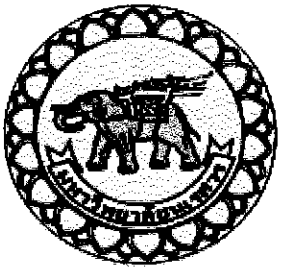


เครื่องรับ – ส่งสัญญาณวิทยุ 4 ช่องสัญญาณ

4-CHANNEL RADIO-FREQUENCY RECEIVER AND TRANSMITTER

นายอิสรภาพ พยม รหัส 48362056

นายกฤษณ์ เชื้อวงศ์ รหัส 48364265

นายเรืองชัย อุ่นศิริ รหัส 48364586

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ....25/มี.ค..2553/.....
เลขทะเบียน.....1300297.....
เลขเรียกหนังสือ.....วิ.....
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2551

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรม

หัวข้อโครงงาน	เครื่องรับ – ส่งสัญญาณวิทยุ 4 ช่องสัญญาณ			
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายอิสรภาพ	พยม	รหัส	48362056
	นายกฤษณ์	เชื้อวงศ์	รหัส	48364265
	นายเรืองชัย	อุ่นศิริ	รหัส	48364586
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ ชนบดีเฉลิมรุ่ง			
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า			
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์			
ปีการศึกษา	2551			

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ ชนบดีเฉลิมรุ่ง)

.....กรรมการ

(ดร.อัครพันธ์ วงศ์กังแห)

.....กรรมการ

(ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

หัวข้อโครงงาน	**เครื่องรับ – ส่งสัญญาณวิทยุ 4 ช่องสัญญาณ**
	4 - Channel Radio - Frequency Receiver and Transmitter
ผู้ดำเนินโครงงาน	**นายอิสรภาพ พยม รหัส 48362056**
	นายกฤษณ์ เชื้อวงศ์ รหัส 48364265
	นายเรืองชัย อุ่นศิริ รหัส 48364586
อาจารย์ที่ปรึกษา	**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ ชนบดีเฉลิมรุ่ง**
สาขาวิชา	**วิศวกรรมไฟฟ้า**
ภาควิชา	**วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์**
ปีการศึกษา	2551

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการนำเสนอ ระบบรับส่งสัญญาณ 4 ช่องสัญญาณ โดยส่งภายในระยะ 3-5 กิโลเมตรการส่งเป็นการส่งแบบสัญญาณดิจิตอล โดยระบบจะรับสัญญาณข้อมูลอินพุทแบบขนาน 8 บิตทั้ง 4 สัญญาณแล้วทำการตรวจสอบโดยไมโครคอนโทรเลอร์ ถ้าข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงนาน 20 นาทีข้อมูลจะถูกส่งเข้าวงจร FSK Modulation เพื่อแปลงสัญญาณเข้าเครื่องส่งCB ในระบบ FM (Frequency Modulation) ที่กำลังส่ง 5 Watt ที่ความถี่ 245 MHz ผ่านทางสายอากาศแบบเจาะจงทิศทางไปยังภาครับสัญญาณ FM แล้วแปลงสัญญาณที่ได้รับให้ได้เป็นสัญญาณเอาต์พุท 4 สัญญาณดังเดิม เพื่อที่จะแสดงข้อมูลที่รับได้มาวิเคราะห์เพื่อศึกษาแล้วเข้าจัดเก็บต่อไป

Project Title	4-Channel Radio-Frequency Receiver and Transmitter			
Name	Mr. Isarapap	Payom	ID.	48362056
	Mr. Krit	Chuawong	ID.	48364265
	Mr. Ruengchai	unsiri	ID.	48364586
Project Advisor	Assistant Professor Dr. Yongyut Chonbodeechalermroung			
Major	Electrical Engineering			
Department	Electrical and Computer Engineering			
Academic year	2008			

ABSTRACT

This project presents a 4-channel Radio-Frequency Receiver and Transmitter system for sending data within 3-5 kilometers by digital signals. The system will receive parallel input data at 8 bits for all 4 signals. Data will be checked by the microcontroller. If data changes or doesn't change within 20 minutes, data will be sent into an FSK modulation circuit for modulating signals and sending them to a CB (Citizen band) transmitter in an FM (Frequency modulation) system at 5 Watt, 245 MHz through antenna to the FM signal receiver. The receiver will demodulate the signal to 4 output original signals and will show the data that has been accepted for analyzation , study and storage.

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

การที่ข้าพเจ้าได้จัดทำโครงงานเรื่อง เครื่องรับ – ส่งสัญญาณวิทยุ 4 ช่องสัญญาณตั้งแต่เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2551ถึง เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2552 ส่งผลให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้ และประสบการณ์ต่าง ๆ ที่มีค่ามากมาย สำหรับโครงงานชิ้นนี้ สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนหลายฝ่ายดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ ชนบดีเฉลิมรุ่ง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน
2. นายกฤษดา สมจิตชอบ ครูช่าง
3. นายณัฐภัทร มัทย์พงษ์ถาวร ครูช่าง

และบุคคลท่านอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวสกุลทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำรายงานฉบับนี้

ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล เป็นที่ปรึกษาในการทำโครงงานนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนให้การดูแล และให้ความเข้าใจเกี่ยวกับการทำโครงงาน

ผู้จัดทำรายงาน

นายอิสรภาพ พยม

นายกฤษณ์ เชื้อวงศ์

นายเรืองชัย อุ่นศิริ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ข

กิตติกรรมประกาศ.....ค

สารบัญ.....ง

สารบัญตาราง.....ฉ

สารบัญรูป.....ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาความเป็นมาและความสำคัญ.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน.....2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย.....2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3

1.6 งบประมาณ.....3

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ภายในโครงงาน

2.1 การเข้ารหัสสัญญาณดิจิตอล(Digital Modulation Techniques).....4

2.2 การกล้ำสัญญาณทางความถี่ (Frequency Modulation).....6

2.3 วิทยุคลื่นความถี่ประชาชน (Citizen Band).....9

2.4 สายอากาศ (Antenna).....10

2.5 สายนำสัญญาณ (transmission line).....13

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....16

บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.1 การออกแบบภาคส่งข้อมูล.....18

3.2 ออกแบบภาครับข้อมูล.....23

บทที่ 4 ผลที่ได้จากการทำการทดลอง

4.1 ชิ้นงานที่ได้จากการทดลอง.....28

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.2 ผลที่ได้จากการทดลอง.....29

บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์โครงงาน

5.1 วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ.....31

5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบในการทำโครงงาน.....31

5.3 ข้อเสนอแนะ.....31

เอกสารอ้างอิง.....32

ภาคผนวก ก 34

ภาคผนวก ข.....41

ภาคผนวก ค.....62

ประวัติผู้เขียนโครงงาน 66

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ตารางคุณสมบัติสายโคแอกเชียลที่นิยมใช้งาน....14

4.1 ผลการทดลองการรับส่งข้อมูลของภาครับและภาคส่ง เมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลง....29

4.2 ผลการทดลองเมื่อมีการวัดระยะทางและจับเวลาในการส่งข้อมูล....30

มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 สัญญาณขาเข้า (input)....4

2.2 สัญญาณที่ผ่านการมอดูเลตทั้ง 3 วิธี....6

2.3 กราฟสัญญาณ FM ที่ผ่านการ กลั้วสัญญาณแล้ว....7

2.4 รูปสเปรกตัมทางความถี่ของสัญญาณ FM....8

2.5 วงจร Phase lock loop....8

2.6 สนามแม่เหล็กที่แผ่ออกจากสายอากาศ....10

2.7 มุมการแพร่กระจายคลื่นทางแนวตั้งของสายอากาศสลิมจิม เมื่อเทียบกับสายอากาศ 5/8 Lamกราวด์เพลน....12

2.8 รูปแบบการแพร่กระจายคลื่นทางแนวนอน ซึ่งมองลงไปที่ปลายสายอากาศ ทั้งสลิมจิมและ 5/8 Lamdaที่ทำมุม 0 องศาขนานกับพื้นโลก จะเห็นว่าความแตกต่างของ Gain ที่มุมนี้จะมีสูงถึง 6dB....12

2.9 สายส่งแบบบาลานซ์ไลน์แต่ละประเภท....13

2.10 สายส่งแบบอันบาลานซ์ไลน์แต่ละประเภท....14

3.1 บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ ATMEGA32ในภาคส่ง....18

3.2 Flow Chart ไมโครคอนโทรลเลอร์ภาคส่งข้อมูล....19

3.3 โมเด็มเอนกประสงค์ มอดดูเลทแบบ FSK....21

3.4 เครื่อง BENISON V7 ระบบ FM ที่ความถี่ 245 MHz กำลังส่ง 5 W....21

3.5 สายอากาศสลิมจิม....22

3.6 Block Diagram ภาคส่งข้อมูล....23

3.7 เครื่องระบบ Spender SHQ-280M FM ที่ความถี่ 245 MHz กำลังส่ง 3.5 W....24

3.8 บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ ATMEGA32.ในภาครับ....25

3.9 Flow Chart ไมโครคอนโทรลเลอร์ภาครับข้อมูล....26

3.10 Block Diagram ภาคส่งข้อมูล....27

3.11 Block Diagram แสดงการเชื่อมต่อกันระหว่างภาครับกับภาคส่งข้อมูล....27

4.1 อุปกรณ์ในภาคส่ง....28

4.2 อุปกรณ์ในภาครับ....28

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

โครงงานนี้เป็นการศึกษาสัญญาณวิทยุ เพื่อที่จะสร้างเครื่องส่ง ที่รับ Input สัญญาณ 4 สัญญาณ ส่งที่ระยะไม่ต่ำกว่า 3 กิโลเมตร เพื่อที่จะนำสัญญาณข้อมูลทั้ง 4 สัญญาณข้อมูลนี้ไปแสดงผล ณ ปลายทางที่กำหนดไว้ให้ถูกต้อง เพื่อเอาข้อมูลนี้ไปวิเคราะห์เพื่อการวิจัยศึกษาต่อไป โครงงานนี้จัดทำเพื่อที่จะประหยัดค่าใช้จ่ายและใช้อุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพให้ได้มากที่สุด และใช้ในการส่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับภัยทางธรรมชาติหลาย ๆ ข้อมูลแล้วส่งต่อให้อุปกรณ์อื่น

โครงงานนี้มีการแบ่งงานเป็น 2 ส่วนคือ

1. เครื่องส่งสัญญาณวิทยุ 4 Channel เป็นเครื่องที่สร้างขึ้นมาเพื่อรับส่งสัญญาณข้อมูลจากเครื่องตรวจจับการเคลื่อนตัวของดิน ความชื้นของดิน ปริมาณน้ำในเขื่อน เป็นต้น ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ
2. เครื่องรับสัญญาณวิทยุเพื่อรับข้อมูลจากภาคส่งแล้วนำมาทำการ แยกสัญญาณออกเป็น 4 สัญญาณตามเดิม

โครงงานนี้จะมุ่งเน้นในการรับ-ส่งสัญญาณวิทยุ 4 ข้อมูลให้ข้อมูลทางปลายทางได้ข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำ

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาการทำงานของ เครื่องรับและส่งสัญญาณวิทยุ

1.2.2 เพื่อศึกษาหลักการการรับและส่งสัญญาณวิทยุ

1.2.3 เพื่อศึกษาหลักการ Multiplex และ Demultiplex สัญญาณข้อมูลการแจ้งเตือนภัยธรรมชาติ

1.2.4 เพื่อศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้งานในการรับส่งสัญญาณข้อมูลจากวิทยุซึ่งจะนำมาใช้ในการแจ้งเตือนภัยธรรมชาติ

1.2 ขอบเขตโครงงาน

1.3.1 ศึกษาการรับและส่งสัญญาณวิทยุ

1.3.2 พัฒนาเครื่องส่งสัญญาณวิทยุ ให้สามารถรับอินพุทได้ 4 อินพุทแบบขนาน 8บิต และส่งที่ความถี่สาธารณะให้ได้ระยะทางไม่ต่ำกว่า 3 กิโลเมตร และส่งสัญญาณในทุก ๆ ช่วงเวลาหนึ่ง

1.3.3 พัฒนาเครื่องรับสัญญาณวิทยุ ให้สามารถ รับข้อมูลและประมวลผลสัญญาณให้ได้สัญญาณข้อมูลเดิมออกมา 4 เอาท์พุท

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

รายละเอียด	ปี 2551							ปี 2552		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1.)รวบรวมข้อมูล	←	→								
2.)ศึกษาการทำงานของเครื่องรับและเครื่องส่งและโปรแกรมที่จะนำมาใช้งาน			←	→						
3.)จัดทำอุปกรณ์และทำการทดลองใช้งานอุปกรณ์					←	→	→	→		
4.)จัดทำรายงานและสรุปผลการทำงาน									←	→

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน

1.4.1 เข้าใจถึงหลักการการทำงานของเครื่องรับและส่งสัญญาณวิทยุ

1.4.2 เข้าใจถึงหลักการการทำงานของไมโครคอลโทรเลอร์

1.4.3 สามารถนำอุปกรณ์ของโครงงานมาใช้ในการเตือนภัยได้จริง

1.4.4 เพื่อเป็นประโยชน์ให้นิสิตที่จะใช้ศึกษาและต่อยอดโครงงานนี้

1.4 งบประมาณ

ถ่ายเอกสารและค่าเข้าเล่มโครงงานฉบับสมบูรณ์	500	บาท
ค่าอุปกรณ์ในการทำโครงงาน	10,000	บาท
ค่าหนังสือ	300	บาท
ค่าพิมพ์เอกสาร	200	บาท
รวมเป็นเงินทั้งหมด	11,000	บาท

หมายเหตุ : ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

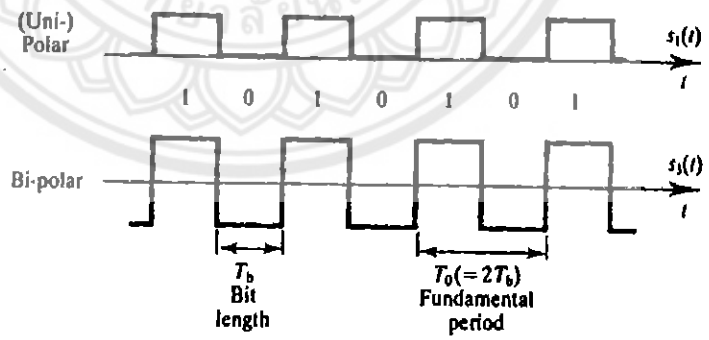
บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ภายในโครงงาน

จากแนวคิดที่จะรับ – ส่งสัญญาณข้อมูลทั้ง 4 สัญญาณ โดยการส่งจะเริ่มจากการรับสัญญาณข้อมูลทั้ง 4 สัญญาณ โดยใช้วงจร Multiplex ซึ่งวงจร Multiplex นี้จะรับข้อมูลทั้ง 4 สัญญาณ มารวมกันเป็นสัญญาณเดียวเท่านั้น แล้วนำข้อมูลเข้าไปรวมกลับ code ในตัวไมโครคอนโทรเลอร์ (MCS 51) จากนั้นจะส่งข้อมูลไปที่ตัวโมเด็ม FSK เพื่อแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อกเพื่อที่จะทำการส่งด้วยเครื่องส่งระบบ FM (Frequency Modulation) ส่งไปยังภาครับ ส่วนของภาครับก็จะแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลด้วยโมเด็ม FSK และส่งข้อมูลไปยังตัวไมโครคอนโทรเลอร์เพื่อแยก cost ออกเพื่อที่จะส่งข้อมูลที่ได้มามาแยกออกเป็นข้อมูลทั้งหมด 4 ข้อมูล โดยใช้วงจร Demultiplex หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

2.1 การเข้ารหัสสัญญาณดิจิตอล (Digital Modulation Techniques)

การส่งข้อมูลดิจิตอลผ่านช่องทางสื่อสารแบบดิจิตอลจะต้องมีการเข้ารหัส เพื่อให้สามารถส่งข้อมูลไปได้อย่างปลอดภัยและเกิดการผิดพลาดของการส่งข้อมูลน้อยที่สุด

สัญญาณเชิงเลขหรือเลขฐานสองที่ง่ายที่สุดแสดงดังรูปที่ 2.1 ซึ่งเป็นสัญญาณข่าวสารในรูปของตัวมันเองหรือที่เรียกว่าสัญญาณ Base band



รูปที่ 2.1 สัญญาณขาเข้า (input)

