

อุปกรณ์ชาร์จแบตเตอรี่จากแสงอาทิตย์สำหรับกล่อง IoT ใช้งานระยะไกล  
INTELLIGENT SOLAR BATTERY CHARGER FOR IoT DEVICE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
ปีการศึกษา 2563

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

# INTELLIGENT SOLAR BATTERY CHARGER FOR IoT DEVICE



THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT  
FOR THE BACHELOR DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING  
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น มิใช่เพื่อประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปีการศึกษา 2563

อุปกรณ์ชาร์จแบตเตอรี่จากแสงอาทิตย์สำหรับกล่อง IoT ใช้งานระยะไกล  
INTELLIGENT SOLAR BATTERY CHARGER FOR IoT DEVICE



อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงแก้ไข **ผศ.ดร.ธีรยศ** อ่องอึ้งเวียงทอง เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญาโทปีการศึกษา 2563

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง อุปกรณ์ชาร์จแบตเตอรี่จากแสงอาทิตย์สำหรับกล่อง IoT ใช้งานระยะไกล

ผู้จัดทำ

1. นาย ธนัท กุลณรงค์
2. นาย ปุณณพัฒน์ เรืองเสวียด
3. นาย พงศกร ทองเหล็ก
4. นาย พงศกร วัฒนะประกรณ์กุล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรยศ เวียงทอง)  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## อุปกรณ์ชาร์จแบตเตอรี่จากแสงอาทิตย์สำหรับกล่อง IoT ใช้งานระยะไกล

|                 |                           |
|-----------------|---------------------------|
| นาย ธนัท        | กุลณรงค์                  |
| นาย ปุญญพัฒน์   | เรืองเสวีียด              |
| นาย พงศกร       | ทองเหล็ก                  |
| นาย พงศกร       | วิณะประกรณ์กุล            |
| ผศ.ดร. อธิราช   | เวียงทอง อาจารย์ที่ปรึกษา |
| ปีการศึกษา 2563 |                           |

### บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบและทดสอบของอุปกรณ์ Internet of Things (IoT) เพื่อใช้งานและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ระยะไกล โดยใช้เซิร์ฟเวอร์ของ Raspberry Pi ที่รับการจ่ายไฟการเชื่อมต่อกับระบบการชาร์จแบตเตอรี่ที่เชื่อมต่อกับเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการชาร์จแบตเตอรี่มีอุปกรณ์ Maximum Power Point Tracker (MPPT) ในการเพิ่มประสิทธิภาพการชาร์จ และได้ใช้อุปกรณ์เซนเซอร์ต่างๆวัดค่าพารามิเตอร์ และมีซอฟต์แวร์ Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) เป็นตัวกลางในการรับ-ส่งข้อมูลโดยให้ Node-RED นำค่ามาเก็บในฐานข้อมูล InfluxDB จากนั้นทำการแสดงค่าพารามิเตอร์ผ่านหน้าเว็บไซต์ที่ออกแบบไว้ โดยใช้ Grafana และได้ออกแบบให้มีการเชื่อมต่อสัญญาณอินเทอร์เน็ตด้วยอุปกรณ์ NB-IoT ทำให้แสดงค่าพารามิเตอร์บนเว็บไซต์แบบ Real Time สามารถทำให้ Node-RED แจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์เมื่อค่าวันที่วัดได้จากบริเวณรอบๆมีค่าเกินมาตรฐานที่ตั้งไว้ เพื่อให้ผู้ใช้งานอุปกรณ์สามารถตรวจสอบเปอร์เซ็นต์แบตเตอรี่ ทั้งในกรณีที่ติดตั้งอุปกรณ์เป็นพื้นที่ห่างไกลสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## Intelligent Solar Battery Charger for IoT Devices

Mr.Thanut                      Kulnarong  
Mr.Punyapat                  Reungsawead  
Mr.Phongsakorn              Thonglek  
Mr.Pongsakorn                Watthanaprakornkul  
Assistant.Prof.Dr.Theerayod    Wiangthong    Advisor

### ABSTRACT

This thesis presents a design of intelligent solar battery charger with Internet of Things (IoT) devices for cloud operation and remote access. All the devices operate on the Raspberry Pi's server and receive the power from connect with battery that was charged by solar cell. The charging system is attached with Maximum Power Point Tracking (MPPT) device for high efficiency of charging system. Many sensors are being used for gathering the data then Message Telemetry Transport (MQTT) software deliver the data to the Node-RED. The Node-RED storage the data in Influx-DB database then display all data through website by Grafana. In additional, the system is connected the internet by NB-IoT device so when the smoke sensor a smoke detects from nearly place that over standard, the Node-RED would notify the user through LINE application and can monitor the data in real time even this system is located at non-signal place.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยการช่วยเหลือจากหลายท่าน โดยเฉพาะท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรยศ เวียงทอง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำปริญญานิพนธ์ ท่านให้คำแนะนำ ให้ความรู้ ในการปรึกษาปัญหาต่างๆ ทั้งยังคอยดูแล และสนับสนุนเรื่องต่างๆในการทำโครงการแก่ผู้จัดทำด้วยดีเสมอมา ทางผู้จัดทำรู้สึกขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณอาจารย์ ดร.สมภพ ผลไม้ หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการทดลอง และคำแนะนำในการใช้เครื่องมือ

ขอขอบคุณคณะอาจารย์และบุคลากรภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบังที่ได้มอบความรู้และคำแนะนำ

ขอขอบคุณสมาชิกในกลุ่มที่ตั้งใจช่วยกันทำงานด้วยความอดุสาหะทั้งร่างกายแรงใจ และอดทนผ่านอุปสรรคต่างๆมาด้วยกัน

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้คำแนะนำ ให้ความรู้ และให้ความช่วยเหลือ  
ขอขอบคุณครอบครัวของคณะผู้จัดทำที่คอยสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้ในการทำ  
โครงนี้

สุดท้ายนี้ประโยชน์ที่ได้รับอันพึงมาจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะเกิดขึ้นไม่ได้ถ้าไม่ได้  
รับความช่วยเหลือจากทุกท่านคณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณทุกท่านเป็นอย่างสูง

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## สารบัญ

|   |           |
|---|-----------|
| บทคัดย่อ .....                                      | I         |
| ABSTRACT .....                                      | II        |
| กิตติกรรมประกาศ .....                               | III       |
| สารบัญ .....  | IV        |
| สารบัญรูป .....                                     | VII       |
| สารบัญตาราง .....                                   | XI        |
| <b>บทที่ 1 บทนำ .....</b>                           | <b>1</b>  |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....            | 1         |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....                   | 2         |
| 1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ .....               | 2         |
| 1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ .....                    | 2         |
| 1.5 แผนการดำเนินโครงการ .....                       | 3         |
| 1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย .....              | 5         |
| <b>บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง .....</b>             | <b>6</b>  |
| 2.1 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของเซลล์แสงอาทิตย์ .....  | 6         |
| 2.2 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของแบตเตอรี่ .....        | 16        |
| 2.3 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของโซลาร์ชาร์จเจอร์ ..... | 25        |
| 2.4 Internet of Thing (IoT) .....                   | 27        |
| 2.5 Message Queue Telemetry Transport (MQTT) .....  | 28        |
| 2.6 Database .....                                  | 29        |
| 2.7 Node-RED .....                                  | 31        |
| <b>บทที่ 3 การออกแบบและวิธีดำเนินงาน .....</b>      | <b>32</b> |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 3.1 ภาพรวมขององค์ประกอบหลักของระบบที่พัฒนาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขได้ 32 การค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ 3.2 องค์ประกอบฮาร์ดแวร์ ..... และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ 33

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and IV cite the document when use.

|                            |   |           |
|----------------------------|---|-----------|
| 3.3                        | องค์ประกอบซอฟต์แวร์ .....   | 39        |
| 3.4                        | การเลือกใช้งานแบตเตอรี่ .....   | 40        |
| 3.5                        | การเลือกใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ .....   | 42        |
| 3.6                        | การประมวลผลข้อมูลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ .....  | 43        |
| 3.7                        | การใช้งาน Node-RED บน Raspberry pi.....   | 48        |
| 3.8                        | การสื่อสารระหว่างบอร์ด DEVIO NB DEV KIT I และ Node-RED ผ่านโปรโตคอล MQTT 50                     |           |
| 3.9                        | การเก็บค่าพารามิเตอร์ต่างไปไว้ที่ Database (Influx DB) โดยใช้ฟังก์ชันต่างๆ ภายใน Node-RED ..... | 52        |
| 3.10                       | การดึงข้อมูลจาก Database (Influx DB) และแสดงผล โดยใช้ Grafana.....                              | 55        |
| 3.11                       | การทำ Port Forwarding ของเครือข่าย True Internet.....   | 59        |
| 3.12                       | การทำ Line Notification API.....  | 62        |
| <b>บทที่ 4</b>             | <b>การทดลองและผลการทดลอง.....</b>   | <b>64</b> |
| 4.1                        | ทดสอบระบบชาร์จแบตเตอรี่ที่ใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์.....                                     | 64        |
| 4.2                        | ทดสอบความเที่ยงตรงของอุปกรณ์.....   | 65        |
| 4.3                        | ทดสอบการแสดงผลบนหน้า Dashboard ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ .....                                     | 67        |
| 4.4                        | ทดสอบการใช้งานจากระยะไกล .....  | 69        |
| 4.5                        | ทดสอบการเก็บข้อมูลใน Database.....  | 70        |
| 4.6                        | ทดสอบ Line Notification.....  | 71        |
| <b>บทที่ 5</b>             | <b>สรุปผลการทดลอง .....</b>   | <b>72</b> |
| 5.1                        | สรุปผลการทดลอง.....   | 72        |
| 5.2                        | ปัญหาและอุปสรรค .....   | 72        |
| 5.3                        | ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต .....   | 73        |
| <b>เอกสารอ้างอิง .....</b> |   | <b>74</b> |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้เพื่อการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ก็ตามหากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูงและต้องอ้างถึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่ใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ข..... 96

ประวัติผู้เขียน..... 111



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and vi cite the document when use.

## สารบัญรูป

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| รูปที่ 2.1  | กราฟคุณลักษณะ I-V Curve & P-V Curve .....   | 8  |
| รูปที่ 2.2  | กราฟคุณลักษณะ I-V Curve เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสง .....  | 9  |
| รูปที่ 2.3  | กราฟคุณลักษณะ I-V Curve เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ.....  | 10 |
| รูปที่ 2.4  | เข็มทิศที่แสดงถึงองศาต่างๆของมุมอะซิมูท.....  | 12 |
| รูปที่ 2.6  | ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตรใน 1 ปี kWh/year โดยเป็นข้อมูลของกรุงเทพมหานครและหันหน้าไปทางทิศใต้ที่มุมอะซิมูท 180 องศา..... | 13 |
| รูปที่ 2.7  | ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตรใน 1 ปี kWh/year โดยเป็นข้อมูลของกรุงเทพมหานครและหันหน้าไปทางทิศเหนือ .....                    | 14 |
| รูปที่ 2.8  | ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตรใน 1 ปี kWh/year โดยเป็นข้อมูลของกรุงเทพมหานครและหันหน้าไปทางทิศตะวันออกและตะวันตก .....       | 15 |
| รูปที่ 2.9  | โครงสร้างของแบตเตอรี่ตะกั่วกรด .....  | 17 |
| รูปที่ 2.10 | โครงสร้างของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน .....   | 19 |
| รูปที่ 2.11 | โครงสร้างของแบตเตอรี่แบบลิเทียมโพลีเมอร์ .....  | 19 |
| รูปที่ 2.12 | โครงสร้างของแบตเตอรี่แบบโซเดียมซัลเฟอร์ .....   | 21 |
| รูปที่ 2.13 | โครงสร้างของแบตเตอรี่แบบนิกเกิลแคดเมียม .....   | 22 |
| รูปที่ 2.14 | โครงสร้างของถ่านคาร์บอนเคลือบสังกะสี .....  | 23 |
| รูปที่ 2.15 | การต่อระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ และโหลด.....   | 25 |
| รูปที่ 2.16 | องค์ประกอบของ MQTT.....   | 29 |
| รูปที่ 3.1  | ภาพรวมของระบบ.....  | 32 |
| รูปที่ 3.2  | องค์ประกอบฮาร์ดแวร์.....  | 33 |
| รูปที่ 3.3  | MPPT Module (BQ24650).....  | 33 |
| รูปที่ 3.4  | Buck Converter Module XL4005 .....  | 34 |
| รูปที่ 3.5  | DEVIO NB-DEVKIT.....  | 34 |
| รูปที่ 3.6  | Voltage Sensor.....   | 35 |
| รูปที่ 3.7  | Voltage Divider.....  | 35 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, or cite the document when use.

|   |    |
|---|----|
| รูปที่ 3.8 Current Sensor (ACS 712) .....                                 | 35 |
| รูปที่ 3.9 MQ-2 Smoke Gas Sensor .....                                    | 36 |
| รูปที่ 3.10 DHT22.....  | 36 |
| รูปที่ 3.11 LCD I2C.....  | 37 |
| รูปที่ 3.12 Relay (SRD-05VDC-SL-C).....                                   | 38 |
| รูปที่ 3.13 Raspberry Pi 3B+ .....  | 38 |
| รูปที่ 3.14 หน้าเว็บในการดาวน์โหลดโปรแกรม.....                            | 43 |
| รูปที่ 3.15 Download Arduino IDE.....                                     | 44 |
| รูปที่ 3.16 หน้าต่าง Arduino IDE.....                                     | 44 |
| รูปที่ 3.17 Select Preference Arduino IDE.....                            | 45 |
| รูปที่ 3.18 Preferences Arduino IDE.....                                  | 45 |
| รูปที่ 3.19 Board manager.....  | 46 |
| รูปที่ 3.20 Install esp32.....  | 46 |
| รูปที่ 3.22 เลือกบอร์ดที่ต้องการติดตั้ง.....                              | 47 |
| รูปที่ 3.23 เว็บไซต์สำหรับการติดตั้งโปรแกรม Node-RED บน Raspberry Pi..... | 48 |
| รูปที่ 3.24 Terminal ของ Raspberry Pi.....                                | 49 |
| รูปที่ 3.25 หน้าหลักโปรแกรม Node-RED.....                                 | 49 |
| รูปที่ 3.26 ผังการไหลของข้อมูลสำหรับสื่อสารข้อมูลผ่านโปรโตคอล MQTT .....  | 50 |
| รูปที่ 3.30 กำหนดหัวข้อรับ Topics และ IP Address ของ MQTT .....           | 52 |
| รูปที่ 3.31 ผังการไหลของข้อมูลไปเก็บไว้ที่ Influx DB .....                | 52 |
| รูปที่ 3.32 Code การเปลี่ยน String เป็น Integer.....                      | 53 |
| รูปที่ 3.33 แผนผังการเชื่อมต่อให้บล็อก Influx DB.....                     | 53 |
| รูปที่ 3.34 กำหนดการตั้งค่าให้กับบล็อก Influx DB.....                     | 54 |
| รูปที่ 3.35 แผนผังการไหลของข้อมูลเมื่อนำมารวมกัน.....                     | 54 |
| รูปที่ 3.36 การแสดงผลผ่านทาง Node-RED.....                                | 54 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยทางสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขข้อมูลเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and VIII cite the document when use.

|   |    |
|---|----|
| รูปที่ 3.37 การดูข้อมูลใน Database (Influx DB).....                                   | 55 |
| รูปที่ 3.39 กำหนดตำแหน่งของ Database ที่ต้องการ .....                                 | 56 |
| รูปที่ 3.40 กำหนดตำแหน่งของ Database ที่ต้องการ .....                                 | 56 |
| รูปที่ 3.41 กำหนดตำแหน่งของ Database ที่ต้องการ .....                                 | 57 |
| รูปที่ 3.42 การตั้งค่าการแสดงผล .....   | 57 |
| รูปที่ 3.43 การตั้งค่าการแสดงผล .....   | 58 |
| รูปที่ 3.44 รูปตัวอย่างการแสดงผลเมื่อนำมารวมกัน.....                                  | 58 |
| รูปที่ 3.45 หน้า Login และ Register ของ True Internet .....                           | 59 |
| รูปที่ 3.46 Port ต่างๆที่มีให้ในเครือข่าย True Internet.....                          | 60 |
| รูปที่ 3.47 หน้า Login และ Register ของ Internet Router .....                         | 60 |
| รูปที่ 3.48 การเข้าไปกำหนด Port เข้า-ออกของ Internet Router.....                      | 61 |
| รูปที่ 3.49 การตั้งค่าของ Port ต่างๆ ที่ต้องการใช้งาน .....                           | 61 |
| รูปที่ 3.50 หน้าเริ่มต้นของเว็บไซต์.....  | 62 |
| รูปที่ 3.51 การกดรับ Token.....   | 62 |
| รูปที่ 3.52 การตั้งค่าให้ Http Request Node .....                                     | 63 |
| รูปที่ 3.53 คำสั่งการแจ้งเตือน .....  | 63 |
| รูปที่ 3.54 Flow ใน Node-RED .....  | 63 |
| รูปที่ 4.1 กราฟค่าแรงดันของแบตเตอรี่และเซลล์แสงอาทิตย์ .....                          | 64 |
| รูปที่ 4.2 กราฟค่าแรงดันของแบตเตอรี่ที่ทำงานใน 2 วัน .....                            | 64 |
| รูปที่ 4.3 กราฟค่าแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่มีการชาร์จอยู่ระหว่าง 0-1 โวลต์ ..... | 65 |
| รูปที่ 4.4 จอแสดงผลค่าแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์.....                                   | 65 |
| รูปที่ 4.6 จอแสดงผลค่าแรงดันของแบตเตอรี่.....   | 66 |
| รูปที่ 4.7 ค่าแรงดันของแบตเตอรี่ที่วัดได้ .....                                       | 66 |
| รูปที่ 4.8 จอแสดงผลค่าอุณหภูมิระหว่างวัน .....  | 66 |
| รูปที่ 4.9 จอแสดงผลปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ .....                                | 67 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม สิ่งใดที่ปรากฏในเอกสารนี้ อาจเป็นข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

|   |    |
|---|----|
| รูปที่ 4.10 การแสดงผล Voltage Sensor บน Grafana.....  | 67 |
| รูปที่ 4.11 การแสดงผล Voltage Sensor บน Node-RED.....   | 68 |
| รูปที่ 4.12 การแสดงผลอุณหภูมิและความชื้นบน Grafana .....                                      | 68 |
| รูปที่ 4.13 การแสดงผลอุณหภูมิและความชื้นบน Node-RED.....                                      | 68 |
| รูปที่ 4.14 การทดสอบเข้าใช้งานระยะไกล Dashboard ของ Grafana ผ่าน Internet เครือข่ายอื่น ..... | 69 |
| รูปที่ 4.15 การทดสอบเข้าใช้งานระยะไกลของ Node-RED ผ่าน Internet เครือข่ายอื่น.....            | 69 |
| รูปที่ 4.16 การทดสอบการเชื่อมและส่งข้อมูลให้กับ InfluxDB .....                                | 70 |
| รูปที่ 4.17 ข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ใน InfluxDB จากเครื่อง Server(Raspberry Pi) .....              | 70 |
| รูปที่ 4.18 การแจ้งเตือนใน Line Application เมื่อมีค่าเกินที่กำหนดไว้.....                    | 71 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## สารบัญตาราง

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| ตารางที่ 1.1 | แผนการปฏิบัติงาน .....                               | 4  |
| ตารางที่ 3.1 | ค่ากระแสที่ได้จากการวัดที่ระดับแรงดัน 12 โวลต์ ..... | 41 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and **xi** cite the document when use.

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบันเกิดการพัฒนารูปแบบอย่างก้าวกระโดดในด้านเทคโนโลยีเพื่อตอบสนองความต้องการและความสะดวกสบายของมนุษย์ โดยมีการใช้งานอย่างแพร่หลายอยู่ในทุกกลุ่มช่วงอายุ โดยเฉพาะอุปกรณ์ IoT ( Internet of Things ) มีบทบาทสำคัญที่เกี่ยวข้องอย่างมากในกับการดำเนินชีวิตประจำวันในทุกๆด้าน ทั้งด้านการศึกษา ด้านสังคม ด้านคมนาคม และอื่นๆอีกมากมาย แต่การใช้งานอุปกรณ์ IoT ต้องอาศัยไฟฟ้าและในการเชื่อมต่อ สื่อสาร ควบคุมระยะไกลต้องเชื่อมต่อผ่านสัญญาณไร้สาย ซึ่งจะเกิดปัญหาสำหรับบางพื้นที่ที่ทุรกันดาร พื้นที่เฉพาะ(ป่า เขา) เป็นพื้นที่ที่ไฟฟ้ายากแก่การเข้าถึง

ทางคณะวิจัยโครงการจึงเล็งเห็นความสำคัญของการเทคโนโลยีและอุปกรณ์ IoT ทั้งตระหนักถึงข้อเสียและข้อจำกัด จึงร่วมกันปรึกษาหาแนวทางการแก้ปัญหาว่าจะใช้พลังงานชนิดใดมาใช้กับอุปกรณ์ IoT เริ่มจากการศึกษาสภาพภูมิประเทศและสภาพอากาศของประเทศไทยเพื่อที่จะได้เลือกใช้พลังงานเหมาะสม จึงสรุปได้ว่าพลังงานเลือกคือ พลังงานทดแทนจากแสงอาทิตย์(Solar cell) ซึ่งในการนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้นั้นได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก แต่ในกระบวนการนำพลังงานแสงอาทิตย์มากักเก็บ(charging) ก่อให้เกิดการสูญเสียของพลังงาน ทางคณะวิจัยจึงคิดออกแบบระบบการกักเก็บพลังงานที่สามารถลดการสูญเสียพลังงานโดยอาศัยหลักการทำงานของ MPPT( Most Power Point Tracking) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกักเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ และที่สำคัญยังอยู่ในองค์ความรู้ที่ทางคณะวิจัยโครงการได้เรียนรู้มา แล้วนำพลังงานที่ได้มาใช้ร่วมกับอุปกรณ์ IoT มีการออกแบบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ กับอุปกรณ์ IoT สามารถให้อุปกรณ์ IoT ใช้งานได้ตลอด 24 ชั่วโมง สามารถแสดงผลและควบคุมระยะไกล ในการออกแบบอุปกรณ์ IoT สามารถออกแบบได้หลากหลายตามจุดประสงค์ที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับชาร์จแบตเตอรี่จากเซลล์แสงอาทิตย์
2. ใช้พลังงานทดแทนแสงอาทิตย์มาใช้เลี้ยงอุปกรณ์ IoT ( Internet of things ) ให้ใช้งานได้ตลอด 24 ชั่วโมง
3. สามารถแสดงผลและควบคุมอุปกรณ์ IoT ระยะไกล
4. เพื่อสามารถออกแบบระบบของอุปกรณ์ IoT มาใช้ตามจุดประสงค์ตามที่ต้องการใช้งาน
5. สามารถแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์เมื่อค่าของควันทที่วัดได้เกินมาตรฐาน

## 1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

1. ใช้โปรแกรมคำสั่งเพื่อทดสอบและควบคุมอุปกรณ์ IoT
2. ใช้ซอฟต์แวร์เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลและทำให้เกิดการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์แต่ละส่วน
3. ออกแบบหน้าจอร์เว็บไซต์ที่ใช้แสดงผลและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์
4. วัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆและใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์วิเคราะห์ผลจากการวัด

## 1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ

1. กำหนดเป้าหมายและศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการ
2. ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ตรวจวัด
3. ทดสอบความถูกต้องและแม่นยำอุปกรณ์ตรวจวัด
4. ออกแบบและทดสอบการแสดงผลของข้อมูลผ่านทาง Dashboard
5. ทำให้ข้อมูลมีการสื่อสารกันระหว่าง NB-IoT และ Raspberry pi
6. เชื่อมต่อข้อมูลเข้ากับอินเทอร์เน็ตเพื่อแสดงผลและควบคุมทางไกล
7. เก็บค่าพารามิเตอร์ต่างๆใน Database
8. สรุปผลดำเนินการ
9. จัดทำรูปเล่มปริญญาานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 1.5 แผนการดำเนินโครงการ

ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวข้องกับปริญญาโท การออกแบบระบบอุปกรณ์ IoT วิธีการใช้งานอุปกรณ์ IoT ต่างๆ ตลอดจนการทดสอบอุปกรณ์แต่ละชิ้นเพื่อเพิ่มความเที่ยงตรงของอุปกรณ์ การเก็บข้อมูลผ่านทาง Database ควบคุมและแสดงผลทางเว็บไซต์โดยอินเทอร์เน็ต โดยมีเวลาดำเนินการตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2563 ถึงเดือนพฤษภาคม 2564 รวมเป็นระยะเวลา 9 เดือน โดยมีแผนการดำเนินโครงการ ดังตารางที่ 1.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 1.1 แผนการปฏิบัติงาน

↔ การปฏิบัติงาน

| วิธีการดำเนินการ  | ระยะเวลา  |      |      |      |      |           |      |       |       |      |
|---|-----------|------|------|------|------|-----------|------|-------|-------|------|
|   | พ.ศ. 2562 |      |      |      |      | พ.ศ. 2563 |      |       |       |      |
|   | ส.ค.      | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค.      | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. |
| 1. ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการ                   | ←         |      |      |      |      |           |      |       |       | →    |
| 2. ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ IoT                                    |           | ↔    |      |      |      |           |      |       |       |      |
| 3. ศึกษาวิธีการเขียนคำสั่งอุปกรณ์ IoT                           |           |      | ↔    |      |      |           |      |       |       |      |
| 4. ทดสอบความแม่นยำของอุปกรณ์ IoT                                |           |      | ↔    |      |      |           |      |       |       |      |
| 5. ออกแบบเว็บไซต์และแสดงผลผ่านเว็บไซต์                          |           |      |      |      |      | ↔         |      |       |       |      |
| 6. ทำให้ข้อมูลทำการสื่อสารกันระหว่าง NB-IoT และ Raspberry Pi    |           |      |      |      |      |           | ↔    |       |       |      |
| 7. เชื่อมต่อข้อมูลเข้ากับอินเทอร์เน็ตเพื่อแสดงผลและควบคุมทางไกล |           |      |      |      |      |           |      | ↔     |       |      |
| 8. เก็บค่าพารามิเตอร์ใน database และสรุปผลการดำเนินงาน          |           |      |      |      |      |           |      |       | ↔     |      |
| 9. จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์                                     |           |      |      |      |      |           |      |       |       | ↔    |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## 1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. สามารถออกแบบระบบอุปกรณ์ IoT ต่างๆ ที่สามารถแสดงผลผ่านหน้าจอและควบคุมระยะไกลผ่านอินเทอร์เน็ต
2. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการชาร์จของแบตเตอรี่
3. สามารถออกแบบหน้าเว็บไซต์การแสดงผล
4. สามารถเขียนโปรแกรมคำสั่งอุปกรณ์ IoT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของเซลล์แสงอาทิตย์

##### 2.1.1 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

วัสดุสำคัญที่ใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์ คือ สารซิลิคอน (Si) ซึ่งมีการนำมาใช้ผลิตกันอย่างแพร่หลายเพราะมีราคาถูก คงทน และเชื่อถือได้ นอกจากนี้ยังมีวัสดุชนิดอื่นที่สามารถนำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้ เช่น Gallium arsenide CIS และ Cadmium Telluride แต่ยังมีราคาสูง โดยโครงสร้างที่นิยมมากที่สุด ได้แก่ รอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ สารกึ่งตัวนำที่ราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนโลก คือ ซิลิคอน จึงถูกนำมาสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำซิลิคอนมาถลุง และผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์จนกระทั่งทำให้เป็นผลึก จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการแพร่ซึมสารเจือปนเพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็น โดยเมื่อเติมสารเจือฟอสฟอรัส จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด n (เพราะนำไฟฟ้าด้วยอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ) และเมื่อเติมสารเจือโบรอน จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด p (เพราะนำไฟฟ้าด้วยโฮลซึ่งมีประจุบวก) ดังนั้นเมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นมาต่อกัน จะเกิดรอยต่อพีเอ็นขึ้น โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอน อาจมีรูปร่างเป็นแผ่นวงกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส ความหนา 200-400 ไมครอน (0.2-0.4 มม.) ผิวด้านรับแสงจะมีชั้นแพร่ซึมที่มีการนำไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าด้านหน้าที่รับแสงจะมีลักษณะคล้ายก้างปลาเพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงมากที่สุด ส่วนขั้วไฟฟ้าด้านหลังเป็นขั้วโลหะเต็มพื้นผิว [1]

##### 2.1.2 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและบวกขึ้น ได้แก่ อิเล็กตรอนและ โฮล โครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์ เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ และพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไปที่ขั้วบวก (ปกติที่ฐานจะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดพี ขั้วไฟฟ้าด้านหลังจึงเป็นขั้วบวก ส่วนด้านรับแสงใช้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ขั้วไฟฟ้าจึงเป็นขั้วลบ) ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ไหลขึ้น [1] [2] การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 2.1.3 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

แบ่งตามวัสดุที่ใช้เป็น 3 ชนิดหลักๆ คือ

#### 2.1.3.1 Mono Crystalline หรือ เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้สร้างโดยการนำเอาซิลิคอนซึ่งผ่านการทำให้เป็นก้อนที่มีความบริสุทธิ์สูงมากถึง 99.999% ไปหลอมละลายที่อุณหภูมิสูงถึง 1500 องศาเซลเซียส เพื่อทำการสร้างแท่งผลึกเดี่ยวขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 6-8 นิ้ว) จากผลึกตั้งต้น (Seed crystal) ด้วยเทคโนโลยีการดึงผลึก คุณภาพของผลึกเดี่ยวจะสำคัญมากต่อคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ ต่อไปจะนำแท่งผลึกเดี่ยวนี้ไปตัดเป็นแผ่น ๆ เรียกว่า เวเฟอร์ หนาประมาณ 300 ไมโครเมตร และขีดความเรียบของผิวจากนั้นก็นำไปเจือสารที่จำเป็นในการทำให้เกิดเป็น p-n junction ขึ้นบนแผ่นเวเฟอร์ ด้วยวิธีการ diffusion ที่อุณหภูมิระดับ 1000 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นก็จะป็นขั้นตอนการทำขั้วไฟฟ้าเพื่อนำกระแสไฟออกใช้ และชั้นสุดท้ายก็จะเป็นการเคลือบฟิล์มผิวหน้าเพื่อป้องกันการสะท้อนแสงให้น้อยที่สุด [2]

#### 2.1.3.2 Poly Crystalline หรือ เซลล์แสงอาทิตย์แบบหลายผลึก

เซลล์แสงอาทิตย์แบบหลายผลึกได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหาต้นทุนสูงของเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว ซิลิคอนแบบหลายผลึกก็คือก้อนซิลิคอนที่เกิดจากการรวมตัวกันของชิ้นเล็ก ๆ (ขนาดระดับไมโครเมตร-มิลลิเมตร) ของผลึกเดี่ยวของซิลิคอน รูปที่ 3 เป็นการแสดงขั้นตอนการผลิตของโพลีซิลิคอน ด้านบนของรูปแสดงการผลิตแบบ cast โดยจะเทซิลิคอนที่หลอมละลายเข้าไปใน crucible แล้วปล่อยให้เย็นลงอย่างช้า ๆ ซึ่งก็ได้ก้อน ingot ของซิลิคอนหลายผลึกที่มีรูปร่างตาม crucible ที่ใช้ หลังจากนั้นการนำไปทำเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะคล้ายกับกรณีของแบบผลึกเดี่ยว คือนำไปตัดเป็นเวเฟอร์หนาขนาด 300-400 ไมโครเมตร แล้วก็ทำ p-n junction ต่อไป ด้านล่างของรูปเป็นการสร้างแผ่นซิลิคอนหลายผลึกที่จะใช้ในการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์โดยตรงจากสารหลอมเหลวของซิลิคอน [2]

#### 2.1.3.3 Amorphous Silicon หรือ เซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัส

เซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัสมีวิธีการผลิตที่ต่างจากแบบผลึกโดยสิ้นเชิง โดยจะเป็นลักษณะของแผ่นฟิล์มบางไม่ใช่เวเฟอร์ โดยเราจะสร้างแผ่นฟิล์มบางของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์บนแผ่นฐานรองโดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า CVD (Chemical Vapor Deposition) ซึ่งจะมีระบบนำก๊าซที่มีซิลิคอนติดอยู่ เช่น ก๊าซซิลเลน ( $\text{SiH}_4$ ) ผ่านเข้าไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ไปในท่อสุญญากาศ และตรงบริเวณที่วางแผ่นฐานรองก็จะมีการกระตุ้น เช่น โดยพลาสมาเพื่อส่งพลังงานให้ซิลิคอนแยกตัวออกจากก๊าซเข้าไปจับตัวกันบนแผ่นฐานรอง ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเป็นแก้ว สเตนเลส หรือพลาสติก ที่ได้ทำการเคลือบชั้นตัวนำโปร่งแสงไว้ก่อน โดยมีอุณหภูมิบนแผ่นฐานรองประมาณ 200-300 องศาเซลเซียส ซิลิคอนจะทับถมสะสมบนแผ่นเกิดเป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอน ในขั้นตอนนี้หากเราใส่ก๊าซที่มีโบรอน เช่น  $B_2H_6$  เข้าไปด้วย เราก็จะได้แผ่นฟิล์มที่เป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอนชนิด p และถ้าหากใส่ก๊าซที่มีฟอสเฟต เช่น  $PH_3$  เราก็จะได้แผ่นฟิล์มที่เป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอนชนิด n [2]

ดังนั้นจากข้อมูลข้างต้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Mono Crystalline หรือ เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวเนื่องจากการใช้งานยาวนานที่สุด และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้ามากกว่าเมื่ออยู่ในสภาวะแสงน้อย

#### 2.1.4 กราฟคุณลักษณะ I-V Curve & P-V Curve ของเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 2.1 กราฟคุณลักษณะ I-V Curve & P-V Curve

I-V Curve ที่แรงดันเป็นศูนย์จะได้ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่สภาวะลัดวงจรค่าหนึ่ง (Short Circuit Current :  $I_{sc}$ ) ที่กระแสเป็นศูนย์จะได้ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่สภาวะเปิดวงจรค่าหนึ่ง (Open Circuit Voltage :  $V_{oc}$ ) หากอุณหภูมิและปริมาณความเข้มแสงที่ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ มีค่าคงที่จะสามารถสร้าง I-V Curve ได้ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งจะมีจุดสำคัญ ที่ทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูงสุด ของเซลล์แสงอาทิตย์ Maximum Power Point ( $P_{mpp}$ ) โดยที่จุดนี้ จะทำให้ทราบถึงค่ากระแสที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด Current at Maximum Power Point ( $I_{mpp}$ ) กับแรงดัน ที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด Voltage at Maximum

