



ระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง
Control System for Opening-Closing Electrical Equipment with Sound

นางสาวโสภิตา ธรรมนุส
นางสาวอัมพวัน เชื้อรุ่ง

รายงานเล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
พ.ศ. 2562

ระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง

โสภิตา ธรรมนุส
อัมพวัน เชื้อรุ่ง

รายงานเล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
พ.ศ. 2562

Control System for Opening-Closing Electrical Equipment with Sound



Sopita Thammanus
Ampawan Chuearung

This is Project Report Submitted in Partial Fulfillment of
The Requirement for the Degree of Bachelor of Science in Technical Education
Program (Electrical Engineering)

Department of Electronic and Telecommunication Engineering

Faculty of Industrial Education

Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

2019

ชื่อโครงการ ระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง
ชื่อนักศึกษา นางสาวอัมพวัน เชื้อรุ่ง รหัส 035850505004-9
ชื่อนักศึกษา นางสาวโสภิตา ธรรมนุส รหัส 035850505017-1
สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์อนุชา ไชยชาญ

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

.....mom ๕๗๖
(อาจารย์ภาวนา ชูศิริ)

หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม

คณะกรรมการสอบโครงการ

.....d

.....ประธาน
(อาจารย์อนุชา ไชยชาญ)

.....Fon

.....กรรมการ
(อาจารย์วารินี วีระสินธุ์)

.....v.

.....กรรมการ
(อาจารย์วรรณภา มโนสีบ)

.....Su.

.....กรรมการ
(อาจารย์สุปัญญา สิงห์กรณ์)

ชื่อโครงการ	ระบบควบคุมการเปิด - ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง		
ชื่อนักศึกษา	นางสาวอัมพวัน	เชื้อรุ่ง	รหัส 035850505004-9
ชื่อนักศึกษา	นางสาวโสภิตา	ธรรมนุส	รหัส 035850505017-1
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม		
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์อนุชา ไชยชาญ		

บทคัดย่อ

บทคัดย่อนี้กล่าวถึงการนำการรู้จำเสียงมาประยุกต์ใช้กับระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงพูด โดยแบ่งการทำงานออกเป็นสองโหมดคือ โหมดออฟไลน์และโหมดออนไลน์ เพื่อใช้คำสั่งเสียงในการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งเสียงคำพูดเป็นแบบประโยคคำสั่ง เสียงคำพูดในโหมดออฟไลน์จะถูกบันทึกใน SOPARE และเสียงคำพูดในโหมดออนไลน์จะถูกบันทึกใน Google Assistant โดยผ่านทางไมโครโฟน จากนั้นไปประมวลผลที่บอร์ด Raspberry pi 3 เพื่อส่งข้อมูลไปยังโมดูลรับส่งสัญญาณไร้สายให้ไปควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า จากการทดสอบระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง พบว่า การทดสอบเสียงในโหมดออฟไลน์ของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง มีค่าความถูกต้องของคำสั่งเสียงร้อยละ 96 และค่าความถูกต้องของหลอดไฟตามคำสั่งเสียงที่พูด มีค่าความถูกต้องร้อยละ 100 การทดสอบเสียงในโหมดออนไลน์ของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง มีค่าความถูกต้องของคำสั่งเสียงร้อยละ 87 และค่าความถูกต้องของหลอดไฟตามคำสั่งเสียงที่พูด มีค่าความถูกต้องร้อยละ 100

ระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง สามารถใช้ควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพียงผู้ใช้งานพูดคำสั่งเสียงตามต้องการก็สามารถสั่งเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ทันที ช่วยลดขั้นตอนและลดระยะเวลาในการทำงานทำให้สะดวกยิ่งขึ้น

Project Title	Control System for Opening – Closing Electrical Equipment with Sound		
Students	Miss Ampawan	Chuearung	No. 035850505004-9
Students	Miss Sopita	Thammanus	No. 035850505017-1
Major Field	Electronics and Telecommunication Engineering		
Project Advisors	Mr.Anucha	Chaichan	

ABSTRACT

This abstract discussed the implementation of speech recognition applications to control the on-off electrical device of speech. The work is divided into two modes. Offline mode and online mode. To use voice commands to turn on-off electrical device. Which the words sound as a statement. The speech sounds in offline mode is saved in SOPARE voice and speech mode are saved online in Google Assistant via the microphone. Then process the Raspberry pi 3 board to send data to the wireless transceiver module to control the power on-off. From testing the control system for opening and closing electrical devices with sound, it was found that the sound test in the offline mode of the power-on-off control system with sound the accuracy of 96 percent of the voice command and the accuracy of the lamp according to the voice command spoken 100 percent accuracy. Sound tests in the online mode of the power-on-off control system with sound the accuracy of 87 percent voice commands and the accuracy of the lamp according to the voice command spoken 100 percent accuracy.

The power-on-off control system with sound. Can be used to effectively control the opening and closing of electrical equipment. Only the user speaks the voice commands as needed and can immediately turn on-off the electrical equipment. Helps reduce steps and shorten the time of use, making it more convenient.

(Total 101 pages)

กิตติกรรมประกาศ

รายงานเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยการสนับสนุนจากอาจารย์อนุชา ไชยชาญ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ อาจารย์สุปัญญา สิงห์กรณ์ อาจารย์ประจำวิชาที่ได้ให้คำปรึกษา ให้ความอนุเคราะห์ด้านวัสดุ อุปกรณ์และสถานที่ปฏิบัติงาน ระหว่างการทดลอง การแก้ไขปัญหาอุปสรรคต่างๆ และได้รับทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จนโครงการนี้ประสบผลสำเร็จอย่างสมบูรณ์ คณะผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

สุดท้ายนี้คุณค่าและประโยชน์ใดๆ อันพึงมีจากโครงการนี้ คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ครอบครัวญาติพี่น้องทุกคนที่คอยช่วยเหลือให้การสนับสนุนด้านต่างๆ และเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

โสภิตา ธรรมนุส
อัมพวัน เชื้อรุ่ง



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ปัญหาและความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ	2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ	3
2. เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การรู้จำเสียง	4
2.2 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)	9
2.3 ซอร์ฟแวร์ (Software)	16
3. ขั้นตอนวิธีดำเนินงานโครงการ	25
3.1 แผนการดำเนินโครงการ	25
3.2 การทำงานของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง	28
3.3 ภาคส่งและภาครับโหมดอออนไลน์	29

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 ภาคส่งและภาครับโหมดออนไลน์	36
3.5 การออกแบบระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง	40
4. ผลการดำเนินงาน	44
4.1 ขั้นตอนการทดสอบโครงการ	44
4.2 ภาพรวมแสดงผลการทดสอบระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า	59
4.3 สรุปผลการทดสอบโครงการ	61
5. สรุปผล ปัญหาและข้อเสนอแนะ	62
5.1 สรุปผลโครงการ	62
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงการ	62
5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงการ	63
บรรณานุกรม	64
ภาคผนวก	65
ภาคผนวก ก ซอร์ซโค้ด	66
ภาคผนวก ข ดาต้าชีท	70
ภาคผนวก ค คู่มือสำหรับการใช้งาน	95
ประวัติผู้เขียน	100

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน	2
3.1 ขาของบอร์ด Raspberry Pi 3 และขาของบอร์ด Arduino Nano	31
3.2 ขาของบอร์ด Arduino Nano และขาของโมดูลส่งสัญญาณ NRF(24L01) ภาคส่ง	32
3.3 ขาของบอร์ด Node MCU และขาของโมดูลส่งสัญญาณ NRF(24L01) ภาครับ	35
3.4 ขาของบอร์ด NodeMCU และขาของบอร์ดรีเลย์ 4 ช่อง	36
3.5 ขาของบอร์ด NodeMCU และขาของบอร์ดรีเลย์ 4 ช่อง	40
4.1 แสดงค่าความถูกต้องของคำสั่งที่ใช้ทดสอบสั่งงานของระบบควบคุมการเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงโหมดออฟไลน์	44
4.2 ผลรวมแสดงค่าความถูกต้องของคำสั่งที่ใช้ทดสอบสั่งงานของระบบควบคุมการเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงโหมดออฟไลน์	47
4.3 ค่าความถูกต้องการติดดับของหลอดไฟตามคำสั่งเสียง	48
4.4 ผลรวมแสดงค่าความถูกต้องของหลอดไฟตามคำสั่งเสียงที่พูดในแต่ละวันของระบบ ควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงโหมดออฟไลน์	50
4.5 ค่าความถูกต้องของคำสั่งที่ใช้ทดสอบสั่งงานของระบบควบคุมการเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงโหมดออนไลน์	51
4.6 ผลรวมแสดงค่าความถูกต้องของคำสั่งที่ใช้ทดสอบสั่งงานของระบบควบคุมการเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงโหมดออนไลน์	54
4.7 ค่าความถูกต้องการติดดับของหลอดไฟตามคำสั่งเสียงโหมดออนไลน์	54
4.8 ผลรวมแสดงค่าความถูกต้องของหลอดไฟตามคำสั่งเสียงที่พูดในแต่ละวันของระบบ ควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงโหมดออนไลน์	58

สารบัญภาพ

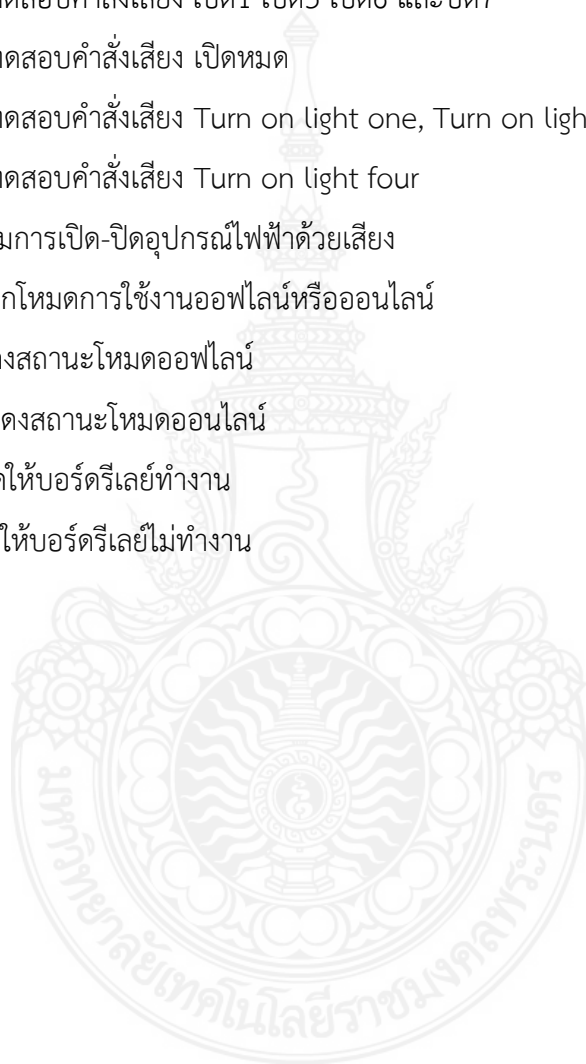
ภาพที่	หน้า
2.1 การทำงานของระบบรู้จำเสียง	4
2.2 การทำงานของระบบรู้จำเสียง	5
2.3 ตัวถอดรหัสการรู้จำเสียง	7
2.4 บอร์ด Raspberry Pi 3	10
2.5 ตำแหน่งขาของบอร์ด Raspberry Pi 3	11
2.6 บอร์ด NodeMCU ESP8266	11
2.7 ตำแหน่งขาของ NodeMCU ESP8266	12
2.8 บอร์ด ArduinoNano3.0	13
2.9 ตำแหน่งขาของ Arduino Nano 3.0	14
2.10 โมดูล NRF24L01	14
2.11 ตำแหน่งขาของ NRF24L01	15
2.12 โมดูลรีเลย์ 4 ช่อง	15
2.13 ไมโครโฟน USB	16
2.14 ดาวน์โหลด Raspbian	17
2.15 ดาวน์โหลดโปรแกรม Win32Disk Image	18
2.16 เลือก Image ที่ดาวน์โหลดมาใส่ลงใน SD card	18
2.17 หน้า Desktop ของระบบปฏิบัติการ Raspbian	19
2.18 บล็อกไดอะแกรมของโปรแกรม SOPARE	19
2.19 เปิดโปรแกรม Arduino IDE	20
2.20 สร้าง Sketch ใหม่	21
2.21 เขียนโปรแกรม	21
2.22 การบันทึกโปรแกรม	22
2.23 การอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด	23

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.24 การอัปโหลดบอร์ดเสร็จสิ้น	23
2.25 Google Assistant	24
3.1 แผนการดำเนินงาน	25
3.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง	28
3.3 การเชื่อมต่อระหว่าง Mic USB กับบอร์ด Raspberry Pi 3 และ SD การ์ดออฟไลน์	29
3.4 การเชื่อมต่อระหว่าง บอร์ด Raspberry Pi 3 กับ บอร์ด Arduino Nano	30
3.5 การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด Arduino Nano กับ โมดูลส่งสัญญาณ NRF (24L01)	31
3.6 เลือกโหมดออฟไลน์ที่บอร์ด NodeMCU	33
3.7 การเชื่อมต่อโมดูลส่งสัญญาณ NRF(24L01) ภาคส่งกับโมดูลส่งสัญญาณ NRF(24L01) ภาครับ	33
3.8 การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด NodeMCU กับ โมดูลส่งสัญญาณ NRF(24L01) ภาครับ	34
3.9 การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด Node MCU กับบอร์ดรีเลย์ 4 ช่อง โหมดออฟไลน์	35
3.10 การเชื่อมต่อ Mic USB กับบอร์ด Raspberry Pi 3 และ SD การ์ด Google Assistant	36
3.11 การเชื่อมต่อระหว่างแอปพลิเคชัน Google Assistant ,บอร์ด Raspberry Pi3, แอปพลิเคชัน Blynk และแอปพลิเคชัน FTIT	37
3.12 เลือกทริกเกอร์ Say a simple phrase	38
3.13 สร้างการร้องขอเว็บ	38
3.14 การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด Raspberry Pi 3 กับบอร์ด Node MCU	39
3.15 เลือกโหมดออนไลน์ ที่บอร์ด Node MCU	39
3.16 การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด NodeMCU กับบอร์ดรีเลย์ 4 ช่อง โหมดออนไลน์	40
3.17 กล่องภาคส่งด้านนอก	41
3.18 กล่องภาคส่งภายใน	41
3.19 กล่องภาครับด้านนอก	42
3.20 กล่องภาครับด้านใน	42

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.21 กล้องภาครับด้านหลัง	43
4.1 ผลของการทดสอบคำสั่งเสียง เปิด1 เปิด5 เปิด6 และปิด7	59
4.2 ผลของการทดสอบคำสั่งเสียง เปิดหมด	59
4.3 ผลของการทดสอบคำสั่งเสียง Turn on light one, Turn on light two	60
4.4 ผลของการทดสอบคำสั่งเสียง Turn on light four	60
ค 1 ระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง	96
ค 2 กดสวิตช์เลือกโหมดการใช้งานออฟไลน์หรือออนไลน์	97
ค 3 ไฟสีแดงแสดงสถานะโหมดออฟไลน์	98
ค 4 ไฟสีเขียวแสดงสถานะโหมดออนไลน์	98
ค 5 กดสวิตช์เปิดให้บอร์ดรีเลย์ทำงาน	99
ค 6 กดสวิตช์ปิดให้บอร์ดรีเลย์ไม่ทำงาน	99



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ปัญหาและความเป็นมาของโครงการ

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และไอโอทีได้พัฒนาให้มีความทันสมัยและถูกนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆมากขึ้น ทำให้เกิดนวัตกรรมใหม่ๆเกิดขึ้นมากมาย และเทคโนโลยีทางด้านปัญญาประดิษฐ์(Artificial Intelligent) ได้ถูกนำไปพัฒนาให้เทคโนโลยีต่างๆมีความฉลาดมากขึ้น เช่น การรู้จำภาพ ได้ถูกนำไปใช้ในการจำแนกบุคคล หรือการคัดแยกวัตถุ เป็นต้น ส่วนการรู้จำเสียง ได้ถูกนำไปใช้ในการรู้จำคำสั่งที่เป็นสัญญาณเสียง เทคโนโลยีทางด้านการสื่อสารและอินเทอร์เน็ตได้พัฒนามากขึ้น กอปรกับโทรศัพท์มือถือในปัจจุบันมีความสามารถมากขึ้น เช่น สมาร์ทโฟน ผู้ใช้งานสามารถเพิ่มแอปพลิเคชันให้ตรงกับความต้องการในการใช้งานได้

การพัฒนานวัตกรรมต่างๆเพื่ออำนวยความสะดวกแก่การใช้งาน ได้มีการพัฒนาให้มีความทันสมัยมากขึ้น การเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบเดิมจะใช้สวิตซ์ในการเปิด-ปิด และอุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิดจะใช้อุปกรณ์ไร้สายในการควบคุม เช่น รีโมทคอนโทรล ซึ่งอาจจะไม่สะดวกและยุ่งยากในการใช้งาน

จากความสำคัญและปัญหาดังกล่าว คณะผู้จัดทำจึงมีแนวความคิดที่จะจัดทำโครงการหัวข้อเรื่องระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง สำหรับช่วยอำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิตของมนุษย์ โดยใช้เทคโนโลยีการรู้จำเสียง และใช้บอร์ด Raspberry Pi 3 เป็นอุปกรณ์สำหรับประมวลผลสัญญาณ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อศึกษาการทำงานของระบบการรู้จำเสียง
- 1.2.2 เพื่อออกแบบระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง
- 1.2.3 เพื่อสร้างระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 ใช้บอร์ด Raspberry Pi ในการประมวลผล
- 1.3.2 สามารถสั่งควบคุมการเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าได้ 10 คำสั่ง

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.4.1 ศึกษาและทบทวนวรรณกรรมของระบบการรู้จำเสียง
- 1.4.2 วางแผนการทำโครงการ กิจกรรมที่ต้องดำเนินการ ระยะเวลา และกำหนดขอบเขตในการทำโครงการ
- 1.4.3 ออกแบบระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง
- 1.4.4 จัดซื้อวัสดุ จัดหาเครื่องมือ อุปกรณ์ เพื่อใช้ในการทำโครงการ
- 1.4.5 เขียนโปรแกรมการรู้จำเสียงลงบนตัวประมวลผลข้อมูล
- 1.4.6 ประกอบเครื่องควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง
- 1.4.7 ทดสอบการใช้งานตามขอบเขตที่กำหนดไว้ เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง
- 1.4.8 รวบรวมข้อมูลการทำโครงการ การดำเนินงาน ผลการทดสอบ และสรุปผลการดำเนินงาน
- 1.4.9 ถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยี

1.5 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ตุลาคม 2561 – กุมภาพันธ์ 2562				
	ต.ค. 61	พ.ย. 61	ธ.ค. 61	ม.ค. 62	ก.พ. 62
1. ศึกษาข้อมูล	←→				
2. เสนอโครงการ	←→				
3. จัดหาอุปกรณ์		←→			
4. ออกแบบและจัดทำโครงการ		←→			
5. ทดสอบการทำงานของ ชิ้นงาน			←→		
6. แก้ไขปรับปรุง				←→	
7. จัดทำเอกสารโครงการ				←→	
8. เสนอขอสอบโครงการ/ส่ง โครงการ					←→

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้ระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง



บทที่ 2

เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ผู้จัดทำโครงการได้ศึกษาเอกสารในหัวข้อดังต่อไปนี้

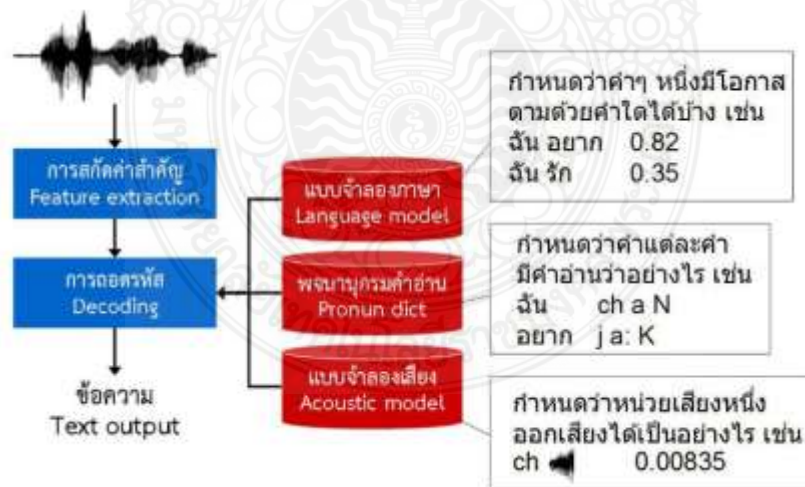
- 2.1 การรู้จำเสียง
- 2.2 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)
- 2.3 ซอฟต์แวร์ (Software)

2.1 การรู้จำเสียง

2.1.1 ระบบรู้จำเสียงพูด

ระบบรู้จำเสียงพูดประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญคือ

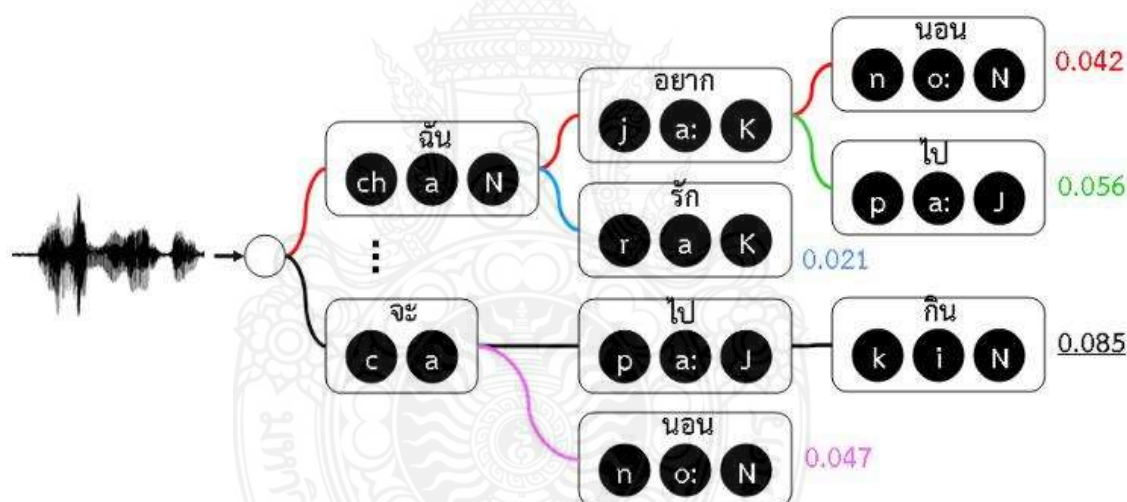
1. เสียงแบบจำลองภาษา ใช้กำหนดว่าคำใดๆ ในพจนานุกรมของระบบจะต่อด้วยอีกคำหนึ่งได้ด้วยความน่าจะเป็นเท่าใด
2. พจนานุกรมคำอ่าน บรรจุคำศัพท์ทั้งหมดที่ระบบรู้จักและคำอ่านในรูปแบบหน่วย
3. แบบจำลองเสียง ใช้กำหนดว่าหน่วยเสียงแต่ละหน่วยสามารถออกเสียงได้อย่างไร



ภาพที่ 2.1 การทำงานของระบบรู้จำเสียง

ที่มา : <https://www.nectec.or.th>

การทำงานของระบบรู้จำเสียงดังภาพที่ 2.1 มีขั้นตอนการทำงานสองขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือ การสกัดค่าสำคัญ เป็นขั้นตอนการดึงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้เป็นตัวแทนสัญญาณเสียง โดยจะตัดแบ่งสัญญาณเสียงออกเป็นช่วงย่อยๆ แต่ละช่วงจะถูกแปลงเป็นค่าทางความถี่ของสัญญาณเสียงซึ่งใช้เป็นตัวแทนของเสียงในช่วงนั้นๆ ขั้นตอนที่สอง ระบบจะดึงคำศัพท์จากพจนานุกรมมาต่อกันเป็นโครงข่าย แต่ละคำในโครงข่ายจะถูกแปลงเป็นหน่วยเสียงตามทีระบุในพจนานุกรมคำอ่าน ค่าสำคัญของเสียงที่ได้จากขั้นตอนแรกจะถูกป้อนเข้าสู่โครงข่ายพร้อมคำนวณความน่าจะเป็นที่เสียงอินพุตจะใกล้เคียงกับเส้นทางในโครงข่าย เส้นทางในโครงข่ายที่มีความน่าจะเป็นสูงสุดจะเป็นคำตอบของการรู้จำ



ภาพที่ 2.2 การทำงานของระบบรู้จำเสียง

ที่มา : <https://www.nectec.or.th>

การทำงานของระบบรู้จำเสียง ดังภาพที่ 2.2 ระบบจะมีความสามารถสูงหรือไม่ขึ้นอยู่กับความครอบคลุมของพจนานุกรมคำอ่าน ขึ้นอยู่กับขนาดของคลังข้อความที่นำมาสร้างแบบจำลองภาษาซึ่งจะต้องคำนวณความน่าจะเป็นของการต่อกันของคำในภาษาได้อย่างแม่นยำ และขึ้นอยู่กับความครอบคลุมของคลังข้อมูลเสียงที่นำมาสร้างแบบจำลองเสียงซึ่งต้องรองรับสภาวะแวดล้อมและผู้พูดที่

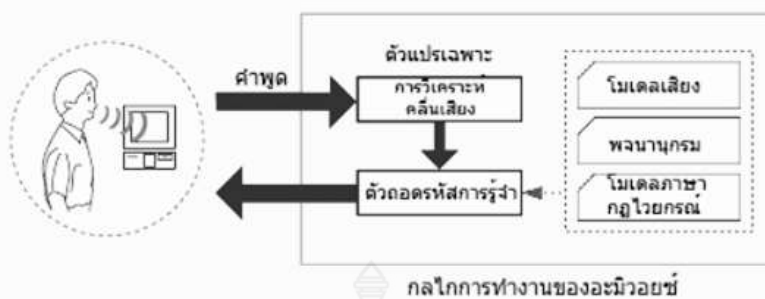
หลากหลาย บริการรู้จำเสียงพูดภาษาไทยที่ใช้ใน Google Voice Search อาจครอบคลุมคำศัพท์ในภาษาไทยได้หลายแสนคำ ใช้คลังข้อความขนาดหลายร้อยล้านคำและคลังข้อมูลเสียงที่ครอบคลุมผู้พูดหลายพันคนในการสร้างแบบจำลองภาษาและแบบจำลองเสียง ความสามารถของระบบยังขึ้นอยู่กับการวิศวกรรมระบบให้ทำงานตอบสนองได้อย่างรวดเร็ว โดยอาจใช้การกระจายการคำนวณด้วย Cloud computing ขนาดใหญ่ ตลอดจนความก้าวหน้าของวิทยาการด้านการประมวลผลสัญญาณเสียงขั้นต้นเพื่อลดสัญญาณรบกวนที่อาจลดประสิทธิภาพของการรู้จำได้

2.1.2 การวิเคราะห์คลื่นเสียง

การวิเคราะห์คลื่นเสียงเป็นการวิเคราะห์เสียงที่ถูกส่งเข้ามาเพื่อให้ได้ค่าลักษณะเฉพาะที่เรียกว่า compact เพื่อแปลงเป็นข้อมูลเพิ่มเติมที่มีประโยชน์ต่อการรู้จำเสียง (ตัวอย่างเช่น การใช้วิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์แบบฟูเรียร์ใน เทคโนโลยีการประมวลผลสัญญาณในกรณีของมนุษย์เราเสียงที่เข้าไปในหูของเรา (การสั่นสะเทือนของเยื่อแก้วหู) จะถูกแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งไปยังสมอง แต่เสียงที่ได้รับมาก็ไม่ได้ถูกส่งไปยังสมองตามลักษณะดั้งเดิมทั้งหมด จะมีเพียงสัญญาณที่ถูกคัดเลือกจากระบบประสาทเท่านั้นที่จะถูกส่งไปยังสมองเพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป ซึ่งด้วยลักษณะกลไกการทำงานแบบเดียวกันนี้ การรู้จำเสียงจะแยกเอาลักษณะเฉพาะจากข้อมูลเสียงเฉพาะส่วนที่จำเป็นเท่านั้น) ซึ่งขั้นตอนการเปลี่ยนสัญญาณเสียงที่เข้ามาให้เป็นข้อมูลที่มีประโยชน์คือ การวิเคราะห์คลื่นเสียง

2.1.3 ตัวถอดรหัสการรู้จำ

ตัวถอดรหัสการรู้จำ ในภาพที่ 2.3 เป็นส่วนประกอบที่เป็นใจกลางของระบบการรู้จำเสียง ซึ่งทำหน้าที่แปลงลักษณะเฉพาะของเสียงให้เป็นข้อความตัวอักษร หลักการสำคัญของการทำงานในส่วนนี้คือ “การตัดสินใจบนองค์ประกอบรวมของข้อมูลคลื่นเสียง และข้อมูลภาษา” ยกตัวอย่างเช่น คำว่า “กลบเกลื่อนความผิด” คำว่า “กลบ” นั้นมีการออกเสียงคล้ายกับคำว่า “กบ” ซึ่งถึงแม้ว่าจะมีการออกเสียงผิดเป็น “กบเกลื่อน” มนุษย์เราก็จะยังสามารถฟังเข้าใจได้อย่างถูกต้องโดยอาศัยข้อมูลภาษาและบริบทรอบข้างเข้ามาช่วย



ภาพที่ 2.3 ตัวถอดรหัสการรู้จำเสียง

ที่มา : <https://biometricskmit.wordpress.com>

การตัดสินใจบนองค์ประกอบรวมของข้อมูลของคลื่นเสียงและข้อมูลของภาษา เป็นวิธีการบนพื้นฐานของสถิติความน่าจะเป็น โดยในส่วนของข้อมูลคลื่นเสียงจะอาศัยโมเดลคลื่นเสียงเพื่อวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของคลื่นเสียงเพื่อหารายการสัญลักษณ์การออกเสียง และหาค่าความน่าจะเป็นของสัญลักษณ์การออกเสียงแต่ละตัว เช่น จากตัวอย่างก่อนหน้า การออกเสียงคำว่า “กลบเกลื่อน” อาจวิเคราะห์ได้เป็นสัญลักษณ์การออกเสียง “กลบเกลื่อน” “กบเกลื่อน” “กลบเกื่อน” และ “กบเกื่อน” เป็นต้น โดยที่สัญลักษณ์การออกเสียงแต่ละตัวจะมีค่าความน่าจะเป็นกำกับอยู่ หลังจากนั้นจะนำสัญลักษณ์การออกเสียงที่ได้ไปเปรียบเทียบกับคำที่มีใน “พจนานุกรม” เพื่อตัดสัญลักษณ์การออกเสียงที่ไม่ตรงกับคำในภาษาที่พูดออกไป ในตัวอย่างนี้ จะเหลือเพียง “กลบเกลื่อน” และ “กบเกลื่อน” เท่านั้น เพราะคำว่า “เกื่อน” ไม่มีในพจนานุกรม ส่วน “โมเดลภาษา (หรือกฎไวยากรณ์)” จะช่วยในการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ในบริบทของบทสนทนา เช่น ในตัวอย่างข้างต้น หากผู้พูดออกเสียง ล ลิง ในคำว่า “กลบ” ในวลี “กลบเกลื่อนความผิด” ไม่ชัดเจน เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลคลื่นเสียงแล้วอาจได้เป็น “กบเกลื่อนความผิด” ด้วยความน่าจะเป็น 70 % และ “กลบเกลื่อนความผิด” ด้วยความน่าจะเป็น 30% แต่เมื่อนำสัญลักษณ์การออกเสียงมาวิเคราะห์เทียบกับโมเดลภาษาแล้ว อาจจะได้ผลลัพธ์เป็น “กลบเกลื่อนความผิด” 95% และ “กบเกลื่อนความผิด” 5% ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นแล้ว ทำให้ได้ผลลัพธ์เป็น “กลบเกลื่อนความผิด”

2.1.4 โมเดลภาษาและกฎไวยากรณ์

ความน่าจะเป็นของข้อมูลทางภาษาจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามการใช้งานที่แตกต่างกันออกไปตามสถานการณ์ในการใช้งานการรู้จำเสียง ยกตัวอย่างเช่น คำที่ออกเสียงว่า “โจด” อาจหมายถึง “โจทท์” ที่แปลว่า คำถามในวิชาคณิตศาสตร์ หรือ “โจทก์” ที่แปลว่า ผู้ฟ้องร้องในศาล หรือ “โจษ” ที่มา

จากคำว่า “โจษจัน” ก็ได้ ซึ่งหากคำนี้มาจากบทสนทนาที่เกี่ยวกับศาลหรือกฎหมาย มีความน่าจะเป็นสูงว่าคำที่พูดนี้เป็นคำว่า “โจทก์” มากกว่าคำอื่นๆ แต่หากเป็นบทสนทนาเกี่ยวกับการเรียนการศึกษา โดยเฉพาะวิชาคณิตศาสตร์ ก็มีความน่าจะเป็นสูงว่าคำนี้คือคำว่า “โจทย์” ซึ่งการจะหาค่าความน่าจะเป็นตามลักษณะการใช้งานนี้จะต้องอาศัย “โมเดลภาษา” และ “กฎไวยากรณ์” กฎไวยากรณ์ใช้สำหรับระบุวิธีการพูดที่มีขอบเขตจำกัดในการแปลงข้อมูลเสียงพูดในระบบการรู้จำเสียง ยกตัวอย่างเช่น การใช้งานระบบการรู้จำเสียงสำหรับการจองเที่ยวบินทางโทรศัพท์ด้วยเสียงพูด ซึ่งต้องระบุชื่อของท่าอากาศยานต้นทางและปลายทาง ก็อาจจะวิเคราะห์การพูดในรูปแบบ “จาก (ชื่อท่าอากาศยาน) ถึง (ชื่อท่าอากาศยาน)” โดยระบบรู้จำเสียงจะต้องมีรายชื่อและวิธีการออกเสียงชื่อท่าอากาศยานต่างๆ ที่จะใช้ในการพูดอยู่ จึงจะสามารถเข้าใจวิธีการพูดในลักษณะ “จากสุวรรณภูมิถึงเชียงใหม่” ได้ ซึ่งการแปลงข้อมูลในระบบการรู้จำเสียงโดยอาศัยกฎไวยากรณ์การพูดจะต้องตรงตามลักษณะไวยากรณ์ที่กำหนดไว้เท่านั้นระบบจึงจะสามารถเข้าใจและแปลงข้อมูลได้อย่างถูกต้อง เช่น ในตัวอย่างนี้ หากพูดว่า “ไปสุวรรณภูมิออกจากเชียงใหม่” ระบบก็จะไม่สามารถแปลงข้อมูลได้ โมเดลภาษา สามารถรองรับการวิเคราะห์การพูดที่ไม่มีรูปแบบตายตัวได้ ซึ่งในการแปลงข้อมูลจะไม่ได้เทียบกับการพูดเหมือนการใช้กฎไวยากรณ์ แต่จะแปลงข้อมูลเสียงพูดทั้งหมดออกมาเป็นตัวอักษร โดยอาศัยความน่าจะเป็นของคำที่ประกอบกันขึ้นมาเป็นประโยคเข้ามาช่วย การรู้จำเสียงที่ใช้โมเดลภาษาแปลงคำพูดทั้งหมดออกมาเป็นตัวอักษรเรียกว่า Dictation (การเขียนตามคำบอก) การประยุกต์ใช้งานระบบรู้จำเสียงพูดในลักษณะของ Dictation นั้นนอกจากจะสามารถนำไปใช้ในการแปลงเสียงพูดเป็นตัวอักษรลงในโปรแกรมประมวลผลคำ (Word Processor) อย่าง Microsoft Word แล้ว ยังสามารถนำไปใช้ในด้านอื่นๆ ได้ด้วย เช่น การนำไปใช้ในระบบจองเที่ยวบินทางโทรศัพท์ดังตัวอย่างข้างต้น ซึ่งจะทำให้สามารถรองรับรูปแบบการพูดที่หลากหลายและยืดหยุ่นเป็นธรรมชาติมากกว่า ค่าความน่าจะเป็นจากการวิเคราะห์ด้วยโมเดลภาษาจะช่วยบอกแนวโน้มของคำที่น่าจะปรากฏอยู่ในผลลัพธ์ โดยอาศัยความรู้ความเข้าใจทางภาษาที่ป้อนให้กับโมเดลภาษา เช่น ตัวอย่างข้างต้นที่สามารถระบุได้ว่า การออกเสียง “จอด” ในเสียงพูดหมายถึงคำใดนั้น ต้องใช้การหาค่าความน่าจะเป็นของคำที่เป็นไปได้ คือ “โจทย์” “โจทก์” และ “โจษ” ซึ่งต้องอาศัยบริบทของการสนทนาช่วยในการวิเคราะห์ บริบทของการสนทนาจะวิเคราะห์จากคำอื่นๆ ที่แวดล้อมคำที่กำลังพิจารณา เช่น หากพูดว่า “คำให้การพยานจอด” คำที่อยู่แวดล้อมคือ “คำให้การ” และ “พยาน” ซึ่งจะช่วยให้รู้ได้ว่า การออกเสียง “จอด” น่าจะมีความน่าจะเป็นว่าเป็นคำว่า “โจทก์” มากกว่าคำอื่นๆ การที่สามารถวิเคราะห์เช่นนี้ได้ ก็เนื่องจากโมเดลภาษามีการเก็บสถิติว่าคำใดมักปรากฏอยู่ร่วมกับคำใดบ้าง

2.1.5 การใช้งานจริงในแบบไม่เจาะจงผู้พูด

การรู้จำเสียงนั้นอาศัยค่าความน่าจะเป็นจาก 2 ส่วนมาประกอบกัน คือ จากการวิเคราะห์คลื่นเสียง และจากตัวถอดรหัสการรู้จำ ซึ่งการทำงานของทั้งสองส่วนนี้จะเป็นการทำงานโดยอาศัยข้อมูลสถิติ นั่นคือ การวิเคราะห์คลื่นเสียงจะอาศัยข้อมูลสถิติของลักษณะคลื่นเสียงของการออกเสียงในแบบต่างๆ ส่วนตัวถอดรหัสการรู้จำจะอาศัยข้อมูลสถิติของคำที่ใช้ในภาษาที่วิเคราะห์ด้วยลักษณะการทำงานเช่นนี้ ทำให้สามารถจำแนกการทำงานของระบบรู้จำเสียงได้เป็น 2 แบบคือ การทำงานแบบเจาะจงผู้พูด และการทำงานแบบไม่เจาะจงผู้พูด ในการทำงานแบบเจาะจงผู้พูด ผู้พูดจะต้องลงทะเบียนเสียงของตนเองกับระบบก่อน ระบบจึงจะสามารถเข้าใจเสียงพูดได้ การลงทะเบียนเสียงพูดไว้ล่วงหน้า ทำให้มีสถิติคลื่นเสียงของผู้พูดเพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เทียบกับเสียงบุคคลเดียวกัน ดังนั้นจึงมีความแม่นยำสูงกว่าการวิเคราะห์เทียบกับสถิติกลางที่ไม่ใช่เสียงของผู้พูดเอง แต่ในการใช้งานแล้ว การรู้จำเสียงแบบเจาะจงผู้พูดนั้นอาจจะไม่ผลดี เนื่องจากต้องวิเคราะห์เสียงที่ผู้พูดมีการสลับเปลี่ยนหมุนเวียนกันเป็นจำนวนมาก การต้องลงทะเบียนเสียงสำหรับผู้พูดทุกๆ คน เป็นเรื่องที่ยุ่งยากและไม่สะดวกในการใช้งาน การรู้จำเสียงแบบไม่เจาะจงผู้พูดจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่า การระบุตัวตนด้วยเสียงระบบรู้จำเสียงพูดที่สามารถทำงานได้แบบไม่เจาะจงผู้พูด จะต้องคัดเลือกลักษณะเฉพาะของคลื่นเสียงโดยเลือกเฉพาะลักษณะคลื่นที่มาจากคำพูด และขจัดลักษณะคลื่นที่เกิดจากตัวผู้พูดออกไป นั่นคือเลือกลักษณะเฉพาะที่มีเสถียรภาพไม่เปลี่ยนแปลงตามตัวผู้พูดไปวิเคราะห์เปรียบเทียบ เพื่อหาว่าลักษณะเฉพาะนี้คล้ายกับการออกเสียงคำใด ในทางกลับกัน การคัดเลือกลักษณะเฉพาะที่เกิดจากตัวผู้พูดก็สามารถทำได้เช่นกัน ซึ่งการนำลักษณะเฉพาะเช่นนี้ไปวิเคราะห์เปรียบเทียบ จะทำให้สามารถทราบได้ว่าลักษณะเฉพาะของเสียงนี้ใกล้เคียงกับลักษณะเฉพาะของเสียงใคร การทำงานในลักษณะนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการระบุหรือยืนยันตัวตนด้วยเสียงพูดได้ ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ในระบบรักษาความปลอดภัยได้

2.2 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

2.2.1 บอร์ดประมวลผลข้อมูล Raspberry Pi 3



ภาพที่ 2.4 บอร์ด Raspberry Pi 3

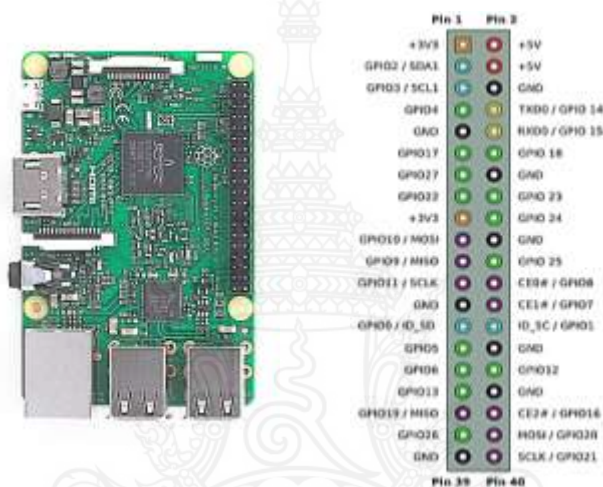
ที่มา: <https://www.aripfan.com/new-raspberry-pi-3-model-b-plus-now-sale/>

บอร์ด Raspberry Pi 3 เป็นบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถเชื่อมต่อกับจอมอนิเตอร์ คีย์บอร์ด และเมาส์ได้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงการด้านอิเล็กทรอนิกส์ งานเขียนโปรแกรม รองรับระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux Operating System) ได้หลายระบบ เช่น Raspbian (Debian) Pidora (Fedora) และ Arch Linux เป็นต้น โดยติดตั้งบน SD Card และถูกออกแบบมาให้มี CPU GPU และ RAM อยู่ภายในชิปเดียวกัน มีจุดเชื่อมต่อ GPIO ดังภาพที่ 2.5 ทำให้สามารถนำไปใช้ร่วมกับอุปกรณ์ Arduino Nano และ NRF24L01 ได้ ซึ่ง Raspberry Pi 3 จะบันทึกเสียงและประมวลผลข้อมูลเสียง ส่งคำสั่งเสียงไปยังจุดรับคำสั่งเสียงเพื่อให้คำสั่งเสียงทำงานตามคำสั่ง

คุณสมบัติของบอร์ด Raspberry Pi 3

ชิปประมวลผลหลัก	Broadcom BCM2837 ARM Cortex-A53 แบบ 4 แกน ความเร็ว 1.2GHz
หน่วยประมวลกราฟิกหรือ GPU	Broadcom Video Core IV dual-core GPU แสดงผล ผ่านจอ HDMI
หน่วยความจำ SDRAM	1GB LPDDR2
ส่วนสื่อสารข้อมูล	พอร์ตอีเธอร์เน็ต 10/100, Wi-Fi 2.4GHz 802.11n และ Bluetooth 4.0
จุดต่อ USB	USB 2.0 จำนวน 4 พอร์ต
แจ็ค AV	เอาต์พุตเสียงและสัญญาณภาพหรือวิดีโอเป็นแจ็คขนาด 3.5 mm.
จุดต่อพอร์ตอินพุตเอาต์พุต	บัส SPI , I ² C, I ² S และ UART

GPIO	40 ขา
หน่วยความจำ	micro SD
จุดต่อ CSI	สำหรับต่อโมดูลกล้อง
จุดต่อ DSI	สำหรับจอแสดงผล LCD
จุดต่อไฟเลี้ยง	+5V ผ่านคอนเน็กเตอร์ microUSB
ใช้ไฟเลี้ยง	+5V 2.5A



ภาพที่ 2.5 ตำแหน่งขาของบอร์ด Raspberry Pi 3

ที่มา : <https://www.pedalpc.com/blog/posts/how-to-program-a-pic-microcontroller-using-a-raspberry-pi-or-orange-pi-plus-2>

2.2.2 บอร์ด NodeMCU ESP8266



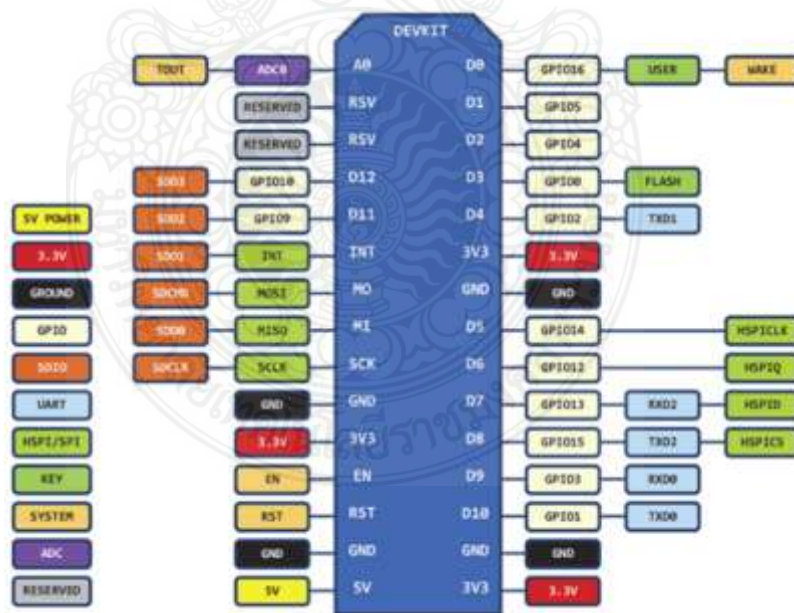
ภาพที่ 2.6 บอร์ด NodeMCU ESP8266

ที่มา : <https://www.makerlab-electronics.com/product/nodemcu-v3-esp8266-esp-12e>

บอร์ด NodeMCU ESP8266 คือ แพลตฟอร์มหนึ่งที่ใช้ในการสร้างโปรเจกต์ Internet of Things (IoT) ที่ประกอบไปด้วยตัวบอร์ด และ Firmware (Software บนบอร์ด) ที่เป็น open source สามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Lua ได้ ทำให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น และมีโมดูล Wi-Fi (ESP8266) เป็นสิ่งสำคัญในการใช้เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตและมีจุดเชื่อมต่อ GPIO ดังภาพที่ 2.7 NodeMCU มีลักษณะคล้ายกับบอร์ด Arduino สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ I/O ได้ โดยไม่ต้องผ่านอุปกรณ์อื่นๆ และสามารถใช้โปรแกรม Arduino IDE ทำงานร่วมกับบอร์ด NodeMCU ได้ จึงใช้ภาษา C/C++ ในการเขียนโปรแกรม ทำให้สามารถใช้งานได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น

คุณสมบัติของบอร์ด NodeMCU ESP8266

ชิพแปลง USB2Serial	เป็น CP2102
ชิพ WIFI	เป็น ESP-12E
ชิพ Flash	ความจุ 32Mbits (4MBytes)
รีเซตการทำงาน	ปุ่ม RST
อินพุตแบบแอนะล็อก	1 อินพุต A0 เป็นวงจร ADC ขนาด 10 บิต
ใช้ไฟเลี้ยง	3.3 V และ 5 V ในขา Vin



ภาพที่ 2.7 ตำแหน่งขาของ NodeMCU ESP8266

ที่มา : <https://www.thaieasyelec.com>

2.2.3 บอร์ด Arduino Nano 3.0



ภาพที่ 2.8 บอร์ด ArduinoNano3.0

ที่มา : <http://fitrox.lnwshop.com/product/13/arduino-nano-3-0-compatible>

บอร์ด Arduino Nano ออกแบบมาให้มีขนาดเล็ก และใช้กับงานต่างๆไป ใช้ชิปไอซี ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ATmega168 หรือเบอร์ ATmega328 (มีรุ่น 2.3 กับ 3) โปรแกรมผ่าน โปรโตคอล UART มีชิป USB to UART เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์โดยใช้ mini USB และมีจุดเชื่อมต่อ GPIO ดังภาพที่ 2.9 เป็นพอร์ตดิจิตอลอินพุต-เอาต์พุตจำนวน 14 พอร์ต และพอร์ตอนาล็อกอินพุตจำนวน 6 พอร์ต

คุณสมบัติของบอร์ด Arduino Nano 3.0

ชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์	ATmega168 หรือ ATmega328
ใช้แรงดันไฟฟ้า	5V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่แนะนำ)	7 – 12V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่จำกัด)	6 – 20V
พอร์ต Digital I/O	14 พอร์ต (มี 6 พอร์ต PWM output)
พอร์ต Analog Input	6 พอร์ต
กระแสไฟที่จ่ายได้ในแต่ละพอร์ต	40mA
กระแสไฟที่จ่ายได้ในพอร์ต	3.3V 50mA
พื้นที่โปรแกรมภายใน	16KB หรือ 32KB
พื้นที่โปรแกรม	500B ใช้โดย Boot loader
พื้นที่แรม	1 หรือ 2KB
พื้นที่หน่วยความจำถาวร (EEPROM)	512B หรือ 1KB

ความถี่คริสตัล

16MHz

ขนาด

45x18 mm

น้ำหนัก

5 กรัม

CN3			CN4		
PA9	1	D1	VIN	1	VIN
PA10	2	D0	GND	2	GND
NRST	3	NRST	NRST	3	NRST
GND	4	GND	+5V	4	+5V
PA12	5	D2	A7	5	PA2
PB0	6	D3	A6	6	PA7
PB7	7	D4	A5	7	PA6
PB6	8	D5	A4	8	PA5
PB1	9	D6	A3	9	PA4
PF0	10	D7	A2	10	PA3
PF1	11	D8	A1	11	PA1
PA8	12	D9	A0	12	PA0
PA11	13	D10	AREF	13	AREF
PB5	14	D11	+3V3	14	+3V3
PB4	15	D12	D13	15	PB3

Arduino Nano

ภาพที่ 2.9 ตำแหน่งขาของ Arduino Nano 3.0

ที่มา : https://robo.fish/wiki/index.php?title=Programming_STM32F042

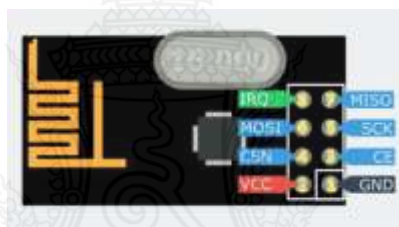
2.2.4 โมดูล NRF24L01



ภาพที่ 2.10 โมดูล NRF24L01

ที่มา : <https://www.arduinoall.com>

NRF24L01 คือ โมดูลสำหรับรับและส่งสัญญาณวิทยุแบบ Transceiver คือสามารถทำหน้าที่ทั้งเป็นตัวรับ (Receiver) และส่ง (Transmitter) ได้ในตัวเดียวกัน โดยใช้ความถี่ในการรับ-ส่งข้อมูล 2.4 GHz โมดูล NRF24L01 เป็นโมดูลสื่อสารไร้สาย ที่สามารถเขียนโปรแกรมให้เป็นได้ ทั้งตัวรับและตัวส่ง สามารถใช้กับ Arduino ได้หลาย ๆ ตัวพร้อมกัน จึงสื่อสารได้รวดเร็วและไม่มีเสาอากาศที่ยาว มีขนาดเล็กสะดวกในการต่อใช้งาน สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลายอย่างเช่น ใช้เป็นอุปกรณ์ส่งข้อมูลของเซนเซอร์อัตโนมัติ สำหรับควบคุม อุณหภูมิ ความชื้น การแจ้งเตือนต่าง ๆ ควบคุมและติดตามหุ่นยนต์ Robot Control and Monitoring ได้ในระยะ 15-500 เมตร โมดูลนี้ใช้ชิพ NRF24L01+ m ทำงานด้วยความเร็วสูง High-speed SPI interface ใช้พลังงานต่ำ รองรับการทำงานร่วมกับ Arduino และมีเสาอากาศมาให้ในตัว มีจุดเชื่อมต่อตำแหน่งขา ดังภาพที่ 2.11 โดยโครงงานนี้ได้นำ NRF24L01 มาเชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino Nano และ NodeMCU เพื่อส่งข้อมูลคำสั่งเสียงและรับคำสั่งเสียงให้ระบบทำงานตามคำสั่ง



ภาพที่ 2.11 ตำแหน่งขาของ NRF24L01

ที่มา : <https://forum.arduino.cc/index.php?topic=551211.0>

2.2.5 โมดูลรีเลย์ 4 ช่อง



ภาพที่ 2.12 โมดูลรีเลย์ 4 ช่อง

ที่มา : <https://www.amazon.com/JBtek-Channel-Module-Arduino-Raspberry/dp/B00KTEN3TM>

โมดูลรีเลย์ 4ช่อง (4 Channel Relay Module) เป็นโมดูลที่ใช้ควบคุมโหลดได้ทั้งแรงดันไฟฟ้า DC และ AC ซึ่งโหลดสูงสุด คือ AC 250V/10A, DC 30V/10A โดยใช้สัญญาณในการควบคุมการทำงาน ด้วยสัญญาณลอจิก แบบ Active Low ใช้กระแสขับรีเลย์ 15-20mA การเชื่อมต่อเป็น Isolate ด้วย Opto-coupler และมี LED แสดงสถานะของ Relay สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ เช่น PLC Control บ้านอัจฉริยะ ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม หรืองานอื่นๆ ขึ้นอยู่กับการเขียนโปรแกรมและการต่อใช้งานภายนอก

2.2.6 ไมโครโฟน USB



ภาพที่ 2.13 ไมโครโฟน USB

ที่มา : <https://th.aliexpress.com>

จากภาพที่ 2.13 ไมโครโฟน ชนิด USB คืออุปกรณ์รับเสียงแล้วแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า เพื่อประมวลผลในเครื่องขยายเสียงหรืออุปกรณ์ผสมเสียงอื่นๆ ไมโครโฟนประกอบด้วยขดลวดและแม่เหล็กเป็นหลัก เมื่อเสียงกระทบตัวรับในไมโครโฟน จะทำให้ขดลวดสั่นสะเทือนติดกับสนามแม่เหล็ก จึงทำให้เกิดสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งเป็นหลักการทำงานตรงข้ามกับลำโพง สำหรับไมโครโฟนชนิด USB จะส่งสัญญาณเสียงออกที่เอาต์พุตเป็นสัญญาณดิจิทัลโดยส่งข้อมูลผ่านพอร์ต USB

2.3 ซอฟต์แวร์ (Software)

2.3.1 Raspbian

Raspbian คือ Debian (Linux) ที่นำมาดัดแปลงให้เข้ากับ CPU ARM1176JZF-S core การลง OS Raspbian สิ่งที่ต้องเตรียม มีดังนี้

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ windows ที่อ่าน SD card ได้

2. SD card 8 GB ขึ้นไป

ขั้นตอนการลง OS Raspbian

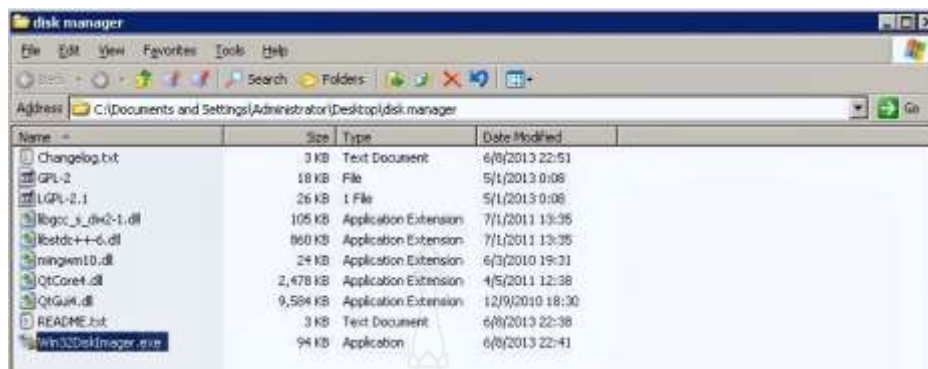
ขั้นตอนที่ 1 ดาวน์โหลด Raspbian เวอร์ชันล่าสุดจาก <https://www.raspberrypi.org/downloads/> ซึ่งเป็นไฟล์ image สำหรับติดตั้งบนบอร์ด Raspberry Pi ดังภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.14 ดาวน์โหลด Raspbian

ที่มา : <https://www.raspberrypi.org/downloads/>

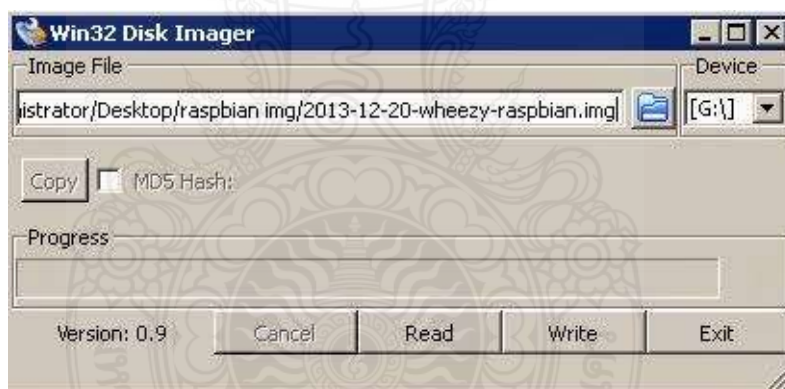
ขั้นตอนที่ 2 ดาวน์โหลดโปรแกรม Win32Disk Image เมื่อได้ image และ โปรแกรม win32disk imager ให้ใส่ SD card เข้าไปในเครื่องคอมพิวเตอร์ แล้วเปิดโปรแกรม win32disk imager ขึ้นมา ถ้าเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้งานเป็น win7 หรือ 8 ให้คลิกขวาแล้วเลือก "Run as administrator" ดังภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 ดาวน์โหลดโปรแกรม Win32Disk Image

ที่มา : <https://raspberrypith.blogspot.com/2014/01/os-linux-raspbian.html>

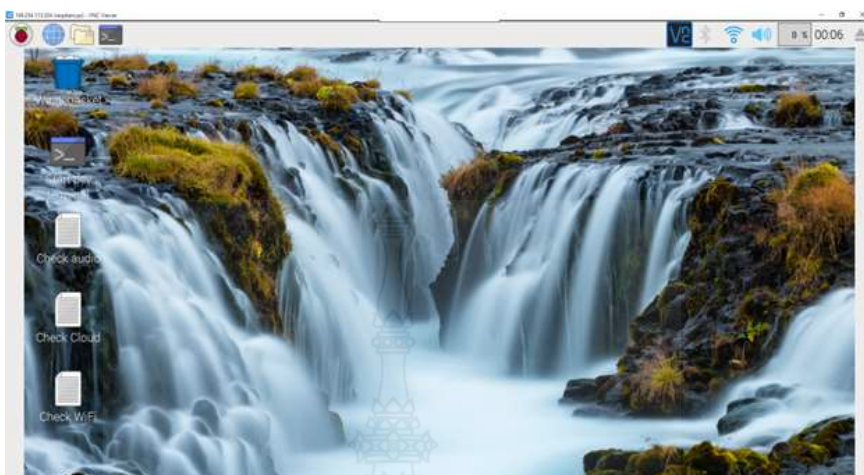
ขั้นตอนที่ 3 ให้เลือก Image ที่ดาวน์โหลดมาใส่ลงใน SD card แล้วกด write รอจนเสร็จ 100% ดังภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 เลือก Image ที่ดาวน์โหลดมาใส่ลงใน SD card

ที่มา : <https://raspberrypith.blogspot.com/2014/01/os-linux-raspbian.html>

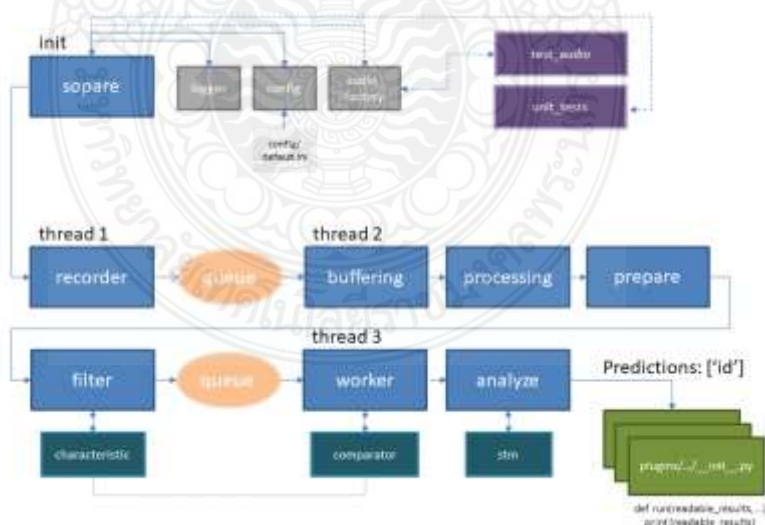
ขั้นตอนที่ 4 เมื่อดาวน์โหลดไฟล์ image ลงใน SD card เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ถอด SD card ออกมาแล้วนำไปใส่ในบอร์ด Raspberry Pi ก็จะสามารถใช้งานระบบปฏิบัติการ Raspbian บนบอร์ด Raspberry Pi ได้ ดังภาพที่ 2.17



ภาพที่ 2.17 หน้า Desktop ของระบบปฏิบัติการ Raspbian

2.3.2 SOPARE

SOPARE เป็นโปรแกรมใช้สำหรับการรู้จำเสียง ที่มีความแม่นยำในการรู้จำเสียงและสามารถใช้สั่งงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถใช้คำสั่งเสียงคำอื่นๆได้แต่ต้องขึ้นอยู่กับเสียงผู้พูดให้ใกล้เคียงกับเสียงที่บันทึก โดยมีการทำงานของโปรแกรม ดังภาพที่ 2.18



ภาพที่ 2.18 บล็อกไดอะแกรมของโปรแกรม SOPARE

ที่มา : <https://www.bishop.org/>

จากภาพที่ 2.18 การทำงานของโปรแกรม SOPARE มีขั้นตอนดังนี้
 ขั้นตอนที่ 1 เปิดโปรแกรม SOPARE ให้พิมพ์คำว่า “./sopare.py” แล้วกด Enter เพื่อเรียกใช้คำสั่งในโปรแกรม SOPARE จากนั้นตั้งค่าโปรแกรมโดยพิมพ์คำว่า “config/default.ini” เพื่อตั้งค่าเสียง คือ ตั้งค่าไมโครโฟนและเสียงพูดตามที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 2 อ่านค่าอินพุตจากไมโครโฟน จากนั้นตรวจสอบว่าระดับเสียงให้อยู่เหนือกว่า THRESHOLD เพื่อตัดเสียงรบกวนเข้าไมโครโฟน เมื่อตั้งค่าเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้บันทึกคำสั่งเสียงจากไมโครโฟนที่พูดคำสั่งเสียงไว้ แล้วทดสอบคำสั่งเสียงที่บันทึกไว้ เช่น เปิดไฟ ปิดไฟ เป็นต้น

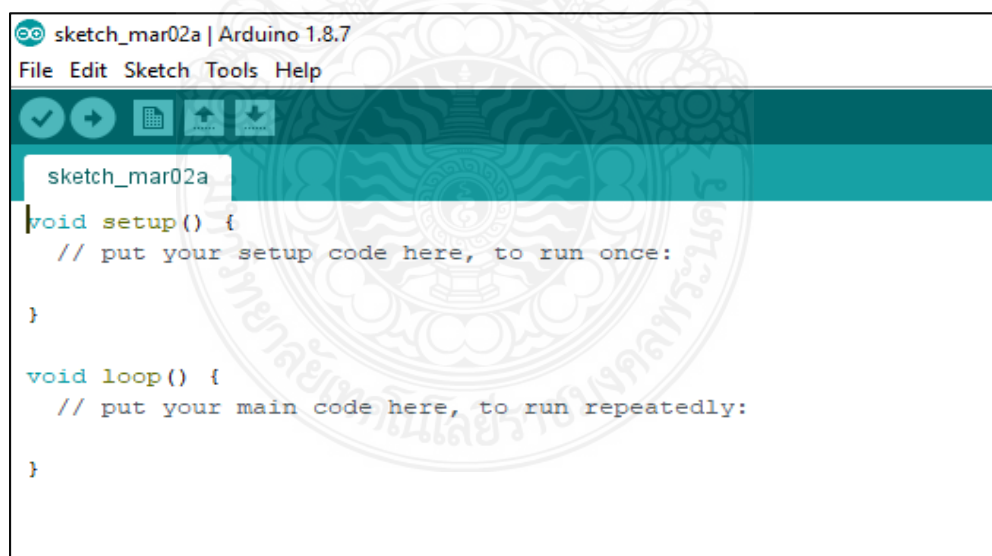
ขั้นตอนที่ 3 เขียนโปรแกรม Plugin เพื่อส่งลอจิกไปยังขาเอาต์พุต GPIO ของบอร์ด Raspberry Pi

2.3.3 Arduino IDE

Arduino IDE คือโปรแกรมสำหรับใช้เขียนโปรแกรม, คอมไพล์ และอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด Arduino หรือบอร์ดตัวอื่นๆ ที่คล้ายกัน เช่น NodeMCU หรือ WeMos D1 เป็นต้น

วิธีการใช้งาน Arduino IDE

ขั้นตอนที่ 1 เปิดโปรแกรม Arduino IDE ขึ้นมา ดังภาพที่ 2.19



```

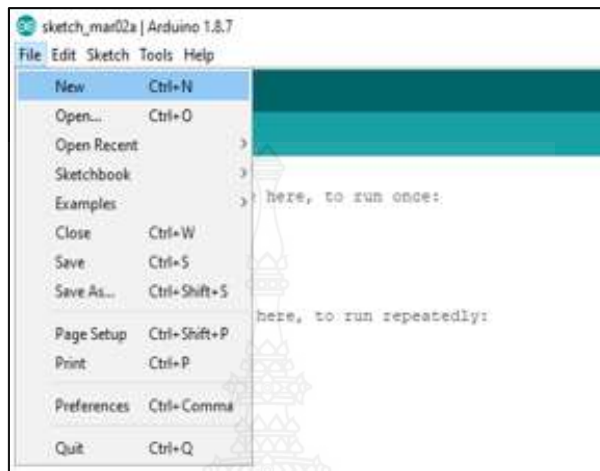
sketch_mar02a | Arduino 1.8.7
File Edit Sketch Tools Help

sketch_mar02a
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}
  
```

ภาพที่ 2.19 เปิดโปรแกรม Arduino IDE

ขั้นตอนที่ 2 สร้าง Sketch ใหม่ โดยคลิกที่เมนู File > New ดังภาพที่ 2.20



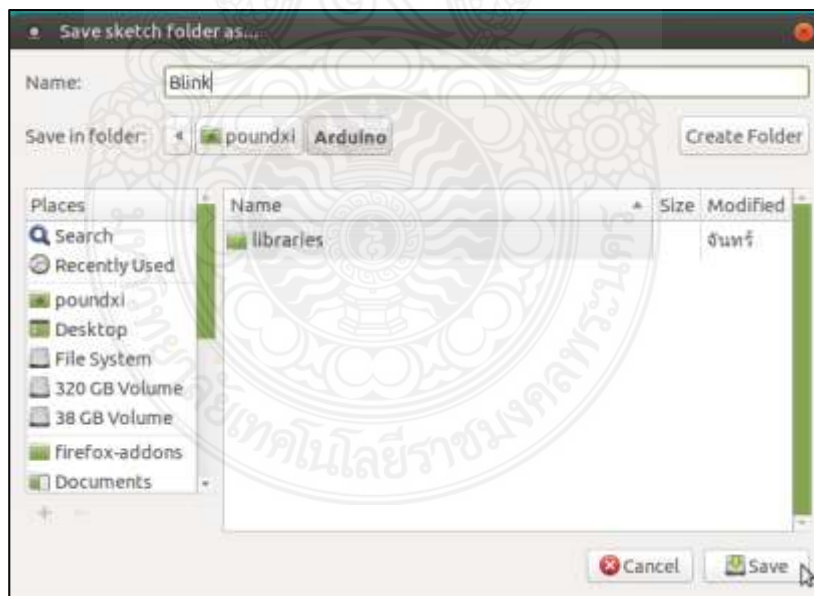
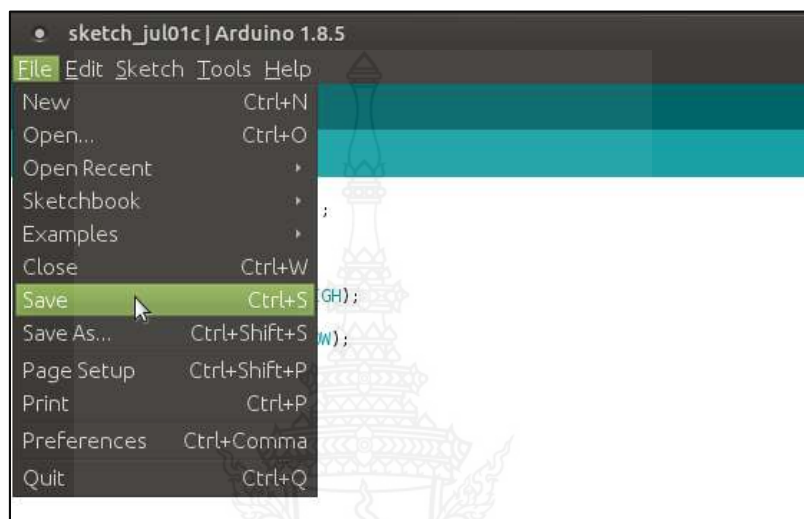
ภาพที่ 2.20 สร้าง Sketch ใหม่
ที่มา : <https://poundxi.com>

ขั้นตอนที่ 3 เขียนโปรแกรมลงไปตรงพื้นที่สีขาวๆ ซึ่งการเขียนโปรแกรมสำหรับ Arduino จะประกอบไปด้วยฟังก์ชัน void setup และ ฟังก์ชัน void loop ดังภาพที่ 2.21



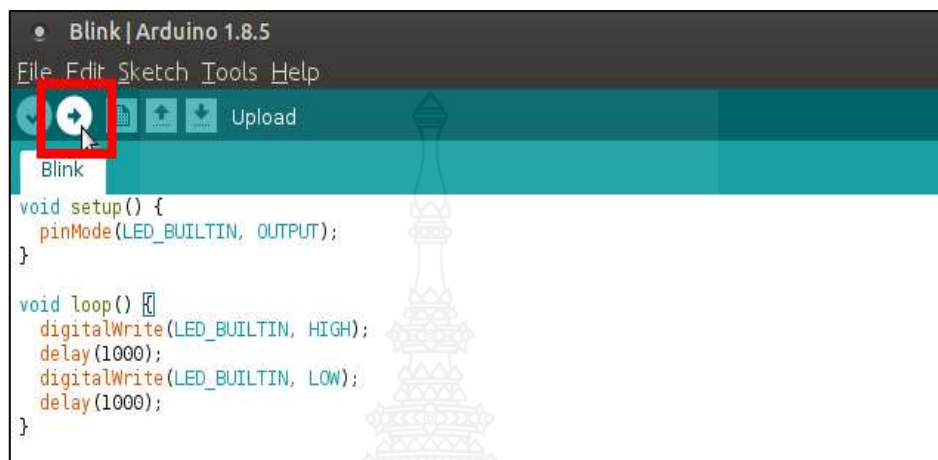
ภาพที่ 2.21 เขียนโปรแกรม
ที่มา : <https://poundxi.com>

ขั้นตอนที่ 4 เมื่อเขียนโปรแกรมเสร็จแล้วให้บันทึกเก็บไว้โดยคลิกที่เมนู File > Save จากนั้นจะมีหน้าต่างขึ้นมาให้เราเลือกว่าจะบันทึกไว้ที่ไหน และตั้งชื่อ Sketch ดังภาพที่ 2.22



ภาพที่ 2.22 การบันทึกโปรแกรม
ที่มา : <https://poundxi.com>

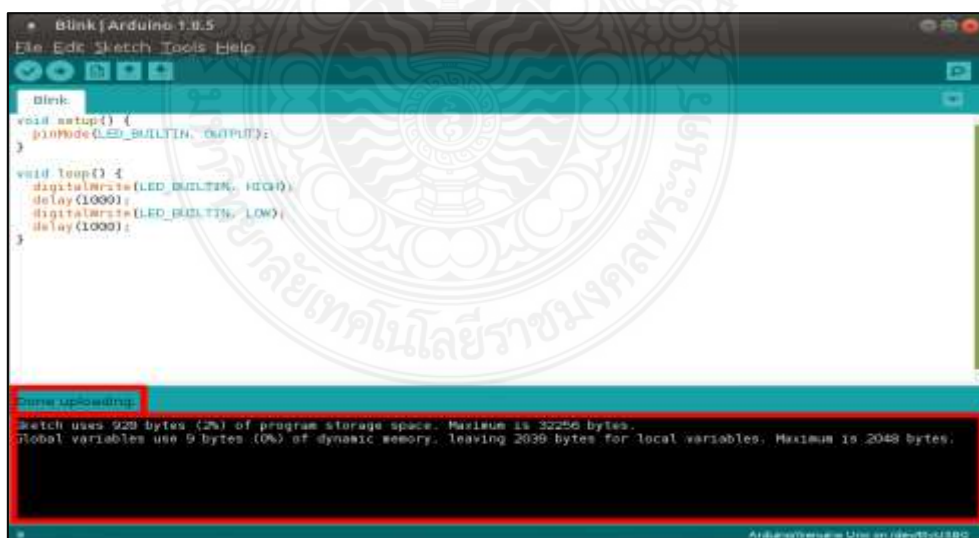
ขั้นตอนที่ 5 คลิกปุ่มอัปโหลด หรือจะคลิกที่เมนู Sketch > Upload ดังภาพที่ 2.23



ภาพที่ 2.23 การอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด

ที่มา : <https://poundxi.com>

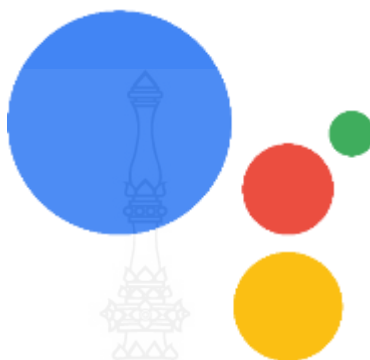
ขั้นตอนที่ 6 หากเขียนโปรแกรมถูกต้อง และไม่ได้มีปัญหาระหว่างการอัปโหลด จะมีข้อความขึ้นว่า Done uploading และจะมีข้อความรายงานเป็นข้อความสีเขียวๆ ดังภาพที่ 2.24



ภาพที่ 2.24 การอัปโหลดบอร์ดเสร็จสิ้น

ที่มา : <https://poundxi.com>

2.3.4 Google Assistant



ภาพที่ 2.25 Google Assistant

ที่มา : <https://mindphp.com>

Google Assistant คือ ระบบสั่งงานด้วยเสียงจากคำพูดของผู้ใช้งาน สามารถแยกแยะเสียงพูดได้ และมีสัญลักษณ์ ดังภาพที่ 2.25 ซึ่ง Google assistant มีความสามารถในการตอบรับโต้ตอบกลับคล้ายกับความสามารถของ Siri และมีความสามารถในการเข้าถึงการทำงานต่างๆ มีความสามารถแยกเสียงคนและเสียงภายนอกได้ รองรับภาษาไทยสำหรับการใช้เสียงภาษาไทย และตอบรับเป็นเสียงภาษาไทย มีฐานข้อมูลมาก นอกจากการค้นหา ยังสามารถสนทนากับ Google Assistant เช่น ชื่ออะไร สบายดีไหม ทำอะไรอยู่ เป็นต้น

บทที่ 3

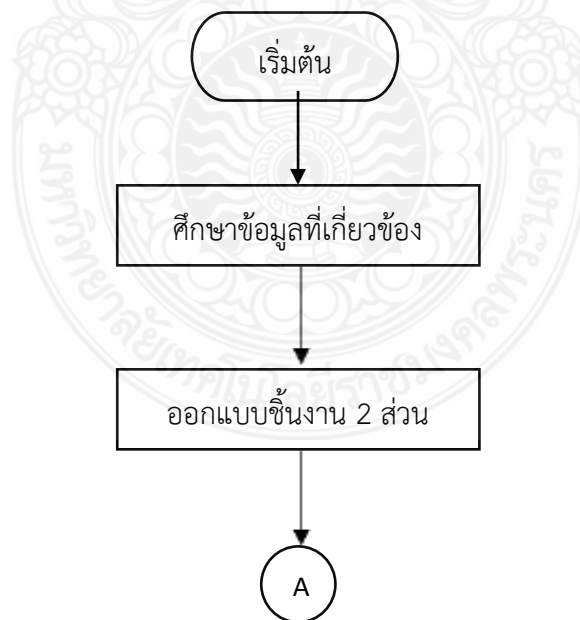
ขั้นตอนวิธีดำเนินงานโครงการ

การจัดทำโครงการ เรื่อง ระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง โดยใช้เทคโนโลยีการรู้จำเสียงมาใช้ในการควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า มีส่วนประกอบทั้งหมด 2 ส่วน คือ ส่วนของภาคส่ง ประกอบด้วยการรู้จำเสียงและตัวส่งสัญญาณไร้สาย ส่วนของภาครับประกอบด้วยภาครับสัญญาณและรีเลย์สำหรับเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยทางผู้จัดทำได้จัดลำดับการดำเนินการตามขั้นตอนและวิธีการดังนี้

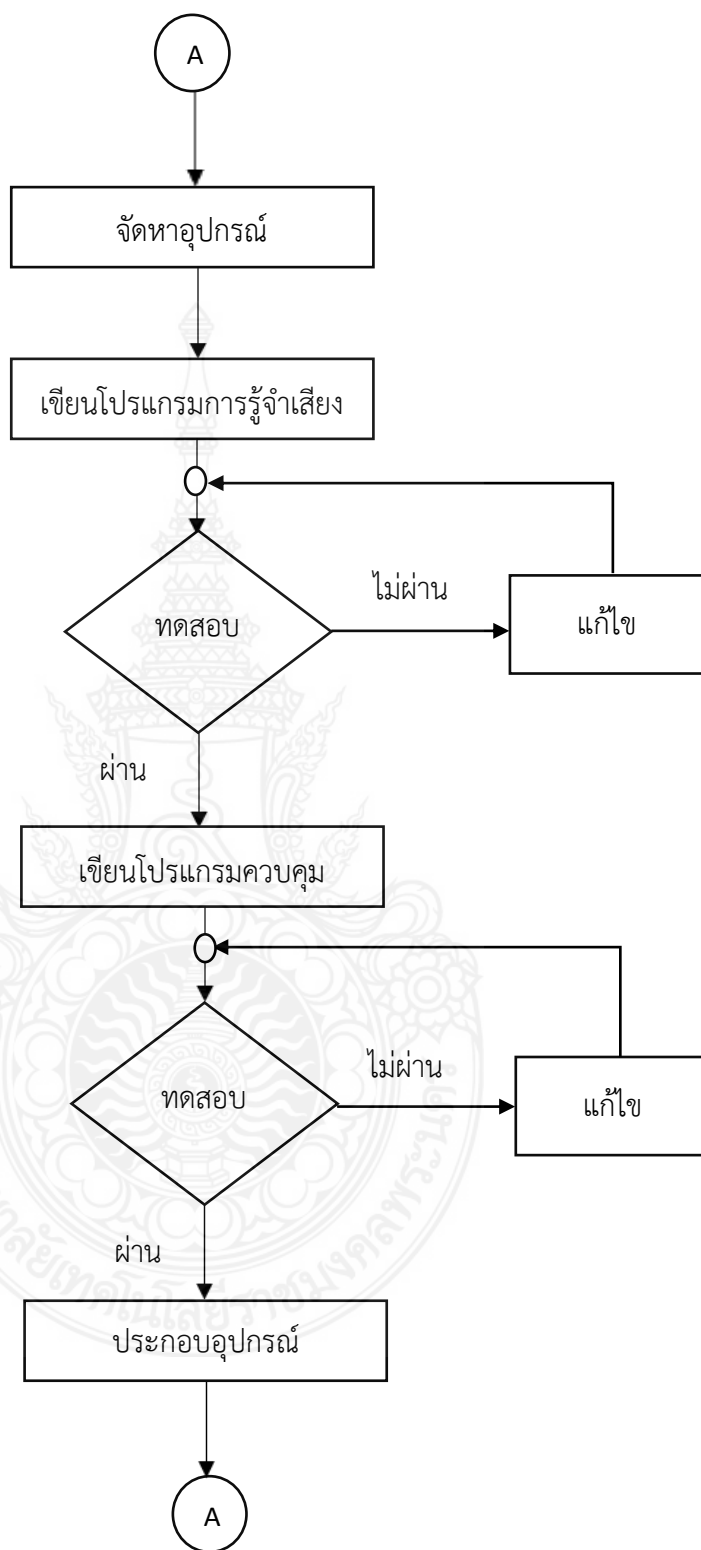
- 3.1 แผนการดำเนินโครงการ
- 3.2 การทำงานของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง
- 3.3 ภาคส่งและภาครับโหมดออฟไลน์
- 3.4 ภาคส่งและภาครับโหมดออนไลน์
- 3.5 การออกแบบระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง

3.1 แผนการดำเนินโครงการ

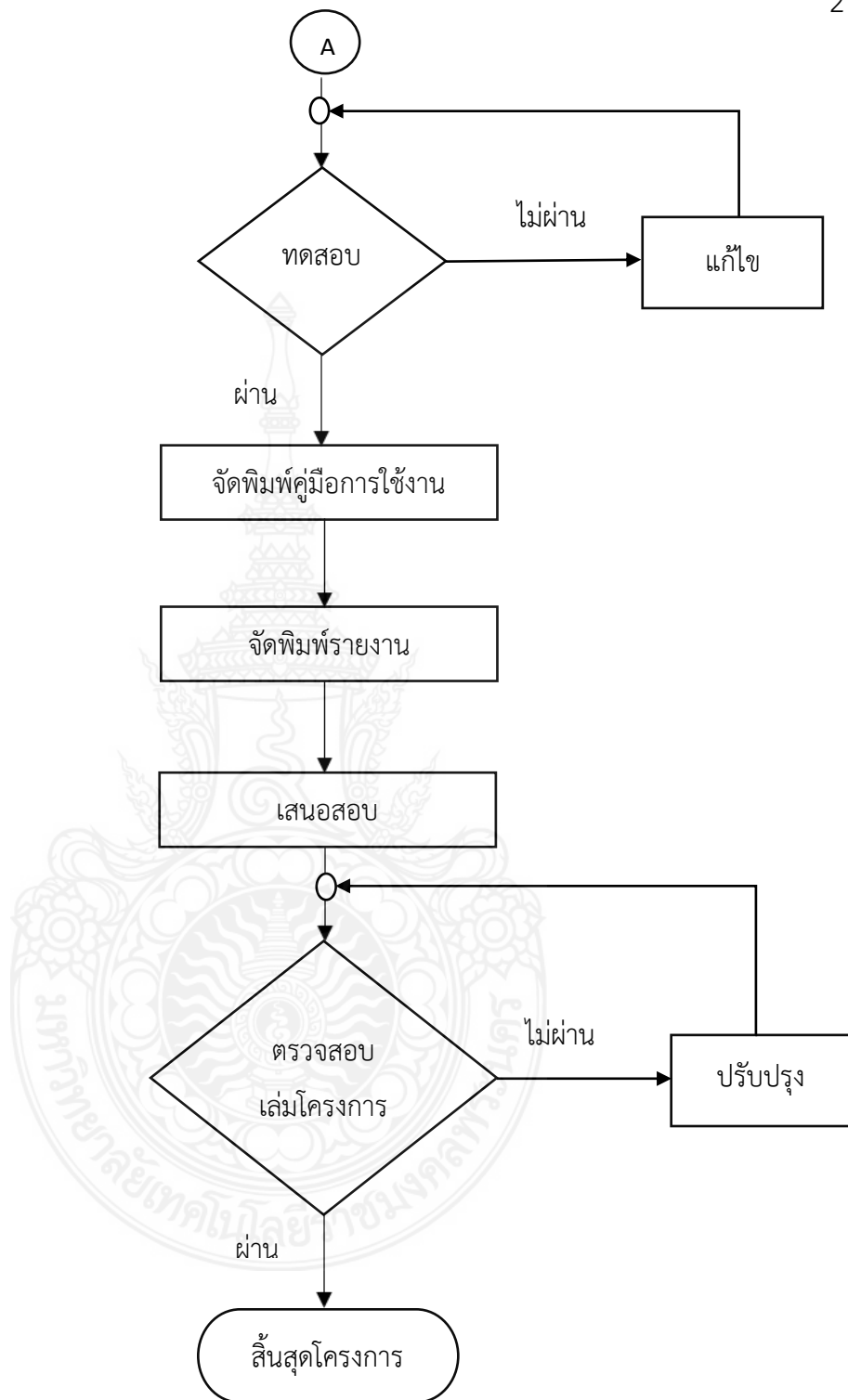
จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสามารถเขียนแผนผังแสดงขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานต่างๆเป็นแผนภาพการทำงานได้ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน



ภาพที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน (ต่อ)

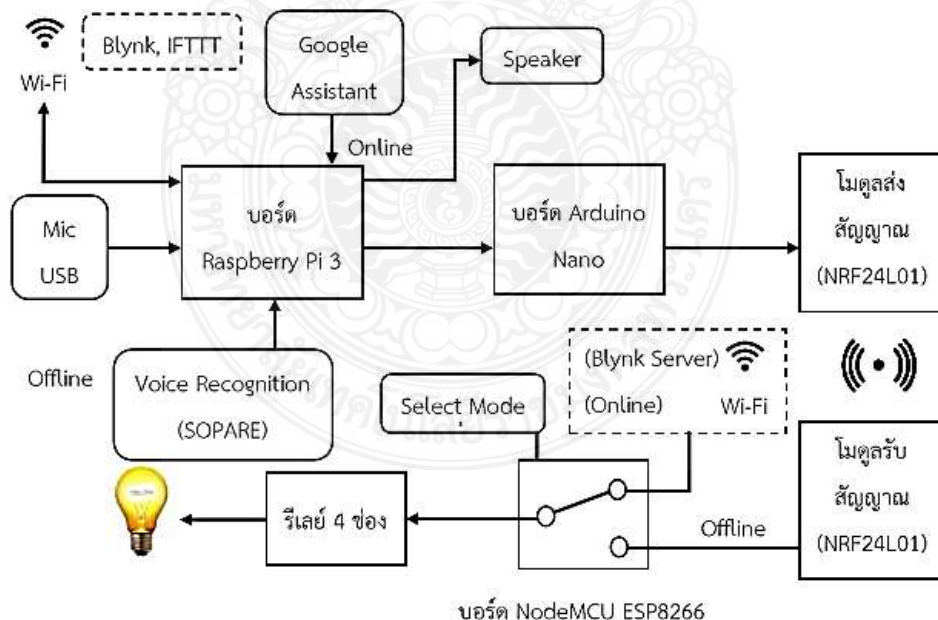


ภาพที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน (ต่อ)

จากภาพที่ 3.1 ศึกษาข้อมูลของการรู้จำเสียงและอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการนี้แล้วนำข้อมูลที่ศึกษาทั้งหมดมาสรุป และทำการออกแบบการทำงานทั้งหมดโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของภาคส่งและส่วนของภาครับ โดยส่วนของภาคส่งประกอบไปด้วยการรู้จำเสียงและตัวส่งสัญญาณไร้สาย ส่วนของภาครับประกอบไปด้วยภาครับสัญญาณและรีเลย์สำหรับเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า การเขียนโปรแกรมการรู้จำเสียงจะทำการบันทึกเสียงโดยใช้โปรแกรม SOPARE และ Google Assistant ในการบันทึกเสียงและประมวลผลการรู้จำเสียงในบอร์ด Raspberry Pi 3 ทำการทดสอบการรู้จำเสียง หากเกิดข้อผิดพลาดให้ทำการแก้ไขและทดสอบใหม่ เมื่อทดสอบผ่านจึงเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของชุดภาคส่งและภาครับ โดยในส่วนของภาครับจะเขียนโปรแกรมควบคุมรีเลย์เพื่อเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง จากนั้นทำการทดสอบชุดภาคส่งและภาครับหากเกิดข้อผิดพลาดทำการแก้ไขและทดสอบใหม่ หากทดสอบผ่านทำการประกอบอุปกรณ์ทั้งหมดลงกล่อง จัดพิมพ์คู่มือการใช้งานและทำรายงานนำเสนอสอบเป็นการเสร็จสิ้นแผนการดำเนินโครงการ

3.2 การทำงานของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง

จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง สามารถออกแบบวงจรภาคส่งและภาครับ ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง

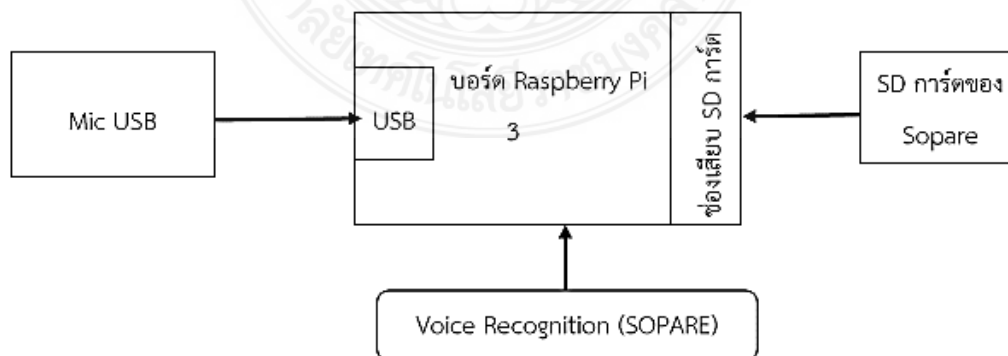
จากภาพที่ 3.2 แบ่งส่วนของการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของภาคส่งและส่วนของภาครับ โดยส่วนของภาคส่งโหมตออฟไลน์และภาครับโหมตออฟไลน์มีการทำงานดังนี้ เมื่อเราพูดคำสั่งเสียงที่เราได้ทำการบันทึกไว้ใน SD การ์ดของ SOPARE โดยผ่านไมโครโฟนเพื่อให้ Raspberry Pi ประมวลผลคำสั่งเสียง เมื่อคำสั่งเสียงที่พูดกับคำสั่งเสียงที่บันทึกไว้ตรงกัน บอร์ด Raspberry Pi 3 จะทำการส่งข้อมูลลจิกไปยังบอร์ด Arduino Nano จากนั้นบอร์ด Arduino Nano จะส่งข้อมูลลจิกไปยัง โมดูลรับส่งสัญญาณ NRF (24L01) ภาคส่ง เพื่อให้โมดูลรับส่งสัญญาณ NRF(24L01) ภาครับ รับข้อมูลจากโมดูลรับส่งสัญญาณ NRF (24L01) ภาคส่ง โดยจะต้องทำการกดสวิตช์เลือกเป็นโหมตออฟไลน์ โมดูลรับส่งสัญญาณ NRF (24L01) ภาครับจะส่งข้อมูลลจิกไปยังบอร์ด NodeMCU และบอร์ด NodeMCU จะส่งข้อมูลลจิกออกทางเอาต์พุตไปยังบอร์ดรีเลย์ เพื่อให้รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตามคำสั่งเสียงที่ได้รับมา

ในส่วนของภาคส่งโหมตออนไลน์และภาครับโหมตออนไลน์มีการทำงานดังนี้ เมื่อเราพูดคำสั่งเสียงที่เราได้ทำการบันทึกไว้ใน SD การ์ดของ Google Assistant โดยผ่านไมโครโฟนเพื่อให้ Raspberry Pi ประมวลผลคำสั่งเสียง เมื่อคำสั่งเสียงที่พูดกับคำสั่งเสียงที่บันทึกไว้ตรงกัน จากนั้นระบบจะส่งข้อมูลไปยังบอร์ด NodeMCU ผ่าน Blynk Server และบอร์ด NodeMCU จะส่งข้อมูลลจิกออกทางเอาต์พุตไปยังบอร์ดรีเลย์ เพื่อให้รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตามคำสั่งเสียงที่ได้รับมา

3.3 ภาคส่งและภาครับโหมตออฟไลน์

ภาคส่งโหมตออฟไลน์

การรู้จำเสียงในโหมตออฟไลน์จะบันทึกคำสั่งเสียงเพื่อฝึกให้ระบบรู้จำเสียงจดจำ Pattern ของคำสั่งเสียง ซึ่ง สามารถบันทึกเสียงได้โดยใช้โปรแกรม SOPARE ผ่านไมโครโฟนเพื่อให้ Raspberry Pi ประมวลผลคำสั่งเสียง ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 การเชื่อมต่อระหว่าง Mic USB กับบอร์ด Raspberry Pi 3 และ SD การ์ดออฟไลน์

จากภาพที่ 3.3 ส่วนของ Hardware นำ SD การ์ดของ SOPARE เสียบเข้าช่องเสียบ SD การ์ดของบอร์ด Raspberry Pi 3 และต่อ Mic USB เข้ากับพอร์ต USB ของบอร์ด Raspberry Pi 3 จากนั้นรันโปรแกรม SOPARE ใน Raspberry Pi เพื่อนำคำสั่งเสียงเข้าไปประมวลผลที่บอร์ด Raspberry Pi 3

ในส่วนของ Software เมื่อใส่ SD การ์ดลงในบอร์ด Raspberry Pi 3 และนำไมโครโฟน USB ต่อเข้ากับพอร์ต USB ของบอร์ด Raspberry Pi 3 จากนั้นเขียนโปรแกรมบันทึกเสียงใน Raspberry Pi โดยใช้โปรแกรม SOPARE มีขั้นตอนดังนี้

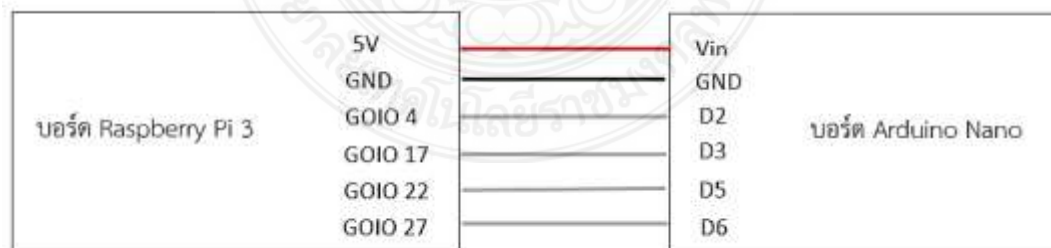
ขั้นตอนที่ 1 เปิดโปรแกรม SOPARE ให้พิมพ์คำว่า “./sopare.py” แล้วกด Enter เพื่อเรียกใช้คำสั่งในโปรแกรม SOPARE จากนั้นตั้งค่าโปรแกรมโดยพิมพ์คำว่า “config/default.ini” เพื่อตั้งค่าเสียง คือ ตั้งค่าไมโครโฟนและเสียงพูดตามที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 2 อ่านค่าอินพุตจากไมโครโฟน จากนั้นตรวจสอบว่าระดับเสียงให้อยู่เหนือกว่า THRESHOLD เพื่อตัดเสียงรบกวนเข้าไมโครโฟน เมื่อตั้งค่าเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้บันทึกคำสั่งเสียงจากไมโครโฟนที่พูดคำสั่งเสียงไว้ แล้วทดสอบคำสั่งเสียงที่บันทึกไว้ โดยในโครงการนี้ได้พูดคำสั่งไว้ 10 คำสั่งได้แก่ เปิด 1 , เปิด 5 , เปิด 6 , เปิด 7 , เปิดหมด , ปิด 1 , ปิด 5 , ปิด 6 , ปิด 7 และ ปิดหมด ที่เลือกใช้คำสั่งเสียงนี้ เนื่องจากมีความแม่นยำในการรู้จำเสียงและสามารถใช้สั่งงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ กรณีนี้สามารถใช้คำสั่งเสียงคำอื่นๆได้แต่ต้องขึ้นอยู่กับเสียงผู้พูดให้ใกล้เคียงกับเสียงที่บันทึกด้วย

ขั้นตอนที่ 3 เขียนโปรแกรม Plugin เพื่อส่งลอจิกไปยังขาเอาต์พุต GPIO ของบอร์ด Raspberry Pi 3

ขั้นตอนที่ 4 ส่งสัญญาณไร้สายจากขาเอาต์พุต GPIO ของบอร์ด Raspberry Pi 3 โดยใช้บอร์ด Arduino Nano กับ โมดูลรับส่งสัญญาณ NRF (24L01)

บอร์ด Raspberry Pi 3 จะทำการส่งข้อมูลลอจิกไปยังบอร์ด Arduino Nano เพื่อให้บอร์ด Arduino Nano รับข้อมูลลอจิกและส่งให้กับโมดูลรับส่งสัญญาณ NRF (24L01) ดังภาพที่ 3.4



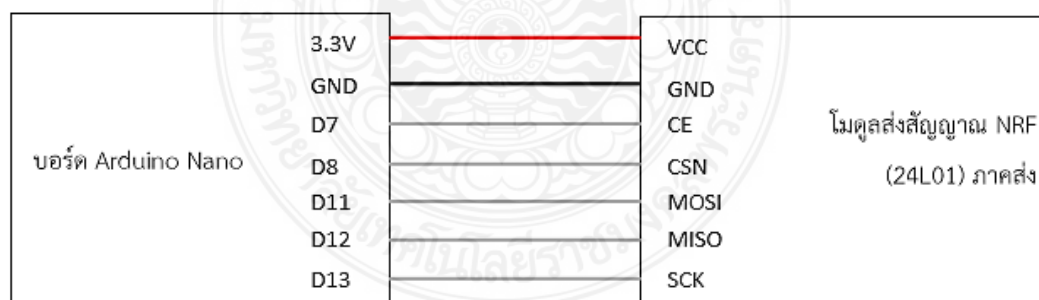
ภาพที่ 3.4 การเชื่อมต่อระหว่าง บอร์ด Raspberry Pi 3 กับ บอร์ด Arduino Nano

จากภาพที่ 3.4 ส่วนของ Hardware นำบอร์ด Raspberry Pi 3 เชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino Nano เพื่อส่งข้อมูลลอจิกจากบอร์ด Raspberry Pi 3 ไปยังขา Input ของบอร์ด Arduino Nano ตามที่เราได้กำหนดไว้ โดยมีการเชื่อมต่อขาดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ขาของบอร์ด Raspberry Pi 3 และขาของบอร์ด Arduino Nano

ขาของบอร์ด Raspberry Pi 3	ขาของบอร์ด Arduino Nano
5V ขา 2	Vin
GND ขา 9	GND
GPIO 4 ขา 7	D2
GPIO 17 ขา 11	D3
GPIO 22 ขา 15	D5
GPIO 27 ขา 13	D6

บอร์ด Arduino Nano จะส่งข้อมูลลอจิกไปยัง โมดูลรับส่งสัญญาณ NRF (24L01) ภาคส่ง เพื่อให้โมดูลรับส่งสัญญาณ NRF(24L01) ภาครับ รับข้อมูลจากโมดูลรับส่งสัญญาณ NRF (24L01) ภาคส่ง ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด Arduino Nano กับ โมดูลส่งสัญญาณ NRF (24L01)

จากภาพที่ 3.5 ส่วนของ Hardware นำบอร์ด Arduino Nano เชื่อมต่อกับโมดูลส่งสัญญาณ NRF (24L01) ภาคส่ง เพื่อส่งข้อมูลลอจิกจากบอร์ด Arduino Nano ไปยังโมดูลส่งสัญญาณ NRF (24L01) ภาคส่ง โดยมีการเชื่อมต่อขาดังตารางที่ 3.2

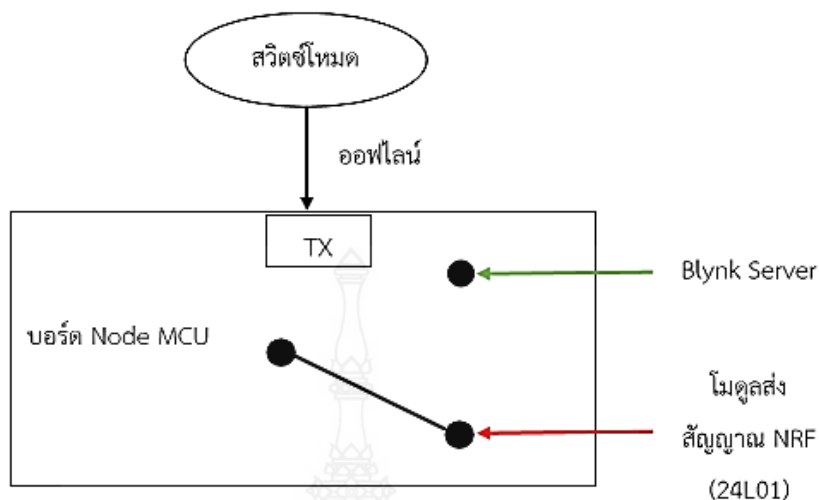
ตารางที่ 3.2 ขาของบอร์ด Arduino Nano และขาของโมดูลส่งสัญญาณ NRF(24L01) ภาคส่ง

ขาของบอร์ด Arduino Nano	ขาของโมดูลส่งสัญญาณ NRF (24L01) ภาคส่ง
3.3V	VCC
GND	GND
7	CSN
8	CE
11	MOSI
12	MISO
13	SCK

ส่วนของ Software เขียนโค้ดโปรแกรมใน Arduino เพื่อรับสัญญาณลอจิกที่ส่งมาจากบอร์ด Raspberry Pi 3 ให้เป็นสัญญาณไร้สาย โดยใช้โมดูลรับส่งสัญญาณ NRF (24L01)

ภาครับโหมดออฟไลน์

กดสวิทช์เลือกเป็นโหมดออฟไลน์ในบอร์ด NodeMCU เพื่อรับข้อมูลลอจิกจากโมดูลรับส่งสัญญาณ NRF (24L01) ภาครับ ดังภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 เลือกลงโหมตออฟไลน์ที่บอร์ด NodeMCU

จากภาพที่ 3.6 ส่วนของ Hardware ใช้ขา TX (GPIO1) ของบอร์ด NodeMCU เป็นอินพุตสำหรับเลือกลงโหมต ในกรณีที่ต้องการให้เป็นโหมตออฟไลน์จะต้องให้ขา TX ได้รับลอจิก 0

ในโหมตออฟไลน์ การส่งข้อมูลภาคส่งไปยังภาครับใช้การส่งสัญญาณไร้สาย เพื่อให้คำสั่งเสียงไปควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

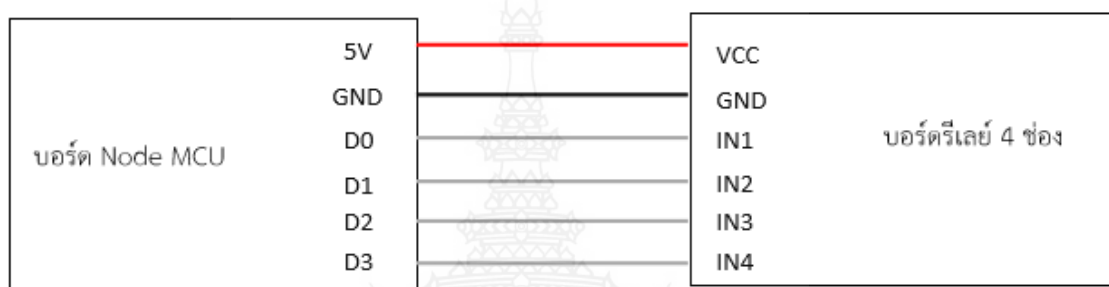
โมดูลรับส่งสัญญาณ NRF (24L01) ทั้งสองตัวเชื่อมต่อกันแบบไร้สาย เพื่อรับส่งข้อมูลลอจิกจากโมดูลรับส่งสัญญาณ NRF (24L01) ภาคส่งไปยังโมดูลรับส่งสัญญาณ NRF (24L01) ภาครับ ดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 การเชื่อมต่อโมดูลส่งสัญญาณ NRF(24L01) ภาคส่งกับโมดูลส่งสัญญาณ NRF(24L01) ภาครับ

จากภาพที่ 3.7 ส่วนของ Hardware การเชื่อมต่อระหว่างโมดูลส่งสัญญาณ NRF (24L01) ภาคส่ง กับโมดูลส่งสัญญาณ NRF (24L01) ภาครับ โดยส่งสัญญาณไร้สายให้ภาคส่งและภาครับเชื่อมต่อกัน การที่จะให้โมดูลทั้งสองเชื่อมต่อกันได้นั้นต้องกำหนดช่องให้ตรงกัน

บอร์ด NodeMCU รับข้อมูลลอจิกมาจากโมดูลรับส่งสัญญาณ NRF (24L01) ภาครับ ที่ได้ข้อมูลมาจากบอร์ด Raspberry Pi 3 ที่ส่งลอจิกมายังโมดูลรับส่งสัญญาณ NRF (24L01) ภาคส่ง ดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด NodeMCU กับ โมดูลส่งสัญญาณ NRF(24L01) ภาครับ

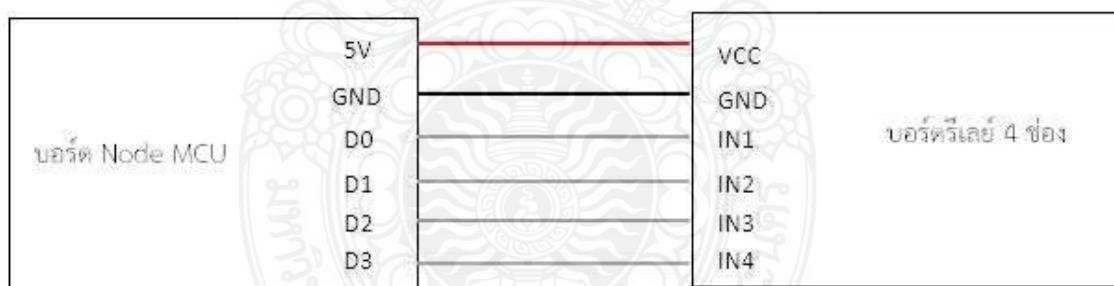
จากภาพที่ 3.8 ส่วนของ Hardware นำบอร์ด Node MCU เชื่อมต่อกับโมดูลส่งสัญญาณ NRF(24L01) ภาครับ เพื่อให้บอร์ด NodeMCU รับข้อมูลลอจิกจากโมดูลส่งสัญญาณ NRF(24L01) ภาครับ โดยมีการเชื่อมต่อขาตั้งตารางที่ 3.3

ในส่วนของ Software การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด NodeMCU กับโมดูลรับส่งสัญญาณ NRF (24L01) ภาครับ เขียนโค้ดโปรแกรมใน Adriano เพื่อให้บอร์ด NodeMCU รับข้อมูลลอจิกจากโมดูลส่งสัญญาณ NRF(24L01) ภาครับ

ตารางที่ 3.3 ขาของบอร์ด Node MCU และขาของโมดูลส่งสัญญาณ NRF(24L01) ภาครับ

ขาของบอร์ด Node MCU	ขาของโมดูลส่งสัญญาณ NRF (24L01) ภาครับ
3.3V	VCC
GND	GND
D4	CE
D5	SCK
D6	MISO
D7	MOSI
D8	CSN

บอร์ด NodeMCU จะส่งข้อมูลลอจิกออกทางเอาต์พุตไปยังบอร์ดรีเลย์ เพื่อให้รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตามคำสั่งเสียงที่ได้รับมา ดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด Node MCU กับบอร์ดรีเลย์ 4 ช่อง โหมดออฟไลน์

จากภาพที่ 3.9 ส่วนของ Hardware นำขา Input จากบอร์ด Node MCU ที่เรากำหนด เชื่อมต่อกับบอร์ดรีเลย์ 4 ช่อง โดยเชื่อมต่อขา ดังตารางที่ 3.4

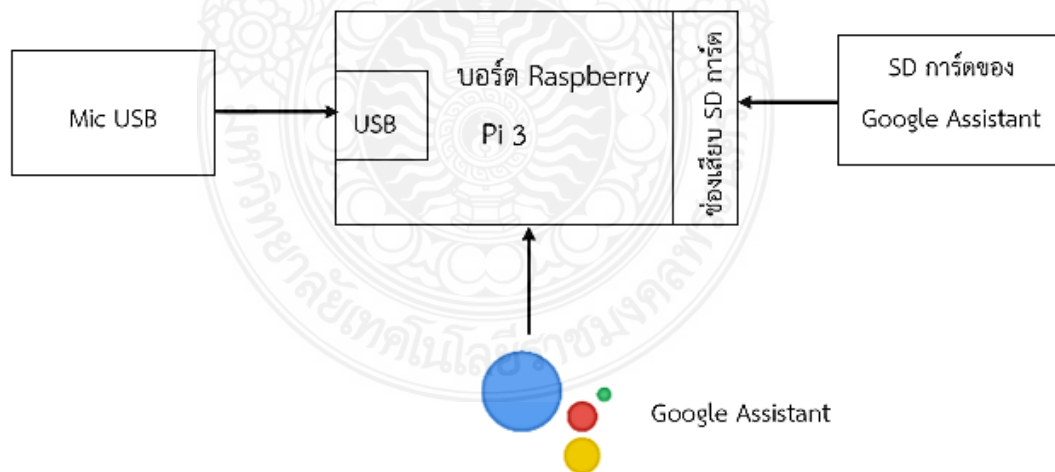
ตารางที่ 3.4 ขาของบอร์ด NodeMCU และขาของบอร์ดรีเลย์ 4 ช่อง

ขาของบอร์ด Node MCU	บอร์ดรีเลย์ 4 ช่อง
5V	VCC
GND	GND
D0	IN1
D1	IN2
D2	IN3
D3	IN4

3.4 ภาคส่งและภาครับโหมดออนไลน์

ภาคส่งโหมดออนไลน์

การรู้จำเสียงสามารถบันทึกเสียงได้โดยใช้โปรแกรม Google Assistant ผ่านไมโครโฟน เพื่อให้ Raspberry Pi ประมวลผลคำสั่งเสียง ดังภาพที่ 3.10

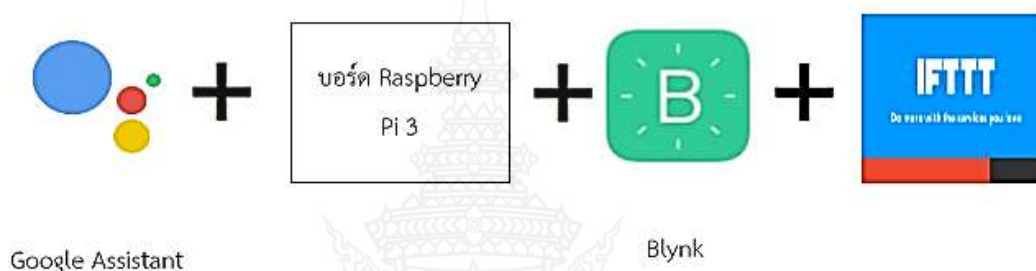


ภาพที่ 3.10 การเชื่อมต่อ Mic USB กับบอร์ด Raspberry Pi 3 และ SD การ์ด Google Assistant

จากภาพที่ 3.10 ส่วนของ Hardware นำ SD การ์ดของ Google Assistant เสียบเข้าช่องเสียบ SD การ์ดของบอร์ด Raspberry Pi 3 และต่อไมโครโฟน USB เข้ากับพอร์ต USB ของบอร์ด Raspberry Pi 3

จากนั้นนำ Google Assistant ไปรันใน Raspberry Pi เพื่อนำคำสั่งเสียงเข้าไปประมวลผลที่บอร์ด Raspberry Pi 3

ในส่วนของภาคส่งโหมตออนไลน์และภาครับโหมตออนไลน์มีการทำงานดังนี้ เมื่อเราพูดคำสั่งเสียงที่เราได้ทำการบันทึกไว้ใน Google Assistant ผ่านไมโครโฟนเพื่อให้ Raspberry Pi ประมวลผลคำสั่งเสียง เมื่อคำสั่งเสียงที่พูดกับคำสั่งเสียงที่บันทึกไว้ตรงกัน Blynk Server จะส่งข้อมูลผ่านแอปพลิเคชัน IFTTT โดยการทำงานในโหมตออนไลน์จะทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ต่างๆ ดังภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 การเชื่อมต่อระหว่างแอปพลิเคชัน Google Assistant , บอร์ด Raspberry Pi 3, แอปพลิเคชัน Blynk และ แอปพลิเคชัน IFTTT

จากภาพที่ 3.11 ในส่วนของ Software นำ Google Assistant ไปรันใน Raspberry Pi เพื่อนำคำสั่งเสียงเข้าไปประมวลผลที่บอร์ด Raspberry Pi 3 การส่งข้อมูลระหว่างแอปพลิเคชันทำได้โดยนำ Token จากแอปพลิเคชัน Blynk ส่งไปยังแอปพลิเคชัน IFTTT และสร้างแอปพลิเคชันแล้วเลือกบริการผู้ช่วยของ Google เลือกทริกเกอร์เป็นวลีง่ายๆ (Say a simple phrase) ดังรูปภาพที่ 3.12

Say a simple phrase

This trigger fires when you say "Ok Google" to the Google Assistant followed by a phrase you choose. For example, say "Ok Google, I'm running late" to text a family member that you're on your way home.

What do you want to say?

Turn on the fan

What's another way to say it? (optional)

Turn on the fan

And another way? (optional)

What do you want the Assistant to say in response?

Alright!

ภาพที่ 3.12 เลือกทริกเกอร์ Say a simple phrase

จากภาพที่ 3.12 เมื่อใส่คำสั่งเสียงที่ต้องการแล้ว ใช้ Web hook ในการเชื่อมต่อกับ Blynk Server ดังรูปภาพที่ 3.13

For a publicly accessible URL, requests may be rate limited.

URL

https://your_ngrok_domain.ngrok.io/api/controls/status/button2

Surround any text with "<code>" to escape the content

Method

POST

The method of the request e.g. GET, POST, DELETE

Content Type (optional)

application/json

Optional

Body (optional)

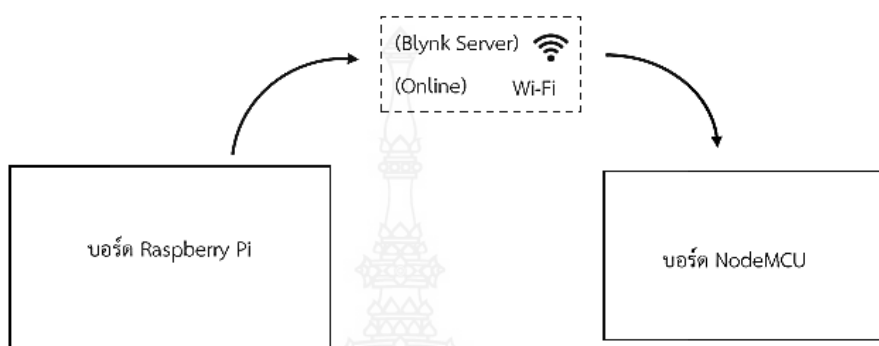
{"status":true}

Surround any text with "<code>" to escape the content

ภาพที่ 3.13 สร้างการร้องขอเว็บ

จากภาพที่ 3.13 นำ Token ของแอปพลิเคชัน Blynk และสถานะลอจิกใส่ลงใน Web hook ของแอปพลิเคชัน IFTTT และบันทึกทริกเกอร์

บอร์ด Raspberry Pi 3 สามารถประมวลผลคำสั่งเสียงได้ โดยใช้ Google Assistant ซึ่ง Google Assistant นี้ จะทำหน้าที่แปลงเสียงพูดให้เป็นตัวอักษร จากนั้นจะนำตัวอักษรที่ได้ไปเปรียบเทียบกับคำสั่งที่บันทึกไว้ใน IFTTT ถ้าคำสั่งเสียงตรงกับคำสั่งที่บันทึกไว้ IFTTT จะส่งคำสั่งไปยังบอร์ด NodeMCU ซึ่งอยู่ที่ภาครับ โดยผ่าน Blynk Server ดังภาพที่ 3.14

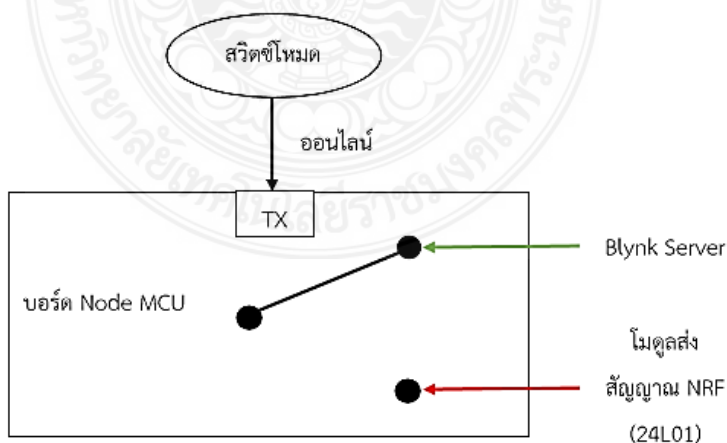


ภาพที่ 3.14 การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด Raspberry Pi 3 กับบอร์ด Node MCU

จากภาพที่ 3.14 เชื่อมต่อบอร์ด Raspberry Pi 3 กับบอร์ด Node MCU โดยให้บอร์ดทั้ง 2 บอร์ด เชื่อมต่อกันผ่านทางสัญญาณอินเทอร์เน็ตไร้สาย (Wi-Fi)

ภาครับโหมดออนไลน์

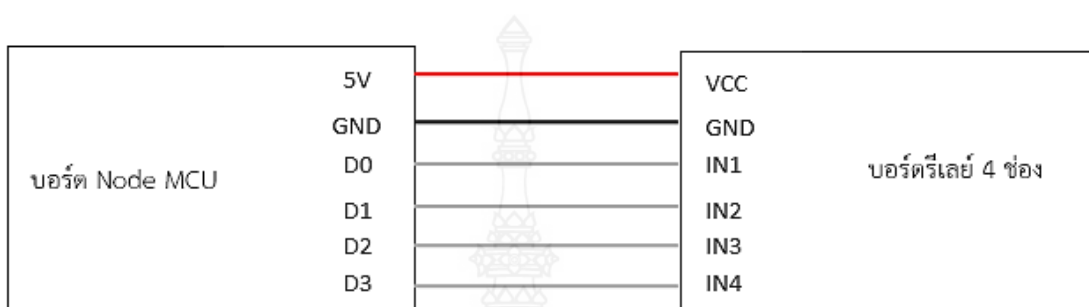
กดสวิตช์เลือกเป็นโหมดออนไลน์ในบอร์ด NodeMCU เพื่อรับข้อมูลลจิกจาก Blynk Server ให้เป็นโหมดออนไลน์ดังภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 เลือกโหมดออนไลน์ ที่บอร์ด Node MCU

จากภาพที่ 3.15 ส่วนของ Hardware ใช้ขา TX (GPIO1) ของบอร์ด NodeMCU เป็นอินพุตสำหรับเลือกโหมด ในกรณีที่ต้องการให้เป็นโหมดออนไลน์จะต้องให้ขา TX ได้รับลอจิก 1

บอร์ด NodeMCU จะส่งข้อมูลลอจิกออกทางเอาต์พุตไปยังบอร์ดรีเลย์ เพื่อให้รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตามคำสั่งเสียงที่ได้รับมา ดังภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.16 การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด NodeMCU กับบอร์ดรีเลย์ 4 ช่อง โหมดออนไลน์

จากภาพที่ 3.16 ส่วนของ Hardware นำขา Output จากบอร์ด NodeMCU ที่เรากำหนด เชื่อมต่อกับบอร์ดรีเลย์ 4 ช่อง โดยเชื่อมต่อขา ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ขาของบอร์ด NodeMCU และขาของบอร์ดรีเลย์ 4 ช่อง

ขาของบอร์ด NodeMCU	บอร์ดรีเลย์ 4 ช่อง
5V	VCC
GND	GND
D0	IN1
D1	IN2
D2	IN3
D3	IN4

3.5 การออกแบบระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง

กล่องภาคส่งด้านนอก ออกแบบเจาะรูเป็นวงกลมหลายๆจุดเพื่อให้เสียงลำโพงที่อยู่ด้านในออกมาภายนอก และเจาะรูเป็นวงกลมอีกหนึ่งจุดเพื่อให้ไมโครโฟนชนิด USB ที่อยู่ด้านในรับเสียงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังภาพที่ 3.17



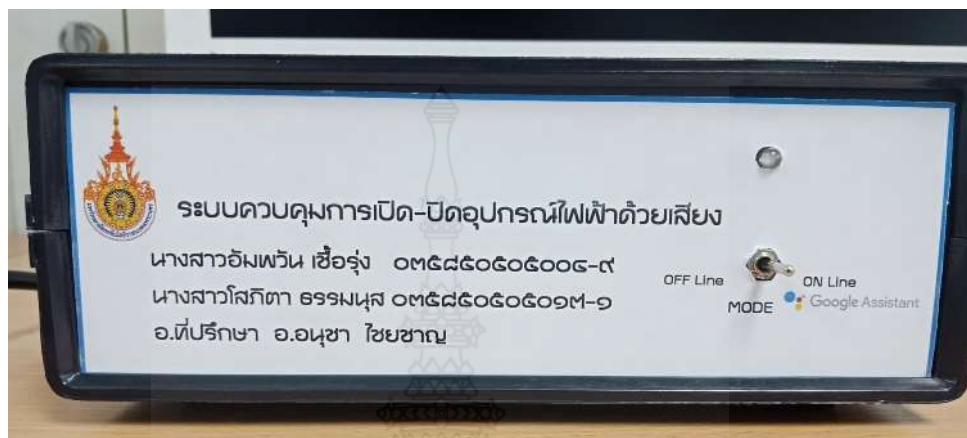
ภาพที่ 3.17 กล่องภาคส่งด้านนอก

กล่องภาคส่งภายใน ออกแบบแผ่นวงจรให้อุปกรณ์เชื่อมต่อกันเพื่อลดการใช้สายไฟให้น้อยลง ภายในกล่องประกอบไปด้วย บอร์ด Raspberry pi 3 บอร์ด Arduino Nano โมดูลรับส่งสัญญาณ NRF (24L01) ลำโพงขนาด 2 นิ้ว 3 วัตต์ แผงวงจรขยายเสียงขนาด 3 วัตต์ ไมโครโฟนชนิด USB และแหล่งจ่ายไฟสองส่วนคือ อะแดปเตอร์ขนาด 600 mA 5 V จ่ายไฟให้กับวงจรขยายเสียง และอะแดปเตอร์ขนาด 2 A 5 V จ่ายไฟให้กับบอร์ด Raspberry Pi ดังภาพที่ 3.18



ภาพที่ 3.18 กล่องภาคส่งภายใน

กล่องภาครับด้านนอก ประกอบไปด้วยสวิตช์เลือกโหมดออฟไลน์กับโหมดออนไลน์ และหลอดไฟ LED แสดงสถานะโหมด โดยสีแดงแสดงสถานะโหมดออฟไลน์ และสีเขียวแสดงสถานะโหมดออนไลน์ ดังภาพที่ 3.19



ภาพที่ 3.19 กล่องภาครับด้านนอก

กล่องภาครับด้านใน ออกแบบแผ่นวงจรให้อุปกรณ์เชื่อมต่อกันเพื่อลดการใช้สายไฟให้น้อยลง ภายในกล่องประกอบไปด้วย บอร์ดรีเลย์ 4 ช่อง บอร์ด NodeMCU โมดูลรับส่งสัญญาณ NRF(24L01) และอะแดปเตอร์ขนาด 600 mA 5 V จ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ทั้งหมด ดังภาพที่ 3.20



ภาพที่ 3.20 กล่องภาครับด้านใน

กล่องภาครับด้านหลัง ประกอบไปด้วยช่องปลั๊ก 4 ช่อง สำหรับเสียบอุปกรณ์ไฟฟ้า สวิตช์สำหรับเปิด-ปิดรีเลย์ และปลั๊กสายไฟ AC ดังภาพที่ 3.21



ภาพที่ 3.21 กล่องภาครับด้านหลัง



บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองการทำงานของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงว่าสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงตามที่เรากำหนดได้หรือไม่ และการทดสอบโครงการนี้จะมีการทดสอบตามขั้นตอนดังนี้

- 4.1 ขั้นตอนการทดสอบโครงการ
- 4.2 ภาพรวมแสดงผลการทดสอบระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า
- 4.3 สรุปผลการทดสอบโครงการ

4.1 ขั้นตอนการทดสอบโครงการ

4.1.1 การทดสอบระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงโหมดออฟไลน์

แสดงค่าความถูกต้องของคำสั่งที่ใช้ทดสอบสั่งงานของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ด้วยเสียงโหมดออฟไลน์ โดยทำการทดสอบ 4 วัน วันละ 1 รอบ ในแต่ละรอบจะพูดประโยคคำสั่งจำนวน 5 ครั้ง ต่อ 1 รอบ เพื่อทดสอบเสียงในแต่ละวัน ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความถูกต้องของคำสั่งที่ใช้ทดสอบสั่งงานของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงโหมดออฟไลน์

รอบที่ 1

ลำดับที่	คำที่ทดสอบ	ความถูกต้อง (ครั้ง)	ความผิดพลาด (ครั้ง)
1	เปิด 1	5	0
2	เปิด 5	5	0
3	เปิด 6	5	0
4	เปิด 7	5	0
5	เปิดหมด	5	0
6	ปิด 1	5	0
7	ปิด 5	5	0
8	ปิด 6	5	0
9	ปิด 7	5	0
10	ปิดหมด	5	0

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความถูกต้องของคำสั่งที่ใช้ทดสอบสั่งงานของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงโหมดออฟไลน์

รอบที่ 2

ลำดับที่	คำสั่งที่ทดสอบ	ความถูกต้อง (ครั้ง)	ความผิดพลาด (ครั้ง)
1	เปิด 1	5	0
2	เปิด 5	5	0
3	เปิด 6	5	0
4	เปิด 7	5	0
5	เปิดหมด	5	0
6	ปิด 1	5	0
7	ปิด 5	5	0
8	ปิด 6	5	0
9	ปิด 7	5	0
10	ปิดหมด	5	0

รอบที่ 3

ลำดับที่	คำสั่งที่ทดสอบ	ความถูกต้อง (ครั้ง)	ความผิดพลาด (ครั้ง)
1	เปิด 1	5	0
2	เปิด 5	5	0
3	เปิด 6	5	0
4	เปิด 7	5	0
5	เปิดหมด	5	0
6	ปิด 1	5	0
7	ปิด 5	5	0
8	ปิด 6	5	0
9	ปิด 7	5	0
10	ปิดหมด	5	0

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความถูกต้องของคำสั่งที่ใช้ทดสอบสั่งงานของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงโหมคอปไลน์

รอบที่ 4	ลำดับที่	คำสั่งทดสอบ	ความถูกต้อง (ครั้ง)	ความผิดพลาด (ครั้ง)
	1	เปิด 1	5	0
	2	เปิด 5	5	0
	3	เปิด 6	5	0
	4	เปิด 7	3	2
	5	เปิดหมด	5	0
	6	ปิด 1	4	1
	7	ปิด 5	4	1
	8	ปิด 6	3	2
	9	ปิด 7	3	2
	10	ปิดหมด	5	0

สรุปผลการทดลอง

ค่าความถูกต้องของคำสั่งที่ใช้ทดสอบสั่งงานของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงโหมคอปไลน์โดยทำการทดสอบ 4 วัน วันละ 1 รอบ ในแต่ละรอบจะพูดประโยคคำสั่งจำนวน 5 ครั้ง ต่อ 1 รอบ เพื่อทดสอบเสียงในแต่ละวัน โดยคำสั่งเปิด 1 มีค่าความถูกต้องร้อยละ 100 และมีค่าความผิดพลาดร้อยละ 0 คำสั่งเปิด 5 มีค่าความถูกต้องร้อยละ 100 และมีค่าความผิดพลาดร้อยละ 0 คำสั่งเปิด 6 มีค่าความถูกต้องร้อยละ 100 และมีค่าความผิดพลาดร้อยละ 0 คำสั่งเปิด 7 มีค่าความถูกต้องร้อยละ 90 และมีค่าความผิดพลาดร้อยละ 10 คำสั่งเปิดหมด มีค่าความถูกต้องร้อยละ 100 และมีค่าความผิดพลาดร้อยละ 0 คำสั่งปิด 1 มีค่าความถูกต้องร้อยละ 95 และมีค่าความผิดพลาดร้อยละ 5 คำสั่งปิด 5 มีค่าความถูกต้องร้อยละ 95 และมีค่าความผิดพลาดร้อยละ 5 คำสั่งปิด 6 มีค่าความถูกต้องร้อยละ 90 และมีค่าความผิดพลาดร้อยละ 10 คำสั่งปิด 7 มีค่าความถูกต้องร้อยละ 90 และมีค่าความผิดพลาดร้อยละ 10 คำสั่งเปิด 5 มีค่าความถูกต้องร้อยละ 100 และมีค่าความผิดพลาดร้อยละ 0 คำสั่งปิดหมด มีค่าความถูกต้องร้อยละ 100 และมีค่าความผิดพลาดร้อยละ 0 คำสั่งที่มีความแม่นยำมากที่สุด เปิด 1 , เปิด 5 , เปิด 6 , เปิดหมด , ปิดหมด คำสั่งที่มีความผิดพลาดมากที่สุด เปิด 7 , ปิด 6 , ปิด 7 โดยแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลรวมแสดงค่าความถูกต้องของคำสั่งที่ใช้ทดสอบสั่งงานของระบบควบคุมการเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงโหมดออฟไลน์

ลำดับที่	คำที่ทดสอบ	ความถูกต้อง		ความผิดพลาด	
		จำนวนที่ทดสอบ 20 ครั้ง	ร้อยละ	จำนวนที่ทดสอบ 20 ครั้ง	ร้อยละ
1	เปิด 1	20	100	0	0
2	เปิด 5	20	100	0	0
3	เปิด 6	20	100	0	0
4	เปิด 7	18	90	2	10
5	เปิดหมด	20	100	0	0
6	ปิด 1	19	95	1	5
7	ปิด 5	19	95	1	5
8	ปิด 6	18	90	2	10
9	ปิด 7	18	90	2	10
10	ปิดหมด	20	100	0	0

ค่าความถูกต้องการติดตั้งของหลอดไฟตามคำสั่งเสียง โดยทำการทดสอบ 4 วัน วันละ 1 รอบ ในแต่ละรอบจะพูดประโยคคำสั่งจำนวน 5 ครั้ง ต่อ 1 รอบ เพื่อทดสอบความถูกต้องของหลอดไฟตามคำสั่งเสียงที่พูดในแต่ละวัน ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าความถูกต้องการติดดับของหลอดไฟตามคำสั่งเสียง

ลำดับที่	คำที่ทดสอบ	หลอดไฟที่ทดสอบ	ความถูกต้อง (ครั้ง)	ความผิดพลาด (ครั้ง)	
รอบที่ 1	1	เปิด 1	1	5	0
	2	เปิด 5	2	5	0
	3	เปิด 6	3	5	0
	4	เปิด 7	4	5	0
	5	เปิดหมด	1, 2, 3, 4	5	0
	6	ปิด 1	1	5	0
	7	ปิด 5	2	5	0
	8	ปิด 6	3	5	0
	9	ปิด 7	4	5	0
	10	ปิดหมด	1, 2, 3, 4	5	0
ลำดับที่	คำที่ทดสอบ	หลอดไฟที่ทดสอบ	ความถูกต้อง (ครั้ง)	ความผิดพลาด (ครั้ง)	
รอบที่ 2	1	เปิด 1	หลอดที่ 1	5	0
	2	เปิด 5	2	5	0
	3	เปิด 6	3	5	0
	4	เปิด 7	4	5	0
	5	เปิดหมด	1, 2, 3, 4	5	0
	6	ปิด 1	1	5	0
	7	ปิด 5	2	5	0
	8	ปิด 6	3	5	0
	9	ปิด 7	4	5	0
	10	ปิดหมด	1, 2, 3, 4	5	0

ตารางที่ 4.3 ค่าความถูกต้องการติดดับของหลอดไฟตามคำสั่งเสียง (ต่อ)

รอบที่ 3	ลำดับที่	คำที่ทดสอบ	หลอดไฟที่ทดสอบ	ความถูกต้อง (ครั้ง)	ความผิดพลาด (ครั้ง)
	1	เปิด 1	1	5	0
	2	เปิด 5	2	5	0
	3	เปิด 6	3	5	0
	4	เปิด 7	4	5	0
	5	เปิดหมด	1, 2, 3, 4	5	0
	6	ปิด 1	1	5	0
	7	ปิด 5	2	5	0
	8	ปิด 6	3	5	0
	9	ปิด 7	4	5	0
	10	ปิดหมด	1, 2, 3, 4	5	0
รอบที่ 4	ลำดับที่	คำที่ทดสอบ	หลอดไฟที่ทดสอบ	ความถูกต้อง (ครั้ง)	ความผิดพลาด (ครั้ง)
	1	เปิด 1	1	5	0
	2	เปิด 5	2	5	0
	3	เปิด 6	3	5	0
	4	เปิด 7	4	5	0
	5	เปิดหมด	1, 2, 3, 4	5	0
	6	ปิด 1	1	5	0
	7	ปิด 5	2	5	0
	8	ปิด 6	3	5	0
	9	ปิด 7	4	5	0
	10	ปิดหมด	1, 2, 3, 4	5	0

สรุปผลการทดลอง

ค่าความถูกต้องของหลอดไฟตามคำสั่งเสียงที่พูดในแต่ละวันของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงโหมดออนไลน์ โดยทำการทดสอบ 4 วัน วันละ 1 รอบ ในแต่ละรอบจะพูดประโยคคำสั่งจำนวน 5 ครั้ง ต่อ 1 รอบ เพื่อทดสอบความถูกต้องของหลอดไฟตามคำสั่งเสียงที่พูดในแต่ละวัน มีความแม่นยำมากที่สุดร้อยละ 100 ทุกหลอด มีค่าความผิดพลาดร้อยละ 0 โดยแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลรวมแสดงค่าความถูกต้องของหลอดไฟตามคำสั่งเสียงที่พูดในแต่ละวันของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงโหมดออนไลน์

ลำดับที่	คำที่ทดสอบ	หลอดไฟที่ทดสอบ	ความถูกต้อง		ความผิดพลาด	
			จำนวนครั้งที่ทดสอบ 20 ครั้ง	ร้อยละ	จำนวนครั้งที่ทดสอบ 20 ครั้ง	ร้อยละ
1	เปิด 1	1	20	100	0	0
2	เปิด 5	2	20	100	0	0
3	เปิด 6	3	20	100	0	0
4	เปิด 7	4	20	100	0	0
5	เปิดหมด	1 , 2 , 3 , 4	20	100	0	0
6	ปิด 1	1	20	100	0	0
7	ปิด 5	2	20	100	0	0
8	ปิด 6	3	20	100	0	0
9	ปิด 7	4	20	100	0	0
10	ปิดหมด	1 , 2 , 3 , 4	20	100	0	0

4.1.2 การทดสอบระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงโหมดออนไลน์

ค่าความถูกต้องของคำสั่งที่ใช้ทดสอบสั่งงานของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงโหมดออนไลน์ โดยทำการทดสอบ 5 วัน วันละ 1 รอบ ในแต่ละรอบจะพูดประโยคคำสั่งจำนวน 5 ครั้ง ต่อ 1 รอบ เพื่อทดสอบเสียงในแต่ละวัน ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าความถูกต้องของคำสั่งที่ใช้ทดสอบสั่งงานของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงโหมดออนไลน์

รอบที่ 1

ลำดับที่	คำที่ทดสอบ	เสียงตอบรับที่ทดสอบ	ความถูกต้อง (ครั้ง)	ความผิดพลาด (ครั้ง)
1	Turn on light one	OK , turning on light one	5	0
2	Turn on light two	OK , turning on light two	5	0
3	Turn on light three	OK , turning on light three	5	0
4	Turn on light four	OK , turning on light four	3	2
5	Turn off light one	OK , turning off light one	5	0
6	Turn off light two	OK , turning off light two	5	0
7	Turn off light three	OK , turning off light three	3	2
8	Turn off light four	OK , turning off light four	3	2

รอบที่ 2

ลำดับที่	คำที่ทดสอบ	เสียงตอบรับที่ทดสอบ	ความถูกต้อง (ครั้ง)	ความผิดพลาด (ครั้ง)
1	Turn on light one	OK , turning on light one	5	0
2	Turn on light two	OK , turning on light two	5	0
3	Turn on light three	OK , turning on light three	5	0
4	Turn on light four	OK , turning on light four	2	3
5	Turn off light one	OK , turning off light one	3	2
6	Turn off light two	OK , turning off light two	3	2
7	Turn off light three	OK , turning off light three	3	2
8	Turn off light four	OK , turning off light four	3	2

ตารางที่ 4.5 ค่าความถูกต้องของคำสั่งที่ใช้ทดสอบสั่งงานของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงโหมดออนไลน์ (ต่อ)

รอบที่ 3

ลำดับที่	คำที่ทดสอบ	เสียงตอบรับที่ทดสอบ	ความถูกต้อง (ครั้ง)	ความผิดพลาด (ครั้ง)
1	Turn on light one	OK , turning on light one	5	0
2	Turn on light two	OK , turning on light two	3	2
3	Turn on light three	OK , turning on light three	3	2
4	Turn on light four	OK , turning on light four	3	2
5	Turn off light one	OK , turning off light one	3	2
6	Turn off light two	OK , turning off light two	5	0
7	Turn off light three	OK , turning off light three	5	0
8	Turn off light four	OK , turning off light four	5	0

รอบที่ 4

ลำดับที่	คำที่ทดสอบ	เสียงตอบรับที่ทดสอบ	ความถูกต้อง (ครั้ง)	ความผิดพลาด (ครั้ง)
1	Turn on light one	OK , turning on light one	3	2
2	Turn on light two	OK , turning on light two	5	0
3	Turn on light three	OK , turning on light three	5	0
4	Turn on light four	OK , turning on light four	3	2
5	Turn off light one	OK , turning off light one	3	2
6	Turn off light two	OK , turning off light two	5	0
7	Turn off light three	OK , turning off light three	5	0
8	Turn off light four	OK , turning off light four	5	0

ตารางที่ 4.5 ค่าความถูกต้องของคำสั่งที่ใช้ทดสอบสั่งงานของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงโหมดออนไลน์ (ต่อ)

รอบที่ 5

ลำดับที่	คำที่ทดสอบ	เสียงตอบรับที่ทดสอบ	ความถูกต้อง (ครั้ง)	ความผิดพลาด (ครั้ง)
1	Turn on light one	OK , turning on light one	5	0
2	Turn on light two	OK , turning on light two	3	2
3	Turn on light three	OK , turning on light three	5	0
4	Turn on light four	OK , turning on light four	5	0
5	Turn off light one	OK , turning off light one	5	0
6	Turn off light two	OK , turning off light two	5	0
7	Turn off light three	OK , turning off light three	5	0
8	Turn off light four	OK , turning off light four	5	0

สรุปผลการทดลอง

ค่าความถูกต้องของคำสั่งที่ใช้ทดสอบสั่งงานของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงโหมดออนไลน์ โดยทำการทดสอบ 5 วัน วันละ 1 รอบ ในแต่ละรอบจะพูดประโยคคำสั่งจำนวน 5 ครั้ง ต่อ 1 รอบ เพื่อทดสอบเสียงในแต่ละวัน โดยคำสั่ง Turn on light one มีค่าความถูกต้องร้อยละ 92 และมีค่าความผิดพลาดร้อยละ 8 คำสั่ง Turn on light two one มีค่าความถูกต้องร้อยละ 84 และมีค่าความผิดพลาดร้อยละ 16 คำสั่ง Turn on light three ค่าความถูกต้องร้อยละ 100 และมีค่าความผิดพลาดร้อยละ 0 คำสั่ง Turn on light four ค่าความถูกต้องร้อยละ 64 และมีค่าความผิดพลาดร้อยละ 36 คำสั่ง Turn off light one ค่าความถูกต้องร้อยละ 80 และมีค่าความผิดพลาดร้อยละ 20 คำสั่ง Turn off light two มีค่าความถูกต้องร้อยละ 92 และมีค่าความผิดพลาดร้อยละ 8 คำสั่ง Turn off light three มีค่าความถูกต้องร้อยละ 84 และมีค่าความผิดพลาดร้อยละ 16 คำสั่ง Turn off light four ค่าความถูกต้องร้อยละ 100 และมีค่าความผิดพลาดร้อยละ 0 คำสั่งที่มีความแม่นยำมากที่สุด Turn on light one และ Turn off light four คำสั่งที่มีความผิดพลาดมากที่สุด Turn on light four โดยแสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลรวมแสดงค่าความถูกต้องของคำสั่งที่ใช้ทดสอบสั่งงานของระบบควบคุมการเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงโหมดออนไลน์

ลำดับที่	คำที่ทดสอบ	ความถูกต้อง		ความผิดพลาด	
		จำนวนที่ทดสอบ 25 ครั้ง	ร้อยละ	จำนวนที่ทดสอบ 25 ครั้ง	ร้อยละ
1	Turn on light one	23	92	2	8
2	Turn on light two	21	84	4	16
3	Turn on light three	25	100	0	0
4	Turn on light four	16	64	9	36
5	Turn off light one	20	80	5	20
6	Turn off light two	23	92	2	8
7	Turn off light three	21	84	4	16
8	Turn off light four	25	100	0	0

ค่าความถูกต้องการติดตั้งของหลอดไฟตามคำสั่งเสียง โดยทำการทดสอบ 5 วัน วันละ 1 รอบ ในแต่ละรอบจะพูดประโยคคำสั่งจำนวน 5 ครั้ง ต่อ 1 รอบ เพื่อทดสอบความถูกต้องของหลอดไฟตามคำสั่งเสียงที่พูดในแต่ละวัน ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าความถูกต้องการติดตั้งของหลอดไฟตามคำสั่งเสียงโหมดออนไลน์

รอบที่ 1

ลำดับที่	คำที่ทดสอบ	เสียงตอบรับที่ทดสอบ	หลอดไฟ ที่ทดสอบ	ความ ถูกต้อง (ครั้ง)	ความ ผิดพลาด (ครั้ง)
1	Turn on light one	OK , turning on light one	1	5	0
2	Turn on light two	OK , turning on light two	2	5	0
3	Turn on light three	OK , turning on light three	3	5	0
4	Turn on light four	OK , turning on light four	4	5	0

ตารางที่ 4.7 ค่าความถูกต้องการติดดับของหลอดไฟตามคำสั่งเสียงโหมดออนไลน์ (ต่อ)

รอบที่ 1 (ต่อ)

ลำดับที่	คำที่ทดสอบ	เสียงตอบรับที่ทดสอบ	หลอดไฟ ที่ทดสอบ	ความ ถูกต้อง (ครั้ง)	ความ ผิดพลาด (ครั้ง)
5	Turn off light one	OK , turning off light one	1	5	0
6	Turn off light two	OK , turning off light two	2	5	0
7	Turn off light three	OK , turning off light three	3	5	0
8	Turn off light four	OK , turning off light four	4	5	0

รอบที่ 2

ลำดับที่	คำที่ทดสอบ	เสียงตอบรับที่ทดสอบ	หลอดไฟ ที่ทดสอบ	ความ ถูกต้อง (ครั้ง)	ความ ผิดพลาด (ครั้ง)
1	Turn on light one	OK , turning on light one	1	5	0
2	Turn on light two	OK , turning on light two	2	5	0
3	Turn on light three	OK , turning on light three	3	5	0
4	Turn on light four	OK , turning on light four	4	5	0
5	Turn off light one	OK , turning off light one	1	5	0
6	Turn off light two	OK , turning off light two	2	5	0
7	Turn off light three	OK , turning off light three	3	5	0
8	Turn off light four	OK , turning off light four	4	5	0

ตารางที่ 4.7 ค่าความถูกต้องการติดดับของหลอดไฟตามคำสั่งเสียงโหมดออนไลน์ (ต่อ)

รอบที่ 3

ลำดับที่	คำที่ทดสอบ	เสียงตอบรับที่ทดสอบ	หลอดไฟ ที่ทดสอบ	ความ ถูกต้อง (ครั้ง)	ความ ผิดพลาด (ครั้ง)
1	Turn on light one	OK , turning on light one	1	5	0
2	Turn on light two	OK , turning on light two	2	5	0
3	Turn on light three	OK , turning on light three	3	5	0
4	Turn on light four	OK , turning on light four	4	5	0
5	Turn off light one	OK , turning off light one	1	5	0
6	Turn off light two	OK , turning off light two	2	5	0
7	Turn off light three	OK , turning off light three	3	5	0
8	Turn off light four	OK , turning off light four	4	5	0

รอบที่ 4

ลำดับที่	คำที่ทดสอบ	เสียงตอบรับที่ทดสอบ	หลอดไฟ ที่ทดสอบ	ความ ถูกต้อง (ครั้ง)	ความ ผิดพลาด (ครั้ง)
1	Turn on light one	OK , turning on light one	1	5	0
2	Turn on light two	OK , turning on light two	2	5	0
3	Turn on light three	OK , turning on light three	3	5	0
4	Turn on light four	OK , turning on light four	4	5	0
5	Turn off light one	OK , turning off light one	1	5	0
6	Turn off light two	OK , turning off light two	2	5	0
7	Turn off light three	OK , turning off light three	3	5	0
8	Turn off light four	OK , turning off light four	4	5	0

ตารางที่ 4.7 ค่าความถูกต้องการติดดับของหลอดไฟตามคำสั่งเสียงโหมดออนไลน์ (ต่อ)

รอบที่ 5

ลำดับที่	คำที่ทดสอบ	เสียงตอบรับที่ทดสอบ	หลอดไฟ ที่ทดสอบ	ความ ถูกต้อง (ครั้ง)	ความ ผิดพลาด (ครั้ง)
1	Turn on light one	OK , turning on light one	1	5	0
2	Turn on light two	OK , turning on light two	2	5	0
3	Turn on light three	OK , turning on light three	3	5	0
4	Turn on light four	OK , turning on light four	4	5	0
5	Turn off light one	OK , turning off light one	1	5	0
6	Turn off light two	OK , turning off light two	2	5	0
7	Turn off light three	OK , turning off light three	3	5	0
8	Turn off light four	OK , turning off light four	4	5	0

สรุปผลการทดลอง

ค่าความถูกต้องของหลอดไฟตามคำสั่งเสียงที่พูดในแต่ละวันของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงโหมดออนไลน์ โดยทำการทดสอบ 5 วัน วันละ 1 รอบ ในแต่ละรอบจะพูดประโยคคำสั่งจำนวน 5 ครั้ง ต่อ 1 รอบ เพื่อทดสอบความถูกต้องของหลอดไฟตามคำสั่งเสียงที่พูดในแต่ละวัน มีค่าความแม่นยำมากที่สุดร้อยละ 100 ทุกหลอด มีค่าความผิดพลาดร้อยละ 0 โดยแสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลรวมแสดงค่าความถูกต้องของหลอดไฟตามคำสั่งเสียงที่พูดในแต่ละวันของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงโหมดออนไลน์

ลำดับที่	คำที่ทดสอบ	เสียงตอบรับที่ทดสอบ	หลอดไฟที่ทดสอบ	ความถูกต้อง		ความผิดพลาด	
				จำนวนครั้งที่ทดสอบ 25 ครั้ง	ร้อยละ	จำนวนครั้งที่ทดสอบ 25 ครั้ง	ร้อยละ
1	Turn on light one	OK , turning on light one	1	25	100	0	0
2	Turn on light two	OK , turning on light two	2	25	100	0	0
3	Turn on light three	OK , turning on light three	3	25	100	0	0
4	Turn on light four	OK , turning on light four	4	25	100	0	0
5	Turn off light one	OK , turning off light one	4	25	100	0	0
6	Turn off light two	OK , turning off light two	1	25	100	0	0
7	Turn off light three	OK , turning off light three	2	25	100	0	0
8	Turn off light four	OK , turning off light four	3	25	100	0	0

4.2 ภาพรวมแสดงผลการทดสอบระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

4.2.1 ผลการทดสอบโหมดออฟไลน์

การทดสอบเสียงในโหมดออฟไลน์ของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง มีค่าความถูกต้องของคำสั่งร้อยละ 96 ค่าความผิดพลาดร้อยละ 4 และค่าความถูกต้องของหลอดไฟตามคำสั่งเสียงที่พูด มีค่าความถูกต้องร้อยละ 100 ไม่มีค่าความผิดพลาด

เมื่อทำการทดสอบเสียงในโหมดออฟไลน์ โดยสั่งคำสั่งเสียง เปิด1 เปิด5 เปิด6 และปิด7 จะทำให้หลอดไฟติด 3 ดวง ได้แก่ หลอดไฟ 1 หลอดไฟ 5 หลอดไฟ 6 และทำให้หลอดไฟดับ 1 ดวง คือ หลอดไฟ 7 ดังภาพที่ 4.1 และเมื่อทำการทดสอบเสียง โดยคำสั่งเสียง เปิดหมด จะทำให้หลอดไฟติดทั้งหมด ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.1 ผลของการทดสอบคำสั่งเสียง เปิด1 เปิด5 เปิด6 และปิด7



ภาพที่ 4.2 ผลของการทดสอบคำสั่งเสียง เปิดหมด

4.2.2 ผลการทดสอบโหมตออนไลน์

การทดสอบเสียงในโหมตออนไลน์ของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง มีค่าความถูกต้องของคำสั่งร้อยละ 87 มีค่าความผิดพลาดร้อยละ 13 และค่าความถูกต้องของหลอดไฟตามคำสั่งเสียงที่พูด มีค่าความถูกต้องร้อยละ 100 ไม่มีค่าความผิดพลาด

เมื่อทำการทดสอบเสียงในโหมตออนไลน์ โดยสั่งคำสั่งเสียง Turn on light one, Turn on light two จะทำให้หลอดไฟติด 2 ดวง ได้แก่ หลอดไฟ 1 และหลอดไฟ 2 ดังภาพที่ 4.3 และเมื่อทำการทดสอบเสียง โดยคำสั่งเสียง Turn on light four จะทำให้หลอดไฟ 4 ติด ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.3 ผลของการทดสอบคำสั่งเสียง Turn on light one, Turn on light two



ภาพที่ 4.4 ผลของการทดสอบคำสั่งเสียง Turn on light four

4.3 สรุปผลการทดสอบโครงการ

การทดสอบเสียงในโหมดออฟไลน์ของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง มีค่าความถูกต้องของคำสั่งร้อยละ 96 มีค่าความผิดพลาดร้อยละ 4 โดยค่าความผิดพลาดเกิดจากเสียงรบกวนเนื่องจากไม่มีคำสั่ง Wake Word จึงทำให้ระบบรับคำสั่งเสียงตลอดเวลา ส่วนค่าความถูกต้องของหลอดไฟตามคำสั่งเสียงที่พูด มีค่าความถูกต้องร้อยละ 100 ไม่มีค่าความผิดพลาด การทดสอบเสียงในโหมดออนไลน์ของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง มีค่าความถูกต้องของคำสั่งร้อยละ 87 มีค่าความผิดพลาดร้อยละ 13 เกิดจากสำเนียงเสียงคำสั่งที่พูดในแต่วันมีโทนเสียงแตกต่างกัน ออกเสียงไม่ตรงกับเสียงที่บันทึกไว้ในระบบ ส่วนค่าความถูกต้องของหลอดไฟตามคำสั่งเสียงที่พูด มีค่าความถูกต้องร้อยละ 100 ไม่มีค่าความผิดพลาด สามารถนำไปใช้งานได้จริง



บทที่ 5

สรุปผล ปัญหาและข้อเสนอแนะ

โครงการระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง จัดสร้างขึ้นมาเพื่อประสงค์ในการช่วยเหลืออำนวยความสะดวกสบายให้แก่ผู้ใช้งาน ประหยัดเวลาและลดการออกแรงเดินไปเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน โดยโครงการนี้ มีผลสรุปดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลโครงการ

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงการ

5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงการ

5.1 สรุปผลโครงการ

ระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง โดยใช้เทคโนโลยีการรู้จำเสียงมาใช้ในการควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า จากนั้นเขียนโปรแกรมการรู้จำเสียงจะทำการบันทึกเสียงโดยใช้โปรแกรม SOPARE และ Google Assistant ในการบันทึกเสียงแบบโหมตออฟไลน์กับโหมตออนไลน์และประมวลผลการรู้จำเสียงในบอร์ด Raspberry Pi 3 การทดสอบเสียงในโหมตออฟไลน์ของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง มีค่าความถูกต้องของคำสั่งร้อยละ 96 มีค่าความผิดพลาดร้อยละ 4 และค่าความถูกต้องของหลอดไฟตามคำสั่งเสียงที่พูด มีค่าความถูกต้องร้อยละ 100 ไม่มีค่าความผิดพลาด ส่วนการทดสอบเสียงในโหมตออนไลน์ของระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง มีค่าความถูกต้องของคำสั่งร้อยละ 87 มีค่าความผิดพลาดร้อยละ 13 และค่าความถูกต้องของหลอดไฟตามคำสั่งเสียงที่พูด มีค่าความถูกต้องร้อยละ 100 ไม่มีค่าความผิดพลาด

จากการทดลอง พบว่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเกิดจากคำสั่งเสียงในการสั่งงานแตกต่างจากโทนเสียงที่บันทึกไว้ และการพูดในลักษณะที่แตกต่างกันออกไปจะส่งผลทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้น ยกตัวอย่างเช่น น้ำเสียงของคำพูด, ความเร็วในการพูด, ความชัดเจนของคำพูด เป็นต้น

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงการ

การดำเนินงานในการทำโครงการ ระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงได้พบปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงการ ดังนี้

5.2.1 เสียงรบกวนที่แทรกเข้ามาทำให้การประมวลผลผิดพลาด และเกิดข้อผิดพลาดจากเสียงที่ได้ทำให้ข้อความที่พูดคำสั่งไปผิดตามไปด้วย ทั้งแบบโหมตออฟไลน์และโหมตออนไลน์

5.2.2 การพูดคำสั่งเสียงเร็วเกินไป ทำให้ระบบไม่สามารถถอดคำสั่งเสียงที่พูดให้เป็นข้อความที่ถูกต้องและแม่นยำ

5.2.3 ในโหมดออนไลน์ ความเร็วของอินเทอร์เน็ตมีผลทำให้การทำงานคลาดเคลื่อนไปบ้างในบางครั้ง

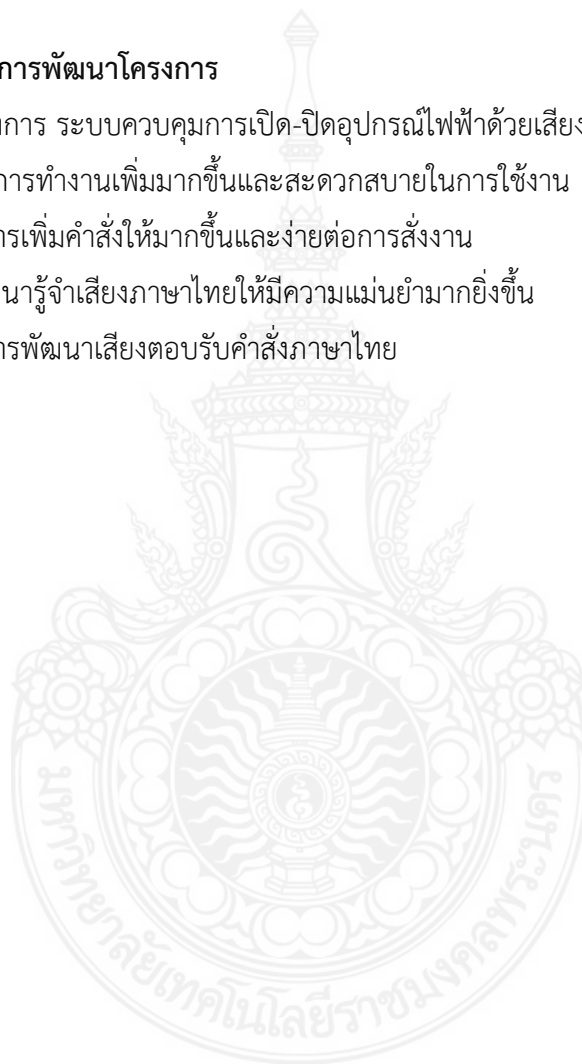
5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงการ

จากการทำโครงการ ระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง ควรมีการพัฒนาการรู้จำเสียงให้มีประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มมากขึ้นและสะดวกสบายในการใช้งาน

5.3.1 ควรมีการเพิ่มคำสั่งให้มากขึ้นและง่ายต่อการสั่งงาน

5.3.2 ควรพัฒนารู้อจำเสียงภาษาไทยให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

5.3.3 ควรมีการพัฒนาเสียงตอบรับคำสั่งภาษาไทย



บรรณานุกรม

1. ณรงค์รัตน์ เลี้ยวรุ่งโรจน์, อนุพงษ์ ธรรมรักษาสิทธิ์ และโกสินทร์ จำนงไทย, รถเข็นคนพิการควบคุมด้วยระบบรู้จำเสียงพูด, ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, 2546
2. สกล ลิ้มทัย, ระบบรู้จำเสียงพูดสำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2550
3. Jiulong, S., Genqing, W., Zhihong, H., Xiliu, T., Jansche, M. and Moreno, P.J., Search by voice in Mandarin Chinese, Google China Engineering Center, No.1 Zhongguancun East Road, Beijing 100084, and PRC, 2010
4. Hataoka, N., Kokzibo, H., Obuchi, Y. and Amano, A., 1998, Development of robust Speech recognition middleware on microprocessor, IEEE Int. Conf. ASSP'98, pp. 837-840.วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 24 ฉบับที่ 6 (ฉบับพิเศษ) 2559 1018
5. มนตรี โพธิ์ไธย และเฉลิมภรณ์ พองสมุทร, วิธีการรู้จำเสียงพูดภาษาไทยแบบทันทัน ต่อเสียงรบกวนภายนอก, วิทยาลัยวิทยาการวิจัย และวิทยาการปัญญา ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี, 2553

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

ซอร์ซโค้ด



ซอร์สโค้ด **Arduino Nano** ภาคส่ง

```
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#include <Servo.h>
#define button 5
RF24 radio(9,10); // CE, CSN
const byte addresses[][6] = {"00001", "00002"};
Servo myServo;
boolean buttonState = 0;
void setup() {
  pinMode(button, INPUT_PULLUP);
  myServo.attach(4);
  radio.begin();
  radio.openWritingPipe(addresses[0]); // 00002
  radio.openReadingPipe(1, addresses[1]); // 00001
  radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);
}
void loop() {
  delay(5);
  radio.stopListening();
  buttonState = digitalRead(button);
  radio.write(&buttonState, sizeof(buttonState));
}
```


ซอร์ซโค้ด NodeMCU ภาครับ

```
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
#define BLYNK_PRINT Serial
#define led1 16
#define led2 5
#define led3 4
#define led4 0
#define sw 1
RF24 radio(2, 15);
const byte addresses[6] = "0001";
boolean buttonState1 ;
boolean buttonState2 ;
boolean buttonState3 ;
boolean buttonState4 ;
char auth[] = "*****";
char ssid[] = "*****";
char pass[] = "*****";
void setup() {
  pinMode(led1, OUTPUT);
  pinMode(led2, OUTPUT);
  pinMode(led3, OUTPUT);
  pinMode(led4, OUTPUT);
  pinMode(sw, INPUT_PULLUP);
```

```
Blynk.begin(auth, ssid, pass);
radio.begin();
radio.openReadingPipe(1, addresses[0]);
radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);
}
void loop() {
if(digitalRead(sw)==LOW)
{
delay(5);
radio.startListening();
while (!radio.available());
radio.read(&buttonState1, sizeof(buttonState1));
digitalWrite(led1, buttonState1);
delay(5);
radio.read(&buttonState2, sizeof(buttonState2));
digitalWrite(led2, buttonState2);
delay(5);
radio.read(&buttonState3, sizeof(buttonState3));
digitalWrite(led3, buttonState3);
delay(5);
radio.read(&buttonState4, sizeof(buttonState4));
digitalWrite(led4, buttonState4);
}
else
{
Blynk.run();
}
}
```

ภาคผนวก ข

ดาต้าชีท





<http://uk.farnell.com/buy-raspberry-pi>



<http://www.newark.com/buy-raspberry-pi>

RASPBERRY PI 3 MODEL B



Product Name: RASPBERRYPI3-MODB-1GB



<http://uk.farnell.com/buy-raspberry-pi>



<http://www.newark.com/buy-raspberry-pi>

Technical Specification:

Processor

- Broadcom BCM2387 chipset.
- 1.2GHz Quad-Core ARM Cortex-A53 (64Bit)

802.11 b/g/n Wireless LAN and Bluetooth 4.1 (Bluetooth Classic and LE)

- IEEE 802.11 b / g / n Wi-Fi. Protocol: WEP, WPA WPA2, algorithms AES-CCMP (maximum key length of 256 bits), the maximum range of 100 meters.
- IEEE 802.15 Bluetooth, symmetric encryption algorithm Advanced Encryption Standard (AES) with 128-bit key, the maximum range of 50 meters.

GPU

- Dual Core Video Core IV® Multimedia Co-Processor. Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated Open VG, and 1080p30 H.264 high-profile decode.
- Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure

Memory

- 1GB LPDDR2

Operating System

- Boots from Micro SD card, running a version of the Linux operating system or Windows 10 IoT

Dimensions

- 85 x 56 x 17mm

Power

- Micro USB socket 5V1, 2.5A

Connectors:

Ethernet

- 10/100 BaseT Ethernet socket

Video Output

- HDMI (rev 1.3 & 1.4)
- Composite RCA (PAL and NTSC)

Audio Output

- Audio Output 3.5mm jack
- HDMI
- USB 4 x USB 2.0 Connector

GPIO Connector

- 40-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x20 strip
- Providing 27 GPIO pins as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines

Camera Connector

- 15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)

Display Connector

- Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane

Memory Card Slot

- Push/pull Micro SDIO



<http://uk.farnell.com/buy-raspberry-pi>



<http://www.newark.com/buy-raspberry-pi>

The GPU provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated Open VG, and 1080p30 H.264 high-profile decode and is capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24 GFLOPs of general purpose compute. What's that all mean? It means that if you plug the Raspberry Pi 3 into your HDTV, you could watch BluRay quality video, using H.264 at 40Mbits/s



The biggest change that has been enacted with the Raspberry Pi 3 is an upgrade to a next generation main processor and improved connectivity with Bluetooth Low Energy (BLE) and BCM43143 Wi-Fi on board. Additionally, the Raspberry Pi 3 has improved power management, with an upgraded switched power source up to 2.5 Amps, to support more powerful external USB devices.





<http://uk.farnell.com/buy-raspberry-pi>



<http://www.newark.com/buy-raspberry-pi>

The Raspberry Pi 3's four built-in USB ports provide enough connectivity for a mouse, keyboard, or anything else that you feel the RPi needs, but if you want to add even more you can still use a USB hub. Keep in mind, it is recommended that you use a powered hub so as not to overtax the on-board voltage regulator. Powering the Raspberry Pi 3 is easy, just plug any USB power supply into the micro-USB port. There's no power button so the Pi will begin to boot as soon as power is applied, to turn it off simply remove power. The four built-in USB ports can even output up to 1.2A enabling you to connect more power hungry USB devices (This does require a 2Amp micro USB Power Supply)



On top of all that, the low-level peripherals on the Pi make it great for hardware hacking. The 0.1" spaced 40-pin GPIO header on the Pi gives you access to 27 GPIO, UART, I²C, SPI as well as 3.3 and 5V sources. Each pin on the GPIO header is identical to its predecessor the Model B+.

SoC

Built specifically for the new Pi 3, the Broadcom BCM2837 system-on-chip (SoC) includes four high-performance ARM Cortex-A53 processing cores running at 1.2GHz with 32kB Level 1 and 512kB Level 2 cache memory, a VideoCore IV graphics processor, and is linked to a 1GB LPDDR2 memory module on the rear of the board.



GPIO

The Raspberry Pi 3 features the same 40-pin general-purpose input-output (GPIO) header as all the Pis going back to the Model B+ and Model A+. Any existing GPIO hardware will work without modification; the only change is a switch to which UART is exposed on the GPIO's pins, but that's handled internally by the operating system.



Raspberry Pi 3 GPIO Header			
Pin	Color	Function	Type
1	Red	5V	Power
2	Red	5V	Power
3	Red	5V	Power
4	Red	5V	Power
5	Red	5V	Power
6	Red	5V	Power
7	Red	5V	Power
8	Red	5V	Power
9	Red	5V	Power
10	Red	5V	Power
11	Red	5V	Power
12	Red	5V	Power
13	Red	5V	Power
14	Red	5V	Power
15	Red	5V	Power
16	Red	5V	Power
17	Red	5V	Power
18	Red	5V	Power
19	Red	5V	Power
20	Red	5V	Power
21	Red	5V	Power
22	Red	5V	Power
23	Red	5V	Power
24	Red	5V	Power
25	Red	5V	Power
26	Red	5V	Power
27	Red	5V	Power
28	Red	5V	Power
29	Red	5V	Power
30	Red	5V	Power
31	Red	5V	Power
32	Red	5V	Power
33	Red	5V	Power
34	Red	5V	Power
35	Red	5V	Power
36	Red	5V	Power
37	Red	5V	Power
38	Red	5V	Power
39	Red	5V	Power
40	Red	5V	Power
1	Black	GND	Ground
2	Black	GND	Ground
3	Black	GND	Ground
4	Black	GND	Ground
5	Black	GND	Ground
6	Black	GND	Ground
7	Black	GND	Ground
8	Black	GND	Ground
9	Black	GND	Ground
10	Black	GND	Ground
11	Black	GND	Ground
12	Black	GND	Ground
13	Black	GND	Ground
14	Black	GND	Ground
15	Black	GND	Ground
16	Black	GND	Ground
17	Black	GND	Ground
18	Black	GND	Ground
19	Black	GND	Ground
20	Black	GND	Ground
21	Black	GND	Ground
22	Black	GND	Ground
23	Black	GND	Ground
24	Black	GND	Ground
25	Black	GND	Ground
26	Black	GND	Ground
27	Black	GND	Ground
28	Black	GND	Ground
29	Black	GND	Ground
30	Black	GND	Ground
31	Black	GND	Ground
32	Black	GND	Ground
33	Black	GND	Ground
34	Black	GND	Ground
35	Black	GND	Ground
36	Black	GND	Ground
37	Black	GND	Ground
38	Black	GND	Ground
39	Black	GND	Ground
40	Black	GND	Ground
1	Green	GPIO0	GPIO
2	Green	GPIO1	GPIO
3	Green	GPIO2	GPIO
4	Green	GPIO3	GPIO
5	Green	GPIO4	GPIO
6	Green	GPIO5	GPIO
7	Green	GPIO6	GPIO
8	Green	GPIO7	GPIO
9	Green	GPIO8	GPIO
10	Green	GPIO9	GPIO
11	Green	GPIO10	GPIO
12	Green	GPIO11	GPIO
13	Green	GPIO12	GPIO
14	Green	GPIO13	GPIO
15	Green	GPIO14	GPIO
16	Green	GPIO15	GPIO
17	Green	GPIO16	GPIO
18	Green	GPIO17	GPIO
19	Green	GPIO18	GPIO
20	Green	GPIO19	GPIO
21	Green	GPIO20	GPIO
22	Green	GPIO21	GPIO
23	Green	GPIO22	GPIO
24	Green	GPIO23	GPIO
25	Green	GPIO24	GPIO
26	Green	GPIO25	GPIO
27	Green	GPIO26	GPIO
28	Green	GPIO27	GPIO
29	Green	GPIO28	GPIO
30	Green	GPIO29	GPIO
31	Green	GPIO30	GPIO
32	Green	GPIO31	GPIO
33	Green	GPIO32	GPIO
34	Green	GPIO33	GPIO
35	Green	GPIO34	GPIO
36	Green	GPIO35	GPIO
37	Green	GPIO36	GPIO
38	Green	GPIO37	GPIO
39	Green	GPIO38	GPIO
40	Green	GPIO39	GPIO
1	Orange	UART_TX	UART
2	Orange	UART_RX	UART
3	Orange	UART_CTS	UART
4	Orange	UART_RTS	UART
5	Orange	UART_DTR	UART
6	Orange	UART_DSR	UART
7	Orange	UART_DCD	UART
8	Orange	UART_DTR	UART
9	Orange	UART_DSR	UART
10	Orange	UART_DCD	UART
11	Orange	UART_DTR	UART
12	Orange	UART_DSR	UART
13	Orange	UART_DCD	UART
14	Orange	UART_DTR	UART
15	Orange	UART_DSR	UART
16	Orange	UART_DCD	UART
17	Orange	UART_DTR	UART
18	Orange	UART_DSR	UART
19	Orange	UART_DCD	UART
20	Orange	UART_DTR	UART
21	Orange	UART_DSR	UART
22	Orange	UART_DCD	UART
23	Orange	UART_DTR	UART
24	Orange	UART_DSR	UART
25	Orange	UART_DCD	UART
26	Orange	UART_DTR	UART
27	Orange	UART_DSR	UART
28	Orange	UART_DCD	UART
29	Orange	UART_DTR	UART
30	Orange	UART_DSR	UART
31	Orange	UART_DCD	UART
32	Orange	UART_DTR	UART
33	Orange	UART_DSR	UART
34	Orange	UART_DCD	UART
35	Orange	UART_DTR	UART
36	Orange	UART_DSR	UART
37	Orange	UART_DCD	UART
38	Orange	UART_DTR	UART
39	Orange	UART_DSR	UART
40	Orange	UART_DCD	UART

USB chip

The Raspberry Pi 3 shares the same SMSC LAN9514 chip as its predecessor, the Raspberry Pi 2, adding 10/100 Ethernet connectivity and four USB channels to the board. As before, the SMSC chip connects to the SoC via a single USB channel, acting as a USB-to-Ethernet adaptor and USB hub.



Antenna

There's no need to connect an external antenna to the Raspberry Pi 3. Its radios are connected to this chip antenna soldered directly to the board, in order to keep the size of the device to a minimum. Despite its diminutive stature, this antenna should be more than capable of picking up wireless LAN and Bluetooth signals – even through walls.

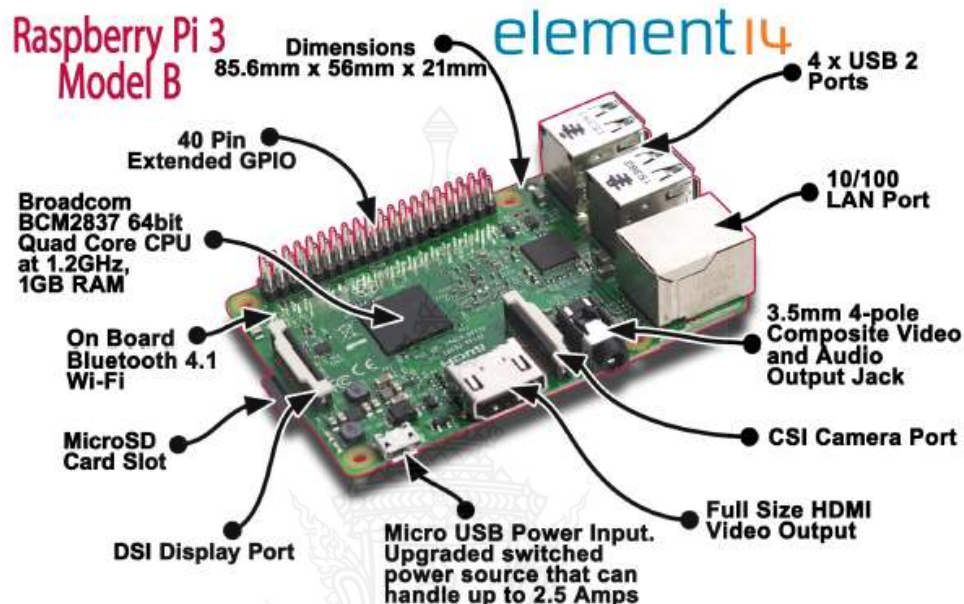




<http://uk.farnell.com/buy-raspberry-pi>




<http://www.newark.com/buy-raspberry-pi>



<http://uk.farnell.com/buy-raspberry-pi>



<http://www.newark.com/buy-raspberry-pi>

	 Raspberry Pi 3 Model B	Raspberry Pi 2 Model B	Model B+	Model A+	Model A	CMDK
Processor Chipset	Broadcom BCM2837 64Bit ARMv7 Quad Core Processor powered Single Board Computer running at 1250MHz	Broadcom BCM2836 32bit ARMv7 Quad Core Processor powered Single Board Computer running at 900MHz	Broadcom BCM2835 32bit ARMv6 SoC full HD multimedia applications processor	Broadcom BCM2835 32bit ARMv6 SoC full HD multimedia applications processor	Broadcom BCM2835 32bit ARMv6 SoC full HD multimedia applications processor	Broadcom BCM2835 32bit ARMv6 SoC full HD multimedia applications processor
GPU	Videocore IV	Videocore IV	Videocore IV	Videocore IV	Videocore IV	Videocore IV
Processor Speed	QUAD Core @1250 MHz	QUAD Core @900 MHz	Single Core @700 MHz	Single Core @700 MHz	Single Core @700 MHz	Single Core @700 MHz
RAM	1GB SDRAM @ 400 MHz	1GB SDRAM @ 400 MHz	512 MB SDRAM @ 400 MHz	256 MB SDRAM @ 400 MHz	256 MB SDRAM @ 400 MHz	512 MB SDRAM @ 400 MHz
Storage	MicroSD	MicroSD	MicroSD	MicroSD	SDCard	4GB eMMC
USB 2.0	4x USB Ports	4x USB Ports	4x USB Ports	1x USB Port	1x USB Port	1x USB Port
Power Draw / voltage	2.5A @ 5V	1.8A @ 5V	1.8A @ 5V	1.8A @ 5V	1.2A @ 5V	1.8A @ 5V
GPIO	40 pin	40 pin	40 pin	40 pin	26 pin	120 pin
Ethernet Port	Yes	Yes	Yes	No	No	No
Wi-Fi	Built in	No	No	No	No	No
Bluetooth LE	Built in	No	No	No	No	No



<http://uk.farnell.com/buy-raspberry-pi>



<http://www.newark.com/buy-raspberry-pi>

Key Improvements from Pi 2 Model B to Pi 3 Model B:

- Next Generation QUAD Core Broadcom BCM2837 64bit ARMv7 processor
- Processor speed has increased from 900MHz on Pi 2 to 1.25Ghz on the RPi 3 Model B
- BCM43143 Wi-Fi on board
- Bluetooth Low Energy (BLE) on board
- Upgraded switched power source up to 2.5 Amps (can now power even more powerful devices over USB ports)

The main differences are the quad core 64-bit CPU and on-board Wi-Fi and Bluetooth. The RAM remains 1GB and there is no change to the USB or Ethernet ports. However, the upgraded power management should mean the Pi 3 can make use of more power hungry USB devices

For Raspberry Pi 3, Broadcom have supported us with a new SoC, BCM2837. This retains the same basic architecture as its predecessors BCM2835 and BCM2836, so all those projects and tutorials which rely on the precise details of the Raspberry Pi hardware will continue to work. The 900MHz 32-bit quad-core ARM Cortex-A7 CPU complex has been replaced by a custom-hardened 1.2GHz 64-bit quad-core ARM Cortex-A53

In terms of size it is identical to the B+ and Pi 2. All the connectors and mounting holes are in the same place so all existing add-ons, HATs and cases should fit just fine although the power and activity LEDs have moved to make room for the WiFi antenna.

The performance of the Pi 3 is roughly 50-60% faster than the Pi 2 which means it is ten times faster than the original Pi.

All of the connectors are in the same place and have the same functionality, and the board can still be run from a 5V micro-USB power adapter. This time round, we're recommending a 2.5A adapter if you want to connect power-hungry USB devices to the Raspberry Pi.



Arduino Nano (V3.0)

User Manual



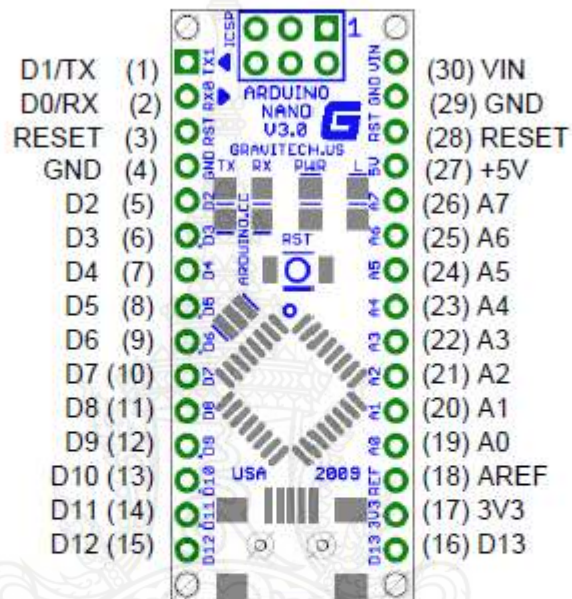
Released under the Creative Commons Attribution Share-Alike 2.5 License
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>

More information:

www.arduino.cc

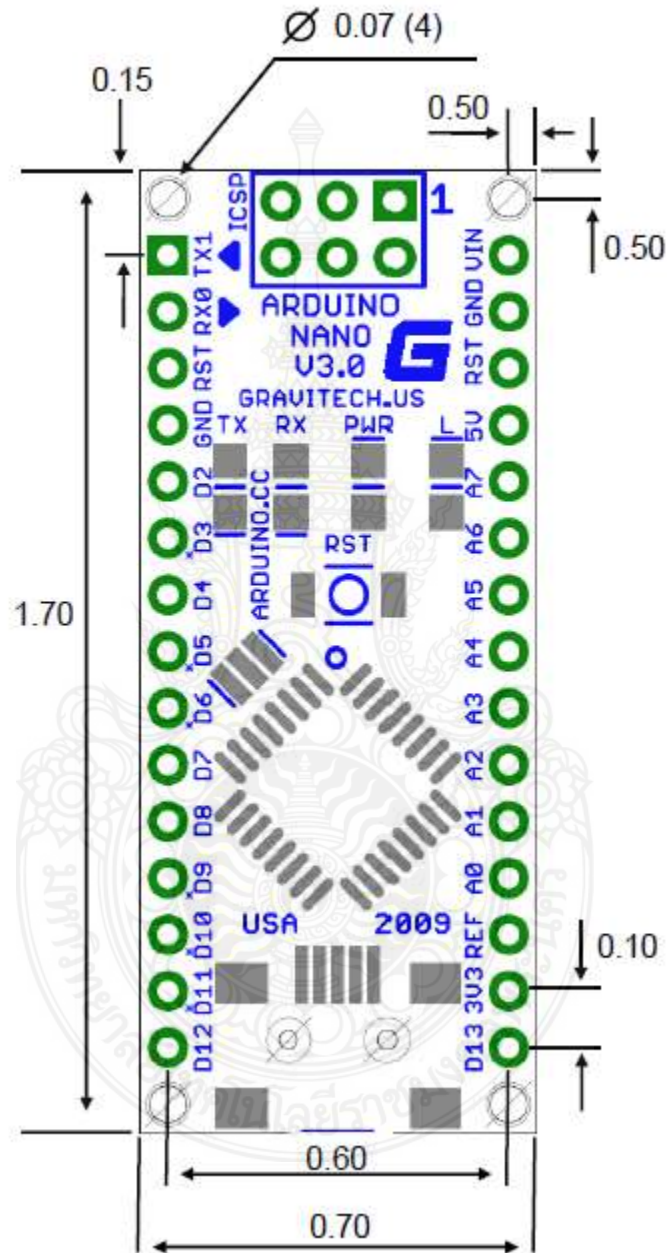
Rev 3.0

Arduino Nano Pin Layout



Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A0-A7	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage

Arduino Nano Mechanical Drawing



1.1 Features

Features of the nRF24L01+ include:

- Radio
 - ▶ Worldwide 2.4GHz ISM band operation
 - ▶ 126 RF channels
 - ▶ Common RX and TX interface
 - ▶ GFSK modulation
 - ▶ 250kbps, 1 and 2Mbps air data rate
 - ▶ 1MHz non-overlapping channel spacing at 1Mbps
 - ▶ 2MHz non-overlapping channel spacing at 2Mbps
- Transmitter
 - ▶ Programmable output power: 0, -6, -12 or -18dBm
 - ▶ 11.3mA at 0dBm output power
- Receiver
 - ▶ Fast AGC for improved dynamic range
 - ▶ Integrated channel filters
 - ▶ 13.5mA at 2Mbps
 - ▶ -82dBm sensitivity at 2Mbps
 - ▶ -85dBm sensitivity at 1Mbps
 - ▶ -94dBm sensitivity at 250kbps
- RF Synthesizer
 - ▶ Fully integrated synthesizer
 - ▶ No external loop filter, VCO varactor diode or resonator
 - ▶ Accepts low cost ± 60 ppm 16MHz crystal
- Enhanced ShockBurst™
 - ▶ 1 to 32 bytes dynamic payload length
 - ▶ Automatic packet handling
 - ▶ Auto packet transaction handling
 - ▶ 6 data pipe MultiCeiver™ for 1:6 star networks
- Power Management
 - ▶ Integrated voltage regulator
 - ▶ 1.9 to 3.6V supply range
 - ▶ Idle modes with fast start-up times for advanced power management
 - ▶ 26 μ A Standby-I mode, 900nA power down mode
 - ▶ Max 1.5ms start-up from power down mode
 - ▶ Max 130 μ s start-up from standby-I mode
- Host Interface
 - ▶ 4-pin hardware SPI
 - ▶ Max 10Mbps
 - ▶ 3 separate 32 bytes TX and RX FIFOs
 - ▶ 5V tolerant inputs
- Compact 20-pin 4x4mm QFN package

1.2 Block diagram

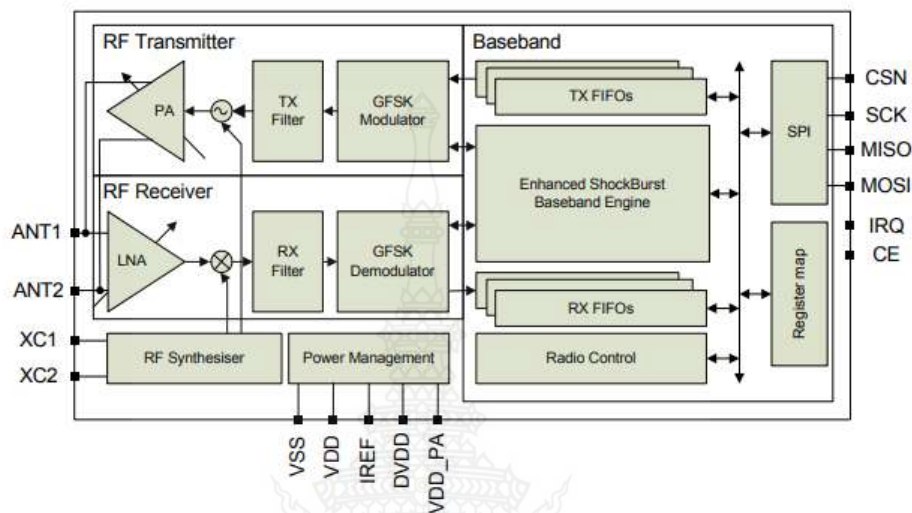


Figure 1. nRF24L01+ block diagram

2 Pin Information

2.1 Pin assignment

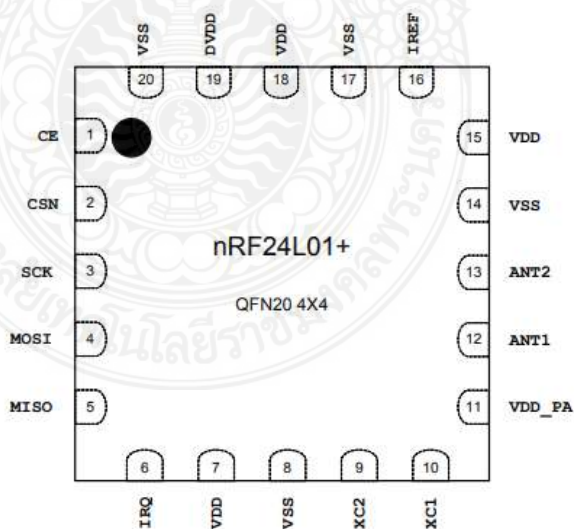


Figure 2. nRF24L01+ pin assignment (top view) for the QFN20 4x4 package

2.2 Pin functions

Pin	Name	Pin function	Description
1	CE	Digital Input	Chip Enable Activates RX or TX mode
2	CSN	Digital Input	SPI Chip Select
3	SCK	Digital Input	SPI Clock
4	MOSI	Digital Input	SPI Slave Data Input
5	MISO	Digital Output	SPI Slave Data Output, with tri-state option
6	IRQ	Digital Output	Maskable interrupt pin. Active low
7	VDD	Power	Power Supply (+1.9V - +3.6V DC)
8	VSS	Power	Ground (0V)
9	XC2	Analog Output	Crystal Pin 2
10	XC1	Analog Input	Crystal Pin 1
11	VDD_PA	Power Output	Power Supply Output (+1.8V) for the internal nRF24L01+ Power Amplifier. Must be connected to ANT1 and ANT2 as shown in Figure 32 .
12	ANT1	RF	Antenna interface 1
13	ANT2	RF	Antenna interface 2
14	VSS	Power	Ground (0V)
15	VDD	Power	Power Supply (+1.9V - +3.6V DC)
16	IREF	Analog Input	Reference current. Connect a 22k Ω resistor to ground. See Figure 32 .
17	VSS	Power	Ground (0V)
18	VDD	Power	Power Supply (+1.9V - +3.6V DC)
19	DVDD	Power Output	Internal digital supply output for de-coupling purposes. See Figure 32 .
20	VSS	Power	Ground (0V)

Table 1. nRF24L01+ pin function

Ultra-compact power module HLK-PM01

DETAILS

1. Product features:

1. Meet UL, CE requirements,
2. Ultra-thin, ultra-small
2. All voltage input (AC: 90 ~ 264V)
3. Low ripple and low noise
4. Output overload and short circuit protection
5. High efficiency, high power density
6. The product is designed to meet the requirements of EMC and Safety Test
7. Low power consumption, environmental protection, no-load loss <0.1W
8. 100% load aging and testing
9. 1 year warranty perio

2. Environment Condition

Item Name	Technical Criteria	Unit
Operation Temperature	-20—+60	°C
Store Temperature	-40—+80	°C
Relative humidity	5—95	%
Cooling way	Cooling by radiation	
Atmospheric pressure	80—106	Kpa
Sea level elevation	≤2000	m
Vibration	Vibration coefficient 10~500Hz,2G10min./1cycle, 60min.each along X,Y,Z axes	

3.Electrical Characteristic

1.Input characteristics (test at room temperature 20 °C).

Item Name	Technical Criteria	Unit
Rated input voltage	100-240	VAc
Input voltage range	90-264	VAc
Maximum input current	≤0.2	A
Input current surge	; ≤10	A
maximum input voltage	≤270	VAc
Enter slow start	≤50	mS
Input Low Voltage Efficiency	VIn=110VAc, Output full-load=69	%

Input High Voltage Efficiency	Vin=220VAc, output full-load=70	%
Long-term reliability	MTBF≥100, 000	h
Load rated output voltage	+5±0.1	VDC
Full rated output voltage	+5±0.2	VDC
Short-term maximum output current	≥1000	mA
The maximum output current for a long time	≥600	mA
Voltage Regulation	±0.2	%
Load Regulation	±0.5	%
Output ripple and noise (mVp-p)	≤50 Rated input voltage, full load. Using 20MHz of bandwidth, The load side 10uF and 0.1uF capacitor to be tested.	mV
Switch overshoot amplitude	(Rated input voltage and output load plus 10%)≤5	%V _d
Output over-current protection	150-200% of the output maximum load	A
Output short circuit protection	Direct short circuit at the normal output, automatically resume normal operation after a short circuit removal	

4. Safety Characteristics :

4.1 Products designed to meet UL, CE safety certification requirements.

4.2 Safety and electromagnetic compatibility

Designed with the input of 0.5A UL certified insurance;

PCB board using double-sided copper clad plate production, material for the 94-V0 fire rating level;

Safety standards: Compliance with UL1012, EN50950, UL60950

Insulation voltage: I / P-O / P: 2500VAC

Insulation resistance : I / PO / P> 100M Ohms / 500VDC 25 °C 70% RH

Conduction and radiation :comply with EN55011, EN55022 (CISPR22)

Electrostatic discharge :IEC / EN 61000-4-2 level 4 8kV / 15kV

RF radiation Immunity: IEC / EN 61000-4-3 See Application Note

4.3 Temperature safety design

At room temperature,the capacitors of this power , the inner surface of the main converter maximum temperature does not exceed 90 °C;

Shell maximum surface temperature does not exceed 60 °C

5. Logo, packaging, transportation, storage

5.1 Logo

5.1.1 Product logo

In place of products labeled with signs, its content in line with national standards, industry standards.

5.1.2 Packaging logo

Products marked with the manufacturer's name, address, zip code, product type, manufactured year, month, day on the box ;

Marked "up", "moisture" "Handle with care" and other transportation signs, all signs are in line with the provisions of GB 191.

5.2 Packaging

Products are separated using special plastic box packaging, with anti-vibration function, and in accordance with the provisions

of GB 3873.

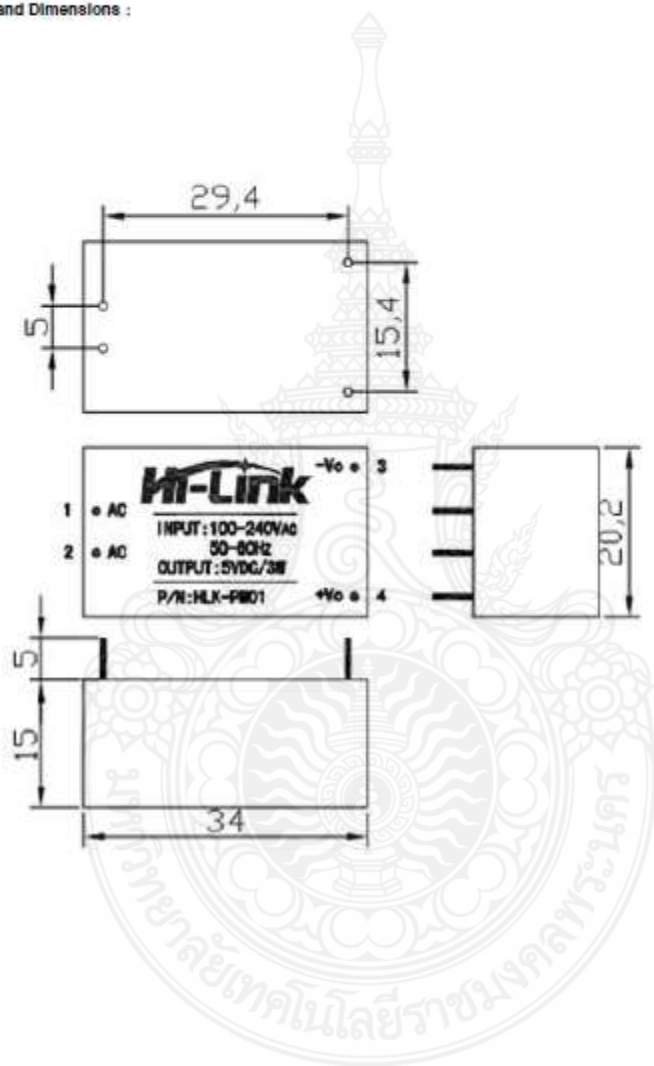
5.3 Transport

packaged products can be shipped by any transportation service, there should be awnings in transport and no excessive vibration, impact, etc.

5.4 Storage

Products should be stored in compliance with GB 3873.

6.Weight and Dimensions :



Weight $\leq 20g$	
Pin Function	
1	AC
2	AC
3	-Vo
4	+Vo



EINSTRONIC
TURN ON THE FUTURE

INTRODUCTION TO

NodeMCU ESP8266

DEVKIT v1.0

JULY 2017



Internet of Things

NodeMCU ESP8266 ESP-12E WiFi Development Board

NodeMCU is an open source IoT platform. It includes firmware which runs on the ESP8266 Wi-Fi SoC from Espressif Systems, and hardware which is based on the ESP-12 module. The term "NodeMCU" by default refers to the firmware rather than the DevKit. The firmware uses the Lua scripting language. It is based on the eLua project, and built on the Espressif Non-OS SDK for ESP8266. It uses many open source projects, such as lua-osoon, and espiffs.



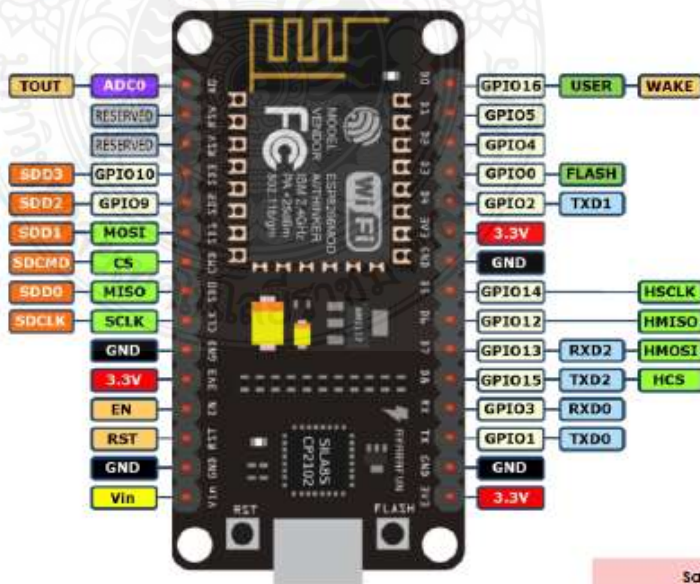
Features

- ▶ Version : DevKit v1.0
- ▶ Breadboard Friendly
- ▶ Light Weight and small size.
- ▶ 3.3V operated, can be USB powered.
- ▶ Uses wireless protocol 802.11b/g/n.
- ▶ Built-in wireless connectivity capabilities.
- ▶ Built-in PCB antenna on the ESP-12E chip.
- ▶ Capable of PWM, I2C, SPI, UART, 1-wire, 1 analog pin.
- ▶ Uses CP2102 USB Serial Communication interface module.
- ▶ Arduino IDE compatible (extension board manager required).
- ▶ Supports Lua (alike node.js) and Arduino C programming language.



PINOUT DIAGRAM

NodeMCU ESP8266 v1.0



Source
<https://iotbytes.wordpress.com/nodemcu-pinout/>

Safety Precaution
 All GPIO runs at 3.3V !!

NodeMCU ESP8266



Front View



Front View

Specifications of ESP-12E WiFi Module

Wireless Standard	IEEE 802.11 b/g/n
Frequency Range	2.412 - 2.484 GHz
Power Transmission	802.11b : +16 ± 2 dBm (at 11 Mbps) 802.11g : +14 ± 2 dBm (at 54 Mbps) 802.11n : +13 ± 2 dBm (at HT20, MCS7)
Receiving Sensitivity	802.11b : -93 dBm (at 11 Mbps, CCK) 802.11g : -85 dBm (at 54 Mbps, OFDM) 802.11n : -82 dBm (at HT20, MCS7)
Wireless Form	On-board PCB Antenna
IO Capability	UART, I2C, PWM, GPIO, 1 ADC
Electrical Characteristic	3.3 V Operated 15 mA output current per GPIO pin 12 - 200 mA working current Less than 200 uA standby current
Operating Temperature	-40 to +125 °C
Serial Transmission	110 - 921600 bps, TCP Client 5
Wireless Network Type	STA / AP / STA + AP
Security Type	WEP / WPA-PSK / WPA2-PSK
Encryption Type	WEP64 / WEP128 / TKIP / AES
Firmware Upgrade	Local Serial Port, OTA Remote Upgrade
Network Protocol	IPv4, TCP / UDP / FTP / HTTP
User Configuration	AT + Order Set, Web Android / iOS, Smart Link APP



User Guide

4 Channel 5V Optical Isolated Relay Module

This is a LOW Level 5V 4-channel relay interface board, and each channel needs a 15-20mA driver current. It can be used to control various appliances and equipment with large current. It is equipped with high-current relays that work under AC250V 10A or DC30V 10A. It has a standard interface that can be controlled directly by microcontroller. This module is optically isolated from high voltage side for safety requirement and also prevent ground loop when interface to microcontroller.



Brief Data:

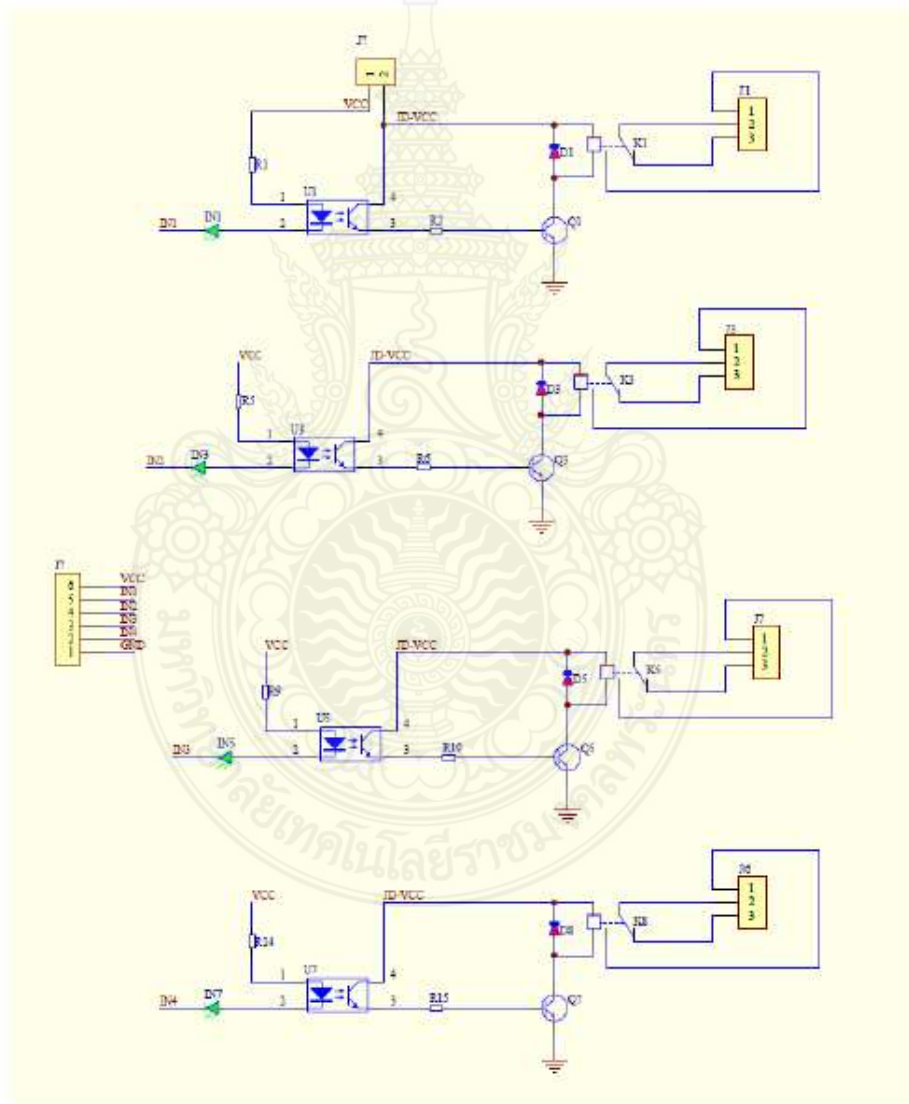
- Relay Maximum output: DC 30V/10A, AC 250V/10A.
- 4 Channel Relay Module with Opto-coupler. LOW Level Trigger expansion board, which is compatible with Arduino control board.
- Standard interface that can be controlled directly by microcontroller (8051, AVR, *PIC, DSP, ARM, ARM, MSP430, TTL logic).
- Relay of high quality low noise relays SPDT. A common terminal, a normally open, one normally closed terminal.
- Opto-Coupler isolation, for high voltage safety and prevent ground loop with microcontroller.

Schematic:

VCC and RY-VCC are also the power supply of the relay module. When you need to drive a large power load, you can take the jumper cap off and connect an extra power to RY-VCC to supply the relay; connect VCC to 5V of the MCU board to supply input signals.

NOTES: If you want complete optical isolation, connect "Vcc" to Arduino +5 volts but do NOT connect Arduino Ground. Remove the Vcc to JD-Vcc jumper. Connect a separate +5 supply to "JD-Vcc" and board Gnd. This will supply power to the transistor drivers and relay coils.

If relay isolation is enough for your application, connect Arduino +5 and Gnd, and leave Vcc to JD-Vcc jumper in place.



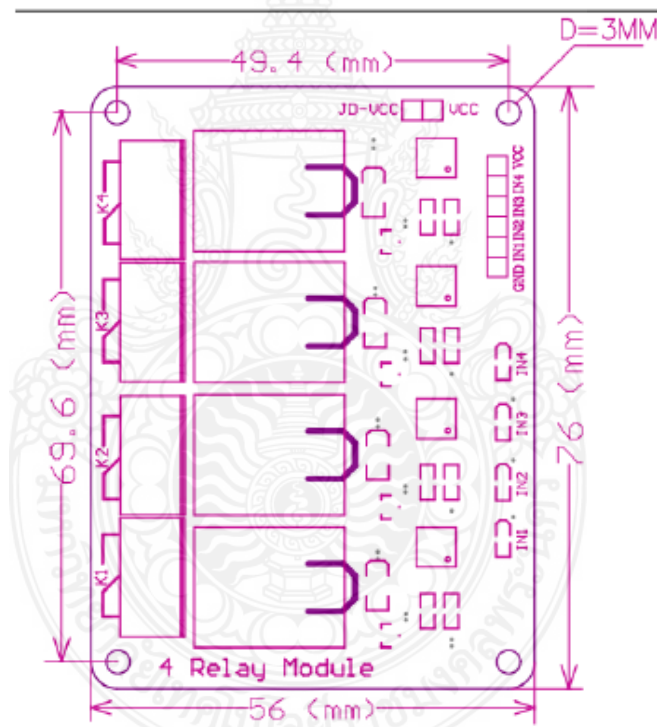
4 Channel Relay Module Schematic

It is sometimes possible to use this relay boards with 3.3V signals, if the JD-VCC (Relay Power) is provided from a +5V supply and the VCC to JD-VCC jumper is removed. That 5V relay supply could be totally isolated from the 3.3V device, or have a common ground if opto-isolation is not needed. If used with isolated 3.3V signals, VCC (To the input of the opto-isolator, next to the IN pins) should be connected to the 3.3V device's +3.3V supply.

NOTE: Some Raspberry-Pi users have found that some relays are reliable and others do not actuate sometimes. It may be necessary to change the value of R1 from 1000 ohms to something like 220 ohms, or supply +5V to the VCC connection.

NOTE: The digital inputs from Arduino are Active LOW: The relay actuates and LED lights when the input pin is LOW, and turns off on HIGH.

Module Layout:



Operating Principle:

See the picture below: A is an electromagnet, B armature, C spring, D moving contact, and E fixed contacts. There are two fixed contacts, a normally closed one and a normally open one. When the coil is not energized, the normally open contact is the one that is off, while the normally closed one is the other that is on.



A Product Line of
Diodes Incorporated



PAM8403

FILTERLESS 3W CLASS-D STEREO AUDIO AMPLIFIER

Description

The PAM8403 is a 3W, class-D audio amplifier. It offers low THD+N, allowing it to achieve high-quality sound reproduction. The new filterless architecture allows the device to drive the speaker directly, requiring no low-pass output filters, thus saving system cost and PCB area.

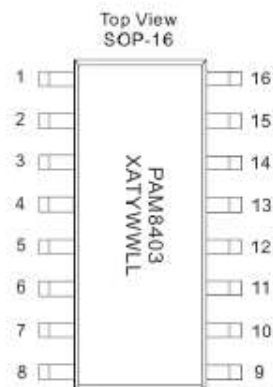
With the same numbers of external components, the efficiency of the PAM8403 is much better than that of Class-AB cousins. It can extend the battery life, which makes it well-suited for portable applications.

The PAM8403 is available in SOP-16 package.

Features

- 3W Output at 10% THD with a 4Ω Load and 5V Power Supply
- Filterless, Low Quiescent Current and Low EMI
- Low THD+N
- Superior Low Noise
- Efficiency up to 80%
- Short Circuit Protection
- Thermal Shutdown
- Few External Components to Save the Space and Cost
- Pb-Free Package

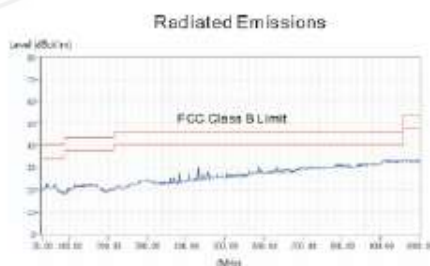
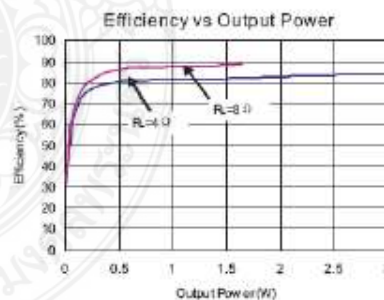
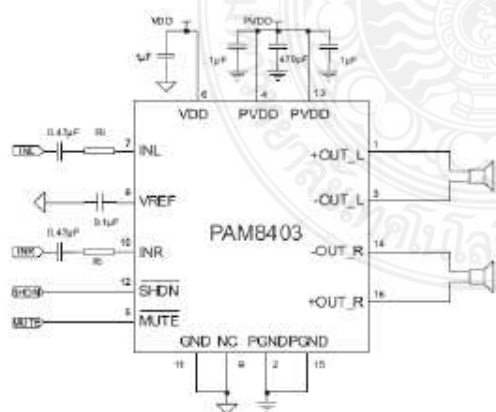
Pin Assignments



Applications

- LCD Monitors / TV Projectors
- Notebook Computers
- Portable Speakers
- Portable DVD Players, Game Machines
- Cellular Phones/Speaker Phones

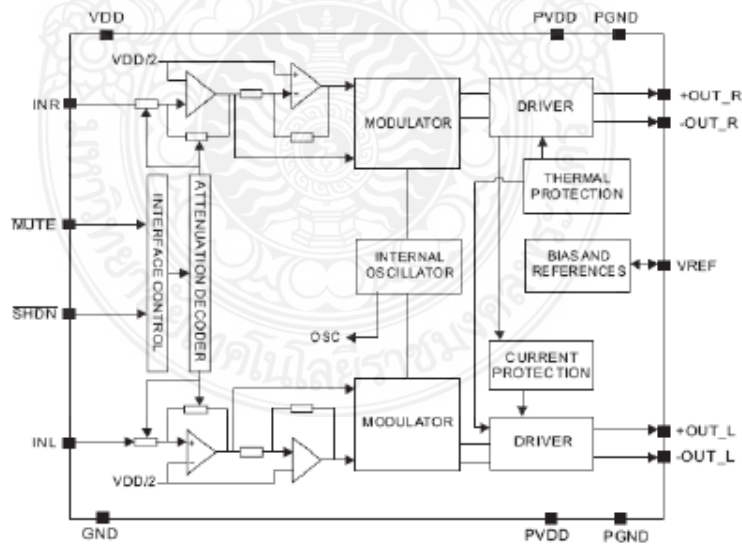
Typical Applications Circuit



Pin Descriptions

Pin Number	Pin Name	Function
1	+OUT_L	Left Channel Positive Output
2	PGND	Power GND
3	-OUT_L	Left Channel Negative Output
4	PVDD	Power VDD
5	MUTE	Mute Control Input (active low)
6	VDD	Analog VDD
7	INL	Left Channel Input
8	VREF	Internal analog reference, connect a bypass capacitor from VREF to GND.
9	NC	No Connect
10	INR	Right Channel Input
11	GND	Analog GND
12	SHDN	Shutdown Control Input (active low)
13	PVDD	Power VDD
14	-OUT_R	Right Channel Negative Output
15	PGND	Power GND
16	+OUT_R	Right Channel Positive Output

Functional Block Diagram



ภาคผนวก ค
คู่มือสำหรับการใช้งาน



คู่มือสำหรับการใช้งาน ระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง



ภาพที่ ค 1 ระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง

ระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง จะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 โหมด ได้แก่ โหมดออฟไลน์จะมีคำสั่งเสียงเป็นภาษาไทย โดยมีคำสั่งเสียง 10 คำสั่ง และ โหมดออนไลน์จะมีคำสั่งเสียงเป็นภาษาอังกฤษ โดยมีคำสั่งเสียง 8 คำสั่ง กรณีในโหมดออนไลน์จะต้องมีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเพื่อควบคุมระบบการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง ดังภาพที่ ค 1

คำสั่งที่ใช้งานในโหมดออฟไลน์

เปิด 1, เปิด 5, เปิด 6, เปิด 7, เปิดหมด, ปิด 1, ปิด 5, ปิด 6, ปิด 7, ปิดหมด

คำสั่งที่ใช้งานในโหมดออนไลน์

ขั้นตอนแรกต้องพูดคำสั่งเสียงว่า Who am I ? เพื่อให้เครื่องตอบสนองหรือเตรียมพร้อมใช้งาน ถ้าเครื่องมีสถานะพร้อมใช้งานจะตอบกลับมาว่า Your name is A.N Project. จากนั้นเริ่มใช้คำสั่งเสียงในการควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง ดังนี้

OK Google. Turn on light one

ถ้าพูดคำสั่งเสียงถูกต้องจะมีเสียงรับคำสั่งว่า OK, turning on light one

OK Google. Turn on light two

ถ้าพูดคำสั่งเสียงถูกต้องจะมีเสียงรับคำสั่งว่า OK, turning on light two

OK Google. Turn on light three

ถ้าพูดคำสั่งเสียงถูกต้องจะมีเสียงรับคำสั่งว่า OK, turning on light three

OK Google. Turn on light four

ถ้าพูดคำสั่งเสียงถูกต้องจะมีเสียงรับคำสั่งว่า OK, turning on light four

OK Google. Turn off light one

ถ้าพูดคำสั่งเสียงถูกต้องจะมีเสียงรับคำสั่งว่า OK, turning on light one

OK Google. Turn off light two

ถ้าพูดคำสั่งเสียงถูกต้องจะมีเสียงรับคำสั่งว่า OK, turning on light two

OK Google. Turn off light three

ถ้าพูดคำสั่งเสียงถูกต้องจะมีเสียงรับคำสั่งว่า OK, turning on light three

OK Google. Turn off light four

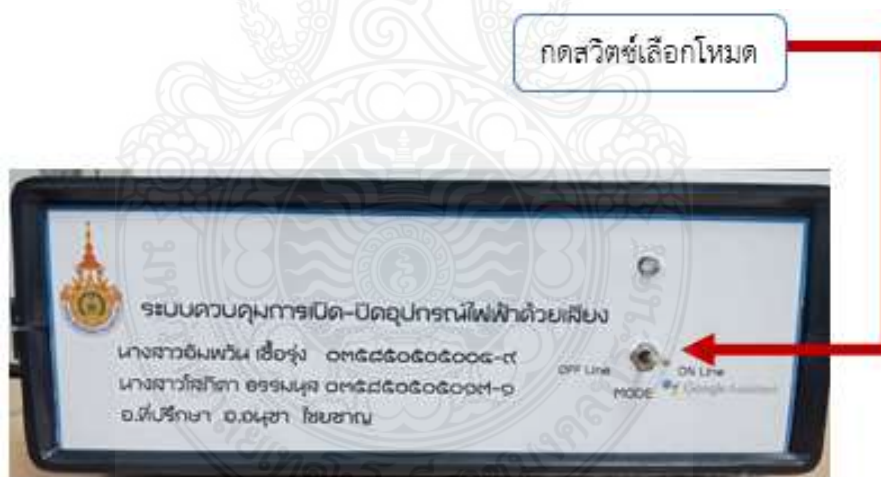
ถ้าพูดคำสั่งเสียงถูกต้องจะมีเสียงรับคำสั่งว่า OK, turning on light four

ขั้นตอนการใช้งานระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียง

ขั้นตอนที่ 1 ก่อนใช้งานตรวจสอบควรให้แน่ใจว่าอุปกรณ์ไม่มีการชำรุด

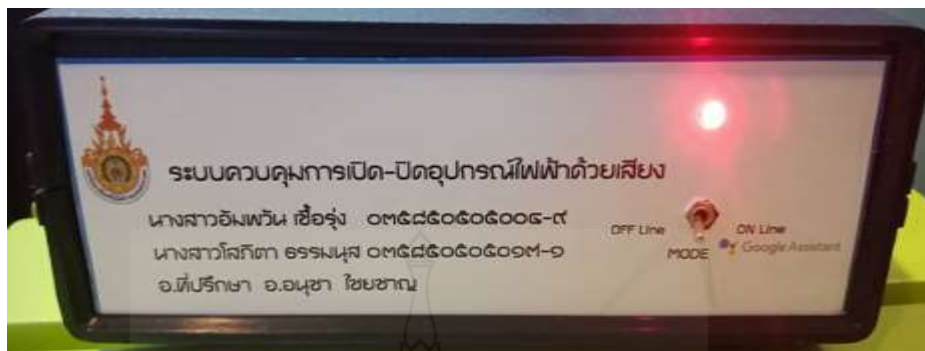
ขั้นตอนที่ 2 เสียบปลั๊กไฟ 220 โวลต์ ทั้งกล่องภาคส่งและกล่องภาครับให้เรียบร้อย

ขั้นตอนที่ 3 กดสวิทช์เลือกโหมดการใช้งานออฟไลน์หรือออนไลน์



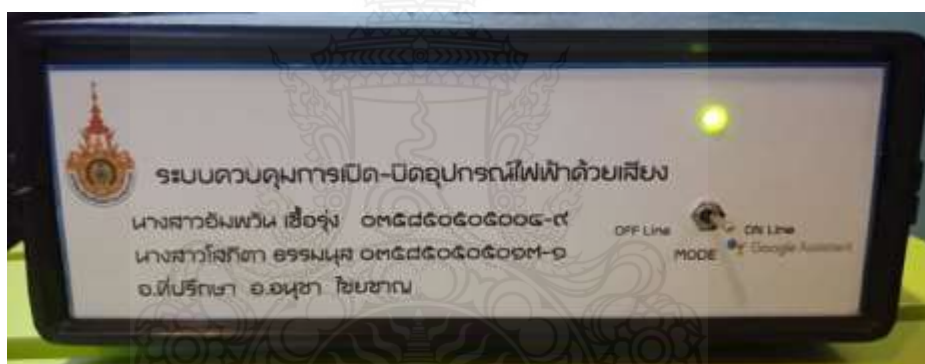
ภาพที่ ค 2 กดสวิทช์เลือกโหมดการใช้งานออฟไลน์หรือออนไลน์

กรณีถ้าต้องเลือกโหมด ให้กดสวิทช์ข้างหน้าของกล่องภาครับ ดังภาพที่ ค 2



ภาพที่ ค 3 ไฟสีแดงแสดงสถานะโหมกดออนไลน์

ถ้าเลือกโหมกดออนไลน์จะแสดงสถานะไฟสีแดง ดังภาพที่ ค 3



ภาพที่ ค 4 ไฟสีเขียวแสดงสถานะโหมกดออนไลน์

ถ้าเลือกโหมกดออนไลน์จะแสดงสถานะไฟสีเขียว ดังภาพที่ ค 4

ขั้นตอนที่ 4 พูดคำสั่งเสียงที่ต้องการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 5 กดสวิตช์เปิด-ปิดรีเลย์

กรณีถ้าต้องการไฟติดกดสวิตช์เปิดรีเลย์ เพื่อให้บอร์ดรีเลย์ทำงาน ดังภาพที่ ค 5



ภาพที่ ค 5 กดสวิตซ์เปิดให้บอร์ดรีเลย์ทำงาน

กรณีถ้าต้องการไฟดับกดสวิตซ์ปิดรีเลย์ เพื่อให้บอร์ดรีเลย์ไม่ทำงาน ดังภาพที่ ค 6



ภาพที่ ค 6 กดสวิตซ์ปิดให้บอร์ดรีเลย์ไม่ทำงาน

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-สกุล	นางสาวโสภิตา ธรรมนุส
วัน เดือน ปีเกิด	23 สิงหาคม พ.ศ. 2539
สถานที่เกิด	จังหวัดสมุทรปราการ
ที่อยู่ปัจจุบัน	2400 หมู่ 1 ซอยด่านสำโรง50/27 ถนนสุขุมวิท113 ตำบลสำโรงเหนือ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ รหัสไปรษณีย์ 10270
เบอร์โทรศัพท์	0632084165
E-mail	nunsopita1996@gmail.com
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2557	ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ศิลป์คำนวณ) โรงเรียนมัธยมด่านสำโรง
กำลังศึกษา	ระดับปริญญาตรี ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ค.อ.บ.) สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (วิทยาเขตเทเวศร์)

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-สกุล	นางสาวอัมพวัน เชื้อรุ่ง
วัน เดือน ปีเกิด	31 ธันวาคม พ.ศ. 2539
สถานที่เกิด	จังหวัดกาญจนบุรี
ที่อยู่ปัจจุบัน	30 หมู่ 10 ตำบลหนองรี อำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี รหัสไปรษณีย์ 71220
เบอร์โทรศัพท์	0623214653
E-mail	ampawan311239@gmail.com
ประวัติการศึกษา	<p>พ.ศ. 2557 ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) โรงเรียนหนองรีประชานิมิต</p> <p>กำลังศึกษา ระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (ค.อ.บ.) สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (วิทยาเขตเทเวศร์)</p>