เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าไร้สายผ่านอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

WIRELESS WATTMETER VIA INTERNET OF THINGS

นวมินทร์ แสงสุริยะ

วิภาสินี ช่างแกะ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

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.

WIRELESS WATTMETER VIA INTERNET OF THINGS

NAWAMIN SANGSURIYA
WIPASINEE CHANGKAE

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN CONTROL ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2020

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.

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าไร้สายผ่านอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

WIRELESS WATTMETER VIA INTERNET OF THINGS

ผู้จัดทำ นายนวมินทร์ แสงสุริยะ 60010519

นางสาววิภาสินี ช่างแกะ 60010939

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทัตยา ปุคคละนันทน์)

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.

เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าไร้สายผ่านอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

โดย
นายนวมินทร์ แสงสุริยะ 60010519
นางสาววิภาสินี ช่างแกะ 60010939

อาจารย์ที่ปรึกษา
รองศาสตราจารย์ ดร.ทัตยา ปุคคละนันทน์

ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการพัฒนาระบบการตรวจวัดการใช้ไฟฟ้า ผ่านระบบเครือข่าย เพื่อให้ผู้ใช้ไฟฟ้าได้ตรวจสอบและเฝ้าติดตามค่ากระแสไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้า ค่าความถี่ ค่า Power factor ค่ากำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ เครื่องวัดไฟฟ้าผ่านระบบเครือข่ายสามารถเก็บรวบรวมและตรวจสอบย้อนหลังได้ ด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีการออกแบบโดยใช้ NodeMCU ESP8266 เชื่อมต่อกับโมดูล PZEM-004t ตามแนวคิด ioT (internet of Things) และดูข้อมูลการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้ด้วยการดูผ่านหน้าเว็บและยังเป็นการออกแบบในราคาที่สามารถเข้าถึงได้ ผลลัพธ์ที่ได้คือผู้ใช้สะดวกต่อการใช้งานเพื่อให้ทราบพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของตนเองสามารถบริหารการใช้ไฟฟ้าเพื่อลดการใช้ไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองได้

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.

WIRELESS WATTMETER VIA INTERNET OF THINGS

By
Mr. Nawamin Sangsuriya 60010519
Miss Wipasinee Changkae 60010939

Advisor
Assoc.Prof.Dr.Tattaya Pukkalanun

Academic Year 2020

ABSTRACT

This project presents the development of a system for measuring and monitoring electricity usage. The electricity consumers can check and monitor current, voltage, frequency, power factor, energy efficiency, and the cost of home electrical equipments through the developed system Network electricity meters can be collected and traceable. With the developed program, it is designed using NodeMCU ESP8266, connected to the module PZEM-004t according to the IoT (Internet of Things) concept, which can view home electricity usage data through the web page and also the design at a reasonable price. As a result, the consumers are convenient to monitor their own electricity consumption behavior, and able to manage electricity usage in order to reduce wasted electricity consumption.

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

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงและคำแนะนำจาก รศ.ดร.ทัตยา ปุคคละนันทน์ อาจารย์ที่ปรึกษาในการทำโครงงานครั้งนี้ และศ.ดร.วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์ อาจารย์ที่คอยให้คำแนะนำปรึกษาตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง ผู้จัดทำตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์ และ ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ รศ.ดร.วรรณดี เพชรมณีล้ำค่า อาจารย์ที่คอยดูแลนักศึกษาทุกคนภายในภาควิชาระบบควบคุม และคอยแจ้งข้อมูลและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ธุรการในการจัดการเอกสาร ในการเบิกค่าใช้จ่ายในการทำวิจัยครั้งนี้ รวมถึงนายอมรเทพ กาพย์แก้ว เจ้าหน้าที่ที่ดูแลสถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงานครั้งนี้

ท้ายที่สุดขอขอบพระคุณบิดา มารดา และเพื่อนๆ ที่เป็นกำลังใจและคอยช่วยเหลือในทุกๆ ด้านด้วยดีเสมอมา ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ เพื่อนำแนวคิดไปประยุกต์ใช้ในงานหรือเป็นแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

คณะผู้จัดทำ
นวมินทร์ แสงสุริยะ
วิภาสินี ช่างแกะ

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

หน้า

บทคัดย่อ I

ABSTRACT II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ 2

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.6 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 พื้นฐานไฟฟ้ากระแสสลับ 4

2.1.1 คุณสมบัติของโหลดทางกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ 5

2.2 การคำนวณค่าไฟฟ้า 7

2.2.1 ค่าไฟฟ้าประเภทที่ 1 7

2.2.2 ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) 8

2.2.3 ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) 7% 9

2.3 Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) 9

2.4 Firebase 10

2.5 NETPIE 2020 11

2.6 Node-Red 12

2.7 JSON (JavaScript Object Notation) 13

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 (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....15

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....15

3.2 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง.....15

3.2.1 PZEM-004T AC Digital Power Energy Meter Module โมดูลวัดการ ใช้พลังงานไฟฟ้า.....15

3.2.2 NodeMCU ESP8266 V3 Lau WiFi.....17

3.2.3 AC-DC HLK-PM01 โมดูลแปลงไฟ 220V to 5V.....18

3.2.4 เบรกเกอร์ไฟฟ้า 20A.....19

3.3 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง.....19

3.3.1 Arduino IDE.....19

3.3.2 NETPIE 2020.....20

3.3.3 Firebase.....20

3.3.4 Node-Red.....20

3.4 การออกแบบและการวางแผนการทำงาน.....21

3.4.1 การออกแบบและการวางแผนทางด้านฮาร์ดแวร์.....21

3.4.2 การออกแบบและการวางแผนทางด้านซอฟต์แวร์.....21

3.4.3 ภาพรวมระบบ.....21

3.5 วิธีการดำเนินการ.....22

3.5.1 การทดสอบเซนเซอร์.....22

3.5.2 การต่อเซนเซอร์และอุปกรณ์ต่างๆ กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266.....24

3.5.3 การออกแบบการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266.....25

3.5.4 การออกแบบการแสดงผลข้อมูลการใช้ไฟฟ้า.....26

3.5.6 การเขียนโปรแกรมใน Arduino IDE.....26

3.5.7 หน้าเว็บ Netpie2020.....33

3.5.8 หน้าเว็บ Firebase.....34

3.5.9 หน้าเว็บ Node-Red.....34

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 (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง.....35

4.1 แผนผังการทำงานของระบบเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าไร้สายผ่านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง.....35

4.2 ผลการออกแบบหน้าแสดงผลผ่าน Node-Red.....35

4.2.1 การแสดงผลส่งค่าไป MQTT broker ที่ Netpie.....35

4.2.2 การแสดงผลการส่งค่าไปเก็บเป็นฐานข้อมูลที่ Firebase.....36

4.2.3 Node-Red เชื่อมต่อกับ Netpie และ Firebase.....37

4.3 ผลการสร้างเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า.....38

4.4 ผลการแสดงข้อมูลผ่านหน้าเว็บ.....38

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ.....40

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....40

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน.....40

5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา.....41

เอกสารอ้างอิง.....42

ภาคผนวก.....43

ภาคผนวก ก โมดูล PZEM-004T-100A.....44

ภาคผนวก ข บอร์ด ESP8266.....51

ภาคผนวก ค วิธีการเข้าใช้งาน Firebase เบื้องต้น.....54

ภาคผนวก ง วิธีการเข้าใช้งาน NETPIE2020 เบื้องต้น.....58

ภาคผนวก จ วิธีการเข้าใช้งาน Node-Red เบื้องต้น.....61

ภาคผนวก ฉ โปรแกรมควบคุมการทำงานและการแสดงผล.....67

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.

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 นิยามของค่าประสิทธิผล 4
2.2 ผลตอบสนองของกระแสและแรงดันในโหลดทางไฟฟ้าแบบตัวต้านทาน 5
2.3 ผลตอบสนองของกระแสและแรงดันของโหลดแบบรีแอคทีฟ 6
2.4 ผลตอบสนองแรงดันและกระแสในโหลดที่ไม่เป็นเชิงเส้น 7
2.5 MQTT 9
2.6 หลักการทำงาน MQTT 10
2.7 Firebase 10
2.8 NETPIE 11
2.9 การแสดงผลและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ผ่าน Dashboard 12
2.10 Node-Red 12
2.11 การสร้าง Flow ใน Node-Red 13
2.12 JSON (Javascript Object Notation) 13
3.1 PZEM-004T-100A 15
3.2 แผนผังวงจร PZEM-004T-100A 16
3.3 NodeMCU ESP8266 17
3.4 ลักษณะขา PIN ของ NodeMCU ESP8266 18
3.5 โมดูลแปลงไฟ 220V to 5V 18
3.6 เบรกเกอร์ไฟฟ้า 20A 19
3.7 Arduino IDE 19
3.8 การเชื่อมต่อ NETPIE ด้วยการใช้ NodeMCU 20
3.9 การเชื่อมต่อ Firebase กับ NodeMCU 20
3.10 Node-Red 21
3.11 ภาพรวมระบบ 22
3.12 การต่อโมดูล PZEM-004T-100A กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 23
3.13 ผลการทดสอบเซนเซอร์ PZEM-004T-100A 23
3.14 การต่อเซนเซอร์และอุปกรณ์ต่างๆกับ ESP8266 24
3.15 ผลการทดสอบการอ่านค่าจากเซนเซอร์เมื่อต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ และมีโหลด 24
3.16 Flowchart ของโปรแกรม Arduino IDE 25
3.17 Flowchart การทำงานบน Node-Red 26
3.18 หน้าต่างโปรแกรม Arduino IDE (1) 27
3.19 โปรแกรม Arduino IDE (2) 27
3.20 โปรแกรม Arduino IDE (3) 28
3.21 โปรแกรม Arduino IDE (4) 28
3.22 โปรแกรม Arduino IDE (5) 29
3.23 โปรแกรม Arduino IDE (6) 29
3.24 โปรแกรม Arduino IDE (7) 30

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.

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.25 โปรแกรม Arduino IDE (8) 30
3.26 โปรแกรม Arduino IDE (9) 31
3.27 โปรแกรม Arduino IDE (10) 31
3.28 โปรแกรม Arduino IDE (11) 32
3.29 โปรแกรม Arduino IDE (12) 32
3.30 โปรแกรม Arduino IDE (13) 33
3.31 หน้าเว็บ Netpie2020 33
3.32 หน้าเว็บ Firebase 34
3.33 หน้า CMD เปิดใช้งาน Node-Red 34
4.1 แผนผังการทำงานของระบบเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าไร้สายผ่านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง 35
4.2 หน้าต่างแสดงผลการเชื่อมต่อและแสดงค่าข้อมูลแบบJSON ของ Netpie 2020 36
4.3 แสดงข้อมูลการเข้าถึงการเชื่อมต่อของ Firebase 36
4.4 แสดงข้อมูลที่ถูกส่งค่าขึ้นมาเก็บข้อมูลบนฐานข้อมูล 37
4.5 แสดงที่อยู่ของฐานข้อมูลในรูปแบบภาษา JavaScript 37
4.6 หน้าต่าง Flow ชุดคำสั่งต่างของ Node-red 38
4.7 เครื่องวัดกำลังงานไฟฟ้าของสรรพสิ่ง 38
4.8 Dashboardในส่วนมอนิเตอร์ของเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าสรรพสิ่ง 39
4.9 Dashboard ในส่วนของข้อมูลพลังงานย้อนหลังของเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าสรรพสิ่ง 39

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 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ปัจจุบันพบว่ากิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันของมนุษย์จำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นอย่างมาก อาทิเช่น การใช้พลังงานไฟฟ้าในการเดินทาง เพื่อการประกอบอาหาร อำนวยความสะดวก หรือแม้กระทั่งเพื่อความบันเทิง เป็นต้น ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าพลังงานไฟฟ้าเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับมนุษย์ แต่อย่างไรก็ตามเป็นที่ทราบกันดีว่าวัตถุดิบเช่น น้ำมันดิบ ถ่านหิน หรือ ก๊าซธรรมชาติ ที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าได้นั้นกลับมีปริมาณลดลง เห็นได้จากในปัจจุบันประเทศไทยจำเป็นต้องสั่งซื้อพลังงานไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้าน และยังมีแนวโน้มราคาต่อหน่วยสูงมากขึ้นในอนาคต นอกจากนี้ยังพบว่าสาเหตุสำคัญประการหนึ่งในการใช้ไฟฟ้าของคนส่วนใหญ่ ก็คือ การละเลยมองข้ามเรื่องการประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้ามากเกินความจำเป็น และการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าทิ้งไว้โดยไม่จำเป็น ซึ่งก่อให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเป็นอย่างมาก

การประหยัดพลังงานที่ดีจะต้องแก้ไขที่ต้นเหตุคือการใช้งานของผู้ใช้ไฟฟ้า และต้องไม่ทำให้มาตารฐานการดำเนินชีวิตประจำวันของแต่ละคนลดน้อยถอยลงไป เป็นการประหยัดจาก “ส่วนเกินของการใช้ชีวิตประจำวัน” หรือ “พฤติกรรมหรือความเคยชินที่ก่อให้เกิดการใช้พลังงานสิ้นเปลือง” นอกจากนี้การตรวจสอบการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่างๆภายในบ้านนั้น ผู้ใช้ส่วนใหญ่ละเลยในการตรวจสอบ โดยที่ไม่สามารถประเมินอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าว่ามีการใช้พลังงานที่ผิดปกติ หรือสูญเสียพลังงานไปมากน้อยเพียงใด เช่น การเปิดพัดลมทิ้งไว้ มีเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เสื่อมสภาพ ซึ่งในความจริงแล้วปัญหาข้างต้นเหล่านี้หากเรารู้แนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านได้ เราสามารถวิเคราะห์และวางแผนในการจัดการด้านพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการลดปัญหาการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าภายในบ้านนั้น จำเป็นต้องมีข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละวัน

ดังนั้นจากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้จัดทำจึงมีแนวคิดในการออกแบบและพัฒนาสร้างระบบการตรวจวัดและแสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้าไร้สายผ่านอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ว่ามีค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านอุปกรณ์มากน้อยเพียงใด ค่ากำลังไฟฟ้า ค่า Power factor ค่าความถี่และค่าพลังงานไฟฟ้า หากมีค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากเกินไป ก็สามารถรับรู้ได้อย่างรวดเร็วและวางแผนแก้ไขอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม เพราะผู้จัดทำมีการแสดงผลผ่านหน้าเว็บไซต์แบบเวลาจริง รวมถึงสามารถดูการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบย้อนหลังได้พร้อมแสดงค่าไฟฟ้าแบบตลอดเวลาที่ได้ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าอีกด้วย ซึ่งจะช่วยเป็นข้อมูลในการจัดการกับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านได้ ซึ่งจะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากขึ้น แล้วยังช่วยลดอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้นจากความเสียหายของอุปกรณ์ภายในเครื่องใช้ไฟฟ้าอีกด้วย

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 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. ออกแบบสร้างระบบเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าไร้สายผ่านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อสามารถวัดค่ากระแสไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ค่าความถี่ ค่า power factor และค่าพลังงานได้

2. สามารถนำค่าจากเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าไปแสดงผลและตรวจสอบข้อมูลการใช้ไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องผ่านหน้าเว็บไซต์ที่ได้ออกแบบไว้

3. สามารถแสดงค่าย้อนหลังการใช้กำลังไฟฟ้าของแต่ละวันได้รวมถึงการแสดงการคำนวนค่าไฟที่ใช้ในแต่ละครั้ง

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ศึกษาวิธีการใช้งานของเซนเซอร์ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาโปรโตคอลและโปรแกรมที่นำมาใช้ประมวลผล
3. ศึกษาเว็บไซต์ที่จะใช้ในการแสดงผลข้อมูลของเครื่องวัดไฟฟ้า
4. ออกแบบวิธีการเก็บข้อมูลรวมถึงรูปแบบที่จะใช้แสดงผลผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาหลักการของเซนเซอร์ที่จะนำมาใช้
3. ออกแบบและวางแผนการสร้างเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า และระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง
4. สั่งซื้อเซนเซอร์และอุปกรณ์ต่างๆ
5. ทดสอบเซนเซอร์ที่นำมาใช้และเปรียบเทียบกับเซนเซอร์สำเร็จรูป
6. เขียนโปรแกรมเพื่อให้เซ็นเซอร์สามารถอ่านค่าไฟฟ้าต่างๆที่เราต้องการ
7. เขียนโปรแกรมการส่งค่าจากเซนเซอร์ไปยัง NETPIE2020 และส่งค่าพลังงานไฟฟ้าไปไว้บน Firebase เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูล
8. ออกแบบและสร้าง Dashboard ในการแสดงค่าผลโดยใช้ Node-red เป็นตัวรับค่าจาก NETPIE2020 และ Firebase
9. สร้างชุดอุปกรณ์ตามแบบที่วางแผนไว้
10. ทดสอบอุปกรณ์การตรวจวัดและทดสอบการนำค่าขึ้นบนเว็บไซต์ตามที่ออกแบบไว้ พร้อมทั้งแก้ไขปัญหาที่เจอในขั้นตอนการทดสอบ
11. สรุปผลและจัดทำเอกสารรายงานการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถสร้างระบบเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าไร้สายผ่านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และให้มีการแสดงผลผ่านหน้าเว็บไซต์ได้

2.สามารถดูข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านได้ตลอดช่วงเวลาที่ต้องการตรวจสอบผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

3.สามารถดูค่าการใช้กำลังไฟฟ้าย้อนหลังได้และค่าไฟตามเวลาจริง

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.

1.6 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์

เนื้อหาที่จะกล่าวในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย 5 บท และ 4 ภาคผนวก ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ เป็นการกล่าวถึงที่มาของปริญญานิพนธ์ วัตถุประสงค์ของการทำปริญญานิพนธ์ ขอบเขตของโครงงาน ขั้นตอนการดำเนินงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและรายละเอียดของปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 ทฤษฎี หลักการ อุปกรณ์ และความรู้ที่เกี่ยวข้องในการออกแบบ เป็นการเพิ่มเติมความรู้ทฤษฎีและความเข้าใจในอุปกรณ์ต่างๆ ก่อนจะเริ่มการทำโครงงาน

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน เป็นการอธิบายขั้นตอนการทำชิ้นงานโดยละเอียดทั้งในการฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน เป็นการแสดงผลการทำงานของระบบเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าไร้สายผ่านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

บทที่ 5 ผลสรุปและข้อเสนอแนะ เป็นบทสรุปภาพรวมของชิ้นงานรวมถึงสิ่งที่จะพัฒนาต่อไปในอนาคต

ภาคผนวก ก โมดูล PZEM-004T-100A

ภาคผนวก ข บอร์ด ESP8266

ภาคผนวก ค วิธีการเข้าใช้งาน Firebase เบื้องต้น

ภาคผนวก ง วิธีการเข้าใช้งาน NETPIE2020 เบื้องต้น

ภาคผนวก จ วิธีการเข้าใช้งาน Node-Red เบื้องต้น

ภาคผนวก ฉ โปรแกรมควบคุมการทำงานและการแสดงผล

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 พื้นฐานไฟฟ้ากระแสสลับ

ในระบบการส่งจ่ายกระแสไฟฟ้าในประเทศไทยนั้นระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้กับบ้านเรือนส่วนใหญ่จะเป็นระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส 2 สาย ที่มีขนาดของแรงดันไฟฟ้า 220 Vrms และความถี่ 50 Hz โดยเป้าหมายและขอบเขตของงานวิจัยนี้จะได้มุ่งเน้นในการจัดทำระบบตรวจวัดกำลังงานไฟฟ้าแบบ 1 เฟสเท่านั้น เนื่องจากเป็นระบบการใช้ไฟฟ้าตามบ้านเรือนทั่วไป ส่วนระบบไฟฟ้าสามเฟสนั้นเป็นระบบที่มักจะใช้กับระบบไฟฟ้าโรงงานหรือระบบที่ต้องการการใช้กำลังไฟฟ้าที่สูงซึ่งในงานวิจัยนี้จะไม่ได้กล่าวถึงในส่วนนี้

ค่าอาร์ เอ็ม เอส (RMS, root mean square) หรือค่าประสิทธิผล (effective value)นั้นหมายถึงค่าของปริมาณไฟฟ้ากระแสสลับที่จ่ายให้กับโหลดทางไฟฟ้าแล้วได้ผลลัพธ์ของกำลังไฟฟ้าที่เท่ากับค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสตรงดังแสดงในรูปที่ 2.1 เพื่อให้เห็นภาพยิ่งขึ้นขอยกตัวอย่าง เช่น กรณีที่มีหลอดไฟอยู่หนึ่งหลอดถูกป้อนแรงดันไฟฟ้าด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 V แล้วหลอดไฟฟ้านั้นมีความสว่างของหลอดไฟอยู่ค่าหนึ่งดังนั้นในทางกลับกันหากเปลี่ยนแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าเป็นการจ่ายแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสสลับแบบไซน์ที่มีขนาดของแรงดันที่ 12 V ปรากฏว่าความสว่างจะลดลงมาเนื่องจากค่าประสิทธิผลของสัญญาณไซน์มีค่าเท่ากับ $\frac{12}{\sqrt{2}}$ หรือประมาณ 8.485 Vrms

รูปที่ 2.1 นิยามของค่าประสิทธิผล

ดังนั้นในการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ไฟฟ้าจึงจำเป็นที่จะต้องทราบค่าประสิทธิผลของแรงดันไฟฟ้า และค่าประสิทธิผลของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้กับโหลดทางไฟฟ้าเพื่อใช้ในการคำนวณหากำลังไฟฟ้าของโหลดทางไฟฟ้าที่ใช้ไปเนื่องจากคุณสมบัติของโหลดทางไฟฟ้าที่มีการใช้งานอยู่จริงในชีวิตประจำวันมีคุณสมบัติ ที่สามารถแยกตามค่าอิมพีแดนซ์ของโหลดได้แตกต่างกัน กล่าวคือ โหลดทางไฟฟ้าที่มีค่าอิมพีแดนซ์เป็นจำนวนจริงอย่างเดียว โหลดประเภทนี้จะเป็นจำพวกโหลดทางไฟฟ้าที่ประกอบด้วยค่าตัวต้านทานทางไฟฟ้า และโหลดทางไฟฟ้าที่มีค่าอิมพีแดนซ์แบบค่าจำนวนเชิงซ้อน ซึ่งโหลดประเภทนี้จะเป็นค่าความต้านทานต่อร่วมกับตัวเก็บประจุหรือต่อร่วมกับตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งโหลดทางไฟฟ้าที่มันพบมากในชีวิตประจำวันจะเป็นโหลดประเภทนี้เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นเมื่อโหลดทางไฟฟ้ามีคุณสมบัติที่มีค่าอิมพีแดนซ์เป็นจำนวนเชิงซ้อนแล้วจึงทำให้กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดทางไฟฟ้ามีคุณสมบัติที่สามารถแยกได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is used solely for educational purposes only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1. กำลังไฟฟ้าจริง (real power) หมายถึง กำลังไฟฟ้าที่โหลดดึงไปใช้เพื่อทำให้เกิดงานจริงๆ มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt)

2. กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ (reactive power) หมายถึง กำลังงานไฟฟ้าที่ย้อนกลับออกมาจากโหลด แต่กำลังงานเหล่านี้ก็ไม่ได้กลับไปยังแหล่งกำเนิดแต่จะสูญเสียไปเป็นกำลังไฟฟ้าสูญเปล่า ซึ่งเกิดกับโหลดที่มีกระแสและแรงดันที่มีเฟสไม่ตรงกันมีหน่วยเป็น VAR

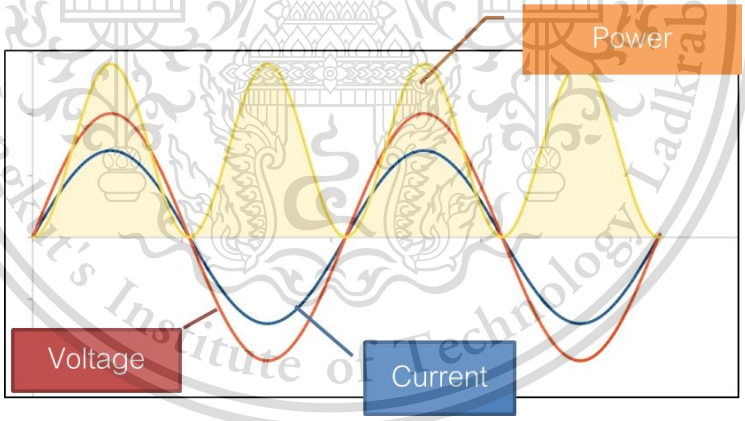
3. กำลังไฟฟ้าปรากฏ (apparent power) หมายถึง กำลังไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถจ่ายให้กับโหลดได้สูงสุดมีหน่วยเป็น VA

2.1.1 คุณสมบัติของโหลดทางกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ

โหลดหรือภาระทางไฟฟ้าในที่นี้หมายถึง เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่มีการใช้หรือดูดกลืนพลังงานไฟฟ้าได้แก่ เครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็น หลอดไฟ พัดลม โทรทัศน์ วิทยุ เครื่องซักผ้า ซึ่งโหลดแต่ละชนิดนั้นมีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกันออกไป โดยแบ่งได้สามประเภทตามลักษณะผลตอบสนองของกระแสและแรงดันดังนี้

2.1.1.1 โหลดที่มีลักษณะเหมือนตัวต้านทาน

โหลดประเภทนี้มีลักษณะและผลตอบสนองทางด้านกระแสและแรงดันใกล้เคียงกับตัวต้านทาน กล่าวคือคุณสมบัติของกระแสและแรงดันที่โหลดใช้ไปจะมีสัญญาณของกระแสและแรงดันที่มีเฟสของสัญญาณตรงกันโดยสามารถแสดงรูปของกระแสและแรงดันของโหลดชนิดนี้ได้ดังรูปที่ 2.2



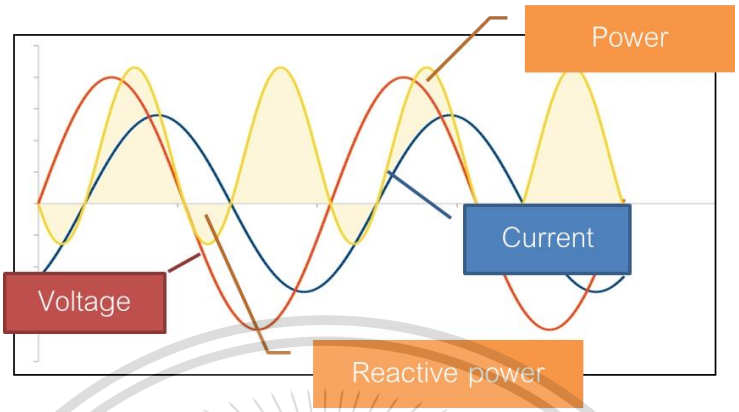
รูปที่ 1.2 ผลตอบสนองของกระแสและแรงดันในโหลดทางไฟฟ้าแบบตัวต้านทาน

จากภาพที่ 2 จะเห็นว่ากระแสและแรงดันมีเฟสตรงกัน ทำให้การคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าในที่นี้สามารถใช้กฎของโอห์มในการคำนวณได้ปกติ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีลักษณะประเภทนี้ ได้แก่ หลอดไฟไส้หม้อหุงข้าว เตารีด หัวแร้ง กระติกน้ำร้อนไฟฟ้า ซึ่งหากสังเกตได้ว่าโหลดประเภทนี้มักจะเป็นโหลดที่ให้พลังงานความร้อนเป็นส่วนใหญ่

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.

