สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การติดต่อสื่อสารข้อมูลผ่านวิทยุสมัครเล่น

DATA COMMUNICATION LINK VIA RADIO AMATEUR

นาย หฤษฎ์ สุขทาน

นาย สมชาย แจ่มใส

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42676
วัน, เดือน, ปี 6 มิ.ย. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การติดต่อสื่อสารข้อมูลผ่านวิทยุสมัครเล่น
DATA COMMUNICATION LINK VIA RADIO AMATEUR

จัดทำโดย นาย หฤษฎ์ สุขทาน รหัสประจำตัว 41013449
นาย สมชาย แจ่มใส รหัสประจำตัว 41013470

ภาควิชา เทคนิคอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2543

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังอนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(.....)
..... กรรมการ
(.....)
..... กรรมการ
(.....)
..... กรรมการ
(.....)
..... กรรมการ
(.....)
..... กรรมการ
(.....)

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดต่อสื่อสารข้อมูลผ่านวิทยุสมัครเล่น

โดย	นาย หฤษฎ์ สุขทาน	รหัสประจำตัว 41013449
	นาย สมชาย แจ่มใส	รหัสประจำตัว 41013470
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ นภพินทุ์ อนันตรศิริชัย	
ปีการศึกษา	2543	

บทคัดย่อ

การสื่อสารข้อมูลผ่านระบบวิทยุสมัครเล่น เป็นการพัฒนาซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ เพื่อนำคอมพิวเตอร์มาใช้ประโยชน์ในด้านการสื่อสารผ่านระบบวิทยุสมัครเล่น ในรูปแบบของโครงข่ายการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สาย ซึ่งประกอบไปด้วยการใช้คอมพิวเตอร์ โมเด็ม และเครื่องวิทยุสื่อสารเข้าด้วยกัน

ปริญญานิพนธ์นี้ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ฮาร์ดแวร์ ซึ่งเป็นโมเด็มขนาด 1200 บิตต่อวินาที และซอฟต์แวร์การรับส่งสื่อสารข้อมูล ซึ่งสามารถทำงานได้ 3 รูปแบบ คือ แบบติดต่อสื่อสารระหว่างกลุ่มสถานี แบบการติดต่อสื่อสารระหว่างสถานี และแบบรับส่งแฟ้มข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATA COMMUNICATION LINK VIA RADIO AMATEUR

BY HARIT SUKTHAN CODE 41013449
SOMCHAI JAMSAI CODE 41013470
ADVISOR NOPPIN ANANTRASIRICHAI
YEAR 2000

Abstract

Data communication via radio amateur system is the develoment of software and hardware for communication via radio amateur system. The model of wireless data communication network consists of microcomputer, modems and FM transceiver

The first one is hardware concerning about the 1200 bps modems. The second one is software concerning about the data transferring program which can be use 3 function are multi users mode, user to user mode and files mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ก็เพราะได้รับความกรุณา และการเอาใจใส่จากท่านอาจารย์ นภพินทุ์ อนันตรศิริชัย ท่าน รศ. ดร.กนก เจนจิระพงศ์เวช ท่าน รศ. ชวลิต เบญจางค-ประเสริฐ ที่ได้ให้คำแนะนำ และชี้แนวทางแก้ไขปัญหาทั้งทางทฤษฎีและปฏิบัติ ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง ขอขอบคุณ นายพงศธร เจริญเนติศาสตร์ ที่อำนวยความสะดวกให้ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำโครงงาน ขอขอบคุณ นายเสกสรร วศินปิยมงคล ที่ให้คำแนะนำด้านโปรแกรม Protal ขอขอบคุณ นายสรพงศ์ แซ่เตีย ที่ให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ฆ
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 จุดมุ่งหมาย	1
1.2 แนวคิดและที่มา	1
1.3 โครงงานประกอบด้วย	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 ประวัติและวิวัฒนาการของการสื่อสารวิทยุ	4
2.2 การสื่อสารข้อมูล	6
2.2.1 ระบบการมอดูเลตชั่น (Modulation System)	6
2.2.1.1 การมอดูเลตทางแอมปริจูด	6
2.2.1.1.1 ระดับการมอดูเลตชั่น	8
2.2.1.1.2 การมอดูเลตชั่นแบบอาศัยวิธีของ PDM	9
2.2.1.1.3 ส่วนประกอบของเครื่องส่ง AM	10
2.2.1.2 การมอดูเลตทางความถี่	11
2.2.1.2.1 การส่งแบบ FSK	12
2.2.1.2.2 แบนวิดท์ของ FSK	13
2.2.1.2.3 การดีมอดูเลต FSK	16
2.2.1.3 การมอดูเลตทางเฟส	17
2.2.1.3.1 วงจรเลื่อนเฟส	17
2.2.1.3.2 การเลื่อนเฟสด้วยสัญญาณรูปไซน์	18
2.2.1.3.3 การทำคลื่น FM จากคลื่น PM	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.2.1.3.4 เฟสมอดูเลเตอร์และเครื่องส่ง FM	22
2.2.1.3.4.1 Serrasoid Modulator	22
2.3 หลักการของสายอากาศ	24
2.3.1 การแพร่คลื่นของสายอากาศ	26
2.4 ชนิดของสายอากาศ	26
2.4.1 สายอากาศแบบเส้นลวด	26
2.4.2 สายอากาศแบบช่องเปิด	27
2.4.3 สายอากาศแบบ Microstrip	27
2.4.4 สายอากาศแบบเรียงลำดับ	28
2.4.5 สายอากาศแบบสะท้อนกลับ	29
2.4.6 สายอากาศแบบ Lens	29
2.5 วิธีการแพร่กระจายคลื่น	30
2.5.1 การแพร่กระจายคลื่นจากเส้นลวดเดี่ยว	30
2.5.2 การแพร่กระจายคลื่นจากเส้นลวด 2 เส้น	31
2.5.3 การแพร่กระจายคลื่นจาก Dipole	33
2.5.4 การกระจายของกระแสบนสายอากาศเส้นลวดผอมบาง	34
2.6 คุณสมบัติของสายอากาศ	36
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	37
3.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์	37
3.1.1 การออกแบบโมเด็ม	37
3.1.2 การแสดงบล็อกไดอะแกรมของภาคส่ง	38
3.1.3 การแสดงบล็อกไดอะแกรมของภาครับ	39
3.1.4 ลักษณะของวงจรที่ใช้งาน	41
3.1.5 การสร้างและประกอบโมเด็ม	42
3.1.6 การปรับแต่งและการใช้งาน	44
3.1.7 ขาของ IC TCM 3105 ที่ควรรู้จัก	45
3.1.8 อินเตอร์เฟส RS-232c และการควบคุมโมเด็ม	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.1.9 แบบจำลองของวงจรการสื่อสารแบบ RS-232c	46
3.1.10 ข้อกำหนดทางไฟฟ้า	48
3.1.11 ขาขั้วต่อ RS-232c และหน้าที่	50
3.2 การออกแบบซอฟต์แวร์	52
3.2.1 การติดตั้งโปรแกรมโดยการ Install	52
3.2.2 การติดตั้งพอร์ต	54
3.2.3 การติดตั้งคอลซายน์	55
3.2.4 การติดตั้งค่าพารามิเตอร์	57
3.2.5 การติดตั้งโปรแกรมแบบใช้ File SCC.INI	59
3.3 การกำหนดโปรโตคอลในการส่งข้อมูล	59
3.3.1 ชนิดของเฟรมแบ่งออกเป็น 5 ประเภท	61
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	62
4.1 การทดสอบโปรแกรมกับฮาร์ดแวร์	62
4.2 ทดสอบการส่งข้อมูลที่ใช้ระหว่างคู่สถานี	65
4.3 ทดสอบการติดต่อระหว่างคู่สถานีในกรณีติดต่อไม่ได้	67
4.4 ทดสอบการส่งแฟ้มข้อมูล	68
4.5 ทดสอบการรับแฟ้มข้อมูล	69
4.6 ทดสอบการติดต่อระหว่างคู่สถานีหลายสถานี	70
4.7 สรุปผลการทดลองการรับ/ส่งข้อมูลทุกโหมดการทำงาน	71
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	72
5.1 ข้อดีของโครงงาน	72
5.2 ข้อเสียของโครงงาน	72
5.3 อุปสรรคของโครงงาน	73
5.4 แนวทางในการพัฒนาต่อ	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บรรณานุกรม	74
ภาคผนวก ก	75
- วิธีติดตั้งและการใช้ Solfware	75
- การติดตั้งแบบใช้ไฟล์ SCC.INI	75
- วิธีการติดต่อพื้นฐาน	76
- สาย 5 DIN สำหรับ Modem	80
ภาคผนวก ข	82
- ประวัติความเป็นมาของแพ็คเก็ตเรดิโอ	82
- จาก X.25 เป็น AX.25	82
- องค์ประกอบทั่วไปของแพ็คเก็ตเรดิโอ	83
- อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงาน	83
- คำแนะนำในการใช้โปรแกรม	83
- คำสั่งต่าง ๆ	84
- Modem Packet Radio	86
- ข้อจำกัดระหว่างความเร็ว Modem กับวิทยุรับส่ง	86
- เครือข่าย Packet Radio	87
- หลักการอยู่ร่วมกันของเครือข่าย ITPRN	87
- คำนิยามสำหรับเครือข่าย ITPRN	88
- ประเภทของสถานี Packet Radio	88
- ข้อมูลพื้นฐานของสถานีลงทะเบียน	88
- กติกาแห่งการอยู่ร่วมกันของ ITPRN	89
ภาคผนวก ค	90
- มาตรฐานสากลของรหัสมอร์ส	90
- รหัสตัวเลข	91
- รหัสภาษาไทย	92
- รหัสสระ	93
- รหัสวรรณยุกต์	93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
- รหัสเครื่องหมาย	93
- การออกเสียงตัวอักษรของสัญญาณเรียกขาน	94
- ตัวย่อที่ใช้เป็นมาตราฐานสากลอื่นๆ	95
- คำย่อเกี่ยวกับวิทยุสมัครเล่น	95
ภาคผนวก ง	98
- SCC.INI Installation File	98
ภาคผนวก จ	113
- Data Sheet IC TCM 3105	113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่ต่าง ๆ	5
2.2 แสดงใช้แบนด์ที่ดัชนีการมอดูเลตค่าต่าง ๆ (Bassel Function)	15
3.1 แสดงขั้วสัญญาณและหน้าที่การทำงานของขั้วต่อคอนเน็คเตอร์	44
3.2 หน้าที่ของสายและความหมายของโวลเต็จที่กำหนดให้	49
3.3 การกำหนดขาของขั้วต่อ RS-232c	50
4.1 ทดสอบทุกโหมดการในระยะห่างระหว่างสถานี 5 เมตร	73
4.2 ทดสอบทุกโหมดการทำงานในระหว่างชั้นของอาคาร	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 รูปคลื่นเอเอ็มเกิดจากสัญญาณรูปไซน์	7
2.2 ระดับการมอดูเลตชั่น	8
2.3 ส่วนประกอบของ Pulse Duration Modulator	9
2.4 การแปรผันทางความถี่ของคลื่นพาห์โดยสัญญาณ	11
2.5 การส่งแบบไบนารีด้วย FSK	12
2.6 การมอดูเลตแบบ FSK	13
2.7 ค่าดัชนีการมอดูเลต	16
2.8 เฟสล็อคลูป FSK ดีมอดูเลต	16
2.9 วงจรเลื่อนเฟสแบบมูลฐาน	17
2.10 เฟสมอดูเลเตอร์แบบมูลฐาน	18
2.11 (ก) การเปลี่ยนแปลงเฟสของคลื่นพาห์ในช่วงหนึ่งไซเกิลของสัญญาณ	19
2.11 (ข) เฟสของคลื่นพาห์ในไซเกิลแรกถูกเลื่อนทีละน้อย	20
2.12 คลื่น FM กับ PM	21
2.13 วงจร Correction และคุณสมบัติ	22
2.14 เฟสมอดูเลเตอร์แบบ Serrasoid Modulator	23
2.15 การมอดูเลตที่ใช้ในการสื่อสาร	24
2.16 การกระจายแรงดันและกระแสบนสายนำสัญญาณยาว λ/4 ซึ่งมีโหลดเป็นวงจรเปิด	24
2.17 ไดโพลชนิดฮาล์ฟเวฟ	25
2.18 รูปทรงสายอากาศแบบเส้นลวด	26
2.19 รูปร่างของสายอากาศแบบ Aperture	27
2.20 สายอากาศ Microstrip แบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าและแบบวงกลม	28
2.21 รูปร่างของสายอากาศแบบ Array เส้นลวด และ Aperture และ Microstrip	28
2.22 รูปร่างของสายอากาศแบบ Reflector	29
2.23 รูปร่างของสายอากาศแบบ Lens	30
2.24 รูปแบบการกระจายของประจุบนส่วนตัดวงกลมของทรงกระบอก	31
2.25 แหล่งกำเนิดสายส่งสัญญาณ สายอากาศ และการดันเส้นสนามไฟฟ้าออกไป	32
2.26 เส้นสนามไฟฟ้าของคลื่นในอากาศของสายอากาศที่ยาว λ/2 ที่เวลา t=0, T/8, T/4 และ3T/8	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.25 Data Exchange File Data	60
3.26 Call Exchange Mail Data Frame Format	60
4.1 เป็นการแปลงค่าต่าง ๆ ภายในไฟล์ SCC.INI	62
4.2 หน้าแรกของการเข้าสู่โปรแกรม	63
4.3 เป็นหน้าต่างการแสดงผล	64
4.4 การทดสอบส่งข้อความไปยังคู่สถานี	65
4.5 การทดสอบรับข้อมูลจากคู่สถานี	66
4.6 ผลของการติดต่อกับคู่สถานีไม่ได้	67
4.7 ทดสอบการส่งแฟ้มข้อมูล	68
4.8 ทดสอบการรับแฟ้มข้อมูล	69
4.9 ทดสอบการติดต่อระหว่างกลุ่มสถานี	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.27 รูปแบบและการคันของเส้นสนามไฟฟ้าของ Dipole ขนาดสั้น	34
2.28 การกระจายกระแสบนสายส่งชนิดเส้นลวด 2 เส้น ที่ไม่มีการสูญเสียใด ๆ สายส่งที่ถ่างออกและบน Linear Dipole	35
3.1 การอินเตอร์เฟสคอมพิวเตอร์กับเครื่องรับ/ส่งวิทยุ	37
3.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของภาคส่ง	38
3.3 บล็อกไดอะแกรมของภาครับ	39
3.4 รูปวงจรสมบูรณ์ของโมเด็ม	40
3.5 บล็อกไดอะแกรมของไอซี TCM3105	41
3.6 แผนผังแสดงตำแหน่งอุปกรณ์	43
3.7 ลายวงจรที่ใช้งาน	43
3.8 แบบจำลองของวงจรการสื่อสารที่ใช้ RS-232c	46
3.9 RS-232c Connector	47
3.10 ระดับโวลเต็จของสัญญาณที่ RS-232c ที่กำหนดใช้	48
3.11วงจรอินเตอร์เฟส RS-232c	49
3.12 แสดงการติดตั้งค่าพารามิเตอร์	53
3.13 บล็อกไดอะแกรมของการ Setup Port	54
3.14 แสดงตำแหน่งของพอร์ต	54
3.15 บล็อกไดอะแกรมของการ Setup Call Sing	55
3.16 แสดงการติดตั้ง Call Sing	56
3.17 แสดงการติดตั้ง Call Sing ที่เรียบร้อยแล้ว	56
3.18 บล็อกไดอะแกรมของการ Setup Terminal Parameter	57
3.19 แสดงการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์	57
3.20 แสดงการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์	58
3.21 แสดงการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์	58
3.22 Contact and Multi Contact Frame Format	59
3.23 Call Setup and Call Clear Mail Data Frame Format	60
3.24 Call Setup Call Clear Send File	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

การดำรงชีพของมนุษย์โลกทุกวันนี้จะขาดการสื่อสารไม่ได้นับวันการสื่อสารก็จะเข้ามีส่วนต่อการดำรงชีพมากขึ้น การสื่อสารยุคใหม่ได้แยกแตกแขนงออกไปหลายรูปแบบ ซึ่งแต่เดิมจะเป็นการส่งกระจายเสียงไปในอากาศ การติดต่อพูดคุยในระบบโทรศัพท์หรือส่งวิทยุโทรเลขเป็นต้น แต่ในยุคปัจจุบันได้มีการนำเอาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้มากขึ้น ทำให้การสื่อสารได้ขยายรูปแบบออกไปเป็น World Wide Web ในการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านโทรศัพท์ได้ขยายวงกว้างมากขึ้น เป็นการใช้โทรศัพท์มือถือเข้ามาแทนแต่ถึงอย่างไรก็ตามการสื่อสารก็มิได้ยึดติดกับส่วนใดส่วนหนึ่ง ดังนั้นจึงได้มีการนำวิทยุสมัครเล่นให้ใช้งานในย่านความถี่หนึ่งได้ ซึ่งได้เป็นที่มาของโครงงานนี้

1.1 จุดมุ่งหมาย

1. เพื่อศึกษาผลของการนำคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้งานร่วมกับกิจการวิทยุสมัครเล่น
2. เพื่อให้สามารถนำมาใช้เป็นเครือข่ายสำรองในยามฉุกเฉิน
3. เพื่อใช้ช่องความถี่สัญญาณของกิจการวิทยุสมัครเล่นให้คุ้มค่า
4. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการสื่อสารแบบไร้สายอีกรูปแบบหนึ่ง

1.2 แนวคิดและที่มา

เนื่องจากกิจการวิทยุสมัครเล่นในปัจจุบัน ได้เข้ามามีบทบาทในการช่วยเหลือแก้ไขปัญหาทุกข์สุขของสังคมมากขึ้น แต่เนื่องจากเมื่อมีข้อความที่ต้องการใช้ในสื่อสารมากก็ใช้เวลามากหรือในกรณีที่เกิดมีสัญญาณรบกวนมากๆ การติดต่อสื่อสารก็จะทำได้ลำบากเช่นกันและนอกจากนั้นการสื่อสารด้วยคำพูดบางครั้งก็ไม่ชัดเจน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีการนำเอาความสามารถของคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้งานร่วมกับกิจการวิทยุสมัครเล่น เพื่อเพิ่มความเร็วในการติดต่อสื่อสารและเป็นการลดความผิดพลาดในการติดต่อให้น้อยลง

การติดต่อสื่อสารข้อมูลผ่านวิทยุสมัครเล่น เป็นการพัฒนาซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์เพื่อที่จะนำคอมพิวเตอร์มาใช้ประโยชน์ในด้านการสื่อสารผ่านวิทยุสมัครเล่น ในรูปแบบของโครงข่ายการติดต่อสื่อสารข้อมูลไร้สายจะประกอบไปด้วยการใช้คอมพิวเตอร์ โมเด็มและวิทยุสื่อสารเข้าด้วยกัน โดยจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนด้วยกันคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ฮาร์ดแวร์จะเป็นโมเด็มขนาดไม่ต่ำกว่า 1200 บิตต่อวินาที

2.ซอฟต์แวร์การรับส่งสื่อสารข้อมูลคือ ซึ่งใช้สำหรับการติดต่อสื่อสารกันระหว่างกลุ่มสถานี การรับส่งแฟ้มข้อมูล การรับฝากข้อความและจดหมาย

1.3 โครงงานประกอบด้วย

1.3.1 ส่วนของซอฟต์แวร์ (Software) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมที่ใช้ในการรับและส่งข้อมูลผ่านทางวิทยุสมัครเล่น โดยในส่วนของซอฟต์แวร์นั้นควรมีการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ดังนี้

- เครื่องคอมพิวเตอร์ขีดความสามารถไม่ต่ำกว่ารุ่น 80386 ขึ้นไป
- มีการติดตั้งโปรแกรม Microsoft Windows สามารถใช้ได้ตั้งแต่ 3.11 ขึ้นไป
- มีหน่วยความจำอย่างน้อย RAM 4Mb
- การ์ดจอภาพใช้ระดับ VGA

1.3.2 ส่วนของฮาร์ดแวร์ (Hardware)

1.3.2.1 เครื่องวิทยุรับ/ส่ง ใช้ได้กับเครื่องรับ/ส่งซึ่งใช้ได้ทุกรุ่นทุกยี่ห้อไม่ว่าจะเป็นแบบมือถือหรือเป็นแบบติดรถยนต์ หรือประจำสถานี เพียงแต่มีช่องสำหรับต่อไมโครโฟนและลำโพงภายนอกเท่านั้นและใช้ได้กับย่านความถี่ (145.825 MHz)

1.3.2.2 เครื่องคอมพิวเตอร์ สามารถใช้ได้กับคอมพิวเตอร์ทุกรุ่นตั้งแต่ 80386 ขึ้นไปหากเป็นรุ่น 80286 นั้นจะมีปัญหาทางด้านของ Software แต่อาจมี Software บางตัวที่ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น 80286 ได้

1.3.2.3 Packet Modem / TNC (Terminal Node Controller) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางแปลงตัวอักษรหรือภาพเป็นสัญญาณดิจิตอลจากคอมพิวเตอร์ที่ส่งออกมาจากพอร์ตอนุกรม (RS-232c) ให้เป็นสัญญาณแบบอนาลอกแล้วส่งออกไปทางเครื่องรับ/ส่งวิทยุ ในขณะเดียวกันก็แปลงสัญญาณเสียงจากเครื่องรับ/ส่งวิทยุจากสัญญาณอนาลอกไปเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วส่งไปยังพอร์ตอนุกรม (RS-232c) เพื่อแปลงเป็นตัวอักษรหรือภาพไปปรากฏบนจอคอมพิวเตอร์ในการรับส่งตั้งแต่ 300 บิตต่อวินาที ในย่าน HF และใช้ความเร็ว 1200 บิตต่อวินาที ในย่าน VHF/UHF หากต้องการใช้ความเร็ว สูงกว่านี้ เช่น 9600 บิตต่อวินาที ถ้าเป็นเครื่องวิทยุรับ/ส่งรุ่นเก่าอาจต้องมีการปรับแต่งอุปกรณ์ภายในเครื่องรับ/ส่ง

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- ได้รับความรู้จากการศึกษาการเขียนโปรแกรมของคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานทางด้านการสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถนำไปใช้ประกอบการศึกษาเรื่องรูปแบบการสื่อสารผ่านกิจการวิทยุสมัครเล่น
- เพิ่มความสะดวกในการติดต่อสื่อสารอีกรูปแบบหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ประวัติและวิวัฒนาการของการสื่อสารวิทยุ

ประวัติของการสื่อสารวิทยุเริ่มต้นจากการประดิษฐ์การส่งโทรเลข หลังจากนั้นเทคนิคทางวิทยุได้ก้าวหน้าไปอย่างมากมายจากการประดิษฐ์หลอดสูญญากาศ (Vacuum Tube) ซึ่งในระยะแรกนั้นยังเป็นการใช้ระบบแอมปริจูดมอดูเลตชั่น AM (Amplitude Modulation) แต่การสื่อสารด้วยระบบนี้ถูกรบกวนด้วยคลื่นรบกวนจากธรรมชาติ และจากที่มนุษย์สร้างขึ้นมาเอง เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงข้อไม่ดีนี้ทำให้ คาลสัน (Carlson) และแวนเดลโพล (Vandelpol) ได้คิดทฤษฎีฟรีเควนซีมอดูเลตชั่น (Frequency Modulation) ขึ้นมา และต่อมาอาร์มสตรอง (Armstrong) และครอสบี้ (Crosby) ได้ทำการทดลองจนประสบความสำเร็จ

เนื่องจากส่วนประกอบของรบกวนจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับความกว้างของแถบความถี่ของการส่งสัญญาณ นั้นจึงต้องทำให้แถบความถี่แคบที่สุดเท่าที่จะทำได้ เช่นที่ภาครับในระบบ FM ส่วนประกอบของรบกวนสามารถทำให้หมดไปได้ด้วยการใช้วงจรจำกัดค่า หรือแอมปริจูดลิมิตเตอร์ (Amplitude Limiter)

ถึงแม้ว่าส่วนประกอบของรบกวนจะถูกกำจัดให้หมดไปด้วยแอมปลิจูดลิมิตเตอร์ (Amplitude Limiter) แล้วก็ตาม แต่อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (S/N) ก็ยังไม่ดีขึ้น เพราะมีการเกิดส่วน PM (Phase Modulation) ซึ่งเกิดจากการรบกวน ดังนั้นอาร์มสตรองจึงได้คิดการใช้แถบความถี่ที่กว้างเพียงพอและให้ FM มากพอเพื่อทำให้อัตราส่วน S/N ดีขึ้นเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1963

หลังจากนั้นเทคโนโลยีทางด้านหลอดสูญญากาศ ก็ได้เจริญก้าวหน้าขึ้นมาก จึงได้มีการพัฒนาทางด้านความถี่สูงในย่าน VHF (Very High Frequency) และไมโครเวฟขึ้น จากประสบการณ์ของสื่อสารในแถบความถี่ปานกลาง MF (Medium Frequency) และที่ความถี่สูง HF (High Frequency) ระบบสื่อสารมัลติเพล็กซ์ (Multiplex Communication) ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อให้มีแถบความถี่กว้างตามที่ FM ต้องการได้ ด้วยการใช้คลื่นพาหะความถี่สูง

เมื่อเร็ว ๆ นี้ได้มีการนำระบบ PCM (Pulse Code Modulation) ที่ใช้กับแถบความถี่ไมโครเวฟมาใช้งาน นอกจากนี้ได้มีระบบรีเลย์วิทยุ (Radio Relay System) ที่ใช้แถบความถี่กึ่งมิลลิเมตร (Semi-Millimeter Band) และแถบความถี่มิลลิเมตรที่กำลังอยู่ในระหว่างการพัฒนา

ในการสื่อสารวิทยุคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่าง ๆ แพร่ผ่านตัวกลางร่วมกัน (Common Space) จึงมีโอกาสรบกวนกันได้จึงจำเป็นที่จะต้องจัดคลื่นวิทยุออกเป็นส่วน ๆ เพื่อหลีกเลี่ยงการรบกวนซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันและกัน นั่นคือจะต้องมีการควบคุมการสื่อสารวิทยุ ซึ่งมีองค์กรระหว่างชาติที่จะทำหน้าที่จัดประชุมโทรคมนาคมระหว่างชาติขึ้นโดยมีประเทศส่วนใหญ่เป็นสมาชิกขององค์กร

ชื่อ		ความถี่	ความยาวคลื่น	ชื่อ
ความถี่ต่ำมาก (Very Low Freq.)	VLF	น้อยกว่า 30 KHz	มากกว่า 10 Km	คลื่นไมริอาเมตริก (Myriametric Wave)
ความถี่ต่ำ (Low Freq.)	LF	30-300 KHz	1-10 Km	คลื่นกิโลมิเตอร์ (Kilometer Wave)
ความถี่กลาง (Medium Freq.)	MF	300-3000 KHz	100-1000 m	คลื่นเฮกโตมิเตอร์ (Hectometer Wave)
ความถี่สูง (High Freq.)	HF	3-30 MHz	10-100 m	คลื่นเดคามิเตอร์ (Decameter Wave)
ความถี่สูงมาก (Very High Freq.)	VHF	30-300MHz	1-10 m	คลื่นมิเตอร์ (Meter Wave)
ความถี่สูงยิ่ง (Ultra High Freq.)	UHF	300-3000 MHz	10-100 cm	คลื่นเดซิมิเตอร์ (Decimeter wave)
ความถี่สูงพิเศษ (Super High Freq.)	SHF	3-30 GHz	1-10 cm	คลื่นเซนติมิเตอร์ (Centimeter wave)
ความถี่สูงสุด (Extremely High Freq.)	EHF	30-300 GHz	1-10 cm	คลื่นมิลลิมิเตอร์ (Millimeter Wave)

ตารางที่ 2.1 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่ต่าง ๆ

กฎข้อบังคับของการสื่อสารวิทยุระหว่างชาติ (International Radio Communication Regulations) ของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างชาติหรือ ITU (International Telecommunication Union) ซึ่งเป็นผลของการประชุมระหว่างชาติ กฎข้อบังคับนั้นแบ่งโลกออกเป็น 3 เขต คือ

เขต 1 ยุโรป อาฟริกา และไซบีเรีย

เขต 2 ทวีปอเมริกา

เขต 3 เอเชียและคาบมหาสมุทรแปซิฟิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกระจายและการจัดสรรค์ความถี่วิทยุในเขตทั้งสาม เริ่มจากความถี่ 10 KHz ไปจนถึง 40 GHz ด้วยการพิจารณาคุณสมบัติของการแพร่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่ต่าง ๆ และลักษณะของการบริการ

2.2 การสื่อสารข้อมูล

การสื่อสารข้อมูลหมายถึงการแลกเปลี่ยนข่าวสารกันระหว่างอุปกรณ์ปลายทางโดยอาศัยสายสัญญาณ หรือตัวกลางอื่นๆ โดยลักษณะของข้อมูลนั้นจะเป็นข้อมูลแบบดิจิตอลและมีการเข้ารหัสเป็นแบบมาตรฐาน เช่น รหัสแอสกี (ASCII) ในการสื่อสารจะต้องทำการแปลงข้อมูลระบบดิจิตอลให้เป็นสัญญาณอนาลอกก่อนที่จะทำการส่งออกไปแล้วจึงการทำการแปลงสัญญาณอนาลอกให้กลับมาเป็นสัญญาณดิจิตอลอีกครั้งหนึ่งที่ปลายทาง วิธีการผสมสัญญาณที่มักนำมาใช้กันมากก็คือ การมอดูเลตและการดีมอดูเลต ในการมอดูเลตนั้นมีด้วยกันหลายวิธีดังนี้

2.2.1 ระบบมอดูเลตชั่น (Modulation System)

วิธีส่งสัญญาณข่าวสาร (Information) ไปถึงอีกฝ่ายหนึ่งมีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งแต่ละวิธีมีคุณสมบัติเป็นของตัวเองข่าวสารที่จะส่งก็มีหลายชนิดด้วยกัน เช่น เสียงพูด สัญญาณโทรเลข สัญญาณโทรทัศน์ สัญญาณรวมหลายชั้น (Multiple Signal) เทเลโฟโต (Telephoto) แฟคซิไมล์เทเลกราฟฟี (Facsimile Telgraphy) ฯลฯ ข่าวข้อมูล เช่น เสียงพูดและภาพจะต้องเปลี่ยนให้เป็นปริมาณไฟฟ้าเสียก่อน ด้วยอุปกรณ์ เช่น ไมโครโฟน หรือกล้องถ่ายเทเล (Telecamera) เพื่อให้ข่าวข้อมูลเหล่านั้นสามารถถูกนำไปด้วยคลื่นวิทยุได้

ปัญหาของการส่งข่าวสารข้อมูลก็คือ การนำข่าวสารไปเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าก่อนแล้วจึงนำไปผสมกับคลื่นวิทยุ เราเรียกวิธีการเช่นนั้นว่า "การมอดูเลตชั่น" (Modulation)

2.2.1.1 การมอดูเลตทางแอมปริจูด (Amplitude Shift Keying : ASK)

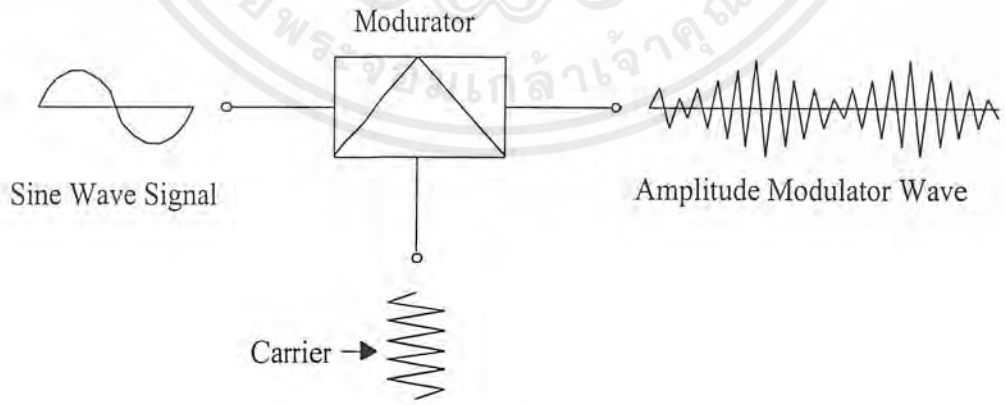
วิธีนี้จะควบคุมด้วยสัญญาณซายน์ความถี่คงที่ให้มีขนาดของสัญญาณเปลี่ยนแปลงตามระดับลอจิกของลอจิก ทั้งภาคมอดูเลตและดีมอดูเลตเป็นวงจรที่ง่ายและราคาถูก แต่มีข้อเสียคือ ข้อมูลที่รับเข้ามาทางปลายทางจะผิดพลาดได้ง่าย อันเนื่องมาจากสัญญาณรบกวนที่มีผลต่อขนาดของสัญญาณ และวงจรภาครับจะต้องมีวงจรขยายเพื่อชดเชยการลดทอนในสายส่งโดยอัตโนมัติอีกทั้งมีอัตราการส่งข้อมูลที่ไม่สูงนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การมอดูเลตชั่นเชิงขนาด นั้นเป็นวิธีการแปลงความถี่ชนิดหนึ่งซึ่งสัญญาณที่ส่งมารวมกับความถี่พาห์แล้วเกิดเป็นคลื่นพาห์แล้วขนาดเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของสัญญาณนั้น ๆ แต่จะเกิดผลเช่นนี้ได้ต้องอาศัยสิ่งประกอบดังต่อไปนี้

1. ความถี่สัญญาณ (Signal Frequency) ประกอบด้วยข้อความข่าวสารที่ถูกแปลงให้ไปอยู่ในย่านความถี่อื่น สัญญาณนี้อาจจะเป็นความถี่เดี่ยว หรือมีย่าน หรือแถบของความถี่จากไม่กี่เฮริทซ์สูงขึ้นไปถึงหลายเมกกะเฮริทซ์
2. ความถี่พาห์ (Carrier Frequency) มักเรียกกันว่า "คลื่นพาห์" เป็นความถี่เดี่ยวที่มีขนาดคงที่ และความถี่ของคลื่นพาห์จะมีค่าเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับการกำหนดความถี่ตามที่ต้องการให้สัญญาณไปอยู่ (สัญญาณแต่ละสัญญาณที่ถูกส่งออกไปพร้อมกันในตัวนำคลื่นเดียวกัน มีคลื่นพาห์ที่ความถี่ต่างกันจะมาเข้ามอดูเลเตอร์ของแต่ละสัญญาณนั้น ๆ ดั้งนั้นคลื่น AM ที่ออกมาจึงใช้แถบความถี่ต่าง ๆ กัน)
3. ตัวผสมสัญญาณ (Modulator) ในที่นี้จะใช้คำว่า "มอดูเลเตอร์" เป็นอุปกรณ์ซึ่งประกอบด้วยชิ้นส่วนต่าง ๆ ประกอบกันเป็นวงจร เพื่อทำให้เกิดการมอดูเลตชั่นเชิงขนาดขึ้น เมื่อคลื่นพาห์มารวมกับสัญญาณ ที่ตัวมอดูเลเตอร์นี้

ในรูปที่ 2.1 แสดงถึงการนำสัญญาณรูปไซน์ไปผสมกับความถี่พาห์ที่ตัวมอดูเลเตอร์แล้วผลิตเป็นรูปคลื่น AM ออกมา ลักษณะสำคัญที่ควรสังเกตไว้ก็คือ ขอบของคลื่นทั้งด้านบนและด้านล่างจะเป็นลักษณะที่เหมือนกับ "สัญญาณ" นั่นคือ ขนาดของคลื่นพาห์เปลี่ยนไปตามขนาดของสัญญาณ และถ้ามีแต่คลื่นพาห์อย่างเดียว ส่วนสัญญาณไม่มีเข้ามาหรือขนาดเป็นศูนย์คลื่น AM ก็จะมีลักษณะเหมือนกับคลื่นพาห์ที่มีขนาดคงที่



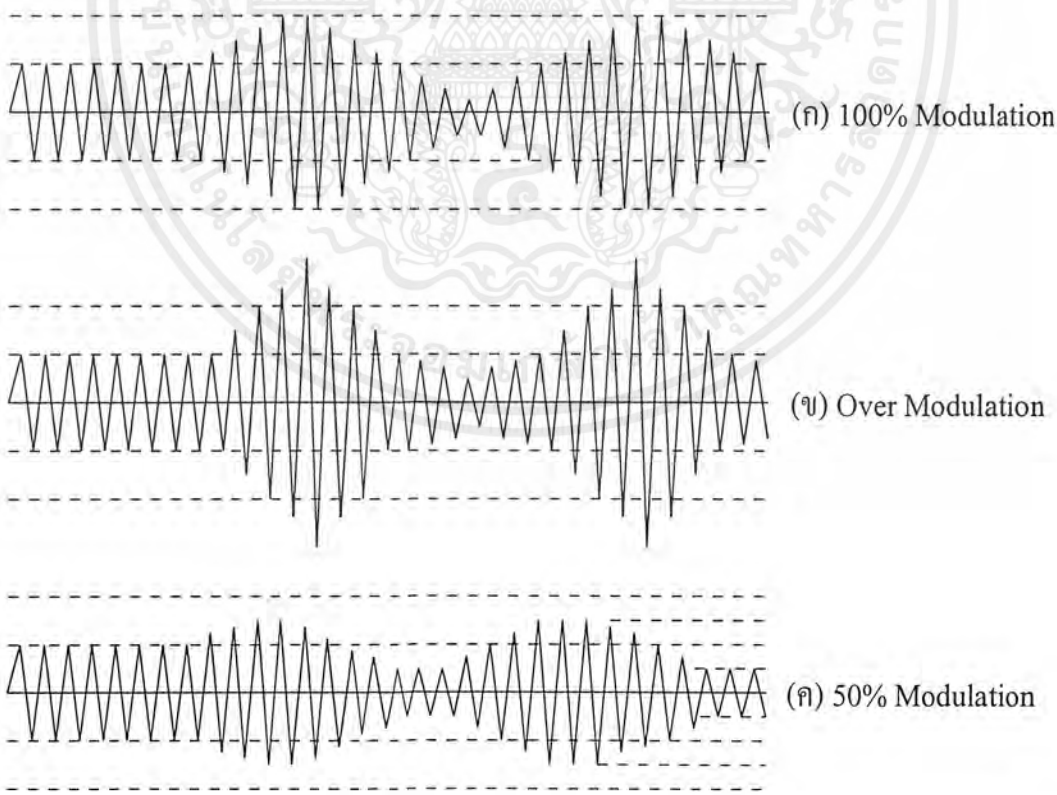
รูปที่ 2.1 รูปคลื่นเอเอ็มเกิดจากสัญญาณรูปไซน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.1.1 ระดับการมอดูเลตชั่น (Degree of Modulation)

ขนาดของคลื่นพาห์เมื่อถูกสัญญาณเข้ามาผสม จะเปลี่ยนแปลงสูงขึ้น หรือต่ำลงกว่าเดิมมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับขนาดของสัญญาณที่เข้ามา และจะเปลี่ยนแปลงเร็วหรือช้าเพียงใดขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณ ขนาดของสัญญาณที่เข้ามาผสมกับคลื่นพาห์จะมีระดับของการมอดูเลตเกิดขึ้น ตัวที่จะบอกว่าระดับไหนจึงจะเหมาะสมนั้น เรียกว่า Degree of Modulation ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างขนาดของสัญญาณที่เข้าผสมต่อขนาดของคลื่นพาห์

ในรูปที่ 2.2 แสดงรูปคลื่น AM ที่ระดับการมอดูเลตชั่นต่างกัน โดยสัญญาณที่มีขนาดต่างกัน แต่คลื่นพาห์ที่มีขนาดคงที่ ในรูปที่ 2.2 (ค) แสดงถึง 50% Modulation ซึ่งหมายถึงว่าขนาดของสัญญาณเป็นครึ่งหนึ่งของคลื่นพาห์ ส่วนรูปที่ 2.2 (ก) แสดง 100% Modulation คือขนาดของสัญญาณเท่ากับคลื่นพาห์ แต่ถ้าขนาดของสัญญาณมากกว่าคลื่นพาห์จะเกิดผลดังรูปที่ 2.2 (ข) เรียกว่าการเกิด Over Modulation เป็นสภาวะที่ไม่ควรให้เกิดในขณะส่งคลื่นออกไปจากเครื่องส่ง เนื่องจากขณะนี้จะมีบางส่วนของคลื่นพาห์ขาดหายไปเป็นช่วง ๆ อันจะมีผลให้เกิดคลื่นรบกวนติดออกไป ทั้งยังมีผลเสียต่ออุปกรณ์ในเครื่องส่ง กับเกิดการผิดเพี้ยนของสัญญาณที่ผลิตออกมาจากเครื่องรับ



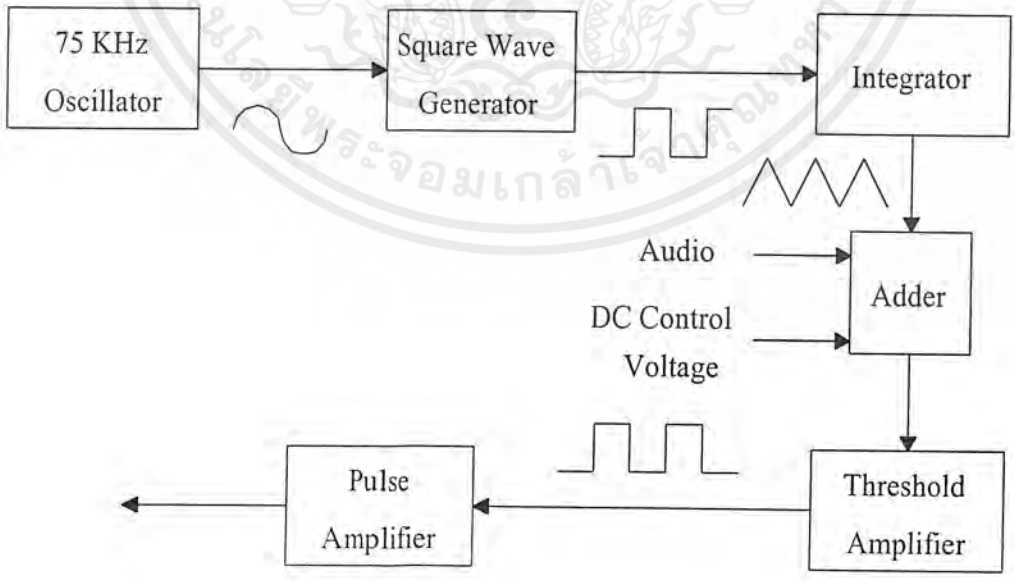
รูปที่ 2.2 แสดงระดับการมอดูเลตชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.1.2 การมอดูเลตชั่นแบบอาศัยวิธีของ PDM (Pulse Duration Modulation)

วิธีนี้ใช้ หลักการเช่นเดียวกับเพลทมอดูเลตชั่น เพียงแต่ว่าแทนที่จะใช้โวลเต็จของสัญญาณเสียงไปเปลี่ยนแปลงโวลเต็จที่เพลทของหลอดขยายเปลี่ยนแปลงโดยตรง แต่จะเป็นการทำให้สัญญาณเสียงไปทำให้ช่วงเวลาหรือความกว้างของพัลซ์ซึ่งเป็นคลื่นพาห์นั่นคือ Pulse Duration Modulation จากนั้นจึงเปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณเสียงให้เป็นโวลเต็จ ซึ่งจะป้อนให้กับเพลทของภาคขยายต่อไปสุดท้ายเป็นผลให้เกิดคลื่น AM ออกไป ผลที่ได้จากกรรมวิธีเช่นนี้ก็คือประสิทธิภาพสูงสุดขึ้น ลดความยุ่งยากและปัญหาบางอย่าง มีความเชื่อถือได้สูง ความเพี้ยนต่ำและมีการตอบสนองต่อสัญญาณเสียงที่มีลักษณะเป็น Transient ได้ดีมาก

