# การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงพูดโดย AMAZON ECHO DOT

# ELECTRICAL DEVICE CONTROLLED BY VOICE COMMAND USING AMAZON ECHO DOT

ศันสนีย์ เหล็กศรี
สุเมธ ปั้นสมบุญ

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ELECTRICAL DEVICE CONTROLLED BY VOICE COMMAND USING AMAZON ECHO DOT

SUNSANEE LEKSRI
SUMET PANSOMBOON

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED PHYSICS)
DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **หัวข้อโครงงานพิเศษ** | การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงพูดโดย Amazon Echo Dot<br>Electrical Device Controlled by Voice Command Using Amazon Echo Dot |
| **ชื่อนักศึกษา** | นางสาวศันสนีย์ เหล็กศรี รหัสนักศึกษา 57051035<br>นายสุเมธ ปั้นสมบุญ รหัสนักศึกษา 57051050 |
| **ปริญญา** | วิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์) |
| **ภาควิชา** | ฟิสิกส์ |
| **ปีการศึกษา** | 2560 |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | ดร.ภาณุพล โขลนกระโทก |

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์) ประจำปีการศึกษา 2560

| คณะกรรมการสอบ | ลายมือชื่อ |
|---|---|
| รศ.อนุพงศ์ สรงประภา<br>ประธานกรรมการ | |
| ผศ.ดร.ศ.ทิพวรรณ คล้ายบุญมี<br>กรรมการ | |
| อ.ภูมินทร์ จินดาจิธาวัฒน์<br>กรรมการ | |
| ดร.ภาณุพล โขลนกระโทก<br>กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**หัวข้อโครงงานพิเศษ** การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงพูดโดย Amazon Echo Dot
**ชื่อนักศึกษา** นางสาวศันสนีย์ เหล็กศรี รหัสนักศึกษา 57051035
นายสุเมธ ปั้นสมบุญ รหัสนักศึกษา 57051050
**ปริญญา** วิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
**ภาควิชา** ฟิสิกส์
**คณะ** วิทยาศาสตร์
**มหาวิทยาลัย** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
**ปีการศึกษา** 2560
**อาจารย์ที่ปรึกษา** ดร.ภาณุพล โขลนกระโทก

## บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์เรื่องการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงพูดโดย Amazon Echo Dot ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและสร้างอุปกรณ์ที่สามารถสั่งการด้วยเสียงในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านเพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้งาน ผู้พิการและผู้สูงอายุที่เคลื่อนไหวได้ยากลำบาก โดยมิต้องเคลื่อนที่ไปเปิด-ปิดอุปกรณ์ ซึ่งนำเอาเทคโนโลยี Amazon Echo Dot ใช้งานร่วมกับบอร์ด ESP8266 ควบคุมอุปกรณ์ผ่าน Wi-Fi โดยกำหนดระยะทางในการควบคุมอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นระยะ 1 เมตรในห้องปิด พบว่าประสิทธิภาพในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงพูดในกรณีที่มีเสียงรบกวนนั้นมีประสิทธิภาพด้อยกว่ากรณีไม่มีเสียงรบกวนอยู่ 10.6 เปอร์เซ็นต์ ระยะทางในการสั่งงานใกล้มีประสิทธิภาพการประมวลผลได้ดีกว่าระยะทางในการสั่งงานไกล และการทดสอบควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ พบว่ามีจำนวนความผิดพลาดของระบบอยู่ 13.67 เปอร์เซ็นต์

**คำสำคัญ** : การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า การควบคุมเครื่องปรับอากาศ การสั่งการด้วยเสียง อเล็กซ่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **Title** | Electrical Device Controlled by Voive Command Using Amazon Echo Dot |
| **Students** | Miss Sunsanee Leksri Student ID 57051035 |
| | Mr. Sumet Pansomboon Student ID 57051050 |
| **Degree** | Bachelor of Science (Applied Physics) |
| **Department** | Physics |
| **Faculty** | Science |
| **University** | King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL) |
| **Academic Year** | 2560 |
| **Advisor** | Dr.Bhanupol Klongratog |


## Abstract

This thesis discusses electrical devices controlled by Amazon Echo Dot. The purpose of thesis are study and create voice-activated to control electrical devices at home to facilitate users, who is old person and physically handicapped person have difficulty moving to open - close the device. The Amazon Echo Dot is compatible with the ESP8266 board to control home electrical appliances and control air conditioning via Wi-Fi, which controls the distance of 1 meter in the closed room. It was found that the efficiency of voice control in the case of noise was less than 10.6 percent in the absence of noise. The distance in the near order was better than far. Testing of air conditioning was found that the number of system errors was 13.67 percent.


**Keywords** : Air conditioning, Alexa, Electrical control, Voice command

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงพูดโดย Amazon Echo Dot ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ดร.ภาณุพล โขลนกระโทก อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษนี้ที่ให้คำปรึกษาแนะนำทั้งด้านการศึกษา การออกแบบระบบงาน แนวทางการแก้ไขปัญหา ให้ความรู้ ความช่วยเหลือ การแก้ไขตรวจสอบการเขียนรายงานโครงงานพิเศษเล่มนี้อย่างละเอียด ตลอดจนติดตามผลงานด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่งตลอดมา

ขอขอบพระคุณ รศ.อนุพงศ์ สรงประภา อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ และชาวคณะที่ให้ความรู้ ความช่วยเหลืออนุเคราะห์ ตลอดจนคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่างๆเสมอมาจนงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การอุปการะอบรมเลี้ยงดูตลอดจนส่งเสริมการศึกษาและให้กำลังใจเป็นอย่างดี อีกทั้งขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา และขอขอบพระคุณเจ้าของเอกสารและงานวิจัยทุกท่านที่ผู้ศึกษาค้นคว้าได้นำมาอ้างอิงในการทำวิจัยจนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานพิเศษนี้มีประโยชน์ต่อผู้สนใจหรือผู้ที่ต้องการค้นคว้าและศึกษาทางด้านนี้ไม่มากก็น้อย

ศันสนีย์ เหล็กศรี
สุเมธ ปั้นสมบุญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ก |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ข |
| กิตติกรรมประกาศ | ค |
| สารบัญ | ง |
| สารบัญตาราง | ช |
| สารบัญรูป | ซ |
| **บทที่ 1 บทนำ** | |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 1 |
| 1.3 ขอบเขต | 1 |
| 1.4 แผนการดำเนินงาน | 1 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| **บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** | |
| 2.1 ธรรมชาติของเสียง | 3 |
| 2.1.1 เสียง (Sound) | 3 |
| 2.1.2 ความถี่ (Frequency) | 3 |
| 2.1.3 แอมพลิจูด (Amplitude) | 4 |
| 2.1.4 สเปกตรัม (Spectrum) | 4 |
| 2.2 การวัดระดับความดังเสียง | 5 |
| 2.3 ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN) | 7 |
| 2.3.1 รูปแบบการเชื่อมต่อของระบบเครือข่าย Wireless LAN | 7 |
| 2.3.2 ข้อดีของระบบ Wireless LAN | 8 |
| 2.3.3 ข้อเสียของระบบ Wireless LAN | 8 |
| 2.4 ระบบรู้จำเสียงพูด (System Speech Recognition) | 8 |
| 2.4.1 องค์ประกอบของระบบรู้จำเสียงพูด | 8 |
| 2.4.2 พื้นฐานเทคโนโลยีรู้จำเสียงพูด | 8 |
| 2.5 ประสิทธิภาพของระบบรู้จำเสียงพูด | 9 |
| 2.5.1 จำนวนคำศัพท์ | 9 |
| 2.5.2 ความตอบสนองต่อเสียงผู้พูด | 9 |
| 2.5.3 รูปแบบการพูด | 9 |
| 2.6 IR Remote control | 9 |
| 2.6.1 แสงอินฟราเรด (Infra-Red Light) | 9 |
| 2.6.2 โปรโตคอล (Protocol) | 9 |
| 2.6.2.1 Denon Code | 10 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 2.6.2.2 NEC code | 11 |
| 2.6.2.3 Japanese Code | 12 |
| 2.6.2.4 Samsung Code | 13 |
| 2.6.2.5 Daewoo Code | 14 |
| 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 15 |
| **บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย** | |
| 3.1 การออกแบบระบบการสั่งการด้วยเสียงผ่าน Amazon Echo Dot | 16 |
| 3.1.1 เสียง | 17 |
| 3.1.2 Amazon Echo Dot | 17 |
| 3.1.2.1 ความสามารถของ Amazon Echo Dot | 18 |
| 3.1.2.2 การทำงานของ Amazon Echo Dot | 18 |
| 3.1.2.3 ระบบของ Amazon Echo Dot | 18 |
| 3.1.2.4 แผนผังการทำงานของ Amazon Echo Dot | 18 |
| 3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบ | 19 |
| 3.1.3.1 NodeMCU | 19 |
| 3.1.3.2 โซลิดสเตทรีเลย์ (Solid State Relay ) | 22 |
| 3.2 การออกแบบอุปกรณ์และการเชื่อมต่ออุปกรณ์ | 23 |
| 3.2.1 การออกแบบส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า | 23 |
| 3.2.2 การออกแบบส่วนควบคุมเครื่องปรับอากาศ | 24 |
| 3.2.3 การเชื่อมต่อ NodeMCU กับ Amazon Echo Dot | 24 |
| 3.3 การทดสอบอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น | 25 |
| 3.3.1 การทดสอบส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านด้วยเสียงภาษาอังกฤษ ทั้งกรณีไม่มีเสียงรบกวนและกรณีมีเสียงรบกวน | 26 |
| 3.3.2 การทดสอบส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านด้วยเสียงภาษาไทย ทั้งกรณีไม่มีเสียงรบกวนและกรณีมีเสียงรบกวน | 26 |
| 3.3.3 การทดสอบส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านด้วยเสียงภาษาอังกฤษ และภาษาไทย ทั้งกรณีไม่มีเสียงรบกวนและกรณีมีเสียงรบกวนกับอุปกรณ์ ที่สร้างขึ้น เปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่มีขายในท้องตลาด (Sonoff 4CH) | 27 |
| 3.3.4 การทดสอบการส่งข้อมูลจากแสงอินฟราเรดไปส่วนควบคุมการ ทำงานของเครื่องปรับอากาศ | 28 |
| **บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล** | |
| 4.1 ผลการออกแบบระบบการสั่งการด้วยเสียงผ่าน Amazon Echo Dot | 29 |
| 4.4.1 เสียง | 29 |
| 4.2 ผลการออกแบบอุปกรณ์และการเชื่อมต่ออุปกรณ์ | 34 |
| 4.3 ผลการทดสอบอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น | 36 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 4.3.1 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยเสียงภาษาอังกฤษ | 36 |
| 4.3.2 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยเสียงภาษาไทย | 47 |
| 4.3.3 ผลการทดสอบอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่มีขายในท้องตลาด (Sonoff 4CH) | 58 |
| 4.3.4 ผลการออกแบบและทดสอบการส่งข้อมูลผ่านแสง Infrared ไปยังเครื่องปรับอากาศ | 62 |
| **บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ** | |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย | 64 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 64 |
| เอกสารอ้างอิง | |
| ภาคผนวก | |
| ภาคผนวก ก | |
| ภาคผนวก ข | |
| ภาคผนวก ค | |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | หน้า |
|---|---|
| 1.1 แผนการดำเนินงาน | 2 |
| 2.1 ระดับความดังของเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงต่างๆ ที่มนุษย์พบได้ในชีวิตประจำวัน | 6 |
| 4.1 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยเสียงภาษาอังกฤษ ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 58 |
| 4.2 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยเสียงภาษาอังกฤษ ในกรณีมีเสียงรบกวน | 59 |
| 4.3 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยเสียงภาษาไทย ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 60 |
| 4.4 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยเสียงภาษาไทย ในกรณีมีเสียงรบกวน | 61 |
| 4.5 รูปสัญญาณ protocol ของเครื่องปรับอากาศ | 62 |
| 4.6 ผลการทดสอบการสั่งการเครื่องปรับอากาศ | 63 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 ลักษณะของคลื่นเสียงที่เป็น Sine wave | 3 |
| 2.2 ความยาวคลื่น (Wavelength) และแอมพลิจูด (Amplitude) | 4 |
| 2.3 เสียงบริสุทธิ์กับเสียงประสม | 5 |
| 2.4 Based network | 7 |
| 2.5 โปรโตคอลของรีโมทอินฟราเรดแบบ Denon Code | 10 |
| 2.6 โปรโตคอลของรีโมทอินฟราเรดแบบ NEC code | 11 |
| 2.7 โปรโตคอลของรีโมทอินฟราเรดแบบ Japanese Code | 12 |
| 2.8 โปรโตคอลของรีโมทอินฟราเรดแบบ Samsung Code | 13 |
| 2.9 โปรโตคอลของรีโมทอินฟราเรดแบบ Daewoo Code | 14 |
| 3.1 ระบบการสั่งการด้วยเสียงผ่าน Amazon Echo Dot | 16 |
| 3.2 Amazon Echo Dot | 17 |
| 3.3 แผนผังการทำงานของ Amazon Echo Dot | 19 |
| 3.4 Pin definition ของ NodeMCU | 19 |
| 3.5 โมเดลการส่งข้อมูลของ UDP และ TCP | 20 |
| 3.6 TCP Server/Client | 21 |
| 3.7 ภาพแสดงโค้ดตัวอย่าง | 21 |
| 3.8 Solid State Relay | 22 |
| 3.9 Internal circuit | 22 |
| 3.10 รูปคลื่นสัญญาณและแรงดันไฟฟ้าแสดงการทำงานของวงจร Solid State Relay แบบ Zero switching | 23 |
| 3.11 วงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า | 23 |
| 3.12 วงจรควบคุมเครื่องปรับอากาศ | 24 |
| 3.13 การเชื่อมต่อ Amazon Echo Dot | 25 |
| 3.14 ห้องทดสอบ | 26 |
| 3.15 Sonoff 4CH | 27 |
| 3.16 แผนผังการทำงานของ Sonoff 4CH | 27 |
| 3.17 วงจรแบ่งแรงดัน | 28 |
| 3.31 แผนผังการส่งข้อมูลไปยังเครื่องปรับอากาศ | 28 |
| 4.1 คำสั่ง Plug one | 29 |
| 4.2 คำสั่ง Plug two | 30 |
| 4.3 คำสั่ง Plug three | 30 |
| 4.4 คำสั่ง Plug four | 31 |
| 4.5 คำสั่ง All devices | 31 |
| 4.6 คำสั่ง Plug nhueng | 32 |
| 4.7 คำสั่ง Plug song | 32 |
| 4.8 คำสั่ง Plug sam | 33 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป (ต่อ)


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 4.9 คำสั่ง Plug si | 33 |
| 4.10 คำสั่ง Thangmod | 34 |
| 4.11 การทดสอบการทำงานของ Solid State Relay | 34 |
| 4.12 การเชื่อมต่อระหว่าง Amazon Echo Dot กับ NodeMCU | 35 |
| 4.13 การทำงานระหว่าง Amazon Echo Dot กับ อุปกรณ์ที่สร้างขึ้น | 35 |
| 4.14 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug one ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 36 |
| 4.15 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug one ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 36 |
| 4.16 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug two ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 37 |
| 4.17 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug two ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 37 |
| 4.18 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug three ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 38 |
| 4.19 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug three ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 38 |
| 4.20 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug four ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 39 |
| 4.21 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug four ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 39 |
| 4.22 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on all devices ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 40 |
| 4.23 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off all devices ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 40 |
| 4.24 สรุปรวมคำสั่งภาษาอังกฤษ ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 41 |
| 4.25 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug one ในกรณีมีเสียงรบกวน | 41 |
| 4.26 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug one ในกรณีมีเสียงรบกวน | 42 |
| 4.27 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug two ในกรณีมีเสียงรบกวน | 42 |
| 4.28 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug two ในกรณีมีเสียงรบกวน | 43 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป (ต่อ)


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4.29 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug three ในกรณีมีเสียงรบกวน | 43 |
| 4.30 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug three ในกรณีมีเสียงรบกวน | 44 |
| 4.31 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug four ในกรณีมีเสียงรบกวน | 44 |
| 4.32 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug four ในกรณีมีเสียงรบกวน | 45 |
| 4.33 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on all devices ในกรณีมีเสียงรบกวน | 45 |
| 4.34 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off all devices ในกรณีมีเสียงรบกวน | 46 |
| 4.35 | สรุปรวมคำสั่งภาษาอังกฤษ ในกรณีมีเสียงรบกวน | 46 |
| 4.36 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug nhueng ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 47 |
| 4.37 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug nhueng ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 47 |
| 4.38 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug song ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 48 |
| 4.39 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug song ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 48 |
| 4.40 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug sam ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 49 |
| 4.41 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug sam ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 49 |
| 4.42 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug si ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 50 |
| 4.43 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug si ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 50 |
| 4.44 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on thangmod ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 51 |
| 4.45 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off thangmod ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 51 |
| 4.46 | สรุปรวมคำสั่งภาษาไทย ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 52 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป (ต่อ)


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4.47 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug nhueng ในกรณีมีเสียงรบกวน | 52 |
| 4.48 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug nhueng ในกรณีมีเสียงรบกวน | 53 |
| 4.49 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug song ในกรณีมีเสียงรบกวน | 53 |
| 4.50 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug song ในกรณีมีเสียงรบกวน | 54 |
| 4.51 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug sam ในกรณีมีเสียงรบกวน | 54 |
| 4.52 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug sam ในกรณีมีเสียงรบกวน | 55 |
| 4.53 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug si ในกรณีมีเสียงรบกวน | 55 |
| 4.54 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug si ในกรณีมีเสียงรบกวน | 56 |
| 4.55 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on thangmod ในกรณีมีเสียงรบกวน | 56 |
| 4.56 | ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off thangmod ในกรณีมีเสียงรบกวน | 57 |
| 4.57 | สรุปรวมคำสั่งภาษาไทย ในกรณีมีเสียงรบกวน | 57 |
| 4.58 | เวลาในการตอบสนองการสั่งการด้วยเสียงภาษาอังกฤษกับอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น เปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่มีขายในท้องตลาด ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 58 |
| 4.59 | เวลาในการตอบสนองการสั่งการด้วยเสียงภาษาอังกฤษกับอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น เปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่มีขายในท้องตลาด ในกรณีมีเสียงรบกวน | 59 |
| 4.60 | เวลาในการตอบสนองการสั่งการด้วยเสียงภาษาไทยกับอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น เปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่มีขายในท้องตลาด ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน | 60 |
| 4.61 | เวลาในการตอบสนองการสั่งการด้วยเสียงภาษาไทยกับอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น เปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่มีขายในท้องตลาด ในกรณีมีเสียงรบกวน | 61 |
| 4.62 | รีโมทควบคุมเครื่องปรับอากาศที่สร้างขึ้น | 62 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมากโดยเฉพาะการอำนวยความสะดวกต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ทำให้ปัจจุบันมนุษย์สนใจและพัฒนาด้านเทคโนโลยีเพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน และการทำงานมากขึ้น เช่น การทำการเกษตรแม่นยำ (Precision Farming) และเมืองอัจฉริยะ (Smart City) เป็นต้น

ในส่วนของโครงงานพิเศษนี้ ได้ศึกษาเกี่ยวกับการสั่งการด้วยเสียงเพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยใช้ Amazon Echo Dot โดยมีชื่อโครงงานพิเศษว่า “การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงพูดโดย Amazon Echo Dot” โดยมุ่งเน้นการพัฒนาเทคโนโลยีการสั่งการด้วยเสียงเพื่อนำมาอำนวยความสะดวกในการใช้ชีวิตประจำวัน เนื่องจากหากเปลี่ยนจากการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยมือมนุษย์เป็นเสียงพูดได้นั้นสามารถช่วยอำนวยความสะดวกของผู้ใช้ได้มากขึ้น อีกทั้งยังช่วยประหยัดระยะเวลาในการทำงานในกรณีที่อุปกรณ์อยู่ห่างไกลกับผู้ใช้งาน

ในการศึกษานี้ ในส่วนการสั่งการด้วยเสียงประยุกต์ใช้กับการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน เช่น การสั่งการเปิดปิดหลอดไฟ พัดลม ทีวี แอร์ ซึ่งเป็นสิ่งที่ใกล้ตัวเราที่สุด ช่วยอำนวยความสะดวกในการเดินไปเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า อีกทั้งยังช่วยอำนวยความสะดวกสำหรับผู้พิการและผู้สูงอายุเนื่องจากความสามารถในการเคลื่อนที่ของผู้พิการและผู้สูงอายุมีความสามารถในการเคลื่อนที่น้อยกว่าบุคคลธรรมดาอีกทั้งยังช่วยลดอัตราการสัมผัสกับเชื้อโรคอีกด้วย

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1) เพื่อศึกษาการใช้งานคำสั่งเสียงในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า
2) เพื่อสร้างอุปกรณ์ที่สามารถสั่งการด้วยเสียงในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านเพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้งานโดยไม่ต้องเคลื่อนที่ไปเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าพร้อมทั้งอำนวยความสะดวกผู้พิการและผู้สูงอายุที่เคลื่อนไหวได้ลำบาก
3) วิเคราะห์ประสิทธิภาพและการทำงานของเครื่องมือ

## 1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

1) ออกแบบและสร้างระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงโดยใช้ Amazon Echo Dot
2) นำระบบควบคุมด้วยเสียงไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านได้

## 1.4 แผนการดำนินงาน

โครงงานพิเศษมีระยะเวลาในการจัดทำรวมทั้งสิ้น 8 เดือน โดยเริ่มตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2560 ถึง 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2561 ซึ่งมีแผนการดำเนินการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตาราง 1.1** แผนการดำเนินงาน

| เดือน | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ขั้นตอนที่ | | | | | | | | | | |
| 1) ศึกษาหัวข้องานวิจัยและนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา | ↔ | | | | | | | | | |
| 2) ศึกษาการใช้งานการสั่งการด้วยเสียง | | ↔ | | | | | | | | |
| 3) เขียนโค้ดควบคุมการเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าบน NodeMCU | | | ↔ | | ↔ | | | | | |
| 4) ออกแบบวงจรการควบคุมการเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า | | | | | | ↔ | | | | |
| 5) จัดทำอุปกรณ์และห้องทดสอบ | | | | | | | ↔ | | | |
| 6) ทดสอบควบคุมการสั่งการด้วยเสียงภาษาไทยและอังกฤษ | | | | | | | | ↔ | | |
| 7) วิเคราะห์ผล หาข้อผิดพลาด | | | | | | | | | ↔ | |
| 8) ปรับปรุงและพัฒนา | | | | | | | | | ↔ | ↔ |
| 9) รายงานผลและทำรายงานสรุปผลการวิจัย | | | | | | | | | | ↔ |

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้รับความรู้ในเรื่องการควบคุมระบบการสั่งการด้วยเสียง
2) นำระบบควบคุมด้วยเสียงไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นได้
3) สามารถอำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้งาน ผู้พิการและผู้สูงอายุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ผู้วิจัยกล่าวถึงหลักการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยโดยอธิบายทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับงานวิจัยการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงพูดโดย Amazon Echo Dot

## 2.1 ธรรมชาติของเสียง

### 2.1.1 เสียง (Sound)

เสียง คือ พลังงานรูปแบบหนึ่งที่อยู่ในรูปแบบของคลื่นเชิงกล (Mechanical wave) ที่เกิดจากการสั่นของโมเลกุลสสาร โดยเมื่อคลื่นเสียงเดินทางผ่านตัวกลางทำให้โมเลกุลของสสารเกิดการสั่นรอบทิศทาง โดยที่การเดินทางของพลังงานเสียงผ่านตัวกลางนั้นอยู่ในรูปคลื่น (Wave) ซึ่งจะเกิดการบีบอัด (Compression) และการขยายตัว (Expansion) สลับกันไปเป็นระลอก ได้เป็นคลื่นรูปไซน์ แสดงได้ดังรูปที่ 2.1

**รูปที่ 2.1** ลักษณะของคลื่นเสียงที่เป็น Sine wave

ลักษณะของคลื่นรูปไซน์ เป็นตัวกำหนดลักษณะของเสียง (Property of sound) โดยความยาวคลื่น (Wavelength) เป็นลักษณะที่บอกระยะทางในหนึ่งรอบคลื่น (Cycle) พลังงานเสียงมีการเดินทางไปเป็นระยะทางเท่าใด

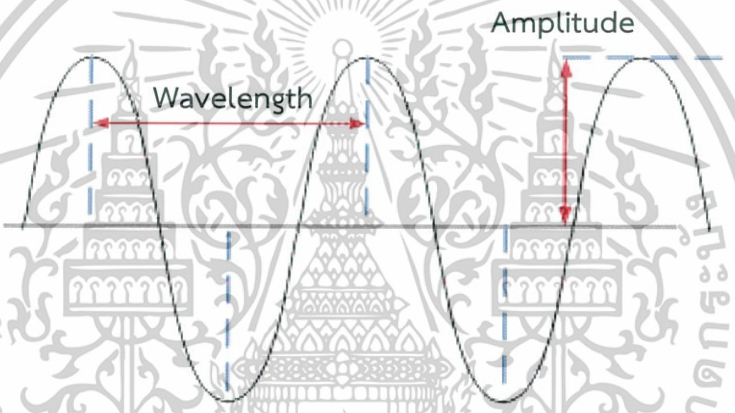
### 2.1.2 ความถี่ (Frequency)

ความถี่ คือ ปริมาณที่บอกถึงจำนวนของรอบคลื่นเสียง (Number of cycles) ที่เกิดขึ้นต่อ 1 วินาที หน่วยของความถี่เสียงโดยทั่วไปใช้หน่วยเฮิร์ท (Hertz; Hz) ความยาวคลื่นมีความสัมพันธ์กับความถี่ ถ้าความยาวคลื่นมาก คลื่นนั้นมีความถี่ต่ำ และถ้าความยาวคลื่นน้อย คลื่นนั้นมีความถี่สูง แต่สำหรับในการได้ยินของมนุษย์นั้น มนุษย์รับรู้คลื่นเสียงที่มีความถี่ต่ำได้เป็นเสียงลักษณะทุ้มต่ำ ในขณะที่รับรู้คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงได้เป็นลักษณะเสียงแหลมเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.3 แอมพลิจูด (Amplitude)

แอมพลิจูด เป็นลักษณะที่บ่งบอกความสูงหรือความดังของคลื่นเสียง คลื่นเสียงที่มีแอมพลิจูดสูงแสดงว่ามีพลังงานมาก การได้ยินของมนุษย์รับรู้ได้เป็นความดัง(Loudness) ที่เพิ่มขึ้น แอมพลิจูดมีความสัมพันธ์แปรผันตามความเข้มเสียง (intensity) คลื่นเสียงที่มีแอมพลิจูดสูงก็มีความเข้มเสียงสูงไปด้วย ความเข้มเสียง หมายถึงปริมาณของเสียง (Sound power) ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากระดับของความเข้มเสียงที่มนุษย์รับรู้ได้นั้นเป็นช่วงกว้างมากในทางปฏิบัติจึงนิยมใช้หน่วยเดซิเบล (Decibel; dB) เป็นหน่วยบอกระดับความเข้มเสียงแทน โดยหน่วยเดซิเบลนี้เป็นหน่วยที่บอกอัตราส่วนระดับของความดังเสียง (Sound pressure level, SPL) ที่วัดได้ เทียบกับระดับความดังเสียงอ้างอิง (Reference pressure) เนื่องจากหน่วยเดซิเบลเป็นหน่วยที่มีมาตราเป็นแบบลอการิทึม (Logarithm) ทำให้สามารถแปลงระดับความเข้มเสียงจากช่วงที่กว้างมากให้กลายเป็นตัวเลขในช่วงเพียงประมาณ 0 ถึง 140 เดซิเบล แสดงได้ดังรูปที่ 2.2

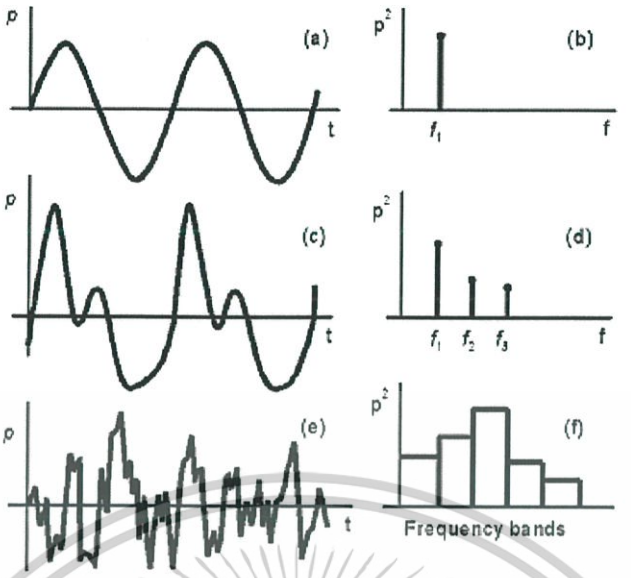



**รูปที่ 2.2** ความยาวคลื่น (Wavelength) และแอมพลิจูด (Amplitude)

### 2.1.4 สเปกตรัม (Spectrum)

สเปกตรัม บ่งบอกถึงช่วงความถี่ของเสียงที่เกิดขึ้นในเวลาที่เราพิจารณา โดยหากเสียงที่เกิดขึ้นมีความถี่ (Frequency) เพียงความถี่เดียว เรียกเสียงชนิดนี้ว่าเสียงบริสุทธิ์ (Pure tone) และเสียงที่มาจากเสียงหลายความถี่ประกอบกัน เรียกเสียงชนิดนี้ว่าเสียงผสม (Complex tone) ความแตกต่างของเสียงบริสุทธิ์กับเสียงประสม แสดงดังรูปที่ 2.3 โดยทั่วไปเสียงบริสุทธิ์เป็นเสียงที่มนุษย์ไม่ได้พบอยู่ในชีวิตประจำวัน เนื่องจากเป็นเสียงที่เกิดจากเครื่องสังเคราะห์เสียงเท่านั้น เสียงบริสุทธิ์มีประโยชน์มากในการนำมาใช้ตรวจสมรรถภาพการได้ยินด้วยเครื่องตรวจการได้ยิน (Audiometry) เสียงต่างๆ ที่มนุษย์ได้ยินในชีวิตประจำวันนั้น ทั้งเสียงพูด เสียงสัตว์ร้อง เสียงปรบมือ เสียงสิ่งของตกกระทบกัน เสียงเครื่องจักร เสียงดนตรี เสียงเหล่านี้ล้วนเป็นเสียงผสมทั้งสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.3 เสียงบริสุทธิ์กับเสียงประสม

## 2.2 การวัดระดับความดังเสียง

การวัดระดับ "ความดังของเสียง" ที่มนุษย์รับรู้ ปัจจุบันยังไม่สามารถทำได้เนื่องจากกลไกการได้ยินของหูในมนุษย์แต่ละคนมีความแตกต่างกัน ระดับความเข้มเสียงในแต่ละความถี่ ที่มนุษย์แต่ละคนได้ยินและการประมวลผลที่สมองมีความแตกต่างกันไป จึงทำให้การรับรู้ความดังของเสียงในมนุษย์แต่ละคนแตกต่างออกไปด้วย โดยการวัดระดับความดังของเสียงที่มนุษย์ได้รับโดยประมาณนั้นวัดความดังของเสียงเป็นหน่วยที่เรียกว่าเดซิเบลเอ (decibel A หรือ dB(A) หรือ dBA) ขึ้น

หลักการวัดความดังของเสียงเป็นหน่วยเดซิเบลเอคือ ในการวัดระดับความเข้มเสียงด้วยเครื่องวัดเสียง (Sound level meter) มีการปรับระดับการวัดความเข้มเสียงในแต่ละความถี่ไม่เท่ากัน โดยการปรับที่นิยมมากที่สุดคือแบบ A-weighting ซึ่งเป็นการปรับความเข้มเสียงที่วัดได้ในแต่ละความถี่ให้มีลักษณะคล้ายคลึงกับความสามารถในการรับเสียงของหูมนุษย์ (รับเสียงได้ดีในช่วง 1,000 – 4,000 Hz) มีหน่วยเป็นเดซิเบลเอซึ่งเป็นหน่วยที่นิยมนำมาใช้ในการบอกความดังของเสียงในสิ่งแวดล้อมและเสียงในสถานประกอบการมากที่สุด นอกจากนี้ยังมีการปรับความเข้มเสียงด้วยระบบอื่นๆ เช่น B-weighting และ D-weighting ซึ่งทำให้ได้รับระดับเสียงเป็นหน่วยเดซิเบลบี(decibel B หรือ dB(B) หรือ dBB) และเดสิเบลดี (decibel D หรือ dB(D) หรือ dBD) ตามลำดับ แต่ในปัจจุบัน 2 หน่วยนี้ไม่ใช้แล้ว อีกระบบหนึ่งคือ C-weighting จะทำให้ได้ระดับเสียงเป็นหน่วยเดซิเบลซี (decibel C หรือ dB(C) หรือ dBC) หน่วยนี้ใช้ในการวัดระดับเสียงสูงสุด (Peak) ของเสียงที่มีลักษณะเป็นเสียงกระแทก เช่น เสียงระเบิด เสียงยิงปืน เป็นต้น สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.1

หูของมนุษย์มีความสามารถในการได้ยินเสียงในช่วงความถี่ประมาณ 20 - 20,000 เฮิร์ต ช่วงความถี่ที่หูของมนุษย์ได้ยินชัดเจนดี ช่วงความถี่ประมาณ 1,000 - 4000 เฮิร์ต โดยเฉพาะในช่วงความถี่ 3000 - 4000 เฮิร์ต เป็นช่วงความถี่ที่หูของมนุษย์รับเสียงได้ดีที่สุด สำหรับเสียงพูดของมนุษย์ซึ่งเป็นเสียงที่จัดว่ามีความสำคัญมากที่สุดที่มนุษย์ต้องรับฟังในชีวิตประจำวัน เป็นเสียงผสมที่มีความถี่อยู่ในช่วงประมาณ 500 - 3,000 เฮิร์ต ซึ่งใกล้เคียงกับช่วงความถี่ของเสียงที่มนุษย์สามารถได้ยินชัดเจนที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.1** ระดับความดังของเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงต่างๆ ที่มนุษย์พบได้ในชีวิตประจำวัน

| ระดับความดังของเสียง (dB) | ตัวอย่างเสียงที่พบในชีวิตประจำวัน |
|---|---|
| 160 | เสียงปืนใหญ่ เสียงระเบิด |
| 150 | เสียงเครื่องเสียงในรถยนต์ที่เปิดเต็มที่ |
| 120 | เสียงสว่านลม |
| 110 | เสียงจากวงดนตรีร็อคแอนด์โรล |
| 105 | เสียงเครื่องทอผ้า |
| 95 | เสียงเครื่องพิมพ์หนังสือพิมพ์ |
| 90 | เสียงเครื่องตัดหญ้าที่ตำแหน่งที่คนคุมเครื่อง |
| 80 | เสียงเครื่องสีข้าวที่อยู่ห่างออกไป 1.2 เมตร |
| 75 | เสียงรถบรรทุกที่ขับเร็ว 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่อยู่ห่างออกไป 15 เมตร |
| 70 | เสียงเครื่องดูดฝุ่น |
| 60 | เสียงจากรถยนต์ที่ขับเร็ว 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่อยู่ห่างออกไป 15 เมตร<br>เสียงในห้องที่มีเครื่องปรับอากาศที่อยู่ห่างออกไป 1 เมตร<br>เสียงจากการพูดคุยกันตามปกติเมื่อตั้งห่างกัน 1 เมตร |
| 40 | เสียงกระซิบเสียงในห้องที่เงียบ |
| 20 | พื้นที่เงียบในชนบทที่ไม่มีเสียงแมลงและเสียงลม |
| 10 | ระดับเสียงภายในห้องตรวจการได้ยิน |

ช่วงความถี่ในการได้ยินเสียง (Hearing range) มีความแตกต่างกันในสัตว์แต่ละสปีชีส์ เช่น มนุษย์มีความสามารถในการได้ยินในช่วงความถี่ 20 - 20000 เฮิร์ต แต่ในสุนัขและแมวโดยเฉลี่ยมีความสามารถในการได้ยินในช่วงความถี่ที่กว้างกว่ามนุษย์ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้สุนัขและแมวสามารถได้ยินเสียงบางเสียงในขณะที่มนุษย์ไม่ได้ยิน เมื่อมนุษย์มีอายุมากขึ้น ช่วงความถี่ในการได้ยินเสียงแคบลงโดยส่วนที่ลดลง เป็นความถี่เสียงที่สูงมาก (Ultra-high-frequency, UHF) มีความถี่ประมาณ 9000 - 20,000 เฮิร์ต ด้วยเหตุนี้ทำให้วัยรุ่นหรือคนวัยกลางคน โดยเฉลี่ยสามารถได้ยินเสียงแหลมเล็กได้ดีกว่าคนสูงอายุ [1]

เอกสารนี้เป็นที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

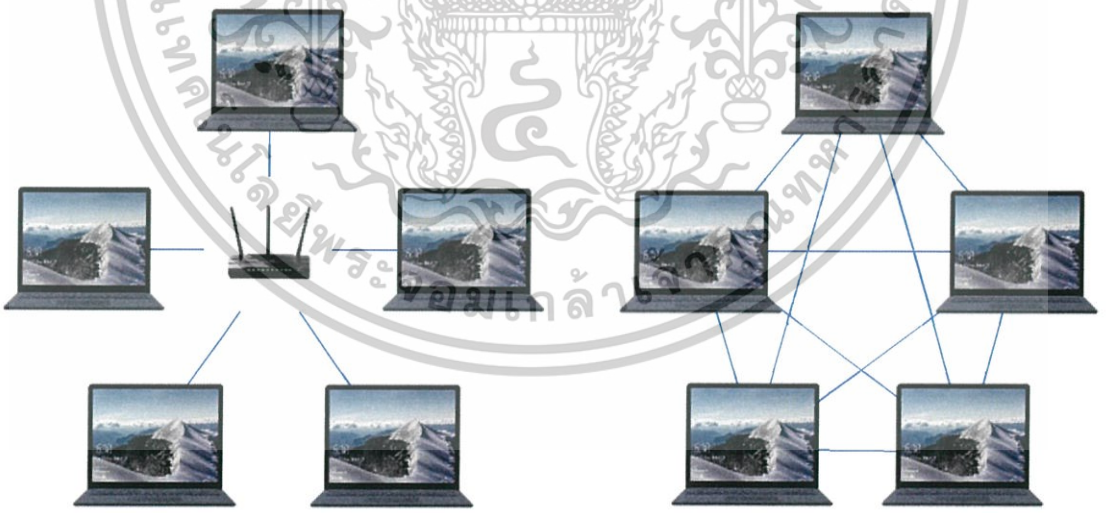
## 2.3 ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN)

เทคโนโลยีในการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไปรวมถึงการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ต่างๆ โดยใช้คลื่นวิทยุหรือคลื่นอินฟาเรดในการรับส่งข้อมูลแทน [2]

### 2.3.1 รูปแบบการเชื่อมต่อของระบบเครือข่าย Wireless LAN

1. การเชื่อมโยงระบบแบบเครือข่ายไร้สาย Client / Server (Infrastructure mode) มีลักษณะเป็นการรับส่งข้อมูลโดยอาศัย Access Point (AP) ทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมต่อระหว่างระบบเครือข่ายแบบใช้สายกับเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย (Client) โดยกระจายสัญญาณคลื่นวิทยุเพื่อรับและส่งข้อมูลเป็นรัศมีโดยรอบ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในรัศมีของ AP กลายเป็นเครือข่ายกลุ่มเดียวกันทันที โดยเครื่องคอมพิวเตอร์สามารถติดต่อกันเองหรือติดต่อกับ Server เพื่อแลกเปลี่ยนและค้นหาข้อมูล แสดงดังรูปที่ 2.4(ก)

2. การเชื่อมโยงระบบแบบ Peer to Peer (Ad hoc mode) เป็นการติดต่อสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ตั้งแต่สองเครื่องขึ้นไป โดยที่ไม่มีศูนย์กลางควบคุม ทุกเครื่องสามารถสื่อสารข้อมูลถึงกันได้ เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายใช้วิธีการกระจายคลื่นสัญญาณออกไปในรอบทิศทาง ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายต้องอยู่ในขอบเขตพื้นที่ที่คลื่นสัญญาณสามารถเดินทางมาถึง จากนั้นเช็คข้อมูลว่าใช่ของตนเองหรือไม่ ด้วยการตรวจสอบค่า Address ถ้าใช่ข้อมูลของตนเองก็นำข้อมูลเหล่านั้นไปประมวลผลต่อไป แสดงดังรูปที่ 2.4(ข)



(ก) (ข)

**รูปที่ 2.4** Based network

**(ก)** Client / Server (Infrastructure mode) based network

**(ข)** Peer to Peer (Ad hoc mode) based network

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.2 ข้อดีของระบบ Wireless LAN

Wireless LAN ไม่มีสายเคเบิ้ลในการเชื่อมต่อจึงทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่ายค่าบำรุงรักษา สามารถขยายเครือข่ายได้ไม่จำกัด คล่องตัวในการใช้งาน การติดตั้งและเคลื่อนย้ายสะดวก

### 2.3.3 ข้อเสียของระบบ Wireless LAN

มีอัตราการลดทอนสัญญาณและสัญญาณรบกวนสูง ต้องแชร์กันใช้ช่องสัญญาณคลื่นความถี่เดียวกัน ราคำแพงกว่าระบบเครือข่ายแบบมีสาย และมีความเร็วไม่สูงมาก

## 2.4 ระบบรู้จำเสียงพูด (System Speech Recognition)

ระบบรู้จำเสียงพูด คือ เทคโนโลยีช่วยแปลงเสียงพูดให้เป็นข้อมูลแล้วส่งให้ระบบคอมพิวเตอร์นำใช้ประมวลผลโดยการเลือกคำตอบที่ดีที่สุดหรือมีค่าความน่าจะเป็นสูงที่สุด โดยมีอยู่ 3 ประเภท คือ 1. การรู้จำเสียงพูดจากสัญญาณเสียงพูดแบบคำโดด เป็นระบบรู้จำเสียงที่เป็นคำสั้นๆ หรือมีคำสั่งไม่กี่คำสั่ง สามารถตอบโต้กับมนุษย์ได้อย่างรวดเร็ว 2. การรู้จำเสียงพูดจากสัญญาณเสียงพูดแบบคำต่อเนื่อง เป็นระบบรู้จำเสียงที่พูดได้ทุกคำแบบต่อเนื่องและทราบว่าสัญญาณที่เข้ามานั้นมีคำว่าอะไรบ้าง 3. การรู้จำเสียงพูดจากสัญญาณเสียงพูดแบบคำอุทาน เป็นระบบรู้จำเสียงคำอุทาน เพื่อให้ระบบสามารถรู้จำหรือเข้าใจเนื้อหาที่เป็นจุดสำคัญ [3]

### 2.4.1 องค์ประกอบของระบบรู้จำเสียงพูด

องค์ประกอบของระบบรู้จำเสียงพูด แบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน 1. การเตรียมสัญญาณขั้นต้น (Preprocessing) เป็นขั้นตอนที่ทำให้สัญญาณเสียงที่รับเข้ามามีความสมบูรณ์มาก ที่สุดโดยการกำจัดเสียงรบกวน (Noise) และตัดส่วนที่ไม่ใช่สัญญาณเสียง (Unvoice) ออก เหลือแต่เพียงช่วงที่เป็นข้อมูลเสียงที่ต้องการ 2. การหาลักษณะสำคัญของเสียง (Feature Extraction) เป็นขั้นตอนสำหรับการหาองค์ประกอบสำคัญต่างๆ ของเสียงแต่ละเสียงที่รับเข้ามา เพื่อให้ทราบว่าคำแต่ละคำนั้นมีลักษณะเด่นอย่างไร 3. การรู้จำเสียงพูด (Speech Recognition) เป็นขั้นตอนที่ให้ระบบทำการเรียนรู้โดยการนำสัญญาณเสียงเข้าสู่ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network System) เพื่อระบบทำการตัดสินใจ และให้ผลลัพธ์ตามสัญญาณเสียงที่แตกต่างกันได้ถูกต้อง [4]

### 2.4.2 พื้นฐานเทคโนโลยีรู้จำเสียงพูด

เริ่มต้นจากข้อมูลเสียงเข้าไปยังส่วนการเลือกคำสำคัญ คือ การเลือกคำที่สำคัญมาใช้ประมวลผลโดยตัดแบ่งสัญญาณเสียงออกเป็นช่วงย่อย แล้วแปลงเป็นค่าทางความถี่ของสัญญาณเสียง โดยใช้เป็นตัวแทนของเสียงในช่วงนั้นๆ จากนั้นเข้าสู่กระบวนการถอดรหัส สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนสำคัญ คือ

ส่วนที่ 1 แบบจำลองภาษา เป็นการกำหนดว่าคำนั้นๆ มีความน่าจะเป็นที่ตามด้วยคำว่าอะไรบ้าง

ส่วนที่ 2 พจนานุกรมคำอ่าน เป็นการกำหนดคำแต่ละคำว่ามีคำอ่านว่าเช่นไร

ส่วนที่ 3 แบบจำลองเสียง เป็นการกำหนดว่าหน่วยเสียงนั้นมีการออกเสียงว่าอย่างไร [5]

เอกสารนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ห้ามการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 ประสิทธิภาพของระบบรู้จำเสียงพูด

### 2.5.1 จำนวนคำศัพท์

ระบบที่มีคำศัพท์น้อยเกิดความผิดพลาดได้น้อยกว่าระบบที่มีคำศัพท์มากเนื่องจากการประมวลผลอาจมีความผิดพลาดหากมีคำศัพท์มากๆ

### 2.5.2 ความตอบสนองต่อเสียงผู้พูด

ระบบที่ขึ้นอยู่กับผู้พูด ระบบนี้จำได้แค่เสียงของผู้ใช้งานหลักเท่านั้น เมื่อเทียบกับระบบที่ไม่ขึ้นกับผู้พูดสามารถใช้ได้ทั้งเสียงผู้ใช้งานหลักและบุคคลอื่นๆ

### 2.5.3 รูปแบบการพูด

การพูดมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น คำเดี่ยว คำต่อเนื่อง คำอ่าน คำสนทนา พบว่ารูปแบบคำสนทนาเกิดเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสูงสุด และคำเดี่ยวมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อยสุด [6]