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ลิขสิทธิ์เป็นให้ดัดแปลงเนื้อหา และตัดใจอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

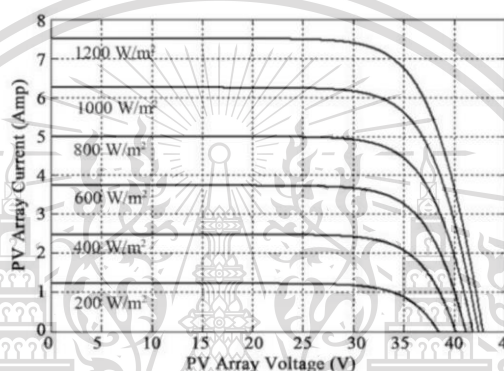
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Power Point (V<sub>mpp</sub>) P-V Curve จะทำให้ทราบค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ของเซลล์แสงอาทิตย์ (P<sub>mpp</sub>) ซึ่งเกิดจาก I-V Curve นั้นทำให้ทราบถึงค่ากระแส (I<sub>mpp</sub>) กับค่าแรงดัน (V<sub>mpp</sub>) เมื่อนำมาคูณกันก็จะทราบค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ดังรูปที่ 2.1 [1]

### 2.1.5 คุณสมบัติและตัวแปรที่มีผลต่อเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวแปรที่สำคัญที่มีส่วนทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละพื้นที่ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบ หรือคำนวณจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในแต่ละพื้นที่ มีดังนี้

#### 2.1.5.1 กราฟคุณลักษณะ I-V Curve เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสง



รูปที่ 2.2 กราฟคุณลักษณะ I-V Curve เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสง

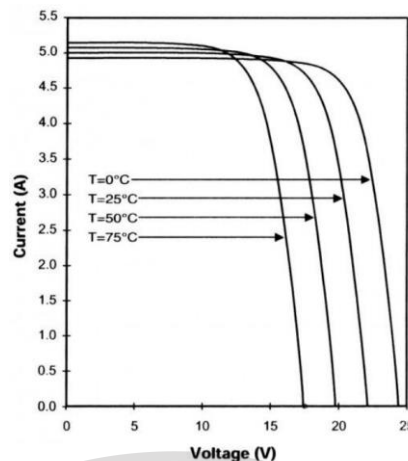
ความเข้มของแสง กระแสไฟ (Current) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ความเข้มของแสงที่วัดเป็นมาตรฐานคือ ความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่งปราศจากเมฆหมอก และวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ซึ่งความเข้มของแสงจะมีค่าเท่ากับ 100 mW ต่อตารางเซนติเมตร หรือ 1,000 W ต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 1.5 (Air Mass 1.5) และถ้าแสงอาทิตย์ทำมุม 60 องศาพื้นโลกความเข้มของแสงจะมีค่าเท่ากับประมาณ 75 mW ต่อตารางเซนติเมตร หรือ 750 W ต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM2 กรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะใช้ค่า AM 1.5 เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของแผง [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 2.1.5.2 กราฟคุณลักษณะ I-V Curve เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ



รูปที่ 2.3 กราฟคุณลักษณะ I-V Curve เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

อุณหภูมิ กระแสไฟ (Current) จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้า (โวลท์) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุก ๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5% และในกรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์คือ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เช่น กำหนดไว้ว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage หรือ Voc) ที่ 21 V ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ก็จะหมายความว่า แรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะเท่ากับ 21 V ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส เช่น อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง 2.5% ( $0.5\% \times 5$  องศาเซลเซียส) นั่นคือ แรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ Voc จะลดลง 0.525 V ( $21 \text{ V} \times 2.5\%$ ) เหลือเพียง 20.475 V ( $21\text{V} - 0.525\text{V}$ ) สรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าก็จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงด้วย [1]

### 2.1.6 ทิศทางและมุมรับแสงของการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

มุมและทิศทางในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์มีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพในการรับพลังงานแสงอาทิตย์แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถติดตั้งได้บนพื้นที่ว่าง ทั้งบนหลังคาบ้าน บนหลังคาอาคารต่างๆ และบนพื้นดิน ซึ่งตำแหน่งที่ดีในการเลือกติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ต้องเป็นตำแหน่งที่สามารถรับแสงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งวันโดยต้องไม่มีสิ่งปลูกสร้าง หรือสิ่งของอื่นใด มาบดบังแสงอาทิตย์ และไม่ควรเป็นสถานที่ที่มีฝุ่นหรือไอระเหยจกน้ำมันมากเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในแวดวงวิชาการเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่สู่สาธารณะเพื่อการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นแต่ที่ติดต่อแจ้งขอใช้ และต้องขออนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้ง มิฉะนั้นไปใช้  
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การติดตั้งที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้สูญเสียพลังงานสะสมตลอดทั้งปีไปอย่างน่าเสียดาย โดยปกติการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในเมืองไทย นิยมที่จะติดตั้งให้ด้านหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ หันไปทางทิศใต้ และเอียงทำมุมประมาณ 10-18 องศากับพื้นโลก(ขึ้นอยู่กับภูมิประเทศ) [1]

### 2.1.6.1 การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

โดยทั่วไปสามารถแบ่งตามชนิดของโครงสร้างรองรับเซลล์แสงอาทิตย์โดยแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ ติดตั้งกับโครงสร้างแบบยึดอยู่กับที่ (Fix System), ติดตั้งบนโครงสร้างแบบปรับแกนเดียว (1 Axis) และ ติดตั้งบนโครงสร้างแบบปรับสองแกน (2 Axis) โดยมีรายละเอียดดังนี้ [1]

- ติดตั้งกับโครงสร้างแบบยึดอยู่กับที่ (Fix System) การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แบบยึดอยู่กับที่จะพบเห็นได้เยอะที่สุดเนื่องจากการติดตั้งที่ง่ายลงทุนน้อยเช่น การติดตั้งบนบ้านเรือน การติดตั้งบนพื้นดินในโซลาร์ฟาร์ม เป็นต้น
- ติดตั้งบนโครงสร้างแบบปรับแกนเดียว (1 Axis) จุดประสงค์ของการติดตั้งคือการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง มุมเอียงของโลกในแต่ละวันในรอบปีทำให้การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนโครงสร้างแบบแกนเดียวนั้นสามารถปรับมุมเอียงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อให้รับค่ารังสีแสงอาทิตย์ให้เหมาะสมตามมุมเอียงของโลกที่แปรเปลี่ยนตามวันได้
- ติดตั้งบนโครงสร้างแบบปรับสองแกน (2 Axis) จุดประสงค์ของการติดตั้งคือการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ตามวัน ในรอบปีและช่วงเวลา เพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงมุมเอียงของโลกในแต่ละวันและการเคลื่อนที่ของแสงอาทิตย์จาก ทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก ซึ่งการติดตั้งแบบนี้จะให้ประสิทธิภาพดีที่สุดแต่ก็ลงทุนเยอะสุด อีกทั้งยังมีระดับการซ่อมบำรุงที่ยากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

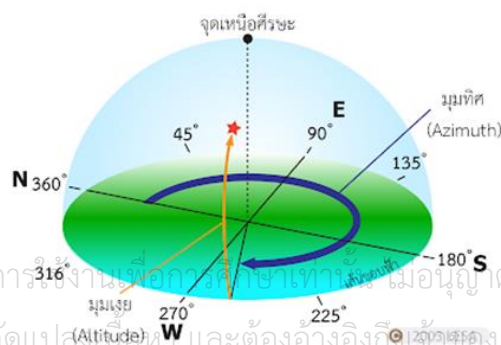
### 2.1.6.2 ทิศทางและมุมรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์

การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์นั้นเราจะต้องทราบถึงทิศทาง การหันแผงเซลล์แสงอาทิตย์และมุมรับแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมก่อนการติดตั้งมุมอะซิมุม (Azimuth) คือมุมที่ใช้สำหรับการบอกทิศทาง การหันหน้าของคนหรือวัตถุเพื่อใช้ในการบอกทิศเช่น ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออกและทิศตะวันตกโดยมุมอะซิมุมจะมีค่าเริ่มต้น ที่ 0 องศา ที่ทิศเหนือ และมีค่าเพิ่มขึ้นตามเข็มนาฬิกา [1] [3]



รูปที่ 2.4 เข็มทิศที่แสดงถึงองศาต่างๆของมุมอะซิมุม

โดยที่ มุมอะซิมุมเท่ากับ  $0^\circ$  หรือ  $360^\circ$  หมายถึง ด้านรับแสงทิศเหนือ  
 มุมอะซิมุมตั้งแต่  $1-89^\circ$  หมายถึง ด้านรับแสงทิศตะวันออกเฉียงเหนือ  
 มุมอะซิมุมเท่ากับ  $90^\circ$  หมายถึง ด้านรับแสงทิศตะวันออก  
 มุมอะซิมุมตั้งแต่  $91-179^\circ$  หมายถึง ด้านรับแสงทิศตะวันออกเฉียงใต้  
 มุมอะซิมุมเท่ากับ  $180^\circ$  หมายถึง ด้านรับแสงทิศใต้  
 มุมอะซิมุมตั้งแต่  $181-269^\circ$  หมายถึง ด้านรับแสงทิศตะวันตกเฉียงใต้  
 มุมอะซิมุมเท่ากับ  $270^\circ$  หมายถึง ด้านรับแสงทิศตะวันตก  
 มุมอะซิมุมตั้งแต่  $271-359^\circ$  หมายถึง ด้านรับแสงทิศตะวันตกเฉียงเหนือ  
 และมุมรับแสงของแผงโซลาร์เซลล์คือมุมเอียงระนาบของเซลล์แสงอาทิตย์กับพื้นที่แนวราบที่ติดตั้ง(มุมเงย)เป็นมุมในแนวตั้ง ซึ่งนับจากเส้นขอบฟ้า ( $0^\circ$ ) สูงขึ้นไปจนถึงจุดเหนือศีรษะ ( $90^\circ$ ) ดังนั้นมุมเงยจึงมีค่าระหว่าง ( $0^\circ - 90^\circ$ ) ดังรูปที่ 2.5 [1] [3]



รูปที่ 2.5 มุมรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ที่องศาต่างๆ

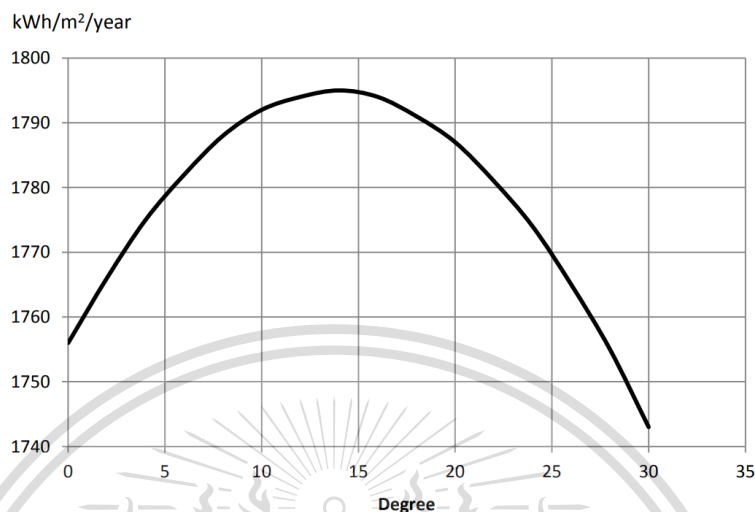
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 2.1.6.3 การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์หันไปทางด้านรับแสงและมุมรับแสง อื่นๆ

- ทิศใต้



รูปที่ 2.6 ความเข้มแสงของรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตรใน 1 ปี kWh/year โดยเป็นข้อมูลของกรุงเทพมหานครและหันหน้าไปทางทิศใต้ที่มุมเอียง 180 องศา

จากรูปที่ 2.6 เป็นข้อมูลของกรุงเทพมหานครที่เซลล์แสงอาทิตย์หันหน้าไปทางทิศใต้ ที่ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตรใน 1 ปี kWh/year จะได้สมการการคำนวณหาประสิทธิภาพที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ด้านรับแสงจากทิศใต้ที่มุมรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์องศาต่างๆ [1]

$$\eta_s = [(-0.0001 \times \beta_s^2) + (0.0031 \times \beta_s) + 0.9783] \times 10 \quad (2.1)$$

โดยที่

$\eta_s$  = ประสิทธิภาพที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ด้านรับแสงจากทิศใต้ที่มุมรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์องศาต่างๆ

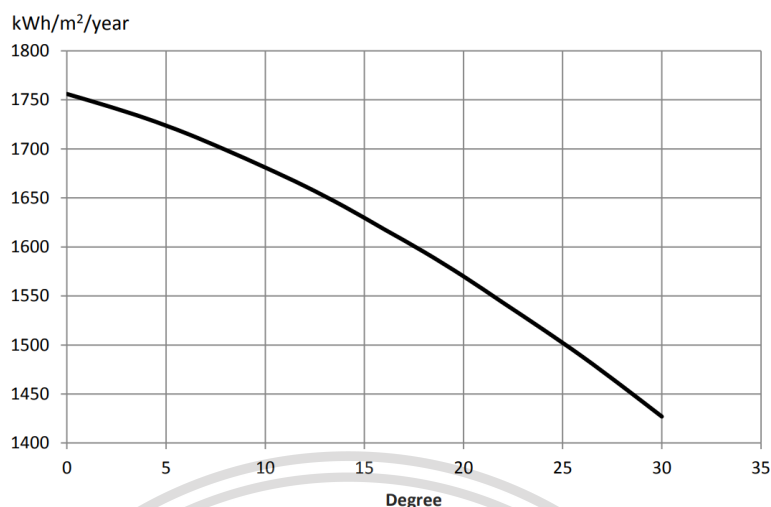
$\beta_s$  = มุมรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ด้านรับแสงทิศใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## - ทิศเหนือ



รูปที่ 2.7 ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตรใน 1 ปี kWh/year โดยเป็นข้อมูลของกรุงเทพมหานครและหันหน้าไปทางทิศเหนือ

จากรูปที่ 2.7 เป็นข้อมูลของกรุงเทพมหานครที่เซลล์แสงอาทิตย์หันหน้าไปทางทิศเหนือ ที่ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตรใน 1 ปี kWh/year จะได้สมการการคำนวณหาประสิทธิภาพที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ด้านรับแสงจากทิศเหนือ [1]

$$\eta_n = [(-0.0063 \times \beta_n) + 1.0141] \times 100 \quad (2.2)$$

โดยที่

$\eta_n$  = ประสิทธิภาพที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ด้านรับแสงจากทิศเหนือที่มุมรับแสงองศาต่างๆ

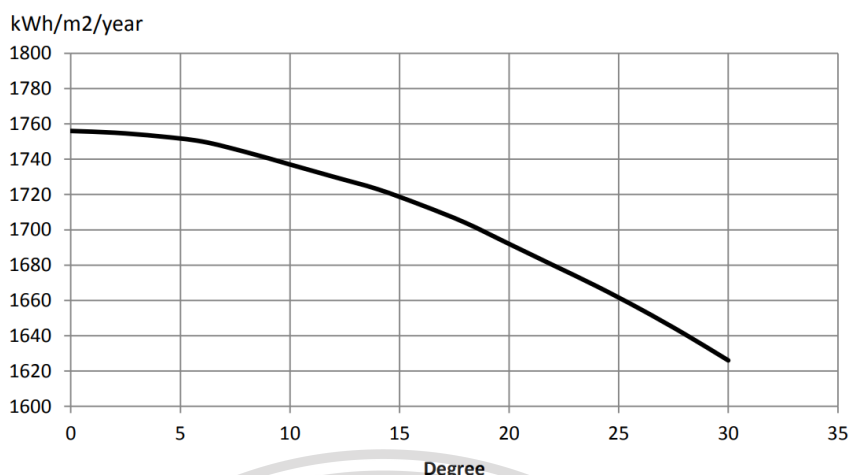
$\beta_n$  = มุมรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ด้านรับแสงทิศเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- ทิศตะวันออกและทิศตะวันตก



รูปที่ 2.8 ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตรใน 1 ปี kWh/year โดยเป็นข้อมูลของกรุงเทพมหานครและหันหน้าไปทางทิศตะวันออกและตะวันตก

จากภาพที่ 2.13 เป็นข้อมูลของกรุงเทพมหานครที่เซลล์แสงอาทิตย์หันหน้าไปทางทิศตะวันออก และตะวันตก ที่ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตรใน 1 ปี kWh/year จะได้สมการการคำนวณหาประสิทธิภาพที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ด้านรับแสงจาก ทิศตะวันออกและ ตะวันตก [1]

สำหรับทิศตะวันออก

$$\eta_e = [(-0.00007 \times \beta_e^2) - (0.0005 \times \beta_e) + 1.0009] \times 100 \quad (2.3)$$

โดยที่

$\eta_e$  = ประสิทธิภาพที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ด้านรับแสงจากทิศตะวันออกที่มุมรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์องศาต่างๆ

$\beta_e$  = มุมรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ด้านรับแสงทิศตะวันออก

สำหรับทิศตะวันตก

$$\eta_w = [(-0.00007 \times \beta_w^2) - (0.0005 \times \beta_w) + 1.0009] \times 100 \quad (2.4)$$

โดยที่

$\eta_w$  = ประสิทธิภาพที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ด้านรับแสงจากทิศตะวันตกที่มุมรับแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้ง  $\beta_e$  = มุมรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ด้านรับแสงทิศตะวันตก สารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากกราฟความสัมพันธ์ของทิศตะวันออก และทิศตะวันตกจะเห็นได้ว่า กราฟทั้ง 2 มีความ เท่ากันจนเป็นเส้นเดียวกัน เนื่องจากจุดที่ได้ประสิทธิภาพสูงที่สุดของ ทั้ง 2 ทิศคือมุม 0 องศา ถ้าทำการ ปรับมุมรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ไปในทิศ ตะวันออก 5 องศา จะต้องได้ประสิทธิภาพเท่ากับ 5 องศา ทางทิศตะวันตกเพราะถือ เป็นการหนีศูนย์กลางในมุมเดียวกัน

ในกรณีที่เซลล์แสงอาทิตย์ไม่ได้รับแสงอยู่ในด้านตรง หมายถึง รับแสงจาก ทิศเหนือตรง ใต้ตรง ตะวันออกตรง และตะวันตกตรง แต่เซลล์แสงอาทิตย์มีด้านรับ แสงอยู่ระหว่างทิศเหนือกับตะวันออก, ทิศเหนือกับทิศตะวันตก, ทิศใต้กับทิศตะวันออก และทิศใต้กับทิศตะวันตก ดังนั้นจะต้องมีแยกการคำนวณ จากทิศตรง 2 ด้าน แล้ว มารวม กันหาประสิทธิภาพที่เกิดขึ้น [1]

## 2.2 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของแบตเตอรี่

### 2.2.1 หลักการทำงานของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ จะแปลงพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง แบตเตอรี่ ประกอบด้วยเซลล์แบบโวลตาได้มากกว่าหนึ่งเซลล์ แต่ละเซลล์ประกอบด้วยสอง ครึ่งเซลล์ ที่ เชื่อมต่อเรียงกันเป็นแถวโดยสารอิเล็กโทรไลต์ที่เป็นสื่อกระแสไฟฟ้าที่มีไอออนที่มีประจุลบ (anion) และไอออนที่มีประจุบวก (cation) ครึ่งเซลล์หนึ่งตัวจะมีอิเล็กโทรไลต์และขั้วลบ (อิเล็กโทรดที่แอโนไอออนวิ่งเข้าหา); อีกครึ่งเซลล์หนึ่งจะมีอิเล็กโทรไลต์และขั้วบวก (อิเล็กโทรดที่แคโทไอออนวิ่งเข้าหา Redox ปฏิกิริยา Redox เป็นตัวให้พลังงานกับแบตเตอรี่ แคโทไอออนจะลดลง (อิเล็กตรอนมีการเพิ่ม) ที่แคโทดระหว่างการชาร์จประจุ ในขณะที่แอโน ไอออนจะถูกออกซิไดซ์ (อิเล็กตรอนจะถูกปล่อยออก) ที่ขั้วบวกระหว่างการชาร์จในระหว่างการ ดิสชาร์จกระบวนการจะเป็นตรงกันข้าม ขั้วไฟฟ้าทั้งสองไม่ได้สัมผัสกัน แต่เชื่อมต่อทางไฟฟ้า โดย อิเล็กโทรไลต์ เซลล์บางตัวใช้อิเล็กโทรไลต์แตกต่างกันสำหรับแต่ละครึ่งเซลล์ ตัวคั่นช่วย ให้ไอออนไหลระหว่างครึ่งเซลล์ แต่จะช่วยป้องกันการผสมของอิเล็กโทรไลต์ทั้งสองด้าน [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## 2.2.2 ประเภทของแบตเตอรี่

### 2.2.2.1 แบตเตอรี่ชนิดประจุไฟฟ้าใหม่ได้

แบตเตอรี่ชนิดประจุไฟฟ้าใหม่ได้หรือ เซลล์ทุติยภูมิ สามารถประจุไฟฟ้าใหม่ได้หลังจากไฟหมดเนื่องจากสารเคมีที่ใช้ทำแบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถทำให้กลับไปอยู่ในสภาพเดิมได้โดยการประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้อัดไฟนี้เรียกว่า ชาร์จเจอร์ หรือ รีชาร์จเจอร์ [4] [7]

แบตเตอรี่ชาร์จใหม่ได้ ได้แก่

#### - แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead-Acid Battery)

แบตเตอรี่ ตะกั่วกรดนั้นมีองค์ประกอบสำคัญ อยู่ 3 ส่วน หลัก ๆ ได้แก่



รูปที่ 2.9 โครงสร้างของแบตเตอรี่ตะกั่วกรด

1. แผ่นธาตุ (Plate) ซึ่งประกอบด้วย แผ่นธาตุบวก (Lead Oxide) และ แผ่นธาตุลบ (Lead)
2. แผ่นกั้น (Separator) เป็นแผ่นฉนวนป้องกันระหว่างแผ่นธาตุบวก และ ลบ มาชนกัน
3. น้ำกรดกำมะถัน (Electrolyte) เป็นสารที่ช่วยให้เกิดปฏิกิริยาเคมี ระหว่างแผ่นธาตุบวก และ แผ่นธาตุลบทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้า

โดยที่หลักการคือ แบตเตอรี่จะคายอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งจะกลายเป็นกรดซัลฟิวริกที่เจือจางมากๆ และแผ่นตะกั่วที่ดูดซับกรดซัลฟิวริกมาจะกลายเป็นตะกั่วซัลเฟต และเมื่อถึงปฏิกิริยาย้อนกลับตะกั่วซัลเฟตส่วนใหญ่จะกลับไปเป็นตะกั่วและกรด

ซัลฟิวริกเหมือนเดิม ทำให้ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาผันแปรกลับได้ส่งผลให้เกิด  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตใหม่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
การกักเก็บ และ คายประจุไฟฟ้า นิยมใช้ในการสตาร์ทเครื่องยนต์ในรถยนต์ รถไฟ  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
และยานยนต์อื่นๆ เครื่องสำรองไฟฟ้า [10]

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### ข้อดี

แบตเตอรี่ตะกั่วกรดจะมีราคาถูกกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่น สามารถผลิตได้ง่าย มีการพัฒนามานานแล้ว จึงมีความเชื่อถือได้และหาข้อมูลได้ง่าย หากใช้งานอย่างถูกต้อง จะมีความ ทนทานมาก นอกจากนี้แบตเตอรี่ตะกั่วกรดจะมีการคายประจุโดยตัวเอง (Self Discharge) น้อย และไม่ต้องการการบำรุงรักษามากนักโดยเฉพาะ แบตเตอรี่แบบแห้ง นอกจากนี้ยังสามารถให้ กระแสดีชาร์จได้มากอีกทั้งยังมีให้เลือกหลายขนาด [7]

### ข้อเสีย

แบตเตอรี่ตะกั่วกรดค่อนข้างอ่อนไหวต่อสิ่งแวดล้อม โดยอุณหภูมิสำหรับ แบตเตอรี่อยู่ที่ประมาณ 5 องศาเซลเซียส แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมากกว่า 5 องศาเซลเซียส จะทำให้อายุการใช้งานลดลงมากกว่า ๕๐ เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งหากความถี่การดีชาร์จมากเกินไปก็ทำให้อายุการใช้งานลดลงเช่นกัน นอกจากนี้อัตราการชาร์จต่อการดีชาร์จปกติจะอยู่ที่ 5 ต่อ 1 ซึ่งถ้าหากอัตราการชาร์จเร็วเกินไปจะทำให้เซลล์เสียหายได้ [7]

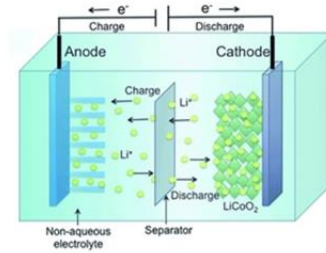
### - แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Lithium-Ion Battery)

โครงสร้างของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนจะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน นั่นคือ ขั้วไฟฟ้า (แคโทดและแอโนด) แผ่นกั้นในแบตเตอรี่ อิเล็กโทรไลต์ และตัวโลหะ ส่งผ่านกระแส โดยปกติแล้วขั้วแคโทดเป็นส่วนที่สำคัญที่สุด ซึ่งมักจะทำจากวัสดุประเภทลิเทียมออกไซด์ เช่น  $\text{LiCoO}_2$ ,  $\text{LiFePO}_4$  และ  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  เป็นต้น วัสดุที่ใช้ทำขั้วแอโนดมักจะเป็นวัสดุประเภท คาร์บอน อิเล็กโทรไลต์ มักจะเป็น สารละลายอินทรีย์คาร์บอนเนต เช่น อีทิลคาร์บอนเนต ไดเมทิลคาร์บอนเนต และ โพรพิลีนคาร์บอนเนต เป็นต้น ส่วนวัสดุสำหรับทำแผ่นกั้นในแบตเตอรี่ มักจะเป็นฟิล์มบางของพอลิเมอร์ที่มีความแข็งแรง ทนทานต่อความร้อน และไม่เกิดปฏิกิริยาเคมีกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ นิยมใช้ใน อุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดพกพาสมัยก้าว รถไฟฟ้า รถไฮบริด แหล่งสำรองไฟฟ้าสำหรับพลังงานหมุนเวียน [6] [8] [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.10 โครงสร้างของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

### ข้อดี

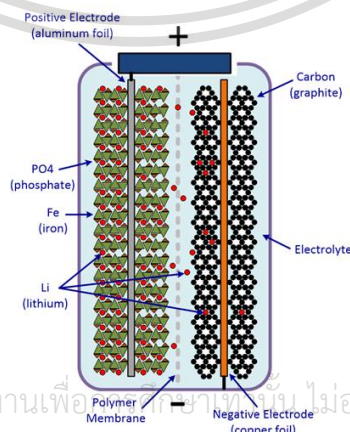
แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนให้กำลังไฟสูง ไม่ใช่แคดเมียมที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม ไม่มี Memory Effect สามารถชาร์จได้ตลอดเวลาแม้ไฟยังไม่หมด และมีน้ำหนักเบา [7]

### ข้อเสีย

จุดด้อยที่สำคัญของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนคือราคาที่สูงกว่าหลายเท่าตัวเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ตะกั่วกรดในระดับความจุเดียวกันและต้องมีระบบตรวจวัดและ การจัดการที่ดี [7]

### แบตเตอรี่ลิเทียมโพลีเมอร์ (Lithium Ion Polymer Battery)

แบตเตอรี่แบบลิเทียมโพลีเมอร์จะอาศัยการเคลื่อนย้ายไอออนภายในลิเทียมจาก ไอออนประจุลบไปยังไอออนประจุบวกเรียกว่าการดีสชาร์จประจุ (Discharging) และประจุจะกลับมาเหมือนเดิมในกรณีที่เรานำกลับมาประจุเรียกว่าการชาร์จประจุ (Charging) ในรูปทางด้านขวาแสดงให้เห็นถึงสิ่งที่เกิดขึ้นภายใน ลูกบอลสีแดงเล็ก ๆ คือลิเทียมไอออนซึ่งเคลื่อนที่ไปมาระหว่างขั้วลบกับขั้วบวก [9]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามรูปที่ 2.11 โครงสร้างของแบตเตอรี่แบบลิเทียมโพลีเมอร์ ารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ทางด้านซ้ายในรูปแบบเป็นขั้วบวก ซึ่งสร้างลิเทียมไอออนฟอสเฟต (LiFePO<sub>4</sub>) ไอออนของเหล็กและฟอสเฟตจะสร้างกริดซึ่งดักจับไอออนลิเทียมได้อย่างหลวม ๆ เมื่อเซลล์ถูกประจุลิเทียมไอออนเหล่านั้นจะถูกดึงผ่านเมมเบรนตรงกลางไปยังขั้วลบด้านขวา เมมเบรนนั้นทำจากโพลีเมอร์ (พลาสติก) มีรูเล็ก ๆ เล็ก ๆ จำนวนมาก ทำให้ลิเทียมไอออนสามารถผ่านเข้าไป ทางด้านลบเราพบตาข่ายที่ทำจากอะตอมคาร์บอนที่สามารถดักจับลิเทียมไอออนที่ข้าม การคายประจุแบตเตอรี่ทำสิ่งเดียวกันในทางกลับกัน เมื่ออิเล็กตรอนไหลผ่านขั้วลบเชิงลบลิเทียมไอออนจะเคลื่อนที่อีกครั้งผ่านเยื่อหุ้มเซลล์กลับไปทีโกรงเหล็กฟอสเฟต พวกเขาจะถูกเก็บไว้อีกครั้งในด้านบวกจนกว่าแบตเตอรี่จะได้รับการชาร์จอีกครั้ง นิยมใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดพกพา ของเล่น เครื่องบินบังคับ [10]

### ข้อดี

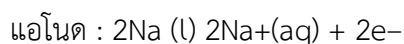
มีน้ำหนักเบาในเมื่อเทียบกับความจุ (mAh) สามารถจ่ายกระแสได้ปริมาณมากกว่า ความจุ แรงดันไฟคงที่การทำงานนิ่งตลอดจนหมดความจุ มีหลากหลายรูปแบบ/ขนาด น้ำหนักเบาทำให้ยึดติดตั้งได้ง่าย คายประจุด้วยตัวเอง (Self Discharge) น้อย และยังมีจุดเด่นในด้านของความปลอดภัยอีกด้วย [7]

### ข้อเสีย

มีราคาแพงเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ชนิดอื่นๆ ต้องใช้เครื่องชาร์จที่มีความเฉพาะ ซึ่งบางแบบก็มีราคาแพง และ ต้องคอยดูแลเรื่องปริมาณความจุ ถ้าแบตเตอรี่ใกล้หมด จะเกิดการสูญเสียแรงดันและแบตเตอรี่เกิดความเสียหาย จึงต้องมีการตรวจวัดความจุของแบตเตอรี่อยู่เสมอเมื่อใช้งาน

#### - แบตเตอรี่โซเดียมซัลเฟอร์ (NAS Battery)

แบตเตอรี่แบบโซเดียมซัลเฟอร์จะใช้โซเดียมเหลวเป็นแอโนดและกำมะถันเหลวเป็นแคโทดมีบุตาอะลูมินาของผสมของออกไซด์ของโลหะ (Al, Mg, Na) ที่ยอมให้ Na เคลื่อนที่ผ่านได้เป็นอิเล็กโทรไลต์ระหว่างครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันกับครึ่งปฏิกิริยารีดักชันด้วยเซรามิกที่มีรูพรุนเล็กๆ เพื่อให้โซเดียมไอออนผ่าน ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วไฟฟ้าเป็นดังนี้



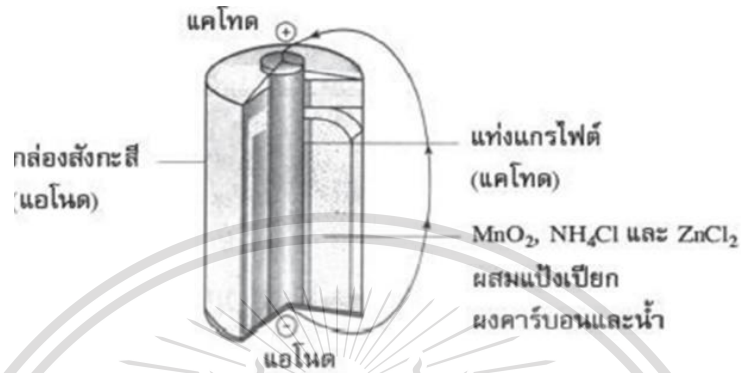
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงเอกสารนี้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เซลล์สะสมไฟฟ้าชนิดนี้ให้ศักย์ไฟฟ้าประมาณ 2.1 V และสามารถเปลี่ยนผลิตภัณฑ์กลับมาเป็นสารตั้งต้นได้โดยการประจุหรืออัดไฟเช่นเดียวกับเซลล์ทุติยภูมิชนิดอื่น มีอายุการใช้งานนานกว่าเซลล์สะสมไฟฟ้าแบบ แต่ต้องควบคุมอุณหภูมิของเซลล์ให้ได้ประมาณ 250 OC เพื่อให้สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์อยู่ในสภาพหลอมเหลว นิยมใช้ในอุตสาหกรรมที่มีความร้อนสูงและกินเวลานาน [10]



รูปที่ 2.12 โครงสร้างของแบตเตอรี่แบบโซเดียมซัลเฟอร์

#### ข้อดี

แบตเตอรี่โซเดียมซัลเฟอร์สามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 350 องศาเซลเซียส [7]

#### ข้อเสีย

ข้อด้อยที่สำคัญ คือ แบตเตอรี่โซเดียมซัลเฟอร์ จะต้องรักษาอุณหภูมิการทำงานให้สูงกว่า 270 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและต้องประสบปัญหาเกี่ยวกับการจัดการด้านความร้อน และข้อบังคับด้านความปลอดภัย นอกจากนี้ด้วยสภาพแวดล้อมทางเคมี ทำให้ฉนวนอาจเป็นปัญหาเนื่องจากฉนวนจะกลายเป็นตัวนำและทำให้เกิดการลัดวงจรตัวเอง [7]

#### - แบตเตอรี่นิกเกิลแคดเมียม (Nickel-Cadmium Battery)

แบตเตอรี่เหล่านี้ผลิตพลังงานไฟฟ้าเนื่องจากปฏิกิริยาย้อนกลับของแคดเมียม (Cd) กับนิกเกิลออกไซด์ - ไฮดรอกไซด์ (NiOOH) และน้ำซึ่งส่งผลให้เกิดการก่อตัวของนิกเกิลไฮดรอกไซด์  $Ni(OH)_2$  และแคดเมียมไฮดรอกไซด์  $Cd(OH)_2$