รูปบนมีลักษณะที่เรียกว่า Uni-polar and Non Return to Zero (NRZ) [1=V; 0 = 0]

รูปล่างเรียกว่า Polar-NRZ [1=V; 0 = -V]

รูปที่ 2.1 แสดงเรียกว่าเป็น Worst Case bit streams เพราะว่าสัญญาณดังกล่าวสิ้นเปลือง Bandwidth มากกว่า bit streams ในรูปแบบอื่นๆ

ในการวิเคราะห์สัญญาณเราต้องการทราบลักษณะ Spectrum ของสัญญาณทั้งสองซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้โดยใช้ Fourier series ได้คำ ตอบดังนี้

UNIPOLAR-NRZ ; $S_1(t) = \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi}(\cos\omega_0 t - \frac{1}{3}\cos 3\omega_0 t + \frac{1}{5}\cos 5\omega_0 t - ....)$

POLAR-NRZ ; $S_2(t) = \frac{4}{\pi}(\cos\omega_0 t - \frac{1}{3}\cos 3\omega_0 t + \frac{1}{5}\cos 5\omega_0 t - ....)$

- การแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก (Digital to Analog)

การส่งข้อมูลดิจิตอลผ่านช่องทางสื่อสารแบบอนาล็อก ได้แก่ การส่งข้อมูลคอมพิวเตอร์ผ่านทางเครือข่ายโทรศัพท์ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณข้อมูลดิจิตอลให้เป็นสัญญาณอนาล็อก เรียกว่า "MODEM" (MOdulator - DEModulator)

เทคนิคการแปลงสัญญาณข้อมูลดิจิตอลให้เป็นสัญญาณอนาล็อก มีอยู่ 3 วิธี คือ

1. การมอดูเลตเชิงเลขทางแอมปลิจูด (Amplitude - Shift Keying: ASK)

ความถี่ของคลื่นพาห์ ซึ่งทำหน้าที่นำสัญญาณแบบอนาล็อกผ่านตัวกลางสื่อสารนั้นจะคงที่ลักษณะของสัญญาณมอดูเลตนั้น เมื่อค่าของบิตของสัญญาณข้อมูลดิจิตอลมีค่าเป็น 1 ขนาดของคลื่นพาห์จะสูงขึ้นกว่า ปกติการมอดูเลตแบบ ASK ไม่ได้รับความนิยม เพราะถูกรบกวนจากสัญญาณอื่นได้ง่าย

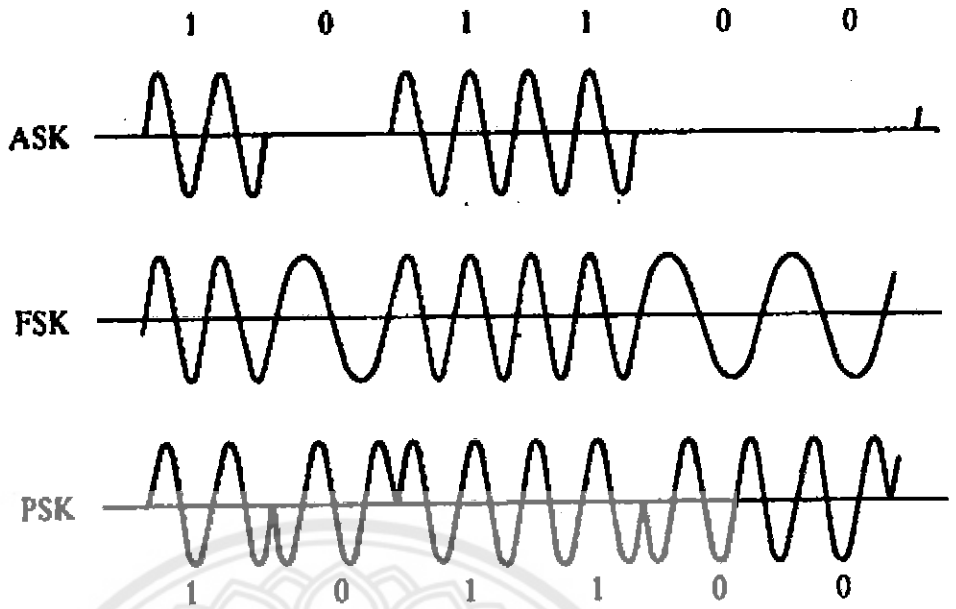
2. การมอดูเลตเชิงเลขทางความถี่ (Frequency - Shift Keying: FSK)

การมอดดูเลตแบบ FSK สัญญาณพาห์จะไม่เปลี่ยนแปลง ลักษณะของสัญญาณมอดูเลตนั้นเมื่อค่าของบิตของสัญญาณข้อมูลดิจิตอลมีค่าเป็น 1 ความถี่ ของคลื่นพาห์จะสูงกว่าปกติ และเมื่อบิตมีค่าเป็น 0

ความถี่ของคลื่นพาห์ก็จะต่ำกว่าปกติ

3. การมอดูเลตเชิงเลขทางเฟส (Phase-Shift Keying : PSK)

การมอดูเลตแบบ PSK ค่าของขนาดและความถี่ของคลื่นพาห์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่ที่เปลี่ยนคือเฟสของสัญญาณ เมื่อมีการเปลี่ยนสภาวะจากบิต 1 เป็น 0 หรือเปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 เฟสของคลื่นจะเปลี่ยนไป 180 องศา



รูปที่ 2.2 สัญญาณที่ผ่านการมอดูเลตทั้ง 3 วิธี

การมอดูเลตเพื่อเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลดิจิตอลให้เป็นสัญญาณอนาล็อกทั้ง 3 วิธี วิธีแบบ PSK จะมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นน้อยที่สุด สัญญาณคุณภาพดีที่สุด แต่วงจรการทำงานจะซับซ้อน และราคาอุปกรณ์แพง จึงนิยมใช้แบบ FSK มากกว่า

2.2 การกล้ำสัญญาณทางความถี่ (Frequency Modulation)

Angle Modulation เป็นวิธีการส่งสัญญาณ message (Modulation signal) m(t) โดยการเปลี่ยนแปลงเฟส หรือความถี่ของสัญญาณ carrier ตามการแปลเปลี่ยนของ m(t) โดยสัญญาณ Modulated Signal มีรูปแบบทั่วไป คือ

$$s(t) = A_c \cos[\theta(t)]$$

เมื่อ A_c เป็น amplitude ของ carrier ซึ่งมีค่าคงที่ และ $\theta(t)$ เป็น Angle argument ที่เปลี่ยนแปลงตาม m(t) ในทางปฏิบัติมีวิธีการมากมายที่จะทำให้ $\theta(t)$ แปรเปลี่ยนตาม m(t) ในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง วิธีการหนึ่งคือ Frequency modulation (FM)

FM เป็นรูปแบบของ Angle modulation ซึ่งมี instantaneous frequency $f_1(t)$ แปลเปลี่ยนเป็นเชิงเส้นตรงกับสัญญาณ message m(t) ด้วย

$$f_1(t) = f_c + k_f m(t)$$

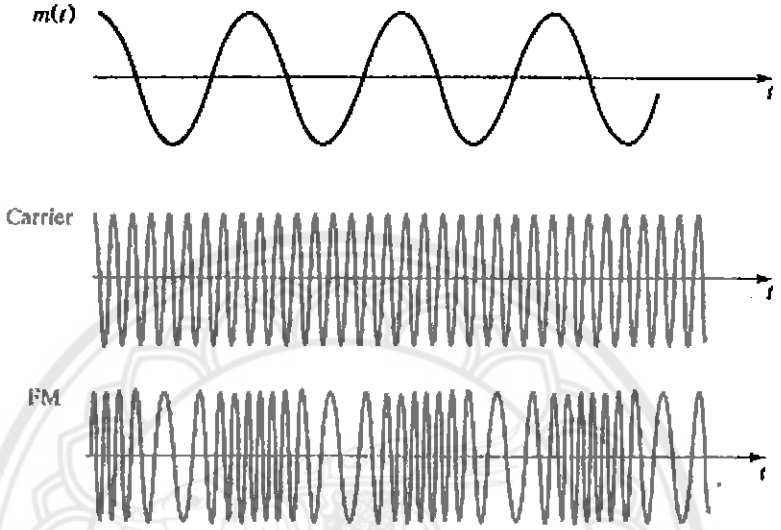
เมื่อเทอม f_c คือความถี่ของ unmodulated carrier และ k_f เป็นค่าคงที่ frequency sensitivity ของ modulator มีหน่วยเป็น Hertz per volt และ $m(t)$ เป็น voltage waveform

ถ้าทำการอินทิเกรตสมการข้างบนต่อเวลาแล้วคูณด้วย 2π ก็จะได้

$$\theta(t) = 2\pi f_c t + 2\pi k_f \int m(t)d(t)$$

ดังนั้น สัญญาณ FM ในรูปของ time-domain จึงเป็น

$$s(t) = A_c \cos\left[2\pi f_c t + 2\pi k_f \int m(t)d(t)\right]$$



รูปที่ 2.3 กราฟสัญญาณ FM ที่ผ่านการ กล้ำสัญญาณแล้ว

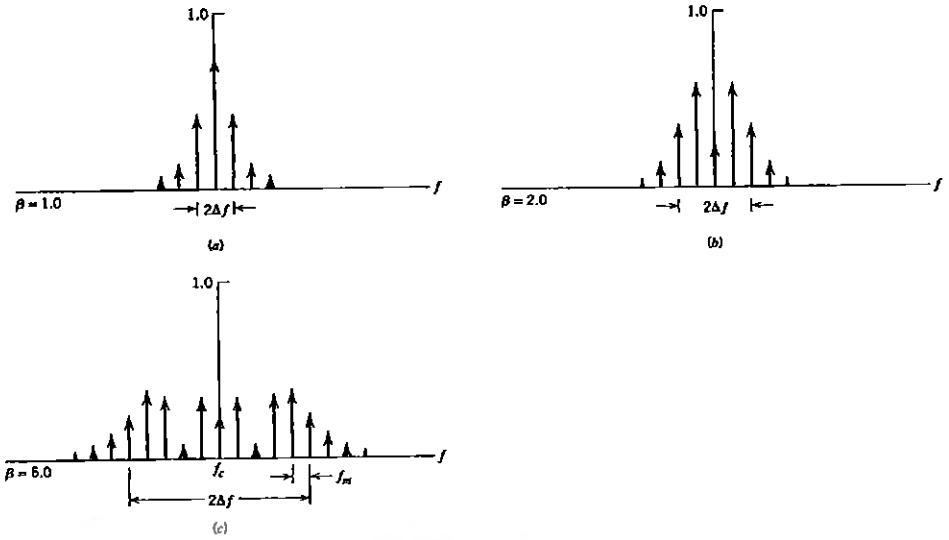
ถ้าสัญญาณ message m(t) เป็น sinusoid โดยให้ $m(t) = a_m \cos(\omega_m t)$ จะได้ $\theta(t) = \beta \sin \omega_m t$

โดยที่ $\beta = \dfrac{k_f a_m}{\omega_m}$ β เรียกว่า modulation index โดยสามารถ เขียนใหม่ได้ว่า $\beta = \dfrac{\Delta\omega}{\omega_m}$ โดยที่ $\Delta\omega = |\omega_i - \omega_c|_{\max}$ เรียกว่า maximum radian frequency deviation โดยการใช้ Fourier series สัญญาณ Angular modulation

$s(t) = A\cos(\omega_c t + \beta \sin \omega_m t)$ จะสามารถ เขียนได้เป็น

$$s(t) = A\sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(\beta)\cos(\omega_c + n\omega_m)t$$

โดย $J_n(\beta)$ คือ Bessel function order n ของ β Angular modulation spectrum จะมีลักษณะดังนี้



รูปที่ 2.4 รูปสเปรกตัมทางความถี่ของสัญญาณ FM

การ Demodulate สัญญาณ Angle Modulate ทำได้โดยการใช้ frequency **discriminator คือ การเปลี่ยน** ความถี่ที่เปลี่ยนไปจากค่ากลาง (frequency deviate) ให้กลายเป็นสัญญาณ **ซึ่งทำได้โดยใช้วงจร** differentiator และ envelope detector หรือ ใช้วงจร Phase Lock Loop

วงจร Differentiator จะทำการ differential สัญญาณ FM จากสมการ

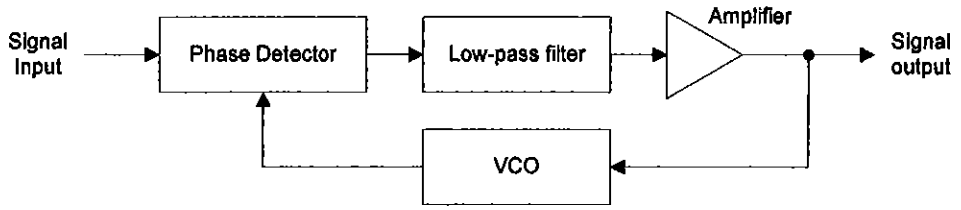
$$s(t) = A_c \cos\left[2\pi f_c t + 2\pi k_f \int_0 m(t)d(t)\right]$$

จะได้ s(t)'

$$s(t)' = -2\pi A_c[f_c - f_\Delta x(t)]\sin\left[2\pi f_c t + 2\pi k_f \int_0 m(t)d(t)\right]$$

จะเห็นว่า ขนาดของ s(t)' เปลี่ยนแปลง ตาม x(t) เป็นในลักษณะเดียวกันกับสัญญาณ AM ซึ่ง **สามารถ** ใช้ envelope detector สร้างสัญญาณ message กลับคืนมาได้

วงจร Phase lock loop เป็น วงจร feedback control ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 วงจร Phase lock loop

วงจร Phase detector จะมี แรงดัน output ขึ้นอยู่กับ ความแตกต่าง phase ระหว่างสัญญาณ input กับ สัญญาณ ที่ได้ จาก VCO สัญญาณที่ได้ ผ่าน Low-pass filter เพื่อตัด Vac ให้เป็น Vdc เมื่อขยายสัญญาณ นำสัญญาณ นี้ มาควบคุม VCO

จะเห็นว่า วงจร จะพยายาม อยู่ในสภาพสมดุลโดย ปรับ ตัวเองให้ สร้าง ความถี่ เท่ากับ Input signal และทั้งนี้ ถ้า input signal เปลี่ยนแปลงความถี่ วงจร PLL จะให้ output เป็น การเปลี่ยนแปลงความถี่นั้น ๆ ในกรณีที่ input signal เป็นสัญญาณ FM output ของวงจร คือ สัญญาณ message

2.3 วิทยุคลื่นความถี่ประชาชน (Citizen Band)

CB 245 MHz. นิยมแพร่หลายอย่างรวดเร็วเพราะประสิทธิภาพในการส่งกระจายคลื่นได้ไกล รับส่งได้ชัดเจน ละลุทะลวงผ่านกระจกอาคารบ้านเรือนลิฟท์ และชั้นใต้ดิน สามารถปรับกำลังส่งได้ 2-3 ระดับ อาทิ 1 วัตต์ 2.5 วัตต์ และ 5 วัตต์ เป็นต้น

หากติดตั้งสายอากาศสูง 30 เมตรจากพื้นดิน ส่งไกลไม่น้อยกว่า 30 กิโลเมตร นอกนั้นกรมไปรษณีย์อนุญาตให้วิทยุ CB 78 , 245 Mhz ตั้งสถานีในอาคารและติดตั้งสถานีในรถยนต์ โดยมีข้อกำหนดคือ สายอากาศสูงไม่เกิน 60 เมตร

สรุปได้ว่า วิทยุ CB 245 MHz. ใช้งานได้ดีกว่า เพราะประสิทธิภาพส่งได้ไกล ชัดเจนทะลุทะลวงได้ดี ในราคาที่เหมาะสม และ ประชาชนทุกคนมีสิทธิใช้โดยถูกต้องตามกฎหมาย การขออนุญาติใช้เครื่องวิทยุ ทำเพียงครั้งเดียวใช้ได้ตลอดอายุการใช้งานเครื่องนั้นๆ

ข้อกำหนดทางวิชาการของเครื่องวิทยุคมนาคม สำหรับประชาชน โครงสร้างวิทยุคมนาคม (Case) จะต้องเป็นสีแดง เครื่องวิทยุคมนาคมทำงานเฉพาะในย่านความถี่วิทยุ 245MHz. และมีช่องความถี่วิทยุใช้ จำนวน 80 ช่องหลัก ภาคเครื่องส่ง กำลังส่ง (Power) ไม่เกิน 10 วัตต์

