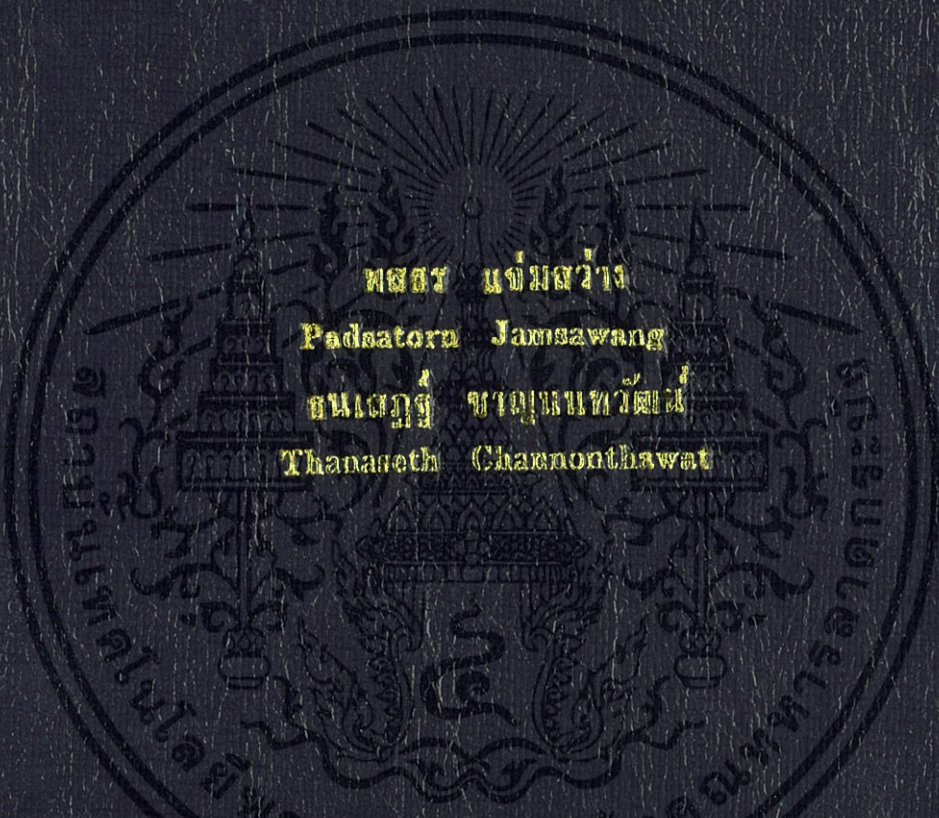


ระบบจำลองชุดเครื่องเสียงแบบไร้สาย
Wireless Speaker Simulation



พศธร แจ่มสว่าง
Padsatorn Jamsawang
ธนเสถียร ชานอนท์วัฒน์
Thanaseth Channonthawat

ปริญญาโท ศึกษาศาสตร์ สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

ระบบจำลองชุดเครื่องเสียงแบบไร้สาย
Wireless Speaker Simulation



พสธร แจ่มสว่าง
Padsatorn Jamsawang

ธนเสฏฐ์ ชาญนนทวัฒน์
Thanaseth Channonthawat

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wireless Speaker Simulation



THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาานิพนธ์
รายชื่อนักศึกษา

ระบบจำลองชุดเครื่องเสียงแบบไร้สาย
นายพสธร แจ่มสว่าง
นายธนเสฏฐ์ ชาญนนทวัฒน์

รหัสนักศึกษา 53011080
รหัสนักศึกษา 53011214

ปริญญา
สาขาวิชา
พ.ศ.

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
วิศวกรรมสารสนเทศ
2556

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์

อ.มนชนก ศรีเสื่อขาม
อ.สรพงษ์ วชิรรัตน์พรกุล

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง



(Handwritten signature)

(อ.มนชนก ศรีเสื่อขาม)

(Handwritten signature)

(อ.สรพงษ์ วชิรรัตน์พรกุล)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์
รายชื่อนักศึกษา

ระบบจำลองชุดเครื่องเสียงแบบไร้สาย

นายพศธร แจ่มสว่าง

รหัสนักศึกษา 53011080

นายธนเสกฐ์ ชาญนันทวัฒน์

รหัสนักศึกษา 53011214

ปริญญา
สาขาวิชา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

วิศวกรรมสารสนเทศ

พ.ศ.

2556

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

อ.মনชนก

ศรียะเสียม

อ.สรพงษ์

วชิรรัตน์พรกุล

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและจำลองการส่งสัญญาณเสียงแบบไร้สาย โดยนำเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายและเทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) ของ Arduino มาผสมผสานการทำงานเข้าไว้ด้วยกัน เพื่อลดข้อจำกัดการใช้งานในอดีตที่ผู้ใช้ต้องใช้สายในการสื่อสารข้อมูล โดยผู้ใช้สามารถดำเนินการใช้งานโดย ภาควิชาใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการรับข้อมูลเสียงจากปริ๊ม์และ การส่งข้อมูลผ่านอุปกรณ์สื่อสารไร้สาย nRF24L01 ไปยังภาควิชา ส่วนภาควิชารับสัญญาณใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการรับข้อมูลจากอุปกรณ์สื่อสารไร้สาย nRF24L01 และนำข้อมูลนั้นไปยังส่วนภาคขยายของเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Wireless Speaker Simulation	
Student	Mr.Podsatorn Jamsawang	Student ID. 53011080
	Mr.Thanaseth Channonthawat	Student ID. 53011214
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Information Engineering	
Year	2013	
Thesis Advisor	Miss Monchanok	Srisuakam
	Mr.Sorapong	Wachirarattanapornkul

ABSTRACT

The objectives of thesis are design and build prototype about sound transmitter by using wireless technology and embedded system. We combined them to reduce the limited of sound communication by wire. In the past, the people are used wire for communication that not comfortable because it's fixed range but this process is breakout for used wire communication so change to wireless technology it's portable and more comfortable than before .In progress, we divide into 2 part are sender and receiver modules. In part of sender, it used Arduino microcontroller and nRF24L01 to control a data flow and data rate between sender and receiver and in part of receiver, the nRF24L01 establish connection between 2 module. While found the signal from sender, receiver send the signal to Arduino and use amplifier to gain the signal.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรนี้จะไม่สำเร็จลุล่วงไปได้หากขาดความคิดเห็นคำชี้แนะแนวทาง และคำปรึกษาสำคัญยิ่งจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ อาจารย์ มนชนก ศรีเสื่อขาม และ อาจารย์ สรพงษ์ วชิรรัตนพรกุล ที่กรุณาและคำแนะนำมาโดยตลอด อีกทั้งยังเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการทำปริญญาบัตรนี้ทางคณะผู้จัดทำฯ และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อรรถสิทธิ์ หล้าสกุล และ ผศ.กฤตากร กล่อมการ ที่เป็นผู้ให้ความช่วยเหลือแนะนำความคิดให้เปิดปริญญาบัตรนี้ รวมถึงการช่วยเหลือเรื่องอุปกรณ์เครื่องมือที่มีความจำเป็นในการทดลองปริญญาบัตรนี้ และ ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุธีรา พันธุ์ธีรานุรักษ์ ที่ช่วยเหลือเอื้อเฟื้อสถานที่ ที่ใช้ในการทำปริญญาบัตรนี้

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมสารสนเทศทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาการต่างๆ ทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้คณะผู้จัดทำมีความรู้ความสามารถจนทำให้สามารถทำปริญญาบัตรนี้ได้สำเร็จ

ขอขอบคุณ นายไอศูรย์ กาญจนสุรัตน์ นายวิชาติ บั้นเงิน และ เพื่อนๆ ไอทีอี รุ่น สิบสาม ที่สละเวลาให้คำปรึกษาเรื่องปริญญาบัตร และช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆเป็นอย่างดีเสมอมา

และที่ขาดไม่ได้คือขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาที่ให้กำเนิด คอยให้ความรัก การอบรมบ่มนิสัย กำลังใจ กำลังทุนทรัพย์ และการสนับสนุนมาโดยตลอด อาจถือได้ว่าท่านเป็นแรงบันดาลใจให้ทำปริญญาบัตรฉบับนี้จนสำเร็จลงได้ด้วยดี

นายพศธร แจ่มสว่าง

นายธนเสฏฐ์ ชาญนนทวัฒน์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงปริญญานิพนธ์	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากปริญญานิพนธ์	4
1.6 อุปกรณ์ที่ต้องใช้	4
1.7 เนื้อหาภายในโครงงาน.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน	5
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino	5
2.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3	5
2.2.1 คุณสมบัติ.....	5
2.2.2 โครงสร้างบอร์ด	6
2.2.3 อินพุตและเอาต์พุต	7
2.2.4 โครงสร้างชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega328	7
2.3 โมดูลรับ-ส่งไร้สาย nRF24L01	7
2.3.1 Block diagram	8
2.3.2 ลักษณะขาชิพ nRF24L01	9
2.4 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232.....	9
2.4.1 หน้าที่การทำงานในแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม RS-232	11
2.4.2 การเชื่อมต่อสาย DB9	11
2.5 การสื่อสารข้อมูลอนุกรมผ่านโมดูล UART	12
2.6 ความหมายของระบบสื่อสารข้อมูล	13
2.7 ทฤษฎีการสื่อสารไร้สาย	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.7.1 องค์ประกอบของระบบสื่อสารไร้สาย	13
2.7.2 ตัวกลางของระบบการสื่อสาร.....	14
2.8 การรับส่งข้อมูลของการสื่อสารไร้สาย	15
2.9 เสียง	16
2.9.1 ลำโพง	17
2.10 วงจรปริโมค	17
2.11 วงจรต่อลำโพง.....	18
2.11.1 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก (DAC)	19
2.11.2 วงจรการสร้างบัฟเฟอร์ให้สัญญาณอนาล็อก.....	21
2.11.3 วงจรกรองความถี่ต่ำ (Low pass filter)	21
2.11.4 วงจรแอมป์ไฟเออร์ (Amplifier)	23
บทที่ 3 โครงสร้างของระบบและการออกแบบ	25
3.1 บทนำ.....	25
3.2 โครงสร้างของระบบ.....	25
3.2.1 ส่วนการทำงานภาคส่งสัญญาณ.....	26
3.2.2 ส่วนการทำงานภาครับสัญญาณ	26
3.3 ชุดอุปกรณ์ส่งข้อมูล	30
3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้	30
3.3.2 การออกแบบวงจรอินพุตข้อมูล	31
3.4 ชุดอุปกรณ์รับข้อมูล.....	32
3.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้	32
3.4.2 การออกแบบวงจรรับข้อมูล.....	32
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	34
4.1 ผลการทดลองอุปกรณ์ภาคส่ง	34
4.1.1 ภาพรวมวงจรภาคส่ง.....	34
4.1.2 ภาพรวมรูปสัญญาณ	36
4.2 ผลการทดลองอุปกรณ์ภาครับ	43
4.2.1 ภาพรวมวงจรภาครับ	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.2 ภาพรวมรูปสัญลักษณ์.....	48
บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์.....	58
5.1 สรุปผลดำเนินงาน.....	58
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	58
5.3 แนวทางพัฒนาต่อไป.....	58
บรรณานุกรม.....	59
ภาคผนวก.....	60
ภาคผนวก ก. ลายวงจร.....	58
ภาคผนวก ข. รูปภาพชิ้นงาน ทั้งภาคส่ง และ ภาครับ	73
ภาคผนวก ค. DATA SHEET.....	79



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	3
1.2 ขาของ nRF24L01 ที่ใช้ต่อเข้ากับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3.....	68



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ขอบเขตปริญญาานิพนธ์	2
2.1 โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3	6
2.2 โครงสร้างชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3Atmega328	7
2.3 ภาพ Block diagram ของโมดูล nRF24L01	8
2.4 ลักษณะขาชิพ nRF24L01	9
2.5 พอร์ตอนุกรม RS232 ต่อ USB	9
2.6 DB9 ด้านซ้ายคือตัวผู้ ด้านขวาคือตัวเมีย	10
2.7 DB9 ตัวผู้ด้านหลัง	10
2.8 เชื่อมต่อสาย DB9	12
2.9 การรับส่งข้อมูลแบบ อะซิงโครนัส	12
2.10 บล็อกไดอะแกรมของการสื่อสาร	13
2.11 ส่วนประกอบระบบสื่อสารไร้สาย	13
2.12 วงจรปริโมค	18
2.13 วงจรภาครับ	18
2.14 บล็อกไดอะแกรมการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก	19
2.15 Transfer Curve ในอุดมคติ DAC 3 บิต	19
2.16 คลื่น Sine ที่สร้างจาก DAC	20
2.17 วงจรอันดับ 1 2 และ 3	21
2.18 กราฟแสดงอัตราขยายแรงดันเชิงความถี่(dB)	22
3.1 รูปภาพโครงสร้างภาพรวม	25
3.2 โครงสร้างของอุปกรณ์ภาคส่งสัญญาณ	26
3.3 Flow Chart การทำงานของภาคส่งสัญญาณ	27
3.4 โครงสร้างของอุปกรณ์ภาคส่งสัญญาณ	28
3.5 Flow Chart การทำงานของภาคส่งสัญญาณ	29
3.6 รูปวงจรของอินพุตข้อมูล	30
3.7 รูปส่วนปริโมค และ ส่วนวงจรขยายสัญญาณ Non-inverting amplifier	31
3.8 ส่วนวงจรที่เป็น DC offset	31
3.9 ภาพรวมวงจรรับข้อมูล	32
3.10 วงจรแปลงดิจิตอลเป็นอนาล็อก	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1 ภาพรวมของวงจรภาคอินพุตสัญญาณ	34
4.2 ภาพส่วนประกอบของภาคอินพุตสัญญาณ	35
4.3 วงจรไมค์.....	35
4.4 รูปการต่อ nRF24L01 บน Arduino UNO R3	36
4.5 ป้อนสัญญาณคลื่นไซน์ตรงจุดไมค์	36
4.6 สัญญาณคลื่นไซน์ที่ออกจากเอาต์พุตไมค์	37
4.7 สัญญาณไมค์พูดคำว่า TEST TEST 1 2 3.....	37
4.8 สัญญาณเสียงจากโทรศัพท์ที่ออกเอาต์พุตไมค์.....	38
4.9 รูปสัญญาณเมื่อพูดทดสอบ	38
4.10 รูปสัญญาณเมื่ออินพุตเสียงจากโทรศัพท์.....	38
4.11 สัญญาณไมค์ดิจิตอลที่ถูกแปลงจากอนาล็อกขาหนึ่ง	39
4.12 สัญญาณไมค์ดิจิตอลที่ถูกแปลงจากอนาล็อกขาสอง.....	39
4.13 สัญญาณไมค์ดิจิตอลที่ถูกแปลงจากอนาล็อกขาสาม.....	40
4.14 สัญญาณไมค์ดิจิตอลที่ถูกแปลงจากอนาล็อกขาสี่.....	40
4.15 สัญญาณไมค์ดิจิตอลที่ถูกแปลงจากอนาล็อกขาห้า.....	41
4.16 สัญญาณไมค์ดิจิตอลที่ถูกแปลงจากอนาล็อกขาหก	41
4.17 สัญญาณไมค์ดิจิตอลที่ถูกแปลงจากอนาล็อกขาเจ็ด.....	42
4.18 สัญญาณไมค์ดิจิตอลที่ถูกแปลงจากอนาล็อกขาแปด.....	42
4.19 ภาพการต่อวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก	43
4.20 ภาคการต่อวงจรกรองสัญญาณ.....	44
4.21 ภาพการต่อส่วนขยายขนาดของสัญญาณ.....	44
4.22 ภาพวงจรส่วนขยายสัญญาณ	45
4.23 วงจรการต่อ DC OFFSET	45
4.24 ภาพวงจรรวมทั้งหมดของภาครับสัญญาณ.....	46
4.25 ภาพรวมวงจรภาครับสัญญาณ	46
4.26 ภาพรวมวงจรภาครับสัญญาณ.....	47
4.27 ภาพวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก	47
4.28 ภาพวงจรขยายสัญญาณของภาครับสัญญาณ	48
4.29 สัญญาณดิจิตอลแปลงเป็นอนาล็อกขาแรก ระยะ 2m	48
4.30 สัญญาณดิจิตอลแปลงเป็นอนาล็อกขาสอง ระยะ 2m.....	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.31 สัญญาณดิจิทัลแปลงเป็นอนาล็อกขาสาม ระยะ 2m	49
4.32 สัญญาณดิจิทัลแปลงเป็นอนาล็อกขาสี่ ระยะ 2m.....	50
4.33 สัญญาณดิจิทัลแปลงเป็นอนาล็อกขาห้า ระยะ 2m.....	50
4.34 สัญญาณดิจิทัลแปลงเป็นอนาล็อกขาหก ระยะ 2m.....	51
4.35 สัญญาณดิจิทัลแปลงเป็นอนาล็อกขาเจ็ด ระยะ 2m	51
4.36 สัญญาณดิจิทัลแปลงเป็นอนาล็อกขาแปด ระยะ 2m.....	52
4.37 สัญญาณดิจิทัลแปลงเป็นอนาล็อกขาหนึ่ง ระยะ 5m	52
4.38 สัญญาณดิจิทัลแปลงเป็นอนาล็อกขาสอง ระยะ 5m.....	53
4.39 สัญญาณดิจิทัลแปลงเป็นอนาล็อกขาสาม ระยะ 5m	53
4.40 สัญญาณดิจิทัลแปลงเป็นอนาล็อกขาสี่ ระยะ 5m.....	54
4.41 สัญญาณดิจิทัลแปลงเป็นอนาล็อกขาห้า ระยะ 5m.....	54
4.42 สัญญาณดิจิทัลแปลงเป็นอนาล็อกขาหก ระยะ 5m	55
4.43 สัญญาณดิจิทัลแปลงเป็นอนาล็อกขาเจ็ด ระยะ 5m	55
4.44 สัญญาณดิจิทัลแปลงเป็นอนาล็อกขาแปด ระยะ 5m.....	56
4.45 สัญญาณคลื่นไซน์ตรงจุดภาคขยายเสียงออกลำโพง	56
4.46 สัญญาณตรงจุดภาคขยายเสียงออกลำโพง.....	57

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบันมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในด้านเทคโนโลยีการสื่อสารมากขึ้น ทำให้เกิดการพัฒนาด้านการสื่อสารแบบสายและไร้สายอย่างรวดเร็ว เราจะสามารถพบเห็นเทคโนโลยีเหล่านี้ได้ อย่างเช่น การใช้สายโทรศัพท์ และ การกระจายแบบไร้สาย เป็นต้น ทำให้ผู้ใช้มีความสะดวกต่อการใช้งานมากขึ้น จึงได้เกิดแนวความคิดที่จะทำโครงการนี้ อันเป็นโครงการที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย

สำหรับปริญญานิพนธ์นี้ เราจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นส่วนสำคัญร่วมกับเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย Radio Frequency ในการควบคุมระบบการสื่อสาร เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการเดินสาย และสามารถเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ของระบบได้อย่างคล่องตัว

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาโครงสร้างและการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
2. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
3. เพื่อศึกษาการเขียนและออกแบบหน้าจ่อินเตอร์เฟส (Interface)
4. เพื่อศึกษาและออกแบบสร้างชุดอุปกรณ์ลำโพงไร้สาย
5. เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการวางสายและจัดสถานที่
6. เพื่อลดเวลาในการเดินสายและจัดสถานที่
7. เพื่อศึกษาการทำงานของอุปกรณ์สื่อสารไร้สาย และสามารถนำเอาเทคโนโลยีสื่อสาร ไร้สาย มาประยุกต์ใช้งานได้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ภาครับและภาคส่งแบบไร้สาย
2. ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ภาครับและภาคส่งแบบไร้สาย ให้สามารถทำงานได้ทั้งแบบติดตั้งภายในอาคารสถานที่ หรือ แบบพกพาออกนอกสถานที่



รูปที่ 1.1 ขอบเขตของปริญญาโท

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนที่	วิธีการดำเนินการ	ระยะเวลาในการดำเนินการ											
		มิถุนายน 56	กรกฎาคม 56	สิงหาคม 56	กันยายน 56	ตุลาคม 56	พฤศจิกายน 56	ธันวาคม 56	มกราคม 57	กุมภาพันธ์ 57	มีนาคม 57		
1	ศึกษาและรวบรวมทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	■	■	■									
2	วิเคราะห์และออกแบบวงจรในส่วนของฮาร์ดแวร์		■	■	■								
3	จัดหาอุปกรณ์ในการสร้างวงจรรวมทั้งศึกษาและทำการเขียนโปรแกรมควบคุม Arduino		■	■	■								
4	ทดสอบและแก้ไขวงจรทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์		■	■	■								
5	จัดทำเอกสารโครงการงานของปีการศึกษาที่ 1/2556												
6	แก้ไขและเพิ่มเติมความสามารถในการทำงานของวงจรทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์												
7	รวมระบบการทำงานทั้งหมดและทำการทดสอบระบบ												
8	ทำการทดลองและสรุปผลการทำงานของระบบ												
9	จัดทำเอกสารปริญญานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์												

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากปริญญานิพนธ์

1. มีความรู้ความเข้าใจในระบบอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย ทั้งภาครับและภาคส่งสัญญาณ
2. สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ได้
3. สามารถควบคุมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานร่วมกับอุปกรณ์สื่อสารไร้สาย สามารถติดต่อสื่อสารระหว่างกันแบบไร้สายได้สามารถนำอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นไปใช้งานได้จริง

1.6 อุปกรณ์ที่ต้องใช้

1.6.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

- | | |
|--|-----------------|
| - ชุดโมดูลสื่อสารไร้สาย nRF24L01 | จำนวน 2 ชุด |
| - ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO | จำนวน 2 ชุด |
| - ไมโครโฟนขนาดเล็กสำหรับเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ | จำนวน 1 ชุด |
| - ลำโพงขนาดเล็กสำหรับเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ | จำนวน 2 ชุด |
| - คอมพิวเตอร์สำหรับพัฒนาโปรแกรมควบคุมการทำงาน | จำนวน 1 เครื่อง |

1.6.2 ซอฟต์แวร์ (Software)

- โปรแกรม Arduino สำหรับเขียนคำสั่งควบคุมการทำงาน
- โปรแกรม Serial Chart และ Access Port สำหรับดูค่าติดต่อ

1.7 เนื้อหาภายในโครงงาน

โครงงานฉบับนี้ประกอบไปด้วยเนื้อหาในบทต่างๆ ดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำเป็นบทที่กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์วัตถุประสงค์ขอบเขต ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำปริญญานิพนธ์ ขั้นตอนการดำเนินงาน และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 นำทฤษฎีข้อมูลของเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มารวบรวมไว้ เพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษาหรือการทดลองตามปริญญานิพนธ์นี้

บทที่ 3 การออกแบบการทดลองเป็นการออกแบบโครงสร้างทั้งทางด้านซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ เพื่อเป็นการเตรียมให้ชุดอุปกรณ์พร้อมใช้งานได้จริง

บทที่ 4 ผลการทดลอง

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้

ปริญญาโทนี้มีวัตถุประสงค์ คือเพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัว (Embedded Technology) เพื่อนำมาประยุกต์ใช้งานจริง และอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย โดยในการทำงานจะมีลักษณะเป็นอุปกรณ์ภาครับและภาคส่งที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารแบบไร้สาย โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างสองจุดนี้ใช้ชุดโมดูล nRF24L01 เป็นตัวใช้ในการรับส่งข้อมูลทั้งสองจุดและมีไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ใช้สำหรับกำหนดการใช้งานโมดูลและค่าการรับการส่ง

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source โดยนิยมใช้ AVR ในตระกูล Atmega88, Atmega168, Atmega328 เป็นต้น โดยมีตัวถังแบบ DIP ทำให้ง่ายต่อการพัฒนา มีการพัฒนาโปรแกรมจากภาษา C เป็น ภาษา C++ ของ Arduino มีแบบฉบับเฉพาะตัวของ Arduino และมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์ และ ซอฟต์แวร์ ตัวบอร์ดถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้

ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Shield) ประเภทต่างๆ เช่น โมดูล Xbee, โมดูลเสียง, โมดูลรีเลย์, โมดูลไวเลส, GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย

2.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3

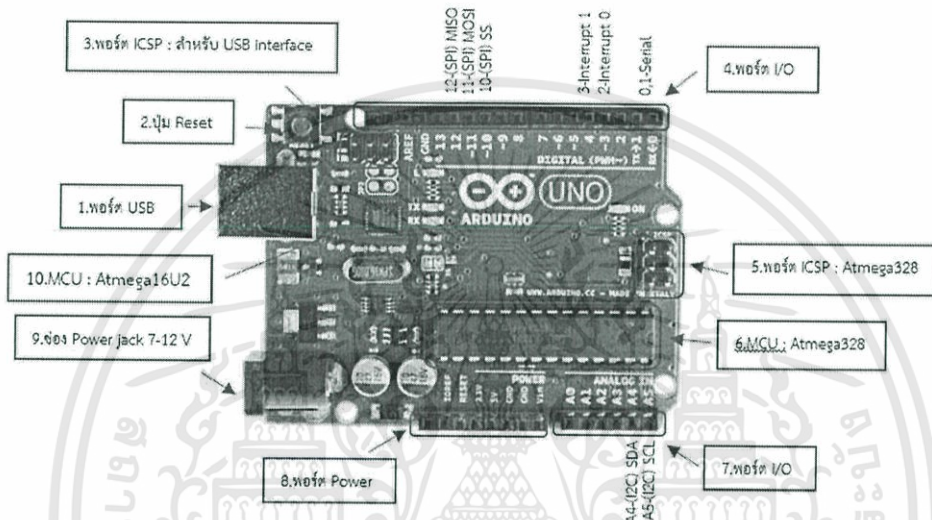
บอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล Arduino ของบริษัท Arduino ซึ่งบอร์ดนี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ Atmega328 ขนาด 28 ขา โดยในบอร์ด Arduino UNO R3 นี้ จะเน้นการใช้งานทรัพยากรของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เองเป็นหลัก ซึ่งจะมีการต่อขาสัญญาณ I/O ออกมาจัดเรียงให้เป็นพอร์ต เพื่อสะดวกต่อการใช้งาน พร้อมทั้งพอร์ตสำหรับดาวินโหลดโปรแกรมนอกจากนี้ยังได้เพิ่ม วงจร Line Driver RS-232 เข้าไปด้วยเพื่อให้สามารถใช้งานทางด้านพอร์ตอนุกรม RS-232 ได้ง่าย และสะดวกยิ่งขึ้น

2.2.1 คุณสมบัติ

แรงดันไฟฟ้าขาออก	5 V
แรงดันไฟฟ้าขาเข้า (แนะนำ)	7-12 V
แรงดันไฟฟ้าขาเข้าที่รับได้ (สูงสุด)	6-20 V
Digital I/O Pins	14 ขา และมี PWM 6 ขา
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 มิลลิแอมแปร์
DC Current for 3.3V Pin	50 มิลลิแอมแปร์

Flash Memory 32 KB	ใช้ 0.5 KB สำหรับ Bootloader
SRAM	2 KB (Atmega328)
EEPROM	1 KB (Atmega328)
Clock Speed	16 MHz

2.2.2 โครงสร้างบอร์ด



รูปที่ 2.1 โครงสร้างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3

1. USB พอร์ต ใช้สำหรับต่อกับคอมพิวเตอร์ เพื่ออัปโหลดโปรแกรมเข้า ไมโครคอนโทรลเลอร์ และจ่ายไฟให้กับบอร์ด
2. Reset Button เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มการทำงานใหม่
3. ICSP พอร์ตของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2
4. I/O พอร์ต ดิจิตอล I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บางพินจะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น พิน 0, 1 เป็นขา Tx, Rx ขา Serial 3, 5, 6, 9, 10 และ 11 เป็นขา PWM
5. ICSP พอร์ต Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader
6. ไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega328 เป็น ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ใช้บนบอร์ด Arduino
7. I/O พอร์ต นอกจากจะเป็นดิจิตอล I/O แล้วยังเปลี่ยนเป็นช่องรับสัญญาณอนาล็อกตั้งแต่ขา A0-A5
8. Power Port ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, V_{in}
9. Power Jack รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V
10. ไมโครคอนโทรลเลอร์ของ Atmega16U2 เป็น ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่าน Atmega16U2

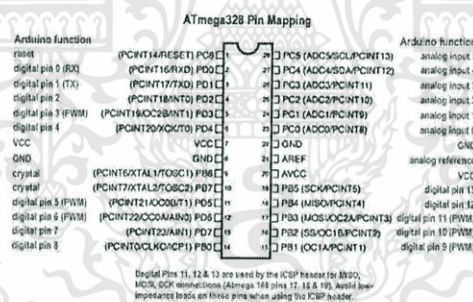
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 อินพุต และ เอาต์พุต

แต่ละดิจิทัลพินทั้ง 14 ขา และบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO สามารถใช้ได้เป็นทั้งอินพุตหรือเอาต์พุต สามารถใช้ฟังก์ชัน pinMode(), digitalWrite() และ digitalRead() ทำงานที่ 5 V แต่ละขา Each สามารถรับได้สูงสุด 40 มิลลิแอมแปร์ และมีความต้านทานแรงดันขึ้นภายใน (ตัดการเชื่อมต่อโดยค่าเริ่มต้น) 20-50 กิโลโอห์ม นอกจากนี้บางขาที่ยังมีฟังก์ชันพิเศษ เช่น

- Serial : 0 (RX) and 1 (TX) ใช้สำหรับเป็นภาครับ (RX) และเป็นภาคส่ง (TX) ข้อมูลแบบอนุกรม TTL ขาเหล่านี้จะเชื่อมต่อกับขาที่ตรงกันของ ATmega8U2 USB เพื่อ TTL อนุกรมการ
- Interrupts จากภายนอก : ขา 2 และ 3 สามารถกำหนดค่าที่จะเรียกขัดจังหวะหรือเปลี่ยนค่าตามที่ตั้งค่าไว้ ฟังก์ชัน attachInterrupt()
- PWM : ขาที่ 3, 5, 6, 9, 10 และ 11 ให้ค่าเอาต์พุตเป็น 8-bit PWM โดยใช้ฟังก์ชัน analogWrite()
- SPI : 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK) เป็นขาสำหรับใช้ การสื่อสารแบบ SPI โดยใช้ โวลาร์ SPI

2.2.4 โครงสร้างชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega328



รูปที่ 2.2 โครงสร้างชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega328

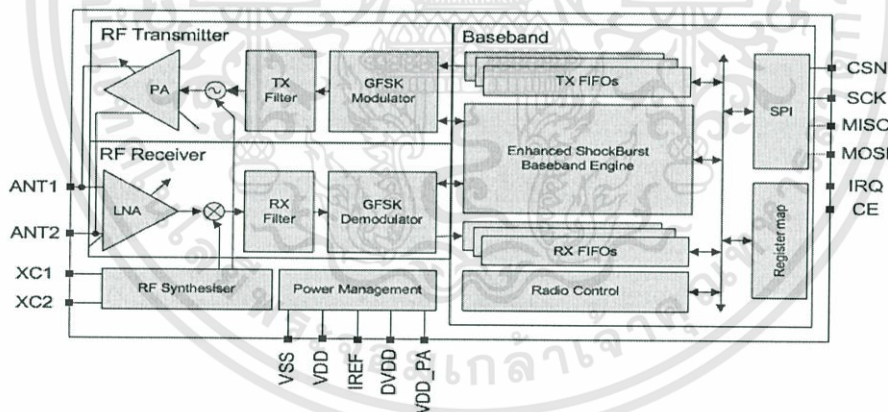
2.3 โมดูลรับ-ส่งสัญญาณไร้สาย nRF24L01

nRF24L01 เป็นโมดูลรับ-ส่งสัญญาณแบบไร้สายซึ่งอยู่ในย่านความถี่ 2.4 GHz โดยโมดูลของ nRF24L01 ประกอบด้วยชิปตัวเดียวที่มีความถี่ 2.4 GHz และทำหน้าที่ในรับ-ส่งสัญญาณแบบเบสแบนด์ nRF24L01 ได้รับการออกแบบเป็นพิเศษสำหรับการใช้งานไร้สายที่ใช้พลังงานต่ำ โดยได้ออกแบบสำหรับใช้งานสำหรับความถี่แบบ ISM โดยอยู่ในย่านความถี่ 2.400 – 2.4835 GHz และยังมี MCU (ไมโครคอนโทรลเลอร์) เป็นส่วนประกอบแบบ External Passive อีกทั้งโมดูล nRF24L01 จะต้องมี การตั้งค่าและใช้งานผ่าน Serial Peripheral Interface (SPI) โดย Interface (SPI) ประกอบด้วย SCK, MOSI, MISO และ CSN

คุณลักษณะที่สำคัญ

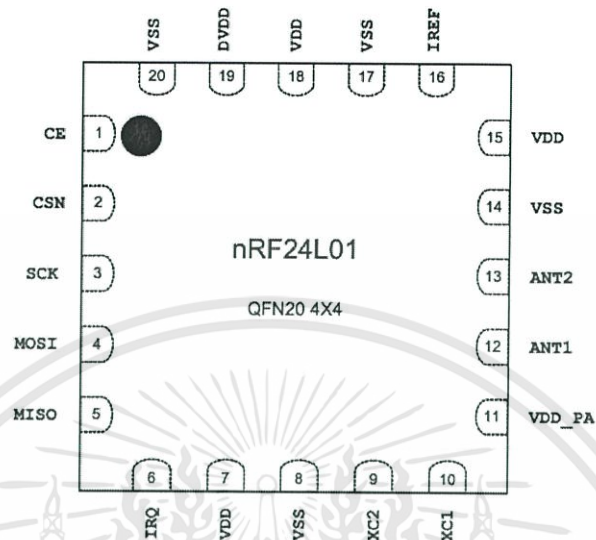
1. ย่านความถี่ 2.4 GHz ทั่วโลก ใช้เปิดวง ISM ซึ่งเป็นแบบใบอนุญาตฟรี
2. มีอัตราสูงสุด 2 Mbps ป้องกันการรบกวน การปรับ GFSK มีประสิทธิภาพ มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานการควบคุมอุตสาหกรรม
3. มี 125 Channel ที่จะตอบสนองการสื่อสารหลายจุดและความถี่กระโดด
4. มีการ Modulation แบบ GFSK
5. มี CRC ฮาร์ดแวร์ใช้ในการตรวจสอบข้อผิดพลาด และทำการควบคุมที่อยู่ในการติดต่อสื่อสาร
6. แรงดันต่ำ 1.9 – 3.6 V ในทำงานใช้พลังงานที่ต่ำ ภายใต้โหมด สถานะ 7 มิลลิแอมป์ พลังงานลดลงเหลือเพียง 1 ไมโครแอมป์
7. เสาอากาศ PCB 2.4GHz ขนาดเล็ก ประมาณ 24 mm x 24 mm (ไม่รวมเสาอากาศ)
8. โมดูลซอฟต์แวร์ที่สามารถตั้งค่าที่อยู่ ที่อยู่เมื่อเครื่องจะได้รับข้อมูล SCM สามารถเชื่อมต่อโดยตรง โดยใช้ความหลากหลายของการเขียนโปรแกรมซอฟต์แวร์จะสะดวกมาก
9. โมดูลต้องใช้แหล่งจ่ายไฟ 3.3V ควบคุมแรงดันไฟ ชิพมีแรงดัน 5V, 3.3V
10. สามารถรับ-ส่งสัญญาณ ได้ระยะทางสูงสุด 80m

2.3.1 Block diagram



รูปที่ 2.3 ภาพ Block diagram ของโมดูล nRF24L01

2.3.2 ลักษณะขาชิป nRF24L01



รูปที่ 2.4 ลักษณะขาชิป nRF24L01

2.4 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232

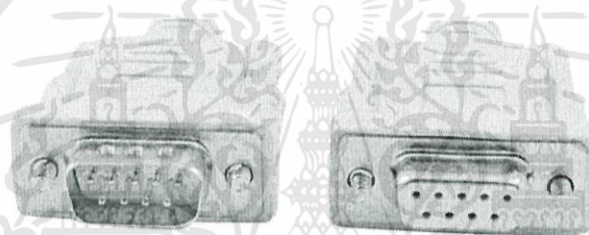


รูปที่ 2.5 พอร์ตอนุกรม RS-232 ต่อ USB

RS-232 ย่อมาจาก Recommended Standard - 232 เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Port) สามารถรับและส่งข้อมูลได้ พร้อมกัน (Full-duplex) ใช้ในการสื่อสารระหว่างจุดสองจุด กำหนดโดย สมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association : EIA) ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า EIA RS-232 มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเนคเตอร์เป็นแบบ DB-25 มีค่าระดับสัญญาณตั้งแต่ -3 V ถึง -12 V แสดงว่ามีข้อมูล (Mark) และค่าระดับสัญญาณ +3 V ถึง +12 V แสดงว่าเป็นช่องว่าง (Space)

มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment : DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data Circuit Terminating : DCE) ไว้ว่า DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัวเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือ ไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์แบบ DCE จะทำหน้าที่เป็นตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดยการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะผ่านมาตรฐาน RS - 232 ข้อแตกต่างระหว่างอุปกรณ์ DTE และ DCE คือ คอนเนคเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเนคเตอร์ที่อยู่โมเด็มจะเป็นแบบ DCE

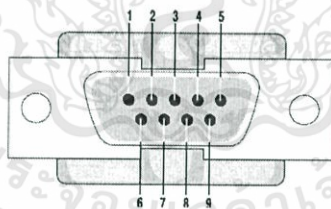
มาตรฐาน RS-232 จำกัดการส่งข้อมูลที่ระยะ 50 ฟุต (ประมาณ 15 เมตร) ขึ้นอยู่กับ ชนิดของสายสัญญาณ ระยะทาง และ ปริมาณ สัญญาณรบกวนและอัตราความเร็วในการส่งข้อมูลสูงสุดไม่เกิน 20 กิโลบิต มีแบบ 9 ขา (DB9) และแบบ 25 ขา (DB25) เนื่องจากโครงงานนี้ใช้ DB9 ในที่นี้จึงขอกล่าวถึง DB9 เพียงอย่างเดียว



