



ชุดระบบเชื่อมต่อโทรศัพท์กับเครื่องรับส่งวิทยุ - สถานีทวนสัญญาณ

และชุดส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ

INTERFACE TELEPHONE SYSTEM FOR TRANSCEIVER

-REPEATER AND PACKET RADIO



1. นายปดิวัติ เบ็ญจกริธา
2. นายศักดิ์ดา แพทย์กระโทก
3. นายสมลักษณ์ เลิศประกิต
4. นายสุทัศน์ พิริยโยธากุล



A021079

เลขหมู่.....	?
เลขทะเบียน.....	1311
วัน เดือน ปี.....	-3 พ.ศ. 2538

021079

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ ชุกระบบเชื่อมต่อโทรศัพท์กับเครื่องรับส่งวิทยุ -สถานีทวนสัญญาณ และชุดส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ

INTERFACE TELEPHONE SYSTEM FOR TRANSCEIVER -REPEATER AND PACKET RADIO

- ชื่อนักศึกษา 1. นายปติวัติ เบ็ญจกริษา รหัสประจำตัว 36031223
- 2. นายศักดิ์ดา แพทย์กระโทก รหัสประจำตัว 36031229
- 3. นายสมลักษณ์ เลิศประกิต รหัสประจำตัว 36031231
- 4. นายสุทัศน์ พิริโยธากุล รหัสประจำตัว 36031234

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์

- 1. อาจารย์สมชาย หมั่นสายญาติ
- 2. อาจารย์วิสุทธิ อธิพรธรรม
- 3. อาจารย์สันติ ตันตระกุล

คณะกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์สมชาย หมั่นสายญาติ	
2. อาจารย์วิสุทธิ อธิพรธรรม	
3. อาจารย์สันติ ตันตระกุล	
4. อาจารย์กิติพงศ์ มะโน	
5. อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 28 เมษายน 2538 เวลา 11.00 น. ถึงเวลา 12.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะวิศวกรรมศาสตร์

ลงนาม

( ผศ.ดร. วิเศษ งามนาคศิลป์ ณ. อยุรยา )

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

วันที่ 28 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ชุดระบบเชื่อมต่อโทรศัพท์กับเครื่องรับส่งวิทยุ -สถานีทวนสัญญาณและ  
ชุดส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ

INTERFACE TELEPHONE SYSTEM FOR TRANSCEIVER -REPEATER AND  
PACKET RADIO

### ผู้จัดทำ

1. นายปดิวัติ เบ็ญจกริธา
2. นายศักดิ์ดา แพทย์กระโทก
3. นายสมลักษณ์ เลิศประภิต
4. นายสุทัศน์ พิริย โยธากุล

### อาจารย์ที่ปรึกษา

ลงนาม.....  
( อาจารย์สมชาย หมั่นสายญาติ )

ลงนาม.....  
( อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม )

ลงนาม.....  
( อาจารย์สันติ ต้นตระกูล )

### หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

ลงนาม.....

( ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ชุดระบบเชื่อมต่อโทรศัพท์กับเครื่องรับส่งวิทยุ -สถานีทวนสัญญาณและ  
ชุดส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ

INTERFACE TELEPHONE SYSTEM FOR TRANSCIVER -REPEATER AND  
PACKET RADIO

### จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการต่างๆ ของระบบสถานีทวนสัญญาณ
2. เพื่อศึกษาหลักการต่างๆ ของระบบโทรศัพท์และการต่อกับคู่สาย
3. เพื่อศึกษาหลักการเข้ารหัสและถอดรหัส DTMF และการใช้งาน
4. เพื่อศึกษาวิธีการเชื่อมต่อโทรศัพท์กับเครื่องรับส่งวิทยุ
5. เพื่อให้การใช้งานเครื่องรับส่งวิทยุมีระยะการติดต่อไกลขึ้นโดยใช้สถานีทวนสัญญาณ
6. เพื่อให้การใช้งานเครื่องรับส่งวิทยุได้ด้วยประโยชน์สูงสุด

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบการทำงานของสถานีทวนสัญญาณ
2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบการทำงานของเครื่องโทรศัพท์
3. มีความรู้ความเข้าใจหลักการเข้ารหัสและถอดรหัส DTMF
4. สามารถออกแบบและสร้างส่วนต่างๆ ชุดระบบเชื่อมต่อโทรศัพท์กับเครื่องรับส่งวิทยุและสถานีทวนสัญญาณ
5. สามารถนำชุดระบบเชื่อมต่อโทรศัพท์กับเครื่องรับส่งวิทยุและสถานีทวนสัญญาณมาใช้ได้
6. สามารถที่จะนำชุดระบบนี้เป็นอุปกรณ์ประกอบการเรียนการสอนได้

ชุดระบบเชื่อมต่อโทรศัพท์กับเครื่องรับส่งวิทยุ - สถานีทวนสัญญาณ  
และชุดส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ

นายปติวัติ	เบ็ญจกริษา
นายศักดิ์ดา	แพทย์กระโทก
นายสมลักษณ์	เลิศประภิต
นายสุทัศน์	พิริยโยธากุล

อาจารย์ที่ปรึกษา  
 อาจารย์สมชาย หมั่นสายญาติ  
 อาจารย์วิสุทธิ อธิพรธรรม  
 อาจารย์สันติ ดันตระกุล  
 ปีการศึกษา 2537

บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอระบบเชื่อมต่อโทรศัพท์กับเครื่องรับส่งวิทยุ สถานีทวนสัญญาณและชุดส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ ซึ่งเป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อต่างระบบ กิดค้นขึ้นเพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสาร โดยใช้ระบบวิทยุมือถือกับระบบโทรศัพท์ที่ติดต่อกันได้ โดยใช้การทำงานแบบ Semi-duplex ให้ใช้ได้กับโทรศัพท์หลายๆ เลขหมาย ขึ้นอยู่กับผู้ใช้เป็นผู้เลือกใช้ นอกจากวิทยุจะเรียกโทรศัพท์ได้แล้ว สามารถใช้โทรศัพท์เรียกวิทยุได้อีกด้วยหรือติดต่อระหว่างวิทยุมือถือด้วยกัน ฮาร์ดแวร์ของโครงการนี้แบ่งเป็น 3 ส่วน ส่วนแรกเป็นชุด Decode DTMF ส่วนที่สองตรวจสอบรหัสเรียกว่า Pass Word Code เมื่อ Pass Word ของผู้ใช้ถูกต้องก็ทำการ Patch line Telephone เรียกว่า Control Patch และโครงการชุดนี้ได้เพิ่มเติม Packet Radio เข้าไว้ด้วย ซึ่งเป็นการติดต่อสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุ โดยอาศัยเครื่องคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ Packet Modem ประกอบการรับส่งข้อมูลทำได้ทีละหลายๆ สถานีในเวลาเดียวกัน โดยผลัดกันรับส่งในขณะที่ความถี่ว่าง หากการติดต่อระหว่างสถานีอยู่ไกลเกินกว่าจะติดต่อกัน ก็สามารถส่งผ่านด้วย Digipeater ระบบที่ออกแบบมานี้ สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ ตามที่ออกแบบและได้ทดสอบใช้งานจริงได้ดีทุกประการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## INTERFACE TELEPHONE SYSTEM FOR TRANSCEIVER -REPEATER AND PACKET RADIO

MR.PATTWAT	BENJAGRETA
MR.SAKDA	PHATGRATHOKE
MR.SOMLAK	LERDPRAKIT
MR.SUTAT	PIRIYAYOTHAKUL

### ADVISOR

MR.SOMCHAI	MEUNSAIYART
MR.WISUIT	ATIPORNTUM
MR.SUNTI	TUNTRAKOOL

1994

### ABSTRACT

This thesis presents the application of Interface Telephone System for Transceiver Repeater and Packet Radio for advance communication system, such as the connection between walky talky to Telephone System. This system uses the technique of semi-duplex and bases on telephone line number depending on uses. The transceiver connects between radio to telephone (for out going). Hardware of Interface Telephone System for Transceiver and Repeater, Station divided into 3 section, namely Decode DTMF (Dual Tone Multi Frequency), Pass Word Code and Control Patch.

In addition, Packet Radio was a new mode of radio communication. Packet Radio is able to transfer data faster and more accuratery than any other mode by between PC with packet radio. If the station far away to connected. It was able pass by Digipeater

## กิติกรรมประกาศ

โครงการชุดนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาในการให้คำปรึกษา แนะนำและความช่วยเหลือในด้านเทคนิค อุปกรณ์ จากคณะอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคน

ขอขอบคุณอาจารย์วินัส จันท์ครบ อาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ ที่ให้คำแนะนำและข้อมูล Packet Radio นอกจากนี้ขอขอบคุณทุกๆ ท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องช่วยเหลือทำให้โครงการนี้สำเร็จได้ด้วยดี



## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VII
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 สถานีทวนสัญญาณ	2
2.1.1 เครื่องรับส่งวิทยุสื่อสารในย่าน VHF	2
2.1.2 การใช้งานอุปกรณ์ทวนสัญญาณความถี่วิทยุ	3
2.1.3 COR (Carrier Operated Relay)	6
2.1.4 หลักการทำงานของสถานีทวนสัญญาณ	6
2.1.5 สายอากาศและคูเพล็กซ์เซอร์	9
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับโทรศัพท์	15
2.2.1 โครงสร้างโทรศัพท์	17
2.2.2 ระบบสัญญาณของชุมสายโทรศัพท์	18
2.2.3 DTMF (Dual Tone Multi Frequency)	20
2.2.4 ข้อปฏิบัติในการต่อระบบ DTMF เข้ากับคู่สายโทรศัพท์	21
2.2.5 วงจรถอดรหัส	21
2.2.6 อุปกรณ์เชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์กับเครื่องรับส่งวิทยุ	22
2.2.7 การวิเคราะห์วงจร ไอเดียลทรานส์ฟอร์มเมอร์ไฮบริด	26
2.2.8 การส่งสัญญาณจาก 4WR	27
2.2.9 การส่งสัญญาณจาก 2W	28
2.2.10 การลดทอนสัญญาณตามทฤษฎีในภาวะต่างๆ	29
2.3 โครงสร้างของ MT8870	30
2.4 Packet Radio (การสื่อสารผ่านคลื่นวิทยุ)	36
2.4.1 ทฤษฎีการทำงานสำหรับการสื่อสารข้อมูล	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
2.4.2 ระดับของ SOI-RM	37
2.4.3 ส่วนประกอบของ Packet Radio	39
2.4.4 โมเด็ม (MODEM)	40
2.4.5 การติดตั้งและใช้งาน Packet Radio	40
<b>บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง</b>	<b>43</b>
3.1 หลักการทำงาน	43
3.2 การทำงานของวงจรส่วนต่างๆ	47
3.2.1 วงจรตั้งรหัสผ่าน (Password)	47
3.2.2 วงจร COR (Carrier Operated Relay)	54
3.2.3 วงจร ไทมเมอร์	57
3.2.4 วงจรสวิตชิง (Switching)	60
3.2.5 วงจร DTMF (Dual Tone Multi Frquency)	63
3.2.6 วงจร RF Power Amplifier	65
3.2.7 วงจร Power Supply	68
3.2.8 วงจรเชื่อมต่อโทรศัพท์และตรวจจับสัญญาณ Ringing	73
3.2.9 วงจรขยายเสียง	76
<b>บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง</b>	<b>80</b>
4.1 สมรรถภาพของภาครับ	80
4.2 สมรรถภาพของภาคส่ง	81
4.3 กราฟของภาครับ,ภาคส่งและภาคส่งเคราะห์ความถี่	81
4.4 การทดสอบใช้งานจริง	86
4.5 คุณลักษณะของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบการใช้งาน	87
4.6 วิธีการทดสอบ	87
4.7 การทดสอบระบบเชื่อมต่อโทรศัพท์	88
4.8 การทดสอบระบบ Packet Radio	89
4.9 ผลการทดลอง	90
4.10 ปัญหาที่เกิดจากการทดสอบ	91
4.11 แนวทางการแก้ไข	92
4.12 หน้าที่ของปุ่มต่างๆ บนหน้าปัทม์	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
บทที่ 5 บทสรุปและแนวทางการพัฒนา	95
5.1 บทสรุป	95
5.2 แนวทางในการพัฒนา	96
บรรณานุกรม	97
ภาคผนวก ก รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ	98
ภาคผนวก ข DATA SHEET	112



## สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของสถานีทวนสัญญาณ	4
รูปที่ 2.2 ระบบสถานีทวนสัญญาณ โดยใช้ความถี่รับส่งต่างกัน	5
รูปที่ 2.3 สายอากาศแบบแยกรับส่งกับสายอากาศแบบรับส่งร่วมกัน	7
รูปที่ 2.4 ลักษณะการใช้งานของเครื่องทวนสัญญาณ	8
รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมของสถานีทวนสัญญาณ	9
รูปที่ 2.6 การติดตั้งสายอากาศรับและส่งของสถานีทวนสัญญาณแยกกัน	10
รูปที่ 2.7 แสดงสายอากาศรับและส่งในแนวตั้ง	11
รูปที่ 2.8 แสดงแผนภาพของเครื่องโทรศัพท์	16
รูปที่ 2.9 สัญญาณต่างๆ ในระบบชุมสายโทรศัพท์	19
รูปที่ 2.10 แสดงการแยกการรับและส่งของสัญญาณเสียง	22
รูปที่ 2.11 แสดงคุณสมบัติการส่งสัญญาณ	23
รูปที่ 2.12 ทรานส์ฟอร์มเมอร์ไฮบริด	24
รูปที่ 2.13 รีซิสแตนซ์ไฮบริด	25
รูปที่ 2.14 การลดทอนในทิศทางต่างๆ ของไฮบริด	26
รูปที่ 2.15 ทรานส์ฟอร์มเมอร์ไฮบริด	26
รูปที่ 2.16 แสดงการส่งสัญญาณจาก 4WR	27
รูปที่ 2.17 แสดงการส่งสัญญาณ 2W	28
รูปที่ 2.18 แสดงภาวะปกติ	29
รูปที่ 2.19 แสดงภาวะผิดปกติ	30
รูปที่ 2.20 แสดงขาของ MT8870	31
รูปที่ 2.21 โครงสร้างภายในของ MT8870	31
รูปที่ 2.22 ความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่	32
รูปที่ 2.23 ไทมิ่งไดอะแกรม	33
รูปที่ 2.24 วงจรตรวจสอบสัญญาณอย่างง่ายและแสดงการกำหนดเวลาการ์ดใหม่	34
รูปที่ 2.25 แสดงการต่อภาคอินพุท	35
รูปที่ 2.26 แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่	35
รูปที่ 2.27 วงจรใช้งานเบื้องต้นของ MT8870	35
รูปที่ 2.28 หลักการของการสื่อสารด้วย Packet Radio	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
รูปที่ 2.29 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของ ISO	37
รูปที่ 2.30 การเชื่อมต่อของโมเด็มในระบบสื่อสารข้อมูล	39
รูปที่ 2.31 โครงสร้างของ Packet Radio รุ่น TNC-211	41
รูปที่ 2.32 การเชื่อมต่อระหว่าง Packet Radio กับเครื่องวิทยุ	42
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงการงาน	45
รูปที่ 3.2 วงจรรวมของโครงการงาน	46
รูปที่ 3.3 วงจรตั้งรหัสผ่านเปิดระบบสถานีทวนสัญญาณ	49
รูปที่ 3.4 วงจรตั้งรหัสผ่านเปิดระบบโทรศัพท์	50
รูปที่ 3.5 วงจรตั้งรหัสผ่านปิดระบบทั้งหมด	51
รูปที่ 3.6 ลายวงจรพิมพ์วงจรตั้งรหัสผ่าน ซึ่งเหมือนกันทั้ง 3 วงจร	52
รูปที่ 3.7 ลายวงจรพิมพ์ด้านวางอุปกรณ์วงจรตั้งรหัสผ่าน	53
รูปที่ 3.8 วงจร COR (Carrier Operated Relay)	55
รูปที่ 3.9 ลายวงจรพิมพ์และตำแหน่งอุปกรณ์วงจร COR	56
รูปที่ 3.10 วงจรไทมเมอร์	58
รูปที่ 3.11 ลายวงจรพิมพ์และตำแหน่งอุปกรณ์วงจรไทมเมอร์	59
รูปที่ 3.12 วงจรสวิทช์	61
รูปที่ 3.13 ลายวงจรพิมพ์และตำแหน่งอุปกรณ์วงจรสวิทช์	62
รูปที่ 3.14 ลายวงจรพิมพ์และตำแหน่งอุปกรณ์วงจร DTMF Decoder	63
รูปที่ 3.15 วงจร DTMF Decoder	64
รูปที่ 3.16 วงจร RF-Power Amplifier	66
รูปที่ 3.17 ลายวงจรพิมพ์และตำแหน่งอุปกรณ์วงจร RF-Power Amplifier	67
รูปที่ 3.18 วงจร Power Supply 12V 20A	69
รูปที่ 3.19 ลายวงจรพิมพ์และตำแหน่งอุปกรณ์วงจร Power Supply 12V 20A	70
รูปที่ 3.20 ลายวงจรพิมพ์และตำแหน่งอุปกรณ์วงจร Power Supply 5V 3A	71
รูปที่ 3.21 วงจร Power Supply 5V 3A	72
รูปที่ 3.22 วงจรเชื่อมต่อโทรศัพท์และตรวจจับสัญญาณ Ringing	74
รูปที่ 3.23 ลายวงจรพิมพ์และตำแหน่งอุปกรณ์วงจรเชื่อมต่อโทรศัพท์และตรวจจับสัญญาณ Ringing	75
รูปที่ 3.24 ลายวงจรพิมพ์และตำแหน่งอุปกรณ์วงจรขยายเสียง	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
รูปที่ 3.25 วงจรขยายเสียง	77
รูปที่ 3.26 วงจร Packet Radio	78
รูปที่ 3.27 ลายวงจรพิมพ์และตำแหน่งอุปกรณ์ Packet Radio	79
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความไวของภาครับที่ความถี่ต่างๆ ที่ทำให้ Squelch ON	80
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความไวของภาครับที่ความถี่ 144-146 MHz ที่ทำให้ Squelch ON	80
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงกำลังของภาคส่งที่ความถี่ต่างๆ	81
รูปที่ 4.4 แสดงภาพหน้าปัทม์ด้านหน้าของโครงการงาน	82
รูปที่ 4.5 แสดงภาพหน้าปัทม์ด้านหลังของโครงการงาน	82
รูปที่ 4.6 แสดงภาพการต่อเครื่องวัดกำลังส่งและ SWR เพื่อทดสอบ (ด้านหน้า)	83
รูปที่ 4.7 แสดงภาพการต่อเครื่องวัดกำลังส่งและ SWR เพื่อทดสอบ (ด้านหลัง)	83
รูปที่ 4.8 แสดงภาพสายอากาศที่ใช้เป็นสายอากาศของภาครับ	84
รูปที่ 4.9 แสดงภาพสายอากาศที่ใช้เป็นสายอากาศของภาคส่ง	84
รูปที่ 4.10 ภาพด้านหน้าการต่ออุปกรณ์ใช้งาน Mail Box	85
รูปที่ 4.11 ภาพด้านหลังการต่ออุปกรณ์ใช้งาน Mail Box	85
รูปที่ 4.12 ภาพแสดงผลการ Run โปรแกรม Baycom	86
รูปที่ 4.13 แสดงการต่ออุปกรณ์ต่างๆ ในการใช้งาน	86
รูปที่ 4.14 ภาพหน้าปัทม์ด้านหน้า	92
รูปที่ 4.15 ภาพหน้าปัทม์ด้านหลัง	92

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์เลขหมายในระบบความถี่คู่	20
ตารางที่ 4.1 แสดงการตั้งเวลาปิดการใช้งานอัตโนมัติ	90



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

ในปัจจุบันระบบโทรศัพท์นับได้ว่าเป็นมีความสำคัญอย่างมากต่อการสื่อสารทั้งหมดและมีแนวโน้มว่าจะทวีความสำคัญมากขึ้น โดยเฉพาะในวงการธุรกิจ สำนักงานทั่วไป ซึ่งนิยมใช้โทรศัพท์เซลลูลาร์ สำหรับระบบเชื่อมต่อโทรศัพท์กับรับส่งวิทยุและสถานีทวนสัญญาณเป็นการสื่อสารที่มีความพิเศษและต่างจากระบบวิทยุมือถือโดยทั่วไปคือ สามารถจะเรียกติดต่อกับโทรศัพท์ได้ และโทรศัพท์ก็เรียกเข้าวิทยุมือถือได้อีกด้วย นอกจากนี้วิทยุมือถือยังสามารถติดต่อกันเองระหว่างวิทยุด้วยกัน ในโหมดสถานีทวนสัญญาณซึ่งอำนวยความสะดวกให้ยิ่งขึ้น จึงมีความเหมาะสมและคล่องตัวในการติดต่อได้ดี เพื่อให้ระบบมีความสมบูรณ์แบบยิ่งขึ้นจึงได้เพิ่มเติมในส่วนที่เรียกว่า Packet Radio ซึ่งใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลผ่านความถี่วิทยุได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยความถี่หนึ่งความถี่อาจจะใช้ในการติดต่อสื่อสารได้หลายทางในเวลาเดียวกัน มี Bulletin Board System (BBS) ในการเปลี่ยนแปลงเวลา โดยอนุญาตให้ผู้ที่กำลังใช้งาน Packet Radio เก็บข้อความนำกลับออกมาโดยนักวิทยุสมัครเล่นคนอื่นๆ หลังจากเวลานั้นผ่านไป โดยเก็บข่าวสารไว้ใน BBS สำหรับนำออกมาขณะสะดวกในการรับข่าวสาร

ในปฏิญานិพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งออกเป็น 5 บท ในบทแรกคือส่วนที่ท่านกำลังอ่านอยู่นี้ กล่าวถึงส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องของโครงการนี้โดยสรุป

บทที่ 2 เป็นทฤษฎีและหลักการงานต่างๆ ของระบบสถานีทวนสัญญาณ โทรศัพท์ การเชื่อมต่อระบบโทรศัพท์กับเครื่องรับส่งวิทยุและหลักการของ Packet Radio

บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง อธิบายถึงบล็อกไดอะแกรมของโครงการนี้และการออกแบบการทำงานของวงจรส่วนต่างๆ

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลองที่ได้จากการใช้งานจริงๆ ในโหมดของสถานีทวนสัญญาณ โทรศัพท์และการส่งผ่านข้อมูลด้วย Packet Radio

บทที่ 5 ได้สรุปผลและเสนอปัญหาที่เกิดขึ้นตลอดจนแนวทางแก้ไข พร้อมกับเสนอแนวทางการพัฒนาของโครงการนี้ไว้ และในภาคผนวกได้ให้รายละเอียดของรายการอุปกรณ์ที่ใช้และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงการนี้ที่หาได้ยากโดยทั่วไป.

นอกจากที่กล่าวมาข้างต้น โครงการชุดนี้ยังมีคู่มือการใช้งานและคู่มือโปรแกรม BBS ประกอบด้วย ซึ่งท่านสามารถอ่านประกอบกับปฏิญานิพนธ์เล่มนี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1 สถานีทวนสัญญาณ

##### 2.1.1 เครื่องรับส่งวิทยุสื่อสารในย่าน VHF

ในปัจจุบันเครื่องส่งวิทยุในระบบ VHF/FM ย่านความถี่ 140-150 MHz นับเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมาก เพราะใช้งานง่าย มีความคล่องตัวสูง อีกทั้งราคาไม่แพงและง่ายต่อการบำรุงรักษา จึงเป็นที่นิยมใช้กันในหน่วยงานราชการต่างๆ ทั้งทหาร ตำรวจและหน่วยงานของรัฐ ตลอดจนหน่วยงานของเอกชนบางแห่ง

โดยทั่วไปคลื่นวิทยุความถี่ VHF นี้ คลื่นสัญญาณจะวิ่งเป็นเส้นตรงหรือที่เรียกว่าคลื่นวิทยุแบบ Line of Sight ถ้ามีสิ่งกีดขวางทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นวิทยุจะทำให้คลื่นวิทยุเกิดการเบี่ยงเบนและจางหายไปในที่สุด ดังนั้นระยะทางหรือรัศมีการติดต่อรับส่งวิทยุ VHF/FM นี้ จึงถูกจำกัดให้ขึ้นอยู่กับ

- ระยะทาง
- ภูมิประเทศ
- ความสูงของสายอากาศ
- กำลังของเครื่องส่ง
- ความไวของเครื่องรับ

เมื่อพิจารณาแล้วจะเห็นได้ว่า การติดต่อทางคลื่นวิทยุระหว่างเครื่องรับส่งประเภทมือถือหรือติดรถยนต์ จะถูกจำกัดด้วยระยะทางลงมาจากความสูงของสายอากาศน้อยมากและโดยเฉพาะเครื่องมือซึ่งเป็นเครื่องขนาดเล็กมีกำลังส่งต่ำ ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาประสิทธิภาพในการติดต่อใช้งานในด้านต่างๆ อาทิ การเพิ่มกำลังส่ง การปรับแต่งประสิทธิภาพของเครื่องรับ แต่ก็มีข้อจำกัดเกี่ยวกับกฎหมายควบคุมการอนุญาตให้มีเครื่องวิทยุ

ดังนั้นการใช้วิทยุสื่อสารแบบมือถือหรือติดรถยนต์ให้มีประสิทธิภาพและสามารถติดต่อกันได้ระยะทางไกลๆ นั้น จึงขึ้นอยู่กับการจัดระบบและข่ายการติดต่อใช้งานแต่ละรูปแบบ ซึ่งจัดได้เป็นหลักใหญ่ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แบบ Simple signal frequency เป็นแบบที่เครื่องรับและเครื่องส่งใช้คลื่นการติดต่อเป็นคลื่นเดียวกัน แบบนี้สะดวกในการติดต่อระหว่างจุดต่อจุดและเป็นกลุ่ม แต่ถูกจำกัดด้วยระยะทางการติดต่อ

2. แบบ Simplex double frequency คล้ายกับแบบแรกแตกต่างกันที่คลื่นรับและส่งมีความถี่ต่างกัน (คือรับความถี่หนึ่งแล้วส่งอีกความถี่หนึ่ง) ข้อดีก็คือว่าสามารถใช้ร่วมกับระบบสถานีทวนสัญญาณ เพื่อเพิ่มระยะทางในการติดต่อได้กว้างขึ้น

3. แบบ Duplex double frequency เป็นแบบที่ใช้คลื่นรับและส่งความถี่ต่างกันและสามารถรับส่งในเวลาเดียวกันได้ แบบนี้เหมาะที่จะใช้ร่วมกับระบบโทรศัพท์ แต่ขอบเขตของการติดต่อถูกจำกัดเช่นเดียวกับแบบแรก

เครื่องรับส่งวิทยุที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันส่วนใหญ่ สามารถที่จะรับในระบบ Simplex signal frequency และระบบ Simplex double frequency ได้อยู่ในตัวอยู่แล้ว ดังนั้นการนำเครื่องรับส่งวิทยุเหล่านี้มาใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพโดยร่วมกับระบบสถานีทวนสัญญาณแบบ Simplex double frequency จึงเป็นไปได้อย่างสะดวกเพราะไม่จำเป็นต้องแก้ไขระบบในเครื่องวิทยุเพิ่มเติม

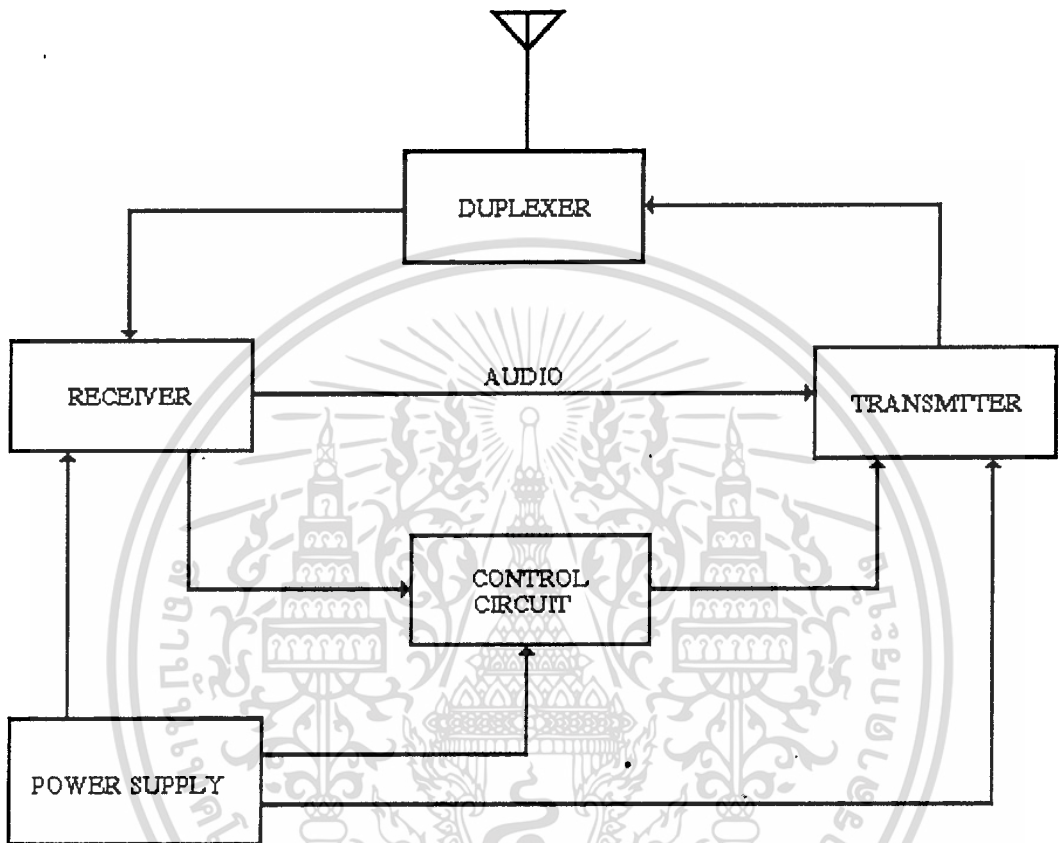
หลังจากที่กรมไปรษณีย์โทรเลขมีประกาศยกเลิกความถี่เรียกขานของสถานีควบคุมข่ายทั่วประเทศที่กำหนดไว้แต่เดิม โดยให้ใช้ความถี่เรียกขานเหมือนกันทั่วประเทศและให้สถานีควบคุมข่ายสามารถติดตั้งเครื่องทวนสัญญาณหรือ Repeater เพื่อใช้ในการกิจการวิทยุสมัครเล่นได้ โดยให้ช่องความถี่ส่งที่ 145.625, 145.650, 145.675 และ 145.700 MHz มีความถี่รับที่ 145.025, 145.050, 145.075 และ 145.100 MHz

สถานีทวนสัญญาณ อยู่ในความควบคุมดูแลขององค์การ FCC ซึ่งได้วางระบบระเบียบและกำหนดแบ่งการใช้งานคลื่นวิทยุ นอกจากนี้ก็ยังมีระเบียบเกี่ยวกับการแพร่กระจายคลื่นวิทยุ โดยที่กำหนดไว้ว่า สถานีทวนสัญญาณที่ออกแบบมานั้นจะต้องมีประสิทธิภาพการแพร่กระจาย (Effective radiation power : ERP) ในทิศทางเดียว FCC มีเหตุผลที่ต้องควบคุมการอนุญาตให้มีสถานีทวนสัญญาณ เพื่อควบคุมบริเวณรอบๆ ตัวของสถานีทวนสัญญาณ ซึ่งปกติเป็นเรื่องยากที่ สองสถานีทวนสัญญาณจะแบ่งแยกการครอบคลุมพื้นที่การใช้งาน

### 2.1.2 การใช้งานอุปกรณ์ทวนสัญญาณความถี่วิทยุ

ระบบสถานีทวนสัญญาณ โดยทั่วไปก็คือสถานีตัวกลางที่ช่วยถ่ายทอดสัญญาณให้ระหว่างสถานีสองสถานีที่ไม่สามารถติดต่อกันได้โดยตรง ซึ่งโดยมากเป็นระบบอัตโนมัติเช่น คุ้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานีที่เครื่องรับส่งแบบมือถือหรือแบบเคลื่อนที่ สามารถเพิ่มขีดความสามารถในการติดต่อ โดยใช้ สถานีทวนสัญญาณเป็นตัวกลางในการถ่ายทอดสัญญาณ



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของสถานีทวนสัญญาณ

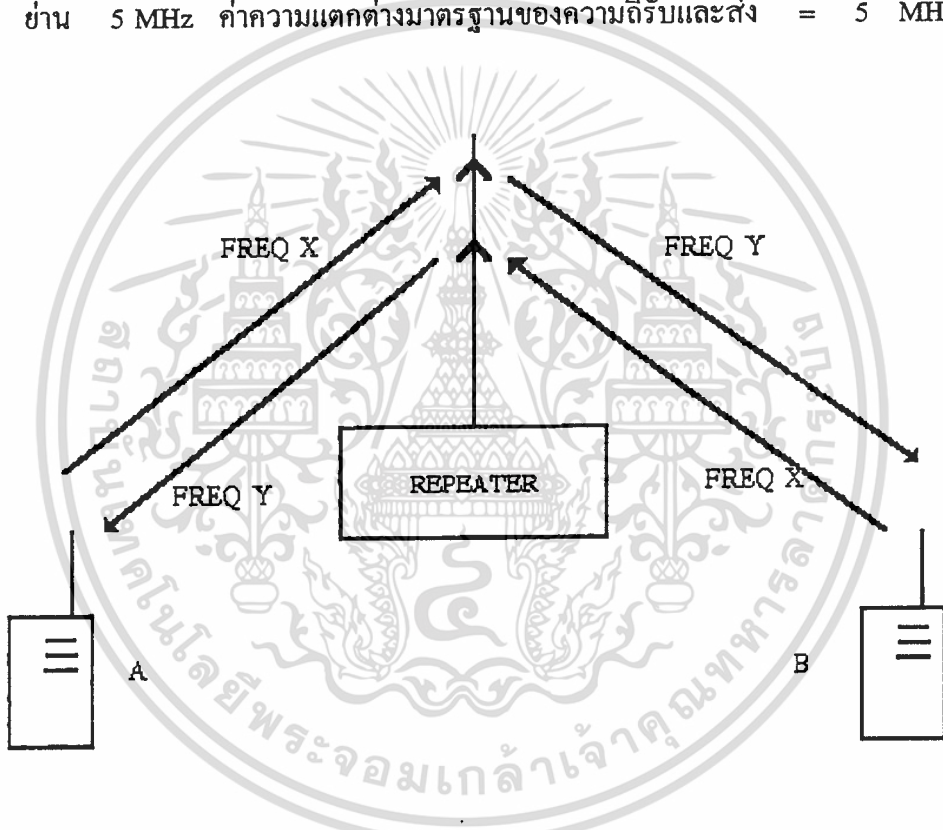
ส่วนประกอบของสถานีทวนสัญญาณประกอบด้วยส่วนใหญ่ว่า ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.1 คือ

1. ภาครับ
2. ภาคส่ง
3. ภาคควบคุม
4. ภาคจ่ายไฟ
5. ระบบสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในพื้นที่ให้บริการย่าน VHF และ UHF แบบ Simple double frequency ได้ใช้ความถี่ 2 ความถี่คือ ความถี่รับความถี่หนึ่งและความถี่ส่งอีกความถี่หนึ่ง โดยความถี่ทั้งสองมีความต่างกัน อยู่ตามมาตรฐานที่กำหนดขึ้น เพื่อมิให้เกิดการรบกวนกันของภาครับและภาคส่งของสถานีทวน สัญญาณ สำหรับมาตรฐานที่กำหนดไว้ ดังนี้

- ย่าน 2 Meters ค่าความแตกต่างมาตรฐานของความถี่รับและส่ง = 600 KHz
- ย่าน 220 MHz ค่าความแตกต่างมาตรฐานของความถี่รับและส่ง = 1.6 MHz
- ย่าน 5 MHz ค่าความแตกต่างมาตรฐานของความถี่รับและส่ง = 5 MHz



รูปที่ 2.2 ระบบสถานีทวนสัญญาณ โดยใช้ความถี่รับส่งต่างกัน

จากรูปที่ 2.2 ไคอะแกรมความถี่ ความถี่ X คือความถี่ภาครับหรือความถี่อินพุทของ สถานีทวนสัญญาณและความถี่ Y คือความถี่เอาต์พุทหรือความถี่ภาคส่ง เครื่องรับส่ง A จะส่งที่ ความถี่ X และรับที่ความถี่ Y เหมือนกับเครื่องรับส่ง B ดังนั้นเมื่อเครื่องรับส่ง A ส่งความถี่ที่ X สถานีทวนสัญญาณจะรับแล้วจะส่งสัญญาณจากเครื่องรับส่ง A ออกไปที่ความถี่ Y ซึ่งความถี่รับ ของเครื่องรับส่ง B และหากเครื่องรับส่ง B ส่งบ้างก็จะกลับกัน คือ เครื่องรับส่ง B ส่งความถี่ X เครื่องรับส่ง B ส่งความถี่ X เครื่อง A รับที่ความถี่ Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.3 COR (Carrier Operated Relay)

ในระบบคีสแพทช์ ต้องตั้งสถานีทวนสัญญาณร่วมในข่าย เพื่อช่วยขยายรัศมีทำการให้ไปได้ไกลขึ้น โดยเฉพาะในกรณีในพื้นที่ที่ใช้งานที่มีลักษณะทางภูมิศาสตร์หรือรูปร่างพื้นที่แปลกๆ หรือในพื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวางการเดินทางของคลื่นวิทยุ

เครื่องสถานีทวนสัญญาณประกอบด้วยเครื่องรับและเครื่องส่งต่อร่วมกัน เมื่อเครื่องรับรับคลื่นวิทยุ รีเลย์จะทำงานและศิษ์เครื่องส่งให้ส่งคลื่นออกไป เมื่อคลื่นวิทยุที่เครื่องรับหายไป เครื่องส่งจะหยุดทำงาน ความถี่ของเครื่องรับและเครื่องส่งจะต้องอยู่ห่างกันพอสมควร เพื่อมิให้คลื่นแปลกปลอมจากเครื่องส่งย้อนกลับไปยังเครื่องรับ ทำให้สถานีทวนสัญญาณลือกค้าง ในปัจจุบันวงจรรีเลย์ที่ทำงานด้วยพาหะ จะเป็นสวิทชิงแบบอิเล็กทรอนิกส์ แต่ก็ยังนิยมเรียกชื่อเดิมว่า COR