- การใช้วิทยุซีบี

เนื่องจาก ประชาชนทั่วไปสามารถใช้งานได้ อย่างอิสระ รวมไปถึงกลุ่มธุรกิจ ต่างๆที่นำไปใช้ในการประสานงาน ทำให้ช่องความถี่ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ต้องแบ่งกันใช้ ไม่มีใครเป็นเจ้าของช่องความถี่ ไม่มีความเป็นส่วนตัว ขับไล่ผู้อื่นออกจากช่องที่ตนเองใช้งานไม่ได้ แย่งช่องสื่อสารที่กำลังมีผู้ใช้งานอยู่ก็ไม่ได้ ให้ใช้ช่องความถี่ที่ว่างอยู่ ถ้าไม่มีช่องว่าง ให้รอจนกว่าผู้ใช้ความถี่เดิมจะเสร็จธุระ นี่คือมารยาทบนความถี่ จะช่วยให้สังคม CB245Mhz ดีขึ้น

- **การขออนุญาติตั้งสถานีวิทยุ CB245MHz ที่บ้าน (หมดอายุเมื่อย้ายบ้าน)**

- **สำเนาทะเบียนบ้าน 1 ฉบับ (กรณีมีชื่อในทะเบียนบ้าน)**
- **สำเนาบัตรประชนชน 1 ฉบับ**
- **สำเนาทะเบียนบ้าน 1 ฉบับ (กรณี ไม่มีชื่อ ในทะเบียนบ้าน)**
- **สำเนาบัตรประชนชน 1 ฉบับ**
- **หนังสือยืนยอมให้ตั้งสถานี 1 ฉบับ**
- **ค่าธรรมเนียม 535 บาท สำหรับกำลังส่งไม่เกิน 5 วัตต์**
- **ค่าธรรมเนียม 1070 บาท สำหรับกำลังส่งไม่เกิน 10 วัตต์**

2.4 สายอากาศ (Antenna)

สายอากาศ คือ ความยาวของขดลวดตัวนำ (Length of wire) มีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานอำนาจสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้เป็นแรงดันไฟฟ้าสำหรับสายอากาศของเครื่องรับ แต่ถ้าหากเป็นสายอากาศของเครื่องส่งแล้ว มันจะทำหน้าที่เปลี่ยนขนาดของแรงดันให้เป็นคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้ากระจายออกไปในอากาศหรืออวกาศก็ได้

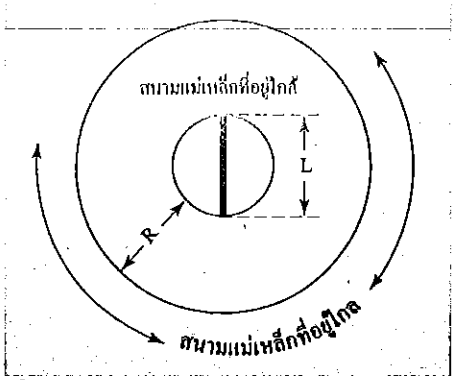
คลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave, EM) จะต้องประกอบไปด้วยการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก กับสนามไฟฟ้าไปพร้อมๆกัน คือ สามารถเดินทางทะลุอวกาศได้ด้วยความเร็วเท่ากับแสง คือมีค่าเท่ากับ 3×10^8 เมตรต่อวินาทีตามสมการ คือ

ความยาวคลื่น (Wavelength) = 300/ความถี่ F (MHz) (1)

จากสมการ(1) พบว่า ความยาวคลื่น คือ แลมดา (λ) มีหน่วยเป็นเมตร สำหรับความถี่ F มีหน่วยเป็น MHz

ในการหาค่าความถี่ที่เกิดขึ้นนั้นเราสามารถดัดแปลงสมการที่ (1) ให้เป็นสมการที่ (2) นั่นก็คือ

ความถี่ F (MHz) = 300/ความยาวคลื่น (2)



รูปที่ 2.6 สนามแม่เหล็กที่แผ่ออกจากสายอากาศ

เมื่อสายอากาศจากเครื่องส่งแพร่กระจายคลื่นออกไป ย่อมทำให้อำนาจของคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา จากรูปแสดงความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในพื้นที่ที่แตกต่างกัน กำหนดให้ L คือ ความยาวของสายอากาศ ซึ่ง R ก็คือรัศมีของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ใกล้กับสายอากาศ ส่วนรอบนอกวงกลมเป็นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ไกลออกไปจากสายอากาศโดยเฉพาะสนามแม่เหล็กที่อยู่ใกล้จะมีความเข้มสูงส่วนสนามแม่เหล็กที่อยู่ไกลออกไปจะมีความเข้มของสัญญาณลดลง โดยที่การวัดสัญญาณเอาต์พุทจากสายอากาศของเครื่องส่งจะต้องวัดในสนามแม่เหล็กที่อยู่ไกลออกไป

กำหนดให้ P_r คือ กำลังวัตต์ของเครื่องรับ มีหน่วยเป็นวัตต์

P_t คือ กำลังวัตต์ของเครื่องรส่ง มีหน่วยเป็นวัตต์

จะได้ $$P_r = \frac{P_t}{4\pi d^2}$$

เมื่อ d คือ ระยะห่างระหว่างเครื่องรับและเครื่องส่งมีหน่วยเป็นเมตร30

เมื่อพิจารณาสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ไกลจากสายอากาศ พบว่าความเข้มของสนามแม่เหล็กจะต้องมีค่าลดลง โดยเรากำหนดให้ E คือความเข้มของสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น V/m จะได้ว่า $E = \sqrt{30Pt}/d$ เมื่อ P_t คือ กำลังวัตต์ของเครื่องรส่ง มีหน่วยเป็นวัตต์ สำหรับ d หมายถึง ระยะทางที่เครื่องส่งกระจายคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าออกไป

อย่างไรก็ตามในโลกแห่งความเป็นจริง คลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า EM นี้จะถูกลดทอนในชั้นบรรยากาศและตัวประกอบอื่นๆ เช่น กำลังวัตต์จากเครื่องส่ง, เครื่องรับที่อยู่ห่างไกลจากเครื่องส่งและสัญญาณรบกวนต่างๆที่อยู่ในชั้นบรรยากาศ เป็นต้น

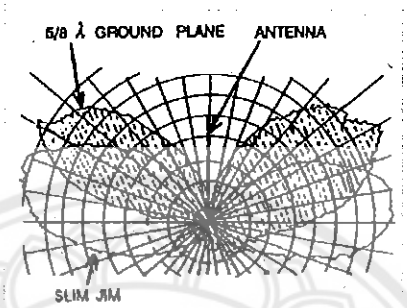
- สายอากาศสลิมจิม

สายอากาศ Slim Jim ย่อมาจากคำว่า J Integrated Matching หมายถึงการ match แบบ เจ โดยนาย Fred C. Judd (callsign G2BCX) ซึ่งเป็นสายอากาศแบบไดโพลประเภทหนึ่ง สายอากาศแบบสลิมจิม เป็นสายอากาศที่มีการแพร่กระจายคลื่นแบบรอบตัว และมีขั้วการแพร่คลื่นแบบแนวตั้งอีกตัวหนึ่ง ซึ่งได้ออกแบบมาใช้งานครั้งแรกในย่าน 2 เมตร แต่ก็สามารถใช้งานได้ดี ในย่านความถี่สูงกว่า หรือ ต่ำกว่าย่าน 2 เมตร นี้ โดยกำหนดค่า ความยาว ของสายอากาศให้เหมาะสมกับความถี่ใช้งานเท่านั้น ประสิทธิภาพการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศชนิดนี้ จะดีกว่าสายอากาศกราวด์เพลนประมาณ 50 % เนื่องจากมุมการแพร่กระจายคลื่นของมัน ค่อนข้างจะต่ำ โดยไม่ต้องมีกราวด์เพลน ยื่นออกมาให้เกะกะรอบตัวมัน

ที่มาของชื่อ Slim Jim นั้นมาจากโครงสร้างของมันที่ค่อนข้างจะบอบบาง (ถ้าใช้ในย่าน 2 เมตรความยาวไม่ถึง 1.5 เมตร) จึงได้ชื่อส่วนแรกว่า Slim ส่วนคำว่า Jim นั้นมาจาก J Integrated

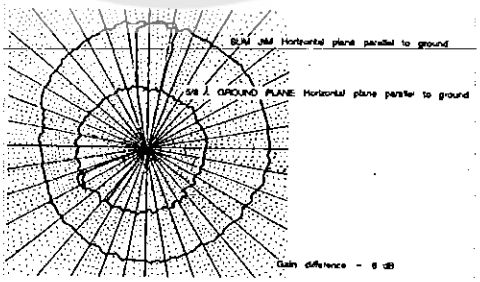
Matching เพราะเป็นวิธีการ match ของสายอากาศชนิดนี้ ที่ใช้ J matching stub ต่อเข้ากับส่วนท้ายของสายอากาศไดโพล เลยทำให้ง่ายต่อการ Feed ระหว่างสายนำสัญญาณ กับสายอากาศมากขึ้น โดยการปรับเลื่อนจุด Feed เท่านั้น ก็สามารถปรับค่าอิมพีแดนซ์ตรงจุดนั้นเป็น 50 โอห์มได้

มีคำถามว่า ทำไมสายอากาศสลิมจิมจึงดีกว่าสายอากาศแบบยอดนิยมอย่าง 5/8 Lamda หรือสายอากาศกราวด์เพลนอื่น ๆ แม้ว่าสายอากาศดังกล่าวจะมีอัตราการขยาย (Gain) มากกว่า ไดโพลถึง 3 dB ถ้าเรามองรูปที่ 2.7 เราก็จะพบคำตอบได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 2.7 มุมการแพร่กระจายคลื่นทางแนวตั้งของสายอากาศสลิมจิม เมื่อเทียบกับสายอากาศ 5/8 Lamda กราวด์เพลน

รูปที่ 2.7 จะเห็นว่ามุมการแพร่กระจายคลื่น ทางแนวตั้งของสายอากาศสลิมจิมแทบจะกล่าวได้ว่า ขนานไปกับพื้นดินและพุ่งออกไปรอบตัวมัน ซึ่งเราถือว่า เหมาะแก่ความต้องการของเรามากที่สุด ส่วน 5/8 Lamda ในการทดสอบได้เพิ่มกราวด์เพลนเข้าไป ความยาวเท่ากับ 1/4 Lamda จำนวน 6 เส้น วางเรียงกันในลักษณะเรเดียล หรือเป็นวงรอบสายอากาศเข้าไป จะพบว่ามุมการแพร่กระจายคลื่นทางแนวตั้งจะพุ่งขึ้นไปอีก ประมาณ 30 องศา หรืออาจจะมากกว่านั้น หากเราใช้ติดต่อภาคพื้นดิน แทนที่ติดต่อกับเครื่องบิน จะเห็นว่าไม่เหมาะสม สู้สลิมจิมไม่ได้ ทั้ง ๆ ที่สายอากาศ 5/8 Lamda มีอัตราการขยายที่สูงกว่า สายอากาศสลิมจิม



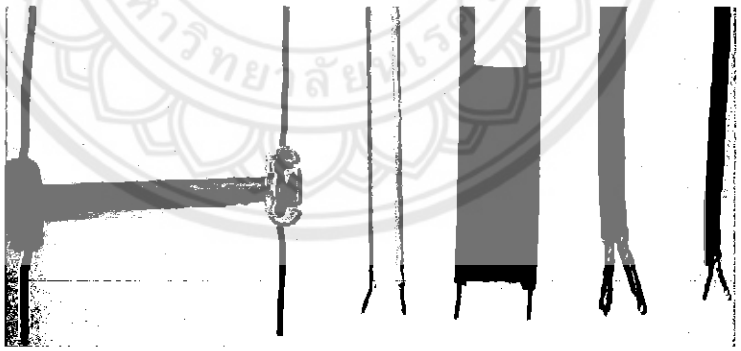
รูปที่ 2.8 รูปแบบการแพร่กระจายคลื่นทางแนวนอน ซึ่งมองลงไปที่ปลายสายอากาศ ทั้งสลิมจิมและ 5/8 Lamda ที่ทำมุม 0 องศาขนานกับพื้นโลก จะเห็นว่าความแตกต่างของ Gain ที่มุมนี้จะมีสูงถึง 6 dB

จากรูปที่ 2.8 เป็นการเปรียบเทียบรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นที่มุม 0 องศา ขนานกับพื้นโลก รูปแบบวงในค่อนข้างจะพุ่งเอียงขึ้นด้านบนนั้นเป็นของสายอากาศ 5/8 Lamda กราวด์เพลน เมื่อเทียบกับสลิมจิม ที่มุมเดียวกัน และรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นต่างกันถึง 6 dB ซึ่งจากการทดสอบโดยใช้สายอากาศทั้งสองที่ความถี่ใช้งานจริงย่าน 2 เมตร นาย Fred C. Judd พบว่ายังคงลักษณะเหมือนเดิม

2.5 สายนำสัญญาณ (transmission line)

ในระบบการรับส่งสัญญาณวิทยุนั้น สายนำสัญญาณ (Transmission line) ก็มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่า สายอากาศเลย การเลือกใช้สายนำสัญญาณให้เหมาะสมกับงาน ก็สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการรับส่งสัญญาณได้มาก สานนำสัญญาณสามารถส่งผ่านกำลังของคลื่นวิทยุ จากเครื่องส่งไปยังสายอากาศ และนำสัญญาณที่รับได้จากสายอากาศ กลับมาที่เครื่องรับวิทยุ ดังนั้นสายอากาศจึงเป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อเครื่องรับ - ส่งวิทยุ กับสายอากาศสายนำสัญญาณสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1.บาลานซ์ไลน์ (Balance line) คือ สายนำสัญญาณที่มีตัวนำ 2 เส้น ที่มีลักษณะเหมือนกัน วางขนานกัน โดยมีตัวกลางหรือ ไดอิเล็กทริก กั้นกลาง อาจจะเป็นอากาศก็ได้ เช่นสายแบบ โอเพ่นไวร์ (Open wire) ซึ่งจะมีฉนวนต่อขั้นเป็นระยะเพื่อเพิ่มความแข็งแรง และคงลักษณะของการขนานไว้ อีกแบบ คือ สายริบบอน หรือ ทวินลีด ซึ่งมีอิมพีเดนซ์ 300 โอมห์ ที่เรานำมาใช้ต่อสายอากาศโทรทัศน์ ในสมัยก่อน เปลือกหุ้มของสายอากาศแบบนี้ จะเป็นไดอิเล็กทริกไปในตัวด้วย



รูปที่ 2.9 สายส่งแบบบาลานซ์ไลน์แต่ละประเภท

2.อันบาลานซ์ไลน์ (Unbalance line) คือ สายนำสัญญาณที่ตัวนำสองเส้นมีลักษณะต่างกัน หรือที่รู้จักกันดีในนาม สายโคแอกเชียล (coaxial cale) นั่นเอง สายแบบนี้สร้างขึ้นมาเพื่อทดแทนสายแบบบาลานซ์ไลน์ ด้วยคุณสมบัติที่ดีกว่า เช่น ป้องกันคลื่นวิทยุอื่นๆแทรกเข้ามาได้ดีกว่า ติดตั้งใกล้ๆ โลหะได้โดยไม่มีผลการสูญเสียคลื่นออกจากสาย

รูปที่ 2.10 สายส่งแบบอันบาลานซ์ไลน์แต่ละประเภท

- **ค่าความเร็วของคลื่นวิทยุในสายนำสัญญาณ (Velocity Factor)**

การเดินทางของคลื่นวิทยุในสายนำสัญญาณนั้น เดินทางได้ช้ากว่าในบรรยากาศและช้ากว่าความเร็วแสงในบรรยากาศ ซึ่งค่าความเร็วของคลื่นวิทยุ ในสายนำสัญญาณมีค่าสัมพันธ์กับค่าคงที่ของวัสดุที่นำมาทำเป็นไดอิเล็กทริก ของสาย (Dielectric constant) ค่าความเร็วนี้ได้มาจากอัตราส่วนของความเร็วคลื่นในสายต่อความเร็วคลื่นในบรรยากาศ ซึ่งบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ ของความเร็วแสง โดยทั่วไปแล้วค่าความเร็วของคลื่นในสายเราจะเรียกว่า ตัวคูณความเร็วของสาย เช่น สายนำสัญญาณเบอร์ RG - 58A/U มีค่าตัวคูณความเร็ว 0.66 ซึ่งรายละเอียดของสายนำสัญญาณเบอร์ต่างๆ แสดงอยู่ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตารางคุณสมบัติสายโคแอกเชียลที่นิยมใช้งาน