รูปที่ 2.6 DB9 ด้านซ้ายคือตัวผู้ (Male) ส่วนด้านขวาคือตัวเมีย (Female)

พอร์ตอนุกรมของ PC (DTE) จะเป็นคอนเนคเตอร์แบบ DB9 ตัวผู้ (Male)

พอร์ตอนุกรมของอุปกรณ์ภายนอก (DCE) จะเป็นคอนเนคเตอร์แบบ DB9 ตัวเมีย(Female)



รูปที่ 2.7 DB9 ตัวผู้ด้านหลัง

Pin	Description	Type
1	Data Carrier Detect (DCD)	Input
2	Received Data (RXD)	Input
3	Transmitted Data (TXD)	Output
4	Data Terminal Ready (DTR)	Output
5	Signal Ground (GND)	Input
6	Data Set Ready (DSR)	Input
7	Requests to Send (RTS)	Output

8	Clear to Send (CTS)	Input
9	Ring Indicator (RI)	Input

2.4.1 หน้าที่การทำงานในแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม RS-232

DCD หรืออาจจะเรียกว่า Carrier Detect : CD ขานี้จะ Active เมื่อมีการส่งสัญญาณพาห้จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลเช่นโมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติ ขานี้จะไม่ถูกใช้งานมากนัก

RXD ขานี้ใช้รับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์โดยนำข้อมูลที่อ่านได้เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ บัฟเฟอร์

TXD ใช้ส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลส่งออกไป

DTR เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่าการติดต่อด้วยซึ่งขา DTR นี้ต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของอุปกรณ์ปลายทาง

GND กราวด์ระบบ

DSR ขานี้จะใช้คู่กับขา DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันของคอมพิวเตอร์ กับอุปกรณ์ปลายทางซึ่งขา DSR นี้จะเป็นขาสำหรับข้อมูลจากภายนอกซึ่งถูกส่งมาจากขา DTR

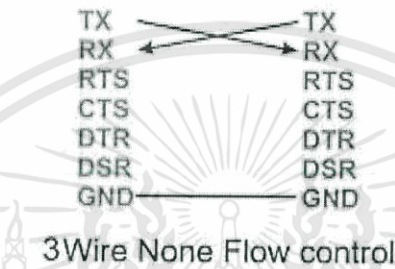
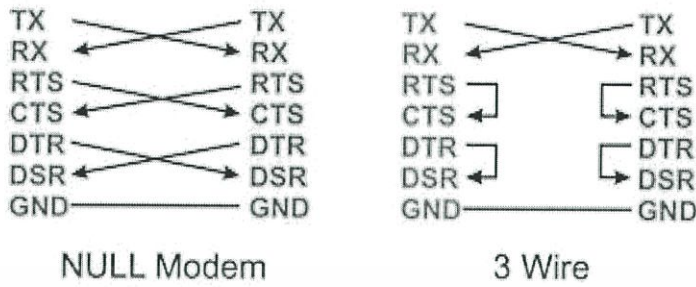
RTS เป็นขาสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมาทางคอมพิวเตอร์โดยขาที่รับสัญญาณ RTS คือขา CTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ Null Modem 3 สายจะต้องเชื่อมต่อกับขา RTS และ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกันเพื่อจะให้การรับและส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา

CTS ขานี้จะคอยรับสัญญาณจากขา RTS เมื่อรับสัญญาณได้ข้อมูลที่ขา TXD จะถูกส่งออกไป ดังนั้นขานี้จึงถูกใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่

RI ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากโทรศัพท์ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไปขานี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็ม และโปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณนี้เท่านั้น

2.4.2 การเชื่อมต่อสาย DB9

การเชื่อมต่อสาย DB9 โดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 3 แบบดังรูป



รูปที่ 2.8 รูปแบบการเชื่อมต่อสาย DB9

2.5 การสื่อสารข้อมูลอนุกรมผ่านโมดูล UART

UART ย่อมาจากคำว่า Universal Asynchronous Receiver Transmitter หมายถึง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

การสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส เป็นการส่งข้อมูลที่ไม่ต้องใช้สัญญาณนาฬิกา มาเป็นตัวกำหนดจังหวะการรับส่งข้อมูลแต่ใช้วิธีกำหนดรูปแบบ การรับส่งข้อมูลขึ้นมาแทน และอาศัยการกำหนดความเร็วของการรับและส่งที่เท่ากันทั้งฝั่งรับและฝั่งส่ง ข้อดีของการใช้ อะซิงโครนัสคือสามารถสื่อสารแบบ Full Duplex คือการรับและส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน แต่ อะซิงโครนัสมีโอกาสที่ข้อมูลจะสูญหายขณะรับส่งข้อมูล หรือ รับส่งข้อมูลผิดพลาดได้มากกว่าแบบ ซิงโครนัส

สรุปกล่าวคือ UART หมายถึง รูปแบบการส่งข้อมูล ที่ถูกกำหนดขึ้นมาเพื่อใช้รับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส โดยมีรูปแบบดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การรับส่งข้อมูลแบบ อะซิงโครนัส

เริ่มต้นจาก Start บิต เป็น Logic 0 จากนั้นจะตามด้วย Data ที่เราส่ง แล้วจะถูกปิดด้วย STOP บิต เป็น Logic 1 โดยหน้าที่หลักของ UART คือ ทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัส แล้วส่งออกไป และทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัส ที่ป้อนเข้ามายัง UART ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าคอมพิวเตอร์ ซึ่งนอกจาก UART จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แล้ว ยังทำการแจ้งข้อมูลอื่นๆ ให้คอมพิวเตอร์ทราบด้วย

เช่น อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูล, รูปแบบการส่งข้อมูลและความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล (ผิดพลาดจากพริตตี เฟรมข้อมูล และ โอเวอร์รัน) เป็นต้น

2.6 ความหมายของระบบสื่อสารข้อมูล

การสื่อสาร คือ กระบวนการถ่ายทอด แลกเปลี่ยนข้อมูล หรือกระบวนการรับส่งข้อมูลข่าวสาร จากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง หรือระหว่างผู้ส่งข้อมูลไปยังผู้รับข้อมูล โดยผ่านทางตัวกลางในการรับส่งซึ่งจะเป็นตัวกลางชนิดใดก็ได้ โดยข้อมูลนั้นอาจจะเป็นในรูปแบบของข้อความ รูปภาพ เสียง หรือสัญลักษณ์ต่างๆ ที่ต้องการส่งออกไป การสื่อสารโดยปกติจะเกิดขึ้นระหว่างอุปกรณ์สื่อสาร ซึ่งอาจจะเป็นเครื่องโทรศัพท์ เครื่องโทรสาร เครื่องส่งรับสัญญาณวิทยุ หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งแต่สองเครื่องขึ้นไป การสื่อสารข้อมูลจึงเป็นการเจาะจงถึงการส่งข่าวสาร ที่ถูกเปลี่ยนให้ไปอยู่ในรูปของสัญญาณแบบอนาล็อก (Analog) หรือ ดิจิตอล (Digital) ก็ขึ้นอยู่กับระบบเครือข่ายการสื่อสารที่ข้อมูลส่งผ่านระบบนั้นๆ ไป



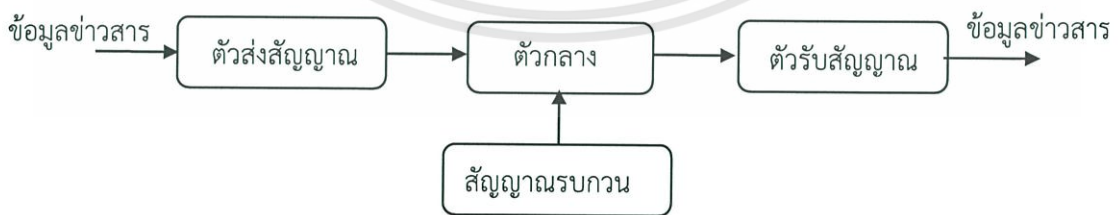
รูป 2.10 บล็อกไดอะแกรมของการสื่อสาร

2.7 ทฤษฎีการสื่อสารไร้สาย

เนื่องจากการสื่อสารนั้นมีอุปสรรคด้านระยะทางที่ห่างไกลกันมากระหว่างผู้ส่งสารและผู้รับสาร ดังนั้นจึงมีการพัฒนาวิธีการและเทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อลดขีดจำกัดในด้านต่างๆ ของการสื่อสาร สำหรับคำว่าระบบสื่อสารไร้สายนั้น ได้แสดงให้เห็นทราบว่าสื่อตัวกลางที่นำพาสัญญาณนั้นไม่จำเป็นต้องใช้สาย แต่มีการนำเอาเทคนิคและวิธีการเข้ามาช่วยในการนำพาข้อมูลข่าวสารผ่านตัวกลางที่ไม่สามารถมองเห็นได้

2.7.1 องค์ประกอบของระบบสื่อสารไร้สาย

องค์ประกอบของระบบสื่อสารไร้สายนั้น มีลักษณะเช่นเดียวกับองค์ประกอบโดยทั่วไปของระบบการสื่อสารทุกประเภทโดยมีด้วยกัน 4 ส่วน ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ส่วนประกอบระบบสื่อสารไร้สาย

ตัวส่งสัญญาณ (Transmitter)

ตัวส่งสัญญาณ คือ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อที่จะแปลงข้อมูลข่าวสารให้เป็นสัญญาณที่สามารถที่จะส่งออกไปในตัวกลางหรือช่องสัญญาณ ได้แก่ อุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งสัญญาณคลื่นวิทยุไมโครเวฟ เครื่องส่งวิทยุกระจายเสียง เป็นต้น

สื่อตัวกลางหรือช่องสื่อสาร (Communication Channel)

เป็นตัวกลางที่ให้สัญญาณอิเล็กทรอนิกส์สามารถเดินทางจากสถานที่หนึ่งผ่านไปยังอีกสถานที่หนึ่งได้ ตัวกลางในระบบการสื่อสารไร้สายนั้นได้แก่ คลื่นวิทยุ แต่ในตัวกลางนี้มีส่วนทำให้สัญญาณถูกลดทอนลงไปได้ส่วนหนึ่ง

สัญญาณรบกวน (Noise)

เป็นสัญญาณของพลังงานรูปแบบต่างๆ ที่มีลักษณะไม่แน่นอนเข้ามารบกวนในระบบสื่อสาร มีผลรบกวนสัญญาณข้อมูลที่ถูกส่งมาในช่องสื่อสาร ในบางครั้งสัญญาณรบกวนอาจเกิดขึ้นในวงจรของตัวรับสัญญาณก็ได้ สำหรับระบบสื่อสารไร้สายนั้น สัญญาณรบกวนมีอยู่ทั่วไปในอากาศ เช่น สัญญาณจากปรากฏการณ์ฟ้าแลบ เป็นต้น

ตัวรับสัญญาณ (Receiver)

เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกออกแบบให้รับสัญญาณที่ถูกส่งออกมาทางช่องสื่อสารและทำการแปลงสัญญาณให้กลับไปอยู่ในรูปแบบที่ผู้รับปลายทางสามารถเข้าใจได้

2.7.2 ตัวกลางของระบบการสื่อสาร

ในระบบการสื่อสารไร้สาย จะใช้สื่อหรือตัวกลางประเภทคลื่นความถี่หรือที่เรียกว่า “คลื่นพาหะ” ในการรับส่งสารผ่านบรรยากาศ มีอยู่ด้วยกัน 2 รูปแบบ คือ ระบบที่ใช้คลื่นวิทยุเป็นพาหะ (Radio Carrier) และ ระบบที่ใช้คลื่นแสงเป็นพาหะ (Light Carrier)

2.7.2.1 ระบบที่ใช้คลื่นวิทยุเป็นพาหะ (Radio Carrier)

ได้แก่ ระบบโทรศัพทเคลื่อนที่ ระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม ระบบวิทยุกระจายเสียง ระบบคลื่นไมโครเวฟ และระบบแลนไร้สาย จุดเด่นของระบบนี้อยู่ที่การมีมาตรฐานที่ยอมรับได้ ซึ่งหมายถึงสามารถใช้งานร่วมกันได้ และเป็นมาตรฐานกลางที่กำหนดโดย IEEE มีการวางรูปแบบให้รับส่งกันได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะเรื่องการรักษาความปลอดภัยของคลื่นสัญญาณที่อาจถูกดักฟังได้ กรณีนี้ก็มีวิธีการเข้ารหัส การสร้างระบบเอ็นคริปข้อมูล การให้บริการการใช้งาน และการดูแลรักษาเครือข่ายทำได้ง่ายกว่าแบบใช้สายมาก ทั้งนี้เพราะระบบได้รับการออกแบบมาให้เป็นแบบอัตโนมัติและตรวจสอบกันได้ โดยคลื่นวิทยุสามารถแบ่งออกเป็นหลายแถบความถี่ ซึ่งจะมีความสอดคล้องกับความยาวคลื่น ดังแสดงในตารางสเปกตรัมความถี่ของคลื่นวิทยุข้างล่างนี้

2.7.2.2 ระบบที่ใช้คลื่นแสงเป็นพาหะ (Light Carrier)

ระบบสื่อสารข้อมูลผ่านแสงอินฟราเรดที่นำไปประยุกต์ใช้ เช่น ระบบโลคอลแอเรีย เน็ตเวิร์ก(Local Area Network: LAN) ไร้สาย ระบบสื่อสารผ่านเลเซอร์อินฟราเรด การสื่อสารผ่านใยแก้วนำแสง (Fiber Optic)

2.8 การรับส่งข้อมูลของการสื่อสารไร้สาย

คลื่นความถี่แคบ (Narrowband)

จะรับส่งข้อมูลโดยแปลงเป็นบางช่วงสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เรียกว่า ISM(Industrial/ Scientific/ Medical) ที่มีความถี่แบ่งเป็น 3 ช่วง ได้แก่ 902 - 928 MHz, 2.14 - 2.484 GHz และ 5.725 - 5.850 GHz โดยการใช้งานต้องมีการขออนุญาตก่อนจาก องค์การ FCC (Federal Communication Committee)

คลื่นความถี่วิทยุแบบสเปกตรัมกระจาย (Spread Spectrum)

เป็นวิธีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณข้อมูลเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ความถี่วิทยุมากกว่าความต้องการ เพื่อป้องกันคลื่นรบกวนและการดักฟัง โดยแบ่งความถี่ออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่ 902 - 928 MHz และ 2.14 - 2.484 GHz ซึ่งไม่ต้องได้รับอนุญาตจาก FCC และการส่งแบบสเปกตรัมกระจายที่ใช้กันโดยทั่วไปมีอยู่ 2 แบบ คือ

คลื่นความถี่แบบ Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)

Frequency Hopping Spread Spectrum การส่งสัญญาณรูปแบบนี้จะใช้ความถี่พาหะเพียงความถี่เดียว ที่จะมีการเปลี่ยนแปลงไปมาอย่างต่อเนื่องในลักษณะหรือรูปแบบที่เป็นที่เข้าใจตรงกันระหว่างผู้ส่งกับผู้รับ เมื่อทางด้านผู้ส่งกับผู้รับสามารถทำงานประสานกันได้แล้ว จะทำให้วิธีการส่งแบบนี้ป้องกันสัญญาณรบกวนที่เกิดจากความถี่ข้างเคียงได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้แล้วรูปแบบที่ตกลงกันไว้ระหว่างผู้ส่งกับผู้รับก็สามารถที่จะปรับเปลี่ยนไปได้ตลอดเวลาทำให้เกิดความปลอดภัยของข้อมูลสูง

คลื่นความถี่แบบ Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)

Direct Sequence Spread Spectrum จะใช้การเข้ารหัส โดยการแปลงเลขฐานสองแต่ละบิตในข้อมูลเดิมที่จะส่ง ไปให้อยู่ในรูปแบบเลขฐานสองที่มีความยาวเพิ่มมากขึ้น ตัวอย่างเช่น ข้อมูลเลขฐานสอง 1 อาจจะถูกแปลงเป็น 0010010101 และข้อมูล 0 จะถูกแปลงเป็นอินเวอร์ส (Inverse) ของ 1 คือ 1101101010 แล้วข้อมูลที่แปลงแล้วนี้จะถูกส่งไปพร้อมๆ กัน ในลักษณะขนาน หากผู้รับสามารถจดจำรูปแบบการแปลงข้อมูลได้ก็จะได้รับข้อมูลที่ส่งไป โดยที่สัญญาณรบกวนไม่สามารถทำให้ข้อมูลเสียหายไปได้หรือหากรูปแบบที่ส่งไปเกิดผิดพลาด ทางฝ่ายรับก็สามารถที่จะใช้เทคนิคในทางสถิติเพื่อกู้ข้อมูลกลับคืนมาได้ โดยการเลือกใช้งานแบบต้องการประสิทธิภาพจะใช้แบบ DSSS แต่ถ้าต้องการด้านการใช้ตัวแปลงที่มีขนาดเล็กและราคาไม่แพง เช่นใน โน้ตบุ๊ก ก็ควรเลือกแบบ FHSS

คลื่นความถี่วิทยุสัญญาณอินฟราเรด

อินฟราเรดเป็นส่วนหนึ่งของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่เหนือคลื่นวิทยุและต่ำกว่าแสงที่มองเห็น แสงอินฟราเรดสามารถใช้ส่งข้อมูลได้ถึงแม้ว่าการส่งจะถูกจำกัดให้เป็นแนวเส้นตรงที่จะต่อเครื่องพีซีเข้ากับเครื่องพิมพ์หรือเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลได้โดยวิธีการแบบไร้สาย

2.9 เสียง

เสียงเกิดจากการสั่นของวัตถุ เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงเกิดการสั่น จะทำให้โมเลกุลอากาศสั่นตามไปด้วย โดยมีความถี่เท่ากับการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียง การสั่นของลำอากาศทำให้เกิดการเรียงตัวของโมเลกุลแตกต่างไปจากเดิม บางตำแหน่งโมเลกุลของอากาศจะเคลื่อนที่ไปอยู่ชิดติดกันมากขึ้นเรียกว่าช่วงอัด บางตำแหน่งโมเลกุลของอากาศจะอยู่ห่างกันมากขึ้นเรียกว่าช่วงขยาย ซึ่งพลังงานของการสั่นจะแผ่ออกไปรอบๆ แหล่งกำเนิดเสียง

ดังนั้นคลื่นเสียงจึงเป็นคลื่นตามยาวเพราะโมเลกุลของอากาศจะสั่นในทิศเดียวกับทิศที่เสียงเคลื่อนที่ไป เสียงอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ คุณสมบัติของเสียงจึงเหมือนคลื่นทุกประการ การเปลี่ยนความดันอากาศนี้สามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าจนถึงหูของผู้ฟังทำให้ได้ยินเสียง ความดังของเสียงจะขึ้นอยู่กับช่วงกว้างของการสั่น(แอมพลิจูด) ถ้าแอมพลิจูดมากเสียงจะดังมาก เมื่อคลื่นเสียงเดินทางเข้ากระทบเยื่อแก้วหู การเปลี่ยนความดันอากาศนี้สามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าถึงหูของผู้ฟังทำให้เยื่อแก้วหูของผู้ฟังสั่น การสั่นจะแปลงเป็นกระแสประสาทส่งไปยังสมอง ตามปกติหูคนสามารถได้ยินเสียงในช่วงความถี่ 20 Hz ถึง 20,000 Hz

เสียงที่คนเราสามารถได้ยินแต่ละเสียงอาจเหมือนกันหรือแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของเสียงซึ่งมีอยู่ 3 ข้อ คือ

1. ความดัง (Loudness) หมายถึง ความรู้สึกได้ยินของมนุษย์ว่าดังมากดังน้อย ซึ่งเป็นปริมาณที่ไม่อาจวัดด้วยเครื่องมือใดๆ ได้โดยตรง ความดังเพิ่มขึ้นตามความเข้มเสียง ความรู้สึกเกี่ยวกับความดังจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระดับความเข้มเสียง อาจกล่าวได้ว่า ความดังก็คือระดับความเข้มเสียงหูของคนสามารถรับเสียงที่มีความดังน้อยที่สุดคือ 0 dB และมากที่สุดคือ 120 dB

2. คุณภาพของเสียง (quality) หมายถึง คุณลักษณะของเสียงที่ได้ยิน เมื่อฟังเพลงจากวงดนตรีวงหนึ่งนั้น เครื่องดนตรี ทุกชนิดจะเล่นเพลงเดียวกัน แต่ผู้ฟังจะสามารถแยกได้ว่า เสียงที่ได้นั้นมาจากดนตรีประเภทใด เช่น มาจากไวโอลิน หรือเปียโน เป็นต้นการที่สามารถแยกลักษณะของเสียงได้นั้นเพราะว่าคลื่นเสียงทั้งสองมีคุณภาพของเสียงต่างกัน คุณภาพของเสียงขึ้นอยู่กับ จำนวนโอเวอร์โทนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงนั้นๆ นอกจากนี้คุณภาพของเสียงยังขึ้นกับ ความเข้มของเสียงอีกด้วย

3. ระดับเสียง (pitch) หมายถึง เสียงที่มีความยาวคลื่นและความถี่ต่างกัน โดยเสียงที่มีความถี่สูงจะมีระดับเสียงสูงส่วนเสียงที่มีความถี่ต่ำจะมีระดับเสียงต่ำ

2.9.1 ลำโพง

ลำโพง (loudspeaker/speaker) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าเชิงกลอย่างหนึ่ง ทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นเสียง มีด้วยกันหลายแบบ

1. ลำโพงแบบ Magnetic-diaphragm ขนาดเล็ก

- diaphragm แบบโลหะ ให้เสียงดังแต่มีความต้านทานต่ำ ต้องมีทรานซิสเตอร์ช่วยขับอีกที่หนึ่ง
- diaphragm แบบขดลวด และแม่เหล็กถาวร จะมีขนาดเล็กให้ระดับเสียงสูง แต่ระดับเสียงต่ำไม่ค่อยดี
- diaphragm แบบพลาสติก ลำโพงแบบนี้จะให้ระดับเสียงต่ำได้ดีขึ้น

2. ลำโพงแบบเพียโซ (Piezo)

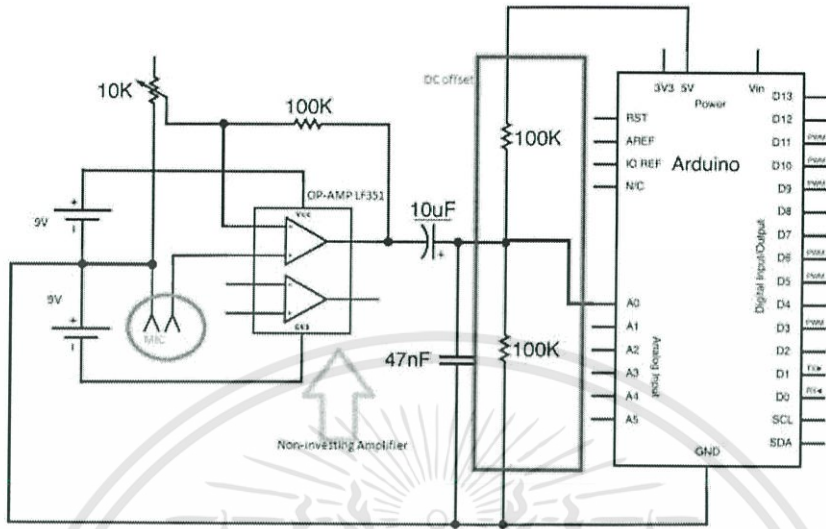
- มีความต้านทานสูงสามารถต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง
- แผ่นลำโพงแบบเพียโซมีคุณสมบัติเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าจะทำให้เกิดการบิดงอไปมาทำให้เกิดเสียงขึ้น
- คุณสมบัติของเสียงขึ้นอยู่กัขนาดของแผ่น Piezo และกล่องกำทอน (resonance box)

3. บัซเซอร์ (Buzzer)

- คือลำโพงแบบแม่เหล็กหรือ แบบเพียโซที่มีวงจรถูกกำเนิดความถี่ (oscillator) อยู่ภายในตัว เมื่อป้อนแรงดันสามารถกำเนิดเสียงได้ด้วยตัวเอง แต่ไม่สามารถเปลี่ยนความถี่ของเสียงได้

2.10 วงจรปริ๊มเค้

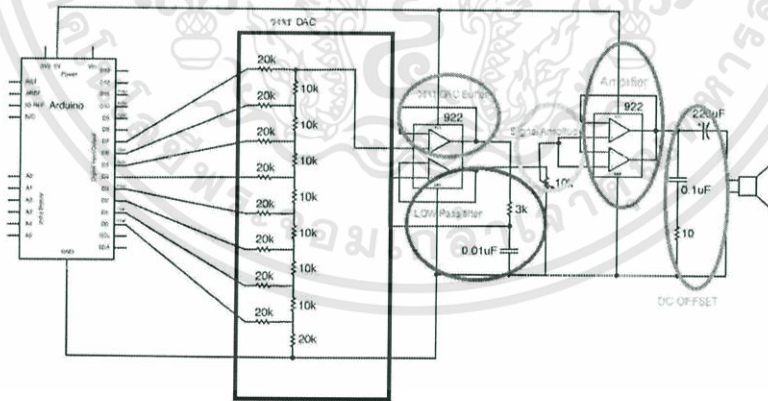
อุปกรณ์หลักที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้าคือ ไมโครโฟน ในวงจรนี้จะใช้ตัวเก็บประจุหรือเรียกว่า คอนเด็นเซอร์ไมโครโฟนเมื่อ ไมค์ จะมีแรงดันออกไปเข้าที่ขา ของ ไอซีออปแอมป์ทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียงให้มีระดับสัญญาณที่เพิ่มขึ้น ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ จะอ่านค่าข้อมูลเสียงโดยมีการแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอลได้ในตัวของบอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เองได้ โดยเขียนคำสั่งรับค่าได้



รูปที่ 2.12 วงจรปรีแมค

วงจรข้างต้นเป็นการต่อวงจร Non-inverting Amplifier และ DC Offset ก่อนต่อเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อปรับค่าให้มิตแรงดันไฟฟ้าให้มีแค่ 0 กับ 1

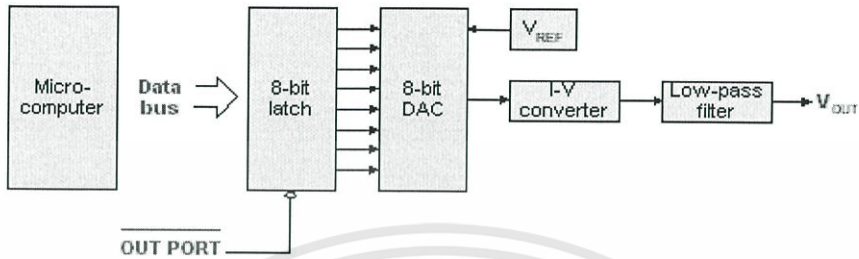
2.11 วงจรต่อลำโพง



รูปที่ 2.13 วงจรภาครับ

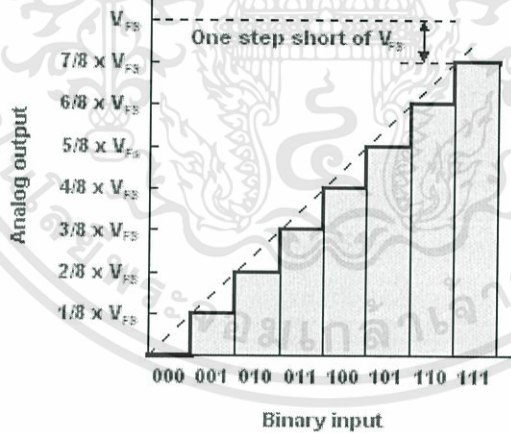
สามารถแบ่งออกมาได้คือ

2.11.1 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก (DAC)



รูปที่ 2.14 บล็อกไดอะแกรมการแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก

แสดงถึงส่วนประกอบหลักของระบบ DAC โดยทั่วไป ไมโครคอมพิวเตอร์จะมีเอาต์พุตเป็นค่าไบนารี วงจรแลทช์รับค่าไบนารีเข้ามาเพื่อส่งไปยัง DAC ในวงจรจะใช้แหล่งกำเนิดแรงดันหรือ กระแสคงที่เพื่ออ้างอิงในการแปลงข้อมูล ไบนารีเป็นระดับกระแส ต่อมาจะมีวงจรแปลง จากกระแสเป็นระดับแรงดัน (Current-to-voltage Converter) ซึ่ง ปกติจะใช้ ท้ายสุดสัญญาณอนาล็อกที่ได้จะผ่าน วงจร Low-pass Filter เพื่อกำจัดสัญญาณความถี่สูงที่ แฝงอยู่ในสัญญาณที่ถูกสร้างขึ้นมา



รูปที่ 2.15 Transfer Curve ในอุดมคติของ DAC 3 บิต

กราฟได้แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง เอาต์พุตที่เป็นอนาล็อกกับอินพุตที่เป็นดิจิทัลขนาด 3 บิตเรียกว่า transfer curve สังเกตว่าเมื่ออินพุตไบนารีเพิ่มขึ้น เอาต์พุตอนาล็อกจะเพิ่ม ในลักษณะขั้นบันไดขนาดของแต่ละขั้นจะ หาได้จาก

$$\text{Stepsize} = V_{FS} / 2^n \quad (1)$$

เมื่อให้ V_{FS} คือ ระดับแรงดันเอาต์พุตสูงสุด
 n คือ จำนวนบิตของอินพุต

เนื่องจากเอาต์พุตของ DAC จะเพิ่มเป็นขั้นๆ รูปคลื่นสัญญาณที่ได้จาก DAC จึงมีลักษณะไม่เรียบดังตัวอย่างในซึ่งแสดงถึงสัญญาณไซน์ที่สร้างจาก DAC



รูปที่ 2.16 คลื่นไซน์ที่สร้างจาก DAC

ถ้าเพิ่มจำนวนบิต ความละเอียดของ DAC จะเพิ่มขึ้น เช่น เมื่อ ใช้ DAC 12 บิต และ $V_{FS} = 5.0 \text{ V}$ ความละเอียดคือ $5.0 \text{ V} / 4096 = 1.22 \text{ mV}$ ซึ่งจะ ละเอียดกว่า DAC 8 บิตถึง 16 เท่า ความถูกต้องของ DAC ขึ้นอยู่กับหลายส่วน

- Quantization error DAC บิต $V_{FS} = 5.0 \text{ V}$ เอาต์พุตจะมีความละเอียด 19.53 mV ถ้าต้องการเอาต์พุต 4.00 V DAC จะให้เอาต์พุตได้ใกล้เคียง ที่สุดคือ 4.04 V (19.53 mV x 205) ผิดพลาด 4 mV โดยทั่วไปค่าผิดพลาดจะเท่ากับ +/- 0.5 LSB (least significant bit) ตัวอย่างเช่น DAC 8 บิต ความผิดพลาดจะเป็น 1 ใน 512 หรือ +/- 0.195 %
- Offset and gain errors เมื่ออินพุตเป็น 0 แต่เอาต์พุตของ DAC ไม่เป็น 0 เรียกว่า offset error และอาจเกิดร่วมกับ gain error ความผิดพลาดเหล่านี้ จะทำให้ transfer curve ในรูปที่ 2 โค้งขึ้น หรือลง ขึ้นอยู่กับความไม่สมดุลภายใน DAC อย่างไรก็ตาม offset error และ gain error จะแก้ได้โดยใช้ความต้านทานปรับค่าได้ต่อไว้ภายนอก
- Nonlinearity คือค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดของ Transfer curve เทียบกับเส้นตรงจากจุดศูนย์ และจุดสูงสุด ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความผิดพลาดของส่วนประกอบภายใน DAC ใน data sheet ของ DAC จะระบุเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับค่าสูงสุด หรือ ระบุเป็นเศษส่วนของ LSB (โดยทั่วไปคือ +/- 0.5 LSB)

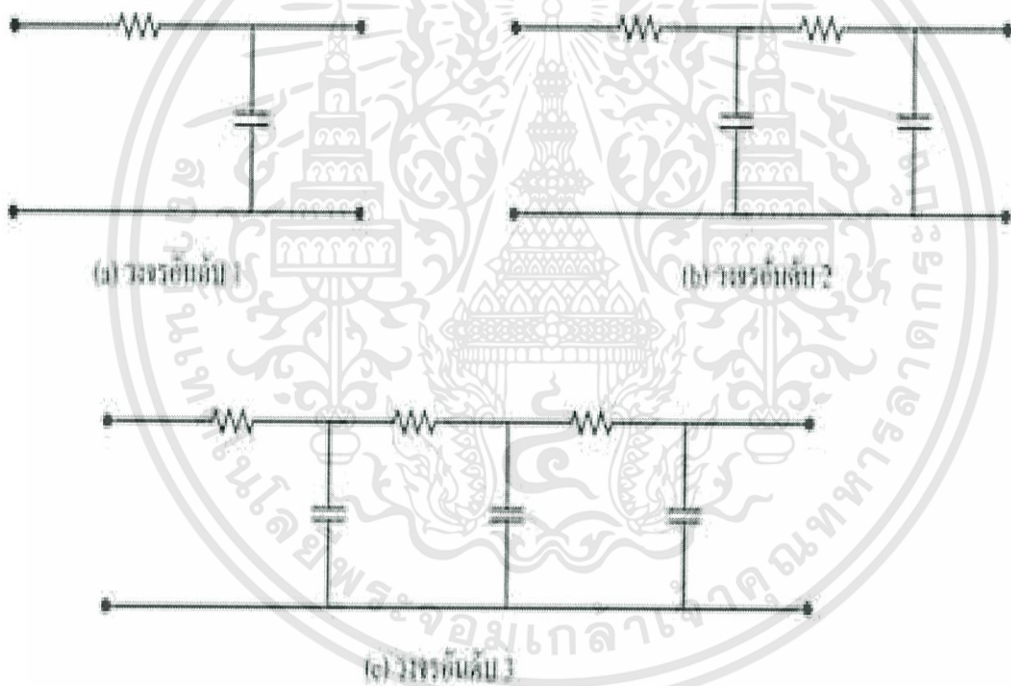
- Settling time คือช่วงเวลานับแต่ให้อินพุตจนกระทั่ง DAC ให้ เอาต์พุต วัดเมื่อเอาต์พุต ที่ได้ผิดพลาดจากค่าจริง น้อยกว่า 0.5 LSB ค่าเวลานี้อาจน้อยกว่า 100 ns สำหรับ DAC ความเร็วสูง และอาจมากกว่า 100 us สำหรับ DAC ราคาถูก

2.11.2 วงจรการสร้างบัฟเฟอร์ให้กับสัญญาณอนาล็อก

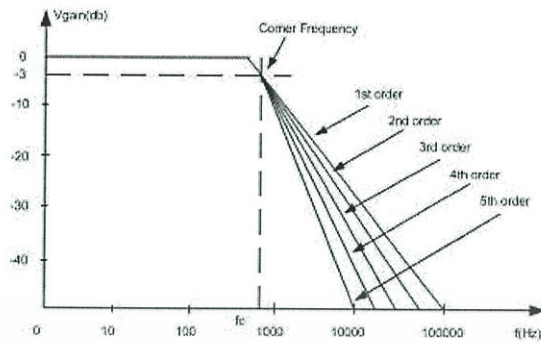
วงจรนี้สร้างขึ้นมาเพื่อให้ฝั่งรับส่งข้อมูลเสียงออกมาทันเวลา โดยมีการสร้างบัฟเฟอร์ออกมาเพื่อรองรับสัญญาณจากวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก ทำให้สามารถส่งข้อมูลออกได้ทันเวลา

2.11.3 วงจรกรองความถี่ต่ำ (Low pass Filter)

หมายถึง วงจรที่จะยอมให้สัญญาณความถี่ตั้งแต่ 0 Hz ถึงความถี่ที่กำหนดผ่านไปได้ ส่วนความถี่ตั้งแต่ที่กำหนดสูงขึ้นไปเรื่อย ๆ จะลดทอนไปตามลำดับ ลักษณะของวงจรมีตั้งแต่อันดับหนึ่งขึ้นไป ดังรูป



รูปที่ 2.17 วงจรอันดับ 1 2 และ 3



รูปที่ 2.18 กราฟแสดงอัตราขยายแรงดันเชิงความถี่ (dB)

จากรูปวงจรเมื่อทำการป้อนความถี่ต่ำเข้าวงจร ที่ C จะมีค่า XC สูง ทำให้ความถี่ต่ำไหลผ่าน R ที่มีค่าความต้านทานน้อยกว่า XC ได้สะดวก ระดับสัญญาณ เอาต์พุต จึงผ่านได้มาก แต่เมื่อความถี่สูงกว่าจุดที่กำหนด ค่า XC จะลดลง ทำให้ความถี่ ผ่านขดลวดได้ลดลงบางส่วนที่ผ่านไปได้ก็จะถูก C ดึงลง กราวด์ ระดับสัญญาณ เอาต์พุต จึงผ่านได้น้อยมาก

ในทางทฤษฎีวงจรกรองความถี่ต่ำจะยอมให้สัญญาณใดๆ ที่มีความถี่ตั้งแต่ 0 Hz จนถึงความถี่ที่กำหนดซึ่งเรียกว่า ความถี่คัตออฟ หรือ ความถี่ขอบเขต (Cutoff Frequency) ผ่านไปได้โดยไม่มีการลดทอนของสัญญาณ และถ้าความถี่ของสัญญาณเข้ามีค่าเกินที่กำหนดไว้ สัญญาณออกควรจะมีค่าเป็นศูนย์ แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถจะทำเช่นนั้นได้ เนื่องจากการตอบสนองสัญญาณที่ความถี่ต่างๆ ของอุปกรณ์ประเภทพาสซีฟ จะเป็นแบบค่อยเป็นค่อยไปไม่เปลี่ยนแปลงทันทีทันใด ดังนั้นผลที่ได้จึงเป็น ดังรูปที่ 27 คือเมื่อสัญญาณมีความถี่สูงขึ้นวงจรจะลดสัญญาณลงไปเรื่อยๆ จนกระทั่งจะลดลงในอัตราคงที่ค่าหนึ่ง