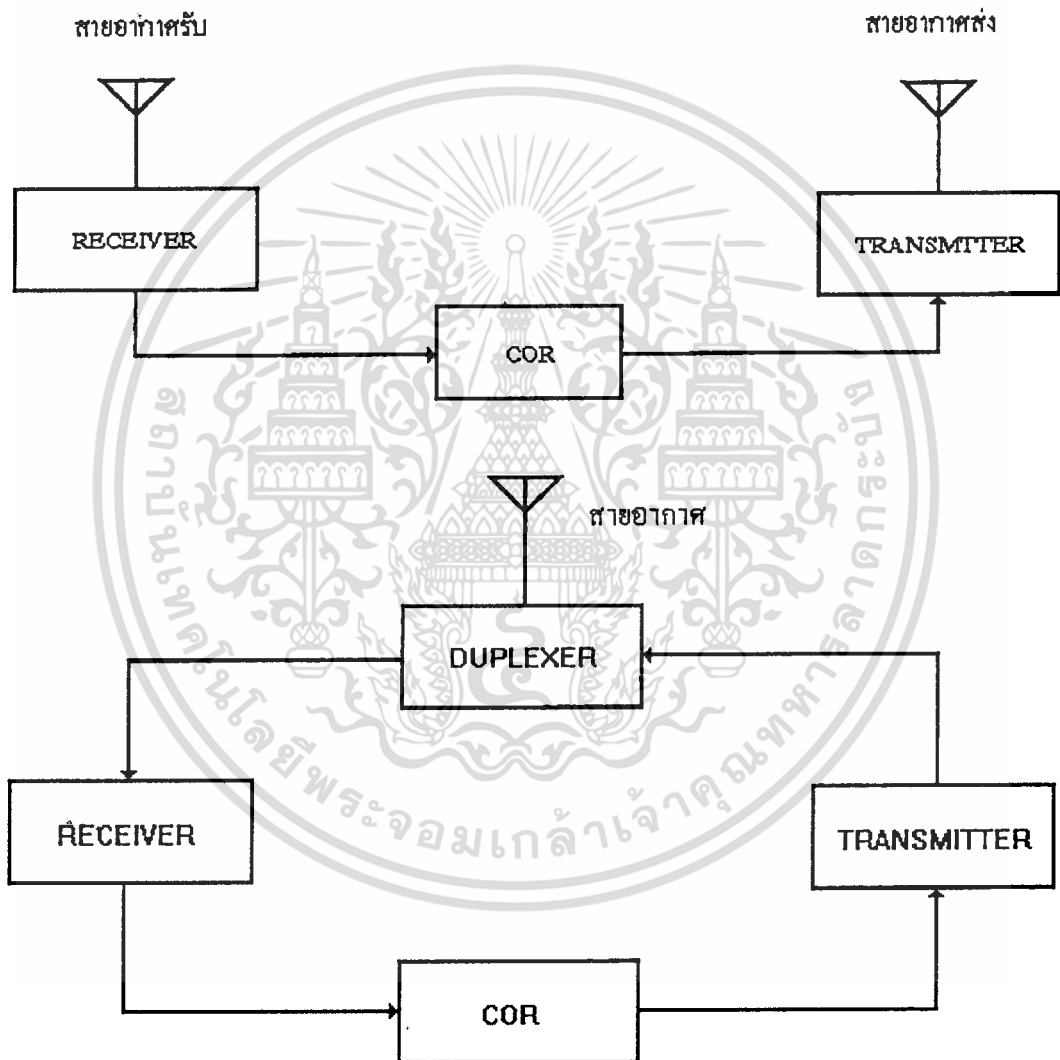
COR มีชื่อเรียกหลายชื่อเช่น Squelch Relay, Squelch Operated Relay, Aquelth Gate หรือ Signal Operating Relay ชื่อต่างๆ เหล่านี้ไม่สำคัญ แต่สำคัญที่หน้าที่การทำงาน ในความเป็นจริง วงจรควบคุมรุ่นใหม่นิยมใช้อุปกรณ์โซลิตสเตรเป็นหลักและบ่อยครั้งที่ไม่มีอุปกรณ์รีเลย์อยู่ในวงจรเลย แต่ก็ยังเรียกชื่ออยู่ หน้าที่ของวงจร COR คือเป็นวงจรควบคุมให้สถานีทวนสัญญาณทำงานโดยอัตโนมัติ โดยใช้แรงดันในภาครับ ซึ่งเป็น DC ในช่วง Squelch มาใช้ในการควบคุมภาคส่งให้ทำงานในเวลาเดียวกันกับที่ภาครับสัญญาณเข้ามา ซึ่งแรงดัน DC ที่ใช้นั้นเป็นแรงดันในการปิดกับเปิดภาควงจร Squelch COR จะต้องทำการหน่วงเวลาเพื่อควบคุมเครื่องส่งให้ทำงานอีกชั่วระยะเวลาหนึ่ง เมื่อสัญญาณจากเครื่องรับสิ้นสุดลง ช่วงเวลานี้เรียกว่า “Hang Time” เพื่อให้ข้อมูลหรือข่าวสารส่งผ่านสถานีทวนสัญญาณไม่ขาดหายไป เนื่องจากสัญญาณที่ภาครับเข้ามาอ่อนมาก ทำให้ Squelch เปิดบ้างปิดบ้าง ซึ่งถ้าไม่มีการหน่วงเวลา ภาคส่งจะทำงานตาม Squelch คือปิดเปิดตามกัน จะทำให้ข้อมูลที่ส่งผ่านออกไปขาดหายเป็นช่วงๆ

### 2.1.4 หลักการทำงานของสถานีทวนสัญญาณ

สถานีทวนสัญญาณแบบพื้นฐานสามารถสร้างขึ้นโดยใช้เครื่องรับ แล้วความถี่ที่มีความถี่ต่างกันและมีวงจร COR ซึ่งจะควบคุมให้ภาคส่งทำงานเมื่อภาครับรับสัญญาณได้และนำข่าวสารหรือข้อมูลที่ Detect ได้จากภาครับไปมอดูเลทกับภาคส่งเพื่อส่งออกอากาศไปอีกความถี่หนึ่งในช่วงเวลาเดียวกัน

เพื่อให้เห็นการทำงานในส่วนนี้ชัดเจนยิ่งขึ้นจะขอยกตัวอย่าง ดังนี้

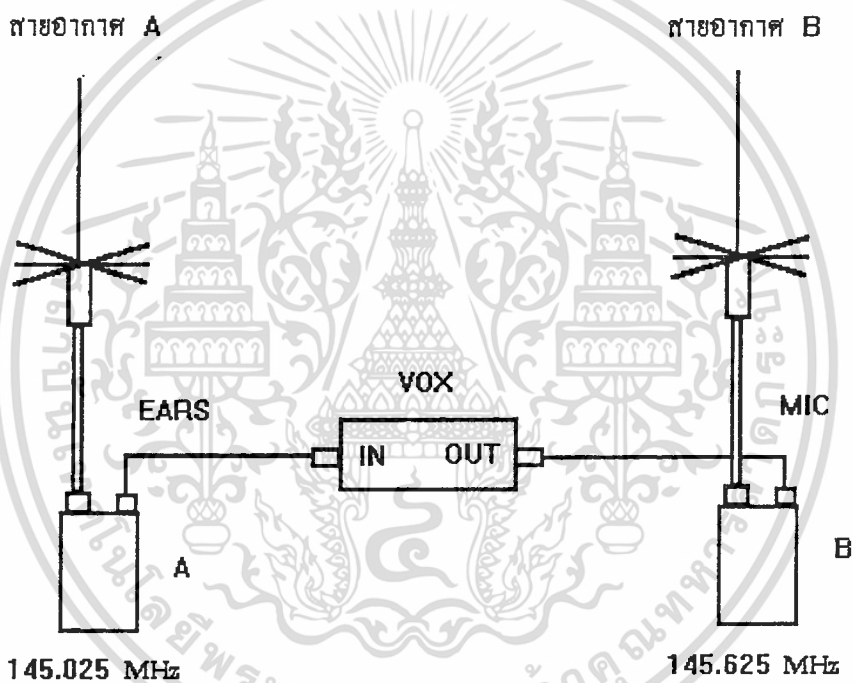
เครื่องทวนสัญญาณประกอบด้วยเครื่องรับและเครื่องส่งต่อร่วมกัน ดังรูปที่ 2.3 โดยนำเครื่องสองเครื่องต่อดังรูปที่ 2.4 ให้เครื่อง A ตั้งค่าความถี่หนึ่งสมมุติเป็น 145.025 MHz เครื่อง B ตั้งความถี่ที่ 145.625 MHz และตั้งความถี่อีกสองเครื่องเป็นคูเพิลลิ่ง ตั้งความถี่ผลต่างที่ 600 KHz (0.60 MHz) ตั้งความถี่ที่ 146.625 MHz ทั้งสองเครื่อง เมื่อเปิดเครื่องทั้งหมดแล้ว ลองส่งที่เครื่องใดเครื่องหนึ่งใน 2 เครื่องที่ตั้งคูเพิลลิ่งไว้ อีกเครื่องก็จะรับได้ ถ้าสลับกันก็จะยังรับอีกฝ่ายได้อยู่ ลองปิดทั้งสองเครื่อง (เครื่อง A, B) เมื่อกดส่งเช่นเดิมอีกเครื่องจะรับไม่ได้



รูปที่ 2.3 การใช้สายอากาศแบบแยกรับส่งกับสายอากาศแบบรับส่งร่วมกัน

หลักการทำงานก็คือ เมื่อสัญญาณมา เครื่อง A, B ซึ่งเสมือนเป็นสถานีทวนสัญญาณจะรับที่ความถี่ 145.025 MHz โดยเครื่อง A รับสัญญาณได้แล้วเครื่อง A จะแปลงเป็นเสียงส่งผ่านเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปยังระบบ VOX ซึ่งจะไปควบคุมเครื่อง B ให้ส่งสัญญาณเสียงออกไปอีกความถี่ 146.625 MHz ซึ่งตรงกับความถี่รับของเครื่องที่รับฟัง แต่ในสถานีสถานีทวนสัญญาณจริงๆนั้น จะมีส่วนการทำงานอีกหลายส่วนเช่น ระบบผ่านเข้าใช้ ระบบตั้งเวลาการใช้ ซึ่งระบบต่างๆ เหล่านี้มีไว้เพื่อป้องกันการใช้สถานีทวนสัญญาณผิดวิธี เช่น ใช้นานเกินไป การแอบใช้โดยไม่มีสิทธิเป็นต้น สถานีทวนสัญญาณบางตัวใช้ระบบคูปเพิลเลอร์ คือการรวมสายอากาศรับและสายอากาศส่งเป็นตัวเดียวกัน หรือบางตัวจะแยกภาครับและภาคส่งไปอยู่คนละต้น หรือบางครั้งก็ต่อใช้กับโทรศัพท์แล้วแต่วัตถุประสงค์การใช้งาน

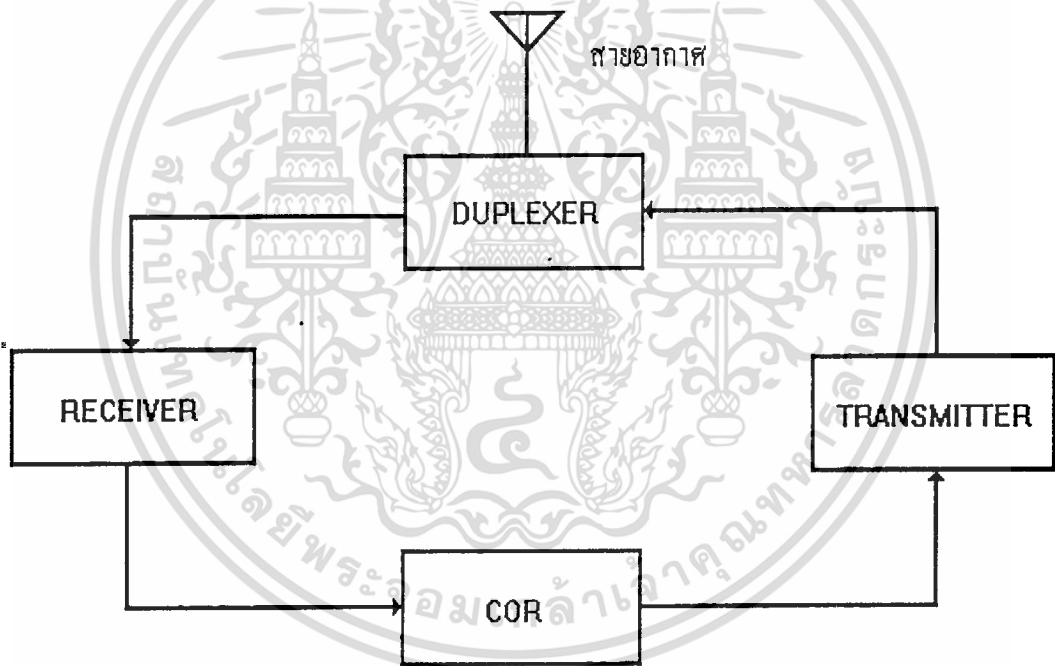


รูปที่ 2.4 ลักษณะการใช้งานของเครื่องทวนสัญญาณ

จากสายอากาศมาที่ภาครับ ซึ่งก็คล้ายๆ กับภาครับในรับส่งวิทยุโดยทั่วไปต่างกันที่ระบบสถานีทวนสัญญาณจะสนใจและป้องกันปัญหาการเกิดคลื่นแทรก (Intermodulation) มากกว่า เพราะคลื่นแทรกดังกล่าวอาจจะไปเปิดวงจรภาคส่งให้ส่งสัญญาณออกอากาศ โดยที่เราไม่ต้องการได้อีกอย่างที่ไม่ใช่ในภาครับโดยทั่วไปคือ Discriminator Output ทำหน้าที่บอกภาคคอนโทรลว่ามีสัญญาณรับเข้ามาแล้วแทนที่จะเอาไปต่อกับระบบ VOX เหมือนที่เคยทำ สัญญาณนี้จะมาพร้อมๆ กับไฟ Busy ก็คือถ้า Busy ติดๆ DISC ก็จะมีสัญญาณออกมานั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนภาคส่งประกอบด้วย 3 ส่วนคือภาคผสมสัญญาณ ภาคขยายกำลังส่งออกอากาศและภาคฟิลเตอร์ ภาคผสมสัญญาณและภาคขยายกำลังก็มีลักษณะเหมือนกับภาคส่งของรับส่งวิทยุ โดยทั่วไป ส่วนที่แปลกกว่าที่เคยพบคือมีภาคส่งขยายออกอากาศ 2 ชั้นเพื่อต้องการกำลังส่งสูงๆ ส่วนภาคฟิลเตอร์จะทำหน้าที่สองอย่างคือ กรองความถี่ที่ต้องการส่งออกและภาค APC (Automatic Power Control) เพื่อควบคุมกำลังส่งของภาคขยาย ดังนั้นกำลังส่งออกอากาศจึงขึ้นอยู่กับสายอากาศด้วยว่ามี VSWR มากน้อยเท่าไร สิ่งที่ต้องระลึกเสมอก็คือ ความถี่รับของสถานีทวนสัญญาณกับความถี่ส่งของสถานีทวนสัญญาณจะตรงกันไม่ได้เป็นอันขาด และที่สำคัญคือวงจรเข้ารหัสจะเป็นตัวกำหนดว่าจะใช้สถานีทวนสัญญาณได้หรือไม่ โดยในโครงการนี้เลือกใช้ระบบ DTMF เป็นตัวเปิดเข้าใช้งานซึ่งจะกล่าวถึงในตอนต่อไป



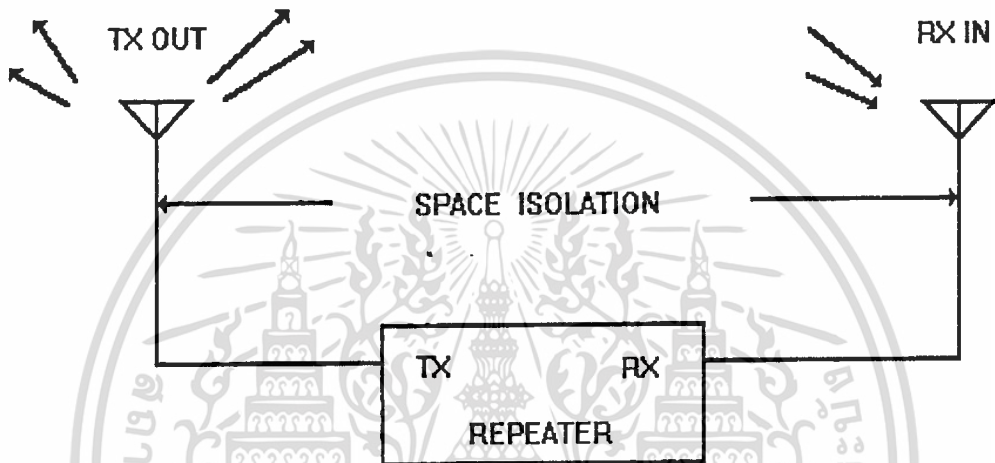
รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมของสถานีทวนสัญญาณ

2.1.5 สายอากาศและคูเพล็กซ์เซอร์

การใช้คูเพล็กซ์เซอร์เป็นวิธีการทำให้สถานีสถานีทวนสัญญาณ สามารถทำการรับและส่งสัญญาณได้พร้อมๆ กันด้วยสายอากาศต้นเดียวและสายนำสัญญาณเส้นเดียว โดยปราศจากการรบกวนซึ่งกันและกัน การป้องกันไม่ให้สัญญาณรบกวนซึ่งกันและกันนี้เรียกว่า “การคัดแยกความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

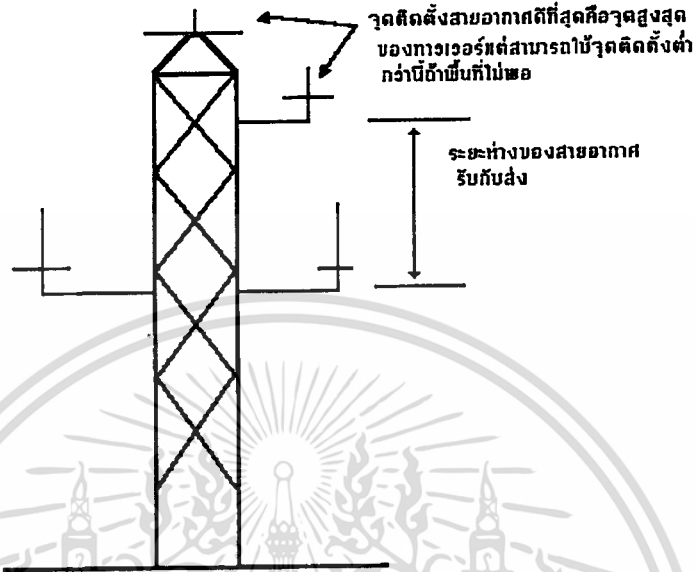
ความถี่รับ/ส่ง (Isolation)” ซึ่งเป็นคุณสมบัติหนึ่งของคูเพิลเลอร์ มีหน่วยการวัดเป็นเดซิเบล (dB) หากเลือกวิธีการแยกสายอากาศที่ใช้ในการรับและส่งออกจากกันคนละต้น จะต้องมียะห่างของสายอากาศทั้งทางแนวตั้งและแนวนอนที่เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อป้องกันการรบกวนกันของความถี่รับและส่งความถี่ (ดูรูปที่ 2.6) ซึ่งมักจะเรียกว่า “ระยะห่างระหว่างสายอากาศในการคัดแยกความถี่รับส่ง (Space Isolation)”



รูปที่ 2.6 การติดตั้งสายอากาศรับและส่งของสถานีทวนสัญญาณแยกกัน

ตัวอย่างเช่น สถานีทวนสัญญาณย่าน 2 เมตร (ทู-มิเตอร์) ที่ใช้สายอากาศรับและส่งคนละต้น ต้องมียะห่างของสายอากาศในการคัดแยกความถี่รับส่งทางแนวตั้งประมาณ 10 ฟุต ในขณะที่ทางแนวนอนจะมีค่าประมาณ 30 ฟุต ซึ่งระยะดังกล่าวจะทำให้มีค่าการคัดแยกความถี่รับส่งประมาณ 30 dB แต่สถานีทวนสัญญาณทั่วไปต้องการค่าการคัดแยกความถี่รับส่งมากกว่านี้ จึงต้องเพิ่มระยะห่างของสายอากาศถึง 2 ต้นและสายนำสัญญาณ 2 เส้น จะทำให้กินเนื้อที่บนเสาเทาวเวอร์ซึ่งปกติก็ไม่ค่อยจะมีอยู่แล้ว การใช้สายอากาศเพียง 1 ต้น และสายนำสัญญาณ 1 เส้น จึงเป็นการประหยัดกว่าและเป็นการประหยัดเนื้อที่บนเสาเทาวเวอร์ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่มีสายอากาศหนาแน่นเป็นพิเศษ สายอากาศโดยทั่วไปจะติดตั้งบนส่วนที่สูงที่สุดของเสาเทาวเวอร์ เพื่อให้สามารถครอบคลุมภูมิประเทศได้มาก และที่จุดนี้มักจะเป็นที่ต้องการของผู้ใช้วิทยุอื่นด้วย บางครั้งคูเพิลเลอร์บางตัวถูกออกแบบมาให้สามารถป้องกันสัญญาณรบกวนที่เกิดจากเครื่องส่งวิทยุที่อยู่ใกล้เคียง และป้องกันสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการเครื่องส่งวิทยุของเครื่องส่งวิทยุของเครื่องสถานีทวนสัญญาณเองออกไปรบกวนเครื่องส่งวิทยุอื่นด้วย ปัญหาอย่างหนึ่งที่มีมักเกิดกับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานีทวนสัญญาณก็คือ ความไวของเครื่องรับจะถูกลดทอนลงไปเนื่องจากสัญญาณรบกวน ซึ่งสามารถแก้ปัญหานี้ได้โดยใช้อุปกรณ์กรองความถี่หรือฟิลเตอร์แบบ Cavities



รูปที่ 2.7 แสดงสายอากาศรับและส่งในแนวตั้ง

สัญญาณรบกวนที่จะลดทอนความไวของเครื่องรับมี 2 ลักษณะ คือ สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในช่องความถี่ที่มีความแรงกว่าและสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในช่องความถี่สามารถเกิดขึ้นได้จากสถานีทวนสัญญาณเอง หรืออาจเป็นสัญญาณที่ผ่านคูเพล็กซ์เซอร์เข้ามาจากแหล่งกำเนิดคลื่นวิทยุอื่นๆ ส่วนสัญญาณรบกวนที่เกิดจากช่องความถี่อื่นที่มีความแรงกว่าอาจเกิดจากเครื่องส่งที่มีความถี่ใกล้เคียงกันและติดตั้งเครื่องไวใกล้เคียงกัน อาจเป็นสัญญาณที่มาจากสายอากาศที่ติดตั้งอยู่ใกล้กันหรืออาจเกิดจากแหล่งกำเนิดคลื่นวิทยุที่วางอยู่ใกล้เครื่องรับของสถานีทวนสัญญาณ ซึ่งไม่จำเป็นจะต้องเป็นความถี่ที่ใกล้เคียงกัน อาจเป็นความถี่ที่อยู่ห่างกันก็ได้ สัญญาณรบกวนทั้งสองกรณีจะทำให้ความสามารถรับสัญญาณอ่อนๆ ที่มาจากเครื่องรับส่งวิทยุติดรถยนต์ หรือวิทยุมือถือของสถานีทวนสัญญาณลดลง

### 1. การทำงานของคูเพล็กซ์เซอร์

คูเพล็กซ์เซอร์ที่ใช้กับสถานีทวนสัญญาณนั้นปัจจุบันได้ถูกออกแบบไว้หลายรูปแบบ แต่ที่นิยมใช้กันคือ แบบ Pass/Reject ด้วยเหตุนี้จึงขอนำวิธีการทำงานของคูเพล็กซ์เซอร์ชนิด Pass/Reject มาอธิบายในที่นี้ ถ้ารับสัญญาณที่ส่งมาจากเครื่องรับส่งวิทยุติดรถยนต์หรือวิทยุมือถือด้วยสายอากาศของสถานีทวนสัญญาณ สัญญาณที่รับได้จะเดินทางผ่านสายนำสัญญาณเข้าไปยังคูเพล็กซ์เซอร์เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพล็กเซอร์ (รูปที่ 2.4) และเป็นวงจรรุ่นแบบควิตี ซึ่งวงจรรุ่นแบบควิตีทางด้านส่งจะกั้นไม่ให้ สัญญาณผ่านไป (Reject) นั้นสัญญาณจึงต้องผ่านมายังวงจรรุ่นแบบควิตีทางด้านรับ ซึ่งจุน รับสัญญาณที่ความถี่รับของเครื่องสถานีทวนสัญญาณเอาไว้แล้ว ส่วนความถี่อื่นที่ไม่เกี่ยวข้องจะ ถูกลดทอน หรือถูกกั้นไม่ให้ผ่านมาได้ ในเวลาเดียวกันเครื่องส่งสัญญาณที่มีข้อมูลเดียวกันออก อากาศกลับมาอีกครั้งในความถี่ที่แตกต่างไปจากเดิม สัญญาณที่ส่งออกไปจากภาคส่งของสถานี ทวนสัญญาณจะผ่านสายนำสัญญาณเข้าคูเพล็กเซอร์ สัญญาณที่ส่งออกนี้จะไปเข้าวงจรรุ่นควิตี ซึ่งจุนความถี่ทางด้านส่งเอาไว้สัญญาณจึงผ่านออกไปได้และกลายเป็นความถี่ทางด้านส่งของ สถานีทวนสัญญาณ ส่วนวงจรรุ่นทางด้านรับของคูเพล็กเซอร์จะกั้นสัญญาณที่ส่งออกมาจากวง จรรุ่นควิตีของภาคส่งไม่ให้ผ่านเข้าภาครับของเครื่องสถานีทวนสัญญาณได้ ส่วนสัญญาณผ่าน วงจรรุ่นแบบควิตีทางด้านส่งออกได้จะผ่านสายนำสัญญาณไปแพร่กระจายคลื่นออกอากาศที่ สายอากาศ การคัดแยกความถี่รับส่งของคูเพล็กเซอร์แบบ Pass/Reject เป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ ในการควบคุมการแพร่กระจายสัญญาณแปลกปลอม หรือสัญญาณรบกวนและปัญหาอื่นๆ ที่ อาจเกิดขึ้นได้กับสถานีทวนสัญญาณ

คูเพล็กเซอร์ที่มีคุณภาพจะถูกออกแบบให้ทนกำลังส่งและอุณหภูมิที่กำหนดให้ อีกทั้งยัง ต้องมีความสามารถในการคัดแยกความถี่ได้เป็นอย่างดี วัสดุที่ใช้ในการทำคูเพล็กเซอร์จะเป็นตัว กำหนดกำลังส่งสูงสุดที่สามารถทนได้ และช่วงอุณหภูมิที่สามารถทำงาน ได้ของคูเพล็กเซอร์ ขนาดของคูเพล็กเซอร์จะขึ้นอยู่กับความถี่ใช้งาน

เสถียรภาพทางอุณหภูมิของคูเพล็กเซอร์เป็นส่วนสำคัญมากที่จะต้องพิจารณาการเพิ่มขึ้น หรือลดลงของอุณหภูมิจะต้องไม่ทำให้ความถี่ของวงจรรุ่นควิตีทางด้านรับและส่งที่จุนไว้แล้ว เปลี่ยนไป ซึ่งการเปลี่ยนความถี่ของวงจรรุ่นนี้อาจเนื่องมาจากความร้อนที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดการ ขยายตัวอุปกรณ์และอุณหภูมิลดทำให้อุปกรณ์หดตัว หากการเปลี่ยนแปลงความถี่ของวงจรรุ่น นี้เนื่องจากอุณหภูมิเกิดขึ้น ก็อาจจะส่งผลทำให้สถานีทวนสัญญาณไม่สามารถใช้งานได้ วัสดุที่มี การหดและขยายตัวน้อยเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงมักจะถูกนำมาใช้ในวงจรรุ่นความถี่แบบควิตี

อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในวงจรรุ่นเพล็กเซอร์ เช่น ตัวเก็บประจุ, Coupling Loop, ขั้วต่อสาย และสายนำสัญญาณต้องสามารถทนกำลังส่งที่มายังคูเพล็กเซอร์ได้ และอุปกรณ์ เหล่านี้เป็นจุดที่ทำให้กำเนิดความร้อนออกมาอีกจุดหนึ่งด้วย ในทางกลับกันเมื่อคูเพล็กเซอร์และ สถานีทวนสัญญาณถูกนำไปติดตั้งอยู่ในสถานที่ที่มีอากาศเย็นจัดในช่วงฤดูหนาว คูเพล็กเซอร์จะ ต้องมีเสถียรภาพที่ดีเพียงพอ โดยปกติบริษัทผู้ผลิตจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของคูเพล็กเซอร์ มาด้วย เพื่อให้สามารถเลือกใช้งานคูเพล็กเซอร์ได้ตรงกับงานและความต้องการมากที่สุด

มีหลายสิ่งที่มีผลต่อการทำงานของเครื่องสถานีทวนสัญญาณ แต่มักจะคิดว่าคูเพล็กเซอร์เป็นต้นเหตุของปัญหาต่างๆ เหล่านั้น จริงๆ อาจไม่เป็นเช่นนั้น ปัญหาที่เกิดกับคูเพล็กเซอร์มีดังนี้ คือ การคลาดเคลื่อนของวงจรรุ่นเนื่องจากการขนส่งหรือเกิดความเสียหายจากฟ้าผ่า ซึ่งสัญญาณรบกวนที่ผ่านเข้าคูเพล็กเซอร์จะเป็นตัวบอกให้ทราบว่าจะเกิดความผิดปกติขึ้นกับคูเพล็กเซอร์ แต่อย่างไรก็ตามปัญหาที่เกิดขึ้นก็อาจจะติดตามไปยังจุดอื่นด้วย เนื่องจากคูเพล็กเซอร์ไม่ใช่อุปกรณ์แบบแยกทีพ จึงไม่ต้องการการซ่อมบำรุงมากนัก เพียงแต่ติดตั้งก็สามารถทำงานได้เลย

ปัญหาอื่นที่สามารถเกิดขึ้นได้คือ ปัญหาของสายนำสัญญาณและขั้วต่อที่ใช้ต่อระหว่างสายอากาศคูเพล็กเซอร์และสถานีทวนสัญญาณ ดังนั้นไม่ควรที่จะตระหนี่เงินในการซื้ออุปกรณ์จำพวกขั้วต่อและสายนำสัญญาณ จริงอยู่ที่ว่า สายนำสัญญาณแบบสายแข็ง (Hardline) หรือสายนำสัญญาณที่มีคุณภาพใดๆ มักจะมีราคาแพง แต่หากลองมานึกถึงสถานีทวนสัญญาณที่จะต้องหยุดทำงานเนื่องจากปัญหาเกี่ยวกับขั้วต่อและสายนำสัญญาณแล้ว น่าจะคุ้มกับการจ่ายเพื่อการใช้งานในระยะยาว การซื้อขั้วต่อและสายนำสัญญาณที่มีราคาถูกก็จะได้ของที่มีประสิทธิภาพต่ำและหาความแน่นอนในการทำงานได้น้อยเนื่องจากขั้วต่อจะเป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนอย่างแรกของสถานีทวนสัญญาณ ฉะนั้นขั้วต่อที่มีคุณภาพดีเมื่อนำมาต่อกับสายนำสัญญาณที่มีคุณภาพดีก็จะไม่ทำให้เกิดปัญหาดังที่กล่าวมาข้างต้น

การเชื่อมต่อสายนำสัญญาณก็เป็นสิ่งที่ควรให้ความสำคัญด้วยเช่นกัน คุณสมบัติของสายนำสัญญาณที่จะนำมาทำการต่อระหว่างคูเพล็กเซอร์กับภาครับภาคส่งของสถานีทวนสัญญาณจะต้องมีอิมพีแดนซ์ที่เหมาะสมอีกทั้งควรใช้สายนำสัญญาณที่มีผลต่อการทำงานของเครื่อง เช่น สายนำสัญญาณที่ต่อระหว่างเครื่องส่งของสถานีทวนสัญญาณกับคูเพล็กเซอร์ ซึ่งปกติมีอิมพีแดนซ์ 50 โอห์ม ดังนั้นไม่สามารถที่จะนำสายนำสัญญาณอิมพีแดนซ์ 75 โอห์มมาใช้แทนสายนำสัญญาณอิมพีแดนซ์ 50 โอห์มได้ การใช้อะแดปเตอร์กับขั้วต่อ หรือการตัดต่อสายเป็นวิธีการที่ไม่ควรนำมาใช้อย่างยิ่ง และในบางครั้งอาจจำเป็นต้องเลือกใช้สายนำสัญญาณแบบชีลด์สองชั้น (Double-Shield) เพื่อใช้ทำเป็นสายต่อระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบของสถานีทวนสัญญาณ

ในการเดินสายนำสัญญาณของสถานีทวนสัญญาณ ถ้าเดินสายนำสัญญาณติดกันไป หรือมัดไว้ด้วยกันอาจเกิดการรบกวนของสัญญาณระหว่างสายนำสัญญาณได้ ตัวอย่างเช่น หากเดินสายนำสัญญาณที่ต่อจากสายอากาศไปยังคูเพล็กเซอร์ขนานหรือมัดรวมไปพร้อมกับสายนำสัญญาณที่ต่อจากคูเพล็กเซอร์ไปยังเครื่องรับของสถานีทวนสัญญาณ เมื่อเครื่องส่งทำการส่งสัญญาณออกไป สัญญาณจากด้านเครื่องส่งก็อาจจะข้ามไปรบกวนสัญญาณที่เครื่องรับกำลังรับเข้ามา ทำให้ความไวทางภาครับลดลง ซึ่งสาเหตุทั้งหมดเกิดจากสัญญาณ RF ที่ผลิตโดยเครื่องส่งกลับปลั่งเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปในสายนำสัญญาณของเครื่องรับ เหตุการณ์เหล่านี้เป็นตัวอย่างที่ช่วยให้เห็นประโยชน์จากสายนำสัญญาณแบบซิงค์สองชั้น ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยเฉพาะความหนาแน่นของสถานีวิทยุบริเวณที่ตั้งสถานีทวนสัญญาณก็เป็นปัญหาหนึ่งที่บางครั้งไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ จึงควรให้ความสนใจเป็นพิเศษในการเดินสายภายใต้ภาวะเช่นนี้ แม้แต่การเดินสายนำสัญญาณตำแหน่งที่ตั้งของสายอากาศบนทาวเวอร์หรือการติดตั้งสายอากาศบนทาวเวอร์เดียวกัน ก็สามารถทำให้เกิดปัญหาขึ้นได้ สายอากาศของสถานีทวนสัญญาณแต่ละสถานีต้องมีระยะห่างกันมากเพียงพอ ในทางกลับกัน บางครั้งอาจจะต้องใส่ฟิลเตอร์ทั้งภาครับและภาคส่งเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย

หลังจากติดตั้งสถานีทวนสัญญาณไปแล้วทุก 1 หรือ 3 เดือนควรทำการตรวจตราความเรียบร้อยในการทำงานของระบบสถานีทวนสัญญาณเสมอ การตรวจตราสถานที่ตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบสถานีทวนสัญญาณเป็นระยะๆ ก็จะช่วยให้ทราบข้อมูลและสถานะต่างๆ ของการตรวจสอบความเรียบร้อยของสายนำสัญญาณ ทาวเวอร์ สายอากาศ รวมทั้งระบบกราวด์ให้อยู่ในสภาพที่ดีก็จะช่วยป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ วิธีการที่กล่าวมาทั้งหมดเป็นการเตรียมการช่วยป้องกันปัญหาหลักๆ ที่อาจเกิดขึ้นกับสถานีทวนสัญญาณ

## 2. การป้องกันฟ้าผ่า

สถานีทวนสัญญาณจำเป็นต้องมีกราวด์หรือระบบป้องกันฟ้าผ่าที่ดี เพราะสถานีทวนสัญญาณมักจะอยู่ในที่สูงซึ่งมีโอกาสจะถูกฟ้าผ่าได้ง่าย เสาทาวเวอร์หรือสายอากาศที่ติดตั้งบนส่วนที่สูงสุดของภูเขา เนินเขาหรือบ้าน ควรจะมีระบบป้องกันฟ้าผ่าที่ดี เพราะฟ้าผ่าสามารถทำลาย และก่อความเสียหายหลายอย่างแก่สถานีทวนสัญญาณ เทวเวอร์ ตึก รวมทั้งอุปกรณ์ที่อยู่ใกล้เคียง ภายในคูเพิลเลอร์ไม่ได้มีส่วนประกอบต่างๆ มากมายนัก แต่ในส่วนประกอบต่างๆ นั้น มีความไวและอ่อนแอต่อฟ้าผ่ามาก

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า การลงกราวด์ทางไฟฟ้าเป็นสิ่งจำเป็นดังนั้นอุปกรณ์ต่างๆ และทาวเวอร์จึงควรทำลงกราวด์เป็นอันดับแรก โดยปกติผู้ผลิตทาวเวอร์มักมีการเตรียมพร้อมกับการให้คำแนะนำ วางแผนการจัดระบบกราวด์ รวมทั้งจัดอุปกรณ์ที่จำเป็นจะต้องในการจัดระบบกราวด์ให้มีประสิทธิภาพอยู่แล้ว นอกจากนี้ผู้ผลิตอุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่าหลายแห่งก็สามารถที่จะให้ความรู้ที่สมบูรณ์เกี่ยวกับการป้องกันฟ้าผ่าได้ ระบบป้องกันฟ้าผ่านั้น ไม่สามารถที่จะหยุดฟ้าผ่าได้แต่สามารถลดผลของความเสียหายที่เกิดจากฟ้าผ่าให้น้อยที่สุดธรรมชาติเป็นสิ่งที่ไม่แน่นอน และไม่มีโอกาสที่จะทราบว่าจะเกิดฟ้าผ่าขึ้นเมื่อไร ดังนั้นการติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่าเอาไว้ก่อน นอกจากจะเป็นการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นแล้วที่สำคัญยังทำให้สบายใจด้วย

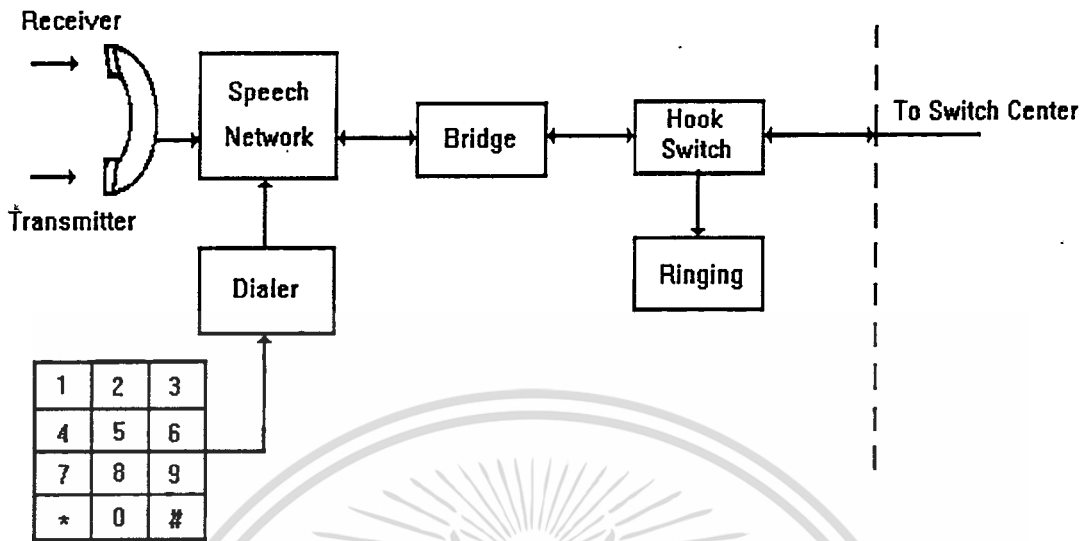
ในปัจจุบันนี้ มีผู้ผลิตจำนวนมาก ได้ผลิตคูเพิลเลอร์ และสถานีทวนสัญญาณสำหรับนักเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิทยุสมัครเล่นออกมาจำหน่ายตามตลาดทั่วไป ส่วนใหญ่ก็จะมีการรับประกันการซ่อมและการปรับแต่งด้วย วิธีการเลือกซื้อคู่มือเลือกเซอรันั้นควรเลือกให้เหมาะสมกับสถานีทวนสัญญาณ ทั้งทางด้านการทำงานกำลังส่ง ด้านการคัดแยกความถี่รับส่ง และช่วงอุณหภูมิใช้งาน การคัดแยกความถี่รับส่งสำคัญมาก คู่มือบางตัวอาจถูกออกแบบให้มีการสูญเสียของสัญญาณมากกว่าบางตัว การพิจารณาอย่างรอบคอบและการถามปัญหาที่ไม่เข้าใจก่อนการตัดสินใจซื้อ ทำให้สามารถเลือกอุปกรณ์ได้ตรงกับการใช้งาน คู่มือเลือกเซอรัและสายอากาศที่มีคุณภาพดีนั้น เมื่อนำมาต่อเข้ากับสถานีทวนสัญญาณทำให้การสื่อสารเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ มีความเชื่อถือได้และนักวิทยุสมัครเล่นจะความสนุกสนานกับงานอดิเรกนี้ไปในระยะเวลาที่ยาวนาน โดยเกิดปัญหาน้อยที่สุด

## 2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับโทรศัพท์

โทรศัพท์ที่เห็นกันทั่วไป มีอยู่ด้วยกัน 2 แบบคือ แบบกดปุ่มและแบบหมุนแต่หน้าที่ของทั้ง 2 ระบบก็จะเหมือนกันจะต่างกันก็ตรงที่แบบกดปุ่มจะส่งสัญญาณออกไปเป็นความถี่ที่แตกต่างกันส่วนแบบหมุนจะส่งสัญญาณเป็นจำนวนพัลส์ หน้าที่หลักๆ ของทั้ง 2 แบบที่เหมือนกันสามารถสรุปได้ดังนี้

