มิเตอร์วัดพลังงานอัจฉริยะ

SMART ENERGY METER

นางสาววริยา ศุภจินตกุล

Wariya Supajintakul

นางสาวศศิประภา ภาคเดช

Sasiprapa Pakdech

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

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.

มิเตอร์วัดพลังงานอัจฉริยะ

SMART ENERGY METER

โดย

นางสาววริยา ศุภจินตกุล

นางสาวศศิประภา ภาคเดช

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

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.

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง มิเตอร์วัดพลังงานอัจฉริยะ

SMART ENERGY METER

ผู้จัดทำ นางสาววริยา ศุภจินตกุล รหัสประจำตัว 60010907

นางสาวศศิประภา ภาคเดช รหัสประจำตัว 60010965

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

(รศ.ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

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.

หัวข้อปริญญานิพนธ์ มิเตอร์วัดพลังงานอัจฉริยะ

นักศึกษา นางสาววริยา ศุภจินตกุล รหัสประจำตัว 60010907

นางสาวศศิประภา ภาคเดช รหัสประจำตัว 60010965

ปริญญา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ปีการศึกษา 2563

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ รศ.ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ

บทคัดย่อ

โครงงานมิเตอร์วัดพลังงานอัจฉริยะมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนามิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าและศึกษาตรวจสอบดูแลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า และส่งการแจ้งเตือนค่าไฟฟ้าในแต่ละวันและแจ้งเตือนเมื่อมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกำหนด โครงงานนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนของฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์ ส่วนของฮาร์ดแวร์ประกอบไปด้วยแผ่น PCB บอร์ด Node MCU Version 3 โดยเชื่อมต่อกับจอ LCD และโมดูลวัดพลังงาน ในส่วนของซอร์ฟแวร์ใช้Arduino IDE เป็นตัวสั่งการให้ Node MCU ทำงาน โดยเชื่อมต่อกับจอ LCD และโมดูลวัดพลังงาน Energy Module (PZEM-004t) วัดและเก็บค่าพารามิเตอร์ กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังงานไฟฟ้า และพลังงาน มีการออกแบบ PCB ที่ใช้เป็นที่สำหรับยึดชิ้นส่วนและเป็นทางเดินสัญญาณไฟฟ้าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ที่อยู่บนวงจรมิเตอร์วัดพลังงานอัจริยะ และมีการออกแบบกล่องอุปกรณ์ที่แข็งแรงทนทาน มีการแสดงปริมาณกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังงานไฟฟ้า และพลังงาน ผ่านจอ LCD ที่ตัวกล่องมิเตอร์วัดพลังงานอัจฉริยะ และสามารถดูแบบเรียลไทม์ได้ อีกทั้งสามารถตั้งเวลาที่ต้องการรีเซ็ทและสามารถตั้งค่ากำลังสูงสุดรวมถึงค่า ft บนแอพพลิเคชัน Blynk ได้อีกด้วย

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.

Thesis Title	SMART ENERGY METER	
Student	Miss Wariya Supajintakul	Student ID 60010907
	Miss Sasiprapa Pakdech	Student ID 60010965
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Electronics Engineering	
Academic Year	2020	
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Pattarapong Phasukkit	

ABSTRACT

The Smart Energy Meter Project aims to develop electric energy meters and to study and monitor electric energy consumption. And send notifications of electricity bills on a daily basis and alert when there is an excess of electricity consumption This project is divided into 2 parts: hardware and software. The hardware part consists of a PCB board, Node MCU Version 3, which is connected to the LCD and energy measurement module. For the software, use the Arduino IDE as the command to run the Node MCU by connecting to the LCD display and Energy Module (PZEM-004t) to measure and store parameters of current, voltage, power and power. The Energy has a PCB design that serves as a holder for parts and as a pathway for the electrical signals of various electronic devices on the smart energy meter circuit. And has a rugged design of the equipment box There is a display of current, voltage, power, power and energy through the LCD screen on the smart energy meter box and can be viewed in real time ,in addition can also set the time you want to reset and you can set the maximum power and the ft value on the Blynk application.

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

กิตติกรรมประกาศ

มิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าอัจริยะ (Smart Energy Meter) สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากการช่วยเหลือและให้คำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ ผู้ให้คำปรึกษาในการทำโครงการ อีกทั้งยังช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆ และให้คำแนะนำ ติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินการที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จเรียบร้อย คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณพ่อแม่ ผู้ปกครองที่สนับสนุนและให้คำปรึกษาในเรื่องต่างๆ รวมทั้งเป็นกำลังใจสำคัญที่ทำให้โครงการครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นับเป็นประสบการณ์ที่ดีในการได้เรียนรู้ในภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์อย่างแท้จริงและที่สำคัญการทำโครงงานครั้งนี้มีทั้งความดกดัน ความเครียด และอุปสรรคมากมาย แต่ก็สามารถผ่านมาได้โดยการช่วยเหลือจากเพื่อนๆ และสถานที่จัดทำที่เอื้ออำนวยความสะดวกและอุปกรณ์ต่างๆจากภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ ถ้าโครงงานเล่มนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

วริยา ศุภจินตกุล

ศศิประภา ภาคเดช

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

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญรูปภาพ VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา 2

1.4 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 การคำนวณค่าไฟฟ้า 4

2.2 การวัดกระแส 6

2.2.1 Current Sensing Resistor 6

2.2.2 Hall Effect Sensor 7

2.2.3 Current Transformer 7

2.3 ค่ากำลังทางไฟฟ้า 8

2.3.1 กำลังไฟฟ้าจริง 8

2.3.2 กำลังไฟฟ้าปรากฏ 8

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)

2.3.3 กำลังไฟฟ้าที่สูญเสีย 8
2.3.4 ตัวประกอบกำลัง 8

2.4 NodeMCU (ESP8266) 9
2.4.1 รายละเอียดของบอร์ด 10
2.4.2 การเชื่อมต่อ NodeMCU กับเครือข่าย WiFi ในโหมด SmartConfig 10

2.5 PZEM-004T V3.0 13
2.5.1 ฟังก์ชัน 13
2.5.2 โปรโตคอลการสื่อสาร 14

2.7 ภาษา C++ 15
2.7 Arduino IDE 16
2.7.1 การใช้งานโปรแกรม Arduino IDE 16
2.7.2 การเขียนโปรแกรมเบื้องต้น 16
2.8 UART 18
2.9 การสื่อสารแบบ I2C 18
2.10 HLK-PM12 (AC/DC converter) 21
2.11 Buzzer 23
2.12 รีเลย์ (Relay) 23
2.12.1 โครงสร้างของรีเลย์ 23
2.12.2 จุดต่อใช้งานมาตรฐาน 24
2.12.3 หลักการทำงานของรีเลย์ 25
2.12.4 ประเภทของรีเลย์ 25
2.13 Blynk 26
2.14 Line Notify 26

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)

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ 30
3.1 อุปกรณ์ 30
3.2 วิธีการดำเนินงาน 30
3.3 การต่อวงจร 31

บทที่ 4 ผลการทดลอง 35
4.1 การออกแบบแผงหน้าปัดและภายใน 35
4.2 ผลการทดลอง 44

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน 58
5.1 สรุปผลการทดลอง 58
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง 58

บรรณานุกรม 60

ภาคผนวก 62

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

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนงานการดำเนินการ..... 2

2.1 Product Model..... 17

2.2 Input features ของโมดูลแปลงไฟ HLK-PM01..... 17

2.3 Output features ของโมดูลแปลงไฟ HLK-PM01.....17

4.1 ค่าที่วัดได้จาก Energy Module..... 46

4.2 ค่าที่วัดได้จากมิเตอร์วัดไฟฟ้า 46

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 การวัดกระแสโดยใช้ R-Shunt 4
2.2 การวัดกระแสโดยใช้ Hall Effect 5
2.3 การวัดกระแสโดยใช้ Current Transformer
และสัญลักษณ์ของ Current Transformer 5
2.4 แสดงความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้า 8
2.5 NodeMCU 9
2.6 Pinout ของบอร์ด 10
2.7 ต่อสวิซต์กับบอร์ด 11
2.8 เพิ่มไลบรารี่ WiFi Manager ใน Arduino IDE 12
2.9 Install ไลบรารี่ WiFi Manager 12
2.10 โมดูลวัดพลังงาน 13
2.11 ภาษา C++ 15
2.12 Arduino IDE 16
2.13 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ I2C 19
2.14 จำลองลักษณะบล็อกสัญญาณ 20
2.15 โมดูลแปลงไฟ HLK-PM01 21
2.16 Buzzer 23
2.17 สัญลักษณ์ของรีเลย์ 24
2.18 Relay 24
2.19 ภาพรวมของระบบ Network Blynk 26
2.20 หน้า Login เข้าสู่ Line 27
2.21 หน้าออก Generate Token 27
2.22 ตั้งชื่อให้ Token 28
2.23 เชื่อมต่อ Line Token ได้แล้ว 28
2.24 เริ่มใช้บริการ Line Notify ได้แล้ว 29
3.1 การเชื่อมต่อ LCD กับ NodeMCU V3 31

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 Schematic 32
3.3 PCB 33
3.4 การเดินสายไฟเข้ากับแอร์ 34
4.1 การออกแบบแผงหน้าปัดและภาคแสดงผล 35
4.2 การออกแบบภายใน 35
4.3 การใส่อุปกรณ์ด้านข้าง (1) 36
4.4 การใส่อุปกรณ์ด้านข้าง (2) 36
4.5 ทางสายไฟเข้า-ออก 37
4.6 การเดินสายและวางอุปกรณ์ 37
4.7 กล่อง Smart Meter 38
4.8 อัดบล็อกเพื่อนำไปสกรีนลายวงจร 38
4.9 อัดบล็อกสำหรับการสกรีน Solder mask 39
4.10 หลังจากสกรีนลายวงจรและกัดปริ้น 39
4.11 หลังจากเจาะรูและสกรีน Solder mask 40
4.12 PCB ที่ลงอุปกรณ์เสร็จแล้ว 40
4.13 ด้านหลัง PCB 41
4.14 การเดินสายไฟ 41
4.15 นำ PCB ลงกล่องและตรวจสอบความเรียบร้อย 42
4.16 ด้านข้างกล่องที่ออกแบบใหม่ 42
4.17 หน้าปัดของมิเตอร์ 43
4.18 ทดสอบว่าไฟออกและระบบทำงานได้ปกติ 43
4.19 แสดงค่าทาง Serial Monitor 44
4.20 ข้อความเริ่มต้นเมื่อป้อนไฟให้กับ NodeMCU V3 44
4.21 เมื่อไม่ได้เปิดสวิตซ์ Energy Module 44
4.22 ก่อนการจัดตำแหน่งตัวอักษร 45
4.23 หลังการจัดตำแหน่งตัวอักษร 45
4.24 ค่าที่วัดได้จากโมดูลวัดพลังงาน บนแอพพลิเคชั่น Blynk 45

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

4.25 เมื่อเปิดสวิตซ์ Smart Meter 47
4.26 แสดงค่ากำลังงานสูงสุดที่กำหนดไว้ 47
4.27 เมื่อต่อกาต้มน้ำ 1 ตัว 48
4.28 เมื่อต่อกาต้มน้ำ 2 ตัว 48
4.29 หลังจากที่ Relay ตัด 49
4.30 เมื่อเชื่อมต่อกับ AutoConnectAP 49
4.31 การเชื่อมต่อวายฟายและ Token 50
4.32 เมื่อทำการเชื่อมต่อเรียบร้อยแล้ว 50
4.33 การแจ้งเตือนค่าไฟผ่านทางไลน์ 51
4.34 เมื่อครบเดือนระบบจะทำการรีเซ็ตอัตโนมัติตามเวลาที่ตั้งเอาไว้ 52
4.35 การตั้งค่า ft, Max Power, datetime ผ่าน Blynk 53
4.36 เมื่อถึงเวลาแจ้งเตือนไปยังไลน์ 53
4.37 เมื่อกำลังงานเกินค่าที่กำหนดไว้ 54
4.38 การเชื่อมต่อมิเตอร์เข้ากับตู้ไฟบ้าน 54
4.39 เริ่มทำการทดสอบวัดค่าไฟ 55
4.40 การวัดค่าไฟฟ้าขณะที่มีการใช้งานแอร์เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง 55
4.41 การคำนวณค่าไฟฟ้าจากเว็บไซต์ของการไฟฟ้า (1) 56
4.42 การวัดค่าไฟฟ้าขณะที่มีการใช้งานแอร์เป็นระยะเวลา 2.30 ชั่วโมง 56
4.43 การคำนวณค่าไฟฟ้าจากเว็บไซต์ของการไฟฟ้า (2) 57

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 ที่มาและความสำคัญ

ไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบันเป็นอย่างมาก ผู้ที่เลือกพักอาศัยในอพาร์ทเม้น ขนาดเล็กส่วนใหญ่จะทำงานในโรงงานเป็นกลุ่มคนที่มีรายได้ต่ำ ค่าใช้จ่ายต่างๆในการดำรงชีวิตในปัจจุบันเป็นภาระอย่างมากแก่ผู้พักอาศัย โดยเฉพาะค่าไฟฟ้า โดยมิเตอร์ที่ถูกใช้ในการติดตั้งเพื่อวัดปริมาณไฟฟ้าส่วนใหญ่คือกิโลวัตต์-อาวมิเตอร์ วัดค่า ที่ได้ 1 หน่วยเรียกว่า 1กิโลวัตต์อาว หรือ 1kWh (Kilowatt-Hour หรือ กิโลวัตต์-ชั่วโมง) หน่วยนี้เอาไว้คิดค่าไฟฟ้า สมมติราคาหน่วยละ 7 บาท หลักการของ หน่วย หรือ 1 หน่วย หรือ 1กิโลวัตต์-อาว 1KWh ก็คือ เมื่อมีการใช้ไฟไป 1KW นาน 1 ชั่วโมงนั่นเอง มิเตอร์ก็จะขึ้นที่หลักหน่วยเพิ่มที่ละหนึ่งค่า มิเตอร์ไฟฟ้ามีการเสื่อมสภาพลงตามกาลเวลา อีกทั้งการตรวจสอบจะต้องปีนขึ้นไปอ่านค่าจากมิเตอร์ที่ติดตั้งอยู่หน้าห้องพักทำให้ผู้พักอาศัยไม่สนใจที่จะทำการตรวจสอบดูปริมาณการใช้ไฟฟ้าของตน เจ้าของอพาร์ทเม้นยังมีค่าใช้จ่ายในส่วนของพนักงานดูแลที่จะทำการจดบันทึกมิเตอร์ไฟฟ้าในแต่ละเดือน อีกทั้งยังมีโอกาสที่จะผิดพลาดสูง คณะผู้จัดทำได้เห็นปัญหาต่างๆ จึงทำการสร้างมิเตอร์วัดพลังงานอัจฉริยะ (Smart Energy Meter) ขึ้นมาเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายในการตรวจสอบปริมาณการใช้งานพลังงานไฟฟ้า และส่งข้อมูลไปเก็บในฐานข้อมูลเพื่อไปคำนวนค่าไฟที่เกิดขึ้นและแสดงบนแอพพลิเคชั่น Blynk โดยสามารถตั้งค่ากำลังงานสูงสุดและตั้งเวลาให้รีเซ็ตเมื่อครบรอบเดือนได้ นอกจากนี้มีการแจ้งเตือนค่าไฟฟ้าผ่านไลน์ด้วย

1.2 ความมุ่งหมายวัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 ศึกษาการเขียนโปรแกรมบน Arduino IDE ใช้ภาษา C++

1.2.2 ศึกษาการเขียนแอพพลิเคชันสำหรับแสดงผลมิเตอร์วัดพลังงานอัจฉริยะ

1.2.3 ศึกษาและพัฒนามิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า โดยใช้ Arduino และ Energy Module (PZEM-004t) เพื่อตรวจสอบดูแลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

1.2.4 มิเตอร์วัดพลังงานอัจฉริยะสามารถวัดพลังงานได้อย่างถูกต้องแม่นยำและใช้ได้จริง

1.2.5 มิเตอร์วัดพลังงานอัจฉริยะสามารถแจ้งเตือนค่าไฟฟ้าในแต่ละวันได้

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.

1.2.6 สามารถศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าและส่งการแจ้งเตือนเมื่อมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกำหนดการใช้งานได้

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

1.3.1 มิเตอร์วัดพลังงานอัจฉริยะสามารถวัดพลังงานไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

1.3.2 มิเตอร์วัดพลังงานอัจฉริยะสามารถรับส่งข้อมูลและแสดงผลข้อมูลบน Blynk ครบถ้วนและเป็นระเบียบ

1.3.3 มิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสามารถคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละวันได้ถูกต้องและสามารถส่งค่าไฟฟ้าผ่านไลน์ตามเวลาที่ตั้งไว้ได้

1.3.4 สามารถศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังไฟฟ้าของผู้ใช้งานและส่งการแจ้งเตือนเมื่อมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินที่กำหนดได้

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

รายละเอียด	มกราคม		กุมภาพันธ์		มีนาคม		เมษายน	
	1-2	3-4	1-2	3-4	1-2	3-4	1-2	
ศึกษาการคิดคำนวณค่าไฟ								
ศึกษา Line Notify								
ศึกษาการ Config WIFI และศึกษา Library WIFI Manager								
เขียนโค้ดคำนวณค่าไฟ โดยแบ่งตามจำนวนยูนิตที่ใช้								
เขียนโค้ดให้ส่งค่าไฟผ่านไลน์ตามเวลาที่ตั้งไว้และให้แสดงบน Blynk								
นำ WIFI Manager มาใช้ในการ Config WIFI และเพิ่มเติมในส่วนของการ Config Token ของไลน์และ Blynk								

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.

จัดเรียงการแสดงข้อมูลบน Blynk ให้ครบถ้วนและเป็นระเบียบ								
ทดสอบการ Config WIFI, Token และทดสอบการทำงาน								
ออกแบบและทำ PCB								
ประกอบลงกล่องและตรวจสอบการทำงาน								
รูปเล่มรายงาน								

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 อุปกรณ์สามารถนำไปใช้วัดพลังงานไฟฟ้าได้จริง

1.5.2 ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการใช้ไฟฟ้าได้ด้วยตนเอง

1.5.3 ผู้วิจัยได้รับความรู้ ความเข้าใจในเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟติงมากขึ้น

1.5.4 สามารถนำไปประยุกต์และพัฒนาต่อได้ในอนาคต

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
เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 การคำนวนค่าไฟฟ้า

การคำนวนค่าไฟฟ้าจะแบ่งตามประเภทของไฟฟ้าที่ใช้ วิธีการคำนวณค่าไฟฟ้าประเภทที่ 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 + ภาษีมูลค่าเพิ่มนั่นเอง แต่กรณีใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 50 ยูนิตต่อเดือน จะไม่ต้องชำระค่าไฟฟ้าในเดือนนั้น

1.ค่าไฟฟ้าประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัยอัตราปกติ จะแบ่งประเภทของผู้ใช้ได้อีก 2 แบบ ดังนี้

1.1 ใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วย (ยูนิต) ต่อเดือน คุณสมบัติของผู้ใช้ที่เข้าประเภทนี้ คือ

1.1.1 มีการใช้ไฟฟ้าต่อเดือนไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน และไม่เคยใช้เกิน 150 หน่วยต่อเดือนต่อเนื่องเกิน 3 เดือน (เกิน 150 หน่วยต่อเนื่องครบ 3 เดือน จะเข้าประเภทเกิน 150 หน่วย)

1.1.2 ติดตั้งหม้อแปลงไม่เกิน 5A 1 เฟส

อัตราค่าพื้นฐานไฟฟ้า (ปี พ.ศ.2560) มีดังนี้

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

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.

- ค่าบริการ 8.19 บาท

สมมุติใช้ไฟฟ้า 105 ยูนิต การคำนวนให้นำค่าสูงสุดของแต่ละขั้นมาบวกกันเรื่อย ๆ กรณีเหลือเป็นเศษค่อยนำจำนวนยูนิตที่เหลือมาคูณตัวเลขแต่ละยูนิตในขั้นนั้น ๆ

- ยูนิตที่ 1 - 15 คิด 35.23 บาท
- ยูนิตที่ 16 - 25 คิด 29.88 บาท
- ยูนิตที่ 26 - 35 คิด 32.41 บาท
- ยูนิตที่ 36 - 100 คิด 235.54 บาท
- ยูนิตที่ 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

1.2 ใช้ไฟฟ้าเกิน 150 หน่วย (ยูนิต) ต่อเดือน คุณสมบัติของผู้ใช้ที่เข้าประเภทนี้ คือ

1.2.1 มีการใช้ไฟฟ้าต่อเดือนเกิน 150 หน่วยต่อเนื่องครบ 3 เดือน

1.2.2 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)
- ยูนิตที่ 401 เป็นต้นไป คิดยูนิตละ 4.4217 บาท
- ค่าบริการ 38.22 บาท

สมมุติใช้ไฟฟ้า 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. ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)

ค่า Ft จะเปลี่ยนทุก ๆ 3 เดือน และเป็นค่าบวก หรือค่าลบก็ได้ เช่น ช่วงเดือนกันยายน

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.

ถึง ธันวาคม ของปี พ.ศ.2560 ค่า Ft อยู่ที่ -15.90 บาท

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

สมมุติ (2) ใช้ไฟฟ้า 200 ยูนิต ค่า Ft หาได้จาก 200 * (-15.90 / 100) = -31.8 บาท

3. ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) 7%

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

สมมุติ (1) ค่าผลรวมของงอัตราค่าไฟฟ้าฐาน 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

สมมุติ (2) ค่าผลรวมของงอัตราค่าไฟฟ้าฐาน 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

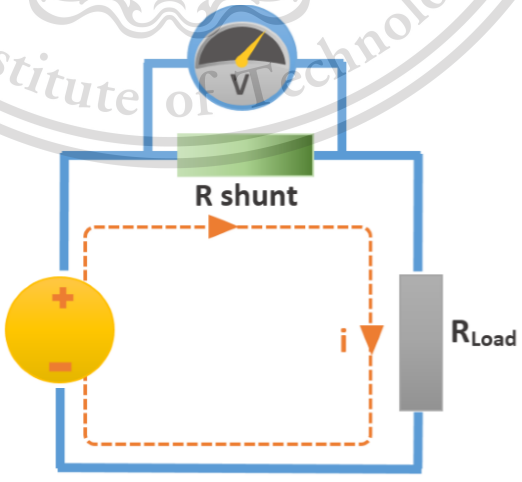
รวมค่าไฟฟ้าที่ต้องชำระ นำค่าทั้ง 3 รวมกัน คือ ค่าพื้นฐานไฟฟ้า + ค่าไฟฟ้าผันแปร + ภาษีมูลค่าเพิ่ม

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

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

2.2 การวัดกระแส

2.2.1 Current Sensing Resistors



รูปที่ 2.1 การวัดกระแสโดยใช้ R-Shunt

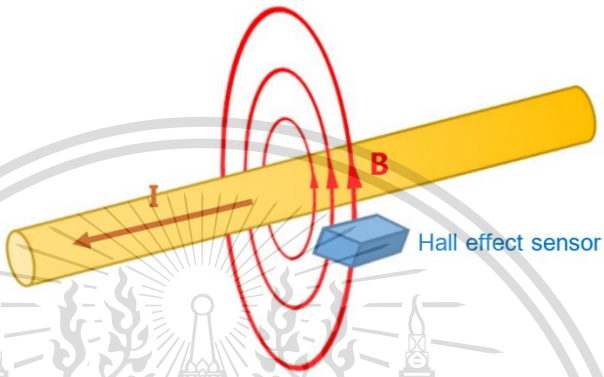
ที่มา : https://blog.thaieasyelec.com/basic-knowledge-about-current-sensor/

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.

การวัดกระแสโดยใช้ R-Shunt โดยอาศัยหลักการคือ วัดแรงดันที่ตกคร่อม R ค่าน้อยๆ ซึ่งต่ออนุกรมกับ R_{LOAD} เรียกว่า R_{shunt} สามารถวัดได้ทั้งไฟ DC และ AC และคำนวณกลับเป็นกระแสจากสูตร

$$I = \frac{V_{shunt}}{R_{shunt}} \quad (1)$$

2.2.2 Hall Effect Sensor

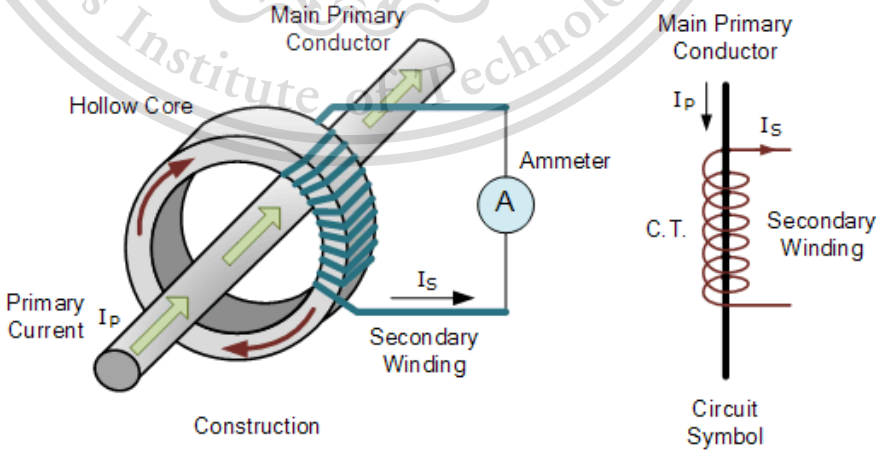


รูปที่ 2.2 การวัดกระแสโดยใช้ Hall Effect

ที่มา : https://blog.thaieasyelec.com/basic-knowledge-about-current-sensor/

เป็นการวัดกระแสทางอ้อม เมื่อเราจ่ายกระแสไฟฟ้าทั้ง DC และ AC จะทำให้เกิดเส้นสนามแม่เหล็กรอบสายไฟ เมื่อเซ็นเซอร์ Hall effect อยู่ในบริเวณเส้นสนามแม่เหล็กของสายไฟ จะส่งสัญญาณออกมา ตามระดับสนามแม่เหล็กที่วัดได้

2.2.3 Current Transformer



รูปที่ 2.3 การวัดกระแสโดยใช้ Current transformer และสัญลักษณ์ของ Current Transformer

ที่มา : https://blog.thaieasyelec.com/basic-knowledge-about-current-sensor/

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

Current Transformer เป็นการวัดกระแสไฟฟ้าทางอ้อมเช่นกัน โดยใช้หลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กเหมือนกับหม้อแปลงไฟฟ้า แต่เปลี่ยนให้ฝั่ง Primary เป็นสายไฟที่ต้องการวัดกระแสแทน และมีเพียงขดลวดฝั่ง Secondary เรียกว่า Current Transformer เมื่อเราจ่ายกระแสไฟฟ้าสลับไหลผ่านสายไฟ จะทำให้เกิดเส้นสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงไปมา และไปตัดกับขดลวดที่พันรอบแกน Inductive Sensor ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นเมื่อต่อกับโหลด ซึ่งจะวัดได้เฉพาะกระแสไฟฟ้า AC เท่านั้น กรณีที่จ่ายกระแสไฟฟ้า DC เข้าไปในสายไฟ จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะไม่เกิดการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก หลักการนี้สามารถนำไปใช้กับ Clampmeter

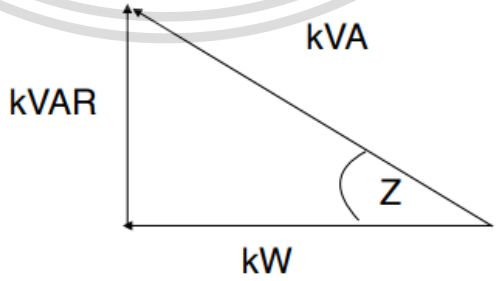
2.3 ค่ากำลังทางไฟฟ้า

2.3.1 กำลังไฟฟ้าจริง (Active Power) เป็นกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงกับอุปกรณ์และทำให้อุปกรณ์ทำงานได้รับประโยชน์ จริงมีหน่วยเป็น วัตต์หรือ กิโลวัตต์ (W or kW)

2.3.2 กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power) เป็นกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นทั้งหมดที่จ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า มีหน่วยเป็น วาร์หรือ กิโลวาร์ (VAR or kVAR)

2.3.3 กำลังไฟฟ้าที่สูญเสีย (Reactive Power) เป็นกำลังไฟฟ้าที่อุปกรณ์ไฟฟ้านำไปใช้ในการทำงานเพื่อทำให้เกิดประโยชน์มี หน่วยเป็น โวลท์-แอมป์หรือ กิโลโวลท์-แอมป์ (VA or kVA)