Pulse Duration Modulator ซึ่งประกอบด้วยภาคกำเนิดคลื่นไซน์ความถี่ 75 KHz (Oscillator) ภาคเปลี่ยนไซน์เป็นคลื่นสี่เหลี่ยม (Square Wave Generator) ตัว Integrator ซึ่งจะเปลี่ยนคลื่นรูปสี่เหลี่ยมเป็นคลื่นรูปสามเหลี่ยม ตัวรวมสัญญาณ (Adder) ซึ่งทำหน้าที่รวมคลื่นสามเหลี่ยมเข้ากับสัญญาณเสียงที่เข้ามายังเครื่องส่งและโวลเต็จควบคุม ซึ่งเป็นไฟ DC ที่เป็นตัวบอก PDM ว่ากำลังส่งของคลื่นเป็นอย่างไรและโวลเต็จนี้จะไปกำหนดจุดรับรู้ (Threshold) ของภาคขยายกำหนดระดับรับรู้ ซึ่งทำหน้าที่เปิด เมื่อค่าของสัญญาณรวมอยู่เหนือระดับรับรู้ของมันและจะทำการปิด เมื่อมีค่าต่ำกว่าระดับรับรู้ของมัน ดังแสดงรูปที่ 2.3 ประกอบ ดังนั้นเอาท์พุทคลื่นยอดตัดที่ออกไปจะมีโวลเต็จยอดต่อยอดอยู่ค่าหนึ่ง



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของ Pulse Duration Modulator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.1.3 ส่วนประกอบของเครื่องส่ง AM

1. ภาคกำเนิดคลื่นความถี่พาห์

เป็นออสซิลเลเตอร์แบบควบคุมความถี่ด้วย คริสตัล (Crystal Control Oscillator) ความถี่ที่ออกไปจะต้องมีเสถียรภาพสูงมาก เช่น ในย่านความถี่กระจายเสียง 525 – 1605 KHz ดังนั้นจึงมักนิยมทำให้อุณหภูมิที่คริสตัลคงที่ โดยใส่ไว้ภาชนะอบความร้อน ความถี่ประจำตัวของคริสตัลอาจจะสูง หรือต่ำกว่า ความถี่ของเครื่องส่งก็ได้ จากนั้นจึงจะทำการลดหรือทวีความถี่จนตรงกับความถี่ของเครื่องส่ง

2. ภาคขยายบัฟเฟอร์ (Buffer Amplifier)

ขนาดของคลื่นพาห์ของออสซิลเลเตอร์ยังมีขนาดต่ำมาก จึงต้องทำการขยายให้มีขนาดสูงขึ้นด้วยภาคขยายอื่น ๆ อีก แต่คุณสมบัติของภาคขยายกำลังสูงนั้นอาจจะมีผลต่อภาคออสซิลเลเตอร์ได้ หากนำมาต่อกันโดยตรง ภาคบัฟเฟอร์จะทำหน้าที่เป็นภาคกันชนไม่ให้การเปลี่ยนแปลงใด ๆ ในภาคขยายกำลังสูง มามีผลกระทบต่อการทำงานภาคออสซิลเลเตอร์

3. ภาคขยายกำลังปานกลาง (Intermediate Power Amplifier)

ทำหน้าที่ขยายขนาดของคลื่นพาห์ให้สูงถึงขนาดหนึ่งจนพอเหมาะที่จะไปขับ หรือป้อนให้กับภาคขยายสูงต่อไป

4. ภาคขยายกำลังสูง (Power Amplifier)

คลื่นวิทยุที่กระจายออกอากาศนั้น อาศัยการไหลของกระแสในสายอากาศ ภาคขยายที่จะป้อนสัญญาณเข้าสู่สายอากาศจึงเป็นภาคขยายกำลังมากกว่าขยายโวลเต็จเนื่องจากกำลังออกอากาศสูงมาก โวลเต็จ และกระแสที่ใช้ในภาคนี้จึงสูงตามจึงต้องอาศัยหลอดสูญญากาศเป็นตัวที่ทำหน้าที่ขยายกำลังที่ทำงานในย่านความถี่สูง

5. มอดูเลเตอร์ (Modulator)

ทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียงให้มีขนาดสูงเทียบกับขนาดคลื่นพาห์ คือ เกิดระดับการมอดูเลตชั่น 100 % โดยปกติหลอดขยายที่ทำหน้าที่นี้ จะเป็นชนิดเดียวกันกับหลอดขยายกำลังสูง ทำงานร่วมกับ Modulation Transformer จ่ายสัญญาณเสียงที่มีขนาดสูงอนุกรมกับไฟเลี้ยงเพลทของหลอดขยายกำลัง

6. ภาคขยายสัญญาณเสียง (Audio Amplifier)

สัญญาณเสียงที่ได้รับมานั้นขนาดหรือโวลเต็จต่ำ ไม่เพียงพอที่จะไปขับภาคมอดูเลเตอร์จึงต้องทำการขยายจนมีขนาดเหมาะสม โดยที่ความเพี้ยนของสัญญาณเสียงต้องน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

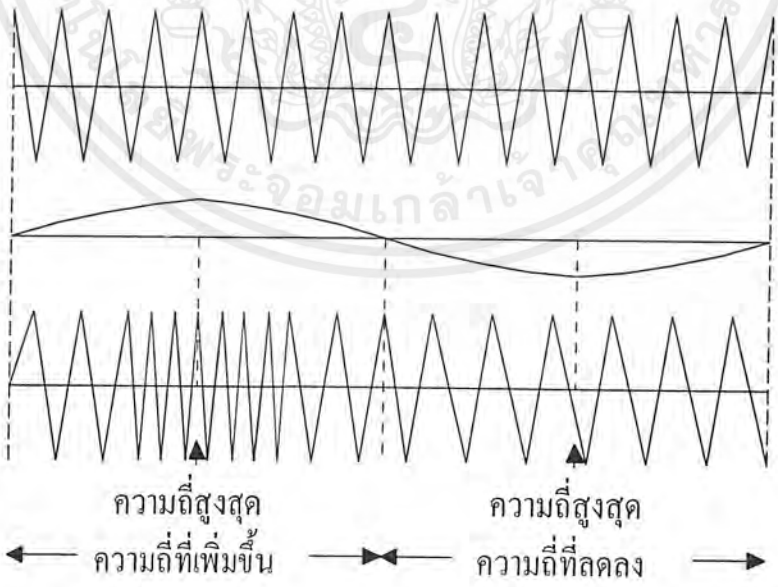
7. ภาคจ่ายไฟ (Power Supply)

ในเครื่องส่งวิทยุประกอบด้วยภาคต่าง ๆ หลายภาค แต่ละส่วนในภาคต่าง ๆ นี้เหล่านี้จะต้องมีไฟเลี้ยงวงจรที่มีระดับโวลเต็จต่าง ๆ กัน ดังนั้น จึงใช้ภาคจ่ายไฟจำนวนหลายชุด แต่ละชุดก็เหมาะสำหรับแต่ละภาค

2.2.1.2 การมอดูเลตทางความถี่ (Frequency Shift Keying : FSK)

วิธีการนี้จะใช้ระดับสัญญาณดิจิตอลไปควบคุมความถี่ของสัญญาณที่จะส่งออกมาจากวงจรมอดูเลเตอร์ อัตราการส่งข้อมูลวิธีนี้ต่ำพอ ๆ กับวิธีการมอดูเลตทางแอมปลิจูดในกรณีที่มีแบนวิดท์ของสายส่งไม่เกิน 3.4 KHz และมีอัตราการส่งไม่เกิน 1200 บิตต่อวินาที อันเนื่องมาจากข้อกำหนดของภาครับ

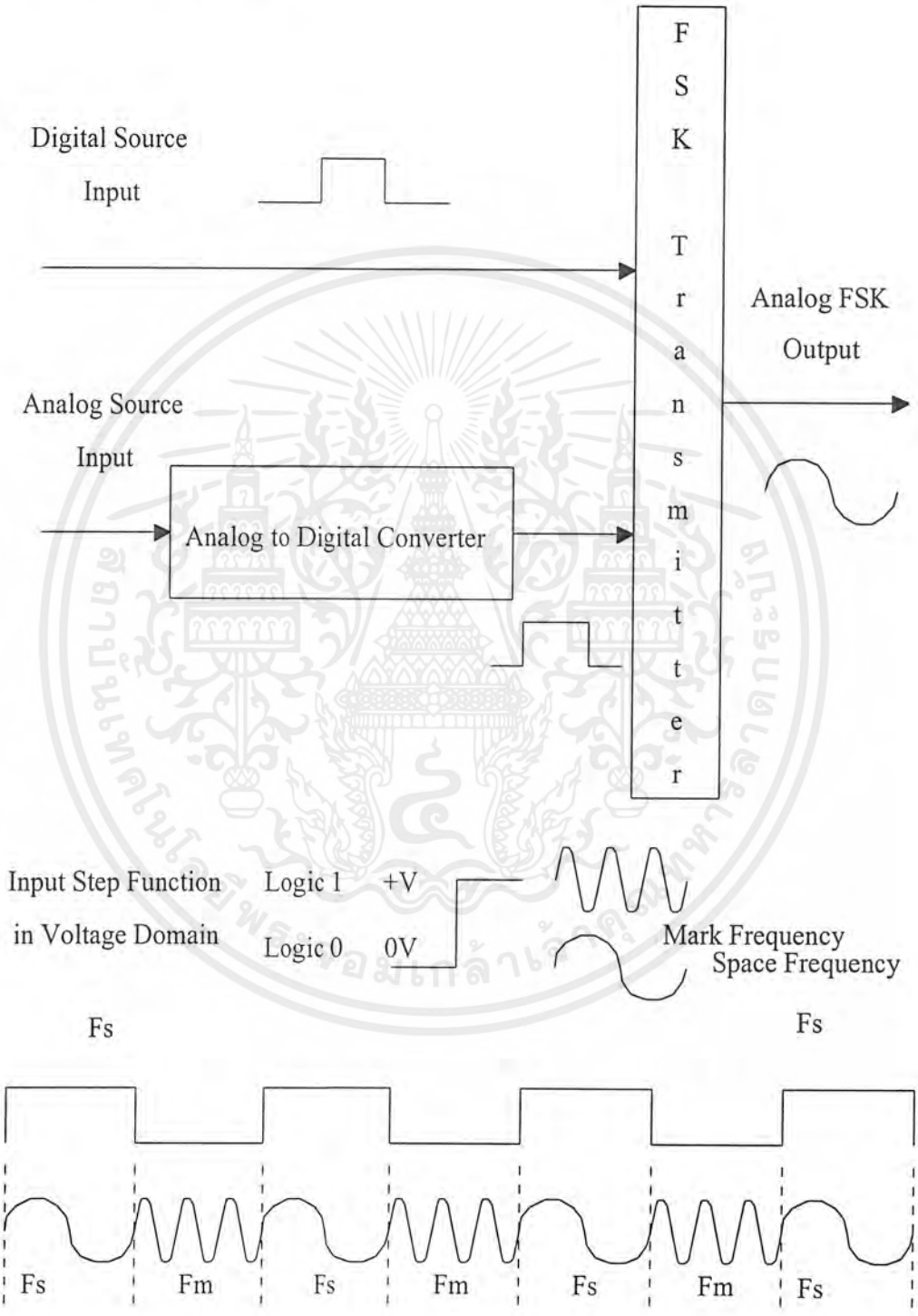
ความถี่ของคลื่นพาห์จะขึ้นอยู่กับขนาดของสัญญาณโดยตรง ในช่วงเริ่มต้นของสัญญาณขนาดหรือโวลเต็จต่ำ ผลที่ได้คือของคลื่นพาห์มีความถี่เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ขณะสัญญาณมีขนาดเข้าใกล้ช่วงสุดทางบวก (Positive Peak) ความถี่ของคลื่นจะเปลี่ยนแปลงอย่างมากและมากที่สุด ณ จุด 90 องศา ในวัฏจักรของสัญญาณช่วงระหว่าง 90 องศา และ 180 องศา ขนาดของสัญญาณกลับคืนสู่ศูนย์โวลท์ ช่วงนี้ความถี่ของคลื่นพาห์จะเลื่อนกลับเข้าสู่ค่าความถี่เดิม เหมือนกับตอนไม่มีสัญญาณเข้ามามอดูเลต ถัดมาสัญญาณเข้าสู่ช่วง 270 องศา ขนาดจะเริ่มสูงขึ้นอีกครั้ง แต่จะไปในทิศทางลบ จึงทำให้ความถี่ของคลื่นพาห์เริ่มเปลี่ยนแปลงในทางลบซึ่งหมายถึงความถี่ต่ำที่สุด ณ จุด 270 องศา



รูปที่ 2.4 การแปรผันทางความถี่ของคลื่นพาห์โดยสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2.1 การส่งแบบ FSK



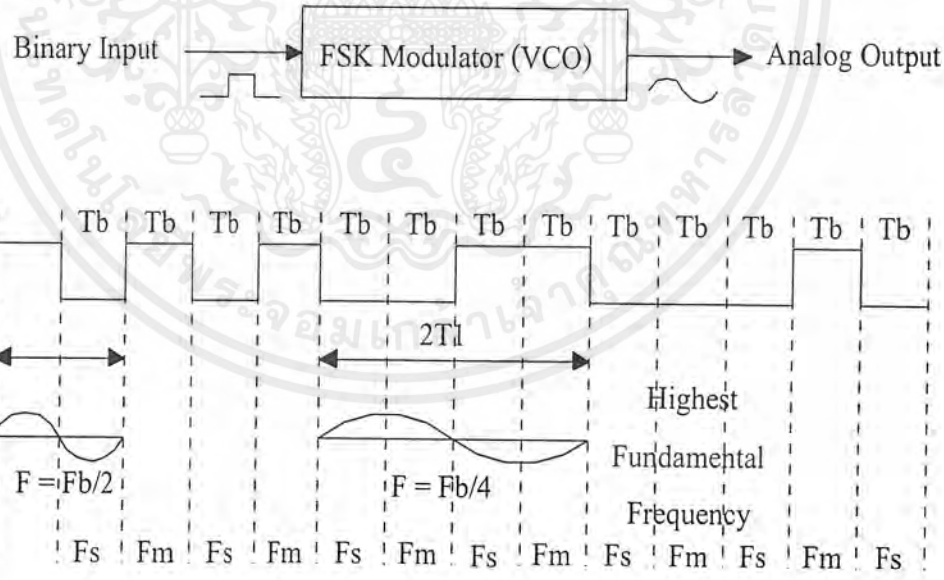
รูปที่ 2.5 การส่งแบบไบนารีด้วย FSK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการคือเมื่อข้อมูลที่เข้ามาเป็นแบบไบนารี ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลจะทำให้ความถี่เกิดการเลื่อนหรือเบี่ยงเบนไปตามการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล ดังนั้นสัญญาณทางเอาท์พุตของตัวส่งสัญญาณ FSK จะมีรูปของความถี่ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง (Frequency Continuous) และเมื่อข้อมูลไบนารีด้านอินพุตเปลี่ยนแปลงจากสถานะลอจิก 0 ถึง ลอจิก 1 เอาท์พุตจะเลื่อนระหว่าง 2 ความถี่ คือ มาร์คหรือความถี่ลอจิก 1 และสเปซหรือความถี่ลอจิก 0

การเปลี่ยนแปลงหรือการเลื่อนของความถี่แต่ละครั้งนั้น ถ้าค่าความถี่ทางด้านเอาท์พุตเกิดจากเงื่อนไขของการเปลี่ยนแปลงลอจิกก็จะส่งผลให้ความถี่ทางด้านอินพุตเกิดการเปลี่ยนแปลงนั้น คืออัตราการเปลี่ยนแปลงสัญญาณเอาท์พุตจะเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงทางด้านอินพุตด้วย ในดิจิตอลมอดูเลชั่นนั้น อัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณด้านอินพุตของการมอดูเลต จะเรียกว่า อัตราบิต หรือ Bit Rate มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที ส่วนอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณด้านเอาท์พุตของการมอดูเลต เรียกว่า อัตราบอด หรือ Baud Rate ดังนั้นในการรับส่งข้อมูล อัตราบิตจะเท่ากับอัตราบอดเสมอ

2.2.1.2.2 แบนวิดท์ของ FSK



รูปที่ 2.6 การมอดูเลตแบบ FSK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FSK Modulator ซึ่งเป็นหลักการเดียวกับ FM Transmitter และเป็นหลักการของ Voltage Controller (VCO) จะเห็นได้ว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอินพุตที่เกิดขึ้นเมื่อข้อมูลไบนารี คือ สัญญาณ 1 และ 0 สลับกัน ก็คือ Square Wave ตามรูปที่ 2.6 เป็นสัญญาณในช่วง T1 ความถี่หลักของคลื่นสี่เหลี่ยมจะมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของ Bit Rate ดังนั้นถ้าพิจารณาเฉพาะความถี่หลักเพียงอย่างเดียวแล้ว ความถี่สูงสุดของสัญญาณดิจิตอลที่ต้องการนำมามอดูเลตแบบ FSK จะเท่ากับครึ่งหนึ่งของ Bit Rate คือ ความถี่กลาง (Center Frequency Fo) ของ VCO จะอยู่ตำแหน่งกลางระหว่าง Mark Frequency (Fm) กับ Space Frequency (Fs)

ลอจิก 1 ด้านอินพุตจะเลื่อนความถี่ของ VCO จาก Fo ไปเป็น Fs จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลไบนารีด้านอินพุตจาก 1 ไป 0 หรือจาก 0 ไป 1 จะทำให้ความถี่เอาท์พุตของ VCO เลื่อนหรือเบี่ยงเบนไปมาระหว่าง Fm กับ Fs เนื่องจากที่กล่าวมาแล้วว่า FSK นั้นคือการมอดูเลตแบบ FM ดังนั้นดัชนีการมอดูเลต (Modulate Index ; MI) ใน FSK จะทำได้จาก FM คือ

$$MI = \frac{\Delta F}{Fa}$$

เมื่อ MI = ดัชนีการมอดูเลต

ΔF = การเบี่ยงเบนของความถี่ใด ๆ จากความถี่กลาง

Fa = ความถี่สัญญาณที่นำมามอดูเลต

ค่า MI ที่ยอมให้มีค่าสูงสุดคือ ค่า MI ที่ทำให้แบนวิดท์กว้างที่สุด ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อ การเบี่ยงเบนของความถี่ถูกมอดูเลตแล้วและความถี่ของสัญญาณที่นำมามอดูเลตจะมีค่าสูงสุด

ใน FSK มอดูเลต ค่า ΔF เป็นการเบี่ยงเบนความถี่สูงสุด (Peak Frequency Deviation) ของสัญญาณที่ถูกมอดูเลตแล้ว ซึ่งมีค่าเท่ากับความแตกต่างระหว่าง Fo กับ Fm หรือ Fo กับ Fs ซึ่งก็คือครึ่งหนึ่งของความแตกต่างระหว่าง Fm กับ Fs นั่นคือ

$$Fo = \frac{(Fm - Fs)}{2}$$

การเบี่ยงเบนของความสูงนั้นจะขึ้นอยู่กับขนาด หรือแอมปริจูดของสัญญาณที่นำมามอดูเลต (สัญญาณดิจิตอล) เมื่อสถานะของลอจิกเป็น 1 ก็จะให้ค่าแรงดันออกมาค่าหนึ่งคงที่ตามสถานะ ดังนั้นความถี่เบี่ยงเบนของ FSK มอดูเลตจะเบี่ยงเบนคงที่ และอยู่ในระดับการเบี่ยงเบนของความถี่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุดเสมอ Fa เป็นความถี่หลักของข้อมูลไบนารีด้านอินพุต ซึ่งจะทำให้ค่าของแบนวิดท์ กว้างที่สุด เมื่อ Fa = Bit Rate / 2 เท่านั้น เพราะจะสามารถหาค่า MI ได้จาก

$$MI = \frac{| Fm - Fs |}{Fb}$$

ในการส่งสัญญาณ FM ทั่ว ๆ ไปความกว้างของแบนวิดท์จะแปรผันตรงกับค่า MI เช่นเดียวกับ FSK ที่ค่า MI โดยทั่ว ๆไปจะมีค่าต่ำกว่า 1.0 เพื่อให้เป็น FM แบบแคบ (Narrow Band Fm) ค่าแบนวิดท์ที่แคบที่สุดเรียกว่า Minimum Nyquist Bandwidth (fn) ตัวอย่างเช่น การส่งข้อมูลแบบ FSK มีความถี่กลาง fo = 7 Hz , fs = 6 KHz และ fm = 8 KHz

ข้อมูลไบนารีอินพุตมี Bit Rate = 2 KHz สามารถหา fn ได้ดังนี้

$$MI = \frac{(6KHz - 8KHz)}{2}$$

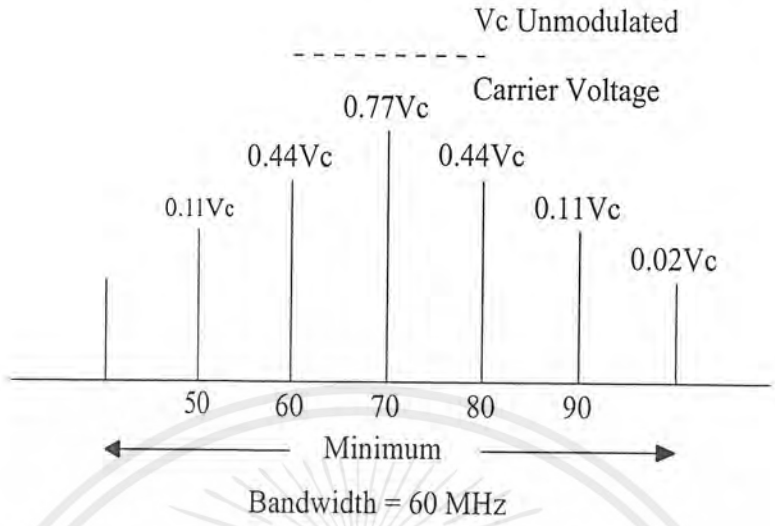
$$MI = 1.0$$

MI	J0	J1	J2	J3	J4
0.00	1.00				
0.25	0.98	0.12			
0.50	0.94	0.24	0.03		
1.00	0.77	0.44	0.11	0.02	0.01
1.50	0.51	0.56	0.23	0.06	0.03
2.00	0.22	0.58	0.35	0.13	0.50

ตารางที่ 2.2 แสดงใช้แบนด์ที่ดัชนีการมอดูเลตค่าต่าง ๆ (Bassel Function)

จากตาราง Bassel Function ในตารางที่ 1 เมื่อ MI = 1.0 จะได้ค่าของแถบความถี่ด้านข้าง (Side band Frequency) ออกมาข้างละ 3 ความถี่ โดยแต่ละความถี่จะห่างจากความถี่กลาง (Fo) ช่วงละ 1 KHz (ซึ่งก็คือ Fb / 2 เมื่อ Fb คือ Bit Rate = 2 KHz) สามารถเขียนความถี่ที่เป็นสเป็คตรัมความถี่ได้ดังรูปที่ 2.7

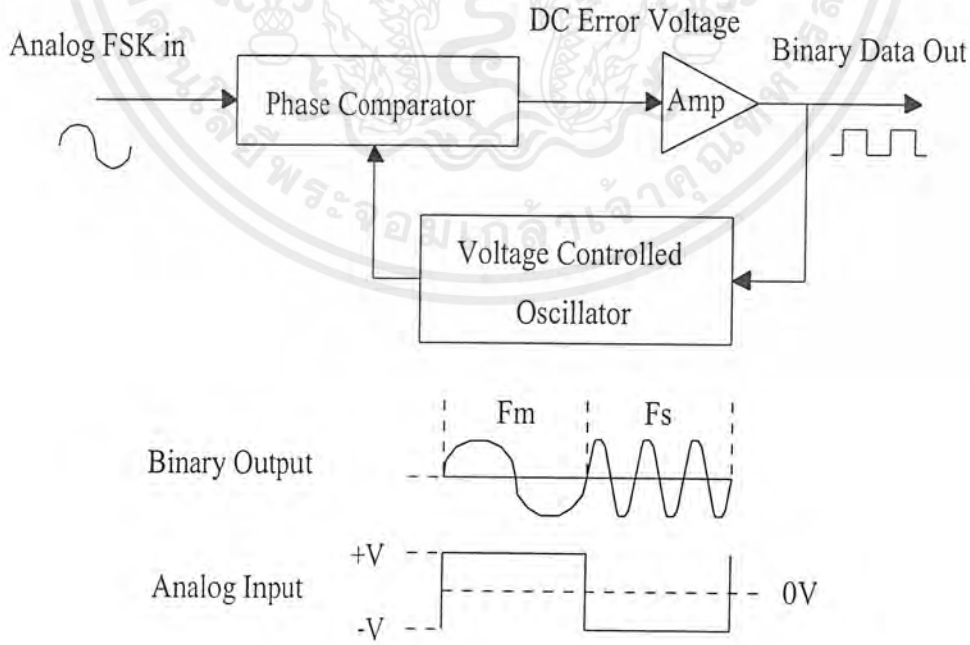
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงค่าดัชนีการมอดูเลต

ข้อสังเกตคือ MI ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 –1.0 จะให้แบนวิดท์มีค่าประมาณ 2 – 3 เท่าของ Bit Rate เสมอ

2.2.1.2.3 การดีมอดูเลต FSK



รูปที่ 2.8 เฟสล็อคลูป FSK ดีมอดูเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

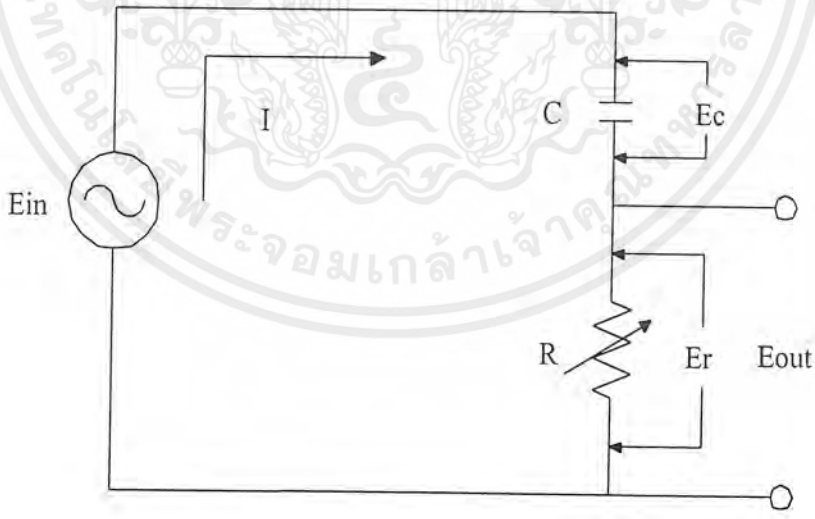
FSK Demodulator คือตัวรับสัญญาณ FSK (FSK Reciever) จะเป็นตัวแยกสัญญาณไบนารีออกจากสัญญาณ FSK โดยส่วนมากจะใช้วงจร PLL (Phase lock Loop)

PLL ใน FSK Demodulator มีหลักการทำงานเหมือนกับ PLL ใน FM Detector คือทุกอย่างจะมีความถี่ฟรีรันนิ่งเท่ากับ Center Frequency (Fo) และในขณะที่ความถี่อินพุตของ PLL เลื่อนไปมา ระหว่าง Fm กับ Fs จะทำให้เกิดแรงดันคลาดเคลื่อนไฟตรง (DC Error Voltage) ของสัญญาณอินพุต เนื่องจากความถี่อินพุตที่เข้าทาง PLL มีเพียง 2 ความถี่คือ Fm และ Fs ดังนั้นค่าแรงดันดังกล่าวคือมีเพียง 2 ระดับเท่านั้น ซึ่งสามารถแทนด้วยลอจิก 1 และลอจิก 0 เมื่อความถี่อินพุตเป็น Fm และ Fs ตามลำดับ ดังนั้นจึงได้สัญญาณเอาท์พุตจาก PLL กลับมาเป็นข้อมูลไบนารีเหมือนตอนแรกที่ส่งมาทุกประการ ดังรูปที่ 2.8

2.2.1.3 การมอดูเลตทางเฟส (Phase Shift Keying : PSK)

วิธีการนี้จะส่งสัญญาณที่มีความถี่เดียวออกไป ถ้าข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงจาก 1 เป็น 0 หรือ 0 เป็น 1 เฟสของสัญญาณในไซเคิลถัดไปจะเป็นตรงกันข้าม (180 องศา) อัตราการส่งข้อมูลด้วยวิธีนี้จะสูงกว่าการมอดูเลตทางแอมปริจูด และการมอดูเลตทางความถี่คือมากกว่า 1200 บิตต่อวินาที และวงจรของภาครับภาคส่งจะยุ่งยากมาก

2.2.1.3.1 วงจรเลื่อนเฟส (Phase Shift Network)



รูปที่ 2.9 วงจรเลื่อนเฟสแบบมูลฐาน

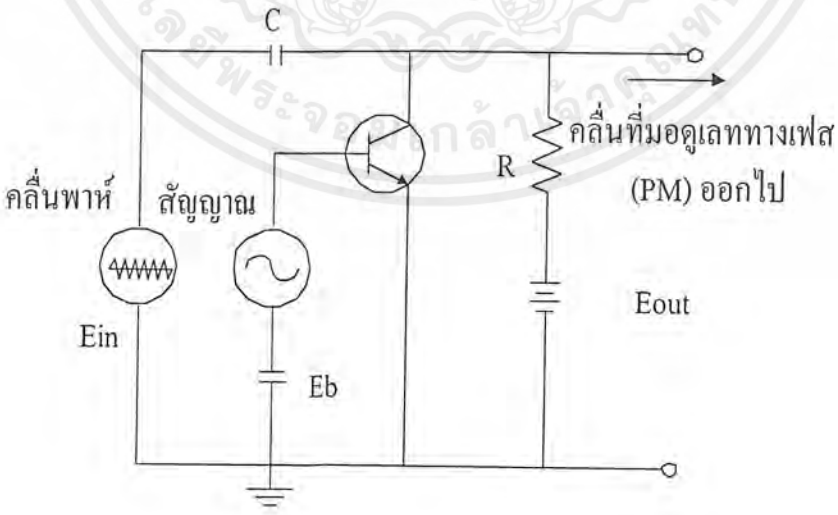
ในระบบการมอดูเลตชั่นเชิงเฟส หรือการผสมสัญญาณทางเฟสนั้น คลื่นพาห์ซึ่งมีขนาดและความถี่คงที่ จะถูกป้อนเข้าไปในวงจรเลื่อนเฟส (Phase Shift Network) ซึ่งประกอบไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
42676

อุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติเป็นรีซิสตีบและรีแอคตีบ วงจรนี้จะได้รับการออกแบบให้เกิดมุมทางเฟส ระหว่างโวลเต็จ ทางเข้ากับโวลเต็จทางออก และมุมจะเลื่อนไปตามการเปลี่ยนแปลงทางขนาดของสัญญาณที่เข้าไปผสมกับสัญญาณทางออก จึงมีลักษณะเป็นคลื่นที่ถูกผสมทางเฟส (Phase Modulated Wave) ดังรูปที่ 2.9 แสดงวงจรเลื่อนเฟสแบบมูลฐาน ประกอบด้วยตัวเก็บประจุ C และตัวต้านทาน R แบบปรับค่าได้ ต่ออนุกรมกับแหล่งกำเนิดคลื่นพาห์ โวลเต็จทางออกตกคร่อมตัวต้านทาน (หรือเป็นโวลเต็จตกคร่อมตัวเก็บประจุก็ได้ นอกจากนี้วงจรอาจจะใช้ขดลวด L แทนตัวเก็บประจุก็ได้เช่นกัน)

2.2.1.3.2 การเลื่อนเฟสด้วยสัญญาณรูปไซน์

เฟสของคลื่นพาห์ที่ทางออกสามารถเลื่อนไปมาด้วยการป้อนสัญญาณเสียงเข้าที่เบสของทรานซิสเตอร์ ทำให้กระแสคอลเลคเตอร์เปลี่ยนแปลงซึ่งเสมือนกับว่าความต้านทานของคอลเลคเตอร์เปลี่ยนแปลง ความแตกต่างทางเฟสระหว่าง Ein กับ Eout ก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณเสียงนี้ด้วย นั่นคือ คลื่นพาห์จะถูกผสมทางเฟสด้วยการเปลี่ยนแปลงทางขนาดของสัญญาณเสียง โวลเตจทางออกนี้จะมีเฟสเลื่อนไปตามลำดับขั้นในช่วงแต่ละไซเคิลของสัญญาณ องศาของเฟสที่เลื่อนไป ณ ขณะใดขณะหนึ่งจะเป็นปฏิภาคกับขนาดของสัญญาณรูปไซน์นั้น ดังในรูปที่ 2.10 สมมติว่า Eout นำหน้า Ein อยู่ 45 องศา ขณะที่สัญญาณเริ่มเข้ามา แล้วกลายเป็น 60 องศา และ 30 องศา ในช่วงยอดทางบวกและลบ ตามลำดับ ดังนั้นในระหว่างการผสมสัญญาณเริ่มเข้ามานี้ คลื่นซึ่งถูกผสมแล้วเทียบกับตอนยังไม่มีการผสม จะมีการเลื่อนเฟสไป 45 องศา เป็น 45 องศา $\pm$ 15 องศา

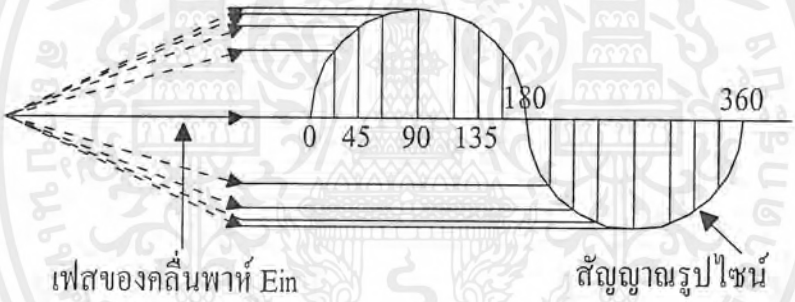


รูปที่ 2.10 เฟสมอดูเลเตอร์แบบมูลฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะสัญญาณรูปไซน์เปลี่ยนจาก 0 องศา ไป 30 องศา นั้น ขนาดของมันจะเป็นครึ่งหนึ่งของค่าสูงสุด (sin 30 องศา = 0.5) จึงทำให้คลื่นพาห์บนทางออก มีเฟสเป็นครึ่งหนึ่งของเฟสซึ่งเลื่อนไปมากที่สุด (15 องศา) คือเป็น +7.5

องศาทำนองเดียวกัน เมื่อสัญญาณเพิ่มขึ้นเป็น 60 องศา ขนาดของมันจะเป็น 0.87 เท่าของค่าสูงสุด คลื่นพาห์จะมีเฟสเลื่อนเพิ่มขึ้นเป็น 13 องศา ในรูปที่ 2.11(ก) นี้แสดงถึงเฟสที่เลื่อนไปในช่วงทุก ๆ 15 องศา ของสัญญาณที่เข้าไปผสมในรูปที่ 2.11 (ก) และ (ข) แสดงถึงผลของการเลื่อนเฟสในคลื่นพาห์ โดยสมมติว่าคลื่นพาห์ตรงทางเข้าเกิดขึ้นหนึ่งไซเกิล ในช่วงทุก ๆ 30 องศา ของสัญญาณที่เข้ามาผสมซึ่งคิดเป็นอัตราส่วนได้ 12 :1 แต่ในทางปฏิบัติอัตราส่วนจะสูงกว่านี้มาก โดยความถี่ของคลื่นพาห์จริง ๆ นั้นจะสูงกว่านี้หลายพันเท่า ดังนั้น เฟสที่เลื่อนในไซเกิลใด ๆ ของคลื่นพาห์อาจจะเป็นส่วนย่อยขององศา คือไม่ถึงหนึ่งองศาก็ได้ แต่ผลที่ออกมาจะคล้ายคลึงกัน

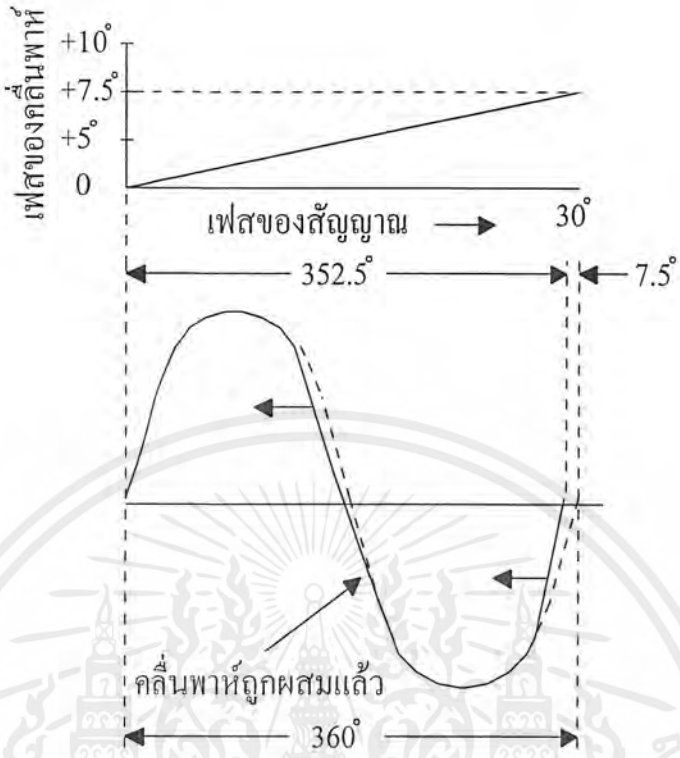


รูปที่ 2.11 (ก) การเปลี่ยนแปลงเฟสของคลื่นพาห์ในช่วงหนึ่งไซเกิลของสัญญาณ

ในรูปที่ 2.11 (ข) แสดงถึงเฟสของคลื่นพาห์ในไซเกิลแรกเลื่อนไป เมื่อขนาดสัญญาณค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในช่วง 0 องศา ถึง 30 องศา จะเห็นว่า เฟสของคลื่นพาห์ตรงทางออกจะค่อย ๆ เลื่อนไปทีละน้อยและตรงจุดสุดท้ายของไซเกิลแรกนี้จะเลื่อนนำไป 7.5 องศา ซึ่งหมายถึงว่ารูปคลื่นตรงทางออกนี้ถูกบีบให้แคบลงโดยการเลื่อนเฟส

คลื่นที่ออกมาในหนึ่งไซเกิลนี้จะเกินเวลา (352.5 องศา) น้อยกว่าหนึ่งไซเกิลของคลื่นพาห์ที่ยังไม่ได้ถูกผสม ฉะนั้นเฟสที่เลื่อนเพิ่มขึ้นเสมือนกับว่าความถี่ของคลื่นพาห์ตรงทางออกถูกทำให้สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



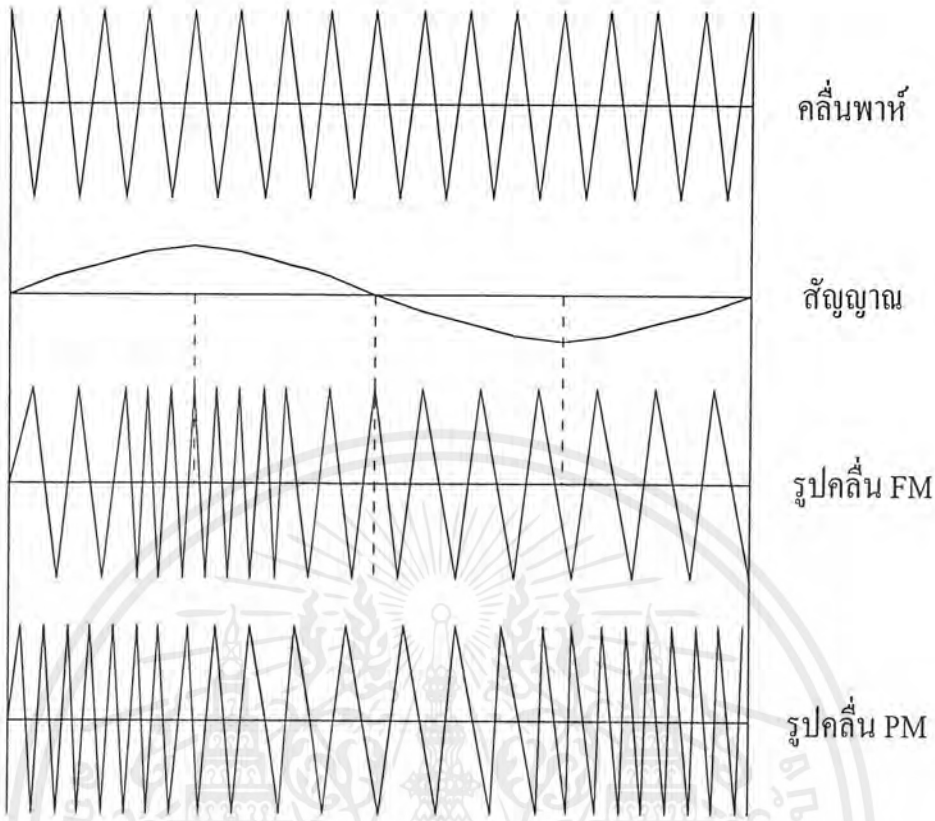
รูปที่ 2.11 (ข) เฟสของคลื่นพาห์ในไซเกิลแรกถูกเลื่อนที่ละน้อย

2.2.1.3.3 การทำคลื่น FM จากคลื่น PM

คลื่น PM สามารถพิจารณาว่า มีความถี่เบี่ยงเบนเสมือนได้ ต่อเมื่อมันมีรูปร่างของคลื่นเหมือนกับคลื่น FM แต่อย่างไรก็ตามคลื่นทั้งสองมีลักษณะแตกต่างกันบางประการ

ในรูปที่ 2.12 แสดงการเปรียบเทียบ รูปคลื่น FM กับ PM เมื่อสัญญาณที่เข้าไปผสมเป็นคลื่นรูปไซน์อันเดียวกัน จากการเปรียบเทียบจะเห็นว่า จุดที่ความถี่เบี่ยงเบนสูงสุดของรูปคลื่นทั้งสองนั้นจะไม่ตรงกัน ใน FM ความถี่สูงสุดเกิดขึ้นเมื่อขนาดของสัญญาณมีค่าสูงสุด ส่วนใน PM จะเกิดขึ้นเมื่อขนาดของสัญญาณเปลี่ยนแปลงผ่านค่าศูนย์ไปทางบวก หรือก็คือ เมื่ออัตราการเปลี่ยนแปลงทางขนาดของสัญญาณมีค่าสูงสุด ดังนั้นจึงมีผลเหมือนกับว่า รูปคลื่นทั้งสองถูกผสมด้วยสัญญาณที่มีเฟสต่างกัน 90 องศา คือสัญญาณที่ผสมใน FM ล้าหลังใน PM อยู่ 90 องศา อย่างไรก็ตามความแตกต่างนี้ไม่สำคัญนักเพราะทางด้านรับจะสนองเฉพาะการเปลี่ยนแปลงทางความถี่ ไม่ใช่ทางเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 คลื่น FM กับ PM

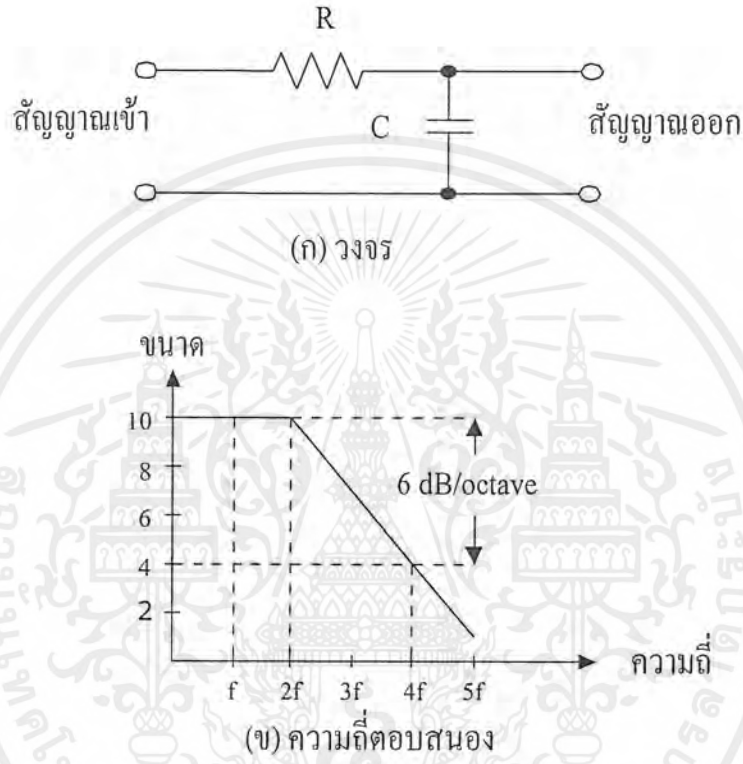
ความแตกต่างที่สำคัญกว่าอยู่ที่การเปลี่ยนแปลงของความถี่เบี่ยงเบนระหว่างรูปคลื่นทั้งสองไม่เท่ากัน เมื่อสัญญาณที่เข้าไปผสมมีขนาดเท่ากันแต่ความถี่ต่างกัน ส่วนใน FMความถี่เบี่ยงเบนจะขึ้นอยู่กับขนาดของสัญญาณแต่เพียงอย่างเดียว