2.1.1.2 โหลดที่มีลักษณะคล้ายตัวเก็บประจุหรือตัวเหนี่ยวนำ

โหลดประเภทนี้มักจะเป็นโหลดที่มีตัวเหนี่ยวนำอยู่ภายในหรือมีลักษณะของตัวเก็บประจุ หากพิจารณาจากลักษณะของกราฟแรงดันและกระแสของโหลดสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.2 ผลตอบสนองของกระแสและแรงดันของโหลดแบบรีแอคทีฟ

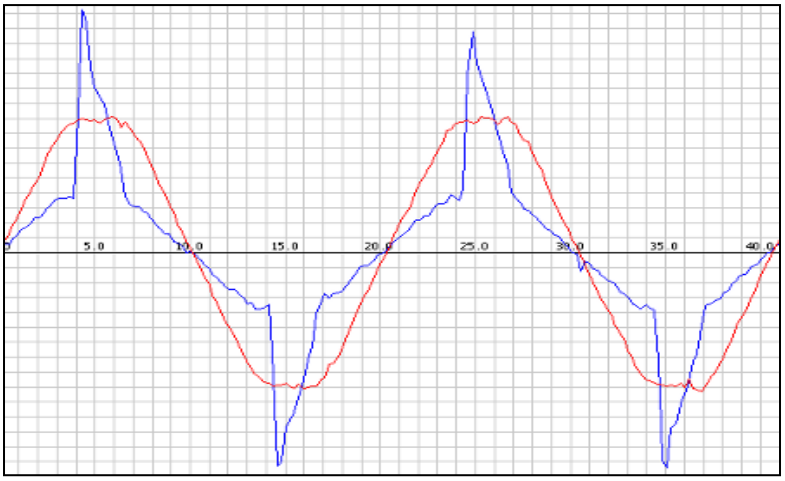
จะเห็นว่าเฟสแรงดันและเฟสของกระแสจะไม่ตรงกัน ทำให้ผลการคูณของแรงดันและกระแสนอกจากจะได้กำลังไฟฟ้าที่โหลดใช้จริงแล้วยังปรากฏส่วนของกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าที่โหลดจ่ายออกมาด้วยโหลดประเภทนี้ที่พบเจอภายในบ้าน ได้แก่ เครื่องซักผ้า เครื่องปั่น เครื่องเป่าผม พัดลม ซึ่งมีลักษณะของตัวเหนี่ยวนำเนื่องจากมีมอเตอร์อยู่ภายใน หรือเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่มีลักษณะของตัวเก็บประจุโหลดประเภทนี้มีลักษณะพิเศษอีกอย่างหนึ่งก็คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละช่วงมักจะไม่เท่ากัน ช่วงเริ่มใช้งานหรือช่วงที่โหลดกำลังสตาร์ทจะใช้พลังงานไฟฟ้าค่าหนึ่งเมื่อใช้ไประยะหนึ่งก็จะลดพลังงานที่ใช้ลงมาหรือเพิ่มขึ้น

2.1.1.3 โหลดไม่เป็นเชิงเส้น

โหลดที่ไม่มีความเป็นเชิงเส้น (non-linear load) มักจะเป็นโหลดที่มีปัญหากับการอ่านค่าพลังงานไฟฟ้ากล่าวคือ คุณสมบัติของกระแสและแรงดันของโหลดไม่มีรูปร่างที่แน่นอนสามารถเปลี่ยนแปลงได้ ดังได้แสดงรูปคุณสมบัติของกระแสและแรงดันของโหลดชนิดนี้ดังรูปที่ 2.4

โหลดประเภทนี้ลักษณะของรูปสัญญาณแรงดันและกระแสจะเพี้ยนไปจากรูปไซน์ปกติบางครั้งกลายเป็นคลื่นสามเหลี่ยมเลยก็มีเนื่องจากโหลดประเภทนี้มีการปะปนของความถี่อื่นนอกเหนือจากความถี่ที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าปกติ ที่จ่ายให้กับโหลดที่ 50 Hz ซึ่งส่วนใหญ่โหลดชนิดนี้จะมาจากวงจรที่มีการสวิตช์แรงดันที่ค่าความถี่สูงเช่น วงจรจ่ายไฟฟ้า (power supply) แบบสวิตช์ชิ่งและมีโหลดอื่นที่ใช้หลักการสวิตช์ความถี่สูงดังกล่าว เช่น คอมพิวเตอร์ หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ โทรทัศน์ เตาแม่เหล็กไฟฟ้า ไมโครเวฟ มอนิเตอร์ทีวีแบบLCD อะแดปเตอร์ของที่ชาร์จโทรศัพท์ 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.



รูปที่ 2.3 ผลตอบสนองแรงดันและกระแสในโหลดที่ไม่เป็นเชิงเส้น

อนึ่ง การแยกประเภทของโหลดออกเป็นสามแบบนั้นเพื่อให้ชี้ลักษณะเด่นเฉพาะของโหลดชนิดนั้นเท่านั้น ในความเป็นจริงแล้วโหลดหนึ่งๆ อาจจะมีลักษณะเป็นทั้งโหลดแบบรีแอคทีฟและโหลดไม่เป็นเชิงเส้น Load ในคราวเดียวกัน หรือโหลดที่เป็นลักษณะความต้านทาน เช่น ฮีทเตอร์ (heater) หากมีการขดของขดลวดความร้อนมากไปผลตอบสนองก็อาจจะมีลักษณะเป็น L ได้เช่นกัน

2.2 การคำนวณค่าไฟฟ้า

การคำนวนค่าไฟฟ้าจะแบ่งตามประเภทของไฟฟ้าที่ใช้ ซึ่งในบทความนี้จะสอนวิธีการคำนวณค่าไฟฟ้าประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัยอัตราปกติ

การคำนวณค่าไฟฟ้าจะแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ดังนี้

ค่าพื้นฐานไฟฟ้า จะคิดแบบขั้นบันได เช่น 15 ยูนิตแรก จะคิดราคาหนึ่ง 10 ยูนิตถัดไป คิดอีกราคาหนึ่ง เป็นต้น มักจะมีการอัพเดทค่าไฟฟ้าส่วนนี้ทุก ๆ 3 ปี

ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) จะเปลี่ยนไปตามราคาพลังงานต้น (ถ่านหิน , น้ำมัน) นำยูนิตมาคิดตรง ๆ และอัพเดททุก ๆ 4 เดือน

ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) 7% ของทั้ง 2 ส่วนด้านบนรวมกัน

ดังนั้น ค่าไฟฟ้าที่ต้องชำระจึงหาได้จาก ค่าพื้นฐานไฟฟ้า + ค่าไฟฟ้าผันแปร + ภาษีมูลค่าเพิ่ม นั่นเอง แต่กรณีใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 50 ยูนิตต่อเดือน จะไม่ต้องชำระค่าไฟฟ้าในเดือนนั้น

2.2.1 ค่าไฟฟ้าประเภทที่ 1

บ้านอยู่อาศัยอัตราปกติ จะแบ่งประเภทของผู้ใช้ได้อีก 2 แบบ ดังนี้

1. ใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วย (ยูนิต) ต่อเดือน

คุณสมบัติของผู้ใช้ที่เข้าประเภทนี้ คือ

มีการใช้ไฟฟ้าต่อเดือนไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน และไม่เคยใช้เกิน 150 หน่วยต่อเดือนต่อเนื่องเกิน 3 เดือน (เกิน 150 หน่วยต่อเนื่องครบ 3 เดือน จะเข้าประเภทเกิน 150 หน่วย) ติดตั้งหม้อแปลงไม่เกิน 5A 1 เฟส อัตราค่าพื้นฐานไฟฟ้า (ปี พ.ศ.2564) มีดังนี้

- ยูนิตที่ 1 - 15 คิดยูนิตละ 2.3488 บาท (สูงสุด 35.23 บาท)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 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.

- ยูนิตที่ 16 - 25 (10 ยูนิตถัดมา) คิดยูนิตละ 2.9882 บาท (สูงสุด 29.88 บาท)
- ยูนิคที่ 26 - 35 (10 ยูนิตถัดมา) คิดยูนิตละ 3.2405 บาท (สูงสุด 32.41 บาท)
- ยูนิคที่ 36 - 100 (65 ยูนิตถัดมา) คิดยูนิตละ 3.6237 บาท (สูงสุด 235.54 บาท)
- ยูนิคที่ 101 - 150 (50 ยูนิตถัดมา) คิดยูนิตละ 3.7171 บาท (สูงสุด 185.86 บาท)
- ยูนิคที่ 151 - 400 (250 ยูนิตถัดมา) คิดยูนิตละ 4.2218 บาท (สูงสุด 1,055.45 บาท)
- ยูนิคที่ 401 เป็นต้นไป คิดยูนิตละ 4.4217 บาท

ค่าบริการ 8.19 บาท

สมมุต ใช้ไฟฟ้า 105 ยูนิต การคำนวนให้นำค่าสูงสุดของแต่ละขั้นมาบวกกันเรื่อย ๆ กรณีเหลือเป็นเศษค่อยนำจำนวนยูนิตที่เหลือมาคูณตัวเลขแต่ละยูนิตในขั้นนั้น ๆ

- ยูนิตที่ 1 - 15 คิด 35.23 บาท
- ยูนิตที่ 16 - 25 คิด 29.88 บาท
- ยูนิคที่ 26 - 35 คิด 32.41 บาท
- ยูนิคที่ 36 - 100 คิด 235.54 บาท
- ยูนิคที่ 101 - 105 คิด 5 * 3.7171 = 18.5855 บาท ปัดเศษเหลือ 2 หลัก ได้ 18.59 บาท

ค่าบริการ 8.19 บาท

รวมอัตราค่าไฟฟ้าฐาน คือ 35.23 + 29.88 + 32.41 + 235.54 + 18.59 + 8.19 = 359.84 บาท

2. ใช้ไฟฟ้าเกิน 150 หน่วย (ยูนิต) ต่อเดือน

คุณสมบัติของผู้ใช้ที่เข้าประเภทนี้ คือ

มีการใช้ไฟฟ้าต่อเดือนเกิน 150 หน่วยต่อเนื่องครบ 3 เดือน ติดตั้งหม้อแปลงเกิน 5A 1 เฟส

อัตราค่าพื้นฐานไฟฟ้า (ปี พ.ศ.2560) มีดังนี้

- ยูนิตที่ 1 - 150 คิดยูนิตละ 3.2484 บาท (สูงสุด 487.26 บาท)
- ยูนิตที่ 151 - 400 (250 ยูนิตถัดมา) คิดยูนิตละ 4.2218 บาท (สูงสุด 1,055.45 บาท)
- ยูนิคที่ 401 เป็นต้นไป คิดยูนิตละ 4.4217 บาท

ค่าบริการ 38.22 บาท

สมมุต ใช้ไฟฟ้า 200 ยูนิต สามารถคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าฐานได้ดังนี้

- ยูนิตที่ 1 - 150 คิด 487.26 บาท
- ยูนิตที่ 151 - 200 คิด 50 * 4.2218 = 211.09 บาท

ค่าบริการ 38.22 บาท

รวมอัตราค่าไฟฟ้าฐาน คือ 487.26 + 211.09 + 38.22 = 736.57 บาท

2.2.2 ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)

ค่า Ft จะเปลี่ยนทุก ๆ 3 เดือน และเป็นค่าบวก หรือค่าลบก็ได้ เช่น ช่วงเดือนกันยายน ถึง ธันวาคม ของปี พ.ศ.2560 ค่า Ft อยู่ที่ -15.90 บาท

- สมมุต (1) ใช้ไฟฟ้า 105 ยูนิต ค่า Ft หาได้จาก 105 * (-15.90 / 100) = -16.695 บาท ปัดเศษ ได้ -16.7 บาท
- สมมุต (2) ใช้ไฟฟ้า 200 ยูนิต ค่า Ft หาได้จาก 200 * (-15.90 / 100) = -31.8 บาท

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.

2.2.3 ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) 7%

คิดจากผลรวมของอัตราค่าไฟฟ้าฐาน และ ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) นำมาคูณด้วย 7 / 100 หรือคูณด้วย 0.07

- สมมุต (1) ค่าผลรวมของอัตราค่าไฟฟ้าฐาน และ ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) คือ 359.84 + (-16.7) = 343.14 บาท นำมาคิด VAT ได้ 343.14 * 0.07 = 24.0198 บาท ปัดเศษ ได้ 24.02 บาท

- สมมุต (2) ค่าผลรวมของอัตราค่าไฟฟ้าฐาน และ ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) คือ 736.57 + (-31.8) = 704.77 บาท นำมาคิด VAT ได้ 704.77 * 0.07 = 49.3339 บาท ปัดเศษ ได้ 49.33 บาท

รวมค่าไฟฟ้าที่ต้องชำระ นำค่าทั้ง 3 รวมกัน คือ ค่าพื้นฐานไฟฟ้า + ค่าไฟฟ้าผันแปร + ภาษีมูลค่าเพิ่ม

- สมมุต (1) ค่าพื้นฐานไฟฟ้า + ค่าไฟฟ้าผันแปร + ภาษีมูลค่าเพิ่ม คือ 359.84 + (-16.7) + 24.02 รวมต้องชำระ 367.16 บาท

- สมมุต (2) ค่าพื้นฐานไฟฟ้า + ค่าไฟฟ้าผันแปร + ภาษีมูลค่าเพิ่ม คือ 736.57 + (-31.8) + 49.33 รวมต้องชำระ 754.1 บาท

2.3 Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)

รูปที่ 2.4 MQTT

MQTT ย่อมาจาก **M**essage **Q**ueue **T**elemetry **T**ransport เป็นโปรโตคอลที่ออกแบบมาเพื่อเชื่อมต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ M2M (machine-to-machine) โดยเป็นส่วนหนึ่งของเทคโนโลยี IoT (Internet of Things) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่อินเทอร์เน็ตเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งการสื่อสารกับอุปกรณ์สามารสื่อสารผ่านอินเทอร์เน็ต ซึ่งจะทำให้มนุษย์สามารถ ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆได้จากที่อื่นได้

ซึ่ง MQTT มีหลักการทำงานประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ผู้ส่ง(publish), ผู้รับ(subscribe)และตัวกลาง(MQTT broker) โดยผู้รับหรือผู้ส่งนั้นจะใช้อุปกรณ์ชนิดใดก็ได้ ขอเพียงมีแอพพลิเคชั่นหรือโปรแกรมที่รองรับโปรโตคอล MQTT

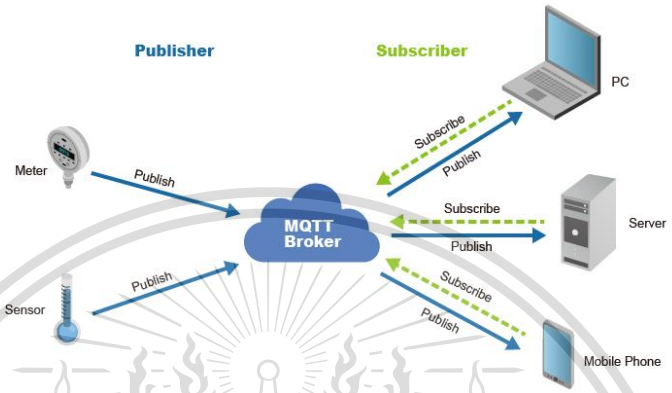
องค์ประกอบของ MQTT

1.ผู้ส่ง (publish) จะคอยส่งข้อมูลหรือข้อความไปยังตัวกลาง (MQTT broker) โดยสิ่งที่ส่งจะประกอบด้วย หัวข้อ (Topic)และ ข้อความ (Message)

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.ผู้รับ (subscribe) ทำหน้าที่จะต้องเชื่อมต่อกับตัวกลางและ ติดตาม topic ให้ตรงกับผู้ส่ง เมื่อผู้ส่ง ส่งข้อความมาและผู้รับตรวจสอบว่ามี topic ตรงก็จะสามารถรับข้อความนั้นได้ แต่หากมีบางอย่างไม่ตรงกันก็จะไม่สามารถรับข้อความได้

3.ตัวกลาง (MQTT Broker) มีหน้าที่รับข้อความจากผู้ส่งและ กระจาย(Broadcast) ให้กับผู้รับที่มี topic ตรงกัน



รูปที่ 2.5 หลักการทำงาน MQTT

2.4 Firebase

รูปที่ 2.6 Firebase

Firebase เป็นส่วนหนึ่งผลิตภัณฑ์ของ Google โดย Firebase นั้นเป็นแพลตฟอร์ม ที่รวบรวมเครื่องมือต่าง ๆ สำหรับจัดการในส่วนของ Backend หรือ Server side ซึ่งทำให้สามารถ Build Mobile Application ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังลดเวลาและค่าใช้จ่ายของการทำ Server side หรือการวิเคราะห์ข้อมูลให้อีกด้วย โดยมีทั้งเครื่องมือที่ฟรี และเครื่องมีที่มีค่าใช้จ่าย

Build Better Apps

- **Cloud Firestore** จัดเก็บและซิงค์ข้อมูลระหว่างผู้ใช้และอุปกรณ์ในระดับโลกโดยใช้ฐานข้อมูล NoSQL ที่โฮสต์บนคลาวด์ Cloud Firestore ให้การซิงโครไนซ์แบบสดและการสนับสนุนออฟไลน์พร้อมกับการสืบค้นข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ การผสานรวมกับผลิตภัณฑ์ Firebase อื่น ๆ ช่วยให้คุณสร้างแอปแบบไร้เซิร์ฟเวอร์ได้อย่างแท้จริง

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.

- **Authentication** จัดการผู้ใช้ของคุณด้วยวิธีที่ง่ายและปลอดภัย Firebase Auth มีหลายวิธีในการตรวจสอบสิทธิ์รวมถึงอีเมลและรหัสผ่านผู้ให้บริการบุคคลที่สามเช่น Google หรือ Facebook และใช้ระบบบัญชีที่คุณมีอยู่โดยตรง สร้างอินเทอร์เฟซของคุณเองหรือใช้ประโยชน์จากโอเพ่นซอร์ส UI ที่ปรับแต่งได้อย่างเต็มที่
- **Hosting** ลดความซับซ้อนของเว็บโฮสติ้งของคุณด้วยเครื่องมือที่สร้างขึ้นเฉพาะสำหรับเว็บแอปสมัยใหม่ เมื่อคุณอัปโหลดเนื้อหาเว็บของคุณเราจะส่งเนื้อหาเหล่านั้นไปยัง CDN ทั่วโลกของเราโดยอัตโนมัติและมอบใบรับรอง SSL ฟรีเพื่อให้ผู้ใช้ของคุณได้รับประสบการณ์ที่ปลอดภัยเชื่อถือได้และมีเวลาแฝงต่ำไม่ว่าจะอยู่ที่ใดก็ตาม
- **Realtime Database** Realtime Database คือฐานข้อมูลดั้งเดิมของ Firebase เป็นโซลูชันที่มีประสิทธิภาพและมีเวลาแฝงต่ำสำหรับแอปบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ที่ต้องการสถานะการซิงค์ระหว่างไคลเอนต์แบบเรียลไทม์ เราขอแนะนำ Cloud Firestore แทน Realtime Database สำหรับนักพัฒนาส่วนใหญ่ที่เริ่มโปรเจคใหม่

2.5 NETPIE 2020

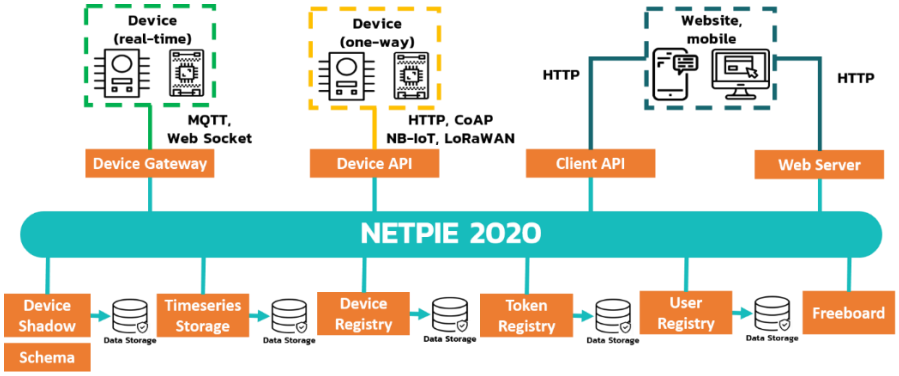
รูปที่ 2.7 NETPIE

NETPIE 2020 คือ แพลตฟอร์มที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองผู้ใช้งานเชิงพาณิชย์ เช่น ผู้ผลิตอุปกรณ์ IoT อุตสาหกรรม โรงงาน และองค์กรที่พัฒนาสู่ยุค Digital Transformation 4.0 ซึ่งจะช่วยธุรกิจให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ด้วยเทคโนโลยีการเชื่อมต่อทุกสรรพสิ่ง หรือ Internet of Things (IoT) โดยแพลตฟอร์มจะช่วยให้อุปกรณ์ต่างๆ สามารถสื่อสารกันได้ เกิดการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์แบบเวลาจริง (real-time) ทำให้ผู้ใช้งานทราบถึงข้อมูลของอุปกรณ์ ณ เวลานั้นๆ ไม่ว่าผู้ใช้งานจะอยู่ที่ไหนเวลาใดก็ตาม ทั้งยังรองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ IoT ได้จำนวนมหาศาล ทำให้ตอบโจทย์กลุ่มผู้ใช้งานเชิงพาณิชย์ที่มีอุปกรณ์ IoT จำนวนมากอย่างแน่นอน

2.5.1 คุณสมบัติหลักๆของ NETPIE 2020 Platfrom ประกอบไปด้วย

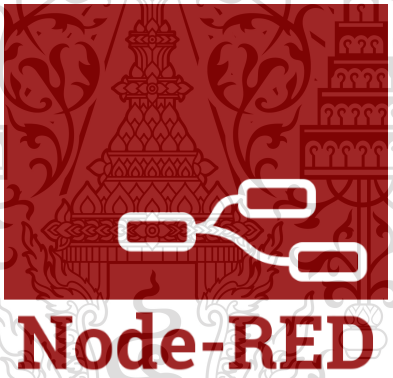
1. การแสดงค่าข้อมูลจากเซ็นเซอร์หรืออุปกรณ์แบบเวลาจริง (real-time)
2. การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ผ่าน Cloud Platform (Controlling)
3. การเก็บค่าข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์หรืออุปกรณ์ (Data Storage)
4. การแจ้งเตือนความผิดปกติของเซ็นเซอร์หรืออุปกรณ์จากที่ได้กำหนดไว้ (Notification)

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 2.8 การแสดงผลและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ผ่าน Dashboard

2.6 Node-Red

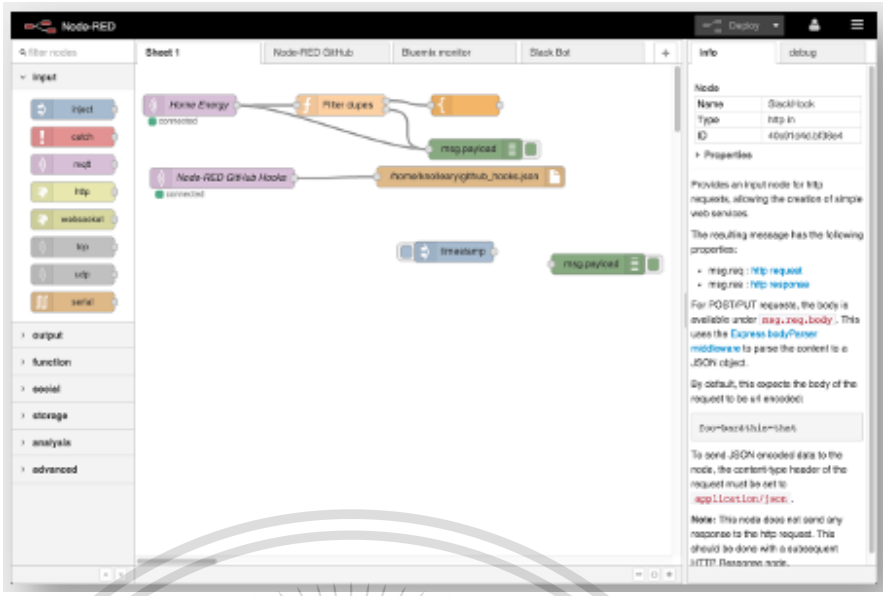


รูปที่ 2.9 Node-Red

Node-Red เปรียบเสมือนเครื่องมือที่ช่วยในการติดต่อกันระหว่าง serverและ device หรือ client ผ่าน API หรือบริการต่างๆ

ตัวNode-Red จะใช้ Browser ในการสร้าง Flow แต่ละ Flow มาต่อกัน แล้วกำหนดค่าการทำงานและเชื่อมโยงสายต่างๆกันไปมา เพื่อให้เกิดการทำงานรูปแบบตามที่ต้องการ โดย Node-RED สร้างบน Node.js ทำให้สามารถเชื่อมโยงกับโมดูล ที่กำเนิดบนโครงสร้างเดียวกันได้มากมาย

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 การสร้าง Flow ใน Node-Red

2.7 JSON (JavaScript Object Notation)

รูปที่ 2.11 JSON (Javascript Object Notation)

JSON (JavaScript Object Notation) คือ รูปแบบของข้อมูลที่ใช้สำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลที่มีขนาดเล็ก ซึ่งคนสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย และสามารถถูกสร้างและอ่านโดยเครื่องได้ง่าย มันถูกกำหนดภายใต้ภาษา JavaScript (JavaScript Programming Language, Standard ECMA-262 3rd Edition – December 1999.) JSON เป็นรูปแบบข้อมูลตัวอักษรที่มีความเป็นอิสระอย่างสมบูรณ์ แต่จะมีหลักการการเขียนที่คุ้นเคยกับนักเขียนโปรแกรมภาษาต่าง ๆ ได้ ไม่ว่าจะเป็น ภาษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งนี้ ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

C, C++, C#, Java, Javascript, Perl, Python และอื่นๆ คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้ JSON เป็นภาษาแลกเปลี่ยนข้อมูลที่มีสมบูรณ์แบบ

2.7.1 JSON สามารถสร้างได้ 2 รูปแบบ คือ

1. การจัดเก็บในชุดข้อมูลที่มีชื่อข้อมูลและข้อมูลคู่กัน ในภาษาต่าง ๆ ข้อมูลจะจัดอยู่ในรูปแบบของ Object, record, struct, dictionary, hash table, keyed list หรือ assosiative array

2. ลำดับของค่าข้อมูล ในภาษาโปรแกรมส่วนใหญ่ จะจัดอยู่ในรูปแบบของ array, vector, list หรือ sequence

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
วิธีการดำเนินงาน

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนของการดำเนินงานได้วางแผนไว้ดังนี้

1. ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาหลักการของเซนเซอร์ที่จะนำมาใช้
3. ออกแบบและวางแผนการสร้างเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า และระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง
4. สั่งซื้อเซนเซอร์และอุปกรณ์ต่างๆ
5. ทดสอบเซนเซอร์ที่นำมาใช้และตรวจสอบเช็คอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จะนำมาประกอบเข้าด้วยกัน
6. เขียนโปรแกรมเพื่อให้เซ็นเซอร์สามารถอ่านค่าไฟฟ้าต่างๆที่เราต้องการ
7. เขียนโปรแกรมการส่งค่าจากเซนเซอร์ไปยัง NETPIE2020 และส่งค่าพลังงานไฟฟ้าไปไว้บน Firebase เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูล
8. ออกแบบและสร้าง Dashboard ในการแสดงค่าผลโดยใช้ Nod-red เป็นตัวรับค่าจาก NETPIE และ Firebase
9. สร้างชุดอุปกรณ์ตามแบบที่วางแผนไว้
10. ทดสอบอุปกรณ์การตรวจวัดและทดสอบการนำค่าขึ้นบนเว็บไซต์ตามที่ออกแบบไว้พร้อมทั้งแก้ไขปัญหาที่เจอในขั้นตอนการทดสอบ
11. สรุปผลและจัดทำเอกสารรายงานการวิจัย

3.2 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

3.2.1 PZEM-004T AC Digital Power Energy Meter Module โมดูลวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

รูปที่ 3.1 PZEM-004T-100A

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.

