ระบบรักษาความปลอดภัย
SECURITY SYSTEM

ภัทรพล ชาภิพักตร์

Phattarapon Chapipak

ยุทธพงษ์ กายแก้ว

Yuttapong Kaikaew

อภิวิชญ์ อภิธรรมบัณฑิต

Apivit Apitumbundhit

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

ระบบรักษาความปลอดภัย

SECURITY SYSTEM

โดย

นายภัทรพล ชาภิพักตร์

นายยุทธพงษ์ กายแก้ว

นายอภิวิชญ์ อภิธรรมบัณฑิต

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. กิติพล ชิตสกุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2557

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบรักษาความปลอดภัย

Security System

ผู้จัดทำ

1. นายภัทรพล ชาภิพักตร์ รหัส 54010973
2. นายยุทธพงษ์ กายแก้ว รหัส 54011048
3. นายอภิวิชญ์ อภิธรรมบัณฑิต รหัส 54011497

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

.....

(ผศ.ดร. กิติพล ชิตสกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Security System	
Student	Mr. Phattaraapon Chapipak	Student ID 54010973
	Mr. Yuttapong Kaikaew	Student ID 54011048
	Mr. Apivit Apitumbundhit	Student ID 54011497
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Electronics Engineering	
Year	2014	
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Kitiphol Chitsakul	

Abstract

Nowadays crime and theft are very common problems of the society. Once we face of a theft, it takes a long time to track down the culprit and waste amount of litigation cost. This work aims to develop a security system to surveil our home for preventing a crime or robbery. A warning device was firstly developed for any invasions. The positions of any detected objects or human, based on the frequency-shift keying (FSK) is informed to the security guards by a walky-talky network.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องระบบรักษาความปลอดภัย สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทั้งนี้เพราะได้รับคำแนะนำและคำปรึกษาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิติพล ชิตสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาในการทำปริญญานิพนธ์และพี่ ศุภกร สุวรรณ ที่ให้ความรู้และเทคนิคเรื่อง Arduino และ Microcontroller ตลอดจนให้คำปรึกษา ชี้แนะในระหว่างการดำเนินปริญญานิพนธ์ กระทั่งงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่ สำหรับกำลังใจที่มอบให้ อีกทั้งการอบรมสั่งสอนให้มีระเบียบวินัย จนสามารถนำคำสอนและข้อคิดมาใช้ในการดำเนินปริญญานิพนธ์จนประสบความสำเร็จ

ขอขอบคุณพี่ๆ ที่ให้คำปรึกษาในระหว่างการดำเนินงาน ขอขอบคุณเพื่อนๆ ในภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ ที่ได้ให้การช่วยเหลือและอยู่เคียงข้างกันจนกระทั่งงานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง นอกจากนี้ขอขอบพระคุณทุกๆท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนให้คำแนะนำต่างๆจนทำให้ปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้สำเร็จโดยสมบูรณ์ได้คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ภัทรพล ชาภิพักตร์
ยุทธพงษ์ กายแก้ว
อภิวิชญ์ อภิธรรมบัณฑิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 ระบบรักษาความปลอดภัย 1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงของการศึกษา 1

1.3 ส่วนประกอบของปริญญานิพน์ 3

บทที่ 2 โปรแกรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 การมอดดูเลตสัญญาณ (Signal modulation) 4

2.2 การแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก (Digital to Analog, D/A) 8

2.3 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital, A/D) 11

2.4 Pulse Modulation 12

2.5 รูปแบบการส่งข้อมูลแบบอนุกรม 21

2.6 ระบบสื่อสารวิทยุ 22

2.7 วงจรแปลงแรงดัน 24

2.8 Arduino 27

บทที่ 3 การออกแบบระบบรักษาความปลอดภัย 32

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน 32

3.2 Block diagram 33

3.3 คุณสมบัติของระบบ 34

3.4 การเลือกใช้อุปกรณ์และการออกแบบ 34

บทที่ 4 การทดสอบการทำงานของระบบรักษาความปลอดภัย 41

4.1 การทดสอบ วงจร Tx, Rx interface 41

4.2 การทดลองการรับสัญญาณของ walkie-talkie 3 ตำแหน่ง A,B,C 42

4.3 การทดลองการส่งข้อมูลโดยไม่ใช้ walkie-talki 42

4.4 การทดลองการส่งข้อมูลผ่าน walkie-talkie 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปปัญหาและข้อเสนอแนะ 44
5.1 สรุป 44
5.2 ปัญหาและการแก้ไข 44
5.3 ข้อเสนอแนะ 45
บรรณานุกรม 46
ภาคผนวก 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงไบนารีของการมอดูเลต QAM แบบ 4 เฟส 10
ตารางที่ 2.2 แสดงไบนารีของการมอดูเลต QAM แบบ 8 เฟส 10
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงการส่งรับข้อมูล ของ walkie-talkie 42
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการส่งข้อมูลโดยไม่ใช่ walkie-talkie 42
ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการส่งข้อมูลผ่านwalkie-talkie 42
ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการส่งข้อมูลผ่านwalkie-talkie (ต่อ) 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 โครงสร้างระบบ 2
รูปที่ 2.1 แสดงความสูงของคลื่นสัญญาณพาหะ 5
รูปที่ 2.2 การแปลงสัญญาณทางขนาด (Amplitude Modulation : Am) 5
รูปที่ 2.3 แสดงการแปลงสัญญาณทางความถี่ (Frequency Modulation : FM) 6
รูปที่ 2.4 แสดงการแปลงสัญญาณทางเฟส 7
รูปที่ 2.5 การแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อคแบบ ASK 8
รูปที่ 2.6 การแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อคแบบ FSK 9
รูปที่ 2.7 การแปลสัญญาณ D/A แบบ PSK 9
รูปที่ 2.8 PAM Signal ของสัญญาณ 4 ช่อง 12
รูปที่ 2.9 การแปลงสัญญาณ Analog เป็นสัญญาณ Digital ที่ใช้ระบบ PCM 13
รูปที่ 2.10 Block Diagram ของระบบ PCM 14
รูปที่ 2.11 การแบ่งย่าน Amplitude ออกเป็นระดับต่างๆ (Quantizing) 16
รูปที่ 2.12 การเข้ารหัส 17
รูปที่ 2.13 หลักการของระบบ PCM จำนวน 3 ช่อง 18
รูปที่ 2.14 โครงสร้างของ 30 Voice Channels PCM Multiplex 19
รูปที่ 2.15 โครงสร้างของ Voice Channels PCM Multiplex 20
รูปที่ 2.16 บล๊อกไดอะแกรมของเครื่องส่งวิทยุ 22
รูปที่ 2.17 วงจรแปลงแรงดันภายในวงจร 24
รูปที่ 2.18 Lm2576 24
รูปที่ 2.19 Lm2576 Block diagram 25
รูปที่ 2.20 วงจรแปลงแรงดัน Lm2576 เพื่อจ่ายไฟให้ Walky-Talky 25
รูปที่ 2.21 Lm7805 26
รูปที่ 2.22 Lm7805 Block diagram 26
รูปที่ 2.23 วงจรแปลงแรงดัน Lm7805 27
รูปที่ 2.24 บอร์ด Arduino ต่อกับ LED 27
รูปที่ 2.25 บอร์ด Arduino ต่อกับ 27
รูปที่ 2.26 การเขียนโปรแกรมบน Arduino 28
รูปที่ 2.27 เลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด 29
รูปที่ 2.28 กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.29 กดปุ่ม Upload โค้ดโปรแกรม 29
รูปที่ 2.30 บอร์ด Arduino UNO R 30
รูปที่ 3.1 block diagram transmitter 33
รูปที่ 3.2 block diagram receiver 34
รูปที่ 3.3 รูปแบบการสื่อสารแบบ Universal Asynchronous Receiver Transmitter 35
รูปที่ 3.4 การเชื่อมต่อสายสัญญาณสื่อสารแบบ UART 36
รูปที่ 3.5 วงจรแปลงแรงดันไฟเลี้ยง จาก 12V เป็น 5V และ 8V 37
รูปที่ 3.6 วงจร Relay 38
รูปที่ 3.7 วงจร Comparator 39
รูปที่ 3.8 วงจร Modulate and Demodulate 40
รูปที่ 4.1 รูปสัญญาณข้อมูล a(1000 0110) 41
รูปที่ 4.2 รูปแสดงหน้าจอผลการส่งข้อมูล 41
รูปที่ ก.1 การทดลองลองต่อวงจร Modulation และ Demodulation 48
รูปที่ ก.2 การต่อเครื่องส่งสัญญาณวิทยุกับวงจร Transmitter 48
รูปที่ ก.3 ทดลองวงจร receiver พร้อมกับการต่อกับเครื่องส่งสัญญาณวิทยุ 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

"บ้าน" หรือที่อยู่อาศัยของมนุษย์ เป็นหนึ่งในปัจจัยสี่ ที่มนุษย์ทุกคนต้อง มีในการดำรงชีวิต "บ้าน" ในที่นี้อาจไม่จำเป็นต้องหมายถึงบ้านเดี่ยวเป็นหลังๆเสมอไป อาจเป็นห้อง เป็นคอนโดบนตึกสูง หรือที่ออฟฟิศที่ทำงาน เราอาจจะเรียกสถานที่ไหนว่าบ้านก็ได้ เพราะว่าบ้าน คือ สถานที่ที่อบอุ่น เปรียบเสมือนศูนย์รวมของสิ่งสำคัญต่างๆในชีวิต เพราะฉะนั้นบ้านจึงควรเป็นสถานที่ที่ปลอดภัย ป้องกันอันตรายต่อชีวิต และทรัพย์สิน ซึ่งมีความสำคัญต่อมนุษย์ได้ และถึงแม้ "บ้าน" อาจจะประกอบไปด้วย รั้ว ประตู กำแพง ที่อาจดูปลอดภัยและแน่นหนา แต่คงไม่เพียงพอต่อการบุกรุกที่ไม่หวังดีต่อชีวิตหรือทรัพย์สินของเราจากมิจฉาชีพ อีกต่อไป ปริญญานิพนธ์ ระบบรักษาความปลอดภัยนี้จึงเกิดขึ้นเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นต่อชีวิต และทรัพย์สินภายใน "บ้าน" หรือยับยั้งและจับกุมมิจฉาชีพได้ทันท่วงที

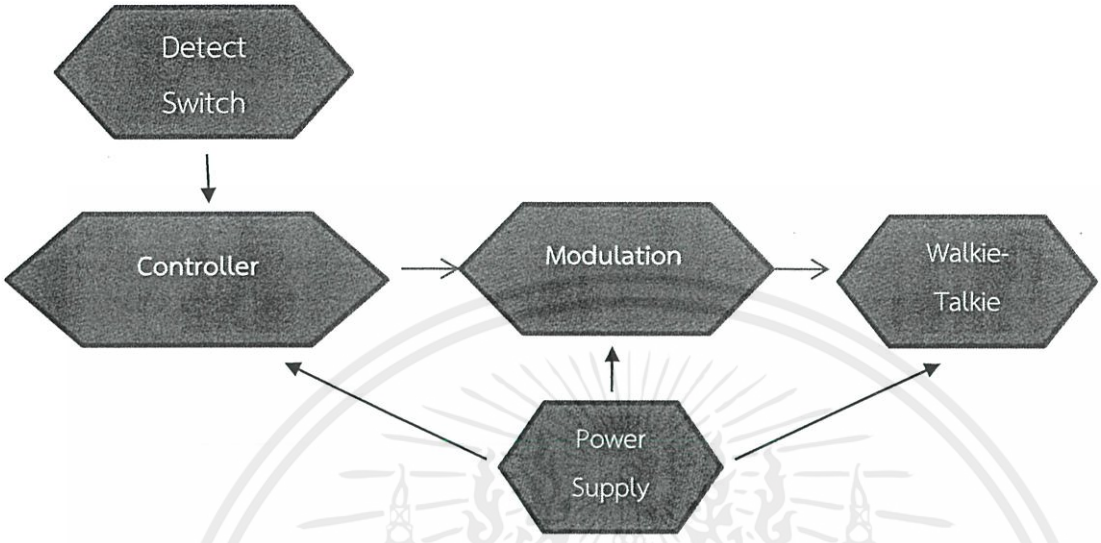
1.2 แนวคิดของระบบรักษาความปลอดภัย

ระบบรักษาความปลอดภัยมีหลายวิธีหลายแบบ ที่สามารถป้องกันหรือยับยั้งการบุกรุกพื้นที่ส่วนบุคคล ที่ไม่ต้องการให้คนนอกบุกรุกเข้ามาได้ แต่ระบบป้องกันหรือเตือนภัยในปัจจุบันมักมีข้อบกพร่องในการสื่อสารการแจ้งเตือนมีความล่าช้าในการติดต่อและไม่สามารถระบุสถานที่ได้ชัดเจนว่าอยู่ตำแหน่งที่แน่นนอน จากปัญหาเหล่านี้จึงทำให้มีการนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้พัฒนาระบบป้องกันการบุกรุก โดยการติดตั้ง Detect switch หรือเซนเซอร์ ตรวจจับการบุกรุกที่ต้องการติดตั้งระบบ แล้วส่งสัญญาณไปยังเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยหรือตำแหน่งเป้าหมาย

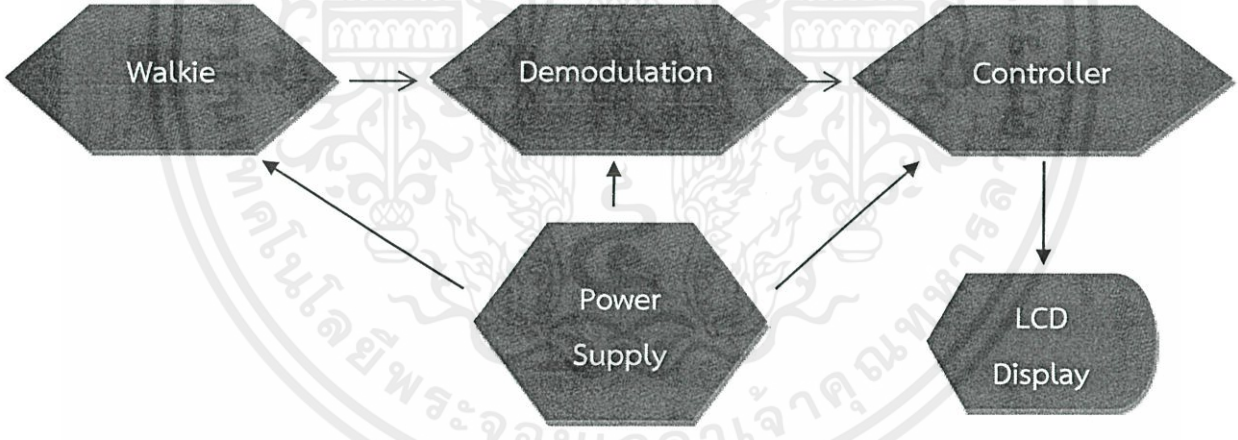
ในปริญญานิพนธ์นี้ได้นำเสนอการสร้างระบบรักษาความปลอดภัยด้วยการติดตั้งชุดตรวจจับการเคลื่อนที่ของวัตถุตามจุดที่เหมาะสม เพื่อส่งสัญญาณการบุกรุกผ่านทางสัญญาณวิทยุไปยังเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย แจ้งให้เจ้าหน้าที่ สามารถตรวจสอบสถานะด้วยโปรแกรมการตรวจสอบข้อมูลสำคัญอื่นๆ ในยามฉุกเฉินโดยมีโครงสร้างพื้นฐานของระบบรักษาความปลอดภัยตามรูปที่1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝั่งส่งสัญญาณ



ฝั่งรับสัญญาณ



รูปที่ 1.1 โครงสร้างของระบบ

1. Detect Switch เป็น output high หรือ low แล้วส่งไปยังตัวควบคุม

2. วงจรควบคุมระบบสัญญาณ (CONTROLLER) มีหน้าที่รับสัญญาณจากตัวส่งสัญญาณแล้วทำการประมวลผลการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ ทำให้ทราบว่ามีผู้บุกรุก

3. การมอดูเลต (Modulation) เป็นการผสมสัญญาณของข้อมูลเข้าไปกับสัญญาณอีกสัญญาณหนึ่งเรียกว่าคลื่นพาห์ (ผู้ให้บริการ) ซึ่งสัญญาณนี้มีความถี่ที่เหมาะกับช่องสัญญาณนั้น ๆ เพื่อให้ข้อมูลที่ส่งเข้าไปในช่องสัญญาณเดินทางได้ไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Walkie-talkie รับสัญญาณจากวงจร modulation แล้วจะส่งสัญญาณไปยังวงจรภาครับสัญญาณระยะไกล

2. Demodulation แปลงสัญญาณหรือแยกสัญญาณ modulation ให้ได้สัญญาณที่ต้องการ

3. Tx/Rx interface ทำหน้าที่รับข้อมูลและประมวลผลสัญญาณที่ได้จากการ demodulation

1.3 โครงสร้างของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์นี้ได้นำเสนอรายละเอียดในการพัฒนาระบบ ระบบรักษาความปลอดภัยโดยแบ่งเป็นบท ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง นำเสนอ ระบบรักษาความปลอดภัย

บทที่ 3 การออกแบบ ในบทนี้นำเสนอการออกแบบระบบ

บทที่ 4 การทดทอง ผลการทดลอง

บทที่ 5 บทสรุป

บทที่ 6 ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การมอดดูเลตสัญญาณ (Signal modulation)

เมื่อต้องการจะส่งสัญญาณเสียงหรือข้อมูลผ่านช่องทางการสื่อสาร จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องอาศัยพลังงานไฟฟ้าช่วยพาสัญญาณเหล่านั้นเคลื่อนย้ายจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ขบวนการหรือขั้นตอนในการเพิ่มพลังงานไฟฟ้าดังกล่าวเราเรียกว่า **"การมอดูเลต"** (Modulation) หรือการกล้ำสัญญาณที่เป็นพลังงานไฟฟ้าซึ่งมีความถี่สูงและคงที่ รวมทั้งมีขนาด (Amplitude) สูงด้วยนั้นเราเรียกว่า **"สัญญาณคลื่นพาหะ"** (Signal Carrier) ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าการแปลงสัญญาณหรือการมอดูเลท คือ เทคนิคการพาสัญญาณที่ต้องการส่งเดินทางไปยังจุดหมายปลายทางผ่านตัวกลางการสื่อสาร สัญญาณที่เป็นตัวพาสัญญาณข้อมูลไปเรียกว่า คลื่นพาหะ (Carrier wave)

อุปกรณ์สำหรับมอดูเลตสัญญาณ (Modulator) จะสร้างสัญญาณคลื่นพาหะ และรวมเข้ากับสัญญาณข้อมูล เพื่อให้สัญญาณมีความแรงพอที่จะส่งผ่านสื่อกลางไป

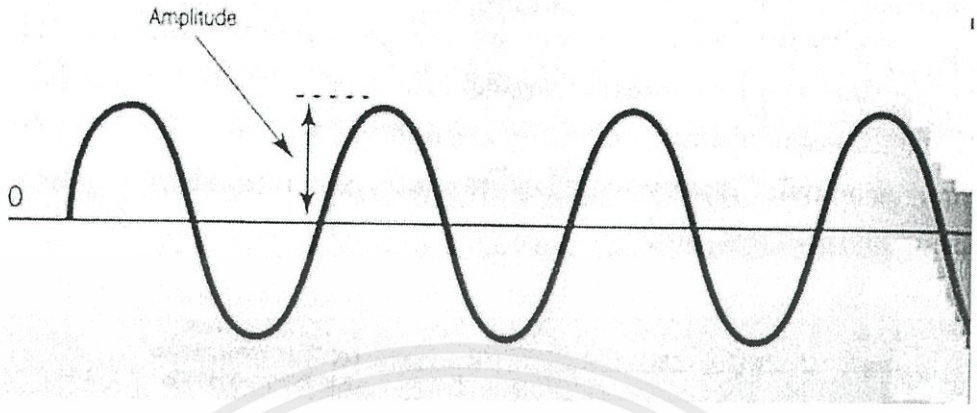
n : Aยังอีกจุดหนึ่งที่อยู่ไกลออกไปได้ และเมื่อถึงปลายทางก็จะมีอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่แยกสัญญาณคลื่นพาหะออกให้เหลือเพียงสัญญาณข้อมูล เราเรียกวิธีการแยกสัญญาณนี้ว่า **"การดีมอดูเลต"** (Demodulation)

วิธีการพื้นฐานในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเพื่อส่งผ่านไปในช่องทางสื่อสารอนาล็อกนั้น โดยทั่วไป มี 3 วิธี ได้แก่