ขั้นตอนการคำนวณวงจรกรองความถี่ต่ำ

สิ่งที่ต้องพิจารณาเป็นพิเศษสำหรับการออกแบบวงจรฟิลเตอร์ชนิดกรองความถี่ต่ำผ่านก็คือ ค่าความถี่คัตออฟ w_c ที่ต้องการใช้งาน ซึ่งความถี่คัตออฟหาได้จากสมการ

$$W_c = \frac{1}{RC} = 2\pi f_c \quad (2)$$

โดยที่ w_c มีหน่วยเป็น เรเดียนต่อวินาที (rad/s)

f_c มีหน่วยเป็น เฮิร์ตซ์ (Hz)

R มีหน่วยเป็น โอห์ม (ohm)

C มีหน่วยเป็น ฟาร์ด (F)

ในทำนองเดียวกันเมื่อกำหนด w_c ไว้แล้ว ต้องการจะหาค่า R ก็จะได้เป็น

$$R = \frac{1}{\omega_c C} = \frac{1}{2\pi f_c C} \quad (3)$$

2.11.4 วงจรแอมป์รีไฟเออร์ (Amplifier)

วงจรรขยายความถี่เสียง (Audio Amplifier) โดยทั่วๆ ไปจะใช้สำหรับขยายแรงดัน ส่วนวงจรรขยายแอมป์รีไฟเออร์ (Power Amplifier) เป็นวงจรรขยายสัญญาณขนาดใหญ่ (Large-signal amplifier) ซึ่งจะใช้ขยายสัญญาณเอาต์พุตให้มีกำลังตกคร่อมโหลด วงจรรขยายกำลังอาจจัดไปแอสซิงของวงจรรในคลาส A ซึ่งเป็นการไบแอสที่กึ่งกลางของเส้นโหลด หรือจัดไบแอสคลาส B ซึ่งเป็นการให้ไบแอสที่จุดคัทออฟ หรือคลาส AB จัดไบแอสเหนือจุดคัทออฟเล็กน้อย โดยต่อทรานซิสเตอร์ 2 ตัวต่อร่วมกันเรียกวจรรขยายแบบพุชพูล (Push-pull amplifier)

การเชื่อมต่อสัญญาณเอาต์พุตให้กับโหลด อาจใช้ทรานส์ฟอร์มเมอร์คัปเปิล (Transformer coupled) คาปาซิเตอร์คัปเปิลหรือไดเร็กคัปเปิลก็ได้ วงจรไดเร็กคัปเปิลจะมีคุณสมบัติในการถ่ายทอดสัญญาณที่ดีที่สุดแต่ต้องใช้แหล่งจ่ายแรงดันสองชุดคือ $\pm VCC$

2.11.4.1 วงจรรขยายกำลังคลาส A

เป็นวงจรรขยายกำลังที่ให้ไบแอสทรานซิสเตอร์ที่กึ่งกลางของเส้นโหลด จึงไม่เกิดความเพี้ยนของสัญญาณ เมื่อไม่ป้อนสัญญาณจะเกิดกำลังงานสูญเสียที่ทรานซิสเตอร์เนื่องจากมีกระแสไหลผ่านทรานซิสเตอร์ตลอดเวลา ทำให้ประสิทธิภาพในการขยายต่ำ

- ดีซีเพาเวอร์หรือกำลังดีซีที่ถูกขยายด้วยวงจรรขยายกำลัง และวงจรรขยายเปลี่ยนกำลังดีซีให้เป็นกำลังเอซีที่โหลด บางครั้งกำลังอินพุตที่เกิดขึ้นบนเอาต์พุตทรานซิสเตอร์ หรือบนส่วนประกอบอื่นของวงจรรขยายกำลัง อาจทำให้เกิดการสูญเสียกำลังที่โหลด ดังนั้นประสิทธิภาพ (Efficiency) จึงวัดถึงคุณสมบัติของวงจรรขยายในการเปลี่ยนกำลังดีซีที่อินพุตให้เป็นอัตราณกำลังเอซีที่โหลด

2.11.4.2 วงจรรขยายกำลังคลาส B

การไบแอสทรานซิสเตอร์ของวงจรรขยายคลาส A เป็นคลาสที่ไม่มีประสิทธิภาพในการขยายมากนัก เนื่องจากเกิดกำลังงานสูญเสียที่ทรานซิสเตอร์ ถึงแม้ว่าจะไม่มีการป้อนสัญญาณที่อินพุตก็ตาม ดังนั้นจึงกำหนดให้ทรานซิสเตอร์ทำงานที่จุดคัทออฟ เรียกวจรรขยายนี้ว่าคลาส B โดยให้ไบแอสทรานซิสเตอร์ที่จุดคัทออฟ จึงไม่มีกระแสไหลที่ทรานซิสเตอร์เมื่อยังไม่ป้อนสัญญาณ จึงไม่เกิดกำลังงานสูญเสียที่ทรานซิสเตอร์ วงจรรขยายคลาส B มีประสิทธิภาพมากกว่าวงจรรขยายคลาส A

- เมื่อไม่มีสัญญาณอินพุต ทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวได้รับไบแอสออฟ ทำให้มีกำลังสูญเสียเป็นศูนย์ และเมื่อมีสัญญาณไซน์ตกคร่อมที่ขดปฐมภูมิของทรานส์ฟอร์มเมอร์ ทำให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสจะทำให้สิ้นเปลืองกำลังน้อยกว่าวงจรรขยายคลาส A

2.11.4.3 วงจรขยายกำลังคลาส AB

สัญญาณที่ขดปฐมภูมิจะถูกเหนี่ยวนำไปที่เอาต์พุตของวงจรขยายคลาส B จะไม่เป็นรูปที่สัญญาณไซน์ที่สมบูรณ์ เนื่องจากเกิดความเพี้ยนของสัญญาณที่รอยต่อ เรียกว่าครอสโอเวอร์ดิสตอร์ชัน (Cross over distortion) เนื่องจากทรานซิสเตอร์จะยังไม่ นำกระแส จนกว่าสัญญาณอินพุตจะทำให้แรงดันเบส-อิมิตเตอร์มีค่าประมาณ 0.7 V ยังคงทำให้ทรานซิสเตอร์ได้รับไบแอสออฟอยู่ จนกว่าแรงดันอินพุตมีค่ามากกว่านี้ จึงจะทำให้ทรานซิสเตอร์ได้รับไบแอสออน ดังนั้นจึงมีการดัดแปลงวงจรให้เป็นวงจรขยายคลาส AB วงจรขยายคลาส AB จำแนกตามการถ่ายทอดสัญญาณเอาต์พุตมี 2 แบบคือ แบบใช้ทรานส์ฟอร์มเมอร์คัปเปิลกับแบบไม่ใช้ทรานส์ฟอร์มเมอร์คัปเปิล

2.11.4.4. วงจรแปลงกระแสสลับ (DC offset)

DC offset คือ การปรับแต่งแรงดันที่จุดออกลำโพงให้เป็นศูนย์ในทางอุดมคติ แต่ในทางปฏิบัติยังได้ค่าน้อยเท่าไรก็ยังดีไม่ควรเกิน 100 mV idle current คือ กระแสเฉื่อย หรือกระแสสงบ ปรับเพื่อลดความเพี้ยนระหว่างรอยต่อระหว่างสัญญาณ ซีกบวกกับซีกลบ

บทที่ 3

โครงสร้างของระบบและการออกแบบ

3.1 บทนำ

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงภาพรวมการทำงานของระบบ รายละเอียดแต่ละส่วนของโครงสร้างในระบบ และวิธีออกแบบ

3.2 โครงสร้างของระบบ

ในโครงงานนี้ได้นำความสามารถในการสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless communication) มาประยุกต์ใช้งานกับการสื่อสารแบบมีสาย โดยภาพรวมโครงสร้างของระบบจะแสดงดังรูป 3.1 ซึ่งระบบนี้จะเริ่มทำงานเมื่อเราป้อนอินพุตที่เป็นสัญญาณเสียงเข้าไปยังช่องรับอินพุตสัญญาณเสียงที่รับเข้ามา จะถูกขยายสัญญาณให้มีความแรงขึ้นโดยภาคขยาย (Amplifier) เพื่อส่งไปยังภาคแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (ADC) ที่อยู่บน ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO ซึ่งส่วนนี้จะทำการ Sampling สัญญาณเสียงอินพุตออกมาแล้วแปลงสัญญาณเสียงนั้นเป็นสัญญาณดิจิทัล ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO จะเป็นตัวกำหนดรูปแบบของเฟรมข้อมูลในการส่งและควบคุมพารามิเตอร์ต่างๆ ทั้งหมดเช่น อัตราเร็วในการส่ง การตรวจสอบพาริตี ช่องสัญญาณ กำหนด Coordinate, Router หรือ End device ของเครือข่าย เป็นต้น หลังจากที่กำหนดค่าเสร็จหมดแล้ว Arduino UNO จะส่งข้อมูลไปยัง nRF24L01 โดยหลังจากที่ข้อมูลเสียงที่เป็นดิจิทัลเข้ามาทาง nRF24L01 สัญญาณจะถูกส่งไปยัง Arduino UNO จากนั้นจะส่งสัญญาณไปส่วน DAC วงจรนี้จะเป็นการแปลงสัญญาณ เป็นการแปลงสัญญาณเสียงที่เป็นข้อมูลดิจิทัลให้เปลี่ยนเป็นเป็นสัญญาณเสียงแบบอนาล็อกจากนั้นก็นำสัญญาณเสียงที่ผ่านการแปลงไปขยายสัญญาณเสียง ด้วย ภาคขยาย เพื่อส่งต่อออกทางลำโพง ดังนั้น จะแบ่งระบบโดยรวมจะแบ่งเป็นส่วนใหญ่ๆ ได้ 2 ส่วน คือ ส่วนการทำงานของภาคส่งสัญญาณ และ ส่วนการทำงานของภาครับสัญญาณ

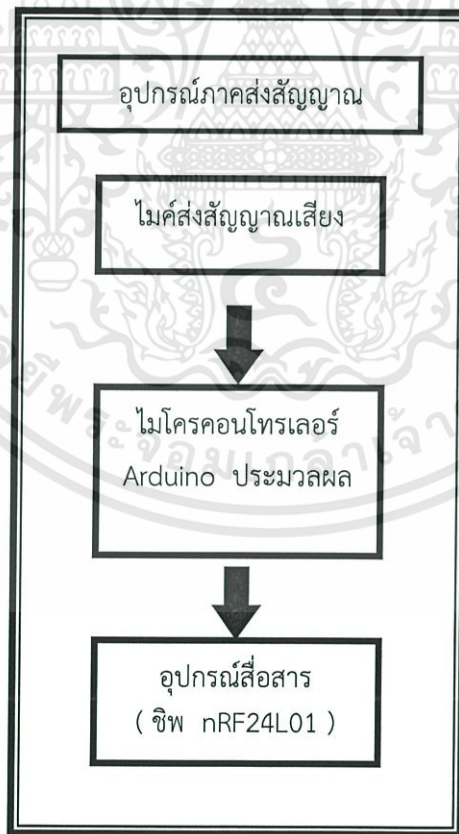


รูปที่ 3.1 รูปภาพโครงสร้างภาพรวม

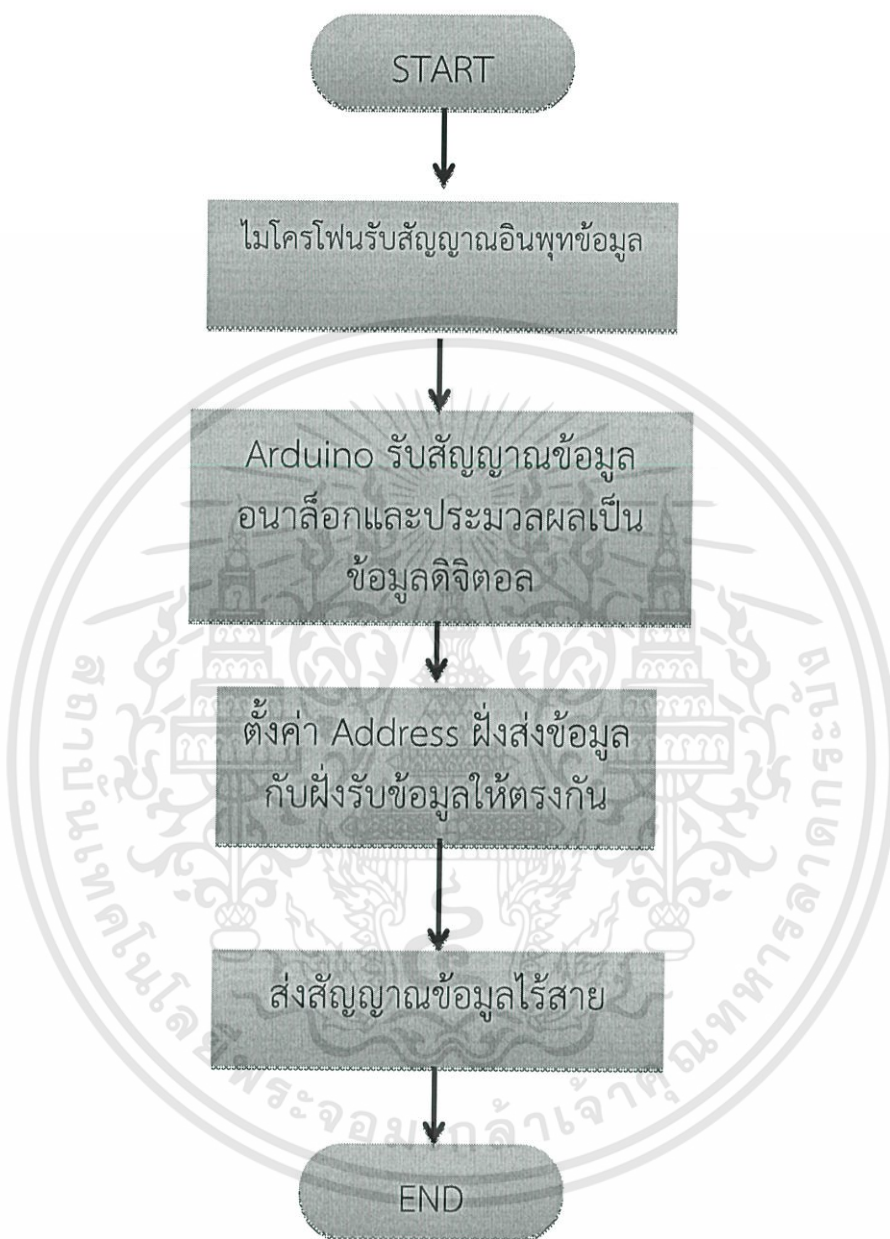
3.2.1 ส่วนการทำงานของภาคส่งสัญญาณ

หลักการการทำงานของภาคส่งสัญญาณ

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO จะควบคุมการตั้งค่าการทำงานของ nRF24L01 สั่ง เปิดการทำงาน และจ่ายกำลังงานให้ โดยกำหนดให้เป็นโหมดการส่งสัญญาณ พร้อมทั้งตรวจสอบ Register
2. ตั้งค่า Address ตัวส่งให้ตรงกับค่า Address ตัวรับที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO
3. ตั้งค่า Buffer ของ nRF24L01
4. อ่านค่าอินพุตสัญญาณเสียงแบบอนาล็อก และ แปลงสัญญาณเสียงเป็นดิจิตอล
5. กำหนดอัตราการส่ง และตรวจสอบการต่อขาการทำงานของ Jumper เพื่อกำหนดกำลังการส่ง
6. เขียนข้อมูลลง Buffer เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับส่ง
7. ส่งข้อมูลถูกออกจากชิพ nRF24L01 ในรูปแบบการสื่อสารไร้สายด้วยความถี่ 2.4 GHz



รูปที่ 3.2 โครงสร้างของอุปกรณ์ภาคส่งสัญญาณ

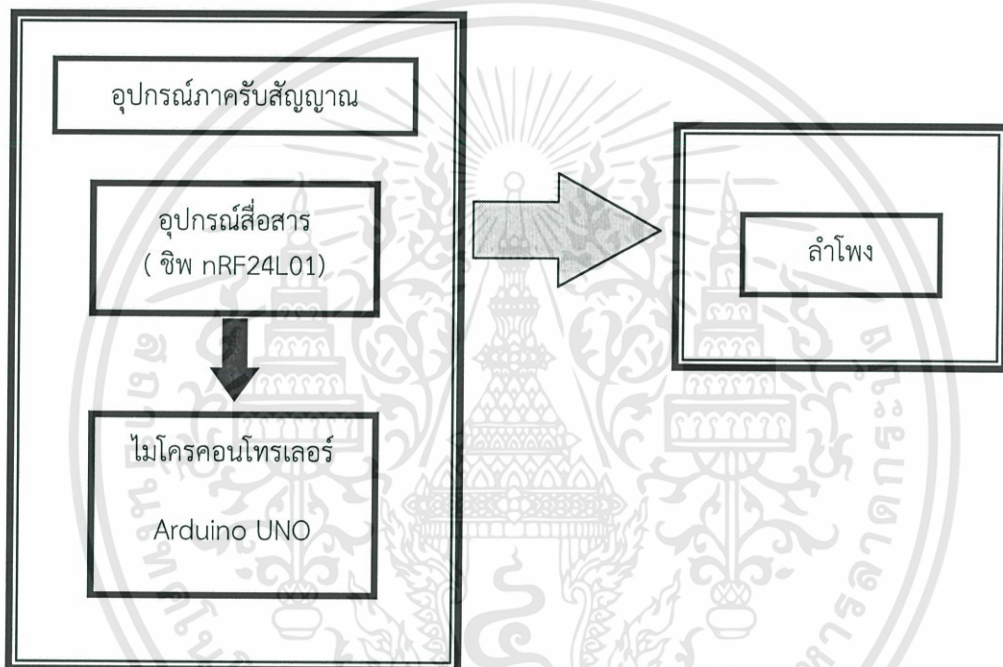


รูปที่ 3.3 Flow Chart การทำงานของภาคส่งสัญญาณ

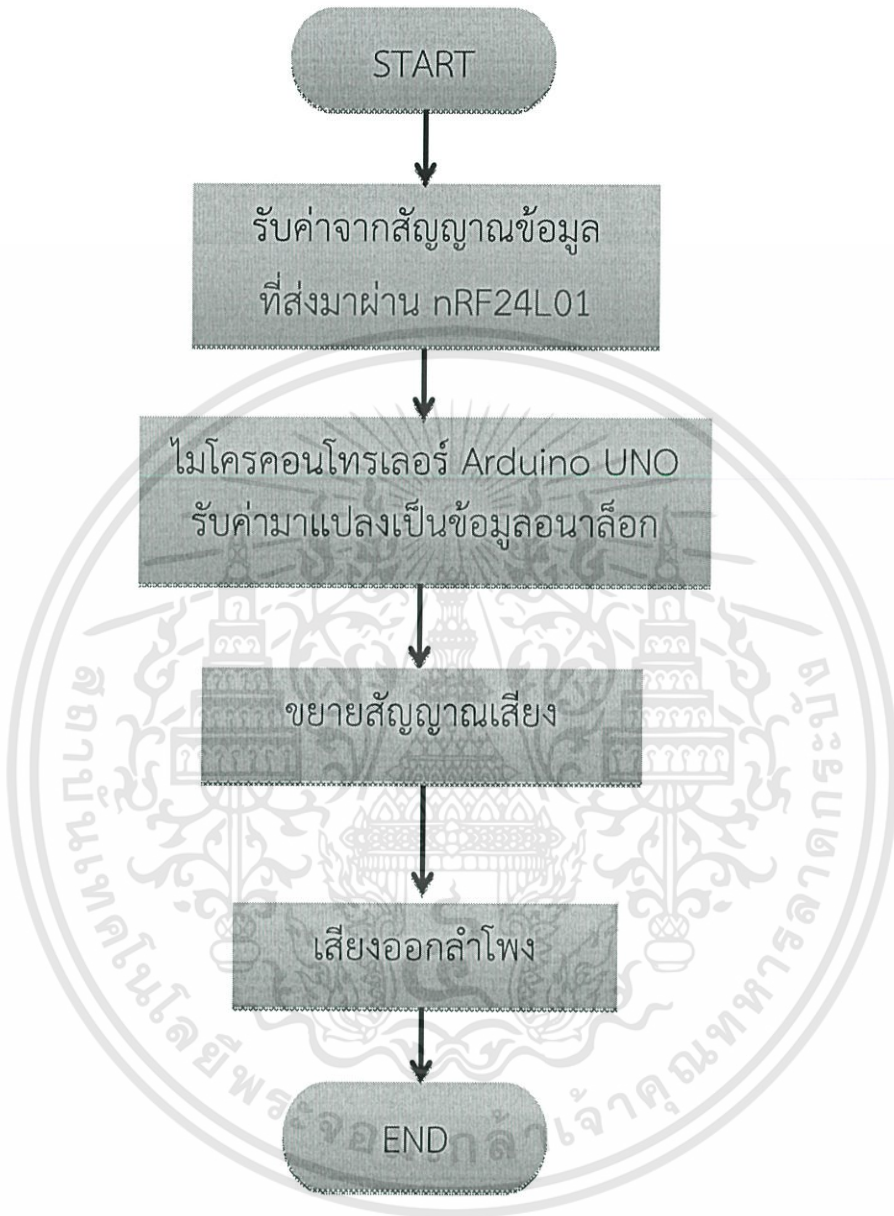
3.2.2 ส่วนการทำงานของภาครับสัญญาณ

หลักการทำงานของภาครับสัญญาณ

1. ชิพ nRF24L01 จะทำการรับสัญญาณเสียงแบบดิจิตอลข้อมูลมาแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO จะควบคุมให้มีการแปลงสัญญาณเป็นอนาล็อก
2. นำสัญญาณเข้าภาคขยายสัญญาณเสียงเพื่อให้ลำโพงเสียงดังขึ้น
3. เสียงออกลำโพง

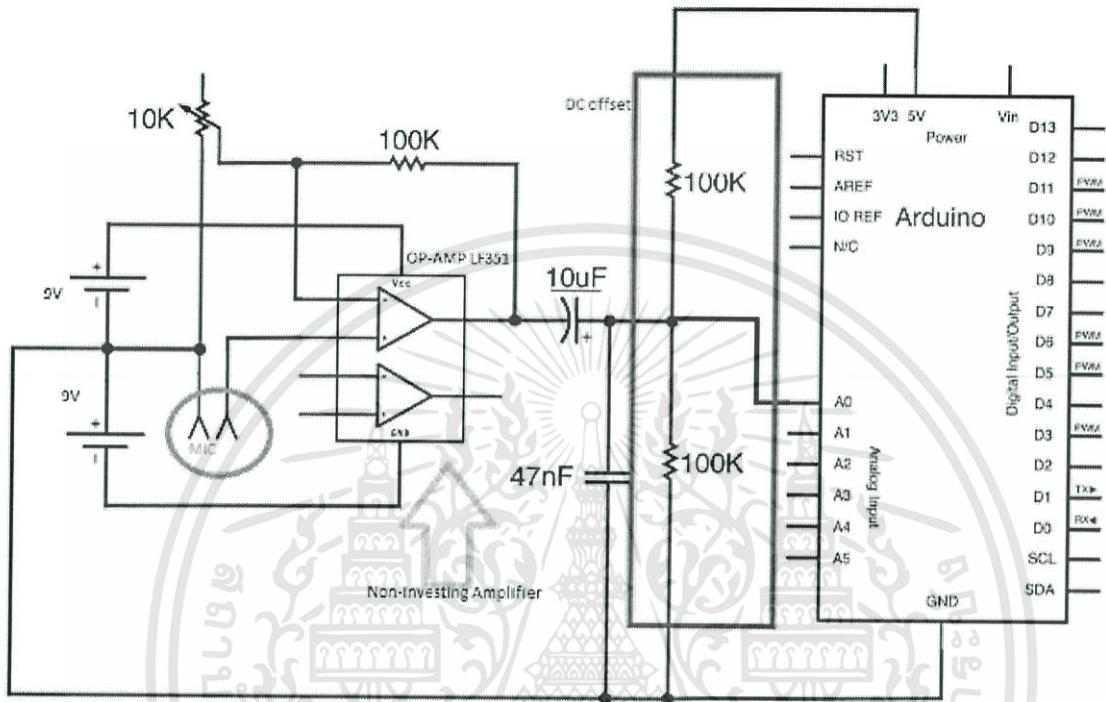


รูปที่ 3.4 โครงสร้างของอุปกรณ์ภาครับสัญญาณ



รูปที่ 3.5 Flow Chart การทำงานของภาครับสัญญาณ

3.3 ชุดอุปกรณ์ส่งข้อมูล



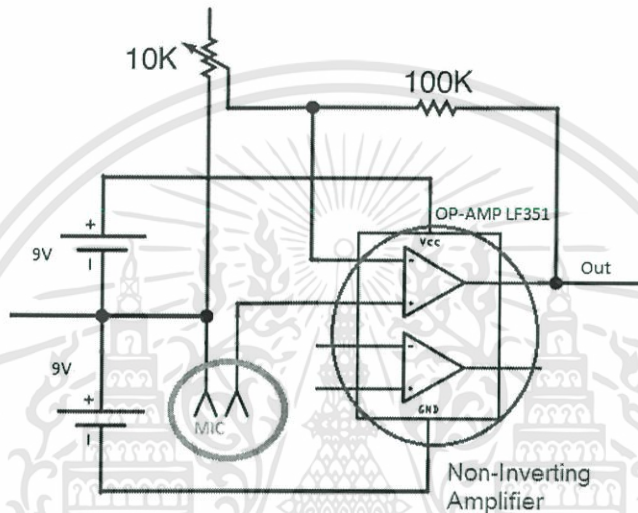
รูปที่ 3.6 รูปวงจรของอินพุตข้อมูล

3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้

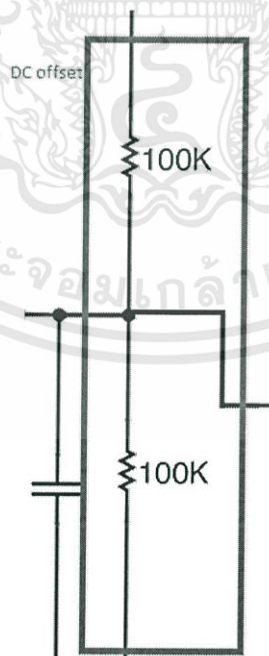
- | | |
|--|--------------|
| ○ ปริโมคค์ | จำนวน 1 ชิ้น |
| ○ Op-amp TL072 | จำนวน 1 ชิ้น |
| ○ ตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์มแบบปรับค่าได้ | จำนวน 1 ชิ้น |
| ○ ตัวต้านทาน 100 กิโลโอห์ม | จำนวน 3 ชิ้น |
| ○ ตัวเก็บประจุ 10 ไมโครฟารัด | จำนวน 1 ชิ้น |
| ○ ตัวเก็บประจุ 10 นาโนฟารัด | จำนวน 1 ชิ้น |
| ○ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO | จำนวน 1 ชิ้น |

3.3.2 การออกแบบวงจรอินพุตข้อมูล

สำหรับการออกแบบวงจรอินพุตข้อมูลนั้น จะออกแบบให้มีวงจรมีการอินพุตสัญญาณเสียงเข้าทางปรีไมค์ หลังจากนั้นให้มีการขยายสัญญาณแบบ (Non-inverting amplifier) และยกระดับสัญญาณแบบการต่อวงจร (DC offset) ที่ยกระดับสัญญาณเพื่อให้มีสัญญาณที่เข้าไมโครคอนโทรลเลอร์เฉพาะด้านบวกจะทำให้ค่าที่เข้าบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้

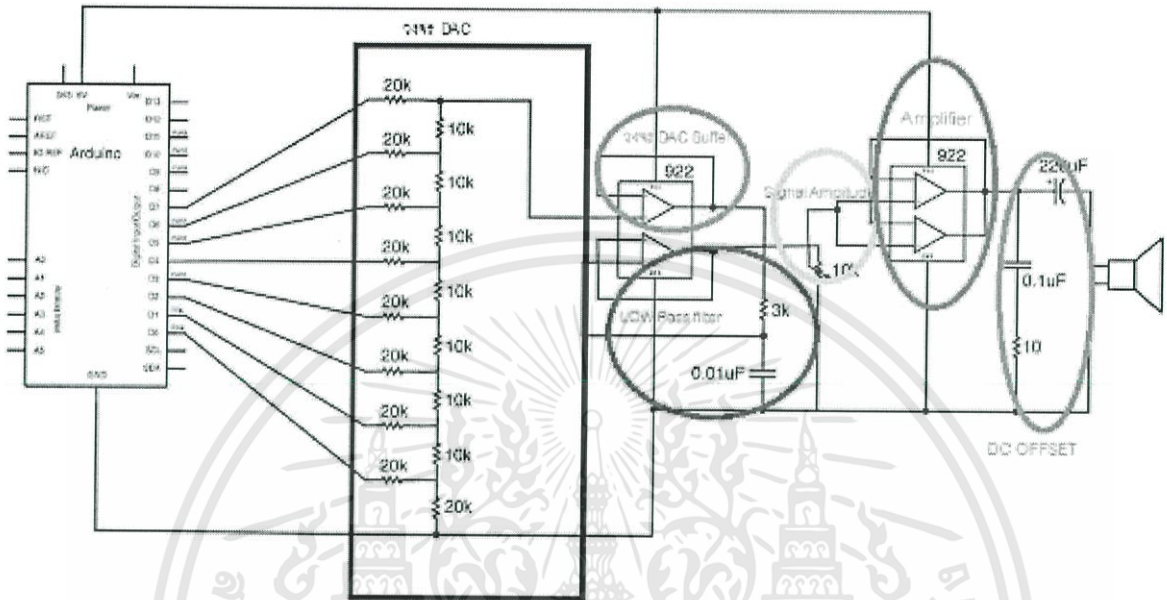


รูปที่ 3.7 รูปส่วนปรีไมค์ และ ส่วนวงจรขยายสัญญาณ Non-inverting amplifier



รูปที่ 3.8 ส่วนวงจรที่เป็น DC offset

3.4 ชุดอุปกรณ์รับข้อมูล



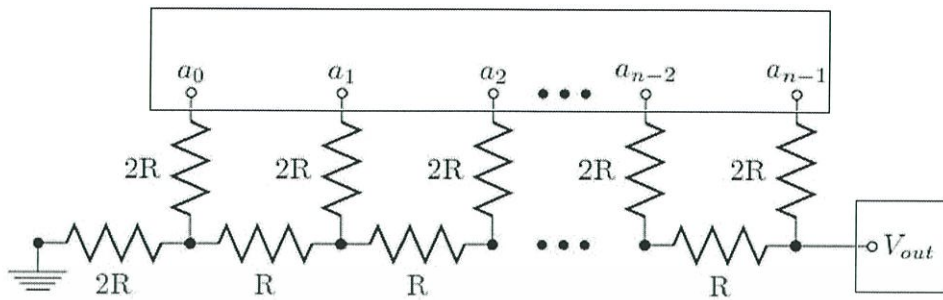
รูปที่ 3.9 ภาพรวมวงจรรับข้อมูล

3.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้

- | | |
|------------------------------------|--------------|
| -ตัวต้านทาน 20 กิโลโอห์ม | จำนวน 9 ชิ้น |
| -ตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์ม | จำนวน 7 ชิ้น |
| -Op-amp TS912 ,Op-amp LM386 | จำนวน 2 ชิ้น |
| -ตัวต้านทานปรับค่าได้ 10 กิโลโอห์ม | จำนวน 1 ชิ้น |
| -ตัวเก็บประจุ 0.01 นาโนฟารัด | จำนวน 1 ชิ้น |
| -ตัวเก็บประจุ 220 นาโนฟารัด | จำนวน 1 ชิ้น |
| -ตัวเก็บประจุ 0.1 นาโนฟารัด | จำนวน 1 ชิ้น |
| -ตัวต้านทาน 30 กิโลโอห์ม | จำนวน 1 ชิ้น |
| -ตัวต้านทาน 100 กิโลโอห์ม | จำนวน 1 ชิ้น |
| -ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO | จำนวน 1 ชิ้น |

3.4.2 การออกแบบวงจรรับข้อมูล

ในส่วนนี้มีการออกแบบวงจรรับข้อมูล โดยใช้วงจรแปลงสัญญาณข้อมูลแบบดิจิตอล กลับเป็นสัญญาณอนาล็อก เมื่อได้สัญญาณผ่านวงจรแปลงระดับสัญญาณเป็นอนาล็อกแล้วจะนำสัญญาณที่ได้ไปต่อกับ วงจรกรองความถี่ ภาคขยายสัญญาณ และ กระจายสัญญาณ ออกเป็นเสียง



รูปที่ 3.10 วงจรแปลงดิจิตอลเป็นอนาล็อก



บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

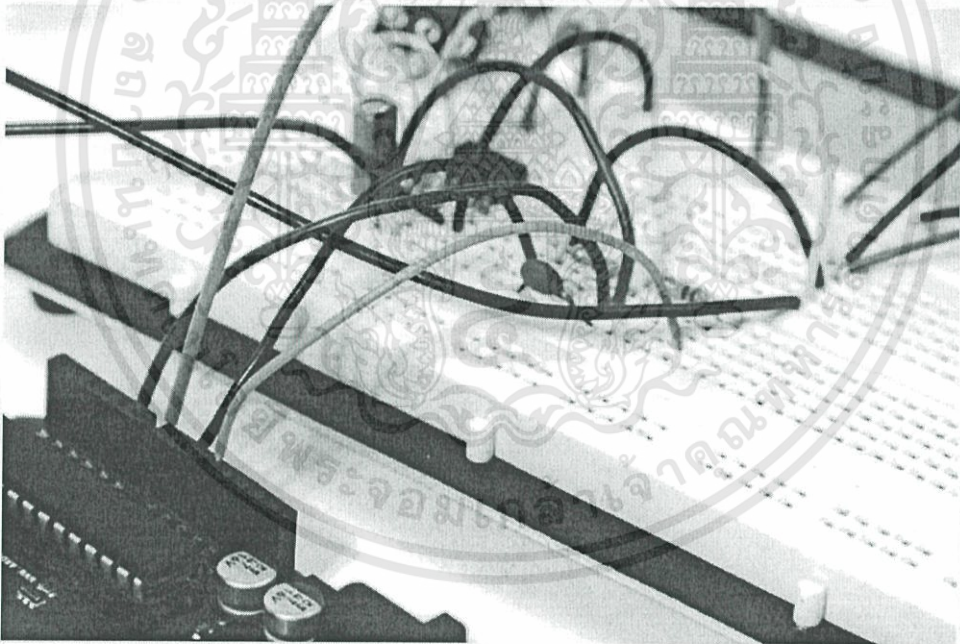
1. ผลการทดลองอุปกรณ์ภาคส่ง
2. ผลการทดลองอุปกรณ์ภาครับ

4.1 ผลการทดลองอุปกรณ์ภาคส่ง

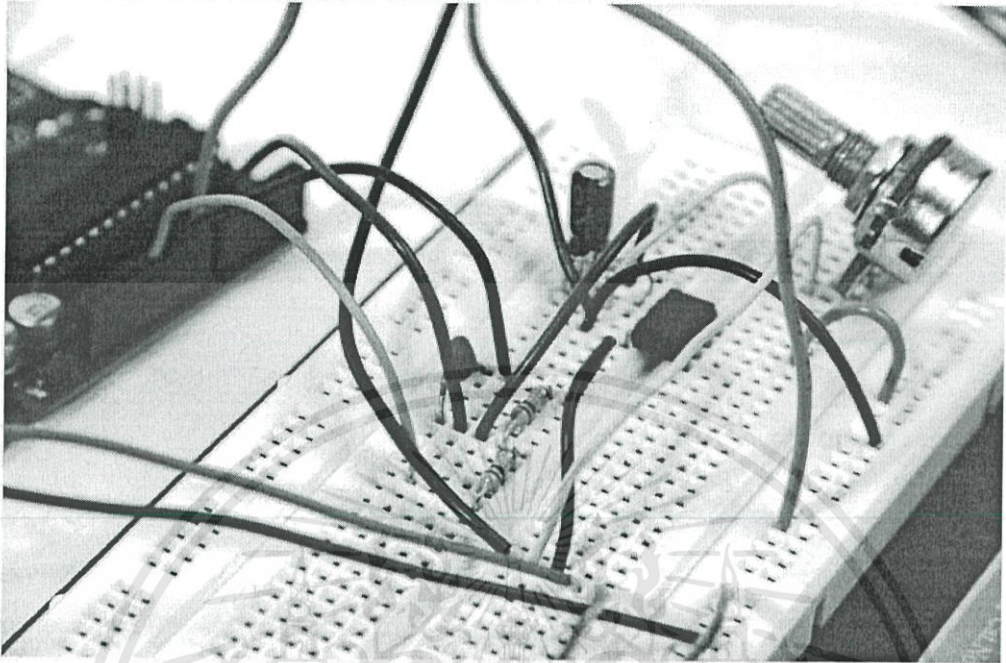
ในผลการทดลองภาคส่งสัญญาณได้ทำการทดลองอินพุตสัญญาณหลายๆ แบบเพื่อทดสอบอุปกรณ์โดยวิธีการที่ใช้คือ 1. ป้อนสัญญาณคลื่นไซน์จาก Signal generator 2. ป้อนสัญญาณเสียงจากช่องเอาต์พุตของโทรศัพท์ และ 3. ป้อนสัญญาณโดยการพูด ในการอินพุตสัญญาณจะทำการอินพุตสัญญาณข้อมูลเข้าช่อง ADC0 ที่อยู่บน Arduino ของภาคส่งสัญญาณ จากนั้นจะส่งสัญญาณข้อมูลผ่านไปยังตัวส่งสัญญาณ nRF24L01