สายโคแอกเชียล	ค่าอิมพีแดนซ์ (Ohm)	ตัวคูณความเร็ว (Velocity Factor)	ค่าความจุไฟฟ้า (pF/ฟุต)	เส้นผ่าศูนย์กลาง (นิ้ว)	วัสดุที่ใช้ทำไดอิเล็กทริก	แรงดันใช้งานสูงสุด (Vrms)
RG - 6	75.0	75	18.6	0.266	Foam PE	400
RG - 8X	52.0	75	26.0	0.242	Foam PE	300
RG - 8	52.0	66	29.5	0.405	PE	4000
RG - 8	50.0	80	25.4	0.405	Foam PE	1500
foam	52.0	66	29.5	0.405	PE	5000
RG - 8A	51.0	66	30.0	0.420	PE	4000
RG - 9	51.0	66	30.0	0.420	PE	4000
RG - 9A	50.0	66	30.8	0.420	PE	5000
RG - 9B	75.0	66	20.6	0.405	PE	4000
RG - 11	75.0	80	16.9	0.405	Foam PE	1600
RG - 11	75.0	66	20.6	0.405	PE	5000
foam	75.0	66	20.6	0.475	PE	4000
RG - 11A	75.0	66	20.6	0.475	PE	5000
RG - 12	52.0	66	29.5	0.870	PE	11000
RG - 12A	52.0	66	29.5	0.870	PE	11000
RG -17	53.5	66	28.5	0.216	PE	1900

สายโคแอกเชียล	ค่าอิมพีแดนซ์ (Ohm)	ตัวอุณความเร็ว (Velocity Factor)	ค่าความจุไฟฟ้า (pF/ฟุต)	เส้นผ่าศูนย์กลาง (นิ้ว)	วัสดุที่ใช้ทำไดอิเล็กทริก	แรงดันใช้งานสูงสุด (Vrms)
RG - 17A	50.0	66	30.8	0.216	PE	1900
RG - 55	53.5	66	28.5	0.216	PE	1900
RG - 55A	53.5	66	28.5	0.195	PE	1900
RG - 55B	53.5	79	28.5	0.195	Foam PE	600
RG - 58	53.5	66	28.5	0.195	PE	1900
RG - 58 foam	53.5	66	28.5	0.195	PE	1900
RG - 58A	50.0	66	30.8	0.195	PE	1900
RG - 58B	73.0	66	21.0	0.242	PE	2300
RG - 58C	75.0	79	16.9	0.242	Foam PE	800
RG - 59	73.0	66	21.0	0.242	PE	2300
RG - 59 foam	93.0	86	13.5	0.242	Air Space	750
RG - 59A	93.0	86	13.5	0.242	PE	750
RG - 62	95.0	66	16.2	0.405	PE	4000
RG - 62A	50.0	70	29.4	0.190	Air Space	1900
RG - 62B	50.0	70	29.4	0.190	PE	1900
RG - 133A	50.0	70	29.4	0.206	PE	1900
RG - 141	50.0	70	29.4	0.206	PTFE	1900
RG - 141A	50.0	66	30.8	0.195	PTFE	1900
RG - 142	50.0	66	30.8	0.1	PTFE	1500
RG - 142A	75.0	66	20.6	0.405	PTFE	5000
RG - 142B	50.0	66	30.8	0.425	PTFE	5000
RG - 174	50.0	66	30.8	0.475	PE	5000
RG - 213	50.0	66	30.8	0.425	PE	5000
RG - 214	50.0	66	30.8	0.212	PE	1900
RG - 215	50.0	84	24.0	0.405	PE	N/A
RG - 216	50.0	78	26.0	0.405	PE	N/A
RG - 223					PE	
9913 (Belden)					Air Space	
9914 (Belden)					PE	
					Foam PE	

ความหมายของตัวย่อของสารที่ทำเป็นไดอิเล็กทริก

PE โพลีเอททีลีน อุณหภูมิใช้งาน (C) -65 ถึง +80

Foam PE โฟมโพลีเอททีลีน อุณหภูมิใช้งาน (C) -65 ถึง +80

PTFE เทฟล่อน อุณหภูมิใช้งาน (C) -250 ถึง +250

เฟสชิ่งไลน์ (Phasing line)

ต่อไปจะเป็นการนำสายนำสัญญาณมาประยุกต์ใช้งาน การตัดสายนำสัญญาณให้ลงแลมด้าตามความถี่ที่ใช้งาน และการตัดสายนำสัญญาณเพื่อทำเฟสชิ่งไลน์ การตัดสายนำสัญญาณให้ลงแลมด้าเพื่อทำเฟสชิ้งไลน์ โดยปรกติเมื่อนำสายนำสัญญาณมาใช้งานตามปรกติ ค่าตัวคูณความเร็วของสายนำสัญญาณก็แทบ ไม่ต้องสนใจ แต่ถ้าใช้สายนำสัญญาณมาต่อเพื่อขนานสายอากาศหลายๆ ต้นเข้าด้วยกัน เช่น สายอากาศแบบยากิหลายๆ แสต็ก หรือ สายอากาศไดโพลหลาย ๆ ห่วง สายนำสัญญาณที่ถูกนำมาใช้งานในลักษณะนี้เรียกว่า "เฟสชิ่งไลน์ (phasing line) ซึ่งจะต้องคำนวนความยาวสายอากาศเทียบกับความยาวคลื่น โดยความยาวคลื่นหาได้จากสูตร

แลมด้า = (29980/F(Mhz))

การต่อสายแมตชิ่งโดยทั่วไปจะนิยมตัดสายให้ความยาวเท่ากับ แลมด้า/4,แลมด้า*(3/4),แลมด้า*(5/4),แลมด้า*(7/4),แลมด้า*(9/4) ค่าความเร็วของสาย(Velocity factor)ซึ่งสายสายแต่ละยี่ห้อจะมีค่า Velocity factor ไม่เท่ากัน ต้องดูที่ระบุมากับสาย

ยกตัวอย่าง ต้องการตัดสายให้มีความยาว = แลมด้า*(5/4)

ความยาวสายจริง = แลมด้า(5/4)*V

= (122.367 x 1.25) x 0.66 (ค่าตัวคูณของสาย ดูจาก สายนำสัญญาณ RG-8/U)

= 101 ซ.ม.

แลมด้า คือ ความยาวคลื่นมี หน่วยเป็นเซนติเมตร

F คือ ความถี่ที่ใช้งาน มีหน่วยเป็นMHz

V คือ ค่าตัวคูณความเร็วของสายดูจากสายนำสัญญาณRG-8/U

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เป็นหนึ่งในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลใหม่จาก ATMEL (ผู้นำทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51) AVR จัดเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลใหม่จาก ATMEL มีสถาปัตยกรรมแบบ RISC (Advance RISC architecture) คือหนึ่งคำสั่งการทำงานใช้สัญญาณนาฬิกาเพียง 1 ลูก (instructions in a single clock cycle) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีประสิทธิภาพและความสามารถสูง แบ่งออกเป็นหลายอนุกรม ในแต่ละอนุกรมยังแบ่งออกเป็นหลายเบอร์ เพื่อรองรับความต้องการที่แตกต่างจากผู้ใช้งาน ในขณะที่ยังคงประสิทธิภาพเท่ากัน และคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega48 มีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

- สถาปัตกรรมภายในเป็นแบบ Advance RISC (Reduce Instruction Set Computer)
- มีคำสั่งการทำงานมากกว่า 100 คำสั่ง โดยมีความเร็วในการประมวลผล 1 คำสั่งต่อ 1 สัญญาณนาฬิกา (1 MIP/1 MHz)

- มีรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปขนาด 8บิต จำนวน 32ตัว (ทำให้สะดวกต่อการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา C เป็นอย่างมาก)

- ความเร็วในการทำงาน 1 MIP ต่อ 1 MHz และมากถึง 16 MIPS เมื่อใช้ความถี่ 16 MHz (ความ สามารถในการใช้งานความถี่สัญญาณนาฬิกาขึ้นอยู่กับเบอร์ที่เลือกใช้งาน)

- หน่วยความจำ ROM แบบ Flash (มีโหมดป้องกันหน่วยความจำ) ขนาด 16 กิโลไบต์ (เขียน/ลบได้ 10,000 ครั้ง)

- หน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM (มีโหมดป้องกันหน่วยความจำ) ขนาด 512 ไบต์ (เขียน/ลบได้ 100,000 ครั้ง)

- หน่วยความจำข้อมูลแบบ SRAM 1 กิโลไบต์

- ไทเมอร์/เค้าเตอร์ทั้งแบบ 8 บิตและ 16 บิตพร้องปรีสเกลเลอร์

- มีระบบตรวจสอบความผิดพลาดในการทำงานซอฟต์แวร์ (Watchdog Timer with On-Chip Oscillator)

- โมดูลสร้างสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulator) มีจำนวน 4 ช่อง

- โมดูลแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (ADC) ขนาด 10 บิต มากถึง 8 ช่อง

- โมดูลเปรียบเทียบแรงดันอนาลอก (Analog Comparator)

- การสื่อสารข้อมูลอนุกรมมีทั้งแบบ UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitters) หรือแบบ RS232, SPI (Serial Peripheral Interface) และแบบ I^2C

- พอร์ตอินพุเอ้าพุตขึ้นอยู่กับเบอร์ AVR ที่เลือกใช้งานมีตั้งแต่ 8 ขา จนมากกว่า 100 ขา พอร์ต

- แรงดันและไฟเลี้ยงในการทำงานขึ้นอยู่กับ เบอร์ที่ใช้งาน

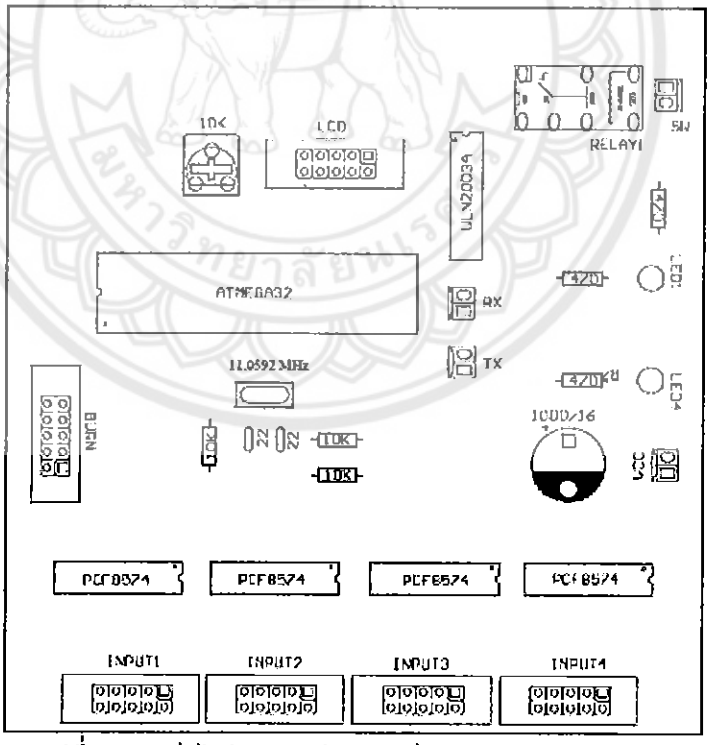
บทที่ 3
ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

จากที่มาและหลักการที่จะ รับ-ส่ง สัญญาณข้อมูลทั้งหมด 4 สัญญาณ โดยการส่งจะรวมสัญญาณทั้ง4 สัญญาณ เป็นสัญญาณเดียว แล้วแยกข้อมูลที่ส่งออกที่ปลายทางเป็น 4 สัญญาณเช่นเดิมเพื่อที่จะประหยัดค่าใช้จ่าย ประหยัดอุปกรณ์และใช้อุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพให้ได้มากที่สุด จึงได้จัดทำ เครื่องรับ – ส่ง สัญญาณแบบ 4 ช่องสัญญาณด้วยระบบการส่งแบบ Frequency Modulation หรือเรียกสั้นๆว่าระบบ FM ซึ่งรายละเอียดต่างๆจะแสดงไว้ดังนี้

3.1 การออกแบบภาคส่งข้อมูล

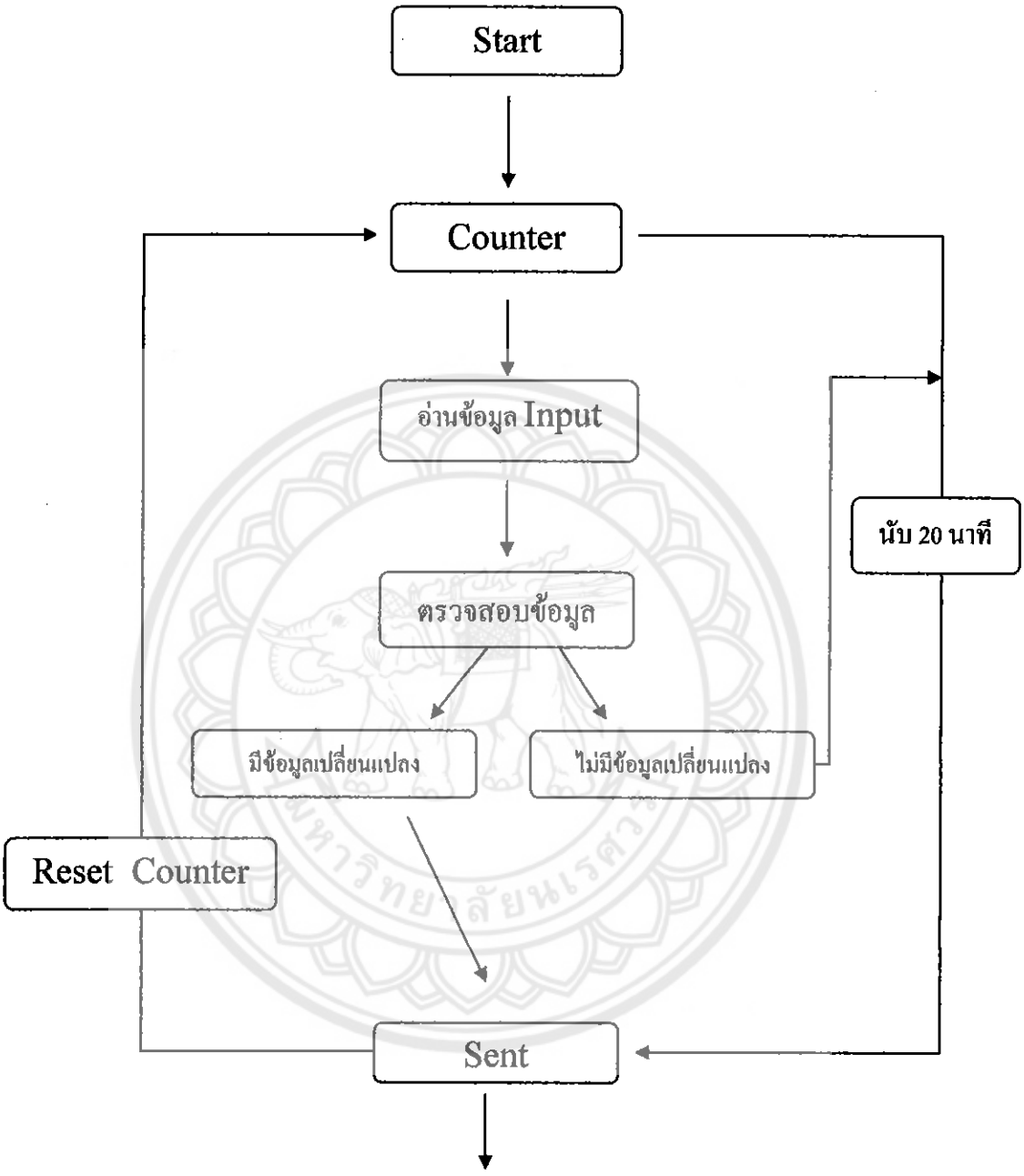
- บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้รับข้อมูลอินพุตแบบขนาน 8 บิตผ่านทาง ไอซี PCF8574 แล้วจะทำการประมวลผลข้อมูล ถ้าข้อมูลที่รับเข้ามีการเปลี่ยนแปลงทันทีหรือไม่เปลี่ยนแปลงนาน 20 นาที ก็จะส่งข้อมูลออกไปทาง serial port



รูปที่ 3.1 บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ ATMEGA32ในภาคส่ง

