การประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (AR) ออกแบบสร้างระบบตรวจติดตามการใช้พลังงานในบ้าน

AN APPLICATION OF AUGMENTED REALITY (AR) IN SMART HOME ENERGY MONITORING SYSTEM

โดย

นางสาวจุรีภรณ์ อาคมสรรเสริญ
นางสาวชนิกานต์ ศรีพยอม
นายวลงกรณ์ วงศ์ปัญญาวิวัฒน์
นายวันชนะ สนิทยา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (AR) ออกแบบสร้างระบบตรวจติดตามการใช้พลังงานในบ้าน

AN APPLICATION OF AUGMENTED REALITY (AR) IN SMART HOME ENERGY MONITORING SYSTEM

โดย

นางสาวจุรีภรณ์ อาคมสรรเสริญ

นางสาวชนิกานต์ ศรีพยอม

นายวลงกรณ์ วงศ์ปัญญาวิวัฒน์

นายวันชนะ สนิทยา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AN APPLICATION OF AUGMENTED REALITY (AR) IN SMART HOME ENERGY MONITORING SYSTEM

JUREEPORN AKOMSANSERN
CHANIKAN SRIPAYOM
WALONGKORN WONGPANYAWIWAT
WANCHANA SANITYA

THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE BACHELOR DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2560

การประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (AR) ออกแบบสร้างระบบตรวจติดตามการใช้พลังงานในบ้าน

AN APPLICATION OF AUGMENTED REALITY (AR) IN SMART HOME ENERGY MONITORING SYSTEM

โดย

นางสาวจุรีภรณ์ อาคมสรรเสริญ

นางสาวชนิกานต์ ศรีพยอม

นายวลงกรณ์ วงศ์ปัญญาวิวัฒน์

นายวันชนะ สนิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.นิรุธ จิรสุวรรณกุล

รศ.ดร.สมชาติ จิริวิภากร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2560

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (AR) ออกแบบสร้างระบบตรวจติดตามการใช้พลังงานในบ้าน

ผู้จัดทำ

1. นางสาวจุรีภรณ์ อาคมสรรเสริญ
2. นางสาวชนิกานต์ ศรีพยอม
3. นายวลงกรณ์ วงศ์ปัญญาวิวัฒน์
4. นายวันชนะ สนิทยา

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรุธ จิรสุวรรณกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาติ จิริวิภากร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (AR) ออกแบบสร้างระบบตรวจติดตามการใช้พลังงานในบ้าน

นางสาวจุรีภรณ์ อาคมสรรเสริญ
นางสาวชนิกานต์ ศรีพยอม
นายวลงกรณ์ วงศ์ปัญญาวิวัฒน์
นายวันชนะ สนิทยา
ผศ.ดร.นิรุธ จิรสุวรรณกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร.สมชาติ จิริวิภากร อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาและออกแบบเครื่องมือแสดงผลของพลังงานไฟฟ้าผ่านแอปพลิเคชันและบันทึกพฤติกรรมไฟฟ้า 1 เฟส ที่สามารถวัดได้ทั้ง กระแส แรงดัน กำลังไฟฟ้าจริง กำลังไฟฟ้าเสมือน ตัวประกอบกำลัง และค่าไฟ เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้านี้จะอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ที่ต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เกิดประสิทธิภาพค่าพารามิเตอร์ของพลังงานไฟฟ้าผ่านการประมวลผลโดย ESP8266-12E Node MCU ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลพลังงานไฟฟ้าโดยสามารถเข้าถึงส่วนแสดงผลที่จอ LCD , แอปพลิเคชันระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (AR) และแอปพลิเคชันอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (IOT) ซึ่งจะเป็นโปรแกรมประยุกต์บนมือถือ และเว็บไซต์ โดยส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีไร้สาย Wi-Fi โดยเชื่อมโยง เข้ากับระบบซอฟต์แวร์ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า เมื่อใช้กล้องของสมาร์ตโฟนหรือแท็บเล็ตส่องก็จะปรากฏค่าพารามิเตอร์ของไฟฟ้ารวมถึงข้อมูลการทำงานแบบ Real Time ของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่กำหนด ซึ่งอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานเป็นอย่างมาก นอกจากนั้นผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ ได้ออกแบบที่จะเก็บข้อมูลพารามิเตอร์ต่างๆ ที่วัดมาจัดเก็บไว้ที่เว็บไซต์ ซึ่งผู้ใช้สามารถเรียกดูค่าการวัดพลังงานไฟฟ้าย้อนหลังเพื่อนำค่าพลังงานไฟฟ้าไปวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ และได้นำเครื่องมือวัดที่จัดทำปรับเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน Power Meter Brand Metrix Model PX110 มีค่าความผิดพลาดในการวัดดังนี้ โดยค่าแรงดันไฟฟ้ามีค่าความผิดพลาดที่ 0.1176% ค่ากระแสไฟฟ้ามีค่าความผิดพลาดที่ 0.116% ค่ากำลังไฟฟ้าใช้งานจริงมีค่าความผิดพลาดที่ 1.2237% และค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏมีค่าความผิดพลาดที่ร้อยละ 0.7657% พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนจากการทดสอบกับโหลดอินแคนเดสเซนต์นั้นจะมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ ±1%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AN APPLICATION OF AUGMENTED REALITY (AR) IN SMART HOME ENERGY MONITORING SYSTEM

Miss Jureeporn Akomsansern
Miss Chanikan Sripayom
Mr.Walongkorn Wongpanyawiwat
Mr.Wanchana Sanitya
Asst.Prof.Dr. Nirudh Jirasuwankul Advisor
Assoc.Prof.Dr. Somchat Jiriwibhakorn Advisor
Year 2017

ABSTRACT

The aim of this project is to study and design a device that can measure current, voltage, real power, appearance power, power factor and cost of an electrical appliance to allow these parameters of electrical energy to be monitored. A Power Node MCU ESP8266 is used in the device to measure and calculate these parameters as well as the accumulated energy in kWh. The data can be accessed via a monitor on the device and mobile application which is convenience for the user. This data will help the user to monitor and control their electricity uses. The mobile application is designed to support the augmented reality (AR) technology. The data collected, and details of the electrical appliance are sent via a Wi-Fi to the application in a real time, thus provide an immediate accessibility when the user direct the camera on their smartphone to the device. The data are stored in the Website, hence the user can access to their electricity used history later on. The measurement error is as follows. The voltage error is 0.1176%, the fault current is 0.116%. The actual power consumption is 1.2237% and the power error is at the error. 0.7657%, it was found that the deviation from the test with the incandescent load was in the range of ± 1%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ของนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีนั้น เกิดจากการทำงานด้วยความพยายาม มุมานะ อาศัยความร่วมมือของกลุ่ม ทั้งได้รับความกรุณาและความช่วยเหลือจากอาจารย์ และเจ้าหน้าที่ในสายวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ และเทคนิคต่างๆ เกี่ยวกับการทำวิจัยในครั้งนี้ เรื่องการทำมิเตอร์วัดไฟฟ้า 1 เฟสเพื่อแสดงผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทางคณะผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์ดังกล่าว

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรุธ จิรสุวรรณกุล รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาติ จิริวิภากร และเจ้าหน้าที่ประจำห้องวัสดุอุปกรณ์ของสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และให้แนวคิดที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงานนี้มาด้วยดีตลอด จนปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จเรียบร้อย

ท้ายนี้คณะผู้จัดทำ ขอกราบขอบพระคุณคณะอาจารย์ทุกท่าน รุ่นพี่ เพื่อน น้อง ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ แนะนำข้อคิดเห็น และข้อมูลความรู้ต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดีโดยตลอดมา จึงขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		I
ABSTRACT		II
กิตติกรรมประกาศ		III
สารบัญ		IV
สารบัญรูปภาพ		VII
สารบัญตาราง		X
บทที่ 1	**บทนำ**	1
	1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานวิจัย	1
	1.3 ขอบเขต และข้อกำหนดของโครงงานวิจัย	1
	1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงงาน	2
	1.5 แผนการดำเนินโครงงาน	3
บทที่ 2	**ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง**	4
	2.1 การวัดไฟฟ้ากระแสสลับแบบ 1 เฟส	4
	2.1.1 ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating current)	4
	2.1.2 ไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียว (Single Phase)	4
	2.1.3 การวัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส	5
	2.1.4 Current Sensors (เซ็นเซอร์วัดกระแส)	11
	2.2 รูปแบบการส่งสัญญาณแบบไร้สาย Wi-Fi	12
	2.2.1 Wi-Fi (Wireless fidelity)	12
	2.2.2 Module WIFI ESP8266-12E	13
	2.2.3 มาตรฐานเครือข่ายไร้สาย Wi-Fi	14
	2.3 แอปพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือโดยระบบปฏิบัติการ ANDROID	14
	2.3.1 ระบบปฏิบัติการ ANDROID	14
	2.3.2 โครงสร้างของแอนดรอยด์	14
	2.4 โปรแกรม Unity และAugmented Reality	16
	2.4.1 โปรแกรม Unity	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	2.4.2 องค์ประกอบของโปรแกรม Unity	17
	2.4.3 Augmented Reality	17
	2.4.4 เทคโนโลยี AR แบ่งเป็น 2 ประเภท	17
	2.4.5 แนวคิดหลักของเทคโนโลยีเสมือนจริง	18
บทที่ 3	**การออกแบบ และพัฒนา**	20
3.1	หลักการออกแบบการทำงานของระบบ	20
3.2	หลักการออกแบบฮาร์ดแวร์	22
	3.2.1 โมดูลวัดพลังงานไฟฟ้า PZEM-004T	22
	3.2.2 คุณสมบัติทางด้านเทคนิค	22
	3.2.3 วงจรการต่อใช้งานโมดูล PZEM-004	23
	3.2.4 การบันทึกข้อมูล	24
	3.2.5 การแสดงผล	24
	3.2.6 การส่งข้อมูลผ่านระบบสัญญาณ Wi-Fi	25
3.3	คำนวณค่าไฟฟ้าอัตโนมัติด้วย PZEM004T	28
	3.3.1 การคำนวณค่าไฟฟ้า	28
	3.3.2 ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)	29
	3.3.3 ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) 7%	29
	3.3.4 รวมค่าไฟฟ้าที่ต้องชำระ	29
3.4	หลักการแสดงผลของแอปพลิเคชัน Augmented reality	31
	3.4.1 ขั้นตอนการทำ Augmented reality โดย vuforia โปรแกรม Unity	32
3.5	หลักการแสดงผลแบบส่งสัญญาณ IOT	40
3.6	หลักการทำงานของการออกแบบซอฟต์แวร์	40
3.7	โครงสร้างการทำงานของซอฟต์แวร์เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า 1 เฟส	41
บทที่ 4	**การทดลองและผลการทดลอง**	42
4.1	บทนำ	42
4.2	การทดสอบหาค่าหาค่าความแม่นยำเครื่องวัด	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	4.2.1 การทดสอบหาค่าปรับเทียบแรงดันไฟฟ้า	42
	4.2.2 การทดสอบหาค่าความแม่นยำของกระแสไฟฟ้า	45
	4.2.3 การทดสอบหาค่าความแม่นยำของกำลังไฟฟ้าใช้งานจริง	47
	4.2.4 การทดสอบหาค่าความแม่นยำของกำลังไฟฟ้าปรากฏ	49
	4.2.5 การทดสอบหาค่าความแม่นยำของกำลังไฟฟ้าเสมือน	50
	4.2.6 การทดสอบหาค่าความแม่นยำของค่าตัวประกอบกำลัง	51
4.3	การทดสอบการบันทึกข้อมูลลงการ์ดความจำ	52
4.4	การทดสอบเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าจากการใช้งานจริง	52
	4.4.1 การติดตั้งเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าในการใช้งานจริง	52
	4.4.2 ผลการทดสอบเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าจากการใช้งานจริง	53
บทที่ 5	**สรุปผลการทดลอง ผลการดำเนินงาน และแนวทางพัฒนา**	64
5.1	สรุปผลการทดลอง	64
5.2	สรุปผลการดำเนินงาน	64
5.3	วิจารณ์ผลการทดลอง	65
5.4	ปัญหาที่พบในระหว่างดำเนินโครงงานและข้อมูลเสนอแนะ	65
5.5	แนวทางการพัฒนา	65
เอกสารอ้างอิง		66
ภาคผนวก		67
	ภาคผนวก ก บทความทางวิชาการ	68
	ภาคผนวก ข PZEM004T	73
	ภาคผนวก ค ESP8266	79
ประวัติผู้เขียน		98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ไดนาโมเฟสเดียว	4
2.2	ลักษณะกระแสไฟฟ้าสลับเฟสเดียว	4
2.3	อิเล็กโตรไดนาโมมิเตอร์	6
2.4	วัตต์มิเตอร์แบบเทอร์โมคัปเปิล	7
2.5	ออสซิลโลสโคป	7
2.6	การต่อมิเตอร์ทั้ง 3 ตัว	8
2.7	แผนภาพเฟสเซอร์การต่อมิเตอร์ทั้ง 3 ตัว	9
2.8	การต่อแอมมิเตอร์ทั้ง 3 ตัว	9
2.9	แผนภาพเฟสเซอร์การต่อแอมมิเตอร์ทั้ง 3 ตัว	10
2.10	การวัดด้วยแคล้มป์มิเตอร์	11
2.11	วงจรเบื้องต้นการวัดกระแส	11
2.12	การวัดกระแส Hall Effect Sensor	12
2.13	เซ็นเซอร์ Hall effect ภายในชิปตระกูล ACS	12
2.14	การส่งสัญญาณ Wi-Fi	12
2.15	Node MCU V3 CH340 LUA WIFI ESP8266-12E	13
2.16	ตัวอย่างการต่อใช้งาน ESP8266 (ESP-12) Node MCU	13
2.17	AR แบบที่ใช้ระบบพิกัด (Location-Based)	18
2.18	AR แบบที่ใช้ภาพสัญลักษณ์ (Marker หรือ Image-Based)	18
2.19	กระบวนการสร้างภาพสองมิติ จากโมเดลสามมิติ (3D Rendering)	19
3.1	Block diagram หลักการทำงานของอุปกรณ์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าแบบ 1 เฟส	20
3.2	ภาพรวมของการต่ออุปกรณ์	21
3.3	Line diagram แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าแบบ 1 เฟส	21
3.4	แผนภาพการแสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าแบบ 1 เฟส	22
3.5	โมดูลวัดพลังงานไฟฟ้า PZEM-004T	22
3.6	วงจรการเชื่อมต่อโมดูล PZEM-004T	24
3.7	LCM204B-FY	25
3.8	Arduino Wi-Fi Module ESP8266-12E	26
3.9	แผนผังขั้นตอนการคำนวณค่าไฟ	30
3.10	แผนผังขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชัน Augmented reality	31
3.11	การดาวน์โหลด vuforia เพื่อนำไปใช้ในโปรแกรม Unity	32
3.12	การตั้งชื่อ Database เพื่อนำรูปภาพมาใช้	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้า
3.13	การดาวน์โหลดรูปภาพที่เราต้องการ	34
3.14	การนำ License Key มาใช้เพื่อให้ 3D Maker ปรากฏใน AR Camera	35
3.15	การนำสิ่งที่ดาวน์โหลดจาก vuforia ลงใน Project Unity	36
3.16	License Key	36
3.17	การนำ License Key ที่สร้างไว้ นำมาใส่ที่ App License Key	37
3.18	การนำรูปภาพที่เราต้องการใส่ใน Image Target	37
3.19	การนำ 3D Maker ใส่ใน Image Target	38
3.20	การสร้าง Cube และ 3D Text เพื่อแสดงผล	39
3.21	การแสดงผลผ่านทาง 3D Text	39
3.22	การแสดงผลจากการส่งสัญญาณ IOT ขึ้นเว็บไซต์	40
3.23	แผนผังขั้นตอนการทำงานของเครื่องวัดพลังงานและคุณภาพไฟฟ้า 1 เฟส	41
4.1	วงจรปรับเทียบแรงดันไฟฟ้า	43
4.2	การต่ออุปกรณ์ปรับเทียบแรงดันไฟฟ้า	43
4.3	วงจรค่าความแม่นยำของกระแสไฟฟ้า	45
4.4	การต่ออุปกรณ์หาค่าความแม่นยำของกระแสไฟฟ้า	45
4.5	วงจรหาค่าความแม่นยำของกำลังไฟฟ้าใช้งานจริง	47
4.6	การต่ออุปกรณ์หาค่าความแม่นยำของกำลังไฟฟ้าใช้งานจริง	47
4.7	การบันทึกข้อมูลลงการ์ดความจำ	52
4.8	การต่อใช้งานอุปกรณ์จริง	52
4.9	กราฟการใช้แรงดันไฟฟ้าจากเว็บไซต์ของโน้ตบุ๊ก	56
4.10	กราฟการใช้กระแสจากเว็บไซต์ของโน้ตบุ๊ก	56
4.11	กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าจริงจากเว็บไซต์ของโน้ตบุ๊ก	56
4.12	กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าปรากฏจากเว็บไซต์ของโน้ตบุ๊ก	57
4.13	กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเว็บไซต์ของโน้ตบุ๊ก	57
4.14	กราฟค่าตัวประกอบกำลังจากเว็บไซต์ของโน้ตบุ๊ก	57
4.15	กราฟค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนจากเว็บไซต์ของโน้ตบุ๊ก	58
4.16	ค่าพลังงานไฟฟ้าจากแอปพลิเคชัน AR บน Android แบบเรียลไทม์	58
4.17	กราฟการใช้แรงดันไฟฟ้าจากเว็บไซต์ของพัดลม	61
4.18	กราฟการใช้กระแสจากเว็บไซต์ของพัดลม	61
4.19	กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าจริงจากเว็บไซต์ของพัดลม	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้า
4.20	กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าปรากฏจากเว็บไซต์ของพัดลม	62
4.21	กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเว็บไซต์ของพัดลม	62
4.22	กราฟค่าตัวประกอบกำลังจากเว็บไซต์ของพัดลม	63
4.23	กราฟค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนจากเว็บไซต์ของพัดลม	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แผนการดำเนินการ	3
3.1	โปรโตคอลของโมดูล PZEM-004T	23
3.2	Electronical characteristics LCM204B-FY	25
4.1	การหาค่าความแม่นยำของแรงดันไฟฟ้าของหลอดอินแคนเดสเซนต์	44
4.2	การหาค่าความแม่นยำของกระแสไฟฟ้าของหลอดอินแคนเดสเซนต์	46
4.3	การหาค่าความแม่นยำของกำลังไฟฟ้าใช้งานจริงของหลอดอินแคนเดสเซนต์	48
4.4	การหาค่าความแม่นยำของกำลังไฟฟ้าปรากฏของหลอดอินแคนเดสเซนต์	49
4.5	การหาค่าความแม่นยำของกำลังไฟฟ้าเสมือน	50
4.6	การหาค่าความแม่นยำของค่าตัวประกอบกำลัง	51
4.7	การบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าอุปกรณ์โน้ตบุ๊ก	53
4.8	การบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าอุปกรณ์พัดลม	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ภายในบ้าน เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้อยู่อาศัย และ สามารถจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ “smart home” ซึ่งเป็นที่นิยมกันอย่างมากในต่างประเทศ แต่อุปกรณ์ที่นำมาใช้ค่อนข้างมีราคาที่สูง ซึ่งถ้าเราสามารถผลิตและนำมาใช้เองได้ก็จะช่วยลดต้นทุนของอุปกรณ์ได้และในอนาคตเทคโนโลยีนี้จะได้รับการสนับสนุนการสนับจากรัฐบาลจึงทำให้เทคโนโลยีนี้เป็นสิ่งที่น่าสนใจอย่างมากเพราะสามารถทำให้เราจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าโดย smart meter ที่เชื่อมต่อกับ IOT และ แอปสมาร์ตโฟนของเราจะรู้ทุกวันว่าค่าใช้จ่ายไฟฟ้ามากแค่ไหน และจะสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าได้เนื่องจากสามารถตรวจสอบได้ว่าค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์แต่ละเครื่องมีค่าใช้จ่ายเท่าใด การทำงานคือจะส่งสัญญาณ Wi-Fi ไปยังสมาร์ตโฟนและติดป้าย AR กับชิ้นส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้าและใส่ข้อมูลที่เกี่ยวข้องให้กับป้ายนั้น ๆ รวมถึงอาจเชื่อมโยงกับระบบซอฟต์แวร์ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อใช้กล้องของสมาร์ตโฟนหรือแท็บเล็ตส่องก็จะปรากฏข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้ารวมถึงข้อมูลการทำงานแบบ Real Time ของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่กำหนดซึ่งอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานอย่างมาก

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานวิจัย

1) เพื่อศึกษาการวัดค่าของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านแบบ 1 เฟส
2) เพื่อศึกษาการแสดงผลของค่าพารามิเตอร์ต่างๆทางไฟฟ้าผ่านจอ LCD
3) เพื่อนำค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่วัดได้เก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้าน เพื่อให้ผู้ใช้ไฟฟ้าปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าให้ประหยัดขึ้น
4) เพื่อให้มีการจัดการใช้พลังงานภายในบ้านได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น
5) เพื่อนำเอาเทคโนโลยี AR มาประยุกต์ใช้งานในไฟฟ้าในบ้าน
6) เพื่อนำเอาเทคโนโลยี Internet Of Things (IOT) มาประยุกต์ใช้งานในการส่งค่า

1.3 ขอบเขต และข้อกำหนดของโครงงานวิจัย

จัดทำมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า 1 เฟส ของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน โดยมิเตอร์สามารถแสดงค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าเสมือน เพาเวอร์แฟคเตอร์ ผ่านหน้าจอแสดงผลได้ และส่งข้อมูลผ่านระบบสื่อสารไร้สาย ให้สามารถแสดงผลผ่านทางแอปพลิเคชัน AR ในสมาร์ตโฟน และเชื่อมต่อกับ Internet Of Things (IOT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ภายในบ้าน เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้อยู่อาศัย และ สามารถจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ “smart home” ซึ่งเป็นที่นิยมกันอย่างมากในต่างประเทศ แต่อุปกรณ์ที่นำมาใช้ค่อนข้างมีราคาที่สูง ซึ่งถ้าเราสามารถผลิตและนำมาใช้เองได้ก็จะช่วยลดต้นทุนของอุปกรณ์ได้และในอนาคตเทคโนโลยีนี้จะได้รับการสนับสนุนการสนับจากรัฐบาลจึงทำให้เทคโนโลยีนี้เป็นสิ่งที่น่าสนใจอย่างมากเพราะสามารถทำให้เราจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าโดย smart meter ที่เชื่อมต่อกับ IOT และ แอปสมาร์ตโฟนของเราจะรู้ทุกวันว่าค่าใช้จ่ายไฟฟ้ามากแค่ไหน และจะสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าได้เนื่องจากสามารถตรวจสอบได้ว่าค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์แต่ละเครื่องมีค่าใช้จ่ายเท่าใด การทำงานคือจะส่งสัญญาณ Wi-Fi ไปยังสมาร์ตโฟนและติดป้าย AR กับชิ้นส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้าและใส่ข้อมูลที่เกี่ยวข้องให้กับป้ายนั้น ๆ รวมถึงอาจเชื่อมโยงกับระบบซอฟต์แวร์ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อใช้กล้องของสมาร์ตโฟนหรือแท็บเล็ตส่องก็จะปรากฏข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้ารวมถึงข้อมูลการทำงานแบบ Real Time ของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่กำหนดซึ่งอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานอย่างมาก

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานวิจัย

1) เพื่อศึกษาการวัดค่าของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านแบบ 1 เฟส
2) เพื่อศึกษาการแสดงผลของค่าพารามิเตอร์ต่างๆทางไฟฟ้าผ่านจอ LCD
3) เพื่อนำค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่วัดได้เก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้าน เพื่อให้ผู้ใช้ไฟฟ้าปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าให้ประหยัดขึ้น
4) เพื่อให้มีการจัดการใช้พลังงานภายในบ้านได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น
5) เพื่อนำเอาเทคโนโลยี AR มาประยุกต์ใช้งานในไฟฟ้าในบ้าน
6) เพื่อนำเอาเทคโนโลยี Internet Of Things (IOT) มาประยุกต์ใช้งานในการส่งค่า

1.3 ขอบเขต และข้อกำหนดของโครงงานวิจัย

จัดทำมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า 1 เฟส ของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน โดยมิเตอร์สามารถแสดงค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าเสมือน เพาเวอร์แฟคเตอร์ ผ่านหน้าจอแสดงผลได้ และส่งข้อมูลผ่านระบบสื่อสารไร้สาย ให้สามารถแสดงผลผ่านทางแอปพลิเคชัน AR ในสมาร์ตโฟน และเชื่อมต่อกับ Internet Of Things (IOT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงงาน

1) ศึกษาข้อมูลทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวัดปริมาณทางไฟฟ้าแบบ 1 เฟส ระบบแสดงผลผ่านจอ LCD ระบบส่งข้อมูลไร้สาย Wi-Fi การเขียนแอปพลิเคชันชนิด Augmented Reality จากหนังสือ บทความ ปริญญานิพนธ์ งานวิจัยต่าง ๆ และอินเทอร์เน็ต
2) ออกแบบมิเตอร์ไฟฟ้า อ้างอิงมาตรฐาน IEC60687
3) เตรียมอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องเพื่อมาสร้างมิเตอร์ อ้างอิงมาตรฐาน IEC60687
4) ออกแบบและจัดสร้างระบบส่งข้อมูลแบบไร้สายไปยังแอปพลิเคชัน AR เพื่อแสดงผล
5) ออกแบบและจัดสร้างระบบส่งข้อมูลแบบไร้สาย IOT ไปยังแอปพลิเคชัน
6) ทดสอบและปรับเทียบการวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้าที่แสดงผลผ่านทางแอปพลิเคชันกับมิเตอร์แสดงผล LED
7) บันทึกข้อมูลที่ได้จากผลการทดลอง
8) สรุปผลการทดลอง
9) รวบรวมข้อมูลการทดลอง และจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 แผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินโครงงาน

กิจกรรม	ระยะเวลาการดำเนินงาน									
	ภาคเรียนที่ 1					ภาคเรียนที่ 2				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับมิเตอร์วัดไฟฟ้า 1 เฟส และแอปพลิเคชัน AR	◄----►	◄----►								
2. ออกแบบและสร้างมิเตอร์วัดไฟฟ้าภายในบ้าน			◄----►	◄----►	◄----►					
3. เขียนโปรแกรมควบคุมส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์				◄----►	◄----►	◄----►				
4. ปรับเทียบปริมาณทางไฟฟ้าของมิเตอร์ต้นแบบกับมิเตอร์มาตรฐาน						◄----►	◄----►	◄----►		
5. เขียนโปรแกรมมิเตอร์บนคอมพิวเตอร์และระบบส่งข้อมูลเพื่อไปแสดงผลที่แอปพลิเคชัน AR และแอปพลิเคชัน IOT							◄----►	◄----►	◄----►	
6. จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์								◄----►	◄----►	◄----►

◄----► ระยะเวลาที่วางแผน

◄----► ระยะเวลาที่ดำเนินการจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวัดไฟฟ้ากระแสสลับแบบ 1 เฟส

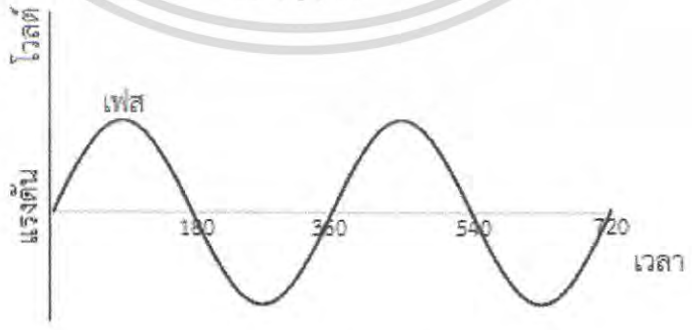
2.1.1 ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating current)

ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating current) [1] หมายถึง "กระแสไฟฟ้าที่มีการสลับสับเปลี่ยนขั้วอยู่ตลอดเวลาอย่างสม่ำเสมอ ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าก็จะเปลี่ยนสลับไปมาจากบวก-ลบ และจากลบ-บวก อยู่ตลอดเวลา" ซึ่งไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้าที่ใช้กันตามบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป

2.1.2 ไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียว (Single Phase)

ลักษณะการเกิดไฟฟ้ากระแสสลับ คือ ขดลวดชุดเดียวหมุนตัดเส้นแรงแม่เหล็กเกิดแรงดันกระแสไฟฟ้า ทำให้กระแสไหลไปยังวงจรภายนอก โดยผ่านวงแหวน และแปลงถ่านดังกล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่าเมื่อออกแรงหมุนลวดตัวนำได้ 1 รอบ จะได้กระแสไฟฟ้าชุดเดียวเท่านั้น ถ้าต้องการให้ได้ปริมาณกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ก็ต้องใช้ลวดนำหลายชุดไว้บนแกนที่หมุน ดังนั้นในการออกแบบขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับถ้าหากออกแบบขดลวดบนแกนให้เพิ่มขึ้นอีก 1 ชุด แล้วจะได้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

รูปที่ 2.1 ไดนาโมเฟสเดียว



รูปที่ 2.2 ลักษณะกระแสไฟฟ้าสลับเฟสเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 การวัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส

การวัดกำลังไฟฟ้า (Electric Power) เป็นการวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในเวลา 1 วินาที มีหน่วยเป็นวัตต์ (W) หรือจูลต่อวินาที (J/s) โดยสามารถวัดได้ทั้งวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

$$\text{กำลัง } (P) = \frac{\text{งาน}}{\text{เวลา}} = \frac{\text{w (จูล)}}{\text{t (วินาที)}} \quad (2.1)$$

ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง กำลังไฟฟ้า P ที่ใช้ไปในความต้านทานที่เป็นโหลด R จะมีค่าเป็นดังนี้

$$P = VI = I^2R = \frac{V^2}{R} \quad (2.2)$$

โดย V เป็นแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมโหลด และ I เป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลด

ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ กำลังไฟฟ้า p ที่ใช้ไปในโหลด ขณะที่แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลดเท่ากับ v และกระแสไฟฟ้าในโหลดเท่ากับ i กำลังไฟฟ้านี้จะเป็นกำลังไฟฟ้าชั่วขณะ (instantaneous power) ซึ่งมีค่าเป็น

$$p = vi \quad (2.3)$$

โดย v เป็นแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมโหลด และ i เป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลด

เนื่องจากในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ค่ากำลังไฟฟ้าขณะใดๆ จะมีการแปรเปลี่ยนไปตามเวลา ดังนั้นกำลังไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ จึงต้องใช้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย

กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (Average power) คือค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าชั่วขณะในหนึ่งคาบเวลา ซึ่งหาได้โดย P_{avg}

$$P_{avg} = \frac{1}{T}\int_{T}^{T+1} p(t)dt \quad (2.4)$$

โดย T คือคาบเวลา และ p (t) คือกำลังไฟฟ้าที่เวลาใดๆ

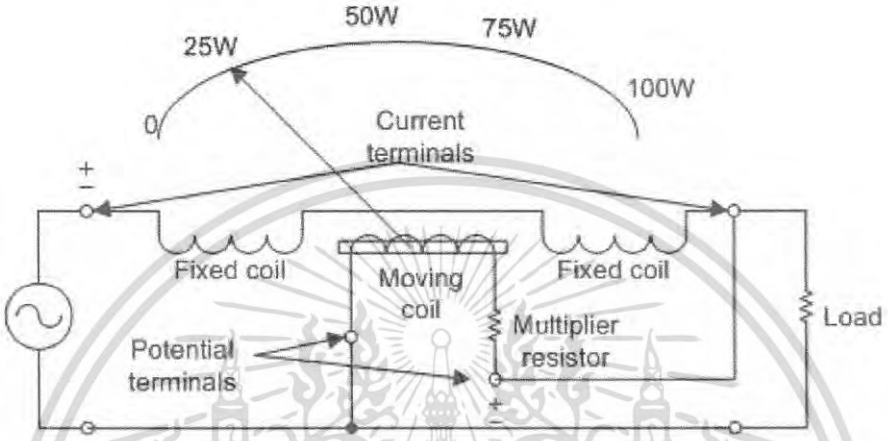
การวัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส โดยใช้วัตต์มิเตอร์แบบอิเล็กโตรไดนาโมมิเตอร์

อิเล็กโตรไดนาโมมิเตอร์ จะมีลักษณะคล้ายกับ D'Arsonval Galvanometer เนื่องจากลักษณะการทำงานนั้นเปรียบได้กับPMMC (Permanent Magnet Moving Coil) โดยแทนที่แม่เหล็กถาวรด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnet) ซึ่งเป็นขดลวดอยู่กับที่ (Fixed coil) แต่แยกเป็นสองส่วน เพื่อให้เกิดสนามแม่เหล็กในบริเวณที่ส่วนขดลวดเคลื่อนที่ (Moving coil) วางตัวอยู่ โดยขดลวดอยู่กับที่ (Fixed coil) จะใช้ขดลวดที่มีขนาดใหญ่ เพื่อให้เกิดค่าแอมแปร์-รอบมากพอที่จะเกิดแรงบิดให้เข็มเบี่ยงเบนได้พอเพียง เรียกขดลวดนี้ว่า ขดลวดกระแส (Current Coil) ส่วนขดลวดที่เคลื่อนที่เรียกว่า ขดลวดแรงดัน (Voltage Coil , Potential Coil ; Moving Coil) ผลของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดกระแสและขดลวดแรงดัน ที่กระทำต่อกันเมื่อมีกระแสผ่านจะทำให้เกิดแรงบิดเช่นเดียวกับ D'Arsonval Galvanometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงบิดนี้จะถูกต้านโดยสปริงซึ่งใช้เป็นทางผ่านของกระแสที่เข้าสู่ขดลวดแรงดันด้วย เข็มชี้ที่ติดตั้งบนส่วนเคลื่อนที่ จะแสดงขนาดของปริมาณซึ่งอาจปรับเทียบเป็นค่าโวลต์ , แอมแปร์ หรือ วัตต์

อิเล็กโตรไดนาโมมิเตอร์ จะสามารถทนกระแสได้สูงกว่า D'Arsonval Galvanometer เมื่อไม่มีความต้านทานต่อขนานเพิ่มเข้าไป แต่จะมีความไวต่ำกว่า โดยทั่วไปแล้วจะประมาณ 20 - 100 w/v