ผลการทดลองภาคส่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

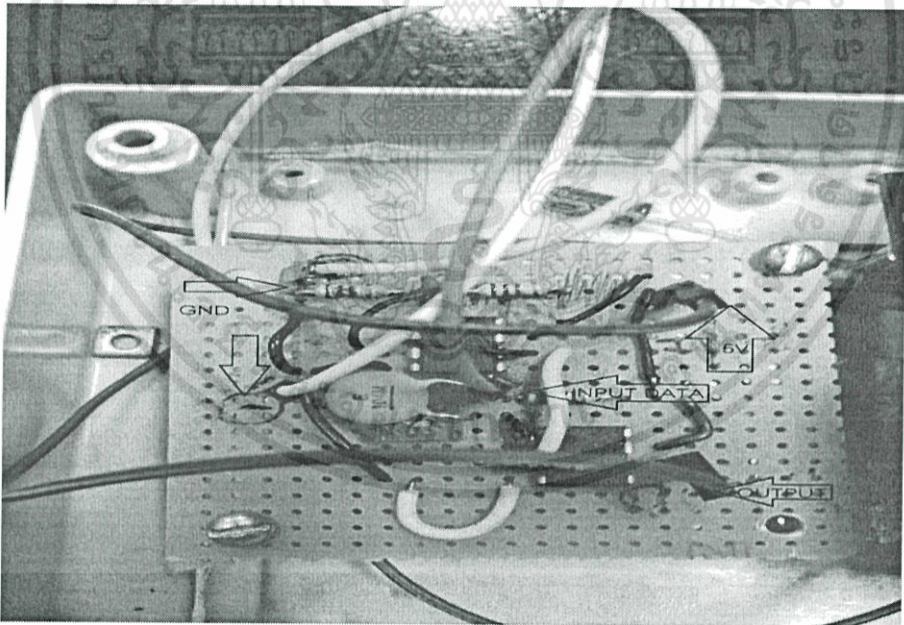
4.1.1 ภาพรวมของวงจรภาคส่ง



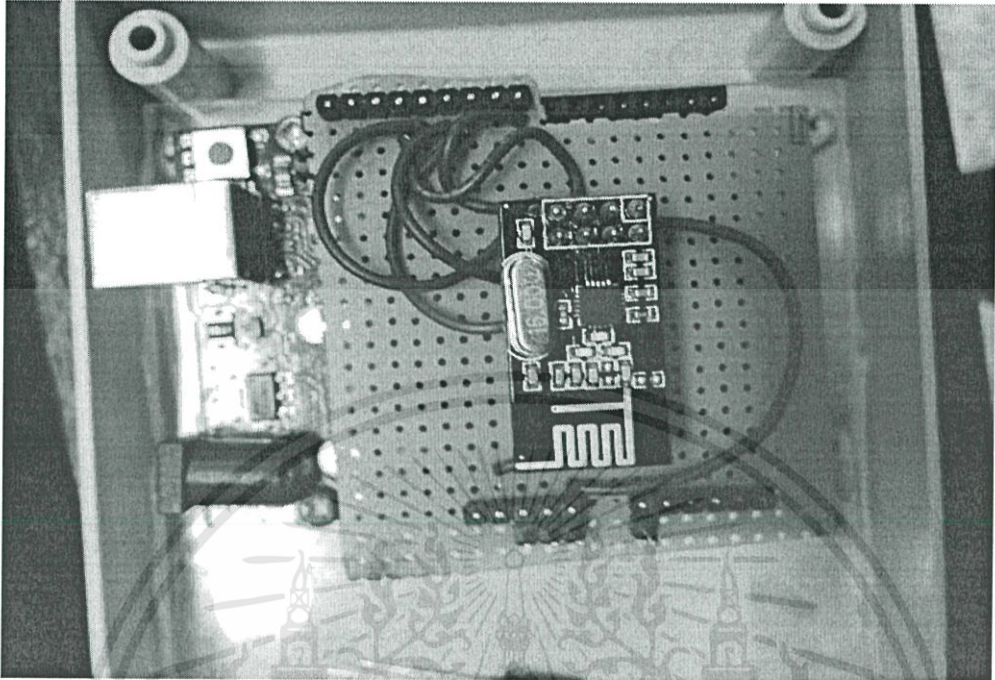
รูปที่ 4.1 ภาพรวมของวงจรภาคอินพุตสัญญาณ



รูปที่ 4.2 ภาพส่วนประกอบของภาคอินพุตสัญญาณ

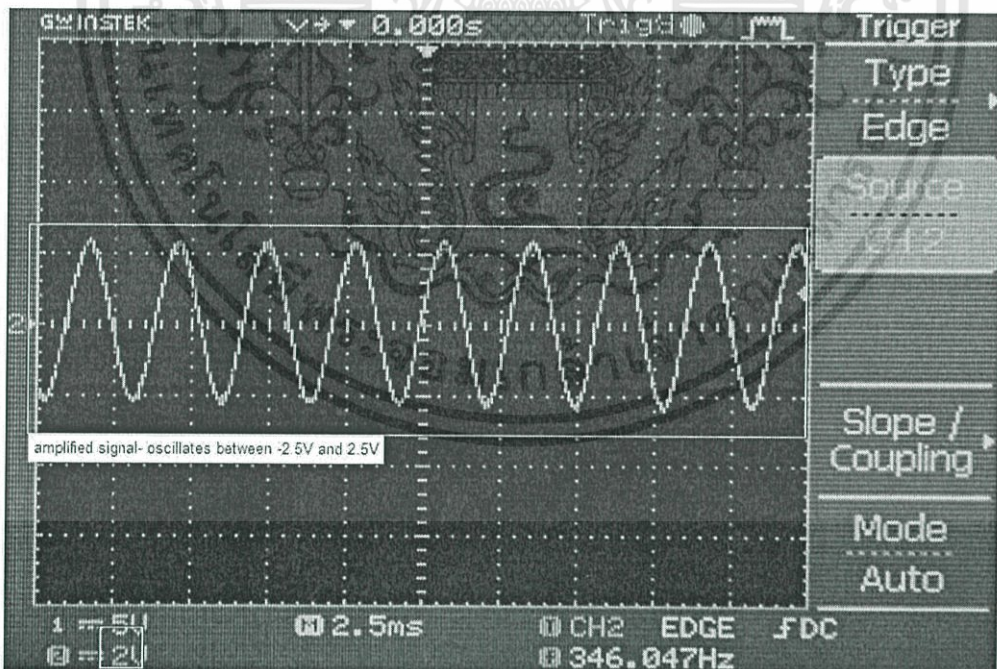


รูปที่ 4.3 วงจรไมค์

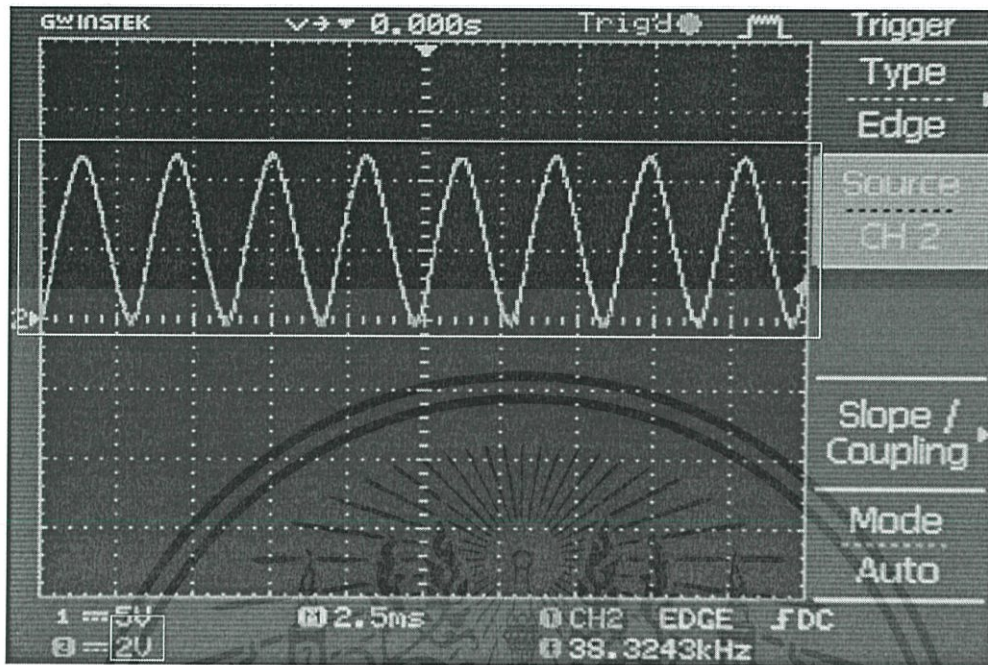


รูปที่ 4.4 รูปการต่อ nRF24L01 บน Arduino UNO R3

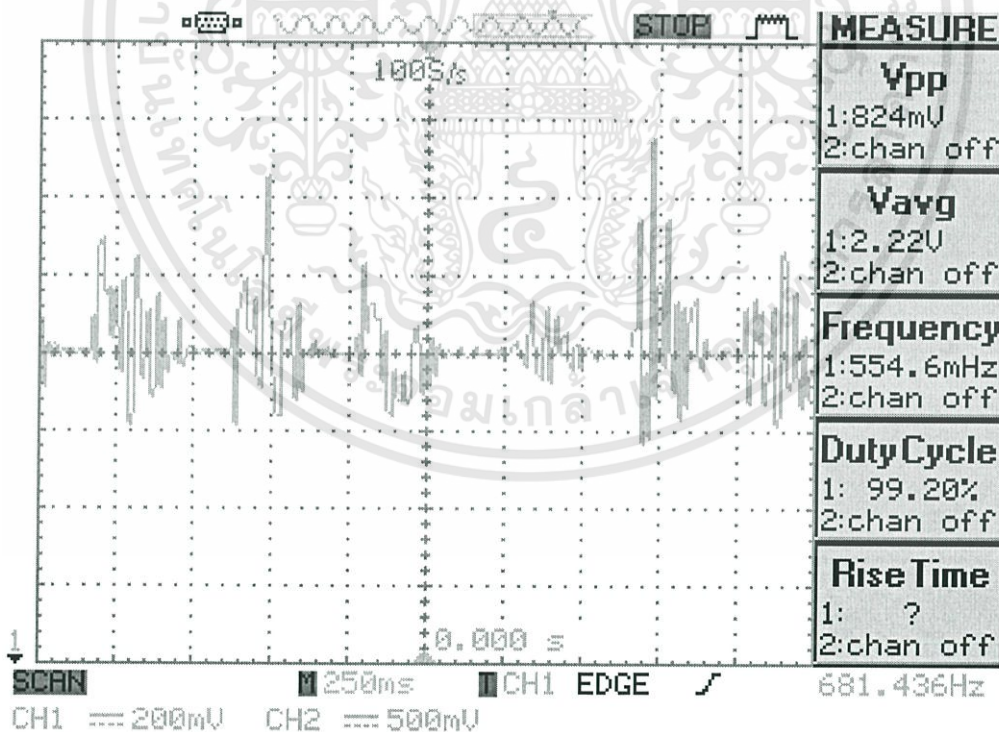
4.1.2 ภาพรวมรูปสัญญาณ



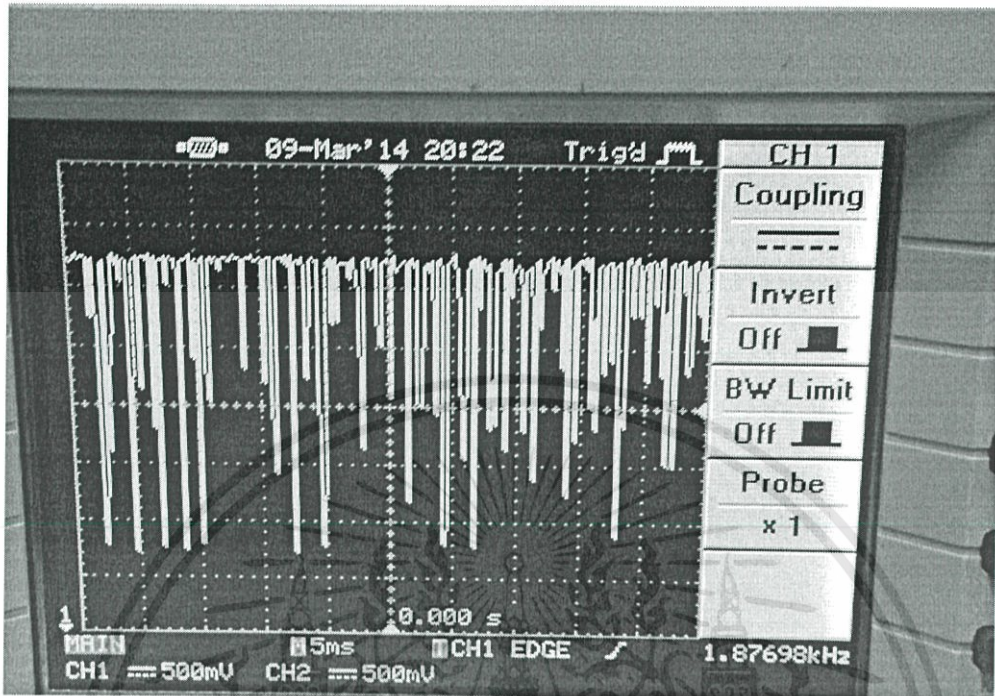
รูปที่ 4.5 ป้อนสัญญาณคลื่นไซน์ตรงจุดไมค์



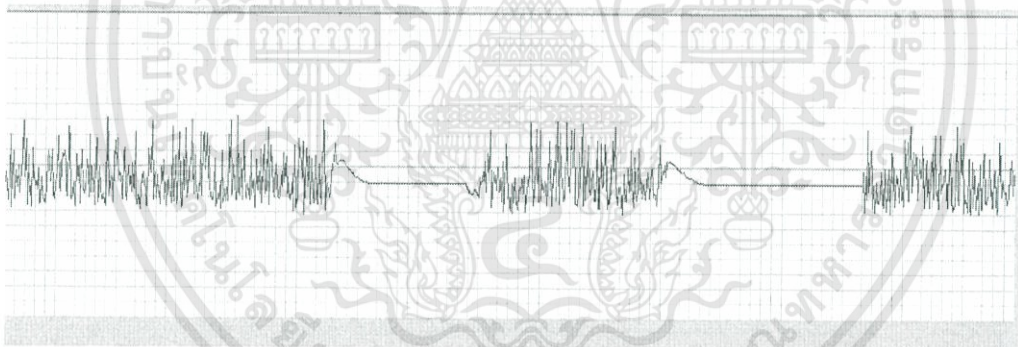
รูปที่ 4.6 สัญญาณคลื่นไซน์ที่ออกจากเอาต์พุตไมค์



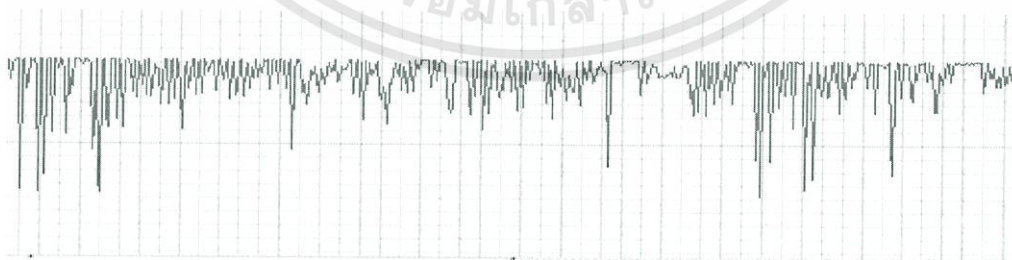
รูปที่ 4.7 สัญญาณไมค์พูดคำว่า “TEST TEST 1 2 3”



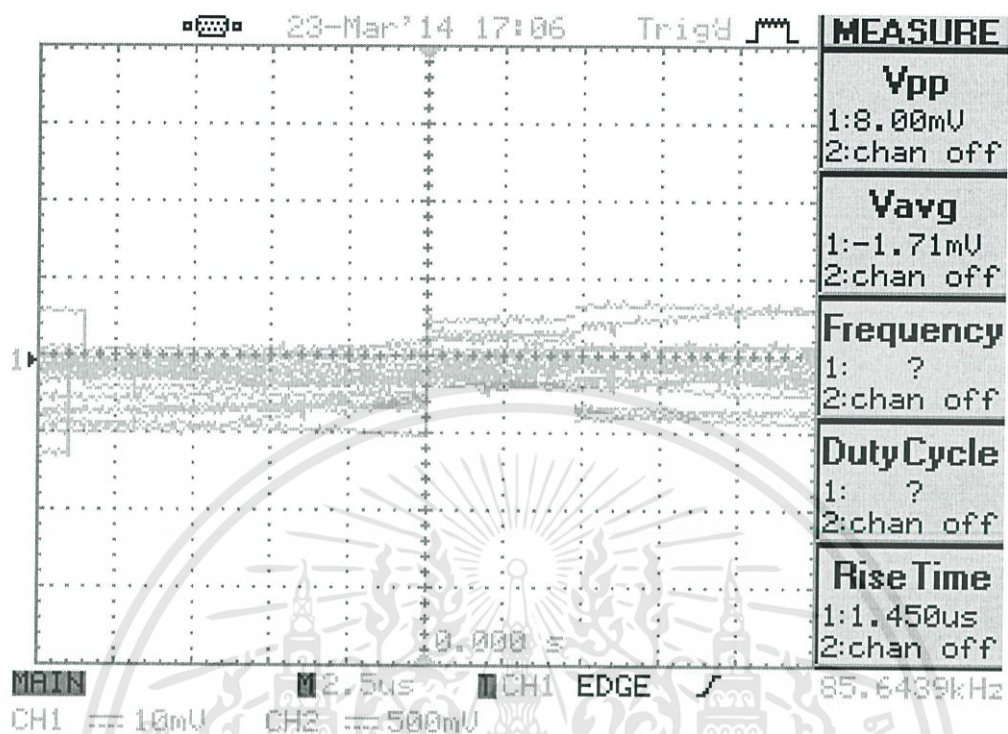
รูปที่ 4.8 สัญญาณเสียงจากโทรศัพท์ที่ออกเอาต์พุตไมค์



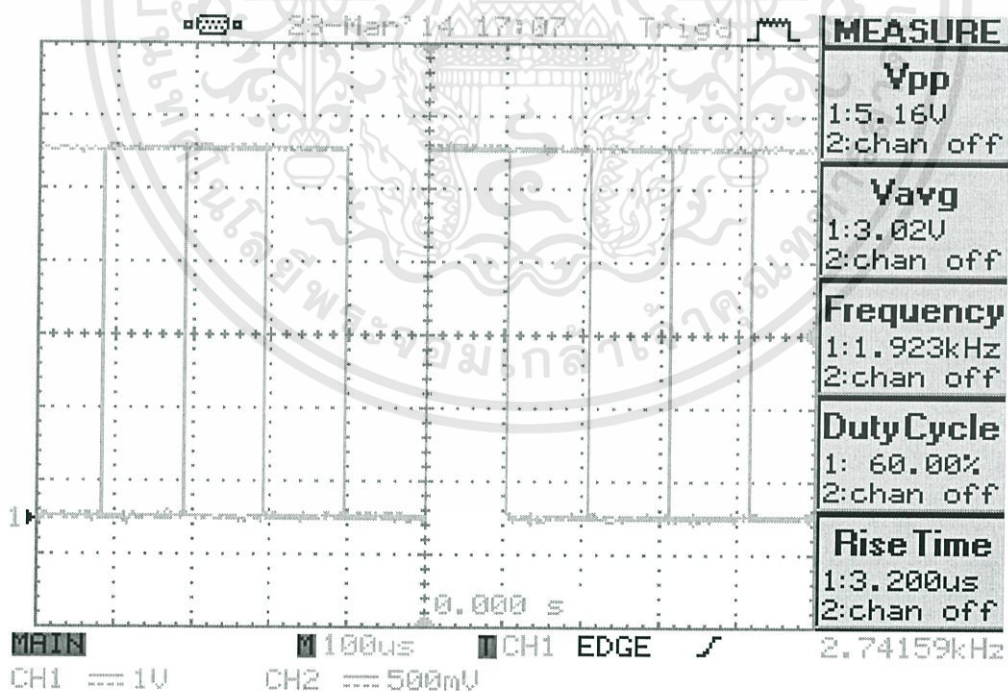
รูปที่ 4.9 รูปสัญญาณเมื่อพูดทดสอบ



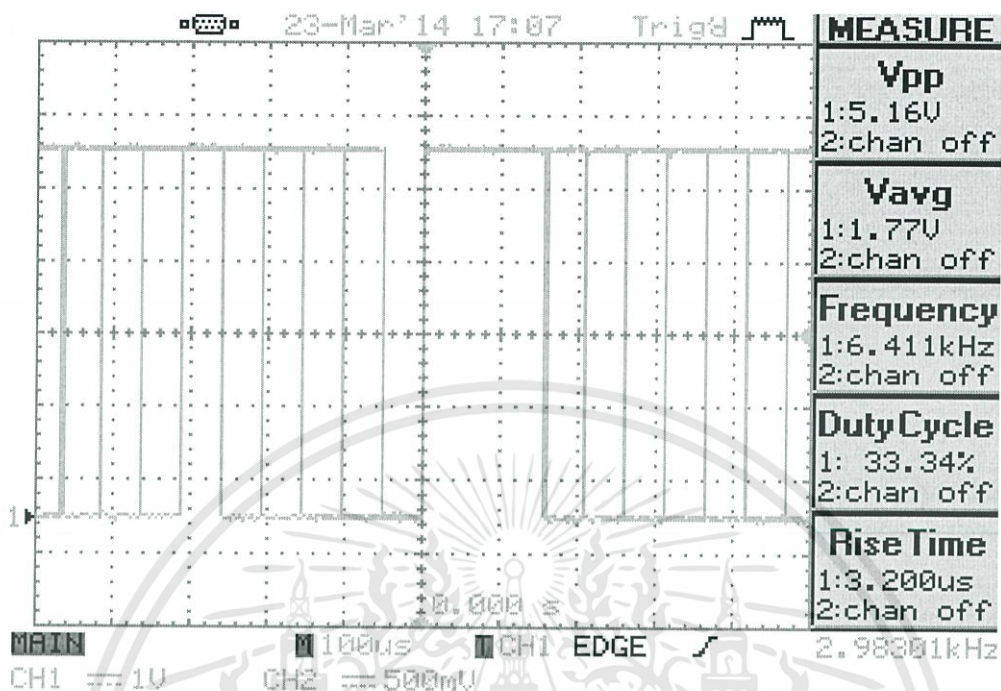
รูปที่ 4.10 รูปสัญญาณเมื่ออินพุตเสียงจากโทรศัพท์



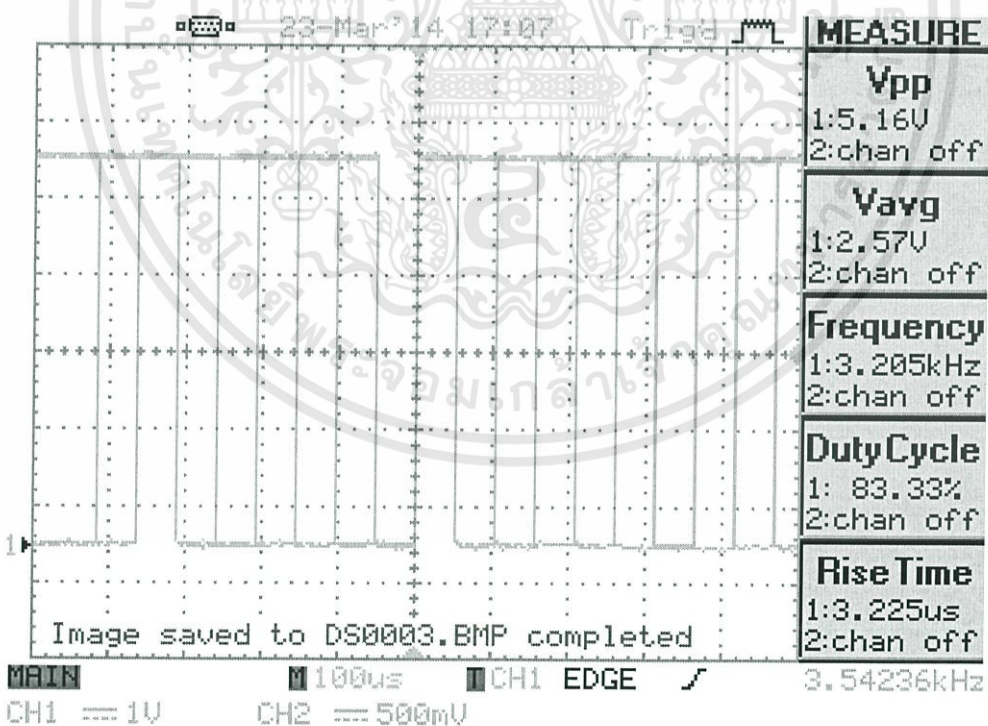
รูปที่ 4.11 สัญญาณไมค์ดิจิตอลที่ถูกแปลงจากอนาล็อกขาหนึ่ง



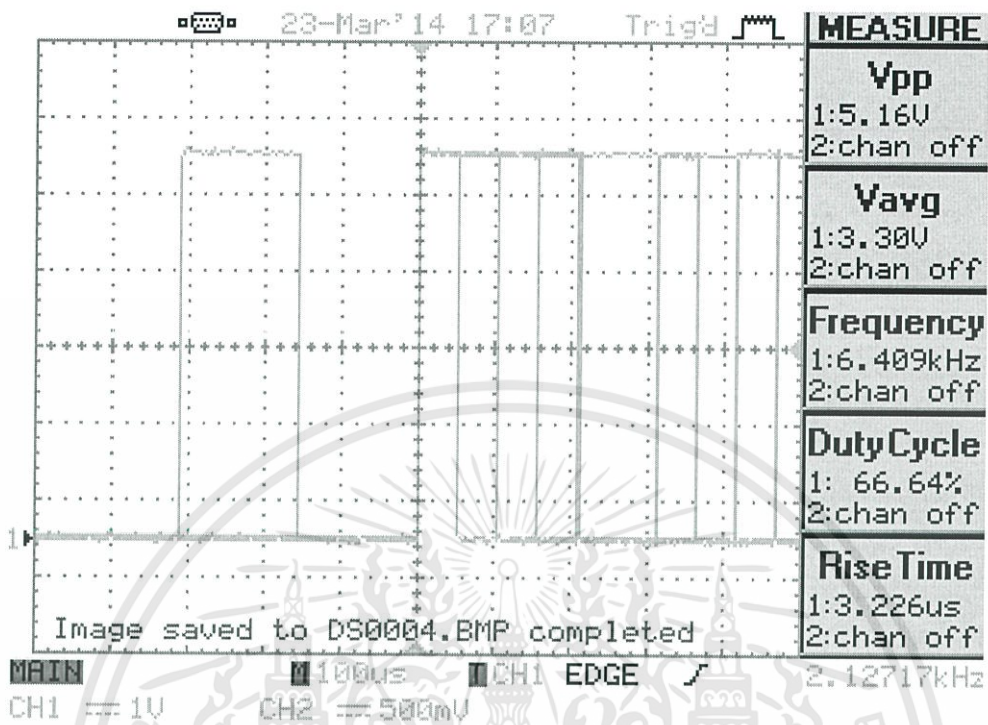
รูปที่ 4.12 สัญญาณไมค์ดิจิตอลที่ถูกแปลงจากอนาล็อกขาสอง



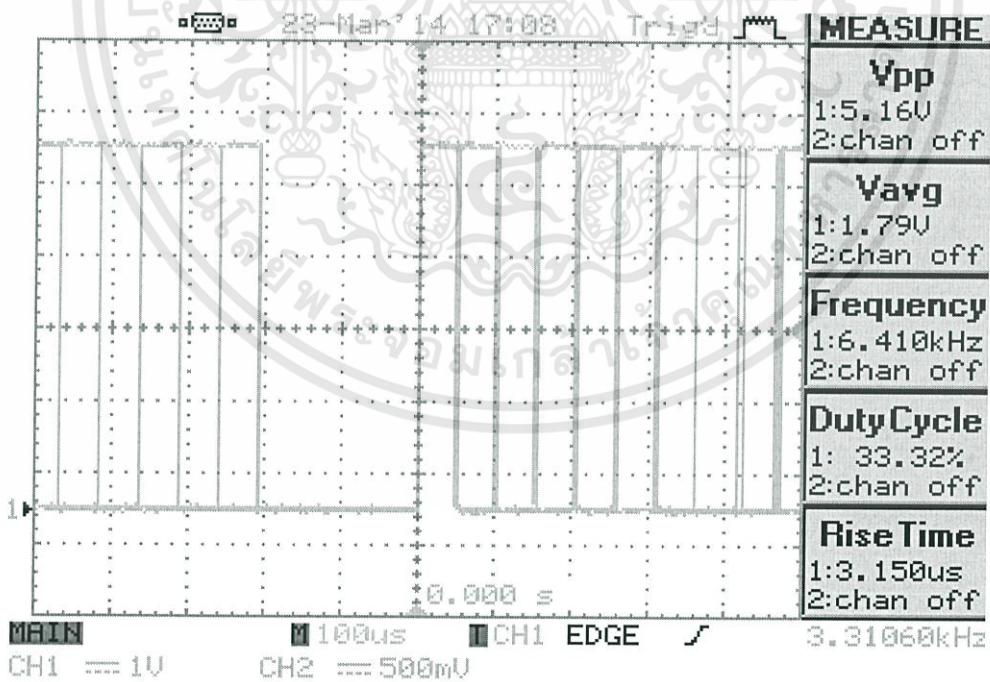
รูปที่ 4.13 สัญญาณไมค์ดิจิตอลที่ถูกแปลงจากอนาล็อกชาสาม



รูปที่ 4.14 สัญญาณไมค์ดิจิตอลที่ถูกแปลงจากอนาล็อกชาสี่

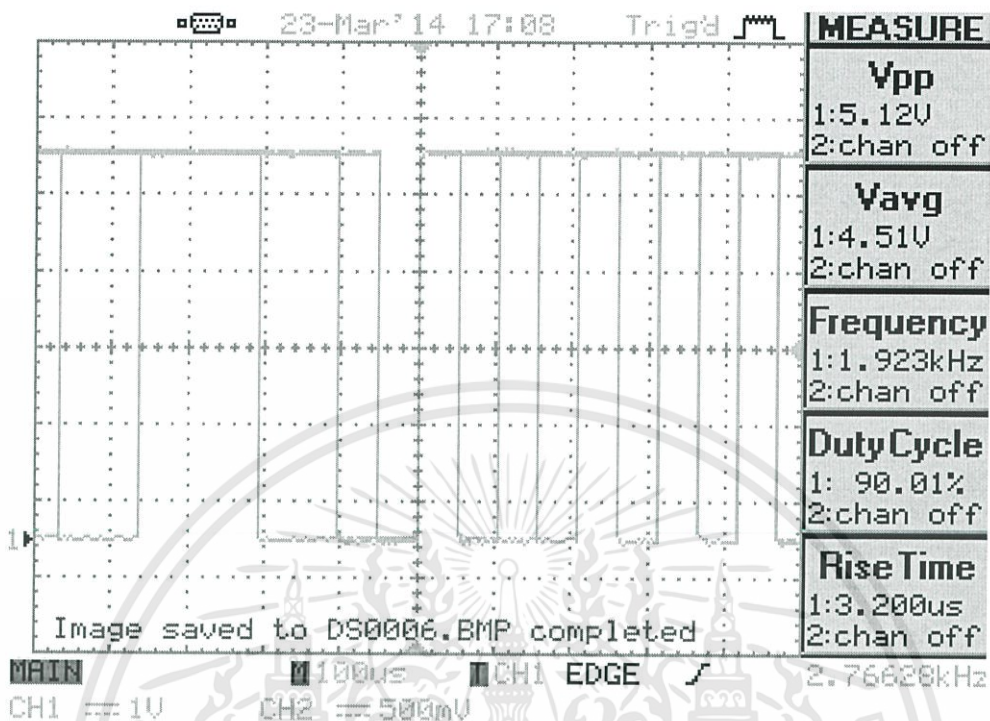


รูปที่ 4.15 สัญญาณไมค์ดิจิตอลที่ถูกแปลงจากอนาล็อกขาห้า

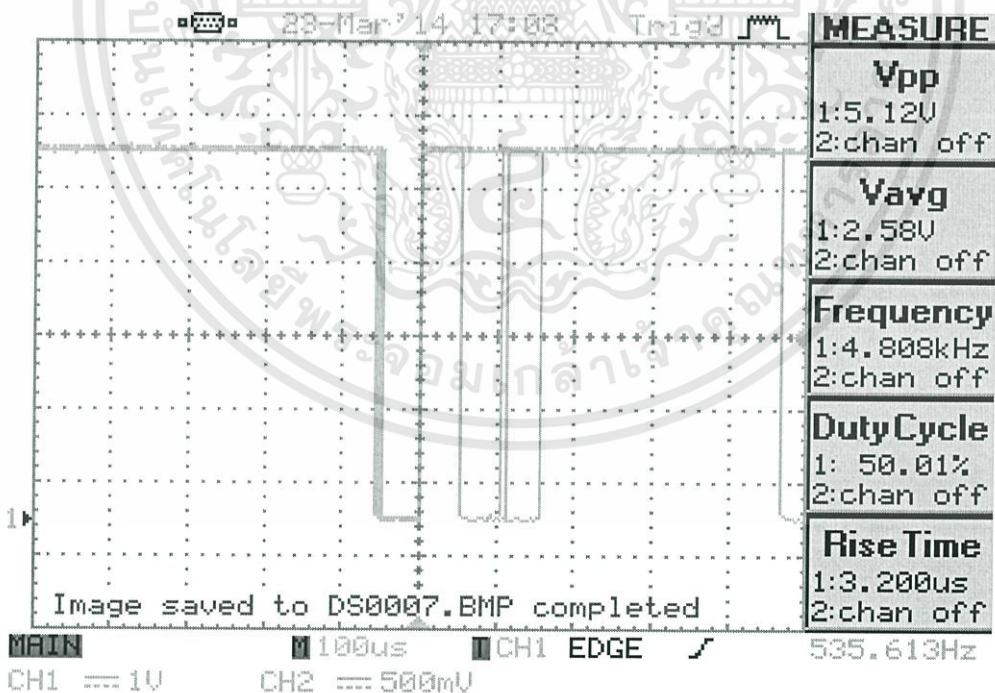


รูปที่ 4.16 สัญญาณไมค์ดิจิตอลที่ถูกแปลงจากอนาล็อกขาหก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 สัญญาณไมค์ดิจิตอลที่ถูกแปลงจากอนาล็อกขาเจ็ด



รูปที่ 4.18 สัญญาณไมค์ดิจิตอลที่ถูกแปลงจากอนาล็อกขาแปด

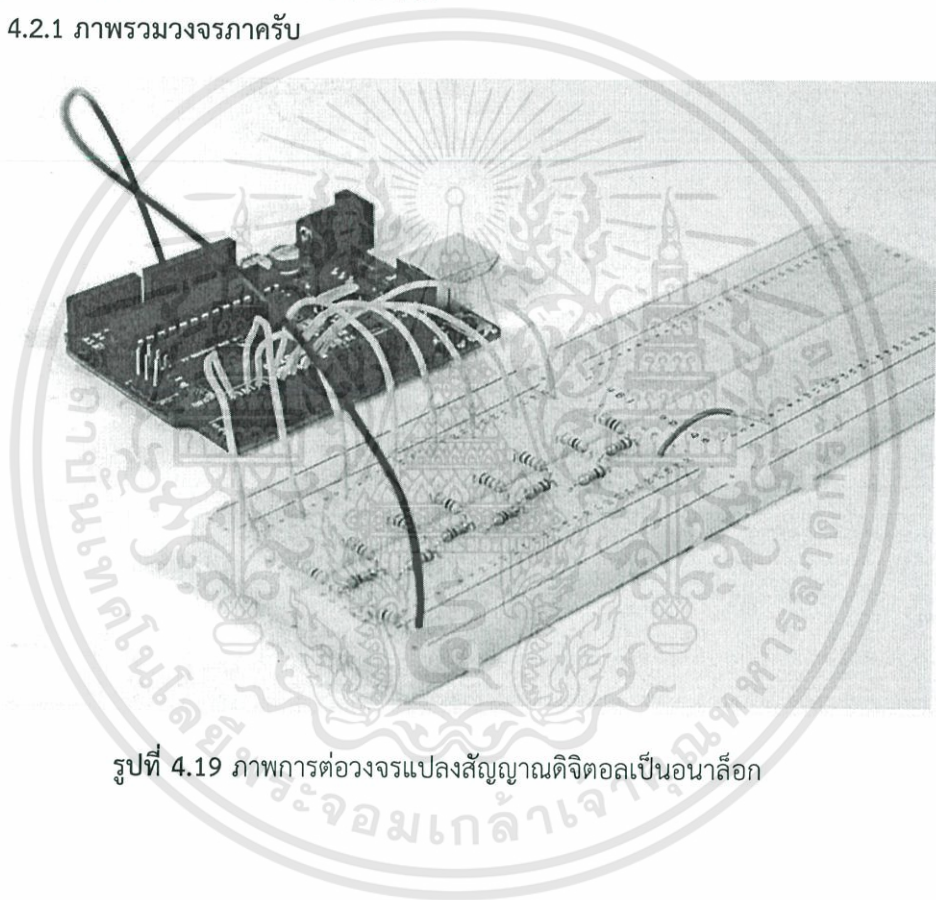
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองอุปกรณ์ภาครับ