3.2.1.1 ฟังก์ชันการใช้งาน

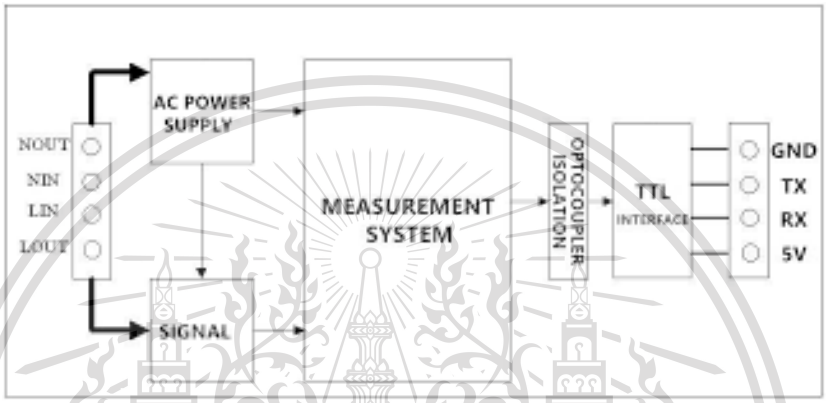
1.สามารถวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆได้ ได้แก่ แรงดันฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าจริง และค่าพลังงานไฟฟ้า ความถี่และค่า Power Factor

2.มีฟังก์ชันในการรีเซ็ตค่าพลังงานไฟฟ้า

3.สามารถเก็บข้อมูลไว้ได้ เมื่อเครื่องไม่ได้ทำงาน

4.มีฟังก์ชันในการแสดงผลผ่านคอมพิวเตอร์

5.ฟังก์ชันในการสื่อสารผ่านซีเรียล โดยจะมีการสื่อสารผ่าน TTL ในตัว และสามารถสื่อสารได้หลากหลายผ่านทางพินของบอร์ด



รูปที่ 3.2 แผนผังวงจร PZEM-004T-100A

โดยวงจรของโมดูลนั้นจะถูกแบ่งเป็นสองส่วน คือส่วนทางเข้าจะเป็นส่วนของทางเข้าของแรงดันไฟฟ้าและ กระแสไฟฟ้า ส่วนที่ฝั่งจะเป็นส่วนของพอร์ตที่จะสื่อสารออกไป

3.2.1.2 ข้อควรระวัง

1.โมดูลนี้เหมาะใช้สำหรับภายในอาคาร และไม่ควรนำออกไปใช้ภายนอกอาคาร

2.โหลดของเครื่องใช้ไฟฟ้าควรจะไม่เกินอัตรากำลังของโมดูลที่จะรับได้

3.การต่อวงจรจะต้องต่อให้ถูกต้อง

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.

3.2.2 NodeMCU ESP8266 V3 Lau WiFi

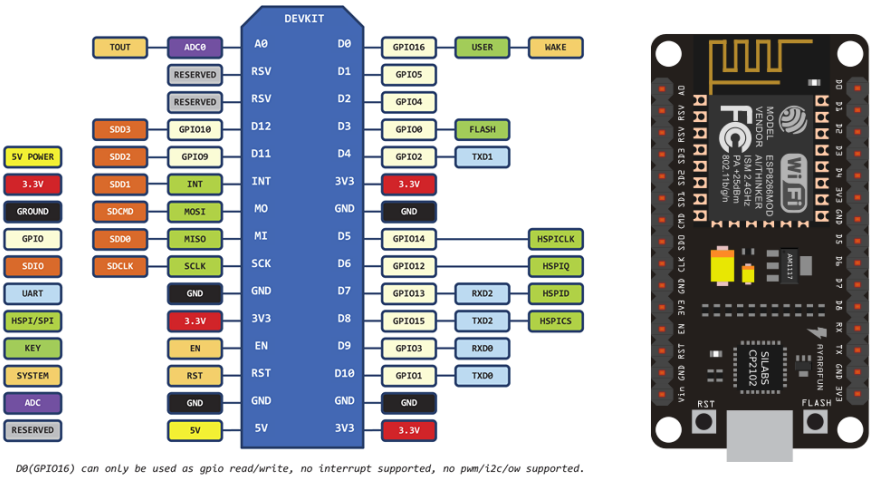
รูปที่ 3.3 NodeMCU ESP8266

NodeMCU คือ แพลตฟอร์มหนึ่งที่ใช้ช่วยในการสร้างโปรเจค Internet of Things (IoT) ที่ประกอบไปด้วย Development Kit (ตัวบอร์ด) และ Firmware (Software บนบอร์ด) ที่เป็น Open source สามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Lau ได้ทำให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น มาพร้อมกับโมดูล WiFi (ESP8266) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการใช้เชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตนั่นเอง ตัวโมดูล ESP8266 นั้นมีอยู่ด้วยกันหลายรุ่นมาก ตั้งแต่เวอร์ชันแรกที่เป็น ESP-01 จนปัจจุบันมีถึง ESP-12 แล้ว และที่ฝังอยู่ใน NodeMCU version แรกนั้นก็เป็น ESP-12 แต่ใน version3 นั้นจะใช้เป็น ESP-12E แทน ซึ่งการใช้งานโดยรวมก็ไม่แตกต่างกันมากนัก NodeMCU นั้นมีลักษณะคล้ายกับ Arduino ตรงที่มีพอร์ต Input Output built in มาในตัว สามารถเขียนโปรแกรมคอนโทรลอุปกรณ์ I/O ได้โดยไม่ต้องผ่านอุปกรณ์อื่นๆ และมีนักพัฒนาที่สามารถทำให้ Arduino IDE ใช้งานร่วมกับ NodeMCU ได้จึงทำให้ใช้ภาษา C/C++ ในการเขียนโปรแกรมได้ ทำให้เราสามารถใช้งานมันได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น NodeMCU ตัวนี้สามารถทำอะไรได้หลายอย่างมากโดยเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ IoT ไม่ว่าจะเป็นการทำ Web Server ขนาดเล็ก การควบคุมการเปิดปิดไฟผ่าน WiFi และอื่น ๆ อีกมากมาย

คุณสมบัติทางเทคนิคของ NodeMCU 1.0 (ESP-12E) Version 3

1. NodeMCU นี้ based on โมดูล WiFi ที่ชื่อ ESP8266
2. มี GPIO PWM, I2C, 1-Wire และ ADC รวมมาอยู่บนบอร์ดเดียว
3. มี USB-TTL มาในตัวเหมือนกับการใช้ ESP8266 ปกติทำให้ใช้งานได้สะดวกขึ้น
4. มีขา GPIO 10 ขา ทุกๆขาสามารถเป็น PWM, I2C และ 1-wire ได้
5. มี PCB antenna สำหรับรับส่งสัญญาณไร้สาย
6. ใช้คอนเนกเตอร์แบบ micro-USB สำหรับจ่ายแรงดันไฟเลี้ยงหรือเท่ากับ +5V และสำหรับดาวน์โหลดเฟิร์มแวร์

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 3.4 ลักษณะขา PIN ของ NodeMCU ESP8266

3.2.3 AC-DC HLK-PM01 โมดูลแปลงไฟ 220V to 5V

รูปที่ 3.5 โมดูลแปลงไฟ 220V to 5V

AC-DC HLK-PM01 คือโมดูลแปลงไฟ 220VAC เป็น 5VDC 0.6A ตัวแปลงไฟ 220VAC เป็น 5VDC 600mA (3W) แรงดันอินพุต 100-240VAC แรงดันเอาต์พุต 5VDC กระแสเอาต์พุต: 600mA (กระแสพีค: 1000mA) มีป้องกันกระแสเกินและการช็อต Output Over Load and Short circuit protection เหมาะกับการนำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟที่ต้องการกระแสไม่สูงมากนักเช่น esp8266 esp32 บอร์ด Arduino

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.

3.2.4 เบรกเกอร์ไฟฟ้า 20A

รูปที่ 3.6 เบรกเกอร์ไฟฟ้า 20A

เซฟตี้เบรกเกอร์ 2P 1E AC 220V 20 แอมป์ เป็นเครื่องตัดวงจรไฟฟ้าที่ใช้สำหรับสิ่งก่อสร้าง เครื่องมือและเครื่องจักรต่างๆ การต่อสายไฟ L (Line Pole) กับ N(Neutral) ต้องต่อให้ถูกขั้วขันตะปูเกลียวที่ข้อต่อให้แน่น หลีกเลี่ยงสภาวะการใช้งานที่มีความชื้นสูง มีฝุ่นละอองหรือมีแก้สที่ทำให้เกิดการกัดกร่อน

คุณสมบัติ

1. เซฟตี้เบรกเกอร์ 2P 1E AC 220V 20 แอมป์
2. เป็นเครื่องตัดวงจรไฟฟ้าที่ใช้สำหรับสิ่งก่อสร้าง เครื่องมือและเครื่องจักรต่างๆ
3. การต่องสายไฟ L (Line Pole) กับ N(Neutral) ต้องต่อให้ถูกขั้ว ขันตะปูเกลียวที่ข้อต่อให้แน่น
4. หลีกเลี่ยงสภาวะการใช้งานที่มีความชื้นสูง มีฝุ่นละอองหรือมีแก้สที่ทำให้เกิดการกัดกร่อน

3.3 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง

3.3.1 Arduino IDE

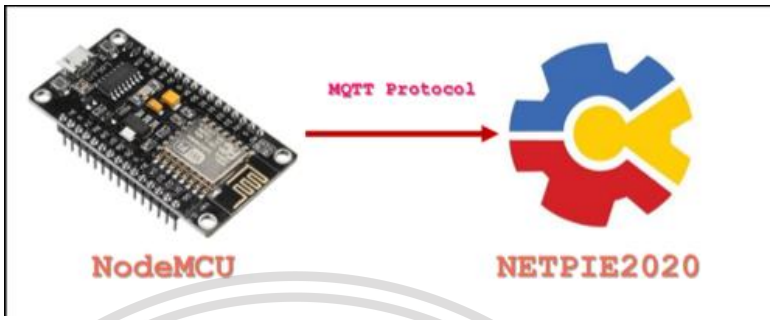
ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมการทำงานต่างๆ ให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 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.

3.3.2 NETPIE 2020

การเชื่อมต่อ NETPIE2020 ด้วยการใช้ NodeMCU โดยการที่จะเข้าสู่ NETPIE2020 นั้น จำเป็นต้องระบุตัวตนผ่าน Client-ID, Token, Secret



รูปที่ 3.8 การเชื่อมต่อ NETPIE ด้วยการใช้ NodeMCU

3.3.3 Firebase

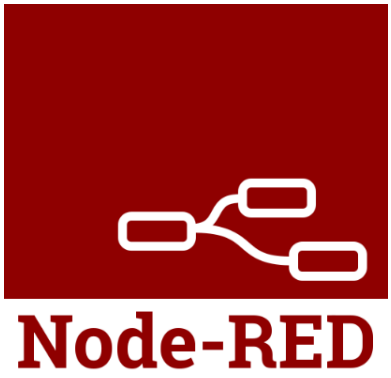
การเชื่อมต่อ Firebase กับ NodeMCU ตัว Firebase จะเป็นระบบฐานข้อมูลแบบเวลาจริง จาก google ซึ่งใช้เก็บข้อมูลกำลังไฟฟ้าเพื่อที่จะสามารรถดูค่าย้อนหลังได้ แต่ตัว Firebase จะเชื่อมต่อกับ Node-Red อีกทีเพื่อให้ตัว Node-red เป็นตัวแสดงผลข้อมูล

รูปที่ 3.9 การเชื่อมต่อ Firebase กับ NodeMCU

3.3.4 Node-Red

Node-Red จะทำการติดต่อ NETPIE2020 และ Firebase เพื่อรับค่ามาใช้ Browser ในการสร้าง Flow แต่ละ Flow มาต่อกัน แล้วกำหนดค่าการทำงานและเชื่อมโยงสายต่างๆกันไปมา แล้วแสดงผลบน dashboard ของ 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.



รูปที่ 3.10 Node-Red

3.4 การออกแบบและการวางแผนการทำงาน

3.4.1 การออกแบบและการวางแผนทางด้านฮาร์ดแวร์

1. ศึกษาและเลือกเซนเซอร์ที่ต้องการ
2. ศึกษาและเลือกไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้งาน
3. ทดสอบผลการวัดของเซนเซอร์ทุกตัว
4. เลือกอุปกรณ์สำหรับแสดงผล แหล่งจ่ายไฟ และอุปกรณ์อื่นๆ ที่ต้องใช้ในการต่อร่วมกัน
5. ออกแบบชุดเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า
6. ประกอบอุปกรณ์ต่างๆ ตามรูปแบบที่ออกแบบไว้

3.4.2 การออกแบบและการวางแผนทางด้านซอฟต์แวร์

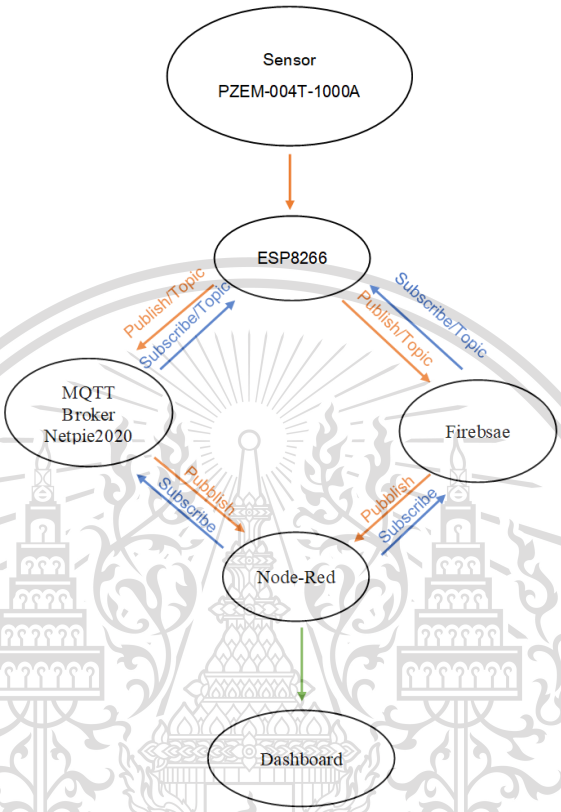
1. ศึกษาโปรแกรมที่จะนำมาเขียนให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และการสร้างแอปพลิเคชัน
2. กำหนดรูปแบบการแสดงผล
3. เขียนโปรแกรม Arduino เพื่อรับค่าจากเซนเซอร์ และส่งค่าไปแสดงผลตามรูปแบบที่กำหนด
4. ส่งค่าจากโปรแกรม Arduino ไปที่ NETPIE2020 และ Firebase
5. Node-Red เชื่อมต่อสื่อสารกับ NETPIE2020 และ Firebase เพื่อนำค่ามาแสดงผล
6. ทดสอบโปรแกรม และดูการแสดงผลบนหน้าเว็บที่ได้ออกแบบไว้

3.4.3 ภาพรวมระบบ

จากการออกแบบโครงสร้างของระบบเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าแบบไร้สายผ่านอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง จะสามารถแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.11 ซึ่งภายในระบบจะประกอบไปด้วย เซ็นเซอร์ PZEM-004t-100A เพื่อใช้ในการวัดค่ากระแสไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้า ค่าความถี่ ค่า Power Fector ค่าพลังงานไฟฟ้าและค่ากำลังไฟฟ้า ในกรณีที่มีการเปิดการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า ข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์ในการตรวจวัด จะถูกทำการประมวลผลและควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัว Publish ในการเชื่อมต่อเครือข่ายสำหรับส่งข้อมูลการใช้ไฟฟ้า ให้กับ MQTT Broker คือ NETPIE2020 และส่งค่ากำลังไฟฟ้าเพื่อไปเก็บในฐานข้อมูลของ Firebase จากนั้นตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา 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.

Node-Red จะ Subscribe ค่าจาก NETPIE2020 เพื่อมาทำการแสดงผลค่าไฟฟ้าบนหน้า Dashboard และ Subscribe ค่าจาก Firebase เพื่อแสดงค่าการใช้กำลังไฟฟ้าและสามารถดูข้อมูลการใช้กำลังไฟฟ้าย้อนหลังได้



รูปที่ 3.11 ภาพรวมระบบ

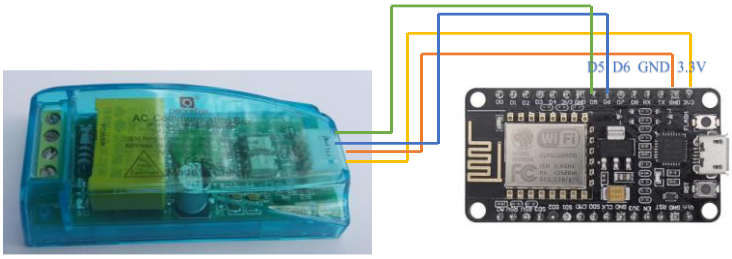
3.5 วิธีการดำเนินการ

3.5.1 การทดสอบเซนเซอร์

การทดสอบเซนเซอร์ PZEM-004t-100A

ทอสอบเพื่อดูการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความถี่ ค่า Power factor ค่าพลังงานไฟฟ้าและค่ากำลังไฟฟ้า โดยจะนำโมดูลเซนเซอร์ต่อเข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ดังรูปที่ 3.12

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 3.12 การต่อโมดูล PZEM-004T-100A กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266

ในการทดสอบจะต่อวงจร PZEM-004T-100A กับ ESP8266 ดังนี้

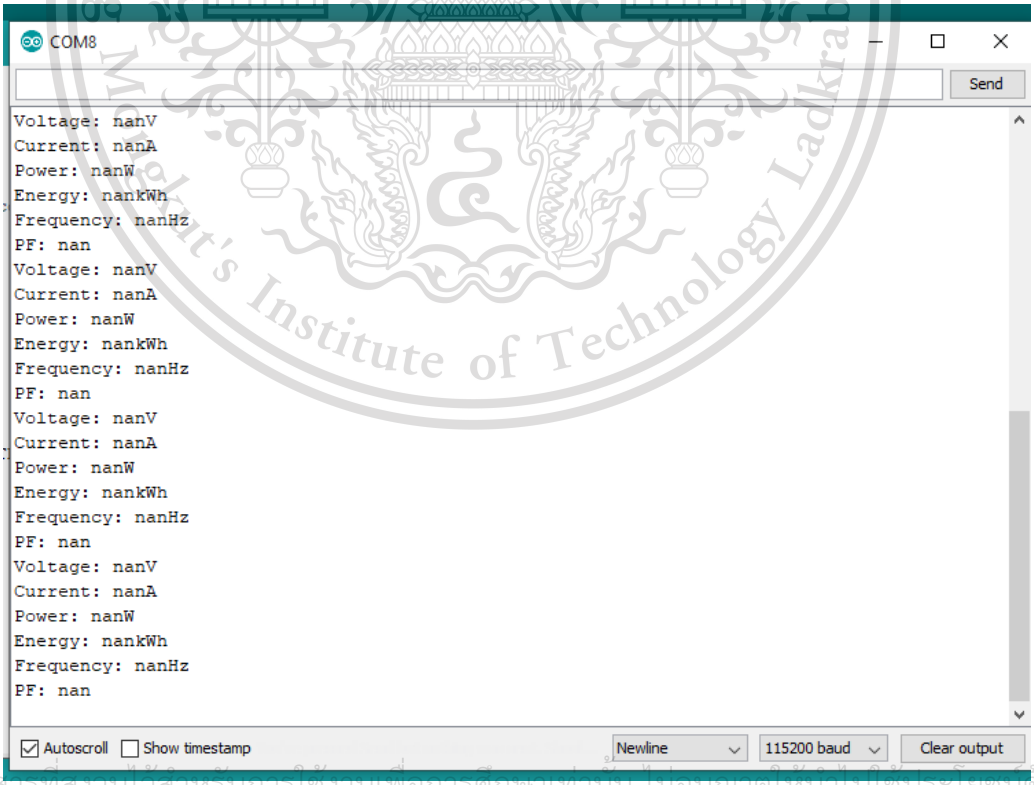
3V3 -> 5V

GND -> GND

D6 -> TX

D5 -> RX

ในการทดสอบจะดูว่าเซนเซอร์สามารถวัดค่าทั้งหมดที่เราต้องการได้หรือไม่และทดสอบการเชื่อม WIFI ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 อีกด้วย ซึ่งการทดสอบเมื่อบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อ WIFI ได้และสามารถอ่านค่าจากเซนเซอร์ได้จะให้ผล ดังรูปที่ 3.13

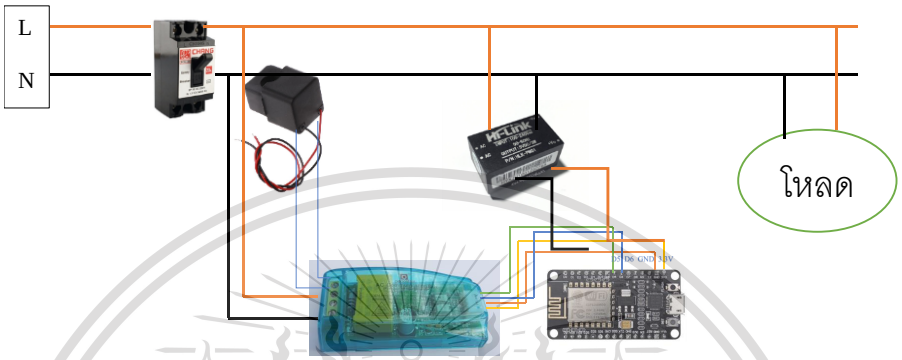


รูปที่ 3.13 ผลการทดสอบเซนเซอร์ PZEM-004T-100A

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.

3.5.2 การต่อเซนเซอร์และอุปกรณ์ต่างๆ กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266

ทำการต่อ เบรกเกอร์ และเต้ารับ รวมถึง HI-Link (ใช้จ่ายไฟให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์) ตามรูปที่ 3.14 เพื่อทำการทดลองอ่านค่าจากเซนเซอร์ที่เราต้องการคือ ค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความถี่ ค่า Power factor ค่าพลังงานไฟฟ้าและค่ากำลังไฟฟ้า และโหลดที่ใช้ทดสอบคือ พัดลม ซึ่งจะได้ค่าตามรูปที่ 3.15



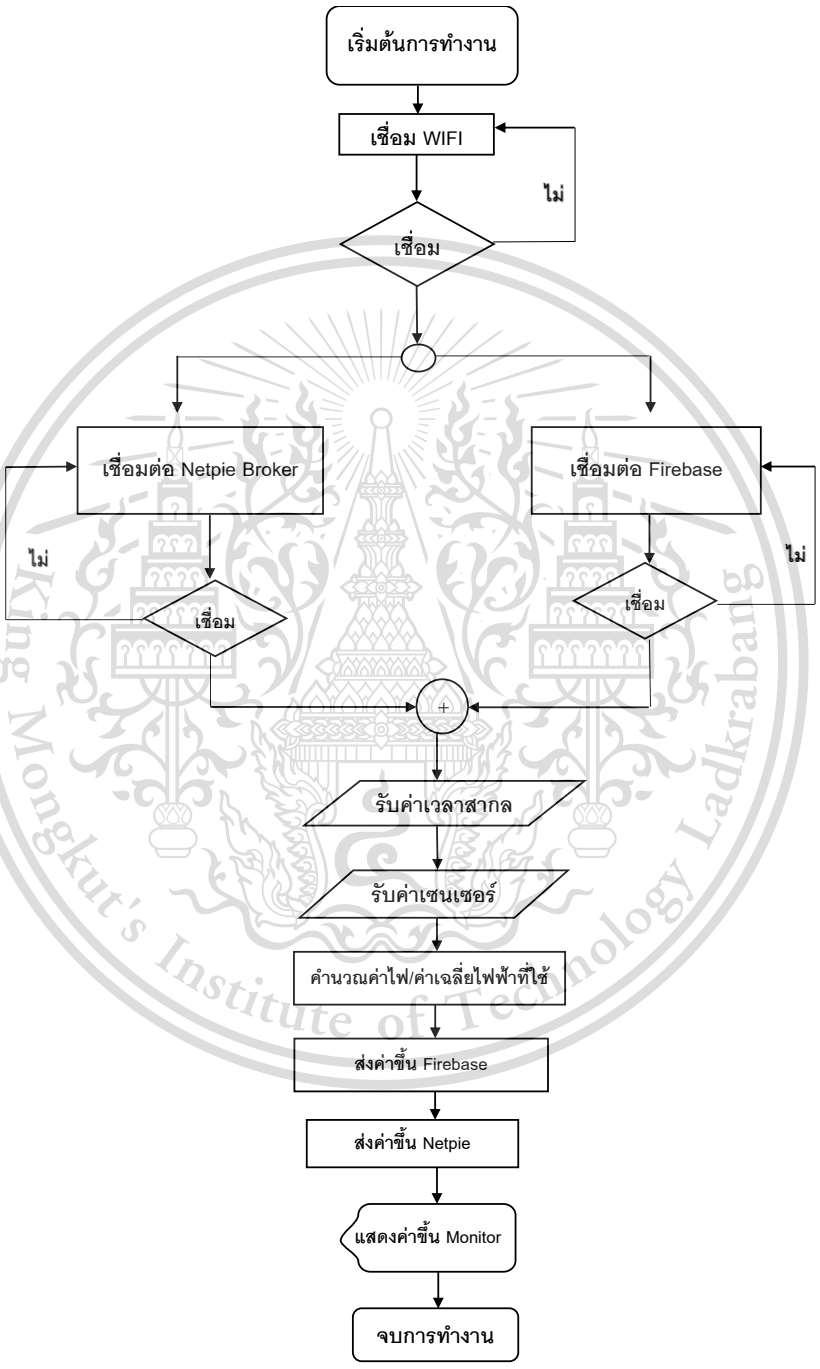
รูปที่ 3.14 การต่อเซนเซอร์และอุปกรณ์ต่างๆกับ ESP8266

รูปที่ 3.15 ผลการทดสอบการอ่านค่าจากเซนเซอร์เมื่อต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ และมีโหลด

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.