Flow Chart ไมโครคอนโทรลเลอร์ภาคส่งข้อมูล



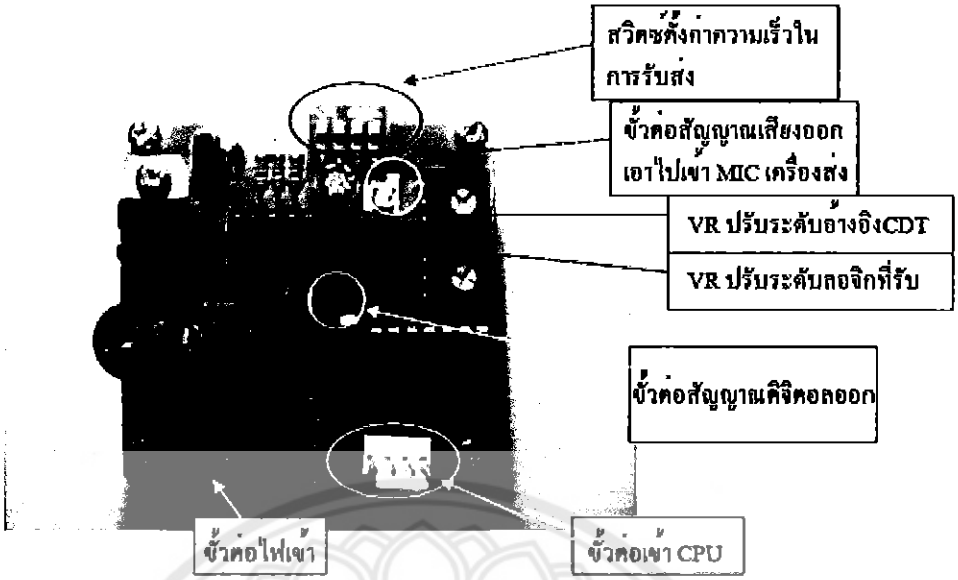
รูปที่ 3.2 Flow Chart ไมโครคอนโทรลเลอร์ภาคส่งข้อมูล

- **โมเด็มเอนกประสงค์**

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก ดังนั้นเมื่อต้องการส่งสัญญาณที่เป็นดิจิตอลไปในช่องสัญญาณเหล่านี้ก็จำเป็นที่จะต้องทำการมอดูเลทสัญญาณแบบดิจิตอล เพื่อให้สัญญาณดิจิตอลกลายเป็นสัญญาณอนาล็อกก่อน จากนั้นจึงทำการมอดูเลทสัญญาณดิจิตอลที่เปลี่ยนเป็นอนาล็อกแล้ว เข้ากับคลื่นวิทยุ เพื่อส่งออกอากาศ เหตุผลไม่นำสัญญาณดิจิตอลมามอดูเลทกับคลื่นวิทยุเลย ก็เพราะว่าสัญญาณดิจิตอลเองมีองค์ประกอบของความถี่ฮาร์มอนิกที่สูงมากๆ (Harmonic) แต่ช่องสัญญาณที่จะส่งออกไปมีแบนด์วิท (ความกว้างของความถี่ที่ใช้งาน) ที่จำกัด ดังนั้นหากเรานำสัญญาณดิจิตอลมามอดูเลทกับคลื่นวิทยุเลย ก็จะเกิดสัญญาณรบกวนสูงมาก และเมื่อสัญญาณไปถึงปลายทาง ก็จะเกิดความผิดเพี้ยนขึ้น แต่ถ้าหากเรานำสัญญาณดิจิตอลมาเปลี่ยนเป็นสัญญาณอนาล็อกในย่านของช่องสัญญาณที่รับได้ เช่น เปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลให้อยู่ในย่านของความถี่ ตั้งแต่ 300 - 3.4 KHz (ย่านเสียงของคนเราในระบบโทรศัพท์) ก่อนก็จะสามารถส่งสัญญาณนั้นไปได้ในระบบโทรศัพท์ เช่นโมเดมที่เราใช้เล่นอินเตอร์เน็ต เป็นต้น วิทยุสื่อสารก็เช่นกัน หากต้องการจะส่งสัญญาณดิจิตอลไปในก็ต้องนำมาเปลี่ยนเป็นอนาล็อกก่อนเช่นกัน โดยเทคนิคการเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อกหรือเรียกว่าการมอดูเลทแบบดิจิตอลนั้น ทางเทคนิคมีด้วยกันหลายวิธีมาก เช่น FSK, PSK, QPSK, BPSK, DM อื่นๆ อีกมากมาย

คุณสมบัติโมเด็มเอนกประสงค์

1. ความเร็วในการส่งสัญญาณ 1200 bps
2. มอดูเลทแบบดิจิตอล (FSK)
3. รับสัญญาณดิจิตอลอินพุทและส่งสัญญาณดิจิตอลเอาท์พุทเป็นแบบ TTL (ต่อใช้งานกับไมโครคอนโทรเลอร์ได้โดยตรง)
4. มีช่องสัญญาณตรวจสอบสัญญาณคลื่นพาหะ (ใช้สำหรับตรวจสอบว่าเครื่องส่งหยุดส่งสัญญาณหรือยัง)
5. มีภาคจ่ายไฟให้วงจรในตัว ผู้ใช้สามารถใช้แหล่งจ่ายได้หลายรูปแบบ
6. สามารถปรับความเร็วให้เหมาะสมกับการใช้งานได้
7. สามารถสื่อสารแบบ HALF และ FULL DUPLEX ได้
8. ชิพที่ใช้เป็นมาตรฐาน CCI



รูปที่ 3.3 โมเด็มแอนกประสงค์ มอดดูเลทแบบ FSK

- เครื่องส่งสัญญาณวิทยุระบบ FM ที่ความถี่ 245 MHz กำลังส่ง 5 W

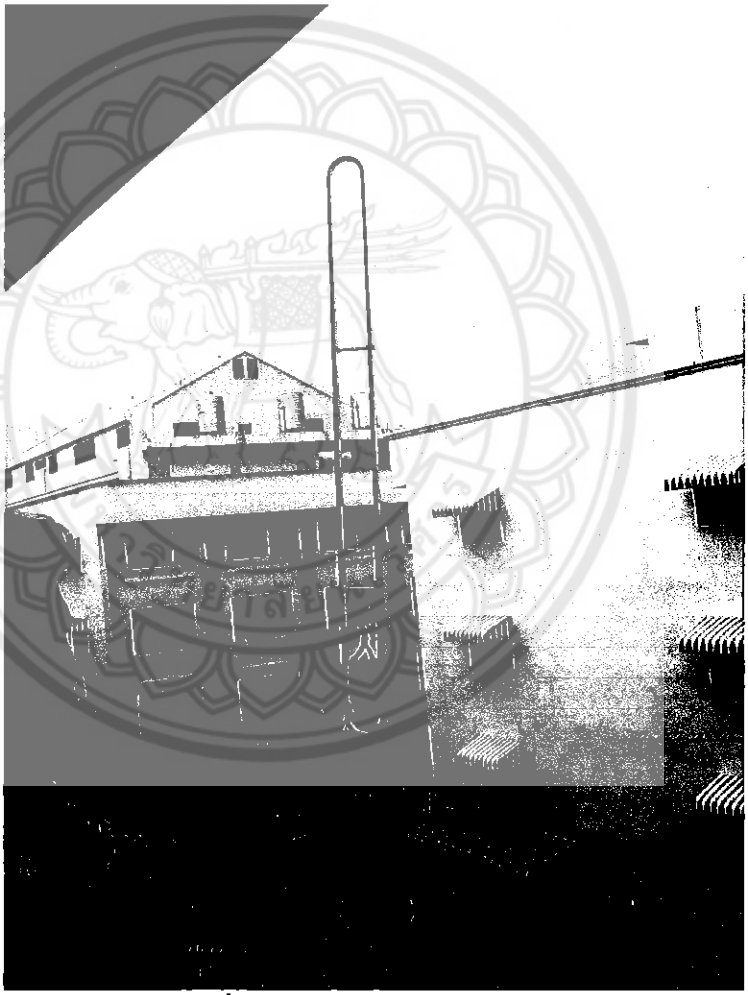
เป็นอุปกรณ์ที่จะนำสัญญาณข้อมูลจากเครื่องส่งสัญญาณไปยังเครื่องรับสัญญาณที่ความถี่พาหะเครื่องส่งสัญญาณวิทยุระบบ FM ใช้หลักการมอดูเลทเชิงความถี่ที่ความถี่ 245 MHz แล้วส่งสัญญาณออกไปยังสายอากาศ เครื่อง BENISON V7 ทำงานระบบ Tone Digital ฟังก์ชั่น S-Meter ไฟจอ LCD 3 สีเลือกได้ตามใจชอบ ตั้งเวลาปิดเครื่องอัตโนมัติ โชว์พลังงานแบตเตอรี่ระบบ VOX แบบไร้สาย เลือกความไวได้ 9 ระดับ ฟังก์ชั่น SQL ปรับความไวได้ 9 ระดับ สามารถ Lock ช่องความถี่ใช้งานได้

รูปที่ 3.4 เครื่อง BENISON V7 ระบบ FM ที่ความถี่ 245 MHz กำลังส่ง 5 W

- สายอากาศ

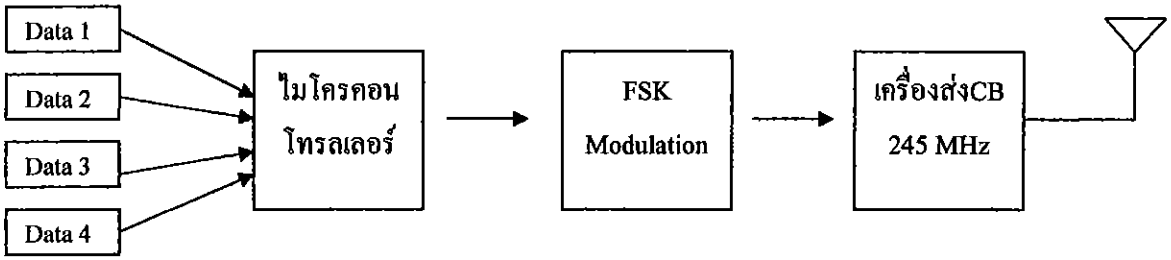
เป็นอุปกรณ์ที่จะรับสัญญาณมาจากเครื่องส่งวิทยุระบบ FM เพื่อจะส่งสัญญาณออกไปในอากาศไปยังภาครับข้อมูลในการโครงงานนี้เราเลือกใช้สายอากาศสลิมจิม

สายอากาศสลิมจิม เป็นสายอากาศที่นิยมใช้กันมากสำหรับนักวิทยุที่เริ่มจะหัดเล่นใหม่ๆ หรือคนที่ต้องใช้ติดต่อกันในระยะใกล้ เพราะ ติดตั้งงายและราคาไม่แพง สามารถทำเองได้ โดยสายอากาศชนิดนี้จะมีอัตราเกนขยาย 0 dBd (คือไม่มีเกนขยาย) ถึงจะไม่มีเกนขยายแต่สายอากาศชนิดนี้ก็ยังมีประสิทธิภาพมากกว่า สายอากาศที่ติดมากับเครื่อง (เสายางหรือเสาสไลด์) เพราะเราสามารถที่จะติดตั้งในที่สูงๆ ภายนอกอาคาร ได้ ทำให้เราสามารถทำการติดต่อได้ระยะที่ไกลขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้นอีกด้วย



รูปที่ 3.5 สายอากาศสลิมจิม

Block Diagram ภาคส่งข้อมูล



รูปที่ 3.6 Block Diagram ภาคส่งข้อมูล

3.2 ออกแบบภาครับข้อมูล

- สายอากาศ

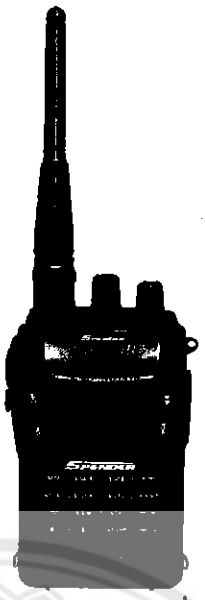
เป็นอุปกรณ์ที่รับสัญญาณที่ส่งมาทางอากาศเพื่อส่งไปยังเครื่องรับวิทยุระบบ FM ใช้อุปกรณ์ชนิดเดียวกันกับภาคส่ง

- เครื่องรับสัญญาณวิทยุระบบ FM ที่ความถี่ 245 MHz กำลังส่ง 3.5 W

เครื่องรับสัญญาณวิทยุมีหน้าที่รับข้อมูลเข้ามาแล้วแยกข้อมูลออกจากสัญญาณพาหะให้เหลือข้อมูลเพียงอย่างเดียว

คุณสมบัติ Spender SHQ-280M 3.5W ดังนี้

- Band 245.0000-245.9875 MHz
- Dimensions H : 90 mm. W : 50 mm. D : 30 mm
- Light Weight 180 g.
- 214 Groups of DCS & 50 Groups CTCSS
- 80 Channels.
- 48 Channels Free Memories.
- Stop Watch
- S-Meter Bar
- Auto Battery Save
- Duplex Function.
- Time-Out Timer



รูปที่ 3.7 เครื่องระบบ Spender SHQ-280M FM ที่ความถี่ 245 MHz กำลังส่ง 3.5 W

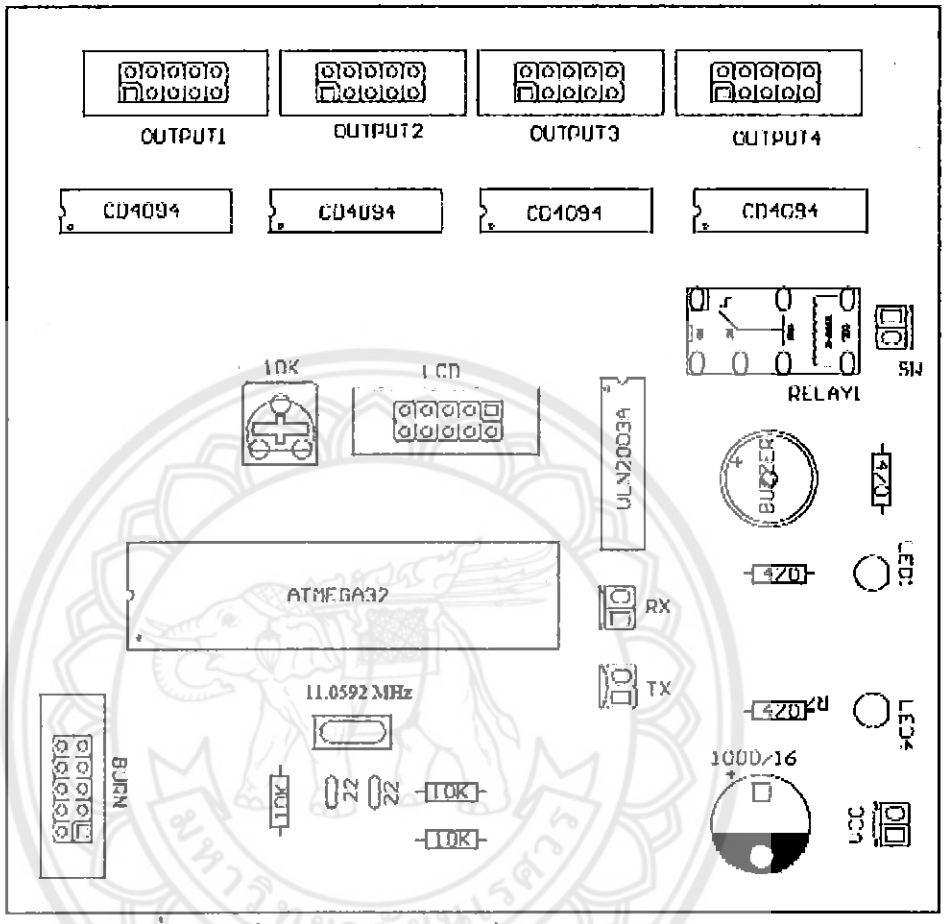
- โมเด็มเอนกประสงค์

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยตัวโมเด็มจะรับสัญญาณอนาล็อกมาจากเครื่องรับสัญญาณวิทยุระบบ FM จะใช้อุปกรณ์ชนิดเดียวกับภาคส่ง