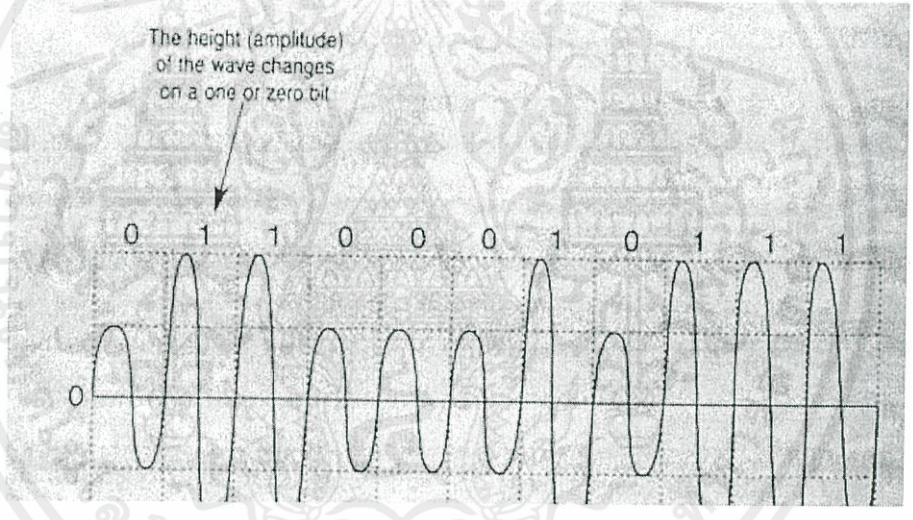
2.1.1 การมอดูเลททางขนาด (Amplitude Modulation)

สัญญาณคลื่นปกติจะมีความสูงของคลื่นเรียกว่า Height หรือ Amplitude คงที่ ความสูงทั้งด้านบนและด้านล่างของเส้นแนวระนาบจะต้องมีค่าเท่ากันพอดี ดังรูป 2.1 การแปลงสัญญาณทางขนาดหรือเรียกว่าแบบเอเอ็มนี้ใช้วิธีการเปลี่ยนขนาดความสูงของคลื่นให้แตกต่างไปจากเดิมเพื่อใช้แทนความหมายข้อมูลบิต 0 หรือ 1 ตามที่ต้องการ ดังรูปที่ 2.2 เป็นการแสดงการส่งข้อมูล "01100010111" โดยใช้ความสูงของคลื่นที่ใช้แทนข้อมูลบิต 1 นั้นสูงกว่าคลื่นที่ใช้แทนบิต 0 ถ้าใช้สัญญาณนี้เป็นสัญญาณเสียง คลื่นที่มีความสูงมากกว่าคือคลื่นที่ใช้แทนบิต 1 จะมีเสียงดังมากกว่าคลื่นที่ใช้แทนบิต 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงความสูงของคลื่นสัญญาณพาหะ



รูปที่ 2.2 การแปลงสัญญาณทางขนาด (Amplitude Modulation : AM)

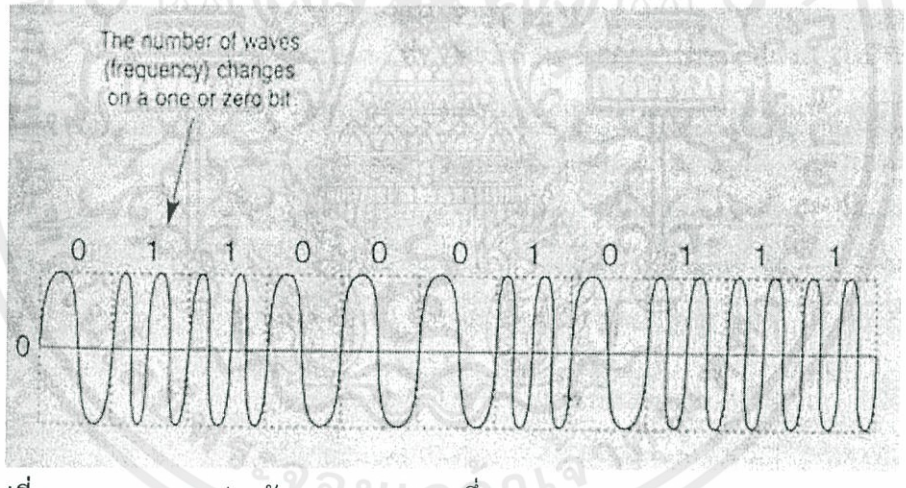
การแปลงคลื่นวิธีนี้เป็นวิธีการเดียวกันกับที่ใช้ในการส่งสัญญาณวิทยุเอเอ็ม (AM radio) จึงมีข้อดีข้อเสียในลักษณะเดียวกันคือ เป็นสัญญาณที่ถูกรบกวนได้ง่าย เช่น พายุฝนทั่วไปสามารถทำให้สัญญาณเอเอ็มเสียหายได้ คือผู้รับฟังวิทยุจะรับฟังเสียงวิทยุได้ไม่ชัดเจนในช่วงนั้น โดยเฉพาะในขณะที่เกิดฟ้าผ่าสัญญาณเสียงในบริเวณใกล้เคียงจะขาดหายไปเลย ปัญหาดังกล่าวยิ่งจะสร้างความเสียหายมากขึ้นในการสื่อสารข้อมูลเนื่องจากสัญญาณรบกวนอาจทำให้สัญญาณที่ส่งออกมาเสียหาย คือไม่ทราบว่าเป็นบิต 0 หรือ 1 จึงจำเป็นต้องมีวิธีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่รับมาด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การมอดูเลททางความถี่ (Frequency Modulation : FM)

เทคนิคการมอดูเลททางความถี่หรือเรียกว่าเอ็ฟเอ็มนั้น เป็นการเปลี่ยนค่าความถี่คลื่นซึ่งก็คือจำนวนลูกคลื่น (wave) ต่อหนึ่งหน่วยเวลา (cycle) เพื่อใช้แทนข้อมูล ดังรูปที่ 2.3 เวลาที่ใช้สำหรับการส่งสัญญาณแต่ละบิตเป็นหนึ่งหน่วย การส่งข้อมูลบิต 0 จะมีลูกคลื่นจำนวน 1 ลูกในหนึ่งหน่วยเวลา ส่วนการส่งบิต 1 จะมีลูกคลื่นจำนวน 2 ลูกในหนึ่งหน่วยเวลา การเปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้เมื่อเทียบกับสัญญาณเสียงแล้ว ความถี่หรือจำนวนลูกคลื่นต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่มากขึ้นจะหมายถึงระดับเสียงที่สูงขึ้น ดังนั้น สัญญาณที่ใช้แทนบิต 1 จะมีระดับเสียงสูงกว่าสัญญาณที่ใช้แทนบิต 0 การแปลงสัญญาณแบบนี้เป็นวิธีการที่ใช้ในการส่งสัญญาณวิทยุเอฟเอ็ม สัญญาณเสียงสนทนาที่เกิดขึ้นในระบบเซลลูลาร์แบบ AMPS

การส่งสัญญาณระบบเอฟเอ็มมีความทนทานต่อการรบกวนจากภายนอกได้ดีกว่าระบบเอเอ็ม เช่น ในระหว่างที่เกิดพายุฝน สัญญาณแบบเอฟเอ็มจะถูกรบกวนน้อยมาก หรือไม่ถูกรบกวนเลย ดังนั้น เมื่อนำมาใช้ส่งข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ก็ทำให้โอกาสที่จะเกิดข้อมูลผิดพลาดลดลงไปด้วย วิธีการตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลจึงไม่จำเป็นต้องมีความซับซ้อนมากนักเมื่อเทียบกับการใช้สัญญาณเอฟเอ็ม



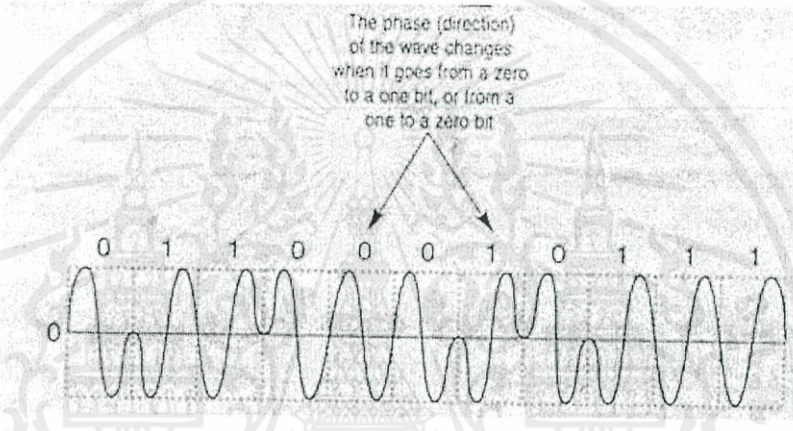
รูปที่ 2.3 แสดงการแปลงสัญญาณทางความถี่ (Frequency Modulation : FM)

2.1.3 การมอดูเลททางเฟส (Phase Modulation : PM)

การแปลงสัญญาณทางเฟสหรือแบบพีเอ็ม เป็นวิธีการที่ซับซ้อนมากที่สุด วิธีการนี้อาศัยการเปลี่ยนแปลงทางเฟส (phase shift) เป็นตัวบอกการสลับความหมายของข้อมูล นั่นคือ สมมติว่ากำลังส่งบิต 0 อยู่ เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงเฟสก็จะหมายถึงบิตต่อไปเป็นบิต 1 (หรือกลับกัน) ลักษณะของสัญญาณสำหรับทั้งบิต 0 หรือบิต 1 จึงไม่มีรูปแบบที่คงที่เหมือนกับสองวิธีแรก คำว่าการเปลี่ยนแปลงเฟสหมายความว่า สัญญาณของลูกคลื่นปกติจะเริ่มจากเส้นแนวระนาบขึ้นไป คือจะเริ่มจาก 0 องศาไปเป็นค่าบวก 90 องศาย้อนกลับมาที่ 180 องศา และเปลี่ยนไปเป็นค่าลบ 270 องศาและวนกลับมาที่ 0 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างเดิม ถ้าบิตต่อไปเป็นบิตเดิม เช่น บิต 0 ตามด้วยบิต 0 หรือบิต 1 ตามด้วยบิต 1 คลื่นลูกต่อไปก็จะเกิดขึ้นต่อเนื่องจากคลื่นลูกแรกตามปกติ แต่ถ้าบิตต่อไปไม่ใช่บิตเดิม คือบิต 0 ตามด้วยบิต 1 หรือบิต 1 ตามด้วยบิต 0 คลื่นลูกต่อไปแทนที่จะขึ้นไปเป็นค่าบวก ก็จะกลับลดลงเป็นค่าลบก่อน จากนั้นกลับไปที่ค่า 0 เพิ่มเป็นค่าบวก และกลับมาที่ 0 เป็นการครบวงจร ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ในกรณีนี้ทั้งบิต 0 และบิต 1 จึงอาจเป็นลูกคลื่นที่เริ่มจาก 0 แล้วเพิ่มไปเป็นค่าบวกก่อน หรือลดลงมาเป็นค่าลบก่อนก็ได้ ความสูงและความถี่ของคลื่นนั้นจะคงที่เสมอ การเปลี่ยนแปลงเฟสทำให้สามารถส่งข้อมูลแบบไดบิต (dibit or 2 bits) ได้ จึงส่งข้อมูลได้เป็นสองเท่า เช่น สายขนาด 2,400 บอด จะสามารถส่งข้อมูลได้ 4,800 บิตต่อวินาที



รูปที่ 2.4 การแปลงสัญญาณทางเฟส

รูปที่ 2.4 แสดงการแปลงสัญญาณทางเฟส การเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณลูกคลื่นกับจำนวนองศารอบจุดจุดหนึ่ง (360 องศา) สามารถอธิบายดังนี้ ลูกคลื่นปกติเริ่มต้นจากแรงดันไฟฟ้าขนาด 0 โวลท์ หรือเริ่มองศาที่ 0 จากนั้นค่อย ๆ เพิ่มแรงดันขึ้นไปทางค่าบวกจนถึงจุดสูงสุด (ค่าบวกมากที่สุด) ก็คือการเพิ่มจำนวนองศาขึ้นไปจนถึงที่ตำแหน่ง 90 องศา ค่าแรงดันไฟฟ้าจะค่อย ๆ ลดลงไปในขณะที่จำนวนองศาจะยังคงเพิ่มขึ้นไปเรื่อย ๆ เมื่อค่าแรงดันไฟฟ้ากลับลงมาที่ 0 โวลท์ ก็จะตรงกับตำแหน่ง 180 องศา ต่อมาแรงดันไฟฟ้าจะเริ่มลดลงน้อยกว่า 0 ลงไปจนถึงจุดต่ำสุด (ค่าลบที่มากที่สุด) ตรงกับตำแหน่ง 270 องศาและในขั้นตอนสุดท้าย แรงดันไฟฟ้าจะค่อย ๆ เพิ่มกลับขึ้นมาที่ 0 โวลท์อย่างเดิมซึ่งเป็นตำแหน่งที่ 360 องศา (เป็นตำแหน่ง 0 องศาของคลื่นลูกต่อไป) ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงองศาที่เกิดขึ้นคือ 0° → 90° → 180° → 270° → 360° ตามลำดับ

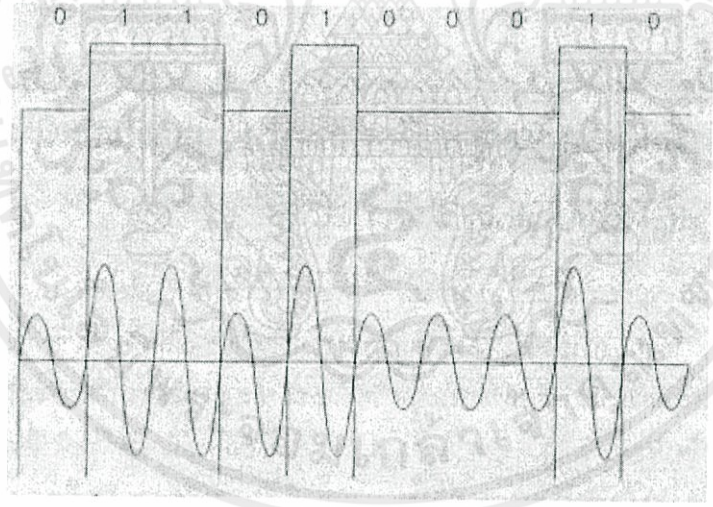
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก (Digital to Analog, D/A)

ในปัจจุบันการส่งสัญญาณข้อมูลดิจิตอลโดยผ่านช่องทางการสื่อสารแบบอนาล็อกที่เราคุ้นเคยกัน ได้แก่ การส่งข้อมูลคอมพิวเตอร์ผ่านทางเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ เครือข่ายโทรศัพท์ถูกออกแบบมาเพื่อทำให้การสลับสวิตซ์และส่งสัญญาณอนาล็อกซึ่งเป็นย่านความถี่เสียง หรือประมาณ 300-3,400 Hz อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิตอลให้เป็นสัญญาณอนาล็อกย่านความถี่เสียงเราเรียกว่า โมเด็ม (MOdulator – DEModulator : MODEM) สำหรับเทคนิคการแปลงสัญญาณข้อมูลดิจิตอลให้ไปเป็นอนาล็อกนั้น มีดังต่อไปนี้

2.2.1 การมอดูเลตเชิงเลขทางแอมปลิจูด (Amplitude – Shift Keying : ASK)

การมอดูเลตวิธีนี้ ความถี่ของคลื่นพาหะ (Carrier Wave) ซึ่งทำหน้าที่นำสัญญาณแบบอนาล็อกผ่านตัวกลางสื่อสารนั้นจะคงที่ ลักษณะของสัญญาณที่มอดูเลตนั้น เมื่อค่าของบิตของสัญญาณข้อมูลดิจิตอลมีค่าเป็น “1” ขนาดของคลื่นพาหะจะสูงกว่าตอนปกติ และเมื่อบิตมีค่าเป็น “0” ขนาดของคลื่นพาหะจะตกลงกว่าปกติ การมอดูเลตแบบ ASK มักจะไม่ค่อยได้รับความนิยม เพราะจะถูกรบกวนจากสัญญาณอื่นได้ง่าย

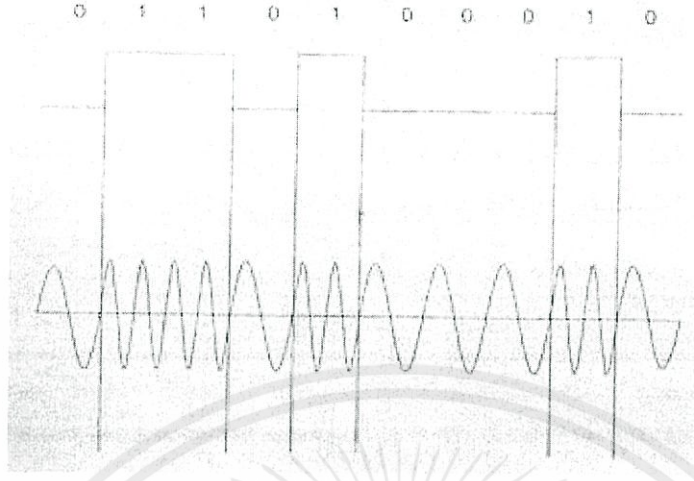


รูปที่ 2.5 การแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อกแบบ ASK

2.2.2 การมอดูเลตเชิงเลขทางความถี่ (Frequency – Shift Keying : FSK)

ในการมอดดูเลตแบบ FSK ขนาดของคลื่นพาหะจะไม่เปลี่ยนแปลง ที่เปลี่ยนแปลงคือความถี่ของคลื่นพาหะ เมื่อบิตมีค่าเป็น “1” ความถี่ของคลื่นพาหะจะสูงกว่าตอนปกติ และเมื่อบิตมีค่าเป็น “0” ความถี่ของคลื่นพาหะจะสูงกว่าตอนปกติ และเมื่อบิตมีค่าเป็น “0” ความถี่ของคลื่นพาหะก็จะต่ำกว่าปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

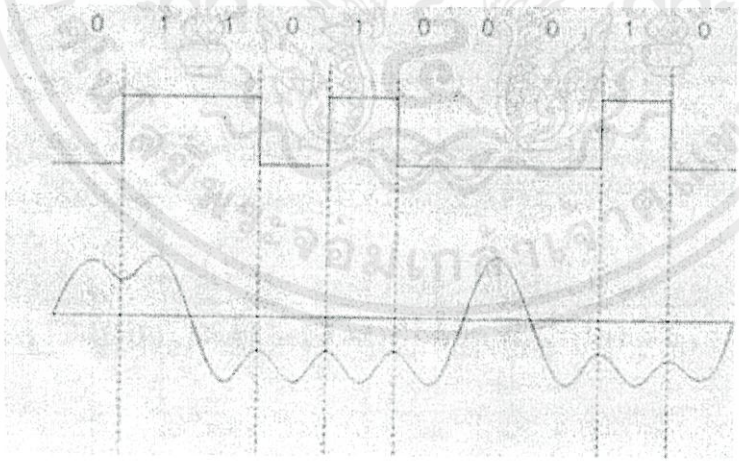


รูปที่ 2.6 การแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อคแบบ FSK

2.2.3 การมอดูเลตเชิงเลขทางเฟส (Phase – Shift Keying : PSK)

หลักการของวิธี PSK คือ ค่าของขนาดและความถี่ของคลื่นพาหะจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่ที่จะเปลี่ยนแปลงคือเฟสของสัญญาณ กล่าวคือ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาวะของบิตจาก “1” ไปเป็น “0” หรือเปลี่ยนจาก “0” ไปเป็น “1” เฟสของคลื่นจะเปลี่ยน (Shift) ไป 180 องศาด้วย

ในการมอดูเลตทั้งสามแบบที่กล่าวมาข้างต้น วิธีการแบบ PSK จะมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นน้อยที่สุด ได้สัญญาณที่มีคุณภาพดีที่สุด แต่วงจรการทำงานจะซับซ้อนกว่าและราคาอุปกรณ์ก็แพงกว่า โดยปกติจะนำ PSK มาใช้กับโมเด็มที่มีความเร็วปานกลาง เช่น 2,400 หรือ 4,800 bps



รูปที่ 2.7 การแปลงสัญญาณ D/A แบบ PSK

การมอดูเลตอีกวิธีหนึ่งที่มีความคล้ายคลึงกับ PSK คือ การมอดูเลตแบบ “DPSK” (Differential Phase Shift Keying) ซึ่งจะกำหนดให้เฟสเลื่อนไป 180 องศา ทุกครั้งที่ข้อมูลมีค่าเป็น “1” แม้จะเป็“1”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ติดกันก็ตาม แต่ถ้าเป็น “0” ก็จะไม่เลื่อนเฟส