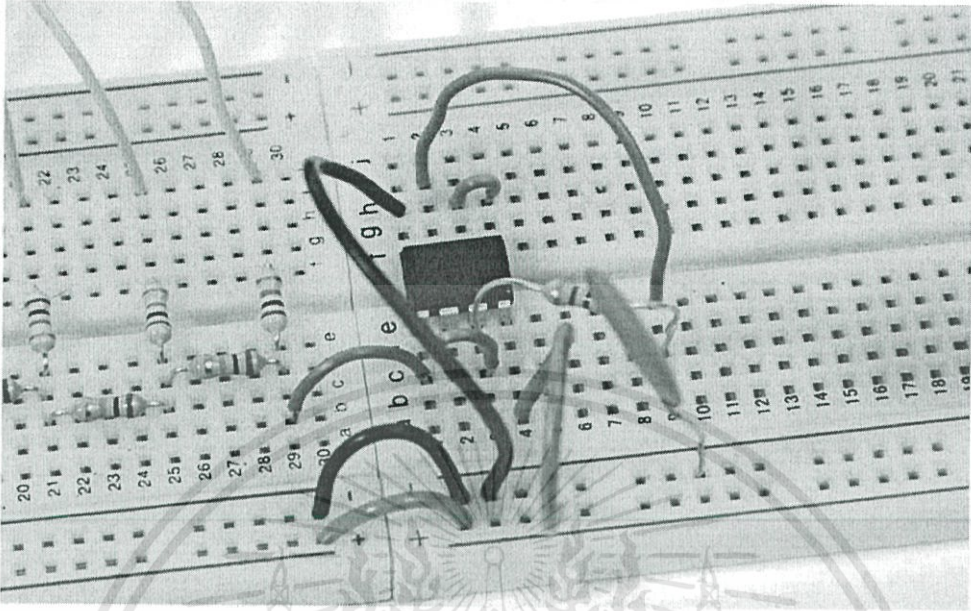
ในการทดลองภาครับสัญญาณได้ทำการทดลองรับอินพุตสัญญาณหลายๆ แบบเพื่อทดสอบอุปกรณ์โดยวิธีการที่ใช้คือ 1. รับค่าสัญญาณคลื่นไซน์จาก Signal generator 2. รับค่าสัญญาณเสียงจากช่องเอาต์พุตของโทรศัพท์ และ 3. รับค่าสัญญาณโดยการพูด ในการรับค่าสัญญาณจะทำการรับอินพุตสัญญาณข้อมูลเข้าทาง nRF24L01 จะนำค่าสัญญาณที่รับได้มาประมวลผลบน Arduino หลังจากนั้นจะทำการ Interrupt ข้อมูลให้ออกทาง PORTD ที่อยู่บน Arduino ของภาครับสัญญาณ เพื่อแสดงผลออกจากลำโพง

ผลการทดลองภาครับแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

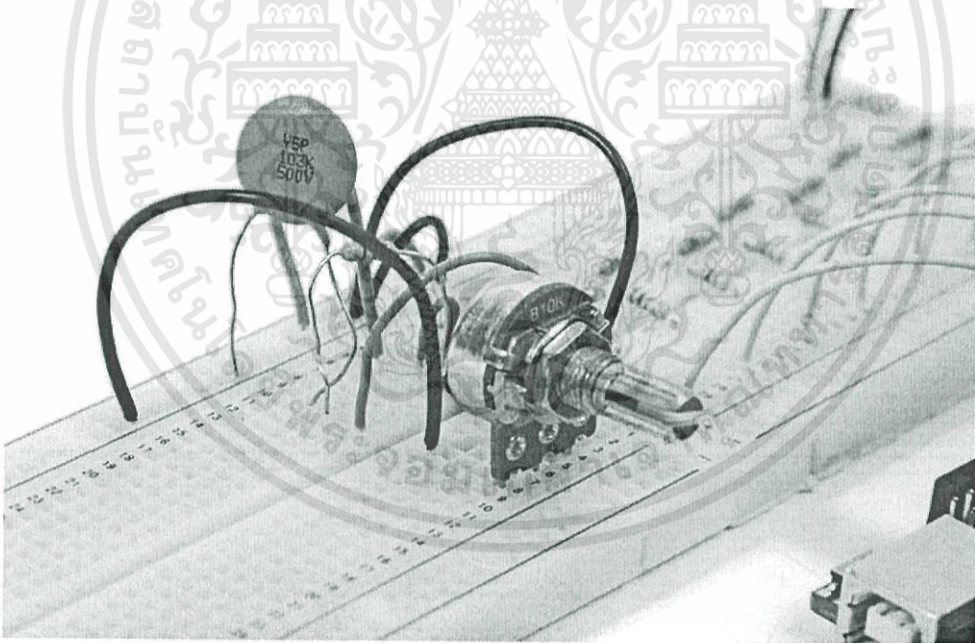
4.2.1 ภาพรวมวงจรภาครับ



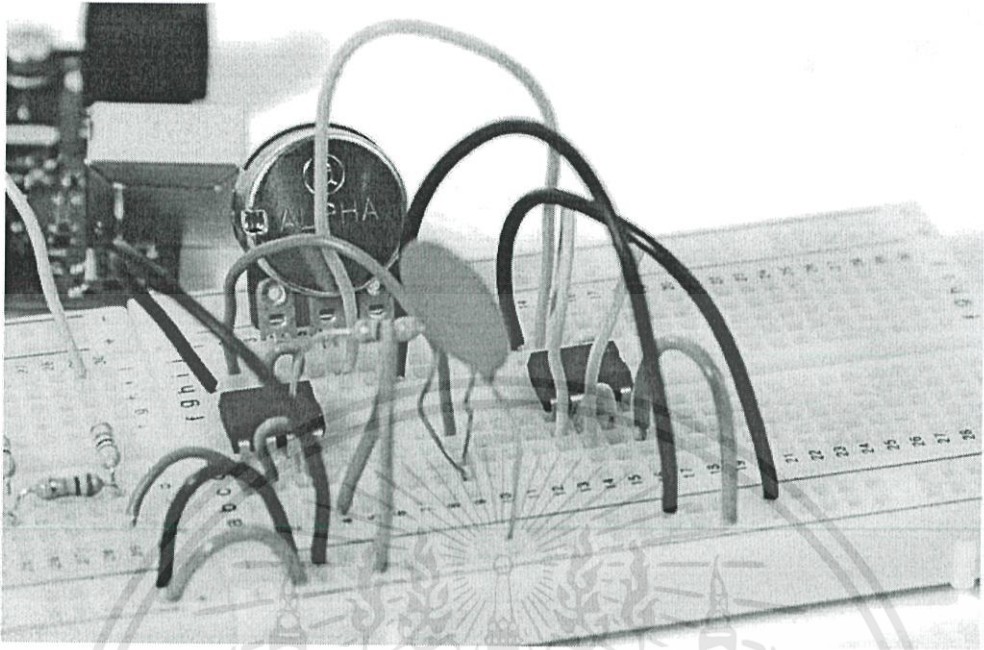
รูปที่ 4.19 ภาพการต่อวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก



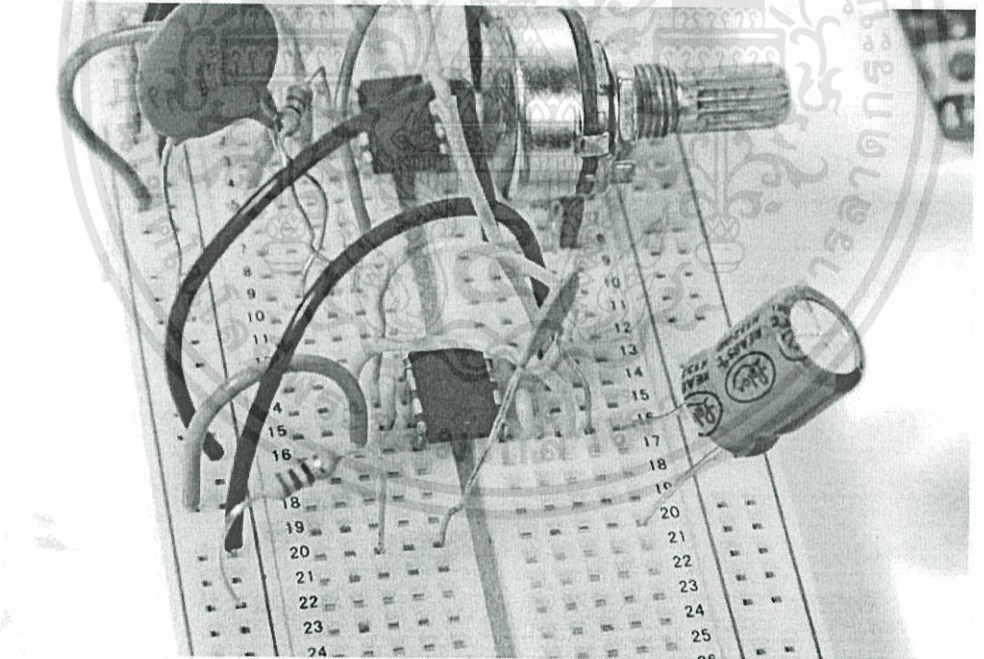
รูปที่ 4.20 ภาพการต่อวงจรของสัญญาณ



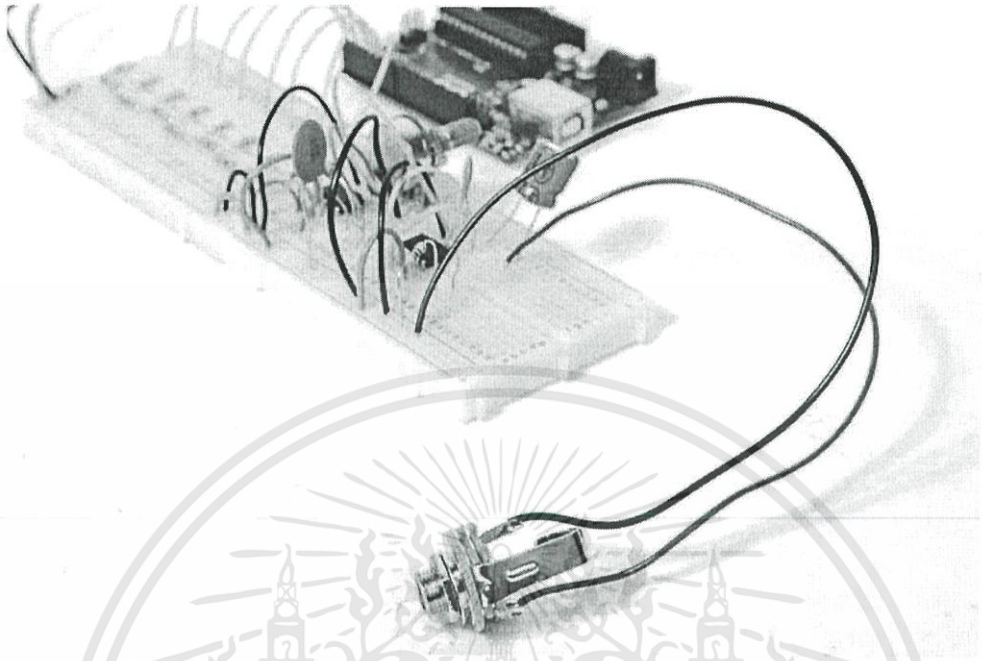
รูปที่ 4.21 ภาพการต่อส่วนขยายขนาดของสัญญาณ



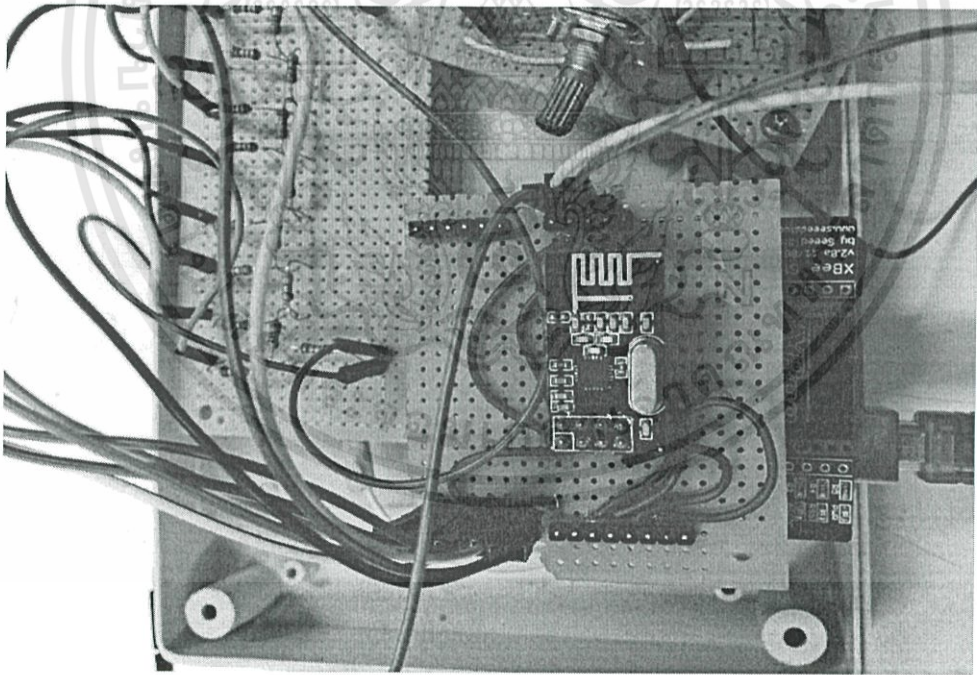
รูปที่ 4.22 ภาพวงจรส่วนขยายสัญญาณ



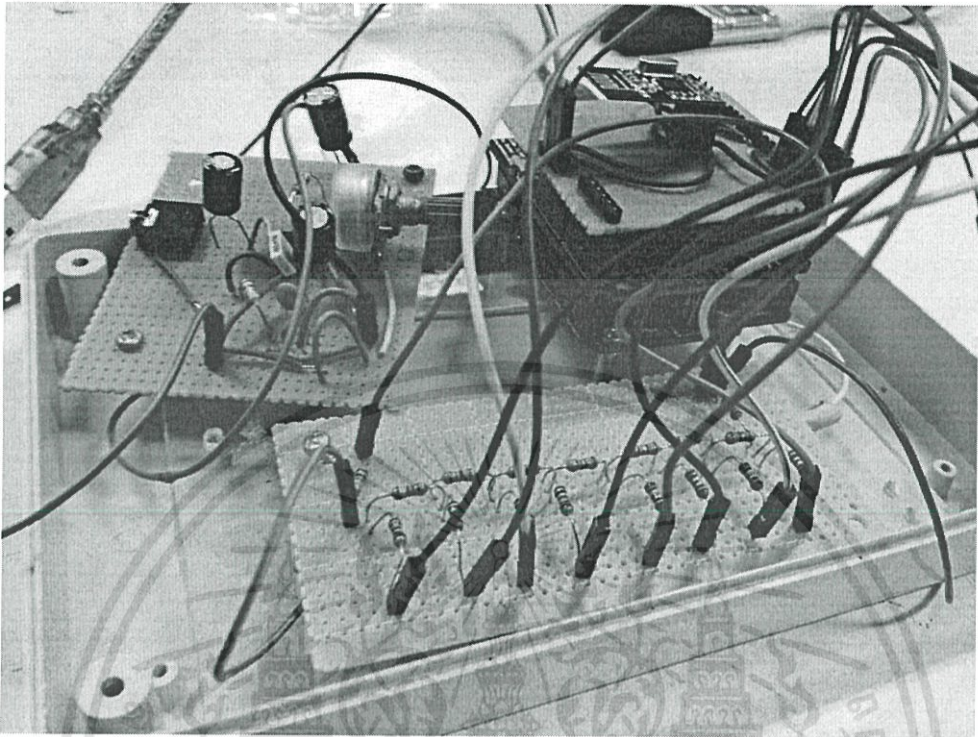
รูปที่ 4.23 วงจรการต่อ DC OFFSET



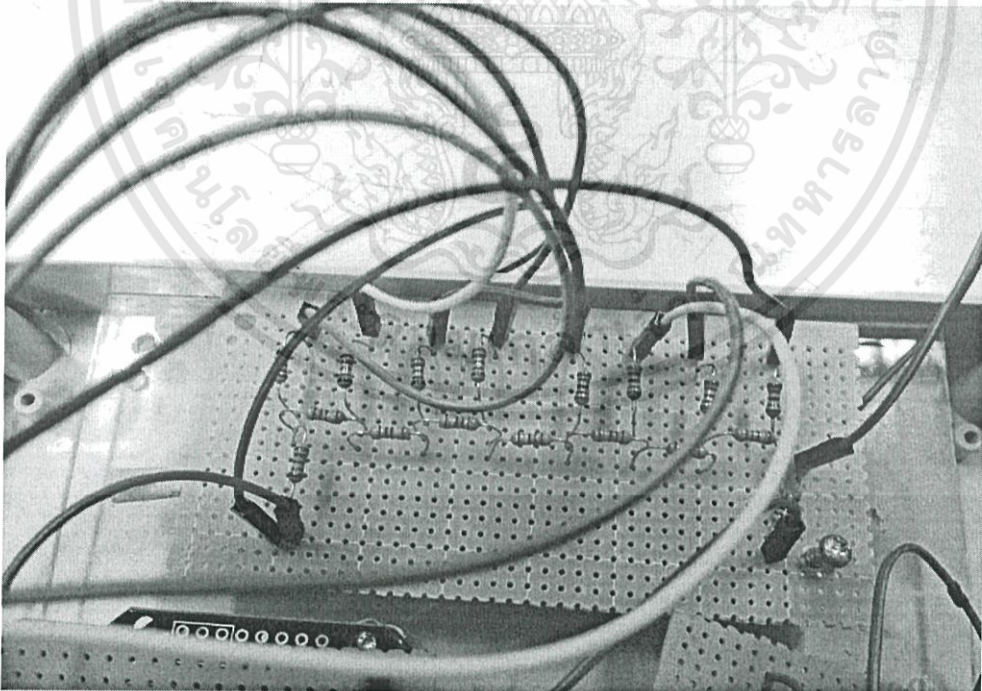
รูปที่ 4.24 ภาพวงจรรวมทั้งหมดของภาครับสัญญาณ



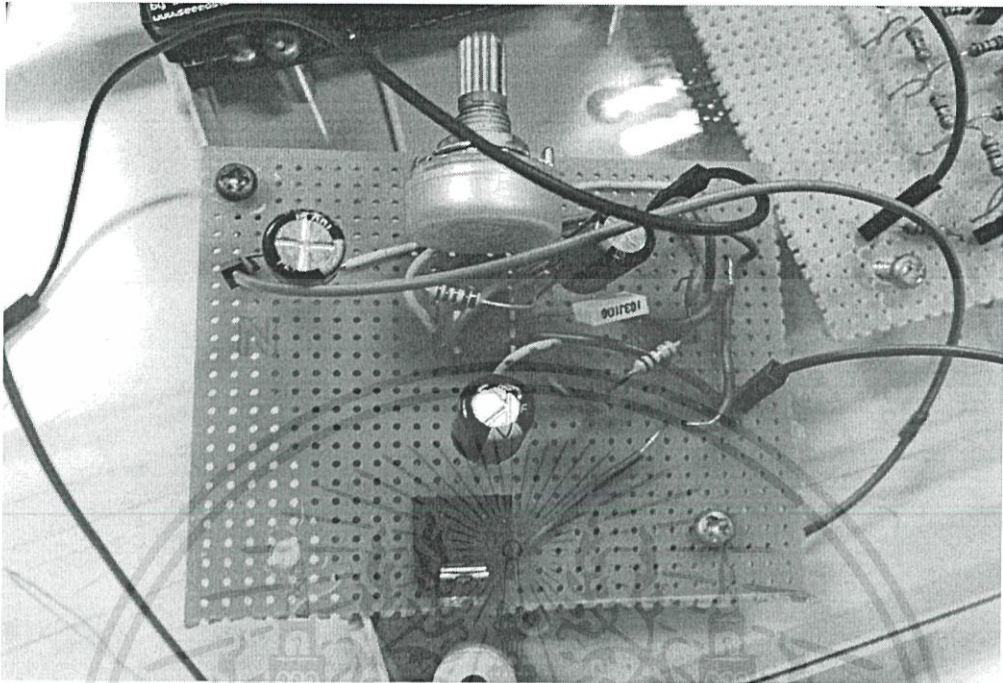
รูปที่ 4.25 ภาพรวมวงจรภาครับสัญญาณ



รูปที่ 4.26 ภาพรวมวงจรภาพรับสัญญาณ

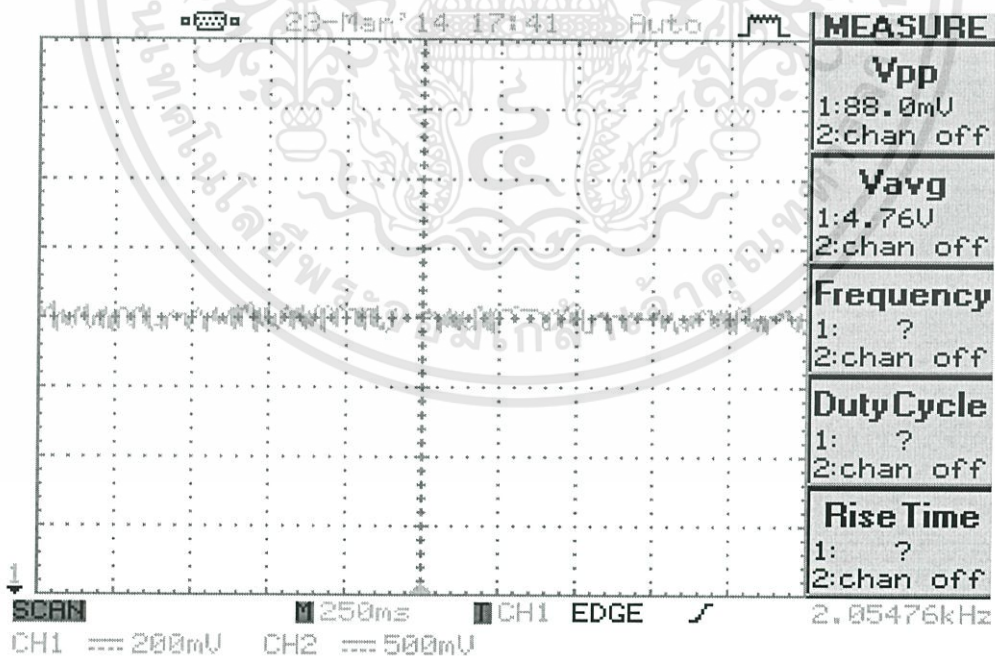


รูปที่ 4.27 ภาพวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก

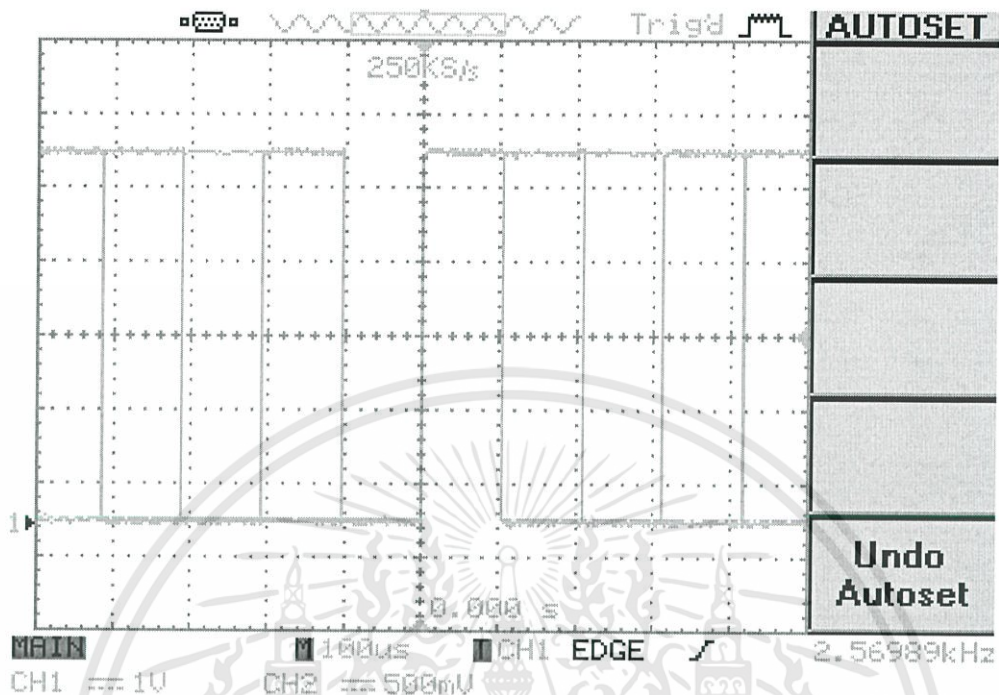


รูปที่ 4.28 ภาพวงจรขยายสัญญาณของภาครับสัญญาณ

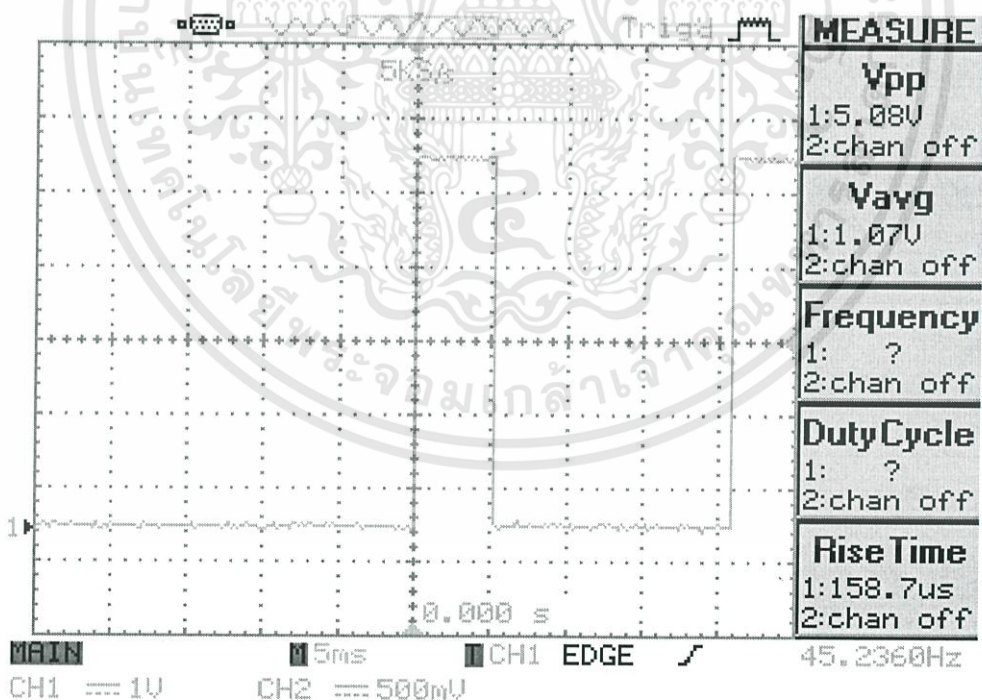
4.2. ภาพรวมรูปสัญญาณ



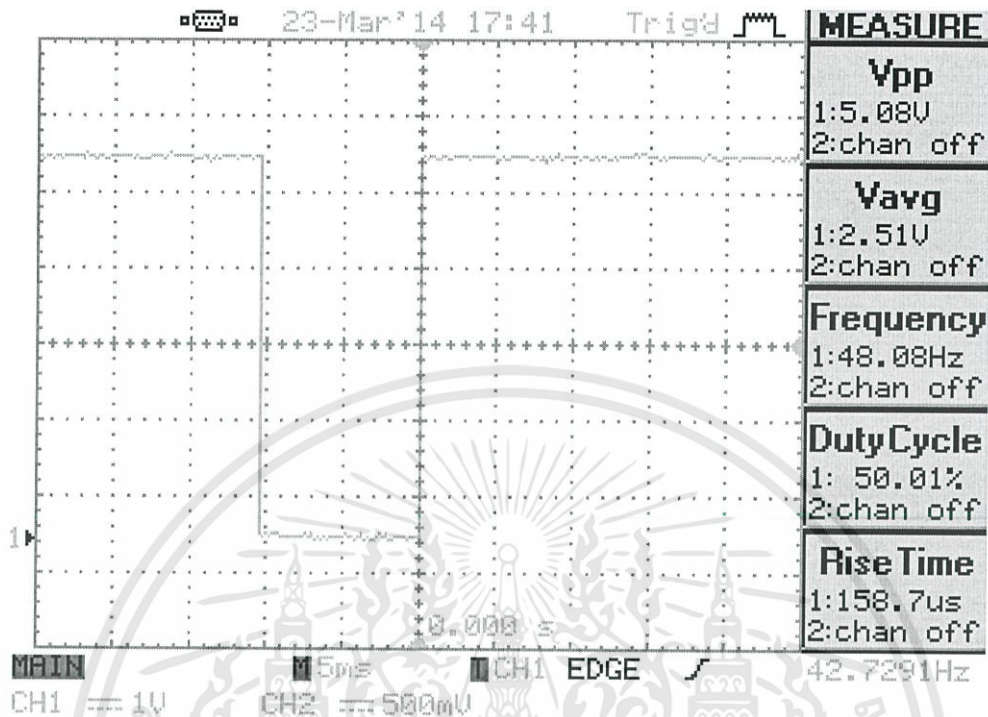
รูปที่ 4.29 สัญญาณดิจิตอลแปลงเป็นอนาล็อกขาแรก ระยะ 2m



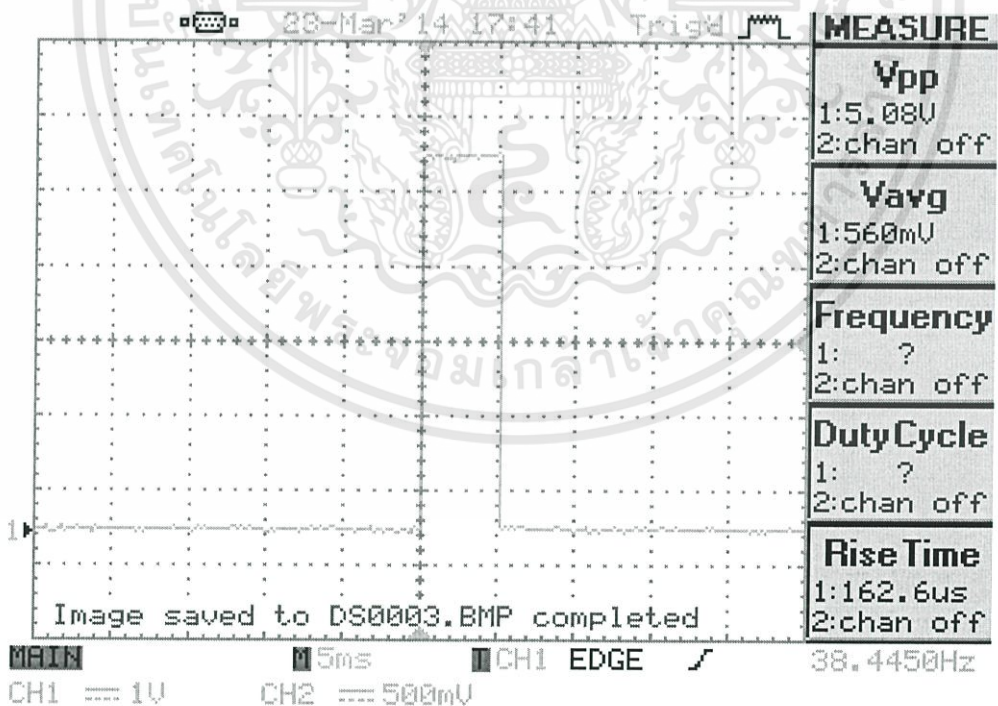
รูปที่ 4.30 สัญญาณดิจิตอลแปลงเป็นอนาล็อกขาสอง ระยะ 2m



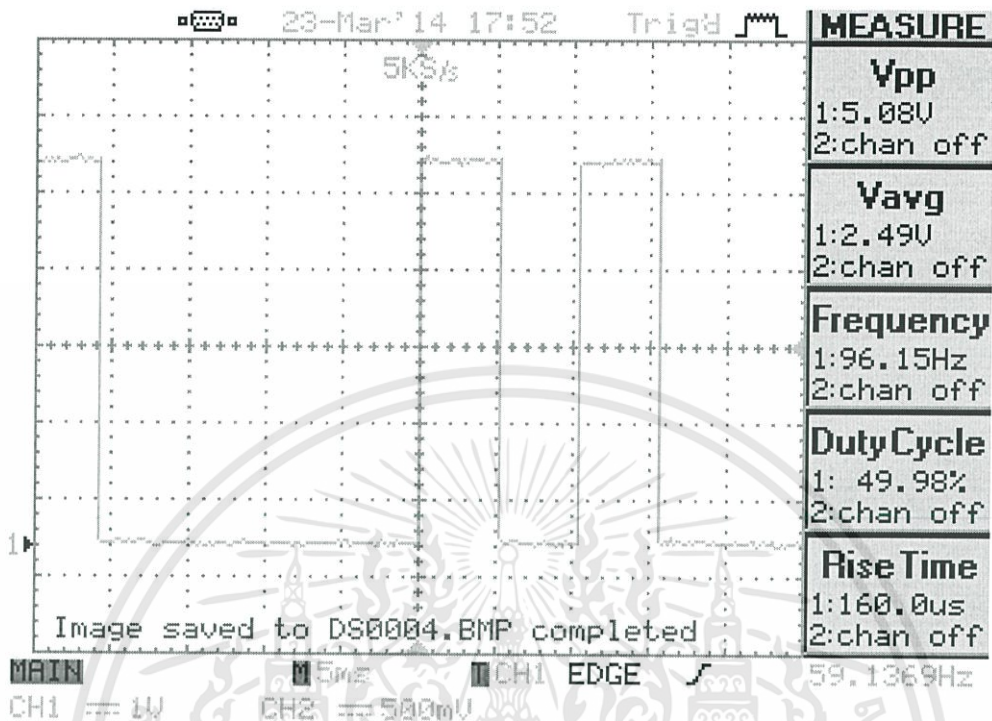
รูปที่ 4.31 สัญญาณดิจิตอลแปลงเป็นอนาล็อกขาสาม ระยะ 2m



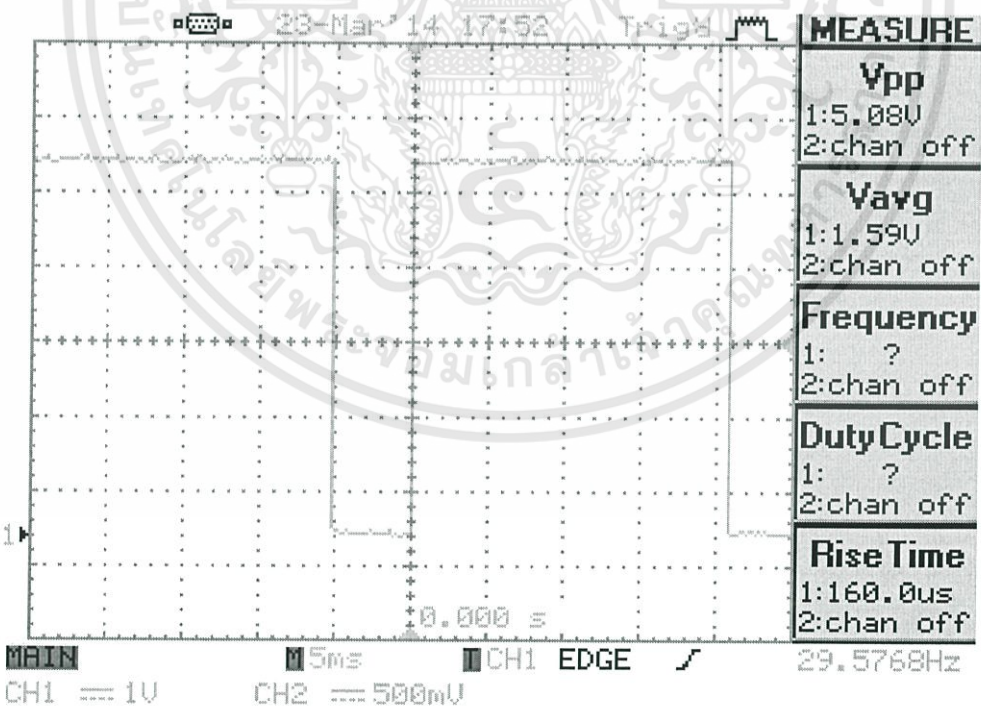
รูปที่ 4.32 สัญญาณดิจิตอลแปลงเป็นอนาล็อกขาสี่ ระยะ 2m