3.5.3 การออกแบบการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266

เมื่อทำการทดสอบส่วนฮาร์ดแวร์ครบถ้วนแล้ว ทำการออกแบบ Flowchart ของการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 เริ่มจากการวัดค่าจากเซนเซอร์ส่งค่าให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 กำหนดค่าระบบเครือข่ายเพื่อรับส่งค่าระหว่าง Netpie2020 และ Firebase จะแสดงดังรูปที่ 3.16

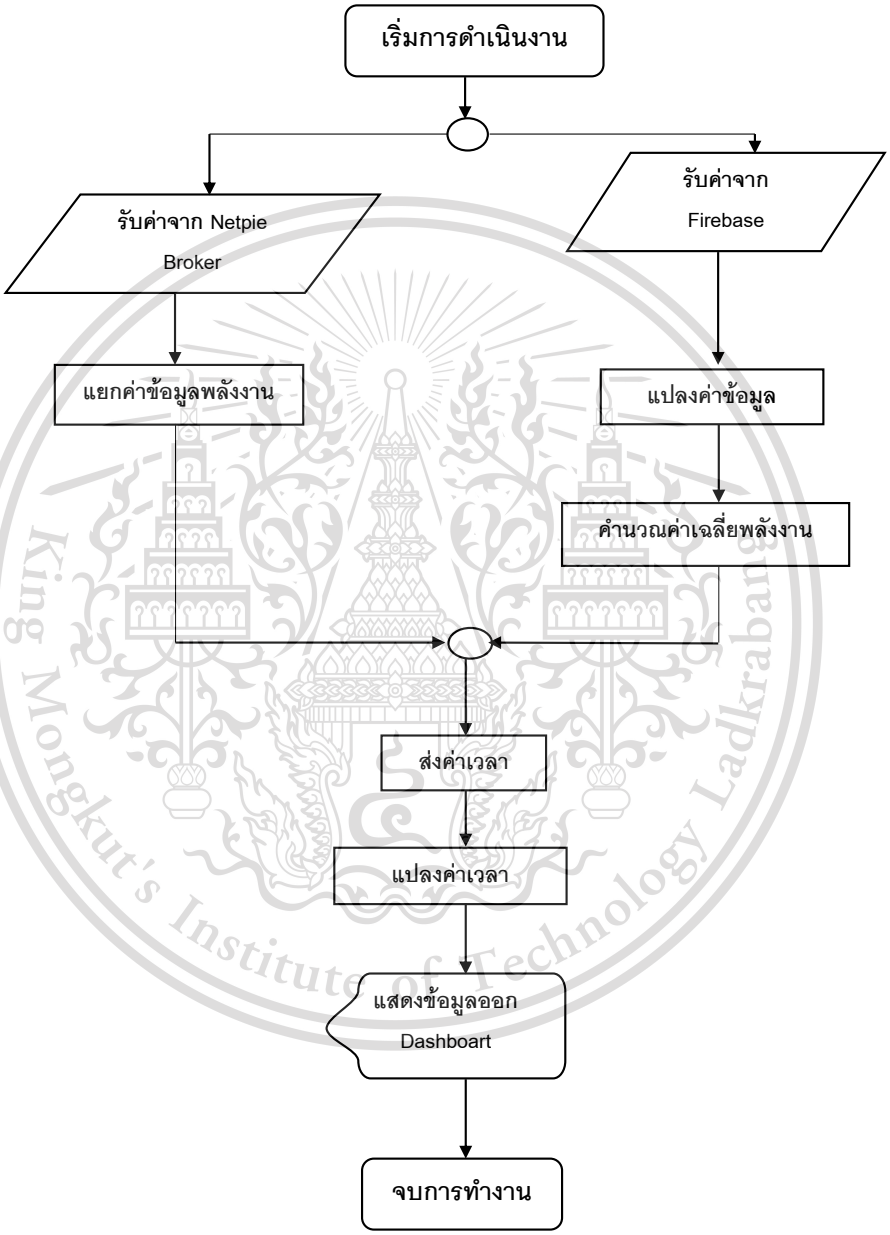


รูปที่ 3.16 Flowchart ของโปรแกรม Arduino IDE

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.

3.5.4 การออกแบบการแสดงผลข้อมูลการใช้ไฟฟ้า

ในส่วนการแสดงผลจะเริ่มจาก Node-Red รับค่าจาก Netpie2020 และ Firebase และจะนำค่ามาแปลงค่าหรือแยกข้อมูลต่างๆ แล้วทำการสร้าง Flow เชื่อมข้อมูลเพื่อแสดงผลข้อมูลบน Dashboard จบการทำงานดังรูปที่ 3.17

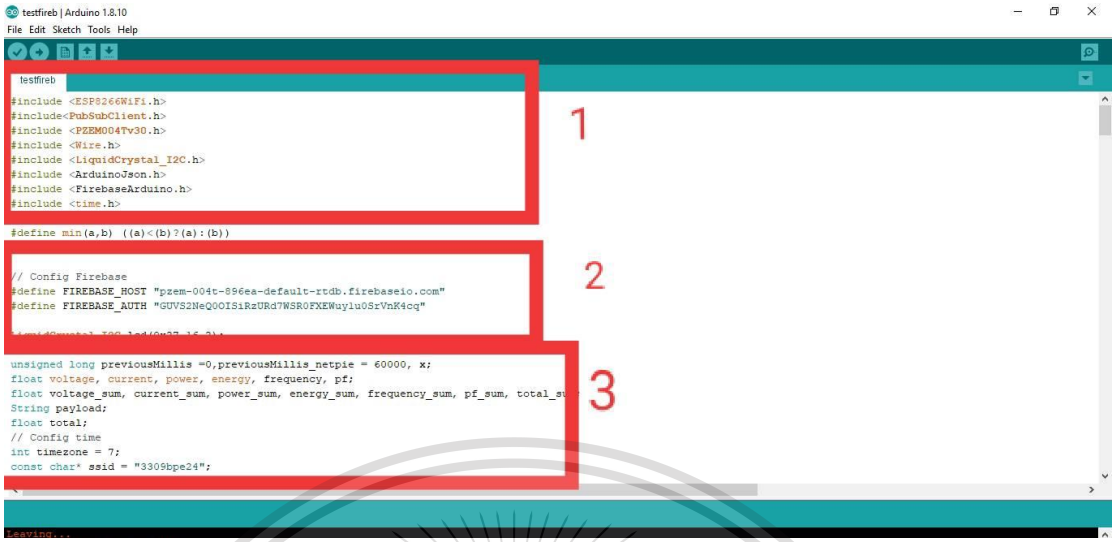


รูปที่ 3.17 Flowchart การทำงานบน Node-Red

3.5.6 การเขียนโปรแกรมใน Arduino IDE

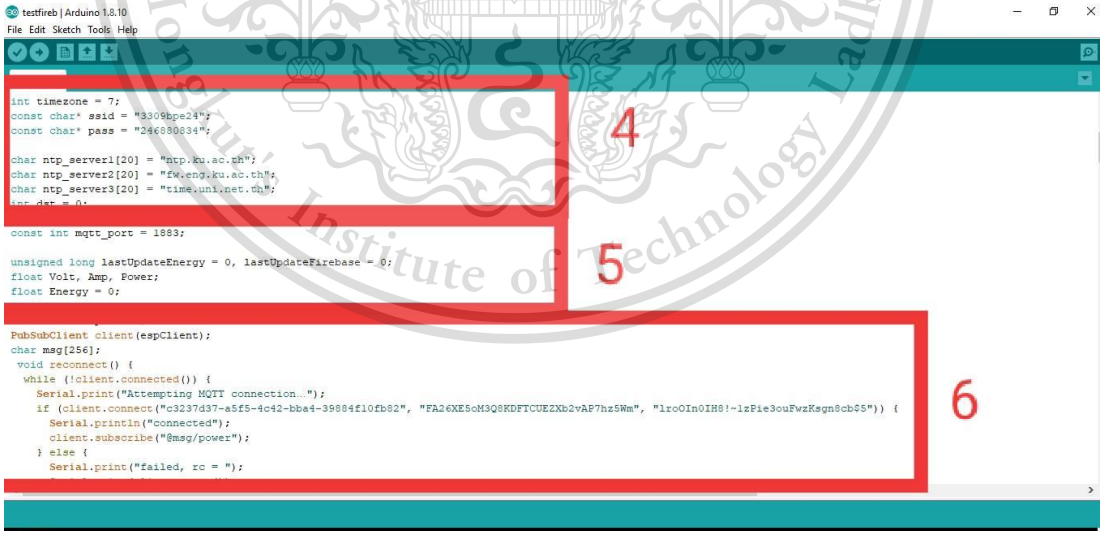
ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการเขียนโปรแกรมเพื่อรับค่าจากเซนเซอร์มาประมวลผล และส่งค่าไปแสดงผลที่อุปกรณ์แสดงผล

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 3.18 หน้าต่างโปรแกรม Arduino IDE (1)

จากรูปที่ 3.18 จะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 จะเป็นส่วนการเรียกใช้ไลบรารีที่จำเป็นต่อการเขียนโค้ดเพื่อประมวผล ส่งข้อมูลไปแสดงผล และเชื่อมต่อกับ Netpie และ Firebase ส่วนที่ 2 เป็นส่วนที่ เป็นการกำหนด Hostและรหัสที่จะใช้เชื่อมต่อกับ Firebase ส่วนที่ 3 เป็นการกำหนดตัวแปรเพื่อใช้ในคำนวณ เก็บค่าจากเซนเซอร์



รูปที่ 3.19 โปรแกรม Arduino IDE (2)

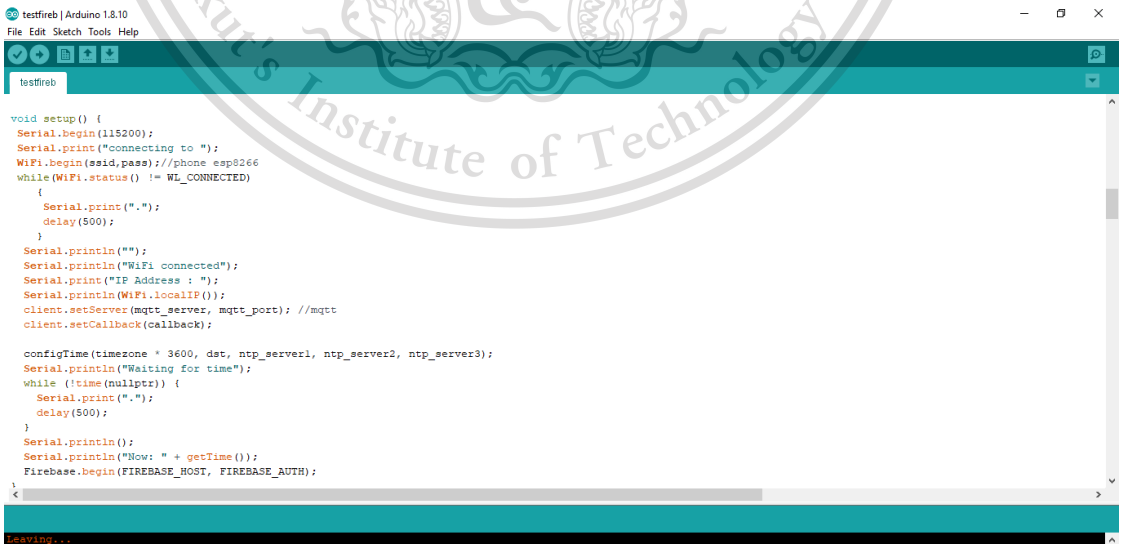
จากรูปที่ 3.19 ในส่วนที่ 4 จะเป็นการกำหนด IDและPassword ของ ESP8266 ไว้เชื่อมต่อ WIFIและเป็นการเรียกใช้ฟังก์ชันเวลา ส่วนที่ 5 เป็นการกำหนดตัวเพื่อใช้ในการคำนวณค่าที่ได้รับจากเซนเซอร์แล้วค่อยส่งค่าไปที่ Firebase ส่วนที่ 6 ฟังก์ชั่น reconnect เชื่อมต่อ MQTT เป็นฟังก์ชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สำหรับใช้เชื่อมต่อกับ MQTT Server หรือเมื่อมีการขาดการเชื่อมต่อกับ MQTT Server ฟังก์ชั่น reconnect จะทำการเชื่อมต่ออีกครั้ง หากเชื่อมต่อสำเร็จจะแสดงผลว่า “connected” แต่ถ้าเชื่อมต่อไม่สำเร็จจะแสดงผลว่า “failed” และจะทำการเชื่อมต่อใหม่อัตโนมัติ

รูปที่ 3.20 โปรแกรม Arduino IDE (3)

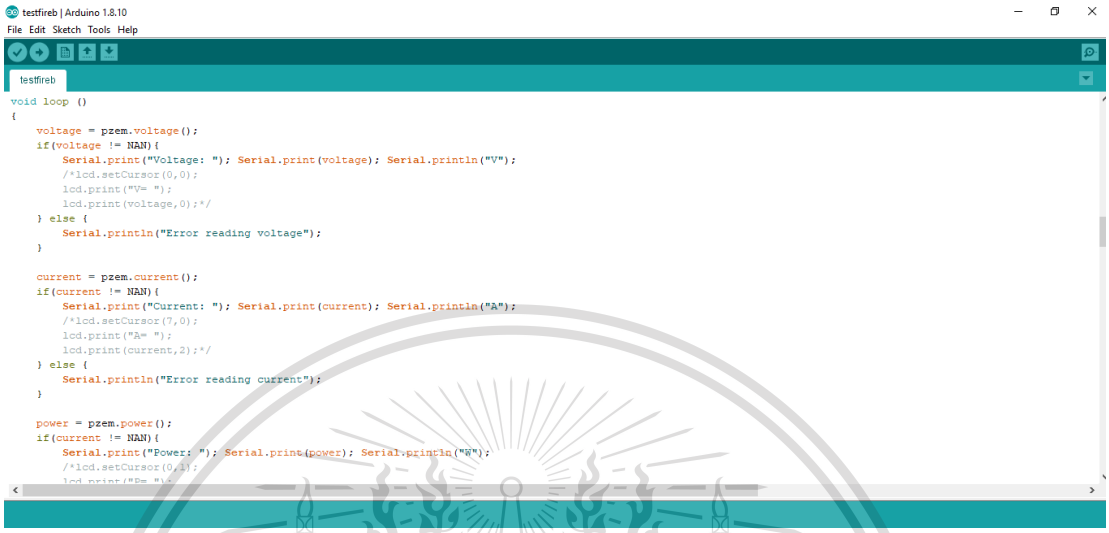
จากรูปที่ 3.20 ในส่วนที่ 7 เป็นส่วนของฟังก์ชัน callback เป็นฟังก์ชันสำหรับการรับ payload หรือข้อความต่างๆที่ถูกส่งมาตาม Topic ที่ NodeMCU ได้ทำการ Subscribe และนำมาแสดงผล โดยข้อความที่ได้รับจะเป็นชนิด byte ไม่สามารถนำความมาใช้ได้โดยตรง จึงสร้างตัวแปรชื่อว่า message มารอไว้ และใช้ฟังก์ชัน loop ในการรวมคำจาก byte เป็น String



รูปที่ 3.21 โปรแกรม Arduino IDE (4)

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.

จากรูปที่ 3.21 ฟังก์ชัน setup จะเป็นส่วนเซ็ตการเชื่อมต่อของ WiFi, เวลา, MQTT,Firebasse

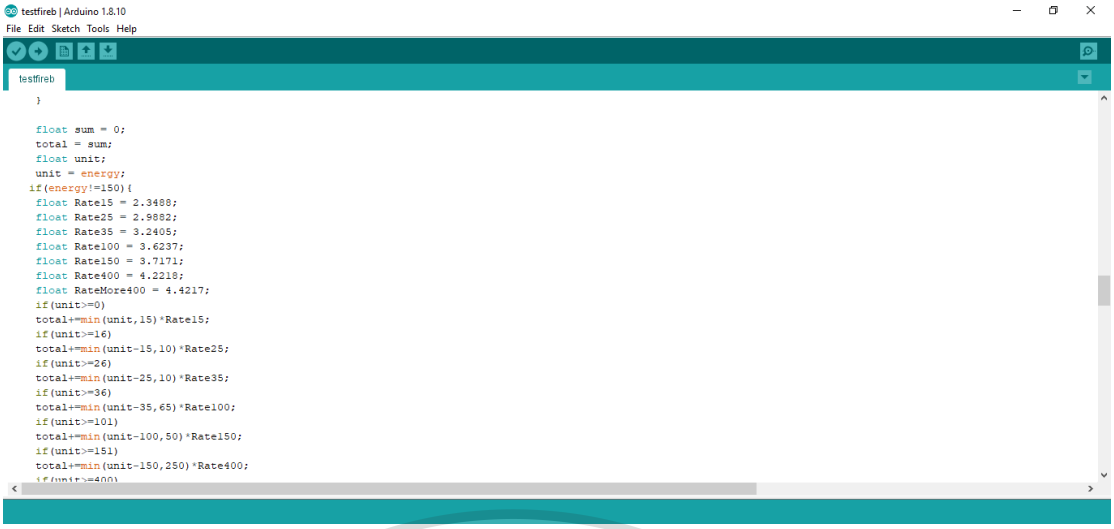


รูปที่ 3.22 โปรแกรม Arduino IDE (5)

รูปที่ 3.33 โปรแกรม Arduino IDE (6)

จากรูปที่ 3.22 และ 3.33 ตามลำดับเป็นส่วนของการอ่านค่าจากเซนเซอร์ซึ่งค่าที่อ่านมาและแสดงบน มอร์นิเตอร์ จะมีค่ากระแสไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้า ค่าความถี่ ค่า Power factor และค่าพลังงานไฟฟ้า

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.

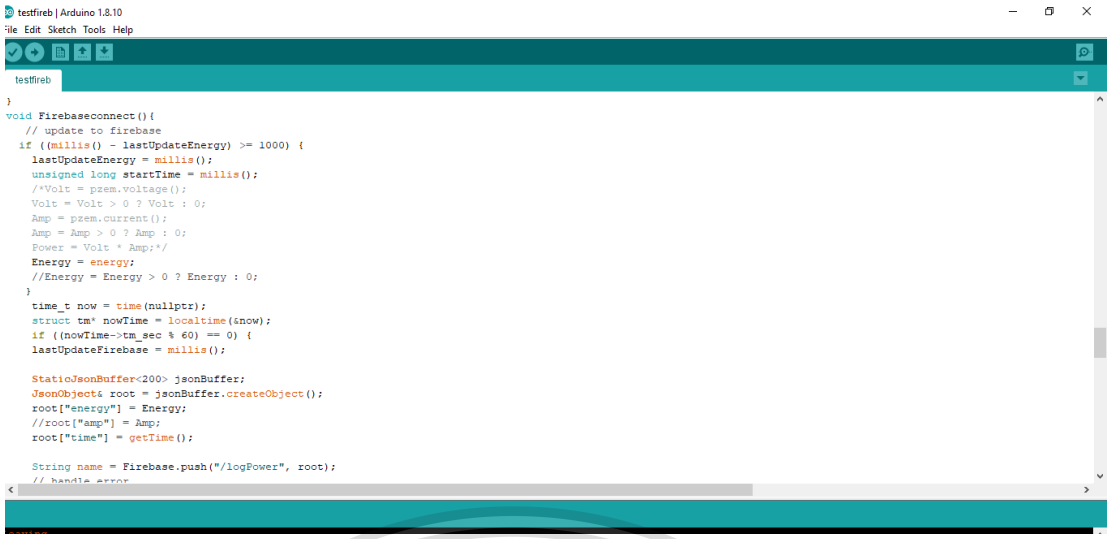


รูปที่ 3.34 โปรแกรม Arduino IDE (7)

รูปที่ 3.35 โปรแกรม Arduino IDE (8)

จากภาพที่ 3.34 และ 3.35 ตามลำดับ จะเป็นการคำนวณค่าไฟ และเก็บไว้ในตัวแปรที่กำหนดไว้ เพื่อที่จะส่งค่าขึ้นไปแสดงผลบนหน้าเว็บอีกที

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.

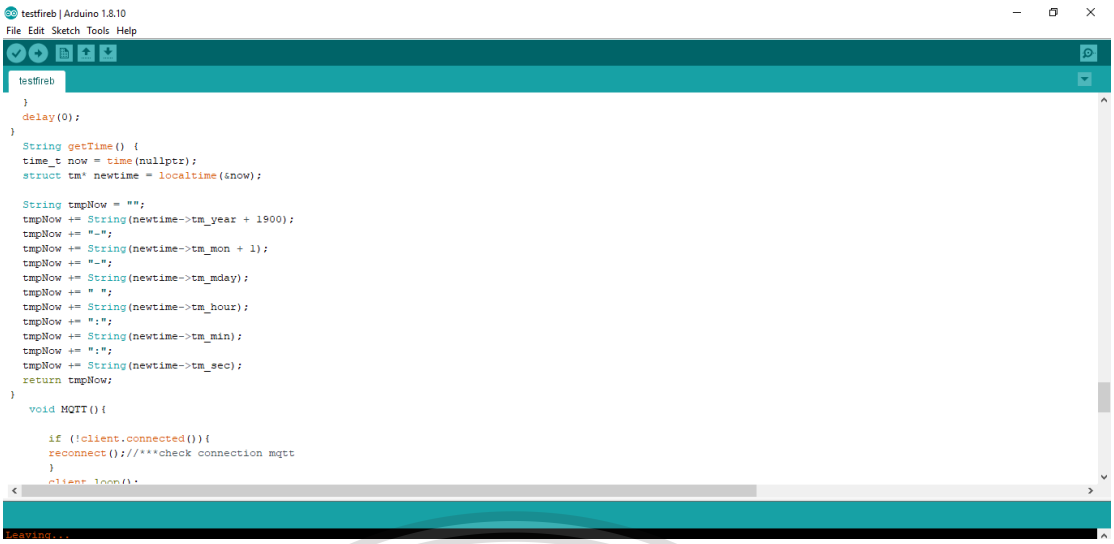


รูปที่ 3.36 โปรแกรม Arduino IDE (9)

รูปที่ 3.37 โปรแกรม Arduino IDE (10)

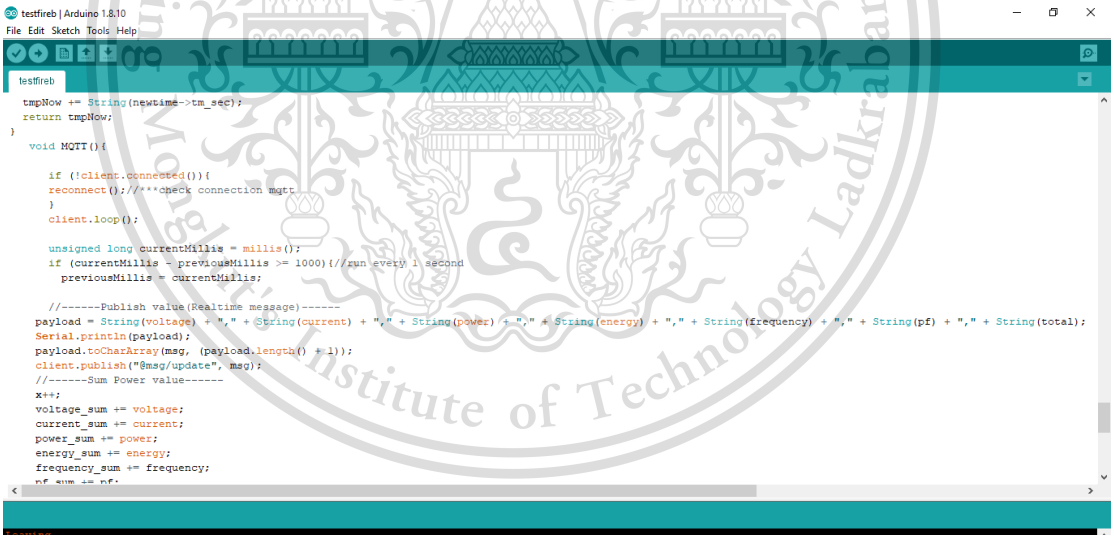
จากรูปที่ 3.36 และ 3.37 ตามลำดับ เป็นส่วนฟังก์ชัน Firebaseconnect ซึ่งเป็นส่วนที่จะส่งค่าเวลา ค่าพลังงานไฟฟ้า และค่าไฟ ไปที่เว็บ Firebase เพื่อนำค่าไปเก็บบนฐานข้อมูลเพื่อที่จะใช้แสดงผลต่อไปในส่วนของหน้าเว็บ

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 3.38 โปรแกรม Arduino IDE (11)

จากรูปที่ 3.38 เป็นการเขียนค่าเวลาที่ บอกทั้งเวลา วัน เดือน ปี และจะส่งไปที่เว็บ Firebase



รูปที่ 3.39 โปรแกรม Arduino IDE (12)