## 2.6 IR Remote control

IR Remote control เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดในการควบคุมอุปกรณ์จากระยะไกล โดยใช้แสงอินฟราเรด ในปัจจุบันอุปกรณ์พวกเครื่องเสียงและโทรทัศน์เกือบทุกชนิดใช้วิธีการนี้ในการควบคุมอุปกรณ์

### 2.6.1 แสงอินฟราเรด (Infra-Red Light)

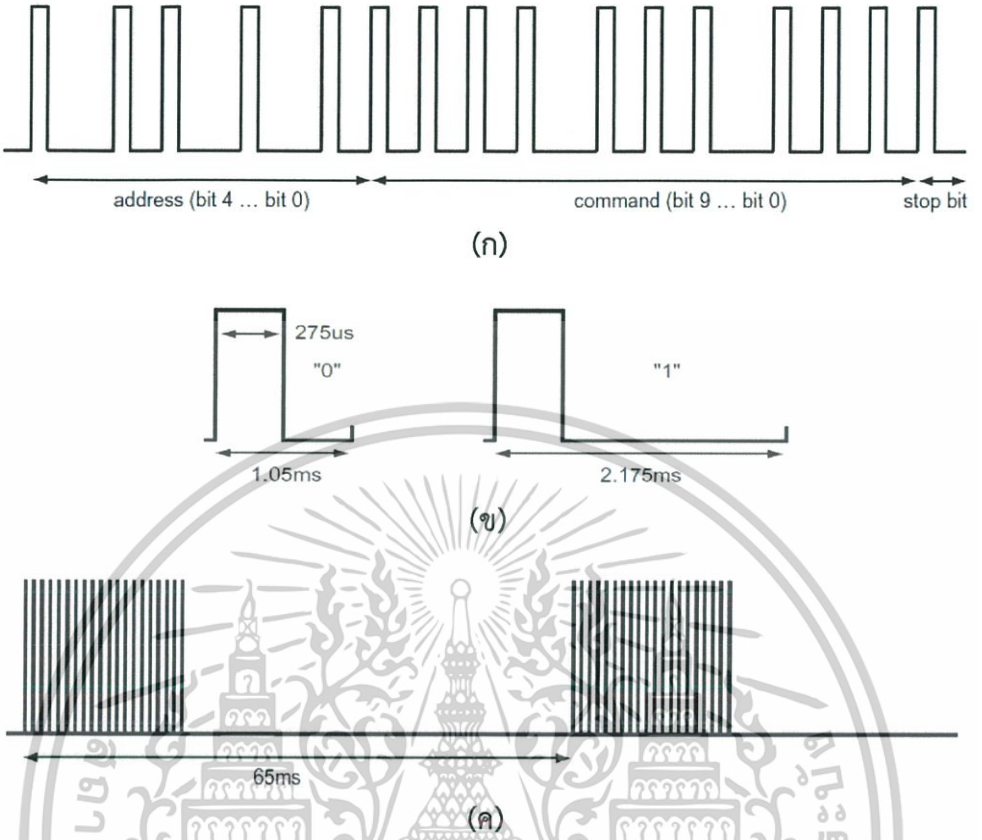
แสงอินฟาเรดเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 0.75-100 ไมโครเมตร หรือในช่วงความถี่ $10^{12} - 10^{14}$ Hz นิยมใช้ในการสื่อสารระยะไกลหรือเป็นรีโมทควบคุม แสงอินฟาเรดมีทิศทางเป็นแนวเส้นตรง มนุษย์ไม่สามารถมองเห็นได้ การสื่อสารด้วยระบบอินฟาเรดมีข้อดีหลายประการคือ ใช้พลังงานต่ำ ไม่เบี่ยงเบนในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า พกพาได้ และมีราคาถูก แต่มีข้อเสียคือ สัญญานอินฟาเรดถูกรบกวน ด้วยเปลวไฟ อุณหภูมิและฝุ่นละอองได้ง่าย [7]

### 2.6.2 โปรโตคอล (Protocol)

โปรโตคอล คือ ภาษากลางในการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ด้วยกัน การที่ตัวรับสัญญาณ รับสัญญาณได้นั้นต้องใช้โปรโตคอลที่เฉพาะเจาะจงโดยโปรโตคอลเหล่านี้เรียกว่า Commercial Infrared Protocols (CIR) เริ่มแรกบิตข้อมูลเริ่มต้นเหมือนกัน แต่ต่างกันตรงที่วิธีการเข้ารหัสและการวางตำแหน่งของข้อมูล ซึ่งการเข้ารหัสของเครื่องปรับอากาศชนิดต่างๆ สามารถแบ่งได้ดังต่อไปนี้ [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.1 Denon Code




**รูปที่ 2.5** โปรโตคอลของรีโมทอินฟราเรดแบบ Denon Code
**(ก)** บิตข้อมูลของ Denon Code
**(ข)** รูปแบบ logic ของ Denon Code
**(ค)** การส่งข้อมูล ของ Denon Code

รหัส Denon แสดงดังรูปที่ 2.5 ประกอบด้วยข้อมูลจำนวน 15 บิตข้อมูล 5 บิตแรกเป็นที่อยู่(address bit) และ 10 บิตเป็นบิตคำสั่ง(command bit) ดังรูป 2.5(ก) มีความถี่ของการมอดูเลตคือ 32 KHz และใช้รูปแบบดังรูป 2.5(ข) โดยมีลักษณะของแกนเวลาดังนี้

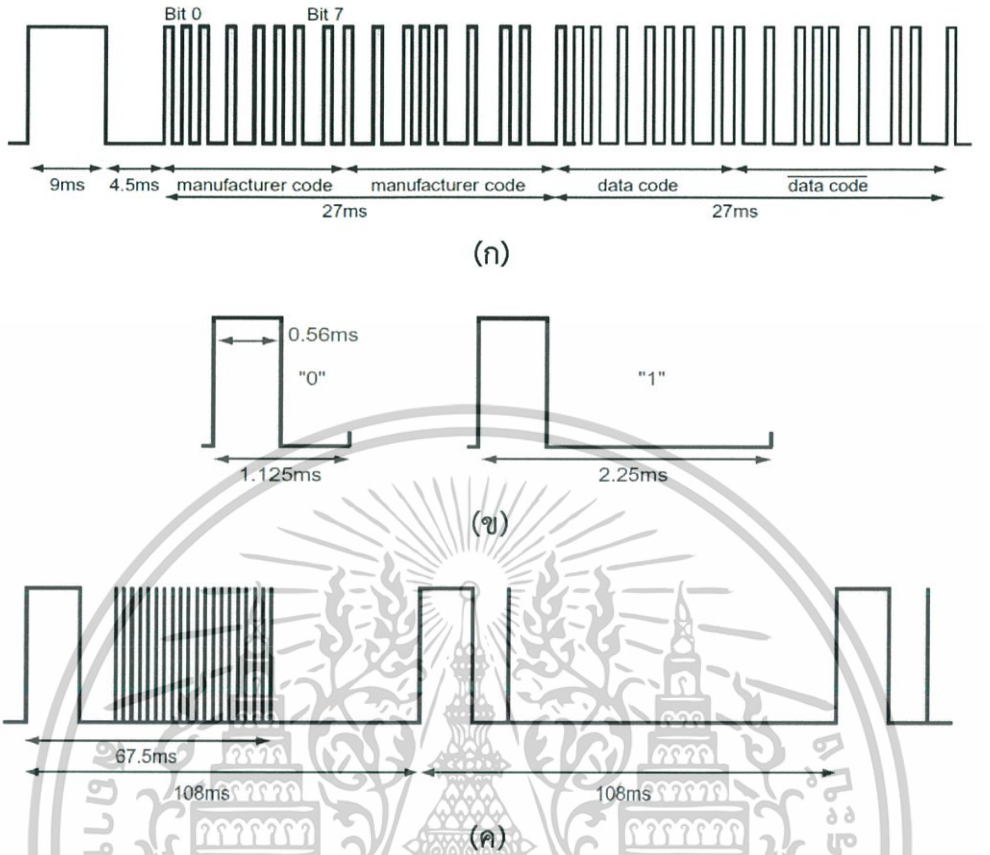
1 : 275 µs mark, 1,900 µs space และ

0 : 275 µs mark, 775 µs space

เพื่อลดผลกระทบจากการถูกรบกวนของข้อมูล มีการแก้ปัญหาโดยทำการส่งข้อมูลสองครั้ง โดยการส่งข้อมูลครั้งที่สองเกิดหลังจากการส่งข้อมูลครั้งแรกเสร็จสิ้นไปแล้วเป็นเวลา 65 ms ดังรูป 2.5(ค) ในระหว่างส่งข้อมูลครั้งที่สองข้อมูลถูกกลับบิต (inverted) ตัวรับยอมรับคำสั่งเมื่อข้อมูลที่สองเหมือนกับข้อมูลแรก ส่วนบิตที่อยู่ขณะส่งข้อมูลไม่ต้องถูกกลับบิต(uninverted) บิตที่ 16 เป็นบิตหยุด(stop bit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.2 NEC code




**รูปที่ 2.6** โปรโตคอลของรีโมทอินฟราเรดแบบ NEC code
(ก) บิตข้อมูลของ NEC code
(ข) รูปแบบ logic ของ NEC code
(ค) การส่งข้อมูล ของ NEC code

รหัส NEC แสดงดังรูปที่ 2.6 ทำงานที่ความถี่ 38 KHz และใช้การมอดูเลตตำแหน่งพัลส์ (PPM) การเข้ารหัสเริ่มต้นด้วยการส่งบิตเริ่มต้น(start bit) 9 ms ตามด้วย 4.5 ms space ข้อมูลมีทั้งหมด 32 บิตประกอบด้วยบิตของผู้ผลิต(manufacturer bit) 16 บิต และบิตคำสั่ง(command bit) 16 บิต บิตข้อมูลขนาด 8 บิตถูกส่งไปสองครั้ง โดยครั้งที่สองมีการกลับบิตของข้อมูล ดังรูป 2.6(ก) ข้อมูลที่สมบูรณ์ยาว 67.5 ms แต่ละบิตถูกส่งโดยใช้รูปแบบดังรูป 2.6(ข) โดยมีลักษณะของแกนเวลาดังนี้

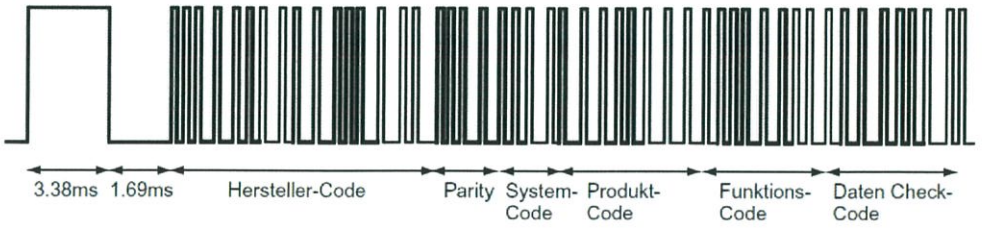
1: 0.56 ms mark, 1.69 ms space และ

0: 0.56 ms mark, 0.565 ms space

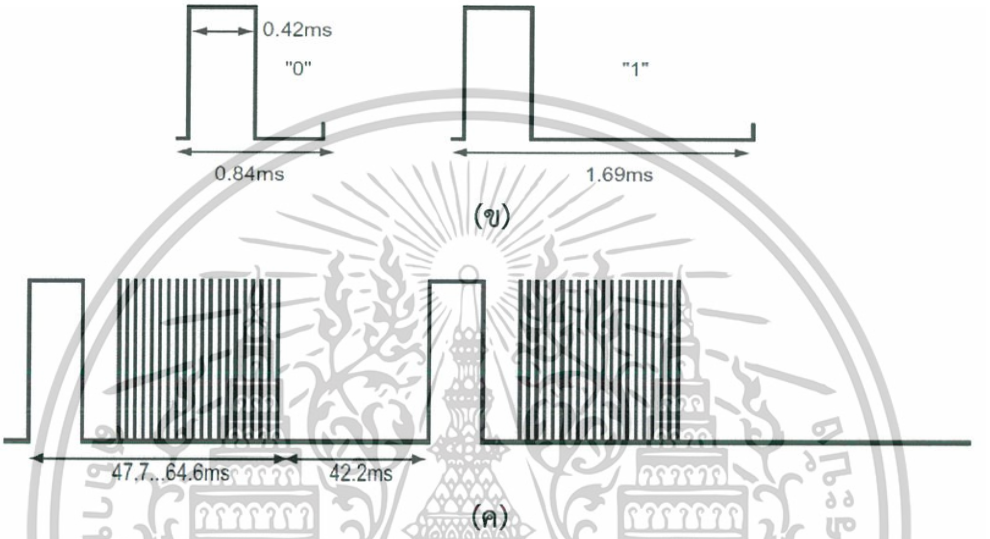
การส่งข้อมูลชุดถัดไปทำได้หลังจากเริ่มส่งข้อมูลชุดแรกไปแล้ว 108 ms และมีการใช้ลักษณะแบบพิเศษคือ เมื่อมีการกดปุ่มค้างไว้บนตัวส่ง ตัวส่งทำการส่งข้อมูลเฉพาะ อันประกอบไปด้วยบิตเริ่มต้น 9 ms ตามด้วย 2.25 ms space และ 0.56 ms mark ดังรูป 2.6(ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.3 Japanese Code




(ก)




(ข)

(ค)

รูปที่ 2.7 โปรโตคอลของรีโมทอินฟราเรดแบบ Japanese Code
(ก) บิตข้อมูลของ Japanese Code
(ข) รูปแบบ logic ของ Japanese Code
(ค) การส่งข้อมูล ของ Japanese Code

รหัส Japanese แสดงดังรูปที่ 2.7 ทำงานที่ความถี่ 38 KHz ประกอบด้วยข้อมูลจำนวน 48 บิต ดังรูป 2.7(ก) โดยแบ่งการเข้ารหัสดังต่อไปนี้ รหัสของผู้ผลิต (16 บิต), รหัส Parity (4 บิต), รหัสของระบบ (4 บิต), รหัสผลิตภัณฑ์ (8 บิต), รหัสการทำงาน (8 บิต) และรหัสตรวจสอบข้อมูล (8 บิต) แต่ละบิตถูกส่งโดยใช้รูปแบบดังรูป 2.7(ข) โดยมีลักษณะของแกนเวลาดังนี้

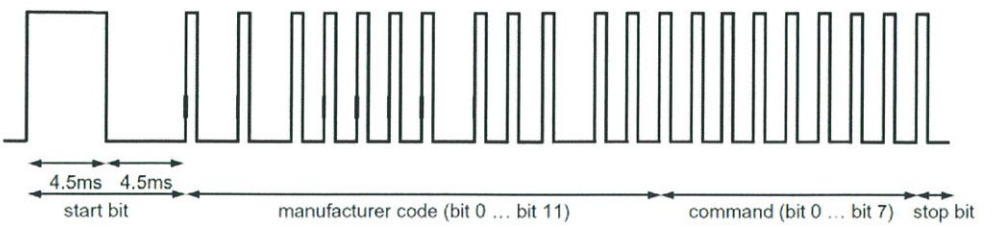
1: 0.42 ms mark, 1.27 ms space และ

0: 0.42 ms mark, 0.42 ms space

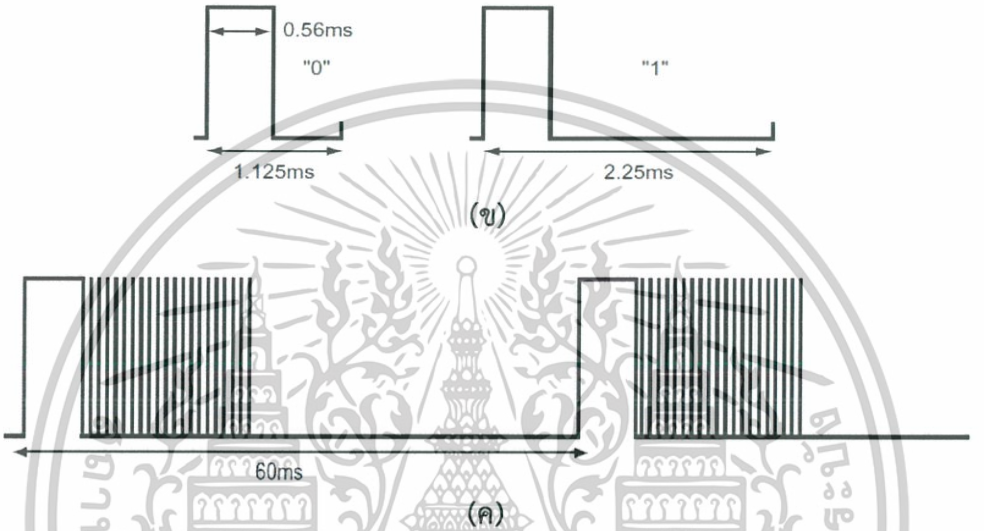
เพื่อลดผลกระทบจากการถูกรบกวนของข้อมูล มีการแก้ปัญหาโดยทำการส่งข้อมูลสองครั้ง โดยการส่งข้อมูลครั้งที่สองเกิดหลังจากการส่งข้อมูลครั้งแรกไปแล้วเป็นเวลา 42.2 ms ดังรูป 2.7(ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.4 Samsung Code




(ก)




**รูปที่ 2.8** โปรโตคอลของรีโมทอินฟราเรดแบบ Samsung Code
(ก) บิตข้อมูลของ Samsung Code
(ข) รูปแบบ logic ของ Samsung Code
(ค) การส่งข้อมูล ของ Samsung Code

รหัส Samsung แสดงดังรูปที่ 2.8 ประกอบด้วยบิตเริ่มต้น(start bit)แล้วตามด้วยบิตผู้ผลิต(manufacturer bit) 12 บิตและบิตคำสั่ง(command bit) 8 บิต มีการส่งข้อมูลอย่างน้อยสองครั้งเสมอ ดังรูป 2.8(ก) แต่ละบิตถูกส่งโดยใช้รูปแบบดังรูป 2.8(ข) โดยมีลักษณะของแกนเวลาดังนี้

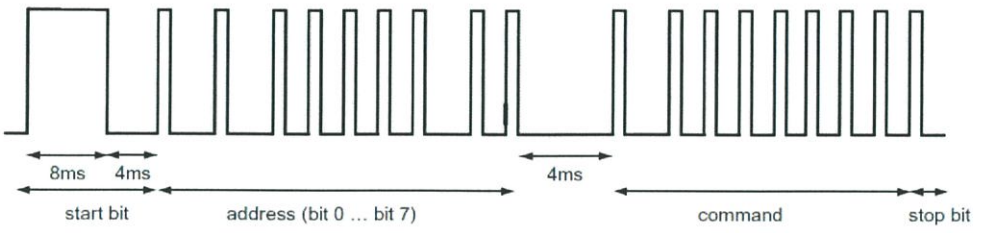
1: 0.56 ms mark, 1.69 ms space และ

0: 0.56 ms mark, 0.56 ms space

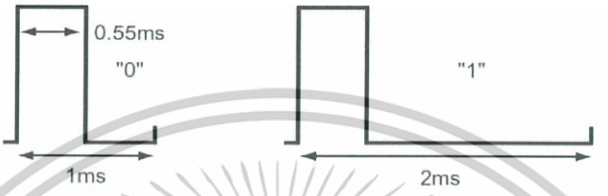
การส่งบิตข้อมูล2ครั้ง โดยการส่งข้อมูลครั้งที่สองเกิดหลังจากการเริ่มส่งส่งข้อมูลครั้งแรกไปแล้วเป็นเวลา 60 ms ดังรูป 2.8(ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.5 Daewoo Code




(ก)




(ข)

(ค)

**รูปที่ 2.9** โปรโตคอลของรีโมทอินฟราเรดแบบ Daewoo Code
(ก) บิตข้อมูลของ Daewoo Code
(ข) รูปแบบ logic ของ Daewoo Code
(ค) การส่งข้อมูล ของ Daewoo Code

รหัส Daewoo แสดงดังรูปที่ 2.9 ประกอบด้วยบิตเริ่มต้นแล้วตามด้วยบิตที่อยู่ 7 บิตและบิตคำสั่ง 7 บิต ดังรูป 2.9(ก) แต่ละบิตถูกส่งโดยใช้รูปแบบดังรูป 2.9(ข) โดยมีลักษณะของแกนเวลาดังนี้

1: 0.55 ms mark, 1.45 ms space และ

0: 0.55 ms mark, 0.45 ms space

ความถี่ที่ใช้คือ 38 kHz และมี 4 ms space เพื่อแยกบิตข้อมูลที่อยู่ (address bit) ออกจากบิตคำสั่ง(command bit) และมีการส่งบิตข้อมูล 2 ครั้ง โดยการส่งข้อมูลครั้งที่สองเกิดหลังจากการเริ่มส่งส่งข้อมูลครั้งแรกไปแล้วเป็นเวลา 60 ms ดังรูป 2.9(ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี ค.ศ. 2013 Parameshachari B D, Sawan Kumar Gopy, Gooneshwaree Hurry และ Tulsirai T. Gopaul ทำการศึกษาระบบอัตโนมัติที่ผู้ใช้สามารถใช้คำสั่งเสียงในการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าเช่น ไฟ พัดลม เครื่องทำความร้อน เป็นต้น มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยทำให้ชีวิตของผู้คนสะดวกสบายขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ โดยผู้ใช้งานไม่ต้องอยู่ใกล้เครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อเปิดหรือปิด ระบบนี้ใช้ Digital Signal Processor ในการประมวลผลคำสั่งเสียงและควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการ เครื่องรับส่งสัญญาณ XBee ใช้เพื่อลดความจำเป็นในการเดินสายไฟระหว่างเครื่องประมวลผลกับเครื่องใช้ไฟฟ้า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า AC และ DC ผ่านคำพูด โดยใช้โปรเซสเซอร์ DSP TMS320C5535 กำลังต่ำในการรู้จำเสียง ใช้ XBee พลังงานต่ำในการสื่อสารแบบไร้สาย โมดูลตัวรับส่งสัญญาณ ชิพไมโครคอนโทรลเลอร์และรีเลย์ในการควบคุมการทำงาน โดยระบบนี้เราสามารถควบคุมการเปิดและปิดอุปกรณ์ต่างๆ ได้โดยผ่านคำสั่งเสียงและทำให้ชีวิตของผู้สูงอายุหรือคนพิการง่ายขึ้นและสะดวกสบายมากขึ้น

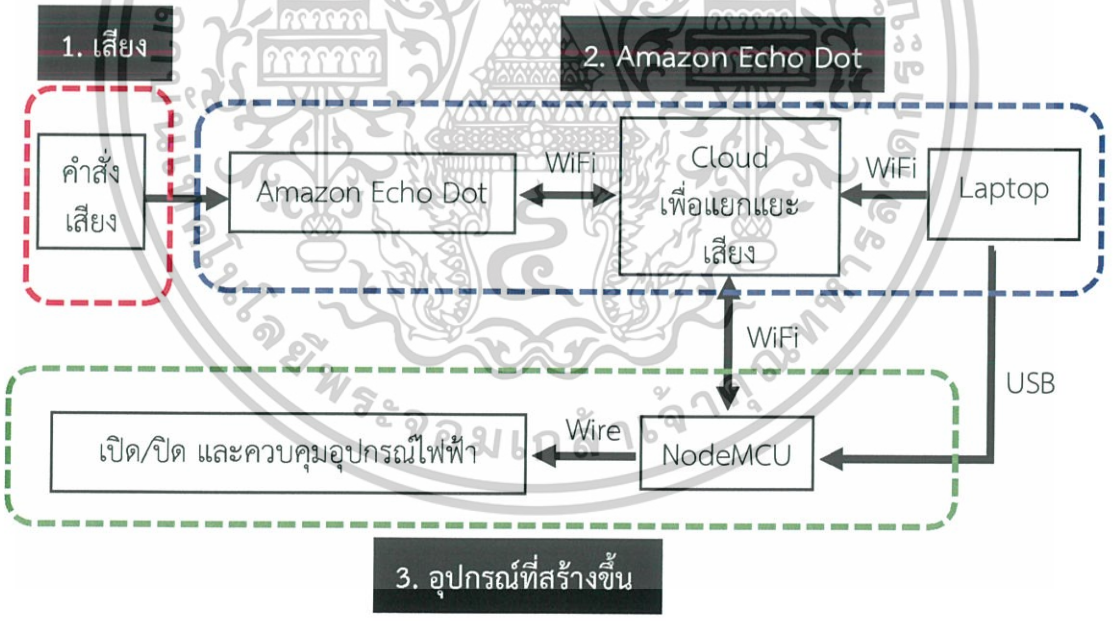
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินงานวิจัย

โครงงานพิเศษนี้มีการดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน โดยส่วนที่ 1 เป็นการออกแบบระบบการสั่งการด้วยเสียงผ่าน Amazon Echo Dot ส่วนที่ 2 การออกแบบอุปกรณ์และการเชื่อมต่ออุปกรณ์ ส่วนที่ 3 เป็นการทดสอบอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น และส่วนที่ 4 เป็นการทดสอบการส่งข้อมูลจากแสงอินฟราเรดไปส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

## 3.1 การออกแบบระบบการสั่งการด้วยเสียงผ่าน Amazon Echo Dot

ในส่วนนี้กล่าวถึงแนวคิดในการออกแบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงพูดผ่าน Amazon Echo Dot มีองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ 1. เสียง 2. Amazon Echo Dot และ 3. อุปกรณ์ที่สร้างขึ้น โดยมี NodeMCU เป็นตัวรับคำสั่งต่อจาก Amazon Echo Dot เมื่อทำการติดตั้ง Amazon Echo Dot กับเว็บของ Amazon และติดตั้ง NodeMCU เข้ากับคอมพิวเตอร์ของเรา โดยใช้เครือข่าย WiFi เดียวกันกับ Amazon Echo Dot จากนั้นป้อนโค้ดคำสั่งผ่าน NodeMCU เพื่อให้ Amazon Echo Dot รับรู้ถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เชื่อมต่ออยู่ จากนั้นป้อนคำสั่งเสียงผ่าน Amazon Echo Dot เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยแนวคิดในการออกแบบแสดงแสดงดังรูป 3.1 [9]




**รูปที่ 3.1** ระบบการสั่งการด้วยเสียงผ่าน Amazon Echo Dot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.1 เสียง

ในงานโครงงานพิเศษนี้ทำการสุ่มตัวอย่างเสียงจำนวน 10 คนเป็นชาย 5 คน หญิง 5 คน ในแต่ละคำสั่ง เป็นคำสั่งภาษาอังกฤษและภาษาไทย ซึ่งคำสั่งที่ผู้ทำการทดสอบกำหนดไว้นั้นมี 20 คำสั่งดังนี้

คำสั่งภาษาอังกฤษ

| | |
|---|---|
| Alexa turn on plug one | Alexa turn off plug one |
| Alexa turn on plug two | Alexa turn off plug two |
| Alexa turn on plug three | Alexa turn off plug three |
| Alexa turn on plug four | Alexa turn off plug four |
| Alexa turn on all device | Alexa turn off all device |

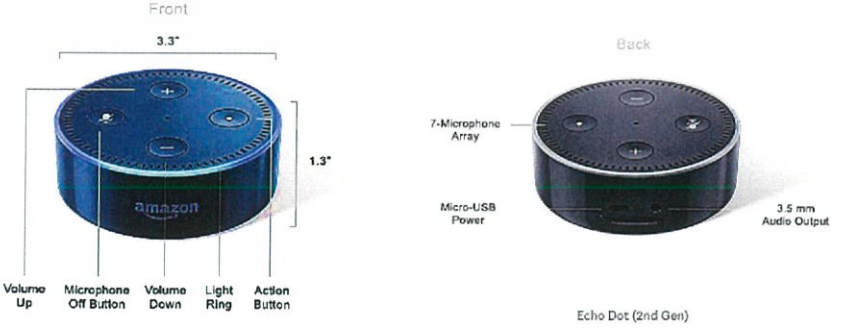
คำสั่งภาษาไทย

| | |
|---|---|
| Alexa turn on ปลั๊กหนึ่ง | Alexa turn off ปลั๊กหนึ่ง |
| Alexa turn on ปลั๊กสอง | Alexa turn off ปลั๊กสอง |
| Alexa turn on ปลั๊กสาม | Alexa turn off ปลั๊กสาม |
| Alexa turn on ปลั๊กสี่ | Alexa turn off ปลั๊กสี่ |
| Alexa turn on ทั้งหมด | Alexa turn off ทั้งหมด |

โดยเสียงของผู้ทดสอบนั้นถูกบันทึกเสียง แต่ก่อนที่นำไปทดสอบเสียงของผู้ทดสอบ ต้องถูกปรับเพื่อให้เหมาะสมกับการทดสอบ โดยนำเข้าโปรแกรม Adobe Audition เพื่อทำการ Noise Reduction จากนั้นทำการ Normalize เสียง เพื่อนำมาใช้ทดสอบกับระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงพูดโดย Amazon Echo Dot

### 3.1.2 Amazon Echo Dot

Amazon Echo Dot เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาให้ฟังเสียงโดยรอบและใช้งานได้ตลอดเวลา อุปกรณ์ Amazon Echo Dot ช่วยให้สามารถตอบโต้กับ Cloud Alexa เพื่อขอข้อมูล เพลง และอื่นๆ ผ่านเว็ป Amazon โดยใช้เสียงและมาพร้อมกับเทคโนโลยี Far-field voice recognition แม้อยู่ไกลก็ยังสามารถใช้งานได้ แสดงดังรูปที่ 3.2




**รูปที่ 3.2** Amazon Echo Dot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.2.1 ความสามารถของ Amazon Echo Dot

1. เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานแบบ Voice Controlled สั่ง Alexa ให้เล่นเพลง ควบคุมอุปกรณ์สมาร์ทโฮม หาข้อมูล อ่านข่าว ตั้งเวลา เป็นต้น
2. มีช่องต่อกับลำโพงหรือหูฟังขนาด 3.5 มม. แบบสาย Stereo
3. ควบคุมอุปกรณ์สมาร์ทโฮม ได้ทั้ง WeMo, Philips Hue เป็นต้น
4. ระบบได้ยิน Far-field microphone ใช้ได้แม้มีเสียงรบกวน
5. WiFi แบบ Dual-band 802.11 a/b/g/n (2.4 และ 5 GHz)

### 3.1.2.2 การทำงานของ Amazon Echo Dot

การใช้งาน Amazon Echo Dot โดยทั่วไปแล้วสามารถใช้งานได้หลากหลาย แต่คุณสมบัติพื้นฐานของมันมีเพียงการบอกเวลา พยากรณ์อากาศ สรุปข่าว และค้นหาข้อมูลจาก Wikipedia รวมถึงคุณสมบัติอื่นๆ อย่างเช่นสั่งของ หรือติดตามของจาก Amazon การเรียกคำสั่ง ให้ใช้คำว่า "Alexa" เป็นคำกระตุ้นหรือปลุก(wake word) ให้ทำงาน ซึ่งเราสามารถเปลี่ยนได้ (มี Amazon กับ Echo ให้เลือก) ดังนั้นใครก็ตามที่เดินเข้ามาในห้องแล้วพูดว่า Alexa ตัว Amazon Echo Dot ทำงานทันที

**ข้อดี** ระบบสั่งงานด้วยเสียง (Voice Recognition) ทำงานด้วยดีแม้ภาษาอังกฤษสำเนียงไทยก็สามารถฟังรู้เรื่อง มีขนาดเล็ก ทำงานร่วมกับ Application และอุปกรณ์ Smarthome ต่างๆ สามารถรองรับการเชื่อมต่อ Audio out ทั้งแบบ AUX และ Bluetooth

**ข้อเสีย** ระบบสั่งงานด้วยเสียง (Voice Recognition) รองรับเพียงภาษาอังกฤษแบบ US/UK และเยอรมันเท่านั้น ระบบ Far-Field Communication ยังใช้งานในที่เสียงดังๆ ไม่ค่อยดี [10]

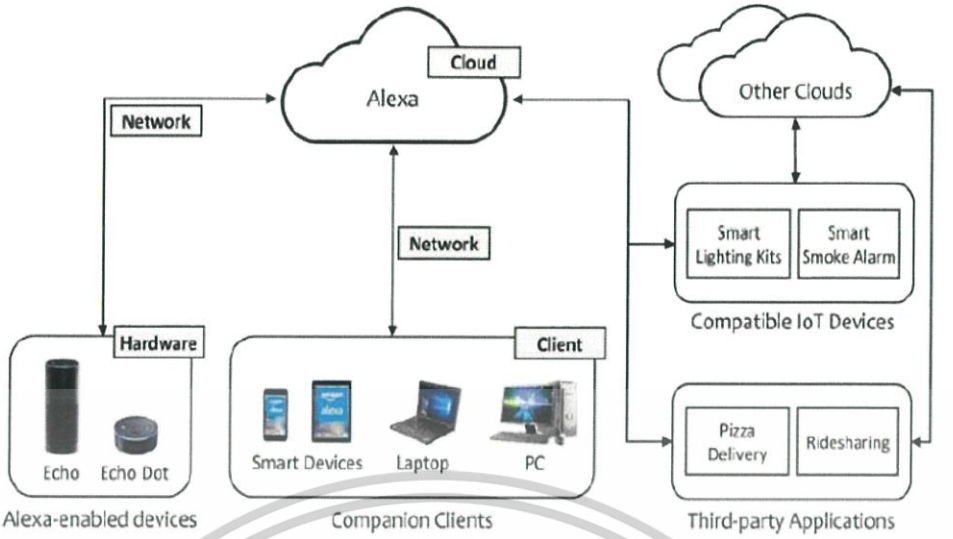
### 3.1.2.3 ระบบของ Amazon Echo Dot

ระบบควบคุม Amazon Echo Dot เป็นการเชื่อมต่อการสื่อสารและบริการในระบบ Cloud ของ Alexa โดยจัดทำเป็นผลิตภัณฑ์ให้กับลูกค้าที่สนใจในระบบ IoT

### 3.1.2.4 แผนผังการทำงานของ Amazon Echo Dot

แผนผังการทำงานของ Amazon Echo Dot แสดงดังรูปที่ 3.3 ก่อนอื่นต้องมีอุปกรณ์ที่ใช้กับระบบ Alexa เมื่อเราเรียกใช้ Alexa ด้วยเสียง ระบบทำการแปลงสัญญาณเสียงไปเป็นสัญญาณดิจิตอล และส่งผ่าน WiFi ไปยัง Cloud จากนั้น Cloud ทำการเปรียบเทียบเสียงกับฐานข้อมูล Amazon และทำการส่งคำสั่ง(command) ผ่าน WiFi กลับมายัง Client ให้ทำงานต่อไป การรับ-ส่งข้อมูลของ Alexa ใช้งาน APIs ทั้งหมด จำเป็นต้องใช้ internet ตลอดเวลา นอกจากนี้ยังสามารถใช้งาน Alexa ผ่านการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ IoT เพื่อเพิ่มทักษะในการใช้บริการต่างๆ ได้อีกด้วย [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



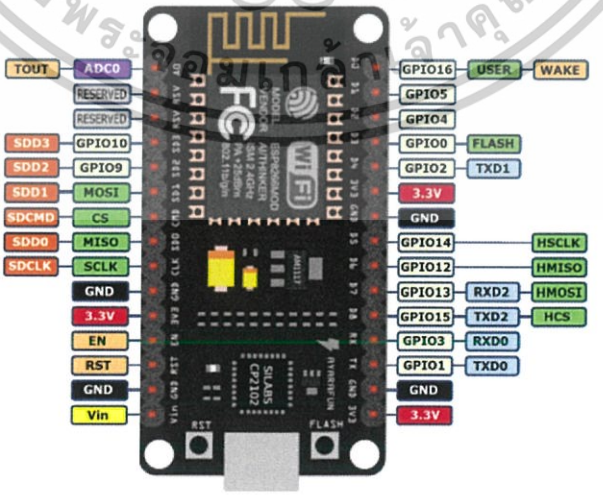

**รูปที่ 3.3** แผนผังการทำงานของ Amazon Echo Dot

### 3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบ

ในการออกแบบส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านนั้น ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 3 อย่าง ได้แก่ NodeMCU, Solid State Relay และเต้ารับ

#### 3.1.3.1 NodeMCU

NodeMCU คือ แพลตฟอร์มหนึ่งที่ช่วยในการสร้างโปรเจค Internet of Things (IoT) ที่ประกอบไปด้วย Development Kit (ตัวบอร์ด) และ Firmware (Software บนบอร์ด) สามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษาC และมีลักษณะคล้ายกับ Arduino ตรงที่สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ Input/Output ได้โดยตรง ทำให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น แสดงดังรูปที่ 3.4 มาพร้อมกับโมดูล WiFi (ESP8266) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการใช้เชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ต




**รูปที่ 3.4** Pin definition ของ NodeMCU

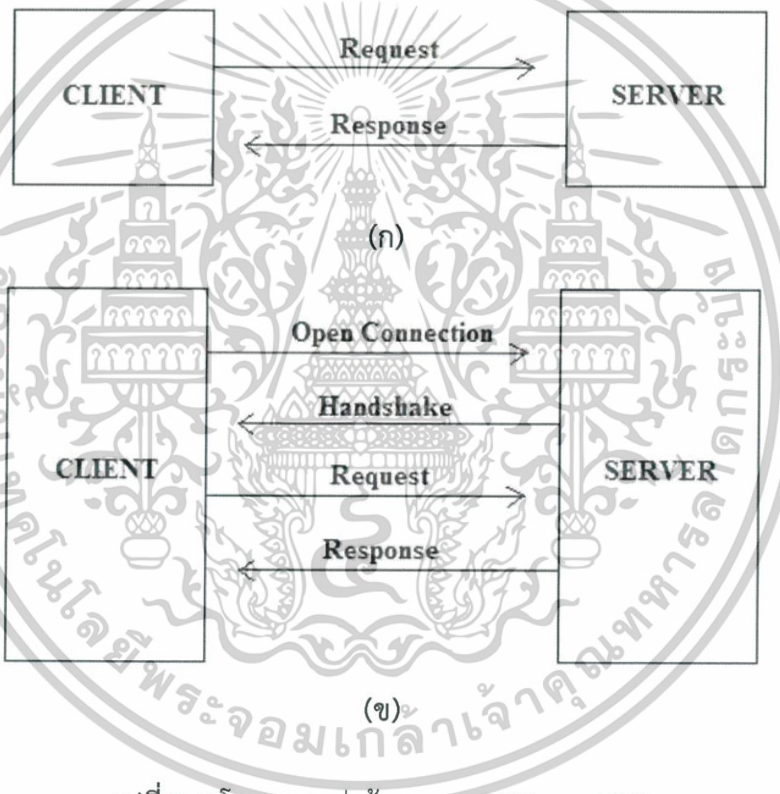
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดการทำงานของ ESP8266 ที่สามารถทำงานได้ 3 โหมด คือ

1. โหมด AP – เป็นโหมดที่ต้องรอให้มีอุปกรณ์มาเชื่อมต่อจึงสามารถรับส่งข้อมูล
2. โหมด STA – เป็นโหมดที่กำหนดให้ ESP8266 เชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น
3. โหมด AP&STA – เป็นโหมดที่สามารถทำงานได้ทั้ง 2 อย่างภายในเวลาเดียวกัน

โปรโตคอลที่ใช้รับและส่งข้อมูลของ NodeMCU ใช้โปรโตคอลพื้นฐานได้แก่ 2 ตัว

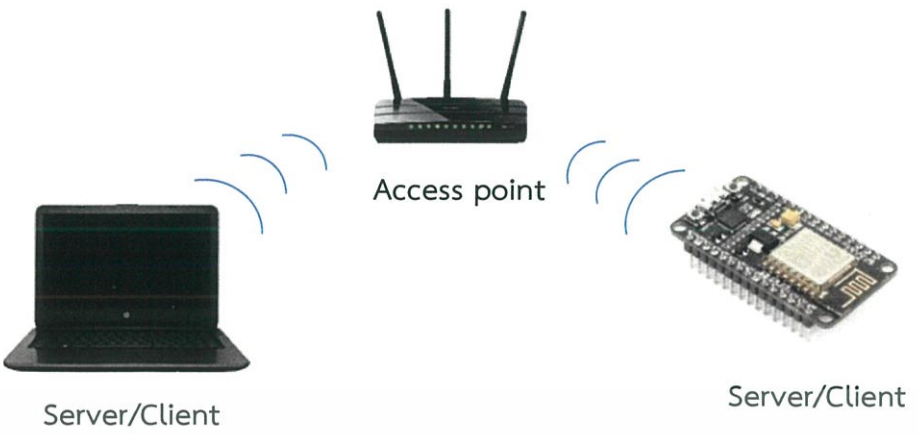
1. UDP เป็นโปรโตคอลที่ใช้สำหรับการรับและส่งข้อมูลแบบ Real-time ที่ไม่ต้องการความถูกต้องของข้อมูลมากนัก แสดงดังรูปที่ 3.5(ก)
2. TCP เป็นโปรโตคอลที่ใช้ในการเรียกหน้าเว็บไซต์ คือเมื่อส่งข้อมูลไปแล้ว ต้องรอการยืนยันการได้รับข้อมูลจากเครื่องปลายทาง แล้วจึงเริ่มส่งข้อมูลต่อไป แสดงดังรูปที่ 3.5(ข)




**รูปที่ 3.5** โมเดลการส่งข้อมูลของ UDP และ TCP
**(ก)** การส่งข้อมูลแบบ UDP
**(ข)** การส่งข้อมูลแบบ TCP

ซึ่ง NodeMCU นั้นใช้งานเครือข่ายโปรโตคอล TCP ซึ่งสามารถใช้งานได้ 2 โหมดด้วยกัน ได้แก่ Server และ Client แสดงดังรูปที่ 3.6 คือ Server เป็นการกำหนดให้ ESP8266 ทำหน้าที่เป็นเครื่องแม่ข่าย โดยการเปิดพอร์ตเพื่อรอรับการเชื่อมต่อจากเครื่องลูกข่าย Client เป็นการกำหนดให้ ESP8266 ทำหน้าที่เป็นเครื่องลูกข่าย โดยเชื่อมต่อไปยังเครื่องแม่ข่ายด้วยไอพีแอดเดรสและพอร์ตที่กำหนดไว้เพื่อขอใช้บริการนั้นๆ [12]

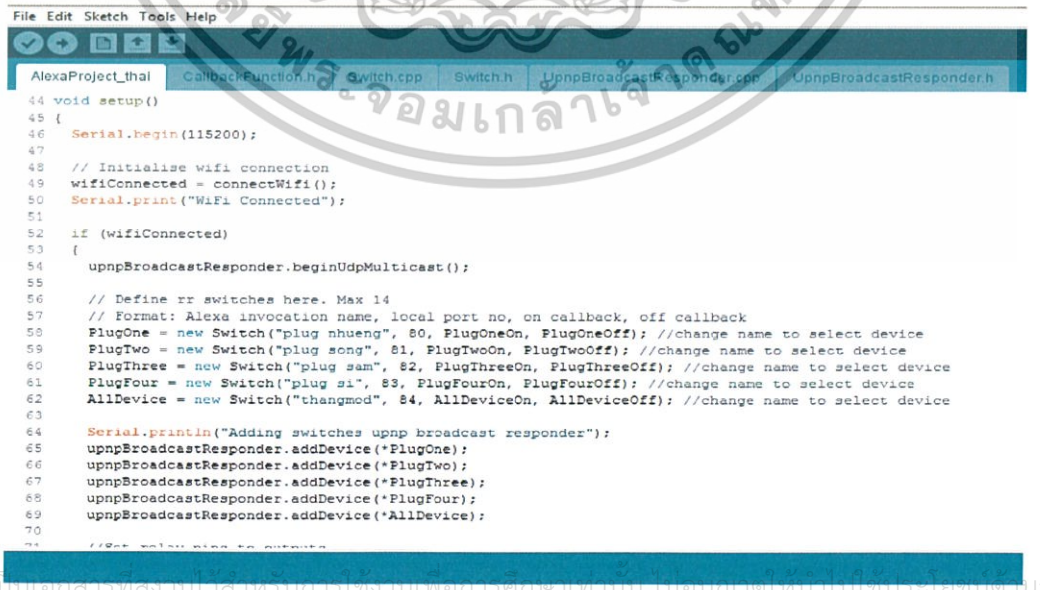
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.6** TCP Server/Client

เมื่อทำการติดตั้ง NodeMCU เสร็จสิ้นแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือขั้นตอนของการเขียนโค้ดการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงพูด แสดงดังรูปที่ 3.7 โดยการเขียนโค้ดควบคุมนั้นในคำสั่งภาษาไทยไม่สามารถเขียนได้โดยตรง จำเป็นต้องแปลงเป็นภาษาคาราโอเกะ ในการเขียนโค้ด โดยมีการแปลงเป็นดังนี้

ปลั๊ก หนึ่ง → plug nhueng
ปลั๊ก สอง → plug song
ปลั๊ก สาม → plug sam
ปลั๊ก สี่ → plug si
ทั้งหมด → thangmod

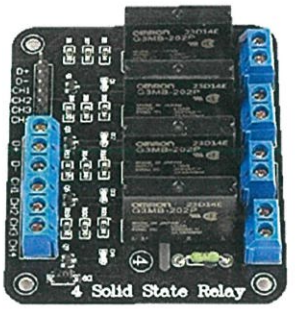


```
File Edit Sketch Tools Help
AlexaProject_thai | CallbackFunction.h | Switch.cpp | Switch.h | UpnpBroadcastResponder.cpp | UpnpBroadcastResponder.h

void setup()
{
  Serial.begin(115200);

  // Initialise wifi connection
  wifiConnected = connectWifi();
  Serial.print("WiFi Connected");

  if (wifiConnected)
  {
    upnpBroadcastResponder.beginUdpMulticast();

    // Define rr switches here. Max 14
    // Format: Alexa invocation name, local port no, on callback, off callback
    PlugOne = new Switch("plug nhueng", 80, PlugOneOn, PlugOneOff); //change name to select device
    PlugTwo = new Switch("plug song", 81, PlugTwoOn, PlugTwoOff); //change name to select device
    PlugThree = new Switch("plug sam", 82, PlugThreeOn, PlugThreeOff); //change name to select device
    PlugFour = new Switch("plug si", 83, PlugFourOn, PlugFourOff); //change name to select device
    AllDevice = new Switch("thangmod", 84, AllDeviceOn, AllDeviceOff); //change name to select device

    Serial.println("Adding switches upnp broadcast responder");
    upnpBroadcastResponder.addDevice(*PlugOne);
    upnpBroadcastResponder.addDevice(*PlugTwo);
    upnpBroadcastResponder.addDevice(*PlugThree);
    upnpBroadcastResponder.addDevice(*PlugFour);
    upnpBroadcastResponder.addDevice(*AllDevice);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

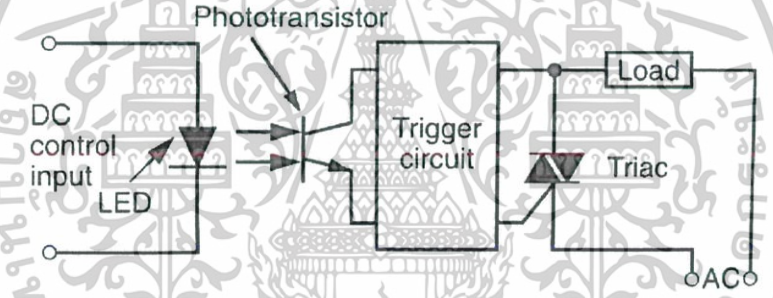
**รูปที่ 3.7** ภาพแสดงโค้ดตัวอย่าง

### 3.1.3.2 โซลิดสเตทรีเลย์ (Solid State Relay )




**รูปที่ 3.8** Solid State Relay

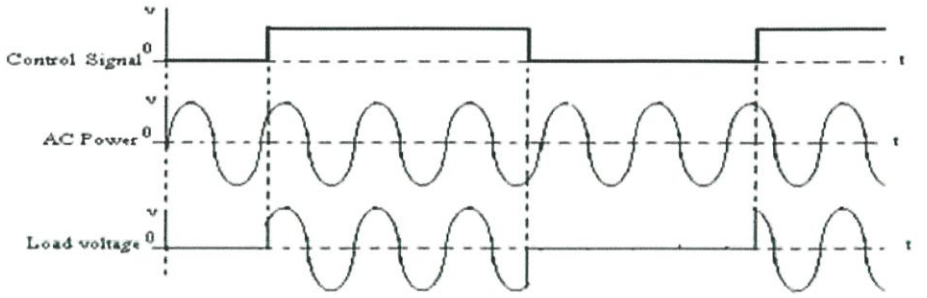
Solid State Relay หรือ SSR เป็นสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สารกึ่งตัวนำเป็นสวิตช์ เช่น ทรานซิสเตอร์ MOSFETs SCRs หรือไตรแอค ซึ่งข้อดีของ SSR คือ ไม่มีส่วนใดของอุปกรณ์เคลื่อนไหว (Moving part) แสดงดังรูปที่ 3.8




**รูปที่ 3.9** Internal circuit

การทำงานของ SSR เมื่อไดโอดปล่อยแสงออกมาวงจรถูกไบอัสตรงให้นำกระแส แสงจาก LED ฉายตกกระทบกับโฟโตทรานซิสเตอร์(Opto isolator) ทำให้เกิดการนำไฟฟ้า เกิดกระแสทริกเกอร์ป้อนให้กับไตรแอค ด้วยเหตุนี้เอาต์พุทจึงแยกจากอินพุทโดย LED และโฟโตทรานซิสเตอร์ เช่นเดียวกับกรณีที่แม่เหล็กไฟฟ้าแยกอินพุทจากคอนแทคสวิตช์ด้วย EMR (Elctromechanical Relay) แสดงดังรูปที่ 3.9 การใช้ SSR ควบคุมโหลดกระแสสลับมีลักษณะที่เรียกว่า ซีโรสวิทชิ่ง (zero switching) การควบคุมแบบซีโรสวิทชิ่งนี้เป็นการแน่ใจว่ารีเลย์เปิดหรือปิดเมื่อมีแรงดันไฟสลับที่ตำแหน่งตัดศูนย์ การซีโรสวิทชิ่งใช้เพื่อลดกระแสอินรัช(inrush current) หรือกระแสไฟฟ้ากระชากตอนเริ่มเปิดอุปกรณ์ และการแทรกสอดความถี่วิทยุ (radio frequency interference)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.10** รูปคลื่นสัญญาณและแรงดันไฟฟ้าแสดงการทำงานของวงจร Solid State Relay แบบ Zero switching

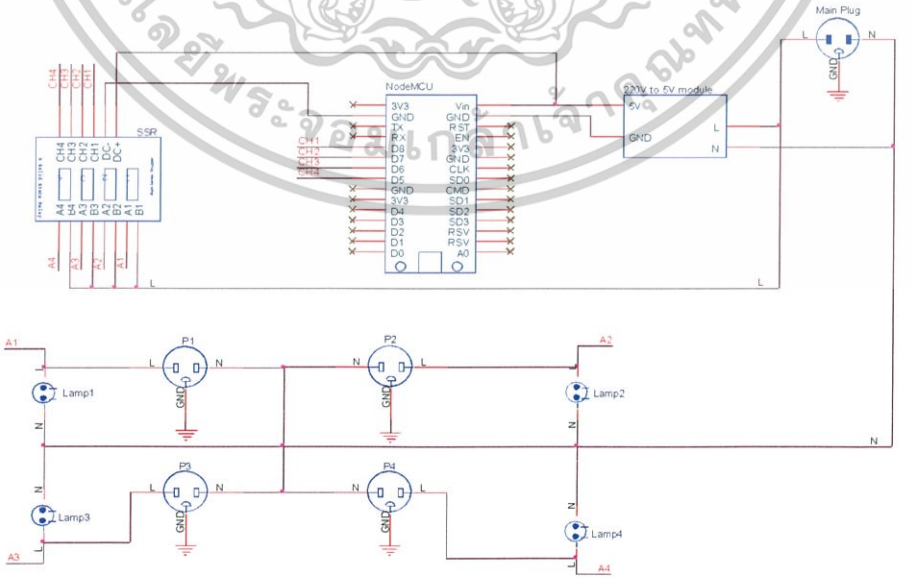
การทำงานของวงจรอธิบายได้จาก กราฟรูปคลื่นสัญญาณและแรงดันไฟฟ้าที่จุดต่างๆ แสดงดังรูปที่ 3.10 ซึ่งกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมโหลดจะไม่ปรากฏทันทีที่สัญญาณควบคุมเป็น High แต่ถูกหน่วงไปจนถึงจุดที่แรงดัน AC power เป็นศูนย์ จึงให้กระแสไฟฟ้าไหลในวงจรโหลด (Zero Crossing On) และเมื่อสัญญาณควบคุมที่ป้อนเข้าเป็น Low วงจรไม่ตัดกระแสไฟฟ้าในวงจรโหลดทันทีแต่ถูกหน่วงไปจนถึงจุดที่แรงดัน AC power เป็นศูนย์ จึงตัดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรโหลด (Zero Crossing Off) [13]

## 3.2 การออกแบบอุปกรณ์และการเชื่อมต่ออุปกรณ์

การออกแบบอุปกรณ์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ 1.ส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า และ 2. ส่วนควบคุมแอร์ [14]

### 3.2.1 การออกแบบส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

ทำการต่อวงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 3.11



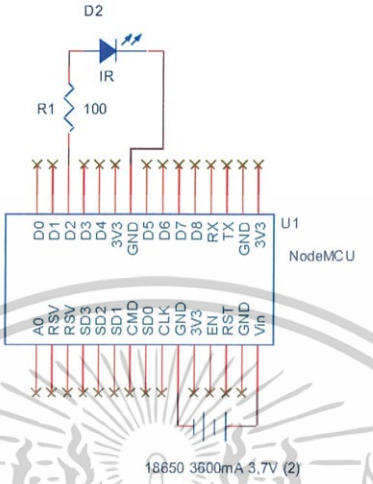

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 3.11** วงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

หลังจากต่อวงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าเสร็จแล้วนั้น ทำการตรวจสอบการทำงานของวงจรแล้วบันทึกผล

### 3.2.2 การออกแบบส่วนควบคุมเครื่องปรับอากาศ

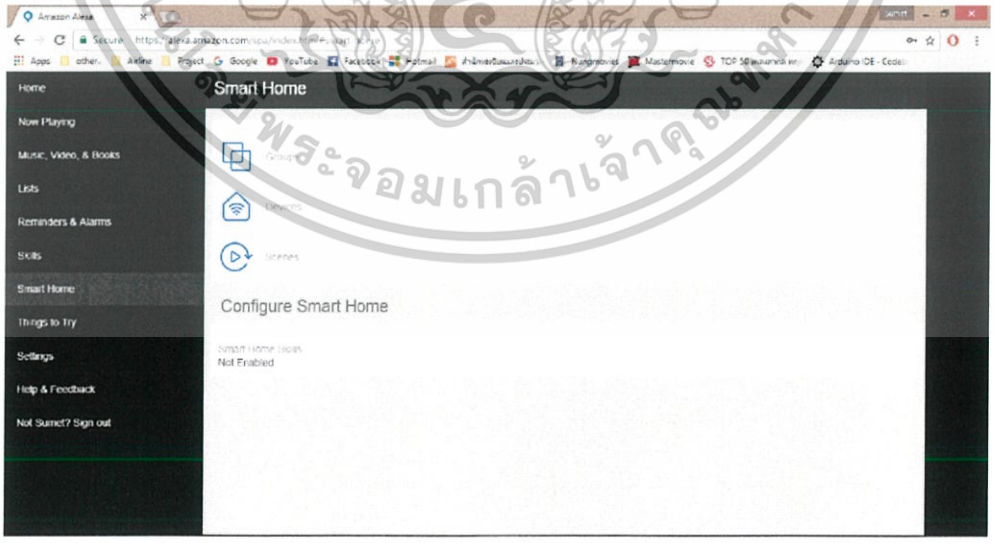
ทำการต่อวงจรควบคุมเครื่องปรับอากาศ แสดงดังรูปที่ 3.12




**รูปที่ 3.12** วงจรควบคุมเครื่องปรับอากาศ

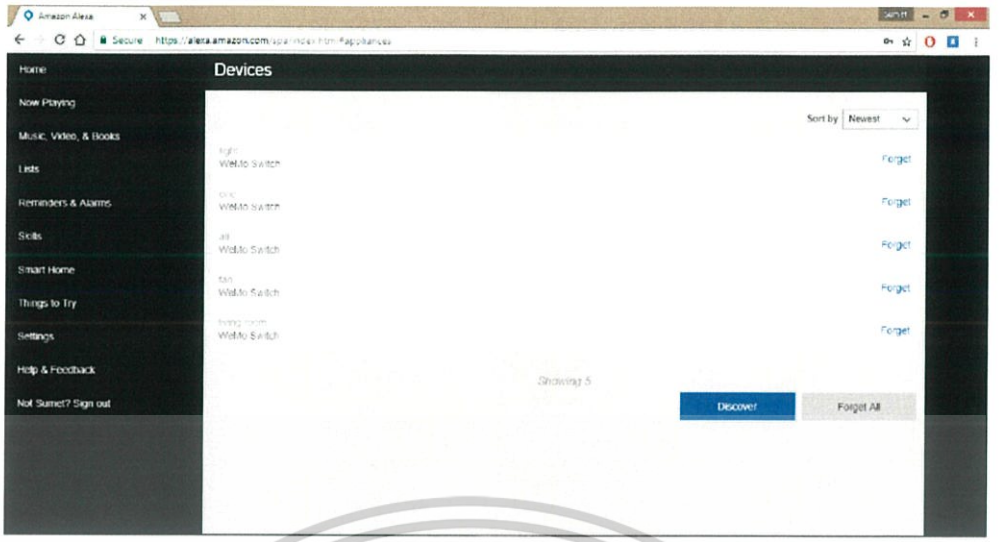
### 3.2.3 การเชื่อมต่อ NodeMCU กับ Amazon Echo Dot

ในการใช้งานอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น นั้นจำเป็นต้องเชื่อมต่อ NodeMCU กับ Amazon Echo Dot เข้าด้วยกัน เริ่มแรกเข้าสู่ระบบของเว็บไซต์ของ Amazon แสดงดังรูปที่ 3.13(ก) และค้นหาอุปกรณ์โดยไปที่หน้าเว็บ Amazon กด Smart Home > Devices > Discover จากนั้นรอ 20 วินาที หน้าจอจะแสดงการค้นหาเป็นที่เรียบร้อย แสดงดังรูปที่ 3.13(ข)




(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

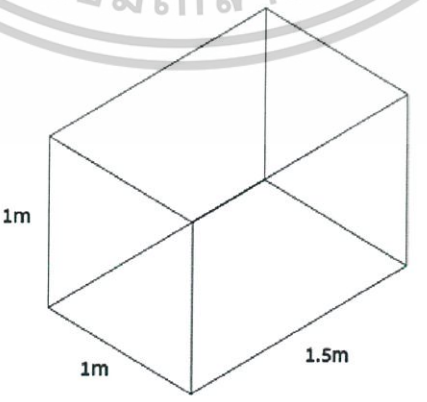



(ข)

**รูปที่ 3.13** การเชื่อมต่อ Amazon Echo Dot
(ก) หน้าเว็บ Amazon
(ข) Amazon เชื่อมต่ออุปกรณ์เป็นที่เรียบร้อย

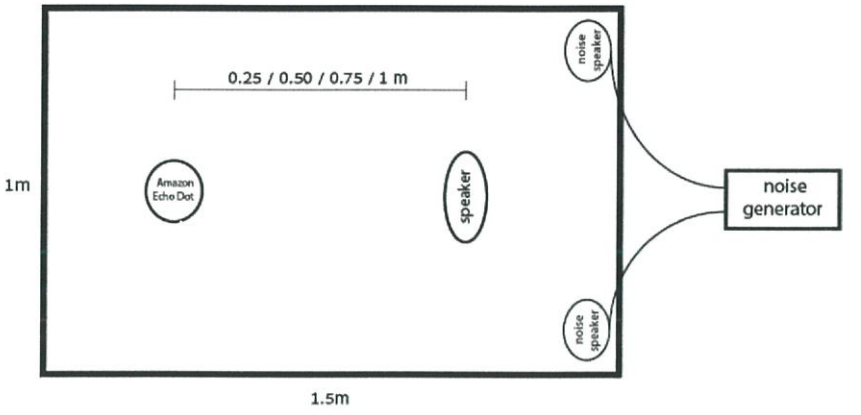
## 3.3 การทดสอบอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น

หลังจากออกแบบและทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ทำการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น โดยในการทดสอบจำเป็นต้องมีห้องทดสอบที่เหมาะสมในการทดสอบ จึงได้ออกแบบห้องทดสอบที่เป็นห้องทดสอบปิด มีขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 1.5 เมตร สูง 1 เมตร แสดงดังรูปที่ 3.14(ก) ผนังด้านในติดแผ่นซับเสียงเพื่อดูดซับเสียงเมื่อเสียงมาตกกระทบ และภายในห้องทดสอบประกอบด้วย Amazon Echo Dot 1 ตัว ลำโพงบลูทูธ 1 ตัว และลำโพงป้อนเสียงรบกวน 2 ตัว แสดงดังรูปที่ 3.14(ข) และเสียงรบกวนได้ใช้เครื่อง Leistungsfrequenzgenerator เป็นตัวปล่อยเสียงรบกวนออกมา โดยเลือกใช้ที่ความถี่ 50, 500, 1000 และ 2000 Hz เป็นเสียงรบกวน




(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




(ข)

**รูปที่ 3.14** ห้องทดสอบ
(ก) ขนาดของห้องทดสอบ
**(ข)** ตำแหน่งของลำโพงและ Amazon Echo Dot

โดยการทดสอบนั้นมี 4 ส่วนด้วยกันคือ 1. การทดสอบอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นด้วยเสียงภาษาอังกฤษ ทั้งกรณีไม่มีเสียงรบกวนและกรณีมีเสียงรบกวน 2. การทดสอบอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นด้วยเสียงภาษาไทย ทั้งกรณีไม่มีเสียงรบกวนและกรณีมีเสียงรบกวน 3. การทดสอบอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่มีขายในท้องตลาด (Sonoff 4CH) ด้วยเสียงภาษาอังกฤษ และภาษาไทย ทั้งกรณีไม่มีเสียงรบกวนและกรณีมีเสียงรบกวน และ 4. การทดสอบการส่งข้อมูลจากแสงอินฟราเรดไปส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

**3.3.1 การทดสอบอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นด้วยเสียงภาษาอังกฤษ ทั้งกรณีไม่มีเสียงรบกวนและกรณีมีเสียงรบกวน**

โดยในส่วนนี้ทำการทดสอบการสั่งการด้วยเสียงภาษาอังกฤษ เพื่อทดสอบความเข้าใจในภาษาอังกฤษของระบบ Amazon Echo Dot ในการสั่งแต่ละครั้งจะใช้คำสั่งเดียวกันทำการทดสอบกับคน 10 คนในแต่ละคำสั่ง ทั้งหมดจำนวนคนละ 30 ครั้ง โดยการอัดเสียงของผู้ทำการทดสอบ จากนั้นเปิดผ่านลำโพงในห้องทดสอบที่ระยะแตกต่างกัน (0.25,0.50,0.75 และ 1 เมตร) ในสภาพแวดล้อมถูกแบ่งเป็นกรณีห้องปิดที่ไม่มีสัญญาณรบกวน และกรณีห้องปิดที่มีการป้อนเสียงรบกวนที่ความ 50, 500, 1000 และ 2000 Hz ที่ระยะ 0.50 เมตร

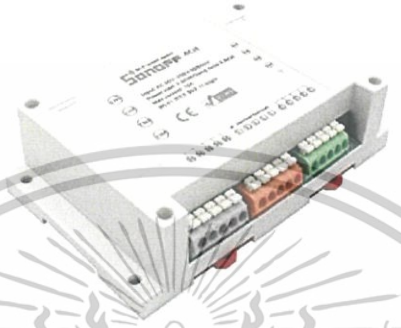
**3.3.2 การทดสอบอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นด้วยเสียงภาษาไทย ทั้งกรณีไม่มีเสียงรบกวนและกรณีมีเสียงรบกวน**

โดยในส่วนนี้ทำการทดสอบการสั่งการด้วยเสียงภาษาไทย เพื่อทดสอบความเข้าใจในภาษาไทยของระบบ Amazon Echo Dot ในการสั่งแต่ละครั้งจะใช้คำสั่งเดียวกัน ทำการทดสอบกับคน 10 คนในแต่ละคำสั่ง ทั้งหมดจำนวนคนละ 30 ครั้ง โดยการอัดเสียงของผู้ทำการทดสอบ จากนั้นเปิดผ่านลำโพงในห้องทดสอบที่ระยะแตกต่างกัน (0.25,0.50,0.75 และ 1 เมตร) ในสภาพแวดล้อมถูกแบ่งเป็นกรณีห้องปิดที่ไม่มีเสียงรบกวน และกรณีห้องปิดที่มีการป้อนเสียงรบกวนที่ความ 50, 500, 1000 และ 2000 Hz ที่ระยะ 0.50 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

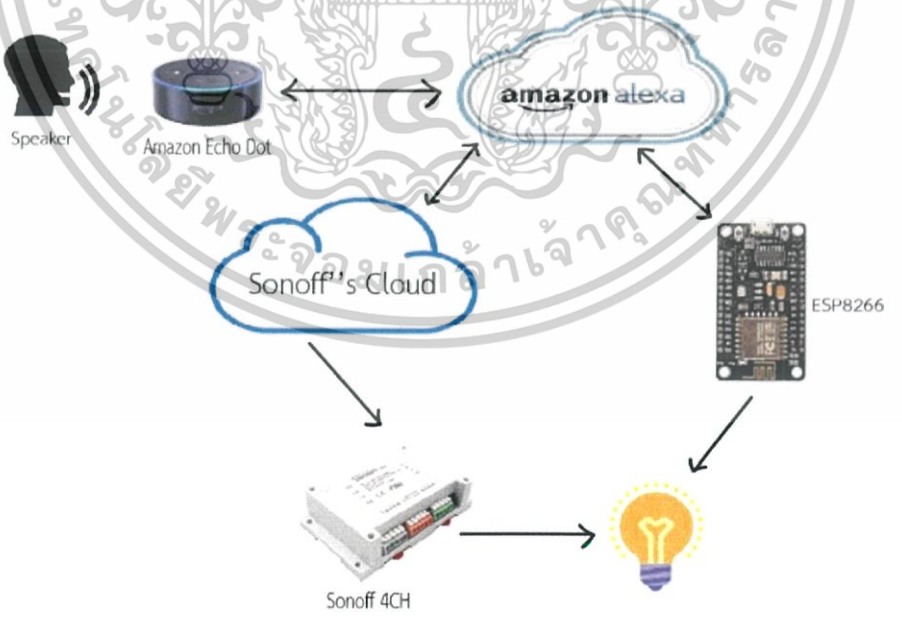
**3.3.3 การทดสอบอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่มีขายในท้องตลาด (Sonoff 4CH) ด้วยเสียงภาษาอังกฤษ และภาษาไทย ทั้งกรณีไม่มีเสียงรบกวนและกรณีมีเสียงรบกวน**

โดยในส่วนนี้อุปกรณ์ที่นำมาเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นนั่นคือ Sonoff 4CH โดย Sonoff 4CH เป็นสวิตซ์ไวไฟไร้สาย 4 chanel โดยใช้โมดูลไวไฟ ESP8285 เป็นตัวเชื่อมต่อสัญญาณไวไฟ สามารถเชื่อมต่อและควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านได้ 4 เครื่องด้วยกัน แสดงดังรูปที่ 3.15 [15]



**รูปที่ 3.15** Sonoff 4CH

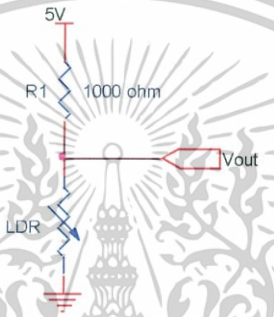
ซึ่งสามารถสั่งเปิดหรือปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแยกกันได้โดยใช้ปุ่มกดหรือควบคุมผ่านแอพ EweLink บน IOS หรือ Android และยังสามารถใช้ Amazon Echo Dot สั่งเปิดหรือปิดได้อีกด้วย แสดงดังรูปที่ 3.16




**รูปที่ 3.16** แผนผังการทำงานของ Sonoff 4CH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการการทดสอบอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับ Sonoff 4CH ด้วยการป้อนคำสั่งเสียงผ่าน Amazon Echo Dot ทำการทดสอบกับคน 2 คน เป็นชาย 1 คน หญิง 1 ทั้งคำสั่งภาษาไทยและอังกฤษในแต่ละคำสั่งทั้งหมดจำนวนคนละ 10 ครั้ง อัดเสียงของผู้ทำการทดสอบ จากนั้นเปิดผ่านลำโพงในห้องทดสอบที่ระยะแตกต่างกัน (0.25,0.50,0.75 และ 1 เมตร) ในสภาพแวดล้อมถูกแบ่งเป็นกรณีห้องปิดที่ไม่มีสัญญาณรบกวน และกรณีห้องปิดที่มีการป้อนเสียงรบกวนที่ความ 50, 500, 1000 และ 2000 Hz ที่ระยะ 0.50 เมตร บันทึกสัญญาณจากออสซิลโลสโคป โดยทำการวัดค่า +Width และ -Width ใช้ CH1 ของออสซิลโลสโคป สังเกตสัญญาณที่ขา CH ของ Solid State Relay และใช้ CH2 ของออสซิลโลสโคป สังเกตสัญญาณที่ $V_{out}$ ของวงจรแบ่งแรงดัน ดังรูปที่ 3.17 ซึ่งวางเซนเซอร์ LDR ไว้บริเวณหลอดไฟซึ่งต่อเข้ากับอุปกรณ์ที่เปรียบเทียบ

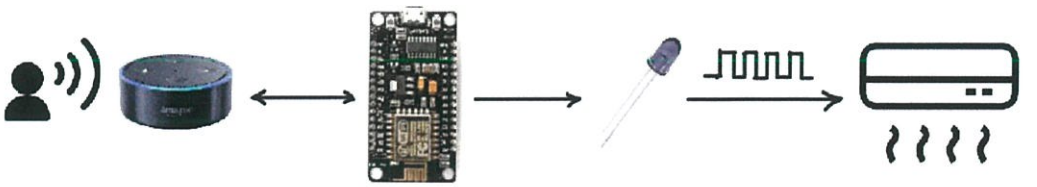



รูปที่ 3.17 วงจรแบ่งแรงดัน

### 3.3.4 การทดสอบการส่งข้อมูลจากแสงอินฟราเรดไปส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

ในการทดสอบนี้เป็นการออกแบบและส่งข้อมูลผ่านแสงอินฟราเรดไปยังตัวรับในเครื่องปรับอากาศโดยใช้คำสั่งเสียงสั่งผ่านตัว Infrared Transmitter ซึ่งทำหน้าที่เหมือนเป็นรีโมทควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ดังรูปที่ 3.18 และศึกษา Protocol ของรีโมทที่ส่งสัญญาณผ่านแสงอินฟราเรด โดยทำการทดสอบควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดย Amazon Echo Dot ผ่านอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น จำนวน 5 คน 10ครั้ง โดยมีคำสั่งดังนี้

turn on air,
turn off air,
turn on air eco mode,
turn on air temp twenty three,
turn on air temp twenty four,
turn on air temp twenty five



รูปที่ 3.18 แผนผังการส่งข้อมูลไปยังเครื่องปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

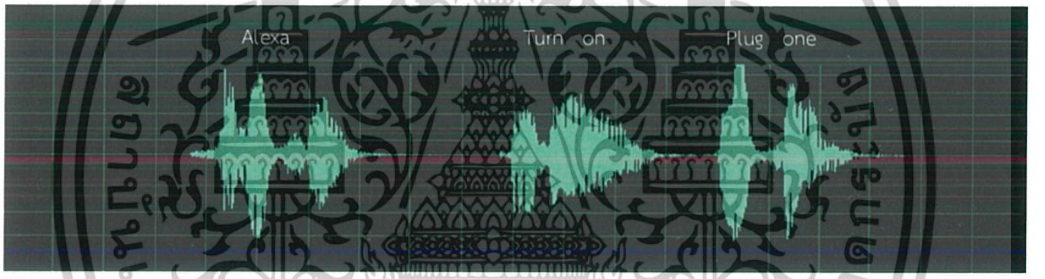
จากการดำเนินงานวิจัย โดยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 4 ส่วน โดยส่วนที่ 1 เป็นการออกแบบระบบการสั่งการด้วยเสียงผ่าน Amazon Echo Dot ส่วนที่ 2 การออกแบบอุปกรณ์และการเชื่อมต่ออุปกรณ์ ส่วนที่ 3 เป็นการทดสอบอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น และส่วนที่ 4 เป็นการทดสอบการส่งข้อมูลจากแสงอินฟราเรดไปส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ได้ผลดังนี้

## 4.1 ผลการออกแบบระบบการสั่งการด้วยเสียงผ่าน Amazon Echo Dot

### 4.1.1 เสียง

จากการเก็บตัวอย่างเสียงทดสอบแต่ละคำสั่งดังหัวข้อที่ 3.1.1 หลังจากนำเสียงเข้าโปรแกรม Adobe Audition เพื่อทำการ Noise Reduction จากนั้นทำการ Normalize เสียง แล้วนั้นทำให้ได้หน้าตาของคลื่นเสียงในแต่ละคำสั่ง เป็นดังนี้

คำสั่งภาษาอังกฤษ รูปที่ 4.1 – 4.5

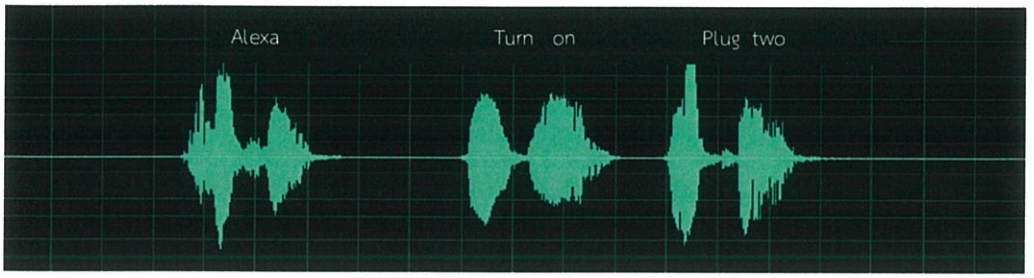



(ก)

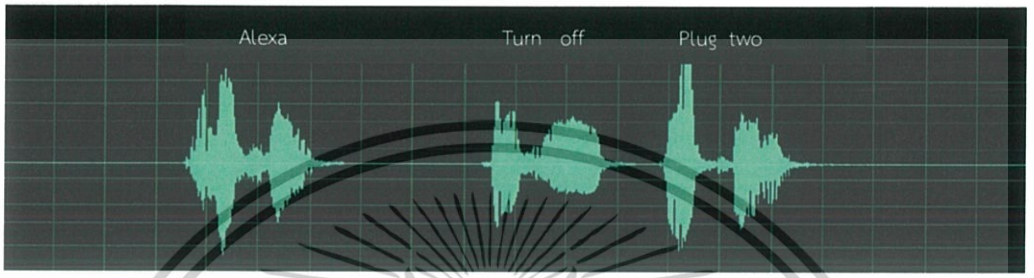
(ข)

**รูปที่ 4.1** คำสั่ง Plug one
**(ก)** Turn on plug one
**(ข)** Turn off plug one

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



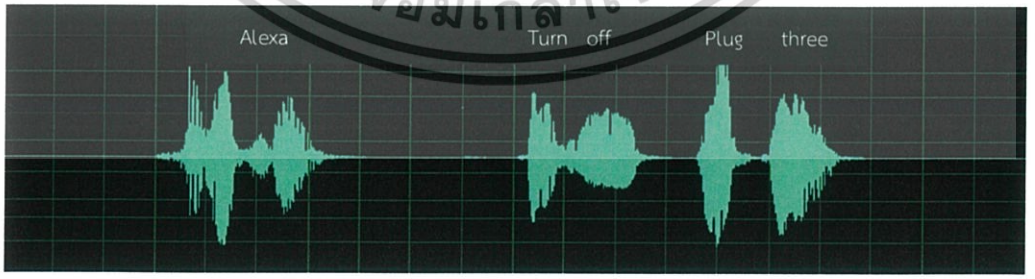

(ก)




(ข)

**รูปที่ 4.2** คำสั่ง Plug two
(ก) Turn on plug two
(ข) Turn off plug two

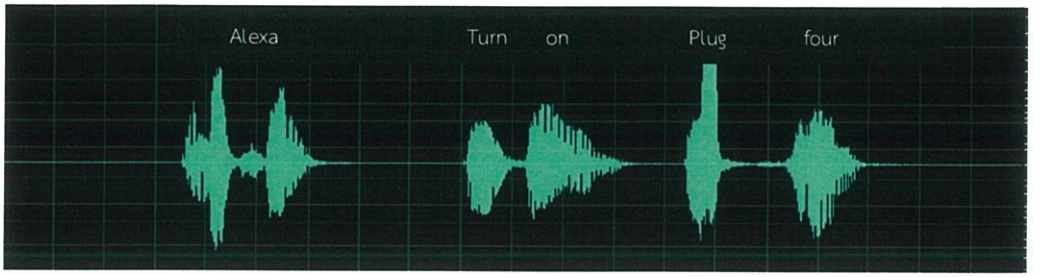
(ก)



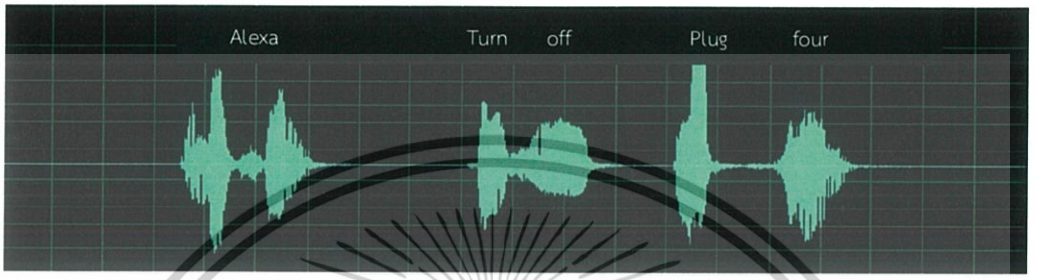

(ข)

**รูปที่ 4.3** คำสั่ง Plug three
(ก) Turn on plug three
(ข) Turn off plug three

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




(ก)




(ข)

**รูปที่ 4.4** คำสั่ง Plug four
(ก) Turn on plug four
(ข) Turn off plug four

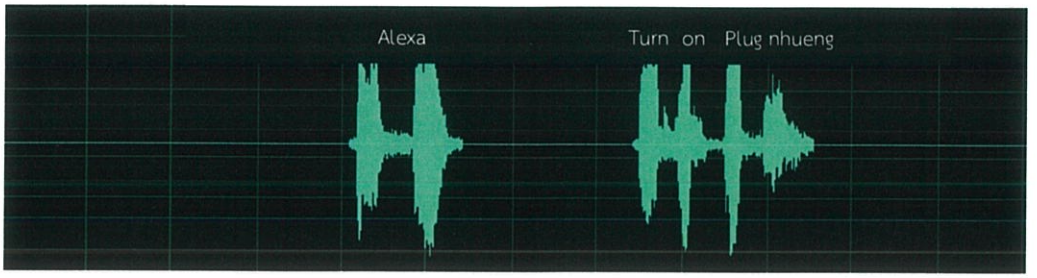
(ก)

(ข)

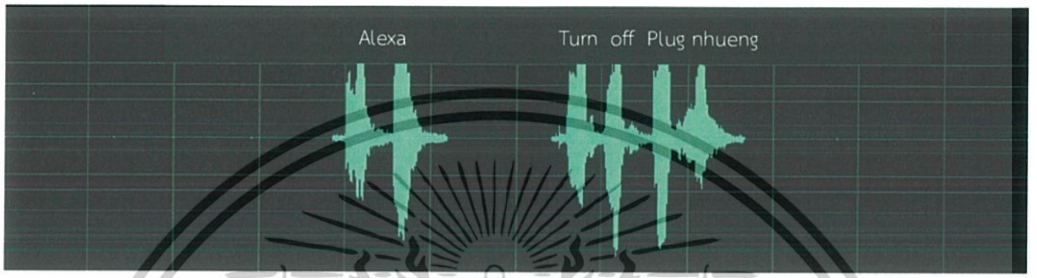
**รูปที่ 4.5** คำสั่ง All devices
(ก) Turn on All devices
(ข) Turn off All devices

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งภาษาไทย รูปที่ 4.6 – 4.10




(ก)




(ข)

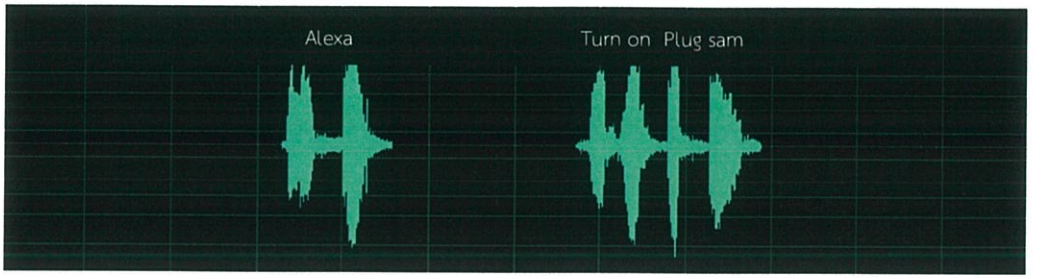
**รูปที่ 4.6** คำสั่ง Plug nhueng
(ก) Turn on Plug nhueng
(ข) Turn off Plug nhueng

(ก)

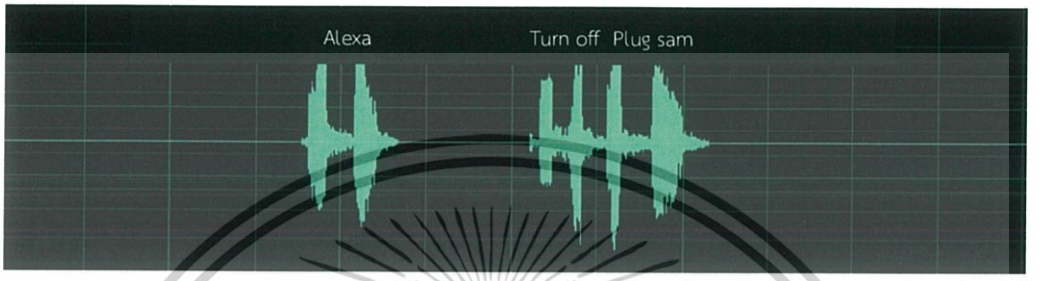
(ก)

**รูปที่ 4.7** คำสั่ง Plug song
(ก) Turn on Plug song
(ข) Turn off Plug song

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

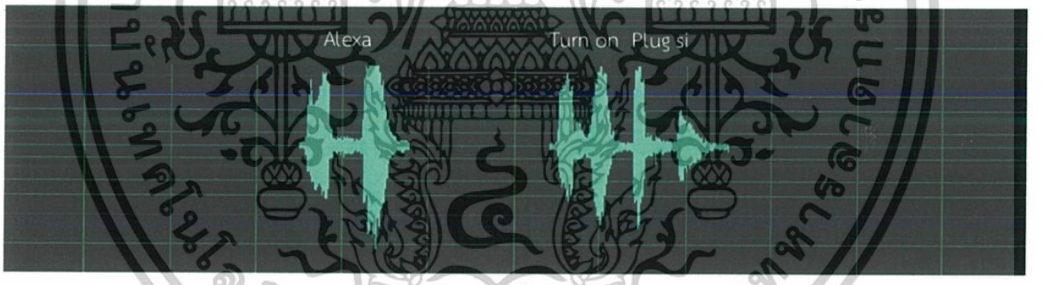



(ก)




(ข)

**รูปที่ 4.8** คำสั่ง Plug sam
(ก) Turn on Plug sam
(ข) Turn off Plug sam

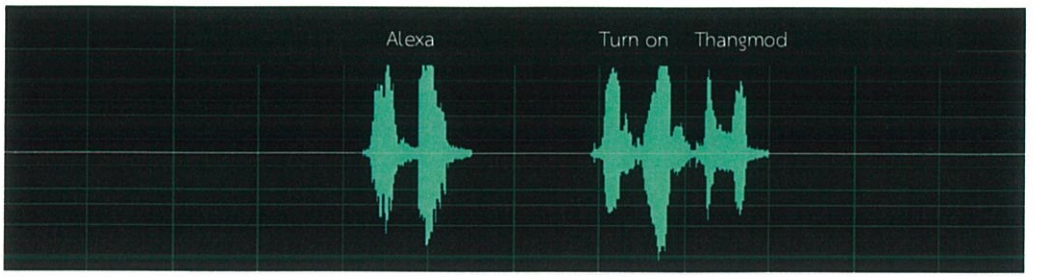



(ก)

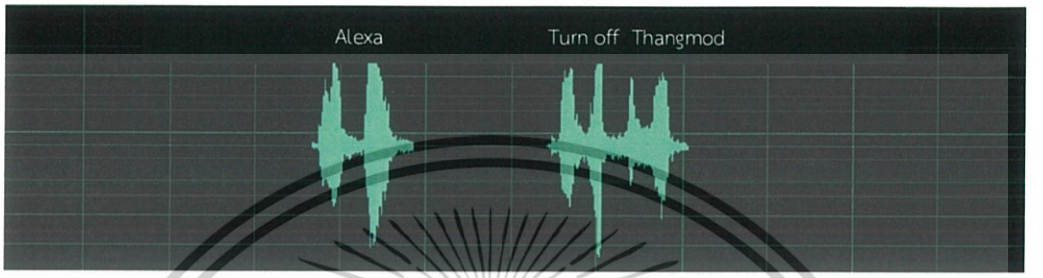
(ข)

**รูปที่ 4.9** คำสั่ง Plug si
(ก) Turn on Plug si
(ข) Turn off Plug si

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




(ก)

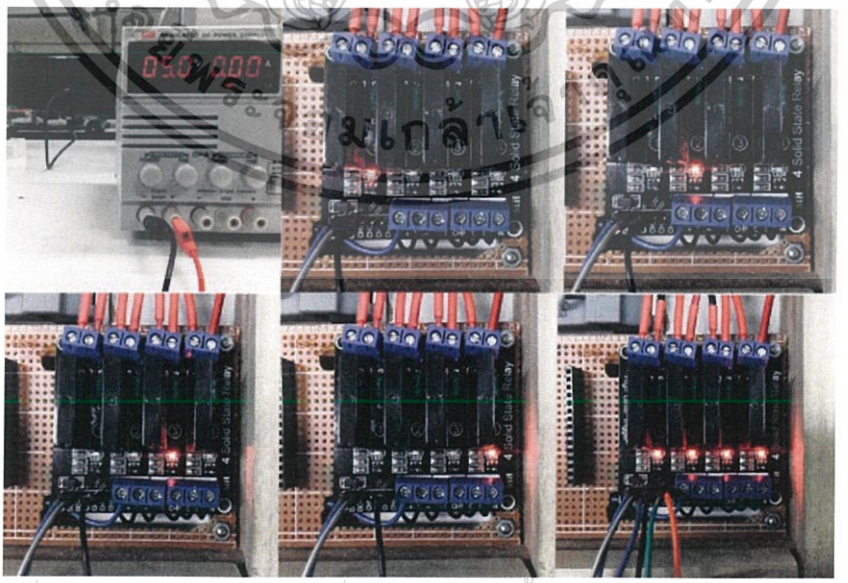



(ข)

รูปที่ 4.10 คำสั่ง Thangmod
(ก) Turn on Thangmod
(ข) Turn off Thangmod

## 4.2 ผลการออกแบบอุปกรณ์และการเชื่อมต่ออุปกรณ์

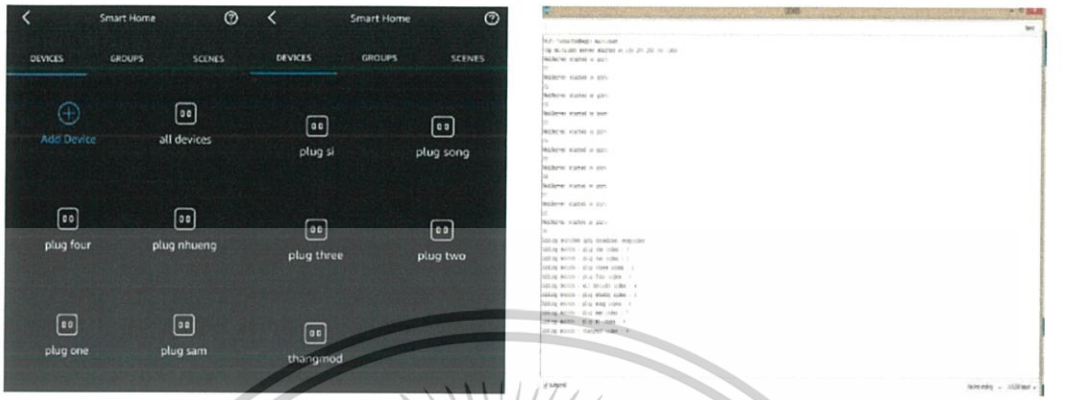
4.2.1 การทดสอบการทำงานของ Solid State Relay โดยการจ่ายไฟเลี้ยง 5 โวลต์ ให้กับ Solid State Relay แล้วจ่ายไฟ 5 โวลต์เข้า CH ต่างๆของ Relay เปรียบเสมือนการสั่งการของ NodeMCU แล้วดูผลการทำงาน แสดงดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 การทดสอบการทำงานของ Solid State Relay

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

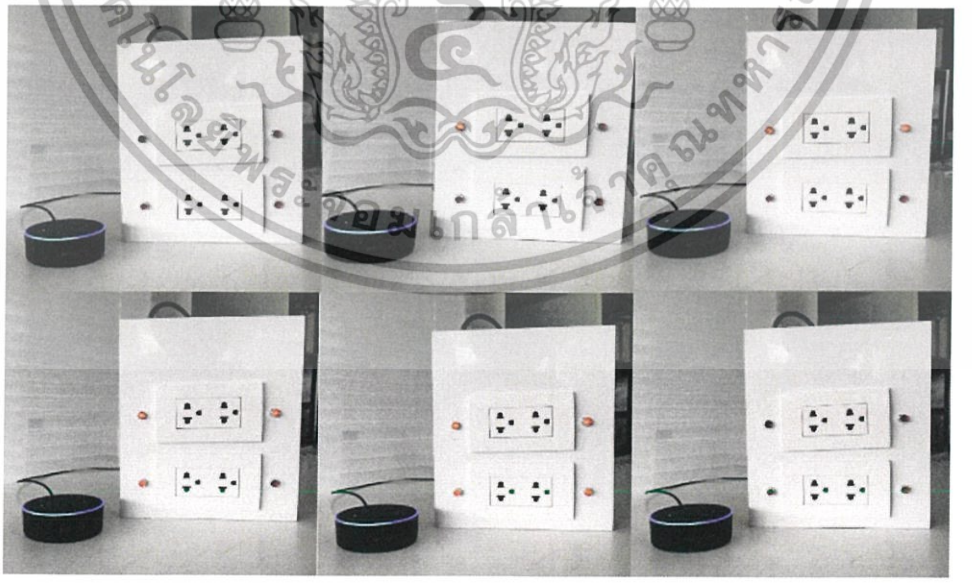
4.2.2 การเชื่อมต่อ Amazon Echo Dot กับ NodeMCU เข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 4.12 พบว่าเมื่อเราทำการ อัพโหลดโค้ดผ่าน NodeMCU แล้วดู Serial Monitor ดังรูปที่ 4.12(ก) แล้วทำการ Discover device ผ่าน Amazon Echo Dot ผลที่ได้เป็นไปดังรูปที่ 4.12(ข)




(ก) (ข)

**รูปที่ 4.12** การเชื่อมต่อระหว่าง Amazon Echo Dot กับ NodeMCU
**(ก)** หน้าต่าง Serial Monitor ของ NodeMCU
**(ข)** หน้าแอพของ Amazon Echo Dot

4.2.3 การทดสอบการทำงานระหว่าง Amazon Echo Dot กับ อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นพบว่าเมื่อทำการป้อนคำสั่งผ่าน Amazon Echo Dot สามารถสั่งการ Solid State Relay ให้ทำงานตามที่สั่งได้ แสดงดังรูปที่ 4.13



**รูปที่ 4.13** การทำงานระหว่าง Amazon Echo Dot กับ อุปกรณ์ที่สร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

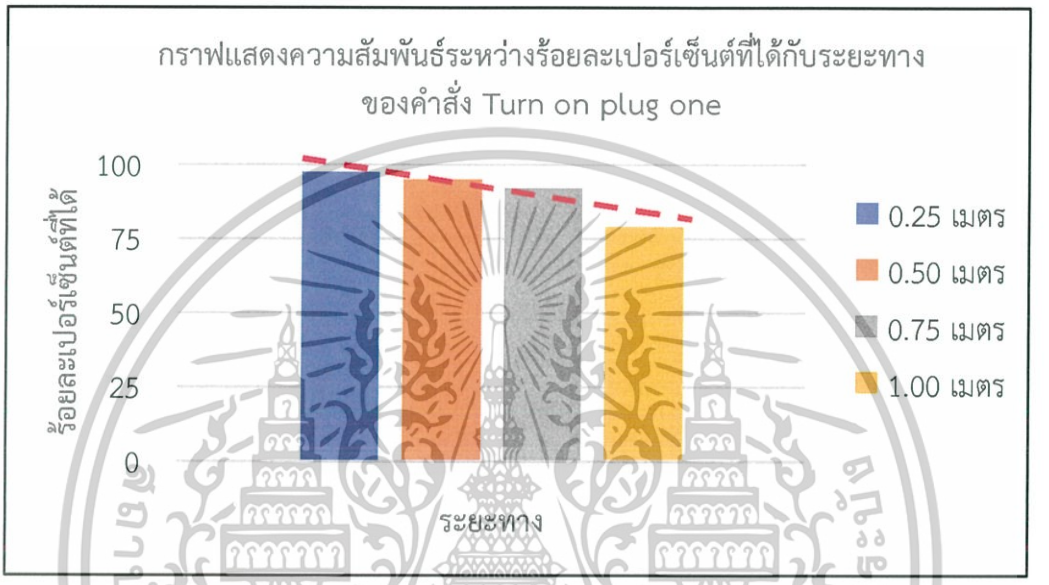
## 4.3 ผลการทดสอบอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น

### 4.3.1 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยเสียงภาษาอังกฤษ

ทำการทดสอบกับคน 10 คนในแต่ละคำสั่ง ทั้งหมดจำนวนคนละ 30 ครั้ง โดยการอัดเสียงของผู้ทำการทดสอบจากนั้นเปิดผ่านลำโพงในห้องทดสอบ พบว่า

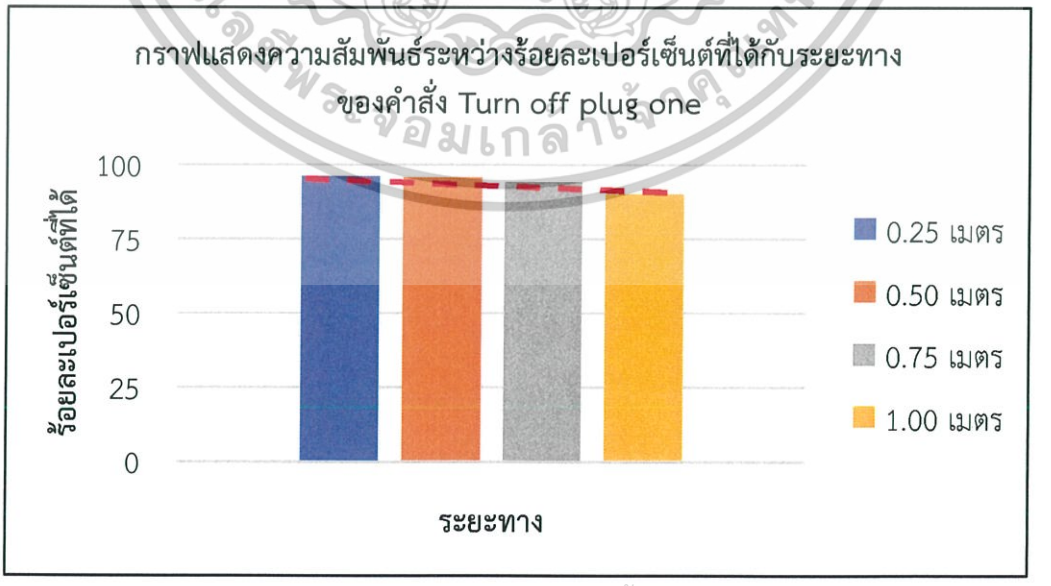
4.3.1.1 กรณีไม่มีเสียงรบกวน

คำสั่ง Turn on plug one ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน




**รูปที่ 4.14** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug one ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

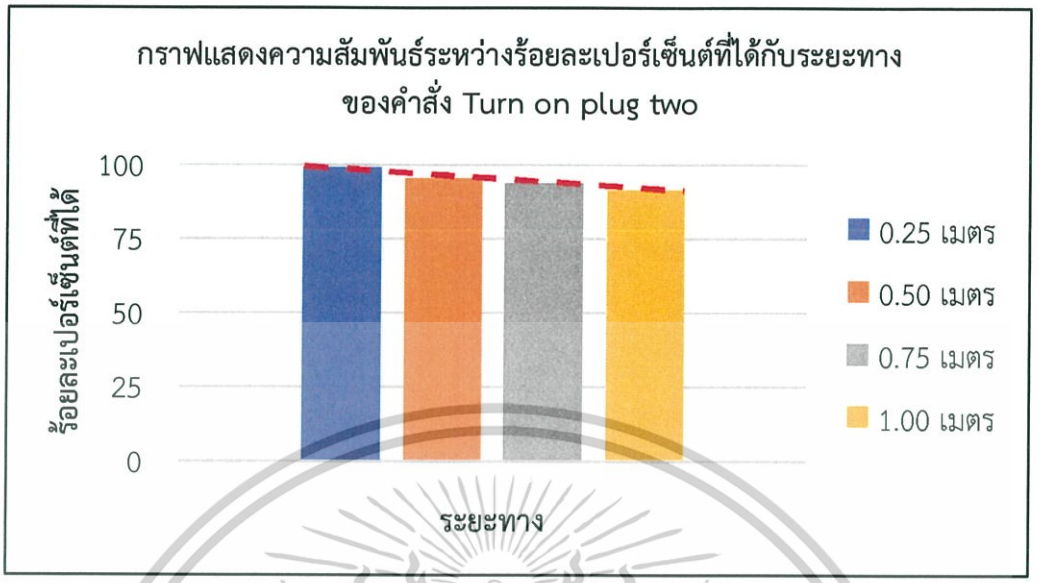
คำสั่ง Turn off plug one ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน




**รูปที่ 4.15** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug one ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

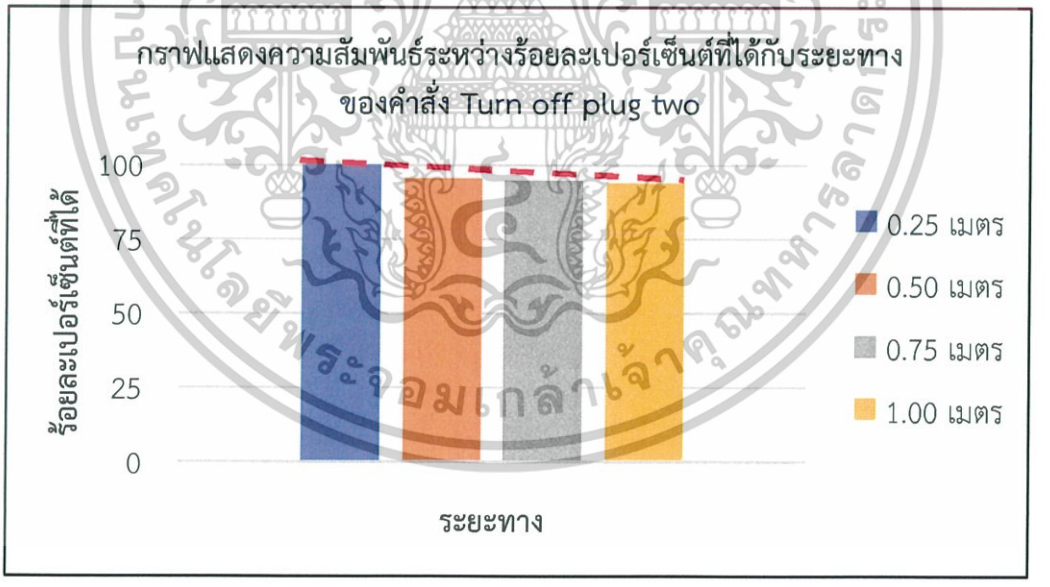
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง Turn on plug two ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน




**รูปที่ 4.16** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug two ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

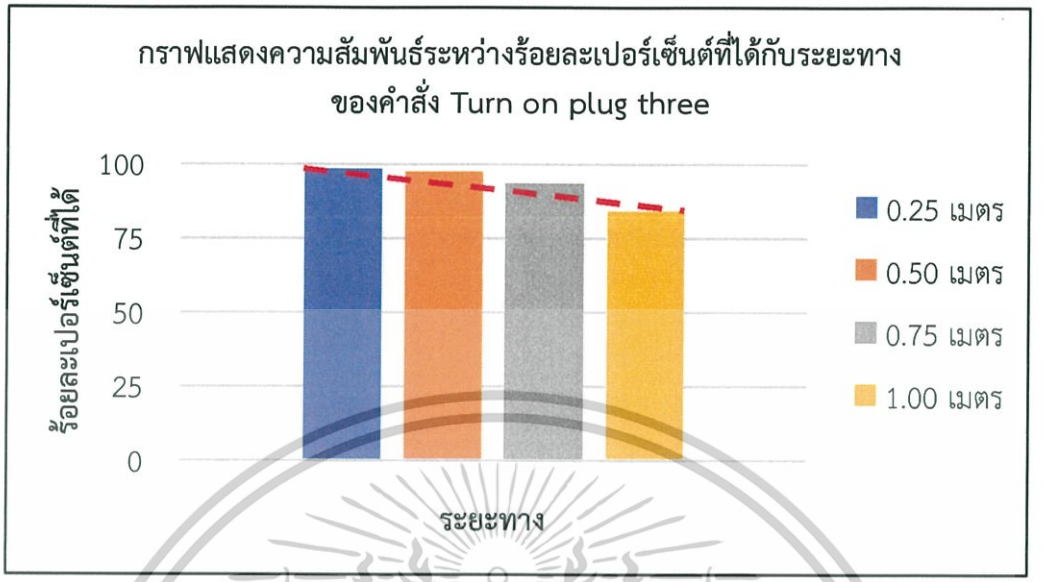
คำสั่ง Turn off plug two ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน




**รูปที่ 4.17** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug two ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

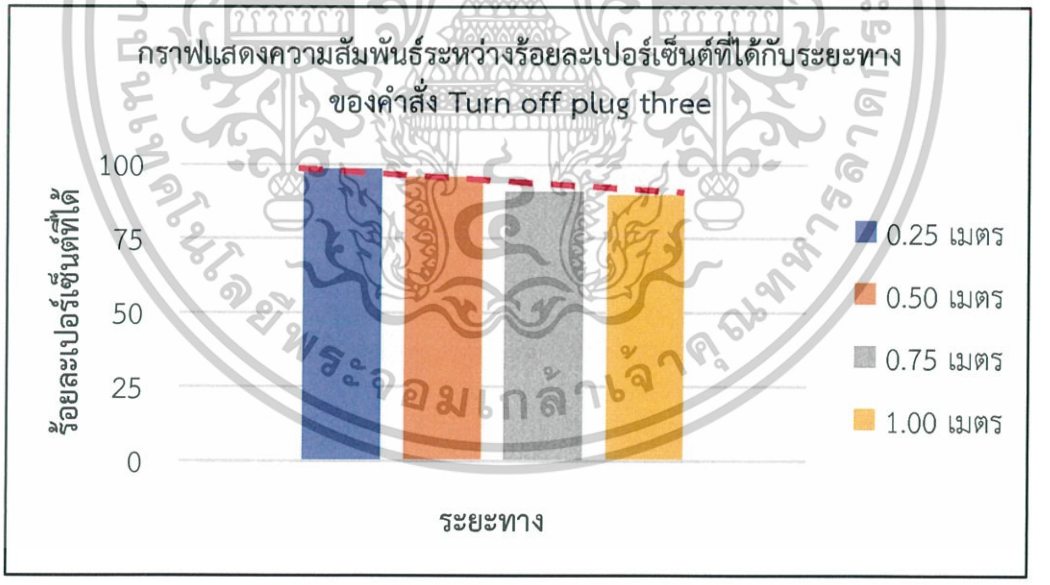
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง Turn on plug three ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน




**รูปที่ 4.18** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug three ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

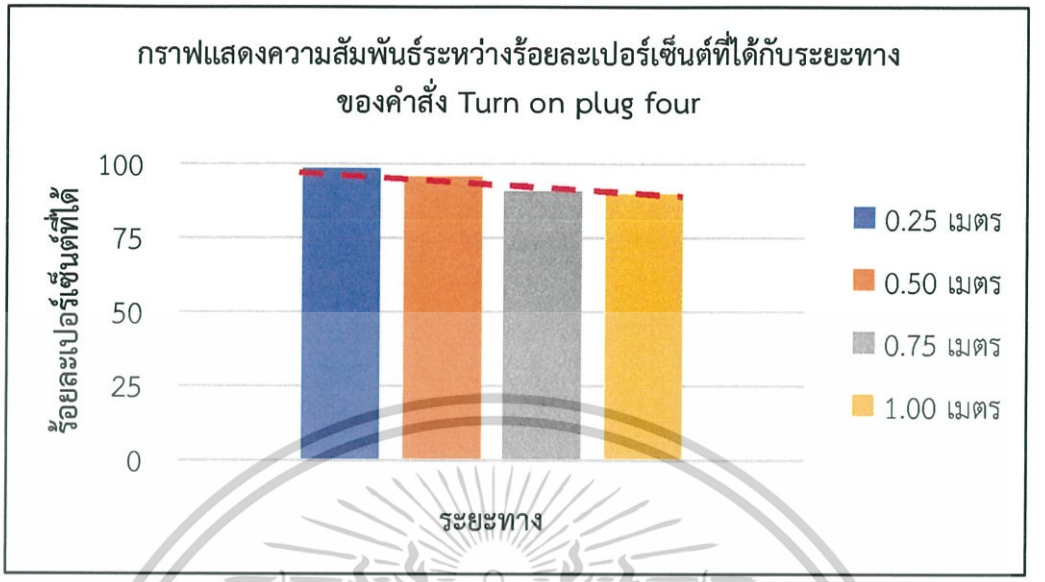
คำสั่ง Turn off plug three ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน




**รูปที่ 4.19** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug three ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

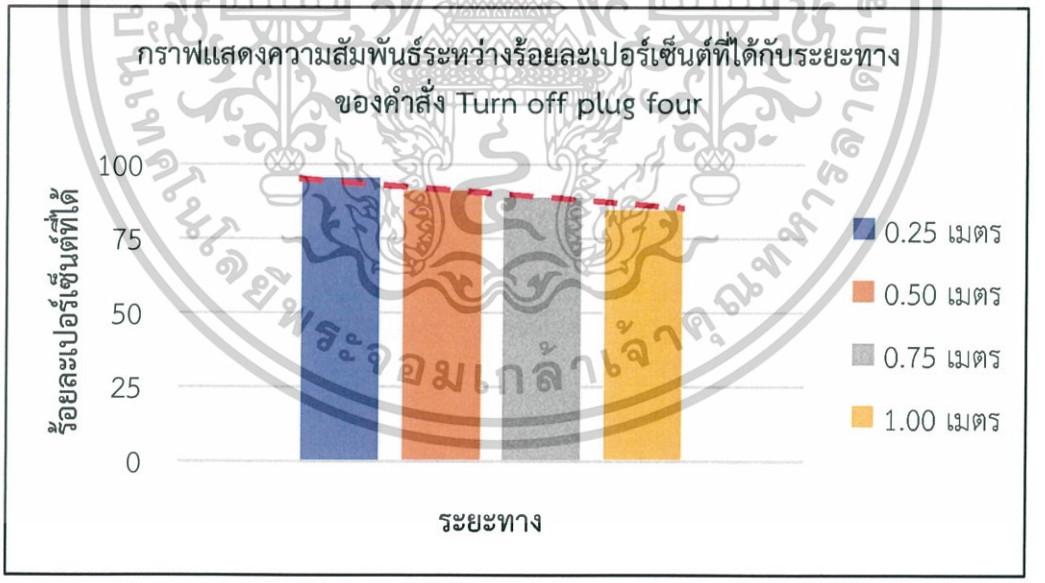
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง Turn on plug four ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน




**รูปที่ 4.20** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug four ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

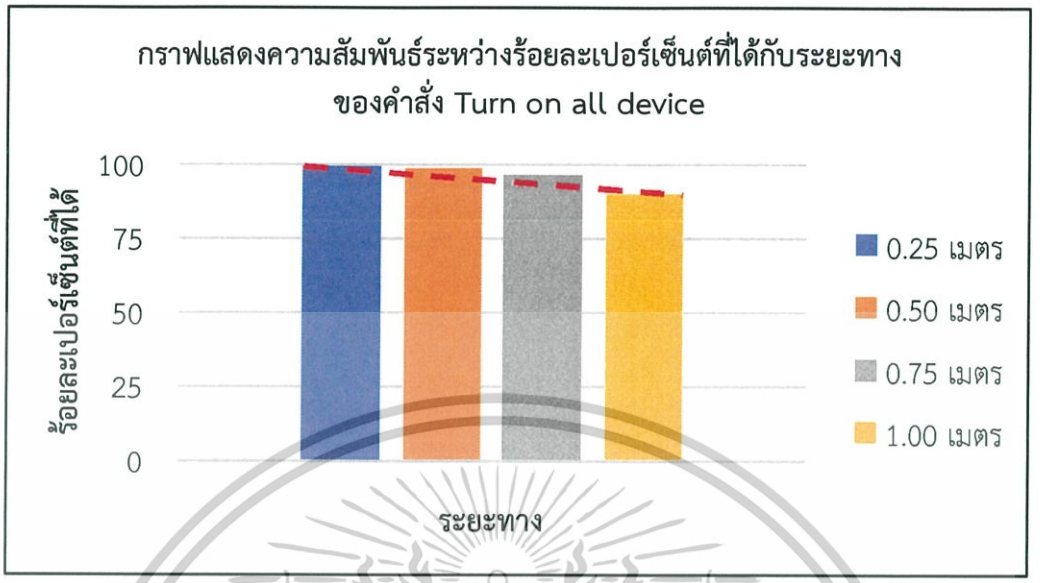
คำสั่ง Turn off plug four ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน




**รูปที่ 4.21** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug four ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง Turn on all devices ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน



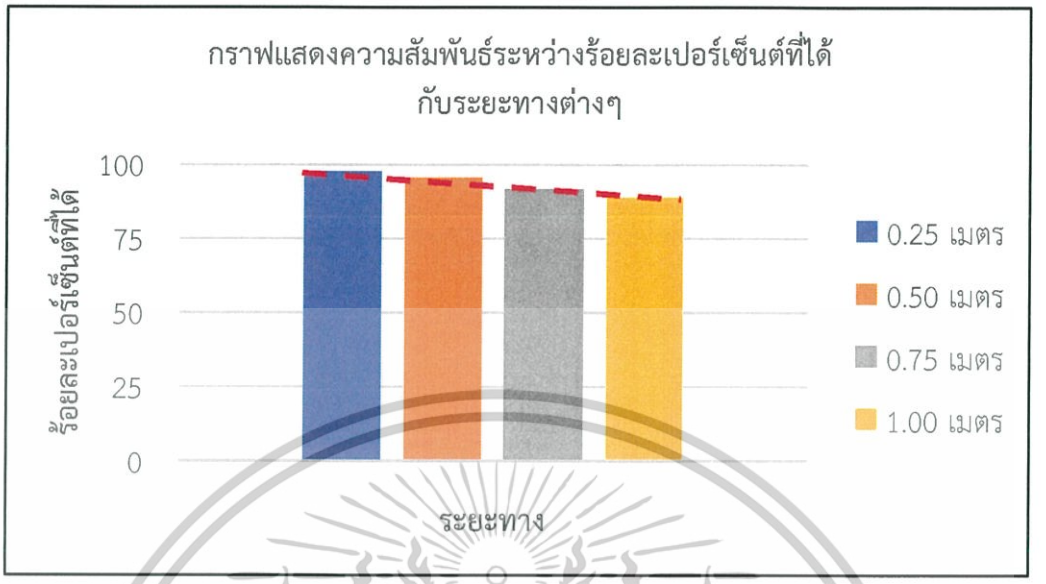

**รูปที่ 4.22** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on all devices ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

คำสั่ง Turn off all devices ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

**รูปที่ 4.23** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off all devices ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปรวมคำสั่งภาษาอังกฤษ ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

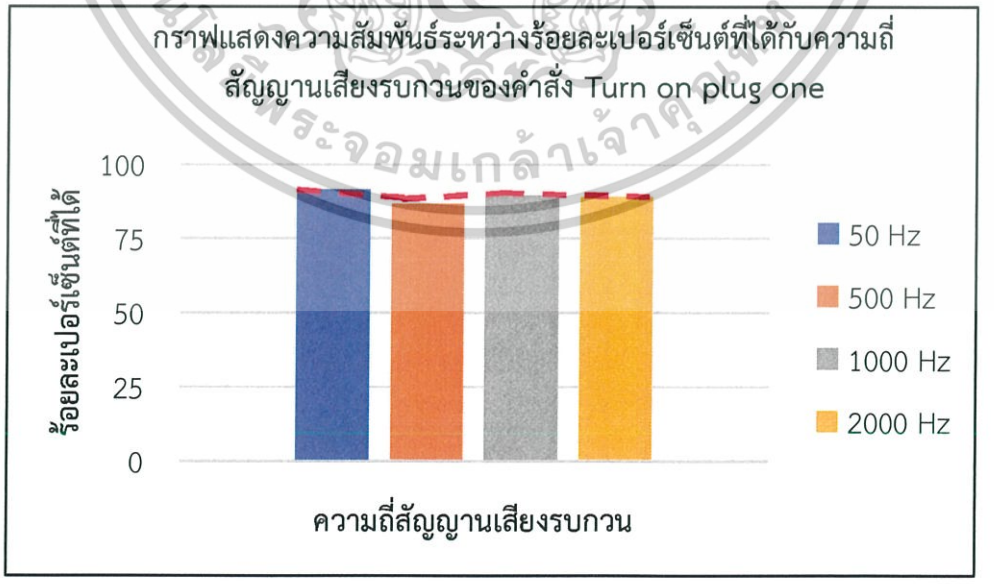



**รูปที่ 4.24** สรุปรวมคำสั่งภาษาอังกฤษ ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

จากรูปที่ 4.14 – 4.24 พบว่า ในทุกคำสั่งภาษาอังกฤษมีประสิทธิภาพการทำงานได้ดีที่สุดคือ ระยะ 0.25 เมตร รองลงมาคือ 0.50, 0.75 และ 1 เมตร ตามลำดับ

4.3.1.2 กรณีมีเสียงรบกวน ที่ระยะ 0.50 เมตร

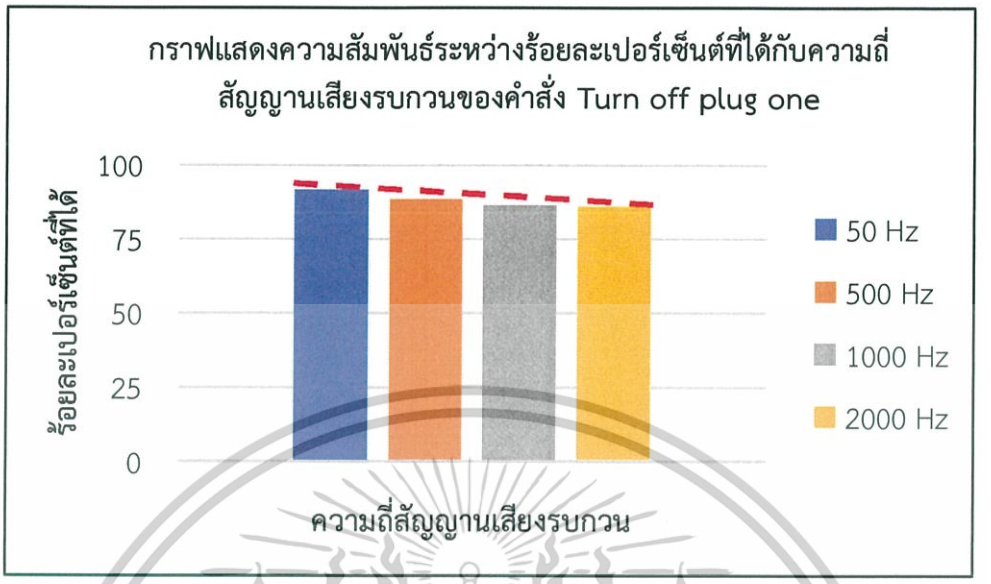
คำสั่ง Turn on plug one ในกรณีมีเสียงรบกวน




**รูปที่ 4.25** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug one ในกรณีมีเสียงรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง Turn off plug one ในกรณีมีเสียงรบกวน



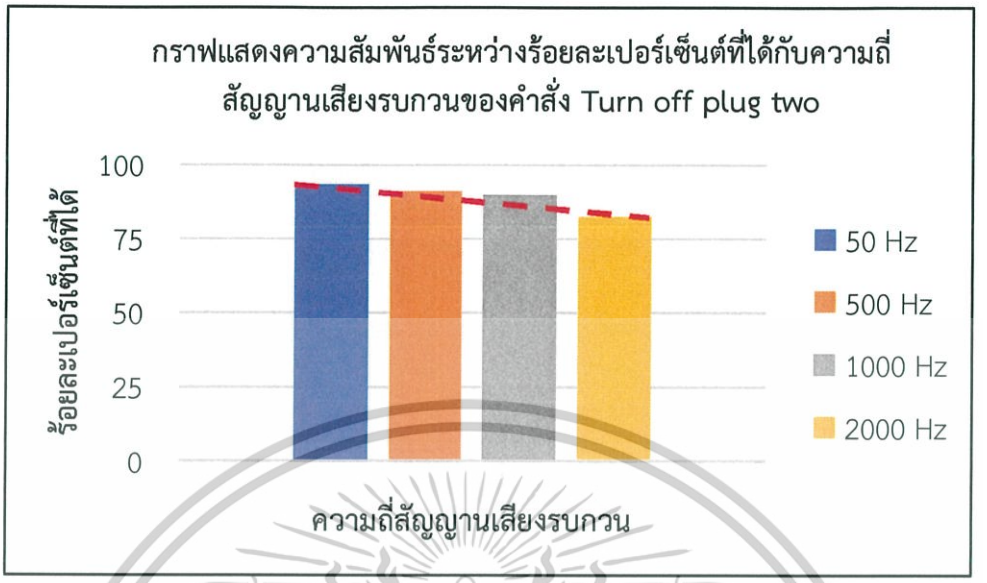

**รูปที่ 4.26** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug one ในกรณีมีเสียงรบกวน

คำสั่ง Turn on plug two ในกรณีมีเสียงรบกวน

**รูปที่ 4.27** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug two ในกรณีมีเสียงรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง Turn off plug two ในกรณีมีเสียงรบกวน



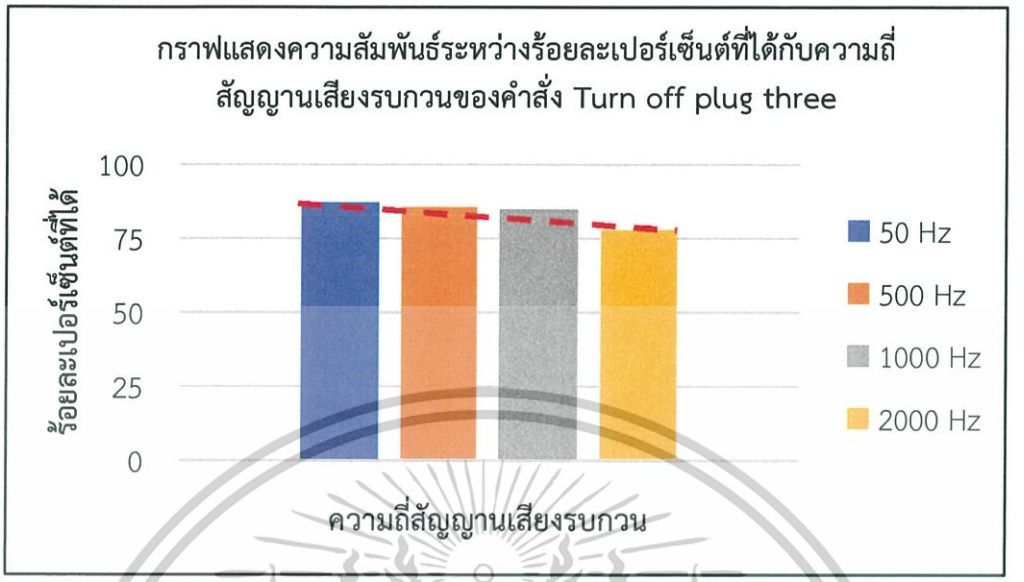

**รูปที่ 4.28** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug two ในกรณีมีเสียงรบกวน

คำสั่ง Turn on plug three ในกรณีมีเสียงรบกวน

**รูปที่ 4.29** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug three ในกรณีมีเสียงรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง Turn off plug three ในกรณีมีเสียงรบกวน



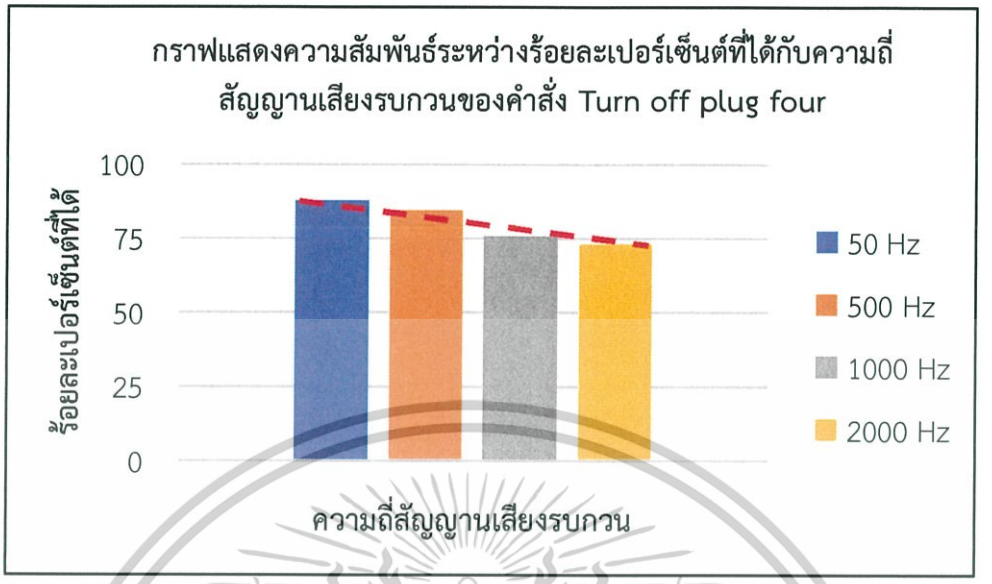

**รูปที่ 4.30** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug three ในกรณีมีเสียงรบกวน

คำสั่ง Turn on plug four ในกรณีมีเสียงรบกวน

**รูปที่ 4.31** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug four ในกรณีมีเสียงรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง Turn off plug four ในกรณีมีเสียงรบกวน



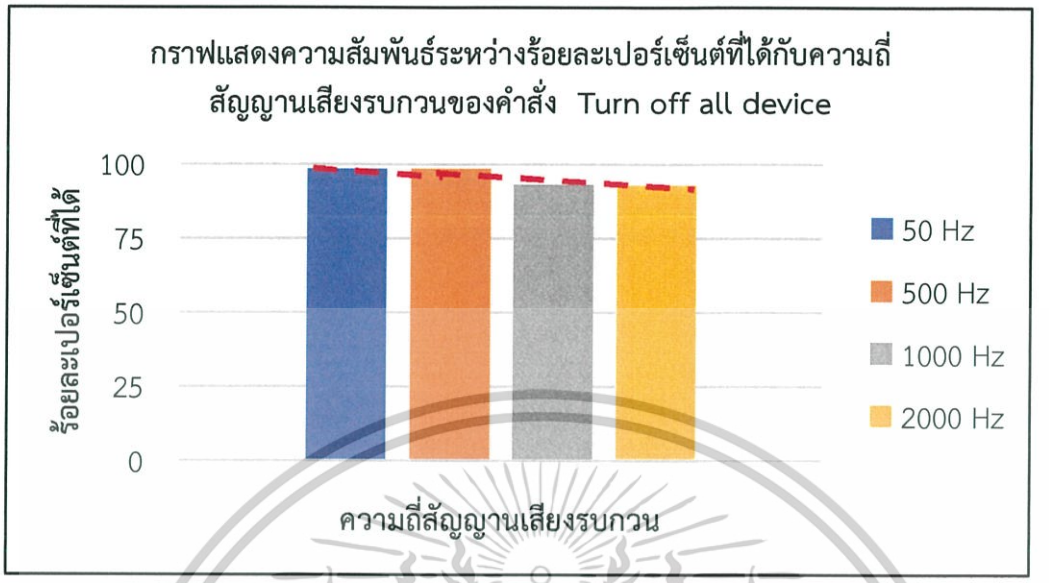

**รูปที่ 4.32** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug four ในกรณีมีเสียงรบกวน

คำสั่ง Turn on all devices ในกรณีมีเสียงรบกวน

**รูปที่ 4.33** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on all devices ในกรณีมีเสียงรบกวน

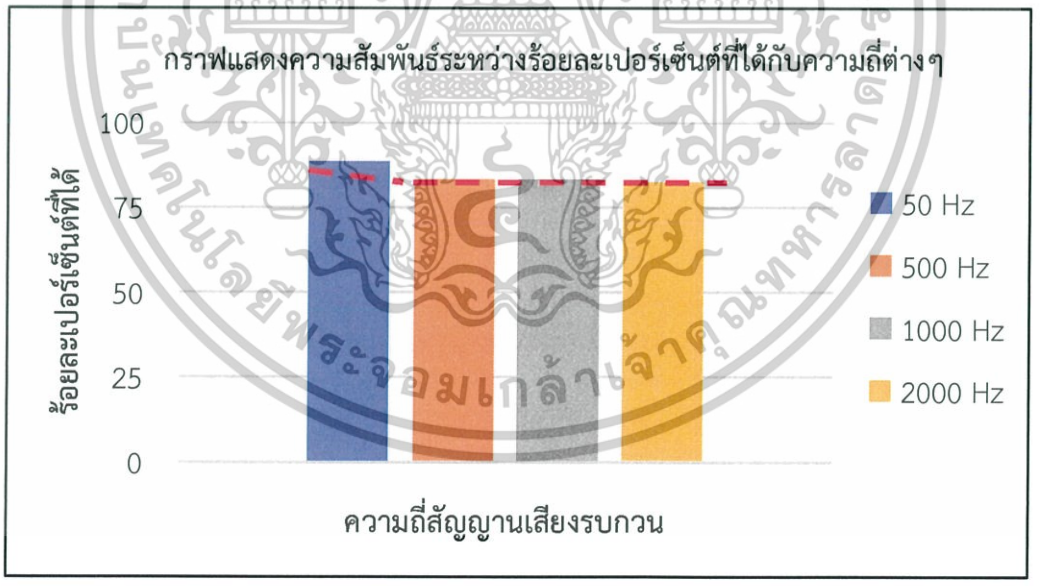
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง Turn off all devices ในกรณีมีเสียงรบกวน




**รูปที่ 4.34** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off all devices ในกรณีมีเสียงรบกวน

สรุปรวมคำสั่งภาษาอังกฤษ ในกรณีมีเสียงรบกวน




**รูปที่ 4.35** สรุปรวมคำสั่งภาษาอังกฤษ ในกรณีมีเสียงรบกวน

จากรูปที่ 4.25 – 4.35 พบว่า เสียงรบกวนที่ส่งผลกระทบกับการทำงานของ Amazon Echo Dot น้อยที่สุดคือ 50 เฮิร์ต รองลงมาคือ 500, 1,000 และ 2,000 เฮิร์ต ตามลำดับ

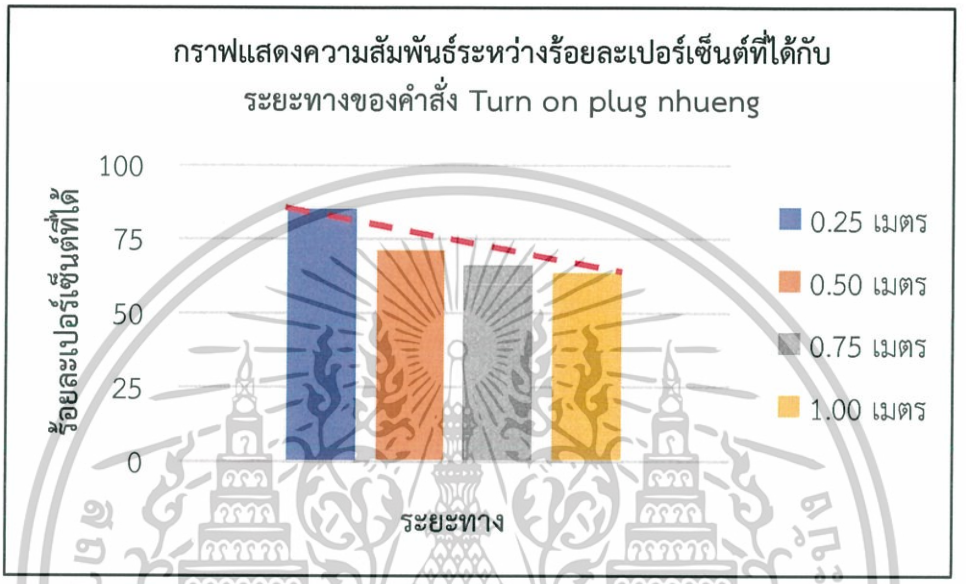
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.2 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยเสียงภาษาไทย

ทำการทดสอบกับคน 10 คนในแต่ละคำสั่ง ทั้งหมดจำนวนคนละ 30 ครั้ง โดยการอัดเสียงของผู้ทำการทดสอบจากนั้นเปิดผ่านลำโพงในห้องทดสอบ พบว่า

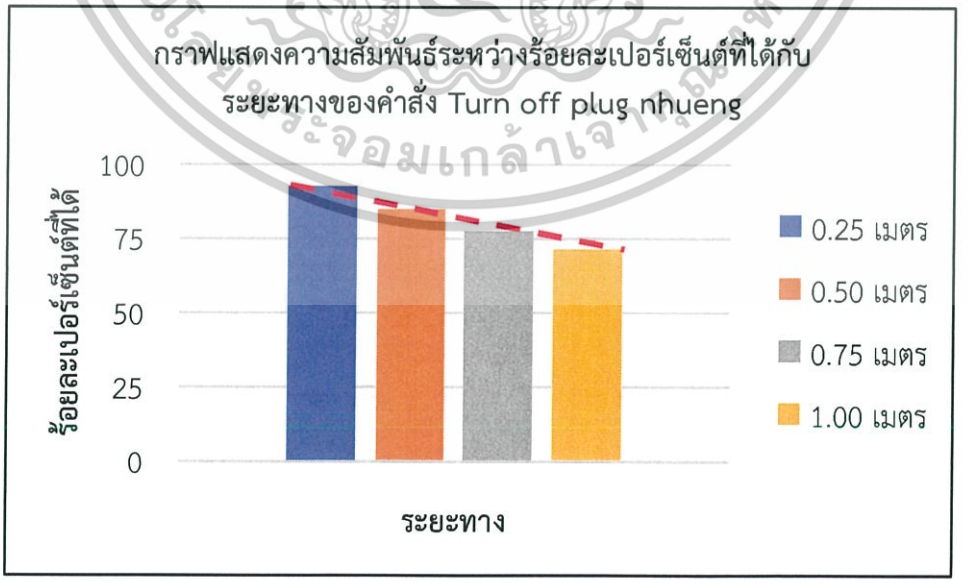
4.3.2.1 กรณีไม่มีเสียงรบกวน

คำสั่ง Turn on plug nhueng ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน




**รูปที่ 4.36** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug nhueng ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

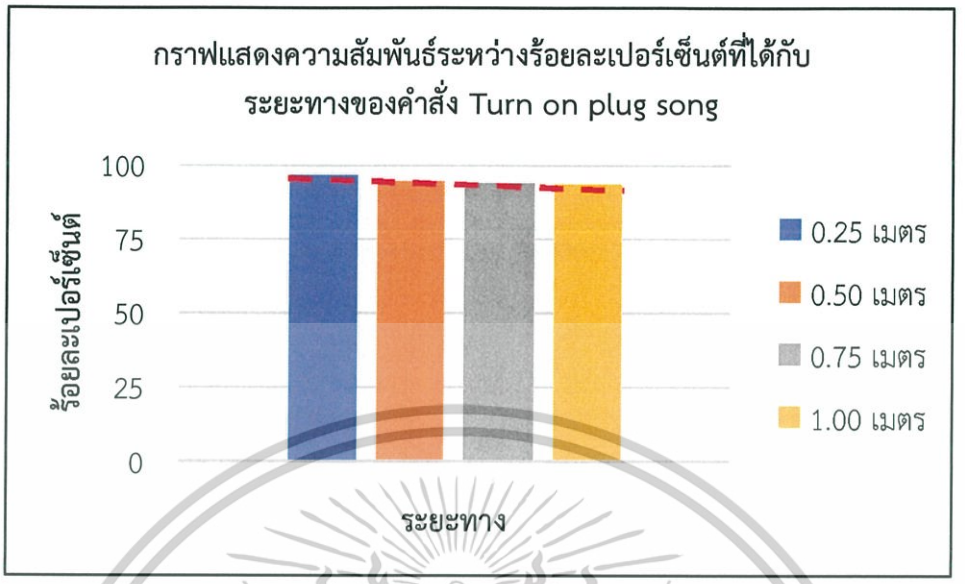
คำสั่ง Turn off plug nhueng ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน




**รูปที่ 4.37** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug nhueng ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

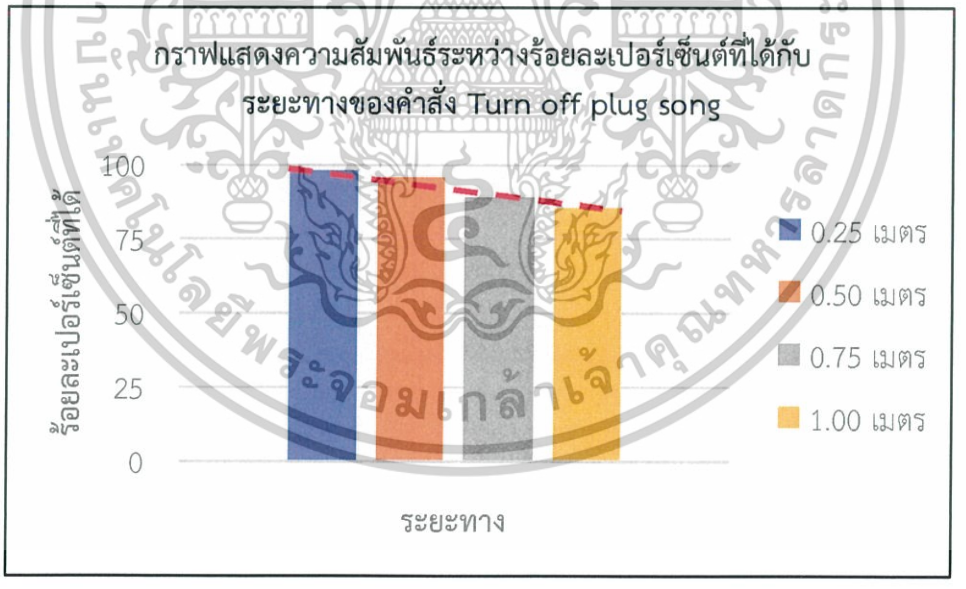
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง Turn on plug song ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน




**รูปที่ 4.38** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug song ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

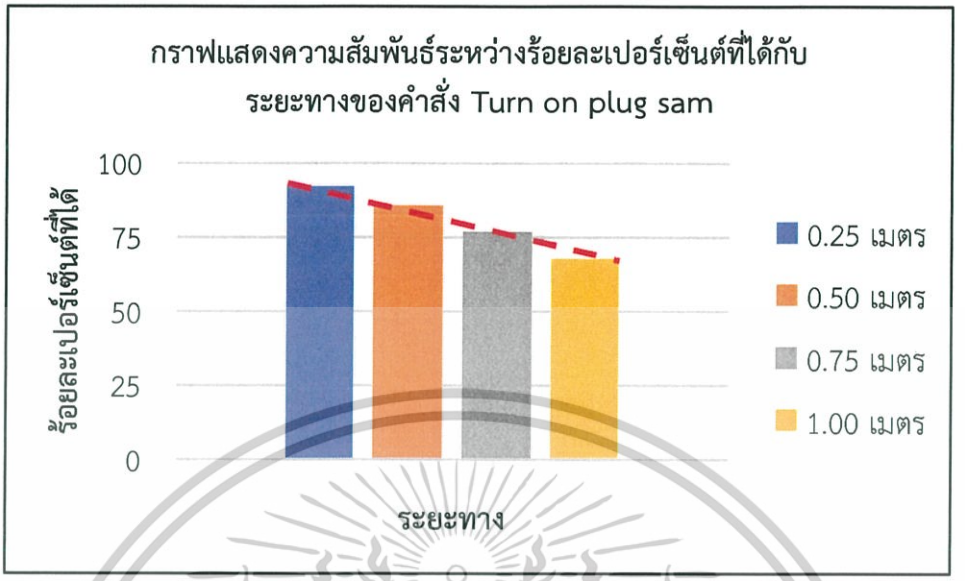
คำสั่ง Turn off plug song ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน




**รูปที่ 4.39** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug song ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

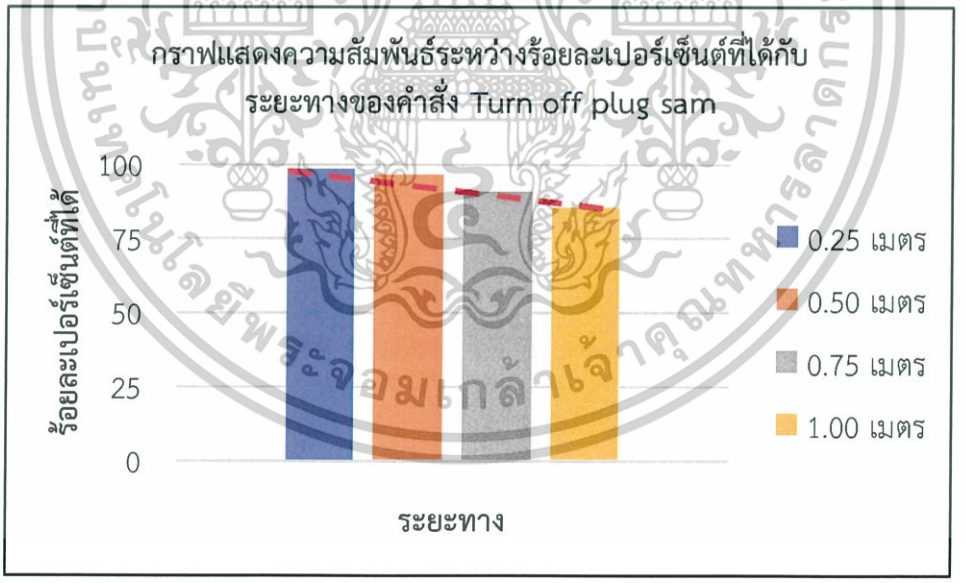
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง Turn on plug sam ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน




**รูปที่ 4.40** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug sam ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

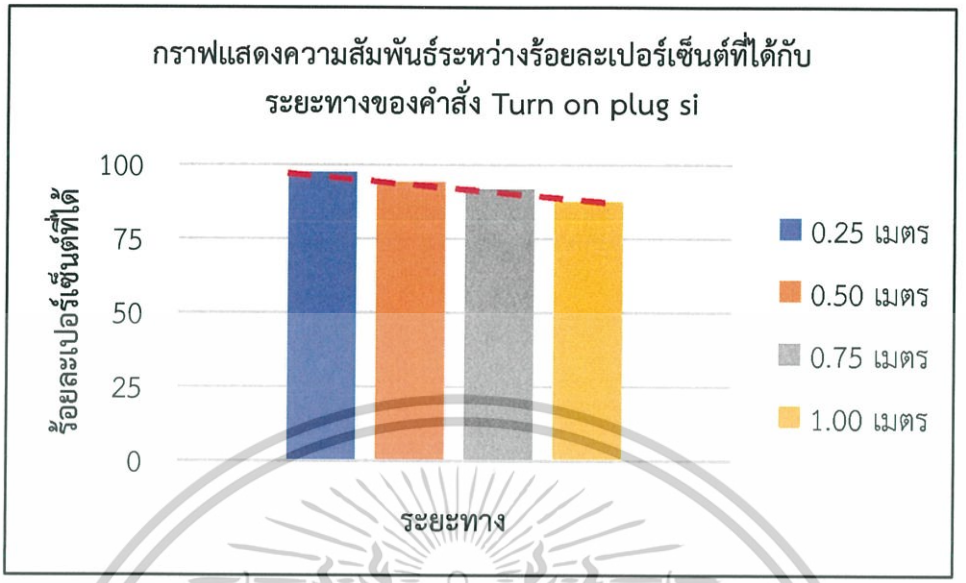
คำสั่ง Turn off plug sam ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน




**รูปที่ 4.41** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug sam ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง Turn on plug si ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน



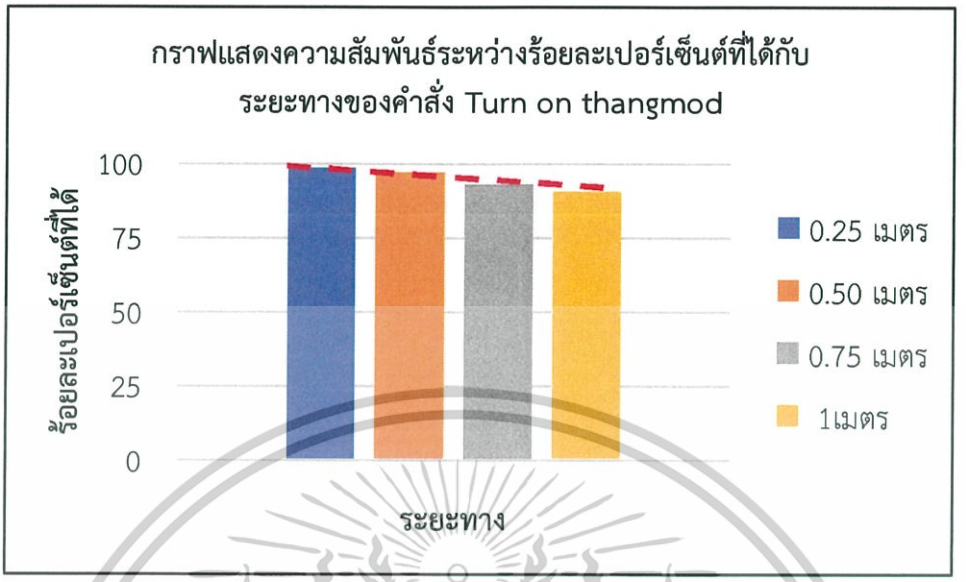

**รูปที่ 4.42** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug si ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

คำสั่ง Turn off plug si ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

**รูปที่ 4.43** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug si ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง Turn on thangmod ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน



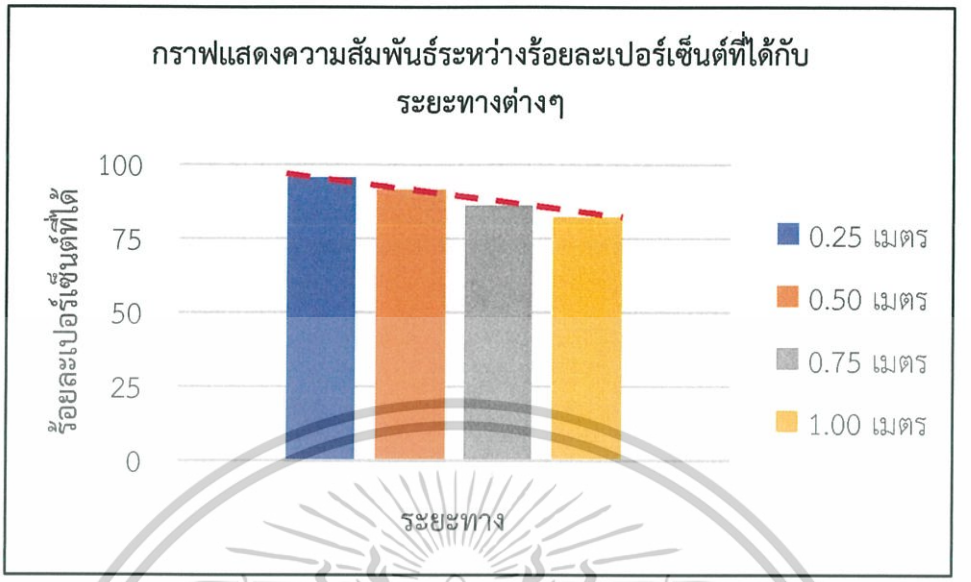

**รูปที่ 4.44** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on thangmod ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

คำสั่ง Turn off thangmod ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

**รูปที่ 4.45** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off thangmod ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปรวมคำสั่งไทย ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

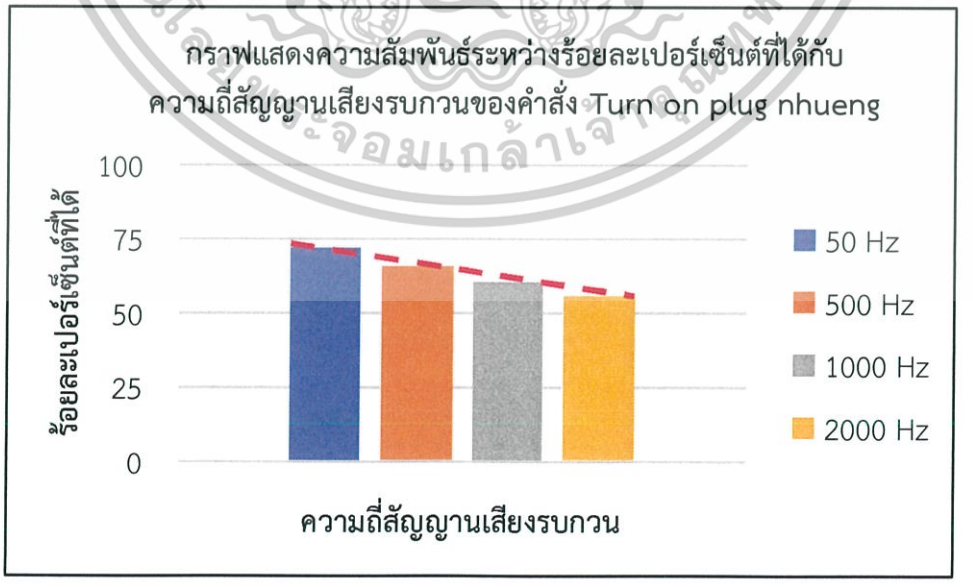



**รูปที่ 4.46** สรุปรวมคำสั่งภาษาไทย ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

จากรูปที่ 4.36 – 4.46 พบว่า ในทุกคำสั่งภาษาไทยมีประสิทธิภาพการทำงานได้ดีที่สุดคือระยะ 0.25 เมตร รองลงมาคือ 0.50, 0.75 และ 1 เมตร ตามลำดับ

4.3.2.2 กรณีมีเสียงรบกวน

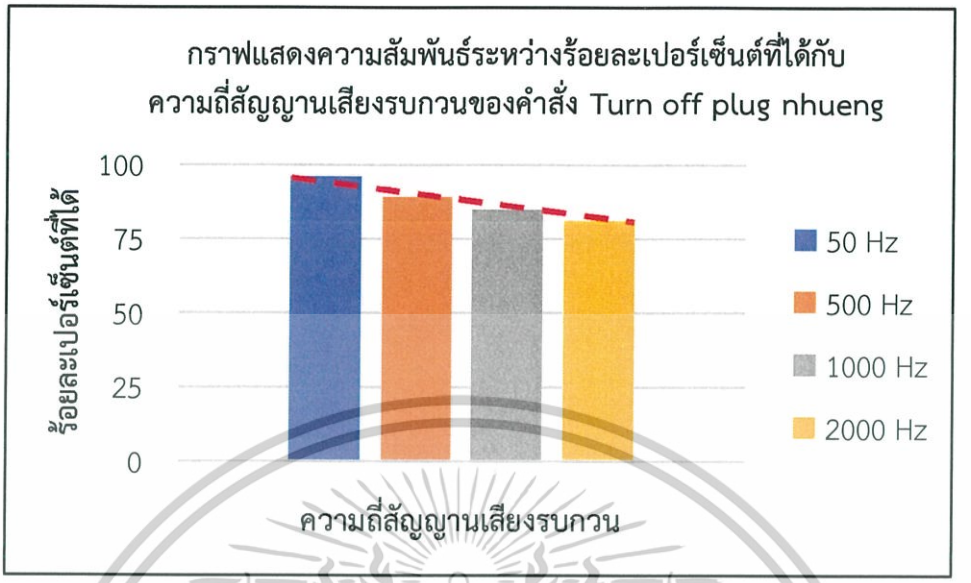
คำสั่ง Turn on plug nhueng ในกรณีมีเสียงรบกวน




**รูปที่ 4.47** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug nhueng ในกรณีมีเสียงรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง Turn off plug nhueng ในกรณีมีเสียงรบกวน



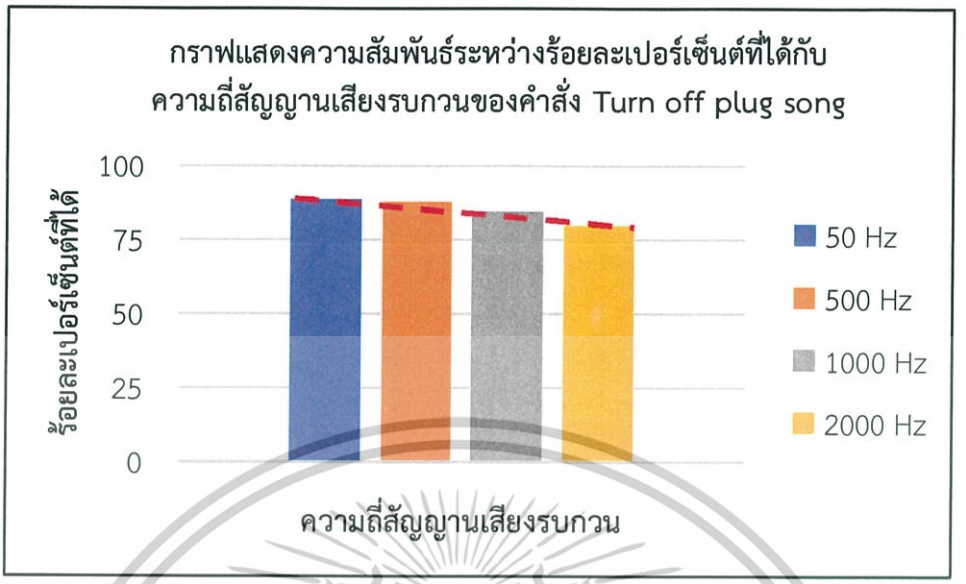

**รูปที่ 4.48** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug nhueng ในกรณีมีเสียงรบกวน

คำสั่ง Turn on plug song ในกรณีมีเสียงรบกวน

**รูปที่ 4.49** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug song ในกรณีมีเสียงรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง Turn off plug song ในกรณีมีเสียงรบกวน



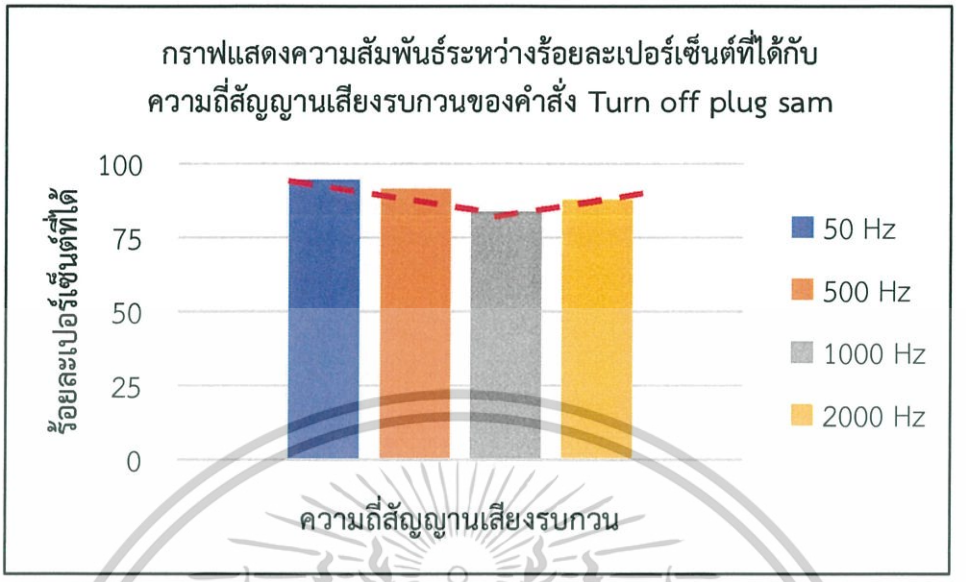

**รูปที่ 4.50** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug song ในกรณีมีเสียงรบกวน

คำสั่ง Turn on plug sam ในกรณีมีเสียงรบกวน

**รูปที่ 4.51** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug sam ในกรณีมีเสียงรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง Turn off plug sam ในกรณีมีเสียงรบกวน



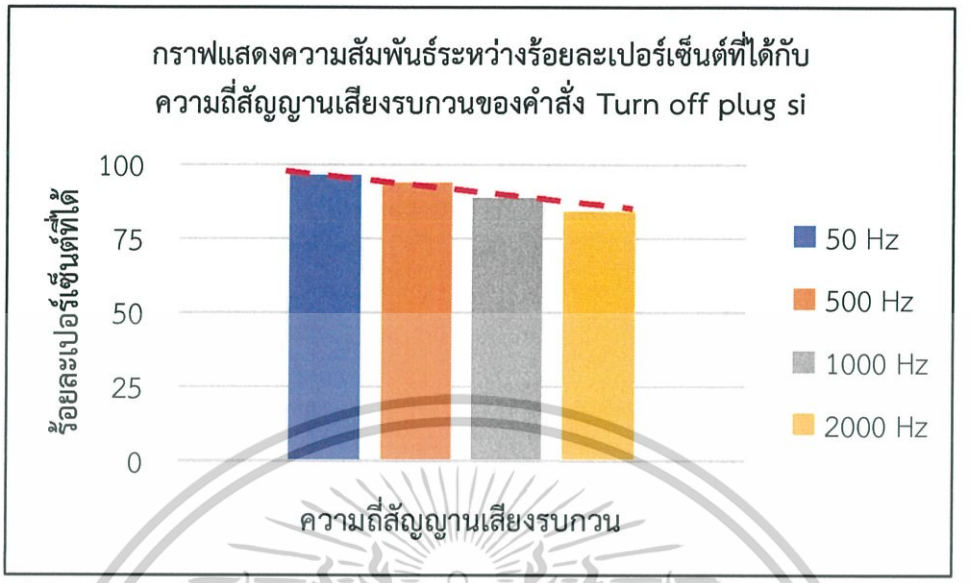

**รูปที่ 4.52** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug sam ในกรณีมีเสียงรบกวน

คำสั่ง Turn on plug si ในกรณีมีเสียงรบกวน

**รูปที่ 4.53** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on plug si ในกรณีมีเสียงรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง Turn off plug si ในกรณีมีเสียงรบกวน



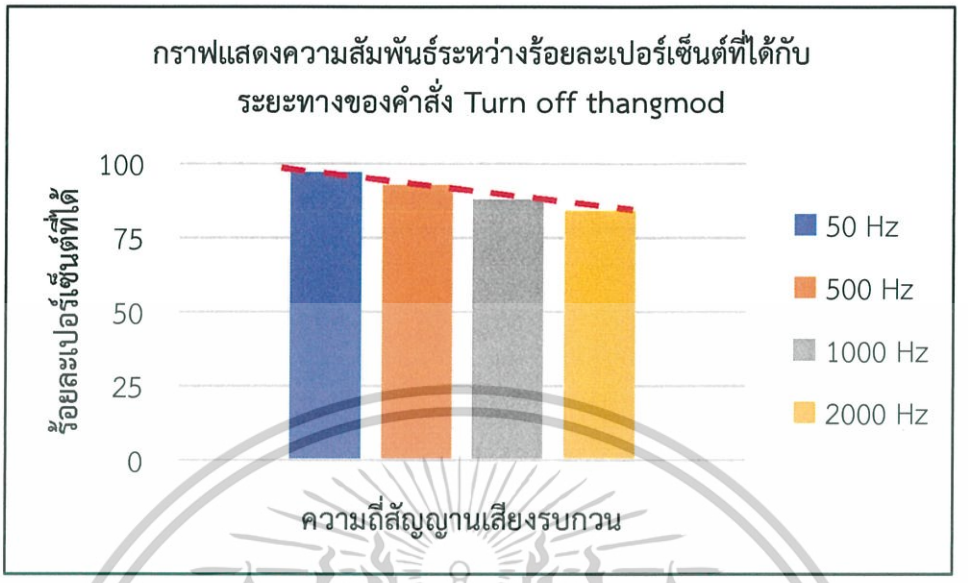

**รูปที่ 4.54** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off plug si ในกรณีมีเสียงรบกวน

คำสั่ง Turn on thangmod ในกรณีมีเสียงรบกวน

**รูปที่ 4.55** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn on thangmod ในกรณีมีเสียงรบกวน

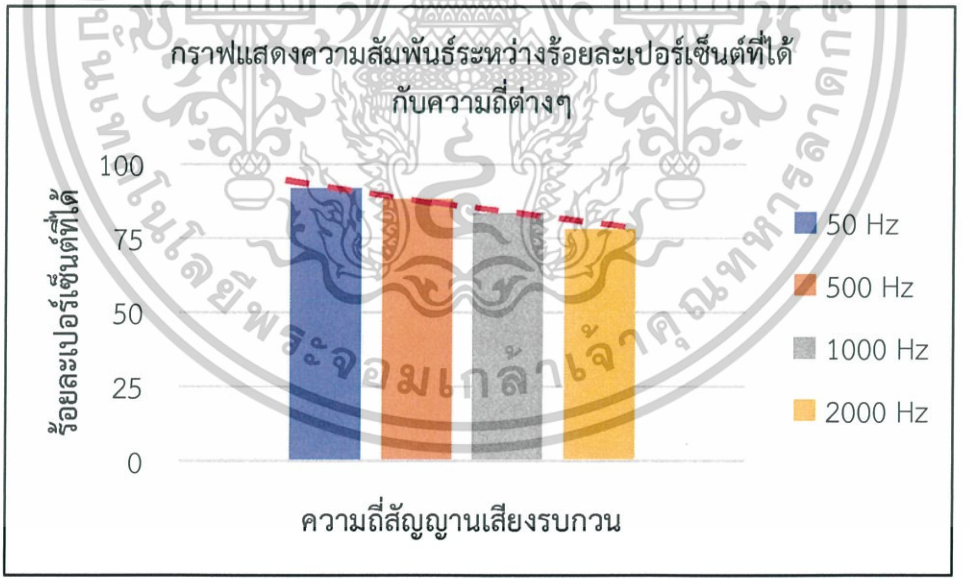
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง Turn off thangmod ในกรณีมีเสียงรบกวน




**รูปที่ 4.56** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยคำสั่ง Turn off thangmod ในกรณีมีเสียงรบกวน

สรุปรวมคำสั่งภาษาไทย ในกรณีมีเสียงรบกวน




**รูปที่ 4.57** สรุปรวมคำสั่งภาษาไทย ในกรณีมีเสียงรบกวน

จากรูปที่ 4.47 – 4.57 พบว่า เสียงรบกวนที่ส่งผลกระทบกับการทำงานของ Amazon Echo Dot น้อยที่สุดคือ 50 เฮิร์ต รองลงมาคือ 500, 1,000 และ 2,000 เฮิร์ต ตามลำดับ

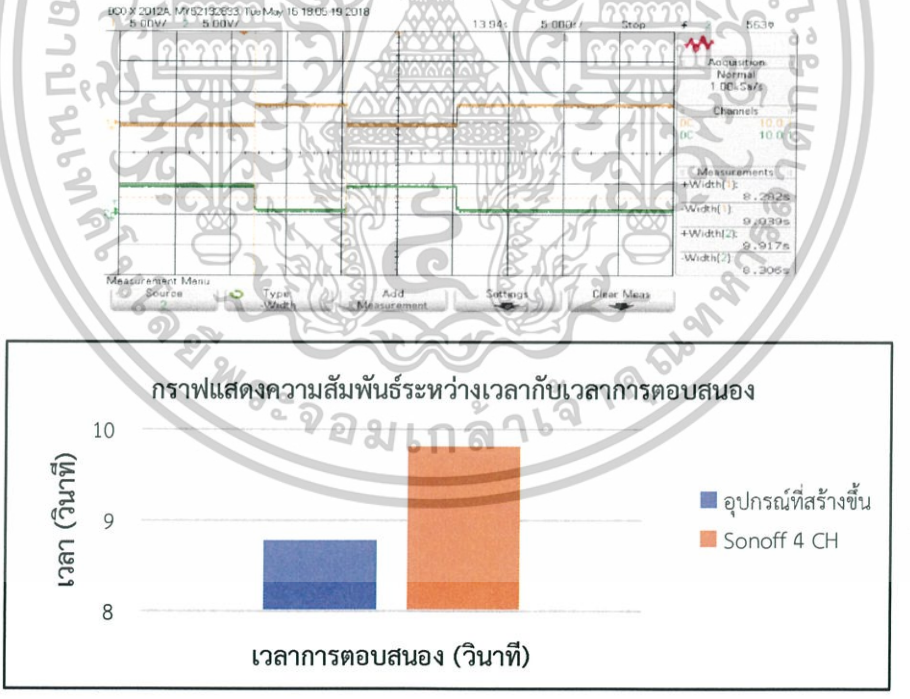
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.3 ผลการทดสอบอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่มีขายในท้องตลาด (Sonoff 4CH)

4.3.3.1 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยเสียงภาษาอังกฤษ ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

**ตารางที่ 4.1** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยเสียงภาษาอังกฤษ ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

| ระยะทาง (เมตร) | จำนวนการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ (ครั้ง) | | จำนวนครั้งในการทำงาน (ครั้ง) | | เวลาในการตอบสนอง (วินาที) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | อุปกรณ์ที่สร้างขึ้น | Sonoff 4 CH | อุปกรณ์ที่สร้างขึ้น | Sonoff 4 CH | อุปกรณ์ที่สร้างขึ้น | Sonoff 4 CH |
| 0.25 | 10.00 | 10.00 | 9.25 | 9.55 | 9.12 | 10.02 |
| 0.50 | 10.00 | 10.00 | 9.00 | 9.20 | 8.62 | 9.32 |
| 0.75 | 10.00 | 10.00 | 8.95 | 9.05 | 8.44 | 9.36 |
| 1.00 | 10.00 | 10.00 | 8.80 | 9.15 | 8.93 | 10.54 |
| เฉลี่ย | 10.00 | 10.00 | 9.00 | 9.24 | 8.78 | 9.81 |
| ร้อยละโดยรวม | 100.00 | 100.00 | 90.00 | 92.38 | - | - |




**รูปที่ 4.58** เวลาในการตอบสนองการสั่งการด้วยเสียงภาษาอังกฤษกับอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่มีขายในท้องตลาด ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

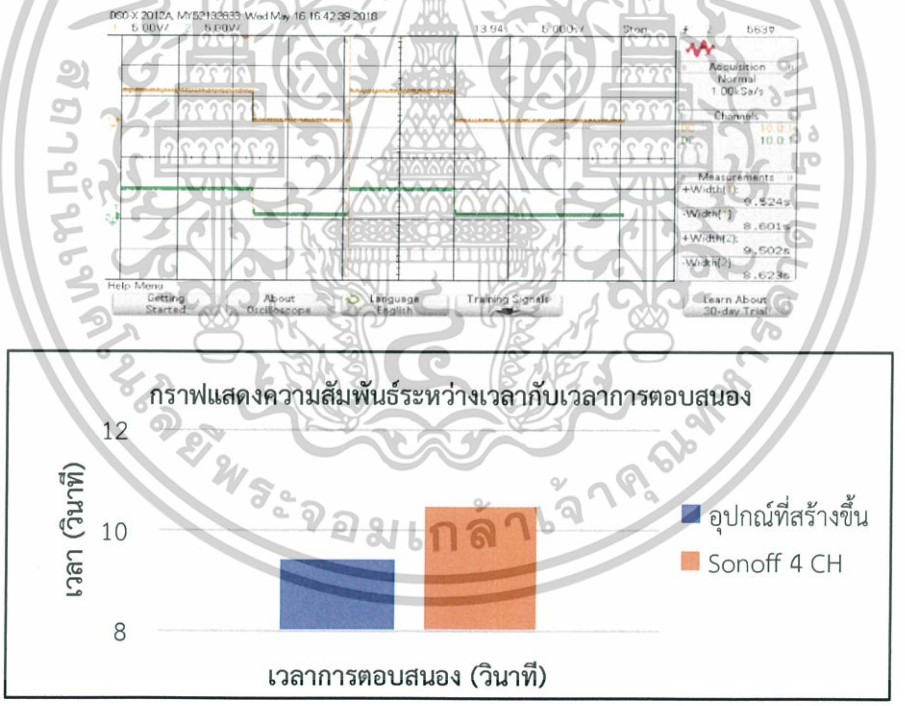
จากตารางที่ 4.1 พบว่าจำนวนครั้งในการทำงานของ Sonoff 4CH นั้นดีกว่าอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น แต่เวลาในการตอบสนองของอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเร็วกว่าของ Sonoff 4CH แสดงดังรูปที่ 4.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3.2 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยเสียงภาษาอังกฤษ ในกรณีมีเสียงรบกวน

**ตาราง 4.2** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยเสียงภาษาอังกฤษ ในกรณีมีเสียงรบกวนที่ระยะ 0.50 เมตร

| ระยะทาง (เมตร) | จำนวนการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ (ครั้ง) | | จำนวนครั้งการทำงาน (ครั้ง) | | เวลาในการตอบสนอง (วินาที) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | อุปกรณ์ที่สร้างขึ้น | Sonoff 4 CH | อุปกรณ์ที่สร้างขึ้น | Sonoff 4 CH | อุปกรณ์ที่สร้างขึ้น | Sonoff 4 CH |
| 0.25 | 10.00 | 10.00 | 9.45 | 9.75 | 9.00 | 10.13 |
| 0.50 | 10.00 | 10.00 | 9.10 | 9.35 | 9.31 | 10.95 |
| 0.75 | 10.00 | 10.00 | 8.40 | 8.70 | 9.59 | 10.39 |
| 1.00 | 10.00 | 10.00 | 7.35 | 7.60 | 9.72 | 10.36 |
| เฉลี่ย | 10.00 | 10.00 | 8.58 | 8.85 | 9.41 | 10.46 |
| ร้อยละโดยรวม | 100.00 | 100.00 | 85.75 | 88.50 | - | - |




**รูปที่ 4.59** เวลาในการตอบสนองการสั่งการด้วยเสียงภาษาอังกฤษกับอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่มีขายในท้องตลาด ในกรณีมีเสียงรบกวน

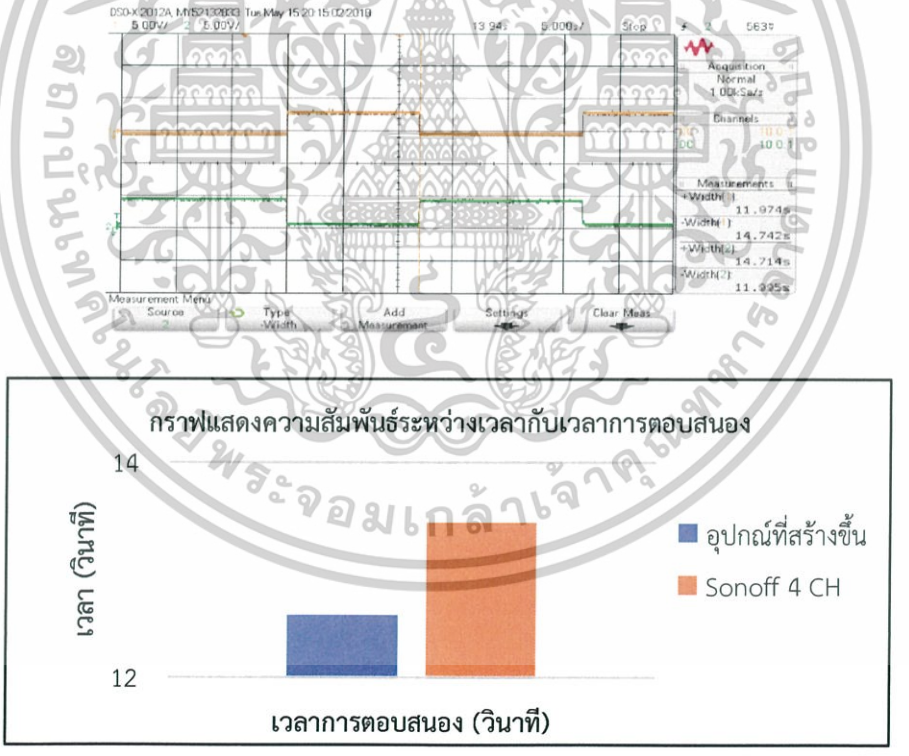
จากตารางที่ 4.2 พบว่าจำนวนครั้งในการทำงานของ Sonoff 4CH นั้นดีกว่าอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น แต่เวลาในการตอบสนองของอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเร็วกว่าของ Sonoff 4CH แสดงดังรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3.3 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยเสียงภาษาไทย ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

**ตาราง 4.3** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยเสียงภาษาไทย ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

| ระยะทาง (เมตร) | จำนวนการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ (ครั้ง) | | จำนวนครั้งการทำงาน (ครั้ง) | | เวลาในการตอบสนอง (วินาที) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | อุปกรณ์ที่สร้างขึ้น | Sonoff 4 CH | อุปกรณ์ที่สร้างขึ้น | Sonoff 4 CH | อุปกรณ์ที่สร้างขึ้น | Sonoff 4 CH |
| 0.25 | 10.00 | 10.00 | 9.4 | 9.65 | 12.78 | 13.75 |
| 0.50 | 10.00 | 10.00 | 8.85 | 9.00 | 12.69 | 13.88 |
| 0.75 | 10.00 | 10.00 | 8.15 | 8.35 | 12.86 | 13.70 |
| 1.00 | 10.00 | 10.00 | 7.65 | 8.00 | 11.94 | 12.46 |
| เฉลี่ย | 10.00 | 10.00 | 8.51 | 8.75 | 12.58 | 13.44 |
| ร้อยละโดยรวม | 100.00 | 100.00 | 85.13 | 87.50 | - | - |




**รูปที่ 4.60** เวลาในการตอบสนองการสั่งการด้วยเสียงภาษาไทยกับอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่มีขายในท้องตลาด ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

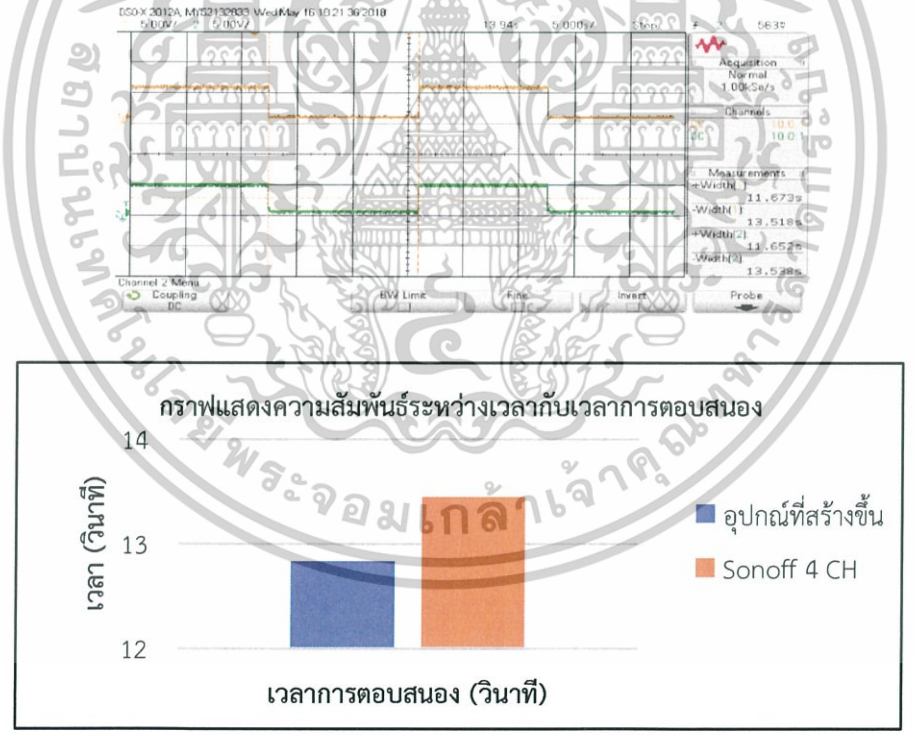
จากตารางที่ 4.3 พบว่าจำนวนครั้งในการทำงานของ Sonoff 4CH นั้นดีกว่าอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น แต่เวลาในการตอบสนองของอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเร็วกว่าของ Sonoff 4CH แสดงดังรูปที่ 4.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3.4 ผลการทดสอบการสั่งการด้วยเสียงภาษาไทย ในกรณีมีเสียงรบกวน

**ตาราง 4.4** ผลการทดสอบการสั่งการด้วยเสียงภาษาไทย ในกรณีมีเสียงรบกวนที่ระยะ 0.50 เมตร

| ระยะทาง (เมตร) | จำนวนการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ (ครั้ง) | | จำนวนครั้งการทำงาน (ครั้ง) | | เวลาในการตอบสนอง (วินาที) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | อุปกรณ์ที่สร้างขึ้น | Sonoff 4 CH | อุปกรณ์ที่สร้างขึ้น | Sonoff 4 CH | อุปกรณ์ที่สร้างขึ้น | Sonoff 4 CH |
| 0.25 | 9.75 | 10.00 | 9.50 | 9.75 | 12.77 | 13.70 |
| 0.50 | 9.60 | 9.50 | 8.65 | 8.85 | 12.85 | 13.96 |
| 0.75 | 9.65 | 9.30 | 7.90 | 8.30 | 12.91 | 13.34 |
| 1.00 | 8.75 | 9.05 | 7.35 | 7.70 | 12.76 | 14.05 |
| เฉลี่ย | 9.44 | 9.46 | 8.35 | 8.65 | 12.83 | 13.83 |
| ร้อยละโดยรวม | 94.38 | 94.63 | 83.5 | 86.5 | - | - |



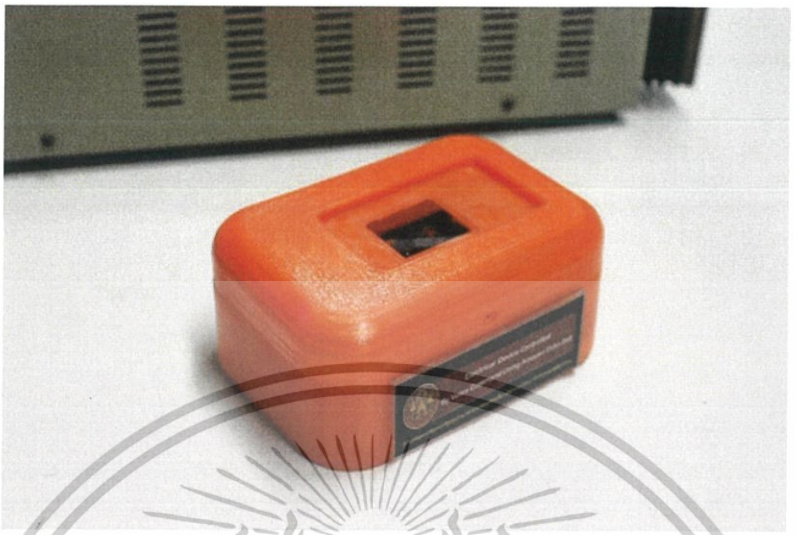

**รูปที่ 4.61** เวลาในการตอบสนองการสั่งการด้วยเสียงภาษาไทยกับอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่มีขายในท้องตลาด ในกรณีมีเสียงรบกวน

จากตารางที่ 4.4 พบว่าจำนวนครั้งในการทำงานของ Sonoff 4CH นั้นดีกว่าอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น แต่เวลาในการตอบสนองของอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเร็วกว่าของ Sonoff 4CH แสดงดังรูปที่ 4.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.4 ผลการออกแบบและทดสอบการส่งข้อมูลผ่านแสง Infrared ไปยังเครื่องปรับอากาศ

4.3.4.1 ผลการออกแบบรีโมทควบคุมเครื่องปรับอากาศ แสดงดังรูปที่ 4.62



**รูปที่ 4.62** รีโมทควบคุมเครื่องปรับอากาศที่สร้างขึ้น

4.3.4.2 ผลการศึกษา Protocol ของรีโมท

จากการศึกษา Protocol ของรีโมท โดยใช้โปรแกรม Arduino และโปรแกรม Logic pro ในการบันทึกค่าสัญญาณของแสงอินฟราเรดที่ถูกส่งออกมาจากการกดปุ่ม พบว่ามีค่าสัญญาณดังนี้

**ตารางที่ 4.5** รูปสัญญาณ protocol ของเครื่องปรับอากาศ

| คำสั่ง | รูปสัญญาณ | ค่าที่บันทึกได้ |
|---|---|---|
| Turn on air | | 8D68E484 |
| Turn off air | | 756FD60C |
| turn on air temp twenty three | | 25E0E9AE |
| turn on air temp twenty four |  | 709FB780 |
| turn on air temp twenty five |  | 8D68E484 |
| turn on air eco mode | | 8D68E484 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.5 พบว่ารูปสัญญาณของแต่ละคำสั่งมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน แต่ต่างกันบริเวณส่วนหน้าของรูปสัญญาณที่มีลักษณะเฉพาะตามแต่ละคำสั่ง ซึ่งในส่วนหน้านี้จะประกอบไปด้วย บิตเริ่มต้น บิตของผู้ผลิต และส่วนหลังของรูปสัญญาณเป็นบิตคำสั่ง ส่วนนี้เป็นรหัสเฉพาะที่คำสั่งแต่ละคำสั่งมีไม่เหมือนกัน มีหน้าที่เฉพาะแตกต่างกันไปตามแต่ละคำสั่ง

4.3.4.3 ผลการทดสอบควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยสั่งผ่าน Amazon Echo Dot ทำการทดสอบกับคน 5 คน ทั้งหมดจำนวนคนละ 10 ครั้ง ในสถานที่จริง แล้วบันทึกผลการทดสอบ ตามตารางที่ 4.6

**ตารางที่ 4.6** ผลการทดสอบการสั่งการเครื่องปรับอากาศ

| คำสั่ง | จำนวนความผิดพลาดของระบบ (ครั้ง) |
|---|---|
| turn on air | 6 |
| turn off air | 15 |
| turn on air eco mode | 7 |
| turn on air temp twenty three | 3 |
| turn on air temp twenty four | 4 |
| turn on air temp twenty five | 6 |
| เฉลี่ย | 6.833 |
| ร้อยละโดยรวม | 13.67 |

จากตารางที่ 4.6 พบว่าการทดสอบการสั่งการเครื่องปรับอากาศมีจำนวนความผิดพลาดของระบบร้อยละโดยรวม 13.67 ซึ่งคำสั่ง turn off air มีจำนวนความผิดพลาดมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านด้วยเสียงพูดโดย Amazon Echo Dot พบว่าอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมานั้น สามารถใช้งานร่วมกับ Amazon Echo Dot ในการเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในห้องควบคุมปิดด้วยเสียงพูดได้ทั้งในกรณีไม่มีเสียงรบกวน และมีเสียงรบกวนแต่ประสิทธิภาพการทำงานในกรณีมีเสียงรบกวนนั้นด้อยกว่ากรณีไม่มีเสียงรบกวนคิดเป็น อัตราส่วนร้อยละ 10.6 ระยะทางในการสั่งงานใกล้มีประสิทธิภาพการประมวลผลได้ดีกว่าระยะทางในการสั่งงานไกล ส่วนการทดสอบระหว่างอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นกับ Sonoff 4CH พบว่าอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นทำงานได้ดีกว่าเมื่อใช้งานร่วมกับ Amazon Echo Dot ร่วมทั้งเวลาในการตอบสนองของอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นตอบสนองเร็วกว่า Sonoff 4CH อยู่ 1-2 วินาที และการทดสอบควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ เมื่อทดสอบในสถานที่จริงโดยสังเกตการทำงานของเครื่องปรับอากาศ พบว่าจำนวนความผิดพลาดของระบบ มีอัตราส่วนร้อยละ 13.67

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาและทดลองพบว่า การใช้งานจริงนั้นจำเป็นต้องใช้ระบบอินเตอร์เนตเพื่อการใช้งาน และการใช้งานให้มีประสิทธิภาพนั้นควรสื่อสารAmazon Echo Dot ในระยะทางใกล้ในที่ที่ไม่มีเสียงรบกวน และการใช้งานเพื่อควบคุมเครื่องปรับอากาศนั้น IR ควรตรงกับตำแหน่งตัวรับสัญญาณเครื่องปรับอากาศเพื่อให้สามารถควบคุมการเปิดปิด หรือเปลี่ยนอุณหภูมิได้อย่างแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง


[1] สมาคมโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย และ กลุ่มศูนย์การแพทย์เฉพาะทางด้านอาชีวเวชศาสตร์และเวชศาสตร์สิ่งแวดล้อม โรงพยาบาลนพรัตนราชธานี กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. 2558. **แนวทางการตรวจและแปลผลสมรรถภาพการได้ยินในงานอาชีวอนามัย.**

[2] ณรงค์ บวบทอง. 2559. **Network_connect&Web server**. [Online]. Available : http://narong.ece.engr.tu.ac.th/ei444/document/network_test&html.pdf.

[3] ชัย วุฒิวิวัฒน์ชัย และคณะ. 2550. **ระบบรู้จำเสียงพูด (Automatic Speech Recognition)**. หน่วยปฏิบัติการวิจัยวิทยาการมนุษย์ภาษา ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. [Online]. Available : http://www.digitizedThailand.org/index.php?option=com_content&view=article&id=44&itemid=104&lang=th.

[4] ชัย วุฒิวิวัฒน์ชัย และคณะ. "**ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีเสียง.**" หน่วยวิจัยวิทยาการสารสนเทศ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

[5] บุญเสริม กิจศิริกุล และณัฐกร ทับทอง. 2546. **การพัฒนาระบบรู้จำเสียงพูดภาษาไทย (Devlepment of Thai speech Recoginition System)**. โครงการเชื่อมโยงการวิจัยภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์สู่ภาคอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[6] P. Price and J. Picone. 2000. "**Automatic Speech Recognition: Better than Text?**". Invited Talk American Association for Advancement of Science.

[7] San Bergmans. 2561. **IR control**. [Online]. Available : http://d1.amobbs.com/bbs_upload782111/files_28/ourdev_542349.pdf

[8] A.N. Other. 2561. **IR Remote Control Codes (2)**. [Online]. Available : http://read.pudn.com/downloads157/sourcecode/embed/701593/docs/IR%20Formats%202.PDF

[9] Clinton I., Cook L., Banik S. 2016. **A Survey of Various Methods for Analyzing the Amazon Echo.**

[10] Amazon. **Echo Dot (2nd Generation) – Black**. [Online]. Available : https://www.amazon.com/Amazon-Echo-Dot-Portable-Bluetooth-Speaker-with-Alexa-Black/dp/B01DFKC2SO/ref=lp_9818047011_1_1?s=amazon- devices&ie=UTF8&qid=1509526156&sr=1-1

[11] Hale J. 2013. **Amazon cloud drive forensic analysis**. Digit. Investig. 10 (3), 259e265.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง (ต่อ)


[12] Handson Technology. **ESP8266 NodeMCU WiFi Devkit User Manual V1.2.** [Online]. Available : http://www.handsontec.com/pdf_learn/esp8266-V10.pdf

[13] Frank D. Petruzella. 2541. อิเล็กทรอนิกส์สำหรับอุตสาหกรรม. แปลจาก **Industrial Electronics.** โดย สุรพล รักวิจัย. กรุงเทพฯ : แมคกรอ-ฮิล อินเตอร์เนชั่นแนล เอ็นเตอร์ไพร์ส, อิงค์

[14] การไฟฟ้านครหลวง. 2556. **ความปลอดภัยในการใช้ไฟฟ้า**. [Online]. Available : http://www.mea.or.th/upload/download/file_bac5a427b15353ec.pdf

[15] EWeLink. 2561. **Sonoff 4CH**. [Online]. Available : http://www.communica.co.za/Content/Catalog/Documents/D1796815292.pdf



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

International Journal of Computer Applications (0975 – 8887)
Volume 69– No.19, May 2013

# A Study on Smart Home Control System through Speech

Parameshachari B D  Sawan Kumar Gopy  Gooneshwaree Hurry  Tulsirai T. Gopaul

Department of Electronics & Communication Engg., JSS Academy of Technical Education,
Avenue Droopnath Ramphul, Bonne Terre, Vacoas, Mauritius.

## ABSTRACT

This paper proposes an automation system where users can use voice commands to control their electrical appliances, such as light, fan, television, heater etc. The main aim is to help make the life of people more comfortable, especially for the elderly and disabled as they will not have to be actually present near an appliance to turn it on or off. The system focuses on using a Digital Signal Processor to process the voice commands and accordingly control the required appliance. XBee transceivers are used to eliminate the need for large amount of wiring between the processor and the appliances. Experimental results show that the system has a good response and is cost effective. We conclude that this system provides solutions for the problems faced by home owners in daily life and make their life easier and more comfortable by proposing a cost effective and reliable solution.

## General Terms

Home Automation, Centralised Appliance Control

## Keywords

Spoken command, XBee, Zero Crossing, Speech Recognition

## 1. INTRODUCTION

Speech recognition is a vast topic of interest and is looked upon as a complex problem. In a practical sense, speech recognition solves problems, improves productivity, and changes the way we run our lives. Reliable speech recognition is a hard problem, requiring a combination of many techniques; however modern methods have been able to achieve an impressive degree of accuracy [1]. Real-time digital signal processing made considerable advances after the introduction of specialized DSP processors. Suitable DSP Starter Kits, with specific DSP processor and related software tools such as assemblers, simulators and debuggers are available to make system design and application development easier. Digital Signal Processor TMS320C5535 enables to design a system with very high computational power and large memory space with minimal count of components which saves printed circuit board space and simplifies the design [2, 3].

ZigBee is a low cost and low power wireless mesh network standard. The low-cost allows it to be used for a wireless monitoring and control applications and low power allows longer battery life. Mesh networking provides high reliability and more extensive range. The ZigBee standard operates on the IEEE 802.15.4 physical radio specification and uses unlicensed bands which include 2.4 GHz, 900 MHz and 868 MHz. ZigBee uses Carrier Sense Multiple Access Collision Avoidance (CSMA/CA) to increase reliability. Before transmitting, it listens to the channel and when the channel is clear, begins to transmit, preventing corrupted data. ZigBee uses a 16-bit CRC on each packet, called a Frame Checksum (FCS). This ensures that the data bits are correct. Each packet is retried up to three times. If the packet cannot get through after the fourth transmission, ZigBee informs the sending node about it [4]. XBee is the brand name from Digi International for a family of radio modules. The first XBee radios were based on the 802.15.4 standard designed for point-to-point and point-to-multipoint communications at baud rates of 250kbit/s.

The rest of the paper is organised as follows: section 2 discusses related work to proposed schemes, section 3 committed to proposed framework including the hardware design and the software design along with algorithm. Section 4 discusses results and finally concluding remarks are given in section 5.

## 2. RELATED WORK

Nguyen et al. [5] proposed a Home appliance control system. Infrared ray and power line communication are used to control the home appliances system. This system helps user to checks the status of appliances and controls them remotely from everywhere. And this is done through their cellular phone or Internet. The simple approach to control the home appliances is given in this paper.

Haque et al. [6] proposed a system that controls the home appliances using the personal computer. This system is developed by using the Visual Basic 6.0 as programming language and Microsoft voice engine tools for speech recognition purpose. Appliances can be either controlled by timer or by voice command.

Khiyal et al. [7] proposed a system for controlling home appliances remotely that is useful for the people who are not at home mostly. The main objective of the system is to provide security and control the home appliances such as AC, lights and alarms. The system is implemented by SMS technology that is used to transfer data from sender to receiver over GSM network. One or more computers can be used to control the home appliances. System send an alert SMS to authorized user when any intrusion is detected and user can in turn respond in order to overcome the situation. Moreover user can send SMS to system to get the status of home appliances and controlling them.

Jawarkar et al. [8] proposed the software system for communication between mobile and computer. UART 16550A chip is programmed using appropriate control format to support AT command. The mobile in this system is used for receiving and executing commands from preconfigured users

and informing status about change in input to the user through SMS. The system can also send SMS to specified mobile user if there is a change in the status of the input ports. This system is not for time critical systems.

IPrabhakar V. Mhadse et al. [9] proposed A home automation system based on voice recognition was built and implemented. The prototype developed can control electrical devices in a home or office. The system implements Automatic Speech Recognition using speech processor and MATLAB coding.

S. R. Suralkar et al. [10] A speech recognized automation system using speaker identification through wireless communication is built and implemented. The prototype developed can control electrical devices in a home or office wirelessly. The system implements Automatic Speech Recognition using speech processor and Speaker Identification through MATLAB coding using MFCC algorithm.

## 3. PROPOSED METHOD

The proposed method is aimed at designing a voice controlled smart home control system for the following reasons. One of the major problems in our present day society is wastage of energy, whereby energy consumption is continuously increasing year by year. Nowadays, some people may be too lazy or too busy to get up and turn off a particular appliance. Hence, the smart home control system will be useful as one will only have to speak to turn off a device, thereby saving energy as well as one's time. Moreover, old or disabled persons may experience difficulties in going around the house to turn on/off their appliances, especially if they live alone. It will be much easier for them to use the voice control system. It will also help blind people as they will be able to turn on a fan or a radio without relying on others. The system is designed in such a way that it is easy to install and use. The proposed method is to use a Digital Signal Processor (DSP) for speech processing and recognition. The output of the DSP will be sent, through the XBee transceivers, to the control part, where a microcontroller will select the required device according to the input voice command.

The system can be divided into 3 main parts:

1. Audio processing part → microphone and DSP
2. Transmission part → XBee transceivers
3. Control part → microcontroller and relays

The voice commands will first be captured and processed in the DSP according to the voice recognition method used. After successful identification of the commands, control characters will be wirelessly sent through the XBee transceivers to the microcontroller, which will in turn activate the corresponding relay. As a result, home appliances could be turned on or off depending on the voice command given.

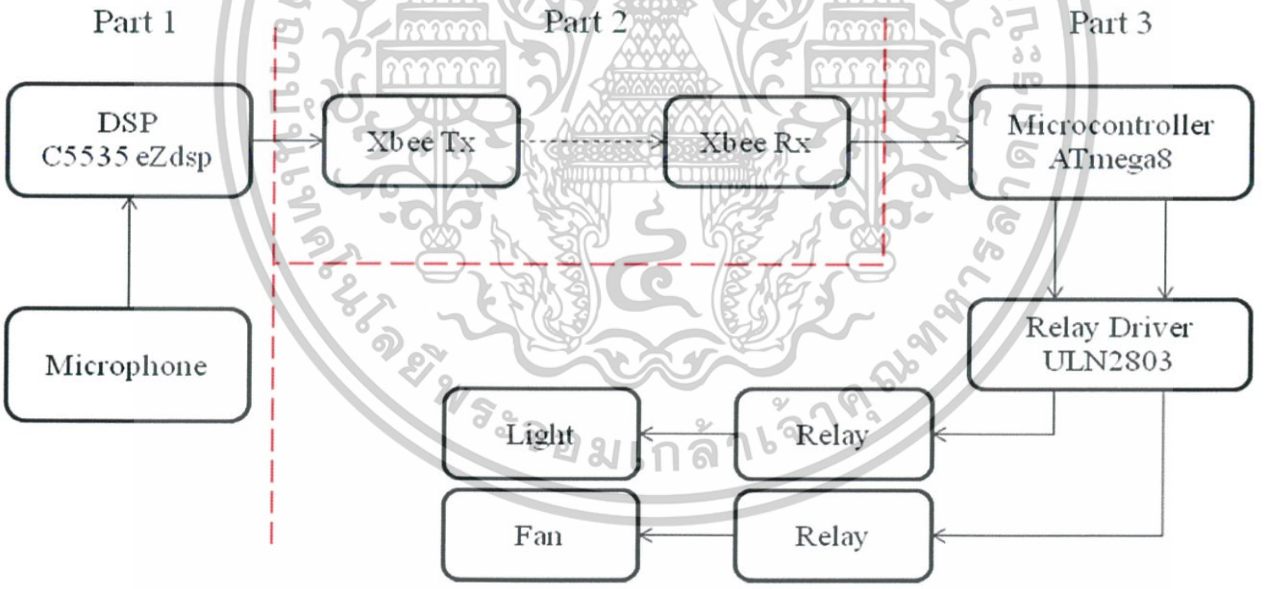



**Fig 1: Proposed block diagram of the Smart Home Control System**

**Fig 2: Block diagram of Audio Processing Part**

### 3.1 Hardware Design

In this section, we will present the hardware description of the 3 main parts that form our Smart Home Control System.

#### *3.1.1 Audio Processing*

The first part of the system is as shown in figure 2. The voice is captured by the microphone and given to the

ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

TMS320C5535 eZdsp for processing so as to differentiate between the voice commands. The speech processing is carried out using the zero crossing with peak amplitude (ZCPA) method. If the required conditions are satisfied, that is, a valid command is recognized, a specific signal will be sent, using UART, to the XBee transmitter and consequently to the control part. Figure 3 shows the DSP board on which voice commands are processed and recognized accordingly. The block diagram of the C5535 eZdsp is shown in Figure 4.

The TMS320C5535 are the lowest cost and lowest power 16-bit processors, helping conserve energy and enabling longer battery life. Having a 240 MIPS (million instructions per second) performance, up to 320KB on-chip memory, higher integration (including a hardware accelerator for FFT computation), these processors provide a foundation for a range of signal processing applications, including voice and audio processing [11].

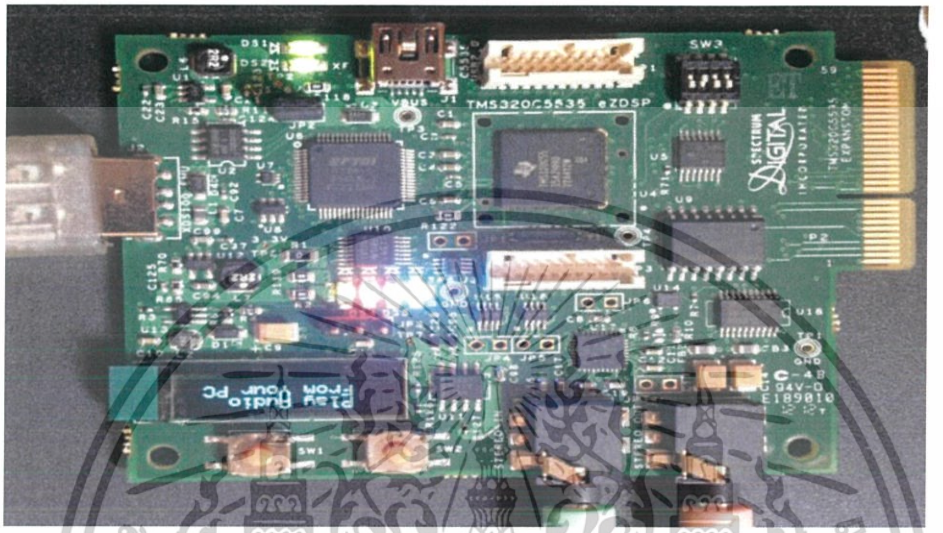



**Fig 3: C5535 eZdsp board**

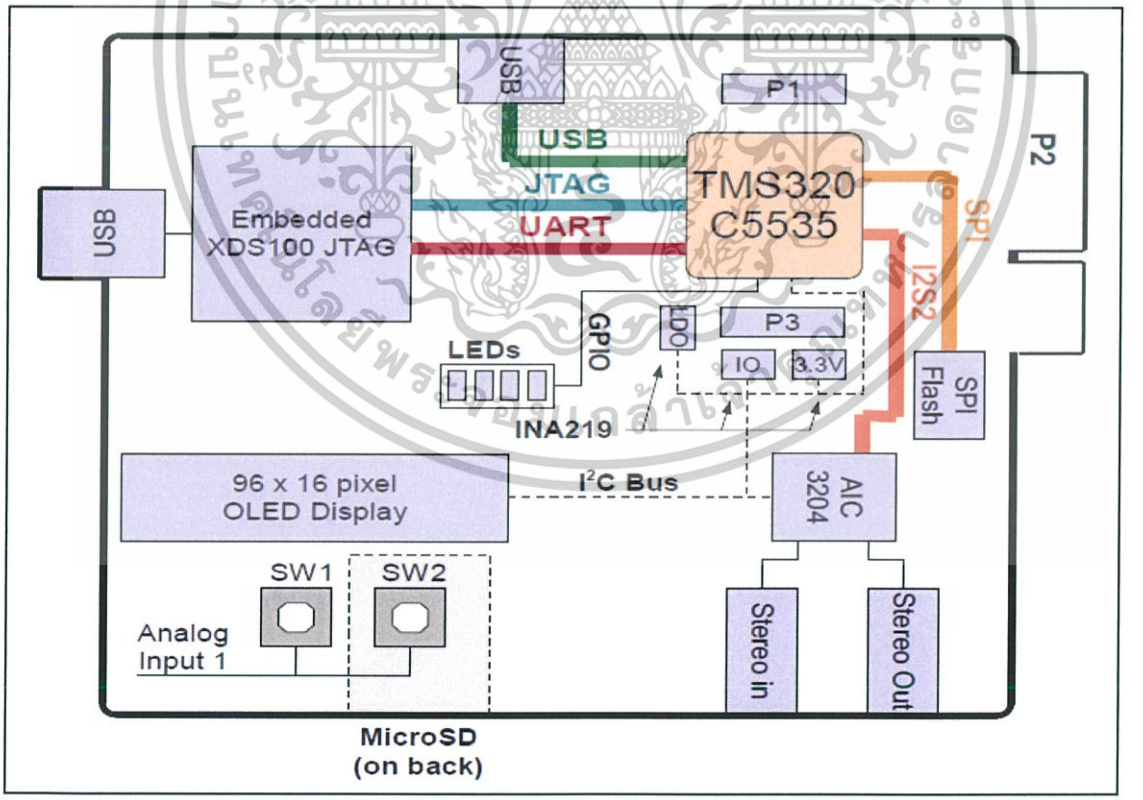



**Fig 4: C5535 eZdsp block diagram**

### *3.1.2 Transmission*

The second part of the project concerns wireless transmission of signals using XBee transceivers. Once voice commands have been recognized, corresponding control characters are sent through the XBee transmitter at a baud rate of 9600 bps. The XBee transceiver and XBee programmer are as shown in figure 5 and 6.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

**Fig 5: XBee Transceiver**

**Fig 6: XBee programmer**

The XBee RF Modules interface to a host device through a logic-level asynchronous serial port. Through its serial port, the module can communicate with any logic and voltage compatible UART. Devices that have a UART interface can connect directly to the pins of the RF module as shown in Figure 7. A range test and loopback test were carried out to test the functioning of the XBee modules. The results are shown in Figures 8 and 9 below.

Transmitted data is shown in blue colour and received data in red colour in the loopback test. In the range test, the software will repeatedly send packets of data and display the signal strength as well as the percentage of correctly returned packets. RSSI is the Received Signal Strength Indicator value.

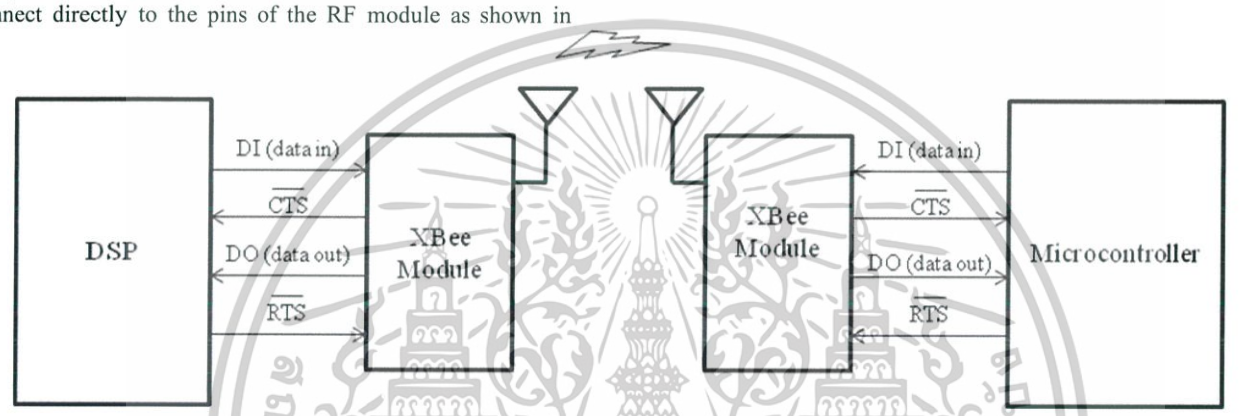
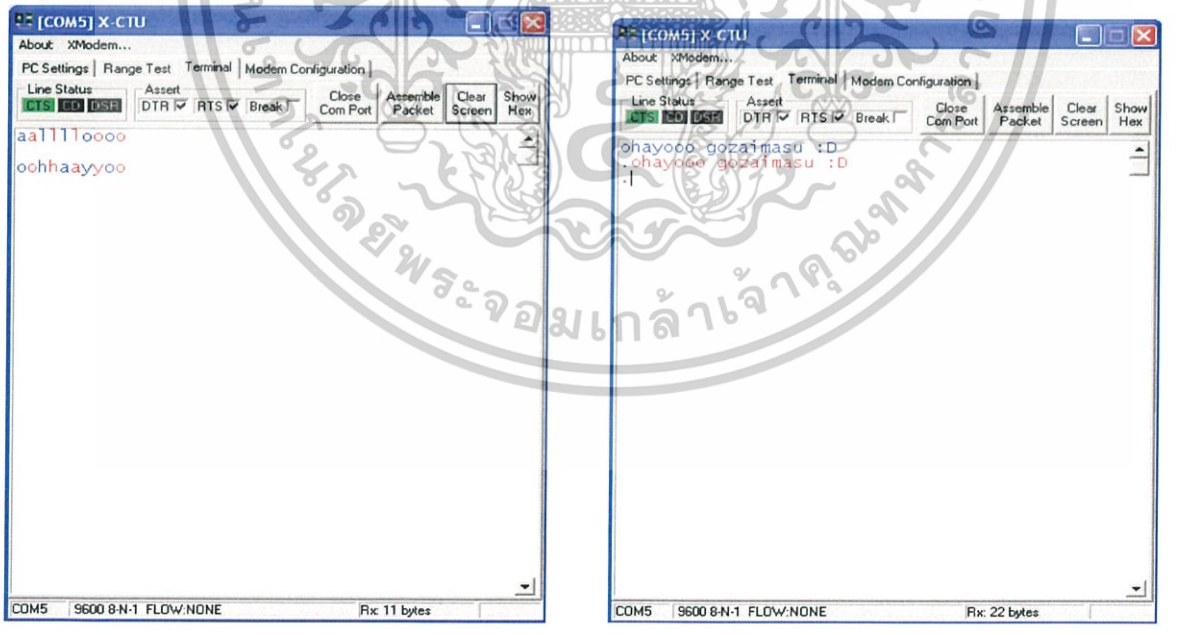



**Fig 7: UART-interfaced environment**




(a) Byte transmission (b) Packet transmission

**Fig 8: Loopback test**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

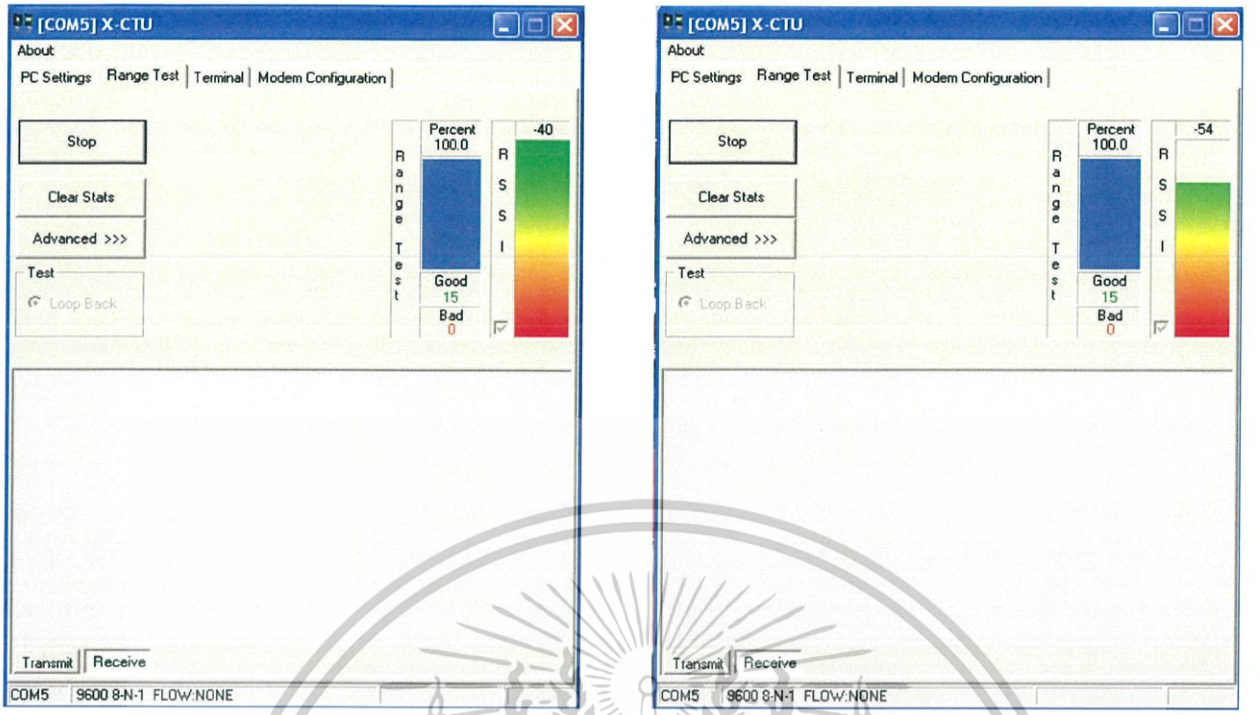



**Fig 9: Range Test**

### 3.1.3 *Control*

The transmitted control characters are received by the microcontroller and compared with some predefined characters. If there is a match, the microcontroller will switch the corresponding relay and turn on/off the appliance connected to it. The components of the control part are as shown in Figure 10. Figure 11 shows the microcontroller development board on which the ATmega8 is mounted.

The microcontroller used is ATmega8 from ATMEL. It consists of 3 ports namely an 8-bit port D, a 6 bit port B and another 6 bit port C and also has 2 pins for an external crystal oscillator as well as a reset pin. It has ADC pins multiplexed with port C and a 'receive' and 'transmit' pin at PD0 and PD1 respectively which are connected to the XBee.

The relay circuit being used consists of a ULN2803 relay driver and 12V relays which are used to operate the appliances. The relay driver is used to increase the current gain, so as to be able to switch the relays. Figure 12 shows how the relay is connected to the microcontroller.

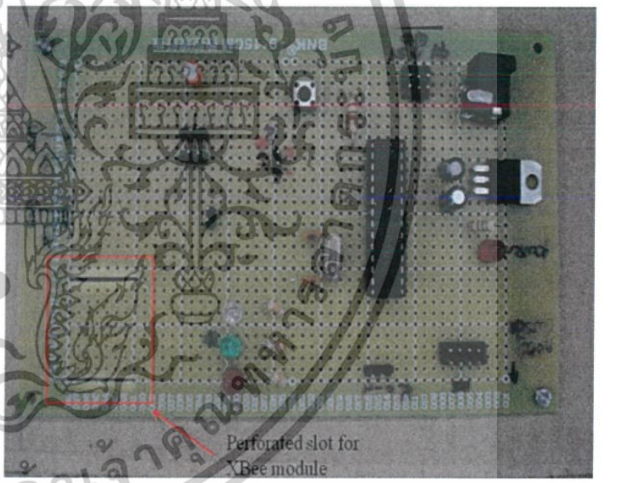



**Fig 11. Microcontroller Development Board**

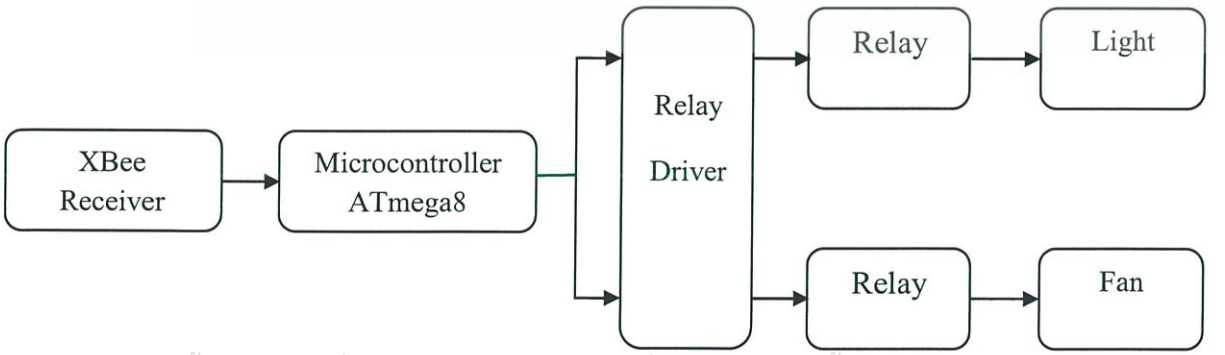



**Fig 10: Block diagram of control part**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

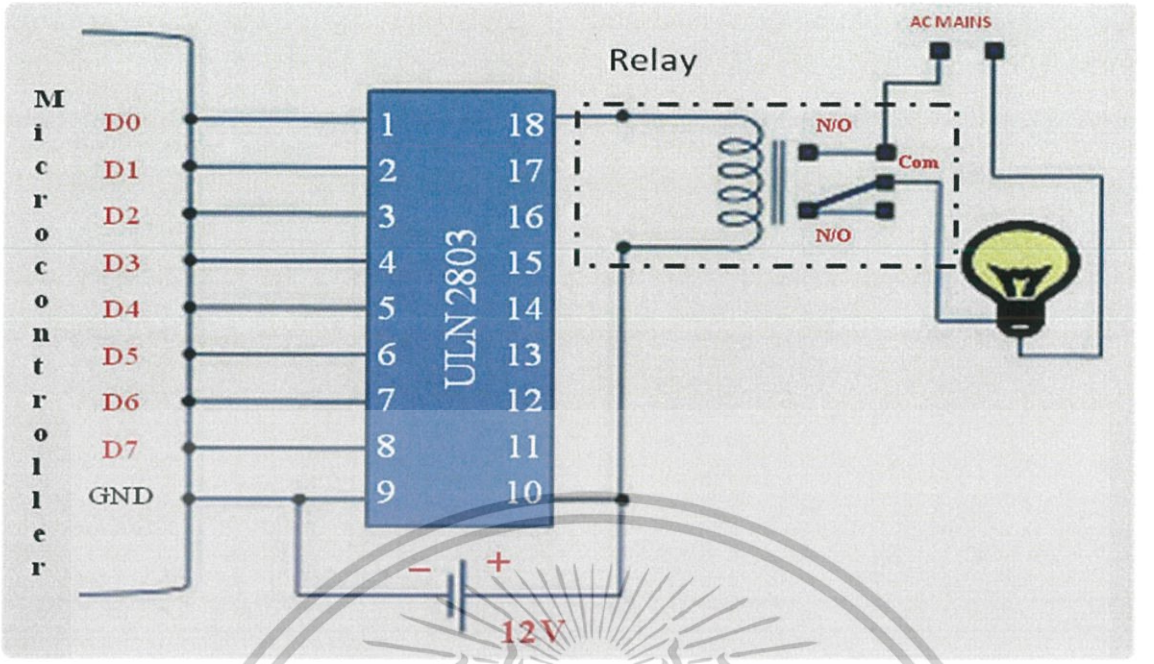



**Fig 12: Connection of relay to microcontroller**

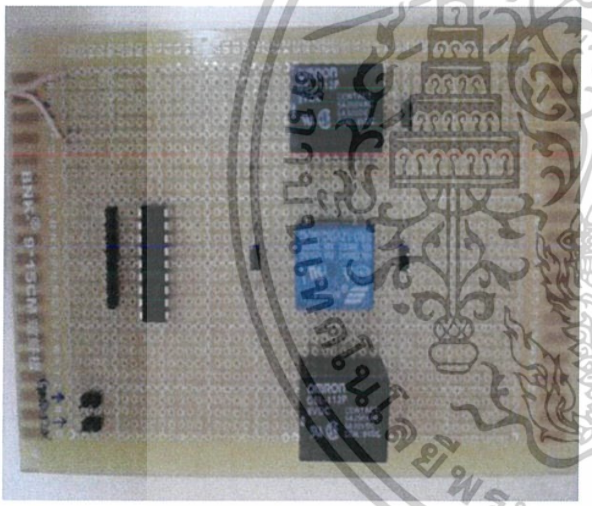


**Fig 13: Relay board**

## 3.2 Software Design

The Software design consists of the voice recognition section and programming of the control part.

*3.2.1 Voice recognition*

The Voice recognition is implemented using the DSP kit. The main program is written using C language in Code Composer Studio which is an integrated development environment for Texas Instrument's embedded processors, being in this case the C5535 eZdsp kit. Voice recognition is performed using the ZCPA method, which is the simplest reliable technique that can be used for this application. This method basically counts the number of times the signal crosses zero, and hence can determine the approximate frequency of the signal. Here, the intensity information is incorporated in the zero crossing value using a logarithmic function. The difference in frequency helps the system in distinguishing between the different voice commands. Figure 14 shows the flow diagram of the DSP program used to perform voice recognition. The DSP is first initialized in order to set the clock frequency, initialize the codec etc. The audio samples are then read from the microphone through the codec. These samples are processed using a transform known as Daubechies wavelets which reduces the noise in the signal, making it clearer. Next, we have to determine whether a voice signal is actually present. For this purpose, a 'noise-gate' is used, which filters out low frequency noise signals. Thus, noise is replaced by silence, which helps us in effectively determining when an actual voice signal is present. The system then checks for the reception of a password. If it is valid, all samples that are beyond a certain threshold level are stored in a buffer until the voice signal is no longer present. A zero crossing function is then applied on the buffer to determine the approximate frequency of the signal.

*3.2.2 Control*

On the control side, the microcontroller has to be programmed to be able to receive control characters from the receiver XBee module and activate/control the required relays accordingly. The program is written in C using AVR Studio and the hex file is loaded into the ATmega8 microcontroller using the ProgISP programmer software. The flow diagram for reception and control is given in Figure 15. A specific port of the microcontroller is set as the output port. This port will be used for controlling the turning on and off of the relays. Global interrupts are then enabled and the UART is initialized, which involves baud rate being set to 9600 bps and data frame format being given, that is, 1 stop bit, 8-bit data, no parity etc. The microcontroller then waits for an interrupt to occur. Whenever a control character is received, the Interrupt Service Routine (ISR) runs and those characters are compared with predetermined ones. For example, if character 'a' is received from DSP, the first pin of port C is set high or low; similarly, if character 'b' is received, the second pin of port C is activated or deactivated accordingly. If any other characters are received, no action is taken. After having activated/deactivated the corresponding pins, the microcontroller again waits for the next character to be received.

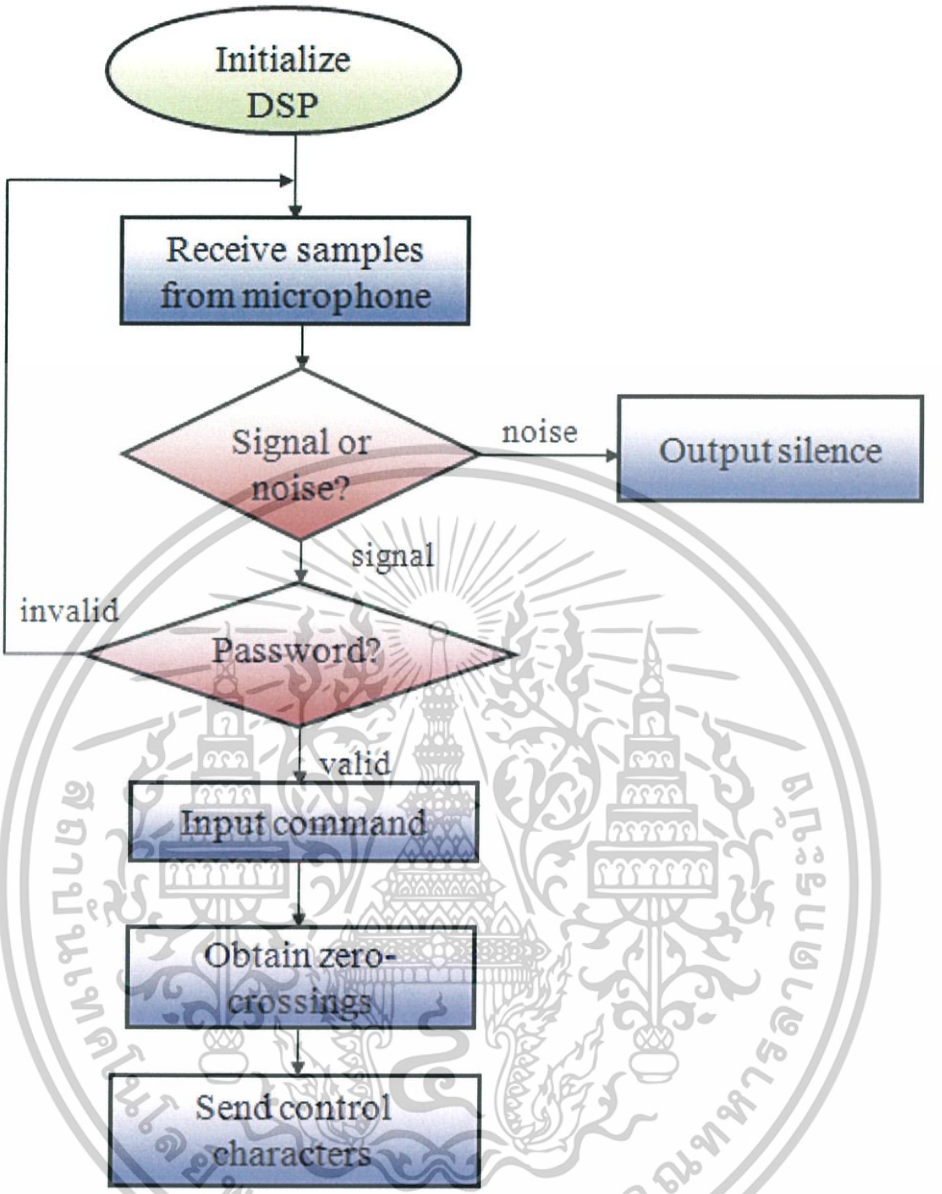



**Fig 14: Flow diagram for voice recognition program**

## 4. RESULTS AND DISCUSSIONS

The first step in this project was to write a program code so as to compute zero crossings with peak amplitude. This code was debugged using an integrated development environment known as Code Composer Studio. It was then loaded onto the DSP kit through the embedded JTAG emulator and run. Voice commands were then captured using a microphone connected to the DSP kit and processed to obtain zero crossing values. Corresponding control characters were then sent wirelessly through XBee modules to the microcontroller. The microcontroller used the received characters in order to activate corresponding output pins and consequently operate the home appliances through a relay driver and relay switches. Here, saying 'light' gives the control character 'a' to operate a light bulb and saying 'fan' gives 'b' which controls a DC fan. The complete system was implemented and tested by giving the 'light' and 'fan' commands to the DSP kit and observing how the control circuit responded. The Figure 16 shows the initial circuit indicating both the fan and bulb in the initial "off state". The user first gives the 'light' command to activate the light bulb. Figure 17 shows the result whereby the light bulb was successfully turned on by saying 'light'.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

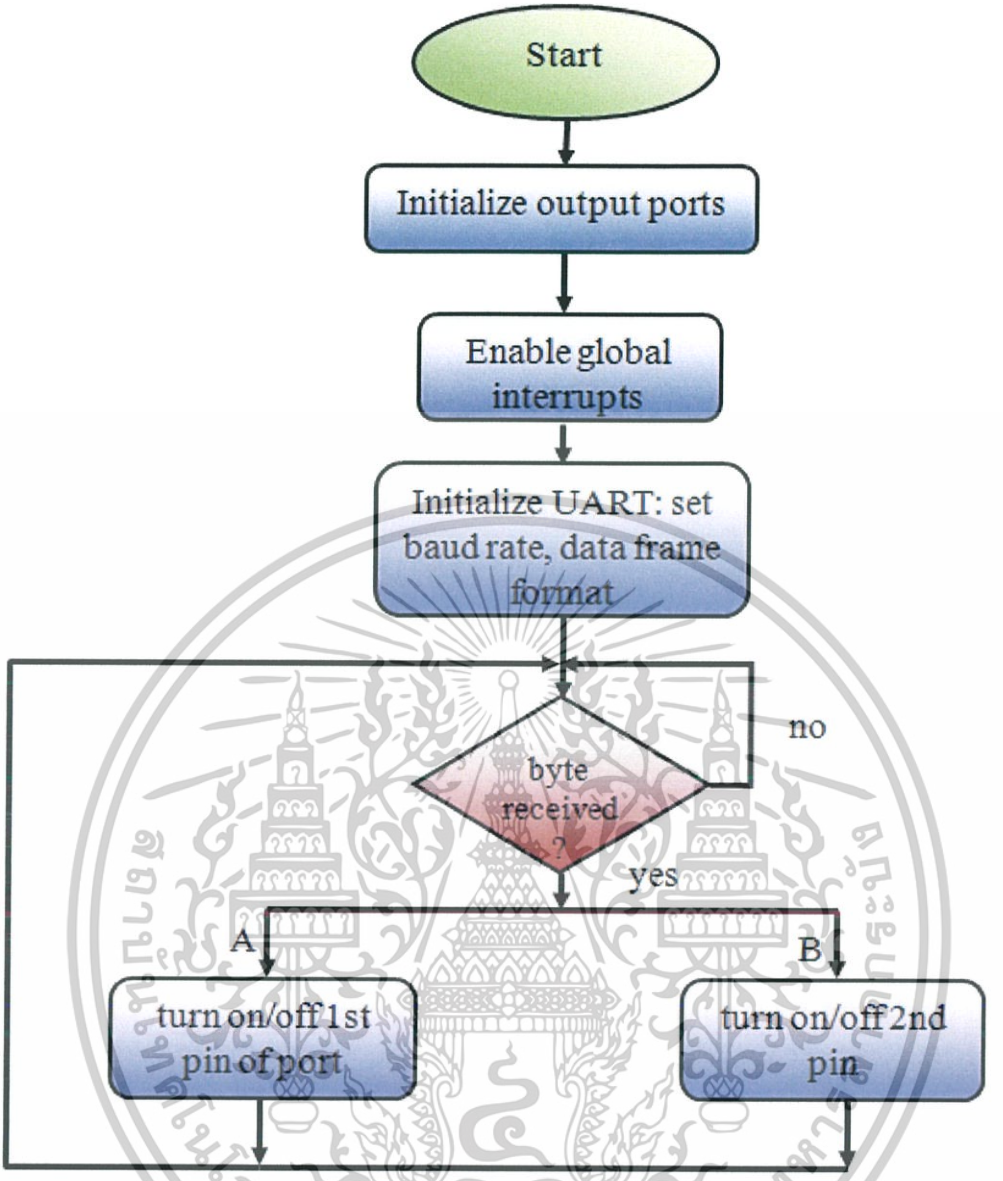



**Fig 15: Flow diagram for reception and control by Microcontroller**

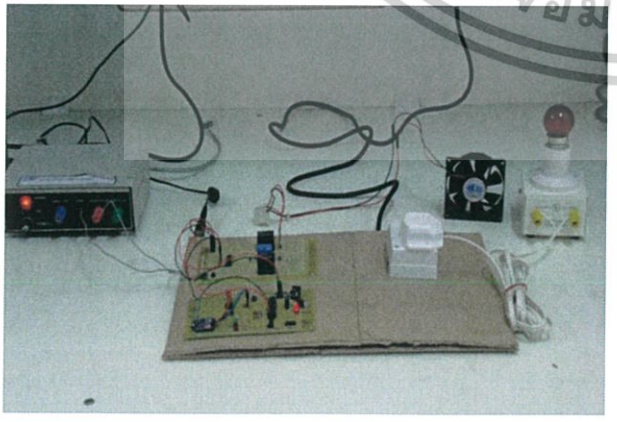


**Fig 16: Initial state - Light off; Fan off**

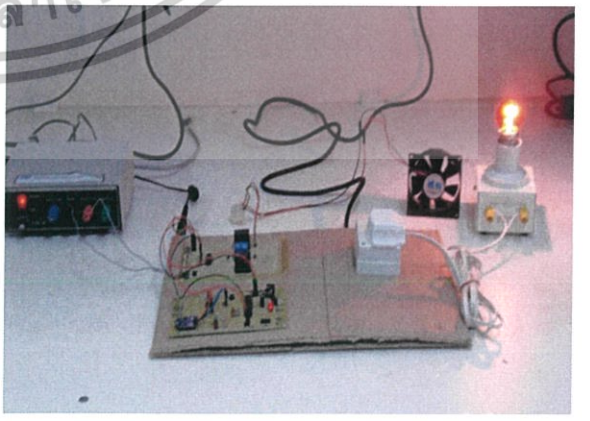


**Fig 17: Light on; Fan off**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The 'fan' command is given next to activate the fan. Figure 18 shows the successful turning on of the fan while the light bulb remains in the on state when 'fan' is said.

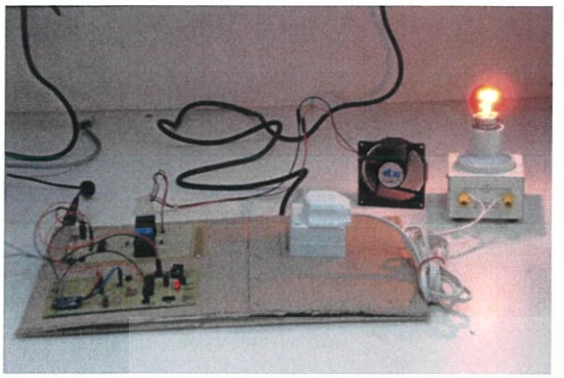


**Fig 17: Fan on; Light remains on**

Once both devices have been successfully switched on through the voice commands, the circuit is then tested for switching off both devices. When the light command is given for the second time, the light bulb switches off while the fan remains in the on state as shown in Figure 18.

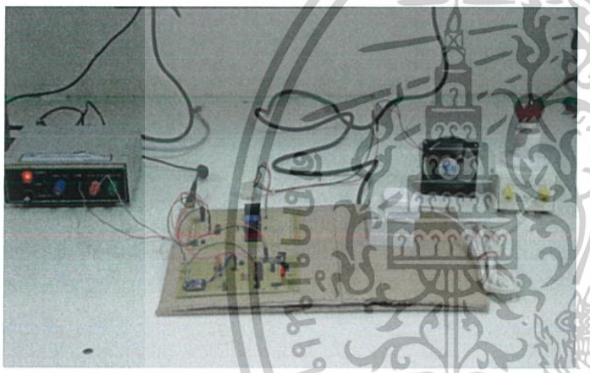


**Fig 18: Light off; Fan remains on**

Finally when the user says 'fan' for a second time, the fan will switch off as indicated by Figure 19.

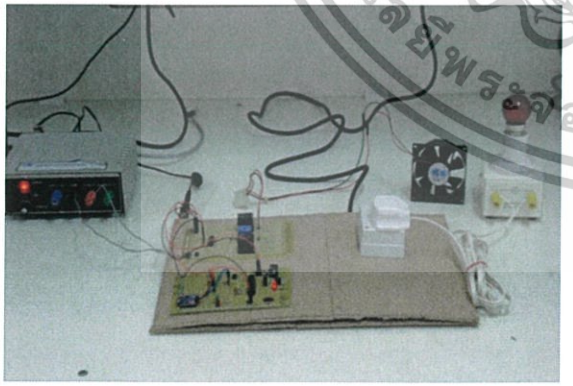


**Fig 19: Light off; Fan off**

We have thus been able to test and obtain favorable results using our Smart Home Control System Through Speech. The DSP recognized and successfully distinguished between the given voice commands. Therefore, the system was able to respond as expected and provided positive results. Figure shows the final system realization.

**Fig 20: Final system realization**

The proposed system developed can be used to control AC appliances through speech. This is cost effective and is highly accessible.

## 5. CONCLUSION

A home automation system based on voice recognition was built and implemented. The system is targeted at elderly and disabled people to help ease their life. The system developed can be used to control AC and DC appliances through speech. Voice recognition was successfully implemented using the low power TMS320C5535 DSP processor. The wireless communication was achieved using low powered XBee transceiver modules. Finally, power through appliances was controlled by making use of a microcontroller chip and relays. Hence we conclude that the aim of the proposed system has been attained and that the system is functioning as predicted. Through this system we have been able to control the switching on and switching off of two different devices solely through voice commands. The proposed system therefore provides solutions for the problems faced by old or disabled persons in daily life and makes their life easier and more comfortable by proposing a cost effective and reliable solution. Since low-powered components were used, this system proved to be power efficient, thereby saving energy.

## 6. REFERENCES

[1]. S. K. Hasnain, A. Beg and S. Awan, "*Frequency Analysis of Urdu Spoken Numbers Using MATLAB and Simulink*" Journal of Science & Technology PAF KIET ISSN 1994- 862x, Karachi, Dec. 2007.

[2]. F.Wallam, M. Asif, "Dynamic Finger Movement Tracking and Voice Commands Based *Smart Wheelchair"*, International Journal of Computer and Electrical Engineering, Vol. 3,No. 4, August 2011,pp.497 502.

[3]. H. Chin, J.Kim, I.Kim, Y.Kwon, K.Lee, S. Yang, "Realization of Speech Recognition Using DSP (Digital Signal Processor)", IEEE International Symposium On Industrial Electronics Proceedings 2001, pp.508-512.

[4]. Y.Usha Devi, "Wireless Home Automation System Using ZigBee", Nalanda institute of Engg., and tech., Department of ECE, International Journal of Scientific and Engineering Research Volume 3, Issue 8, August-2012

[5]. Tam Van Nguyen, Dong Gun Lee, Yong Ho Seol, Myung Hwan Yu, Deokjai Choi, "Ubiquitous Access to Home Appliance Control System using Infrared Ray and Power Line Communication", ICI 2007, 3rd IEEE/IFIP

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

International Conference in Central Asia, Tashkent, Uzbekistan, vol 1, pp1-4,26-28 Sept.2007

[6]. S. M. Anamul Haque, S. M. Kamruzzaman and Md. Ashraful Islam1 "A System for Smart-Home Control of Appliances Based on Timer and Speech Interaction" Proceedings of the 4th International Conference on Electrical Engineering & 2nd annual Paper Meet 26-28 , pp. 128-131,January, 2006

[7]. Malik Sikandar, Hayat Khiyal, Aihab Khan, and Erum Shehzadi "SMS Based Wireless Home Appliance Control System (HACS) for Automating Appliances and Security". Issue in Information Science and Information Technology Vol 6,, Pp 887-894, 2009.

[8]. N.P.Jawarkar, Vasif Ahmed and R.D. Thakare. "Remote Control using Mobile through Spoken Commands". IEEE - International Consortium of Stem Cell Networks (ICSCN) 2007. 22-24, Pp.622-625, 2007.

[9]. Prabhakar V. Mhadse and Amol C.Wani "Speaker Identification Based Automation System Through Speech Recognition" in International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Volume 3, Issue 1, January 2013 pp 557-563.

[10]. S. R. Suralkar, Amol C.Wani and , Prabhakar V. Mhadse, "Speech Recognized Automation System Using Speaker Identification through Wireless Communication" in IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering, Volume 6, Issue 1,2013, pp 11-18.

[11]. Texas Instruments C5535 eZdsp USB Stick Development Kit datasheet

## AUTHOR'S PROFILE

**Mr. Parameshachari B D** is working as a Senior Lecturer in the Department of ECE at JSSATE, Mauritius. He is working at JSSATE, Mauritius since from July 2010 and worked as a Lecturer at Kalpatharu Institute of Technology, Tiptur for Seven years. He obtained his B.E in ECE and M. Tech in Digital communication engineering from Visvesvaraya Technological University, Belgaum, Karnataka, India. He is pursuing his Ph.D in ECE at Jain University, Bangalore, Karnataka, India. His area of interest and research include image processing and cryptography. He has published several Research papers in international Journals/conferences. He is a Member of ISTE, IETE, IACSIT, IAEST, IAENG and AIRCC.

**Mr. Sawan Kumar Gopy** is studying final year BE in Electronics and Communication Engineering at JSSATE, Mauritius, affiliated to Visvesvaraya Technological University, Belgaum.

**Ms. Gooneshwaree Hurry** is studying final year BE in Electronics and Communication Engineering at JSSATE, Mauritius, affiliated to Visvesvaraya Technological University, Belgaum.

**Mr. Tulsirai T. Gopaul** is studying final year B E in Electronics and Communication Engineering at JSSATE, Mauritius, affiliated to Visvesvaraya Technological University, Belgaum.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# INSTALLATION GUIDE

# AMAZON ECHO EUROPE

*- WITH IFTTT & BEOLINK GATEWAY VOICE CONTROL*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*Thomas Benjaminsen Nov 2016*

CHAPTER ONE

# RESETTING YOUR AMAZON ECHO

*Amazon Echo purchased and installed in UK and Germany will be able to communicate with BeoLink Gateway via IFTTT to our cloud service called "Khimo".*

This guide will show you how to configure your Amazon Echo or Amazon Dot to be set up with access to all IFTTT features and thereby your Bang & Olufsen products via a BeoLink Gateway with remote access (KHIMO) enabled.

If you have previously installed the Amazon echo/ dot device it is recommended to first reset it to factory default.

**To reset your Echo device (1st generation):**

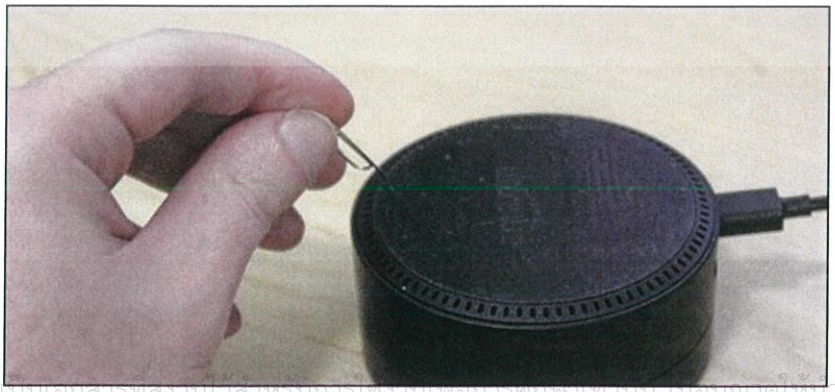
Use a paper clip (or similar tool) to press and hold the **Reset** button at the base of your device, for five seconds. After you press and hold the **Reset** button, the light ring on your Echo device turns orange, and then blue.

Wait for the light ring to turn off and on again. The light ring then turns orange, and your Echo device enters setup mode.

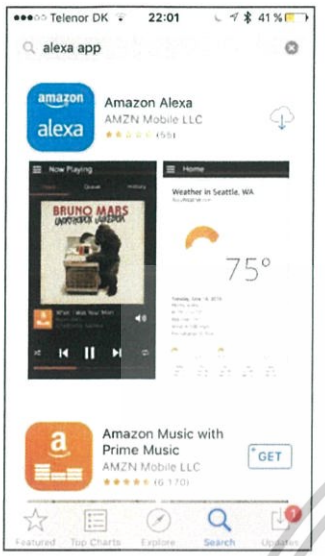
**To reset your Echo Dot that has volume buttons (2nd Generation):**

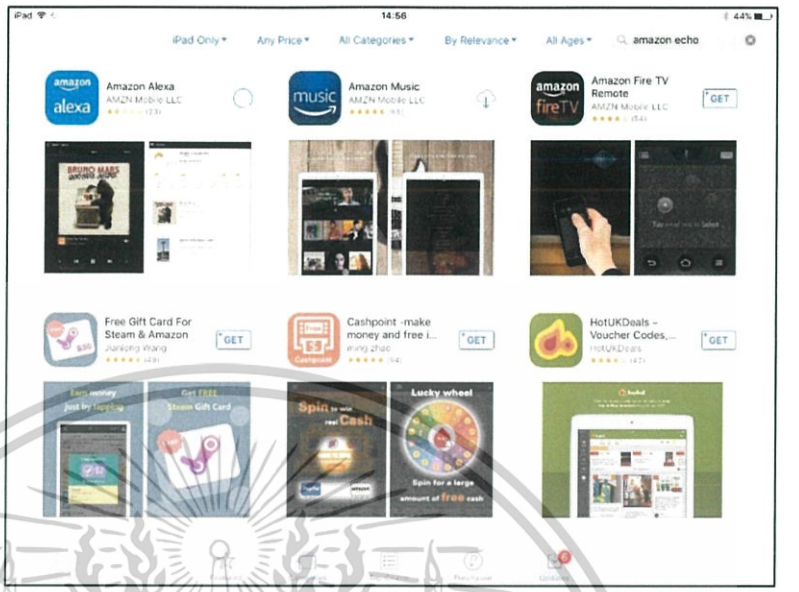
Press and hold the **Microphone off** and **Volume down** buttons at the same time until the light ring turns orange (about 20 seconds). The light ring turns blue.

Wait for the light ring to turn off and on again. The light ring then turns orange again, and your Echo Dot enters setup mode.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



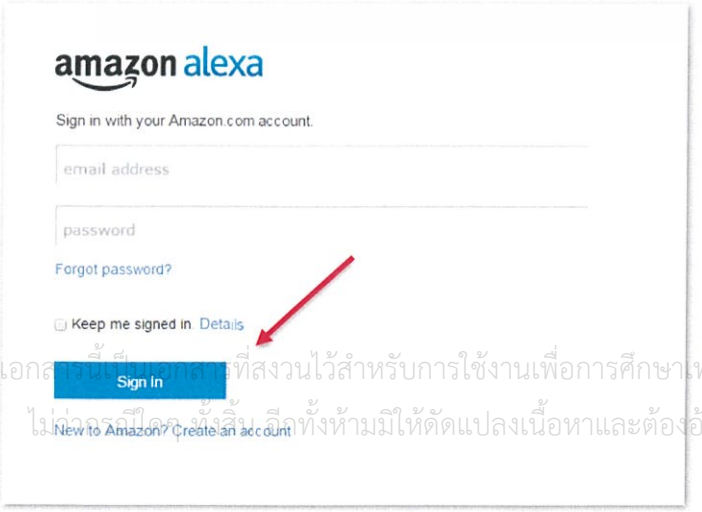




1. Go to the iTunes App store or Google Play store and download the Alexa app to your phone or tables. This is for later use.

YOU CAN CONTINUE THE SETTING UP FROM THE ALEXA APP, BUT THIS GUIDE WILL SHOW YOU HOW TO SET IT UP FROM A BROWSER WHICH IS MORE CONVIENIENT.

2. On a laptop or PC open your browser and enter this address: http://alexa.amazon.com (use the incognito mode to avoid any "memory effect" from your browser )

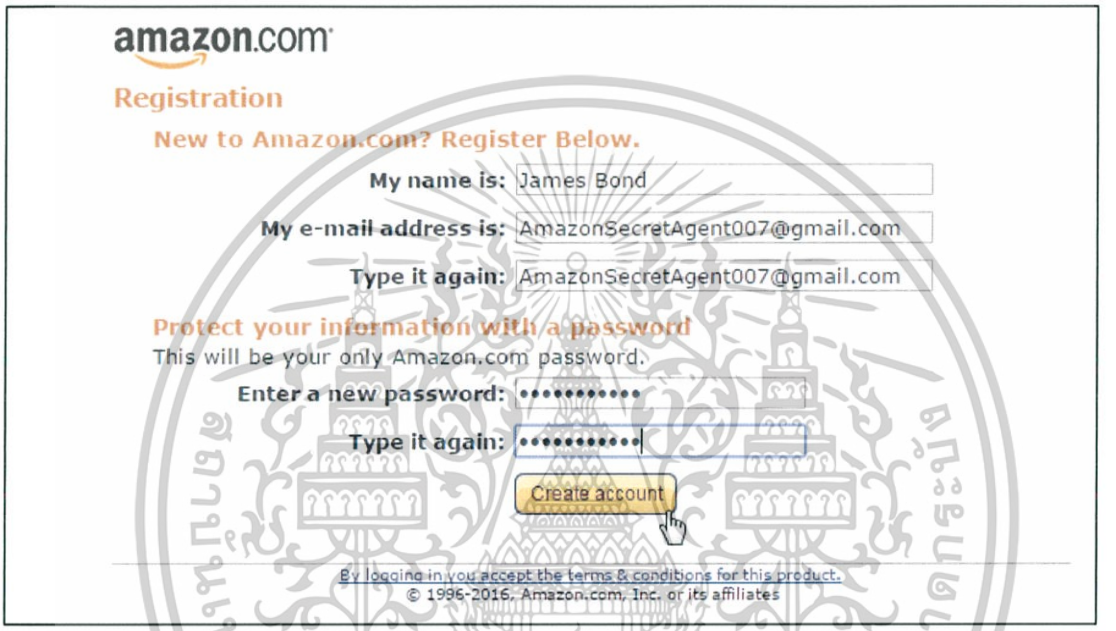
3. You will be asked for your amazon credentials or to sign up a new account. Choose "New to Amazon? Create an Account".

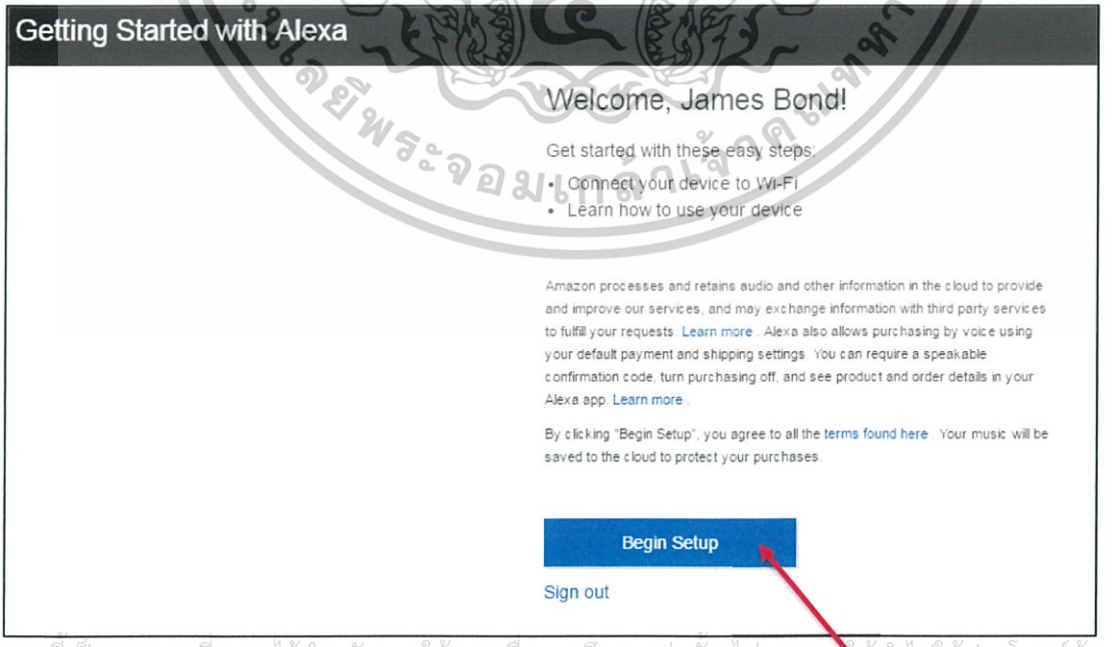



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**IF YOU ALREADY HAVE AN AMAZON ACCOUNT USE THIS SAME ACCOUNT, *OR* IF USED FOR DEMONSTRATION IN THE SHOWROOM, CREATE A NEW ACCOUNT TO AVOID VOICE PURCHASES FROM YOUR REGISTRED CREDIT CARD**

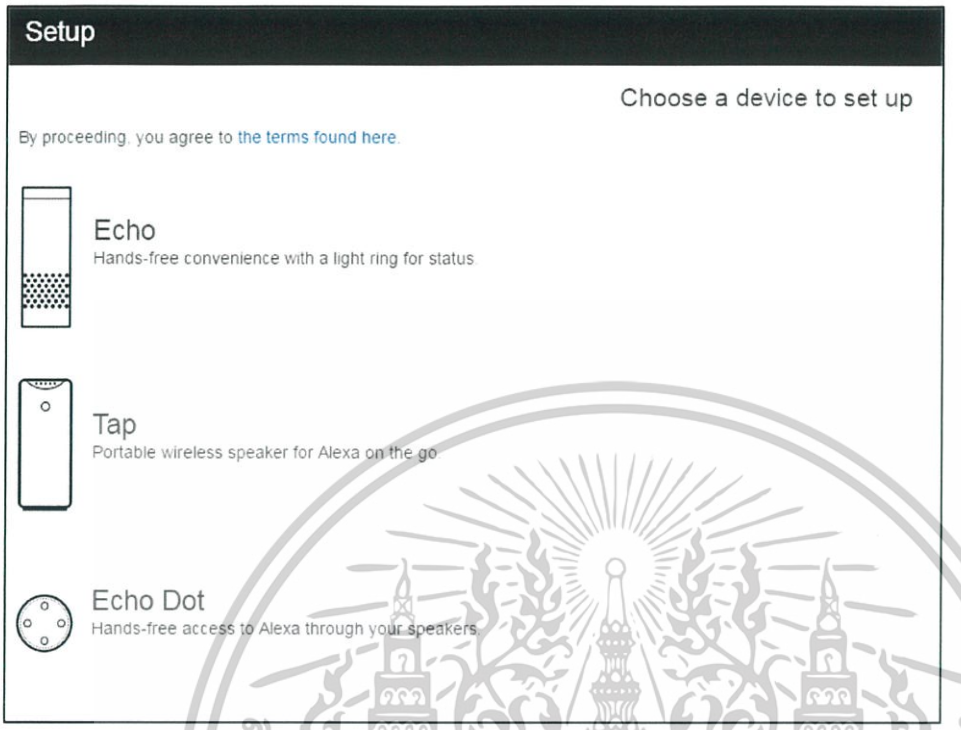
4. NEW REGISTRATION: Fill in your name and email address. Make sure to use an email address that has not previously been registered with Amazon. If needed create a new free Gmail.



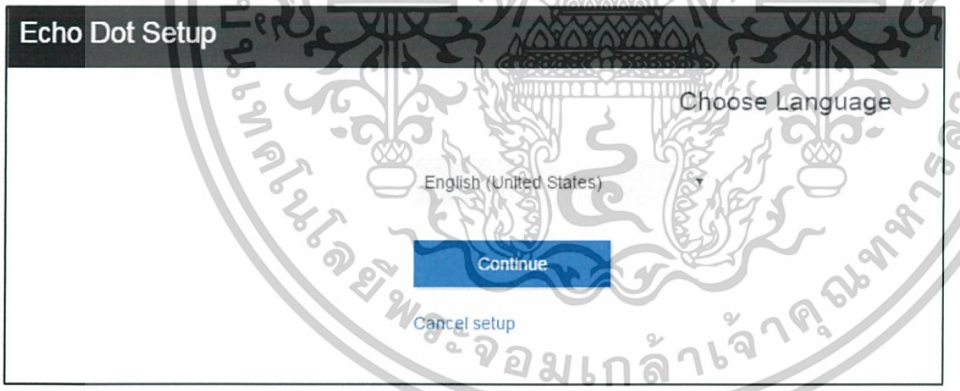




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

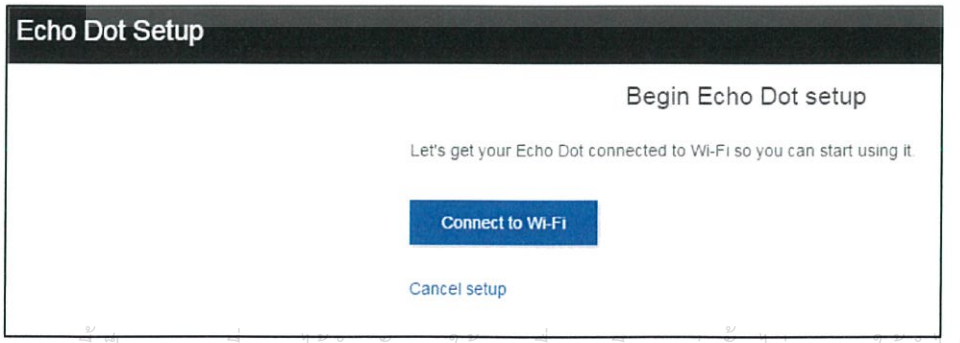
5. Choose the product you are setting up




6. Choose the language (you may be asked to sign in to Amazon again before this step)

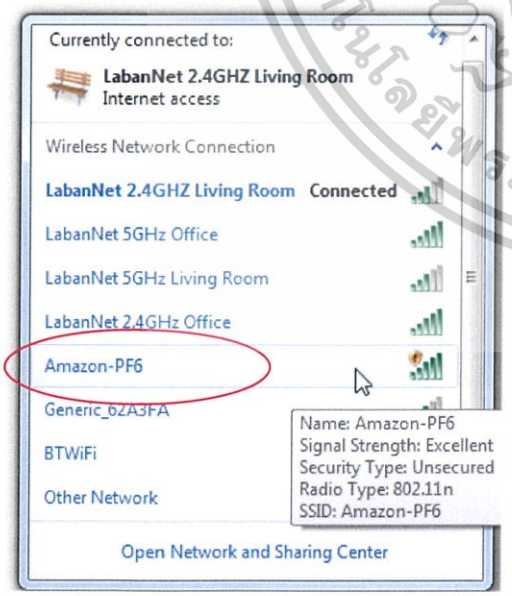



7. Click “Connect to Wi-Fi”

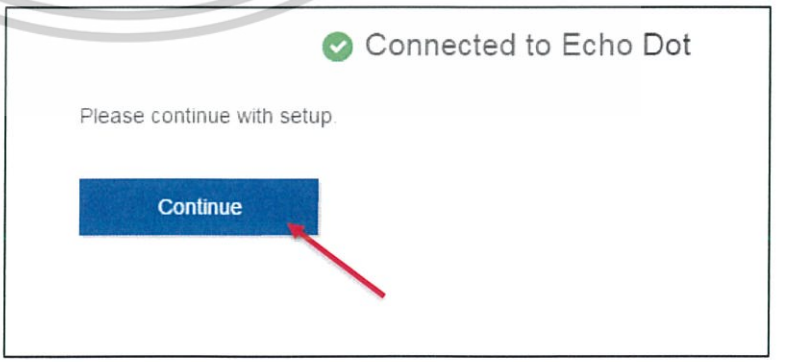



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
BANG & OLUFSEN

8. Follow the guided setting up procedures

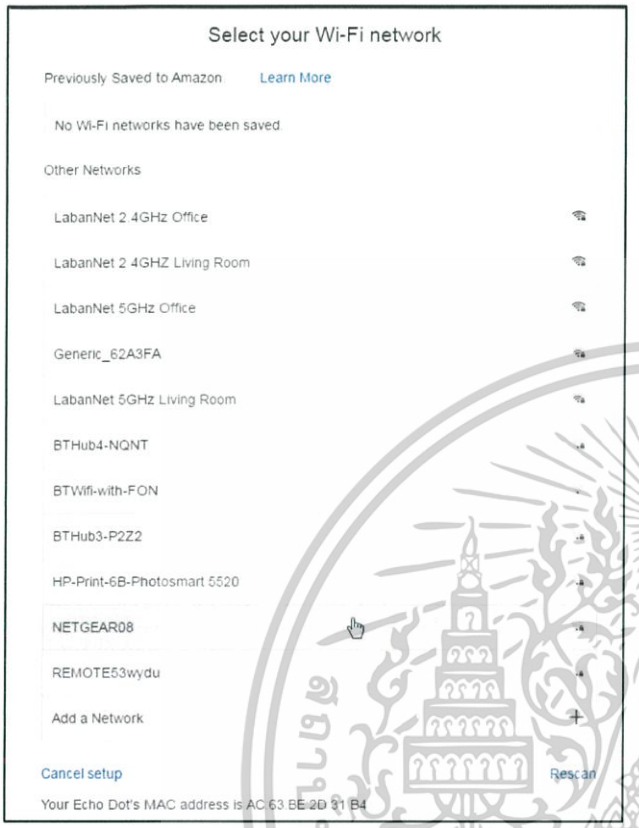


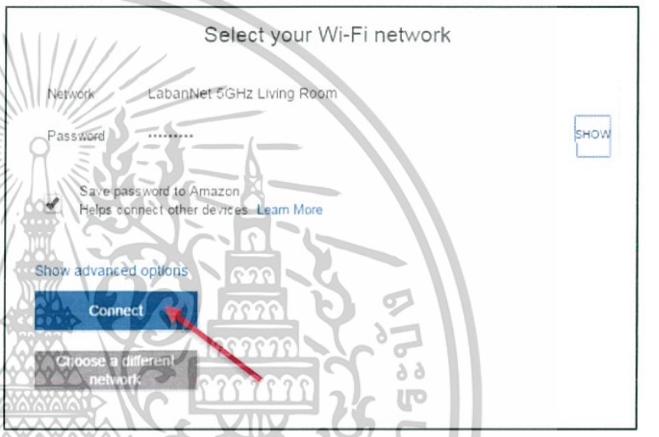

Alexa will confirm when connected to Wi-Fi. Then click “Continue”

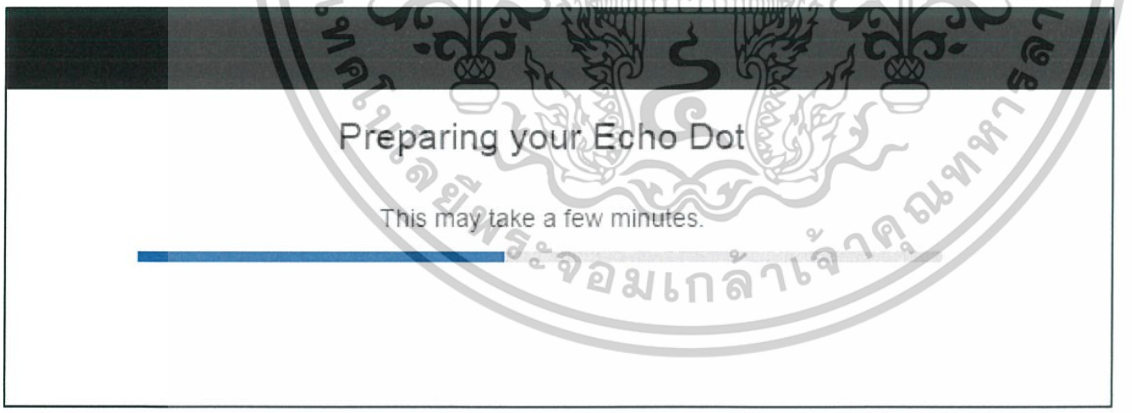


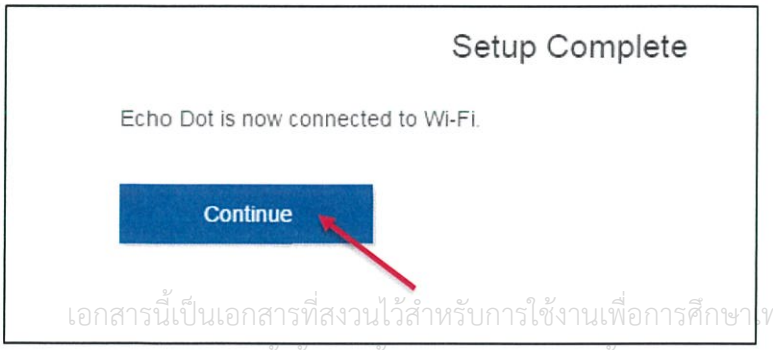

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. Select your network, type in wi-fi password and wait for Alexa to confirm it is connected.



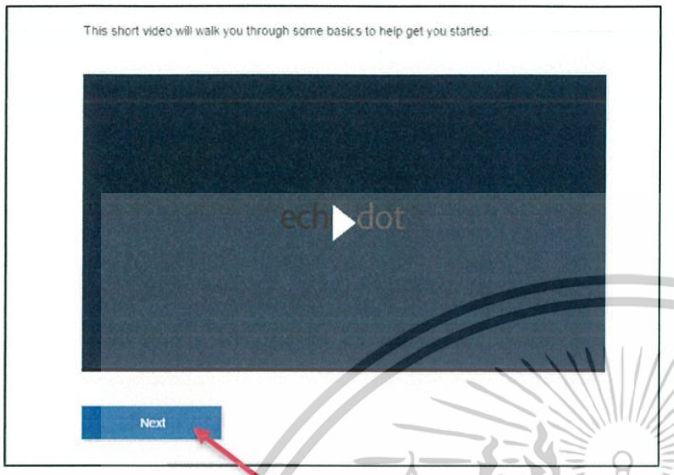



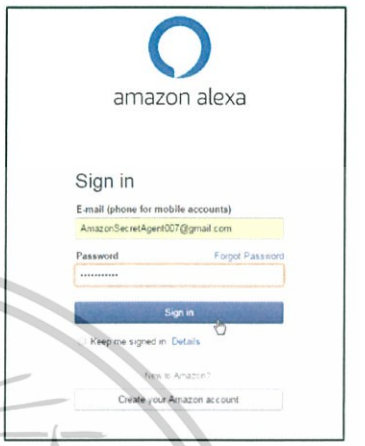



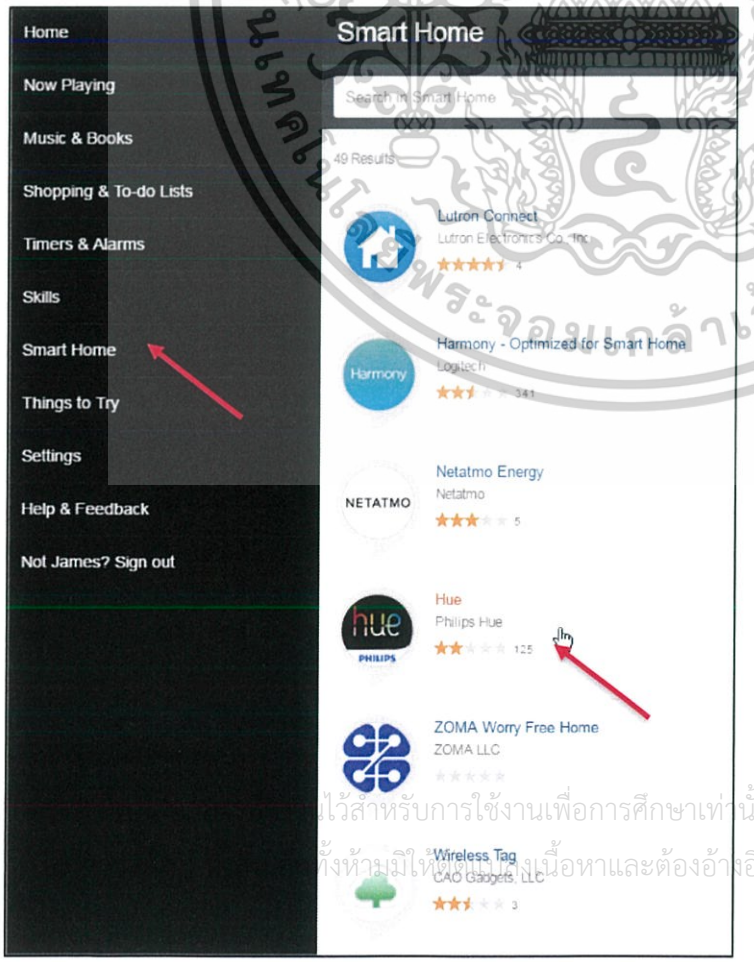




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. Follow the short introduction video and click “Next” or close the window and log in to the Amazon Alexa browser again to get to the main menu.



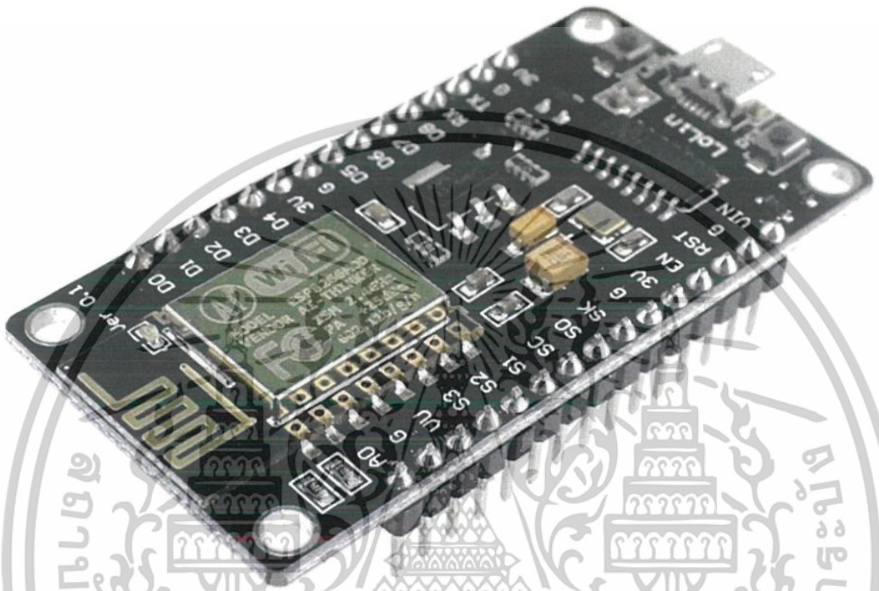



In the main menu, under “Smart Home” you can add for example your Philips hue system which enables Amazon echo voice commands directly to control your Hue lights

ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**User Manual V1.2**

# ESP8266 NodeMCU WiFi Devkit



The ESP8266 is the name of a micro controller designed by Espressif Systems. The ESP8266 itself is a self-contained WiFi networking solution offering as a bridge from existing micro controller to WiFi and is also capable of running self-contained applications.

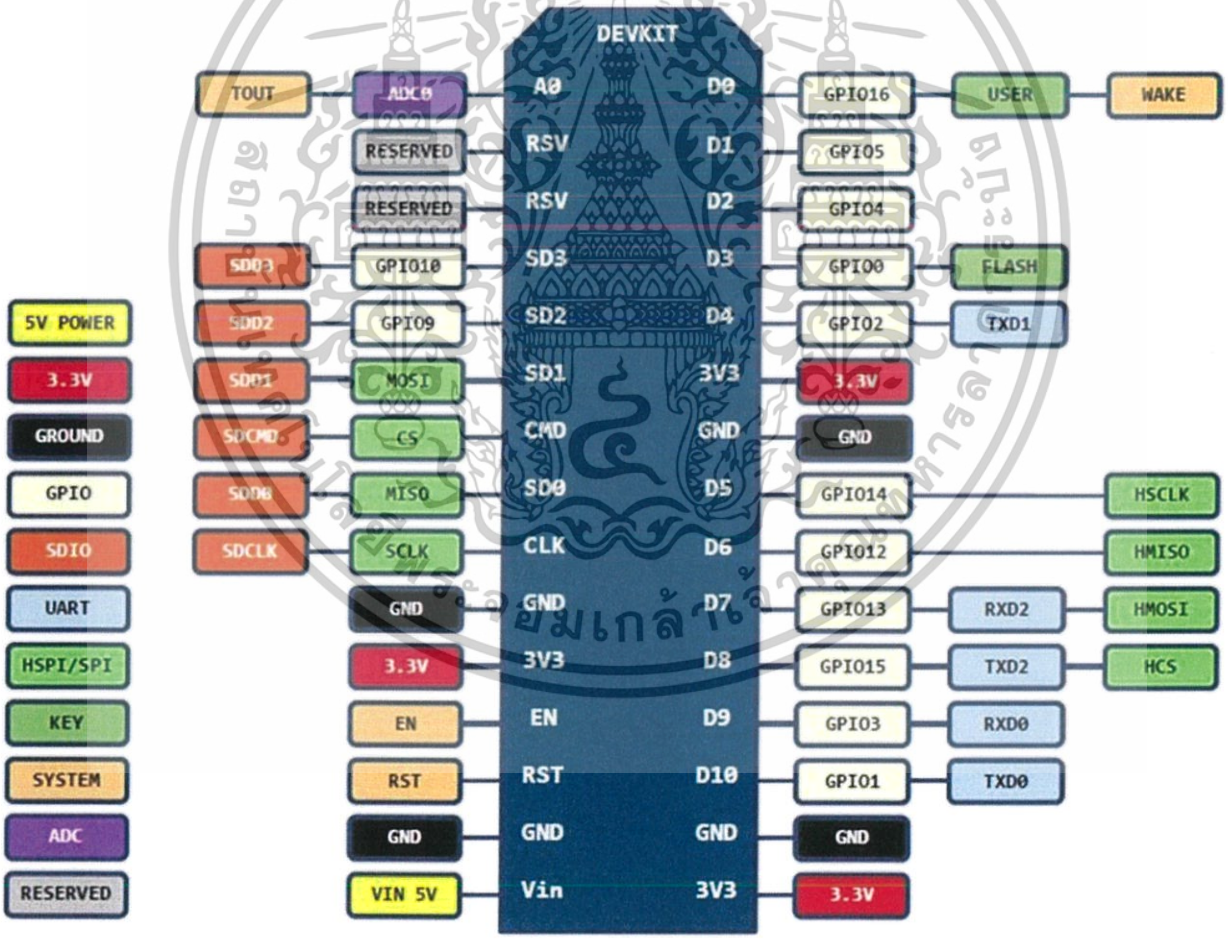
This module comes with a built in USB connector and a rich assortment of pin-outs. With a micro USB cable, you can connect NodeMCU devkit to your laptop and flash it without any trouble, just like Arduino. It is also immediately breadboard friendly.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. Specification:

- Voltage:3.3V.
- Wi-Fi Direct (P2P), soft-AP.
- Current consumption: 10uA~170mA.
- Flash memory attachable: 16MB max (512K normal).
- Integrated TCP/IP protocol stack.
- Processor: Tensilica L106 32-bit.
- Processor speed: 80~160MHz.
- RAM: 32K + 80K.
- GPIOs: 17 (multiplexed with other functions).
- Analog to Digital: 1 input with 1024 step resolution.
- +19.5dBm output power in 802.11b mode
- 802.11 support: b/g/n.
- Maximum concurrent TCP connections: 5.

## 2. Pin Definition:




*D0(GPIO16) can only be used as gpio read/write, no interrupt supported, no pwm/i2c/ow supported.*

## 3. Using Arduino IDE

นี้ถือเป็นสิทธิ์ส่วนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The most basic way to use the ESP8266 module is to use serial commands, as the chip is basically a WiFi/Serial transceiver. However, this is not convenient. What we recommend is using the very cool Arduino ESP8266 project, which is a modified version of the Arduino IDE that you need to install on your computer. This makes it very convenient to use the ESP8266 chip as we will be using the well-known Arduino IDE. Following the below step to install ESP8266 library to work in Arduino IDE environment.

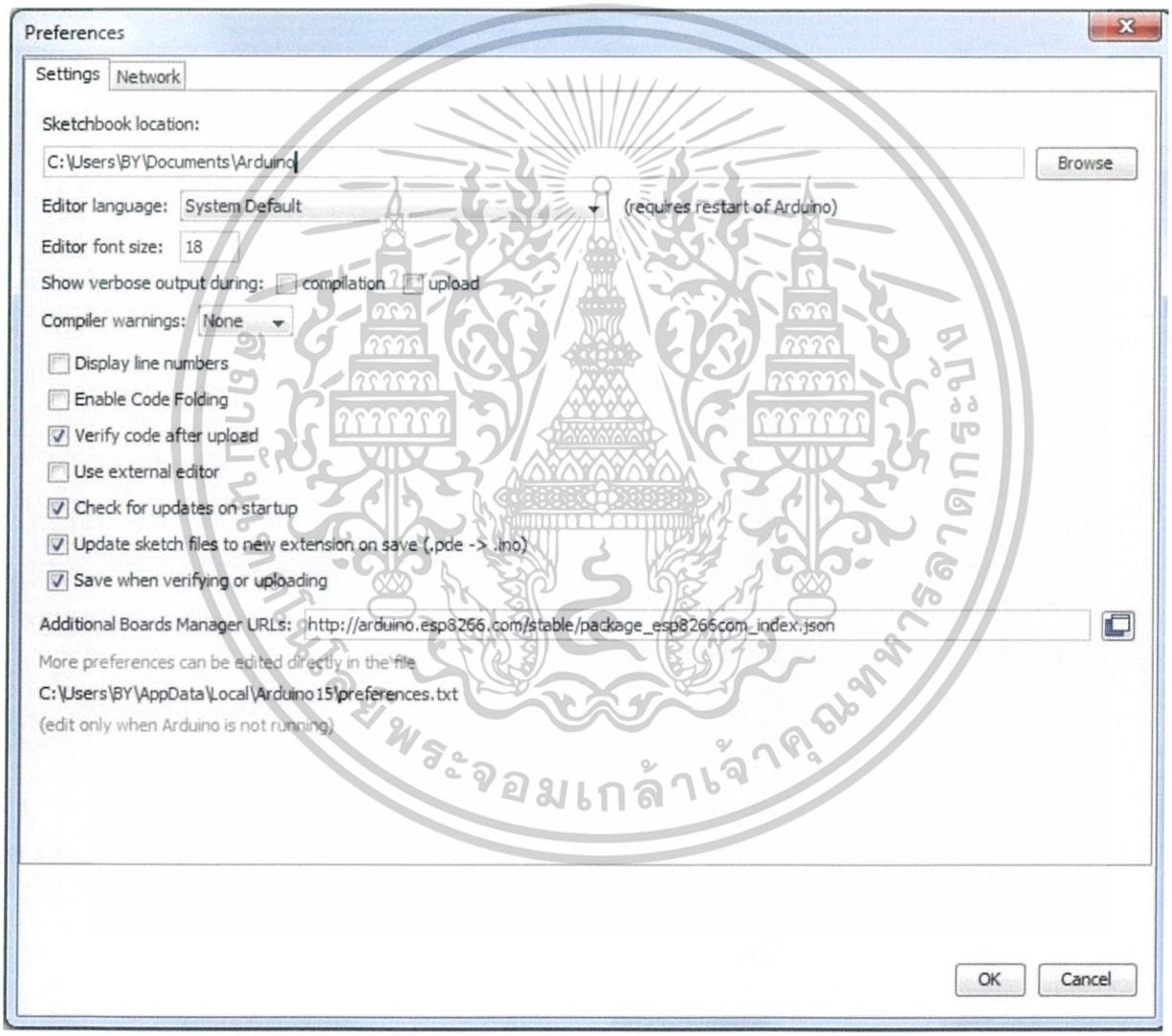
## 3.1 Install the Arduino IDE 1.6.4 or greater

Download Arduino IDE from Arduino.cc (1.6.4 or greater) - don't use 1.6.2 or lower version! You can use your existing IDE if you have already installed it.

You can also try downloading the ready-to-go package from the ESP8266-Arduino project, if the proxy is giving you problems.

## 3.2 Install the ESP8266 Board Package

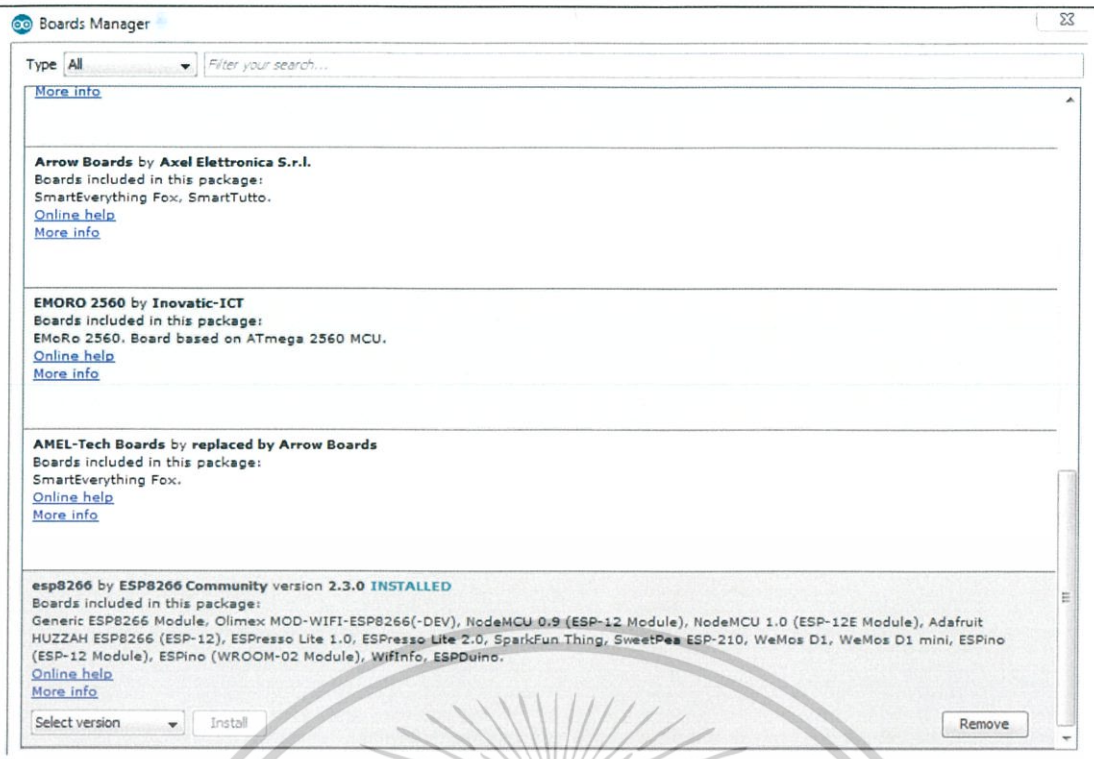
Enter ***http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json*** into *Additional Board Manager URLs* field in the Arduino v1.6.4+ preferences.




Click 'File' -> 'Preferences' to access this panel.

Next, use the Board manager to install the ESP8266 package.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

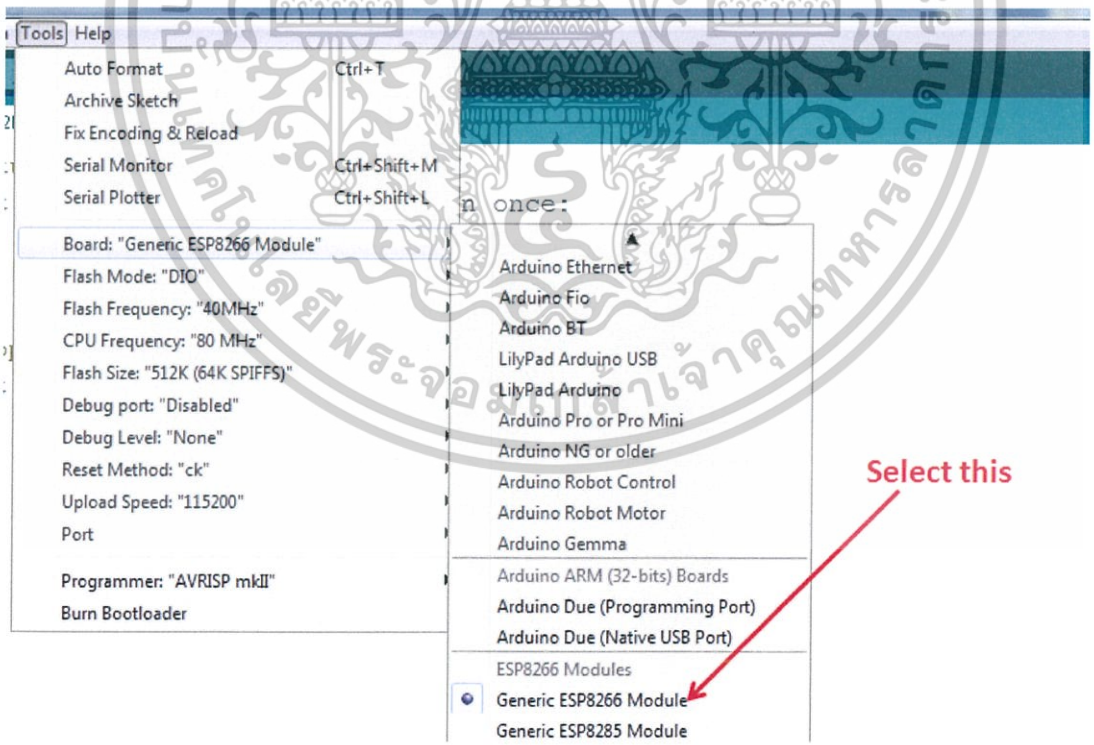



Click 'Tools' -> 'Board:' -> 'Board Manager…' to access this panel.

Scroll down to ' esp8266 by ESP8266 Community ' and click "Install" button to install the ESP8266 library package. Once installation completed, close and re-open Arduino IDE for ESP8266 library to take effect.

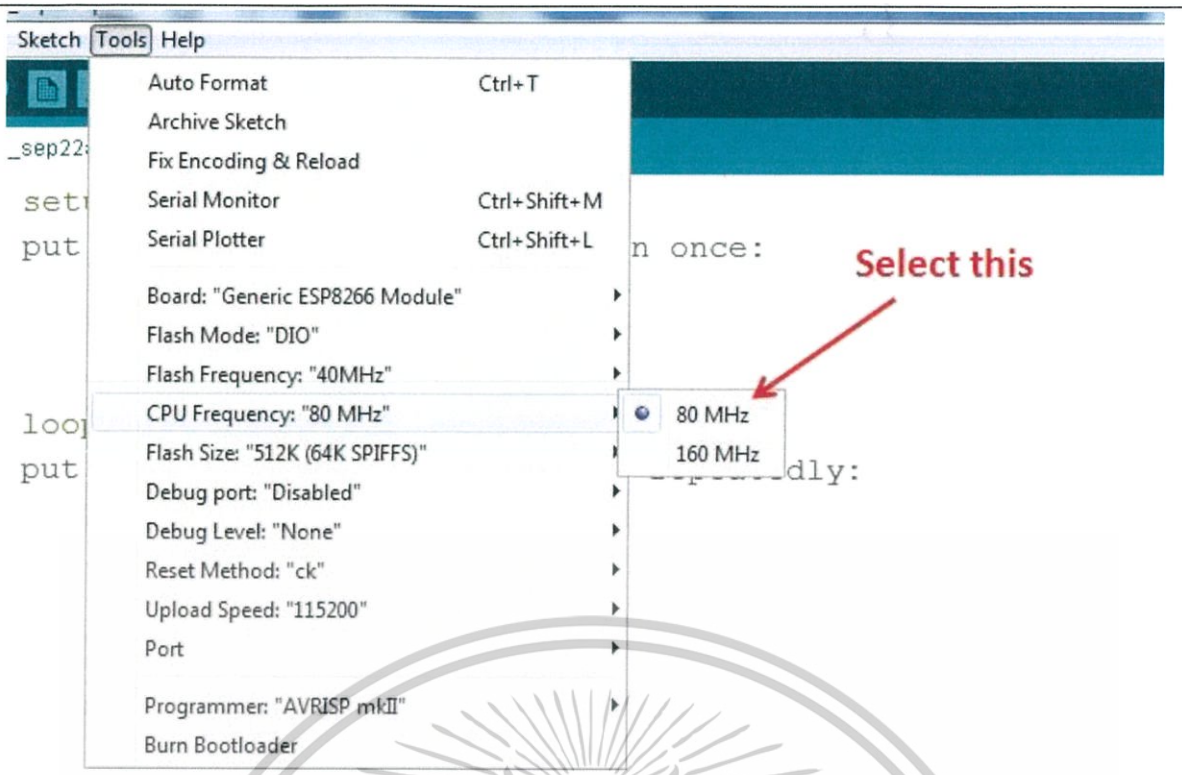
## 3.3 Setup ESP8266 Support

When you've restarted Arduino IDE, select 'Generic ESP8266 Module' from the 'Tools' -> 'Board:' dropdown menu.

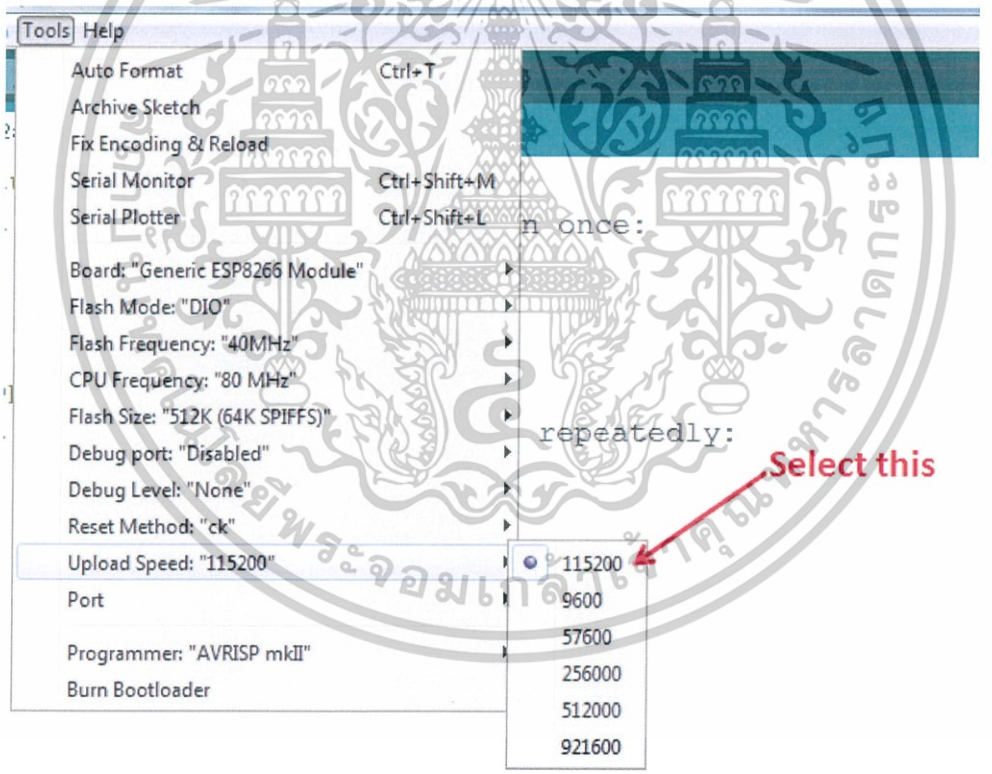



Select 80 MHz as the CPU frequency (you can try 160 MHz overclock later)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

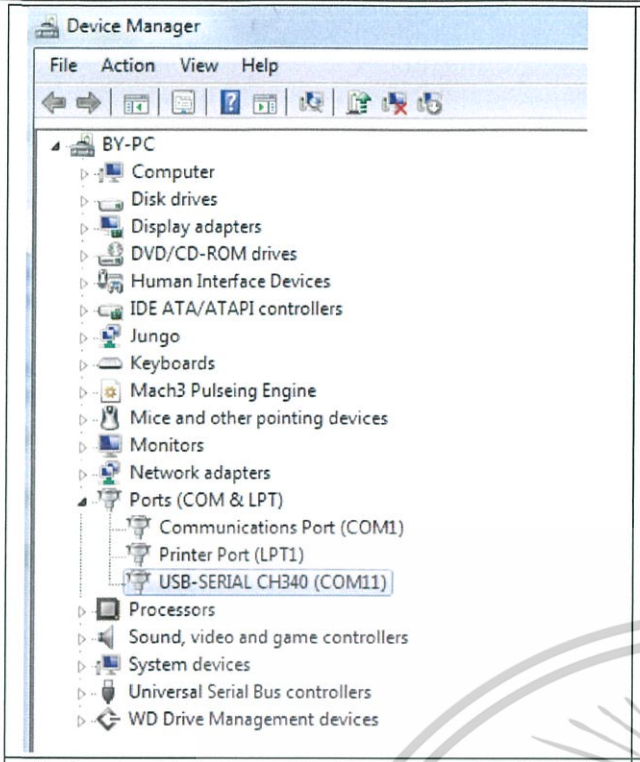



Select '115200' baud upload speed is a good place to start - later on you can try higher speeds but 115200 is a good safe place to start.

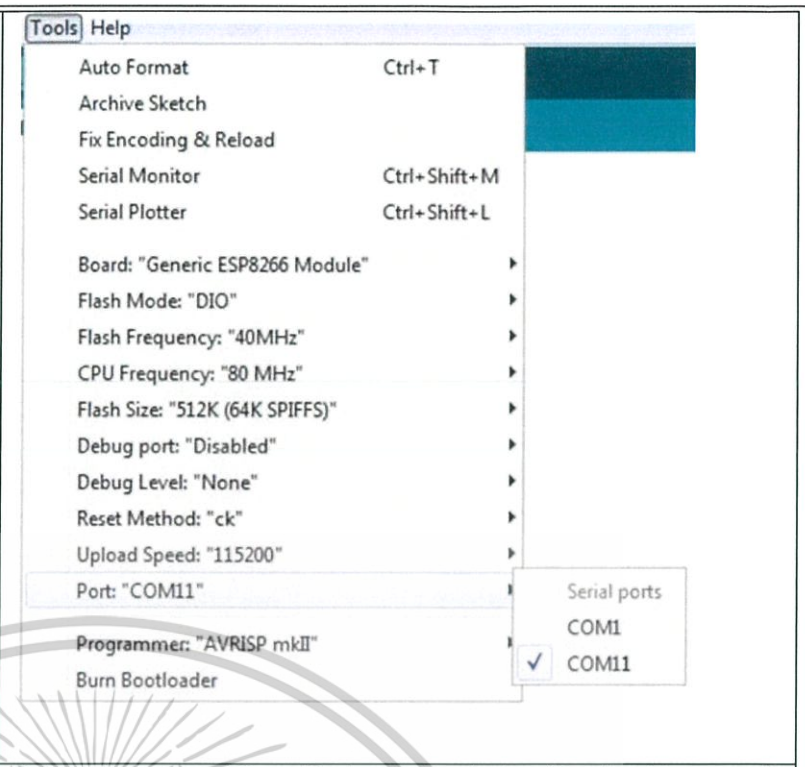



Go to your Windows 'Device Manager' to find out which Com Port 'USB-Serial CH340' is assigned to. Select the matching COM/serial port for your CH340 USB-Serial interface.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




Find out which Com Port is assign for CH340




Select the correct Com Port as indicated on 'Device Manager"

***Note: if this is your first time using CH340 " USB-to-Serial " interface, please install the driver first before proceed the above Com Port setting. The CH340 driver can be download from the below site:***

***https://github.com/nodemcu/nodemcu-devkit/tree/master/Drivers***

## 3.4 Blink Test

We'll begin with the simple blink test.

Enter this into the sketch window (and save since you'll have to). Connect a LED as shown in Figure3-1.

```
void setup() {
  pinMode(5, OUTPUT);   // GPIO05, Digital Pin D1
}

void loop() {
  digitalWrite(5, HIGH);
  delay(900);
  digitalWrite(5, LOW);
  delay(500);
}
```

Now you'll need to put the board into bootload mode. You'll have to do this before each upload. There is no timeout for bootload mode, so you don't have to rush!

- Hold down the 'Flash' button.
- While holding down ' Flash', press the 'RST' button.
- Release 'RST', then release 'Flash'

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OMRON

# Solid State Relay
# G3MB

## Low cost Subminiature PCB mounting 2 amp Single in-line package (SIP) SSR

- Bottom is approximately 3 times smaller than G3M.
- Low cost "SIP" package switches up to 2A loads.
- Built in Snubber circuit and input resistor as option.
- Two footprints available for design flexibility.
- The G3MB-202PEG-4-DC20MA crosses directly to the Motorola M0C2A-60 series power triac.

## Ordering Information

To Order: Specify input voltage at end of part number. Example: G3MB-202P-*DC24*

| Isolation | Output terminal pitch | Zero cross | Input resistor | Built-in snubber circuit | Rated output load | Rated input voltage | Model |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Phototriac | 7.62 mm | Yes | Yes | Yes | 2 A at 100 to 240 VAC | 5 VDC | **G3MB-202P** |
| | | | | | | 12 VDC | |
| | | | | | | 24 VDC | |
| | | No | | | 2 A at 100 to 240 VAC | 5 VDC | **G3MB-202PL** |
| | | | | | | 12 VDC | |
| | | | | | | 24 VDC | |
| | 5.08 mm | Yes | | | 2 A at 100 to 240 VAC | 5 VDC | **G3MB-202P-4** |
| | | | | | | 12 VDC | |
| | | | | | | 24 VDC | |
| | | No | | | 2 A at 100 to 240 VAC | 5 VDC | **G3MB-202PL-4** |
| | | | | | | 12 VDC | |
| | | | | | | 24 VDC | |
| | | Yes | No | No | 2 A at 100 to 240 VAC | N/A *(See Note) | **G3MB-202PEG-4-DC20MA** |
| | | No | | | 2 A at 100 to 240 VAC | N/A *(See Note) | **G3MB-202PLEG-4-DC20MA** |

**Note: 1.** For versions without input voltage specified, a current limiting resistor must be placed in series with the input. See LED drive specifications and recommendations below.

**2.** TUV versions available. Contact your local Omron representative.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Specifications

## ■ Input Rating

### Models with Input Resistor

| Rated voltage | Operating range | Input impedance |
|---|---|---|
| 5 VDC | 4 to 6 VDC | 440 Ω ±20% |
| 12 VDC | 9.60 to 14.40 VDC | 1k Ω ±20% |
| 24 VDC | 19.20 to 28.80 VDC | 2.20k Ω ±20% |

## ■ Output Rating

| Model | Rated load voltage | Load voltage range | Load current | Surge current |
|---|---|---|---|---|
| G3MB-202 | 100 to 240 VAC | 75 to 264 VAC | 0.10 to 2 A | 30 A (60 Hz, 1 cycle) |

## ■ LED Drive Data

### Models without Input Resistor

| | |
|---|---|
| LED forward current | 50 mA max. |
| Repetitive peak LED forward current | 1 A max. |
| LED reverse voltage | 5 V max. |

## ■ Recommended LED Operating Conditions

### Models without Input Resistor

| | Min. | Standard | Max. |
|---|---|---|---|
| LED forward current | 5 mA | 10 mA | 20 mA |
| Must drop voltage | 0 | — | 1 V |

## ■ Characteristics

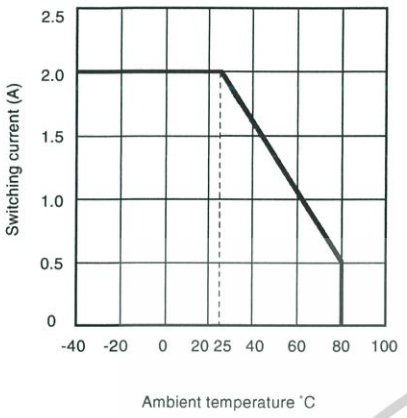
| Type | | G3MB-202P<br>G3MB-202PEG | G3MB-202PL<br>G3MB-202PLEG |
|---|---|---|---|
| Operate time | | 1/2 of load power source cycle + 1 ms max. | 1 ms max. |
| Release time | | 1/2 of load power source cycle + 1 ms max. | |
| Output ON voltage drop | | 1.60 V (RMS) max. | |
| Leakage current | | 1 mA max. at 100 VAC, 1.50 mA at 200 VAC | |
| Non-repetitive peak surge | | 30 A | |
| Output | PIV ($V_{DRM}$) | 600 V | |
| | di/dt | 40 A/μs | |
| | dv/dt | 100 V/μs | |
| | $I^2t$ | 4 $A^2s$ | |
| Junction temperature (Tj) | | 125°C (257°F) max. | |
| Insulation resistance | | 1,000 MΩ min. at 500 VDC | |
| Dielectric strength | | 2500 VAC, 50/60 Hz for 1 minute; 3750 VAC max., 1 second | |
| Vibration | Malfunction | 10 to 55 Hz, 0.75 mm (0.03 in) double amplitude, approx. 5 G | |
| Shock | Malfunction | Approx. 100 G | |
| Ambient temperature | Operating | -30° to 80°C (-22° to 176°F) with no icing | |
| | Storage | -30° to 100°C (-22° to 212°F) with no icing | |
| Humidity | Operating | 45% to 85% RH | |
| Weight | | Approx. 5 g (0.18 oz) | |

**Note:** Data shown are of initial value.

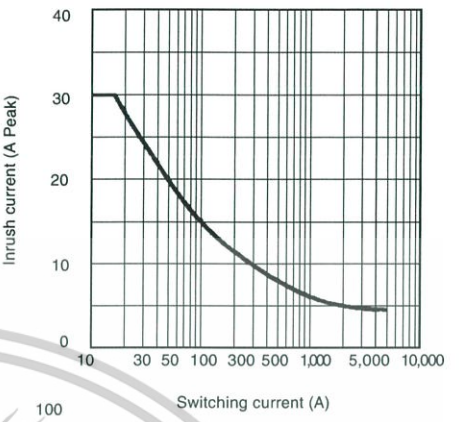
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Characteristic Data

**Load current vs. ambient temperature characteristics**



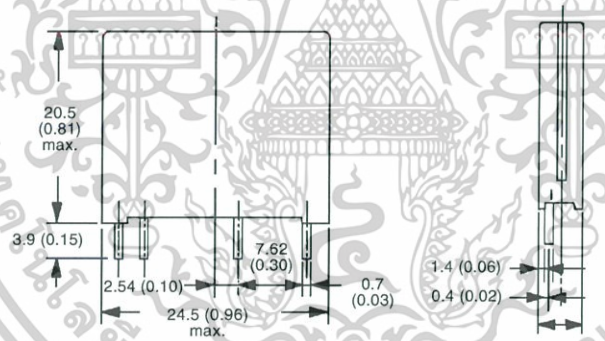

**Inrush current resistivity**
Non-repetitive (Keep the inrush current to half the rated value if it occurs repetitively.)




# Dimensions

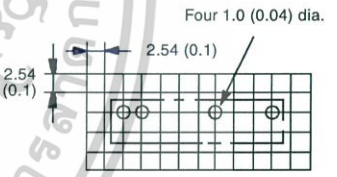
Unit: mm (inch)

## Relays

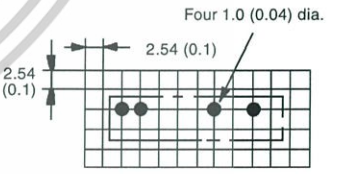



**PCB Dimensions**
(Bottom view)

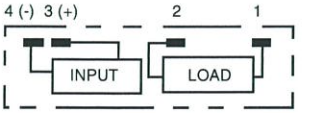
**G3MB**




**G3MB (-4)**




**Terminal Arrangement/ Internal Connections**
(Bottom view)




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ■ Approvals

**UL (File No. E64562)**

| SSR Type | Input voltage | Load type | Load ratings |
|---|---|---|---|
| G3MB-102P | 5 to 24 VDC | General purpose | 2 A, 120 VAC |
| | | Tungsten | 1 A, 120 VAC |
| | | Motor | 1.60 FLA/9.60 LRA, 120 VAC |
| G3MB-202P | | General purpose | 2 A, 240 VAC |
| G3MB-202PL | | Tungsten | 1 A, 240 VAC |
| G3MB-202PEG | | Motor | 1.60 FLA/9.60 LRA, 240 VAC |
| G3MB-202PLEG | | | |

**CSA (File No. LR35535)**

| SSR Type | Input voltage | Load type | Load ratings |
|---|---|---|---|
| G3MB-102P | 5 to 24 VDC | General purpose | 2 A, 120 VAC |
| | | Tungsten | 1 A, 120 VAC |
| | | Motor | 1.60 FLA/8.60 LRA, 120 VAC |
| G3MB-202P | | General purpose | 2 A, 240 VAC |
| G3MB-202PL | | Tungsten | 1 A, 240 VAC |
| | | Motor | 1.60 FLA/8.60 LRA, 240 VAC |

**Note: 1.** The rated values approved by each of the safety standards (e.g., UL and CSA) may be different from the performance characteristics individually defined in this catalog.

**2.** In the interest of product improvement, specifications are subject to change.

# Precautions

See General Information Section near the back of this catalog for Solid State Precautions.

Soldering must be completed within 10 seconds at 260°C or less.

Make sure that the space between the bottom of the relay and the PCB is 0.1 mm or less. When making holes on the PCB for the relay's edge terminals, the hole diameters should be slightly smaller than the actual diameters of the edge terminals. This will reduce unnecessary space between the bottom of the relay and the PCB.

To use the SSR output for phase control, select a model that does not incorporate a zero-cross function.

The SSR case serves to dissipate heat. When mounting more than three SSRs as a group, pay attention to the ambient temperature rise and install the Relays so that they are adequately ventilated. If poor ventilation is unavoidable, reduce the load current by half.

## Protective Component

The input circuitry does not incorporate a circuit protecting the SSR from being damaged due to a reversed connection. Make sure that the polarity is correct when connecting the input lines.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

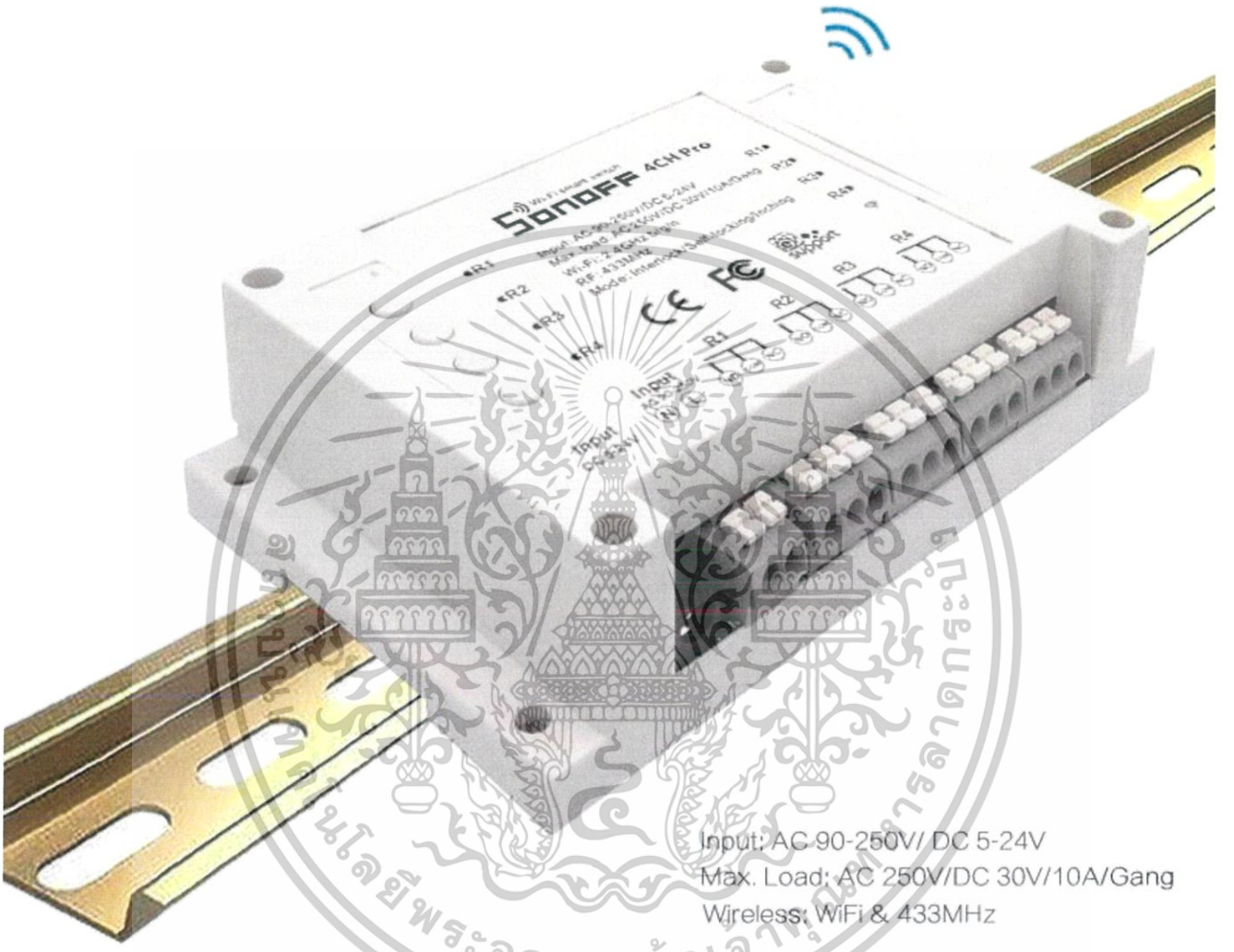
**ALL DIMENSIONS SHOWN ARE IN MILLIMETERS. To convert millimeters into inches, divide by 25.4**

**Sonoff 4CH PRO manual JAN 2018**

# SONOFF 4CH PRO

4-channel Smart Wi-Fi Switch

Interlock | Self-locking | Inching




Input: AC 90-250V/ DC 5-24V
Max. Load: AC 250V/DC 30V/10A/Gang
Wireless: WiFi & 433MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Sonoff 4CH PRO manual JAN 2018

## Overview

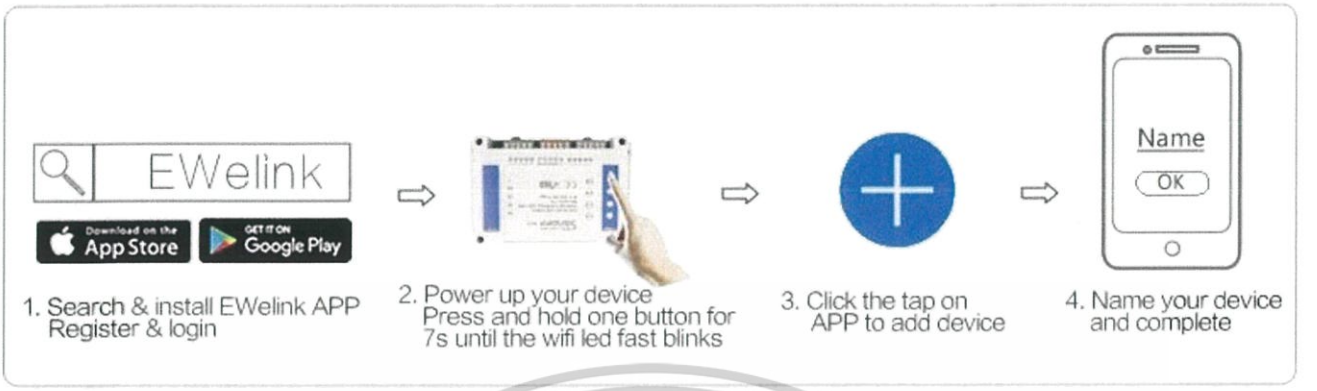
Sonoff 4CH Pro & 4CH Pro R2 are 4 gang WiFi switches. They support switching among 3 working modes: interlock/self-locking/inching mode. 4CH Pro supports to set 0.25-4s delay in inching mode, while 4CH Pro R2 supports to set 1-16s. This feature allows you to let your switch turn on for a few seconds then goes off, which works like a pulse switch. They integrate with a 433MHz RF receiver module, making them possible to be controlled by RF Remote. The Sonoff 4CH Pro smart switch is DIN Rail mounted.

Users can remotely turn on/off the connected lights/appliances by iOS/Android App eWeLink or 433MHz RF Remote. They can create 8 enabled single/repeat/countdown timers to automatically turn on/off at the specified time. The timers can run themselves even when the network is unavailable. To let the devices be controlled by their family, users can simply share the devices with their accounts and allow specified timers permissions. They can even create some scenes or smart scenes to trigger ON/OFF the switch.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Sonoff 4CH PRO manual JAN 2018**

# QUICK START




## Features

- Turn on/off 4 home appliances remotely
- Supports switching among inching/interlock/self-lockingmodes
- Device status's synchronously display
- Scheduled/Countdown timers
- Share control
- Supports setting power onstatus
- 433MHz RF Remote control
- Works with Amazon Echo, Echo Dot, Amazon Tap
- Works with Google Home, Google Nest
- Works with IFTTT

## Specifications

- Voltage Range: 90-250V AC(50/60Hz) / 5-24V DC
- Max Current: 10A/gang
- Max Power: 2200W/gang
- Wireless Frequency: WiFi2.4GHz
- Wireless Standard: 802.11 b/g/n & 433MHz
- Security Mechanism: WPA-PSK/WPA2-PSK
- Enclosure Material: Fire-retardant ABS V0
- Gang: 4
- Dimension:145*90*40 (mm)
- Operating Temperature(recommended): 0°C-40°C(32°F-104°F)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 1** คำสั่งภาษาอังกฤษ ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

| | ระยะทางระหว่างลำโพงกับ Amazon Echo Dot | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| จำนวนครั้ง / ตัวอย่างผู้ทดสอบ | 0.25 เมตร | | 0.50 เมตร | | 0.75 เมตร | | 1.00 เมตร | |
| | ได้ | ไม่ได้ | ได้ | ไม่ได้ | ได้ | ไม่ได้ | ได้ | ไม่ได้ |
| ชาย คำสั่ง Turn on plug one | 29.00 | 1.00 | 27.60 | 2.40 | 26.80 | 3.20 | 26.20 | 3.80 |
| ชาย คำสั่ง Turn off plug one | 27.80 | 2.20 | 28.00 | 2.00 | 28.80 | 1.20 | 26.00 | 4.00 |
| ชาย คำสั่ง Turn on plug two | 29.60 | 0.40 | 29.00 | 1.00 | 28.00 | 2.00 | 29.20 | 0.80 |
| ชาย คำสั่ง Turn off plug two | 30.00 | 0.00 | 28.80 | 1.20 | 28.40 | 1.60 | 28.80 | 1.20 |
| ชาย คำสั่ง Turn on plug three | 30.00 | 0.00 | 29.00 | 1.00 | 29.20 | 0.80 | 24.40 | 5.60 |
| ชาย คำสั่ง Turn off plug three | 29.40 | 0.60 | 29.40 | 0.60 | 27.00 | 3.00 | 28.60 | 1.40 |
| ชาย คำสั่ง Turn on plug four | 29.40 | 0.60 | 29.60 | 0.40 | 26.20 | 3.80 | 25.40 | 4.60 |
| ชาย คำสั่ง Turn off plug four | 29.40 | 0.60 | 29.40 | 0.60 | 28.00 | 2.00 | 27.20 | 2.80 |
| ชาย คำสั่ง Turn on all devices | 30.00 | 0.00 | 29.40 | 0.60 | 29.40 | 0.60 | 28.60 | 1.40 |
| ชาย คำสั่ง Turn off all devices | 30.00 | 0.00 | 29.80 | 0.20 | 28.60 | 1.40 | 28.40 | 1.60 |
| หญิง คำสั่ง Turn on plug one | 29.4 | 0.60 | 29.40 | 0.60 | 28.40 | 1.60 | 27.20 | 2.80 |
| หญิง คำสั่ง Turn off plug one | 29.80 | 0.20 | 29.40 | 0.60 | 27.60 | 2.40 | 28.00 | 2.00 |
| หญิง คำสั่ง Turn on plug two | 29.80 | 0.20 | 28.20 | 1.80 | 28.20 | 1.80 | 25.60 | 4.40 |
| หญิง คำสั่ง Turn off plug two | 30.00 | 0.00 | 28.40 | 1.60 | 28.40 | 1.60 | 27.40 | 2.60 |
| หญิง คำสั่ง Turn on plug three | 29.00 | 1.00 | 29.40 | 0.60 | 26.80 | 3.20 | 26.00 | 4.00 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 1** คำสั่งภาษาอังกฤษ ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน (ต่อ)

| | ระยะทางระหว่างลำโพงกับ Amazon Echo Dot | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| จำนวนครั้ง / ตัวอย่างผู้ทดสอบ | 0.25 เมตร | | 0.50 เมตร | | 0.75 เมตร | | 1.00 เมตร | |
| | ได้ | ไม่ได้ | ได้ | ไม่ได้ | ได้ | ไม่ได้ | ได้ | ไม่ได้ |
| หญิง คำสั่ง Turn off plug three | 29.60 | 0.40 | 28.00 | 2.00 | 27.40 | 2.60 | 25.20 | 4.80 |
| หญิง คำสั่ง Turn on plug four | 27.60 | 2.40 | 24.20 | 5.80 | 23.80 | 6.20 | 23.40 | 6.60 |
| หญิง คำสั่ง Turn off plug four | 27.80 | 2.20 | 25.20 | 4.80 | 25.20 | 4.80 | 23.40 | 6.60 |
| หญิง คำสั่ง Turn on all devices | 29.60 | 0.40 | 29.80 | 0.20 | 28.40 | 1.60 | 25.40 | 4.60 |
| หญิง คำสั่ง Turn off all devices | 29.00 | 1.00 | 29.20 | 0.80 | 27.20 | 2.80 | 27.20 | 2.80 |
| เฉลี่ย | 29.28 | 0.72 | 28.64 | 1.36 | 27.50 | 2.50 | 26.63 | 3.37 |
| ร้อยละโดยรวม | 97.60 | 2.40 | 95.47 | 4.53 | 91.67 | 8.33 | 88.77 | 11.23 |

จากตารางเห็นได้ว่า ในทุกคำสั่งทั้งชายและหญิง พบว่าระยะที่มีประสิทธิภาพการทำงานได้ดีที่สุดคือระยะ 0.25 เมตร รองลงมาคือ 0.50, 0.75 และ 1 เมตร ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2** คำสั่งภาษาอังกฤษ ในกรณีมีเสียงรบกวน

| จำนวนครั้ง / ตัวอย่างผู้ทดสอบ | ความถี่เสียงรบกวน | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 เฮิร์ต | | 500 เฮิร์ต | | 1000 เฮิร์ต | | 2000 เฮิร์ต | |
| | ได้ | ไม่ได้ | ได้ | ไม่ได้ | ได้ | ไม่ได้ | ได้ | ไม่ได้ |
| ชาย คำสั่ง Turn on plug one | 25.80 | 4.20 | 26.40 | 3.60 | 24.60 | 5.40 | 28.60 | 1.40 |
| ชาย คำสั่ง Turn off plug one | 26.20 | 3.80 | 26.00 | 4.00 | 26.20 | 3.80 | 27.00 | 3.00 |
| ชาย คำสั่ง Turn on plug two | 30.00 | 0.00 | 26.40 | 3.60 | 27.40 | 2.60 | 29.40 | 0.60 |
| ชาย คำสั่ง Turn off plug two | 30.00 | 0.00 | 29.20 | 0.80 | 28.00 | 2.00 | 30.00 | 0.00 |
| ชาย คำสั่ง Turn on plug three | 25.40 | 4.60 | 26.80 | 3.20 | 24.20 | 5.80 | 28.60 | 1.40 |
| ชาย คำสั่ง Turn off plug three | 26.60 | 3.40 | 24.60 | 5.40 | 25.80 | 4.20 | 27.00 | 3.00 |
| ชาย คำสั่ง Turn on plug four | 25.60 | 4.20 | 26.40 | 3.60 | 18.60 | 11.40 | 22.40 | 7.60 |
| ชาย คำสั่ง Turn off plug four | 23.40 | 6.60 | 25.60 | 4.40 | 21.00 | 9.00 | 27.40 | 2.60 |
| ชาย คำสั่ง Turn on all devices | 29.20 | 0.80 | 30.00 | 0.00 | 28.00 | 2.00 | 28.80 | 1.20 |
| ชาย คำสั่ง Turn of all devices | 28.20 | 1.80 | 24.6 | 5.40 | 26.20 | 3.80 | 27.60 | 2.40 |
| หญิง คำสั่ง Turn on plug one | 27.80 | 2.2 | 27.00 | 3.00 | 27.40 | 2.60 | 26.20 | 3.80 |
| หญิง คำสั่ง Turn off plug one | 27.00 | 3.00 | 29.00 | 1.00 | 25.40 | 4.60 | 24.80 | 5.20 |
| หญิง คำสั่ง Turn on plug two | 24.60 | 5.40 | 16.20 | 13.80 | 23.40 | 6.60 | 27.40 | 2.60 |
| หญิง คำสั่ง Turn off plug two | 23.80 | 6.20 | 25.40 | 4.60 | 21.40 | 8.60 | 26.00 | 4.00 |
| หญิง คำสั่ง Turn on plug three | 26.20 | 3.80 | 15.60 | 14.40 | 24.20 | 5.80 | 26.80 | 3.20 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2** คำสั่งภาษาอังกฤษ ในกรณีมีเสียงรบกวน (ต่อ)

| จำนวนครั้ง / ตัวอย่างผู้ทดสอบ | ความถี่เสียงรบกวน | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 เฮิร์ต | | 500 เฮิร์ต | | 1000 เฮิร์ต | | 2000 เฮิร์ต | |
| | ได้ | ไม่ได้ | ได้ | ไม่ได้ | ได้ | ไม่ได้ | ได้ | ไม่ได้ |
| หญิง คำสั่ง Turn off plug three | 25.60 | 4.40 | 22.00 | 8.00 | 25.50 | 5.00 | 24.20 | 5.80 |
| หญิง คำสั่ง Turn on plug four | 24.40 | 5.60 | 22.20 | 7.80 | 23.40 | 6.60 | 22.20 | 7.80 |
| หญิง คำสั่ง Turn off plug four | 22.00 | 8.00 | 21.60 | 8.40 | 22.80 | 7.20 | 23.20 | 6.80 |
| หญิง คำสั่ง Turn on all devices | 30.00 | 0.00 | 28 | 2.00 | 27.60 | 2.40 | 25.40 | 4.60 |
| หญิง คำสั่ง Turn off all devices | 29.00 | 1.00 | 26.40 | 3.60 | 28.40 | 1.60 | 26.20 | 3.80 |
| เฉลี่ย | 26.55 | 3.45 | 24.97 | 5.03 | 24.95 | 5.05 | 26.46 | 3.540 |
| ร้อยละโดยรวม | 88.50 | 11.50 | 83.23 | 16.76 | 83.16 | 16.83 | 82.20 | 11.80 |

จากตารางเห็นได้ว่า ในทุกคำสั่งทั้งชายและหญิง พบว่าเสียงรบกวนที่ส่งผลกระทบกับการทำงานของ Amazon Echo Dot น้อยที่สุดคือ 50 เฮิร์ต รองลงมาคือ 500, 1,000 และ 2,000 เฮิร์ต ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 3** คำสั่งภาษาไทย ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน

| | ระยะทางระหว่างลำโพงกับ Amazon Echo Dot | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| จำนวนครั้ง / ตัวอย่างผู้ทดสอบ | 0.25 เมตร | | 0.50 เมตร | | 0.75 เมตร | | 1.00 เมตร | |
| | ได้ | ไม่ได้ | ได้ | ไม่ได้ | ได้ | ไม่ได้ | ได้ | ไม่ได้ |
| ชาย คำสั่ง Turn on plug nhueng | 23.40 | 6.60 | 20.80 | 8.20 | 18.20 | 11.80 | 17.40 | 12.60 |
| ชาย คำสั่ง Turn off plug nhueng | 27.80 | 2.20 | 24.20 | 5.80 | 22.20 | 7.80 | 20.40 | 9.60 |
| ชาย คำสั่ง Turn on plug song | 29.00 | 1.00 | 28.40 | 1.60 | 29.40 | 0.60 | 28.20 | 1.80 |
| ชาย คำสั่ง Turn off plug song | 28.80 | 1.20 | 27.60 | 2.40 | 26.80 | 3.20 | 27.00 | 3.00 |
| ชาย คำสั่ง Turn on plug sam | 27.40 | 2.60 | 25.20 | 4.80 | 21.60 | 8.40 | 20.20 | 9.80 |
| ชาย คำสั่ง Turn off plug sam | 30.00 | 0.00 | 29.20 | 0.80 | 28.20 | 1.80 | 27.80 | 2.20 |
| ชาย คำสั่ง Turn on plug si | 29.60 | 0.40 | 29.60 | 0.40 | 28.20 | 1.80 | 27.00 | 3.00 |
| ชาย คำสั่ง Turn off plug si | 28.80 | 1.20 | 29.00 | 1.00 | 26.60 | 3.40 | 24.00 | 6.00 |
| ชาย คำสั่ง Turn on Thangmod | 29.80 | 0.20 | 29.40 | 0.60 | 28.40 | 1.60 | 27.40 | 2.60 |
| ชาย คำสั่ง Turn off Thangmod | 30.00 | 0.00 | 30.00 | 0.00 | 30.00 | 0.00 | 29.40 | 0.60 |
| หญิง คำสั่ง Turn on plug nhueng | 27.60 | 2.40 | 21.80 | 8.20 | 21.40 | 8.60 | 20.60 | 9.40 |
| หญิง คำสั่ง Turn off plug nhueng | 27.80 | 2.20 | 26.60 | 3.40 | 24.20 | 5.80 | 22.40 | 7.60 |
| หญิง คำสั่ง Turn on plug song | 29.00 | 1.00 | 27.80 | 2.20 | 27.20 | 2.80 | 27.80 | 2.20 |
| หญิง คำสั่ง Turn off plug song | 30.00 | 0.00 | 29.80 | 0.20 | 26.60 | 3.40 | 24.20 | 5.80 |
| หญิง คำสั่ง Turn on plug sam | 27.80 | 2.20 | 26.20 | 3.80 | 24.40 | 5.60 | 20.40 | 9.60 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 3** คำสั่งภาษาไทย ในกรณีไม่มีเสียงรบกวน (ต่อ)

| จำนวนครั้ง / ตัวอย่างผู้ทดสอบ | ระยะทางระหว่างลำโพงกับ Amazon Echo Dot | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0.25 เมตร | | 0.50 เมตร | | 0.75 เมตร | | 1.00 เมตร | |
| | ได้ | ไม่ได้ | ได้ | ไม่ได้ | ได้ | ไม่ได้ | ได้ | ไม่ได้ |
| หญิง คำสั่ง Turn off plug sam | 29.00 | 1.00 | 28.60 | 1.40 | 26.20 | 3.80 | 23.40 | 6.60 |
| หญิง คำสั่ง Turn on plug si | 28.80 | 1.20 | 26.80 | 3.20 | 26.80 | 3.20 | 25.40 | 4.60 |
| หญิง คำสั่ง Turn off plug si | 29.40 | 0.60 | 28.80 | 1.20 | 24.4 | 5.60 | 23.80 | 6.20 |
| หญิง คำสั่ง Turn on Thangmod | 29.40 | 0.60 | 28.80 | 1.20 | 27.40 | 2.60 | 27.00 | 3.00 |
| หญิง คำสั่ง Turn off Thangmod | 30.00 | 0.00 | 29.80 | 0.20 | 28.20 | 1.80 | 28.60 | 1.40 |
| เฉลี่ย | 28.67 | 1.33 | 27.42 | 2.58 | 25.82 | 4.18 | 24.62 | 5.38 |
| ร้อยละโดยรวม | 95.57 | 4.43 | 91.40 | 8.6.00 | 86.07 | 12.93 | 82.07 | 17.30 |

จากตารางเห็นได้ว่า ในทุกคำสั่งทั้งชายและหญิง พบว่าระยะที่มีประสิทธิภาพการทำงานได้ดีที่สุดคือระยะ 0.25 เมตร รองลงมาคือ 0.50, 0.75 และ 1 เมตร ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4** คำสั่งภาษาไทย ในกรณีมีเสียงรบกวน

| | ความถี่เสียงรบกวน | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| จำนวนครั้ง / ตัวอย่างผู้ทดสอบ | 50 เฮิร์ต | | 500 เฮิร์ต | | 1000 เฮิร์ต | | 2000 เฮิร์ต | |
| | ได้ | ไม่ได้ | ได้ | ไม่ได้ | ได้ | ไม่ได้ | ได้ | ไม่ได้ |
| ชาย คำสั่ง Turn on plug nhueng | 21.80 | 8.20 | 20.60 | 9.40 | 19.00 | 11.00 | 18.00 | 12.00 |
| ชาย คำสั่ง Turn off plug nhueng | 29.00 | 1.00 | 26.00 | 4.00 | 25.00 | 5.00 | 23.20 | 6.80 |
| ชาย คำสั่ง Turn on plug song | 28.40 | 1.60 | 28.00 | 2.00 | 26.60 | 3.40 | 24.20 | 5.80 |
| ชาย คำสั่ง Turn off plug song | 26.60 | 3.40 | 27.60 | 2.40 | 27.4 | 2.60 | 26.60 | 3.40 |
| ชาย คำสั่ง Turn on plug sam | 26.60 | 3.40 | 24.20 | 5.80 | 23.8 | 6.20 | 22.20 | 7.80 |
| ชาย คำสั่ง Turn off plug sam | 28.60 | 1.40 | 27.20 | 2.80 | 25.40 | 4.60 | 24.40 | 5.60 |
| ชาย คำสั่ง Turn on plug si | 28.60 | 1.40 | 28.80 | 1.20 | 28.40 | 1.60 | 28.20 | 1.80 |
| ชาย คำสั่ง Turn off plug si | 29.00 | 1.00 | 28.60 | 1.40 | 27.40 | 2.60 | 26.40 | 3.60 |
| ชาย คำสั่ง Turn on Thangmod | 29.60 | 0.40 | 28.80 | 1.20 | 27.60 | 2.40 | 22.80 | 7.20 |
| ชาย คำสั่ง Turn off Thangmod | 29.20 | 0.80 | 27.40 | 2.60 | 26.60 | 3.40 | 24.80 | 5.20 |
| หญิง คำสั่ง Turn on plug nhueng | 21.40 | 8.60 | 18.80 | 11.20 | 17.20 | 12.80 | 15.40 | 14.60 |
| หญิง คำสั่ง Turn off plug nhueng | 28.60 | 1.40 | 27.40 | 2.60 | 25.80 | 4.20 | 25.40 | 4.60 |
| หญิง คำสั่ง Turn on plug song | 27.80 | 2.20 | 27.60 | 2.40 | 25.60 | 4.40 | 24.20 | 5.80 |
| หญิง คำสั่ง Turn off plug song | 26.60 | 3.40 | 25.00 | 5.00 | 23.20 | 6.80 | 21.20 | 8.80 |
| หญิง คำสั่ง Turn on plug sam | 26.20 | 3.80 | 24.40 | 5.60 | 23.80 | 6.20 | 22.40 | 7.60 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4** คำสั่งภาษาไทย ในกรณีมีเสียงรบกวน (ต่อ)

| จำนวนครั้ง / ตัวอย่างผู้ทดสอบ | ความถี่เสียงรบกวน | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 เฮิร์ต | | 500 เฮิร์ต | | 1000 เฮิร์ต | | 2000 เฮิร์ต | |
| | ได้ | ไม่ได้ | ได้ | ไม่ได้ | ได้ | ไม่ได้ | ได้ | ไม่ได้ |
| หญิง คำสั่ง Turn off plug sam | 28.00 | 2.00 | 27.60 | 2.40 | 24.80 | 5.20 | 22.80 | 7.20 |
| หญิง คำสั่ง Turn on plug si | 28.40 | 1.60 | 28.00 | 2.00 | 25.40 | 4.60 | 21.60 | 8.40 |
| หญิง คำสั่ง Turn off plug si | 28.80 | 1.20 | 27.60 | 2.40 | 25.80 | 4.20 | 24.00 | 6.00 |
| หญิง คำสั่ง Turn on Thangmod | 28.60 | 1.40 | 27.40 | 2.60 | 25.60 | 4.40 | 24.20 | 5.80 |
| หญิง คำสั่ง Turn of Thangmod | 29.00 | 1.00 | 28.20 | 1.80 | 26.00 | 4.00 | 25.60 | 4.40 |
| เฉลี่ย | 27.54 | 2.46 | 26.46 | 3.54 | 25.02 | 4.98 | 23.38 | 6.62 |
| ร้อยละโดยรวม | 91.80 | 8.20 | 88.20 | 11.80 | 83.40 | 16.60 | 77.93 | 22.07 |

จากตารางเห็นได้ว่า ในทุกคำสั่งทั้งชายและหญิง พบว่าเสียงรบกวนที่ส่งผลกระทบกับการทำงานของ Amazon Echo Dot น้อยที่สุดคือ 50 เฮิร์ต รองลงมาคือ 500, 1,000 และ 2,000 เฮิร์ต ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้