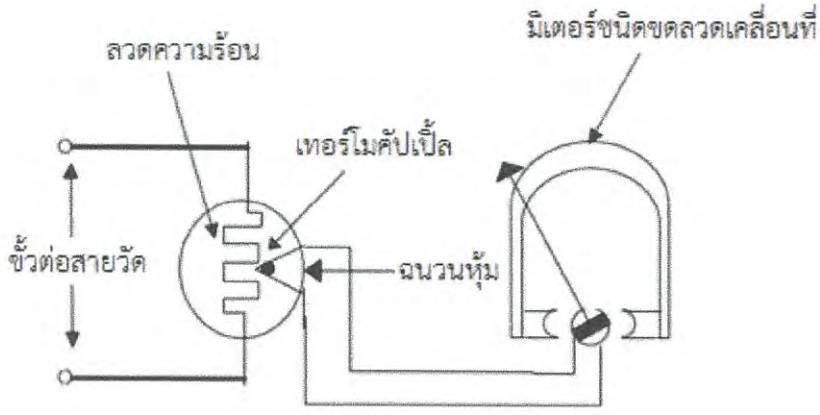


รูปที่ 2.3 อิเล็กโตรไดนาโมมิเตอร์

การวัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส โดยใช้วัตต์มิเตอร์แบบเทอร์โมคัปเปิล

วัตต์มิเตอร์แบบเทอร์โมคัปเปิลเป็นวัตต์มิเตอร์ที่สามารถใช้วัดกำลังไฟฟ้าได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ โครงสร้างและส่วนประกอบที่สำคัญของวัตต์มิเตอร์ชนิดนี้ได้แก่ เครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรงชนิดขดลวดเคลื่อนที่ ลวดความร้อน (Heater) และเทอร์โมคัปเปิล ซึ่งประกอบด้วยแผ่นโลหะ 2 ชิ้นที่ทำจากโลหะต่างชนิดกัน ปลายข้างหนึ่งเชื่อมติดเข้าด้วยกันเรียกว่า เทอร์โมคัปเปิล อีกด้านแยกออกจากกันและนำไปต่อกับมิเตอร์ชนิดขดลวดเคลื่อนที่ และเทอร์โมคัปเปิลจะบรรจุไว้ภายในอุปกรณ์ที่เป็นฉนวนหุ้ม เพื่อรับการถ่ายเทความร้อนจากลวดความร้อน

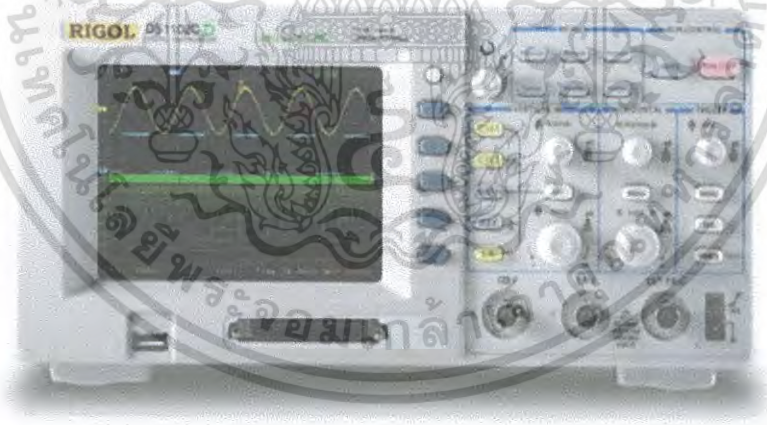
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 วัตต์มิเตอร์แบบเทอร์โมคัปเปิล

การวัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส โดยใช้ออสซิลโลสโคป

ออสซิลโลสโคปเป็นเครื่องมือสำหรับสร้างรูปคลื่น (Waveform) ของสัญญาณไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าตามเวลาให้ปรากฏบนจอภาพ ซึ่งปกติจะไม่สามารถเห็นสัญญาณไฟฟ้าเหล่านั้นได้ ออสซิลโลสโคปยังสามารถวัดการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณไฟฟ้าเหล่านั้นเทียบกับเวลาได้ ออสซิลโลสโคปยังใช้แสดงคลื่นดลและเป็นเครื่องมือสำคัญในการตรวจซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ เครื่องเสียง นอกจากนี้ยังใช้เป็นเครื่องแสดงผลของเครื่องมือวัดบางชนิดอีกด้วย



รูปที่ 2.5 ออสซิลโลสโคป

หลักการทำงานของออสซิลโลสโคป

ออสซิลโลสโคปจะใช้หลักการบังคับการบ่ายเบนของลำอิเล็กตรอนภายในหลอดภาพรังสีแคโทด (Cathode ray tube ; CRT) ด้วยระบบการบ่ายเบนทางไฟฟ้าสถิต (Electrostatic deflection)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่หลักของออสซิลโลสโคป คือ

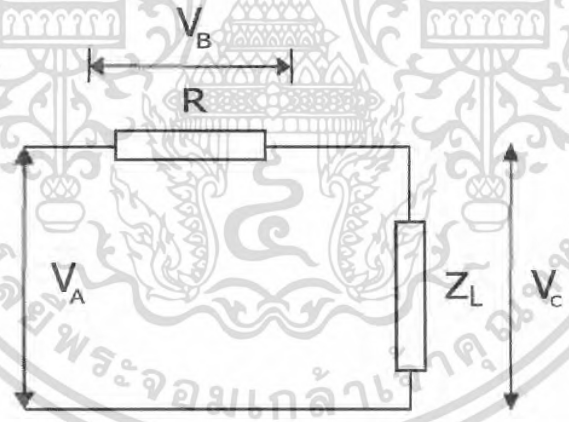
1. รับสัญญาณ
2. แสดงภาพของสัญญาณที่รับ
3. วิเคราะห์สัญญาณ

เราจะนำออสซิลโลสโคปมาใช้วัดกำลังไฟฟ้าที่โหลดของวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ โดยการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมโหลดโดยตรง จากนั้นก็จะทำการวัดกระแสไฟฟ้าผ่านโหลดโดยอ้อม ซึ่งจะใช้โพรบกระแสหรือการวัดแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานค่าน้อยๆที่ต่ออนุกรมอยู่กับโหลด

ในกรณีของไฟฟ้ากระแสสลับรูปคลื่นไซน์ จะต้องนำค่า RMS (ค่าประสิทธิผล) มาใช้ โดยความต่างเฟสระหว่างแรงดันและกระแสจะสามารถวัดได้ โดยการใช้ออสซิลโลสโคป แบบเส้นคู่ (Dual Trace) ซึ่งค่ากำลังที่ต้องการจะคำนวณได้ดังนี้

$$P_{av} = V_{rms} I_{rms} \cos \varphi = P_T \qquad (2.5)$$

การวัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส [2] โดยใช้โวลต์มิเตอร์ 3 เครื่อง วิธีนี้เราไม่จำเป็นต้องใช้วัตต์มิเตอร์ แต่จะใช้โวลต์มิเตอร์แทน โดยใช้โวลต์มิเตอร์ 3 เครื่อง โดยวิธีนี้จะมีการต่อความต้านทานอนุกรมกับโหลด และใช้โวลต์มิเตอร์ทั้ง 3 เครื่องในการวัดแรงดันไฟฟ้า 3 บริเวณดังรูป



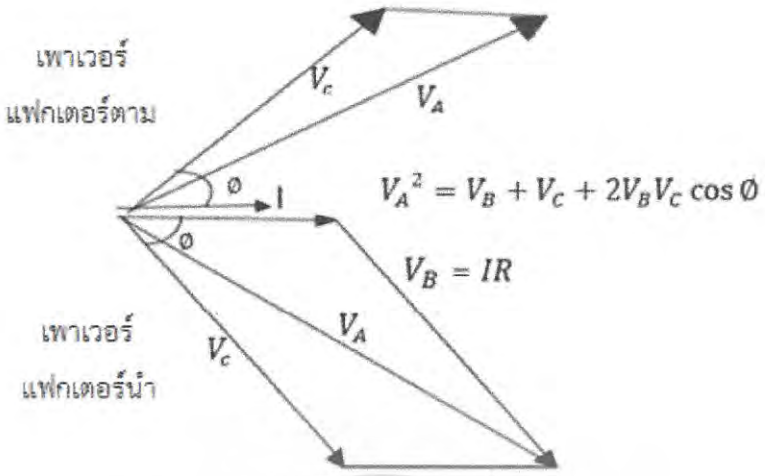
รูปที่ 2.6 การต่อมิเตอร์ทั้ง 3 ตัว

โวลต์มิเตอร์เครื่องที่ 1 วัดแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม R และ Z_L

โวลต์มิเตอร์เครื่องที่ 2 วัดแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม R

โวลต์มิเตอร์เครื่องที่ 3 วัดแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม Z_L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แผนภาพเฟสเซอร์การต่อมิเตอร์ทั้ง 3 ตัว

จากแผนภาพเฟสเซอร์ เมื่อใช้คุณสมบัติของตรีโกณมิติ จะได้

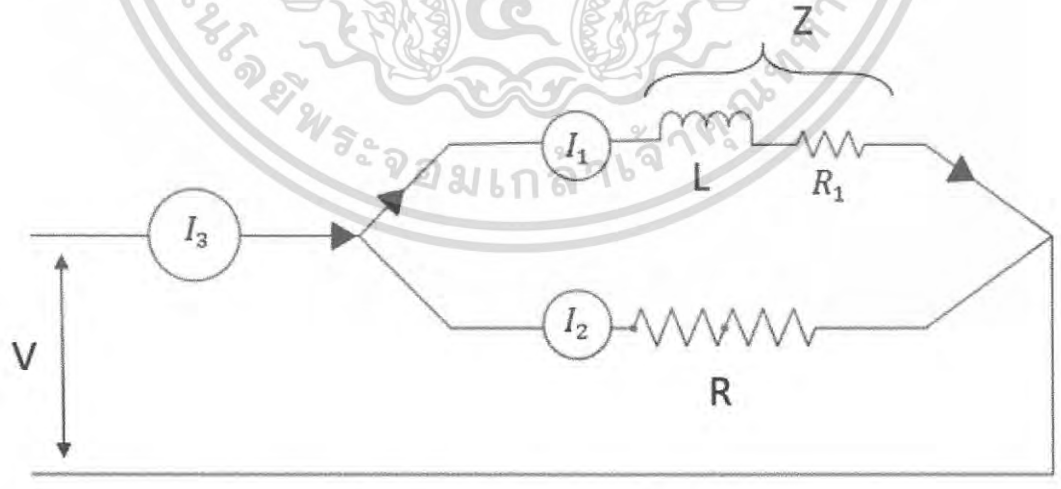
$$V_A^2 = V_B^2 + V_C^2 + 2V_BV_C \cos\phi$$

$$V_B = IR$$

กำลังสูญเสียที่โหลดคือ $P = V_C I \cos\phi$

ดังนั้นได้ $$P = (V_A^2 + V_B^2 + V_C^2) / (2R) \quad (2.6)$$

การวัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ1เฟสโดยใช้แอมมิเตอร์ 3 เครื่อง ใช้แอมมิเตอร์แทนวัตต์มิเตอร์ โดยใช้แอมมิเตอร์ 3 เครื่อง โดยวิธีนี้จะมีการต่อความต้านทานขนานกับโหลด และใช้แอมมิเตอร์ทั้ง 3 เครื่องในการวัดกระแสไฟฟ้า 3 บริเวณดังรูป



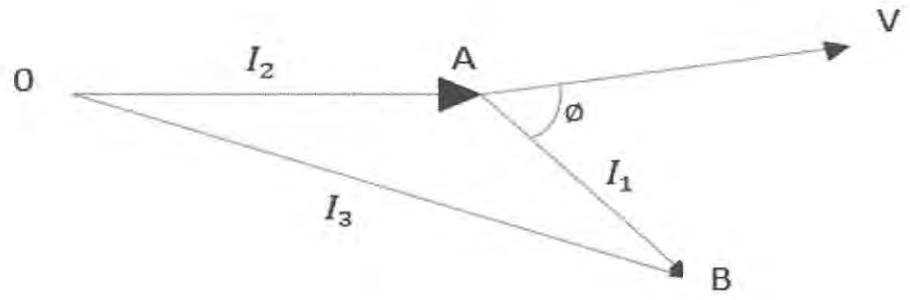
รูปที่ 2.8 การต่อแอมมิเตอร์ทั้ง 3 ตัว

แอมมิเตอร์เครื่องที่ 1 วัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน Z

แอมมิเตอร์เครื่องที่ 2 วัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R

แอมมิเตอร์เครื่องที่ 3 วัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R รวมกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แผนภาพเฟสเซอร์การต่อแอมมิเตอร์ทั้ง 3 ตัว

จากแผนภาพเฟสเซอร์ พิจารณาที่สามเหลี่ยม OAB จะได้ว่า

$$I_3^2 = (I_1 \cos\phi + I_2)^2 + (I_1 \sin\phi)^2 \quad (2.7)$$

$$= I_1^2 + I_2^2 + 2 I_1 I_2 \cos\phi \quad (2.8)$$

กำลังโหลด Z คือ $P = VI_1 \cos\phi$ (2.9)

และ $I_2 = V/R$ (2.10)

แทนค่าสมการ (3) ลงในสมการ (1) ได้

$$I_3^2 = I_1^2 + I_2^2 + 2 I_1(V/R) \cos\phi \quad (2.11)$$

แทนค่าสมการ (2) ลงในสมการ (1) ได้

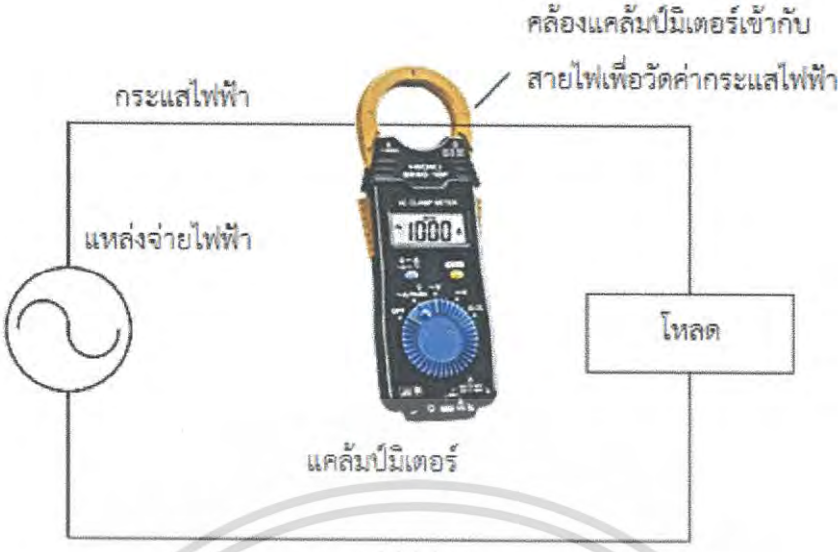
$$I_3^2 = I_1^2 + I_2^2 + 2 (P/R) \quad (2.12)$$

จึงได้ว่า $P = [(R)(I_3^2 - I_1^2 - I_2^2)]/2$ (2.13)

การวัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส โดยใช้แคล้มป์มิเตอร์

แคล้มป์มิเตอร์ (Clamp Meter) เป็นเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าอีกชนิดหนึ่งที่ใช้สำหรับเปลี่ยนปริมาณทางไฟฟ้าให้อยู่ในรูปที่เราสัมผัสได้ เช่น ตัวเลขแสดงผล หรือให้อยู่ในรูปของเข็มชี้ค่าแสดงผล โดยจะสามารถตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรได้อย่างรวดเร็ว และแม่นยำโดยไม่ต้องดับไฟ หรือหยุดการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในขณะที่ทำการวัด จึงกล่าวได้ว่าแคล้มป์มิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดอีกชนิดหนึ่งที่มีความจำเป็นมากในงานด้านไฟฟ้าต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นระบบปรับอากาศ เครื่องทำความเย็น หรืองานซ่อมบำรุง ระบบไฟฟ้าภายในรถยนต์

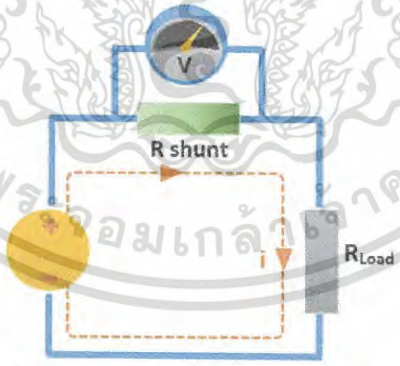
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 การวัดด้วยแคล้มป์มิเตอร์

2.1.4 Current Sensors (เซ็นเซอร์วัดกระแส)

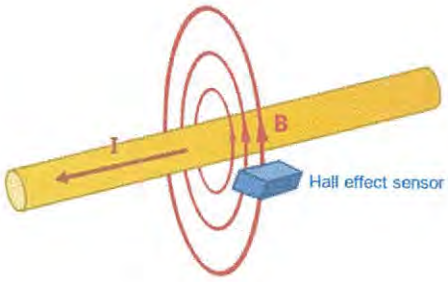
Current Sensing Resistors การวัดกระแส [3] โดยใช้ R_{Shunt} อาศัยหลักการคือ วัดแรงดันที่ตกคร่อม R ค่าน้อยๆ ซึ่งอนุกรมกับ R_{load} เรียกว่า R_{shunt} และคำนวณกลับเป็นกระแส โดยจากสูตร $I = \frac{V_{shunt}}{R_{shunt}}$ และสามารถวัดได้ทั้งไฟ DC และ AC



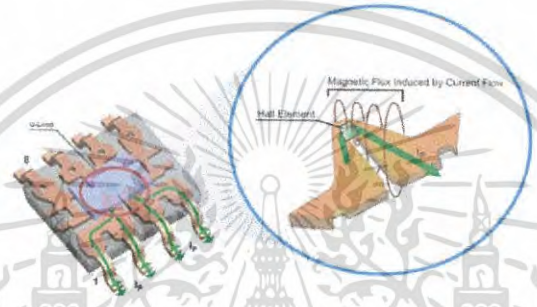
รูปที่ 2.11 วงจรเบื้องต้นการวัดกระแส

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 การวัดกระแสโดยใช้ Hall effect sensor



รูปที่ 2.13 เซ็นเซอร์ Hall effect ภายในชิปตระกูล ACS

2.2 รูปแบบการส่งสัญญาณแบบไร้สาย Wi-Fi

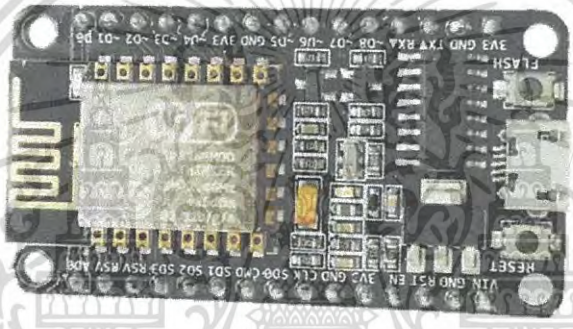
2.2.1 Wi-Fi (Wireless fidelity) หมายถึง องค์กรที่ทำหน้าที่ทดลองผลิตภัณฑ์ระบบเครือข่ายแบบไร้สาย (Wireless Lan) ภายใต้มาตรฐาน IEEE 802.11 ว่าอุปกรณ์แต่ละยี่ห้อต่างกันนั้นสามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยไม่มีปัญหา ซึ่งอุปกรณ์เหล่านั้นผ่านการตรวจสอบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว อุปกรณ์ก็จะถูกประทับตรา Wi-Fi certified ได้

รูปที่ 2.14 การส่งสัญญาณ Wi-Fi

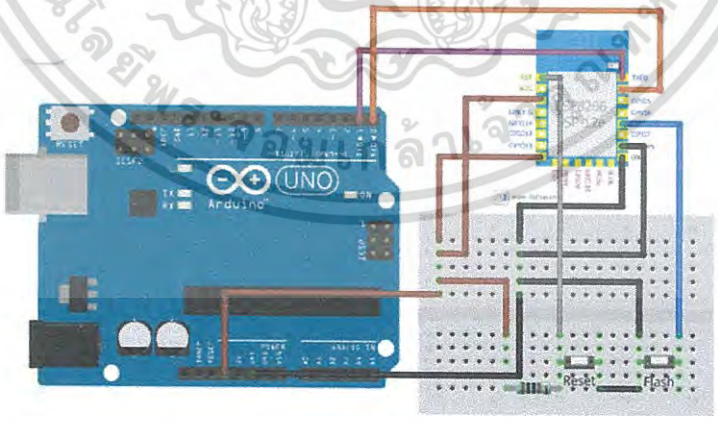
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 Module WIFI ESP8266-12E [4]

Wi-Fi Module ESP8266-12E ได้มีการพัฒนาให้มีขนาดเล็กกว่าโมดูล Tensilica L106 มีขนาด 32-bit MCU micro มี Clock speed 80 MHz, 160 MHz รองรับเสาอากาศแบบ Wi-Fi MAC / BB / RF / PA / LNA โมดูลรองรับมาตรฐาน IEEE802.11 b / g / n ข้อตกลงโปรโตคอล TCP / IP ตัวโมดูลมาพร้อมกับ Firmware สั่งงานคำสั่งแบบ AT Command เพื่อเชื่อมต่อ TCP/IP ได้ทันที หรือถ้าต้องการพัฒนาซอฟต์แวร์บนตัวโมดูลโดยตรงก็สามารถใช้ GCC มาคอมไพล์ซอฟต์แวร์ได้ โมดูล Wi-Fi Module ESP8266 นี้ใช้ไฟ 3.3 V ใช้กระแสที่ 70 mA สูงสุดที่ 240 mA แนะนำให้ใช้แหล่งจ่ายไฟ 300mA สั่งงานโดยใช้คำสั่ง AT Command ที่อยู่ใน Firmware สามารถอัพเกรด Firmware ได้



รูปที่ 2.15 Node MCU V3 CH340 LUA WIFI ESP8266-12E



รูปที่ 2.16 ตัวอย่างการต่อใช้งาน ESP8266 (ESP-12) Node MCU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 มาตรฐานเครือข่ายไร้สาย Wi-Fi

1. 802.11a เป็นมาตรฐานที่มีความเร็วและความเสถียรภาพของการเชื่อมต่อสูง แต่ไม่สามารถที่จะทำร่วมกับ 802.11b ได้ สำหรับ 802.11a นี้ สามารถที่จะส่งถ่ายข้อมูลได้ที่ความเร็วสูงถึง 54 Mbps และทำงานที่ความถี่ 5 GHz

2. 802.11b มาตรฐานนี้จะนิยมใช้ตามสนามบินใหญ่ หรือบริการในร้านอินเตอร์เน็ต ซึ่งจะทำงานที่ความถี่ 2.4 GHz (เป็นความถี่เดียวกับมือถือ และไมโครเวฟ ซึ่งไม่เป็นอันตราย) และสามารถส่งถ่ายข้อมูลได้ที่ความเร็วถึง 11Mbps

3. 802.11g มาตรฐานนี้ทำงานได้ที่ความถี่ 2.4 GHz และสามารถเข้ากับมาตรฐาน 802.11b มีอัตราการส่งถ่ายข้อมูลได้ที่ความเร็วสูงสุดถึง 54 Mbps มักนำมาใช้กับงานที่ต้องการความแน่นอน และความเร็วในการเชื่อมต่อรวมถึงการแชร์ไฟล์ขนาดใหญ่

2.3 แอปพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือโดยระบบปฏิบัติการ ANDROID

2.3.1 ระบบปฏิบัติการ ANDROID [5]

แอนดรอยด์ (Android) เป็นระบบปฏิบัติการแบบเปิดเผยซอฟต์แวร์ต้นฉบับ (Open Source) การพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้งานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ นั้นมีข้อมูลในการพัฒนารวมทั้ง Android SDK (Software Development Kit) เตรียมไว้สำหรับการพัฒนาแอนดรอยด์ยังมีโครงสร้างภาษาที่ใช้ในการพัฒนา สำหรับ Android SDK จะยึดโครงสร้างของภาษาจาวา (Java language) ในการเขียนโปรแกรม เพราะโปรแกรมที่พัฒนามาได้จะต้องทำงานอยู่ภายใต้ Dalvik Virtual Machine เช่นเดียวกับโปรแกรมจาวา ที่ต้องทำงานอยู่ภายใต้ Java Virtual Machine (Virtual Machine เปรียบได้กับสภาพแวดล้อมที่โปรแกรมทำงานอยู่) นอกจากนี้ แอนดรอยด์ ยังมีโปรแกรมแกรมที่เปิดเผยซอฟต์แวร์ต้นฉบับ (Open Source) เป็นจำนวนมาก

2.3.2 โครงสร้างของแอนดรอยด์

โครงสร้างของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เป็นสิ่งสำคัญเพราะการพัฒนาโปรแกรม สามารถมองภาพโดยรวมของระบบได้ทั้งหมด จะทำให้เข้าใจถึงกระบวนการทำงานได้ดียิ่งขึ้น และสามารถนำไปช่วยในการออกแบบโปรแกรมที่ต้องการพัฒนา เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานได้ยิ่งขึ้น ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ จะมีความเกี่ยวเนื่องกันสามารถอธิบายเป็นส่วนๆได้ดังนี้

Application หรือส่วนของโปรแกรมที่มีมากับระบบปฏิบัติการ เป็นกลุ่มของโปรแกรมที่ผู้ใช้งานได้ทำการติดตั้งไว้ โดยผู้ใช้งานสามารถเรียกใช้โปรแกรมต่างๆได้โดยตรง ซึ่งการทำงานของแต่ละโปรแกรมจะเป็นไปตามที่ผู้พัฒนาโปรแกรมได้ออกแบบและเขียนโค้ดโปรแกรมเอาไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Framework เป็นส่วนที่มีการพัฒนาขึ้นสามารถพัฒนาโปรแกรมได้สะดวก และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยไม่จำเป็นต้องมีความยุ่งยาก โดยทำการศึกษาถึงวิธีการเรียกใช้งาน Application Framework ในส่วนที่ต้องการใช้งาน แล้วนำมาใช้งาน ซึ่งมีหลายกลุ่มด้วยกัน ตัวอย่างเช่น

Activities Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่จัดการเกี่ยวกับวงจรการทำงานของหน้าต่างโปรแกรม (Activity) Content Providers เป็นกลุ่มของชุดคำสั่ง ที่ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลของโปรแกรมอื่นและสามารถแบ่งปันข้อมูลให้โปรแกรมอื่นเข้าถึงได้View System เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่เกี่ยวกับการจัดการโครงสร้างของหน้าจอที่แสดงผลในส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface)

Elephony Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลด้านโทรศัพท์ เช่นหมายเลขโทรศัพท์ เป็นต้น

Resource Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งในการเข้าถึงข้อมูลที่เป็น ข้อความ, รูปภาพ

Location Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่เกี่ยวกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ระบบปฏิบัติการที่ได้รับค่าจากอุปกรณ์

Notification Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่จะถูกเรียกใช้เมื่อโปรแกรม ต้องการแสดงผลให้กับผู้ใช้งานผ่านทางแถบสถานะ (Status Bar) ของหน้าจอ

Libraries เป็นส่วนของชุดคำสั่งที่พัฒนาด้วย C/C++ โดยแบ่งชุดคำสั่งออกเป็นกลุ่มตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน

Android Runtime จะมี Dalvik Virtual Machine ที่ถูกออกแบบมา เพื่อให้ทำงานบนอุปกรณ์ที่มี หน่วยความจำ(Memory), หน่วยประมวลผลกลาง(CPU) และพลังงาน (Battery) ที่จำกัด ซึ่งการทำงานของ Dalvik Virtual Machine จะทำการแปลงไฟล์ที่ต้องการทำงานไปเป็นไฟล์ .DEX ก่อนการทำงาน เพื่อให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเมื่อใช้งานกับ หน่วยประมวลผลกลางที่มีความเร็วไม่มาก ส่วนต่อมาคือ Core Libraries ที่เป็นส่วนรวบรวมคำสั่งและชุดคำสั่งสำคัญ โดยใช้ภาษาจาวา (Java Language)

Linux Kernel เป็นส่วนที่ทำหน้าที่หัวใจสำคัญ ในจัดการกับบริการหลักของระบบปฏิบัติการ เช่น เรื่องหน่วยความจำ พลังงาน ติดต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ ความปลอดภัย เครือข่าย โดยแอนดรอยด์ได้นำเอาส่วนนี้มาจากระบบปฏิบัติการลินุกซ์ รุ่น 2.6 (Linux 26. Kernel) มาใช้ได้มีการออกแบบมาเป็นอย่างดี

Java หรือ Java programming language คือภาษาโปรแกรมเชิงวัตถุ ภาษานี้มีจุดประสงค์เพื่อใช้แทนภาษาซีพลัสพลัส C++ โดยรูปแบบที่เพิ่มเติมขึ้นคล้ายกับภาษาอ็อบเจกต์ทีฟซี (Objective-C) จุดเด่นของภาษา Java อยู่ที่ผู้เขียนโปรแกรมสามารถใช้หลักการของ Object-Oriented Programming มาพัฒนาโปรแกรมของตนด้วย Java ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาษา Java เป็นภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมที่สนับสนุนการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (OOP : Object-Oriented Programming) โปรแกรมที่เขียนขึ้นถูกสร้างภายในคลาส ดังนั้นคลาสคือที่เก็บเมท็อด (Method) หรือพฤติกรรม (Behavior) ซึ่งมีสถานะ (State) และรูปพรรณ (Identity) ประจำพฤติกรรม (Behavior)

NetBeans เป็นเครื่องมือสำหรับโปรแกรมเมอร์ที่ใช้พัฒนา Application ด้วยภาษา Java NetBeans นั้นเป็นโปรแกรมประเภท Open Source software NetBeans ได้รับความนิยมมาก และได้รับการพัฒนาให้มีความสามารถสูงยิ่งขึ้นเรื่อยๆ นอกจากจะใช้ในการพัฒนา Application ด้วยภาษาจาวาแล้ว ยังสามารถพัฒนาอื่นๆได้อีกหลากหลายโดยติดตั้งโปรแกรมเสริม (Add-on)ได้จาก เว็บไซต์ หรือผ่านตัวอัพเดตเซนเตอร์ (Update Center) ของ NetBeans

ภาษาซี (C -Programming Language) Programming Language C หรือ C Language (ภาษาซี) เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับพัฒนาโปรแกรมทั่วไป พัฒนามาเพื่อใช้งานบนระบบปฏิบัติการยูนิกส์ แทนภาษาแอสเซมบลี ซึ่งเป็นภาษาระดับต่ำที่สามารถกระทำในระบบฮาร์ดแวร์ได้ด้วยความรวดเร็ว ภาษาซีเป็นภาษาเขียนโปรแกรมระบบเชิงคำสั่ง (หรือเชิงกระบวนงาน) ถูกออกแบบขึ้นเพื่อใช้แปลด้วยตัวแปลโปรแกรมแบบการเชื่อมโยงที่ตรงไปตรงมา สามารถเข้าถึงหน่วยความจำในระดับล่าง ภาษา C แม้จะเป็นภาษาระดับสูง แต่ก็สามารถใช้ได้เป็นอย่างดี

JSON (JavaScript Object Notation) คือ รูปแบบของข้อมูลที่ใช้สำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลที่มีขนาดเล็ก ซึ่งคนสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย และสามารถถูกสร้างและอ่านโดยเครื่องได้ง่าย JSON เป็นรูปแบบข้อมูลตัวอักษรที่มีความเป็นอิสระอย่างสมบูรณ์ แต่จะมีหลักการการเขียนที่ใช้โดยทั่วไป เช่น ภาษา C, C++, C#, Java, Javascript, Perl, Python และอื่นๆ คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้ JSON เป็นภาษาแลกเปลี่ยนข้อมูลที่มีสมบูรณ์แบบ

2.4 โปรแกรม Unity และAugmented Reality [6]

2.4.1 โปรแกรม Unity

Unity คือ Game Engine ที่สร้างเกม 3 มิติ ซึ่งสามารถทำงานได้บน 2 แพลตฟอร์ม คือ Windows และ OSX และสามารถ Export งานเพื่อนำไปใช้งานได้หลายแพลตฟอร์ม เช่น Windows , OSX ,Androids ,iOS (iPhone) -WEBUnity เป็นเครื่องมือช่วยสร้างเกมสามมิติและสองมิติ Unity มองทุกอย่างเป็น GameObject จะทำงานร่วมกับ Component GameObject ซึ่ง Component เข้ามาเพิ่ม คุณสมบัติและพฤติกรรมให้กับ GameObject ให้สามารถเคลื่อนที่ได้

GameObject คือวัตถุต่างๆที่อยู่ในเกมส์ เช่น รถ 1 คัน,สัตว์ 1 ตัว,คน 1 คน

Component คือคุณลักษณะหรือความสามารถต่างๆ ของ Object เช่น การเคลื่อนไหว

Asset คือ คุณลักษณะภายนอกที่เสริมการทำงานของ Component

Sence คือ ฉากแต่ละฉากซึ่งประกอบด้วย Game Object หลายๆ ตัวรวมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 องค์ประกอบของโปรแกรม Unity

Project เป็นส่วนที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ต่างๆก่อนนำไปสร้างเกม เช่น สคริปท์ต่างๆ ที่ใช้กำหนดควบคุมตัวเกม 3D โมเดล ใช้เป็นตัวละครหรือวัตถุต่างๆ ในเกม Textures หรือ พื้นผิวต่างๆ , ไฟล์เสียง หรือวีดีโอ , Prefabs

Hierarchy คือส่วนที่บอกลำดับชั้น ของ Object ต่างๆ ที่อยู่ใน Scene นั้นๆซึ่งมีทั้ง Object แบบเดี่ยว และ Object ที่เป็นกลุ่ม ซึ่งเมื่อจัดการอะไรบางอย่างกับ Object ก็จะมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย การสร้าง Object มีวิธีการคือลาก Object ต่างๆ ที่อยู่ ใน Project มาใส่ไว้ในส่วนของ Hierarchy หลังจาก นั้นจะปรากฏวัตถุที่ลากจาก Project มาวางบน Hierarchy ปรากฏขึ้นบน Scene ซึ่ง Object ต่างๆ เหล่านี้ สามารถเพิ่ม/แก้ไข/ลบ ได้โดยไม่กระทบกับ Object ที่อยู่ใน Project

Scene เป็นส่วนที่บ่งบอกว่าในฉากที่กำลังทำงาน มี Object อะไรบ้าง สามารถจัดการ Object ต่างๆ เช่น กล้อง แสง เอฟเฟกต์ หรือโมเดล 3 มิติ

Game คือส่วนที่แสดงการทำงานของเกมใน Scene ทำให้มองเห็นภาพ เหตุการณ์ และ การทำงาน ของ วัตถุ ต่างๆ ภายใน Scene ที่สร้างขึ้น