1. เครื่องรับโทรศัพท์จะรู้ว่าผู้ต้องการใช้โทรศัพท์เมื่อมีหูโทรศัพท์ขึ้นการยก
2. เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณที่เรียกว่า สัญญาณหมุน (dial tone) บอกว่าพร้อมที่จะให้ทำการกดหรือหมุนหมายเลขที่จะติดต่อได้ ซึ่งก็คือ เสียงที่ได้ยินเวลากดหูเป็นสัญญาณเสียงที่มีความถี่ 340 เฮิร์ตซ์ กับ 440 เฮิร์ตซ์ มอดูเลตรวมกัน
3. เครื่องโทรศัพท์ทำหน้าที่ส่งรหัสหมายเลขที่ผู้เรียกต้องการที่จะติดต่อด้วย ไปยังชุมสายควบคุม
4. เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณบอกผู้เรียกว่าหมายเลขที่ต้องการติดต่อดังว่างหรือไม่ ถ้าว่างก็จะส่งสัญญาณกลับ (ring back) ซึ่งมีความถี่ 440 เฮิร์ตซ์กับ 480 เฮิร์ตซ์ มอดูเลทกันมา โดยจะค้าง 2 วินาที แล้วเงียบ 4 วินาที สลับกันไป แต่ถ้าหมายเลขที่ต้องการจะเรียกไม่ว่างก็จะส่งสัญญาณความถี่ 480 เฮิร์ตซ์ กับ 620 เฮิร์ตซ์ มอดูเลทกันมาสามารถเปลี่ยนรูปพลังงานเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า และสัญญาณไฟฟ้ากลับมาเป็นพลังงานเสียง
5. เครื่องโทรศัพท์ปรับระดับแรงดันอย่างอัตโนมัติ เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน
6. เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณ ไปยังชุมสายเพื่อแจ้งให้ทราบว่สิ้นสุดการใช้งานแล้ว และให้ชุมสายเลิกทำการติดต่อกับอีกฝ่ายหนึ่งได้



รูปที่ 2.8 แสดงแผนภาพของเครื่องโทรศัพท์

ตามรูปที่ 2.8 จะเห็นว่าโทรศัพท์จะเชื่อมต่อกับชุมสายด้วยสาย 2 เส้นคือ T(Tip) และ R (Ring) เมื่อผู้ใช้ยกหูโทรศัพท์ขึ้นแหล่งจ่ายไฟตรงของชุมสาย (48 โวลต์) ก็จะถูกต่อเข้ากับวงจรของเครื่องโทรศัพท์โดยสวิตช์ (Hook Switch) ในส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างหูฟัง (รวมทั้งไมโครโฟนด้วย) กับสายโทรศัพท์ก็จะต้องมีหม้อแปลงอัตโนมัติ (Auto Transformer) ทำหน้าที่ปรับอิมพีแดนซ์ของหูฟังและสายโทรศัพท์ให้สมดุลกันเพื่อให้การรับส่งสัญญาณมีประสิทธิภาพที่สุด รวมไปถึงการทำให้ผู้พูดได้ยินเสียงที่ตัวเองพูดไป (Side Tone) ในระดับที่เหมาะสมด้วย เมื่อมีการติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสายแล้ว ก็จะมีการส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์สวิตซ์ซึ่งเพื่อบอกให้รู้ว่าขณะนี้คู่สายนี้ไม่ว่างแล้ว สำหรับการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ก็คือ การส่งสัญญาณพัลส์ (Pulse Train) ตั้งแต่ 1 ถึง 10 พัลส์ เช่น ถ้ามีการส่งพัลส์ 1 พัลส์ หมายถึงการหมุนหมายเลขศูนย์ ส่ง 2 พัลส์ หมายถึงเลขหนึ่ง ดังนั้นถ้าหมุนเลข 9 ก็จะมีการส่งพัลส์จำนวน 10 พัลส์นั่นเอง และความเร็วในการส่งก็คือ 10 พัลส์ต่อวินาที (10 pps)

สำหรับโทรศัพท์ที่ใช้การกดปุ่มนั้นก็จะเป็นการส่งสัญญาณที่มีความถี่ที่แตกต่างกันออกไป สำหรับแต่ละหมายเลขที่มีอยู่ 10 ตัว ความถี่ที่ส่งออกไปเป็นความถี่ที่อยู่ในย่านความถี่เสียงเพียงแต่ว่าในการกดครั้งหนึ่งจะมีสัญญาณเสียงที่มอดูเลทแล้วถูกส่งออกไป 2 ความถี่ทางชุมสาย เมื่อได้รับข้อมูลจากผู้เรียกแล้วก็จะแปลงสัญญาณที่ได้รับมาส่งให้อุปกรณ์สวิตซ์ทำงานเพื่อทำการต่อสายให้กับผู้เรียก ถ้าปลายสายที่ต้องการติดต่อด้วยไม่ว่าง ชุมสายก็จะส่ง สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปยังผู้เรียกเพื่อแจ้งให้ทราบว่ายังไม่สามารถต่อวงจรให้ได้ แต่ถ้าปลายสายว่าง หูมสายก็จะส่งสัญญาณเรียก (Ringin Signal) ไปยังปลายสายและส่งสัญญาณเรียกกลับ (Ringin Tone) ไปยังผู้เรียกเพื่อแจ้งให้ทราบว่าสามารถต่อวงจรได้ตามต้องการแล้ว

### 2.2.1 โครงสร้างโทรศัพท์

ข้อควรคำนึงในการเชื่อมต่อระบบ DTMF กับสายส่งสัญญาณ

1. ระดับแรงดันและกระแสลูปจะต้องรักษาให้คงที่ตลอดระยะทางของสายส่งสัญญาณ
2. ความถี่ที่ถูกผลิตขึ้นจะต้องไม่มีความผิดเพี้ยนทั้งคาบและขนาดของสัญญาณ
3. วงจรออสซิลเลเตอร์จะต้องมีอิมพีแดนซ์ที่สมมูลย์ (Matching) กับสายส่งสัญญาณ

จากที่สรุปข้างบนจะมีพารามิเตอร์ที่ต้องคำนึงถึงดังต่อไปนี้

1. ความผิดเพี้ยนของสัญญาณ

สำหรับข้อกำหนดของตัวผิดเพี้ยนของสัญญาณมีดังต่อไปนี้ สัญญาณอื่นที่แทรกสอดเข้ามาในสายส่งสัญญาณรวมกันแล้วจะต้องน้อยกว่าระดับของสัญญาณที่ส่งออกไปจริงอย่างน้อย 20 dB สำหรับสัญญาณที่แทรกสอดเข้ามาจะต้องมีข้อกำหนดดังต่อไปนี้

- 1.1. ต้องมีค่าไม่มากกว่า -33 dBm ในช่วง 300 ถึง 3400 เฮิรตซ์
- 1.2. ที่มีความถี่สูงกว่า 3400 เฮิรตซ์ สัญญาณแทรกสอดจะต้องลดลง 12 dB ต่อออกเตฟไปจนถึงความถี่ 50 กิโลเฮิรตซ์
- 1.3. ต้องมีระดับสัญญาณไม่มากกว่า -80 dB ที่ความถี่ที่สูงกว่า 50 กิโลเฮิรตซ์ โดยที่ความผิดเพี้ยนถ้าถูกกำหนดในรูปของเดซิเบลคือ

$$\text{ความผิดเพี้ยน} = 20 \log \frac{\sqrt{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2}}{\sqrt{v_L^2 + v_H^2}} \text{-----(2.1)}$$

โดยที่  $v_1$  ถึง  $v_n$  คือ ระดับแรงดันของสัญญาณที่แทรกสอดเข้ามา

$v_L$  คือ ระดับแรงดันของสัญญาณความถี่ต่ำกว่า

$v_H$  คือ ระดับแรงดันของสัญญาณความถี่สูงกว่า

### 2. โดนามิกอิมพีแดนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรถ้าเกิดความถี่สำหรับระบบ DTMF จะต้องมีอิมพีแดนซ์อย่างน้อย 900 โอห์ม ขณะที่ทำการผลิตความถี่ออกมา และต้องมีค่าอิมพีแดนซ์ให้ต่ำที่สุด ในขณะที่ยังไม่ทำการผลิตสัญญาณออกมา

### 3. ความสูญเสียที่เกิดจากการสะท้อนกลับของสัญญาณ (Return Loss)

เป็นพารามิเตอร์อีกตัวหนึ่งที่ต้องควบคุมโดยกำหนดค่าความสูญเสียในการสะท้อนกลับของสัญญาณหรือ RL ด้วยสมการ

$$RL = 20 \log \left[ \frac{Z_l + Z_g}{Z_l - Z_g} \right] \text{-----(2.2)}$$

โดยที่  $Z_l$  คือ อิมพีแดนซ์ของสายส่งสัญญาณ

$Z_g$  คือ อิมพีแดนซ์ของเครื่องโทรศัพท์

ค่ามาตรฐานสำหรับ RL จะต้องมากกว่า 14 dB ในช่วงความถี่ระหว่าง 300 ถึง 3400 Hz และมากกว่า 10 dB ในช่วงความถี่ 50 ถึง 300 Hz และ 3400 ถึง 20000 Hz

ข้อดีสำหรับระบบการส่งสัญญาณแบบ DTMF คือ

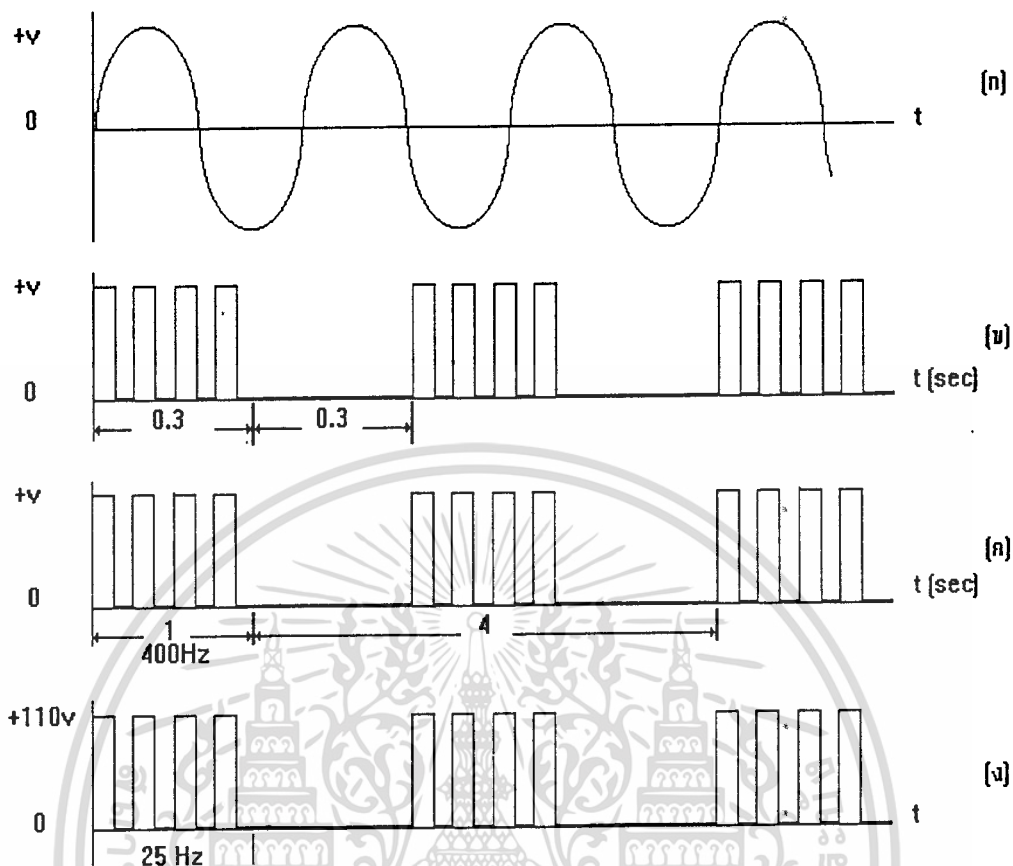
1. ลดระยะเวลาในการส่งหมายเลขโทรศัพท์ไปยังชุมสาย
2. สามารถใช้วงจรที่ใช้อุปกรณ์โซลิดสเตตได้ ทำให้เกิดความประหยัดและสะดวก
3. ลดอุปกรณ์จำพวกหน่วยความจำที่ใช้ภายในชุมสาย
4. สามารถนำไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายในชุมสายอย่างมีประสิทธิภาพ

#### 2.2.2 ระบบสัญญาณของชุมสายโทรศัพท์

สัญญาณต่างๆ ในระบบชุมสายโทรศัพท์ที่ส่งมายังสมาชิกที่ใช้ (Subscriber) เป็นการบอกสถานะการติดต่อของอุปกรณ์ส่วนต่างๆ ในระบบโทรศัพท์และแจ้งให้ผู้ใช้ทราบ ว่าควรทำอย่างไรเมื่อได้รับสัญญาณแต่ละชนิด

สัญญาณสมาชิกในระบบ โทรศัพท์

สัญญาณสมาชิกคือ สัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์แจ้งสถานะต่างๆ ในการติดต่อ ให้ผู้เรียกทราบว่าควรทำอย่างไรเมื่อได้รับสัญญาณสัญญาณสมาชิกประกอบด้วย



รูปที่ 2.9 แสดงสัญญาณต่างๆ ในระบบชุมสายโทรศัพท์

1. สัญญาณให้หมุน (DT : Dial Tone) เป็นสัญญาณเพื่อให้สมาชิกทราบว่าสามารถ เริ่มทำการติดต่อส่งเลขหมายของผู้รับได้ สัญญาณให้หมุนได้นี้เป็นสัญญาณแบบ Sine Wave มีความถี่ 400 Hz ส่งมาอย่างต่อเนื่องและมีระดับขนาด 400 mV<sub>p-p</sub> แสดงดังรูปที่ 2.9 (ก)

2. สัญญาณไม่ว่าง (BT : Busy Tone) เป็นสัญญาณเพื่อแสดงให้สมาชิกทราบว่าผู้รับสายไม่ว่างหรือการต่อระหว่างชุมสายไม่ว่าง ผู้เรียกจึงควรวางหูโทรศัพท์ชั่วคราวหนึ่ง แล้วจึงทำการเรียกใหม่ สัญญาณไม่ว่างเป็นสัญญาณ Sine wave มีความถี่ 400 Hz ส่งมาในคู่สายเป็นช่วงๆ โดยเป็นจังหวะดัง 0.5 วินาทีสลับกันและมีขนาด 250-300 mV<sub>p-p</sub> ดังแสดงในภาพที่ 2.9 (ข)

3. สัญญาณเรียกกลับ (RBT : Ringback Tone) เป็นสัญญาณเพื่อแสดงว่าการต่อทุกชั้นตอนตามความต้องการของผู้เรียก เครื่องชุมสายโทรศัพท์สามารถดำเนินการติดต่อสำเร็จและแจ้งให้ผู้เรียกทราบ สัญญาณเรียกกลับเป็นสัญญาณ Sine Wave มีความถี่ 400 Hz ส่งออกมาเป็นช่วงๆ เป็นจังหวะดัง 1 วินาที เงียบ 4 วินาที สลับกันไปและมี ระดับขนาด 400 mV<sub>p-p</sub> ดังรูปที่ 2.9 (ค)

4. สัญญาณกริ่งเรียก (RGT : Ringing Tone) เป็นสัญญาณเพื่อแสดงว่าการต่อทุกชั้นตอนตามความต้องการของผู้เรียกไปยังผู้รับ เครื่องชุมสายโทรศัพท์สามารถดำเนินการติดต่อเสร็จและส่งสัญญาณกริ่งให้ผู้รับตอบรับ การเรียกสัญญาณกริ่งเรียกเป็น Sine Wave ที่มีความถี่ 20 Hz ส่งมาเป็นช่วงๆ โดยมีจังหวะคัง 1 วินาทีและเงียบ 4 วินาทีที่มีระดับขนาด 100 V<sub>p-p</sub> ดังรูปที่ 2.9 (ง)

### 2.2.3 DTMF (Dual Tone Multi Frequency)

หมายเลข	ความถี่ (Hz)						
	679	770	825	941	1209	1336	1477
1	x				x		
2	x					x	
3	x						x
4		x			x		
5		x				x	
6		x					x
7			x		x		
8			x			x	
9			x				x
0				x	x		
*				x		x	
#				x			x

ตารางที่ 2.1 สัญญาณเลขหมายในระบบความถี่คู่

ด้วยขีดจำกัดทางเวลาในการหมุนหมายเลขของระบบพัลส์นี้เอง จึงได้มีการคิดค้นการหมุนหมายเลขแบบใหม่คือ การส่งแบบความถี่คู่ DTMF ด้วยขีดจำกัดทางเวลาในการหมุนหมายเลขของระบบพัลส์ จึงได้มีการคิดค้นการหมุนหมายเลขแบบใหม่คือ การส่งแบบความถี่คู่ DTMF ระบบโทรศัพท์แบบส่งความถี่คู่ (Dual Tone Multi Frequency) เป็นระบบการเลือกหมายเลขที่พบได้ง่ายกว่าแบบหมุนในปัจจุบัน โดยการส่งสัญญาณ 2 ความถี่มอดูเลตกันไป ซึ่งจะขึ้นอยู่กับหมายเลขที่กด. ซึ่งความถี่ที่ส่งออกไปนั้นจะต้องอยู่ในย่านความถี่เสียงพูด (0-4 KHz) ซึ่งค่าความถี่ด้านต่ำจะเป็นความถี่ด้านแวนอนของแป้นกด และความถี่ที่สูงกว่าจะเป็นด้านแนวตั้งของแป้นกด และระบบ DTMF จะดีกว่าระบบโรตารีหรือ Dial Pulse ถึง 10 เท่า และมีการผิดพลาดน้อยมาก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนมากเกิดจากสายโทรศัพท์ยาวเกินไป จากรูปที่ 2.10 สมมติว่ากดเลข 5 ก็จะได้ความถี่ 770 Hz และ 1336 Hz ส่งออกมา ยังสายโทรศัพท์ซึ่งในสมัยเริ่มแรกใช้ระบบ Call ผลิตภัณฑ์แต่ในปัจจุบันใช้ไอซีสำเร็จรูปซึ่งมีขนาดลดลงและทำให้สร้างวงจรได้ง่ายขึ้นมากทีเดียว

#### 2.2.4 ข้อปฏิบัติในการต่อระบบ DTMF เข้ากับคู่สายโทรศัพท์

1. ต้องทำให้แรงดันและกระแสในคู่สายคงที่ตลอดความยาวของสายส่งสัญญาณ
2. ความถี่ที่ถูกผลิตขึ้นจะต้อง ไม่ผิดเพี้ยนทั้งขนาดและความถี่
3. วงจรออสซิลเลเตอร์ต้องมีอิมพีแดนซ์สมมูลย์ (Matching) กับอินพีแดนซ์ของคู่สาย
4. สัญญาณอื่นที่สอดแทรกเข้ามาขณะทำการส่งสัญญาณจะต้องมีค่าน้อยกว่าสัญญาณ DTMF อย่างน้อย 20 dB
5. สัญญาณสอดแทรกจะมีค่าไม่มากกว่า -33 dBm ในช่วง 300-3400 Hz
6. สัญญาณแทรกที่มีความถี่สูงกว่า 3400 Hz มีขนาดลดลง 12 dB ออกเตฟจนถึง 50 KHz
7. จะมีระดับของสัญญาณสอดแทรกไม่มากกว่า -80 dB ที่ความถี่สูงกว่า 50 KHz
8. ขณะที่ผลิตสัญญาณ วงจรผลิตสัญญาณต้องมีอิมพีแดนซ์อย่างน้อย 900 โอห์มและขณะที่ไม่ผลิตสัญญาณจะต้องมีอิมพีแดนซ์ต่ำที่สุด
9. ค่าความสูญเสียที่เกิดจากการสะท้อนกลับของสัญญาณต้องมากกว่า 14 dB ในช่วงความถี่ 300-3400 Hz และมากกว่า 10 dB ในช่วงความถี่ 50-300 Hz และ 3400-20000 Hz

#### ข้อได้เปรียบของการส่งระบบ DTMF

1. ลดระยะเวลาในการส่งเลขหมายโทรศัพท์ไปยังชุมสายโทรศัพท์
2. สามารถใช้ไอซีสำเร็จรูปทำให้มีขนาดเล็กกลง
3. ลดจำนวนอุปกรณ์ในการกำหนดเลขหมาย ทำให้ชุมสามารถขนาดเล็กกลง
4. สามารถนำไปเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในชุมสายได้อย่างมีประสิทธิภาพ
5. ทำให้นำไปใช้กับระบบอัตโนมัติต่างๆ เช่นระบบต่อเลขหมายอัตโนมัติ เป็นต้น

#### 2.2.5 วงจรถอดรหัส

วงจรที่ทำหน้าที่ถอดรหัสแบบ DTMF (DTMF Receiver) ในช่วงแรกๆ จะใช้วงจรถอด

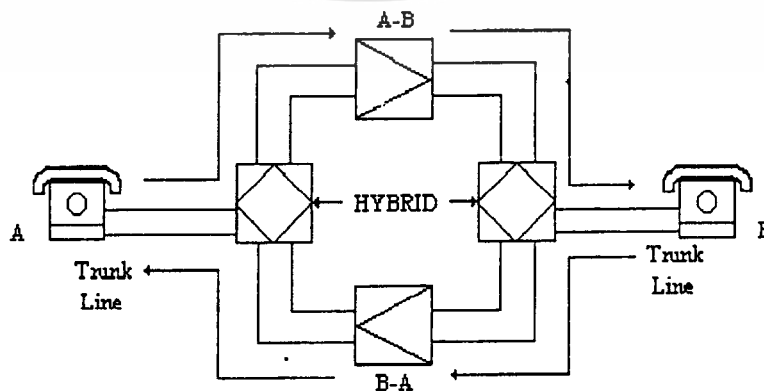
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสหนึ่งวงจรต่อหนึ่งคู่สาย เมื่อมีการขยายวงจรการใช้งานโทรศัพท์ชุมสายก็จะมีขนาดใหญ่ขึ้น ภายในชุมสายจะมีคู่สายภายใต้การควบคุมเป็นจำนวนมาก การใช้งานของวงจรถอดรหัสแบบถอดรหัสหมายเลข DTMF จึงเปลี่ยนมาเป็นลักษณะของการใช้งานร่วมกันระหว่างหลายๆ คู่สาย จึงเกิดความซับซ้อนในการสร้างวงจรในลักษณะเช่นนี้ แต่ในปัจจุบันมีวงจรขนาดที่อยู่ในรูปวงจรสำเร็จรูปมีราคาถูกลงและง่ายต่อการใช้งาน วงจรถอดรหัส 1 วงจรต่อ 1 คู่สาย สัญญาณ DTMF ซึ่งจะประกอบไปด้วยสัญญาณที่มีความถี่ต่างกัน 2 สัญญาณตามตำแหน่งแนวตั้งและแนวนอนของปุ่มกดหมายเลข และทำการมอดูเลตเข้าด้วยกันก่อนที่จะทำการส่งออกไป

รายละเอียดของวงจรถอดรหัสแบบ DTMF ที่จำเป็นเพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาด ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. วงจรจะสามารถถอดรหัสได้ถูกต้องและสัญญาณที่รับเข้ามาจะเบี่ยงเบนไปจากมาตรฐานแต่ต้องไม่เกิน  $\pm 2\%$  ผ่านวงจรรองความถี่ไปได้
2. วงจรถอดรหัสได้ก็ต่อเมื่อสัญญาณเข้ามามีระยะเวลาเข้ามามากน้อย 40 ms
3. วงจรถอดรหัสจะถอดรหัสได้ถูกต้องต่อเมื่อสัญญาณ DTMF ที่รับเข้ามาต้องมีช่วงห่างกับสัญญาณ DTMF ที่รับเข้ามาก่อนหน้านี้เป็นเวลาอย่างน้อย 35 ms
4. วงจรถอดรหัสจะต้องสามารถถอดรหัสสัญญาณ DTMF ที่ไดนามิกเรนจ์สูงกว่า 27.5 dB โดยไม่เกิดความผิดพลาด
5. วงจรถอดรหัสยังทำงานได้ตลอดเวลาถึงแม้ว่าขณะนั้นจะปรากฏเสียงพูดหรือสัญญาณรบกวนจากภายนอกเข้ามาก็ไม่ทำให้การถอดรหัสผิดพลาด

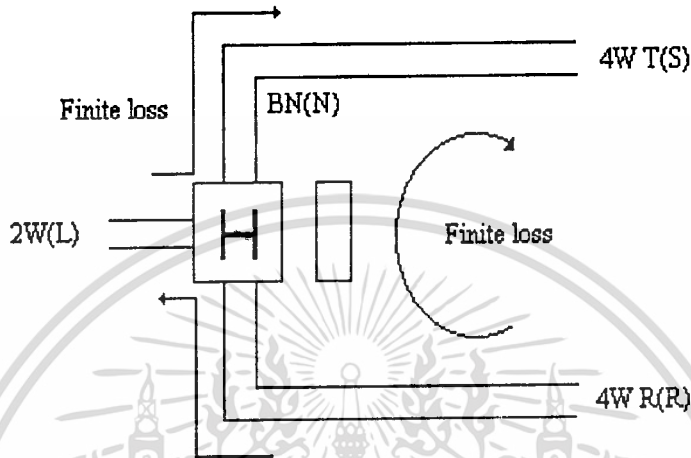
## 2.2.6 อุปกรณ์เชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์กับเครื่องรับส่งวิทยุ (Hybrids)



รูปที่ 2.10 แสดงการแยกการรับและส่งของสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวไฮบริดนี้นอกจากจะใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างสายหนึ่งคู่กับคู่สายสองคู่แล้วอาจจะใช้หลักการเบื้องต้น คือแยกการรับและการส่งของสัญญาณเสียง (0.3-3.4 KHz) โดยตรง โดยระหว่างทางจะมีเครื่องขยายสัญญาณ (Amplifier) ไว้ตามที่แสดงไว้ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.11 แสดงคุณสมบัติการส่งสัญญาณ

ซึ่งตัวไฮบริดนี้กล่าวง่าย ๆ ก็คือเป็นวงจรที่มีด้านเข้าออก 4 ทางโดยกำหนดชื่อต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.11 คุณสมบัติในการส่งสัญญาณซึ่งกล่าวอย่างกว้างๆ ก็คือยอมให้สัญญาณผ่านได้สะดวกระหว่างด้านประชิด คือมีการลดทอนน้อยและไม่ยอมให้สัญญาณผ่านระหว่างด้านตรงข้าม คือมีการลดทอนมาก ตามที่แสดงดังรูปที่ 2.11

2W : 2 Wire คือด้านที่ต่ออยู่กับขุมสาย บางที่เรียกว่า 2 Wire Line

4W<sub>T</sub> : 4 Wire Send (Transmit) คือทางที่ออกไปยังด้านส่งในวงจรต่อไป

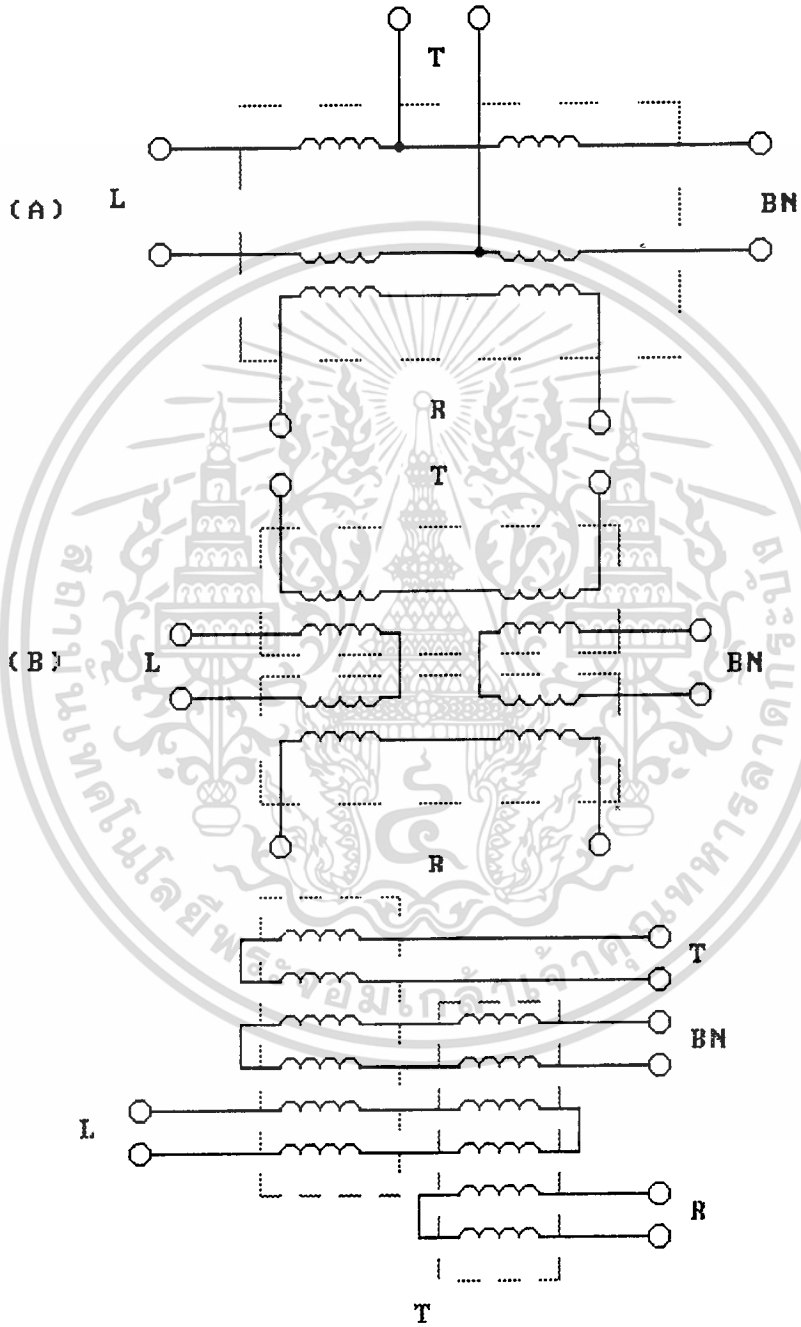
4W<sub>R</sub> : 4 Wire Receive คือทางด้านรับสัญญาณที่มาจากอุปกรณ์อีกด้านหนึ่งเพื่อส่งต่อไป 2W

BN : Balancing Network มีเพื่อให้ไฮบริดอยู่ในภาวะสมดุลโดยปกติจะมีอิมพีแดนซ์เท่ากับ Characteristic Impedance ของสายโทรศัพท์ (ประมาณ  $600\Omega$ )

ไฮบริดถูกแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

ซึ่งทั้ง 2 แบบนี้ มีหลักการใช้งานคล้ายกันโดยมีวงจรหลายๆ แบบ ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.12 และรูปที่ 2.13

1. ทรานส์ฟอร์มเมอร์ไฮบริด (Transformer Hybrid)

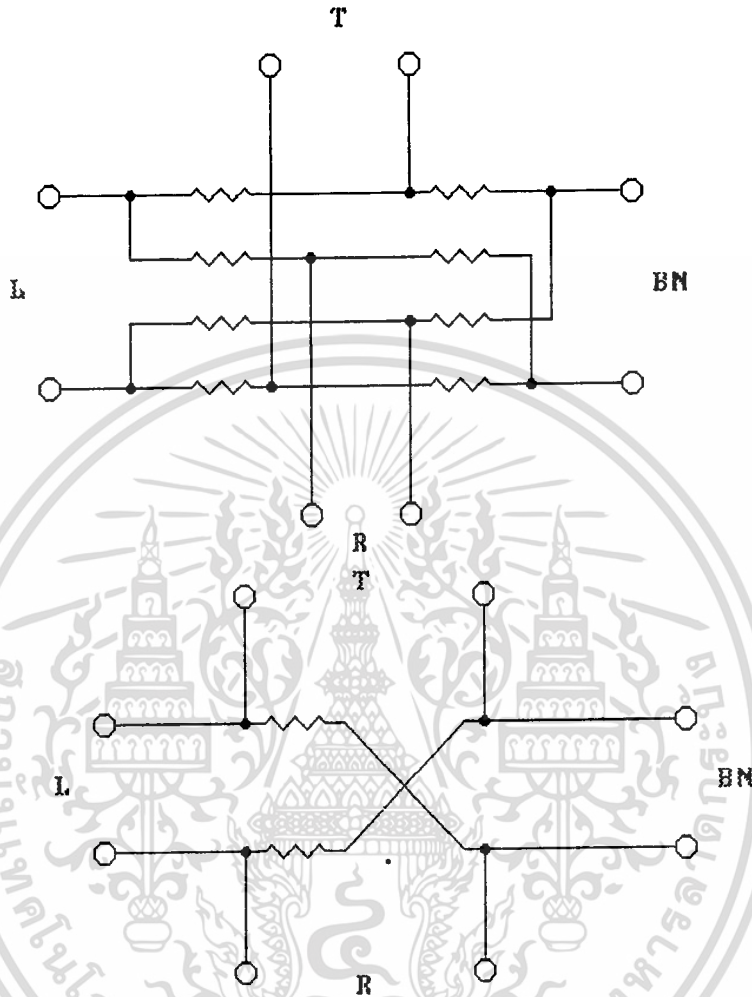


รูปที่ 2.12 ทรานส์ฟอร์มเมอร์ไฮบริด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามนำไปใช้ต่อบนโซเชียลมีเดีย และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารหรือผู้ที่มีอำนาจไปใช้ได้

## 2. รีซิสแตนซ์ไฮบริด (Resistance Hybrid)



รูปที่ 2.13 รีซิสแตนซ์ไฮบริด

การสร้างวงจรไฮบริดนั้นต้องคำนึงถึงข้อกำหนดดังต่อไปนี้

1. การลดทอนจาก 2W ไปยัง 4WS จะต้องน้อย
2. การลดทอนจาก 4WR ไปยัง 2W จะต้องน้อย
3. การลดทอนจาก 4WR ไปยัง 4WS จะต้องมาก

ทั้ง 3 ข้อที่กล่าวมานี้พอจะแสดงไว้ตามรูปที่ 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

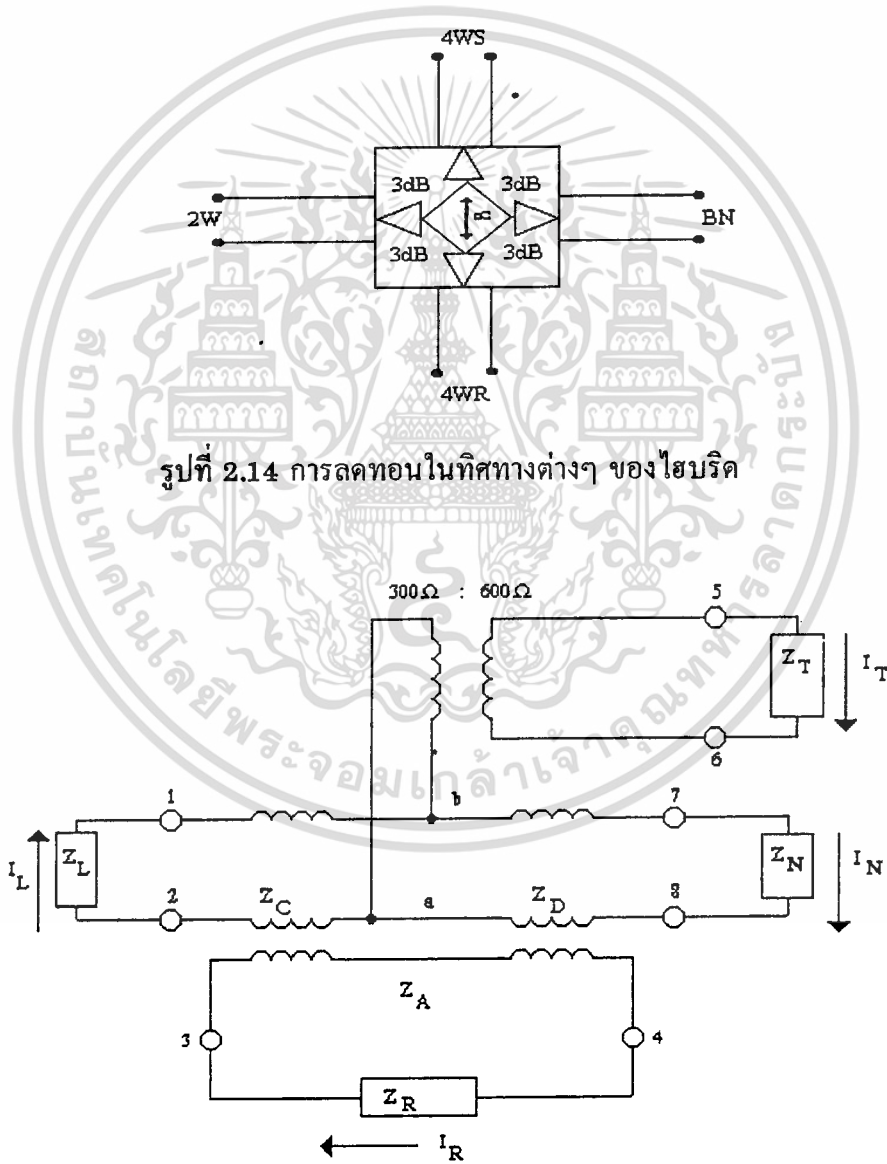
2.2.7 การวิเคราะห์วงจรไอเดียลทรานส์ฟอเมอร์ไฮบริด

นำวงจรรูปที่ 2.12 มาพิจารณาทรานส์ฟอเมอร์  $T_2$  นั้นมีไว้เพื่อเปลี่ยนอิมพีแดนซ์ให้เป็น  $600\Omega$  จะได้เป็นวงจรไอเดียลไฮบริดตามรูปที่ 2.14

เงื่อนไขต่างๆ คือ

Self Impedance

$$Z_A, Z_B, Z_C \approx \infty \text{ ( Pure Reactance )}$$



รูปที่ 2.14 การสคตอนในทิศทางต่างๆ ของไฮบริด

รูปที่ 2.15 ทรานส์ฟอเมอร์ไฮบริด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mutual Impedance

$$Z_{AC} = \sqrt{(Z_A \times Z_C)}$$

$$Z_{AD} = \sqrt{(Z_A \times Z_D)}$$

$$Z_{CD} = \sqrt{(Z_C \times Z_D)}$$

และอิมพีแดนซ์

$$Z_A : Z_C : Z_D = 2 : 1 : 1$$

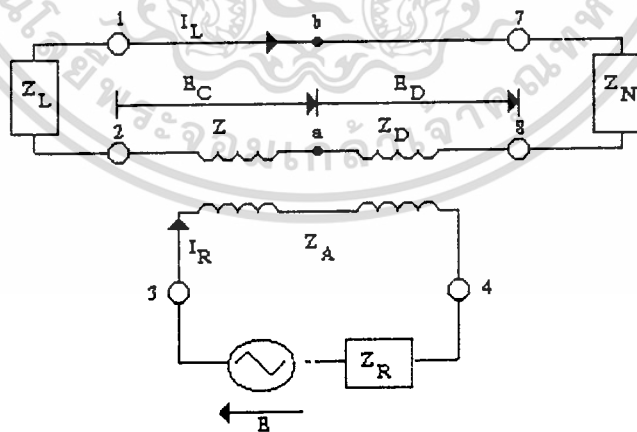
ทางปฏิบัติแล้ว  $Z_A$  จะมีค่า  $600\Omega$

2.2.8 การส่งสัญญาณจาก 4WR

จากรูปที่ 2.16 ถ้าศักดาไฟฟ้าที่จุด a ( $V_a$ ) เท่ากันกับที่จุด b ( $V_b$ ) แล้ว  $I_T$  จะเท่ากับศูนย์ เมื่อกินกระแส  $I_R$  กำหนดให้  $E_C$  เป็น  $E_D$  เป็น EMF ใน  $Z_C$  และ  $Z_D$  ตามลำดับ ดังนั้นอัตราส่วนของ  $E_C$  และ  $E_D$  แสดงได้โดยสูตร

$$E_C / E_D = \sqrt{E_C \div E_D} = 1$$

$$\therefore E_C = E_D$$



รูปที่ 2.16 แสดงการส่งสัญญาณจาก 4WR

ดังนั้นเมื่อ  $Z_N$  เท่ากับ  $Z_L$  แล้ว  $V_a$  จะเท่ากับ  $V_b$  นั่นคือ ถ้า  $Z_N = Z_L$  แล้วจะไม่มีกระแส

ไหลไปยังด้านตรงข้าม ( $I_T = 0$ ) จึงสรุปได้ว่าค่าลดทอนจาก 4WR ไปยัง 2W หรือ BN สามารถเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงได้โดยสูตรต่อไปนี้

$$\begin{aligned} I_R / I_L &= \sqrt{(Z_C + Z_D + 2Z_{CD}) \div Z_A} \\ &= \sqrt{4 \div 2} \\ &= \sqrt{2} \end{aligned}$$