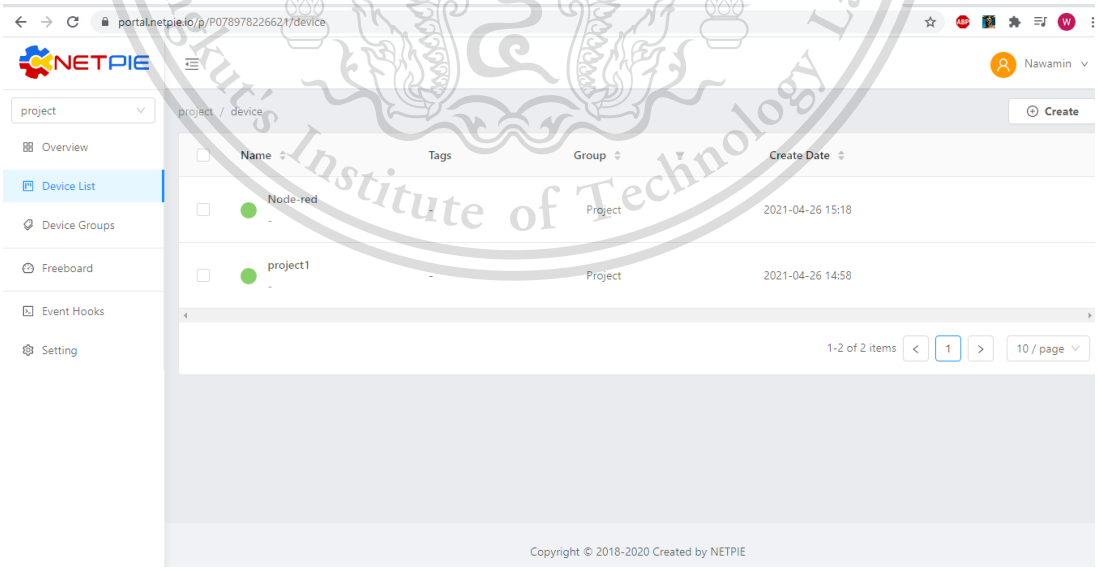
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 3.40 โปรแกรม Arduino IDE (13)

จากภาพที่ 3.39 และ 3.40 ฟังก์ชัน MQTT ประกาศตัวแปรและการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความกำลังไฟฟ้า ค่าพลังงานไฟฟ้า ค่าความถี่ ค่า Power Factor ค่าไฟแบบเรียลไทม์ ความชื้น client.publish เป็นชุดคำสั่งส่งข้อความไปยัง Topic : @shadow/data/update

3.5.7 หน้าเว็บ Netpie2020

หน้าต่างที่แสดงดังรูปที่ 3.41 คือแสดงการเชื่อมต่อกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ในหัวข้อ project1 ถ้าไม่มีการเชื่อมต่อจะไม่ขึ้นจุดสีเขียวและจะไม่สามารถรับ-ส่งค่ากันได้

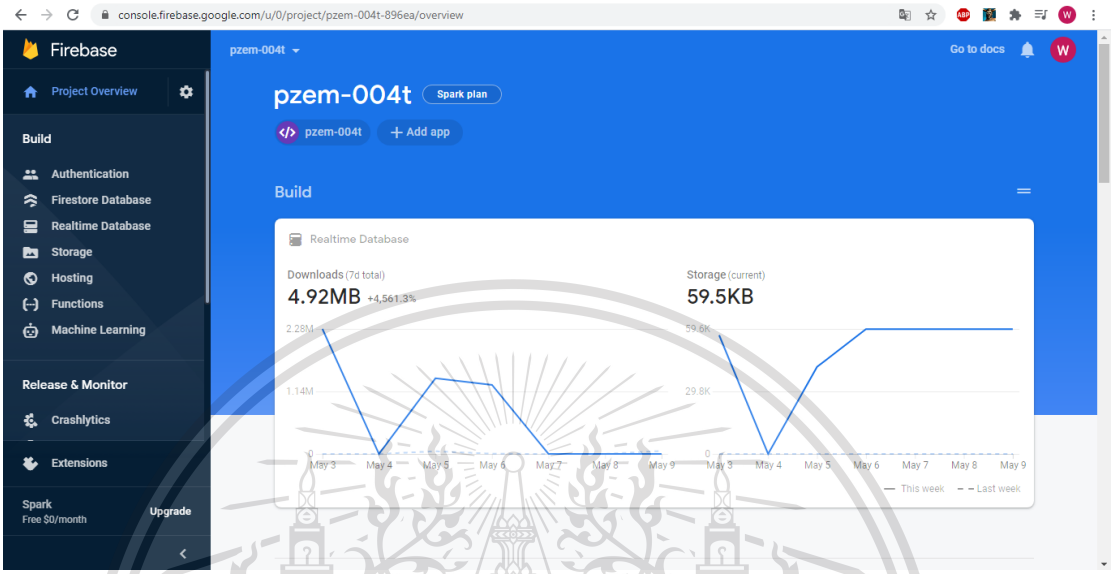


รูปที่ 3.41 หน้าเว็บ Netpie2020

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.

3.5.8 หน้าเว็บ Firebase

จากหนน้าเว็บดังรูปที่ 3.42 คือหน้า Firebase ที่ใช้รับ-ส่งค่ากับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 เพื่อนำค่าพลังงานไฟฟ้ามาเก็บบน Realtime Database



รูปที่ 3.42 หน้าเว็บ Firebase

3.5.9 หน้าเว็บ Node-Red

เปิดหน้า CMD แล้วมีการพิมพ์คำสั่งเข้าไปเพื่อที่จะได้ไปเปิดเว็บ Node-Red เพื่อจะทำการรับค่าแล้วนำค่ามาแสดงออกบนหน้า Dashboard ต่อไป

รูปที่ 3.43 หน้า CMD เปิดใช้งาน Node-Red

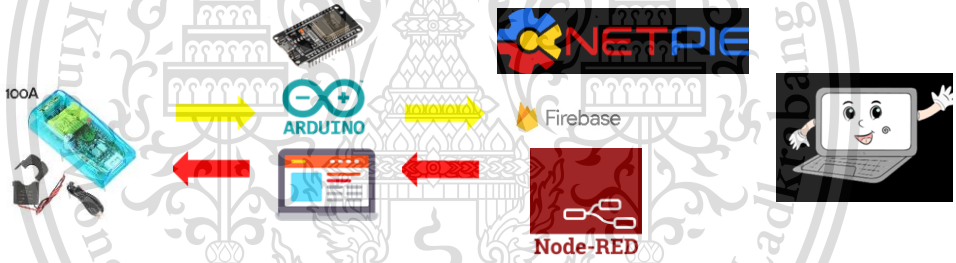
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4
ผลการทดลอง

ในบทนี้จะอธิบายผลการทดลองการนำค่ามาแสดงผลบนหน้าเว็บ ซึ่งในส่วนของฮาร์ดแวร์ทางผู้จัดทำได้ทำเป็นแพลนท์จำลองขึ้น และนำแสนอผลการออกแบบหน้าเว็บที่ใช้ในการแสดงผลข้อมูล

4.1 แผนผังการทำงานของระบบเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าไร้สายผ่านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าจะสื่อสารกับบอร์ด ESP8266 ซึ่งทางบอร์ด ESP8266 จำเป็นต้องถูกอัปโหลดโปรแกรมไว้แล้ว และเมื่อผู้ใช้งานต้องการตรวจสอบข้อมูลการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านก็สามารถเปิดดูในเว็บของ Netpie2020



รูปที่ 4.1 แผนผังการทำงานของระบบเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าไร้สายผ่านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

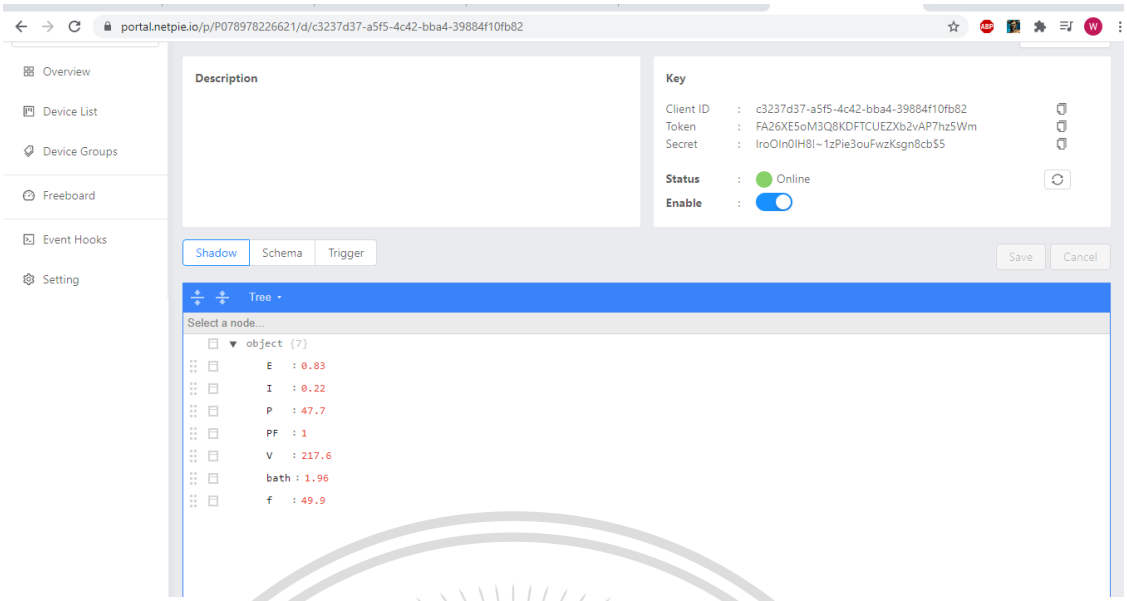
และ Node-Red แต่ใน Node-Red จะสามารถดูกราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าย้อนหลังได้และสามารถเปิดดูได้ทันทีเมื่อต้องการเช็คข้อมูล

4.2 ผลการออกแบบหน้าแสดงผลผ่าน Node-Red

4.2.1 การแสดงผลส่งค่าไป MQTT broker ที่ NETPIE2020

หน้าต่างนี้จะเป็นหน้าต่างของข้อมูลที่ถูกส่งค่าขึ้นมาบนโบรกเกอร์ของ NETPIE2020 โดยในกรอบข้างล่างจะเป็นค่าข้อมูลที่เราส่งมาในรูปแบบ Shadow แสดงผลออกมาเป็นรูปแบบการเปลี่ยนข้อมูล JSON เป็นข้อมูลรูปแบบ Tree เพื่อง่ายต่อการดูค่า ส่วนกรอบ Key จะเป็นการบอกไอดี ยูสเซอร์และพาสเวิร์ดในการเชื่อมต่อกับทางโบรกเกอร์ NETPIE2020 และมีไฟแจ้งสถานการณ์เชื่อมต่อดังรูปที่ 4.2

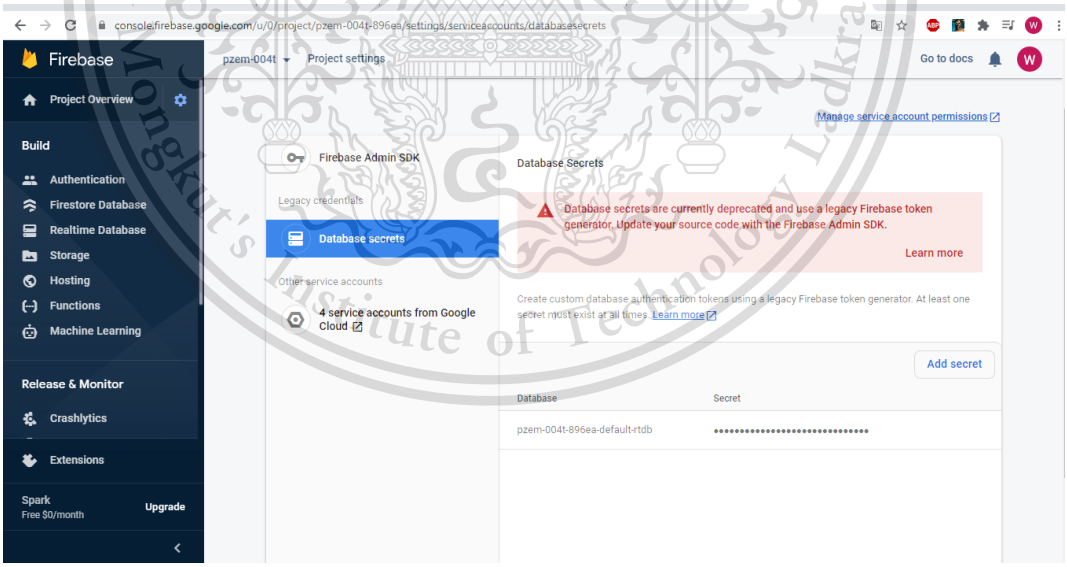
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.2 หน้าต่างแสดงผลการเชื่อมต่อและแสดงค่าข้อมูลแบบ JSON ของ NETPIE 2020

4.2.2 การแสดงผลการส่งค่าไปเก็บเป็นฐานข้อมูลที่ Firebase

ในส่วนนี้จะเป็นจะเป็นส่วนของการส่งค่าข้อมูลขึ้น Firebase จากรูปที่ 4.3 จะเป็นการ Key ในการเข้าถึงตัว Firebase โดยในรูปจะมีรหัส(Secret) แสดงเพื่อที่จะนำรหัสไปใส่ในโค้ดให้เชื่อมต่อและส่งข้อมูลขึ้นมายังหน้าเว็บไซต์ได้

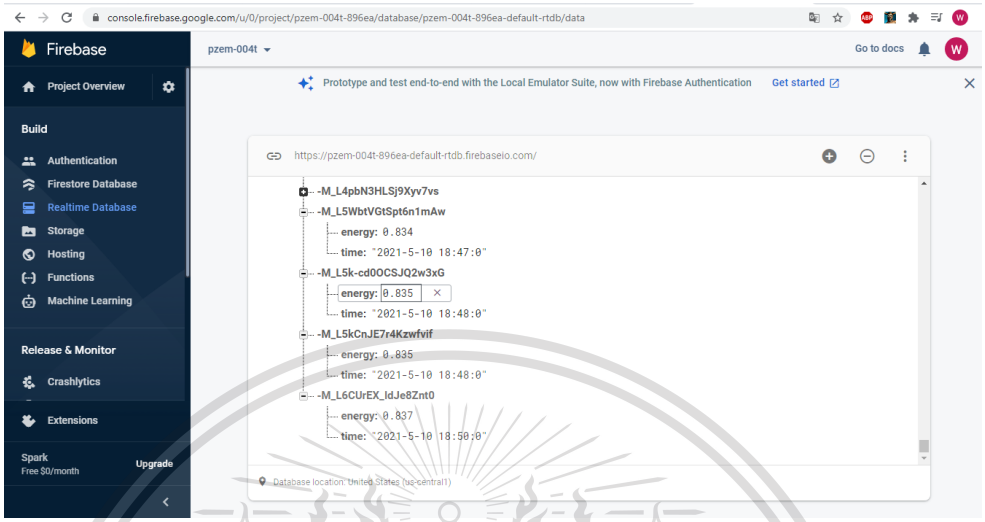


รูปที่ 4.3 แสดงข้อมูลการเข้าถึงการเชื่อมต่อของ Firebase

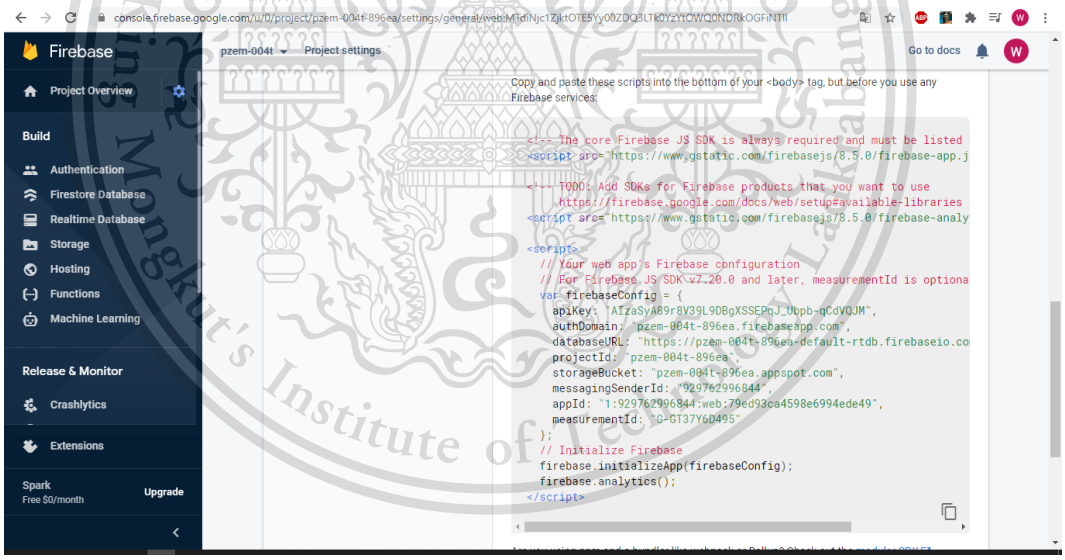
เมื่อสามารถเชื่อมต่อเข้ากับ Firebase ได้จะมีข้อมูลที่ส่งขึ้นมาในการเก็บข้อมูลต่างๆที่ถูกเขียนคำสั่งขึ้นมาในหน้าต่าง Realtime Database โดยข้อมูลที่ถูกบันทึกลงในฐานข้อมูลจะมี 2 รูปแบบคือ แบบแรกจะเป็นข้อมูลพลังงานที่ถูกเขียนแบบ Set หมายความว่าข้อมูลที่ถูกส่งขึ้นมายัง Firebase จะถูกเขียนทับใหม่เมื่อมีค่าที่ถูกวัดส่งค่าใหม่ ส่วนอีกรูปแบบจะเป็นแบบ Push หมายความ

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.

ว่าเมื่อมีข้อมูลใหม่มาข้อมูลนั้นจะถูกสร้างที่อยู่ใหม่ขึ้นจะไม่ไปเขียนทับข้อมูลเก่า ดังรูปที่ 4.4 และข้อมูลที่ถูกส่งมาจะถูกส่งมาในรูปแบบของJSON



รูปที่ 4.4 แสดงข้อมูลที่ถูกส่งค่าขึ้นมาเก็บข้อมูลบนฐานข้อมูล



รูปที่ 4.5 แสดงที่อยู่ของฐานข้อมูลในรูปแบบภาษา JavaScript

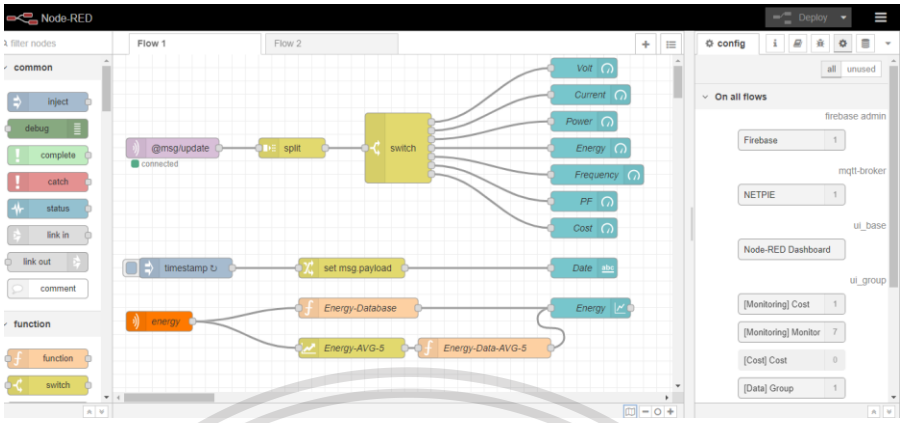
จากภาพที่ 4.5 นี้จะเป็นภาษา JavaScript เพื่อจะนำโค้ดในส่วนนี้ไปใช้งานต่อใน Node-red เพื่อที่จะใช้ในการเชื่อมต่อและสื่อสารระหว่างตัว Firebase กับ Node-red

4.2.3 Node-Red เชื่อมต่อกับ Netpie และ Firebase

หน้าต่างของ Node-red ทางด้านซ้ายจะเป็น Node คำสั่งในการจะสร้างหน้าต่างแสดงผลค่าต่างๆออกมา โดยในกรอบที่วาง Node จะเรียกว่า Flow ในFlow ที่สร้างขึ้นมานี้จะประกอบชุดคำสั่งหลายชุด ส่วนในการเชื่อมต่อและรับค่าจาก Netpie2020 broker และแสดงค่าออกมาเป็น

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.

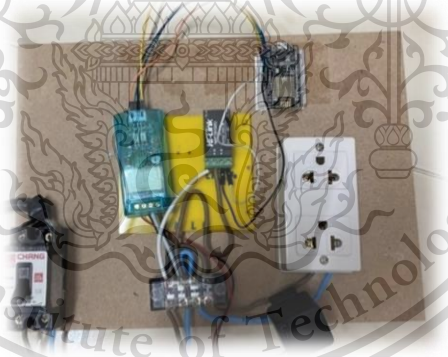
เกจ ส่วนของเวลาเพื่อดึงค่าเวลามาแสดงออกเป็นข้อความ และสุดท้ายจะเป็นชุดคำสั่งของ Firebase เพื่อแสดงค่าออกมาในรูปแบบกราฟ รูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 หน้าต่าง Flow ชุดคำสั่งต่างของ Node-red

4.3 ผลการสร้างเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า

ขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการทดสอบระบบเพื่อดูว่าระบบที่สร้างขึ้นมานั้นตอบสนองเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ และหาปัญหาต่างๆพร้อมแก้ไข จากรูปที่ 4.7 เป็นรูปแพลนงานก่อนที่จะเริ่มทดสอบเพื่อวัดค่าพลังงาน

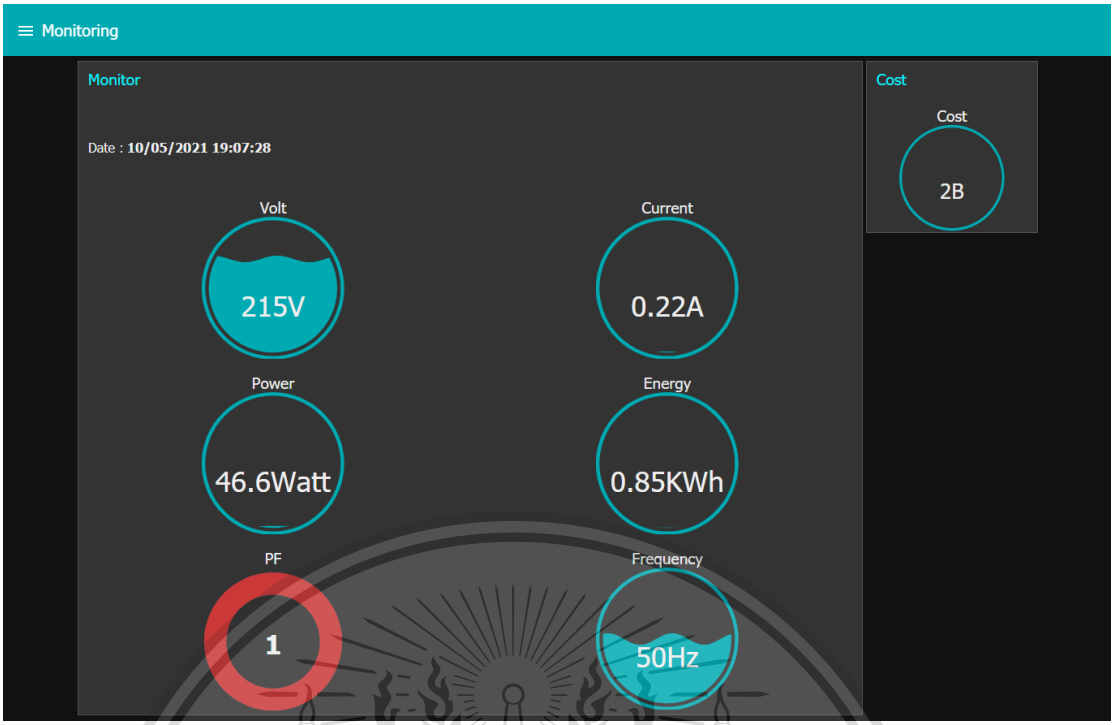


รูปที่ 4.7 เครื่องวัดกำลังงานไฟฟ้าของสรรพสิ่ง

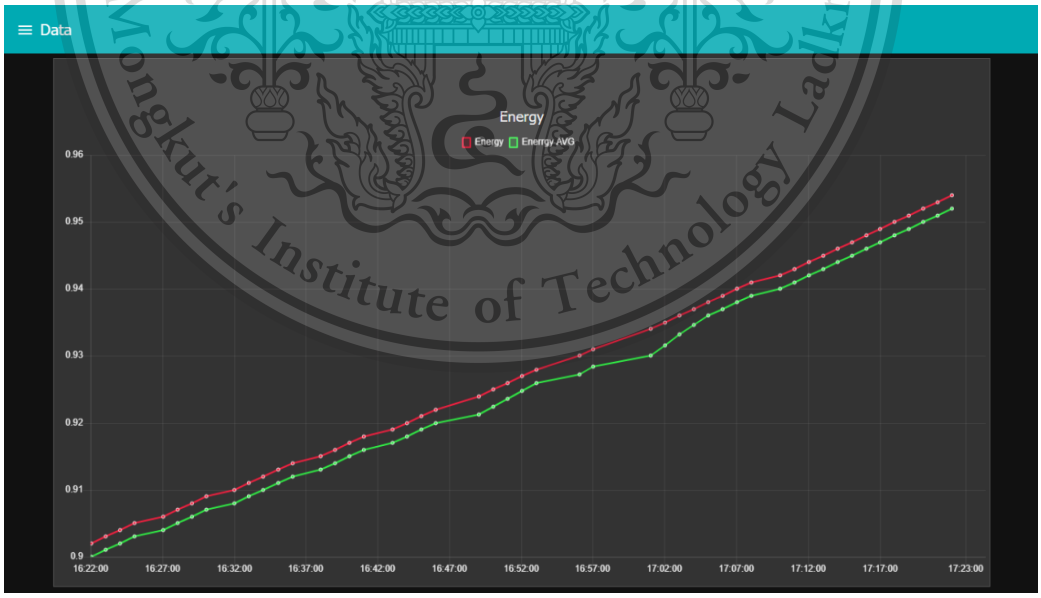
4.4 ผลการแสดงข้อมูลผ่านหน้าเว็บ

สุดท้ายจะเป็นหน้าแสดงผล โดยจะเป็นหน้าเว็บไซต์ที่ถูกจำลองในการใช้จริง สามารถเข้าถึงจาก Local host เพื่อดูค่ามอนิเตอร์ต่างๆที่ถูกส่งค่าขึ้นมายังระบบดังรูปที่ 4.8 และส่วนข้อมูลย้อนหลังพลังงานจะแสดงดังรูปที่ 4.9