Inspector เป็นส่วนที่บ่งบอกถึงคุณสมบัติต่างๆ ของ Object ซึ่งสามารถจัดการคุณสมบัติต่างๆ ของ Object ได้ในกรอบของ Inspector

2.4.3 Augmented Reality หรือที่เราเรียกสั้นๆ ว่า "AR" หมายถึง การนำวัตถุ, ไฟล์วีดิทัศน์, 3D Model , 2D Graphic หรือสิ่งที่เราสร้างขึ้นมา แล้วนำมาซ้อนเข้ากับโลกแห่งความจริง โดยสิ่งที่เรานำเข้ามา จำเป็นที่จะต้องมองผ่าน อุปกรณ์พิเศษเช่น Web Cam, Camera ของ Smartphone หรือ Tablet เช่น Google Glasses เป็นต้น สิ่งเหล่านั้น จะทำหน้าที่ใด ๆ ก็ขึ้นกับเรา ว่าเราอยากให้ผู้ใช้งานเห็นสิ่งนี้แล้วเกิดสิ่งใดตามมา

2.4.4 เทคโนโลยี AR แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ แบบที่ใช้ภาพสัญลักษณ์และแบบที่ใช้ระบบพิกัดในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสร้างข้อมูลบนโลกเสมือนจริง ซึ่งในทางเทคนิคแล้วภาพสัญลักษณ์ที่ใช้ จะนิยมเรียกว่า "Marker" หรืออาจจะเรียกว่า AR Code โดยใช้กล้องเว็บแคมในการรับภาพ เมื่อซอฟต์แวร์ที่เราใช้งานอยู่ประมวลผลรูปภาพเจอสัญลักษณ์ที่กำหนดไว้ก็จะแสดงข้อมูลภาพสามมิติที่ถูกระบุไว้ในโปรแกรมให้เห็น เราสามารถที่จะหมุนดูภาพที่ปรากฏได้ทุกทิศทาง หรือเรียกว่าหมุนได้ 360 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.17 AR แบบที่ใช้ระบบพิกัด (Location-Based)

รูปที่ 2.18 AR แบบที่ใช้ภาพสัญลักษณ์ (Marker หรือ Image-Based)

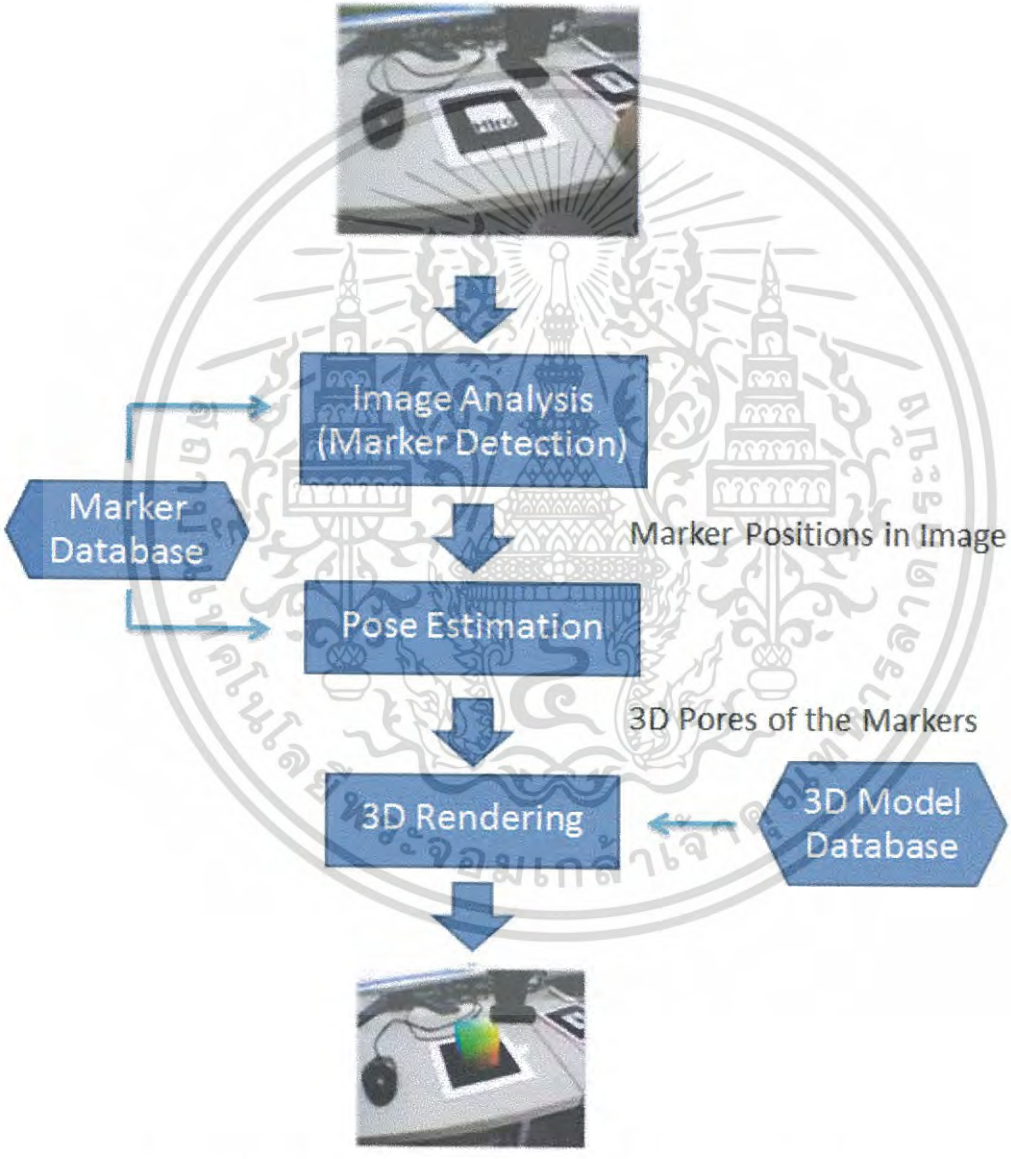
2.4.5 แนวคิดหลักของเทคโนโลยีเสมือนจริง คือ การพัฒนาเทคโนโลยีที่ผสานเอาโลกแห่งความเป็นจริงและความเสมือนจริง เข้าด้วยกันผ่านซอฟต์แวร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่างๆ เช่น เว็บแคม คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้อง ซึ่งภาพเสมือนจริงนั้น จะแสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ หน้าจอโทรศัพท์มือถือ โดยภาพเสมือนจริงที่ ปรากฏขึ้นจะมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ได้ทันที ทั้งในลักษณะที่เป็นภาพนิ่ง สามมิติ ภาพเคลื่อนไหว หรือ อาจจะเป็นสื่อที่มีเสียงประกอบขึ้นกับการออกแบบสื่อแต่ละรูปแบบว่าให้ออกมาแบบใด โดย กระบวนการภายในของเทคโนโลยีเสมือนจริง ประกอบด้วย 3 กระบวนการ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) เป็นขั้นตอนการ ค้นหา Marker จากภาพที่ได้จากกล้องแล้วสืบค้นจากฐานข้อมูล (Marker Database) ที่มีการเก็บข้อมูลขนาดและรูปแบบของ Marker เพื่อนำมาวิเคราะห์รูปแบบของ Marker

2. การคำนวณค่าตำแหน่งเชิง 3มิติ (Pose Estimation) ของMarker เทียบกับกล้อง

3. กระบวนการสร้างภาพสองมิติ จากโมเดลสามมิติ (3D Rendering) เป็นการเพิ่มข้อมูลเข้าไปในภาพ โดยใช้ค่าตำแหน่ง เชิง 3 มิติ ที่คำนวณได้จนได้ภาพเสมือนจริง ดังรูปที่ 2.19



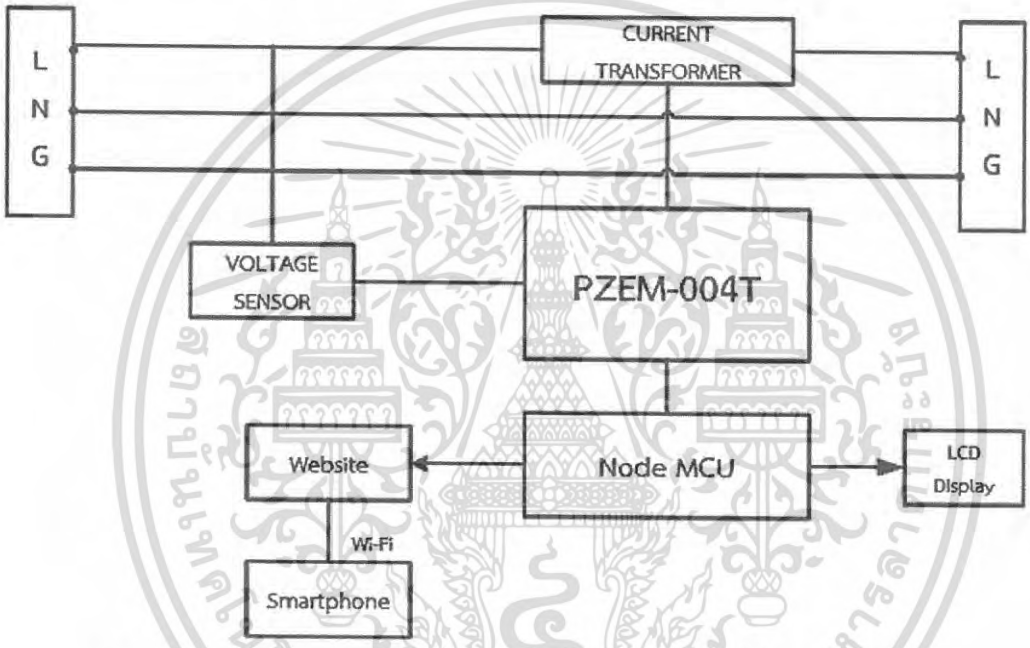
รูปที่ 2.19 กระบวนการสร้างภาพสองมิติ จากโมเดลสามมิติ (3D Rendering)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ และพัฒนา

ในปริญญานิพนธ์บทนี้จะอธิบายถึงวิธีการดำเนินการจัดทำอุปกรณ์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าภายในบ้านแบบ 1 เฟส รวมถึงขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันจากเทคโนโลยี Augmented Reality โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

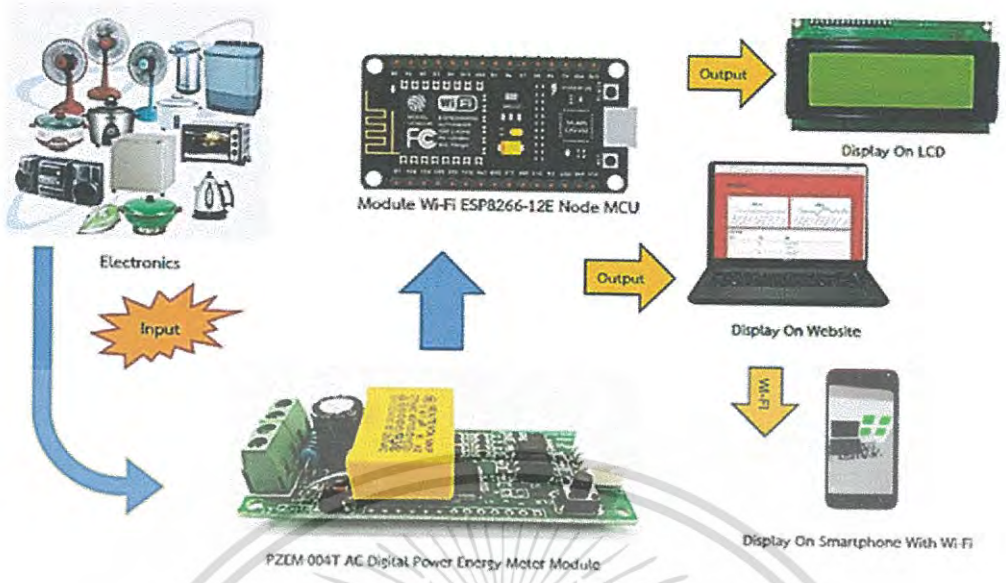
3.1 หลักการออกแบบการทำงานของระบบ



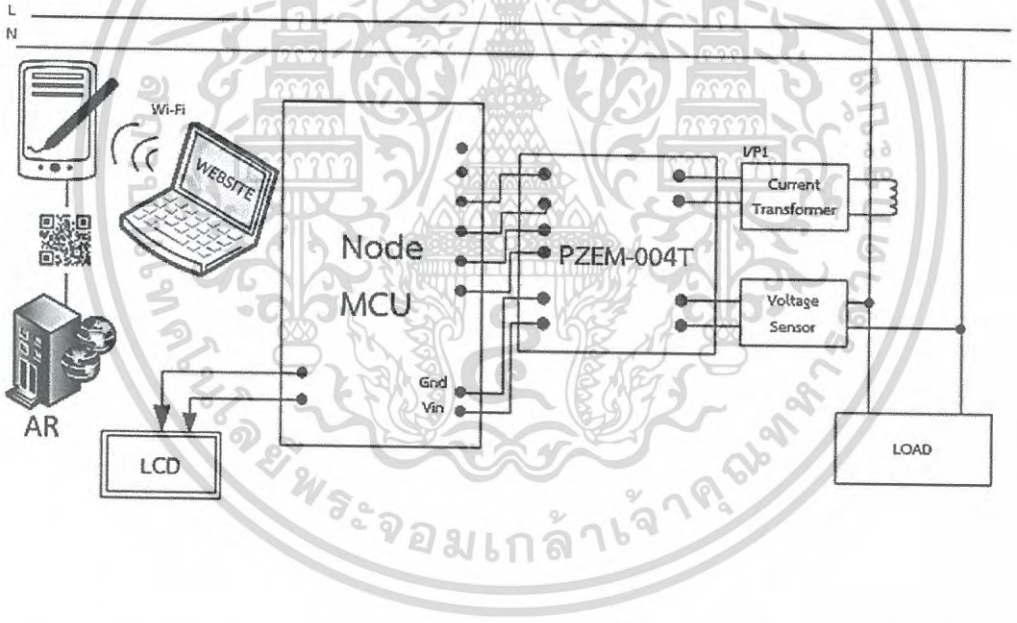
รูปที่ 3.1 Block diagram หลักการทำงานของอุปกรณ์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าแบบ 1 เฟส

หลักการทำงานของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า 1 เฟส ได้ทำการออกแบบการทำงานแสดงดังรูปที่ 3.1 โดยใช้Microcontroller ควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด มีวงจรรวมสำหรับวัดพลังงานไฟฟ้า 1 เฟส คือโมดูล ESP8266 ที่ทำการตรวจจับแรงดันและกระแส และส่งไปประมวลผลและคำนวณค่าต่างๆโดยมี Microcontroller ทำหน้าที่ควบคุมการ รับส่งข้อมูลกับวงจรวัดค่าพลังงานแล้วนำข้อมูลที่ถูกประมวลผลนี้มาแสดงผลผ่านทางจอแสดงผลแอลซีดีเพื่อแสดงถึงค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่วัดได้และสามารถส่งค่าต่างๆผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย Wi-Fi เพื่อแสดงผลผ่านทางสมาร์ตโฟน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

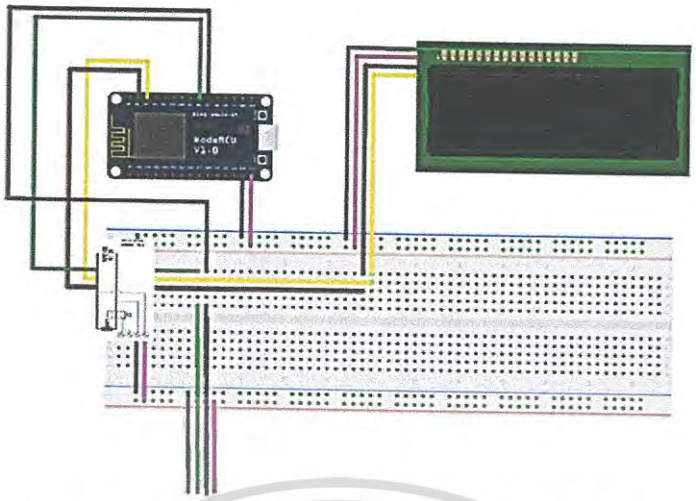


รูปที่ 3.2 ภาพรวมของการต่ออุปกรณ์



รูปที่ 3.3 Line diagram แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าแบบ 1 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แผนภาพการแสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าแบบ 1 เฟส

3.2 หลักการออกแบบฮาร์ดแวร์

3.2.1 โมดูลวัดพลังงานไฟฟ้า PZEM-004T [7]

PZEM-004T AC Digital Power Energy Meter Module วัดการใช้พลังงานไฟฟ้า วัดแรงดันไฟฟ้าของไฟบ้าน วัดค่ากระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ วัดค่ากำลังไฟฟ้า และวัดค่ากำลังไฟฟ้าต่อชั่วโมง (kWh) และนำค่าเหล่านี้ไปใช้คำนวณค่าไฟฟ้า วัดการใช้พลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชิ้น

รูปที่ 3.5 โมดูลวัดพลังงานไฟฟ้า PZEM-004T

3.2.2 คุณสมบัติทางด้านเทคนิค

วัดแรงดันไฟฟ้า วัดค่ากระแสไฟฟ้า วัดค่ากำลังไฟฟ้า วัดค่ากำลังไฟฟ้าต่อชั่วโมง (kWh) วัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ 80 - 260VAC และวัดค่ากระแสไฟฟ้าได้ 0 - 100A ทำงานได้ที่ความถี่ 45 - 65 Hz และสามารถแยกไฟสูงออกจากไฟต่ำ เพื่อใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วไม่เสี่ยงโดนไฟดูด วัดค่ากระแสไฟฟ้าด้วย CT Current Transformer สื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย UART Serial

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 วงจรการต่อใช้งานโมดูล PZEM-004T

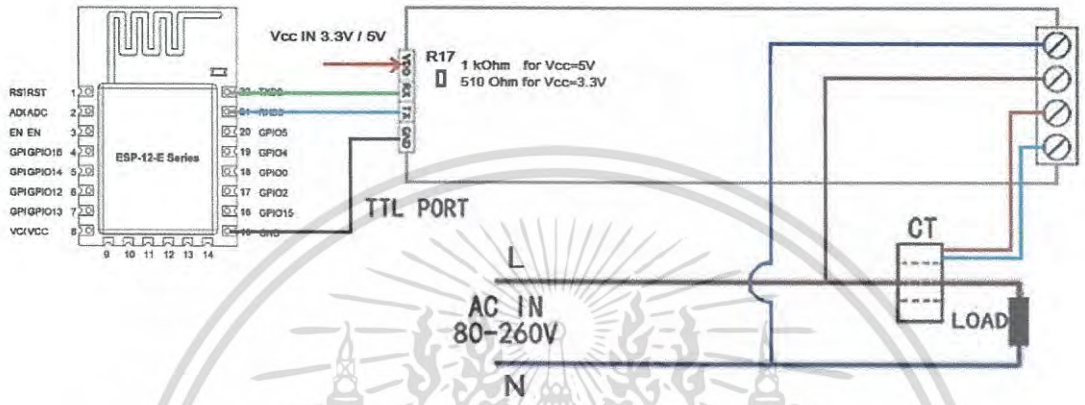
โมดูลนี้มีอินเตอร์เฟสการสื่อสารอนุกรม TTL สามารถอ่านและตั้งค่าที่เกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม แต่ถ้าต้องการสื่อสารกับอุปกรณ์ที่มี USB หรือ RS232 (คอมพิวเตอร์) จะต้องติดตั้งบอร์ด TTL pin ที่แตกต่างกัน (ต้องมีการสื่อสารผ่าน USB) ติดตั้ง TTL กับ USB pin board การสื่อสารแบบ RS232 จะต้องมีการติดตั้ง TTL ไว้ที่ขา RS232 board) ชนิดการเชื่อมต่อที่เฉพาะเจาะจงดังในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 โปรโตคอลของโมดูล PZEM-004T

No.	function	Head	Data1- Data5	Sum
1	voltage	B0	C0 A8 01 01 00 (Computer sends a request to read the voltage value)	1A
		A0	00 E6 02 00 00 (Meter reply the voltage value is 230.2V)	88
2	current	B1	C0 A8 01 01 00 (Computer sends a request to read the current value)	1B
		A1	00 11 20 00 00 (Meter reply the current value is 17.32A)	D2
3	Activepower	B2	C0 A8 01 01 00 (Computer sends a request to read the active power value)	1C
		A2	08 98 00 00 00 (Meter reply the active power value is 2200w)	42
4	Readenergy	B3	C0 A8 01 01 00 (Computer sends a request to read the energy value)	1D
		A3	01 86 9f 00 00 (Meter reply the energy value is 99999wh)	C9
5	Set the module address	B4	C0 A8 01 01 00 (Computer sends a request to set the address, the address is 192.168.1.1)	1E
		A4	00 00 00 00 00 (Meter reply the address was successfully set)	A4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6	Set the power alarm threshold	B5	C0 A8 01 01 14 (computer sends a request to set a power alarm threshold)	33
		A5	00 00 00 00 00 (Meter reply the power alarm threshold was successfully set)	A5



รูปที่ 3.6 วงจรการเชื่อมต่อโมดูล PZEM-004T

3.2.4 การบันทึกข้อมูล

ทำการส่งข้อมูลจาก Node MCU ไปที่เว็บไซต์ Thingspeak.com ซึ่งเป็น Platform-as-a-Service (PaaS) สำหรับ บันทึก/อ่านข้อมูลที่ได้จาก sensor ไปเก็บไว้ใน cloud database ซึ่งนอกจากบันทึกค่า แสดงค่าแบบกราฟ ได้อีกด้วย การบันทึกข้อมูลนั้นจะบันทึกข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าคือ V , I , PF , P , Q และ S โดยสามารถบันทึกเป็นรูปแบบไฟล์ .csv หรือเรียกอีกอย่างว่าไฟล์ Excel และจะทำการบันทึกค่าทุกๆ 1 นาที

3.2.5 การแสดงผล

การแสดงผลสามารถแสดงผลได้ทางหน้าจอแอลซีดีและทางหน้าจอสมาร์ตโฟน โดยการเชื่อมต่อหน้าจอแอลซีดี จอแสดงผลแอลซีดีที่ใช้เป็นแบบ 4 บรรทัด 20 ตัวอักษรจะทำหน้าที่แสดงผลลัพธ์ที่ไมโครคอนโทรเลอร์ประมวลผลมาได้ โดยที่หน้าจอจะแสดงค่าพลังงานไฟฟ้าคือ V, I , PF, P, Q ,S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7 LCM204B-FY

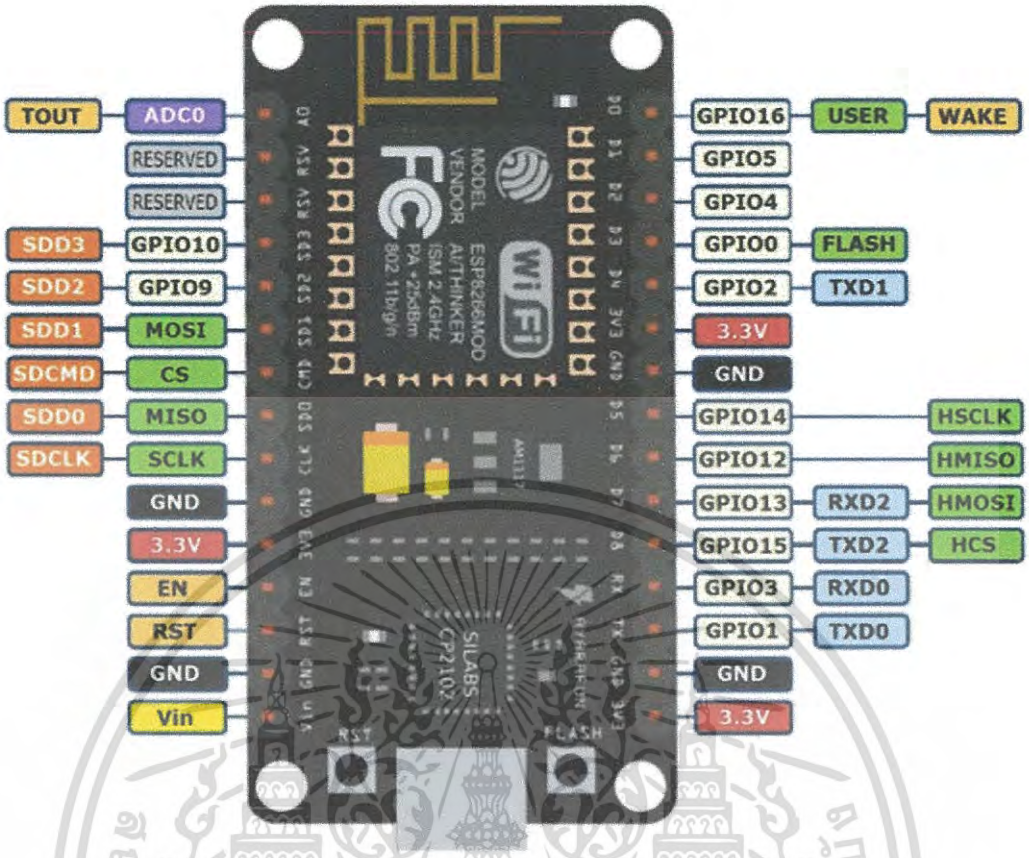
ตารางที่ 3.2 Electronical characteristics LCM204B-FY

Item	Symbol	Condition	Standard			Unit
			Min	Type	Max	
Input voltage	VDD	+5V	4.7	5.0	5.5	V
		+3.3V	2.7	3.3	5.3	V
Supply current	IDD	VDD=5V	------	2.5	3	mV
Recommended LCD driving voltage for normal temp version module	VDD-V0	-20°C	4.8	5.0	5.3	V
		0 °C	4.6	4.8	5.0	
		25°C	4.3	4.5	4.7	
		50°C	4.2	4.3	4.5	
		70°C	4.1	4.2	4.3	
LED forward voltage	VF	25°C	------	4.2	4.6	V
LED forward current	IF	25°C	------	240	------	mA
EL power supply current	IEL	VEL=110V AC 400Hz	------	------	------	mA

3.2.6 การส่งข้อมูลผ่านระบบสัญญาณ Wi-Fi

โมดูล Wi-Fi ESP8266-12E Node MCU นิยมใช้งานมากในการทดลองหรือพัฒนา เนื่องจากไม่ต้องต่อเสาอากาศเพิ่มขึ้นมา มีความเสถียร และความเร็วในการดำเนินการโปรแกรม เท่ากับ ESP-07 ทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 3.3V - 3.6V การนำไปใช้งานร่วมกับเซ็นเซอร์อื่นๆ ที่ใช้แรงดัน 5V ต้องใช้วงจรแบ่งแรงดันมาช่วย เพื่อไม่ให้โมดูลพังเสียหาย กระแสที่โมดูลใช้งานสูงสุด คือ 200mA ความถี่คริสตอล 40MHz ทำให้เมื่อนำไปใช้งานอุปกรณ์ที่ทำงานรวดเร็วตามความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 Arduino Wi-Fi Module ESP8266-12E

Node MCU เป็นบอร์ดที่ใช้ ESP8266 เป็น CPU สำหรับประมวลผลโปรแกรมต่างๆ มีข้อดีกว่า Arduino ตรงที่ตัวมันมีขนาดเล็กกว่าพื้นที่เขียนโปรแกรมลงไปมากกว่า และสามารถเชื่อมต่อกับ Wi-Fi ได้ บนบอร์ดรุ่นนี้ใช้ ESP8266 12E มีพื้นที่หน่วยความจำรอมสูงถึง 4 MB เพียงพอสำหรับการเขียนโปรแกรมขนาดใหญ่ อีกทั้งภายในยังเป็น ARM ขนาดย่อมๆ ใช้ความถี่สูงถึง 40MHz ทำให้สามารถประมวลผลโค้ดโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว เหมาะสำหรับงาน Smart Home และ IOT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลเชิงเทคนิคของบอร์ด Node MCU V3

1. ใช้โมดูล ESP-12E (ESP8266 SoC chip) ของบริษัท AI Thinker (ในขณะที่ Node MCU V1 ใช้โมดูล ESP12) มีขาเพิ่มมาอีก 6 ขา เมื่อเปรียบเทียบกับ ESP-12

2. ใช้ชิป Flash ความจุ 32Mbits (4MBytes)

3. มีขนาดแคบกว่า Node MCU V1 ดังนั้นเมื่อเสียบขาลงบนเบรดบอร์ดจะมีช่องเหลือด้านข้าง ให้สะดวกในการต่อวงจรบนเบรดบอร์ด

4. มีวงจรควบคุมแรงดัน 3.3V (@800mA max.) บนบอร์ด

5. ใช้ไอซีที่จ่ายกระแสได้มากกว่าบอร์ด NodeMCU V1

6. ใช้ชิป CH340G ของ Silabs ทำหน้าที่เป็นส่วนเชื่อมต่อ USB-to-Serial (แต่ Node MCU V2 ใช้ชิป CP2102)

7. มีขาสำหรับ SPI สำหรับต่อกับการ์ด SD (HSPI)

8. มีขา GPIO3/RXD0 และ GPIO1/TXD0 ที่ต่อกับขา TXD และ RXD ของชิป CH340G

9. มีขา GPIO13/RXD2 และ GPIO15/TXD2 (ใช้เป็นพอร์ต Serial เพิ่มอีกหนึ่งชุด)

10. ใช้คอนเนกเตอร์แบบ micro-USB สำหรับจ่ายแรงดันไฟเลี้ยง (VUSB) เท่ากับ +5V และสำหรับดาวน์โหลดเฟิร์มแวร์ (แรงดัน VUSB ต่อผ่าน Schottky Diode 1N5819 ไปยัง VDD5V)

11. มีปุ่มกด RST (รีเซตการทำงาน) และ Flash (สำหรับโปรแกรมเฟิร์มแวร์ใหม่)

12. มีขา A0 รับอินพุตแรงดันแบบอนาล็อกสำหรับวงจร ADC (ขนาด 10 บิต) ที่อยู่ภายในชิป ผ่านวงจรแบ่งแรงดันด้วยตัวต้านทาน 100k/220k (ลดแรงดันอินพุตจาก 0-0.3 ลงมาให้อยู่ในช่วง 0V-1V)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 คำนวณค่าไฟฟ้าอัตโนมัติด้วย PZEM004T

3.3.1 การคำนวณค่าไฟฟ้า

การคำนวณค่าไฟฟ้าจะแบ่งตามประเภทของไฟฟ้าที่ใช้ ซึ่งในบทความนี้จะสอนวิธีการคำนวณค่าไฟฟ้าประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัยอัตราปกติ

การคำนวณค่าไฟฟ้าจะแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ดังนี้

- ค่าพื้นฐานไฟฟ้า จะคิดแบบขั้นบันได เช่น 15 ยูนิต แรกจะคิดราคาหนึ่ง 10 ยูนิต ถัดไปคิดอีกราคาหนึ่ง เป็นต้น มักจะมีการอัพเดทค่าไฟฟ้าส่วนนี้ทุกๆ 3 ปี

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

- ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) 7% ของทั้ง 2 ส่วนด้านบนรวมกัน

ดังนั้น ค่าไฟฟ้าที่ต้องชำระจึงหาได้จาก ค่าพื้นฐานไฟฟ้า + ค่าไฟฟ้าผันแปร + ภาษีมูลค่าเพิ่ม นั่นเอง แต่กรณีใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 50 ยูนิต ต่อเดือนจะไม่ต้องชำระค่าไฟฟ้าในเดือนนั้น

ค่าไฟฟ้าประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัยอัตราปกติ จะแบ่งประเภทของผู้ใช้ได้อีก 2 แบบ ดังนี้

ใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วย (ยูนิต) ต่อเดือน

คุณสมบัติของผู้ใช้ที่เข้าประเภทนี้ คือ มีการใช้ไฟฟ้าต่อเดือนไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน และไม่เคยใช้เกิน 150 หน่วยต่อเดือนต่อเนื่องเกิน 3 เดือน (เกิน 150 หน่วยต่อเนื่องครบ 3 เดือน จะเข้าประเภทเกิน 150 หน่วย) ติดตั้งหม้อแปลงไม่เกิน 5A 1 เฟส

อัตราค่าพื้นฐานไฟฟ้า (ปี พ.ศ.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)

ยูนิตที่ 26 - 35 (10 ยูนิตถัดมา) คิดยูนิตละ 3.2405 บาท (สูงสุด 32.41 บาท)

ยูนิตที่ 36 - 100 (65 ยูนิตถัดมา) คิดยูนิตละ 3.6237 บาท (สูงสุด 235.54 บาท)

ยูนิตที่ 101 - 150 (50 ยูนิตถัดมา) คิดยูนิตละ 3.7171 บาท (สูงสุด 185.86 บาท)

ยูนิตที่ 151 - 400 (250 ยูนิตถัดมา) คิดยูนิตละ 4.2218 บาท (สูงสุด 1,055.45 บาท)

ยูนิตที่ 401 เป็นต้นไป คิดยูนิตละ 4.4217 บาท

ค่าบริการ 8.19 บาท

สมมุติ ใช้ไฟฟ้า 105 ยูนิต การคำนวณให้นำค่าสูงสุดของแต่ละขั้นมาบวกกันเรื่อย 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าบริการ 8.19 บาท

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

ใช้ไฟฟ้าเกิน 150 หน่วย (ยูนิต) ต่อเดือน

คุณสมบัติของผู้ใช้ที่เข้าประเภทนี้ คือ มีการใช้ไฟฟ้าต่อเดือนเกิน 150 หน่วยต่อเนื่องครบ 3 เดือน ติดตั้งหม้อแปลงเกิน 5A 1 เฟส อัตราค่าพื้นฐานไฟฟ้า (ปี พ.ศ.2560) มีดังนี้

ยูนิตที่ 1 - 150 คิดยูนิตละ 3.2484 บาท (สูงสุด 487.26 บาท)

ยูนิตที่ 151 - 400 (250 ยูนิตถัดมา) คิดยูนิตละ 4.2218 บาท (สูงสุด 1,055.45 บาท)

ยูนิตที่ 401 เป็นต้นไป คิดยูนิตละ 4.4217 บาท

ค่าบริการ 38.22 บาท

สมมุติ ใช้ไฟฟ้า 200 ยูนิต สามารถคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าฐานได้ดังนี้

ยูนิตที่ 1 - 150 คิด 487.26 บาท

ยูนิตที่ 151 - 200 คิด 50 * 4.2218 = 211.09 บาท

ค่าบริการ 38.22 บาท

รวมอัตราค่าไฟฟ้าฐาน คือ 487.26 + 211.09 + 38.22 = 736.57 บาท

3.3.2 ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)

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

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

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

3.3.3 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

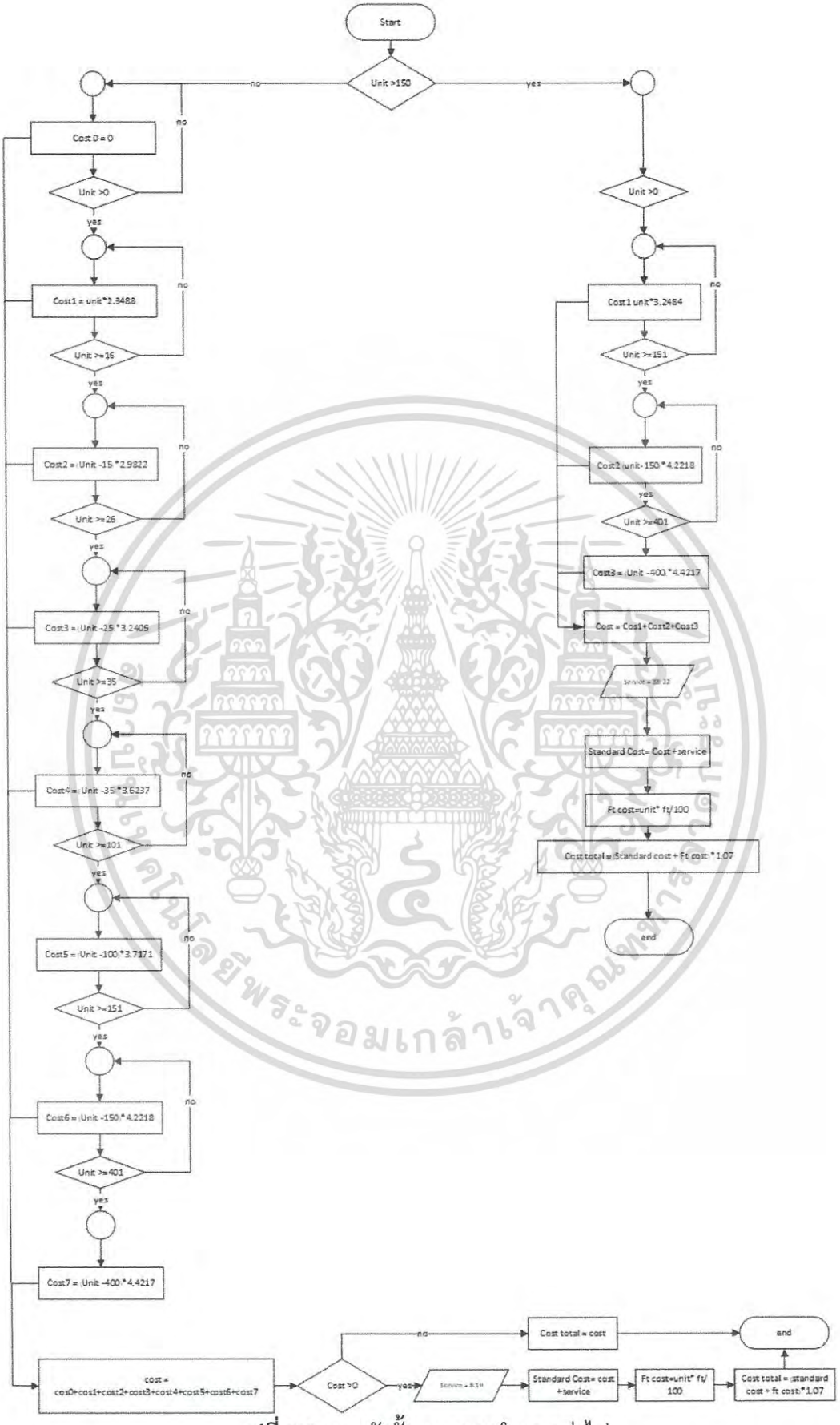
3.3.4 รวมค่าไฟฟ้าที่ต้องชำระ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แผนผังขั้นตอนการคำนวณค่าไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 หลักการแสดงผลของแอปพลิเคชัน Augmented reality

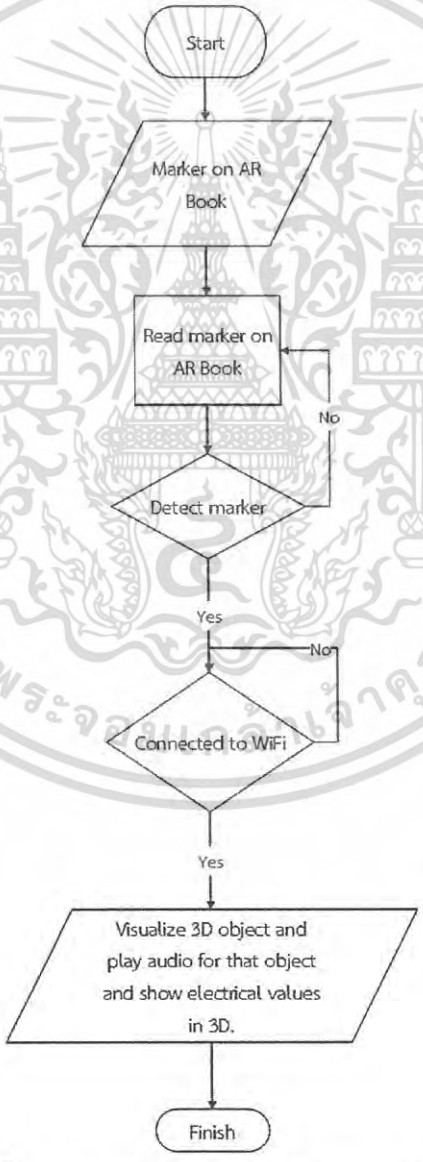
1. กระบวนการที่หนึ่งคือ ออกแบบ Marker เพื่อกำหนดตำแหน่งของวัตถุที่จะแสดง

2. กระบวนการที่สอง คือ การนำกล้องสมาร์ตโฟนมาเพื่อเชื่อมต่อ Marker เข้ากับแอปพลิเคชัน

3. กระบวนการที่สาม คือ การตรวจสอบ Marker ว่าอยู่ในฐานข้อมูลหรือไม่ ถ้าไม่ต้องนำกล้องส่องใหม่

4. กระบวนการที่สี่ คือ นำสมาร์ตโฟน เชื่อมต่อ WiFi

5. กระบวนการที่ห้า คือ เมื่อตรวจสอบว่าอยู่ในฐานข้อมูลก็จะแสดงผลเป็นรูปแบบ 3D และค่าทางไฟฟ้าที่วัด

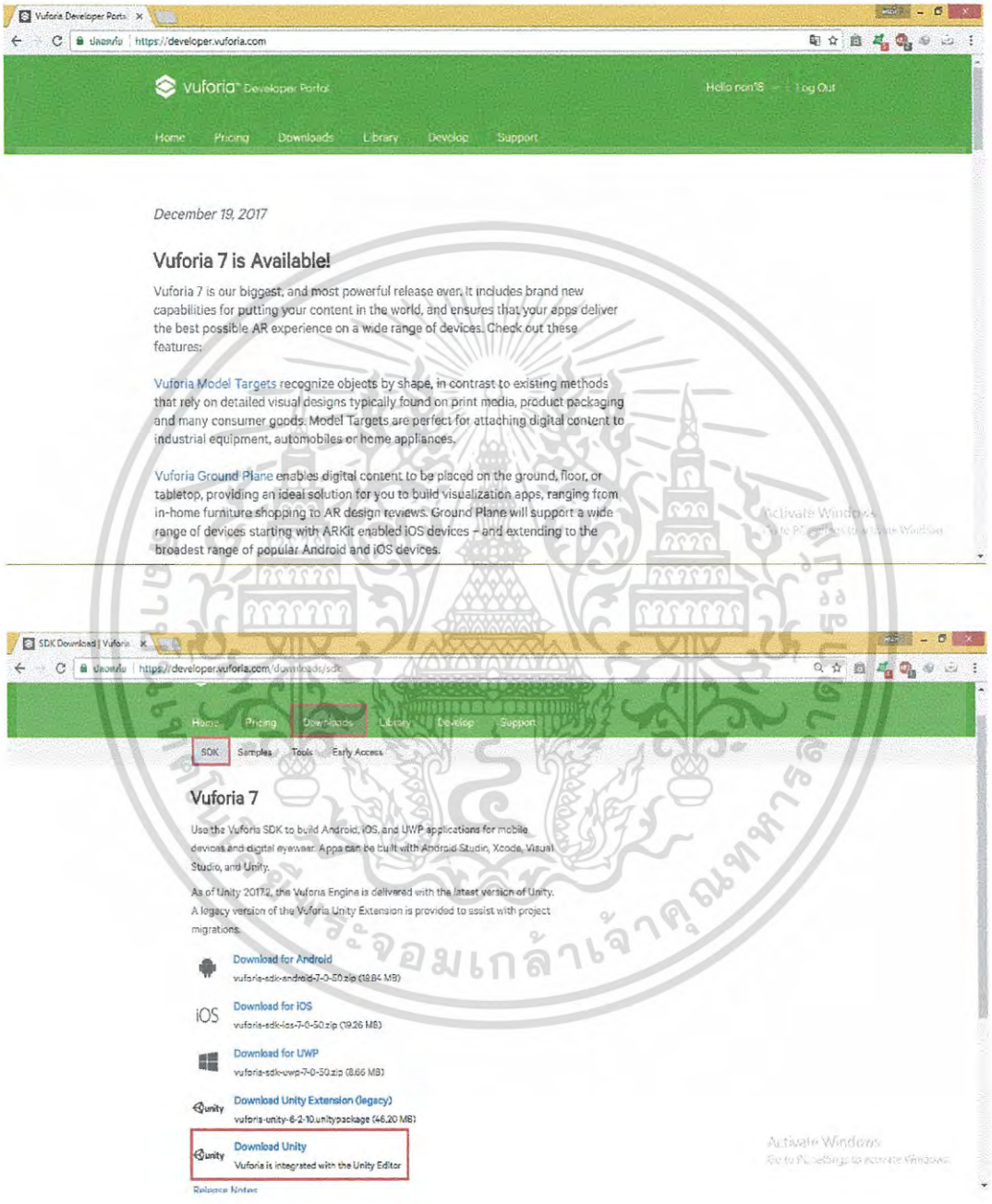


รูปที่ 3.10 แผนผังขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชัน Augmented reality

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 ขั้นตอนการทำ Augmented reality โดย vuforia ในโปรแกรม Unity [8]

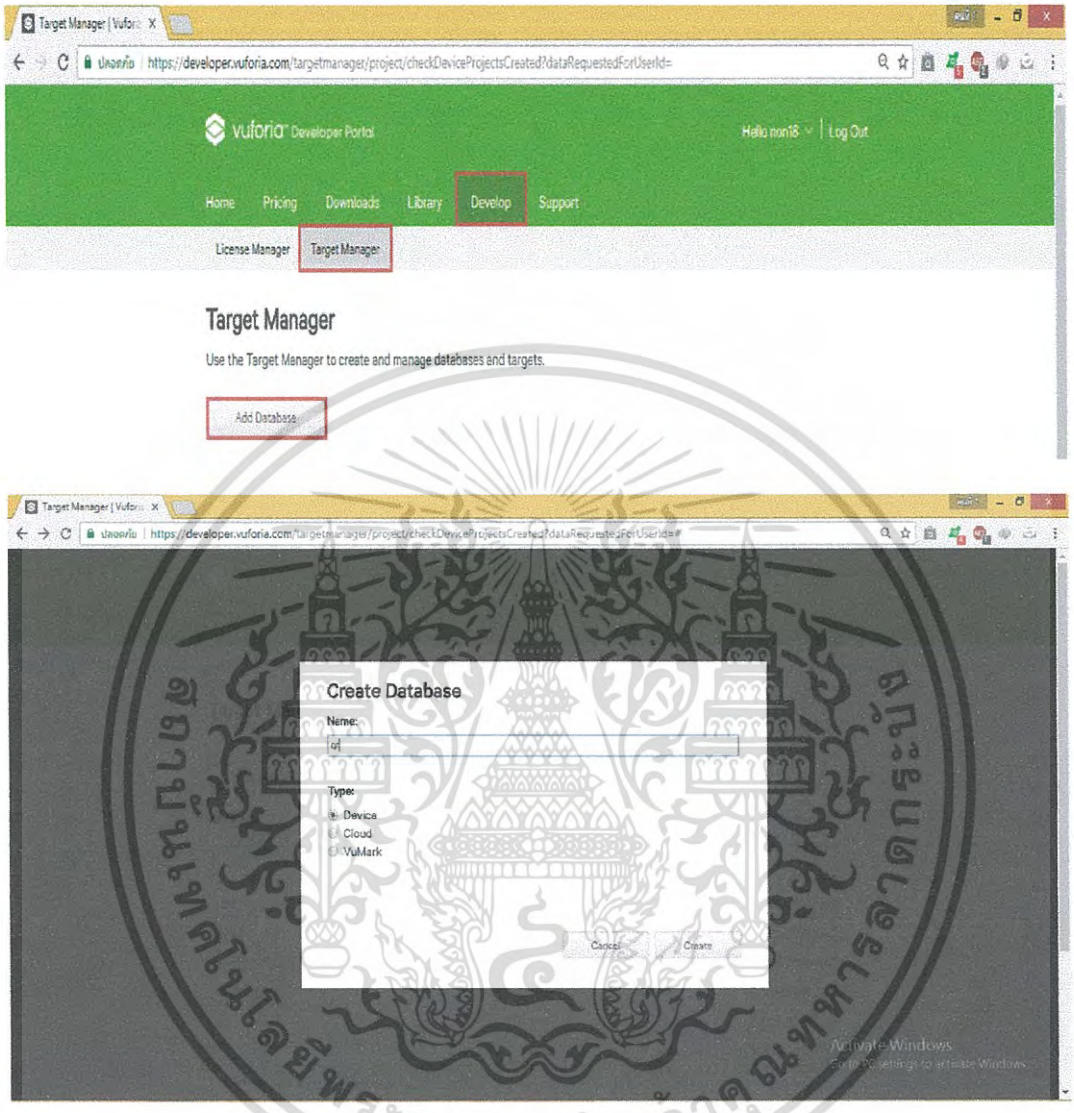
1. เข้าไปที่ https://developer.vuforia.com/ เพื่อ Downloads และ Download Unity



รูปที่ 3.11 การดาวน์โหลด vuforia เพื่อนำไปใช้ในโปรแกรม Unity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

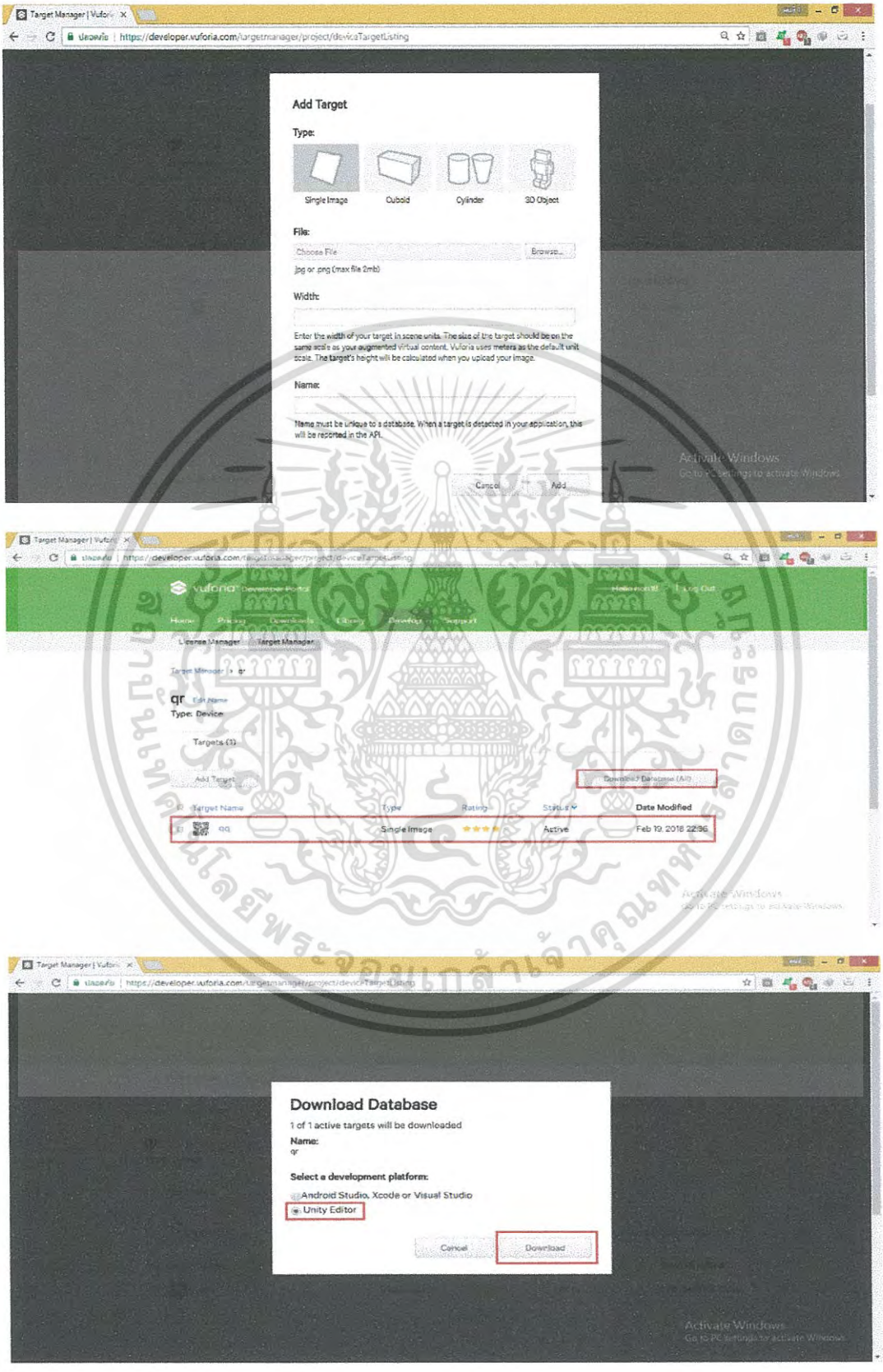
2. ไปที่ Develop ถ้ามี ID อยู่แล้วให้ login ถ้าไม่มีให้กด Register จากนั้นเลือก Target Manager เลือก Add Database ตั้งชื่อ Database ที่เราจะนำรูปภาพมาใส่



รูปที่ 3.12 การตั้งชื่อ Database เพื่อนำรูปภาพมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

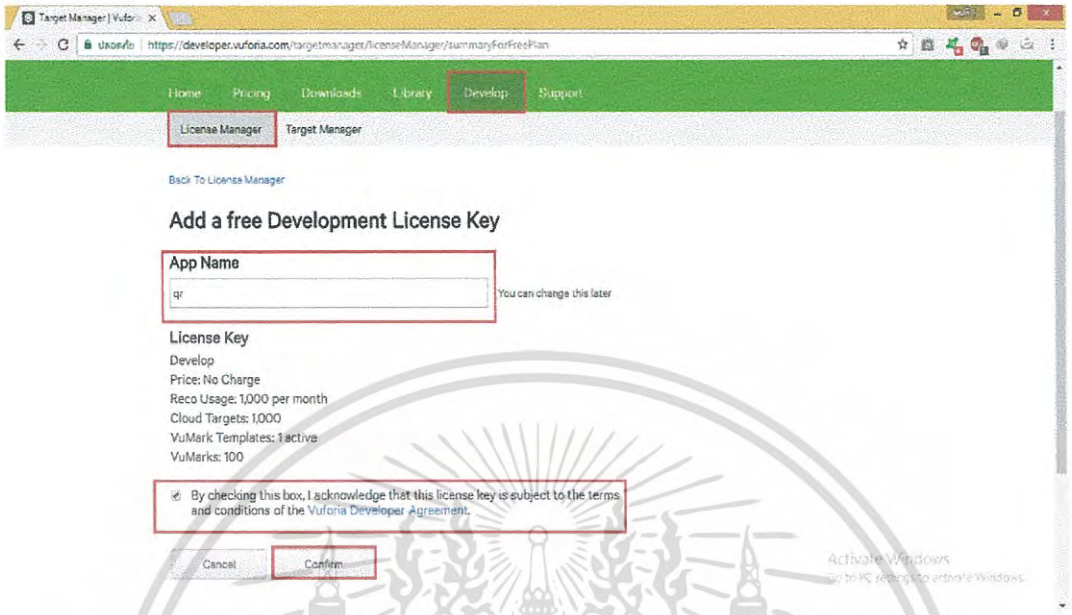
3. เลือก Add Target เลือกรูปภาพที่เราต้องการ แล้วกด Download Database และเลือก Unity Editor กด Download



รูปที่ 3.13 การดาวน์โหลดรูปภาพที่เราต้องการ

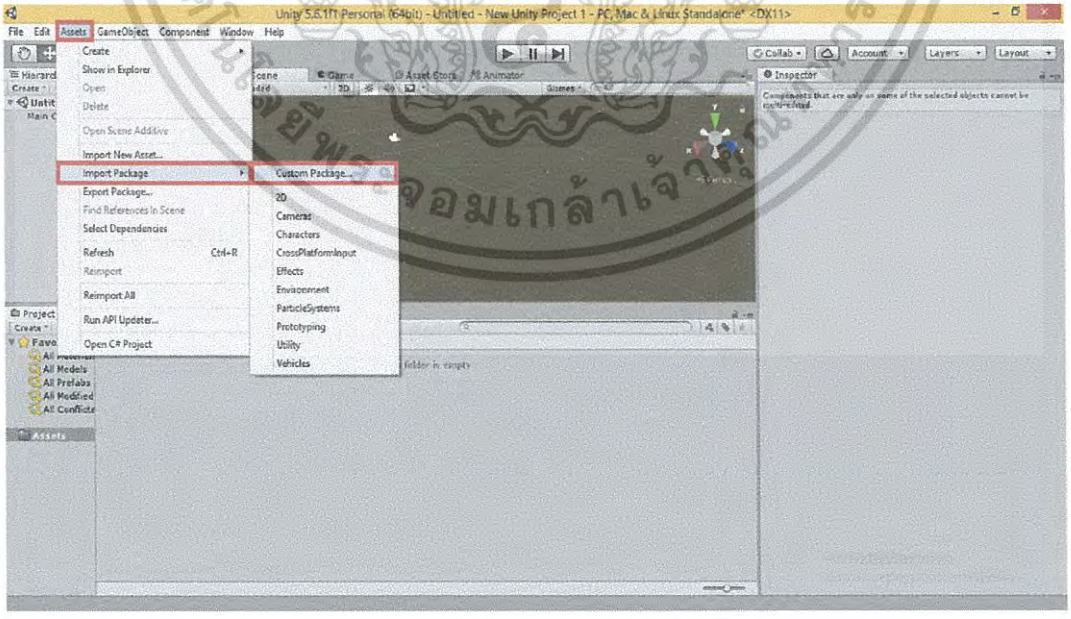
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. กด Add License Key ที่ App Name ให้ใส่ชื่อ app ลงไปที่ License Key แล้ว กด Confirm

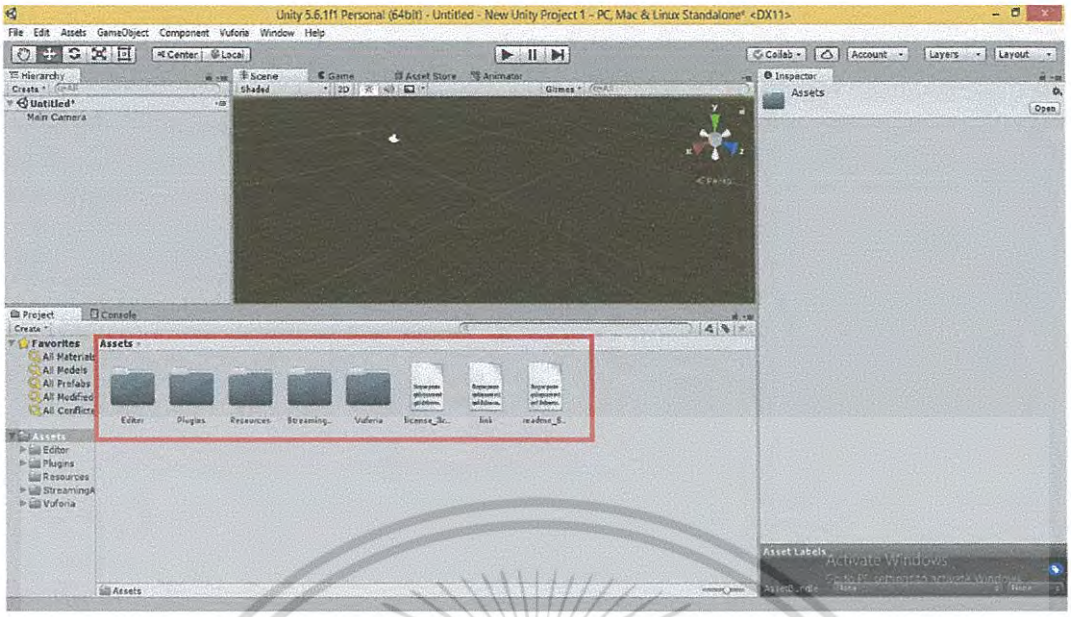


รูปที่ 3.14 การนำ License Key มาใช้เพื่อให้ 3D Maker ปรากฏใน AR Camera

5. นำสิ่งที่ดาวน์โหลด Import ลงใน Project Unity ที่ต้องการโดยการเข้าไปที่ Assets-> Import Package -> Custom Package

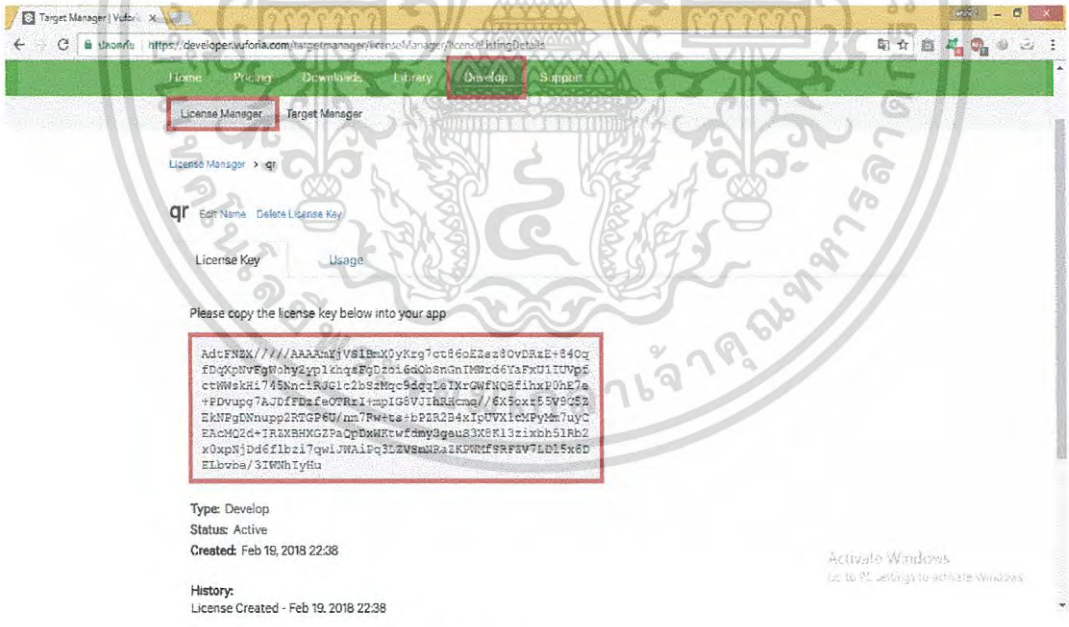


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



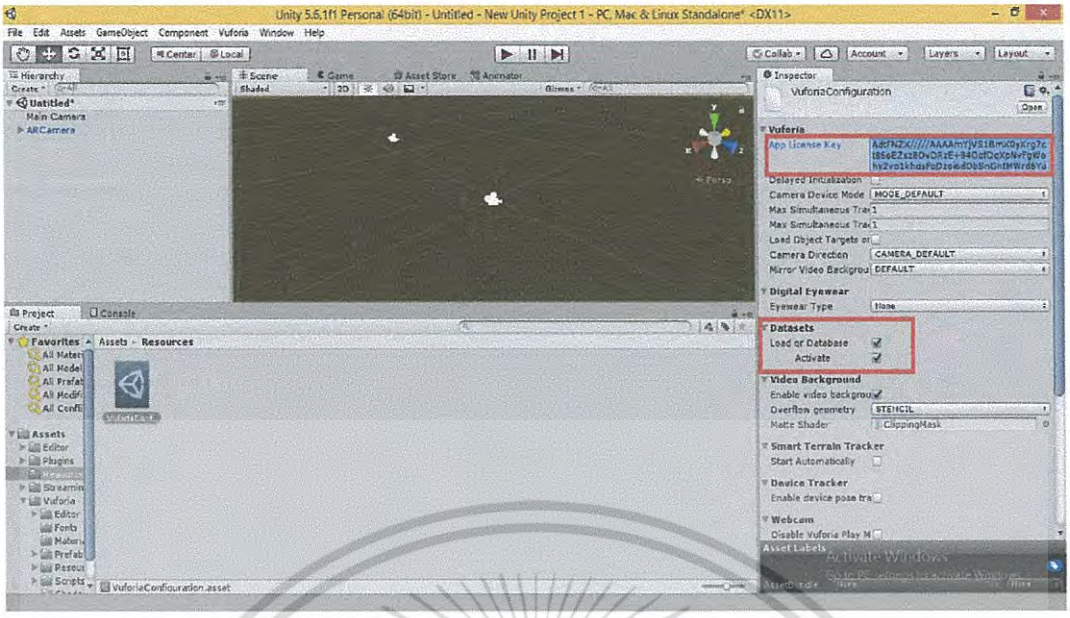
รูปที่ 3.15 การนำสิ่งที่ดาวน์โหลดจาก vuforia ลงใน Project Unity

6. ค้นหา AR Camera เข้าไปดู License Key ที่สร้างไว้แล้วนำมาใส่ที่ App License Key แล้วดูที่ Dataset เลือก Lond Database และ Activate



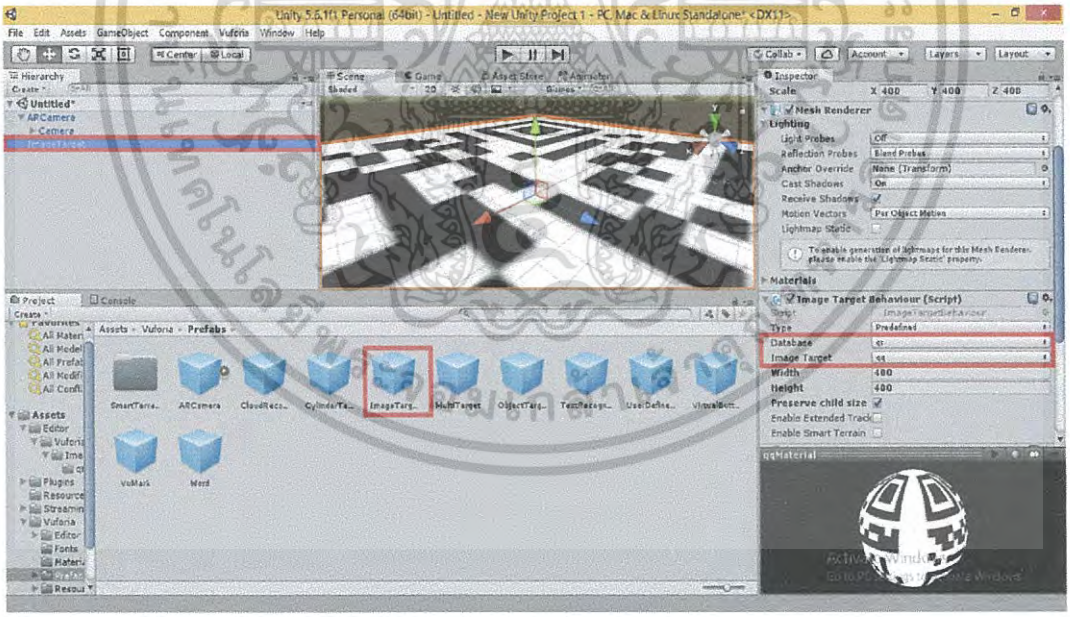
รูปที่ 3.16 License Key

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 การนำ License Key ที่สร้างไว้ นำมาใส่ที่ App License Key

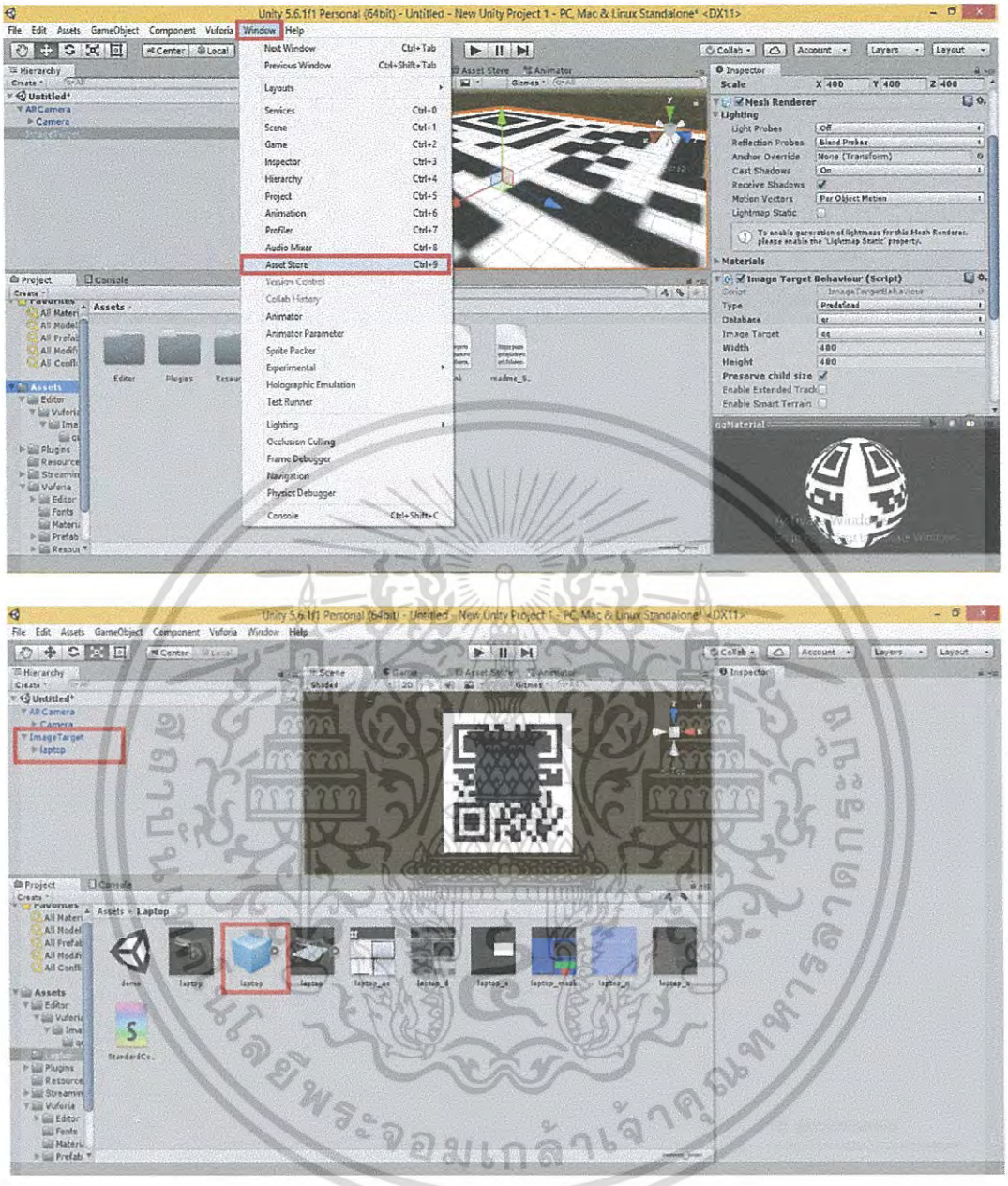
7. ค้นหา Image Target ดูที่ Image Target Behaviour (Script) แล้วใส่ Database เป็นที่เราได้สร้างไว้ ตรง Image Target ให้ใส่ชื่อรูปภาพที่ต้องการใช้



รูปที่ 3.18 การนำรูปภาพที่เราต้องการใส่ใน Image Target

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

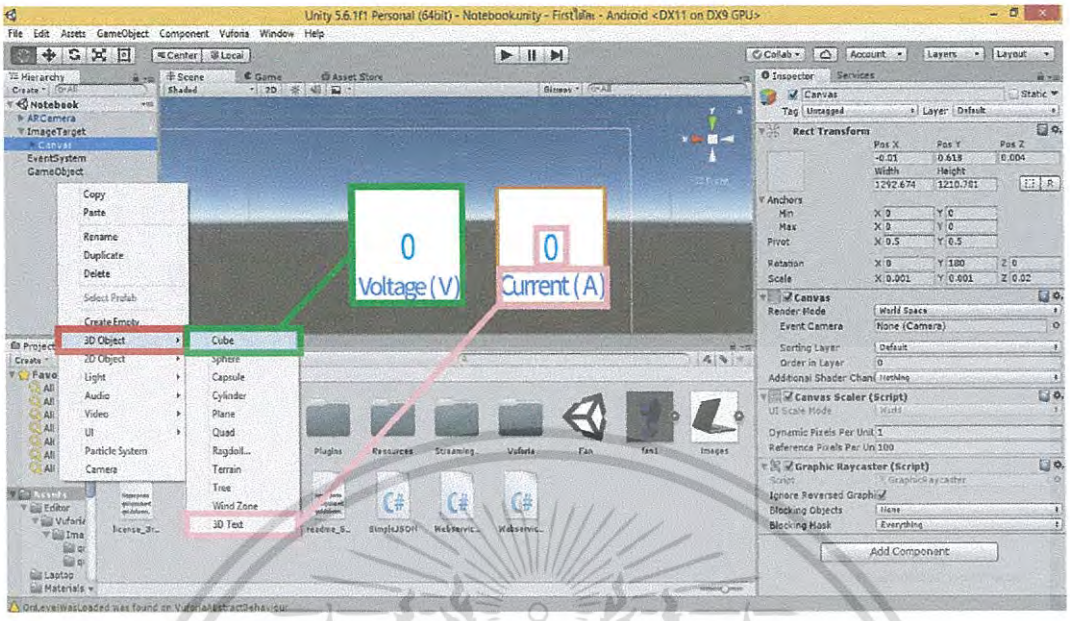
8. เลือก 3D Maker โดยเลือกที่ Window-> Asset store



รูปที่ 3.19 การนำ 3D Maker ใส่ใน Image Target

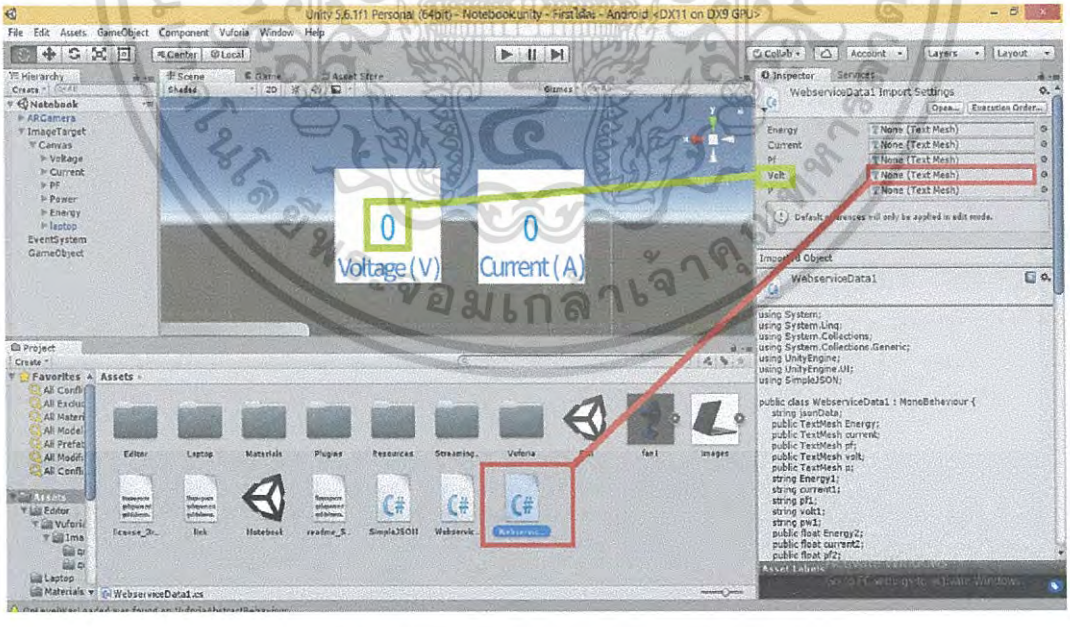
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ทำการแสดงผลโดยใช้คำสั่ง 3D Object -> Cube และ 3D Text



รูปที่ 3.20 การสร้าง Cube และ 3D Text เพื่อแสดงผล

10. นำโค้ดที่เขียนโดยภาษาซีมาแสดงค่าที่วัดค่าทางไฟฟ้าได้ โดยแสดงผลในคำสั่ง 3D Text



รูปที่ 3.21 การแสดงผลผ่านทาง 3D Text

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 หลักการแสดงผลแบบส่งสัญญาณ IOT

1. กระบวนการที่หนึ่ง คือออกแบบสร้างเว็บไซต์บน Fireboard Thinkspeak.com

2. กระบวนการที่สอง คือ เขียนคำสั่งการส่งค่าจากโมดูล Wi-Fi ESP8266-12E Node MCU

รูปที่ 3.22 การแสดงผลจากการส่งสัญญาณ IOT ขึ้นเว็บไซต์

3.6 หลักการทำงานของการออกแบบซอฟต์แวร์

1. กระบวนการที่หนึ่ง คือ กระบวนการตรวจจับวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้า ในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่รับค่า สัญญาณกระแสและวงจรตรวจจับแรงดันไฟฟ้า โดยผ่านเข้ามาทางโมดูล PZEM-004T

2. กระบวนการที่สอง คือ การวัดโดยใช้โมดูล PZEM-004T ประมวลหาค่าพลังงานไฟฟ้า และ การประมวลค่าผ่านไมโครคอนโทรเลอร์เพื่อเปลี่ยนเป็นค่าที่ทำการ ปรับเทียบเรียบร้อย

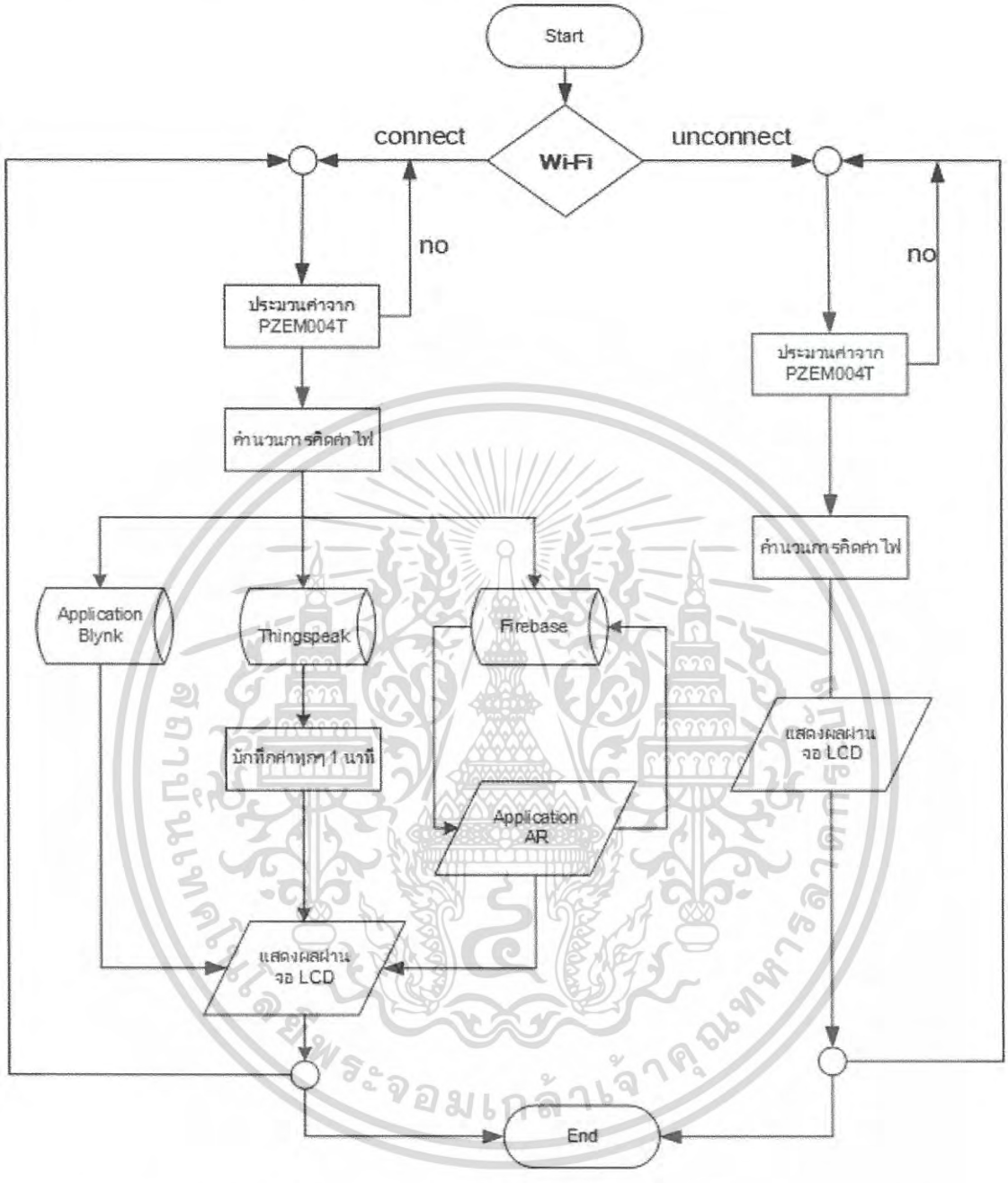
3. กระบวนการที่สาม คือ การแสดงผลทางจอแสดงผลแอลซีดี ในส่วนนี้จะทำหน้าที่แสดง ผลลัพธ์ที่ไมโครคอนโทรเลอร์ประมวลผลการปรับเทียบแล้วนั้นมาแสดงผลค่าของพลังงานไฟฟ้าผ่านทางหน้าจอแสดงผลแอลซีดี

4. กระบวนการที่สี่ คือ การส่งข้อมูลผ่านสัญญาณ Wi-Fi จากโมดูล Wi-Fi ESP8266-12E Node MCUเพื่อแสดงผลออกทางหน้าจอสมาร์ตโฟน

5. กระบวนการที่ห้า คือ การบันทึกข้อมูลลงในการ์ดหน่วยความจำ ในส่วนนี้การ์ดหน่วยความจำจะบันทึกค่าพลังงานลงไปซึ่งมีค่าของแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าจริง กำลังไฟฟ้าปรากฏ กำลังไฟฟ้าเสมือน ค่าความถี่ ค่าตัวประกอบกำลัง ซึ่งจะบันทึกค่าทุก 1 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 โครงสร้างการทำงานของซอฟต์แวร์เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า 1 เฟส



รูปที่ 3.23 แผนผังขั้นตอนการทำงานของเครื่องวัดพลังงานและคุณภาพไฟฟ้า 1 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

4.1 บทนำ

ในปริญญานิพนธ์บทนี้จะอธิบายถึงวิธีการทดสอบและบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าที่วัดได้จากเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า 1 เฟส โดยใช้โมดูล PZEM004T โดยจะทำการทดสอบความแม่นยำและทดสอบหาความเที่ยงตรง ในการทำงานของเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าชนิด 1 เฟส โดยใช้โหลดหลอดอินแคนเดสเซนต์ จำนวน 10 หลอด เปรียบเทียบค่ากับเครื่องวัดมาตรฐานเพาเวอร์มิเตอร์ ยี่ห้อ Metrix รุ่น PX110 เพื่อสอบหาค่าความแม่นยำของเครื่องวัดที่จัดทำขึ้น โดยมีรายละเอียดการทดสอบดังต่อไปนี้

สมการหาค่าเฉลี่ย $\overline{X} = \frac{X_1+X_2+\cdots+X_n}{n}$ (4.1)

เมื่อ X คือ ค่าเฉลี่ย

$X_1 + X_2 + \cdots + X_n$ = คือ ค่าพลังงานที่วัดได้

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

สมการค่าความผิดพลาด $error(\%) = \left|\frac{\overline{X}-X}{X}\right| \times 100\%$ (4.2)

เมื่อ error (%) คือ ค่าความผิดพลาด

$\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ย

X คือ ค่าอ้างอิง

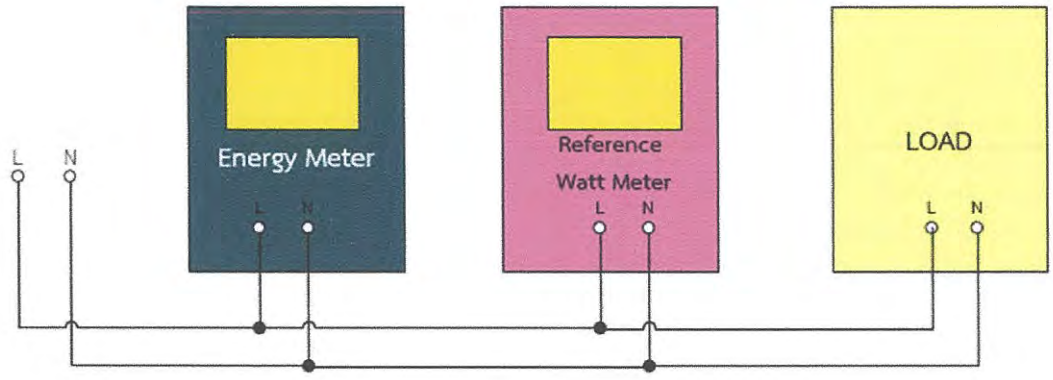
4.2 การทดสอบหาค่าหาค่าความแม่นยำเครื่องวัด

การทดสอบโดยนำเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าต่อเข้ากับหลอดอินแคนเดสเซนต์ที่เตรียมไว้

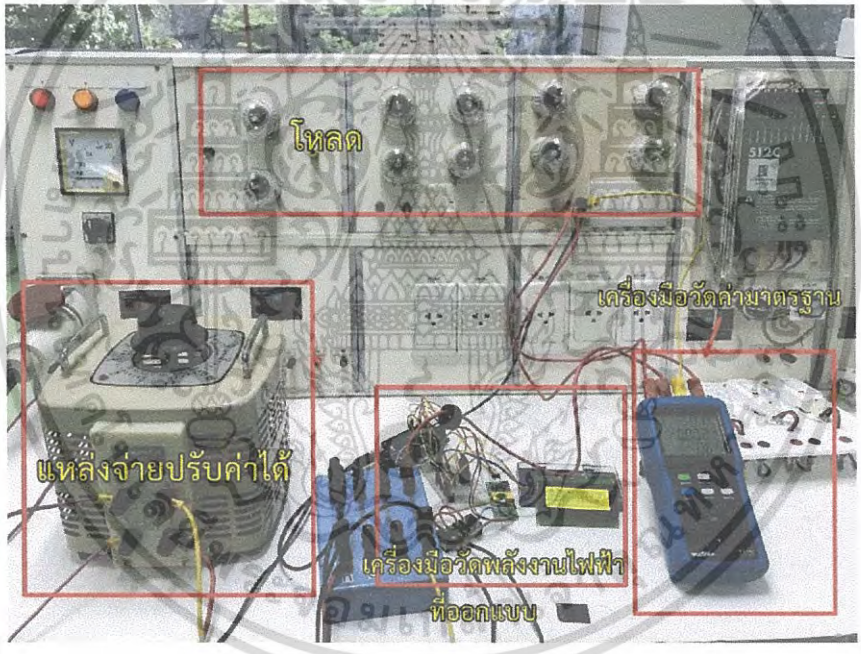
4.2.1 การทดสอบหาค่าปรับเทียบแรงดันไฟฟ้า

การต่อใช้งานจริงของการทดสอบหาค่าปรับเทียบแรงดันไฟฟ้าโดยปรับค่าแรงดันไฟฟ้าที่ แหล่งจ่ายปรับค่าได้ให้มีค่าแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามลำดับดังค่าในตารางที่ 4.1 แล้วแต่เรากำหนดโดย อ่านค่าแรงดันไฟฟ้าที่เราทำการปรับจากเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้ามาตรฐานแล้วอ่านค่าเครื่องวัดที่ออกแบบผ่านทางจอ LCD นำแรงดันไฟฟ้าระหว่างเครื่องวัดแรงดันมาตรฐานและเครื่องวัดที่ออกแบบมาเปรียบเทียบเพื่อหาค่าความ ผิดพลาดของเครื่องวัดที่ออกแบบว่าแรงดันไฟฟ้าที่อ่านได้นั้นมีความผิดเพี้ยนไปจากค่าแรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 วงจรปรับเทียบแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 4.2 การต่ออุปกรณ์ปรับเทียบแรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 การหาค่าความแม่นยำของแรงดันไฟฟ้าของหลอดอินแคนเดสเซนต์

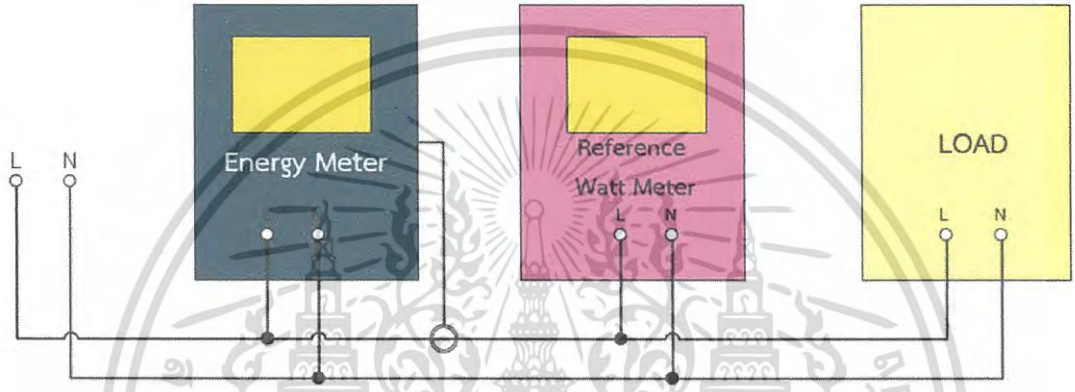
ตารางเก็บค่าแรงดันไฟฟ้า (โวลต์)						
ค่าแรงดันอ้างอิง	เครื่องมือวัดที่ออกแบบ				เครื่องวัดมาตรฐาน	ค่าความผิดพลาดร้อยละ
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		
100	99.4	99.5	99.6	99.5	100.0	-0.5
110	109.9	109.8	110.1	109.9333	110.3	-0.3325
120	120.2	119.9	120.1	120.0667	120.1	-0.0277
130	130.6	130.7	130.5	130.6	130.6	0
140	140.9	139.9	140.1	140.3	140.7	-0.2843
150	150.2	150	149.9	150.0333	150.0	0.0222
160	160.3	160.2	160.4	160.3	160.0	0.1875
170	170.3	170.6	170.5	170.4667	170.0	0.2745
180	180.7	180.9	180.6	180.7333	180.0	0.4074
190	190.8	190.5	190.7	190.6667	190.4	0.1401
200	201	200.7	200.9	200.8667	200.0	0.4334
210	211.3	211.2	211.1	211.2	210.0	0.5714
220	221.3	221.4	221.5	221.4	220.0	0.6364
					ค่าเฉลี่ย	0.1176

จากตารางที่ 4.1 จากผลการทดสอบการอ่านค่าของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าเมื่อเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐานปรากฏว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยของค่าแรงดันไฟฟ้าร้อยละ 0.1176

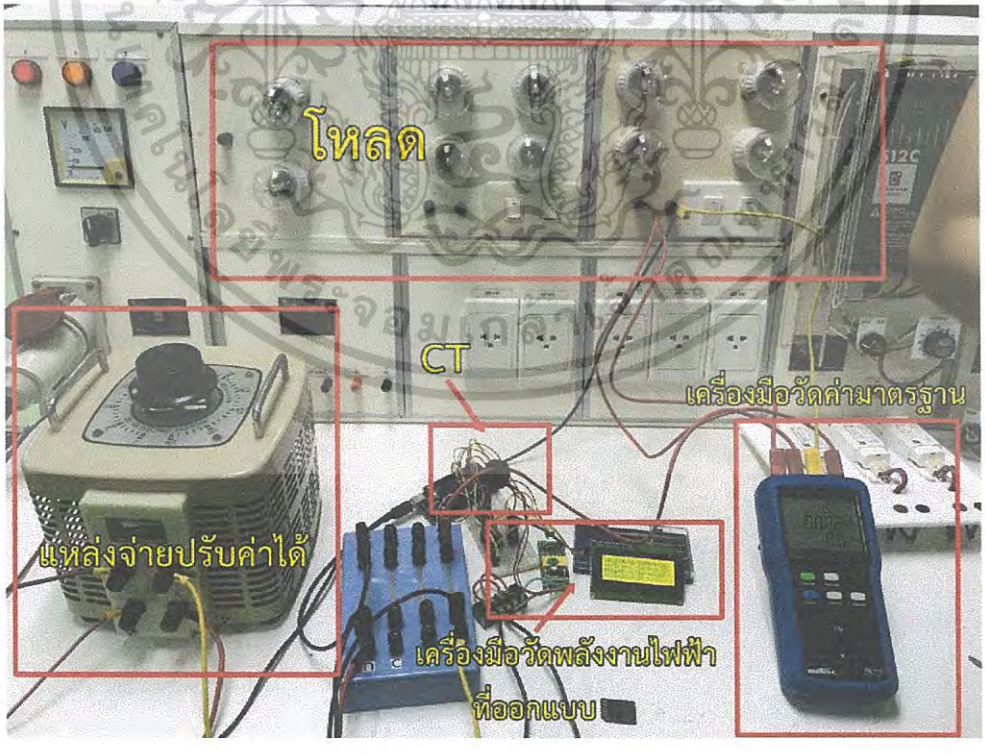
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การทดสอบหาค่าความแม่นยำของกระแสไฟฟ้า

การทดสอบหาค่าความแม่นยำของกระแสไฟฟ้าโดยปรับค่ากระแสไฟฟ้า โดยจะทำการเพิ่มจำนวนหลอดขึ้นเรื่อยๆดังตารางที่ 4.2 แล้วอ่านค่ากระแสไฟฟ้าที่เราทำการปรับจากเครื่องวัดกระแสไฟฟ้ามาตรฐานและเครื่องวัดที่ออกแบบผ่านทางจอ LCD และสามารถนำกระแสไฟฟ้าระหว่างเครื่องวัดกระแสไฟฟ้ามาตรฐานและเครื่องวัดที่ออกแบบมาเปรียบเทียบเพื่อหาค่าความ ผิดพลาดของเครื่องวัดที่ออกแบบว่ากระแสไฟฟ้าที่อ่านได้นั้นมีความผิดเพี้ยนไปจากค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องวัดกระแสไฟฟ้ามาตรฐานมากน้อยเท่าไหร่ดังรูปที่ 4.4 โดยแรงดันที่ใช้ในการทดลองคือ 220-230 โวลต์



รูปที่ 4.3 วงจรค่าความแม่นยำของกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 4.4 การต่ออุปกรณ์หาค่าความแม่นยำของกระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การหาค่าความแม่นยำของกระแสไฟฟ้าของหลอดอินแคนเดสเซนต์

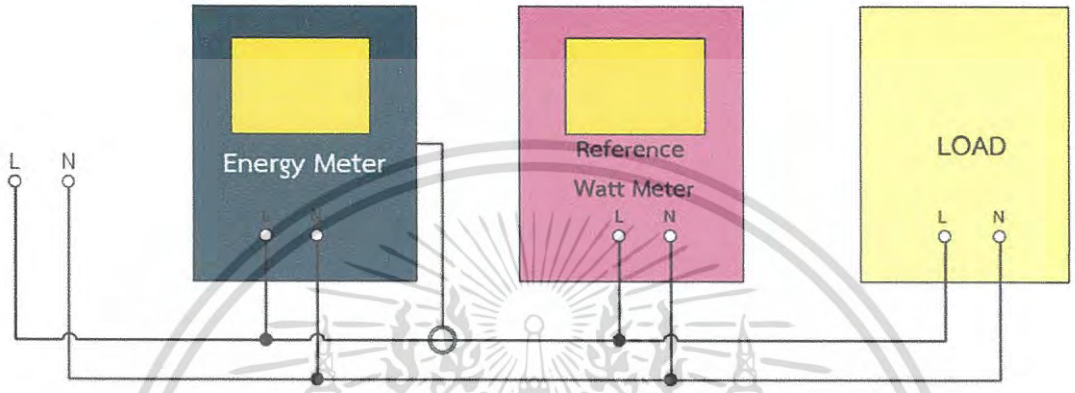
ตารางเก็บค่ากระแสไฟฟ้า						
จำนวนหลอดไฟ	เครื่องมือวัดที่ออกแบบ				กระแสไฟฟ้าอ้างอิง (แอมป์)	ค่าความผิดพลาดร้อยละ
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		
1	0.42	0.41	0.42	0.416667	0.422	-1.2637
2	0.87	0.87	0.88	0.873333	0.880	-0.7576
3	1.30	1.30	1.30	1.3	1.301	-0.0769
4	1.74	1.75	1.74	1.743333	1.744	-0.0383
5	2.15	2.15	2.15	2.15	2.150	0
6	2.61	2.61	2.61	2.61	2.600	0.3846
7	3.03	3.02	3.03	3.026667	3.010	0.5537
8	3.45	3.44	3.45	3.446667	3.43	0.4859
9	3.92	3.91	3.92	3.916667	3.90	0.4274
10	4.334	4.334	4.344	4.337333	4.32	0.4012
					ค่าเฉลี่ย	0.0116

จากตารางที่ 4.2 จากผลการทดสอบการอ่านค่าของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าเมื่อเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐานปรากฏว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยของค่ากระแสไฟฟ้าร้อยละ 0.0116

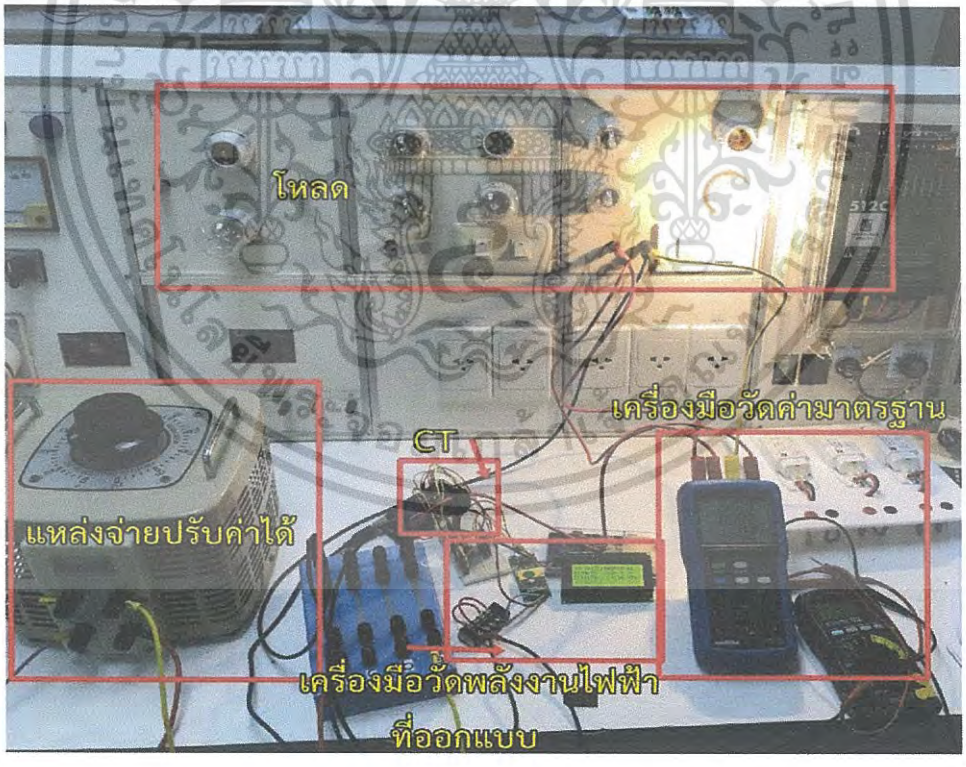
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การทดสอบหาค่าความแม่นยำของกำลังไฟฟ้าใช้งานจริง

ทดสอบโดยการต่อวงจรตามรูปที่ 4.5 เพื่อหาค่าความผิดพลาดในการวัดกำลังไฟฟ้าใช้งานจริง โดยการเพิ่มจำนวนหลอดขึ้นเรื่อยๆดังตารางที่ 4.3 แล้วอ่านค่ากำลังไฟฟ้าใช้งานจริงที่วัดได้จากเครื่องวัดมาตรฐาน และเครื่องวัดที่ออกแบบเทียบกันแล้วหาค่าความผิดพลาดของกำลังไฟฟ้าใช้งานจริงที่อ่านได้ว่ามีความผิดพลาดต่างกันมากเท่าใดโดยใช้ สมการที่ (4.2)



รูปที่ 4.5 วงจรหาค่าความแม่นยำของกำลังไฟฟ้าใช้งานจริง



รูปที่ 4.6 การต่ออุปกรณ์หาค่าความแม่นยำของกำลังไฟฟ้าใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การหาค่าความแม่นยำของกำลังไฟฟ้าใช้งานจริงของหลอดอินแคนเดสเซนต์

ตารางเก็บค่ากำลังไฟฟ้าจริง						
จำนวนหลอดไฟ	เครื่องมือวัดที่ออกแบบ				กำลังไฟฟ้าอ้างอิง (วัตต์)	ค่าความผิดพลาดร้อยละ
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		
1	93	94	92	93	92.3	0.7584
2	193	194	192	193	193.5	-0.2584
3	287	288	287	287.3333	285.1	0.7833
4	393	386	385	388	381.9	1.5973
5	473	472	473	472.6667	466.6	1.3002
6	573	574	575	574	564.6	1.6649
7	663	664	663	663.3333	653.4	1.5202
8	755	753	752	753.3333	741.4	1.6096
9	865	866	865	865.3333	852.2	1.5411
10	963	964	965	964	947.7	1.7199
					ค่าเฉลี่ย	1.2237

จากตารางที่ 4.3 จากผลการทดสอบการอ่านค่าของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าเมื่อเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐานปรากฏว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยของค่ากำลังไฟฟ้าจริงร้อยละ 1.2237

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 การทดสอบหาค่าความแม่นยำของกำลังไฟฟ้าปรากฏ

ทดสอบโดยการต่อวงจรตามรูปที่ 4.6 เพื่อหาค่าความผิดพลาดในการวัดกำลังไฟฟ้าปรากฏโดยการเพิ่มจำนวนหลอดขึ้นเรื่อยๆดังตารางที่ 4.4 แล้วอ่านค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏที่วัดได้จากเครื่องวัดมาตรฐานและเครื่องวัดที่ออกแบบเทียบกันแล้วหาค่าความผิดพลาดของกำลังไฟฟ้าใช้งานจริงที่อ่านได้ว่ามีความผิดพลาดต่างกันมากเท่าใดโดยใช้สมการที่ (4.2)

ตารางที่ 4.4 การหาค่าความแม่นยำของกำลังไฟฟ้าปรากฏของหลอดอินแคนเดสเซนต์

ตารางเก็บค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ						
จำนวนหลอดไฟ	เครื่องมือวัดที่ออกแบบ				กำลังไฟฟ้าปรากฏอ้างอิง (โวลต์แอมป์)	ค่าความผิดพลาดร้อยละ
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		
1	90.61	92.82	92.86	92.09667	92.9	-0.8647
2	194.58	194.74	192.53	193.95	193.5	0.2326
3	287.43	286.91	287.3	287.2133	285.1	0.7412
4	382.5	383.3	383.15	382.9833	381.9	0.2837
5	471.21	469.99	470.85	470.6833	466.6	0.8751
6	571.59	571.85	572.11	571.85	564.6	1.2841
7	662.05	662.36	660.4	661.6033	653.4	1.2555
8	750.95	752.76	749.58	751.0967	741.4	1.3079
9	863.97	861.57	862.4	862.6467	852.2	1.2259
10	959.96	961.31	960.39	960.5533	947.7	1.3563
					ค่าเฉลี่ย	0.7697

จากตารางที่ 4.4 จากผลการทดสอบการอ่านค่าของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าเมื่อเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐานปรากฏว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยของค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏร้อยละ 0.7697

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 การทดสอบหาค่าความแม่นยำของกำลังไฟฟ้าเสมือน

ทดสอบโดยการต่อวงจรตามรูปที่ 4.6 เพื่อหาค่าความผิดพลาดในการวัดกำลังไฟฟ้าเสมือนโดยการเพิ่มค่าแรงดันไฟฟ้าขึ้นเรื่อยๆเรื่อยๆดังตารางที่ 4.5 แล้วอ่านค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนที่วัดได้จากเครื่องวัดมาตรฐานและเครื่องวัดที่ออกแบบเทียบกันแล้วหาค่าความผิดพลาดของกำลังไฟฟ้าเสมือนที่อ่านได้ว่ามีความผิดพลาดต่างกันมากเท่าใดโดยใช้สมการที่ (4.2)

ตารางที่ 4.5 การหาค่าความแม่นยำของกำลังไฟฟ้าเสมือน

ตารางเก็บค่ากำลังไฟฟ้าเสมือน						
แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	เครื่องมือวัดที่ออกแบบ				กำลังไฟฟ้าเสมือนอ้างอิง (วาร์)	ค่าความผิดพลาดร้อยละ
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		
130	38.54	38.87	40.22	39.21	39.9	-1.7293
140	45.86	45.92	45.92	45.9	46.2	-0.6494
150	52.01	51.97	52.04	52.00667	53.2	-2.2431
160	58.48	58.44	58.24	58.38667	60.7	-3.8111
170	67.24	67.32	67.10	67.22	69.5	-3.2806
180	76.08	76.17	76.12	76.12333	78.0	-2.4059
190	85.76	86.01	85.81	85.86	88.0	-2.4318
200	96.04	96.39	96.39	96.27333	99.4	-3.1455
210	106.9	107.0	106.8	106.9	111.9	-4.4682
220	122.8	123.0	122.8	122.8667	127.9	-3.9353
230	139.4	139.4	139.1	139.3	147.9	-5.8147
					ค่าเฉลี่ย	-3.0832

จากตารางที่ 4.5 จากผลการทดสอบการอ่านค่าของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าเมื่อเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐานปรากฏว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยของค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนร้อยละ -3.0832

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 การทดสอบหาค่าความแม่นยำของค่าตัวประกอบกำลัง

ทดสอบโดยการต่อวงจรตามรูปที่ 4.6 เพื่อหาค่าความผิดพลาดในการวัดค่าตัวประกอบกำลังเสมือนโดยการเพิ่มค่าแรงดันไฟฟ้าขึ้นเรื่อยๆเรื่อยๆดังตารางที่ 4.6 แล้วอ่านค่าตัวประกอบกำลังที่วัดได้จากเครื่องวัดมาตรฐานและเครื่องวัดที่ออกแบบเทียบกันแล้วหาค่าความผิดพลาดของค่าตัวประกอบกำลังที่อ่านได้ว่ามีความผิดพลาดต่างกันมากเท่าใดโดยใช้สมการที่ (4.2)

ตารางที่ 4.6 การหาค่าความแม่นยำของค่าตัวประกอบกำลัง

ตารางเก็บค่าตัวประกอบกำลัง						
แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	เครื่องมือวัดที่ออกแบบ				ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าความผิดพลาดร้อยละ
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		
130	0.27	0.28	0.28	0.2767	0.14	97.6190
140	0.23	0.24	0.24	0.2367	0.14	69.0476
150	0.22	0.22	0.22	0.22	0.14	57.1429
160	0.23	0.21	0.21	0.2167	0.14	54.7619
170	0.21	0.20	0.21	0.2067	0.14	47.6190
180	0.20	0.20	0.20	0.2	0.14	42.8571
190	0.19	0.20	0.19	0.1933	0.14	38.0952
200	0.19	0.20	0.19	0.1933	0.15	28.8889
210	0.19	0.18	0.19	0.1867	0.15	24.4444
220	0.19	0.18	0.19	0.1867	0,15	24.4444
230	0.19	0.19	0.20	0.1933	0.16	20.8333
					ค่าเฉลี่ย	45.9776

จากตารางที่ 4.6 จากผลการทดสอบการอ่านค่าของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าเมื่อเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐานปรากฏว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยของค่าตัวประกอบกำลังร้อยละ 45.9776

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดสอบการบันทึกข้อมูลลงการ์ดความจำ

การบันทึกข้อมูลลงในการ์ดความจำจะบันทึกค่าพลังงานทุกๆ 1 นาที โดยจะบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า เวลา ค่ากำลังไฟฟ้าจริง ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ และค่าไฟ เพื่อที่จะนำข้อมูลพลังงานที่ถูกบันทึกไว้นั้นมาหาแนวทางในการลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น ในการบันทึกข้อมูลจะแสดงดังรูปที่ 4.7

	A	B	C	D	E	F
1	Timestamp	v	i	p	s	unit kwh
2	Sat Mar 24 2018 09:06:08 GMT+0000 (UTC)	230	150	20	34	0
3	Sat Mar 24 2018 09:05:48 GMT+0000 (UTC)	230	140	16	30	0
4	Sat Mar 24 2018 09:05:46 GMT+0000 (UTC)	231	130	14	32	0
5	Sat Mar 24 2018 09:05:39 GMT+0000 (UTC)	231	120	21	30	0
6	Sat Mar 24 2018 09:05:34 GMT+0000 (UTC)	231	120	17	27	0
7	Sat Mar 24 2018 09:05:30 GMT+0000 (UTC)	230	130	14	27	0
8	Sat Mar 24 2018 09:05:27 GMT+0000 (UTC)	231	170	14	30	0
9	Sat Mar 24 2018 09:05:22 GMT+0000 (UTC)	231	130	15	39	0
10	Sat Mar 24 2018 09:05:11 GMT+0000 (UTC)	231	180	27	30	0
11	Sat Mar 24 2018 09:05:06 GMT+0000 (UTC)	231	120	16	41	0
12	Sat Mar 24 2018 09:04:48 GMT+0000 (UTC)	231	120	15	30	0
13	Sat Mar 24 2018 09:04:45 GMT+0000 (UTC)	230	120	15	27	0
14	Sat Mar 24 2018 09:04:07 GMT+0000 (UTC)	230	120	15	27	0
15	Sat Mar 24 2018 09:01:46 GMT+0000 (UTC)	230	160	14	27	0
16	Sat Mar 24 2018 09:01:32 GMT+0000 (UTC)	231	150	17	25	0

รูปที่ 4.7 การบันทึกข้อมูลลงการ์ดความจำ

4.4 การทดสอบเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าจากการใช้งานจริง

4.4.1 การติดตั้งเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าในการใช้งานจริง

เครื่องใช้ไฟฟ้าที่นำมาทดลอง ได้เลือกใช้ เครื่องคอมพิวเตอร์เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก ทั้งยังมีการใช้งานที่สามารถทำได้ในหลายช่วงเวลา โดยทำการติดตั้งเพื่อเก็บบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าตามเวลาที่ใช้งาน ซึ่งมีการจะเก็บบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าทุกๆ 1 นาที โดยมีค่าพลังงานไฟฟ้าที่เก็บบันทึกดังนี้

รูปที่ 4.8 การต่อใช้งานอุปกรณ์จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ผลการทดสอบเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าจากการใช้งานจริง

ตารางที่ 4.7 การบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าอุปกรณ์โน้ตบุ๊ก

Date & time	V (v)	I (A)	P (w)	unit	S (VA)	pf	Q (Var)
05/04/2018 21:05:46	211.7	0.2	24	16	42.34	0.57	34.88
05/04/2018 21:06:20	211.7	0.2	29	17	42.34	0.68	30.85
05/04/2018 21:06:53	211.3	0.2	22	17	42.26	0.52	36.08
05/04/2018 21:07:25	211.4	0.23	20	17	48.62	0.41	44.32
05/04/2018 21:07:58	211.7	0.16	20	17	33.87	0.59	27.34
05/04/2018 21:08:31	211.9	0.2	18	17	42.38	0.42	38.37
05/04/2018 21:09:06	211.8	0.17	27	18	36.01	0.75	23.82
05/04/2018 21:09:39	211.5	0.16	19	18	33.84	0.56	28
05/04/2018 21:10:12	211.9	0.16	18	18	33.9	0.53	28.73
05/04/2018 21:10:46	212.1	0.17	19	18	36.06	0.53	30.64
05/04/2018 21:11:18	211.8	0.16	18	19	33.89	0.53	28.71
05/04/2018 21:11:51	211.9	0.16	18	19	33.9	0.53	28.73
05/04/2018 21:12:25	211.8	0.15	20	19	31.77	0.63	24.68
05/04/2018 21:12:59	211.8	0.15	19	19	31.77	0.6	25.46
05/04/2018 21:13:33	211.6	0.18	17	19	38.09	0.45	34.08
05/04/2018 21:14:07	211.8	0.19	24	20	40.24	0.6	32.3
05/04/2018 21:14:41	211.7	0.15	19	20	31.76	0.6	25.44
05/04/2018 21:15:16	211.5	0.17	17	20	35.96	0.47	31.68
05/04/2018 21:15:49	211.6	0.14	16	20	29.62	0.54	24.93
05/04/2018 21:16:23	211.5	0.16	21	20	33.84	0.62	26.54
05/04/2018 21:16:57	211.4	0.2	24	21	42.28	0.57	34.81
05/04/2018 21:17:30	211.4	0.2	28	21	42.28	0.66	31.68
05/04/2018 21:18:04	211.4	0.2	27	21	42.28	0.64	32.54
05/04/2018 21:18:37	211.7	0.22	27	21	46.57	0.58	37.95
05/04/2018 21:19:12	211.2	0.2	24	22	42.24	0.57	34.76
05/04/2018 21:19:48	211.6	0.2	25	22	42.32	0.59	34.15
05/04/2018 21:20:21	211.7	0.18	26	22	38.11	0.68	27.86

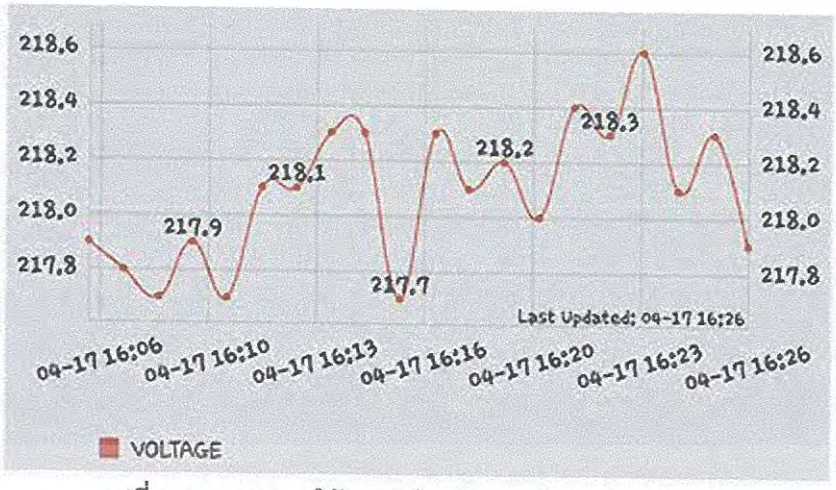
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

05/04/2018 21:20:56	210.8	0.18	23	22	37.94	0.61	30.18
05/04/2018 21:21:28	210.5	0.18	27	22	37.89	0.71	26.58
05/04/2018 21:22:04	210.1	0.18	23	23	37.82	0.61	30.02
05/04/2018 21:22:42	210.2	0.18	18	23	37.84	0.48	33.28
05/04/2018 21:23:09	210.2	0.18	24	23	37.84	0.63	29.25
05/04/2018 21:23:42	210.6	0.14	24	23	29.48	0.81	17.13
05/04/2018 21:24:14	211.4	0.19	22	23	40.17	0.55	33.61
05/04/2018 21:24:48	211.1	0.14	16	24	29.55	0.54	24.85
05/04/2018 21:25:22	211.4	0.16	25	24	33.82	0.74	22.78
05/04/2018 21:25:58	211.6	0.15	16	24	31.74	0.5	27.41
05/04/2018 21:26:34	211.3	0.16	16	24	33.81	0.47	29.78
05/04/2018 21:27:07	211	0.15	22	24	31.65	0.7	22.75
05/04/2018 21:27:42	210.9	0.14	17	25	29.53	0.58	24.14
05/04/2018 21:28:17	210.4	0.17	16	25	35.77	0.45	31.99
05/04/2018 21:28:50	210.7	0.12	16	25	25.28	0.63	19.58
05/04/2018 21:29:23	210.6	0.12	22	25	25.27	0.87	12.44
05/04/2018 21:29:55	210.7	0.13	14	25	27.39	0.51	23.54
05/04/2018 21:30:31	210.9	0.13	17	25	27.42	0.62	21.51
05/04/2018 21:31:04	210.7	0.11	17	26	23.18	0.73	15.75
05/04/2018 21:31:39	210.8	0.11	14	26	23.19	0.6	18.48
05/04/2018 21:32:12	211.2	0.15	18	26	31.68	0.57	26.07
05/04/2018 21:32:47	211.5	0.13	12	26	27.49	0.44	24.74
05/04/2018 21:33:22	211.4	0.11	19	26	23.25	0.82	13.41
05/04/2018 21:33:56	210.9	0.11	14	26	23.2	0.6	18.5
06/04/2018 02:39:17	212.9	0.2	18	49	42.58	0.42	38.59
06/04/2018 02:39:49	212.9	0.16	17	49	34.06	0.5	29.52
06/04/2018 02:40:23	213.1	0.16	26	49	34.1	0.76	22.06
06/04/2018 02:40:56	213.2	0.16	19	49	34.11	0.56	28.33
06/04/2018 02:41:28	213.2	0.15	19	50	31.98	0.59	25.72
06/04/2018 02:42:00	212.9	0.17	18	50	36.19	0.5	31.4
06/04/2018 02:42:33	213.2	0.19	17	50	40.51	0.42	36.77
06/04/2018 02:43:09	212.8	0.21	24	50	44.69	0.54	37.7

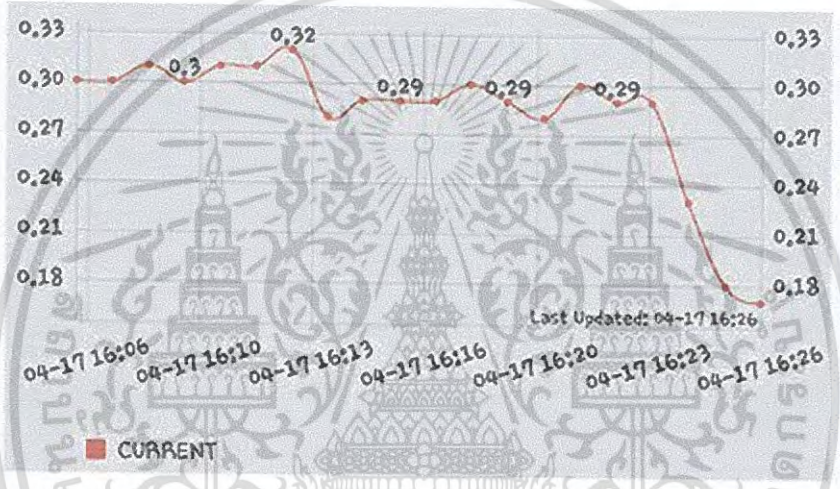
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

06/04/2018 02:43:40	213.1	0.18	16	50	38.36	0.42	34.86
06/04/2018 02:44:13	212.9	0.14	16	51	29.81	0.54	25.15
06/04/2018 02:44:47	213.5	0.16	20	51	34.16	0.59	27.69
06/04/2018 02:45:29	213.1	0.14	16	51	29.83	0.54	25.18
06/04/2018 02:45:57	213.2	0.16	29	51	34.11	0.85	17.96
06/04/2018 02:46:29	213.5	0.18	19	51	38.43	0.49	33.4
06/04/2018 02:47:07	213.8	0.21	23	52	44.9	0.51	38.56
06/04/2018 02:47:42	213.7	0.16	17	52	34.19	0.5	29.67
06/04/2018 02:48:17	213.8	0.17	23	52	36.35	0.63	28.14
06/04/2018 02:48:49	214	0.16	19	52	34.24	0.55	28.48
06/04/2018 02:49:23	213.6	0.17	27	52	36.31	0.74	24.28
06/04/2018 02:49:57	213.2	0.18	26	53	38.38	0.68	28.23
06/04/2018 02:50:32	213	0.16	24	53	34.08	0.7	24.2
06/04/2018 02:51:07	213.4	0.2	24	53	42.68	0.56	35.29
06/04/2018 02:51:40	213.7	0.21	18	53	44.88	0.4	41.11
06/04/2018 02:52:15	213.4	0.2	19	54	42.68	0.45	38.22
06/04/2018 02:52:44	213.9	0.15	18	54	32.08	0.56	26.56
06/04/2018 02:53:19	213.9	0.14	16	54	29.95	0.53	25.31
06/04/2018 02:53:51	212.9	0.15	16	54	31.93	0.5	27.64
06/04/2018 02:54:26	212.7	0.17	17	54	36.16	0.47	31.91
06/04/2018 02:54:59	212.9	0.14	16	54	29.81	0.54	25.15
06/04/2018 02:55:32	213.3	0.14	20	55	29.86	0.67	22.18
06/04/2018 02:56:04	213.1	0.16	25	55	34.1	0.73	23.18
06/04/2018 02:56:37	213.7	0.19	20	55	40.6	0.49	35.34
06/04/2018 02:57:12	213.9	0.19	21	55	40.64	0.52	34.79
06/04/2018 02:57:44	213.9	0.14	26	55	29.95	0.87	14.86
06/04/2018 02:58:19	213.2	0.19	17	56	40.51	0.42	36.77
06/04/2018 02:58:55	214	0.17	16	56	36.38	0.44	32.67
06/04/2018 02:59:30	214.3	0.14	22	56	30	0.73	20.4
06/04/2018 03:00:06	214.2	0.15	16	56	32.13	0.5	27.86
06/04/2018 03:00:37	213.6	0.19	22	56	40.58	0.54	34.1
06/04/2018 03:01:11	211.7	0.18	22	56	38.11	0.58	31.11

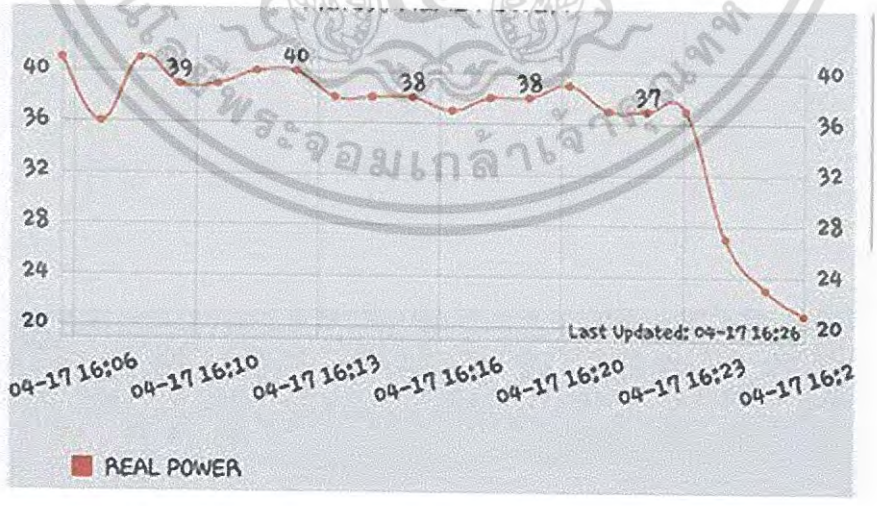
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 กราฟการใช้แรงดันไฟฟ้าจากเว็บไซต์ของโน้ตบุ๊ก

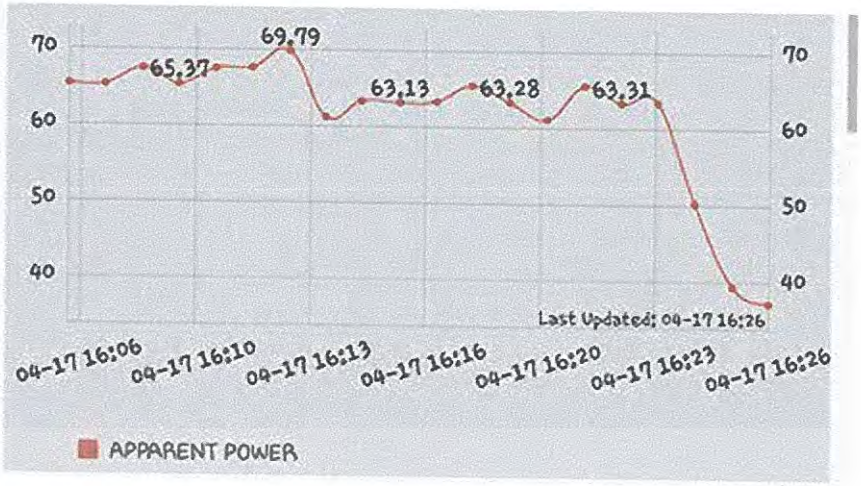


รูปที่ 4.10 กราฟการใช้กระแสจากเว็บไซต์ของโน้ตบุ๊ก

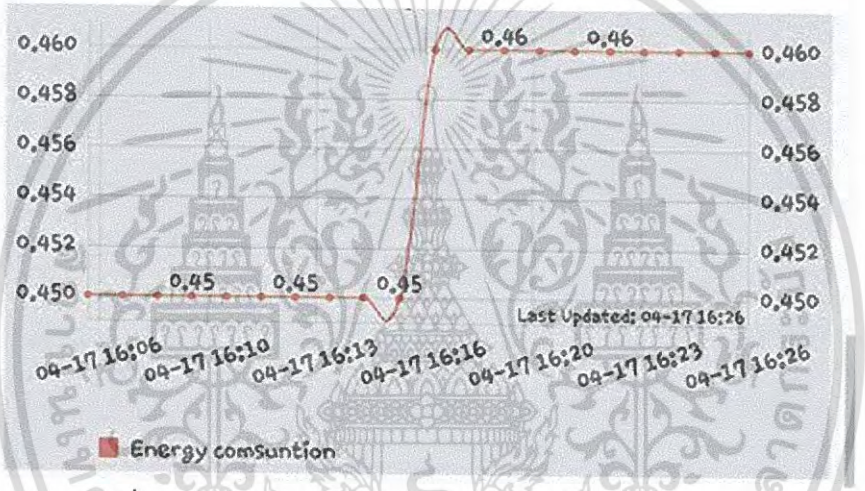


รูปที่ 4.11 กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าจริงจากเว็บไซต์ของโน้ตบุ๊ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



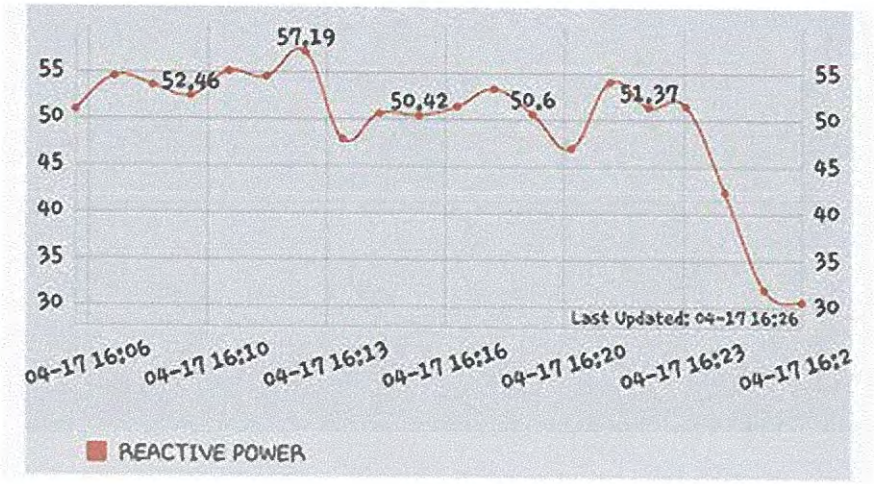
รูปที่ 4.12 กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าปรากฏจากเว็บไซต์ของโน้ตบุ๊ก



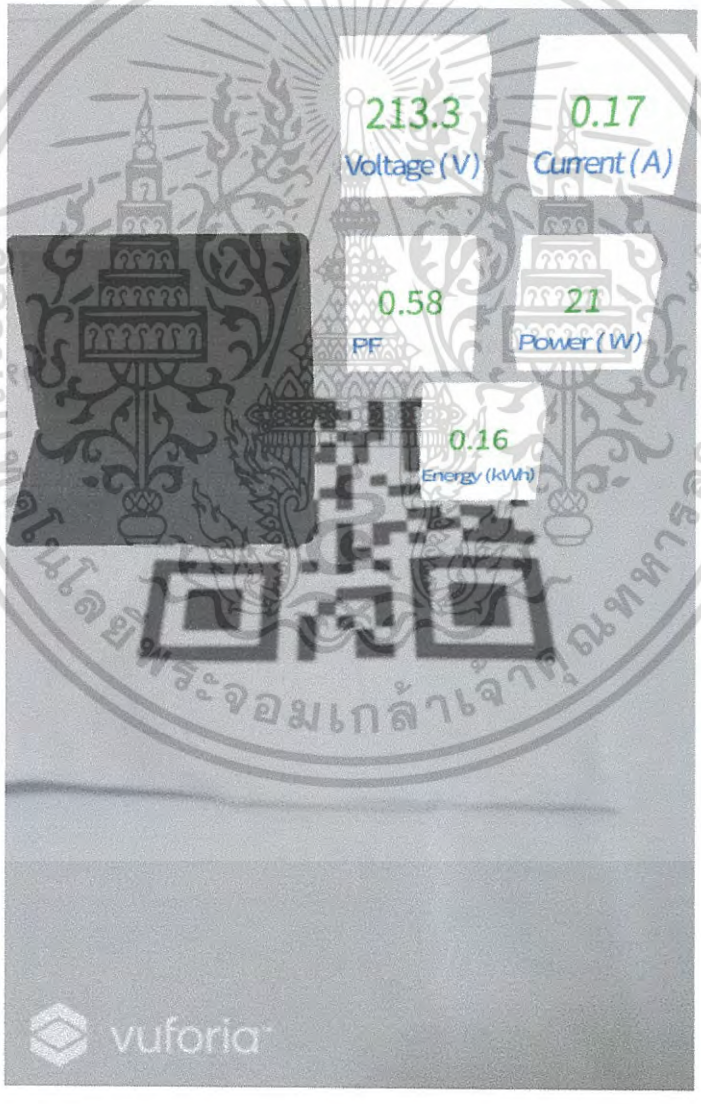
รูปที่ 4.13 กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเว็บไซต์ของโน้ตบุ๊ก

รูปที่ 4.14 กราฟค่าตัวประกอบกำลังจากเว็บไซต์ของโน้ตบุ๊ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 กราฟค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนจากเว็บไซต์ของโน้ตบุ๊ก



รูปที่ 4.16 ค่าพลังงานไฟฟ้าจากแอปพลิเคชัน AR บน Android แบบเรียลไทม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 การบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าอุปกรณ์พัดลม

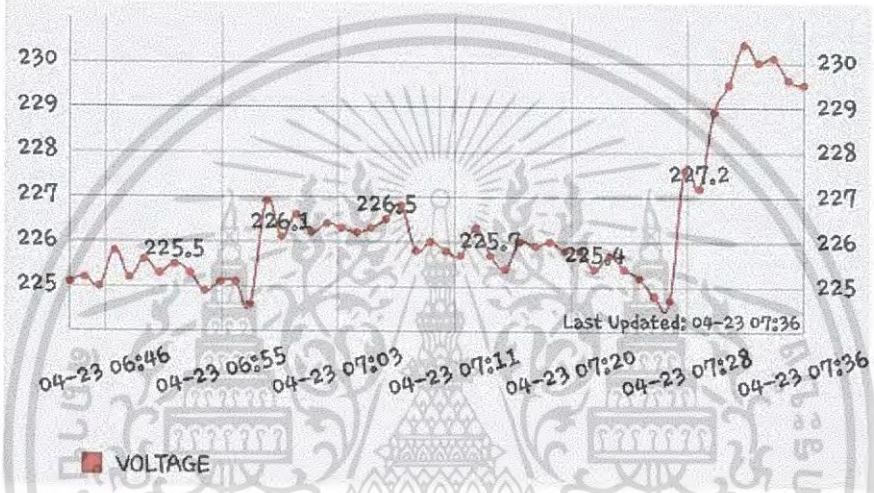
Date & Time	V (v)	I (A)	P (W)	Unit (kwh)	S (VA)	pf	Q (Var)
23/04/18 01:46:41	222.6	0.2	42.5	0.69	43.41	0.98	8.83
23/04/18 01:47:45	222.3	0.21	43.5	0.69	45.57	0.95	13.58
23/04/18 01:48:52	222.8	0.2	41.5	0.69	43.45	0.96	12.86
23/04/18 01:49:58	222	0.21	42.5	0.69	45.51	0.93	16.28
23/04/18 01:51:01	221.3	0.2	41.5	0.69	43.15	0.96	11.83
23/04/18 01:52:07	220.8	0.2	41.5	0.69	43.06	0.96	11.47
23/04/18 01:53:12	220.8	0.2	41.5	0.69	43.06	0.96	11.47
23/04/18 01:54:18	221.2	0.2	42.5	0.69	43.13	0.99	7.37
23/04/18 01:55:21	221.3	0.2	41.5	0.69	43.15	0.96	11.83
23/04/18 01:56:27	221.1	0.2	42.5	0.69	43.11	0.99	7.25
23/04/18 01:57:33	223	0.2	42.5	0.69	43.49	0.98	9.2
23/04/18 01:58:37	223.2	0.2	42.5	0.69	43.52	0.98	9.39
23/04/18 01:59:40	223.2	0.2	41.5	0.69	43.52	0.95	13.12
23/04/18 02:00:44	223.8	0.21	43.5	0.69	45.88	0.95	14.58
23/04/18 02:01:47	223.3	0.2	42.5	0.69	43.54	0.98	9.48
23/04/18 02:02:51	223.2	0.21	43.5	0.69	45.76	0.95	14.19
23/04/18 02:03:55	223.4	0.2	42.5	0.7	43.56	0.98	9.56
23/04/18 02:05:01	223.5	0.2	43.5	0.7	43.58	1	2.68
23/04/18 02:06:06	222.7	0.21	41.5	0.7	45.65	0.91	19.03
23/04/18 02:07:13	222.9	0.21	41.5	0.7	45.69	0.91	19.12
23/04/18 02:08:16	222.9	0.2	42.5	0.7	43.47	0.98	9.11
23/04/18 02:09:23	222.8	0.2	43.5	0.7	43.45	0.93	16.79
23/04/18 02:10:28	222.7	0.2	42.5	0.7	43.43	0.98	8.92
23/04/18 02:11:32	223.2	0.21	43.5	0.7	45.76	0.95	14.19
23/04/18 02:12:35	222.6	0.21	42.5	0.7	45.63	0.93	16.62
23/04/18 02:13:40	223.2	0.21	42.5	0.7	45.76	0.93	16.95
23/04/18 02:14:47	222.9	0.2	41.5	0.7	43.47	0.95	12.92
23/04/18 02:15:50	223	0.2	42.5	0.7	43.49	0.98	9.2
23/04/18 02:16:53	222.7	0.21	43.5	0.7	45.65	0.95	13.86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

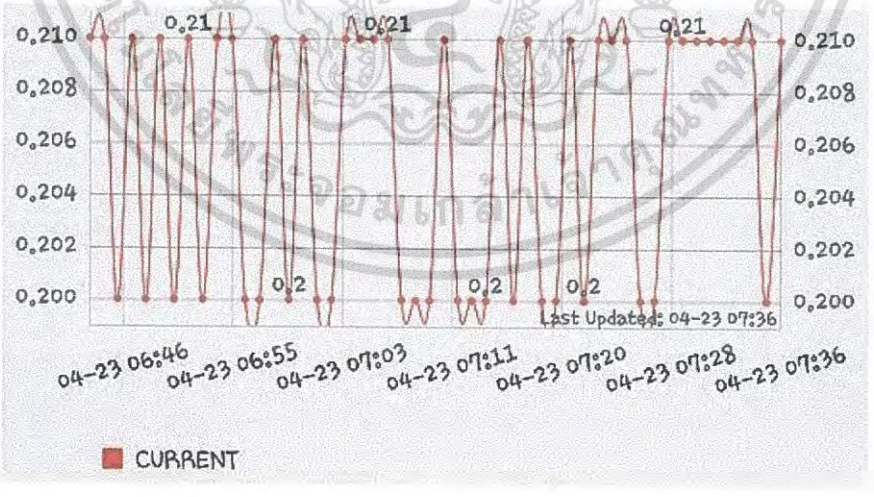
23/04/18 02:17:55	223.3	0.21	42.5	0.7	45.78	0.93	17.01
23/04/18 02:19:01	223.4	0.21	43.5	0.7	45.8	0.95	14.32
23/04/18 02:20:08	223.3	0.21	42.5	0.71	45.78	0.93	17.01
23/04/18 02:21:09	223.5	0.2	42.5	0.71	43.58	0.98	9.65
23/04/18 02:22:15	223.6	0.2	41.5	0.71	43.6	0.95	13.37
23/04/18 02:23:19	223.6	0.2	43.5	0.71	43.6	1	2.98
23/04/18 02:24:26	223.4	0.2	43.5	0.71	43.56	1	2.34
23/04/18 02:25:31	223.4	0.2	42.5	0.71	43.56	0.98	9.56
23/04/18 02:26:35	223.1	0.2	43.5	0.71	43.5	1	0.63
23/04/18 02:27:40	223.4	0.2	41.5	0.71	43.56	0.95	13.25
23/04/18 02:28:45	223.2	0.2	42.5	0.71	43.52	0.98	9.39
23/04/18 02:29:49	223.9	0.21	42.5	0.71	45.9	0.93	17.34
23/04/18 02:30:52	223.5	0.21	42.5	0.71	45.82	0.93	17.12
23/04/18 02:31:56	223.7	0.2	43.5	0.71	43.62	1	3.25
23/04/18 02:33:03	223.7	0.2	43.5	0.71	43.62	1	3.25
23/04/18 02:34:06	223.4	0.21	43.5	0.71	45.8	0.95	14.32
23/04/18 02:35:10	223.3	0.2	42.5	0.72	43.54	0.98	9.48
23/04/18 02:36:14	224	0.21	42.5	0.72	45.92	0.93	17.39
23/04/18 02:37:18	224.1	0.2	42.5	0.72	43.7	0.97	10.17
23/04/18 02:38:23	224.3	0.21	43.5	0.72	45.98	0.95	14.9
23/04/18 02:39:30	224	0.21	42.5	0.72	45.92	0.93	17.39
23/04/18 02:40:35	224.3	0.21	42.5	0.72	45.98	0.92	17.55
23/04/18 02:41:39	224.2	0.2	42.5	0.72	43.72	0.97	10.25
23/04/18 02:42:45	224.5	0.2	42.5	0.72	43.78	0.97	10.5
23/04/18 02:43:50	224.4	0.2	43.5	0.72	43.76	0.99	4.74
23/04/18 02:44:54	223.7	0.21	42.5	0.72	45.86	0.93	17.23
23/04/18 02:45:59	223.6	0.21	42.5	0.72	45.84	0.93	17.17
23/04/18 02:47:03	223.7	0.21	42.5	0.72	45.86	0.93	17.23
23/04/18 02:48:09	223.5	0.2	42.5	0.72	43.58	0.98	9.65
23/04/18 02:49:15	223.3	0.21	42.5	0.73	45.78	0.93	17.01
23/04/18 02:50:19	223.5	0.2	43.5	0.73	43.58	1	2.68
23/04/18 02:51:23	223.2	0.2	42.5	0.73	43.52	0.98	9.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

23/04/18 02:52:27	224	0.21	42.5	0.73	45.92	0.93	17.39
23/04/18 02:53:33	224.1	0.2	42.5	0.73	43.7	0.97	10.17
23/04/18 02:54:35	224.1	0.21	43.5	0.73	45.94	0.95	14.77
23/04/18 02:55:41	224.2	0.21	43.5	0.73	45.96	0.95	14.84
23/04/18 02:56:46	224.2	0.2	42.5	0.73	43.72	0.97	10.25
23/04/18 02:57:49	223.8	0.2	42.5	0.73	43.64	0.97	9.91
23/04/18 02:58:57	224.2	0.21	42.5	0.73	45.96	0.92	17.5

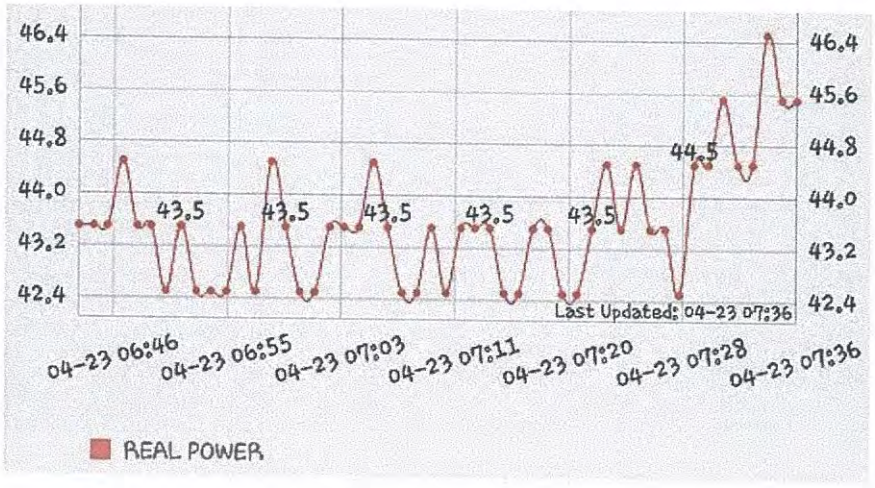


รูปที่ 4.17 กราฟการใช้แรงดันไฟฟ้าจากเว็บไซต์ของพัดลม

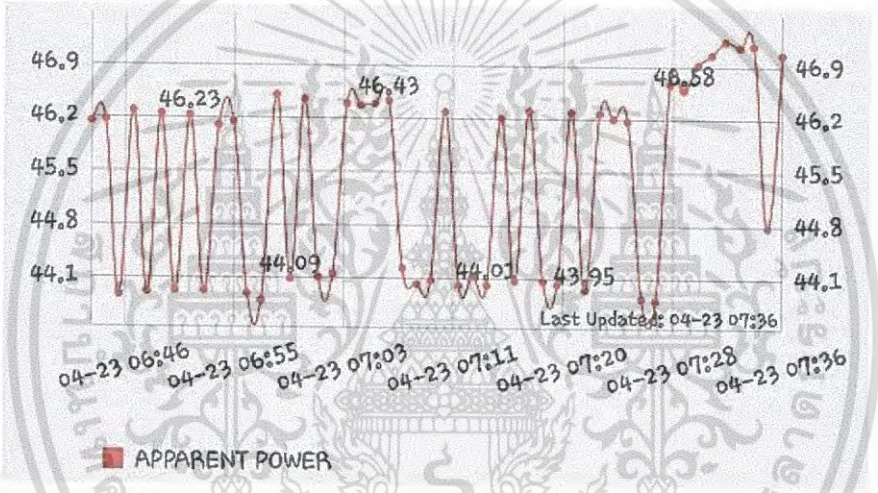


รูปที่ 4.18 กราฟการใช้กระแสจากเว็บไซต์ของพัดลม

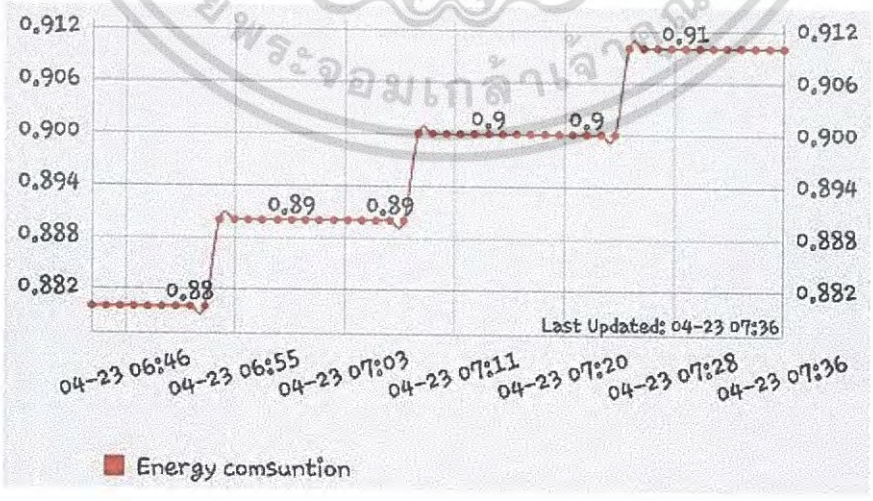
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าจริงจากเว็บไซต์ของพัดลม

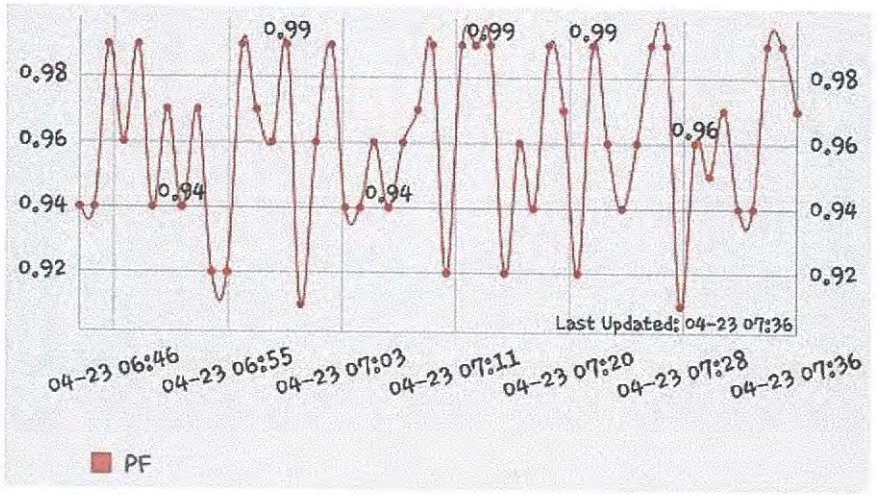


รูปที่ 4.20 กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าปรากฏจากเว็บไซต์ของพัดลม

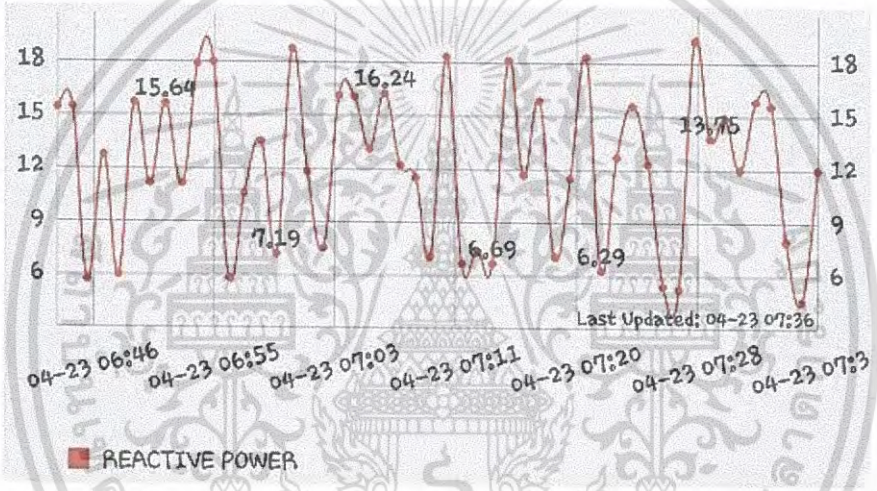


รูปที่ 4.21 กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเว็บไซต์ของพัดลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 กราฟค่าตัวประกอบกำลังจากเว็บไซต์ของพัดลม



รูปที่ 4.23 กราฟค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนจากเว็บไซต์ของพัดลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง ผลการดำเนินงาน และแนวทางพัฒนา

ในปริญญานิพนธ์บทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลการทดลอง ผลการดำเนินงาน และแนวทางพัฒนา ในการจัดทำโครงงานเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า 1 เฟส ด้วยโมดูล PZEM-004T ส่งข้อมูลแบบ real time ไปยังแอปพลิเคชัน IOT และแอปพลิเคชัน AR

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงงานนี้ได้ดำเนินการแล้วเสร็จบรรลุตามเป้าหมายที่ได้กล่าวไว้คือ ได้ออกแบบและจัดทำเครื่องมือวัดคุณภาพและพลังงานไฟฟ้า 1 เฟส โดยใช้โมดูล PZEM-004T เพื่อส่งค่าแบบ real time ซึ่งการสอบเทียบค่าเริ่มศึกษาจากโหลดหลอดไฟ Incandescent ขนาด 100 Watt จำนวน 10 หลอด และใช้เพาเวอร์มิเตอร์ ยี่ห้อ Metrix รุ่น PX110 ในการวัดค่า จากนั้นก็นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าที่วัดจริง ได้ค่าความผิดพลาดในการวัดดังนี้ โดยค่าแรงดันไฟฟ้ามีค่าความผิดพลาดที่ร้อยละ 0.1176 ค่ากระแสไฟฟ้ามีค่าความผิดพลาดที่ร้อยละ 0.0116 ค่ากำลังไฟฟ้าใช้งานจริงมีค่าความผิดพลาดที่ร้อยละ 1.2237 และค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏมีค่าความผิดพลาดที่ร้อยละ 0.7657 พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนจากการทดสอบกับโหลดอินแคนเดสเซนต์นั้นจะมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ ±1% การวัดพลังงานและบันทึกค่าลงหน่วยความจำแล้วผลการทดลองจาก Node MCU ไปแสดงผลทางหน้าจอแอลซีดีและแสดงผลบนเว็บไซต์หรือหน้าจอสมาร์ตโฟนโดยผ่านสัญญาณ Wi-Fi โดยการเก็บค่าทุกๆ 1 นาที จากการทดลองพบว่าสามารถแสดงค่าพลังงานและมีการเก็บข้อมูลได้อย่างถูกต้องและยังสามารถพัฒนาได้อีกในภายภาคหน้า

5.2 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการที่ได้ศึกษาค้นคว้า และทดลองเกี่ยวกับเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า 1 เฟสส่งค่าแบบไร้สาย (Energy monitoring) ซึ่งเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า 1 เฟสทำงานร่วมกับระบบสื่อสารไร้สาย โดยโมดูล Node MCU ที่เป็นตัวประมวลผลสามารถรับ-ส่งข้อมูลทางไฟฟ้าไม่ว่าจะเป็นค่าแรงดันไฟฟ้า (V), ค่ากระแสไฟฟ้า (I), ค่ากำลังไฟฟ้าจริง (P), ค่ากำลังไฟฟ้าเสมือน (S) และค่าตัวประกอบกำลัง (PF.) จากโหลดทางไฟฟ้าผ่านทางหน้าจอ LCD และส่งค่าข้อมูลต่างๆไปยังเว็บไซต์ และแอปเคพลิชันโทรศัพท์มือถือ โดยผ่านสัญญาณ Wi-Fi ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเก็บข้อมูลทางไฟฟ้า เพื่อนำข้อมูลการใช้งานที่วัดค่าได้ออกมาออกมาวางแผนการประหยัดพลังงาน โดยดูจากการทำงานอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ทำให้เป็นผลดีกับผู้ใช้ไฟฟ้าด้านการประหยัดของค่าใช้จ่ายในการชำระค่าไฟฟ้า รวมถึงสามารถนำข้อมูลไปประกอบพยากรณ์ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเพื่อเป็นประโยชน์ในการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อการพัฒนาปริญญานิพนธ์เรื่องการประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (AR) ออกแบบสร้างระบบตรวจติดตามการใช้พลังงานในบ้าน พบว่าอุปกรณ์ที่ใช้เป็นอุปกรณ์ที่มีความแม่นยำไม่สูงมาก ค่าที่ได้จึงมีค่าความคาดเคลื่อนอยู่บ้าง

5.4 ปัญหาที่พบในระหว่างดำเนินโครงงานและข้อมูลเสนอแนะ

5.4.1 เนื่องจากการทำโครงงานนี้ต้องใช้ความรู้ความสามารถในด้าน ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ รวมถึงเทคโนโลยี AR และ IOT ผู้ทำโครงงานไม่มีความรู้ความสามารถที่เพียงพอจึงทำให้เสียเวลาในการค้นคว้าหาข้อมูล ฉะนั้นควรมีเวลาในการเตรียมตัวให้ดีกว่านี้

5.4.2 เนื่องจากการทำโครงงานนี้มีสมาชิกมีทั้งหมด 4 คน ทำให้ในบางครั้งมีความคิดเห็นไม่ตรงกันบ้าง ทำให้การพูดคุยหรือปฏิบัติงานมีปัญหาบ้างในบางครั้ง ฉะนั้นการทำโครงงานจึงต้องอาศัยความเข้าใจและมีเหตุผลในการพูดคุย

5.5 แนวทางการพัฒนา

โครงงานวิจัยนี้สามารถทำการพัฒนาและเพิ่มความสามารถในการทำงานได้มากขึ้นเพื่อความหลากหลายในการใช้งาน ดังนี้

5.5.1 ในส่วนของการแสดงปริมาณต่างๆทางไฟฟ้าบนหน้าจอคอมพิวเตอร์และหน้าจอโทรศัพท์มือถือ สามารถปรับปรุงให้มีการแจ้งเตือนเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า เพื่อช่วยในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายของผู้ใช้เอง

5.5.2 สามารถพัฒนาต่อยอดในส่วนของการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อช่วยในการการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้

5.5.3 การต่อยอดในด้านการส่งข้อมูลให้แสดงผลผ่านทางแอปพลิเคชันผ่านทางสมาร์ตโฟน เลือกใช้อุปกรณ์ส่งข้อมูลที่สามารถส่งข้อมูลได้หลากหลายมากขึ้น

5.5.4 สามารถนำไปคำนวณค่า Peak Demand โดยใช้ server เฉพาะทาง เพื่อช่วยในด้านการประหยัดพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ลายน้ำ ธีม , **"การสะสมความไม่แน่นอน และ การวัดกำลังไฟฟ้า AC,"** http://lnwgreanzasatan02.blogspot.com/p/blog-page.html.

[2] ณัฐวัตร สนามชัย เอกพัชร ชีวิตโสภณ และ จิราพร ภักดีทศพล ,"ปลั๊กไฟอัจฉริยะ," **ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต** , ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2559.

[3] Tor Napong , **"ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ Current Sensor (เซ็นเซอร์วัดกระแส),"** https://www.thaieasyelec.com/.

[4] สุนัน บุญมานันท์ , **"NodeMCU V3 Lua-ESP8266 CH340G,"** https://i-esan.com.

[5] บัญชา ปะสีละเตสัง, **"การเขียนโปรแกรม Java และ Android,"** กรุงเทพ, ซีเอ็ดยูเคชั่น บมจ. , 2559.

[6] Weerachat Khuntep , **"สร้างเกมส์ ด้วย Unity3D Thailand,"** https://unity3d-thailand.blogspot.com.

[7] Github , **"PZEM004T,"** https://github.com/olehs /PZEM004T.

[8] Banyapon Poolsawasd , **"Augmented Reality with Unity and Vuforia,"** http://www.daydev.com/developer/gamedevelopment/augmented-realityunity5vuforia.html.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

บทความทางวิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (AR) ออกแบบสร้างระบบตรวจติดตามการใช้พลังงานในบ้าน

AN APPLICATION OF AUGMENTED REALITY (AR) IN SMART HOME ENERGY MONITORING SYSTEM

จุรีภรณ์ อาคมสรรเสริญ[1] ชนิกานต์ ศรีพะยอม[2] วลงกรณ์ วงศ์ปัญญาวิวัฒน์[3] และ วันชนะ สนิทยา[4]
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
1 ซอย ฉลองกรุง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 3925 E-Mail: 57010213@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาและออกแบบเครื่องมือแสดงผลของพลังงานไฟฟ้าผ่านแอปพลิเคชันและบันทึกพฤติกรรมไฟฟ้า 1 เฟส ที่สามารถวัดได้ทั้ง กระแส แรงดัน กำลังไฟฟ้าจริง กำลังไฟฟ้าเสมือน ตัวประกอบกำลัง และค่าไฟ เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้านี้ จะอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ที่ต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เกิดประสิทธิภาพ ค่าพารามิเตอร์ของพลังงานไฟฟ้าผ่านการประมวลผลโดย ESP8266-12E Node MCU ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลพลังงานไฟฟ้าโดยสามารถเข้าถึงส่วนแสดงผลที่จอ LCD , แอปพลิเคชันระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (AR) และแอปพลิเคชันอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (IOT) ซึ่งจะเป็นโปรแกรมประยุกต์บนมือถือ และเว็บไซต์ โดยส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีไร้สาย Wi-Fi โดยเชื่อมโยง เข้ากับระบบซอฟต์แวร์ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า เมื่อใช้กล้องของสมาร์ตโฟนหรือแท็บเล็ตส่องก็จะปรากฏค่าพารามิเตอร์ของไฟฟ้ารวมถึงข้อมูลการทำงานแบบ Real Time ของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่กำหนด ซึ่งอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานเป็นอย่างมาก นอกจากนั้นผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ ได้ออกแบบที่จะเก็บข้อมูลพารามิเตอร์ต่างๆ ที่วัดมาจัดเก็บไว้ที่เว็บไซต์ ซึ่งผู้ใช้สามารถเรียกดูค่าการวัดพลังงานไฟฟ้าย้อนหลังเพื่อนำค่าพลังงานไฟฟ้าไปวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ และได้นำเครื่องมือวัดที่จัดทำปรับเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน Power Meter Brand Metrix Model PX110 มีค่าความผิดพลาดในการวัดดังนี้ โดยค่าแรงดันไฟฟ้ามีค่าความผิดพลาดที่ 0.1176% ค่ากระแสไฟฟ้ามีค่าความผิดพลาดที่ 0.116% ค่ากำลังไฟฟ้าใช้งานจริงมีค่าความผิดพลาดที่ 1.2237% และค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏมีค่าความผิดพลาดที่ร้อยละ 0.7657% พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนจากการทดสอบกับโหลดอินแคนเดสเซนต์นั้นจะมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ ±1%

คำสำคัญ: พลังงานไฟฟ้า, ความจริงเสมือน

Abstract

The aim of this project is to study and design a device that can measure current, voltage, real power, appearance power, power factor and cost of an electrical appliance to allow these parameters of electrical energy to be monitored. A Power Node MCU ESP8266 is used in the device to measure and calculate these parameters as well as the accumulated energy in kWh. The data can be accessed via a monitor on the device and mobile application which is convenience for the user. This data will help the user to monitor and control their electricity uses. The mobile application is designed to support the augmented reality (AR) technology. The data collected, and details of the electrical appliance are sent via a Wi-Fi to the application in a real time, thus provide an immediate accessibility when the user direct the camera on their smartphone to the device. The data are stored in the Website, hence the user can access to their electricity used history later on. The measurement error is as follows. The voltage error is 0.1176%, the fault current is 0.116%. The actual power consumption is 1.2237% and the power error is at the error. 0.7657%, it was found that the deviation from the test with the incandescent load was in the range of ± 1%

Keyword : Electrical Energy, Augmented Reality

1. บทนำ

ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ภายในบ้าน เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้อยู่อาศัย และสามารถจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ “smart home” ซึ่งเป็นที่นิยมกันอย่างมากในต่างประเทศ ถ้าเราสามารถผลิตและนำมาใช้เองได้ จะช่วยลดต้นทุนของอุปกรณ์ได้ และในอนาคตเทคโนโลยีนี้จะได้รับการสนับสนุนการสนับจากรัฐบาลจึงทำให้เทคโนโลยีนี้เป็นสิ่งที่น่าสนใจอย่างมาก เพราะสามารถทำให้เราจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า โดย smart meter ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื่อมต่อกับ IOT และ แอปสมาร์ตโฟนของเราจะรู้ทุกวันว่าค่าใช้จ่ายไฟฟ้ามากแค่ไหน และจะสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าได้ เนื่องจากสามารถตรวจสอบได้ว่าค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์แต่ละเครื่องมีค่าใช้จ่ายเท่าใด การทำงานคือจะส่งสัญญาณ Wi-Fi ไปยังสมาร์ตโฟนและติดป้าย AR กับชิ้นส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้าและใส่ข้อมูลที่เกี่ยวข้องให้กับป้ายนั้น ๆ รวมถึงอาจเชื่อมโยงกับระบบซอฟต์แวร์ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อใช้กล้องของสมาร์ตโฟนหรือแท็บเล็ตส่องก็จะปรากฏข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้ารวมถึงข้อมูลการทำงานแบบ Real Time ของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่กำหนดซึ่งอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานอย่างมาก

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวัดไฟฟ้ากระแสสลับแบบ 1 เฟส [1]

1) ไฟฟ้ากระแสสลับ(Alternating current)หมายถึง กระแสไฟฟ้าที่มีการสลับสับเปลี่ยนขั้วอยู่ตลอดเวลาอย่างสม่ำเสมอ ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าก็จะเปลี่ยนสลับไปมาจากบวก-ลบ และจากลบ-บวก อยู่ตลอดเวลา

2) ไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียว (Single Phase)คือ ขดลวดชุดเดียวหมุนตัดเส้นแรงแม่เหล็ก เกิดแรงดันกระแสไฟฟ้า ทำให้กระแสไหลไปยังวงจรภายนอก

รูปที่ 2.1 ลักษณะกระแสไฟฟ้าสลับเฟสเดียว

3) การวัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสเป็นการวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในเวลา 1 วินาที มีหน่วยเป็นวัตต์ (W) หรือจูลต่อวินาที (J/s) โดยสามารถวัดได้ทั้งวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

กำลัง (P) = w (จูล)/t (วินาที) (1)

2.2 รูปแบบการส่งสัญญาณแบบไร้สาย Wi-Fi

1) Wi-Fi (Wireless fidelity) หมายถึง องค์กรที่ทำหน้าที่ทดลองผลิตภัณฑ์ระบบเครือข่ายแบบไร้สาย (Wireless Lan) ภายใต้มาตรฐาน IEEE 802.11 ว่าอุปกรณ์แต่ละยี่ห้อต่างกันนั้นสามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยไม่มีปัญหา ซึ่งอุปกรณ์เหล่านั้นผ่านการตรวจสอบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

รูปที่ 2.2 การส่งสัญญาณ Wi-Fi

2) Module WIFI ESP8266-12E ได้มีการพัฒนาให้มีขนาดเล็กกว่าโมดูล Tensilica L106 มีขนาด 32-bit MCU micro มี Clock speed 80 MHz, 160 MHz รองรับเสาอากาศแบบ Wi-Fi MAC / BB / RF / PA / LNA โมดูลรองรับมาตรฐาน IEEE802.11 b / g / n ข้อตกลงโปรโตคอล TCP / IP ตัวโมดูลมาพร้อมกับ Firmware สั่งงานคำสั่งแบบ AT Command เพื่อเชื่อมต่อ TCP/IP ได้ทันที

รูปที่ 2.3 Node MCU V3 CH340 LUA WIFI ESP8266-12E

2.3 แอปพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือโดยระบบปฏิบัติการ ANDROID

1) ระบบปฏิบัติการ ANDROID แอนดรอยด์ (Android) เป็นระบบปฏิบัติการแบบเปิดเผยซอฟต์แวร์ต้นฉบับ (Open Source) การพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้งานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์นั้นมีข้อมูลในการพัฒนารวมทั้ง Android SDK (Software Development Kit) เตรียมไว้สำหรับการพัฒนา

2.4 โปรแกรม Unity และ Augmented Reality[2]

1) โปรแกรม Unity คือ Game Engine ที่สร้างเกม 3 มิติ ซึ่งสามารถทำงานได้บน 2 แพลตฟอร์ม คือ Windows และ OSX และสามารถ Export งานเพื่อนำไปใช้งานได้หลายแพลตฟอร์ม

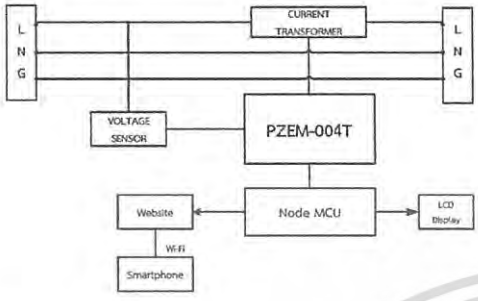
2) Augmented Realityการนำวัตถุ, ไฟล์วิดิทัศน์, 3D Model , 2D Graphic หรือสิ่งที่เราสร้างขึ้นมา แล้วนำมาซ้อนเข้ากับโลกแห่งความจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การออกแบบ และพัฒนา

3.1 หลักการออกแบบการทำงานของระบบ

หลักการทำงานของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า 1 เฟส ได้ทำการออกแบบการทำงานแสดงดังรูปที่ 3.1 โดยใช้Microcontroller ควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด



รูปที่ 3.1 Block diagram หลักการทำงานของอุปกรณ์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าแบบ 1 เฟส

3.2 หลักการออกแบบฮาร์ดแวร์

1) โมดูลวัดพลังงานไฟฟ้า PZEM-004T วัดการใช้พลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชิ้น

2) คุณสมบัติทางด้านเทคนิคสามารถแยกไฟสูงออกจากไฟต่ำ เพื่อใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วไม่เสี่ยงโดน ไฟดูด วัดค่ากระแสไฟฟ้าด้วย CT Current Transformer สื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย UART Serial

3) วงจรการต่อใช้งานโมดูล PZEM-004T โมดูลนี้มีอินเตอร์เฟสการสื่อสารอนุกรม TTL สามารถอ่านและตั้งค่าที่เกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม

4) การบันทึกข้อมูลทำการส่งข้อมูลจาก Node MCU ไปที่เว็บไซต์ Thingspeak.com ซึ่งเป็น Platform-as-a-Service (PaaS) สำหรับบันทึก/อ่านข้อมูลที่ได้จาก sensor ไปเก็บไว้ใน cloud database

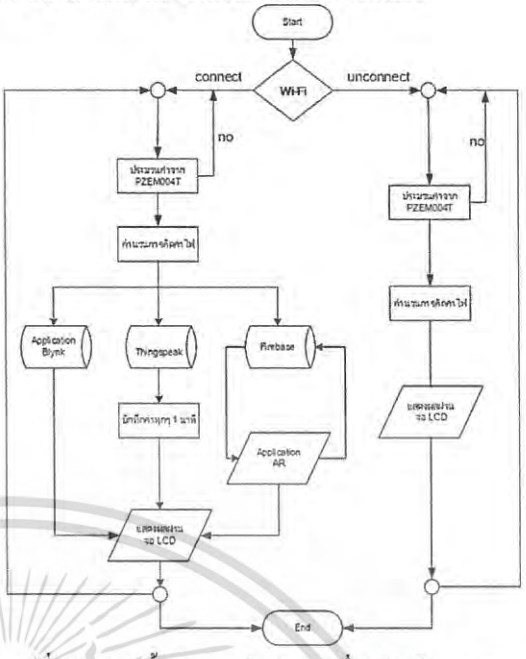
5) การแสดงผลสามารถแสดงผลได้ทางหน้าจอแอลซีดีและทางหน้าจอสมาร์ตโฟน

6) การส่งข้อมูลผ่านระบบสัญญาณ Wi-Fi

3.3 คำนวณค่าไฟฟ้าอัตโนมัติด้วย PZEM004T

การคำนวณค่าไฟฟ้าจะแบ่งตามประเภทของไฟฟ้าที่ใช้ ซึ่งในบทความนี้จะสอนวิธีการคำนวณค่าไฟฟ้าประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัยอัตราปกติ

3.4 หลักการทำงานของการออกแบบซอฟต์แวร์



รูปที่ 3.2 แผนผังขั้นตอนการทำงานของเครื่องวัดพลังงานและคุณภาพไฟฟ้า 1 เฟส

3.5 หลักการแสดงผลของแอปพลิเคชัน Augmented reality

1) กระบวนการที่หนึ่งคือ ออกแบบ Marker เพื่อกำหนดตำแหน่งของวัตถุที่จะแสดง

2) กระบวนการที่สอง คือ การนำกล้องสมาร์ตโฟนมาเพื่อเชื่อมต่อ Marker เข้ากับแอปพลิเคชัน

3) กระบวนการที่สาม คือ การตรวจสอบ Marker ว่าอยู่ในฐานข้อมูลหรือไม่ ถ้าไม่ต้องนำกล้องส่องใหม่

4) กระบวนการที่สี่ คือ นำสมาร์ตโฟน เชื่อมต่อ WiFi

5) กระบวนการที่ห้า คือ เมื่อตรวจสอบว่าอยู่ในฐานข้อมูลก็จะแสดงผลเป็นรูปแบบ3D และค่าทางไฟฟ้าที่วัด

4. การแสดงผลข้อมูล

4.1 การทดสอบหาค่าหาค่าความแม่นยำเครื่องวัด

ทดสอบและบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าที่วัดได้จากเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า 1 เฟส โดยใช้โมดูล PZEM004T โดยจะทำการทดสอบความแม่นยำและทดสอบหาความเที่ยงตรง ในการทำงานของเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าชนิด 1 เฟส โดยใช้โหลดหลอดอินแคนเดสเซนต์ จำนวน 10 หลอด เปรียบเทียบค่ากับเครื่องวัดมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพาเวอร์มิเตอร์ ยี่ห้อ Metrix รุ่น PX110 เพื่อสอบหาค่าความแม่นยำของเครื่องวัดที่จัดทำขึ้น

ตารางที่ 4.1 การหาค่าความแม่นยำของแรงดันไฟฟ้าของหลอดอินแคนเดสเซนต์

ตารางเก็บค่าแรงดันไฟฟ้า (โวลต์)						
ค่าแรงดันอ้างอิง	เครื่องมือวัดที่ออกแบบ				เครื่องวัด	ค่าความผิดพลาดร้อยละ
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4		
100	99.4	99.5	99.6	99.5	100.0	-0.5
110	109	109	110	109	110.3	-0.3325
120	120	119	120	120	120.1	-0.0277
130	130	130	130	130	130.6	0
140	140	139	140	140	140.7	-0.2843
150	150	150	149	150	150.0	0.0222
160	160	160.	160	160	160.0	0.1875
170	170	170	170	170	170.0	0.2745
180	180	180	180	180	180.0	0.4074
190	190	190	190	190	190.4	0.1401
200	201	200	200	200	200.0	0.4334
210	211	211	211	211	210.0	0.5714
220	221	221	221	221	220.0	0.6364
					ค่าเฉลี่ย	0.1176

ตารางที่ 4.2 การหาค่าความแม่นยำของกระแสไฟฟ้าของหลอดอินแคนเดสเซนต์

ตารางเก็บค่ากระแสไฟฟ้า						
จำนวนหลอด	เครื่องมือวัดที่ออกแบบ				กระแสไฟฟ้าอ้างอิง (A)	ค่าความผิดพลาดร้อยละ
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		
1	0.4	0.4	0.4	0.4	0.422	-1.263
2	0.8	0.8	0.8	0.8	0.880	-0.757
3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.301	-0.076
4	1.7	1.7	1.7	1.7	1.744	-0.038
5	2.1	2.1	2.1	2.1	2.150	0
6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.600	0.3846
7	3.0	3.0	3.0	3.0	3.010	0.5537
8	3.4	3.4	3.4	3.4	3.43	0.4859
9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.90	0.4274
10	4.3	4.3	4.3	4.3	4.32	0.4012
					ค่าเฉลี่ย	0.0116

5. สรุปผลการดำเนินงาน

จากการทดลองสรุปได้ว่าเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า 1 เฟส ด้วยโมดูล PZEM004T ส่งข้อมูลแบบ real time ไปยังแอปพลิเคชัน IOT และแอปพลิเคชัน AR นั้น วัดค่าโดยการนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าที่วัดจริง ได้ ค่าแรงดันไฟฟ้ามีค่าความผิดพลาดที่ร้อยละ 0.1176 และค่ากระแสไฟฟ้ามีค่าความผิดพลาดที่ร้อยละ 0.0116 พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนจากการทดสอบอยู่ในช่วงประมาณ ±1% ซึ่งจากการทดลองพบว่าสามารถแสดงค่าพลังงานและมีการเก็บข้อมูลได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นโครงงานวิจัยนี้สามารถที่จะนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับระบบบ้านอัจฉริยะ (Smart Home)

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.นิรุธ จิรสุวรรณกุล และ รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาติ จิริวิภากร ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยช่วยเหลือ จนวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] ลายน้ำ ธีม , “การสะสมความไม่แน่นอน และ การวัดกำลังไฟฟ้า AC,” http://lnwgreanzasatan02 .blogspot.com/p/blog-page.html.

[2] Banyapon Poolsawasd , “Augmented Reality with Unity and Vuforia, ”http://www.daydev.com /developer/ gamedevelopment/augmentedreality unity5vuforia.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

PZEM004T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC digital display Multifunction Meter

Product Type: PZEM-004(V3.0)

A. Function

1. Electrical parameter measurement function (voltage, current, active power, energy).
2. Overload alarm function (over power alarm threshold the power flash and the buzzer beeping to alarm).
3. Power alarm threshold preset function (can set power alarm threshold).
4. The reset function of energy key.
5. Store data when power off (store the accumulated energy before power off).
6. Bright red digital display function (display voltage, current, active power, energy).
7. Serial communication function (with TTL serial interface itself, can communicate with a variety of terminal through the pin board, read and set the parameters).

B. Front display and key

I. Display Interface

Display interface is formed by four bright red digital tubes, used to display the voltage, current, power, energy parameters.

II. Display Format

1. Power: Test Range: 0 ~ 22kW
Within 0 ~ 10kW, the display format is 0.000 ~ 9.999;
Within 10 ~ 22kW, the display format is 10.00 ~ 22.00.
2. Energy: Test Range: 0 ~ 9999kWh
Within 0 ~ 10kWh, the display format is 0.000 ~ 9.999;
Within 10 ~ 100kWh, the display format is 10.00 ~ 99.99;
Within 100 ~ 1000kWh, the display format is 100.0 ~ 999.9;
1000 ~ 9999kWh and above, the display format is 1000 ~ 9999.
3. Voltage: Test Range: 80 ~ 260VAC
Display Format is 110.0 ~ 220.0.
4. Current: Test Range: 0 ~ 100A
Display Format is 00.00 ~ 99.99.

III. Key

There is a key on the panel, it can be used to reset energy.
The method of reset energy: Long press the key for 5 seconds until the digital on energy display window flicker, then release the key. Short press the key again, then the energy data is cleared and quit the flickering

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

state, now the reset operation is completed; if long press for 5 seconds again until no longer flicker, it means exit the reset state.

C. Wiring diagram

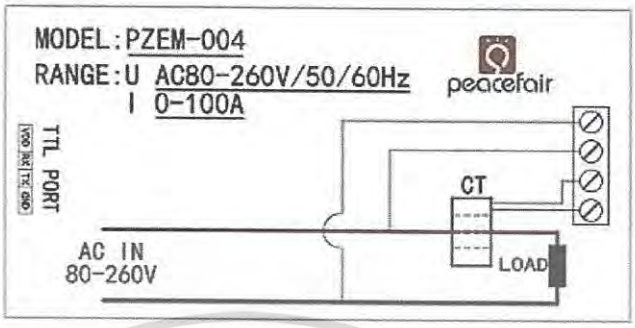


Figure 1 Wiring diagram

The wiring of this module is divided into two parts: the voltage and current test input terminal wiring and the serial communication wiring, as shown in Figure 1; according to the actual needs of the clients, with different TTL pin board to achieve communicate with different terminals.

D. Display Interface

The whole meter panel display window is formed by four windows, they are voltage, current, power and energy; the following are brief description of each parameter display:

1. Voltage Display

Measure and display the current power frequency grid voltage.

2. Current display

Measure and display the current load (appliances) current. There is supplementary instruction that the current test value is from the beginning of 10mA , but this module belongs to high power test equipment, if you care about the mA level current testing accuracy, it is not be recommended.

3. Energy display

Measure and display the current accumulative power consumption. There is supplementary instruction that the minimum unit of the energy metering is 0.001kWh,which means it begins to accumulate from 1Wh,relatively speaking, the resolution is rather high, for the low-power(within 100W)load test, you can observe the accumulative process rather intuitively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Power display

Measure and display the current load power. There is supplementary instruction that the power test value is from the beginning of 0.001kW , which means it begins to test from 1W, but this module belongs to high power test equipment, if you have the requirement of the testing within 1W, it is not be recommended.

E. Serial communication

This module is equipped with TTL serial data communication interface, you can read and set the relevant parameters via the serial port; but if you want to communicate with a device which has USB or RS232 (such as computer), you need to be equipped with different TTL pin board (USB communication needs to be equipped with TTL to USB pin board; RS232 communication needs to be equipped with TTL to RS232 pin board), the specific connection type as shown in Figure 2. In the below table are the communication protocols of this module:

No.	function	Head	Data1- Data5	Sum
1	voltage	B0	C0 A8 01 01 00 (Computer sends a request to read the voltage value)	1A
		A0	00 E6 02 00 00 (Meter reply the voltage value is 230.2V)	88
2	current	B1	C0 A8 01 01 00 (Computer sends a request to read the current value)	1B
		A1	00 11 20 00 00 (Meter reply the current value is 17.32A)	D2
3	Active power	B2	C0 A8 01 01 00 (Computer sends a request to read the active power value)	1C
		A2	08 98 00 00 00 (Meter reply the active power value is 2200w)	42
4	Read energy	B3	C0 A8 01 01 00 (Computer sends a request to read the energy value)	1D
		A3	01 86 9f 00 00 (Meter reply the energy value is 99999wh)	C9
5	Set the module address	B4	C0 A8 01 01 00 (Computer sends a request to set the address, the address is 192.168.1.1)	1E
		A4	00 00 00 00 00 (Meter reply the address was successfully set)	A4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6	Set the power alarm threshold	B5	C0 A8 01 01 14 (computer sends a request to set a power alarm threshold)	33
		A5	00 00 00 00 00 (Meter reply the power alarm threshold was successfully set)	A5

Illustration of the communication protocol example:

1. Set the communication address: 192.168.1.1

Send command: B4 C0 A8 01 01 00 1E

Reply data: A4 00 00 00 00 00 A4

Note: The above example illustrate that setting the communication address as 192.168.1.1 (the user can set their own address based on their preferences and needs), sending commands and replying data automatically are as shown above, the data are expressed in hexadecimal; the last byte of the sending and replying data are 1E and A4, belong to cumulative sum. At sending commands: B4 + C0 + A8 + 01 +01 + 00 = 21E (use the hexadecimal addition), the cumulative sum data is 21E, take the last two bytes 1E to be used the cumulative sum data in sending commands; data in reply: A4 + 00 + 00 + 00 + 00 + 00 = A4 (use the hexadecimal addition),the cumulative sum data is A4,which is the cumulative sum data in reply. The explanation of the cumulative sum is now finished, the following parameter examples are the same as this, there is no explanation any more.

2. Set the power alarm threshold : 20 KW

Send command: B5 C0 A8 01 01 14 33

Reply data: A5 00 00 00 00 00 A5

Note: 14 in the sending command is the alarm value (14 is hexadecimal data representation, which converted to decimal is 20). What you should note is the power alarm value of this module is based on KW units, which means the minimum alarm value is 1KW, the maximum value is 22KW.

3. Read the current voltage

Send command: B0 C0 A8 01 01 00 1A

Reply data: A0 00 E6 02 00 00 88

Note: Reply voltage data is D1D2D3 = 00 E6 02,00 E6 represent the integer-bit of the voltage, 02 represent the decimal of the voltage, the decimal is one digit, converts 00 E6 to decimal is 230; converts 02 to decimal is 2, so the current voltage value is 230.2V.

4. Read the current current

Send command: B1 C0 A8 01 01 00 1B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reply data: A1 00 11 20 00 00 D2

Note: Reply current data is D2D3 = 11 20,11 represent the integer-bit of the current, 20 represent the decimal of the current, the current decimal is two digits, converts 11 to decimal is 17; converts 20 to decimal is 32, so the current current value is 17.32 A.

5. Read the current power

Send command: B2 C0 A8 01 01 00 1C

Reply data: A2 08 98 00 00 00 42

Note: Reply power data is D1D2 = 08 98, converts 08 98 to decimal is 2200, so the current voltage value is 2200W.

6. Read the energy

Send command: B3 C0 A8 01 01 00 1D

Reply data: A3 01 86 9F 00 00 C9

Note: Reply energy data is D1D2D3 = 01 86 9F, converts 01 86 9F to decimal is 99999, so the accumulated power is 99999Wh.

F. Illustration of the communication

1. Connect hard wire according to the wiring diagram in figure 1 and 2.
2. After connect the wire, please choose the communication port, this module's upper computer software support communication port: COM2\COM3\COM4, you can check through device manager, if it is not the above communication port, you should amend it through port.

G. Precautions

1. This module is suitable for indoor, please do not use outdoor.
2. Applied load should not exceed the rated power.
3. Wiring order can't be wrong.

H. Specification parameters

1. Working voltage: 80 ~ 260VAC
2. Test voltage: 80 ~ 260VAC
3. Rated power: 100A/22000W
4. Operating frequency: 45-65Hz
5. Measurement accuracy: 1.0 grade

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ESP8266-12E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ESP-12E WiFi Module Version1.0

Disclaimer and Copyright Notice.

Information in this document, including URL references, is subject to change without notice.
THIS DOCUMENT IS PROVIDED AS IS WITH NO WARRANTIES WHATSOEVER, INCLUDING ANYWARRANTY OF MERCHANTABILITY, NON-INFRINGEMENT, FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE, OR ANY WARRANTY OTHERWISE ARISING OUT OF ANY PROPOSAL, SPECIFICATIONOR SAMPLE. All liability, including liability for infringement of any proprietary rights, relating to use of information in this document is disclaimed. No licenses express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property rights are granted herein. The WiFi Alliance Member Logo is a trademark of the WiFi Alliance.
All trade names, trademarks and registered trademarks mentioned in this document are property of their respective owners, and are hereby acknowledged.
Copyright © 2015 AI-Thinker team. All rights reserved.

Notice

Product version upgrades or other reasons, possible changes in the contents of this manual. AI-Thinker reserves in the absence of any notice or indication of the circumstances the right to modify the content of this manual. This manual is used only as a guide, Ai-thinker make every effort to provide accurate information in this manual, but Ai-thinker does not ensure that manual content without error, in this manual all statements, information and advice nor does it constitute any express or implied warranty.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table of Contents

1. Preambles 3
   1.1. Features 4
   1.2. Parameters 6
2. Pin Descriptions 7
3. Packaging and Dimension 9
4. Functional Descriptions 11
   4.1. MCU 11
   4.2. Memory Organization 11
      4.2.1. Internal SRAM and ROM 11
      4.2.2. External SPI Flash 11
   4.3. Crystal 12
   4.4. Interfaces 12
   4.5. Absolute Maximum Ratings 14
   4.6. Recommended Operating Conditions 14
   4.7. Digital Terminal Characteristics 14
5. RF Performance 15
6. Power Consumption 16
7. Reflow Profile 17
8. Schematics 18

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Preambles

ESP-12E WiFi module is developed by Ai-thinker Team. core processor ESP8266 in smaller sizes of the module encapsulates Tensilica L106 integrates industry-leading ultra low power 32-bit MCU micro, with the 16-bit short mode, Clock speed support 80 MHz, 160 MHz, supports the RTOS, integrated Wi-Fi MAC/BB/RF/PA/LNA, on-board antenna.
The module supports standard IEEE802.11 b/g/n agreement, complete TCP/IP protocol stack. Users can use the add modules to an existing device networking, or building a separate network controller.ESP8266 is high integration wireless SOCs, designed for space and power constrained mobile platform designers. It provides unsurpassed ability to embed Wi-Fi capabilities within other systems, or to function as a standalone application, with the lowest cost, and minimal space requirement.

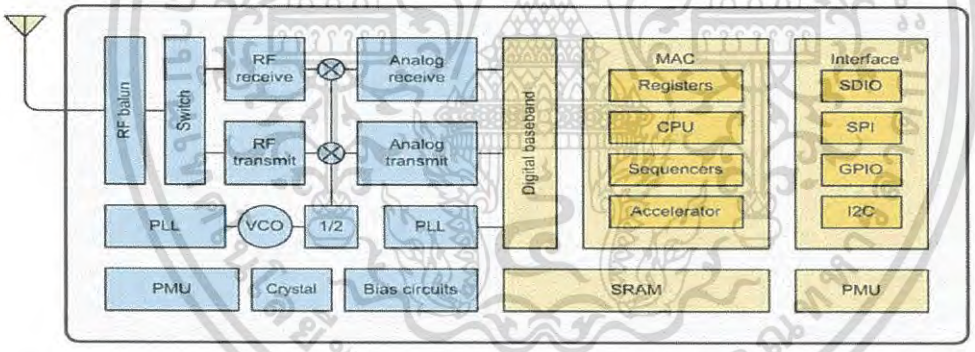


Figure 1 ESP8266EX Block Diagram

ESP8266EX offers a complete and self-contained Wi-Fi networking solution; it can be used to host the application or to offload Wi-Fi networking functions from another application processor.

When ESP8266EX hosts the application, it boots up directly from an external flash. In has integrated cache to improve the performance of the system in such applications.

Alternately, serving as a Wi-Fi adapter, wireless internet access can be added to any micro controllerbased design with simple connectivity (SPI/SDIO or I2C/UART interface).

ESP8266EX is among the most integrated WiFi chip in the industry; it integrates the antenna switches, RF balun, power amplifier, low noise receive amplifier, filters, power management modules, it requires minimal external circuitry, and the entire solution, including front-end module, is designed to occupy minimal PCB area.

เอกสารนี้ใช้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ESP8266EX also integrates an enhanced version of Tensilica's L106 Diamond series 32-bit processor, with on-chip SRAM, besides the Wi-Fi functionalities. ESP8266EX is often integrated with external sensors and other application specific devices through its GPIOs; codes for such applications are provided in examples in the SDK.

Espressif Systems' Smart Connectivity Platform (ESCP) demonstrates sophisticated system-level features include fast sleep/wake context switching for energy-efficient VoIP, adaptive radio biasing. for low-power operation, advance signal processing, and spur cancellation and radio co-existence features for common cellular, Bluetooth, DDR, LVDS, LCD interference mitigation.

1.1. Features

- 802.11 b/g/n
- Integrated low power 32-bit MCU
- Integrated 10-bit ADC
- Integrated TCP/IP protocol stack
- Integrated TR switch, balun, LNA, power amplifier and matching network
- Integrated PLL, regulators, and power management units
- Supports antenna diversity
- Wi-Fi 2.4 GHz, support WPA/WPA2
- Support STA/AP/STA+AP operation modes
- Support Smart Link Function for both Android and iOS devices
- Support Smart Link Function for both Android and iOS devices
- SDIO 2.0, (H) SPI, UART, I2C, I2S, IRDA, PWM, GPIO
- STBC, 1x1 MIMO, 2x1 MIMO
- A-MPDU & A-MSDU aggregation and 0.4s guard interval

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Deep sleep power <10uA, Power down leakage current < 5uA
- Wake up and transmit packets in < 2ms
- Standby power consumption of < 1.0mW (DTIM3)
- +20dBm output power in 802.11b mode
- Operating temperature range -40C ~ 125C

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ใช้ ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือกระทำการใดๆ ที่ไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2. Parameters

Table 1 below describes the major parameters.

Table 1 Parameters

Categories	Items	Values
WiFi Paramters	WiFi Protocles	802.11 b/g/n
	Frequency Range	2.4GHz-2.5GHz (2400M-2483.5M)
Hardware Paramaters	Peripheral Bus	UART/HSPI/I2C/I2S/Ir Remote Contorl
		GPIO/PWM
	Operating Voltage	3.0~3.6V
	Operating Current	Average value: 80mA
	Operating Temperature Range	-40°~125°
	Ambient Temperature Range	Normal temperature
	Package Size	16mm*24mm*3mm
	External Interface	N/A
Software Parameters	Wi-Fi mode	station/softAP/SoftAP+station
	Security	WPA/WPA2
	Encryption	WEP/TKIP/AES
	Firmware Upgrade	UART Download / OTA (via network) / download and write firmware via host
	Ssoftware Development	Supports Cloud Server Development / SDK for custom firmware development
	Network Protocols	IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP
	User Configuration	AT Instruction Set, Cloud Server, Android/iOS App

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Pin Descriptions

There are altogether 22 pin counts, the definitions of which are described in Table 2 below。

Table 2 ESP-12E Pin design

Table 3 Pin Descriptions

NO.	Pin Name	Function
1	RST	Reset the module
2	ADC	A/D Conversion result.Input voltage range 0-1v,scope:0-1024
3	EN	Chip enable pin.Active high
4	IO16	GPIO16; can be used to wake up the chipset from deep sleep
5	IO14	GPIO14; HSPI_CLK
6	IO12	GPIO12; HSPI_MISO
7	IO13	GPIO13; HSPI_MOSI; UART0_CTS
8	VCC	3.3V power supply (VDD)
9	CS0	Chip selection
10	MISO	Salve output Main input

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11	IO9	GPIO9
12	IO10	GBIO10
13	MOSI	Main output slave input
14	SCLK	Clock
15	GND	GND
16	IO15	GPIO15; MTDO; HSPICS; UART0_RTS
17	IO2	GPIO2; UART1_TXD
18	IO0	GPIO0
19	IO4	GPIO4
20	IO5	GPIO5
21	RXD	UART0_RXD; GPIO3
22	TXD	UART0_TXD; GPIO1

Table 4 Pin Mode

Mode	GPIO15	GPIO0	GPIO2
UART	Low	Low	High
Flash Boot	Low	High	High

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 5 Receiver Sensitivity

Parameters	Min	Typical	Max	Unit
Input frequency	2412		2484	MHz
Input impedance		50		Ω
Input reflection			-10	dB
Output power of PA for 72.2Mbps	15.5	16.5	17.5	dBm
Output power of PA for 11b mode	19.5	20.5	21.5	dBm
Sensitivity				
DSSS, 1Mbps		-98		dBm
CCK, 11Mbps		-91		dBm
6Mbps (1/2 BPSK)		-93		dBm
54Mbps (3/4 64-QAM)		-75		dBm
HT20, MCS7 (65Mbps, 72.2Mbps)		-72		dBm
Adjacent Channel Rejection				
OFDM, 6Mbps		37		dB
OFDM, 54Mbps		21		dB
HT20, MCS0		37		dB
HT20, MCS7		20		dB

3. Packaging and Dimension

The external size of the module is 16mm*24mm*3mm, as is illustrated in Figure 3 below. The type of flash integrated in this module is an SPI flash, the capacity of which is 4 MB, and the package size of which is SOP-210mil. The antenna applied on this module is a 3DBi PCB-on-board antenna.

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

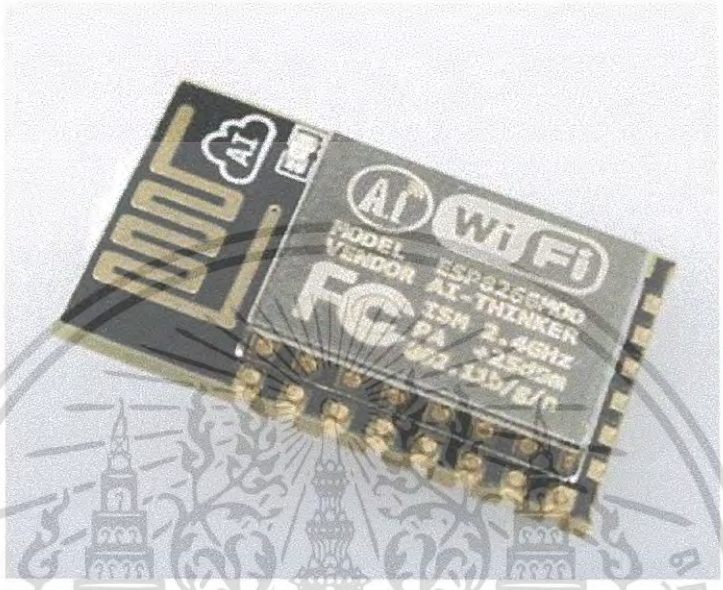


Figure 3 [Module Pin Counts, 22 pin, 16 mm *24 mm *3 mm]

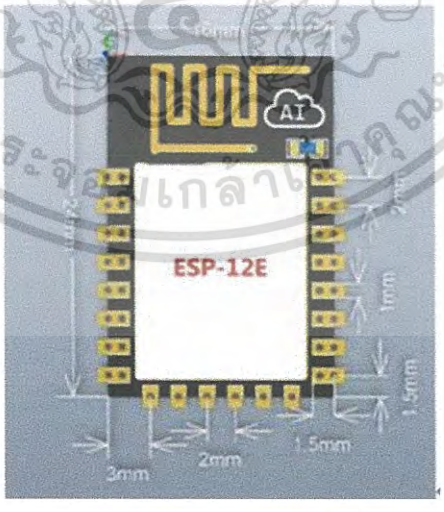


Figure 4 Top View of ESP-12E WiFi Module

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 5 Dimension of ESP-12E WiFi Module

Length	Width	Height	PAD Size(Bottom)	Pin Pitch
16 mm	24mm	3 mm	0.9 mm x 1.7 mm	2mm

4. Functional Descriptions

4.1. MCU

ESP8266EX is embedded with Tensilica L106 32-bit micro controller (MCU), which features extra low power consumption and 16-bit RSIC. The CPU clock speed is 80MHz. It can also reach a maximum value of 160MHz. ESP8266EX is often integrated with external sensors and other specific devices through its GPIOs; codes for such applications are provided in examples in the SDK.

4.2. Memory Organization

4.2.1. Internal SRAM and ROM

ESP8266EX WiFi SoC is embedded with memory controller, including SRAM and ROM. MCU can visit the memory units through iBus, dBus, and AHB interfaces. All memory units can be visited upon request, while a memory arbiter will decide the running sequence according to the time when these requests are received by the processor.

According to our current version of SDK provided, SRAM space that is available to users is assigned as below:

▪RAM size < 36kB, that is to say, when ESP8266EX is working under the station mode and is connected to the router, programmable space accessible to user in heap and data section is around 36kB.)

▪ There is no programmable ROM in the SoC, therefore, user program must be stored in an external SPI flash.

4.2.2. External SPI Flash

This module is mounted with an 4 MB external SPI flash to store user programs. If larger definable storage space is required, a SPI flash with larger memory size is preferred. Theoretically speaking, up to 16 MB memory capacity can be supported.

Suggested SPI Flash memory capacity:

▪OTA is disabled: the minimum flash memory that can be supported is 512 kB; ▪OTA is enabled: the minimum flash memory that can be supported is 1 MB.

Several SPI modes can be supported, including Standard SPI, Dual SPI, and Quad SPI.

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Therefore, please choose the correct SPI mode when you are downloading into the flash, otherwise firmwares/programs that you downloaded may not work in the right way.

4.3. Crystal

Currently, the frequency of crystal oscillators supported include 40MHz, 26MHz and 24MHz. The accuracy of crystal oscillators applied should be ±10PPM, and the operating temperature range should be between -20°C and 85°C.

When using the downloading tools, please remember to select the right crystal oscillator type. In circuit design, capacitors C1 and C2, which are connected to the earth, are added to the input and output terminals of the crystal oscillator respectively. The values of the two capacitors can be flexible, ranging from 6pF to 22pF, however, the specific capacitive values of C1 and C2 depend on further testing and adjustment on the overall performance of the whole circuit. Normally, the capacitive values of C1 and C2 are within 10pF if the crystal oscillator frequency is 26MHz, while the values of C1 and C2 are 10pF<C1, C2<22pF if the crystal oscillator frequency is 40MHz.

4.4. Interfaces

Table 6 Descriptions of Interfaces

Interface	Pin Name	Description
HSPI	IO12(MISO) IO13(MOSI) IO14(CLK) IO15(CS)	SPI Flash 2, display screen, and MCU can be connected using HSPI interface.
PWM	IO12(R) IO15(G) IO13(B)	Currently the PWM interface has four channels, but users can extend the channels according to their own needs. PWM interface can be used to control LED lights, buzzers, relays, electronic machines, and so on.
IR Remote Control	IO14(IR_T) IO5(IR_R)	The functionality of Infrared remote control interface can be implemented via software programming. NEC coding, modulation, and demodulation are used by this interface. The frequency of modulated carrier signal is 38KHz.
ADC	TOUT	ESP8266EX integrates a 10-bit analog ADC. It can be used to test the power-supply voltage of VDD3P3 (Pin3 and Pin4) and the input power voltage of TOUT (Pin 6). However, these two functions cannot be used simultaneously. This interface is typically used in sensor products.
I2C	IO14(SCL) IO2(SDA)	I2C interface can be used to connect external sensor products and display screens, etc.

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Interface	Pin Name	Description
UART	**UART0:** TXD (U0TXD) RXD (U0RXD) IO15 (RTS) IO13 (CTS) **UART1:** IO2(TXD)	Devices with UART interfaces can be connected with the module. Downloading: U0TXD+U0RXD or GPIO2+U0RXD Communicating: UART0: U0TXD, U0RXD, MTDO (U0RTS), MTCK (U0CTS) Debugging: UART1_TXD (GPIO2) can be used to print debugging information. By default, UART0 will output some printed information when the device is powered on and is booting up. If this issue exerts influence on some specific applications, users can exchange the inner pins of UART when initializing, that is to say, exchange U0TXD, U0RXD with U0RTS, U0CTS.
I2S	**I2S Input:** IO12 (I2SI_DATA) ; IO13 (I2SI_BCK); IO14 (I2SI_WS); **I2S Output:** IO15 (I2SO_BCK); IO3 (I2SO_DATA); IO2 (I2SO_WS).	I2S interface is mainly used for collecting, processing, and transmission of audio data.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5. Absolute Maximum Ratings

Table 7 Absolute Maximum Ratings

Operating Condition	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Operating Temperature		-40	20	125	°C
Supply voltage	VDD	3.0	3.3	3.6	V

4.6. Recommended Operating Conditions

Table 8 Recommended Operating Conditions

Rating	Condition	Value	Unit
Storage Temperature		-40 to 125	°C
Maximum Soldering Temperature		260	°C
Supply Voltage	IPC/JEDEC J-STD-020	+3.0 to +3.6	V

4.7. Digital Terminal Characteristics

Table 9 Digital Terminal Characteristics

Terminals	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Input logic level low	V_{IL}	-0.3		0.25VDD	V
Input logic level high	V_{IH}	0.75VDD		VDD+0.3	V
Output logic level low	V_{OL}	N		0.1VDD	V
Output logic level high	V_{OH}	0.8VDD		N	V

Note: Test conditions: VDD = 3.3V, Temperature = 20 ℃, if nothing special is stated.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. RF Performance

Description	Min.	Typ.	Max	Unit
Input frequency	2400		2483.5	MHz
Input impedance		50		ohm
Input reflection			-10	dB
Output power of PA for 72.2Mbps	15.5	16.5	17.5	dBm
Output power of PA for 11b mode	19.5	20.5	21.5	dBm
Sensitivity				
CCK, 1Mbps		-98		dBm
CCK, 11Mbps		-91		dBm
6Mbps (1/2 BPSK)		-93		dBm
54Mbps (3/4 64-QAM)		-75		dBm
HT20, MCS7 (65Mbps, 72.2Mbps)		-72		dBm
Adjacent Channel Rejection				
OFDM, 6Mbps		37		dB
OFDM, 54Mbps		21		dB
HT20, MCS0		37		dB
HT20, MCS7		20		dB

Table 10 RF Performance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Power Consumption

Parameters	Min	Typical	Max	Unit
Tx802.11b, CCK 11Mbps, P OUT=+17dBm		170		mA
Tx 802.11g, OFDM 54Mbps, P OUT =+15dBm		140		mA
Tx 802.11n, MCS7, P OUT =+13dBm		120		mA
Rx 802.11b, 1024 bytes packet length , -80dBm		50		mA
Rx 802.11g, 1024 bytes packet length, -70dBm		56		mA
Rx 802.11n, 1024 bytes packet length, -65dBm		56		mA
Modem-Sleep①		15		mA
Light-Sleep②		0.9		mA
Deep-Sleep③		10		uA

Table 11 Power Consumption

❶Modem-Sleep requires the CPU to be working, as in PWM or I2S applications. According to 802.11 standards (like U-APSD), it saves power to shut down the Wi-Fi Modem circuit while maintaining a Wi-Fi connection with no data transmission. E.g. in DTIM3, to maintain a sleep 300mswake 3ms cycle to receive AP's Beacon packages, the current is about 15mA.

❷ During Light-Sleep, the CPU may be suspended in applications like Wi-Fi switch. Without data transmission, the Wi-Fi Modem circuit can be turned off and CPU suspended to save power according to the 802.11 standard (U-APSD). E.g. in DTIM3, to maintain a sleep 300ms-wake 3ms cycle to receive AP's Beacon packages, the current is about 0.9mA. ❸ Deep-Sleep does not require Wi-Fi connection to be maintained. For application with long time lags between data transmission, e.g. a temperature sensor that checks the temperature every 100s ,sleep 300s and waking up to connect to the AP (taking about 0.3~1s), the overall average current is less than 1mA.

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์สำหรับใช้ในกิจการของมหาวิทยาลัยเท่านั้น ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. Reflow Profile

Table 12 Instructions

T_S max to T_L (Ramp-up Rate)	3°C/second max
Preheat Temperature Min.(T_S Min.) Temperature Typical.(T_S Typ.) Temperature Min.(T_S Max.) Time(T_S)	 150°C 175°C 200°C 60~180 seconds
Ramp-up rate (T_L to T_P)	3°C/second max
Time Maintained Above: --Temperature(T_L)/Time(T_L)	 217°C/60~150 seconds
Peak Temperature(T_P)	260°C max. for 10 seconds
Target Peak Temperature (T_P Target)	260°C +0/-5°C
Time within 5°C of actual peak(t_P)	20~40 seconds
T_S max to T_L (Ramp-down Rate)	6°C/second max
Tune 25°C to Peak Temperature (t)	8 minutes max

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. Schematics

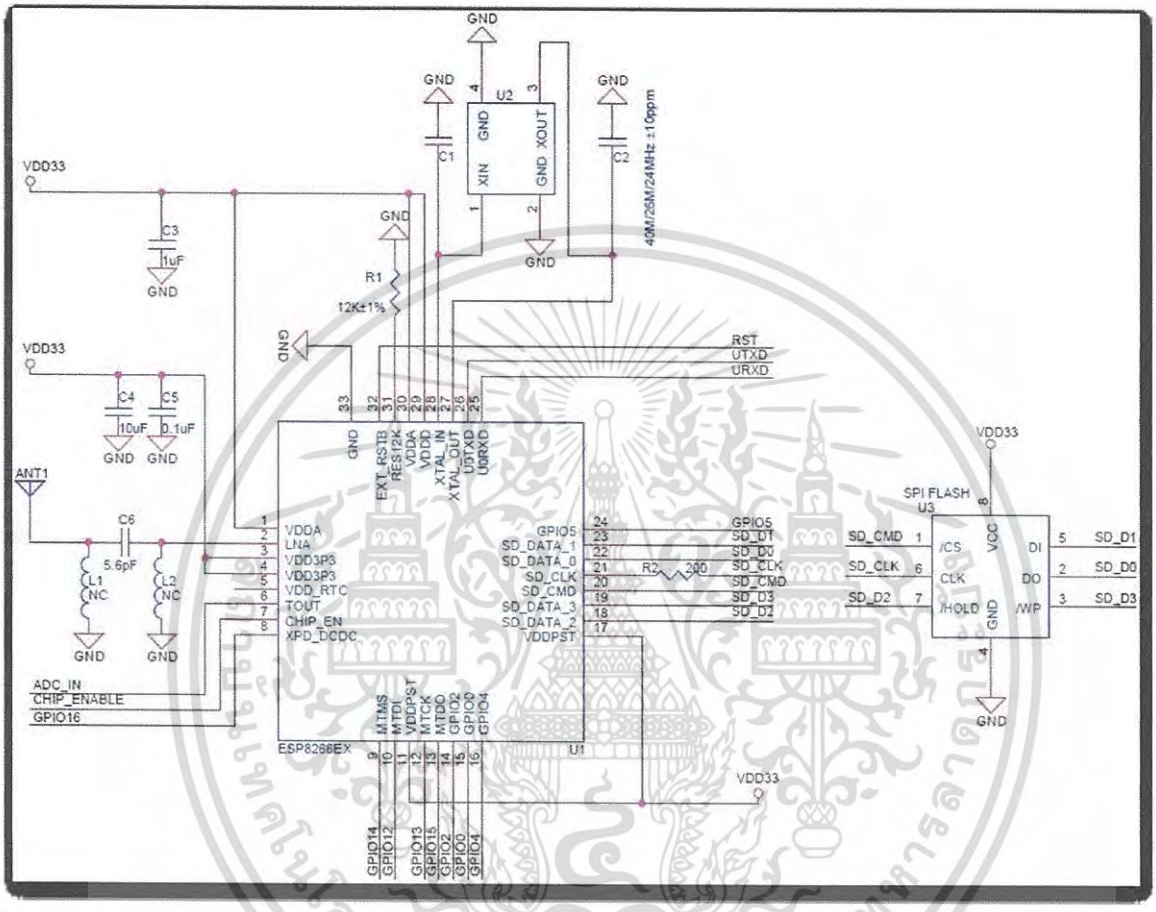


Figure 4 Schematics of Esp-12E WiFi Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นางสาวจุรีภรณ์ อาคมสรรเสริญ

วัน เดือน ปี เกิด 25 เมษายน 2538

ภูมิลำเนา 212/1 ม.6 ตำบลถอนสมอ อำเภอท่าช้าง
จังหวัดสิงห์บุรี 16140

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษา แผนการเรียนวิทย์-คณิต โรงเรียน สิงห์บุรี ปีการศึกษา 2555

ระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า หลักสูตรวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2560

ฝึกงานภาคฤดูร้อน การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) อำเภอค่ายบางระจัน ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 29 กรกฎาคม 2560

ชื่อ-สกุล นางสาว ชนิกานต์ ศรีพยอม

วัน เดือน ปี เกิด 16 กุมภาพันธ์ 2539

ภูมิลำเนา 112 หมู่ 1 ตำบลโคกหินแฮ่ อำเภอเรณูนคร
จังหวัดนครพนม 48170

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษา แผนการเรียนวิทย์-คณิต โรงเรียนเรณูนครวิทยานุกูล ปีการศึกษา 2556

ระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า หลักสูตรวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2560

ฝึกงานภาคฤดูร้อน โรงไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โรงไฟฟ้าลำตะคองชลภาวัฒนา ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 31 กรกฎาคม 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ-สกุล นายวลงกรณ์ วงศ์ปัญญาวิวัฒน์

วัน เดือน ปี เกิด 18 กันยายน 2538

ภูมิลำเนา 168 หมู่9 ตำบลแม่ใส อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษา แผนการเรียนวิทย์-คณิต โรงเรียนพะเยาพิทยาคม ปีการศึกษา 2556

ระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า หลักสูตรวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2560

ฝึกงานภาคฤดูร้อน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) โรงไฟฟ้าแม่เมาะ ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 31 กรกฎาคม 2560

ชื่อ-สกุล นายวันชนะ สนิทยา

วัน เดือน ปี เกิด 01 มกราคม 2538

ภูมิลำเนา 11 หมู่ 6 ตำบลสันทะ อำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน 55150

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษา แผนการเรียนวิทย์-คณิต โรงเรียนสตรีศรีน่าน ปีการศึกษา 2556

ระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า หลักสูตรวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2560

ฝึกงานภาคฤดูร้อน Italthai engineering ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 31 กรกฎาคม 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้