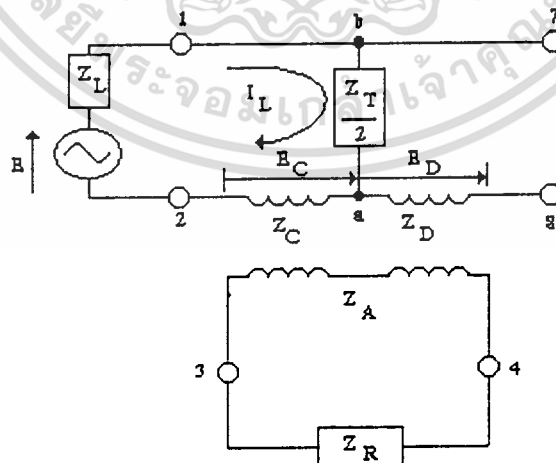
$$\begin{aligned} \therefore 20 \log (I_R / I_L) &= 20 \log \sqrt{2} \\ &= 3.01 \text{ dB} \end{aligned}$$

ในที่นี้  $Z_N = Z_L = Z_R$

### 2.2.9 เมื่อส่งสัญญาณจาก 2W

ตามรูปที่ 2.17 ถ้าศักดาไฟฟ้าที่จุด 8 ( $V_8$ ) เท่ากับที่จุด 7 ( $V_7$ ) แล้ว  $I_N$  จะเท่ากับศูนย์ กำหนดให้  $V_a$  เป็นศักดาไฟฟ้าที่จุด a ดังนั้น

$$V_7 = V_a + (Z_T / 2) I_L$$



รูปที่ 2.17 แสดงการส่งสัญญาณจาก 2W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้  $E_C$  และ  $E_D$  เป็น EMF ที่เกิดขึ้นใน  $Z_C$  และ  $Z_D$  ตามลำดับ (ในที่นี้ อิมพีแดนซ์ที่มองจากขั้ว  $2-a = Z_R(Z_C / Z_A)$ ) ดังนั้น

$$E_C = Z_R(Z_C / Z_A)I_L = 1/2 Z_R I_L$$

$$\therefore E_D = E_C(\sqrt{Z_D \div Z_C}) = E_C = 1/2 Z_R I_L$$

และ

$$V_8 = V_a + (Z_R / 2)I_L$$

เพราะฉะนั้น เส้นๆ ไขที่จะทำให้  $V_7 = V_8$  คือ

$$V_a + (Z_T / 2)I_L = V_a + (Z_R / 2)I_L$$

$$\therefore Z_T = Z_R$$

ดังนั้นเมื่อ  $Z_T$  เท่ากับ  $Z_R$  แล้วจะไม่มีกระแสไหลผ่าน BN ( $I_N = 0$ ) นั่นคือค่าลดทอนจาก 2W ไปยัง 4WS จะได้

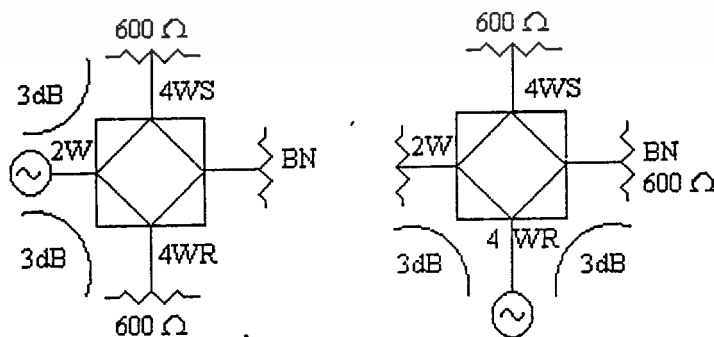
$$I_L / I_T = 600 / 300 = \sqrt{2}$$

$$\therefore 20 \log(I_L / I_T) = 20 \log \sqrt{2} = 3.01 \text{ dB}$$

ในที่นี้  $Z_T = Z_R = Z_L$

อย่างไรก็ดีในทางปฏิบัติ นั้น ค่าลดทอนระหว่างด้านประชิดประมาณ 3.5-4.0 dB เนื่องจาก Iron core loss, Ohmic loss และ Eddy current loss เป็นต้น สำหรับทางด้านตรงกันข้ามค่าลดทอนทางทฤษฎีจะมีค่านันต์ แต่ในทางปฏิบัติ นั้นจะมากกว่า 40 dB

### 2.2.10 การลดทอนสัญญาณตามทฤษฎีในภาวะต่าง ๆ

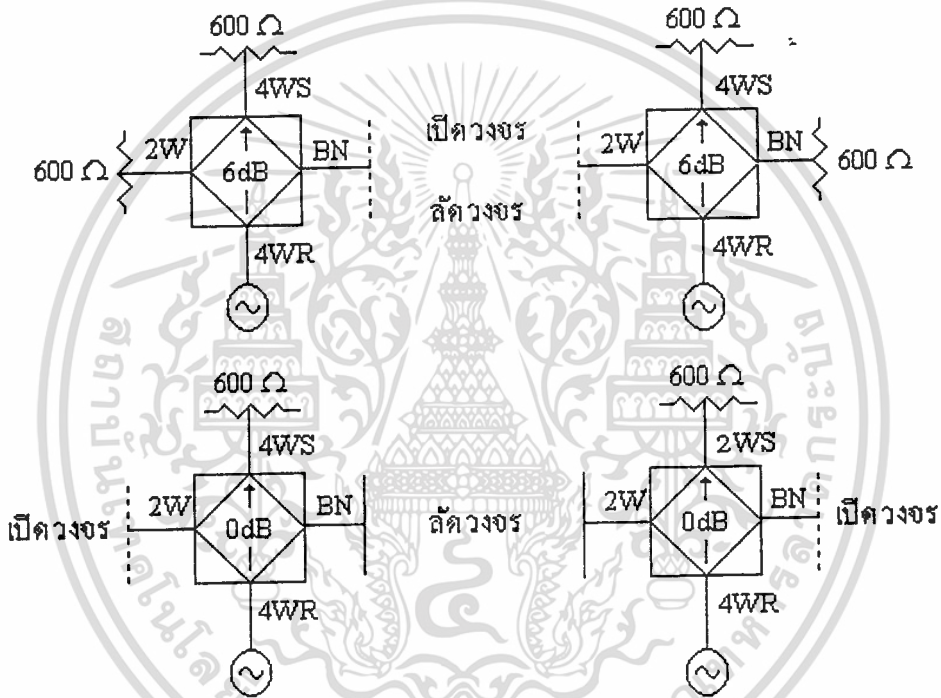


รูปที่ 2.18 แสดงภาวะปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ของไฮบริดมีหลายประการซึ่งพอที่จะสรุปได้ดังนี้

1. รวมสัญญาณจากแหล่งกำเนิดสองแหล่งป้อนให้กับโหลดเดียวกัน
2. แยกสัญญาณจากแหล่งกำเนิดเดียวกันป้อนให้กับโหลดสองตัว
3. ใช้เป็นส่วนประกอบในการวัดค่า Return loss เพื่อเปรียบเทียบค่าอิมพีแดนซ์สองตัวหนึ่งข้อดีของรีซิสแตนซ์ไฮบริดนั้นก็คือ ราคาถูก ขนาดเล็กและเบา ทั้งใช้งานได้โดยไม่จำกัดความถี่ แต่มีข้อเสียคือ มีการลดทอนสัญญาณในระหว่างด้านประชิดสูงถึง 6 dB



รูปที่ 2.19 แสดงภาวะผิดปกติ

### 2.3 โครงสร้างของ MT8870

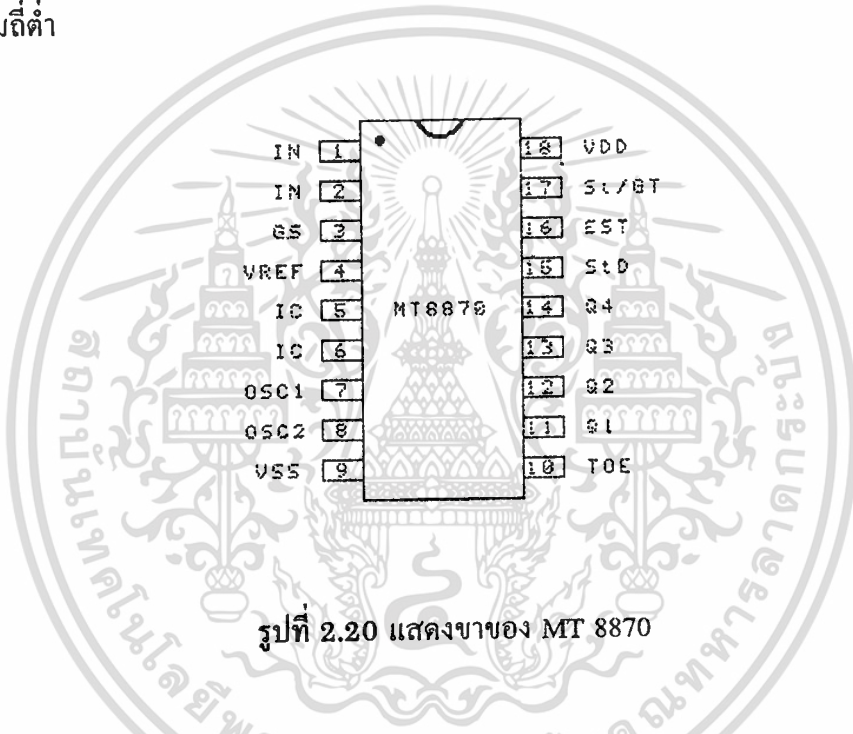
โครงสร้างภายในของ MT 8870 ประกอบไปด้วยวงจรรองความถี่และวงจรถอดรหัสทางดิจิทัล เป็นไอซีที่สร้างโดยใช้เทคโนโลยี IOS-CMOS ในส่วนของวงจรรองความถี่สูงและต่ำส่วนวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับทางด้านดิจิทัลเพื่อตรวจและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ออกเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิตและเช็คช่วงเวลาที่สำคัญเข้ามา ส่วนภาคอินพุทเป็นออปแอมป์ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้ โดยต่ออยู่ก่อนภายนอกเอาท์พุทเป็นวงจรแลทซ์สามสถานะ รูปที่ 2.20 แสดงขาของ MT8870 และรูปที่ 2.21 แสดงโครงสร้างภายใน MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

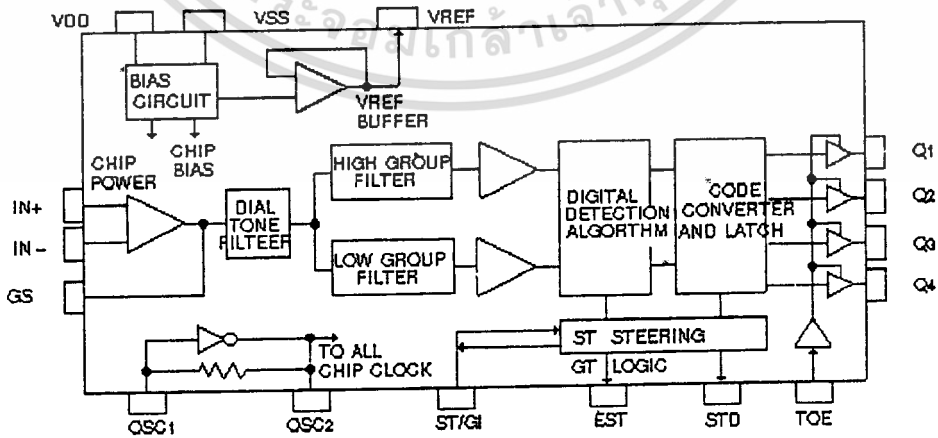
1. ฟังก์ชันการทำงานของ MT8870

โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญต่างๆ 5 ส่วนด้วยกันดังต่อไปนี้  
คือ

1. ภาคกรองความถี่ ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ. โดยใช้วงจรกรองความถี่อันดับ 6 ชนิดสวิทซ์คาปาซิเตอร์ (Six-Order Switch Capacitor Bandpass Filter) ซึ่งความถี่ที่แยกได้ มี 2 ช่วงคือ ช่วงความถี่สูงและ ช่วงความถี่ต่ำ

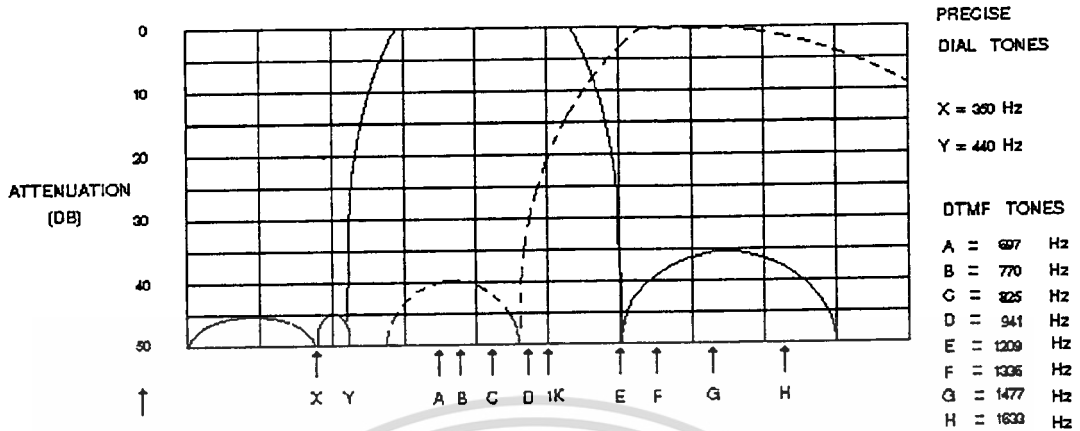


รูปที่ 2.20 แสดงขาของ MT 8870



รูปที่ 2.21 แสดงโครงสร้างภายในของ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



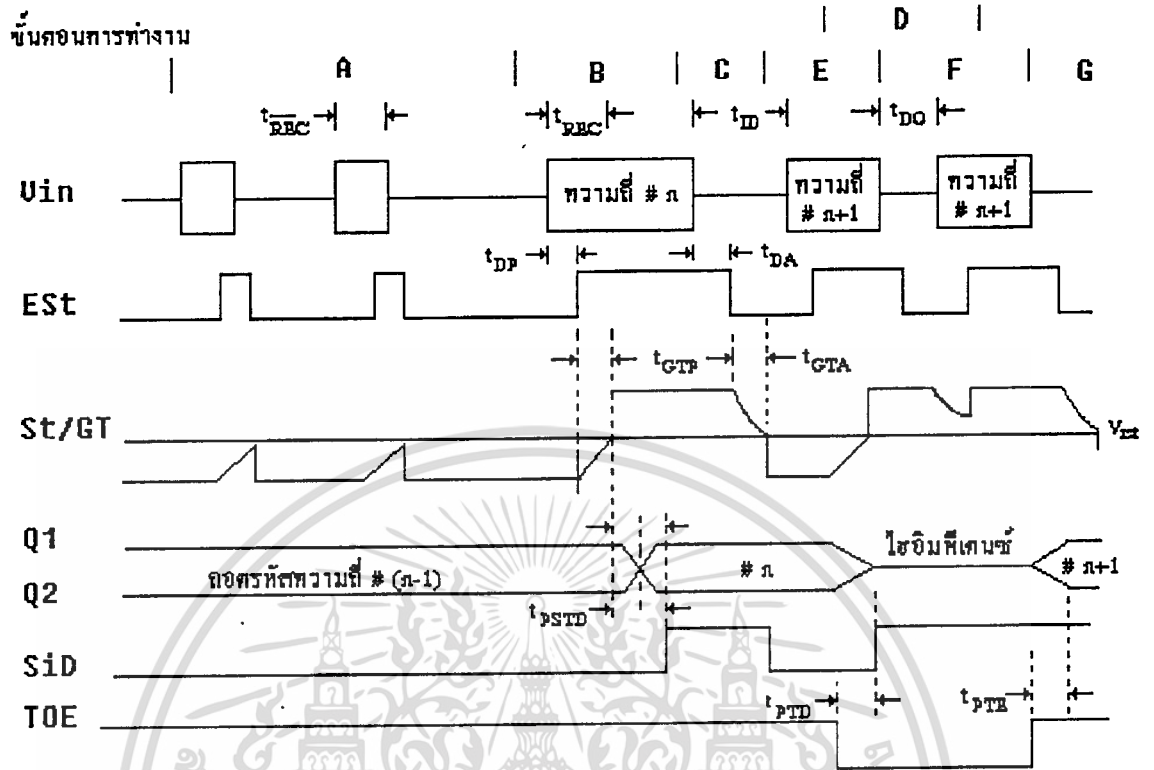
รูปที่ 2.22 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่

2. ภาคตรวจสอบสัญญาณ ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาต์พุต จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควร มิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับโดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลายาวเท่าไรสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อภายนอกสัญญาณที่ขา EST จะเป็น High นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่มีความถี่ DTMF เข้ามาจากรูปที่ 2.23 เมื่อขา EST เป็น High ทำให้ Vc สูงขึ้นตัวเก็บประจุ C จะคายประจุทำให้แรงดัน Vc สูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลด์ วงจรถอดรหัสจึงจะถอดรหัสออกมา เป็นตัวเลขขนาด 4 บิตรายละเอียดการทำงานขอให้ดูจากแผนภูมิเวลาหรือไทมิ่งไดอะแกรม ในรูปที่ 2.23 จะเข้าใจได้ง่ายกว่า

อธิบายขั้นตอนการทำงานของไทมิ่งไดอะแกรมในรูปที่ 2.23

- A ตรวจพบความถี่เข้ามาแต่คาบเวลาที่ถูกต้อง เอาต์พุตไม่เปลี่ยน
- B ความถี่ #n ถูกตรวจพบ มีค่าเวลาที่ถูกต้องความถี่ถูกถอดรหัสและแลตซ์ไว้ที่เอาต์พุต
- C จบความถี่ #n ช่วงห่างถูกต้องเอาต์พุตยังคงแลตซ์อยู่จนกว่าจะได้รับความถี่ที่ถูกต้องใหม่
- D เอาต์พุตเปลี่ยนไปเป็น High อิมพีแดนซ์
- E ความถี่ #n+1 ถูกตรวจพบคาบเวลาถูกต้อง ความถี่ถูกรหัสและแลตซ์ไว้
- F ความถี่ #n+1 หายไปช่วงห่างไม่ถูกต้อง เอาต์พุตยังแลตซ์อยู่
- G ความถี่ #n+1 ช่วงห่างถูกต้องเอาต์พุตยังคงแลตซ์อยู่จนถึงความถี่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 ไทมิ่ง ไดอะแกรม

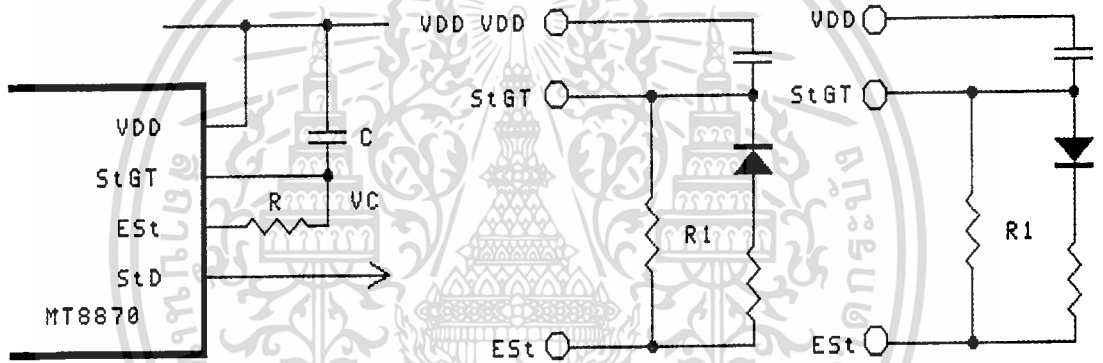
อธิบายคำศัพท์

- Vin สัญญาณ DTMF ที่เข้ามา
- EST Early Steering Output ใช้แสดงความถี่ที่ถูกต้อง
- St/GT Steering Input/Guard Time Output สำหรับต่อกับ RC ภายนอก
- Q1-Q4 เอาท์พุท BCD ขนาด 4 บิต
- StD Delayed Steering Output ใช้แสดงว่าความถี่ที่ได้รับหรือหายไปมีค่าเวลาตามที่กำหนด เพื่อแสดงความถูกต้องของสัญญาณ
- t ID Tone Output Enable (Input) ใช้ควบคุม Q1-Q4 ให้เป็น High Impedance
- t REC คาบเวลาที่นานที่สุดที่ตรวจพบความถี่ DTMF แล้วยังไม่ถูกต้อง
- t REC คาบเวลาที่สั้นที่สุดที่ต้องการเพื่อแสดงว่าสัญญาณถูกต้อง
- t ID เวลาที่สั้นที่สุดระหว่างสัญญาณ DTMF ที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ
- t DO เวลานานที่สุดที่ยอมให้สัญญาณหายไปได้ในคาบเวลาความถี่ที่ถูกต้อง
- t DP เวลาที่ใช้ในการตรวจพบสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- $t_{DA}$  เวลาที่ใช้ในการตรวจการหายไปของความถี่ DTMF  
 $t_{GTP}$  การ์ดไทม์ของการปรากฏความถี่ DTMF  
 $t_{GTA}$  การ์ดไทม์ของการหายไปของความถี่ DTMF

สำหรับคำว่าการ์ดไทม์นั้นหมายถึงช่วงคาบเวลาของความถี่ที่เข้ามา ซึ่งจะต้องนานเท่ากับหรือมากกว่าช่วงเวลาที่เรที่ตั้งไว้จึงจะได้รับการยอมรับว่าสัญญาณความถี่นั้นถูกต้อง หรือพูดได้ว่าเวลาที่เรที่ตั้งไว้โดย RC ก็คือการ์ดไทม์นั่นเอง เมื่อสัญญาณความถี่เข้ามานานเท่ากับหรือมากกว่าเวลาที่เรที่ตั้งไว้จึงสามารถแปลงเป็นตัวเลขได้ ถ้าสัญญาณความถี่เข้ามานั้นสั้นกว่าก็จะไม่มีการถอดรหัสเป็นตัวเลขออกไป การตั้งเวลาและการคำนวณเวลาดูได้จากรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณอย่างง่ายและแสดงการกำหนดเวลาการ์ดไทม์

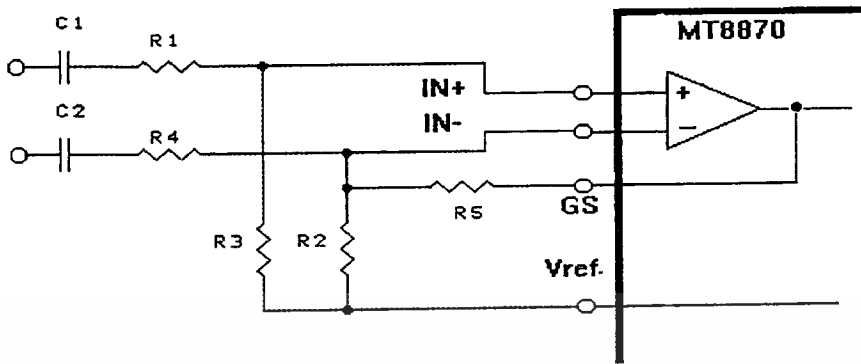
## 2. วงจรขยายสัญญาณความแตกต่าง

วงจรส่วนอินพุทของ MT8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราขยายโดยต่อวงจรภายนอกเข้าไป รูปที่ 2.25 แสดงการต่อวงจรภายนอกเข้ากับอินพุท ซึ่งสามารถคำนวณอัตราขยายความแตกต่างของอิมพีแดนซ์และอินพุทได้ดังนี้

$$\text{อัตราขยาย (Av diff)} = R5 / R1$$

$$\text{อินพุทอิมพีแดนซ์ (Zin diff)} = 2$$

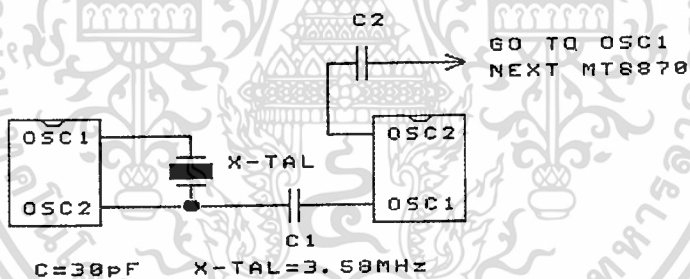
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



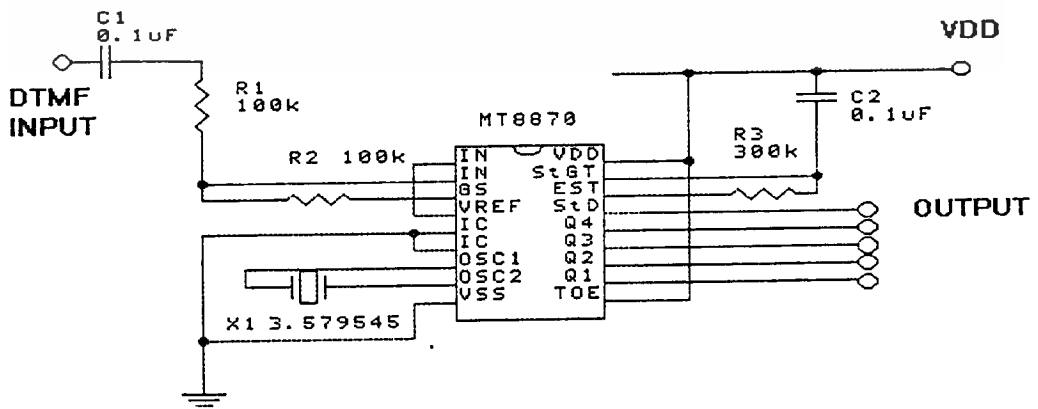
รูปที่ 2.25 แสดงการต่อภาคอินพุท

### 3. ภาคกำหนดความถี่

ในภาคนี้ภายใน IC จะมีวงจรเวลาอยู่ภายใน เพียงแต่ต่อแร่คริสตอลขนาด 3.85 MHz ก็สามารถใช้งานได้ทันที การต่อวงจรกำเนิดความถี่แสดงในรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่

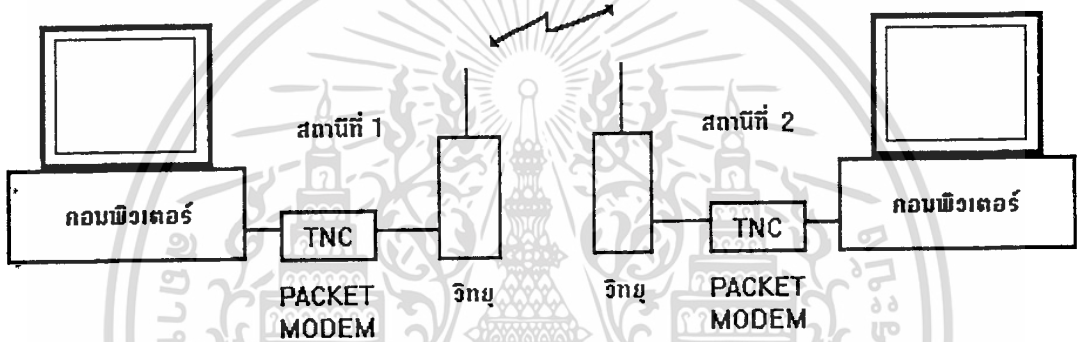


รูปที่ 2.27 แสดงวงจรใช้งานเบื้องต้นของ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 Packet radio (การสื่อสารผ่านคลื่นวิทยุ)

วิทยาการต่างๆ ในด้านการสื่อสารและโทรคมนาคมมีการปรับปรุงและพัฒนาไปอย่างรวดเร็วมากกิจการวิทยุสมัครเล่นซึ่งเป็นการติดต่อระหว่างสถานีด้วยวิทยุก็เช่นกัน นอกจากการรับและส่งสัญญาณด้วยรหัสสมอร์ส (Morse Code) และการติดต่อสื่อสารระหว่างนักวิทยุสมัครเล่นด้วยคำพูดแล้ว ยังมีการติดต่อสื่อสารในอีกลักษณะหนึ่งเรียกว่า Packet Radio ซึ่งเป็นการติดต่อรับส่งข่าวสารข้อมูลระหว่างสถานีวิทยุสมัครเล่นโดยอาศัยเครื่องคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ที่เรียก Packet Modem มาประกอบในการติดต่อสื่อสาร



รูปที่ 2.28 หลักการของการสื่อสารด้วย Packet Radio

เนื่องจากในปัจจุบันกรมไปรษณีย์โทรเลขยังไม่อนุญาตให้นักวิทยุสมัครเล่นในประเทศไทยใช้การติดต่อกันด้วยระบบ Packet Radio แต่ได้กำหนดในย่านความถี่ใช้งาน 144-146 MHz

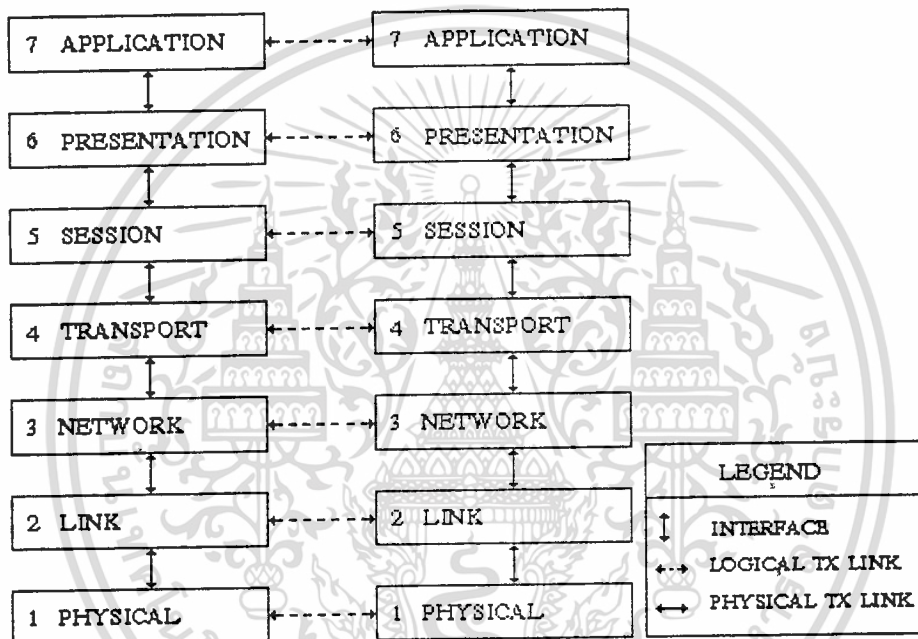
Packet Radio คือการติดต่อสื่อสารโดยอาศัยคลื่นวิทยุ ประโยชน์ของ Packet Radio คือความสามารถในการรับส่งข่าวสารข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ครอบคลุมและไม่มีการผิดพลาด

ที่เรียกว่า Packet ก็เพราะว่าข้อมูลได้รับการแบ่งออกเป็นชุดๆ เพื่อความสะดวกในการรับส่งข้อมูล จึงเรียกข้อมูลแต่ละชุดว่าหนึ่ง Packet โดยแต่ละ Packet ที่จะรับส่ง จะกำหนดรหัสประจำตัวของทั้งผู้ส่งและรับ โดยเพิ่มเติมข้อมูลบอกว่าข่าวสารนั้นจะส่งไปให้ใคร เป็นข้อมูลส่วนใดในข้อมูลทั้งหมด รวมทั้งมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่รับส่งนั้นอยู่ตลอดเวลา จึงไม่มีการผิดพลาดเกิดขึ้น การรับส่งทำได้ทีละหลายๆ คู่สถานีในเวลาเดียวกัน โดยผลัดการส่งและการรับในขณะที่ความถี่ว่าง โอกาสรับส่งชนกันจึงเกิดน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.1 ทฤษฎีการทำงานสำหรับการสื่อสารข้อมูล

ในอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ องค์กรที่ทำหน้าที่ในการรักษามาตรฐานในการติดต่อสื่อสารระหว่างระบบคอมพิวเตอร์ก็คือ International Standard Organization (ISO) ผลของความพยายามก็คือได้ข้อกำหนดของโมเดลที่เรียกว่า ISO Open System Interconnection Reference Model (OSI-RM) ซึ่งจะกำหนดความแตกต่างของระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการติดต่อกับระบบอื่นๆ คือ Communication Protocols ซึ่งใช้ในระบบคอมพิวเตอร์ที่เป็นโมเดลที่ยึดข้อกำหนดเดียวกัน



รูปที่ 2.29 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของ ISO-RM

### 2.4.2 ระดับของ OSI-RM

เริ่มตั้งแต่ระดับต่ำสุดไปจนถึงระดับสูงสุดของ OSI-RM คือ

1. Physical Layer
2. Link Layer
3. Network Layer
4. Transport Layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Session Layer
6. Presentation Layer
7. Application Layer

#### จุดสำคัญในการพัฒนาของ Amateur Packet Radio Protocols

ระดับที่ 1-4 มีความสำคัญที่สุด Protocols สำหรับ Physical Link และ Layer ซึ่งมีอยู่แล้วในขณะนี้ ส่วน Protocols สำหรับ Network และ Transport Layer ซึ่งกำลังพยายามทำการทดสอบและกำลังพยายามพัฒนาอยู่ Physical Layer จะเกี่ยวกับอุปกรณ์ทางด้าน Mechanic และทางด้านไฟฟ้าทำหน้าที่ย้ายข้อมูลจากอุปกรณ์หนึ่งไปยังอุปกรณ์อื่นๆ โดยใช้ตัวกลางที่เป็นระบบปิดในการติดต่อสื่อสารเช่น Electronic Industries Association (EIA) มีหลักเกณฑ์มาตรฐานสำหรับ Physical Layer ที่จะกำหนดให้ Electrical และ Mechanical เชื่อมโยงกันสำหรับเคลื่อนย้ายข้อมูลแบบอนุกรมซึ่งข้อมูลจะเป็นเลข Binary และ Data Terminal Equipment (DTE) และ Data Circuit-Terminating System (DCE) ซึ่งเป็นมาตรฐานของ EIA-232-D ผู้เริ่มการใช้งาน EIA RS-232-C

ระดับที่ 2, Link Layer ทำหน้าที่เรียบเรียงข้อมูลหลายๆ บิตให้เป็น Frame และจะทำให้การย้ายข้อมูลเกิด Error-Free สำหรับเฟรมที่ไม่อยู่ในการเชื่อมโยงการติดต่อสื่อสาร ตำแหน่งของข้อมูลจะถูกรวบรวมเข้าไปในแต่ละเฟรม เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายจากต้นทางไปยังปลายทาง การเข้ารหัสจะถูกคำนวณสำหรับแต่ละเฟรมที่สถานีปลายทางและ Code นี้จะถูกทำการตรวจสอบกับ Code ที่ส่งไปโดยสถานีต้นทางกับ Code ซึ่งทำการคำนวณขึ้นมา เฟรมที่ทำการบรรจุเกิดการผิดพลาดนี้จะถูกยกเลิกไป

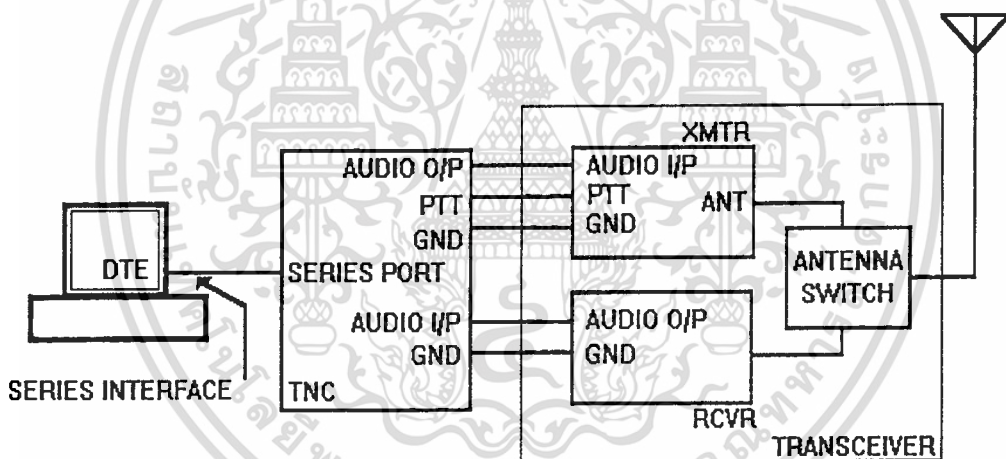
ระดับที่ 3, Network Layer เกี่ยวข้องกับการเดินของเฟรมตลอด Network ซึ่งเชื่อมโยงกันอยู่ นี่คือการสำเร็จโดยการรวบรวมข้อมูล Networking แต่ละเฟรมหลักสองประการของ Network Layer ซึ่งต้องยึดถือไว้ คือการต่อหรือวงจรที่แท้จริงของ Protocols ซึ่งถูกกำหนดขึ้นและรักษาให้เส้นทางที่ปรากฏเป็นการต่อแบบโดยตรง สำหรับหลังจากที่ Packet ระหว่างต้นทางกับปลายทางถูกเคลื่อนย้ายจนหมดแล้ว ในระหว่างที่รอข้อมูลอยู่นั้น จะมีสิ่งหนึ่งที่วงจรสร้างขึ้นมาก็คือแต่ละ Subsequent Packet จะไม่จำเป็นที่จะต้องบรรจุตำแหน่งทั้งหมดลงไปในวงจร การต่อ Datagram Protocols จะเคลื่อนย้ายแต่ละ Packet โดยอิสระไปตามทางเดินที่ดีที่สุด ดังนั้นระหว่างต้นทางและปลายทางซึ่งเหมือนกันแล้วในระหว่างที่ทำการติดต่อ ข้อมูลอาจมีเส้นทางอื่นซึ่งแตกต่างไปก็ได้คือแต่ละ Packet จำเป็นจะต้องใส่ตำแหน่งข้อมูลที่สมบูรณ์ลงไป

ระดับที่ 4, ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญของ OSI-RM ก็คือ Transport Layer ซึ่งจะรักษาการติดต่อในลักษณะเห็นได้โดยตลอดทั้งต้นทางและปลายทาง โดยการรับรู้ข้อมูลที่ปลายทางจะสมบูรณ์แน่นอนและมี Sequence ที่เหมือนกับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากต้นทาง

ระดับที่ 5, Session Layer จะทำให้การไหลของข้อมูลมีความสอดคล้องกับระดับที่ 6 Presentation Layer ซึ่งทำให้เป็นมาตรฐานสำหรับการถ่ายทอดหรือการแปลงความหมายของข้อมูลที่ถูกแลกเปลี่ยนระหว่างต้นทางและทางปลายทาง

ระดับที่ 7, Application Layer จะทำให้การ Interface ระหว่าง OSI-RM Layers และ โปรแกรมที่ใช้งานทำงานได้บนคอมพิวเตอร์

### 2.4.3 ส่วนประกอบของ Packet Radio



รูปที่ 2.30 แสดงการเชื่อมต่อของโมเด็มในระบบสื่อสารข้อมูล

เครื่องคอมพิวเตอร์ TNC (Terminal Node Controller) และเครื่องรับส่งวิทยุ TNC เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วย MODEM (Modulator-Demodulator) ซึ่งเป็นเครื่องแปลงสัญญาณ Analog จากลำโพงของวิทยุให้เป็นสัญญาณ Digital เพื่อป้อนให้คอมพิวเตอร์ทาง Series Port (RS-232) และแปลงสัญญาณ Digital จากคอมพิวเตอร์ให้เป็น Analog เพื่อป้อนเข้า MIC ของเครื่องส่งวิทยุเพื่อส่งออกอากาศ นอกจากนี้ TNC ยังประกอบด้วย Microprocessor ซึ่งมี Software บรรจุอยู่ใน EPROM ทำให้สามารถทำงานได้ในขณะที่เรายังไม่เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์อีกด้วย ดังรูปที่ 2.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 2.4.4 โมเด็ม (MODEM)

การติดต่อรับส่งข่าวสารหรือข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์สองเครื่องในการใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหากต่อสายระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์สองเครื่องในระยะใกล้ๆ ไม่เกิน 20 ฟุต เครื่องคอมพิวเตอร์ทั้งสองจะถ่ายเทข่าวสารข้อมูลระหว่างกันได้ โดยอาศัยโปรแกรมการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์เช่น Laplink, PC Plus, Telex เป็นต้น เมื่อต้องการติดต่อรับส่งข่าวสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์สองเครื่องในระยะทางไกลกว่านี้ จะต้องอาศัยอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งคือโมเด็ม เพื่อช่วยเพิ่มระยะทางการติดต่อดังกล่าว

