

เครื่องมือเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกล

REMOTE AREA MONITORING



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2544

ISBN 974-648-482-6

เครื่องมือเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกล

REMOTE AREA MONITORING



ขวัญชัย มีสะอาด

KWANCHAI MEESA-ARD

เลขหม.....
เลขทะเบียน..... 41509
วัน, เดือน, ปี..... 19 ก.พ. 2545

b.....
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2544

ISBN 974-648-482-6

REMOTE AREA MONITORING



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2001

ISBN 974-648-482-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2001

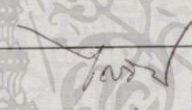
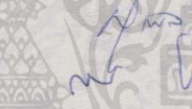

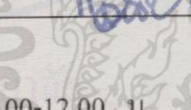
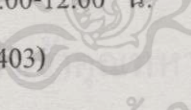
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ เครื่องมือเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกล
REMOTE AREA MONITORING
ชื่อนักศึกษา ร.อ.ขวัญชัย มีสะอาด
รหัสประจำตัว 40061089
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.กอบชัย เศรษฐาญ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร. ไกรสิน	ส่งวัฒนา	
รศ.ดร. สุวิพล	สิทธิชีวกา	
รศ.สมยศ	จตุณณะปิยะ	
รศ.ดร. พุศศักดิ์	ชีวิสุทธิย์	
รศ.ดร. กอบชัย	เศรษฐาญ	

วัน/เดือนปี ที่สอบ 25 ตุลาคม 2544 เวลา 10.00-12.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร 12 ชั้น ชั้น 4 (ห้อง E12-403)

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว



วันที่..... ๒๖เดือน..... ตุลาคม..... พ.ศ..... ๒๕๔๔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เครื่องมือฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกล
นักศึกษา	ร.อ.ขวัญชัย มีสะอาด
รหัสประจำตัว	40061089
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2544
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการออกแบบระบบ ฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกล ที่ใช้ฝ้าตรวจทางการทหาร โดยแจ้งเตือนการบุกรุกและลักลอบเข้าเขตแดนของฝ่ายตรงข้าม ตามแนวชายแดนและจุดตรวจต่าง ๆ ซึ่งเป็นช่องทางที่ง่ายต่อการลักลอบเข้าประเทศ ระบบประกอบด้วย ตัวตรวจจับความสั่นสะเทือน ระบบวิเคราะห์สัญญาณ Terminal node controller (TNC) วิทยุรับส่ง VHF FM คอมพิวเตอร์ PC หลักการทำงานเมื่อมีบุคคลเดินผ่าน หรือรถยนต์วิ่งผ่านบริเวณแนวชายแดนที่ฝังเครื่องมือฝ้าตรวจไว้ หัวตรวจจับความสั่นสะเทือน ก็จะแปลงสัญญาณความสั่นสะเทือนของพื้นดินเป็นสัญญาณไฟฟ้า แล้วนำสัญญาณไฟฟ้าไปวิเคราะห์ว่าเป็นการบุกรุก ของบุคคล หรือรถยนต์ โดยมี ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวสร้าง รหัส ระบุที่ตั้งและตำแหน่งที่มีการบุกรุกส่งผ่าน TNC โดยมี modem เป็นตัวส่งสัญญาณให้กับวิทยุ FM ส่งออกอากาศไปยังเครื่องรับวิทยุในกองบัญชาการ และถอดรหัส ส่งผ่านให้คอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์ จะแสดงตำแหน่งบริเวณที่ถูกบุกรุก

Thesis title	Remote Area Monitoring
Student	Cap. Kwanchai Meesa-ard
Student Id.	40061089
Degree	Master of Engineering
Programme	Electrical Engineering
Year	2001
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Kobchai Dejhan

ABSTRACT

This thesis presents a design of remote area monitoring devices to provide the information on possible intrusions along the border. The seismic sensors will be buried below the surface of the ground in specific area at the checked points along the border to prevent human intrusion. The system consists of a seismic system to detect ground motion caused by vehicles on the roads or people walking along paths, a communication system (Terminal Node Controller, VHF FM radio) transmits the data to a remote monitoring sites, and a personal computer at a camp to monitor the intrusions. The basic components to the seismic system are the geophone sensors and the seismic signal processors. The seismic geophone sensors detect the ground motion and the seismic signal processor comparing with the generated signals by the geophone to a user. When all criteria are met, the logic system generates an alarm condition and the transmitter transmits the alarm signal. The receiver at the base camp receives the signal and converts it for the computer to display the point of the intrusion.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สามารถสำเร็จลงได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือและคำปรึกษาที่มีประโยชน์ จาก รศ.ดร. กอบชัย เดชหาญ ซึ่งเป็นอาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง และ พันเอกพิเชษฐ แยมแก้ว ซึ่งเป็นนายทหารโครงการเครื่องมือฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกล ของศูนย์วิจัยและพัฒนาการทหาร กองบัญชาการทหารสูงสุดให้ความอนุเคราะห์ในด้าน อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ขอขอบคุณ ร้อยเอกสุรพงษ์ ควรหัตร์ ร้อยโทไพศาล แก้วเกตุ จำ สิบเอกสุวิชา กระแสศักดิ์ จำสิบตรีภูริทัต โพธิ์แก้ว และจำสิบตรีพีรพล เดชพงษ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ และความช่วยเหลือทุกสิ่งทุกอย่างในงานวิจัย

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัว รุ่นพี่ รุ่นน้อง และเพื่อน ๆ ทุกคน ที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือ จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	IX
สารบัญรูป.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา.....	3
บทที่ 2 เทคโนโลยีของ Seismic Detector.....	4
2.1 ทฤษฎีและวิธีการของ Geophone.....	4
2.2 การ Detect สัญญาณของ Seismic Sensor โดย Geophone.....	6
2.3 การใช้งานประเภทต่าง ๆ ของ Geophone.....	12
2.3.1 การตรวจจับผู้บุกรุก.....	12
2.3.2 การวิเคราะห์การทำงานของเครื่องจักรกล.....	13
2.3.3 การสร้างความสมดุลให้กับเครื่องจักรกล.....	13
2.3.4 การคำนวณราคาโครงสร้างหรือรูปทรงสิ่งก่อสร้าง.....	14
2.4 การเลือกและทดลองใช้ Geophone วัดสัญญาณความสั่นสะเทือน.....	14
2.4.1 ขั้นตอนการดำเนินการ Sampling สัญญาณความสั่นสะเทือน.....	14
2.4.1.1 การออกแบบระบบ Sampling สัญญาณความสั่นสะเทือน.....	14
2.4.1.2 ออกเก็บข้อมูลสัญญาณความสั่นสะเทือนในภูมิภาคต่าง ๆ กัน..	15

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.1.3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบสัญญาณความสั่นสะเทือนที่ได้จาก แหล่งต่าง ๆ เพื่อหาวิธีการในการจำแนกเป้าหมาย	15
2.4.2 ขั้นตอนการทดลอง.....	15
2.4.2.1 นำหัวของ Seismic Sensor ไปฝังลงในใต้พื้นดิน	15
2.4.2.2 การต่อส โคปเพื่อวัดสัญญาณความสั่นสะเทือนจากแผง Pre Amp ..	15
2.4.2.3 ใ้บุคคลเดินเท้าเดินผ่านหัว Seismic Sensor	15
2.4.2.4 ใ้รถยนต์วิ่งผ่านหัว Seismic Sensor	15
2.4.3 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบสัญญาณความสั่นสะเทือน	15
2.4.3.1 พื้นที่ราบชายฝั่งทะเลสภาพดินปนทราย จังหวัดจันทบุรี-ตราด.....	16
2.4.3.2 พื้นที่ป่าเขาสภาพหินดินดาน จังหวัดนครราชสีมา.....	18
2.4.3.3 พื้นที่ราบลุ่มน้ำสภาพดินเหนียว จังหวัดลพบุรี.....	20
2.4.3.4 พื้นที่ราบท้องนาสภาพดินร่วน จังหวัดราชบุรี.....	22
2.4.4 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบช่วงเวลาระหว่างคนกับรถยนต์.....	24
2.4.5 สรุปผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ	26
บทที่ 3 การออกแบบวงจรวิเคราะห์สัญญาณความสั่นสะเทือน.....	27
3.1 การดำเนินการสร้างสัญญาณ (Processing).....	27
3.2 การแยกลักษณะเด่นของสัญญาณ (Feature Extraction).....	32
3.2.1 ลักษณะเด่นของบุคคลเดินเท้า (Pedestrian).....	32
3.2.2 ลักษณะเด่นของสัญญาณรถยนต์ (Vehicle).....	34
3.3 การจัดจำพวกสัญญาณ (Classification).....	36
3.4 การทำให้เกิดสัญญาณเอาต์พุต (Output Generation).....	37
บทที่ 4 การออกแบบภาคส่งสัญญาณแจ้งเตือน.....	40
4.1 การกำหนดพอร์ตสัญญาณ.....	41
4.2 การสร้าง Code โดย Microprocessor.....	43

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.1 วงจรการแจ้งเตือนสถานะภาพแบตเตอรี่.....	45
4.3 การส่ง Code ผ่าน Modem.....	46
4.3.1 วงจรภายใน TCM3105NE.....	47
4.3.2 ขั้นตอนและวิธีการสร้าง.....	48
4.3.3 การทดสอบ.....	49
4.3.4 ผลการทดสอบ.....	49
4.4 การเลือกใช้วิทยุส่งและสายอากาศ.....	51
4.4.1 ลักษณะและโครงสร้างของวิทยุ ICOM 2GXA.....	51
4.4.2 การขูดูเลตทางความถี่.....	52
4.4.3 สายส่งสัญญาณ.....	53
4.4.4 สายอากาศ.....	55
4.4.4.1 การต่อสายอากาศกับดิน.....	55
4.4.4.2 การกระจายของขดลวดเหนี่ยวนำ.....	56
4.4.4.3 การโรยเนกซ์สายอากาศ.....	56
4.4.4.4 การไฟลาไรเซชั่น.....	56
4.4.5 สายอากาศไดโพลครึ่งคลื่น.....	57
4.4.6 สายอากาศแบบหนึ่งในสี่ของคลื่น.....	58
4.4.7 สายอากาศแบบระนาบดิน.....	59
4.4.8 การต่อโหลดเข้ากับสายอากาศ.....	60
4.4.9 การแพร่ของคลื่นวิทยุ.....	60
บทที่ 5 การออกแบบภาครับสัญญาณแจ้งเตือน.....	61
5.1 การใช้เครื่องรับสัญญาณคลื่นวิทยุและสายอากาศ.....	63
5.2 การสร้าง Modem ในภาครับ.....	68
5.2.1 การสร้างชุดจ่ายไฟให้กับ Modem.....	69
5.2.1.1 การทดสอบวงจรเรกูเรเตอร์.....	70

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2.1.2 ผลการทดสอบวงจรเรกูเรเตอร์.....	70
5.2.2 การออกแบบวงจร โมเด็ม.....	71
5.2.2.1 ขั้นตอนและวิธีการสร้าง.....	72
5.2.2.2 การทดสอบ IC TCM3105NE.....	72
5.2.2.3 ผลการทดสอบ IC TCM3105NE.....	73
5.3 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม RS-232C.....	73
5.3.1 มาตรฐานของ RS-232C.....	74
5.3.2 ลักษณะของสัญญาณ RS-232C.....	75
5.3.3 คอนเน็คเตอร์ของ RS-232C.....	76
5.3.4 ขั้นตอนและวิธีสร้าง.....	78
5.3.5 การทดสอบ RS-232C.....	79
5.3.6 ผลการทดสอบ RS-232C.....	79
5.4 การรายงานผลหรือการแจ้งเตือนผู้บุกรุก.....	79
5.4.1 การรายงานผลทาง Monitor Computer.....	79
5.4.2 การรายงานผลทาง Monitor พกติดตามตัว LCD.....	80
บทที่ 6 สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ.....	83
6.1 การสรุปผลการทดสอบของภาคส่งสัญญาณแจ้งเตือน.....	83
6.1.1 การทำงานของหัวตรวจจับความสั่นสะเทือน.....	83
6.1.2 การทำงานของเครื่องส่งสัญญาณความสั่นสะเทือน.....	84
6.1.3 การติดตั้งและซ่อนพราง.....	87
6.2 การสรุปผลการทดสอบของภาครับสัญญาณแจ้งเตือน.....	89
6.2.1 การทำงานของสถานีรับที่แสดงผลทางจอคอมพิวเตอร์.....	90
6.3 การวางเครื่องมือเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกล.....	91
6.3.1 การใช้เครื่องมือชุดเดียว.....	91

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6.3.2 การใช้เครื่องมือหลายชุดในบริเวณเดียวกัน.....	92
6.4 การเขียนแผนที่การวางระบบเครื่องมือผ่าตัดรวมทั้งระยะไกล.....	93
บรรณานุกรม	95
ภาคผนวก	96
ภาคผนวก ก	97
ประวัติผู้เขียน	104



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 การตั้งเกณฑ์.....	29
4.1 ตารางคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ AT89C2015.....	43
4.2 แสดงคุณสมบัติของ TCM3105NE.....	47
4.3 ความสัมพันธ์ RXD กับ MIC.....	50
4.4 ความสัมพันธ์ของลำโพง TXD และ CDT.....	50
5.1 คุณสมบัติทั่วไปของวิทยุ ICOM 2GXA.....	63
5.2 คุณสมบัติทางการส่งของวิทยุ ICOM 2GXA.....	64
5.3 คุณสมบัติของวิทยุ ICOM 2GXA ทางด้านรับ.....	64
5.4 ผลการทดลองวงจรเรกูเรเตอร์ 5 โวลท์.....	71
5.5 ความสัมพันธ์ RXD กับ MIC ของ TCM3105NE.....	73
5.6 ความสัมพันธ์ของลำโพงกับ TXD และ CDT.....	73
5.7 สัญญาณที่ใช้มาตรฐาน RS-232C.....	75
6.1 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ของอัตราขยายกับระยะการตรวจจับในดินทราย.....	85
6.2 ผลการทดสอบความสัมพันธ์อัตราขยายกับระยะตรวจจับในดินร่วน.....	85
6.3 ผลการทดสอบความสัมพันธ์อัตราขยายกับระยะตรวจจับในดินเหนียว.....	86
6.4 ผลการทดสอบความสัมพันธ์อัตราขยายกับระยะตรวจจับในหินดินดาน.....	86
6.5 ผลการทดสอบคุณลักษณะของเครื่องส่งสัญญาณความถี่สั้นสะเทือน.....	88
6.6 ผลการทดสอบคุณลักษณะของเครื่องรับสัญญาณความถี่สั้นสะเทือน.....	91

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะของ Case Geophone.....	4
2.2 แสดงรูปร่างลักษณะของหัว Geophone.....	5
2.3 แสดงลักษณะเด่นทางกลศาสตร์.....	5
2.4 แสดงการออกแบบลักษณะของ Case หลาย ๆ แบบ.....	6
2.5 แสดงการเคลื่อนไหวของขดลวด.....	7
2.6 แสดงความสัมพันธ์ความไวเชิงกลกับความถี่.....	8
2.7 แสดงลักษณะภาพตัดขวางของ Geophone.....	8
2.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความไวทางไฟฟ้ากับความถี่.....	10
2.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ความไวทางไฟฟ้ากับความถี่.....	10
2.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความละเอียดในการตรวจจับกับความถี่.....	12
2.11 ลักษณะของ Geophone ที่ใช้ในงานรักษาความปลอดภัย.....	12
2.12 ลักษณะของ Geophone ที่ใช้ในการวิเคราะห์เครื่องจักร.....	13
2.13 ลักษณะของ Geophone ที่ใช้ในงานสมดุลย์เครื่องจักร.....	13
2.14 ลักษณะของ Geophone ที่ใช้ในงานคำนวณโครงสร้างตั้งก่อสร้าง.....	14
2.15 บล็อกไดอะแกรมการเก็บข้อมูล.....	14
2.16 การประกอบ Geophone ลง Case.....	15
2.17 รูปคลื่นรยชนต้วิ่งบนดินปนทราย.....	16
2.18 กราฟรยชนต้วิ่งบนดินปนทราย.....	16
2.19 รูปคลื่นคนเดินบนดินปนทราย.....	17
2.20 กราฟคนเดินบนดินปนทราย.....	17
2.21 รูปคลื่นรยชนต้วิ่งบนหินดินดาน.....	18
2.22 กราฟรยชนต้วิ่งบนหินดินดาน.....	18
2.23 รูปคลื่นคนเดินบนหินดินดาน.....	19
2.24 กราฟคนเดินบนหินดินดาน.....	19
2.25 รูปคลื่นรยชนต้วิ่งบนดินเหนียว.....	20
2.26 กราฟรยชนต้วิ่งบนดินเหนียว.....	20

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.27 รูปคลื่นคนเดินบนดินเหนียว	21
2.28 กราฟคนเดินบนดินเหนียว	21
2.29 รูปคลื่นรถยนต์วิ่งบนดินร่วน	22
2.30 กราฟรถยนต์วิ่งบนดินร่วน	22
2.31 รูปคลื่นคนเดินบนดินร่วน	23
2.32 กราฟคนเดินบนดินร่วน	23
2.33 กราฟช่วงเวลาคนเดิน	24
2.34 กราฟช่วงเวลารถยนต์วิ่ง	25
3.1 บล็อกไดอะแกรมการดำเนินการสร้างสัญญาณ.....	27
3.2 วงจรการ Processing สัญญาณความถี่สัมพันธ์.....	28
3.3 บล็อกไดอะแกรมของบุคคลเดินเท้า.....	33
3.4 วงจรคัดเลือกลักษณะเด่นของสัญญาณบุคคลเดินเท้า.....	33
3.5 บล็อกไดอะแกรมการคัดเลือกสัญญาณรถยนต์.....	35
3.6 วงจรคัดเลือกสัญญาณรถยนต์.....	35
3.7 บล็อกไดอะแกรมของการจัดจำพวกสัญญาณ	36
3.8 วงจรการจัดจำพวกสัญญาณ Classification.....	37
3.9 บล็อกไดอะแกรมการทำให้เกิดเอาต์พุต.....	38
3.10 วงจรการทำให้เกิด Output.....	38
4.1 บล็อกไดอะแกรมภาคส่งสัญญาณการแข่งขัน.....	40
4.2 แสดงวงจรกำหนดคพอร์ท.....	41
4.3 วงจรรายงานตัวเอง 24 ชั่วโมง.....	42
4.4 แสดงขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C2051.....	44
4.5 แสดงวงจรที่ต่อใช้งาน 89C2051.....	44
4.6 วงจรแจ้งเตือนสถานะภาพแบตเตอรี่.....	46
4.7 ลักษณะรูปร่างและขาของ TCM3105NE.....	46
4.8 แสดงส่วนประกอบและระบบของ TCM3105NE.....	48

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.9 วงจรการทดสอบ IC TCM3105NE	49
4.10 วงจร โมเด็มที่ใช้งาน	50
4.11 ลักษณะวิทยุ ICOM 2GXA.....	51
4.12 การมอดูเลตทางความถี่.....	53
4.13 สายนำสัญญาณแบบ โคแอกเซียล.....	54
4.14 สายอากาศไดโพลครึ่งคลื่น.....	57
4.15 สายอากาศไดโพลและการกระจายกระแสความต่างศักย์.....	57
4.16 คุณสมบัติของสายอากาศ หนึ่งในสี่ของคลื่นแบบบลกราวนด์.....	58
4.17 สายอากาศแบบระนาบดิน.....	59
5.1 บล็อกไดอะแกรมของภาครับสัญญาณแฉ่งเตือน.....	61
5.2 แสดงโครงสร้างภาครับสัญญาณแฉ่งเตือน.....	62
5.3 วิทยุรับส่ง ICOM 2GXA.....	63
5.4 วงจรซูเปอร์เฮตเทอโรไดน์.....	65
5.5 การแปลสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล.....	69
5.6 วงจรเรกติไฟ์สำหรับ โมเด็ม.....	69
5.7 วงจรเรกติฟายเออร์ 5 โวลท์.....	70
5.8 วงจรการถอดรหัสหรือการแปลสัญญาณ โมเด็ม.....	71
5.9 วงจรการทดสอบ IC TCM3105NE.....	72
5.10 การรับ-ส่ง ข้อมูลแบบอนุกรม.....	74
5.11 อุปกรณ์ DTE และ DCE.....	75
5.12 คอนเน็คเตอร์ของ RE-232C แบบ DB-25.....	76
5.13 คอนเน็คเตอร์ของ RS-232C แบบ DB-9.....	77
5.14 การต่อสายระหว่าง DB-9 กับ DB-9.....	79
5.15 แสดงการรับส่ง โมเด็ม.....	80
5.16 แสดงตัวอย่างการรายงานทางหน้าจอ LCD.....	81
5.17 แสดงวงจร โมเด็มทางด้านรับสัญญาณแฉ่งเตือน.....	81

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.18 การแจ้งเตือนมาทางหน้าจอและแสดงผลเป็นรหัส.....	82
6.1 แสดงรูปเครื่องส่งสัญญาณความสั่นสะเทือน.....	83
6.2 แสดงรูปหัว Seismic Sensor.....	84
6.3 รูปการฝังหัวตรวจจับความสั่นสะเทือน.....	87
6.4 การขุดหลุมฝังเครื่องส่งสัญญาณความสั่นสะเทือน.....	88
6.5 สถานีรับสัญญาณแจ้งเตือนที่แสดงผลทางคอมพิวเตอร์.....	89
6.6 สถานีรับสัญญาณแจ้งเตือนที่แสดงผลทางจอ LCD.....	90
6.7 เสาอากาศทางด้านสถานีรับสัญญาณแจ้งเตือน.....	90
6.8 การดักจับผู้บุกรุกโดยใช้เครื่องมือชุดเดียว.....	92
6.9 การดักจับผู้บุกรุกโดยใช้เครื่องมือหลายชุด.....	93
6.10 ตัวอย่างแผนที่การวางระบบเครื่องมือเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกล.....	94

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความเป็นมา งานวิจัยเครื่องมือฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลนี้มีที่มาของปัญหา คือว่าประเทศไทยของเรามีแนวชายแดนติดต่อกับประเทศเพื่อนบ้านเป็นระยะทางยาวหลายร้อยกิโลเมตร แนวชายแดนที่มีปัญหาภัยคุกคาม เช่น แนวชายแดน ด้านประเทศเขมร มีภัยจากโจรเขมรลักลอบเข้ามาปล้นสดมภ์ การโจรกรรมรถยนต์ การอพยพพลุกูล้ำข้ามเขตแดน ชายแดนทางด้านประเทศพม่ามีภัยจากการลักลอบค้ายาเสพติด การตัดไม้ทำลายป่า การอพยพพลุกูล้ำข้ามเขตแดนของชนกลุ่มน้อยและทหารพม่า แนวชายแดนทางภาคใต้ เขตติดต่อกับประเทศมาเลเซียมีขบวนการโจรก่อการร้ายและผู้ก่อการร้ายคอมมิวนิสต์ ทำการก่อความไม่สงบอยู่ตลอดเวลา แนวชายแดนเหล่านี้จึงจำเป็นต้องมีการฝ้าตรวจการลुकูล้ำเขตแดน หรือฝ้าตรวจความเคลื่อนไหวต่าง ๆ หรือการหาข่าวอยู่ตลอดเวลา แต่เนื่องจากระยะทางของเขตแดนยาวเกินกว่าจะใช้กำลังทหารคอยฝ้าตรวจได้ทุกจุด จึงได้ตั้งโครงการวิจัยเครื่องมือฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลขึ้นมาเพื่อแจ้งเตือนการบุกรุกของบุคคลหรือรถยนต์ จากเขตแนวชายแดนมายังหน่วยทหารที่ทำหน้าที่ฝ้าตรวจการบุกรุก

ความสำคัญ ปัญหาการลักลอบเข้าประเทศเพื่อทำผิดกฎหมายและการลुकูล้ำเขตแดนเป็นปัญหาระดับประเทศ ระบบฝ้าตรวจเดิมใช้กำลังพลทหารและการวางกับระเบิดตามแนวชายแดนเป็นเครื่องมือป้องกัน การใช้กำลังพลทหาร ฝ้าตรวจทุกจุดเป็นเรื่องที่ยากต่อการปฏิบัติและมีการสูญเสียชีวิตเกิดขึ้นได้เมื่อเกิดการปะทะกันอีกทั้งประชาคมโลกได้มีการต่อต้านการใช้กับระเบิดและให้กู้กับระเบิดออกโดยสนับสนุนเงินให้วิจัยสร้างเครื่องมือฝ้าตรวจตามแนวชายแดนแทนการใช้ทุ่นระเบิดถ้าโครงการนี้สำเร็จจะสามารถปรับลดขอดีกำลังพลในการฝ้าตรวจและลดขอดีการสูญเสียชีวิตและพิการของกำลังพลได้ เพราะเป็นเครื่องมือแทนการลาดตระเวนของกำลังพลทหารได้ และใช้ในการประกอบการข่าวทางการทหารได้เป็นอย่างดี

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยการออกแบบระบบเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลนี้ เพื่อศึกษาหลักการทำงานของตัวตรวจจับความสั่นสะเทือน (Geophone) และดำเนินการวิธีแยกแยะสัญญาณความสั่นสะเทือนที่เกิดจากผู้บุกรุกที่เป็นรถยนต์ หรือบุคคลเดินเท้า เพื่อออกแบบสร้างเครื่องมือเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลขึ้นมา รวมทั้งศึกษาการทำงานและทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของเครื่องมือเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลที่สร้างขึ้นมา เพื่อใช้เฝ้าตรวจตามแนวทางการเคลื่อนที่ของบุคคลและรถยนต์ตามช่องทางต่าง ๆ เช่น ถนน ขนทาง เขตแดน จุดตรวจต่าง ๆ ที่คาดว่าจะมีการลักลอบบุกรุกเข้ามาของฝ่ายตรงข้าม

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

เข้าใจหลักการทำงานของตัวตรวจจับความสั่นสะเทือน และสามารถนำสัญญาณความสั่นสะเทือนนั้นมาแยกแยะได้ว่าเป็นสัญญาณที่เกิดจากการบุกรุกของบุคคลหรือรถยนต์ และสามารถออกแบบเครื่องมือเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลขึ้นมาเพื่อใช้เฝ้าตรวจการเคลื่อนที่ของบุคคลหรือรถยนต์ ตามช่องทางต่าง ๆ เช่น ถนน ขนทาง เขตแดน จุดตรวจต่าง ๆ ที่คาดว่าจะมีการลักลอบบุกรุกเข้ามาของฝ่ายตรงข้าม เช่น ชายแดน เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า หรือการลักลอบหนีเข้าประเทศของผู้อพยพชาวเขมร หรืออาจใช้เพื่อสนับสนุนการป้องกันและปราบปราม การก่อการไม่สงบของขบวนการโจรก่อการร้ายทางภาคใต้ โดยแจ้งเตือน ความเคลื่อนไหวให้กับหน่วยปราบปราม สามารถปฏิบัติการได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว และทันเวลา หรืออาจใช้เพื่อการหาข่าวตามเส้นทางหรือช่องทางที่คาดว่าจะมีการลำเลียงยาเสพติด การตัดไม้ทำลายป่า ลิ่นกล้าเถื่อน ตามแนวชายแดนหรือใช้ในการป้องกันการบุกรุกฐานที่มั่นของหน่วยทหารในการลาดตระเวนตามแนวชายแดน

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัยการออกแบบระบบเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลนั้น ต้องการที่จะออกแบบเครื่องมือเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลขึ้นมาเพื่อแจ้งเตือนการบุกรุกโดยอัตโนมัติจากแนวชายแดนมายังกองบัญชาการทหาร โดยใช้การตรวจจับของตัวตรวจจับสัญญาณความสั่นสะเทือน แล้วจะวิเคราะห์สัญญาณการบุกรุกนั้นโดย Processor Board ว่าเป็นการบุกรุกของบุคคล หรือรถยนต์ โดยใช้ทฤษฎีการวิเคราะห์สัญญาณด้วย Frequency domain และ Time domain

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ในงานวิทยานิพนธ์นี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องมือฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลขึ้นมา ซึ่งเครื่องมือฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลนี้จะประกอบด้วยตัวตรวจจับความสั่นสะเทือน วงจรวิเคราะห์สัญญาณความสั่นสะเทือนของรถยนต์วิ่งผ่านและคนเดินผ่าน ภาคส่งสัญญาณวิทยุ ภาครับสัญญาณวิทยุ ภาคแสดงผลการทำงาน เมื่อออกแบบสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงทำการทดลองใช้เพื่อหาค่าการแจ้งเตือนผิดพลาด

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

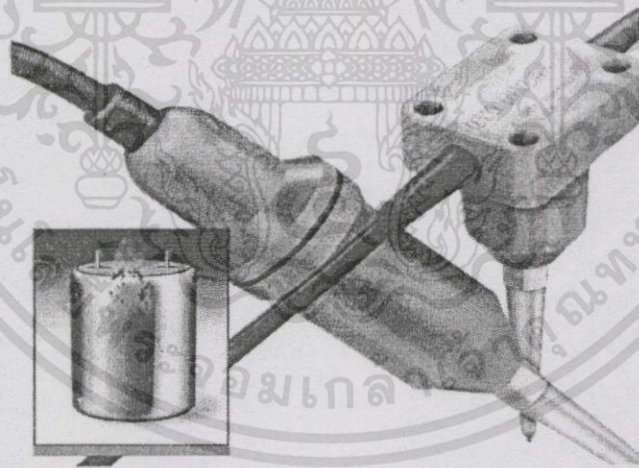
1. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีของตัวตรวจจับความสั่นสะเทือน (Seismic Sensor) ที่มีใช้งานกันอยู่ทั่วไป
2. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีของ Seismic Sensor โดยศึกษาคุณสมบัติของ Seismic Sensor แต่ละตัวเพื่อคัดเลือกมาใช้ในงานวิจัยนี้ เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การใช้งาน
3. ศึกษาและออกแบบวงจรวิเคราะห์สัญญาณความสั่นสะเทือน เพื่อแยกแยะลักษณะการบุกรุกว่าเป็นบุคคลหรือรถยนต์
4. ศึกษาและออกแบบภาคส่งสัญญาณว่าจะส่งสัญญาณการบุกรุกที่ได้แยกแล้วว่าจะส่งด้วยวิธีการใด และใช้วิธีการใดส่ง เลือกใช้วิทยุส่งและสายอากาศ
5. ศึกษาและออกแบบภาครับสัญญาณวิทยุที่มาจากเครื่องส่งเพื่อนำไปแสดงผลให้เข้าใจว่ามี การแจ้งเตือนการบุกรุกมาจากจุดใด
6. ทำการทดสอบการทำงานจริงของเครื่องมือฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกล เพื่อหาค่าผิดพลาดในการแจ้งเตือน

บทที่ 2

เทคโนโลยีของ Seismic Detector

2.1 ทฤษฎีและวิธีการของ Geophone

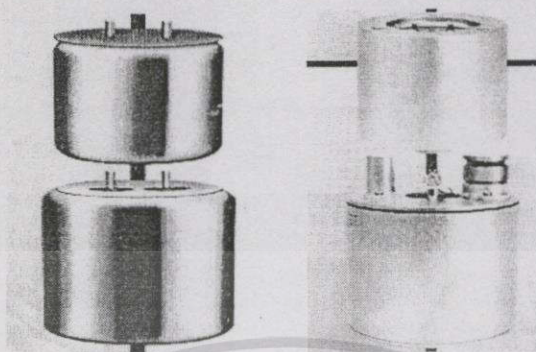
Geophone เป็นอุปกรณ์ที่ถูกออกแบบสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการตรวจจับความสั่นสะเทือน ตัวตรวจจับความสั่นสะเทือนพวกนี้สามารถเปลี่ยนความสั่นสะเทือนของพื้นดินให้ไปอยู่ในรูปของสัญญาณทางไฟฟ้าได้ เราสามารถทำความรู้จักหรือศึกษา Geophone ได้ในนามของเครื่องมือวัดความสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว และอุปกรณ์ตรวจจับความสั่นสะเทือนพวกนี้มักจะถูกเรียกว่า detectors, Transducers หรือ probes หลายทศวรรษมาแล้วที่นักวิทยาศาสตร์มีการใช้ Geophone ตรวจวัดความสั่นสะเทือนพื้นผิวดินของเปลือกโลกที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติหรือที่เกิดจากมนุษย์สร้างขึ้นมา ผู้ค้นพบวิชาที่ว่าด้วยแผ่นดินไหวใช้เครื่องมือวัดความสั่นสะเทือนทำนายและวิเคราะห์แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด ในวิชาก่อสร้าง นักวิทยาศาสตร์ที่ว่าด้วยความสัมพันธ์ของโลกกับแรงต่าง ๆ มีการสำรวจหา hydro carbon ที่ตกตะกอนตามธรรมชาติ จะใช้การจับบันทึกสัญญาณ ความสั่นสะเทือนที่จะแพร่ออกมาจากการระเบิด และค้ำฟ้าแหล่งพลังงานอื่น ๆ



รูปที่ 2.1 ลักษณะของ Case Geophone

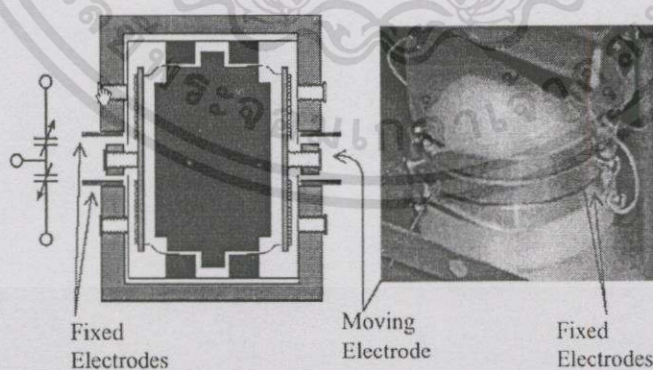
Geophone ที่ดีต้องมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา และมีความไวสูง มีความทนทานแข็งแรง ในเรื่องการตรวจจับทางทหารและทางด้านการวิเคราะห์ความสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว การตรวจสอบและค้นหาทางด้านปิโตรเลียม Geophone ควรจะมีอายุการใช้งานได้นานพอในการที่จะใช้งานเรื่องการตรวจจับความสั่นสะเทือนเคลื่อนไหวของแผ่นดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงรูปร่างลักษณะของหัว Geophone

การแสดงลักษณะเด่นทางด้านกลศาสตร์และข้อดีของ Geophone มีความผิดเพี้ยนต่ำ ในการตรวจจับความสั่นสะเทือน Geophone ไม่จำเป็นต้องมีพลังงานภายนอกป้อนให้กับตัวมันและเป็นเครื่องมือวัดความถี่ต่ำที่มีความไวสูงที่ทนทานจากการลดทอนความไวและระดับของสัญญาณรบกวนการตอบสนองความถี่ของ Geophone จะเป็นการบ่งบอกข้อมูลที่จะนำไปวิเคราะห์การทำงานทางด้านความถี่ได้ดีมากกว่าทางด้าน การดูขีดการ ได้ยิน Geophone จะใช้ในการแยกแยะความถี่ที่ไม่ต้องการออกไปได้เอง เป็นเครื่องมือวัดที่ทำงานได้ในสิ่งที่เครื่องมือวัดอื่นทำไม่ได้ เช่นเป็นฟิลเตอร์ภายนอกตัวหนึ่งและสร้างสัญญาณให้เป็นข้อมูลที่สมบูรณ์ได้เป็นเครื่องมือที่พิเศษจริง ๆ ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในงานรักษาความปลอดภัย



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะเด่นทางกลศาสตร์

ในปัจจุบันนี้ Geophone เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในงานต่าง ๆ ในการประยุกต์ใช้ Geophone นั้นไม่ได้จำกัดอยู่เพียงวัตถุประสงค์เดิมคือการเฝ้าฟังการสั่นสะเทือนของพื้นดินแล้ว แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้พัฒนาและปรับปรุงลักษณะการใช้ไปอย่างมากมาย โดยทางด้านบริษัทเอกชนที่ต่างเป็นผู้ผลิต Geophone ได้พัฒนา Geophone ไปใช้ในงานใต้ทะเล ในอากาศ และนำไปใช้ในการตรวจสอบของ เครื่องจักรกลต่าง ๆ ไปใช้บนดวงจันทร์

ความต้องการใช้ Geophone มีเพิ่มมากกว่าเดิมในการตรวจค้นสำรวจแหล่งพลังงานต่าง ๆ ซึ่งมีอยู่น้อยลงไปทุกที อีกทั้งบริษัทผู้ผลิตได้มีการแข่งขันกันวิจัยและพัฒนาค้นคว้าทำการทดลอง ในหลักการใหม่ ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในหลายด้าน เช่น การใช้วัสดุในเรื่องของโครงสร้างตัว Geophone ให้มีความแข็งแรง แม่เหล็กถาวรภายในก็พัฒนาให้เล็กลงกว่าเดิม แต่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม ในเรื่องทางด้านเทคนิค สามารถควบคุมปริมาณกระแสที่ไหลผ่านขดลวดได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งเทคนิคของการลดทอนสัญญาณ โดยสามารถเลือกให้ใช้ตัวต้านทานต่อภายนอกได้



รูปที่ 2.4 แสดงการออกแบบลักษณะของ cases หลาย ๆ แบบ

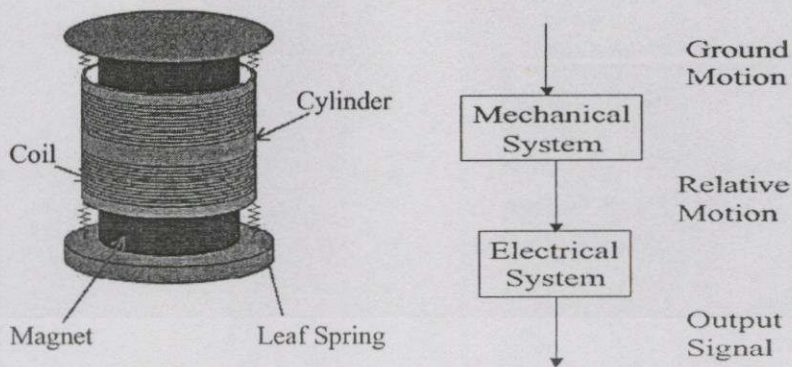
2.2 การ Detection สัญญาณของ Seismic Sensor โดย Geophone

การ Detection ของ Geophone ก็คือการตรวจจับการเคลื่อนไหวของแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนแปลงที่ประกอบด้วยแม่เหล็กถาวรและขดลวดที่พันอยู่บนหลอดทรงกระบอก แม่เหล็กถาวรที่เป็นแท่งที่อยู่ในปลอกตายตัวที่ยึดติดอยู่บนพื้นผิวที่จะวัดความสั่นสะเทือนขดลวดจะรองรับด้วยสปริงจากปลอกเมื่อขดลวดเคลื่อนที่ก็จะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น โดยขึ้นอยู่กับระยะการเคลื่อนไหวของขดลวดกับแม่เหล็กถาวรและทำให้เกิดศักดาไฟฟ้าขึ้นมา ก็จะนำศักดาไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนั้นมาวิเคราะห์หาข้อมูลที่ต้องการ

Geophone เป็นเครื่องมือวัดความสั่นสะเทือนที่มีแกนเป็นแท่งแม่เหล็กถาวรแกนเดียวรูปทรงกระบอก ใช้วัดความสั่นสะเทือนของพื้นผิวดินโดยการฝังหรือติดตั้งลงไปได้พื้นดินโดยให้สามารถรับแรงความสั่นสะเทือนให้ได้มากที่สุดหรือให้มีการเหนี่ยวนำระหว่างแกนแท่งแม่เหล็กถาวรกับขดลวดสามารถเป็นอิสระในการเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ดี เพราะว่าการสั่นสะเทือนของพื้นดินเป็นสาเหตุ

ให้ขดลวดทรงกระบอกของ Geophone เคลื่อนไหว ดูได้จากรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงการเคลื่อนไหวของขดลวด

จากรูปที่ 2.5 จะเห็นว่ากลไกการเคลื่อนไหวภายในของ Geophone นั้น ประกอบด้วยแม่เหล็กถาวรและขดลวดที่พันอยู่บนหลอดทรงกระบอก โดยแม่เหล็กถาวรเป็นแท่งที่อยู่ภายในหลอดทรงกระบอก หลอดทรงกระบอกจะมีสปริงรองรับเมื่อขดลวดเคลื่อนที่ขึ้นลง และสามารถหาความสัมพันธ์ได้จากสมการที่ 1 ซึ่งจะเป็นการแสดงความเกี่ยวพันกันระหว่าง Ground Motion กับ Relative Motion ใน Mechanical System

$$\begin{aligned} \text{Relative motion} &\rightarrow y \\ \text{Ground motion} &\rightarrow x \end{aligned} \quad \frac{y}{x} = \frac{1}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad \begin{aligned} \omega_n &= \sqrt{\frac{k}{m}} \\ \zeta &= \frac{b}{2\sqrt{km}} \end{aligned}$$

โดยที่ γ = Relative Motion

χ = Ground Motion

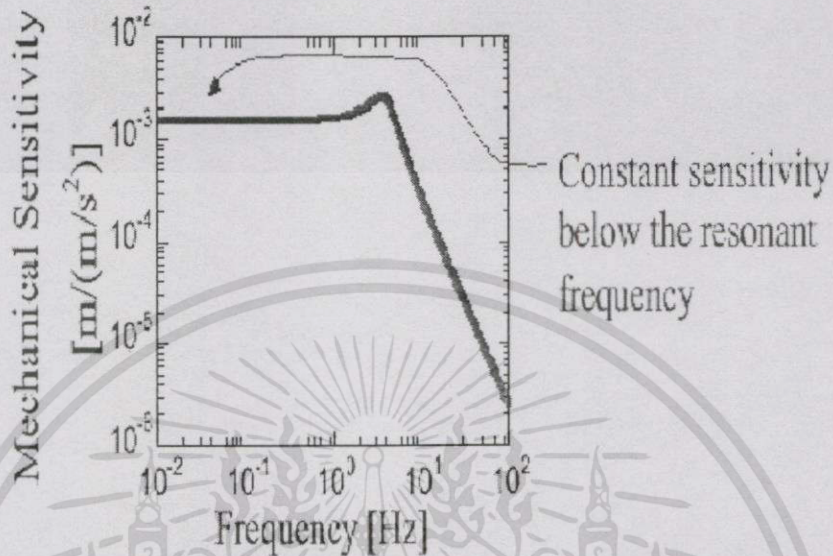
โดยที่ K = Spring Constant มีหน่วยเป็น [N/m]

m = mass มีหน่วยเป็น [kg]

โดยที่ b = damping Constant

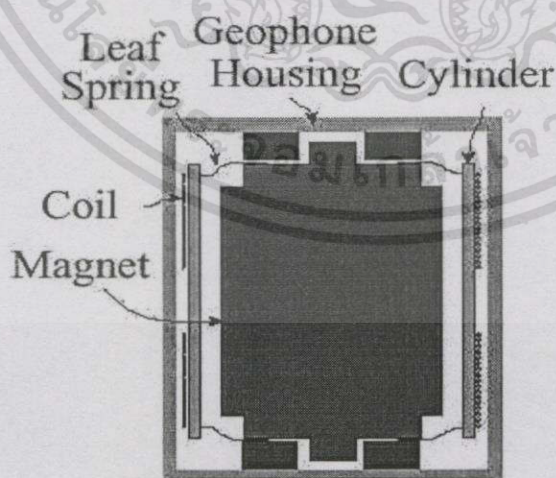
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากความสัมพันธ์ของสมการที่ 1 นั้น สามารถนำมาสร้างเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของ Mechanical Sensitivity กับ Frequency ได้ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ความไวเชิงกลกับความถี่

จากรูปกราฟที่แสดงในรูปที่ 2.6 สรุปได้ว่า ความไวเชิงกลที่เชิงกลศาสตร์นั้นต่ำกว่าจุดที่ Resonant Frequency การเคลื่อนไหวของกระบอกจะส่งผลทำให้ขดลวดที่พันอยู่รอบ ๆ กระบอกกับสนามแม่เหล็กถาวรที่อยู่ภายใน Geophone ทำปฏิกิริยาเหนี่ยวนำกัน ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะภาพตัดขวางของ Geophone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.7 จะแสดงลักษณะภายในและส่วนประกอบของ Geophone จะเห็นว่าแท่งแม่เหล็กถาวรจะติดตั้งอยู่ในปลอกขดลวดเหนียวหนา ส่วนบนและส่วนล่างจะมีแผ่นฐานรองรับ เหตุผลก็คือต้องการปิดล้อมเส้นแรงแม่เหล็กไว้ ขดลวดและปลอกห่อหุ้มจะแขวนไว้กับสปริง ขดลวดจะแบ่งเป็นสองขด ซึ่งอยู่ตรงข้ามกันบนปลอกห่อหุ้มเดียวกัน แต่ละขดเป็นขดลวดที่ต่ออนุกรมกันซึ่งจะมีขั้วต่อออกมา 2 ขั้ว ซึ่งยึดติดอยู่บนปลอกซึ่งเตรียมไว้ให้ต่อไปใช้งานหรือเป็นเอาต์พุตของสัญญาณภายนอกจะเป็นโครงสร้างโลหะเพื่อป้องกันความชื้นและฝุ่นละอองเข้าไปทำให้เกิดความสกปรกอีกชั้นหนึ่ง

จากกฎของ Faraday สามารถพิสูจน์หรือแสดงได้ดังสมการที่ 2 ในเรื่องขอบเขตความถี่กล่าวไว้ว่า โวลต์เตตที่ไหลผ่านขดลวดจะเท่ากับการเปลี่ยนแปลงแรงดึงดูดของแม่เหล็กผ่านขดลวดโดยเทียบกับเวลาในกรณี Geophone การเปลี่ยนแปลงแรงดึงดูดของแม่เหล็กผ่านขดลวดกับการเคลื่อนที่ของขดลวด $\frac{\partial \phi}{\partial t}$ เป็นค่าคงที่สำหรับการเคลื่อนที่ไม่มาก ดังนั้น โวลต์เตตที่ไหลผ่านขดลวดจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราความเร็วของขดลวด โรงงานผู้ผลิต Geophone จะบอกค่าคงที่แสดงสัดส่วนนี้ไว้เป็นตัวอย่าง $G \cdot [V/(m/s) = N/A]$ จะบอกให้รู้ถึงการแพร่หรือการให้กำเนิดค่า Transduction Constant

จากกฎของ Faraday สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ 2

Faraday's Law

Relative motion \rightarrow

Output Voltage \rightarrow

$$V = - \frac{\partial \phi}{\partial t} = Gy$$

Transduction Constant
[V/(m/s)] or [N/A]

V = Electromotive force (emf)

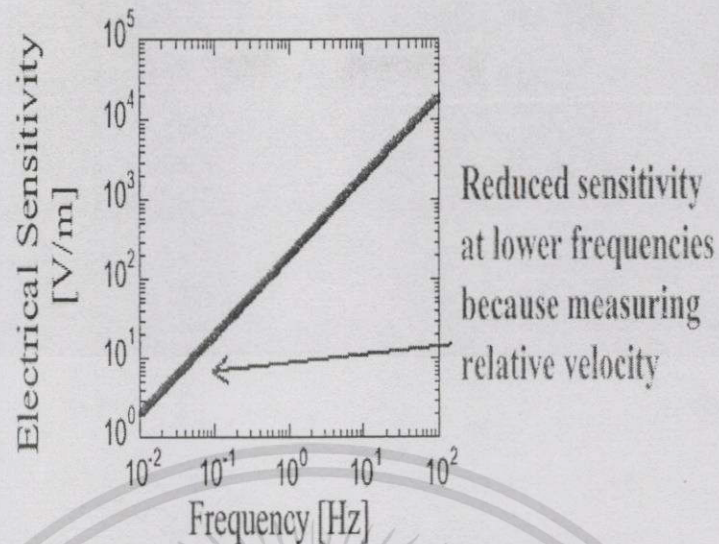
G = Transduction Constant

y° = Relative Motion

φ = Magnetic Flux

t = Time

จากสมการที่ 2 สามารถนำมาสร้างเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์กันระหว่างความไวทางไฟฟ้าและความถี่ได้ ดังรูปที่ 2.8

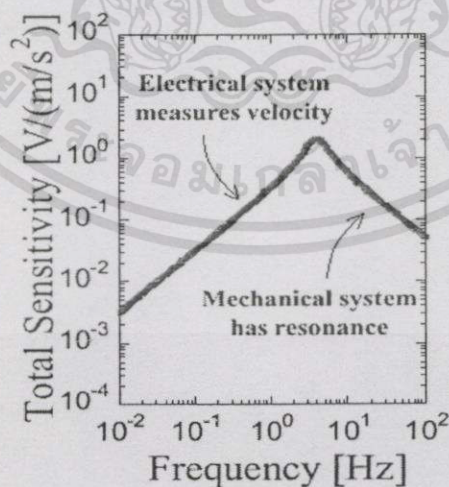


รูปที่ 2.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความไวทางไฟฟ้ากับความถี่

จากรูปที่ 2.8 จะเห็นว่าความไวทางไฟฟ้าจะมีค่าลดลงหรือมีค่าน้อยที่ความถี่ต่ำเพราะการวัดใช้อัตราความเร็วเข้ามาคิดคำนวณด้วย

คุณสมบัติของ Geophone ที่เกี่ยวกับความไวในการตรวจจับ ความไวของ Geophone เป็นผลมาจากการตั้งค่า k ของสปริงที่รองรับขดลวดที่พันอยู่รอบ ๆ แท่งแม่เหล็กถาวรและจำนวนรอบของขดลวดที่พันเป็น Coil หรือรูปเลขาคณิต ในการออกแบบสร้างหรือการทำปฏิกิริยาของสนามแม่เหล็กกับขดลวดด้วย

คุณสมบัติเรื่องความไวของ Geophone แสดงให้เห็นในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ความไวทางไฟฟ้ากับความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

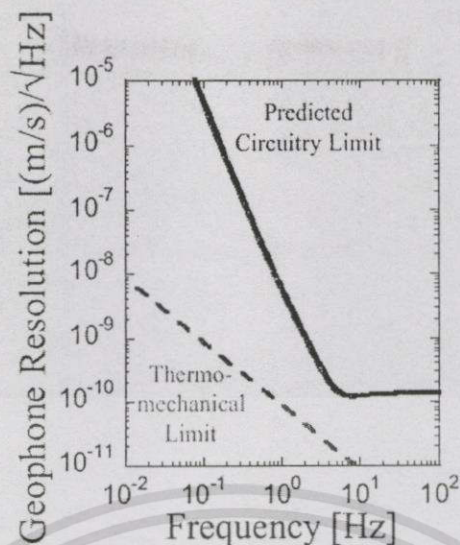
ความถี่เป็นอัตราส่วนของการนำกระแสไฟฟ้าที่จะ Resonant ความถี่กันในการที่ไม่มี การ damping จะไม่มีการสิ้นสุดเรื่อง Amplitude การ Resonant หรือความถี่ตามธรรมชาติจะเป็นผลมาจากความแข็งของสปริงความถี่ที่ออกมาทาง output จะล้าหลัง input อยู่ 90°

การ Damping เกิดขึ้นจากการไหลสะกดของกระแสและทำให้เกิดสภาพการนำกระแสของขดลวดและความต้านทานของโพลเปลี่ยนไป มาตรฐานการ damping จะต้องกำจัด transient ที่ออสซิลเลตออกมาทำการ damping ของ Geophone ต้องเป็นอัตราส่วนที่คงที่ Geophone ที่ดีมีมาตรฐานต้องเชื่อถือได้ในเรื่องการตรวจจับความเคลื่อนไหวโดยการตอบสนองทางด้านความถี่ต้องเป็นไปตามธรรมชาติ โดยการต่อ Resister เข้าไปที่ขั้วทั้งสองของ Geophone จะทำให้ Resonant peak ลดลงและ output จะเรียบมาก ค่าของความถี่เพิ่มขึ้นอย่างไรก็ตามค่าของ Resonant ก็จะมีประโยชน์ถ้าการตรวจจับสัญญาณในระดับสูงและมีสัญญาณรบกวนมากจะทำให้การตรวจจับมีความแม่นยำต่ำ

คุณสมบัติเกี่ยวกับความละเอียดในการตรวจจับของ Geophone นั้น จะทำให้เกิดสัญญาณตรวจจับที่ถูกต้องและมีความแม่นยำสูง สามารถนำมาสร้างเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{Resolution} \left[\frac{m/s}{\sqrt{Hz}} \right] = \frac{\text{Noise} \left[\frac{V}{\sqrt{Hz}} \right]}{\text{Sensitivity} \left[\frac{V}{(m/s)} \right]}$$

จากสมการจะเห็นว่าความละเอียดในการตรวจจับของ Geophone นั้นหาได้จากสิ่งรบกวนหรือ Noise หารด้วยความไวในการตรวจจับ การเลือกใช้ความละเอียดในการตรวจจับของ Geophone ขึ้นอยู่กับการใช้งาน สิ่งรบกวนที่จะมาลดทอนความละเอียดได้ มีอยู่ 2 ชนิดคือ สิ่งรบกวนที่เกิดจากอุณหภูมิและสิ่งรบกวนที่เกิดจากภายในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ สามารถดูได้จากรูปที่ 2.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความละเอียดในการตรวจจับกับความถี่



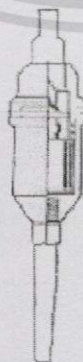
รูปที่ 2.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความละเอียดในการตรวจจับกับความถี่

2.3 การใช้งานประเภทต่างๆ ของ Geophone

Geophone สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในเชิงการวิเคราะห์ความสั่นสะเทือน โดยสามารถออกแบบให้รับความสั่นสะเทือน ได้ทั้งในแนวนอนและแนวตั้งได้ และแต่ละรุ่นจะมีรายละเอียดเกี่ยวกับความไว ขนาด และกลุ่มงานที่จะใช้

2.3.1 การตรวจจับผู้บุกรุก (Intrusion Detection)

จะเป็นงานด้านรักษาความปลอดภัยเป็นการใช้งานเกี่ยวกับทางด้านตรวจจับการบุกรุกการเคลื่อนไหว เคลื่อนที่ตามแนวชายแดนของประเทศหรือตึก อาคาร สถานที่ ๆ สำคัญ ๆ ที่ต้องรักษาความปลอดภัย โดยตรวจจับการบุกรุกของบุคคลหรือตรวจจับรถยนต์ที่จะรุกล้ำเข้าเขตแดนที่ต้องห้าม Geophone ประเภทนี้จะมักใช้อยู่ในวงการทหารที่ทำหน้าที่ปกป้องหรือควบคุมพื้นที่ไม่ว่าจะอยู่บนพื้นดินหรือในท้องทะเล เพื่อตรวจจับกองทหารเดินเท้าหรือขบวนรถยนต์ หรือเคลื่อนไหวของกองเรือทางน้ำ



รูปที่ 2.11 ลักษณะของ Geophon ที่ใช้ในงานรักษาความปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

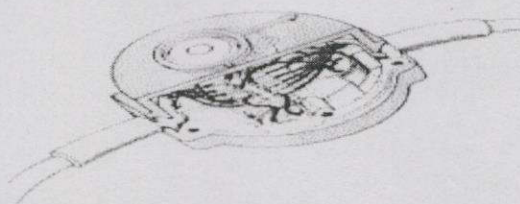
2.3.2 การวิเคราะห์การทำงานของเครื่องจักร (Machinery Analysis)

การวิเคราะห์การทำงานของเครื่องจักรกลนั้นหมายความว่า จะทำการวิเคราะห์ในเรื่องของความสั่นสะเทือนที่ผิดปกติของเครื่องจักรกลโดยใช้ Geophone วัดค่าความสั่นสะเทือนในยามเครื่องจักรกลทำงานปกติว่ามีค่าความสั่นสะเทือนเท่าไร และนำมาตัวเป็นค่ามาตรฐานของเครื่องจักรในยามปกติโดยจะติดตั้ง Geophone ไว้ที่ Casing ของพวกลูกปืน หรือตรงที่ใดก็ได้ที่สามารถวัดความสั่นสะเทือนดูได้เมื่อเครื่องจักรทำงานเพื่อตรวจดูความผิดปกติหรือความคาดเคลื่อนที่จะทำให้เกิดความเสียหายที่เกิดจากความผิดพลาดหรือการที่จะต้องทำให้เครื่องจักรหยุดทำงาน Geophone สามารถนำมาออกแบบสร้างเป็นเครื่องมือวัดค่าความสั่นสะเทือนเพื่อป้องกันความเสียหายได้โดยการวิเคราะห์ความสั่นสะเทือนทางฟิสิกส์

รูปที่ 2.12 ลักษณะของ Geophone ที่ใช้ในการวิเคราะห์เครื่องจักร

2.3.3 การสร้างความสมดุลให้กับเครื่องจักรกล (Machinery Balancing)

การวัดระดับความสั่นสะเทือนทางฟิสิกส์ มักจะต้องการรู้ที่ตั้งหรือตำแหน่งที่จะพิจารณาเครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ในโรงงานหรือสำนักงาน Geophone จะเป็นเครื่องมือที่มีต้นทุนต่ำในการแก้ปัญหานี้ได้ การใช้งานของ Geophone ในงานสร้างความสมดุลในตัวเครื่องจักรกลนี้มีการใช้กันอย่างกว้างขวาง ไม่ว่าจะเป็นวงการผลิตรถยนต์หรือการสร้างโรงไฟฟ้าอาจใช้ร่วมกับเครื่องมือวัดหรือเครื่องมือวิเคราะห์อื่นที่ไม่สามารถนำไปติดตั้งโดยตรงกับเครื่องจักรกลเพื่อที่จะนำมาวิเคราะห์

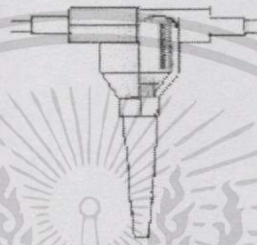


รูปที่ 2.13 ลักษณะของ Geophone ที่ใช้ในงานสมดุลเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 การคำนวณราคาโครงสร้างหรือรูปทรงสิ่งก่อสร้าง (Structural Evaluation)

การใช้ Geophone ในงานวิเคราะห์ เพื่อคำนวณราคาโครงสร้างหรือรูปทรงสิ่งก่อสร้างนั้น จะใช้งานกันโดยทั่ว ๆ ไปโดย Geophone จะนำมาใช้วิเคราะห์ความสั่นสะเทือน เพื่อที่จะทำนายค่าความยืดตัวหรือหดตัวของตัวโครงสร้างของอาคารหรือตึก การหาค่าความสั่นสะเทือนเพื่อนำมาวิเคราะห์เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างเขื่อนกั้นน้ำ หรือขุดเจาะอุโมงค์ การทำเหมืองแร่ หรือวิเคราะห์ การสร้างสะพานข้ามแม่น้ำหรือสะพานลอยทางยกระดับ



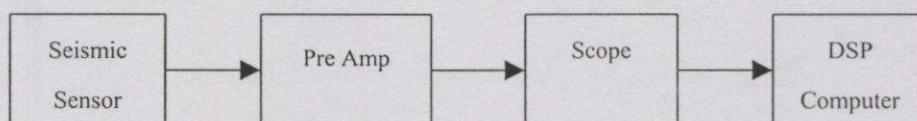
รูปที่ 2.14 ลักษณะของ Geophone ที่ใช้ในงานคำนวณราคาโครงสร้างสิ่งก่อสร้าง

2.4 การเลือกและทดสอบใช้ Geophone วัดสัญญาณความสั่นสะเทือน

การเลือกใช้และการนำ Geophone มาทำการทดลองวัดความสั่นสะเทือนในเครื่องมือฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลนี้ Geophone จะทำหน้าที่แปลงความสั่นสะเทือนของพื้นดินออกมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อนำสัญญาณไฟฟ้านี้ไปเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์แยกหาผู้บกรุก โดย ตรวจจับลักษณะเด่นของสัญญาณความสั่นสะเทือนโดยใช้เงื่อนไขของความถี่และช่วงเวลาของสัญญาณความสั่นสะเทือนนั้นมาวิเคราะห์และแจ้งเตือนการบกรุกของบุคคลและรถยนต์

2.4.1 ขั้นตอนการดำเนินการ Sampling สัญญาณความสั่นสะเทือน

2.4.1.1 การออกแบบระบบการ Sampling สัญญาณความสั่นสะเทือนจากคนเดินและรถยนต์วิ่งผ่าน



รูปที่ 2.15 บล็อกไดอะแกรมการเก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.2 การออกเก็บข้อมูลสัญญาณความสั่นสะเทือนในภูมิภาคต่าง ๆ กัน

- พื้นที่ชายฝั่งทะเลสภาพดินปนทราย จันทบุรี - ตราด
- พื้นที่ป่าเขาสภาพดินปนหิน นครราชสีมา
- พื้นที่ราบลุ่มน้ำสภาพดินเหนียว ลพบุรี
- พื้นที่ราบท้องนาสภาพดินร่วน ราชบุรี

2.4.1.3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบสัญญาณความสั่นสะเทือนที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ เพื่อหาวิธีการในการจำแนกเป้าหมาย

2.4.2 ขั้นตอนการทดลอง

2.4.2.1 นำหัวของ Seismic Sensor ไปฝังลงในใต้พื้นดิน ความลึกประมาณ 30 เซนติเมตร แล้วต่อสายนำสัญญาณขึ้นมายาว 30 เมตร

รูปที่ 2.16 การฝังหัว Seismic Sensor

2.4.2.2 ทำการต่อสโโคป เพื่อที่จะวัดสัญญาณความสั่นสะเทือนจากแผง Pre Amp

2.4.2.3 ให้นำคอลลินแท่นเดินผ่านหัว Seismic Sensor ห่างประมาณ 10 เมตร แล้วทำการวัดบันทึกสัญญาณความสั่นสะเทือนลง Disk

2.4.2.4 ให้นำรถยนต์วิ่งผ่านหัว Seismic Sensor ระยะห่างประมาณ 10 เมตร แล้วทำการวัดและบันทึกสัญญาณความสั่นสะเทือนลง Disk

2.4.2.5 ทำการทดลองซ้ำอย่างนี้ตั้งแต่ข้อ 1 – 5 ในภูมิภาคประเทศที่ต่าง ๆ กัน

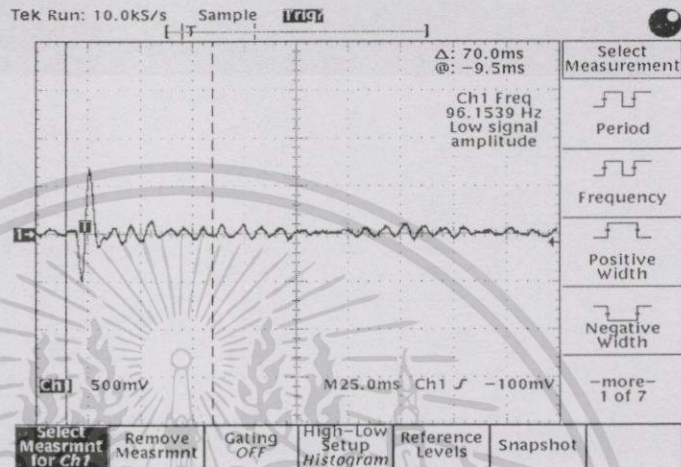
2.4.3 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบสัญญาณความสั่นสะเทือนจากแหล่งต่าง ๆ ของสัญญาณคนเดินเท้าและสัญญาณรถยนต์วิ่งผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

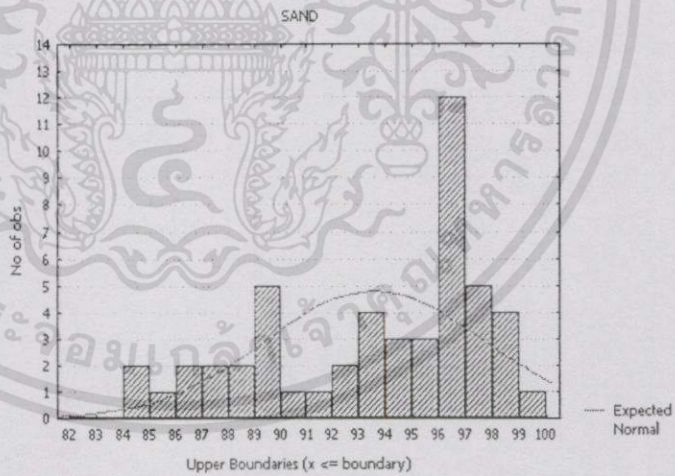
2.4.3.1 พื้นที่ราบชายฝั่งทะเลสภาพดินปนทราย จันทบุรี - ตราด

ความถี่รยอนต้ว้งบนดินปนทราย (Hz)

1	96.100	26	97.700
2	87.900	27	89.200
3	98.100	28	95.000
4	88.200	29	96.500
5	94.200	30	96.100
6	88.400	31	84.900
7	91.100	32	92.700
8	90.000	33	93.400
9	89.300	34	98.700
10	90.500	35	95.100
11	96.300	36	87.700
12	97.900	37	96.600
13	99.300	38	95.400
14	96.800	39	93.200
15	92.100	40	96.900
16	85.700	41	84.400
17	93.400	42	93.400
18	86.900	43	96.100
19	97.500	44	95.000
20	98.500	45	97.800
21	95.300	46	89.800
22	86.900	47	98.100
23	96.500	48	96.800
24	96.100	49	97.200
25	89.700	50	96.400



รูปที่ 2.17 รูปคลื่นรยอนต้ว้งบนดินปนทราย



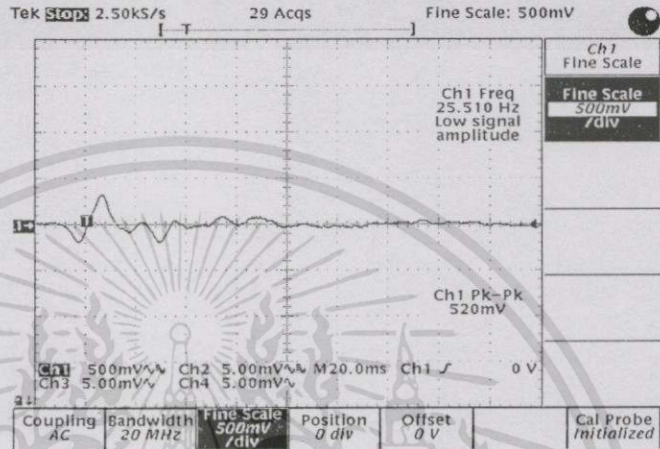
รูปที่ 2.18 กราฟรยอนต้ว้งบนดินปนทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

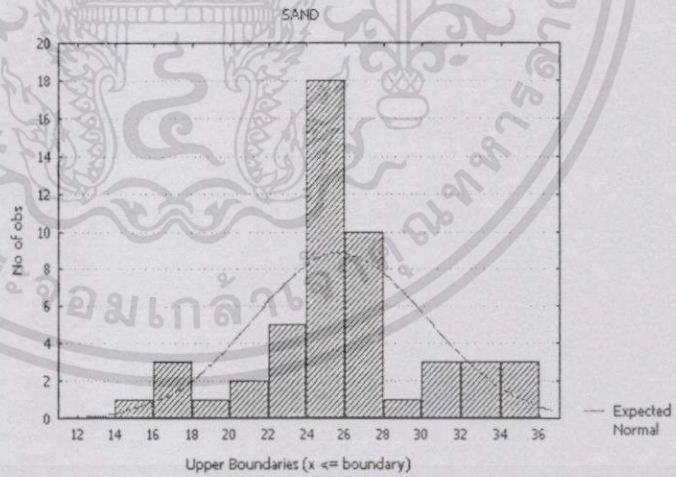
พื้นที่ราบชายฝั่งทะเลสภาพดินปนทราย จันทบุรี - ตราด

ความถี่คลื่นดินปนทราย (Hz)

1	25.000	26	24.200
2	25.500	27	32.800
3	26.000	28	16.200
4	24.300	29	17.400
5	23.100	30	33.500
6	27.500	31	32.600
7	26.400	32	23.700
8	24.400	33	24.900
9	25.200	34	30.200
10	22.800	35	25.400
11	24.700	36	26.700
12	27.100	37	16.800
13	25.000	38	34.900
14	26.300	39	35.200
15	24.500	40	15.100
16	21.800	41	25.200
17	29.500	42	26.700
18	24.300	43	27.400
19	25.600	44	23.800
20	26.200	45	22.900
21	19.400	46	35.300
22	31.200	47	24.100
23	30.100	48	21.500
24	25.700	49	26.300
25	26.100	50	24.700



รูปที่ 2.19 รูปคลื่นดินปนทราย



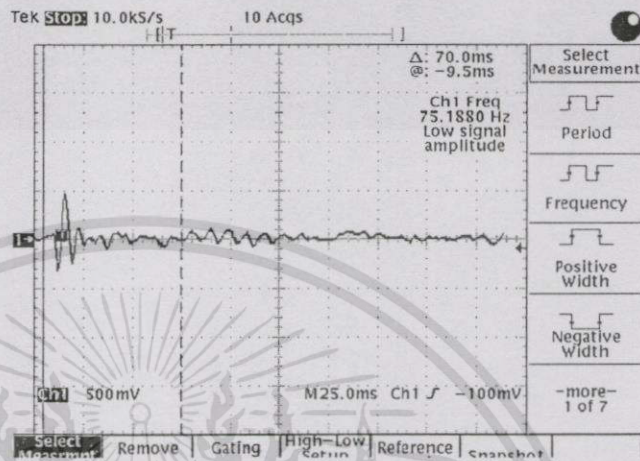
รูปที่ 2.20 กราฟดินปนทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

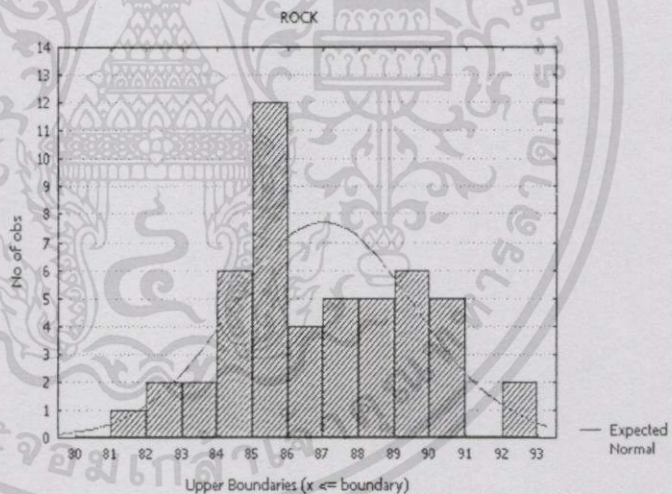
2.4.3.2 พื้นที่ป่าเขาสภาพหินดินดาน นครราชสีมา

ความถี่รยงนต้ว้งบนหินดินดาน (Hz)

1	83.400	26	81.200
2	85.800	27	89.700
3	88.600	28	90.600
4	89.600	29	90.700
5	88.100	30	85.800
6	83.000	31	92.400
7	86.900	32	86.300
8	90.400	33	87.400
9	90.400	34	83.900
10	92.400	35	85.300
11	88.500	36	91.000
12	89.800	37	84.300
13	85.600	38	86.900
14	87.700	39	85.300
15	86.000	40	85.100
16	85.900	41	87.900
17	89.400	42	84.900
18	85.900	43	89.100
19	88.400	44	86.300
20	89.100	45	87.400
21	84.500	46	85.900
22	87.300	47	85.900
23	82.400	48	84.400
24	88.600	49	85.400
25	84.400	50	84.900



รูปที่ 2.21 รูปคลื่นรยงนต้ว้งบนหินดินดาน



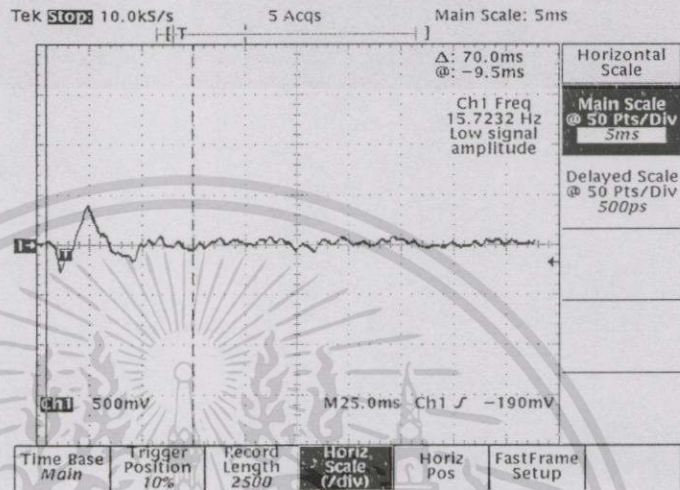
รูปที่ 2.22 กราฟรยงนต้ว้งบนหินดินดาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

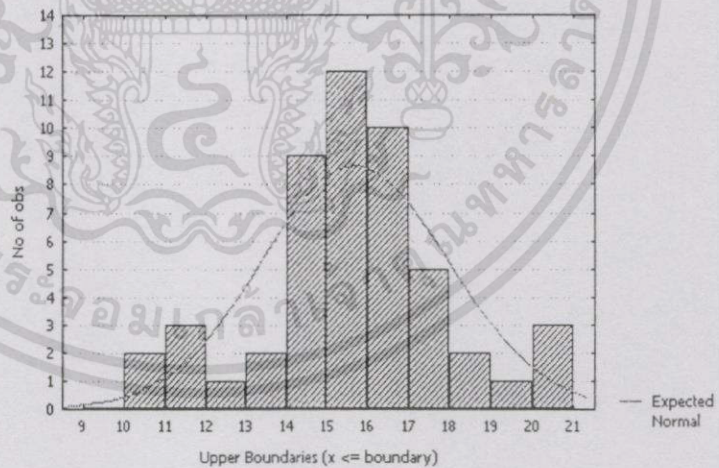
พื้นที่ป่าเขาสภาพหินดินดาน นครราชสีมา

ความถี่คลื่นดินบนหินดินดาน (Hz)

1	15.500	26	20.800
2	15.800	27	10.300
3	14.600	28	15.800
4	16.500	29	14.600
5	13.100	30	16.200
6	19.400	31	15.400
7	11.000	32	14.500
8	16.700	33	17.300
9	14.300	34	13.400
10	15.500	35	15.700
11	16.800	36	14.800
12	17.800	37	16.200
13	11.400	38	18.400
14	20.400	39	11.700
15	14.600	40	17.400
16	16.800	41	20.200
17	15.900	42	15.200
18	12.500	43	16.400
19	15.400	44	16.400
20	18.500	45	17.900
21	16.700	46	15.200
22	11.800	47	14.100
23	15.400	48	16.800
24	17.200	49	15.800
25	14.500	50	14.200



รูปที่ 2.23 รูปคลื่นดินบนหินดินดาน



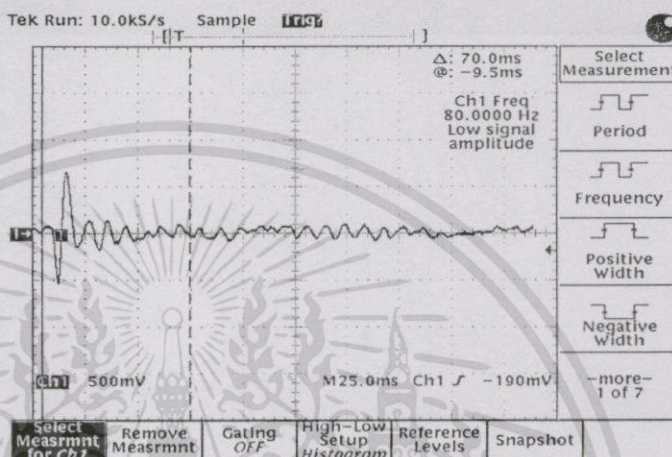
รูปที่ 2.24 กราฟคลื่นดินบนหินดินดาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

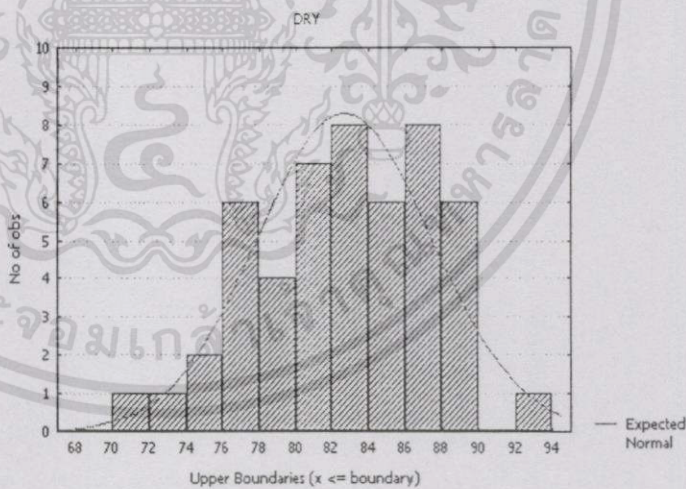
2.4.3.3 พื้นที่ราบลุ่มน้ำสภาพดินเหนียว จังหวัดลพบุรี

ความถี่รยชนต้ว้งบนดินเหนียว (Hz)

1	82.900	26	81.300
2	84.300	27	84.600
3	83.200	28	89.500
4	82.500	29	85.200
5	79.900	30	80.000
6	80.100	31	79.500
7	81.800	32	81.600
8	77.400	33	85.300
9	87.100	34	76.200
10	89.100	35	84.700
11	86.600	36	75.600
12	88.400	37	77.300
13	86.400	38	88.000
14	88.600	39	85.400
15	84.900	40	80.400
16	83.400	41	81.300
17	85.100	42	83.900
18	81.900	43	75.000
19	84.100	44	88.100
20	83.200	45	79.100
21	82.300	46	80.400
22	78.200	47	84.800
23	76.300	48	82.600
24	75.800	49	83.600
25	80.600	50	83.000



รูปที่ 2.25 รูปคลื่นรยชนต้ว้งบนดินเหนียว



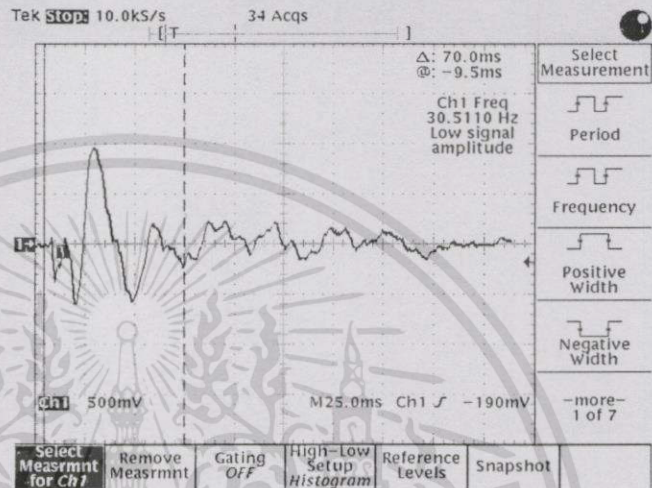
รูปที่ 2.26 กราฟรยชนต้ว้งบนดินเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

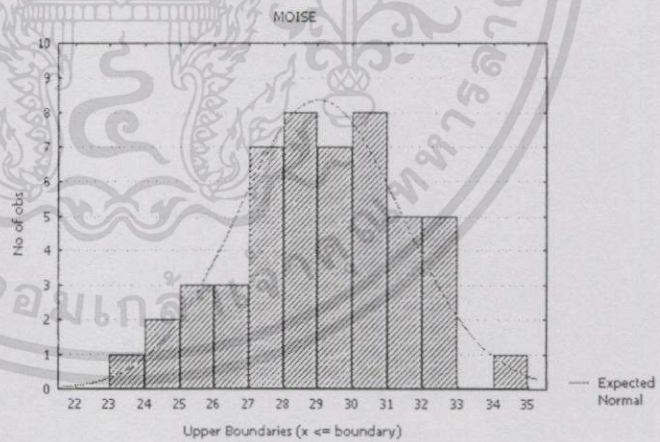
พื้นที่ราบลุ่มน้ำสภาพดินเหนียว จังหวัดลพบุรี

ความถี่คนเดินบนดินเหนียว (Hz)

1	31.500	26	32.400
2	34.200	27	29.300
3	28.700	28	28.500
4	26.500	29	29.700
5	29.800	30	27.500
6	32.400	31	30.200
7	30.200	32	32.100
8	31.000	33	25.500
9	32.600	34	26.300
10	28.400	35	30.200
11	27.600	36	28.900
12	29.200	37	29.200
13	27.300	38	27.600
14	29.400	39	25.400
15	30.500	40	26.200
16	28.700	41	28.400
17	31.400	42	30.200
18	30.200	43	31.400
19	32.600	44	27.500
20	27.800	45	25.600
21	28.400	46	28.100
22	24.500	47	29.400
23	23.600	48	24.300
24	27.700	49	31.500
25	31.200	50	30.400



รูปที่ 2.27 รูปคลื่นคนเดินบนดินเหนียว



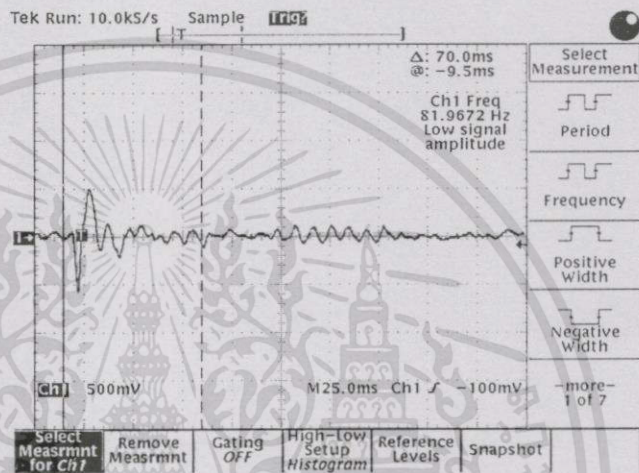
รูปที่ 2.28 กราฟคนเดินบนดินเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

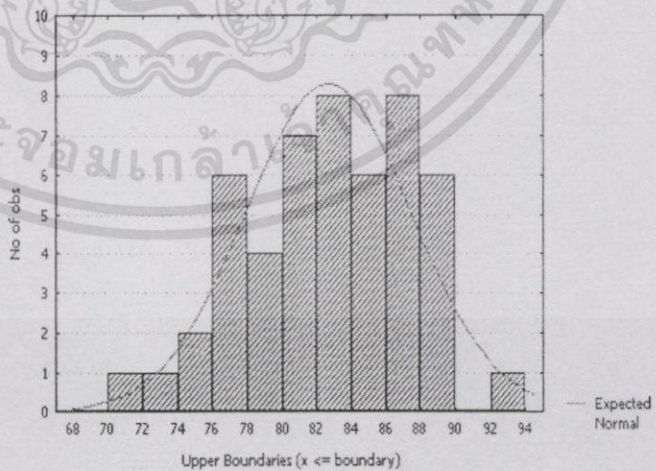
2.4.3.4 พื้นที่ราบท้องนาสภาพดินร่วน จังหวัดราชบุรี

ความถี่รยอนดิ่งวงบนดินร่วน (Hz)

1	74.000	26	81.100
2	81.900	27	86.300
3	82.300	28	87.400
4	83.000	29	76.300
5	84.900	30	78.400
6	76.100	31	86.300
7	83.300	32	80.300
8	88.800	33	81.300
9	86.800	34	83.400
10	78.900	35	77.600
11	76.300	36	85.900
12	82.400	37	81.300
13	84.100	38	82.400
14	85.600	39	86.700
15	80.700	40	75.300
16	81.300	41	86.200
17	92.900	42	85.500
18	88.600	43	88.200
19	83.300	44	89.700
20	84.500	45	87.900
21	82.300	46	89.600
22	77.500	47	89.900
23	78.300	48	86.300
24	79.400	49	75.700
25	76.900	50	71.200



รูปที่ 2.29 รูปคลื่นรยอนดิ่งวงบนดินร่วน



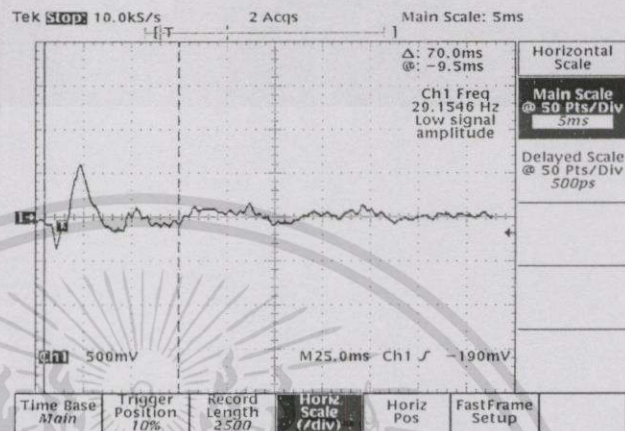
รูปที่ 2.30 กราฟรยอนดิ่งวงบนดินร่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

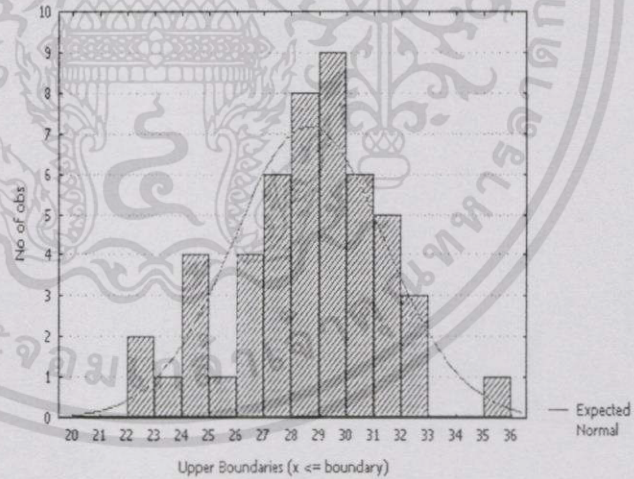
พื้นที่ราบที่องนาสภาพดินร่วน จังหวัดราชบุรี

ความถี่คลื่นดินบนดินร่วน (Hz)

1	27.400	26	31.400
2	28.600	27	32.000
3	24.200	28	26.400
4	25.600	29	35.600
5	22.300	30	32.000
6	26.800	31	30.400
7	31.000	32	24.500
8	32.100	33	28.600
9	29.400	34	27.600
10	28.700	35	23.200
11	30.200	36	31.700
12	32.400	37	29.600
13	26.500	38	26.500
14	27.900	39	27.400
15	28.100	40	31.700
16	24.300	41	30.600
17	29.500	42	28.600
18	30.000	43	29.200
19	32.200	44	22.600
20	24.300	45	28.700
21	28.400	46	29.200
22	29.800	47	30.100
23	27.600	48	27.600
24	29.600	49	29.400
25	28.700	50	30.600



รูปที่ 2.31 รูปคลื่นดินบนดินร่วน



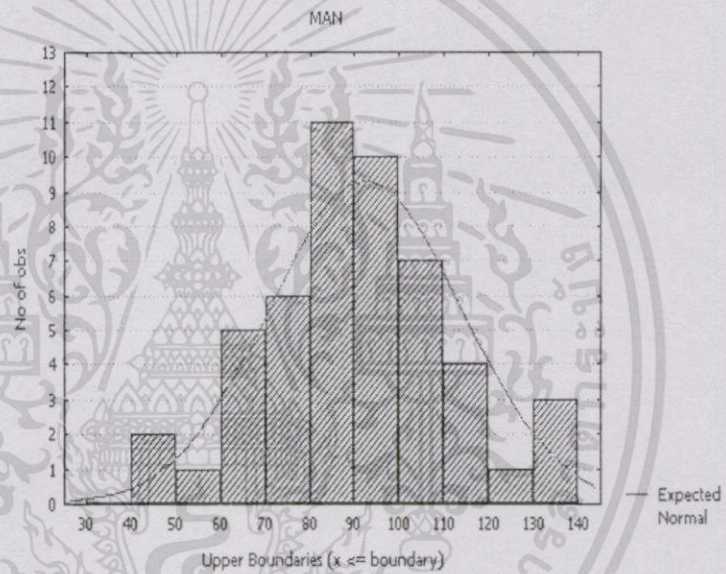
รูปที่ 2.32 กราฟดินบนดินร่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบช่วงเวลาระหว่างคนกับรถยนต์

ช่วงเวลาคอนเดิน (ms)

1	82.000	26	140.000
2	95.000	27	85.000
3	87.000	28	90.000
4	86.000	29	110.000
5	83.000	30	110.000
6	70.000	31	73.000
7	95.000	32	120.000
8	110.000	33	84.000
9	76.000	34	95.000
10	106.000	35	90.000
11	94.000	36	70.000
12	83.000	37	110.000
13	64.000	38	95.000
14	120.000	39	98.000
15	72.000	40	96.000
16	45.000	41	65.000
17	125.000	42	120.000
18	110.000	43	85.000
19	59.000	44	97.000
20	98.000	45	110.000
21	132.000	46	80.000
22	47.000	47	120.000
23	86.000	48	65.000
24	95.000	49	80.000
25	132.000	50	78.000

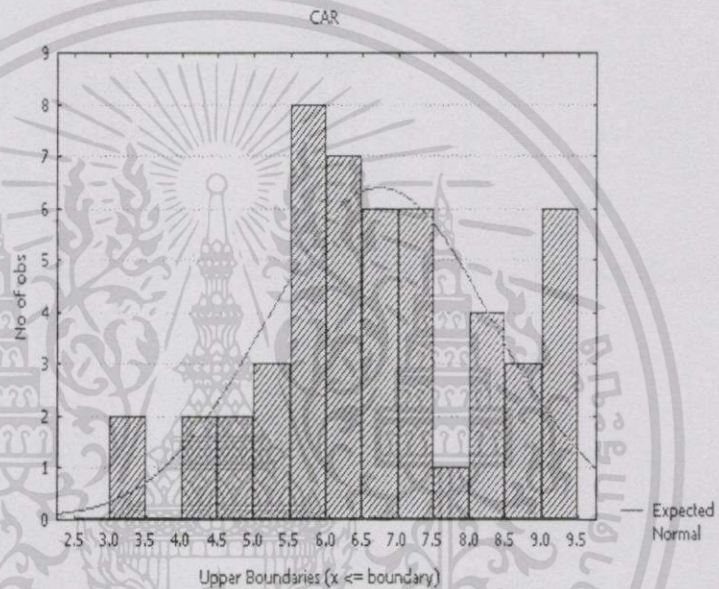


รูปที่ 2.33 กราฟช่วงเวลาคอนเดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงเวลาของรถยนต์ (s)

1	7.200	26	6.800
2	6.100	27	7.500
3	6.900	28	8.200
4	5.200	29	9.100
5	6.300	30	4.600
6	9.400	31	7.100
7	4.600	32	8.200
8	5.700	33	6.400
9	8.600	34	8.300
10	6.400	35	9.100
11	5.500	36	8.600
12	9.200	37	4.200
13	7.000	38	5.700
14	6.400	39	6.500
15	3.200	40	3.200
16	5.800	41	8.600
17	7.400	42	6.900
18	6.000	43	7.300
19	5.900	44	4.400
20	9.200	45	5.600
21	5.400	46	6.700
22	6.200	47	7.200
23	7.700	48	9.100
24	6.600	49	5.700
25	5.900	50	8.200



รูปที่ 2.34 กราฟช่วงเวลารถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 สรุปผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ

1. สัมผัสความสั่นสะเทือนของคนเดินในพื้นที่ของดินแต่ละชนิดจะใกล้เคียงกันในเรื่องของความถี่จะอยู่ในช่วงของความถี่ประมาณ 15 – 30 Hz
2. สัมผัสความสั่นสะเทือนของรถยนต์วิ่งในพื้นที่ของดินแต่ละชนิดจะใกล้เคียงกันในเรื่องของความถี่จะอยู่ในช่วงของความถี่ประมาณ 75 – 96 Hz
3. สัมผัสความสั่นสะเทือนของคนเดินในพื้นที่ของดินแต่ละชนิดจะใกล้เคียงกันในเรื่องในช่วงเวลาจะอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 8 – 190 ms
4. สัมผัสความสั่นสะเทือนของรถยนต์วิ่งในพื้นที่ของดินแต่ละชนิดจะใกล้เคียงกันในเรื่องในช่วงเวลาจะอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 2.95 – 9.35 s



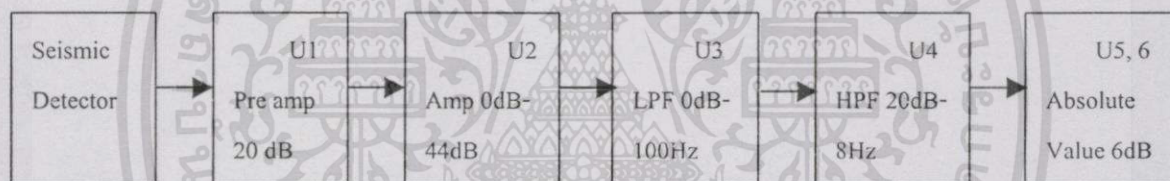
บทที่ 3

การออกแบบวงจรวิเคราะห์สัญญาณความสั่นสะเทือน

ในวิทยานิพนธ์นี้ ได้ทำการออกแบบการวิเคราะห์สัญญาณความสั่นสะเทือนของคนเดินผ่านหรือรถยนต์วิ่งผ่าน จะนำสัญญาณจากการตรวจจับความสั่นสะเทือนโดย Geophone ป้อนให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะทำหน้าที่วิเคราะห์สัญญาณว่าเกิดจากการสั่นสะเทือนชนิดใด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การดำเนินการสร้างสัญญาณ (Processing)

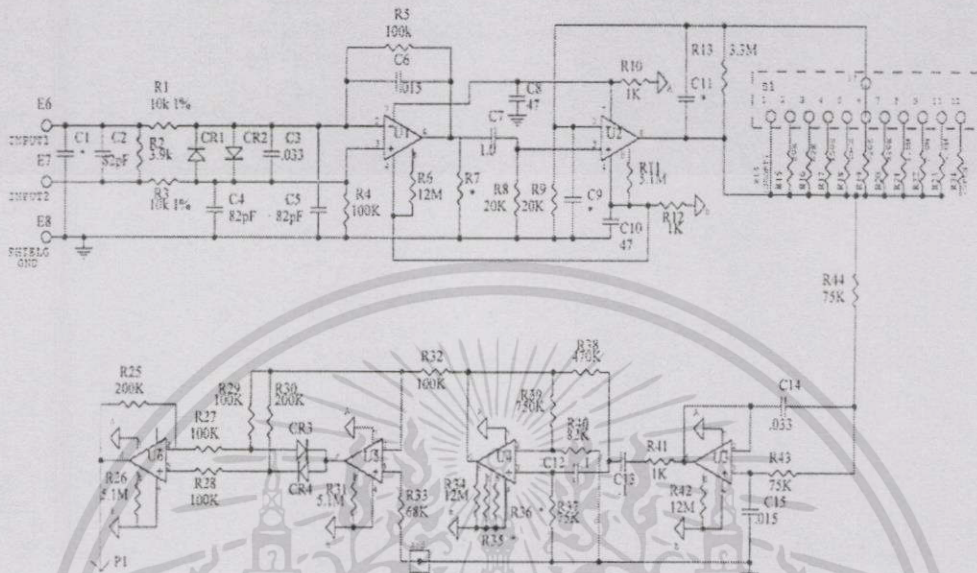
การดำเนินการสร้างสัญญาณจะนำสัญญาณเอาต์พุต ที่ได้จากการตรวจจับของตัวตรวจจับความสั่นสะเทือน คือ Geophone มาขยายสร้างเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าโดยมีเงื่อนไขของความถี่และช่วงเวลามาเป็นตัวกำหนด โดยมีบล็อกไดอะแกรมดังนี้



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการดำเนินการสร้างสัญญาณ

จากรูปที่ 3.1 เป็นบล็อกไดอะแกรมการดำเนินการสร้างสัญญาณความสั่นสะเทือน บล็อกไดอะแกรมที่ 1 เป็นบล็อกไดอะแกรมของตัวตรวจจับความสั่นสะเทือน ซึ่งจะทำหน้าที่ในการตรวจจับรับความสั่นสะเทือนจากพื้นดินที่ฝังตัวตรวจจับนี้ไว้ภายใต้พื้นผิวดิน บล็อกไดอะแกรมที่ 2 เป็นการขยายสัญญาณความสั่นสะเทือนที่ตรวจจับได้เบื้องต้น โดยให้มีขนาด 20 dB บล็อกไดอะแกรมที่ 3 เป็นบล็อกไดอะแกรมของแอมป์ขยาย จะเป็นการขยายสัญญาณ ตั้งแต่ 0 dB – 44 dB บล็อกไดอะแกรมที่ 4 จะเป็นการจำกัดความถี่โดยการกรองให้ความถี่ที่ต่ำกว่า 100 Hz ผ่านไปเท่านั้น บล็อกไดอะแกรมที่ 5 เป็นการกรองความถี่และคัดเลือกเกณฑ์อีกครั้ง โดยให้ความถี่ที่สูงกว่า 8 Hz และเกณฑ์ 20 dB ผ่านไปเท่านั้น ส่วนบล็อกไดอะแกรมสุดท้ายจะเป็นสัญญาณที่ถูกต้องแท้จริงของสัญญาณที่เกิดจากคนเดินผ่านหรือสัญญาณที่เกิดจากรถยนต์วิ่งผ่าน โดยจะสร้างเกณฑ์ให้ได้ 6 dB สรุปโดยรวมแล้วจาก บล็อกไดอะแกรมทั้ง 6 บล็อกไดอะแกรม ตั้งแต่บล็อกไดอะแกรมที่ 1-6 เป็นการป้องกันอินพุตเป็นการจำกัดความถี่ให้คงที่ และเป็นการเปลี่ยนแปลงและคัดเลือกเกณฑ์ และลักษณะของสัญญาณที่ถูกต้องที่เกิดจากคนเดินผ่าน และรถยนต์วิ่งผ่าน โดยมีเกณฑ์การขยายรัศมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจจับให้กว้างตั้งแต่ 46 dB – 90 dB โดยมีให้เลือก 11 ตำแหน่ง ความกว้างของแถบความถี่ทั้งหมดประมาณ 10 - 100 Hz



รูปที่ 3.2 วงจรการ Processing สัญญาณความถี่ต่ำ

จากรูปที่ 3.2 เป็นวงจรการ Processing สัญญาณความถี่ต่ำ จากวงจรจะเห็นว่า อินพุตของวงจรจะมี 2 อินพุต คือ อินพุตที่ 1 และอินพุตที่ 2 U 1 ซึ่งเป็นเบอร์ 4250 เป็น Pre amp จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณความถี่ต่ำที่ตรวจจับได้จาก Geophone ที่ส่งต่อเข้ามาทางสายเข้าที่อินพุตที่ 1 และอินพุตที่ 2 การขยายสัญญาณนั้นจะเป็นการขยายสัญญาณโดยเบี่ยงต้นก่อนเพื่อให้เกิดความแรงเท่ากับ 20 dB อินพุตอิมพีแดนซ์ประมาณ 3800 โอห์ม วงจรทางด้านอินพุตนี้จะออกแบบให้เป็นการบายพาสสัญญาณคือวิหตุลกราวด์หรือเป็นการป้องกันสัญญาณ transient หรือสัญญาณ สไปซ์ที่เกินขนาดลงกราวด์ด้วย การทำงานของ IC 4250 ซึ่งเป็นออฟแอมป์นั้นจะเป็นการขยายสัญญาณที่แตกต่างกันของความถี่ต่ำที่ 20 dB 100 Hz ซึ่งสามารถคำนวณพิสูจน์ได้จากสมการข้างล่างนี้

U1	Pre Amp.	=	20dB
จาก	$A = R_f / R_{in} = 100\text{ k} / 10\text{ k}$	=	10 เท่า
อัตราขยาย (dB)		=	$20 \log A$
		=	$20 \log 10$
		=	20 dB

A = อัตราการขยายดิฟเฟอเรนเชียล (Inverting gain)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจร IC ตัวที่ 2 หรือ U2 นั้นเป็นแอมป์ไฟฟาย จะเป็นการขยายสัญญาณตั้งแต่ 0 dB – 44 dB โดยมีความไวให้เลือก 11 ตำแหน่งโดยมีการขยายตาม SW Select ที่เลือกค่า R โดยเพิ่ม 6 dB/1 ตำแหน่งที่ความไวต่ำและ 3 dB/1 ตำแหน่งที่ความไวสูง อัตราการขยาย (A) มีการคำนวณแบบ Non-inverting สามารถดูเกณฑ์การขยายได้จากตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การตั้งเกณฑ์

Setting Value	Gain (dB)	Gain (dB)รวม
1	0	46
2	6	52
3	12	58
4	18	64
5	23	69
6	27	73
7	31	77
8	35	81
9	38	84
10	41	87
11	44	90

จากตารางสามารถคำนวณพิสูจน์ให้เห็นว่า SW1 ถึง SW11 นั้นได้เกณฑ์อย่างไร

$$\begin{aligned} \text{จาก } A &= 1 + (R_f / R_{in}) \\ \text{SW1} &= 1 + (0 / 20 \text{ k}) \\ &= 1 + 0 = 1 \\ \text{Gain dB} &= 20 \log 1 = 20 \log 1 = 0 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\text{SW 2}) ; A &= 1 + [(3.3\text{M} // 20\text{k}) / 20\text{k}] \\ &= 1 + \left[\left(\frac{3.3\text{M} \times 20 \text{ k}}{3.3\text{M} + 20 \text{ k}} \right) / 20 \text{ k} \right] \\ &= 1 + 0.993975 = 1.993975 \\ \text{Gain(dB)} &= 20 \log 1.993975 = 5.994394 = 6 \text{ dB} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 (\text{SW3}) ; A &= 1 + [(62\text{k} // 3.3\text{M}) / 20\text{k}] \\
 &= 1 + \left[\left(\frac{3.3\text{M} \times 62\text{k}}{3.3\text{M} + 62\text{k}} \right) / 20\text{k} \right] \\
 &= 1 + 3.042831 = 4.042831 \\
 \text{gain (dB)} &= 20 \log 4.042831 = 12.133 \approx 12 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (\text{SW4}) ; A &= 1 + [(150\text{k} // 3.3\text{M}) / 20\text{k}] \\
 &= 1 + \left[\left(\frac{3.3\text{M} \times 150\text{k}}{3.3\text{M} + 150\text{k}} \right) / 20\text{k} \right] \\
 &= 1 + 7.173913 = 8.173913 \\
 \text{gain (dB)} &= 20 \log 8.173913 = 18.248 \approx 18 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (\text{SW5}) ; A &= 1 + [(300\text{k} // 3.3\text{M}) / 20\text{k}] \\
 &= 1 + \left[\left(\frac{3.3\text{M} \times 300\text{k}}{3.3\text{M} + 300\text{k}} \right) / 20\text{k} \right] \\
 &= 1 + 13.75 = 14.75 \\
 \text{gain (dB)} &= 20 \log 14.75 = 23.375 \approx 23 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (\text{SW6}) ; A &= 1 + [(510\text{k} // 3.3\text{M}) / 20\text{k}] \\
 &= 1 + \left[\left(\frac{3.3\text{M} \times 510\text{k}}{3.3\text{M} + 510\text{k}} \right) / 20\text{k} \right] \\
 &= 1 + 22.086614 = 23.086614 \\
 \text{gain (dB)} &= 20 \log 23.086614 = 27.267 \approx 27 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (\text{SW7}) ; A &= 1 + [(910\text{k} // 3.3\text{M}) / 20\text{k}] \\
 &= 1 + \left[\left(\frac{3.3\text{M} \times 910\text{k}}{3.3\text{M} + 910\text{k}} \right) / 20\text{k} \right] \\
 &= 1 + 35.665 = 36.665 \\
 \text{gain (dB)} &= 20 \log 36.665 = 31.285 \approx 31 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 (\text{SW8}) ; A &= 1 + [(1.5\text{M} // 3.3\text{M}) / 20\text{k}] \\
 &= 1 + \left[\left(\frac{1.5\text{M} \times 3.3\text{M}}{1.5\text{M} + 3.3\text{M}} \right) / 20\text{k} \right] \\
 &= 1 + 51.5625 = 52.5625 \\
 \text{gain (dB)} &= 20 \log 52.5625 = 34.413 \approx 35 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (\text{SW9}) ; A &= 1 + [(3.0\text{M} // 3.3\text{M}) / 20\text{k}] \\
 &= 1 + \left[\left(\frac{3.0\text{M} \times 3.3\text{M}}{3.0\text{M} + 3.3\text{M}} \right) / 20\text{k} \right] \\
 &= 1 + 78.571428 = 79.571428 \\
 \text{gain (dB)} &= 20 \log 79.571428 = 38.015 \approx 38 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (\text{SW10}) ; A &= 1 + [(6.8\text{M} // 3.3\text{M}) / 20\text{k}] \\
 &= 1 + \left[\left(\frac{6.8\text{M} \times 3.3\text{M}}{6.8\text{M} + 3.3\text{M}} \right) / 20\text{k} \right] \\
 &= 1 + 111.089108 = 112.089108 \\
 \text{gain (dB)} &= 20 \log 112.089108 = 40.9912 \approx 41 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (\text{SW11}) ; A &= 1 + (3.3\text{M} / 20\text{k}) \\
 &= 1 + 165 = 166 \\
 \text{Gain (dB)} &= 20 \log A = 20 \log 166 = 44.4 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

จากรูปที่ 3.2 เป็นวงจร processing สัญญาณความถี่เสียงที่ IC ตัวที่ 3 หรือ U3 จะเป็นการจำกัดความถี่โดยการกรองให้ความถี่ที่ต่ำกว่า 100 Hz ผ่านไปเท่านั้น ส่วนเกณฑ์การขยายเป็น 0 dB โดยแสดงการคำนวณได้ดังนี้

U3 LPF 0dB 100Hz

$$\begin{aligned}
 \text{จาก } f_c &= \frac{1}{2\pi RC} \\
 &= \frac{1}{2\pi(75\text{K})(.015 \times 10^{-6})} \\
 &= 141.47 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

จากตัวที่ 4 หรือ U4 เป็นการกรองความถี่และคัดเลือกเกณฑ์อีกครั้งโดยให้ความถี่ที่สูงกว่า 8 Hz ผ่านไปเท่านั้น และมีเกณฑ์การขยาย 20 dB สามารถแสดงการคำนวณได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

U4 HPF 20 dB, 8 Hz

$$C_1 = .1\mu\text{F}$$

$$R_1 = 470\text{k}, \quad R_2 = 75\text{k}$$

$$R_f = 750\text{k}, \quad R_{in} = 82\text{k}$$

$$\begin{aligned} \text{จาก } f_c &= \frac{1}{2\pi C_1 \sqrt{R_1 \times R_2}} \\ &= \frac{1}{2\pi (.1 \times 10^{-6}) \sqrt{470\text{k} \times 75\text{k}}} \\ &= \frac{1}{0.117966} = 8.476 \approx 8 \text{ Hz} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{อัตราขยาย (A)} &= \frac{1 + R_f / R_{in}}{1 + 750\text{k} / 82\text{k}} \\ &= \frac{1 + 9.146}{10.146} = 10.146 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{อัตราขยาย (dB)} &= 20 \log A \\ &= 20 \log 10.146 = 20.126 \approx 20 \text{ dB} \end{aligned}$$

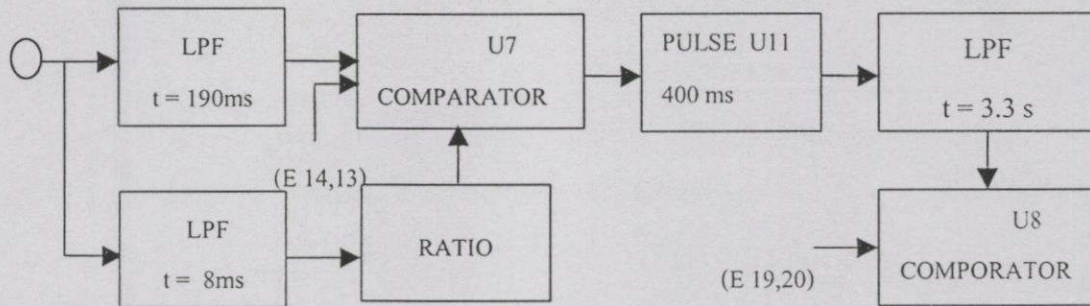
3.2 การแยกลักษณะเด่นของสัญญาณ (Feature Extraction)

การแยกลักษณะเด่นของสัญญาณในงานวิจัยนี้ หมายถึงลักษณะเด่นของสัญญาณความถี่ที่สะเทือนที่เกิดจากคนเดินและรถยนต์วิ่งผ่านที่ผ่านการ processing มาจากภาคแรกซึ่งเป็นสัญญาณที่ผ่านการคัดเลือกที่ถูกต้องแล้วมาต่อเข้ากับอินพุทของภาคแยกลักษณะเด่นของสัญญาณ ซึ่งมีอยู่ 2 อินพุท ด้วยกันที่ต่อแยกออกไปคือ วงจรคัดเลือกสัญญาณสันสะเทือนของบุคคลเดินเท้า หรือ pedestrian (P) และวงจรคัดเลือกสัญญาณสันสะเทือนของรถยนต์ หรือ Vehicle (V) การทำงานนั้นจะขึ้นอยู่กับว่าสัญญาณความถี่ที่เข้ามาจะเป็นสัญญาณที่เกิดจากผู้นุกรุกชนิดใด ถ้าเป็นผู้นุกรุกที่เป็นบุคคลเดินเท้าเข้ามาสัญญาณก็จะไปเข้าที่อินพุท ของวงจรคัดเลือกสัญญาณสันสะเทือนของบุคคลเดินเท้า หรือ Pedestrian (P) ถ้าเป็นผู้นุกรุกที่เป็นยานพาหนะที่เป็นรถยนต์สัญญาณก็จะไปเข้าที่ วงจรคัดเลือกสัญญาณสันสะเทือนของรถยนต์ หรือ Vehicle (V)

3.2.1 ลักษณะเด่นของบุคคลเดินเท้า (Pedestrian)

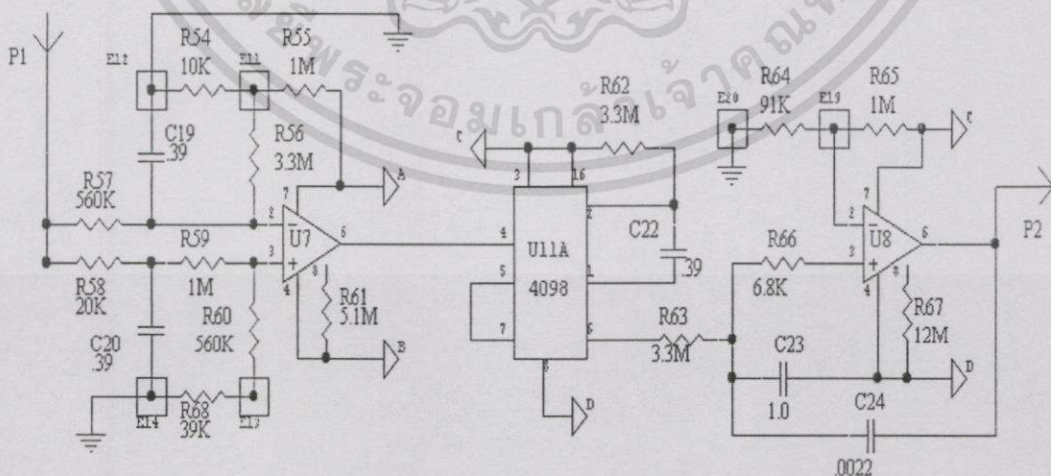
ลักษณะเด่นของสัญญาณความถี่ที่สะเทือนที่เกิดจากบุกรุกของบุคคลที่เดินทางเท่านั้นจะสามารถวัดได้โดยการหาค่าเฉลี่ยของเวลาที่มีอัตราส่วนกระตุ้นสัญญาณให้มากกว่าหรือเกินกว่าค่าที่ตั้งไว้ วงจรที่ตั้งค่าไว้ในที่นี้ก็คือ วงจร RC time constant, LPF Comparator, Ratio จากวงจรทั้งหมดนี้สามารถออกแบบและเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมของบุคคลเดินเท้า

จากบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 3.3 เป็นบล็อกไดอะแกรมของบุคคลเดินเท้าจะเห็นว่าบล็อกไดอะแกรมที่ 1 จะเป็นบล็อกไดอะแกรมของ LPF $t = 190 \text{ ms}$ และ LPF $t = 8 \text{ ms}$ หรือวงจร Long time และ Short time เมื่อไรก็ตามที่สัญญาณความถี่สูงของบุคคลเดินเท้าเข้ามาทางอินพุต วงจร Short time จะทำงานเร็วกว่า Long time ก็จะทำให้ LPF $t = 8 \text{ ms}$ กระตุ้นไปที่ขาบวกของ Comparator U7 โดยผ่านบล็อกไดอะแกรมของ RATIO ซึ่งทำหน้าที่ตั้งค่าอัตราส่วนในการที่จะกระตุ้นก็จะทำให้เกิด เอาท์พุท ขวบที่ขา 6 ของ U7 โดยสามารถทำการปรับตั้งค่าเปรียบเทียบได้ที่ E14 ,13 ได้ หลังจากนั้น Comparator U7 ก็จะป้อนสัญญาณกระตุ้นให้กับ U11 คือ Monostable Pulse 400 ms ทำงานโดยผลิต Pulse 400 ms ให้กับ LPF $t = 3.3\text{s}$ และ LPF จะส่งสัญญาณกระตุ้นให้กับ U8 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเปรียบเทียบสัญญาณโดยสามารถทำการปรับตั้งค่า ได้ที่ E19,20 ตามความเหมาะสมกับสถานการณ์ทำงานที่เป็นจริง ซึ่งจากบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 3.3 สามารถนำมาออกแบบสร้างเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 วงจรคัดเลือกลักษณะเด่นของสัญญาณบุคคลเดินเท้า

จากรูปที่ 3.4 เป็นการแสดงวงจรคัดเลือกสัญญาณความถี่สูงของบุคคลเดินเท้าจะเห็นได้ว่า U7 เป็น IC ออฟแอมป์ เบอร์ 4250 ที่มีขา 2, และขา 3 ต่อกับวงจร RC time Constant โดยที่ขา 3 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับผูกมัดให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของออฟแอมป์ U7 จะต่อเป็นวงจร Short time และขา 2 ของออฟแอมป์ U7 จะต่อเป็นวงจร Long time อยู่เพื่อทำการเปรียบเทียบเวลา ในการเดินทางมากระดุนขาทั้งสองของ ออฟแอมป์ ซึ่งจะทำให้เกิดผล เอาท์พุท ที่ขา 6 ของ U7 นั่นเอง การคิดคำนวณหาค่า RC time ของขาทั้งสอง นั้นแสดงได้ดังนี้

จากวงจรที่ขา 2 ค่า $R = 560 \times 1000$

ค่า $C = 0.39 \times 10^{-6}$

$$T = R \times C$$

$$= 560 \times 10^3 \times 0.39 \times 10^{-6}$$

$$= 218 \text{ ms}$$

จากวงจรที่ขา 3 ค่า $R = 20 \times 10^3$

ค่า $C = 0.39 \times 10^{-6}$

$$T = R \times C$$

$$= 20 \times 10^3 \times 0.39 \times 10^{-6}$$

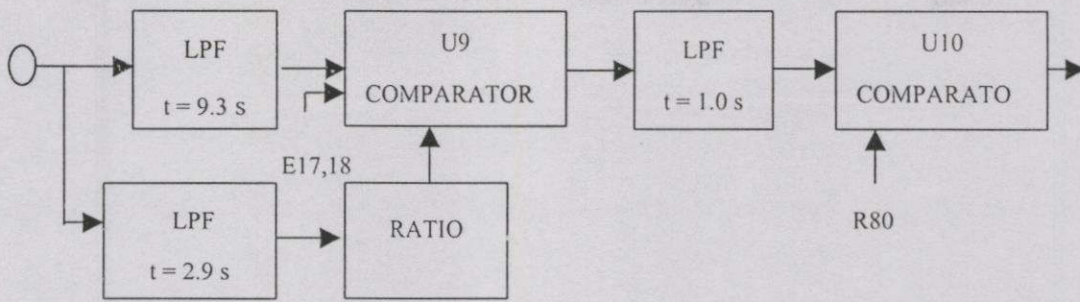
$$= 8 \text{ ms}$$

จากการคำนวณหาค่าเวลาของวงจรคัดเลือกสัญญาณสันสะท้อนของบุคคลเดินเท้าจะเห็นว่าคุณสมบัติของสัญญาณความสันสะท้อนของบุคคลเดินเท้าจะเข้าสู่วงจรคัดเลือกนั้นจะมีช่วงเวลาประมาณ 8 ms – 218 ms

จากวงจร U11 จะเป็น IC เบอร์ 4098 จะเป็น Mono stable ซึ่งทำหน้าที่ผลิต pulse 400 ms และสามารถปรับค่าของ time ได้โดยการปรับค่า RC คือ R62 และ C22 ได้ เพื่อป้อนให้กับ Low pass filter U8 มีเวลาเท่ากับ 3.3s โดยสามารถคำนวณได้จาก R63 และ C23 และสามารถปรับจูนค่าเปรียบเทียบได้ที่ E19 และ E20

3.2.2 ลักษณะเด่นของสัญญาณรถยนต์ (Vehicle)

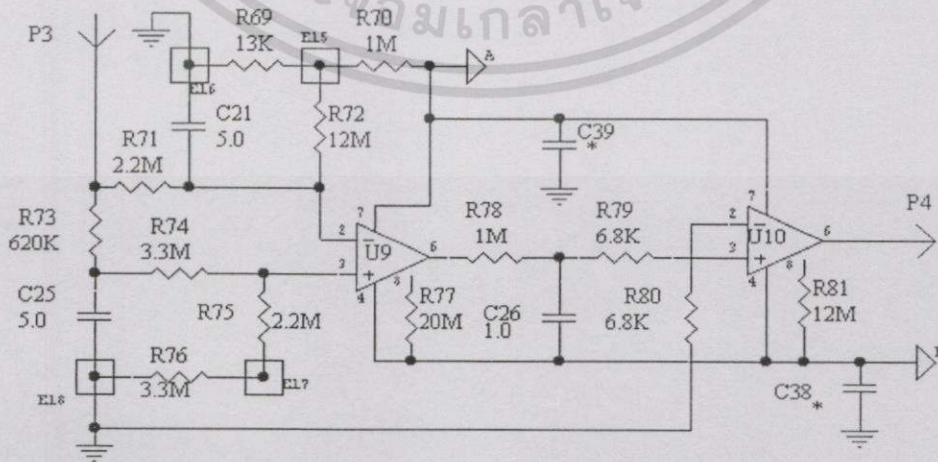
ลักษณะเด่นของสัญญาณความสันสะท้อนที่เกิดจากการบุกรุกของยานพาหนะก็สามารถตรวจจับได้โดยการใช้ค่าเฉลี่ยของคาบเวลาและความถี่มาเป็นตัวคัดเลือกค่าเฉลี่ยของคาบเวลานั้นจะใช้วงจร RC time Constant เป็นตัวกำหนด ส่วนเรื่องของความถี่นั้นเราจะใช้เป็นตัวกำหนดในวงจรเปรียบเทียบสัญญาณใช้ในการตั้งค่าในการปรับระดับ Filter circuit ตามความต้องการของแรงดันใช้แต่ละจุด วงจรทั้งหมดนี้สามารถออกแบบสร้างเป็นบล็อกลายไดอะแกรมได้ดังนี้



รูปที่ 3.5 บล็อกไดอะแกรมการคัดเลือกสัญญาณรถยนต์

จากบล็อกไดอะแกรม จะเห็นว่าวงจรที่นำมาคัดเลือกสัญญาณความถี่สั้นสะท้อนที่เกิดมาจากรถยนต์นั้นจะใช้ Low Pass Filter ที่ออกแบบใช้มีวงจร Short time และ Long time มาเป็นตัวกำหนดเวลาและรูปแบบในการกระตุ้นจากบล็อกไดอะแกรมจะเห็นว่าวงจร Short time นั้นมีค่าเวลาเท่ากับ 2.9 S และวงจร Long time มีค่าเวลาเท่ากับ 9.3 S และจะทำการกระตุ้นที่ขาลบของ Comparator และจะทำการกระตุ้นที่ขาบวกของ Comparator ตามลำดับ ที่ขาบวกของ Comparator นั้นสามารถทำการปรับระดับค่าของสัญญาณได้โดยการปรับอัตราส่วนของ V กับ R ได้ที่ E8, และ E9 หลังจากนั้น Comparator ก็จะทำเปรียบเทียบค่าของสัญญาณที่เข้ามาโดยปรับการตั้งค่าไว้ที่ E16,15 หลังจากสัญญาณที่เข้ามามีค่าเกินกว่าค่าที่ตั้งไว้ก็จะเกิดเอาท์พุท ที่ขา 6 ของ U9 เป็นสัญญาณป้อนให้กับ Low pass Filter ซึ่งมีค่าของเวลาเท่ากับ 1 วินาที โดยคิดคำนวณได้จากค่า R7 และ C26 ส่งต่อไปกับ Comparator U10 โดยทำการกระตุ้นที่ขาบวกและทำการตั้งค่าเปรียบเทียบไว้ที่ขาลบ โดยสามารถปรับค่าเปรียบเทียบได้โดย R80

จากรูปบล็อกไดอะแกรมทั้งหมดที่กล่าวมาสามารถนำมาออกแบบสร้างเป็นวงจรคัดเลือกสัญญาณความถี่สั้นสะท้อนได้ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรคัดเลือกสัญญาณรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

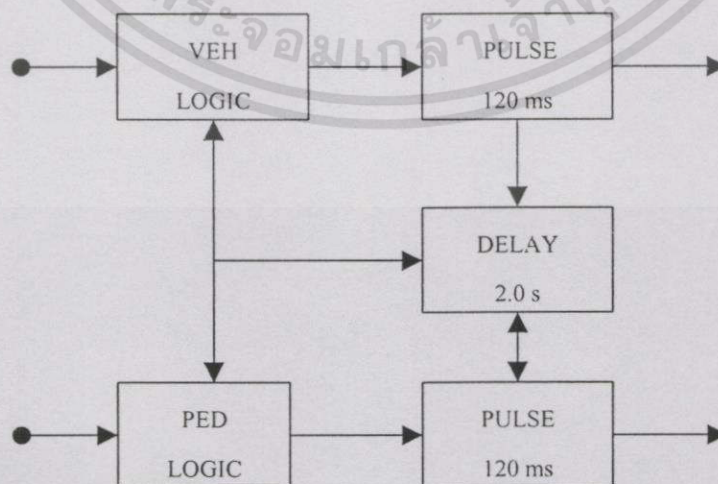
$$\begin{aligned}
 \text{จากขา 2 ค่า } R &= 2.2 \text{ M} \\
 \text{ค่า } C &= 5.0 \mu\text{F} \\
 T &= R \times C \\
 &= 2.2 \times 10^6 \times 5.0 \times 10^{-6} \\
 &= 11 \text{ s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{จากขา 3 ค่า } R &= 620 \text{ k} \\
 C &= 50 \mu\text{F} \\
 T &= R \times C \\
 &= 620 \times 10^3 \times 5.0 \times 10^{-6} \\
 &= 3 \text{ s}
 \end{aligned}$$

จากการคำนวณหาค่าเวลาของวงจรคัดเลือกสัญญาณความถี่ของรถยนต์จะเห็นว่าสัญญาณความถี่ของรถยนต์ที่จะเข้าสู่วงจรคัดเลือกนั้น จะมีค่าเวลาอยู่ในช่วงประมาณ 3s – 11s ต่อมาจาก Comparator ตัวที่หนึ่งจะป้อนสัญญาณมาที่ low pass Filter ซึ่งกำหนดเวลาไว้ที่ 1 วินาที โดยคำนวณหาค่า time ได้จาก R18 และ C26 และเข้าสู่ Comparator ตัวที่ 2 ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบระดับสัญญาณ โดยปรับได้จาก TH R80

3.3 การจัดจำพวกสัญญาณ (Classification)

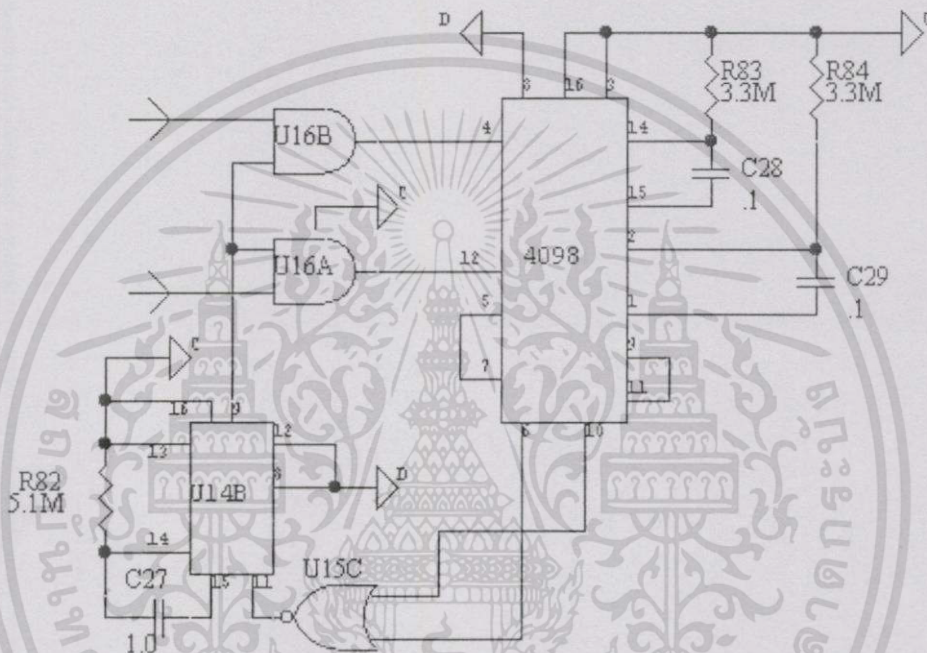
การจัดจำพวกสัญญาณความถี่ของรถยนต์นั้นจะมีอินพุตที่จะจัดจำพวกได้นี้มาจาก เอาท์พุทของ 2 วงจรที่สำคัญคือ วงจรคัดเลือกสัญญาณความถี่ของรถยนต์ที่เกิดจากบุคคลเดินเท้าและวงจรคัดเลือกสัญญาณความถี่ของรถยนต์ที่เกิดจากยานพาหนะรถยนต์วิ่งผ่านสามารถนำมาออกแบบสร้างเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังนี้



รูปที่ 3.7 บล็อกไดอะแกรมของการจัดจำพวกสัญญาณ (Classification)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 3.7 จะเห็นว่าอินพุตที่จะจัดจำพวกมีอยู่ 2 อินพุต คือ VEH LOGIC และ PED LOGIC ซึ่งสร้างขึ้นมาจาก U16 ซึ่งเป็น AND Gate หรือ IC เบอร์ 7408 ซึ่งจะทำหน้าที่เป็น Triggering สัญญาณให้กับ U13 ซึ่งเป็นตัวสร้าง pulse 120 ms ส่งออก เอาท์พุท U13 จะสร้างจาก TC เบอร์ 4098 ซึ่งเป็น Mono stable 2 ตัว ซึ่งอยู่ใน Case เดียวกัน สามารถ Generate pulse ออกมา 120 ms เพื่อที่จะส่งไปแสดงผลในพอร์ตที่เกิดการบุกรุก คือ พอร์ต 1, 2 ตามการกระตุ้นของวงจรทางอินพุตที่ได้รับการกระตุ้น



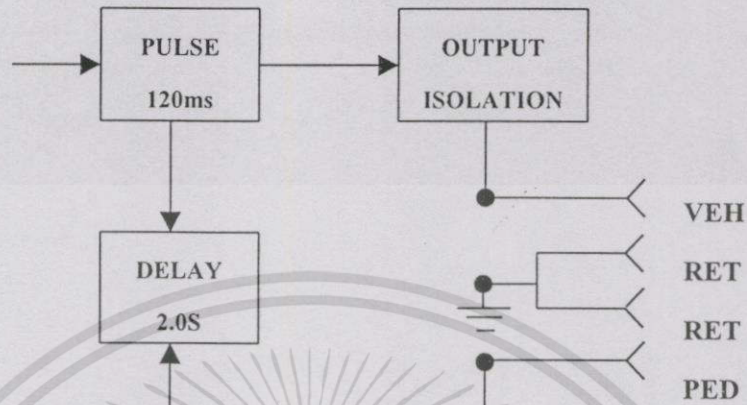
รูปที่ 3.8 วงจรการจัดจำพวกสัญญาณ (Classification)

จากวงจรจะเห็นว่าประกอบด้วย IC เบอร์ 7408 และ IC เบอร์ 4098 จะผลิตหรือสร้าง Trigger คนเดินเท้าและ Trigger รถยนต์วิ่งผ่านเมื่อไรก็ตามที่มีสัญญาณคนเดินผ่าน ปรากฏขึ้นมาอันดับแรกสัญญาณ Trigger ก็จะเกิดขึ้นภายใน 2 วินาที และเช่นเดียวกันถ้ามีสัญญาณรถยนต์ปรากฏขึ้นมา Trigger ก็จะผลิตสัญญาณ Trigger ออกมา 2 วินาที เพื่อส่งต่อไปกับภาค Generation output ต่อไป

3.4 การทำให้เกิดสัญญาณเอาต์พุท (Output Generation)

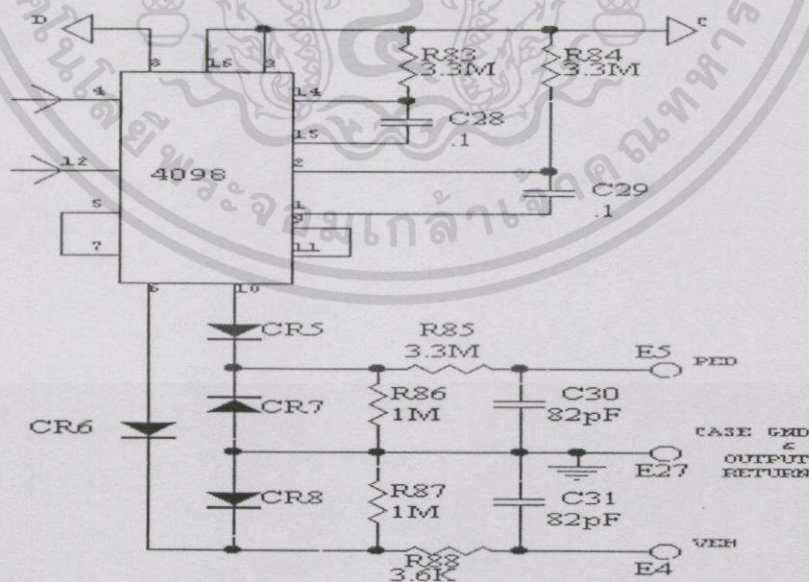
การทำให้เกิดเอาต์พุทในที่นี้ก็หมายถึง เอาต์พุทของวงจรวิเคราะห์สัญญาณความสั่นสะเทือนของบุคคลเดินเท้าหรือสัญญาณความสั่นสะเทือนของรถยนต์ จุดประสงค์การทำให้เกิดเอาต์พุทก็เพื่อจะแสดงให้เห็นทราบว่า การบุกรุกนั้นเกิดมาจากสัญญาณการสั่นสะเทือนชนิดใด ซึ่งจะผ่านการจัดจำพวกมาแล้วจากหัวข้อที่ผ่านมา การที่จะแสดงให้เห็นว่าการบุกรุกขึ้นเกิดจากสัญญาณความสั่นสะเทือนชนิดใดก็ต้องทำการกำหนดพอร์ตสัญญาณ โดยกำหนดให้การบุกรุกที่เกิดจากบุคคลนั้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นพอร์ท 1 และการบุกรุกที่เกิดจากรถยนต์นั้นเป็นพอร์ท 2 โดยที่สามารถออกแบบเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังนี้



รูปที่ 3.9 บล็อกไดอะแกรมการทำให้เกิดเอาท์พุท

จากรูปที่ 3.9 บล็อกไดอะแกรม Pulse 120 ms ซึ่งอยู่ในภาคการจดจำพวกนั้น จะป้อนให้กับ output isolation เพื่อที่จะทำให้เกิดสัญญาณเอาท์พุทเพื่อที่จะส่งต่อไปที่ภาคส่งสัญญาณต่อไป



รูปที่ 3.10 วงจรการทำให้เกิดเอาท์พุท (Output Isolation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจร IC 4098 เป็น Mono stable เป็นตัวกำหนด Pulse 120 ms โดยมี R83 และ C28 เป็นตัวกำหนดเวลา สัญญาณเอาต์พุตที่แท้จริงจะออกมาทางขา 6 และขา 10 ผ่านไดโอด ทางด้านบวก และสัญญาณจะมาออกแต่ละช่วงซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือสัญญาณความถี่ของรถยนต์ และสัญญาณความถี่ของบุคคลเดินเท้าที่ E5 และ E4 โดยมี E27 เป็น Common

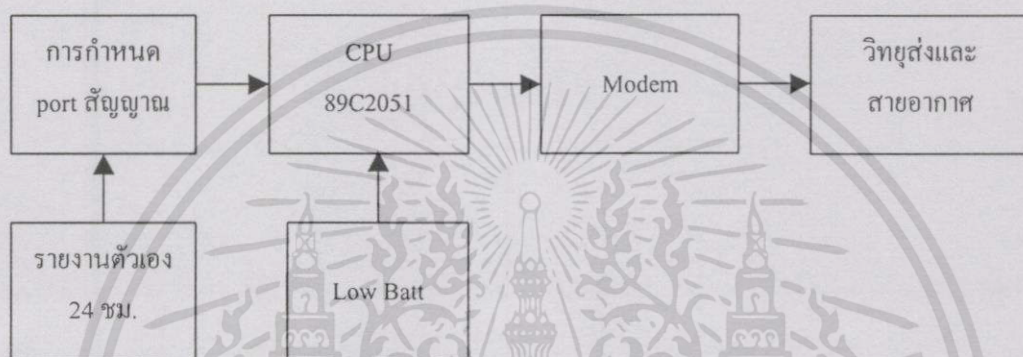


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การออกแบบภาคส่งสัญญาณแจ้งเตือน

ในบทที่ 4 นี้ จะเป็นการนำสัญญาณที่ได้จากการวิเคราะห์แล้ว จากบทที่ 3 มาทำการสร้างรหัสเพื่อสื่อความหมายให้เข้าใจเพื่อแสดงผลแจ้งเตือนต่อไปยังภาครับสัญญาณ โดยมีรายละเอียดและบล็อกไดอะแกรมดังนี้



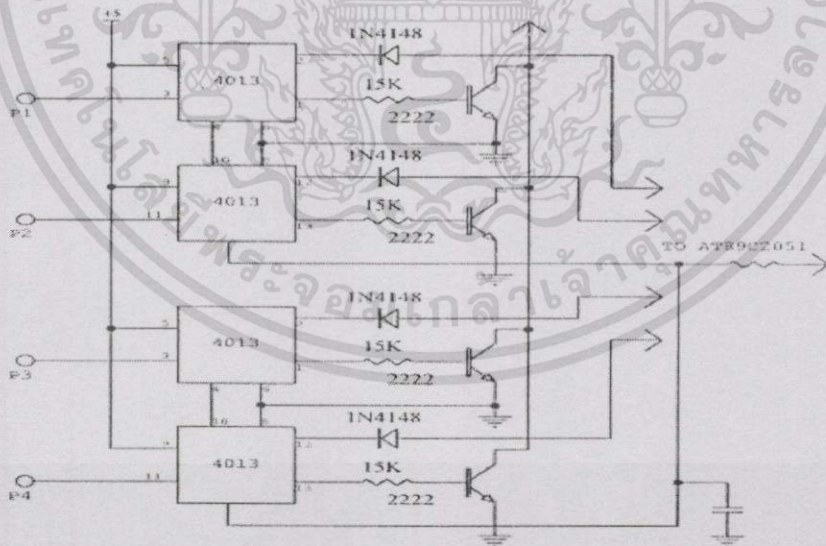
รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมภาคส่งสัญญาณแจ้งเตือน

จากรูปที่ 4.1 เป็นบล็อกไดอะแกรมของภาคส่งซึ่งแบ่งออกเป็น 6 บล็อกไดอะแกรม ประกอบด้วยบล็อกไดอะแกรมการกำหนดพอร์ตสัญญาณ ซึ่งจะประกอบด้วยบล็อกไดอะแกรมย่อยอีกหนึ่งบล็อกไดอะแกรมคือบล็อกไดอะแกรมการรายงานตัวเอง 24 ชั่วโมง การกำหนดพอร์ตสัญญาณนั้นจะใช้ IC เบอร์ 4013 ซึ่งเป็น D flip flop เป็นตัวรับสัญญาณการส่งมาจากแผงวิเคราะห์สัญญาณการรับสัญญาณจะกำหนดออกเป็น 4 พอร์ต ด้วยกันคือ p1 p2 p3 p4 การรายงานตัวเอง 24 ชั่วโมง ซึ่งเป็นบล็อกไดอะแกรมย่อยของบล็อกไดอะแกรมการกำหนดพอร์ตสัญญาณจะเป็นการรายงานตัวเองทุก 24 ชั่วโมง เพื่อแสดงให้เห็นว่าเครื่องมือฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลนั้นยังทำงานอยู่เป็นปกติเรียบร้อยดี บล็อกไดอะแกรมนี้อาจสร้างขึ้นโดยใช้ IC เบอร์ 4060 ซึ่งเป็น counter Binary ส่งสัญญาณทริกเกอร์มาที่ p3 บล็อกไดอะแกรมต่อมาคือบล็อกไดอะแกรม CPU 89C2051 ซึ่งประกอบด้วยบล็อกไดอะแกรมย่อยอีกหนึ่งบล็อกไดอะแกรมคือบล็อกไดอะแกรมแจ้งเตือนสถานะภาพของแบตเตอรี่ บล็อกไดอะแกรม CPU 89C2051 นั้นจะทำหน้าที่ในการสร้างรหัสหมายเลขเครื่องมือฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลแต่ละเครื่อง ส่วนบล็อกไดอะแกรมแจ้งเตือนสถานะภาพของแบตเตอรี่ก็จะทำหน้าที่รายงานสถานะภาพของแบตเตอรี่ การสร้างรหัสและรายงานสถานะภาพแบตเตอรี่นั้นก็จะเป็นการสื่อความหมายให้เข้าใจในการแสดงผลว่ารหัสที่แสดงเป็นการรายงานผลมาจากเครื่องมือเลขใดและมีสถานะภาพของกำลังไฟฟ้าที่แบตเตอรี่เป็นอย่างไร จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานทั้งหมดให้สอดคล้องกัน หลังจากการสร้างรหัสเสร็จเรียบร้อยแล้วนี้เป็นเอกสารที่ส่งงานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รื้อยแล้วก็จะส่งข้อมูลทั้งหมดให้กับบล็อกโคอะแกรมของ โมเด็มเพื่อทำการแปลงลักษณะสัญญาณ จากดิจิทัลเป็นอนาล็อก โมเด็มที่ใช้จะเป็นไอซีเบอร์ 3105 ซึ่งมีอัตราความเร็วสูงสุด 1200 บิตต่อ วินาที ในการส่งข้อมูลบล็อกโคอะแกรมนี้จะมีความสำคัญในการเชื่อมต่อการส่งข้อมูลทางวิทยุมาก บล็อกโคอะแกรมสุดท้ายจากรูปที่ 4.1 คือบล็อกโคอะแกรมวิทยุรับส่งและสายอากาศ เป็นบล็อกโคอะ แกรมที่ทำหน้าที่ส่งข้อมูลทั้งหมดที่อยู่ในรูปของสัญญาณอนาล็อกส่งออกอากาศไปยังปลายทาง ผู้รับจะได้แปลความหมายของสัญญาณออกมา รายละเอียดในแต่ละบล็อกโคอะแกรมนั้นจะนำ เสนอในหัวข้อต่าง ๆ ต่อไป

4.1 การกำหนดพอร์ตสัญญาณ

เมื่อได้สัญญาณเอาท์พุทจากแผงวิเคราะห์สัญญาณแล้วว่าเป็นสัญญาณที่เกิดจากการสั้น สะเทือนที่เกิดจากคนเดินผ่านหรือรถยนต์วิ่งผ่านแล้วจะนำสัญญาณนั้นมาทำการกำหนดพอร์ต การ กำหนดพอร์ตสัญญาณเป็นการสื่อความหมาย เพื่อให้เข้าใจว่าสัญญาณคนเดินผ่านเป็นพอร์ตที่ 1 สัญญาณรถยนต์วิ่งผ่านเป็นพอร์ตที่ 2 และการรายงานตัวเองว่าเครื่องยังทำงานปกติอยู่ 24 ชม. กำหนดให้เป็นพอร์ตที่ 3 การรายงานตัวเองนี้เครื่องส่งจะทำการส่งออกมาเสมอไม่ว่าจะมีสัญญาณ จากพอร์ตอื่นหรือไม่ในวันนั้น และมีลำดับความสำคัญเหนือกว่าพอร์ตอื่น ๆ ลำดับความสำคัญรอง ลงมาคือ 3, 2, 1 ตามลำดับ

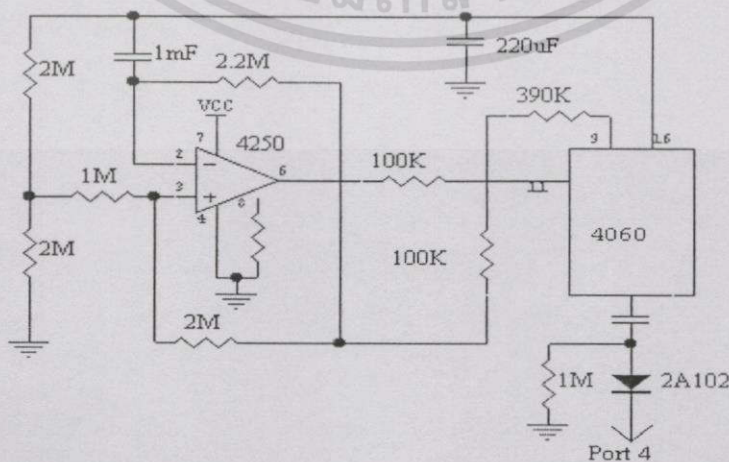


รูปที่ 4.2 แสดงวงจรการกำหนดพอร์ตสัญญาณ

จากรูปที่ 4.2 เป็นวงจรที่ใช้ในการกำหนดพอร์ตสัญญาณ จากวงจรจะเห็นว่าใช้ IC dual D flip flop เบอร์ 4013 เป็นตัวรับสัญญาณจากการวิเคราะห์สัญญาณ IC4013 หนึ่งตัว ภายในจะ ประกอบด้วย D flip flop ภายใน 2 ตัวนั้นก็หมายความว่า จะกำหนดพอร์ตได้ 2 พอร์ต จากการวิจัยนี้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดไว้ 4 พอร์ต ต้องใช้ IC เบอร์ 4013 จำนวนสองตัว การทำงานของ IC เบอร์ 4013 ซึ่งเป็น D flip flop ชนิดใช้สัญญาณนาฬิกาเข้าร่วมวงจรรูป การนำเอาสัญญาณนาฬิกาเข้าร่วมควบคุมการทำงานด้วยนั้นสัญญาณนาฬิกาในที่นี้ก็คือเอาสัญญาณเอาท์พุทของวงจรวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนมาป้อนเป็นสัญญาณ CLK ก็จะมีค่าสูงเป็น 1 หมายความว่าสัญญาณที่ออกจะเป็นไปตามค่า D ค่าของสัญญาณ D จะเป็นค่าสำคัญคือสัญญาณที่ Q จะขึ้นอยู่กับสัญญาณ D ถ้าสัญญาณ D มีค่าสูงก็จะทำให้ Q มีค่าสูงด้วยและถ้าสัญญาณ D มีค่าต่ำก็จะทำให้สัญญาณ Q มีค่าต่ำไปด้วยในวงจรที่ออกแบบในงานวิจัยนี้จะนำขา D ไปต่อไว้กับไฟบวก 5v เมื่อมีสัญญาณ CLK เป็น 1 เข้ามาเมื่อไรก็จะทำให้ Q เป็น 1 ไปด้วยตาม D เพราะ D เป็นบวก 5V อยู่เมื่อ Q เป็นบวก 5V จากรูปวงจร TR2222 จะทำงานเพราะมี 5 V มาทริกที่ bass ทำให้ขา C และขา E ต่อลงกราวทำให้รีเลย์เกิดการเชื่อมต่อวงจรจ่ายไฟ 12 V และ 5 V ให้กับวงจรซึ่งในสภาวะปกติจะไม่มีกระแสจ่ายไฟให้กับวงจรเพื่อเป็นการประหยัดไฟจากแหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ก็จะทำให้อายุการใช้งานที่ฝังอยู่ในดินมีระยะเวลาได้นานขึ้น

เมื่อ Q เป็นบวก 1 Q ก็จะเป็น 0 จากการเปลี่ยนแปลงตรงนี้จะนำไปเชื่อมต่อกับขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ 2051 ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็จะสร้างรหัสเพื่อแจ้งเตือนว่าพอร์ทใดมีการ ทริก หรือมีสัญญาณของคนเดินหรือรถยนต์วิ่งผ่านหรือมีการรายงานตัวเองว่าสภาพการทำงานของระบบตรวจจับเป็นปกติอยู่ จากสภาพการทริกจากพอร์ทที่ได้รับ หลังจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็จะส่งสัญญาณออกไปรีเซต จากขา 13 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ไปที่ขา 4,10 ของ IC เบอร์ 4013 ซึ่งเป็น D flip flop เพื่อที่จะสร้างสภาวะให้ D flip flop พร้อมจะรับการทริกจากสัญญาณคนเดินสัญญาณรถยนต์วิ่งผ่านหรือการรายงานตัวเองสัญญาณคนเดินผ่านและสัญญาณรถยนต์วิ่งผ่านนั้นสร้างมาจากวงจรวิเคราะห์สัญญาณส่วนสัญญาณรายงานตัวเอง 24 ชั่วโมง นั้นจะสร้างขึ้นมาจากวงจรตั้งเวลา 24 ชั่วโมง โดยมี IC เบอร์ 4060 เป็นตัวผลิตสัญญาณนาฬิกาและเป็น Binary counter และมี IC 4250 เป็นตัวตั้งค่า RC time constant ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 วงจรรายงานตัวเอง 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การสร้าง Code โดย Microprocessor

ไมโครโปรเซสเซอร์ ที่ใช้ในการสร้างโค้ดหรือรหัสเครื่องนั้น จะใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิต ที่สามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ PC ทำการลบและเขียนโปรแกรมได้โดยตรง ไม่ต้องถอดออกจาก การ์ดหรือแผงวงจรในลักษณะที่เรียกว่า in system programming หรือจะใช้เครื่องโปรแกรมโดยตรงก็ได้โดยไม่ต้องใช้การลบด้วยแสงอัลตราไวโอเลต ในการสร้างรหัสในงานวิจัย เครื่องมือเฟิร์มแวร์นี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C2051

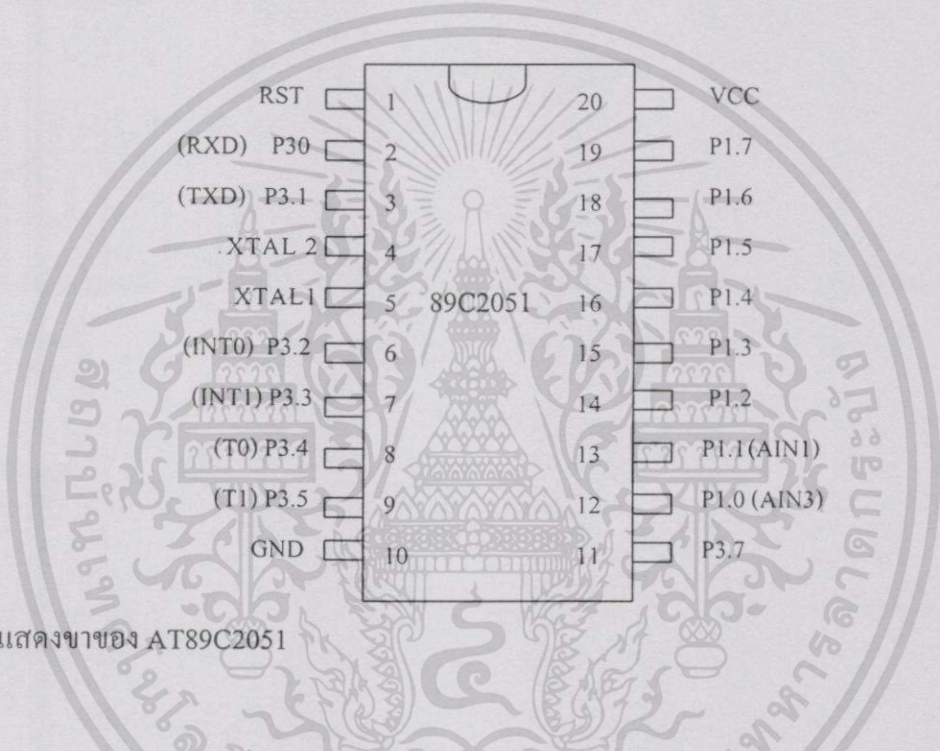
ตารางที่ 4.1 ตารางคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ AT89C2051

คุณสมบัติ	AT 89C2051
ขนาดหน่วยความจำแบบแฟลช	2 กิโลไบต์
ขนาดหน่วยความจำ RAM	128 ไบต์
จำนวนขาต่อใช้งาน	20 ขา
พอร์ตอินพุตเอาต์พุต (I/O)	15 I/O
รูปแบบตัวถังบรรจุ	P DIP SOIC
คาบเวลาและชุดวงจรนับ	16 บิต, 2 ชุด
ย่านแรงดันไฟเลี้ยง	2.7 – 6.0 โวลต์
ระดับการล็อกบิต	2 ระดับ
ย่านความถี่การทำงาน	0-24 เมกะเฮิร์ตซ์
วงจรเปรียบเทียบอนาล็อก	มี
อินเตอร์รัพต์เอาต์พุต	5 เอาต์พุต
โหมดสถานะสงบ, ประหยัดกำลังงาน	มี
ขับ LED ได้โดยตรง	ได้

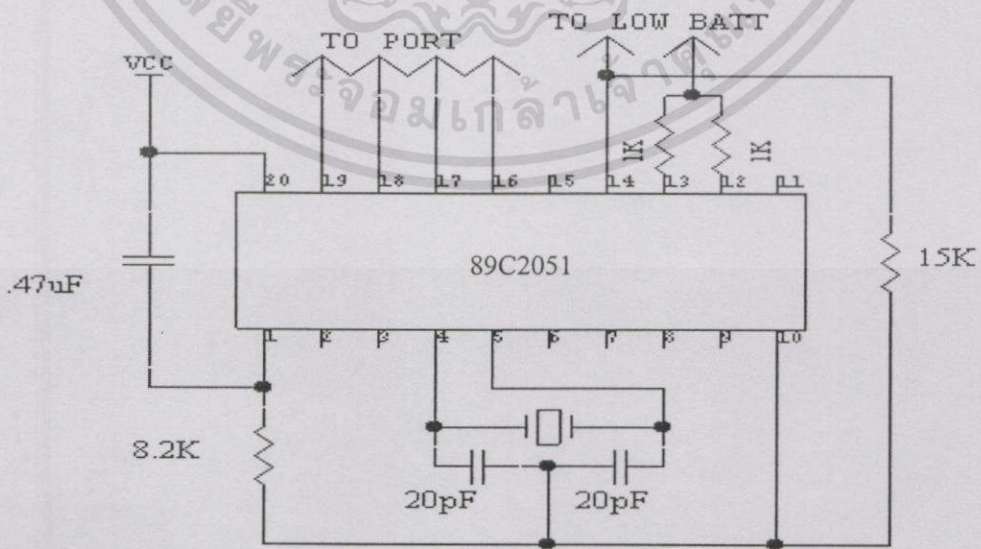
คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C2051 โดยมีรายละเอียดทางเทคนิคดังตารางที่ 4.1 AT89C2051 จะมีขนาดเล็กเพียง 20 ขา และเป็นเบอร์ที่มีความประหยัดแต่เปี่ยมไปด้วยคุณสมบัติพิเศษที่เหมาะสมแก่การนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลายหน้าที่ นอกจากนี้จะมีหน่วยความจำแบบแฟลชภายในขนาด 2 กิโลไบต์ แล้วยังมีวงจรเปรียบเทียบทางอนาล็อกและฟังก์ชันอื่น ๆ อีก เช่น สามารถทำงานได้ในสถานะสงบ (Idle Mode) และโหมดประหยัดพลังงาน (Power Down Mode) สถานะสงบในโหมดนี้ CPU จะหยุดการทำงานแต่อุปกรณ์ที่ทำงานในสิ่งอื่น เช่น หน่วยความจำ RAM ส่วนนับเวลาและรีจิสเตอร์ ฟังก์ชันพิเศษยังคงสถานะการทำงานอยู่ที่สถานะสุดท้ายและจะวนลูปอยู่ในสถานะนี้จนกว่าจะถูกอินเทอร์รัพต์ หรือถูกรีเซตจะสังเกตได้ว่าเมื่อโหมดนี้หยุดลง การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานของระบบจะกลับมาทำงานในคำสั่งสุดท้าย ก่อนที่จะเข้าสู่สภาวะสงบ ในโหมดนี้สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ถึง 4 เท่าของสภาวะปกติ โหมดประหยัดพลังงาน ส่วนในโหมดนี้ออสซิลเลเตอร์จะถูกหยุด ส่วนแรม และรีจิสเตอร์ ฟังก์ชันพิเศษจะยังคงเก็บค่าต่าง ๆ ไว้จนกระทั่งสิ้นสุดการอยู่ในสภาวะนี้ การที่จะออกจากโหมดนี้สามารถทำได้โดยการรีเซ็ตทางฮาร์ดแวร์ ซึ่งการรีเซ็ตจะเป็นการกำหนดค่าใหม่ให้รีจิสเตอร์และควอร์ทซ์ช่วงเวลาให้ออสซิลเลเตอร์กลับเข้าสู่สภาวะปกติและ VCC อยู่ในระดับปกติ ในโหมดนี้สามารถลดการกินกระแสได้มากถึงสองเท่า เหตุผลนี้เป็นเหตุผลหนึ่งในการออกแบบ เครื่องมือเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลที่นำเอา AT89C2051 มาใช้ในการโปรแกรม สร้างรหัสเครื่องส่ง



รูปที่ 4.4 แสดงขาของ AT89C2051



รูปที่ 4.5 แสดงวงจรที่ต่อใช้งาน 89C2051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

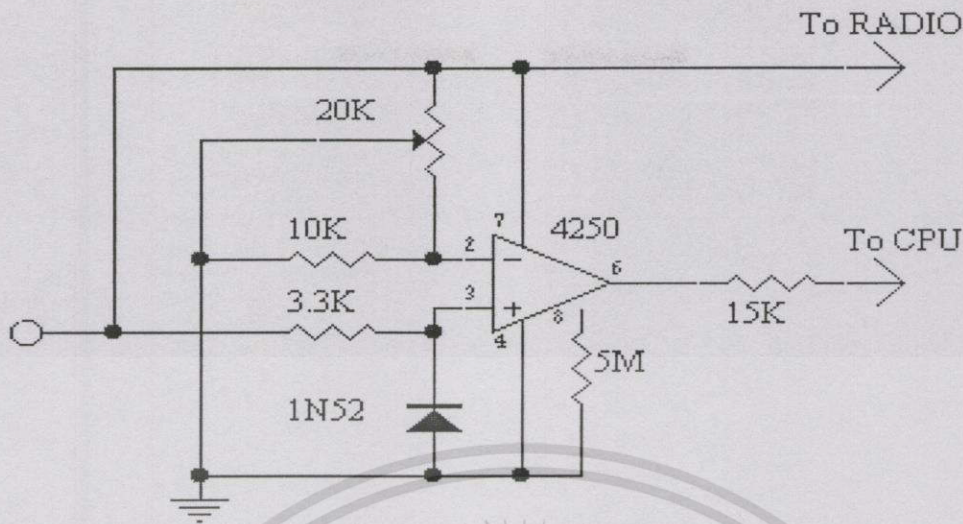
จากวงจรรูปที่ 4.5 เป็นการต่อขาใช้งานของ 89C2051 ; ไมโครโปรเซสเซอร์ 89C2051 จะทำหน้าที่รับการทริกจากพอร์ทต่าง ๆ พอร์ทหนึ่งจะเป็นคนเดินผ่าน พอร์ท 2 จะเป็นรถยนต์วิ่งผ่าน พอร์ท 3 เป็นการรายงานตัวเอง โดยที่พอร์ท 1 จะทริกที่ขา 19 และพอร์ท 2 จะทริกที่ขา 18 พอร์ท 3 จะทริกที่ขา 17 จากวงจรจะเห็นว่าขา 1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C2051 นั้นต่อ RC time Constant กับขา 20 เพื่อเป็นการรีเซตตัวเอง ขา 2 และ ขา 3 จะเป็นขาที่ส่งข้อมูลไปยัง โมเด็ม เพื่อส่งข้อมูลให้กับวิทยุเพื่อส่งต่อไปยังเครื่องรับ ขา 4 และขา 5 จะเป็น OSC ให้ตัว CPU เอง ขา 14 จะเป็นการต่อไว้กับ วงจรแจ้งเตือนสถานะภาพของแบตเตอรี่ ถ้าสถานะภาพของแบตเตอรี่ไฟมีน้อย จะแจ้งเตือนรายงานว่า L และถ้าสถานะภาพของแบตเตอรี่ ยังมีพลังงานไฟฟ้าอยู่จะส่งรายงานว่า H

การสร้างโค้ดของไมโครโปรเซสเซอร์นั้น เครื่องส่งแต่ละตัวจะส่ง โค้ดออกมาเป็นตัวเลขสี่ตำแหน่ง (ตั้งแต่ 0000 - จนถึง 1999) บอกตำแหน่งของพอร์ท 1 บิต และหมายเลขเครื่อง 3 บิต และตัวอักษร L หรือ H เพื่อบอกสถานะภาพของแบตเตอรี่ โค้ดทั้งหมดที่จะส่งไปกับคลื่นวิทยุโดยใช้ระบบ FM โดยไปถอดโค้ดและตีความที่เครื่องรับตามที่จะกล่าวต่อไป

ในระหว่างการส่งโค้ดแต่ละชุดนั้น อาจบังคับเครื่องส่งให้หยุดส่งได้ระหว่าง 0-12 วินาที สำหรับแต่ละพอร์ท เพื่อป้องกันมิให้สัญญาณจากแต่ละพอร์ทมากวนกันเองและเพื่อเปิดโอกาสให้พอร์ทที่มีลำดับความสำคัญน้อยกว่ามีโอกาสส่งได้บ้าง จากประสบการณ์ที่ผ่านมา การบังคับให้แต่ละพอร์ทหยุดส่งประมาณ 5 วินาที หลังจากการส่งแต่ละครั้งทำการรับฟังและการตีความของสัญญาณต่าง ๆ ทำได้ง่ายที่สุด ให้สังเกตด้วยว่าในขณะที่พอร์ทใด ๆ หยุดทำงานนั้น พอร์ทอื่น ๆ ก็ยังทำงานต่อไป

4.2.1 วงจรการแจ้งเตือนสถานะภาพแบตเตอรี่

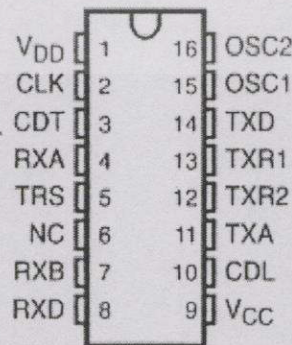
จากบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 4.5 นั้น บล็อกไดอะแกรมย่อยของ 89C2051 นั้นคือการแจ้งเตือนสถานะภาพของแบตเตอรี่ บล็อกไดอะแกรมนี้จะทำหน้าที่ในการแจ้งเตือนสถานะภาพของแบตเตอรี่ว่าอยู่ในสภาพที่เป็น L หรือ H การออกแบบการทำงานของภาคส่งในเครื่องมือเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลนี้จะออกแบบให้ภาคส่งทั้งหมดจะถูกติดตั้งหรือฝังอยู่ภายใต้พื้นดินทั้งหมดเพื่อเป็นการซ่อนพรางในการที่จะนำไปตรวจจับสัญญาณความสั่นสะเทือนพื้นผิวดินว่าเป็นสัญญาณการสั่นสะเทือนที่เกิดจากสิ่งใด เพราะฉะนั้นจึงออกแบบแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าเป็นแบบแบตเตอรี่ 12V 7A ซึ่งคำนวณมาจากอัตรากินไฟฟ้าของวงจรทั้งหมด และเพื่อเป็นการสะดวกในการเช็คสภาพของแบตเตอรี่ จึงออกแบบการแจ้งเตือนสถานะภาพของแบตเตอรี่ให้เป็นไปโดยอัตโนมัติ เมื่อมีการรายงานผลการตรวจจับหรือทุก ๆ การแจ้งเตือนโดยการแจ้งเตือนนั้นจะอยู่ในตัวอักษร L หรือ H โดย L นั้นหมายความว่าแบตเตอรี่ต่ำหรือพลังงานไฟฟ้าใกล้จะหมดแล้ว ให้ทำการถอดเปลี่ยน ถ้า H นั้นจะหมายความว่าแบตเตอรี่อยู่ในสถานะภาพที่ใช้งานได้อยู่



รูปที่ 4.6 วงจรแจ้งเตือนสถานะภาพ Batt

4.3 การส่ง Code ผ่าน Modem

โมเด็ม คือ Modulator - Demodulator ซึ่งเป็นตัวแปลงสัญญาณดิจิทัลซึ่งเป็น ไค้ด หรือรหัส ที่สร้างขึ้นโดย ไมโครคอนโทรลเลอร์ จากภาคที่แล้วมาให้เป็น อนาล็อก เพื่อส่งให้กับ MIC ของ วิทยุ เพื่อส่งออกอากาศไปยังเครื่องรับการสร้างวงจร โมเด็มการสื่อสารข้อมูลดิจิทัลโดยผ่านทาง วิทยุสื่อสารไม่สามารถกระทำได้โดยตรง แต่จะด้องอาศัยการเปลี่ยนรูปแบบข้อมูลจากดิจิทัลให้ กลายเป็นอนาล็อกก่อนแล้วจึงส่งออกอากาศ และการรับจะรับจากข้อมูลที่เป็นอนาล็อกแล้วมาทำ การเปลี่ยนรูปแบบข้อมูลให้เป็นดิจิทัล การเปลี่ยนรูปแบบข้อมูลทั้งสองแบบดังกล่าวสามารถทำ ได้ด้วยโมเด็ม การต่อ โมเด็มจะส่งข้อมูลและรับข้อมูล ได้อัตราเร็วมากน้อยจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติ ของโมเด็มแต่ละแบบ หากทำงานที่อัตราเร็วมาก ๆ ได้ก็จะมีกระบวนการทำงานที่ซับซ้อนมากกว่า โมเด็มที่มีอัตราเร็ว น้อย ๆ ในที่นี้ใช้โมเด็มที่ทำจาก IC เพียง 1 ตัว เบอร์ TCM3105NE ซึ่งมีอัตรา เร็วสูงสุด 1,200 บิตต่อวินาที



รูปที่ 4.7 ลักษณะรูปร่างและขาของ TCM3105NE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.7 เป็นการแสดงลักษณะรูปร่างและตำแหน่งขาของ TCM3105NE ทางด้าน top view ซึ่งมีทั้งหมด 8 ขาด้วยกัน TCM3105NE เป็นเทคโนโลยี CMOS ซึ่งเป็น single-chip เป็น modem ย่านความถี่เสียงและเป็น frequency-shift-keying(FSK)

ตารางที่ 4.2 แสดงคุณสมบัติของ TCM3105

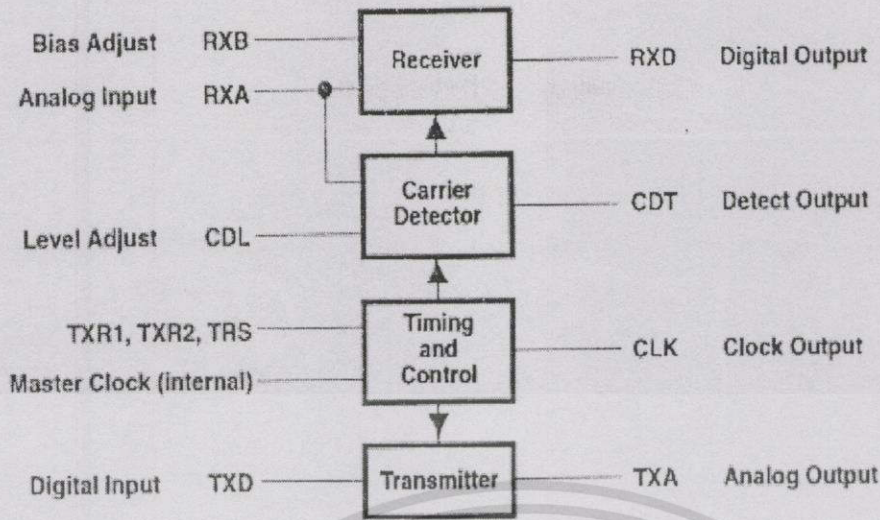
	TCM3105JE TCM3105NE			TCM3105DWL TCM3105JL TCM3105NL			UNIT
	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Supply voltage, V_{DD}	4	5	5.5	4	5	5.5	V
High-level input voltage, V_{IH}	2		V_{DD}	2		V_{DD}	V
Low-level input voltage, V_{IL}	0		0.8	0		0.8	V
Analog input level, peak to peak (ac coupled)		0.3	0.78		0.3	0.78	V
Clock frequency, f_{clock}	4,4334	4,4336	4,4338	4,4334	4,4336	4,4338	MHz
Analog load impedance at TXA	50			50			k Ω
Operating free-air temperature range, T_A	-40		85	0		70	'c

ตารางที่ 4.2 เป็นการแสดงสภาวะการทำงานของ TCM3105 ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของ TCM3105 ข้อมูลในตารางจะเป็นประโยชน์ในการนำ TCM3105 ไปต่อใช้งานอย่างมาก

4.3.1 วงจรภายใน TCM3105NE

วงจรภายใน TCM3105NE FSK เป็นโมเด็มที่ประกอบด้วย 4 วงจรหลักคือ

- 1 วงจรที่ใช้ในการส่ง transmitter
- 2 วงจรที่ใช้ในการรับ receiver
- 3 วงจรที่ใช้ในการตรวจจับพาหะ carrier detector
- 4 วงจรที่ใช้ในการผลิตเวลาและการควบคุม timing and control



รูปที่ 4.8 แสดงส่วนประกอบและระบบของ TCM3105NE

วงจรที่ใช้ในการส่งทรานซิสเตอร์ การส่งประกอบไปด้วย Phase-Coherent FSK modulator, transmit Filter. และ Transmit amplifier การมอดูเลเตอร์ เป็นการจับเอาที่พุดโดยการหารความถี่ของออสซิลเลเตอร์ 4.4336 MHz อัตราส่วนการหารจะตั้งด้วยสถานะของการส่ง/การรับมาตรฐานอินพุท TRS, ความไวต่อบิตนั้นเลือกได้ที่ TXR และ TXR2 ข้อมูลทางด้านอินพุทที่เป็นดิจิตอลแทนด้วย (TXD)

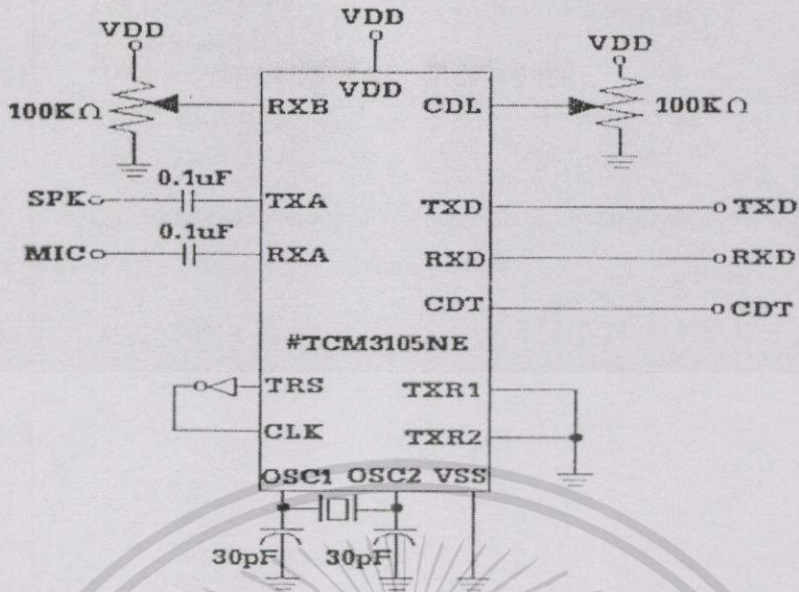
วงจรที่ใช้ในการรับ การรับจะประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่ต่ำ, วงจรควบคุมการขยายโดยอัตโนมัติเพื่อให้ค่าเอาต์พุทที่ออกไปคงที่, วงจรกรองทางด้านรับนี้จะกำหนดความกว้าง Bandwidth ของสัญญาณที่ส่งไปคิมอเลเตอร์

การตรวจจับพาหะ วงจร Carrier detect ประกอบด้วย energy detector และ ดิจิตอล คีเลอร์ The energy detector ประกอบด้วย ระดับของสัญญาณรวมทั้งเอาต์พุทของวงจรกรองความถี่ทางภาครับที่จะทำการตั้งค่าระดับอินพุทที่ขา CDL

วงจรควบคุมและเวลา วงจรออสซิลเลเตอร์จะผลิตความถี่หรือสัญญาณนาฬิกาจากคริสตอลภายนอก 4.4336 MHz สัญญาณนาฬิกาจะมีความถี่เป็น 16 เท่าของบิตสูงสุด

4.3.2 ขั้นตอนและวิธีการสร้าง

1. ศึกษาคุณสมบัติและการใช้งาน IC เบอร์ TCM3105NE จากคู่มือการใช้งาน
2. ออกแบบวงจรและคำนวณค่าอุปกรณ์
3. ต่อวงจร ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 วงจรการทดสอบ IC TCM3105NE

4.3.3 การทดสอบ

1. จ่ายไฟเสียบวงจร
2. ให้ลอจิก “1” ที่ขา IN แล้ววัดความถี่ที่ขา SPK และวัดแรงดันที่ขา CDT
3. ให้ลอจิก “0” ที่ขา IN แล้ววัดความถี่ที่ขา SPK และวัดแรงดันที่ขา CDT
4. ป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 1,200 Hz. แรงดัน 0.5 V_{p-p} เข้าที่ขา MIC แล้ววัดแรงดันที่ขา Out และขา CDT
5. ป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 2,200 Hz. แรงดัน 0.5 V_{p-p} เข้าที่ขา MIC แล้ววัดแรงดันที่ขา Out และขา CDT

4.3.4 ผลการทดสอบ

1. เมื่อให้ลอจิก “0” ที่ขา IN แล้ววัดความถี่ที่ขา SPK พบว่าสัญญาณที่วัดได้เป็นรูปคลื่นไซน์ ความถี่ 2,200 Hz. แรงดัน 2 V_{p-p} และที่ขา CDT มีแรงดัน 0 โวลต์
2. เมื่อให้ลอจิก “1” ที่ขา IN แล้ววัดความถี่ที่ขา SPK พบว่าสัญญาณที่วัดได้เป็นรูปคลื่นไซน์ ความถี่ 1,200 Hz. แรงดัน 2 V_{p-p} และที่ขา CDT มีแรงดัน 0 โวลต์
3. เมื่อป้อนความถี่ 1,200 Hz. เข้าที่ขา MIC แล้ววัดแรงดันที่ Out พบว่ามีแรงดัน 5 V.
4. เมื่อป้อนความถี่ 2,200 Hz. เข้าที่ขา MIC แล้ววัดแรงดันที่ Out พบว่ามีแรงดัน 0 V.
5. ผลการทดสอบดังกล่าวสามารถเขียนเป็นตารางได้ดังตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ของ RXD กับ MIC

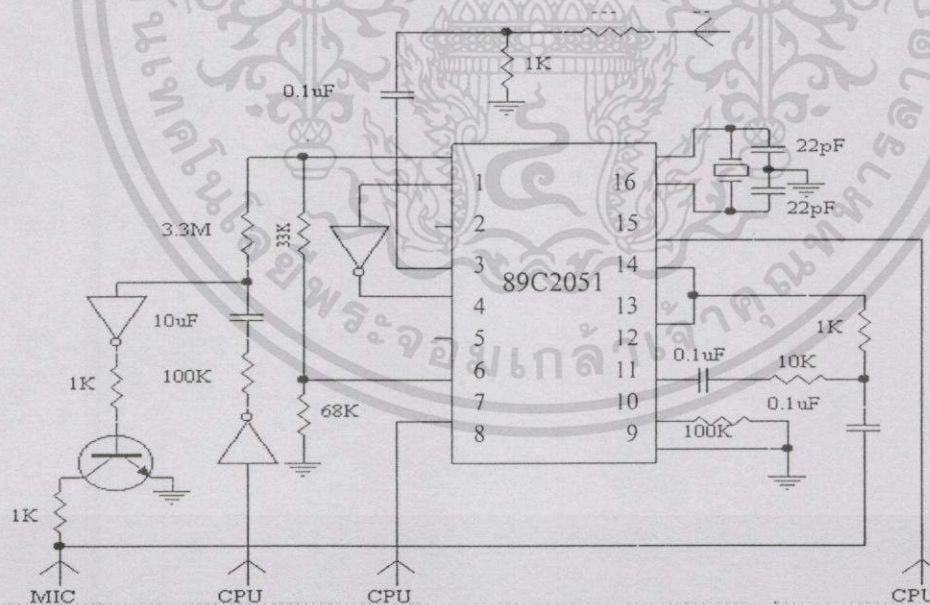
INPUT	OUTPUT	
R X D (V)	MIC (Hz)	CDT
+ 5	1,200	O
0	2,200	O

ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ของลำโพง TXD และ CDT

INPUT	OUTPUT	
SPK (Hz)	TXD (V)	CDT (V)
1,200	5	5
2,200	0	5

สรุปผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบที่ได้เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปแบบการทำงานของ IC เบอร์ TCM3105NE แล้วพบว่ามีการทำงานถูกต้องตามที่กำหนดใช้ทุกประการสามารถนำไปใช้งานได้



รูปที่ 4.10 วงจร Modem ที่ใช้งาน

จากรูปที่ 4.10 เป็นวงจรโมเด็มที่ต่อใช้งานวิจัยนี้จะทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อและแปลงสัญญาณดิจิทัลและสัญญาณอนาล็อก เพื่อส่งผ่านทางวิทยุ สัญญาณดิจิทัลจะถูกสร้างโดยซีพียูซึ่งเป็น

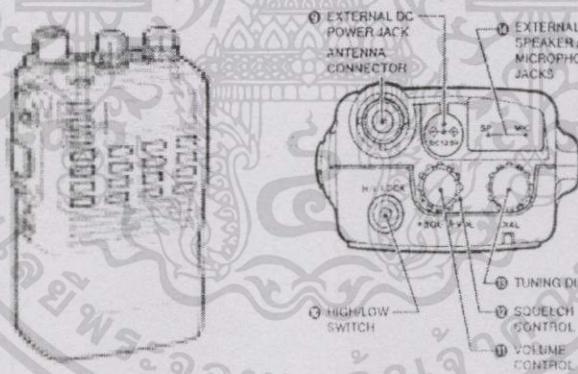
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณข้อมูลส่งผ่านมาที่ขา 8 ซึ่งเป็นขา RXD จะรับสัญญาณมาทำการมอดูเลทและจะส่งออกมาขา 11 ซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อกแล้ว โดยมีคาปาซิเตอร์คัปปลิงออกไป จังหวะในการส่งนี้จะถูกคอนโทรลโดยซีพียู 89C2051 โดยมี TR2N2222 เป็นตัวเชื่อมต่อลงกราวด์ให้เกิดการป้อนข้อมูลให้กับไมโครโพรเซสเซอร์ 12,13 จะเป็นการกำหนดเลือก Bit-rate 1 หรือ 2 อินพุต ขา 15,16 จะต่อกับคริสตอลซึ่งทำหน้าที่เป็น ออสซิลเลเตอร์ ความถี่ 4.4336 MHz ขา 4 จะทำหน้าที่รับสัญญาณอนาล็อก ขา 14 จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณข้อมูลที่เป็นดิจิทัล จะส่งไปในลอจิกวงจรให้กับซีพียู

4.4 การเลือกใช้วิทยุส่งและสายอากาศ

เครื่องส่งสัญญาณคลื่นวิทยุในงานวิจัยเครื่องมือเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลนี้ ใช้เครื่องส่งวิทยุยี่ห้อ ICOM 2 GXA 1.5 – 2W. ความถี่ที่ใช้ส่งอยู่ในย่าน VHF เอทท์พูทอิมพีแดนซ์ 50 โอห์ม เครื่องส่งสัญญาณคลื่นวิทยุนี้จะรับสัญญาณข้อมูลทั้งหมดมาจากโมเด็มซึ่งกล่าวไปในหัวข้อที่แล้ว สัญญาณที่รับมานั้นจะอยู่ในรูปของสัญญาณอนาล็อกซึ่งสามารถส่งไปมอดูเลทได้เลยโดยส่งต่อเข้าไปทางไมค์ของวิทยุ

4.4.1 ลักษณะและโครงสร้างของวิทยุ ICOM 2GXA



รูปที่ 4.11 ลักษณะวิทยุ ICOM 2 GXA

จุดเริ่มต้นของการส่งคลื่นวิทยุนั้นประกอบด้วยการสร้างสัญญาณที่เป็นสื่อหรือพาหะที่เรียกว่า แคร่เรียร์เจเนเรชัน จากนั้นนำสัญญาณพาหะมามอดูเลทกับสัญญาณข้อมูลหรือเสียงแล้วจึงทำการขยายสัญญาณเพื่อส่งไปยังสายอากาศ หรือตัวนำคลื่นได้เป็นความถี่วิทยุ (RF) การสร้างสัญญาณพาหะของวิทยุเครื่องส่ง นิยมใช้วงจรคริสตอลออสซิลเลเตอร์ ซึ่งจะได้อัตราความถี่ที่ต้องการได้เที่ยงตรงและมีเสถียรภาพดี โดยส่วนมากมักมีการต่อวงจรขยายแบบบัฟเฟอร์เข้าไปเพื่อแยกวงจรออสซิลเลเตอร์ออกจากโหลด เป็นการป้องกันการเปลี่ยนความถี่เนื่องจากค่าโหลดของวงจรออส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซีเลเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงไป การมอดูเลตสัญญาณในวิทยุส่งทำการแปลงคุณสมบัติของสัญญาณพาหะให้มีลักษณะตามการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลหรือเสียงพูดที่ต้องการส่งวงจร เครื่องส่งสัญญาณคลื่นวิทยุที่สำคัญที่เกี่ยวข้องในการปรับแต่งให้ประสิทธิภาพวิทยุที่ดีที่สุดคือวงจรอิมพีแดนซ์แมตซิ่ง (Impedance Matching Circuit) เป็นวงจรที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างวงจรขยายความถี่วิทยุ (RF Amplifier) ในแต่ละภาคเพื่อให้ได้กำลังส่งมากที่สุด การที่จะทำให้มีการถ่ายทอดพลังงานได้มากที่สุดจากวงจรขยายชุดหนึ่งไปยังอีกชุดหนึ่งจะต้องมีค่าอิมพีแดนซ์ขาออกของวงจรแรกเท่ากับค่าอิมพีแดนซ์ขาเข้าของวงจรถัดไป วงจรอิมพีแดนซ์แมตซิ่งโดยทั่วไปเป็นวงจรของตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ (LC Inductor and Capacitor) ที่มีรูปแบบการต่อต่าง ๆ กัน เช่น โครงข่ายรูป L และ โครงข่ายรูป π หรืออาจจะเป็นหม้อแปลงรูปไดโอดที่เป็นแกนผงเหล็กเรียกว่าทอรอยด์ วงจรกระบวนการเสียง (Speech Processing Circuit) เป็นอีกวงจรหนึ่งซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับเสียงในระบบของเครื่องส่ง เช่นในเครื่องส่งอาจมีวงจรที่ใช้สำหรับป้องกันการมอดูเลตมากเกินไป หรือตัวอย่างของวงจรกระบวนการเสียงเช่นวงจรจำกัดขนาดของเสียง (Voice clipper) ซึ่งใช้ไดโอดในการลดแอมพลิจูดของสัญญาณในการมอดูเลตสัญญาณเสียง

4.4.2 การมอดูเลตทางความถี่

ในขบวนการมอดูเลต เราใช้คลื่นรูปไซน์ที่มีความถี่สูงเป็นพาหะ แล้วเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางอย่างของพาหะด้วยสัญญาณข่าวสาร โดยทั่วไปสัญญาณข่าวสารได้แก่ สัญญาณออดิโอ (หรือเสียงพูด) สัญญาณภาพหรือข่าวสารอื่น ๆ การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของคลื่นพาหะนี้เราเรียกว่าการมอดูเลต

คลื่นรูปไซน์ที่เราใช้เป็นพาหะนั้น เราสามารถเขียนสมการทางคณิตศาสตร์แทนได้ดังนี้

$$e = A \sin (\omega t + \phi)$$

ในที่นี้ e คือค่าแรงดันของคลื่นพาหะใด ๆ

A คือ แอมพลิจูด (หรือขนาด) สูงสุดของคลื่นพาหะ

ω คือความถี่เชิงมุม = $2\pi f$

t คือเวลา

ϕ คือเฟส หรือมุมทางไฟฟ้า

f คือความถี่

จากสมการข้างต้นจะเห็นว่าคุณสมบัติประจำตัวของคลื่น (รูปไซน์) ที่สำคัญจะมีอยู่ 3 ประการ ซึ่งเราสามารถเปลี่ยนแปลงหรือมอดูเลตได้ คือ แอมพลิจูด (A) ความถี่เชิงมุม (ω) หรือความถี่ (f) และเฟส (ϕ)

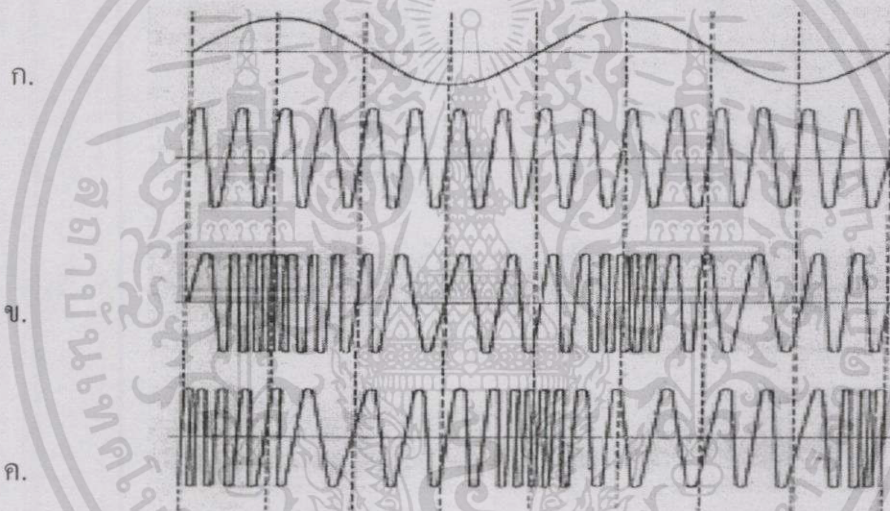
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การมอดูเลตให้กับคลื่นพาหะแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ

1. มอดูเลตทางแอมพลิจูด (amplitude modulation เรียกชื่อย่อว่า AM)
2. มอดูเลตทางความถี่ (frequency modulation เรียกชื่อย่อว่า FM)
3. มอดูเลตทางเฟส (phase modulation เรียกชื่อย่อว่า PM)

ในทางปฏิบัติสัญญาณ FM กับสัญญาณ PM จะคล้ายคลึงกันมาก บางที่เราเรียกรวม ๆ ทั้ง FM และ PM ว่า การมอดูเลตเชิงมุม (angle modulation) โดยการมอดูเลตแบ่งออกเป็นจริง ๆ 2 แบบ ใหญ่ ๆ คือ AM กับ FM หรือ (PM)

การมอดูเลตทางความถี่รูปคลื่นของสัญญาณ FM เกิดจากสัญญาณมอดูเลต ดังรูปที่ 4.12 ก. เช่น สัญญาณเสียงซึ่งเป็นข่าวสารเข้าไปมอดูเลตลงบนสัญญาณพาหะ ดังรูปที่ 4.12 ข. สัญญาณพาหะหลังจากมอดูเลตแล้วในรูปที่ 4.12 ค. เป็นสัญญาณ FM



รูปที่ 4.12 การมอดูเลตทางความถี่

กล่าวโดยสรุป สัญญาณ FM มีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

1. มีแอมพลิจูดคงที่ตลอด แต่ความถี่เปลี่ยนแปลงตามสัญญาณที่เข้ามามอดูเลต
2. อัตราการเบี่ยงเบนความถี่ของสัญญาณพาหะมีค่าเท่ากับความถี่ของสัญญาณที่เข้ามามอดูเลต
3. ช่วงความถี่เบี่ยงเบน (หรือดีวีเอชเอ็น) เป็นสัดส่วนกับแอมพลิจูดของสัญญาณที่เข้ามามอดูเลต

4.4.3 สายส่งสัญญาณ (Transmission Line)

วิทยุเป็นระบบสื่อสารแบบไร้สาย แต่ในอุปกรณ์ภาคต่าง ๆ ก่อนที่จะมีการส่งสัญญาณออกไป ในสื่อก็ต้องการส่งผ่านสัญญาณทางสายอยู่ ดังนั้นส่วนประกอบที่สำคัญอีกส่วนก็คือ สายส่งสัญญาณ (Transmission Line) และสายอากาศ (Antenna) ทั้งสองภาคเป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างเครื่องส่งสัญญาณ (Transmitter) และเครื่องรับสัญญาณ (Receiver) กับตัวกลางหรือช่องสัญญาณ

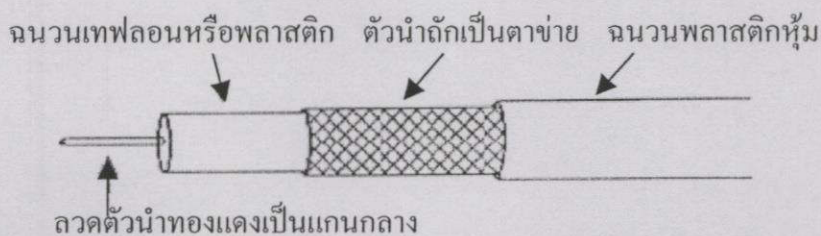
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในที่นี้อาจเป็นอากาศซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณทางไฟฟ้าของวิทยุออกไปเป็นสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้สามารถสื่อสารข้ามระยะทางไกล ๆ ได้ ในทางกลับกันสายอากาศก็ทำหน้าที่ดักสัญญาณและรับสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในบรรยากาศเข้ามาและถ่ายทอดผ่านทางสายส่งสัญญาณไปให้เครื่องรับได้เช่นกัน

สายส่งสัญญาณคือ สายตัวนำสองเส้นที่เชื่อมต่ออยู่ระหว่างเครื่องส่งหรือเครื่องรับกับสายอากาศ อาจเป็นไปได้ที่สายอากาศติดตั้งอยู่ห่างจากเครื่องส่งหรือเครื่องรับ เช่น อาจอยู่บนยอดอาคารสูง เพื่อให้ได้การรับและการส่งสัญญาณมีประสิทธิภาพมากขึ้น อุปกรณ์ที่ต้องทำการเชื่อมระหว่างสายอากาศบนยอดอาคารลงมาถึงเครื่องอุปกรณ์ข้างล่างก็คือ สายส่งนั่นเอง ภายในสายส่งจะเป็นเส้นลวดตัวนำ ซึ่งจะนำพลังงานไฟฟ้าที่เป็นคลื่นความถี่วิทยุไปออกอากาศหรือรับคลื่นความถี่วิทยุเข้ามาสายส่งสัญญาณมีแบบเบื้องต้นอยู่สองชนิด ดังนี้

สายโคแอกเซียล (Coaxial Cable) เรียกสั้น ๆ ว่า สายโคแอก (Coax) ประกอบด้วยสายตัวนำตันอยู่ตรงแกนกลางของสายและมีฉนวนพลาสติกหุ้มอยู่หนึ่งชั้น ถัดจากฉนวนก็จะเป็นตัวนำอีกชุดหนึ่งซึ่งจะถูกดักให้เป็นตาข่ายกลมล้อมรอบแกนกลางซึ่งหุ้มด้วยฉนวน สำหรับชั้นนอกสุดก็จะเป็ฉนวนพลาสติกฉนวนหุ้มอีกทีหนึ่ง สายโคแอกเซียลจะพบได้ในปัจจุบัน เช่น สายที่ต่อระหว่างเครื่องรับโทรทัศน์ กับเครื่องวีดิทัศน์ หรือสายที่ต่อระหว่างเครื่องรับโทรทัศน์กับสายอากาศโทรทัศน์ เป็นต้น

สายโคแอกเซียลเป็นสายแบบไม่สมดุลเนื่องจากการต่อลวดตัวนำที่เป็นตาข่ายเข้ากับกราวด์และให้มีกระแสไหลในลวดตัวนำตรงกลาง แม้ว่าสายเคเบิลสองเส้นนั้นจะพบได้ง่าย เช่น สายไฟฟ้า 50 Hz. ซึ่งใช้อยู่ตามอาคารบ้านเรือน แต่คุณสมบัติของสายเมื่อใช้ในสัญญาณที่มีความถี่ต่ำก็แตกต่างกันเมื่อนำสายมาใช้กับสัญญาณที่มีความถี่สูงขึ้นไปในช่วงความถี่วิทยุ หรือเมื่อความยาวของสายส่งมีขนาดเท่ากับหรือมากกว่าความยาวคลื่น (แลมด้า) สายตัวนำไม่เพียงแต่จะมีคุณสมบัติของความต้านทานแต่จะเสมือนมีการต่อตัวเหนี่ยวนำ (Inductor) และตัวเก็บประจุ (Capacitor) เป็นโครงข่ายอยู่บนสายส่งนั้นด้วย ที่ความถี่สูง ๆ ตัวนำคู่ขนานจะปรากฏค่าอิมพีแดนซ์เชิงซ้อนเกิดขึ้น โดยสายส่งจะแสดงเป็นการต่ออนุกรมของตัวนำและจะเสมือนมีการต่อตัวเก็บประจุขนานกับระหว่างตัวนำบนสายส่งสองเส้น ผลคือที่ความถี่สูง ๆ สายส่งจะกลายเป็นวงจรกรองความถี่ต่ำ (Low-pass Filter) หลาย ๆ ชุดต่อกัน



รูปที่ 4.13 สายนำสัญญาณแบบโคแอกเซียล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายส่งสัญญาณเมื่อนำมาใช้ที่ความถี่สูงดังกล่าวข้างต้นก็จะมีค่าอิมพีแดนซ์ประจำตัวอยู่ (Z_0 , Characteristic impedance) ซึ่งค่าอิมพีแดนซ์จะขึ้นอยู่กับขนาดของสายและระยะต่าง ๆ

สายโคแอกเซียล จะมีค่าอิมพีแดนซ์ ดังนี้

$$Z_0 = 138 \log (D/d)$$

เมื่อ D = เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นลวดตัวนำที่เป็นเนบดัดซึ่งอยู่ด้านนอก

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นลวดตัวนำคั่นที่อยู่ด้านใน

โดยปกติสายส่งทั่วไปจะมีค่าอิมพีแดนซ์ Z_0 คงที่ค่าหนึ่ง เช่น สายซึ่งใช้กับโทรทัศน์ในอดีตที่เป็นสายคู่ขนานสองเส้นและมีตัวนำชั้นกลางจะมีอิมพีแดนซ์ประมาณ 300 โอห์ม สำหรับสายโคแอกโดยทั่วไปจะมีค่าประมาณ 50 โอห์ม และ 75 โอห์ม สายโคแอกโดยทั่วไปมักมีชื่อชนิดขึ้นต้นด้วยอักษร RG มีคุณสมบัติประจำสายคือ ค่าอิมพีแดนซ์และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ค่าการลดทอนของสัญญาณมีหน่วยเป็น dB/100ft. ค่าการลดทอนของสายตัวนำคู่ขนานจะมีน้อยกว่าสายแบบโคแอกเนื่องจากมีขนาดของตัวนำใหญ่กว่า ตัวอย่างชนิดของสายมีดังนี้

4.4.4 สายอากาศ (Antenna)

สายอากาศ คือ ตัวนำทางไฟฟ้าซึ่งอาจจะเป็นสายไฟที่มีความยาวค่าหนึ่งหรืออาจเป็นหลอดกลวงที่มีความยาวค่าหนึ่งก็ได้ ทำหน้าที่แพร่กระจายคลื่นวิทยุที่กำเนิดจากเครื่องส่งสัญญาณหรือรวบรวมสัญญาณวิทยุไปให้กับเครื่องรับสัญญาณ หลักการทำงานของสายอากาศในการส่งสัญญาณนั้น เมื่อมีความต่างศักย์ค่าหนึ่งป้อนให้กับสายอากาศก็จะมีสนามไฟฟ้าเกิดขึ้นและก็จะมีการแผ่ไฟฟ้าไหลในตัวนำก็จะเกิดสนามแม่เหล็กเกิดรอบการไหลของกระแสไฟฟ้างดงกล่าว สนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าจะตั้งฉากซึ่งกันและกัน นอกจากนั้นยังตั้งฉากกับทิศทางเคลื่อนที่ของคลื่นที่เดินทางไปในอากาศที่ความถี่มากกว่า 30 kHz ทำให้สามารถส่งสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านสายอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่ต้องใช้สายอากาศที่ยาวมากเกินไป และการเปลี่ยนแปลงความเข้มของสนามทั้งสองก็จะรวดเร็วเพียงพอที่จะแพร่กระจายออกจากสายอากาศ

คุณสมบัติของสายอากาศที่ใช้ในเครื่องมือเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกล การเลือกใช้สายอากาศจะขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณที่จะใช้ส่งข้อมูล สัญญาณยังมีความถี่สูงมากเท่าใดก็จะใช้ตัวนำของสายอากาศสั้นมากเท่านั้น สายอากาศที่เป็นแบบเรโซแนนซ์ดังเช่นสายอากาศที่ใช้ในบ้านความถี่ 30-300 MHz มักจะมีความยาวครึ่งลูกคลื่น สายอากาศที่ยังมีความยาวเท่าใดก็จะสามารถส่งหรือรับสัญญาณได้มากเท่านั้น ที่ความยาวเรโซแนนซ์ของสายอากาศการทำงานจะมีประสิทธิภาพดีที่สุดสำหรับลักษณะที่สำคัญของสายอากาศมีดังต่อไปนี้

4.4.4.1 การต่อสายอากาศกับดิน (Grounded)

สายอากาศที่ทำงานโดยไม่มีเชื่อมต่อกับดิน (Ungrounded) จะถูกเรียกว่ามีสองขั้วหรือที่เรียกว่าไดโพล (Dipole) ในแต่ละขั้วจะมีกระแสไหลโดยมีแหล่งกำเนิดสัญญาณเดียวกันอยู่ที่ตรงกลางนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลางการต่อเทียบกับดิน ไม่มีความจำเป็นเพราะตัวคาปาซิเตอร์ของสายอากาศจะอยู่ระหว่างขั้วทั้งสอง ส่วนสายอากาศที่มีการเชื่อมต่อกับดินจะมีการต่อขั้วหนึ่งของสายลงดินส่วนอีกข้างหนึ่งจะทำหน้าที่แพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าในสายอากาศจะไหลเข้าที่ตัวนำข้างเดียว สายอากาศดังกล่าวถูกเรียกว่าชนิดตัว L หัวกลับ (Inverted-L type)

4.4.4.2 การกระจายของขดลวดเหนี่ยวนำ (Inductance) และตัวเก็บประจุ (Capacitance)

บนสายอากาศที่เป็นสายตัวนำหรือแท่งตัวนำนั้นหากใช้กับความถี่สูงแล้วในทางไฟฟ้าจะเสมือนว่ามีขดลวดเหนี่ยวนำ (L) กระจายอยู่บนสายอากาศจากข้างหนึ่งไปยังอีกข้างหนึ่งอย่างอนุกรม และในขณะเดียวกันก็จะเสมือนว่ามีตัวเก็บประจุ (C) ต่ออยู่อย่างขนานระหว่างสายตัวนำตลอดทั้งสาย สายอากาศแบบไดโพลจะมีค่าคาปาซิแตนซ์ระหว่างขั้วทั้งสอง แต่สายอากาศแบบต่อลงดินจะมีค่าคาปาซิแตนซ์เทียบกับดิน

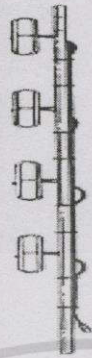
4.4.4.3 การเรโซแนนซ์สายอากาศ (Resonant Antennas)

ค่าของขดลวดเหนี่ยวนำ (L) และตัวเก็บประจุ C ทำให้สายอากาศเสมือนเป็นวงจรเรโซแนนซ์ที่ต่ออย่างอนุกรม ถึงแม้จะไม่มีขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุต่ออยู่จริง สายอากาศก็จะมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับวงจร LC ความยาวของสายอากาศซึ่งขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นจะเป็นตัวกำหนดความถี่เรโซแนนซ์โดยทั่วไปที่ความยาวครึ่งลูกของความถี่ที่ต้องการมักจะใช้เป็นความยาวของสายอากาศ ความยาวดังกล่าวจะใช้กับสายอากาศแบบไม่ต่อลงดินหรือที่เรียกว่าไดโพลครึ่งคลื่น สำหรับสัญญาณความถี่ต่ำ สายอากาศแบบเรโซแนนซ์ที่ความยาวหนึ่งในสี่ของคลื่นจะเหมาะสมและมักจะใช้กับสายอากาศแบบต่อเนื่อง

4.4.4.4 การโพลาไรเซชัน (Polarization)

ตัวนำสายอากาศสามารถติดตั้งในแนวตั้งหรือในแนวนอนก็ได้ ไม่ว่าจะเป็นอย่างใดสนามไฟฟ้าก็จะมีทิศทางเดียวกับการตั้งสายอากาศ ทิศทางของโพลาไรเซชันของคลื่นวิทยุจะขึ้นอยู่กับทิศทางของสนามไฟฟ้า (E) สำหรับสายอากาศในแนวตั้งคลื่นวิทยุที่ส่งออกมาจะมีทิศทางเป็นโพลาไรเซชันในแนวตั้ง (Vertical Polarization) เช่นกัน หากสายอากาศด้านส่งเป็นโพลาไรเซชันในแนวนอน สายอากาศในด้านรับก็ควรที่จะเป็นโพลาไรเซชันในแนวนอน (Horizon) ด้วยเช่นเดียวกันเพื่อจะรับสัญญาณได้ดีที่สุด ตัวอย่างเช่นในระบบโทรทัศน์ คลื่นที่ส่งออกมาจะเป็นโพลาไรเซชันในแนวนอน ดังนั้นสายอากาศของโทรทัศน์จึงอยู่ในแนวนอน นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาสายอากาศที่มีทั้งโพลาไรเซชันในแนวตั้งและแนวนอนอยู่ในต้นเดียวกันเรียกว่า โพลาไรเซชันเชิงวงกลม (Circular Polarization) ข้อดีของแบบนี้คือ สามารถรับสัญญาณได้ทั้งสองทิศทาง

4.4.5 สายอากาศไดโพลครึ่งคลื่น (Half-Wave Dipole Antenna)



รูปที่ 4.14 สายอากาศไดโพลครึ่งคลื่น

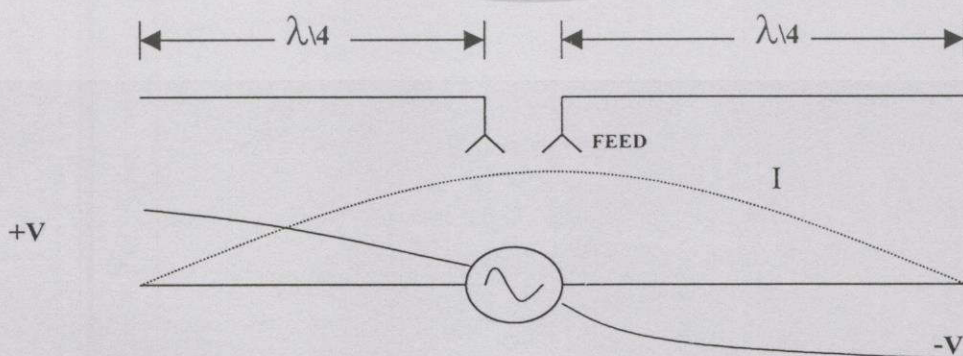
จากลักษณะของสายอากาศที่ได้กล่าวไว้แล้วจะเห็นได้ว่าสายอากาศไดโพลครึ่งคลื่นเป็นสายอากาศที่มีความยาวของสายอากาศทั้งสองขั้วรวมกันมีค่าเท่ากับระยะครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นที่ใช้ อย่างไรก็ตามค่าความยาวเรโซแนนซ์ของตัวนำไดโพลครึ่งคลื่นจะสั้นกว่าความยาวครึ่งคลื่นของสัญญาณในอากาศเนื่องจากว่าสายอากาศมีค่าคาปาซิแตนซ์ซึ่งเป็นตัวแปรการกระจายกระแสไฟฟ้าที่ปลายของตัวนำ (End Effect) ปรากฏการณ์ที่ปลายดังกล่าวต้องมีการลดความยาวของสายอากาศไว้ล่วงหน้าสำหรับสายอากาศไดโพลครึ่งคลื่นจะมีการหาความยาวสายอากาศ ดังนี้

$$L = (1.43 \cdot 10^6) / f$$

L คือ ความยาวไดโพลครึ่งคลื่น (m)

f คือ ความถี่ (MHz)

ระหว่างสายอากาศทั้งสองขั้วจะมีช่องว่างของฉนวนจะไม่นำมาคำนวณก็ได้ สายอากาศไดโพลครึ่งคลื่นสามารถติดตั้งได้ทั้งในแนวตั้งและแนวนอน นอกจากนี้สายอากาศไดโพลครึ่งคลื่นอาจเรียกว่าสายอากาศเฮิร์ตซ์ (Hertz Antenna) การกระจายของกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์บนสายอากาศจะเป็นดังรูปที่ 4.15



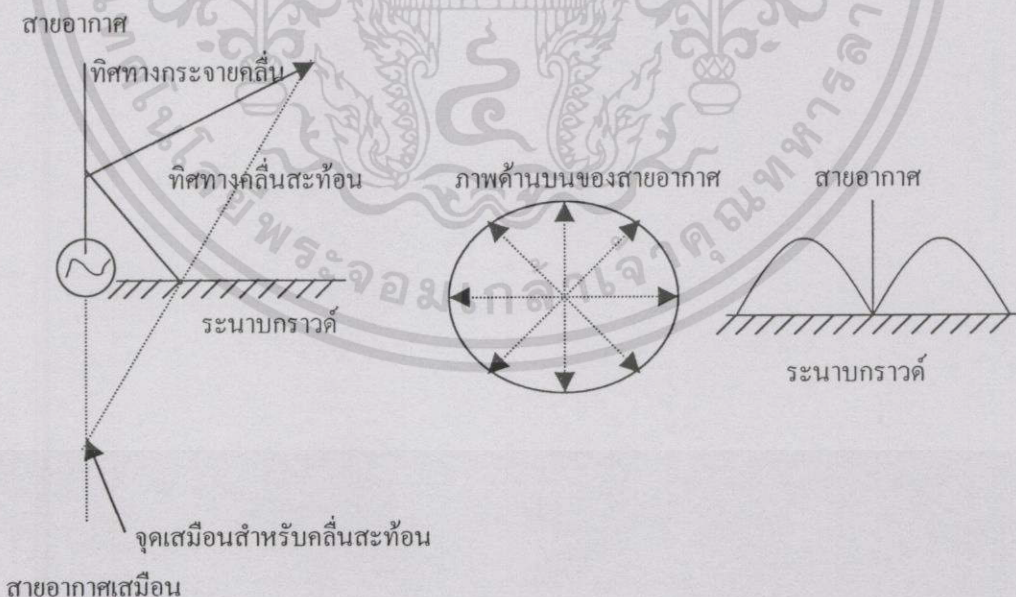
รูปที่ 4.15 สายอากาศไดโพลและการกระจายกระแสความต่างศักย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อป้อนสัญญาณเข้าที่ขั้วทั้งสองของสายอากาศจะมีอิเล็กตรอนวิ่งไปยังปลายทั้งสองข้างของสายอากาศ นั่นคือจะมีกระแสไฟฟ้าไหลออกไปทั้งสองทิศทาง จะมีประจุไฟฟ้าไปสะสมอยู่ที่ปลายทำให้เกิดเป็นค่าความต่างศักย์ขึ้นที่ปลายทั้งสองข้างจะเป็นจุดที่มีค่าความต่างศักย์สูงสุด เมื่อมีความต่างศักย์ที่ปลายอิเล็กตรอนก็จะวิ่งย้อนกลับทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าย้อนกลับไปยังต้นกำเนิด กระแสไฟฟ้าจะเป็นศูนย์ที่ปลายสายอากาศและมีกระแสที่มีแอมพลิจูดเท่ากันไหลในทิศทางตรงกันข้าม ที่แหล่งกำเนิดจะมีกระแสไฟฟ้าสูงสุด สำหรับความยาวครึ่งคลื่นดังกล่าวทำให้อิเล็กตรอนวิ่งจากตรงกลางไปยังปลายแล้วย้อนกลับมาเป็นเวลาเท่ากับครึ่งหนึ่งของลูกคลื่นที่แหล่งกำเนิดทำให้มีค่ากระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์สูงสุดความถี่เรโซแนนซ์ของสายอากาศ

4.4.6 สายอากาศแบบหนึ่งในสี่ของคลื่น (Directional Patterns)

เมื่อการติดตั้งสายอากาศเป็นแบบแนวตั้งทิศทางการแพร่กระจายของคลื่นก็จะเป็นแนวอนซึ่งจะมีออกไปในทุกทิศทางทุกมุมรอบสายอากาศ ดังรูปที่ 4.16 เป็นภาพด้านบนของสายอากาศ สำหรับทิศทางในแนวตั้งของสายอากาศก็จะเหมือนกับสายอากาศไดโพลครึ่งคลื่นเพียงแต่ส่วนของรูปเลขแปดมีเพียงครึ่งลูกเท่านั้น สายอากาศในแนวตั้งและภาพเสมือนของสายอากาศในดินมีลักษณะเป็นแบบไดโพลแต่ส่วนล่างของแต่ละลูก จะถูกจำกัดไปโดยคลื่นสะท้อนจากดิน การสูญเสียของการแพร่กระจายจะเพิ่มความเร็วของสัญญาณเหนือพื้นดินทั้งในแนวอนและแนวตั้งทิศทางขึ้นจากพื้นดิน



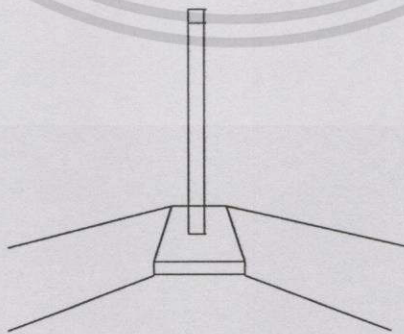
รูปที่ 4.16 คุณสมบัติของสายอากาศ หนึ่งในสี่ของคลื่นแบบลงกราวด์

การกระจายของคลื่นจะมีองค์ประกอบอยู่สองส่วนคือคลื่นดิน (Ground waves) กับ คลื่นฟ้า (Sky waves) คลื่นดินจะถูกส่งออกมาจากสายอากาศในทิศทางแนวนอนตามผิวโลก คลื่นฟ้าจะมีมุมในแนวตั้งที่เป็นมุมแหลมจะแพร่กระจายพลังงานขึ้นไปในท้องฟ้า พลังงานบางส่วนอาจจะสะท้อนขึ้นไอโอโนสเฟียร์ของบรรยากาศเหนือพื้นโลกทำให้สามารถส่งสัญญาณไปในระยะทางไกลได้

เมื่อพื้นดินมีค่าความนำที่ไม่ดีพอก็มีความจำเป็นที่จะต้องสร้างกราวด์สังเคราะห์ซึ่งเป็นโครงข่ายของโลหะต่ออยู่ในดินสำหรับสายอากาศชนิดลงกราวด์ อุปกรณ์โลหะที่ทำหน้าที่แทนกราวด์ดังกล่าวเรียกว่าฐานสมมูล พื้นผิวของฐานสมมูลโลหะดังกล่าวควรจะมีขนาดไม่น้อยกว่าสายอากาศ และควรจะมีขนาดมากกว่าสายอากาศเมื่อฐานสมมูลโลหะดังกล่าวอยู่ในดิน ตัวนำดังกล่าวจะถูกเรียกว่าระนาบดิน (Ground Plane) โครงสร้างจะประกอบด้วยแท่งหรือสายกระจายออกไปตามรัศมีจากฐานของสายอากาศทำให้สายอากาศในแนวตั้งสามารถติดตั้งได้สูงขึ้นโดยไม่จำเป็นต้องต่อโดยตรงกับดิน การทำงานของฐานสมมูลแสดงให้เห็นถึงการส่งและรับคลื่นวิทยุโดยไม่จำเป็นต้องมีกราวด์ ตัวอย่างเช่นตัวถังรถยนต์อาจเป็นระนาบดินให้กับสายอากาศได้ หรือตัวอย่างของสายอากาศไดโพลครึ่งคลื่นซึ่งไม่มีกราวด์แต่อาจพิจารณาได้ว่าสายอากาศอีกขั้วหนึ่งเป็นกราวด์ให้กับอีกขั้วหนึ่ง

4.4.7 สายอากาศแบบระนาบดิน (Ground Plane Antenna)

สายอากาศในแนวตั้งความยาวหนึ่งในสี่ของความยาวคลื่นถูกติดตั้งอยู่บนแผ่นเหล็กซึ่งต่ออยู่กับเสาสายอากาศถูกกั้นด้วยฉนวนจากแผ่นเหล็กและตัวนำเหล็กซึ่งต่อเป็นระนาบดิน การป้อนสัญญาณจะป้อนผ่านสายโคแอกเซียล 50 โอห์ม แกนกลางของสายโคแอกเซียลจะต่อเข้ากับสายอากาศและตัวนำที่เป็นซิดด์้านนอกต่อเข้ากับแผ่นเหล็กและระนาบดิน สายอากาศชนิดนี้เรียกว่าสายอากาศขั้วเดียว (Mono pole) หรือสายอากาศแบบวิป (whip) ใช้งานที่ความถี่ระหว่าง 3 ถึง 30 MHz ซึ่งความยาวหนึ่งส่วนสี่ของคลื่นจะไม่ยาวเกินไปสำหรับสายอากาศแบบวิป



รูปที่ 4.17 สายอากาศแบบระนาบดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.8 การต่อโหลดเข้ากับสายอากาศ (Antenna Loading)

การต่ออนุกรมตัวนำ (Inductance) เข้ากับสายอากาศจะเพิ่มกระแสไหลให้กับสายอากาศทำให้เกิดเรโซแนนซ์บนสายอากาศที่ความถี่ที่ต้องการได้ ตัวนำดังกล่าวที่เรียกว่า โหลดดิ่งคอยล์ (Loading Coil) ทำให้สายอากาศมีความยาวมากขึ้นในทางไฟฟ้าด้วยการเพิ่มตัวนำ ซึ่งควรจะมีหาค่าสายอากาศมีความยาวที่ต้องการ เป็นการช่วยให้สามารถสร้างสายอากาศที่มีความยาวสั้นลงและสามารถติดตั้งได้ง่ายขึ้น อีกวิธีที่จะเพิ่มความยาวทางไฟฟ้าให้กับสายอากาศคือการต่อโหลดที่ปลายของสายอากาศด้วยตัวคาปาซิเตอร์ที่เป็นจาน (Disk) หรือรูปทรงกระบอก (Cylinder) เพราะค่าคาปาซิเตอร์ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ต้องใช้เวลาในการประจุตัวเก็บประจุมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามก็สามารถนำตัวคาปาซิเตอร์ต่ออนุกรมเข้ากับสายอากาศเพื่อทำให้สายอากาศสั้นลงทางไฟฟ้าได้ เพราะค่าคาปาซิเตอร์ลดลง ดังนั้นวิธีการต่อโหลดเข้ากับสายอากาศมีดังนี้

1. เพิ่มค่าอนุกรมของตัวนำโดยการเพิ่ม โหลดดิ่งคอยล์ ทำให้สายอากาศยาวขึ้นทางไฟฟ้า
2. เพิ่มค่าขนานของค่าคาปาซิเตอร์โดยการต่อโหลดที่ขั้วของสายอากาศด้วยตัวนำโลหะ ทำให้สายอากาศยาวขึ้นทางไฟฟ้า
3. เพิ่มตัวคาปาซิเตอร์แบบอนุกรมเข้าไป ทำให้สายอากาศสั้นลงทางไฟฟ้า

4.4.9 การแพร่ของคลื่นวิทยุ (Propagation of Radio Waves)

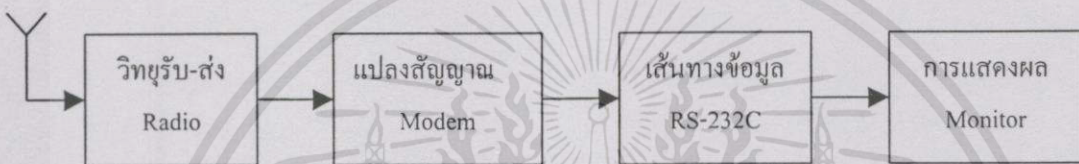
การเดินทางไปยังหน้าของคลื่นวิทยุซึ่งเป็นแม่เหล็กไฟฟ้าถูกเรียกว่าการแพร่ (propagation) เนื่องจากสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กมีการเปลี่ยนแปลงของคลื่นแยกจากกันในการกระจายออกไปในทุกทิศทาง มีวิธีการหลายอย่างเพื่อส่งคลื่นวิทยุไปยังสายอากาศด้านรับซึ่งอาจจัดแบ่งได้ดังนี้

1. คลื่นกราวด์ (Ground Wave) สัญญาณวิทยุนี้ถูกส่งใกล้กับดินและอยู่ในดิน
2. คลื่นเซอร์เฟส (Surface Wave) สัญญาณวิทยุนี้ถูกส่งเหนือพื้นผิวโลก โดยส่วนมากเป็นเส้นตรงไปยังสายอากาศด้านรับ
3. คลื่นสกาย (Sky Wave) สัญญาณวิทยุนี้ถูกส่งขึ้นไปบนท้องฟ้า บางส่วนของพลังงานจะสูญเสียไป แต่บางส่วนของคลื่นสกายจะกลับลงมาบนพื้นโลกโดยการสะท้อนและหักเหของคลื่นจากชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere)

บทที่ 5

การออกแบบภาครับสัญญาณแฉ่งเตือน

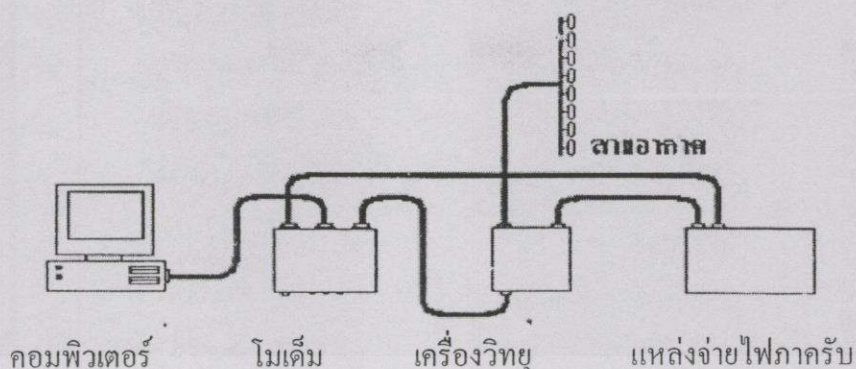
ในบทที่ 5 นี้จะกล่าวถึงการออกแบบภาครับสัญญาณแฉ่งเตือน ในงานวิจัยเครื่องมือฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลนี้จะออกแบบภาครับให้เป็นสถานีรับข้อมูลที่ส่งมาจากภาคส่งโดยวิทยุผ่านมาทางอากาศเพื่อที่จะนำข้อมูลนี้มาแปลเป็นความหมายเพื่อสื่อให้เข้าใจในการแฉ่งเตือนของภาคส่งสัญญาณ โดยมีรายละเอียดและบล็อกไดอะแกรมดังนี้



รูปที่ 5.1 บล็อกไดอะแกรม ของภาครับสัญญาณแฉ่งเตือน

จากบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 5.1 นี้ จะเห็นว่ามียู่อุปกรณ์ 4 บล็อกไดอะแกรม บล็อกไดอะแกรมแรกเป็นบล็อกไดอะแกรมของสายอากาศและวิทยุรับส่ง ทำหน้าที่รับสัญญาณข้อมูลที่เป็นคลื่นวิทยุเข้ามาสัญญาณส่วนที่รับเข้ามาและผ่านทางวิทยุรับส่งนั้น จะเป็นสัญญาณอนาล็อกจะต้องส่งต่อไปยังบล็อกไดอะแกรมที่สองเพื่อจะทำการถอดโค้ด บล็อกไดอะแกรมที่สองคือโมเด็ม จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณวิทยุที่เป็นอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัล เพื่อส่งผ่านไปยังบล็อกที่สามได้ คือ บล็อก RS232 ซึ่งทำหน้าที่เป็นเส้นทางผ่านของสัญญาณดิจิทัล และจัดการระดับสัญญาณที่เหมาะสมส่งผ่านให้กับคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นมอเอนิเตอร์โดยการจัดพิมพ์และเก็บข้อมูลในการแฉ่งเตือนการบุกรุกของตัวเซ็นเซอร์ หรือตัวเครื่องส่งที่ทำหน้าที่ตรวจจับผู้บุกรุก มอเอนิเตอร์จะทำให้เราทราบบริเวณที่ถูกบุกรุกจากบุคคลหรือรถยนต์ตามวันเวลาที่ระบุอยู่ในจอคอมพิวเตอร์จากบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 5.1 สามารถเขียนเป็นโครงสร้างได้ดังรูปที่ 5.2

ในการสื่อสารข้อมูลหรือการส่งข่าวสารจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งไม่ว่าจะเป็นการสื่อสารในรูปแบบใดก็ตามจะต้องประกอบด้วยส่วนประกอบหลักเบื้องต้น 3 ส่วนคือ แหล่งต้นกำเนิด (Source) ตัวกลาง (Media) แหล่งรับ (Receiver) แหล่งต้นกำเนิดเป็นแหล่งที่สร้างข่าวสารเพื่อส่งไปตามตัวกลางไปยังแหล่งรับซึ่งเป็นจุดหมายปลายทาง ส่วนประกอบทั้ง 3 ส่วนนี้เป็นส่วนประกอบสำหรับโครงสร้างที่เล็กที่สุดของระบบการสื่อสาร หากขาดส่วนหนึ่งส่วนใดไปการสื่อสารก็จะเกิดขึ้นไม่ได้ และในบทที่ 5 นี้ จะกล่าวถึงแหล่งรับข่าวสารซึ่งเป็นจุดหมายปลายทาง



รูปที่ 5.2 แสดงโครงสร้างภาครับสัญญาณ

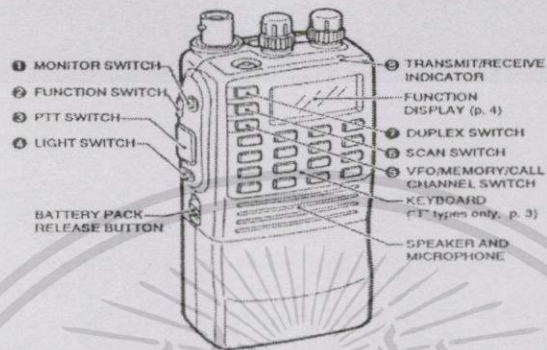
จากรูปที่ 5.2 เป็นการออกแบบโครงสร้างภาครับสัญญาณของเครื่องมือเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกล ซึ่งจะประกอบไปด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมมอดิเตอร์เพื่อใช้ในการแสดงผล เครื่องโมเด็มใช้ในการถอดโค้ดเครื่องรับส่งวิทยุ และสายอากาศใช้ในการรับสัญญาณวิทยุที่ส่งออกมาจากเครื่องส่งที่ใช้ตรวจจับผู้บุกรุก และที่ขาดเสียไม่ได้คือแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับอุปกรณ์ทั้งหมด

การสื่อสารจะเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อข่าวสารที่แหล่งต้นกำเนิดส่งไปตามตัวกลางนั้นแล้วแหล่งรับรับมาได้อย่างสมบูรณ์ ในบางครั้งข่าวสารที่ส่งมาตามตัวกลางอาจถูกรบกวนทำให้คุณสมบัติของข่าวสารผิดพลาดไปจากเดิม สิ่งที่มารบกวนคุณสมบัติของข่าวสารนั้น เรียกว่า นอยซ์ หรือสัญญาณรบกวน ระบบการสื่อสารที่ดีนั้นจะต้องสามารถตรวจสอบข่าวสารที่รับมาได้ว่ามีสิ่งรบกวนจนข่าวสารผิดพลาดไปหรือไม่หากมีจะต้องแก้ความผิดพลาดนั้นให้ถูกต้องด้วย

ตัวกลางสำหรับเป็นทางเดินของข่าวสารโดยทั่ว ๆ ไป แล้วเรามักใช้สายสื่อสารที่มีบริการอยู่แล้ว เช่น สายโทรศัพท์ หรืออาจจะทำการวางสายสื่อสารสำหรับงาน โดยเฉพาะขึ้นใหม่ก็ได้ แต่อันที่จริงแล้วตัวกลางที่ใช้สำหรับการสื่อสารนั้นไม่ใช่จะมีเฉพาะสายโทรศัพท์เท่านั้น ตัวกลางที่ใช้ในการสื่อสารอย่างอื่นมีอีกหลายอย่าง เช่น ระบบสายต่าง ๆ, ระบบวิทยุ และระบบไมโครเวฟ เป็นต้น หรืออาจจะเป็นการส่งข้อมูลไปทางไปรษณีย์ หรือนำข้อมูลไปด้วยตนเองก็ได้ ในแต่ละวิธีก็มีจุดประสงค์เดียวกันคือ เพื่อส่งข้อมูลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งนั่นเอง

5.1 การใช้เครื่องรับสัญญาณคลื่นวิทยุ และสายอากาศ

เครื่องรับสัญญาณคลื่นวิทยุที่ใช้ในงานวิจัยเครื่องมือเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลที่ออกแบบไว้คือ ยี่ห้อ ICOM 2GXA 5w ใช้รับคลื่นสัญญาณในย่าน VHF



รูปที่ 5.3 วิทยุรับส่ง ICOM 2GXA

ตารางที่ 5.1 แสดงคุณสมบัติต่างๆ ไปของวิทยุ ICOM 2GXA

Frequency Coverage	144-146 MHz	
Tuning steps	5, 10, 12.5, 15, 20, 25, 30, or 50 kHz	
Dial select steps	100 kHz or 1 MHz	
Antenna impedance	50 Ω (nominal)	
Usable battery	BP-130A, BP-157A, BP-160, BP-174	
External DC power	6-16 V DC (negative ground)	
Current drain (at 13.5 V, typical)	Transmit	High 2.0 A
	Receive	Low 0.9 A
Usable temperature range	Rated audio 120 mA	
Frequency stability	-10 $^{\circ}$ C to +60 $^{\circ}$ C	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 แสดงคุณสมบัติทางการส่งของวิทยุ ICOM 2GXA

Approx. output power	7.2 V	High : 5 W
		Low : 1 W
	13.5 V	High : 3 W
		Low : 1 W
Max. freq. Deviation*		+ 5 kHz
Spurious emissions*		Less than -60 dB
Microphone Impedance		1 k Ω

ตารางที่ 5.3 แสดงคุณสมบัติของวิทยุ ICOM 2 GXA ทางด้านรับ

Receive system	Double-conversion superheterodyne
Sensitivity	Less than 0.18 μ V (for 12 dB SINAD)
Squelch sensitivity	Less than 0.16 μ V (at threshold)
Selectivity	More than 15 kHz/-6dB
	Less than 30 kHz/-60 dB
Spurious and image Rejection ratio*	More than 60 dB
Audio output power* (at 13.5 V)	More than 300 mW (at 10 % distortion with an 8 Ω load)
Audio out impedance	8 Ω

หน้าที่ของเครื่องรับสัญญาณ คือ ทำการเลือกช่องสัญญาณที่ต้องการออกมาจากสัญญาณอื่น ๆ ที่ภาคส่งออกมาในอากาศและขยายสัญญาณกลับไปเป็นสัญญาณข้อมูลที่ส่งมาได้โดยปกติเครื่องรับจะมีปัจจัย 2 ประการ ที่ต้องคำนึงถึงดังนี้

ค่าซีเล็กติวิตี (Selectivity)

หมายถึง ความสามารถในการเลือกรับสัญญาณ โดยเลือกเอาเฉพาะช่องสัญญาณที่ต้องการเข้ามาเท่านั้น หากค่าเครื่องรับสัญญาณมีค่าซีเล็กติวิตี (Selectivity) ที่ดีก็จะสามารถรับสัญญาณช่องที่ต้องการและกำจัดช่องสัญญาณข้างเคียงออกไปได้

ค่าเซนซิวิตี (Sensitivity)

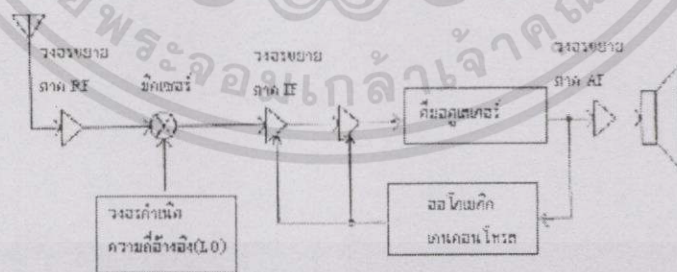
หมายถึงความสามารถในการรับสัญญาณที่ต้องการที่มีขนาดเล็กหรือสัญญาณอ่อนแล้ว นำมาขยายให้ได้สัญญาณที่มีความแรงมากขึ้น โดยปกติค่าเซนซิวิตีจะแสดงถึงการขยายสัญญาณด้วย นั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็ยังมีกำลังขยายมากค่าเซนซิวิตีก็ยิ่งดีและจะแสดงในรูปของค่าแรงดันของสัญญาณขาเข้าที่มีขนาดเล็กที่สุด ซึ่งจะสามารถขยายสัญญาณได้มากกว่า 10 เท่าของสัญญาณรบกวน

สำหรับเครื่องรับที่มีรูปแบบง่ายได้แก่เครื่องแบบจูนความถี่วิทยุ TRF (Tuned Radio Frequency Receiver) ซึ่งมีการทำงาน คือ สัญญาณที่รับเข้ามาทางสายอากาศจะถูกต่อเข้ากับวงจรจูน ซึ่งจะช่วยให้ค่าซีเล็กติวิตีให้กับเครื่องรับ ส่วนวงจรขยายสัญญาณภาคความถี่ย่านคลื่น วิทยุ (RF, Radio Frequency) ช่วยให้เครื่องรับมีค่าเซนซิวิตีดีขึ้น เป็นการขยายสัญญาณที่เข้ามาก่อนที่จะนำไปเข้าวงจรตรวจรับสัญญาณ (Detector) ผลที่ได้ก็จะเป็นสัญญาณ ฟอรั่มล หรือสัญญาณเสียงที่สามารถนำมาขยายต่อไป วงจรขยายภาคสัญญาณความถี่เสียง (AF, Audio Frequency) ให้ได้สัญญาณออกมาที่ลำโพงวงจรภาคขยายสัญญาณความถี่เสียง ให้ได้สัญญาณออกมาที่ลำโพงวงจรขยายภาคสัญญาณความถี่เสียง ให้ได้สัญญาณออกมาที่ลำโพงวงจรเครื่องรับในแบบ TRF นั้นยังมีความยุ่งยากในการปรับความถี่อยู่มาก เนื่องจากการปรับวงจรจูนที่มีหลายชุดต่อ ๆ กัน จะต้องทำการปรับหลายครั้ง ต่อมาในภายหลังจึงมีการต่อวงจรจูนหลาย ๆ ชุดเข้าด้วยกัน ทำให้การปรับเครื่องรับสัญญาณง่ายขึ้น ปัญหาที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของเครื่องรับสัญญาณแบบ TRF ก็คือ ค่าซีเล็กติวิตีจะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าของความถี่ของสัญญาณที่สูงขึ้นซึ่งค่าซีเล็กติวิตีจะมีค่าดีที่ความถี่ต่ำ เครื่องรับที่สามารถแก้ปัญหานี้ข้างต้นได้เป็นอย่างดีคือเครื่องรับแบบที่เรียกว่าซูเปอร์เฮเทอไดโอด (Super heterodyne) หลักการของวงจรซูเปอร์เฮเทอไดโอดก็คือ การแปลงความถี่ของสัญญาณที่เข้ามาให้เป็นความถี่ค่ากลางค่าหนึ่งซึ่งเรียกว่า ความถี่ไอเอฟ (IF, Intermediate Frequency)

วงจรซูเปอร์เฮเทอไดโอดใช้วงจรขยายเพียงชุดเดียวก็สามารถให้ค่าซีเล็กติวิตีและค่าเซนซิวิตีที่ดีได้ วงจรหลักในเครื่องรับซูเปอร์เฮเทอไดโอดก็คือวงจรมิกเซอร์ซึ่งทำการแปลงความถี่ของสัญญาณที่เข้าดังรูปไดอะแกรมของวงจรซูเปอร์เฮเทอไดโอดต่อไปนี้



รูปที่ 5.4 วงจรซูเปอร์เฮเทอไดโอด

วงจรขยายสัญญาณความถี่วิทยุที่ให้ค่ากำลังขยายและค่าซีเล็กติวิตีในช่วงแรกเรียกว่าปริซีเล็กเตอร์ (Pre-Selector) ถัดมาในภาคที่สองเป็นวงจรจูน (Tuned Circuit) สำหรับช่วยในการเลือกสัญญาณที่ต้องการหรือช่วงสัญญาณที่ต้องการ วงจรจูนอาจสร้างให้มีค่า Q สูง ๆ ทำให้มีค่าซีเล็กติวิตีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีที่ขึ้น แต่โดยปกติแล้ววงจรในภาคนี้มักต้องทำงานในช่วงความถี่กว้าง ๆ เพื่อให้สามารถรับสัญญาณได้หลายช่อง ในเครื่องรับบางเครื่องอาจไม่ใช้วงจรขยายสัญญาณความถี่วิทยุในชุดแรก เนื่องจากไม่มีความจำเป็น เพราะความแรงของสัญญาณที่ได้รับอาจมีมากอยู่แล้ว แต่จะไปขยายสัญญาณอีกครั้งในภาคความถี่ตัวกลาง (IF Amplifier) แต่จะเป็นการดีกว่าที่จะมีวงจรขยายความถี่วิทยุอยู่เพื่อเพิ่มค่าเซนต์วิตตี้ เนื่องจากจะได้กำลังขยายมากขึ้นและเพิ่มค่าซีเล็กติวิตตี้อีกด้วยเพราะเป็นวงจรอยู่ด้วยส่วนหนึ่ง และทำให้อัตราส่วนของสัญญาณที่ต้องการต่อสัญญาณรบกวนมากขึ้นด้วย (Signal/Noise Ratio) อีกเหตุผลหนึ่งก็คือจะมีวงจรขยายสัญญาณความถี่วิทยุเพราะจะช่วยแยกสัญญาณรบกวนที่อาจเกิดขึ้นได้กับเครื่องรับข้างเคียงที่เป็นผลมาจากการแพร่กระจายของสัญญาณจากวงจรโลกออสซิลเลเตอร์ (Local Oscillator) ที่อาจผ่านไปทางสายอากาศได้ สัญญาณจาก LO มีความแรงมากอาจจะรั่วไหลและไปเข้าที่ขาเข้าของวงจรมิกเซอร์ ได้ ในการสร้างวงจรขยายและวงจรมิกเซอร์หากใช้อุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ชนิดมอสเฟต (MOSFET) ก็จะช่วยลดสัญญาณรบกวนได้ดีกว่าอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์แบบไบโพลาร์ (Bipolar Transistor)

สัญญาณที่ได้จากมิกเซอร์จะเป็นผลรวมและผลต่างของความถี่ของสัญญาณขาเข้าและสัญญาณความถี่คงที่ จะมีวงจรหนึ่งเป็นวงจรกรองเพื่อเลือกเอาสัญญาณผลต่างของความถี่ที่ต้องการออกมานั่นคือ ค่าความถี่กลาง (IF) วงจรมิกเซอร์อาจสร้างได้จากไดโอดหรือบาลานซ์มอดูเลเตอร์ (Balanced Modulator) สำหรับเครื่องรับที่สามารถรับสัญญาณได้ในช่วงความถี่หนึ่ง ๆ วงจร LO จะต้องสามารถปรับจูนได้ความถี่ของวงจรต้องสามารถเปลี่ยนได้ในช่วงความถี่ที่ค่อนข้างกว้างเพื่อที่จะให้วงจรมิกเซอร์สามารถแปลงความถี่ที่เข้ามาให้เป็นความถี่กลาง (IF) ได้ ในวงจรทั่วไปมิกเซอร์และ LO จะเป็นวงจรแยกกัน แต่สำหรับวงจรความถี่ต่ำมิกเซอร์อาจจะรวมกับ LO ก็ได้ซึ่งเรียกว่าเป็นวงจรแปลง (Converter)

สัญญาณขาออกของมิกเซอร์เป็นสัญญาณที่ความถี่กลาง (IF) ซึ่งมีคุณสมบัติของสัญญาณที่เหมือนกับสัญญาณที่ถูกมอดูเลตจากทางด้านเครื่องส่งจะถูกขยายโดยวงจรขยายความถี่กลางอีกหลายชุด และในเครื่องรับส่วนใหญ่จะมีวงจรขยายอยู่ในภาคความถี่กลางนี้ ความถี่กลาง (IF) มักอยู่ในช่วงความถี่ต่ำกว่าสัญญาณขาเข้า วงจรขยายความถี่กลาง (IF) ก็จะถูกออกแบบได้ง่ายกว่าและมีค่าซีเล็กติวิตตี้ดีกว่า พร้อมกันนี้ก็จะมีการสร้างวงจรจูนในภาคนี้ด้วยซึ่งก็จะให้ค่าซีเล็กติวิตตี้ที่ขึ้นอีกระดับหนึ่ง วงจรจูนในที่นี้ก็คือวงจรกรองแบบคริสตอล (Crystal), เชิงกล (Mechanical) และแบบเซรามิก (Ceramic)

สัญญาณ IF จะถูกส่งต่อไปเข้าวงจรตรวจจับหรือดีมอดูเลเตอร์ (Demodulator) ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่เข้ามาให้กลับคืนเป็นสัญญาณข้อมูลเดิมหรือเป็นเสียงพูดจากต้นทาง ผลลัพธ์ของสัญญาณที่ได้มักจะถูกต่อเข้ากับวงจรขยายสัญญาณความถี่เสียง (Audio Amplifier) เพื่อให้ได้ค่าความแรงของสัญญาณเพียงพอที่จะออกไปลำโพง

วงจรที่สำคัญอีกชุดหนึ่งในเครื่องรับแบบซูเปอร์เฮเทอโรไดน์ก็คือวงจรควบคุมกำลังขยายอัตโนมัติ (AGC, Automatic Gain Control) ขนาดของสัญญาณที่ออกมาจากวงจรคิมคูเลเตอร์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของสัญญาณขาเข้าที่รับเข้ามา สัญญาณที่ได้ออกมาเป็นสัญญาณในแบบไฟสลับจะถูกปรับและกรองให้เป็นสัญญาณไฟตรง ซึ่งไฟตรงนี้จะถูกป้อนกลับ (Feed back) ไปยังวงจรขยายความถี่กลาง หรือในบางครั้งอาจเป็นวงจรขยายความถี่วิทยุเพื่อควบคุมกำลังขยายของเครื่องรับ วัตถุประสงค์ของ AGC ก็เพื่อช่วยควบคุมค่าผลลัพธ์ของสัญญาณ ขาออกให้คงที่ตลอดช่วงระดับของสัญญาณคลื่นวิทยุที่รับเข้ามา

ค่าแอมพลิจูดของสัญญาณคลื่นวิทยุที่สายอากาศของเครื่องรับมีค่าตั้งแต่ระดับไมโครโวลต์ไปจนถึงระดับหลายโวลต์ซึ่งแสดงถึงช่วงกลางของสัญญาณที่เรียกว่าช่วงกว้างไดนามิก (Dynamic Range) โดยปกติเครื่องรับมักมีกำลังขยาย (gain) เพื่อที่จะรับสัญญาณที่มีระดับแอมพลิจูดต่ำ ๆ ได้ดี แต่ถ้าหากสัญญาณขาเข้ามีแอมพลิจูดสูงมากก็จะทำให้วงจรขยายทำการขยายมากเกินไปจนเกิดโอเวอร์โหลด (Over load) จึงเกิดความผิดเพี้ยนของสัญญาณ วงจร AGC จะปรับอัตราการขยายแบบอัตโนมัติโดยขึ้นอยู่กับสัญญาณขาเข้า หากสัญญาณที่ออกมาจากวงจรตรงจับสูงมาก วงจร AGC จะให้กำเนิดสัญญาณไฟตรงที่มีค่าแรงดันสูงค่าหนึ่งซึ่งจะถูกป้อนย้อนกลับไปลดกำลังขยายของวงจรขยายความถี่กลาง

ปัญหาที่พบและสำคัญมากในวงจรซูเปอร์เฮเทอโรไดน์เมื่อความถี่กลางมีค่าต่ำคือ ความถี่อิมเมจ (Image Frequency) ซึ่งมีลักษณะเป็นความถี่ที่อยู่ใกล้เคียงกับความถี่ที่ต้องการแต่อยู่สูงขึ้นไปเป็นสองเท่าของความถี่กลางและอยู่ต่ำลงมาเป็นสองเท่าของความถี่ที่ต้องการ เมื่ออิมเมจฟรีแควนซีเข้ามาในวงจรมิกเซอร์และได้ผลลัพธ์ของสัญญาณความถี่กลางที่มีค่าความถี่เช่นเดียวกับสัญญาณจริงทำให้สัญญาณที่ถูกเลือกมาผิดค่าเกิดเป็นสัญญาณรบกวนรวมกับสัญญาณที่ต้องการ สัญญาณอิมเมจอาจเกิดได้ในกรณีที่แถบความถี่มีการใช้งานอย่างหนาแน่นดังนั้นสัญญาณจากอีกช่องหนึ่งอาจเข้ามารบกวนสัญญาณช่องที่ต้องการก็ได้

วิธีการแก้ปัญหาเบื้องต้นก็อาจใช้วงจรมีเพื่อเลือกเอาเฉพาะสัญญาณความถี่ที่ต้องการเข้ามาในเครื่องรับเท่านั้นและกำจัดสัญญาณอิมเมจออกไป แต่การแก้ไขดังกล่าวก็ไม่สามารถทำได้ในวงจรเครื่องรับที่ต้องการใช้กับความถี่ในช่วงกว้าง วิธีการที่สองที่ใช้ในการแก้ปัญหาก็คือการเพิ่มค่าความถี่กลางให้มากขึ้นจนอิมเมจฟรีแควนซีอยู่เลยออกนอกช่วงการทำงานของวงจรมุ่งไป แต่เมื่อค่าความถี่กลางสูงขึ้นก็จะทำให้ออกแบบวงจรยากขึ้น ดังนั้นการออกแบบวงจรซูเปอร์เฮเทอโรไดน์ต้องออกแบบให้ความถี่กลางมีค่ามากที่สุดเพื่อลดผลของอิมเมจฟรีแควนซีและในขณะเดียวกันต้องทำให้มีค่าน้อยที่สุดเพื่อที่จะให้ออกแบบวงจรได้ง่ายขึ้นที่ความถี่ต่ำ วิธีแก้ปัญหานี้สัญญาณอิมเมจวิธีสุดท้ายที่นิยมกันคือใช้วงจรแปลงความถี่สองครั้งซึ่งเรียกว่า ดูออลคอนเวอร์ชัน ซูเปอร์เฮเทอโรไดน์ (Dual Conversion Super Heterodyne Receiver) ซึ่งมีการแปลงความถี่กลางสองชุดด้วยวงจรมิกเซอร์สองชุด ชุดแรกมี LO ที่สามารถปรับค่าได้ ส่วน LO ชุดที่สองคงที่เพื่อปรับค่าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

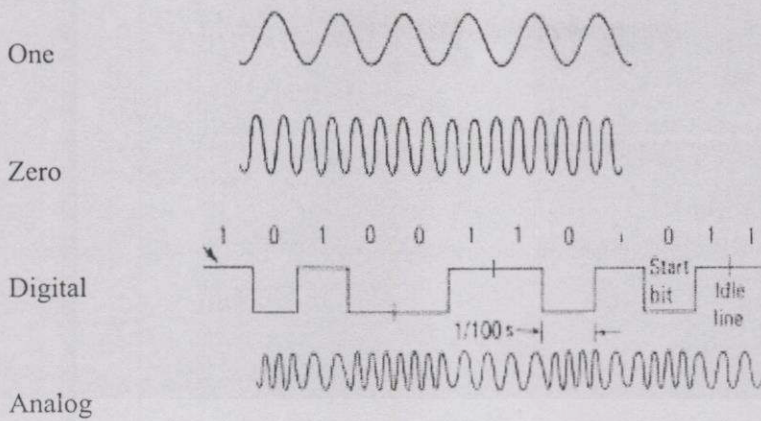
เล็กน้อย มิกเซอร์ชุดแรกจะแปลงให้สัญญาณมาอยู่ในความถี่กลางค่าสูง โดยจะช่วยในการลดปรากฏการณ์อิมเมจฟรีควีนซี ส่วนมิกเซอร์ชุดที่สองจะแปลงสัญญาณความถี่กลางชุดแรกให้ต่ำลงเป็นสัญญาณความถี่กลางความถี่ที่สองซึ่งให้ค่าซีเล็กทริวิตีที่ดีกว่าวงจรคอนเวอร์ชันคู่ (Dual Conversion) มักใช้ในวงจรเครื่องรับความถี่คลื่นสั้น (Short Wave Receiver) เครื่องรับคลื่น VHF,UHF และไมโครเวฟ ที่เครื่องรับคลื่นที่ส่งมาจะรับได้โดยสายอากาศรับเครื่องรับจะรับได้เฉพาะคลื่นที่ต้องการเท่านั้นแล้วขยายให้คลื่นนั้นมีกำลังแรงขึ้นเพื่อป้อนให้วงจรดีมอดคูเลตทำหน้าที่แปลงคลื่นพาหะที่ถูกมอดคูเลตกลับมากขึ้นเพื่อให้สัญญาณได้สัญญาณข่าวสารตามเดิม

สายอากาศทางด้านภาครับ

สายอากาศเป็นส่วนสำคัญของเครื่องรับทำหน้าที่ในการรับคลื่นวิทยุเข้าสู่เครื่องรับสายอากาศก็เหมือนวงจรไฟฟ้าที่ประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุสายอากาศส่วนใหญ่จึงทำด้วยลวดตัวนำเป็นท่อนหรือกรวยเป็นเส้นตรงหรือโค้งงอแล้วแต่ชนิดของสายอากาศสายอากาศโดยทั่วไปจะมีขนาดใกล้เคียงกับความยาวคลื่นเราสามารถให้สายอากาศทำหน้าที่เป็นได้ทั้งสายอากาศส่งและสายอากาศรับเนื่องจากในทฤษฎีจะมีคุณสมบัติที่เหมือนกัน

5.2 การสร้าง Modem ในภาครับ

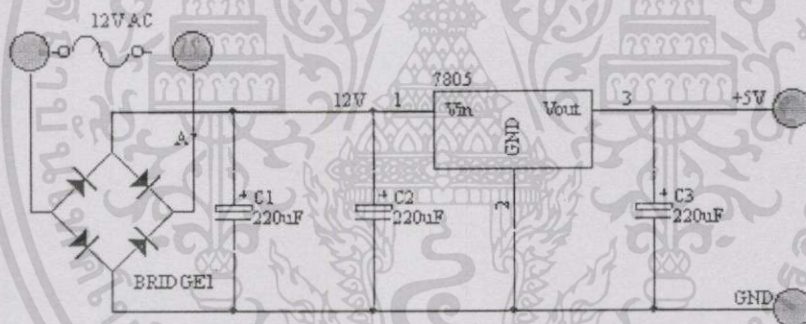
การสื่อสารข้อมูลโดยผ่านทางวิทยุสื่อสารไม่สามารถกระทำได้โดยตรงต้องอาศัยการแปลงรูปแบบข้อมูล การรับข้อมูลจะรับจากข้อมูลที่อยู่ในรูปของสัญญาณอนาล็อกแล้วมาทำการเปลี่ยนรูปแบบข้อมูลให้เป็นสัญญาณดิจิทัล การเปลี่ยนรูปแบบข้อมูลแล้วมาทำการเปลี่ยนรูปแบบข้อมูลให้เป็นสัญญาณดิจิทัล การเปลี่ยนรูปแบบข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น ต้องใช้โมเด็มทำการเปลี่ยนแปลงการแปลงสัญญาณที่รับมาจากวิทยุโดยต่อออกมาจากลำโพงของวิทยุในภาครับสัญญาณ โมเด็มที่ใช้เป็นเบอร์เดียวกับภาคส่ง คือ เบอร์ TCM 3105NE ซึ่งมีความเร็วสูงสุด 1200 บิตต่อวินาที การรับส่งข้อมูลที่ใช้ในเครื่องมือฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลนี้จะใช้การรับส่งแบบ Half Duplex สามารถรับและส่งข้อมูลได้ แต่จะต้องสลับกันส่งจะส่งพร้อมกันทั้งสองด้านไม่ได้ อุปกรณ์ที่ใช้การติดต่อในแบบ Half Duplex ได้แก่ วิทยุมือถือ และ Intercom เป็นต้น มาตรฐานความเร็วในการรับส่งข้อมูลต้องตรงกันระหว่างผู้ส่งและผู้รับ ความถี่ของคลื่นพาหะที่ใช้ว่าผู้ส่งและผู้รับใช้ความถี่เท่าไร รวมทั้งมาตรฐานของการผสมสัญญาณอีกด้วย มาตรฐานการผสมสัญญาณที่ใช้คือ Frequency Shift Keying (FSK) เราทราบกันดีแล้วว่า โมเด็มความเร็วต่ำโดยแทนด้วย “0” และ “1” ด้วยความถี่ต่างกัน การผสมสัญญาณแบบ FSK นี้ อัตราการส่งข้อมูล (Bit Rate) จะเท่ากับ Baud Rate เสมอ ดังรูป



รูปที่ 5.5 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

5.2.1 การสร้างชุดจ่ายไฟให้กับ Modem

วงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ จะสามารถทำงานได้เมื่อมีไฟเลี้ยงวงจร เช่นเดียวกันกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ใน Modem ซึ่งเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้แรงดันไฟเลี้ยง +5 โวลต์ ดังนั้นจึงต้องมีวงจร Rectifier แปลงไฟ AC เป็น DC และมีวงจรเรกูเลเตอร์ 5 โวลต์ ดังรูป

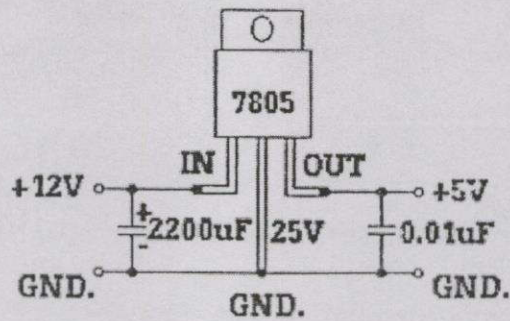


รูปที่ 5.6 วงจรเรกติไฟเออร์สำหรับโมเด็ม

ขั้นตอนและวิธีการสร้าง

1. ศึกษาคุณสมบัติและการใช้งาน IC เบอร์ LM7805 จากคู่มือการใช้งาน
2. ออกแบบวงจร
3. ต่อวงจรตามรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 วงจรเรกูเรเตอร์ 5 โวลท์

5.2.1.1 การทดสอบวงจรเรกูเรเตอร์

1. ป้อนแรงดัน +3 โวลท์ เข้าที่ขา IN และวัดแรงดันที่ขา OUT พร้อมสังเกตความร้อนที่แผ่นระบายความร้อน
2. ป้อนแรงดัน +5 โวลท์ เข้าที่ขา IN และวัดแรงดันที่ขา OUT พร้อมสังเกตความร้อนที่แผ่นระบายความร้อน
3. ป้อนแรงดัน +9 โวลท์ เข้าที่ขา IN และวัดแรงดันที่ขา OUT พร้อมสังเกตความร้อนที่แผ่นระบายความร้อน
4. ป้อนแรงดัน +12 โวลท์ เข้าที่ขา IN และวัดแรงดันที่ขา OUT พร้อมสังเกตความร้อนที่แผ่นระบายความร้อน
5. ป้อนแรงดัน +15 โวลท์ เข้าที่ขา IN และวัดแรงดันที่ขา OUT พร้อมสังเกตความร้อนที่แผ่นระบายความร้อน

5.2.1.2 ผลการทดสอบวงจรเรกูเรเตอร์

1. เมื่อป้อนแรงดัน +3 โวลท์ เข้าที่ขา IN และวัดแรงดันที่ขา OUT พบว่ามีแรงดัน +3 โวลท์ แผ่นระบายความร้อนไม่ร้อน
2. เมื่อป้อนแรงดัน +5 โวลท์ เข้าที่ขา IN และวัดแรงดันที่ขา OUT พบว่ามีแรงดัน +3 โวลท์ แผ่นระบายความร้อนไม่ร้อน
3. เมื่อป้อนแรงดัน +9 โวลท์ เข้าที่ขา IN และวัดแรงดันที่ขา OUT พบว่ามีแรงดัน +5 โวลท์ แผ่นระบายความร้อนอุ่น
4. เมื่อป้อนแรงดัน +12 โวลท์ เข้าที่ขา IN และวัดแรงดันที่ขา OUT พบว่ามีแรงดัน +5 โวลท์ แผ่นระบายความร้อนอุ่น
5. เมื่อป้อนแรงดัน +15 โวลท์ เข้าที่ขา IN และวัดแรงดันที่ขา OUT พบว่ามีแรงดัน +5 โวลท์ แผ่นระบายความร้อนอุ่น
6. จากผลการทดสอบดังกล่าวเขียนเป็นตารางได้ดังตารางที่ 5.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 แสดงผลการทดสอบวงจรเรกูเรเตอร์ 5 โวลต์

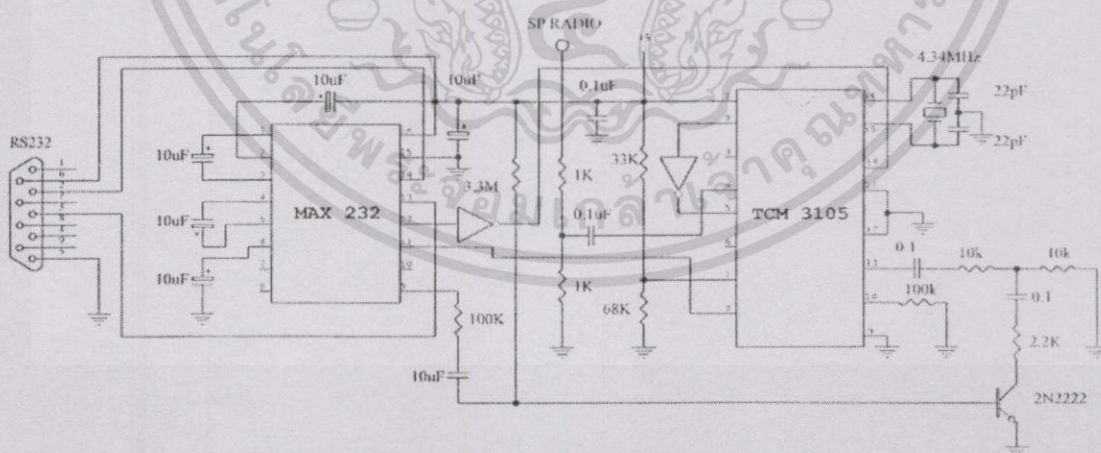
แรงดันอินพุท	แรงดันเอาต์พุท
+3 โวลต์	+3 โวลต์
+5 โวลต์	+3 โวลต์
+9 โวลต์	+5 โวลต์
+12 โวลต์	+5 โวลต์
+15 โวลต์	+5 โวลต์

สรุปการทดสอบ

IC เบอร์ LM 7805 สามารถทำงานได้ถูกต้องต่อเมื่อมีแรงดันของขา IN มากกว่า 7 โวลต์ ขึ้นไป ดังแสดงในคู่มือการใช้งานและสามารถทำงานได้ถูกต้องไม่เสียหาย หากแรงดันทางขา IN มีค่าไม่มากกว่า 30 โวลต์ แรงดันทางขา IN ยิ่งสูงมากเท่าใด ความร้อนที่ออกมาจากตัว IC ก็จะมีเพิ่มสูงมากขึ้นไปด้วย การใช้งานจริงใช้แรงดัน IN ขนาด +12 โวลต์ ถึง +15 โวลต์ ทำให้ความร้อนไม่สูงมากและ IC สามารถทำงานได้เป็นปกติไม่เสียหาย

5.2.2 การออกแบบวงจรโมเด็ม

การถอดรหัสหรือการแปลสัญญาณจากเครื่องรับสัญญาณวิทยุโดยต่อออกจากลำโพงผ่านเข้ามาที่โมเด็มเพื่อจะแปลงสัญญาณเดิมที่เป็นสัญญาณอนาล็อก ให้เป็นสัญญาณดิจิทัล โดยใช้ไอซีโมเด็มเบอร์ TCM3105NE มีการออกแบบ ดังนี้



รูปที่ 5.8 วงจรการถอดรหัสหรือการแปลสัญญาณ (Modem)

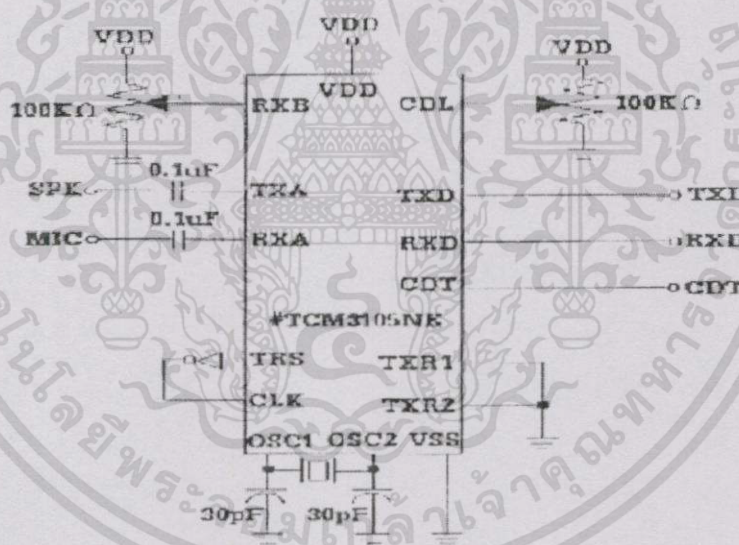
จากรูปที่ 5.8 เป็นวงจรโมเด็ม ประกอบด้วยไอซีโมเด็ม TCM3105NE และ IC MAX232 TCM3105NE นั้นเป็นซิงเกิลชิปที่มีมาตรฐานการผสมสัญญาณแบบ Frequency Shift Keying มีมาตรฐาน CCITT ที่ V.23 รับส่งสัญญาณในแบบ Half Duplex คือมีความเร็ว 1200 บิตต่อวินาที เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือลดความเร็วลงมาที่ 600 บิตต่อวินาที จะรับสัญญาณอนาล็อก จากจุดต่อจากลำโพงของวิทยุรับส่ง ICOM 2GXA เข้ามาที่ ขา 4 ชื่อ RXA จะทำหน้าที่เป็น Receive analog input และจะส่งออกเป็นสัญญาณดิจิทัลที่ขา 8 ชื่อ RXD จะทำหน้าที่เป็น Receiver digital output เพื่อที่จะไปถอดรหัสหรือ Demodulated ส่วนการทำงานทางด้านส่งนั้น ขา 14 ชื่อ TXD จะทำหน้าที่รับข้อมูลสัญญาณที่เป็นสัญญาณดิจิทัลหรือทำหน้าที่ Transmit digital input และส่งออกที่ขา 11 จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณอนาล็อกที่ได้หรือทำหน้าที่ Transmit analog output

MAX 232 นั้นจะทำหน้าที่ปรับระดับของสัญญาณให้เหมาะสม โดยที่จะรับสัญญาณที่เป็นสัญญาณดิจิทัลจากขา 8 ของ TCM3105NE มาเข้าที่ขา 11 ของ MAX 232 เพื่อปรับระดับของสัญญาณแล้วส่งต่อออกไปให้ RS-232C ต่อไป

5.2.2.1 ขั้นตอนและวิธีการสร้าง

1. ศึกษาคุณสมบัติและการใช้งาน IC เบอร์ TCM3105NE จากคู่มือการใช้งาน
2. ออกแบบวงจรและคำนวณค่าอุปกรณ์
3. ต่อวงจร ดังรูปที่ 5.9



รูปที่ 5.9 วงจรการทดสอบ IC TCM3105NE

5.2.2.2 การทดสอบ TCM3105NE

1. จ่ายไฟเสียบวงจร
2. ให้ลอจิก “1” ที่ขา IN แล้ววัดความถี่ที่ขา SPK และวัดแรงดันที่ขา CDT
3. ให้ลอจิก “0” ที่ขา IN แล้ววัดความถี่ที่ขา SPK และวัดแรงดันที่ขา CDT
4. ป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 1,200 Hz. แรงดัน 0.5 V_{p-p} เข้าที่ขา MIC แล้ววัดแรงดันที่ขา Out และขา CDT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 2,200 Hz. แรงดัน 0.5 Vp - p เข้าที่ขา MIC แล้ววัดแรงดันที่ขา Out และขา CDT

5.2.2.3 ผลการทดสอบ TCM3105NE

1. เมื่อให้ลอจิก “0” ที่ขา IN แล้ววัดความถี่ที่ขา SPK พบว่าสัญญาณที่วัดได้เป็นรูปคลื่นไซน์ ความถี่ 2,200 Hz. แรงดัน 2 Vp - p และที่ขา CDT มีแรงดัน 0 โวลต์
2. เมื่อให้ลอจิก “1” ที่ขา IN แล้ววัดความถี่ที่ขา SPK พบว่าสัญญาณที่วัดได้เป็นรูปคลื่นไซน์ ความถี่ 1,200 Hz. แรงดัน 2 Vp - p และที่ขา CDT มีแรงดัน 0 โวลต์
3. เมื่อป้อนความถี่ 1,200 Hz. เข้าที่ขา MIC แล้ววัดแรงดันที่ Out พบว่ามีแรงดัน 5 V.
4. เมื่อป้อนความถี่ 2,200 Hz. เข้าที่ขา MIC แล้ววัดแรงดันที่ Out พบว่ามีแรงดัน 0 V.

ผลการทดสอบดังกล่าวสามารถเขียนเป็นตารางได้ดังตารางที่ 5.5 และตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.5 ความสัมพันธ์ RXD กับ MIC ของ TCM3105NE

INPUT	OUTPUT	
	R,X D (V)	MIC (Hz)
+ 5	1,200	0
0	2,200	0

ตารางที่ 5.6 ความสัมพันธ์ของลำโพงกับ TXD และ CDT

INPUT	OUTPUT	
	SPK (Hz)	TXD (V)
1,200	5	5
2,200	0	5

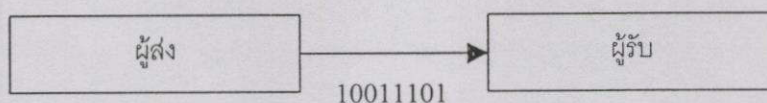
สรุปผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบที่ได้เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปแบบการทำงานของ IC เบอร์ TCM3105NE แล้วพบว่ามีการทำงานถูกต้องตามที่กำหนดไว้ทุกประการสามารถนำไปใช้งานได้

5.3 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม RS-232C

รูปแบบการรับส่งข้อมูลในลักษณะนี้ทุกบิตที่เข้ารหัสแทนหนึ่งตัวอักษรจะถูกส่งผ่านไปตามสายส่งเรียงลำดับไปที่ละบิตในสายส่งเพียงเส้นเดียวดังตัวอย่างในรูปที่ 5.10 ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในเรื่องสายส่งสัญญาณในมากกว่าการรับ - ส่ง ข้อมูลแบบขนาน ดังนั้น การรับ - ส่งข้อมูลแบบอนุกรมนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุกรมจึงนิยมใช้กันมากในการรับ - ส่ง ข้อมูลในระยะไกล แต่ในด้านความเร็วการรับ - ส่ง แบบอนุกรมจะทำได้ช้ากว่าการรับ - ส่ง ข้อมูลแบบขนานอยู่มาก



รูปที่ 5.10 การรับ - ส่ง ข้อมูลแบบอนุกรม

จากรูปตัวอักษรหนึ่งตัวอักษรจะประกอบด้วยบิต 8 บิต จะถูกส่งออกไปเรียงเป็นลำดับและผู้รับจะรวบรวมบิตเหล่านี้ทีละบิตจนครบ 8 บิต จึงถือเป็น 1 ตัวอักษร

พอร์ตอนุกรม RS-232C โดยปกติไมโครคอมพิวเตอร์จะมีพอร์ตแบบอนุกรม เรียกชื่อกันว่า RS-232C อยู่ในตัวอยู่แล้ว แต่บางเครื่องอาจจะไม่มีก็เป็นได้ ตัวอย่างเช่น IBM PC จำเป็นจะต้องมีการ์ดที่เรียกว่า อะซิงโครนัสอะแดปเตอร์ (Asynchronous adapter) มาเสียบใส่ พอร์ต RS-232C นี้ ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลในแบบอนุกรม เรียกว่า Universal Asynchronous adapter เหตุที่มีชื่อเรียกว่า RS-232C ก็เนื่องจากสมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แห่งสหรัฐอเมริกา (Electronic Industries Association : EIA) ได้กำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์การสื่อสารแบบอนุกรมเอาไว้ภายใต้ชื่อว่า RS-232C ซึ่งความจริงมาตรฐานของการส่งข้อมูลแบบอนุกรมมีหลายมาตรฐาน แต่ที่นิยมกันมากที่สุดสำหรับ ไมโครคอมพิวเตอร์ก็คือ RS-232C หน้าที่สำคัญของการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสรับสัญญาณ

- ก. เปลี่ยนสัญญาณที่เข้ามาแบบอนุกรมให้เป็นแบบขนาน
- ข. ตรวจสอบความผิดพลาดของสัญญาณที่รับเข้ามา
- ค. ดัดบิตสิ้นสุดและพาริตีบิตออก
- ง. ส่งสัญญาณให้ซีพียูรู้ว่าได้รับสัญญาณเรียบร้อยแล้ว

ส่งสัญญาณ

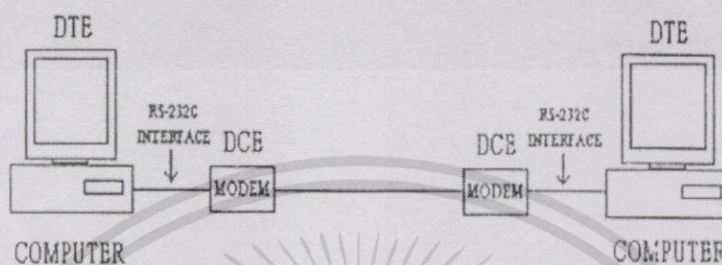
- ก. เปลี่ยนสัญญาณแบบขนานจากซีพียูแล้วขยายส่งออกเป็นแบบอนุกรม
- ข. เพิ่มบิตสิ้นสุดและพาริตีบิต
- ค. เพิ่มสัญญาณควบคุม โมเด็มที่เชื่อมต่ออยู่ (ถ้ามี)

5.3.1 มาตรฐานของ RS-232C

มาตรฐาน RS-232C ได้จัดเพิ่มขึ้นเมื่อปี ค.ศ.1969 โดยสมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แห่งสหรัฐอเมริกา RS ย่อมาจาก Recommended Standard ส่วน 232 เป็นหมายเลขบ่งบอกถึงมาตรฐานตัวนี้ C เป็นหมายเลขของฉบับท้ายสุดของมาตรฐานตัวนี้ จุดประสงค์ของมาตรฐานตัวนี้ก็เพื่อบรรยายคุณลักษณะของการเชื่อมต่ออุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง (Data Terminal Equipment :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DTE) กับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล (Data Communication Equipment : DCE) สำหรับผู้ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ ส่วน DCE ก็จะหมายถึงโมเด็มหรืออุปกรณ์อื่น ๆ เช่น เครื่องพิมพ์ที่รับสัญญาณแบบอนุกรมอาจเป็นได้ทั้ง DTE และ DCE ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต ข้อแตกต่างของ DTE และ DCE จะเป็นได้ดังรูปที่ 5.11



รูปที่ 5.11 อุปกรณ์ DTE และ DCE

คุณสมบัติอีกประการหนึ่งของ RS-232C คือความเร็วและระยะทางการรับ - ส่งข้อมูล RS-232C สามารถเชื่อมต่อการรับ - ส่งข้อมูลได้ด้วยอัตราเร็ว 0-20,000 บิตต่อวินาที ซึ่งเพียงพอกับการเชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีอัตราเร็ว 110 ถึง 9,600 บิตต่อวินาที ความยาวของสายเชื่อมต่อสัญญาณตามมาตรฐานของ RS-232C จำกัดอยู่แค่ความยาว 50 ฟุต ซึ่งก็เพียงพอสำหรับการสื่อสารของไมโครคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ต่อพ่วงรอบนอก

5.3.2 ลักษณะของสัญญาณ RS-232C

เพื่อเป็นหลักประกันว่าข้อมูลถูกส่งออกไปอย่างถูกต้องและอุปกรณ์ถูกควบคุมอย่างถูกต้อง จำเป็นจะต้องมีข้อตกลงกันในเรื่องของสัญญาณที่ใช้มาตรฐาน RS-232C กำหนดย่านของแรงดันไฟฟ้าในสัญญาณเพื่อสนองจุดประสงค์ดังกล่าว สามารถแสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 5.7 สัญญาณที่ใช้มาตรฐาน RS-232C

แรงดันไฟฟ้า	สถานภาพลอจิก	สถานภาพสัญญาณ	ฟังก์ชันการควบคุม
3 ถึง 25 V.	“0”	สเปซ	ON
-25 ถึง -3 V.	“1”	มาร์ค	OFF

หมายเหตุ ช่วงของระดับแรงดันระหว่าง -3V ถึง +3V จะเป็นช่วงของการเปลี่ยนแปลงลอจิก ดังนั้นจึงไม่มีการระบุสถานะของสัญญาณในช่วงนี้ คอมพิวเตอร์บางเครื่องใช้แค่สัญญาณลอจิกที่ออกมาเป็นสัญญาณของ RS-232C เลข

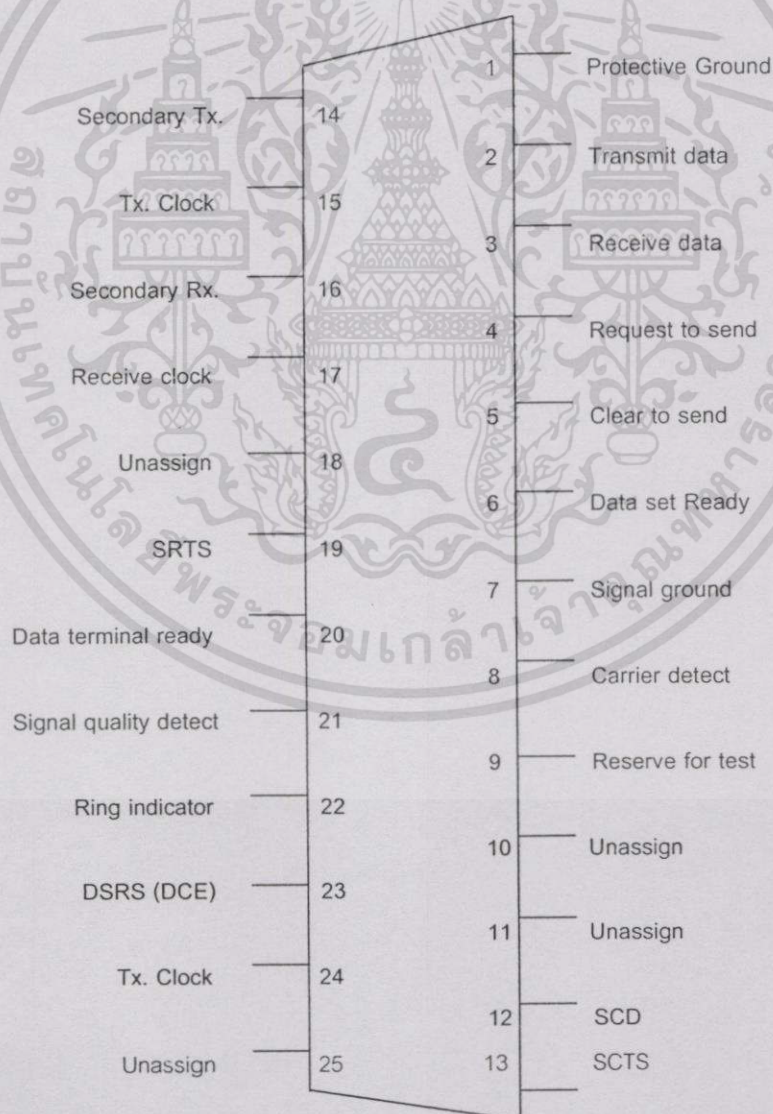
5.3.3 คอนเน็คเตอร์ของ RS-232C

ในปัจจุบันเรามักใช้คอนเน็คเตอร์แบบ DB-25 ในการอินเตอร์เฟสตามมาตรฐาน RS-232C คอนเน็คเตอร์แบบนี้เทียบเท่าแบบมาตรฐาน ISO2113 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ประกาศใช้โดย International Organization for Standardiation (ISO)

ขาสัญญาณต่าง ๆ ของคอนเน็คเตอร์แบบ DB-25

ขา 1 Protective ground ขานี้จะถูกต่อเข้ากับตัวถังของอุปกรณ์ เพื่อใช้เป็นสายดินเมื่อเปรียบเทียบกับ Protective ground กับ Signal ground จะเป็นได้ว่า Signal ground มีความสำคัญมากกว่า ดังนั้น Protective ground จึงมักไม่ถูกต่อใช้งาน

ขา 2 Transmit data สัญญาณของขานี้จะถูกส่งจาก DTE ไปยัง DCE หรือ DTE ตัวอื่น เช่น ไมโครคอมพิวเตอร์อื่น หรือ เครื่องพิมพ์ หรือ โมเด็ม เมื่อไม่มีสัญญาณส่งออก สถานะของลอจิกที่ขานี้จะเป็น "1"



รูปที่ 5.12 คอนเน็คเตอร์ของ RS-232C แบบ DB-25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา 3 Receive data DTE จะรับสัญญาณจาก DCE เข้ามาทางขา นี้ เมื่อไม่มีสัญญาณส่งเข้ามา สถานะของลอจิกที่ขา นี้จะเป็น “1”

ขา 4 Request to send ใช้สำหรับส่งสัญญาณจาก DTE ไป DCE เพื่อเป็นการร้องขอที่จะส่งสัญญาณออกทางขา 2 สัญญาณนี้จะใช้ควบคู่กับ CTS หรือ CLEAR TO SEND อุปกรณ์ DCE หากได้รับ RTS จะตรวจสอบตัวเองว่าพร้อมจะรับข้อมูลได้หรือยัง หากพร้อมที่จะรับข้อมูลแล้วจะส่งสัญญาณไปบอกขา CTS

ขา 5 Clear to send เมื่อสัญญาณนี้อยู่ในสถานะ OFF (ลอจิก “1”) หมายความว่า อุปกรณ์รับกำลังบอกว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลแล้ว

ขา 6 Data set ready เมื่อสัญญาณขานี้อยู่ในสถานะ ON (ลอจิก “0”) เป็นการบอก DTE ว่า DCE ต่อเรียบร้อยแล้ว และพร้อมที่จะส่งได้แล้ว

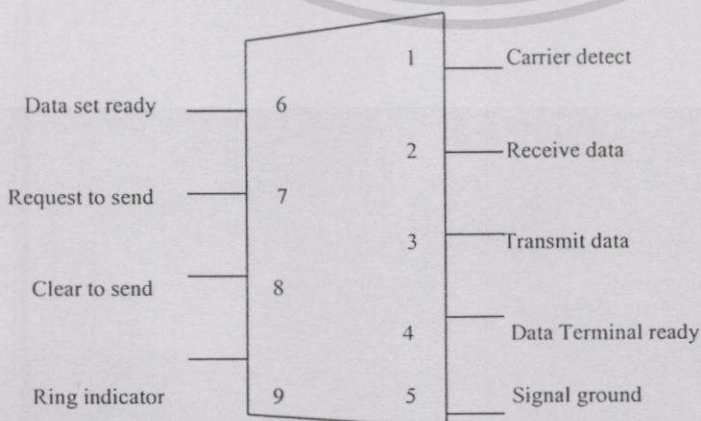
ขา 7 Signal Ground ทำหน้าที่เป็นระดับแรงดันอ้างอิง สำหรับสายสัญญาณทุก ๆ สายจะมีแรงดันเป็น 0 โวลท์

ขา 8 Carrier detect โมเด็มจะส่งสัญญาณที่อยู่ในสถานะ ON (ลอจิก “0”) ไปบอกไมโครคอมพิวเตอร์เมื่อได้รับสัญญาณจากโมเด็มของอีกฝ่ายหนึ่ง สัญญาณนี้จะนำไปจุด LED บอกว่าได้รับสัญญาณจากโมเด็มอีกฝ่ายหนึ่งแล้ว ไฟ LED จะอยู่บนหน้าปัดของโมเด็มเอง

ขา 20 Data terminal ready DTE จะเปิดสัญญาณสายนี้ให้อยู่ในสถานะ ON (ลอจิก “0”) เมื่อพร้อมที่จะติดต่อกับอุปกรณ์ DCE โดยส่วนมากอุปกรณ์ DCE จะไม่รายงานสภาพของตัวเอง เช่น CD, DSR และ CTS ให้อุปกรณ์ DTE รู้ ดังนั้น หากต้องการให้อุปกรณ์ DCE รายงานสภาพของตัวเองจะต้องเปิดสัญญาณ DTR ให้อยู่ในสถานะ ON

ขา 22 Ring indicator สัญญาณนี้ใช้ใน โมเด็มที่เป็นระบบโต้ตอบอัตโนมัติ (Auto Answer) สัญญาณนี้อยู่ในสถานะ ON เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาและ OFF ระหว่างเสียงดังของกระดิ่ง

นอกจากมาตรฐาน RS-232C จะมีคอนเน็คเตอร์แบบ DB-25 แล้ว ยังมีคอนเน็คเตอร์แบบ DB-9 อีกด้วย โดยคัดเส้นสัญญาณที่ไม่จำเป็นออกเหลือเฉพาะที่จำเป็นต้องใช้ในอุปกรณ์โดยทั่ว ๆ ไป



รูปที่ 5.13 คอนเน็คเตอร์ของ RS-232C แบบ DB-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาสัญญาณต่าง ๆ ของคอนเน็คเตอร์แบบ DB-9

ขา 1 Carrier detect โมเด็มจะส่งสัญญาณที่อยู่ในสถานะ ON (ลอจิก “0”) ไปบอกไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อได้รับสัญญาณจากโมเด็มของอีกฝ่ายหนึ่ง สัญญาณนี้จะนำไปจุด LED บอกว่าได้รับสัญญาณจากโมเด็มอีกฝ่ายหนึ่งแล้ว ไฟ LED จะอยู่บนหน้าปัดของโมเด็มเอง

ขา 2 Receive data DTE จะรับสัญญาณจาก DCE เข้ามาทางขานี้ เมื่อไม่มีสัญญาณส่งเข้ามา สถานะของลอจิกที่ขานี้จะเป็น “1”

ขา 3 Transmit data สัญญาณของขานี้จะถูกส่งจาก DTE ไปยัง DTE หรือ DCE ตัวอื่น เช่น ไมโครคอมพิวเตอร์ตัวอื่น เครื่องพิมพ์ หรือโมเด็ม เมื่อไม่มีสัญญาณส่งออก สถานะของลอจิกที่ขานี้จะเป็น “1”

ขา 4 Data terminal ready อุปกรณ์ DTE จะเปิดสัญญาณสายนี้ให้ ON (ลอจิก “0”) เมื่อพร้อมที่จะติดต่อกับอุปกรณ์ DCE โดยส่วนมากอุปกรณ์ DCE จะไม่รายงานสถานภาพของตัวเอง เช่น DC, DSR และ CTS ให้อุปกรณ์ DTE รู้ ดังนั้นหากต้องการให้อุปกรณ์ DCE รายงานสถานภาพตัวเองต้องเปิดสัญญาณ DTR ให้ ON

ขา 5 Signal ground ทำหน้าที่เป็นระดับแรงดันอ้างอิง สำหรับสายสัญญาณทุก ๆ สาย จะมีแรงดันเป็น 0 โวลท์

ขา 6 Data set ready เมื่อสัญญาณขานี้อยู่ในสถานะ ON (ลอจิก “0”) เป็นการบอก DTE ว่า DCE ต่อเรียบร้อยแล้วและพร้อมที่จะส่งข้อมูลได้แล้ว

ขา 7 Request to send ใช้สำหรับส่งสัญญาณจาก DTE เพื่อเป็นการร้องขอที่จะส่งสัญญาณออกทางขา 2 สัญญาณนี้จะใช้ควบคู่กับ CTS หรือ Clear to send หากอุปกรณ์ DCE ได้รับ RTS จะตรวจสอบตัวเองว่าพร้อมจะรับข้อมูลได้หรือยัง หากพร้อมที่จะรับข้อมูลแล้วจะส่งสัญญาณไปบอกขา CTS

ขา 8 Clear to send เมื่อสัญญาณนี้อยู่ในสภาวะ OFF (ลอจิก “1”) หมายความว่า อุปกรณ์รับกำลังบอกว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลแล้ว

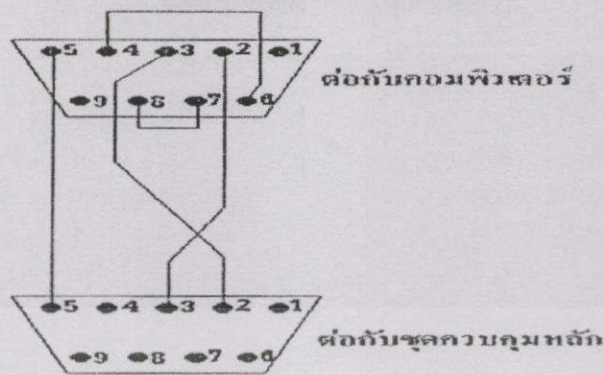
ขา 9 Ring indicator สัญญาณนี้ใช้ในโมเด็มที่เป็นระบบโต้ตอบอัตโนมัติ (Auto-Answer) สัญญาณนี้จะ ON เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามา และ OFF ระหว่างเสียงดังของกระดิ่ง

การสื่อสารข้อมูลของคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกเลือกใช้แบบอนุกรมมาตรฐาน RS-232C ต่อออกภายนอก โดยผ่านทางคอนเน็คเตอร์แบบ DB-9 ตัวผู้ที่เรียกว่าพอร์ทอนุกรม โดยใช้ DB-9 ตัวเสียบเมื่อต่อออกภายนอกเพื่อมารับข้อมูลจาก modem

5.3.4 ขั้นตอนและวิธีสร้าง

1. ศึกษาคุณสมบัติของพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์
2. นำ DB-9 ตัวเมีย 2 ตัว มาต่อสายต่าง ๆ ได้ดังรูปที่ 5.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.14 การต่อสายระหว่าง DB-9 กับ DB-9

5.3.5 การทดสอบ RS-232C

1. ต่อขา Out ของ DB-9 ตัวเมีย เข้าที่ขา RX ของโมเด็มและต่อขา IN ของ DB-9 ตัวเมีย เข้าที่ขา RX ของคอมพิวเตอร์เขียนโปรแกรมให้คอมพิวเตอร์รับข้อมูล เข้าทาง IN และเขียนโปรแกรมให้ Modem ส่งข้อมูลออกทางขา TX
2. เขียนโปรแกรมให้คอมพิวเตอร์แสดงผลทางหน้าจอ

5.3.6 ผลการทดสอบ RS-232C

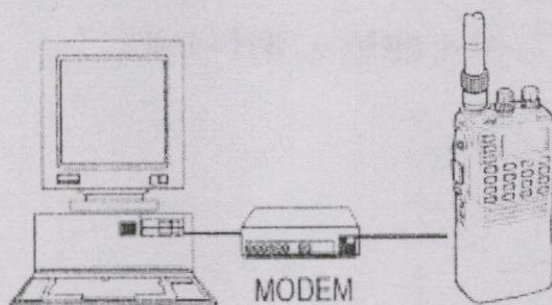
1. เมื่อให้คอมพิวเตอร์แสดงผลออกทาง TX สามารถติดต่อสื่อสารได้

5.4 การรายงานผลหรือการแจ้งเตือนผู้บุกรุก

จากรายงานหรือการแจ้งเตือนผู้บุกรุกนี้ได้ออกแบบให้มีการรายงานและแจ้งเตือนได้ 2 แบบด้วยกัน เพื่อความสะดวกและเหมาะสม ในสภาพสถานะกราฟต่าง ๆ ได้ออกแบบไว้ 2 ชนิด คือ รายงานผลทาง Monitor ของ Computer และรายงานผลทางจอ LCD ที่พกพาติดตามตัวได้

5.4.1 การรายงานผลทาง Monitor Computer

การรายงานผลหรือแจ้งเตือนผู้บุกรุกทาง Monitor Computer นั้น ส่วนใหญ่จะอยู่ในที่ตั้งกองบัญชาการหลัก จึงควรมีไฟสลับ 220 โวลต์ หรือมีเครื่องแปลงไฟสลับจากแบตเตอรี่ไว้ด้วยในกรณีที่ไฟดับหรือไม่มีไฟฟ้าก็ยังคงใช้ Monitor ได้อย่างต่อเนื่องประมาณ 10 ชั่วโมง ก่อนที่จะทำการอัดไฟใหม่ให้กับแบตเตอรี่



รูปที่ 5.15 แสดงการรับส่งโมเด็ม

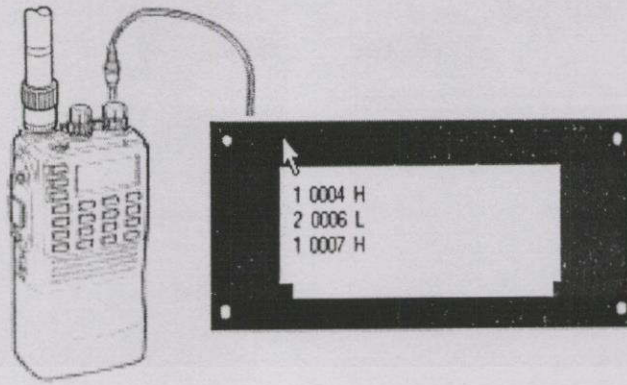
สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็น มอเด็มนั้น ควรเป็นเครื่องที่ใช้ได้กับ Program Procomm ที่ใช้กันทั่ว ๆ ไปได้ เนื่องจากคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ที่ละเอียดอ่อน จึงควรอยู่ในที่ที่มีการระบายอากาศอย่างดี ถ้าเป็นไปได้ควรมีเครื่องปรับอากาศและควรระวังอย่าให้ตากแดด เพราะการร้อนมาก ๆ อาจจะทำให้เครื่องเสียได้

ส่วนตัวโปรแกรมที่จะนำมาใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นใช้ Program Procomm ซึ่งมีการทำงานภายใต้คอส สำหรับใช้รับส่งข้อมูลผ่านโมเด็ม เมื่อเรานำโปรแกรมมาติดตั้งใช้งานลงในฮาร์ดดิสก์แล้ว เราจะเรียกใช้โปรแกรมได้โดยพิมพ์คำว่า Procomm (Enter) บนจอภาพจะแสดงข้อความเริ่มเข้าสู่โปรแกรม จอภาพการรับส่งข้อมูลบรรทัดล่างสุดของจอภาพจะแสดงสถานะการทำงาน

จากรูปบรรทัดล่างสุดของจอภาพจะแสดงสถานะการทำงานและความเร็วของโมเด็ม พร้อมกับพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของโมเด็มก่อนการใช้งาน โดยกดปุ่ม Alt-p บนจอภาพก็จะปรากฏเมนูให้เราตั้งพารามิเตอร์ของโมเด็ม

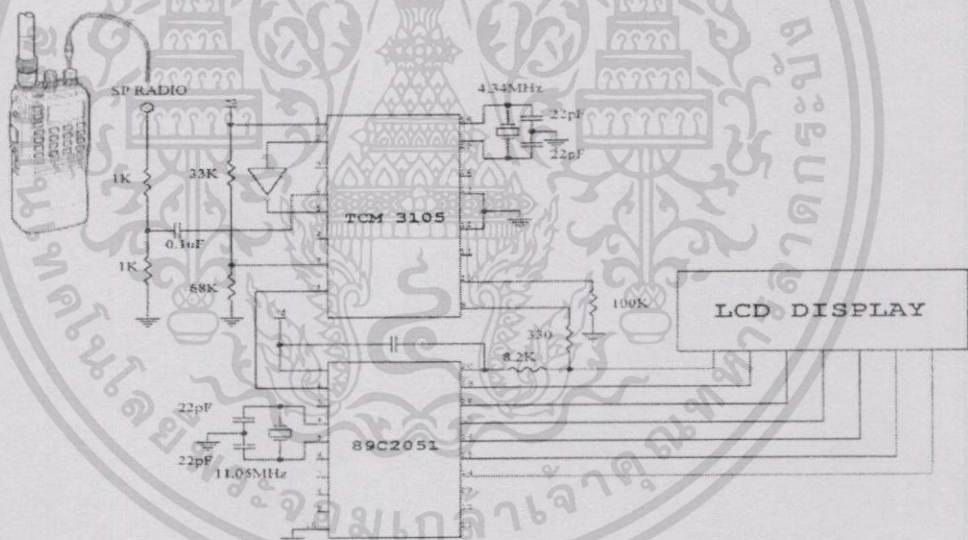
5.4.2 การรายงานผลทาง Monitor พกติดตามตัว LCD

เครื่องรับที่พกติดตามตัวออกแบบขึ้นมาเพื่อให้สะดวกต่อการใช้งานพกพาติดตามตัว ช่วยให้การเฝ้าฟังง่ายขึ้นเป็นอย่างมาก เครื่องรับที่พกติดตามตัวดังกล่าวจะรายงานผู้บุกรุกโดยส่งโค้ดของเครื่องส่งที่ตรวจจับผู้บุกรุก และพอร์ทออกมาทุกครั้งที่เครื่องส่งได้รับสัญญาณบุกรุก เครื่องรับประเภทนี้จะใช้สะดวกในกรณีที่ไม่มีไฟสลับ (AC) หรือในกรณีเครื่องพิมพ์คอมพิวเตอร์เสียแต่จะต้องคอยเฝ้าดูอยู่ตลอดเวลาและจดเวลาและโค้ดของเครื่องส่งลงบนกระดาษเอง



รูปที่ 5.16 แสดงตัวอย่างการรายงานทางหน้าจอ LCD

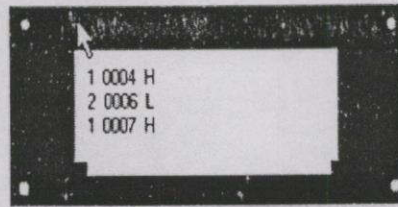
เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติการเฝ้าฟังจะต้องมีความรู้ในการทำงานและการบำรุงรักษาเครื่องรับและมอนิเตอร์เป็นอย่างดีและต้องคอยเฝ้าอยู่ตลอดเวลาและตีความหมายจากจอ LCD ที่ได้รับได้อย่างละเอียดอีกด้วย ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการออกแบบและการทำงานของเครื่องรับและมอนิเตอร์ขนาดพกพาตลอดจนการวิเคราะห์และการตีความหมายของโค้ดสัญญาณอย่างละเอียด



รูปที่ 5.17 แสดงวงจรโมเด็มทางด้านรับสัญญาณแฉิ่งเดือน

จากวงจรรูปที่ 5.17 จะประกอบด้วยอุปกรณ์ TCM3105NE และไมโครโปรเซสเซอร์ เบอร์ 89C2051 TCM3105NE นั้นจะเป็น Modem ที่รับสัญญาณอนาล็อกจากลำโพงของวิทยุมือถือ ICOM 2GXA เข้ามาที่ขา 4 และจะแปลงรูปสัญญาณอนาล็อกให้เป็นดิจิทัล และปล่อยออกทางขา 8 ซึ่งเป็นเอาต์พุตป้อนให้กับไมโครโปรเซสเซอร์ 89C2051 ที่ขา 2 แล้วจะทำการประมวลผลและจะส่งข้อมูลไปแสดงที่หน้าจอ LCD ดังรูปที่ 5.18 ตัวอย่างการแจ้งเตือนมาทางหน้าจอและแสดงผลเป็นรหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.18 การแจ้งเตือนมาทางหน้าจอและแสดงผลเป็นรหัส

1004 H	1	หมายถึง	พอร์ทที่ 1	คือมีผู้บุกรุกเป็นคนเดินเท้า
	004	หมายถึง	หมายเลขเครื่องส่ง 004	เป็นผู้แจ้งเตือน
	H	หมายถึง	สภาพแบตเตอรี่ยังสูง	
2004 L	2	หมายถึง	Port ที่ 2	คือมีผู้บุกรุกเป็นรถยนต์
	004	หมายถึง	หมายเลขเครื่องส่ง 004	เป็นผู้แจ้งเตือน
	L	หมายถึง	สภาพแบตเตอรี่ต่ำ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

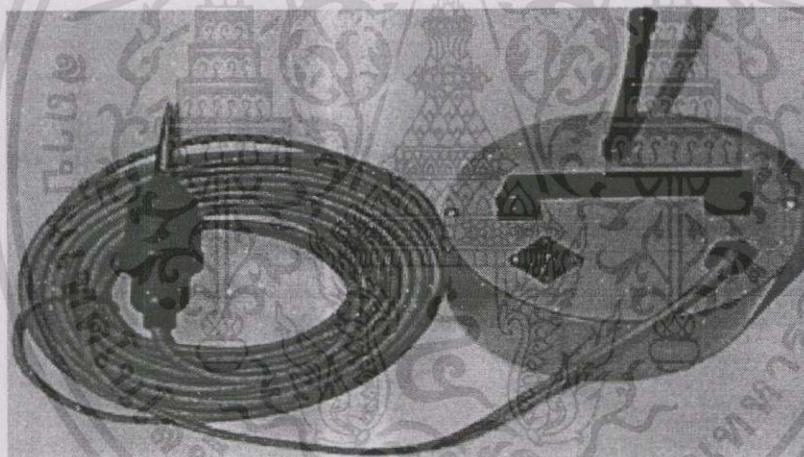
บทที่ 6

สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

ในบทที่ 6 นี้รายละเอียดจะแบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนแรกจะเป็นการสรุปผลการทดสอบคุณลักษณะและการทำงานของภาคส่งสัญญาณแฉิ่งเดือน ส่วนที่สองจะเป็นการสรุปผลการทดสอบคุณลักษณะและการทำงานของภาครับสัญญาณแฉิ่งเดือน เพื่อศึกษาหาคุณสมบัติในการทำงานของเครื่องมือฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกล

6.1 การสรุปผลการทดสอบของภาคส่งสัญญาณแฉิ่งเดือน

การประกอบใช้เครื่องมือฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลในส่วนของภาคส่งสัญญาณที่จะนำไปทดสอบจะต้องประกอบด้วยหัวตรวจจับความสั่นสะเทือน เครื่องส่งสัญญาณความสั่นสะเทือน



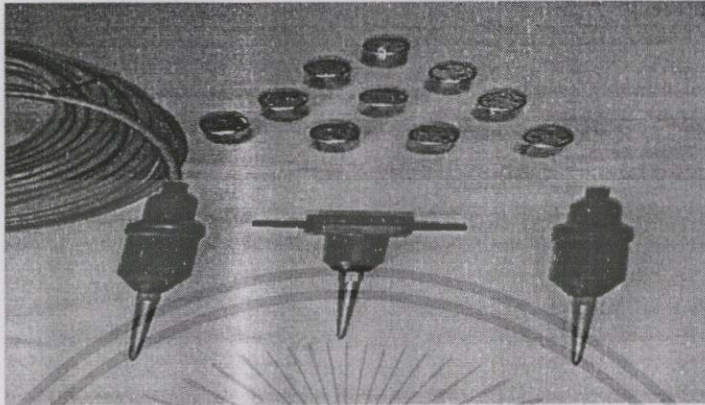
รูปที่ 6.1 แสดงเครื่องส่งสัญญาณความสั่นสะเทือน

จากรูปที่ 6.1 จะเป็นรูปด้านบนของเครื่องส่งสัญญาณความสั่นสะเทือนซึ่งจะประกอบด้วยหัวตรวจจับความสั่นสะเทือน Geophone และสายนำสัญญาณยาว 30 เมตร ภายในตัวกล่องเครื่องส่งจะบรรจุแผงวิเคราะห์สัญญาณความสั่นสะเทือนโมเด็ม เครื่องส่งวิทยุ ICOM2GXA และแบตเตอรี่ ส่วนภายนอกนั้นประกอบด้วยสายอากาศและคอนเน็คเตอร์สองจุด

6.1.1 การทำงานของหัวตรวจจับความสั่นสะเทือน

หัวตรวจจับความสั่นสะเทือนทำหน้าที่แปลงความสั่นสะเทือนของพื้นดินออกมาเป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์หัวตรวจจับความสั่นสะเทือน จะตรวจจับความสั่นสะเทือนได้รอบตัว

มันเอง จากทุกทิศทุกทาง ความไวในการตรวจจับนั้นขึ้นอยู่กับการตั้ง Gain การขยายสัญญาณและ ลักษณะของภูมิประเทศคือพื้นดินในบริเวณที่ใช้เป็นพื้นที่ทำการทดสอบ



รูปที่ 6.2 แสดงรูปหัว Seismic Sensor

6.1.2 การทำงานของเครื่องส่งสัญญาณความสั่นสะเทือน

เครื่องส่งสัญญาณความสั่นสะเทือนจะบรรจุอยู่ภายใน ประกอบด้วยแผงวิเคราะห์สัญญาณ ความสั่นสะเทือน โมเด็ม เครื่องส่งวิทยุ ICOM2GXA แผงวิเคราะห์สัญญาณความสั่นสะเทือนจะทำหน้าที่รับสัญญาณสั่นสะเทือนในรูปของสัญญาณไฟฟ้ามาทำการขยายและวิเคราะห์ว่าเป็นการบุกรุกจากผู้บุกรุกประเภทใด โดยมีสวิทช์ให้เลือกตั้งเกณฑ์การขยายสัญญาณได้ 1 ถึง 11 เกณฑ์ เพื่อปรับขนาดของสัญญาณให้เหมาะสมกับคุณลักษณะในการส่งสัญญาณความสั่นสะเทือนของพื้นดิน ในบริเวณพื้นที่ตรวจจับ ส่วนวิเคราะห์จะทำหน้าที่แยกสัญญาณที่เกิดจากคนเดินและรถยนต์วิ่งผ่านออกจากสัญญาณอื่น ๆ โดยใช้การแยกทั้งในย่านความถี่และในย่านเวลาไปพร้อม ๆ กัน

หลังจากได้สัญญาณผู้บุกรุกแล้วว่าเป็นชนิดใดก็จะส่งสัญญาณเอาต์พุตให้กับวงจรโมเด็มทำการแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาลอก เพื่อส่งให้วิทยุส่งส่งออกอากาศไปยังอาคารรับสัญญาณ โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C2051 เป็น เป็นตัวควบคุมการส่ง ส่วนแบตเตอรี่นั้นใช้ชนิดอัดไฟได้ 12 โวลต์ 7 แอมแปร์

ตารางที่ 6.1 ผลการทดสอบความสัมพันธ์อัตราขยาย กับระยะการตรวจจับในคืนทราย

การตรวจจับในคืนทราย	
Gain	ระยะตรวจจับ (เมตร)
1	2
2	4
3	7
4	8
5	11
6	13
7	15
8	16
9	19
10	20
11	23

ตารางที่ 6.2 ผลการทดสอบความสัมพันธ์อัตราขยาย กับระยะการตรวจจับในคืนร้อน

การตรวจจับในคืนร้อน	
Gain	ระยะตรวจจับ (เมตร)
1	3
2	4
3	7
4	8
5	10
6	13
7	14
8	17
9	19
10	21
11	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.3 ผลการทดสอบความสัมพันธ์อัตราขยายกับระยะตรวจจับในดินเหนียว

การตรวจจับในดินเหนียว	
Gain	ระยะตรวจจับ (เมตร)
1	1.5
2	2
3	3
4	5
5	6
6	8
7	9
8	10
9	12
10	13
11	15

ตารางที่ 6.4 ผลการทดสอบความสัมพันธ์อัตราขยาย กับระยะตรวจจับในหินดินดาน

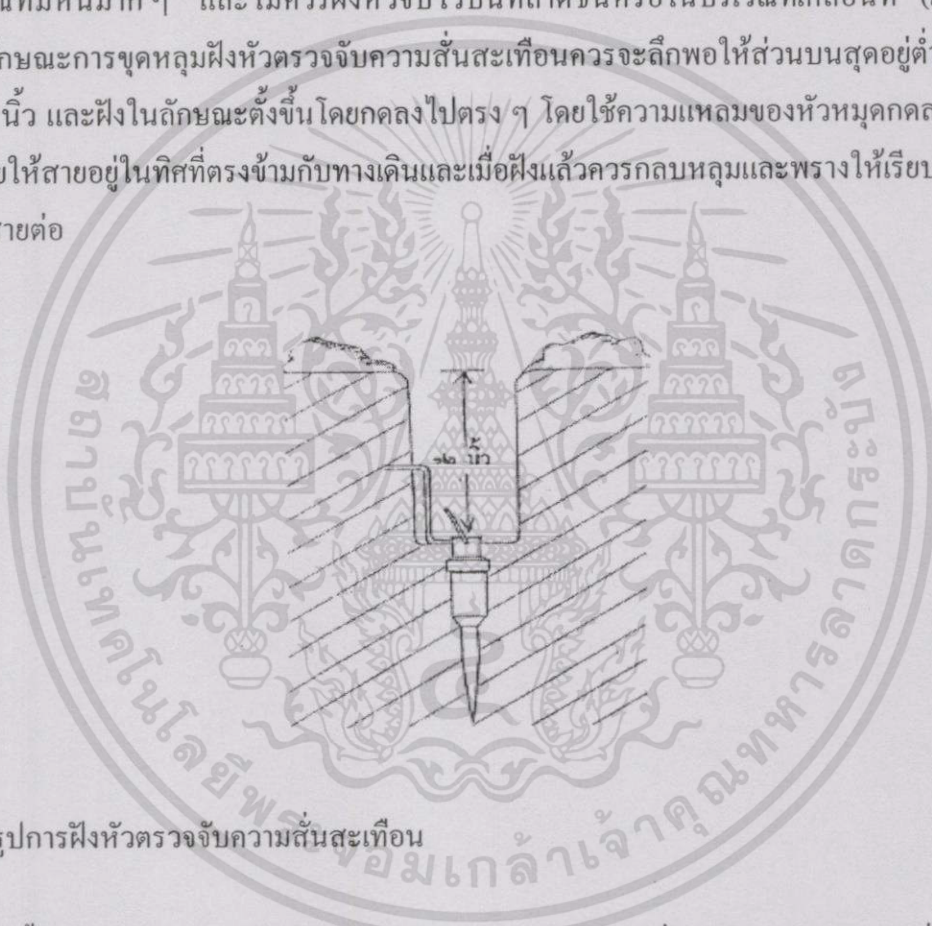
การตรวจจับในหินดินดาน	
Gain	ระยะตรวจจับ (เมตร)
1	0.8
2	1.5
3	3
4	4
5	4.5
6	5
7	5.5
8	6
9	6.5
10	7
11	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.3 การติดตั้งและซ่อนพราง

การติดตั้งหรือซ่อนพรางนั้นต้องคำนึงถึงแนวทางการเคลื่อนที่หรือช่องทางที่จะตรวจจับต้องมีการสำรวจและวิเคราะห์แนวทางการเคลื่อนที่ของข้าศึกที่จะเข้าสู่ที่หมายส่วนใหญ่จะเป็นทางเดินลำธารและทางน้ำที่ทราบว่ามีข้าศึกใช้อยู่ และจะต้องมีตำแหน่งที่ชัดเจนในแผนที่ที่เราสร้างขึ้นอย่างแม่นยำโดยระบุรหัสและหมายเลขเครื่องในแผนที่ด้วย

หัวตรวจจับความสั่นสะเทือน ควรฝังให้ห่างออกมาจากทางเดินในระยะไม่เกิน 10 ฟุต พื้นดินในบริเวณที่เลือกควรจะเป็นดินแน่นแข็งและเรียบเพื่อให้การเดินเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ควรหลีกเลี่ยงบริเวณที่มีหินมาก ๆ และไม่ควรมองหัวจับไว้บนที่ลาดชันหรือในบริเวณที่เคลื่อนที่ (เดิน) ลำบาก ลักษณะการขุดหลุมฝังหัวตรวจจับความสั่นสะเทือนควรจะมีปากให้ส่วนบนสุดอยู่ต่ำกว่าพื้นดิน 12 นิ้ว และฝังในลักษณะตั้งขึ้น โดยกดลงไปตรง ๆ โดยใช้ความแหลมของหัวหมุดกดลงไป ในดิน โดยให้สายอยู่ในทิศที่ตรงข้ามกับทางเดินและเมื่อฝังแล้วควรกลบหลุมและพรางให้เรียบร้อยกับหัวจับสายต่อ



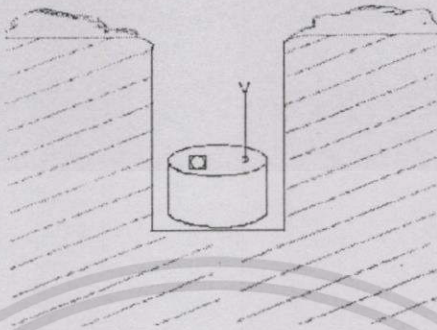
รูปที่ 6.3 รูปการฝังหัวตรวจจับความสั่นสะเทือน

สายต่อทั้งหมดควรฝังไว้ใต้ดินลึกประมาณ 3-6 ฟุต ในกรณีที่ฝังไม่หมดก็ควรหาที่ซ่อนให้มีมิดชิด การฝังนั้นนอกจากจะทำให้ปลอดภัยจากการตรวจพบของข้าศึกแล้ว ยังเป็นการป้องกันมิให้สัตว์ต่าง ๆ มากัดให้เสียหายไปได้ด้วย

เครื่องส่งสัญญาณความสั่นสะเทือน การติดตั้งและซ่อนพรางเครื่องส่งสัญญาณความสั่นสะเทือน ควรจะทำการฝังเครื่องส่งสัญญาณความสั่นสะเทือนลงไว้ใต้พื้นดิน หรือถ้าสถานการณ์ในการฝังไว้ใต้ดินไม่เหมาะสมก็ควรซ่อนพรางให้มีมิดชิดไม่ให้สังเกตเห็นได้ง่าย ถ้าฝังไว้ใต้พื้นดินควรขุดหลุมลึกลงไปใต้พื้นดินประมาณ 1.5 เมตร – 2 เมตร ควรตรวจสอบดูข้อต่อ Connector ทั้งหมดให้แน่ใจว่าจะเข้าไปภายในกล่องเครื่องส่งไม่ได้ สำหรับเครื่องส่งสัญญาณนั้นจะต้องติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายอากาศพร้อมทั้ง Ground Plane ไว้ด้วย และฝังไว้ในลักษณะให้ตัวสายอากาศนั้นส่งได้ดีมีประสิทธิภาพด้วย



รูปที่ 6.4 การขุดหลุมฝังเครื่องส่งสัญญาณความถี่สั้นสะเทือน

ตารางที่ 6.5 ผลการทดสอบคุณลักษณะของเครื่องส่งสัญญาณความถี่สั้นสะเทือน

แหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้า	- แบตเตอรี่ 12 V
อัตราการใช้กระแสไฟฟ้า	- เมื่อเปิดอยู่เฉย ๆ = 200 μ A - เมื่อมีการส่งสัญญาณ = 500 μ A
อายุการใช้งานของแบตเตอรี่	อย่างน้อยหนึ่งปีโดยมีอัตราส่งไปมากกว่า 250 ครั้ง/วัน
ความถี่	ย่าน VHF 167.625 MHz
เอาต์พุต อิมพีแดนซ์	50 Ω
ช่วงอุณหภูมิใช้งาน	-30 $^{\circ}$ C ถึง +60 $^{\circ}$ C
ระยะส่ง	ไกลสุด 75 กม.
สายอากาศ	แบบ Ground plane ยาว $\frac{1}{4}$ ความยาวคลื่น
สายสัญญาณไปยังสายอากาศ	RG 5 A/V ยาว 15 ฟุต
น้ำหนัก	8 กิโลกรัม

จากตารางความสัมพันธ์ของ Gain กับระยะการตรวจจับและชนิดของดิน และตารางการทดสอบคุณลักษณะของเครื่องส่งสัญญาณความถี่สั้นสะเทือนสามารถสรุปการทำงานของเครื่องส่งไว้ได้ว่า

การทำงานของหัวตรวจจับจะทำงานได้ดีกับสภาพพื้นดินที่ถ่ายทอดการสั้นสะเทือนได้ดี สภาพการถ่ายทอดการสั้นสะเทือนได้ดีคือ สภาพดินที่เป็นดินทราย ดินร่วน ดินเหนียว และหินดินดาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

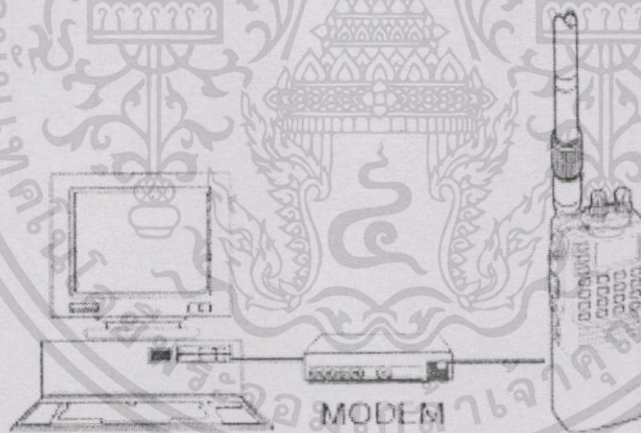
ตามลำดับ เพราะฉะนั้นการเลือกพื้นที่ในการตรวจจับและการปรับระดับการขยายของสัญญาณจึงเป็นสิ่งสำคัญมาก สรุปได้ว่า

ดินทราย	ควรถังเกณฑ์	3 - 5
ดินร่วน	ควรถังเกณฑ์	5 - 7
ดินเหนียว	ควรถังเกณฑ์	7 - 9
หินดินดาน	ควรถังเกณฑ์	9 - 11

การทำงานของเครื่องส่งนั้นขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศบริเวณที่ติดตั้งหรือซ่อนพราง สภาพภูมิประเทศที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง เช่น ภูเขาสูง ตึกใหญ่บัง และสามารถติดตั้งซ่อนพรางสายอากาศส่งได้ดี จะทำให้การติดต่อและส่งสัญญาณได้ไกล เพราะฉะนั้นควรเลือกใช้สายอากาศให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศที่อยู่ในบริเวณนั้น

6.2 การสรุปผลการทดสอบของภาครับสัญญาณแจ้งเตือน

การทดสอบคุณลักษณะของภาครับสัญญาณนั้น ภาครับสัญญาณประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้ วิทยุรับส่ง ICOM 2GXA พร้อมสายอากาศรับสัญญาณ โมเด็มทางค่านับ คอมพิวเตอร์ มอนิเตอร์ และจอ LCD



รูปที่ 6.5 สถานีรับสัญญาณแจ้งเตือนที่แสดงผลทางคอมพิวเตอร์

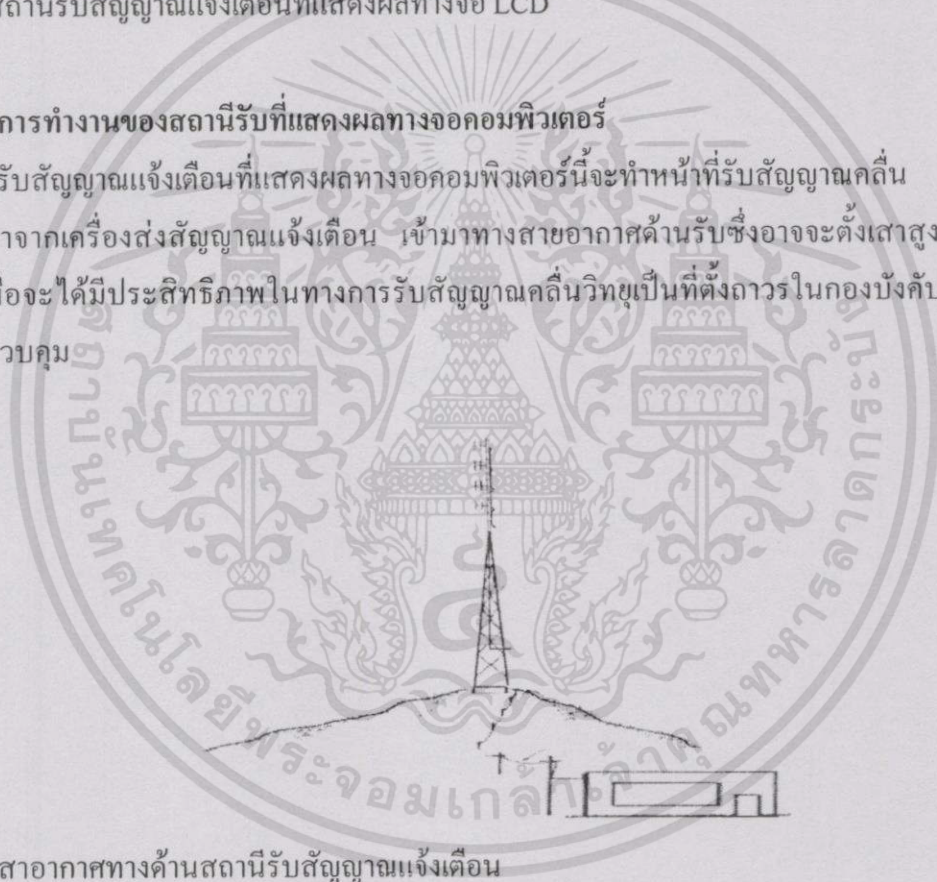
จากรูปที่ 6.5 จะเห็นว่า สถานีรับสัญญาณเครื่องมือเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลนั้นมีสองชนิดคือ สถานีรับสัญญาณแจ้งเตือนที่แสดงผลโดยจอคอมพิวเตอร์ และรูปที่ 6.7 สถานีรับสัญญาณแจ้งเตือนที่แสดงผลโดยจอ LCD



รูปที่ 6.6 สถานีรับสัญญาณแจ้งเตือนที่แสดงผลทางจอ LCD

6.2.1 การทำงานของสถานีรับที่แสดงผลทางจอคอมพิวเตอร์

สถานีรับสัญญาณแจ้งเตือนที่แสดงผลทางจอคอมพิวเตอร์นี้จะทำหน้าที่รับสัญญาณคลื่นวิทยุที่ส่งมาจากเครื่องส่งสัญญาณแจ้งเตือน เข้ามาทางสายอากาศด้านรับซึ่งอาจจะตั้งเสาสูงเป็น Tower เพื่อจะได้มีประสิทธิภาพในทางการรับสัญญาณคลื่นวิทยุเป็นที่ตั้งถาวรในกองบังคับการหรือส่วนควบคุม



รูปที่ 6.7 เสาอากาศทางด้านสถานีรับสัญญาณแจ้งเตือน

หลังจากสายอากาศรับคลื่นวิทยุซึ่งเป็นสัญญาณข้อมูลเข้ามาแล้ววิทยุจะทำหน้าที่เลือกรับช่องสัญญาณข้อมูลส่งต่อไปให้โมเด็ม เพื่อทำการดีโมดูเลตจากสัญญาณข้อมูลที่เป็นอนาล็อก ให้เป็นสัญญาณดิจิทัล และโมเด็มก็จะส่งสัญญาณข้อมูลผ่าน RS232 ให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผลการแจ้งเตือนทาง Program Procomm Pule

เครื่องรับปกติจะอยู่ในกองบังคับการควบคุมการปฏิบัติการ ทำหน้าที่รับสัญญาณจากเครื่องส่ง เพื่อนำข้อมูลที่รับได้มาวิเคราะห์และตรวจสอบและรายงานข่าวสารที่ได้จากการวิเคราะห์ออกมา เป็นสัญญาณเสียงและตัวเลข โดยอาศัยการบอกโค้ดของเครื่องส่ง Port และสภาพของแบตเตอรี่ทั้ง ของเครื่องรับและเครื่องส่ง เครื่องรับอาจนำออกไปในสนามได้ถ้ามีระบบไฟฟ้า AC220 โวลท์ พร้อมเฟรียง

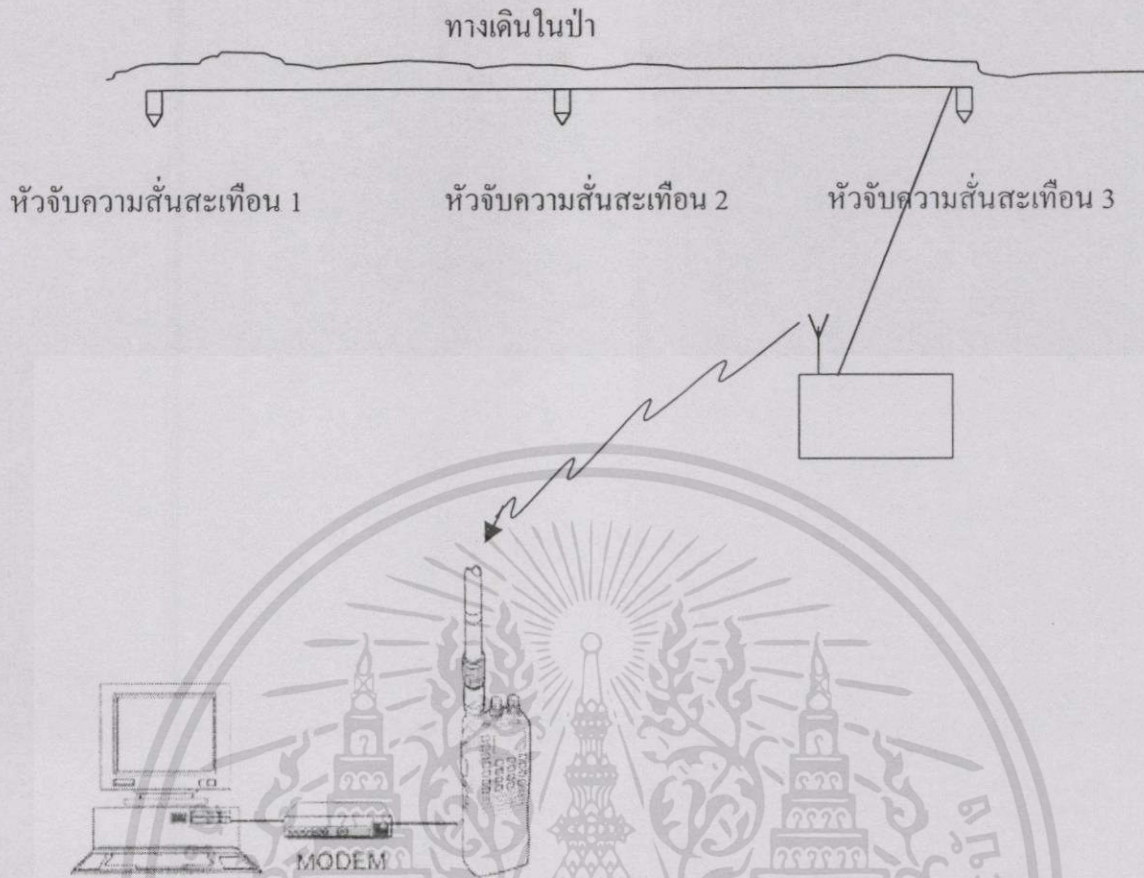
ตารางที่ 6.6 ผลการทดสอบคุณลักษณะของเครื่องรับสัญญาณความถี่สั้นสะท้อน

-แหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้า	-ไฟ AC 220-240 โวลท์ 50-60 เฮิร์ต หรือแบตเตอรี่รถยนต์ 12 V 60 A
-อายุการใช้งานของแบตเตอรี่	-ใช้ติดต่อกันโดยไม่มีไฟ AC ได้ 8 ชั่วโมง และใช้เวลา เปลี่ยนแปลงใหม่ได้ภายใน 16 ชั่วโมง
-ความถี่ที่รับได้	- VHF 167.625 MHz
-อินพุทอิมพีแดนซ์	- 50 โอห์ม
-ความไว	- 0.5 ไมโครโวลท์ ที่ 20 dB Quieting
- Squelch	- 0.3 ไมโครโวลท์
- Audio Output	- 1.8 w
- อุณหภูมิใช้งาน	- 0 °C ถึง 60 °C
- ระยะติดต่อกันส่ง	- 75 กม.(ขึ้นกับชนิดและความสูงของสายอากาศ)
- สายอากาศ	- แบบ Larsen 5/8 ความยาวคลื่น 3 dB
- สายนำสัญญาณ	- RG 52 A/U ยาว 150 ฟุต
- น้ำหนัก	- 8 กิโลกรัม

6.3 การวางเครื่องมือฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกล

6.3.1 การใช้เครื่องมือชุดเดียว

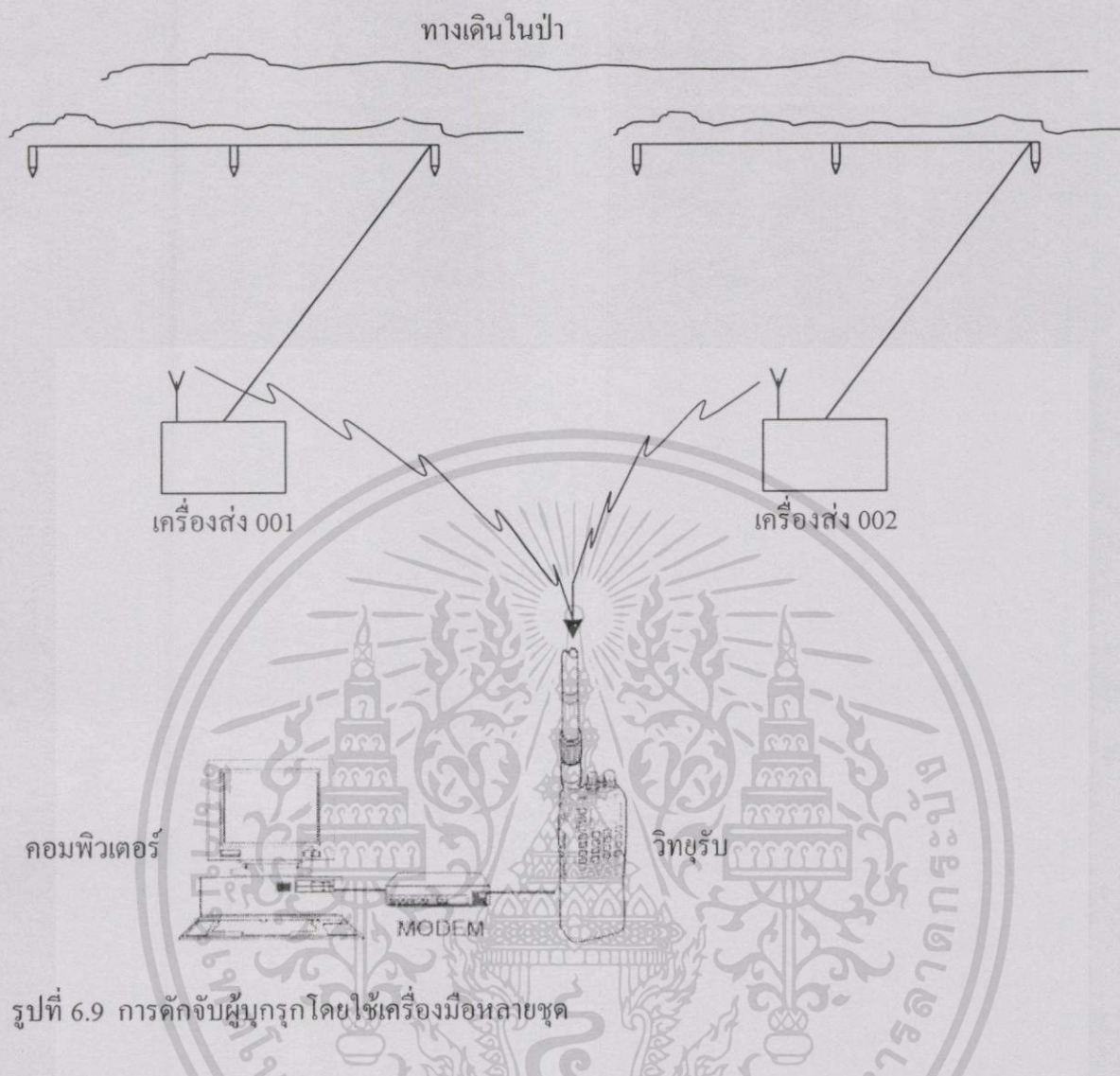
การวางระบบฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลชุดเดียวไว้ตามทางเดินของฝ่ายตรงข้ามส่วนใหญ่จะเป็น การปฏิบัติการฝ้าตรวจการหาข่าว ซึ่งอาจใช้เป็นจุดฝ้าตรวจอย่างต่อเนื่องโดยไม่ต้องส่งเจ้าหน้าที่ ออกไปประจำอยู่ ณ จุดนั้นเป็นเวลาถึง 1 ปี นอกจากจะแจ้งการบุกรุกและลักษณะของการบุกรุกว่า บ่อยครั้งเท่าใด การวางระบบฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลดังที่แสดงในรูปที่ 6.8 ไม่สามารถแสดงให้เห็นทิศทางการเคลื่อนที่ของผู้บุกรุกได้ สำหรับจำนวนของผู้บุกรุกนั้น อาจประมาณได้จากการ วิเคราะห์การรายงานของเครื่องในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ



รูปที่ 6.8 การดักจับสัญญาณโดยใช้เครื่องมือชุดเดียว

6.3.2 การใช้เครื่องมือหลายชุดในบริเวณเดียวกัน

การใช้แบบนี้ส่วนใหญ่จะใช้ร่วมกับระบบจตุระเบ็ดกระษะ โกลหรือการใช้ปืนใหญ่/ปืน ค. ยิงในบริเวณพื้นที่ที่หมายที่ได้ทำการยิงเตรียมไว้แล้ว การใช้เครื่องมือในลักษณะนี้ รูปที่ 6.9 ประกอบจะทำให้ผู้ควบคุมการรบมีเวลาตัดสินใจพอเพียงที่จะสั่งการให้ใช้ระบบจตุระเบ็ดกระษะ โกล และ/หรือสั่งการให้พลปืนใหญ่หรือปืน ค. ทำการยิงได้อย่างถูกต้อง ตรงต่อเวลาและทำความเสียหายให้แก่ข้าศึกให้มากที่สุด นอกจากนี้ การวางเครื่องมือระบบนี้อาจจะนำไปใช้ซ้อมโจมตีต่อกำลังขนาดใหญ่ของฝ่ายตรงข้ามด้วยก็ได้ ตัวอย่างการวางเครื่องมือเพื่อจู่โจมหมายดังกล่าวแล้วนี้แสดงไว้ในรูปที่ 6.10



รูปที่ 6.9 การดักจับผู้บุกรุกโดยใช้เครื่องมือหลายชุด

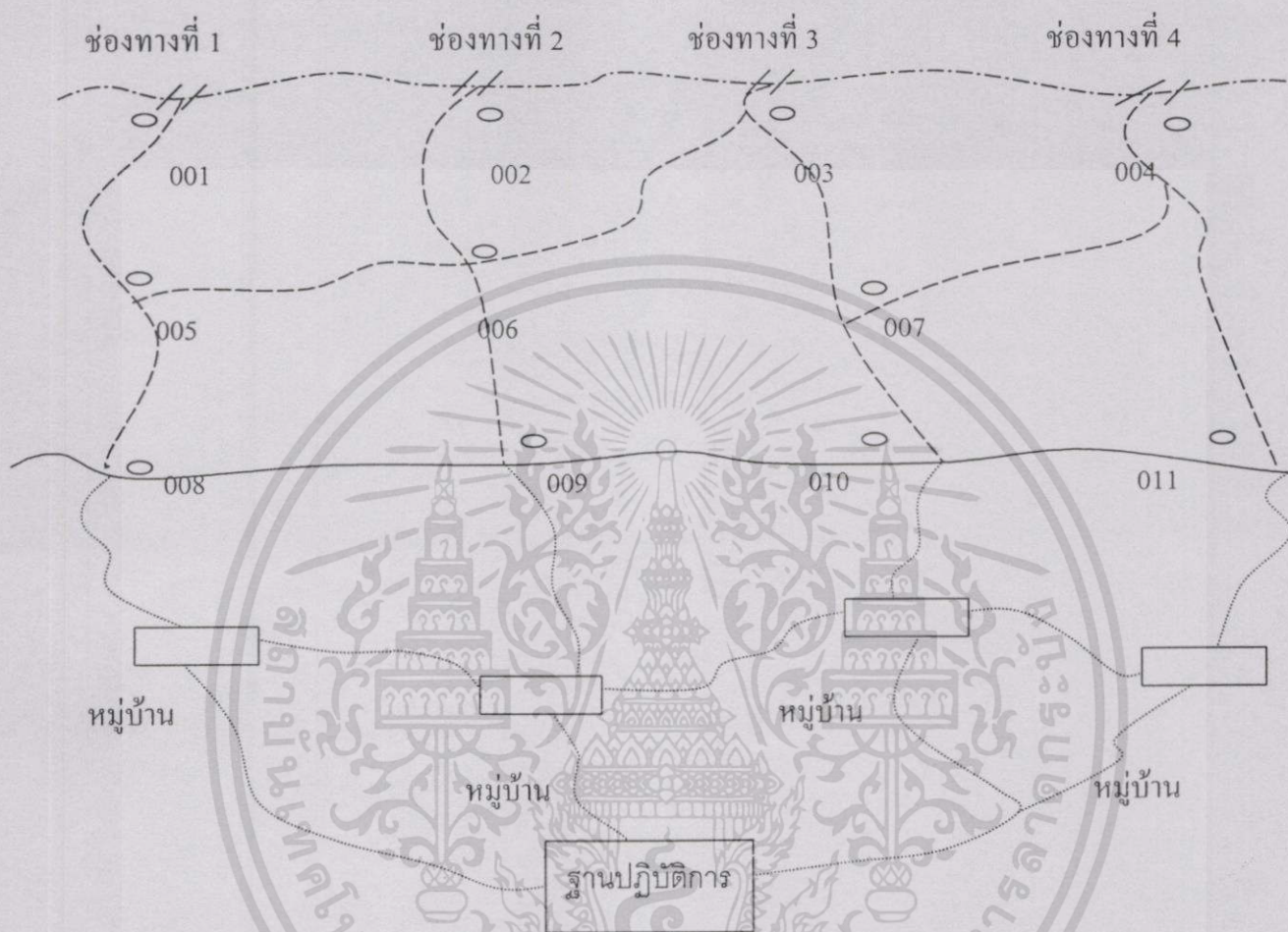
การวางเครื่องมือในลักษณะนี้ จะทำให้สามารถได้รับแจ้งเตือนล่วงหน้า อย่างน้อยมากกว่า 10 นาที ระหว่างบริเวณที่หมายอันดับ 1 และบริเวณที่หมายอันดับ 2 และถ้าหากกำลังของข้าศึกสามารถรอดพ้นไปจากการถูกทำลายในบริเวณที่หมายอันดับ 1 ได้ เราก็อาจใช้บริเวณที่หมายอันดับ 2 ในการใช้ระบบจุดระเบิดระยะไกล ใช้ปืนใหญ่ หรือปืน ก. หรือใช้การดักข่มโจมตีตามที่หมายต่าง ๆ เหล่านี้ก็ได้

6.4 การเขียนแผนที่การวางระบบเครื่องมือเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกล

รูปการวางระบบเครื่องมือเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกล ในลักษณะดังกล่าวนี้ แสดงในรูปที่ 6.10 โดยใช้เครื่องส่งทั้งหมด 11 เครื่อง ในรูปนี้เครื่องส่งชุดที่ 1 ถึง ชุดที่ 4 ถูกวางไว้ตามแนวช่องทางผ่านตามแนวชายแดน ผู้บุกรุกที่ผ่านจุดเหล่านี้เข้ามาจะเดินมาถึงแนวที่สองคือ เครื่องส่งชุดที่ 5, 6, 7 จากแนวชายแดนไปยังแนวที่สามคือ แนวของเครื่องส่งชุดที่ 8 ถึง 11 การเลือกที่หมายการวางนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการเฝ้าตรวจระยะยาว โดยปกติจะเป็นช่องทางผ่านเข้าออกตามแนวชายแดนและทางเดินในป่าซึ่งผกค. และแนวร่วมที่ให้ความสนับสนุนต่อผกค. ใช้อุปกรณ์นี้อาจนำมาใช้ในการปฏิบัติการตอบโต้หรือให้เป็นเครื่องมือในการหาข่าวในแต่ละพื้นที่ก็ได้



รูปที่ 6.10 ตัวอย่างแผนที่การวางระบบเครื่องมือเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกล

สรุปผลการทดสอบ

ดังนั้นจะเห็นว่าระบบเครื่องมือเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลสามารถนำไปใช้เฝ้าตรวจอย่างต่อเนื่องตามบริเวณช่องทางผ่านต่าง ๆ ตามแนวชายแดน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณเทือกเขา ช่องทางถนน ทางเดินเท้าในป่าภายในพื้นที่ปฏิบัติการของผกค. ระบบนี้จะให้ข่าวสารเกี่ยวกับวันเวลาและจำนวนคนโดยประมาณที่ผ่านจุดนำเครื่องมือไปติดตั้งไว้ และสามารถบอกได้ว่าคนเหล่านั้นกำลังมุ่งหน้าไปยังทิศทางใด การวางเครื่องมือเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกล ไว้มากกว่าหนึ่งชุดในบริเวณเดียวกัน (เช่น ตามทางแยกของเส้นทางในป่า) อาจนำมาใช้วิเคราะห์เส้นทางของผกค. ความเคลื่อนไหวในพื้นที่ต่าง ๆ ความเร็วในการเคลื่อนที่ สรุปแล้วระบบเครื่องมือเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลนี้ สามารถนำไปใช้ในการป้องกันและปราบปรามการก่อความไม่สงบ และการป้องกันประเทศได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] L.A. Waistein and V.D. Zubakov, "Extraction of Signals from Noise," Prentice-Hall, 1962.
- [2] P.R. Gray and R.G. Meyer, "Analysis and Design of Analog Integrated Circuits," Second Edition, John Wiley & Sons, 1997
- [3] K.-S. Lin, "Digital Signal Processing, Semiconductor Group, Texas Instruments," Prentice-Hall, 1987.
- [4] R. Boylestad and L. Nashelsky, "Electronic Devices and Circuit Theory," Fourth Edition, Prentice-Hall.
- [5] H.W. Ott, "Noise Reduction Techniques in Electronic Systems," Second Edition, John Wiley & Sons.
- [6] L.A. Wainstein, V.D. Zubakou, "Extraction of Signals from Noise," Prentice-Hall, 1962.
- [7] D.L. Feucht, "Handbook of Analog Circuit Design," Academic Press.
- [8] โคทม อารียา, "วงจรอิเล็กทรอนิกส์ เล่ม 1 : วงจรเชิงเลข," คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด 2526
- [9] สุชาติ กังวารจิตต์, "หลักการทํางาน เครื่องรับส่งวิทยุและระบบวิทยุสื่อสาร," แผนกวิศวกรรม กองบังคับการตำรวจสื่อสาร กรมตำรวจ 2532



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์

ขวัญชัย มีสะอาด นภัทร สระเอี่ยม กอบชัย เศษหาญ, “การออกแบบระบบฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกล,”
วิศวกรรมลาดกระบัง, ปีที่ 18, ฉบับที่ 2, หน้าที่ 108-115, มิถุนายน 2544



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบระบบเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกล

A Design of Monitoring Remote Area

ขวัญชัย มีสะอาด นภัทร สระเอี่ยม กอบชัย เดชหาญ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสำนักวิจัยสื่อสารเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการออกแบบระบบ เฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกล ที่ใช้เฝ้าตรวจทางการทหาร โดยแจ้งเตือนการบุกรุก และลักลอบเข้าเขตแดนของฝ่ายตรงข้าม ตามแนวชายแดนและจุดตรวจต่างๆซึ่งเป็นช่องทางที่ง่ายต่อการลักลอบเข้าประเทศ ระบบประกอบด้วย ตัวตรวจจับความสั่นสะเทือน แผงวิเคราะห์สัญญาณ Terminal node controller(TNC) วิทยุรับส่ง VHF FM คอมพิวเตอร์ PC หลักการทำงานเมื่อมีบุคคลเดินผ่าน หรือรถยนต์วิ่งผ่านบริเวณแนวชายแดนที่ฝังเครื่องมือเฝ้าตรวจไว้ หัวตรวจจับความสั่นสะเทือน ก็จะแปลงสัญญาณความสั่นสะเทือน ของพื้นดินเป็นสัญญาณไฟฟ้า แล้วนำสัญญาณ ไฟฟ้า ไปวิเคราะห์ว่าเป็นการบุกรุก ของบุคคล หรือ รถยนต์ โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวสร้าง รหัส ระบุที่ตั้งและตำแหน่ง ที่มีการบุกรุกส่งผ่าน TNC โดยมี Modem เป็นตัวส่งสัญญาณให้กับวิทยุ FM ส่งออกอากาศไปยังเครื่องรับวิทยุในกองบัญชาการ และถอดรหัส ส่งผ่านให้คอมพิวเตอร์ โดย คอมพิวเตอร์ จะแสดงตำแหน่งบริเวณที่ถูกบุกรุก

Abstract

This paper presents a design of remote area monitoring devices to provide information on possible intrusions along the border. The seismic sensors will be buried below the surface of the ground in specific area at the checked points along the border to prevent human intrusion. The system consists of a seismic system to detect ground motion caused by vehicles on the roads or people walking along paths. A communication system (Terminal Node Controller, VHF FM radio) transmits the data to a remote monitoring sites, and a personal computer at a camp to monitor the intrusions. The basic components of the seismic system are the geophone sensors and the seismic signal processors. The seismic geophone sensors detect ground motion. Then, the seismic signal processor compare signals which is generated by the geophone to a user adjustable threshold. When all criteria are met, the logic system generates an alarm condition and the transmitter will transmit the alarm signal. The receiver at the base camp receives the signal and converts it in order to display the point of the intrusion by the computer.

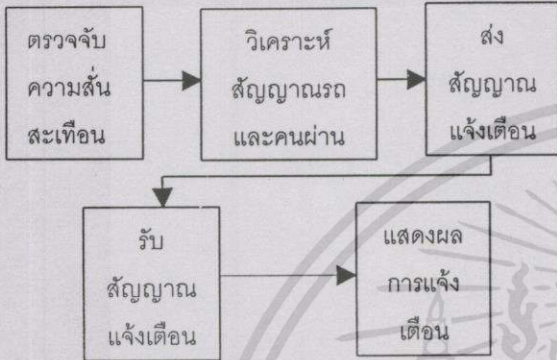
1. บทนำ

ประเทศไทยมีแนวชายแดนติดต่อกับประเทศเพื่อนบ้านเป็นระยะทางหลายร้อยกิโลเมตรแนวชายแดนที่มีปัญหาเรื่องความมั่นคงแห่งชาติ ได้แก่ ชายแดนเขมรมีภัยโจรเขมรถล่มเข้ามาปล้นสดมภ์ การโจรกรรมรถยนต์ ชายแดนพม่ามีภัยจากการลักลอบค้ายาเสพติด การอพยพ

ข้ามเขตแดนของชนกลุ่มน้อย ชายแดนทางภาคใต้ มีภัยจาก ขบวนการโจรก่อการร้ายที่สร้างความไม่สงบอยู่ตลอดเวลา แนวชายแดนเหล่านี้จำเป็นต้องมีการเฝ้าตรวจการลักลอบข้ามเขตแดนอยู่ตลอดเวลา แต่เนื่องจากระยะทางของเขตแดนยาวเกินกว่า ที่จะใช้กำลังพลทหารคอยเฝ้าตรวจได้ทุกจุด และเป็นเรื่องยากต่อการปฏิบัติ ดังนั้น จึงได้มีการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

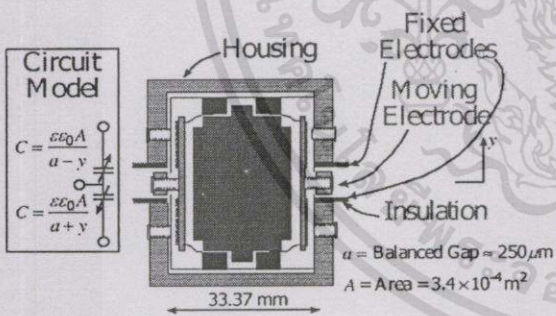
ระบบฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลขึ้นมาเพื่อแจ้งเตือนการบุกรุกของบุคคลหรือรถยนต์ให้รับทราบ โดยใช้ sensor ที่ตรวจจับความสั่นสะเทือน เป็นตัวตรวจจับลักษณะเด่นของความสั่นสะเทือนโดยใช้เงื่อนไขของความถี่และช่วงเวลาของสัญญาณความสั่นสะเทือนนั้นมาวิเคราะห์ การออกแบบระบบฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกลนั้นแบ่งเป็นบล็อกไดอะแกรม ดังนี้



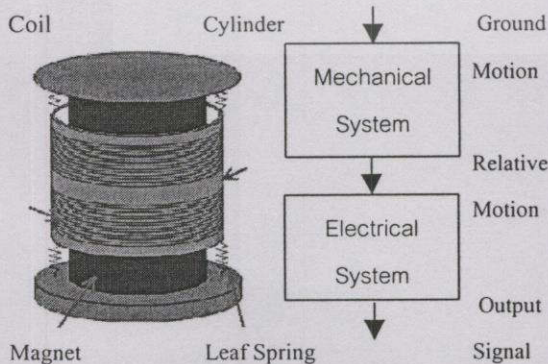
รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมระบบฝ้าตรวจ

2. ทฤษฎีการทำงานการตรวจจับความสั่นสะเทือน

ตัวตรวจจับความสั่นสะเทือน ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ geophone ซึ่งเป็น sensor ที่ทำหน้าที่แปลงความสั่นสะเทือนของพื้นดินออกมา เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า

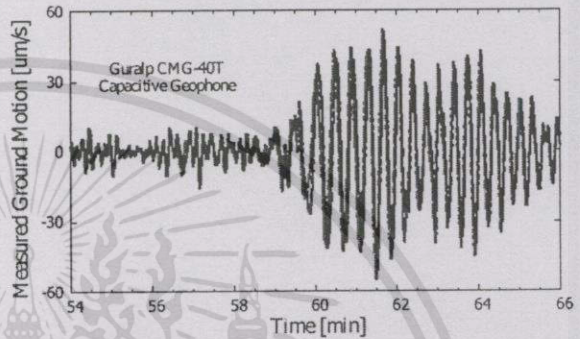


รูปที่ 2 ภาพตัดขวางของ geophone



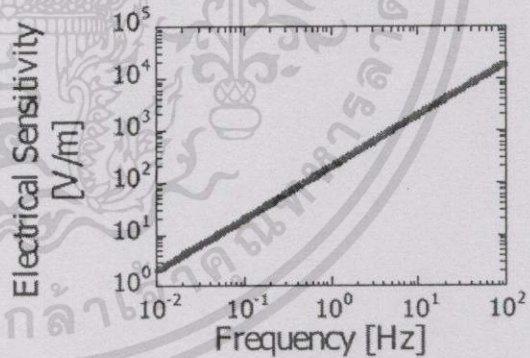
รูปที่ 3 แสดงการเคลื่อนไหวของกลไก geophone

จากรูปที่ 2 เป็นรูปตัดขวางแสดงลักษณะการทำงานภายในของ geophone ซึ่งจะแสดงขนาดและส่วนประกอบต่าง ๆ รูปที่ 3 คือรูปสมบูร์นที่แสดงการเคลื่อนไหวของกลไก เมื่อเกิดความสั่นสะเทือนแล้วจะทำให้ขดลวดเคลื่อนที่ขึ้นลงบริเวณที่เป็นสนามแม่เหล็กถาวร โดยมี spring รองรับอยู่เมื่อขดลวดตัดกับสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดสัญญาณความสั่นสะเทือนขึ้นมา



รูปที่ 4 แสดงสัญญาณความสั่นสะเทือน

จากคุณสมบัติของสัญญาณความสั่นสะเทือนในงานวิจัยนี้ จะนำมาวิเคราะห์ว่าเป็นคุณสมบัติของสัญญาณความสั่นสะเทือนจากคนเดินผ่านหรือรถยนต์วิ่งผ่าน



$$V = -\frac{\partial \phi}{\partial t} = Gy$$

Faraday's Law

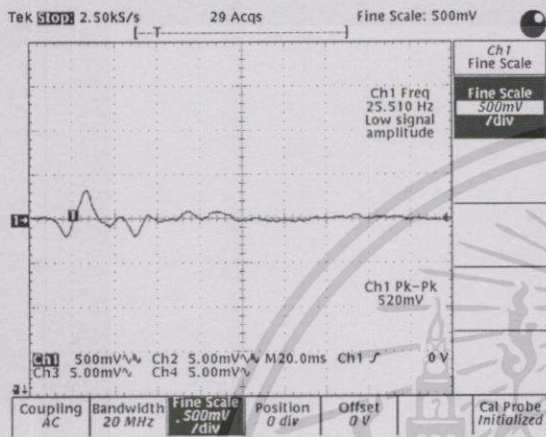
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ของความไวทางไฟฟ้ากับความถี่

จากกฎของฟาราเดย์ ความไวทางไฟฟ้าของ Geophone โดยที่ V คือ Output Voltage G คือ Transduction Constant [V/(m/s)] หรือ [N/A] และ y คือ Relative motion ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าความถี่กับความไวทางไฟฟ้านั้นจะแปรผันตรงกันดูได้จากรูปที่ 5

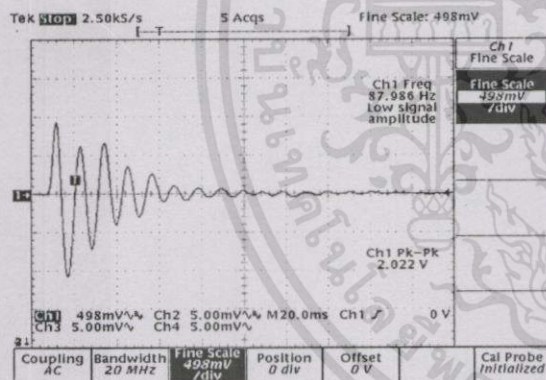
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การทดลอง วิเคราะห์สัญญาณคน และรถยนต์ผ่าน

การวิเคราะห์สัญญาณความถี่ของคลื่นหรือรถยนต์ที่วิ่งผ่านนั้นจะนำสัญญาณจากการตรวจจับความถี่ที่สะท้อนจาก geophone ป้อนให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งทำหน้าที่ขยายและวิเคราะห์สัญญาณความถี่ที่สะท้อน



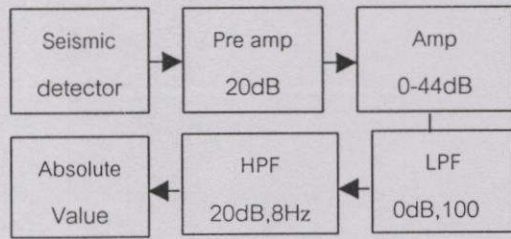
รูปที่ 6 สัญญาณคนเดินที่ยังไม่ผ่านวงจรกรองความถี่



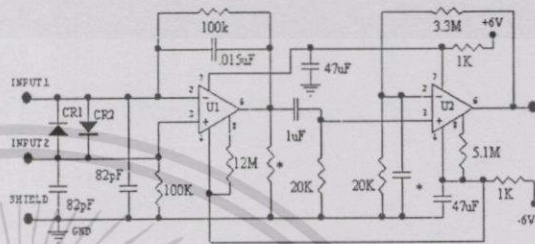
รูปที่ 7 สัญญาณรถยนต์ที่วิ่งที่ยังไม่ผ่านวงจรกรองความถี่

การออกแบบวงจรคัดเลือกสัญญาณความถี่ที่สะท้อนของคนเดินและรถยนต์ที่วิ่งผ่านนั้นศึกษาข้อมูลจากการวัดสัญญาณในรูปที่ 6 และรูปที่ 7 ว่ามีคุณสมบัติอย่างไรในเรื่องขอบเขตของความถี่ และ ขอบเขตของเวลาแล้วจึงออกแบบโดยภาคแรก คือ $U_1 - U_6$ เป็นการป้องกันอินพุต เป็นการจำกัดความถี่ให้คงที่ และก็เป็นการเปลี่ยนแปลง คัดเลือกความถี่ คัดเลือกอัตราขยายของสัญญาณคนเดินผ่านและรถยนต์ที่วิ่งผ่านที่ถูกต้องอัตราขยายรวมทั้งหมดนั้นเลือกได้จาก 46-90 dB ความกว้างของแถบความถี่ทั้งหมดประมาณ 8 Hz - 100 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

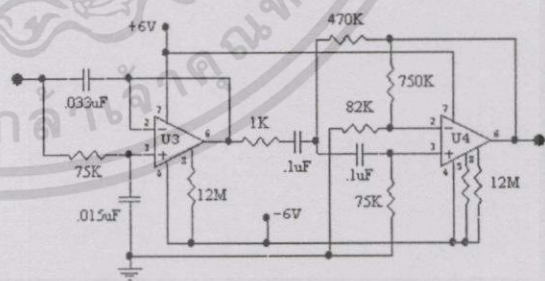


รูปที่ 8 ฟังก์ชันประมวลสัญญาณจากการสั่นสะเทือน



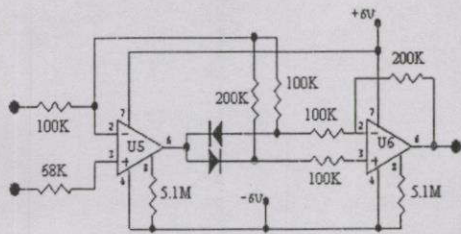
รูปที่ 9 วงจรขยายสัญญาณความถี่ที่สะท้อน

จากรูปที่ 9 จะเห็นว่าเป็นการประมวลสัญญาณความถี่ที่สะท้อนผ่านเข้าตู้ U_1 จะมีสัญญาณระดับต่ำ จาก geophone เข้ามาโดยผ่านวงจรทางด้านอินพุตเป็นการขยายสัญญาณคือวิหขุลงกรวดด์และเป็นการป้องกันสัญญาณ transient หรือ สัญญาณสไปซ์ที่เกินขนาด การทำงานเป็นการขยายสัญญาณที่แตกต่างกันของความถี่ต่ำ 20 dB ไปถึง 100 Hz จากวงจร U_1 ทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่เข้ามาทางอินพุต 1 และ 2 โดยเบื้องต้นก่อนเพื่อให้มีความแรง เท่ากับ 20dB โดย U_2 เป็นการขยายสัญญาณย่าน 0-44dB



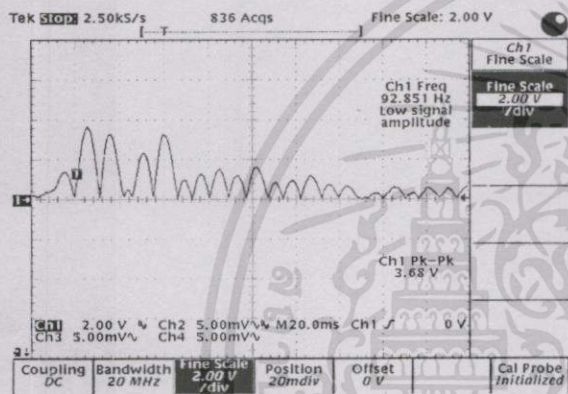
รูปที่ 10 วงจร low-pass filter และ high-pass filter

U_3 ทำหน้าที่เป็น low-pass filter (LPF) 0 dB, 100 Hz เพื่อที่จะให้ความถี่ต่ำกว่า 100 Hz ผ่านเข้าไปได้หรือ ตัดสัญญาณความถี่สูงกว่า 100 Hz ออกไป U_4 ทำหน้าที่เป็น high-pass filter (HPF) 20 dB, 8 Hz เพื่อที่จะให้ความถี่สูงกว่า 8 Hz ผ่านเข้าไปได้ หรือตัดสัญญาณความถี่ต่ำกว่า 8 Hz ออกไป ซึ่งเป็นสัญญาณที่ไม่ต้องการ

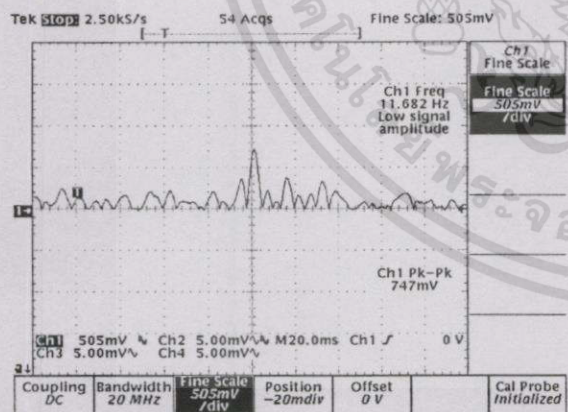


รูปที่ 11 วงจรสร้างสัญญาณ full wave

U_5 และ U_6 ทำหน้าที่รับสัญญาณความถี่สูงที่ผ่านการคัดเลือกความถี่แล้วเพื่อสร้างสัญญาณให้เป็น full wave ดังรูปที่ 12

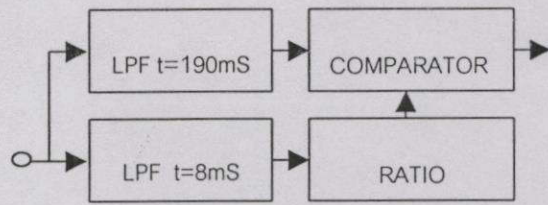


รูปที่ 12 สัญญาณคลื่นที่กรองความถี่แล้ว

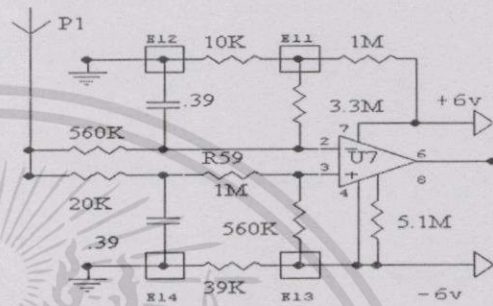


รูปที่ 13 สัญญาณรถยนต์ที่ผ่านวงจรกรองความถี่แล้ว

ส่วนวิเคราะห์นี้จะทำหน้าที่แยกสัญญาณที่เกิดจากคนเดินและรถยนต์ซึ่งผ่านออกจากสัญญาณอื่น ๆ โดยใช้เงื่อนไขความถี่และช่วงเวลามาเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติในการแยกและคัดเลือกสัญญาณไปพร้อม ๆ กัน

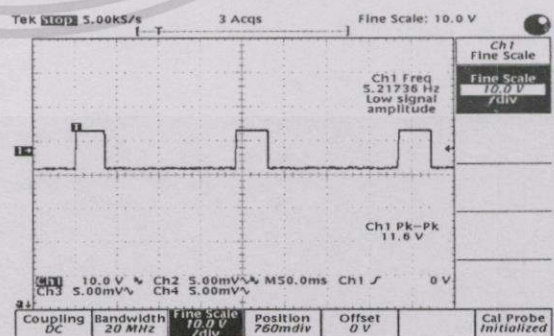


รูปที่ 14 ฟังก์ชันการคัดเลือกช่วงเวลาของสัญญาณคนเดิน



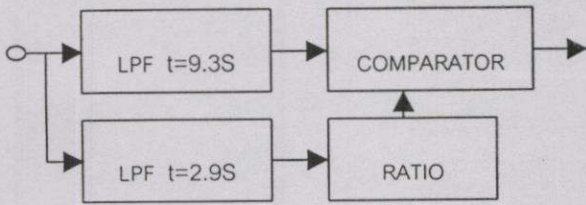
รูปที่ 15 วงจรคัดเลือกช่วงเวลาของสัญญาณคนเดิน

กรณีคนเดินผ่านจะเห็นว่า LPF โดยมี $t = 190\text{ms}$ นั้นป้อนให้กับขา 2 ของ Op-amp U_7 และ LPF โดยค่า $t = 8\text{ms}$ นั้นป้อนให้กับขา 3 ของ Op-amp U_7 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการทำงานกันแล้วเมื่อมีคนเดินมาพัลส์ที่เกิดจากคนเดินมีเวลาอยู่ระหว่าง $8\text{ms} - 190\text{ms}$ ความถี่ $10 - 100\text{Hz}$ ก็จะผ่าน LPF โดยค่า $t = 8\text{ms}$ และ $t = 190\text{ms}$ ซึ่งขา 3 ของ Op-amp U_7 โดยค่า $t = 8\text{ms}$ ก็จะซาร์ทเต็มก่อนและทำงานก่อน เอาท์พุทออกที่ขา 6 ของ Op-amp U_7 เป็นสัญญาณบวก ต่อมาที่ขา 3 $t = 190\text{ms}$ ก็ซาร์ทเต็มเหมือนกัน จึงทำให้ขา 2 และ 3 ของ Op-amp U_7 ทำงานขา 6 ของ Op-amp U_7 ก็จะ off

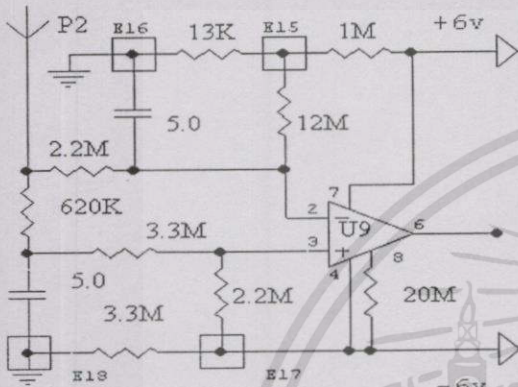


รูปที่ 16 สัญญาณเอาท์พุทวงจรคัดเลือกช่วงเวลาคนเดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 17 ผังการคัดเลือกช่วงเวลาสัญญาณรถยนต์

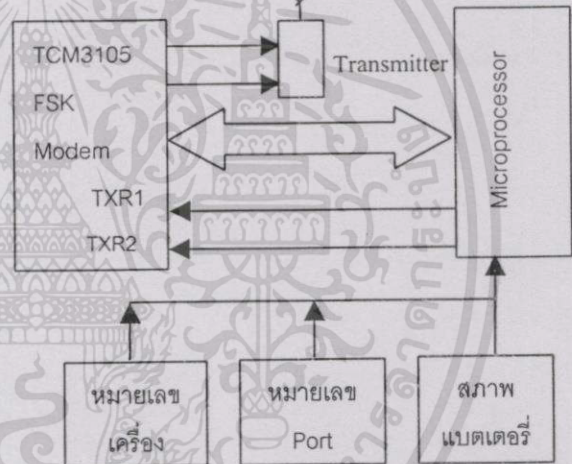


รูปที่ 18 วงจรคัดเลือกช่วงเวลาสัญญาณรถยนต์

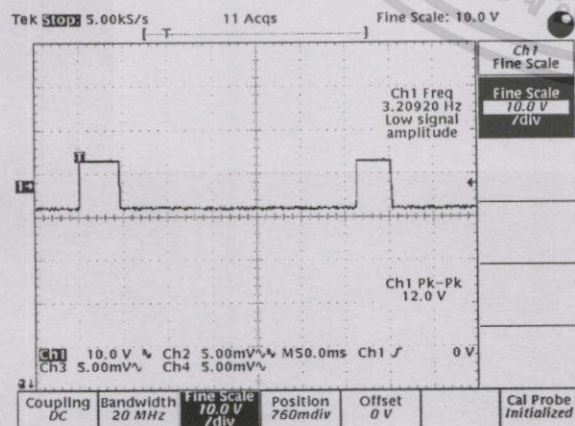
กรณีรถยนต์วิ่งผ่านจากบล็อกโคเดแกรม LPF $t = 9.3$ S นั้น จะต่อป้อนให้กับขา 2 ของ Op-amp U_9 ซึ่งเป็น Filter สำหรับรถยนต์วิ่ง และ LPF $t = 2.9$ S จะต่อป้อนให้กับขา 3 ของ Op-amp U_9 เช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบกับขาทั้งสองของ Op-amp แล้ว ขา 3 จะใช้เวลาในการซาร์ทน้อยกว่าจึงทำงานก่อนทำให้เอาท์พุท Op-amp U_9 เป็นบวกต่อมาจากขา 2 ของ Op-amp U_9 ก็ซาร์ทเต็ม เช่นเดียวกันกับขา 3 จึงทำให้เอาท์พุทของ Op-amp U_9 ก็จะมี off

การส่งสัญญาณแจ้งเตือน

เมื่อได้สัญญาณ output จากแผงวิเคราะห์สัญญาณแล้วว่าเป็นคนเดินผ่านหรือรถยนต์วิ่งผ่านแล้วจะนำสัญญาณนั้นมาทำการกำหนด port สัญญาณคนเดินผ่านเป็น port ที่ 1 สัญญาณรถยนต์วิ่งผ่านจะเป็น port ที่ 2 การรายงานตัวเองว่าเครื่องยังทำงานปกติอยู่ทุก 24 ชม. กำหนดให้เป็น port ที่ 3 และรหัสเครื่องตรวจจับแต่ละเครื่องไปเป็นข้อมูลในการเขียนโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89C2051 ทำการสร้างสัญญาณแล้วจะนำสัญญาณทั้งหมดส่งผ่าน Modem ใช้ IC เบอร์ TCM3105 เป็นตัวแปลงสัญญาณ Digital เป็น Analog เพื่อที่จะส่งผ่านทางไมโครโฟนของวิทยุ ICOM 2GX ออกอากาศไปยังภาครับสัญญาณต่อไป



รูปที่ 20 ภาพแสดงการทำงานของภาคส่งสัญญาณ



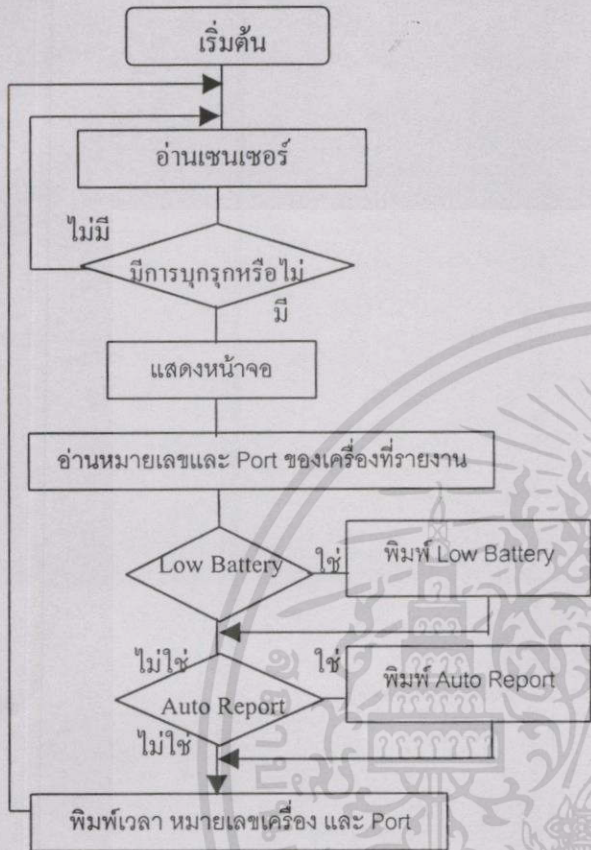
รูปที่ 19 สัญญาณ เอาท์พุทวงจรคัดเลือกช่วงเวลารถยนต์

การรับสัญญาณแจ้งเตือน

เครื่องรับปกติจะติดตั้งอยู่ใน กองบัญชาการควบคุมการปฏิบัติการเฝ้าตรวจเครื่องรับและรายงานผลการแจ้งเตือน จะทำหน้าที่รับสัญญาณวิทยุที่ส่งมาจากพื้นที่ที่เราทำการติดตั้งระบบเฝ้าตรวจไว้ใช้เครื่องรับวิทยุ ICOM 2GX 5 W ย่าน VHF สายนำสัญญาณ RG50 A/U ยาว 50 ฟุต เครื่องรับวิทยุจะรับสัญญาณมาเข้าที่ Modem เพื่อที่จะแปลงสัญญาณ Analog เป็น Digital โดยใช้ IC Modem เบอร์ TCM3105 หลังจากได้สัญญาณรหัสเป็น Digital แล้วก็จะส่งสัญญาณผ่าน RS232 ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อทำการพิมพ์ข้อมูล หรือถ้าส่งไปที่

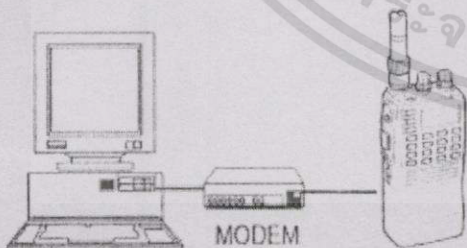
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Monitor ขนาดเล็ก เพื่อให้เกิดความสะดวก ในการใช้พกพา ติดตามตัวบุคคลได้ ก็ต้องส่งผ่านไปให้ไมโครโปรเซสเซอร์ 89C2051 ทำการ โปรแกรมไปแสดงที่หน้าจอ



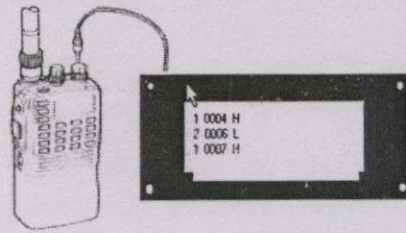
รูปที่ 21 แสดงแผนผัง โปรแกรมการทำงานของ 89c2051

การแสดงผลการแจ้งเตือนอาจแบ่งออกเป็นสองแบบ คือ การแสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์



รูปที่ 22 แสดงการแจ้งเตือนทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

การแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์ เหมาะสำหรับติดตั้งที่ถาวรและความสะดวกในการดูแลเครื่องอาจตั้งอยู่ในฐานปฏิบัติการระบบเฝ้าตรวจ



รูปที่ 23 แสดงการแจ้งเตือนทางหน้าจอ LCD

การแสดงผลทาง จอ LCD ที่ออกแบบมาให้เล็กกะทัดรัด เพื่อที่จะได้สะดวกในการใช้พกพา ติดตามตัวบุคคลได้

4. สรุป

จากการศึกษาวิจัย และออกแบบสร้างระบบเฝ้าตรวจพื้นที่ระยะไกล สามารถนำไปใช้เฝ้าตรวจอย่างต่อเนื่อง ตามแนวชายแดน และบริเวณช่องทางผ่านต่าง ๆ ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง บริเวณเทือกเขา ตามทางเดินในป่าภายในพื้นที่ปฏิบัติการ ระบบนี้จะช่วยให้ข่าวสารเกี่ยวกับวันเวลาที่ผ่านจุดที่นำเครื่องมือไปติดตั้งไว้ และสามารถบอกได้ด้วยว่าคนเหล่านั้นเดินทางไปในทิศทางใด การวางเครื่องมือมากกว่า 1 ชุด ในบริเวณเดียวกัน เช่น ตามทางแยกของเส้นทางในป่า อาจนำมาใช้วิเคราะห์เส้นทางและความเร็วในการเคลื่อนที่ของผู้บุกรุกได้

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] L.A. Waistein and V.D. Zubakov, "Extraction of Signals from Noise," Prentice-Hall, Inc., New Jersey, U.S.A., 1962.
- [2] P.R. Gray and R.G. Meyer, "Analysis and Design of Analog Integrated Circuits," Second Edition, John Wiley & Sons, New York, 1997.
- [3] K.-S. Lin, "Digital Signal Processing, Semiconductor Group, Texas Instruments," Prentice-Hall, Inc., New Jersey, U.S.A., 1987.
- [4] R. Boylestad and L. Nashelsky, "Electronic Devices and Circuit Theory," Fourth Edition, Prentice-Hall, Inc., U.S.A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ร.อ. ขวัญชัย มีสะอาด เกิดวันที่ 6 พฤษภาคม 2511 สถานที่เกิดจังหวัดสิงห์บุรี อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี จบการศึกษา อุดสาหกรรมศาสตรบัณฑิต (สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์) จาก มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ปีการศึกษา 2535 ปัจจุบันรับราชการทหาร ตำแหน่งนักวิจัย แผนกวิจัย ระบบสายอากาศและกระจายคลื่น กองสื่อสารและอิเล็กทรอนิกส์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการทหาร กองบัญชาการทหารสูงสุด กระทรวงกลาโหม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้