แบตเตอรี่ Ni-Cd ผลิตในเปลือกที่ปิดผนึกที่มีขั้วไฟฟ้าคั่นด้วยตัวคั่นเป็นกลาง ประกอบด้วยนิกเกิลและแคดเมียมซึ่งอยู่ในสารละลายของอิเล็กโทรไลต์ต่างคล้ายกัน (ปกติโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์, KOH) อิเล็กโทรดเชิงบวกคือตาข่ายเหล็กหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาด้านนี้ มิใช่เพื่อเผยแพร่ขึ้นสู่สาธารณะ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมั่วสุมเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

พอยล์ที่เคลือบด้วยนิกเกิลออกไซด์ - ไฮดรอกไซด์ผสมกับวัสดุที่เป็นสื่อกระแสไฟฟ้า อิเล็กโทรดเชิงลบคือตาข่ายเหล็ก (พอยล์) ที่มีแคดเมียมที่มีรูพรุนกดองค์ประกอบหนึ่งของนิกเกิลแคดเมียมมีความสามารถในการส่งแรงดันไฟฟ้าประมาณ 1.2 โวลต์ตั้งนั้นเพื่อเพิ่มแรงดันและพลังงานของแบตเตอรี่ในการออกแบบของพวกเขาใช้อิเล็กโทรดแบบขนานจำนวนมากถูกคั่นด้วยตัวคั่น [9] นิยมใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดพกพา หรือขนาดเล็ก ไฟฉุกเฉิน เครื่องบิน (สำหรับสตาร์ท) แพลซ รถไฟฟ้า รถไฮบริด [10]



รูปที่ 2.13 โครงสร้างของแบตเตอรี่แบบนิกเกิลแคดเมียม

#### ข้อดี

แบตเตอรี่แบบนิกเกิลแคดเมียมเป็นเซลล์ชนิดที่มีขนาดเล็กและใช้งานได้นาน [7]

#### ข้อเสีย

อายุของแบตเตอรี่, นิกเกิลแคดเมียมจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากความลึกของการดิสชาร์จ และอัตราการชาร์จดิสชาร์จรวดเร็ว เช่นเดียวกับแบตเตอรี่ ตะกั่วกรด นอกจากนี้แบตเตอรี่นิกเกิลแคดเมียมยังมีผลกระทบจากการจำ (Memory Effects) และการสูญเสียพลังงาน เนื่องจากการดิสชาร์จตัวเองระหว่างรอการใช้งานมากกว่าแบตเตอรี่ตะกั่วกรดที่มีค่าประมาณ 2 ถึง 5 เปอร์เซ็นต์ต่อเดือน ที่อุณหภูมิห้องเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ตะกั่วกรดที่มีค่าประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ต่อเดือน นอกจากนี้ผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของแบตเตอรี่นิกเกิลแคดเมียมเริ่มมีการให้ความสำคัญมากขึ้น เนื่องจากแคดเมียมเป็นสารที่เป็นพิษทำให้เป็นปัญหาต่อการจัดการแบตเตอรี่ที่หมดอายุ [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

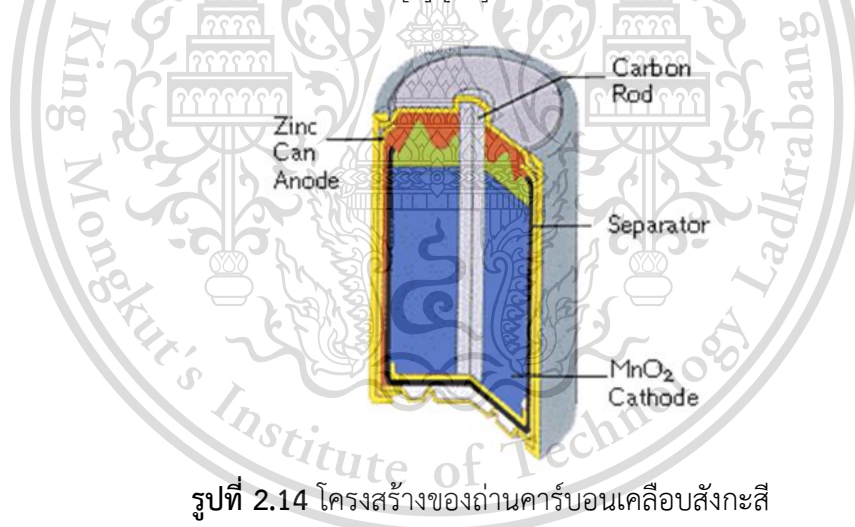
### 2.2.2.2 แบตเตอรี่ชนิดประจุไฟฟ้าใหม่ไม่ได้ (ใช้แล้วทิ้ง)

แบตเตอรี่ใช้แล้วทิ้งเรียกอีกอย่างว่า เซลล์ปฐมภูมิ ใช้ได้ครั้งเดียว เนื่องจากไฟฟ้าที่ได้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสารเคมีเมื่อสารเคมีเปลี่ยนแปลงหมดไฟฟ้าก็จะหมดจากแบตเตอรี่ แบตเตอรี่เหล่านี้เหมาะสำหรับใช้ในอุปกรณ์ขนาดเล็กและสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก ใช้ไฟน้อยหรือในที่ที่ห่างไกลจากพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ [4]

แบตเตอรี่ใช้แล้วทิ้ง ได้แก่

#### - แบตเตอรี่คาร์บอนสังกะสี (Zinc-Carbon Battery)

หลักการทำงานคร่าวๆ คือ ใช้คาร์บอนเป็นขั้วบวก หุ้มด้วยแอมโมเนียมคลอไรด์ และเคลือบด้านนอกด้วยสังกะสีซึ่งเป็นขั้วลบ เมื่อมีปฏิกิริยาทางเคมีเกิดขึ้นจะให้อิเล็กตรอนออกมา และเปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง แต่ถ้าปฏิกิริยาเคมีดังกล่าวเกิดการย้อนกลับก็จะทำให้เราสามารถประจุไฟเข้าไปในแบตเตอรี่ใหม่ได้หรือที่เรียกว่าการรีชาร์จ นิยมใช้ในไฟฉาย วิทยุ ของเล่น และเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นทั่วไป [9] [10]



รูปที่ 2.14 โครงสร้างของถ่านคาร์บอนเคลือบสังกะสี

#### ข้อดี

ถ่านคาร์บอนเคลือบสังกะสีชนิดนี้คือ ราคาถูกและมีหลายขนาดให้เลือกใช้ [7]

#### ข้อเสีย

ถ่านคาร์บอนเคลือบสังกะสีให้พลังงานได้น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับถ่านชนิดอื่น

นอกจากนี้หากเก็บในสถานที่ที่มีอุณหภูมิที่ร้อนหรือเย็นเกินไปจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของถ่านลดลง [7]

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### - แบตเตอรี่อัลคาไลน์ (Alkaline Battery)

ใช้หลักการเช่นเดียวกับถ่านไฟฉาย ส่วนประกอบต่าง ๆ คล้ายกัน ต่างกันที่ใช้สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์แทนแอมโมเนียมคลอไรด์ จึงมีชื่อว่าเซลล์อัลคาไลน์ แปลว่าต่างหรือเบส ภาชนะที่ใช้เป็นโลหะสังกะสีทำให้ผู้กร่อนได้ง่าย มีรายละเอียดดังนี้ แอโนดทำด้วยสังกะสี ที่แอโนดจะถูกล้อมรอบด้วยสารผสมระหว่างสังกะสีกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ มีลักษณะเป็นกาว (Paste) ที่แคโทดมีสารผสมระหว่างแมงกานีส (IV) ออกไซด์กับแกรไฟต์ (C) สารละลายอิเล็กโทรไลต์คือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์(KOH) [9]

นิยมใช้ในไฟฉาย แฟลช เครื่องโกนหนวด กล้องถ่ายรูปดิจิทัล (สมัยเก่า) เครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุ เครื่องเล่นซีดีแบบพกพา (สมัยเก่า) [10]

#### ข้อดี

มีประสิทธิภาพสูงกว่าถ่านคาร์บอนเคลือบสังกะสี มีอายุการใช้งานยาวนาน [7]

#### ข้อเสีย

ประสิทธิภาพลดลงเมื่อใช้งานในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ [7]

ดังนั้นในโครงการนี้ได้เลือกใช้แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนฟอสเฟส (LiFePO<sub>4</sub>) เพราะมันมีขนาดเล็ก เป็นแบตเตอรี่ประเภทชนิดประจุไฟฟ้าใหม่ได้น้ำหนักเบาความจุไฟฟ้าสูง จ่ายไฟได้แรง สามารถชาร์จไฟได้บ่อยครั้งเท่าที่ต้องการ โดยไม่มี Memory Effect และ มีจุดเด่นเรื่องของความปลอดภัยเนื่องจากแบตเตอรี่ประเภทนี้จะไม่ระเบิด อันเป็นผลจากคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์ และความเสถียรของตัววัสดุซึ่งทำให้มีความร้อนเกิดขึ้นต่ำกว่าลิเทียมชนิดอื่นมากซึ่งเหมาะสำหรับการใช้งานที่มีอุณหภูมิสูง เนื่องจากมีการติดตั้งบริเวณกลางแจ้ง ซึ่งแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟตนี้มีโครงสร้างทางเคมี เหมือนกับแบตเตอรี่ลิเทียมทั่วไป แต่เปลี่ยนวัสดุที่ใช้จาก Cobalt Dioxide (LiCoO<sub>2</sub>) มาเป็นโลหะที่อึดและทนต่อความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมี ซึ่ง LiFePO<sub>4</sub> สามารถให้พลังงานที่สูงกว่า ไม่เป็นพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## 2.3 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของโซลาร์ชาร์จเจอร์

### 2.6.1 หน้าที่และหลักการทำงาน

โซลาร์ชาร์จเจอร์หน้าที่ จ่ายกระแสไฟเมื่อแรงดันแบตเตอรี่อยู่ในระดับต่ำและทำการตัดการจ่ายกระแสไฟเพื่อไปประจุยังแบตเตอรี่เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่อยู่ในระดับที่สูงตามที่ได้กำหนดไว้เหมือนกัน เพื่อป้องกันการ Over Charge ซึ่งจะทำให้แบตเตอรี่เกิดความเสียหายและเสื่อมอายุก่อนเวลาอันควรและยังมีหน้าที่อีกอย่างคือในช่วงเวลากลางคืนยังคงคอยปกป้องไม่ให้ไฟจากแบตเตอรี่ย้อนขึ้นไปยังตัวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อตัวแผงเซลล์แสงอาทิตย์อีกด้วย และอีกข้อหนึ่งของโซลาร์ชาร์จเจอร์ก็คือเป็นตัวสวิตช์อัตโนมัติที่จ่ายไฟให้โหลดเวลาที่ไม่ได้มีแสงมากระทบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [13]

### 2.6.2 การใช้งาน

โซลาร์ชาร์จเจอร์ จะต่อระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับแบตเตอรี่และโหลดดังรูปที่ 2.9 ทำงานโดยจะดูว่าแรงดันไฟฟ้าที่อยู่ในแบตเตอรี่อยู่ในระดับใด ถ้าอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าที่ตั้งไว้ ตัวเครื่องควบคุมการชาร์จจะทำการปลดโหลดออกจากระบบโดยทันที (Load Disconnect) เพื่อป้องกันการคลายประจุของแบตเตอรี่ที่มากเกินไปและอาจทำให้แบตเตอรี่เสื่อมเร็ว นอกจากนี้เครื่องควบคุมการชาร์จก็จะต่อการทำงานของโหลดใหม่ (Load Reconnect) ถ้าแบตเตอรี่มีค่าแรงดันที่เพิ่มขึ้นตามที่ตั้งไว้ [13]



รูปที่ 2.15 การต่อระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ และโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## 2.6.3 ชนิดของโซลาร์ชาร์จเจอร์

### 2.3.3.1 โซลาร์ชาร์จเจอร์แบบ PWM (Pulse Width Modulation)

ควบคุมความถี่ของคลื่นไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้คงที่ ด้วยระบบดิจิทัล (Digital) เพื่อให้ประหยัดพลังงาน และสามารถควบคุมการประจุไฟเข้าสู่แบตเตอรี่ได้เป็นอย่างดี ทำให้แบตเตอรี่ไม่เสื่อมเร็ว มีฟังก์ชันไฟแสดงสถานะการทำงานที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น การทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์/ ระดับการเก็บประจุของแบตเตอรี่ (ไฟเต็ม/ ไฟกลาง/ ไฟน้อย หรือใกล้หมด) / การจ่ายไฟ DC ให้เครื่องใช้ไฟฟ้า DC ที่กำลังต่อเชื่อมวงจร มีระบบการตัดไฟอัตโนมัติ ในกรณีไฟแบตเตอรี่ใกล้หมด เพื่อป้องกันแบตเตอรี่เสีย/ เสื่อมสภาพ เนื่องจากการใช้ไฟเกินกำลัง (Over Charge/ Over Discharge Protection) [13]

### 2.3.3.2 โซลาร์ชาร์จเจอร์แบบ MPPT (Maximum Power Point Tracking)

มีระบบไมโครโพรเซสเซอร์ หรือตัวจับสัญญาณ คอยควบคุมดูแลสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เปรียบเทียบกับแรงดันกระแสในแบตเตอรี่ และเลือกสัญญาณไฟฟ้าที่สูงที่สุดจากแผงเพื่อประจุลงในแบตเตอรี่ให้เต็มตลอดเวลา ดังนั้นจึงหมดห่วงเมื่อใช้อุปกรณ์ชนิดนี้ ขณะที่สภาพแสงแดดภายนอกไม่คงที่ แสงแดดอ่อนๆ ในช่วงเช้า/ ช่วงเย็น หรือตอนครึ้มๆ ก่อน/หลังฝนตก [13]

ดังนั้นในโครงงานนี้ได้เลือกใช้โซลาร์ชาร์จเจอร์แบบ MPPT เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการชาร์จ เนื่องจากโซลาร์ชาร์จเจอร์ชนิดนี้จะเลือกสัญญาณไฟฟ้าที่สูงที่สุดจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อมาบรรจุลงในแบตเตอรี่ให้เต็มตลอดเวลาได้ และสามารถใช้ได้ในพื้นที่หลากหลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## 2.4 Internet of Thing (IoT)

Internet of Things (IoT) คือ "อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง" หมายถึง การที่อุปกรณ์ต่างๆ สิ่งต่างๆ ได้ถูกเชื่อมโยงทุกสิ่งทุกอย่างสู่โลกอินเทอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สามารถสั่งการควบคุมการใช้งาน อุปกรณ์ต่างๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เช่น การเปิด-ปิด อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า รถยนต์ โทรศัพท์มือถือ เครื่องมือสื่อสาร เครื่องมือทางการเกษตร อาคาร บ้านเรือน เครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน ต่างๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต IoT มีชื่อเรียกอีกอย่างว่า M2M ย่อมาจาก Machine to Machine คือเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมต่ออุปกรณ์กับเครื่องมือต่างๆ เข้าไว้ด้วยกัน เทคโนโลยี IoT มีความจำเป็นต้องทำงานร่วมกับอุปกรณ์ประเภท RFID และ Sensors ซึ่งเปรียบเสมือนการเติมสมองให้กับ อุปกรณ์ และที่ขาดไม่ได้คือการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเพื่อให้อุปกรณ์สามารถรับส่งข้อมูลถึงกันได้ ปัจจุบันมีการแบ่งกลุ่ม Internet of Things ออกตามตลาดการใช้งานเป็น 2 กลุ่มได้แก่

- Industrial IoT คือ แบ่งจาก local network ที่มีหลายเทคโนโลยีที่แตกต่างกันใน โครงข่าย Sensor nodes โดยตัวอุปกรณ์ IoT Device ในกลุ่มนี้จะเชื่อมต่อแบบ IP network เพื่อเข้าสู่อินเทอร์เน็ต
- Commercial IoT คือ แบ่งจาก local communication ที่เป็น Bluetooth หรือ Ethernet (wired or wireless) โดยตัวอุปกรณ์ IoT Device ในกลุ่มนี้จะสื่อสาร ภายในกลุ่ม Sensor nodes เดียวกันเท่านั้นหรือเป็นแบบ local devices เพียง อย่างเดียวอาจไม่ได้เชื่อมสู่อินเทอร์เน็ตการทำงานของ IoT [11]

โดยหากขาดส่วนใดส่วนหนึ่งไปก็จะเกิดความบกพร่องได้ ซึ่งองค์ประกอบของ IoT ปัจจุบัน ประกอบด้วย

### 2.4.1 Smart Device

อุปกรณ์ที่มีหน้าที่เฉพาะ การใช้ IoT จำเป็นต้องมีส่วนประกอบอย่าง Microprocessor และ Communication Device อยู่ภายในเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข้อมูลที่ Smart Device ส่งมอบไปยังระบบ ไม่เพียงแต่ข้อมูลตามหน้าที่เท่านั้น แต่รวมถึงสภาพ ของอุปกรณ์ด้วย ผู้ใช้จึงไม่ต้องเดินทางมาตรวจสอบอุปกรณ์ด้วยตัวเองเป็นประจำ [12]

### 2.4.2 Cloud Computing หรือ Wireless Network

สื่อกลางรับส่งข้อมูลจาก Smart Device ไปยังผู้ใช้ ซึ่งมีทั้งการส่งข้อมูลผ่านระบบ Wireless ไปยังผู้ใช้และการส่งผ่าน Cloud Computer ซึ่งการส่งข้อมูลไปยัง Cloud ช่วย รองรับการใช้งาน Smart Device จำนวนมากกว่า ระยะทางไกลกว่า รวมถึงอาจมีการติดตั้ง ระบบแปลงการแสดงผลข้อมูลให้เหมาะสมกับผู้ใช้ในส่วนนี้ได้ [12]

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 2.4.3 Dashboard

ส่วนแสดงผลและควบคุมการทำงานในมือของผู้ใช้ในรูปแบบของ Device หรือ แอปพลิเคชันในคอมพิวเตอร์หรือ Smartphone ผู้ใช้จะดูข้อมูลที่ Smart Device ส่งมา ตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์และระบบ รวมถึงถ่ายทอดคำสั่งใหม่ไปยัง Smart Device

โดยทั้ง 3 ส่วนจะต้องทำงานสอดประสานกันเพื่อให้ระบบทำหน้าที่ได้ลุล่วงและต้องทำได้เองโดยอัตโนมัติ ผู้ใช้มีหน้าที่เพียงติดตั้งและซ่อมแซมอุปกรณ์ รับข้อมูล และอัปเดตการทำงานของ Smart Device ได้โดยตรงผ่าน Dashboard [12] ซึ่งในโครงการนี้ได้เลือกใช้ Grafana เนื่องจาก Grafana ซึ่งเป็น Dashboard Tool หรือก็คือเครื่องมือในการสร้าง Dashboard และยังสามารถรับกับ Datasource หลายอย่าง อีกทั้ง Grafana ยังสามารถสร้างและแก้ไข Dashboard ได้อย่างสะดวกและ ครอบคลุมรูปแบบกราฟหลายประเภท

### 2.5 Message Queue Telemetry Transport (MQTT)

MQTT จะประกันว่าข้อมูลที่ส่งกันระหว่างอุปกรณ์ IoT นั้นไม่มีการหล่นหายระหว่างทางโดยที่ MQTT ใช้โมเดล Publish/Subscribe และออกแบบมาเพื่ออุปกรณ์ที่มีความเร็วในการรับและส่งข้อมูลต่ำ (Low Bandwidth) ซึ่งส่วนมากแล้วอุปกรณ์ของระบบ IoT จะเป็นแบบนั้น จุดประสงค์ของ MQTT คือเพื่อที่จะให้ระบบของเรานั้นมีการส่งหรือรับข้อมูลที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมทั้งทำให้อุปกรณ์ของเรานั้นใช้พลังงานน้อยลง ในระบบ IoT นั้นเราต้องการส่งข้อมูลแบบ Real-Time และเราไม่ต้องการให้อุปกรณ์ของเราใช้พลังงานเยอะเกินไปโดยไม่จำเป็น [16]

MQTT นั้นจะมี Broker (Server) และ Clients (Publisher/Subscriber) เป็นหลัก เราจะเรียกการส่งข้อมูลใน MQTT ว่า Publish และรับข้อมูลว่า Subscribe

#### 2.5.1 Publish/Subscribe

คือการส่งข้อมูล แต่จะต้องบอกด้วยว่าข้อมูลที่ส่งไปนั้น จะส่งไปใน Topic ไหน ส่วน Subscribe ก็คือการรับข้อมูลแต่จะรับข้อมูลเฉพาะที่มาจาก Topic ที่ Subscribe แล้วเท่านั้น [21]

#### 2.5.2 Topic

คือหัวข้อที่สนใจ ซึ่งเอาไว้บ่งบอกว่าสนใจที่จะส่งข้อมูลไปยัง Topic นี้ หรือรอรับข้อมูล สำหรับ Topics นี้อยู่ตลอด ตัวอย่าง เช่น Home/Office/Temperature หรือ Home/Thermostat/Temperature เป็นต้น [21]

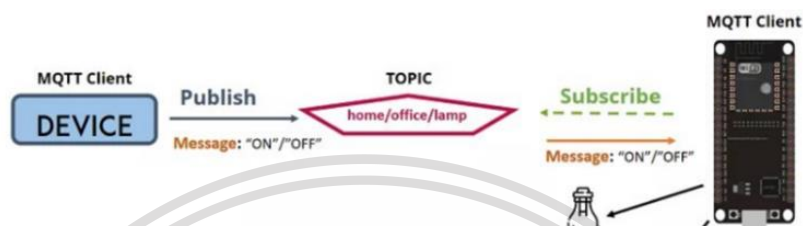
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 2.5.3 Broker

คือตัวกลางที่จะรับข้อมูลมาทั้งหมดมาจาก Clients(Publisher) ไม่ว่าจะ เป็น Topics อะไรก็ตามแล้วทำการจัดการส่งข้อมูลไปยัง Clients (Subscriber) ที่ได้ทำการ Subscribe สำหรับ Topic ที่ได้รับข้อมูลมาสามารถหา Global Broker หรือ Cloud MQTT Broker ได้ในหลาย ๆ เว็บไซต์ หรือสามารถสร้าง ภายใน Network ของเราได้โดยใช้ Mosquitto Broker ซึ่งสามารถติดตั้งได้บน Raspberry Pi [21]



รูปที่ 2.16 องค์ประกอบของ MQTT

ซึ่ง MQTT เป็น Protocol ที่ออกแบบมาเพื่อการเชื่อมต่อแบบ M2M (Machine-to-machine) คือ อุปกรณ์ติดต่อหรือสื่อสารกับอุปกรณ์ โดยในโครงงานนี้จำเป็นต้องใช้ MQTT เป็นตัวกลางในการสื่อสารระหว่าง Node-RED และ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจาก MQTT เป็น Protocol ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและใช้งานได้สะดวก อีกทั้งยังเป็น Opensource อีกด้วย

### 2.6 Database

กลุ่มของข้อมูลที่ถูกเก็บรวบรวมไว้ โดยมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยไม่ได้บังคับว่าข้อมูลทั้งหมดนี้จะต้องเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูลเดียวกันหรือแยกเก็บหลาย ๆ แฟ้มข้อมูล โดยจะเรียกว่าระบบฐานข้อมูล (Database System) ซึ่งหมายถึง โครงสร้างสารสนเทศที่ประกอบด้วยรายละเอียดของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกันที่จะนำมาใช้ในระบบต่าง ๆ ร่วมกัน

ฐานข้อมูลเป็นการจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ ทำให้ผู้ใช้สามารถใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในระบงงานต่าง ๆ ร่วมกันได้ โดยที่จะไม่เกิดความซ้ำซ้อนของข้อมูล และยังสามารถหลีกเลี่ยงความขัดแย้งของข้อมูลด้วย อีกทั้งข้อมูลในระบบก็จะต้องเชื่อถือได้ และเป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยจะมีการกำหนดระบบความปลอดภัยของข้อมูลขึ้น [19]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 2.6.1 ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relation Database)

เป็นการเก็บข้อมูลในรูปแบบที่เป็นตาราง (Table) หรือเรียกว่า รีเลชัน (Relation) มีลักษณะเป็น 2 มิติ คือเป็นแถว (Row) และเป็นคอลัมน์ (Column) การเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างตาราง จะเชื่อมโยงโดยใช้แอททริบิวต์ (Attribute) หรือคอลัมน์ที่เหมือนกันทั้งสองตารางเป็นตัวเชื่อมโยงข้อมูล ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์นี้จะในรูปแบบของฐานข้อมูลที่นิยมใช้ในปัจจุบัน [19]

### 2.6.2 ฐานข้อมูลแบบเครือข่าย (Network Database)

ฐานข้อมูลแบบเครือข่ายจะเป็นการรวมระเบียบต่าง ๆ และความสัมพันธ์ระหว่างระเบียบแต่จะต่างกับฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ คือ ในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์จะแฝงความสัมพันธ์เอาไว้ โดยระเบียบที่มีความสัมพันธ์กันจะต้องมีค่าของข้อมูลในแอททริบิวต์ใดแอททริบิวต์หนึ่งเหมือนกัน แต่ฐานข้อมูลแบบเครือข่าย จะแสดงความสัมพันธ์อย่างชัดเจน [19]

### 2.6.3 ฐานข้อมูลแบบลำดับชั้น (Hierarchical Database)

ฐานข้อมูลแบบลำดับชั้น เป็นโครงสร้างที่จัดเก็บข้อมูลในลักษณะความสัมพันธ์แบบพ่อ-ลูก (Parent-Child Relationship Type : PCR Type) หรือเป็นโครงสร้างรูปแบบต้นไม้ (Tree) ข้อมูลที่จัดเก็บในที่นี้ คือ ระเบียบ (Record) ซึ่งประกอบด้วยค่าของเขตข้อมูล (Field) ของเอนทิตีหนึ่ง ๆ ฐานข้อมูลแบบลำดับชั้นนี้คล้ายคลึงกับฐานข้อมูลแบบเครือข่าย แต่ต่างกันที่ฐานข้อมูลแบบลำดับชั้น มีกฎเพิ่มขึ้นมาอีกหนึ่งประการ คือ ในแต่ละกรอบจะมีลูกศรวิ่งเข้าหาได้ไม่เกิน 1 หัวลูกศร [19]

### 2.6.4 ฐานข้อมูลแบบอนุกรมเวลา (Time Series Database)

ชุดของข้อมูลที่เกิดขึ้นรวบรวมตามระยะเวลาเป็นช่วง ๆ อย่างต่อเนื่องกัน เช่น ข้อมูลของเซนเซอร์ที่เก็บรวบรวมต่อเนื่องกันไปเป็นระยะเวลาหลาย ๆ เดือน ฐานข้อมูลแบบอนุกรมเวลาอาจอยู่ในลักษณะที่เป็นข้อมูลรายปี รายไตรมาส หรือรายเดือนก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์

โดยในโครงการนี้จะใช้ InfluxDB คือ ระบบฐานข้อมูล ที่ใช้เก็บข้อมูลในรูปแบบของ Time Series Database และเป็น Opensource ที่ใช้งานง่ายและถูกใช้อย่างแพร่หลาย อีกทั้งยังเหมาะสำหรับการจัดเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพสูงและการเรียกค้นข้อมูลชุดข้อมูลแบบเรียลไทม์

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## 2.7 Node-RED

Node-RED เป็น Flow-Based Programming ทำให้ไม่ต้องเขียน Code ในการพัฒนาโปรแกรมเพียงเลือก Node มาวางแล้วเชื่อมต่อก็สามารถควบคุม I/O ได้ โดย Node-RED จะมี Node ให้เลือกใช้งานอย่างหลากหลาย สามารถสร้างฟังก์ชัน JavaScript ได้โดยใช้ Text Editor ที่มีอยู่ใน Node-RED และยังสามารถบันทึก Function, Templates, Flows เพื่อไปใช้งานกับงานอื่นต่อไป Node-RED ทำงานบน Node.js เหมาะสำหรับการใช้งานกับ Raspberry Pi เนื่องจากใช้ทรัพยากรน้อย ขนาดไฟล์ไม่ใหญ่และ Node.js ยังทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้ Raspberry Pi สามารถติดต่อกับ Web Browser และอุปกรณ์อื่นๆ ได้ [22] [23]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

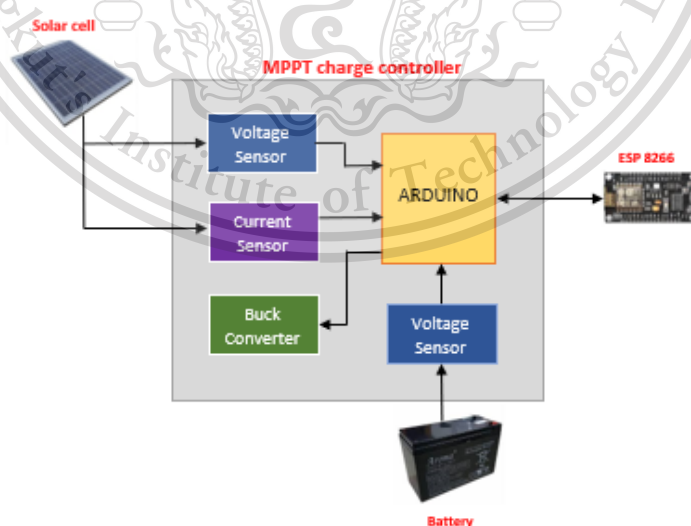
## บทที่ 3

### การออกแบบและวิธีการดำเนินงาน

#### 3.1 ภาพรวมขององค์ประกอบหลักของระบบ

ในการออกแบบการทำงานของอุปกรณ์ชาร์จแบตเตอรี่จากแสงอาทิตย์สำหรับกล่อง IoT ใช้งานระยะไกลประกอบไปด้วย 3 ส่วน ดังนี้

1. เซลล์แสงอาทิตย์ จะทำหน้าที่รับพลังงานแสงอาทิตย์และจะเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยจะต่อกับ MPPT Module เพื่อควบคุมดูแลสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจะเปรียบเทียบกับแรงดันกระแสในแบตเตอรี่ และเลือกสัญญาณไฟฟ้าที่สูงที่สุดจากแผงเพื่อประจุลงในแบตเตอรี่ให้เต็มตลอดเวลา
2. ระบบชาร์จ แบตเตอรี่จะทำหน้าที่กักเก็บพลังงานไฟฟ้าโดยจะใช้ MPPT ในการควบคุมการส่งพลังงานที่มาจากเซลล์แสงอาทิตย์ และ ยังมีหน้าที่ในการส่งพลังงานไฟฟ้าไปยัง NB-IoT โดยจะมี Buck Converter ช่วยแปลงแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่มาเป็น 5 โวลต์
3. Internet of Things(IoT) จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่วัด และ ส่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็น NB-IoT ซึ่งจะส่งข้อมูลไปยัง Node-RED ผ่าน MQTT โดยจะใช้ Grafana ในการออกแบบและสร้าง User Interface (UI) พร้อมเก็บข้อมูลใน InfluxDB



รูปที่ 3.1 ภาพรวมของระบบ

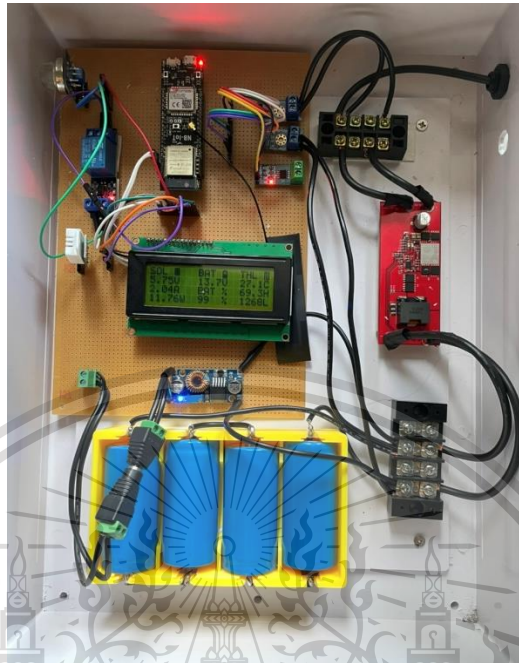
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 3.2 องค์ประกอบฮาร์ดแวร์

องค์ประกอบฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในโครงงานมีดังนี้



รูปที่ 3.2 องค์ประกอบฮาร์ดแวร์

1. MPPT Module (BQ24650)



รูปที่ 3.3 MPPT Module (BQ24650)

MPPT Module (BQ24650) เป็นโมดูลที่ใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่ โดยมีระบบไมโครโพรเซสเซอร์ หรือตัวจับสัญญาณ คอยควบคุมดูแลสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เปรียบเทียบกับแรงดันกระแสในแบตเตอรี่ และเลือกสัญญาณไฟฟ้าที่สูงที่สุด

จากแผงเพื่อประจุลงในแบตเตอรี่ให้เต็มตลอดเวลา และเหมาะสำหรับการชาร์จแบตเตอรี่ชนิด Lithium-Ion Battery

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

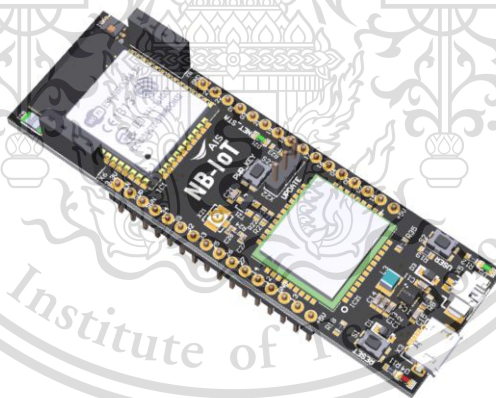
## 2. Buck Converter Module (XL4005)



รูปที่ 3.4 Buck Converter Module XL4005

อุปกรณ์ที่ใช้ในการลดระดับแรงดันไฟฟ้าให้ต่ำลงเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยโครงสร้างจะประกอบด้วยสวิทช์ที่สามารถสั่งให้ “ON” หรือ “OFF” ได้ทุกขณะตามที่เราต้องการ ซึ่งอุปกรณ์ชนิดนี้ได้ใช้อุปกรณ์สวิทช์ซึ่งนอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบอื่น ๆ ที่ใช้ในการลดระดับแรงดันคือ ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำ และไดโอด

## 3. DEVIO NB-DEVKIT



รูปที่ 3.5 DEVIO NB-DEVKIT

บอร์ด DEVIO NB-DEVKIT I เป็นบอร์ดที่มีหน่วยประมวลผลเป็น ESP32 และมีโมดูล SIMCOM 7020E ที่รองรับโปรโตคอล TCP/MQTT ภายในบอร์ดยังมีเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ วัดความเข้มแสง และมีพอร์ตชุด I2C และพอร์ตชุดอนุพัทธ์