MODEM ย่อมาจาก Modulation and Demodulation ลักษณะการทำงานก็เป็นไปตามชื่อ โดยการนำข่าวสารจากภายนอกที่ต้องการส่งไปเปลี่ยนแปลงและผสม (Modulate) กับคลื่นเสียงแล้วส่งไปยังตัวกลางส่งข้อมูล (Transmission Media) ซึ่งอาจเป็นสายโทรศัพท์ วิทยุสื่อสารหรือเส้นใยแสง (Optical Fiber) ก็ได้ ลักษณะนี้เป็นการส่งข่าวสารข้อมูล (Data Transmission) ในส่วนที่ใช้ MODEM เป็นตัวรับข่าวสารข้อมูล (Data Receiver) จะใช้ MODEM อีกตัวหนึ่งรับสัญญาณเสียงที่ถูกผสมมาด้วยข่าวสารนั้นแล้วแปลง (Demodulate) ข่าวสารออกมาเป็นสัญญาณไฟฟ้า (Series Data) จะเห็นว่า MODEM ช่วยย่นระยะเวลาการส่งข่าวสารออกไปได้มาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของ MODEM ที่ใช้เพราะสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ (Series Data) มีความเร็วสูงมากและมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงสัญญาณอย่างรวดเร็ว หากส่งผ่านสายไฟฟ้าหรือสายโทรศัพท์โดยตรงไปในระยะทางไกลๆ จะมีการสูญเสียและผิดเพี้ยนของสัญญาณมาก

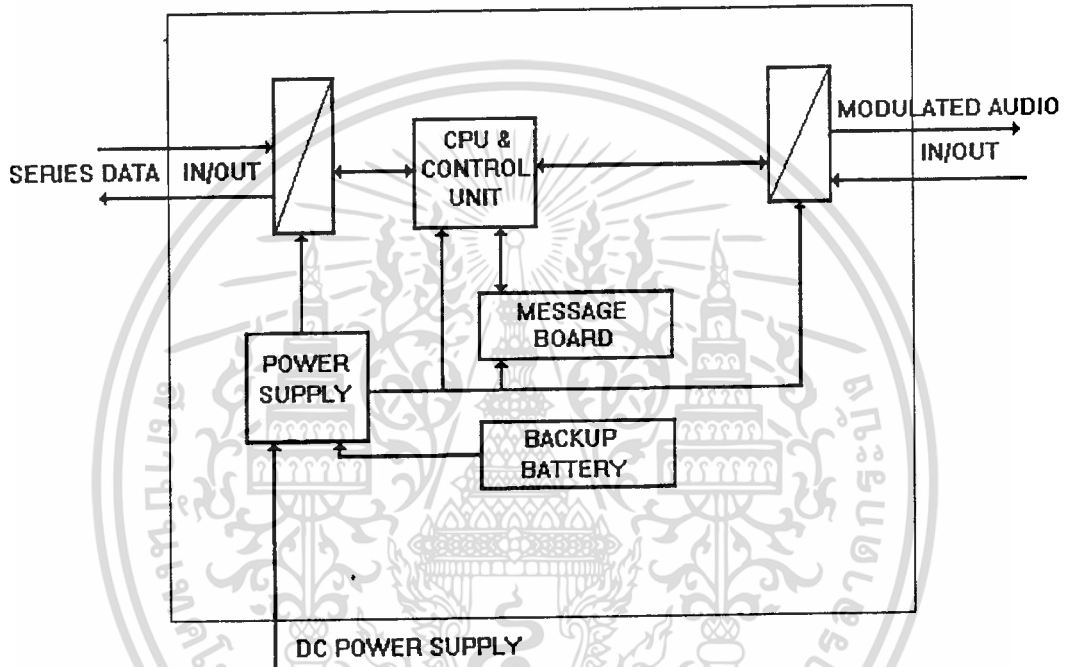
#### 2.4.5 การติดตั้งและใช้งาน Packet Radio

เนื่องจาก Packet Radio ต้องประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ Packet Modem และเครื่องรับส่งวิทยุพร้อมกับสายอากาศ ก่อนจะใช้งานจึงควรทราบลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ทั้งสามชนิดนี้

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ ควรจะเป็น PC Compatible ที่มีลักษณะการทำงาน Functioning เสมือนเครื่อง IBM PC ประกอบด้วยจอภาพ EGA ขึ้นไป, ตัวเครื่องและแป้นตัวอักษร เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควรมี Series Communication Port ซึ่งปกติ PC ก็มักจะมีอยู่แล้ว หากไม่มีก็ต้องหา I/O CARD มาเพิ่มเติม ในส่วนของ Software มีคำสั่ง (Command) ต่างๆ อย่างมากมาย ซึ่งทำให้สะดวกในการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับ Packet กับ Modem เป็นอย่างยิ่ง และหากนำมาเขียนอธิบายการทำงานและคำสั่งต่างๆ ของ Software ตัวนี้คงต้องใช้เวลาและหน้ากระดาษมากมาย

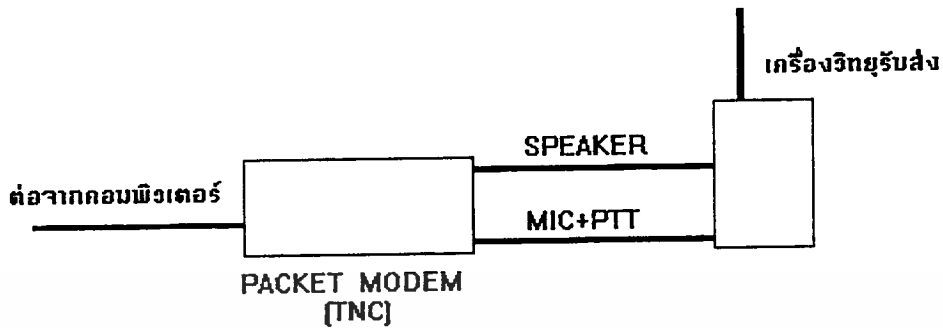
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Packet Modem หัวใจสำคัญของ Packet Modem ซึ่งมีอยู่หลายชนิด ต่างมีความสามารถในการทำงานไม่เหมือนกัน แต่เมื่อเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วต้องพร้อมทำงาน เปลี่ยนข่าวสารข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปส่งต่อให้เครื่องวิทยุอีกทีหนึ่ง และรับสัญญาณจากเครื่องวิทยุมาเปลี่ยนกลับเป็นข่าวสารข้อมูลส่งกลับให้เครื่องคอมพิวเตอร์ต่อไป ทั้งนี้โดยการจัดการของ Software ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของ Packet Modem ก็คือส่วนที่ต่อระหว่าง Packet Modem กับเครื่องวิทยุดังรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.31 โครงสร้างของ PACKET MODEM รุ่น TNC-211

จากรูปที่ 2.32 จุดต่อระหว่าง Packet Modem กับเครื่องวิทยุ นั้น เป็นการต่อสัญญาณเสียงระหว่างต่อกัน ซึ่งการผสมข่าวสารนี้เป็นลักษณะ Frequency Shift Keying (FSK) หรือแบบอื่นแล้วแต่รุ่นของ TNC หากลองฟังเสียงในขณะที่ Packet Modem ทำงานรับส่งข้อมูลจะได้ยินเสียงเป็นจังหวะสั้นยาวคล้ายเครื่องโทรสารที่ได้ยินทางโทรศัพท์ ตัว Packet Modem จะส่งสัญญาณให้เครื่องวิทยุส่งออกอากาศ (Key to Transmit) เมื่อหยุดทำการส่งสัญญาณวิทยุออกอากาศ Packet Modem จะรอรับคำตอบหรือข่าวสารจากคู่สถานี การดำเนินการเช่นนี้จะเป็นไปโดย Program ที่มีอยู่ในตัว Packet Modem เองอย่างอัตโนมัติ



รูปที่ 2.32 การเชื่อมต่อระหว่าง PACKET MODEM กับเครื่องวิทยุ

3. เครื่องวิทยุและสายอากาศของ Packet Radio นั้นแต่ละสถานีจะติดต่อถึงกันได้จะต้องสามารถรับส่งสัญญาณกันได้ดีพอสมควร ดูได้จากความแรงของสัญญาณที่รับได้จากคู่สถานีและความผิดพลาดของข้อมูลที่ออกมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์

## บทที่ 3

### การออกแบบและการสร้าง

#### 3.1 หลักการทำงาน

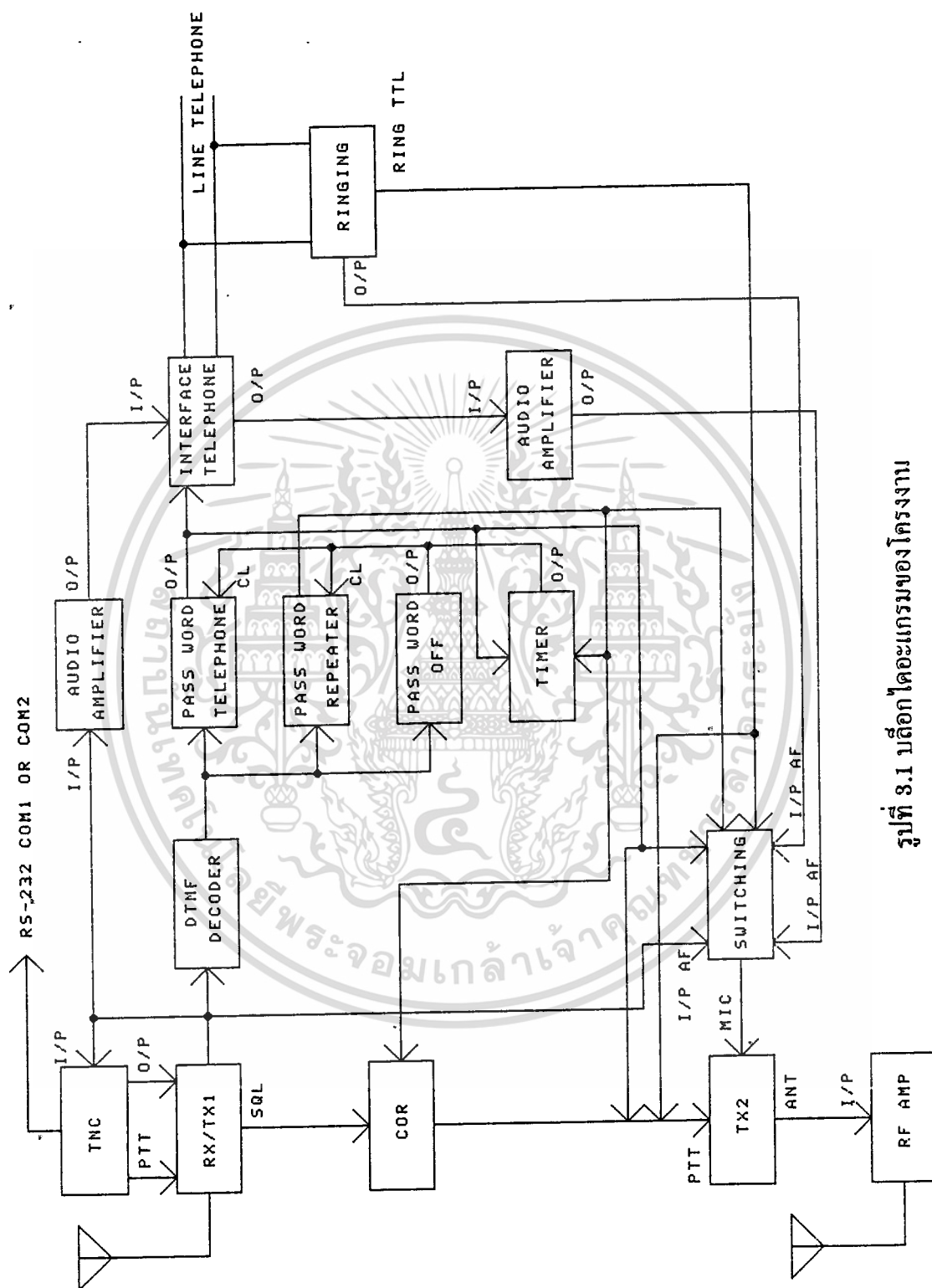
จากบล็อกไดอะแกรมในรูป 3.1 จะเห็นว่าเมื่อภาครับรับสัญญาณที่ส่งมาจากลูกข่ายผ่าน มาทางสายอากาศที่ต่ออยู่กับภาครับ จากนั้นสัญญาณเสียงที่ได้จากภาครับถูกส่งไปยังภาค DTMF Decoder เพื่อทำการถอดรหัสสัญญาณ DTMF ที่ถูกส่งมาพร้อมกับสัญญาณเสียงที่ส่งมาจากภาครับ จากนั้นรหัสที่ถูกถอดออกมาจะเป็นรหัสไบนารีขนาด 4 บิต รหัสไบนารีที่ได้นี้จะถูกส่งไปยัง ภาค Password ทั้งสามชุด ทำหน้าที่ตั้งรหัสผ่านสำหรับการควบคุมการเปิดและปิดระบบ สถานีทวนสัญญาณและระบบโทรศัพท์ โดยที่ถ้ารหัส DTMF ที่ถูกส่งเข้ามาจากลูกข่ายถูกต้องจะมี Output Logic 1 ส่งไปยังชุดควบคุมการทำงานต่างๆ ที่ใช้ในการเปิดและปิดสถานีทวน สัญญาณและระบบโทรศัพท์ต่อไป เช่นลูกข่ายต้องการจะเปิดระบบสถานีทวนสัญญาณใช้งานจะ ทำการกดรหัส DTMF จำนวน 4 ตัวส่งมา และถ้ากรหัสไม่ถูกต้องตามที่ได้ตั้งไว้คือกดหลักใดหลัก หนึ่งผิดวงจร Password ก็จะ Reset ตัวเองให้ไปเริ่มกดหลักที่หนึ่งใหม่ และจะเป็นเช่นนี้เรื่อยไป จนกว่าจะกรหัสถูกต้อง และในทำนองเดียวกัน ถ้าลูกข่ายกดรหัสถูกต้องก็จะมีแรงดันจำนวน หนึ่งออกมาจากชุดตั้งรหัสผ่านของระบบสถานีทวนสัญญาณส่งไปยังภาค COR เพื่อให้ภาค COR ทำงานโดยที่แรงดันอีกจำนวนหนึ่งที่ออกมาจากชุดตั้งรหัสผ่าน จะถูกส่งไปยังภาคตั้งเวลา ในการปิดระบบการทำงานของสถานีทวนสัญญาณและโทรศัพท์ โดยที่เมื่อระบบสถานีทวน สัญญาณหรือระบบโทรศัพท์ทำงาน วงจรตั้งเวลาจะเริ่มนับและเมื่อเวลาที่นับอยู่หมดลงไปก็จะมี Logic 1 ออกมาจาก Output ของวงจรตั้งเวลาและจะส่งไปยังขา Reset ของวงจรตั้งรหัสผ่าน ทำ ให้การทำงานของระบบขณะที่ใช้งานอยู่หยุดทำงาน จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเมื่อวงจร COR ทำงาน Output ที่ได้จากวงจรภาคนี้ก็จะส่งไปยัง PTT ของภาคส่ง (TX2) โดยที่การควบคุมการ ออกอากาศของภาคส่งจะทำงานพร้อมกับการรับสัญญาณเข้ามาทางภาครับ ซึ่งเมื่อภาครับรับ สัญญาณได้ภาคส่งก็จะทำงาน โดยที่สัญญาณเสียงที่ได้จากภาครับจะถูกส่งไปยังวงจรขยายเสียง เพื่อทำการขยายสัญญาณให้มีความแรงก่อนส่งไปยังวงจร Switching ซึ่งวงจรภาคนี้จะทำหน้าที่ ตัดต่อสัญญาณเสียงที่ได้จากแหล่งต่างๆเพื่อไม่ให้สัญญาณเสียงที่ได้จากแหล่งต่างๆ ไม่เกิดการ รบกวนซึ่งกันและกันและกันก่อนส่งไปยังภาคส่ง เพื่อทำการมอดูเลทกับแคร์เรียแล้วจึงส่งผ่านไปยังภาค ขยายกำลังความถี่วิทยุ เพื่อทำการขยายให้มีกำลังส่งสูงขึ้นก่อนส่งออกอากาศต่อไป ในทำนอง เดียวกันถ้าลูกข่ายต้องการที่จะใช้งานด้วยระบบโทรศัพท์ เพื่อทำการใช้งานวิทยุสื่อสารที่มีอยู่ติดตัว

ต่อกับโทรศัพท์ สามารถทำได้โดยการกดรหัสเช่นเดียวกับการเปิดระบบสถานีทวนสัญญาณ โดยที่รหัสที่ตั้งไว้จะเป็นรหัสต่างกับกับรหัสของระบบสถานีทวนสัญญาณ ซึ่งเมื่อกรหัสถูกต้องก็จะมี Logic 1 ออกมาจากวงจรตั้งรหัสผ่านของระบบโทรศัพท์ ส่งไปยังชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์ เพื่อทำการบังคับให้ชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์ทำการยกหูและในเวลาเดียวกันนั้นภาคส่ง ภาคตั้งเวลาและภาค Switching ก็จะเริ่มทำงานด้วย จากนั้นเมื่อลูกข่ายก็จะได้ยินเสียง Dial Tone เพื่อเป็นการบอกให้รู้ว่า ให้ทำการกดเลขหมายโทรศัพท์ที่ต้องการจะโทรศัพท์ได้แล้ว เมื่อสามารถติดต่อกับคู่สายปลายทางได้ ก็สนทนาได้อย่างปกติเหมือนกับการคุยโทรศัพท์ปกติทั่วไป แต่มีข้อแตกต่างคือการพูดคุยนั้นจะพูดพร้อมกันไม่ได้จะต้องผลัดกันพูด และเมื่อพูดคุยเสร็จแล้วต้องการที่จะวางหูก็สามารถทำได้ โดยการกดรหัสปิดระบบการทำงานก็เป็นการเสร็จสิ้นกระบวนการ ในทำนองเดียวกัน ถ้าเกิดมีการโทรศัพท์เข้ามา เครื่องส่งก็จะทำงานพร้อมกับส่งสัญญาณเรียกไปยังลูกข่ายที่เปิดเครื่องอยู่ และถ้าลูกข่ายผู้นั้นต้องการที่จะยกหูก็สามารถทำได้ โดยการกดรหัสเปิดระบบโทรศัพท์ก็สามารถติดต่อกันได้

ประสิทธิภาพอีกหนึ่งของโครงการชุดนี้คือมีระบบ Packet Radio อยู่ในโครงการด้วย ระบบนี้สามารถรับและส่งข้อมูลคอมพิวเตอร์ได้ ด้วยความเร็วในการรับและส่ง 1200 bps โดยระบบนี้จะมอดูเลตสัญญาณดิจิทัลแบบ FSK (Frequency Shift Keying) มีโปรแกรมที่รันแล้วทำให้โครงการชุดนี้ที่เป็นระบบ Packet Radio มีประสิทธิภาพการใช้งานต่างๆ เพิ่มมากขึ้นนอกเหนือการใช้ในการรับและส่งข้อมูลเพียงอย่างเดียว เช่น สามารถเป็นตู้จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (Mail Box) คือสามารถฝากข้อความที่เป็นไฟล์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นไฟล์ข้อความหรือไฟล์โปรแกรมก็สามารถทำได้โดยไม่มีปัญหา ซึ่งระบบตู้จดหมายอิเล็กทรอนิกส์นี้ มีประโยชน์คือในบางครั้งต้องการที่จะติดต่อกับลูกข่ายอีกคนหนึ่ง แต่ลูกข่ายคนที่ต้องการที่จะติดต่อดังนั้นไม่ได้เปิดเครื่องรับส่งวิทยุ ทำให้ไม่สามารถติดต่อกันได้ แต่เมื่อเราใช้ระบบตู้จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ก็จะสามารถแก้ปัญหานี้ได้ คือใช้คอมพิวเตอร์ที่ต่ออยู่กับ TNC และ TNC ก็จะต่ออยู่กับเครื่องรับส่งวิทยุ (TNC นี้ทำหน้าที่เหมือนกับ MODEM) ทำการส่งข้อความที่เราต้องการติดต่อกับลูกข่ายคนนั้นผ่านอุปกรณ์ดังกล่าวไปยัง Mail Box ของโครงการ โดยที่ตัว Mail Box จะบันทึกข้อความทั้งหมดไว้ ทำนองเดียวกัน เมื่อลูกข่ายที่เราต้องการจะติดต่อดังนั้นเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องรับส่งวิทยุและ TNC แล้วทำการเรียกเข้ามายังศูนย์ Mail Box ศูนย์ Mail Box ก็จะแจ้งลูกข่ายผู้นั้นว่ามีจดหมายฉบับใหม่ถึงท่านหนึ่งฉบับ เมื่อท่านอ่านเสร็จแล้วขอให้ทำการลบจดหมายที่ท่านอ่านด้วย ถ้าลูกข่ายผู้นั้นต้องการที่จะเขียนจดหมายตอบก็ทำได้เหมือนกับตอนที่เราส่งจดหมาย

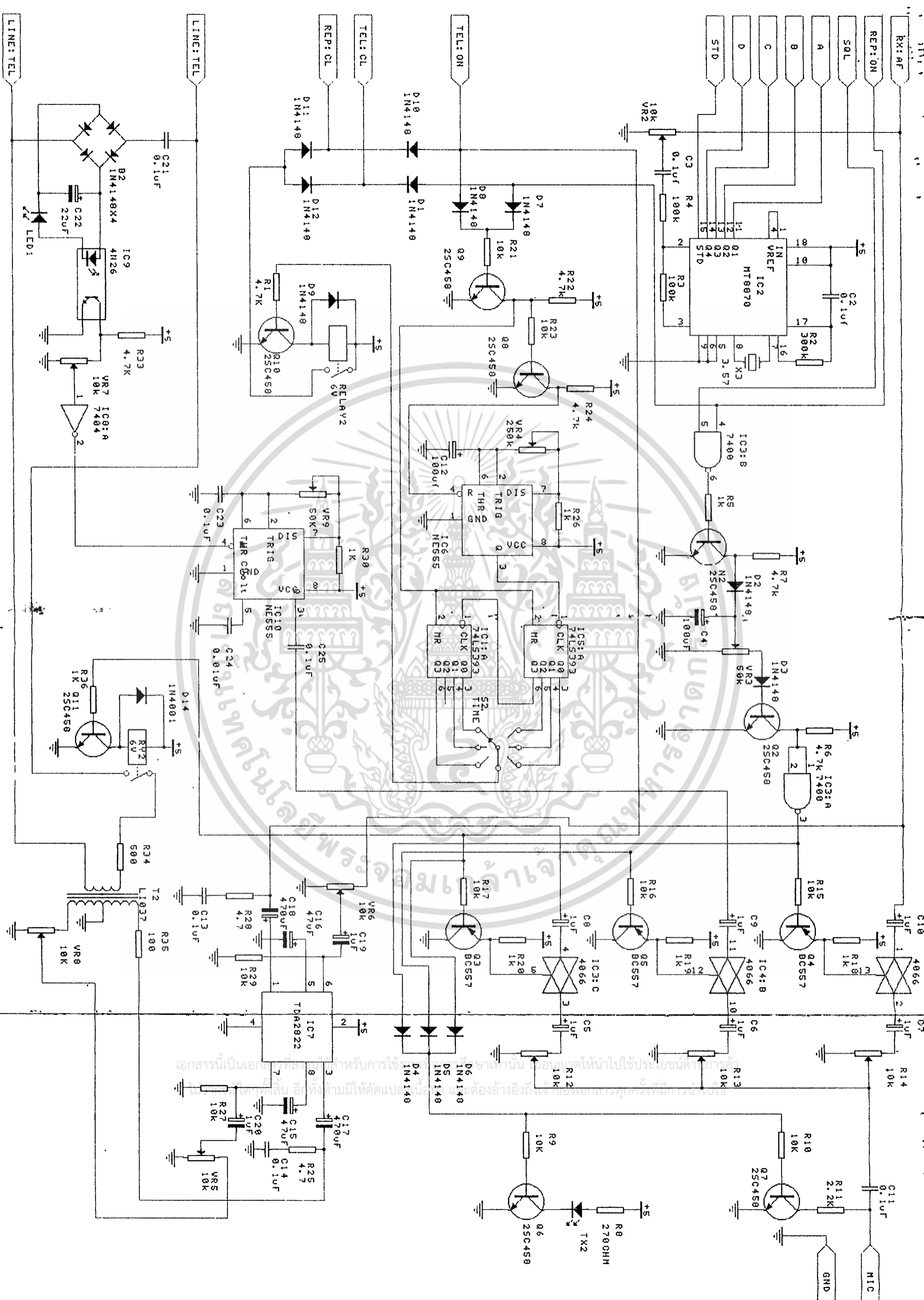
ประโยชน์อีกอย่างหนึ่งคือภายในตัวโปรแกรม Mail Box นี้ยังสามารถที่จะคำนวณเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เขียนเพื่อการสื่อสารและวิทยุว่าจะมาเวลาใดมุมเท่าไรเป็นต้นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.2 ภาพรวมของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้าโดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางผู้จัดทำ หากมีข้อผิดพลาดประการใด ทางผู้จัดทำขอสงวนสิทธิ์ในการแก้ไขโดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า

## 3.2 การทำงานของวงจรส่วนต่างๆ

### 3.2.1 วงจรตั้งรหัสผ่าน (Password)

การทำงานของชุดสถานีทวนสัญญาณและชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์ด้วยเครื่องรับส่งวิทยุ จะต้องอาศัยหลักการตรวจสอบรหัสผ่านก่อน จึงไปทำการเปิดปิดระบบสถานีทวนสัญญาณและระบบเชื่อมต่อโทรศัพท์ ซึ่งในโครงการ จะประกอบด้วยวงจรตั้งรหัสผ่านทั้งหมด 3 ชุดคือ ชุดตั้งรหัสเปิดสถานีทวนสัญญาณ ชุดตั้งรหัสเปิดชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์ และตั้งรหัสผ่านชุดสุดท้ายคือ ชุดตั้งรหัสปิดการทำงานของระบบสถานีทวนสัญญาณและโทรศัพท์ ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับการทำงานมีดังนี้

#### 1. วงจรตั้งรหัสผ่านเปิดระบบสถานีทวนสัญญาณและโทรศัพท์

จากวงจรดังรูปที่ 3.3 และ 3.4 คือวงจรตั้งรหัสผ่านการเปิดระบบสถานีทวนสัญญาณและโทรศัพท์ เริ่มจาก IC1(74154) เป็นวงจร Demultiplexer ขนาด 4 to 16 โดยมีขาอินพุต 4 ขาคือ ขา 23, 22, 21, 20 ทำหน้าที่รับรหัสไบนารีจากวงจร DTMF Decoder (วงจร DTMF Decoder จะกล่าวโดยละเอียดในหัวข้อต่อไป) ขนาด 4 บิต โดยที่ขา 18 และ 19 จะเป็นขาที่กำหนดให้ข้อมูลที่มาจากอินพุตออกไปยังเอาต์พุตหรือไม่ จากนั้นเอาต์พุตที่ได้จากขาใดขาหนึ่งทั้ง 16 ขา จะถูกส่งไปเข้าวงจร Multiplexer 16 to 1 ซึ่งวงจรทั้งหมดจะอยู่ใน IC2(74150) โดยมีขา 11, 13, 14, 15 เป็นขาซีเล็คอินพุตว่าจะให้ข้อมูลอินพุตใดออกไปยังเอาต์พุต โดยที่เอาต์พุตจะออกมาทางขา 10 ของ IC2 สัญญาณจากขา 10 ของ IC2 ถูกส่งไปยังขา 2 ของ IC3:A(74125) ซึ่งถ้าขา 1 ของ IC3:A เป็น Logic “0” ขา 3 ของ IC3:A ก็จะมีสัญญาณออกไปเป็นปกติ แต่ถ้าเป็น Logic “1” ก็จะไม่มีการเอาต์พุตออกไป โดยที่ขา 3 ของ IC3:A จะต่อกับขา 1 ของ IC6:A(74LS393) ซึ่ง IC6:A เป็นวงจรมับ 16 แต่ในที่นี้จะให้มับเพียง 4 เท่านั้น ขา 1 ของ IC6:A เป็นขา Clock ซึ่ง Clock ที่ได้นั้นได้มาจากการถอดรหัส DTMF ว่าตรงกับที่วงจรตั้งรหัสผ่านตั้งไว้หรือไม่ วงจรที่ออกแบบมานี้ออกแบบให้ตั้งรหัสได้ 4 หลัก โดยที่ขาเอาต์พุตของ IC6:A ต่อกับขาซีเล็คอินพุตของ IC4 และ IC5(74153) ซึ่งเป็นวงจร Multiplexer ขนาด 4 to 1 ภายใน IC4 และ IC5 ประกอบด้วยวงจร Multiplexer 2 ชุดในตัว IC ตัวเดียวและ clock จากขา 3 ของ IC 3:A ที่ป้อนให้ขา 1 ของ IC 6:A นั้น จะเป็นจังหวะกับการถอดรหัส DTMF เมื่อถอดรหัสครบ 4 หลักแล้ว ขา 5 ของ IC3:A หยุดทำงาน ดังนั้นถึงแม้ว่าขา 10 ของ IC2 จะมีเอาต์พุตออกมาอีกก็ตาม ก็จะไม่มีการไปป้อนให้กับ IC6:A อีก. และในการตั้งรหัสที่วงจรตั้งรหัสผ่าน ทำได้โดยการตั้งข้อมูลโดย DIP Switch 1-4 ซึ่ง DIP Switch ทั้ง 4 ตัวต่อกับขาอินพุตของ IC4 และ IC5 เพื่อทำ

การตั้งข้อมูลทางด้านอินพุท โดยมีขา 2 และ 14 ของ IC4 และ IC5 จะเป็นขาซีล็คอินพุทที่จะให้อินพุทได้ออกไปยังเอาต์พุท ซึ่งเอาต์พุททั้ง 4 ที่ได้จาก IC4 และ IC5 ต่ออยู่กับขาซีล็คของ IC2 ขนาด 4 Bit เหตุผลที่ต้องใช้ IC4 และ IC5 ก็เพื่อเป็นการสแกนรหัสของรหัสผ่าน 4 หลักนั่นเอง โดยวงจรตั้งรหัสผ่านที่ออกแบบนี้จะมีวงจรป้องกันการรบกวนการกดรหัสผิด คือถ้ากดรหัส DTMF ผิดจากที่ตั้งไว้ ที่วงจรตั้งรหัสผ่านก็จะมีพัลส์ไปรีเซ็ตวงจรนับความถี่ให้ไปเริ่มการกดรหัสที่หลักที่หนึ่งใหม่ วงจรป้องกันประกอบด้วย IC7:C และ IC8:A และ IC7:B จะเห็นได้ว่า ถ้ามีการกดรหัสผิดวงจรตั้งรหัสผ่านจะไปเริ่มหลักที่หนึ่งใหม่ จึงเป็นการยากที่จะลักลอบใช้งานระบบสถานีทวนสัญญาณและระบบโทรศัพท์ เอาต์พุทที่ได้จากวงจรตั้งรหัสผ่านชุดนี้จะออกมาทางขา 1 ของ IC3:A แล้วส่งไปวงจรอื่นๆ (วงจรอื่นๆ หมายถึงวงจร COR, วงจรเชื่อมต่อโทรศัพท์, วงจรไทมเมอร์และวงจรสวิทซ์ ซึ่งวงจรต่างๆ เหล่านี้จะกล่าวในหัวข้อต่อไป)

## 2. วงจรตั้งรหัสผ่านปิดระบบทั้งหมด

จากวงจรรูปที่ 3.5 จะเห็นว่ามีส่วนเหมือนกับวงจรตั้งรหัสผ่านเปิดระบบมาก ดังนั้นหลักการทำงานจะไม่ขอกล่าวถึง แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะส่วนที่เพิ่มเข้าไปในวงจรเท่านั้นคือ จากรูปที่ 3.5 ส่วนที่เพิ่มเข้าไปคือ IC9:B และ IC 7:A และ IC8 โดยที่ IC8 เป็นวงจรโมโนสเตเบิล ซึ่งวงจรโมโนสเตเบิลจะทำหน้าที่หน่วงเวลาในการปิดระบบทั้งหมด โดยที่ช่วงเวลาในการหน่วงเวลานี้ กำหนดโดย R18 และ C1 ซึ่งสูตรในการคำนวณค่า R18 และ C1 สามารถหาได้โดยใช้สูตรดังนี้

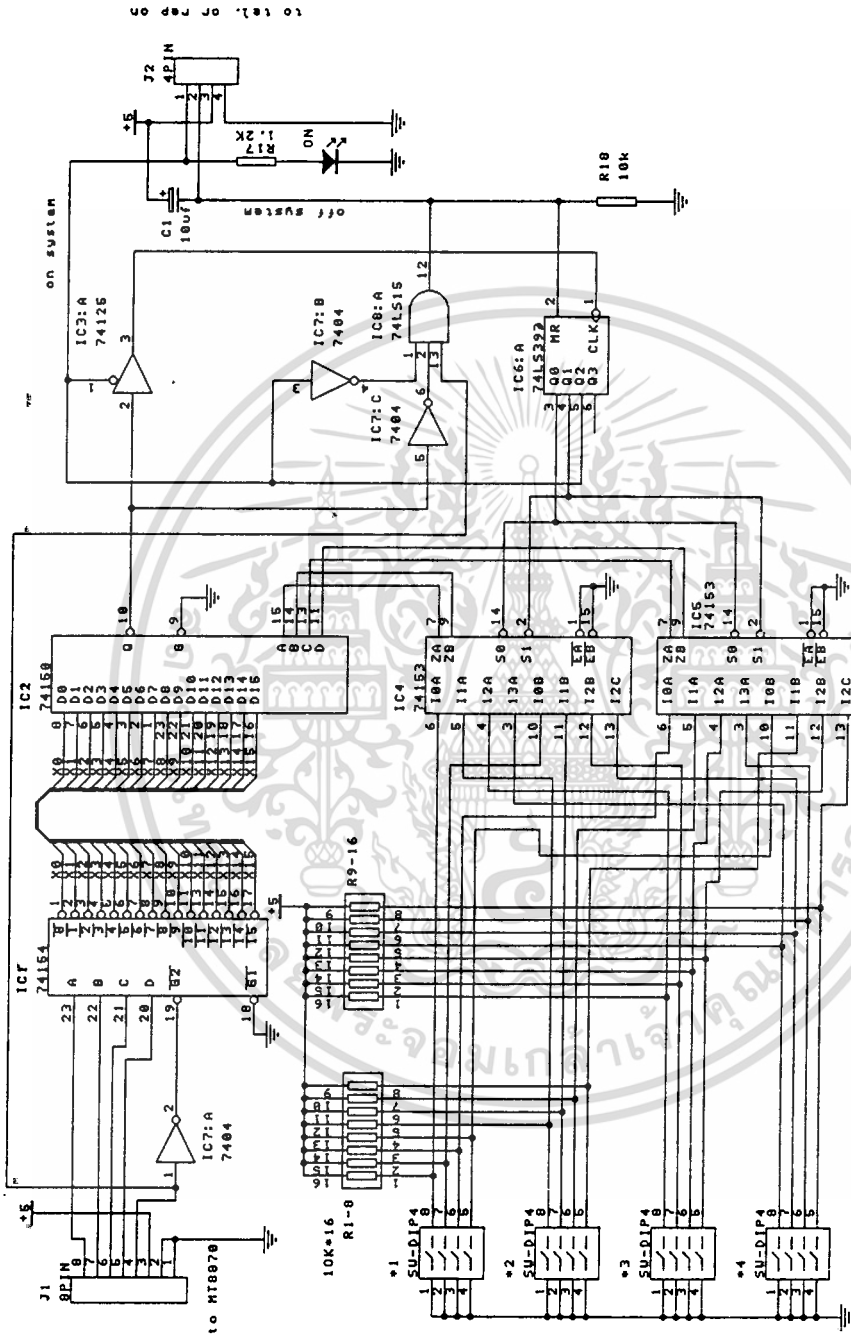
$$T = 1.1 R_{18} C_1$$

$$\text{ซึ่งกำหนดให้ } R_{18} = 10k\Omega$$

$$\text{และ } C_1 = 100 \mu F$$

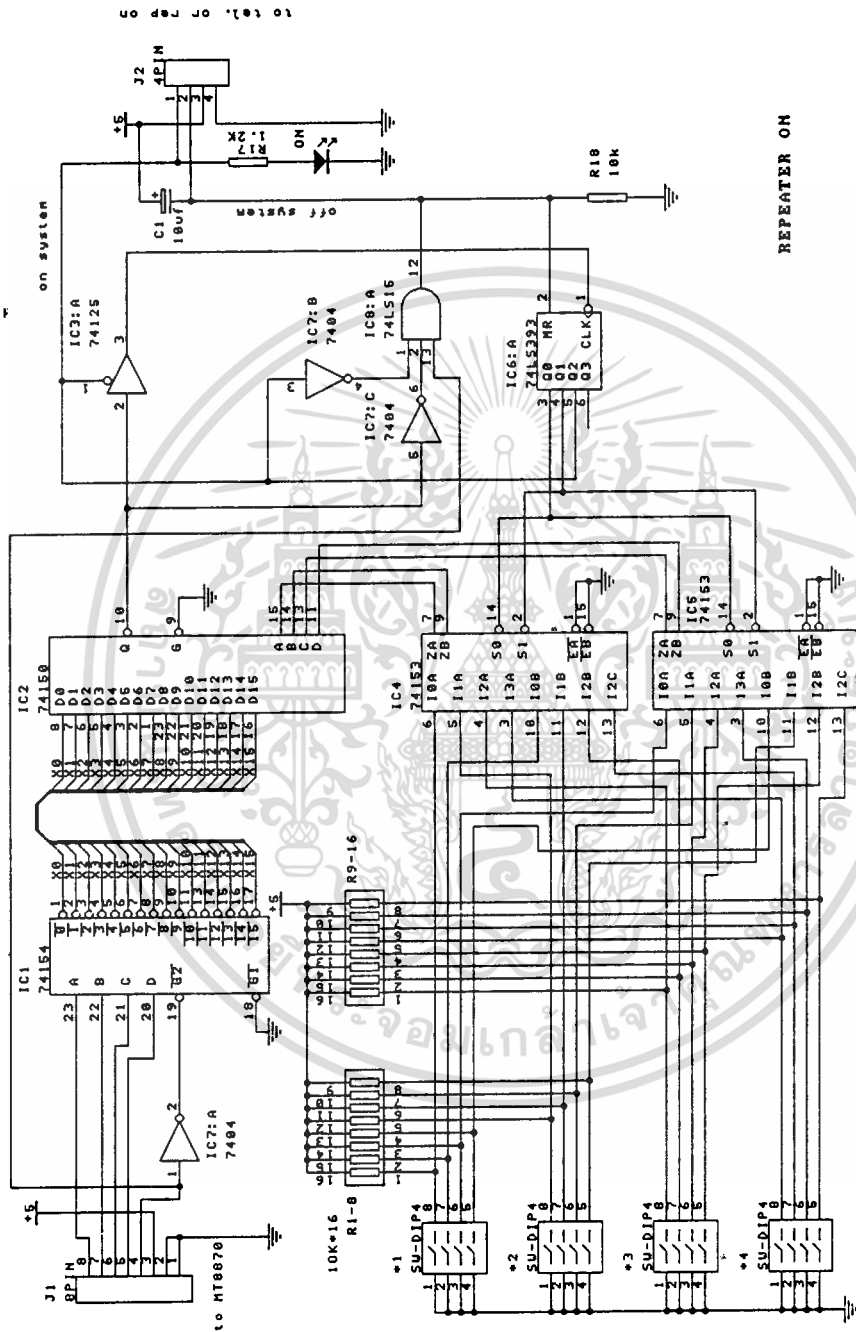
$$\begin{aligned} \text{ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ในวงจร } T &= 1.1 \times 10 \times 10^3 \times 100 \times 10^{-6} \\ &= 0.11 \text{ วินาที} \end{aligned}$$

จากนั้นเอาต์พุทที่ได้จากวงจรตั้งรหัสผ่านจะส่งไปยังวงจรตั้งรหัสผ่านเปิดระบบเพื่อทำการรีเซ็ตให้ปิดระบบทั้งหมด



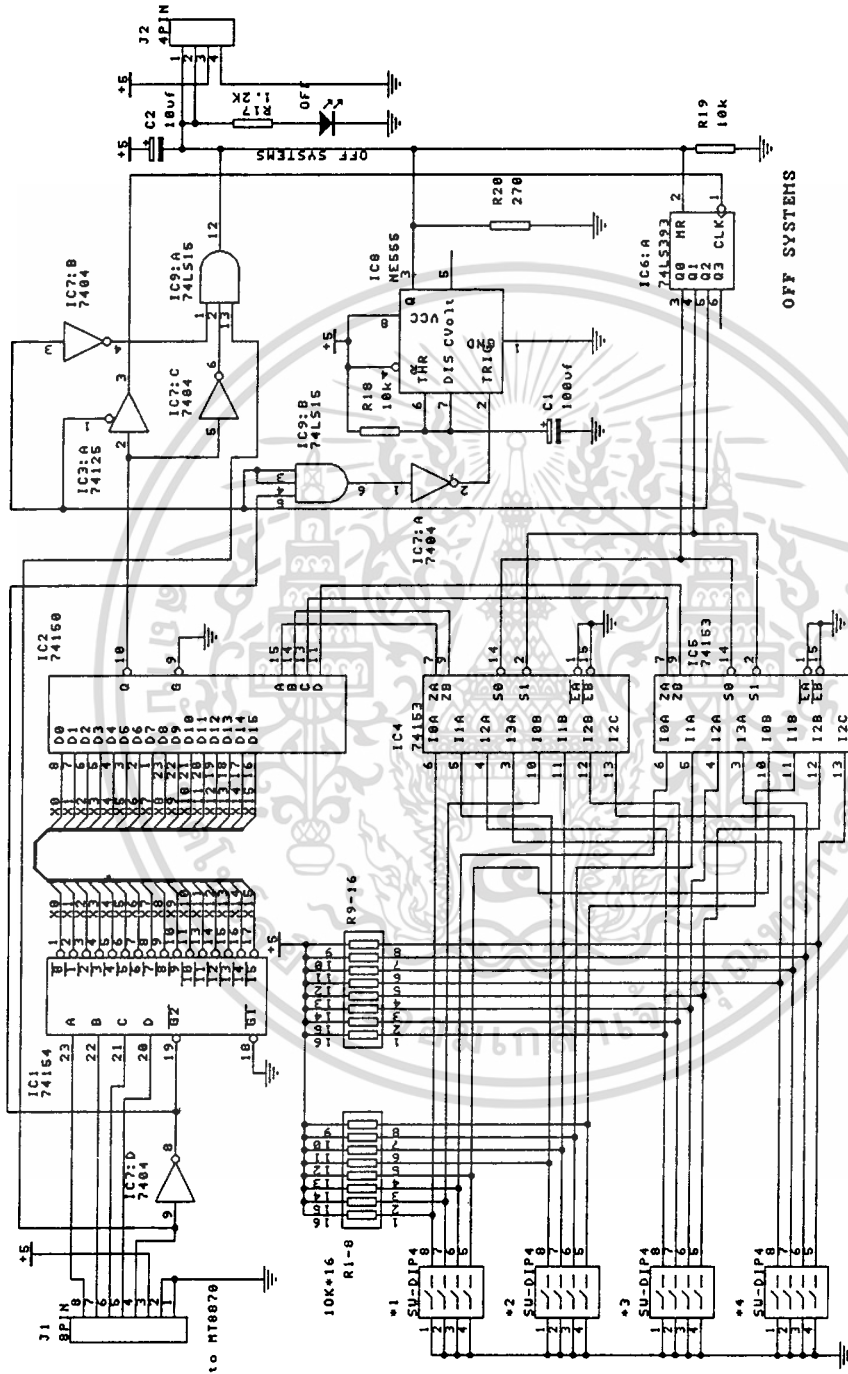
รูปที่ 8.8 วงจรตรงผ่านเป็นระบบสถานีทวนสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



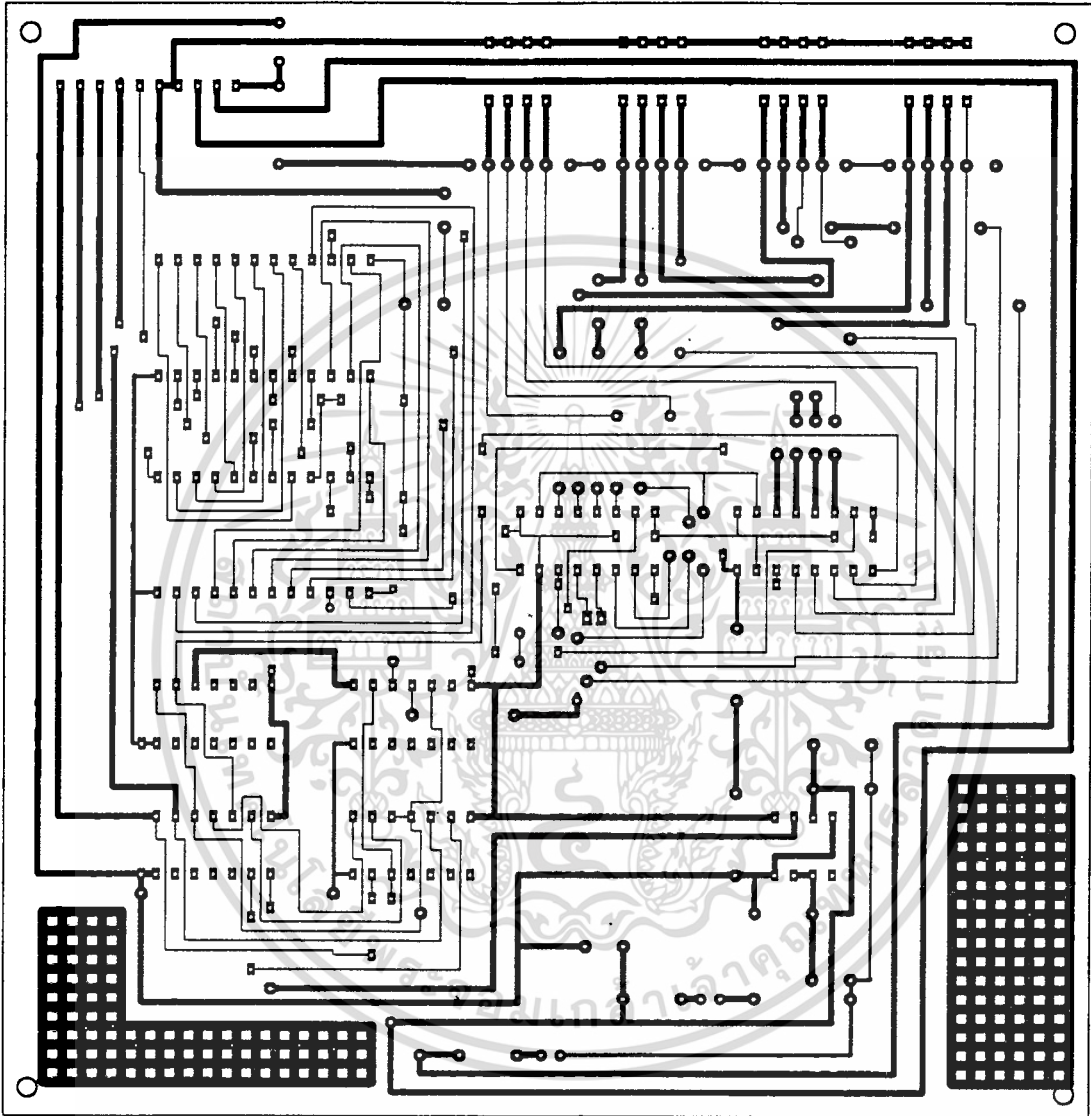
รูปที่ 8.4 วงจรตงรหัสผ่านเป็นระบบโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



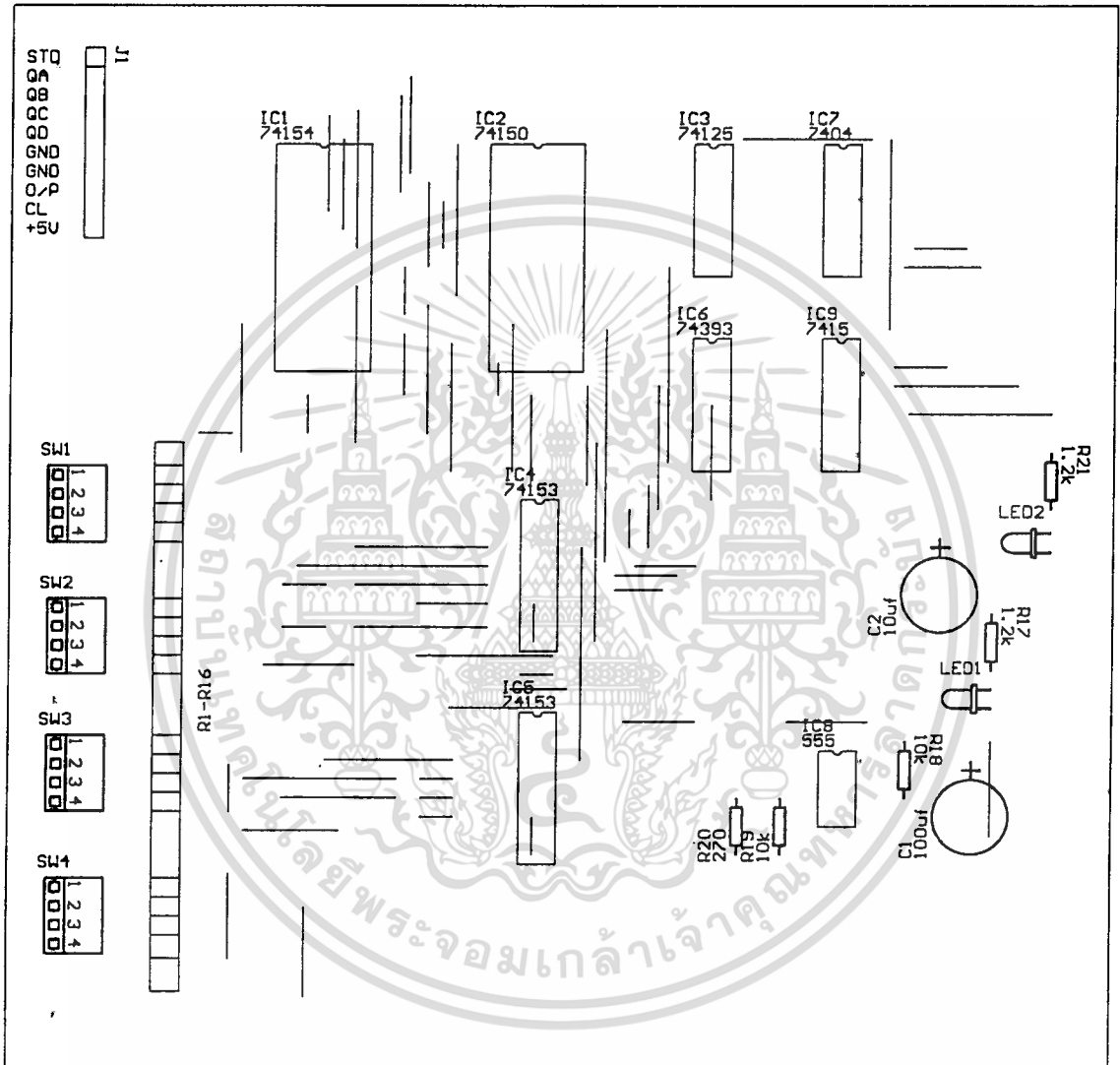
รูปที่ 3.5 วงจรตั้งรหัสผ่านปิดระบบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.6 ลายวงจรพิมพ์วงจรตั้งรหัสผ่าน ซึ่งเหมือนกันทั้ง 3 วงจร

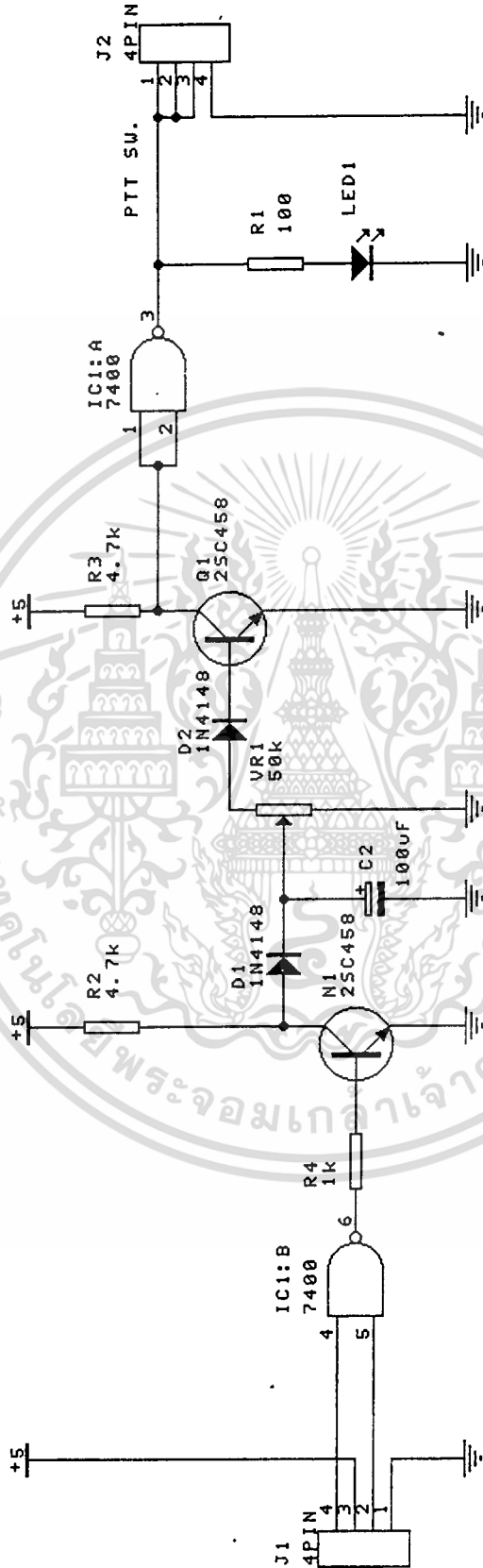
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 ลายวงจรพิมพ์ค่านววงอุปกรณ์วงจรตั้งรหัสผ่าน

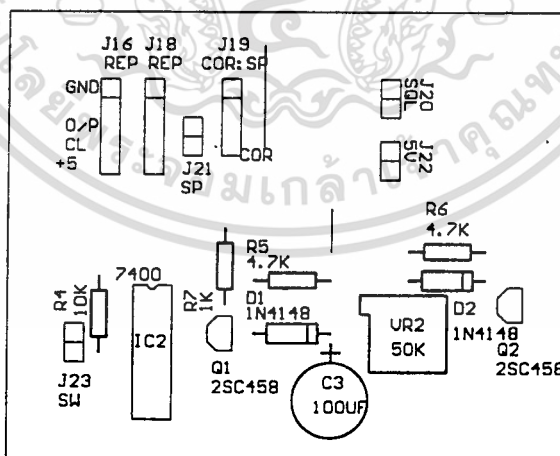
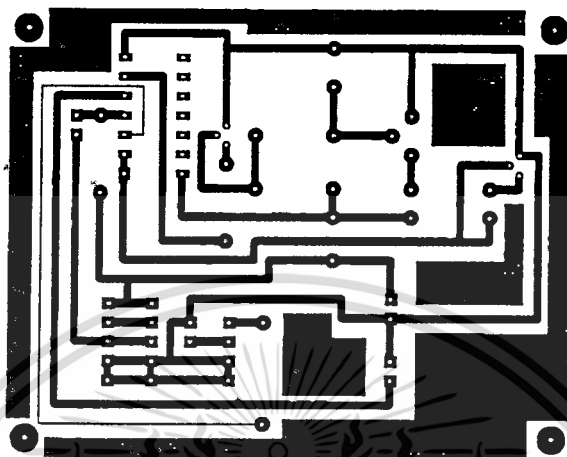
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 3.8 วงจร COR (Carrir Operated Relay)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 สายวงจรพิมพ์และตำแหน่งอุปกรณ์วงจร COR

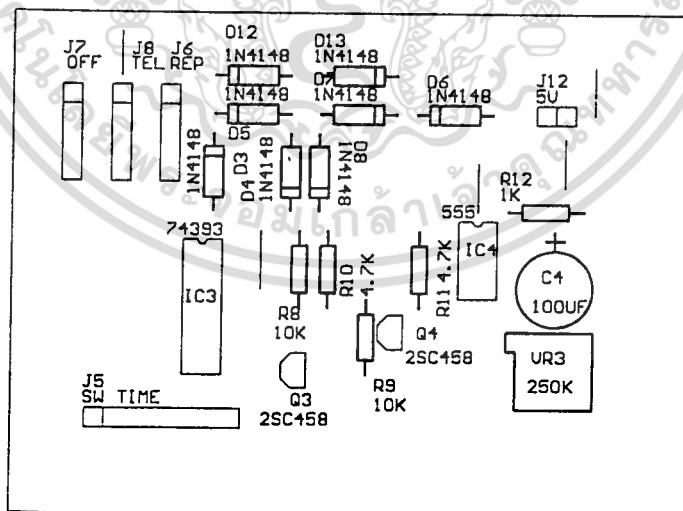
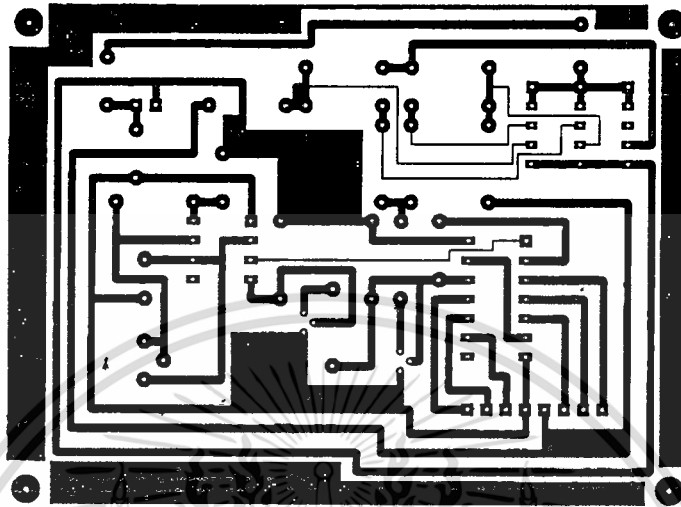
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.3 วงจรไทมเมอร์

วงจรไทมเมอร์ในโครงการชุดนี้ทำหน้าที่ตั้งเวลาในการปิดระบบการทำงานทั้งหมด เนื่องจากการทำงานของทั้ง 2 ระบบ คือระบบสถานีทวนสัญญาณและระบบโทรศัพท์นั้น ภาคขยายกำลังย่าน RF ที่ใช้ IC เบอร์ SAV-17 จะทำงานหนักมาก เนื่องจากทำงานตลอดเวลา จึงเป็นผลให้เกิดความร้อนที่วงจรในส่วนนี้มาก จึงต้องกำหนดระยะเวลาในการใช้งาน

หลักการการทำงานของวงจรไทมเมอร์อธิบายได้ดังนี้ จากรูปที่ 3.10 เป็นวงจรไทมเมอร์ D1 และ D2 จะทำหน้าที่รับสัญญาณจากวงจรตั้งรหัสผ่านไปควบคุมการทำงานของ  $Q_2$  ให้ ON และ OFF เมื่อสถานีทวนสัญญาณหรือโทรศัพท์ถูกเปิดใช้งาน  $Q_2$  ก็จะนำกระแส ทำให้ขา C ของ  $Q_2$  มีแรงดันต่ำมาก ทำให้  $Q_1$  ไม่นำกระแส ขา 4 ของ IC1 มีไฟ +5V ทำให้วงจร Oscillator ทำงาน โดยเอาท์พุทที่ได้จาก Oscillator ออกมาทางขา 3 ของ IC1 ส่งไปยังวงจรหารความถี่ ซึ่งประกอบด้วย IC2 ทำการหารความถี่ให้ต่ำลงมาจากที่ส่งมาจากวงจร Oscillator ในการหารความถี่ให้ต่ำลง มีผลทำให้ช่วงเวลานานขึ้นด้วย โดยมี S1 เป็นซีเลคเตอร์สวิตซ์ทำหน้าที่เลือกช่วงเวลาในการตั้งเวลา ที่ขา 2 และขา 12 ของ IC2 เป็นขาเรีเซ็ทวงจรหารความถี่ โดยขาทั้งสองนี้จะต่ออยู่กับขา C ของ  $Q_2$  ซึ่งขณะที่ยังไม่เปิดระบบการทำงานของระบบสถานีทวนสัญญาณและระบบโทรศัพท์ ขา 2 และขา 12 จะถูกเรีเซ็ทตลอดเพื่อจะได้พร้อมทำงานตลอดเวลา โดยที่เอาท์พุทที่ได้จาก S1 ส่งผ่านไปยัง  $Q_3$  ทำให้ Relay1 ทำงานต่อไฟ +5V ผ่านไปขาเรีเซ็ทของวงจรตั้งรหัสผ่านทั้งสองวงจร เป็นเสร็จสิ้นการทำงานของวงจรชุดนี้





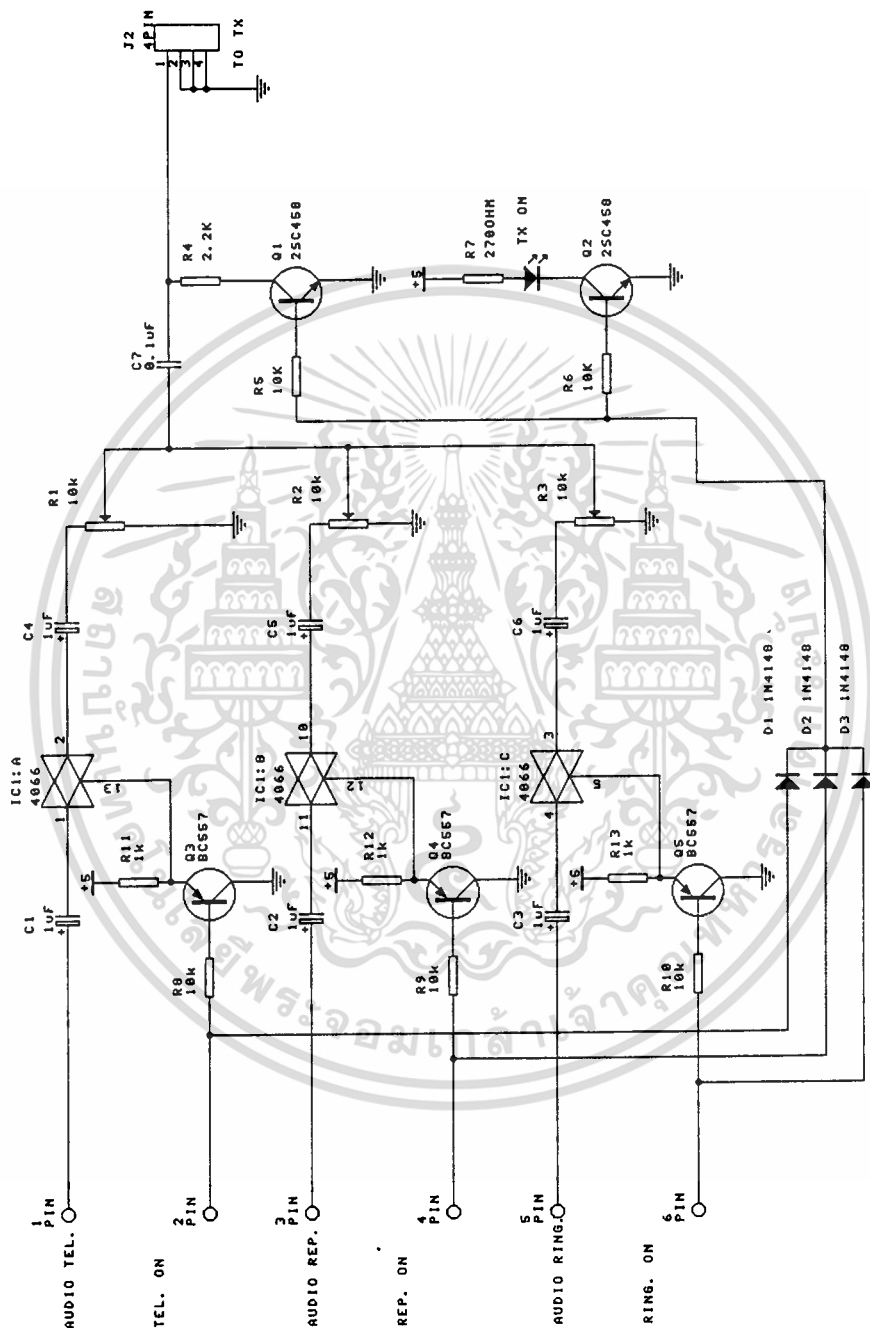
รูปที่ 3.11 ลายวงจรพิมพ์และตำแหน่งอุปกรณ์วงจรไทมเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.4 วงจรสวิตชิง (Switching)

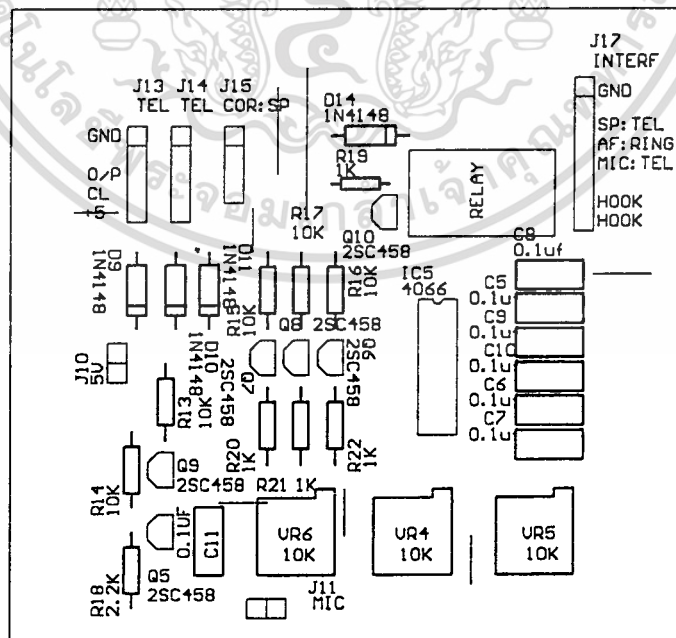
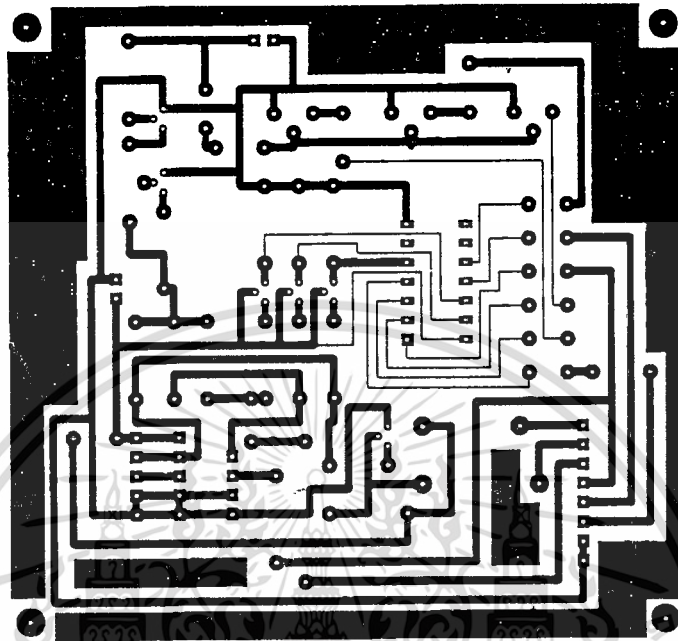
ในส่วนของวงจรสวิตชิงนั้น ทำหน้าที่ตัดต่อสัญญาณเสียงที่มาจากเครื่องรับวิทยุและที่มาจากคู่สายโทรศัพท์และจากวงจร Ringing ก่อนส่งไป Modulate กับ Carrier ของเครื่องส่งก่อนส่งออกอากาศ โดยไม่ให้สัญญาณเสียงทั้ง 3 สัญญาณรบกวนกันก่อนส่งออกอากาศ

หลักการทำงานของวงจรจากรูปที่ 3.12 จะเห็นว่าใช้ IC1 ทำหน้าที่เป็น Electronic Switch โดยที่ IC1:A ทำหน้าที่ตัดต่อสัญญาณเสียงโทรศัพท์ โดยมี C1 และ C2 เป็นตัวคัปปลิงสัญญาณแล้ว เอาท์พุทที่ได้ส่งไปยัง R1 ทำการปรับระดับสัญญาณให้พอดีก่อนส่ง Modulation โดยที่ขา 13 ของ IC1:A ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของ IC1:A ให้ทำการเปิดและปิดสัญญาณตามที่ Q<sub>3</sub> ทำงาน โดยที่ Q<sub>3</sub> จะรับสัญญาณควบคุมจากวงจรตั้งรหัสผ่านเปิดระบบโทรศัพท์ และสัญญาณเปิดระบบโทรศัพท์ที่ได้จากวงจรตั้งรหัสผ่านอีกส่วนหนึ่งถูกส่งผ่าน D1 ผ่านไปยัง Q<sub>1</sub> ให้ Q<sub>1</sub> ทำงานเพื่อให้เครื่องส่งทำงาน เพื่อส่งสัญญาณเสียงที่ได้จากโทรศัพท์ออกอากาศต่อไป และในทำนองเดียวกัน IC1:B และ IC1:C จะทำหน้าที่ตัดต่อสัญญาณเสียงจากเครื่องรับส่งวิทยุ และสัญญาณเสียง Ringing ตามลำดับ ส่วนการทำงานในการตัดต่อสัญญาณนั้น หลักการทำงานในวงจรชุดนี้มีหลักการการทำงานเหมือนกับการทำงานที่อธิบายมาแล้วข้างต้น ดังนั้นจึงไม่ขอกล่าวอีก



รูปที่ 8.12 วงจรสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



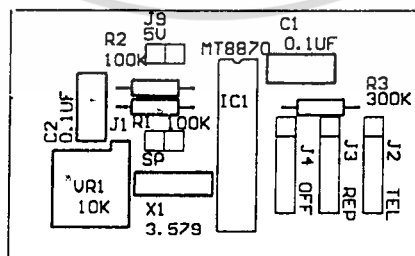
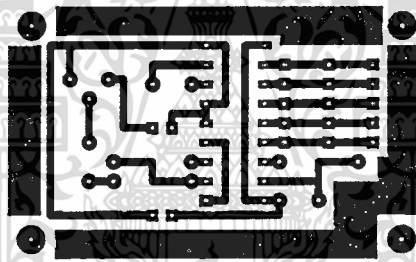
รูปที่ 3.13 ลายวงจรพิมพ์และตำแหน่งอุปกรณ์วงจรสวิทชิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

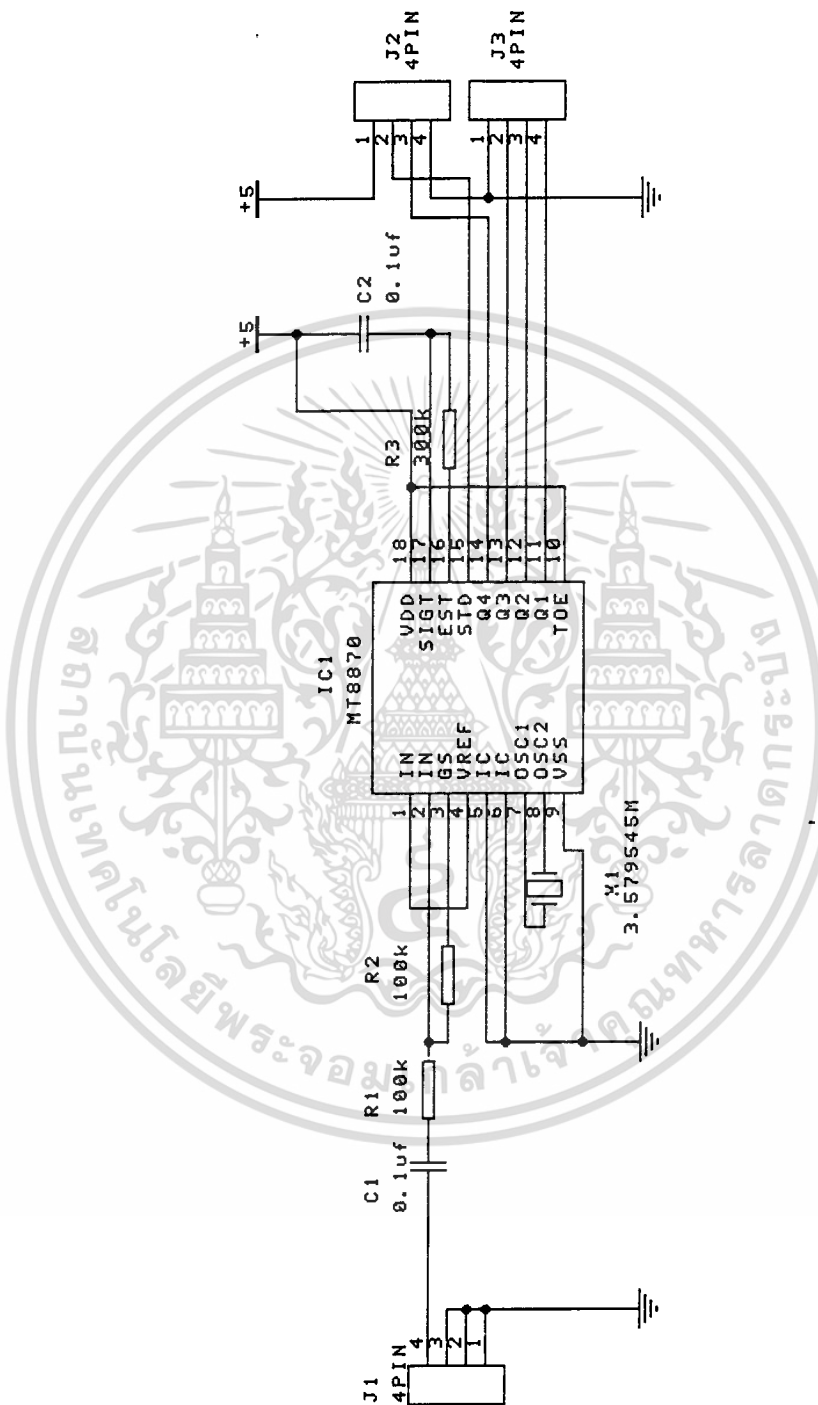
### 3.2.5 วงจร DTMF Decoder

วงจร DTMF Decoder ทำหน้าที่ถอดรหัสสัญญาณ DTMF เป็นรหัสไบนารีขนาด 4 บิต ก่อนส่งไปยังวงจรตั้งรหัสผ่าน

จากรูปที่ 3.15 จะเห็นว่า C1 จะเป็นตัวคัปปลิ่งสัญญาณ DTMF ผ่าน R1 และ R2 ซึ่ง อัตราขยายของวงจรสามารถกำหนดได้โดย R ทั้งสองตัวนี้ ในโครงงานนี้มีอัตราขยายเท่ากับหนึ่ง โดยอุปกรณ์ที่เป็นหัวใจสำคัญของวงจรส่วนนี้คือ IC1(MT8870) โดยเอาท์พุทที่ได้ออกมาทางขา 11, 12, 13, 14 ที่ขา 15 เป็นขา STD ซึ่งจะมี Logic “1” เมื่อมีสัญญาณ DTMF เข้ามา การทำงานส่วนใหญ่ของ IC เบอร์ MT8870 ก็ไม่ขอกกล่าวโดยละเอียด เนื่องจากได้กล่าวในบทที่ 2 แล้ว



รูปที่ 3.14 ลายวงจรพิมพ์และตำแหน่งอุปกรณ์วงจร DTMF Decoder



รูปที่ 8.15 วงจร DTMF Decoder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.6 วงจร RF Power Amplifier

วงจร RF Power Amplifier ทำหน้าที่ขยายกำลังส่งให้สูงขึ้น เนื่องจากกำลังส่งที่ได้จากเครื่องวิทยุที่ใช้ในโครงการชุดนี้มีกำลังส่งต่ำ จึงจำเป็นที่จะต้องเพิ่มกำลังส่งให้สูงขึ้น โดยใช้วงจร RF Power Amplifier ทำการขยาย ทั้งนี้เพื่อให้ได้ระยะทางที่ไกลขึ้นจึงต้องขยายกำลังส่งให้สูงขึ้น จากรูปที่ 3.16 จะเห็นว่าหัวใจสำคัญของวงจรในส่วนนี้คือ IC เบอร์ S-AV17 โดยที่ขา 1 ของ IC ต่ออยู่กับ L1 และ C2 ซึ่งทำหน้าที่คัปปลิงสัญญาณ RF ที่ถูกส่งมาจากเครื่องส่งผ่านทาง C1 โดยที่ขา 2 ของ IC ทำหน้าที่ควบคุมขนาดของกำลังส่งของวงจร โดยใช้แรงดันไปทำการควบคุม ซึ่งแรงดันควบคุมที่ป้อนให้กับขา 2 ของ IC ได้มาจากวงจรเรกูเลท ซึ่งประกอบด้วย IC2, Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, R1, R2, R3, VR1 ซึ่ง VR1 ทำหน้าที่ปรับขนาดของแรงดันเอาต์พุตของวงจรเรกูเลท ซึ่งก็เปรียบเสมือน VR1 ทำหน้าที่ปรับขนาดของกำลังส่งของภาค RF Power Amplifier นั้นเอง ขา 3 ของ IC เป็นขาไฟบวก โดยเอาต์พุตที่ได้จะออกมาทางขา 4 ของ IC ผ่าน C5, L2, L3, L4, C6, C7, C8 ซึ่งต่อเป็นวงจร Low Pass Filter เพื่อเป็นการกำจัดสัญญาณแปลกปลอมไม่ให้ออกไปควนระบบสื่อสารอื่น โดยที่ IC เบอร์ S-AV17 มีช่วงการทำงานที่ดีที่สุดที่ความถี่ 144-148 MHz ส่วนรายละเอียดต่างๆ ของ S-AV17 จะอยู่ในภาคผนวก

และในการหาค่าของ R1 นั้นจากวงจรสามารถคำนวณหาค่าได้โดยใช้สูตร

$$V_o = 1.25 (VR1/R1)+1-0.7$$

V<sub>o</sub> คือ เอาต์พุต Voltage

ในโครงการชุดนี้ กำหนดให้

$$VR1 = 10k\Omega$$

:

$$V_o = 12V$$

$$12 = 1.25(10 \times 10^3 / R1) + 1 - 0.7$$

$$12 = (12500/R1) + 0.3$$

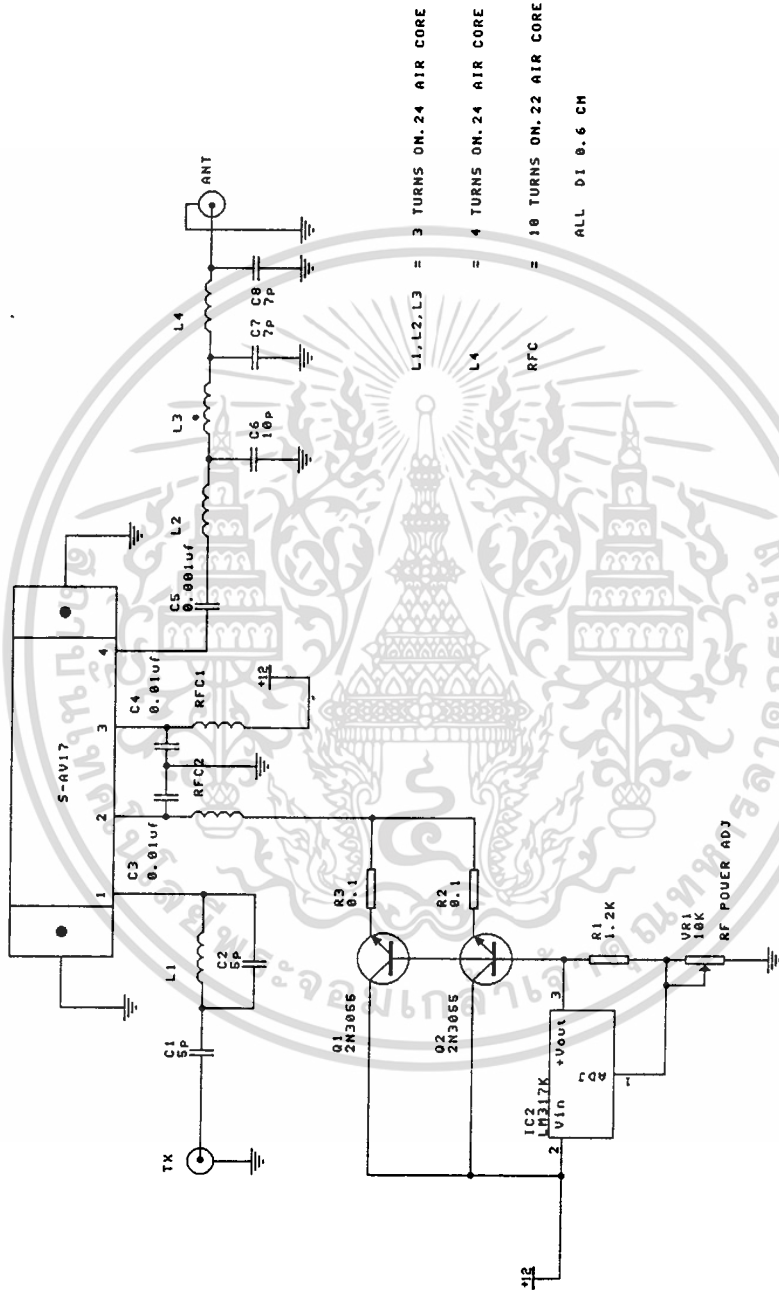
$$12 - 0.3 = 12500/R1$$

$$11.7 = 12500/R1$$

$$\therefore R1 = 12500/11.7 = 1.068k\Omega$$

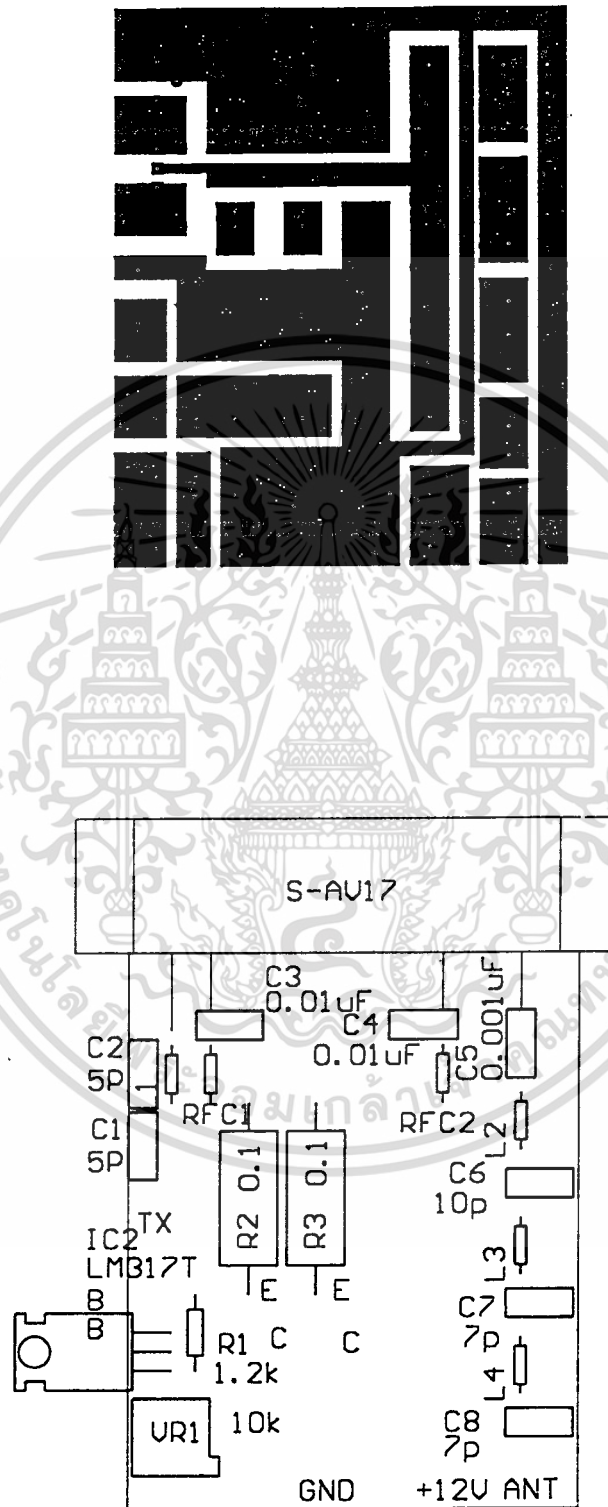
ในที่นี้ใช้ค่า 1.2k $\Omega$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.16 วงจร RF-Power Amplifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.17 ลายวงจรพิมพ์และตำแหน่งอุปกรณ์วงจร RF-Power Amplifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.7 วงจรจ่ายไฟ

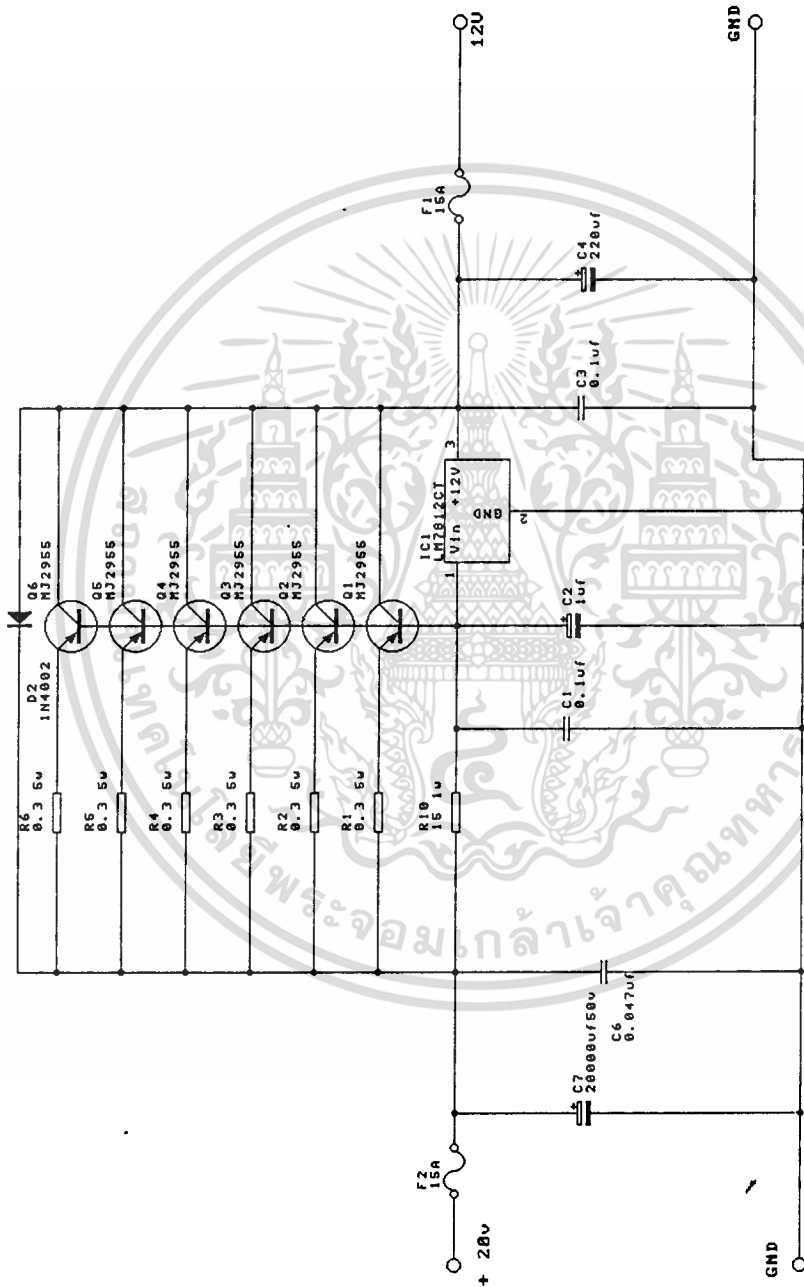
วงจรจ่ายไฟเป็นส่วนที่มีความสำคัญมาก เพราะเป็นส่วนที่จ่ายพลังงานให้กับวงจรทั้งหมดทุกวงจร ซึ่งในโครงการจะมีแหล่งจ่ายไฟอยู่ 2 ชุด คือแหล่งจ่ายไฟ 12V 20A และ 5V 3A หลักการทำงานจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

#### 1. แหล่งจ่ายไฟ 12V 20A

จากรูปที่ 3.18 เป็นวงจรจ่ายไฟขนาด 20A 12V ซึ่งจำเป็นที่จะต้องมีการเสถียรเนื่องจากว่าเครื่องรับ เครื่องส่งและวงจรภาค RF Power Amplifier ของวงจรชุดนี้กินกระแสมาก จึงจำเป็นที่จะต้องออกแบบวงจรจ่ายไฟที่ใช้ในวงจรชุดนี้ให้สามารถจ่ายกระแสได้เพียงพอสำหรับการทำงานทั้งหมด โดยที่ IC1(LM7812T) เป็น IC เรกูเลทขนาด 12V แต่เนื่องจากตัว IC1 เองไม่สามารถจ่ายกระแสได้สูงขนาด 20A จึงจำเป็นต้องใช้ Transistor ช่วยในการจ่ายกระแสให้ได้สูงขึ้น โดยที่เมื่อมีการเสถียรไหลผ่าน IC1 นั้นสามารถคำนวณหาได้โดย

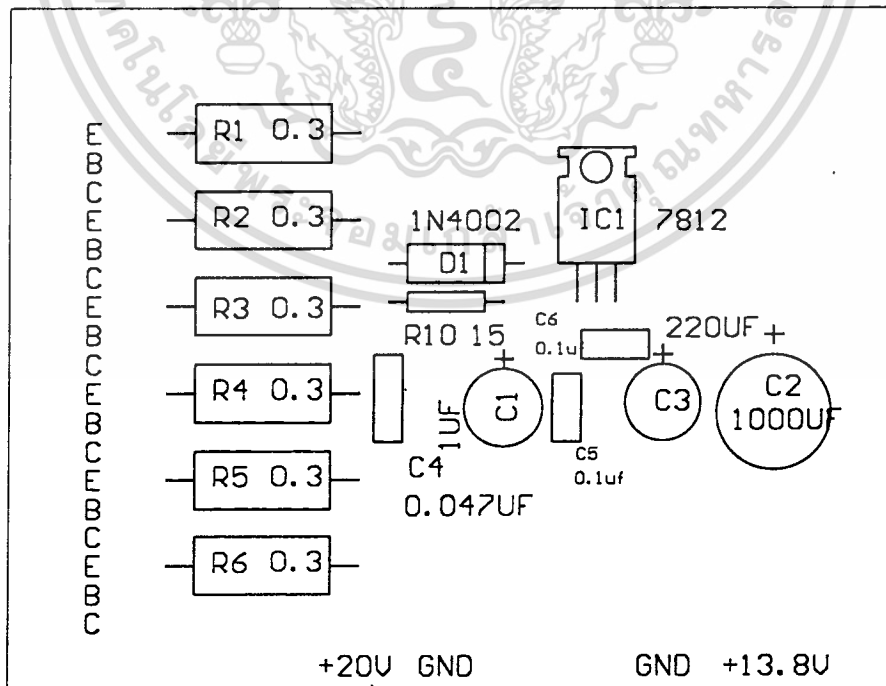
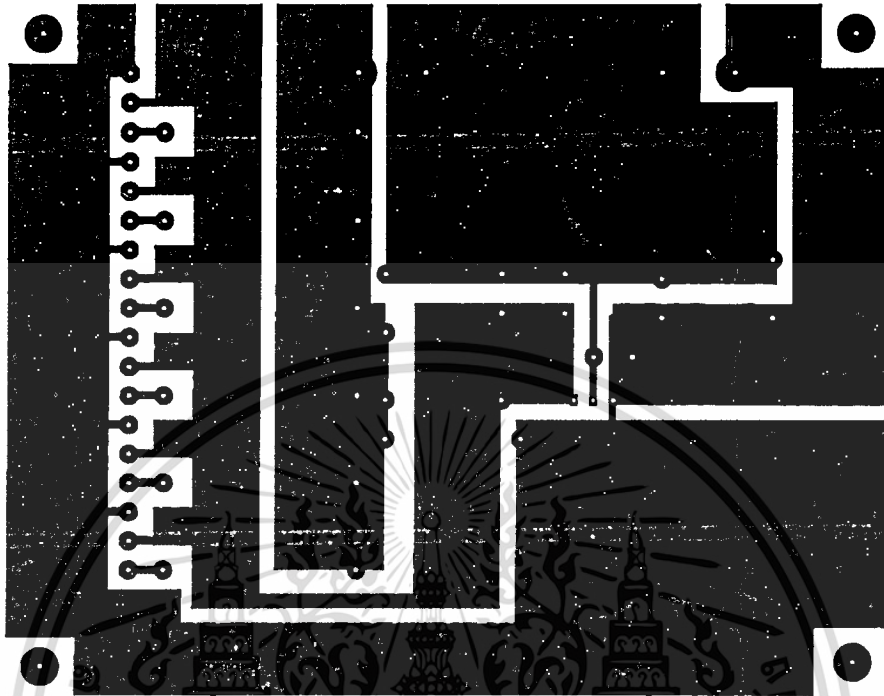
$$\begin{aligned} I_{\text{ผ่าน IC}} &= 0.7/R_{10} \\ &= 0.7/15\Omega \\ &= 46.67 \text{ mA} \end{aligned}$$

ซึ่งกระแสที่ไหลผ่าน IC1 นี้มีค่าน้อยมาก จึงทำให้ IC1 ไม่เกิดความร้อน โดยในวงจรชุดนี้จะใช้ Transistor 6 ตัวในการช่วยจ่ายกระแส โดยที่เมื่อมีการเสถียรไหลผ่าน R10 เกิน 46.67 mA Transistor ทั้ง 6 ตัวจะทำงาน แต่ถ้ามีการเสถียรไหลผ่านต่ำกว่า 46.67mA Transistor ก็จะไม่ทำงาน โดยที่ C7 และ C6 เป็น Capacitor Filter ให้แรงดันเรียบก่อนส่งเข้าวงจร Regulate เอาท์พุทที่ได้จากวงจรเรกูเลทจะมี C3 ,C4 ทำหน้าที่ เป็น Capacitor Filter อีกชั้นหนึ่ง



รูปที่ 8.18 วงจร Power Supply 12V 20A

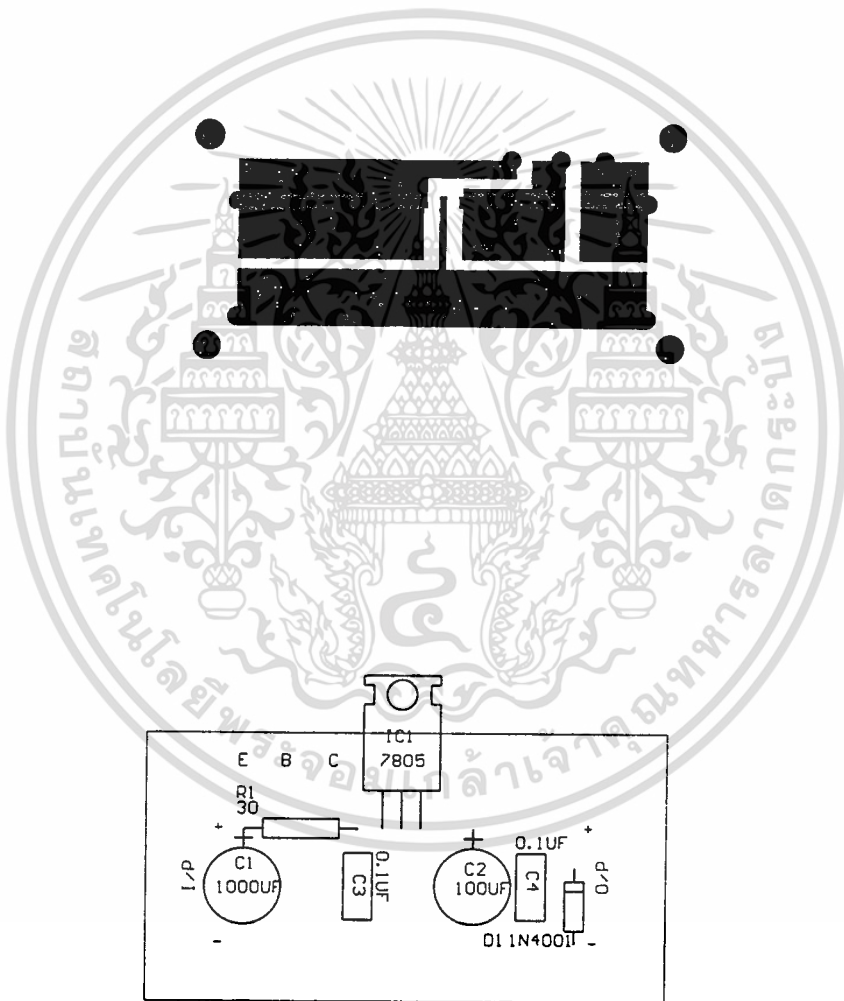
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



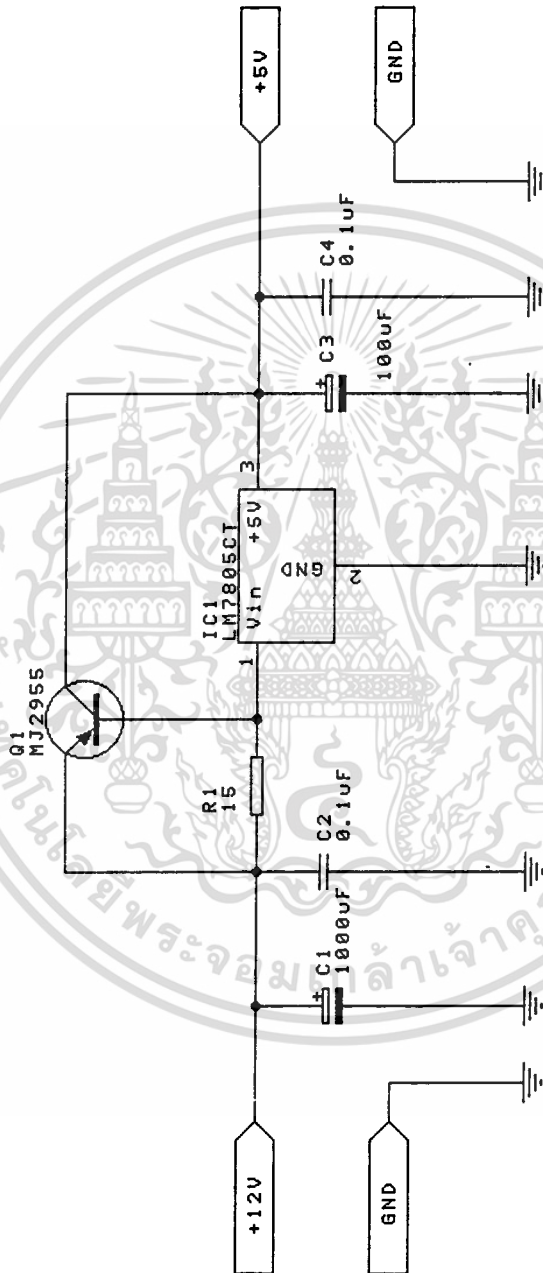
รูปที่ 3.19 ลายวงจรพิมพ์และตำแหน่งอุปกรณ์วงจร Power Supply 12V 20A  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยนาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. Power Supply 5V 3A

จากรูปที่ 3.21 เป็นวงจรเรกูเลต 5V 3 A ทำหน้าที่จ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจรดิจิทัลที่ใช้ควบคุมการทำงานของวงจรทั้งหมดในโครงการ โดยที่ C2 และ C1 ทำหน้าที่ฟیلเตอร์แรงดันที่ป้อนเข้ามาทางอินพุต ของวงจรผ่าน R1 จนเกิดแรงดันตกคล่อม R1 0.7V Q1 (MJ2955) ก็จะทำงาน โดยช่วยแบ่งกระแสส่วนใหญ่ไปจาก IC1 ไม่ให้ทำงานหนักจนเกินไป จากนั้นเอาท์พุทที่ได้ผ่านไปยัง C3 และ C4 และส่งไปยังวงจรควบคุมต่อไป



รูปที่ 3.20 ลายวงจรพิมพ์และตำแหน่งอุปกรณ์วงจร Power Supply 5V 3A



รูปที่ 3.21 วงจร Power Supply 5V 3A

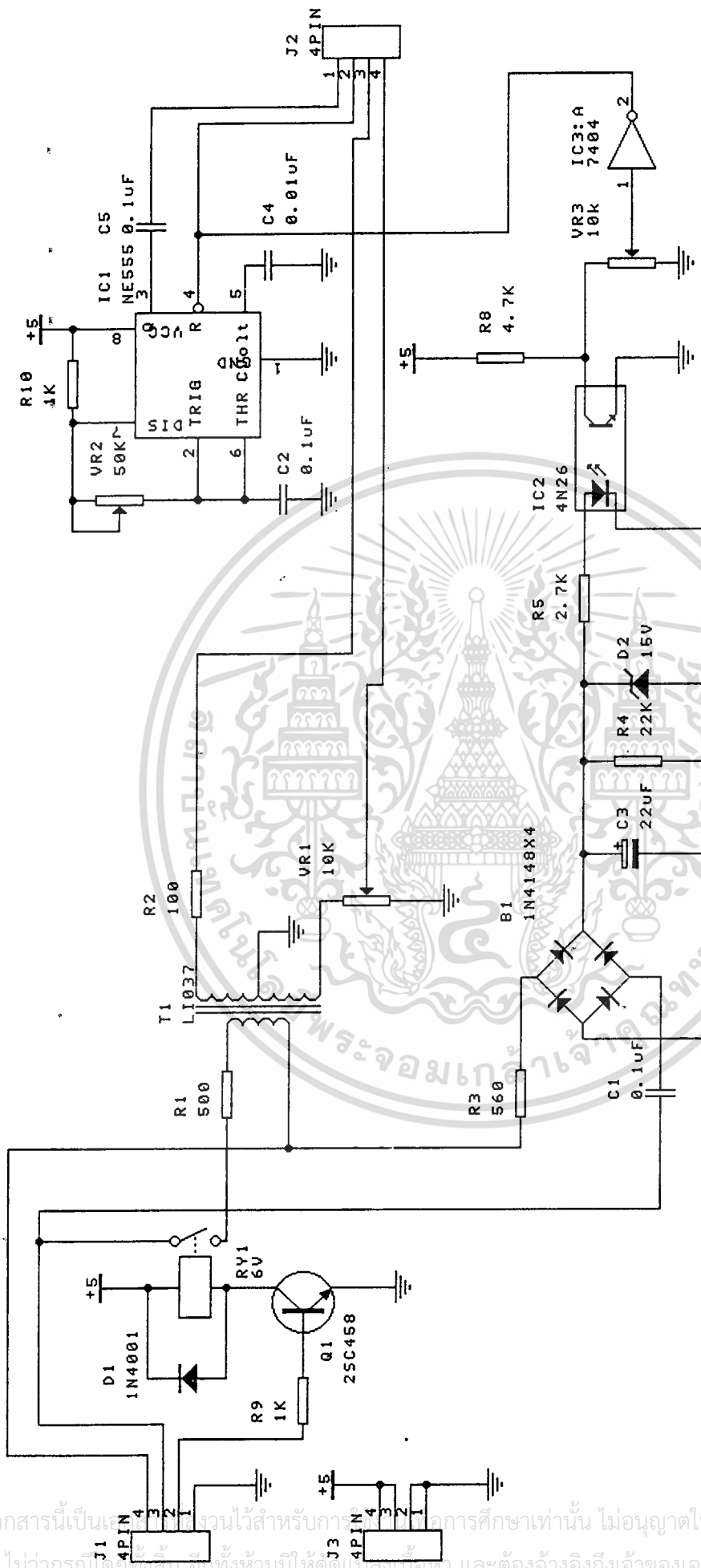
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.8 วงจรเชื่อมต่อโทรศัพท์และตรวจจับสัญญาณ Ringing

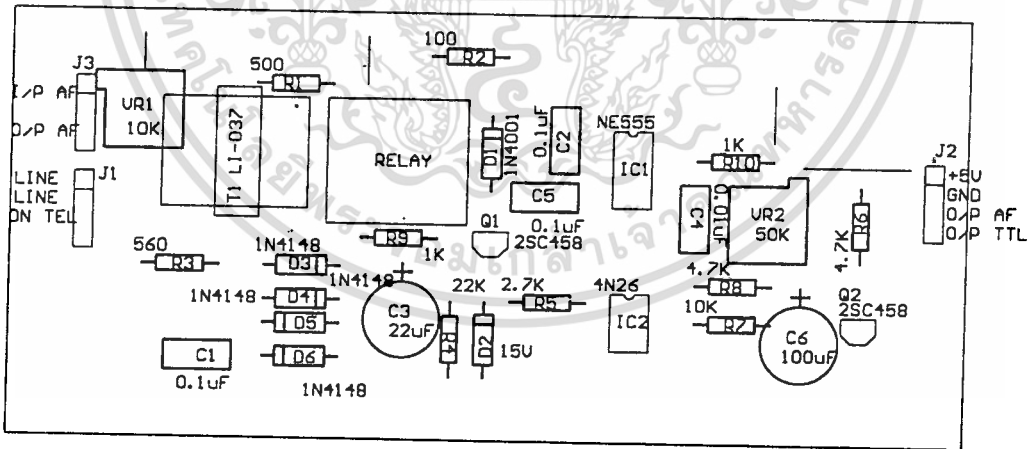
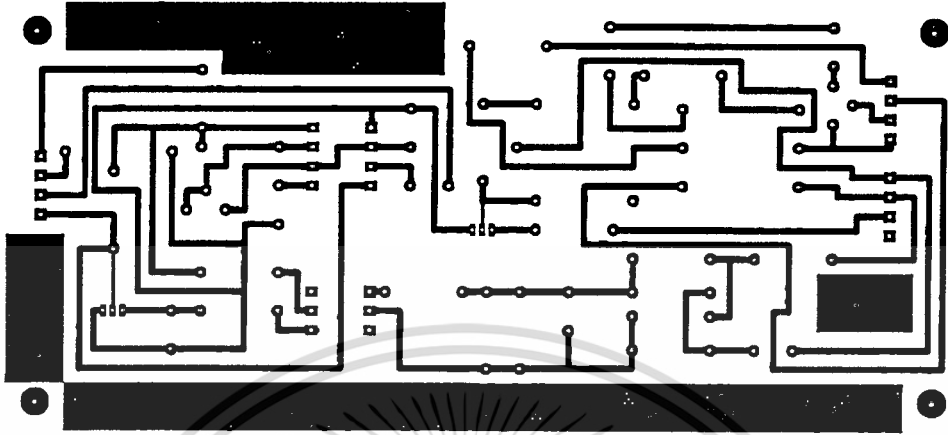
ในส่วนของวงจรเชื่อมต่อโทรศัพท์กับเครื่องรับส่งวิทยุ นั้น ทำหน้าที่นำเอาสัญญาณเสียงจากคู่สายโทรศัพท์มาทำการขยายให้แรงขึ้นก่อนส่งไปยังภาค Modulator ของเครื่องรับส่งวิทยุ แล้วทำการส่งออกไปยังสถานีปลายทาง ในทำนองเดียวกัน เมื่อเครื่องวิทยุรับสัญญาณจากสถานีปลายทางได้ก็จะทำการดีเทคเตอร์ จากนั้นนำสัญญาณเสียงที่ได้ส่งไปภาคขยายเสียงให้มีความแรงขึ้นก่อนส่งเข้าอุปกรณ์ชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์ เพื่อส่งสัญญาณเสียงไปตามสายโทรศัพท์ไปยังเครื่องโทรศัพท์ปลายทางต่อไป

วงจรตรวจจับสัญญาณ Ringing ทำหน้าที่ตรวจสอบว่ามีสัญญาณ Ringing หรือไม่ ถ้ามีสัญญาณ Ringing มากก็จะเปลี่ยนกระแสไฟสลับของสัญญาณ Ringing เป็นกระแสไฟตรง เพื่อไปควบคุมการส่งสัญญาณเรียกจากตัวเครื่องโครงงานชุดนี้ไปยังสถานีลูกข่าย เพื่อสถานีลูกข่ายจะทราบว่าเวลานี้มีโทรศัพท์เข้ามาและทำการยกหูโทรศัพท์สนทนาต่อไป

จากรูปที่ 3.22 เป็นวงจรเชื่อมต่อโทรศัพท์และวงจรตรวจจับสัญญาณ Ringing เมื่อวงจรตั้งรหัสผ่านของระบบเปิดชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์ได้รับรหัส DTMF ถูกต้อง ก็จะทำให้ขา B ของ  $Q_1$  มีไฟบวกทำให้  $Q_1$  ทำงานยังผลให้  $R_{y1}$  ทำงานทำให้  $T_1$  ต่อกับคู่สายโทรศัพท์ (เสมือนยกหู) จากนั้นสัญญาณ Dial Tone  $R_2$  ผ่านไปยังภาคขยายเสียงก่อนส่งไปยังภาค Modulation แล้วส่งออกอากาศไป ทำนองเดียวกันเครื่องรับก็รับสัญญาณจากสถานีลูกข่าย ทำการดีเทคสัญญาณส่งไปภาคขยายเสียง ผ่าน  $VR_1$  เป็นตัวปรับขนาดความแรงของสัญญาณเสียงที่ส่งเข้า  $T_1$  ผ่านไปยังคู่สายโทรศัพท์ ไปเครื่องโทรศัพท์ที่ปลายทางและในส่วนของวงจรตรวจสอบสัญญาณ Ringing เมื่อมีสัญญาณเรียกเข้ามาจะผ่าน  $R_3$  และ  $C_1$  เพื่อลดขนาดของกระแสและแรงดันให้ต่ำลงก่อนส่งเข้าภาค Rectifier โดยมี  $C_2$  เป็น Capacitor Filter ให้แรงดันไฟเรียบยิ่งขึ้นและมี  $D_2$  เป็นตัวควบคุมแรงดันให้คงที่ที่ 15V ก่อนส่งเข้า  $IC_2(4N26)$  ทำการเชื่อมโยงทางแสงผ่านไปยังขา B ของ  $Q_2$  ทำให้  $Q_2$  ไม่นำกระแส จึงมีไฟบวกที่ขา 4 ของ  $IC_1$  ทำให้  $IC_1$  Oscillator เอาท์พุทที่ได้จาก Oscillator ส่งไปยังภาคสวิทซ์ทำการตัดต่อก่อนส่งไป Modulated กับ Carrier ต่อไป ส่วนขา C ของ  $Q_2$  จะมีแรงดันไฟบวกเป็นจังหวะตามจังหวะการคังของ Ringing ซึ่งขา C ของ  $Q_2$  นี้ต่ออยู่กับวงจรสวิทซ์เพื่อให้เครื่องส่งทำงานตามจังหวะการคังของสัญญาณ Ringing



รูปที่ 3.22 วงจรเชื่อมต่อโทรศัพท์และตรวจจับสัญญาณ Ringing

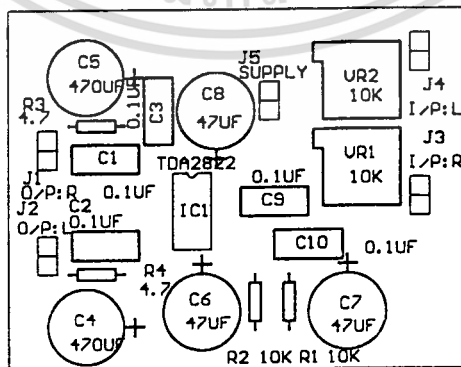
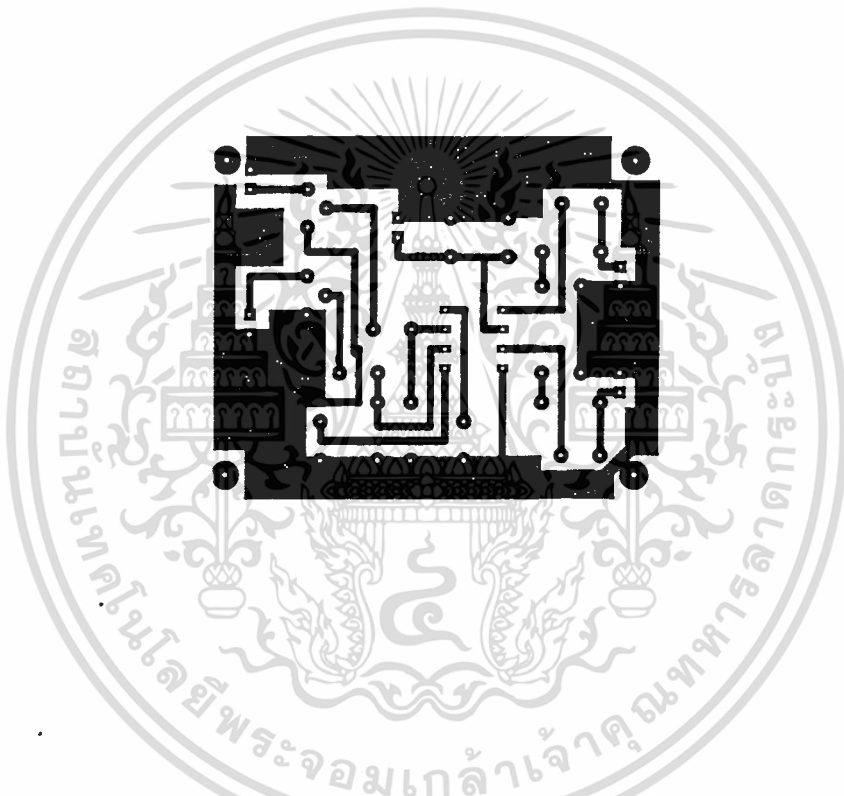


รูปที่ 3.23 ลายวงจรพิมพ์และตำแหน่งอุปกรณ์วงจรเชื่อมต่อโทรศัพท์และตรวจจับสัญญาณ Ringing

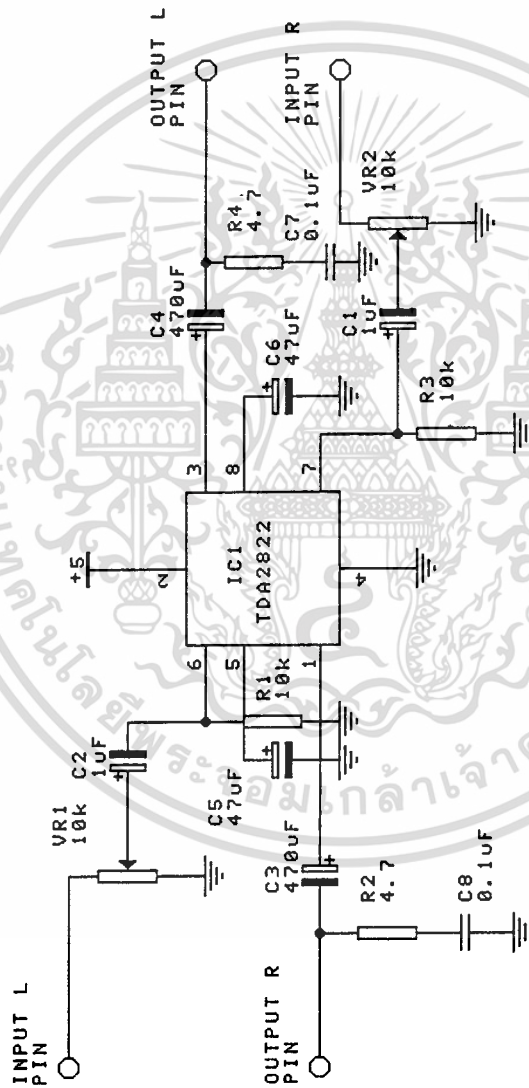
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.9 วงจรขยายเสียง

จากรูปที่ 3.25 เป็นวงจรขยายเสียง โดยหัวใจหลักของวงจรมีอยู่ที่ IC<sub>1</sub>(TDA2822) ซึ่งเป็น IC ขยายเสียงขนาด 0.5 W ต่อข้าง โดยมีภาคขยายในตัว IC สองชุด ชุดหนึ่งต่อกับสัญญาณเสียงจากโทรศัพท์ ทำการขยายก่อนส่งไปภาค Modulated ของเครื่องส่งวิทยุ และภาคขยายเสียงอีกชุดจะใช้สำหรับขยายสัญญาณเสียงจากภาคดีเทคของเครื่องรับแล้วทำการส่งออกไปที่ลำโพง

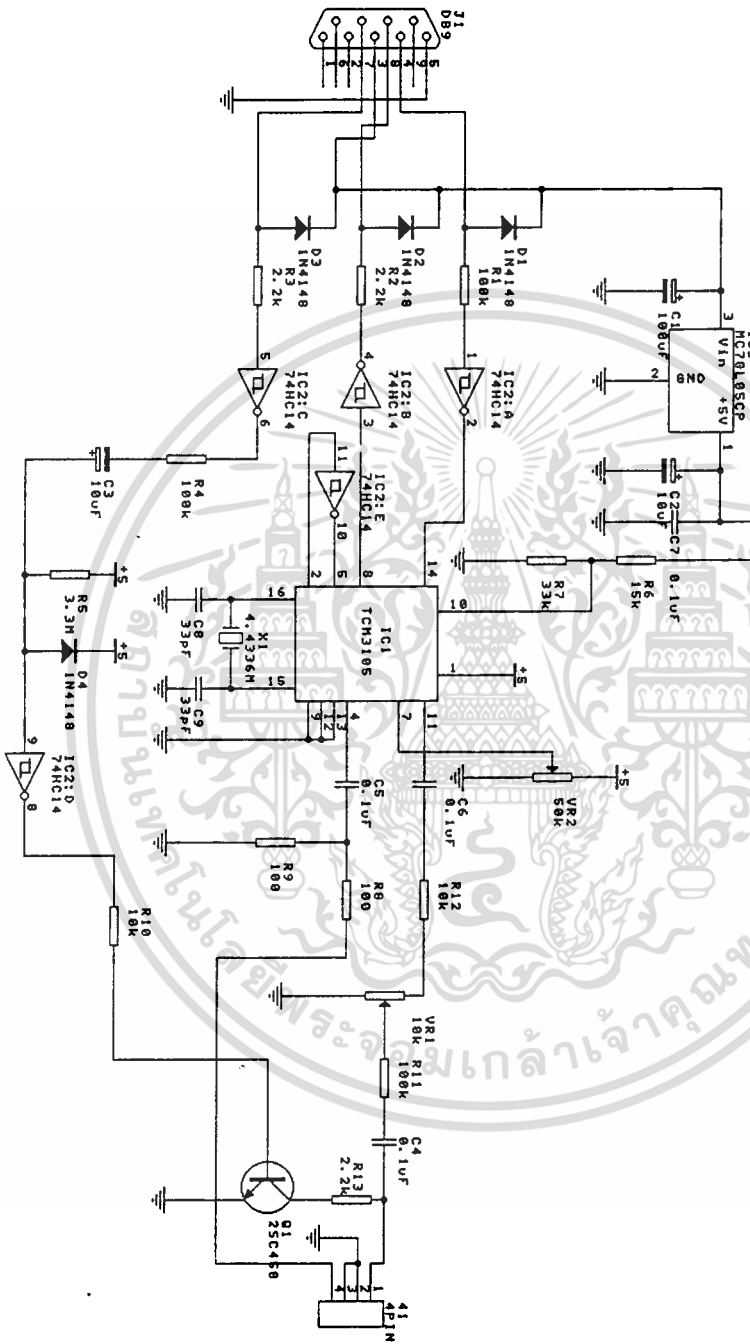


รูปที่ 3.24 ลายวงจรพิมพ์และตำแหน่งอุปกรณ์วงจรขยายเสียง



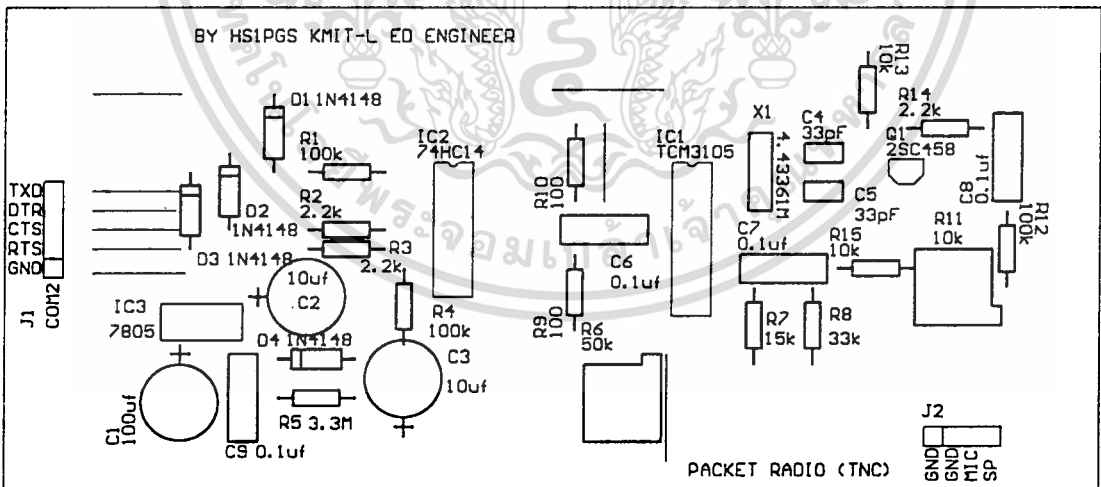
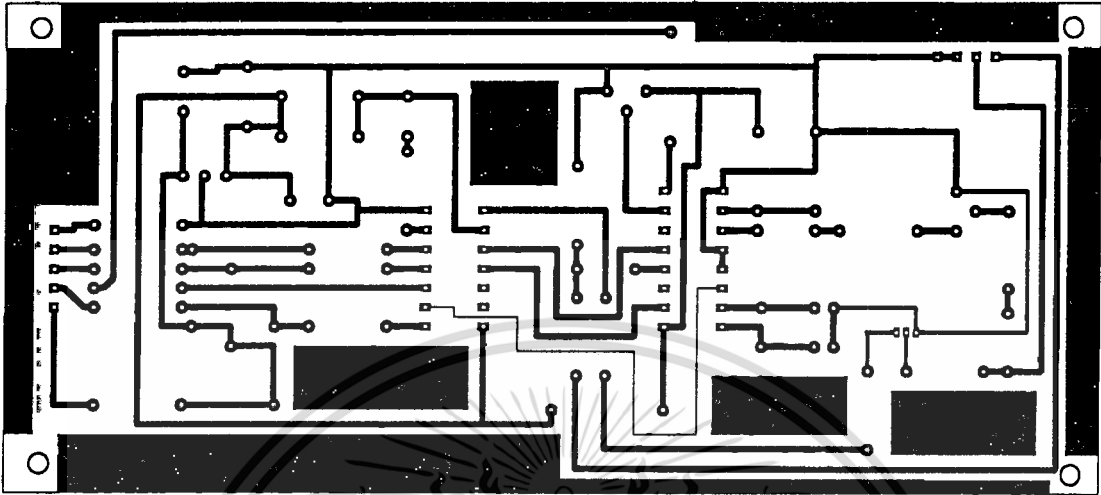
รูปที่ 9.25 วงจรขยายเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 สายวงจร Packet Radio

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.27 ลายวงจรพิมพ์และตำแหน่งอุปกรณ์ Packet Radio

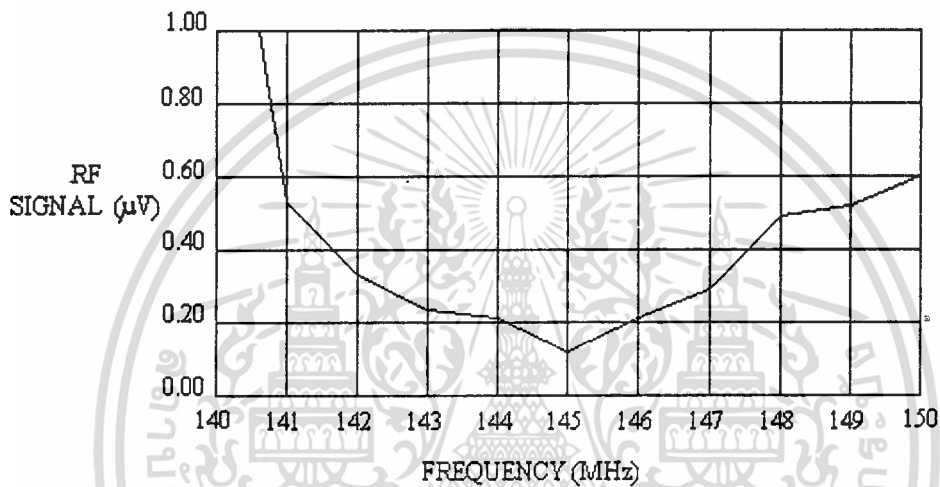
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

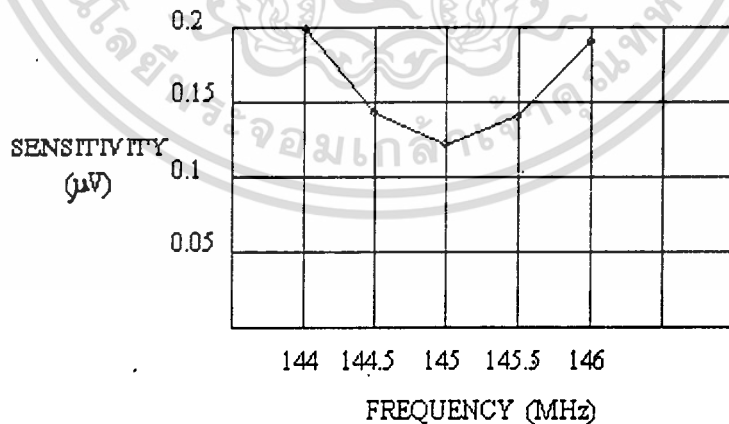
### ผลการทดลองและการทดลอง

#### 4.1 สมรรถภาพของภาครับ

หมายเหตุ ข้อมูลจาก ICOM Incorporated Maintenance Manual.