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 4.8 Dashboardในส่วนมอนิเตอร์ของเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าสรรพสิ่ง



รูปที่ 4.9 Dashboard ในส่วนของข้อมูลพลังงานย้อนหลังของเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าสรรพสิ่ง

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
สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานตามขั้นตอนที่ได้กล่าวมาทั้งหมด เริ่มจากขั้นตอนแรกคือ ขั้นตอนของการศึกษาหาความรู้ต่างๆของโครงงานนี้พยายามทำการเรียนรู้ศึกษาทฤษฎีและกำหนดขอบเขตของโครงงานที่จะทำขึ้นมา ดังนั้นจึงได้เริ่มแบ่งส่วนของการดำเนินงานออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. งานในด้านฮาร์ดแวร์ ในส่วนนี้ได้มีการศึกษาอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ในการสร้างเครื่องวัดกำลังงานไฟฟ้า รวมถึงออกแบบวงจรไฟฟ้าที่จะประกอบขึ้นเพื่อสร้างเครื่องมือที่จะใช้วัดกำลังงานไฟฟ้าของระบบ สามารถทำขึ้นมาได้ตามวัตถุประสงค์

2. งานในด้านซอฟต์แวร์ งานในส่วนนี้ในช่วงแรกจะเป็นการเริ่มศึกษาการใช้โปรแกรมต่างๆ และเขียนโค้ดคำสั่งต่างๆลงไป ต่อมาจะเป็นการศึกษาส่วนในการสร้างระบบการเชื่อมต่อและ สื่อสารกับอุปกรณ์แบบไร้สาย โดยได้ทำการศึกษาโครงสร้างระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ที่จะใช้ในการส่งข้อมูลขึ้นไปยังบนหน้าแสดงผลทางออนไลน์ แต่ละระบบสามารถติดต่อสื่อสารกันได้และรับ-ส่งข้อมูลซึ่งกันและกันได้ โดยเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

3. งานในด้านผลการทดลอง จะเป็นการทดสอบทั้งระบบด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์รวมถึงการทดสอบการออกแบบการแสดงผลข้อมูล เมื่อทำการทดสอบและเจอปัญหาก็สามารถแก้ไขได้ทำให้ระบบทำงานร่วมกันได้จนสามารถแสดงผลข้อมูลได้ตามที่วางแผนไว้

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

1. การเข้าใจเนื้อหาของงาน เนื่องจากการสร้างโครงงานนี้ขึ้นมา เป็นเรื่องที่ต้องใช้ความรู้ใหม่ๆในหลายด้าน ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมต่างๆ จึงใช้เวลาในส่วนนี้ค่อนข้างมากในการศึกษาเพื่อจะสร้างโครงงานนี้ขึ้นมา

2. การต่อวงจรและการเลือกใช้อุปกรณ์ผิด ในครั้งแรกได้มีการใช้ผิดรองอุปกรณ์ที่จะวางแพลนงานผิดทำให้มีการระเบิดเมื่อเปิดใช้งานไฟฟ้า และครั้งที่สองมีการจิ้มสายมิเตอร์พลาดจึงทำให้เกิดการลัดวงจรไฟฟ้าขึ้น

3. การเลือกใช้อุปกรณ์การวัดผิด ในช่วงแรกของโครงงานได้มีการเลือกใช้เซ็นเซอร์ในการวัดที่ไม่ตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ที่ต้องการ พบปัญหาว่าข้อมูลที่วัดได้จะต้องนำไปประยุกต์ในการสร้างข้อมูลที่ต้องการ และยากในการที่จะเขียนคำสั่งในการใช้งาน

4. การเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต ปัญหาหลักๆที่พบเจอคือการตั้งค่าตัวแปร เซิร์ฟเวอร์ และไอดีต่างๆ และการเขียนโค้ดคำสั่งในการเชื่อมต่อกับระบบต่างในการสื่อสารข้อมูลที่จะส่งผ่านข้อมูลนั้นขึ้นหน้าแสดงผล

5. เนื่องจากสถานการณ์โควิด - 19 ที่เกิดขึ้น ทำให้ไม่สามารถทำในส่วนฮาร์ดแวร์ให้มันสมบูรณ์ ในส่วนของค่าวัดที่แน่นอน เมื่อเทียบกับการวัดของค่าที่ได้มาตรฐาน

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.

5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา

1. ศึกษาหาความรู้จากผู้เชี่ยวชาญโดยสอบถามทั้งอาจารย์ และผู้รู้ตามกระทู้ที่สร้างคำถามปัญหาต่างๆ

2. พยายามอ่านเนื้อหาจากดาต้าชีท และข้อมูลการใช้งานต่างๆ ศึกษารายละเอียดของระบบที่จะนำมาใช้ในการทำโครงงานนี้

3. วางแผนการทำงานให้ระเอียดรอบครอบ และหาระบบที่จะใช้งานได้จริงๆ

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] “พื้นฐานไฟฟ้ากระแสสลับ” เข้าถึงได้จาก: http://118.174.134.188/sciencelab/ senior/ item03/lab54/more/page3.php

[2] “การคำนวณค่าไฟ”เข้าถึงได้จาก: https://www.ioxhop.com/article/90/

[3] Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) เข้าถึงได้จาก: https://www.lamax.co.th/content/4821/%E0%B8%A1%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%B9%E0%B9%89%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%81%E0%B8%B1%E0%B8%9A-mqtt-%E0%B8%81%E0%B8%B1%E0%B8%99-

[4] Firebase เข้าถึงได้จาก: https://www.4xtreme.com/2020/11/20/firebase-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B 8%A3/

[5] NETPIE เข้าถึงได้จาก: https://docs.netpie.io/overview-netpie.html

[6] Node-Red เข้าถึงได้จาก: http://nrc-intelligentsystems.com/nd/node-red-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3/

[7] JSON เข้าถึงได้จาก: https://www.boxsingle.com/13/%E0%B8%97%E0%B8%B3%E

[8] PZEM-004T เข้าถึงได้จาก: http://wiki.bernardino.org/index.php/Electric_monitoring_and_communication_module_power_energy_meter

[9] NodeMCU ESP8266 เข้าถึงได้จาก: https://www.mosfex.com/product/39/%E0%B8

[10] HI-LINK เข้าถึงได้จาก: https://www.spmicrotech.com/product/switching-power-supply-220v-to-5v-600ma-hlk-pm01/

[11] “เบรคเกอร์ไฟฟ้า” เข้าถึงได้จาก: https://www.thaiwatsadu.com/th/product/%E0%

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.

ภาคผนวก ก

โมดูล PZEM-004T-100A

PZEM-004T V3.0 User Manual

Overview

This document describes the specification of the PZEM-004T AC communication module, the module is mainly used for measuring AC voltage, current, active power, frequency, power factor and active energy, the module is without display function, the data is read through the TTL interface.

PZEM-004T-10A: Measuring Range 10A (Built-in Shunt)

PZEM-004T-100A: Measuring Range 100A (external transformer)

1. Function description

1.1 Voltage

1.1.1 Measuring range:80～260V

1.1.2 Resolution: 0.1V

1.1.3 Measurement accuracy: 0.5%

1.2 Current

1.2.1 Measuring range: 0～10A(PZEM-004T-10A); 0～100A(PZEM-004T-100A)

1.2.2 Starting measure current: 0.01A(PZEM-004T-10A); 0.02A(PZEM-004T-100A)

1.2.3 Resolution: 0.001A

1.2.4 Measurement accuracy: 0.5%

1.3 Active power

1.3.1 Measuring range: 0～2.3kW(PZEM-004T-10A); 0～23kW(PZEM-004T-100A)

1.3.2 Starting measure power: 0.4W

1.3.3 Resolution: 0.1W

1.3.4 Display format:

＜1000W, it display one decimal, such as: 999.9W

≥1000W, it display only integer, such as: 1000W

1.3.5 Measurement accuracy: 0.5%

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.

รูปที่ ก.1 Datasheet PZEM-004T

1.1 Power factor

1.1.1 Measuring range: 0.00～1.00

1.1.2 Resolution: 0.01

1.1.3 Measurement accuracy: 1%

1.2 Frequency

1.2.1 Measuring range: 45Hz～65Hz

1.2.2 Resolution: 0.1Hz

1.2.3 Measurement accuracy: 0.5%

1.3 Active energy

1.3.1 Measuring range: 0～9999.99kWh

1.3.2 Resolution: 1Wh

1.3.3 Measurement accuracy: 0.5%

1.3.4 Display format:

＜10kWh, the display unit is Wh(1kWh=1000Wh), such as: 9999Wh

≥10kWh, the display unit is kWh, such as: 9999.99kWh

1.3.5 Reset energy: use software to reset.

1.4 Over power alarm

Active power threshold can be set, when the measured active power exceeds the threshold, it can alarm

1.5 Communication interface

RS485 interface。

2 Communication protocol

2.1 Physical layer protocol

Physical layer use UART to RS485 communication interface

Baud rate is 9600, 8 data bits, 1 stop bit, no parity

2.2 Application layer protocol

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 ก.2 Datasheet PZEM-004T

The application layer use the Modbus-RTU protocol to communicate. At present, it only supports function codes such as 0x03 (Read Holding Register), 0x04 (Read Input Register), 0x06 (Write Single Register), 0x41 (Calibration), 0x42 (Reset energy).etc.

0x41 function code is only for internal use (address can be only 0xF8), used for factory calibration and return to factory maintenance occasions, after the function code to increase 16-bit password, the default password is 0x3721

The address range of the slave is 0x01 ~ 0xF7. The address 0x00 is used as the broadcast address, the slave does not need to reply the master. The address 0xF8 is used as the general address, this address can be only used in single-slave environment and can be used for calibration etc.operation.

2.1 Read the measurement result

The command format of the master reads the measurement result is(total of 8 bytes):

Slave Address + 0x04 + Register Address High Byte + Register Address Low Byte + Number of Registers High Byte + Number of Registers Low Byte + CRC Check High Byte + CRC Check Low Byte.

The command format of the reply from the slave is divided into two kinds:

Correct Reply: Slave Address + 0x04 + Number of Bytes + Register 1 Data High Byte + Register 1 Data Low Byte + ... + CRC Check High Byte + CRC Check Low Byte

Error Reply: Slave address + 0x84 + Abnormal code + CRC check high byte + CRC check low byte

Abnormal code analyzed as following (the same below)

- 0x01,Illegal function
- 0x02,Illegal address
- 0x03,Illegal data
- 0x04,Slave error

The register of the measurement results is arranged as the following table

Register address	Description	Resolution
0x0000	Voltage value	1LSB correspond to0.1V
0x0001	Current value low 16 bits	1LSB correspond to 0.001A
0x0002	Current value high 16bits	
0x0003	Power value low 16 bits	1LSB correspond to0.1W
0x0004	Power value high 16 bits	
0x0005	Energy value low 16 bits	1LSB correspond to 1Wh
0x0006	Energy value high 16 bits	
0x0007	Frequency value	1LSBcorrespondto0.1Hz
0x0008	Power factor value	1LSB correspond to0.01
0x0009	Alarm status	0xFFFF is alarm, 0x0000is not alarm

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 ก.3 Datasheet PZEM-004T

For example, the master sends the following command (CRC check code is replaced by 0xHH and 0xLL, the same below)

0x01 + 0x04 + 0x00 + 0x00 + 0x00 + 0x0A + 0xHH + 0xLL

Indicates that the master needs to read 10 registers with slave address 0x01 and the start address of the register is 0x0000

The correct reply from the slave is as following:

0x01 + 0x04 + 0x14 + 0x08 + 0x98 + 0x03 + 0xE8+0x00 + 0x00 +0x08 + 0x98+ 0x00 + 0x00 + 0x00 + 0x00 + 0x00 + 0x00 + 0x01 + 0xF4 + 0x00 + 0x64 + 0x00 + 0x00 + 0xHH + 0xLL

The above data shows

- ★ Voltage is 0x0898, converted to decimal is 2200, display 220.0V
- ★ Current is 0x000003E8, converted to decimal is 1000, display 1.000A
- ★ Power is 0x00000898, converted to decimal is 2200, display 220.0W
- ★ Energy is 0x00000000, converted to decimal is 0, display 0Wh
- ★ Frequency is 0x01F4, converted to decimal is 500, display 50.0Hz
- ★ Power factor is 0x0064, converted to decimal is 100, display 1.00
- ★ Alarm status is 0x0000, indicates that the current power is lower than the alarm power threshold

2.1 Read and modify the slave parameters The register of the

At present,it only supports reading and modifying slave address and power alarm threshold

The register is arranged as the following table

Register address	Description	Resolution
0x0001	Power alarm threshold	1LSB correspond to 1W
0x0002	Modbus-RTU address	The range is 0x0001~0x00F7

The command format of the master to read the slave parameters and read the measurement results are same(descrybed in details in Section 2.3), only need to change the function code from 0x04 to 0x03. measurement

The command format of the master to modify the slave parameters is (total of 8 bytes): results

Slave Address + 0x06 + Register Address High Byte + Register Address Low Byte + Register Value High Byte + Register Value Low Byte + CRC Check High Byte + CRC Check Low Byte. is

The command format of the reply from the slave is divided into two kinds: arranged as

Correct Response: Slave Address + 0x06 + Number of Bytes + Register Address Low Byte + Register Value High Byte + Register Value Low Byte + CRC Check High Byte + CRC Check Low Byte. the

Error Reply: Slave address + 0x86 + Abnormal code + CRC check high byte + CRC check low byte.

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 ก.4 Datasheet PZEM-004T

For example, the master sets the slave's power alarm threshold:

0x01 + 0x06 + 0x00 + 0x01 + 0x08 + 0xFC + 0xHH + 0xLL

Indicates that the master needs to set the 0x0001 register (power alarm threshold) to 0x08FC (2300W).

Set up correctly, the slave return to the data which is sent from the master.

For example, the master sets the address of the slave

0x01 + 0x06 + 0x00 + 0x02 + 0x00 + 0x05 + 0xHH + 0xLL

Indicates that the master needs to set the 0x0002 register (Modbus-RTU address) to 0x0005

Set up correctly, the slave return to the data which is sent from the master.

2.1 Reset energy

The command format of the master to reset the slave's **energy** is (total 4 bytes):

Slave address + 0x42 + CRC check high byte + CRC check low byte.

Correct reply: slave address + 0x42 + CRC check high byte + CRC check low byte.

Error Reply: Slave address + 0xC2 + Abnormal code + CRC check high byte + CRC check low byte

2.2 Calibration

The command format of the master to calibrate the slave is (total 6 bytes):

0xF8 + 0x41 + 0x37 + 0x21 + CRC check high byte + CRC check low byte.

Correct reply: 0xF8 + 0x41 + 0x37 + 0x21 + CRC check high byte + CRC check low byte.

Error Reply: 0xF8 + 0xC1 + Abnormal code + CRC check high byte + CRC check low byte.

It should be noted that the calibration takes 3 to 4 seconds, after the master sends the command, if the calibration is successful, it will take 3 ~ 4 seconds to receive the response from the slave.

2.3 CRC check

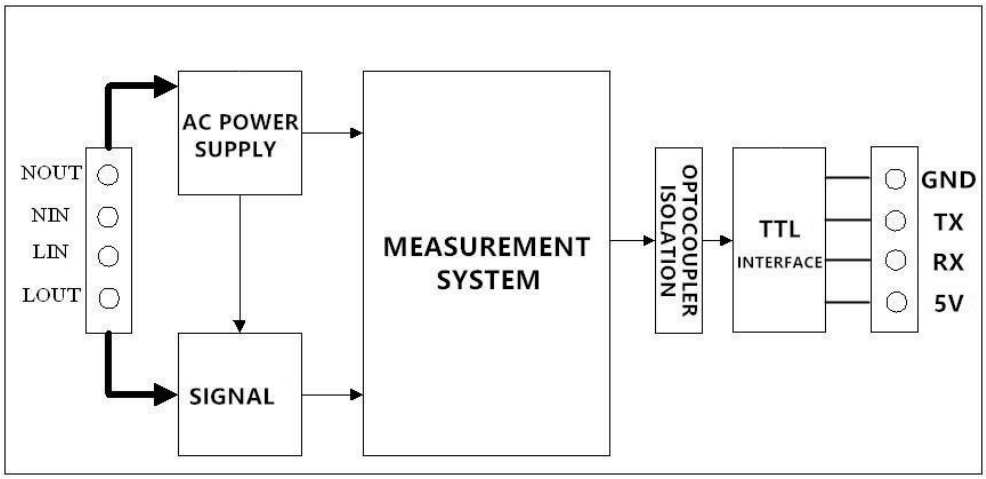
CRC check use 16bits format, occupy two bytes, the generator polynomial is X16 + X15 + X2 +1, the polynomial value used for calculation is 0xA001.

The value of the CRC check is a frame data divide all results of checking all the bytes except the CRC check value.

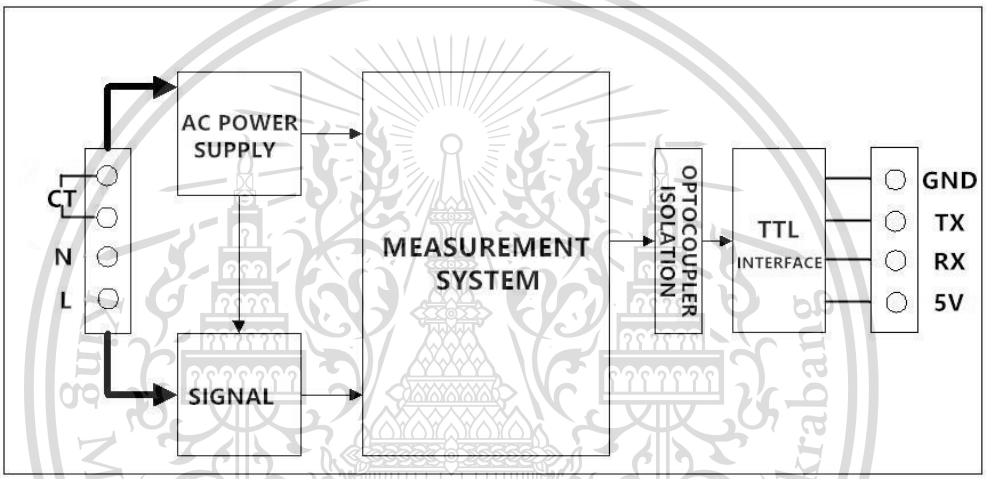
3 Functional block diagram

รูปที่ ก.5 Datasheet PZEM-004T

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.

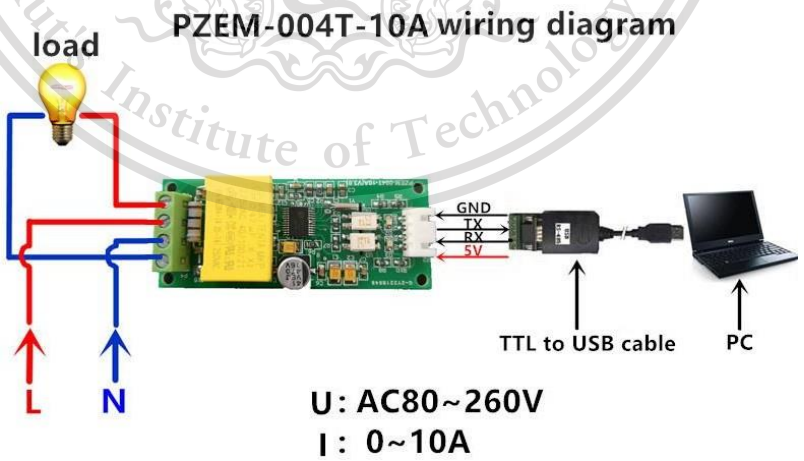


Picture 3.1 PZEM-004T-10A Functional block diagram



Picture 3.2 PZEM-004T-100A Functional block diagram

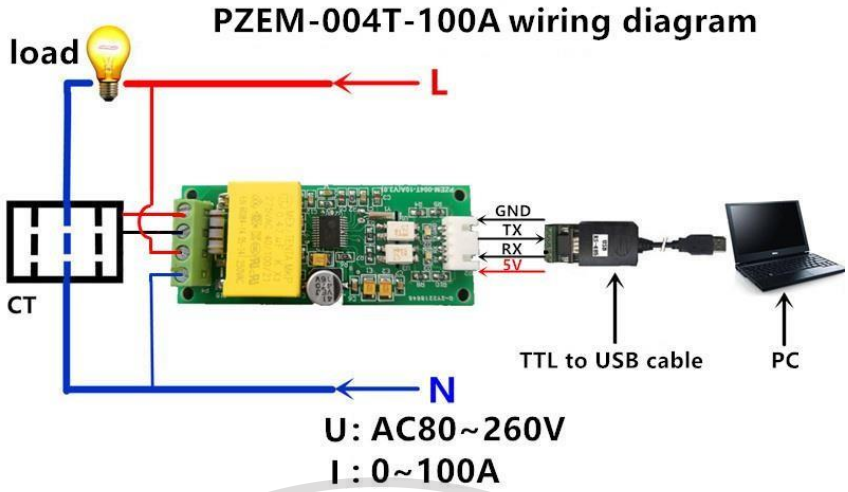
2 Wiring diagram



Picture 4.1 PZEM-004T-10A wiring diagram

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 ก.6 Datasheet PZEM-004T



Picture 4.2 PZEM-004T-100A wiring diagram

2 Other instructions

2.1 The TTL interface of this module is a passive interface, it requires external 5V power supply, which means, when communicating, all four ports must be connected (5V, RX, TX, GND), otherwise it cannot communicate.

2.2 Working temperature

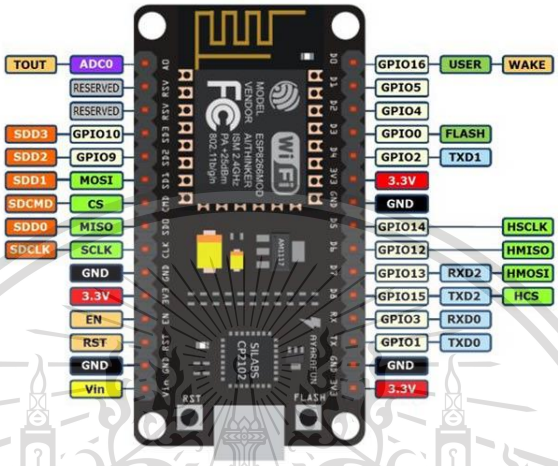
-20’C ~ +60’C。

รูปที่ ก.7 Datasheet PZEM-004T

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 ข

บอร์ด ESP8266



NodeMCU Development Board Pinout Configuration

Pin Category	Name	Description
Power	Micro-USB, 3.3V, GND, Vin	**Micro-USB:** NodeMCU can be powered through the USB port **3.3V:** Regulated 3.3V can be supplied to this pin to power the board **GND:** Ground pins **Vin:** External Power Supply
Control Pins	EN, RST	The pin and the button resets the microcontroller
Analog Pin	A0	Used to measure analog voltage in the range of 0-3.3V
GPIO Pins	GPIO1 to GPIO16	NodeMCU has 16 general purpose input-output pins on its board
SPI Pins	SD1, CMD, SD0, CLK	NodeMCU has four pins available for SPI communication.
UART Pins	TXD0, RXD0, TXD2, RXD2	NodeMCU has two UART interfaces, UART0 (RXD0 & TXD0) and UART1 (RXD1 & TXD1). UART1 is used to upload the firmware/program.
I2C Pins		NodeMCU has I2C functionality support but due to the internal functionality of these pins, you have to find which pin is I2C.

รูปที่ ข.1 Datasheet NodeMCU ESP8266

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.

NodeMCU ESP8266 Specifications & Features

- Microcontroller: Tensilica 32-bit RISC CPU Xtensa LX106
- Operating Voltage: 3.3V
- Input Voltage: 7-12V
- Digital I/O Pins (DIO): 16
- Analog Input Pins (ADC): 1
- UARTs: 1
- SPIs: 1
- I2Cs: 1
- Flash Memory: 4 MB
- SRAM: 64 KB
- Clock Speed: 80 MHz
- USB-TTL based on CP2102 is included onboard, Enabling Plug n Play
- PCB Antenna
- Small Sized module to fit smartly inside your IoT projects

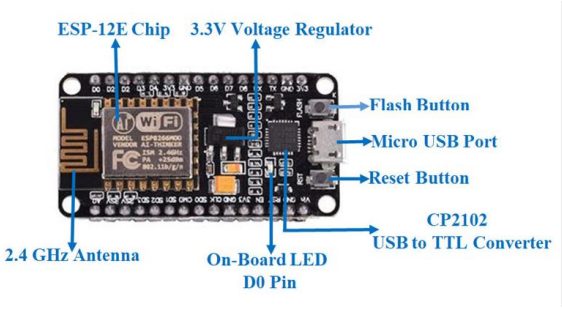
Brief About NodeMCU ESP8266

The **NodeMCU ESP8266 development board** comes with the ESP-12E module containing ESP8266 chip having Tensilica Xtensa 32-bit LX106 RISC microprocessor. This microprocessor supports RTOS and operates at 80MHz to 160 MHz adjustable clock frequency. NodeMCU has 128 KB RAM and 4MB of Flash memory to store data and programs. Its high processing power with in-built Wi-Fi / Bluetooth and Deep Sleep Operating features make it ideal for IoT projects.

NodeMCU can be powered using Micro USB jack and VIN pin (External Supply Pin). It supports UART, SPI, and I2C interface.

รูปที่ ข.2 Datasheet NodeMCU ESP8266

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.



Programming NodeMCU ESP8266 with Arduino IDE

The NodeMCU Development Board can be easily programmed with Arduino IDE since it is easy to use.

Programming NodeMCU with the Arduino IDE will hardly take 5-10 minutes. All you need is the Arduino IDE, a USB cable and the NodeMCU board itself. You can check this Getting Started Tutorial for NodeMCU to prepare your Arduino IDE for NodeMCU.

Uploading your first program

Once Arduino IDE is installed on the computer, connect the board with the computer using the USB cable. Now open the Arduino IDE and choose the correct board by selecting Tools>Boards>NodeMCU1.0 (ESP-12E Module), and choose the correct Port by selecting Tools>Port. To get it started with the NodeMCU board and blink the built-in LED, load the example code by selecting Files>Examples>Basics>Blink. Once the example code is loaded into your IDE, click on the 'upload' button given on the top bar. Once the upload is finished, you should see the built-in LED of the board blinking.