ในการผลิตคลื่น FM จาก PM ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า FM ทางอ้อม (Indirect FM) นั้นเฟสมอดดูเลเตอร์ซึ่งผลิต FM ออกมาจะต้องมีความถี่เบี่ยงเบนขึ้นอยู่กับขนาดของสัญญาณแต่เพียงอย่างเดียว ไม่ขึ้นอยู่กับความถี่ เพื่อให้เกิดผลดังกล่าวนี้ จึงให้สัญญาณที่เข้าไปผสมกับคลื่นพาห์ที่เฟสมอดดูเลเตอร์ ผ่านวงจรที่มีคุณสมบัติในการลดขนาดของสัญญาณขณะที่ความถี่สูงขึ้น โดยลักษณะเช่นนี้จะทำให้สัญญาณที่มีความถี่ต่างกันแต่ขนาดเท่ากันมีอัตราการเปลี่ยนแปลงขนาดที่เท่ากันได้ ดังนั้นความถี่เบี่ยงเบนซึ่งเกิดจากสัญญาณสองความถี่ (ขนาดเท่ากัน) นี้ จึงมีโอกาสเท่ากันได้ วงจรดังกล่าวนี้เรียกว่า วงจรแก้ (Correction Network)

เพื่อให้ได้รูปคลื่น FM จากเอาท์พุทของเฟสมอดูเลเตอร์ สัญญาณจะต้องผ่านวงจรซึ่งประกอบ R,C ต่ออนุกรมกัน ดังรูปที่ 2.13 (ก) เอาท์พุตโวลเต็จที่ออกมาจะเป็นปฏิภาคตรงข้ามกับความถี่ ทั้งนี้ ณ ความถี่ต่ำ ๆ R จะมีค่ามากกว่า Xc อยู่มาก กระแสที่ไหลจึงถูกกำหนดด้วยค่า R และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากค่า R นี้จะคงที่ตลอดย่านความถี่ของสัญญาณ โดยประมาณแล้วค่ากระแสจึงคงที่อยู่ เมื่อความถี่ค่อย ๆ สูงขึ้นค่า Xc จะลดลงดังนั้นโวลเต็จตกคร่อมตัวเก็บประจุ C ก็ลดลงพร้อมกับความถี่ที่สูงขึ้น เมื่อ R สูงกว่า Xc มาก ๆ วงจรนี้จะลดขนาดของสัญญาณด้วยอัตรา 6 dB ต่อออคเตบ ตลอดย่านความถี่ของสัญญาณ ดังรูปที่ 2.13 (ข)



รูปที่ 2.13 วงจร Correction และคุณสมบัติ

2.2.1.3.4 เฟสมอดูเลเตอร์และเครื่องส่ง FM

2.2.1.3.4.1 Serrasoid Modulator

วิธีนี้อาศัยกลวิธีทางพัลซ์เพื่อให้เกิดการเลื่อนเฟสโดยสัญญาณที่เข้ามาผสม คำว่า Serra หมายถึง ฟันเลื่อย ส่วน Soid หมายถึง รูปร่าง ฉะนั้น ในการมอดูเลตชั่นทางเฟสแบบนี้จึงเกี่ยวพันกับการใช้รูปคลื่นฟันเลื่อย เข้ามาช่วย รูปที่ 2.14 เป็นแผนผังส่วนที่เอ็กไซเตอร์ของระบบมอดูเลตชั่นเชิงเฟสแบบ Serrasoid ดังกล่าวแต่ละส่วนมีหน้าที่ต่าง ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ออสซิลเลเตอร์แบบใช้ผลึกแร่ควบคุมความถี่

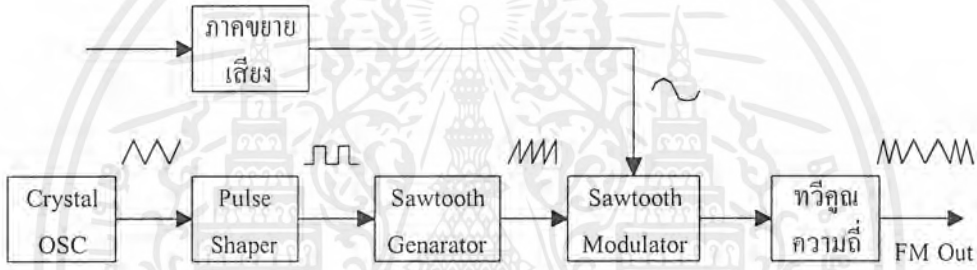
ทำหน้าที่ผลิตคลื่นพาห์รูปไซน์ ที่มีเสถียรภาพทางความถี่สูงมาก

2. วงจรจัดรูปคลื่น (Pulse Shaping)

ทำหน้าที่จัดรูปคลื่นไซน์ให้เป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยมซึ่งจำเป็นสำหรับภาคผลิตคลื่นรูปฟันเลื่อย

3. ภาคผลิตคลื่นรูปฟันเลื่อย (Sawtooth Gennerator)

โดยอาศัยการชาร์จตัวเก็บประจุในช่วงเวลาสั้น ๆ เพื่อให้มีความเป็นเชิงเส้นดี จากนั้นตัวเก็บประจุจะทำการประจุอย่างรวดเร็วผ่านอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ ซึ่งถูกควบคุมการปิดเปิดด้วยคลื่นสี่เหลี่ยมจากภาคที่แล้ว เกิดเป็นคลื่นรูปฟันเลื่อยที่มีความถี่เท่ากันกับตัวออสซิลเลเตอร์



รูปที่ 2.14 แสดงเฟสมอดูเลเตอร์แบบ Serrasoid Modulator

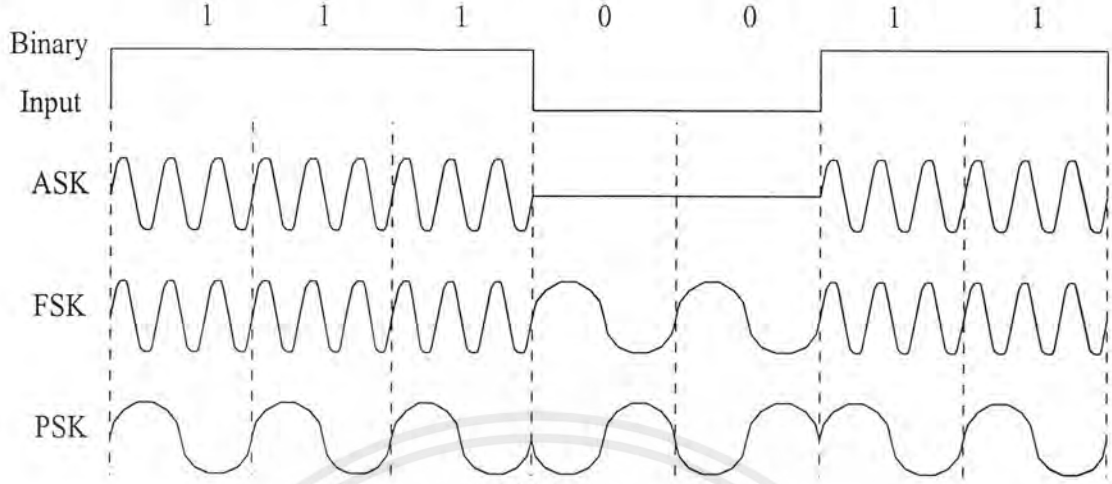
4. ตัวเปลี่ยนเฟสโดยอาศัยคลื่นรูปฟันเลื่อย (Sawtooth Gennerator)

คลื่นพาห์ซึ่งขณะนี้อยู่ในรูปคลื่นฟันเลื่อยถูกป้อนไปเข้าขาเบสของทรานซิสเตอร์หรือกริดของหลอด ในขณะที่สัญญาณเสียงจะเข้าไปที่ขาอีมิตเตอร์ หรือคาโธด ซึ่งจะไปทำให้ไบอัสโวลเต็จของทรานซิสเตอร์ หรือหลอดเลื่อนไปมา จุดนำกระแสของความลาดชันของคลื่นฟันเลื่อยที่เบสหรือกริด จึงเลื่อนขึ้นลงไปมาด้วยอัตราความถี่ของสัญญาณเสียง จากผลดังกล่าวนี้ ทำให้พัลซที่เอาท์พุทที่ได้จากการตัดเอาเฉพาะส่วนยอดของโวลเต็จที่คอลเลคเตอร์หรือเพลท มีเฟสเลื่อนไปมา

5. ภาคทวีคูณความถี่ (Frequency Multipliers)

ภาคนี้ทำการทวีคูณความถี่จากความถี่ผลึกแร่ จนถึงความถี่ที่ต้องการสำหรับคลื่นพาห์ขณะที่ความถี่ถูกทวีคูณขึ้นไปนั้น เฟสก็จะมีการเลื่อนมากขึ้นตามกันไปจนถึง 100%

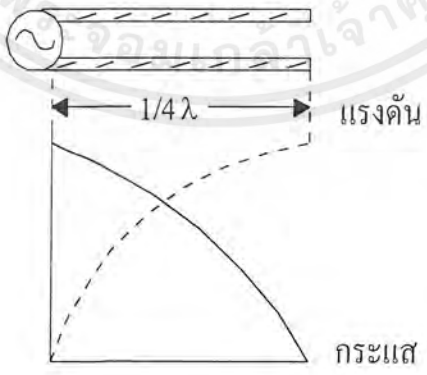
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 แสดงการมอดูเลตที่ใช้ในการสื่อสาร

2.3 หลักการของสายอากาศ

สายอากาศเป็นส่วนสำคัญของเครื่องรับและเครื่องส่ง ทำหน้าที่แพร่คลื่นจากเครื่องส่งให้ออกอากาศและรับคลื่นวิทยุเข้าสู่เครื่องรับ สายอากาศก็เหมือนกับวงจรไฟฟ้าที่ประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ สายอากาศส่วนใหญ่จึงทำด้วยลวดตัวนำเป็นท่อตันหรือกลวง เป็นเส้นตรงหรือโค้งงอ แล้วแต่ชนิดของสายอากาศ สายอากาศโดยทั่วไปจะมีขนาดใกล้เคียงกับความยาวคลื่น เราสามารถใช้สายอากาศทำหน้าที่เป็นได้ทั้งสายอากาศส่งหรือสายอากาศรับ เนื่องจากในทางทฤษฎีจะมีคุณสมบัติเหมือนกัน



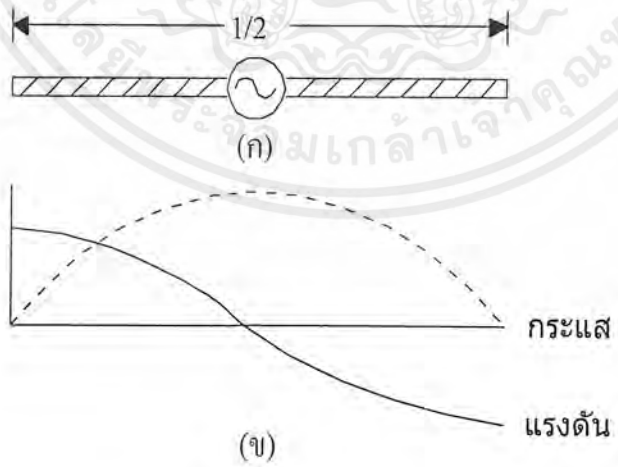
รูปที่ 2.16 การกระจายแรงดันและกระแสบนสายนำสัญญาณยาว $\lambda/4$ ซึ่งมีโหลดเป็นวงจรเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.16 แสดงสายนำสัญญาณชนิดสมดุลความยาว $\lambda/4$ แบบวงจรปิด จะเห็นว่าคลื่นที่ออกจากเครื่องส่งผสมกับคลื่นสะท้อนได้ผลลัพธ์เป็นคลื่นนิ่ง ความจริงแล้วพลังงานบางส่วนที่ออกไปปลายด้านที่เปิดวงจรจะแพร่กระจายคลื่นออกอากาศไปได้ อย่างไรก็ตามปริมาณคลื่นที่แพร่ออกไปจะน้อย ด้วยเหตุผล 2 ประการคือ ประการแรก สภาพแวดล้อมซึ่งเป็นโหลดของสายนำสัญญาณไม่แมตช์ ทำให้พลังงานจ่ายให้โหลด (ส่งออกอากาศ) ได้น้อย ประการที่สอง สายทั้ง 2 เส้นอยู่ใกล้กันมาก และต่างเฟสกัน 180 องศา คลื่นที่แผ่ออกไปส่วนใหญ่จะหลักล้างกันเอง

ถ้าเราถางปลายสายนำสัญญาณให้ห่างออกเป็น 2 เส้น การแพร่คลื่น ให้ห่างออกเป็น 2 เส้น การแพร่คลื่นทั้งคู่จะมีโอกาสหักล้างกันได้น้อยลง และนอกจากนี้ พลังงานที่จ่ายให้โหลด (ส่งออกอากาศ) จะได้มากขึ้น การแพร่คลื่นจะเพิ่มขึ้นเต็มที่เมื่อปลายสายอยู่ในแนวเดียวกัน ตามรูปที่ 2.17 (ก) สนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะกระจายออกไปรอบ ๆ ทำให้การแพร่คลื่นออกได้เต็มที่ สายอากาศชนิดนี้เรียกว่าไดโพล ความยาวของสายแต่ละข้างเท่ากับ $\lambda/4$ และความยาวรวมเท่ากับ $\lambda/2$ ไดโพลชนิดนี้จึงเรียกว่าไดโพลชนิดฮาล์ฟเวฟ (Half-Wave Dipole)

รูปคลื่นนิ่งของแรงดันและกระแสบนสายอากาศไดโพลจะเป็นดังรูปที่ 2.17(ข) สังเกตว่าปลายทั้งสองของสายอากาศเสมือนเปิดวงจร แรงดันจึงมากที่สุด และมีกระแสไหลน้อยที่สุด จุดกลางของสายอากาศซึ่งเรียกว่าจุดฟีด (Feed Point) จะมีกระแสไหลมากที่สุด ดังนั้นตามรูป อิมพีแดนซ์ของไดโพลชนิดฮาล์ฟเวฟน่าจะมีค่าศูนย์ แต่ความจริงอิมพีแดนซ์จะเท่ากับ 73 โอห์ม ทั้งนี้เนื่องจากเกิดการสูญเสียพลังงานบางส่วนในการแพร่คลื่นออกไป และไม่มีคลื่นสะท้อนกลับมา



รูปที่ 2.17 ไดโพลชนิดฮาล์ฟเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 การแพร่คลื่นของสายอากาศ

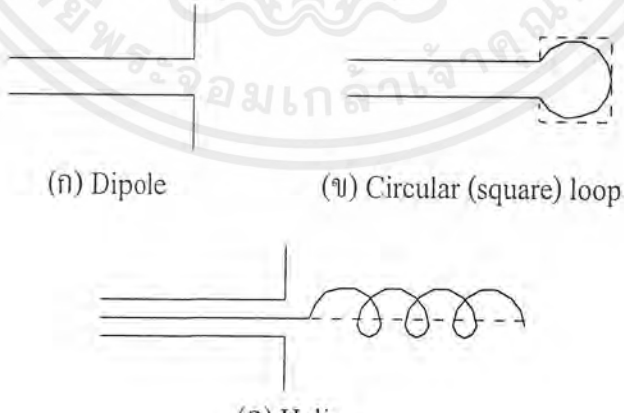
เนื่องจากปลายสายอากาศไดโพลทั้งสองด้านมีแรงดันสูง จึงทำให้เกิดสนามไฟฟ้าที่ปลายทั้งสองสนามไฟฟ้านี้เกิดขึ้นในทำนองเดียวกับสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นประจุของตัวเก็บประจุ แต่สนามไฟฟ้าในที่นี้ ไม่ได้จำกัดอยู่เฉพาะแผ่นประจุ แต่กระจายออกสู่อากาศ

ความแรงของสนามจะขึ้นอยู่กับระยะห่างจากเครื่องส่งและกำลังส่งของเครื่องส่ง ความแรงจะน้อยลง ณ จุดที่ห่างออกไปโดยแปรผันกับระยะทาง เช่น เมื่อระยะทางไกลไป 2 เท่า ความแรงของสัญญาณจะลดลงครึ่งหนึ่ง ในทำนองเดียวกัน ถ้ากำลังของเครื่องส่งมากขึ้น ความแรงของสนามก็แรงขึ้นด้วยอย่างไรก็ตาม ความแรงของสนามเป็นค่าแรงดัน (ที่เหนี่ยวนำบนสายอากาศ) แต่เนื่องจากกำลังไฟฟ้าแปรตามกำลังสองของแรงดัน ฉะนั้นความแรงสนามจะเป็นสัดส่วนกับรากที่สองของกำลังที่เครื่องส่ง นั่นคือ ถ้ากำลังส่งเพิ่มเป็น 2 เท่า ความแรงของสนามจะเพิ่มเป็น 1.414 เท่า

2.4 ชนิดของสายอากาศ

สายอากาศแบ่งเป็น 6 ชนิด ดังนี้

2.4.1 สายอากาศแบบเส้นลวด (Wire Antenna) เป็นสายอากาศที่นิยมกันมาก สามารถมองเห็นทุกหนแห่ง เช่น รถยนต์ เรือ เครื่องบิน และอื่น ๆ อีกมาก มีรูปร่างลักษณะหลากหลาย เช่น เป็นแบบเส้นตรงสองขั้ว (Dipole) เป็นวงรอบ (Loop) และแบบขดเป็นวง (Helix) แสดงดังรูปที่ 2.18 สายอากาศแบบ Loop ไม่จำเป็นต้องเป็นวงกลม อาจเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า สี่เหลี่ยมจัตุรัส วงรี หรือรูปทรงแบบอื่น ๆ ก็ได้ สำหรับแบบ Loop วงกลม จะเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เพราะมีรูปทรงธรรมดาง่าย ๆ



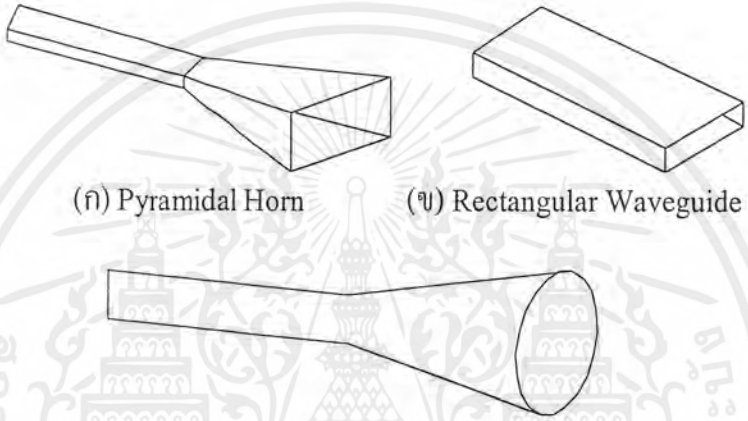
(ก) Dipole (ข) Circular (square) loop

(ค) Helix

รูปที่ 2.18 รูปทรงของสายอากาศแบบเส้นลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 สายอากาศแบบช่องเปิด (Aperture Antenna) สายอากาศแบบ Aperture อาจจะเป็นที่นิยมใช้กันมากขึ้นกว่าในอดีต เพราะความต้องการในเรื่องรูปแบบที่ทันสมัยและการนำไปใช้ประโยชน์ด้านความถี่สูง ๆ แสดงดังรูปที่ 2.19 สายอากาศชนิดนี้มีประโยชน์สำหรับการนำไปใช้เครื่องบิน และประเภทยานอวกาศ เพราะว่าสามารถติดตั้งให้ปากเสมอกับผิวของเครื่องบินหรือยานอวกาศได้ โดยที่จะต้องเคลือบสายอากาศด้วยสารที่เป็นฉนวน (Dielectric) เพื่อป้องกันสายอากาศจากกรณีอันตรายที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม



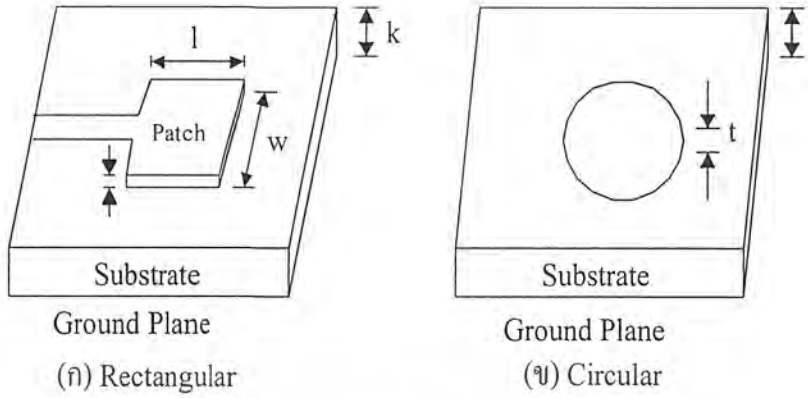
(ก) Pyramidal Horn (ข) Rectangular Waveguide

(ค) Conical Horn

รูปที่ 2.19 รูปร่างของสายอากาศแบบ Aperture

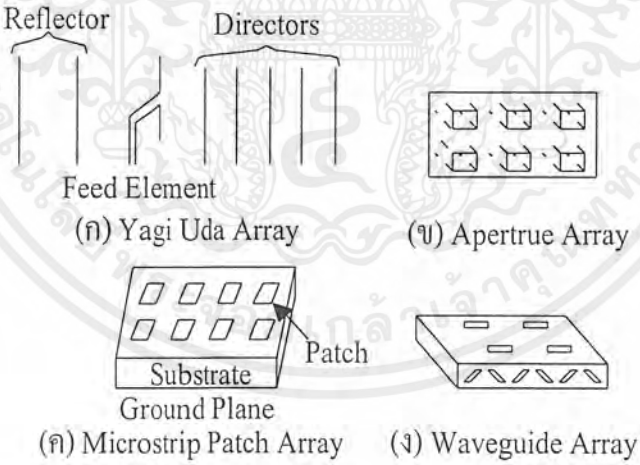
2.4.3 สายอากาศแบบ Microstrip (Microstrip Antenna) สายอากาศชนิดนี้ประกอบด้วยโลหะแผ่น (Plate) วางอยู่บนฐานที่เรียกว่า Grounded Substrate รูปทรงของ Plate สามารถมีแตกต่างกันไปได้หลายรูปแบบ แสดงดังรูปที่ 2.20 มีคุณสมบัติทางด้านการแพร่กระจายคลื่นที่ดึงดูดความสนใจได้ดีเพราะมี Cross-Polarization Radiation ต่ำ สายอากาศ Microstrip เป็น Low Profile ที่เหมาะกับผิวที่เป็นระนาบ (Planar) และไม่ระนาบ (Noplanar) การสร้างง่ายและราคาไม่แพงมาก สามารถสร้างโดยใช้เทคโนโลยี Printed Circuit ที่ทันสมัย สายอากาศชนิดนี้สามารถติดให้เสมอกับเครื่องบิน ยานอวกาศ ดาวเทียม จรวด รถยนต์ และแม้แต่โทรศัพท์มือถือก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 สายอากาศ Microstrip แบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าและแบบวงกลม

2.4.4 สายอากาศแบบเรียงลำดับ (Array Antenna) เนื่องจากการนำสายอากาศแบบ Element เดี่ยวไปใช้งานจะไม่สามารถให้คุณสมบัติในการแพร่กระจายคลื่นตามความต้องการได้ ดังนั้นสิ่งที่เป็นไปได้คือการรวม Element ให้แพร่กระจายคลื่นออกไป โดยการจัดวางในเชิงไฟฟ้าและเรขาคณิต ซึ่งจะให้ผลลัพธ์ออกมาตามคุณสมบัติของการแพร่กระจายคลื่นที่ต้องการ การจัดวางเรียง



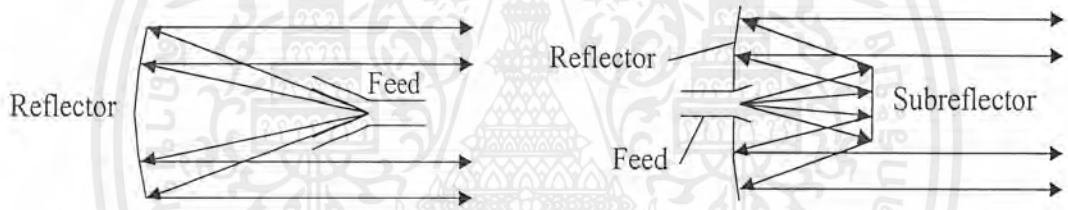
รูปที่ 2.21 รูปร่างของสายอากาศแบบ Array เส้นลวด และ Aperture และ Microstrip

ลำดับกันทำเพื่อให้การแพร่กระจายคลื่นจาก Element ที่นำมารวมเพิ่มขึ้นซึ่งสามารถทำให้เกิดการแพร่กระจายคลื่นได้สูงสุดในทิศทางของการแพร่กระจายคลื่นนั้น รูปร่างของสายอากาศชนิดนี้

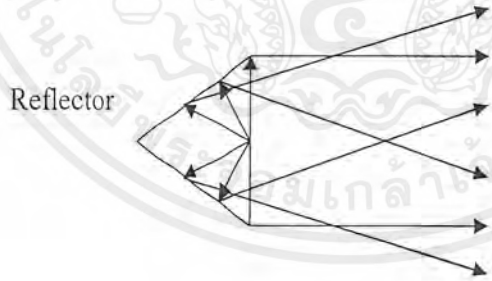
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงดังรูปที่ 2.21 โดยปกติความหมาย Array จะใช้กับการจัดวางตัวแพร่กระจายคลื่นที่แยกตามชนิดของสายอากาศ แสดงดังรูปที่ 2.21 (ก-ค)

2.4.5 สายอากาศแบบสะท้อนกลับ (Reflector Antenna) เนื่องจากความต้องการในการสื่อสารที่ห่างไกลมาก ๆ ไม่สามารถใช้ได้เมื่อใช้สายอากาศที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้นจึงมีความต้องการในการออกแบบให้ได้สายอากาศเพื่อที่จะสามารถส่งและรับสัญญาณได้ดี โดยเดินทางเป็นระยะล้านไมล์สายอากาศที่ได้รับการออกแบบให้ใช้งานได้ก็คือสายอากาศที่มีรูปทรงเป็นรูป Parabolic Reflector แสดงดังรูปที่ 2.22 (ก) และ (ข) สายอากาศชนิดจะถูกสร้างให้มีเส้นผ่าศูนย์กลางที่ใหญ่มาก ๆ ซึ่งเส้นผ่าศูนย์กลางที่ใหญ่จะทำให้ได้รับ Gain ซึ่งก็ตรงตามความต้องการของการส่งและการรับสัญญาณในที่ระยะไกลมากกว่าล้านไมล์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องการออกแบบสายอากาศให้มีรูปร่างเป็นแบบที่ให้สัญญาณสามารถสะท้อนกลับไปได้ รูปทรงแบบอื่นของตัว Reflector ที่ไม่เหมือน Parabolic ก็คือแบบ Conner Reflector แสดงดังรูปที่ 2.22 (ค)



(ก) Parabolic Reflector With Feed (ข) Parabolic With Reflector Cassegrain Feed



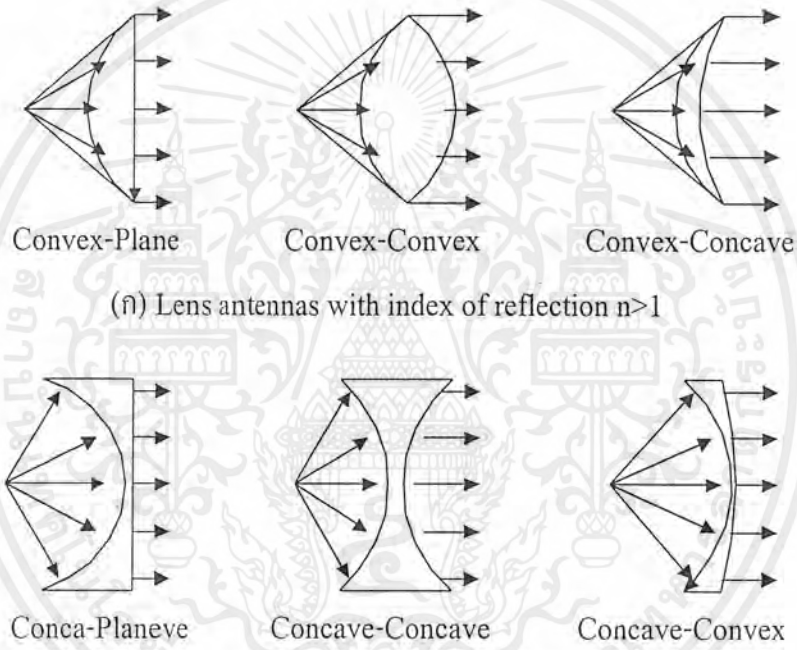
(ค) Corner Reflector

รูปที่ 2.22 รูปร่างของสายอากาศแบบ Reflector

2.4.6 สายอากาศแบบ Lens (Lens Antenna) ซึ่งเป็นสายอากาศที่ไม่ทำให้สัญญาณแตกกระจายไปในทิศทางที่ไม่ต้องการรูปร่างเป็นแบบ Lens สายอากาศชนิดนี้มีการใช้น้อยกว่าสายอากาศชนิดอื่น ๆ เนื่องจากคุณสมบัติของรูปทรงทางเรขาคณิตรวมทั้งการใช้วัสดุที่จะนำมาทำเลนซ์ให้เหมาะสม การที่ใช้รูปร่างแบบเลนซ์ก็เพื่อให้สามารถแปรรูปทรงต่าง ๆ ของพลังงานที่อยู่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณใกล้เคียงสายอากาศให้หักเหเข้ามาเป็นคลื่นระนาบ สายอากาศชนิดนี้ใช้เหมือน สายอากาศแบบ Parabolic Reflector ซึ่งใช้ได้ดีในย่านความถี่สูง ๆ ขึ้นไป เนื่องจากขนาดความกว้างและน้ำหนักซึ่งใหญ่มากเกินไปจึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้กับความถี่ต่ำ นั่นคือเหมาะที่จะใช้ย่านความถี่ High Frequency สายอากาศแบบนี้ในอุดมคติ คือต้องให้สามารถแพร่กระจายพลังงานทั้งหมดออกไปในทิศทางที่ต้องการทิศเดียว หรือหลายทิศ แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถทำได้ สิ่งที่ทำได้ก็คือพยายามให้ใกล้เคียงกับความต้องการให้มากที่สุด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการออกแบบสายอากาศแต่ละชนิดให้มีรูปร่างต่าง ๆ เพื่อช่วยให้มีการแพร่กระจายคลื่นไปในทิศทางที่ต้องการ ดังรูปที่ 2.23



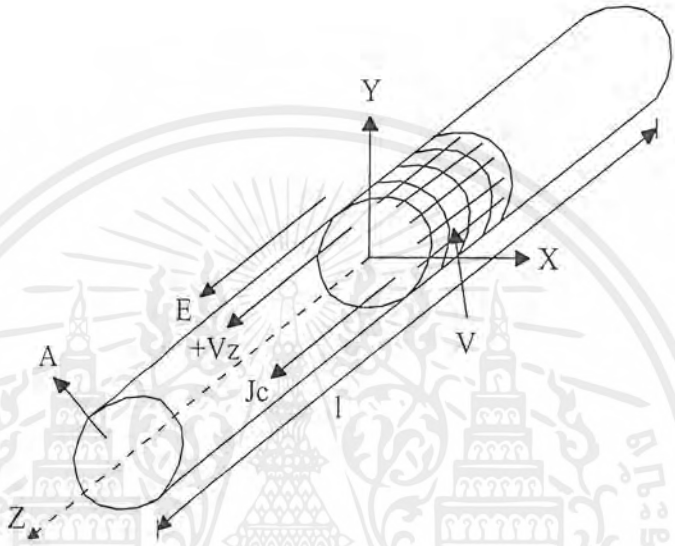
รูปที่ 2.23 รูปร่างของสายอากาศแบบ Lens

2.5 วิธีการแพร่กระจายคลื่น

2.5.1 การแพร่กระจายคลื่นจากเส้นลวดเดี่ยว ลวดตัวนำจะเป็นโลหะที่มีคุณสมบัติเด่นที่สามารถทำให้ประจุไฟฟ้าเกิดการเคลื่อนที่บนตัวนำได้ นั่นคือทำให้เกิดเป็นกระแสไหลในลวดตัวนำ การทำความเข้าใจในวิธีการแพร่กระจายอาจจะสังเกตได้จากการพิจารณา Pulse Source ที่ดันไปยังด้านปลายเปิดของขดลวดตัวนำ ซึ่งอาจจะต่อลงดินผ่าน Load ที่ปลายเปิดของลวด เมื่อเส้นลวดนั้นมีพลังงานเริ่มต้นเกิดขึ้น ประจุ (อิเล็กตรอนอิสระ) ในเส้นลวดจะถูกกำหนดให้มีการเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

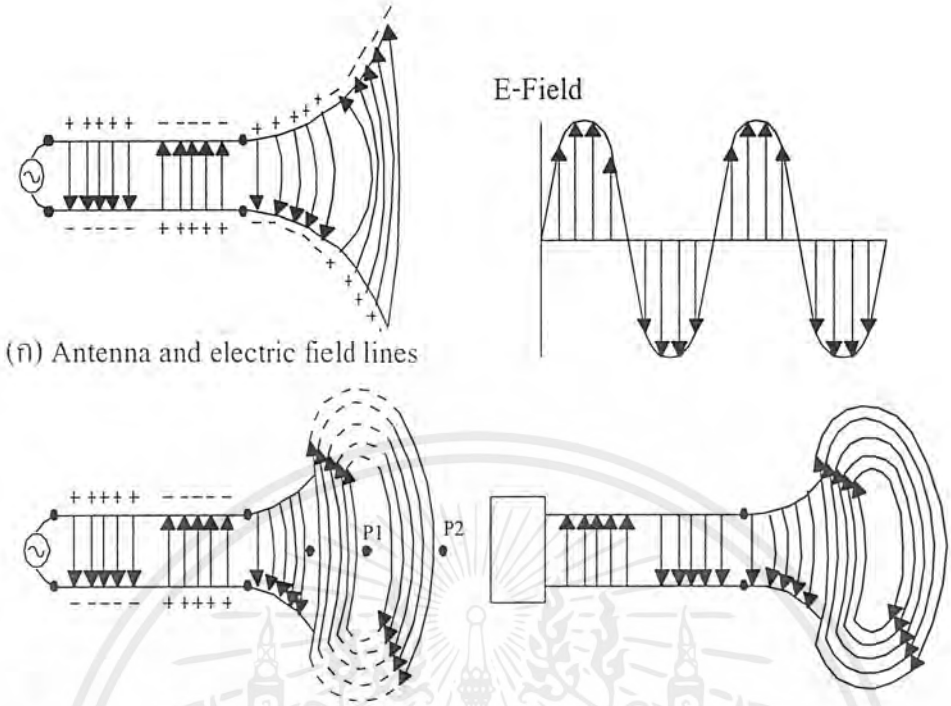
ที่ ซึ่งประจุนั้นเกิดจากเส้นแรงไฟฟ้าที่สร้างมาจากแหล่งกำเนิด เมื่อประจุถูกเร่งให้มีความเร็วขึ้นที่ปลายเส้นลวดที่ต่อกับแหล่งกำเนิด และลดอัตราเร่ง (เป็นอัตราเร่งลบเมื่อเทียบกับการเคลื่อนที่แรก) ระหว่างที่มีการสะท้อนจากปลายที่ไปถึง ซึ่งเป็นการบอกว่าที่สนามที่แพร่กระจายถูกสร้างที่แต่ละปลายและไปตามเส้นลวด



รูปที่ 2.24 รูปแบบการกระจายของประจุบนส่วนตัดวงกลมของทรงกระบอก

2.5.2 การแพร่กระจายคลื่นจากเส้นลวด 2 เส้น เมื่อพิจารณาดูการต่อ Voltage Source เข้ากับสายส่งสัญญาณ (Transmissionline) ชนิดตัวนำสองเส้น ซึ่งต่อกับสายอากาศ แสดงดังรูปที่ 2.25 (ก) เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ตกคร่อมตัวนำ 2 เส้นในสายส่ง จะทำให้เกิดการสร้างสนามไฟฟ้าระหว่างตัวนำขึ้น สนามไฟฟ้าจะสัมพันธ์กับเส้นแรงไฟฟ้า โดยสัมผัสกับสนามไฟฟ้าในแต่ละจุด และความแรงของสนามไฟฟ้าก็จะเป็นสัดส่วนกับความเข้มสนามไฟฟ้า เส้นแรงไฟฟ้าจะมีความโอนเอียงตามการกระทำของ Free Electron และสัมพันธ์กับแต่ละตัวนำ และผลักดันให้เกิดการแทนที่ขึ้น นั่นคือการเคลื่อนที่ของประจุจะไปสร้างกระแสที่เป็นผลให้เกิดการสร้างความเข้มสนามแม่เหล็ก สิ่งที่สัมพันธ์กับการสร้างสนามแม่เหล็กก็คือ เส้นแรงแม่เหล็กซึ่งสัมผัสกับสนามแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) Antenna and electric field lines

(ข) Antenna and free space wave

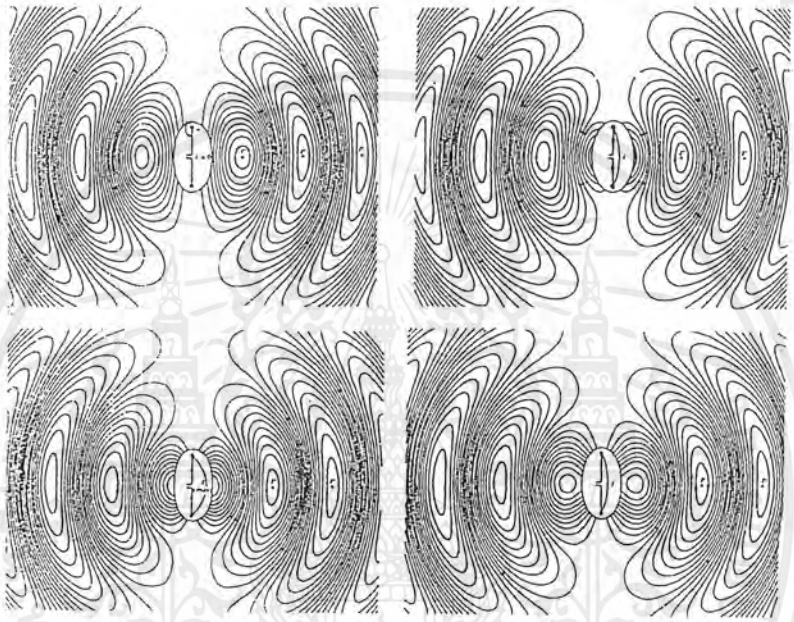
รูปที่ 2.25 แสดงแหล่งกำเนิดสายส่งสัญญาณ สายอากาศ และการดันเส้นสนามไฟฟ้าออกไป

เราจะได้ว่าเส้นแรงไฟฟ้าเริ่มต้นที่ประจุบวกและจบลงด้วยประจุลบ โดยอาจเริ่มต้นด้วยประจุบวกและปลายข้างหนึ่งเป็นอินฟินิตี หรือเริ่มต้นที่อินฟินิตีและปลายอีกด้านเป็นประจุลบ หรืออยู่ในรูปของวงรอบปิด (Closeed Loop) ซึ่งไม่ได้เริ่มต้นหรือปิดท้ายด้วยประจุใด ๆ เส้นสนามแม่เหล็กมักจะอยู่ในรูปของ Closeed Loop ที่เป็นวงกลมที่มีกระแสอยู่บนตัวนำ เพราะว่าไม่มีประจุแม่เหล็ก

เส้นแรงไฟฟ้าที่วาดอยู่ระหว่างตัวนำ 2 ตัวเป็นการอธิบายถึงการประจุ ถ้าสมมุติว่า Voltage Source เป็น Sinusoidal ก็จะได้ว่าสนามไฟฟ้าระหว่างตัวนำก็จะเป็น Sinusoidal ที่มีช่วงเวลา (Period) เท่ากับของ Source ที่ป้อนให้ ขนาด (Magnetude) ของความเข้มสนามไฟฟ้าจะดูได้จากความหนาแน่นของเส้นแรงที่มีลูกศรเป็นตัวบอกทิศทางว่าเป็น + หรือ – การสร้างสนามแม่เหล็กและไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาระหว่างตัวนำที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเดินทางไปตามสายส่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.25 (ก) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะเข้าไปยังสายอากาศและสัมพันธ์กับประจุไฟฟ้า และมีลักษณะเดียวกันกับกระแส ถ้าเราเปลี่ยนแปลงส่วนของโครงสร้างสายอากาศ ดังรูปที่ 2.25 (ข) คลื่นในอากาศ (Free Space Waves) ก็จะอยู่ในรูปของการต่อปลายเปิดของเส้นไฟฟ้า (แสดงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นประ) คลื่นในอากาศนี้จะออกมาเป็นระยะ ๆ แต่ Phase คงที่ที่จุด P ก็จะเคลื่อนออกมาข้างหน้าด้วยความเร็วเท่ากับแสงและเดินทางในระยะทาง $\lambda/2$ (ไปยัง P_1) ในเวลาครึ่ง Period รูปที่ 2.26 แสดงให้เห็นภาพการสร้างและเดินทางของคลื่นในอากาศที่มีรูปทรงเป็นวงกลมรีที่มีจุดศูนย์กลางภายในเป็นระยะทาง $\lambda/2$ ซึ่ง λ ก็คือความยาวคลื่น (Wavelength) คลื่นในอากาศของสายอากาศ Dipole ที่ยาว $\lambda/2$ ซึ่งมีจุดป้อนอยู่ตรงกึ่งกลางสายอากาศจะเป็นที่ยอมรับกัน

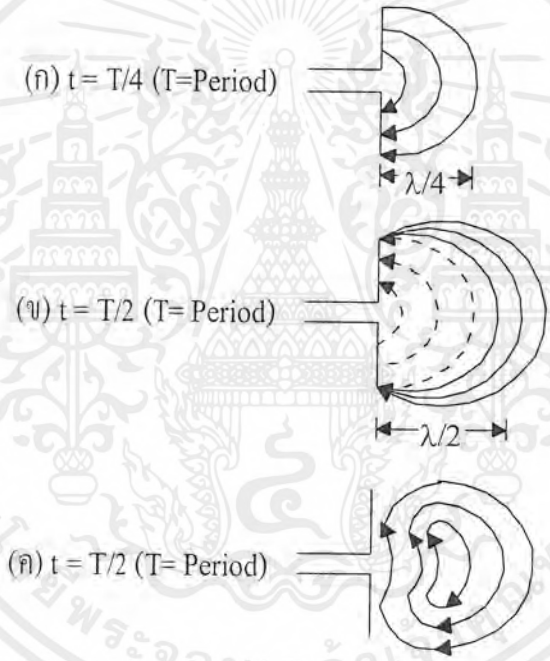


รูปที่ 2.26 เส้นสนามไฟฟ้าของคลื่นในอากาศของสายอากาศที่ยาว $\lambda/2$ ที่เวลา t=0,T/8,T/4 และ3T/8