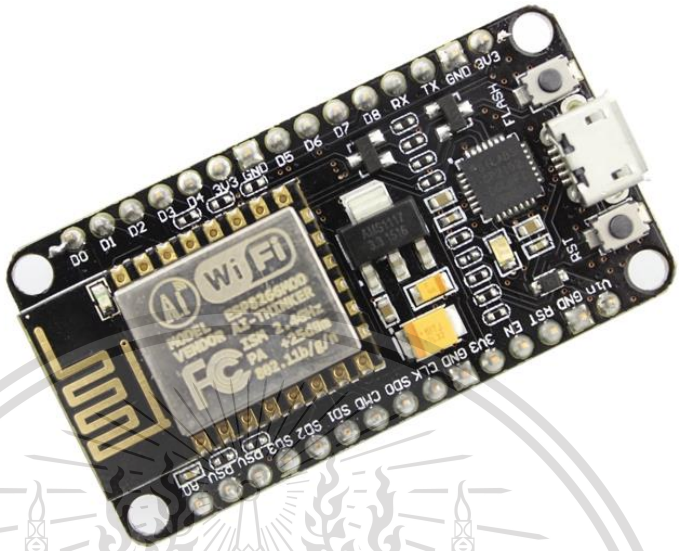
2.3.4 ตัวประกอบกำลัง (Power factor) เป็นอัตราส่วนระหว่าง กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าปรากฏ ซึ่งมีค่าเท่ากับ P.F. = kW / kVA หรือ cos(Z) จะเห็นได้ว่า P.F. เป็นค่าที่ใช้บอกประสิทธิภาพของกำลังไฟฟ้าที่ใช้ดังนั้น ถ้าค่าตัวประกอบ กำลังมีค่า = 1 หมายถึง ประสิทธิภาพของกำลังไฟฟ้า 100%



รูปที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้า

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

2.4 NodeMCU (ESP8266)



รูปที่ 2.5 NodeMCU

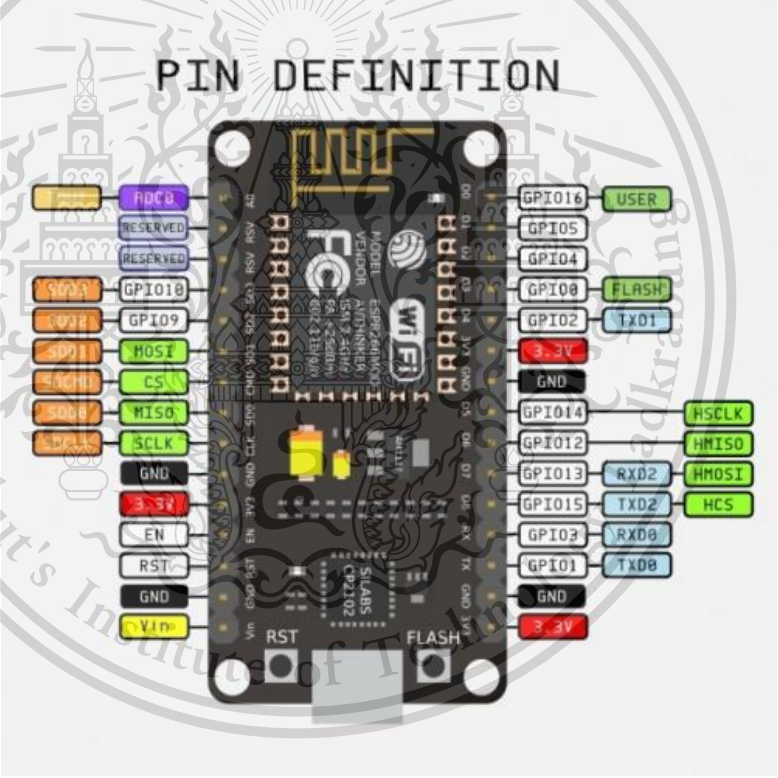
ที่มา : https://www.arduino4.com/product/313/nodemcu-v2-lua-based-esp8266-12e-development-kit-usb-cp2102

NodeMCU คือ แพลตฟอร์มหนึ่งที่ใช้ช่วยในการสร้างโปรเจค Internet of Things (IoT) ที่ประกอบไปด้วย Development Kit (ตัวบอร์ด) และ Firmware (Software บนบอร์ด) ที่เป็น open source สามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Lau ได้ ทำให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น มาพร้อมกับโมดูล WiFi (ESP8266) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการใช้เชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตนั่นเอง ตัวโมดูลESP8266นั้นมีอยู่ด้วยกันหลายรุ่นมาก ตั้งแต่เวอร์ชันแรกที่เป็น ESP-01 ไล่ไปเรื่อย ๆ จนปัจจุบันมีถึง ESP-12 และที่ฝังอยู่ใน NodeMCU version แรกนั้นก็เป็น ESP-12 แต่ใน version2 นั้นจะใช้เป็น ESP-12E แทน ซึ่งการใช้งานโดยรวมก็ไม่แตกต่างกันมากนัก NodeMCU นั้นมีลักษณะคล้ายกับ Arduino ตรงที่มีพอร์ต Input Output built inมาในตัว สามารถเขียนโปรแกรมคอนโทรลอุปกรณ์ I/O ได้โดยไม่ต้องผ่านอุปกรณ์อื่นๆ และเมื่อไม่นานมานี้ก็มีนักพัฒนาที่สามารถทำให้ Arduino IDE ใช้งานร่วมกับ Node MCU ได้ จึงทำให้ใช้ภาษา C/C++ ในการเขียนโปรแกรมได้ ทำให้เราสามารถใช้งานมันได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น NodeMCU ตัวนี้สามารถทำอะไรได้หลายอย่างมากโดยเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ IoT ไม่ว่าจะเป็นการทำ Web Serverขนาดเล็ก การควบคุมการเปิดปิดไฟผ่าน WiFi และอื่นๆอีกมากมาย

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

2.4.1 รายละเอียดของบอร์ด

- ชุดพัฒนานี้ based on โมดูล WiFi ที่ชื่อ ESP8266
- มี GPIO PWM, I2C, 1-Wire และ ADC รวมมาอยู่บนบอร์ดเดียว
- มี USB-TTL มาในตัว ไม่ต้องซื้อแยกเหมือนกับการใช้ ESP8266 ปกติ ทำให้ใช้งานได้สะดวกขึ้น
- มีขา GPIO 10 ขา ทุกๆขาสามารถเป็น PWM, I2C และ 1-wire ได้
- มี PCB antenna สำหรับรับส่งสัญญาณไร้สาย
- ใช้คอนเนกเตอร์แบบ micro-USB สำหรับจ่ายแรงดันไฟเลี้ยงหรือเท่ากับ +5V และ สำหรับดาวน์โหลดเฟิร์มแวร์



รูปที่ 2.6 Pin out ของบอร์ด

ที่มา : http://embeddedhomework.blogspot.com/2017/04/week01-arduino-basic-iodigital.html

2.4.2 การเชื่อมต่อ NodeMCU/ESP8266 กับเครือข่าย WiFi ในโหมด SmartConfig

โหมด SmartConfig ใช้ไลบรารี่ WiFiManager เพื่อเชื่อมต่อบอร์ด NodeMCU/ESP8266 ในโหมด SmartConfig หรือโหมด Access Point โดยการทำงานของไลบรารี่มีดังนี้

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. เมื่อบอร์ดเริ่มต้นทำงาน จะเข้าสู่โหมดปกติหรือ Station และจะพยายามเชื่อมต่อกับเครือข่าย WiFi ที่บันทึกไว้เดิม

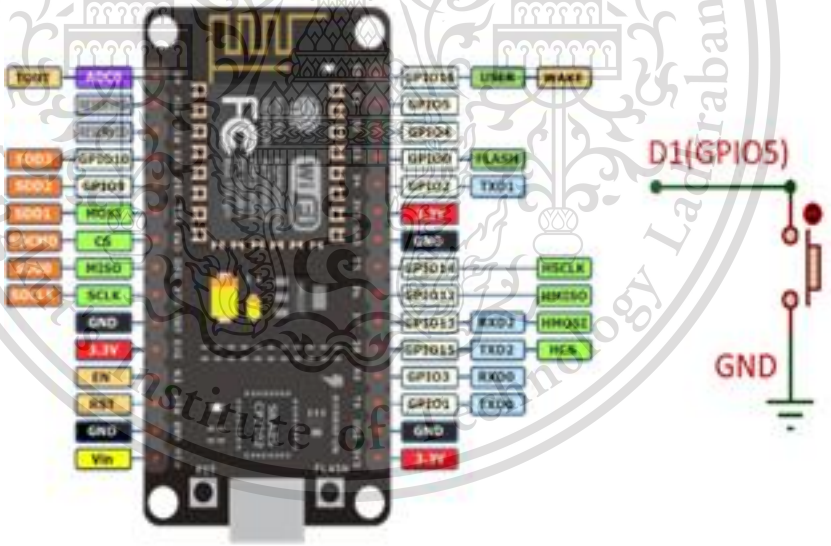
2. หากเชื่อมต่อไม่สำเร็จ บอร์ดจะเปลี่ยนเข้าสู่โหมด SmartConfig หรือ Access Point โดยมี Web Server ที่มี Default IP 192.168.4.1 และ DNS Server ที่จะนำทราฟฟิกทั้งหมดของอุปกรณ์ที่มาต่อกับบอร์ดไปยัง Default Webserver

3. เมื่อนำอุปกรณ์สื่อสารที่มี WiFi Module มาเชื่อมต่อกับบอร์ดในโหมด SmartConfig เมื่อเปิดเว็บเบราว์เซอร์จะปรากฏ Captive Portal ให้ใส่ SSID และ Password ของเครือข่าย WiFi ที่ต้องการตั้งให้บอร์ดเชื่อมต่อ และทำการบันทึกเอาไว้

4. บอร์ดจะ Reboot และเข้าสู่โหมด Station ตามปกติ วนกลับไปสู่ข้อ I) เราจะผสมผสานความรู้ที่ได้จาก Module NETPIE on NodeMCU/ESP8266 Lab 3 การติดต่อ Digital Input โดยออกแบบให้มีปุ่มกดเพื่อบังคับให้บอร์ดเข้าสู่โหมด SmartConfig หลังจากเริ่มทำงานทันที

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อสวิตช์ดังภาพ สวิตช์ตัวนี้จะถูกโปรแกรมให้เป็นปุ่มเลือกโหมดของบอร์ดดังที่กล่าวมาข้างต้น

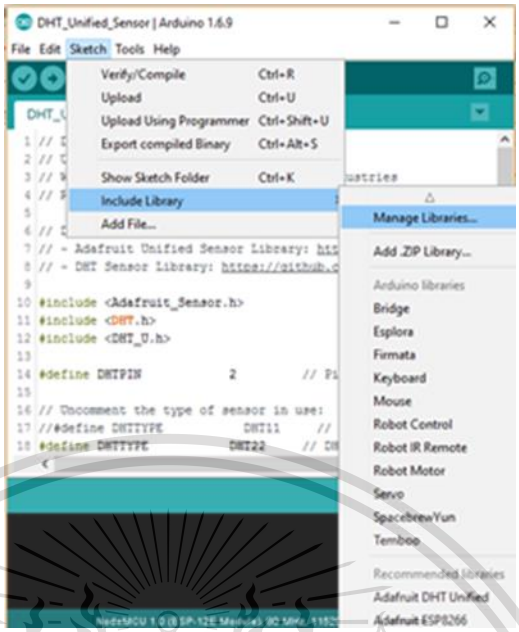


รูปที่ 2.7 ต่อสวิตช์กับบอร์ด

ที่มา : https://netpie.gitbooks.io/

2. เพิ่มไลบรารี่ WiFi Manager ใน Arduiono IDE โดยไปที่เมนู Sketch -> Include Library -> Manage Libraries

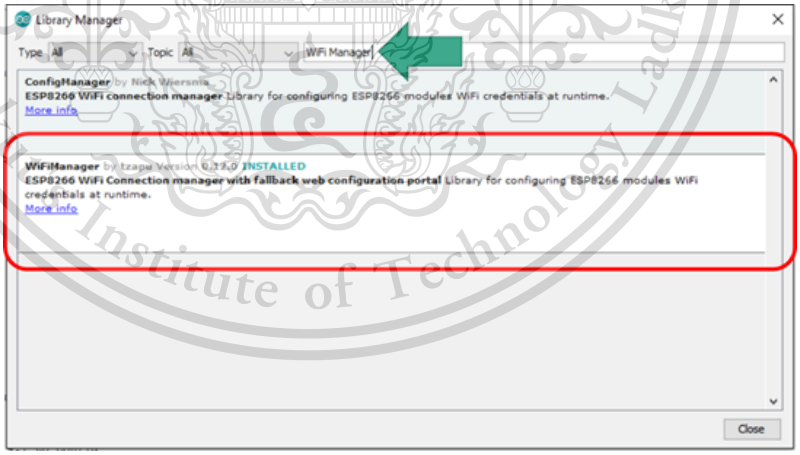
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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



รูปที่ 2.8 เพิ่มไลบรารี่ WiFi Manager ใน Arduiono IDE

ที่มา : https://netpie.gitbooks.io/

3. พิมพ์ WiFi Manager ในช่องค้นหาดังรูปข้างล่าง เมื่อผลการค้นปรากฏ ให้คลิกที่ WiFiManager จากนั้นคลิก Install.



รูปที่ 2.9 Install ไลบรารี่ WiFi Manage

ที่มา : https://netpie.gitbooks.io/

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.

2.5 PZEM-004T V3.0

รูปที่ 2.10 โมดูลวัดพลังงาน

ที่มา : https://www.ioxhop.com/product/1072/pzem004t-100a-v3-ac-digital-power-energy-meter-module

โมดูลวัดพลังงานไฟฟ้า สามารถวัดแรงดันไฟฟ้า วัดค่ากระแสไฟฟ้า วัดค่ากำลังไฟฟ้าและวัดค่ากำลังไฟฟ้าต่อชั่วโมง ซึ่งจะนำค่าเหล่านี้ไปใช้ในการคำนวณค่าไฟฟ้าได้ โดยข้อมูลถูกอ่านผ่านอินเทอร์เฟซ TTL

2.5.1 ฟังก์ชัน

- แรงดันไฟฟ้า
  - ช่วงการวัด : 80 ～ 260V
  - ความละเอียด : 0.1V
  - ความแม่นยำในการวัด : 0.5%
- กระแส
  - ช่วงการวัด : 0 ～ 100A
  - เริ่มต้นการวัดกระแส : 0.02A
  - ความละเอียด : 0.001A
  - ความแม่นยำในการวัด : 0.5%
- กำลังงาน
  - ช่วงการวัด : 0 ～ 23kW
  - กำลังวัดเริ่มต้น : 0.4W
  - ความละเอียด : 0.1W
  - รูปแบบการแสดงผล : ＜1000W จะแสดงทศนิยมหนึ่งตำแหน่งเช่น 999.9W ≥1000Wจะแสดงเฉพาะจำนวนเต็มเช่น 1000W
  - ความแม่นยำในการวัด : 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.

- ตัวประกอบกำลัง (PF)
  - ช่วงการวัด : 0.00 ～ 1.00
  - ความละเอียด : 0.01
  - ความแม่นยำในการวัด : 1%
- ความถี่
  - ช่วงการวัด : 45Hz ～ 65Hz
  - ความละเอียด : 0.1Hz
  - ความแม่นยำในการวัด : 0.5%
- พลังงาน
  - ช่วงการวัด : 0 ～ 9999.99kWh
  - ความละเอียด : 1Wh
  - ความแม่นยำในการวัด : 0.5%
  - รูปแบบการแสดงผล : ＜ 10kWh หน่วยแสดงผลคือ Wh (1kWh = 1000Wh) เช่น 9999Wh, ≥ 10kWh หน่วยแสดงผลคือกิโลวัตต์ชั่วโมง เช่น 9999.99kWh
  - รีเซ็ตพลังงาน : ใช้ซอฟต์แวร์เพื่อรีเซ็ต
- สัญญาณเตือนไฟเกิน
  - กำหนดเกณฑ์กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานได้ เมื่อกำลังไฟฟ้าที่วัดได้เกินเกณฑ์สามารถเขียนซอฟต์แวร์ให้มีการแจ้งเตือน
- อินเทอร์เฟซการสื่อสาร
  - อินเทอร์เฟซ RS485

2.5.2 โปรโตคอลการสื่อสาร

- โปรโตคอลชั้นกายภาพ
  - ชั้นกายภาพใช้อินเทอร์เฟซการสื่อสาร UART ถึง RS485
  - Baud rate คือ 9600, ข้อมูล 8 บิต, หยุด 1 บิต, ไม่มีบิตพิเศษที่ใช้ในการตรวจสอบความผิดพลาด ตอนที่ข้อมูลถูกส่งผ่านไปในระบบคอมพิวเตอร์
- โปรโตคอลชั้นแอพพลิเคชัน
  - ชั้นแอปพลิเคชันใช้โปรโตคอล Modbus-RTU ในการสื่อสาร ในปัจจุบันรองรับเฉพาะโค้ดฟังก์ชันเช่น 0x03 (Read holding Register), 0x04 (Read Input Register), 0x06 (Write Single Register), 0x41 (Calibration), 0x42 (Reset energy) 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.

- ผลที่ได้จากการวัด
  - รูปแบบคำสั่งของต้นแบบอ่านผลการวัดคือ (ทั้งหมด 8 ไบต์): 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 ตรวจสอบไบต์ต่ำ

2.6 ภาษา C++

ภาษา C++ เป็นภาษาคอมพิวเตอร์เพื่อวัตถุประสงค์ทั่วไป ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมได้ทั้งแบบออบเจ็ค และการเขียนแบบปกติทั่วไป และยังมีเครื่องมืออำนวยความสะดวกในการจัดการและเข้าถึงระดับหน่วยความจำ นอกจากนี้มันยังถูกนำไปใช้ในการเขียนโปรแกรมแบบต่างๆ มากมาย เช่น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ระบบฝังตัว (Embedded) เว็บเซิร์ฟเวอร์ การพัฒนาเกม และแอพพลิเคชันที่ต้องการประสิทธิภาพอย่างสูง

ภาษา C++ เป็นภาษาที่ถูกออกแบบมาในการเขียนโปรแกรมระบบ ซึ่งมีประสิทธิภาพและความยืดหยุ่นในการออกแบบโปรแกรมสูง C++ เป็นภาษาที่ต้องคอมไพล์ก่อนที่จะนำไปใช้งาน ซึ่งสามารถพัฒนาได้ในหลายๆ แพลตฟอร์ม ซึ่งได้รับการสนับสนุนโดยองค์กรต่างๆ ที่ประกอบไปด้วย Free Software Foundation (FSF's GCC) LLVM Microsoft Intel และ IBM

รูปที่ 2.11 ภาษา C++

ที่มา : http://marcuscode.com/lang/cpp

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.

2.7 Arduino IDE

Arduino Integrated Development Environment (IDE) หรือที่เรียกว่า Arduino Environment เป็นโปรแกรมที่ออกแบบมาเพื่อให้ง่ายต่อการเขียนซอฟต์แวร์สำหรับแพลตฟอร์มโอเพ่นซอร์สนี้ แพลตฟอร์ม Arduino เป็นแพลตฟอร์มอิเล็กทรอนิกส์ยอดนิยมที่ออกแบบมาเพื่อลดความซับซ้อนของกระบวนการออกแบบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การใช้งานทั่วไป ได้แก่ หุ่นยนต์เทคโนโลยีการปรับปรุงบ้านคอมพิวเตอร์ที่สวมใส่ได้และแอปพลิเคชันอิเล็กทรอนิกส์ที่แปลกใหม่

รูปที่ 2.12 Arduino IDE

ที่มา : https://www.arduino.cc/en/software

2.7.1 แนวคิดการใช้งานโปรแกรม Arduino IDE

- เขียนโปรแกรมด้วยภาษา C/C++ สำหรับ Arduino
- คอมไพล์หรือแปลโปรแกรมภาษา C/C++ ให้เป็นภาษาสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์และบันทึกเป็น Intel Hex File
- อัปโหลด Intel Hex File ลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งอยู่บนบอร์ด Arduino ผ่านสาย USB หรือผ่าน Programmer

2.7.2 การเขียนโปรแกรมเบื้องต้น

โปรแกรมของ Arduino แบ่งได้ เป็นสองส่วนคือ ภาษาซีของ Arduino จะจัดรูปแบบโครงสร้างของการเขียนโปรแกรมออกเป็นส่วนย่อยๆหลายๆส่วน โดยเรียกแต่ละส่วนว่าฟังก์ชั่น และเมื่อนำฟังก์ชั่นมารวมเข้าด้วยกัน ก็จะเรียกว่าโปรแกรม โดยโครงสร้างการเขียนโปรแกรมของ Arduino นั้น ทุกๆโปรแกรมจะต้องประกอบไปด้วยฟังก์ชั่นจำนวนเท่าใดก็ได้ แต่อย่างน้อยที่สุดต้องมีฟังก์ชั่น จำนวน 2 ฟังก์ชั่น คือ setup() และ loop()

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.

จะเห็นได้ว่าโครงสร้างพื้นฐานของภาษาซีที่ใช้กับ Arduino นั้นจะประกอบไปด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆด้วยกัน คือ

1. Header ในส่วนนี้จะมีหรือไม่มีก็ได้ ถ้ามีต้องกำหนดไว้ในส่วนเริ่มต้นของโปรแกรม ซึ่งส่วนของ Header ได้แก่ ส่วนที่เป็น Compiler Directive ต่างๆรวมไปถึงส่วนของการประกาศตัวแปรและค่าคงที่ต่างๆที่จะใช้ในโปรแกรม

2. setup() ในส่วนนี้เป็นฟังก์ชั่นบังคับที่ต้องกำหนดให้มีในทุกๆโปรแกรม ถึงแม้ว่าในบางโปรแกรมจะไม่ต้องการใช้งานก็ยังจำเป็นต้องประกาศไว้ด้วยเสมอ เพียงแต่ไม่ต้องเขียนคำสั่งใดๆไว้ในระหว่างวงเล็บปีกกา {} ที่ใช้เป็นตัวกำหนดของเขตของฟังก์ชั่น โดยฟังก์ชั่นนี้จะใช้สำหรับบรรจุคำสั่งในส่วนที่ต้องกาให้โปรแกรมทำงานเพียงรอบเดียวตอนเริ่มต้นทำงานของโปรแกรมครั้งแรกเท่านั้น ซึ่งได้แก่ คำสั่งเกี่ยวกับการ Setup ค่าการทำงานต่างๆ เช่น การกำหนดหน้าที่การใช้งานของ PinMode และการกำหนดค่า Baudrate สำหรับใช้งานพอร์ตสื่อสารอนุกรม เป็นต้น

3. loop() เป็นส่วนฟังก์ชั่นบังคับที่ต้องกำหนดให้มีในทุกๆโปรแกรมเช่นเดียวกันกับฟังก์ชั่น setup() โดยฟังก์ชั่น loop() นี้จะใช้บรรจุคำสั่งที่ต้องการให้โปรแกรมทำงานเป็นวงรอลซ้ำๆกันไปไม่รู้จบ ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับรูปแบบของ ANSI-C ส่วนนี้ก็คือ ฟังก์ชั่น main() นั่นเอง

เมื่อพบคำสั่ง #include ตัวแปลภาษาของ Arduino จะไปค้นหาไฟล์ที่ระบุไว้ในเครื่องหมาย <> หลังคำสั่ง #include จากตำแหน่ง Directory ที่เก็บไฟล์ Library ของโปรแกรม Arduino ไว้

ซึ่งแน่นอนว่าส่วนของ Header จะนับรวมไปถึง คำสั่งส่วนที่ใช้ประกาศสร้างตัวแปร (Variable Declaration) และค่าคงที่ (Constant Declaration) รวมทั้ง ฟังก์ชั่นต่างๆ (Function Declaration) ด้วย ซึ่งจากตัวอย่างได้แก่ส่วนที่เป็นคำสั่ง

สำหรับส่วนที่สำคัญที่สุดและขาดไม่ได้ คือ ฟังก์ชั่น setup() และ ฟังก์ชั่น loop() ซึ่งฟังก์ชั่น ทั้ง 2 ส่วนนี้มีรูปแบบโครงสร้างที่เหมือนกัน แต่ถูกกำหนดด้วยชื่อฟังก์ชั่นเป็นการเฉพาะ คือ setup() และ loop() โดย setup() จะเขียนไว้ก่อน loop() ซึ่งทัง 2 ฟังก์ชั่นนี้ มีขอบเขต เริ่มต้นและสิ้นสุด อยู่ภายใต้เครื่องหมาย {}

หน้าที่ของฟังก์ชั่น setup() ใน Arduino คือ ใช้ทำหน้าที่เป็นส่วนของโปรแกรมย่อยสำหรับใช้บรรจุคำสั่งต่างๆที่ใช้สำหรับกำหนดกาทำงานของระบบ หรือ กำหนดคุณสมบัติการทำงานให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งคำสั่งทั้งหมดที่บรรจุไว้ภายใต้ฟังก์ชั่นของ Setup() นี้ จะถูกเรียกขึ้นมาทำงานเพียงรอบ

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.

เดียวคือตอนเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรม โดยคำสั่งที่นิยมบรรจุไว้ในฟังก์ชั่นส่วนนี้ ได้แก้ คำสั่งสำหรับกำหนดโหมดการทำงานของ Digital Pin หรือคำสั่งสำหรับ กำหนดคุณสมบัติของพอร์ตสื่อสารอนุกรม เป็นต้น

หน้าที่ของฟังก์ชั่น loop() ใน Arduino คือใช้ทำหน้าที่เป็นส่วนของโปรแกรมหลัก สำหรับใช้บรรจุคำสั่งควบคุมการทำงานต่างๆ ของโปรแกรม ที่ต้องการใช้โปรแกรมทำงาน โดยคำสั่งที่บรรจุไว้ในฟังก์ชั่นนี้จะถูกเรียกขึ้นมาทำงานซ้ำๆ กันตามลำดับและเงื่อนไขที่กำหนดไว้

2.8 UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)

คือรูปแบบที่ถูกกำหนดขึ้นมาในการรับ-ส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส เริ่มจากบิตเริ่มต้นจะ เป็น 0 และตามด้วยข้อมูลที่เราส่งและจะถูกปิดด้วยบิต 1 โดยข้อมูลที่ส่งออกไปจะมีขนาด 8 บิต โดยบิตที่ 8 จะเป็น priority bit เพื่อเช็คความถูกต้องจากจำนวนบิต โดย UART ถูกนำไปใช้ในส่วน ของการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างเซ็นเซอร์โหนดและอุปกรณ์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า

2.9 การสื่อสารแบบ I2C

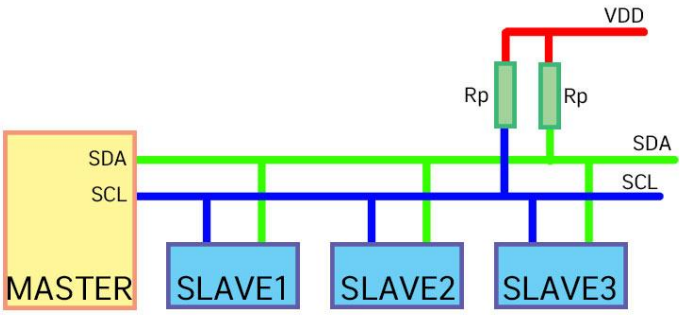
I²C ย่อมาจาก Inter-Integrated Circuit - IIC หรือคุ้นเคยกันในรูป I²C (อ่านว่า "ไอ-สแคว-ซี" แต่ใครจะอ่านว่า "ไอ-ทู-ซี" หรือ "ไอ-ไอ-ซี" ก็ไม่เป็นไร ขอให้เข้าใจตรงกันครับ) เป็นการสื่อสารแบบ Serial รูปแบบหนึ่ง ถูกคิดค้นขึ้นใน ค.ศ. 1982 โดย Philip semiconductor (ปัจจุบันคือ NXP Semiconductors) โดยมีจุดประสงค์เพื่อใช้รับส่งข้อมูลความเร็วต่ำระหว่างอุปกรณ์ มีจุดเด่นคือเชื่อมต่อแบบบัสสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ได้เป็นจำนวนมาก โดยใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้นเท่านั้น จึงช่วยลดปริมาณของสายสัญญาณ และอุปกรณ์มีขนาดเล็กลง โดยสายสัญญาณ 2 เส้นนั้น คือ

- SCL มีหน้าที่ส่งสัญญาณนาฬิกาเพื่อใช้สำหรับควบคุมการรับส่งข้อมูล ซึ่งความเร็วนี้ตามมาตรฐานคือ 100kHz และมีโหมดอื่นคือ Fast Mode มีความเร็วสูงสุด 400kHz, Hi-Speed Mode มีความเร็วสูงสุด 3.4MHz และ Ultra Fast Mode มีความเร็วสูงสุดที่ 5MHz โดยไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละตัวก็จะมีความเร็วของสัญญาณนาฬิกาต่างกัน (บอร์ด Arduino หรือ STM ที่เราใช้กันทั่ว ๆ ไปนี้ส่วนมากจะรองรับความเร็ว Standard และ Fast Mode เท่านั้น)

- SDA เป็นสายที่ใช้รับส่งข้อมูลที่ต้องการจะสื่อสาร

และเนื่องจากการรับส่งข้อมูลของสายสัญญาณทั้งสองเป็นแบบ Open-Drain จึงจำเป็นต้องต่อ Pull-Up Resistor ที่สายสัญญาณทั้งสอง และต้องอาศัยไฟเลี้ยงด้วย

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 2.13 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ I²C

ที่มา : http://fitrox.lnwshop.com

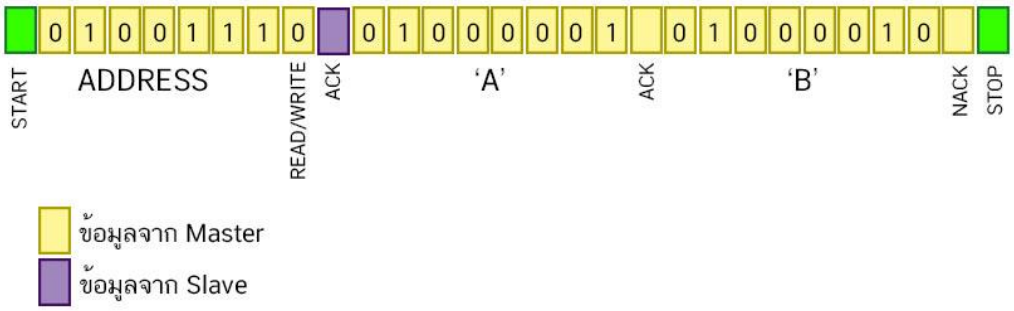
จากภาพเป็นผังการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรเลอร์ที่เป็น Master และ Slave อีก 3 ตัว โดยการทำงานนั้น เมื่อเริ่มต้นการสื่อสาร Master จะส่งคำสั่ง Start ออกไปผ่านสาย SDA (SCL ปล่อยสัญญาณนาฬิกาคงที่ตลอดเวลา) หลังจากบิต Start จะเป็น Address ของ Slave ที่ต้องการเรียกใช้งาน ตามด้วยบิตคำสั่งจะให้ Read หรือ Write ในขั้นตอนนี้ Slave ทุกตัวจะทำการตรวจสอบว่า Address ที่ Master เรียกนั้นใช่ตัวเองหรือไม่ หากตรวจสอบแล้วเป็น Address ของตัวเอง Slave ตัวนั้นจะส่งบิต ACK กลับไปที่ Master เพื่อแสดงความพร้อมทำงาน และก็จะมีการรับส่งข้อมูลกันทีละ 1 ไบต์ (8 บิต) ในแต่ละไบต์จะถูกคั่นด้วย ACK ซ้ำแบบนี้เรื่อย ๆ จนการรับส่งข้อมูลจบลง Master จะส่งบิต Stop เพื่อเป็นสัญญาณจบการสื่อสาร

สมมติส่งตัวอักษร 'A' และ 'B' ไปแสดงที่จอ LCD แบบ I2C ที่มี Address คือ 0x27 จะมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. Master ส่ง START bit
2. Master ส่ง Address 0x27 คือ 0100111 (มาตรฐานของ I2C ใช้ 7-bit Address)
3. Master ส่ง Read/Write bit ในที่นี้คือ 0 (0 = ให้ Slave รอรับข้อมูล และ 1 = ให้ Slave ส่งข้อมูลกลับมา)
4. Slave ส่ง ACK ตอบกลับมา
5. Master ส่ง 'A' ในรูปข้อมูล 1 byte คือ 01000001
6. Master ส่ง ACK bit
7. Master ส่ง 'B' ในรูปข้อมูล 1 byte คือ 01000010
8. Master ส่ง NACK bit
9. Master ส่ง STOP bit

จำลองลักษณะบล็อกสัญญาณที่ส่งไปดังนี้

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 2.14 จำลองลักษณะบล็อกสัญญาณ

ที่มา : http://fitrox.lnwshop.com

ข้อดีของ I2C

- ใช้ขาสัญญาณน้อย เพียงแค่ 2 เส้นเท่านั้น
- แม้ Slave จะมีความต้องการแตกต่างกัน บางตัวเป็น Fm บางตัวเป็น Standard ก็สามารถต่อใช้งานร่วมกัน
- รองรับการใช้งาน Master หลายตัว
- มีการใช้ ACK/NACK เพื่อจัดการ Error ต่างๆ

ข้อเสียของ I2C

- การเขียนโปรแกรมจะมีความซับซ้อน
- ทำงานที่ความเร็วต่ำ
- ทำงานด้วยระบบ Half-Duplex

การสื่อสารแบบ I2C มีรูปแบบดังรูป 1-2 และมีขั้นตอนการรับส่งข้อมูลเป็นลำดับ ดังนี้

1. เพื่อเริ่มต้นสถานะการสื่อสารแบบ I2C อุปกรณ์ Master เริ่มจะส่งคำสั่ง START ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์ Slave ทุกตัวที่อยู่ใน Bus เตรียมพร้อมรับข้อมูลจากสายส่งข้อมูล (SDA)

2. อุปกรณ์ Master ส่ง Address ขนาด 7 บิตและตามด้วยคำสั่งอ่านหรือเขียน (Read/Write) อีก 1บิต

3. อุปกรณ์ Slave ทุกตัวใน Bus จะตรวจสอบ Address ในสายส่งข้อมูลว่าตรงกับ Address ของตนหรือไม่หากตรงกัน จะส่งสัญญาณ ACK ขนาด 1 บิต กลับไปยังอุปกรณ์ Master เพื่อเตรียมพร้อมดำเนินการต่อไป

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

4. การรับส่งข้อมูลระหว่าง Master และ Slave ที่ระบุ Address จะดำเนินการอย่างต่อเนื่อง ในกรณีที่Master ส่งคำสั่ง Read อุปกรณ์ Slave จะส่งข้อมูลเป็นชุดๆ ชุดละ 8 บิต (1 ไบต์) เมื่ออุปกรณ์Master จะส่งสัญญาณ ACK เมื่อได้รับทุกๆ ไบต์

5. อุปกรณ์ Master จะส่งคำสั่ง STOP เพื่อสิ้นสุดสถานะการสื่อสารแบบ I2C

2.10 HLK-PM01 (AC/DC converter)

รูปที่ 2.15 โมดูลแปลงไฟ HLK-PM01

ที่มา : https://thai.alibaba.com/product-detail/original-ic-hlk-pm01-power-module-220v-to-5v-ac-dc-60664448390.html

โมดูลแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 220V เป็นไฟตรง 5V กำลังไฟฟ้า 3W

ตารางที่ 2.1 Product Model

MODEL	Size (mm)	Output power (W)	Output voltage (V)	Output current (mA)
HLK-PM01	34*20*15	3	5	600

ตารางที่ 2.2 Input features ของโมดูลแปลงไฟ HLK-PM01

Items	Technical Parameters
Input Voltage (Normal)	100 - 240 VAC
Input Voltage (Full Range)	85 - 265 VAC
The maximum input current	<= 0.1 A

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.

Input inrush current	<= 10 A
Input low start	<= 50 mS

ตารางที่ 2.3 Output features ของโมดูลแปลงไฟ HLK-PM01

Items	Technical Parameters
No-load rated output voltage	5.0±0.1 VDC
Full-load rated output voltage	5.0±0.2 VDC
Short time maximum output current	≥700 mA
Rated output current	600 mA
Voltage regulation	±0.2 %
Load regulation	±0.5 %
Input low voltage efficiency	Vin=115Vac, Output full load ≥73 %
Input high voltage efficiency	Vin=230Vac, Output full load ≥73 %
Output ripple and noise (mV_{pp})	≤100 mV Rated input voltage, output full load. With 20MHz bandwidth oscilloscope, Load side 10uF and 0.1uF capacitance test.
Switching on/off overshoot amplitude	(Rated input voltage, output plus 10% load) ≤ 5 %Vo
Output over-current protection	Output maximum load 110-150% A
Output short circuit protection	Direct short circuit in normal output and automatic return to normal operation after removal of short circuit

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.

2.11 Buzzer

รูปที่ 2.16 Buzzer
ที่มา : https://geekelectronics.io/shop/active-buzzer/

ลำโพงบัซเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่ให้กำเนิดเสียงทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้อยู่ในรูปสัญญาณเสียง ลำโพงบัซเซอร์มีอยู่ 2 ประเภท ได้แก่

1. แบบแอคทีฟ (Active Buzzer) ลำโพงชนิดนี้มีวงจรกำเนิดความถี่อยู่ภายใน สามารถสร้างสัญญาณเสียงเตือนได้ทันทีเพียงแค่จ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าไป

2. แบบพาสซีฟ (Passive Buzzer) ลำโพงชนิดนี้ทำงานเหมือนลำโพงขนาดเล็ก คือ ถ้าป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปไม่มีเสียงถ้าต้องการให้มีสัญญาณเสียงต้องทำการป้อนสัญญาณความถี่เข้าไป ลำโพงชนิดนี้สามารถกำเนิดเสียงที่มีความแตกต่างกันตามความถี่ที่ป้อนเข้ามา

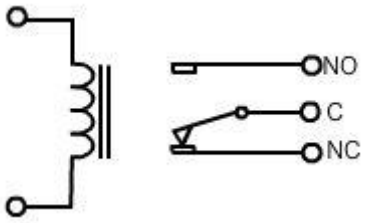
การใช้งานต้องเขียนโปรแกรมเพื่อส่งความถี่จาก Arduino เข้าไปยังลำโพงบัซเซอร์ ปัจจุบันเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยทั่วไปมีลำโพงบัซเซอร์ติดตั้งอยู่ภายในด้วย เช่น ในคอมพิวเตอร์ใช้ลำโพงบัซเซอร์เพื่อส่งสัญญาณให้ทราบว่าสถานะของคอมพิวเตอร์มีปัญหาอะไร หรือในเครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เครื่องปรับอากาศ เมื่อทำการกดปุ่มบนเครื่องหรือรีโมตคอนโทรลจะได้ยินเสียงปืนดังขึ้นมาด้วยเพื่อบอกให้รู้ว่าขณะนี้ทำการกดสวิตช์แล้ว

2.12 รีเลย์ (Relay)

รีเลย์เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสภาวะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่าง ๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย

2.12.1 โครงสร้างของรีเลย์

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 2.17 สัญลักษณ์ของรีเลย์

ที่มา : http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/286/4/11/relay/relay.htm

ภายในโครงสร้างของ รีเลย์ จะประกอบไปด้วยขดลวด 1 ชุด และ หน้าสัมผัส ซึ่งในหน้าสัมผัส 1 ชุด ซึ่งจะประกอบไปด้วย หน้าสัมผัสแบบปกติปิด (Normally Close หรือ NC) ซึ่งในสภาวะปกติ ขานี้จะต่ออยู่กับขาร่วม (C) และ หน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (Normally Open หรือ NO) ขานี้จะต่อเข้ากับขาร่วม (C) เมื่อขดลวดมีแรงดันตกคร่อม หรือกระแสไหลผ่าน (ในปริมาณที่เพียงพอ) ในรีเลย์ 1 ตัว อาจมีหน้าสัมผัสมากกว่า 1 ชุด ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ผลิต

2.12.2 จุดต่อใช้งานมาตรฐาน

1. จุดต่อ NC ย่อมาจาก normal close หมายความว่าปกติติดปิด หรือ หากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลา

2. จุดต่อ NO ย่อมาจาก normal open หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดปิดเช่นโคมไฟสนามหรือหน้าบ้าน

3. จุดต่อ C ย่อมาจาก common คือจุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ

รูปที่ 2.18 Relay

ที่มา : https://www.es.co.th/af.asp?keyword=&catc=021010&mfrc=

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.

2.12.3 หลักการทำงานของรีเลย์

รีเลย์จะทำงานตามหลักการแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อเรานำเอาขดลวดพันรอบแกนเหล็กหลายรอบแล้วป้อนกระแสไฟฟ้า เข้าในขดลวดนั้น แกนเหล็กจะกลายเป็นแม่เหล็ก(แต่จะเป็นแบบชั่วคราวเท่านั้น)และเมื่อเรานำไฟฟ้าออกแกนเหล็กจะกลาย เป็นแกนเหล็กธรรมดา

เมื่อรีเลย์อยู่ในสภาวะปกติยังไม่มีการจ่ายกระแสให้รีเลย์ หน้าสัมผัส NC กับ C จะต่อถึงกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ไปได้และเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้นรีเลย์ ทำให้ชุดขดลวดเกิดเป็นแม่เหล็กอำนาจแม่เหล็กจะดึงหน้าสัมผัส C มาต่อกับหน้าสัมผัส NO ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลจาก NO ไปยัง C ได้ และ เมื่อเราเอากระแสไฟฟ้าออกจากรีเลย์ หน้าสัมผัส C จะถูกสปริงดึงไปให้ติดกับหน้าสัมผัส NC ดังเดิม

2.12.4 ประเภทของรีเลย์

เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ (solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจรไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. รีเลย์กำลัง (power relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ (Contactor or Magneticcon-tactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

2. รีเลย์ควบคุม (control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลัง ไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่

2.13 Blynk

Blynk Platform ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ Internet of Things ซึ่งมีคุณสมบัติในการควบคุมจากระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต และยังสามารถแสดงผลค่าจากเซนเซอร์ต่างๆ ได้อีกด้วย

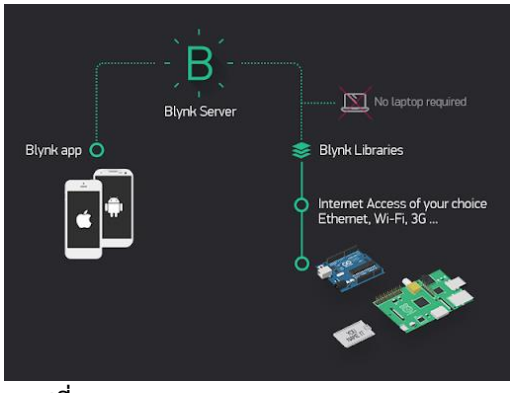
การทำงานจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วนดังนี้

• Blynk App – แอพพลิเคชั่นที่สามารถติดตั้งในมือถือของเราเองเพื่อสร้าง Interface ในการควบคุมหรือแสดงผลค่าจากอุปกรณ์ Internet of Things

• Blynk Server – ทาหน้าที่เป็นตัวกลางในการติดต่อสื่อสารระหว่างแอพพลิเคชั่นกับ อุปกรณ์ Internet of Things

• Blynk Libraries – ออกแบบมาสำหรับอุปกรณ์ Internet of Things ต่างๆ ให้สามารถสื่อสารกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

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 2.19 ภาพรวมของระบบ Network Blynk
ที่มา : http://cs.bru.ac.th/application-blynk/

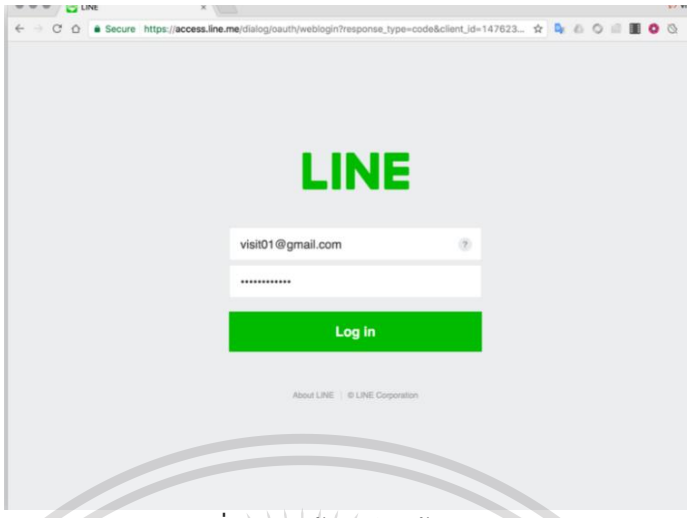
2.14 LINE Notify

Line Notify คือบริการที่ LINE ให้เราส่งข้อความ หรือแจ้งเตือนอัตโนมัติ สามารถนำไปใช้ต่อยอดพัฒนาโปรเจค ที่มีความต้องการส่งข้อความในการแจ้งเตือนเข้าไปยัง กลุ่ม หรือบัญชีส่วนตัวของเราได้ผ่าน API ของ LINE โดยตรง

หลักการทำงานของ Line Notify
ต้องสมัครขอใช้บริการจาก LINE ก่อน ซึ่งหลังจากการสมัครแล้วเราจะได้ตัวเลขชุดหนึ่งมา หน้าตาประมาณนี้ “Ynzzovc8dway85pRSJKNvtUIAzlkPnvBPs9xAdaBWRA” ตัวเลขชุดนี้เรียกว่า โทเคน (TOKEN) เอาไว้อ้างอิงตัวตนของ LINE Notify คล้ายกับหมายเลขบัตรประจำตัวประชาชนของเรานั่นเอง จากนั้นเราจะสามารถส่งข้อความไปยัง LINE Notify ได้ตามช่องทางต่างๆ ผ่าน API เช่น เขียนโปรแกรมส่งจาก PHP / PYTHON / ARDUINO C/C++ หรือจาก CURL

การสมัครขอใช้บริการ LINE Notify
1.ลงทะเบียนขอรหัส Token ที่ https://notify-bot.line.me/my/

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 2.20 หน้า login เข้าสู่ LINE

ที่มา : https://medium.com/

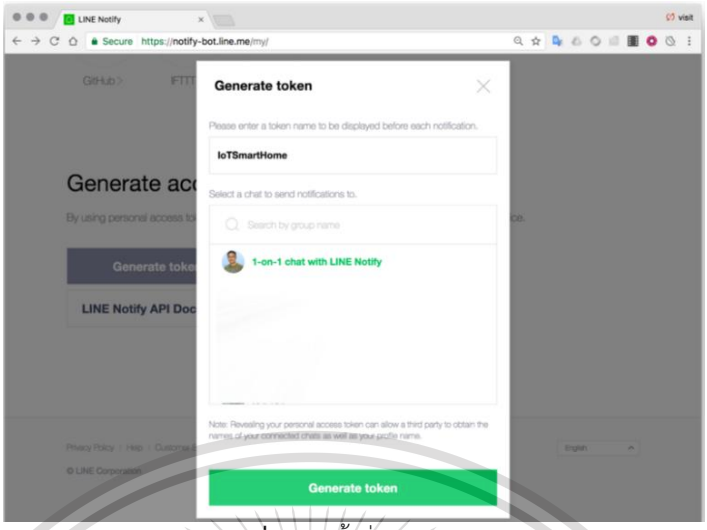
2. หาเมนู “Generate token” แล้ว Click

รูปที่ 2.21 หน้าออก Generate token

ที่มา : https://medium.com/

3. ให้ตั้งชื่อให้ token ที่ต้องการ ในที่นี้ผู้เขียนตั้งชื่อว่า “IoTSmartHome” จากนั้นให้เลือก LINE Notify ของเราเอง แล้วคลิ๊กที่ปุ่ม “Generate token”

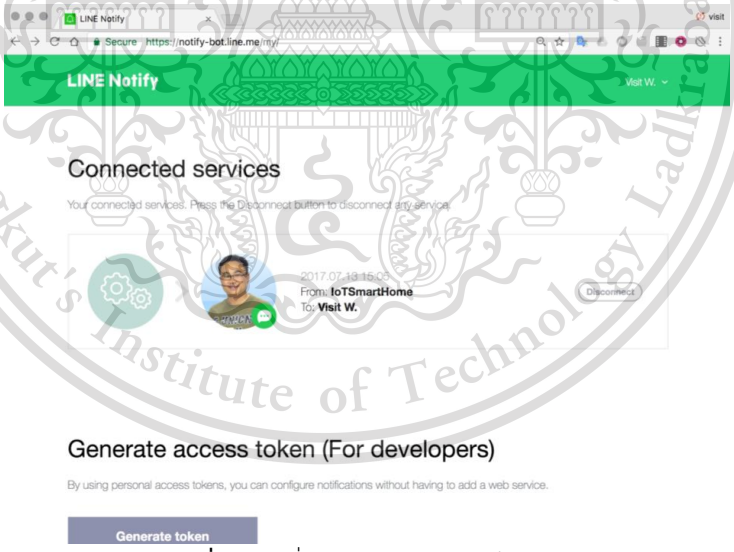
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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



รูปที่ 2.22 ตั้งชื่อให้ token

ที่มา : https://medium.com/

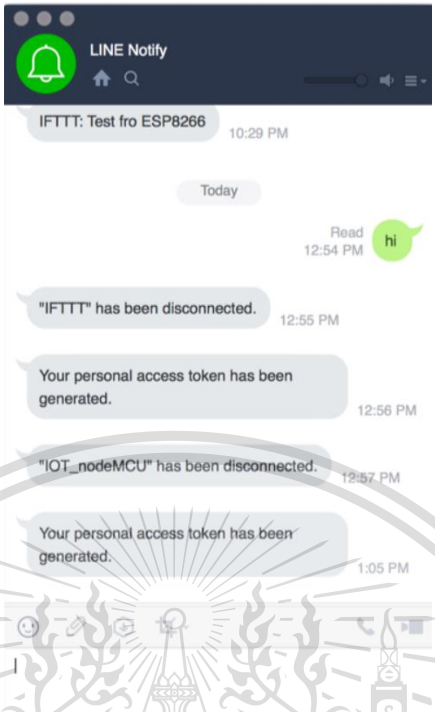
4. ระบบจะสร้าง TOKEN มาให้ เสร็จขั้นตอนการขอ Token ขณะนี้เชื่อมต่อ Line Token ได้แล้ว



รูปที่ 2.23 เชื่อมต่อ Line Token ได้แล้ว

ที่มา : https://medium.com/

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



รูปที่ 2.24 เริ่มใช้บริการ LINE Notify ได้แล้ว

ที่มา : https://medium.com/

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

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการ

3.1 อุปกรณ์

- NodeMCU (ESP8266) V3
- จอ LCD 20x4 I2C + I2C Interface
- Energy Module (PZEM004t v3)
- สาย Micro USB
- โปรแกรม Arduino IDE
- มิเตอร์วัดไฟฟ้า
- สายไฟ (F/F,F/M)
- Breaker
- กล่องอเนกประสงค์
- แผ่นทองแดง
- สาย AC Power
- Pin Header
- Capacitor
- Switching Supply Module
- ปลั๊ก AC
- Switch
- Diode 1N4002
- Resistor

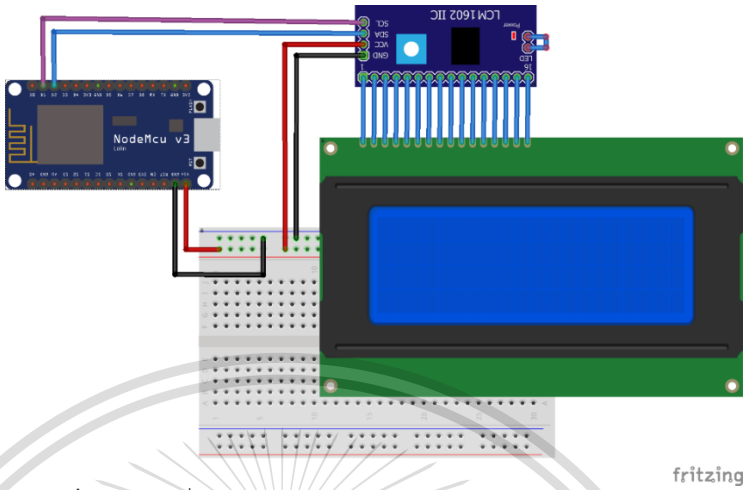
3.2 วิธีการดำเนินงาน

1.ศึกษาการทำงานของ Energy Module และ Library อื่นๆที่ใช้ในการทำโปรเจค

2.การออกแบบแผงหน้าปัดและภาคแสดงผลของ Smart Energy Meter

3.การเชื่อมต่อจอ LCD 20x4 I2C เข้ากับ NodeMCU (ESP8266) V3

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 3.1 การเชื่อมต่อ LCD กับ NodeMCU (ESP8266) V3

4. เขียนโค้ดสั่งการให้แสดงผลออกที่หน้าจอ, Serial Monitor และแอพพลิเคชั่น Blynk

5. เปรียบเทียบค่าที่วัดได้จาก Energy Module กับมิเตอร์วัดไฟฟ้า

6. ทดสอบการตัดของ relay และการแจ้งเตือนของ buzzer

7. เพิ่มโค้ดในส่วนของการ Configuration Wi-Fi, Blynk และ Line

8. ในโปรแกรม Blynk ได้เพิ่มการตั้งค่าวันเวลาที่จะให้เครื่องรีเซ็ตค่าทั้งหมดเมื่อครบเดือน และสามารถใส่ค่าอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (Ft) ได้ โดยค่า Ft นั้นดูได้จากเว็บไซต์ของการไฟฟ้า นอกจากนี้มีการเพิ่มส่วนของการเปิดปิดมิเตอร์ผ่าน Blynk

9. เขียนโค้ดให้มีการแจ้งเตือนค่าไฟและจำนวนยูนิตที่ใช้ ผ่านทางไลน์

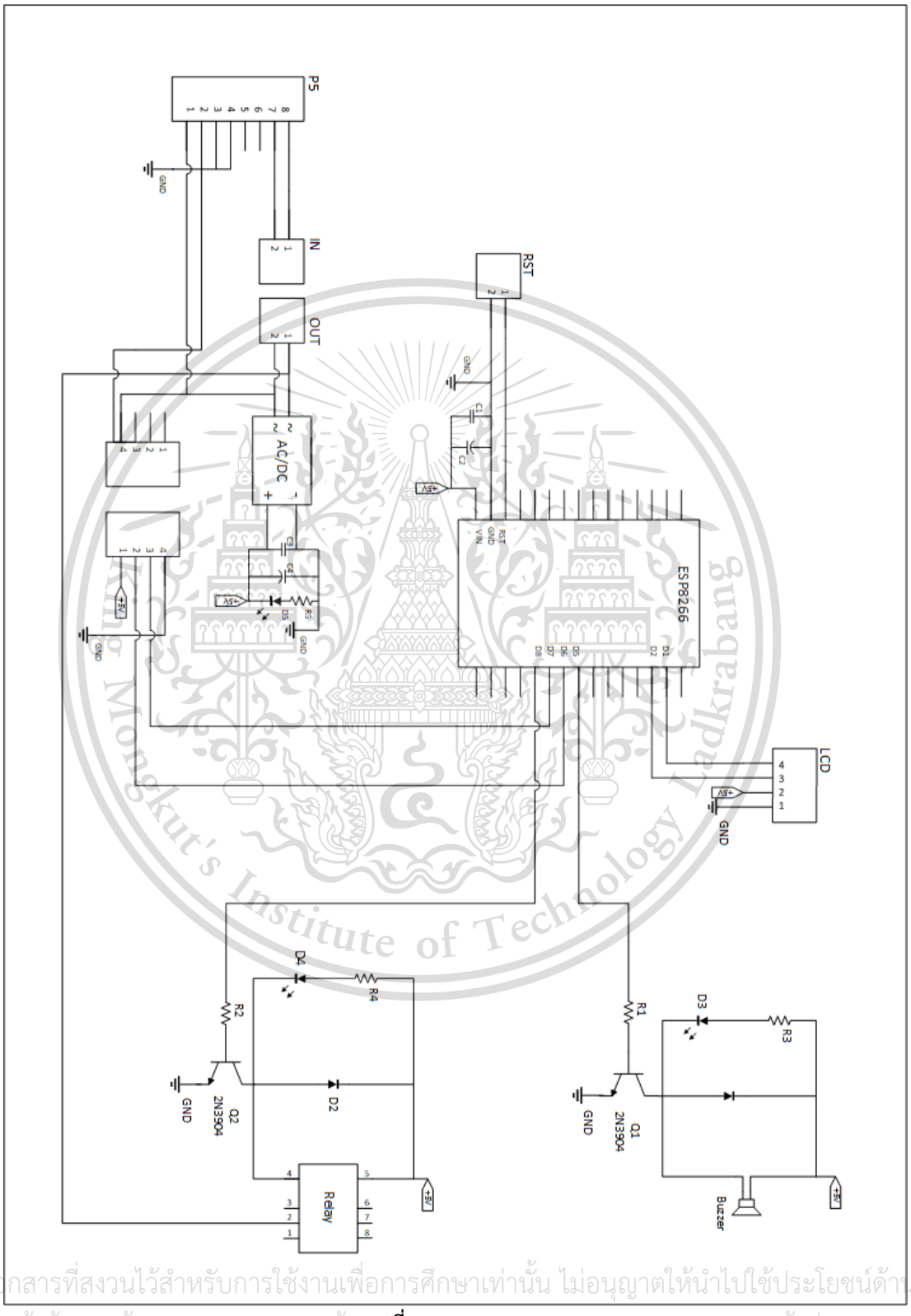
10. เพิ่มส่วนของการตั้งค่ากำลังงานสูงสุด เมื่อกำลังงานเกินกว่ากำลังงานสูงสุดที่กำหนดไว้ มิเตอร์จะตัดทันที และจะมีการแจ้งไปยังไลน์ว่ากำลังงานเกินค่าที่กำหนด