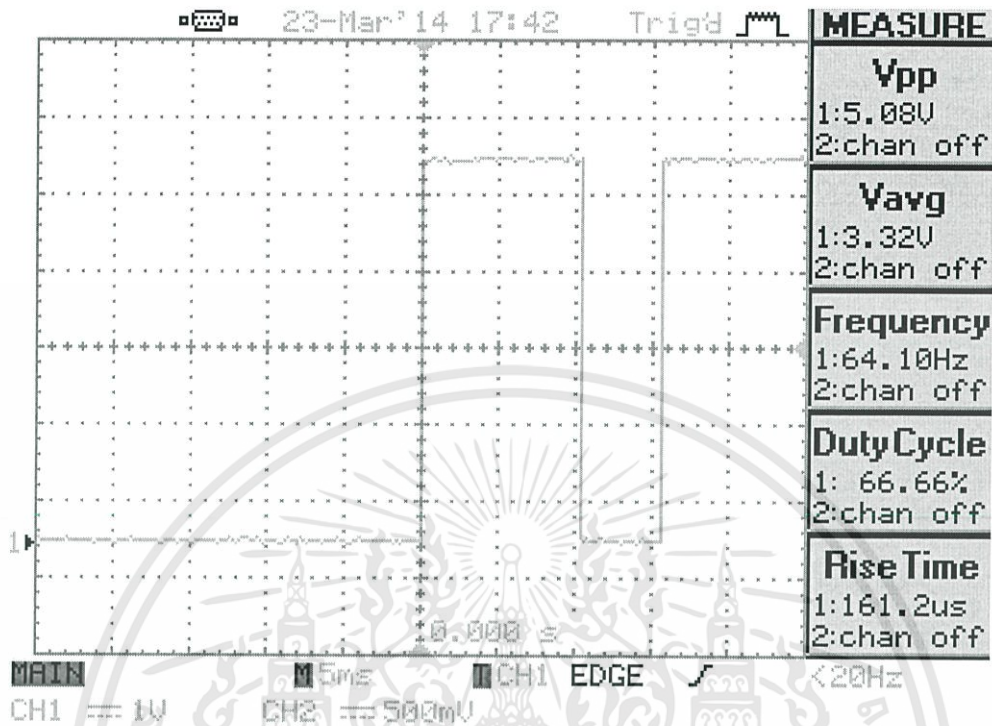
รูปที่ 4.33 สัญญาณดิจิตอลแปลงเป็นอนาล็อกขาห้า ระยะ 2m



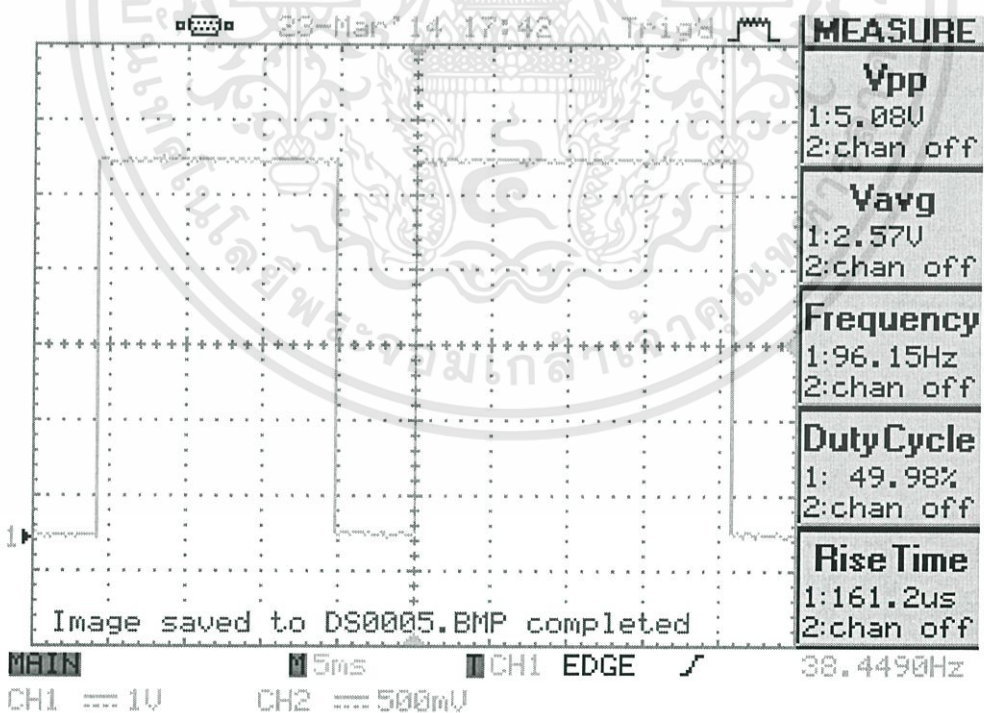
รูปที่ 4.40 สัญญาณดิจิทัลแปลงเป็นอนาล็อกขาสี่ ระยะ 5m



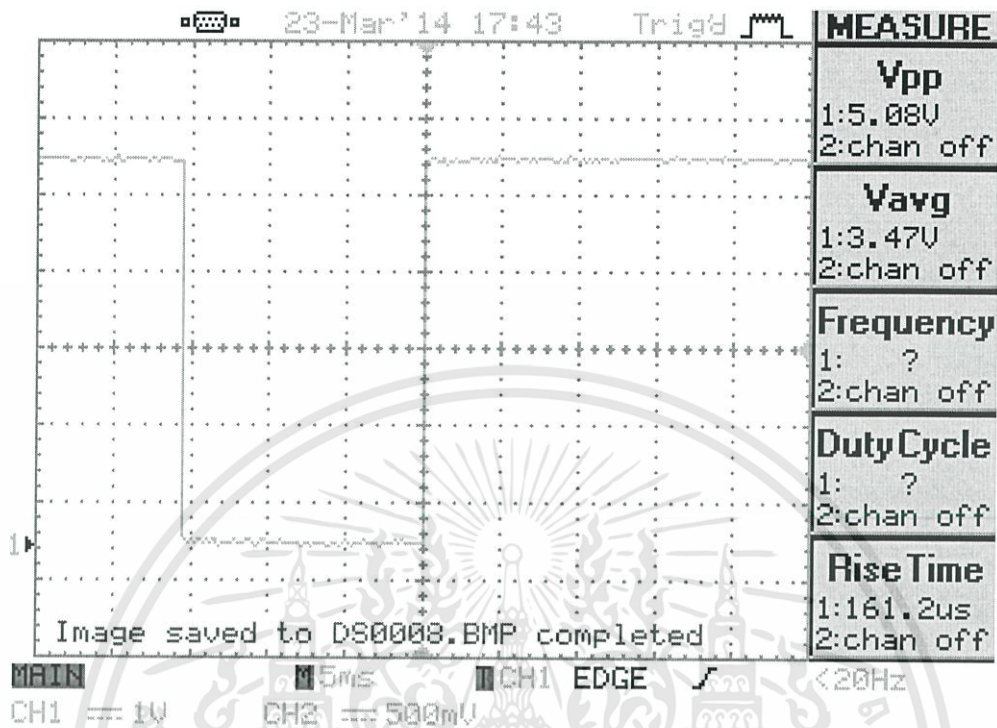
รูปที่ 4.41 สัญญาณดิจิทัลแปลงเป็นอนาล็อกขาห้า ระยะ 5m



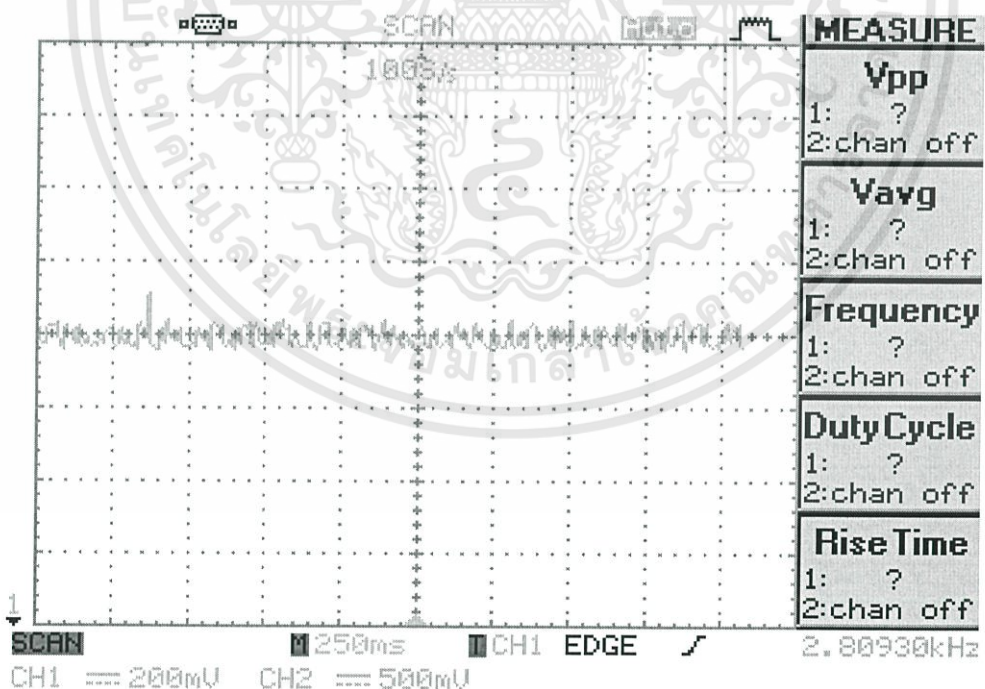
รูปที่ 4.34 สัญญาณดิจิตอลแปลงเป็นอนาล็อกขาหก ระยะ 2m



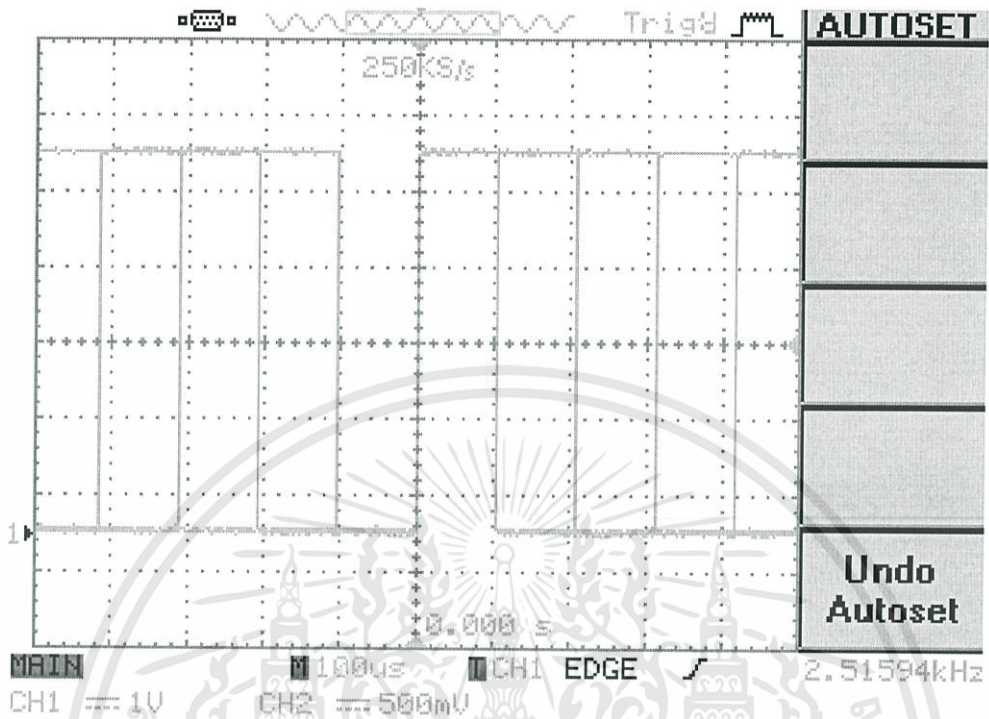
รูปที่ 4.35 สัญญาณดิจิตอลแปลงเป็นอนาล็อกขาเจ็ด ระยะ 2m



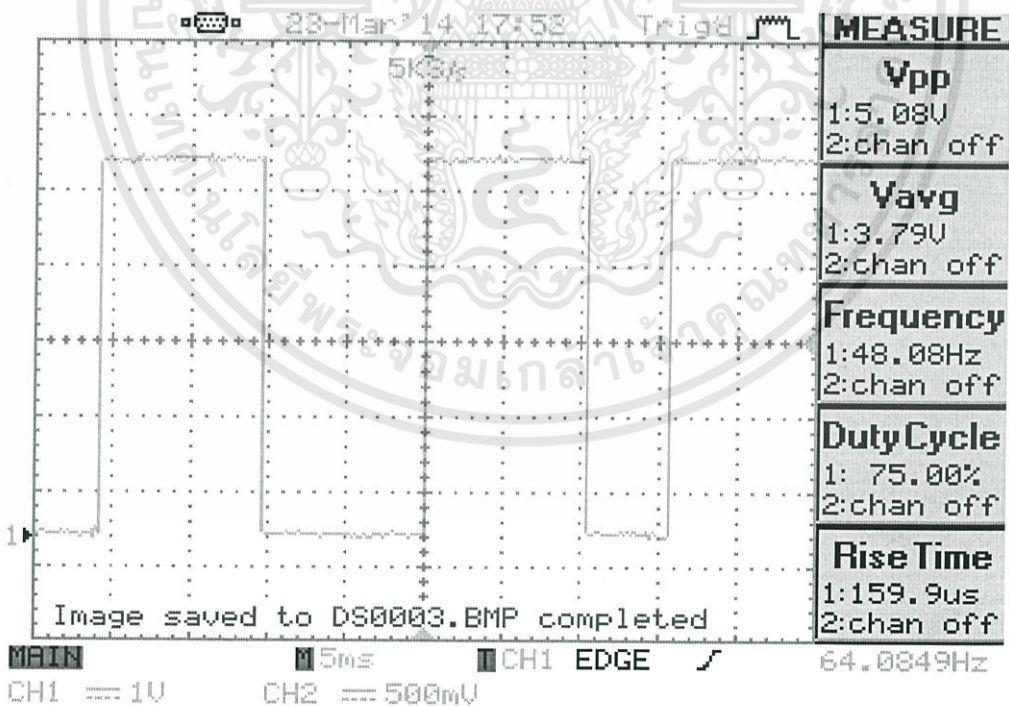
รูปที่ 4.36 สัญญาณดิจิทัลแปลงเป็นอนาล็อกขาแปด ระยะ 2m



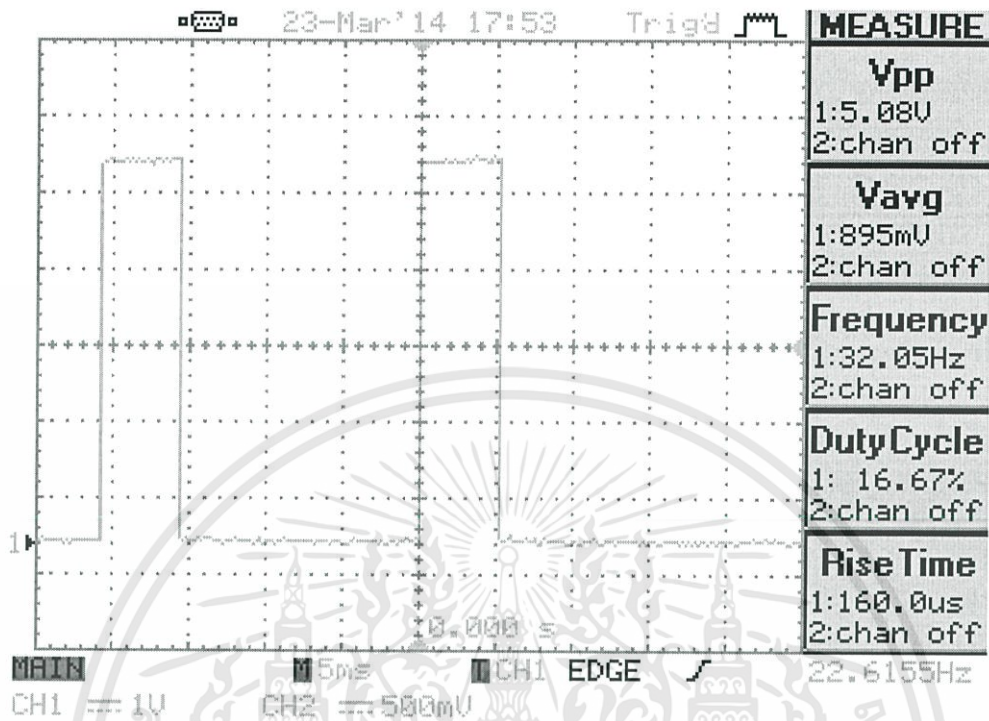
รูปที่ 4.37 สัญญาณดิจิทัลแปลงเป็นอนาล็อกขาหนึ่ง ระยะ 5m



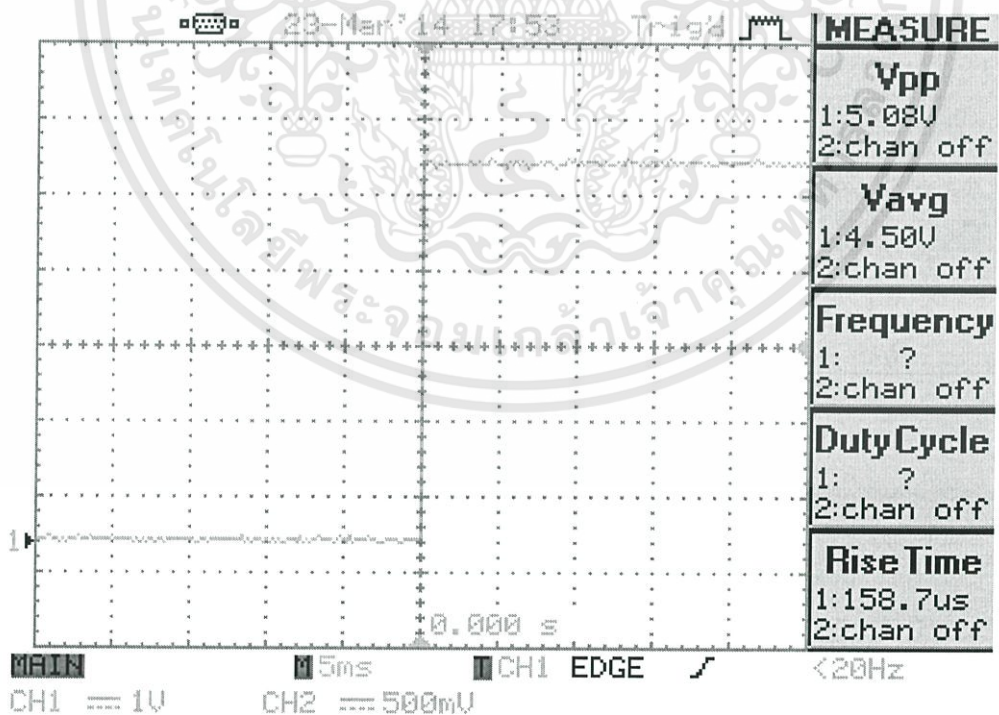
รูปที่ 4.38 สัญญาณดิจิทัลแปลงเป็นอนาล็อกขาสอง ระยะ 5m



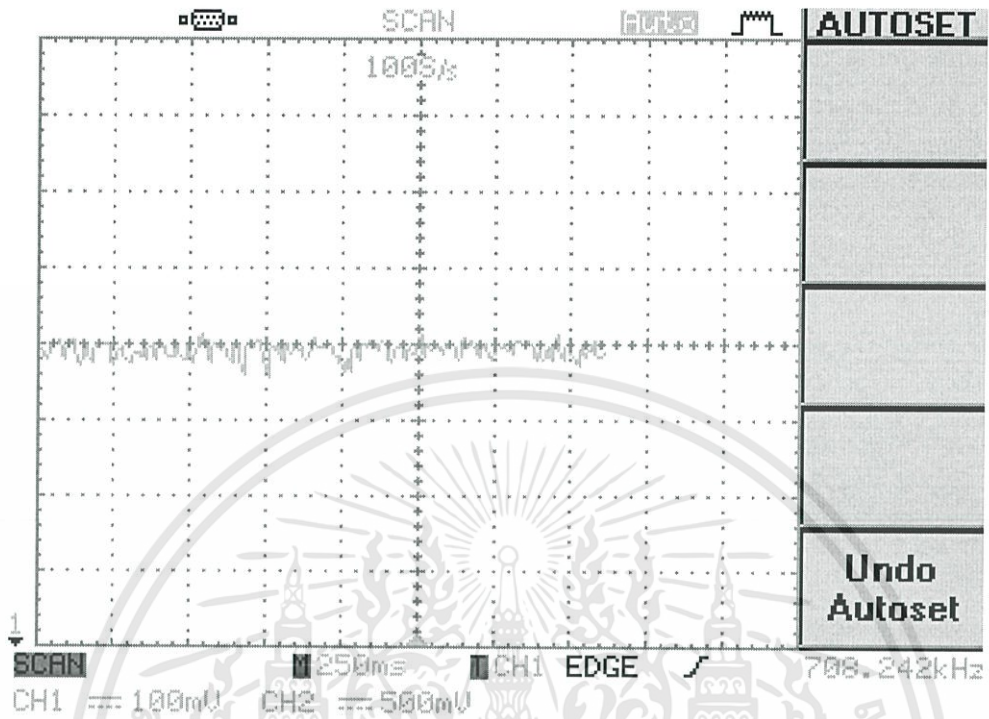
รูปที่ 4.39 สัญญาณดิจิทัลแปลงเป็นอนาล็อกขาสาม ระยะ 5m



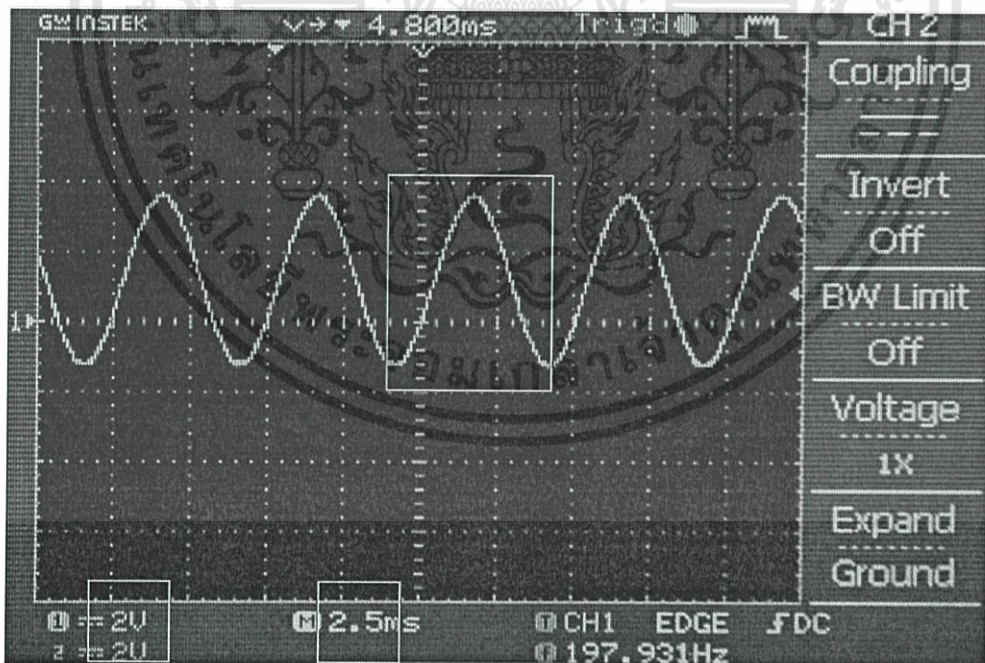
รูปที่ 4.42 สัญญาณดิจิตอลแปลงเป็นอนาล็อกขาทรก ระยะ 5m



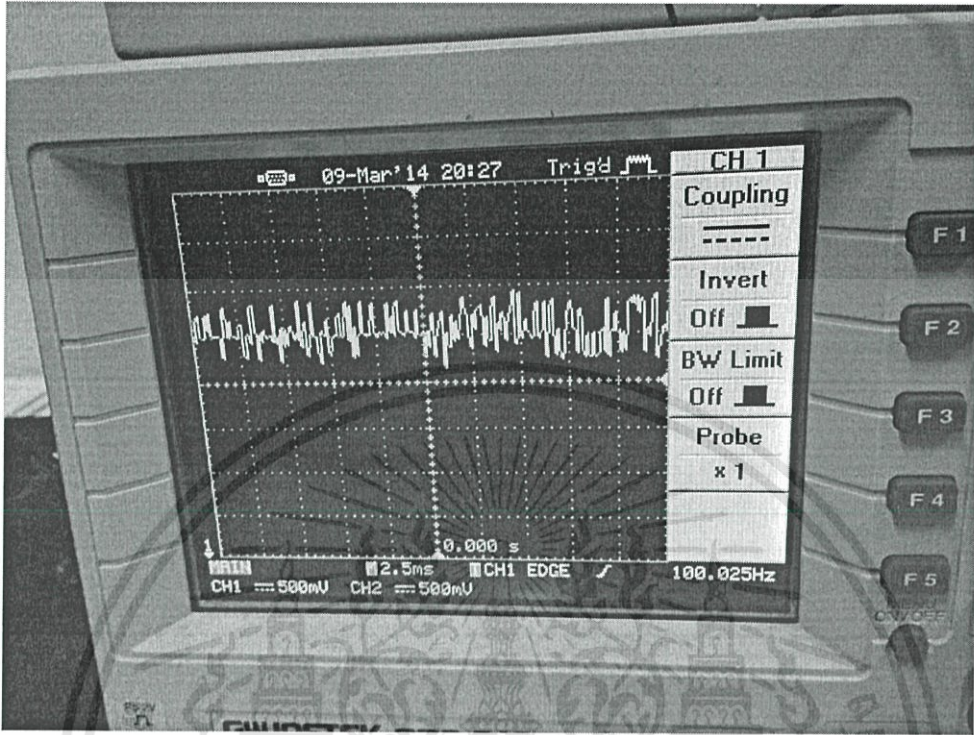
รูปที่ 4.43 สัญญาณดิจิตอลแปลงเป็นอนาล็อกขาเจ็ด ระยะ 5m



รูปที่ 4.44 สัญญาณดิจิทัลแปลงเป็นอนาล็อกขาแปด ระยะ 5m



รูปที่ 4.45 สัญญาณคลื่นไซน์ตรงจุดภาคขยายเสียงออกลำโพง



รูปที่ 4.46 สัญญาณตรงจุดภาคขยายเสียงออกลำโพง

บทที่ 5

บทสรุปและวิจารณ์

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอการการจำลองประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย โดยวิธีการคือ การนำข้อมูลสัญญาณเสียงที่ต้องการมาผสมกับส่งสัญญาณแบบไร้สายไปยังภาครับสัญญาณ สำหรับอุปกรณ์ที่จะนำมาควบคุมการส่งข้อมูลผ่านแสงนั้นคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์นั่นเอง จากนั้นเมื่อสัญญาณเดินทางมาถึงอุปกรณ์รับจะมีอุปกรณ์ไร้สายมารับข้อมูลจากนั้นข้อมูลจะถูกควบคุมโดย ไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นสัญญาณก็จะผ่านวงจรกรองสัญญาณ วงจรขยายสัญญาณและภาคขยายเสียง

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางการแก้ไข

จากการทดลองสามารถแบ่งปัญหาที่เกิดขึ้นได้เป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ

- ภาคส่งสัญญาณ มีการทำงานที่รวดเร็วแต่ ในบางครั้งที่มีการทำงานที่รวดเร็ว จะเกิดสาเหตุหน่วยความจำเต็มทำให้ ข้อมูลเกิดการผิดเพี้ยนขึ้น

วิธีการแก้ไข การแก้ไขของเรานั้นคือการให้ ดีเลย์ในช่วงเวลาเล็กน้อยในช่วงรับข้อมูลอินพุต และการส่งสัญญาณออกไป ทำให้ไม่มีข้อมูลตกหล่นและข้อมูลมีความรวดเร็วยิ่งขึ้นด้วย

- ภาครับสัญญาณ มีการทำงานที่ซับซ้อนในด้าน ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เนื่องจาก เราต้องทำให้ข้อมูลที่รับมา มีค่าข้อมูลที่ถูกต้องและรวดเร็วทันคำพูดของคนพูดทำให้ในบางครั้ง การรับข้อมูลที่รวดเร็วเกิดไปอาจจะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เกิดอาการค้าง

วิธีการแก้ไข การแก้ไขของเรานั้นคือการใส่ ดีเลย์ในระหว่างการรับข้อมูลทำให้ มีช่วงเวลาหน่วงข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ วิธีการนี้ทำให้มีประสิทธิภาพในการรับข้อมูลมากขึ้น

5.3 แนวทางพัฒนาต่อไป

ในส่วนอุปกรณ์ภาพส่งสัญญาณ อาจจะเปลี่ยนจาก ปริ๊มเค็ให้เป็นไมโครโฟนแบบทั่วไปทำให้คุณภาพเสียงมีคุณภาพที่ดีขึ้น และยังลดปัญหาในการเลือกวงจรฮาร์ดแวร์ ในส่วนภาครับสัญญาณ อาจจะทำให้ตัวรับเป็นระบบ Multi-hop ทำให้สามารถรับ-ส่งสัญญาณได้ไกลและหลากหลายกว่าเดิม และสามารถพัฒนาโดยการส่งสัญญาณผ่านแสงได้อีกด้วย

บรรณานุกรม

- [1] นายเอกชัย มะการ, เรียนรู้ เข้าใจ ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ด้วย Arduino, ETT Team, พศ. 2552
- [2] www.arduino.cc
- [3] www.thaieasyelec.com
- [4] <http://www.elec Freaks.com/203.html>
- [5] <http://mcuoneclipse.com/2013/07/20/tutorial-ultra-low-cost-2-4-ghz-wireless-transceiver-with-the-frdm-board/>
- [6] <http://maniacbug.wordpress.com/2012/03/30/rf24network/>
- [7] <http://www.njqrp.org/digitalhomebrewing/pic-wx/picwx2-fig1a.gif>
- [8] http://4.bp.blogspot.com/_leb07uihww/Rrw6q-Dzl/AAAAAAAAADo/4fJ7o6VCUJO/s400/003.jpg
- [9] http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno#Uxh5tvl_uSo
- [10] http://lh4.ggpht.com/1tpg4iblkrA/UGFzUvBYEqI/AAAAAAAAAE8g/TG0zGweh_sE/image_thumb%25255B4%25255D.png?imgmax=800
- [11] http://www.kmitl.ac.th/~s2011326/Year2/%20semester1/BASIC%20ELECTRONICS%20FOR%20AUTOMATION%20ENGINEERING/Lecture11%20Frequency_files/image007.jpg
- [12] <http://learn.adafruit.com/wave-shield-voice-changer/building-it>
- [13] <http://arduino-info.wikispaces.com/Nrf24L01-2.4GHz-HowTo>
- [14] http://playground.arduino.cc/InterfacingWithHardware/Nrf24L01#UzD7bPL_uSo
- [15] <http://www.kmitl.ac.th/~ktapinun/teaching/file/book9.pdf>
- [16] <http://www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/conversion/dac/>
- [17] <http://arduino diy.wordpress.com/2012/12/20/electret-microphone-amplifier/>
- [18] <http://www.instructables.com/id/how-make-8-leds-blinking-with-arduino/>
- [19] <http://shanes.net/simple-nrf24l01-with-arduino-sketch-and-setup/>
- [20] <http://maniacbug.wordpress.com/2011/11/02/getting-started-rf24/>
- [21] <http://mbed.org/forum/mbed/topic/3540/>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



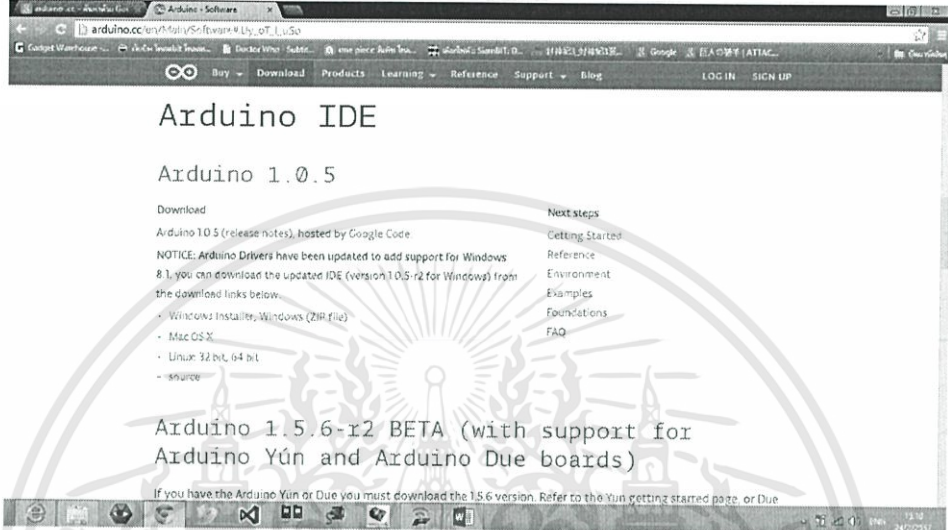
ภาคผนวก ก.

คู่มือการติดตั้งโปรแกรม Arduino และการใช้งาน

1. การติดตั้งโปรแกรม Arduino

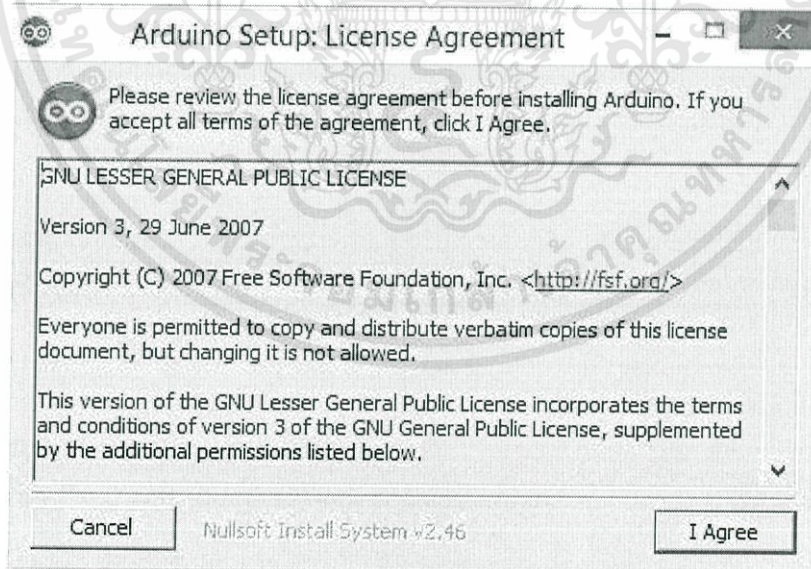
ดาวน์โหลดโปรแกรมจากเว็บไซต์

http://arduino.cc/en/Main/Software#Uy_oT_l_uSo จะแสดงหน้าเว็บดังรูปที่ ก.1. ให้เลือกดาวน์โหลดตามระบบปฏิบัติการที่ต้องการจะติดตั้ง ในที่นี้ใช้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์



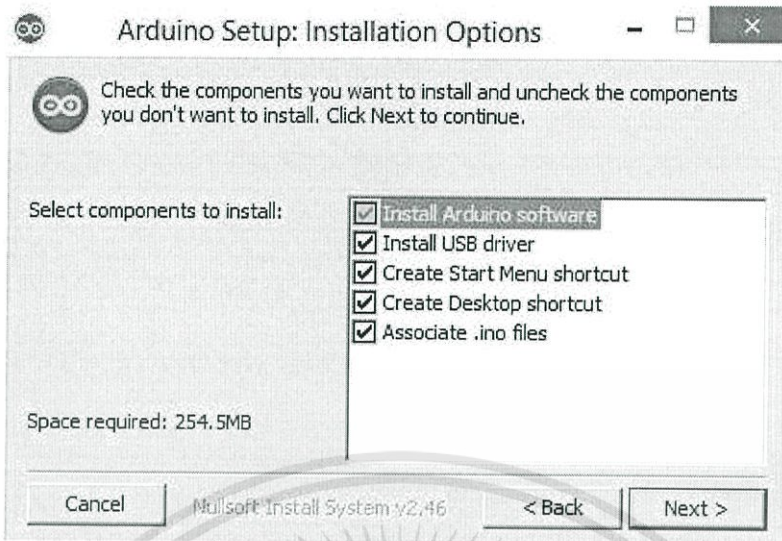
รูปที่ ก.1 แสดงหน้าเว็บไซต์ของโปรแกรม

เมื่อดาวน์โหลดโปรแกรมเสร็จแล้ว คลิกรันไฟล์ติดตั้งจะปรากฏให้คลิกที่ I Agree เพื่อยืนยันการติดตั้ง



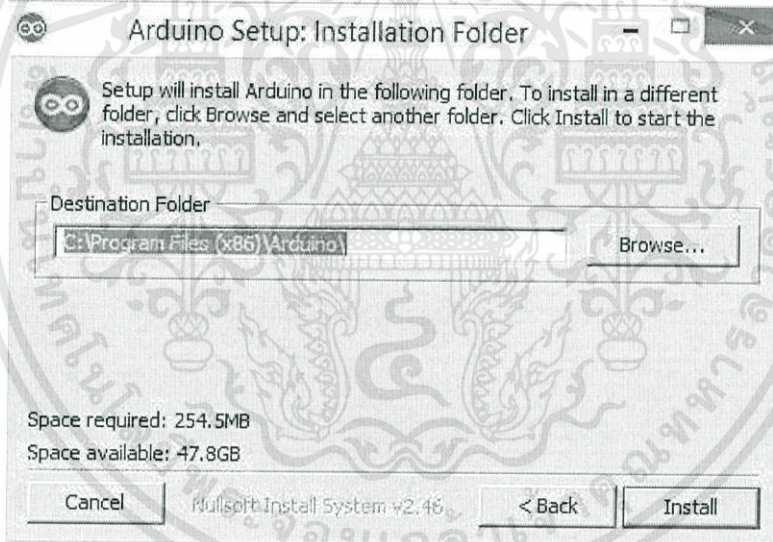
รูปที่ ก.2 ยืนยันการติดตั้ง

จากรูป ก.3 จะให้เลือกว่าต้องการติดตั้งโปรแกรมอะไรบ้าง เลือกติดตั้งทุกอย่างตามที่โปรแกรมตั้งค่ามาให้



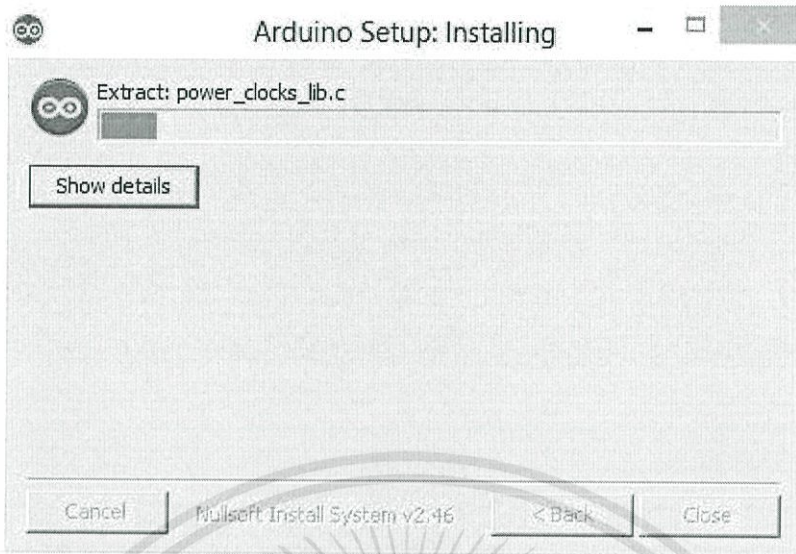
รูปที่ ก.3 แสดงตัวเลือกเสริมของโปรแกรม

เลือก โฟลเดอร์ปลายทางที่ต้องการจะติดตั้งโปรแกรม แล้วกด “Install”



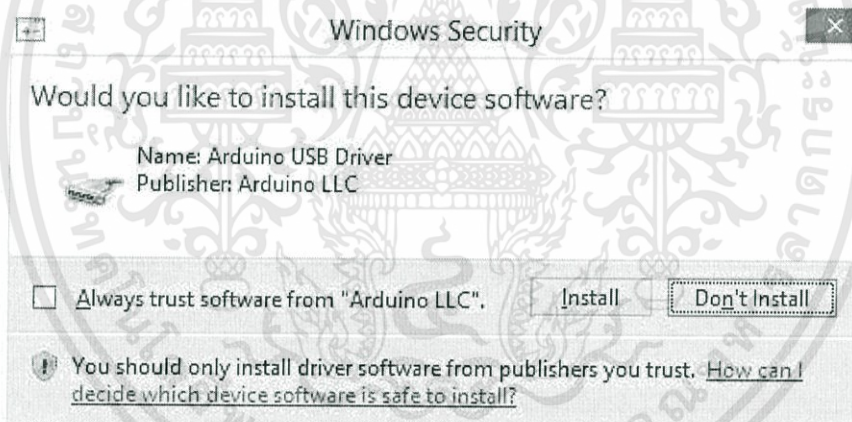
รูปที่ ก.4 โฟลเดอร์ปลายทางที่ต้องการจะติดตั้งโปรแกรม

จากรูปที่ ก.5 เป็นการติดตั้งโปรแกรม ให้รอจนการติดตั้งเสร็จ



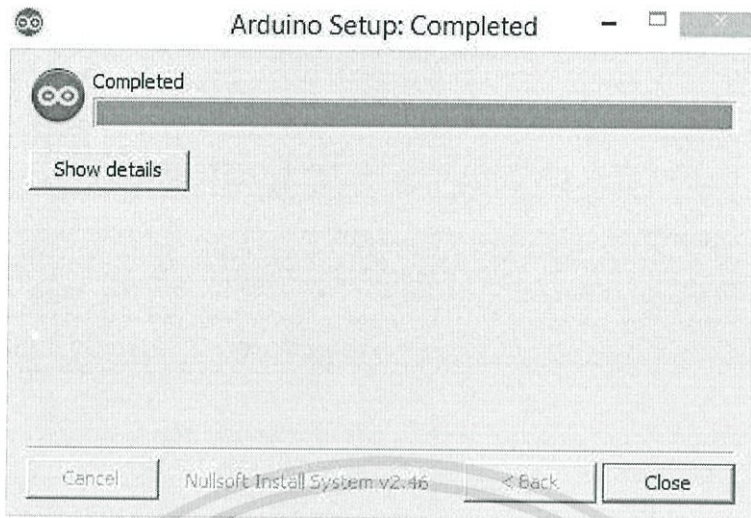
รูปที่ ก.5 แสดงการติดตั้ง

แล้วจะมีหน้าต่างปรากฏขึ้นมาดังรูปที่ ก.6 เป็นการขอการยืนยันว่าจะลง Arduino USB Driver



รูปที่ ก.6 ยืนยันการลง Arduino USB Driver

ให้ทำการรอตติดตั้งโปรแกรมให้เสร็จ และเมื่อทำการติดตั้งเสร็จแล้ว จะแสดงดังรูปที่ ข.7 เสร็จแล้วกด “Close” เพื่อปิดหน้าต่าง ของการติดตั้งเป็นอันเสร็จสิ้น



รูปที่ ก.7 แสดงการติดตั้งอย่างเสร็จสมบูรณ์

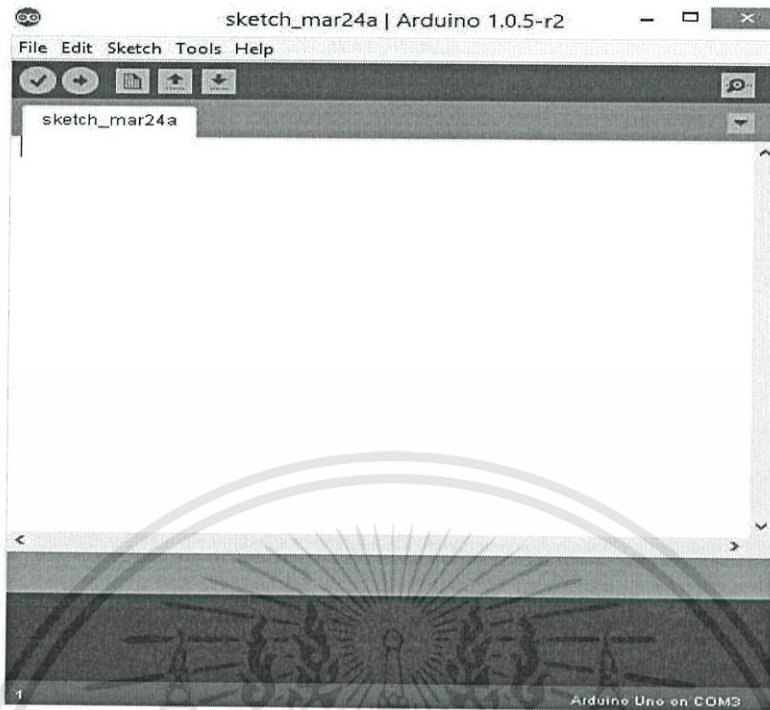
2.วิธีการใช้โปรแกรม

เมื่อต้องการใช้งานโปรแกรมให้เข้าไปที่ ไอคอนดังรูปที่ ก.9



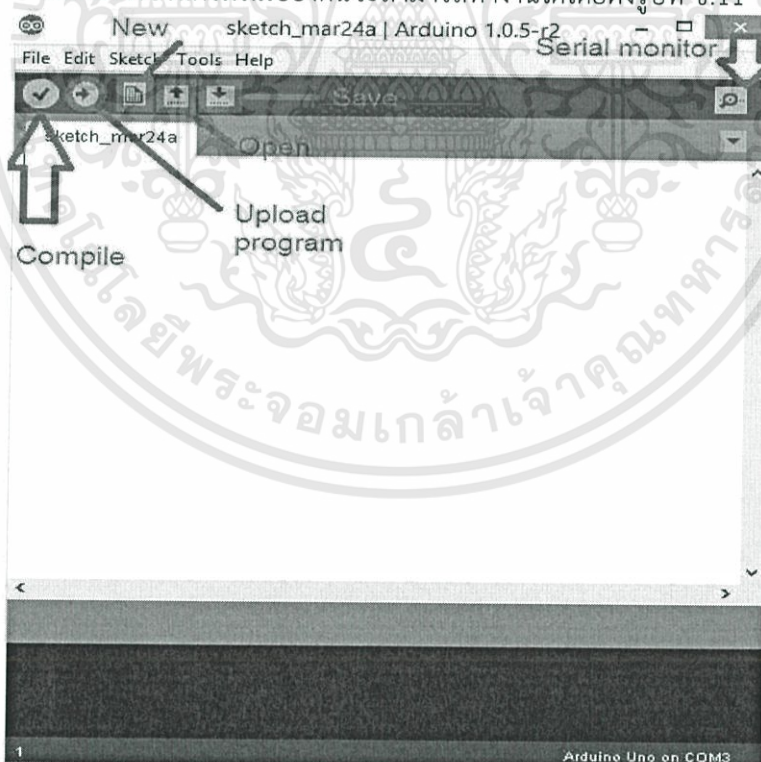
รูปที่ ก.9 ไอคอนของ แอปพลิเคชัน Arduino

ทำการดับเบิลคลิก ที่ ไอคอน Arduino เพื่อเข้าโปรแกรม แล้วจะสามารถมองเห็นส่วนการทำงานหลักของโปรแกรม ดังในรูปที่ ก.10 เป็นเหมือนกระดานวางเปล่าให้ผู้ใช้ สามารถเขียนโปรแกรมได้ตามใจชอบ ซึ่งจะมีลักษณะเฉพาะตัวของการเขียน Arduino ใช้ C แบบ Arduino



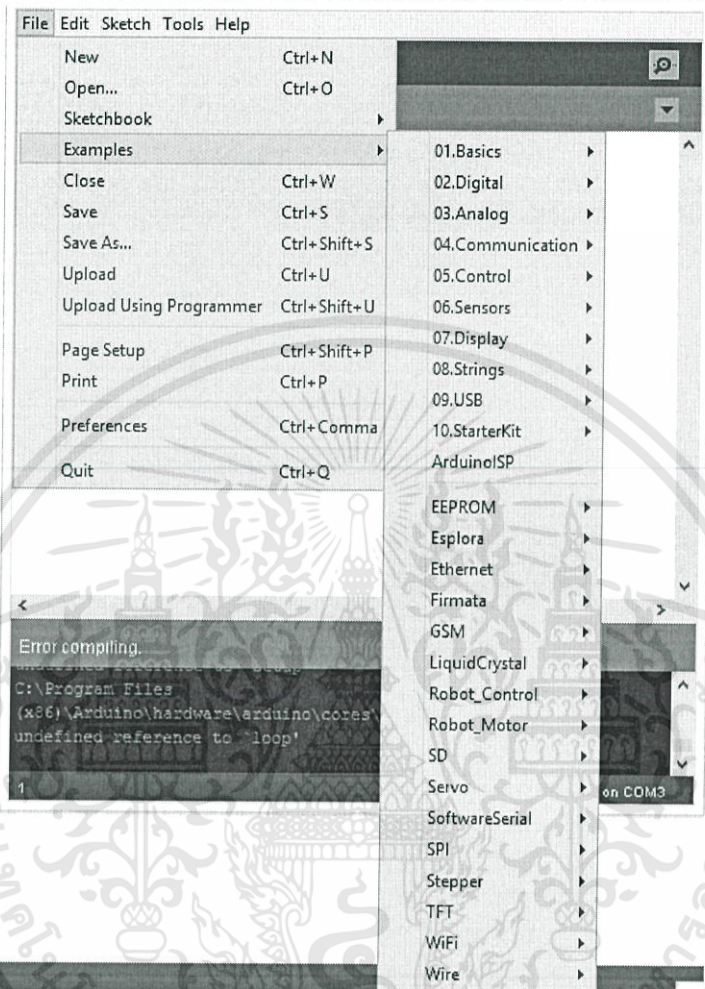
รูปที่ ก.10 อินเทอร์เฟซหลักของโปรแกรม

วิธีการใช้โปรแกรมในเบื้องต้นจะสามารถทำงานได้โดยดังรูปที่ ข.11



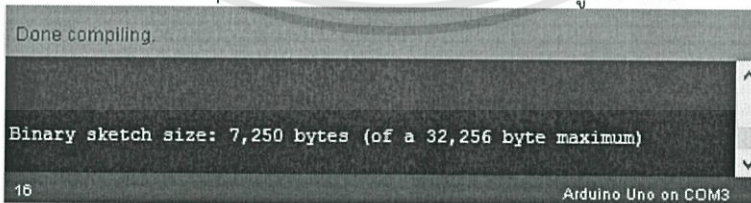
รูปที่ ก.11 ฟังก์ชันที่อินเทอร์เฟซหลัก

ในการใช้ตัวอย่างโค้ดของโปรแกรม เพื่อเขียนโปรแกรมจะมีการดึงตัวอย่างออกมาได้ เพื่อเป็นโครงร่างให้การเขียนโปรแกรมต่างๆตามที่กำหนดไว้ ซึ่งจะสามารถใช้เป็นแบบอย่างสำหรับโปรแกรมที่จะนำมาทำงานได้



รูปที่ ก.12 ส่วนของตัวอย่างโค้ด ซึ่งสามารถเพิ่มได้

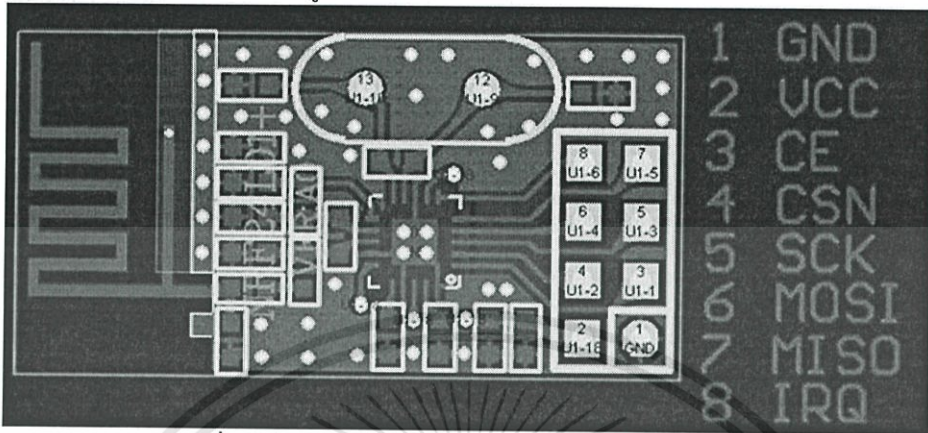
เมื่อได้ compile สำเร็จแล้วจะแสดงออกมาดังรูปที่ ข.13



รูปที่ ก.13 แสดงถึง Compile สำเร็จ

3.วิธีการใช้งาน โมดูลไร้สาย nRF24L01

การใช้งานโมดูลไร้สาย nRF24L01 ดังแสดงในรูปที่ ข.14 เป็นการแสดงถึง ขาที่ใช้ กำหนดการทำงานของโมดูล nRF24L01



รูปที่ ข.14 โครงสร้างภายในโมดูลและขาที่กำหนดให้ใช้

ตารางที่ 1.2 ขาของ nRF24L01 ที่ใช้ต่อกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO

Arduino UNO	nRF24L01
GND on Board	1 GND
3.3 V pin	2.VCC
Digital pin 8	3.CE
Digital pin 10	4.CSN
Digital pin 13	5.SCK
Digital pin 11	6.MOSI
Digital pin 12	7.MISO
Not use	8.IRQ

เหตุผลที่ต่อตามข้างต้น เพื่อให้ โมดูลไร้สาย nRF24L01 สามารถใช้งานได้ เนื่องจาก ขาต่างๆได้กำหนดไว้แล้วเพื่อรับสัญญาณจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไว้ใช้ ติดต่อซึ่งกันและกัน

1. GND
2. VCC ไฟเลี้ยง 3.3 Volt
3. CE ขาเลือกใช้ กำหนดเพื่อสั่งเปิด
- 4.CSN ขาไม่เลือก กำหนดเพื่อสั่ง ทำงาน/หยุดการทำงาน
- 5.SCK ขาสัญญาณนาฬิกา
- 6.MOS I ขาสั่งการทำงาน Master out Slave in
- 7.MISO ขารับการทำงาน Master in Slave out
- 8.IRQ ขากำหนด Interrupt

4.Source Code

Transmitter code

```
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01p.h>

int incomingAudio;
nRF24L01p transmitter(10,8);//CSN,CE

void setup(void){

  Serial.begin(9600);
  digitalWrite(SS, HIGH); // Setting for disable mode
  SPI.begin();           // use SPI mode
  SPI.setBitOrder(MSBFIRST);
  transmitter.channel(90); //setting channel
  transmitter.TXaddress("Artur"); /// setting address
  transmitter.init();

  cli();//disable interrupts

  //set up continuous sampling of analog pin 0

  //clear ADCSRA and ADCSRB registers
  ADCSRA = 0;
  ADCSRB = 0;

  ADMUX |= (1 << REFS0); //set reference voltage
  ADMUX |= (1 << ADLAR); //left align the ADC value- so we can read highest 8 bits
from ADCH register only

  ADCSRA |= (1 << ADPS2) | (1 << ADPS0) | (1 << ADPS1); //set ADC clock with 32
prescaler- 16mHz/32=500kHz
  ADCSRA |= (1 << ADSCF); //enable auto trigger
  ADCSRA |= (1 << ADIF); //enable interrupts when measurement complete
  ADCSRA |= (1 << ADEN); //enable ADC
  ADCSRA |= (1 << ADSC); //start ADC measurements
```

```

sei();//enable interrupts

}

ISR(ADC_vect) { //when new ADC value ready
  incomingAudio = ADCH; //update the variable incomingAudio with new value from
  A0 (between 0 and 255)
  transmitter.txPL(incomingAudio); // sending signal

}

void loop(void){
  transmitter.send(FAST); // set speed for chanel
  Serial.println(incomingAudio); // print on Serial monitor
}

```



Receiver code

```
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01p.h>

nRF24L01p receiver(10,8);//CSN,CE

int incomingAudio ;

void setup(){

  for (int i=0; i<8; i++){ //Setting output digital port pin D(0 - 7) for use DAC
    pinMode(i,OUTPUT);
  }
  Serial.begin(9600); //Setting baudrate is 9600/seconds
  SPI.begin(); // start use SPI mode
  SPI.setBitOrder(MSBFIRST); //setting Most significant bit first

  //////////////////////////////////////////// setup nrf24l01
  receiver.channel(20);
  receiver.dataRate(2000000000);
  receiver.RXaddress("send");
  receiver.init();

  ////////////////////////////////////////////set interrupt
  cli();//disable interrupts
  //set timer0 interrupt at 40kHz
  TCCR0A = 0;// set entire TCCR0A register to 0
  TCCR0B = 0;// same for TCCR0B
  TCNT0 = 0;//initialize counter value to 0
  // set compare match register for 40khz increments
  OCR0A = 49;// = (16*10^6) / (2000*8) - 1 (must be <256)
  // turn on CTC mode
  TCCR0A |= (1 << WGM01);
  // Set CS11 bit for 8 prescaler
  TCCR0B |= (1 << CS02); // ก่อนหน้านี้ในเวปใช้ (1 << CS11);
  // enable timer compare interrupt
```

```

TIMSK0 |= (1 << OCIE0A);
sei();//enable interrupts

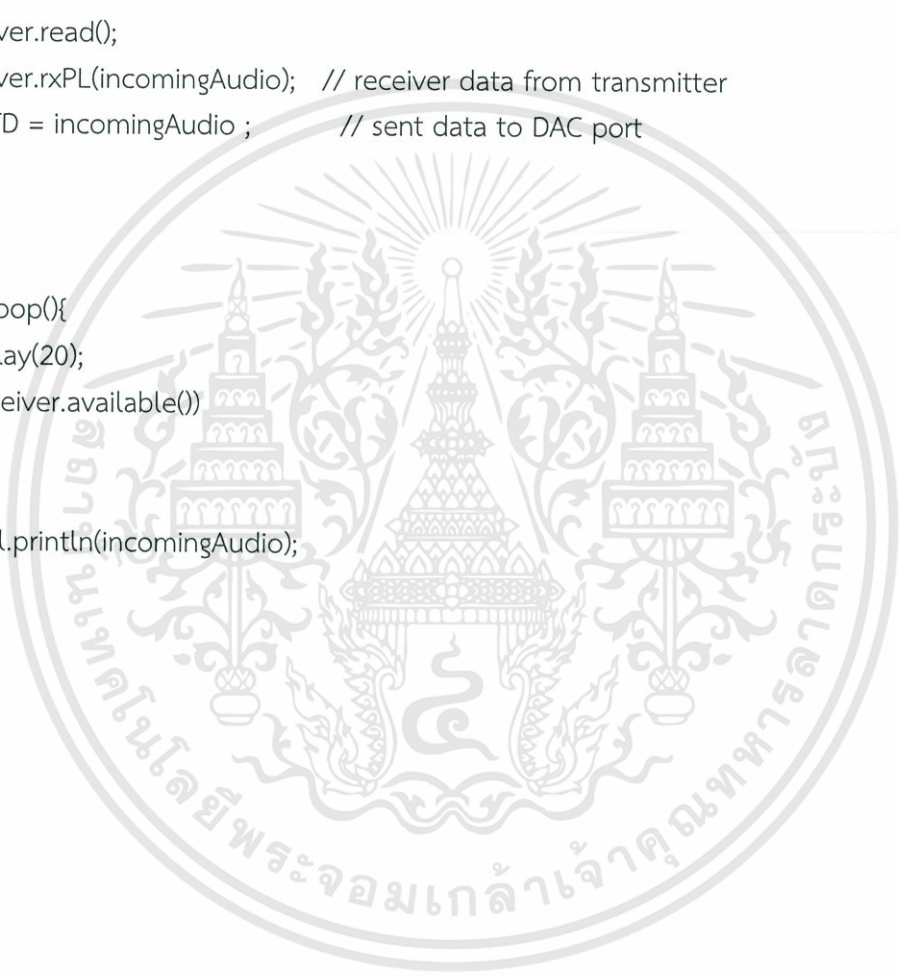
}

//////////////////// interrupt part
ISR(TIMERO_COMPA_vect){ //40kHz interrupt routine

receiver.read();
receiver.rxPL(incomingAudio); // receiver data from transmitter
PORTD = incomingAudio ; // sent data to DAC port
}

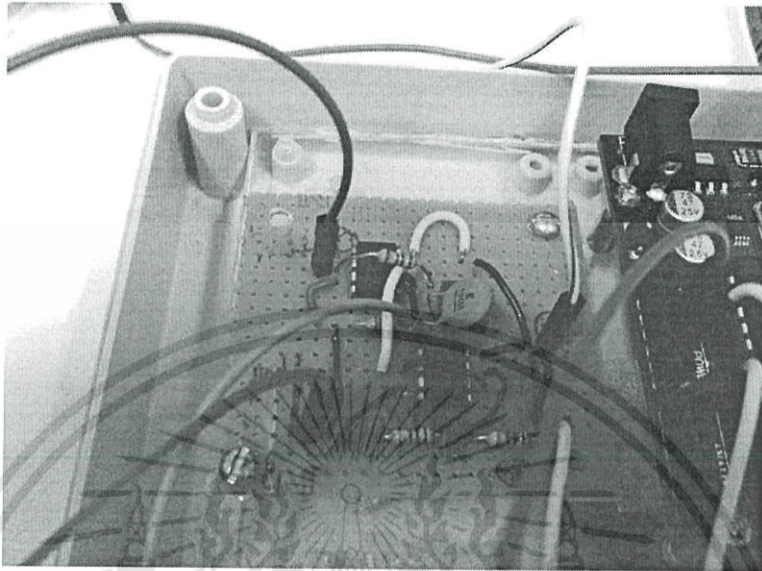
void loop(){
//delay(20);
if(receiver.available())
{
Serial.println(incomingAudio);
}
}

```

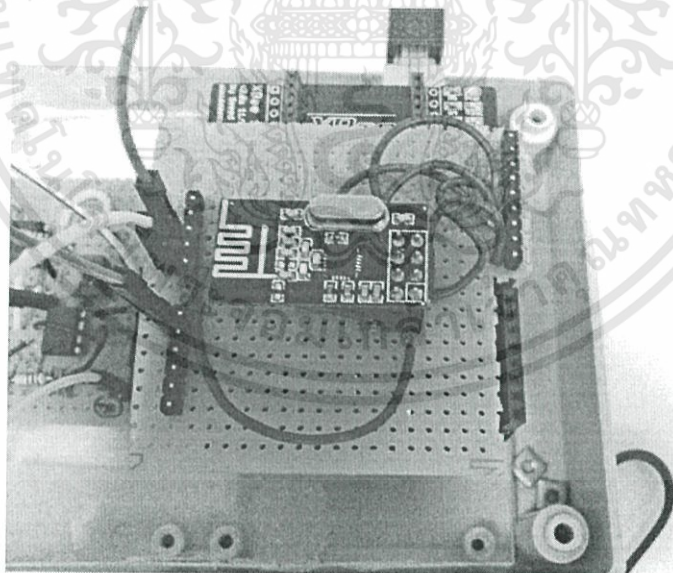




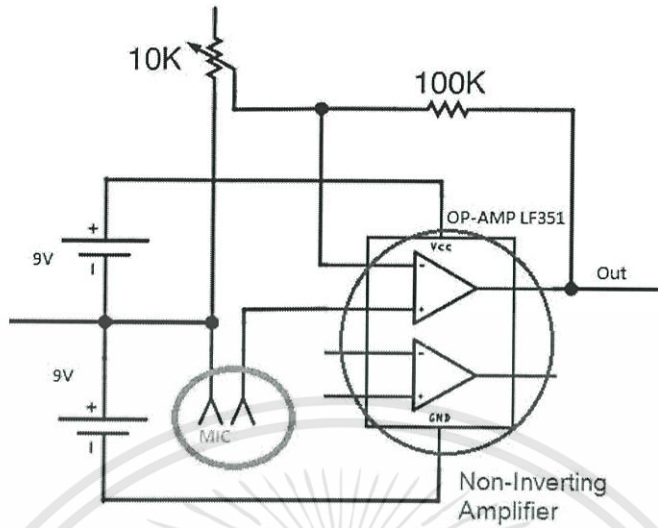
1. วงจรภาคส่ง



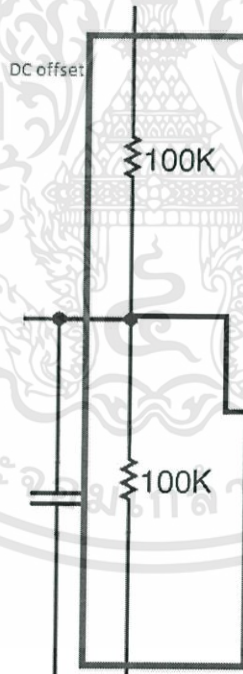
รูปที่ ข.1 วงจรปริโมค



รูปที่ ข.2 โมดูล nRF24L01 ต่อเข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO

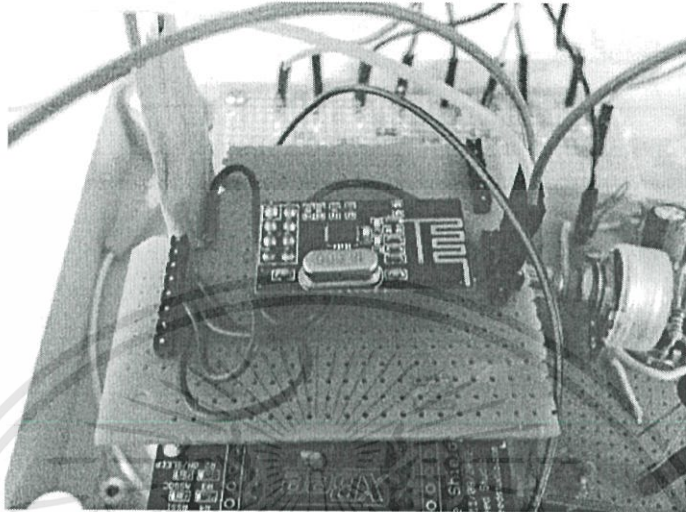


รูปที่ ข.3 รูปส่วนปริมาตร และ ส่วนวงจรขยายสัญญาณ Non-inverting amplifier

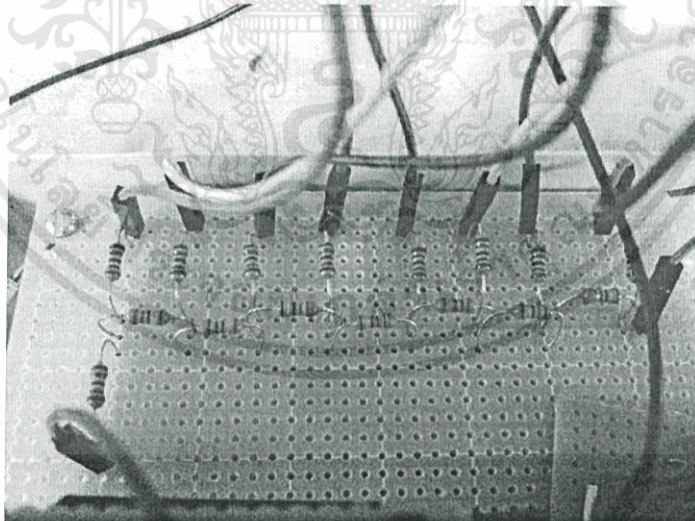


รูปที่ ข.4 ส่วนวงจรที่เป็น DC offset

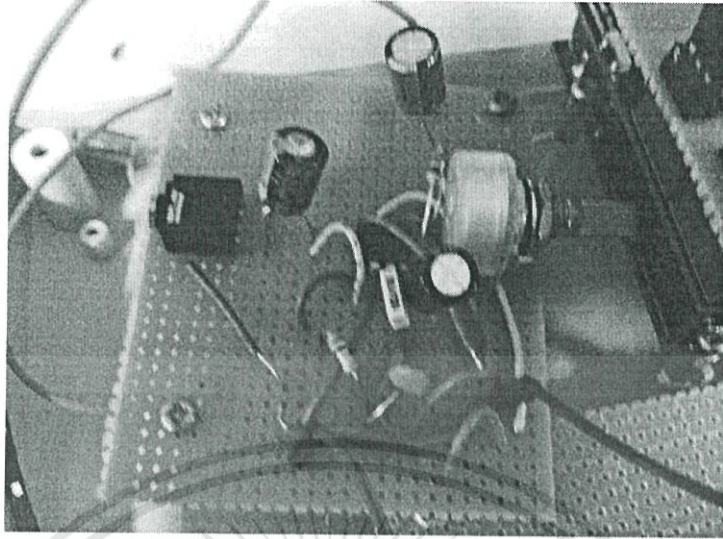
2. วงจรภาครับ



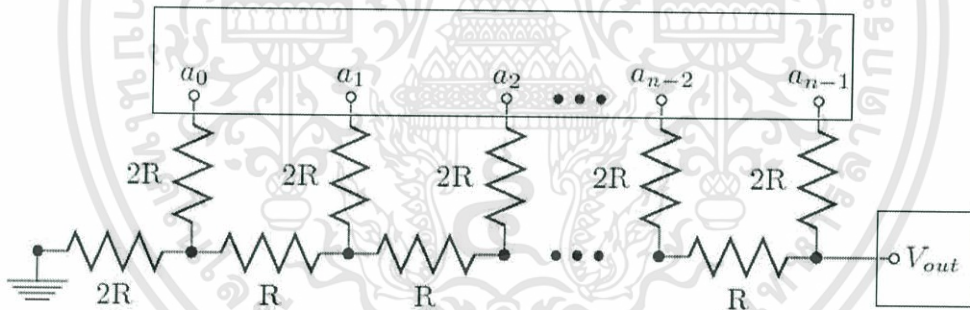
รูปที่ ข.5 โมดูล nRF24L01 ต่อเข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO



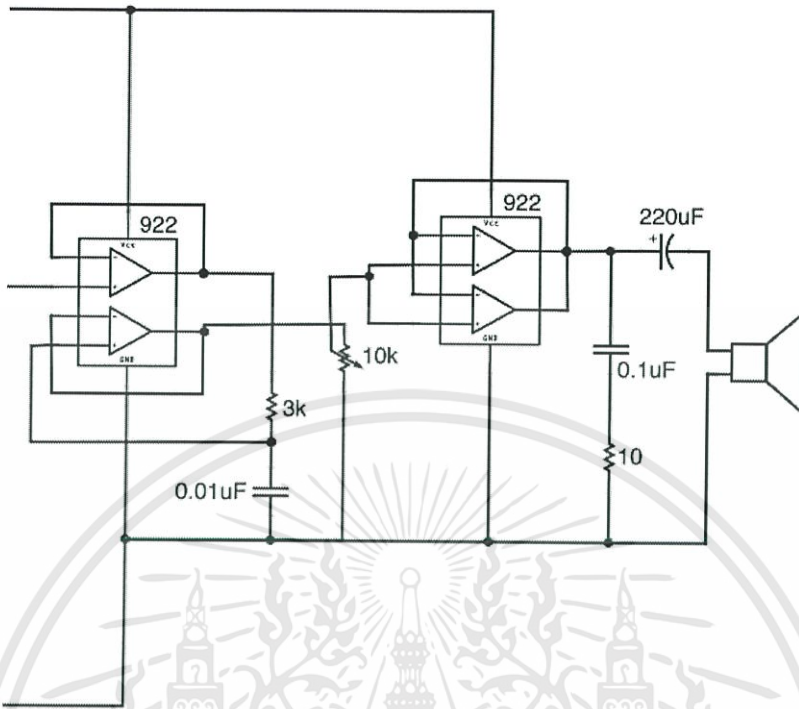
รูปที่ ข.6 วงจร DAC แบบ 8 บิต



รูปที่ ข.7 วงจรในส่วนภาคขยายสัญญาณเพื่อต่อเข้ากับลำโพง



รูปที่ ข.8 วงจร DAC



รูปที่ ข.9 วงจรในส่วนภาคขยายสัญญาณเพื่อต่อเข้ากับลำโพง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Atmel 8-bit Microcontroller with 4/8/16/32KBytes In-System Programmable Flash

ATmega48A; ATmega48PA; ATmega88A; ATmega88PA;
ATmega168A; ATmega168PA; ATmega328; ATmega328P

Features

- High Performance, Low Power Atmel® AVR® 8-bit Microcontroller Family
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions - Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 26 MIPS Throughput at 20MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
 - 64K/128K/256K Bytes of In-System Self-Programmable Flash program memory
 - 512K/1024K Bytes EEPROM
 - 512/1K/2K Bytes Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C¹
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- Atmel® QTouch® library support
 - Capacitive touch buttons, sliders and wheels
 - QTouch and QMatrix® acquisition
 - Up to 64 sense channels
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timers/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Six PWM Channels
 - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFNMLF package
 - Temperature Measurement
 - 4-channel 10-bit ADC in PDIP Package
 - Temperature Measurement
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Byte-oriented 3-wire Serial Interface (Philips® PC compatible)
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
 - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 28-pin PDIP, 33-lead TQFP, 28-pin QFNMLF and 32-pin QFNMLF
- Operating Voltage:
 - 1.8 - 5.5V
- Temperature Range:
 - -40°C to 85°C
- Speed Grade:
 - 0 - 4MHz @ 1.8 - 5.5V, 0 - 16MHz @ 3.7 - 5.5V, 0 - 20MHz @ 4.5 - 5.5V
- Power Consumption at 1MHz, 1.8V, 25°C
 - Active Mode: 6.2mA
 - Power-down Mode: 0.1µA
 - Power-save Mode: 0.75µA (including 32kHz RTC)

ATMEL-AVR-000021

LM386

LM386 Low Voltage Audio Power Amplifier



Literature Number: SNAS545A

1. Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328P

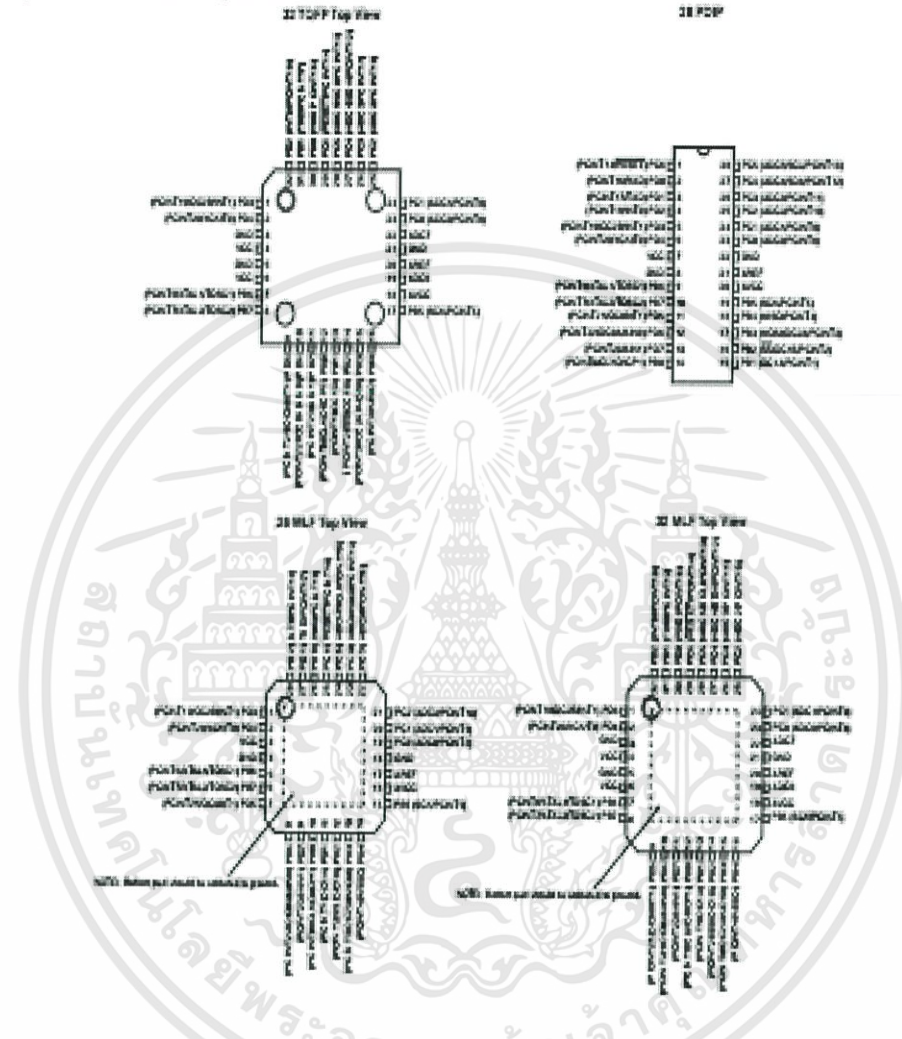


Table 1-1. 32UFPGA - Pinout ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA

	1	2	3	4	5	6
A	PD2	PD1	PC6	PC4	PC2	PC1
B	PD3	PD4	PD0	PC5	PC3	PC0
C	GND	GND			ADC7	GND
D	VDD	VDD			AREF	ADC6
E	PE6	PD6	PE0	PE2	AVDD	PE5
F	PE7	PD5	PE7	PE1	PE3	PE4

LM386 Low Voltage Audio Power Amplifier

General Description

The LM386 is a power amplifier designed for use in low voltage consumer applications. The gain is internally set to 20 to keep external part count low, but the addition of an external resistor and capacitor between pins 1 and 8 will increase the gain to any value from 20 to 200.