2.5.3 การแพร่กระจายคลื่นจาก Dipole ในการอธิบายเกี่ยวกับวิธีที่เส้นแรงไฟฟ้าที่ถูกดันออกไปจากสายอากาศในรูปของคลื่นในอากาศ (Free Space Wave) จะอาศัยตัวอย่างของสายอากาศ Dipole เล็ก ๆ ที่ไม่นำเอาเวลาที่ใช้ในการเดินทางของคลื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง (ไม่นำมาคิดให้ตัดทิ้งไป) เพราะเวลาที่ใช้นั้นเป็นเพียงการแสดงให้เห็นการเกิดซ้ำ ๆ กันของการปล่อยเส้นแรงออกมา วิธีการคิดแบบง่าย ๆ ก็คือยอมให้อันหนึ่งออกไปในอากาศก่อน ดังรูปที่ 2.27 (ก) ซึ่งแสดงเส้นแรงที่ถูกสร้างระหว่างแขนของ Dipole เล็ก ๆ ที่มีจุดป้อนอยู่ตรงกลางซึ่งเกิดขึ้นในช่วง 1/4 Period และเกิดในระหว่างเวลาที่ประจุไปถึงค่าสูงสุด (สมมุติว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงของ Sinusoidal Time) และเส้นมีการเดินทางออกมาข้างหน้าในรัศมีระยะ $\lambda/4$ สำหรับตัวอย่างนี้ สมมุติ จำนวนเส้นที่แสดงมี 3 เส้น ระหว่าง 1/4 Period ถัดไปเส้นเดิมทั้ง 3 เส้นจะเดินทางไปในระยะบวกอีก $\lambda/4$ (รวมเป็นระยะ $\lambda/2$ จากจุดเริ่มต้น) และความหนาแน่นของประจุบนตัวนำจะเริ่มน้อยลง นั่นคือจะเกิดประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรงกันข้ามขึ้น ซึ่งที่ปลายของ 1/2 Period แรกมีการลบล้างประจุตัวนำ ในระหว่าง 1/4 Period ที่สองของครึ่งแรก เส้นแรงถูกสร้างโดยประจุตรงกันข้ามมี 3 เส้น และเดินทางเป็นระยะ $\lambda/4$ ซึ่งแสดงด้วยเส้นประในรูปที่ 2.27 (ข) ผลลัพธ์ที่ได้คือมี 3 เส้นแรงที่อยู่ข้างหน้าในระยะทาง $\lambda/4$ แรก และอีก 3 เส้นในทิศทางที่ถัดมาในระยะ $\lambda/4$ ที่สอง เนื่องจากไม่มีการรวมประจุทั้งหมดไว้บนสายอากาศดังนั้นเส้นแรงจึงต้องเป็นแรงที่ดันตัวเองออกจากตัวนำและเป็นอันหนึ่งเดียวกันในรูป Closed Loop ดังแสดงในรูปที่ 2.27 (ค) สำหรับในส่วนของ 1/2 Period ที่สองที่เหลืออยู่ ก็จะเหมือนกับส่วนแรก แต่มีทิศทางตรงกันข้าม โดยมีกระบวนการซ้ำเดิมและต่อเนื่องกันไปซึ่งก็คือ Patterm ของสนานไฟฟ้า คล้ายกับรูปที่ 2.26

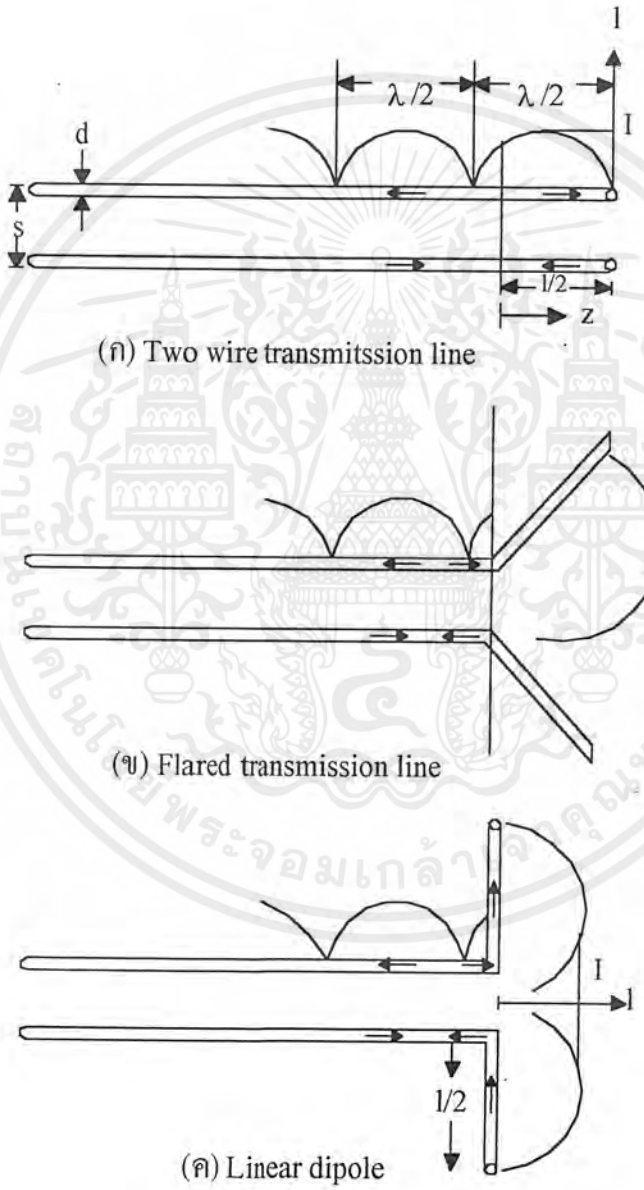


รูปที่ 2.27 รูปแบบและการดันของเส้นสนานไฟฟ้าของ Dipole ขนาดสั้น

2.5.4 การกระจายของกระแสบนสายอากาศเส้นลวดผอมบาง การเคลื่อนที่ของ Free Electron บนตัวนำที่เป็นสายอากาศ จะทำให้เกิดกระแสบนตัวนำนั้น กระแสที่เกิดขึ้นจะมีการกระจายไปบน Linear Dipole และต่อมาก็จะแพร่กระจายออกไป ครั้งเริ่มต้นด้วยทรงเรขาคณิตของสายส่งที่เป็นลวดตัวนำ 2 เส้น ที่ไม่มีการสูญเสียใด ๆ แสดงดังรูปที่ 2.28 (ก) การเคลื่อนที่ของประจุจะไปสร้างกระแสคลื่นเดินทาง ขนาดของกระแสคลื่นเดินทางจะเป็น Io/2 และอยู่ในแต่ละเส้นลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกระแสไปถึงแต่ละปลายของเส้นลวดก็จะมีการสะท้อนกลับ คลื่นเดินทางสะท้อนกลับเมื่อไปรวมกับคลื่นเดินทางตกกระทบเข้ามาจะเกิดเป็นคลื่นนิ่ง (Standing Wave) โดยที่ (Pattern) ของคลื่นอยู่ในรูปของ Sinusoidal แสดงดังรูปที่ 2.28 (ก) กระแสในแต่ละเส้นลวดจะมีเฟสกลับกัน 180 องศา กับครึ่ง Cycles ที่ติดกัน การแพร่กระจายจากแต่ละเส้นลวดเดี่ยว ๆ จะเกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของเวลาของกระแสและเนื่องจากการต่อสายของเส้นลวดด้วย



รูปที่ 2.28 การกระจายกระแสบนสายส่งชนิดเส้นลวด 2 เส้น ที่ไม่มีการสูญเสียใด ๆ สายส่งที่ถ่างออกและบน Linear Dipole

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 คุณสมบัติของสายอากาศ

1. ต้องสามารถแพร่กระจาย หรือรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดี
2. ถ้าเป็นด้านส่ง ต้องสามารถส่งกำลังงานออกไปให้ได้มากที่สุด โดยมีการสูญเสียน้อย
3. ถ้าเป็นด้านรับจะต้องสามารถรับสัญญาณให้ Pattern ของการกระจายไม่ผิดเพี้ยน (ประสิทธิภาพสูง)
4. อัตราการขยาย (Gain) ต้องสูง

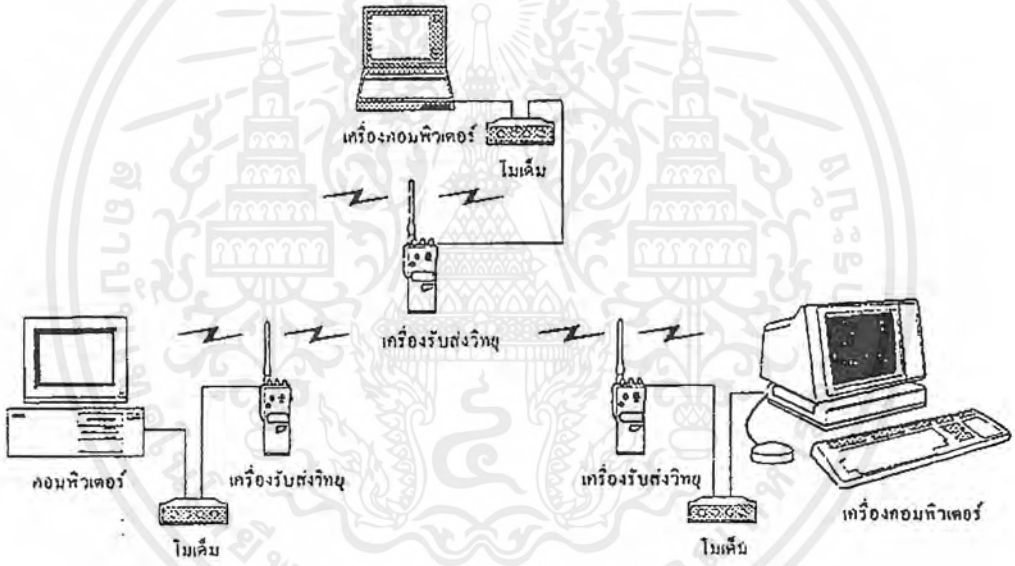
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการสร้าง

3.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์ (Hardware)

ส่วนประกอบของฮาร์ดแวร์

- เครื่องคอมพิวเตอร์
- โมเด็ม
- เครื่องรับ/ส่งวิทยุ



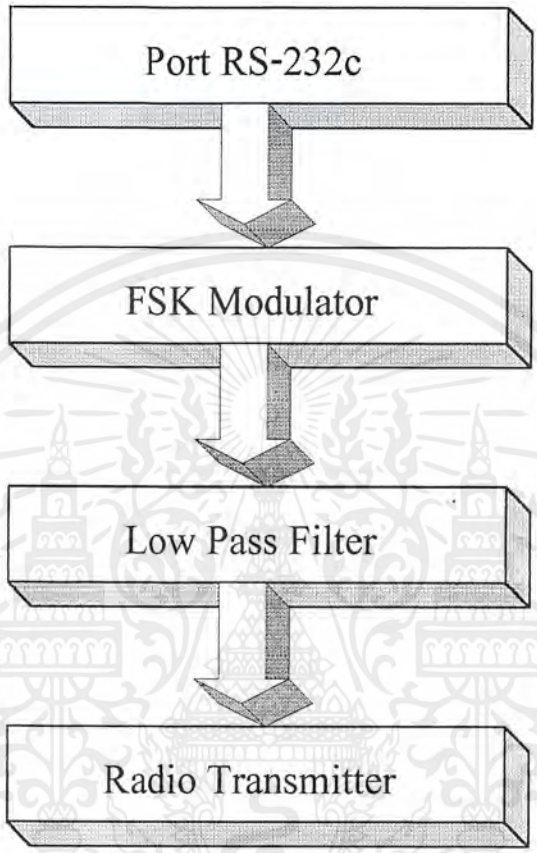
รูปที่ 3.1 การอินเตอร์เฟสคอมพิวเตอร์กับเครื่องรับ/ส่งวิทยุ

3.1.1 การออกแบบโมเด็ม

ในการทำงานของส่วนโมเด็มนั้นคือ การแปลงสัญญาณดิจิตอลจากคอมพิวเตอร์เครื่องที่ส่งออกมายังพอร์ตอนุกรม (RS-232c) ให้เป็นสัญญาณแบบอนาลอก แล้วทำการส่งออกไปทางเครื่องรับส่งวิทยุโดยที่เครื่องรับส่งวิทยุนั้นจะทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาลอกที่รับจากเครื่องวิทยุรับส่งให้เป็นสัญญาณดิจิตอล ทำการป้อนสัญญาณให้กับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม (RS-232c) เพื่อทำการประมวลผลข้อมูลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การแสดงบล็อกไดอะแกรมของภาคส่ง

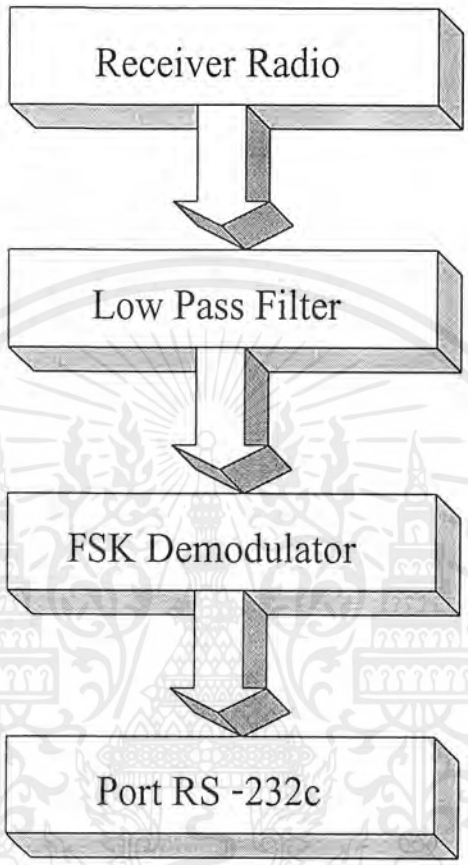


รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของภาคส่ง

การทำงานของภาคส่ง จะทำการรับข้อมูลที่เป็นดิจิตอลจากทางพอร์ตอนุกรม RS-232c แล้วทำการมอดูเลตแบบ FSK เพื่อแปลงสัญญาณแบบดิจิตอลไปเป็นสัญญาณแบบอนาลอก และทำการกรองความถี่ที่ต้องการออกไปมอดูเลตกับคลื่นพาห์ซึ่งเป็นคลื่นความถี่สูง แล้วทำการส่งออกอากาศไปในความถี่ใดความถี่หนึ่ง (ใช้ความถี่ 145.825 MHz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

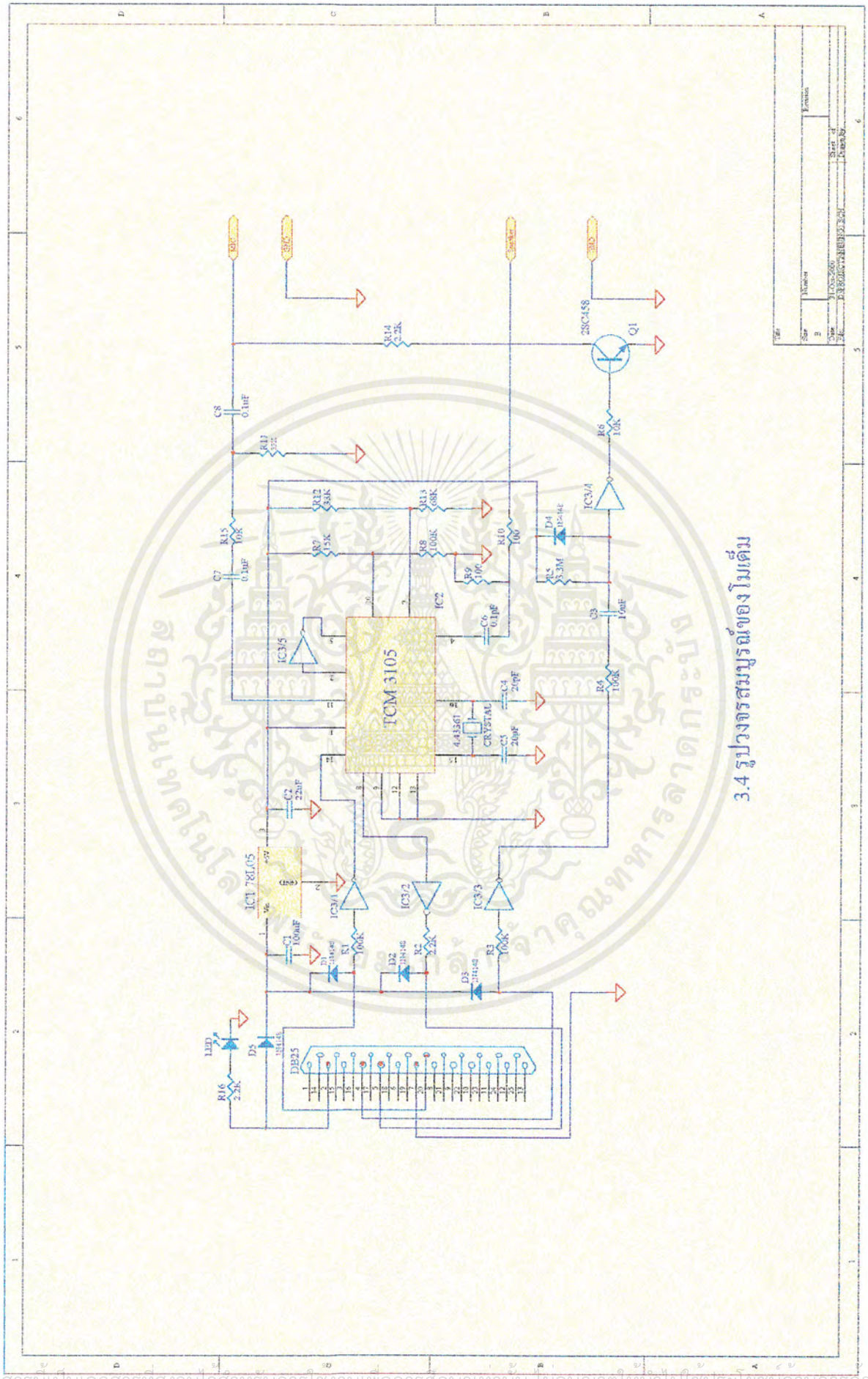
3.1.3 การแสดงบล็อกไดอะแกรมของภาครับ



รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมของภาครับ

ในส่วนของการทำงานของภาครับนั้น จะรับสัญญาณจากเครื่องรับ/ส่งวิทยุที่ได้ทำการตั้งช่องความถี่ไว้ช่องเดียวกับช่องความถี่ที่เครื่องส่งใช้ส่งข้อมูลออกมา (ใช้ความถี่ช่อง 145.825 MHz) โดยจะถอดสัญญาณคลื่นวิทยุความถี่สูงให้เป็นสัญญาณอนาลอกแล้วทำการกรองเอาสัญญาณความถี่สูงออก และนำสัญญาณที่ได้มาทำการดีมอดูเลตจากสัญญาณอนาลอกให้ไปเป็นสัญญาณดิจิตอลจากนั้นก็ทำการส่งไปยังพอร์ตอนุกรม RS-232c เพื่อที่จะให้โปรแกรมในคอมพิวเตอร์นั้นทำการประมวลผลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

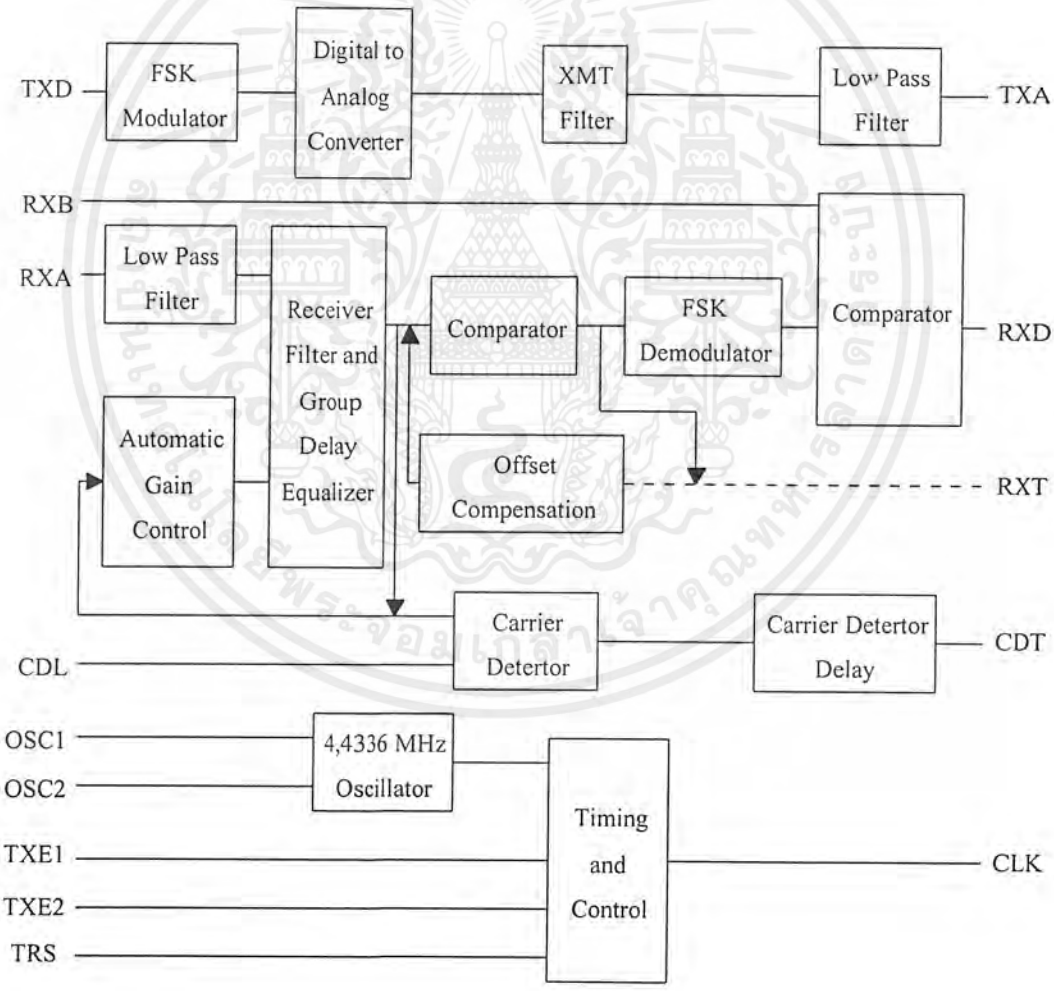


3.4 รูปวงจรสมบูรณ์ของโมเด็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 ลักษณะของวงจรที่ใช้งาน

โมเด็ม (Modem) ซึ่งเป็นอุปกรณ์แปลงสัญญาณดิจิตอลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ให้เป็นสัญญาณอนาล็อก แล้วส่งผ่านตัวกลางออกไป และจะทำหน้าที่ถอดสัญญาณอนาลอกที่เป็นสัญญาณเสียง กลับให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อส่งไปเข้าคอมพิวเตอร์ให้ทำการประมวลผลข้อมูล สำหรับตัวกลางที่ใช้ก็อย่างเช่น สายโทรศัพท์ วิทยุรับ/ส่ง หรือสายเคเบิ้ล โดยโมเด็มจะต่ออยู่ระหว่างพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม RS – 232c (พอร์ตที่ใช้ต่อ Mouse เรียกว่า Serial Port ปกติในคอมพิวเตอร์จะมีให้มา 2 พอร์ต คือ COM 1 และ COM 2) กับอุปกรณ์ที่ใช้เป็นตัวกลางในระบบสื่อสาร ในที่นี้จะใช้เครื่องรับวิทยุรับ/ส่ง ความถี่ย่าน VHF ของนักวิทยุสมัครเล่นเป็นความถี่ที่ใช้งาน (ใช้ความถี่ 145.825 MHz) ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมของไอซี TCM3105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.5 เป็นวงจรโดยสมบูรณ์ซึ่งมี IC2 เบอร์ TCM3105 เป็นตัวทำงานหลักทั้งหมดของวงจร ซึ่งมีการทำงานภายในที่เป็นลักษณะการมอดูเลตและการดีมอดูเลตสัญญาณแบบเลื่อนความถี่ Frequency Shift Keying (FSK) ในย่านความถี่เสียงโดยมีโครงสร้างแบบ CMOS เป็นชิปแบบขาตะขาบ 16 ขาที่ใช้กับมาตรฐาน Bell 2002 หรือ CCITT V.23 ในโครงงานนี้ใช้ Bell 2002 ซึ่งจะส่งค่า 1 ที่ความถี่ 1200 Hz ค่า 0 ที่ ความถี่ 2200 Hz มอดูเลตและดีมอดูเลตสัญญาณ โดยการแทนค่าลอจิก 0 ด้วยความถี่ค่าหนึ่ง และลอจิก 1 ด้วยความถี่อีกความถี่หนึ่ง ทำให้มีการรับ/ส่ง สื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

TXD : Transmit Digital Input

TXA : Transmit Analog Output

RXD : Receive Bias

RXA : Receive Analog Input

RXD : Receive Digital Output

RXT : Receive Test Access

CDL : Carrier-Detect Level Adjust

CDT : Carrier-detect Output

OSC1 : Oscillator Connection

OSC2 : Oscillator Connection

TXE1 : Bit-Rate selector

TXE2 : Bit-Rate selector

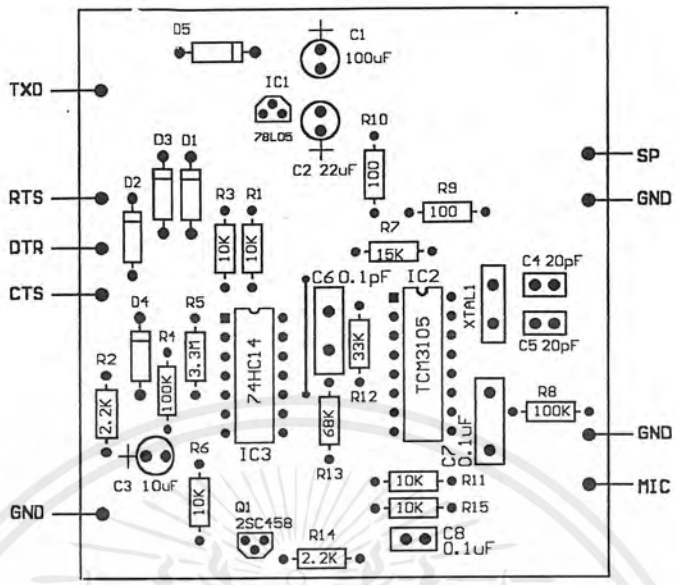
TRS : Transmit/Receive Standard Select

CLK : Clock

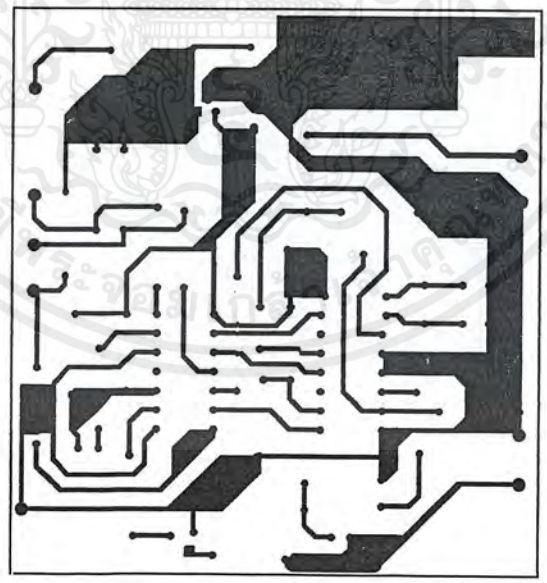
3.1.5 การสร้างและประกอบโมเด็ม

จากรูปที่ 3.6 และรูปที่ 3.7 ทำการจัดหาอุปกรณ์และแผ่นปริ๊นท์วงจร (PC-Board) เริ่มทำการสร้างโดยลงอุปกรณ์ตัวเตี้ย ๆ จำพวกตัวต้านทานและไดโอดก่อน แล้วบัดกรีติดให้เรียบร้อยจะมีสาย Jump อยู่ 1 เส้นข้าง IC3 โดยการนำเอาลวดของตัวต้านทานที่ตัดเหลือไว้มาทำเป็นสาย Jump ต่อมาก็ให้ใส่ซ็อกเก็ตแล้วก็ตามด้วยตัว Capacitor อุปกรณ์อื่น ๆ เรียงกันไป แล้วจึงใส่อุปกรณ์พวกตัวสูง ๆ ทีหลังสุด เมื่อประกอบอุปกรณ์ลงบนปริ๊นท์เรียบร้อยแล้ว ก็หากล่องเอนกประสงค์มา 1ใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แผนผังแสดงตำแหน่งอุปกรณ์



รูปที่ 3.7 ลายวงจรที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการเจาะรูสำหรับใส่ขั้ว Jeck RCA ตัวเมีย 2 ตัวที่ด้านหนึ่ง อีกด้านหนึ่งของกล่องก็เจาะรูพร้อมตะไบให้เป็นร่องสำหรับใส่คอนเน็คเตอร์แบบ DB25 ขา หรือจะใช้แบบ DB9 ขา ก็ได้โดยทำการเปรียบเทียบขาสัญญาณแต่ละแบบได้จากตารางที่ 3.1

สัญญาณ	ขาแบบ DB25 (มี 25 ขา)	ขาแบบ DB9 (มี 9 ขา)	หน้าที่
DTR	20	4	ข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ส่งไปยังModem
CTS	5	8	ข้อมูลจาก Modem ส่งไปยังคอมพิวเตอร์
RTS	4	7	ควบคุมสภาวะรับ/ส่งของ Modem
TXD	2	3	ไฟเลี้ยงจากคอมพิวเตอร์ส่งไปยัง Modem
GND	7	5	กราวด์ของระบบ

ตารางที่ 3.1 แสดงขั้วสัญญาณและหน้าที่การทำงานของขั้วต่อคอนเน็คเตอร์

3.1.6 การปรับแต่งและการใช้งาน

เมื่อประกอบวงจรเสร็จ ให้ต่อ Modem ให้ถูกต้องกับ Serial Port ที่โปรแกรม BayCom จะสั่งงานออกมา เช่น กำหนด RS-232cให้เป็น 2 หมายถึงให้สัญญาณต่าง ๆ ที่เกิดจากโปรแกรม BayCom ออกมาที่ COM2 ก็ต้องต่อ Modem ไว้ที่ Serial Port COM2

จากนั้นให้ Run โปรแกรม L2.EXE สังเกตมุมบนด้านขวาจะมีรูปสี่เหลี่ยมกระพริบ ขณะนี้สัญญาณ TXD จะมีแรงดันประมาณ 3V ถึง 12V สัญญาณ DTR จะมีแรงดันประมาณ -3V ถึง -12V ให้วัดแรงดันที่ขา 14 ของ IC2 หากมีแรงดันมากกว่า 5V ให้ปิดเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วตรวจสอบวงจรบริเวณ IC1 เบอร์ 78L05 ซึ่งเป็น IC รักษาแรงดันให้คงที่ที่ 5V (แรงดันที่ควรออกมาควรอยู่ระหว่าง 3V ถึง 5V หากมากกว่านี้ให้ตรวจสอบ IC1 ว่าต่อถูกหรือไม่) หากแรงดันที่ขา 14 ของ IC2 ปกติให้วัดแรงดันที่ขา 7 ของ IC2 ซึ่งปกติจะมีค่าแรงดันระหว่าง 2V ถึง 2.7V

หากค่าต่าง ๆ มีค่าปกติ ให้ RUN โปรแกรม SCC.EXE เพื่อเข้าสู่ Terminal Mode โดยให้ใช้คำสั่ง :CONNECT HS4LXJ (HS4LXJ เป็น Call Sign ที่ต้องการติดต่อ จะเป็น Call Sign อื่นก็ได้) ขณะนี้ที่ขาสัญญาณ DTR จะมีแรงดันเปลี่ยนแปลงจาก 3V ถึง 12V เป็น -3V ถึง -12V และสัญญาณ RTS จะมีแรงดัน 3V ถึง 12V ออกมาเป็นช่วง ๆ ตามตัวอักษร Send บริเวณแถบสว่างที่ขั้นระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งข้อมูลและรับข้อมูล โดยจำนวนครั้งของสัญญาณ RTS จะมีจำนวนตามคำสั่ง : RETRY # (# คือตัวเลขเป็นจำนวนครั้งที่จะให้ติดต่อ)

จากนั้นให้เสียบ MIC จากตัว Modem กับเครื่องวิทยุรับ/ส่ง ลองฟังเสียงที่เครื่องวิทยุรับ/ส่งอีกตัวที่เปิดความถี่เดียวกันว่ามีเสียงเป็นช่วง ๆ ตามการส่ง หรือไม่ถ้าหากไม่มีก็ให้การตรวจสอบวงจรตั้งแต่ขา 11 ของ IC2 จนถึง MIC ว่าถูกต้องหรือไม่ หากทุกอย่างถูกต้องให้ทำการทดลอง Modem อีกตัวในลักษณะเดียวกัน

เมื่อได้ Modem ที่ทำงานในภาคส่งทั้ง 2 ตัว แล้วให้ทดลองใช้รับ โดยให้ตั้งความถี่ของวิทยุรับ/ส่งให้ตรงกันแล้วตั้ง Call Sign ให้ถูกต้อง เช่น ตัวหนึ่งตั้ง Call Sign ว่า E21OBD และอีกตัวตั้ง Call Sign ว่า HS4LXJ (การตั้ง Call Sign ใช้คำสั่ง :MYCALL CALLSIGN) ใช้คำสั่ง :CONNECT HS4LXJ ที่เครื่องที่ตั้ง CALLSIGN E21OBD ถ้าภาครับของเครื่องที่ตั้ง Call Sing E21OBD รับได้ก็จะแสดงข้อความว่า

>>> เวลา Connected to HS4LXJ

เครื่องที่ตั้ง Call Sign E21OBD และเครื่องที่ตั้ง Call Sign HS4LXJ ก็จะแสดงข้อความว่า

>>> เวลา Connected to E21OBD

หากไม่มีการ Connect ให้ตรวจสอบวงจรตั้งแต่ลำโพงของวิทยุรับ/ส่ง จนถึงขา 4 ของ IC2 และจากขา 8 ของ IC2 จนถึงสัญญาณ CTS ว่าต่อถูกต้องหรือไม่ ถ้าทุกอย่างถูกต้องให้ตรวจสอบเสียงจากลำโพงว่ามีเสียงรบกวนหรือไม่ หรือเสียงเบาหรือไม่ เมื่อทุกอย่างถูกต้อง Modem ก็พร้อมสำหรับการใช้งานแล้ว

3.1.7 ขาของ IC TCM 3105 ที่ควรรู้จัก มีดังนี้

Vdd (ขา 1) : เป็นสัญญาณไฟเลี้ยงที่ขั้วบวก ใช้ไฟ 5 โวลต์

Vss (ขา 9) : กราวด์

TXD (ขา 14) : เมื่อข้อมูลที่ส่งมาเป็นแบบดิจิตอลก็จะถูกส่งเข้ามาทำการมอดูเลตสัญญาณระดับสูงก็จะให้ความถี่มาร์คออกมาส่วนทางด้านสัญญาณระดับต่ำ ความถี่สเปซ

TXA (ขา 11) : จะส่งสัญญาณอนาลอกที่ได้จากการมอดูเลตสัญญาณออกมา

RXA (ขา 4) : จะรับสัญญาณอนาลอกเข้ามา

RXD (ขา 8) : จะส่งสัญญาณดิจิตอลที่ทำการดีมอดูเลตแล้วออกไปที่ความถี่มาร์คและจะให้สัญญาณระดับสูงออกมาและความถี่สเปซให้สัญญาณระดับต่ำออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OSC1 (ขา 15) :ตัวสร้างความถี่ขาออก

OSC2 (ขา 16) :ตัวสร้างความถี่ขาเข้า

TXR1,TXR2 (ขา 13,14) :เลือกบิตเลตและความถี่มาร์คและสเปซ

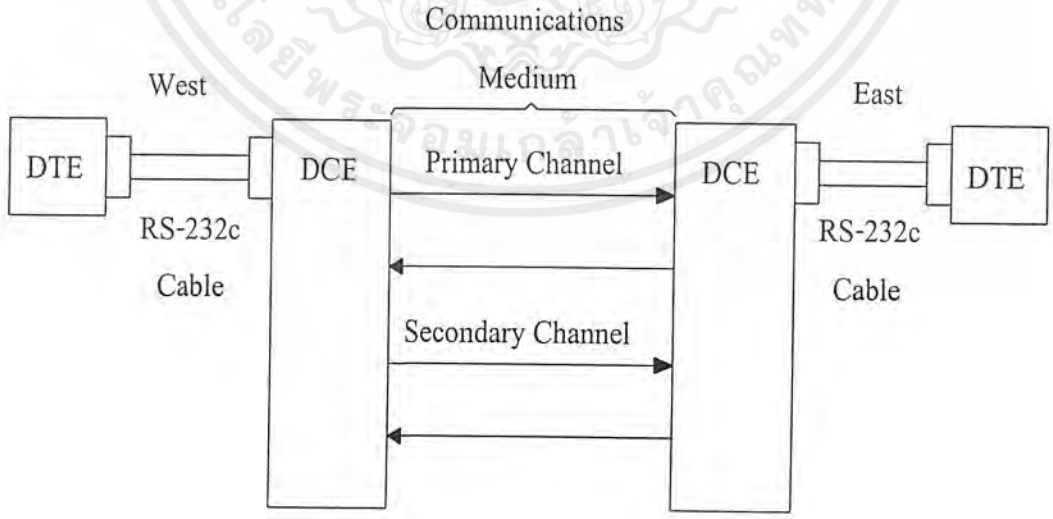
3.1.8 อินเตอร์เฟส RS-232c และการควบคุมโมเด็ม

มีการนิยามศัพท์คำว่า DTE (Data Terminal Equipment) ว่าหมายถึง อุปกรณ์ดิจิตอล เช่น พอร์ทของคอมพิวเตอร์หลักหรืออุปกรณ์ปลายทาง DEC (Data Communication Equipment) หมายถึงอุปกรณ์ซึ่งเรียกกันโดยสามัญว่าโมเด็ม ซึ่งแปลงรูปคลื่นดิจิตอลไปเป็นสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับการส่งผ่านสายโทรศัพท์ หรือตัวกลางการสื่อสารอย่างอื่น โดยกระบวนการที่เรียกว่า มอดูเลตชั่น (Modulation)

RS-232c เป็นหนึ่งในมาตรฐานไม่กี่มาตรฐานที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมการสื่อสารข้อมูล ทำให้ผู้ผลิตโมเด็มสร้างโมเด็มขึ้นมาด้วยมาตรฐานเดียวกันที่จะใช้ต่อกับอุปกรณ์ปลายทางอย่างไรก็ตามไม่ได้หมายความว่าโมเด็มนั้นจะใช้มาตรฐานนั้นทุกเครื่อง

3.1.9 แบบจำลองของวงจรการสื่อสารแบบ RS-232c

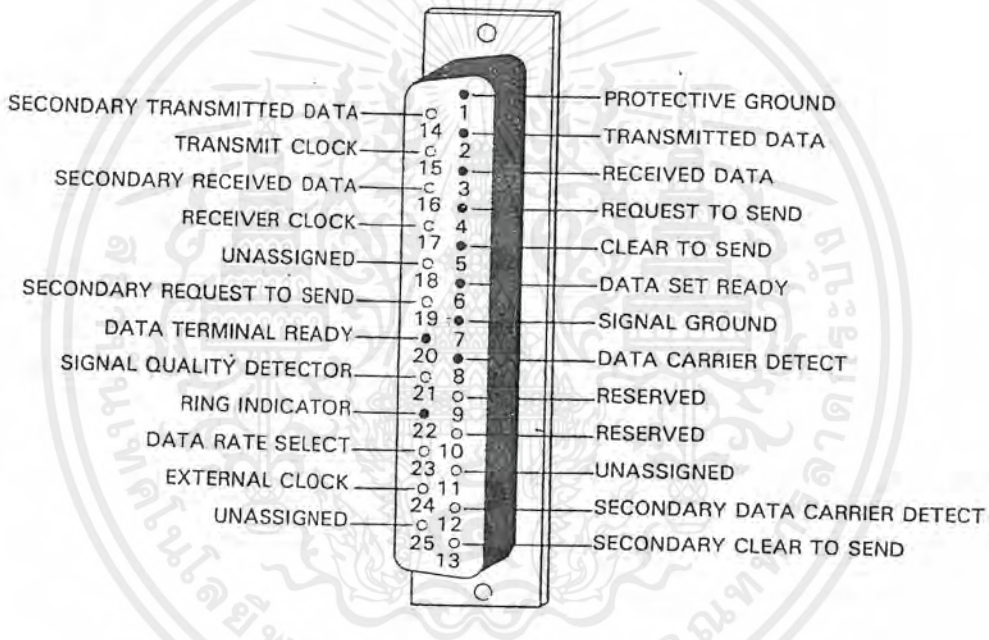
ข้อกำหนดตาม RS-232c นั้น บอกถึงการเดินสายในเคเบิลที่ต่อระหว่าง DTE กับ DCE ตามรูปที่ 3.6 เป็นเคเบิลที่ต่อกับปลั๊ก 25 ขา ทีเสียบเข้ากับคอนเนคเตอร์ "Serial Port" ที่หลัง PC



รูป 3.8 แบบจำลองของวงจรการสื่อสารที่ใช้ RS-232c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรืออุปกรณ์ปลายทางต่าง ๆ ปลั๊กนี้มีลักษณะดังแสดงในรูป 3.9 ประการแรกข้อกำหนดจะกำหนดระดับโวลเตจ และคุณสมบัติทางไฟฟ้าอย่างอื่นของสายในเคเบิล และเพื่อที่จะให้เข้าใจว่า DTE ควบคุมโมเด็มไอย่างไร เราจำเป็นต้องเข้าใจในแบบจำลอง หรือรูปแสดงแนวความคิดของตัวกลางการสื่อสารที่ใช้ในข้อกำหนด RS-232c ด้วย รูปแบบจำลองนี้มีดังแสดงในรูปที่ 3.8 ต่อไปนี้เมื่อกล่าวถึงอุปกรณ์ที่อยู่ทางด้านซ้ายมือ และด้านขวามือของตัวกลางการสื่อสาร เราจะอ้างว่าเป็นอุปกรณ์ด้านตะวันตก และด้านตะวันออก ตามลำดับ



รูปที่ 3.9 RS-232c Connector

ตัวกลางการสื่อสารประกอบด้วย ช่องสัญญาณหลัก (Primary Channel) และ ช่องสัญญาณรอง (Secondary Channel) โดยที่ช่องสัญญาณนั้นเป็นช่องทาง (Pipeline) ที่สัญญาณไหลผ่านเท่านั้น ดังนั้นช่องสัญญาณหลักและช่องสัญญาณรองนั้นอาจจะมีอยู่ในสายคู่เดียว หรือคนละคู่ก็ได้

คลื่นพาห์ (Carrier) คือสัญญาณอนาลอก (ปรกติเป็นคลื่นรูปไซน์) ที่ความถี่ที่เหมาะสมที่จะเคลื่อนผ่านตัวกลางการสื่อสารได้ ตัวพาห์เป็นตัวบรรทุกข้อมูล ที่เรียกว่า มอดูเลตข้อมูล เพื่อนำข้อมูลผ่านตัวกลางการสื่อสารไปสู่จุดหมายมีวิธีการมอดูเลตหลายวิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแต่ละช่องสัญญาณ มีสัญญาณคลื่นพาห์ 2 สัญญาณใช้สำหรับการส่งแต่ละทิศทางถ้าคลื่นพาห์ทั้งสองสามารถใช้ได้พร้อมกัน ช่องสัญญาณก็จะเป็นชนิดฟูลดูเพล็กซ์ แต่ถ้าต้องใช้สลับเวลากัน ช่องสัญญาณนั้นก็เป็นชนิด ฮาล์ฟดูเพล็กซ์

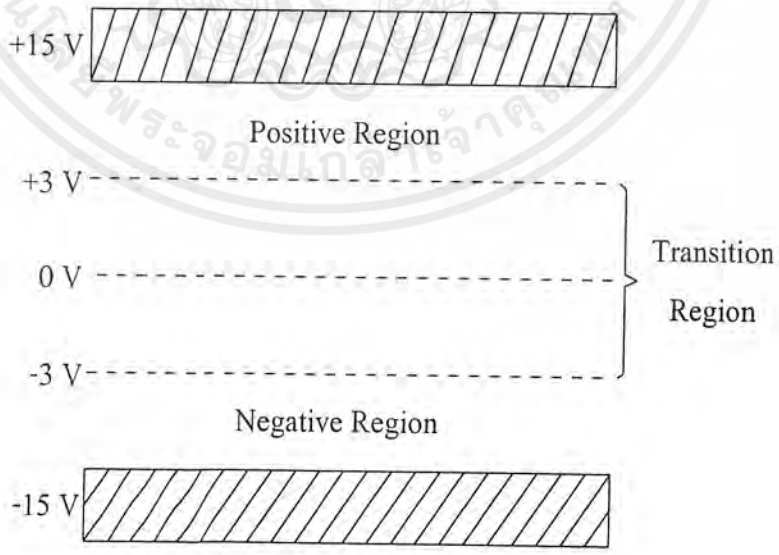
ช่องสัญญาณมีค่าความจุ ซึ่งมีค่าเท่ากับ จำนวนบิตต่อวินาทีที่มากที่สุดที่ช่องสัญญาณยอมให้ผ่านมันไปได้ ช่องสัญญาณรองไม่จำเป็นที่จะต้องมีใช้อยู่ในทุกโมเด็ม แต่ถ้ามีอยู่แล้วค่าบรรจุ (ความเร็ว) ของมันจะน้อยกว่าค่าความจุของสัญญาณหลัก เพราะถ้าไม่เป็นเช่นนั้นมันจะไม่มีแนวความแตกต่างระหว่างช่องสัญญาณหลักกับช่องสัญญาณรอง ข้อกำหนด RS-232c กำหนดว่ามันไม่สามารถจะประยุกต์ใช้ได้กับตัวกลางการสื่อสารที่มีข้อมูลสูงกว่า 20,000 บิตต่อวินาที

RS-232c สามารถเลือกได้หลายอย่างซึ่งขึ้นกับผู้ออกแบบโมเด็มเอง เป็นต้นว่า

- ช่องสัญญาณจะเป็น ฮาร์ฟ หรือ ฟูลดูเพล็กซ์
- ตัวกลางการสื่อสารจะเป็นแบบสวิตซ์ หรือเช่าเฉพาะ
- ช่องสัญญาณจะเป็นแบบซิงโครนัส หรืออะซิงโครนัส

3.1.10 ข้อกำหนดทางไฟฟ้า

มีรายละเอียดเกี่ยวกับคุณสมบัติของสัญญาณไฟฟ้าบนสายแต่ละสายในเคเบิล RS-232c มากมาย แต่เนื่องจากในที่นี้จะเกี่ยวข้องอยู่กับสัญญาณไบนารี ข้อกำหนดเกี่ยวกับโวลเต็จจึงถูกกำหนดลงใน



รูปที่ 3.10 ระดับโวลเต็จของสัญญาณที่ RS-232c ที่กำหนดใช้

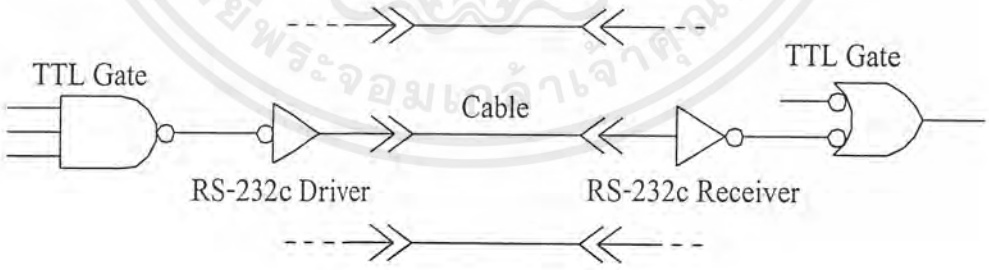
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สองบริเวณดังรูปที่ 3.10 บริเวณบวก (Positive Region) อยู่ระหว่าง +3 VDC ถึง +15 VDC และบริเวณลบ (Negative Region) อยู่ระหว่าง -3 VDC ถึง -15 VDC บริเวณระหว่าง -3 V ถึง 3 V ถือเป็นบริเวณเปลี่ยนถ่ายสถานะ (Transition Region) มีข้อกำหนดให้สัญญาณจะมีสถานะอยู่ในบริเวณนี้ไม่เกิน 1 มิลลิวินาที ในบริเวณเปลี่ยนถ่ายสถานะนี้จะไม่มีการกำหนดสถานะภาพให้กับสัญญาณแต่อย่างใด บริเวณเหล่านี้เกี่ยวพันธ์กับสถานะไบนารีของสายสัญญาณในลักษณะที่เป็นเอกเทศ การแปลความหมายของระดับโวลเต็จขึ้นอยู่กับหน้าที่ของสาย ซึ่งกำหนดแบ่งตามตารางที่ 3.2

Wire Function	**Voltage Level**	
	Position	**Negative**
Data	Space (0)	Mark (1)
Modem Control & Timing	On (Asserted)	Off (Negated)

ตารางที่ 3.2 หน้าที่ของสายและความหมายของโวลเต็จที่กำหนดให้

เนื่องจากระดับโวลเต็จดังกล่าวไม่เหมาะที่จะใช้กับ TTL ดังนั้นอินเตอร์เฟสสู่เคเบิล RS-232c จึงต้องการวงจรภาคขับและภาครับเป็นพิเศษดังรูปที่ 3.11 ภาคขับและภาครับนี้สามารถหาได้เป็น IC ตามท้องตลาดทั่วไป



รูปที่ 3.11 วงจรอินเตอร์เฟส RS-232c

RS-232c จำกัดค่าความจุไฟฟ้าของสัญญาณ (วัดเทียบกับกราวด์) อย่างมากสุดก็คือ 2500 pF สำหรับสายเคเบิลที่มีฉนวนและช่องว่างระหว่างสายอย่างสามัญทั่วไป สายยาวประมาณ 50 ฟุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีค่าความจุไฟฟ้าประมาณนั้น ดังนั้นถ้าไม่ใช่สายเคเบิลพิเศษแล้ว ระยะห่างมากที่สุดระหว่าง DTE และ DCE คือ 50 ฟุต หรือประมาณ 15 เมตร

3.1.11 ขาขั้วต่อ RS-232c และหน้าที่การทำงน

ตารางที่ 3.3 แสดงรายการขาขั้วต่อของ RS-232c และชื่อสัญญาณที่ใช้ร่วมกับขาขั้วต่อนั้น โดยจะอธิบายเป็นกลุ่มตามประเภท ของสัญญาณและหน้าที่โดยย่อ

Pin	Signal Name	Direction DTE	Direction DCE	Abbreviation
1	PROTECTIVE (FRAME) GROUND			
2	TRANSMIT DATA	→		XMT
3	RECEIVE DATA		←	RCV
4	REQUEST TO SEND	→		RTS
5	CLEAR TO SEND		←	CTS
6	DATA SET READY		←	DSR
7	SIGNAL GROUND (COMMON RETURN)			GRD
8	CARRIER DETECT		←	CAR_DET
9	–			
10	–			
11	–			
12	SECONDARY CARRIER DETECT		←	SEC_CAR_DET
13	SECONDARY CLEAR TO SEND		←	SEC_CTS
14	SECONDARY TRANSMIT DATA	→		SEC_XMT
15	TRANSMIT CLOCK (DCE SOURCE)		←	XMT_CLK
16	SECONDARY RECEIVE DATA		←	SEC_RCV
17	RECEIVE CLOCK		←	RCV_CLK
18	–			
19	SECONDARY REQUEST TO SEND	→		SEC_RTS
20	DATA TERMINAL READY	→		DTR
21	SIGNAL QUALITY DETECTOR		←	SQD
22	RING INDICATOR		←	RI
23	DATA RATE SELECTOR	→		DR_SEL
24	TRANSMIT CLOCK (DTE SOURCE)	→		XMT_CLK
25	–			

ตารางที่ 3.3 การกำหนดขาของขั้วต่อ RS-232c

ขาที่ 1 และขาที่ 7 เป็นขากราวด์ โดยขาที่ 1 เป็นกราวด์ของเครื่องเพื่อวัตถุประสงค์หลักในการป้องกันสัญญาณรบกวนโดยรอบ และลดการสอดแทรกของสัญญาณอันจะเกิดมีขึ้นได้ ขาที่ 7 เป็นขากราวด์ซึ่งใช้เพื่อต่อให้เกิดเส้นทาง หรือจุดอ้างอิงร่วมกันของสัญญาณทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นข้อมูล สัญญาณนาฬิกา หรือสัญญาณรบกวนต่าง ๆ ขา 7 นั้นจำเป็นต้องต่อระหว่าง DTE และ DCE เพื่อให้เครื่องทำงานร่วมกันได้อย่างถูกต้อง การต่อกราวด์ขา 7 นี้ ควรระวังเรื่องความต่างศักย์อันเนื่องมาจากความต้านทานของสายด้วย ถ้ากราวด์ไม่ดีมันก็เป็นสาเหตุทำให้การรับข้อมูลมาตีความไม่ถูกต้องได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาที่ 2 และขาที่ 3 ใช้สำหรับส่งและรับข้อมูลตามลำดับ โดย DTE จะส่งข้อมูลออกมาที่ขา 2 และรับข้อมูลจากขา 3

ขาที่ 4 และขาที่ 5 คือขา RTS และ CTS สัญญาณบนขา 4 นั้น DTE ใช้แสดงต่อ DCE เมื่อจะส่งข้อมูล สัญญาณ RTS นี้อาจใช้เพื่อเปิดเครื่องโมเด็ม DTE จะไม่ส่งข้อมูลจนกว่าจะได้รับสัญญาณ CTS บนขา 5 จาก DCE ซึ่ง CTS เป็นสัญญาณตอบรับจาก DCE ว่าตัว DCE นั้นพร้อมในการสื่อสารแล้ว ในกรณีที่ DCE มีความพร้อม และเตรียมคลื่นพาห์ที่จะใช้ในการส่งข้อมูลอยู่แล้วก็ไม่มีความจำเป็นจะต้องหน่วงเวลาระหว่าง RTS และ CTS

ขาที่ 6 และขาที่ 20 เป็นขา DSR และ DTR สัญญาณ DSR นั้น DCE ใช้แจ้ง DTE ให้รู้ว่าโมเด็มได้เปิดเครื่องรออยู่แล้ว และไม่ได้ปฏิบัติตัวอยู่ในโหมดทดลอง กล่าวคือ ชุดสัญญาณนั้นเตรียมพร้อมอยู่แล้ว สัญญาณ DTR นั้นใช้เพื่อ DTE แจ้ง DCE ให้พร้อมที่จะตอบรับการสื่อสารที่ผ่านโมเด็มเข้ามาแล้ว

ขาที่ 8 เป็นขาที่ใช้ในการตรวจจับการรับสัญญาณจากสาย บางครั้งเรียกว่า Data Carrier Detect แทนคำว่า Carrier Detect ที่ใช้ในตารางที่ 3.3 Modem จะทำการยืนยันด้วยสัญญาณ CAR-DET เมื่อได้รับสัญญาณคลื่นพาห์ที่มีระดับพอเพียงกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในการรับส่งข้อมูล DTE ส่วนใหญ่ต้องการสัญญาณนี้ ก่อนที่จะมีการยอมส่งหรือรับข้อมูล และด้วยเหตุนี้เอง ในการส่งข้อมูลที่ไม่ต้องผ่านโมเด็ม (การส่งข้อมูลโดยตรงระหว่าง DTE ต่อ DTE) ขาที่ 8 นั้นปรกติจะถูกต่อโดยตรงกับที่ 20

ขาที่ 22 เป็นขา RI (Ring Indicator) สัญญาณนี้เป็นสัญญาณที่ DCE บอก DTE ว่ามีการเรียกโทรศัพท์เข้ามาตามสายปรกติ โมเด็มจะถูกออกแบบให้เสมือนต่อโดยตรงอยู่กับสายโทรศัพท์ ในกรณีที่โมเด็มเป็นแบบตอบรับอัตโนมัติ โมเด็มจะมีความสามารถในการตรวจจับ สัญญาณเรียกเข้ามาทางโทรศัพท์ได้ และจะส่งสัญญาณ RI สู่ DTE ในขณะที่มีสัญญาณเรียกเข้ามา และโมเด็มจะทำการตอบรับโดยการจัดวงจรเสมือนว่ามีการยกหูโทรศัพท์รับ เมื่อได้คำสั่งจาก DTE ซึ่งปกติ DTE จะสั่งให้โมเด็มตอบรับการสื่อสารนั้นโดยใช้สัญญาณ DTR ส่งผ่านขาที่ 20

ขาที่ 15,17, 21 และ 21 นั้นจะใช้เมื่อโมเด็มทำงานส่งแบบซิงโครนัส เพราะโมเด็มทางด้านส่งจะต้องส่งข้อมูลบางอย่าง (0 หรือ 1) ที่แต่ละช่องเวลาบิตโมเด็มจะควบคุมจังหวะสัญญาณนาฬิกาจาก DTE และในทำนองเดียวกัน โมเด็มที่ทำหน้าที่รับก็ต้องส่งข้อมูลและจังหวะสัญญาณนาฬิกาที่ร่วมมาด้วยกันออกมาด้วย ขาที่ 15 และขาที่ 17 และในกรณีที่สัญญาณควบคุมไม่ได้เกิดจากโมเด็มทางด้านเครื่องส่ง เช่นในกรณีที่มีการมัลติเพล็กซ์รวมกับสถานีอื่น จะใช้การควบคุมผ่านขาที่ 24 และสำหรับขาที่ 21 นั้น จะใช้เพื่อแสดงว่าคลื่นพาห์ที่รับเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาที่ 23 ใช้เพื่อส่งสัญญาณเลือกอัตราส่งสัญญาณข้อมูล ในกรณีที่โมเด็มเป็นแบบชนิดที่สามารถเปลี่ยนอัตราส่งข้อมูลได้ จะใช้ขาที่ 23 นี้เป็นตัวคอยควบคุม อัตราการส่งข้อมูลที่ใช้นั้น ปรกติโมเด็มทางด้านส่งจะเป็นตัวเลือกอัตราการส่งข้อมูลนี้ และจะแจ้งให้ทั้ง DTE ด้านส่ง และโมเด็มด้านรับให้บอก DTE ด้านรับอีกต่อไป

ขาที่ 12, 13, 14, 16 และ 19 เป็นขาสัญญาณที่ใช้กับช่องสัญญาณรอง โมเด็มบางเครื่องจะมีช่องสัญญาณใช้สองช่อง คือช่องสัญญาณหลักและช่องสัญญาณรอง ขาสัญญาณทั้ง 5 ของช่องสัญญาณรองนั้น มีหน้าที่เหมือนกับหน้าที่ช่องสัญญาณหลัก ต่างกันแต่ว่าอัตราการส่งช่องสัญญาณทางช่องสัญญาณรองนั้น ปรกติมักจะช้ากว่าอัตราการส่งของช่องสัญญาณหลัก และช่องสัญญาณรองนั้นจะมีทิศทางการส่งสัญญาณสวนกันกับทิศทางของช่องสัญญาณหลัก

ลักษณะของข้อมูลที่ส่งผ่านอินเตอร์เฟส RS-232c นั้นเป็นการส่งข้อมูลแบบลำดับอาจจะเป็นแบบอะซิงโครนัส หรือแบบซิงโครนัสก็ได้ ขึ้นอยู่กับ DTE

3.2 การออกแบบซอฟต์แวร์ (Software)

3.2.1 การติดตั้งโปรแกรมโดยการ Install

1. Copy โปรแกรม เข้าใน Hard Disk ไฟล์ที่จำเป็นจะต้องมีจึงจะทำงานได้สมบูรณ์มีดังนี้

L2.EXE	โปรแกรมสร้าง Soft TNC
SCC.EXE	โปรแกรม Terminal Mode
OFF.COM	โปรแกรมยกเลิก Soft TNC
SCC.INI	File สำหรับ Set ค่าเริ่มต้นของโปรแกรม
PARA.EXE	โปรแกรมแปลงค่า SCC.INI
SCC.PAR	โปรแกรมที่เกิดจากการแปลงค่าของ SCC.INI โดย PARA.EXE
SCC.VID	โปรแกรมที่เกิดจากการแปลงค่าของ SCC.INI โดย PARA.EXE
PROJECT1.BAT	โปรแกรม Bath ที่จะ Load โปรแกรมตามลำดับการทำงานของโปรแกรม

2. จาก Directory Project1 ให้พิมพ์ install.exe C:\>Project1\>install.exe เมื่อเรียกไฟล์ install.exe แล้วที่หน้าจอนั้นจะปรากฏคำแนะนำในการติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าต่างที่ 1 แนะนำให้ติดตั้งแบบ EXPRESS-INSTALL

หน้าต่างที่ 2 หากใช้จอสีให้พิมพ์ Y หรือกด ENTER หากไม่ได้ใช้ให้พิมพ์ N

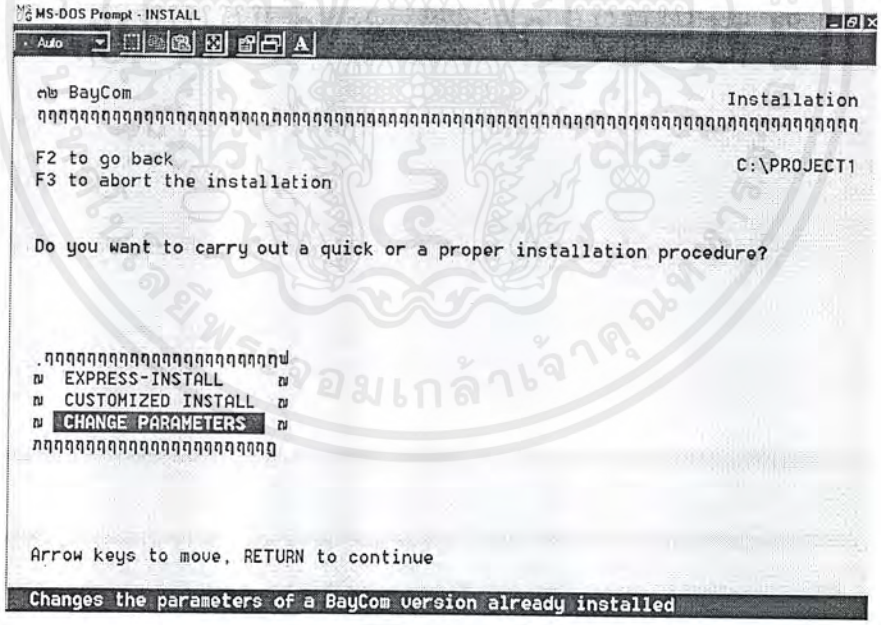
หน้าต่างที่ 3 สามารถแก้ไขชื่อ Subdirectory ได้

หน้าต่างที่ 4 ให้ดูที่ COM Port: (RS-232c) แล้วแก้ไขชื่อ COM Port ที่ใช้งานให้ถูกต้อง หากข้อมูลผิด จะทำให้เครื่องไม่สามารถสื่อสารกันได้

หน้าต่างที่ 5 เมื่อกด ENTER จากหน้าต่างที่ 4 แล้วไม่ต้องแก้ไขใด ๆ ในหน้าต่างนี้ แล้วจะแจ้งชื่อ COM Port เป็นภาษาเครื่องให้ทราบโดยอัตโนมัติ

หน้าต่างที่ 6 ให้เติมสัญญาณเรียกขาน ชื่อ นามสกุล และที่อยู่

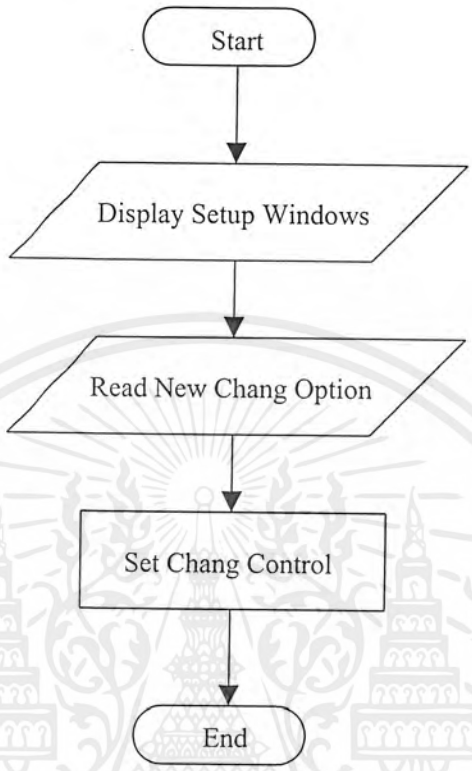
หน้าต่างที่ 7 แจ้งให้ทราบว่าข้อมูลได้ถูกติดตั้งเรียบร้อยแล้ว กดปุ่มใด ๆ เพื่อออกจากการติดตั้งโปรแกรม



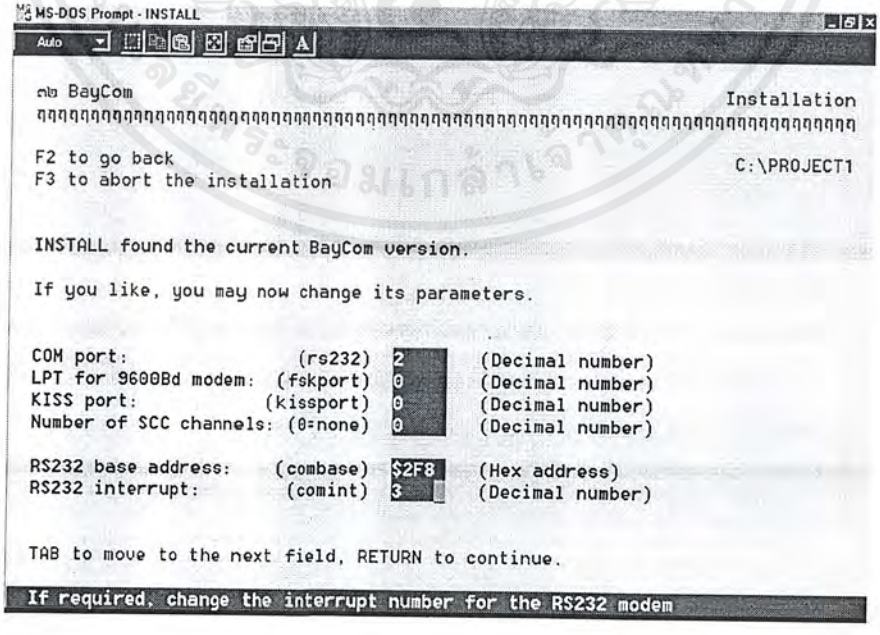
รูปที่ 3.12 แสดงการติดตั้งค่าพารามิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การติดตั้งพอร์ต (Setup Port)



รูปที่ 3.13 บล็อกไดอะแกรมของการ Setup Port



รูปที่ 3.14 แสดงตำแหน่งของพอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

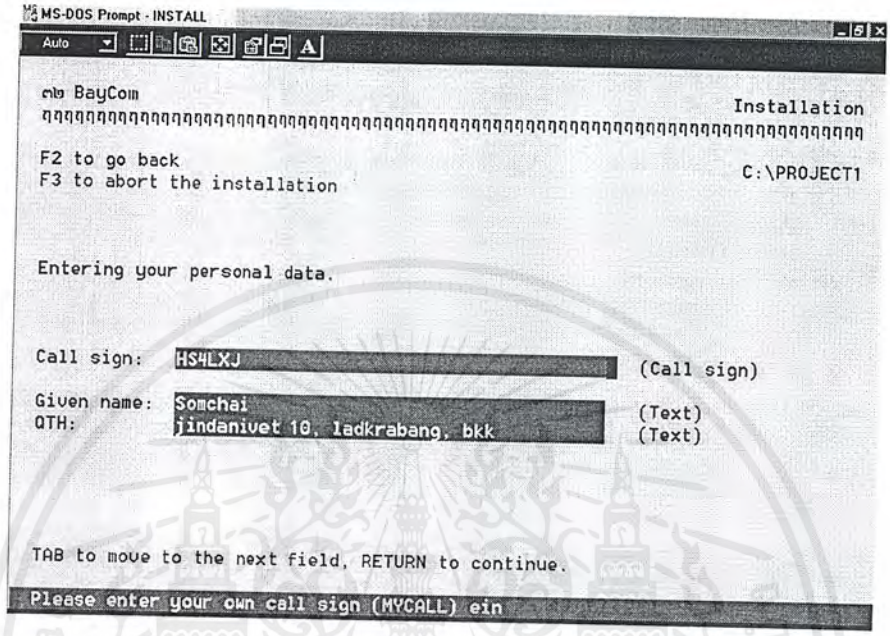
3.2.3 การติดตั้งคอลซายน์ (Setup Call Sing)

รูปที่ 3.15 บล็อกไดอะแกรมของการ Setup Call Sing

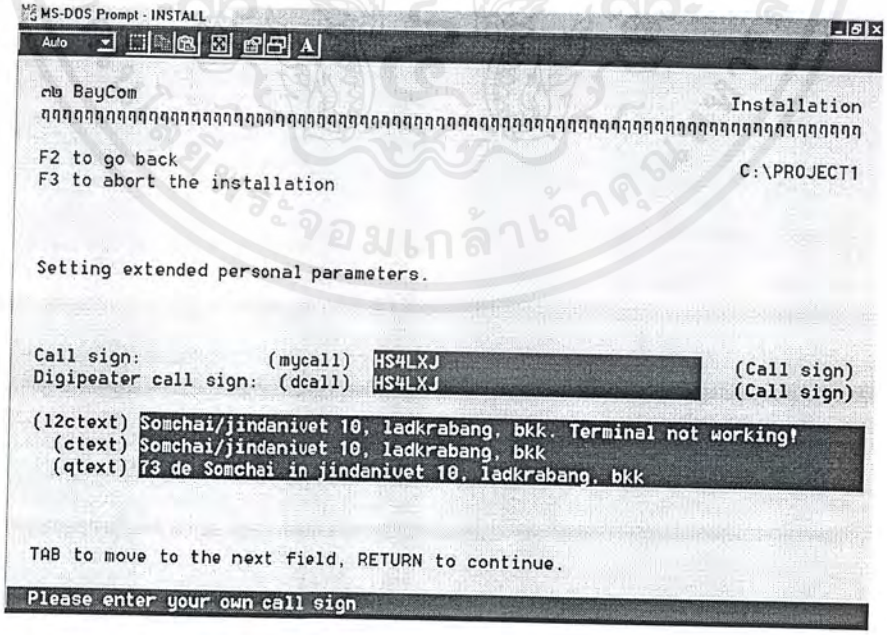
ในกิจการวิทยุสมัครเล่นนั้นจะมีชื่อเรียกขานของแต่ละคนนั่นก็คือ คอลซายน์ ซึ่งในโปรแกรมนั้นจำเป็นที่จะต้องมีการตั้งชื่อคอลซายน์ก่อน เพื่อให้ทราบว่าชื่อของแต่ละคนที่จะทำการติดต่อด้วยจากนั้นก็จะทำการบันทึกลงในไฟล์ เวลาที่จะใช้โปรแกรมคราวหน้าก็ไม่ต้องใส่ชื่อคอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซายน์ตัวเองใหม่ แต่ถ้าไม่เปลี่ยนโปรแกรมก็จะนำเอาชื่อคอลซายน์ล่าสุดที่เก็บไว้ในไฟล์ไปเป็นชื่อปัจจุบันของระบบ



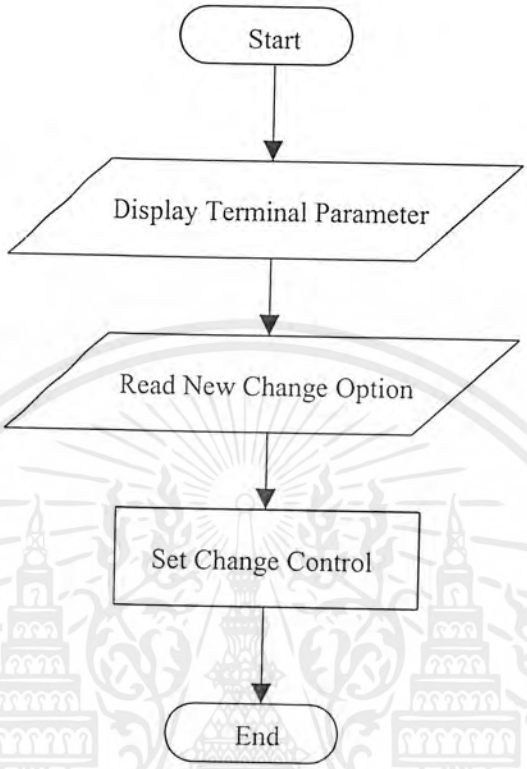
รูปที่ 3.16 แสดงการติดตั้ง Call Sing



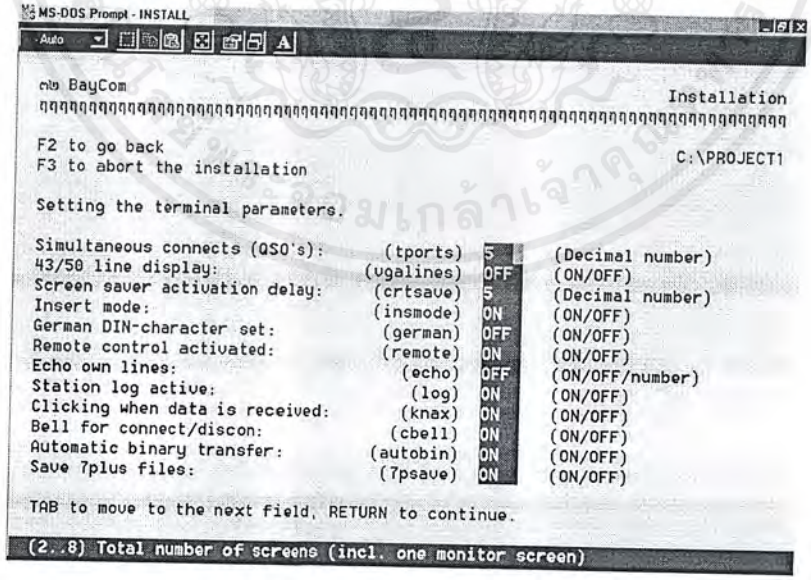
รูปที่ 3.17 แสดงการติดตั้ง Call Sing ที่เรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การติดตั้งค่าพารามิเตอร์ (Setup Terminal Parameter)

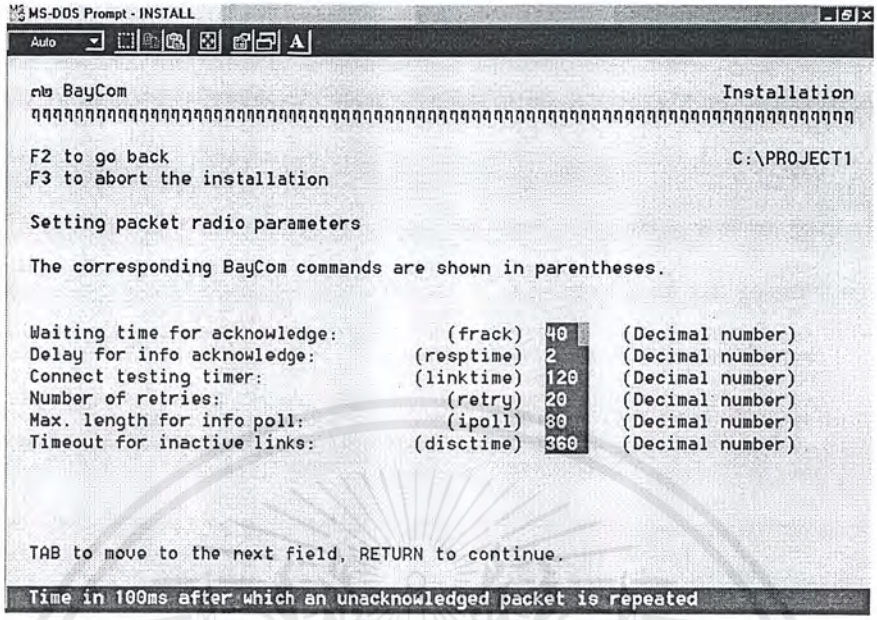


รูปที่ 3.18 บล็อกไดอะแกรมของการ Setup Terminal Parameter

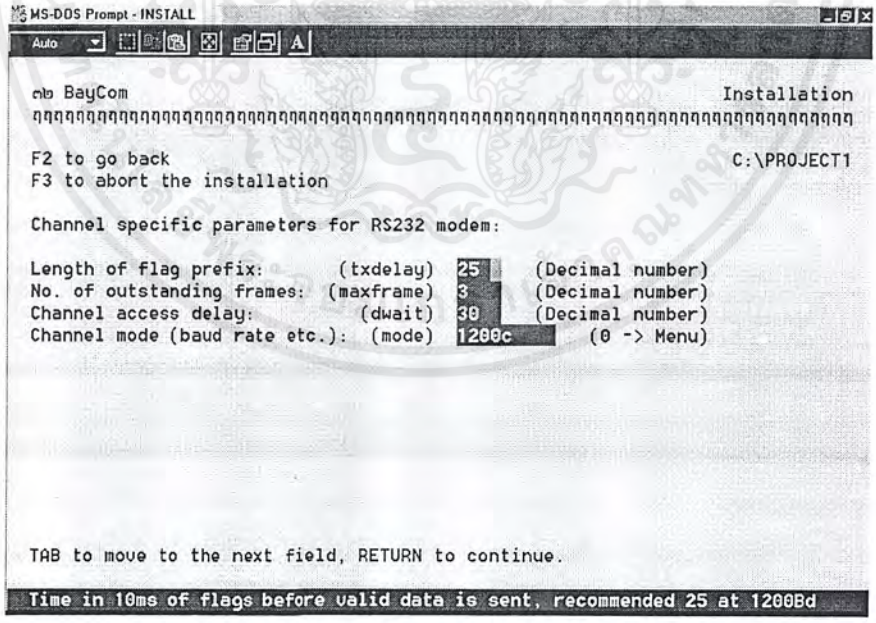


รูปที่ 3.19 แสดงการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 แสดงการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์



รูปที่ 3.21 แสดงการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 ติดตั้งโปรแกรมแบบใช้ File SCC.INI

หากไม่สามารถใช้ไฟล์ INSTALL.EXE ก็สามารถเลือกใช้ไฟล์ SCC.INI ไฟล์นี้สามารถแก้ไขได้โดยใช้คำสั่ง Text Editor หรือ Q-Edit เมื่อแก้ไขข้อมูลต่างๆ เรียบร้อยแล้ว จะต้องพิมพ์ PARA.EXE เพื่อแปลงค่าต่าง ๆที่อยู่ในไฟล์ SCC.INI ให้เป็นภาษาเครื่อง หากไม่ใช้คำสั่งนี้ ตัว Software ยังคงรู้จักแต่ค่าเดิม ๆอยู่

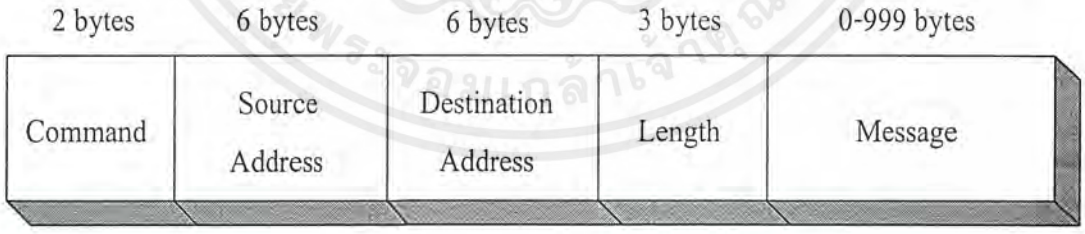
เมื่อเข้าไปที่ C:\>Project1\> พิมพ์คำว่า Edit SCC.INI อ่านทีละบรรทัดให้เข้าใจ ให้สังเกตว่าในด้านหน้าของแต่ละบรรทัด ถ้ามีเครื่องหมาย : (Colon) แสดงว่าบรรทัดนั้นเป็นคำอธิบาย หรือเป็นคำสั่งที่ไม่ใช้งาน หากไม่มีแสดงว่าเป็นคำสั่งที่จะใช้งาน เมื่อแก้ไขเสร็จแล้ว ทำการบันทึกให้เรียบร้อย แล้วออกจาก Edit ไปที่ C:\>Project1\> พิมพ์คำว่า PARA.EXE เข้าสู่โปรแกรม C:\> Project1\> พิมพ์คำว่า PROJECT1 โดย PROJECT1 ไฟล์นี้เป็น Batch File ที่ช่วยให้เข้าโปรแกรมได้ง่ายขึ้น เมื่อเรียก PROJECT1 จะไปเรียกไฟล์ L2.EXE SCC.EXE รวมทั้ง THAI.COM ซึ่งเป็นการเข้าสู่ระบบการติดตั้งภาษาไทยและจอภาพจะแสดงผลเป็น 3 หน้าต่าง ดังนี้

หน้าต่างบนสุด (Transmit Window) เป็นหน้าต่างที่แสดงผลการใช้คำสั่งหรือข้อความที่พิมพ์ออกไป

หน้าต่างกลาง (Receive Window) แสดงผลการรับข้อมูลเมื่อติดต่อสำเร็จ

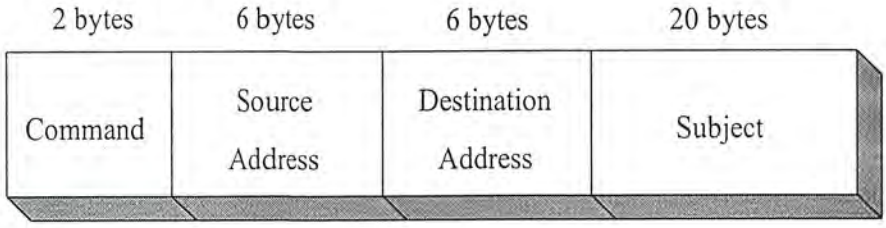
หน้าต่างล่างสุด (Monitor Window) ใช้ในการเฝ้าดูข้อมูลที่สถานีสามารถรับได้

3.3 การกำหนดโปรโตคอลในการส่งข้อมูล

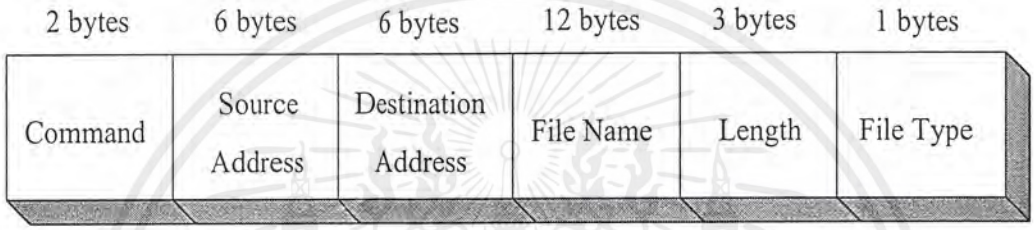


รูปที่ 3.22 Contact and Multi Contect Frame Format

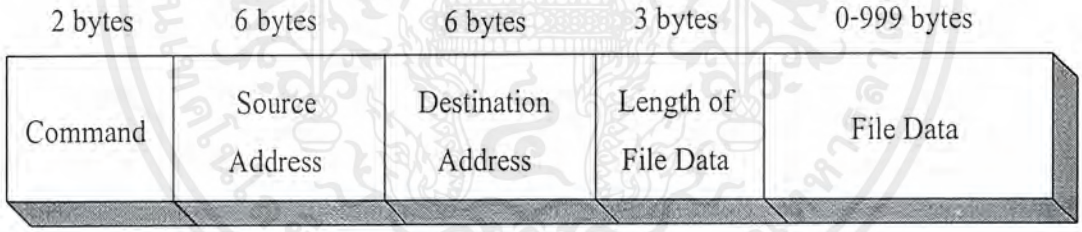
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



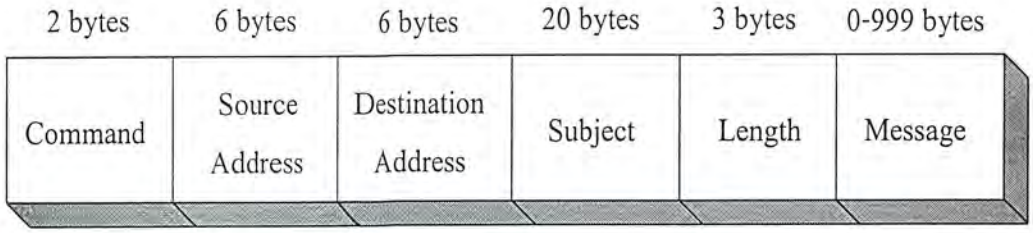
รูปที่ 3.23 Call Setup and Call Clear Mail Data Frame Format



รูปที่ 3.24 Call Setup Call Clear Send File



รูปที่ 3.25 Data Exchange File Data



รูปที่ 3.26 Call Exchange Mail Data Frame Format

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 ชนิดของเฟรมแบ่งออกเป็น 5 ประเภท

- Contect and Multi Contect ทำหน้าที่สำหรับเก็บข้อมูลต้นทาง, ปลายทางของสถานี และข้อความที่ทำการติดต่อสื่อสารระหว่างคู่สถานี หรือกลุ่มสถานี

- Call Setup and Call Clear Mail Data ทำหน้าที่ควบคุมในส่วนของ Mail

- Call Exchange Mail Data ทำหน้าที่เก็บข้อมูลในการรับ/ส่ง Mail

- Call Setup Call Clear Send File ทำหน้าที่ควบคุมในส่วนของ File

- Data Exchange File Data ทำหน้าที่เก็บข้อมูลในการรับ/ส่ง File

ในแต่ละส่วนของเฟรมนั้นประกอบไปด้วยฟิลด์ย่อย ๆ และความแต่ละฟิลด์เป็นไบต์ ซึ่งฟิลด์ต่าง ๆ มีรายละเอียดดังนี้

- Command Field จะมีคำสั่งทั้งหมด 8 คำสั่ง คือ

0 คือ Talk Contact

1 คือ Multi Talk Contact

2 คือ Call Setup Mail

3 คือ Data Exchange Mail Data

4 คือ Call Clear Send Mail

5 คือ Call Setup Send File

6 คือ Data Exchange Send File Data

7 คือ Call Clear Send File

- Source Address มีความยาว 6 ไบต์ จะเป็นหมายเลขประจำตัวของนักวิทยุสมัครเล่น หรือคอลซายน์ (Call Sign) ของสถานีต้นทาง

- Destination Address มีความยาว 6ไบต์ จะเป็นหมายเลขประจำตัวของนักวิทยุสมัครเล่นในส่วนของสถานีปลายทาง

- Length มีความยาว 3 ไบต์ ใช้แสดงความยาวของข้อมูล

- Message, File Data มีความยาวตั้งแต่ 0-999 ไบต์ ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่จะทำการส่งไปยังสถานีปลายทาง

- Subject มีความยาว 20 ไบต์ ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่เป็นหัวเรื่องในส่วนของการติดต่อสื่อสารแบบ Mail

- File Name มีความยาว 12 ไบต์ ทำหน้าที่เก็บชื่อไฟล์ในส่วนการรับ/ส่งไฟล์

- File Type มีความยาว 1 ไบต์ ทำหน้าที่เก็บชนิดของไฟล์ว่าเป็นไฟล์ชนิดใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

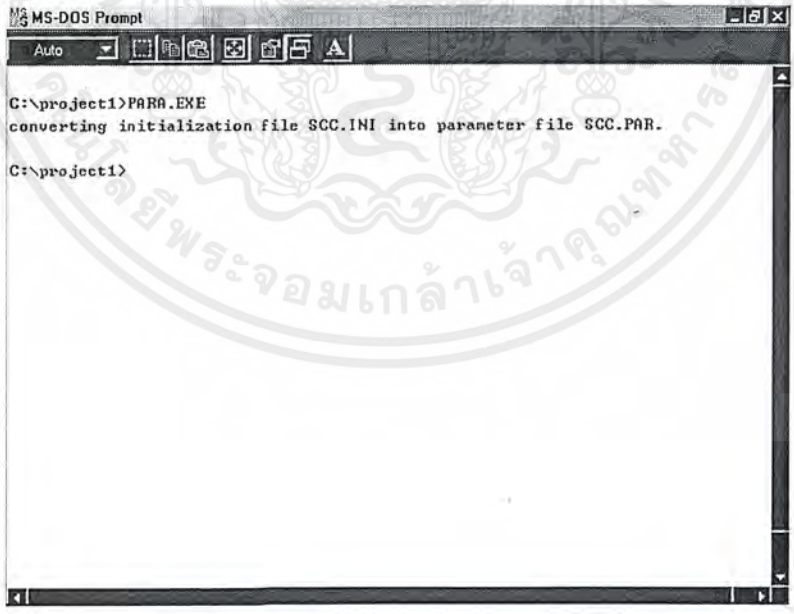
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดสอบโปรแกรมกับฮาร์ดแวร์