มร.
ต1630
2551 ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 15004299

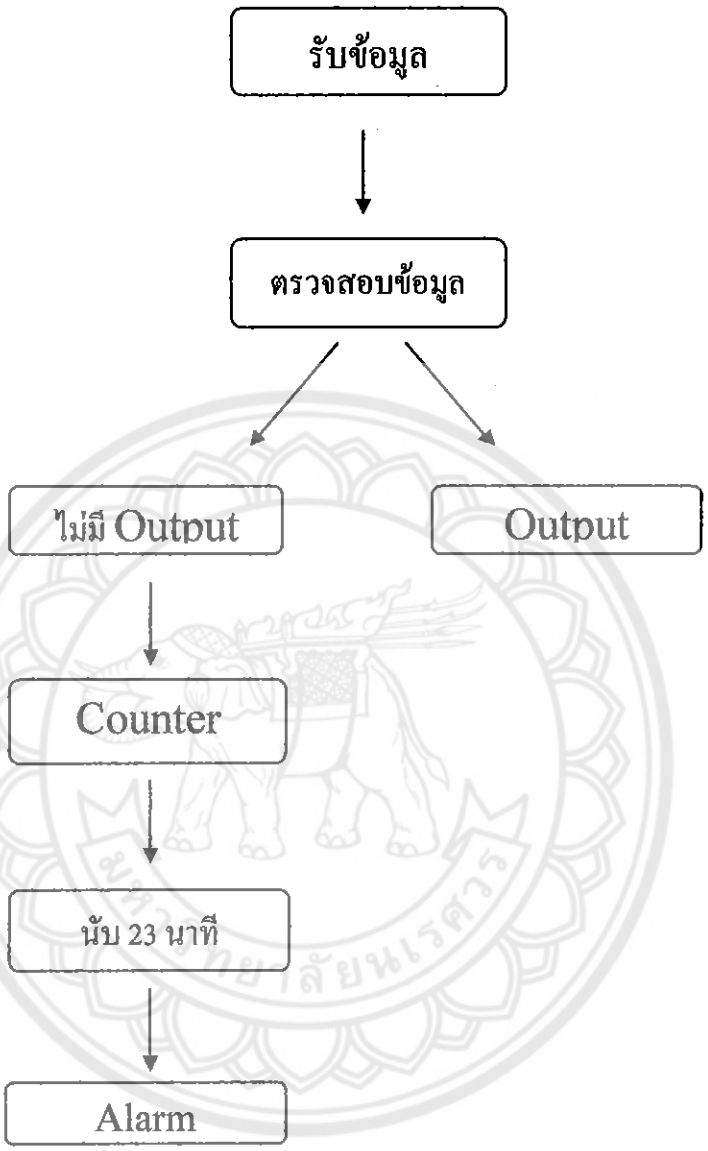
- บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

เป็นอุปกรณ์ที่รับข้อมูลผ่านทาง Serial port แล้วนำข้อมูลมาประมวลผลเพื่อทำการส่งข้อมูลออกทาง ไอซี CD4094 ซึ่งเป็น shift register ให้ได้ข้อมูล 8 บิตแบบขนาน 4 ข้อมูลตามเดิม



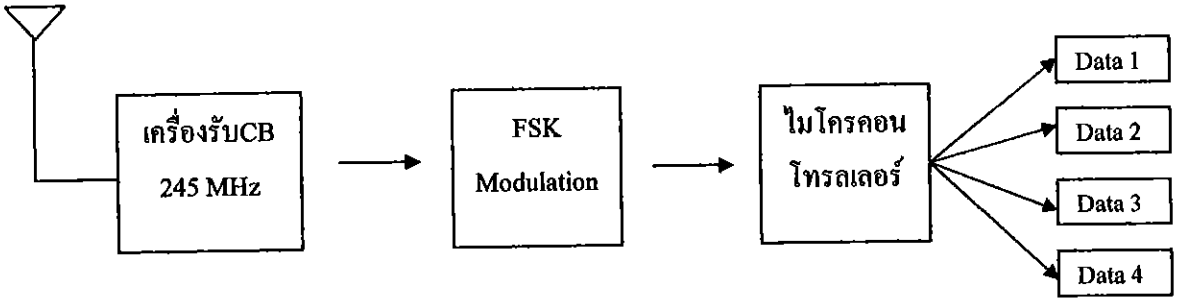
รูปที่ 3.8 บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ ATMEGA32.ในภาครับ

Flow Chart ไมโครคอนโทรลเลอร์ภาคส่งข้อมูล



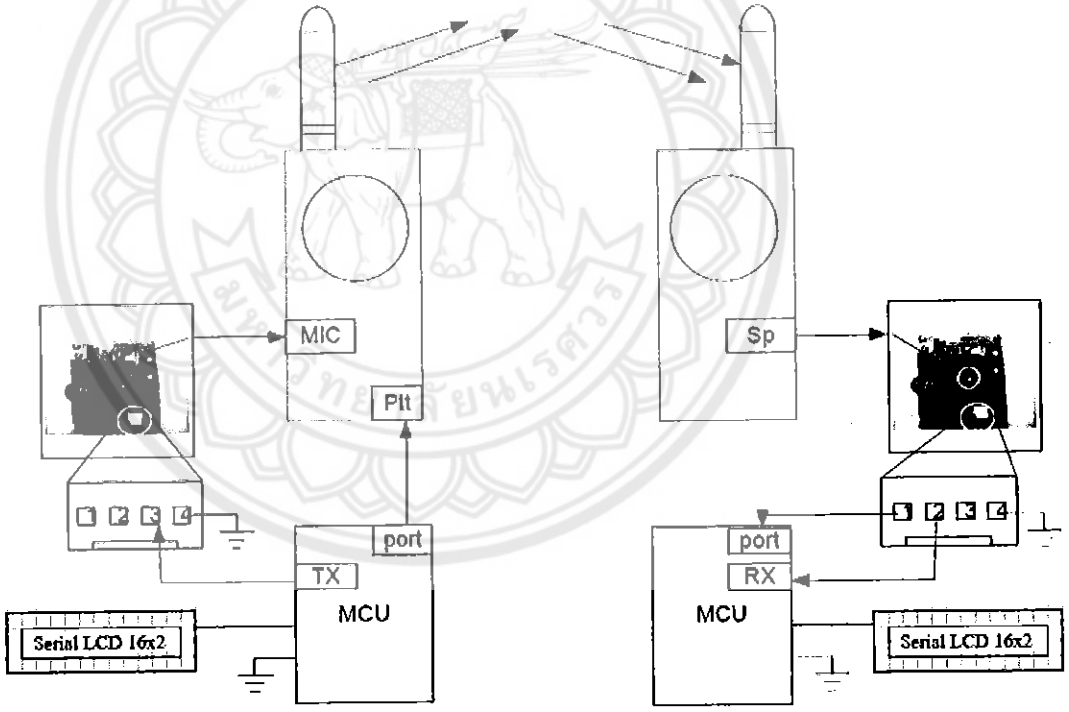
รูปที่ 3.9 Flow Chart ไมโครคอนโทรลเลอร์ภาครับข้อมูล

Block Diagram ภาครับข้อมูล



รูปที่ 3.10 Block Diagram ภาคส่งข้อมูล

Block Diagram แสดงการเชื่อมต่อกันระหว่างภาครับกับภาคส่งข้อมูล



รูปที่ 3.11 Block Diagram แสดงการเชื่อมต่อกันระหว่างภาครับกับภาคส่งข้อมูล

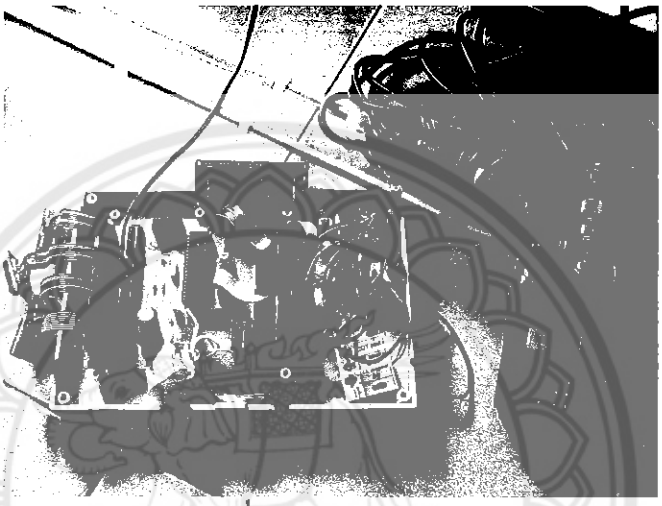
*Ptt (push-to-talk) = ปุ่มกดส่งสัญญาณ

*Sp (Speaker) = สัญญาณเสียง

บทที่ 4
ผลที่ได้จากการทำการทดลอง

4.1 ชิ้นงานที่ได้จากการทดลอง

จากการออกแบบชิ้นงานในบทที่ 3 เราจะได้ชิ้นงานที่นำอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่กล่าวมาในบทที่ 3 มาประกอบให้เข้ากันจะได้อุปกรณ์ดังรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 อุปกรณ์ภาคส่ง

รูปที่ 4.2 อุปกรณ์ภาครับ

4.2 ผลที่ได้จากการทดลอง

จากการทดลองป้อนข้อมูลอินพุตแบบสุ่มและสลับลำดับการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่ระยะทาง 3 กิโลเมตร ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการรับส่งข้อมูลของภาครับและภาคส่ง เมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลง

เมื่อ 0 คือ ข้อมูลไม่มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูล

x คือ ข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูล

ครั้งที่	ภาคส่ง				ภาครับ			
	Data 1	Data2	Data3	Data4	Data 1	Data2	Data3	Data4
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	x	0	0	0	x
3	0	0	x	0	0	0	x	0
4	0	0	x	x	0	0	x	x
5	0	x	0	0	0	x	0	0
6	0	x	0	x	0	x	0	x
7	0	x	x	0	0	x	x	0
8	0	x	x	x	0	x	x	x
9	x	0	0	0	x	0	0	0
10	x	0	0	x	x	0	0	x
11	x	0	x	0	x	0	x	0
12	x	0	x	x	x	0	x	x
13	x	x	0	0	x	x	0	0
14	x	x	0	x	x	x	0	x
15	x	x	x	0	x	x	x	0
16	x	x	x	x	x	x	x	x

จากการทดลองเพิ่มระยะทางในการรับส่งข้อมูลและจับเวลาในการรับส่งข้อมูลได้ผลการทดลองดังตารางที่4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองเมื่อมีการวัดระยะทางและจับเวลาในการส่งข้อมูล

	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ความผิดพลาดของข้อมูล	ระยะเวลารับ – ส่ง (วินาที)
ส่งข้อมูล	1	ข้อมูลถูกต้อง	2.08
	2	ข้อมูลถูกต้อง	2.16
	3	ข้อมูลถูกต้อง	2.11
	4	ข้อมูลถูกต้อง	2.06
	5	ข้อมูลถูกต้อง	2.38
	6	ข้อมูลถูกต้อง	2.41
	7	ข้อมูลถูกต้อง	2.27
	8	ผิดพลาดไม่มีสัญญาณวิทยุ	-
	9	ผิดพลาดไม่มีสัญญาณวิทยุ	-
	10	ผิดพลาดไม่มีสัญญาณวิทยุ	-

บทที่ 5
บทสรุปและวิจารณ์โครงงาน

5.1 วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ

เมื่อทำการป้อนข้อมูลแบบสุ่มให้กับเครื่องส่งโดยทำการสลับลำดับการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลอินพุตต่างๆ พบว่าเครื่องส่งจะทำการส่งข้อมูลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง และจะส่งข้อมูลเดิมที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปด้วยพร้อมกัน และถ้าข้อมูลอินพุตไม่มีการเปลี่ยนแปลง 20 นาที เครื่องส่งก็จะทำการส่งข้อมูลเดิมไปยังเครื่องรับเพื่อให้เครื่องรับรู้ว่าเครื่องส่งยังทำงานอยู่ และถ้าเครื่องรับไม่ได้รับข้อมูลจากเครื่องส่งภายใน 23 นาที เครื่องรับก็จะมีเสียงเตือน ดังขึ้นเป็นการเตือนว่า เครื่องส่งอาจจะไม่ทำงาน จากระยะทางที่ทำการทดลองพบว่าระยะทาง 1 – 7 กิโลเมตร สามารถรับส่งข้อมูลได้ถูกต้อง และพบว่าที่ระยะทางมากกว่า 7 กิโลเมตร ข้อมูลมีการผิดพลาดเนื่องจากระดับสัญญาณที่ต่ำลง และระยะเวลาในการส่งมีค่าใกล้เคียงกันในระยะทางต่างๆ

5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบในการทำโครงงาน

5.1) ไม่มีอุปกรณ์ในการตรวจวัดระยะทางที่มีความแม่นยำทำให้ไม่สามารถวัดระยะทางได้ถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์

5.2) การดำเนินงานมีความล่าช้า เนื่องจากขาดความรู้ความเข้าใจในการเลือกอุปกรณ์ต่างๆที่เป็นส่วนประกอบของโครงงาน

5.3) เนื่องจากเป็นการสื่อสารแบบไร้สายทำให้เกิดสัญญาณรบกวนขึ้น ทำให้ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อน

5.4) การรับส่งข้อมูลในระยะไกลมีผลทำให้ได้ข้อมูลที่ผิดพลาด หากมีสิ่งกีดขวางสัญญาณในการรับส่งข้อมูล

5.3 ข้อเสนอแนะ

1) ถ้าต้องการส่งข้อมูลให้ได้ระยะทางที่ไกลมากขึ้น ควรเพิ่มกำลังส่งของเครื่องส่งหรือติดตั้งสายอากาศให้สูงมากขึ้น

2) หากต้องการให้สามารถรับส่งข้อมูลได้ 8 สัญญาณ สามารถทำได้โดยขยายพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตเพิ่มโดยใช้ ไอซี PCF8574 และ CD4094 ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

[1] ประจิน พลังสันติกุล. การประยุกต์ใช้งานภาษา C สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เล่ม 1. กรุงเทพมหานคร : 2551

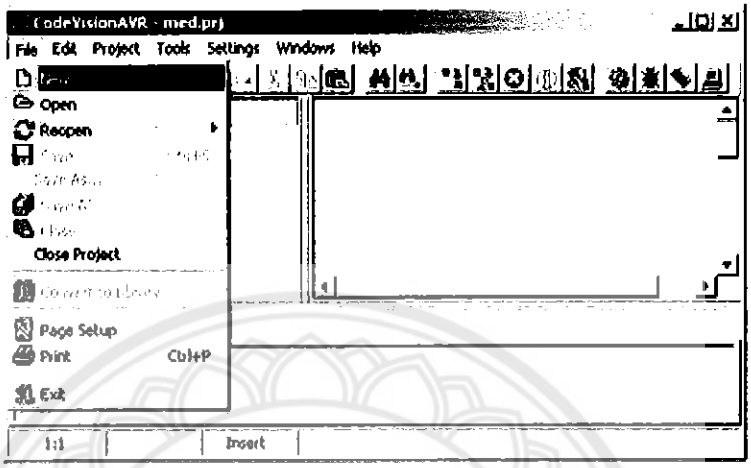
[2] ประจิน พลังสันติกุล. การประยุกต์ใช้งานภาษา C สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เล่ม 2. กรุงเทพมหานคร : 2551

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

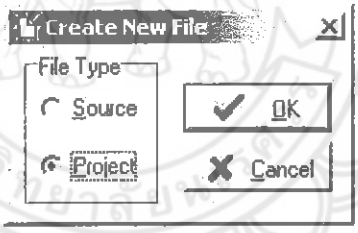
การใช้งาน โปรแกรม CodeVision AVR

1. ทำการเปิดโปรแกรมขึ้นมา จะใช้วิธีดับเบิ้ลคลิกที่ Desktop ก็ได้ครับ คลิก File —> New



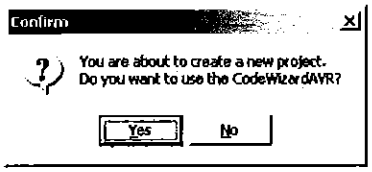
รูปที่ 1

2. เลือก Project แล้วกด OK



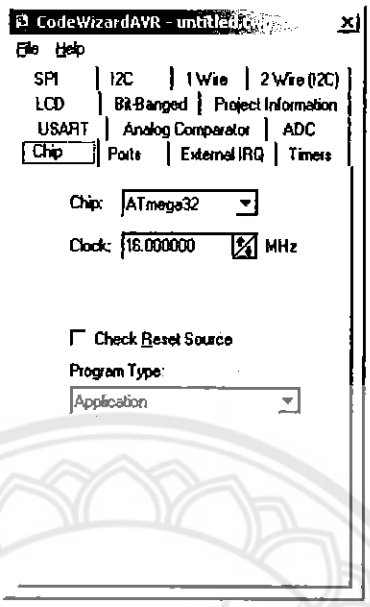
รูปที่ 2

3. จะมีหน้าต่างมาถามว่าต้องการจะสร้างโปรเจคด้วย CodeWizardAVR หรือไม่ ให้กด Yes ตรงนี้จะเป็น Feature ที่เด่นของ CodeVision AVR เราสามารถ initial & Config ได้โดยการคลิก



