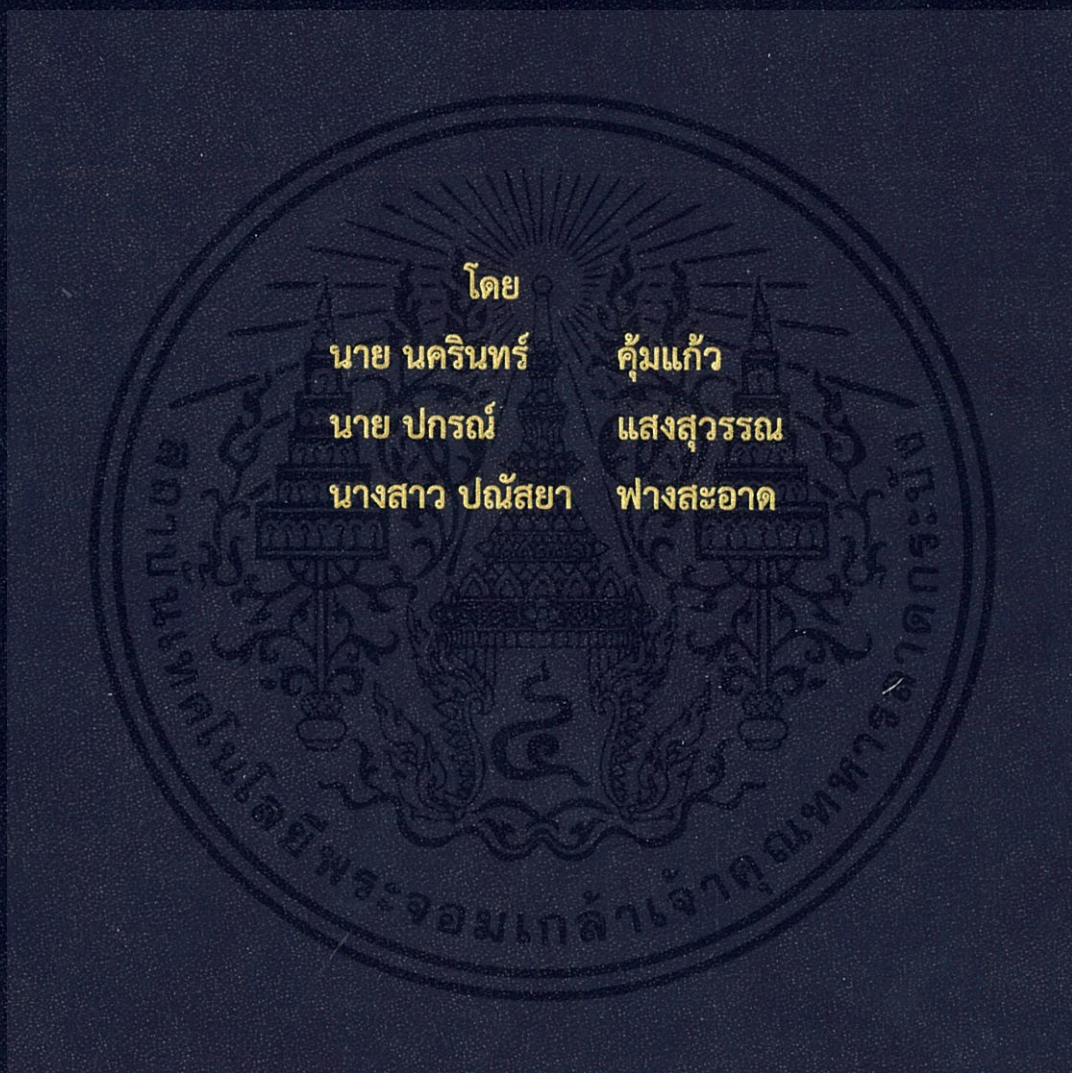


ระบบการจัดการห้องพักอัจฉริยะ
INTELLIGENT ROOM MANAGEMENT SYSTEM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

ระบบการจัดการห้องพักอัจฉริยะ
INTELLIGENT ROOM MANAGEMENT SYSTEM

โดย

นาย นครินทร์	คุ้มแก้ว	58010618
นาย ปกรณ์	แสงสุวรรณ	58010704
นางสาว ปณัสยา	ฟางสะอาด	58010716

อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.ดร. ชินวัชร สุรัสวดี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561



เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2561

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบการจัดการห้องพักอัจฉริยะ

INTELLIGENT ROOM MANAGEMENT SYSTEM

ผู้จัดทำ

- | | |
|---------------------------|----------|
| 1. นาย นครินทร์ คุ่มแก้ว | 58010618 |
| 2. นาย ปกรณ์ แสงสุวรรณ | 58010704 |
| 3. นางสาว ปณัสยา พางสะอาด | 58010716 |



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. ชินวัชร สุรัสวดี)

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี อันเกิดจากความกรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ดร. ชินวัชร สุรัสวดี ที่ให้คำแนะนำในกระบวนการทำงานอยู่เสมอ ชี้แนะแนวทางในการแก้ไขปัญหา ตลอดจนให้ความรู้คู่คุณธรรม และประสบการณ์ที่ดีแก่ผู้จัดทำ ให้คำปรึกษาในทุก ๆ ด้าน ทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ อีกทั้งยังเป็นผู้จุดประกายความคิดและช่วยเหลือในการริเริ่มทำโครงงานฉบับนี้

ขอขอบคุณ พี่ ๆ และเพื่อน ๆ ที่ให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาและให้ความช่วยเหลือ อีกทั้งยังเป็นพลังใจให้แก่ผู้จัดทำ จนกระทั่งโครงงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากโครงงานฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบให้กับคุณบิดามารดาซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูบาอาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้คู่คุณธรรม และประสบการณ์ที่ดีแก่ผู้จัดทำ สุดท้ายนี้ผู้จัดทำมีความคาดหวังว่าโครงงานฉบับนี้ จะสามารถเป็นแนวทางสำหรับผู้สนใจเกี่ยวกับนวัตกรรม เพื่อนำไปพัฒนาต่อยอดให้เกิดประโยชน์สูงสุดในอนาคต

นายนครินทร์ คุ่มแก้ว

นายปกรณ์ แสงสุวรรณ

นางสาวปณิสยา ฟางสะอาด

ผู้จัดทำ

ระบบการจัดการห้องพักอัจฉริยะ

INTELLIGENT ROOM MANAGEMENT SYSTEM

โดย	นาย นครินทร์ คุ่มแก้ว	58010618
	นาย ปกรณ์ แสงสุวรรณ	58010704
	นางสาว ปณิสยา พางสะอาด	58010716

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. ชินวัชร สุรัสวดี

บทคัดย่อ

ความก้าวหน้าของระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและอุปกรณ์เครือข่ายที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ทำให้การดำเนินการต่างๆผ่านระบบเครือข่ายเป็นไปด้วยความสะดวกสบาย โครงการนี้พัฒนาระบบการจัดการห้องพักอัจฉริยะ โดยสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆภายในห้องพักผ่านทางอินเทอร์เน็ตโดยใช้สมาร์ตโฟน แท็บเล็ต หรือคอมพิวเตอร์ การศึกษาได้จำลองรูปแบบอุปกรณ์ภายในห้องพักจริงและแสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดีตามที่ออกแบบไว้ ผลจากโครงการนี้สามารถนำไปสู่การพัฒนาระบบการจัดการห้องพักอัจฉริยะต่าง ๆ ได้จริง

ABSTRACT

Due to the recent advances of internet and network devices employed widely, many different activities can be conveniently processed via the internet. This project develops the intelligent room management system, which can control electrical appliances in a room via the internet using a smartphone, tablet, or computer. The study simulates a realistic room with different electrical appliances and shows that the developed system can work well as designed. Results from this project can lead to the development of real intelligent room management systems.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	
2.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
2.2 วัตถุประสงค์	1
2.3 ขอบเขตของโครงการ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	
2.1 Raspberry Pi 3 Model B	3
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์	5
2.3 วิเคราะห์วงจรไฟฟ้า	6
2.4 เซนเซอร์	7
2.5 รีเลย์	9
2.6 หลอด LED	11
2.7 โปรโตคอล	12
2.8 ภาษาโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาเว็บไซต์	13
2.9 ฐานข้อมูล	14
2.10 อุปกรณ์ระบบอินฟราเรด	15
2.11 การทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับลายนิ้วมือ	18
2.12 กลไกขอลกลอนแม่เหล็กไฟฟ้า	19
2.13 การทำงานของเซนเซอร์วัดกระแส ACS712	20
2.14 การสั่งงานด้วยเสียง โดย Google Assistant	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3	
การออกแบบและการจัดทำปฏิญานิพนธ์	
3.1 การออกแบบ	22
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	32
3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	43
บทที่ 4	
การทดลองและผลการทดลอง	
4.1 ผลการทดสอบระบบควบคุมการทำงานอินฟราเรด	48
4.2 ผลการทดสอบระบบควบคุมหลอดไฟ	49
4.3 ผลการทดสอบระบบควบคุมเต้าเสียบ	54
4.4 ผลการทดลองหน้าเว็บไซต์ของผู้ใช้งาน	56
4.5 ผลการทำงานของระบบรักษาความปลอดภัย	61
4.6 ผลการทำงานของเซนเซอร์วัดกระแส	63
4.7 ผลการทำงานของการทำงานด้วยเสียง	64
บทที่ 5	
สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล	66
5.2 ข้อเสนอแนะ	66
บรรณานุกรม	

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 Raspberry Pi 3 Model B	3
2.2 GPIO Port ทั้ง 40 พิน	5
2.3 ผลการต่อวงจรแบบอนุกรม	6
2.4 ผลการต่อวงจรแบบขนาน	7
2.5 การทำงานของ Photoelectronic Sensor	8
2.6 ตัวอย่างเซนเซอร์รับสัมผัส	9
2.7 ตัวอย่างการใช้งานรีเลย์	10
2.8 โครงสร้างหลอด LED	11
2.9 การแพร่กระจายแสงของหลอด LED	12
2.10 การทำงานร่วมกันของภาษา PHP และ MySQL	15
2.11 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	15
2.12 อุปกรณ์ไฟฟ้าระบบอินฟราเรด	16
2.13 อินฟราเรดตัวส่ง	16
2.14 วงจรส่งสัญญาณอินฟราเรด	17
2.15 TSOP4838	17
2.16 การบันทึกลายนิ้วมือ	18
2.17 การตรวจสอบลายนิ้วมือ	18
2.18 โครงสร้างภายในของกลอนแม่เหล็กไฟฟ้า	19
2.19 ตัวอย่างการใช้งานกลอนแม่เหล็กไฟฟ้า	20
2.20 ACS712	20
2.21 วงจรการทำงานของ ACS712	21
2.22 ตัวอย่างวงจรของการสั่งงานด้วยเสียง	21
3.1 ภาพรวมทั้งหมดของระบบ	22
3.2 การใช้งานระบบจากผู้ใช้งาน	23
3.3 อินฟราเรดตัวรับหมายเลข TSOP4838	24

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.4 โมดูลอินฟราเรดตัวส่ง	24
3.5 การเชื่อมต่อตัวรับ-ส่งสัญญาณอินฟราเรด	25
3.6 การเชื่อมต่อหลอดไฟแบบพกพา	26
3.7 การดำเนินการบนเว็บไซต์	26
3.8 ลำดับขั้นตอนในการใช้งานเว็บไซต์	28
3.9 บล็อกไดอะแกรมการบันทึกลายนิ้วมือ	29
3.10 บล็อกไดอะแกรมการตรวจสอบลายนิ้วมือ	29
3.11 การต่อวงจรในการใช้งานกลอนแม่เหล็กไฟฟ้า	30
3.12 การต่อวงจรการใช้งานเซนเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า	30
3.13 วิธีการตั้งค่าไมโครโฟน	31
3.14 หน้า Command Prompt ของการสั่งงานด้วยเสียง	31
3.15 Raspberry pi 3 model b	32
3.16 Micro SD Card	32
3.17 Power Adapter	33
3.18 ESP 8266	33
3.19 โมดูลอินฟราเรดตัวส่ง	34
3.20 อินฟราเรดตัวรับหมายเลข TSOP4838	34
3.21 หลอดไฟเปลี่ยนสี	35
3.22 รีเลย์	35
3.23 หลอด LED ชนิด RGB	36
3.24 เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว	36
3.25 พิวส์หลอดแก้ว	37
3.26 กระบอกฟิวส์ BLX-3	37
3.27 เต้าเสียบ	38
3.28 บอร์ดทดลอง	38

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.29 เซนเซอร์รับสัมผัส	39
3.30 อุปกรณ์รวมแสง	39
3.31 หลอดไฟธรรมดา	40
3.32 USB Sound Adapter	40
3.33 ไมโครโฟน OKER	41
3.34 ACS712	41
3.35 โมดูลแสงกลายนิ้วมือ	42
3.36 กลอนแม่เหล็กไฟฟ้า	42
3.37 Step Down Voltage Converter	43
3.38 Billion ADSL Router	43
3.39 การเก็บข้อมูล ใน phpMyAdmin	45
3.40 หน้าเว็บไซต์สำหรับ Register	45
3.41 หน้าเว็บไซต์สำหรับการ Login	46
3.42 ตัวอย่างการตรวจสอบด้วย serial monitor	46
4.1 ควบคุมหลอดไฟสีขาว	49
4.2 ควบคุมหลอดไฟสีแดง	50
4.3 ควบคุมหลอดไฟสีน้ำเงิน	50
4.4 ควบคุมหลอดไฟสีเขียว	51
4.5 การเลือก Access Point	51
4.6 หน้าเว็บไซต์เว็บ Server ในการจัดการ Access Point	52
4.7 การเลือก Access Point ที่ต้องการ	52
4.8 IP Address ของ ESP และผลลัพธ์ของ method GET	53
4.9 หน้าเว็บไซต์ที่ทดลองใช้	53
4.10 Source text ของเว็บไซต์ที่ใช้ทดลอง	53
4.11 หน้าต่าง Command Prompt ในการตรวจสอบการเชื่อมต่อ ESP	54

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.12 ตัวอย่างการควบคุมหลอดไฟ RGB	54
4.13 การสั่งเปิดการทำงานของรีเลย์	55
4.14 การสั่งปิดการทำงานของรีเลย์	55
4.15 หน้า Homepage	56
4.16 หน้า Bulb Control	57
4.17 หน้าการทำงานในโหมด Normal	57
4.18 หน้าการทำงานในโหมด Motion	57
4.19 หน้า Control Panel	58
4.20 หน้าการสั่งงานเครื่องปรับอากาศ	58
4.21 หน้าการสั่งงานโทรทัศน์	59
4.22 หน้า Outlet Control	59
4.23 หน้า Rename	60
4.24 หน้า Outlet Control หลังจากมีการ Rename	60
4.25 หน้า Check State	61
4.26 หน้าเว็บและขั้นตอนที่ใช้ในการบันทึกลายนิ้วมือ	61
4.27 หน้า Serial Monitor แสดงผลลัพธ์ในการบันทึกลายนิ้วมือ	62
4.28 หน้า Serial monitor แสดงผลลัพธ์การตรวจสอบลายนิ้วมือ	62
4.29 การทำงานของกลอนแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อมีกระแสผ่านและไม่มีกระแสผ่าน	63
4.30 วัดกระแสไฟฟ้าเมื่อใช้งานอุปกรณ์	63
4.31 วัดกระแสไฟฟ้าเมื่อไม่มีการใช้งานอุปกรณ์	64
4.32 การแจ้งเตือนผ่านหน้าผู้ใช้งานขณะอุปกรณ์ทำงาน	64
4.33 การแจ้งเตือนผ่านหน้าผู้ใช้งานขณะอุปกรณ์ไม่ทำงาน	64
4.34 ผลลัพธ์ของการสั่งงานด้วยเสียง คำสั่ง Turn on	65
4.35 ผลลัพธ์ของการสั่งงานด้วยเสียง คำสั่ง Turn off	65

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1	
เปรียบเทียบค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่จ่ายกับระยะเวลาการทำงานของตัว ควบคุมอุณหภูมิ	48
4.2	
เปรียบเทียบค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่จ่ายกับระยะเวลาการทำงานของตัว ควบคุมโทรทัศน์	49



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในยุคสมัยแห่งเทคโนโลยีสารสนเทศที่เป็นจุดสนใจของบุคคลทุกระดับ ณ ปัจจุบัน เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในสรรพสิ่ง (internet of things) เป็นหนึ่งในนวัตกรรมแห่งอนาคต ซึ่งมีแนวโน้มที่จะมีผลกระทบต่อพฤติกรรมของมนุษย์เป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของความ สะดวกสบาย และความปลอดภัยในชีวิตประจำวัน ทางคณะผู้จัดทำจึงเห็นโอกาสที่สำคัญ ในการศึกษา เทคโนโลยีนี้ เพื่อแก้ปัญหาที่ยังคงพบเจอในปัจจุบัน ยกตัวอย่างเช่น ความซับซ้อนในการใช้งาน, ความ ไม่ไว้วางใจในความสามารถของอินเทอร์เน็ตในสรรพสิ่ง และการเข้าถึงหรือรับรู้เกี่ยวกับอินเทอร์เน็ตใน สรรพสิ่ง

ทางคณะผู้จัดทำจึงได้ให้ความสนใจในการจัดทำโครงงานเรื่อง ระบบการจัดการห้องพัก อัจฉริยะ (Intelligent Room Management System) ขึ้นเพื่อตอบสนองความสะดวกสบายและ ความต้องการของมนุษย์ในปัจจุบัน นั่นคือสามารถควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้องพักได้ตาม ต้องการ เช่น เครื่องปรับอากาศ (Air condition) โทรทัศน์ (Television) เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์ใน โครงงานเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไปที่นำมาปรับปรุงให้สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ จึงมีราคาที่ถูกกว่า อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเพื่ออินเทอร์เน็ตในสรรพสิ่งโดยเฉพาะค่อนข้างมาก โดยมีการควบคุมผ่านทางเครื่อง คอมพิวเตอร์ PC หรือแม้กระทั่งทางโทรศัพท์มือถือ ซึ่งมีระบบการล็อกอิน (Log in) ก่อนเข้าควบคุม อุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านเว็บไซต์ อีกทั้งยังสามารถทำการสั่งงานด้วยเสียงควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในห้องได้ (เปิด-ปิดไฟ) โดยผู้ใช้งานแต่ละท่านจะมีระบบการใช้งานห้องพักเป็นของตนเอง ซึ่งง่ายต่อการดูแลและ พัฒนาระบบต่อไป รวมถึงมีระบบรักษาความปลอดภัยให้แก่ห้องพัก คือการระบุตัวตนก่อนเข้าห้อง ด้วยการสแกนลายนิ้วมือและมีการตรวจวัดกระแสอุปกรณ์ไฟฟ้าว่าได้ทำการเปิด-ปิดตามที่สั่งงาน เพิ่ม ความสะดวกสบายและความปลอดภัยให้แก่ผู้ใช้งาน

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบการสั่งงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า โดย อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในที่นี้ คือ เครื่องปรับอากาศ โทรทัศน์ หลอดไฟ และเต้าเสียบ (Outlet)
- 2) ออกแบบระบบห้องพักที่สามารถจัดการและพัฒนาระบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

3) ออกแบบและจัดทำระบบผ่านเว็บไซต์ซึ่งแสดงการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในห้อง และระบบการส่งงานอุปกรณ์ต่าง ๆ ด้วยเสียง

4) ออกแบบระบบความปลอดภัยต่าง ๆ ในการใช้งานห้องพัก ได้แก่ ระบบสแกนลายนิ้วมือเพื่อระบุตัวตนเข้าใช้งานและระบบการวัดกระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์ภายในห้องพัก

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในปริญญานิพนธ์แบ่งออกเป็น 3 ประเภทได้แก่ 1.) อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าแบบ 2 สถานะ (สามารถเปิดหรือปิดเพียงเท่านั้น) ซึ่งในที่นี้ ใช้การควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่มือถือสำหรับการตรวจเช็คความสามารถควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าได้ 2.) อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนผลลัพธ์ได้ตามความต้องการ เช่น การควบคุมการเปลี่ยนสีของหลอดไฟ โดย ณ ที่นี้ ทำการควบคุมทั้งหมด 4 สี คือ สีขาว สีแดง สีส้ม และสีเขียว รวมถึงมีระบบ หลอดไฟแบบพลาสมา (Flashlight) 3.) อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่สามารถควบคุมด้วยชุดคำสั่งดิจิทัล คือ การควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศและโทรทัศน์ ซึ่งมีการจัดทำหน้าเว็บไซต์เพื่อรวมทั้งในส่วนของการฐานข้อมูลผู้ใช้งานและส่วนของการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมอุปกรณ์เหล่านี้ได้ ในด้านระบบความปลอดภัยของผู้ใช้งานจะเพิ่มฟังก์ชันการส่งงานอุปกรณ์ด้วยเสียง ฟังก์ชันการสแกนลายนิ้วมือเพื่อเข้าห้องพักรวมถึงระบบการวัดกระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในห้องพัก

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 Raspberry Pi 3 Model B

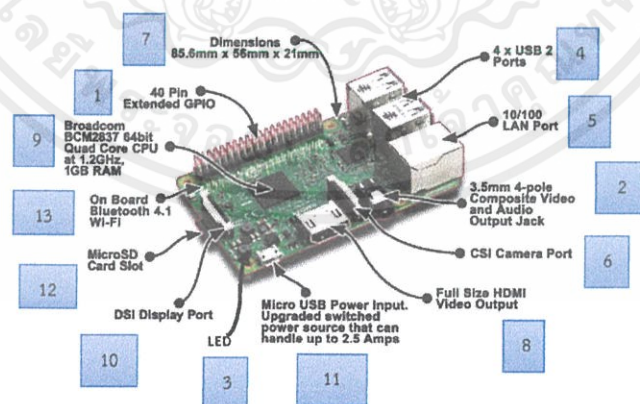
Raspberry Pi 3 Model B คือบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก โดยบอร์ดนั้นมีหน่วยประมวลผลหลัก (CPU) ที่สามารถรองรับระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux Operating System) ได้หลายระบบ เช่น Raspbian, Ubuntu Mate, Arch Linux และ Windows 10 IoT Core เป็นต้น และมี Broadcom BCM43438 ที่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตไร้สายหรือแบบใช้สาย Ethernet เข้ากับบอร์ดโดยตรงได้ด้วยความเร็ว 10/100 Mbps ซึ่งเหมาะสมและสะดวกกับการทำงานในส่วนควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านเว็บไซต์และประมวลผลคำสั่งเสียงที่ต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตตลอดเวลา

2.1.1 คุณสมบัติของ Raspberry Pi 3 Model B

คุณสมบัติเด่นของบอร์ด Raspberry Pi 3 Model B คือ หน่วยประมวลผลหลักที่มีความเร็วสัญญาณนาฬิกา 1.2 GHz, หน่วยความจำหลัก (RAM) ขนาด 1 GB LPDDR2 (900MHz) เชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ทั้งการเชื่อมต่อผ่านสาย Ethernet และ Wireless ตามมาตรฐาน IEEE 802.11 b/g/n, Bluetooth 4.1, GPIO Port 40 pin, คอนเน็กเตอร์เชื่อมต่อ HDMI, Audio Port โดย Port ต่าง ๆ ของบอร์ดนั้น มีความสำคัญต่อการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น USB port สำหรับต่อไมโครโฟนและ GPIO Port สำหรับควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า

2.1.2 ส่วนประกอบของ Pi 3 Model B

ส่วนประกอบของบอร์ด Raspberry Pi 3 Model B มี 13 ส่วน ตามรูปที่ 2.1 ดังนี้



รูปที่ 2.1 Raspberry Pi 3 Model B

- 1) คอนเน็กเตอร์สำหรับเชื่อมต่อ Input-Output (GPIO), SPI, I2c,

I2S และ UART จำนวน 40 พิน

2) สัญญาณภาพและเสียง Audio Video (AV) แบบ TSR สำหรับจอภาพที่มีระบบ Audio Video (AV)

3) LED แสดงสถานะของบอร์ด Raspberry Pi 3 Model B

4) คอนเน็กเตอร์ USB 2.0 จำนวน 4 Port

5) คอนเน็กเตอร์ Fast Ethernet RJ-45 10/100 MBPs สำหรับเชื่อมต่อเครือข่ายคอมพิวเตอร์เน็ตและระบบอินทราเน็ต

6) คอนเน็กเตอร์ CSI สำหรับเชื่อมต่อกับโมดูลกล้อง

7) LAN Controller

8) คอนเน็กเตอร์ HDMI สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณภาพและเสียงใช้เชื่อมต่อสัญญาณภาพและเสียงไปยังจอภาพที่มีหัวแบบ HDMI

9) ชิป SOC Broadcom BDM2837 มีการรวม CPU GPU และ SDRAM ไว้ในตัวเดียวกัน

10) คอนเน็กเตอร์ DSI สำหรับเชื่อมต่อจอภาพและเชื่อมต่อกับ GPIO Extension board

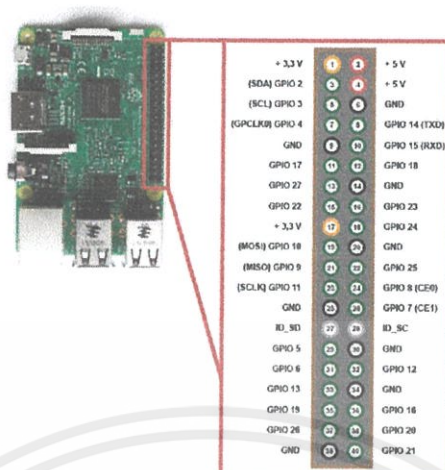
11) คอนเน็กเตอร์ Micro USB สำหรับจ่ายไฟเลี้ยงบอร์ด 5 V

12) คอนเน็กเตอร์ SD card

13) ชิปสำหรับเชื่อมต่อ Wi-Fi IEEE 802.11n และ Bluetooth 4.1, Bluetooth Low-Energy (LE)

2.1.3 ข้อมูลทั่วไปของบอร์ด Raspberry Pi 3 Model B

บอร์ด Raspberry Pi 3 Model B มี GPIO Port อยู่ 40 พิน โดย GPIO ย่อมาจาก General Purpose Input/Output ใช้สำหรับคุมลอจิก 0 และ 1 โดยแต่ละพินจะทำงานแตกต่างกันไป ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 GPIO Port ทั้ง 40 พิน

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

คืออุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กซึ่งมีความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง (CPU), หน่วยความจำ และอินเทอร์เฟซเป็นส่วนประกอบหลักที่สำคัญเข้าไว้ด้วยกัน [1] มีโครงสร้างการทำงานทั่วไปดังนี้

1) หน่วยประมวลผลกลาง (CPU)

เรียกว่า ไมโครโพรเซสเซอร์ (MPU) ประกอบด้วยฟังก์ชันของ CPU บนวงจรรวมเดี่ยวหรือวงจรรวมมีการควบคุมคอมพิวเตอร์ทั้งเครื่องสร้างสัญญาณควบคุมไปยังส่วนประกอบที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมและดำเนินการ ใช้ข้อมูลดิจิทัลเป็นอินพุตและให้ผลลัพธ์เป็นเอาต์พุตเมื่อประมวลผลข้อมูลตามจัดเก็บไว้ในหน่วยความจำ ไมโครโพรเซสเซอร์ใช้ตรรกะดิจิทัลตามลำดับมีหน่วยความจำภายในที่ทำงานกับตัวเลขและสัญลักษณ์โดยจะแสดงในระบบตัวเลขไบนารี

2) หน่วยความจำชั่วคราว (RAM)

มีหน้าที่ในการพักข้อมูลชั่วคราว เมื่อเราปิดไฟเลี้ยงข้อมูลที่เก็บอยู่ก็จะถูกลบไป โดยการใช้งาน RAM เราสามารถ อ่าน (READ) และ เขียน (WRITE) ได้ การเข้าถึง RAM สามารถเข้าถึงจากตำแหน่งใดก็ได้ (Random Access) ขนาดของ RAM จะขึ้นกับจำนวน Address

3) หน่วยความจำถาวร (ROM)

เป็นหน่วยความจำประเภทอ่านได้อย่างเดียว ปกติจะใช้ในการเก็บชุดคำสั่งของโปรแกรมเพื่อสั่งให้ ระบบ Microprocessor ทำงานตามชุดคำสั่ง

4) อินเทอร์เฟซ (interface)

เป็นส่วนที่เชื่อมโยงระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก

2.3 วิเคราะห์วงจรไฟฟ้า (Circuit Analysis)

วงจรไฟฟ้าคือการนำเอาแหล่งจ่ายไฟฟ้ามาจ่ายแรงดันและกระแสให้กับภาระผ่านลวดตัวนำ และใช้สวิตซ์ในการเปิดปิดวงจรเพื่อตัดหรือต่อกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับภาระ โดยภาระทางไฟฟ้าคือ อุปกรณ์ทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ที่นำมาต่อในวงจร วงจรไฟฟ้าเบื้องต้นที่ควรศึกษามีอยู่ 3 ลักษณะคือ วงจรอนุกรม, วงจรขนานและวงจรผสม [2]

2.3.1 วงจรอนุกรม

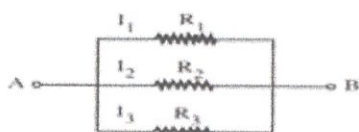
การนำเอาอุปกรณ์ทางไฟฟ้ามาต่อกันในลักษณะที่ปลายด้านหนึ่งของอุปกรณ์ตัวที่ 1 ต่อเข้ากับอุปกรณ์ตัวที่ 2 จากนั้นนำปลายที่เหลือของอุปกรณ์ตัวที่ 2 ไปต่อกับอุปกรณ์ตัวที่ 3 และจะต่อลักษณะนี้ไปเรื่อย ๆ ดังรูปที่ 2.3 ส่งผลให้กระแสไฟฟ้าไหลไปในทิศทางเดียวกระแสไฟฟ้าภายในวงจรอนุกรมจะมีค่าเท่ากันทุก ๆ จุด ค่าความต้านทานรวมของวงจรอนุกรมนั้นคือการนำเอาค่าความต้านทานทั้งหมดนำมาบวกกัน และความต่างศักย์ไฟฟ้าในวงจรอนุกรมนั้นความต่างศักย์จะปรากฏคร่อมตัวต้านทานทุกตัวที่จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่งความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมีค่าไม่เท่ากัน โดยสามารถคำนวณได้จากกฎของโอห์ม



รูปที่ 2.3 ผลการต่อวงจรแบบอนุกรม [2]

2.3.2 วงจรขนาน

วงจรที่เกิดจากการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปให้ขนานกับแหล่งจ่ายไฟมีผล ดังรูปที่ 2.4 ทำให้ค่าของความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ตกคร่อมอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละแฉกมีค่าเท่ากันและเท่ากับ ความต่างศักย์ระหว่างขั้วเซลล์ของแหล่งจ่ายไฟ ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าจะแยกไหลมีตั้งแต่ 2 ทิศทางขึ้นไปตามจำนวนแฉกที่ขนานกันของวงจร และค่าความต้านทานรวมภายในวงจรขนานจะมีค่าเท่ากับผลรวมของส่วนกลับของค่าความต้านทานทุกตัวรวมกัน ซึ่งค่าความต้านทานรวมภายในวงจรไฟฟ้าแบบขนานจะมีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานภายในสาขาที่มีค่าน้อยที่สุดเสมอ



ถ้า $R_1 \neq R_2 \neq R_3$

$$\Rightarrow \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\Rightarrow I = I_1 + I_2 + I_3$$

เมื่อ $I =$ กระแสไฟฟ้าทั้งหมด

$I_1, I_2, I_3 =$ กระแสที่ผ่านความต้านทาน R_1, R_2 และ R_3

$\Rightarrow$ ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่คร่อม R_1, R_2 และ R_3 เท่ากันหมด

ถ้า $R_1 = R_2 = R_3$

$$\Rightarrow R = \frac{R_1}{3} = \frac{R_2}{3} = \frac{R_3}{3}$$

$$\Rightarrow R = \frac{R}{3}$$

เมื่อ $R =$ ค่าความต้านทานที่นำมาต่อขนาน

รูปที่ 2.4 ผลการต่อวงจรแบบขนาน [2]

2.3.3 วงจรผสม

นำอุปกรณ์ไฟฟ้ามาต่อวงจรไฟฟ้าโดยการต่อรวมกันระหว่างวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมกับวงจรไฟฟ้าแบบขนาน ภายในวงจรโหนดบางตัวต่อวงจรแบบอนุกรม และโหนดบางตัวต่อวงจรแบบขนาน การต่อวงจรไม่มีมาตรฐานตายตัว เปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะการต่อวงจรตามต้องการ การวิเคราะห์แก้ปัญหาของวงจรผสม ต้องอาศัยหลักการทำงานตลอดจนอาศัยคุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าทั้งแบบอนุกรมและแบบขนาน

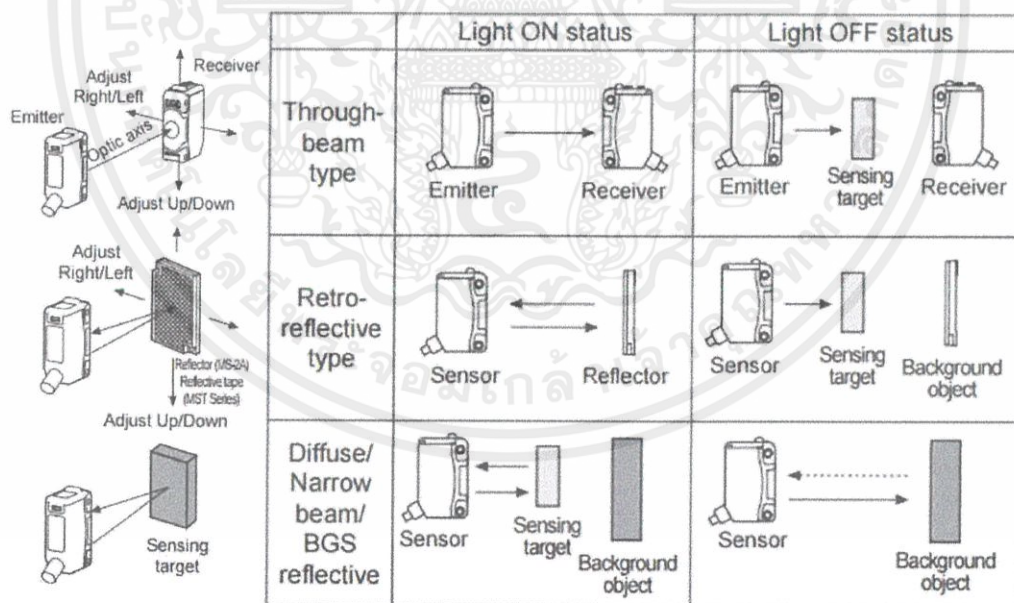
2.4 เซนเซอร์ (Sensor)

เป็นอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณหรือปริมาณทางฟิสิกส์ต่าง ๆ [3] เช่น อุณหภูมิ เสียง แสง แรงทางกล ความดันบรรยากาศ ระยะกระจัด ความเร็ว อัตราเร่ง ระดับของเหลว และอัตราการไหล จากนั้นจะทำหน้าที่เปลี่ยนเป็นสัญญาณออก หรือปริมาณเอาต์พุตที่ได้จากการวัดในอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถนำไปประมวลผลต่อไป

2.4.1 Photoelectric sensor

ใช้ลำแสงในการตรวจจับวัตถุโดยไม่ต้องมีการสัมผัส [4] โดยมีคุณสมบัติพิเศษคือ มีการตอบสนองตอบอย่างรวดเร็ว ระยะการตรวจจับไกล และ ที่สำคัญไม่ว่าวัตถุใด ๆ Photoelectric Sensor ก็จะสามารถตรวจจับได้ เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการความเร็วในการตรวจจับและไม่มี การสัมผัสกับตัววัตถุ แต่การใช้งานเซ็นเซอร์ประเภทนี้ จะไม่ค่อยเหมาะกับการติดตั้งในบริเวณ ที่มีฝุ่น หรือ สารเคมีที่สามารถกัดกร่อนอย่างรุนแรงได้ เนื่องจากจะทำให้ระยะในการตรวจจับ และ ความแม่นยำในการตรวจจับลดลงเป็นอย่างมาก โดยมีการทำงานดังรูปที่ 2.5

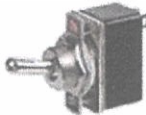
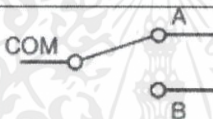
อาศัยหลักการสะท้อนหรือการหักเหของแสง จากตัวส่ง ไปยังตัวรับ โดยภายในโครงสร้างของตัว Photoelectric Sensor จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ภาควส่งสัญญาณ Emitter และ ภาควรับสัญญาณ Receiver ซึ่งภาควส่งสัญญาณแสงนั้น จะใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่า Light Emitting Diode หรือ LED โดย LED จะมีหน้าที่สร้างแสงที่เป็นพัลส์ เพื่อส่งออกไปโดยแสงที่ส่งออกไปนั้น ก็จะขึ้นอยู่กับชนิดของ LED ว่าจะจะเป็นแบบ Visible Light หรือ Non Visible Light โดย Visible Light ก็จะเป็นแสงที่เราสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น แสงสีแดง แสงสีเขียว แสงสีขาว แสงสีน้ำเงิน โดยทั่วไปนั้น แสงสีแดงจะได้รับความนิยมสูงสุดในกลุ่ม Visible Light และในส่วนของ Non Visible Light ก็จะเป็น แสงที่เราไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งได้แก่ แสงอินฟราเรด ซึ่งเป็นแสงชนิดที่มีใช้ในการผลิตตัวโฟโตเซ็นเซอร์มากที่สุด เมื่อแสงที่ถูกส่งออกมาจากตัว LED ของ Emitter ถูกส่งต่อไปยังตัว Receiver โดยภายในประกอบด้วยตัว Photo Diode หรือ อีกชื่อหนึ่ง คือ Photo Transistor ซึ่งทำหน้าที่ในการรับแสง และ เปลี่ยนพลังงานแสงที่ได้รับให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อถูกส่งไปยังวงจรฟิลเตอร์ความถี่ PLL หรือ (Phase Lock Loop) ต่อจากนั้นจะเป็นการกรองเฉพาะความถี่ ให้ตรงกับแสงที่ตัวส่งเป็นผู้ส่งมาเท่านั้น โดยจะตัดตัวความถี่อื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป เมื่อมีวัตถุหรือชิ้นงานวิ่งผ่าน ก็จะทำให้ตัวรับไม่สามารถรับสัญญาณแสงได้ ซึ่งทำให้ภาคววงจรตรวจจับสามารถรับรู้ได้ว่าการเปลี่ยนแปลงแล้วจะส่งต่อไปยังภาควขับเคลื่อนเพื่อเปลี่ยนแปลงสถานะเอาต์พุตต่อไป



รูปที่ 2.5 การทำงานของ Photoelectric Sensor [4]

2.4.2 เซนเซอร์สัมผัส

เป็นอุปกรณ์แบบกลไก ที่ทำหน้าที่รับแรงกดโดยที่หน้าสัมผัสของสวิตช์จะเกิดการนำกระแสไฟฟ้า ซึ่งเราสามารถนำไปตัดต่อให้เกิดสัญญาณทางไฟฟ้าได้ โดยเซนเซอร์สัมผัสนั้น มีอยู่หลายประเภท [5] แสดงดังรูปที่ 2.6

สวิตช์	ชื่อ	สัญลักษณ์	หน้าสัมผัส	ค่าเต็ม	ความหมาย
	สวิตช์โยก		SPST	Single Pole, Single Throw	หนึ่งก้านต่อ หนึ่งหน้าสัมผัส
	สวิตช์กดติด ปล่อยดับ		SPST	Single Pole, Single Throw	หนึ่งก้านต่อ หนึ่งหน้าสัมผัส
	สวิตช์กดดับ ปล่อยติด		SPST	Single Pole, Single Throw	หนึ่งก้านต่อหนึ่ง หน้าสัมผัส
	สวิตช์โยก		SPDT	Single Pole, Double Throw	หนึ่งก้านต่อ สองหน้าสัมผัส
	สวิตช์เลื่อน		SPDT	Single Pole, Double Throw	หนึ่งก้านต่อ สองหน้าสัมผัส
	สวิตช์โยก		DPST	Double Pole, Single Throw	สองก้านต่อ หนึ่งหน้าสัมผัส
	สวิตช์เลื่อน		DPDT	Double Pole, Double Throw	สองก้านต่อ สองหน้าสัมผัส

รูปที่ 2.6 ตัวอย่างเซนเซอร์สัมผัส [5]

2.5 รีเลย์ (Relay)

มีหน้าที่ตัดต่อวงจรแบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้หลักการของแม่เหล็กไฟฟ้า จะทำงานเมื่อมีการจ่ายไฟไปตามกำหนดทำให้เกิดวงจรเปิด เมื่อไม่มีการจ่ายไฟจะทำให้เกิดวงจรปิดทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้รีเลย์เป็นสวิตช์นั้นไม่ทำงาน [6] โดยมีการทำงานดังรูปที่ 2.7

2.5.1 ส่วนประกอบของรีเลย์

1) ขดลวดเหนี่ยวนำกระแส (coil)

ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แก่โลหะไปกระตุ้นให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำนี้

2) ส่วนของหน้าสัมผัส (contact)

ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการ

3) จุดต่อ NC

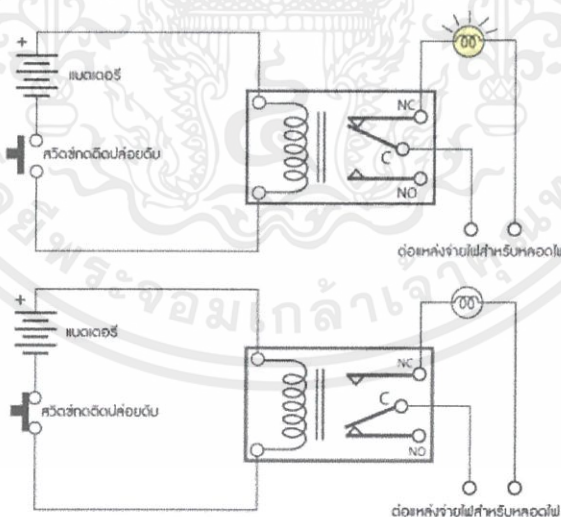
ย่อมาจาก normal close หมายความว่าปกติปิด หรือ หากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลา

4) จุดต่อ NO

ย่อมาจาก normal open หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดปิด

5) จุดต่อ C

ย่อมาจาก common คือจุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างการใช้งานรีเลย์ [6]

2.5.2 ประเภทของรีเลย์

1) รีเลย์กำลัง (power relay)

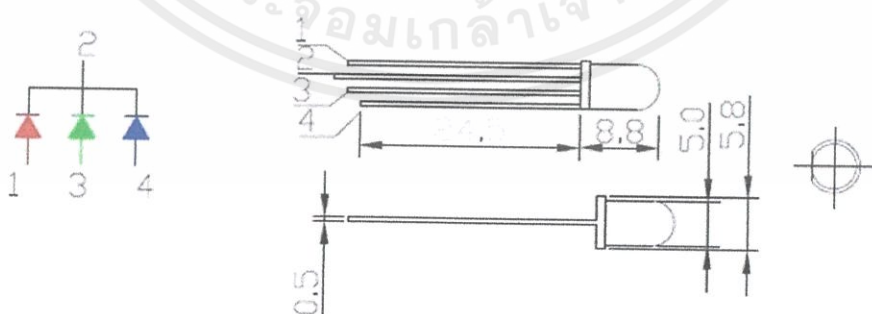
มีอีกชื่อว่าคอนแทกเตอร์ (Contactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

2) รีเลย์ควบคุม (control Relay)

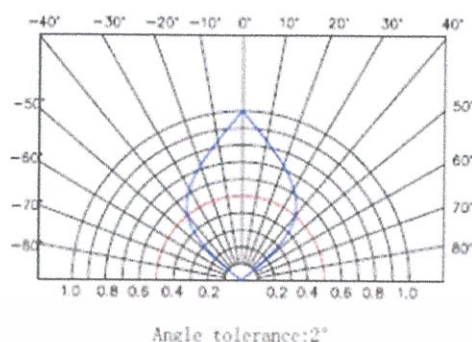
มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่

2.6 หลอด LED

หลอด LED หรือไดโอดเปล่งแสง [7] มีโครงสร้างประกอบไปด้วยสารกึ่งตัวนำสองชนิด (สารกึ่งตัวนำชนิด N และสารกึ่งตัวนำชนิด P) ประกบเข้าด้วยกัน มีผิวข้างหนึ่งเรียบคล้ายกระจกโดยมีลักษณะรูปร่างและลักษณะการไหลของกระแส ดังรูปที่ 2.8 เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงผ่านตัว LED โดยจ่ายไฟบวกให้ขาแอโนด (A) จ่ายไฟลบให้ขาแคโทด (K) ทำให้อิเล็กตรอนที่สารกึ่งตัวนำชนิด N มีพลังงานสูงขึ้น จนสามารถวิ่งข้ามรอยต่อจากสารชนิด N ไปรวมกับโฮลในสารชนิด P การที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อ PN ทำให้เกิดกระแสไหล เป็นผลให้ระดับพลังงานของอิเล็กตรอนเปลี่ยนไปและคายพลังงานออกมาในรูปคลื่นแสง ดังรูปที่ 2.9 สีของแสงที่เกิดจากรอยต่อจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่นำมาใช้ในการสร้าง LED ทั้งชนิดที่เป็นของเหลวและก๊าซ เช่น ใช้แกเลียมฟอสไฟด์ (GALLIUM PHOSPHIDE, GaP) ทำให้เกิดแสงสีแดง ใช้แกเลียมอาร์เซไนด์ฟอสไฟด์ (GALLIUM ARSENIDE PHOSPHIDE, GaAsP) เกิดแสงสีเหลืองและเขียวการควบคุมปริมาณแสงสว่างจะควบคุมกระแสที่ไหลผ่านหลอด LED หากกระแสที่ไหลสูงเกินไปจะทำให้หลอดมีความสว่างมาก แต่หากป้อนกระแสสูงเกินไปจะทำให้บริเวณรอยต่อของสารกึ่งตัวนำเกิดความร้อนปริมาณมากจนทำให้โครงสร้างหลอดเสียหายไม่สามารถใช้งานได้



รูปที่ 2.8 โครงสร้างของหลอด LED



Notes:

1. All dimensions in mm tolerance is $\pm 0.2\text{mm}$ unless otherwise noted.
2. An epoxy meniscus may extend about 1.5mm down the leads.
3. Burr around bottom of epoxy may be 0.5mm max.