2.2.4 การมอดูเลตเชิงเลขทางขนาดและเฟส

(Quadrature Amplitude Modulation : QAM)การแปลงสัญญาณแบบ QAM (Quadrature Amplitude Modulation) เป็นการปรับปรุงวิธีการส่งสัญญาณโดยการเปลี่ยนทั้งเฟสและความสูงของคลื่น โดยกำหนดให้ขนาดของสัญญาณแบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ สูงและต่ำ (H และ L) และกำหนดการแบ่งเฟส (Φ) ออกเป็น 4 เฟส (0, 90, 180, 270 องศา หรือ $\Phi_{1\text{-}4}$) และ 8 เฟส (0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315 องศา หรือ $\Phi_{1\text{-}8}$) เช่นเดียวกับการมอดูเลตแบบ PM

ดังนั้นการส่งข้อมูลแบบแบ่งเป็น 4 เฟส จึงสามารถจะกระทำได้ 2 x 4 = 8 รูปแบบ ซึ่งสามารถกำหนดข้อมูลเป็นเลขฐานสองได้ทีละ 3 บิต (มาจาก $2^3 = 8$) แต่หากแบ่งเฟสเป็น 8 เฟส ก็จะกระทำได้ทั้งหมด 2 x 8 = 16 รูปแบบ ซึ่งสามารถกำหนดเป็นเลขฐานสองได้ทีละ 4 บิต (มาจาก $2^4 = 16$)

ตารางที่ 2.1 แสดงไบนารีของการมอดูเลต QAM แบบ 4 เฟส

(H,L) x Φ	LΦ_1	HΦ_1	LΦ_2	HΦ_2	LΦ_3	HΦ_3	LΦ_4	HΦ_4
เลขไบนารี	000	001	010	011	100	101	110	111

ตารางที่ 2.2 แสดงไบนารีของการมอดูเลต QAM แบบ 8 เฟส

(H,L) x Φ	LΦ_1	HΦ_1	LΦ_2	HΦ_2	LΦ_3	HΦ_3	LΦ_4	HΦ_4
เลขไบนารี	0000	001	0010	0011	0100	0101	0110	0111

(H,L) x Φ	LΦ_5	HΦ_5	LΦ_6	HΦ_6	L$\Phi 6_7$	HΦ_7	LΦ_8	HΦ_8
เลขไบนารี	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111

ดังนั้น ในการส่งข้อมูล QAM แบบ 8 เฟส ด้วยอัตราข้อมูล 2,400 บอดต่อวินาที จึงสามารถส่งข้อมูลด้วยอัตราบิตเท่ากับ 2,400 x 4 บิต = 9,600 bps) และจะมีอัตราบิตสูงสุดได้ถึง 19,200 bps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับอัตราการส่งข้อมูล 4,800 บอดต่อวินาที และสูงสุด 14,400 bps เมื่อใช้กับเทคนิค QAM แบบ 4 เฟส ทำให้มีการนำเทคนิคการมอดูเลตแบบ QAM มาใช้กับโมเด็มความเร็วสูง (ตั้งแต่ 9,600 bps ขึ้นไป)

2.2.5 การมอดูเลตแบบ TCM (Trellis Coded Modulation)

การมอดูเลตแบบ TCM เป็นเทคนิคที่เพิ่มประสิทธิภาพการส่งข้อมูลด้วยการมอดูเลตแบบ QAM ให้เร็วและมีความถูกต้องยิ่งขึ้น ด้วยการเพิ่มจำนวนบิตเข้าไปในข้อมูลอีก 1 บิต เพื่อเป็นบิตสำหรับการตรวจสอบแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูลและใช้วิธีการบีบอัดข้อมูล (ด้วยซอฟต์แวร์) ด้วยอัตราส่วน 1.3:1, 2:1, 3.5:1 และ 4:1 เพื่อให้สามารถส่งข้อมูลได้มากขึ้นในเวลาเท่าเดิม ทำให้วิธีการมอดูเลตแบบ TCM นิยมนำมาใช้กับโมเด็มความเร็วสูงตั้งแต่ 9,600 ถึง 57,600 bps เพราะที่ความเร็วสูงจะมีโอกาสส่งข้อมูลผิดพลาดสูงด้วยเช่นกัน ตัวอย่างเช่น ในการส่งข้อมูลด้วยอัตราข้อมูล 2,400 บอดต่อวินาที โดยส่งข้อมูลครั้งละ 5 บิต (ซึ่งเป็นข้อมูลจริง ๆ 4 บิต และอีก 1 บิตเป็นการตรวจสอบและแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูล)

2.3 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital, A/D)

ในกรณีถ้าระบบเครือข่ายของเราเป็นแบบดิจิตอล คือสามารถส่งผ่านสัญญาณดิจิตอลสู่ช่องทางสื่อสารดิจิตอลได้โดยตรง เช่น การส่งไปรษณีย์อิเลกทรอนิกส์ (Electronic Mail) ผ่านเครือข่ายโทรศัพท์ดิจิตอลสาธารณะ (ISDN) เราสามารถส่งสัญญาณดิจิตอลที่ออกจากคอมพิวเตอร์สู่เครือข่ายได้โดยตรงไม่ต้องผ่านโมเด็ม และในทำนองเดียวกัน เราก็สามารถจะส่งสัญญาณอนาล็อกผ่านเข้าไปในระบบเครือข่ายดิจิตอลได้โดยการเปลี่ยนแปลงสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเสียก่อน โดยใช้อุปกรณ์ที่ทำงานตรงกันข้ามกับโมเด็ม คือ โคเดก (CODEC หรือ Coder/Decoder) เทคนิคการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล

2.3.1 การมอดูเลตทางแอมปลิจุดของพัลส์ หรือ PAM (Pulse Amplitude Modulation) เป็นการใช้รูปคลื่นของสัญญาณอนาล็อกมาแปลงเป็นข้อมูลดิจิตอลโดยการวัดความสูงของลูกคลื่นจากหลายตำแหน่ง เรียกว่า วิธีแซมปลิง (Sampling) โดยจะสุ่มตัวอย่างเป็นสองเท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณที่ใช้ เนื่องจากเสียงสนทนามีความถี่สูงสุด 4,000 Hz ดังนั้น ค่าความถี่ของการแซมปลิงจึงเท่ากับ 8,000 ครั้งต่อวินาที แล้วจึงสร้างสัญญาณดิจิตอลจากความสูงที่วัดได้ วิธีการนี้เป็นเทคนิคแบบแรกที่ใช้ในการแปลงเสียงสนทนา (Voice) ให้เป็นข้อมูลดิจิตอล เรียกว่า “Voice digitization”

2.3.2 การมอดูเลตแบบรหัสพัลส์ หรือ PCM (Pulse Code Modulation)

เนื่องจากการส่งข้อมูลสัญญาณ Analog บนสาย Digital ที่นิยมใช้ก็คือ Pulse Code Modulation (PCM) เพราะแม่นยำและความผิดพลาดต่ำ หลักการทำงานมีดังนี้

- การสุ่มตัวอย่าง (Sampling)

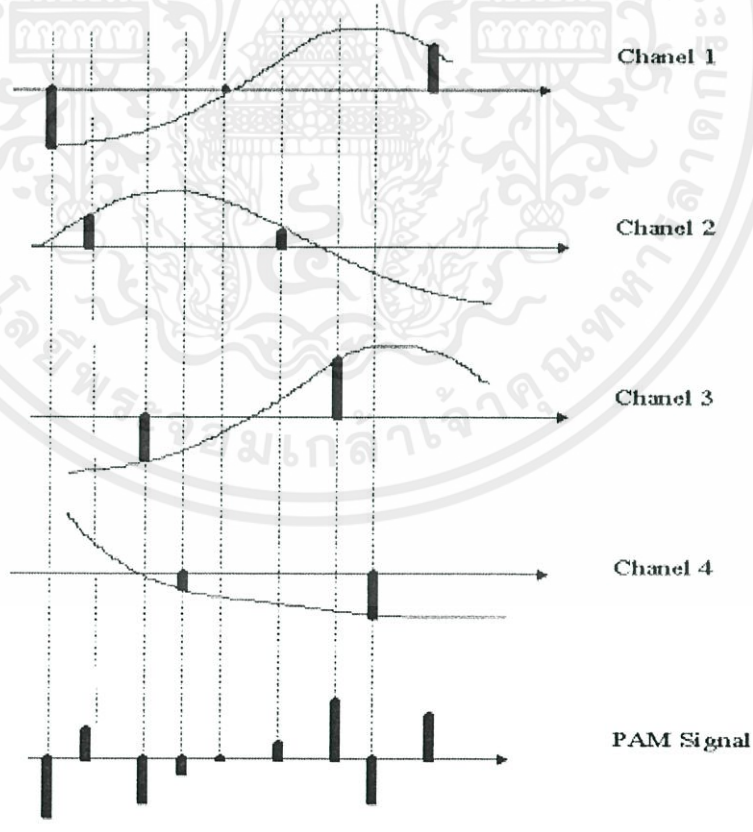
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การแบ่งย่าน Amplitude ออกเป็นระดับต่าง ๆ (Quantizing)
- การเข้ารหัส (Coding)

2.4 Pulse Modulation

เป็นวิธีการหนึ่งที่นำมาใช้ในการรวมสัญญาณชนิดเดียวกันหลาย ๆ วงจรหรือหลาย ๆ ช่องโดยวิธีแบ่งเวลากัน Pulse Modulation ที่ใช้กันมีอยู่หลายแบบเช่น Pulse Amplitude Modulation (PAM), Pulse Time Modulation (PTM) เป็นต้น แต่แบบที่ใช้กับระบบ Pulse Code Modulation (PCM) ได้แก่ PAM และเป็นกรรมวิธีขั้นแรกของระบบ PCM สัญญาณโทรศัพท์ที่มี Amplitude แปรผันต่อเนื่องกันกับเวลาจะถูกสุ่มตัวอย่างทำให้ได้กระบวนของ Pulse (Pulse Train) ซึ่งเรียกว่าตัวอย่าง (Samples) Amplitude ของแต่ละตัวอย่างที่สุ่มมาได้จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ Amplitude ชั่วขณะของสัญญาณที่ต่อเนื่อง ณ เวลาที่ได้มีการสุ่มตัวอย่างนั้น

รูปที่ 2.8 แสดง PAM Signal ของสัญญาณ 4 ช่อง แต่ละตัวอย่างที่ทำการสุ่มมาของสัญญาณแต่ละช่องเรียกว่า PAM Sample และเมื่อนำ PAM Sample ทั้งหมดของทุกสัญญาณมารวมกันจะเรียกว่า PAM Signal ช่วงเวลาของการสุ่มตัวอย่างแต่ละครั้งในสัญญาณเดียวกันเรียกว่า Frame

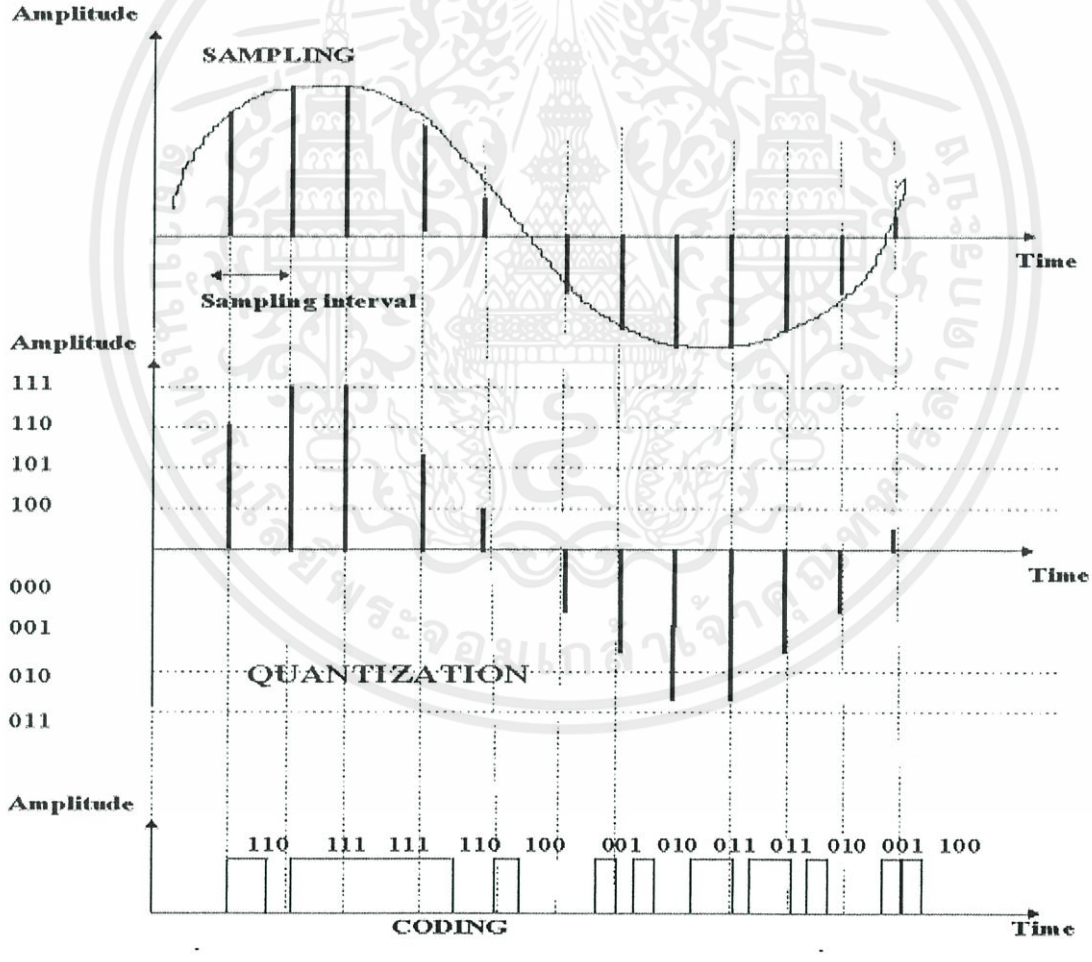


รูปที่ 2.8 PAM Signal ของสัญญาณ 4 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการขั้นต้นของระบบ Pulse Code Modulation ก็คือการแปลงสัญญาณ Analog ให้เป็นสัญญาณ Digital สำหรับในโทรศัพท์จะเป็นการแปลงสัญญาณโทรศัพท์ให้ไปเป็นกระบวนของ Pulse ในรูปของรหัส (Binary Code) แล้วส่งไปในตัวกลางที่ปลายทางด้านรับกระบวนของ Pulse ในรูปของรหัสดังกล่าวจะถูกแปลงกลับเป็นสัญญาณ Analog ดังเดิม การส่งกระบวน Pulse ในรูปของรหัสจะเป็นการส่งสัญญาณในลักษณะ Digital Transmission ซึ่งมีข้อได้เปรียบเหนือกว่าการส่งสัญญาณแบบ Analog Transmission ในเรื่องภูมิคุ้มกันต่อสิ่งรบกวนและความเพี้ยนดังได้กล่าวมาแล้ว การแปลงสัญญาณ Analog ให้เป็นสัญญาณ Digital ดังแสดงตามรูปที่ 2.9 จะประกอบด้วยหลักการที่สำคัญ 3 ประการคือ

- การสุ่มตัวอย่าง (Sampling)
- การแบ่งย่าน Amplitude ออกเป็นระดับต่าง ๆ (Quantizing)
- การเข้ารหัส (Coding)

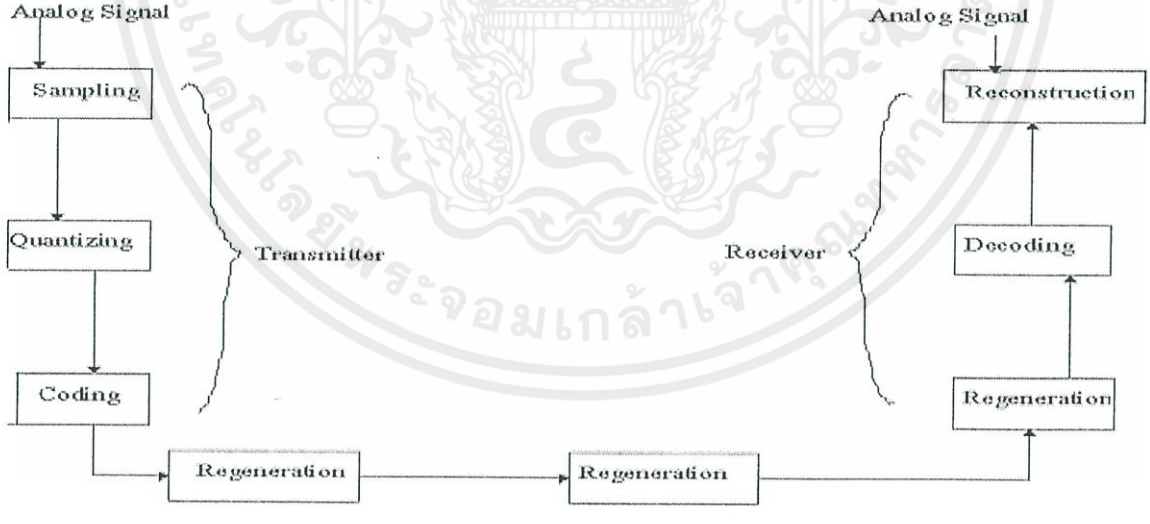


รูปที่ 2.9 การแปลงสัญญาณ Analog เป็นสัญญาณ Digital ที่ใช้ในระบบ PCM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 หลักการของระบบ Pulse Code Modulation (PCM)

รูปที่ 2.10 แสดง Block Diagram ของระบบ PCM วิธีการขั้นแรกคือการสุ่มตัวอย่างสัญญาณโทรศัพท์แต่ละช่องด้วย Sampler จะทำให้ได้ Pulse ที่มี Amplitude เท่ากับของสัญญาณ ณ เวลาที่ทำการสุ่มนั้น ๆ ซึ่งเรียกว่า PAM Signal จากนั้น PAM Signal จะถูกป้อนเข้าที่ Quantizer และในกรณีนี้ Amplitude ของแต่ละตัวอย่างที่สุ่มมาได้จะถูกจัดให้อยู่ในระดับที่ตรองกันหรือใกล้เคียงกับระดับที่ได้กำหนดไว้ ขั้นต่อไปคือการให้ Binary Code กับตัวอย่างที่สุ่มมาได้โดยตัวเข้ารหัส (Coder) ซึ่ง Binary Code ที่ให้นี้จะตรงกับระดับของ Amplitude ที่ได้ถูกแบ่งไว้แล้วในตอนแรก กระบวน Pulse ในรูปของ Binary Code ของสัญญาณโทรศัพท์หลาย ๆ ช่องซึ่งเรียกว่า PCM Signal จะถูกส่งเข้าไปในสายส่ง (Transmission Line) หากสายส่งมี ความยาวมากก็จะใช้ Regenerative Repeater ติดตั้งในระยะทางที่เหมาะสม เพื่อทำการผลิต PCM Signal ตัวเดิมที่ปราศจากสิ่งรบกวนและความเพี้ยนขึ้นมาใหม่ และที่ปลายทางด้านรับก็จะมี Regenerative Repeater ติดตั้งไว้ด้วเช่นเดียวกัน Output สัญญาณที่ได้จาก Regenerative Repeater นี้จะมีรูปร่างลักษณะเหมือนกับ PCM Signal ที่ส่งมาจากทางด้านส่ง จากนั้น PCM Signal ดังกล่าวจะถูกส่งไปยังตัวถอดรหัส (Decoder) เพื่อทำการถอดรหัส PCM Signal ให้ได้เป็น PAM Signal แล้วส่งผ่าน Sampler ไปยังช่องโทรศัพท์ที่ตรงกัน จึงทำให้ได้สุ่มตัวอย่างของสัญญาณโทรศัพท์แต่ละช่อง ในขั้นสุดท้ายจะเป็นการสร้าง Analog Speech Signal เดิมด้วย Low Pass Filter เรียกว่า Reconstruction



รูปที่ 2.10 Block Diagram ของระบบ PCM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การสุ่มตัวอย่าง (Sampling)

การสุ่มตัวอย่าง (Sampling) หมายถึงการเลือกเอาค่า Amplitude ที่จุดใด ๆ ของสัญญาณ Analog ที่มีช่วงเวลาที่เท่ากัน ตัวอย่างที่สุ่มมาได้ก็คือ Pulse Train หรือเรียกว่า PAM Sample จำนวนของสุ่ม ตัวอย่างต่อวินาทีคือ Sampling Rate จาก Sampling Theorem ที่กล่าวได้ว่า ถ้าได้ทำการสุ่มตัวอย่าง (Sampling) สัญญาณ Analog ด้วยช่วงเวลาที่สม่ำเสมอในอัตราอย่างน้อยเป็น 2 เท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณนั้น ๆ แล้ว ตัวอย่างที่สุ่มมาได้จะบรรจุข่าวสารของสัญญาณเดิมครบถ้วน ในระบบ PCM สัญญาณโทรศัพท์จะถูกสุ่มตัวอย่างด้วย Sampling Rate 8000 ครั้งต่อวินาที หรือถูกสุ่มตัวอย่างทุก ๆ 125 ไมโครวินาที ซึ่งเรียกว่า Sampling Interval ดังแสดงตามรูปที่ 2.11