11. ทำ PCB โดยการสกรีน จากนั้นนำไปกัดปริ้น แล้วเช็ดด้วยอะซิโตน เจาะรูและทำการบัดกรีอุปกรณ์

12. หลังจากลงอุปกรณ์และเดินสายแล้ว ทำการเทสก่อนนำลงกล่อง

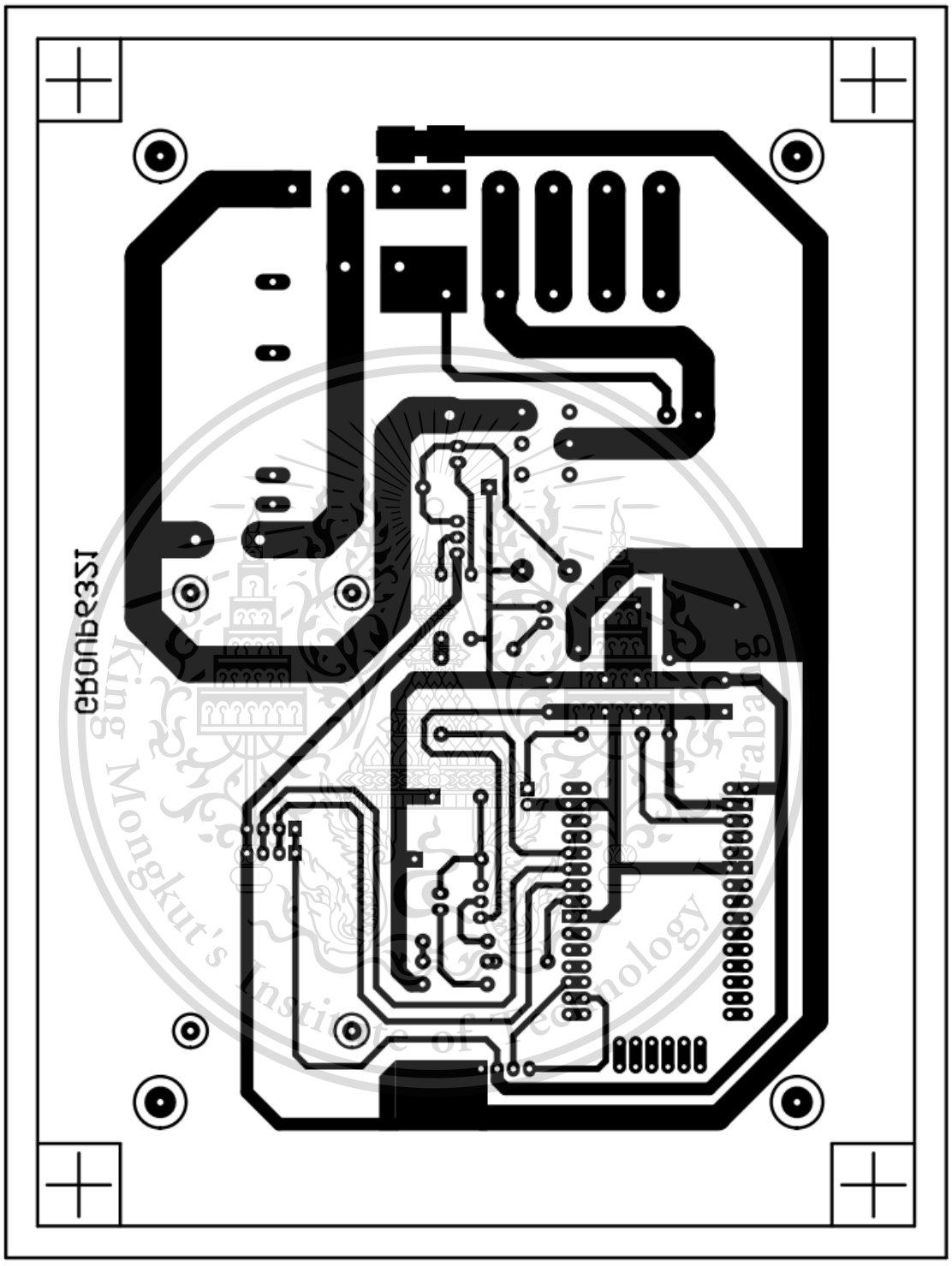
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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

3.3 การต่อวงจร



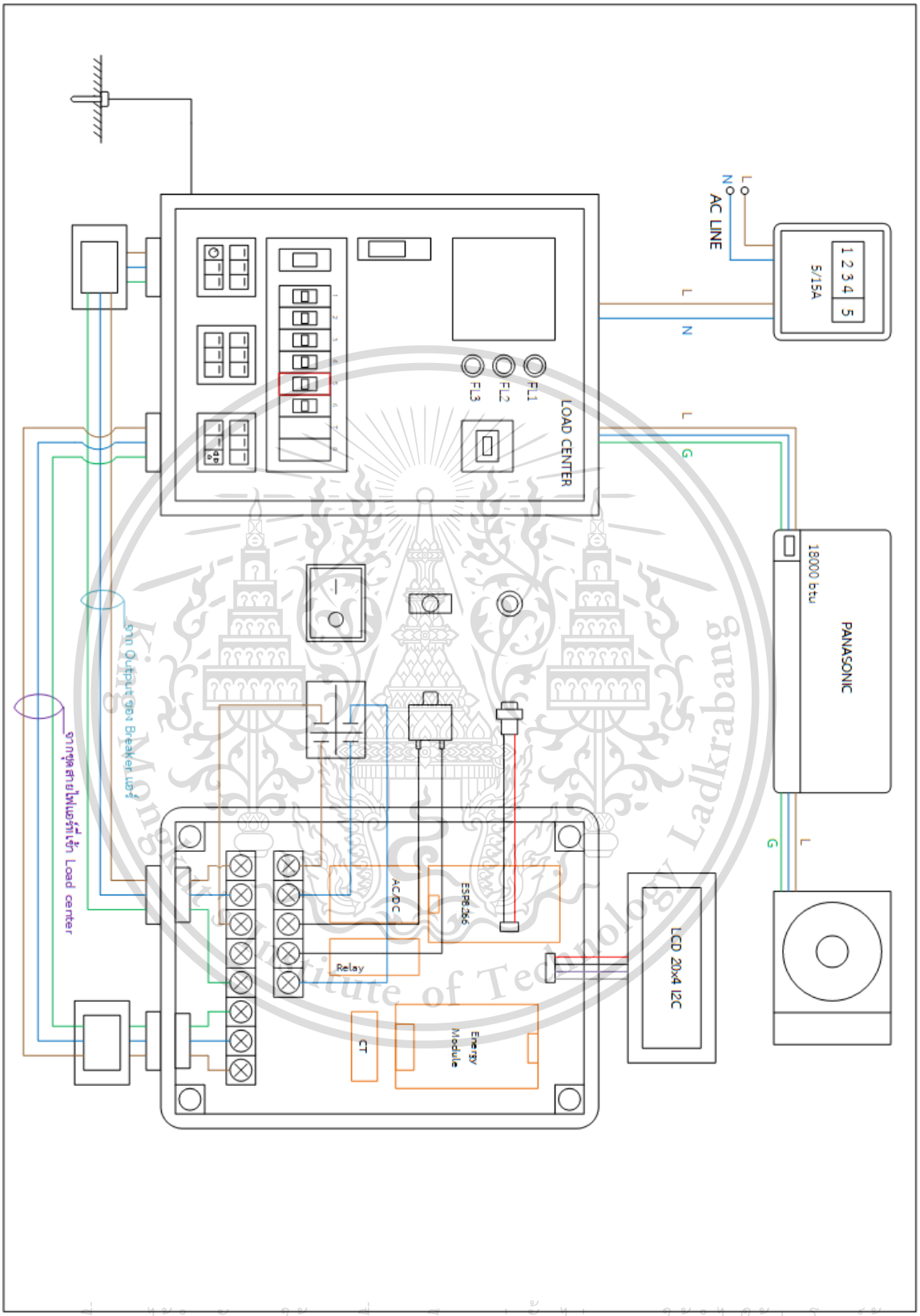
รูปที่ 3.2 Schematic

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 3.3 PCB

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 การเดินสายไฟเข้ากับแอร์

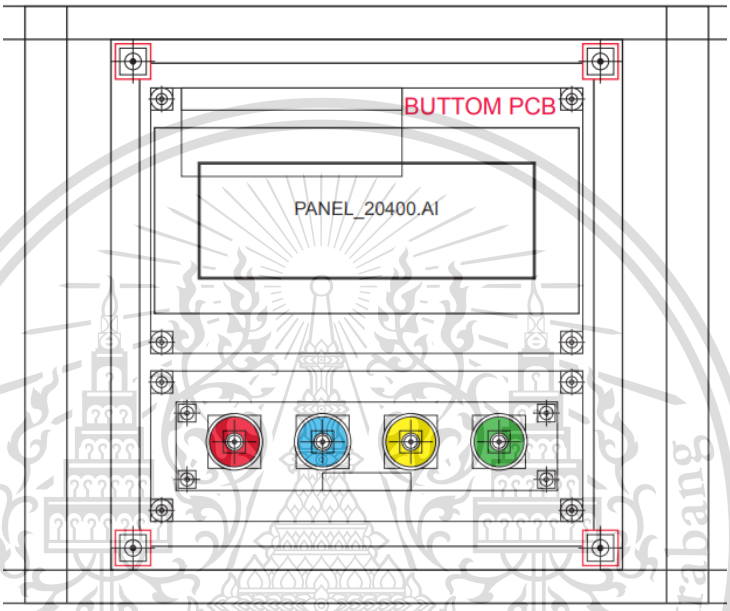
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การออกแบบแผงหน้าปัดและภายใน

4.1.1 การออกแบบครั้งแรก



รูปที่ 4.1 การออกแบบแผงหน้าปัดและภาคแสดงผล

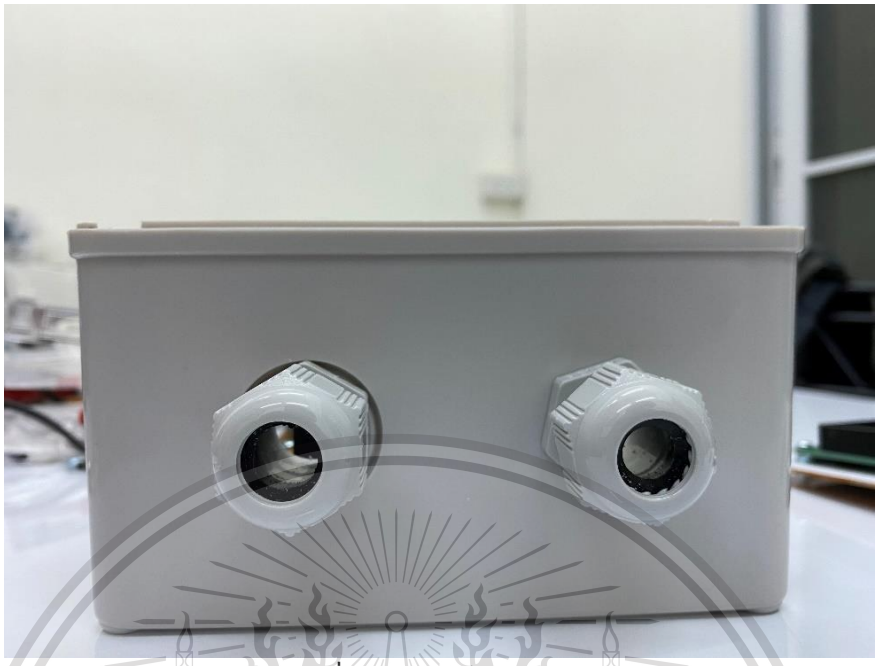
รูปที่ 4.2 การออกแบบภายใน

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.

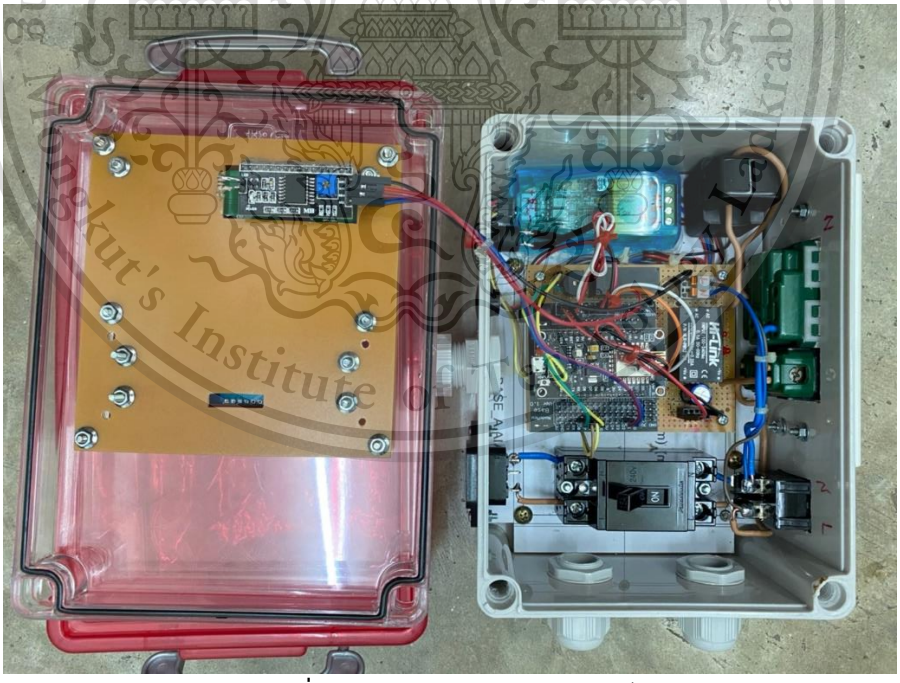
รูปที่ 4.3 การใส่อุปกรณ์ด้านข้าง

รูปที่ 4.4 การใส่อุปกรณ์ด้านข้าง (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 4.5 ทางสายไฟเข้า-ออก

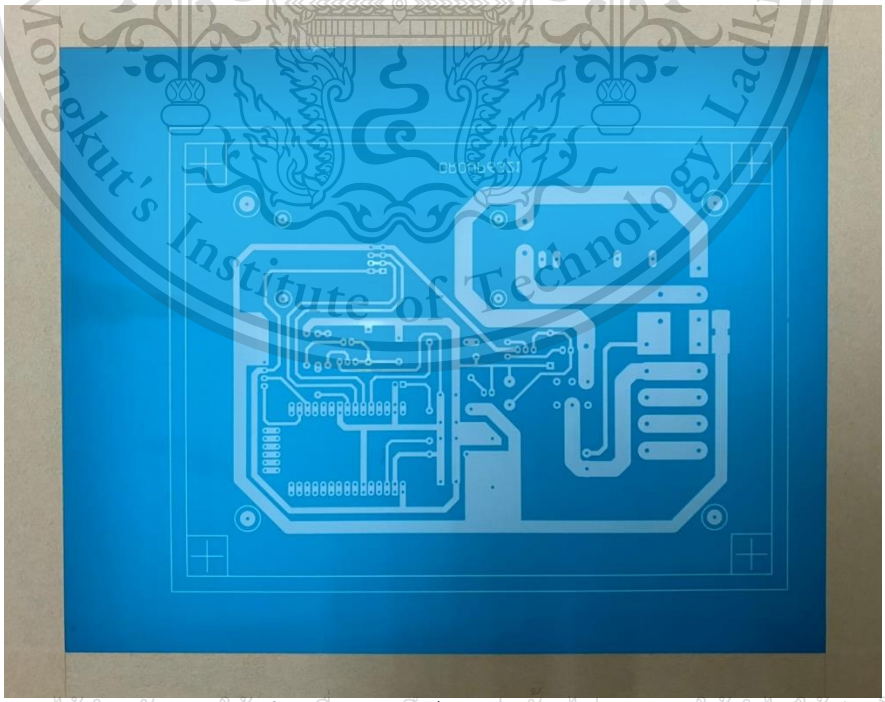


รูปที่ 4.6 การเดินสายและวางอุปกรณ์

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.

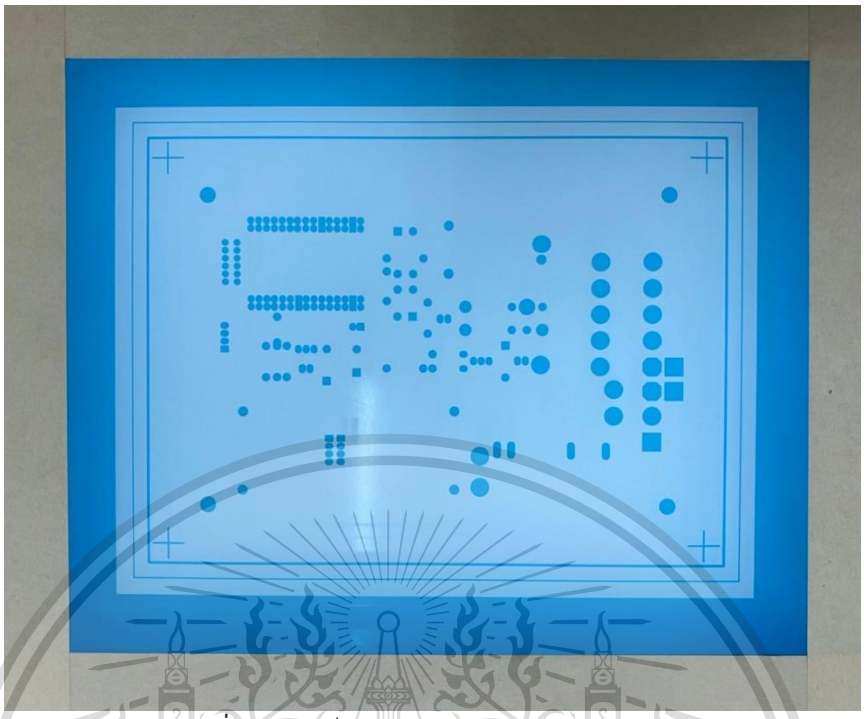
รูปที่ 4.7 กล่อง Smart Meter

4.1.2 การออกแบบ PCB, การทำหน้าปัดและการแก้ไขกล่อง

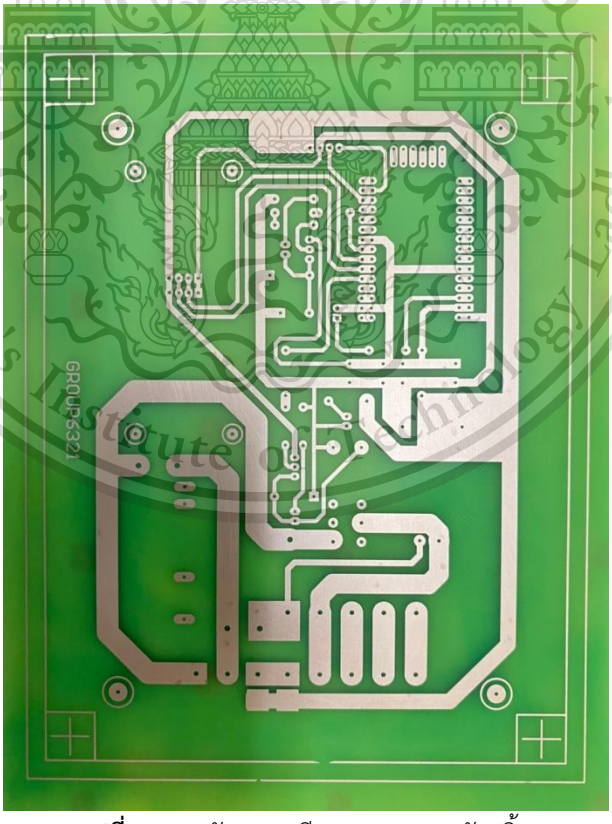


รูปที่ 4.8 อัดบล็อกเพื่อนำไปสกรีนลายวงจร

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.

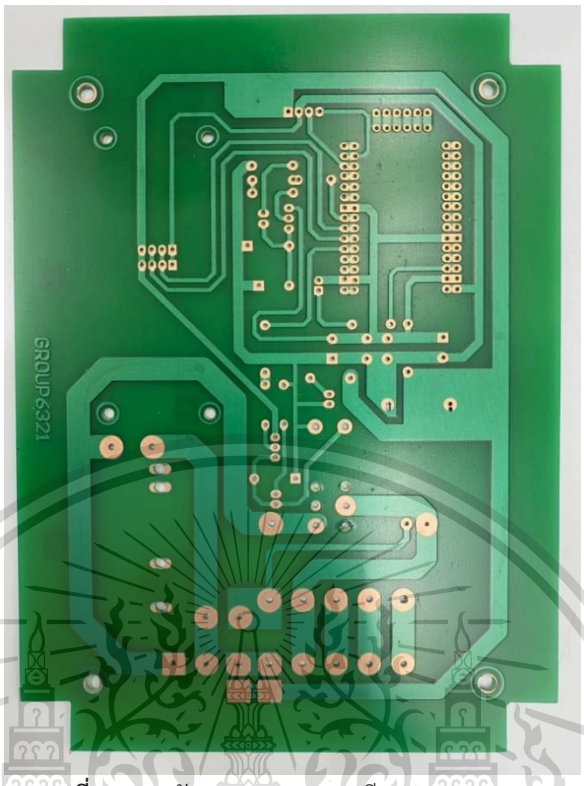


รูปที่ 4.9 อัดบล็อกสำหรับการสกรีน Solder mask



รูปที่ 4.10 หลังจากสกรีนลายวงจรและกัดปริ้น

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.

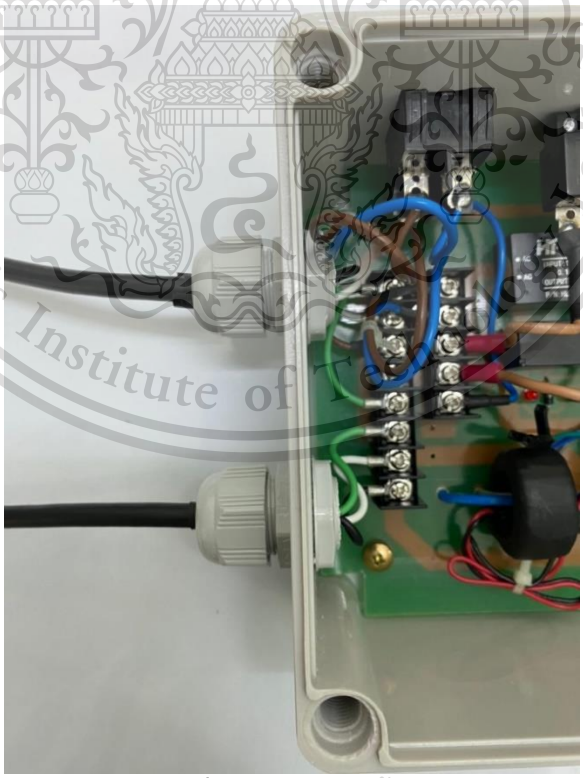


รูปที่ 4.11 หลังจากเจาะรูและสกรีน Solder mask

รูปที่ 4.12 PCB ที่ลงอุปกรณ์เสร็จแล้ว

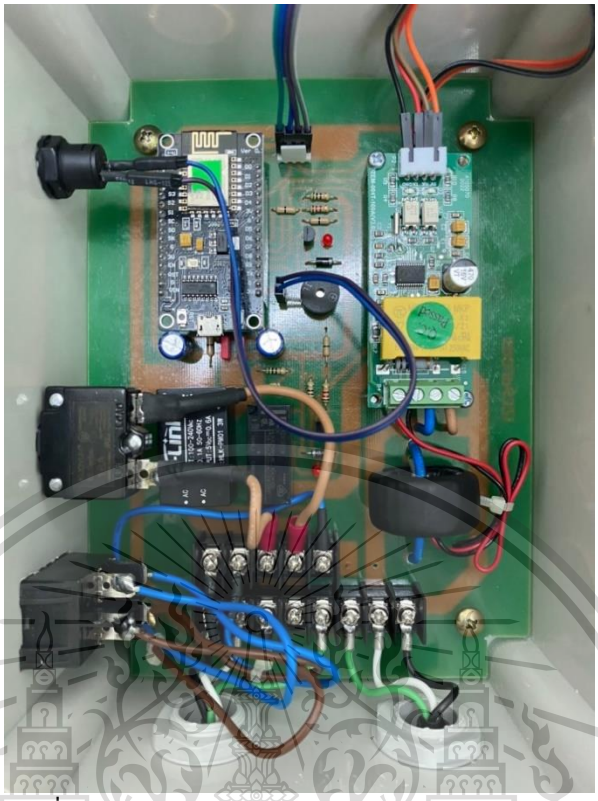
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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

รูปที่ 4.13 ด้านหลัง PCB



รูปที่ 4.14 การเดินสายไฟ

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 4.15 นำ PCB ลงกล่องและตรวจสอบความเรียบร้อย

รูปที่ 4.16 ด้านข้างกล่องที่ออกแบบใหม่

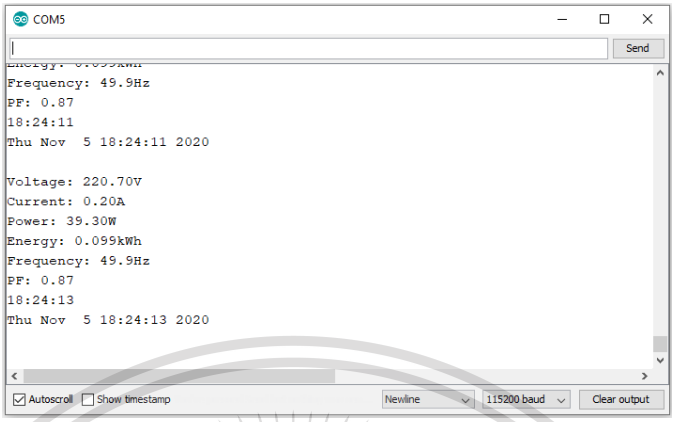
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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

รูปที่ 4.17 หน้าปัดของมิเตอร์

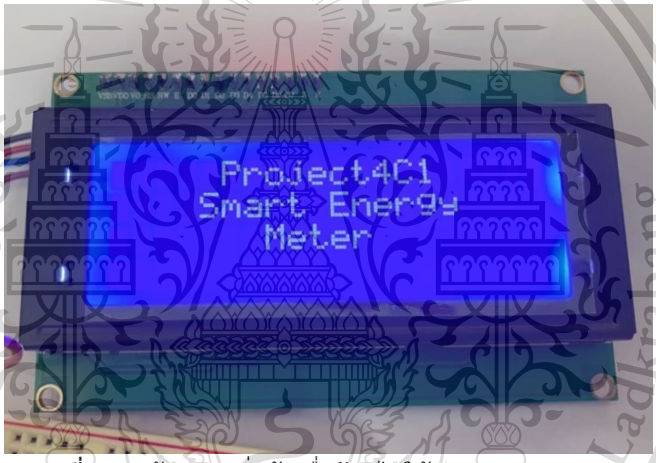
รูปที่ 4.18 ทดสอบว่าไฟออกและระบบทำงานได้ตามปกติ

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

4.2 ผลการทดลอง



รูปที่ 4.19 แสดงค่าทาง Serial Monitor



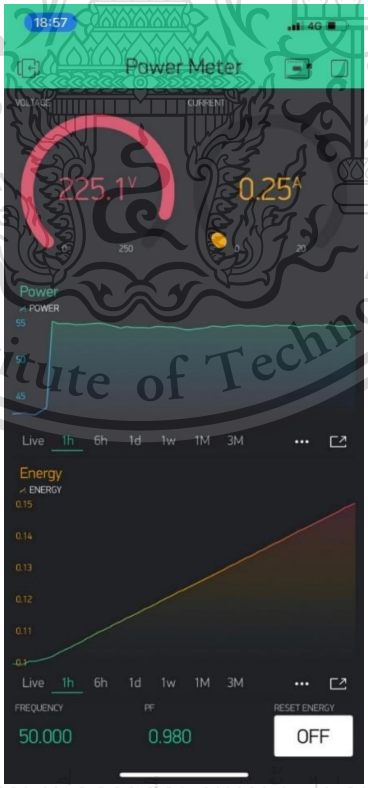
รูปที่ 4.20 ข้อความเริ่มต้นเมื่อป้อนไฟให้กับ NodeMCU V3

รูปที่ 4.21 เมื่อไม่ได้เปิดสวิตช์ Energy Module

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 4.22 ก่อนการจัดตำแหน่งตัวอักษร

รูปที่ 4.23 หลังการจัดตำแหน่งตัวอักษร



รูปที่ 4.24 ค่าที่วัดได้จากโมดูลวัดพลังงานบนแอพพลิเคชั่น Blynk

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

4.2.1 ค่าที่วัดได้จาก Energy Module เปรียบเทียบกับมิเตอร์วัดไฟฟ้า

ตารางที่ 4.1 ค่าที่วัดได้จาก Energy Module

ค่าที่วัดได้จาก Energy Module	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)	Energy (kWh)	PF
ขณะไม่ได้ต่อโหลด	221.5	0.04	1.2	0	0.14
ขณะต่อโหลดพัดลม (เปิดเบอร์1)	221.1	0.22	44.2	0	0.93
ขณะต่อโหลดพัดลม (เปิดเบอร์3)	221.2	0.26	56.5	0	0.99
ขณะต่อโหลดกาต้มน้ำ	215.3	8.02	1724.2	0	1.00
ขณะต่อโหลดกาต้มน้ำและพัดลม	214.9	8.22	1765.0	0.1	1.00