สามารถนำสายสัญญาณไปต่อกับเซ็นเซอร์ภายนอกใช้งานได้ เพราะมีพอร์ต GND และ VCC อยู่ในบอร์ด

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

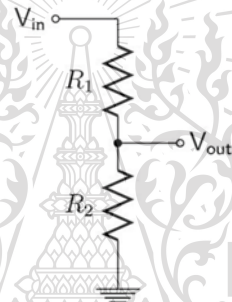
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

#### 4. Voltage Sensor



รูปที่ 3.6 Voltage Sensor

เป็นโมดูลที่ใช้หลักการ Voltage Divider แบ่งแรงดันสูงให้เหลือแรงดันต่ำ เพื่อให้สามารถต่อเข้ากับบอร์ดได้ [28]



รูปที่ 3.7 Voltage Divider

และสามารถคำนวณค่าตัวต้านทานที่จะใช้ตามสูตรต่อไปนี้

$$V_{OUT} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{IN} \quad (3.1)$$

#### 5. Current Sensor (ACS712)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 Current Sensor (ACS 712)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ACS712 เป็นไอซีวัดค่ากระแส โดยวัดได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ตัวไอซีทำงานโดยอาศัยหลักการของ Hall Effect ให้ค่าแรงดัน Output เป็นแบบเชิงเส้น ตัวโมดูลใช้ไฟเลี้ยง 5VDC และ ACS712 จะผลิตออกมาหลายขนาด แต่ขนาดก็จะวัดกระแสสูงสุดได้ต่างกัน ตั้งแต่ 5A, 20A, 30A เพราะฉะนั้นจึงควรเลือกใช้ให้ตรงตามที่ต้องการ [28]

## 6. MQ-2 Smoke Gas Sensor



รูปที่ 3.9 MQ-2 Smoke Gas Sensor

เซนเซอร์ MQ-2 สำหรับตรวจจับแก๊สมีเทน LPG , คิวโนไฟ ,แก๊ส CO และแก๊สอื่น ๆ เพียงแค่จ่ายไฟ 5V ก็จะได้สัญญาณเอาต์พุตออกมาทั้งแบบ Digital และแบบ Analog สามารถนำค่ามาคำนวณเป็นปริมาณแก๊สแบบ ppm ได้ [31]

## 7. DHT22



รูปที่ 3.10 DHT22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

DHT22 เป็นเซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นที่มีความแม่นยำสูงในการวัด สามารถวัดได้ในย่านอุณหภูมิ ตั้งแต่ -40 องศาเซลเซียส ถึง +80 องศาเซลเซียส ความแม่นยำน้อยกว่า +0.5เซลเซียส และวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ในย่าน 0-100%RH ความแม่นยำ +2-5%RH สามารถวัดได้ละเอียดในระดับทศนิยม 1 ตำแหน่ง (0.1) ใช้งานได้นานและทนทาน เหมาะสำหรับนำไปใช้ในงานวัดที่ต้องการความแม่นยำสูง คนความร้อนเย็นวัดในย่านติดลบได้ก็ต้องตัวนี้ โมดูลมาพร้อม PCB และสายไฟ ต่อ R4.7K เรียบร้อยต่อสายใช้งานได้ทันที ต่อไฟได้ตั้งแต่ 3.3v - 6VDC การใช้งาน DHT22 จะใช้สายสัญญาณเพียง 1 เส้นเป็นการสื่อสารแบบอนุกรมใช้โปรโตคอลพิเศษที่เรียกว่า 1-wire โดยจะใช้ความกว้างของสัญญาณพัลส์เป็นตัวตัดสินลอจิก 1 และ 0 มีขาออกให้ใช้งานจำนวน 4 ขา แต่ใช้จริง 3 ขา แบ่งเป็นขา VCC DATA และ GND [30]

#### 8. LCD I2C



รูปที่ 3.11 LCD I2C

เป็นจอที่ทำมาจากผลึกคริสตัลเหลวหลักการคือด้านหลังจอจะมีไฟส่องสว่าง หรือที่เรียกว่า Backlight อยู่ เมื่อมีการปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปกระตุ้นที่ผลึก ก็จะทำให้ผลึกโปร่งแสงทำให้แสงที่มาจากไฟ Backlight แสงขึ้นมาบนหน้าจอ ส่วนอื่นที่โดนผลึกปิดกั้นไว้จะไม่สว่าง ผลึกมีสีที่แตกต่างกันตามสีของผลึกคริสตัล เช่นสีเขียว หรือ สีฟ้า ฯลฯ ทำให้เมื่อมองไปที่จอก็จะพบกับตัวหนังสือแล้วพบกับพื้นหลังสีต่างๆกัน [27]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## 9. Relay (SRD-05VDC-SL-C)



รูปที่ 3.12 Relay (SRD-05VDC-SL-C)

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัด-ต่อวงจร โดยใช้แม่เหล็กไฟฟ้า และการที่จะให้มันทำงานก็ต้องจ่ายไฟให้มันตามที่กำหนด เพราะเมื่อจ่ายไฟให้กับตัวรีเลย์ มันจะทำให้หน้าสัมผัสติดกัน กลายเป็นวงจรปิด และตรงข้ามทันทีที่ไม่ได้จ่ายไฟให้มัน มันก็จะกลายเป็นวงจรเปิด

## 10. Raspberry Pi 3B+



รูปที่ 3.13 Raspberry Pi 3B+

เป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ที่สามารถเชื่อมต่อระบบเครือข่ายแบบใช้สายหรือไร้สายได้ ทำให้กลายเป็นอุปกรณ์ Internet of Things โดยสมบูรณ์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเชื่อมต่อกับตัวตรวจจับ (Sensor) ในการเก็บข้อมูลตามต้องการ รวมถึงสามารถเชื่อมต่อกับแป้นพิมพ์และเมาส์ได้ง่ายอีกด้วย โดยระบบปฏิบัติการที่ใช้นั้น คือ Raspbian ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการลินุกซ์เป็นฐานถูกปรับแต่งมาใช้กับ Raspberry Pi โดยเฉพาะ และระบบปฏิบัติการ ติดตั้งผ่าน Micro SD Card สามารถตั้งค่าเป็นเครื่องแม่ข่ายและใช้งานบริการต่าง ๆ เช่น Web Server, FTP Server ได้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 3.3 องค์ประกอบซอฟต์แวร์

#### 3.3.1 Arduino IDE

โปรแกรมสำหรับใช้เขียนโปรแกรม, คอมไพล์ และอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด Arduino หรือบอร์ดตัวอื่นๆ ที่คล้ายกัน เช่น Generic ESP8266 modules, NodeMCU หรือ WeMos D1 เป็นต้น ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนางานสำหรับบอร์ด Arduino นั้นคือ โปรแกรมที่เรียกว่า Arduino IDE ในการ เขียนโปรแกรมและคอมไพล์ลงบอร์ด IDE ย่อมาจาก (Integrated Development Environment) คือ ส่วนเสริมของ ระบบการพัฒนาหรือ ตัวช่วยต่างๆที่จะคอยช่วยเหลือ Developer หรือช่วยเหลือคนที่พัฒนา Application เพื่อ เสริมให้ เกิดความรวดเร็ว ถูกต้อง แม่นยำ ตรวจสอบระบบที่จัดทำได้ ทำให้การพัฒนางาน ต่างๆเร็วมากขึ้นซึ่งโค้ด Arduino เข้าถึงผ่านฟังก์ชันต่างๆทำให้สามารถเขียนโค้ดได้ง่ายและ สามารถปรับใช้งานร่วมกับบอร์ด DEVIO NB-DEVKIT ได้อีกด้วย [25]

#### 3.3.2 Node-RED

Node-RED คือส่วนของ Hardware Devices, APIs ชุดคำสั่งในการโต้ตอบกับ Hardware, Online services ใช้ Browser ในการเขียน Flow แล้วก็กำหนดค่าการทำงาน จากนั้นก็ลากสาย (wiring) เชื่อมโยงกัน ก็จะได้สิ่งที่ต้องการ โดย Node-RED นั้นสร้างบน Node.js ทำให้สามารถเชื่อมโยงกับโมดูล ที่กำเนิดบนโครงสร้างเดียวกันได้มากมาย คุณ สามารถเพิ่มโมดูล Arduino โดยอาศัย Firmata ติดต่อกับฐานข้อมูลแบบ NoSQL อย่าง MongoDB ติดต่อควบคุมกับ Raspberry Pi [23]

#### 3.3.3 Grafana

Grafana คือ Dashboard Tools ซึ่งจะแสดงผลออกมาเป็นพวก กราฟข้อมูล เมตริกซ์ต่างๆ โดยจะดึงข้อมูลออกมาแบบเรียลไทม์โดยมันสามารถดึงข้อมูลมาจาก Data Source ต่างๆ เช่น Graphite, Prometheus, InfluxDB, OpenTSDB หรือ Elasticsearch และอื่นๆ ช่วยให้ผู้ใช้งาน สามารถสร้างและแก้ไข Dashboard ได้อย่างง่ายดาย ครอบคลุม รูปแบบกราฟหลายประเภท [20]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 3.3.4 InfluxDB

InfluxDB คือ Open-Source ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลของ Time Series Database ที่พัฒนาขึ้นโดย InfluxData ซึ่ง InfluxDB ถูกพัฒนาขึ้นด้วยภาษา Go เหมาะสำหรับการจัดเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพสูงและการเรียกค้นข้อมูลชุดข้อมูลแบบเรียลไทม์ ซึ่งจะใช้เป็นที่เก็บข้อมูลสำหรับกรณีการใช้งานใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่มีการ Timestamp เป็นจำนวนมาก เช่น การวัดอัตราการเต้นหัวใจ การทำงานของข้อมูลเซ็นเซอร์ Internet of Things (IoT) และการวิเคราะห์แบบเรียลไทม์ การใช้ InfluxDB ในการเก็บข้อมูลจะทำให้เราสามารถประหยัดเนื้อที่ได้อีกมากขึ้น ด้วยการกำหนดค่า InfluxDB เพื่อเก็บข้อมูลไว้เป็นระยะเวลาที่กำหนดโดยอัตโนมัติ เมื่อหมดอายุจะสามารถลบข้อมูลที่ไม่ต้องการออกจากระบบได้ InfluxDB ยังมีภาษาแบบสอบถามคล้าย SQL สำหรับการโต้ตอบกับข้อมูล อีกทั้ง InfluxDB ยังสนับสนุนการประมวลผลข้อมูลจาก Graphite การใช้งาน InfluxDB สามารถจัดเก็บข้อมูล จัดเก็บการตรวจสอบการแสดงผลและการแจ้งเตือนข้อมูลชุดข้อมูลตามเวลา [26]

### 3.3.5 MQTT

เป็นโพรโตคอลมาตรฐานสำหรับระบบ IoT และเนื่องจากมันสร้างมาจาก TCP/IP นั้นทำให้ MQTT ประกันว่าข้อมูลที่ส่งกันระหว่างอุปกรณ์ IoT นั้นจะไม่มีการเล่นหายระหว่างซึ่ง MQTT จะใช้โมเดล Publish/Subscribe และออกแบบมาเพื่ออุปกรณ์ที่มีความเร็วในการรับและส่งข้อมูลต่ำ (Low Bandwidth) โดยจุดประสงค์ของ MQTT ก็คือเพื่อที่จะให้ระบบของเรานั้นมีการส่งหรือรับข้อมูลที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมทั้งทำให้อุปกรณ์นั้นใช้พลังงานน้อยลง ซึ่งในระบบ IoT เราต้องการส่งข้อมูลแบบ Real-Time และต้องการให้อุปกรณ์ใช้พลังงานเยอะเกินไปโดยไม่จำเป็น ดังนั้น MQTT จึงเหมาะสมกับระบบเหล่านี้ [21]

## 3.4 การเลือกใช้งานแบตเตอรี่

ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จะใช้แบตเตอรี่แบบทุติยภูมิ ซึ่งสามารถชาร์จประจุไฟฟ้าได้ใหม่ เมื่อแบตเตอรี่มีกำลังไฟที่อ่อนลง แบตเตอรี่จะเก็บพลังงานไฟฟ้า ที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เข้ามาเก็บไว้ แล้วปล่อยกำลังไฟฟ้าออกไปให้กับโหลด ในเวลาที่ไม่ได้มีแสงอาทิตย์ ในช่วงเวลากลางคืน หรือเมฆครึ้มตลอดวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การชาร์จแบตเตอรี่ ในระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ จะผลิตจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยผ่าน เครื่องควบคุมการชาร์จ และแบตเตอรี่ที่ใช้ จะมีหลายชนิด เช่น ลีดแอซิด (Lead-Acid Battery), อัลคาไลน์ (Alkaline), นิกเกิลแคดเมียม (Nickel-Cadmium), ลิเทียมไอออน (Lithium-Ion) และ ลิเทียมไอออนฟอสเฟต (LiFePO<sub>4</sub>) ซึ่งในโครงการวิจัยเลือกใช้แบตเตอรี่ชนิด ลิเทียมไอออนฟอสเฟต (LiFePO<sub>4</sub>) เพราะมีมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ความจุไฟฟ้าสูง จ่ายไฟได้แรง สามารถชาร์จไฟได้บ่อยครั้งเท่าที่ต้องการโดยไม่มี Memory Effect และมีจุดเด่นเรื่องของความปลอดภัยเนื่องจากแบตเตอรี่นี้จะไม่ระเบิด อันเป็นผลจากคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์ และความปลอดภัยของตัววัสดุซึ่งทำให้มีความร้อนเกิดขึ้นต่ำกว่าลิเทียมชนิดอื่นมากซึ่งเหมาะสำหรับการใช้งานที่มีอุณหภูมิสูง เนื่องจากการติดตั้งบริเวณกลางแจ้ง ส่วนโหลดอาจจะเป็นโหลดไฟฟ้ากระแสตรง หรือถ้าต้องการใช้งานกับโหลดไฟฟ้ากระแสสลับ ก็ต้องต่อผ่านอินเวอร์เตอร์ เพื่อแปลงกระแสไฟฟ้า การคำนวณหาขนาดแบตเตอรี่ สามารถหาได้จากสมการ

$$\text{ขนาดความจุของแบตเตอรี่ (Ah)} = \frac{\text{กำลังของโหลด (W)} * \text{ระยะเวลาใช้งานโหลด (hr)}}{\text{แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ (V)} * \text{ประสิทธิภาพแบตเตอรี่} * \text{ประสิทธิภาพ Inverter}} \quad (3.2)$$

การคำนวณหาขนาดของแบตเตอรี่ ซึ่งจะใช้ข้อมูลของอุปกรณ์จาก Datasheet และการวัดค่าหาขนาดของกระแสที่ใช้ตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่ากระแสที่ได้จากการวัดที่ระดับแรงดัน 12 โวลต์

| อุปกรณ์                        | ค่ากระแสที่วัดได้ที่ระดับแรงดัน 12 โวลต์ (mA) |
|--------------------------------|---|
| Current Sensor (ACS712)        | > 10  |
| Voltage Sensor                 | > 10  |
| Relay                          | 10  |
| MQ-2 Smoke Gas Sensor          | 70  |
| DHT22                          | > 10  |
| Buck Converter Module (XL4005) | > 10  |
| DEVIO NB-DEVKIT                | 30  |
| LCD I2C                        | 10  |

ในการคำนวณจะคำนวณหาขนาดแบตเตอรี่ที่ใช้งานได้ยาวนานถึง 2 วัน เพื่อที่จะใช้เป็นไฟสำรองในกรณีที่ไม่มีแสงอาทิตย์ และในการคำนวณจะแบ่งเป็น 2 ช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

**ช่วงที่ 1** จะทำการส่งค่าเซนเซอร์ทุกตัว ยกเว้น MQ-2 Smoke Gas Sensor ทุกๆ 1 นาที เนื่องจากเซนเซอร์ MQ-2 ใช้กระแสไฟที่สูง

$$\text{ขนาดความจุของแบตเตอรี่ (Ah)} = \frac{0.84 (W) * 48(hr)}{12(V) * 0.8 * 0.75} = 5.6$$

**ช่วงที่ 2** จะทำการส่งค่าเซนเซอร์ MQ-2 ซึ่งใน 10 นาที จะทำการอุ่นคอยล์ 1 นาที และทำการส่งค่า

$$\text{ขนาดความจุของแบตเตอรี่ (Ah)} = \frac{0.84 (W) * 4.8(hr)}{12(V) * 0.8 * 0.75} = 0.56$$

จากการคำนวณพบว่าควรเลือกแบตเตอรี่ที่มีขนาดมากกว่า 6.16 Ah ซึ่งในโครงการนี้เลือกแบตเตอรี่ขนาด 3.2 โวลต์ 7 Ah เพื่อที่จะให้เพียงพอกับความต้องการในการทำงาน ในเวลาที่ไม่ได้มีแสงอาทิตย์เป็นเวลา 2 วัน

### 3.5 การเลือกใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์

หลักการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นกระบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง ซึ่งอาศัยการทำงานผ่านปรากฏการณ์โฟโตโวลตาอิก คือปล่อยให้แสงเข้ามาตกกระทบและเปลี่ยนเป็นไฟฟ้า โดยการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ ในโครงการวิจัยนี้เลือกใช้ เซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline Silicon Solar Cells) เนื่องจากเป็นชนิดที่มีอายุการใช้งานยาวนานที่สุดและสามารถผลิตกระแสไฟฟ้ามากกว่าเมื่ออยู่ในสถานะแสงน้อย คำนวณได้จาก

$$\text{ขนาดของแผงโซลาร์เซลล์ (W)} = \frac{\text{กำลังไฟของโหลด (W)} * \text{ระยะเวลาที่ต้องการใช้งานโหลด (hr)}}{\text{ระยะเวลาที่แผงโซลาร์เซลล์ได้รับแสงในแต่ละวัน (hr)}} \quad (3.3)$$

การคำนวณหาขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจะใช้ข้อมูลของอุปกรณ์จาก Datasheet และการวัดค่าหาขนาดของกระแสที่ใช้ตามตารางที่ 3.1 จะได้ว่า

**ช่วงที่ 1** จะทำการส่งค่าเซนเซอร์ทุกตัว ยกเว้น MQ-2 Smoke Gas Sensor ทุกๆ 1 นาที เนื่องจากเซนเซอร์ MQ-2 ใช้กระแสไฟที่สูง

$$\text{ขนาดของแผงโซลาร์เซลล์ (W)} = \frac{0.84(w) * 48(hr)}{5(hr)} = 8.064$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ช่วงที่ 2 จะทำการส่งค่าเซนเซอร์ MQ-2 ซึ่งใน 10 นาที จะทำการอุ่นคอยล์ 1 นาที และทำการส่งค่า

$$\text{ขนาดของแผงโซลาร์เซลล์}(w) = \frac{0.84(w) * 4.8(hr)}{5(hr)} = 0.8064$$

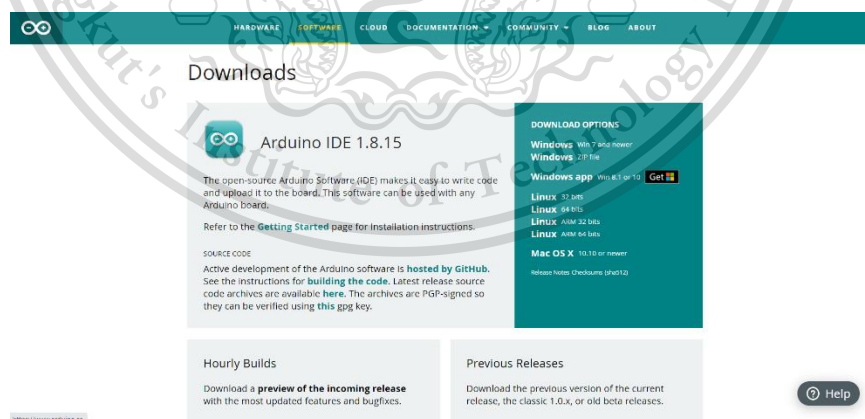
จากการคำนวณพบว่าควรเลือกเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีขนาดมากกว่า 8.8704 วัตต์ ซึ่งในโครงการนี้เลือกเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 30 วัตต์ เพื่อที่จะใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็มภายในเวลา 5 ชั่วโมง และช่วยในการจ่ายไฟให้อุปกรณ์ IoT และลดการใช้งานแบตเตอรี่ในเวลากลางวัน

### 3.6 การประมวลผลข้อมูลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

ผลที่ได้จากการวัดด้วยเซนเซอร์ต่างๆ จะถูกนำมาประมวลผลด้วย DEVIO NB DEV KIT I ซึ่งกระบวนการทำงานภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มจากการอ่านค่าพารามิเตอร์ ผ่านพอร์ตต่างๆ การกำหนด Baud Rate ในการรับส่งข้อมูล การกำหนดตัวแปรให้ตรงกันของแต่ละอุปกรณ์ จากนั้นนำมาแสดงค่า และส่งค่าออกมาผ่านโปรโตคอล MQTT

การเขียนโปรแกรมลง DEVIO NB DEV KIT I โดยใช้ ArduinoIDE

1. เข้า google แล้วค้นหาโดยใช้คีย์เวิร์ด Arduino IDE Download หรือเข้าไปที่ลิงค์ <https://www.arduino.cc/en/software> เลื่อนลงด้านล่างเล็กน้อย จะปรากฏจอภาพดังรูปข้างล่างนี้



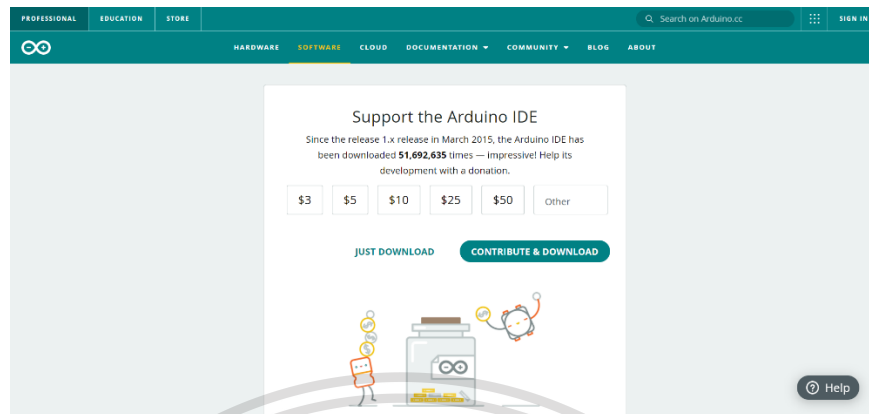
รูปที่ 3.14 หน้าเว็บในการดาวน์โหลดโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2. เมื่อปรากฏจอภาพข้างล่างนี้ เลือกปุ่ม just download เพื่อเริ่มต้นการดาวน์โหลดทันที



รูปที่ 3.15 Download Arduino IDE

3. เข้าสู่โปรแกรม Arduino.exe จะปรากฏจอภาพดังด้านล่างนี้



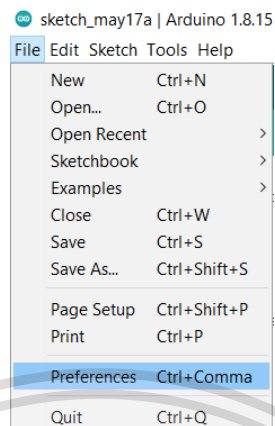
รูปที่ 3.16 หน้าต่าง Arduino IDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

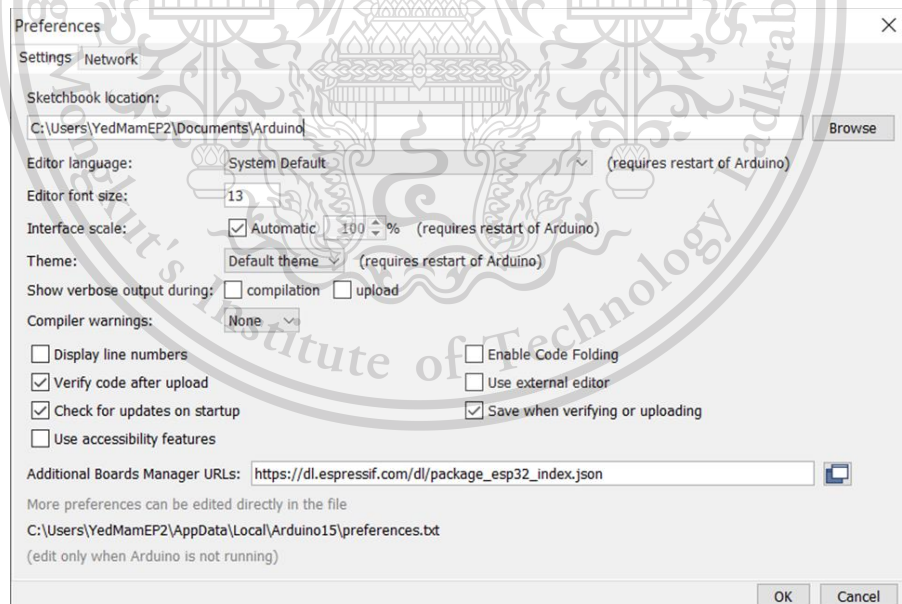
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4. ตั้งค่าเริ่มต้นเพื่อดาวน์โหลดไลบรารีของบอร์ด DEVIO NB DEV KIT I โดยทำการเปิดโปรแกรม Arduino IDE แล้วเข้าไปที่ File > Preferences



รูปที่ 3.17 Select Preference Arduino IDE

5. เมื่อปรากฏ Preferences ให้คลิกที่ลิงก์ [https://dl.espressif.com/dl/package\\_esp32\\_index.json](https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json) ไปลงในช่อง Additional Board Manager URLs จากนั้นคลิกปุ่ม OK



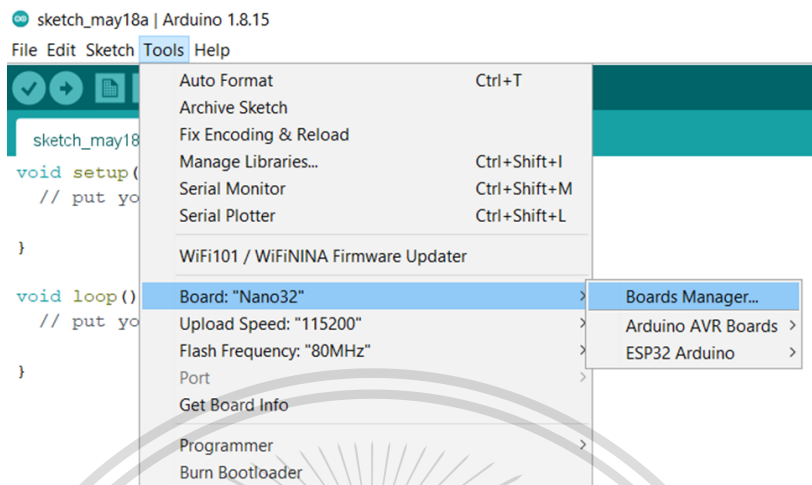
รูปที่ 3.18 Preferences Arduino IDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

6. เริ่มดาวน์โหลดไลบรารีของบอร์ด DEVIO NB DEV KIT I โดยใช้คำสั่ง Tool > Board > Board Manager ดังรูปด้านล่างนี้



รูปที่ 3.19 Board manager

7. ทำการ Search เพื่อค้นหา esp32 จากนั้น คลิกปุ่ม Install



รูปที่ 3.20 Install esp32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## 8. ทำการเขียน Code เพื่อทดสอบ

```

sketch_may17a | Arduino 1.8.15
File Edit Sketch Tools Help
sketch_may17a.ino
#include "AIS_BIM0200E_API.h"
#include "closedcube_HDC1080.h"
#include "DHT.h"
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#define DHTPIN 23
#define DHTTYPE DHT22

#define LED_YELLOW 5
#define LED_GREEN 18

int analog_gas;
float sol_watts;
const int lightSensorPin = 34;
const long interval = 3000;
unsigned long previousMill = 0;

//===== DHT22 elements =====
float t;
float h;

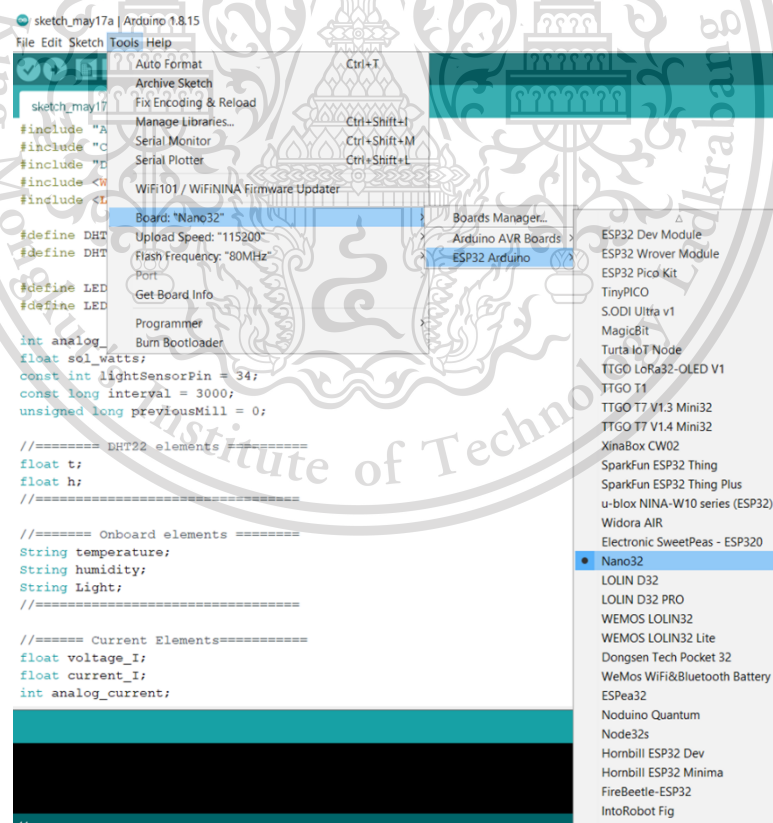
//===== Onboard elements =====
String temperature;
String humidity;
String Light;

//===== Current Elements=====
float voltage_I;
float current_I;
int analog_current;

```

รูปที่ 3.21 แสดงการเขียนโปรแกรมลงใน Arduino IDE

## 9. เข้าไปที่ Tools เพื่อทำการเลือกบอร์ดที่ต้องการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้รูปที่ 3.22 เลือกบอร์ดที่ต้องการติดตั้ง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 3.7 การใช้งาน Node-RED บน Raspberry pi

ก่อนอื่นเลยต้องทำการติดตั้งระบบปฏิบัติการให้กับ Raspberry Pi ก่อน โดยระบบปฏิบัติการที่ใช้คือ Raspbian ระบบปฏิบัติการสำหรับติดตั้งใช้งานบน Raspberry Pi พัฒนามาจากระบบ Debian Linux เหมาะสำหรับนำมาใช้ทำการทดลอง และงานวิจัยเกี่ยวกับระบบคอมพิวเตอร์แบบฝังตัว (Embedded System) โดยจะมี NOOBS เป็นเครื่องมือในการช่วยติดตั้งระบบปฏิบัติการให้ Raspberry Pi ทำให้สามารถติดตั้งได้ง่าย

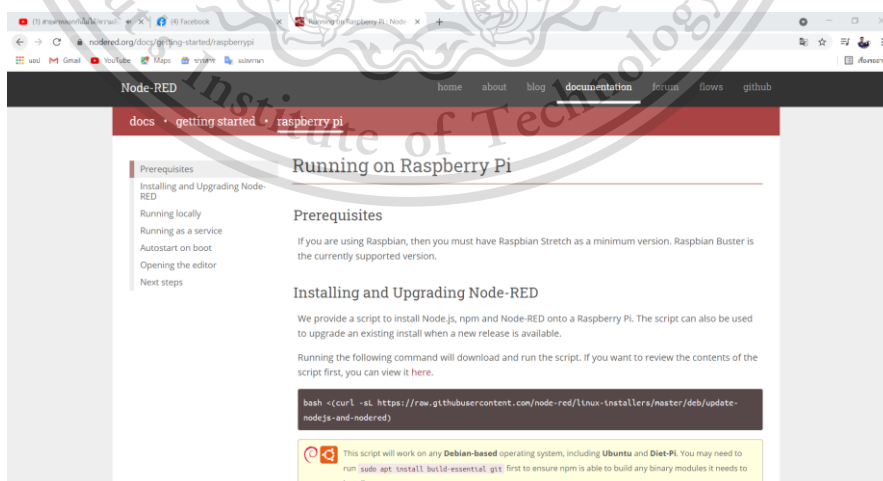
ขั้นตอนการติดตั้ง OS บน Raspberry pi

1. ดาวน์โหลด NOOBS ที่ <https://www.raspberrypi.org/downloads/noobs/>
2. Format Micro SD Card โดยมี File System เป็น FAT32
3. แยก Zip ไฟล์ไปที่ Micro SD Card ที่จะใช้ลง OS
4. นำ Micro SD Card มาใส่ Raspberry Pi 3B+
5. เปิดเครื่อง Raspberry Pi
6. จะพบหน้าจอการติดตั้ง ให้เลือกระบบปฏิบัติการ Raspbian แล้วกด Install
7. รอจนเสร็จ โดยระบบจะมี Default คือ

Username : pi

Password : raspberry

ระบบปฏิบัติการ Raspbian เวอร์ชันล่าสุดจะมีโปรแกรม Node-RED ติดตั้งมาให้อยู่แล้วแต่ถ้าหากต้องการติดตั้งเวอร์ชันอื่นสามารถดูวิธีติดตั้งได้จาก <https://nodered.org/>



รูปที่ 3.23 เว็บเพจสำหรับการติดตั้งโปรแกรม Node-RED บน Raspberry Pi

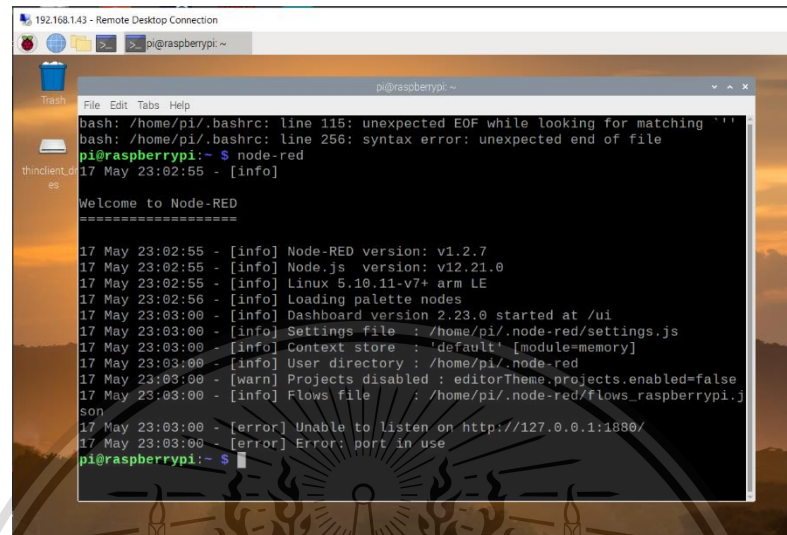
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เมื่อทำการติดตั้งโปรแกรม Node-RED เรียบร้อยแล้วหลังจากนั้นเปิดโปรแกรมเพื่อเริ่มใช้งานโดยทำตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

### 1. เปิด Terminal ของ Raspberry Pi และพิมพ์ Node-RED

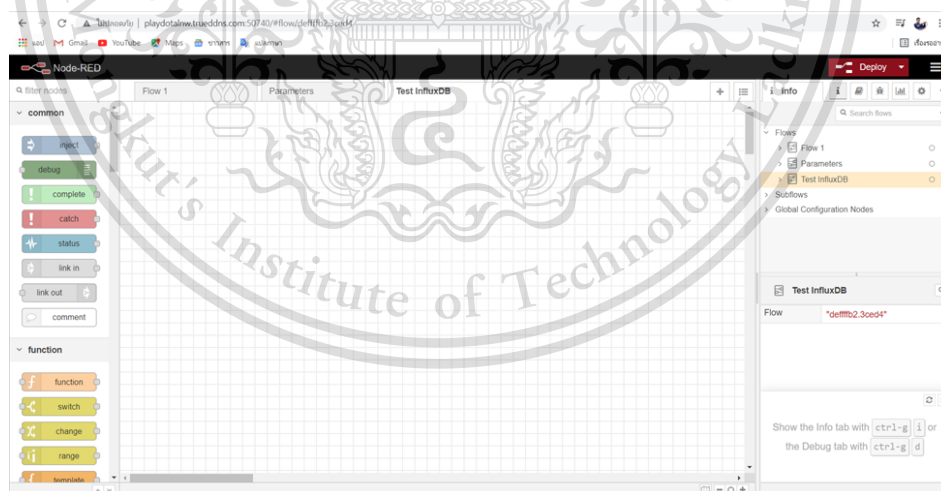


```

pi@raspberrypi:~$ node-red
17 May 23:02:55 - [info]
Welcome to Node-RED
=====
17 May 23:02:55 - [info] Node-RED version: v1.2.7
17 May 23:02:55 - [info] Node.js version: v12.21.0
17 May 23:02:55 - [info] Linux 5.10.11-v7+ arm LE
17 May 23:02:56 - [info] Loading palette nodes
17 May 23:03:00 - [info] Dashboard version 2.23.0 started at /ui
17 May 23:03:00 - [info] Settings file : /home/pi/.node-red/settings.js
17 May 23:03:00 - [info] Context store : 'default' [module=memory]
17 May 23:03:00 - [info] User directory : /home/pi/.node-red
17 May 23:03:00 - [warn] Projects disabled ; editorTheme.projects.enabled=false
17 May 23:03:00 - [info] Flows file : /home/pi/.node-red/flows_raspberrypi.js
17 May 23:03:00 - [error] Unable to listen on http://127.0.0.1:1880/
17 May 23:03:00 - [error] Error: port in use
pi@raspberrypi:~$
  
```

รูปที่ 3.24 Terminal ของ Raspberry Pi

### 2. ไปที่ Web Browser แล้วใส่ IP Address ของ Raspberry Pi โดยใช้ port 1880 จะปรากฏโปรแกรม Node-RED



รูปที่ 3.25 หน้าหลักโปรแกรม Node-RED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

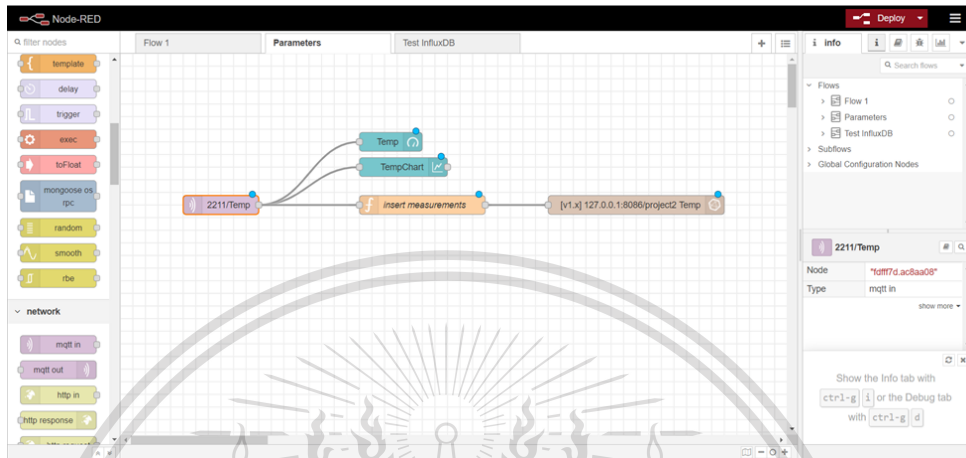
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 3.8 การสื่อสารระหว่างบอร์ด DEVIO NB DEV KIT I และ Node-RED ผ่านโปรโตคอล MQTT

ในส่วนนี้จะใช้บล็อก MQTT ของโปรแกรม Node-RED เป็นตัวช่วยในการสื่อสารระหว่าง Node-RED และ Devio NB Dev Kit I ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. สร้างผังการไหลของข้อมูลสำหรับการทำงานของ Node-RED ตามรูปด้านล่าง



รูปที่ 3.26 ผังการไหลของข้อมูลสำหรับสื่อสารข้อมูลผ่านโปรโตคอล MQTT

2. กำหนดค่าเริ่มต้นการเชื่อมต่อไปที่ MQTT โดยใช้ Arduino IDE และการกำหนด Topics ของเซนเซอร์ต่างๆ

```

sketch_may17a | Arduino 1.8.15
File Edit Sketch Tools Help

sketch_may17a.g
float vin_raw = 0.0;
float vout_real = 0.0;
float vin_real = 0.0;
const float R1 = 30000.0;
const float R2 = 7500.0;
//-----

//==== Setting MQTT sever as you want ====
String mqtt_server = "playdota.lnw.cruedna.com";
String mqtt_port = "8082";
String mqtt_client = "client_ID";
String mqtt_username = "smarfarm";
String mqtt_password = "apple";

unsigned int subQoS = 0;
unsigned int pubQoS = 0;
unsigned int pubRetained = 0;
unsigned int pubDuplicate = 0;
//-----

byte solar[8] = //icon for termometer
{
  0b11111,
  0b10101,
  0b11111,
  0b10101,
  0b11111,
  0b11111,
  0b10101,
  0b10101,
};

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรทำงานเพื่อการศึกษาระดับชั้น ไปจนถึงระดับปริญญาโทและปริญญาเอกเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 3.27 กำหนดค่าเริ่มต้นใน Arduino IDE

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

sketch_may18a | Arduino 1.8.15
File Edit Sketch Tools Help
sketch_may18a $
  Serial.println("ReconnectNB ");
}
Serial.println("ReconnectMQTT ");
setupMQTT ();
}

void loop()
{
  nb.MQTTresponse ();

  //===== DHT22 Sensor =====
  if (millis() - previousMill >= interval)
  {
    h = dht.readHumidity();
    t = dht.readTemperature();
    nb.publish("2211/Temp", String(t), pubQoS, pubRetained, pubDuplicate);
    nb.publish("2211/Humid", String(h), pubQoS, pubRetained, pubDuplicate);

    //===== Sensors Onboard =====
    temperature = String(hdc1080.readTemperature());
    humidity = String(hdc1080.readHumidity());
    Light = String(analogRead(lightSensorPin));

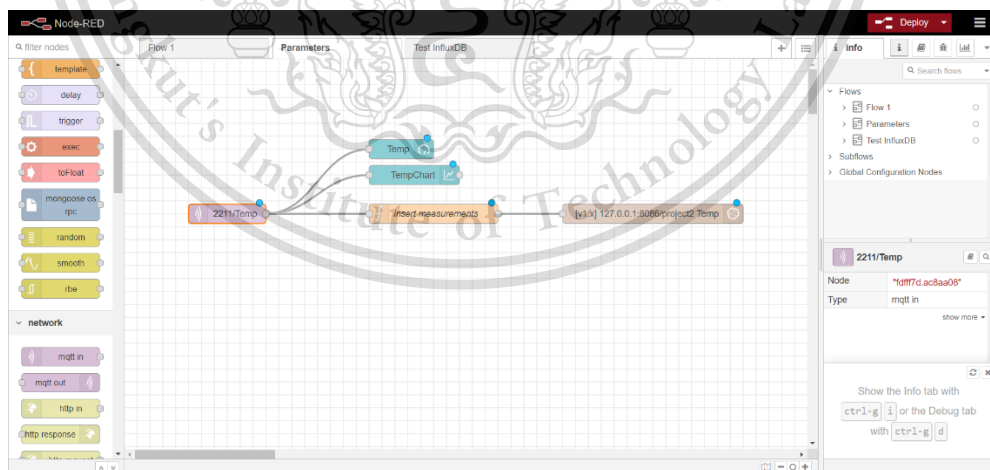
    nb.publish("2211/TempIN", String(temperature), pubQoS, pubRetained, pubDuplicate);
    nb.publish("2211/HumidIN", String(humidity), pubQoS, pubRetained, pubDuplicate);
    nb.publish("2211/Light", String(Light), pubQoS, pubRetained, pubDuplicate);

    //===== Current Sensor =====
    double avcl = getCA();
    nb.publish("2211/current", String(avcl), pubQoS, pubRetained, pubDuplicate);
  }
}
316

```

รูปที่ 3.28 กำหนด Topics ให้กับเซนเซอร์ต่างๆ

### 3. กำหนดค่าเริ่มต้นการเชื่อมต่อไปที่ MQTT โดยใช้ Node-RED และการกำหนด Topics ของเซนเซอร์ต่างๆ

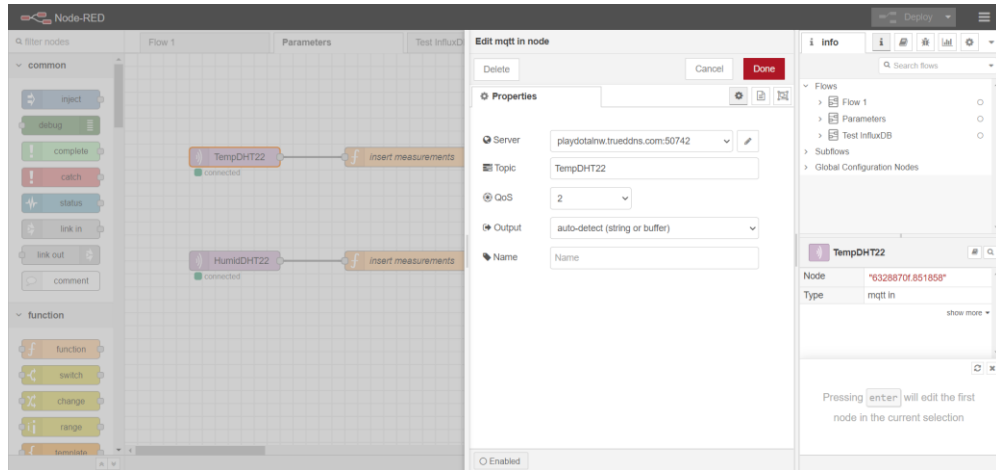


รูปที่ 3.29 ตั้งค่าการเชื่อมต่อจากบล็อก MQTT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

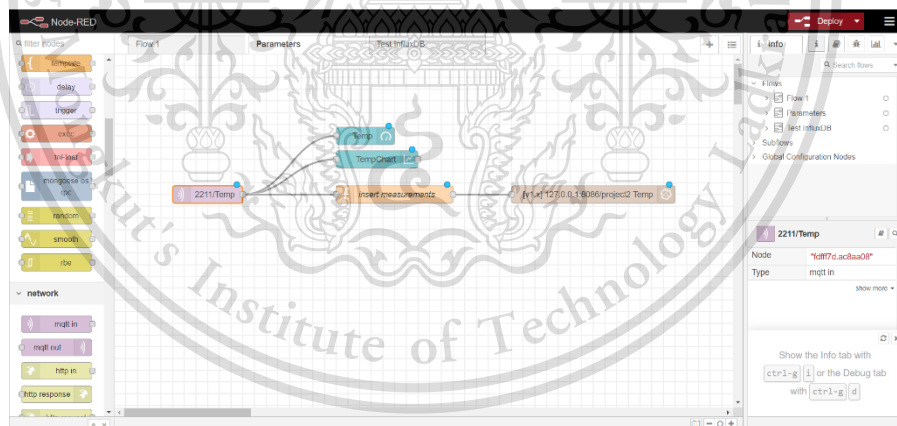


รูปที่ 3.30 กำหนดหัวข้อรับ Topics และ IP Address ของ MQTT

### 3.9 การเก็บค่าพารามิเตอร์ต่างไปไว้ที่ Database (Influx DB) โดยใช้ฟังก์ชันต่างๆ ภายใน Node-RED

การเก็บค่าพารามิเตอร์ต่างไปไว้ที่ Database (Influx DB) โดยใช้ฟังก์ชันต่างๆ ภายใน Node-RED มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ในส่วนนี้จะใช้บล็อกเพิ่มมา 2 บล็อกคือ บล็อกฟังก์ชัน และ บล็อกของ Influx DB



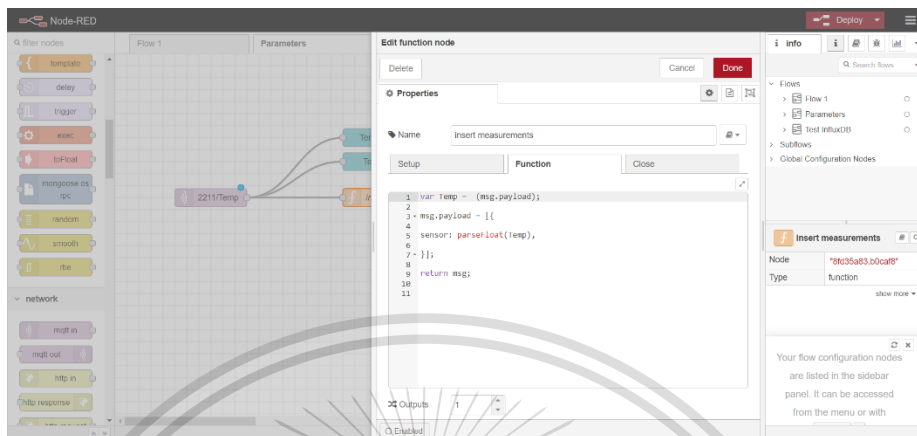
รูปที่ 3.31 ผังการไหลของข้อมูลไปเก็บไว้ที่ Influx DB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

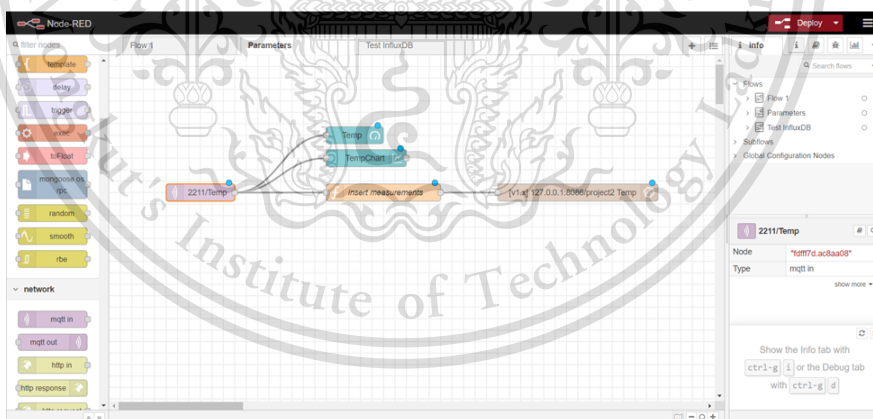
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- 2. เนื่องจากการเก็บข้อมูลไปที่ Influx DB ไม่สามารถเก็บค่าที่เป็น String ได้ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเขียน code ในบล็อกฟังก์ชันเพื่อเปลี่ยนค่า String เป็น Integer ดังรูปด้านล่างนี้



รูปที่ 3.32 Code การเปลี่ยน String เป็น Integer

- 3. ในการเก็บค่าใน Influx DB จำเป็นต้องกำหนดการตั้งค่าให้กับบล็อก Influx DB เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในรองรับค่าจากเซนเซอร์โดยการเลือกหัวข้อของ Database, Username, Password ที่ต้องการ โดยมีขั้นตอนดังนี้

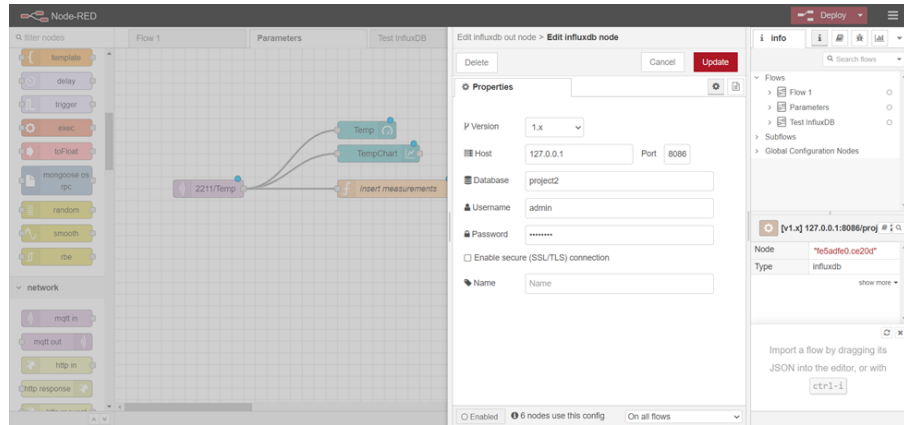


รูปที่ 3.33 แผนผังการเชื่อมต่อให้บล็อก Influx DB

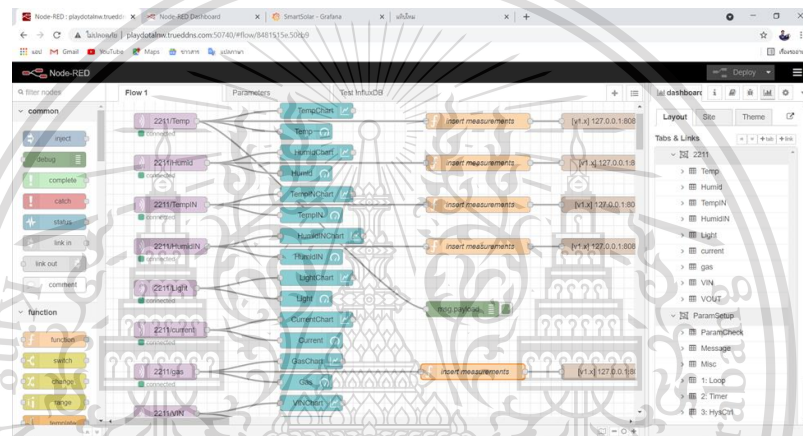
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.34 กำหนดการตั้งค่าให้กับบล็อก Influx DB



รูปที่ 3.35 แผนผังการไหลของข้อมูลเมื่อนำมารวมกัน

4. Node-RED ยังสามารถแสดงผลได้อีกด้วย แต่สามารถแสดงผลได้แค่แบบ Real-Time ไม่สามารถไล่ตามดูย้อนหลังได้ ดังรูปตัวอย่างด้านล่างนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ 3.36 การแสดงผลผ่านทาง Node-RED  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปะแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5. สำหรับการเข้าไปดูข้อมูลใน Database (Influx DB) เนื่องจาก Influx DB เป็นแบบ Open Source (แบบ FREE) จึงไม่สามารถดูข้อมูลได้มากนัก จึงนิยมนำใช้ร่วมกับ โปรแกรมตัวอื่น โดยในการดูข้อมูลนั้นสามารถดูได้โดยเปิด Terminal ใน Raspberry Pi แล้วพิมพ์ดังรูปด้านล่างนี้

```

pi@raspberrypi:~$ influx -username admin -password adminpassword
Connected to http://localhost:8086 version 1.8.4
InfluxDB shell version: 1.8.4
> use project2
Using database project2
> show measurements
name: measurements
name
----
Humid
HumidIN
Temp
TempIN
gas
> select * from "Humid" limit 5
name: Humid
time                sensor value
----
1610524057142235150 56.00
1610524061468133593 56.00
1610524067930320963 56.00
1610524073777221470 57.00
1610524079791597135 57.00

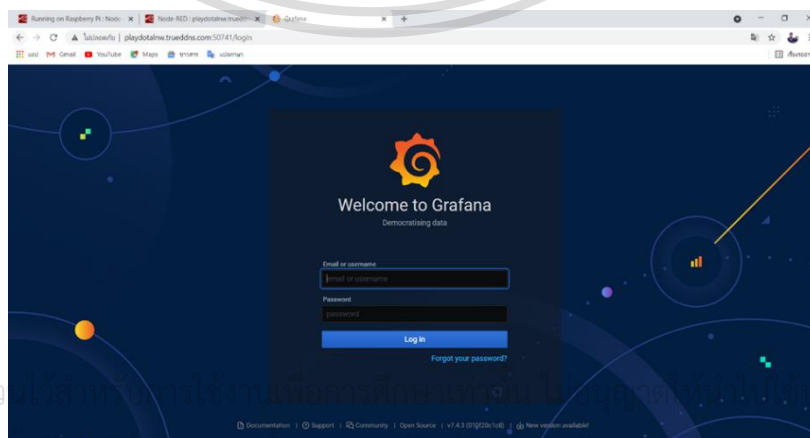
```

รูปที่ 3.37 การดูข้อมูลใน Database (Influx DB)

### 3.10 การดึงข้อมูลจาก Database (Influx DB) และแสดงผล โดยใช้ Grafana

ในการใช้ Grafana แน่่อนว่าต้องติดตั้งโปรแกรมให้เสร็จก่อนใน Raspberry Pi ส่วนในการดึงค่ามาใช้งานไม่มีความยุ่งยากมากเนื่องจากโปรแกรมได้ถูกติดตั้งไว้ในอุปกรณ์เดียวกันกับ Influx DB ซึ่งต้องทำงานร่วมกัน โดยจะมีวิธีการดึงค่าและแสดงผลข้อมูลดังนี้

1. เข้า IP Address ของ Raspberry Pi โดยใช้ Port 3000 และทำการ Login เข้าสู่ระบบโดย Username, Password ที่กำหนดมาตอนติดตั้งจะเป็น admin, admin จะได้นหน้าต่างดังรูปข้างล่าง

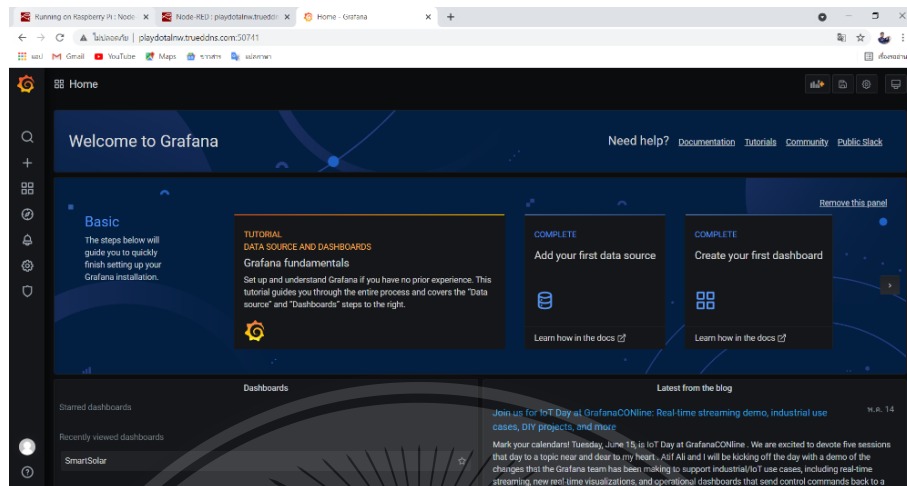


รูปที่ 3.38 การ Login เข้าสู่ระบบเพื่อใช้งาน

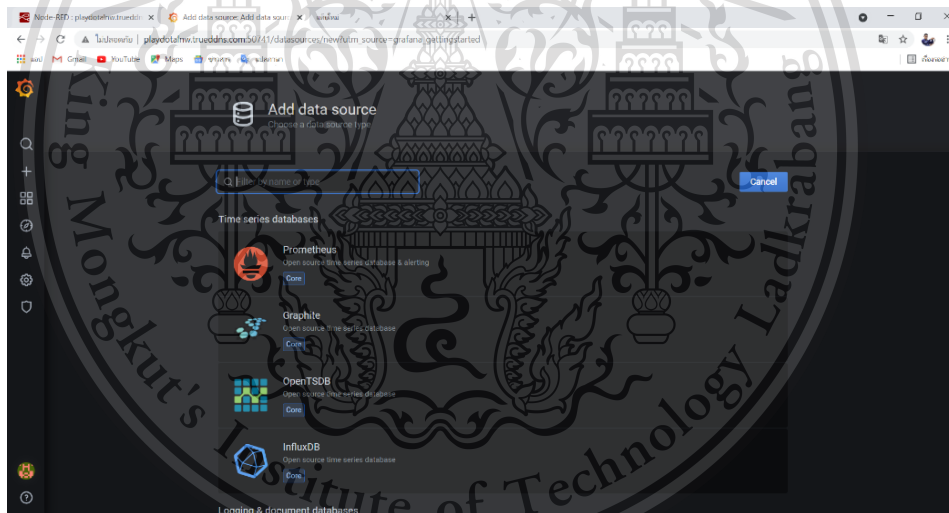
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2. หลังจาก Login เข้ามาจำเป็นต้อง กำหนดตำแหน่งของ Database ที่เราต้องการนำมาแสดงโดยเข้าไปตามรูปด้านล่าง



รูปที่ 3.39 กำหนดตำแหน่งของ Database ที่ต้องการ



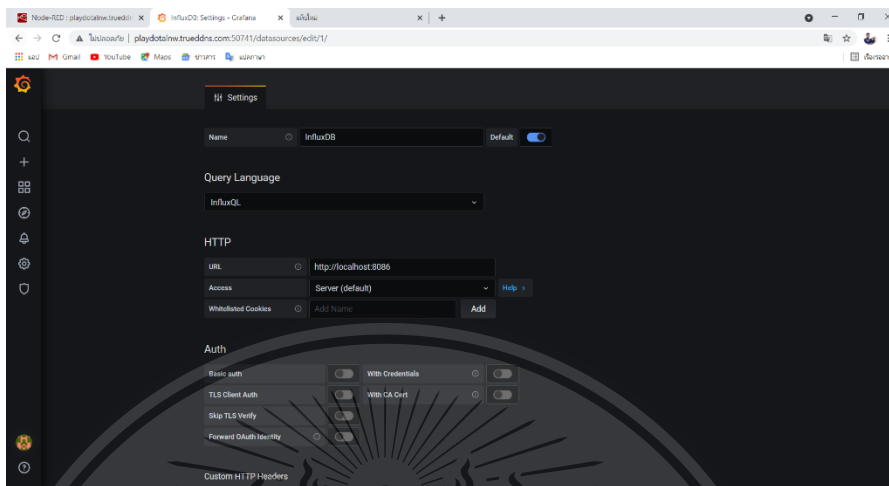
รูปที่ 3.40 กำหนดตำแหน่งของ Database ที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

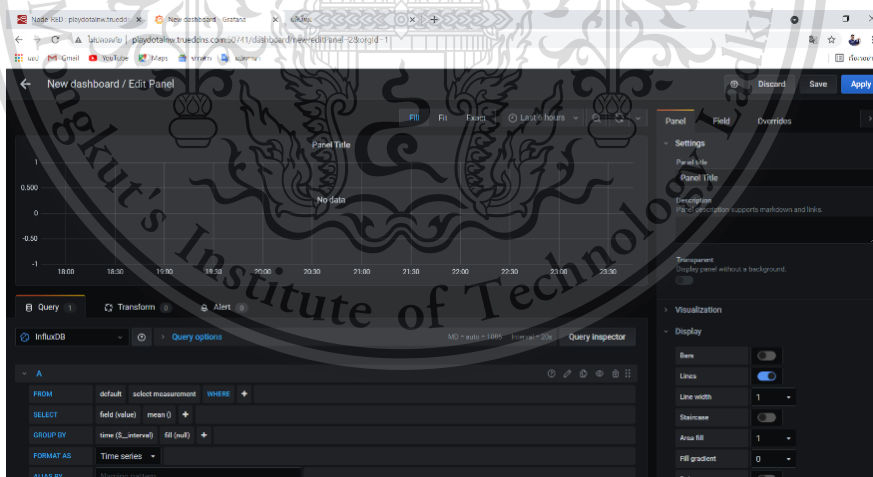
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3. หลังจากเลือกแหล่งของข้อมูลเป็น Influx DB จากนั้นใส่ตำแหน่งของ Database ให้เรียบร้อย ในที่นี้ในช่อง URL ให้ใส่ IP Address ของ Raspberry Pi เนื่องจากถูกติดตั้งที่อุปกรณ์เดียวกัน และกด Save ดังรูปด้านล่างนี้



รูปที่ 3.41 กำหนดตำแหน่งของ Database ที่ต้องการ

4. หลังจากที่กำหนดตำแหน่งของ Database เสร็จสามารถเข้าไปเพิ่มการแสดงผลได้โดยกดที่ปุ่ม (+) ด้านซ้าย และทำการ Add New Panel เข้าไป จะได้ดังรูปด้านล่างนี้



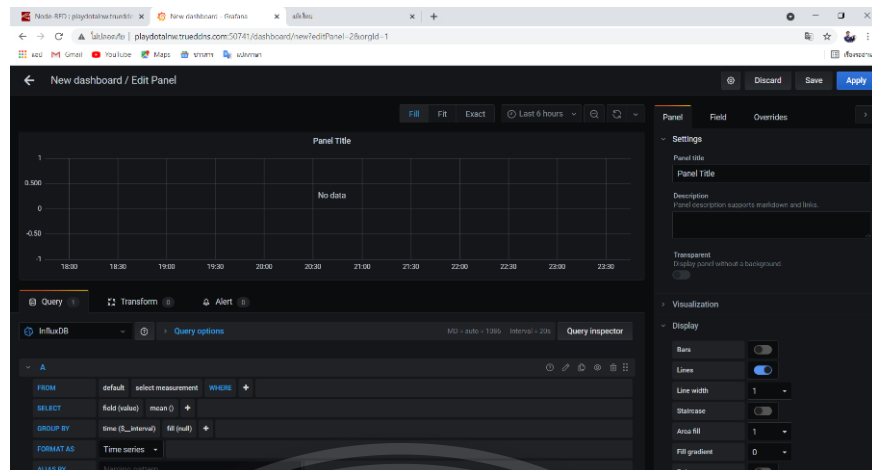
รูปที่ 3.42 การตั้งค่าการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

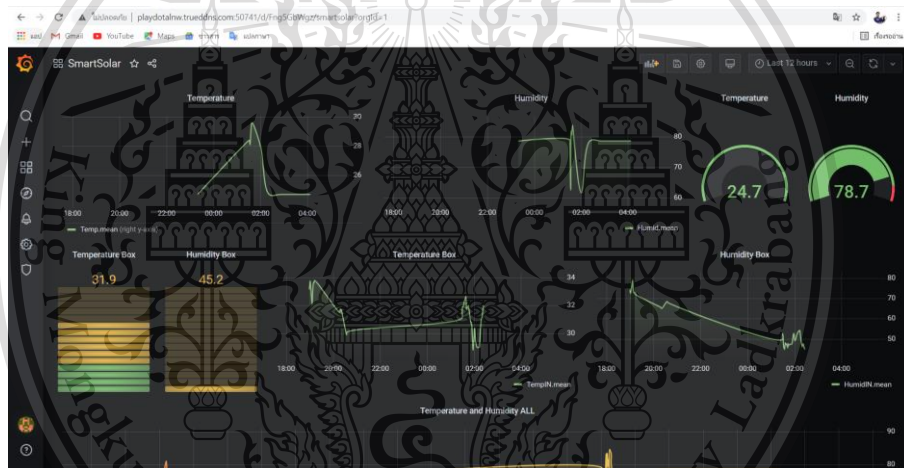
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5. ในการแสดงผลสามารถกำหนดการตั้งค่าได้ในหน้านี้ เมื่อเสร็จสิ้นก็กด Save ที่มุมขวาบน



รูปที่ 3.43 การตั้งค่าการแสดงผล



รูปที่ 3.44 รูปตัวอย่างการแสดงผลเมื่อนำมารวมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

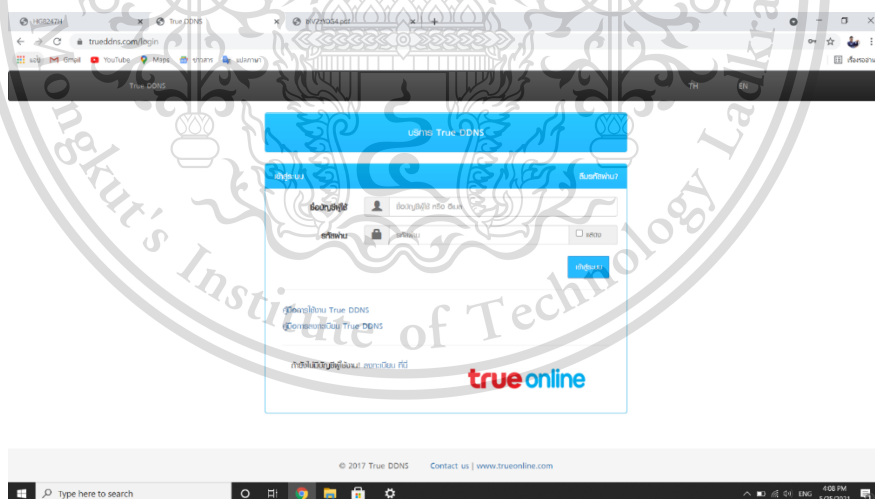
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 3.11 การทำ Port Forwarding ของเครือข่าย True Internet

ในสร้าง Server ของ Grafana, Node-RED, MQTT และ InfluxDB ผู้ใช้งานจะสามารถเข้าใช้งานในระยะที่เป็น Local Internet เท่านั้น ซึ่งไม่ตรงตามจุดประสงค์ของโครงการนี้ จึงจำเป็นต้องทำการ Forward Port เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใช้ได้ใน Internet เครือข่ายอื่นได้ คือการกำหนดเส้นทางของข้อมูล ที่ติดต่อเข้ามาถึง Router ให้ Forward ไปยังเครื่องที่อยู่หลัง Router ที่ใช้ IP ภายใน โดยมีหลักการในการ forward โดยพิจารณาจาก หมายเลข Port ที่ติดต่อเข้ามา โดยมีวิธีการทำดังนี้

- ทุกอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต จะถูกกำหนดอย่างน้อยที่สุดหนึ่งไอพี (IP) เพื่อแสดงหมายเลขตำแหน่งที่อยู่
- แต่ละไอพีสามารถเลือกใช้พอร์ต (port) ใดๆพอร์ตหนึ่ง เพื่อ รับ-ส่ง ข้อมูล
- ไอพีหนึ่งไม่สามารถเลือกใช้พอร์ตซ้ำหรือพอร์ตที่ถูกไอพีอื่นเลือกใช้อยู่ก่อนแล้วในคอมพิวเตอร์เครื่องเดียวกัน
- NAT คือคำย่อจาก Network Address Translation สำหรับเครือข่ายใช้หนึ่งไอพีอ้างอิงตำแหน่ง เพื่อจัดการกับตำแหน่งที่อยู่ไอพีอื่นๆจำนวนมากมาย

1. เข้าไปที่ลิงค์ <https://trueddns.com/login> และทำการสมัครสมาชิกให้เรียบร้อย



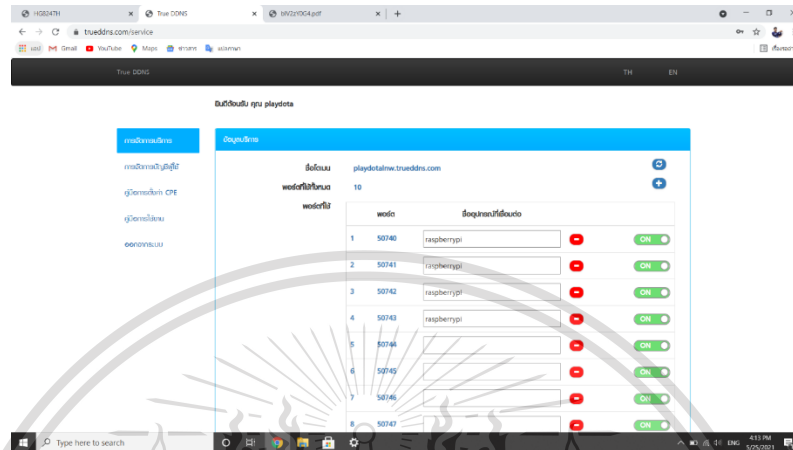
รูปที่ 3.45 หน้า Login และ Register ของ True Internet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

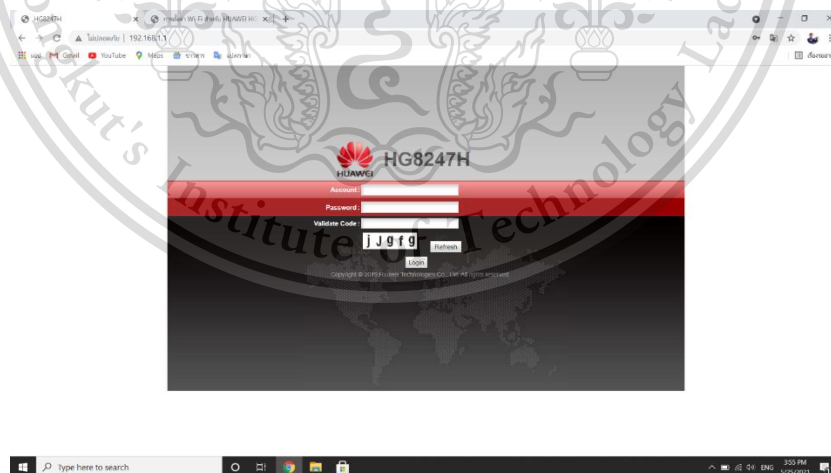
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2. หลังจากที่ Login เข้ามาในระบบ ให้ทำการเลือก และ เปิดใช้งาน Port ที่ต้องการใช้ และตั้งชื่อให้กับ Port นั้นเป็นอันเสร็จในส่วนนี้ ซึ่งในเครือข่าย True Internet จะมี Port ให้ใช้งานได้ฟรีถึง 10 Port



รูปที่ 3.46 Port ต่างๆที่มีให้ในเครือข่าย True Internet

3. เข้าลิ้งค์ <http://192.168.1.1> และทำการ Login เข้าไปโดยมี Account : admin / Password : password ซึ่งเป็นรหัสผ่านเริ่มต้นมาให้



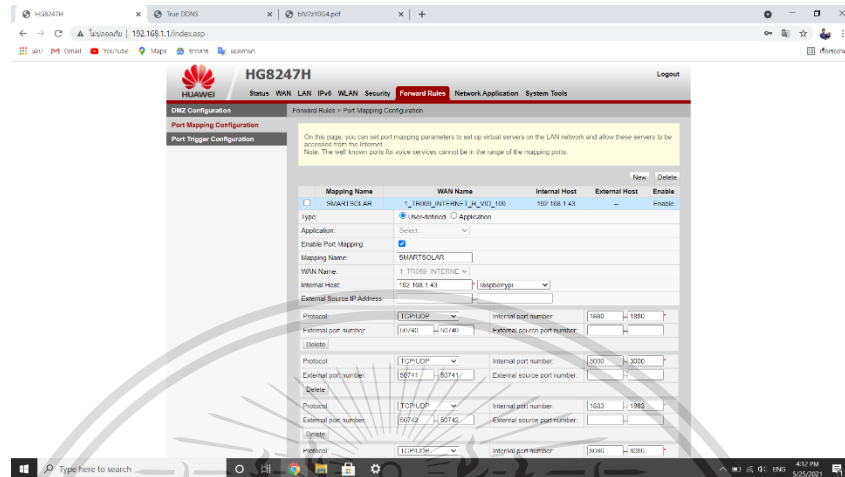
รูปที่ 3.47 หน้า Login และ Register ของ Internet Router

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

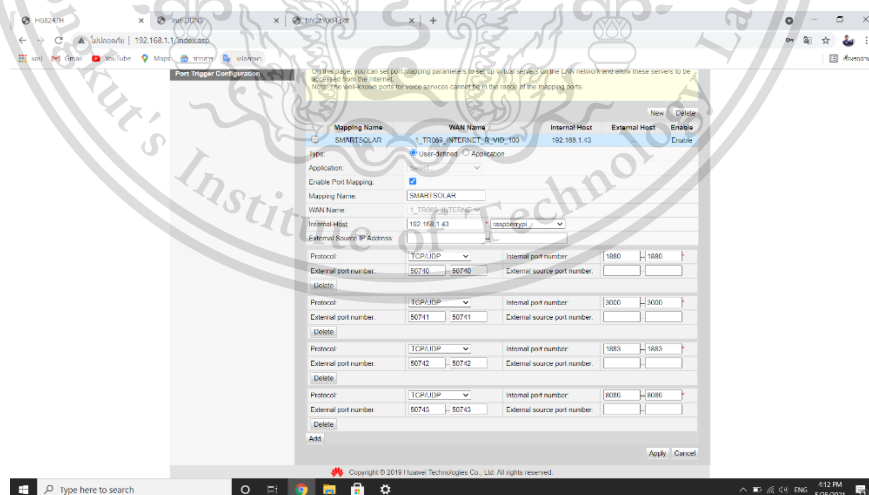
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4. หลังจากที่ทำกร Login เข้ามา จากนั้นเข้าไปที่แท็บ Forward Rules - Port Mapping Configuration เพื่อทำการกำหนด Port เข้า-ออก ดังรูป



รูปที่ 3.48 การเข้าไปกำหนด Port เข้า-ออกของ Internet Router

5. จากนั้นให้ทำการตั้งค่าในส่วนต่างๆ และ กำหนด Port ของ True Internet และ Port หลักให้อยู่ในส่วนเดียวกันเป็นอันเสร็จสิ้นการทำ Port Forwarding



รูปที่ 3.49 การตั้งค่าของ Port ต่างๆ ที่ต้องการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

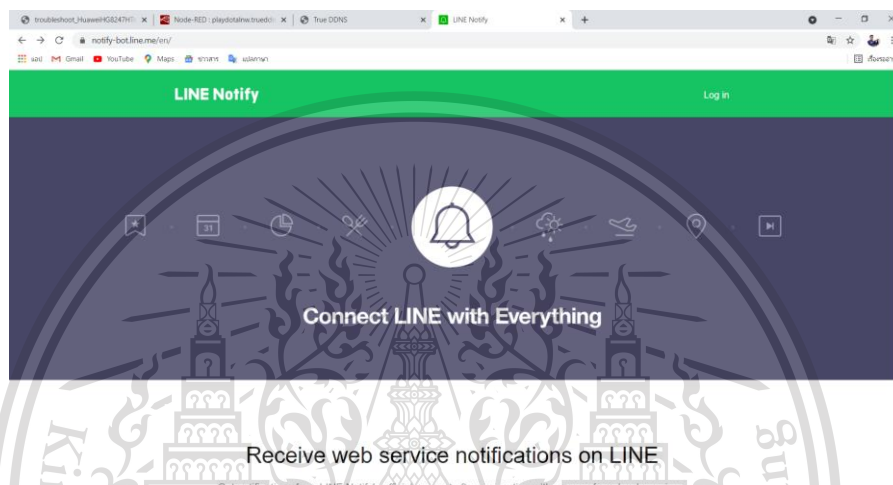
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 3.12 การทำ Line Notification API

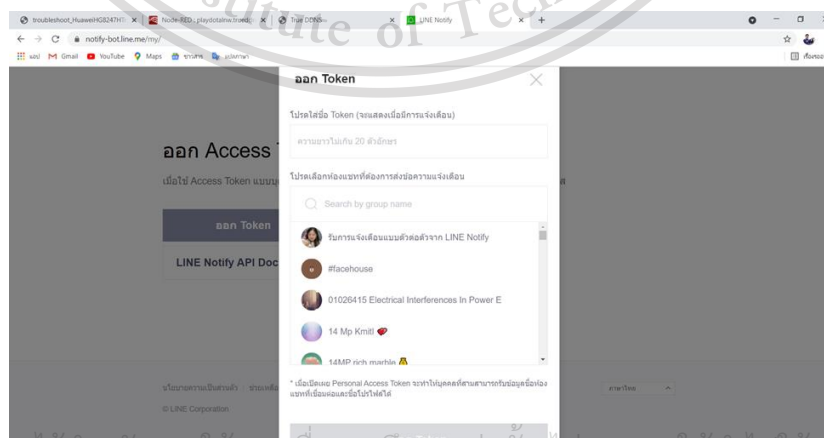
ในโครงการนี้จะมี Gas Sensor เพื่อใช้ตรวจจับควันในกรณีฉุกเฉิน และเพื่อให้รู้ถึงกรณีฉุกเฉินนั้นจึงใช้ Application Line เป็นตัวแจ้งเตือนเพื่อให้รู้ถึงสถานการณ์นั้น โดยจะมีวิธีการทำดังนี้

1. เข้าไปที่ลิงค์ <https://notify-bot.line.me/en/> จากนั้นทำการ Login ให้เรียบร้อย



รูปที่ 3.50 หน้าเริ่มต้นของเว็บไซต์

2. หลังจาก Login เข้ามาให้ทำการสร้างกลุ่มใน Line Application และเชิญ Line Notification Bot เข้าร่วมกลุ่ม จากนั้นกดรับ Token เพื่อนำไปใช้งานต่อ



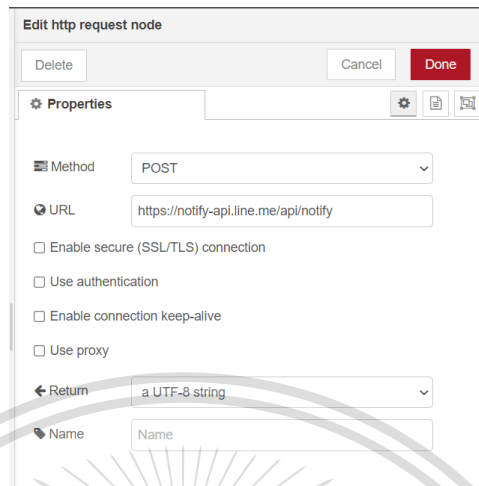
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.51 การกดรับ Token

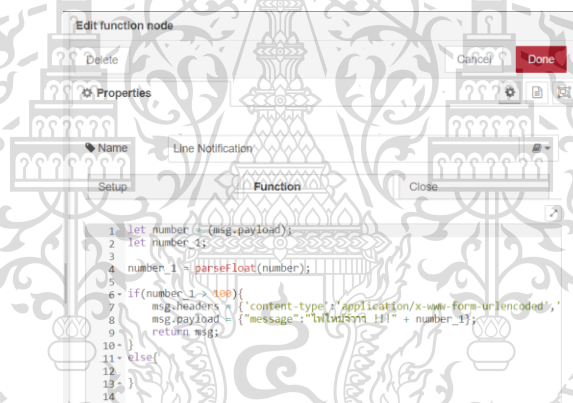
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

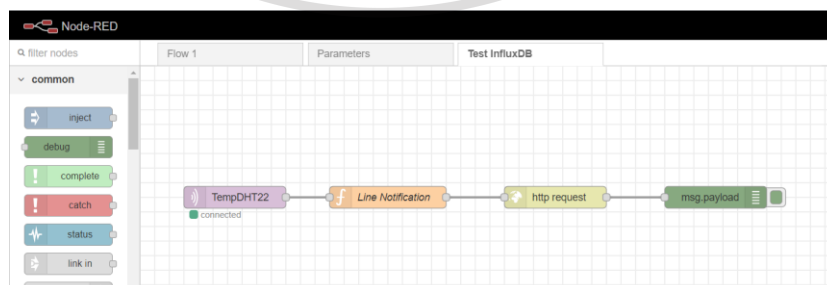
3. เข้าไปที่ Node-RED และนำ Function Node และ Http Request Node เข้ามา จากนั้นทำการใส่คำสั่งการทำการแจ้งเตือนรวมถึง Token ดังรูป



รูปที่ 3.52 การตั้งค่าให้ Http Request Node



รูปที่ 3.53 คำสั่งการแจ้งเตือน



รูปที่ 3.54 Flow ใน Node-RED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

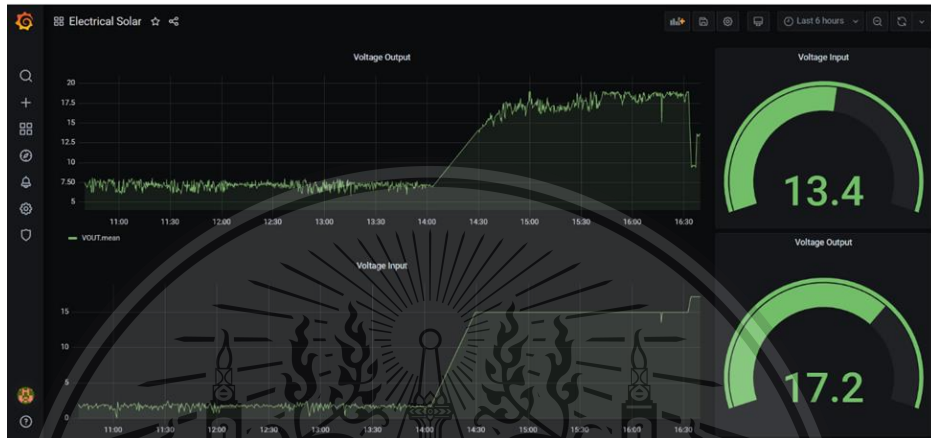
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

#### 4.1 ทดสอบระบบชาร์จแบตเตอรี่ที่ใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์

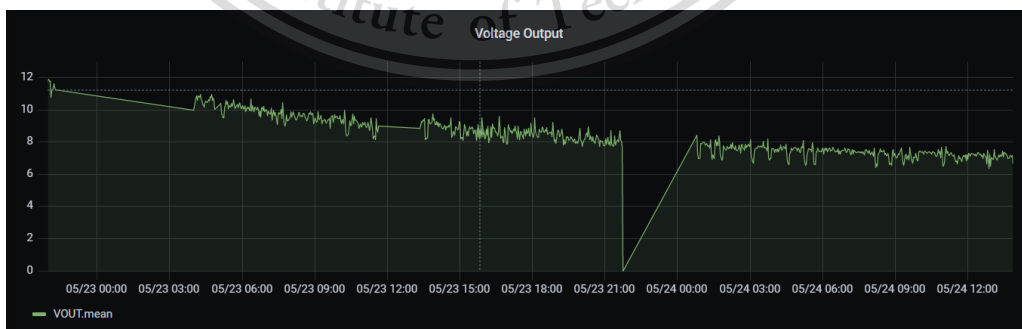
##### 4.2.1 ทดสอบการชาร์จของ MPPT Module



รูปที่ 4.1 กราฟค่าแรงดันของแบตเตอรี่และเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อสังเกตจากค่าแรงดัน พบว่าแรงดันจากเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าอยู่ที่ 17.2 โวลต์ จากนั้น MPPT Module ทำหน้าที่ลดระดับแรงดันลงเหลือ 13.4 โวลต์ เพื่อที่จะชาร์จแบตเตอรี่ให้ได้กระแสที่สูง และมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

##### 4.2.2 ทดสอบระยะเวลาการทำงานของแบตเตอรี่โดยไม่ได้ชาร์จไฟ

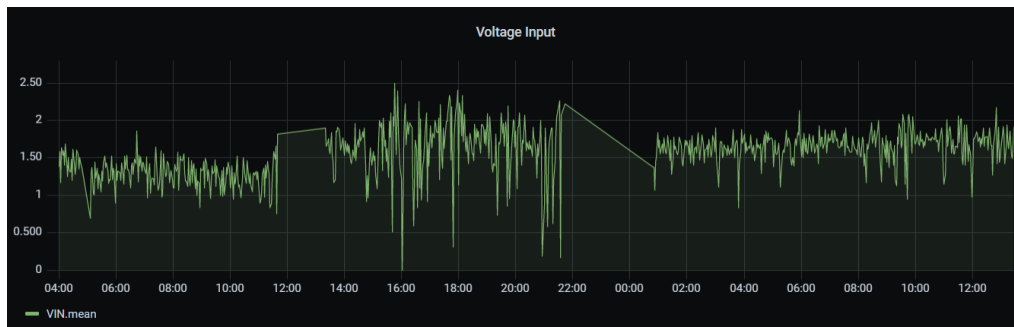


รูปที่ 4.2 กราฟค่าแรงดันของแบตเตอรี่ที่ทำงานใน 2 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

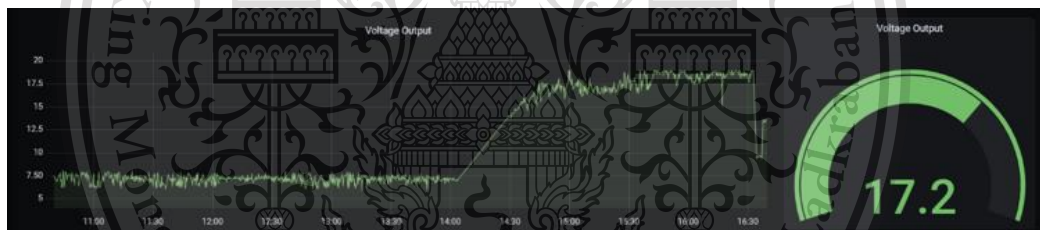


รูปที่ 4.3 กราฟค่าแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่มีการชาร์จอยู่ระหว่าง 0-1 โวลต์

จากการทดลองใช้ไฟจากแบตเตอรี่เพียงอย่างเดียวโดยไม่มีการชาร์จไฟจากเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าแรงดันไฟของแบตเตอรี่ทำงานได้ตั้งแต่ 13.4 โวลต์ จนหยุดทำงานไป สามารถทำงานได้เวลา 1 วัน กับอีก 10 ชั่วโมง

## 4.2 ทดสอบความเที่ยงตรงของอุปกรณ์

### 4.2.1 ทดสอบ Voltage Sensor



รูปที่ 4.4 จอแสดงผลค่าแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 4.5 ค่าแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ที่วัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



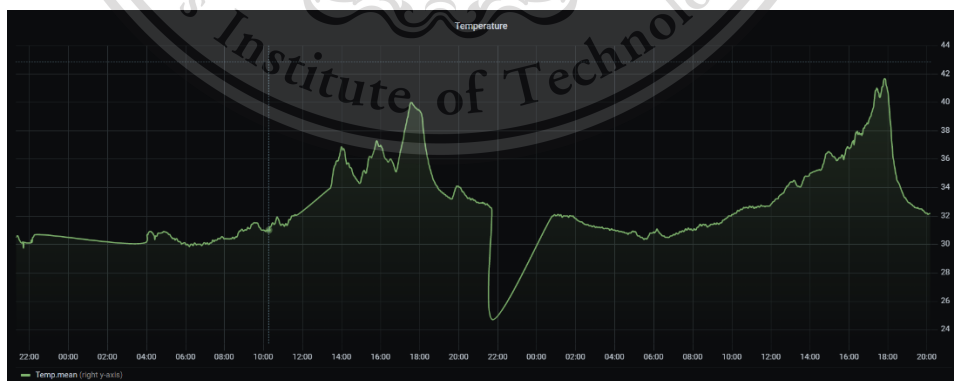
รูปที่ 4.6 จอแสดงผลค่าแรงดันของแบตเตอรี่



รูปที่ 4.7 ค่าแรงดันของแบตเตอรี่ที่วัดได้

จากการทดลองพบว่า ค่าแรงดันที่วัดได้จริงกับค่าแรงดันที่แสดงผลผ่านหน้าจอ นั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก

#### 4.2.2 ทดสอบ DHT22



รูปที่ 4.8 จอแสดงผลค่าอุณหภูมิระหว่างวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเอาไว้เฉพาะที่เอกสารนี้เท่านั้น ไม่สามารถที่จะนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 จากการทดลองพบว่า ค่าอุณหภูมิในแต่ละวันนั้นจะมี อุณหภูมิที่สูงในเวลากลางวัน  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น ถึงแม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
 และอุณหภูมิจะต่ำลงในเวลากลางคืน

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 4.2.3 ทดสอบ MQ-2



รูปที่ 4.9 จอแสดงผลปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

จากการทดลองพบว่าเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่ปกติ ค่าที่แสดงผลจะอยู่ที่ 400-450 แต่เมื่อตรวจพบควันไฟค่าที่แสดงผลนั้นมีค่าสูงถึง 1500

### 4.3 ทดสอบการแสดงผลบนหน้า Dashboard ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้

ในการทดสอบนี้จะทำการแสดงผลของหน้าDashboardโดยจะเทียบกันระหว่างค่าใน Node-RED และ Grafana ว่ามีค่าใกล้เคียงกันหรือไม่ซึ่งจะประกอบด้วยการแสดงผลของตัวแปรและอุปกรณ์ต่างๆ

#### 4.3.1 ทดสอบการแสดงผล Voltage Sensor



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่

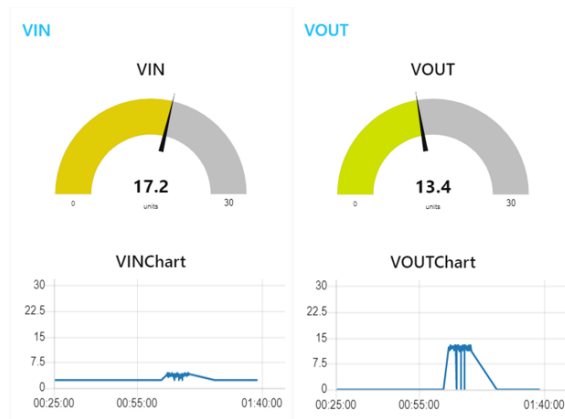
ยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้นำข้อมูลอันเป็นความลับของทางราชการมาเผยแพร่หรือใช้เพื่อประโยชน์อื่นใด

รูปที่ 4.10 การแสดงผล Voltage Sensor บน Grafana

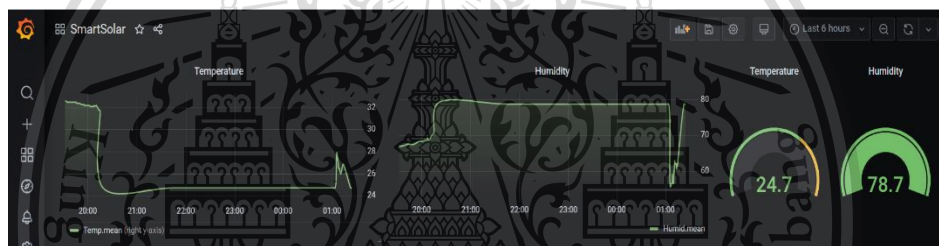
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

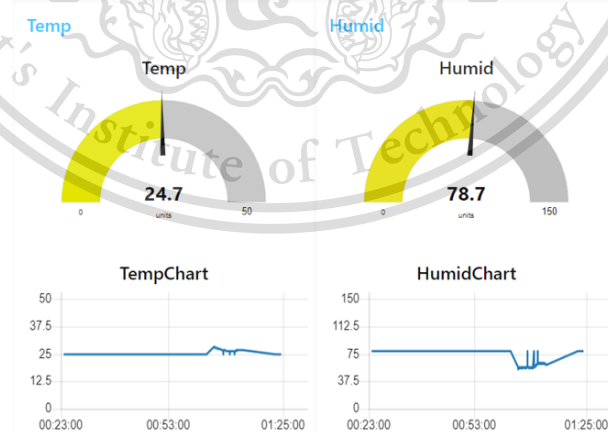


รูปที่ 4.11 การแสดงผล Voltage Sensor บน Node-RED

#### 4.3.2 ทดสอบ DHT22



รูปที่ 4.12 การแสดงผลอุณหภูมิและความชื้นบน Grafana



รูปที่ 4.13 การแสดงผลอุณหภูมิและความชื้นบน Node-RED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

#### 4.4 ทดสอบการใช้งานจากระยะไกล

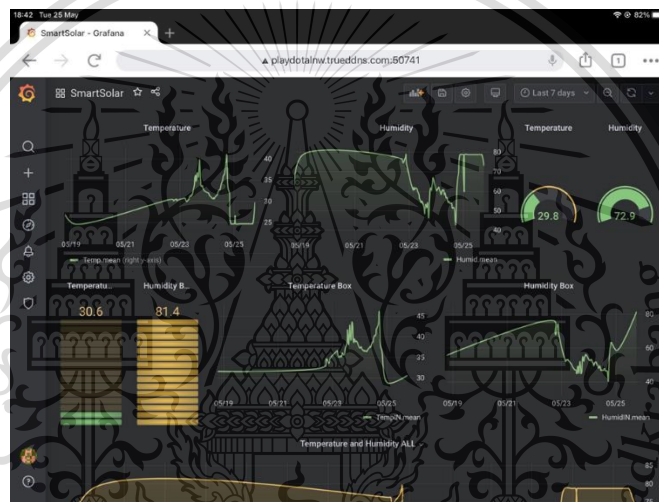
ในการเข้าใช้งาน Dashboard ในเว็บไซต์ จำเป็นต้องทำการ Forward Port เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าใช้งานจาก Internet เครือข่ายอื่นได้ ในที่นี้ได้ทำการกำหนดเส้นทางการเชื่อมต่อให้กับผู้ใช้งานเป็น

Node-RED : playdotalnw.trueddns.com:50740

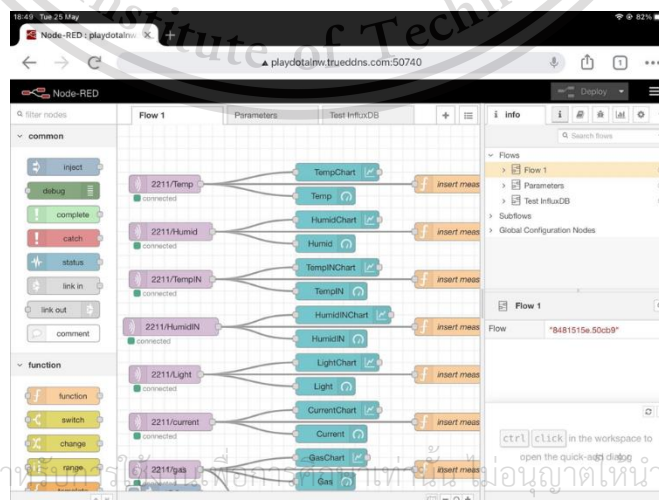
Grafana : playdotalnw.trueddns.com:50741

MQTT : playdotalnw.trueddns.com:50742

InfluxDB : playdotalnw.trueddns.com:50740



รูปที่ 4.14 การทดสอบเข้าใช้งานระยะไกล Dashboard ของ Grafana ผ่าน Internet เครือข่ายอื่น



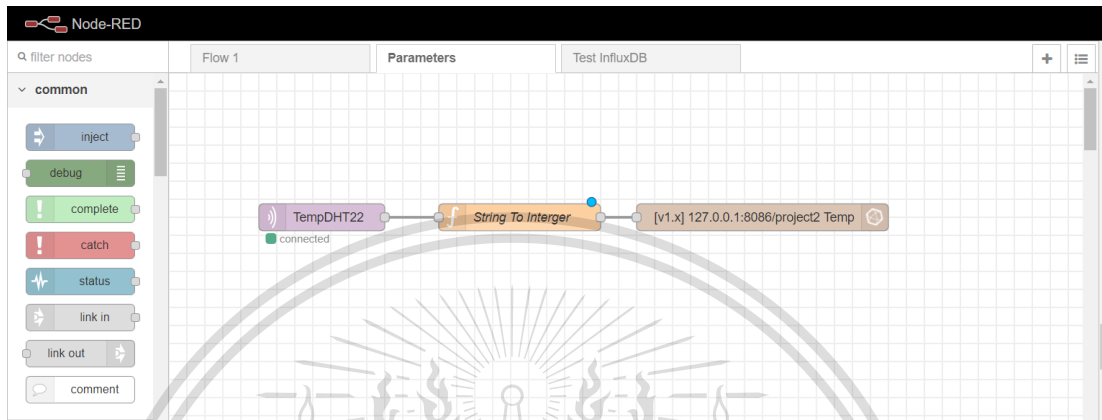
รูปที่ 4.15 การทดสอบเข้าใช้งานระยะไกลของ Node-RED ผ่าน Internet เครือข่ายอื่น

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

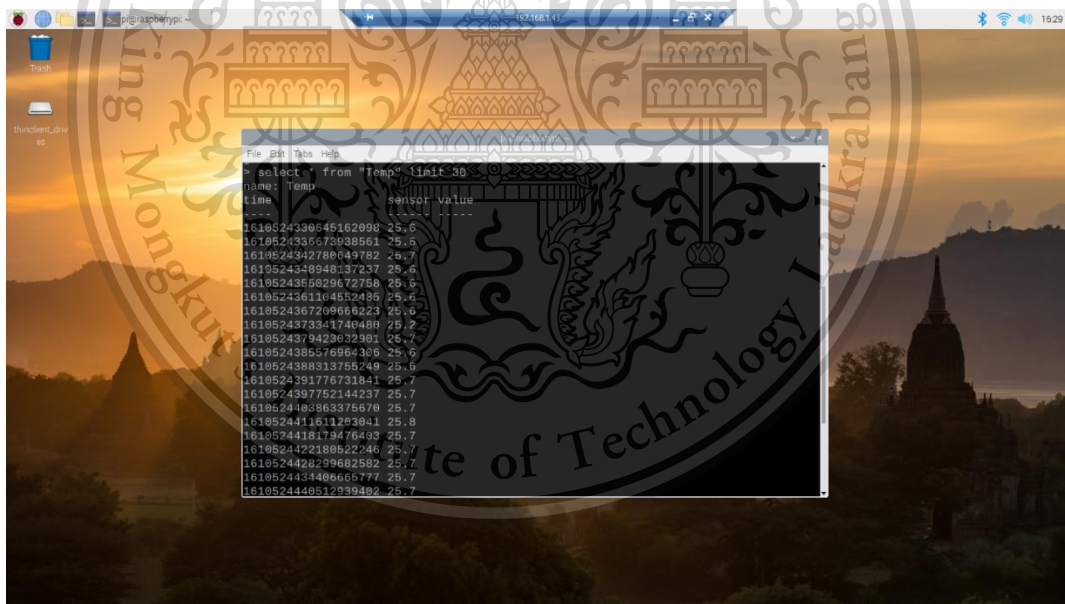
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

#### 4.5 ทดสอบการเก็บข้อมูลใน Database

ในการทดสอบการเก็บข้อมูลใน InfluxDB ได้ทำการทดสอบโดยวาด Flow ใน Node-RED เพื่อเชื่อมและส่งข้อมูลให้กับ InfluxDB จากนั้นเข้าไปเช็คดูข้อมูลจากเครื่อง Server(Raspberry Pi)

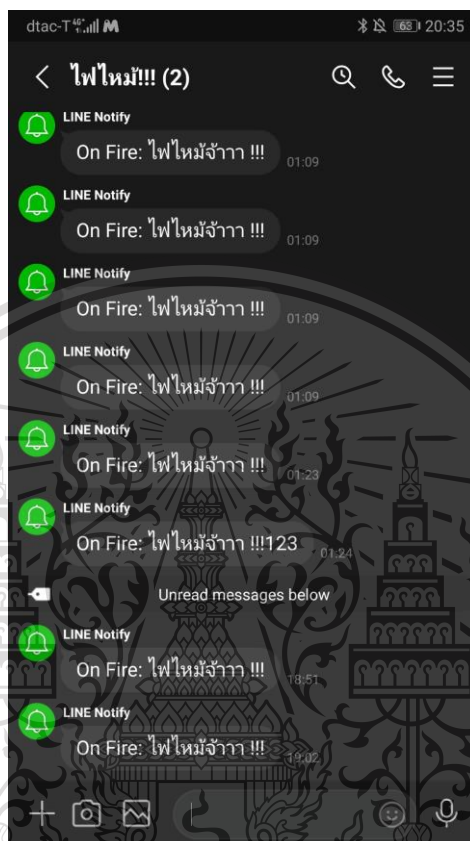


รูปที่ 4.16 การทดสอบการเชื่อมและส่งข้อมูลให้กับ InfluxDB



#### 4.6 ทดสอบ Line Notification

หลังจากกำหนดค่าต่างๆเรียบร้อย ทำการเปิดเครื่องและส่งข้อมูล ในที่นี้จะกำหนดเมื่อมีอุณหภูมิสูงเกินและเมื่อมีควันเกิดขึ้นเกินค่าที่กำหนดจะทำการแจ้งเตือนเข้ามาใน Line Application ดังรูป



รูปที่ 4.18 การแจ้งเตือนใน Line Application เมื่อมีค่าเกินที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษา ออกแบบ ทดลองอุปกรณ์ IoTและออกแบบระบบชาร์จแบตเตอรี่ สามารถนำ MPPT มาใช้เพิ่มประสิทธิภาพในการชาร์จแบตเตอรี่ได้จริงและสามารถใช้เซนเซอร์ต่างๆ วัดค่ากระแส ค่าแรงดัน อุณหภูมิ ค่าควีน ความชื้น และแสง โดยมีค่าความแม่นยำของแต่ละเซนเซอร์ มีค่าประมาณ 80เปอร์เซ็นต์ จากนั้นโปรโตคอล MQTT จะทำหน้าที่รับ-ส่งข้อมูลระหว่างเซนเซอร์ ต่างๆกับ Node-RED แล้วเขียนโปรแกรมคำสั่งให้ Node-RED เก็บค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ไว้ใน ฐานข้อมูล InfluxDB เพื่อให้สามารถตรวจสอบดูข้อมูลย้อนหลังได้หลังจากนั้นข้อมูลจะไปส่งไปยัง Grafana โดย Grafana ได้ออกแบบหน้า Dashboard ให้แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆในรูปแบบเกจ บา เกจ และแสดงกราฟค่าต่างๆในแต่ละช่วงเวลาของวัน และมีการเชื่อมต่อบอร์ด DEVIO NB-DEVKIT เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวปล่อยสัญญาณอินเตอร์เน็ตให้แก่ระบบ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้ Smart Devices เช่น โทรศัพท์มือถือ แล็ปท็อป ฯลฯ เชื่อมต่อกับ Dashboard ผ่านทางลิงค์ สามารถใช้ Node-RED ในการแจ้งเตือนผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์ สามารถตรวจสอบข้อมูลต่างๆแบบเรียลไทม์ ได้ตลอดเวลา พร้อมทั้งสามารถควบคุมเปิด-ปิดอุปกรณ์ต่างๆ

#### 5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. การออกแบบระบบซึ่งมีส่วนประกอบของฟังก์ชัน Node ,MQTT Node และ Influx Node จำเป็นต้องมีความรู้ ความเข้าใจในแต่องค์ประกอบ และการเชื่อมต่อในแต่ละส่วนเข้าด้วยกันทำให้ใช้เวลานานในการค้นคว้าข้อมูล
2. ในการเขียนโปรแกรมคำสั่งให้อุปกรณ์ต่างๆให้ทำงานตามที่ต้องการ และการทดสอบความแม่นยำของตัวอุปกรณ์เกิดความผิดพลาดในตัวโค้ดขณะนำอุปกรณ์แต่ละอันมา ประกอบรวมกัน
3. อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์บางชิ้นต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ ทำให้ใช้เวลาในการจัดส่งและความลำบากในการติดต่อสอบถาม
4. บางการทดลองเก็บค่าข้อมูลต่างๆต้องใช้เวลานานในการเก็บค่า เกิดไฟฟ้าดับทำให้ต้องทำการทดลองใหม่

5. เนื่องด้วยผลกระทบจากเหตุการณ์การระบาดของไวรัสโควิด-19 ก่อให้เกิดปัญหาด้านการปฏิบัติงาน จึงส่งผลให้เกิดการล่าช้าในการทำงานไม่ตรงตามแผนที่วางไว้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

1. ในส่วนของอุปกรณ์เซ็นเซอร์ต่างๆ สามารถออกแบบได้ตามจุดประสงค์ที่ต้องการนำไปใช้งาน ทั้งตามความเหมาะสมของสภาพแวดล้อมที่ใช้งานจริง
2. ในส่วนของการเพิ่มประสิทธิภาพในการชาร์จแบตเตอรี่ของ MPPT ของผู้วิจัยนั้นเป็นโมดูลสำเร็จรูปที่มีแรงดันและกระแสตรงตามที่ออกแบบมา ดังนั้น เมื่อต้องการใช้ในงานอื่นที่มีขนาดของแบตเตอรี่และเซลล์แสงอาทิตย์ไม่เท่าเดิม จำเป็นต้องทำการออกแบบระบบใหม่ แล้วทราบค่าแรงดันของแบตเตอรี่และค่ากระแสของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ผู้ออกแบบควรที่จะออกแบบ MPPT ใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับงานนั้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## เอกสารอ้างอิง

- [1] ฤทธิชัย แทนนิล (2563). ระบบเซลล์แสงอาทิตย์บทที่1-5 มหาวิทยาลัยศรีปทุม
- [2] Thanchanok (2556). เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 19 กันยายน 2563 ,จาก <https://thanchaging.wordpress.com/>
- [3] LESA (2558). พิกัดขอบฟ้า [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 9 เมษายน 2564 ,จาก <http://www.lesa.biz/astronomy/celestial-sphere/horizon-coordinates>
- [4] SERMCHAI CORPORATION (2561). แบตเตอรี่และชนิดของแบตเตอรี่ [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 2 พฤศจิกายน 2563 ,จาก <http://www.sermchai.com/article/detail/3/.ntc>
- [5] Energy Next (2560). หลักการทำงานของ Battery [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 2 พฤศจิกายน 2563 ,จาก <https://energynext.co.th/หลักการทำงานของ-battery/>
- [6] Spa Battery (2563). LiFePO4 ลิเธียมฟอสเฟต คืออะไร Battery [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 5 กุมภาพันธ์ 2564 ,จาก <https://www.spabattery.com/blog/what-is-lifepo4-battery>
- [7] DSDW (2016). ระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าด้วยแบตเตอรี่ชนิดต่างๆ
- [8] ดร. สายชล ศรีแป้น (2562). แบตเตอรี่ลิเทียม-ไอออนชนิดใหม่ที่ยืดหยุ่น คงทน และไม่สามารถเผาไหม้ได้ [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 18 พฤษภาคม 2564 ,จาก <http://www.thaiphysoc.org/article/169/>
- [9] กผสป.สส (2558). การทำงานของแบตเตอรี่อย่างง่ายๆ [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 18 พฤษภาคม 2564 ,จาก <http://www.psptech.co.th/product-cat/6826/12796/การทำงานของแบตเตอรี่อย่างง่ายๆ-20310.page>
- [10] ดร.พิมพา ล้อมทองกุล (2557). สารพันความรู้ด้านพลังงาน [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 18 พฤษภาคม 2564 ,จาก [https://www2.mtec.or.th/th/e-magazine/admin/upload/291\\_73-80.pdf](https://www2.mtec.or.th/th/e-magazine/admin/upload/291_73-80.pdf)
- [11] ExpresSo. (2562). เทคโนโลยี IoT กับการอนุรักษ์พลังงาน [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 18 พฤษภาคม 2564 ,จาก <https://blog.pttexpresso.com/iot-for-energyefficiency/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- [12] Margaret, Rouse. (2563). **internet of things (IoT)**. [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 18 พฤษภาคม 2564 ,จาก <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT>
- [13] Extra-Solar (2561). **โซล่าเซลล์ชาร์จเจอร์ - ติดตั้งโซล่าเซลล์ แผงโซล่าเซลล์ อินเวอร์เตอร์ แบตเตอรี่ดีไฟไซเคิล พลังงานแสงอาทิตย์** [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 9 เมษายน 2564 ,จาก <http://www.extra-solar.com/article/5/>
- [14] Energy Next (2563). **วิธีการคำนวณและออกแบบระบบโซล่าเซลล์ สูตรคำนวณ แบตเตอรี่** [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 9 เมษายน 2564 ,จาก <https://energynext.co.th/2020/06/>
- [15] Visitw Wiangnak (2561). **Time series database (TSDB)** [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 27 เมษายน 2564 ,จาก <https://www.facebook.com/visitw.wiangnak/posts/1762377517217998>
- [16] Mostori (2563). **MQTT กับระบบ IoT** [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 27 เมษายน 2564 ,จาก [https://www.mostori.com/blog\\_detail.php?b\\_id=93](https://www.mostori.com/blog_detail.php?b_id=93)
- [17] 4 Xtreme (2562). **Grafana** [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 27 เมษายน 2564 ,จาก <https://www.4xtreme.com/2019/09/26/grafana-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD/>
- [18] วิสิทธิ์ เวียงนาค (2563). **บอร์ดใหม่ AIS DEVIO NB-DEVKIT I เปิดกล่องครั้งแรกในไทย** [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 27 เมษายน 2564 ,จาก <https://medium.com/@visitwnk/>
- [19] เทคโนโลยีสารสนเทศ:IT (2560). **ฐานข้อมูล (Database)** [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 27 เมษายน 2564 ,จาก <https://sites.google.com/site/thekhnologyisarsnthesit/xngkh-prakxb-khxng-thekhnoloyi-sarsnthes/than-khxmud-database>
- [20] Supawan Ngamlap (2560). **ทำความเข้าใจกับ Grafana Dashboard** [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 27 เมษายน 2564 ,จาก <https://developers.ascendcorp.com/>
- [21] **iot24hours (2563). ทำความรู้จักกับ MQTT Protocol สำหรับระบบ IoT ที่**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 27 เมษายน 2564 ,จาก <https://medium.com/@iot24hours/> มาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น <https://medium.com/@iot24hours/> อย่างเป็นทางการถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- [22] กฤษฎา แก้วผุดผ่อง (2562). **ขั้นตอนการสร้างและใช้งาน Node-RED dashboard เบื้องต้น** [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 27 เมษายน 2564 ,จาก <https://km.li.mahidol.ac.th/wp-content/uploads/2019/07/NodeRed-Dashboard-FlowBased-Creating.pdf>
- [23] NRC-intelligentsystems (2562). **NODE-RED AND BLYNK** [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 27 เมษายน 2564 ,จาก <http://nrc-intelligentsystems.com/nd/>
- [24] ทันพงษ์ ภูรักษ์ (2559). **เอกสารประกอบการสอนวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์** [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 27 เมษายน 2564 ,จาก [http://www.sbt.ac.th/new/sites/default/files/TNP\\_Unit\\_2.pdf](http://www.sbt.ac.th/new/sites/default/files/TNP_Unit_2.pdf)
- [25] Netinbag (2563). **Arduino IDE** [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 27 เมษายน 2564 ,จาก <https://www.netinbag.com/th/internet/what-is-an-arduinoreg-ide.html>
- [26] Pongsiri Jiranggur (2558). **ติดตั้งและใช้งาน InfluxDB เบื้องต้น** [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 27 เมษายน 2564 ,จาก <https://thaiopensource.org/>
- [27] Myarduino (2561). **2004 LCD (Blue Screen) 20x4 โมดูลจอ LCD พร้อม I2C Interface** [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 30 เมษายน 2564 ,จาก <https://www.myarduino.net/product/433/>
- [28] Fitrox Electronics (2563). **การใช้งาน Voltage Sensor และ ACS712 Current Sensor** [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 30 เมษายน 2564 ,จาก <http://fitrox.lnwshop.com/article/40/>
- [29] Ioxhop (2561). **ESP32 เบื้องต้น บทที่ 8 การใช้งานเซ็นเซอร์ต่าง ๆ** [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 30 เมษายน 2564 ,จาก <https://www.ioxhop.com/article/69/>
- [30] Mosfex (2561). **DHT22 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ+ความชื้น** [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 30 เมษายน 2564 ,จาก <https://www.mosfex.com/product/87/>
- [31] Myarduino (2563). **สอนใช้งาน Arduino เซ็นเซอร์ตรวจจับควัน MQ2 LPG CO Smoke Gas Sensor** [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 30 เมษายน 2564 ,จาก <https://www.myarduino.net/article/196/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## BQ24650 Datasheet



bq24650

www.ti.com

SLUSA75 – JULY 2010

## Synchronous Switch-Mode Battery Charge Controller for Solar Power With Maximum Power Point Tracking

Check for Samples: bq24650

### FEATURES

- **Maximum Power Point Tracking (MPPT) Capability by Input Voltage Regulation**
- **Programmable MPPT Setting**
- **5V-28V Input Solar Panel**
- **600kHz NMOS-NMOS Synchronous Buck Controller**
- **Resistor Programmable Float Voltage**
- **Accommodates Li-Ion/Polymer, LiFePO<sub>4</sub>, Lead Acid Chemistries**
- **Accuracy**
  - ±0.5% Charge Voltage Regulation
  - ±3% Charge Current Regulation
  - ±0.6% Input Voltage Regulation
- **High Integration**
  - Internal Loop Compensation
  - Internal Digital Soft Start
- **Safety**
  - Input Over-Voltage Protection
  - Battery Temperature Sensing
  - Battery Absent Detection
  - Thermal Shutdown
- **Charge Status Outputs for LED or Host Processor**
- **Charge Enable on MPPSET Pin**
- **Automatic Sleep Mode for Low Power Consumption**
  - -15mA Off-State Battery Discharge Current
- **Small 3.5 × 3.5 mm: QFN-16 Package**

### APPLICATIONS

- Solar Powered Applications
- Remote Monitoring Stations
- Portable Handheld Instruments
- 12V to 24V Automotive Systems
- Current-Limited Power Source

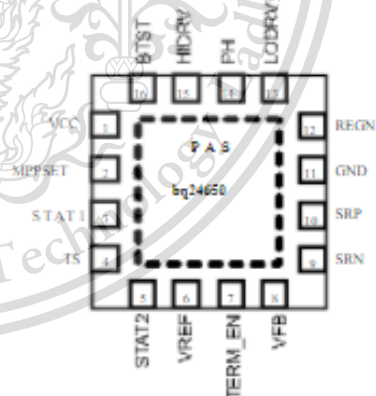
### DESCRIPTION

The bq24650 is a highly integrated switch-mode battery charge controller. It provides input voltage regulation, which reduces charge current when input voltage falls below a programmed level. When the input is powered by a solar panel, the input regulation loop lowers the charge current so that the solar panel can provide maximum power output.

The bq24650 offers a constant-frequency synchronous PWM controller with high accuracy current and voltage regulation, charge preconditioning, charge termination, and charge status monitoring.

The bq24650 charges the battery in three phases: pre-conditioning, constant current, and constant voltage. Charge is terminated when the current reaches 1/10 of the fast charge rate. The pre-charge timer is fixed at 30 minutes. The bq24650 automatically restarts the charge cycle if the battery voltage falls below an internal threshold and enters a low quiescent current sleep mode when the input voltage falls below the battery voltage.

The bq24650 supports a battery from 2.1V to 26V with VFB set to a 2.1V feedback reference. The charge current is programmed by selecting an appropriate sense resistor. The bq24650 is available in a 16-pin, 3.5 × 3.5 mm<sup>2</sup> thin QFN package.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of the Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 2010, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

bq24650



SLUS474 – JULY 2010

www.ti.com

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

5.0V ≤ VVCC ≤ 28V, -40°C &lt; Tj &lt; 125°C, typical values are at Ta = 25°C, with respect to GND (unless otherwise noted)

| PARAMETER  | TEST CONDITIONS   | MIN   | TYP | MAX   | UNITS |     |    |
|--|---|---|-----|-------|-------|-----|----|
| <b>OPERATING CONDITIONS</b>                              |   |   |     |       |       |     |    |
| VVCC OP  | VCC input voltage operating range   | 5   |     | 28    | V     |     |    |
| <b>QUIESCENT CURRENTS</b>                                |   |   |     |       |       |     |    |
| IBAT   | Total battery discharge current (sum of currents into VCC, BTST, PH, SRP, SRN, VFB), VFB 2.1V | VCC < VBAT, VCC > VUVLO(SLEEP)  |     | 15    | μA    |     |    |
|  | Battery discharge current (sum of current into BTST, PH, SRP, SRN, VFB), VFB 2.1V             | VCC > VBAT, VCC > VUVLO, CE = LOW<br>VCC > VBAT, VCC > VVCCLOWV, CE = HIGH, Charge done |     | 5     | μA    |     |    |
| IAC  | Adapter supply current (sum of current into VCC pin)  | VCC > VBAT, VCC > VUVLO, CE = LOW   |     | 0.7   | 1     | mA  |    |
|  |   | VCC > VBAT, VCC > VVCCLOWV, CE = HIGH, charge done                                      |     | 2     | 1     | mA  |    |
|  |   | VCC > VBAT, VCC > VVCCLOWV, CE = HIGH, Charging, Qz total = 10nC [1]                    |     | 25    | mA    |     |    |
| <b>CHARGE VOLTAGE REGULATION</b>                         |   |   |     |       |       |     |    |
| VREG   | Feedback regulation voltage   |   | 2.1 |       | V     |     |    |
|  | Charge voltage regulation accuracy  | Tj = 0°C to 85°C  |     | -0.5% | 0.5%  |     |    |
|  |   | Tj = -40°C to 125°C   |     | -0.7% | 0.7%  |     |    |
| IVFB   | Leakage current into VFB pin  | VFB = 2.1 V   |     | 100   | nA    |     |    |
| <b>CURRENT REGULATION - FAST CHARGE</b>                  |   |   |     |       |       |     |    |
| VREG CHG   | SRP/SRN current sense voltage range   | VREG CHG > VSRP - VSRN  |     | 40    | mV    |     |    |
|  | Charge current regulation accuracy  | VREG CHG = 400mV  |     | -3%   | 3%    |     |    |
| <b>CURRENT REGULATION - PRE-CHARGE</b>                   |   |   |     |       |       |     |    |
| VPRECHG  | Precharge current sense voltage range   | VIRNG/PRCHG > VSRP - VSRN   |     | 4     | mV    |     |    |
|  | Precharge current regulation accuracy   | VIRNG/PRCHG = 4mV   |     | -25%  | 25%   |     |    |
| <b>CHARGE TERMINATION</b>                                |   |   |     |       |       |     |    |
| VTERMCIG   | Termination current sense voltage range   | VIRNMV - VSRP - VSRN  |     | 4     | mV    |     |    |
|  | Termination current accuracy  | VIRNMV = 4mV  |     | -25%  | 25%   |     |    |
|  | Debounce time for termination (both edges)  |   |     | 100   | ms    |     |    |
| IQUAL  | Termination qualification time  | VQUAL VQCH and CHG thresholds   |     | 250   | ms    |     |    |
| IQUAL  | Termination qualification current   | Discharge current once termination is detected  |     | 2     | mA    |     |    |
| <b>INPUT VOLTAGE REGULATION</b>                          |   |   |     |       |       |     |    |
| VMPSET   | MPPSET regulation voltage   |   |     | 1.2   | V     |     |    |
|  | Input voltage regulation accuracy   |   |     | -0.6% | 0.6%  |     |    |
| IMPPSET  | Leakage current into MPPSET pin   | VMPSET - VVFB = 1.2V  |     | 1     | μA    |     |    |
| VMPSET CD  | MPPSET charged to disable charge  |   |     | 75    | mV    |     |    |
| VMPSET CE  | MPPSET released to enable charge  |   |     | 75    | mV    |     |    |
| <b>INPUT UNDER-VOLTAGE LOCK-OUT COMPARETOR (UVLO)</b>    |   |   |     |       |       |     |    |
| VUVLO  | AC under-voltage main threshold   | Measure on VCC  |     | 1.65  | 1.85  | 4   | V  |
| VUVLO HYS  | AC under-voltage hysteresis, Glitch   |   |     | 350   | mV    |     |    |
| <b>VCC LOW COMPARETOR</b>                                |   |   |     |       |       |     |    |
| VVCC LOW fall  | Falling threshold, disable charge   | Measure on VCC  |     | 4.1   |       | V   |    |
| VVCC LOW rise  | Rising threshold, resume charge   |   |     | 4.35  |       | V   |    |
| <b>SLEEP COMPARETOR (REVERSE DISCHARGING PROTECTION)</b> |   |   |     |       |       |     |    |
| V SLEEP FALL   | SLEEP falling threshold   | VVCC - VSRN to enter SLEEP  |     | 40    | 100   | 150 | mV |
| V SLEEP HYS  | SLEEP hysteresis  |   |     | 500   |       | mV  |    |
|  | SLEEP rising shutdown deplitch  | VCC falling below SRN   |     | 100   |       | ms  |    |
|  | SLEEP falling powerup deplitch  | VCC rising above SRN, Delay to exit SLEEP mode  |     | 30    |       | ms  |    |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)**

5.0V ≤ VVCC ≤ 28V, -40°C ≤ Tj ≤ 125°C, typical values are at TA = 25°C, with respect to GND (unless otherwise noted)

| PARAMETER   | TEST CONDITIONS   | MIN   | TYP   | MAX   | UNITS |    |
|---|---|---|-------|-------|-------|----|
| <b>BAT LOW-V COMPARATOR</b>                             |   |   |       |       |       |    |
| VLOWV   | Precharge to fast charge transition (LOWV threshold)                      | Measure on VFB pin  | 1.54  | 1.55  | 1.56  | V  |
| VLOWV HYS   | LOWV hysteresis   |   | 100   |       | mV    |    |
|   | LOWV rising deglitch  | VFB falling below VLOWV                                   | 25    |       | ns    |    |
|   | LOWV falling deglitch   | VFB rising above VLOWV + VLOWV HYS                        | 25    |       | ns    |    |
| <b>RECHARGE COMPARATOR</b>                              |   |   |       |       |       |    |
| VRECHG  | Recharge threshold (with respect to VFB)                                  | Measure on VFB pin  | 35    | 50    | 65    | mV |
|   | Recharge rising deglitch  | VFB decreasing below VRECHG                               | 10    |       | ns    |    |
|   | Recharge falling deglitch   | VFB increasing above VRECHG                               | 10    |       | ns    |    |
| <b>BAT OVER-VOLTAGE COMPARATOR</b>                      |   |   |       |       |       |    |
| VOV RISE  | Over-voltage rising threshold   | As percentage of VFB                                      |       | 104%  |       |    |
| VOV FALL  | Over-voltage falling threshold  | As percentage of VFB                                      |       | 102%  |       |    |
| <b>INPUT OVER-VOLTAGE COMPARATOR (ACOV)</b>             |   |   |       |       |       |    |
| VACOV   | AC over-voltage rising threshold on VCC                                   |   | 31    | 32    | 33    | V  |
| VACOV HYS   | AC over-voltage falling hysteresis  |   |       | 1     | V     |    |
|   | AC over-voltage deglitch (both edges)                                     | Delay to charging the STAT pin                            |       | 1     | ns    |    |
|   | AC over-voltage rising deglitch   | Delay to disable charge                                   |       | 1     | ns    |    |
|   | AC over-voltage falling deglitch  | Delay to resume charge                                    |       | 20    | ns    |    |
| <b>THERMAL SHUTDOWN COMPARATOR</b>                      |   |   |       |       |       |    |
| TSHUT   | Thermal shutdown rising temperature                                       | Temperature increasing                                    |       | 145   | °C    |    |
| TSHUT HYS   | Thermal shutdown hysteresis   |   |       | 15    | °C    |    |
|   | Thermal shutdown rising deglitch  | Temperature increasing                                    |       | 100   | µs    |    |
|   | Thermal shutdown falling deglitch   | Temperature decreasing                                    |       | 10    | ms    |    |
| <b>THERMISTOR COMPARATOR</b>                            |   |   |       |       |       |    |
| VLT   | Fold temperature rising threshold   |   | 72.4% | 73.4% | 74.5% |    |
| VLT HYS   | Rising hysteresis   |   | 0.2%  | 0.0%  | 0.6%  |    |
| VHT   | Hot temperature rising threshold  | As percentage to VREF                                     | 46.7% | 47.5% | 48.3% |    |
| VTCO  | Cutoff temperature rising threshold                                       |   | 44.3% | 45%   | 45.7% |    |
|   | Deglitch time for temperature out of range (VLT, VHT, VTCO, or detection) |   |       | 400   | ms    |    |
|   | Deglitch time for temperature in range (VLT, VHT, VTCO, or detection)     |   |       | 20    | ms    |    |
| <b>CHARGE OVER-CURRENT COMPARATOR (CYCLE-BY-CYCLE)</b>  |   |   |       |       |       |    |
| V OC  | Charge over-current rising threshold                                      | Current rising in asynchronous mode (measure VSRP - VSRN) |       | 80    | mV    |    |
| <b>CHARGE UNDER-CURRENT COMPARATOR (CYCLE-BY-CYCLE)</b> |   |   |       |       |       |    |
| VBSNSET   | Charge under-current falling threshold                                    | Switch from CCM to DEM, VSRP = 1V                         |       | 5     | 9     | mV |
| <b>BATTERY SHORTED COMPARATOR (BATSHORT)</b>            |   |   |       |       |       |    |
| VBATSHIT  | BAT short falling threshold, forced asynchronous mode                     | VSRP falling  |       | 2     | V     |    |
| VBATSHIT HYS  | BAT short rising hysteresis   |   |       | 200   | mV    |    |
| VBATSHIT DEG  | Deglitch on both edges  |   |       | 1     | µs    |    |
| <b>LOW CHARGE CURRENT COMPARATOR</b>                    |   |   |       |       |       |    |
| V LC  | Low charge current falling threshold (Measure VSRP-SRN)                   |   |       | 1.25  | mV    |    |
| VLC HYS   | Low charge current rising hysteresis                                      |   |       | 1.25  | mV    |    |
| VLC DEG   | Deglitch on both edges  |   |       | 1     | µs    |    |
| <b>VREF REGULATOR</b>                                   |   |   |       |       |       |    |
| VVREF REG   | VREF regulator voltage  | VVCC > VUVLO, 0 – 35 mA load                              | 3.267 | 3.3   | 3.333 | V  |
| IVREF LIM   | VREF current limit  | VVREF = 0V, VVCC > VUVLO                                  | 35    |       |       | mA |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

bq24650



SLE1837A – JULY 2010

www.ti.com

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)**5.0V ≤ V<sub>VCC</sub> ≤ 28V, -40°C < T<sub>J</sub> < 125°C, typical values are at T<sub>A</sub> = 25°C, with respect to GND (unless otherwise noted)

| PARAMETER   | TEST CONDITIONS                                | MIN  | TYP | MAX  | UNITS |     |      |
|---|--|--|-----|------|-------|-----|------|
| <b>REGN REGULATOR</b>   |  |  |     |      |       |     |      |
| V <sub>REGN</sub> REG   | REGN regulator voltage                         | V <sub>VCC</sub> = 10 V, MPPSET = 175 mV                                       |     | 5.7  | 6.0   | 6.1 | V    |
| I <sub>REGN LIM</sub>   | REGN current limit                             | V <sub>REGN</sub> = 0 V, V <sub>VCC</sub> > V <sub>UVLO</sub> , MPPSET = 75 mV |     | 40   |       |     | mA   |
| <b>BATTERY DETECTION</b>  |  |  |     |      |       |     |      |
| t <sub>WAKE</sub>   | Wake timer                                     | Max time charge is enabled   |     | 500  |       |     | ms   |
| I <sub>WAKE</sub>   | Wake current                                   | R <sub>SENSE</sub> = 10 mΩ   |     | 50   | 125   | 200 | mA   |
| t <sub>DISCHARGE</sub>  | Discharge timer                                | Max time discharge current is applied  |     |      | 1     |     | sec  |
| I <sub>DISCHARGE</sub>  | Discharge current                              |  |     |      | 6     |     | mA   |
| I <sub>FAULT</sub>  | Fault current after a timeout fault            |  |     |      | 2     |     | mA   |
| I <sub>QUAL</sub>   | Termination qualification current              |  |     |      | 2     |     | mA   |
| t <sub>QUAL</sub>   | Termination qualification time                 |  |     |      | 250   |     | ms   |
| V <sub>WAKE</sub>   | Wake threshold (with respect to GND)           | Voltage on V <sub>FIL</sub> to detect battery absent during charge             |     | 50   |       |     | mV   |
| V <sub>DISCH</sub>  | Discharge threshold                            | Voltage on V <sub>FIL</sub> to detect battery absent during discharge          |     | 1.55 |       |     | V    |
| <b>PWM HIGH SIDE DRIVER (HSDRV)</b>                               |  |  |     |      |       |     |      |
| R <sub>DS HI ON</sub>   | High side driver (HSD) turn-on resistance      | V <sub>TEST</sub> = V <sub>PH</sub> = 5.1 V                                    |     | 3.7  |       | 6   | Ω    |
| R <sub>DS HI OFF</sub>  | High side driver turn-off resistance           |  |     |      | 1     | 1.4 | Ω    |
| V <sub>THST</sub> REFRESH   | Bootstrap refresh comparator threshold voltage | V <sub>THST</sub> = V <sub>PH</sub> when low-side refresh pulse is present     |     | 4.0  |       | 4.2 | V    |
| <b>PWM LOW SIDE DRIVER (LODRV)</b>                                |  |  |     |      |       |     |      |
| R <sub>DS LO ON</sub>   | Low side driver (LSD) turn-on resistance       |  |     |      | 4.1   | 7   | Ω    |
| R <sub>DS LO OFF</sub>  | Low side driver turn-off resistance            |  |     |      | 1     | 1.4 | Ω    |
| <b>PWM DRIVERS TIMING</b>   |  |  |     |      |       |     |      |
|   | Driver dead-time                               | Dead-time when switching between LSD and HSD. No load at LSD and HSD           |     | 30   |       |     | ns   |
| <b>PWM OSCILLATOR</b>   |  |  |     |      |       |     |      |
| V <sub>RAMP</sub> HEIGHT  | PWM ramp to 0                                  | At 1/2 duty cycle of V <sub>VCC</sub>  |     | 7%   |       |     |      |
|   | PWM switching frequency                        |  |     | 510  | 600   | 690 | kHz  |
| <b>INTERNAL SOFT START (3 steps) to regulation current (ICRG)</b> |  |  |     |      |       |     |      |
|   | Soft start steps                               |  |     | 3    |       |     | step |
|   | Soft start step time                           |  |     | 15   |       |     | ms   |
| <b>CHARGER SECTION POWER-UP SEQUENCING</b>                        |  |  |     |      |       |     |      |
|   | Charge-enable delay after power-up             | Delay from MPPSET = 175 mV to charger is allowed to turn on                    |     | 1.5  |       |     | μs   |
| <b>LOGIC IO PIN CHARACTERISTICS (STAT1, STAT2, TERM_EN)</b>       |  |  |     |      |       |     |      |
| V <sub>OUT LOW</sub>  | STAT1, STAT2 output low calibration offset     | Sink current = 500 μA  |     |      | 0.5   |     | V    |
| I <sub>OUT HI</sub>   | Leakage current                                | V = 32 V   |     |      | 1.2   |     | μA   |
| V <sub>IN LOW</sub>   | TERM_EN input low threshold voltage            |  |     |      | 0.4   |     | V    |
| V <sub>IN HI</sub>  | TERM_EN input high threshold voltage           |  |     | 0.6  |       |     | V    |
| I <sub>IN BIAS</sub>  | TERM_EN bias current                           | V <sub>TERM_EN</sub> = 0.5 V   |     |      | 60    |     | μA   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



**Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor  
with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor**

#### Features and Benefits

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5  $\mu$ s output rise time in response to step input current
- 50 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at TA = 25°C, and 4% at -40°C to 85°C
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 1.2 m $\Omega$  internal conductor resistance
- 2.1 kVRMS minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage

#### Package: 8 pin SOIC (suffix LC)



#### Description

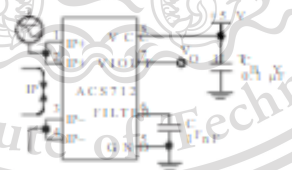
The Allegro<sup>®</sup> ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, automotive, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switched-mode power supplies, and overcurrent fault protection.

The device consists of a precise, low-offset, linear Hall sensor circuit with a copper conduction path located near the surface of the die. Applied current flowing through this copper conduction path generates a magnetic field which is sensed by the integrated Hall IC, and converted into a proportional voltage. Device accuracy is optimized through the close proximity of the magnetic signal to the Hall transducer. A precise, proportional voltage is provided by the low-offset, chopper-stabilized BiCMOS Hall IC, which is programmed for accuracy after packaging.

The output of the device has a positive slope ( $V_{OUT}/I_Q$ ) when an increasing current flows through the primary copper conduction path (from pins 1 and 2, to pins 3 and 4), which is the path used for current sensing. The internal resistance of this conductive path is 1.2 m $\Omega$  typical, providing low power

Continued on the next page.

#### Typical Application



Application 1. The ACS712 outputs an analog signal, VOUT, that varies linearly with the uni- or bi-directional AC or DC primary sensed current, IP, within the range specified. CY is recommended for noise management, with values that depend on the application.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## ACS712

### Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

#### Description (continued)

loss. The thickness of the copper conductor allows survival of the device at up to 5× overcurrent conditions. The terminals of the conductive path are electrically isolated from the sensor leads (pins 5 through 8). This allows the ACS712 current sensor to be used in applications requiring electrical isolation without the use of opto-isolators or other costly isolation techniques.

The ACS712 is provided in a small, surface mount SOIC8 package. The leadframe is plated with 100% matte tin, which is compatible with standard lead (Pb) free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free, except for flip-chip high-temperature Pb-based solder balls, currently exempt from RoHS. The device is fully calibrated prior to shipment from the factory.

#### Selection Guide

| Part Number       | Packaging*                      | T OP (°C) | Optimized Range, IP (A) | Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A) |
|-------------------|---------------------------------|-----------|-------------------------|--------------------------------|
| ACS712ELCTR-050-T | Tape and reel, 3000 pieces/reel | -40 to 85 | ±5                      | 185                            |
| ACS712ELCTR-20A-T | Tape and reel, 3000 pieces/reel | -40 to 85 | ±20                     | 100                            |
| ACS712ELCTR-30A-T | Tape and reel, 3000 pieces/reel | -40 to 85 | ±30                     | 66                             |

\*Contact Allegro for additional packaging options.

#### Absolute Maximum Ratings

| Characteristic                        | Symbol                   | Note   | Rating     | Units |
|---------------------------------------|--------------------------|--|------------|-------|
| Supply Voltage                        | V <sub>CC</sub>          |  | 5          | V     |
| Reverse Supply Voltage                | -V <sub>REV</sub>        |  | -0.1       | V     |
| Output Voltage                        | V <sub>OUT</sub>         |  | 5          | V     |
| Reverse Output Voltage                | -V <sub>ROUT</sub>       |  | -0.1       | V     |
| Output Current Source                 | I <sub>OUT(SOURCE)</sub> |  | 3          | mA    |
| Output Current Sink                   | I <sub>OUT(SINK)</sub>   |  | 30         | mA    |
| Differential Transient Tolerance      | IP                       | 500/200A pulses, 250ns duration each, applied 25.2% DV of A pulse every 100 seconds. | 60         | A     |
| Maximum Transient Sensed Current      | I <sub>TRM</sub>         | In addition to temperature, 15-13(mA)  | 60         | A     |
| Nominal Operating Ambient Temperature | T <sub>ES</sub>          | Storage  | -40 to 85  | °C    |
| Maximum Junction Temperature          | T <sub>JMAX</sub>        |  | 165        | °C    |
| Storage Temperature                   | T <sub>STG</sub>         |  | -45 to 170 | °C    |



TUV America  
Certificate Number:  
URV 06 05 54214 010

| Parameter               | Specification  |
|-------------------------|--|
| Fire and Electric Shock | CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1-03<br>UL 60950-1:2003<br>EN 60950-1:2001 |



Allegro Microsystems, Inc.  
115 Northeast Cutoff, Box 15016  
Worcester, Massachusetts 01615-0016 (508) 85  
www.allegromicro.com

2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## Buck Converter XL4005 Datasheet

**XLSEMI**

Datasheet

**5A 300KHz 32V Buck DC to DC Converter****XL4005****Features**

- Wide 5V to 32V Input Voltage Range
- Output Adjustable from 0.8V to 30V
- Maximum Duty Cycle 100%
- Minimum Drop Out 0.6V
- Fixed 300KHz Switching Frequency
- 5A Constant Output Current Capability
- Internal Optimize Power MOSFET
- High efficiency
- Excellent line and load regulation
- TTL shutdown capability
- EN pin with hysteresis function
- Built in thermal shutdown function
- Built in current limit function
- Built in output short protection function
- Available in TO-263 package

**Applications**

- LCD Monitor and LCD TV
- Digital Photo Frame
- Set-up Box
- ADSL Modem
- Telecom / Networking Equipment

**General Description**

The XL4005 is a 300KHz fixed frequency PWM buck (step-down) DC/DC converter, capable of driving a 5A load with high efficiency, low ripple and excellent line and load regulation. Requiring a minimum number of external components, the regulator is simple to use and include internal frequency compensation and a fixed-frequency oscillator.

The PWM control circuit is able to adjust the duty ratio linearly from 0 to 100%. An enable function, an over current protection function is built inside. When short protection function happens, the operation frequency will be reduced from 300KHz to 60KHz. An internal compensation block is built in to minimize external component count.

**TO263-5L**

Figure1. Package Type of XL4005

Rev 2.2

www.xlsemi.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## Pin Configurations

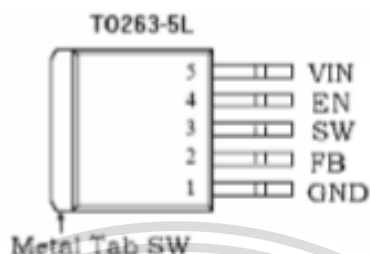


Figure2. Pin Configuration of XL4005 (Top View)

Table 1 Pin Description

| Pin Number | Pin Name | Description  |
|------------|----------|--|
| 1          | GND      | Ground Pin. Care must be taken in layout. This pin should be placed outside of the Schottky Diode to output capacitor ground path to prevent switching current spikes from inducing voltage noise into XL4005. |
| 2          | FB       | Feedback Pin (FB). Through an external resistor divider network, FB senses the output voltage and regulates it. The feedback threshold voltage is 0.8V.  |
| 3          | SW       | Power Switch Output Pin (SW). SW is the switch node that supplies power to the output.   |
| 4          | EN       | Enable Pin. Drive EN pin high to turn on the device, drive it low to turn it off.  |
| 5          | VIN      | Supply Voltage Input Pin. XL4005 operates from a 5V to 32V DC voltage. Bypass Vin to GND with a suitably large capacitor to eliminate noise on the input.  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5A 300KHz 32V Buck DC to DC Converter

XL4005

**Ordering Information**

| Order Information | Marking ID | Package Type | Packing Type Supplied As |
|-------------------|------------|--------------|--------------------------|
| XL4005E1          | XL4005E1   | TO263-5L     | 800 Units on Tape & Reel |

XLSEMI Pb-free products, as designated with "E1" suffix in the part number, are RoHS compliant.

**Absolute Maximum Ratings (Note1)**

| Parameter  | Symbol       | Value              | Unit          |
|--|--------------|--------------------|---------------|
| Input Voltage  | $V_{in}$     | -0.3 to 35         | V             |
| Feedback Pin Voltage   | $V_{FB}$     | -0.3 to $V_{in}$   | V             |
| EN Pin Voltage   | $V_{EN}$     | -0.3 to $V_{in}$   | V             |
| Output Switch Pin Voltage  | $V_{Output}$ | -0.3 to $V_{in}$   | V             |
| Power Dissipation  | $P_D$        | Internally limited | mW            |
| Thermal Resistance (TO263)<br>(Junction to Ambient, No Heatsink, Free Air) | $R_{JA}$     | 30                 | $^{\circ}C/W$ |
| Operating Junction Temperature   | $T_J$        | -40 to 125         | $^{\circ}C$   |
| Storage Temperature  | $T_{STG}$    | -65 to 150         | $^{\circ}C$   |
| Lead Temperature (Soldering, 10 sec)                                       | $T_{LEAD}$   | 260                | $^{\circ}C$   |
| ESD (HBM)  |              | 2000               | V             |

**Note1:** Stresses greater than those listed under Maximum Ratings may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect reliability.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## 5A 300KHz 32V Buck DC to DC Converter

XL4005

**XL4005 Electrical Characteristics** $T_a = 25^\circ\text{C}$ ; unless otherwise specified.

| Symbol  | Parameter        | Test Condition  | Min.  | Typ. | Max.  | Unit |
|---|------------------|---|-------|------|-------|------|
| <i>System parameters test circuit figure4</i> |                  |   |       |      |       |      |
| VFB   | Feedback Voltage | $V_{in} = 5V \text{ to } 32V, V_{out}=5V$<br>$I_{load}=0.5A \text{ to } 5A$ | 0.776 | 0.8  | 0.824 | V    |
| Efficiency                                    | $\eta$           | $V_{in}=12V, V_{out}=5V$<br>$I_{out}=5A$                                    | -     | 90   | -     | %    |

**Electrical Characteristics (DC Parameters)** $V_{in} = 12V, GND=0V, V_{in}$  &  $GND$  parallel connect a 220uf/50V capacitor;  $I_{out}=500mA, T_a = 25^\circ\text{C}$ ; the others floating unless otherwise specified.

| Parameters                   | Symbol       | Test Condition                             | Min. | Typ.       | Max. | Unit          |
|------------------------------|--------------|--|------|------------|------|---------------|
| Input operation voltage      | $V_{in}$     |  | 5    |            | 32   | V             |
| Shutdown Supply Current      | $I_{S(THY)}$ | $V_{EN}=0V$                                |      | 60         | 200  | $\mu\text{A}$ |
| Quiescent Supply Current     | $I_q$        | $V_{EN}=2V,$<br>$V_{FB}=V_{in}$            |      | 3          | 5    | mA            |
| Oscillator Frequency         | $F_{osc}$    |  | 240  | 300        | 360  | KHz           |
| Switch Current Limit         | $I_L$        | $V_{FB}=0$                                 |      | 8          |      | A             |
| EN Pin Threshold             | $V_{EN}$     | High (Regulator ON)<br>Low (Regulator OFF) |      | 1.4<br>0.8 |      | V             |
| EN Pin Input Leakage Current | $I_{if}$     | $V_{EN}=2V$ (ON)                           |      | 1          | 15   | $\mu\text{A}$ |
|                              | $I_L$        | $V_{EN}=0V$ (OFF)                          |      | 1          | 15   | $\mu\text{A}$ |
| Max. Duty Cycle              | $D_{MAX}$    | $V_{FB}=0V$                                |      | 100        |      | %             |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

MQ-2 Datasheet

HANWEI ELETRONICS CO.,LTD

MQ-2

http://www.hwsensor.com

**TECHNICAL DATA**

**MQ-2 GAS SENSOR**

**FEATURES**

Wide detecting scope  
Stable and long life

Fast response and High sensitivity  
Simple drive circuit

**APPLICATION**

They are used in gas leakage detecting equipments in family and industry, are suitable for detecting of LPG, i-butane, propane, methane ,alcohol, Hydrogen, smoke.

**SPECIFICATIONS**

A. Standard work condition

| Symbol         | Parameter name      | Technical condition | Remarks  |
|----------------|---------------------|---------------------|----------|
| V <sub>c</sub> | Circuit voltage     | 5V±0.1              | AC OR DC |
| V <sub>H</sub> | Heating voltage     | 5V±0.1              | AC OR DC |
| R <sub>L</sub> | Load resistance     | can adjust          |          |
| R <sub>H</sub> | Heater resistance   | 33Ω ± 5%            | Room Tem |
| P <sub>H</sub> | Heating consumption | less than 800mw     |          |

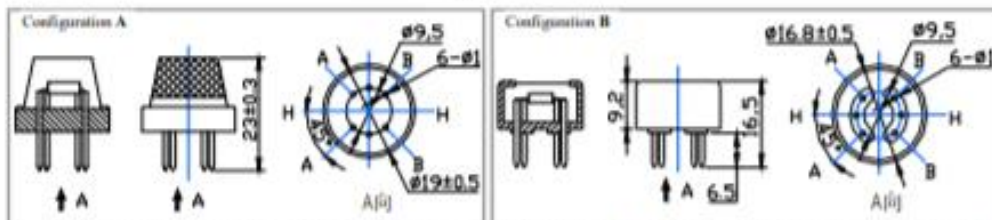
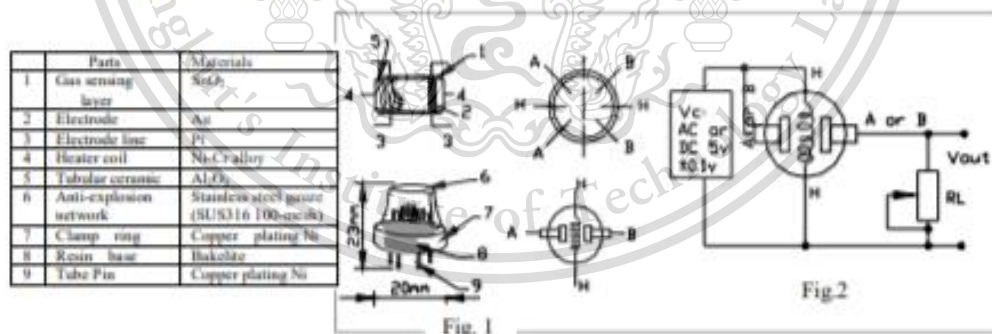
B. Environment condition

| Symbol          | Parameter name       | Technical condition  | Remarks                  |
|-----------------|----------------------|--|--------------------------|
| T <sub>ao</sub> | Using Tem            | -20℃~50℃   |                          |
| T <sub>as</sub> | Storage Tem          | -20℃~70℃   |                          |
| R <sub>H</sub>  | Related humidity     | less than 95%Rh  |                          |
| O <sub>2</sub>  | Oxygen concentration | 21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity | minimum value is over 2% |

C. Sensitivity characteristic

| Symbol                        | Parameter name                     | Technical parameter                                | Remarks   |
|-------------------------------|------------------------------------|--|---|
| R <sub>s</sub>                | Sensing Resistance                 | AKΩ~30KΩ<br>(100ppm iso-butane)                    | Detecting concentration scope:<br>200ppm~5000ppm<br>LPG and propane<br>100ppm~5000ppm<br>butane |
| n<br>(3000/1000)<br>isobutane | Concentration Slope / rate         | ≤0.6   | 5000ppm~20000ppm<br>methane<br>300ppm~5000ppm H <sub>2</sub><br>100ppm~2000ppm<br>Alcohol       |
| Standard Detecting Condition  | Temp: 20℃ ± 2℃<br>Humidity: 65%±5% | V <sub>c</sub> : 5V±0.1<br>V <sub>H</sub> : 5V±0.1 |   |
| Preheat time                  |                                    | Over 24 hours                                      |   |

D. Structure and configuration, basic measuring circuit



Structure and configuration of MQ-2 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by

micro Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic tube, Tin Dioxide (SnO<sub>2</sub>) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

TEL: 86-371-67169070 67169080 FAX: 86-371-67169090 E-mail: sales@hwsensor.com

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-2 have 6 pin ,4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2  
 E. Sensitivity characteristic curve

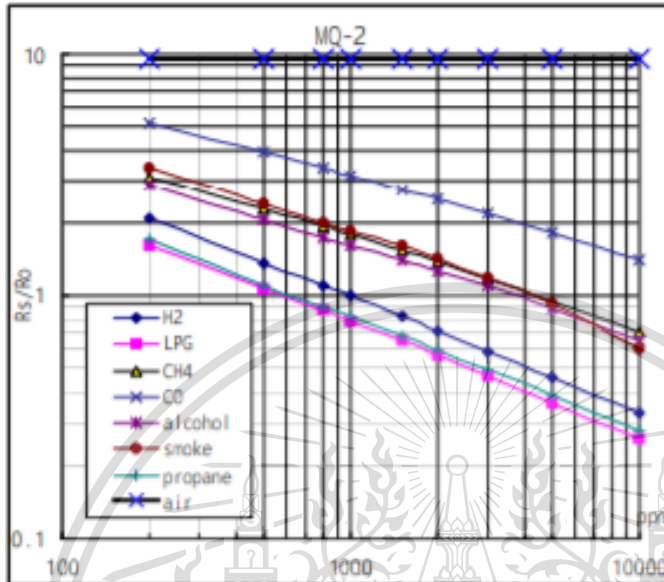


Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-2

Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-2 for several gases. in their: Temp: 20℃ , Humidity: 65% , O<sub>2</sub> concentration 21% RL=5k Ω  
 Ro: sensor resistance at 1000ppm of H<sub>2</sub> in the clean air.  
 Rs:sensor resistance at various concentrations of gases.

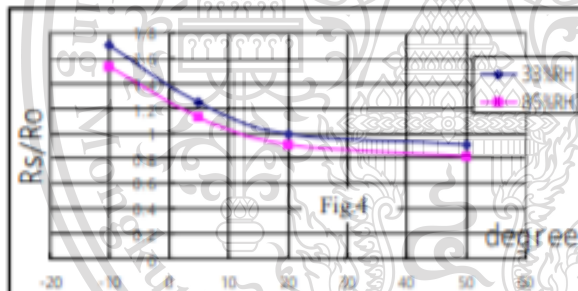


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-2 on temperature and humidity. Ro: sensor resistance at 1000ppm of H<sub>2</sub> in air at 33%RH and 20 degree.  
 Rs: sensor resistance at 1000ppm of H<sub>2</sub> at different temperatures and humidities.

**SENSITIVITY ADJUSTMENT**

Resistance value of MQ-2 is difference to various kinds and various concentration gases. So,When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 1000ppm liquified petroleum gas (LPG) or 1000ppm iso-butane (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) concentration in air and use value of Load resistance that (R<sub>L</sub>) about 20 K Ω (5K Ω to 47 K Ω).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่มอบให้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขได้โดยไม่ขออนุญาตด้านการค้า  
 TEL: 66-371-67169070 67169090 FAX: 66-371-67169090 E-mail: [sales@hwsensor.com](mailto:sales@hwsensor.com)

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

DHT22 Datasheet

## Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors

**Digital-output relative humidity & temperature sensor/module**

**DHT22 (DHT22 also named as AM2302)**



Capacitive-type humidity and temperature module/sensor

Thomas Liu (Business Manager)

Email: [thomasliu198518@yahoo.com.cn](mailto:thomasliu198518@yahoo.com.cn)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

# Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors

## 1. Feature & Application:

- \* Full range temperature compensated      \* Relative humidity and temperature measurement
- \* Calibrated digital signal      \* Outstanding long-term stability \*Extra components not needed
- \* Long transmission distance \* Low power consumption      \*4 pins packaged and fully interchangeable

## 2. Description:

DHT22 output calibrated digital signal. It utilizes exclusive digital-signal-collecting-technique and humidity sensing technology, assuring its reliability and stability. Its sensing elements is connected with 8-bit single-chip computer.

Every sensor of this model is temperature compensated and calibrated in accurate calibration chamber and the calibration-coefficient is saved in type of programme in OTP memory, when the sensor is detecting, it will cite coefficient from memory.

Small size & low consumption & long transmission distance(20m) enable DHT22 to be suited in all kinds of harsh application occasions.

Single-row packaged with four pins, making the connection very convenient.

## 3. Technical Specification:

|                           |   |                               |
|---------------------------|---|-------------------------------|
| Model                     | DHT22                                     |                               |
| Power supply              | 3.3-6V DC                                 |                               |
| Output signal             | digital signal via single-bus             |                               |
| Sensing element           | Polymer capacitor                         |                               |
| Operating range           | humidity 0-100%RH;                        | temperature -40~80Celsius     |
| Accuracy                  | humidity $\pm 2\%$ RH (Max $\pm 5\%$ RH); | temperature $\pm 0.5$ Celsius |
| Resolution or sensitivity | Humidity 0.1%RH;                          | temperature 0.1 Celsius       |
| Repeatability             | humidity $\pm 1\%$ RH;                    | temperature $\pm 0.2$ Celsius |
| Humidity hysteresis       | $\pm 0.3\%$ RH                            |                               |
| Long-term Stability       | $\pm 0.5\%$ RH/year                       |                               |
| Sensing period            | Average: 2s                               |                               |
| Interchangeability        | fully interchangeable                     |                               |
| Dimensions                | small size 14*18*5.5mm;                   | big size 22*28*5mm            |

## 4. Dimensions: (unit----mm)

### 1) Small size dimensions: (unit----mm)

2

Thomas Liu (Business Manager)

Email: [thomasliu198518@yahoo.com.cn](mailto:thomasliu198518@yahoo.com.cn)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

**SHENZHEN EONG ELECTRONICS CO.,LTD**

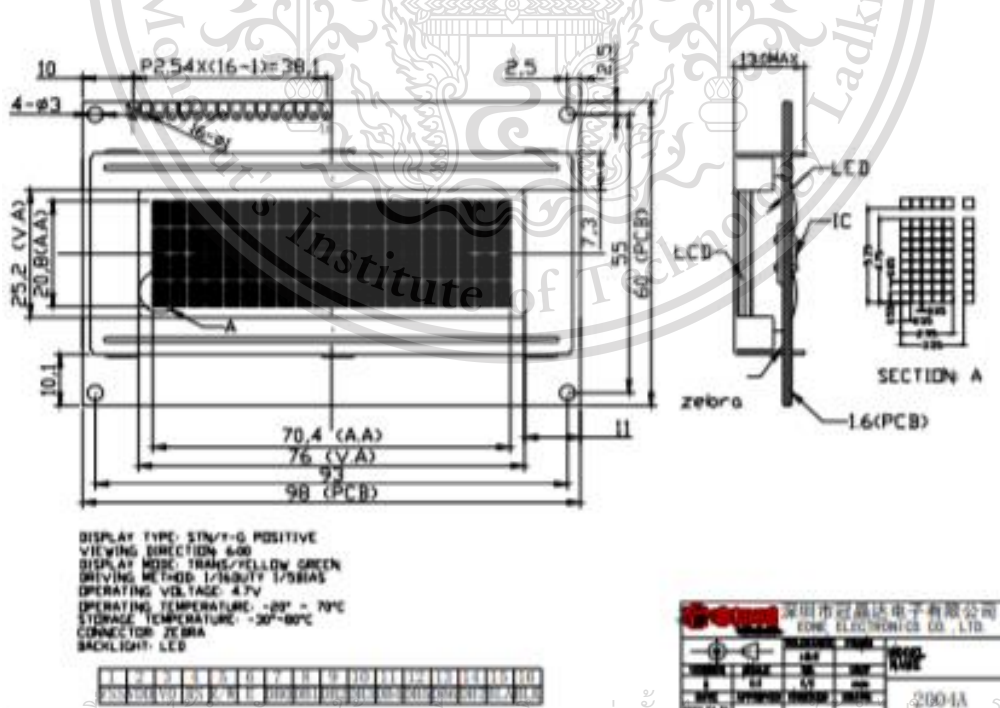
**1.0 INTRODUCTION**

This USER'S MANUAL is introduced the outside dimensions, optical characteristics, electrical characteristics, interface, controller commands, etc. of the custom design LCD module.

**1.1 FEATURE**

- (1) Display mode: STN POSITIVE, TRANSFLECTIVE, YELLOW-GREEN COLOR
- (2) Display format: 20 characters X 4 line
- (3) Driving method: 1/16 Duty, 1/5 Bias
- (4) Viewing direction: 6 o'clock
- (5) Control IC: SPLC780D
- (6) Interface Input Data : 4-Bits or 8-Bits interface available
- (7) Back light: LED (Yellow-Green )

**2.0 DIMENSION DIAGRAM**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต

2004A LCD Module Specification Ver1.1 Total 14 pages3

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



6. COIL DATA CHART (AT20 C)

| Coil Sensitivity       | Coil Voltage Code | Nominal Voltage (VDC) | Nominal Current (mA) | Coil Resistance ( $\Omega$ ) $\pm 10\%$ | Power Consumption (W) | Pull-In Voltage (VDC) | Drop-Out Voltage (VDC) | Max-Allowable Voltage (VDC) |
|------------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|---|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------------|
| SRD (High Sensitivity) | 03                | 03                    | 12.0                 | 25                                      | abt. 0.36W            | 75%Max.               | 10% Min.               | 120%                        |
|                        | 05                | 05                    | 71.4                 | 70                                      |                       |                       |                        |                             |
|                        | 06                | 06                    | 60                   | 100                                     |                       |                       |                        |                             |
|                        | 09                | 09                    | 40                   | 22.5                                    |                       |                       |                        |                             |
|                        | 12                | 12                    | 30                   | 40.0                                    |                       |                       |                        |                             |
|                        | 24                | 24                    | 15                   | 160.0                                   |                       |                       |                        |                             |
| SRD (Standard)         | 03                | 03                    | 15.0                 | 20                                      | abt. 0.45W            | 75% Max.              | 10% Min.               | 110%                        |
|                        | 05                | 05                    | 89.3                 | 55                                      |                       |                       |                        |                             |
|                        | 06                | 06                    | 75                   | 80                                      |                       |                       |                        |                             |
|                        | 09                | 09                    | 50                   | 18.0                                    |                       |                       |                        |                             |
|                        | 12                | 12                    | 37.5                 | 32.0                                    |                       |                       |                        |                             |
|                        | 24                | 24                    | 18.7                 | 128.0                                   |                       |                       |                        |                             |
|                        | 48                | 48                    | 10                   | 4500                                    | abt. 0.51W            |                       |                        |                             |

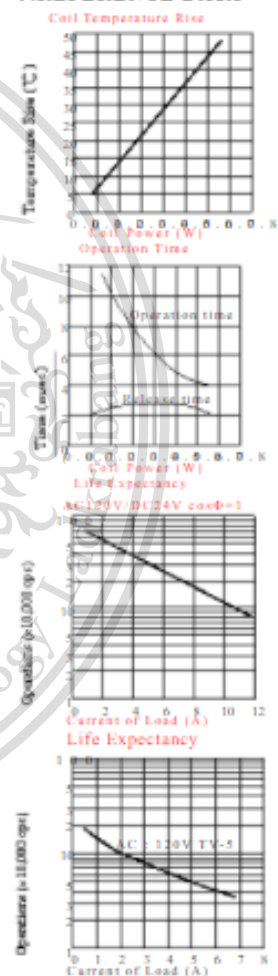
7. CONTACT RATING

| Item  | Type | SRD           |               |
|---|------|---------------|---------------|
|   |      | FORM C        | FORM A        |
| Contact Capacity                            |      | 7A 28VDC      | 10A 28VDC     |
| Resistive Load ( $\cos \phi=1$ )            |      | 10A 125VAC    | 10A 240VAC    |
|   |      | 7A 240VAC     |               |
| Inductive Load ( $\cos \phi=0.4$ L/R=7msec) |      | 3A 120VAC     | 5A 120VAC     |
|   |      | 3A 28VDC      | 5A 28VDC      |
| Max. Allowable Voltage                      |      | 250VAC/110VDC | 250VAC/110VDC |
| Max. Allowable Power Factor                 |      | 800VAC/240W   | 1200VA/300W   |
| Contact Material                            |      | AgCdO         | AgCdO         |

8. PERFORMANCE (at initial value)

| Item                  | Type                   | SRD   |
|-----------------------|------------------------|---|
| Contact Resistance    |                        | 100m $\Omega$ Max.                                      |
| Operation Time        |                        | 10msec Max.   |
| Release Time          |                        | 5msec Max.  |
| Dielectric Strength   | Between coil & contact | 1500VAC 50/60HZ (1 minute)                              |
|                       | Between contacts       | 1000VAC 50/60HZ (1 minute)                              |
| Insulation Resistance |                        | 100 M $\Omega$ Min. (500VDC)                            |
| Max. ON/OFF Switching |                        |   |
| Mechanically          |                        | 300 operation/min                                       |
| Electrically          |                        | 30 operation/min  |
| Ambient Temperature   |                        | -25°C to +70°C  |
| Operating Humidity    |                        | 45 to 85% RH  |
| Vibration             |                        |   |
| Endurance             |                        | 10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm                       |
| Error Operation       |                        | 10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm                       |
| Shock                 |                        |   |
| Endurance             |                        | 100G Min.   |
| Error Operation       |                        | 10G Min.  |
| Life Expectancy       |                        |   |
| Mechanically          |                        | 10 <sup>7</sup> operations Min. (no load)               |
| Electrically          |                        | 10 <sup>5</sup> operations Min. (at rated coil voltage) |
| Weight                |                        | abt. 10grs.   |

9. REFERENCE DATA



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## คำสั่งการทำงาน Sensor ต่างๆในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์

```

#include "AIS_SIM7020E_API.h"

#include "ClosedCube_HDC1080.h"

#include "DHT.h"

#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#define DHTPIN 23

#define DHTTYPE DHT22

#define LED_YELLOW 5

#define LED_GREEN 18

int analog_gas;

float sol_watts;

const int lightSensorPin = 34;

const long interval = 3000;

unsigned long previousMill = 0;

//===== DHT22 elements =====

float t;

float h;

//=====

//===== Onboard elements =====

String temperature;
String humidity;
String Light;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
//=====

//===== Current Elements=====

float voltage_I;

float current_I;

int analog_current;

float cutOffLimit = 1.01; // set the current almost 0

const float VCC = 5;

const int model = 1;

float sensitive[] = {0.185, // for ACS712 5A
                    0.100, // for ACS712 20A
                    0.066 // for ACS712 30A
                    };

const float QOV = 0.5 * VCC;

//=====

//===== Voltage Elements =====

float vOUT_raw = 0.0;

float vIN_raw = 0.0;

float vOUT_real = 0.0;

float vIN_real = 0.0;

const float R1 = 15000.0;

const float R2 = 7500.0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

ClosedCube_HDC1080 hdc1080;

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);

AIS_SIM7020E_API nb;

//==== Setting MQTT sever as you want ====

String mqtt_server = "playdotalnw.trueddns.com";

String mqtt_port = "50742";

String mqtt_Client = "Client_ID";

String mqtt_username = "smartfarm";

String mqtt_password = "apple";

unsigned int subQoS = 0;

unsigned int pubQoS = 0;

unsigned int pubRetained = 0;

unsigned int pubDuplicate = 0;

//-----

byte solar[8] = //icon for termometer
{

0b11111,

0b10101,

0b11111,

0b10101,

0b11111,

0b10101,

0b11111,

0b10101,

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

0b11111,

0b00000

};

byte battery[8] =

{

0b011110,

0b11011,

0b10001,

0b10001,

0b11111,

0b11111,

0b11111,

0b11111,

};

byte THL [8] =

{

0b11101,

0b10101,

0b10101,

0b10101,

0b10101,

0b10101,

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

0b10111,

};

const int relay_gas = 19;

unsigned long previousMill2 = 0;

const long interval2 = 600000;

void setup()

{

  Serial.begin(115200);

  //-----

  lcd.begin();

  lcd.backlight();

  lcd.createChar(1, solar);

  lcd.createChar(2, battery);

  lcd.createChar(3, THL);

  //-----

  pinMode(LED_YELLOW, OUTPUT);

  pinMode(LED_GREEN, OUTPUT);

  //-----

  dht.begin();

  //-----

  nb.begin();

  hdc1080.begin(0x40);

  ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

  setupMQTT();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

nb.setCallback(callback);

pinMode(relay_gas, OUTPUT);

digitalWrite(relay_gas, 1);

}

//=====================================================

void setupMQTT()

{

  if (!nb.connectMQTT(mqtt_server, mqtt_port, mqtt_Client, mqtt_username,
mqtt_password))

  {

    Serial.println("\nConnectMQTT");

  }

}

//===================================================== Reconnect MQTT and NB =====

void connectStatus()

{

  if (!nb.MQTTstatus())

  {

    if (!nb.NBstatus())

    {

      Serial.println("ReconnectNB ");

    }

  }

}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

    setupMQTT();

}

}

void loop()

{

    nb.MQTTresponse();

    //===== DHT22 Sensor =====

    if (millis() - previousMill >= interval)

    {

        h = dht.readHumidity();

        t = dht.readTemperature();

        nb.publish("2211/Temp", String(t), pubQoS, pubRetained, pubDuplicate);

        nb.publish("2211/Humid", String(h), pubQoS, pubRetained, pubDuplicate);

        //===== Sensors Onboard =====

        temperature = String(hdc1080.readTemperature());

        humidity = String(hdc1080.readHumidity());

        Light = String(analogRead(lightSensorPin));

        nb.publish("2211/TempIN", String(temperature), pubQoS, pubRetained,

pubDuplicate);

        nb.publish("2211/HumidIN", String(humidity), pubQoS, pubRetained, pubDuplicate);

        nb.publish("2211/Light", String(Light), pubQoS, pubRetained, pubDuplicate);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

//===== Current Sensor =====

double avc1 = getCA();

nb.publish("2211/current", String(avc1), pubQoS, pubRetained, pubDuplicate);

//===== Voltage IN sensor =====

int analog_vin = analogRead(32);

Serial.println(analog_vin);

vIN_raw = analog_vin * (5 / 4095.0) ;

vIN_real = (vIN_raw / (R2 / (R1 + R2)))+2.2;

nb.publish("2211/VIN", String(vIN_real), pubQoS, pubRetained, pubDuplicate);

//===== Voltage OUT sensor =====

int analog_vout = analogRead(35);

Serial.println(analog_vout);

vOUT_raw = (5 / 4095.0) * analog_vout;

vOUT_real = (vOUT_raw / (R2 / (R1 + R2)))-1.3;

nb.publish("2211/VOUT", String(vOUT_real), pubQoS, pubRetained, pubDuplicate);

sol_watts = vIN_real * current_I;

symbol();

led_output();

previousMill = millis();

}

if (millis() - previousMill2 >= interval2)
{
    digitalWrite(relay_gas, 0);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 {  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

delay(60000);

analog_gas = analogRead(39);

nb.publish("2211/gas", String(analog_gas), pubQoS, pubRetained, pubDuplicate);

digitalWrite(relay_gas, 1);

previousMill2 = millis();

}

}

//===== Find Average current sensor =====

double getCA() {
float sum = 0;
int count = 10;
for (int i = 0; i < count; i++) {
sum = sum + getC();
}
double avc = sum / count;

return avc;
}

//===== Find Current sensor =====

double getC() {

analog_current = analogRead(36); //read analog pin12

float voltage_raw = (5 / 4095.0) * analog_current;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 voltage\_I = voltage\_raw - QOV - 0.389; //0.018 is a value to make voltage zero  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
 when there is no current

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

current_I = ((voltage_I / sensitive[model]) - 2.5457) / 2.7688;

return current_I;

}

//===== Callback Loop =====

void callback(String &topic, String &payload, String &QoS, String &retained)

{

Serial.println("-----");

Serial.println("# Message from Topic \" + topic + "\" : " + nb.toString(payload));

Serial.println("# QoS = " + QoS);

if (retained.indexOf(F("1")) != -1)

{

Serial.println("# Retained = " + retained);

}

}

//===== LED Output =====

void led_output() {

if (vIN_real >= 12.5) {

digitalWrite(LED_YELLOW, HIGH);

}

else if (vIN_real >= 11.58) {

digitalWrite(LED_GREEN, HIGH);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
//===== LCD Display =====
```

```
void symbol() {
```

```
    int pct = 100.0 * (vOUT_real - 5) / (13.7 - 5);
```

```
    if(pct > 100){
```

```
        pct = 100;
```

```
    }
```

```
    else if(pct < 0){
```

```
        pct = 0;
```

```
    }
```

```
    lcd.setCursor(0, 0);
```

```
    lcd.print("SOL");
```

```
    lcd.setCursor(4, 0);
```

```
    lcd.write(1);
```

```
    lcd.setCursor(0, 1);
```

```
    lcd.print(vIN_real);
```

```
    lcd.print("V");
```

```
    lcd.setCursor(0, 2);
```

```
    lcd.print(current_I);
```

```
    lcd.setCursor(4, 2);
```

```
    lcd.print("A");
```

```
    lcd.setCursor(0, 3);
```

```
    lcd.print(sol_watts);
```

```
    lcd.print("W ");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

lcd.setCursor(8, 0);

lcd.print("BAT");

lcd.setCursor(12, 0);

lcd.write(2);

lcd.setCursor(8, 1);

lcd.print(vOUT_real);

lcd.setCursor(12, 1);

lcd.print("V");

lcd.setCursor(8, 2);

lcd.print("BAT");

lcd.setCursor(12, 2);

lcd.print("%");

lcd.setCursor(8, 3);

lcd.print(pct);

lcd.setCursor(12, 3);

lcd.print("%");

lcd.setCursor(15, 0);

lcd.print("THL");

lcd.setCursor(19, 0);

lcd.write(3);

lcd.setCursor(15, 1);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

lcd.setCursor(19, 1);

```

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
lcd.print("C");  
  
lcd.setCursor(15, 2);  
  
lcd.print(h);  
  
lcd.setCursor(19, 2);  
  
lcd.print("H");  
  
lcd.setCursor(15, 3);  
  
lcd.print(Light);  
  
lcd.setCursor(19, 3);  
  
lcd.print("L");  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### คำสั่งการทำงานของ Function Node ในส่วนของการแจ้งเตือน Line Application Node-RED

```

let number = (msg.payload);

let number_1;

number_1 = parseFloat(number);

if(number_1 > 100){

    msg.headers = {'content-type':'application/x-www-form-
urlencoded','Authorization':'Bearer
VW9L2oilxeeH16Asgxg8EZxPmOunl9HeYscBgCTZ6uh'};

    msg.payload = {"message":"ไฟไหม้จ้าา !!!"};

    return msg;
}
else{
}

```

### คำสั่งการทำงานของ Function Node ในส่วนของการเปลี่ยน String เป็น Float เพื่อส่งข้อมูล Node-RED

```

var Temp = (msg.payload);

msg.payload = [{

// String To Float in Dictionary Sensor

sensor: parseFloat(Temp),

}];

return msg;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## ประวัติผู้เขียน



ชื่อ นามสกุล นาย ธนัท กุลนรงค์  
 วัน เดือน ปีเกิด 16 มีนาคม 2542  
 ประวัติการศึกษา 2560 วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสถาบัน  
 เทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง



ชื่อ นามสกุล นาย ปุญญพัฒน์ เรืองเสวีียด  
 วัน เดือน ปีเกิด 18 ธันวาคม 2541  
 ประวัติการศึกษา 2560 วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสถาบัน  
 เทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง



ชื่อ นามสกุล นาย พงศกร ทองเหล็ก  
 วัน เดือน ปีเกิด 1 กันยายน 2540  
 ประวัติการศึกษา 2560 วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสถาบัน  
 เทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง



ชื่อ นามสกุล นาย พงศกร วัฒนประกรณ์กุล  
 วัน เดือน ปีเกิด 9 มกราคม 2542  
 ประวัติการศึกษา 2560 วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสถาบัน  
 เทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.