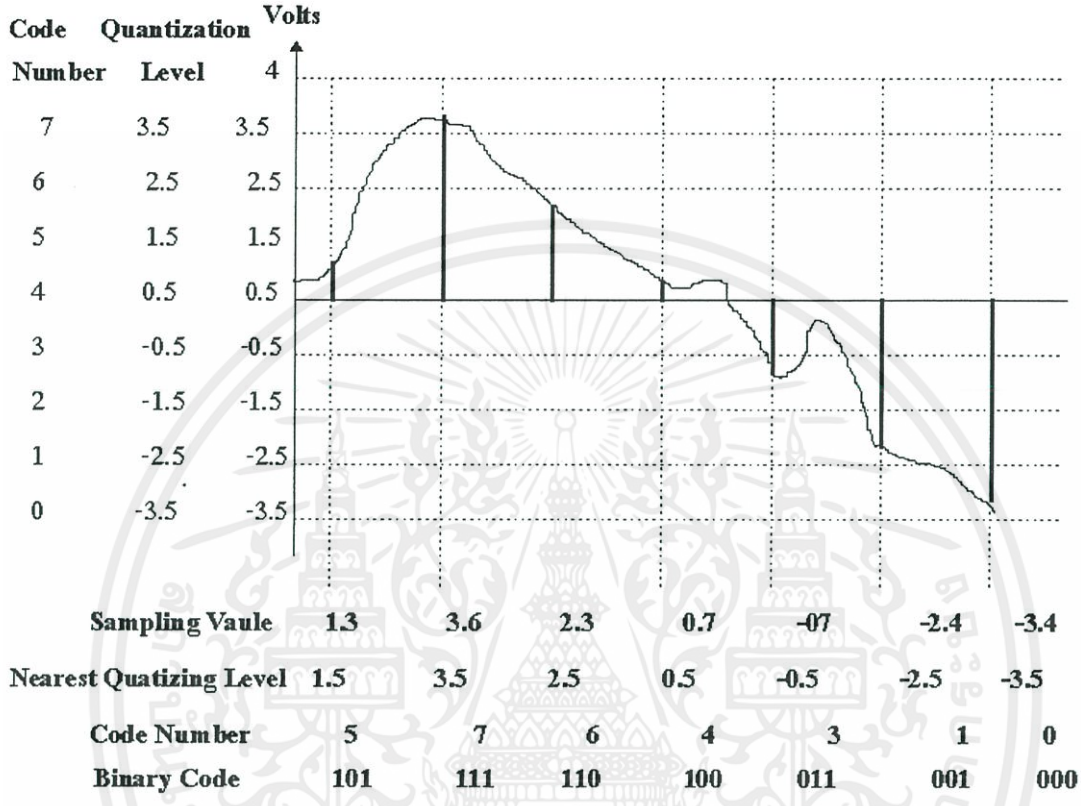
2.4.3 การแบ่งย่าน Amplitude ออกเป็นระดับต่าง ๆ (Quantizing)

การสุ่มตัวอย่างสัญญาณโทรศัพท์ในอัตราที่สม่ำเสมอนั้น จะทำให้ได้ PAM Signal ที่ Amplitude ของมันเป็นสัดส่วนกับระดับของสัญญาณ ณ เวลาที่ได้ทำการสุ่มนั้น Amplitude ดังกล่าวอาจมีค่าได้มากมายไม่จำกัด การให้ Binary Code กับสุ่มตัวอย่างที่มี Amplitude จำนวนมากได้ทุกตัวนั้น ก็จำเป็นที่จะต้องใช้จำนวน Bit ในกลุ่มรหัส (Code Word) มักตามไปด้วย ทำให้ไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ อย่างไรก็ดีการแบ่งย่าน Amplitude ออกเป็นระดับต่าง ๆ ด้วยจำนวนที่จำกัด เราก็สามารถที่จะแทน Amplitude ค่าต่าง ๆ ของสัญญาณที่สุ่มมาได้ด้วยจำนวนจำกัดของระดับที่ได้แบ่งไว้ ซึ่งอาจจะมีความคลาดเคลื่อนได้บ้างการให้ Binary Code ก็กำหนดเอาค่าที่ตรงกันหรือใกล้เคียงที่สุดกับระดับที่ได้แบ่งไว้ กรรมวิธีในการแบ่งย่าน Amplitude ของตัวอย่างที่สุ่มมาได้ออกเป็นระดับ ต่าง ๆ ที่มีจำนวนจำกัด และกำหนดระดับที่แน่นนอนให้กับ PAM Signal นั้นเราเรียกว่า Quantizing โดยเรียกระดับหนึ่ง ๆ ที่แบ่งได้ว่า Quantizing Level และจะเรียกช่วงห่างระหว่าง Quantizing Level ว่า Quantizing Interval หรือ Quantum Step.

จากรูปที่ 2.11 สัญญาณที่จะทำการสุ่มตัวอย่างมีย่าน Amplitude อยู่ระหว่าง +4 โวลท์ และ -4 โวลท์ โดยสมมุติว่าเราแบ่งย่าน Amplitude นี้ออกเป็น 8 ระดับคือที่ -3.5, -2.5, -1.5, -0.5, 0.5, 1.5, 2.5 โวลท์ (Quantizing Interval = 1 โวลท์) การสุ่มตัวอย่างครั้งแรกตรงกับ Amplitude 1.3 โวลท์เรากำหนดให้อยู่ใน Quantizing Level ที่ 1.5 โวลท์ เพราะเป็นระดับที่ใกล้เคียงที่สุด การสุ่มตัวอย่างครั้งที่สองตรงกับ Amplitude 3.6 โวลท์ เรากำหนดให้อยู่ใน Quantizing Level ที่ 3.5 โวลท์ (ระดับที่ใกล้เคียงที่สุด) การสุ่ม ตัวอย่างครั้งต่อ ๆ ไปก็เป็นเช่นเดียวกันจึงเห็นได้ว่า Quantizing Level ที่เรากำหนดให้นั้นเป็นเพียงค่าที่ใกล้เคียงกับค่าของ Amplitude จริงที่ได้มาจากากรสุ่มตัวอย่าง ความคลาดเคลื่อนจากการ Quantizing ย่อมจะต้องเกิดขึ้นบ้างเช่น จากการสุ่มตัวอย่างในครั้งแรก Quantizing Level ที่กำหนดให้จะคลาดเคลื่อนไป 0.2 โวลท์ เป็นต้น ความคลาดเคลื่อนนี้เกิดขึ้นในลักษณะที่ไม่แน่นอน (Random) และเราเรียกความคลาดเคลื่อนนี้ว่า Quantizing Error หรือ Quantizing Noise ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของความเพี้ยน ในขั้นตอนของ Quantizing ถ้าเพิ่มจำนวนของ Quantizing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Level ให้มากขึ้น ก็จะทำให้ Quantizing Noise มีค่าน้อยลงแต่ในการเพิ่มจำนวน Quantizing Level ให้มากขึ้น



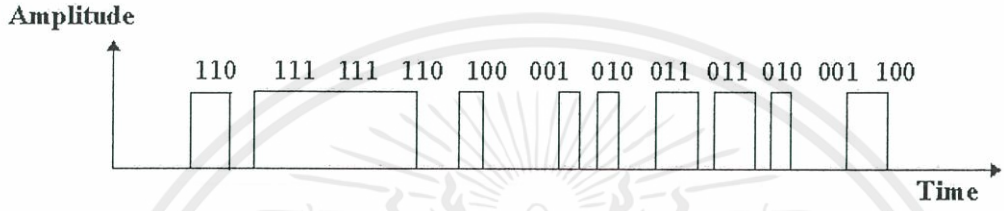
รูปที่ 2.11 การแบ่งย่าน Amplitude ออกเป็นระดับต่าง ๆ (Quantizing)

จะทำให้ Binary Code มีจำนวน Bit มากขึ้นตามไปด้วยและเป็นผลทำให้การส่งสัญญาณ Binary Code ต้องการ Bandwidth กว้างมากขึ้น โดยทั่วไปแล้วเราจะต้องกำหนดให้จำนวน Quantizing Level และจำนวน Bit ในกลุ่มรหัสหนึ่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้การส่งสัญญาณ Binary Code ได้ผลเป็นที่พอใจ โดยใช้ Bandwidth น้อยที่สุดเป็นหลัก

2.4.4 การเข้ารหัส (Coding)เมื่อได้ทำการสุ่มตัวอย่างสัญญาณ Analog เรียบร้อยแล้ว เราก็จะได้ PAM Signal ที่มีขนาดของ Amplitude ต่าง ๆ กันส่งเข้าไปยัง Quantizer โดยกำหนดให้ Quantizing Level อันใดซึ่งตรงกันหรือใกล้เคียงที่สุดกับระดับของ Amplitude ที่สุ่มมาได้ ตัวเข้ารหัส (Code) ก็จะผลิต Binary Code Signal ตรงตาม Quantizing Level นั้น ๆ แล้วจึงจะส่งออกไปในสายส่ง (Transmission Line) จากรูปที่ 5.10 สมมุติว่าเราได้กำหนดค่าของรหัส (Code Number) ที่ใช้กับ Quantizing Level ที่ระดับต่าง ๆ คือ -3.5, -2.5, -1.5,....., 3.5 โวลท์ เป็น 0, 1, 2,....., 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามลำดับแล้ว ตัวอย่างที่สุ่มมาได้อันแรกคือ 1, 3 โวลท์ Quantizing Level ที่ใกล้เคียงที่สุดของมันคือ 1.5 โวลท์ ซึ่งตรงกับค่าของรหัส 5 ดังนั้นรหัสที่ส่งออกไปเป็น Code Word ขนาด 3 Bits คือ 101 ตัวอย่างที่สุ่มมาได้อันที่สอง คือ 3.6 โวลท์ Quantizing Level ที่ใกล้เคียงที่สุดคือ 3.5 โวลท์ ซึ่งตรงกับค่าของรหัส 7 ดังนั้นรหัสที่ส่งออกไปเป็น Code Word คือ 111 เช่นนี้เป็นต้น ดังแสดงตามรูปที่ 2.12

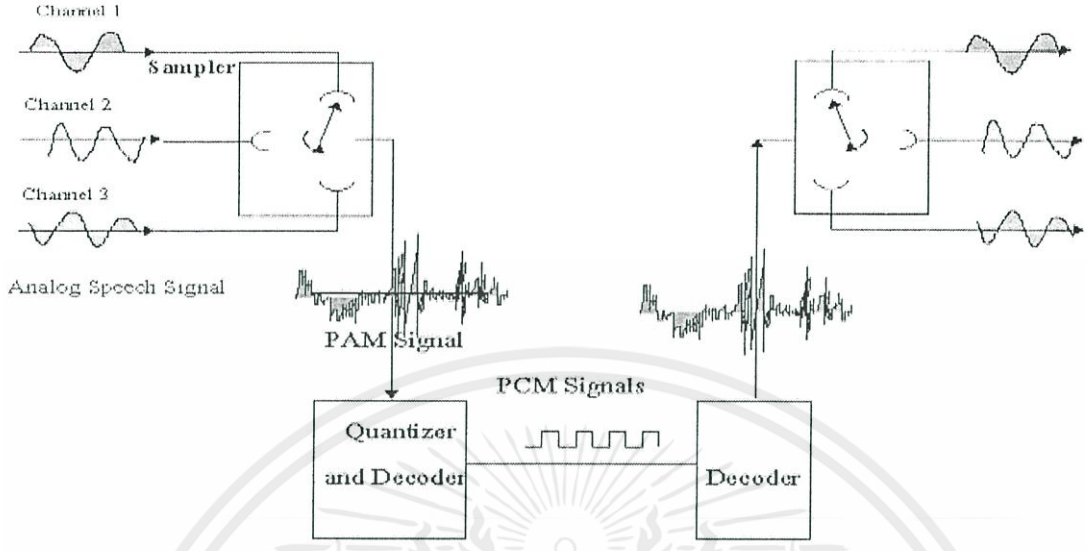


รูปที่ 2.12 การเข้ารหัส Coding

ระบบ PCM แบบ 30/32 Channels หรือแบบ 24 Channels จะมีจำนวน Quantizing Level เป็น 256 Levels จึงทำให้แต่ละตัวอย่างที่สุ่มมาได้ถูกเข้ารหัสเป็น Code Group หรือ PCM Word จำนวน 8 Bits และ Sampling Rate ที่ใช้จะเป็น 8000 Samples/Second ดังนั้น 1 Pulse Code Modulated Speech Signal จะผลิตสัญญาณจำนวน 8 X 8000 = 64 Kbits/Second ซึ่งเป็น Binary Code

การสุ่มตัวอย่างในระบบ PCM จะเริ่มสุ่มตั้งแต่ Channel แรกไปจนถึง Channel สุดท้ายเรียงตามลำดับและกลับมาทำการสุ่มตัวอย่างที่ Channel แรกใหม่อีกครั้งหนึ่งและเป็นเช่นนี้เรื่อย ๆ ไป ตัวอย่างที่สุ่มมาได้แต่ละตัวอย่างจะถูกส่งผ่าน Quantizer และนำไปเข้ารหัสดังที่ได้กล่าวมาแล้ว รูปที่ 2.13 แสดงหลักการของระบบ PCM จำนวน 3 ช่อง ทางด้านส่ง (Transmitter) สัญญาณ Analog Speech Signal ทั้ง 3 ช่อง จะถูกส่งผ่านไปยัง Sampler ที่ละช่องเรียงกันตามลำดับจึงทำให้ได้ PAM Signals จากนั้น PAM Signals จากนั้น PAM Signals จะถูกป้อนเข้าไปยังQuantizer และ Coder ซึ่งทำให้ได้ PCM Signals ที่เป็น Binary Code ของสัญญาณทั้ง 3 ช่อง และส่งออกไปในสายส่งต่อไป ส่วนที่ปลายทางด้านรับ (Receiver) เมื่อได้รับ PCM Signals มาแล้วก็จะถอดรหัสด้วยตัวถอดรหัส (Decoder) ทำให้ได้ PAM Signals และเมื่อผ่าน Sampler ซึ่ง Synchronized กับ Sampler ทางด้านส่ง PAM Signals จึงถูกแยกออกเป็นสุ่มตัวอย่างอขงสัญญาณแต่ละช่องและทำการสร้าง (Reconstruction) Analog Speech Signal อันเดิมด้วย Low Pass Filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



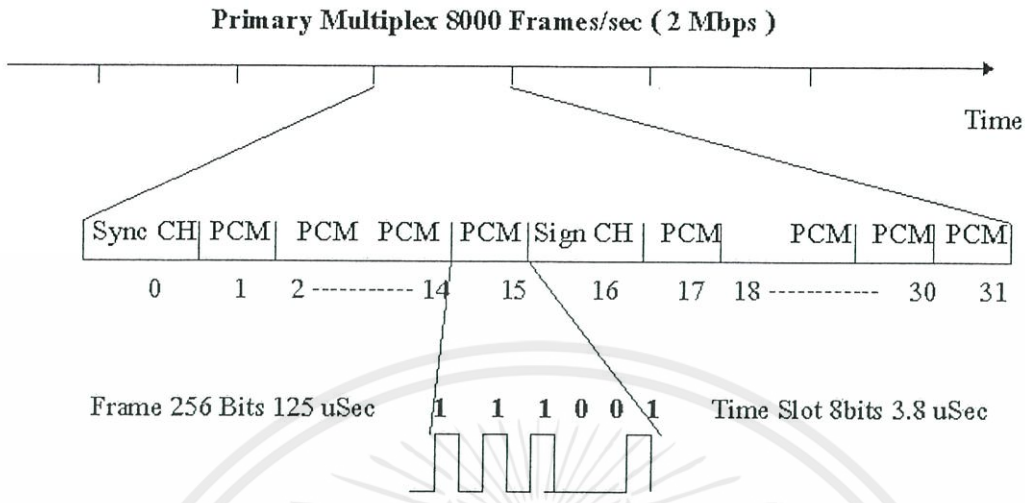
รูปที่ 2.13 หลักการของระบบ PCM จำนวน 3 ช่อง

2.4.5 First Order PCM System

CCITT ได้ออกข้อกำหนดสำหรับ First Order PCM System ที่ใช้กับโทรศัพท์ไว้ 2 แบบคือแบบ 30/32 Channels และแบบ 24 Channels ซึ่งระบบ First Order PCM จะเป็นรากฐานของระบบ PCM ที่มี Order สูงกว่าอุปกรณ์ในระบบ PCM แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ PCM Multiplex Equipment หรือเรียกว่า PCM Terminal กับ PCM Transmission Line โดยที่ PCM Multiplex Equipment จะมีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณ Analog จำนวนหนึ่งคือ 24 หรือ 30 Voice Channels ให้เป็นสัญญาณ Digital ออกไปทางด้านส่ง ส่วน PCM Transmission Line จะนำพาสัญญาณ Digital ไปในระหว่างอุปกรณ์ Multiplex จำนวน 2 ชุด คือทางด้านส่งและด้านรับ

สัญญาณ Digital จะถูกแบ่งออกเป็น Frame โดยมี Repetition Rate 8000 Frames ต่อวินาที (เนื่องจาก Sampling Rate = 8000 Hz) Frame เหล่านี้จะประกอบด้วย Binary Code ของแต่ละสัญญาณ Analog ในกรณีของ 30 Voice Channels Multiplex แต่ละ Frame จะประกอบด้วย 32 Time Slots และแต่ละ Time Slot จะถูกบรรจุด้วย Binary Code จำนวน 8 Bits จาก Time Slot เหล่านี้ จำนวน 30 Time Slots คือ Time Slot ที่ 1 ถึง 15 และ Time Slots คือ Time Slot ที่ 0 ใช้สำหรับ Synchronization และ Time Slot ที่ 16 ใช้สำหรับ Signaling ดังแสดงตามรูปที่ 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

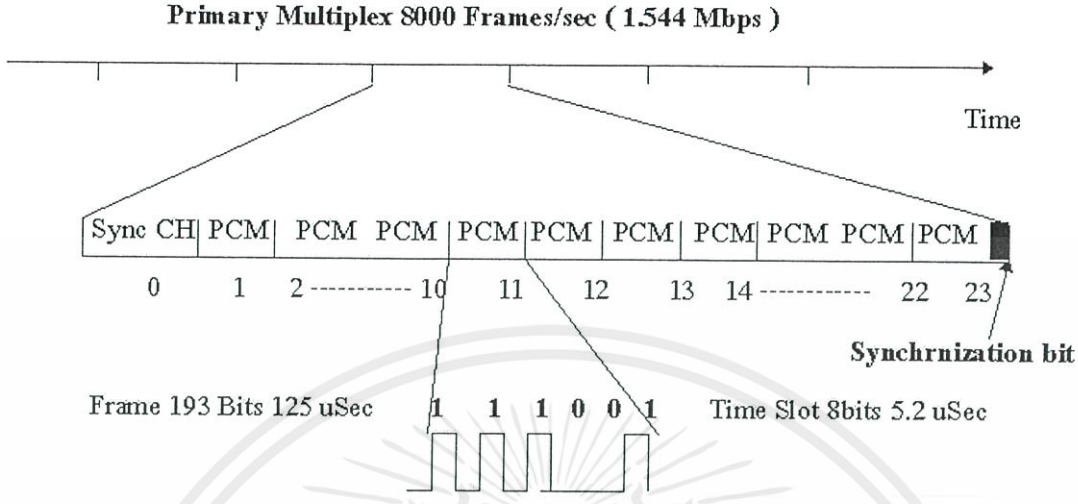


รูปที่ 2.14 โครงสร้างของ 30 Voice Channels PCM Multiplex

Synchronization Channel ที่ Time Slot 0 ของแต่ละ Frame ประกอบด้วย 8 Bits Code ซึ่งใช้สำหรับการกำหนด Recognition Signal เพื่อให้ทางด้านรับกับทางด้านส่งเกิดการ Synchronized ซึ่งกันและกัน อันเป็นการทำให้สัญญาณ PCM แต่ละช่องถูกวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง ส่วน Time Slot ที่ 16 ของแต่ละ Frame ซึ่งเป็น Signaling Channel ใช้สำหรับการรับส่ง Channel Associated Signaling หรือส่ง Multi frames ที่ตรงกันกับในแต่ละ PCM Channel จากรูปที่ 2.14 จะเห็นว่าในแต่ละ Time Slot (3.9 ไมโครวินาที) จะถูกบรรจุไว้ด้วย Binary Code เป็นจำนวน 8 Bits ดังนั้นใน 1 Frame (125 ไมโครวินาที) จึงมีจำนวน Binary Code เป็น 32 X 8 = 256 Bits นั่นคือในจำนวน 8000 Frames (1 วินาที) จึงมีอัตราเร็วในการส่ง Binary Code = 8000 X 256 = 2.046 Mbits/S

สำหรับระบบ PCM แบบ 24 Channels นั้นก็คงมีหลักการเช่นเดียวกับระบบ PCM แบบ 30/32 Channels แต่ต่างกันที่โครงสร้างเพียงเล็กน้อย ดังแสดงตามรูปที่ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 โครงสร้างของ Voice Channels PCM Multiplex

เนื่องจากระบบ PCM แบบ 24 Channels นั้นจะไม่มี Time Slot ที่ใช้สำหรับการรับส่ง Signaling ดังนั้นการรับส่ง Signaling จึงสามารถกระทำได้โดยใช้ Bit ที่ 8 ซึ่งเป็น Bit ที่มีความสำคัญต่ำสุดของทุก ๆ Time Slot ใน Frame ที่ 6 และ Frame ที่ 12 เป็น Bit ที่ใช้สำหรับทำการรับส่ง Signaling และสำหรับ Synchronization จะใช้ Bit พิเศษอีก 1 Bit ใส่เข้าไปในทุก ๆ Frame

จากรูปที่ 2.15 จะเห็นว่าในแต่ละ Time Slot (5.2 ไมโครวินาที) จะถูกบรรจุไว้ด้วย Binary Code เป็นจำนวน 8 Bits และในแต่ละ Frame จะเพิ่ม Bit พิเศษเข้าไปอีก 1 Bit เพื่อการ Synchronization ดังนั้นใน 1 Frame (125 ไมโครวินาที) จึงประกอบด้วย Binary Code เป็นจำนวน (24 X 8) + 1 = 193 Bits นั่นคือในจำนวน 8000 Frames (1 วินาที) จึงมีอัตราเร็วในการส่ง Binary Code = 8000 X 193 = 1.544 Mbits/S

2.4.6 PCM Bandwidth

ข้อได้เปรียบที่สำคัญของ Digital หรือ PCM Transmission ก็คือเราสามารถที่จะทำการผลิตสัญญาณ Digital ที่ปราศจากสิ่งรบกวน (Noise) และความเพี้ยน (Distortion) ที่ Regenerative Repeater ขึ้นมาใหม่ได้แต่ระบบ PCM ก็มีข้อเสียตรงที่ต้องการ Bandwidth ในการส่งกว้างมาก เช่น ในการส่งสัญญาณโทรศัพท์ 1 ช่อง หากใช้ระบบ FDM จะต้องการ Bandwidth ในการส่งเพียง 4 KHz เท่านั้น แต่สำหรับระบบ PCM การส่งสัญญาณโทรศัพท์ 1 ช่อง ด้วยอัตราการสุ่มตัวอย่าง 8000 Hz และเข้ารหัสเป็น PCM Word ด้วย Binary Code จำนวน 8 Bits ดังนั้นในเวลา 1 วินาที จึงมีรหัสถูกส่งออกไปเป็นจำนวน 8000 X 8 = 64 Kbits การส่งรหัสด้วยอัตราเร็ว 64 Kbits/Sec นั้นจำเป็นต้องใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bandwidth อย่างน้อยที่สุด 32 KHz เป็นต้น จึงเห็นได้ว่าการส่งสัญญาณในระบบ PCM ต้องการ Bandwidth กว้างมากกว่าการส่งสัญญาณในระบบ FDM มา

2.5 รูปแบบการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

ข้อมลูแบบอนุกรมจะถูกส่งโดยรูปแบบใดแบบหนึ่ง คือ แบบซิงโครนัส หรืออะซิงโครนัส ข้อมูลซิงโครนัสต้องการสัญญาณนาฬิกาที่สัมพันธ์กันในระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับซึ่ง เรียกว่า “สัญญาณนาฬิกาข้อมูล”<Data Clock> เพื่อที่จะทำในการแปลข้อมูลที่ส่งและรับสอดคล้องกัน เครื่องรับจะจับสัญญาณนาฬิกาข้อมูลซึ่งอยู่ในกระแสข้อมูลแบบอนุกรมได้โดยวงจรวิเศษที่เรียกว่า”วงจรจับสัญญาณนาฬิกา”<Clock recovery circuits>เมื่อเครื่องรับจับสัญญาณนาฬิกาจึงจะทำให้สอดคล้องกันของบิตและอักขระเกิดขึ้น การสอดคล้องของบิต (Bit synchronization)ได้แก่การเกี่ยวกับการทำให้เกิดอักขระ เริ่มต้นและสิ้นสุดเพื่อให้สอดกับรหัส และให้ความหมายของอักขระเหล่านี้ได้
การสื่อสารกระแสข้อมูลแบบอนุกรมสามารถ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

2.5.1 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (asynchronous transmission) หรือ เรียกว่า start stop Transmission เป็นดำเนินการโดยอาศัยบิตปิดหัวท้ายหรือ”บิตเฟรม” framing Bits พิเศษเพื่อให้เกิดการเมต้น เป็นการส่งข้อมูลที่ผู้รับและผู้ส่งไม่ต้องใช้สัญญาณนาฬิกาเดียวกัน แต่ข้อมูลที่รับต้องถูกแปลตามรูปแบบที่ได้ตกลงกันไว้ก่อน เนื่องจากไม่ต้องใช้สัญญาณนาฬิกาเดียวกันทำให้ผู้รับไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าเมื่อใดจะมีข้อมูลส่งมาให้ ดังนั้นผู้ส่งจึงจำเป็นต้องแจ้งผู้รับให้ทราบว่าจะมีการส่งข้อมูลมาให้โดยการเพิ่มบิตพิเศษเข้ามาอีกหนึ่งบิต เอาไว้ก่อนหน้าบิตข้อมูล เรียกว่า บิตเริ่ม (start bit) โดยทั่วไปมักใช้บิต 0 และเพื่อให้ผู้รับทราบจุดสิ้นสุดของข้อมูลจึงต้องมีการเพิ่มบิตพิเศษอีกหนึ่งบิต เรียกว่าบิตจบ (stop bit) มักใช้บิต 1 นอกจากนี้แล้วการส่งข้อมูลแต่ละกลุ่มต้องมีช่องว่างระหว่างกลุ่ม โดยช่องว่างระหว่างไบต์อาจใช้วิธีปล่อยให้ช่องสัญญาณว่าง หรืออาจใช้กลุ่มของบิตพิเศษที่มีบิตจบก็ได้ รูปต่อไปนี้แสดงการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส ให้บิตเริ่มเป็นบิต 0 บิตจบเป็นบิต 1และให้ช่องว่างแทนไม่มีการส่งข้อมูล

2.5.2 การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส (synchronous transmission) เป็นการส่งบิต 0 และ 1 ที่ต่อเนื่องกันไปโดยไม่มีการแบ่งแยก ผู้รับต้องแยกบิตเหล่านี้ออกมาเป็นไบต์ หรือเป็นตัวอักขระการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบอะซิงโครนัสมาก และทำให้มีการใช้ความสามารถของสายสื่อสารได้เกือบทั้งหมด ข้อดีของการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส คือความเร็วในการส่งข้อมูล ทั้งนี้เพราะไม่มีบิตพิเศษหรือช่องว่างที่ไม่ได้ถูกนำไปใช้เมื่อถึงผู้รับ จึงทำให้ความเร็วของการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสเร็วกว่าแบบอะซิงโครนัส ด้วยเหตุนี้จึงมีการนำไปใช้งานที่ต้องการความเร็วสูง เช่น การส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ระบบสื่อสารวิทยุ

2.6.1 หลักการรับ-ส่งคลื่นวิทยุ

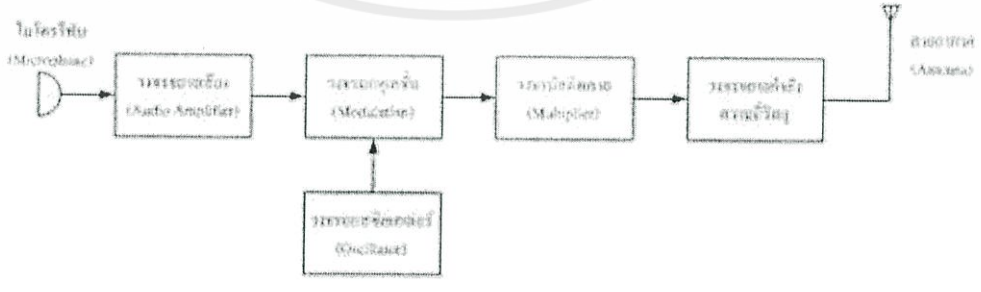
คลื่นวิทยุที่แพร่กระจายออกจากสายอากาศนั้น จะมีการแพร่กระจายออกไปทุกทิศทางคลื่นวิทยุเป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถเดินทางไปด้วยความเร็วเท่ากับแสง แต่สัญญาณที่เครื่องรับจะรับได้ก็อ่อนลง ๆ ไปเรื่อยๆ

ระบบสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุ เครื่องส่งวิทยุจะนำสัญญาณข่าวสารได้แก่ เสียง ภาพ ข้อมูล ซึ่งเป็นสัญญาณความถี่ต่ำไปทำการผสมกับสัญญาณพาห์ความถี่สูงที่ได้จากวงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) จากนั้นจะป้อนเข้าสู่วงจรขยายกำลังความถี่วิทยุเพื่อส่งผ่านสายส่งไปยังสายอากาศของเครื่องส่ง เพื่อทำหน้าที่แพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านช่องทางการสื่อสาร ซึ่งได้แก่ อากาศหรือชั้นบรรยากาศออกไปยังเครื่องรับวิทยุ

ทางด้านเครื่องรับวิทยุสายอากาศรับจะทำหน้าที่รับสัญญาณความถี่วิทยุจากอากาศป้อนเข้าสู่วงจรจูนด์ความถี่โดยจะทำการเลือกรับความถี่เพียงความถี่เดียวเท่านั้นเข้ามาตามความต้องการของผู้ฟัง และทำการแยกสัญญาณข่าวสารออกจากความถี่คลื่นพาห์โดยวงจรดีมอดูเลตเตอร์ (Demodulator) กลับคืนมาก่อนที่จะส่งสัญญาณข่าวสารไปยังอุปกรณ์เอาต์พุต ได้แก่ หลอดภาพโทรทัศน์ ลำโพง เป็นต้น

2.6.2 หลักการของเครื่องส่งวิทยุ

เป็นการนำเอาสัญญาณข่าวสารจากสถานีส่งไปยังสถานีรับ ดังนั้นการทำงานของเครื่องส่งวิทยุจะเป็นการนำเอาสัญญาณเสียง (Audio Frequency: AF) ทางด้านแหล่งกำเนิดเสียงผ่านกระบวนการผสมสัญญาณคลื่นพาหะ (Radio Frequency: RF) ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่า การมอดูเลชั่น (Modulation) แล้วผ่านการขยายสัญญาณความถี่วิทยุให้มีระดับแรงขึ้น ก่อนส่งต่อไปยังสายอากาศซึ่งจะแพร่กระจายคลื่นวิทยุออกไปในอากาศในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า



รูปที่ 2.16 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องส่งวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงาน

1. ไมโครโฟน (Microphone) ทำหน้าที่เปลี่ยนจากเสียงพูดให้เป็นสัญญาณเสียง (Audio Signal) อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าที่มีระดับต่ำ

2. วงจรขยายสัญญาณเสียง (Audio Amplifier) ทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียงให้มีระดับความแรงที่สูงขึ้นเพื่อให้เหมาะสมกับการมอดูเลชั่น

3. วงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) ทำหน้าที่ผลิตความถี่คลื่นพาห์ (Carrier Wave) ที่มีความถี่สูงตามความต้องการของระบบสื่อสาร โดยการผลิตความถี่คือการผลิตสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาและสม่ำเสมอ ซึ่งมีระดับความแรงและความเร็วของสัญญาณคงที่อยู่ในรูปของรูปคลื่นไซน์ (Sine Wave) ซึ่งวงจรออสซิลเลเตอร์แบบใช้ L และ C จะมีความถี่เรโซแนนซ์ที่ออกไปใช้งานสามารถหาได้จากสูตร

$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad Hz$$

4. วงจรมอดูเลชั่น (Modulation) ทำหน้าที่ผสมสัญญาณเสียงกับสัญญาณคลื่นพาห์ โดยสัญญาณเสียงจะทำให้คุณสมบัติของคลื่นพาห์เปลี่ยนแปลง เช่น การมอดูเลชั่นแบบ AM, FM เป็นต้น

5. วงจรมัลติพลาย (Multiplier) หรือวงจรทวีคูณความถี่ ทำหน้าที่ขยายสัญญาณอินพุตความถี่ต่ำให้มีความถี่ที่สูงขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดสัญญาณฮาร์โมนิก(Harmonic) เกิดขึ้นหลายๆ ความถี่ ซึ่งวงจรทางด้านเอาท์พุตจะต่อเป็นวงจรเรโซแนนซ์ (Resonance) เพื่อให้ได้ความถี่เอาท์พุตตามที่กำหนด สามารถแบ่งออกเป็น 2 วงจรคือ

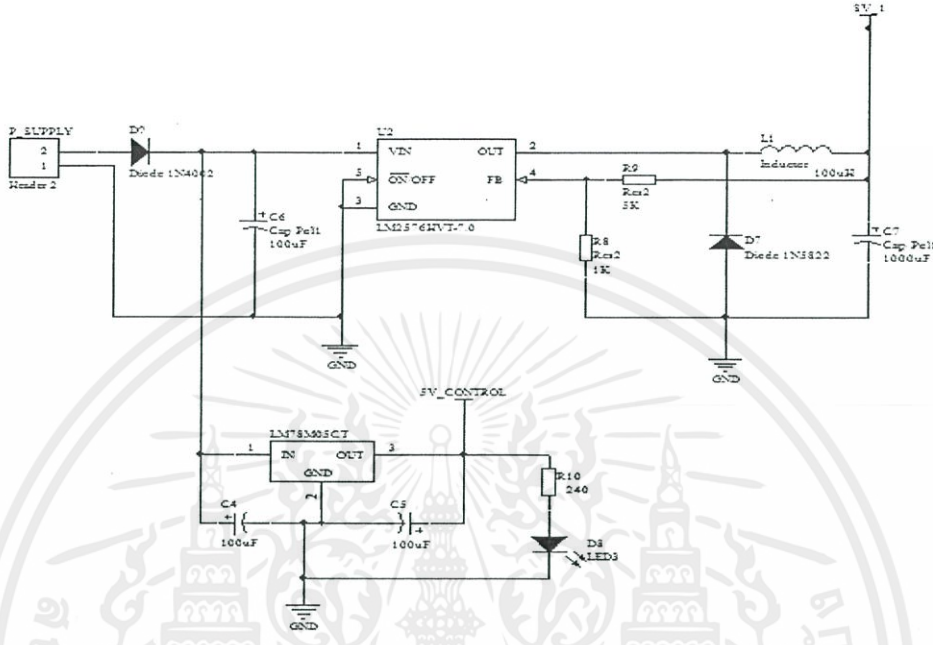
5.1. วงจรดับเบลอร์(Double) ทำหน้าที่กำเนิดความถี่เอาท์พุตเป็น

5.2. เท่าของสัญญาณอินพุต 2. วงจรทริปเปลอร์(Tripler) ทำหน้าที่กำเนิดความถี่เอาท์พุต เป็น 3 เท่าของสัญญาณอินพุต

6. วงจรขยายกำลังความถี่วิทยุ (RF Power Amplifier) ทำหน้าที่ขยายกำลังของความถี่วิทยุให้สูงขึ้นมากพอที่จะส่งออกสายอากาศ เพื่อให้การแพร่กระจายคลื่นวิทยุเดินทางไปได้ไกลขึ้น ในทางปฏิบัตินิยมจัดการขยายแบบคลาส C เนื่องจากเมื่อไม่มีสัญญาณทางด้านอินพุตจะไม่มีสัญญาณออกทางด้านเอาต์พุต โดยทั่วไปแล้วภาคขยายกำลัง RF จะเป็นภาคที่กินกระแสมากที่สุดของเครื่องส่งวิทยุ ก็จะทำให้หลอดหรือทรานซิสเตอร์เกิดความร้อนและจะทำให้อายุการใช้งานลดลง ในภาคนี้โดยทั่วไปแล้วควรมีระบบป้องกันเพื่อควบคุมกำลังส่งให้คงที่เป็นการป้องกันไม่ให้ภาคขยายภาคสุดท้ายเกิดความเสียหายจากคลื่นสะท้อนกลับจากสายอากาศอันเนื่องจากสายอากาศไม่สามารถแพร่กระจายคลื่นออกไปได้หมดทำให้เกิดพลังงานความร้อนสะสมที่ตัวอุปกรณ์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

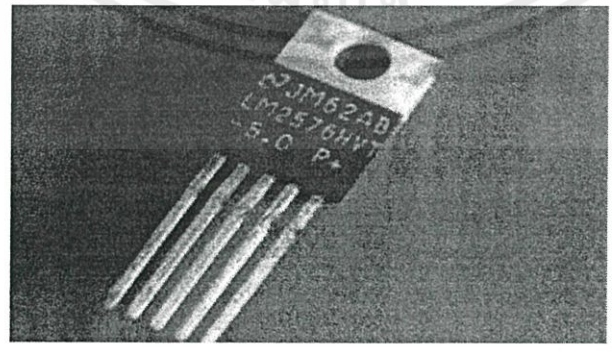
2.7 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 2.17 วงจรแปลงแรงดันภายในวงจร

ภายในวงจรของปริญญานิพนธ์ อุปกรณ์มีการใช้งานไฟเลี้ยงที่ต่างกัน จึงใช้วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้า เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 12v เป็น 5v และ 8v โดยใช้งานอุปกรณ์ ic LM2576 และ LM7805 ตามลำดับ

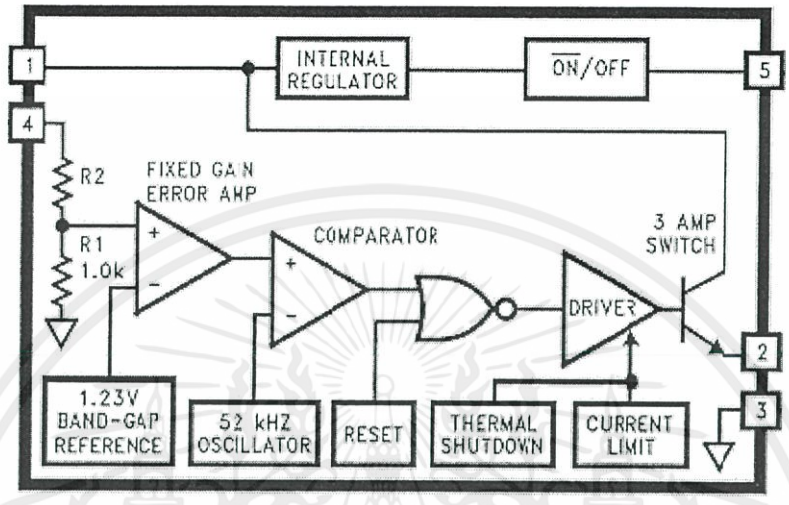
2.7.1 การใช้งาน LM2576



รูปที่ 2.18 LM2576

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในวงจรได้ทำการใช้ IC LM2576 เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 12V เป็น 8V เพื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้กับ Walkie-Talkie โดย LM2576มี Block diagram ดังรูปที่ 2.20



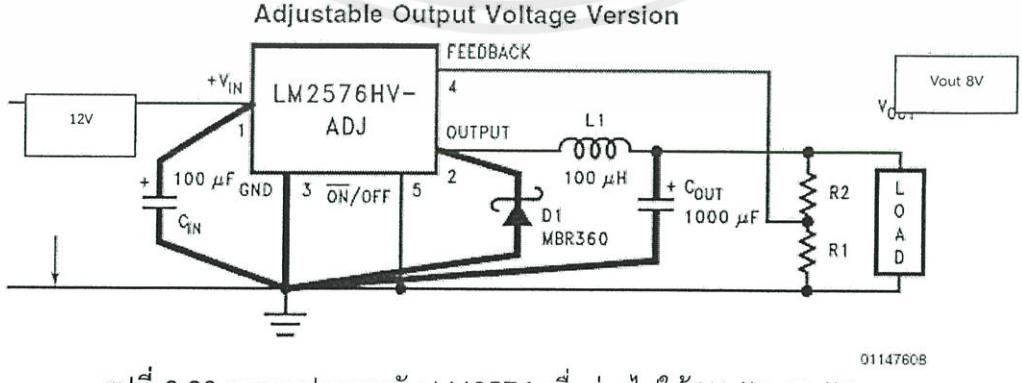
รูปที่ 2.19 LM2576 Block diagram

โดยใช้งาน LM2576 ตามการต่อวงจรตาม รูปที่ 2.21 ซึ่งมีการคำนวณ ค่า R1 , R2 เพื่อให้แรงดันที่ output ออกมาเป็น 8V จากสมการ

$$V_{OUT} = V_{REF}\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$R_2 = R_1\left(\frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1\right)$$

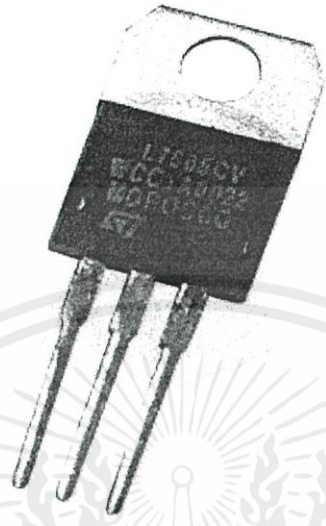
กำหนดให้ R1 = 1k ohm ได้ค่า R2 ประมาณ 5k ohm จะได้ค่าประมาณ 8V เพื่อใช้แรงดันตกคร่อมโหลดที่งาน



รูปที่ 2.20 วงจรแปลงแรงดัน LM2576 เพื่อจ่ายไฟให้ Walkie-Talkie

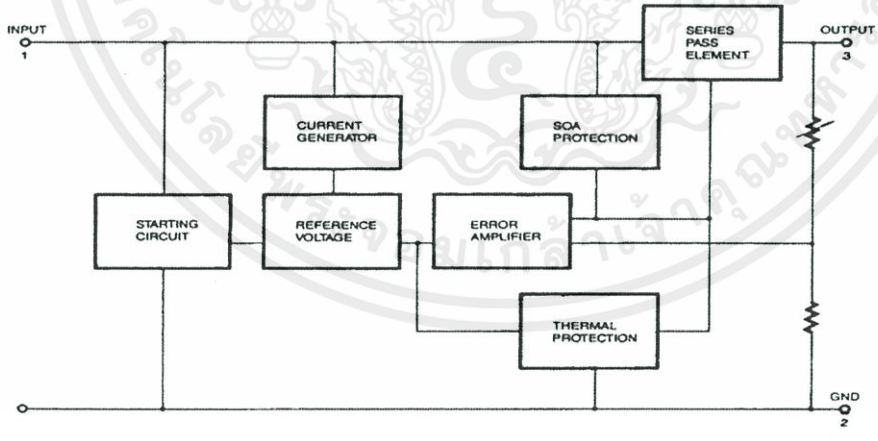
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 การใช้งาน LM7805



รูปที่ 2.21 LM7805

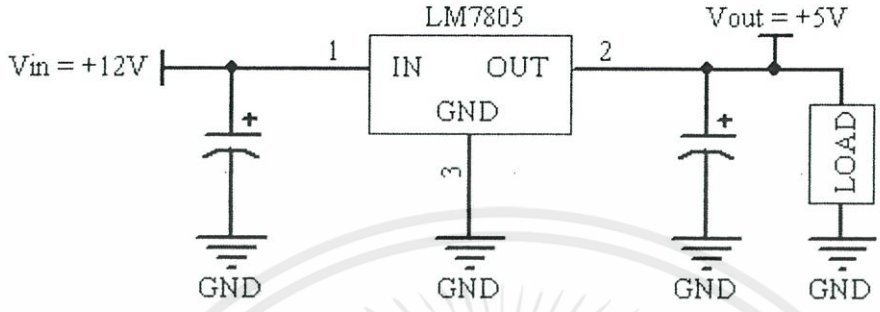
ภายในวงจรได้ทำการใช้ IC LM7805 เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 12V เป็น 5V เพื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้กับ วงร Controller โดย LM7805 มี Block diagram ดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.22 LM7805 Block diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยใช้งาน LM7805 ตามการต่อวงจรตาม รูปที่ 2.23



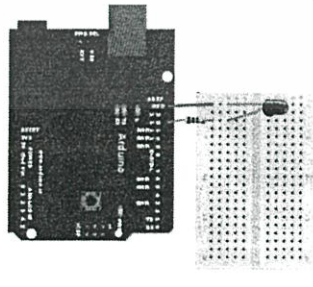
รูปที่ 2.23 วงจรแปลงแรงดัน LM7805

2.8 Arduino

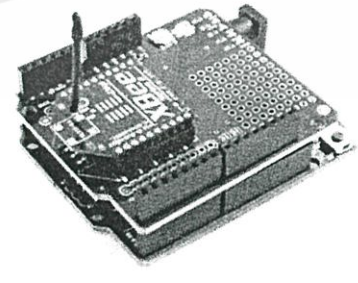
2.8.1 Arduino

เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัว บอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิคส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด (ดูตัวอย่างรูปที่ 1) หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ (ดูตัวอย่างรูปที่ 2) เช่น ArduinoXBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduinoแล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย



รูปที่ 2.24 บอร์ด Arduinoต่อกับ LED



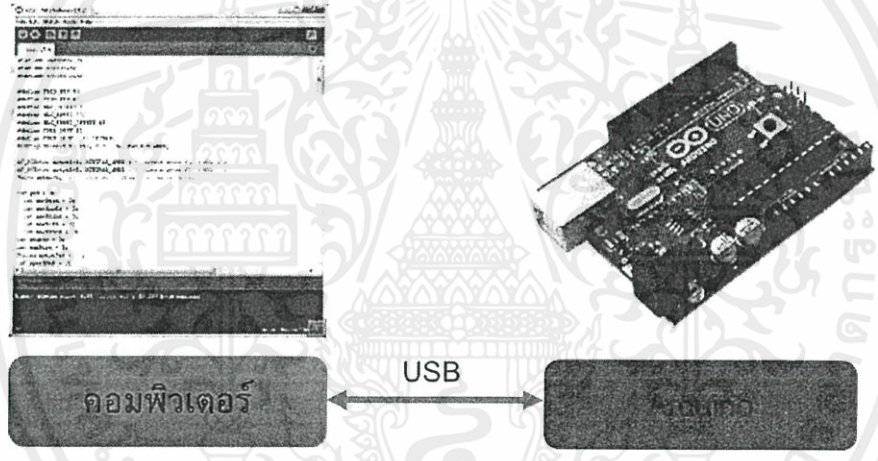
รูปที่ 2.25 บอร์ด Arduinoต่อกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduinoเป็นที่นิยม

- ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น
- มี Arduino Community กลุ่มคนที่ร่วมกันพัฒนาที่แข็งแรง
- Open Hardware ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน
- ราคาไม่แพงจนเกินไป
- Cross Platform สามารถพัฒนาโปรแกรมบน OS ใดก็ได้

2.8.3 รูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino

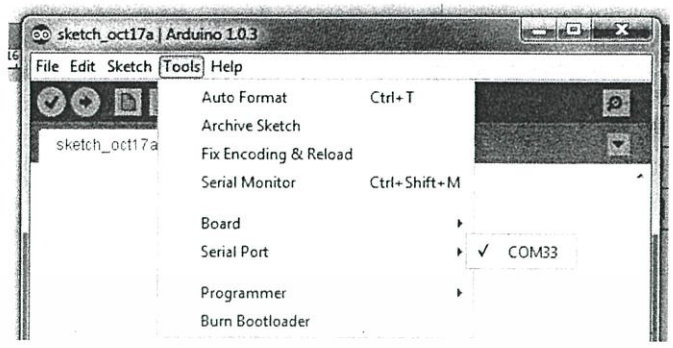


รูปที่ 2.26 การเขียนโปรแกรมบน Arduino

1. เขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ผ่านทางโปรแกรม ArduinoInDE ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จาก Arduino.cc/en/main/software

2. หลังจากที่เขียนโค้ดโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้ใช้งานเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ใช้และหมายเลข Com port

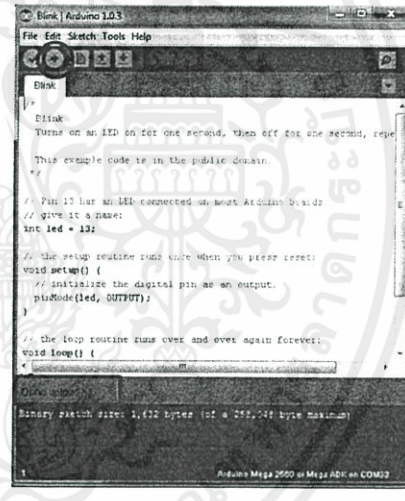
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 เลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด

3. กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ Compile โค้ดโปรแกรม จากนั้นกดปุ่ม Upload โค้ด โปรแกรมไปยังบอร์ด Arduino ผ่านทางสาย USB เมื่ออัพโหลดเรียบร้อยแล้ว จะแสดงข้อความแถบข้างล่าง “Done uploading” และบอร์ดจะเริ่มทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ได้ทันที

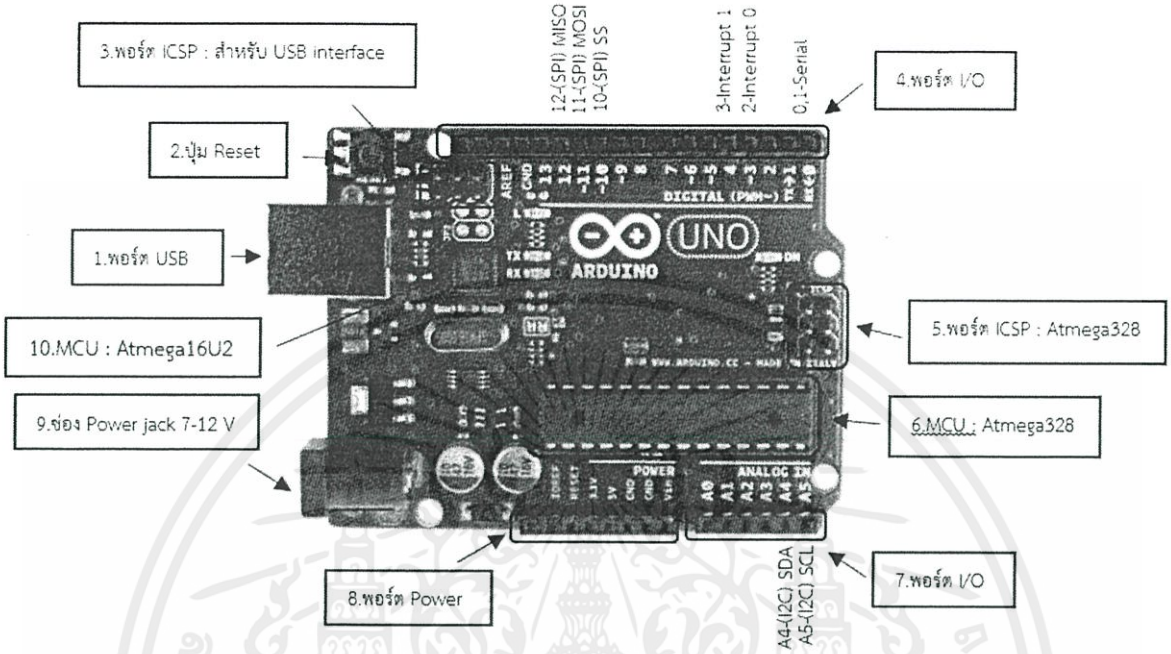
รูปที่ 2.28 กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง



รูปที่ 2.29 Upload โค้ดโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.4 Layout & Pin out Arduino Board (Model: Arduino UNO R3)



รูปที่ 2.30 บอร์ด Arduino UNO R3

1. USBPort: ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออัพโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด

2. Reset Button: เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่

3. ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2

4. I/OPort:Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx,Rx Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM

5. ICSP Port: Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader

6. MCU: Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino

7. I/OPort: นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว เปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5

8. Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, Vin

9. Power Jack: รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V

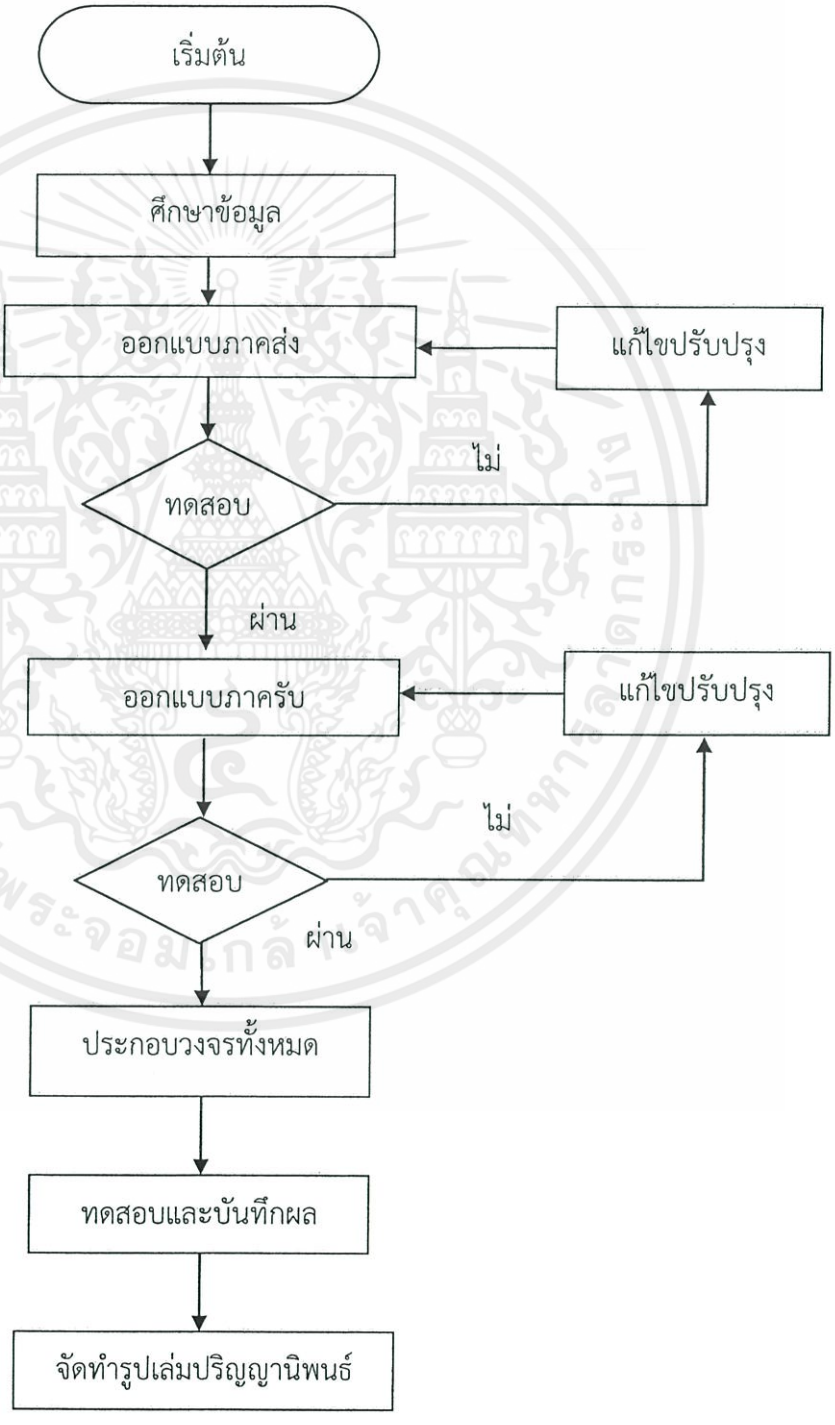
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบระบบ

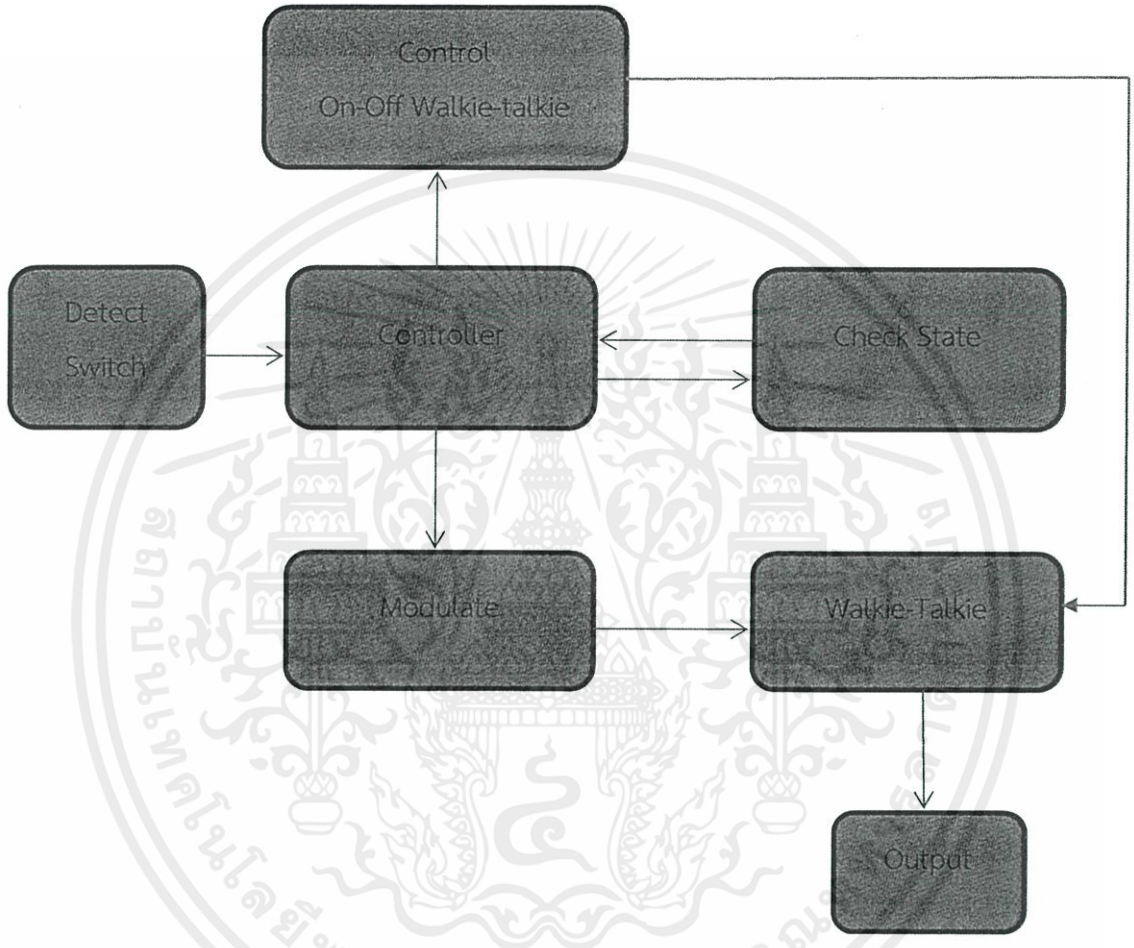
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน เป็นไปตามโฟลว์ชาร์ตดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 Block diagram

3.2.1 Transmitter

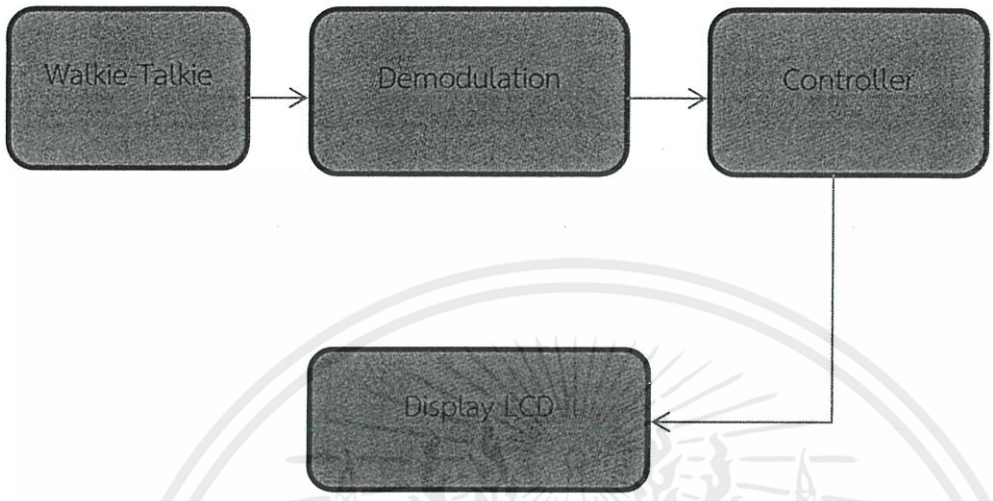


รูปที่ 3.1 block diagram transmitter

การทำงานของตัวส่งข้อมูล Detect switch จะเป็นตัวตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต แต่ในที่นี้ใช้สวิตช์แทน sensor ส่งสถานะ High (+5Volt) หรือ Low (0Volt) ไปยัง controller และ controller จะทำการ check state ของ walkie-talkie ว่าอยู่ ในสถานะ ON หรือ OFF ถ้าอยู่ในสถานะ OFF controller จะทำการสั่งให้ walkie-talkie ON เพื่อเริ่มการส่งสัญญาณข้อมูล โดย controller จะส่งข้อมูล ไป modulation ก่อนแล้ว ส่งข้อมูลไปยัง walkie-talkie ในรูปแบบของสัญญาณ Sine wave ไปยังตัวรับ (Receiver)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 Receiver



รูปที่ 3.2 block diagram receiver

การทำงานของตัวรับจะเริ่มจาก walkie-talkie รับสัญญาณข้อมูลมาจากตัว transmitter แล้วไปผ่านการ demodulate สัญญาณข้อมูลจากสัญญาณ analog เป็น digital แล้วส่งข้อมูลไปยัง controller แสดงผล หรือพื้นที่การบุกรุก ผ่านทางจอ LCD

3.3 คุณสมบัติของระบบ

คุณสมบัติของระบบ security system ที่ออกแบบ มีดังนี้

3.3.1 วงจรควบคุมระบบการทำงานด้วยคอนโทรลเลอร์ (Arduino) : จำนวน 2 วงจร

3.3.2 วงจร Modulate and Demodulate : จำนวน 2 ตัว

3.3.3 วงจรแสดงผล : จำนวน 1 วงจร

3.3.4 วงจร power supply : จำนวน 2 วงจร

3.3.5 walkie-talkie : จำนวน 2 ตัว

3.4 การเลือกใช้อุปกรณ์และการออกแบบ

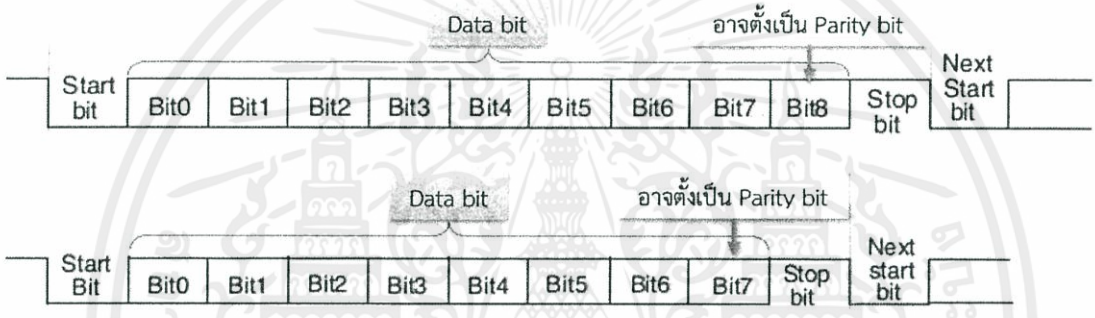
จากคุณสมบัติของ Security system ข้างต้น เราจำเป็นต้องเลือกใช้อุปกรณ์ต่างๆ ในวงจรให้เหมาะสม เพื่อให้การทำงานของวงจรเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ และไม่มีปัญหาในการใช้งาน โดยทำการพิจารณา ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 วงจร UART

UART ย่อมาจากคำว่า Universal Asynchronous Receiver Transmitter เป็นการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลอนุกรมกับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์, RFID, GPS, GSM Module, Wifi Module เป็นต้น

ข้อดีของการใช้ Asynchronous คือสามารถสื่อสารแบบ Full duplex กล่าวคือสามารถรับและส่งข้อมูลระหว่าง Receiver และ Transmitter ได้ในเวลาเดียวกัน นอกจากนี้ ไม่ต้องใช้สายสัญญาณ Clock เพื่อกำหนดจังหวะการรับส่งข้อมูล แต่มีการกำหนดรูปแบบ Format หรือ Protocol การรับส่งข้อมูลขึ้นมาแทน และอาศัยการกำหนดความเร็วของการรับส่งข้อมูลให้เท่ากัน



รูปที่ 3.3 รูปแบบการสื่อสารแบบ Universal Asynchronous Receiver Transmitter

จากรูป 3.1 แสดงรูปแบบการสื่อสารของ UART โดยผู้ใช้ต้องกำหนดคุณสมบัติเหล่านี้ให้เหมือนกันทั้งฝั่ง Receiver และ Transmitter ซึ่งประกอบด้วย

- Start Bit เป็นสถานะ Low
- ผู้ใช้งานสามารถกำหนดจำนวนข้อมูลของ Data Bit ให้เป็น 8 หรือ 9 Bit
- ผู้ใช้งานสามารถกำหนดชนิดของ Parity Bit แบบ Odd, Even หรือ None
- Stop Bit มีจำนวน 0.5, 1, 1.5 หรือ 2 บิต

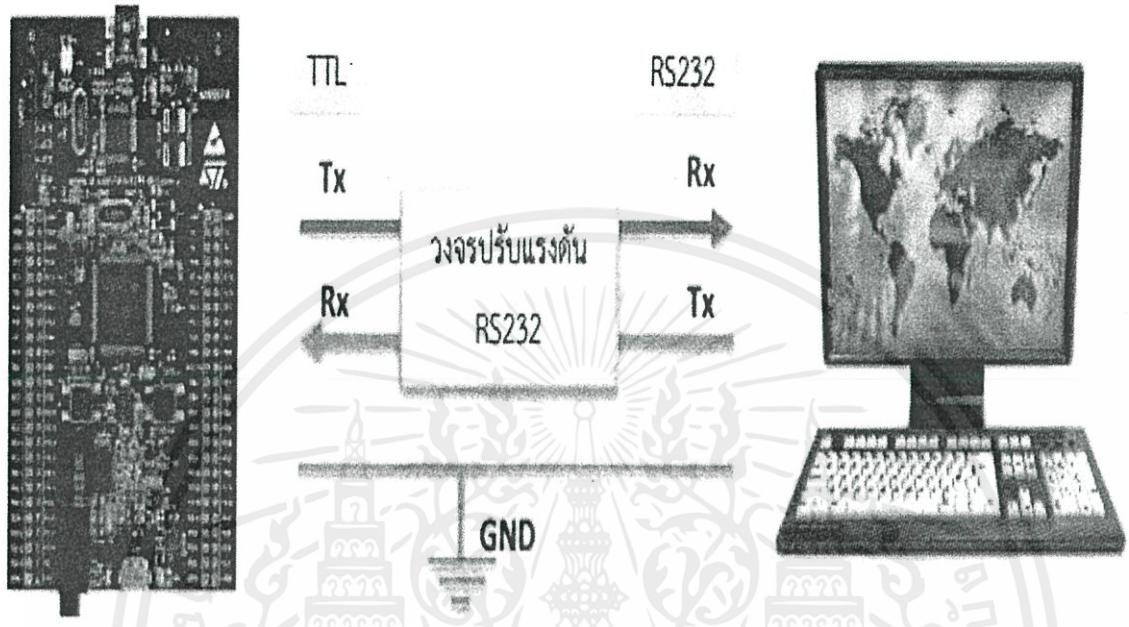
นอกจากนี้ผู้ใช้งานควรศึกษาระดับแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณการสื่อสารแบบ UART โดยแบ่งได้ดังนี้

- TTL เป็นระดับสัญญาณแบบดิจิตอลทั่วไปที่ใช้กับ Microcontroller โดยสถานะโลจิก “0” จะมีแรงดันเท่ากับ 0 V และสถานะโลจิก “1” จะมีแรงดันเท่ากับ 3.3 หรือ 5 V
- RS232 เป็นระดับสัญญาณที่ใช้กับ Computer โดยสถานะโลจิก “0” จะมีแรงดันเท่ากับ -5 หรือ -13 V และสถานะโลจิก “1” จะมีแรงดันเท่ากับ +5 หรือ +13V

รูป 3.2 แสดงการเชื่อมต่อสัญญาณสื่อสารแบบอนุกรมระหว่างอุปกรณ์ ขา Transmit Data (Tx) ของ Transmitter จะเชื่อมต่อกับ ขา Receive Data (Rx) ของ Receiver เพื่อส่งข้อมูลไปยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Receiver ขา Rx ของ Transmitter เชื่อมต่อกับขา Tx ของ Receiver เพื่อรับข้อมูลจาก Receiver และขา GND ของอุปกรณ์ทั้งสองควรต่อด้วยกัน ถ้าอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อมีระดับแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่าง กัน

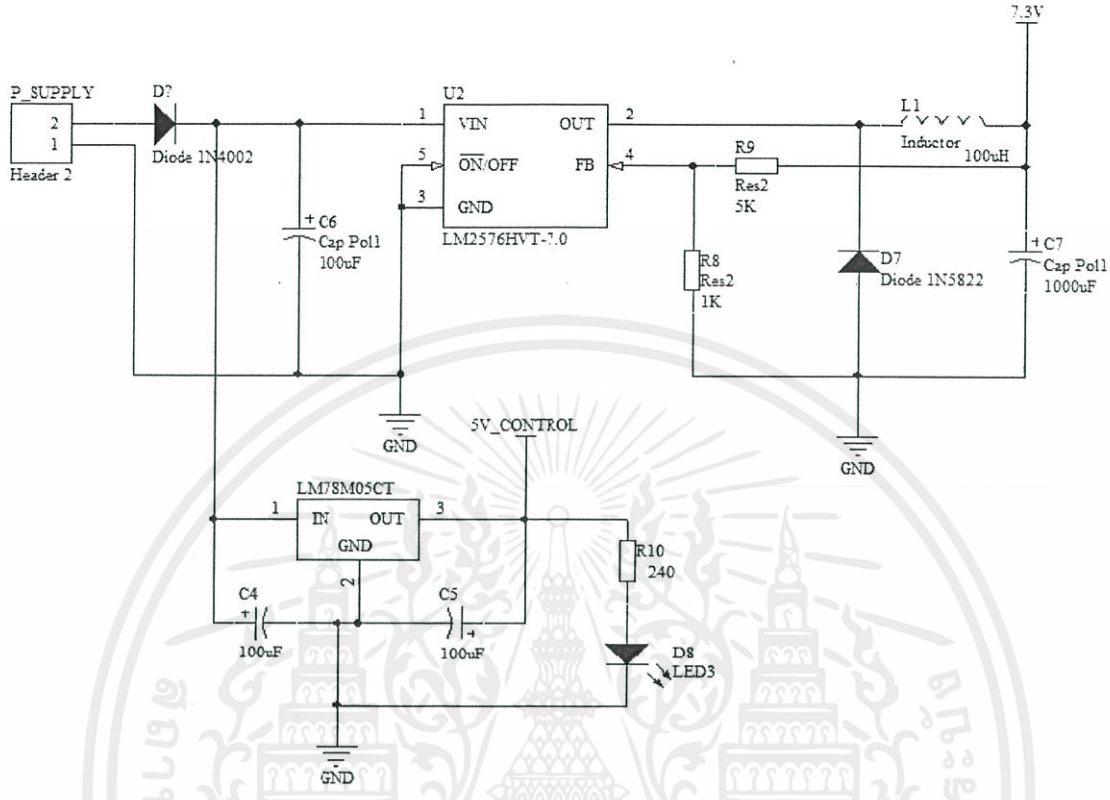


รูปที่ 3.4 การเชื่อมต่อสายสัญญาณสื่อสารแบบ UART

3.4.2 การออกแบบวงจรไฟเลี้ยง

เป็นวงจรจ่ายไฟของระบบรักษาความปลอดภัย ซึ่งจะแปลงแรงดันจาก Adapter 12 v มาเป็นแรงดันไฟ 8v และ 5v เพื่อนำไปให้กับวงจร controller และ วงจร Modulate โดยใช้ IC LM2576-ADJ ในการแปลงแรงดันไฟ จาก 12 v เป็น 7.3 v เพื่อใช้ในการเปิด Walkie-talkie และใช้ IC LM7805 ในการแปลงไฟ 12 v เป็นไฟ 5v เพื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจร Modulation และ controller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



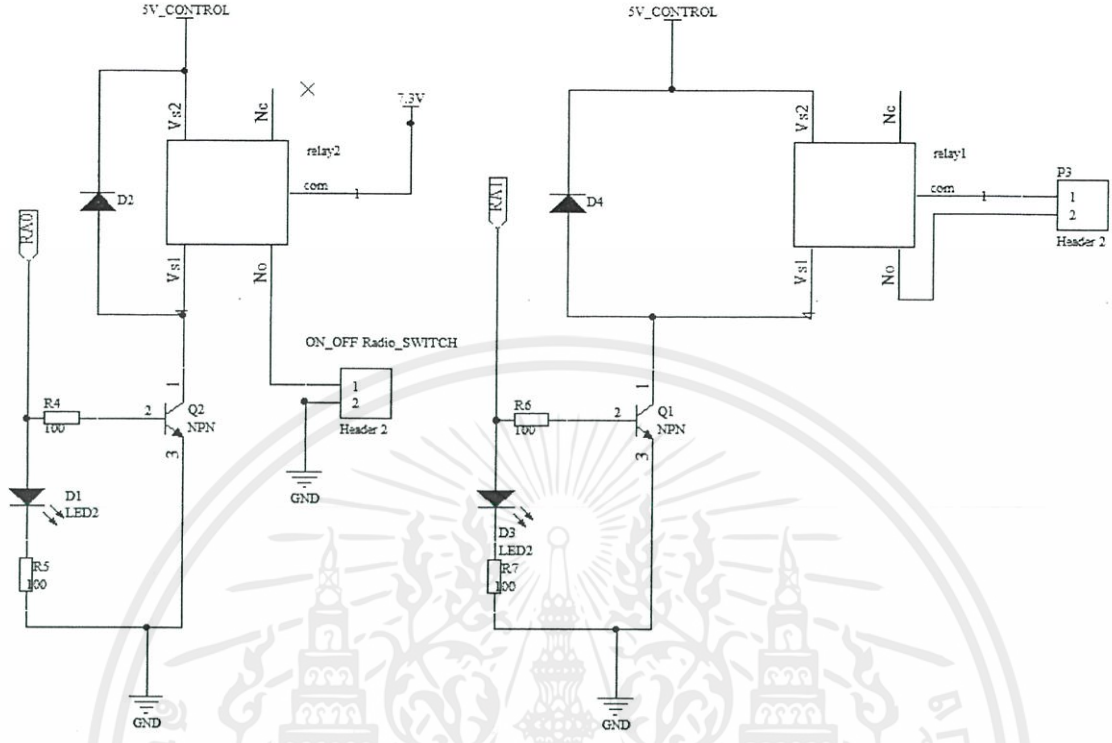
รูปที่ 3.5 วงจรแปลงแรงดันไฟเลี้ยง จาก 12V เป็น 5V และ 8v

3.4.3 การออกแบบวง Relay

เป็นวงจร Relay 5v ที่ใช้ในการควบคุมการเปิดปิด Walkie-Talkie และใช้ในการกดปุ่มส่งสัญญาณใน Walkie-Talkie ซึ่ง Relay จะรับสัญญาณ High (+5Volt) จากวงจร Microcontroller เพื่อใช้ในการควบคุมการเปิด/ปิด

ในโหมดทำงานปกติ ขาของ Relay ขา Common จะต่อเข้ากับขา Nc แต่เมื่อมีสัญญาณ High (+5Volt) เข้ามาที่ขา Vss1 จะทำให้ Coil ในตัว Relay ทำงาน ขา Common จึงจะไปต่อเข้ากับ ขา No ทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิด/ปิด และส่งสัญญาณของ Walkie-Talkie

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 วงจร Relay

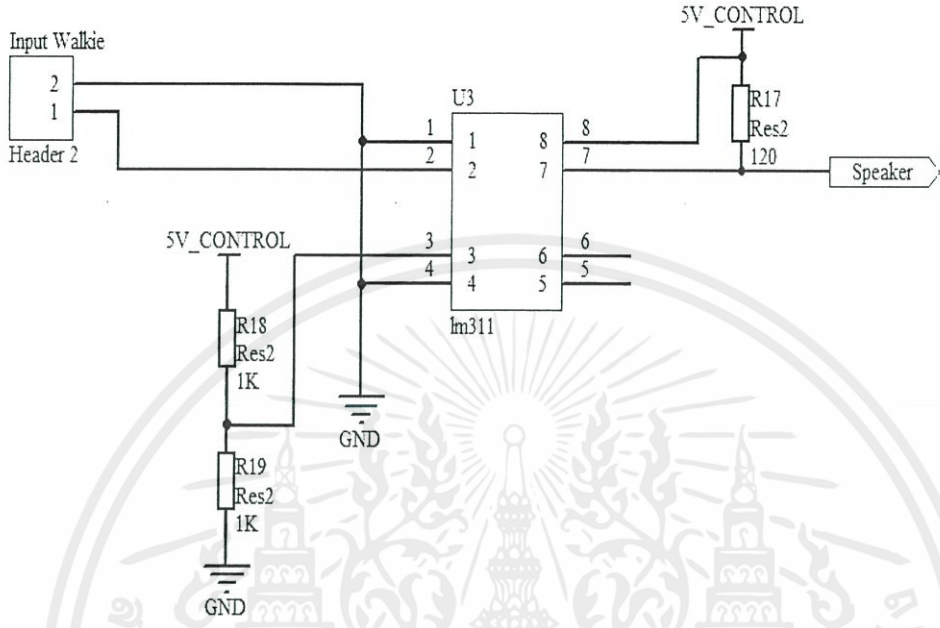
3.4.4 การออกแบบวงจร Controller (Arduino)

การออกแบบ controller จะเป็นการออกแบบ ตัวประมวลผลในการรับสัญญาณมาจาก ตัว Sensor จะเป็นตัวออกคำสั่งในการเปิด/ปิด Walkie-Talkie และ สั่งส่งข้อมูล เมื่อ Detect switch ขา D8 จะส่งสัญญาณ High (+5volt) ไปที่ Relay ตัวแรก ซึ่งทำหน้าที่เปิด/ปิด Walkie-Talkie และขา D9 จะส่งสัญญาณ High (+5volt) ไปที่ Relay ตัวที่สอง ซึ่งทำหน้าที่เปิด/ปิดการส่งสัญญาณข้อมูล ส่วนขา RB3 จะทำการเช็คเงื่อนไข การส่งสัญญาณของ Walkie-Talkie หากลำโพงมีเสียงที่ขา RB3 จะมีค่าเป็น High (+5volt)

3.4.5 การออกแบบวงจร Comparator

วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (IC: LM311) เมื่อเปรียบเทียบแรงดันแล้วจะส่งสัญญาณ output ไปยัง controller เพื่อใช้ในการประมวลผลการ เปิดปิด walkie-talkie โดยจะ รับ input จากรับโพงของ walkie-talkie ซึ่ง วัดแรงดันไฟได้ ประมาณ 12 volt เพื่อ check ว่ามี walkie-talkie อีกตัวทำงาน หรือไม่ ถ้ามีก็จะทำใน output ของ comparator เป็น low voltage (0 volt) แต่ถ้ามี walkie-talkie อีกตัว กำลังทำงาน จะทำ output จาก comparator เป็น high voltage (+5 volt)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



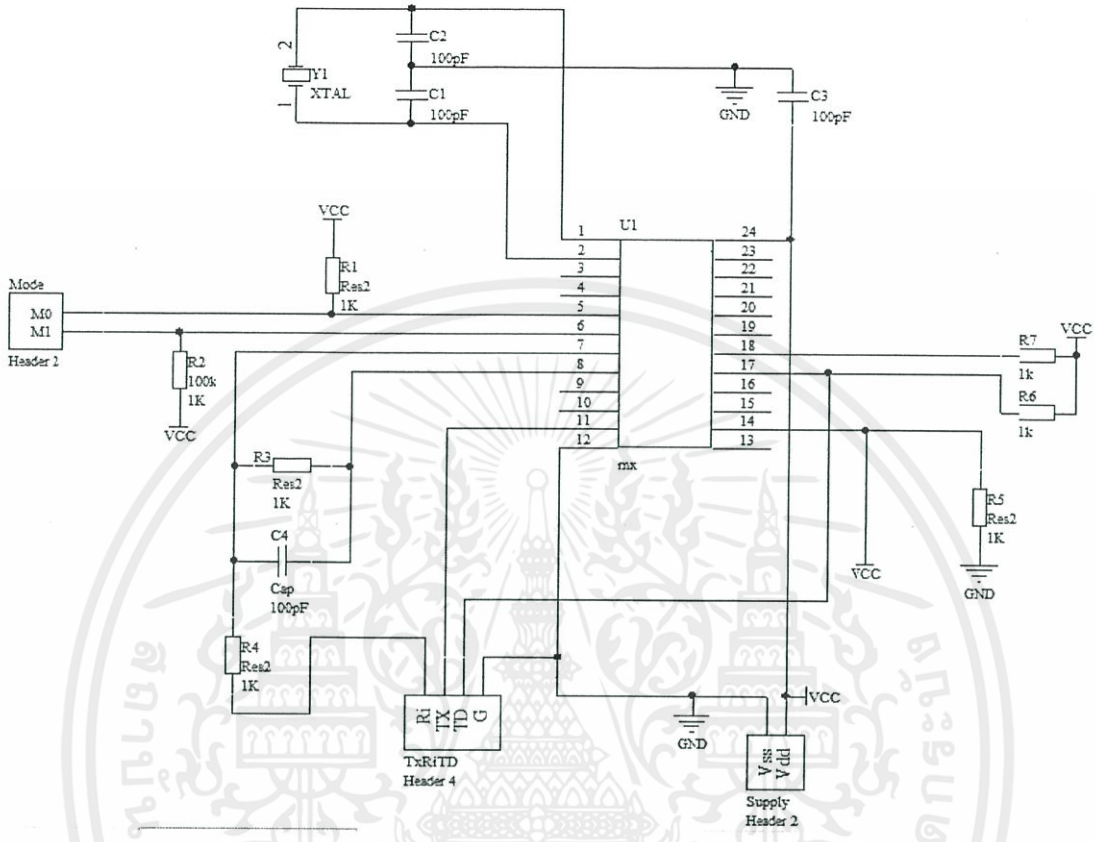
รูปที่ 3.7 วงจร Comparator

3.4.6 การออกแบบวงจร Modulate, Demodulate

เป็นการผสมสัญญาณของข้อมูลเข้าไปกับสัญญาณอีกสัญญาณหนึ่งเรียกว่า คลื่นพาห์ (Carrier wave) ซึ่งสัญญาณนี้มีความถี่ที่เหมาะกับช่องสัญญาณนั้นๆ เพื่อให้ข้อมูลที่ส่งเข้าไปในช่องสัญญาณเดินทาได้ไกล ส่วน Demodulation แปลงสัญญาณหรือแยกสัญญาณ Modulation ให้ได้สัญญาณที่ต้องการ ซึ่ง IC ที่ใช้ สามารถใช้เป็นทั้ง modulation และ demodulation ได้

MX614 ที่จะสามารถทำงานได้ทั้ง modulation และ demodulation โดย MX 614 เป็นวงจรไฟฟ้าแรงดันต่ำ ที่ออกแบบมาสำหรับรับหรือส่งข้อมูล โดยมีโหมดการทำงานอยู่ 2 โหมด คือโหมดตัวส่งและโหมดตัวรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



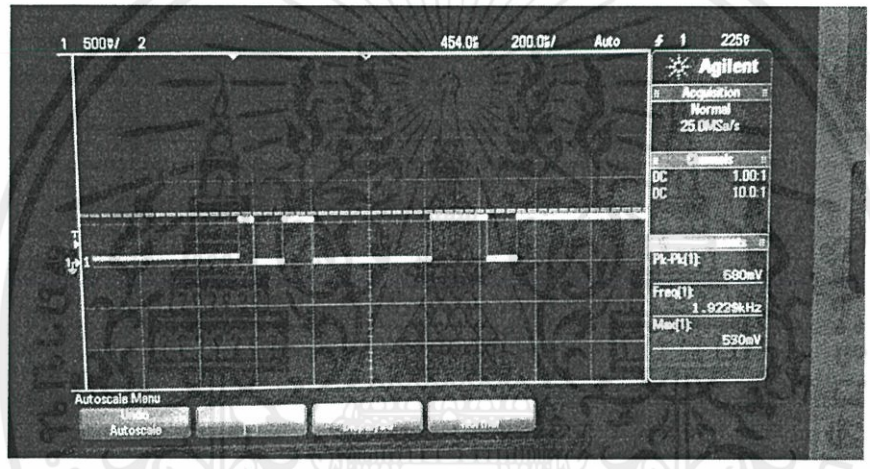
รูปที่ 3.8 วงจร Modulate and Demodulate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

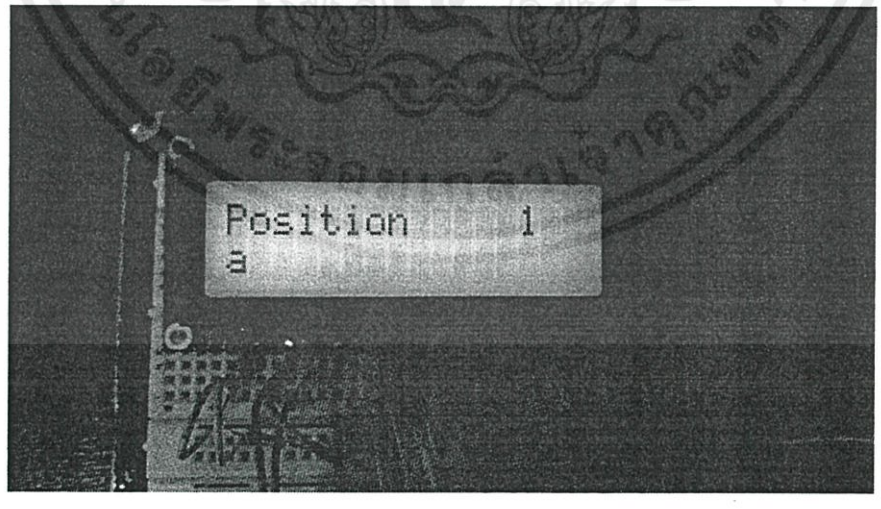
บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1. การทดสอบวงจร Tx, Rx interfacing

การทดลองนี้จะเป็นการทดลอง โดยมีเงื่อนไขว่า เมื่อสวิตช์รับ input เป็น high วงจร Controller (Arduino) จะประมวลผลและส่งข้อมูลเป็นเป็นส่งข้อมูลแบบ 8 บิต ข้อมูลที่ส่งไปคือ a(1000 0110) เมื่อวงจร Rx ได้รับ ข้อมูลที่ส่งมาจาก Tx ก็จะทำการโดยการแสดงผลเป็นการอักขระบนจอ LCD



รูปที่ 4.1 รูปสัญญาณข้อมูล a(1000 0110)



รูปที่ 4.2 รูปแสดงหน้าจอผลการส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองการรับสัญญาณของ Walkie-Talkie 2 ตำแหน่ง A,B

การทดลองการใช้ Walkie-talkie ส่งข้อมูลหลายๆ ตำแหน่งพร้อมกัน เผื่อเกิดกรณีการบุกรุกหลายๆตำแหน่ง

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงการส่งรับข้อมูล ของ walkie-talkie

การส่งข้อมูลที่จุด	การรับข้อมูล
จุด A	yes
จุด B	yes
จุด A พร้อมกับ จุด B	no

4.3 การทดลองการส่งข้อมูล โดยไม่ใช้ Walkie-Talkie

การทดลองส่งข้อมูลของระบบ โดยไม่ผ่านการใช้ walkie-talkie แต่ใช้สายส่งข้อมูลโดยตรง

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการส่งข้อมูลโดยไม่ใช่ Walkie-talkie

ครั้ง	ผลการแสดงหน้าจอ LCD	ความผิดพลาดในการส่งข้อมูล
1	Position A	0%
2	Position A	0%
3	Position A	0%
4	Position A	0%
5	Position A	0%

4.4 การทดลองการส่งข้อมูลผ่าน walkie-talkie

การทดลองนี้ เป็นการทดลองการส่งข้อมูลผ่าน walkie-talkie ที่ระยะทางต่างๆ

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการส่งข้อมูลผ่าน walkie-talkie

ระยะทาง(เมตร)	จำนวนครั้ง	จำนวนครั้งที่รับข้อมูลได้	ความผิดพลาดในการส่งข้อมูล	ผลการแสดงหน้าจอ LCD
100	20	20	0%	Position A
300	20	20	0%	Position A
500	20	20	0%	Position A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการส่งข้อมูลผ่าน walkie-talkie (ต่อ)

ระยะทาง(เมตร)	จำนวนครั้ง	จำนวนครั้งที่รับข้อมูลได้	ความผิดพลาดในการส่งข้อมูล	ผลการแสดงหน้าจอ LCD
700	20	18	0.1%	Position A
900	20	16	0.2%	Position A
1000	20	15	0.25%	Position A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

จากการทำปริญญานิพนธ์เรื่องระบบรักษาความปลอดภัย โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะสร้างชิ้นงานเพื่อให้สามารถใช้งานได้จริง เพื่อป้องกันการบุกรุกพื้นที่ส่วนบุคคล เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดต่อบุคคลหรือทรัพย์สิน ได้ผลสรุปตามวัตถุประสงค์ และขอบเขต ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 1 โดยปริญญานิพนธ์นี้ได้ต่อยอดจากการดำเนินงานในภาคการศึกษาที่ 1 จากวงจร Tx/Rx Interface ที่ใช้สำหรับรับสัญญาณจาก Detect Switch และวงจร Modulation ที่จะใช้แปลงสัญญาณ ปริญญานิพนธ์นี้ได้ทำการนำวงจรจากภาคการศึกษาแรก มาปรับปรุงให้ชิ้นงานมีความสมบูรณ์มากขึ้น โดยเพิ่มวงจร Comparator ,วงจร controller เพื่อควบคุมการทำงานของ Walkie-Talkie วงจรแปลงแรงดันไฟเลี้ยงของวงจร เพื่อจ่ายไฟให้อุปกรณ์ที่ใช้ไฟแรงดันต่างกัน และเขียนชุดโค้ดคำสั่ง เพื่อควบคุมการทำงานของตัวรับและตัวส่งสัญญาณให้แสดงผลออกทางจอ LCD ซึ่งจากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปริญญานิพนธ์ และรวมทั้งการศึกษาถึงวิธีการดำเนินการสร้างและทำการทดสอบการทำงานแล้วปรากฏได้ผลว่าระบบรักษาความปลอดภัย สามารถทำงาน โดยรับสัญญาณตรวจจับ input จาก Detect Switch เข้าวงจร Modulation เพื่อส่งผ่าน Walkie-Talkie ระหว่างตัวรับตัวส่งและแสดงผลการตรวจจับที่จอ LCD ได้

5.2 ปัญหาและการแก้ไข

ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินงาน เป็นปัญหาที่ควรได้รับการแก้ไข โดยจะมีลักษณะปัญหาดังต่อไปนี้

ปัญหาคือ

1. ความยาก และไม่ชำนาญในการเขียนชุดคำสั่งในแต่ละส่วนการทำงาน
2. ความผิดพลาดที่เกิดจากการลงมือสร้างวงจร ซึ่งเกิดจาก ความผิดพลาดของผู้สร้างเอง เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ชำรุด จึงทำให้ต้องมีการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการสร้างปริญญานิพนธ์ระบบรักษาความปลอดภัย มีขั้นตอนและวิธีการมากมาย นับตั้งแต่การค้นหาวิธีการตรวจจับวิธีการแสดงผล เมื่อมีการบุกรุก ศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดสร้างการเลือกวัสดุในการทำและการออกแบบวงจรทำงานของแต่ละภาคการทำงาน จนสุดท้ายลงมือปฏิบัติ พร้อมทั้งทำการทดลอง ชิ้นงานที่ได้ทำการออกแบบสามารถทำงานได้ตามจุดประสงค์ที่ได้วางไว้ แต่ชิ้นงานที่ได้นั้นยังคงอยู่ในรูปของตัวต้นแบบ เพื่อรอการพัฒนา ทั้งในด้านรูปร่างหน้าตา และปรับปรุงต่อยอดเพื่อประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีขึ้นต่อการใช้งานจริงในภายหน้าต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] FSK: Signals and Demodulation. ค้นเมื่อ 16 พฤศจิกายน 2557, จาก http://www.control.aau.dk/~kresten/stuff/GND/FSK_signals_demod.pdf

[2] Arduino to Arduino Serial Communication. ค้นเมื่อ 29 มกราคม 2558, จาก http://robotic-controls.com/learn/arduino/arduino-arduino-serial-communication

[3] Getting Started with Arduino. ค้นเมื่อ 12 กุมภาพันธ์ 2558, จาก http://www.arduino.cc/en/Guide/HomePage

[4] พื้นฐานสายอากาศวิทยุเพื่อการสื่อสาร (Fundamental of Radio Antenna), ค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2558, จาก http://thaitelecomkm.org/TTE/topic/attach/Fundamental_of_Radio_Antenna/index.php

[5] ตัวอย่างการใช้งาน Arduino + Relay Module ควบคุมการปิดเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า. ค้นเมื่อ 24 มีนาคม 2558, จาก http://thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article/

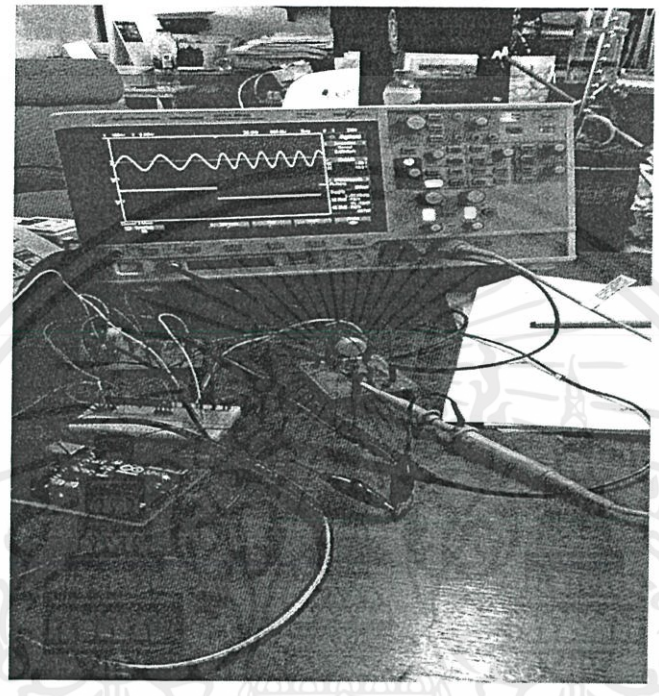
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

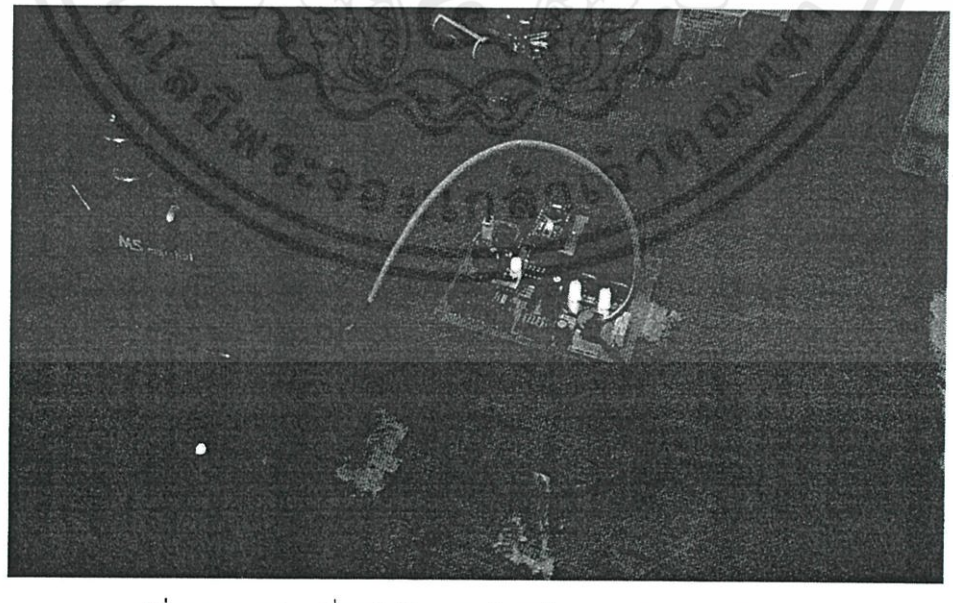
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

รูปภาพทำการทดลอง

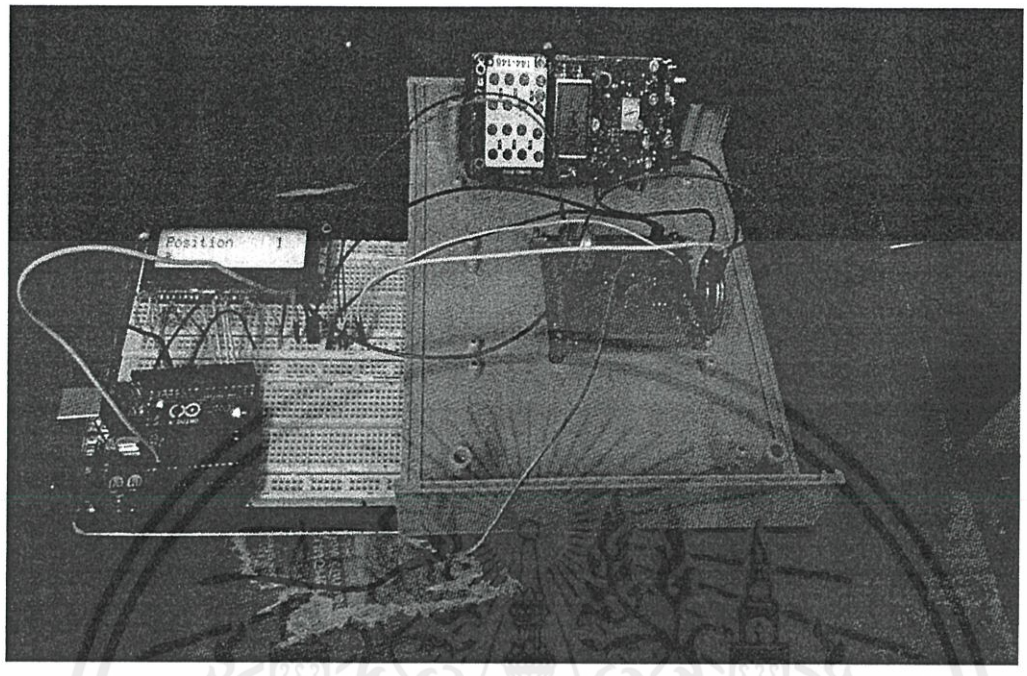


รูปที่ ก.1 การทดลองลองต่อวงจร Modulation และ Demodulation



รูปที่ ก.2 การต่อเครื่องส่งสัญญาณวิทยุกับวงจร Transmitter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 ทดลองวงจร Receiver พร้อมกับการต่อกับเครื่องส่งสัญญาณวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

Source Code

Code Transmitter

```
#include <VirtualWire.h>

void setup() {
        vw_setup(1200); // Bits per sec
        pinMode(6, OUTPUT);
        pinMode(7, OUTPUT);
        pinMode(9, INPUT);
        pinMode(8, INPUT);
        }

void send (char *message)
        {
vw_send((uint8_t *)message, strlen(message));
vw_wait_tx(); // Wait until the whole message is gone
        }

void loop(){
        if(digitalRead(8)==HIGH){
        digitalWrite(6, LOW);
        delay(3000);
        digitalWrite(7, LOW);
        int i = 0;
        while(i<3){
        send("a");
        delay(3000);
        i++;
            }
        digitalWrite(6, HIGH);
        digitalWrite(7, HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                }
}
```

Code Reciever

```
#include <VirtualWire.h>
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(13, 12, 5, 4, 3, 2);
byte message[VW_MAX_MESSAGE_LEN]; // a buffer to store the incoming
messages
byte messageLength = VW_MAX_MESSAGE_LEN; // the size of the message
int count=0;
void setup()
{
Serial.begin(9600);
Serial.println("Device is ready");
// Initialize the IO and ISR
vw_setup(1200); // Bits per sec
vw_rx_start(); // Start the receiver
lcd.begin(16, 2);
lcd.clear();
}
void loop()
{
        if (vw_get_message(message, &messageLength)) // Non-blocking
{
        lcd.clear();
        Serial.print("Received: ");
        for (int i = 0; i < messageLength; i++)
{
        count++;
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("Position");
        Serial.write(message[i]);
        lcd.setCursor(i,1);
        char mass = message[i];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            lcd.print(mass);
            lcd.setCursor(13,0);
            lcd.print(count);
            }
            Serial.println();
        }
}
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้