The inputs are ground referenced while the output automatically biases to one-half the supply voltage. The quiescent power drain is only 24 milliwatts when operating from a 6 volt supply, making the LM386 ideal for battery operation.

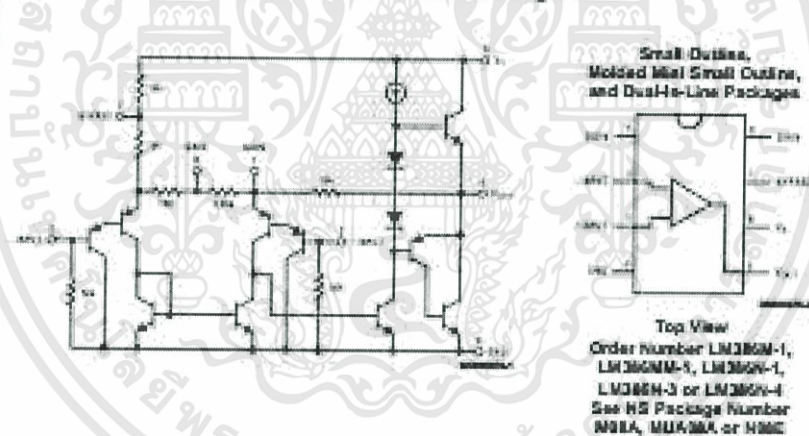
Features

- Battery operation
- Minimum external parts
- Wide supply voltage range: 4V–12V or 2V–18V
- Low quiescent current drain: 4mA
- Voltage gains from 20 to 200
- Ground referenced input
- Self-centering output quiescent voltage
- Low distortion: 0.2% ($A_v = 20$, $V_{in} = 5V$, $R_L = 8\Omega$, $F_{in} = 100\text{Hz}$, $f = 1\text{kHz}$)
- Available in 8 pin MSOP package

Applications

- AM-FM radio amplifiers
- Portable tape player amplifiers
- Intercoms
- TV sound systems
- Line drivers
- Ultrasonic drivers
- Small servo drivers
- Power converters

Equivalent Schematic and Connection Diagrams



Absolute Maximum Ratings (Note 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage (LM386N-1, -3, LM386N-1)	15V
Supply Voltage (LM386N-4)	22V
Package Dissipation (Note 3)	
(LM386N)	1.25W
(LM386M)	0.72W
(LM386MM-1)	0.595W
Input Voltage	±0.4V
Storage Temperature	-55°C to +150°C
Operating Temperature	0°C to +70°C
Junction Temperature	+150°C
Soldering Information	

Dual-In-Line Package	
Soldering (90 sec)	+260°C
Small Outline Package (SOIC and MSOP)	
Vapor Phase (90 sec)	+215°C
Infrared (15 sec)	+220°C
See AH-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.	
Thermal Resistance	
θ_{JC} (DIP)	37°C/W
θ_{JA} (DIP)	107°C/W
θ_{JC} (SO Package)	35°C/W
θ_{JA} (SO Package)	172°C/W
θ_{JA} (MSOP)	210°C/W
θ_{JC} (MSOP)	56°C/W

Electrical Characteristics (Notes 1, 2) $T_A = 25^\circ\text{C}$

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Operating Supply Voltage (V_{OS})					
LM386N-1, -3, LM386M-1, LM386MM-1		4		12	V
LM386N-4		5		18	V
Quiescent Current (I_Q)	$V_{OS} = 5V, V_{IN} = 0$		4	8	mA
Output Power (P_{OUT})					
LM386N-1, LM386M-1, LM386MM-1	$V_{OS} = 5V, R_L = 8\Omega, THD = 10\%$	250	325		mW
LM386N-3	$V_{OS} = 5V, R_L = 8\Omega, THD = 10\%$	500	700		mW
LM386N-4	$V_{OS} = 16V, R_L = 32\Omega, THD = 10\%$	700	1300		mW
Voltage Gain (A_v)	$V_{OS} = 5V, f = 1\text{ kHz}$		26		dB
	50 μF from Pin 5 to 8		45		dB
Bandwidth (BW)	$V_{OS} = 5V$, Pins 1 and 8 Open		300		kHz
Total Harmonic Distortion (THD)	$V_{OS} = 5V, R_L = 8\Omega, P_{OUT} = 125\text{ mW}$		0.2		%
	$f = 1\text{ kHz}$, Pins 1 and 8 Open				
Power Supply Rejection Ratio (PSRR)	$V_{OS} = 5V, f = 1\text{ kHz}, C_{YFBK} = 10\ \mu\text{F}$		50		dB
	Pins 1 and 8 Open, Referred to Output				
Input Resistance (R_{IN})			50		k Ω
Input Bias Current (I_{BIAS})	$V_{OS} = 5V$, Pins 2 and 3 Open		250		nA

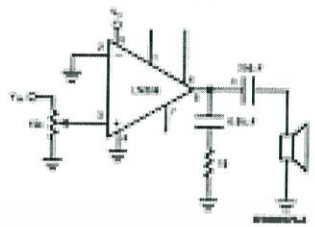
Note 1: All voltages are measured with respect to the ground pin, unless otherwise specified.

Note 2: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is rated, but do not guarantee specific performance levels. Electrical Characteristics state DC and AC electrical specifications under particular test conditions which guarantee specific performance levels. Test assumes that the device is within the Operating Ratings. Specifications are not guaranteed for parameters where no test is given; however, the typical value is a good indication of device performance.

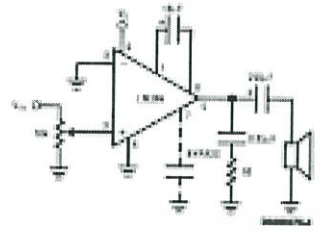
Note 3: For operation in ambient temperatures above 25°C, the device must be derated based on a 150°C maximum junction temperature and 1) a thermal resistance of 107°C/W (unless so noted) for the standard package and 2) a thermal resistance of 172°C/W for the small outline package.

Typical Applications

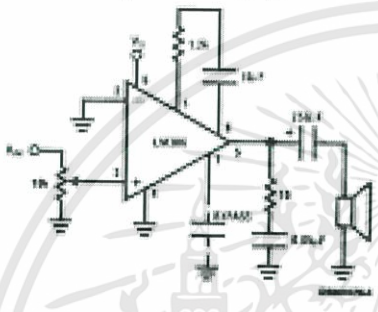
Amplifier with Gain = 20
Minimum Parts



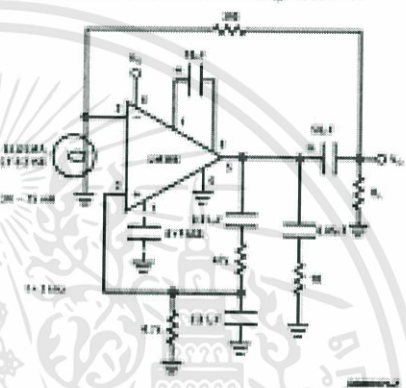
Amplifier with Gain = 200



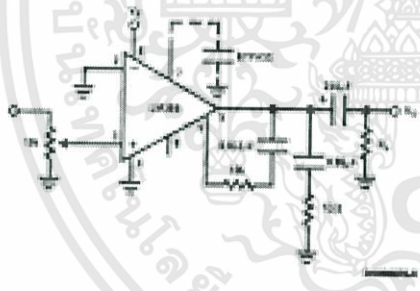
Amplifier with Gain = 50



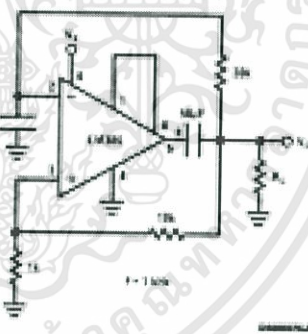
Low Distortion Power Wienbridge Oscillator



Amplifier with Bass Boost



Square Wave Oscillator



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Rail-to-rail high output current dual operational amplifier

Features

- Rail-to-rail input and output
- Low noise: 9 nV/√Hz
- Low distortion
- High output current: 80 mA (able to drive 32 Ω loads)
- High-speed: 4 MHz, 1 V/μs
- Operating from 2.7 to 12 V
- Low input offset voltage: 900 μV max (TS922A)
- ESD internal protection: 2 kV
- Latch-up immunity
- Macro model included in this specification
- Dual version available in flip-chip package

Applications

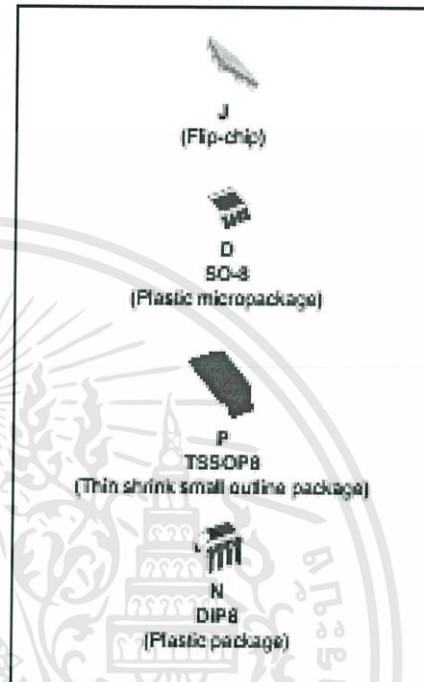
- Headphone amplifiers
- Sound cards, multimedia systems
- Line drivers, actuator drivers
- Servo amplifiers
- Mobile phones and portable equipment
- Instrumentation with low noise as key factor
- Piezoelectric speaker drivers

Description

The TS922 is a rail-to-rail dual BiCMOS operational amplifier optimized and fully specified for 3 and 5 V operation.

The device's high output current allows low-load impedances to be driven.

Very low noise, low distortion, low offset and a high output current capability make this device an excellent choice for high quality, low voltage or battery operated audio systems.



The device is stable for capacitive loads up to 500 pF.

1 Pin diagrams

Figure 1. Pin connections (top view)

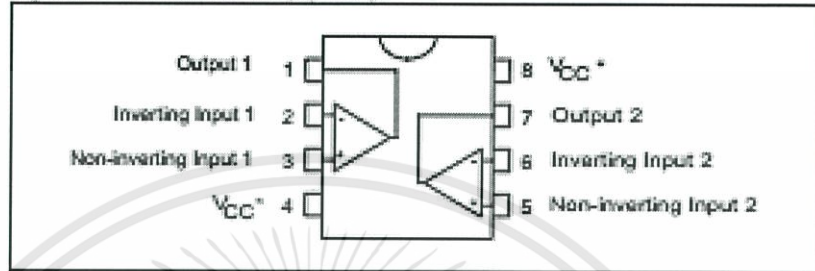
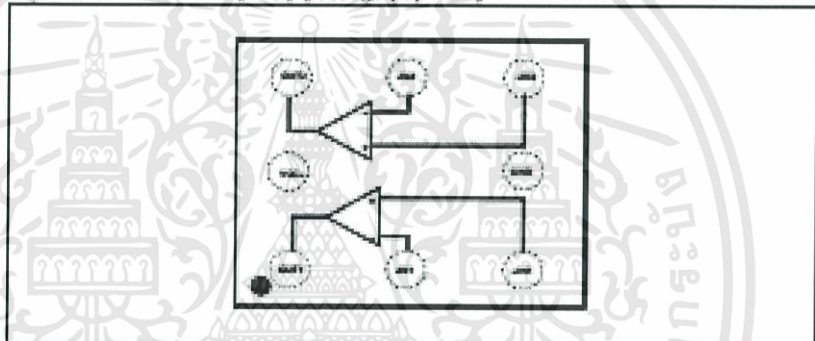


Figure 2. Pinout for flip-chip package (top view)



TL07x Low-Noise JFET-Input Operational Amplifiers

1 Features

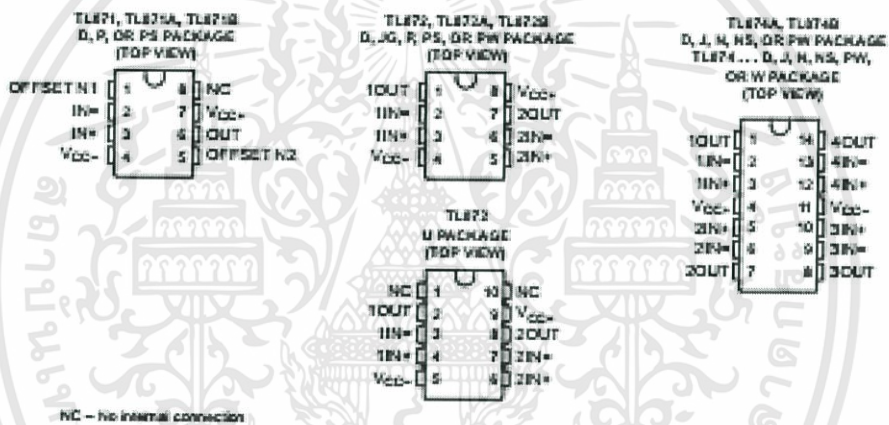
- Low Power Consumption
- Wide Common-Mode and Differential Voltage Ranges
- Low Input Bias and Offset Currents
- Output Short-Circuit Protection
- Low Total Harmonic Distortion: 0.003% Typ
- Low Noise
 $V_n = 18 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ Typ at $f = 1 \text{ kHz}$
- High Input Impedance: JFET Input Stage
- Internal Frequency Compensation
- Latch-Up-Free Operation
- High Slew Rate: 13 V/ μs Typ
- Common-Mode Input Voltage Range Includes V_{CC} .

2 Description

The JFET-input operational amplifiers in the TL07x series are similar to the TL08x series, with low input bias and offset currents and fast slew rate. The low harmonic distortion and low noise make the TL07x series ideally suited for high-fidelity and audio preamplifier applications. Each amplifier features JFET inputs (for high input impedances) coupled with bipolar output stages integrated on a single monolithic chip.

The C-suffix devices are characterized for operation from 0°C to 70°C. The I-suffix devices are characterized for operation from -40°C to 85°C. The M-suffix devices are characterized for operation over the full military temperature range of -55°C to 125°C.

3 Terminal Out Drawings



LF351 Wide Bandwidth JFET Input Operational Amplifier

General Description

The LF351 is a low cost, high speed JFET input operational amplifier with an internally trimmed input offset voltage (JFET 97M technology). The device requires a low supply current and yet maintains a large gain bandwidth product and a fast slew rate. In addition, well matched high voltage JFET input devices provide very low input bias and offset currents. The LF351 is pin compatible with the standard LM741 and uses the same offset voltage adjustment circuitry. This feature allows designers to immediately upgrade the overall performance of existing LM741 designs.

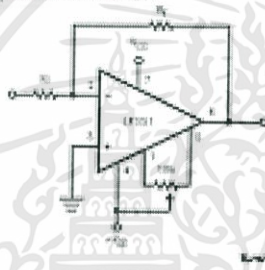
The LF351 may be used in applications such as high speed integrators, fast C/D converters, sample-and-hold circuits and many other circuits requiring low input offset voltage, low input bias current, high input impedance, high slew rate and wide bandwidth. The device has low noise and offset voltage drift, but for applications where these requirements are critical, the LF350 is recommended. If maximum supply

current is important, however, the LF351 is the better choice.

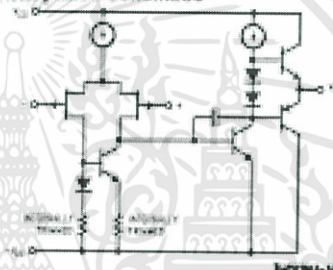
Features

- Internally trimmed offset voltage 10 mV
- Low input bias current 80 nA
- Low input noise voltage 28 nV/√Hz
- Low input noise current 0.01 pA/√Hz
- Wide gain bandwidth 4 MHz
- High slew rate 12 V/μs
- Low supply current 1.8 mA
- High input impedance 10¹¹ Ω
- Low total harmonic distortion $A_V = 10$, $f_o = 10$ kHz, $V_{OS} = 20$ V/μs, BW = 20 Hz–20 kHz 40.52%
- Low 1/f noise corner 80 Hz
- Fast settling time to 0.01% 2 μs

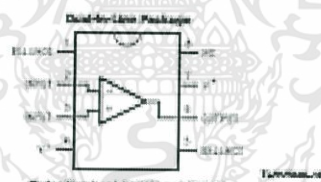
Typical Connection



Simplified Schematic



Connection Diagram



Order Number LF351M or LF351N
New MS Package Number M05A or M05B



TL072, TL072A, TL072B

Low noise JFET dual operational amplifiers

Datasheet — production data

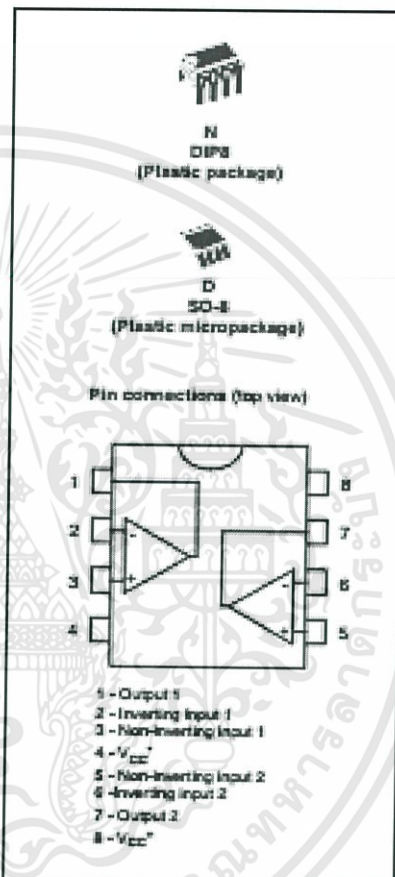
Features

- Wide common-mode (up to V_{CC}^+) and differential voltage range
- Low input bias and offset current
- Low noise $e_n = 15 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ (typ)
- Output short-circuit protection
- High input impedance JFET input stage
- Low harmonic distortion: 0.01% (typical)
- Internal frequency compensation
- Latch-up free operation
- High slew rate: 16 $\text{V}/\mu\text{s}$ (typ)

Description

The TL072, TL072A and TL072B are high speed JFET input dual operational amplifiers incorporating well matched, high voltage JFET and bipolar transistors in a monolithic integrated circuit.

The devices feature high slew rates, low input bias and offset current, and low offset voltage temperature coefficient.



July 2012

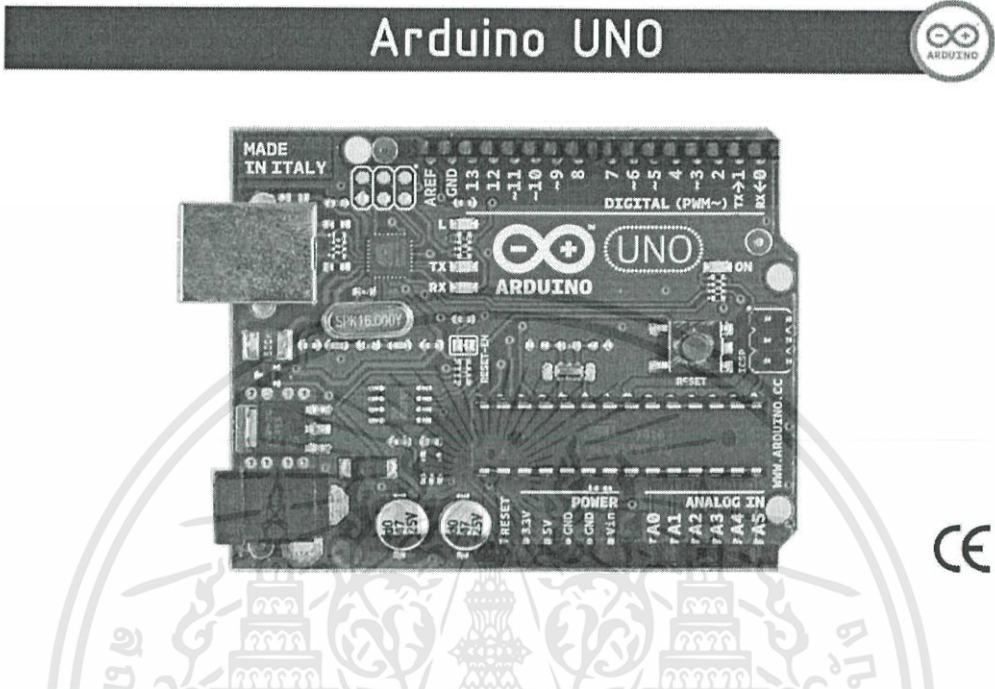
Doc ID 2298 Rev 7

1/58

This is information on a product in full production.

www.st.com

ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3



Product Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 (datasheet). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

Index

Technical Specifications	Page 2
How to use Arduino Programming Enviroment, Basic Tutorials	Page 6
Terms & Conditions	Page 7
Enviromental Policies half sqm of green via Impatto Zero®	Page 7

Technical Specification

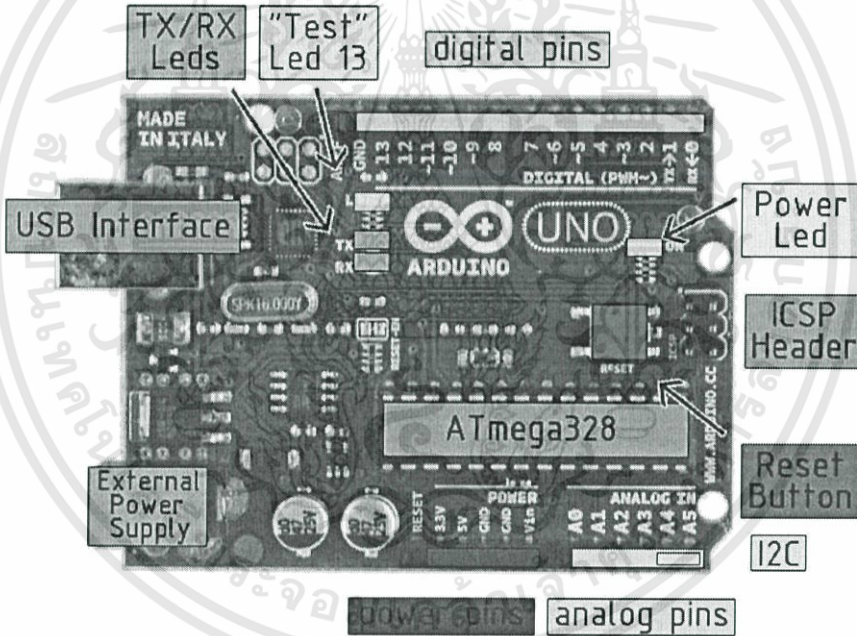


EAGLE files: arduino-duemilanove-uno-design.zip Schematic: arduino-uno-schematic.pdf

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

the board



Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The Atmega328 has 32 KB of flash memory for storing code (of which 0,5 KB is used for the bootloader); It has also 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using `pinMode()`, `digitalWrite()`, and `digitalRead()` functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip .
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the `attachInterrupt()` function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the `analogWrite()` function.
- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Uno has 6 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the `analogReference()` function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **I²C: 4 (SDA) and 5 (SCL).** Support I²C (TWI) communication using the [Wire library](#).

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with `analogReference()`.
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the [mapping between Arduino pins and Atmega328 ports](#).

Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega8U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The '8U2 firmware uses the standard USB COM drivers, and no external driver is needed. However, on Windows, an *.inf file is required..

The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the USB-to-serial chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Uno's digital pins.

The ATmega328 also support I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a [Wire library](#) to simplify use of the I2C bus; see the [documentation](#) for details. To use the SPI communication, please see the ATmega328 datasheet.

Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select "Arduino Uno w/ ATmega328" from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega328 on the Arduino Uno comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

The ATmega8U2 firmware source code is available . The ATmega8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2. You can then use [Atmel's FLIP software](#) (Windows) or the [DFU programmer](#) (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader).

Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Uno is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega328 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Uno is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Uno. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

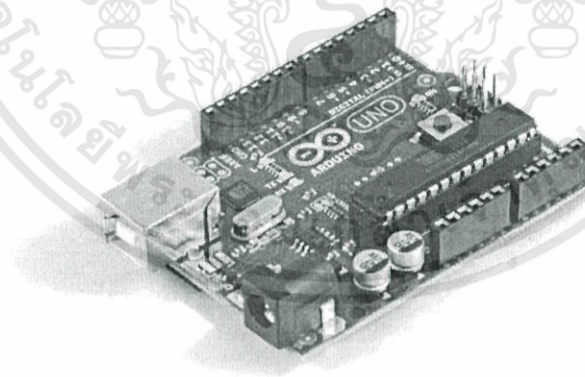
The Uno contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

USB Overcurrent Protection

The Arduino Uno has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Physical Characteristics

The maximum length and width of the Uno PCB are 2.7 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.



How to use Arduino



Arduino can sense the environment by receiving input from a variety of sensors and can affect its surroundings by controlling lights, motors, and other actuators. The microcontroller on the board is programmed using the [Arduino programming language](#) (based on [Wiring](#)) and the [Arduino development environment](#) (based on [Processing](#)). Arduino projects can be stand-alone or they can communicate with software on running on a computer (e.g. Flash, Processing, MaxMSP).

Arduino is a cross-platform program. You'll have to follow different instructions for your personal OS. Check on the [Arduino site](#) for the latest instructions. <http://arduino.cc/en/Guide/HomePage>

Linux Install

Windows Install

Mac Install

Once you have downloaded/unzipped the arduino IDE, you can Plug the Arduino to your PC via USB cable.

Blink led

Now you're actually ready to "burn" your first program on the arduino board. To select "blink led", the physical translation of the well known programming "hello world", select

**File>Sketchbook>
Arduino-0017>Examples>
Digital>Blink**

Once you have your sketch you'll see something very close to the screenshot on the right.

In **Tools>Board** select

Now you have to go to **Tools>SerialPort** and select the right serial port, the one arduino is attached to.

```
int ledPin = 13; // LED connected to digital pin 13
// The setup() method runs once, when the sketch starts
void setup() {
  // initialize the digital pin as an output:
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
}
// the loop() method runs over and over again,
// as long as the Arduino has power
void loop()
{
  digitalWrite(ledPin, HIGH); // set the LED on
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(ledPin, LOW); // set the LED off
  delay(1000); // wait for a second
}
```

Press Compile button (to check for errors) Upload TX RX Flashing Blinking Led!

Wireless Transceiver Module nRF24L01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 Introduction

The nRF24L01+ is a single chip 2.4GHz transceiver with an embedded baseband protocol engine (Enhanced ShockBurst™), suitable for ultra low power wireless applications. The nRF24L01+ is designed for operation in the world wide ISM frequency band at 2.400 - 2.4835GHz.

To design a radio system with the nRF24L01+, you simply need an MCU (microcontroller) and a few external passive components.

You can operate and configure the nRF24L01+ through a Serial Peripheral Interface (SPI). The register map, which is accessible through the SPI, contains all configuration registers in the nRF24L01+ and is accessible in all operation modes of the chip.

The embedded baseband protocol engine (Enhanced ShockBurst™) is based on packet communication and supports various modes from manual operation to advanced autonomous protocol operation. Internal FIFOs ensure a smooth data flow between the radio front end and the system's MCU. Enhanced ShockBurst™ reduces system cost by handling all the high speed link layer operations.

The radio front end uses GFSK modulation. It has user configurable parameters like frequency channel, output power and air data rate. nRF24L01+ supports an air data rate of 250 kbps, 1 Mbps and 2Mbps. The high air data rate combined with two power saving modes make the nRF24L01+ very suitable for ultra low power designs.

nRF24L01+ is drop-in compatible with nRF24L01 and on-air compatible with nRF2401A, nRF2402, nRF24E1 and nRF24E2. Intermodulation and wideband blocking values in nRF24L01+ are much improved in comparison to the nRF24L01 and the addition of internal filtering to nRF24L01+ has improved the margins for meeting RF regulatory standards.

Internal voltage regulators ensure a high Power Supply Rejection Ratio (PSRR) and a wide power supply range.

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

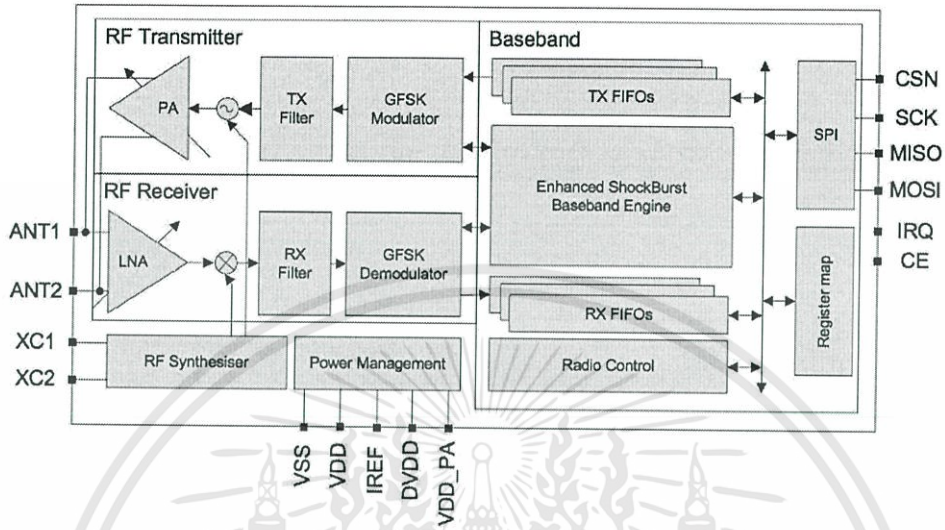


Figure 1. nRF24L01+ block diagram

2 Pin Information

2.1 Pin assignment

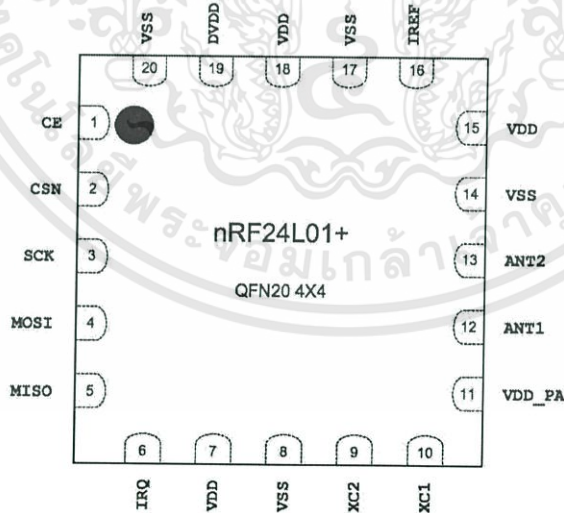


Figure 2. nRF24L01+ pin assignment (top view) for the QFN20 4x4 package

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

3 Absolute maximum ratings

Note: Exceeding one or more of the limiting values may cause permanent damage to nRF24L01+.

Operating conditions	Minimum	Maximum	Units
Supply voltages			
V _{DD}	-0.3	3.6	V
V _{SS}		0	V
Input voltage			
V _I	-0.3	5.25	V
Output voltage			
V _O	V _{SS} to V _{DD}	V _{SS} to V _{DD}	
Total Power Dissipation			
P _D (T _A =85°C)		60	mW
Temperatures			
Operating Temperature	-40	+85	°C
Storage Temperature	-40	+125	°C

Table 2. Absolute maximum ratings

4 Operating conditions

Symbol	Parameter (condition)	Notes	Min.	Typ.	Max.	Units
V _{DD}	Supply voltage		1.9	3.0	3.6	V
V _{DD}	Supply voltage if input signals >3.6V		2.7	3.0	3.3	V
TEMP	Operating Temperature		-40	+27	+85	°C

Table 3. Operating conditions

6 Radio Control

This chapter describes the nRF24L01+ radio transceiver's operating modes and the parameters used to control the radio.

The nRF24L01+ has a built-in state machine that controls the transitions between the chip's operating modes. The state machine takes input from user defined register values and internal signals.

6.1 Operational Modes

You can configure the nRF24L01+ in power down, standby, RX or TX mode. This section describes these modes in detail.

6.1.1 State diagram

The state diagram in Figure 4, shows the operating modes and how they function. There are three types of distinct states highlighted in the state diagram:

- **Recommended operating mode:** is a recommended state used during normal operation.
- **Possible operating mode:** is a possible operating state, but is not used during normal operation.
- **Transition state:** is a time limited state used during start up of the oscillator and settling of the PLL.

When the V_{DD} reaches 1.9V or higher nRF24L01+ enters the Power on reset state where it remains in reset until entering the Power Down mode.

6.1.3.2 Standby-II mode

In standby-II mode extra clock buffers are active and more current is used compared to standby-I mode. nRF24L01+ enters standby-II mode if CE is held high on a PTX device with an empty TX FIFO. If a new packet is uploaded to the TX FIFO, the PLL immediately starts and the packet is transmitted after the normal PLL settling delay (130 μs).

Register values are maintained and the SPI can be activated during both standby modes. For start up times see [Table 16. on page 24.](#)

6.1.4 RX mode

The RX mode is an active mode where the nRF24L01+ radio is used as a receiver. To enter this mode, the nRF24L01+ must have the PWR_UP bit, PRIM_RX bit and the CE pin set high.

In RX mode the receiver demodulates the signals from the RF channel, constantly presenting the demodulated data to the baseband protocol engine. The baseband protocol engine constantly searches for a valid packet. If a valid packet is found (by a matching address and a valid CRC) the payload of the packet is presented in a vacant slot in the RX FIFOs. If the RX FIFOs are full, the received packet is discarded.

The nRF24L01+ remains in RX mode until the MCU configures it to standby-I mode or power down mode. However, if the automatic protocol features (Enhanced ShockBurst™) in the baseband protocol engine are enabled, the nRF24L01+ can enter other modes in order to execute the protocol.

In RX mode a Received Power Detector (RPD) signal is available. The RPD is a signal that is set high when a RF signal higher than -64 dBm is detected inside the receiving frequency channel. The internal RPD signal is filtered before presented to the RPD register. The RF signal must be present for at least 40 μs before the RPD is set high. How to use the RPD is described in [Section 6.4 on page 25.](#)

6.1.5 TX mode

The TX mode is an active mode for transmitting packets. To enter this mode, the nRF24L01+ must have the PWR_UP bit set high, PRIM_RX bit set low, a payload in the TX FIFO and a high pulse on the CE for more than 10 μs .

The nRF24L01+ stays in TX mode until it finishes transmitting a packet. If $\text{CE} = 0$, nRF24L01+ returns to standby-I mode. If $\text{CE} = 1$, the status of the TX FIFO determines the next action. If the TX FIFO is not empty the nRF24L01+ remains in TX mode and transmits the next packet. If the TX FIFO is empty the nRF24L01+ goes into standby-II mode. The nRF24L01+ transmitter PLL operates in open loop when in TX mode. It is important never to keep the nRF24L01+ in TX mode for more than 4ms at a time. If the Enhanced ShockBurst™ features are enabled, nRF24L01+ is never in TX mode longer than 4ms.

6.1.6 Operational modes configuration

The following table (Table 15.) describes how to configure the operational modes.

Mode	PWR_UP register	PRIM_RX register	CE input pin	FIFO state
RX mode	1	1	1	-
TX mode	1	0	1	Data in TX FIFOs. Will empty all levels in TX FIFOs ^a .
TX mode	1	0	Minimum 10µs high pulse	Data in TX FIFOs. Will empty one level in TX FIFOs ^b .
Standby-II	1	0	1	TX FIFO empty.
Standby-I	1	-	0	No ongoing packet transmission.
Power Down	0	-	-	-

- a. If CE is held high all TX FIFOs are emptied and all necessary ACK and possible retransmits are carried out. The transmission continues as long as the TX FIFO is refilled. If the TX FIFO is empty when the CE is still high, nRF24L01+ enters standby-II mode. In this mode the transmission of a packet is started as soon as the CSN is set high after an upload (UL) of a packet to TX FIFO.
- b. This operating mode pulses the CE high for at least 10µs. This allows one packet to be transmitted. This is the normal operating mode. After the packet is transmitted, the nRF24L01+ enters standby-I mode.

Table 15. nRF24L01+ main modes

6.1.7 Timing Information

The timing information in this section relates to the transitions between modes and the timing for the CE pin. The transition from TX mode to RX mode or vice versa is the same as the transition from the standby modes to TX mode or RX mode (max. 130µs), as described in Table 16.

Name	nRF24L01+	Notes	Max.	Min.	Comments
Tpd2stby	Power Down → Standby mode	a	150µs		With external clock
			1.5ms		External crystal, Ls < 30mH
			3ms		External crystal, Ls = 60mH
			4.5ms		External crystal, Ls = 90mH
Tstby2a	Standby modes → TX/RX mode		130µs		
Thce	Minimum CE high			10µs	
Tpece2csn	Delay from CE positive edge to CSN low			4µs	

- a. See Table 11, on page 19 for crystal specifications.

Table 16. Operational timing of nRF24L01+

For nRF24L01+ to go from power down mode to TX or RX mode it must first pass through stand-by mode. There must be a delay of Tpd2stby (see Table 16.) after the nRF24L01+ leaves power down mode before the CE is set high.

Note: If VDD is turned off the register value is lost and you must configure nRF24L01+ before entering the TX or RX modes.