ตารางที่ 4.2 ค่าที่วัดได้จากมิเตอร์วัดไฟฟ้า

ค่าที่วัดได้จากมิเตอร์วัดไฟฟ้า	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)	Energy (kWh)
ขณะไม่ได้ต่อโหลด	221.6	0.03	1.6	0
ขณะต่อโหลดพัดลม (เปิดเบอร์1)	221.0	0.21	45.0	0
ขณะต่อโหลดพัดลม (เปิดเบอร์3)	221.1	0.25	56.4	0
ขณะต่อโหลดกาต้มน้ำ	214.7	7.97	1712.1	0.03
ขณะต่อโหลดกาต้มน้ำและพัดลม	214.3	8.16	1750.4	0.05

4.2.2 ผลที่ได้จากการเทสการตัดไฟเมื่อค่ากำลังงานเกินกว่าที่กำหนดไว้

กำหนดค่ากำลังงานสูงสุดไว้ที่ 2500W คิดเป็นกระแสได้เท่ากับประมาณ 11.36A กาต้มน้ำหนึ่งตัวกินไฟประมาณ 1750W ทดลองต่อโหลดโดยใช้กาต้มน้ำสองตัว เมื่อกำลังงานมากกว่ากำลังงานสูงสุดที่กำหนดไว้ Buzzer จะดังและ Relay ตัด ทำให้ไม่มีกระแสไหล ต้องกด Reset เพื่อเริ่มต้นการทำงานของ Smart Energy Meter ใหม่

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 4.25 เมื่อเปิดสวิตช์ Smart Meter

รูปที่ 4.26 แสดงค่ากำลังงานสูงสุดที่กำหนดไว้

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 4.27 เมื่อต่อกาต้มน้ำ 1 ตัว

รูปที่ 4.28 เมื่อต่อกาต้มน้ำ 2 ตัว

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 4.29 หลังจากที่ Relay ตัด

4.2.3 การเชื่อมต่อวายฟาย การแก้ไข Token Blynk และ Line

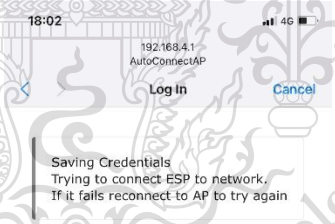
4.2.3.1 เชื่อมต่อวายฟายโดยการเข้าไปที่ตั้งค่า จะเห็นวายฟายชื่อว่า AutoConnectAP จากนั้นให้กดเชื่อมต่อ จะขึ้นดังรูปที่ 4.30

รูปที่ 4.30 เมื่อเชื่อมต่อกับ AutoConnectAP

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

4.3.2.2 จากนั้นให้กด Configure WiFi เมื่อกดแล้วจะมีให้เลือกวายฟายที่ต้องการเชื่อมต่อและมีให้ป้อน Token Blynk และ Line เมื่อป้อนข้อมูลเสร็จแล้วให้กด Save

รูปที่ 4.31 การเชื่อมต่อวายฟายและ Token

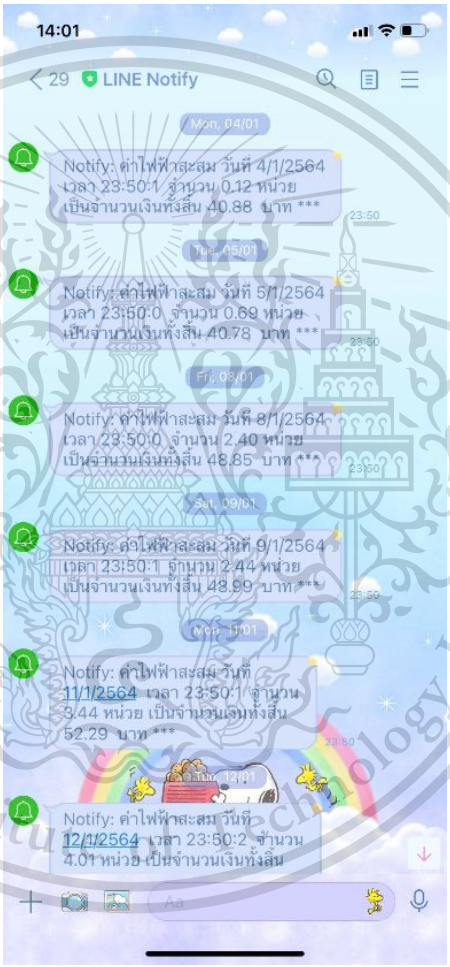


รูปที่ 4.32 เมื่อทำการเชื่อมต่อเรียบร้อยแล้ว

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.

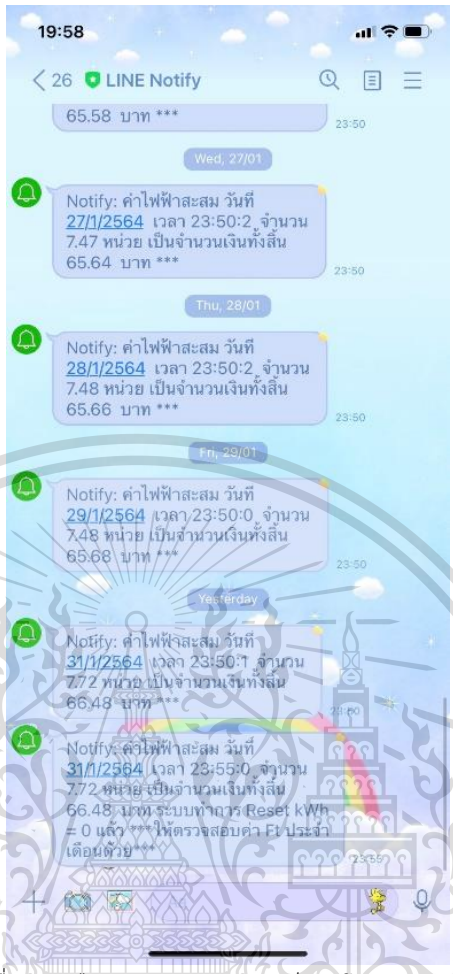
ในตอนแรกที่ยังไม่ได้มีการเชื่อมต่อวายฟาย หน้าจอ LCD จะไม่ติด เมื่อเชื่อมต่อเรียบ ร้อยแล้ว LCD จะแสดงผลตามปกติ

4.2.4 การแจ้งเตือนค่าไฟผ่านไลน์ Notify ทุกวัน และเมื่อครบเดือนระบบจะทำการรีเซ็ตจำนวนยูนิตและค่าใช้จ่ายทั้งหมด โดยสามารถกำหนดค่า ft หรือ ค่าไฟฟ้าผันแปร, กำหนดวันเวลาที่จะให้รีเซ็ตและกำหนดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ ผ่านแอพลิเคชั่น Blynk



รูปที่ 4.33 การแจ้งเตือนค่าไฟผ่านทางไลน์

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.

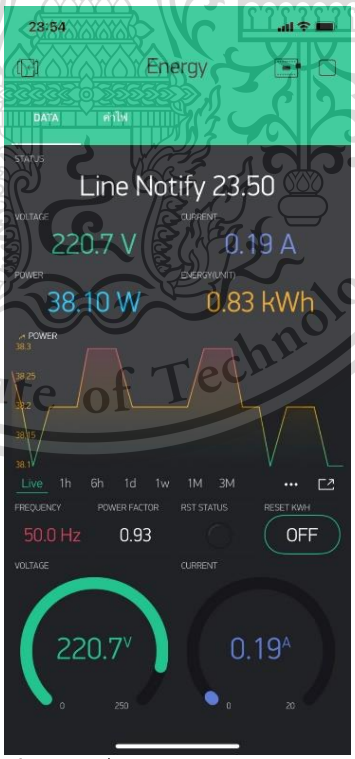


รูปที่ 4.34 เมื่อครบเดือนระบบจะทำการรีเซ็ตอัตโนมัติตามเวลาที่ตั้งเอาไว้ ในที่นี้ตั้งไว้ที่เวลา 23.55 น. และจะทำการแจ้งเตือนมาทางไลน์ด้วย

ค่า ft หรือค่าไฟฟ้าแปรผันนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงทุกๆ 4 เดือน ดังนั้นต้องทำการตั้งค่าใหม่ สามารถตั้งค่าได้จากแอพลิเคชั่น Blynk โดยค่า ft สามารถดูได้จากเว็บไซต์ของการไฟฟ้า นอกจากนี้การตั้งค่ากำลังงานสูงสุด วันที่และเวลาที่ต้องการให้ระบบรีเซ็ตนั้นก็สามารถตั้งค่าได้จากแอพลิเคชั่น Blynk เช่นกัน

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.

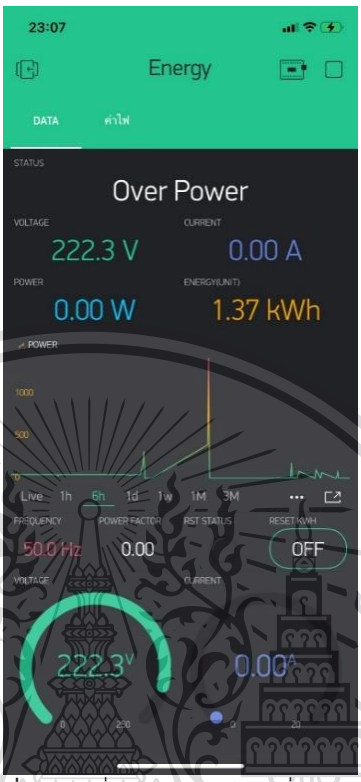
รูปที่ 4.35 การตั้งค่า ft, Max Power, datetime ผ่าน Blynk



รูปที่ 4.36 เมื่อถึงเวลาแจ้งเตือนไปยังไลน์

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.

เมื่อค่ากำลังงานเกินค่าที่กำหนดไว้ รีเลย์จะตัดจากนั้นจะมีการแจ้งเตือนไปยังไลน์ว่า Over Power และสเตตัสใน Blynk จะขึ้นว่า Over Power ดังรูปที่ 4.37



รูปที่ 4.37 เมื่อกำลังงานเกินค่าที่กำหนดไว้

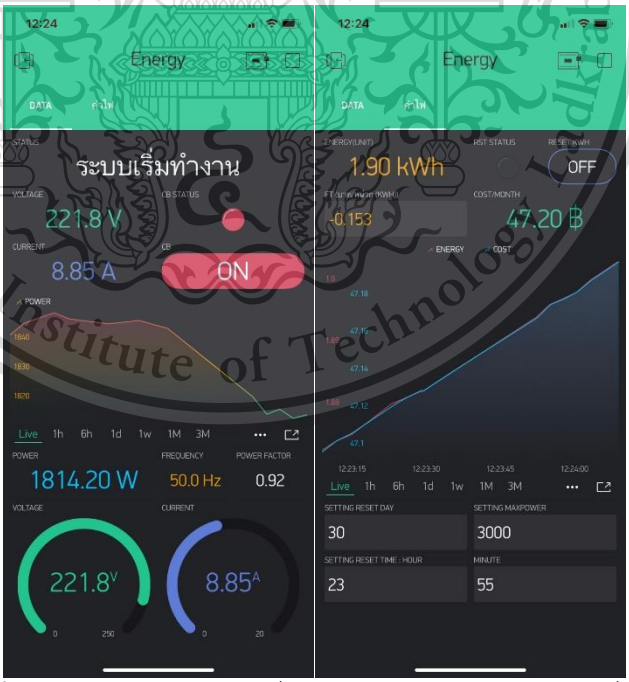
4.2.5 ทดสอบวัดค่าไฟฟ้าโดยเชื่อมต่อกับแอร์

รูปที่ 4.38 การเชื่อมต่อมิเตอร์เข้ากับตู้ไฟบ้าน

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.

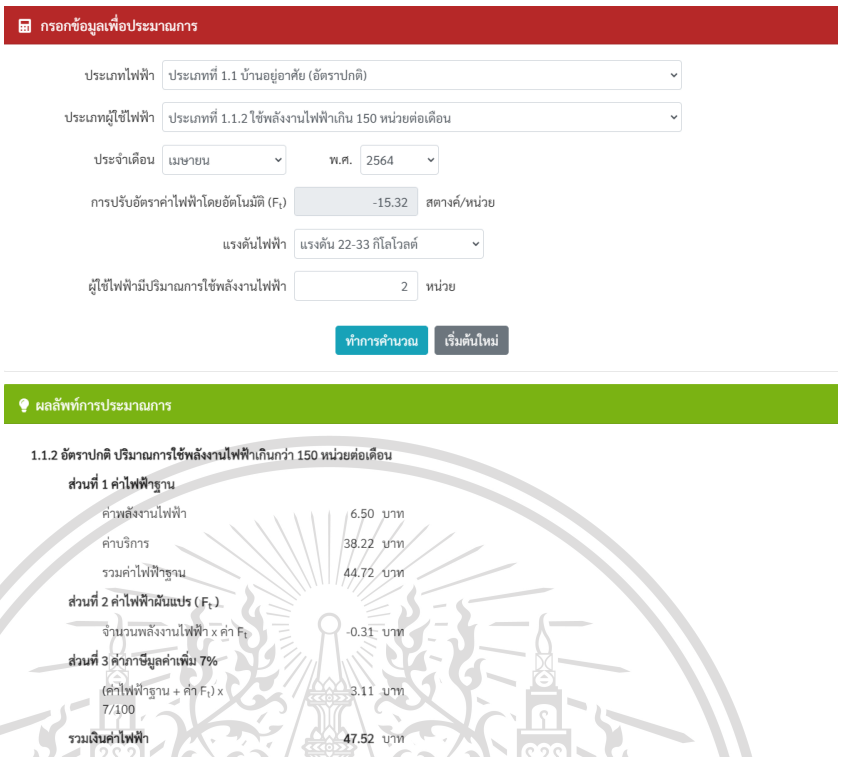
ทำการทดสอบวัดค่าไฟกับแอร์ Panasonic 18,038 บีทียู

รูปที่ 4.39 เริ่มทำการทดสอบวัดค่าไฟ



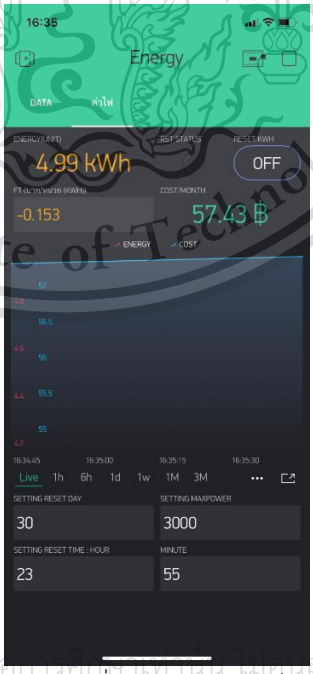
รูปที่ 4.40 การวัดค่าไฟฟ้าขณะที่มีการใช้งานแอร์เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

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.



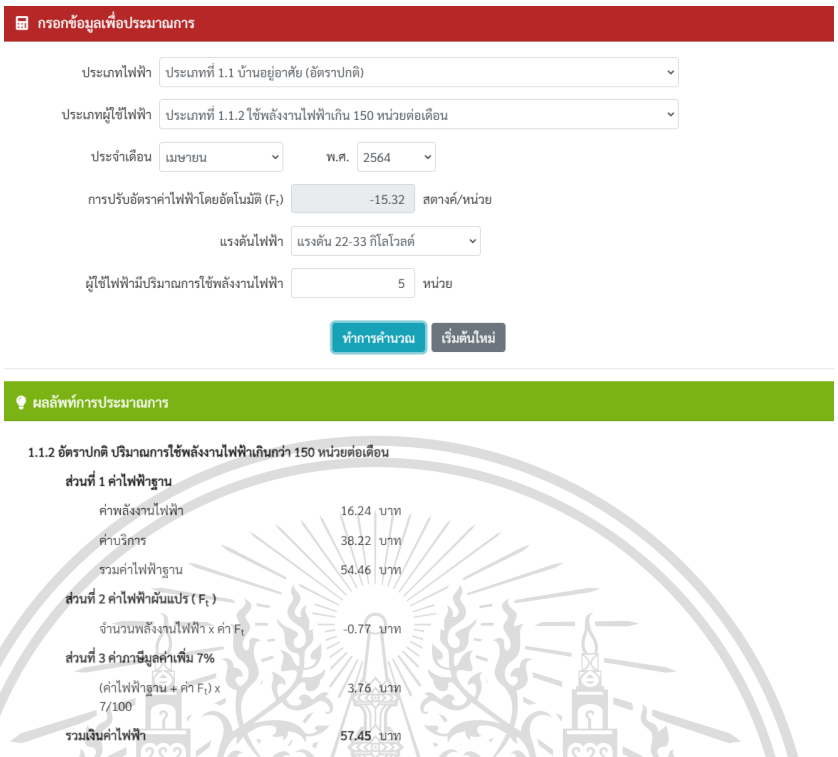
รูปที่ 4.41 การคำนวณค่าไฟฟ้าจากเว็บไซต์ของการไฟฟ้า (1)

จากรูปที่ 4.40 และ 4.41 ค่าไฟฟ้าที่ได้จากการวัดค่าไฟฟ้าขณะที่มีการใช้งานแอร์เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมงคิดเป็นเงิน 47.20 บาท และ 47.52 บาท ตามลำดับ ค่าที่ได้มีความคลาดเคลื่อนคิดเป็น 0.67%



รูปที่ 4.42 การวัดค่าไฟฟ้าขณะที่มีการใช้งานแอร์เป็นระยะเวลา 2.30 ชั่วโมง

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 4.43 การคำนวณค่าไฟฟ้าจากเว็บไซต์ของการไฟฟ้า (2)

และจากรูปที่ 4.42 และ 4.43 ค่าไฟฟ้าที่ได้จากการวัดค่าไฟฟ้าขณะที่มีการใช้งานแอร์เป็นระยะเวลา 2.30 ชั่วโมงคิดเป็นเงิน 57.43 บาท และ 57.45 บาท ตามลำดับ ค่าที่ได้มีความคลาดเคลื่อนคิดเป็น 0.03% จะเห็นได้ว่าค่าฟ้าที่ได้จาก Smart Energy Meter กับค่าไฟฟ้าที่คำนวณได้จากเว็บไซต์ของการไฟฟ้านั้นมีค่าใกล้เคียงกัน

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
สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงงานนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนของฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์ ส่วนของฮาร์ดแวร์ประกอบไปด้วยบอร์ด NodeMCU Version 3 โดยเชื่อมต่อกับจอ LCD และโมดูลวัดพลังงาน ในส่วนของซอร์ฟแวร์ใช้ Arduino IDE เป็นตัวสั่งการให้ NodeMCU ทำงานโดยรับค่าจากโมดูลวัดพลังงานออกมาเป็นค่ากระแส แรงดัน กำลังงาน พลังงาน แล้วแสดงผลออกทาง Serial Monitor, จอ LCD และสามารถดูแบบเรียลไทม์ได้บนแอพพลิเคชั่น Blynk และมีการเขียนโค้ดให้ Relay ตัด, Buzzer ดังเมื่อค่ากำลังไฟฟ้ามากกว่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด

จากการทดลองนี้ เมื่อรับค่าจากโมดูลวัดพลังงานแล้ว นำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากมิเตอร์วัดไฟฟ้าดังตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 และเมื่อนำมาคิดเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนพบว่าค่าที่ได้จะคลาดเคลื่อนเล็กน้อย โดยมิเตอร์วัดไฟฟ้าจะไม่ได้แสดงค่า Power Factor ให้เห็น ดังนั้นคิดว่าค่าคลาดเคลื่อนเกิดจากการที่ค่า Power Factor ไม่เท่ากัน และค่าที่แสดงบน Blynk มีค่าเท่ากับค่าที่วัดได้จากโมดูลวัดพลังงาน

ในส่วนของฮาร์ดแวร์ ได้ออกแบบ PCB, ออกแบบกล่องและหน้าปัดใหม่ โดยมีการออกแบบ PCB ให้สามารถใช้ได้กับ NodeMCU Version 2 และ Version 3 นอกจากนี้มีการสกรีน Solder mask ลงบน PCB ซึ่งช่วยป้องกันร่องรอยจากการสัมผัสกับอากาศซึ่งสามารถทำให้เกิดออกซิเดชันและป้องกันการลัดวงจร อีกทั้งยังช่วยให้ง่ายต่อบัดกรีอีกด้วย

ส่วนของซอร์ฟแวร์ ทำการเพิ่มการตั้งค่าการเชื่อมต่อวายฟาย, การแจ้งเตือนค่าไฟฟ้าผ่านทางไลน์, การตั้งวันเวลาที่ต้องการให้มิเตอร์รีเซ็ตอัตโนมัติ, การตั้งค่ากำลังงานสูงสุดและการกำหนดค่า ft เพื่อความสะดวกต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้น สามารถตั้งค่าผ่านแอพลิเคชั่น Blynk ได้ โดยไม่ต้องโปรแกรมใหม่ทุกครั้ง และเพียงแค่มีอินเตอร์เน็ตก็สามารถนำไปใช้ได้ทุกที่

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

5.2.1 ใช้เวลานานในการทำกล่อง Smart Meter

5.2.2 พบปัญหา Compile ไม่ผ่าน, Library บางตัวใช้งานไม่ได้ ทำให้ใช้เวลาในการศึกษาและแก้ไขปัญหานาน

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.

5.2.3 พบปัญหา Watchdog ของ ESP8266 ซึ่งไม่สามารถแก้ไขได้ ส่งผลให้บางครั้งมิเตอร์จะทำการรีเซ็ตเอง ต้องทำการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตใหม่จึงใช้งานได้ตามปกติ

5.2.4 การนำมิเตอร์ไปต่อกับตู้ไฟนั้นมีความซับซ้อนและอันตราย ต้องใช้ความระมัดระวังอย่างมาก และเนื่องจากแอร์กินกระแสมาก สายไฟที่ใช้นั้นจึงต้องมีขนาดใหญ่รองรับกระแสได้เยอะ

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.

บรรณานุกรม

[1] Arduino IDE//(2563).//Arduino IDE.//สืบค้นเมื่อ 5 กันยายน 2563,/จาก https://poundxi.com

[2] Arduino IDE//(2563).//Arduino IDE.//สืบค้นเมื่อ 5 กันยายน 2563,/จาก https://www.netinbag.com/th/internet/what-is-an-arduinoreg-ide.html

[3] โครงสร้างโปรแกรมของ Arduino//(2563).//Arduino IDE.//สืบค้นเมื่อ 5 กันยายน 2563,/จาก https://www.myarduino.net

[4] การใช้งานบอร์ด Wemos D1 mini//(2563).// Wemos.//สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2563,/จาก http://www.iot.codemobiles.com

[5] โครงสร้างภาษา C++//(2563).//C++.//สืบค้นเมื่อ 11 ตุลาคม 2563,/จาก http://marcuscode.com/lang/cpp/program-struct

[6] Energy Module//(2563).//PZEM004t V3//สืบค้นเมื่อ 18 ตุลาคม 2563,/จาก https://innovatorsguru.com/pzem-004t-v3/

[7] I2C//(2563).//I2C.//สืบค้นเมื่อ 3 พฤศจิกายน 2563,/จาก http://know2learning.blogspot.com/2017/02/i2c.html

[8] I2C คืออะไร//(2563).//I2C.//สืบค้นเมื่อ 3 พฤศจิกายน 2563,/จาก https://medium.com

[9] การสื่อสารแบบ I2C//(2563).//I2C.//สืบค้นเมื่อ 3 พฤศจิกายน 2563,/จาก http://fitrox.lnwshop.com

[10] การสื่อสารแบบ UART//(2563).// UART.//สืบค้นเมื่อ 3 พฤศจิกายน 2563,/จาก https://blog.thaieasyelec.com/espino32-ch7-how-to-use-uart/

[11] I2C//(2563).//I2C.//สืบค้นเมื่อ 3 พฤศจิกายน 2563,/จาก http://know2learning.blogspot.com/2017/02/i2c.html

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

[12] การดึงเวลาจากอินเตอร์เน็ตเซิร์ฟเวอร์มาใช้งาน//(2563).//Wemos.//สืบค้นเมื่อ 7 พฤศจิกายน 2563,/จาก http://99thai.com/data/up_show.php?id=1540389279&web=epost

[13] การดึงเวลาจากอินเตอร์เน็ตเซิร์ฟเวอร์มาใช้งาน//(2563).//Wemos.//สืบค้นเมื่อ 7 พฤศจิกายน 2563,/จาก http://fitrox.lnwshop.com

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

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.

Code ที่ใช้งาน

```
//----------------------- Original by iotbundle, 99thai, fitrox.lnwshop ------ Edit by Tan ----------------------//

//------------------------------------------------------  WiFi manager  ------------------------------------------------------//

#include <ESP8266WiFi.h>

#include <ESP8266WebServer.h>

#include <WiFiManager.h>

#include <FS.h>

#include <DNSServer.h>

#include "ArduinoJson.h"

//------------------------------------------------------ Line Notify ------------------------------------------------------//

#include "TridentTD_LineNotify.h"

char line_token[45] = "k96mzMr32biBy06DFlBgOzsAnU8WtUXrgREW3sVw2jY";

String LineText;

String string1 = "ค่าไฟฟ้าสะสม วันที่ ";

String string2 = "/";

String string3 = "  จำนวน ";

String string4 = " หน่วย เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น ";

String string5 = "  บาท ระบบทำการ Reset kWh = 0 แล้ว ***ให้ตรวจสอบค่า Ft ประจำเดือนด้วย*** ";

String string6 = "  บาท *** ";

String string7 = "  เวลา ";

String string8 = ":";

String string9 = "ขณะนี้กำลังไฟฟ้าเกินค่าที่กำหนดไว้";
```

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.

```
//------------------------------------------------- Blynk  -------------------------------------------------//

#define BLYNK_MAX_SENDBYTES 1200

#include <BlynkSimpleEsp8266.h>

#define BLYNK_DEBUG

#define BLYNK_PRINT Serial

int blynkIsDownCount = 0;

char blynk_token[34] = "Zh-H0vH9FS63Vm_fuLijcNIrK3gnU2_I";

BlynkTimer timer;

char server[] = "oasiskit.com";

int port = 8080;

//------------------------------------ PB Reset & PB AP Config ------------------------------------//

#define D0 16 // ใช้ไฟ LED สีฟ้า ของบอร์ด MCU ESP8266 ให้มีสัญญาณไฟกระพริบ ตาม

                Code ที่เขียน

#define D3 1  // ใช้เป็นปุ่มกด เพื่อเข้า AP Config ได้ตามความต้องการของผู้ใช้

// -------  โหลดไลบารี่ของจอ LCD มาใช้งาน โดยแบบนี้จะสามารถ Create Characterได้  -------//

#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);  // ตั้งค่า Address ของอุปกรณ์จอ LCD ที่มีการเชื่อมต่อแบบ I2C

//-------------------------------- การเก็บค่า จาก WiFimanager ----------------------------------------//

bool shouldSaveConfig = false;

void saveConfigCallback () {

  Serial.println("Should save config");

  shouldSaveConfig = true;
```

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.

```
}

#include <EEPROM.h>

//---------------------------------------- PZEM004T V3 ----------------------------------------------//

#include <PZEM004Tv30.h>

#define lcd_SDA D2

#define lcd_SCL D1

#define lcd_RX D6

#define lcd_TX D7

#define buzzer D5

#define Relay D8

int relayState = 1;

PZEM004Tv30 pzem(D6, D7);                  // 12(D6)=RX , 13(D7) = TX

//ตัวแปรรับค่า Ft จาก Blynk มาเก็บใน EEPROM

float Ft;

String Ft_1;

float Ft_2;

//ตัวแปรรับค่า วันที่ จาก Blynk มาเก็บใน EEPROM

float Rst_D;

String Rst_D1;

float Rst_D2;

//ตัวแปรรับค่า ชั่วโมง จาก Blynk มาเก็บใน EEPROM

float Rst_H;

String Rst_H1;
```

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 Rst_H2;

//ตัวแปรรับค่า นาที จาก Blynk มาเก็บใน EEPROM

float Rst_M;

String Rst_M1;

float Rst_M2;

//ตัวแปรรับค่า MaxPower จาก Blynk มาเก็บใน EEPROM

float Set_MP;

String Set_MP1;

float Set_MP2;

//ตัวแปรรับค่า ค่าไฟประจำเดือน

float Electric_bill;

float kWh_1;

float kWh_2;

float kWh_3;

float kWh_T;

float kWh_T1;

//------------------------------------ กดปุ่ม Reset kWh จาก Blynk ----------------------------------//

int Blynkreset_kWh;

WidgetLED led_rst_kWh(V12);//จะ ON เมื่อกดปุ่มค้างไว้ 5 วินาที

//---------------------------------- กดปุ่ม ON/OFF จาก Blynk ---------------------------------------//

int Blynk_CB;

WidgetLED led_CB(V31);
```

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.