Applications of NodeMCU

- Prototyping of IoT devices
- Low power battery operated applications
- Network projects
- Projects requiring multiple I/O interfaces with Wi-Fi and Bluetooth functionalities

รูปที่ ข.3 Datasheet NodeMCU ESP8266

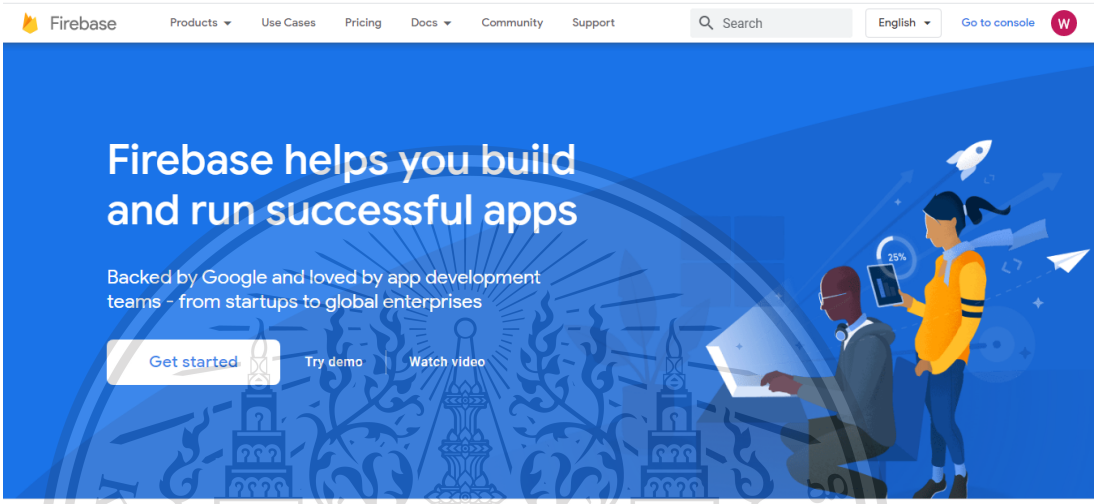
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ค

วิธีเข้าการใช้งาน Firebase เบื้องต้น

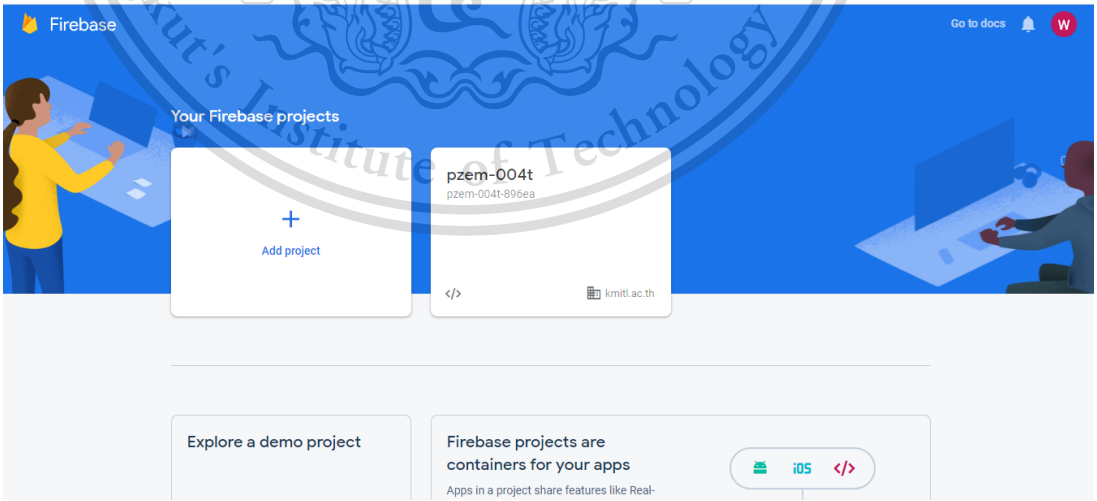
การเข้าใช้งาน Firebase

1 เปิดหน้า Firebase ขึ้นมา แล้วกดไปที่ Get Started



รูปที่ ค.1 หน้าเว็บ Firebase

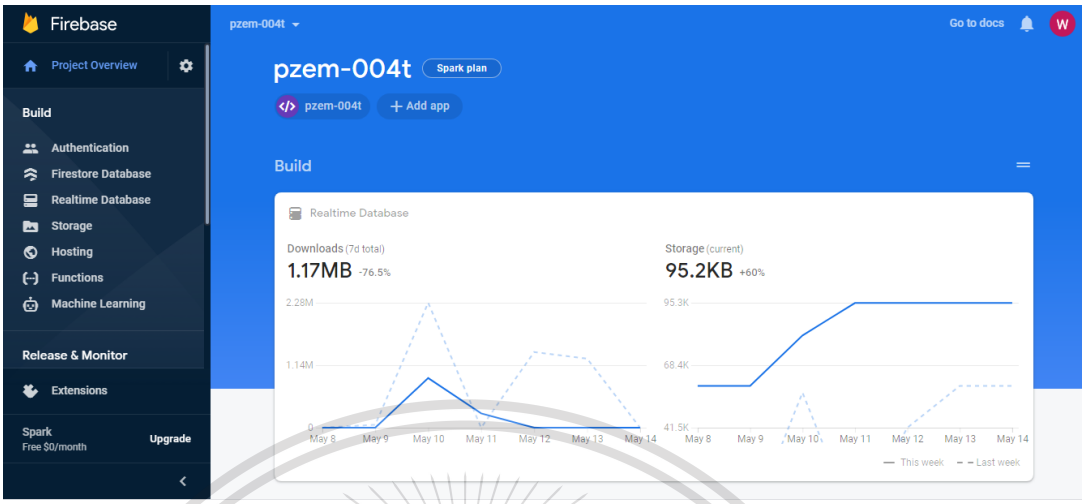
2 เมื่อกดเข้ามาจะเจอหน้า Firebase project ให้ทำการสร้างชื่อ project



รูปที่ ค.2 หน้าต่างการสร้างชื่อ project

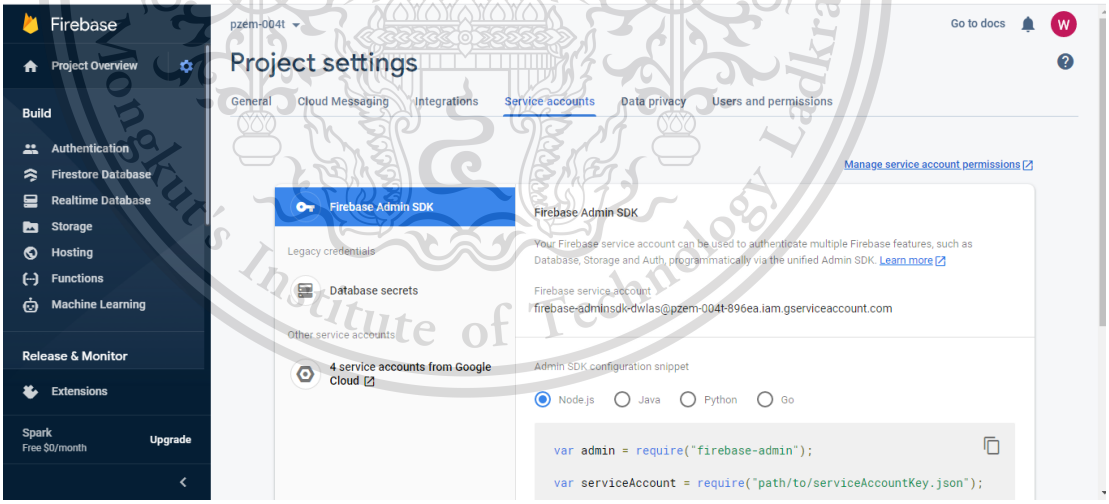
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3. เมื่อเราเข้ามาที่ project ที่สร้างไว้จะแสดงหนเต่าง ดังรูปที่ ค.3 ให้กดไปที่รูปการณ์ตั้งค่า



รูปที่ ค.3 หน้าเว็บการใช้งาน Firebase

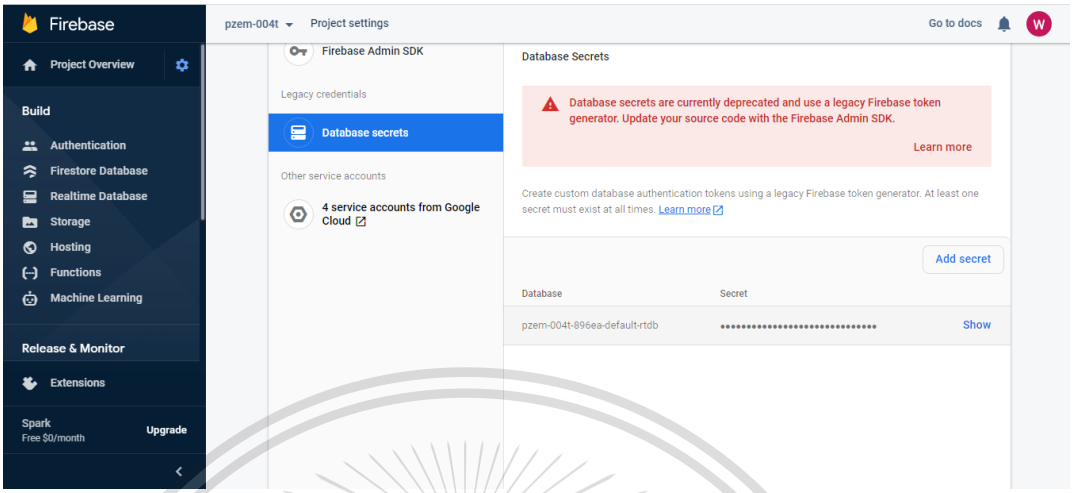
4. ให้เลือกที่ Project settings แล้วไปคลิกไปที่ Service accounts แล้วกดดู Database secrets



รูปที่ ค.4 หน้า Project settings ของ Firebase

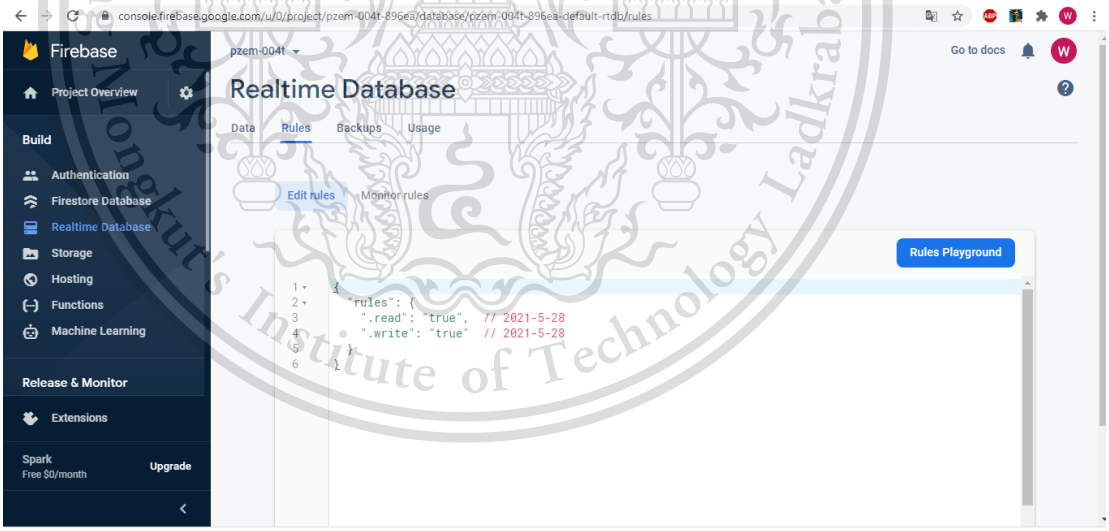
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5. เมื่อคลิกไปที่ Database secrets จะมี database secret ที่เป็นตัวจะนำไปเขียนในโค้ด



รูปที่ ค.5 หน้า Database secrets ของ Firebase

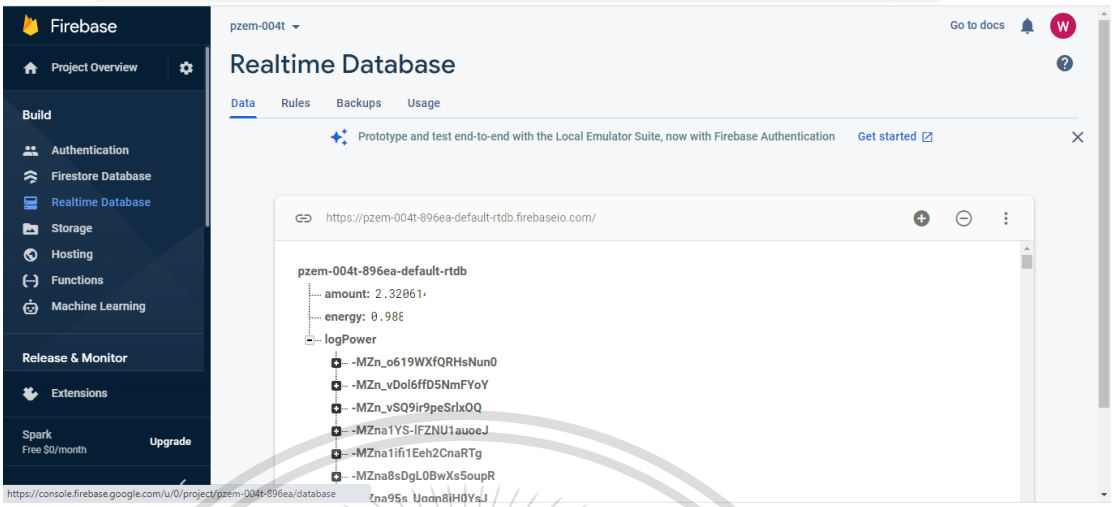
6. จากนั้นให้คลิกไปที่ Realtime Database ไปที่ Rules ให้เขียนดังรูปที่ ค.6



รูปที่ ค.6 หน้าต่าง Rules ของ Firebase

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.

7. หน้า Data เมื่อมีการอัพโค้ดและการเชื่อมต่อ จะมีการส่งข้อมูลมาเก็บไว้ ดังรูปที่ ค.7



รูปที่ ค.7 หน้าต่าง Realtime Database

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 ง

วิธีการเข้าใช้งาน NETPIE 2020 เบื้องต้น

การใช้งาน NETPIE 2020

1.1 เข้าสู่หน้า Sign in เพื่อเข้าสู่ระบบ

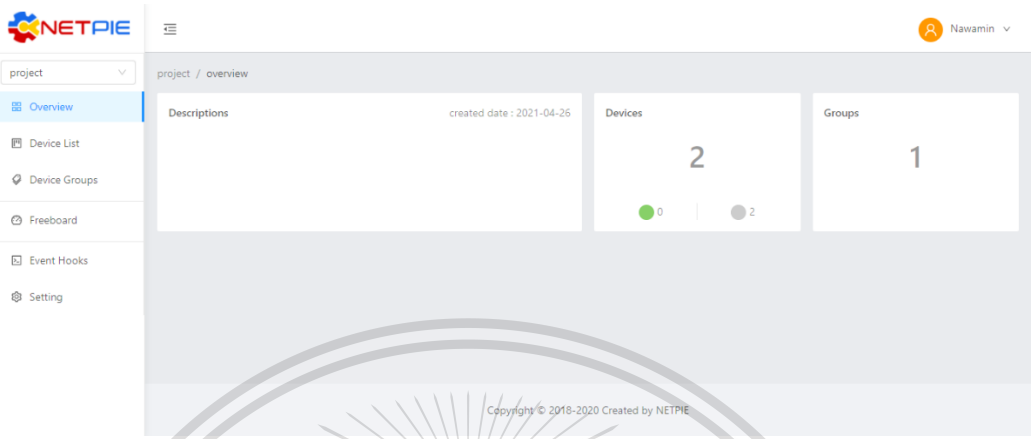
รูปที่ ง.1 หน้าต่าง Sign in ของ NETPIE 2020

1.2 เมื่อเข้าสู่ระบบเรียบร้อย จะเป็นหน้าต่างในการสร้าง ไฟล์โครงงานที่จะทำ

รูปที่ ง.2 หน้าต่างสร้างงานของ NETPIE 2020

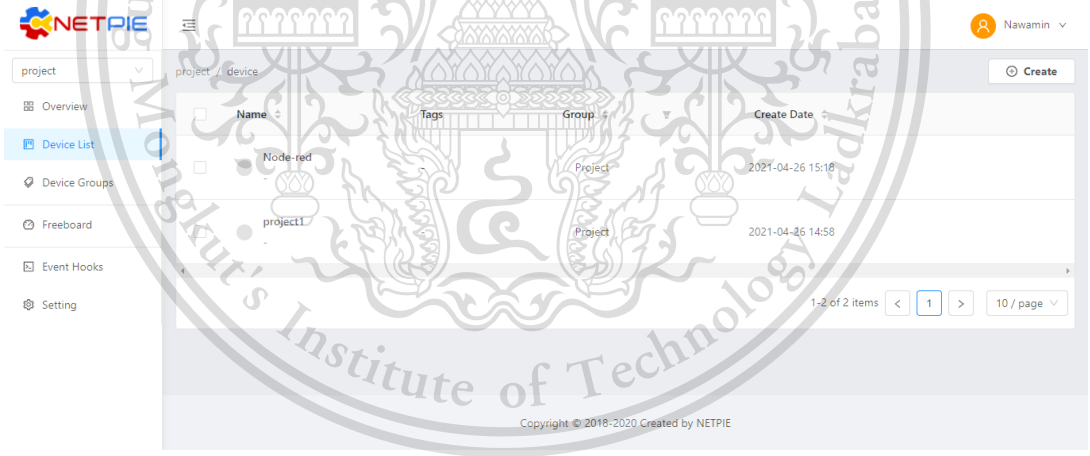
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.3 เมื่อสร้างโครงงานเสร็จเรียบร้อย โดยชื่อที่เราใช้สร้างในการทำครั้งนี้คือ Project โดยส่วนประกอบของภาพรวมจะแสดง ถึงจำนวนอุปกรณ์ กลุ่มของอุปกรณ์ที่เราสร้างขึ้นมา และไฟแสดงสถานะจำนวนของอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อและไม่มีการเชื่อมต่อ



รูปที่ ง.3 หน้าต่าง Overview ของ NETPIE 2020

1.4 หลังจากนั้นให้เข้าหน้า Device List เพื่อสร้างอุปกรณ์ที่จะใช้เชื่อมต่อ โดยโครงงานของเราจะสร้างไว้สองส่วนคือ ส่วนในการเชื่อมต่อ Arduino และ ส่วนในการเชื่อมต่อ Node-red



รูปที่ ง.4 หน้าต่าง device ที่เชื่อมต่อกับ NETPIEรายการแสดงอุปกรณ์

1.5 เมื่อสร้างอุปกรณ์ที่จะนำไปเชื่อมต่ออุปกรณ์อื่นๆแล้ว หน้าต่างนี้จะเป็นหน้าต่างแสดงข้อมูลต่างๆ จะอธิบายดังนี้

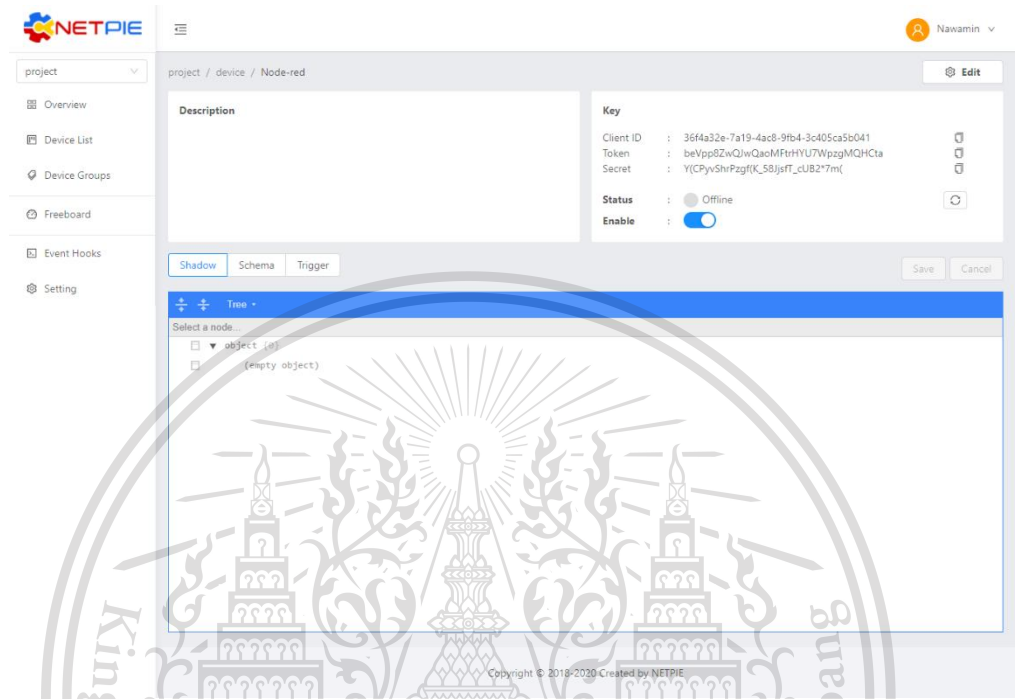
1.5.1 ส่วนKey จะแสดง key ข้อมูลต่างๆที่จะใช้นำไปใช้งานกับอุปกรณ์อื่นๆ

1.5.2 ส่วน Shadow หน้าต่างนี้จะเป็นการแสดงผลข้อมูลที่ถูกส่งมาในรูปแบบ Shadow จะรับข้อมูลเป็น JSON โดยสามารถดูข้อมูล หรือ แก้ไขได้ 2 แบบ คือ แบบTree และ แบบ Code

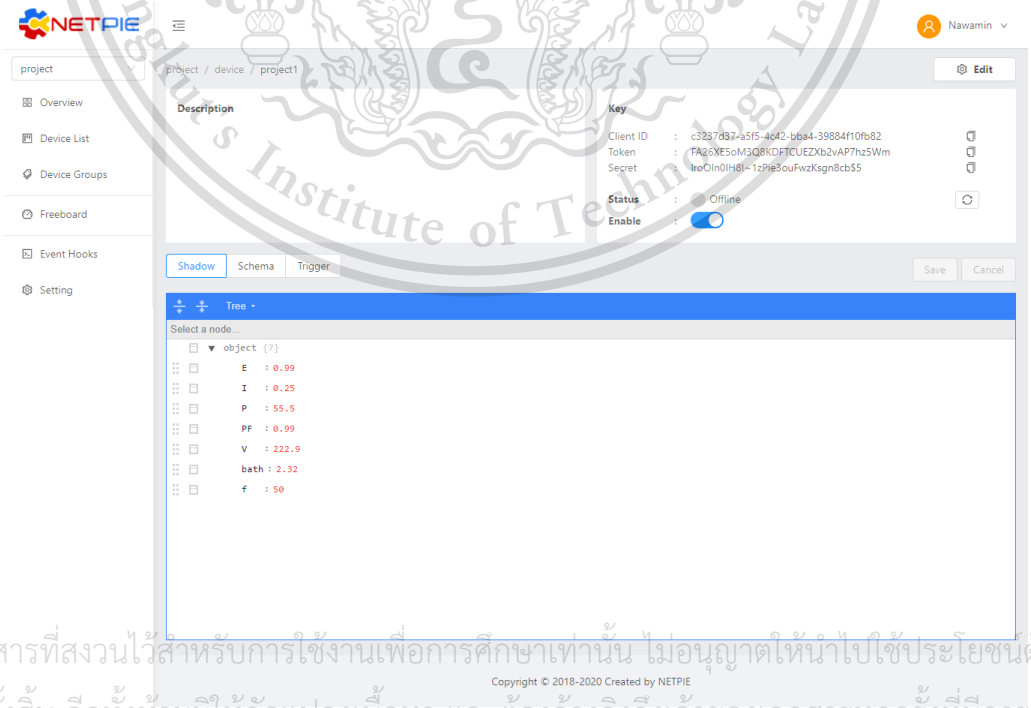
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.5.3 ส่วน Schema จะค่อนข้างคล้ายกับ Shadow เป็นส่วนในการเก็บข้อมูล Shadow ในรูปแบบต่างๆ โดยจะเขียนค่าคำสั่งแบบ JSON ลงไปในการเก็บข้อมูล หรือ แปลงข้อมูล

1.5.4 ส่วน Trigger ตรงนี้จะเป็นส่วนที่เขียนคำสั่งแจ้งเตือน



รูปที่ ง.5 หน้า Shadowรายละเอียดแสดงข้อมูลภายในอุปกรณ์ของ NETPIE 2020



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 ง.6 ข้อมูลที่ถูกส่งเข้ามาในรูปแบบ Shadow แสดงรูปแบบ Tree

ภาคผนวก จ
วิธีการเข้าใช้งาน Node-Red เบื้องต้น

1.ขั้นตอนการติดตั้ง Node-red

1.1 ติดตั้ง NodeJS จาก https://nodejs.org/en/download/ ดังรูปที่ จ.1

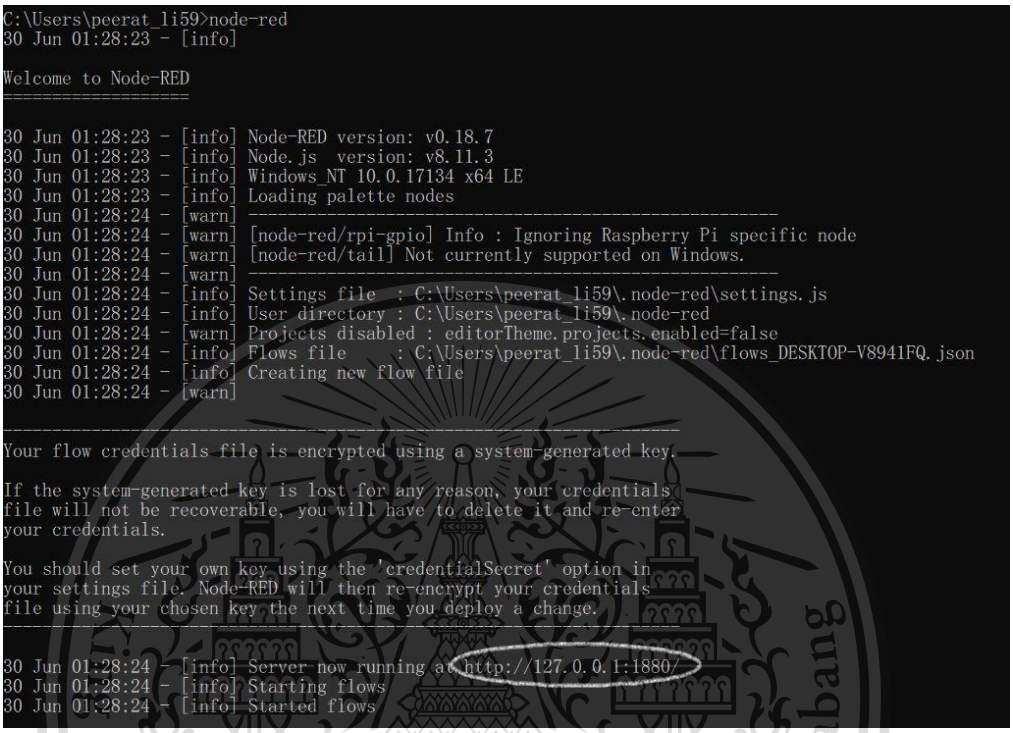
รูปที่ จ.1 ดาวน์โหลด node js

1.2 เปิดหน้าต่าง CMD แล้วพิมพ์คำสั่งว่า สำหรับ Windows npm install -g-unsafe-perm node-red ดังรูปที่ จ.2