รูปที่ 3

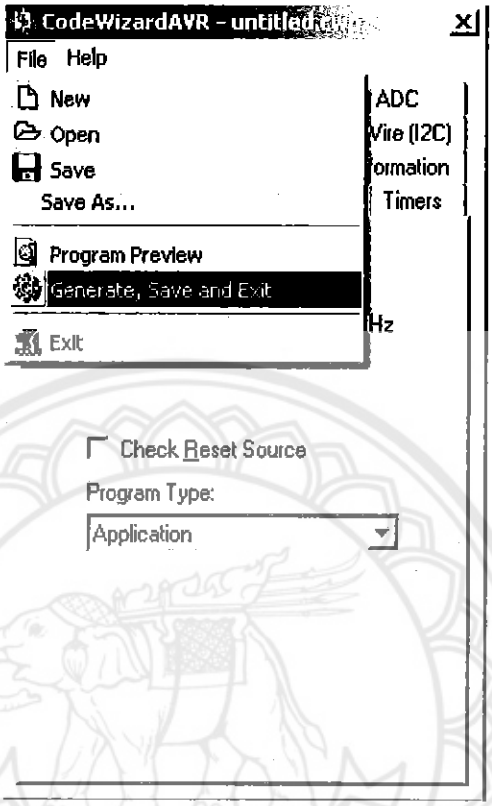
4. จะเจอ Tab อยู่หลายอย่าง ให้ตั้งค่าตามที่ต้องการ



รูปที่ 4

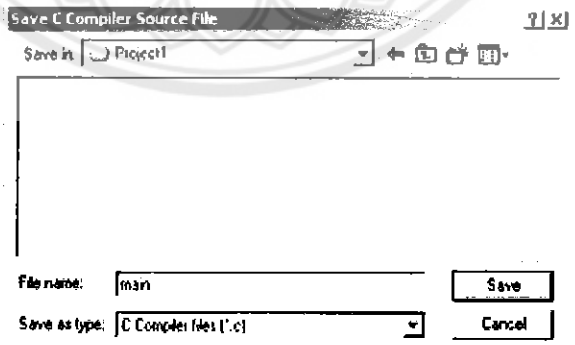
- **Chip** เบอร์ AVR ที่ใช้งาน, ความถี่ที่ใช้ชนิดของโปรแกรม
- **Ports** ไว้กำหนดว่าเป็นอินพุต/เอาต์พุต Pull up
- **External IRQ** Enable ขาอินเตอร์รัปภายนอก
- **Timers** ตั้งรูปแบบการทำงาน Timer รวมทั้ง Watchdog
- **USART** การรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม
- **Analog Comparator** ใช่/ไม่ใช้ Analog Comparator
- **ADC** ตั้งค่า ADC ภายในของ AVR
- **LCD** กำหนดพอร์ตที่ใช้งานจอ LCD มีฟังก์ชัน LCD ให้ ไม่ต้องเขียนฟังก์ชันเอง
- **Bit-Banged** กำหนดพอร์ต ที่ใช้ติดต่อกับ DS1302
- **Project Information** ไว้เขียนรายละเอียดเกี่ยวกับโปรเจค
- **SPI** ตั้งค่าการใช้งาน SPI
- **I2C** ตั้งค่าการใช้งาน I2C เลือก I2C device
- **1 Wire** ตั้งค่าการใช้งาน 1 Wire (DS1820)
- **2 Wire** (I2C) ตั้งค่าเพิ่มเติม I2C

5. หลังจากที่ตั้งค่าเสร็จแล้ว ให้เลือก Generate, Save and Exit โปรแกรมจะทำการ Generate Code ตามที่ตั้งค่าไว้ในขั้นตอนที่ 4



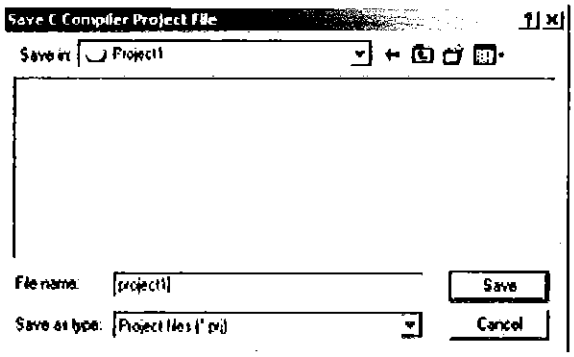
รูปที่ 5

6. ตั้งชื่อ File โดยปกติจะตั้งชื่อว่า main



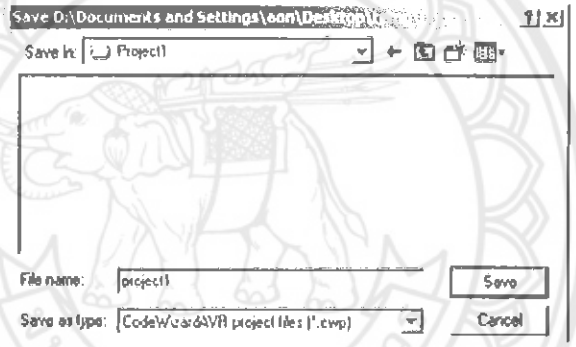
รูปที่ 6

7. ตั้งชื่อโปรเจค



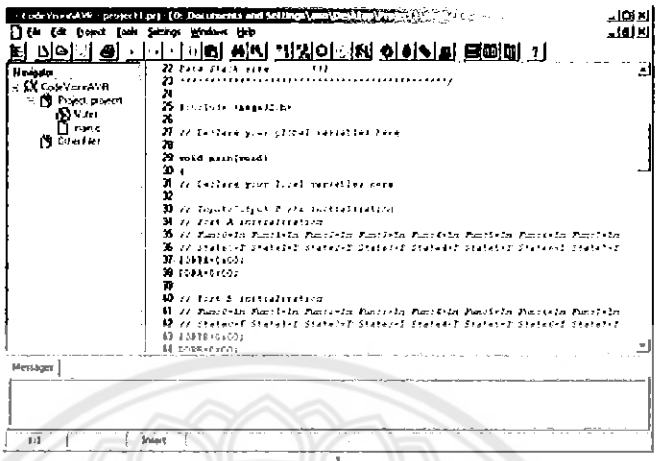
รูปที่ 7

8. ตั้งชื่อ CodeWizardAVR โปรเจค



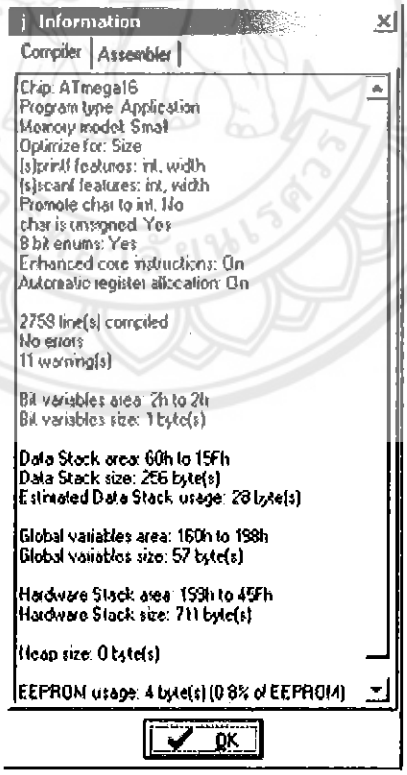
รูปที่ 8

9. หลังจากคลิก Save ในขั้นตอนที่ 8 แล้ว โปรแกรมจะ Generate โปรเจคมาให้ เราสามารถเพิ่ม Code เพิ่ม File .h, .C เข้าไปในโปรเจคได้เลย



รูปที่ 9

10. เมื่อเขียนโปรแกรมเสร็จแล้วให้กด Shift+F9 เพื่อ Compile โปรแกรมที่เขียนไป ถ้าไม่มีข้อผิดพลาดจะเห็น หน้าต่างขึ้นมาดังรูปที่ 10



รูปที่ 10

11. File .HEX ที่ได้มาจากการ Compile จะอยู่ในโฟลเดอร์โปรเจคที่เซฟไว้ หลังจากนั้นก็นำ .HEX ไป burn ใส่ IC ต่อไป

ภาคผนวก ข

Code ของโปรแกรม

```
#include <mega32.h>
#include <delay.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>


#define LED PORTB.3
#define RELAY PORTB.4



#define strobe PORTB.0
#define clk PORTB.2
#define dat PORTB.1



#define INCOME PINB.5
#define BUZZER PORTB.6



char datain=0;
char ch1[3],ch2[3],ch3[3],ch4[3],temp_data[5],ch,index;
char temp[16],status_send;
int read1=0,cnt_time=0,cnt_buzzer=0;
int read2=0;
int read3=0;
int read4=0;
int read=0;
```

```
char outdata1=0;
char outdata2=0;
char outdata3=0;
char outdata4=0;

#define DLTIME 50



#define ADDR_1 0b01110000
#define ADDR_2 0b01110010
#define ADDR_3 0b01110100
#define ADDR_4 0b01110110



// I2C Bus functions

#asm
.equ __i2c_port=0x12 ;PORTD
  .equ __sda_bit=5
  .equ __scl_bit=6
#endasm
#include <i2c.h>



// Alphanumeric LCD Module functions

#asm
 .equ __lcd_port=0x15 ;PORTC
#endasm
```

```
#include <lcd.h>

#define RXB8 1
#define TXB8 0
#define UPE 2
#define OVR 3
#define FE 4
#define UDRE 5
#define RXC 7

#define FRAMING_ERROR (1<<FE)
#define PARITY_ERROR (1<<UPE)
#define DATA_OVERRUN (1<<OVR)
#define DATA_REGISTER_EMPTY (1<<UDRE)
#define RX_COMPLETE (1<<RXC)

// USART Receiver buffer

#define RX_BUFFER_SIZE 8
char rx_buffer[RX_BUFFER_SIZE];

#if RX_BUFFER_SIZE<256
unsigned char rx_wr_index,rx_rd_index,rx_counter;

#else
unsigned int rx_wr_index,rx_rd_index,rx_counter;
#endif
```

```
// This flag is set on USART Receiver buffer overflow
bit rx_buffer_overflow;

// USART Receiver interrupt service routine
interrupt [USART_RXC] void usart_rx_isr(void)

{

char status,data;
status=UCSRA;
data=UDR;

if ((status & (FRAMING_ERROR | PARITY_ERROR | DATA_OVERRUN))==0)

 {
 rx_buffer[rx_wr_index]=data;

   if (INCOME==0)

 {

 cnt_buzzer=0;
if (data == '$')
 {
    index=0;
    ch=0;
 }
 else if (data == '!')
 {
    if (index >=2)
    {
        if (ch==1)
        {
```

```
    ch1[0] = temp_data[0];
    ch1[1] = temp_data[1];
    ch1[2] = temp_data[2];
    }

if (ch==2)

{

   ch2[0] = temp_data[0];
   ch2[1] = temp_data[1];
   ch2[2] = temp_data[2];

}

if (ch==3)

{

   ch3[0] = temp_data[0];
   ch3[1] = temp_data[1];
   ch3[2] = temp_data[2];

}

if (ch==4)

{

   ch4[0] = temp_data[0];
   ch4[1] = temp_data[1];
   ch4[2] = temp_data[2];

}
```

```
        }

    }

    else if (data=='A') ch=1;
    else if (data=='B') ch=2;
    else if (data=='C') ch=3;
    else if (data=='D') ch=4;
    else if ((data >= '0') && (data <='9'))
{
temp_data[index] = data;
 index++;
 }
 }
if (++rx_wr_index == RX_BUFFER_SIZE) rx_wr_index=0;
if (++rx_counter == RX_BUFFER_SIZE)
{
rx_counter=0;
rx_buffer_overflow=1;
 };
};
}
#ifndef _DEBUG_TERMINAL_IO_
// Get a character from the USART Receiver buffer
#define _ALTERNATE_GETCHAR_

#pragma used+

char getchar(void)

{
```

```
char data;

while (rx_counter==0);
data=rx_buffer[rx_rd_index];
if (++rx_rd_index == RX_BUFFER_SIZE) rx_rd_index=0;
#asm("cli")
--rx_counter;
#asm("sei")
return data;
}
#pragma used-
#endif

// USART Transmitter buffer
#define TX_BUFFER_SIZE 8
char tx_buffer[TX_BUFFER_SIZE];

#if TX_BUFFER_SIZE<256
unsigned char tx_wr_index,tx_rd_index,tx_counter;
#else
unsigned int tx_wr_index,tx_rd_index,tx_counter;
#endif

// USART Transmitter interrupt service routine
interrupt [USART_TXC] void usart_tx_isr(void)
{
if (tx_counter)
  {
--tx_counter;
UDR=tx_buffer[tx_rd_index];
if (++tx_rd_index == TX_BUFFER_SIZE) tx_rd_index=0;
```

```
};
}


#ifndef _DEBUG_TERMINAL_IO_

// Write a character to the USART Transmitter buffer

#define _ALTERNATE_PUTCHAR_
#pragma used+


void putchar(char c)
{
while (tx_counter == TX_BUFFER_SIZE);
#asm("cli")
if (tx_counter || ((UCSRA & DATA_REGISTER_EMPTY)==0))
  {
  tx_buffer[tx_wr_index]=c;
  if (++tx_wr_index == TX_BUFFER_SIZE) tx_wr_index=0;
  ++tx_counter;
  }
else
  UDR=c;
#asm("sei")
}
#pragma used-
#endif
// Standard Input/Output functions

#include <stdio.h>
#define ADC_VREF_TYPE 0x00
```

```
// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
ADMUX=adc_input|ADC_VREF_TYPE;

// Start the AD conversion
ADCSRA|=0x40;

// Wait for the AD conversion to complete
while ((ADCSRA & 0x10)==0);

ADCSRA|=0x10;
return ADCW;
}

// Declare your global variables here

void strob(void)                                    // ฟังก์ชั่นย่อย strob
{
strobe=1; delay_ms(2);
strobe=0; delay_ms(2);
}
void pulse(void)                                    // ฟังก์ชั่นย่อย Clock
{
clk=1; delay_ms(2);
clk=0; delay_ms(2);
}
void display(char dp)                               // ฟังก์ชั่นย่อย shift register
{
unsigned char tm,tm2;
char ch=8;
```

```
tm =  dp;
tm2 = (dp&0x01);

while(ch)
        {
        dat=tm2; delay_ms(2);
        pulse();
        tm = tm>>1;
        tm2 = (tm & 0x01);
        ch--;  delay_ms(2);
        }
        }

int  PCF8574_read(char chip)                    // ประกาศตัวแปลอ่านข้อมูล
{
  int indata;
 i2c_start();
 i2c_write(chip+1);
 indata = i2c_read(0)
 i2c_stop();
 delay_ms(200);
 return(indata);
}

void main(void)                                 // โปรแกรมหลัก
{

// Declare your local variables here
      char cnt=0,mode=0,i;

// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
```

```
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T


PORTA=0x00;                                    // เคลียร์ Port A
DDRA=0x00;                                     // กำหนด Port A เป็น input

// Port B initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T

PORTB=0b10101111;                              // เคลียร์ Port B
DDRB=0xff;                                     // กำหนด Port B เป็น output
DDRB.5=0;                                      // กำหนด Port B.5 เป็น input

// Port C initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T

PORTC=0x00;                                    // เคลียร์ port C
DDRC=0x00;                                     // กำหนด port C เป็น input

// Port D initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T

PORTD=0x00;                    // เคลียร์ port D
DDRD=0x00;                     // กำหนด port D เป็น input
DDRD.2=1;                      // กำหนด Port D.2 เป็น Output A0
DDRD.3=1;                      // กำหนด Port D.3 เป็น Output A1
DDRD.4=1;                      // กำหนด Port D.4 เป็น Output A2
```

```
// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 0 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC0 output: Disconnected


TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;

// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 1 Stopped
// Mode: Normal top=FFFFh
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer 1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off

TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
```

```
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;



// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 2 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC2 output: Disconnected

ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;



// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x00;
```

```
// USART initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART Receiver: On
// USART Transmitter: On
// USART Mode: Asynchronous
// USART Baud rate: 9600
```

```
/*UCSRA=0x00;
UCSRB=0xD8;
UCSRC=0x86;
UBRRH=0x00;
UBRRL=0x47; */

UCSRA=0x00;
UCSRB=0xD8;
UCSRC=0x86;
UBRRH=0x02;
UBRRL=0x3F;

 // Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 172.800 kHz
```

```
// ADC Voltage Reference: AREF pin
ADMUX=ADC_VREF_TYPE;
ADCSRA=0x86;


DDRB.3=1;                          // กำหนด Port B.3 เป็น Output
DDRB.4=1;                          // กำหนด Port B.4 เป็น Output




// LCD module initialization
lcd_init(16);
for(i=0;i<5;i++)
{

ch1[i]='0';                                    // เคลียร์ค่าตัวแปร อาเรย์
ch2[i]='0';
ch3[i]='0';
ch4[i]='0';
}

mode =0;                                  // ตัวแปรสำหรับเลือกโปรแกรมในโหมดรับ
                หรือส่ง
                                          //  mode =0; โปรแกรมโหมดรับ
                                          //  mode =1; โปรแกรมโหมดส่ง

if (mode==1)
{
```

```
   lcd_gotoxy(0,0); lcd_putsf("  Radio sending  ");
   delay_ms(2000);
   i2c_init();
   lcd_gotoxy(0,0);  lcd_putsf(" waitting data  ");
}

// Global enable interrupts

#asm("sei")
status_send=0;
LED=0;




while (1)
{
cnt_time++;                                  // เพิ่มค่า Cnt_time  ทีละ 1
 cnt_buzzer++;                               // เพิ่มค่า cnt_buzzer ทีละ 1
 delay_ms(100);


     read = PCF8574_read(ADDR_1);            // อ่านข้อมูลจาก  PCF8574
     if (read != read1)  status_send=1;      // เปรียบเทียบข้อมูล Input

    read = PCF8574_read(ADDR_2);
    if (read != read2)  status_send=1;

     read = PCF8574_read(ADDR_3);
     if (read != read3)  status_send=1;
```

```
read = PCF8574_read(ADDR_4);
if (read != read4)   status_send=1;

 if (cnt_time >= 10*6*20)                    // cnt_time เท่ากับ 20 นาที จะทำการส่งข้อมูล
    {
    LED=1;
    delay_ms(300);
    LED=0;
    delay_ms(300);
    status_send=1;
    cnt_time=0;
    }

 if ((mode == 1) && (status_send == 1))          // ส่งข้อมูลในโหมดตัวส่ง
{
   status_send=0;                                 // เคลียร์ status_send
   cnt_time=0;                                    // เคลียร์ cnt_time

   RELAY = 1;                                     // Relay ทำงานส่งสัญญาณกดปุ่ม
PTT
   delay_ms(200);

   lcd_gotoxy(0,0);                               // ตำแหน่งแสดงผลบนจอ LCD

 read1 =  PCF8574_read(ADDR_1);                   // อ่านข้อมูลจาก PCF8574 เท่ากับ
read1
 sprintf(temp,"$A%i%i%i!  ",read1/100,(read1%100)/10,read1%10);  // ประมวลผลและเก็บค่าไว้
ใน temp
 delay_ms(200);
printf("%s  ",temp);                                // ส่งข้อมูล
lcd_puts(temp);                                     // แสดงผลผ่านจอ LCD
```