รูปที่ 2.9 การแพร่กระจายแสงของหลอด LED

2.7 โพรโตคอล (Protocol)

ข้อกำหนดหรือข้อตกลงในการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ หรือภาษาสื่อสารที่ใช้เป็นภาษากลางในการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ด้วยกัน การที่เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ถูกเชื่อมโยงกันไว้ในระบบจะสามารถติดต่อสื่อสารกันได้นั้น จำเป็นจะต้องมีการสื่อสารที่เรียกว่า โพรโตคอล เช่นเดียวกับคนเราที่ต้องมีภาษาพูดเพื่อให้สื่อสารเข้าใจกันได้ โพรโตคอลช่วยให้ระบบคอมพิวเตอร์สองระบบ ที่แตกต่างกันสามารถสื่อสารกันอย่างเข้าใจได้ คือข้อตกลงที่กำหนดเกี่ยวกับการสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ต่างๆ ทั้งวิธีการส่งและรับข้อมูล วิธีการตรวจสอบข้อผิดพลาดของการส่งและรับข้อมูล การแสดงผลข้อมูลเมื่อส่งและรับกันระหว่างเครื่องสองเครื่อง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าโพรโตคอลมีความสำคัญมากในการสื่อสารบนเครือข่าย หากไม่มีโพรโตคอลแล้ว การสื่อสารบนเครือข่ายจะไม่สามารถเกิดขึ้นได้ [8]

2.7.1 HTTP

ย่อมาจาก Hypertext Transfer Protocol คือ โพรโทคอลสื่อสารสำหรับการแลกเปลี่ยนสารสนเทศผ่านอินเทอร์เน็ต โดยหลักแล้วใช้ในการรับเอกสารข้อความหลายมิติที่นำไปสู่การเชื่อมต่อกับ World Wide Web(WWW)จะใช้เมื่อเรียกโปรแกรมweb browser เช่น Firefox, Google Chrome, Safari, Opera และ IE Microsoft Internet Explorer เรียกดูข้อมูลหรือเว็บเพจ โปรแกรมบราวเซอร์ดังกล่าวจะใช้โพรโตคอล HTTP ซึ่งโพรโตคอลนี้ทำให้เซิร์ฟเวอร์ส่งข้อมูลมาให้บราวเซอร์ตามต้องการและบราวเซอร์จะนำข้อมูลมาแสดงผลบนจอภาพได้อย่างถูกต้องในการ

แลกเปลี่ยนข้อมูลกันระหว่าง Server และ Client ของ World Wide Web (Server) โดยส่งข้อมูลแบบ Clear text คือ ข้อมูลที่ทำการส่งไปนั้น ไม่ได้ทำการเข้ารหัส ทำให้สามารถถูกดักจับและอ่านข้อมูลได้ง่าย

2.7.2 TCP/IP

การที่เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ถูกเชื่อมโยงกันไว้ในระบบ จะสามารถติดต่อสื่อสารกันได้นั้น จำเป็นจะต้องมีภาษาสื่อสารที่เรียกว่า โปรโตคอล (Protocol) ซึ่งในระบบอินเทอร์เน็ตใช้ภาษาสื่อสารมาตรฐานที่ชื่อว่า TCP/IP เป็นภาษาหลัก ดังนั้นหากเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่ว่าจะเป็นเครื่องระดับไมโครคอมพิวเตอร์ มินิคอมพิวเตอร์ หรือเมนเฟรมคอมพิวเตอร์ ก็สามารถเชื่อมโยงเข้าสู่อินเทอร์เน็ตได้ TCP ย่อมาจากคำว่า Transmission Control Protocol และ IP ย่อมาจากคำว่า Internet Protocol ดังนั้น TCP/IP คือชุดของโปรโตคอลที่ถูกใช้ในการสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถใช้สื่อสารจากต้นทางข้ามเครือข่ายไปยังปลายทางได้และสามารถหาเส้นทางที่จะส่งข้อมูลไปได้เองโดยอัตโนมัติ TCP และ IP มีหน้าที่ต่างกัน คือ TCP จะทำหน้าที่ในการแยกข้อมูลเป็นส่วน ๆ หรือที่เรียกว่า Package ส่งออกไป ส่วน TCP ปลายทาง ก็จะทำการรวบรวมข้อมูลแต่ละส่วนเข้าด้วยกัน เพื่อนำไปประมวลผลต่อไป โดยระหว่างการรับส่งข้อมูลนั้นก็จะมีการตรวจสอบความถูกต้องของ ข้อมูลด้วย ถ้าเกิดผิดพลาด TCP ปลายทางก็จะขอไปยัง TCP ต้นทางให้ส่งข้อมูลมาใหม่ส่วน IP จะทำหน้าที่ในการจัดส่งข้อมูลจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทางโดยอาศัย IP Address

2.8 ภาษาโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาเว็บไซต์

เป็นการเขียนคำสั่งด้วยภาษา ต่างๆเพื่อสร้างหน้าเว็บไซต์ โดยมีทั้งหมด 2 ประเภท คือ ภาษาพื้นฐานและภาษาสคริปต์ [9]

2.8.1 ภาษาพื้นฐาน

1) HTML

ย่อมาจาก Hyper Text Markup Language เป็นภาษาที่ใช้สำหรับสร้างเว็บเพจ มีโครงสร้างประกอบไปด้วย tag และ attribute ต่างๆที่ใช้ในการควบคุมการแสดงผลของข้อความ รูปภาพ หรือวัตถุอื่น ๆ ภาษา HTML นั้นเป็นภาษาประเภท Markup ไม่จัดเป็นภาษาประเภท Programming สามารถที่จะเรียนรู้ได้ง่าย

2) CSS

ย่อมาจาก Cascading Style Sheets เป็นภาษาที่มีรูปแบบการเขียน Syntax ที่เฉพาะ ถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้เสริมภาษา HTML ให้สามารถจัดรูปแบบการแสดงผลให้กับเอกสาร HTML ได้ สมบูรณ์แบบมากขึ้น

3) XHTML

ย่อมาจาก Extensible Hyper Text Markup Language เป็นมาตรฐานใหม่ของ HTML คำสั่งต่าง ๆ นั้นก็ยังคงเหมือนกับ HTML แต่จะมีความเข้มงวดในเรื่องโครงสร้างภาษามากกว่า และมีการ ตัด tag และ attribute ที่ล้าสมัยออกไป

2.8.2 ภาษาสคริปต์

1) Server-Side Script

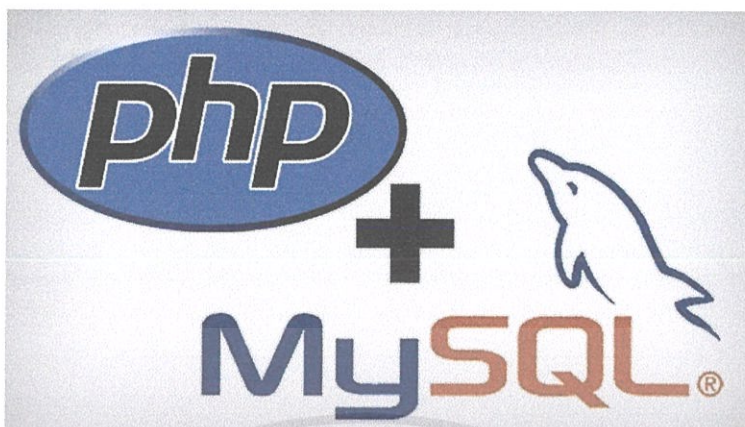
เป็นภาษา script ที่ประมวลผลที่ฝั่ง Server แล้วส่งผลลัพธ์ไปแสดงผลที่ฝั่ง Client ผ่าน โปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ เช่น IE, Firefox ตัวอย่างภาษา Server-Side Script เช่น PHP, ASP, JSP, CGI

2) Client-Side Script

เป็นภาษา script ที่ประมวลผลบนเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้เยี่ยมชมเว็บไซต์ โดยใช้ โปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งจะช่วยแบ่งเบาการทำงานให้กับเครื่อง Web Server ได้ ตัวอย่างภาษา Client-Side Script เช่น JavaScript, VBScript, Jscript

2.9 ฐานข้อมูล (Database)

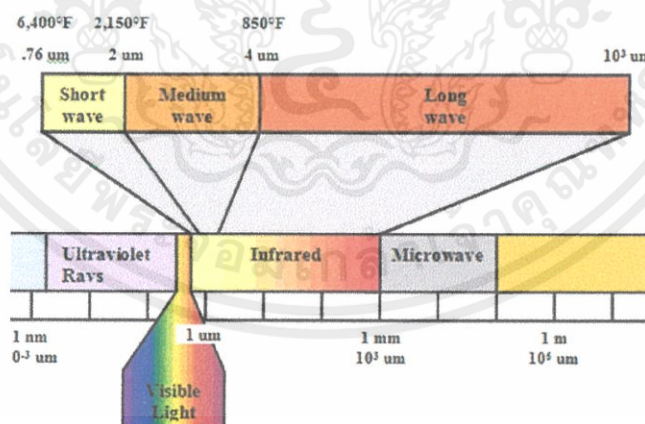
เป็นส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลต่าง ๆ เช่น ข้อมูลของลูกค้า จำนวนและประเภทสินค้าที่มีอยู่และคงเหลืออยู่ เป็นต้น ให้บริการด้านการจัดเก็บ และการเข้าถึงข้อมูลส่วนกลางได้สะดวกรวดเร็ว ซึ่งข้อมูลจะถูกเก็บในรูปของ rows, columns และ tables โดยอาศัยดัชนี (indexed, id) นอกจากนี้ยังสามารถทำการเพิ่ม (insert), ลด (delete) หรือ เปลี่ยนแปลง (change) ข้อมูลได้ตลอด โดยมี Standard Query Language (SQL) เป็นมาตรฐานทางภาษาที่ผู้ใช้งานและระบบอื่น ๆ ivo เชื่อมต่อฐานข้อมูล โดยไม่กระทบต่อโปรแกรมอื่นที่ใช้งานร่วมกันอยู่ และปัจจุบันมีซอฟต์แวร์ที่สนับสนุนการใช้คำสั่ง SQL เช่น Oracle (MySQL), DB2, MS-Access เป็นต้น [10] ซึ่งจะมีการใช้งานซอฟต์แวร์ร่วมกับภาษาที่ใช้ในการพัฒนาเว็บไซต์ต่าง ๆ เช่น phpMyAdmin เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ภาษา PHP ในการจัดการกับ MySQL ผ่านหน้าเว็บไซต์ [11] ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การทำงานร่วมกันของภาษา PHP และ MySQL [12]

2.10 อุปกรณ์ระบบอินฟราเรด

อินฟราเรด (IR) : เป็นแสงที่ถูกนำมาใช้ในการสื่อสารอย่างกว้างขวาง [13] แสงอินฟราเรดเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จะไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าดังรูปที่ 2.11 ในการส่งนั้นจะต้องส่งเป็นเส้นตรงให้ตัวส่งและตัวรับอยู่ในทิศเส้นตรงเดียวกันอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นถึงจะทำงานได้ โดยมักใช้ในการสื่อสารระยะใกล้เนื่องจากคลื่นอินฟราเรดนี้จะไม่สามารถเดินทางผ่านสิ่งกีดขวางได้ โดยตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้ระบบอินฟราเรดในการส่งงานยกตัวอย่างเช่น รีโมทควบคุม วิทยุ โทรทัศน์ดังรูปที่ 2.12 และวีดีโอ เป็นต้น



รูปที่ 2.11 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า [13]

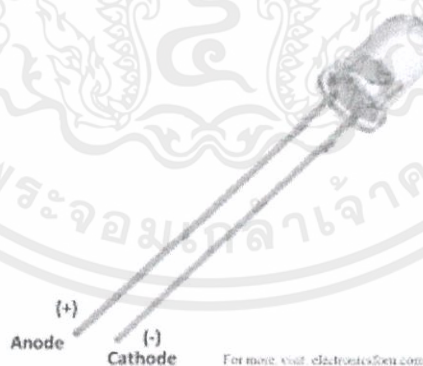


รูปที่ 2.12 อุปกรณ์ไฟฟ้าระบบอินฟราเรด [14]

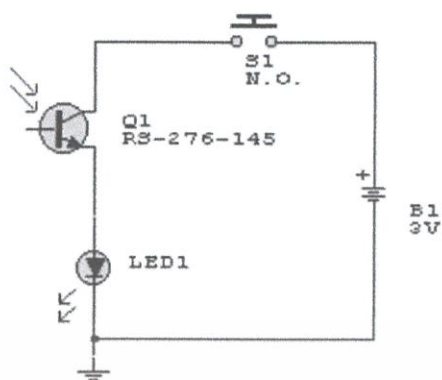
โดยอินฟราเรด แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ

2.10.1 อินฟราเรดตัวส่ง

อินฟราเรดตัวส่ง จะให้แสงอินฟราเรดที่มีความเข้มข้นสูงโดยหากมองด้วยตาเปล่าจะเห็นลักษณะเป็นหลอด LED จะมีสองขา คือ แอโนด กับ แคโทด มีหลอดตั้งแต่ขนาด 3-8 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2.13 ขึ้นกับการใช้งาน มีความเข้มแสงสูงสุดอยู่ที่ 950 นาโนเมตร การกำหนดค่าความยาวคลื่นของอินฟราเรดนั้นจะต้องทำงานคู่กับทรานซิสเตอร์แบบ NPN เพื่อควบคุมการเปิด-ปิดกระแส ดังรูปที่ 2.14 ให้ตรงกับคำสั่งการใช้งาน



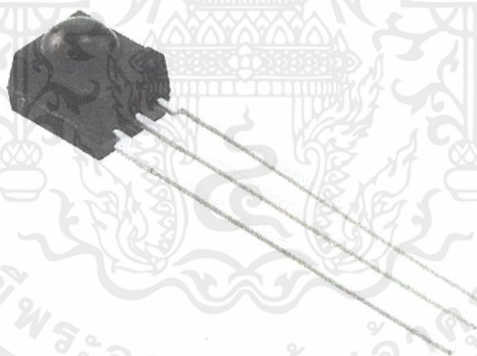
รูปที่ 2.13 อินฟราเรดตัวส่ง



รูปที่ 2.14 วงจรส่งสัญญาณอินฟราเรด

2.10.2 อินฟราเรดตัวรับ

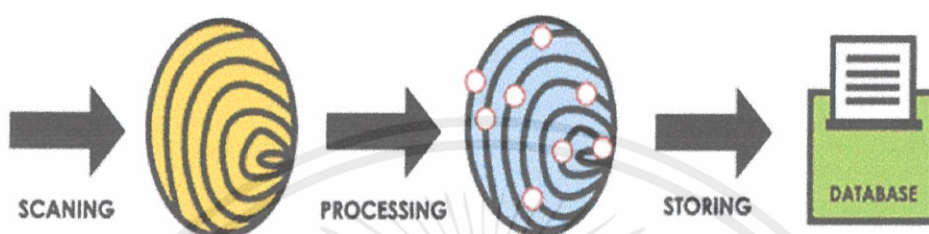
อินฟราเรดตัวรับ จะทำงานในการรับแสงอินฟราเรดคล้ายกับการทำงานของโฟโตทรานซิสเตอร์ มีทั้งหมด 3 ขา รับแรงดันไฟได้ที่ 5 V จะให้เอาต์พุตเป็น LOW เมื่อได้รับแสงอินฟราเรด ยกตัวอย่างเช่น TSOP4838 ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 TSOP4838

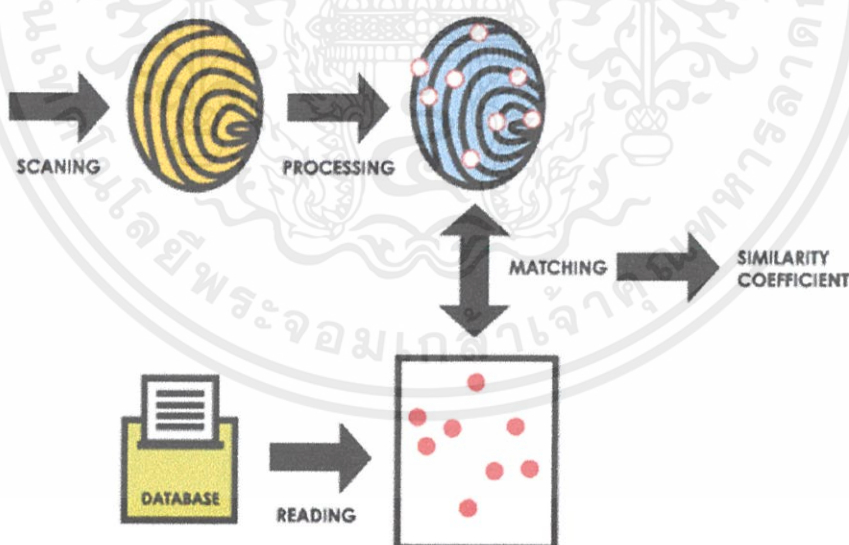
2.11 การทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับลายนิ้วมือ

บันทึกข้อมูลของผู้ใช้งานแต่ละราย โดยการฉายแสงไปยังนิ้วมือของผู้ใช้ จากนั้นทำการบันทึกภาพและนำไปประมวลผล โดยเลือกเฉพาะจุดสำคัญของลายนิ้วมือเก็บไว้ในหน่วยความจำถาวร (EEPROM) ซึ่งข้อมูลที่ถูกเก็บไว้เป็นรหัสหรือต้นแบบของผู้ใช้แต่ละราย [18] ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 การบันทึกลายนิ้วมือ

การตรวจสอบลายนิ้วมือนั้น จะทำการบันทึกภาพลายนิ้วมือและคัดเฉพาะจุดสำคัญ จากนั้นทำการบันทึกไว้ในหน่วยความจำชั่วคราว (RAM) นำจุดเด่นมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลหรือหน่วยความจำถาวร เพื่อตัดสินว่าตรงกันหรือไม่ ดังรูป 2.17



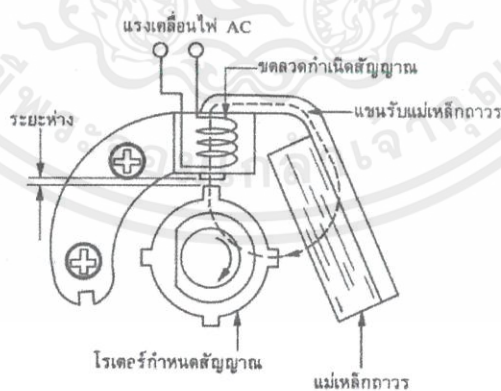
รูปที่ 2.17 การตรวจสอบลายนิ้วมือ

เอกลักษณ์ของบุคคลจะพิจารณาจากจุดสำคัญบนเส้นลายนิ้วมือเป็นสำคัญ ได้แก่

- Ridge ending (Termination) เป็นลักษณะที่เส้นลายนิ้วมือสิ้นสุดโดยทันทีทันใด
- Bifurcation เป็นลักษณะที่เส้นลายนิ้วมือเดินทางมาจาก 1 เส้น แล้วแตกแยกออกเป็น 2 เส้น หรือมากกว่า 2 เส้น
- Enclosure (Lake) เป็นลักษณะที่เส้นลายนิ้วมือเดินทางมาจาก 1 เส้น แล้วแยกออกและมารวมกันอีกครั้งจนเกิดเป็นพื้นที่ปิด
- Independent ridge เป็นลักษณะที่เส้นลายนิ้วมืออยู่อย่างอิสระไม่เชื่อมต่อกับเส้นอื่น มีลักษณะค่อนข้างสั้น แต่ไม่สั้นจนถือว่าเป็น Ridge dot
- Ridge dot (Point or island) เป็นลักษณะที่เส้นลายนิ้วมือสั้นมากจนสามารถเปรียบเทียบได้ว่าเป็นจุด
- Spur เป็นลักษณะที่เส้นลายนิ้วมือ 1 เส้น มีเส้นลายนิ้วมืออีกเส้นแยกออกมาเพียงเล็กน้อย คล้ายกับลักษณะเดือยไก่
- Crossover เป็นลักษณะที่เส้นลายนิ้วมือ 2 เส้นซึ่งวิ่งมาคู่กันมีเส้นลายนิ้วมือเล็ก ๆ แยกออกมาเชื่อมทั้งสองเส้นเข้าด้วยกัน

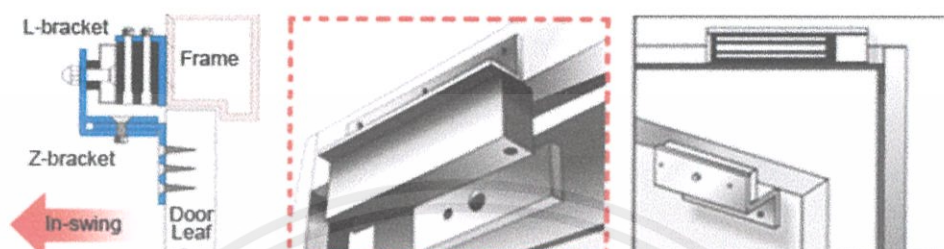
2.12 กลไกของกลอนแม่เหล็กไฟฟ้า

ภายในของกลอนแม่เหล็กไฟฟ้ามีแม่เหล็กถาวรและขดลวดอยู่เป็นส่วนประกอบสำคัญ เมื่อมีการป้อนสัญญาณเข้าไป [19] ทำให้ขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมา แม่เหล็กถาวรจึงถูกดูดเข้ามา โดยมีลักษณะโครงสร้างดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 โครงสร้างภายในของกลอนแม่เหล็กไฟฟ้า

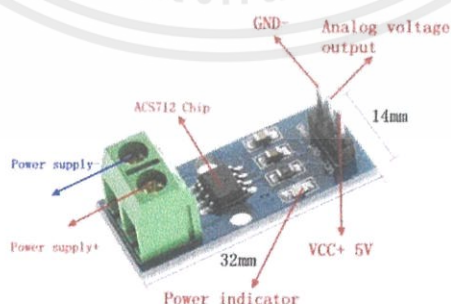
ในปัจจุบันมีการนำกลอนแม่เหล็กไฟฟ้าไปประยุกต์กับประตูอัตโนมัติ เพียงจ่ายกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมก็สามารถเปิดประตูได้ ส่งผลให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกสบายมากขึ้นและยังสามารถหลีกเลี่ยงภัยจากอุบัติเหตุจากผู้ไม่หวังดี และปัญหาการลืมนกญแจไปได้ โดยกลอนแม่เหล็กไฟฟ้ามีการใช้งานดังรูปที่ 2.19



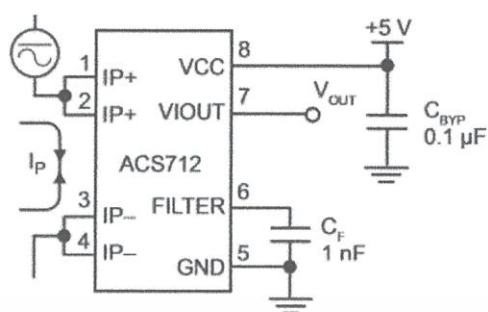
รูปที่ 2.19 ตัวอย่างการใช้งานกลอนแม่เหล็กไฟฟ้า

2.13 การทำงานของเซนเซอร์วัดกระแส ACS712

ไอซีวัดกระแสในตระกูล ACS712 ของ Allegro ดังรูป 2.20 สามารถใช้แรงดันไฟเลี้ยง V_{CC} ในช่วง 4.5V ถึง 5.5V วัดกระแสได้ในสองทิศทาง (DC และ AC) และให้แรงดันเอาต์พุต V_{OUT} แบบเชิงเส้น (linear) และมีไอซีในตระกูลนี้ให้เลือกใช้แตกต่างกันตามช่วงของการวัดกระแส เช่น $\pm 5A$, $\pm 20A$ และ $\pm 30A$ เป็นต้น และมีค่า output sensitivity ในช่วง 66 mV/A ถึง 185 mV/A ยกตัวอย่างเช่น ไอซี ACS712LLCTR-05B มีช่วงการวัดกระแส $\pm 5A$ มีค่า output sensitivity เท่ากับ 185 mV/A ถ้าไม่มีกระแสไหล จะได้ V_{OUT} เท่ากับ $V_{CC}/2$ ถ้ามีกระแสไหลทางบวก จะทำให้ V_{OUT} เพิ่มขึ้นสูงกว่า $V_{CC}/2$ แต่ถ้ามีกระแสไหลในทางลบ จะทำให้ V_{OUT} ลดลงต่ำกว่า $V_{CC}/2$ ตัวไอซีมีขา Filter สำหรับต่อตัวเก็บประจุเพิ่ม (เช่น ความจุ 1nF) เพื่อใช้ร่วมกับตัวต้านทานที่อยู่ภายในไอซี และทำหน้าที่เป็นวงจรกรอง (low-pass RC filter) สำหรับสัญญาณแรงดันเอาต์พุต [20] และมีวงจรการทำงานดังรูปที่ 2.21



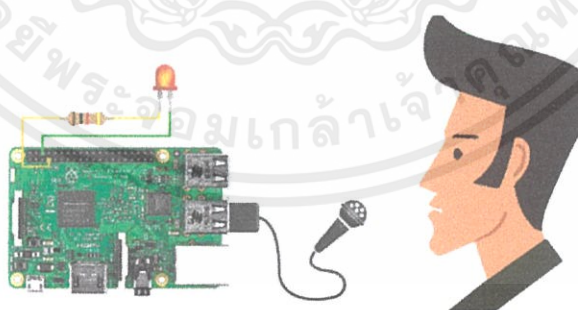
รูปที่ 2.20 ACS712



รูปที่ 2.21 วงจรการทำงานของ ACS712

2.14 การสั่งงานด้วยเสียง โดย Google Assistant

Google Assistant เปรียบเสมือนผู้ช่วยส่วนตัวที่ช่วยให้คุณทำสิ่งต่าง ๆ ได้ด้วยคำสั่งเสียง หรือที่เรียกกันว่า การสั่งงานด้วยเสียง โดยสามารถเริ่มการทำงานได้ด้วยคำสั่งเสียง "OK Google" หรือ "Hey Google" เมื่อกล่าวเริ่มต้นแล้ว ระบบที่มีการติดตั้ง Google Assistant จะทำการจับคำพูดว่าได้ทำการพูดประโยคใด และตรงกับประโยคที่ตั้งค่าการทำงานที่ตั้งไว้หรือไม่ โดยไม่จำเป็นต้องทำการจัดเก็บไฟล์เสียงที่ได้ทำการสั่งงานไว้ ทำให้สามารถใช้ในการทำงานหลากหลายรูปแบบ เช่น การแจ้งเตือน การนำทาง เป็นต้น ทั้งนี้ ได้ทำการเลือกใช้ Google Assistant SDK เนื่องจากเหมาะสมกับการใช้งานบน Raspberry Pi และใช้ภาษา python ในการเขียนโปรแกรมการใช้งานเพียงติดตั้ง Google Assistant Library และ the Google Assistant Service แสดงการเชื่อมต่อดังรูปที่ 2.22 [21]



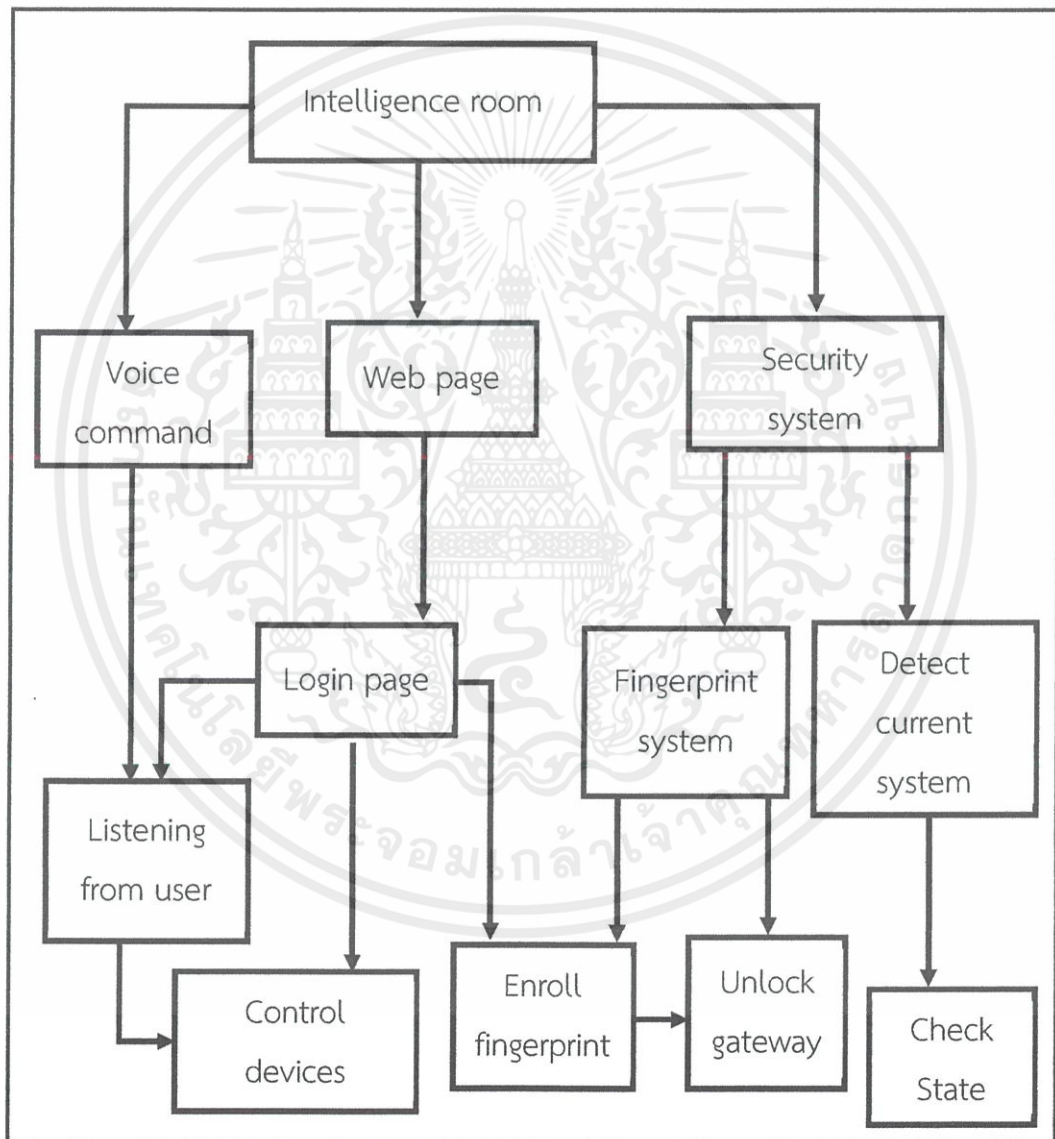
รูปที่ 2.22 ตัวอย่างวงจรของการสั่งงานด้วยเสียง

บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำปฏิญญาพันธ

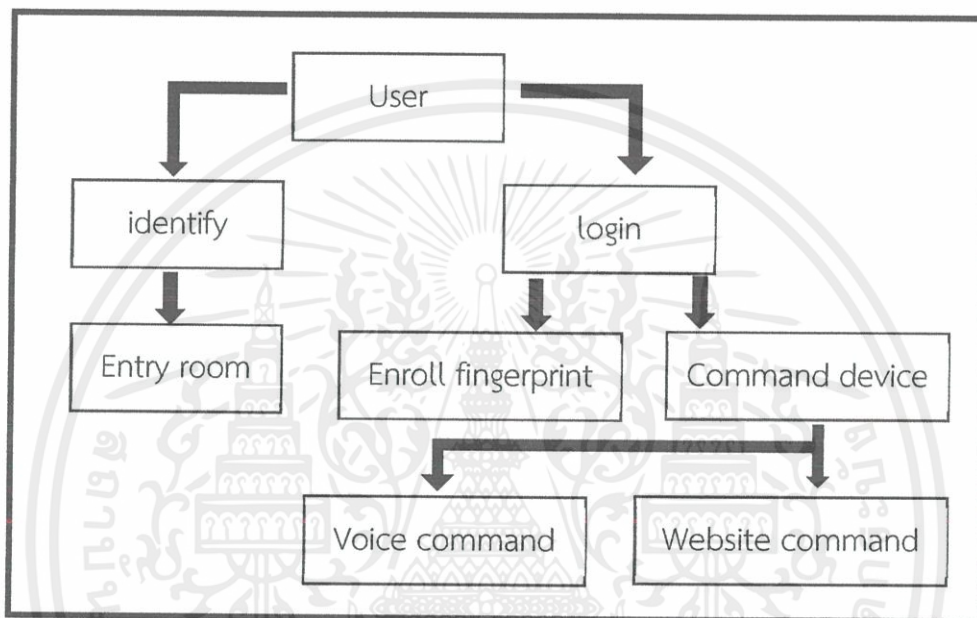
3.1 การออกแบบ

การออกแบบห้องพักอัจฉริยะนั้น สามารถทำได้โดยเริ่มจากระบบเล็ก ๆ หลาย ๆ ส่วนมา ประกอบรวมกันเป็นระบบหลัก ซึ่งสามารถแสดงองค์ประกอบของระบบได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ภาพรวมทั้งหมดของระบบ

โดยแต่ละองค์ประกอบมีจุดประสงค์ในการตอบสนองการใช้งานของผู้อยู่อาศัย จากการสังเกตพฤติกรรมของผู้อยู่อาศัยทั่วไป พบว่าโดยส่วนใหญ่ ผู้อยู่อาศัยต้องการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้องพัก และมีการป้องกันผู้ประสงค์ร้ายที่จะบุกรุกเข้ามาในห้อง ดังนั้นการออกแบบระบบห้องพักจะต้องคำนึงถึงระบบที่สามารถทำให้ผู้อยู่อาศัยสามารถใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในห้องได้ง่าย รวมถึงมีระบบรักษาความปลอดภัยซึ่งผู้อยู่อาศัยสามารถควบคุมการทำงานทั้งหมดได้ด้วยตนเอง ดังรูปที่ 3.2



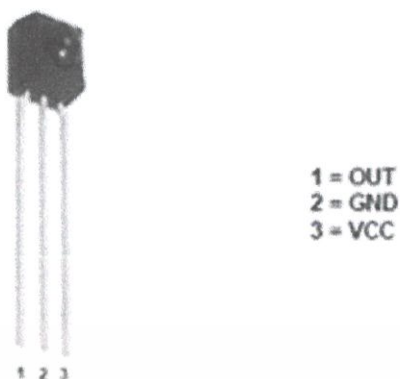
รูปที่ 3.2 การใช้งานระบบจากผู้ใช้งาน

3.1.1 การออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในห้องพักอัจฉริยะ

3.1.1.1 อุปกรณ์ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าด้วยคลื่นอินฟราเรด

- อินฟราเรดตัวรับ

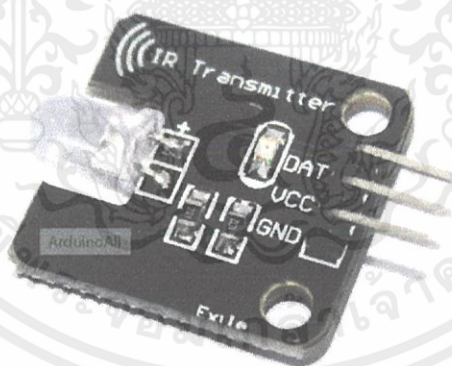
เราจำเป็นต้องมีอินฟราเรดตัวรับเสียก่อนเพื่อที่จำทำการบันทึกค่าของอินฟราเรดที่ใช้ส่งงานอุปกรณ์ทางอินฟราเรด เช่น รีโมทโทรทัศน์และเครื่องปรับอากาศเพื่อบันทึกค่าของรีโมทเหล่านั้นเก็บไว้ในหน่วยความจำของคอนโทรลเลอร์แล้วนำไปใช้เป็นข้อมูลสั่งการสำหรับอินฟราเรดตัวส่ง โดยอินฟราเรดตัวรับในที่นี้ จะใช้อินฟราเรดตัวรับหมายเลข TSOP4838 ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 อินฟราเรดตัวรับหมายเลข TSOP4838

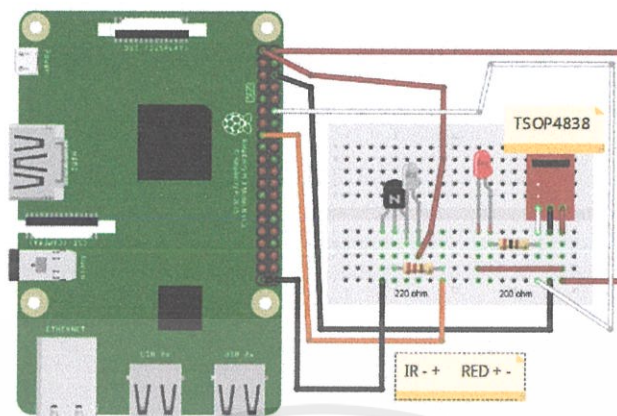
- อินฟราเรดตัวส่ง

เริ่มจากการนำอินฟราเรดตัวส่งมาเชื่อมต่อวงจรกับทรานซิสเตอร์โดยในปัจจุบันมีตัวส่งแบบสำเร็จรูปเป็นโมดูลที่ทำการรวมหลอดอินฟราเรดกับทรานซิสเตอร์เข้าด้วยกันดังรูปที่ 3.4 จากนั้นจะสังเกตได้ว่าจะมีการเชื่อมต่อทั้งหมดสามตำแหน่งนั่นคือ GND V_{CC} และ DATA เราก็ทำการเชื่อมต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ raspberry pi 3 โดยทำการกำหนดขา DATA ไว้ ณ ตำแหน่ง GPIO บนบอร์ด raspberry pi 3 ที่ GPIO 22



รูปที่ 3.4 โมดูลอินฟราเรดตัวส่ง

เมื่อทำการเชื่อมต่ออินฟราเรดทั้งตัวส่งและตัวรับเรียบร้อยแล้วจะได้รูปแบบการเชื่อมต่อกับคอนโทรลเลอร์ raspberry pi 3 ดังรูปที่ 3.5 โดยจะสังเกตว่าจะต้องมีการจ่ายไฟให้ทั้งอินฟราเรดทั้งตัวส่งและตัวรับ



รูปที่ 3.5 การเชื่อมต่อตัวรับ-ส่งสัญญาณอินฟราเรด

3.1.1.2 การออกแบบระบบควบคุมหลอดไฟภายในห้อง

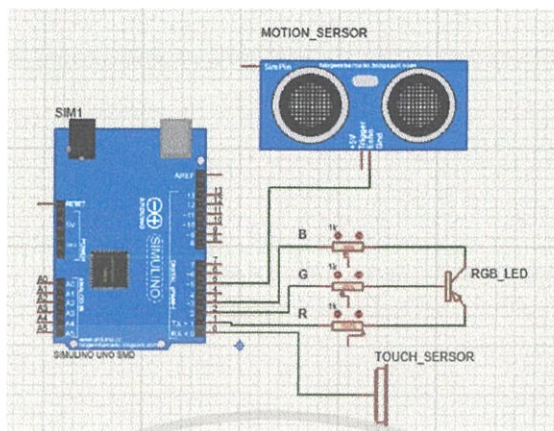
หลอดไฟที่ใช้ในหัวข้อนี้ เป็นหลอดไฟที่สามารถควบคุมได้ด้วยรีโมทคอนโทรล ดังนั้นสามารถเก็บชุดข้อมูลคำสั่งและควบคุมด้วยระบบควบคุมอุปกรณ์อินฟราเรด เริ่มจากป้อนคำสั่งที่ต้องการบนรีโมทคอนโทรลโดยการกดปุ่มเพื่อส่งข้อมูลไปยังหลอดอินฟราเรดที่ถูกออกแบบมาเพื่อรับข้อมูล จากนั้นจึงสามารถควบคุมหลอดไฟด้วยอินฟราเรดตัวส่งผ่านทางเว็บไซต์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาได้ ซึ่งสามารถเลือกสีได้

3.1.1.3 การออกแบบหลอดไฟแบบพกพา

สามารถแบ่งส่วนในการออกแบบได้เป็น 3 ส่วนได้แก่ ส่วนกายภาพ (hardware), ส่วนเว็บไซต์ และส่วนโปรแกรมควบคุม

- ส่วนกายภาพ

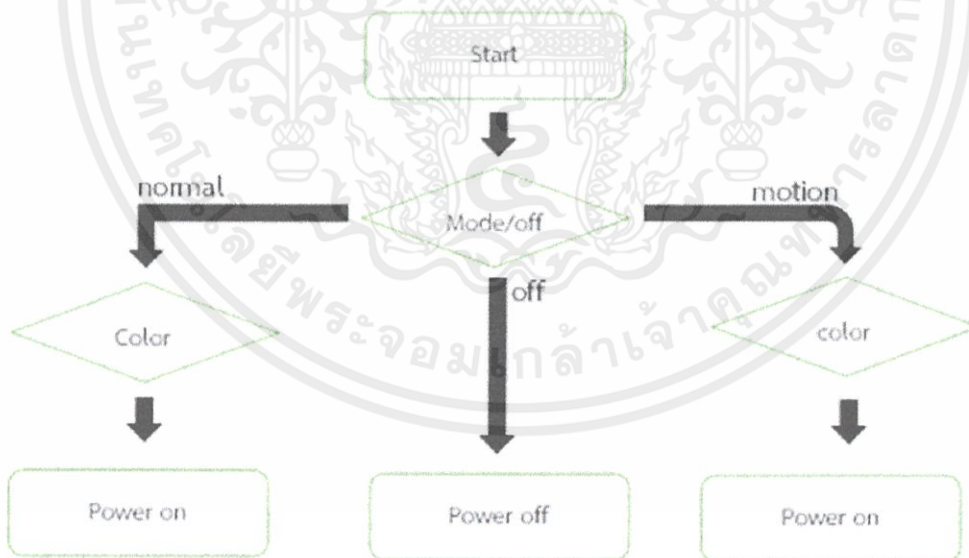
อุปกรณ์ทั้งหมดเชื่อมต่อกับตัวประมวลผลกลาง ESP8266 (microcontroller) ที่ใช้ควบคุมการทำงานของหลอดไฟ LED ในการเปิด-ปิดและเปลี่ยนสี รวมทั้งยังใช้ในการรับข้อมูลการสั่งแวล้อม อาศัยอุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหวที่ใช้สำหรับตรวจจับการเคลื่อนไหวในพื้นที่ที่ต้องการ โดยถ้ามีการเคลื่อนไหวจะทำการเปิดหลอดไฟ LED และอุปกรณ์ตรวจจับการสัมผัส เป็นอุปกรณ์ที่รับคำสั่งจากผู้ใช้เมื่อไม่มีสัญญาณอินเตอร์เน็ต สามารถควบคุมการเปิด-ปิดของหลอดไฟได้ ผู้ใช้สามารถปรับความสว่างของแสงในแต่ละแม่สีที่ตัวด้านทานปรับค่าได้ เพื่อผสมสีตามความต้องการ เนื่องจาก LED ชนิด RGB แต่ละหลอดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ทำให้ในการผสมสีจำเป็นที่จะต้องใช้อย่างน้อยสามตัวที่แตกต่างกัน โดยทำการต่อวงจรดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 การเชื่อมต่อหลอดไฟแบบพกพา