1. ทำการ Copy โปรแกรมลงไว้ใน Hard Disk โดยมีไฟล์ที่จำเป็นที่จะต้องใช้งานดังต่อไปนี้

INSTALL.EXE	SCC.INI
L2.EXE	SCC.PAR
PARA.EXE	TERMHELP.SCC
SCC.EXE	THAI.COM
OFF.COM	PROJECT1.BAT

2. ขั้นตอนต่อไปคือการติดตั้งโปรแกรมจากไฟล์ SCC.INI ก่อนอื่นต้องทำการเซ็ตค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ภายในไฟล์เสียก่อนโดยการใช้คำสั่ง Text Editor หรือ Q Editor เพื่อแก้ไขข้อมูลต่าง ๆ ให้เรียบร้อยเสียก่อน

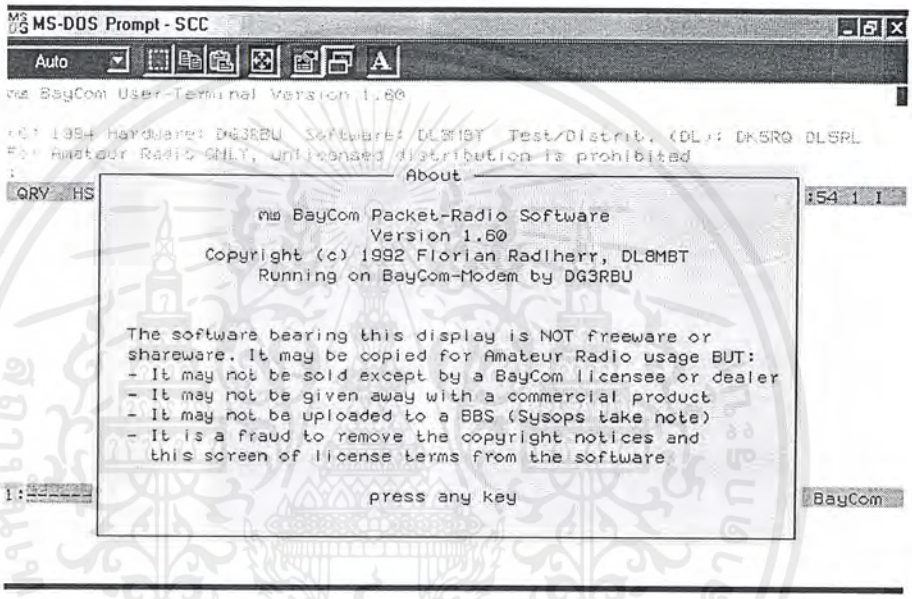


รูปที่ 4.1 เป็นการแปลงค่าต่าง ๆ ภายในไฟล์ SCC.INI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.จากนั้นทำการรันโปรแกรม PARA.EXE เพื่อแปลงค่าต่าง ๆ ภายในไฟล์ SCC.INI ให้ไปเป็นไฟล์ SCC.PAR ดังแสดงในรูปที่ 4.1

4. เรียกโปรแกรม PROJECT1.BAT โดยโปรแกรม PROJECT1 นั้นจะเป็นไฟล์ชนิด Batch File จะเป็นโปรแกรมสำหรับเรียกไฟล์ L2.EXE SCC.EXE และ THAI.COM จากนั้นก็จะเป็นการเริ่มเข้าสู่โปรแกรมดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 หน้าแรกของการเข้าสู่โปรแกรม

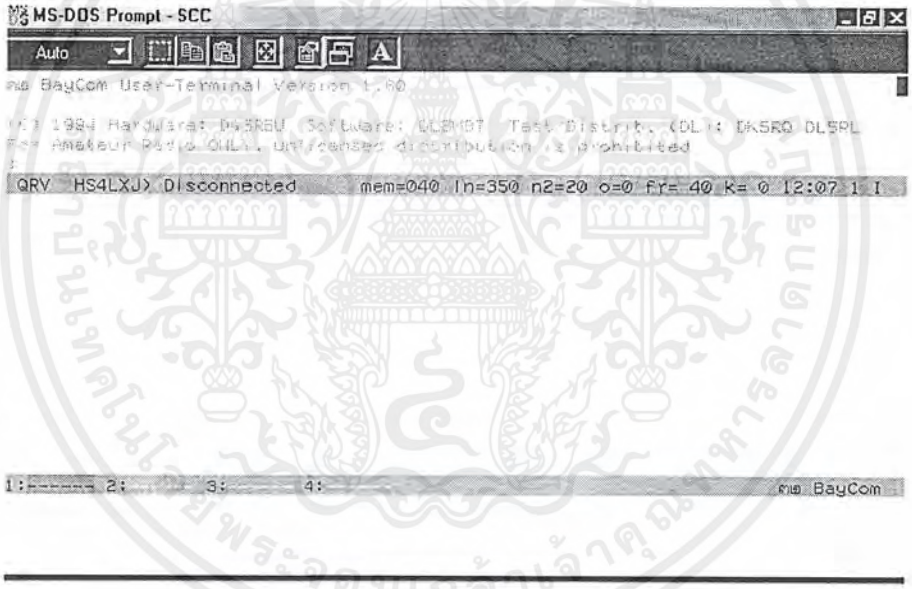
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เมื่อกด Enter จะได้ผลการแสดงดังรูปที่ 4.3 โดยจะแบ่งส่วนต่าง ๆ ของการแสดงผลออกเป็น 3 หน้าต่างดังนี้

หน้าต่างส่วนบนสุด (Transmit Window) จะเป็นหน้าต่างที่แสดงผลการใช้คำสั่งหรือข้อความที่ทำการส่งออกไป และเป็นส่วนควบคุมโปรแกรมโดยคำสั่งควบคุมจะเป็นคำสั่งที่ต้องมี : นำหน้าเสมอแต่ถ้าไม่มีโปรแกรมจะถือว่าเป็นข้อมูลที่ต้องการจะติดต่อ

หน้าต่างส่วนกลาง (Receive Window) จะเป็นหน้าต่างที่แสดงผลของการรับข้อมูล เมื่อติดต่อสำเร็จ

หน้าต่างส่วนล่าง (Monitor Window) จะเป็นหน้าต่างที่แสดงผลการเฝ้าดูข้อมูลที่ สถานีเราสามารถรับได้จากสถานีอื่นที่ส่งข้อมูลมา



รูปที่ 4.3 เป็นหน้าต่างการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

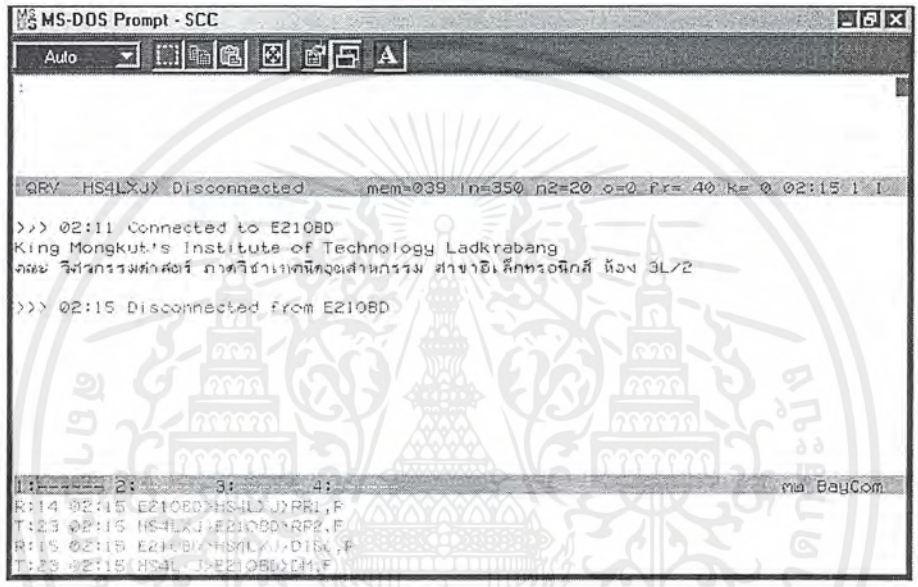
4.2 ทดสอบการส่งข้อมูลที่ใช้ระหว่างคู่สถานี

ทดลองติดต่อกับคู่สถานี ในการติดต่อสื่อสารนั้นจะต้องใช้คำสั่ง :CONNECT แล้วตามด้วยชื่อคอลซายน์ของบุคคลที่จะทำการติดต่อด้วย :CONNECT HS4LXJ เมื่อใช้คำสั่งนี้โปรแกรมจะทำการติดต่อไปยังคู่สถานี เมื่อติดต่อคู่สถานีได้แล้วจะปรากฏข้อความคือ Connected to HS4LXJ ในขณะนี้เราสามารถส่งข้อความโต้ตอบกันกับคู่สถานีที่เราติดต่ออยู่ได้ โดยได้ทำการส่งข้อความคำว่า "King Mongkut's Institude of Technology Ladkrabang" และ "คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ห้อง 3L/2" ไปให้ทางคู่สถานีที่ทำการติดต่ออยู่ดังแสดงในรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.4 การทดสอบส่งข้อความไปยังคู่สถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทางด้านของ E21OBD ทำการส่งข้อความไปให้ทาง HS4LXJ แล้วนั้นทางด้านของ HS4LXJ ก็จะได้รับข้อความที่ทางด้านของ E21OBD ส่งมาหรือจะเป็นทางด้านของ HS4LXJ ส่งมาให้ทาง E21OBD บ้างหลังจากนั้นเราหากต้องการเลิกติดต่อกับคู่สถานีใดที่เราติดต่ออยู่ก็ให้ใช้คำสั่ง : DISCONNECT จะปรากฏข้อความคือ Disconnected From E21OBD ดังแสดงในรูปที่ 4.5

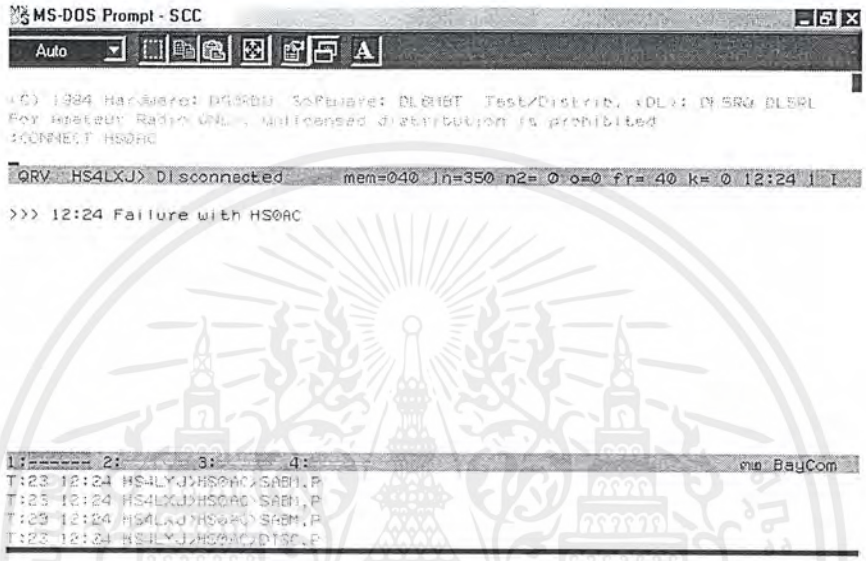


รูปที่ 4.5 การทดสอบรับข้อมูลจากคู่สถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ทดสอบการติดต่อระหว่างคู่สถานีในกรณีติดต่อไม่ได้

จากรูปที่ 4.6 เป็นการแสดงผลการติดต่อกับคู่สถานี ในกรณีที่ไม่สามารถติดต่อกับคู่สถานีที่เราทำการติดต่อด้วยได้จะปรากฏข้อความ Failure With HS0AC

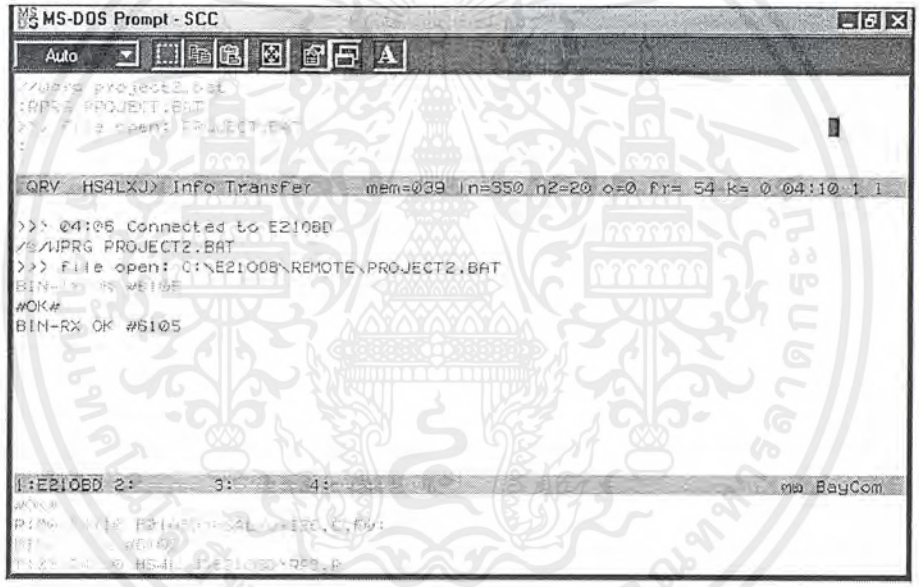


รูปที่ 4.6 ผลของการติดต่อกับคู่สถานีไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ทดสอบการส่งแฟ้มข้อมูล

การส่งแฟ้มข้อมูลไปให้คู่สถานี โดยเมื่อติดต่อกับคู่สถานีได้แล้วใช้คำสั่ง //WPRG แล้วตามด้วยชื่อไฟล์ซึ่งคำสั่ง //WPRG นั้นก็คือการเขียนชื่อไฟล์ไว้ในสถานีของคู่สถานี โดยได้ทำการทดสอบโดยส่งไฟล์ที่ชื่อ PROJECT.BAT ที่มีขนาด 117 ไบต์ เป็นไฟล์ชนิดเท็กซ์ไฟล์ เมื่อคู่สถานีได้รับคำสั่งนี้แล้วก็จะทำการเปิดไฟล์จะมีข้อความแสดงขึ้นมาว่า "<<<< FILE OPEN : C:\E21OBD\REMOTE\PROJECT2.BAT" หลังจากนั้นก็ใช้คำสั่ง :RPRG PROJECT.BAT โปรแกรมก็จะทำการอ่านข้อมูลจนหมดแล้วทำการส่งข้อมูลไปให้คู่สถานีแล้วใช้คำสั่ง //W OFF เป็นการสิ้นสุดการส่งไฟล์ไปให้คู่สถานี ดังรูปที่ 4.7

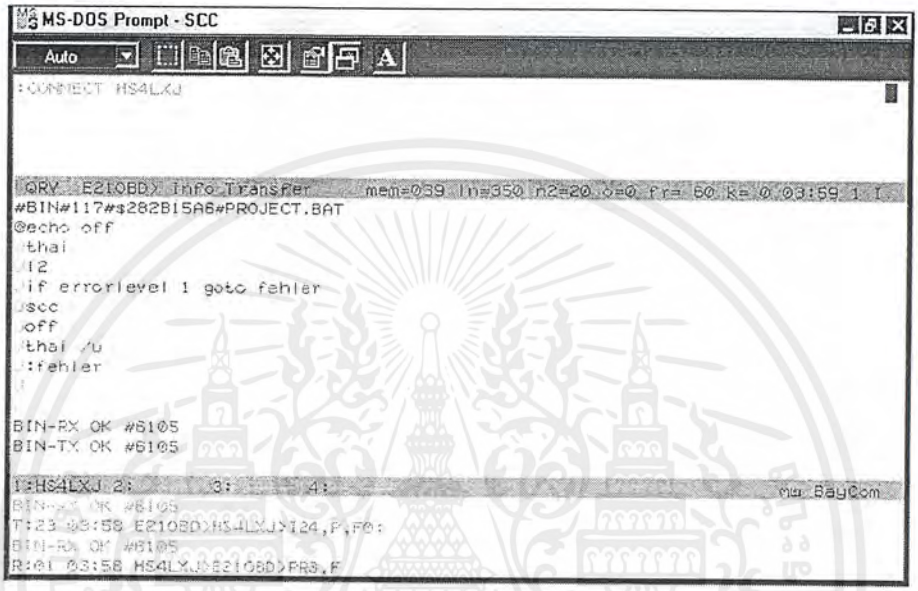


รูปที่ 4.7 ทดสอบการส่งแฟ้มข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ทดสอบการรับแฟ้มข้อมูล

จะเป็นการทดสอบรับไฟล์ที่ส่งมาจาก HS4LXJ ที่มีชื่อไฟล์ว่า PROJECT.DAT ซึ่งผลที่ได้ในขณะรับข้อมูลจะเป็นไปตามดังรูปที่ 4.8

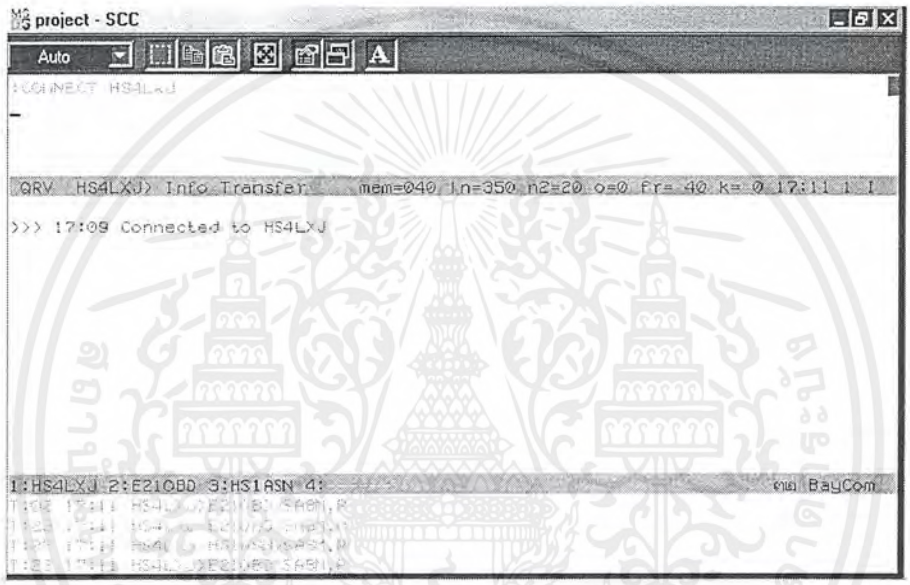


รูปที่ 4.8 ทดสอบการรับแฟ้มข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ทดสอบการติดต่อระหว่างคู่สถานีหลายคู่สถานี

ในส่วนนี้จะเป็นการติดต่อระหว่างคู่สถานีหลายสถานีพร้อมกัน โดยมีการติดต่อกัน 3 คู่สถานีคือ HS4LXJ, E21OBD, HS1ASN เมื่อต้องการติดต่อกับคู่สถานีใดก็ทำการกด (Function F) เช่น เมื่อต้องการติดต่อกับ HS4LXJ ให้กด F1 เมื่อต้องการติดต่อกับ E21OBD ให้กด F2 ส่วนถ้าต้องการตีดต่อกับ HS1ASN ก็ให้กด F3 เป็นการสลับการติดต่อ



รูปที่ 4.9 ทดสอบการติดต่อระหว่างกลุ่มสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 สรุปผลการทดลองการรับ/ส่งข้อมูลทุกโหมดการทำงาน

ทดสอบรับ/ส่งข้อมูลในทุกโหมดการทำงานในห้องทดลองซึ่งแต่ละสถานีตั้งวางกันในระยะ 5 เมตร ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1

โหมดการทำงาน	ด้านส่ง			ด้านรับ		
	ครั้งที่ 1-5	ครั้งที่ 6-10	ครั้งที่ 11-15	ครั้งที่ 1-5	ครั้งที่ 6-10	ครั้งที่ 11-15
Multi User	10 ตัวอักษร	50 ตัวอักษร	90 ตัวอักษร	10 ตัวอักษร	50 ตัวอักษร	90 ตัวอักษร
User to User	10 ตัวอักษร	50 ตัวอักษร	90 ตัวอักษร	10 ตัวอักษร	50 ตัวอักษร	90 ตัวอักษร
Send File	1 ไฟล์	1 ไฟล์	1 ไฟล์	1 ฉบับ	1 ฉบับ	1 ฉบับ

ตารางที่ 4.1 ทดสอบทุกโหมดการในระยะห่างระหว่างสถานี 5 เมตร

ทดสอบรับส่งข้อมูลในทุกโหมดการทำงานซึ่งสถานีหนึ่งตั้งอยู่ที่ชั้น 2 และอีกสถานีหนึ่งอยู่ที่ชั้น 3 ของอาคาร ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.2

โหมดการทำงาน	ด้านส่ง			ด้านรับ		
	ครั้งที่ 1-5	ครั้งที่ 6-10	ครั้งที่ 11-15	ครั้งที่ 1-5	ครั้งที่ 6-10	ครั้งที่ 11-15
Multi User	10 ตัวอักษร	50 ตัวอักษร	90 ตัวอักษร	10 ตัวอักษร	50 ตัวอักษร	90 ตัวอักษร
User to User	10 ตัวอักษร	50 ตัวอักษร	90 ตัวอักษร	10 ตัวอักษร	50 ตัวอักษร	90 ตัวอักษร
Send File	1 ไฟล์	1 ไฟล์	1 ไฟล์	1 ฉบับ	1 ฉบับ	1 ฉบับ

ตารางที่ 4.2 ทดสอบทุกโหมดการทำงานในระหว่างชั้นของอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และสรุป

การนำคอมพิวเตอร์มาต่อเข้ากับเครื่องวิทยุรับ/ส่ง โดยมีโมเด็มทำหน้าที่เป็นตัวกลาง จะช่วยลดปัญหาความแออัดของการใช้งาน เนื่องจากเป็นการระบุผู้รับและผู้ส่ง จึงทำให้ใช้งานพร้อมกันได้หลายสถานีในเวลาเดียวกัน โดยแต่ละสถานีจะเลือกรับเฉพาะข้อความที่ส่งมาให้สถานีตัวเองเท่านั้น และจะมีการตรวจสอบว่าขณะนี้มีการใช้งานความถี่อยู่หรือไม่ และจะรอจนกว่าความถี่ว่างแล้วจึงจะทำการส่งข้อความออกไปและเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลก็ใช้เวลาเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จึงเป็นการเปิดโอกาสให้คู่สถานีอื่น ๆ ใช้ความถี่ในเวลาเดียวกัน

สามารถติดต่อสื่อสารได้อย่างรวดเร็วและสามารถติดต่อกันได้ในระยะทางที่ไกลกว่าการใช้งานด้วยคำพูด เนื่องจากระบบคอมพิวเตอร์สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว และหลักการทำงานของโมเด็มจะใช้สัญญาณเสียงแค่ 2 ความถี่จึงทำให้สามารถรับสัญญาณได้ง่ายถึงแม้ว่าสัญญาณที่รับเข้ามาจะอ่อนก็ตาม ซึ่งต่างจากเสียงพูดที่ระดับเสียงหลายความถี่ นอกจากนี้ยังมีระบบรับส่งแฟ้มข้อมูลและระบบฝากข้อความ ทำให้ไม่พลาดโอกาสที่จะรับข่าวสารถึงแม้ผู้รับจะไม่อยู่ก็ตาม

5.1 ข้อดีของโครงงาน

การวิจัยของโครงงานนี้นอกจากจะมีประโยชน์ในส่วนของระบบวิทยุสมัครเล่นแล้ว ยังสามารถนำไปใช้ในกิจการอื่น ๆ เช่นเป็นระบบสำรองในกรณีฉุกเฉินเมื่อระบบการสื่อสารหลัก เช่น โทรศัพท์ตามบ้านทั่วไปเกิดใช้การไม่ได้ หรือไม่สามารถต่อเชื่อมกับระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต นอกจากนั้นยังสามารถติดต่อสื่อสารกันได้ในพื้นที่ที่เครือข่ายโทรศัพท์ยังเข้าไม่ถึง แต่โครงงานนี้สามารถติดต่อได้ โดยไม่ต้องผ่านสายโทรศัพท์ตามบ้าน โดยใช้ย่านความถี่ของกิจการวิทยุสมัครเล่นเป็นตัวรับ/ส่งคลื่น โดยมี Modem เป็นตัวแปลงสัญญาณแล้วแสดงผลออกทางคอมพิวเตอร์

5.2 ข้อเสียของโครงงาน

อัตราความเร็วที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารยังมีความเร็วไม่มากเท่าที่ควร และในการทดลองยังไม่สามารถยืนยันได้ถึงการใช้งานในสภาพการใช้งานจริงในระยะทางไกล ๆ และมีสัญญาณรบกวนจากแหล่งต่าง ๆ และความกว้างของแบนวิดท์แคบด้วยจึงทำให้การติดต่อสื่อสารของภาครับและภาคส่งช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 อุปสรรคของโครงงาน

อุปสรรคของโครงงานคือ ในขั้นตอนการ Set Parameter ถ้า Set ไม่ถูกต้องจะทำให้ไม่สามารถติดต่อสื่อสารกันได้จะต้องทำความเข้าใจกับค่า Parameter ต่าง ๆ ถ้าเกิดว่าเครื่องวิทยุรับ/ส่งมีค่ากำลังส่งต่ำลง จะทำให้ Disconnect เร็วขึ้น ทำให้ไม่สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ ถ้าเกิดว่าช่องความถี่ที่กำลังใช้งานอยู่นั้นมีการใช้ความถี่ที่หนาแน่นก็จะส่งผลให้ไม่สามารถติดต่อกับคู่สถานีได้หรือติดต่อกับคู่สถานีได้ยากขึ้น และถ้าเกิดว่าต้องการติดต่อกับคู่สถานีที่อยู่ระยะไกลจะต้องมีการติดตั้งสายอากาศที่สามารถรับ/ส่งสัญญาณได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.4 แนวทางในการพัฒนาต่อ

1. การเพิ่มอัตราการรับส่งข้อมูล

อัตราการรับส่งข้อมูลที่ใช้อยู่เป็น 1200 บิตต่อวินาที เป็นค่าที่ถูกจำกัดโดยวิธีการมอดูเลตสัญญาณ และข้อจำกัดในระบบของเครื่องรับส่ง กล่าวคือ การมอดูเลตแบบแบบเลื่อนความถี่มีอัตราการรับส่งข้อมูลสูงสุด 1200 บิตต่อวินาที และช่วงความถี่ตอบสนองของเครื่องวิทยุรับส่งอย่างในช่วงสัญญาณเสียงเท่านั้น (สูงสุด 4 KHz) ซึ่งแนวทางการพัฒนาในส่วนนี้คือ

- เปลี่ยนวิธีการมอดูเลต เป็นวิธีที่มีอัตราการรับส่งข้อมูลสูงขึ้น เช่น PSK, QAM
- เปลี่ยนเครื่องรับส่งวิทยุที่มีการตอบสนองความถี่เพิ่มมากขึ้น

2. ในการที่จะสื่อสารกันในระยะทางไกล ๆ ต้องพัฒนาให้มีระบบทวนสัญญาณ (Repeater) เพื่อการติดต่อสื่อสารจะได้ไกลขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. บัณฑิต โรจน์อารยานนท์. "**หลักการสื่อสาร**", กรุงเทพฯ , สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2541.
2. วิวัฒน์ กิรานนท์. "**พื้นฐานการสื่อสารข้อมูล**", กรุงเทพฯ , คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2536.
3. วิวัฒน์ กิรานนท์. "**การสื่อสารข้อมูลดิจิตอล**", กรุงเทพฯ , คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2535.
4. ฉัตรชัย สุมามาลย์. "**การสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์ และระบบเครือข่าย**", บริษัทไอทีพับลิชชิ่ง จำกัด, 2521.
5. วิชเยนทร์ ตรีธารทิพย์วิกุล. "**คู่มือการใช้โปรแกรมแพ็กเก็ตเรดิโอ**", นิตยสารแฮมนิวส์, ปีที่4, ฉบับที่ 36, มีนาคม 2540. หน้า 112-114
6. วิชเยนทร์ ตรีธารทิพย์วิกุล. "**คู่มือการใช้โปรแกรมแพ็กเก็ตเรดิโอ**", นิตยสารแฮมนิวส์, ปีที่4, ฉบับที่ 37, พฤษภาคม 2540. หน้า 111-112
7. ณัฐ จันทร์ครบ , สรายุทร์. "โครงการอิเล็กทรอนิกส์", นิตยสารร้อยวัตต์, ปีที่ 7, ฉบับที่ 43, เมษายน 2539. หน้า 83-87
8. กิตติพงศ์ องค์วรโสภณ. "**เครือข่ายแพ็คเก็ตเรดิโอ**", นิตยสารร้อยวัตต์, ปีที่ 10, ฉบับที่ 62, กันยายน 2542. หน้า 91-92
9. HS4DOR. "**แพ็คเก็ตเรดิโอ**", นิตยสารวงการวิทยุสื่อสาร และโทรคมนาคมไทย, ปีที่ 4, ฉบับที่ 18, มกราคม 2543. หน้า 85-89
10. George Kennedy. **Electronic Communication System**, McGRAW Hill, 1970
11. **The ARRL Handbook For the Radio Ameteur**, Sixty-fifty edition, 1988
12. **Telecom Circuit Data Book**. First european edition, Texus Instrument, 1985

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

Solfware BayCom

วิธีติดตั้งและการใช้ Solfware BayCom รุ่น 1.6

1. Copy โปรแกรม BayCom เข้าไปใน Hard Disk ไฟล์ที่จำเป็นที่จะทำให้การทำงานสมบูรณ์มีดังนี้

L2.EXE

PARA.EXE

SCC.PAR

TERMHELP.SCC

OFF.COM

SCC.EXE

SCC.INI

BAYCOM.BAT

2. จาก Directory BayCom ให้พิมพ์ install.exe C:\>BayCom\>install.exe เมื่อเรียกไฟล์ install.exe แล้ว หน้าจอจะปรากฏคำแนะนำการติดตั้ง ดังนี้

หน้าต่างที่ 1 แนะนำให้ติดตั้งแบบ EXPRESS-INSTALL

หน้าต่างที่ 2 หากใช้จอสีให้พิมพ์ Y หรือกด ENTER หากไม่ได้ใช้ให้พิมพ์ N

หน้าต่างที่ 3 สามารถแก้ไขชื่อ Subdirectory ได้

หน้าต่างที่ 4 ให้ดูที่ COM Port : (RS 232) แล้วแก้ไขชื่อ COM Port ที่ใช้งานให้ถูกต้อง หากข้อมูลผิด จะทำให้เครื่องไม่สามารถสื่อสารกันได้

หน้าต่างที่ 5 เมื่อกด ENTER จากหน้าต่างที่ 4 แล้วไม่ต้องแก้ไขใด ๆ ในหน้าต่างนี้ ก็จะเป็นการแจ้งชื่อ COM Port เป็นภาษาเครื่องให้ทราบโดยอัตโนมัติ

หน้าต่างที่ 6 ให้เติมสัญญาณเรียกขาน ชื่อ นามสกุล กับที่อยู่

หน้าต่างที่ 7 แจ้งให้ทราบว่าข้อมูลได้ถูกติดตั้งเรียบร้อยแล้ว กดปุ่มใด ๆ เพื่อออกจากการติดตั้ง

การติดตั้งแบบใช้ไฟล์ SCC.INI

หากไม่สามารถใช้ไฟล์ install.exe ก็สามารถเลือกใช้ไฟล์ SCC.INI ไฟล์นี้สามารถแก้ไขได้โดยใช้คำสั่ง Text Editor หรือ Q-Edit เมื่อแก้ไขข้อมูลต่างๆ เรียบร้อยแล้ว จะต้องพิมพ์ para.exe

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อแปลงค่าต่าง ๆที่อยู่ในไฟล์ SCC.INI ให้เป็นภาษาเครื่อง หากไม่ใช้คำสั่งนี้ ตัว Software ยังคงรู้จักแต่ค่าเดิม ๆ

C:\>Project\> พิมพ์คำว่า Edit SCC.INI อ่านทีละบรรทัดให้เข้าใจ ให้สังเกตว่าในด้านหน้าของแต่ละบรรทัด ถ้ามีเครื่องหมาย : (Colon) แสดงว่าบรรทัดนั้นเป็นคำอธิบาย หรือเป็นคำสั่งที่ไม่ใช้งาน หากไม่มีแสดงว่าเป็นคำสั่งที่จะใช้งาน เมื่อแก้ไขเสร็จแล้ว ทำการบันทึกให้เรียบร้อย แล้วออกจาก Edit ไปที่ C:\>Project\> พิมพ์คำว่า para.exe เข้าสู่โปรแกรม C:\>Project\> พิมพ์คำว่า BAYCOM โดย BAYCOM ไฟล์นี้เป็น batch file ที่ช่วยให้เข้าโปรแกรมได้ง่ายขึ้น เมื่อเรียก PROJECT จะไปเรียกไฟล์ L2.exe scc.exe รวมทั้ง thai .com ถ้าได้ติดตั้งภาษาไทยไว้ด้วย จอภาพจะแสดงผลเป็น 3 หน้าต่าง

หน้าต่างบนสุด (Transmit Window) เป็นหน้าต่างที่แสดงผลการใช้คำสั่งหรือข้อความที่พิมพ์ออกไป

หน้าต่างกลาง (Receive Window) แสดงผลการรับข้อมูลเมื่อติดต่อสำเร็จ

หน้าต่างล่างสุด (Monitor Window) ใช้ในการเฝ้าดูข้อมูลที่สถานีสามารถรับได้

วิธีการติดต่อพื้นฐาน

การใช้คำสั่งหน้าจอ ให้ใช้หน้าต่างบนสุด และต้องพิมพ์คำสั่งที่หลัง Command Prompt เท่านั้น Command Prompt สำหรับ Packet Radio ส่วนใหญ่จะใช้ cmd หรือเครื่องหมาย : (Colon)

คำสั่งที่ใช้บ่อย ๆ

ตัวย่อ	คำเต็ม	ความหมาย
C	Connect	ขอการติดต่อ
M	Disconnect	ขอเลิกการติดต่อ
H	Help	ดูคำอธิบายคำสั่ง
Mh	Myheard	ตรวจดูว่ามีใครอยู่ในความถี่
Esc		เปลี่ยนเป็น Command Mode
F2		เปลี่ยนเป็น Convert Mode
Alt--X		ออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ QSO ด้วย Keyboard

สมมุติว่า HS1ASN จะติดต่อกับ HS1BTI

:C HS1BTI ถ้าติดต่อสำเร็จ เครื่องจะตอบกลับมาว่า Connected HS1BTI ถ้า HS1BTI อยู่หน้าเครื่อง ก็เริ่มต้นพูดคุยกันได้เลย โดยใช้ Keyboard พิมพ์เป็นตัวอักษร เมื่อเลิกติดต่อให้ไปที่ Command Prompt แล้วพิมพ์คำว่า d (:d) เครื่องจะโต้ตอบกลับมาว่า Disconnect From HS1BTI กรณีติดต่อไม่สำเร็จ จะมีข้อความดังต่อไปนี้

- Failure From HS1BTI (กรณีไม่เปิดเครื่อง)
- Busy From HS1BTI (กรณีปิดเครื่องแต่กำลังใช้งานอยู่)
- Retry Count Exceed (กรณีที่พยายามติดต่อหลายครั้งเกินกว่าที่ได้กำหนดไว้)

การติดต่อกับสถานีที่มีระบบ Mailbox

สมมุติติดต่อกับ TNC ยี่ห้อ MFJ ของ HS1BTI

:C HS1BTI-1 Connected to HS1BTI จะปรากฏข้อความว่า [MFJ-2.1c-IH$] Mailbox Ready 25500 Free {0} Mailbox (B, E, H, J, K, L, R, S, M, T)

ข้อความ	ความหมาย
Bye	Logout หมายถึง เลิกติดต่อ
Edit	แก้ไขหัวจดหมายที่ตัวเองส่งไป
Help	คำอธิบายคำสั่ง
J	เป็นคำสั่งของเจ้าของ Mailbox ดูว่าใครเข้าใช้งานบ้าง
Kill	สั่งให้ลบจดหมายของตัวเองที่ได้อ่านแล้ว
K##	K ตามด้วยหมายเลขจดหมายที่จะลบ ผู้ลบจะต้องเป็นเจ้าของจดหมายหรือเจ้าของ Mailbox
List	List เรียกดูหัวข้อของจดหมายใน Mailbox
Read	Read อ่านจดหมายที่มาถึงเราเท่านั้น
R##	R ตามด้วยหมายเลขจดหมายที่จะอ่าน
S(call)	Send พิมพ์ S ตามด้วยสัญญาณเรียกขานของผู้รับจดหมาย
SP(call)	Send Private พิมพ์ SPตามด้วยสัญญาณเรียกขานของผู้รับจดหมาย คำสั่งนี้เป็นจดหมายส่วนตัว แบบเฉพาะเจาะจง ผู้อื่นไม่สามารถอ่านได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อติดต่อได้แล้ว สมมุติจะฝากจดหมายถึง HS1UHR

S hs1uhr <enter>

Title: พิมพ์หัวเรื่อง เช่น ทดสอบ <enter>

send msg, Control-z or /ex to end:

พิมพ์เนื้อหาจดหมายที่จะส่ง เมื่อเสร็จแล้วให้กด <enter> ลงมาบรรทัดใหม่ แล้วพิมพ์คำว่า /ex หรือกดปุ่ม Ctrl-Z

Message Saved 25450 Free {0} Mailbox (B, E, H, J, K, L, R, S, M, T)

เมื่อต้องการเลิกติดต่อ พิมพ์คำว่าb

คำสั่งในโปรมแกรมที่น่าสนใจ

คำสั่ง	ตั้งค่า	อธิบาย
:7Psave	No/Off	จะ Save ไฟล์ 7Plus ไปที่ Directory เฉพาะ
:Cnot	<call> , <call>	ปฏิเสธที่จะติดต่อกับสัญญาณเรียกขานที่กำหนดไว้
:Clear n	1, 2, 3	ต้องการลบข้อมูลหน้าต่างที่ ?
Clear 123		ลบข้อมูลทั้ง 3 หน้าต่าง
:C (Connect)	<call> หรือ [via <call>]	ต้องการติดต่อ
:Dir <path>	Dir c:\mfj\xxx	ดู Fileอื่น ๆ ในเครื่อง เช่น ดูไฟล์ xxx C:mfj
:Disconnect		เลิกการติดต่อ
:Help		ดูคำสั่งอธิบาย
:mheard		ดูสัญญาณเรียกขานที่ได้ติดต่อเข้ามา
:List	:li a หรือ b หรือ c	ดูข้อความ ST ใน scc.ini
Oshell		ออกไป Dos เพื่อทำงานเล็กน้อย เช่น Dir, Del, Copy เป็นต้น
:Read <filename>	:r c:\mfj\xxx	เพื่อส่ง File xxx ไปยังคู่สถานี
:Retry n	:ret 20	ให้ทบทวนการส่ง 20 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

:rprg	:rprg c:\scc.exe	ส่งข้อมูลแบบ Binary file
:Version		ดู Version ของโปรแกรม
:wprg	On/Off	รับข้อมูลแบบ Binary file ไปยัง Disk
:Write	On/Off	รับข้อมูลแบบตัวอักษร ไปยัง Disk
:Write pm		ออกเครื่องพิมพ์

สมมุติว่าต้องการติดต่อกับ HS1BTI โดยผ่าน HS1UHR

:c hs1bti v hs1usr

ถ้าผ่าน Digipeater มากกว่า 1 สถานี แต่ไม่เกิน 8 สถานี

:c hs1bti v hs1hr, hs1rms, hs1ero

หมายความว่า จะติดต่อกับ hs1bti โดยผ่าน hs1uhr ไปที่ hs1rms แล้วต่อไปที่ hs1ero จึงไปถึง hs1bti ในกรณีผ่านหลายสถานี ให้ใช้เครื่องหมาย , (จุลภาค) คั่นระหว่างสัญญาณเรียกขาน ออกจากโปรแกรม ใช้คำสั่ง :Alt x

HOT KEYS

F1....F8	สับเปลี่ยนระหว่างช่องที่ติดต่อกันแล้ว
F9	เปลี่ยน Cursor เพื่อดูหน้าต่างต่อไป
F10	ดูหน้าต่างที่ 3 <monitor> เต็มจอภาพ
ESCape หรือ Tab	เปลี่ยนระหว่าง Command กับ Convert Mode
Ctrl-Page up	ขยายความกว้าง Monitor Window
Ctrl-Page down	ลดความกว้าง Monitor Window
Ctrl-Home	ลดความกว้าง Transmit Window
Ctrl-End	ขยายความกว้าง Transmit Window
Atl-X	ออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาย 5 DIN สำหรับ Modem

ใช้ Modem กับวิทยุติดรถยนต์

Modem แบบชุดสำเร็จเป็นชุดที่พร้อมทำงานกับวิทยุรับส่งแบบมือถือ หากต้องการใช้กับวิทยุแบบรถยนต์ เปิดกล่องแล้วยก Jumper ออก สามารถใช้งานได้ทันทีโดยไม่ต้องดัดแปลงอุปกรณ์ภายใน

วิธีต่อสาย DIN กับ Mic แบบติดรถยนต์

เอาสาย 5 DIN ต่อกับ Mic Connector ให้ตรงกับหน้าที่แต่ละขา สำหรับใช้กับวิทยุรับส่งแต่ละยี่ห้อตามตารางข้างล่างนี้

สาย 5 DIN

ขาที่	1	2	3	4
สีของสาย*	ขาว	เขียว	ดำ	แดง
หน้าที่	Mic	Ground	PTT	Speaker

* สีของสายที่ให้ไว้ในตาราง เป็นสีที่ใช้กับสาย 5 DIN ที่เตรียมไว้สำหรับ Modem

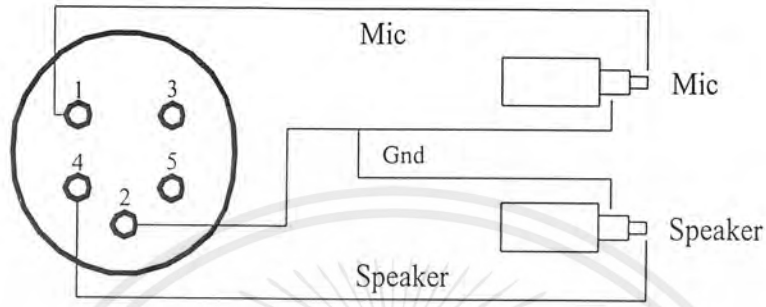
ยี่ห้อวิทยุ	แบบของ Mic	ขาที่			
KENWOOD	8P	1	7	2	Ext Speaker
	RJ 45	3	4	5	Ext Speaker
YAESU	8P	8	7	6	Ext Speaker
	RJ 45	5	4	6	Ext Speaker
ICOM	8P	1	6	5	Ext Speaker
	RJ 45	6	5	4	Ext Speaker
ALINCO	8P	1	8	2	Ext Speaker

ลักษณะ Mic แต่ละยี่ห้อของวิทยุที่ใช้กับสาย 5 DIN

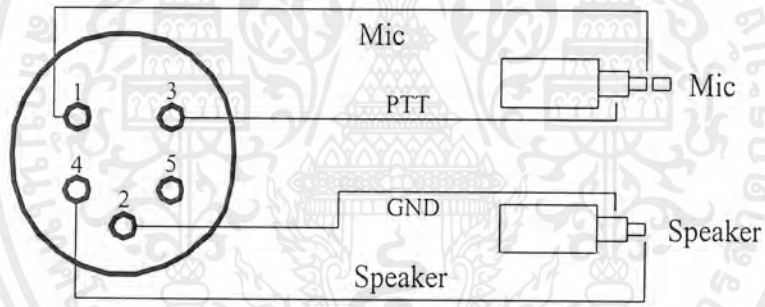
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อสาย 5 DIN กับวิทยุแบบมือถือ

1.ใช้กับวิทยุยี่ห้อ YAESU, ICOM, ALINCO, ADI



2.ใช้กับวิทยุยี่ห้อ KENWOOD (ต้องถอด Jumper ด้วย)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ประวัติความเป็นมาของแพ็คเก็ตเรดิโอ

เมื่อพุทธศักราช 2523 เป็นปีที่ FCC (Federal Communication Commission) ซึ่งเป็นองค์กรควบคุมการ สื่อสารกลาง ได้ให้การรับรองการส่งสัญญาณแบบ ASCII ของวิทยุสมัครเล่นในสหรัฐ นับเป็นระยะเวลาหนึ่งปีครึ่งหลังจากที่นักวิทยุสมัครเล่นในแคนาดาได้รับการอนุมัติให้ส่งสัญญาณการสื่อสาร "แพ็คเก็ตเรดิโอ" ซึ่งนักวิทยุสมัครเล่นแคนาดาได้คิดค้น โปโตคอลแพ็คเก็ตเรดิโอขึ้น สัญญาณเรียกขาน VE7APU แห่งแวนคูเวอร์ บริติชโคลัมเบีย ได้พัฒนาอุปกรณ์แพ็คเก็ตเรดิโอให้ชื่อว่า TNC ซึ่งมาจากคำว่า Terminal Node Controller ใช้ทำงานร่วมกับโมเด็มเพื่อแปลงสัญญาณ ASCII และได้ก่อตั้งชมรมสื่อสารระบบดิจิตอลแห่งแวนคูเวอร์ VADCG (Vancouver Amafeur Digital Communication Group) ขึ้น ขณะเดียวกันก็ตั้งชื่อของเขาว่า VADCG Board จากนั้นนักวิทยุสมัครเล่นแห่งสหรัฐอเมริกาเริ่มทดลองหาประสบการณ์กับ TNC ชื่อว่า VADCG เรื่อยมาจนกระทั่งถึงเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2523 ได้มีนักวิทยุสมัครเล่นจากซานฟรานซิสโก ชื่อ Hank Magnuhski สัญญาณเรียกขาน KA6M ได้นำระบบดิจิตอลรีพีทเตอร์มาใช้กับ TNC ที่เขาได้พัฒนาขึ้นมา กลุ่มนักวิทยุสมัครเล่นทั้งหลายต่างก็มีความสนใจใน TNC มากได้ทำการทดลองค้นคว้า และพัฒนาระบบแพ็คเก็ตเรดิโอต่อเนื่องกันมา และต่อมาได้ร่วมกันก่อตั้งสมาคมวิทยุสมัครเล่นขึ้นมาอีกสมาคมหนึ่งมีชื่อว่า Pacific Packet Radio Society : PPRS และ AMRAD:The Amateur Radio Research and Development Coporation ในกรุงวอร์ชิงตัน ดีซี จนกลายเป็นศูนย์กลางแพ็คเก็ตเรดิโอครอบคลุมพื้นที่ชายฝั่งตะวันออกทั้งหมด

จาก X.25 เป็น AX.25

กลุ่มนักวิทยุสมัครเล่นได้ร่วมมือกันทำการปรับปรุงและพัฒนาเวอร์ชั่นของโปรโตคอลที่ใช้ในเชิงพานิช X.25 ขึ้นมาใหม่ แล้วได้ขนานนามว่า AX.25 ถึงเดือนพฤศจิกายน พุทธศักราช 2527 TAPR ได้จัดทำชุดคิตของ TNC เพื่อให้เป็นอุปกรณ์ประกอบเองขึ้นมาชุดหนึ่ง โดยให้ชื่อว่า TAPR TNC 1 การพัฒนาโปรแกรมระบบศูนย์ข้อมูลที่เรียกว่า PBBS:Packet Bulletin Board System ขึ้นมาในปีพุทธศักราช 2528 แพ็คเก็ตเรดิโอได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางมากขึ้นทุกที ๆ ทั้งในสหรัฐและแคนาดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบทั่วไปของแพ็คเก็ตเรดิโอ

นับได้ว่าแพ็คเก็ตเรดิโอนั้นได้ให้หลายอย่างแก่เราซึ่งแตกต่างไปจากวิทยุสมัครเล่นทั่วไป เป็นต้นว่า เราสามารถติดต่อสนทนากับผู้ที่อยู่ห่างไกลไปหลายร้อยหลายพันไมล์ จากการส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (E-MAIL) การส่งข่าวสารทั่วๆไป การสื่อในภาวะฉุกเฉิน หรือการสื่อสารในโลกแห่งระบบดิจิตอลเป็นการแก้ปัญหาการรบกวนจากมนุษย์ (QRM) ในแบนด์ต่ำ ๆ เป็นโหมดใหม่ที่ใช้อยู่ใน FM ซึ่งดีกว่าเร็วกว่าที่เคยใช้กันในระบบ RTTY เหมาะสำหรับส่งข้อความอันเกี่ยวกับการค้นคว้าทดลองและผู้ใช้งานที่ไม่ค่อยว่างมากนัก

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงาน

- คอมพิวเตอร์
- TNC หรือโมเด็มพร้อมโปรแกรม
- เครื่องรับ/ส่งวิทยุ

การติดต่อสื่อสารกันทั้งโดยตรง และโดยอ้อมซึ่งผ่านทาง "แพ็คเก็ต" สามารถติดต่อสนทนากันโดยตรง ที่เรียกว่า Keyboard to Keyboard หรือแบบไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ หรือจะเป็นศูนย์ข้อมูลรับฝากข้อความก็ได้ และมีระบบตรวจสอบข้อความโดย TNC ข้อมูลทั้งหมดที่ส่งออกไปจึงไม่มีความผิดพลาดเลย เนื่องจากมีการตรวจสอบข้อมูลที่รับเข้ามา และรับเฉพาะข้อมูลที่ถูกต้องเท่านั้น ถ้าข้อมูลผิดก็จะไม่รับ ดังนั้นจึงมีการส่งข้อมูลซ้ำจนกว่าจะได้รับข้อมูลที่ถูกต้องสมบูรณ์

ข้อมูลที่ส่งออกไปจะถูกเก็บไว้ที่ TNC แล้วส่งออกไปเป็นกลุ่ม ๆ หรือแพ็คเก็ต แต่ละแพ็คเก็ตที่ส่งออกไปจะมีสัญญาณเรียกขาน หรือที่อยู่ของผู้รับ และผู้ส่งพร้อมระบุเส้นทางระหว่างคู่สถานีร่วมอยู่ด้วย พร้อมกับข้อความที่ทำการตรวจสอบแล้วออกไป แต่ละแพ็คเก็ตกำหนดความจุสูงสุดไว้ 256 ตัวอักษรจึงสามารถส่งข้อความครั้งหนึ่งได้มากกว่า 3 บรรทัด ภายใน 2 วินาที ในกรณีที่สถานีต่าง ๆ มากมายใช้ความถี่เดียวกันในเวลาเดียวกันก็คงต้องใช้เวลานิดหน่อย

คำแนะนำในการใช้โปรแกรม

เมื่อได้ติดตั้งโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ก็จะต้องทำในขั้นตอนต่อไป ถ้าเป็น TNC จะต้องทำการติดตั้งก่อน โดยมีขั้นตอนต่อไปนี้

1. อันดับแรก เปิดสวิทซ์ เมื่อเปิดขึ้นมาแล้วจะเห็นคำทักทายที่เรียกว่า Greeting หรือข้อความจาก TNC ปรากฏบนหน้าจอ บอกชื่อผู้ผลิต เวอร์ชันของโปรแกรม ข้อมูลต่าง ๆ เป็นต้น ถ้าเห็นเป็นขยะ เช่น &tfSd.h#smn, หมายถึง ค่าพารามิเตอร์ของ TNC และคอมพิวเตอร์ไม่เท่ากัน จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องปรับเปลี่ยนใหม่ถ้าไม่เห็นคำทักทาย หรือขยะให้ตรวจดูว่าสายไฟต่อเชื่อม ณ จุดต่าง ๆ ถูกต้องหรือไม่ คือขาปลั๊กแต่ละอันถูกต้องตรงกันหรือไม่

2. ต่อไปกด Control C (คือ กด Control ค้างไว้แล้วต่อด้วย C) ทำเช่นนี้ก็เพื่อให้ TNC เปลี่ยนไปอยู่ใน Command Mode เป็นระดับที่เราสามารถติดต่อกับ TNC ผ่านทางคีย์บอร์ดได้เมื่อทำเช่นนี้จะมีคำว่า cmd: ขึ้นมาให้เห็นบนหน้าจอภาพ เมื่อใดก็ตามที่เรากด Enter

3. MYCALL ให้ใส่สัญญาณเรียกขานลงไปตรงเครื่องหมายขีดนั้น ตัวอย่างเช่น MYCALL WB9LOZ ตามด้วย <CR> อันได้แก่ Enter นั้นเอง หรือบางแห่งก็ใช้คำว่า Return คำสั่งทุกคำที่พิมพ์ลงไปแล้วจะต้องกด Enter เสมอ จากนั้นมันจะบันทึกข้อความไว้ในหน่วยความจำของ TNC เพื่อใช้งานเมื่อออกอากาศต่อไป เพื่อตรวจสอบดูให้พิมพ์ MYCALL แล้วกด Enter ผลที่ปรากฏขึ้นนั้นจะมีสัญญาณเรียกขานของเราขึ้นมาด้วย ถ้าเป็นดังนั้นก็แสดงว่า TNC ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ ถ้าไม่เห็นเมื่อพิมพ์ข้อความนั้นลงไปให้แก้ไขต่อไปนี้ คือ พิมพ์ ECHO ON กด Enter เมื่อใช้คำสั่งแบบนี้แล้วถ้าเราพิมพ์อะไรลงไป มันจะออกมาสองตัว เช่น MMYYCCAALL ให้กด Enter แล้วพิมพ์ ECHO OFF กด Enter

4. ต่อไปใช้คำสั่ง MONITER ON กด Enter MRPT ON กด Enter สำหรับผู้ใช้โปรแกรมแพ็คเก็ตเรดิโอกับโมเด็มแทนการใช้ TNC ให้ใส่สัญญาณเรียกขานในตอนที่ติดตั้งไฟล์ในระหว่างติดตั้งโปรแกรม ถ้าไม่มีก็ให้หาคู่มือก่อนใช้โปรแกรมมาศึกษาเพื่อติดตั้งไฟล์ให้แก่สถานีเรา จำไว้ด้วยว่าการใช้โปรแกรมแบบนี้จะไม่กด Control C เพื่อเข้าสู่ Command Mode เพียงแต่กด ESC ก็เข้าสู่คำสั่งต่าง ๆ เบื้องต้นได้

5. ตัวเลขท้ายสัญญาณเรียกขาน ในแพ็คเก็ตเรดิโอนั้น สัญญาณเรียกขานเดียวสามารถตั้งแยกออกไปได้ถึง 16 สถานี เพื่อทำการออกอากาศในคราวเดียวกันตัวเลขดังกล่าวจะใส่ไว้ท้ายสัญญาณเรียกขาน เช่น W6PW, W6PW-1, W6PW-2, W6PW-3, W6PW-4, W6PW-5 เป็นสถานีที่ส่วนตัว ภายใต้ใบอนุญาตเดียวกัน ส่วนสัญญาณเรียกขานที่ไม่ได้ใส่ตัวเลขท้ายคำ คือ มีตัวเลขเป็น 0 ตัวเลขเหล่านี้เรียกว่า SSID ย่อมาจากคำว่า Secondary Station Ids ซึ่งใช้แตกต่างกันไปในระหว่างสถานีต่าง ๆ ไม่ได้กำหนดตายตัวแต่ไม่ควรที่จะใช้สัญญาณเรียกขาน และ SSID มากกว่าหนึ่งสถานีในการออกอากาศในเวลาเดียวกัน

คำสั่งต่าง ๆ

การใช้โปรแกรมแพ็คเก็ตเรดิโอร่วมกับโมเด็มแทน TNC นั้น จะค้นหารายชื่อต่าง ๆ บางครั้งจะค้นหาคำสั่งบางคำสั่งไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในขณะที่โปรแกรมกำลังทำงานอยู่ บางคำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สั่งก็ให้เข้าไปเปลี่ยนในไฟล์ใช้สำหรับการติดตั้ง การดูผลต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการออกอากาศ คำสั่งที่ใช้ในการออกอากาศมีดังนี้

- CONV (Converse Mode) :TNC จะเปลี่ยนแปลงไปสู่โหมดนี้ทันที ที่ติดต่อกับสถานีใดสถานีหนึ่งได้แล้ว แต่ก็สามารถจะเปลี่ยนไปสู่โหมดนี้เองได้ โดยใช้คำสั่ง CONV กด Enter ณ จุดรับ คำสั่ง cmd : เมื่ออยู่ใน Converse Mode แล้ว และยังไม่ได้ติดต่อกับสถานีใด ๆข้อความใด ๆ ก็ตามที่พิมพ์ลงไปจะถูกส่งออกอากาศ ผ่านเส้นทางที่ตั้งเอาไว้ในคำสั่ง Unproto นั้น แพ็คเก็ตที่ส่งผ่านทาง Unproto นั้น เมื่อถูกส่งออกไปแล้ว ก็จะไม่มีการตอบรับ จึงไม่มีการรับประกันว่าข้อความจะไปถึงใครหรือไม่เพียงใด โหมดนี้ส่วนมากใช้สำหรับส่ง CQ ส่วนโหมด Unproto นั้น สามารถส่งข้อความ Beacon หรือเมื่อเข้าสู่ Converse Mode และไม่ติดตั้งกับใคร ๆ เลย ตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น CQ แต่ก็สามารถตั้งเป็นอย่างอื่นก็ได้

- FRAC : กำหนดระยะเวลา TNC ที่คอยตอบรับก่อนที่จะส่งแพ็คเก็ตต่อไป ไม่ควรจะตั้งให้ต่ำเกินไป หรือเพียงแต่แทรกเข้าไปในความถี่ ทั้งที่ไม่ให้สูงเกินไป มิฉะนั้นแล้วจะต้องคอยนานเกินไป

- DWAIT : ใช้เพื่อหลีกเลี่ยงการรบกวน และสับสน DWAIT เป็นค่าตัวเลขบอกระยะเวลาที่ TNC คอย หลังจากที่รับข้อความเข้ามา ก่อนการส่งแพ็คเก็ตต่อไป

- PACLEN : เป็นค่ากำหนดความยาวของแพ็คเก็ตที่ส่งออกอากาศ มีความยาวได้จาก 0 ถึง 255 อักษร การส่งข้อความออกอากาศด้วยจำนวนอักษรมากขึ้นเท่าใด โอกาสที่จะรบกวน คลื่นแทรก หรือถูกสถานีอื่นกลับไปเลย ก็มีมากขึ้นเท่านั้น

- RETRY : TNC ส่งข้อความซ้ำหากไม่ได้รับการตอบรับจากคู่สถานี คำว่า RETRY นี้บอกถึงจำนวนครั้งที่ TNC จะส่งข้อความซ้ำไปยังคู่สถานีก่อนจะยกเลิกการติดต่อ ค่านี้สามารถตั้งได้จาก 0 ถึง 15

- MONITOR : คำสั่งนี้ใช้ดูข้อความ เมื่อเปลี่ยนเป็น ON จะสามารถเห็นข้อความแพ็คเก็ตเรดิโอ จากสถานีต่าง ๆ ได้ ข้อความแพ็คเก็ตเรดิโอจะเป็นอย่างไรก็ขึ้นอยู่กับคำสั่งต่าง ๆ ถ้าเปลี่ยนเป็น OFF จะเห็นแต่ข้อความแพ็คเก็ตของคู่สถานีที่ติดต่อด้วยกันเท่านั้น

- MALL : ถ้าเป็น ON สามารถรับข้อความแพ็คเก็ตที่สถานีต่าง ๆ และติดต่อกันอยู่ทั่ว ๆ ไปได้ รวมไปถึงแพ็คเก็ตที่ออกอากาศในรูปของ Unproto ด้วย คำสั่งนี้ควรจะตั้งเป็น ON เพื่ออ่านข้อความแพ็คเก็ตอื่น ๆ ได้ ถ้าตั้งเป็น OFF จะสามารถรับข้อความแพ็คเก็ตเรดิโอที่ส่งในรูปของ Unproto ได้เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- MCOM : ถ้าเป็น ON จะเห็นเครื่องหมายการติดต่อเป็น <C หรือ SABM> ยกเลิกการติดต่อเป็น <D> ตอบรับเป็น <UA> ไม่ว่างเป็น <DM> ต่อจากข้อความแพ็คเก็ตถ้าเป็น OFF จะเห็นเฉพาะข้อความที่เป็นแพ็คเก็ตเรดิโอ

- MCON : ถ้าเป็น ON สามารถเห็นข้อความแพ็คเก็ตของสถานีอื่น ขณะที่ติดต่อกับอีกหนึ่งสถานีได้ ซึ่งอาจจะทำให้สับสนได้ แต่ก็เป็นประโยชน์

- MRPT : ถ้าเป็น ON จะแสดงสถานะภาพของสถานีต่าง ๆ ว่าสถานีไหนใช้เป็นดิจิพีทเตอร์ สถานีไหนเป็นสถานีต้นทางและปลายทางเท่านั้น

- HEADERLN : ถ้าเป็น ON หัวข้อเรื่องกับแพ็คเก็ตเรดิโอ จะอยู่แถวเดียวกัน แต่ถ้าเป็น OFF หัวเรื่องกับแพ็คเก็ตเรดิโอจะอยู่คนละแถว

- MSTAMP : ถ้าเป็น ON จะมีวันและเวลาบอกได้ทุกครั้งที่รับข้อความแพ็คเก็ตเรดิโอ ถ้าเป็น OFF วัน และเวลา ดังกล่าวจะไม่ปรากฏ ต้องใส่วัน และเวลาเข้าไปในหน่วยความจำของ TNC โดยใช้คำสั่ง DAYTIME ก่อนใช้คำสั่ง MSTAMP จึงจะทำงานได้

Modem Packet Radio

Modem Packet Radio ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารแบบใช้สาย มีความเร็วตั้งแต่ 300 บิตต่อวินาที – 808,000 บิตต่อวินาที มีความเร็วในแต่ระดับเหมาะสมกับข้อกำหนดทางเครื่องรับวิทยุส่งด้วย ในทางกิจกรรมวิทยุสมัครเล่น ได้ใช้งานในแต่ระดับความเร็วกับย่านความถี่ต่างๆ ดังนี้

1. ความเร็ว 300 บิตต่อวินาที ความเร็วในระดับนี้ จะใช้กับย่านความถี่ HF (1.8 – 3.0 MHz) ซึ่งการรบกวนค่อนข้างสูง

2. ความเร็ว 1200/2400 บิตต่อวินาที นิยมใช้งานตั้งแต่ย่านความถี่ VHF ขึ้นไป อุปกรณ์ซื้อหาง่าย สำหรับความเร็ว 2400 บิตต่อวินาทีไม่ค่อยนิยมใช้

3. ความเร็ว 9600 บิตต่อวินาที จะใช้งานตั้งแต่ย่าน UHF ขึ้นไป การใช้งานความเร็วระดับนี้ จำเป็นต้องปรับแต่งเครื่องวิทยุรับส่งจึงจะใช้งานได้

ข้อจำกัดระหว่างความเร็ว Modem กับวิทยุรับส่ง

เนื่องจาก Modem ความเร็ว 1200/2400 บิตต่อวินาที เป็นแบบ AFSK (Audio Frequency Shift Keying) จะใช้ช่อง Microphone กับลำโพงในการรับส่งข้อมูล ข้อกำหนดทางเทคนิคของการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบ Packet Radio ให้ใช้แถบความกว้างของความถี่ไม่เกิน 6 KHz และข้อกำหนดของเครื่องวิทยุรับส่งแบบ FM ซึ่งมีแถบความกว้างของความถี่ไม่เกิน 16 KHz (ช่วงห่างของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่แต่ละช่อง) และความเบี่ยงเบนของความถี่สูงสุด (Maximum Frequency Deviation) ไม่เกิน ± 5 KHz

สำหรับย่านความถี่ HF ซึ่งมีข้อกำหนดทางเทคนิคของวิทยุว่า ให้มีแถบความกว้างของความถี่สำหรับ SSB ไม่เกิน KHz แต่ Packet Radio ใช้ไม่เกิน 6 KHz

เครือข่าย Packet Radio

สถานี Packet Radio จำนวนหลายสถานี ประกอบกันขึ้นมาเป็นเครือข่าย ในแต่ละประเทศอาจจะมีหลายเครือข่ายก็ได้และโดยหลักการ ควรจะเชื่อมติดต่อระหว่างกันอย่างมีแบบแผนแน่นอน เป็นเครือข่ายที่มีประสิทธิภาพสูงสุดของประเทศนั้น ๆ และหลาย ๆ ประเทศเชื่อมต่อกันกลายเป็นเครือข่ายนานาชาติ แต่ละประเทศจะมีกี่สถานีที่เป็นตัวแทนเชื่อมต่อกับเครือข่ายนานาชาติก็ได้ และจะ ทำงานอย่างอัตโนมัติตลอด 24 ชั่วโมง

สำหรับเครือข่ายของประเทศไทย มีสถานีที่เชื่อมต่อกับสถานีนานาชาติ Hs0AC ซึ่งดูแลโดย Rudolf/HS0/DL1ZAV ในนามสมาคมวิทยุสมัครเล่นแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้ทำงานเป็นสถานีหลักของเครือข่ายนานาชาติเชื่อมต่อระหว่างทวีปยุโรป ทวีปอเมริกา และทวีปออสเตรเลีย จนเป็นที่ยอมรับและสร้างชื่อเสียงไปทั่วโลก ทำให้สามารถที่จะส่งจดหมายติดต่อถึงเพื่อนนักวิทยุสมัครเล่นทั่วโลกแบบเจาะจงผู้รับได้อย่างถูกต้องรวดเร็ว

หลักการอยู่ร่วมกันของเครือข่าย ITPRN

ได้มีการจัดตั้งเครือข่ายขึ้นมาภายใต้ชื่อ International Thai Packet Radio Network (ITPRN) และวางกฎเกณฑ์ของการอยู่ร่วมกันอย่างชัดเจนและเข้มงวด สอดคล้องกับมาตราฐานของเครือข่ายนานาชาติ และเป็นเครือข่ายที่มั่นคง จึงเป็นกลุ่มผู้ใช้งานตามความพร้อมและความสนใจของผู้ดูแลสถานีเพื่อกำหนดบทบาทหน้าที่รับผิดชอบ

ITPRN เป็นส่วนหนึ่งของเครือข่าย Packet Radio นานาชาติ และเป็นหนึ่งในกลุ่มเครือข่ายหลักประเทศไทย ขณะนี้มีผู้ใช้งานในระบบ Packet Radio เพิ่มขึ้นตามลำดับ จึงต้องมีการออกแบบวางแผนเส้นทางของข่าวสาร ให้สามารถส่งข่าวสารถึงปลายทางได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว และสอดคล้องกับเครือข่ายนานาชาติด้วย รวมทั้งกำหนดบทบาท และขอบเขตหน้าที่ของแต่ละสถานีหลักที่เกี่ยวข้อง โดยคำนึงถึงผู้ใช้ทั่วไปว่าต้องมีโอกาสเข้าไปอ่านจดหมายและใช้งานในสถานี BBS ได้อย่างพึงพอใจ และสถานี BBS สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยามสำหรับเครือข่าย ITPRN

ITPRN หมายถึง เครือข่าย Packet Radio เครือข่ายหนึ่งของประเทศไทย และเป็นส่วนหนึ่งของเครือข่ายนานาชาติ วางระบบตามหลักการและสอดคล้องกับนานาชาติ

คณะทำงาน ITPRN หมายถึง บุคคลประกอบด้วย HS0/DL1ZAV, HS1ASN, HS1BTI, HS1RMS, HS0BNY, HS3LIQ, HS7YDU, E20BNY, E20LAL และ SysOp ของสถานี BBS

ITPRN Coordinator หมายถึง ผู้ที่ทำหน้าที่ประสานงาน และให้ความช่วยเหลือกับสถานีที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งผู้สนใจอื่นให้มีความรู้ความเข้าใจอย่างถูกต้อง และรวบรวมข้อมูลจำเป็นพื้นฐานของสถานีที่เกี่ยวข้องกับ ITPRN และเส้นทางการรับส่งข่าวสาร

SysOp (System Operator) หมายถึง ผู้ดูแลระบบของสถานี Packet Radio นั้น ๆ

สถานี BBS (Bulletin Board System) หมายถึง สถานี Packet Radio หลัก ที่เป็นส่วนหนึ่งของเครือข่าย และได้ลงทะเบียนไว้กับคณะทำงานของ ITPRN ทำหน้าที่รับฝาก และแลกเปลี่ยนจดหมายส่วนตัวและจดหมายทั่วไป เปิดบริการ 24 ชั่วโมง

สถานี PMS (Personal Mail System) หมายถึง สถานี Packet Radio ที่ลงทะเบียนไว้ เพื่อที่จะรับจดหมายส่วนตัว หรือรวมจดหมายข่าวทั่วไปจากสถานี BBS สถานีที่ใกล้ที่สุด โดยพิจารณาตามหลักทางภูมิศาสตร์ และได้รับความเห็นชอบจากคณะทำงาน ITPRN ทั้งนี้จะต้องไม่ส่งจดหมายทั่วไป (Bulletin Mail) ไปยังเครือข่ายอัตโนมัติ

User หมายถึง ผู้ใช้งานในระบบ Packet Radio ทั่วไป

Private Mail หมายถึง จดหมายส่วนตัวที่ส่งถึงผู้รับโดยตรง

Bulletin Mail หมายถึง จดหมายทั่วไปที่ทุกคนสามารถเข้าไปอ่านได้

ประเภทของสถานี Packet Radio

ITPRN ได้แบ่งผู้ใช้งานใน Mode Packet Radio/Digimode ที่เกี่ยวข้องกับ ITPRN แบ่งตามลักษณะการทำงาน ออกเป็น 3 ประเภทดังนี้คือ

1. สถานี BBS
2. สถานี PMS
3. USER ผู้ที่ใช้ทั่วไป

ข้อมูลพื้นฐานของสถานีลงทะเบียน

1. ชื่อ ที่อยู่ และที่ตั้งสถานี
2. เครื่องวิทยุรับส่ง กำลังส่ง และระบบสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Modem /TNC (ระบุยี่ห้อ) และ Software ที่ใช้งาน
4. ส่งสำเนา BBS.SYS, FORWARD.SYS และเงื่อนไขในการรับส่งข่าวสารของคู่สถานี

กติกาแห่งการอยู่ร่วมกันของ ITPRN

1. เครือข่าย ITPRN จะดำเนินตามเหตุผลทางวิชาการและแนวทางของเครือข่ายนานาชาติ
2. สถานี BBS, PMS ยกเว้น User จะต้องเป็นสถานีที่ลงทะเบียนขอเข้าร่วมเครือข่าย และแจ้งข้อมูลพื้นฐานเป็นลายลักษณ์อักษรและได้รับอนุมัติจากคณะทำงาน ITPRN
3. SysOp ของเครือข่าย ITPRN จะต้องดำเนินการภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ ตามโครงสร้างของเครือข่าย ITPRN
4. SysOp ของเครือข่าย ITPRN จะต้องเข้าร่วมประชุมปรึกษาหารือ เพื่อแจ้งและรับทราบข้อมูลของแต่ละสถานี ที่จำเป็นต้องแก้ไข หรือเพิ่มเติม ตามสมควร
5. รายละเอียดใน BBS.sys, Forward.sys และเงื่อนไขของสถานีที่จะแลกเปลี่ยน หรือรับข้อมูลข่าวสาร ต้องแก้ไขให้เป็นมาตราฐานเดียวกัน ตามข้อตกลงกันในที่ประชุม
6. หากสถานี BBS หรือ PMS ใหม่ มีรูปแบบที่แตกต่างไปจาก ITPRN ซึ่งเป็นมาตราฐานของ ITPRN เป็นหลัก หาก SysOp ยังไม่เข้าและสามารถปรับปรุงให้เหมาะสมได้ ITPRN Coordinator จะช่วยเหลือและแนะนำวิธีการให้ถูกต้อง
7. เพื่อให้เครือข่ายสามารถดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถ้าสถานีใดที่ลงทะเบียนกับ ITPRN และไม่สามารถปฏิบัติตามแนวทาง ITPRN ก็จะทำให้คณะทำงาน ITPRN อาจเห็นสมควรให้ยกเลิกการติดต่อกับสถานีหนึ่งสถานีใดที่ลงทะเบียนไว้แล้วก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

มาตรฐานสากลของรหัสมอร์ส

A	did dah	·—
B	dah did did did	—···
C	dah did dah did	—·—·
D	dah did did	—··
E	did	·
F	did did dah did	··—·
G	did dah did	·—·
H	did did did did did	·····
I	did did	··
J	did dah dah dah	·———
K	dah did dah	—·—
L	did dah did did	·—··
M	dah dah	——
N	dah did	—·
O	dah dah dah	———
P	did dah dah did	·——·
Q	dah dah did dah	——·—
R	did dah did	·—·
S	did did did	···
T	dah	—
U	did did dah	··—
V	did did did dah	···—
W	did dah dah	·——
X	dah did did dah	—··—
Y	dah did dah dah	—·——
Z	dah dah did did	——··

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสตัวเลข

1	did dah dah dah dah	·————
2	did did dah dah dah	··———
3	did did did dah	···—
4	did did did did dah	····—
5	did did did did did	·····
6	dah did did did did	—····
7	dah dah did did did	——···
8	dah dah dah did did	———··
9	dah dah dah dah did	————·
0	dah dah dah dah dah	—————
แสดงคำถาม	did did dah dah did did	··——··
แสดงเครื่องหมายอุทาน	dah dah did did dah dah	——··——
อะโพสโทรฟี่	did dah dah dah dah did	·————·
ไฮ่เฟ่น	dah did did did did dah	—····—
ขีดแยกคำ	dah did did dah did	—··—·
วงเล็บ	dah did did dah dah	—··——
อัญญประกาศ	dah dah did did did dah	——··——
ขีดเส้นใต้	did did dah dah did did	··——··
ฟรีริมคอล์ล	dah did dah did dah	—·—·—
เครื่องหมายลบ	dah did did did dah	—···—
จบข้อความ	did dah did dah did	·—·—·
ผิดพลาด	did did did did did	·····

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสภาษาไทย

ก	_ _ ·
ข	_ · _ ·
ค ฆ	_ · _
ง	_ · _ _ ·
จ	_ · · _ ·
ฉ	_ · · _
ช ฌ	_ _ · ·
ซ	_ _ · ·
ญ	· _ _ _
ฎ ด	_ · ·
ฏ ต	_
ฐ ถ	_ · _ · ·
ท ธ ฑ ฒ	_ · · _ _
น ณ	_ ·
บ	_ · ·
ป	· _ _ ·
ผ	_ _ · _
ฝ	_ · _ · _
พ ภ	· _ _ · ·
ฟ	· · _ ·
ม	_ _
ย	_ · _ _
ร	· _ ·
ล ฬ	· _ · ·
ว	· _ _
ศ ษ ส	· · ·
ห	· · · ·
ฮ	· _ · _ _
ฤ ฤา	_ _ · _

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสสระ

อะ	·—···
อา	·—
อิ	··——··
อี	··
อุ	··—·—
อู	———·
เอ	·—
แอ	·—·—
อึ	··——·
อื	··——
โอ	———
ไอ ไอ	·—··—
อำ	···—·

รหัสวรรณยุกต์

อ่	··—
อ้	···—
อ๊	——··
อ๋	·—·—·

รหัสเครื่องหมาย

อั	·——·—
อ็	———··
อั้	·———·
ฯ	——·—·
ฯลฯ	———·—
ๆ	—·———

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกเสียงตัวอักษรของสัญญาณเรียกขาน

ในการป้องกันความเข้าใจผิดอันจะเกิดขึ้นได้จากสัญญาณเรียกขานและสัญลักษณ์ที่ใช้ต่าง จึงมีการกำหนดว่าให้ใช้คำต่างๆ ดังต่อไปนี้

ตัวอักษร	รหัส	การออกเสียง
A	Alfa	ALFAH
B	Bravo	BRAVO
C	Charlie	CHARLIE
D	Delta	DELLTAH
E	Echo	ECKHO
F	Foxtrot	FOKSTOROT
G	Golf	GOLF
H	Hotel	HOTEL
I	India	INDIA
J	Juliett	JEWLEEETT
K	Kilo	KEYLOH
L	Lima	LEEMAH
M	Mike	MIKE
N	November	NOVEMBER
O	Oscar	OSSCAH
P	Papa	PAHPAH
Q	Quebec	KEHBECK
R	Romeo	ROW ME OH
S	Sierra	SEE AIR RAH
T	Tango	TANG GO
U	Uniform	YOU NEE FORM
V	Victor	VIK TAH
W	Whiskey	WISKEY
X	X-ray	ECKSRAY
Y	Yankee	YANGKEY
Z	Zulu	ZOOLOO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวย่อที่ใช้เป็นมาตราฐานสากลอื่นๆ

ตัวย่อ	รหัส	ความหมาย
C	:Yes	ใช่
N	:No	ไม่ใช่
W	:Word	คำ
AA	:All after	หลังจากทั้งหมด
AB	:All before	ก่อนอื่นทั้งหมด
AL	:All thathas just been sent	ทั้งหมดที่มีการส่งออกไปสักระยะหนึ่ง
BN	:All between	ทั้งหมดในระหว่าง
CL	:I am closing my station	ผมกำลังจะปิดสถานี
GA	:Resume sending	จะส่งกลับไปใหม่
MN	:Minute/minutes	นาที
NW	:I resume transision	ผมจะส่งคลื่นกลับไปใหม่
OK	:Agreed	ตกลง
UA	:Are we agreed?	พวกเราตกลงหรือไม่
WA	:Word after…	คำหลังจาก…
EB	:Word before…	คำก่อนหน้า…
XS	Atmospherich	บรรยากาศ

คำย่อเกี่ยวกับวิทยุสมัครเล่น

ABT	About
AGN	Again
ANI	Any
BA	Buffer amplifier
BCL	Broadcast listener
BD	Bad
BI	By
BK	Breake in
BN	Been
CKT	Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CLD	Called
CO	Crystal osillator
CUD	Could
CUL	See you leter
DX	Long distance
ECO	Electron-couped osillator
ES	And
FB	Fine busineess (good work)
FD	Frequency douber
FM	Form
GA	Go ahead , Good afternoon
GB	Good-by
GE	Good evening
GM	Good morning
GN	Good night
HAM	Radio amateur
HI	Laughter
HR	Hear , hear
HRD	Heard
HV	Have
LTR	Later
MILS	Milliamper
MO	Miter osillater
ND	Nothing doing
NIL	Nothing
NM	No more
NR	Number
NW	Now
OB	Old boy
OM	Old man

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OT	Old timer
RAC	Rectified AC
RCD	Receiver
RX	Reseiver
SA	Say
SED	Said
SIGS	Signal
SIGN	Signature
SSS	Singgle signal surperheterodyne
SKD	Schedule
TKS	Thanks
TMN	Tomowrow
TNX	Thanks
TPTG	Tuned plate tuned grid
TX	Tranmitter
UR	You are
VY	Very
WDS	Words
WKG	Working
WL	Will
WUD	Would
WX	Weather
WX	Wife
YL	Young lady

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

```
; SCC.INI  INITIALISATION FILE
□
;
□
; by Somchai HS4LXJ (14-05-2000)
□
;
□
;-----------------------------------------------------------------
□
;
□
; You should edit this file to customize it for your own station.
□
; Just follow the instructions below. It's easier than you think.
;
;-----------------------------------------------------------------
;
; The construction of this file is relatively tolerant.
; Empty lines and SPACE characters can be inserted anywhere.
; The order in which the COMMANDS appear does not matter.
; You can use UPPER or lower case letters.
; Everything after the semicolon is a comment and is ignored,
; unless it is in a text definition line!
;
; This file is automatically compiled by PARA.EXE when alterations
; have been made to it or SCC.PAR cannot be found, and convertcd into
; a machine readable format.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;
;-----------------------------------------------------------------
;
;   INSTALLATION OF SERIAL PORT, KISS PORT, FSK MODEM AND SCC CARD(S)
;  ---------------------------------------------------------------
;
;   Default COM port is COM1. If you want to use COM2, COM3 or COM4 instead
;   of COM1, you must know the base address and interrupt of the interface
;   card. A few are listed below. Unused interfaces are set to 0.
;
combase  $2F8 ;  ตำแหน่งของ Port ที่ต่อกับ Modem
comint   3    ;   interrupt (IRQ) number of the port
;
kissbase $0   ; ตำแหน่งของ Port ที่ต่อกับ KISS interface
kissint  0    ;   interrupt (IRQ) number of the port
;
; COM addresses : COM1:$3f8 COM2:$2f8 COM3:$3e8 COM4:$2e8
; COM interrupts: COM1:4   COM2:3   COM3:5   COM4:7
; note that some cards are non-standard and may be using different
; address/interrupt combinations. Check your interface manual.
;
; The following two parameters set the base address and interrupt for
; the parallel port 9600Bd G3RUH compatible BayCom FSK modem:
;
fskbase  $0   ;   address of parallel port for  9600Bd FSK modem
fskint   0    ;   interrupt (IRQ) number of the port
;
; Here are the most common address/interrupt combinations for LPT ports
;
:   LPT1: FSKBASE $3bc     FSKINT 7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;   LPT2: FSKBASE $378     FSKINT 5
;   LPT3: FSKBASE $278     FSKINT 7
;
; If you are using an SCC or USCC card, you must also know its base address
; and interrupt. Follow the manual and use the SCCBASE and SCCINT parameters
; here to install the card.
;
sccbase $0  ;      base address of SCC card
sccint  0   ;      interrupt (IRQ) number of the SCC card
;
; If you use an SCC card, you can still use the serial port modem and/or
; a KISS interface. The parallel port FSK modem will also work.
;-----------------------------------------------------------------------
;
;      INSTALLATION OF CALL SIGNS
;     ------------------------
; MYCALL defines YOUR callsign. Put your personal callsign in as the first
; callsign after MYCALL. This will be used by BayCom as the default callsign
; for outgoing connects. It will also respond if another station is trying to
; establish a connect with this callsign. You may wish to add further calls to
; the list under which the station can be connected FROM the outside. This
; could be your own callsign followed by an SSID number (e.g. ZL1DDL-10) or
; the callsign of a family member:
;
mycall HS4LXJ   ; เป็นการตั้งสัญญาณเรียกขานของสถานีที่ใช้
;
; up to 4 MYCALLS are allowed.
;
; DCALL determines the callsign under which others can use your station as a
; level 2 digipeater. Usually, this would be the same as your MYCALL.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;
dcall  HS4LXJ     ; เป็นการตั้งสัญญาณเรียกขาน DIGIPEATER
;
; This is the destination call used by the UI (unnumbered info) frames in the
; F10 (monitor) screen. Ignore it for the time being if you're a newcomer.
;
connect BAYCOM                  ; Unproto call ('quasi connect')
;
; CNOT are callsigns that your station will IGNORE. These include meaningless
; default calls as well as pirate calls etc.
;
cnot   NOCALL TNC2C    ; เป็นการตั้งสัญญาณเรียกขานที่ไม่ต้องการติดต่อด้วย
;
;
;     INSTALLATION OF PERSONAL TEXTS
;     ------------------------------
;
l2ctext Somchai/jindanivet 10, ladkrabang, bkk. Terminal not working!
; This text is sent when only L2 is running and another station connects to
; your station
;
ctext T     ; เป็นข้อความที่ใช้สำหรับทักทายเมื่อติดต่อกับคู่สถานี
; When another station connects to you, the standard text available under the
; key combination ALT-T will be transmitted.
;
qtext q     ; ข้อความที่ใช้เมื่อเลิกการติดต่อ
; When the QUIT command is used, the standard text available under ALT-Q is
; transmitted before the other station is disconnected.
;
; And here are the definitions of the standard texts mentioned above
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;
st g Regards ... Somchai\z
st t Somchai/jindanivet 10, ladkrabang, bkk
st q 73 de Somchai in jindanivet 10, ladkrabang, bkk
st v Vy 73 de HS4LXJ, Somchai in jindanivet 10, ladkrabang, bkk\z
st c \x:c zl1ab

;name Somchai                ; internally used for installation program
;qth  jindanivet 10, ladkrabang, bkk

; The last standard text connects you to ZL1AB if you press ALT-C from
; the terminal (enter your local BBS or digipeater callsign here instead
; of ZL1AB).
;
;
;-------------------------------------------------------------------
; If you are an absolute beginner just trying to get on air, finish here.
;-------------------------------------------------------------------
;
; For other standard texts and the definition of standard text macros
; consult the software manual.
;
;
;     MEMORY MANAGEMENT AND PORT SELECTION
;    ------------------------------------
; Decreasing the number of TPORTS means that there will be more lines available
; for scrolling back on each remaining port. This number of lines can also be
; increased by increasing the number of buffers, at the expense of available
; memory for other applications.
;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
tports   5  ;  2-8 number of terminal screens +1 for U/I Monitor
buffer   40 ;40-400 AX 25 buffer space in frames
rbuffer  10 ;  4-20 RX buffer frames X 330 Bytes
mbuffer  5  ;  2-50 monitor buffer frames X 330 Bytes
;
;     BUFFER > RBUFFER+MBUFFER
;
;
;    TERMINAL SETUP
;    --------------
;
saveports 5  ;0-8    number of port screen that are saved to disk on exit
dosclear  OFF ;On/Off DOS screen - clear (on) or restore (off) on exit
command   ON  ;On/Off command prompt generated automatically after each command
mheader   ON  ;On/Off auto line feed between header & info in monitor screen
german    OFF ;On/Off use German DIN character set rather than IBM characters
wwrap     80  ;40-100 position of automatic word wrap, usually 80.
insmode   ON  ;On/Off insert mode default
crtsave   5   ; 0-100 minutes after which screen saver is activated. 0=Off
echo      OFF ;On/Off display text sent in receive screen
log       ON  ;On/Off log book function. ON: a log is recorded in file SCC.LOG
exitlog   OFF ;On/Off log book written at end of session (no hard disk)
knax      ON  ;On/Off click from speaker when data received
cbell     ON  ;On/Off bell on Connect, Disconnect and CTRL-G
mouse     ON  ;On/Off search for mouse driver (set OFF if computer crashes)
7psave    ON  ;On/Off automatic saving of 7plus files
autobin   ON  ;On/Off automatic binary file transfer
blink     1   ;this function controls the L2 rectangle:
;             0=off (doesn't flash)
;             1=on
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;           2=flashes only when new data has arrived
;
;
;
;     REMOTE COMMANDS AVAILABLE TO OTHER USERS IF REMOTE 'ON'
;     ------------------------------------------------------
; Contrary to a common misconcept REMOTE needs not be set to OFF to avoid
; viruses. Only "harmless" commands should be listed after RCMD, under no
; circumstances you should allow WRITE or OS to be remote controlled. You
; may wish to install a password to enable you to remote control all
; available functions on your own station. Consult the manual.
;
remote ON  ;On/Off Remote control. // Commands
;
; The following commands are permitted for remote control if REMOTE is ON:
;
rcmd cstatus info mheard quit rtt read write rprg wprg dir;
;
; all file commands under remote control will only work in a subdirectory
; REMOTE under BAYCOM, unless a password algorithm has cleared the remote
; user.
;
; Port dumpfiles, replace OFF with a filename if you want to use them:
;
write 1 OFF ; existing files are closed automatically when SCC.INI is
write 2 OFF ; compiled. There is a maximum of one file per port. Files
write 3 OFF ; entered here are opened automatically when the program SCC.EXE
write 4 OFF ; is started and will be closed temporarily if you open another
write 5 OFF ; file for the same port in the terminal. Once that file has
write 6 OFF ; been closed, the files specified here are re-opened.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
write 7 OFF ;
write 0 OFF ; This one is for monitor dumps - see MONITOR further down the file
;write 0 MONITOR.SCC; Remove semicolon at beginning of line to get a
;                monitor dump file
;
; Automatic personalized connect texts. The files <CALL>.CTX must all be
; either in the BayCom directory or in a subdirectory of it called ANSWER:
;
answer   OFF  ;On/Off. If ON <CALL>.CTX sent when <CALL> connects
;
;     LAYER-2 PARAMETERS
;     ------------------
;
monitor  0 1 2 3 4          ; List of channel numbers that are monitored
mselect  0                  ; Monitor  0=ALL  1=QSO  2=MFROM  3=MTO  +10=NOT
mcalls   HS4LXJ             ; Select CALLS to monitor (default: all calls)
;             if MSELECT not 0.
;
frack    40  ;10-200 FRACK timer. start value in 100ms units
resptime 2   ;  1-10 RESPONSE-timer in 100ms units
linktime 120 ; 6-120 inactive-link-test timer in 10sec units
paclen   256 ; 1-256 maximum info field length in bytes
retry    15  ; 1-100 maximum number of retrys before disconnect
ipoll    80  ; 1-100 maximum info field length for IPOLL
disctime 500 ; 0-600 disconnect if no activity in seconds
;
;
;     LAYER-1 PARAMETERS
;     ------------------
;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
; Each channel is connected to the modem, KISS port or SCC port with
; an ASSIGN command. The first ASSIGN command assigns channel 0, the second
; assigns channel 1, and so on. The MODE command sets the parameters for
; the modem: baud rate, carrier, NRZI/NRZ, clocks.
;
; mode settings for the BayCom modems (see the manual for details):
;
; RS-232 or SCC card modem with TCM3105 for 1200Bd:
;
;  mode 1200c     with software squelch (software DCD)
;  mode 1200      with hardware squelch (radio squelch or XR2211)
;
;  mode 2400 or mode 2400c for modified TCM3105 modem for 2400Bd.
;
; RS-232 or SCC card modem with AM7911:
;
;  mode 300       for HF
;  mode 1200      for VHF/UHF
;
; LPT modem for 9600 Bd:
;
;  mode 9600c
;
; 9600Bd DF9IC type modem on SCC card or external:
;
;  mode 9600trz
;
; Note that parameter blocks of non-existent interfaces are ignored.
;
; *=============================================================*
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
; *              TXDELAY SETTING                *
; *              ---------------                *
; * TXDELAY is the delay your transmitter needs between *
; * the time the PTT is activated by the modem and the  *
; * time it can send clean data. Modern rigs can        *
; * usually do with FAR LESS than 25, especially if your*
; * rig has a separate PTT line (i.e., the PTT is not   *
; * switched via the MIC line). Keep your TXDELAY as    *
; * short as possible. A good way to adjust the TXDELAY *
; * is described in the manual. You'll save valuable    *
; * airtime for yourself and others.                    *
;*=================================================================*
;
;
assign    scc0   ; parameter block for channel 0 of the first SCC card,
;                  will be ignored if SCCBASE and SCCINT were set to 0.
mode      1200c  ; the mode command sets baud rate, carrier detect, clocks and
;                  NRZI/NRZ encoding. See above.
dwait     30     ; "Channel free" waiting time in 10ms units
txdelay   25     ; Transmit keyup wait time, see above
maxframe  3      ; Maximum number of outstanding, unacknowledged frames (1-7)
beacon    0      ; Beacon in 1s units (0 = Beacon off)
badress   BAYCOM HS4LXJ          ; Beacon Address  <dest> <mycall> <digi>
btext     Somchai in jindanivet 10, 1adkrabang, bkk ; Beacon Text
;
assign    scc0   ; parameter block for channel 1 of the first SCC card,
;                  will be ignored if SCCBASE and SCCINT were set to 0.
mode      1200c  ; the mode command sets baud rate, carrier detect, clocks and
;                  NRZI/NRZ encoding. See above.
dwait     30     ; "Channel free" waiting time in 10ms units
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
txdelay  25     ; Transmit keyup wait time, see above
maxframe 3      ; Maximum number of outstanding, unacknowledged frames (1-7)
beacon   0      ; Beacon in 1s units (0 = Beacon off)
badress  BAYCOM HS4LXJ          ; Beacon Address  <dest> <mycall> <digi>
btext    Somchai in jindanivet 10, ladkrabang, bkk ; Beacon Text
;
assign   scc0   ; parameter block for channel 2 of the first SCC card,
;               will be ignored if SCCBASE and SCCINT were set to 0.
mode     9600trz ; the mode command sets baud rate, carrier detect, clocks and
;               NRZI/NRZ encoding. See above.
dwait    30     ; "Channel free" waiting time in 10ms units
txdelay  15     ; Transmit keyup wait time, see above
maxframe 3      ; Maximum number of outstanding, unacknowledged frames (1-7)
beacon   0      ; Beacon in 1s units (0 = Beacon off)
badress  BAYCOM HS4LXJ          ; Beacon Address  <dest> <mycall> <digi>
btext    Somchai in jindanivet 10, ladkrabang, bkk ; Beacon Text
;
assign   scc0   ; parameter block for channel 3 of the first SCC card,
;               will be ignored if SCCBASE and SCCINT were set to 0.
mode     9600trz ; the mode command sets baud rate, carrier detect, clocks and
;               NRZI/NRZ encoding. See above.
dwait    30     ; "Channel free" waiting time in 10ms units
txdelay  15     ; Transmit keyup wait time, see above
maxframe 3      ; Maximum number of outstanding, unacknowledged frames (1-7)
beacon   0      ; Beacon in 1s units (0 = Beacon off)
badress  BAYCOM HS4LXJ          ; Beacon Address  <dest> <mycall> <digi>
btext    Somchai in jindanivet 10, ladkrabang, bkk ; Beacon Text
;
;
assign   RS232  ; parameter block for RS-232 modem, will be ignored
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;               if COMBASE and COMINT were set to 0.
mode    1200c   ; the mode command sets baud rate, carrier detect, clocks and
;               NRZI/NRZ encoding. See above.
dwait   30      ; "Channel free" waiting time in 10ms units
txdelay 25      ; Transmit keyup wait time, see above
maxframe 3      ; Maximum number of outstanding, unacknowledged frames (1-7)
beacon  0       ; Beacon in 1s units (0 = Beacon off)
badress BAYCOM HS4LXJ           ; Beacon Address <dest> <mycall> <digi>
btext   Somchai in jindanivet 10, ladkrabang, bkk ; Beacon Text
;
assign  fsk     ; parameter block for 9600 Bd FSK modem on LPT port. The
;               parameter block will be ignored if FSKBASE=$0 and
;               FSKINT=0.
mode    9600c   ; the mode command sets baud rate, carrier detect, clocks and
;               NRZI/NRZ encoding. See above.
dwait   30      ; "Channel free" waiting time in 10ms units
txdelay 15      ; Transmit keyup wait time, see above
maxframe 3      ; Maximum number of outstanding, unacknowledged frames (1-7)
beacon  0       ; Beacon in 1s units (0 = Beacon off)
badress BAYCOM HS4LXJ           ; Beacon Address <dest> <mycall> <digi>
btext   Somchai in jindanivet 10, ladkrabang, bkk ; Beacon Text
;
assign  kiss    ; parameter block for KISS interface, will be ignored
;               if KISSBASE and KISSINT were set to 0.
mode    9600    ; the mode command sets baud rate, carrier detect, clocks and
;               NRZI/NRZ encoding. See above.
maxframe 3      ; Maximum number of outstanding, unacknowledged frames (1-7)
dwait   30      ; Is sent to KISS-TNC as w-parameter
txdelay 15      ; Is sent to KISS-TNC as t-parameter
beacon  0       ; Beacon in 1s units (0 = Beacon off)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
badress  BAYCOM HS4LXJ          ; Beacon Address  <dest> <mycall> <digi>
btext    Somchai in jindanivet 10, ladkrabang, bkk ; Beacon Text
;
;     SCREEN SETUP
;     -----------
;
color     ON  ;ON/OFF OFF: monochrome attributes. ON: coloured display
;                 Laptops with LCD should have COLOR OFF to get good
;                 contrast.
vgalines  OFF ;ON/OFF ON: display with 43/50 lines if an EGA or VGA card
;                 is present. Turn it OFF if you find that the characters
;                 are too small for you.
d1lines   5   ;  2-20 length of TX/input screen in lines
d2lines   20  ;  4-23 beginning of monitor screen in lines
vcolumns  80  ;40-132 number columns, usually 80
vlines    25  ; 25-75 number of lines on screen (these parameters are ignored
;                 if VGALINES is ON).
;
;     SCREEN COLOURS
;     --------------
;
;     Background & foreground colours in hexadecimal
;
;     MONOCHROME
;
cselect 0     ; attributes for mono (MDA, Hercules, Laptop LCD)
;
sattrib 0  02 ; TX window
sattrib 1  47 ; Upper Status Line (USL)
sattrib 2  c7 ; STOP indicator in USL (SHIFT-TAB or - )
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
sattrib 3  07 ; RX window
sattrib 4  47 ; Lower Status Line - connected call and port number
sattrib 5  40 ; Lower Status line - not selected or connected ports
sattrib 6  57 ; Lower Status Line - selected port
sattrib 7  03 ; Monitor: address field (header)
sattrib 8  02 ; Monitor: info field
sattrib 9  17 ; Text of help screen
sattrib 10 1e ; Highlights on help screen
sattrib 11 5e ; Selected highlight on help screen
sattrib 12 04 ; CTRL characters (must be different from sattrib 0,3,7,8)
;
;     COLOUR
;
cselect 13    ; Attributes for colour (CGA,EGA,VGA)
;
sattrib 0  02 ; TX window
sattrib 1  47 ; Upper Status Line (USL)
sattrib 2  c7 ; STOP indicator in USL (SHIFT-TAB or - )
sattrib 3  07 ; RX window
sattrib 4  47 ; Lower Status Line - connected call and port number
sattrib 5  40 ; Lower Status line - not selected or connected ports
sattrib 6  57 ; Lower Status Line - selected port
sattrib 7  03 ; Monitor: address field (header)
sattrib 8  02 ; Monitor: info field
sattrib 9  17 ; Text of help screen
sattrib 10 1e ; Highlights on help screen
sattrib 11 5e ; Selected highlight on help screen
sattrib 12 04 ; CTRL characters (must be different from sattrib 0,3,7,8)
;
;          ^ Foreground(Characters)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;       ^ Background
;
; Values of colour attributes
;
; 0 = Black              8 = Dark Grey
; 1 = Blue               9 = Light Blue
; 2 = Green              A = Light Green
; 3 = Cyan               B = Light Cyan
; 4 = Red                C = Light Red
; 5 = Magenta            D = Light Magenta
; 6 = Brown              E = Yellow
; 7 = White              F = Light White
;
; The values 8-F work only in the foreground
; As background colours they cause the colours 0-7 to flash
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

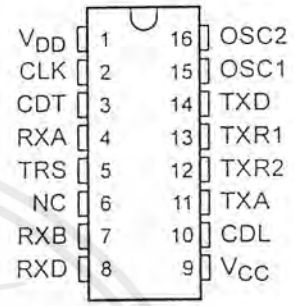
ภาคผนวก จ

TCM3105DWL, TCM3105JE, TCM3105JL
TCM3105NE, TCM3105NL
FSK MODEM

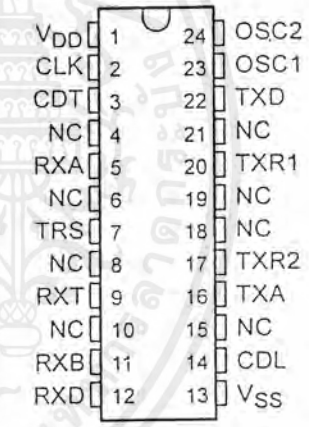
SCTS019C – NOVEMBER 1985 – REVISED MAY 1994

- Single-Chip Frequency-Shift-Keying (FSK) Modem
- Meet Both Bell 202 and CCITT V23 Specifications
- Transmit Modulation at 75, 150, 600, and 1200 Baud
- Receive Demodulation at 5, 75, 150, 600, and 1200 Baud
- Half-Duplex Operation Up to 1200 Baud Transmit and Receive
- Full-Duplex Operation Up to 1200 Baud Transmit and 150 Baud Receive
- On-Chip Group Equalization and Transmit/Receive Filtering
- Carrier-Detect-Level Adjustment and Carrier-Fail Output
- Single 5-V Power Supply
- Low Power Consumption
- Reliable CMOS Silicon-Gate Technology

J OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



DW PACKAGE
(TOP VIEW)



NC – No internal connection

D package are available taped and reeled. Add the R suffix to device type (e.g., YCM3105DWLR).

description

The TCM3105 is a single-chip asynchronous frequency-shift-keying (FSK) voice-band modem that uses silicon-gate CMOS technology to implement a switched-capacitor architecture. It is pin selectable (TXR1, TXR2, and TRS) for a wide range of transmit/receive baud rates and is compatible with the applicable BELL 202 or CCITT V23 standards. Operation is fully reversible, thereby allowing both forward and backward channels to be used simultaneously.

The transmitter is a programmable frequency synthesizer that provides two output frequencies (on TXA), representing the marks and spaces of the digital signal present on TXD.

The receive section is responsible for the demodulation of the analog signal appearing at the RXA input and is based on the principle of frequency-to-voltage conversion. This section contains a group delay equalizer (to correct phase distortion), automatic gain control, carrier-detect-level adjustment, and bias-distortion adjustment, thereby optimizing performance and giving the lowest possible bit error rate.

Carrier-detect information is given to the system by means of the carrier-detect circuits, which set a flag on the CDT output if the level of received in-band energy falls below a value set on the CDL input for a specified minimum duration.

The TCM3105JE and TCM3105NE are characterized for operation from –40°C to 85°C. The TCM3105DWL, TCM3105JL, and TCM3105NL are characterized for operation from 0°C to 70°C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Terminal Functions

TERMINAL			DESCRIPTION
NAME	NO.		
	DW	J OR N	
:DL	14	10	Carrier-detect-level adjust for external adjustment of carrier-detect threshold
:DT	3	3	Carrier-detect output. A low-level output indicates carrier failure
:LK	2	2	Output for a continuous clock signal at 16 times the highest selected (transmit or receive) bit rate
NC	4, 6, 8, 10, 15, 18, 19, 21	6	No internal connection
OSC1, OSC2	23, 24	15, 16	Oscillator connections. The crystal (typically 4.4336 MHz) is connected to OSC1 AND OSC2. If an external clock is used, OSC2 is left open and the clock is connected to OSC1.
RXA	5	4	Receive analog input to which the received line signal must be ac coupled
RXB	11	7	Receive bias adjust for external adjustment of the decision threshold of the comparator to minimize bias distortion
RXD	12	8	Receiver digital output for the demodulated received data in positive logic. The high logic level is a mark and the low logic level is a space.
RXT	9	–	Receive test access. Output of limiter is available on RXT. (DW only)
TRS	7	5	Transmit/receive standard select input, which with TXR1 and TXR2, sets the standard bit rates and mark/space frequencies
TXA	16	11	Transmit analog output for the modulation signal, which must be ac coupled
TXD	22	14	Transmit digital input for data to the transmitter in positive logic. The high logic level is a mark, and the low logic level is a space. The data can be accepted at any speed from zero to the selected speed and may be totally asynchronous.
TXR1	20	13	Bit-rate select 1 input which along with TXR2 and TRS, sets the bit rates and mark/space frequencies
TXR2	17	12	Bit rate select 2 input, which along with TXR1 and TRS, sets the bit rates and mark/space frequencies
V_{DD}	1	1	Positive supply voltage
V_{SS}	13	9	Most negative supply voltage (normally ground); connected to substrate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Terminal Functions

TERMINAL			DESCRIPTION
NAME	NO.		
	DW	J OR N	
:DL	14	10	Carrier-detect-level adjust for external adjustment of carrier-detect threshold
:DT	3	3	Carrier-detect output. A low-level output indicates carrier failure
:LK	2	2	Output for a continuous clock signal at 16 times the highest selected (transmit or receive) bit rate
NC	4, 6, 8, 10, 15, 18, 19, 21	6	No internal connection
OSC1, OSC2	23, 24	15, 16	Oscillator connections. The crystal (typically 4.4336 MHz) is connected to OSC1 AND OSC2. If an external clock is used, OSC2 is left open and the clock is connected to OSC1.
RXA	5	4	Receive analog input to which the received line signal must be ac coupled
RXB	11	7	Receive bias adjust for external adjustment of the decision threshold of the comparator to minimize bias distortion
RXD	12	8	Receiver digital output for the demodulated received data in positive logic. The high logic level is a mark and the low logic level is a space.
RXT	9	–	Receive test access. Output of limiter is available on RXT. (DW only)
TRS	7	5	Transmit/receive standard select input, which with TXR1 and TXR2, sets the standard bit rates and mark/space frequencies
TXA	16	11	Transmit analog output for the modulation signal, which must be ac coupled
TXD	22	14	Transmit digital input for data to the transmitter in positive logic. The high logic level is a mark, and the low logic level is a space. The data can be accepted at any speed from zero to the selected speed and may be totally asynchronous.
TXR1	20	13	Bit-rate select 1 input which along with TXR2 and TRS, sets the bit rates and mark/space frequencies
TXR2	17	12	Bit rate select 2 input, which along with TXR1 and TRS, sets the bit rates and mark/space frequencies
V_{DD}	1	1	Positive supply voltage
V_{SS}	13	9	Most negative supply voltage (normally ground); connected to substrate

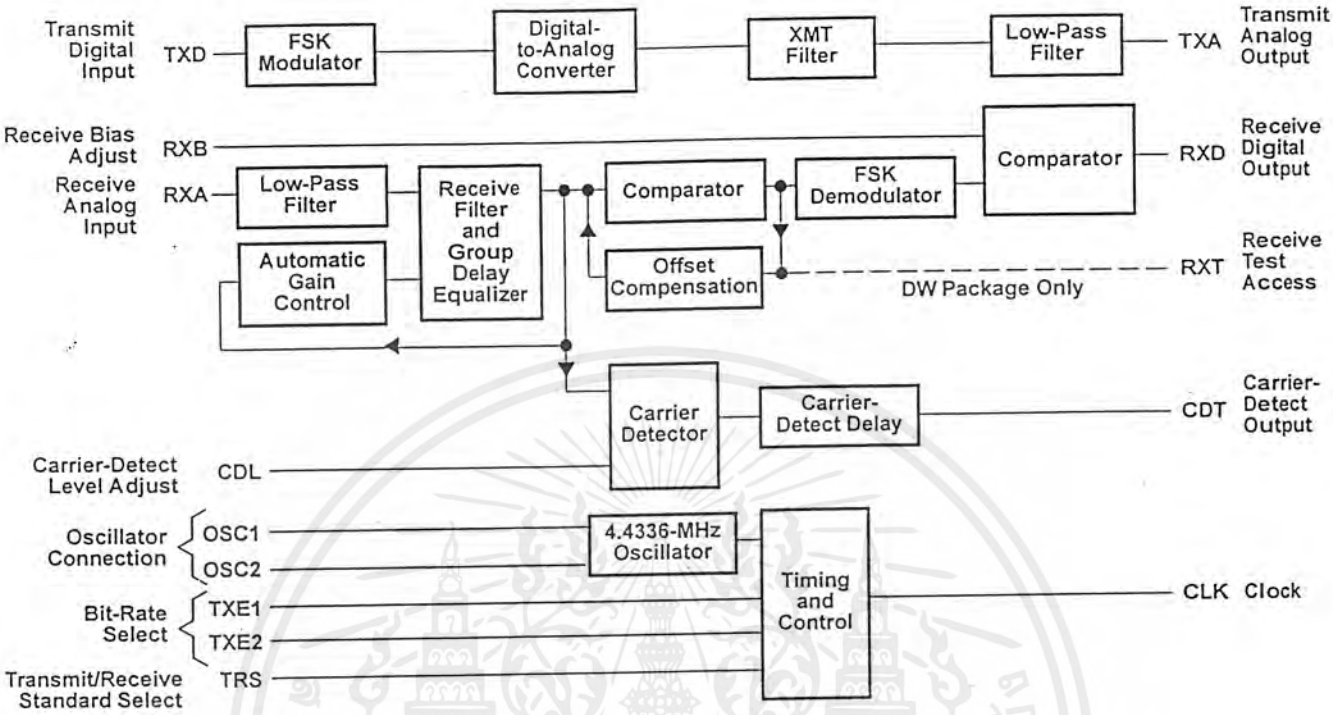
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Terminal Functions

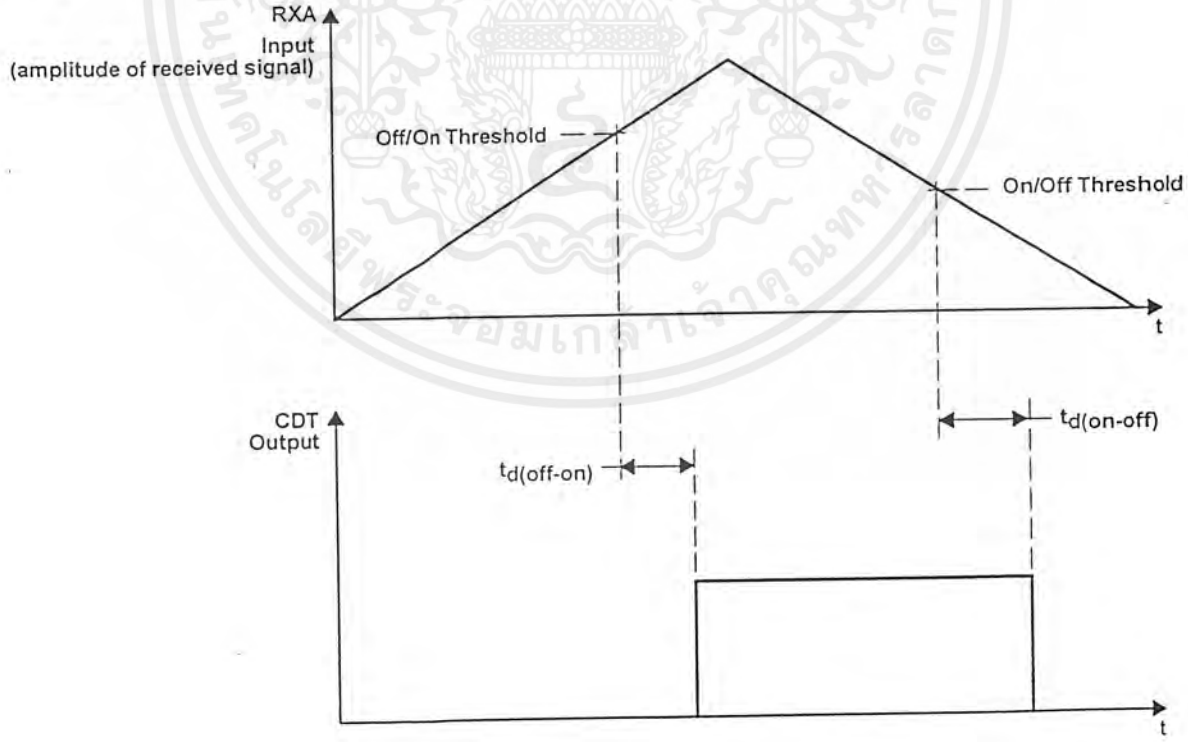
TERMINAL NAME	TERMINAL NO. DW	TERMINAL NO. J OR N	DESCRIPTION
:DL	14	10	Carrier-detect-level adjust for external adjustment of carrier-detect threshold
:DT	3	3	Carrier-detect output. A low-level output indicates carrier failure
:LK	2	2	Output for a continuous clock signal at 16 times the highest selected (transmit or receive) bit rate
NC	4, 6, 8, 10, 15, 18, 19, 21	6	No internal connection
OSC1, OSC2	23, 24	15, 16	Oscillator connections. The crystal (typically 4.4336 MHz) is connected to OSC1 AND OSC2. If an external clock is used, OSC2 is left open and the clock is connected to OSC1.
RXA	5	4	Receive analog input to which the received line signal must be ac coupled
RXB	11	7	Receive bias adjust for external adjustment of the decision threshold of the comparator to minimize bias distortion
RXD	12	8	Receiver digital output for the demodulated received data in positive logic. The high logic level is a mark and the low logic level is a space.
RXT	9	–	Receive test access. Output of limiter is available on RXT. (DW only)
TRS	7	5	Transmit/receive standard select input, which with TXR1 and TXR2, sets the standard bit rates and mark/space frequencies
TXA	16	11	Transmit analog output for the modulation signal, which must be ac coupled
TXD	22	14	Transmit digital input for data to the transmitter in positive logic. The high logic level is a mark, and the low logic level is a space. The data can be accepted at any speed from zero to the selected speed and may be totally asynchronous.
TXR1	20	13	Bit-rate select 1 input which along with TXR2 and TRS, sets the bit rates and mark/space frequencies
TXR2	17	12	Bit rate select 2 input, which along with TXR1 and TRS, sets the bit rates and mark/space frequencies
V_{DD}	1	1	Positive supply voltage
V_{SS}	13	9	Most negative supply voltage (normally ground); connected to substrate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

functional block diagram



timing diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage range, V_{DD} (see Note 1) ..... −0.3 V to 10 V
Input voltage range, V_I (any input) ..... −0.3 V to V_{DD}
Operating free-air temperature range, T_A: TCM3105DWL, TCM3105JL, TCM3105NL ..... −10°C to 70°C
TCM3105JE, TCM3105NE ..... −55°C to 85°C
Storage temperature range: ..... −55°C to 150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds: DW or N package ..... 260 °C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds: J package ..... 300 °C

NOTE 1: Voltage values are with respect to V_{SS}.

recommended operating conditions

	TCM3105JE TCM3105NE			TCM3105DWL TCM3105JL TCM3105NL			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	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			kΩ
Operating free-air temperature range, T_A	−40		85	0		70	°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER			TEST CONDITIONS		TCM3105JE TCM3105NE			TCM3105DWL TCM3105JL TCM3105NL			UNIT
					MIN	TYP†	MAX	MIN	TYP†	MAX	
V_{OH}	High-level output voltage	RXD, CDT, CLK	I_{OH} = –100 µA		2.4		V_{DD}	2.4		V_{DD}	V
V_{OL}	Low-level output voltage	RXD, CDT, CLK	I_{OL} = 1.6 mA		V_{SS}		0.4	V_{SS}		0.4	V
	Analog output voltage level, peak to peak	TXA	V_{DD} = 4 V	R_L = 50 kΩ, R_L = 100 pF		1.55			1.55		V
			V_{DD} = 5 V		1.4	1.9	2.3	1.4	1.9	2.3	
			V_{DD} = 5.5 V			2.1			2.1		
	Adjust voltage	RXB	V_{DD} = 5 V		2.3	2.7	3.1	2.3	2.7	3.1	V
		CDL			2.8	3.3	3.9	2.8	3.3	3.9	
	Analog output dc offset	TXA				$V_{DD}/2$			$V_{DD}/2$		V
	Digital input current	TXD, TRS, TRX1, TRX2	V_I = 0 to V_{DD}				±1			±1	µA
	Analog input current	RXA					±15			±15	µA
	Bias input current	RXB, CDL	V_I = 3 V				±150			±150	µA
I_{DD}	Supply current		V_{DD} = 4 V			3	6		3	5	mA
			V_{DD} = 5 V			5	10		5	8	
			V_{DD} = 5.5 V			8	16		8	12	
C_i	Input capacitance, all inputs		f = 1 MHz			10			10		pF
C_o	Output capacitance, all inputs		f = 1 MHz			10			10		pF
	Phase jitter						200			200	µs
	Bias distortion‡						±15%			±15%	
	Carrier-detect threshold, off/on§				–45.5		–43	–45.5		–43	dBm
	Carrier-detect threshold, on/off§				–48		–45.5	–48		–45.5	dBm
	Carrier-detect hysteresis				2.5	2.8		2.5	2.8		dBm

switching characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	TCM3105JE TCM3105NE			TCM3105DWL TCM3105JL TCM3105NL			UNIT
			MIN	TYP†	MAX	MIN	TYP†	MAX	
$t_{d(off-on)}$	Carrier-detect off-to-on delay time	RX = 600 or 1200 b/s	12		25	12		25	ms
		RX = 5, 75, or 150 b/s	48		80	48		80	
$t_{d(on-off)}$	Carrier-detect on-to-off delay time	RX = 600 or 1200 b/s	12		20	12		20	ms
		RX = 5, 75, or 150 b/s	48		75	48		75	
	Transmit frequency deviation from assignment (see Table 1)	f_{clock} = 4.4336 MHz		±1			±1		Hz

† All typical are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.
‡ Bias distortion is the departure from a 50% duty cycle when a series of alternating mark and space tones is received.
§ This is the threshold with the CDL input properly adjusted.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน[illegible]อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRINCIPLES OF OPERATION

The TCM3105 FSK modem is made up of four functional circuits. The circuits are the transmitter, the receiver, a carrier detector, and control and timing (see Figure 1).

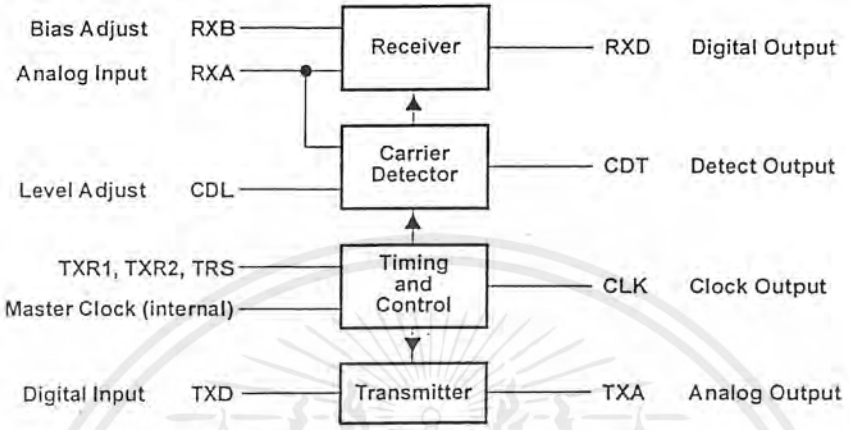


Figure 1. TCM3105 System Partitioning

ransmitter

The transmitter comprises a phase-coherent FSK modulator, a transmit filter, and a transmit amplifier. The modulator is a programmable frequency synthesizer that drives the output frequencies by variable division of the oscillator frequency (4.4336 MHz). The division ratio is set by the states of the transmit/receive standard input (TRS), the bit-rate select inputs (TXR1 and TXR2), and the digital data input (TXD).

A switched-capacitor low-pass filter limits the harmonics and noise outside the transmit band, and the characteristics of this filter are set by the frequency-select inputs as previously described. The harmonics introduced by the transmit filter clock are removed by a continuous low-pass filter.

The transmitter output level varies with power supply voltage and so must be compensated in the 2-wire to 4-wire converter to give a constant output level to the line.

eceiver

A continuous low-pass antialiasing filter is followed by the receiver amplifier, which automatically controls the gain to give a constant output level from the receiver filter. The receiver filter limits the bandwidth of the signal presented to the demodulator reducing out-of-band interference and has very high rejection of the transmit channel frequencies. These are typically present at much higher levels than the received signal.

The group delay equalizer is a switched-capacitor network that compensates the delay introduced by the receiver filter and the network. The output from the equalizer is then limited to give an FSK modulated squarewave that is presented to the demodulator.

The demodulator is an edge-triggered multivibrator that triggers off positive- and negative-going edges. The output of the demodulator is a stream of constant-length pulses at a frequency that is double the frequency of the limited input signal. The dc component of this signal is proportional to the received frequency and is extracted by a switched-capacitor, low-pass, post-demodulator filter.

The variation of dc level with received frequency is presented to a comparator that slices at a level externally fixed by the RXB bias-adjustment pin. This voltage depends on received bit rate and internal offsets. The comparator output is then the received data at RXD.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

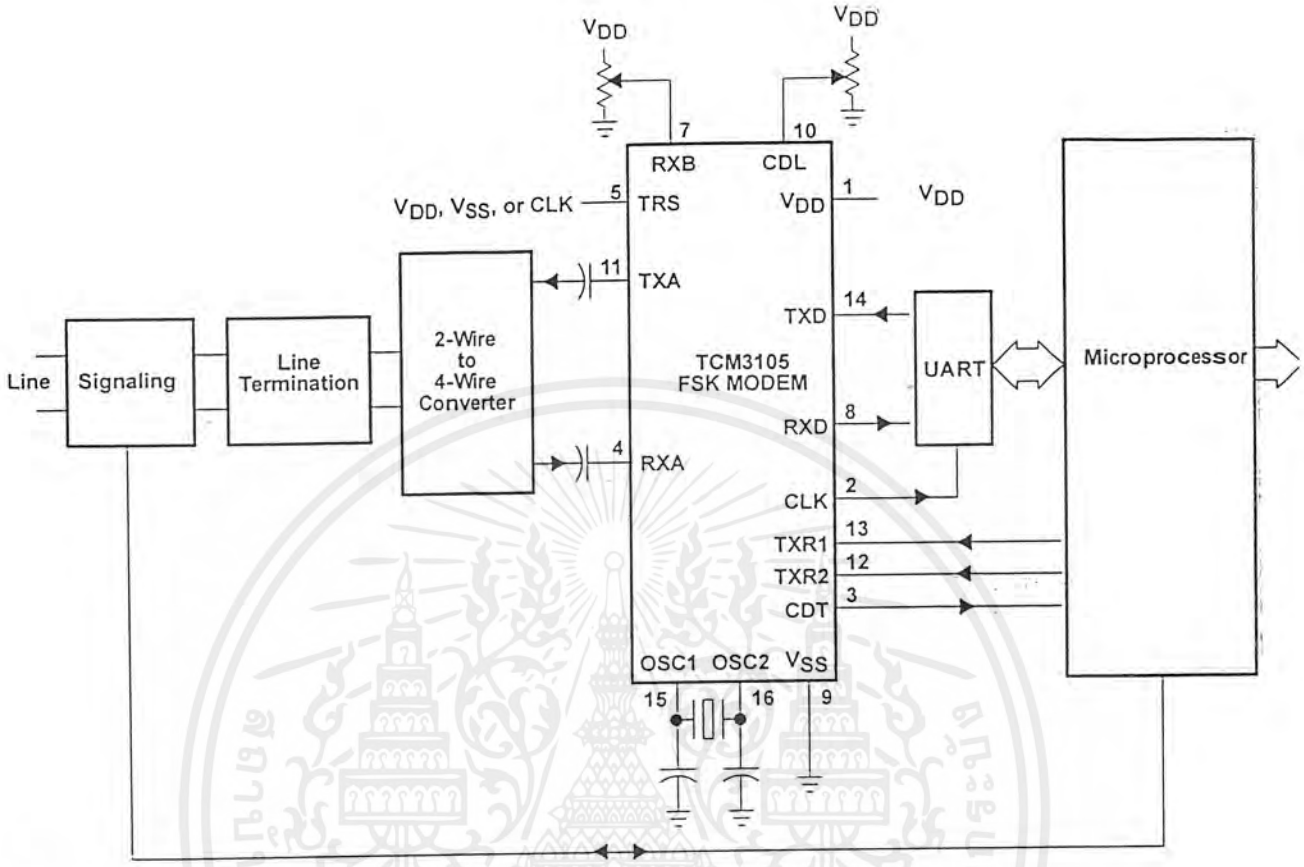
Table 1. Modes of Operation

STANDARD	TRS	TXR1	TXR2	TRANSMITTED BAUD RATE	RECEIVED BAUD RATE	TRANSMIT FREQUENCY ASSIGNMENTS (Hz)	RECEIVE FREQUENCY ASSIGNMENTS (Hz)	CLK FREQUENCY (kHz)
CCITT V.23	L	L	L	1200	1200	M 1300 S 2100	M 1300 S 2100	19.11
	H	L	L	1200	75	M 1300 S 2100	M 390 S 450	19.11
	L	L	H	600	75	M 1300 S 1700	M 390 S 450	9.56
	H	L	H	600	600	M 1300 S 1700	M 1300 S 1700	9.56
	L	H	L	75	1200	M 390 S 450	M 1300 S 2100	19.11
	H	H	L	75	600	M 390 S 450	M 1300 S 1700	9.56
	L	H	H	75	75	M 390 S 450	M 390 S 450	1.19
BELL 202	$\overline{CLK}$	L	L	1200	1200	M 1200 S 2200	M 1200 S 2200	19.11
	$\overline{CLK}$/8	L	H	1200	150	M 1200 S 2200	M 387 S 487	19.11
	$\overline{CLK}$/8	L	H	1200	5	M 1200 S 2200	M 387 S 0	19.11
	CLK	H	L	150	1200	M 387 S 487	M 1200 S 2200	19.11
	CLK	H	H	150	150	M 387 S 487	M 387 S 487	2.39
	CLK†	H†	L†	5	1200	M 387	M 1200 S 2200	19.11
	H†	H†	H†			S 0		
	H	H	H	Transmit Disabled	1200	Transmit Disabled	M 1200 S 2200	19.11

H = high level, L = low level
† In these modes, the modulation is controlled by TRS and TXR2. TXD is tied high.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION

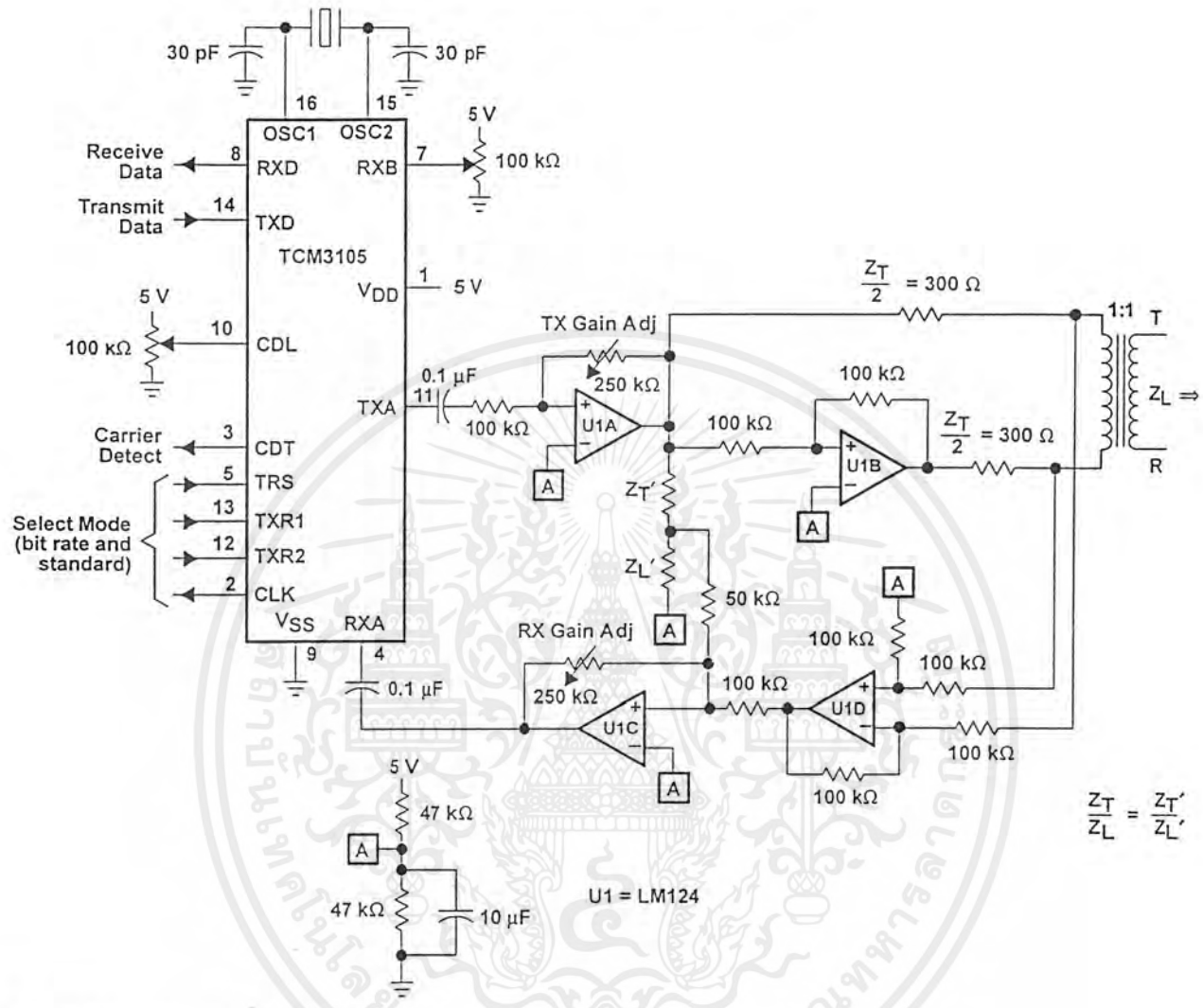


Pin numbers shown are for the J and N packages.

Figure 2. Typical System Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION



Pin numbers shown are for the J and N packages.

Figure 3. Telephone Line Interface Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION

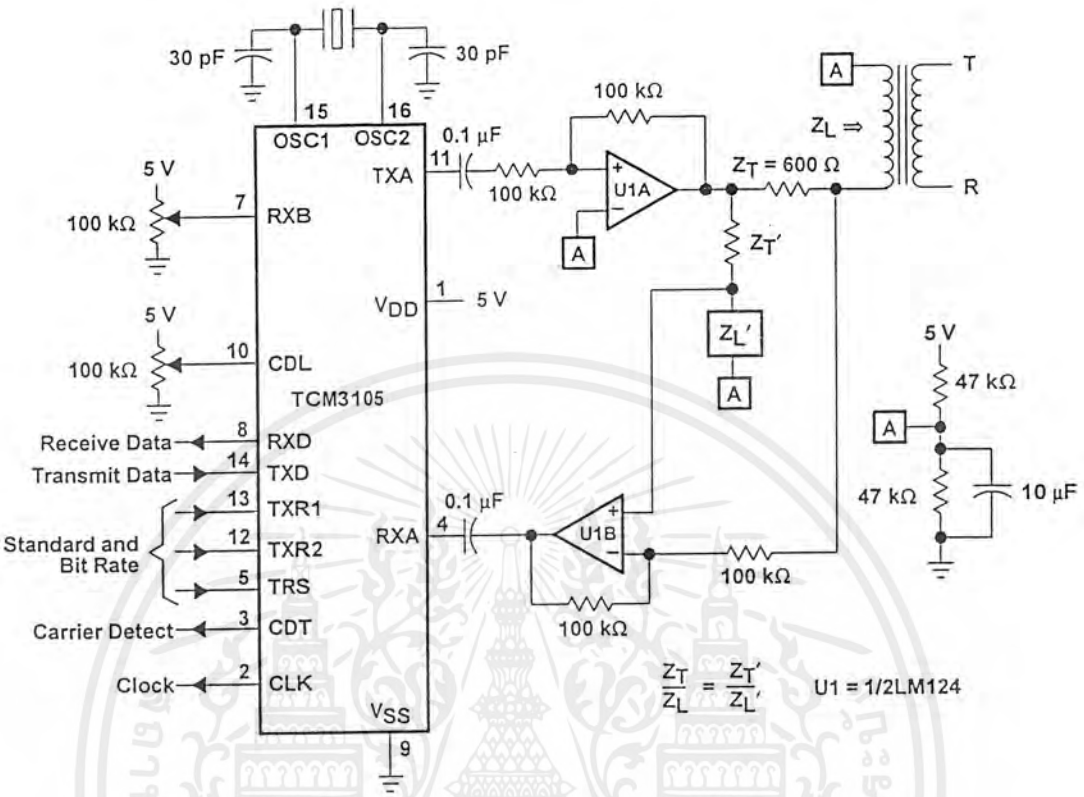


Figure 4. Simplified Telephone Line Interface Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments (TI) reserves the right to make changes to its products or to discontinue any semiconductor product or service without notice, and advises its customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that the information being relied on is current.

TI warrants performance of its semiconductor products and related software to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

Certain applications using semiconductor products may involve potential risks of death, personal injury, or severe property or environmental damage ("Critical Applications").

TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, INTENDED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT APPLICATIONS, DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS.

Inclusion of TI products in such applications is understood to be fully at the risk of the customer. Use of TI products in such applications requires the written approval of an appropriate TI officer. Questions concerning potential risk applications should be directed to TI through a local SC sales office.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards should be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance, customer product design, software performance, or infringement of patents or services described herein. Nor does TI warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used.

Copyright © 1995, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้