รูปที่ จ.2 หน้าต่างCMD ในการติดตั้ง Node-red

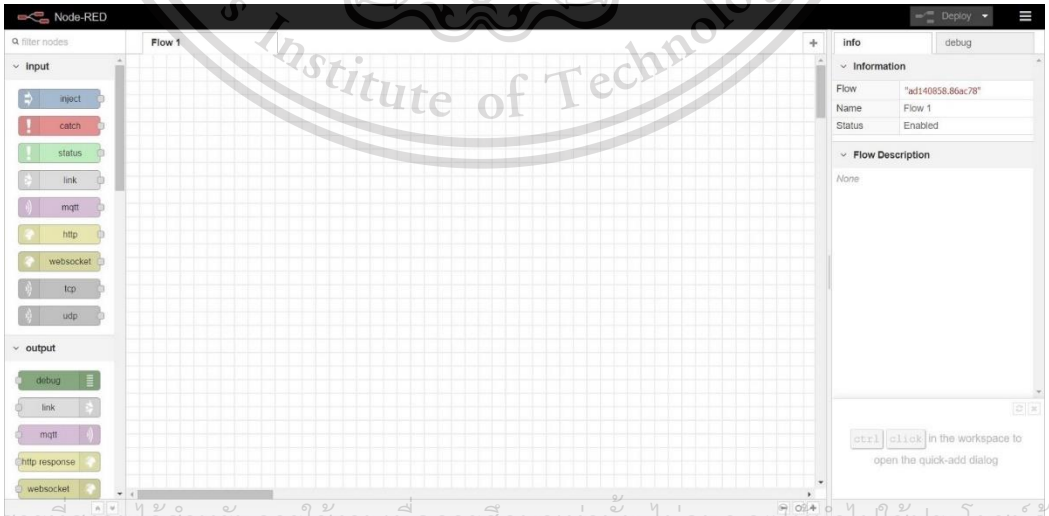
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.3 เข้าสู่ node-red ได้จาก http://127.0.0.1:1880/ ดังรูปที่ จ.3



รูปที่ จ.3 ชุดคำสั่งเมื่อ Run node-red สำเร็จ

1.4 เสร็จเรียบร้อย พร้อมใช้งานดังรูปที่ จ.4



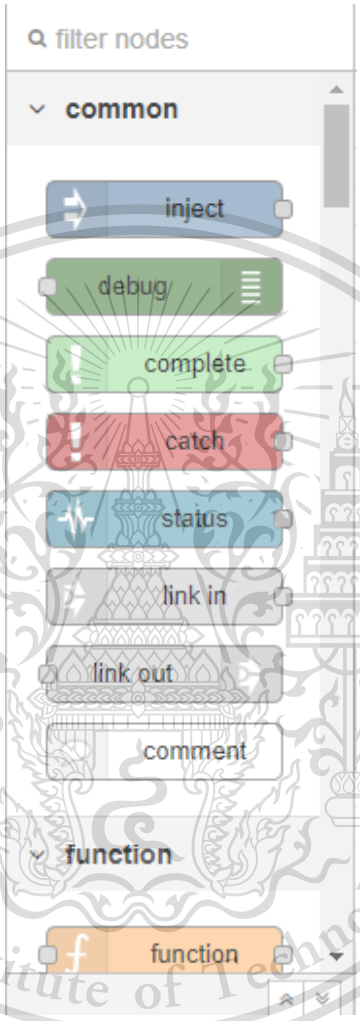
รูปที่ จ.4 หน้าต่าง Node-red

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.

2.ส่วนประกอบของ Node-red

ส่วนประกอบหลักๆของ Node-red จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ดังนี้

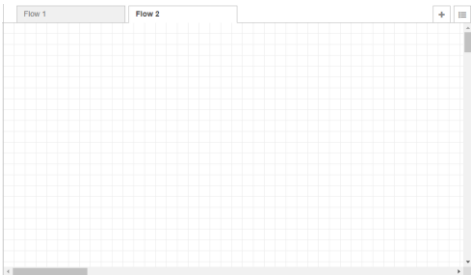
2.1 ส่วนของ Node คือ คำสั่งการทำการต่างๆ แต่ละ Node ก็จะเป็นคำสั่งที่แตกต่างกันไป ดังรูปที่ จ.5



รูปที่ จ.5 แสดง Node คำสั่งของ NETPIE 2020

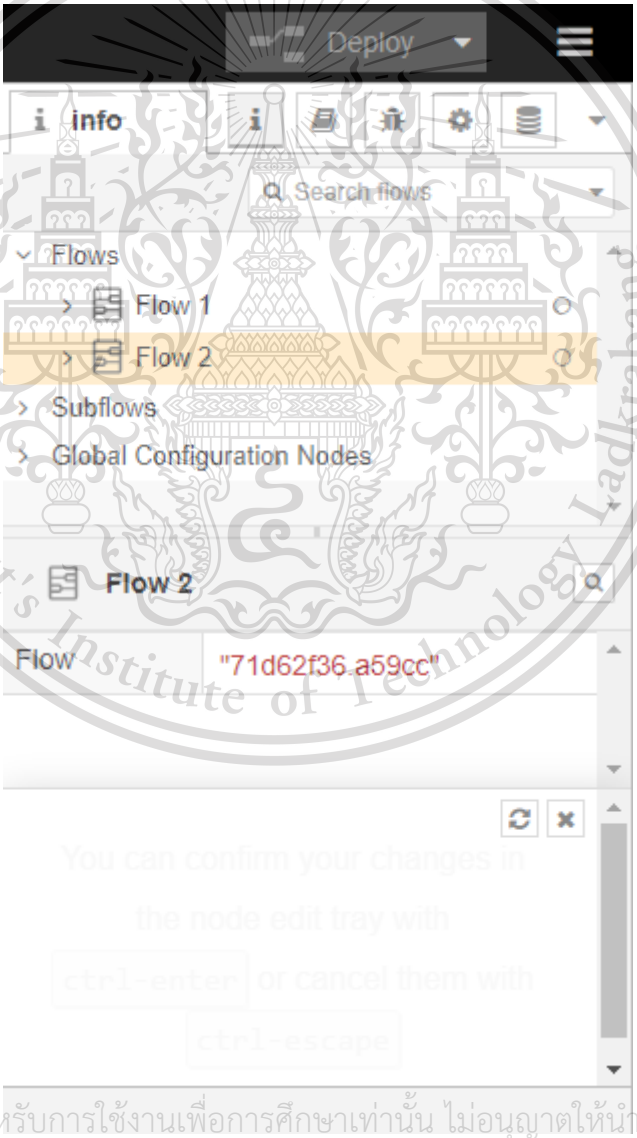
2.2 ส่วนของพื้นที่ในการวางชุดคำสั่ง หรือ node ต่างๆ เพื่อในการเชื่อมแต่ละ node เข้าด้วยกัน ดังรูปที่ จ.6

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 จ.6 หน้าต่าง Flow ในการวาง Node ของ NETPIE 2020

2.3 ส่วนนี้จะกอบด้วยรายละเอียดของ Node การแสดงผลค่าต่างๆ รวมไปถึงการจัดและตั้งค่าคำสั่งต่างๆ ส่วนปุ่มDeploy จะเป็นปุ่มคำสั่งในการรันการทำงานเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง node ภายใน flow ดังรูปที่ จ.7

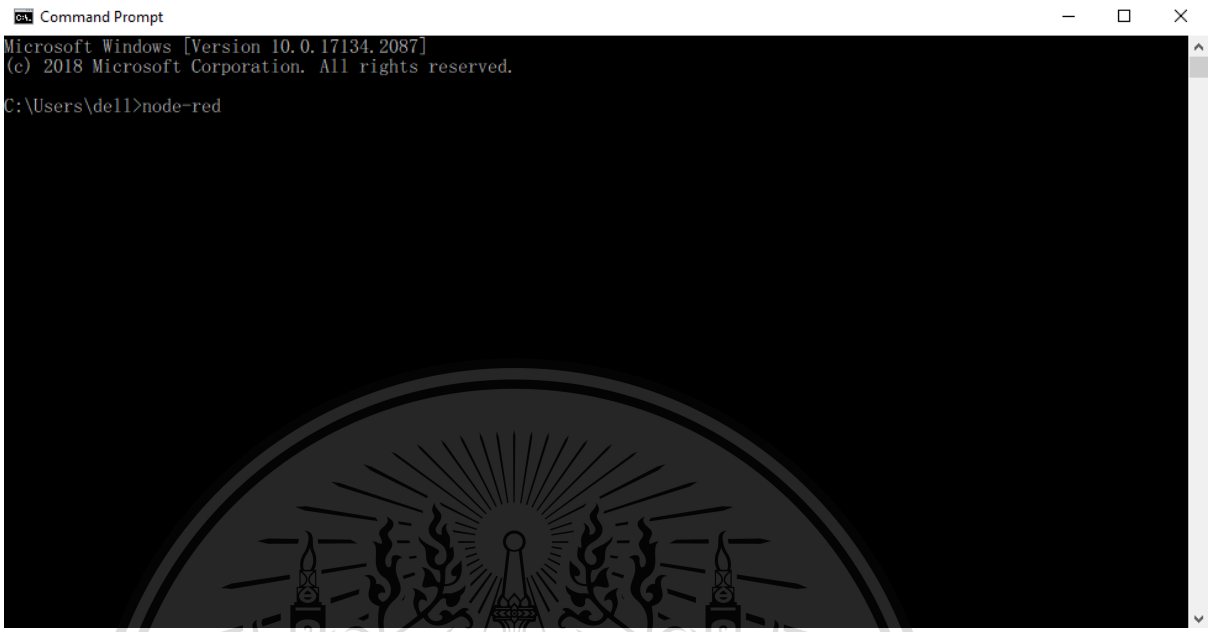


รูปที่ จ.7 รายละเอียดคำสั่งต่างๆของ NETPIE 2020

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.

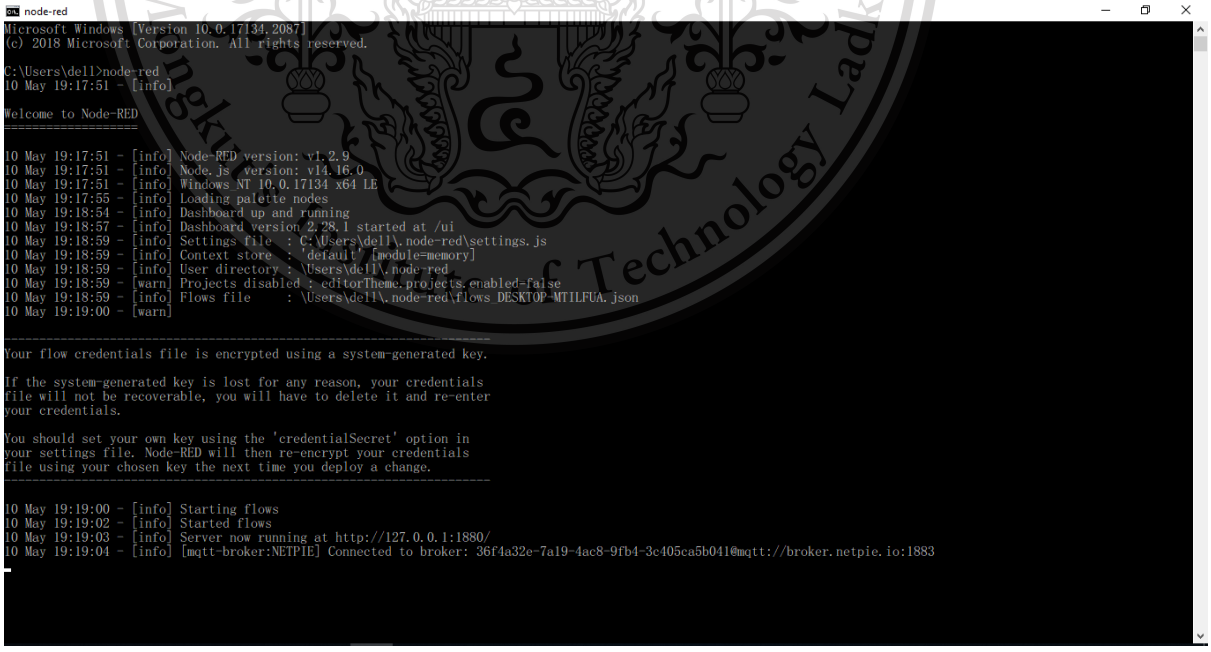
3. เริ่มต้นการใช้งานของ Node-red

3.1 เปิด CMD ขึ้นมา แล้วพิมพ์คำสั่ง Node-red ลงไป ดังรูปที่ จ.8



รูปที่ จ.8 คำสั่งในการเรียกในงาน node-red

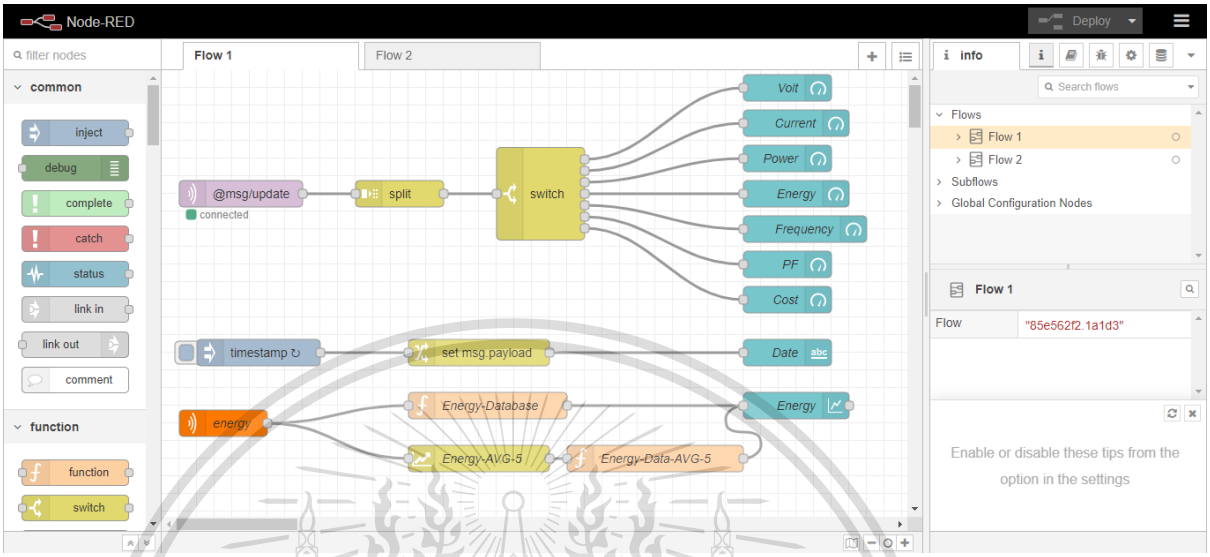
3.2 เข้าใช้งาน Node-red ได้จาก http://127.0.0.1:1880/ ดังรูปที่ จ.9



รูปที่ จ.9 แสดงการรันคำสั่งของNode-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.

3.3 เมื่อเข้าสู่การใช้งานจาก http://127.0.0.1:1880/ เรียบร้อยก็เริ่มใช้งานออกแบบ node ต่างลง Flow เพื่อให้ตอบสนองตามที่เราออกแบบเอาไว้ จากรูปข้างล่างเป็นรูปแสดง คำสั่งที่ใช้ในการสร้างเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าสรรพสิ่งทั้งหมด ดังรูปที่ จ.10



รูปที่ จ.10 Nodeทั้งหมดที่ถูกออกแบบในการใช้งานจริงของเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าสรรพสิ่ง

4. ตัวโค้ดที่ใช้ใน Node function

1.Energy-Database

```
var msg1 = {
  payload : msg.payload,
  topic : "Energy"
}
return msg1;
```

2.Energy-Data-AVG-5

```
var msg2 = {
  payload : msg.payload,
  topic : "Enerrgy AVG"
}
return msg2;
```

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 ฉ

โปรแกรมควบคุมการทำงานและการแสดงผล

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include<PubSubClient.h>
#include <PZEM004Tv30.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <ArduinoJson.h>
#include <FirebaseArduino.h>
#include <time.h>
#ifndef min
#define min(a,b) ((a)<(b)?(a):(b))
#endif

// Config Firebase
#define FIREBASE_HOST "pzem-004t-896ea-default-rtdb.firebaseio.com"
#define FIREBASE_AUTH "GUVS2NeQ0OISiRzURd7WSR0FXEWuy1u0SrVnK4cq"

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
PZEM004Tv30 pzem(14,12);// (RX,TX) connect to TX,RX of PZEM
unsigned long previousMillis =0,previousMillis_netpie = 60000, x;
float voltage, current, power, energy, frequency, pf;
float voltage_sum, current_sum, power_sum, energy_sum, frequency_sum, pf_sum,
total_sum;
String payload;
float total;
// Config time
int timezone = 7;
const char* ssid = "3309bpe24";
const char* pass = "246880834";

char ntp_server1[20] = "ntp.ku.ac.th";
char ntp_server2[20] = "fw.eng.ku.ac.th";
char ntp_server3[20] = "time.uni.net.th";
int dst = 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.

```
const char* mqtt_server = "broker.netpie.io"; //connect mqtt
const int mqtt_port = 1883;

unsigned long lastUpdateEnergy = 0, lastUpdateFirebase = 0;
float Volt, Amp, Power;
float Energy = 0;

WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);
char msg[256];
 void reconnect() {
  while (!client.connected()) {
    Serial.print("Attempting MQTT connection...");
    if (client.connect("c3237d37-a5f5-4c42-bba4-39884f10fb82",
"FA26XE5oM3Q8KDFTCUEZXb2vAP7hz5Wm", "lroOln0lH8!~1zPie3ouFwzKsgn8cb$5")) {
      Serial.println("connected");
      client.subscribe("@msg/power");
    } else {
      Serial.print("failed, rc = ");
      Serial.print(client.state());
      Serial.println("try again in 5 seconds");
      delay(5000);
    }
  }
}

void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
  Serial.print("Message arrived [");
  Serial.print(topic);
  Serial.print("]: ");
  String message;
  for (int i = 0; i < length; i++) {
    message = message + (char)payload[i];
  }
  Serial.println(message);
  if (String(topic) == "@msg/power") {
    if (message == "reset") {
      pzem.resetEnergy();
```

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.

```
    }
  }
}

void setup() {
 Serial.begin(115200);
 Serial.print("connecting to ");
 WiFi.begin(ssid,pass);//phone esp8266
 while(WiFi.status() != WL_CONNECTED)
    {
     Serial.print(".");
     delay(500);
    }
  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi connected");
  Serial.print("IP Address : ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
  client.setServer(mqtt_server, mqtt_port); //mqtt
  client.setCallback(callback);

  configTime(timezone * 3600, dst, ntp_server1, ntp_server2, ntp_server3);
  Serial.println("Waiting for time");
  while (!time(nullptr)) {
    Serial.print(".");
    delay(500);
  }
  Serial.println();
  Serial.println("Now: " + getTime());
  Firebase.begin(FIREBASE_HOST, FIREBASE_AUTH);
}
void loop ()
{
    voltage = pzem.voltage();
    if(voltage != NAN){
        Serial.print("Voltage: "); Serial.print(voltage); Serial.println("V");
        /*lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("V= ");
        lcd.print(voltage,0);*/
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น 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.

```
} else {
    Serial.println("Error reading voltage");
}

current = pzem.current();
if(current != NAN){
    Serial.print("Current: "); Serial.print(current); Serial.println("A");
    /*lcd.setCursor(7,0);
    lcd.print("A= ");
    lcd.print(current,2);*/
} else {
    Serial.println("Error reading current");
}

power = pzem.power();
if(current != NAN){
    Serial.print("Power: "); Serial.print(power); Serial.println("W");
    /*lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("P= ");
    lcd.print(power,2);*/
} else {
    Serial.println("Error reading power");
}

energy = pzem.energy();
if(current != NAN){
    Serial.print("Energy: "); Serial.print(energy,3); Serial.println("kWh");
} else {
    Serial.println("Error reading energy");
}

frequency = pzem.frequency();
if(current != NAN){
    Serial.print("Frequency: "); Serial.print(frequency, 1); Serial.println("Hz");
} else {
    Serial.println("Error reading frequency");
}
```

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.

```
pf = pzem.pf();
if(current != NAN){
    Serial.print("PF: "); Serial.print(pf);
    /*lcd.setCursor(8,1);
    lcd.print("PF= ");
    lcd.print(pf,2);*/
} else {
    Serial.println("Error reading power factor");
}

float sum = 0;
total = sum;
float unit;
unit = energy;
if(energy!=150){
float Rate15 = 2.3488;
float Rate25 = 2.9882;
float Rate35 = 3.2405;
float Rate100 = 3.6237;
float Rate150 = 3.7171;
float Rate400 = 4.2218;
float RateMore400 = 4.4217;
if(unit>=0)
total+=min(unit,15)*Rate15;
if(unit>=16)
total+=min(unit-15,10)*Rate25;
if(unit>=26)
total+=min(unit-25,10)*Rate35;
if(unit>=36)
total+=min(unit-35,65)*Rate100;
if(unit>=101)
total+=min(unit-100,50)*Rate150;
if(unit>=151)
total+=min(unit-150,250)*Rate400;
if(unit>=400)
total+=unit*RateMore400;
}else{
float overRate150 = 3.2484;
```

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.

```
    float overRate400 = 4.2218;
    float overRateMore400 = 4.4217;
    total+=min(unit,150)*overRate150;
    if(unit>=151)
    total+=min(unit-150,150)*overRate400;
    if(unit>=401)
    total+=(unit-400)*overRateMore400;
   }
   Serial.print("\ncallbill = ");
   Serial.println(total);

      Serial.println();
      delay(0);
      Firebaseconnect();
      MQTT();
}
void Firebaseconnect(){
  // update to firebase
  if ((millis() - lastUpdateEnergy) >= 1000) {
    lastUpdateEnergy = millis();
    unsigned long startTime = millis();
    /*Volt = pzem.voltage();
    Volt = Volt > 0 ? Volt : 0;
    Amp = pzem.current();
    Amp = Amp > 0 ? Amp : 0;
    Power = Volt * Amp;*/
    Energy = energy;
    //Energy = Energy > 0 ? Energy : 0;
   }
    time_t now = time(nullptr);
    struct tm* nowTime = localtime(&now);
    if ((nowTime->tm_sec % 60) == 0) {
    lastUpdateFirebase = millis();

    StaticJsonBuffer<200> jsonBuffer;
    JsonObject& root = jsonBuffer.createObject();
    root["energy"] = Energy;
    //root["amp"] = Amp;
```

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.

```
    root["time"] = getTime();

    String name = Firebase.push("/logPower", root);
    // handle error
    if (Firebase.failed()) {
      Serial.print("pushing failed:");
      Serial.println(Firebase.error());
      return;
    }
    Serial.print("pushed: /logPower/");
    Serial.println(name);

    Firebase.setFloat("/energy", Energy);
    if (Firebase.failed()) {
      Serial.print("pushing failed:");
      Serial.println(Firebase.error());
      return;
    }

    Firebase.setFloat("/amount", total);
    if (Firebase.failed()) {
      Serial.print("pushing failed:");
      Serial.println(Firebase.error());
      return;
    }
  }
  delay(0);
}
  String getTime() {
  time_t now = time(nullptr);
  struct tm* newtime = localtime(&now);

  String tmpNow = "";
  tmpNow += String(newtime->tm_year + 1900);
  tmpNow += "-";
  tmpNow += String(newtime->tm_mon + 1);
  tmpNow += "-";
  tmpNow += String(newtime->tm_mday);
```

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.

```
  tmpNow += " ";
  tmpNow += String(newtime->tm_hour);
  tmpNow += ":";
  tmpNow += String(newtime->tm_min);
  tmpNow += ":";
  tmpNow += String(newtime->tm_sec);
  return tmpNow;
}
   void MQTT(){

      if (!client.connected()){
      reconnect();//***check connection mqtt
      }
      client.loop();

      unsigned long currentMillis = millis();
      if (currentMillis - previousMillis >= 1000){//run every 1 second
        previousMillis = currentMillis;

      //------Publish value(Realtime message)------
    payload = String(voltage) + "," + String(current) + "," + String(power) + "," +
String(energy) + "," + String(frequency) + "," + String(pf) + "," + String(total);
    Serial.println(payload);
    payload.toCharArray(msg, (payload.length() + 1));
    client.publish("@msg/update", msg);
    //------Sum Power value------
    x++;
    voltage_sum += voltage;
    current_sum += current;
    power_sum += power;
    energy_sum += energy;
    frequency_sum += frequency;
    pf_sum += pf;
    //total_sum += total;

    }
      //------Update to NETPIE (Update to shadow device)------
```

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.

```
  if (currentMillis - previousMillis_netpie >= 1000) {  //ตั้งเวลาในการอัพเดทขึ้น NETPIE [มิลลิวินาที]
    previousMillis_netpie = currentMillis;

    //------Average Power value------
    voltage = voltage_sum / x;
    current = current_sum / x;
    power = power_sum / x;
    energy = energy_sum / x;
    frequency = frequency_sum / x;
    pf = pf_sum / x;
    //total = total_sum / x;
    //------Send value to Shadow device------
    payload = "{\"data\": {\"V\":" + String(voltage) + ", \"I\":" + String(current) + ", \"P\":" + String(power) + ", \"E\":" + String(energy) + ", \"f\":" + String(frequency) + ", \"PF\":" + String(pf) + ", \"bath\":" + String(total) + "}}";
    Serial.println(payload);
    payload.toCharArray(msg, (payload.length() + 1));
    client.publish("@shadow/data/update", msg);

    //------Clear PM value------
    voltage_sum = 0;
    current_sum = 0;
    power_sum = 0;
    energy_sum = 0;
    frequency_sum = 0;
    pf_sum = 0;
    x = 0;
    total_sum = 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.