- ส่วนเว็บไซต์

มีทำหน้าที่หลักในการรับคำสั่งจากผู้ใช้งาน โดยที่ผู้ใช้สามารถกำหนดสถานะของหลอดไฟและโหมดในการใช้งาน ดังรูปที่ 3.7 ว่าจะเป็นการใช้งานทั่วไปหรือใช้งานโหมดตรวจจับความเคลื่อนไหว ภาษาที่ใช้ในการออกแบบเว็บไซต์คือ ภาษา html ใช้ในการแสดงผลพื้นฐานเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจได้ง่าย และภาษา PHP ใช้ในการประมวลผลเชิงตรรกะเพื่อตอบสนองคำสั่งจากผู้ใช้งานตามความต้องการ



รูปที่ 3.7 การดำเนินการบนเว็บไซต์

- ส่วนโปรแกรม

เป็นส่วนที่ใช้ในการจัดการข้อมูลที่ได้จากคำสั่งและสิ่งแวดล้อม รวมถึงการควบคุมการทำงานของหลอดไฟ ด้วยชุดคำสั่งภาษา C ผ่าน Arduino IDE มีขั้นตอนดังนี้

1) นำ library เข้ามาในโปรแกรม ซึ่ง library ที่ใช้ได้แก่ ESP8266WiFi ใช้ในการเชื่อมต่อ Wi-Fi, DNSServer ใช้ในการนำทางอุปกรณ์ไปยัง domain name system server, ESP8266WebServer ใช้ในการเปิดใช้งานในสถานะ server, ESP8266HTTPClient ใช้งาน http protocol และใช้งานสถานะ client, WiFiManager ใช้ในการสแกนหาสัญญาณ Wi-Fi ทั้งหมดในพื้นที่ที่อยู่และสามารถใส่รหัส Wi-Fi ด้วยมือถือ

2) กำหนดขา pin ต่างๆบนบอร์ด ESP8266 เป็นการกำหนดว่าแต่ละ pin ควรเป็นอุปกรณ์ใด และมีหน้าที่อะไร (เป็นอินพุตหรือเอาต์พุต) ซึ่งกำหนดตามส่วนกายภาพดังรูปที่ 3.4

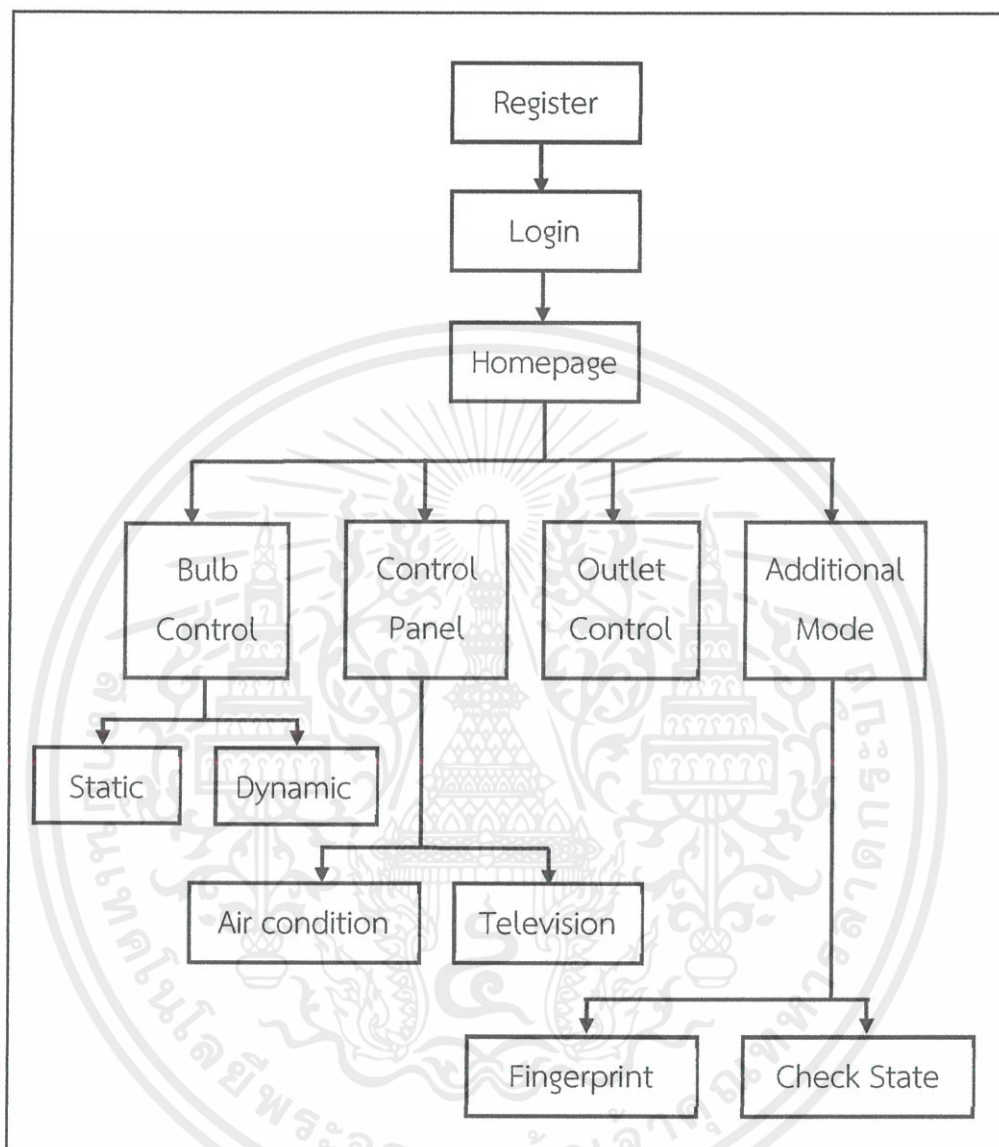
3) กำหนดการควบคุมการทำงานเช่น วิธีในการรับข้อมูลที่มาจากรีโมตด้วย method GET ในโปรโตคอล HTTP, วิธี interrupt เพื่อเปิดหลอดไฟเมื่อไม่มีสัญญาณ Wi-Fi

3.1.1.4 การออกแบบระบบควบคุมเต้าเสียบภายในห้อง

ทำการออกแบบโดยใช้การทำงานของรีเลย์ ควบคุมการทำงานของเต้าเสียบ โดยเมื่อผู้ใช้สั่งให้รีเลย์ ทำงานผ่านหน้าเว็บไซต์ จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าผ่านอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เสียบอยู่ที่เต้าเสียบ เช่น การชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือ เป็นต้น

3.1.2 การออกแบบระบบการใช้งานของผู้ใช้งาน

ได้จัดทำเว็บไซต์เพื่อให้สะดวกแก่ผู้ใช้งาน โดยได้วางลำดับการใช้งานดัง รูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ลำดับขั้นตอนในการใช้งานเว็บไซต์

ซึ่งเว็บไซต์ที่สร้างขึ้นมารองรับผู้ใช้งานสามารถเข้าใช้งานจากภายนอกได้ โดยมี Raspberry Pi เป็นเซิร์ฟเวอร์ และมี URL คือ www.nicerroom.ddns.net:8080 โดยใช้ DDNS (Dynamic Domain Name System) โดยใช้ของ No-IP และทำการ Virtual Server ผ่านทางเราเตอร์

3.1.3 การออกแบบระบบความปลอดภัย

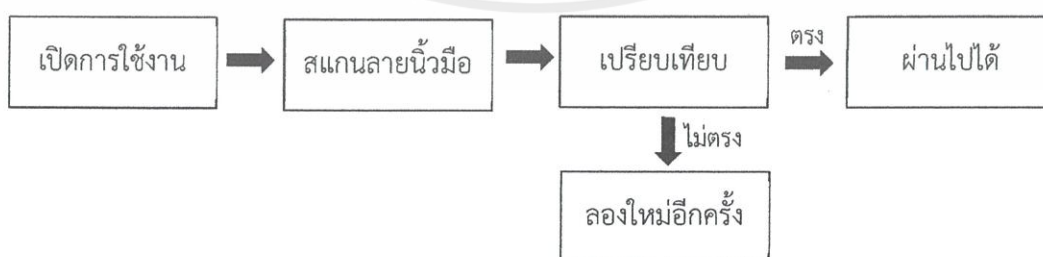
ระบบความปลอดภัยในที่นี้หมายถึงการอนุญาตให้บุคคลที่ได้ทำการบันทึกในระบบเท่านั้นที่สามารถเข้าห้องได้ ระบบดังกล่าวมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคืออุปกรณ์ล็อคประตูและอุปกรณ์ในการตรวจสอบผู้ใช้ ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ล็อคประตูคือกลอนแม่เหล็กไฟฟ้า และอุปกรณ์ตรวจสอบบุคคลคือโมดูลสแกนลายนิ้วมือ รวมถึงได้มีเซนเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า สำหรับผู้ใช้งานเมื่อทำการออกจากห้องพักแล้วสามารถตรวจเช็คได้ว่า ระบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าจากระยะไกลผ่านหน้าเว็บไซต์นั้น ได้ทำการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ตามที่สั่งการจริงหรือไม่ เพิ่มความปลอดภัยและความรอบคอบให้แก่ผู้ใช้งาน

3.1.3.1 โมเดลสแกนลายนิ้วมือ

ส่วนประกอบสำคัญของโมเดลนี้คือโมดูลสแกนลายนิ้วมือและตัวประมวลผลอย่าง ESP8266 หรือ nodeMCU การบันทึกลายนิ้วมือของผู้ใช้สามารถทำได้โดยการเข้าสู่เว็บไซต์หลักไปยัง enroll fingerprint จากนั้นผู้ใช้งานจะต้องกำหนดรหัสของตนเป็นเลขจำนวนเต็มระหว่าง 1 ถึง 127 เพื่อกำหนด ID ที่จะบันทึกลงในโมดูลสแกนลายนิ้วมือ ตัวประมวลผลทำหน้าที่ในการเชื่อมโยงเว็บเพจและโมดูลสแกนนิ้วมือเข้าด้วยกันโดยการเปิด webserver สำหรับเครือข่ายภายใน (local area network) การตรวจสอบผู้ใช้งาน จะมีเซนเซอร์รับสัมผัสเพื่อให้ระบบทราบว่าผู้ใช้พร้อมที่จะใช้งานแล้ว เหตุที่ไม่สามารถให้เซนเซอร์ทำงานตลอดเวลาเนื่องจาก จะทำให้ตัวประมวลผลทำงานหนักจนเกินไปจึงไม่สามารถทำอย่างอื่นได้ ณ ขณะนั้น โดยมีลำดับการทำงานของระบบการบันทึกลายนิ้วมือและการตรวจสอบลายนิ้วมือ ดังรูปที่ 3.9 และ 3.10 ตามลำดับ



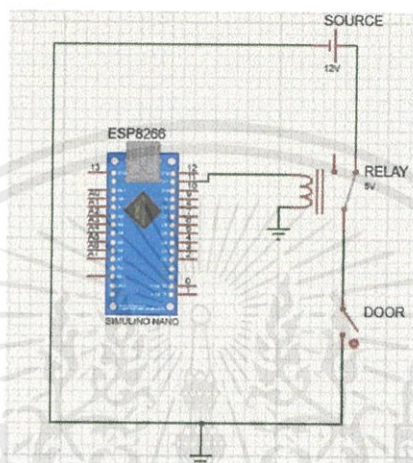
รูปที่ 3.9 บล็อกไดอะแกรมการบันทึกลายนิ้วมือ



รูปที่ 3.10 บล็อกไดอะแกรมการตรวจสอบลายนิ้วมือ

3.1.3.2 กลอนแม่เหล็กไฟฟ้า

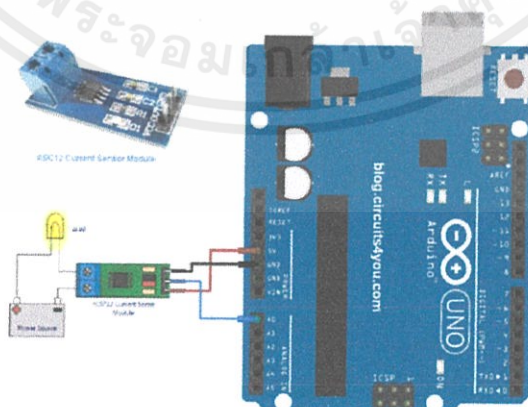
หลังการที่ได้ทำการตรวจสอบสายนิ้วมือแล้ว เมื่อโมดูลสแกนลายนิ้วมืออนุญาตให้ผ่านได้ ระบบจะทำการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับกลอนแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อปลดล็อกประตู โดยกำลังไฟฟ้าจากตัวประมวลผลโดยตรงนั้นไม่เพียงพอที่จะปลดล็อกได้ จึงต้องใช้รีเลย์และแหล่งจ่ายไฟที่สูงกว่า สามารถแสดงวงจรการทำงานของระบบได้ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การต่อวงจรในการใช้งานกลอนแม่เหล็กไฟฟ้า

3.1.3.3 เซนเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า

การตรวจวัดกระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในห้องถือเป็นระบบความปลอดภัยที่สำคัญที่จะคอยตรวจสอบการทำงานของระบบว่าถูกต้องหรือไม่ จะทำให้เรารู้ได้ว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ นั้นได้ทำงาน เปิด/ปิด ตามคำสั่งจริงหรือไม่ อย่างไร โดยจะใช้โมดูล ACS712 ในการวัดกระแสไฟฟ้าซึ่งสามารถวัดได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรง และไฟฟ้ากระแสสลับมีวิธีการเชื่อมต่อดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 การต่อวงจรการใช้งานเซนเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า

3.1.4 การออกแบบการสั่งงานด้วยเสียง

เนื่องจากการสั่งงานด้วยเสียง [22] ใช้ Google Assistant SDK ซึ่งมีลำดับขั้นตอนในการสั่งการใช้งาน คือ เริ่มจาก “OK Google” หรือ “Hey Google” ซึ่งเมื่อสั่งงานขั้นแรกแล้ว จึงจะสามารถสั่งงานคำสั่งต่าง ๆ ด้วยเสียงต่อไปได้ ซึ่งในที่นี้ คำสั่งที่ใช้คือ “Turn ... on” และ “Turn ... off” ซึ่งเป็นตัวอย่างคำสั่งสำหรับเปิด-ปิดไฟ เมื่อผู้ใช้งานอยู่ภายในห้องพักเท่านั้นโดยมีการกำหนดค่าไมโครโฟนใน .asoundrc ตามขั้นตอนดังรูปที่ 3.13

```
pcm.!default {
    type asym
    capture.pcm "mic"
    playback.pcm "speaker"
}
pcm.mic {
    type plug
    slave {
        pcm "hw:<card number>,<device number>"
    }
}
pcm.speaker {
    type plug
    slave {
        pcm "hw:<card number>,<device number>"
    }
}
```

รูปที่ 3.13 วิธีการตั้งค่าไมโครโฟน [22]

หลังจากนั้น ทำการลงทะเบียนอุปกรณ์ใน Google Assistant API โดยสามารถเลือกอุปกรณ์และโหมดการทำงานของอุปกรณ์นั้น ๆ ที่จะทำการลงทะเบียนได้ รวมถึง Enable API และติดตั้ง SDK ด้วย เมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ทดลองทำการสั่งงานด้วยเสียง จะได้ผลลัพธ์การทำงาน ดังรูป 3.14

```
device_model_id: my-model
device_id: 1C3E1558B0023E49F71CA0D241DA03CF # Device instance ID

Registering...Done.

ON_MUTED_CHANGED:
{'is_muted': False}
ON_START_FINISHED
...
```

รูปที่ 3.14 หน้า Command Prompt ของการสั่งงานด้วยเสียง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 raspberry pi 3 model b

ใช้เป็นศูนย์กลางของระบบประมวลผลและเป็นที่บันทึกข้อมูลการสั่งการ รวมถึงสำรองข้อมูลของระบบผู้ใช้งาน ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 raspberry pi 3 model b

3.2.2 Micro SD Card

จากรูปที่ 3.16 เป็นการแสดงเครื่องมือ Micro SD Card ที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลขนาด 16GB Class10 ที่มีอัตราการถ่ายโอนข้อมูลขั้นต่ำ 10MB/s



รูปที่ 3.16 Micro SD Card

3.2.3 Power Adapter

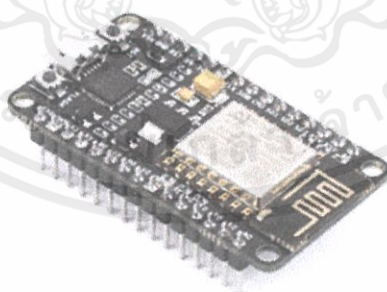


รูปที่ 3.17 Power Adapter

จากรูปที่ 3.17 เป็นการแสดงเครื่องมือ Power Adapter ที่ใช้ในการจ่ายไฟให้กับ
 รัสเบอร์รี่พายด้วยขนาดแรงดัน 5V

3.2.4 ESP 8266

ใช้สำหรับควบคุมและออกแบบโปรแกรมของคอนโทรลเลอร์ เชื่อมต่อกับ Wi-Fi,
 DNSServer ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 ESP 8266

3.2.5 IR transmitter

เป็นตัวส่งสัญญาณอินฟราเรดโดยจะใช้โมดูลที่มีการรวมกันของทรานซิสเตอร์และ IR LED ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 โมดูลอินฟราเรดตัวส่ง

3.2.6 IR receiver

ใช้เป็นตัวรับค่าสัญญาณจากรีโมทโทรทัศน์และเครื่องปรับอากาศเพื่อนำมาประมวลผล โดยใช้ตัวรับหมายเลข TSOP4838 ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 อินฟราเรดตัวรับหมายเลข TSOP4838

3.2.7 หลอดไฟเปลี่ยนสี

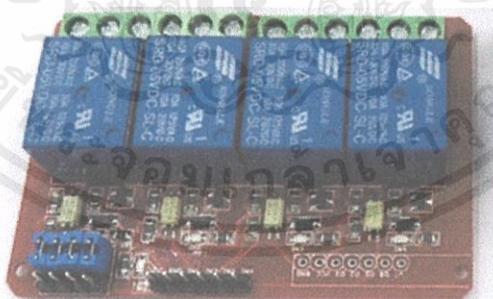
หลอดไฟที่สามารถควบคุมด้วยคลื่นอินฟราเรด ใช้สำหรับการออกแบบระบบควบคุม หลอดไฟภายในบ้าน ดังรูปที่ 3.21 ซึ่งมีการใช้รีโมทสำหรับการสอน IR receiver



รูปที่ 3.21 หลอดไฟเปลี่ยนสี

3.2.8 Relay

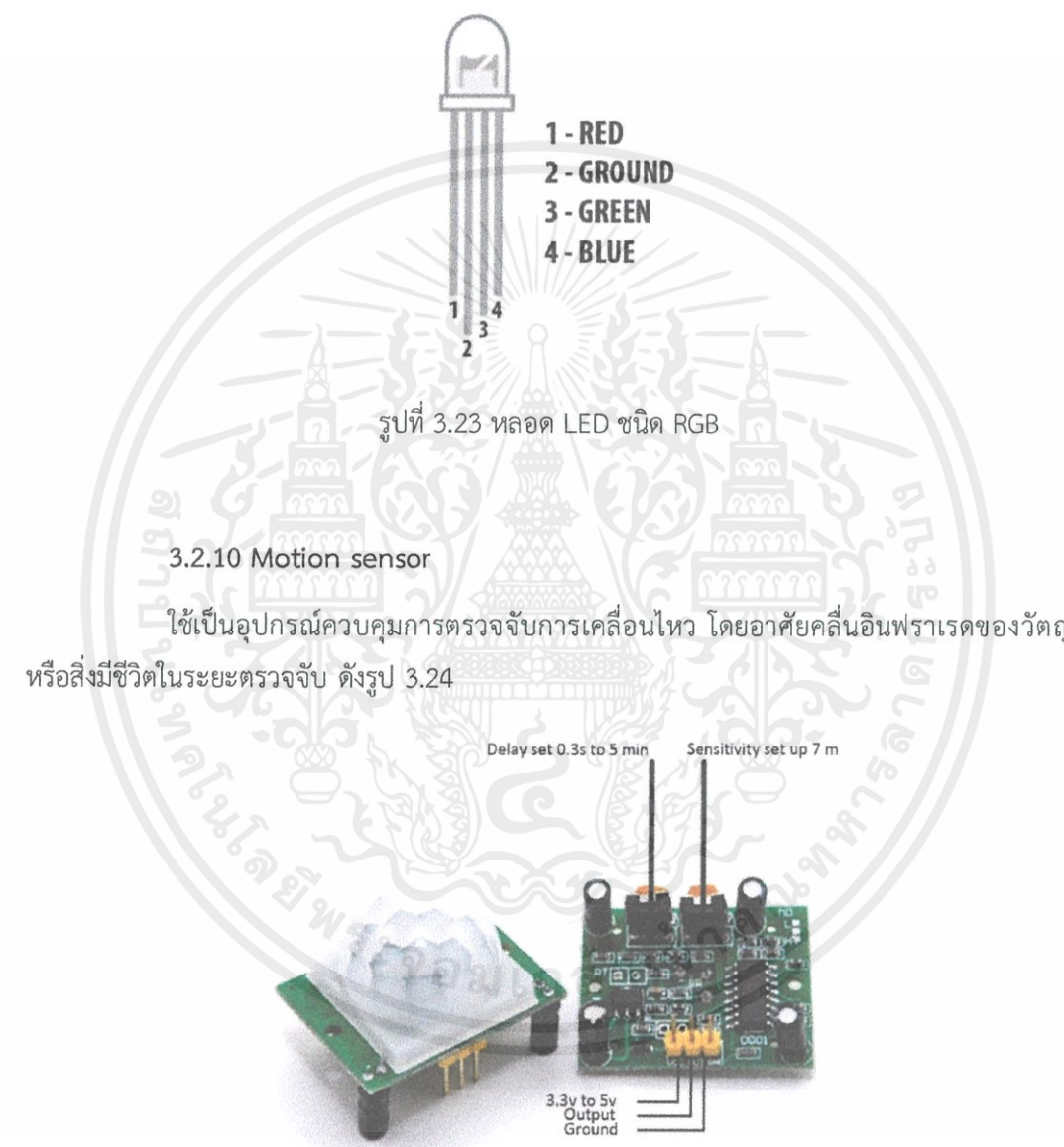
ใช้ในการสั่งการเปิด-ปิดการจ่ายไฟผ่านตัวเสียบ ดังรูปที่ 3.22 เป็นการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ



รูปที่ 3.22 รีเลย์

3.2.9 LED ชนิด RGB

ใช้ส่องสว่างในพื้นที่ที่ต้องการ สามารถเปลี่ยนสีและความเข้มของแสงได้ เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการออกแบบระบบหลอดไฟแบบพิกพา ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.24 เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว

3.2.11 ฟิวส์หลอดแก้ว

เป็นอุปกรณ์กันไฟกระชาก หรือปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากไฟฟ้าลัดวงจรช่วยป้องกันไม่ให้ อุปกรณ์ไฟฟ้าเสียหาย ขนาด 1A ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 ฟิวส์หลอดแก้ว

3.2.12 กระบอกฟิวส์ BLX-3

ทำการป้องกันฟิวส์และช่วยให้สามารถต่อเข้าวงจรไฟฟ้าได้ง่าย ดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 กระบอกฟิวส์ BLX-3

3.2.13 เต้าเสียบ

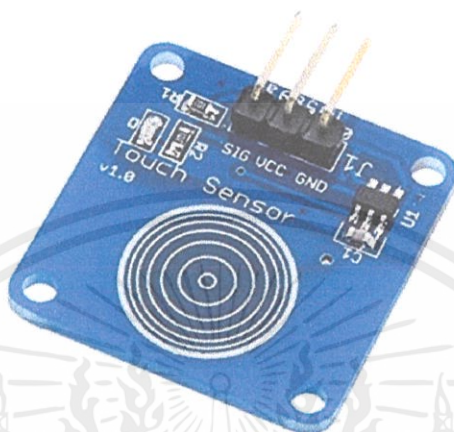
ใช้เป็นตัวจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น ชาร์จแบตเตอรี่มือถือ และเชื่อมต่อกับรีเลย์ ดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.28 บอร์ดทดลอง

3.2.15 เซนเซอร์รับสัมผัส

เป็นอุปกรณ์ในการตรวจจับการสัมผัส ดังรูปที่ 3.29 ซึ่งสามารถใช้แทน switch ได้ โดยที่เมื่อไม่มีการกดทับจะส่งข้อมูลเป็น HIGH และเมื่อมีการสัมผัสจะทำการส่งข้อมูลเป็น LOW



รูปที่ 3.29 เซนเซอร์รับสัมผัส

3.2.16 อุปกรณ์รวมแสง

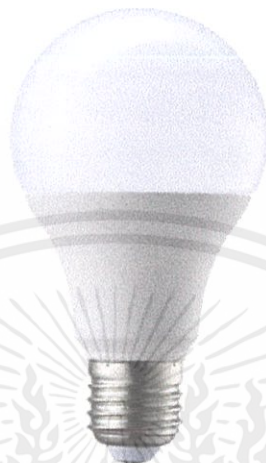
ใช้ในการควบคุมให้แสงเดินทางในทิศทางที่ต้องการเป็นหลัก ส่งผลให้แสงมีความเข้มสูงขึ้น ดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 อุปกรณ์รวมแสง

3.2.17 หลอดไฟธรรมดา

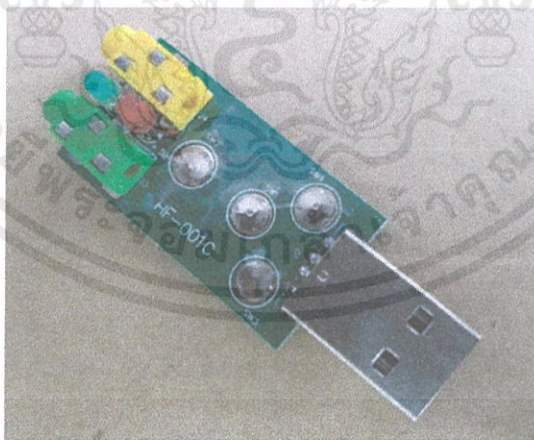
ใช้สำหรับการแสดงผลการทำงานของรีเลย์ และถือเป็น Load สำหรับการป้องกันไฟกระชากจากไฟบ้านจำนวน 2 หลอด ดังรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.31 หลอดไฟธรรมดา

3.2.18 USB Sound Adapter 7.1 Channel

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแปลง หัวแจ๊คขนาด 3.5 mm ของไมค์โครโฟน ให้เป็น USB Type เพื่อตั้งค่าการควบคุมการส่งงานด้วยเสียงผ่าน Raspberry Pi ดังรูป 3.32



รูปที่ 3.32 USB Sound Adapter

3.2.19 ไมโครโฟน

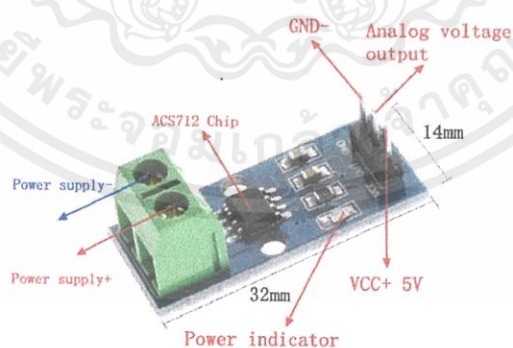
ใช้สำหรับการส่งงานด้วยเสียงที่จะใช้ในการส่งงานอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 ไมโครโฟน OKER

3.2.20 Sensor วัดกระแส ACS712

ใช้ในการวัดกระแสภายในวงจรของอุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบที่สร้างขึ้น สามารถวัดได้ทั้ง กระแสไฟตรง และ กระแสสลับ สูงสุด 20 A ดังรูปที่ 3.34



รูปที่ 3.34 ACS712

3.2.21 เครื่องสแกนนิ้วมือ

โมดูลสแกนนิ้วมือ เป็นโมดูลที่สามารถบันทึกลายนิ้วมือและตรวจสอบลายนิ้วมือได้ ดังรูปที่ 3.35 โดยมีหน่วยความจำทั้งแบบชั่วคราว (RAM) และแบบถาวร (EEPROM) ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลลายนิ้วมือของผู้ใช้ ต้องอาศัยแสงในการบันทึกรูปภาพลายนิ้วมือ และการประมวลผลเพื่อลดผลกระทบจากสิ่งรบกวนและคัดเลือเฉพาะจุดสำคัญในการเปรียบเทียบ



รูปที่ 3.35 โมดูลสแกนลายนิ้วมือ

3.2.22 กลอนแม่เหล็กไฟฟ้า

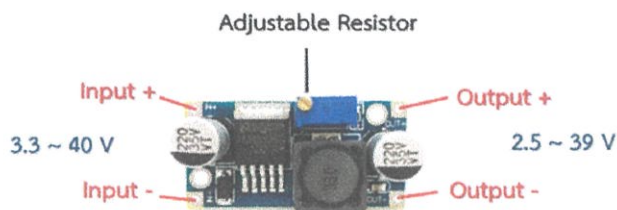
ใช้ในการปลดล็อคประตูโดยการคุณสมบัติของแม่เหล็ก เมื่อมีการจ่ายไฟ (ประมาณ 12 V) ให้กับกลอนแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้ขดลวดภายในสร้างสนามแม่เหล็กเพื่อดึงดูดแม่เหล็กถาวรให้เข้ามาภายใน ดังรูปที่ 3.36



รูปที่ 3.36 กลอนแม่เหล็กไฟฟ้า

3.2.23 Step Down Voltage Converter

ทำหน้าที่ในการปรับแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ เนื่องจากแหล่งจ่ายมีค่าแรงดันไฟฟ้าที่อาจจะทำให้อุปกรณ์เสียหายหรือไม่สามารถทำงานได้ ดังรูปที่ 3.37



รูปที่ 3.37 Step Down Voltage Converter

3.2.24 Billion ADSL Router

เราเตอร์ที่ใช้ในการทำ Virtual Server เพื่อให้ Raspberry Pi เปรียบเสมือนเป็น เซิร์ฟเวอร์ โดยไม่สามารถทำการ Loop Back ได้ ดังรูปที่ 3.38



รูปที่ 3.38 Billion ADSL Router

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

3.3.1 การจัดเก็บผลกับอุปกรณ์ที่ทำงานด้วยระบบอินฟราเรด

3.3.1.1 ระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศ

ระบบที่จัดทำขึ้นจะต้องสามารถใช้งานกับเครื่องปรับอากาศได้จริงโดยจะต้องสามารถทดแทนรีโมทของเครื่องปรับอากาศเดิมได้ โดยจะต้องสามารถสั่งงานแล้วไม่เกิดความผิดพลาดของอุณหภูมิ

3.3.1.2 ระบบควบคุมโทรศัพท์

ระบบที่จัดทำขึ้นจะต้องสามารถทดแทนการใช้งานรีโมทควบคุมจริงได้ ยกตัวอย่างเช่น การปรับตัวเลขช่องสัญญาณ การเพิ่ม-ลดเสียง หรือ เพิ่ม-ลด ช่องสัญญาณ เป็นต้น

3.3.2 การจัดเก็บผลกับอุปกรณ์หลอดไฟ

3.3.2.1 ระบบควบคุมหลอดไฟภายในบ้าน โดยหลอดไฟสามารถควบคุมได้ตามที่กำหนดไว้ เสมือนใช้รีโมทคอนโทรล

3.3.2.2 หลอดไฟแบบพิกวา สามารถเชื่อมต่อ Wi-Fi และควบคุมหลอดไฟเมื่อไม่มีสัญญาณ Wi-Fi ได้

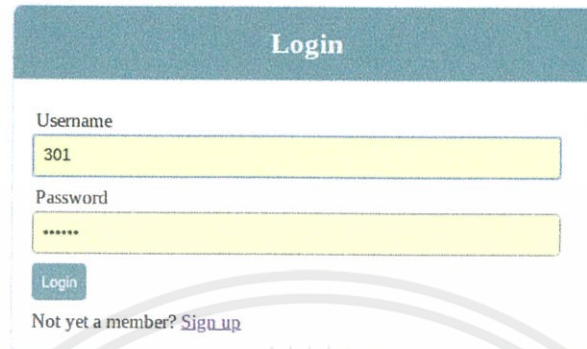
3.3.3 การจัดเก็บผลกับระบบควบคุมเต้าเสียบ

สามารถสั่งงานรีเลย์ จากภายนอกได้โดยไม่เกิดความผิดพลาด ซึ่งสามารถทำให้ทำงานเหมือนการเปิด-ปิดสวิตช์ได้ตามปกติ โดยในที่นี้ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่นำมาทดลอง คือการชาร์จแบตเตอรี่มือถือและคอมพิวเตอร์ โดยมีหลอดไฟสำหรับเป็นตัว Load และตัวแสดงผลว่ารีเลย์ มีการทำงานหรือไม่ เพื่อป้องกันการกระชากของไฟบ้าน

3.3.4 การจัดเก็บผลของระบบผู้ใช้งาน

ได้มีการจัดเก็บข้อมูลของผู้ใช้งาน โดยใช้ phpMyAdmin เป็นฐานข้อมูล ข้อมูลที่แสดงจะมี Username, Password และ E-mail ซึ่งจะมีทั้งระบบ Register สำหรับผู้ใช้ใหม่ และระบบ Login สำหรับผู้ใช้เดิม แสดงข้อมูลดังรูปที่ 3.39, 3.40 และ 3.41 ตามลำดับ

Telecommunication Engineerin



Login

Username
301

Password

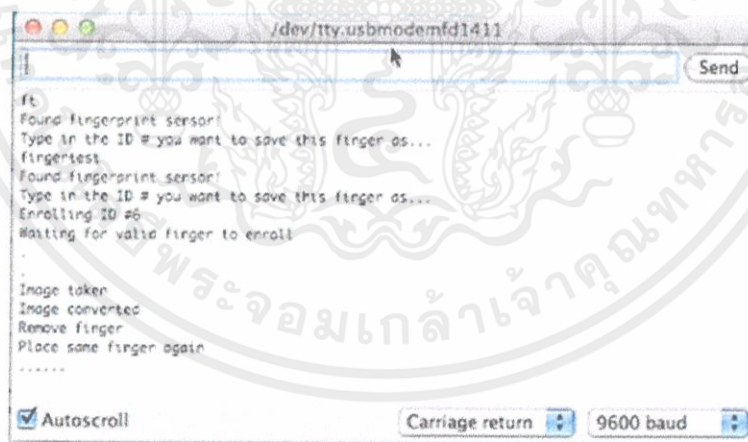
Login

Not yet a member? [Sign up](#)

รูปที่ 3.41 หน้าเว็บไซต์สำหรับการ Login

3.3.5 การจัดเก็บผลของโมดูลสแกนลายนิ้วมือ

สามารถตรวจสอบการดำเนินการของโมดูลผ่าน serial monitor ในโปรแกรม Arduino IDE ซึ่งจะแสดง ต้นเหตุของข้อผิดพลาด, รหัสที่ผู้ใช้กำหนด, ระบุรหัสของลายนิ้วมือที่ตรวจจับและสถานะของโมดูล แสดงดังรูปที่ 3.42



รูปที่ 3.42 ตัวอย่างการตรวจสอบด้วย serial monitor

3.3.6 การจัดเก็บผลของกลอนแม่เหล็กไฟฟ้า

เมื่อตรวจสอบสายนิ้วมือแล้ว ระบบจะทำการส่งสัญญาณควบคุมรีเลย์ ให้แหล่งจ่ายเช่น adapter จ่ายไฟให้กับกลอนแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าในขดลวดจะทำให้แม่เหล็กถาวรหดตัว ดังนั้นสามารถเก็บผลการทดลองจากปริมาณกระแสไฟฟ้าเทียบกับระยะเวลาการหดของแม่เหล็กถาวร

3.3.7 การจัดเก็บผลของระบบการวัดกระแสไฟฟ้า

จะทำการแทรกตัววัดกระแสเข้าไปอนุกรมกับวงจรของอุปกรณ์ไฟฟ้า ทำหน้าที่เสมือน แอมป์มิเตอร์โดยจะมีการแจ้งเตือนกลับมายังผู้ใช้เมื่ออุปกรณ์ปิด /เปิดว่ามีกระแสไฟฟ้าไหลอยู่หรือไม่ เพื่อสามารถตรวจสอบได้หากเปิดอุปกรณ์แต่ไม่มีกระแสไหล หรือสั่งปิดอุปกรณ์แล้วแต่ยังคงมีกระแสไหลอยู่

3.3.8 การจัดเก็บผลของการสั่งงานด้วยเสียง

เมื่อทำการสั่งงานด้วยเสียงแล้ว พบว่าการสั่งงานด้วยเสียงนั้น ยังมีส่วนที่ทำงานผิดพลาดอยู่ เช่น สั่งงานซ้ำเกินไปจากระยะเวลาที่กำหนด พูดคำสั่งไม่ชัดเจน เป็นต้น ทั้งนี้จากการสั่งงานตามคำสั่งทั้งหมดก็พบความผิดพลาดเช่นกัน จึงทำการเก็บข้อมูลจากผู้ทำโครงการทั้งหมด 3 คน คนละ 10 ครั้ง เพื่อนำข้อมูลมาพิจารณาว่ามีค่าความผิดพลาดเท่าไร และสามารถสั่งงานด้วยเสียงได้จริงตามลำดับขั้นตอนที่ได้ทำการตั้งไว้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบระบบควบคุมการทำงานอินฟราเรด

4.1.1 ระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศ

ระบบที่ได้นั้นสามารถควบคุมอุปกรณ์เครื่องปรับอากาศได้ทุกอุณหภูมิตั้งแต่ 16 – 30 องศาเซลเซียส โดยสามารถสั่งการได้แม่นยำทุกอุณหภูมิ รวมถึงการเปิด-ปิด เครื่องปรับอากาศ สามารถตั้งค่าให้ทำการคงอุณหภูมิไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส จากการทดลองเปรียบเทียบค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ทำการจ่ายให้อินฟราเรดตัวส่งนั้นพบว่าค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่จ่ายให้มีผลกับระยะเวลาการทำงานของตัวควบคุมอุณหภูมิดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่จ่ายกับระยะเวลาการทำงานของตัวควบคุมอุณหภูมิ

ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (V)	ระยะเวลาการทำงานของ ตัวควบคุมอุณหภูมิ(เมตร)
3.3	6
5	10

4.1.2 ระบบควบคุมโทรทัศน์

ระบบที่ได้นั้นสามารถควบคุมอุปกรณ์โทรทัศน์ได้ทั้งหมดตั้งแต่การสั่งงานปิด-เปิด อุปกรณ์ การเพิ่ม-ลดเสียง การเพิ่ม-ลดช่องสัญญาณ รวมถึงการควบคุมตัวเลขต่างๆที่มีการใช้งานจริงบนรีโมทโทรทัศน์ จากการทดลองเปรียบเทียบค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ทำการจ่ายให้อินฟราเรดตัวส่งนั้นพบว่าค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่จ่ายให้มีผลกับระยะเวลาการทำงานของตัวควบคุมโทรทัศน์ดังตารางที่ 4.2

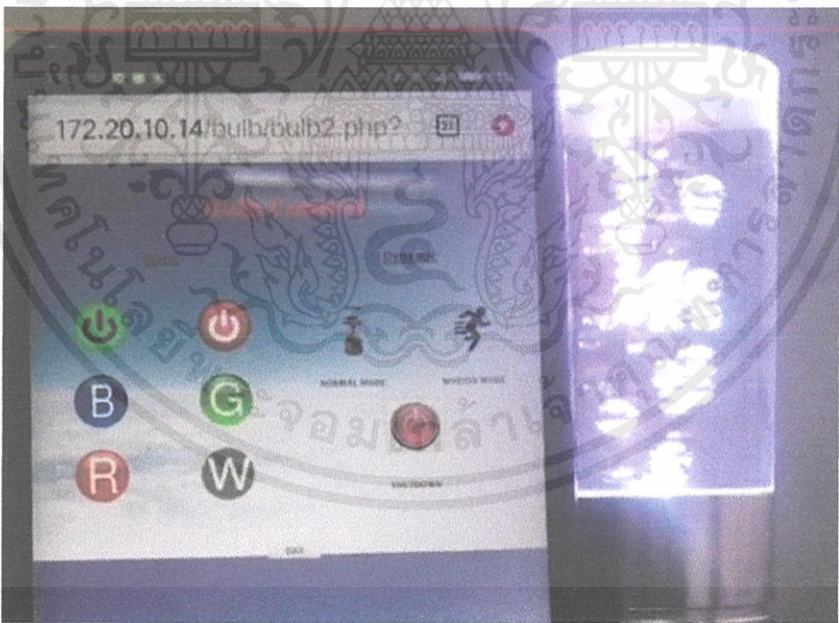
ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่จ่ายกับระยะการทำงานของตัวควบคุมโทรทัศน์

ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (V)	ระยะการทำงานของ ตัวควบคุมโทรทัศน์(เมตร)
3.3	8
5	15

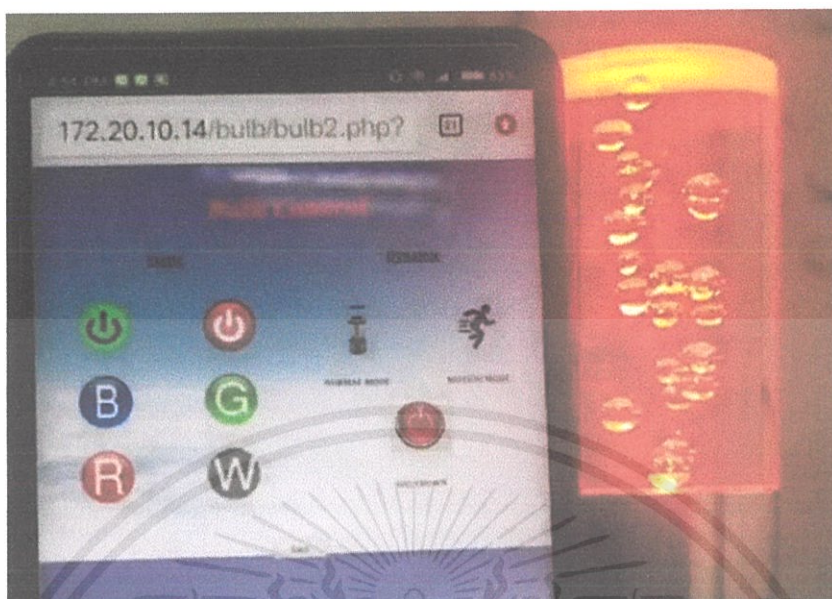
4.2 ผลการทดสอบระบบควบคุมหลอดไฟ

4.2.1 หลอดไฟภายในบ้าน

สามารถเลือกได้ว่าต้องการเปิดหลอดไฟภายในห้องนั้นสีอะไร โดยได้ทำการสอนทั้งหมด 4 สี คือ สีขาว สีแดง สีนํ้าเงิน และสีเขียว ซึ่งสามารถแสดงการทำงานได้ดังรูปที่ 4.1, 4.2, 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ โดยสามารถทำการควบคุมได้ผ่านหน้าเว็บไซต์ที่สร้างไว้ได้ตามปกติ



รูปที่ 4.1 ควบคุมหลอดไฟสีขาว

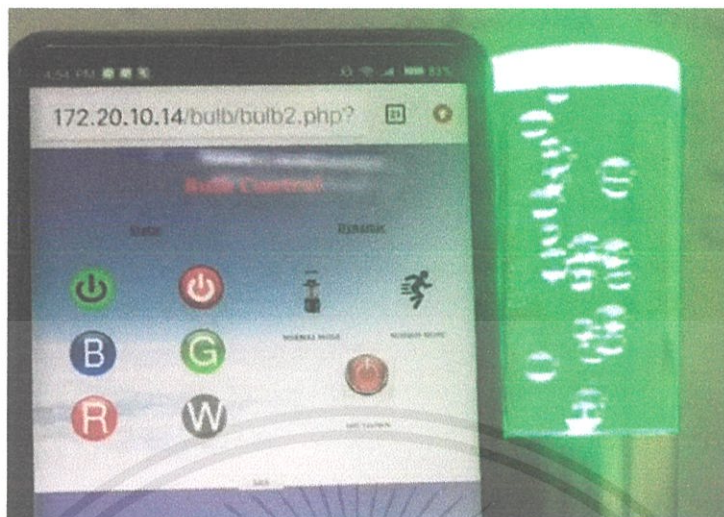


รูปที่ 4.2 ควบคุมหลอดไฟสีแดง



รูปที่ 4.3 ควบคุมหลอดไฟสีน้ำเงิน

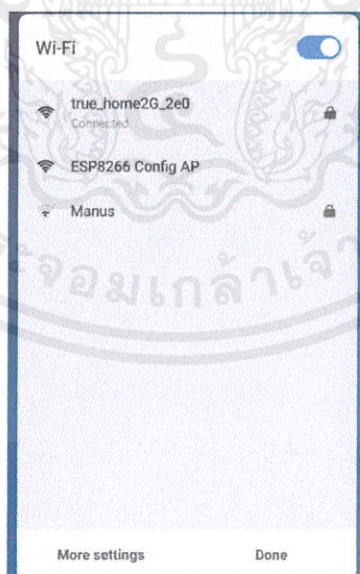
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



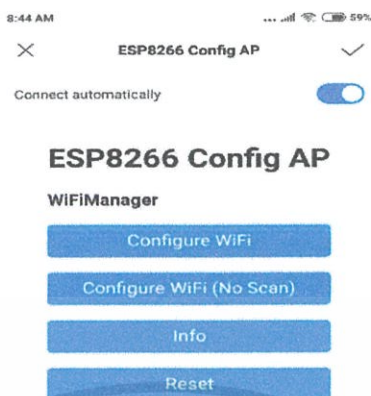
รูปที่ 4.4 ควบคุมหลอดไฟสีเขียว

4.2.2 หลอดไฟแบบพกพา

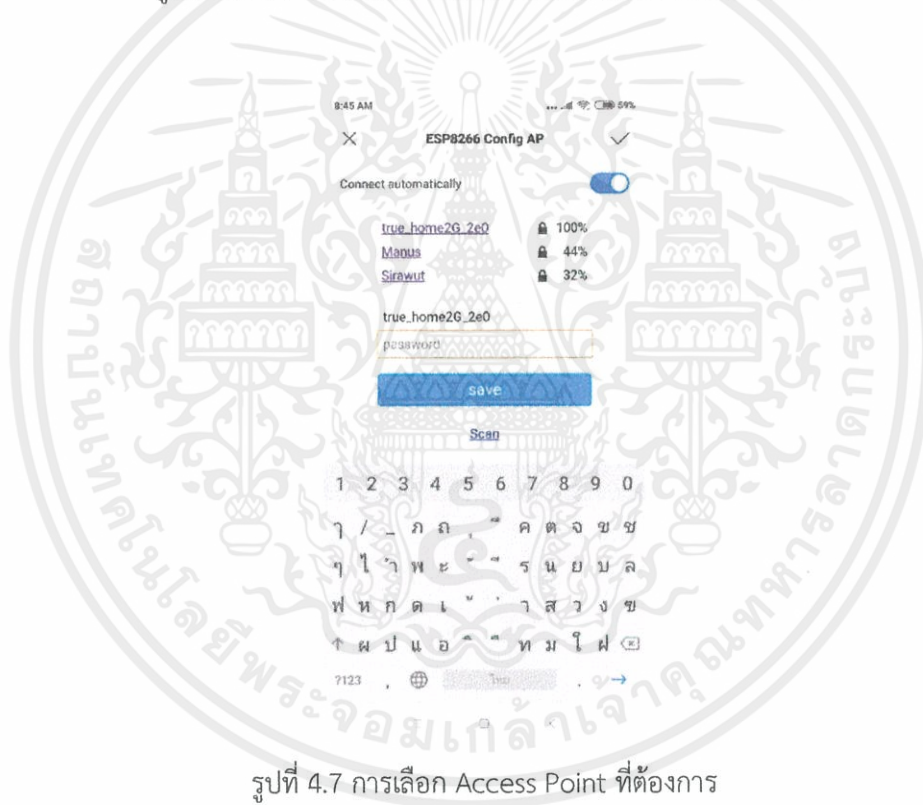
สามารถเลือก Access Point ให้ระบบควบคุมหลอดไฟผ่านโทรศัพท์มือถือ เพื่อเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ โดยการเปิดใช้งาน Wi-Fi ในมือถือ เลือก Access Point ที่ ESP8266 ในการเข้าสู่ server ที่ใช้ในการเลือก Access Point ที่ต้องการให้กับระบบควบคุมหลอดไฟ โดยมีการทำงาน ดังรูปที่ 4.5, 4.6 และ 4.7 ตามลำดับ



รูปที่ 4.5 การเลือก Access Point

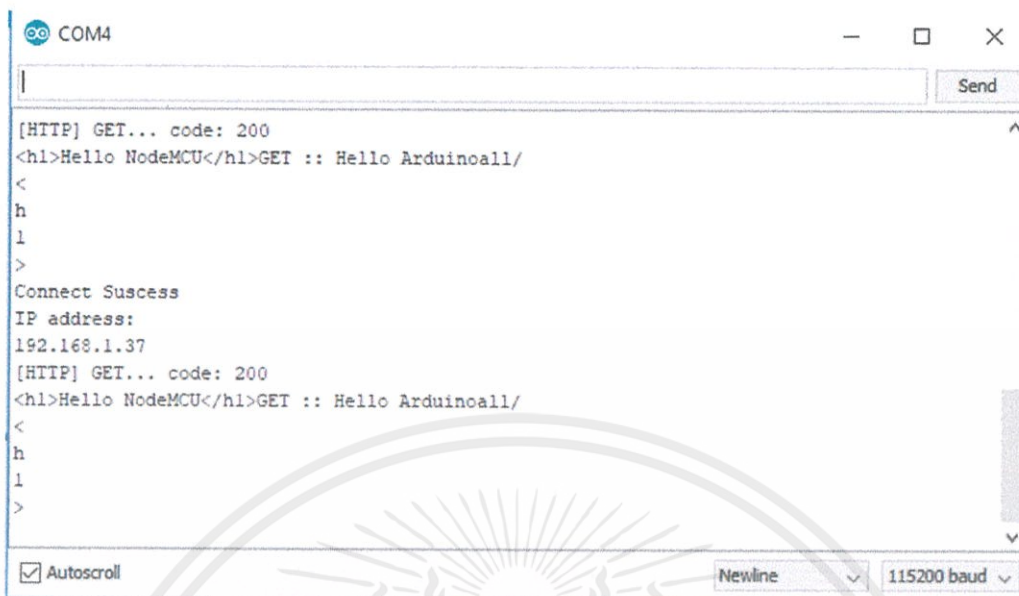


รูปที่ 4.6 หน้าเว็บไซต์เว็บ Server ในการจัดการ Access Point



รูปที่ 4.7 การเลือก Access Point ที่ต้องการ

จากนั้นตรวจสอบสถานะในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตของระบบควบคุมหลอดไฟ ได้ด้วยการสังเกตหลอด LED สีแดงบนโมเดล หรือใช้ Command Prompt ใน Windows ด้วยคำสั่ง ping ไปยัง IP address ของ ESP และสามารถทดลองคำสั่งรับข้อมูลจากเว็บเพจด้วย method GET ด้วย serial terminal ในโปรแกรม Arduino ดังรูปที่ 4.8



```

[HTTP] GET... code: 200
<h1>Hello NodeMCU</h1>GET :: Hello Arduinoall/
<br>
h
l
>
Connect Suscess
IP address:
192.168.1.37
[HTTP] GET... code: 200
<h1>Hello NodeMCU</h1>GET :: Hello Arduinoall/
<br>
h
l
>

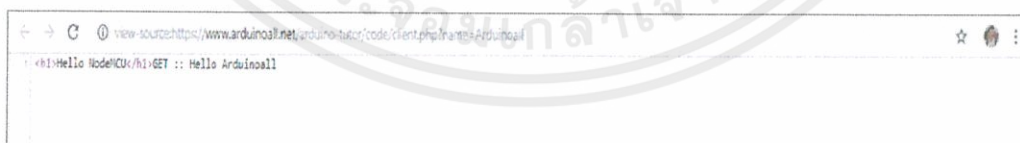
```

รูปที่ 4.8 IP Address ของ ESP และผลลัพธ์ของ method GET

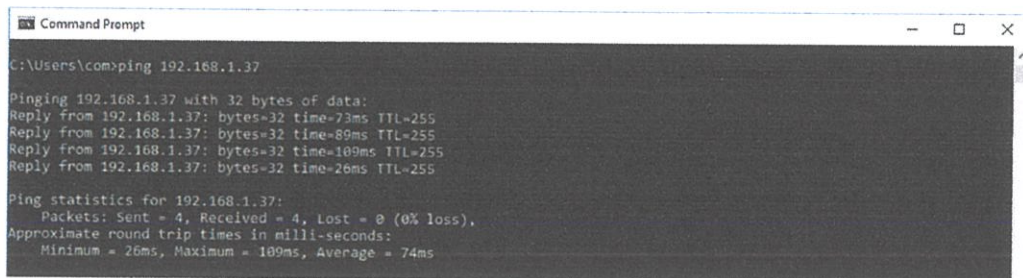
เมื่อทำการรัน serial terminal ในโปรแกรม Arduino แล้วนั้น จะได้ผลลัพธ์เป็น ดังรูปที่ 4.9, 4.10 และ 4.11 ตามลำดับ



รูปที่ 4.9 หน้าเว็บไซต์ที่ใช้ทดลอง



รูปที่ 4.10 Source text ของเว็บไซต์ที่ใช้ทดลอง



```

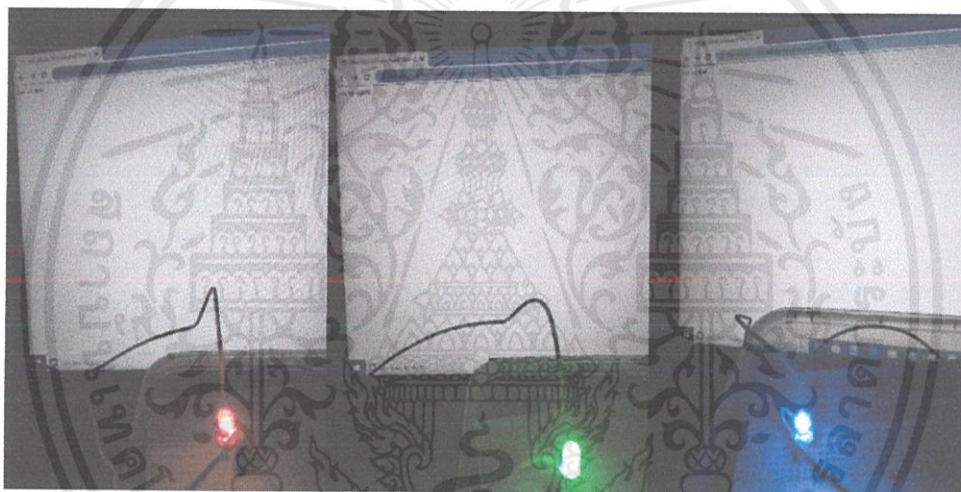
C:\Users\com>ping 192.168.1.37

Pinging 192.168.1.37 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.1.37: bytes=32 time=73ms TTL=255
Reply from 192.168.1.37: bytes=32 time=89ms TTL=255
Reply from 192.168.1.37: bytes=32 time=109ms TTL=255
Reply from 192.168.1.37: bytes=32 time=26ms TTL=255

Ping statistics for 192.168.1.37:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 26ms, Maximum = 109ms, Average = 74ms
  
```

รูปที่ 4.11 หน้าต่าง Command Prompt ในการตรวจสอบการเชื่อมต่อของ ESP

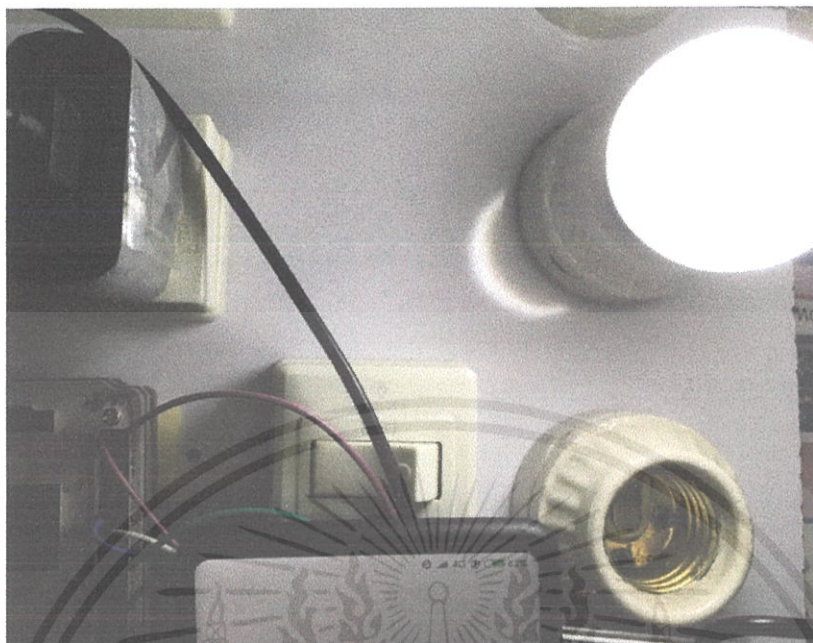
หลักจากอุปกรณ์สามารถเชื่อมต่อกันได้แล้ว สามารถส่งงานผ่านเว็บไซต์ในการเข้าถึง URL ต่างๆที่ถูกออกแบบเพื่อควบคุมสถานะของหลอดไฟดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ตัวอย่างการควบคุมหลอดไฟ RGB

4.3 ผลการทดสอบระบบควบคุมได้เสีย

สามารถควบคุมการทำงานของรีเลย์ ในการสั่งการอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าได้ โดยเมื่อกดปุ่ม On จะทำให้รีเลย์ ทำงาน สามารถสังเกตการทำงานได้จากหลอดไฟที่เป็นตัวต้านทานในวงจรการทำงานของรีเลย์ โดยใช้การชาร์จแบตเตอรี่ที่มีมือถือเป็นตัวอย่างการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า แสดงการทำงานดังรูปที่ 4.13 และเมื่อกดปุ่ม Off จะปิดการทำงานของรีเลย์ ทำให้กลายเป็นวงจรแบบเปิด สังเกตได้จากหลอดไฟดับลง แสดงการทำงานดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.13 การสั่งเปิดการทำงานของรีเลย์

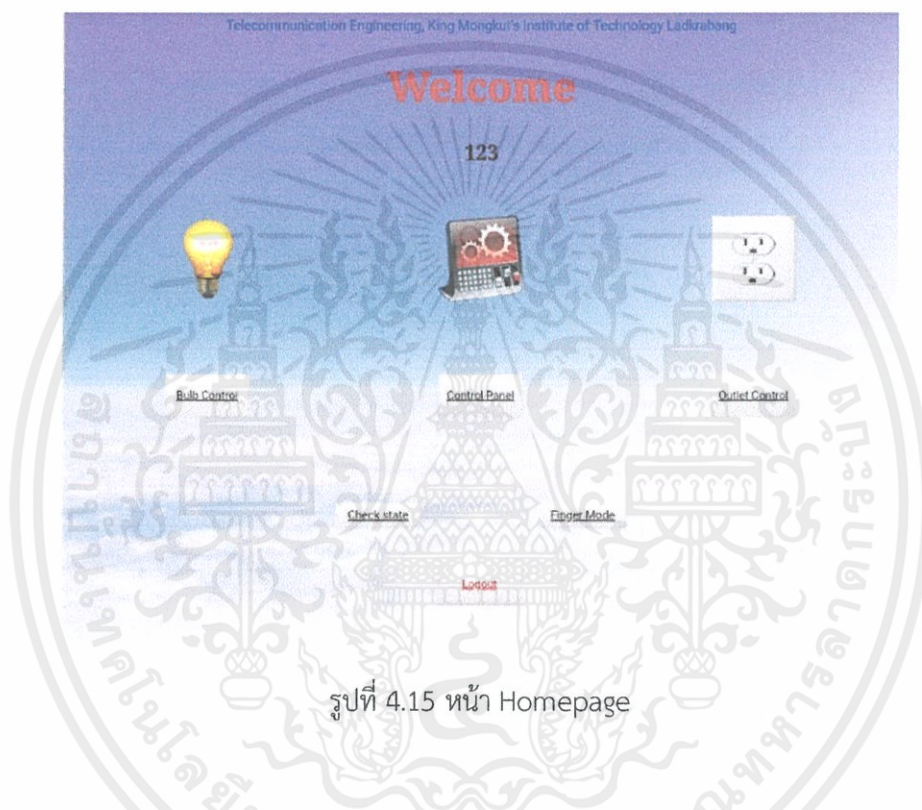


รูปที่ 4.14 การสั่งปิดการทำงานของรีเลย์

4.4 ผลการทดลองหน้าเว็บไซต์ของผู้ใช้งาน

4.4.1 หน้า Homepage

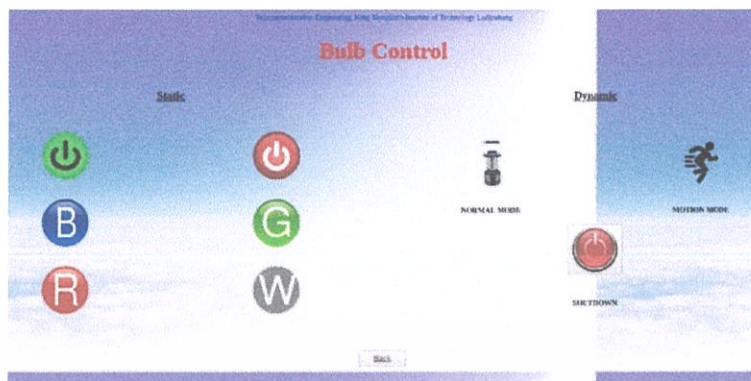
เมื่อได้ทำการ Register และ Login เข้าระบบแล้วนั้น หน้า Homepage จะประกอบไปด้วยการทำงานทั้งหมด 3 ส่วนหลัก คือ Bulb Control, Control Panel และ Outlet Control และมีส่วนเพิ่มเติมคือ Check State สำหรับตรวจสอบกระแสไฟฟ้าและ Finger Mode สำหรับการทำการสแกนลายนิ้วมือ แสดงดังรูปที่ 4.15



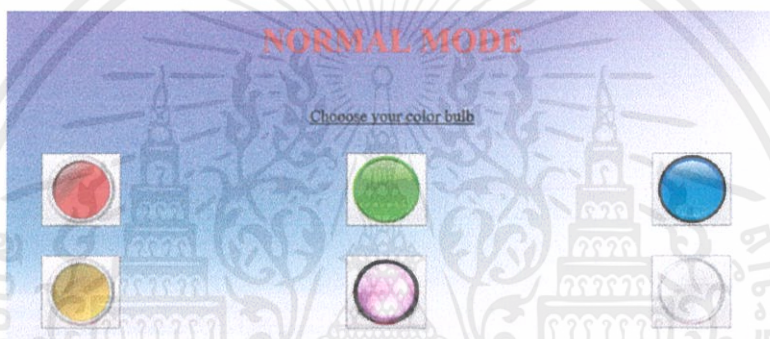
รูปที่ 4.15 หน้า Homepage

4.4.2 หน้า Bulb Control

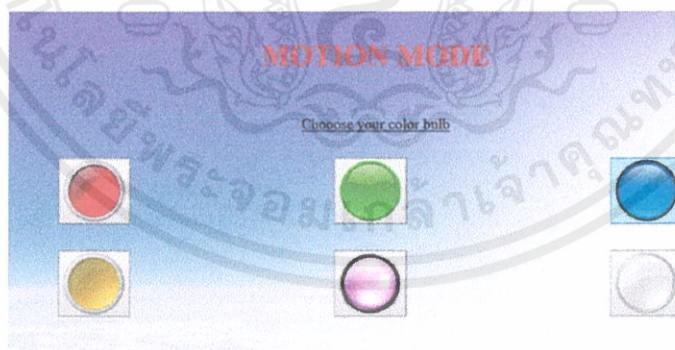
เมื่อผู้ใช้เข้าสู่หน้า Bulb Control จะได้หน้าเว็บไซต์ดังรูป 4.16 ซึ่งสามารถควบคุมระบบหลอดไฟทั้งชนิดภายในห้อง ในโหมดของ Static และชนิดพกพา ในโหมดของ Dynamic และในโหมดการทำงานของ Dynamic นั้น ยังสามารถเลือกได้อีกว่าต้องการให้ทำงานในโหมด Normal หรือโหมด Motion ซึ่งภายในเว็บไซต์โหมด Normal และโหมด Motion มีลักษณะดังรูป 4.17 และรูป 4.18 ตามลำดับ



รูปที่ 4.16 หน้า Bulb Control



รูปที่ 4.17 หน้าการทำงานในโหมด Normal

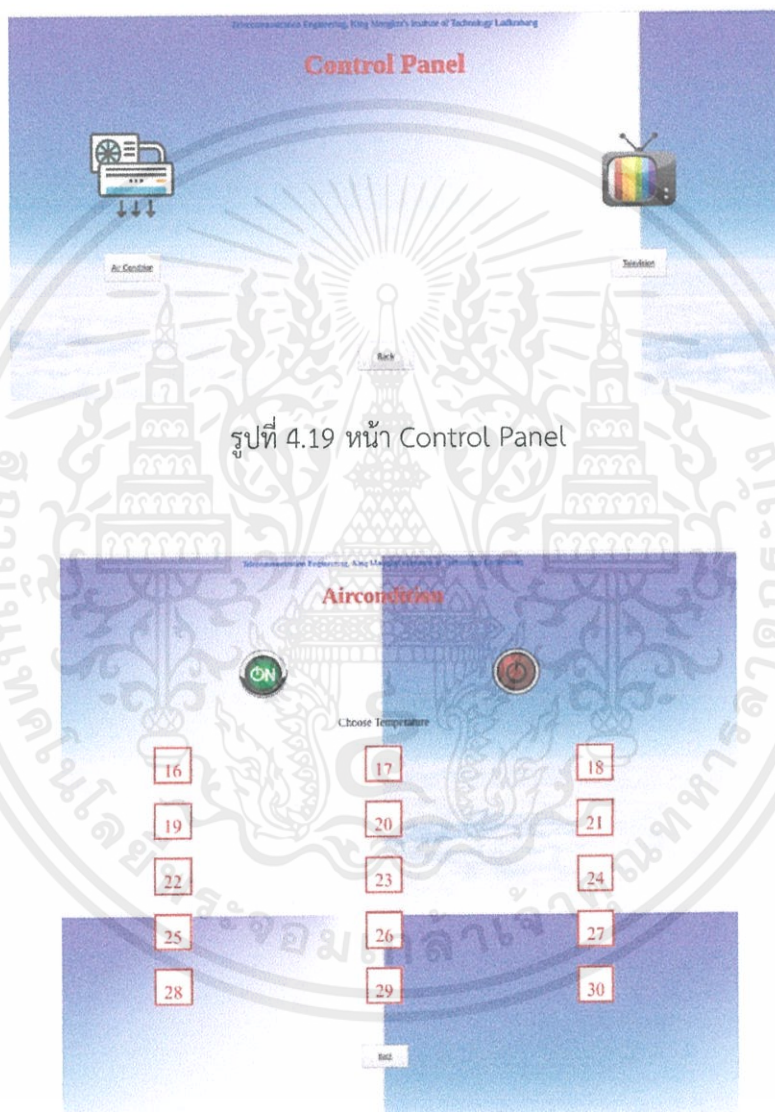


รูปที่ 4.18 หน้าการทำงานในโหมด Motion

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

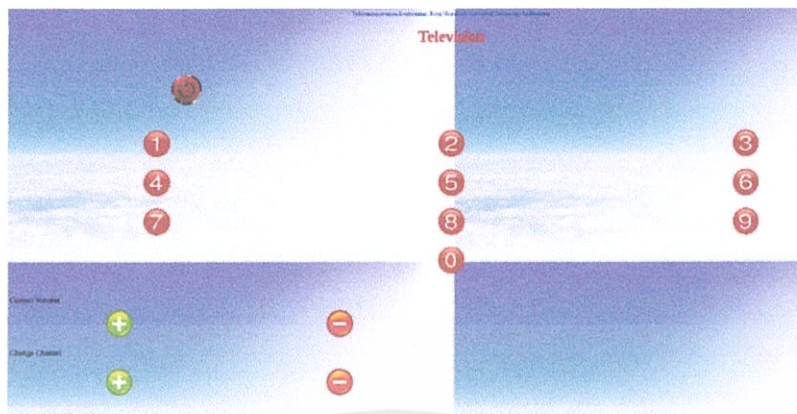
4.4.3 หน้า Control Panel

เมื่อผู้ใช้เลือกการใช้งานในส่วนของ Control Panel จะมีหน้าการทำงานดังรูปที่ 4.19 โดยสามารถควบคุมเครื่องปรับอากาศและโทรทัศน์ภายในห้องได้ และเมื่อกดเลือกในโหมดการสั่งงานเครื่องปรับอากาศหรือโทรทัศน์แล้ว จะขึ้นเว็บไซต์ ดังรูปที่ 4.20 และรูปที่ 4.21 ตามลำดับ



รูปที่ 4.19 หน้า Control Panel

รูปที่ 4.20 หน้าการสั่งงานเครื่องปรับอากาศ



รูปที่ 4.21 หน้าการสั่งงานโทรทัศน์

4.4.4 หน้า Outlet Control

เป็นหน้าการควบคุมการทำงานของเต้าเสียบ โดยเมื่อผู้ใช้งานเลือกในส่วนของ Outlet Control นั้น จะสามารถเลือก Rename หรือทำการเปลี่ยนชื่อเต้าเสียบ เพื่อตั้งค่าชื่อของเต้าเสียบเฉพาะของตนเองได้ เพื่อการใช้งานที่สะดวกสบาย และเข้าใจว่าตนเองนั้นได้ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าใดกับเต้าเสียบนั้น ๆ โดยมีการทำงานดังรูป ที่ 4.22, 4.23 และ 4.24 ตามลำดับ



รูปที่ 4.22 หน้า Outlet Control



รูปที่ 4.23 หน้า Rename



รูปที่ 4.24 หน้า Outlet Control หลังจากมีการ Rename

4.4.5 หน้า Check State

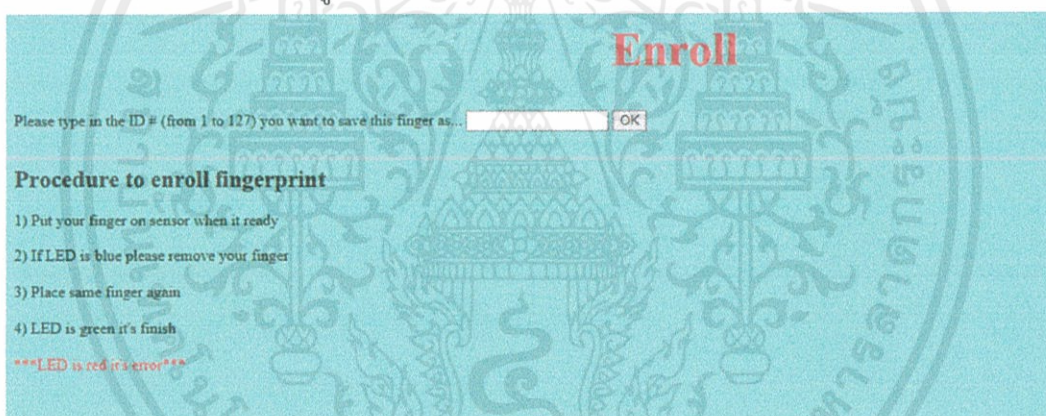
เมื่อผู้ใช้เข้าหน้าเว็บไซต์ จะเป็นการแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ด้วยการวัดกระแสไฟฟ้า โดยแสดงดังรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 หน้า Check State

4.4.6 หน้า Finger Mode

เมื่อผู้ใช้เข้าถึงเว็บเพจที่ทำการบันทึกลายนิ้วมือ ขั้นตอนแรกคือผู้ใช้จำเป็นต้องกำหนดรหัสของตนซึ่งอยู่ระหว่าง 1 ถึง 127 เป็นลำดับในการจัดเก็บลายนิ้วมือ จากนั้นทำตามขั้นตอนที่ได้ทำการอธิบายบนหน้าเว็บเพจ ดังรูปที่ 4.26



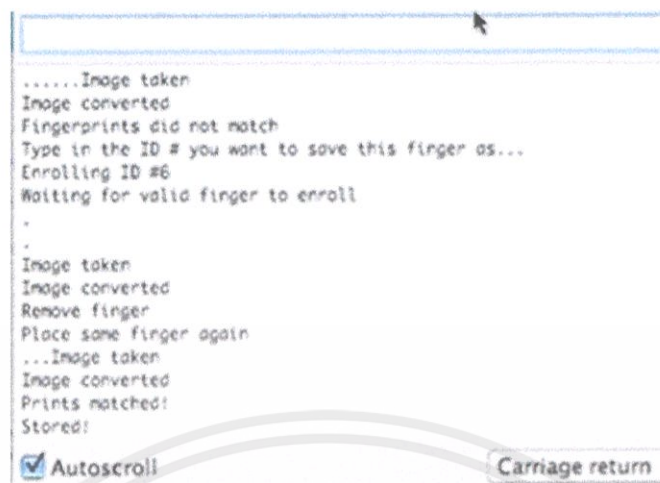
รูปที่ 4.26 หน้าเว็บและขั้นตอนที่ใช้ในการบันทึกลายนิ้วมือ

4.5 ผลการทำงานของระบบรักษาความปลอดภัย

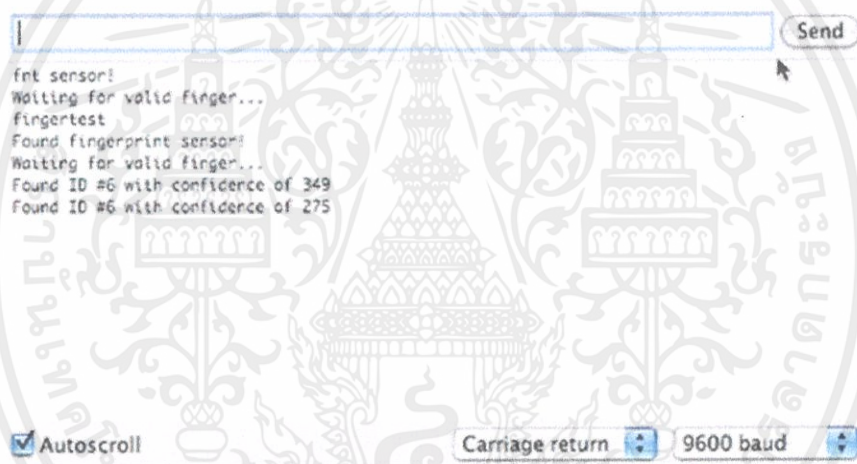
ในหัวข้อนี้ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ การปลดล็อคประตูด้วยกลอนแม่เหล็กไฟฟ้า และการตรวจสอบลายนิ้วมือ

4.5.1 ระบบสแกนลายนิ้วมือ

เมื่อผู้ใช้ทำการบันทึกลายนิ้วมือตามขั้นตอนบนหน้าเว็บเพจแล้ว ผลของผลลัพธ์ของการเก็บลายนิ้วมือจะขึ้นใน Serial Monitor โดยอุปกรณ์สแกนลายนิ้วมือนั้น สามารถเก็บได้ทั้งหมด 127 ลายนิ้วมือ ดังรูปที่ 4.27 และ 4.28



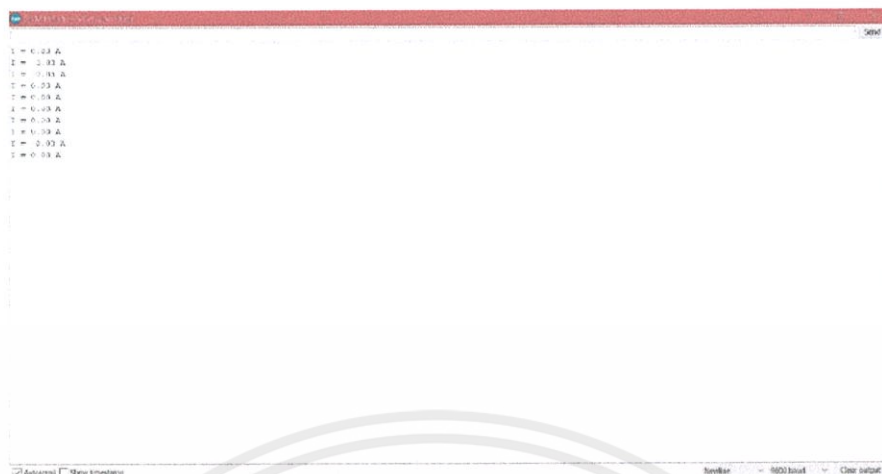
รูปที่ 4.27 หน้า Serial Monitor แสดงผลลัพธ์ในการบันทึกลายนิ้วมือ



รูปที่ 4.28 หน้า Serial Monitor แสดงผลลัพธ์การตรวจสอบลายนิ้วมือ

4.5.2 กลอนแม่เหล็กไฟฟ้า

เมื่อตรวจสอบผู้ใช้ด้วยโมดูลสแกนลายนิ้วมือแล้ว ถ้าบุคคลนั้นอยู่ในฐานข้อมูลระบบจะทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับกลอนแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังรูป 4.29



รูปที่ 4.31 วัดกระแสไฟฟ้าเมื่อไม่มีการใช้งานอุปกรณ์



รูปที่ 4.32 การแจ้งเตือนผ่านหน้าผู้ใช้งานขณะอุปกรณ์ทำงาน



รูปที่ 4.33 การแจ้งเตือนผ่านหน้าผู้ใช้งานขณะอุปกรณ์ไม่ทำงาน

4.7 ผลการทำงานของการทำงานด้วยเสียง

เมื่อทำการสั่งงานด้วยเสียง โดยได้ตั้งค่าที่ประโยค “Turn on” และ “Turn Off” จะทำให้มีลำดับการสั่งงานเป็น “Hey Google” และตามด้วย “Turn ... on/off” ตามลำดับ จะทำการตอบสนองที่หน้า Terminal ว่าได้ทำการ Turn on/Turn off อุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว ดังรูปที่ 4.34 และ 4.35 โดยการสั่งงานด้วยเสียงนั้น สามารถสั่งงานได้จากทุกคนที่อยู่ภายในห้องพัก มีรูปแบบการทำงานแบบ localhost รวมทั้งสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องที่ 90 เปอร์เซ็นต์

```

}
Do command action.devices.commands.OnOff with params {'on': True}
Turn on.
ON_RESPONDING_STARTED:
  {"is_error_response": false}
ON_RESPONDING_FINISHED
ON_CONVERSATION_TURN_FINISHED:
  {"with_follow_on_turn": false}

```

รูปที่ 4.34 ผลลัพธ์ของการสั่งงานด้วยเสียง คำสั่ง Turn on

```

}
Do command action.devices.commands.OnOff with params {'on': False}
Turn off.
ON_RESPONDING_STARTED:
  {"is_error_response": false}
ON_RESPONDING_FINISHED
ON_CONVERSATION_TURN_FINISHED:
  {"with_follow_on_turn": false}

```

รูปที่ 4.35 ผลลัพธ์ของการสั่งงานด้วยเสียง คำสั่ง Turn off

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

เมื่อนำระบบทั้งหมดเข้ามาทำงานร่วมกันพบว่าสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดภายในห้องผ่านเว็บไซต์การใช้งานที่ออกแบบขึ้น สามารถใช้งานระบบได้ผ่านอุปกรณ์ทุกชนิดที่มีบราวเซอร์อินเทอร์เน็ตทั้งคอมพิวเตอร์ แท็บเล็ตและโทรศัพท์มือถือซึ่งสามารถเข้าจากภายนอกได้ สิ่งที่สำคัญในการทำงานของระบบนั้นคือการจ่ายกระแสไฟที่คงที่ให้กับอุปกรณ์ควบคุม และต้องมีการจ่ายกระแสให้ตัวคอนโทรลเลอร์ตลอดเวลา รวมทั้งยังสามารถควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้องพักได้ สำหรับหลอดไฟแบบพลาสมาสามารถใช้ได้ทุกสถานที่ ไม่จำเป็นจะต้องเชื่อมต่อศูนย์ประมวลผลกลาง (Raspberry Pi) สามารถใช้งานได้ทำให้สามารถจัดการระบบได้ทั้งหมดเป็นการบรรลุถึงเป้าหมายและวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้ในเวลาที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังทำการเพิ่มระบบตรวจสอบด้านความปลอดภัยที่สามารถทำให้ระบุผู้ใช้งาน ด้วยการสแกนลายนิ้วมือก่อนเข้าห้อง ตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ด้วยการวัดกระแสไฟฟ้าเพื่อป้องกันในกรณีที่ผู้ใช้งานสั่งปิดอุปกรณ์แล้วแต่อุปกรณ์ยังคงทำงานอยู่ และเพิ่มระบบการสั่งงานด้วยเสียงผ่าน google assistant ซึ่งสามารถใช้งานได้ก็ต่อเมื่อผู้พักอาศัยอยู่ภายในห้องเท่านั้น เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายสูงสุดของผู้ใช้งาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การสั่งงานของระบบอินฟราเรดนั้นจะต้องหันหลอดอินฟราเรดตัวส่งให้ถูกทิศทางเนื่องจากแสงอินฟราเรดนั้นจะไม่สามารถทะลุผ่านวัสดุที่มีความหนาได้ ดังนั้นจึงไม่ควรใช้อุปกรณ์ใดบดบังหลอดอินฟราเรดตัวส่ง

5.2.2 อุปกรณ์อินฟราเรดจะสามารถรองรับไฟได้สูงสุด 5 V จึงไม่ควรต่อตรงเข้ากับไฟบ้าน 220 V

5.2.3 การบันทึกค่ารีโมทอินฟราเรดนั้นไม่ควรให้มีแสงไฟจากหลอดไฟสีขาวรบกวนขณะบันทึกค่าเพื่อความแม่นยำของข้อมูลที่บันทึก

5.2.4 ตรวจสอบรุ่นของอุปกรณ์ รวมถึงเวอร์ชันของชุดคำสั่งและการทำงานของอุปกรณ์ทุกอย่างอย่างรอบคอบ

5.2.5 การติดตั้งเซนเซอร์วัดกระแสภายในวงจรนั้นจะต้องทำในลักษณะของการต่ออนุกรมกับวงจรของอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อให้เซนเซอร์ทำงานในลักษณะเดียวกับแอมป์มิเตอร์

5.2.6 การสั่งงานด้วยเสียง ต้องสั่งงานด้วยเสียงตามรูปแบบประโยคที่กำหนดไว้อย่างเป็นลำดับขั้นตอนเท่านั้น

5.2.7 อุปกรณ์ทุกชนิดสามารถพัฒนาได้มากกว่าปัจจุบัน เนื่องจากอุปกรณ์ต้นแบบ ออกแบบให้สามารถทำงานได้ในระดับพื้นฐาน จึงสามารถต่อยอดได้ในบางคุณสมบัติ ยกตัวอย่างเช่น อุปกรณ์ที่สามารถรับส่งคลื่นอินฟราเรดในระยะที่มากขึ้นและแม่นยำขึ้น หลอดไฟที่สามารถส่องสว่างได้มากขึ้น

5.2.8 สำหรับระบบรักษาความปลอดภัย มีข้อเสนอแนะอยู่ 2 ส่วนคือในส่วนของระบบ สแกนลายนิ้วมือสามารถบันทึกลายนิ้วมือได้สูงสุดเพียง 127 คน ถ้าต้องการเพิ่มจำนวนจำเป็นต้องเลือกโมดูลอื่นที่มีขนาดของ ROM มากกว่า และในส่วนของกลอนแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถรับแรงดึงได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น บุคคลผู้ประสงค์อาจจะทำการขัดได้ เพื่อป้องกันเหตุการณ์ดังกล่าว ควรเลือกกลอนแม่เหล็กไฟฟ้าที่รองรับแรงปริมาณมาก



บรรณานุกรม

- [1] Engineer007. “ไมโคร คอนโทรลเลอร์ คืออะไร?”
<http://www.engineer007.com/articles/507518/ไมโครคอนโทรลเลอร์-คืออะไร.html>
- [2] Physicsbykruadd. “การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าเบื้องต้น.”
<https://physicskruadd.wordpress.com/2012/03/13/การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า/>
- [3] Mindphp. “Sensor คืออะไร.”
<https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2439-sensor-คืออะไร.html>
- [4] Factomart. “หลักการทำงาน Photoelectric Sensor.”
<https://mall.factomart.com/principle-of-photoelectric-sensor/>
- [5] Pongkung. “งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง เซนเซอร์สัมผัส.”
http://know2learning.blogspot.com/2017/02/blog-post_28.html
- [6] PSP TECH CO., LTD. “รีเลย์ (Relay) คืออะไร?”
<http://www.psptech.co.th/รีเลย์relayคืออะไร-15696.page>
- [7] Arduino 4 Pro. “ควบคุมการเปลี่ยนสี RGB LED โดยปรับค่าความต้านทาน.”
<http://www.arduino4pro.com/article/4/ควบคุมการเปลี่ยนสี-rgb-led-โดยปรับค่าความต้านทาน>
- [8] Mindphp. “Protocol คืออะไร.”
<https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2044-protocol-คืออะไร.html>
- [9] ญัฐพร ไชยศรีแก้ว. “ภาษาสำหรับการสร้างเว็บไซต์.”
<https://sites.google.com/site/klumtee10/home/phasasahrabkar-srang-web>
- [10] Suphakit Annoppornchai. “Database.”
<https://saixiii.com/what-is-database/>
- [11] phpMyAdmin contributors. “Bringing MySQL to the web.”
<https://www.phpmyadmin.net/>
- [12] Singularis Software Technologies Private Limited. “PHP and MySQL Training.”
http://singularissoftwares.com/training_php.php
- [13] Vasili Karneichyk. “Infrared and thermal imaging design.”
<https://www.opticsforhire.com/blog/2015/7/15/design-of-ir-lenses>

- [14] Logitech. “Determining if a device uses an RF (radio frequency) or IR (infrared) remote control.”
https://support.logitech.com/en_us/article/12467
- [15] Piddlerintheroot. “IR Blaster (LIRC).”
<https://www.piddlerintheroot.com/ir-blaster-lirc/>
- [16] Paul Jasmine Rani. L1*, Khoushik Kumar. M2, Naresh. K. S3, Vignesh. S4. “DYNAMIC TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM USING INFRARED (IR) AND INTERNET OF THINGS (IoT).” Third International Conference on Science Technology Engineering & Management (ICONSTEM), 2017.
- [17] วรณพงษ์ ภัททิยไพบุลย์. “รันโค้ด Python ด้วย PHP.”
<https://python3.wannaphong.com /2016/02/python-php.html?m=1>
- [18] ซีเอ็มซิสแอนด์เซอร์วิส. “หลักการทํางาน FINGERPRINT.”
<http://www.cm-systemservice.com/Article/Detail/27425>
- [19] Dolporn Prasartkijt. “การทํางานกลอนแม่เหล็กไฟฟ้า.”
www.autoslidedoor.com/อุปกรณ์ประตูอัตโนมัติ/กลอนแม่เหล็กไฟฟ้า/
- [20] Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0. “การวัดปริมาณกระแสไฟฟ้าด้วยไอซี ACS712 / ACS714.”
<http://cpre.kmutnb.ac.th/esl/learning/index.php?article=acs71x-current-sensor>
- [21] it24hrs by google assistant. “Google Assistant ภาษาไทย เริ่มทยอยเปิดใช้งานแล้ว แต่ทำอะไรได้บ้าง?”
<https://www.it24hrs.com/2018/google-assistant-thai-can-do/>
- [22] Google Assistant SDK for devices. “Embed the Google Assistant.”
<https://developers.google.com/assistant/sdk/guides/library/python/embed /setup>