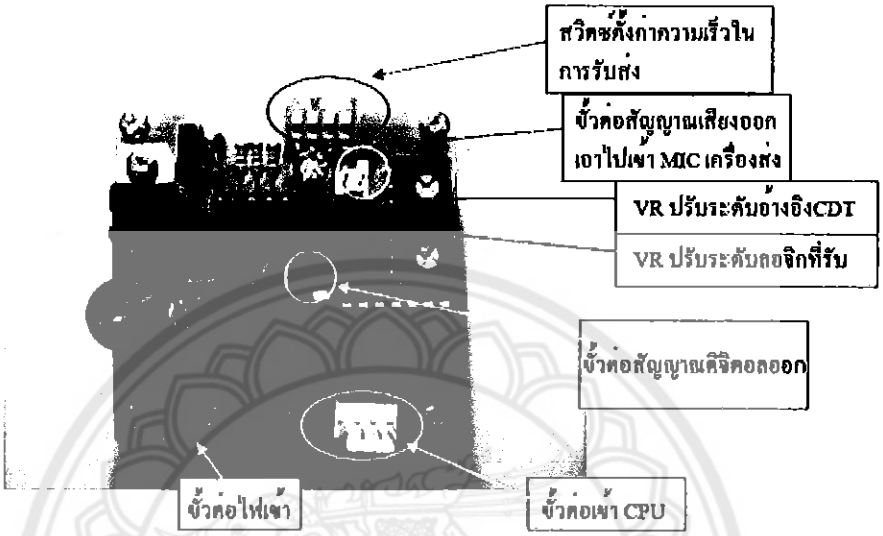
```
lcd_gotoxy(7,0);                                    // ตำแหน่งแสดงผลบนจอ LCD
read2 = PCF8574_read(ADDR_2);                       // อ่านข้อมูลจาก PCF8574 เท่ากับ
read2
sprintf(temp,"$B%i%i%i!  ",read2/100,(read2%100)/10,read2%10); // ประมวลผลและเก็บค่าไว้
ใน temp
delay_ms(200);
printf("%s  ",temp);                                // ส่งข้อมูล
lcd_puts(temp);                                     // แสดงผลผ่านจอ LCD

 lcd_gotoxy(0,1);                                   // ตำแหน่งแสดงผลบนจอ LCD
read3 = PCF8574_read(ADDR_3);                       // อ่านข้อมูลจาก PCF8574 เท่ากับ
read3
sprintf(temp,"$C%i%i%i!  ",read3/100,(read3%100)/10,read3%10); // ประมวลผลและเก็บค่าไว้
ใน temp
delay_ms(200);
 printf("%s  ",temp);                               // ส่งข้อมูล
 lcd_puts(temp);                                    // แสดงผลผ่านจอ LCD


 lcd_gotoxy(7,1);                                   // ตำแหน่งแสดงผลบนจอ LCD
read4 = PCF8574_read(ADDR_4);                       // อ่านข้อมูลจาก PCF8574 เท่ากับ read4
sprintf(temp,"$D%i%i%i!  ",read4/100,(read4%100)/10,read4%10); // ประมวลผลและเก็บค่าไว้
ใน temp
delay_ms(200);
printf("%s  ",temp);                                // ส่งข้อมูล
lcd_puts(temp);                                     // แสดงผลผ่านจอ LCD
 delay_ms(500);

RELAY = 0;                                          // หยุดส่ง
}
```

```
    if (mode ==0) //==========receive==========
{

  if (cnt_buzzer < 10*6*23)                    // ตรวจสอบ cnt_buzzer นับน้อยกว่า 23 นาที
{
outdata1 = ((ch1[0]-'0')*100) + ((ch1[1]-'0')*10)+((ch1[2]-'0')*1);   // ตรวจสอบข้อมูลของช่องที่
1
lcd_gotoxy(0,0);                                                      // ตั้งค่าตำแหน่งแสดงผลจอ
LCD
sprintf(temp,"Ch1=%i  ",(int)outdata1);  lcd_puts(temp);              // แสดงผลช่องที่ 1 บนจอ
LCD

outdata2 = ((ch2[0]-'0')*100) + ((ch2[1]-'0')*10)+((ch2[2]-'0')*1);   // ตรวจสอบข้อมูลของช่องที่
2
lcd_gotoxy(8,0);                                                      // ตั้งค่าตำแหน่งแสดงผลจอ
LCDsprintf(temp,"Ch2=%i  ",(int)outdata2);  lcd_puts(temp);           // แสดงผลช่องที่ 2 บนจอ
LCD

outdata3 = ((ch3[0]-'0')*100) + ((ch3[1]-'0')*10)+((ch3[2]-'0')*1);   // ตรวจสอบข้อมูลของช่องที่
3
lcd_gotoxy(0,1);                                                      // ตั้งค่าตำแหน่งแสดงผลจอ
LCDsprintf(temp,"Ch3=%i  ",(int)outdata3);  lcd_puts(temp);           //แสดงผลช่องที่ 3 บนจอ
LCD

outdata4 = ((ch4[0]-'0')*100) + ((ch4[1]-'0')*10)+((ch4[2]-'0')*1);   // ตรวจสอบข้อมูลของช่องที่
4
lcd_gotoxy(8,1);                                                      // ตั้งค่าตำแหน่งแสดงผลจอ
LCD
sprintf(temp,"Ch4=%i  ",(int)outdata4);  lcd_puts(temp);              // แสดงผลช่องที่ 4 บนจอ
LCD
```

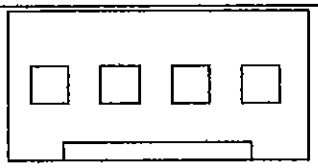
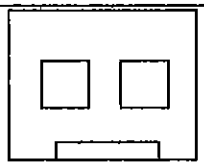
```
                display(outdata4);                          // Output data ทั้ง 4 port
                display(outdata3);

                display(outdata2);
                display(outdata1);
                        strob();
                    }

               else                                                    // alarm

            {

                BUZZER =1;  delay_ms(500);
                BUZZER =0;  delay_ms(500);
                cnt_buzzer=1+(10*6*23);

            }

    }
};
}
```

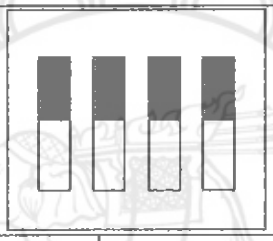
ภาคผนวก ค

คู่มือการใช้งานโมเด็มอเนกประสงค์

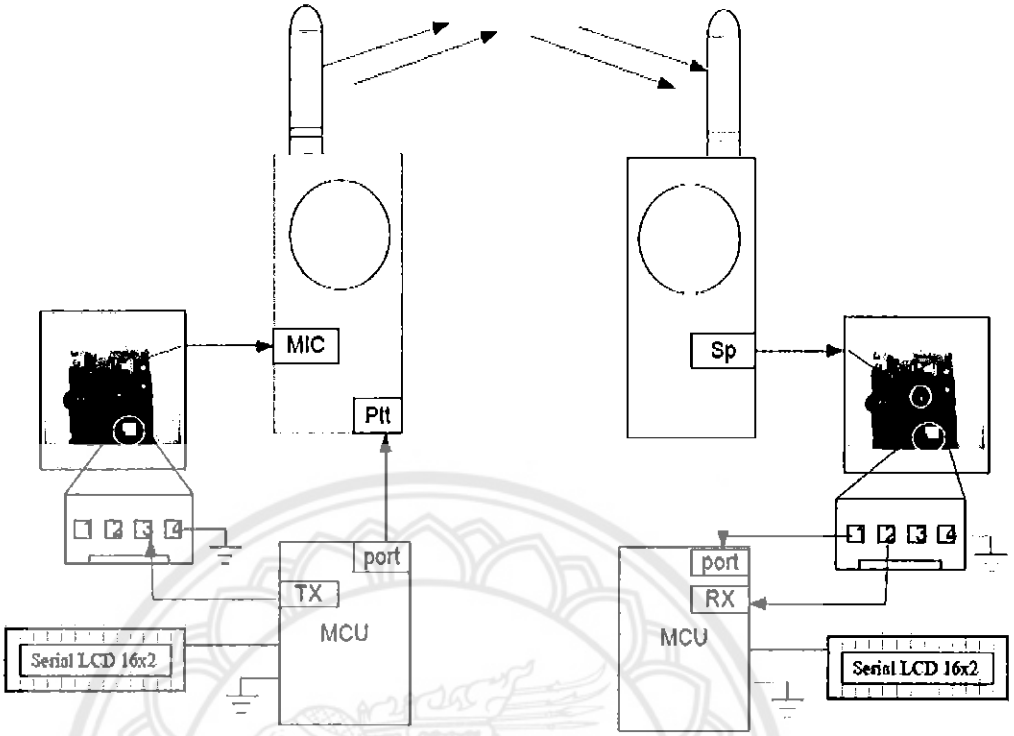


การใช้งานเริ่มจากต่อไฟเลี้ยงเข้าวงจรตั้งแต่ 6Vdc-15Vdc หรือ AC ตั้งโหมดความเร็วของวงจรด้วยการปรับสวิตช์ตำแหน่ง 2-4 ตามตาราง สวิตช์หมายเลข 1 เป็นสวิตช์ปิด,เปิด IC หลักที่ทำหน้าที่เป็นตัวมอดูเลทและดีมอดูเลท (เนื่องจาก ICมีความไวต่อไฟฟ้าสถิตมากและอาจเสียหายได้ง่ายเมื่อมีการต่อใช้งานที่ไม่ถูกวิธี เมื่อต้องการใช้งานวงจรให้เลื่อนสวิตช์ตำแหน่งที่ 1 ไปที่ ON ตามรูป ไฟจะเข้าไปเลี้ยง IC วงจรทำงานได้ จากนั้นต่อสัญญาณเสียงออกไปเข้าที่ช่อง MIC ของเครื่องส่งวิทยุ และต่อช่องสัญญาณเสียงเข้ามาจากลำโพงของเครื่องรับส่งวิทยุ ในกรณีที่ส่งสัญญาณทางเดียวด้านเครื่องส่งไม่ต้องต่อช่องสัญญาณเสียงเข้าก็ได้ และในกรณีเป็นภาครับอย่างเดียวไม่จำเป็นต้องต่อเสียงออกไปเข้าช่อง MIC ก็ได้ดูรูปประกอบเมื่อต่อวงจรและ set ระดับแรงดันอ้างอิงแล้วก็สามารถนำสัญญาณจากไมโครคอนโทรเลอร์ต่อเข้าในช่องเสียบได้เลย เท่านี้ก็สามารถส่งสัญญาณดิจิตอลผ่านเครื่องวิทยุสื่อสารได้แล้ว

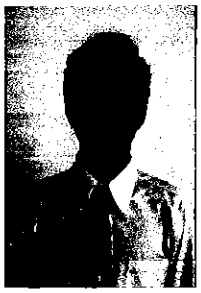
	
ช่องต่อสัญญาณไป cpu 1 ขาสัญญาณ CDT (ออก) 2 ขาสัญญาณ RX (ออก) 3 ขาสัญญาณ TX (เข้า) 4 ขาสัญญาณ GND	ช่องสัญญาณเสียงเข้าและออก 1 ขาสัญญาณเสียงเข้า,ออก 2 ขา GND



สวิตช์ตำแหน่งที่ 1 = Power IC			ON			
ตำแหน่ง Sw			ความเร็ว		ความถี่	
2	3	4	รับ	ส่ง	รับ	ส่ง
ON	ON	ON	1200	1200	M 1300	M 1300
					S 2100	S 2100
ON	ON	OFF	75	1200	M 390	M 1300
					S 450	S 2100
ON	OFF	ON	75	600	M 390	M 1300
					S 450	S 1700
ON	OFF	OFF	600	600	M 1300	M 1300
					S 1700	S 1700
OFF	ON	ON	1200	75	M 1300	M 390
					S 2100	S 450
OFF	ON	OFF	600	75	M 1300	M 390
					S 1700	S 450
OFF	OFF	ON	75	75	M 390	M 390
					S 450	S 450
OFF	OFF	OFF	1200	ไม่ส่ง	M 1200	ไม่ส่ง
					S 2200	ไม่ส่ง


MIC
Ptt
Sp
port
TX
MCU
Serial LCD 16x2
port
RX
MCU
Serial LCD 16x2

ประวัติผู้เขียนโครงงาน



ชื่อ นายอิสรภาพ พยม

ภูมิลำเนา 3 หมู่ 4 ต.ท่าพ่อ อ.เมือง จ.พิจิตร 66000

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพิจตรพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ชื่อ นายกฤษณ์ เชื้อวงศ์

ภูมิลำเนา 4 ซอยมหาราช 3 ต.ช่องแค อ.ตาคลี จ.นครสวรรค์ 60210

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนตาคลี-ประชาสรรค์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ชื่อ นายเรืองชัย อุ่นศิริ

ภูมิลำเนา 1/4 ม.4 ต.ศรีมหาโพธิ์ อ.นครชัยศรี จ.นครปฐม 73120

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนแหลมบัววิทยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร