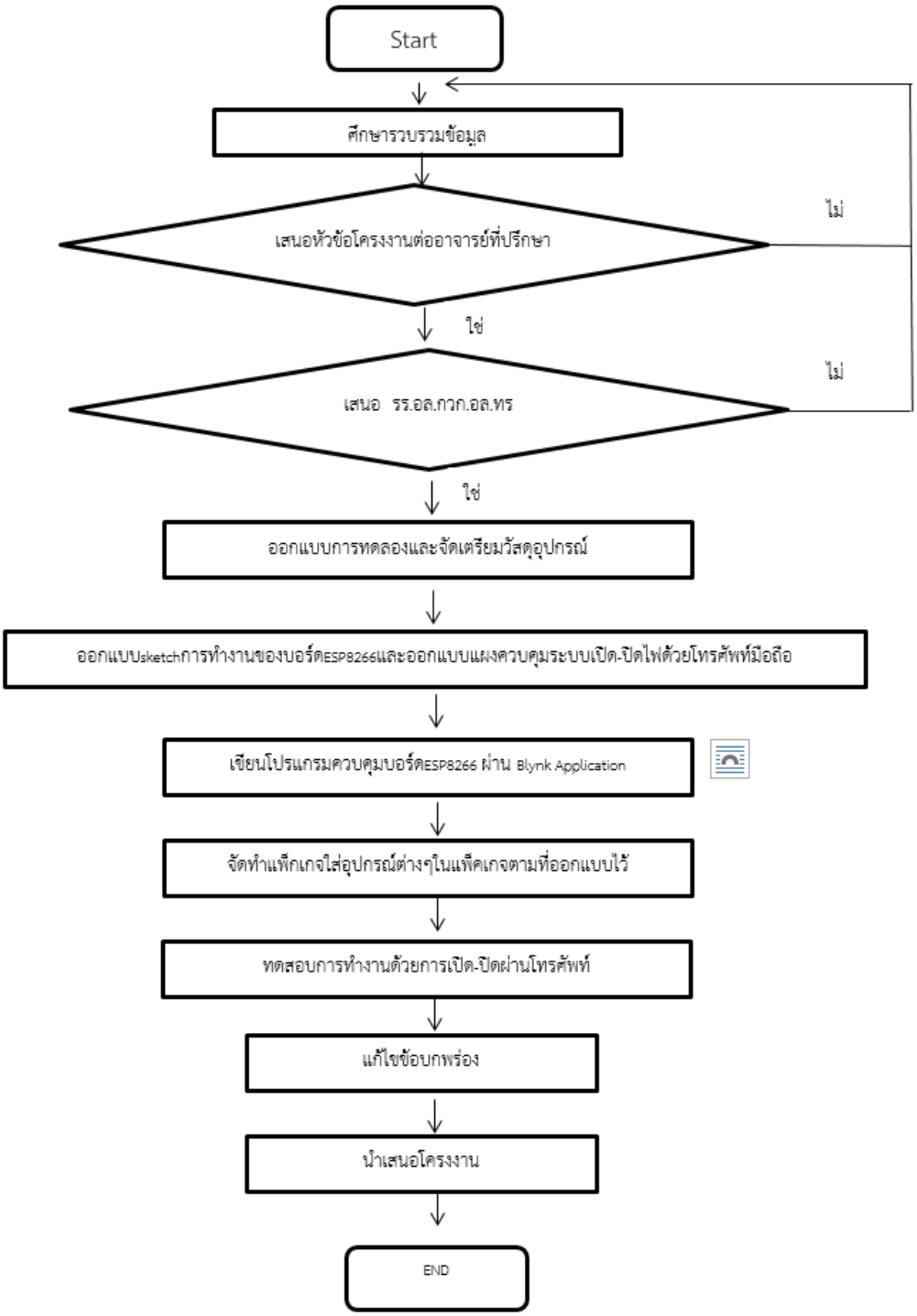
เป็นบอร์ด Arduino ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากราคาไม่แพง ส่วนใหญ่โปรเจคและ Library ต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นมา Support จะอ้างอิงกับบอร์ดนี้เป็นหลัก เนื่องจากเป็นขนาดที่เหมาะสำหรับการเริ่มต้นเรียนรู้ Arduino และมี Shields ให้เลือกใช้งานได้มากกว่าบอร์ด Arduino รุ่นอื่นๆที่ออกแบบมาเฉพาะมากกว่า โดยบอร์ด Arduino Uno ได้มีการพัฒนาเรื่อยมา ตั้งแต่ R2 R3 และรุ่นย่อยที่เปลี่ยนชิปไอซีเป็นแบบ SMD และข้อดีอีกอย่างคือ กรณีที่ MCU เสีย ผู้ใช้งานสามารถซื้อมาเปลี่ยนเองได้ง่าย




ภาพที่ 2.16 Arduino Uno R3 ที่มา : https://www.thaieasyelec.com/

# บทที่ 3

# วิธีการดำเนินงาน




**ภาพ 3.1 แผนผังวิธีการดำเนินงาน**

**3.2 แผนการดำเนินงาน**

แผนงานโครงงานสิ่งประดิษฐ์

หลักสูตร นรจ. พรรค พศ. เหล่า ยย. (อิเล็กทรนิกส์-ไฟฟ้า) ชั้นปีที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2562

โรงเรียนอิเล็กทรอนิกส์ กองวิทยาการ กรมอิเล็กทรอนิกส์ทหารเรือ

**3.2.1 ตารางแผนการดำเนินงาน**

| รายการปฏิบัติ | ต.ค. | | | | พ.ย. | | | | ธ.ค. | | | | ม.ค. | | | | ก.พ. | | | | มี.ค. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| นักเรียนเสนอชื่อโครงงาน | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| กลั่นกรองโครงงาน | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| เสนอรายการวัสดุ จำนวน และราคา | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ค้นคว้าข้อมูล | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| นักเรียนจัดทำเอกสารเสนอขออนุมัติจัดทำโครงงาน | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| เสนอ รร.อล.ขออนุมัติจัดทำโครงงาน | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ดำเนินการจัดทำโครงงาน | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| ฝึกนำเสนอโครงงาน | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ส่งชิ้นงานและเอกสารโครงงาน | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| จัดทำบอร์ดนิทรรศการโครงงาน | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| จัดนิทรรศการโครงงาน | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

**3.3 ตารางวัสดุอุปกรณ์**

| ลำดับ | รายการ | จำนวน | ราคาต่อหน่วย | ราคารวม | รูปภาพประกอบ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | NodeMCU ESP8266 | 1 | 150 | 150 | |
| 2 | แผงโซล่าเซลล์ 12 V<br>10 W Mono crytalline Type | 1 | 700 | 700 | |
| 3 | แบตเตอรี่ดีพไซเคิล 65 แอมป์12V | 1 | 3800 | 3800 | |
| 4 | Solar Panel Charge Controller 12V/24V (20A) ชุดควบคุมเก็บประจุแบตเตอรี่แผงโซล่าเซลล์ | 1 | 400 | 400 | |
| 5 | 4 Channel 5V Relay Active High/Low Relay Module | 1 | 140 | 140 | |
| 7 | สายไฟจัมเปอร์ ผู้– เมีย<br>ผู้ - ผู้ | 10 | 10 | 10 | |
| 8 | LED ไฟสปอร์ตไลท์ 12v 10w IP66 | 2 | 200 | 400 | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 9 | Voltage and Current Sensor โมดูลวัดโวล์และแรงดัน 3-25V 0-3A | 1 | 120 | 120 | |
| 10 | 1602 LCD (Blue Screen) 16x2 โมดูลจอ LCD พร้อม I2C Interface | 1 | 120 | 120 | |
| 11 | จอแสดงผลแบบ Dual DC-DC 5-23V ถึง 0-16.5V 3A MAX | 1 | 140 | 140 | |
| 12 | สาย THW 1x1.5 (2เมตร) | 1 | 10 | 20 | |
| 13 | Arduino Uno R3 | 1 | 130 | 130 | |

### 3.4. ขั้นตอนการดำเนินงาน

#### 3.4.1. วางแผนออกแบบวงจรควบคุมการเปิด-ปิดไฟ และ จัดเตรียมอุปกรณ์

ภาพที่ 3.4.1.1 การวางแผนการออกแบบวงจร

ภาพที่ 3.4.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้

#### 3.4.2. ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมการควบคุม

ภาพที่ 3.4.2.1 การเขียนโปรแกรม

### 3.4.3. การทำชิ้นโครงงาน

#### 3.4.3.1. การเจาะเหล็กฐานชิ้นโครงงาน

(ก) การเจาะรูโดยใช้เครื่อง

(ข) การเจาะรูโดยใช้สว่าน

ภาพที่ 3.4.3.1แสดงการเจาะรูเพื่อจะใส่ล้อของฐานชิ้นโครงงาน

#### 3.4.3.2. การเชื่อมฐานของชิ้นโครงงาน

(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.4.3.2. แสดงการเชื่อมฐานของชิ้นโครงงานให้แข็งแรง

**3.4.3.3. การเจียสีออก**

(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.4.3.3. แสดงการเจียสีออกเพื่อที่จะพ้นสีฐานชิ้นโครงงาน

**3.4.3.4. การพ้นสีส่วนของงานชิ้นงาน**

(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.4.3.4. แสดงการพ้นสีให้กับชิ้นโครงงานเพื่อให้ดูสวยงาม

**3.4.3.5. การประกอบชิ้นโครงงาน**

(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.4.3.5. การประกอบชิ้นโครงงาน

### 3.4.4. การทดลองการต่อวงจร

#### 3.4.4.1. การทดลองการต่อวงจรครั้งที่ 1

(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.4.4.1 การทดลองการต่อวงจรลงบอร์ดทดลองโดยมีครูที่ปรึกษาช่วยให้คำแนะนำในครั้งที่ 1

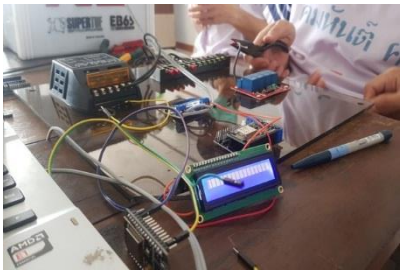
#### 3.4.3.2. การต่อวงจรทดสอบครั้งที่ 2

(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.4.4.2 แสดงการทดลองการต่อวงจรลงบอร์ดทดลองโดยทดลองเพื่อความถูกต้อง

#### 3.4.3.3. การต่อวงจรทดสอบครั้งที่ 3



(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

ภาพที่ 3.4.4.3. แสดงการต่อวงจรประกอบเข้ากับชิ้นงาน

**3.4.5. ผลงานสำเร็จแล้ว 100%**

(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.4.5. แสดงผลงานที่เสร็จสมบูรณ์แล้วสามารถสั่งการเปิด-ปิดไฟด้วยโทรศัพท์มือถือได้

### 3.6. โปรแกรมควบคุมการทำงาน

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial UnoSerial(3, 2);
#define VT_PIN A0 // connect VT
#define AT_PIN A1 // connect AT

#define ARDUINO_WORK_VOLTAGE 5.0

LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 16, 2);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  UnoSerial.begin(57600);
  lcd.begin();
  pinMode(VT_PIN, INPUT);
  pinMode(AT_PIN, INPUT);
  pinMode(3,INPUT);
  pinMode(2,OUTPUT);

}

void loop() {
  int vt_temp = analogRead(VT_PIN);
  int at_temp = analogRead(AT_PIN);
  double voltage = vt_temp * (ARDUINO_WORK_VOLTAGE / 1023.0) * 5;
  double current = at_temp * (ARDUINO_WORK_VOLTAGE / 1023.0);
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Voltage=");
  lcd.setCursor(8,0);
  lcd.print(voltage);
  lcd.setCursor(13,0);
  lcd.print("V");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Current=");
  lcd.setCursor(8,1);
  lcd.print(current);
  lcd.setCursor(13,1);
  lcd.print("A");
  delay(2000);
  float i_data = (voltage);
  float x_data = (current);
  UnoSerial.print(i_data);
  UnoSerial.print(" ");
  UnoSerial.print(x_data);
  UnoSerial.print("\n");
  delay(100);
}
```

# บทที่ 4

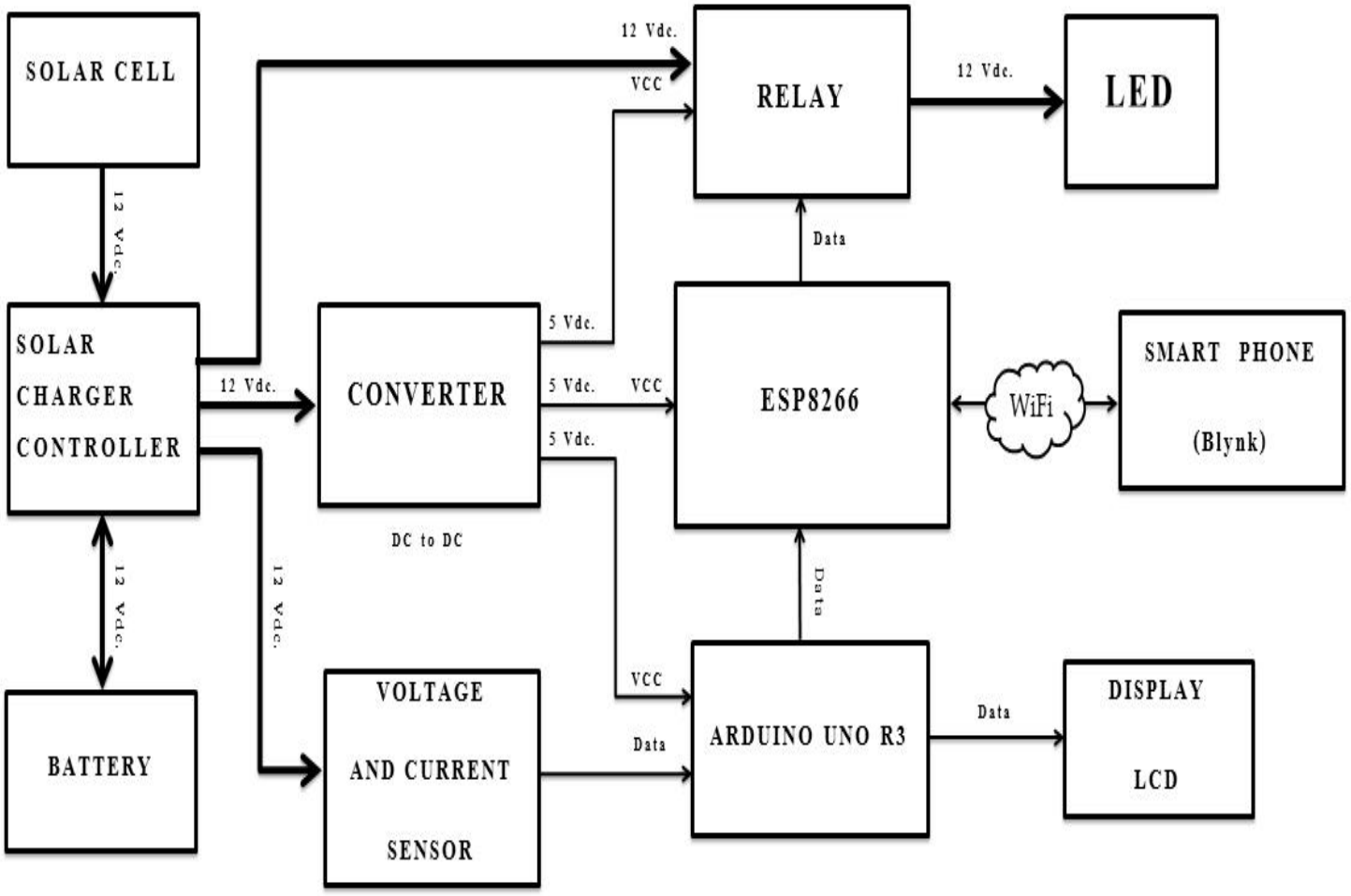
# ผลการทดลอง

## 4.1. หลักการทำงานของระบบควบคุมวงจรการเปิด-ปิดไฟ

แผง solar cell รับพลังงานแสงอาทิตย์มาแล้วผลิตประจุไฟผ่านคอนโทรลชาร์จแล้วส่งผ่านไปที่แบตเตอรี่ หลังจากนั้นกระแสไฟจากแบตเตอรี่ ส่งกลับไปที่คอนโทรลชาร์จแล้วจ่ายไฟไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยส่งไปยัง Voltage and Current Sensor , Converter และ โดยในส่วนของ sensor จะทำการอ่านค่ากระแสและแรงดันที่ส่งมาจากแบตเตอรี่เข้าไปบอร์ด Ardunio Uno R3 และบอร์ดจะทำการรับค่าส่งค่าที่ได้รับไปแสดงบนจอLCD

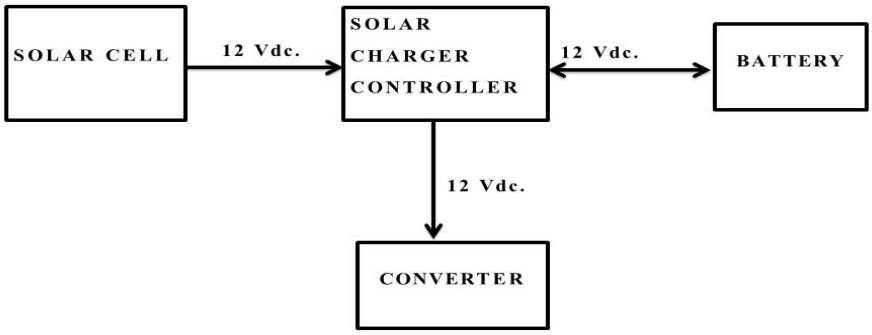
ในส่วนของ converter จะทำการแปลงกระแสไฟที่ได้รับมาไปเป็นไฟDC 5V เพื่อส่งไปเลี้ยง NodeMCU Esp8266 , บอร์ด Ardunio Uno R3 และ Relayสำหรับ Node MCU ESP8266 จะทำการรับคำสั่งการทำงาน เปิด-ปิด ไฟจากแอพพลิเคชั่น Blynk บน smart phone ผ่านระบบ Wifi เมื่อเราสั่งเปิด-ปิดไฟผ่าน smart phone แล้ว Node MCU จะทำการสั่งคำสั่งไปยัง Relay เมื่อให้หน้าสัมผัส Relay ทำงานเพื่อให้กระแสไฟที่ต่ออยู่ที่หน้าสัมผัสไปยังสปอตไลท์เพื่อให้สปอตไลท์นั้นติด และ Node MCUนั้นยังรับค่ากระแสและแรงดันของ Voltage and Current Sensor จากบอร์ด Ardunio Uno R3 แล้วส่งค่านั้นไปยังมือถือทำให้เราสามารถรู้ค่ากระแสและแรงดันจากที่ไหนและเมื่อไหรก็ได้ ตราบใดที่ Node MCU ยังคงเชื่อมต่อระบบ wifi อยู่

**4.2. บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรมควบคุมวงจร**




**ภาพที่ 4.2.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรมควบคุมวงจร**

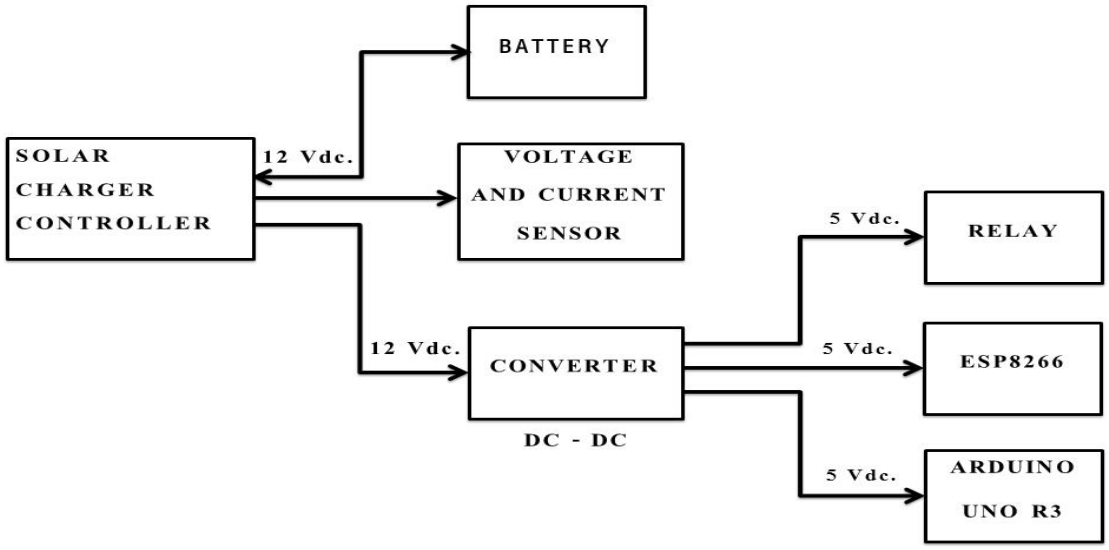
**แหล่งจ่าย**




**ภาพที่ 4.2.2 แหล่งจ่าย**

แผง solar cell รับพลังงานแสงอาทิตย์มาแล้วผลิตประจุไฟผ่านคอนโทรลชาร์จแล้วส่งผ่านไปที่แบตเตอรี่ หลังจากนั้นกระแสไฟจากแบตเตอรี่ ส่งกลับไปที่คอนโทรลชาร์จแล้วจ่ายไฟไปยังคอนเวอร์เตอร์เพื่อเป็นไฟเลี้ยงให้อุปกรณ์ต่าง ๆ

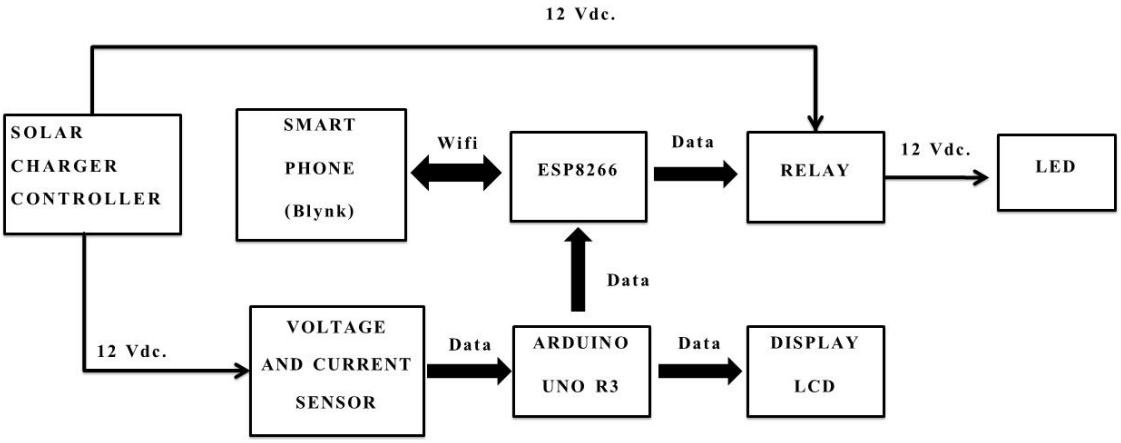
**การจ่ายไฟเลี้ยงให้ตัวอุปกรณ์**




**ภาพที่ 4.2.3 การจ่ายไฟเลี้ยงให้ตัวอุปกรณ์**

โซล่าชาร์จ ชาร์จเข้าแบตเตอรี่แล้วส่งแรงดันไปกลับเข้าไปที่โซล่าชาร์จเพื่อให้โซล่าชาร์จจ่ายโหลดไปให้คอนเวอร์เตอร์เพื่อเป็นไฟไปเลี้ยงอุปกรณ์ต่างๆ

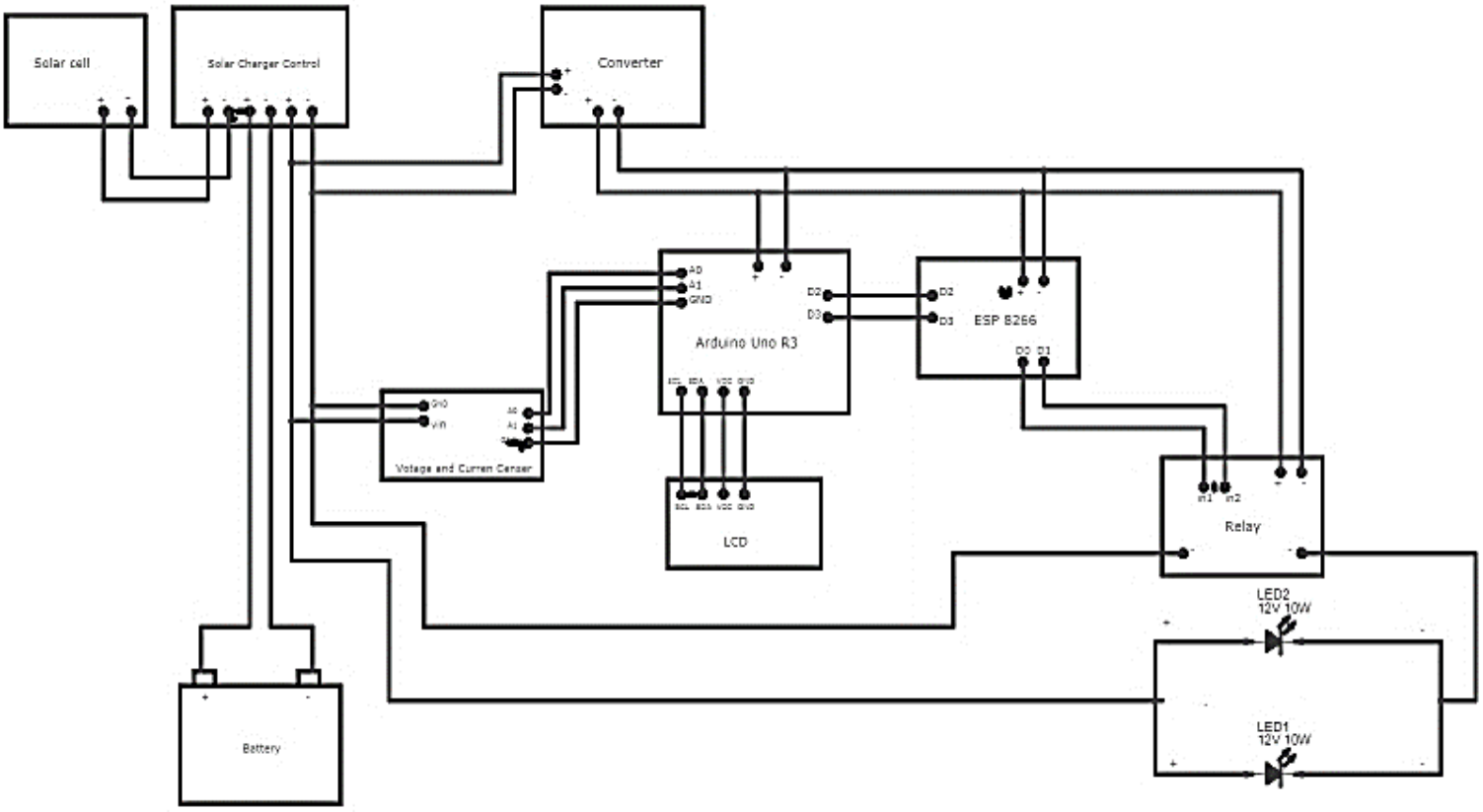
**การควบคุมการเปิด-ปิดด้วยมือถือ**




**ภาพที่ 4.2.4 การควบคุมการเปิด-ปิดด้วยมือถือ**

เริ่มจากโทรศัพท์มือถือสั่งเปิด-ปิดด้วยอินเตอร์เน็ตผ่าน Blynk Application ไปเข้าที่บอร์ด ESP8266 ที่เขียนชุดคำสั่งว่าเมื่อได้รับคำสั่งเปิด-ปิดจากโทรศัพท์มือถือบอร์ด ESP 8266 จะส่งสัญญาณคำสั่งที่ได้รับไปควบคุมให้ Relay ทำงาน หน้าสัมผัส Relay ก็จะติดกันไฟก็จะเปิด-ปิดตามคำสั่งที่ได้รับ

**4.3.วงจรควบคุม**

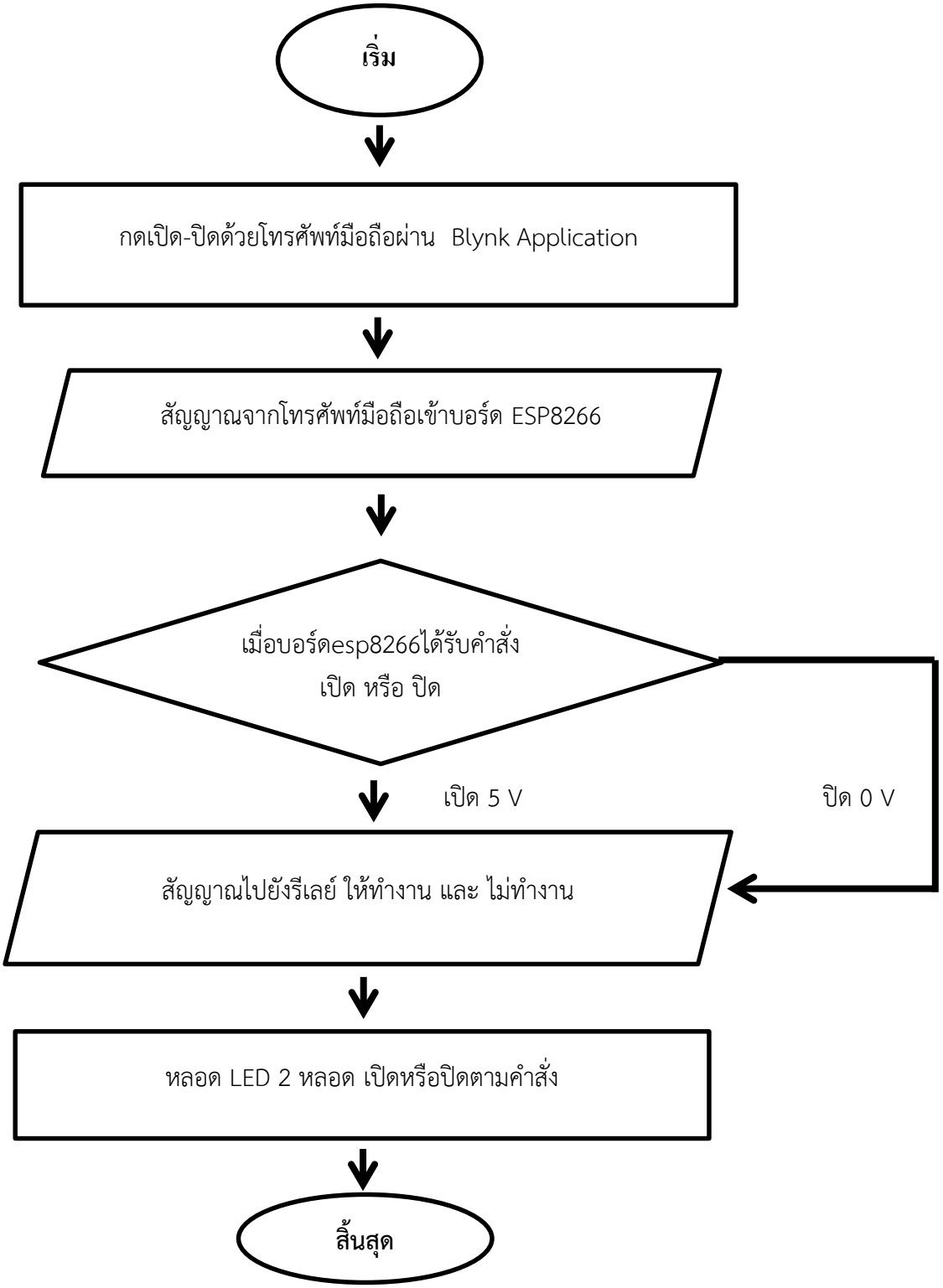



**ภาพที่ 4.3.วงจรควบคุม**

แผง solar cell รับพลังงานแสงอาทิตย์มาแล้วผลิตประจุไฟผ่านคอนโทรลชาร์จแล้วส่งผ่านไปที่แบตเตอรี่ หลังจากนั้นกระแสไฟจากแบตเตอรี่ ส่งกลับไปที่คอนโทรลชาร์จแล้วจ่ายไฟไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยส่งไปยัง Voltage and Current Sensor , Converter และ โดยในส่วนของ sensor จะทำการอ่านค่ากระแสและแรงดันที่ส่งมาจากแบตเตอรี่เข้าไปบอร์ด Ardunio Uno R3 และบอร์ดจะทำการรับค่าส่งค่าที่ได้รับไปแสดงบนจอLCD

ในส่วนของ converter จะทำการแปลงกระแสไฟที่ได้รับมาไปเป็นไฟDC 5V เพื่อส่งไปเลี้ยง NodeMCU Esp8266 , บอร์ด Ardunio Uno R3 และ Relayสำหรับ Node MCU ESP8266 จะทำการรับคำสั่งการทำงาน เปิด-ปิด ไฟจากแอพพลิเคชั่น Blynk บน smart phone ผ่านระบบ Wifi เมื่อเราสั่งเปิด-ปิดไฟผ่าน smart phone แล้ว Node MCU จะทำการสั่งคำสั่งไปยัง Relay เมื่อให้หน้าสัมผัส Relay ทำงานเพื่อให้กระแสไฟที่ต่ออยู่ที่หน้าสัมผัสไปยังสปอตไลท์เพื่อให้สปอตไลท์นั้นติด และ Node MCUนั้นยังรับค่ากระแสและแรงดันของ Voltage and Current Sensor จากบอร์ด Ardunio Uno R3 แล้วส่งค่านั้นไปยังมือถือทำให้เราสามารถรู้ค่ากระแสและแรงดันจากที่ไหนและเมื่อไหรก็ได้ ตราบใดที่ Node MCU ยังคงเชื่อมต่อระบบ wifi อยู่

**4.4. หลักการทำงานของระบบควบคุม**




**ภาพที่ 4.4. หลักการทำงานของระบบควบคุม**

เริ่มจากโทรศัพท์มือถือสั่งเปิด-ปิดด้วยอินเตอร์เน็ตผ่าน Blynk Application ไปเข้าที่บอร์ด ESP8266 ที่เขียนชุดคำสั่งว่าเมื่อได้รับคำสั่งเปิด-ปิดจากโทรศัพท์มือถือบอร์ด ESP 8266 จะส่งสัญญาณคำสั่งที่ได้รับไปควบคุมให้ Relay ทำงาน หน้าสัมผัส Relay ก็จะติดกันไฟก็จะเปิด-ปิดตามคำสั่งที่ได้รับ

**4.5. การทดสอบประสิทธิภาพได้ผลการศึกษาดังนี้**

**ตารางที่ 4.5.1 การทดสอบเวลาในการชาร์จแบตเตอรี่เต็มโดยใช้แผงโซล่าเซลล์ในขนาด 120 w**

| ขนาดของแบตเตอรี่(A) | เวลาในการชาร์จแบตเตอรี่เต็ม(h) |
|---|---|
| 50A | 9h |
| 65A | 12h |
| 100A | 18h |
| 130A | 24h |

- **หมายเหตุ เราสามารถชาร์จประจุเข้าแบตเตอรี่ได้สูงสุดประมาณ 5 ชั่วโมงต่อวัน**

# บทที่ 5

# สรุปปัญหาและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปปัญหา

1. การต่อวงจรที่ซับซ้อน ทำให้มีการทดลองหลายครั้ง เกิดความยุ่งยากในการทำโครงงาน

2. มีการเพิ่มอุปกรณ์ในขณะที่ทำ ทำให้มีการออกแบบฮาร์ดแวร์ที่ล่าช้า

3. การเขียนโปรแกรมที่ซับซ้อน ทำให้ใช้เวลาในการเขียนโค้ดเป็นเวลานาน

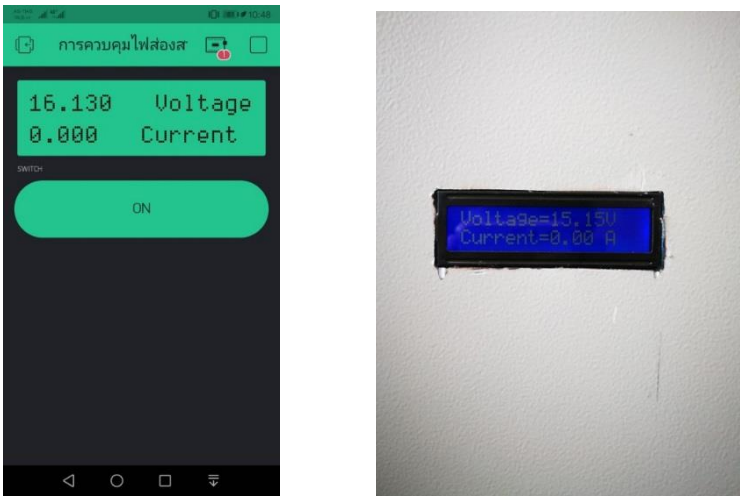
## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.5.1 การติดตั้งอุปกรณ์แต่ละขั้นตอนควรทำด้วยความระมัดระวัง

5.5.2 ขั้นตอนการต่อสายไฟควรสังเกตว่าการต่อสายไฟตรงขั้วหรือไม่

5.5.3 ติดตั้ง sensor ในการตรวจจับการไหลของกระแสไฟ เพื่อตรวจสอบว่าระบบควบคุมการเปิด-ปิดไฟด้วยโทรศัพท์มือถือ ยังมีการเปิด-ปิดไฟได้ดีหรือไม่

**ภาคผนวก**




(ก) Blynk Application (ข) หน้าจอ LCD

กดเปิด-ปิดด้วยโทรศัพท์มือถือผ่าน Blynk Application ค่าปริมาณแรงดันแสดงขึ้นทีหน้าจอโทรศัพท์มือถือ และ Display LCD ที่หน้าตู้ควบคุม

(ก) การทดลองเปิดไฟ (ข) ไฟติดสามารถใช้งานได้

ระบบควบคุมไฟส่องสว่างจากโซล่าเซลล์ด้วยโทรศัพท์มือ สามารถใช้งานได้

**บรรณานุกรม**

ที่มา: nodemcu esp8266/สืบค้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2363
/http://nodemcutom.blogspot.com/2018/07/esp8266-nodemcu.html
ที่มา: ความรู้เกี่ยวกับโซล่าเซลล์/สืบค้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2363 /http://www.irradiance.co.th/th/
ที่มา: คอนโทรลชาร์จโซล่าเซลล์/สืบค้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2363
/https://solarcellthailand96.com/knowledge/solar-charge-controller/
ที่มา: หลักการรีเลย์ /สืบค้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2363 /http://www.psptech.co.th/
ที่มา: คอนเวอร์เตอร์/สืบค้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2363 /http://www.inverter.co.th/
ที่มา: Blynk Application/สืบค้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2363 /https://www.ab.in.th/article/

**ประวัติคณะผู้จัดทำโครงงาน**

นรจ.จิรภัทร จันทร์แก้ว เหล่า อิเล็กทรอนิกส์

ที่อยู่ 233/33 หมู่ 5 ต.ศีรษะจรเข้ใหญ่

อ.บางเสาธง จ.สมุทรปราการ

จบจากโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ เตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ

นรจ.ชยานันต์ แก้วแกม เหล่า อิเล็กทรอนิกส์

ที่อยู่ 87/1 หมู่ 4 ต.ท่าขึ้น อ.ท่าศาลา จ. นครศรีธรรมราช

จบจาก โรงเรียนกัลยาณีศรีธรรมราช

นรจ. ณัฐชัย คงถิ่น เหล่า อิเล็กทรอนิกส์

ที่อยู่ 67/1 หมู่ 5 ต.เจ็ดริ้ว อ.บ้านแพ้ว จ.สมุทรสาคร

จบจาก โรงเรียนวัดไร่ขิงวิทยา

นรจ.คิมหันต์ คำฮอม

86 หมู่ 6 ต.ดงสุวรรณ อ.ดอกคำใต้ จ.พะเยา 56120

จบจาก โรงเรียนดอกคำใต้วิทยาคม

นรจ.จักรพงศ์ ฝ่ายพนอม เหล่าอิเล็กทรอนิกส์

ที่อยู่ 65/112 ม. 13 ต.ในคลองบางปลากด

อ.พระสมุทรเจดีย์ จ.สมุทรปราการ 10290

จบจาก โรงเรียนป้อมนาคราชสวาทยานนท์

นรจ.ผดุงศักดิ์ สมสวย เหล่า อิเล็กทรอนิกส์

ที่อยู่ 27 หมู่ 4 ต.กุดหว้า อ.กุฉินารายณ์

จ.กาฬสินธุ์ 46110

จบจาก โรงเรียนนาไคร้พิทยาสรรพ์