```
//ชุดกำหนดการส่ง Line แค่ครั้งเดียว ตามวันที่ตั้งค่าจาก Blynk

int Line_status = 0;

int Line_status1 = 0;

//รายงาน ทุกวัน เวลา 23.50น.

int Line13_status = 0;

int Line13_status1 = 0;

int countcheck_Blynk = 0;

float energy1;

float energy2;

//----------  ระบบเวลาและการเชื่อมต่อ Web Server  ของ NTP Server  ----------//

#include <time.h>

int timezone = 7 * 3600;  //ตั้งค่า TimeZone ตามเวลาประเทศไทย

int dst = 0;                    //กำหนดค่า Date Swing Time

BLYNK_WRITE(V10) {

  Ft_1 = param.asString(); //รับค่าข้อความจาก Blynk เข้ามา เก็บในรูปแบบ String

  Ft_2 = Ft_1.toFloat();    //แปลงค่าจาก String เป็น Float

//ชุดนี้ทำขึ้นในกรณีที่ ไม่ได้เชื่อมต่อกับ Blynk ก็ยังสามารถดูค่าทั้งหมดได่อย่างถูกต้อง แต่ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนค่า Ft วันที่ ชั่วโมง นาที  จะต้องถูกกำหนดค่าผ่าน Blynk ทุกครั้ง

  EEPROM.put(0, Ft_2);              //เขียนค่า Ft_2 ที่เป็น Float ลงใน Address 0

  EEPROM.commit();                  //จบการเขียน

  Ft = EEPROM.get(0, Ft_2);         //อ่าน ค่า Ft_2 ที่เป็น Float จาก Address 0

  Serial.println(Ft);               //แสดงค่า Ft ใน Serial Monitor

  lcd.clear();
```

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

```
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("..... Sync Ft .....");
  lcd.setCursor(7, 2);
  lcd.print(Ft, 3);
  delay(2000);
  lcd.clear();
}
BLYNK_WRITE(V20)          //Reset kWh Automatic  ตามวันที่  ที่ตั้งจาก Blynk เข้าเครื่อง
{
  Rst_D1 = param.asString();          //รับค่าข้อความจาก Blynk เข้ามา เก็บในรูปแบบ String
  Rst_D2 = Rst_D1.toFloat();          //แปลงค่าจาก String เป็น Float
//ชุดนี้ทำขึ้นในกรณีที่ ไม่ได้เชื่อมต่อกับ Blynk ก็ยังสามารถ Rst ค่า kWh ได้ แต่ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนค่า วัน เวลา
จะต้องถูกกำนดค่าผ่าน Blynk ทุกครั้ง
  EEPROM.put(20, Rst_D2);          //เขียนค่า Rst_D2 ที่เป็น Float ลงใน Address 20
  EEPROM.commit();                 //จบการเขียน
  Rst_D = EEPROM.get(20, Rst_D2);          //อ่าน ค่า Rst_2 ที่เป็น Float จาก Address 20
  Serial.println(Rst_D);                   //แสดงค่า Rst ใน Serial Monitor
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Sync Auto Rst By Day");
  lcd.setCursor(6, 2);
  lcd.print("Day : ");
  lcd.setCursor(12, 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.

```
  lcd.print(Rst_D, 0);
  delay(2000);
  lcd.clear();
}
BLYNK_WRITE(V21)          //Reset kWh Automatic  ตามชั่วโมง  ที่ตั้งจาก Blynk เข้าเครื่อง
{
  Rst_H1 = param.asString();          //รับค่าข้อความจาก Blynk เข้ามา เก็บในรูปแบบ String
  Rst_H2 = Rst_H1.toFloat();          //แปลงค่าจาก String เป็น Float
//ชุดนี้ทำขึ้นในกรณีที่ ไม่ได้เชื่อมต่อกับ App Blynk ก็ยังสามารถ Rst ค่า kWh ได้ แต่ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนค่า วัน เวลา  จะต้องถูกกำนดค่าผ่าน lynk มาทุกครั้ง
  EEPROM.put(30, Rst_H2);          //เขียนค่า Rst_H2 ที่เป็น Float ลงใน Address 30
  EEPROM.commit();                 //จบการเขียน
  Rst_H = EEPROM.get(30, Rst_H2);          //อ่าน ค่า Rst_H2 ที่เป็น Float จาก Address 30
  Serial.println(Rst_H);                   //แสดงค่า Rst ใน Serial Monitor
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Sync AutoRst By Hour");
  lcd.setCursor(5, 2);
  lcd.print("Hour : ");
  lcd.setCursor(12, 2);
  lcd.print(Rst_H, 0);
  delay(2000);
  lcd.clear();
```

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.

```
}

BLYNK_WRITE(V22)          //Reset kWh Automatic  ตามนาที  ที่ตั้งจาก Blynk เข้าเครื่อง

{

  Rst_M1 = param.asString();          //รับค่าข้อความจาก Blynk เข้ามา เก็บในรูปแบบ String

  Rst_M2 = Rst_M1.toFloat();          //แปลงค่าจาก String เป็น Float

  //ชุดนี้ทำขึ้นในกรณีที่ ไม่ได้เชื่อมต่อกับ Blynk ก็ยังสามารถ Rst ค่า kWh ได้ แต่ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนค่า วัน
เวลา  จะต้องถูกกำหนดค่าผ่าน Blynk มาทุกครั้ง

  EEPROM.put(40, Rst_M2);          //เขียนค่า Rst_M2 ที่เป็น Float ลงใน Address 40

  EEPROM.commit();                 //จบการเขียน

  Rst_M = EEPROM.get(40, Rst_M2);          //อ่าน ค่า Rst_M2 ที่เป็น Float จาก Address 40

  Serial.println(Rst_M);                   //แสดงค่า Rst ใน Serial Monitor

  lcd.clear();

  lcd.setCursor(3, 0);

  lcd.print("Sync Auto Rst");

  lcd.setCursor(5, 1);

  lcd.print("By Minute");

  lcd.setCursor(4, 2);

  lcd.print("Minute : ");

  lcd.setCursor(13, 2);

  lcd.print(Rst_M, 0);

  delay(2000);

  lcd.clear();

}
```

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.

```
BLYNK_WRITE(V23)          //Setting MaxPower จาก Blynk
{
  Set_MP1 = param.asString();       //รับค่าข้อความจาก Blynk เข้ามา เก็บในรูปแบบ String
  Set_MP2 = Set_MP1.toFloat();     //แปลงค่าจาก String เป็น Float
  EEPROM.put(50, Set_MP2);          //เขียนค่า Rst_MP2 ที่เป็น Float ลงใน Address 50
  EEPROM.commit();                  //จบการเขียน
  Set_MP = EEPROM.get(50, Set_MP2);       //อ่าน ค่า Rst_MP2 ที่เป็น Float จาก Address 50
  Serial.println(Set_MP);                 //แสดงค่า MaxPower ใน Serial Monitor
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(2, 1);
  lcd.print("Setting MaxPower");
  lcd.setCursor(3, 2);
  lcd.print("MaxPower = ");
  lcd.setCursor(14, 2);
  lcd.print(Set_MP, 0);
  delay(2000);
  lcd.clear();
}
BLYNK_WRITE(V11)//Reset kWh ภายใน 5 วินาที จาก Blynk
{
  int pinValue = param.asInt();
  if (pinValue == 1) {
    Blynkreset_kWh = 1;
```

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

```
  }
  if (pinValue == 0) {
    Blynkreset_kWh = 0;
  }
}
BLYNK_WRITE(V30) {        // ON,OFF Energy Meter
  int pinValue = param.asInt();
  if (pinValue == 1) {
    Blynk_CB = 1;
    digitalWrite(Relay, HIGH);
  }
  if (pinValue == 0) {
    Blynk_CB = 0;
    digitalWrite(Relay, LOW);
  }
}
//-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------//
//****************************************** void setup ******************************************//
//-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------//
void setup() {
  //-------IO NODE MCU Esp8266-------//
  pinMode(D0, OUTPUT);       //กำหนดโหมดใช้งานให้กับขา D0 เป็นขา สัญญาณไฟ ในสภาวะต่างๆ
  pinMode(D3, INPUT_PULLUP);//กำหนดโหมดใช้งานให้กับขา D4 เป็นขา กดปุ่ม ค้าง เพื่อตั้งค่า AP config
```

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.

```
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
  pinMode(Relay, OUTPUT);
  digitalWrite(buzzer, LOW);
  digitalWrite(Relay, HIGH);
    // ให้ LED ทั้งหมดดับก่อน
  digitalWrite(D0, LOW);    //ให้หลอด LED สีฟ้าดับก่อน
  Serial.begin(115200);
  Serial.setDebugOutput(true);
  EEPROM.begin(512);
 //ต้องการให้รู้ว่า ค่า Ft ที่เป็น Float ที่เก็บใน EEPROM มีค่า = ค่าที่ถูกป้อนมาจาก Blynk
  Ft = EEPROM.get(0, Ft_2);
  Serial.print("Ft in Void setup : ");
  Serial.println(Ft);
  Serial.println(Ft_2);
 //ต้องการให้รู้ว่า ค่า วันที่ ที่เป็น Float ที่เก็บใน EEPROM มีค่า = ค่าที่ถูกป้อนมาจาก Blynk
  Rst_D = EEPROM.get(20, Rst_D2);
  Serial.print("Day in Void setup : ");
  Serial.println(Rst_D);
  //ต้องการให้รู้ว่า ค่า ชั่วโมง ที่เป็น Float ที่เก็บใน EEPROM มีค่า = ค่าที่ถูกป้อนมาจาก Blynk
  Rst_H = EEPROM.get(30, Rst_H2);
  Serial.print("Hour in Void setup : ");
  Serial.println(Rst_H);
```

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.

```
  //ต้องการให้รู้ว่า ค่า นาที ที่เป็น Float ที่เก็บใน EEPROM มีค่า = ค่าที่ถูกป้อนมาจาก Blynk
  Rst_M = EEPROM.get(40, Rst_M2);
  Serial.print("Minute in Void setup : ");
  Serial.println(Rst_M);
  Set_MP = EEPROM.get(50, Set_MP2);
  Serial.print("Setting MaxPower : ");
  Serial.println(Set_MP);
  lcd.init();
  lcd.clear();
//read configuration from FS json
  Serial.println("mounting FS...");              //แสดงข้อความใน Serial Monitor
  if (SPIFFS.begin()) {
    Serial.println("mounted file system");      //แสดงข้อความใน Serial Monitor
    if (SPIFFS.exists("/config.json")) {
      //file exists, reading and loading
      Serial.println("reading config file");       //แสดงข้อความใน Serial Monitor
      File configFile = SPIFFS.open("/config.json", "r");
      if (configFile) {
        Serial.println("opened config file");
        size_t size = configFile.size();
        // Allocate a buffer to store contents of the file.
        std::unique_ptr<char[]> buf(new char[size]);
        configFile.readBytes(buf.get(), size);
```

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.

```
        DynamicJsonBuffer jsonBuffer;
        JsonObject& json = jsonBuffer.parseObject(buf.get());
        json.printTo(Serial);
        if (json.success()) {
          Serial.println("\nparsed json");          //แสดงข้อความใน Serial Monitor
          strcpy(blynk_token, json["blynk_token"]);
          strcpy(line_token, json["line_token"]);
        } else {
          Serial.println("failed to load json config");     //แสดงข้อความใน Serial Monitor
        }
      }
    }
        } else {
         Serial.println("failed to mount FS");  //แสดงข้อความใน Serial Monitor
  }
//end read
//---------------------------------------------- สร้างชื่อกำกับช่อง ----------------------------------------------//
  WiFiManagerParameter custom_text0("<p> </p>");
  WiFiManagerParameter custom_text1("<label>ป้อน Blynk Token</label>");
  WiFiManagerParameter custom_text2("<label>ป้อน LINE Token</label>");
//------------------------------------------------- สร้างช่อง -------------------------------------------------//
  WiFiManagerParameter custom_blynk_token("blynk", "blynk token", blynk_token, 34);
  WiFiManagerParameter custom_line_token("LINE", "line_token", line_token, 45);
```

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.

```
  //WiFiManager

  //Local intialization. Once its business is done, there is no need to keep it around

  WiFiManager wifiManager;

  //set config save notify callback

  wifiManager.setSaveConfigCallback(saveConfigCallback);

//----------------------------------------- เรียงลำดับ ชื่อกำกับช่อง + ช่อง ----------------------------------------------//

  wifiManager.addParameter(&custom_text0);

  wifiManager.addParameter(&custom_text1);

  wifiManager.addParameter(&custom_blynk_token);

  wifiManager.addParameter(&custom_text2);

  wifiManager.addParameter(&custom_line_token);

  delay(1000);

  for (int i = 5; i > -1; i--) {            // นับเวลาถอยหลัง 5 วินาทีก่อนกดปุ่ม AP Config

    digitalWrite(D0, HIGH);

    delay(500);

    digitalWrite(D0, LOW);

    delay(500);

    Serial.print (String(i) + " ");

  }

  if (digitalRead(D3) == LOW) {

    digitalWrite(D0, LOW);

    Serial.println("Button Pressed");

    wifiManager.resetSettings();       //ให้ล้างค่า SSID และ Password ที่เคยบันทึกไว้
```

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 (!wifiManager.autoConnect("AutoConnectAP")) {
      Serial.println("failed to connect and hit timeout");
      delay(3000);
      //reset and try again, or maybe put it to deep sleep
      ESP.reset();
    }
     delay(5000);
      }
    }
    Serial.println(": Connected.....OK!)");
    strcpy(blynk_token, custom_blynk_token.getValue());
    strcpy(line_token, custom_line_token.getValue());
  //save the custom parameters to FS
    if (shouldSaveConfig) {
       DynamicJsonBuffer jsonBuffer;
      JsonObject& json = jsonBuffer.createObject();
      //-----------------------------------------------------
      Serial.println("saving Blynk config");
      json["blynk_token"] = blynk_token;
      File configFile = SPIFFS.open("/config.json", "w");
      //-----------------------------------------------------------------
      Serial.println("saving line config");
      json["line_token"] = line_token;
```

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.

```
  File configFile1 = SPIFFS.open("/config.json", "w");
  //-------------------------------------------------------------------
  if (!configFile) {
    Serial.println("failed to open config file for writing");       //แสดงข้อความใน Serial Monitor
  }
  json.printTo(configFile);
  configFile.close();
  json.printTo(configFile1);
  configFile1.close();
}
  //-------------------------------------------------------------------------------------------------//
Serial.println();
Serial.print("local ip   : ");
delay(100);
Serial.println(WiFi.localIP());
delay(100);
Serial.print("SSID       : ");
delay(100);
Serial.println(WiFi.SSID());
Serial.print("Password   : ");
delay(100);
Serial.println(WiFi.psk());
//-------------------------------------------------------------------------------------------------//
```

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.

```
  Serial.println();
  //Print เพื่อเชคว่าค่าที่บันทึกไว้ยังอยู่หรือไม่
  Serial.println("เชคว่าค่าที่บันทึกไว้ยังอยู่หรือไม่");
  Serial.print("Blynk_token = ");
  Serial.println(blynk_token);
  Serial.print("Line_token = ");
  Serial.println(line_token);
  LINE.setToken(line_token);
  //-------------------------------------------------------------------------------------------------------//
  configTime(timezone, dst, "1.th.pool.ntp.org", "0.asia.pool.ntp.org", "3.asia.pool.ntp.org"); //แสดงเวลาปัจจุบัน ดึงจากServer
  while (!time(nullptr)) {    //วนจนกว่า ค่าเวลา จะถูกต้อง แล้วจึงปล่อยออกไป
   delay(500);
  }
  Blynk.config(blynk_token, server, port);
  //เริ่มการเชื่อมต่อ Blynk Server ********* สำหรับ Server local
  timer.setInterval(30000L, reconnecting);
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(5,0);   lcd.print("PROJECT 4C1");
  lcd.setCursor(4,1);   lcd.print("Smart Energy");
  lcd.setCursor(7,2);   lcd.print("Meter");
  lcd.setCursor(5,3);   lcd.print("GROUP 6321");
```

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

```
  delay(5000);

  lcd.clear();

}

//-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------//

//****************************************** void Loop ******************************************//

//-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------//

void loop() {

  //-------------  แสดงเวลา ----------------//

  time_t now = time(nullptr);

  struct tm* p_tm = localtime(&now);

  String now_time = "";

  now_time = now_time + p_tm->tm_hour;          // hour

  now_time = now_time + ":";                    // hour:

  now_time = now_time + p_tm->tm_min;           // hour:min

  now_time = now_time + ":";                    // hour:min:

  now_time = now_time + p_tm->tm_sec;           // hour:min:sec

  String now_day = "";

  now_day = now_day + p_tm->tm_mday;                    // day

  now_day = now_day + "/";

  now_day = now_day + (p_tm->tm_mon + 1);               //  month

  now_day = now_day + "/";

  now_day = now_day + (p_tm->tm_year + 1900 + 543);     // year

  String dateTime = now_day + " ";                      // day-month-year
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

```
lcd.setCursor(0, 3);
//เติม 0 กรณีเป็นเลข วัน เดือน ชม. นาที วินาที ตัวเดียว
if (p_tm->tm_mday < 10)  {
  lcd.print("0");
  lcd.print(p_tm->tm_mday);
} else lcd.print(p_tm->tm_mday);
lcd.print('/');
if ((p_tm->tm_mon + 1) < 10)  {
  lcd.print("0");
  lcd.print((p_tm->tm_mon + 1));
} else lcd.print((p_tm->tm_mon + 1));
lcd.print('/');
lcd.print((p_tm->tm_year + 1900 + 543 - 2500));
lcd.setCursor(12, 3);
if (p_tm->tm_hour < 10)  {
  lcd.print("0");
  lcd.print(p_tm->tm_hour);
}  else lcd.print(p_tm->tm_hour);
lcd.print(':');
if (p_tm->tm_min < 10)  {
  lcd.print("0");
  lcd.print(p_tm->tm_min);
} else lcd.print(p_tm->tm_min);
```

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

```
  lcd.print(':');
 if (p_tm->tm_sec < 10)  {
    lcd.print("0");
    lcd.print(p_tm->tm_sec);
  } else lcd.print(p_tm->tm_sec);
  if (Blynk_CB == 1) {
    Blynk.virtualWrite(V0, "ระบบเริ่มทำงาน");
    led_CB.on();
    }
  if (Blynk_CB == 0) {
    Blynk.virtualWrite(V0, "POWER OFF");
    led_CB.off();
    }
  // กดปุ่มจาก Blynk 5 วินาที เพื่อ Reset kWh กดค้างจนกว่า LED จะดับ
  if (Blynkreset_kWh == 1) {
    led_rst_kWh.on();
    lcd.setCursor(5, 3);
    lcd.print((char)0x20);
    lcd.print((char)0x20);
    lcd.print((char)0x20);
    lcd.print((char)0x20);
    lcd.print((char)0x20);
    Blynk.virtualWrite(V0, "มีการ RESET ระบบ");
```

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

```
    delay(3000);
    pzem.resetEnergy();
    led_rst_kWh.off();
    ESP.restart();
  }
  if (Blynkreset_kWh == 0) {
    led_rst_kWh.off();
  }
  //  Reset kWh  แบบ Auto โดยการตั้งค่ามาจาก Blynk โดยเก็บไว้ใน EEPROM ของเครื่อง  แบบที่ 3  กรณีประจำเดือน
  // ส่ง Line 1 ครั้งเท่านั้น  กรณีประจำเดือน  จากนั้นระบบจะ Restart
  if (Rst_D == p_tm->tm_mday && Rst_H == p_tm->tm_hour &&  Rst_M == p_tm->tm_min && Line_status == 0) {
    //loop ป้องกันการอ่านค่าไม่ได้
loop9 :
    energy2 = pzem.energy();
    if (isnan(energy2)) {
      delay(1000);
      goto loop9 ;
    }
   LineText  = string1 + now_day + string7 + now_time + string3 + energy2 + string4 +
                Electric_bill  + string5;
    //ค่าไฟฟ้าสะสม วันที่ x/x/xxx เวลา x:x:x  จำนวน 2.65 หน่วย เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 49.78  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.

```
    //ระบบทำการ Reset kWh = 0 แล้ว ***ให้ตรวจสอบค่า Ft ประจำเดือนด้วย***
    LINE.notify(LineText);
    delay(200);
    Blynk.virtualWrite(V0, "จะ RST ระบบใน 1นาที");
    //Serial.println("reset kWh");มันจะ Reset ซ้ำ กันใน 1 นาทีนี้ และยกเลิกจนกว่าจะขึ้นนาทีใหม่
    Line_status = 1;
    Line_status1 = 0;
  }
else if (Rst_D == p_tm->tm_mday && Rst_H == p_tm->tm_hour &&  Rst_M == p_tm-
>tm_min && Line_status == 1) {
    delay(10);
    Line_status1 = 1;
  }
  //หลังจากส่งไลน์ เสร็จแล้ว อีก 1 นาที ให้ระบบ resetEnergy และ Restart
  if (Rst_M != p_tm->tm_min && Line_status1 == 1 ) {
    delay(10);
    Line_status = 0;
    delay(1500);
    pzem.resetEnergy();
    delay(1500);
    ESP.restart();
  }
```

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.

```
  // ส่ง Line 1 ครั้งเท่านั้น  23.50 น.
  if (p_tm->tm_hour == 23 &&  p_tm->tm_min == 50 && Line13_status == 0) {
    Blynk.virtualWrite(V0, "Line Notify 23.50");
    delay(100);
loop11 :
    energy1 = pzem.energy();
    if (isnan(energy1)) {
      delay(1000);
      goto loop11 ;
    }
    LineText = string1 + now_day + string7 + now_time +
               string3 + energy1 + string4 + Electric_bill + string6;
    LINE.notify(LineText);
    delay(200);
    Line13_status = 1;
    Line13_status1 = 0;
  }
  else if (p_tm->tm_hour == 23 &&  p_tm->tm_min == 50 && Line13_status == 1) {
    delay(10);
    Line13_status1 = 1;
  }
  if (p_tm->tm_hour == 23 &&  p_tm->tm_min == 51 && Line13_status1 == 1 ) {
    delay(10);
```

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

```
    Line13_status = 0;
  }
//--------- แสดงค่า ต่างๆ ของ PZEM ----------//
  float voltage = pzem.voltage();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("V");
  lcd.setCursor(3,0);
  if(isnan(voltage)){
    lcd.setCursor(5,0);
    }
    lcd.print(voltage, 1);
    Blynk.virtualWrite(V1, voltage);
  float current = pzem.current();
  lcd.setCursor(12,0);
  lcd.print("A");
  lcd.setCursor(16,0);
   if(isnan(current)){
    lcd.setCursor(17,0);
    }
    lcd.print(current, 2);
    Blynk.virtualWrite(V2, current);
  float power = pzem.power();
  lcd.setCursor(0,1);
```

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

```
lcd.print("W");
if(power < 10)          lcd.setCursor(5,1);
else if(power < 100)    lcd.setCursor(4,1);
else if(power < 1000)   lcd.setCursor(3,1);
else if(power < 10000) lcd.setCursor(2,1);
else {
  lcd.setCursor(5,1);
  }
  lcd.print(power, 1);
  Blynk.virtualWrite(V3, power);
float energy = pzem.energy();
lcd.setCursor(12,1);
lcd.print("U");
if(energy < 10)         lcd.setCursor(17,1);
else if(energy < 100)   lcd.setCursor(16,1);
else if(energy < 1000) lcd.setCursor(15,1);
else {
  lcd.setCursor(17,1);
  }
  lcd.print(energy, 1);
  Blynk.virtualWrite(V4, energy);
float frequency = pzem.frequency();
lcd.setCursor(0,2);
```

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.

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

lcd.setCursor(4,2);

if(isnan(frequency)){

  lcd.setCursor(5,2);

  }

  lcd.print(frequency, 1);

  Blynk.virtualWrite(V5, frequency);

float pf = pzem.pf();

if (isnan(pf)) {

  Blynk.virtualWrite(V6, 0);

} else {

  lcd.setCursor(12,2);

  lcd.print("PF");

  lcd.setCursor(16,2);

  lcd.print(pf, 2);

  Blynk.virtualWrite(V6, pf);

}

//------------------------overpower();-----------------------------

if (power - Set_MP >= Set_MP/5) {  //ถ้ากระแสมากกว่ากระแสที่กำหนดไว้ buzzer จะดังและ relay จะตัด

  LineText  = string9;

  LINE.notify(LineText);

  delay(100);

  Blynk.virtualWrite(V0, "Over Power");
```

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.

```
  digitalWrite(buzzer, HIGH);
  delay(150);
  digitalWrite(buzzer, LOW);
  digitalWrite(Relay, LOW);
  }
relayState = digitalRead(Relay);
if (relayState == 0) {
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(5,2);
  lcd.print("OVER POWER");
  delay(5000);
  lcd.clear();
  }
//1.2 อัตราปกติปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน
//ที่บ้านเราใช้ค่านี้ ประเภท 1125 คือ ใช้ไฟฟ้าเกิน 150 หน่วย/เดือน อัตราค่าบริการ 38.22 บาท/เดือน
//1     -  150 หน่วยละ  3.2484  บาท
if (energy >= 1 && energy <= 150) {
  kWh_1 = energy * 3.2484;
}
if (energy > 150) {
  kWh_1 = 150 * 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.

```
//หน่วยที่  151    -  400 หน่วยละ 4.2218  บาท
if (energy >= 151 && energy <= 400) {
  kWh_2 = (energy - 150) * 4.2218;
}
if (energy > 400) {
  kWh_2 = 250 * 4.2218;
  //401        -- >   หน่วยละ 4.4217  บาท
  kWh_3 = (energy - 400) * 4.4217;
}
//รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด
kWh_T = kWh_1 + kWh_2 + kWh_3;
kWh_T1 = kWh_T + 38.22 + (energy * Ft);
Electric_bill = kWh_T1 + (kWh_T1 * 0.07);
Blynk.virtualWrite(V7, Electric_bill);
countcheck_Blynk ++;
if (countcheck_Blynk  == 2) {      //ทุกๆ 3 วินาที เชค temp + humid 1 ครั้ง
  check_Blynk();
}
if (countcheck_Blynk  == 3) {      //ทุกๆ 3 วินาที เชค temp + humid 1 ครั้ง
  countcheck_Blynk  = 0;
}
timer.run();                              //ให้เวลาของ Blynk ทำงาน
delay(2000);
```

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 check_Blynk() {

  //------------ Blynk Connect ---------------//

  if (Blynk.connected())  {

    Blynk.run();

    digitalWrite(D0, LOW);

  } else {

    digitalWrite(D0, LOW);

    delay(200);

    digitalWrite(D0, HIGH);

    delay(100);

  }

}

void reconnecting() {

  if (!Blynk.connected())  {

    blynkIsDownCount++;

    BLYNK_LOG("blynk server is down! %d  times", blynkIsDownCount);

    Blynk.connect(5000);

    }

}

BLYNK_CONNECTED() {

  Blynk.syncAll();              //ให้ซิงค์ข้อมูลทั้งหมดล่าสุดจาก Blynk Server

  }
```

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.

3W Ultra-small Power Module

PM03/PM01/PM09/PM12

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Version: V2.21	Date: Oct. 2018	Made by Shenzhen Hi-Link Electronic Co., Ltd

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.

Catalogue

1. Ultra-small Power Module..... - 1 -

2. Product Model..... - 1 -

3. Product Features..... - 1 -

4. Environmental Conditions..... - 2 -

5. Electrical Characteristics..... - 2 -

5.1. Input characteristics..... - 2 -

5.2. Output characteristics (3.3V/1000mA)..... - 3 -

5.3. Output characteristics(5V/600mA)..... - 4 -

5.4. Output characteristics(9V/330mA)..... - 4 -

5.5. Output characteristics(12V/250mA)..... - 5 -

6. Input voltage and load characteristics..... - 6 -

7. Working Environment Temperature And Load Characteristics..... - 7 -

8. Typical Application Circuit..... - 7 -

Input section..... - 7 -

Output section..... - 8 -

9. Safety Features..... - 8 -

9.1. Certification..... - 8 -

9.2. Safety and electromagnetic compatibility:..... - 8 -

9.3. Temperature safety design:..... - 9 -

10. Marking, Packaging, Transportation, Storage..... - 9 -

10.1. Marking..... - 9 -

10.1.1. Product marking..... - 9 -

10.1.2. Package marking..... - 9 -

10.2. Products..... - 9 -

10.3. Packaging..... - 10 -

10.4. Storage..... - 10 -

11. Overall Dimensions And Weight..... - 10 -

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

1. Ultra-small Power Module

3W ultra-small series of power module is a small volume, high efficiency module power supply designed by Hi-Link Electronics. With the global input voltage range, low temperature rise, low power consumption, high efficiency, high reliability, high security isolation and so on. Has been widely used in smart home, automation, communications equipment, instrumentation and other industries.

2. Product Model

MODEL	Dimension (mm)	Output power (W)	Output voltage (V)	Output current (mA)	Notes
HLK-PM03	34*20*15	3	3.3	1000	
HLK-PM01		3	5	600	
HLK-PM09		3	9	330	Need customize
HLK-PM12		3	12	250	

3. Product Features

1. Ultra-thin, ultra-small, the industry's smallest volume;
2. Global universal input voltage (90 ~ 245Vac);
3. Low-power, green, no-load loss <0.1W;
4. Low ripple, low noise;
5. Good output short circuit and overcurrent protection and self recovery;
6. High efficiency, high power density;
7. Input and output isolation voltage 3000Vac;
8. 100% full load aging and testing;
9. High reliability, long life design, continuous working time is greater than 100,000 hours;
10. Meet UL, CE requirements; product design to meet EMC and safety testing requirement;
11. Using high-quality environmentally friendly waterproof plastic potting, moisture, vibration, water and dust to meet IP65 standards;
12. Economic solutions, cost-effective

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.

13. No external circuit to work

14. 1 year quality guarantee period.

4. Environmental Conditions

Project name	Technical indicators	Unit	Notes
Working temperature	-25—+60	℃	
Storage temperature	-40—+80	℃	
Relative humidity	5—95	%	
Thermal methods	Natural cooling		
Atmospheric pressure	80—106	Kpa	
Altitude	≤2000	m	
Vibration	Vibration coefficient 10~500Hz,2G10min./1cycle, 60min.each along X,Y,Z axes		Meet the second-class road transport requirement

5. Electrical Characteristics

5.1. Input characteristics

Project Name	Technical Requirements	Unit	Notes
Rated input voltage	90-245	Vac	
Input voltage range	85-264	Vac	Or 70-350Vdc
The maximum input current	≤0.2	A	
Input inrush current	≤10	A	
The maximum input voltage	≤270	Vac	

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.

Input soft start	≤50	mS	
Input low voltage efficiency	Vin=110Vac，output full load≥69	%	
Input high voltage efficiency	Vin=220Vac，output full load≥70	%	
Long-term reliability	MTBF≥100，000	h	
External fuse recommended	0.5A/250Vac		slow blow

Note：Test at room temperature

5.2. Output characteristics (3.3V/1000mA)

Project Name	Technical Requirements	Unit	Notes
No-load rated output voltage	3.3±0.1	Vdc	
Full load rated output voltage	3.3±0.2	Vdc	
Short time maximum output current	≥1200	mA	
Long time maximum output current	≥1000	mA	
Voltage regulation	±0.2	%	
Load regulation	±0.5	%	
Output ripple and noise (mVp-p)	≤50 Rated input voltage, output full load. With 20MHz bandwidth oscilloscope, Load side 10uF and 0.1uF capacitance test.	mV	
Switch overshoot amplitude	(Rated input voltage, output plus 10% load) ≤5	%V_O	
Output over-current protection	Output the maximum load of 150-200%	A	
Output short circuit protection	Direct output when the normal short-circuit, short circuit removed automatically resume normal work		Undamaged machine

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. Output characteristics(5V/600mA)

Project Name	Technical Requirements	Unit	Notes
No-load rated output voltage	5.0±0.1	Vdc	
Full load rated output voltage	5.0±0.2	Vdc	
Short time maximum output current	≥800	mA	
Long time maximum output current	≥600	mA	
Voltage regulation	±0.2	%	
Load regulation	±0.5	%	
Output ripple and noise (mVp-p)	≤50 Rated input voltage, output full load. With 20MHz bandwidth oscilloscope, Load side 10uF and 0.1uF capacitance test.	mV	
Switch overshoot amplitude	(Rated input voltage, output plus 10% load) ≤5	%V_O	
Output over-current protection	Output the maximum load of 150-200%	A	
Output short circuit protection	Direct output when the normal short-circuit, short circuit removed automatically resume normal work		Undamaged machine

5.4. Output characteristics(9V/330mA)

Project Name	Technical Requirements	Unit	Notes
No-load rated output voltage	9.0±0.1	Vdc	
Full load rated output	9.0±0.2	Vdc	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
All rights reserved for education use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

voltage			
Short time maximum output current	≥450	mA	
Long time maximum output current	≥330	mA	
Voltage regulation	±0.2	%	
Load regulation	±0.5	%	
Output ripple and noise (mVp-p)	≤70 Rated input voltage, output full load. With 20MHz bandwidth oscilloscope, Load side 10uF and 0.1uF capacitance test.	mV	
Switch overshoot amplitude	(Rated input voltage, output plus 10% load) ≤5	$\%V_O$	
Output over-current protection	Output the maximum load of 110-150%	A	
Output short circuit protection	Direct output when the normal short-circuit, short circuit removed automatically resume normal work		Undamaged machine

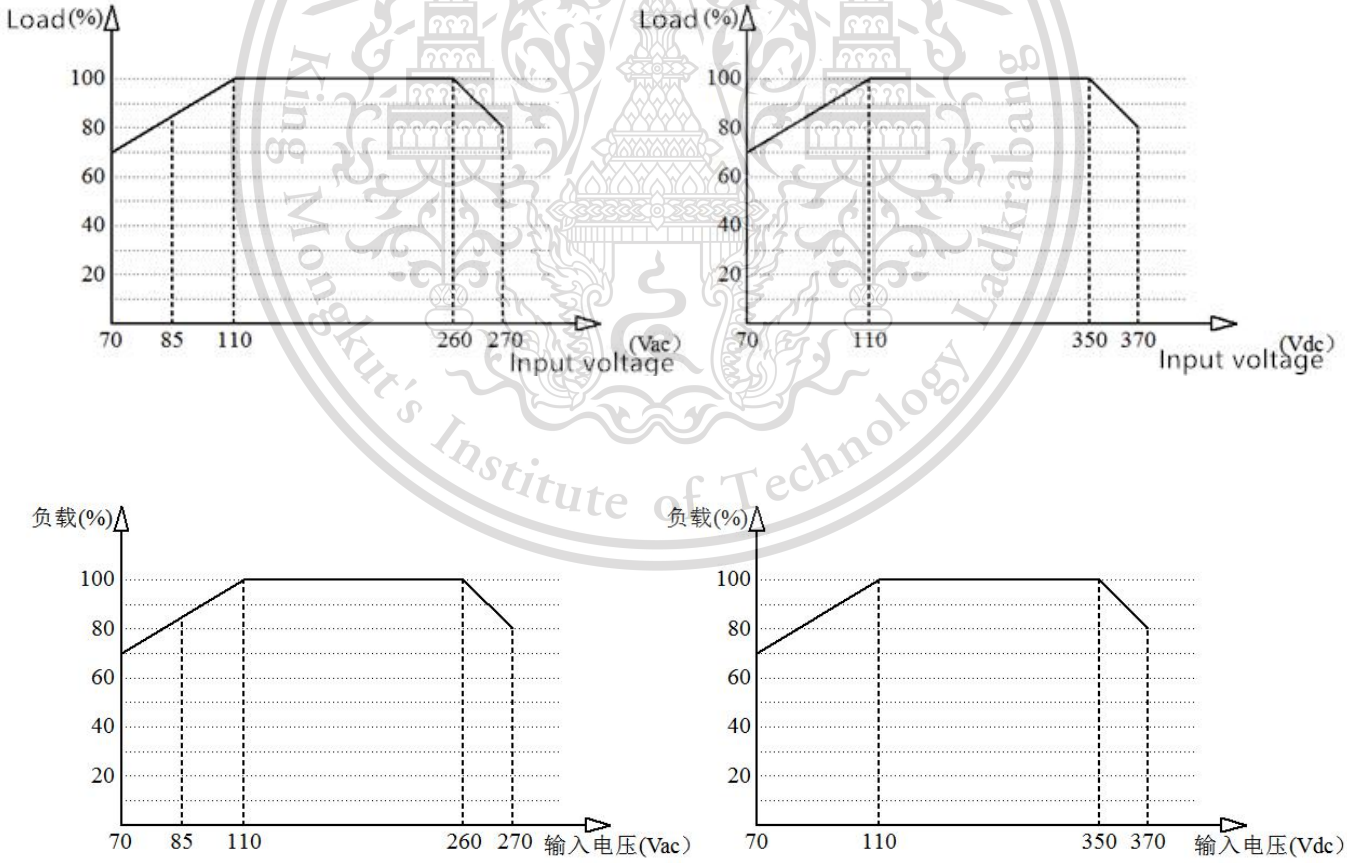
5.5. Output characteristics(12V/250mA)

Project Name	Technical Requirements	Unit	Notes
No-load rated output voltage	12.0±0.1	Vdc	
Full load rated output voltage	12.0±0.2	Vdc	
Short time maximum output current	≥350	mA	
Long time maximum output current	≥250	mA	
Voltage regulation	±0.2	%	
Load regulation	±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.

Output ripple and noise (mVp-p)	≤70 Rated input voltage, output full load. With 20MHz bandwidth oscilloscope, Load side 10uF and 0.1uF capacitance test.	mV	
Switch overshoot amplitude	(Rated input voltage, output plus 10% load) ≤5	%V_O	
Output over-current protection	Output the maximum load of 110-150%	A	
Output short circuit protection	Direct output when the normal short-circuit, short circuit removed automatically resume normal work		Undamaged machine

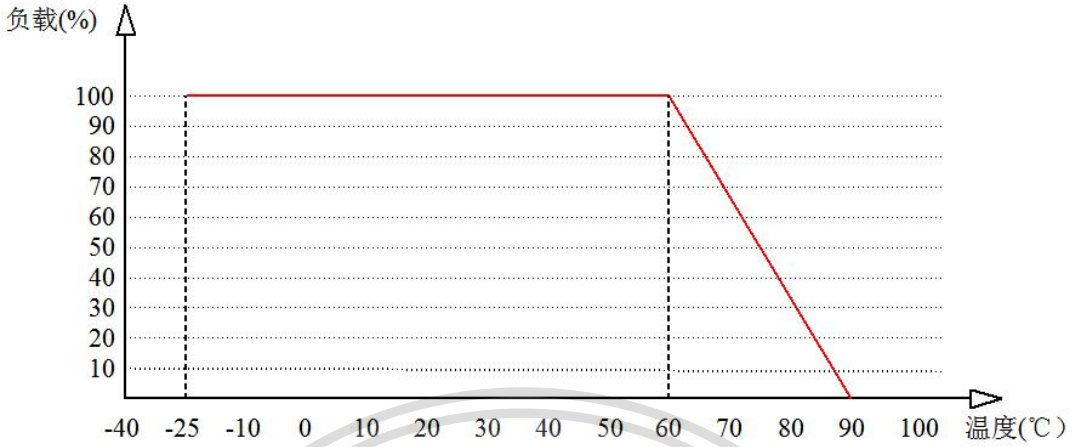
6. Input voltage and load characteristics



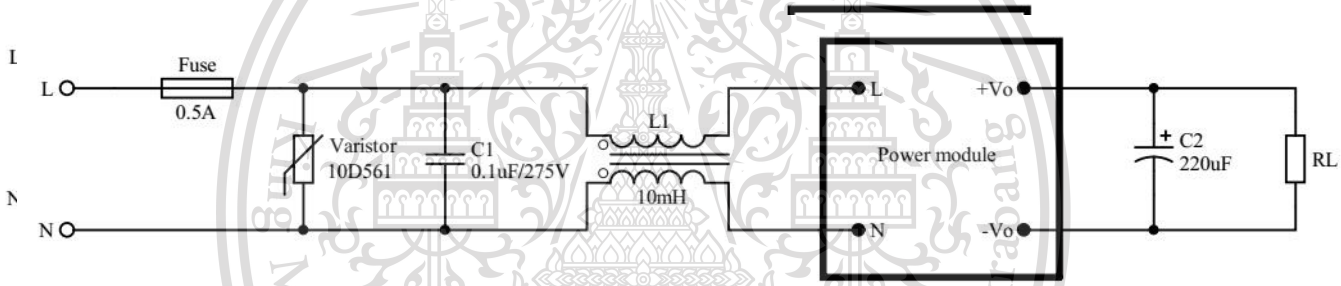
Input voltage and load characteristics curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
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. Working Environment Temperature And Load Characteristics



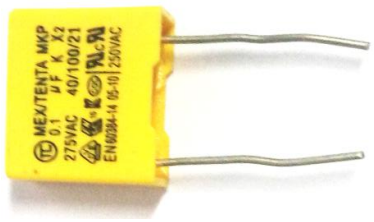
8. Typical Application Circuit



Input section

Component number/ Recommended device	Function	Value
Fuse	protect the circuit from damage when the module is abnormal.	0.5A/250Vac，slow blow
Varistor	Protect the module do not damaged in the accumulative surge	10D561K
C1/Safety capacitor	Filtering safety protection（EMC certification）	0.1uF/275Vac
L1/Common mode choke	EMI filtering	Sense value 10-15mH，current 70-500mA

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.

	
Safety capacitor	Common mode choke

Note：

- Fuses and varistor for the basic protection circuit (Received).
- To pass certification, safety capacitor and common mode inductance can not be omitted.

Output section

Component number/ Recommended device	Function	Value
C2/ Filtering capacitor	Filtering，the output AC signal can be maintain within 30mV	Aluminum electrolytic capacitors，capacitance range 100-220uF，Pressure drop>75%
RL/ Load	Load	

Note：C2 filtering capacitor can bring down the output signal from the original 50mV to less than 30mV.

9. Safety Features

9.1. Certification

The product design meet UL, CE safety certification requirements. (Though the UL and CE certificates need to be done by client)

9.2. Safety and electromagnetic compatibility:

- Design of Input end fulfills the 0.5A security of UL certification；
- PCB board designed as double-sided copper clad plate, the material fireproof rating 94-V0 level；
- Safety standard in line with UL1012, EN60950, UL60950

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.

- Insulation Voltage I/P-O/P:2500Vac
- Insulation Resistor I/P-O/P>100M Ohms/500Vdc 25℃ 70% RH
- Conductivity and Radiation meet EN55011, EN55022 (CISPR22)
- Electrostatic discharge IEC/EN 61000-4-2 level 4 8kV/15kV
- RF Radiation Immunity meet the standard IEC/EN 61000-4-3 (Check details in Application Notes)

9.3. Temperature safety design:

The maximum temperature rise of the power supply capacitor, main converter and other inner surfaces at room temperature does not exceed 90 ℃; the maximum temperature rise of the shell surface does not exceed 60 ℃.

10. Marking, Packaging, Transportation, Storage

10.1. Marking

10.1.1. Product marking

Place the product's unique bar code logo in the proper location on the product to ensure trace ability of each product's production date, product batch, and more. Its content in line with national standards, industry standards.

10.1.2. Package marking

Product box marked with the name of the manufacturer, site, zip code, product model, factory year, month, day;

Marked with "up", "moisture-proof" and "carefree" and other transport signs, all signs are in line with the provisions of GB 191.

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.

10.2. Products

Products using special plastic boxes separated packaging, with anti-vibration function, and in line with the provisions of GB 3873.

10.3. Packaging

Packaged products can be transported by any means of transportation, should be awning in transit, there should be no violent vibration, impact, etc.

10.4. Storage

Product storage should be consistent with the provisions of GB 3873.

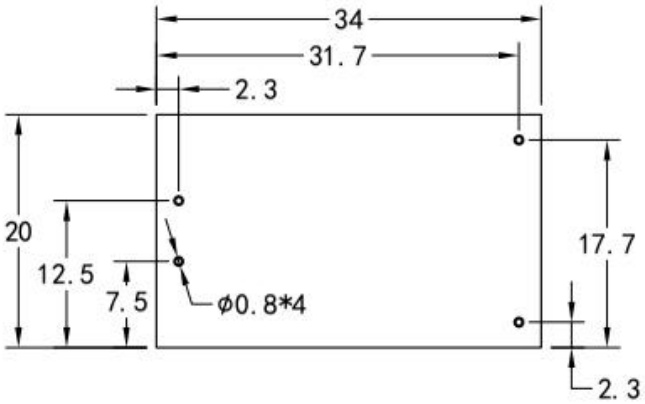
11. Overall Dimensions And Weight

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

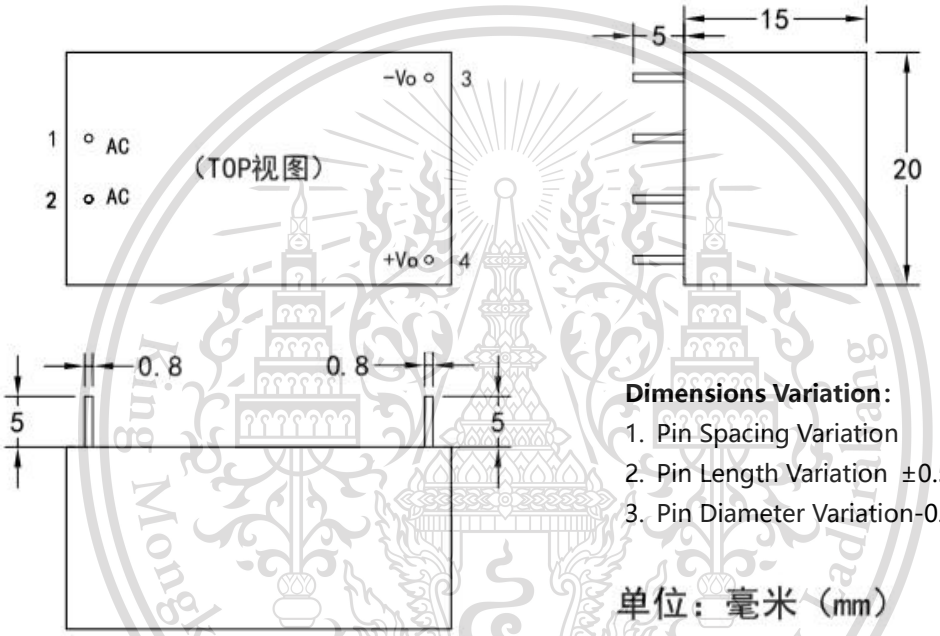
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



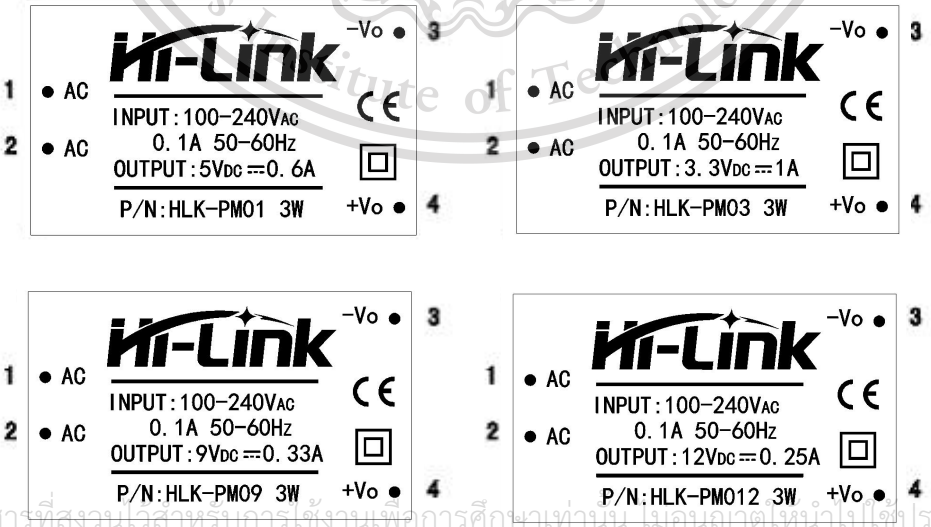
Pin function	
1	AC
2	AC
3	-V0
4	+V0
Weight：20±1g	



Dimensions Variation:

1. Pin Spacing Variation
2. Pin Length Variation ±0.5mm
3. Pin Diameter Variation-0.2mm

单位：毫米（mm）



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.

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.

1.4 Power factor

1.4.1 Measuring range: 0.00～1.00

1.4.2 Resolution: 0.01

1.4.3 Measurement accuracy: 1%

1.5 Frequency

1.5.1 Measuring range: 45Hz～65Hz

1.5.2 Resolution: 0.1Hz

1.5.3 Measurement accuracy: 0.5%

1.6 Active energy

1.6.1 Measuring range: 0～9999.99kWh

1.6.2 Resolution: 1Wh

1.6.3 Measurement accuracy: 0.5%

1.6.4 Display format:

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

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

1.6.5 Reset energy: use software to reset.

1.7 Over power alarm

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

1.8 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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is made for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

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.

2.3 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 to 0.1V
0x0001	Current value low 16 bits	1LSB correspond to 0.001A
0x0002	Current value high 16 bits	
0x0003	Power value low 16 bits	1LSB correspond to 0.1W
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	1LSB correspond to 0.1Hz
0x0008	Power factor value	1LSB correspond to 0.01
0x0009	Alarm status	0xFFFF is alarm, 0x0000is not alarm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา 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.

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

2.4 Read and modify the slave parameters

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.

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

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.

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

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.

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

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

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.

2.5 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

2.6 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.

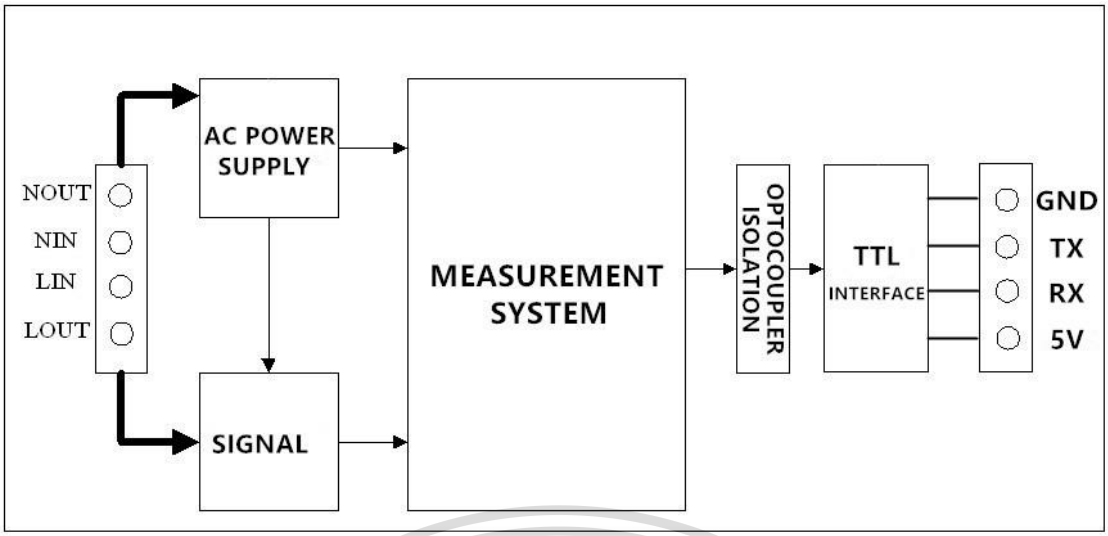
2.7 CRC check

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

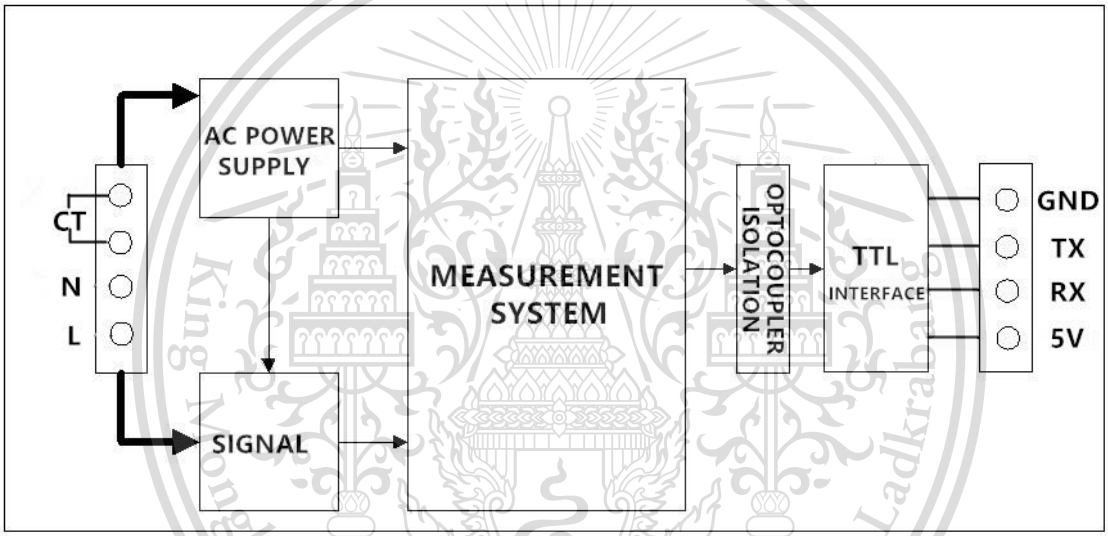
The value of the CRC check is a frame data divide all results of checking all the bytes except the CRC check value.

3 Functional block diagram

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

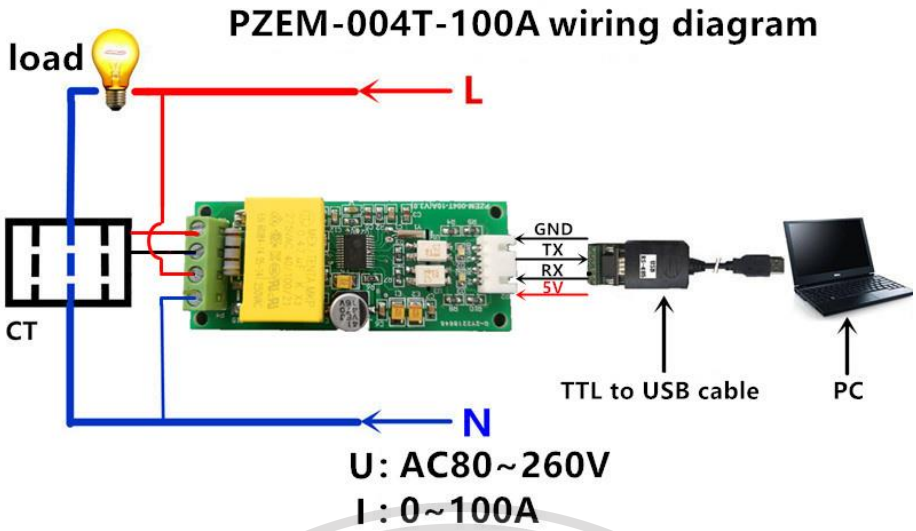


Picture 3.2 PZEM-004T-100A Functional block diagram

4 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.



Picture 4.2 PZEM-004T-100A wiring diagram

5 Other instructions

5.1The 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.

5.2 Working temperature

-20’C ~ +60’C。

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.

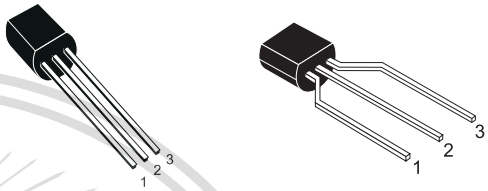
2N3904

SMALL SIGNAL NPN TRANSISTOR

PRELIMINARY DATA

Ordering Code	Marking	Package / Shipment
2N3904	2N3904	TO-92 / Bulk
2N3904-AP	2N3904	TO-92 / Ammopack

- SILICON EPITAXIAL PLANAR NPN TRANSISTOR
- TO-92 PACKAGE SUITABLE FOR THROUGH-HOLE PCB ASSEMBLY
- THE PNP COMPLEMENTARY TYPE IS 2N3906



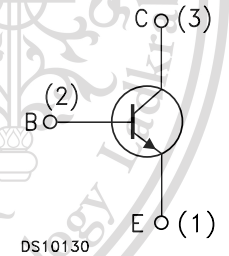
TO-92
Bulk

TO-92
Ammopack

APPLICATIONS

- WELL SUITABLE FOR TV AND HOME APPLIANCE EQUIPMENT
- SMALL LOAD SWITCH TRANSISTOR WITH HIGH GAIN AND LOW SATURATION VOLTAGE

INTERNAL SCHEMATIC DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{CBO}	Collector-Base Voltage (I_E = 0)	60	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage (I_B = 0)	40	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage (I_C = 0)	6	V
I_C	Collector Current	200	mA
P_{tot}	Total Dissipation at T_C = 25 °C	625	mW
T_{stg}	Storage Temperature	-65 to 150	°C
T_j	Max. Operating Junction Temperature	150	°C

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.

THERMAL DATA

$R_{thj\text{-}amb}$ •	Thermal Resistance Junction-Ambient	Max	200	°C/W
$R_{thj\text{-}case}$ •	Thermal Resistance Junction-Case	Max	83.3	°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_{case} = 25 °C unless otherwise specified)

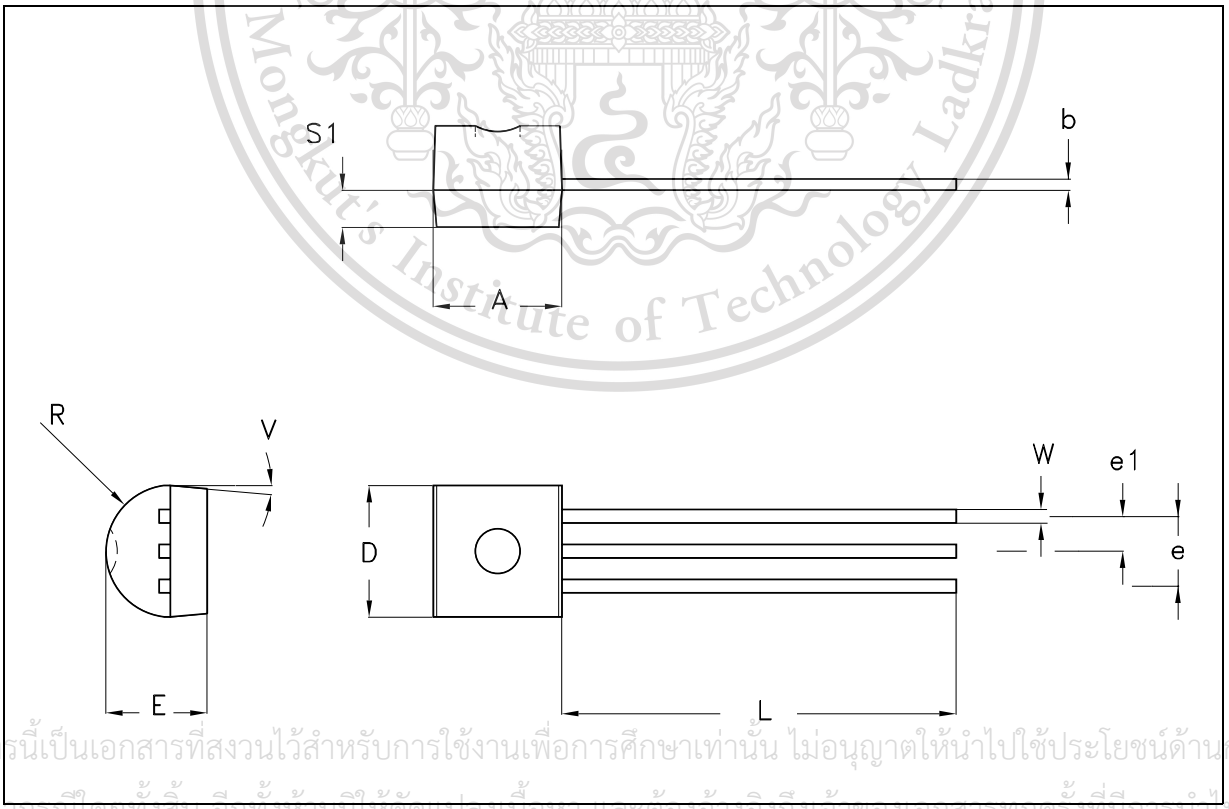
Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CEX}	Collector Cut-off Current (V_{BE} = -3 V)	V_{CE} = 30 V			50	nA
I_{BEX}	Base Cut-off Current (V_{BE} = -3 V)	V_{CE} = 30 V			50	nA
$V_{(BR)CEO}$*	Collector-Emitter Breakdown Voltage (I_B = 0)	I_C = 1 mA	40			V
$V_{(BR)CBO}$	Collector-Base Breakdown Voltage (I_E = 0)	I_C = 10 µA	60			V
$V_{(BR)EBO}$	Emitter-Base Breakdown Voltage (I_C = 0)	I_E = 10 µA	6			V
$V_{CE(sat)}$*	Collector-Emitter Saturation Voltage	I_C = 10 mA I_B = 1 mA I_C = 50 mA I_B = 5 mA			0.2 0.2	V V
$V_{BE(sat)}$*	Base-Emitter Saturation Voltage	I_C = 10 mA I_B = 1 mA I_C = 50 mA I_B = 5 mA	 0.65		0.85 0.95	V V
h_{FE}*	DC Current Gain	I_C = 0.1 mA V_{CE} = 1 V I_C = 1 mA V_{CE} = 1 V I_C = 10 mA V_{CE} = 1 V I_C = 50 mA V_{CE} = 1 V I_C = 100 mA V_{CE} = 1 V	60 80 100 60 30		300	
f_T	Transition Frequency	I_C = 10 mA V_{CE} = 20 V f = 100 MHz	250	270		MHz
C_{CBO}	Collector-Base Capacitance	I_E = 0 V_{CB} = 10 V f = 1 MHz		4		pF
C_{EBO}	Emitter-Base Capacitance	I_C = 0 V_{EB} = 0.5 V f = 1 MHz		18		pF
NF	Noise Figure	V_{CE} = 5 V I_C = 0.1 mA f = 10 Hz to 15.7 KHz R_G = 1 KΩ		5		dB
t_d t_r	Delay Time Rise Time	I_C = 10 mA I_B = 1 mA V_{CC} = 30 V			35 35	ns ns
t_s t_f	Storage Time Fall Time	I_C = 10 mA I_{B1} = -I_{B2} = 1 mA V_{CC} = 30 V			200 50	ns ns

* Pulsed: Pulse duration = 300 µs, duty cycle ≤ 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.

TO-92 MECHANICAL DATA

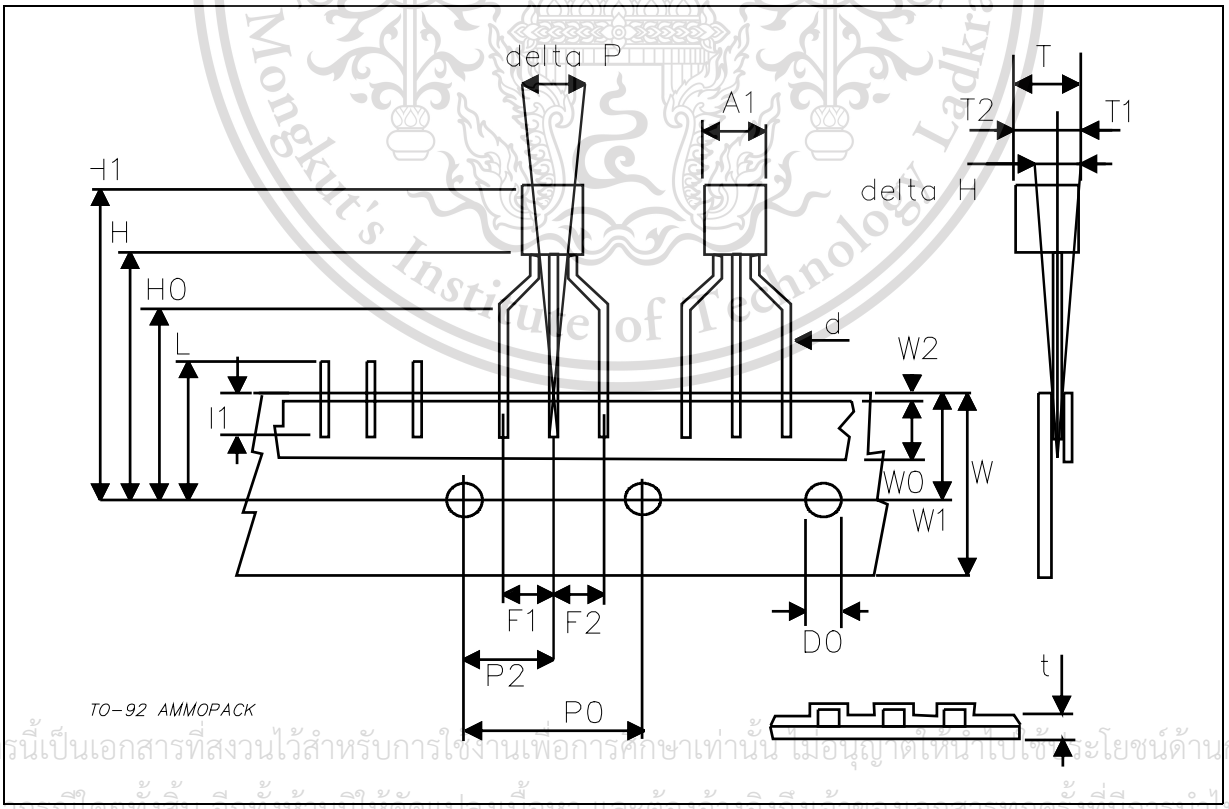
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.32		4.95	0.170		0.195
b	0.36		0.51	0.014		0.020
D	4.45		4.95	0.175		0.194
E	3.30		3.94	0.130		0.155
e	2.41		2.67	0.095		0.105
e1	1.14		1.40	0.045		0.055
L	12.70		15.49	0.500		0.609
R	2.16		2.41	0.085		0.094
S1	1.14		1.52	0.045		0.059
W	0.41		0.56	0.016		0.022
V	4 degree		6 degree	4 degree		6 degree



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.

TO-92 AMMOPACK SHIPMENT (Suffix"-AP") MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A1			4.80			0.189
T			3.80			0.150
T1			1.60			0.063
T2			2.30			0.091
d			0.48			0.019
P0	12.50	12.70	12.90	0.492	0.500	0.508
P2	5.65	6.35	7.05	0.222	0.250	0.278
F1,F2	2.44	2.54	2.94	0.096	0.100	0.116
delta H	-2.00		2.00	-0.079		0.079
W	17.50	18.00	19.00	0.689	0.709	0.748
W0	5.70	6.00	6.30	0.224	0.236	0.248
W1	8.50	9.00	9.25	0.335	0.354	0.364
W2			0.50			0.020
H	18.50		20.50	0.728		0.807
H0	15.50	16.00	16.50	0.610	0.630	0.650
H1			25.00			0.984
D0	3.80	4.00	4.20	0.150	0.157	0.165
t			0.90			0.035
L			11.00			0.433
I1	3.00			0.118		
delta P	-1.00		1.00	-0.039		0.039



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.

Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

The ST logo is a trademark of STMicroelectronics

© 2003 STMicroelectronics – Printed in Italy – All Rights Reserved

STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Israel - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - United States.

http://www.st.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

FUJITSU THE POSSIBILITIES ARE INFINITE

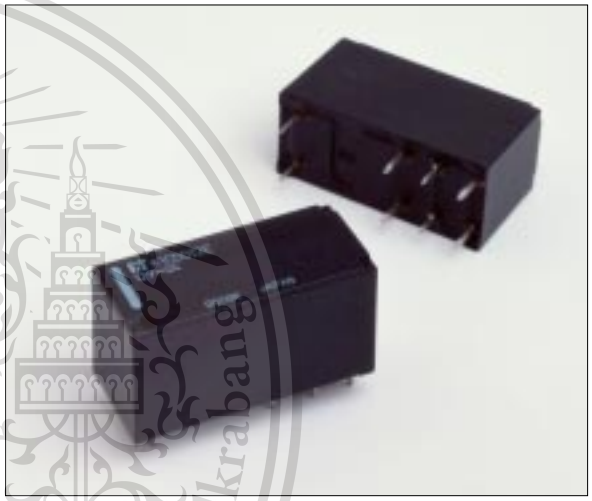
POWER RELAY

1 POLE - 16A LOW PROFILE TYPE

FTR-K1 Series

RoHS Compliant

■ FEATURES



- Low profile (height: 15.7mm)
- HIGH ISOLATION5
  Insulation Distance (between coil and contacts: 10mm min.)
  Dielectric strength: 5KV
  Surge strength: 10KV
- Class F coil
- UL, Flammability 94V-0
- Cadmium free contacts
- SAFETY STANDARDS
  UL, CSA, VDE, SEMKO approved
  UL, CSA TV-5 rating approved
- RoHS Compliant since production

■ ORDERING INFORMATION

[Example] FTR-K1 (a) C (b) K (c) 005 (d) W (e) – ** (f)

(a)	Series Name	FTR-K1: FTR-K1 Series
(b)	Contact Arrangement	A : 1 form A (SPST-NO) C : 1 form C (SPDT) (standard type "K" only)
(c)	Coil Type / Enclosure	K : Standard (400 mW) / Flux free (16 A, 12A contacts only) L : High Sensitive (250 mW)/ Flux free (10A, contacts only)
(d)	Nominal Voltage	005 : 5 VDC, 006 : 6VDC, 009 : 9VDC 012 : 12VDC 018 : 18 VDC (standard type only) 022 :022VDC (standard type only), 024 : 24VDC, 048 : 48VDC
(e)	Contact Material / TV type	W : AgSnO2 T : AgSnO2 / TV-5 rated (1form A 16A type only)
(f)	Contact rated / Terminal pitch/ Temperature range	Nil :16A/5.0mm/-40 to +85˚C (standard type "K" only) -MA : 12A/3.5mm/-40 to +85˚C (standard type "K" only) -LA :10A/3.5mm/-40 to +85˚C (high sensitive "L" only) -LB :10A/5.0mm/-40 to +105˚C (high sensitive type "L" only)

Actual marking does not carry the type name : "FTR"
E.g.: Ordering code: FTR-K1CK012W Actual marking: K1CK012W

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น 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.

■ SAFETY STANDARD AND FILE NUMBERS

UL508, 873 (File No. E63614)
C22.2 No.1and No. 14 (File No. LR40304)
VDE 0435, 0631, 0700, 0860
SEMKO EN 610558-I, 61095

Type	Nominal Voltage	Contact Rating
FTR-K1 16A type	5 to 48 VDC	1/2 HP 125VAC/ 1HP 277VAC 16A 277VAC/24VDC resistive Pilot duty B300
FTR-K1 10A type	5 to 48 VDC	1/3 HP 125VAC/ 1/2HP 277VAC 10A 277VAC/24VDC resistive Pilot duty B300
FTR-K1 TV-5	5 to 48 VDC	TV-5 120VAC 1/2 HP 125VAC/ 1HP 277VAC 16A 277VAC/24VDC resistive Pilot duty A300

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

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.

■ SPECIFICATIONS

Item			FTR-K1CK ( ) W (Standard)	FTR-K1AK ( ) T (Standard)	FTR-K1AL ( ) W-LB (High sensitive)
Contact	Arrangement		1 form C	1 form A	
	Material		Silver alloy		
	Resistance (initial)		Maximum 100mΩ (at 1A 6VDC)		
	Rating		16A, 250VAC/24VDC		10A 250VAC
	Maximum Carrying Current		16A		10A
	Maximum Switching Rating		4,000VA / 384W		2,500VAC
	Maximum Switching Voltage		440VAC / 300VDC		440 VAC
	Minimum Switching Load*1		10mA 5VDC		
	Maximum Switching Current		16A		10A
	Minimum Inrush Current		---	120VAC 78A(TV5)	---
Coil	Power		400 mW		250 mW
	Operating Temperature		-40° C to +85° C (no frost)		-40° C to +105° C (no frost)
Time Value	Operate Time (without diode)		Maximum 15ms (at nominal voltage, no bounce)		
	Release Time (without diode)		Maximum 5ms (at nominal voltage, no bounce)		
Insulation	Resistance (at 500VDC)		Minimum 1,000 Mohms		
	Dielectric Strength	Between open contacts	1,000 VAC 1 minute		
		Between coil and contacts	5,000 VAC 1 minute		
	Surge Strength		10,000V (at 1.2 x 50 micro sec.)		
Life	Mechanical		20 x 10^6 operations minimum		
	Electrical	AC contact rating	50 x 10^3 ops. minimum	100 x 10^3 ops. minimum	150 x 10^3 ops. min. (at 105 degrees)
		DC contact rating	30 x 10^3 ops. min.	100 x 10^3 ops. min.	---
		Lamp load (TV-5)	---	25 x 10^3 ops. min.	---
Other	Vibration Resistance	Misoperation	10 to 500 Hz, 5gn (double amplitude of 0.35mm) 10 to 55 Hz at double amplitude of 0.7mm		
		Endurance	10-55 Hz, (double amplitude of 1.5mm)		
	Shock Resistance	Misoperation	Min. 100m/s^2 (11±1ms)		
		Endurance	Min. 1,000m/s^2 (6±1ms)		
	Weight		Approximately 13g		

*1 Minimum switching loads mentioned above are reference values. Please perform the confirmation test with the actual load before production since reference values may vary according to switching frequencies, environmental conditions and expected reliability levels.

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น 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.

■ SPECIFICATIONS

Item			FTR-K1CK ( ) W-MA (Standard)	FTR-K1AK ( ) W-MA (Standard)	FTR-K1AL ( ) W-LA (High sensitive)
Contact	Arrangement		1 form C	1 form A	
	Material		Silver alloy		
	Resistance (initial)		Maximum 100mΩ (at 1A 6VDC)		
	Rating		12A, 250VAC/24VDC		10A 250VAC
	Maximum Carrying Current		14A		10A
	Maximum Switching Rating		3,000VA / 288W		2,500VAC
	Maximum Switching Voltage		440VAC / 300VDC		440 VAC
	Minimum Switching Load*1		10mA 5VDC		
	Maximum Switching Current		12A		10A
	Minimum Inrush Current		---	---	---
Coil	Operating Temperature		-40° C to +85° C (no frost)		
Time Value	Operate Time (without diode)		Maximum 15ms (at nominal voltage, no bounce)		
	Release Time (without diode)		Maximum 5ms (at nominal voltage, no bounce)		
Insulation	Resistance (at 500VDC)		Minimum 1,000 Mohms		
	Dielectric Strength	Between open contacts	1,000 VAC 1 minute		
		Between coil and contacts	5,000 VAC 1 minute		
	Surge Strength		10,000V (at 1.2 x 50 micro sec.)		
Life	Mechanical		20 x 10^6 operations minimum		
	Electrical	AC contact rating	100 x 10^3 ops. minimum		100 x 10^3 ops. min.
		DC contact rating	100 x 10^3 ops. min.		---
		Lamp load (TV-5)	---	---	---
Other	Vibration Resistance	Misoperation	10 to 500 Hz, 5gn (double amplitude of 0.35mm) 10 to 55 Hz at double amplitude of 0.7mm		
		Endurance	10-55 Hz, (double amplitude of 1.5mm)		
	Shock Resistance	Misoperation	Min. 100m/s^2 (11±1ms)		
		Endurance	Min. 1,000m/s^2 (6±1ms)		
	Weight		Approximately 13g		

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.

■ COIL DATA CHART

Standard type (type K)

Model		Nominal Voltage	Coil Resistance (± 10%)	Must Operate Voltage	Must Release Voltage	Nominal Power
Standard	TV-5					
FTR-K1CK005W	FTR-K1AK005T	5VDC	62 Ω	3.5VDC	0.5VDC	400mW
FTR-K1CK006W	FTR-K1AK006T	6VDC	90 Ω	4.2VDC	0.6VDC	400mW
FTR-K1CK009W	FTR-K1AK009T	9VDC	202 Ω	6.3VDC	0.9VDC	400mW
FTR-K1CK012W	FTR-K1AK012T	12VDC	360 Ω	8.4VDC	1.2VDC	400mW
FTR-K1CK018W	FTR-K1AK018T	18 VDC	810 Ω	12.6 VDC	1.8 VDC	400mW
FTR-K1CK022W	FTR-K1AK022T	22VDC	1,210 Ω	15.4VDC	2.2VDC	400mW
FTR-K1CK024W	FTR-K1AK024T	24VDC	1,440 Ω	16.8VDC	2.4VDC	400mW
FTR-K1CK028W	FTR-K1AK028T	28VDC	1,960 Ω	19.6VDC	2.8VDC	400mW
FTR-K1CK048W	FTR-K1AK048T	48VDC	5,360 Ω	33.6VDC	4.8VDC	430mW

High sensitive type (type L)

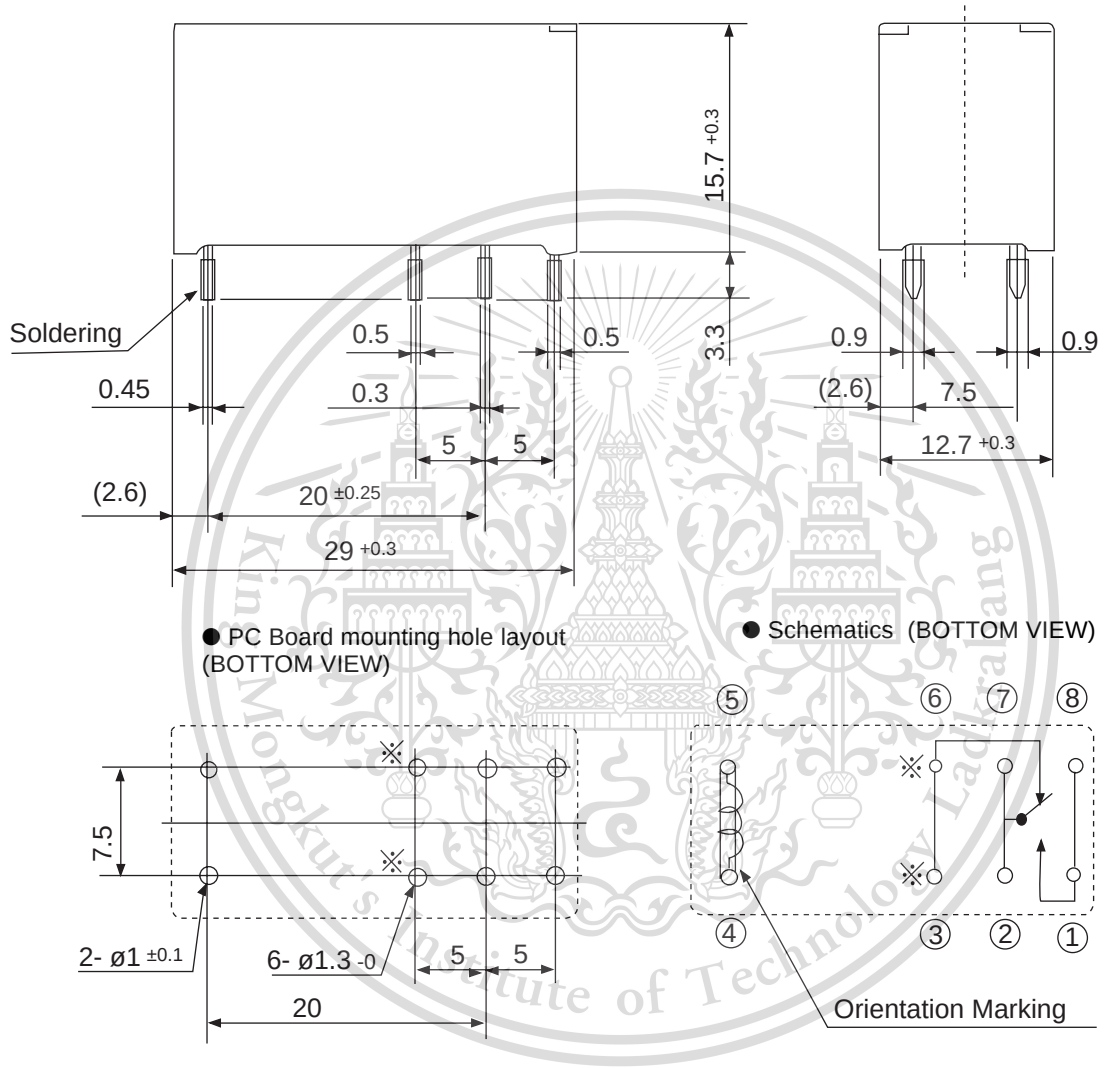
Model	Nominal Voltage	Coil Resistance (± 10%)	Must Operate Voltage	Must Release Voltage	Nominal Power
High sensitive type (type L)					
FTR-K1AL005W-LB	5VDC	100 Ω	3.75VDC	0.5VDC	250mW
FTR-K1AL006W-LB	6VDC	145 Ω	4.5VDC	0.6VDC	250mW
FTR-K1AL009W-LB	9VDC	325 Ω	6.75VDC	0.9VDC	250mW
FTR-K1AL012W-LB	12VDC	575 Ω	9VDC	1.2VDC	250mW
FTR-K1AL018W-LB	18VDC	1,300 Ω	13.5VDC	1.8VDC	250mW
FTR-K1AL024W-LB	24VDC	2,310 Ω	18VDC	2.4VDC	250mW
FTR-K1AL048W-LB	48VDC	9,216 Ω	36VDC	4.8VDC	250mW

Note: All values in the table are measured at 20°C.

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.

■ DIMENSIONS

FTR-K1CK ( ) W / FTR-K1AK ( ) T / FTR-K1AL ( ) W-LB



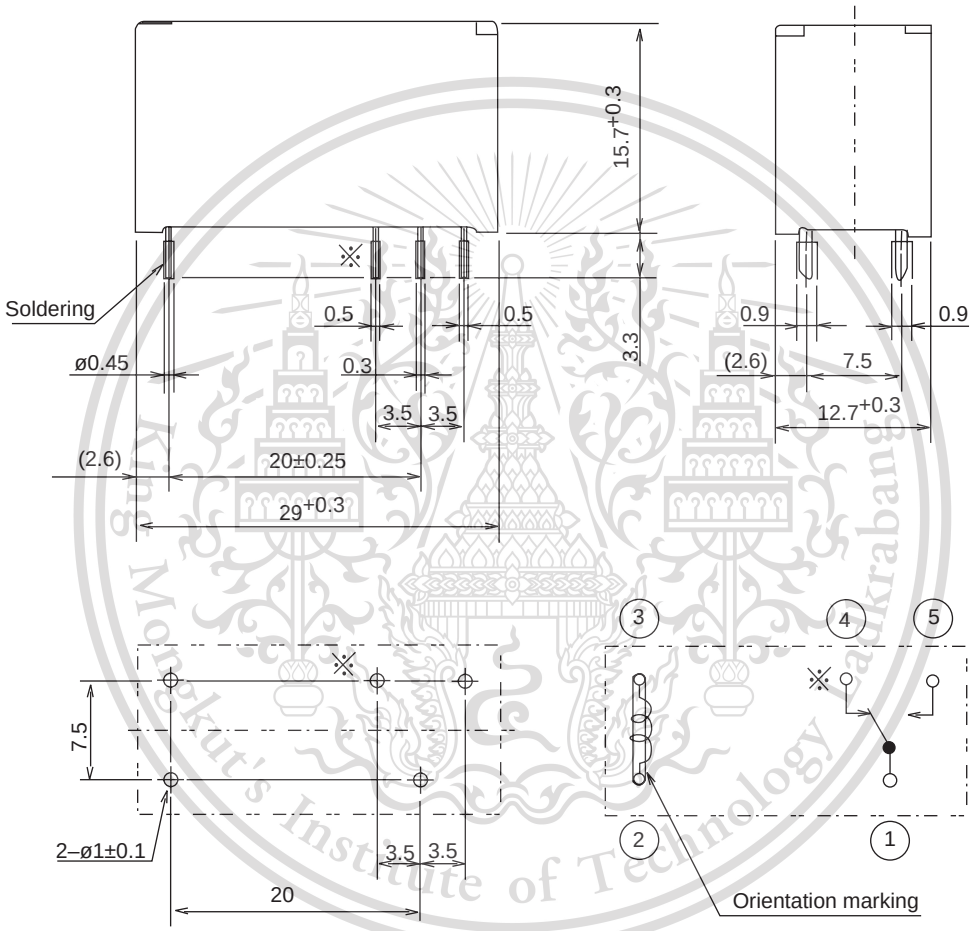
Note: In case of 1 form A, there is no "Stationay contact arm (NC)" (※).

Unit: mm

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.

■ DIMENSIONS

FTR-K1CK ( ) W-MA / FTR-K1AK ( ) W-MA / FTR-K1AL ( ) W-LA



Note: In case of 1 form A, there is no "Stationay contact arm (NC)" (※).

Unit: mm

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.

Fujitsu Components International Headquarter Offices

Japan
Fujitsu Component Limited
Gotanda-Chuo Building
3-5, Higashigotanda 2-chome, Shinagawa-ku
Tokyo 141, Japan
Tel: (81-3) 5449-7010
Fax: (81-3) 5449-2626
Email: promothq@ft.ed.fujitsu.com
Web: www.fcl.fujitsu.com

North and South America
Fujitsu Components America, Inc.
250 E. Caribbean Drive
Sunnyvale, CA 94089 U.S.A.
Tel: (1-408) 745-4900
Fax: (1-408) 745-4970
Email: marcom@fcai.fujitsu.com
Web: www.fcai.fujitsu.com

Europe
Fujitsu Components Europe B.V.
Diamantlaan 25
2132 WV Hoofddorp
Netherlands
Tel: (31-23) 5560910
Fax: (31-23) 5560950
Email: info@fceu.fujitsu.com
Web: www.fceu.fujitsu.com

Asia Pacific
Fujitsu Components Asia Ltd.
102E Pasir Panjang Road
#04-01 Citilink Warehouse Complex
Singapore 118529
Tel: (65) 6375-8560
Fax: (65) 6273-3021
Email: fcal@fcal.fujitsu.com
www.fcal.fujitsu.com

© 2005 Fujitsu Components America, Inc. All company and product names are trademarks or registered trademarks of their respective owners. Rev. 07/28/2005.

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

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.