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความไวของภาครับที่ความถี่ต่างๆ ที่ทำให้ Squelch ON



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความไวภาคของภาครับที่ความถี่ 144-146 MHz ที่ทำให้ Squelch ON

แรงดันที่ใช้ 7.2 V

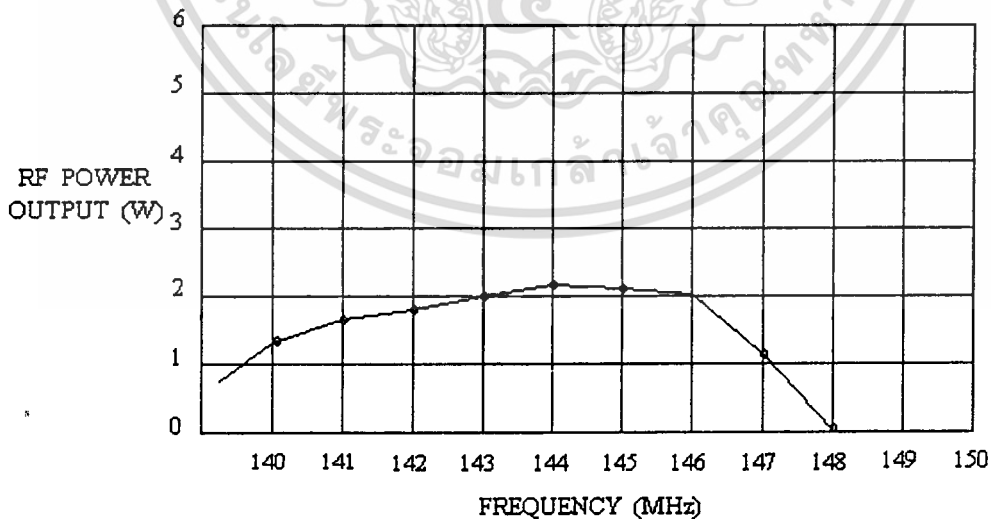
- ความไวภาครับ : 0.2  $\mu$ V (144.00-146.00 MHz)
- : 0.48  $\mu$ V (141.00-150.00 MHz)
- กินกระแสไฟฟ้า : ประมาณ 100 mA
- : กรณี Standby (Squelch Off) ประมาณ 20 mA

#### 4.2 สมรรถภาพของภาคส่ง

แรงดันที่ใช้ 7.2 V.

- กำลังส่งออก : 2 W
- กินกระแสไฟ : ประมาณ 550 mA
- : กรณี Standby ประมาณ 30 mA.
- แถบความถี่ : 144.00-147.00 MHz (> 1 W ) รูปที่ 4.2 กราฟแสดงกำลังส่งออก ณ ความถี่ต่างๆ

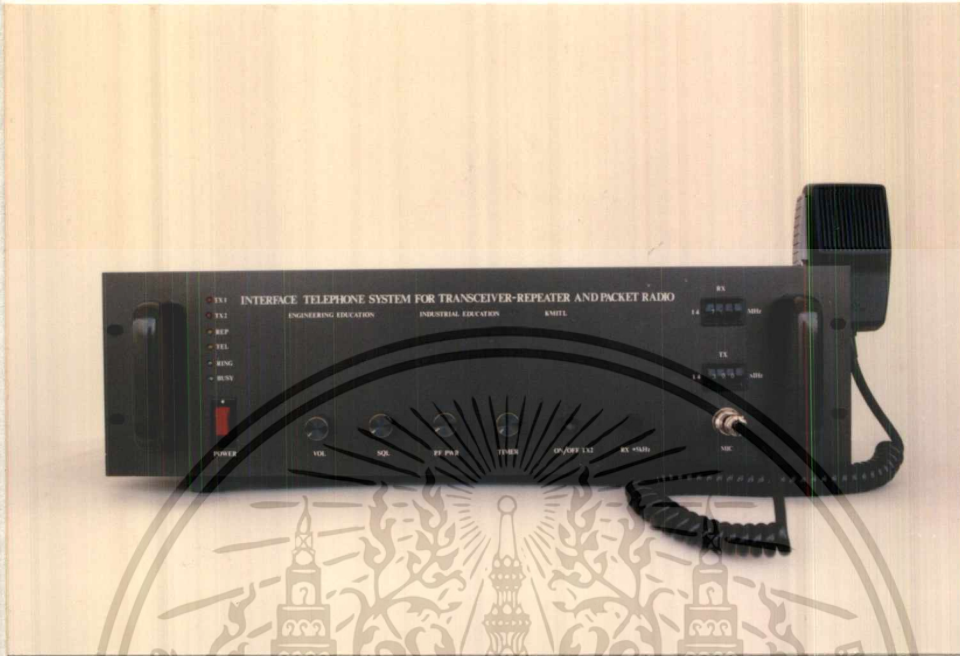
#### 4.3 กราฟแสดงแรงดันของวงจรภาครับ,ภาคส่ง และภาคตั้งเครื่องความถี่



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงกำลังของภาคส่งที่ความถี่ต่างๆ

หมายเหตุ ข้อมูลจาก ICOM Incorporated Maintenance Manual.

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของบริษัทฯ เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงภาพหน้าปัดด้านหน้าของโครงการ



รูปที่ 4.5 แสดงภาพหน้าปัดด้านหลังของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

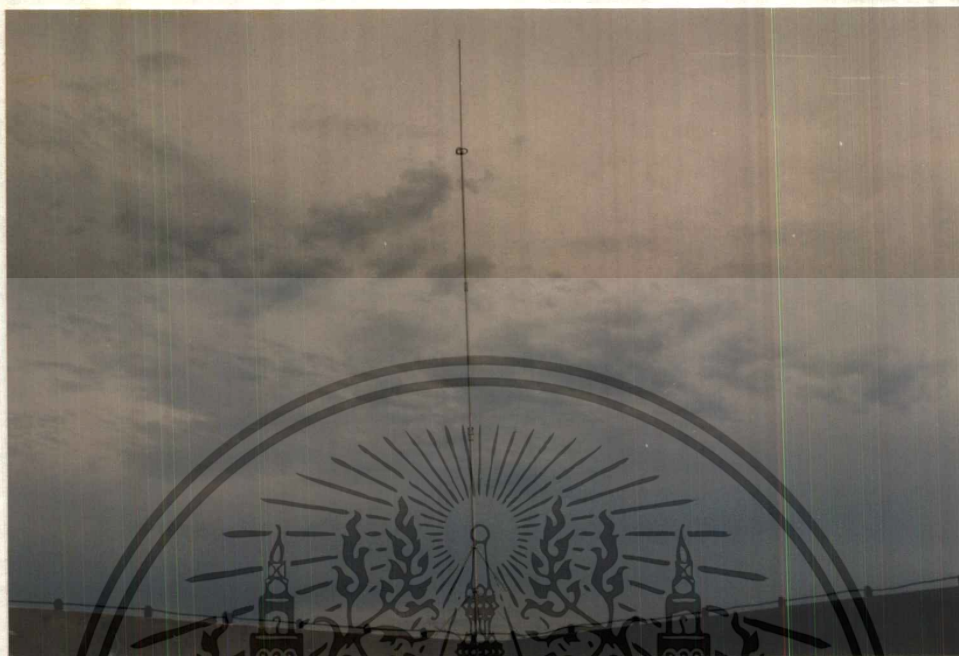


รูปที่ 4.6 แสดงภาพการต่ออุปกรณ์เครื่องวัดกำลังส่งและ SWR เพื่อทดสอบ (ด้านหน้า)

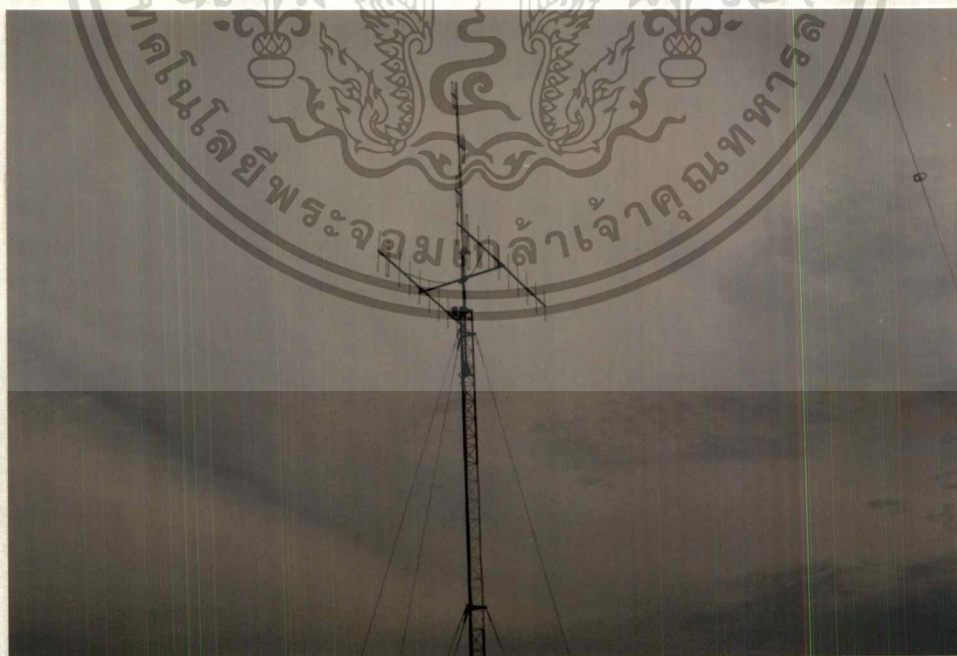


รูปที่ 4.7 แสดงภาพการต่ออุปกรณ์เครื่องวัดกำลังส่งและ SWR เพื่อทดสอบ (ด้านหลัง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

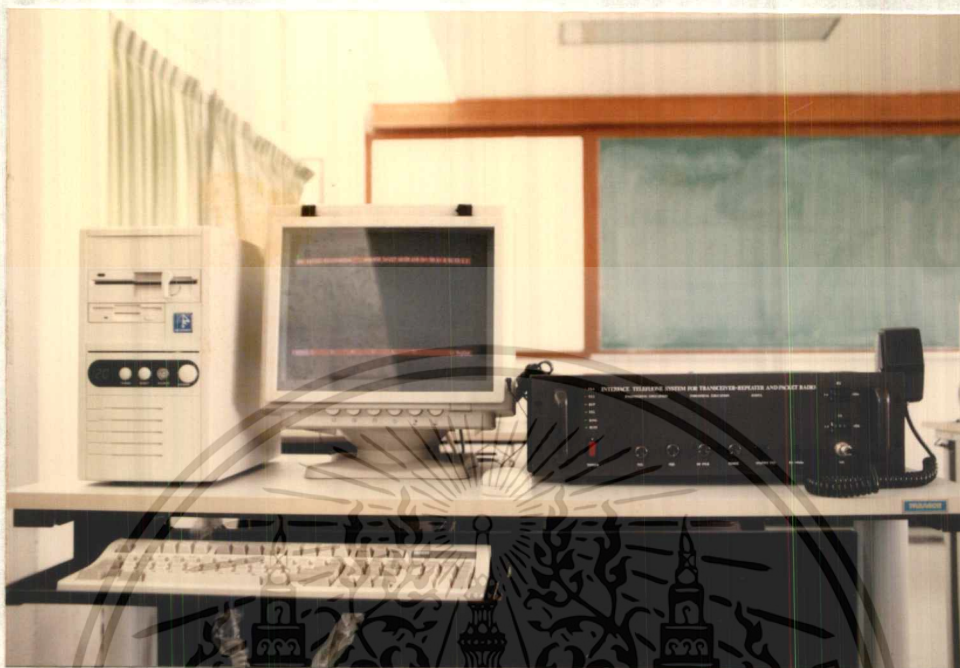


รูปที่ 4.8 แสดงภาพสายอากาศที่ใช้เป็นสายอากาศของภาครับ

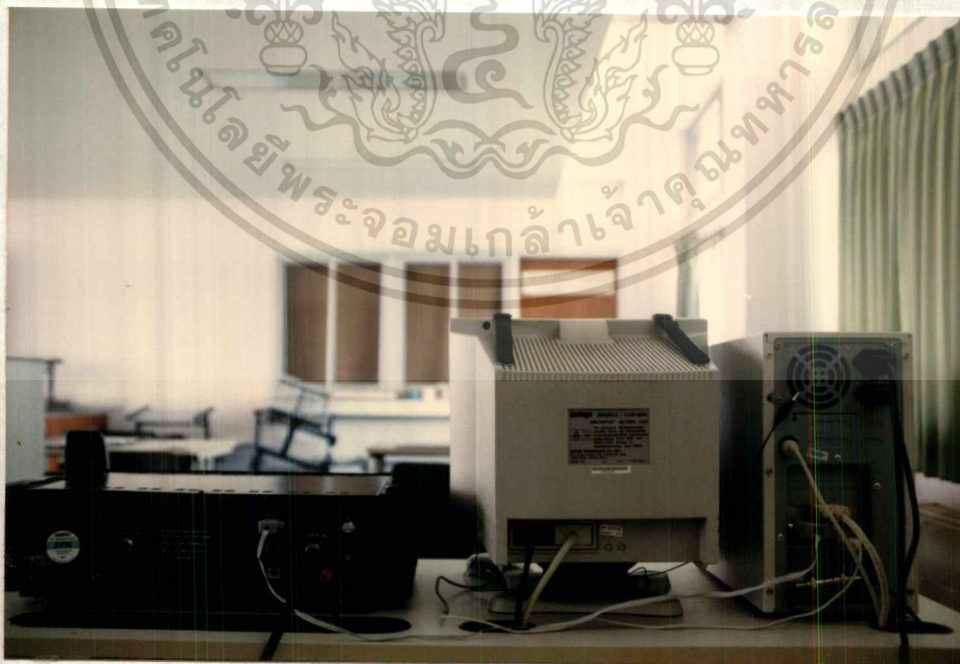


รูปที่ 4.9 แสดงภาพสายอากาศที่ใช้เป็นสายอากาศของเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

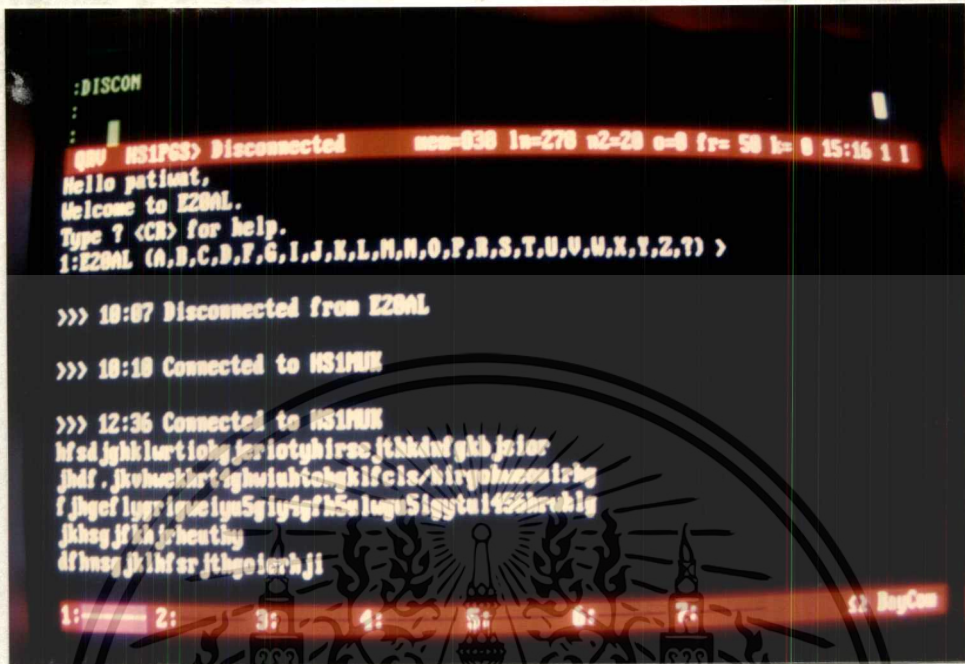


รูปที่ 4.10 ภาพด้านหน้าการต่ออุปกรณ์ใช้งาน Mail Box



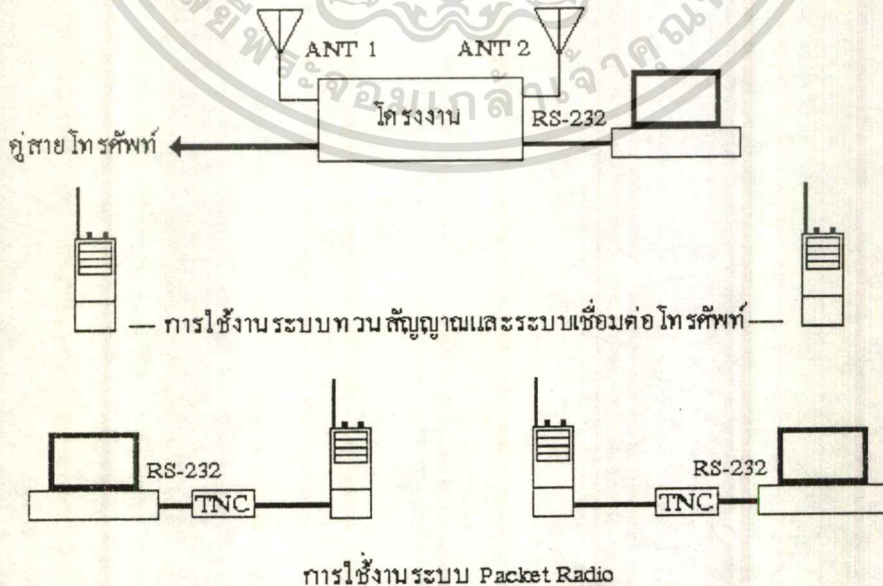
รูปที่ 4.11 ภาพด้านหลังการต่ออุปกรณ์ใช้งาน Mail Box

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงวิชาการเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 ภาพขณะ Run โปรแกรม Baycom

4.4 การทดสอบใช้งานจริง



รูปที่ 4.13 แสดงการต่ออุปกรณ์ต่างๆ ในการทดสอบการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการแข่งขันเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นว่าไม่จำเป็นต้องดำเนินการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบใช้งานจริงเครื่องทวนสัญญาณความถี่วิทยุและระบบการเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์กับเครื่องรับส่งวิทยุ โดยการใช้เครื่องรับส่งวิทยุ 2 เครื่องในการทดสอบ โดยที่วิทยุทั้งสองเครื่องจะต้องมีระบบโทน DTMF ด้วย และเครื่องรับส่งวิทยุทั้งสองจะต้องสามารถทำงานในระบบ Simplex Double Frequency ได้เพื่อใช้ร่วมกับระบบปริพิคเตอร์ได้

#### 4.5 คุณสมบัติของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในทดสอบการใช้งาน

##### 1. เครื่องรับส่งวิทยุ

1. STANDARD	รุ่น C-150	2 เครื่อง
2. ICOM	รุ่น IC-2GAT	1 เครื่อง
3. YAESU	รุ่น FT-416	1 เครื่อง

##### 2. สายอากาศ

1. สายอากาศรับ แบบ Folded Dipole 4 Stack ความสูง 30 เมตร สายนำสัญญาณ 12DFB ความยาว 75 เมตร
2. สายอากาศส่ง แบบ  $5/8 \lambda$  3 ชั้นความสูง 12 เมตร สายนำสัญญาณ RG-58 ความยาว 15 เมตร
- 3 เครื่องโทรศัพท์ 1 เครื่อง
- 4 เครื่องคอมพิวเตอร์ 3 เครื่อง
- 5 TNC (Terminal Node Controller) 2 เครื่อง
- 6 SWR and Watt meter 1 เครื่อง

#### 4.6 วิธีการทดสอบ

การทดสอบการใช้งานโครงการที่สร้างขึ้นในครั้งนี้ได้ใช้เครื่องรับส่งวิทยุจำนวนสองเครื่อง โดยที่การทดสอบครั้งนี้เครื่องรับส่งวิทยุที่ใช้จำเป็นที่จะต้องมีการเชื่อมต่อระบบโทน DTMF ติดมาในตัวเครื่องด้วย เพื่อใช้ในการเปิดและปิดระบบเครื่องทวนสัญญาณความถี่วิทยุและระบบเชื่อมต่อโทรศัพท์และในการทดสอบครั้งนี้จะแบ่งการทดสอบออกเป็นสามส่วนใหญ่ๆ ดังนี้คือ

การทดสอบใช้งานระบบเครื่องทวนสัญญาณความถี่วิทยุมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. ปรับตั้งความถี่ของเครื่องทวนสัญญาณโดยการตั้งความถี่ภากรับไว้ที่ 143.000 MHz และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตั้งความถี่ภาคส่งที่ 147.000 MHz

2. ปรับตั้งกำลังส่งที่เครื่องทวนสัญญาณไว้ที่ 1 W, 5 W, 10 W, 20 W, 30 W ตามลำดับการทดสอบแต่ละครั้งที่กำลังส่งต่างๆ เพื่อสังเกตความแตกต่างที่เกิดขึ้นกับการใช้งานที่กำลังส่งต่างๆ ว่ามีผลแตกต่างกันอย่างไร โดยที่การค่าของกำลังส่งนั้นสามารถอ่านได้จากเครื่องวัดกำลังส่งที่ต่ออยู่กับเครื่องทวนสัญญาณกับสายอากาศส่ง
3. ปรับตั้งความถี่ของเครื่องรับส่งวิทยุที่ใช้ในการทดสอบ โดยก่อนอื่นจะต้องตั้งโหมดการทำงานของเครื่องรับส่งวิทยุไว้ที่ Duplex ต่อจากนั้นทำการปรับตั้งความถี่ด้านรับของเครื่องรับส่งวิทยุไว้ที่ 147.000 MHz และตั้งความถี่ด้านส่งไว้ที่ 143.000 MHz โดยมีผลต่างของความถี่เท่ากับ 4 MHz (ไม่น้อยกว่า 600 KHz ตามมาตรฐาน)
4. ปรับตั้งกำลังส่งของเครื่องรับส่งวิทยุที่ใช้ในการทดสอบ ไว้ที่ระดับต่ำสุด โดยที่เครื่องรับส่งวิทยุที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้ใช้สายอากาศขางที่ติดมากับตัวเครื่อง
5. ทำการส่งรหัส DTMF จำนวนสี่หลัก โดยการส่งรหัสครั้งแรกเป็นการส่งรหัสที่ถูกดองกับที่ตั้งไว้ที่เครื่องทวนสัญญาณ และครั้งที่สองเป็นการทดลองส่งรหัสที่ไม่ตรงกับที่ตั้งไว้ที่ตัวเครื่องทวนสัญญาณแล้วสังเกตผลการทดลอง
6. หลังจากที่ทำกรส่งรหัส DTMF ที่ถูกดองแล้วต่อจากนั้นก็ทำการทดสอบการติดต่อระหว่างเครื่องรับส่งวิทยุทั้งสองว่าสามารถติดต่อผ่านระบบเครื่องทวนสัญญาณได้หรือไม่ และมีคุณภาพของเสียงที่รับฟังได้จากเครื่องรับส่งวิทยุทั้งสองเครื่องว่าเป็นอย่างไร โดยที่ระยะทางระหว่างเครื่องรับส่งวิทยุทั้งสองห่างกันเป็นระยะทางประมาณ 2-3 กิโลเมตร
7. ทำการทดสอบการปิดระบบเครื่องทวนสัญญาณโดยการส่งรหัส DTMF ที่ตรงกับที่ทำการตั้งไว้ที่เครื่องทวนสัญญาณพร้อมทั้งสังเกตผลที่ได้จากการทดลอง

#### 4.7. การทดสอบระบบเชื่อมต่อโทรศัพท์

1. ปรับตั้งระบบต่างๆ เช่นเดียวกับข้อ 1.1-1.4 ในหัวข้อ 4.6
2. ทำการส่งรหัส DTMF จำนวนสี่หลักโดยการส่งครั้งแรกเป็นการส่งรหัสที่ถูกดองกับที่ตั้งไว้ที่ชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์และครั้งที่สองจะเป็นการส่งรหัสที่ไม่ตรงกับที่ได้ตั้งไว้แล้วสังเกตผลการทดลอง
3. หลังจากที่ทำกรเปิดระบบเชื่อมต่อโทรศัพท์โดยการส่งรหัส DTMF ที่ถูกดอง ไปเปิดเรียบร้อยแล้ว จากนั้นก็ทำการทดสอบการโทรศัพท์ออก โดยใช้เครื่องรับส่งวิทยุที่ใช้ในการทดสอบเป็น

ตัวที่โทรศัพท์ออกโดยการกดหมายเลขโทรศัพท์ที่ตัวเครื่องรับส่งวิทยุ จากนั้นเมื่อมีผู้รับสายปลายทางแล้วก็ทำการทดสอบโดยการพูดคุยกันตามปกติ เพื่อสังเกตคุณภาพเสียงที่ได้และในการพูดคุยแต่ละครั้งจะต้องผลัดกันพูดผลัดกันฟัง เนื่องจากเครื่องรับส่งที่ใช้ในการทดสอบและตัวโครงการที่สร้างขึ้นนี้ทำงานในลักษณะการติดต่อแบบ Half Duplex

4. หลังจากทำการทดสอบการพูดคุยเรียบร้อยแล้ว ก็ทำการปิดระบบโดยการส่งรหัส DTMF จำนวนสี่หลักที่ตรงกับที่ได้ตั้งไว้แล้วที่ชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์ ซึ่งการปิดระบบครั้งนี้ก็จะเป็นการวางหูไปในตัวด้วย

5. ทดลองให้สมาชิกในกลุ่มทำการ โทรศัพท์เข้ามายังเลขหมายที่ชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์ต่ออยู่กับคู่สายนั้น จากนั้นสังเกตว่ามีสัญญาณเรียกที่ส่งมาจากชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์ ส่งมายังเครื่องรับส่งวิทยุที่ใช้ในการทดสอบหรือไม่

6. หลังจากที่ได้รับสัญญาณที่ส่งมาจากชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์แล้ว ก็ทำการกดรหัสเปิดระบบเชื่อมต่อโทรศัพท์ ซึ่งการเปิดระบบเชื่อมต่อโทรศัพท์นี้จะเปรียบเสมือนการยกหูรับสายและหลังจากยกหูพูดคุยเรียบร้อยแล้วการวางหูก็ทำได้โดยการกดรหัสปิดระบบเช่นกัน

#### 4.8 การทดสอบระบบ Packet Radio

1. ติดตั้งโปรแกรม FBB และ โปรแกรม TPK ลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ Run เป็น Mail Box
2. ตั้งความถี่ RX ของโครงการที่สร้างขึ้นให้เป็นความถี่ 144.000 MHz และตั้งความถี่ที่เครื่องรับส่งวิทยุที่ใช้ในการทดสอบทั้งสองเครื่องให้เป็นความถี่ 144.000 MHz
3. ติดตั้งโปรแกรม Baycom ให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ทั้งสองเครื่องที่ใช้ต่อกับเครื่องรับส่งวิทยุทั้งสองเครื่อง ที่ใช้ในการทดสอบระบบ Packet Radio
4. เมื่อติดตั้งโปรแกรม Baycom เรียบร้อยแล้ว ก่อน Run โปรแกรม Baycom จะต้องทำการ Run Thai.com ก่อนจึง Run Baycom
5. ทำการ Run โปรแกรม FBB ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็น Mail Box แต่ก่อนที่จะ Run โปรแกรม FBB จะต้อง Run โปรแกรม TFPCX ก่อนทุกครั้ง
6. จากนั้นทำการทดลองติดต่อกับ Mail Box โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็นลูกข่ายติดต่อกับ Mail Box โดยใช้คำสั่ง :C E20AL
7. เมื่อติดต่อกับ Mail Box ได้แล้วจะมีเสียง Beep ที่ลูกข่ายจากนั้นใช้พิมพ์คำสั่ง ? แล้วกด Enter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทาง Mail Box ก็จะส่ง Help เกี่ยวกับคำสั่งต่างๆ ที่ใช้ขณะที่อยู่ใน Mail Box มาให้อ่านเพื่อความเข้าใจ

8. ทดลองส่งข้อความที่ต้องการส่งไปยังลูกข่ายอีกสถานีหนึ่งโดยผ่าน Mail Box เป็น Digitpeater โดยพิมพ์ :C E20AL HS1PGS แล้วกด Enter และเมื่อติดต่อกันได้แล้วก็ทำการพิมพ์ข้อความที่ต้องการติดต่อกับ HS1PGS และหลังจากพิมพ์ข้อความที่ต้องการส่งแล้วก็กด Enter ข้อความทั้งหมดก็จะถูกส่งผ่าน Mail Box ผ่านไปยัง HS1PGS และทาง HS1PGS ก็จะตอบกลับมากในลักษณะเดียวกัน

9: การเลิกการติดต่อก็สามารถทำได้โดยการพิมพ์ :D แล้วกด Enter

#### 4.9 ผลการทดลอง

จากตารางที่ 4.1 เป็นตารางการตั้งเวลาจากตำแหน่งต่างๆ ของซีเล็คเตอร์ไทมเมอร์

1	30 วินาที
2	1 นาที
3	2 นาที
4	15 นาที
5	30 นาที

ตารางที่ 4.1 แสดงการตั้งเวลาปิดการใช้อัตโนมัติ

หลังจากทดลองระบบทวนสัญญาณความถี่วิทยุปรากฏว่าที่กำลังส่งของเครื่องทวนสัญญาณที่ระดับต่างๆ คือ 1 W, 5 W, 10 W, 20 W, 30 W นั้นผลปรากฏว่าที่กำลังส่งสูงๆ นั้นจะให้ระยะทางในการติดต่อไกลกว่ากำลังส่งต่ำ และมีคุณภาพของเสียงที่ดีกว่ากำลังส่งต่ำ ซึ่งระยะทางที่ได้ในการทดสอบนั้นจะมีระยะทางที่ไกลกว่า 5 กิโลเมตรส่วนผลของการทดสอบระบบเชื่อมต่อโทรศัพท์นั้นคุณภาพของเสียงที่ได้ก็มีคุณภาพยอมรับได้และระยะทางในการติดต่อก็เช่นเดียวกับการทดสอบระบบทวนสัญญาณ ส่วนผลการทดลองขั้นสุดท้ายก็คือผลการทดลองระบบ Packet Radio ก็สามารถทำการติดต่อโดยใช้คำสั่งพื้นฐานได้โดยไม่มีปัญหา

ส่วนผลการทดลองของระบบ Packet Radio นั้น จากรูปที่ 4.12 เป็นรูปที่ถ่ายจากหน้าจอคอมพิวเตอร์ขณะรันโปรแกรมที่ Baycom ผลที่ได้ในการทดลองนั้นใช้สามารถที่จะใช้ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอรส์องเครื่องทำการติดต่อสื่อสารกันได้ โดยการพิมพ์ข้อความทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษและยังสามารถส่ง Text File ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ อีกเครื่องหนึ่ง ได้อย่างปกติโดยไม่มีปัญหาใดๆ

#### หมายเหตุ

1. ปกติเครื่องรับส่งวิทยุที่ใช้สายอากาศขางและกำลังส่ง 500 mW จะสามารถติดต่อกันได้ไม่เกิน 1 กิโลเมตร (ในกรณีที่โล่งแจ้ง)
2. หากเพิ่มกำลังส่งของเครื่องรับวิทยุทั้งสองเครื่องขึ้นเป็น 5W ก็จะสามารถติดต่อกันได้ในระยะทางที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากสัญญาณจากเครื่องรับส่งวิทยุสามารถเดินทางมาถึงสายอากาศรับของเครื่องทวนสัญญาณความถี่วิทยุได้ จึงทำให้สามารถติดต่อกันได้ผ่านเครื่องทวนสัญญาณความถี่วิทยุ
3. หากภาครับของเครื่องทวนสัญญาณความถี่วิทยุไม่สามารถรับสัญญาณจากเครื่องรับส่งวิทยุที่เป็นลูกข่ายได้ จะทำให้การติดต่อกันผ่านเครื่องทวนสัญญาณความถี่วิทยุนั้นไม่สามารถทำได้
4. กำลังส่งออกอากาศของเครื่องทวนสัญญาณความถี่วิทยุสามารถปรับได้ตั้งแต่ 0-30 W ที่หน้าเครื่อง โดยที่จะเลือกใช้กำลังส่งออกอากาศระดับใดนั้น ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างเครื่องรับส่งวิทยุของลูกข่ายกับเครื่องทวนสัญญาณความถี่วิทยุว่าห่างกันมากน้อยเพียงใด
5. การติดตั้งสายอากาศรับและส่งของเครื่องทวนสัญญาณความถี่วิทยุจะต้องคำนึงถึงการรบกวนซึ่งกันและกัน ในทางปฏิบัติสายอากาศรับจะติดตั้งไว้ในระดับที่สูงกว่าสายอากาศส่ง เพื่อป้องกันการรบกวนกันและกัน อันมีผลทำให้ภาครับของเครื่องทวนสัญญาณความถี่วิทยุมีความไวในการรับสัญญาณด้อยลงเพราะถูกรบกวนจากสัญญาณที่ออกจากสายอากาศส่งซึ่งมีกำลังส่งสูง
6. ในการใช้งานจริงความถี่ที่ใช้ของเครื่องทวนสัญญาณความถี่วิทยุ VHF จะต้องห่างกันอย่างน้อย 600 KHz เพื่อมิให้เกิดการรบกวนซึ่งกันและกันของภาครับและภาคส่ง ความถี่ภาครับจะต้องมีค่าต่ำกว่าความถี่ที่ใช้ส่งในย่าน

#### 4.10 ปัญหาที่เกิดจากการทดสอบ

1. เกิดการรบกวนกันระหว่างภาครับและภาคส่งของโครงการชุดนี้ จึงมีผลทำให้ความไวในการรับสัญญาณลดลง
2. ความไวของภาครับมากเกินไป ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนจากความถี่อื่น ทำให้เกิดการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

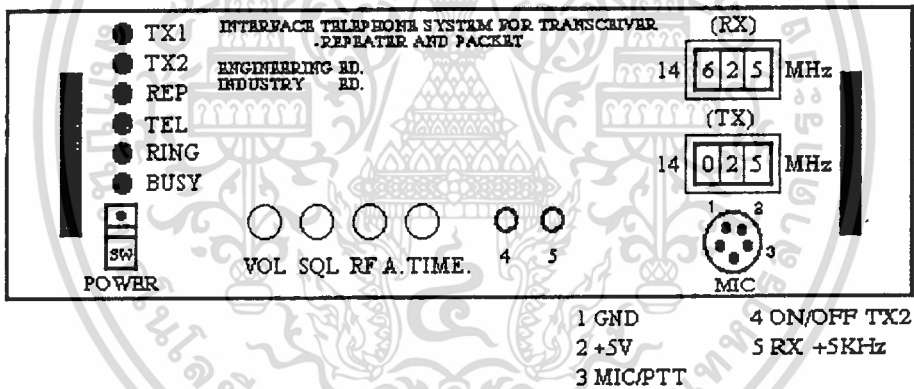
ค้ำของภาค COR เป็นบางครั้ง

3. สัญญาณรบกวนที่เกิดจากชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์

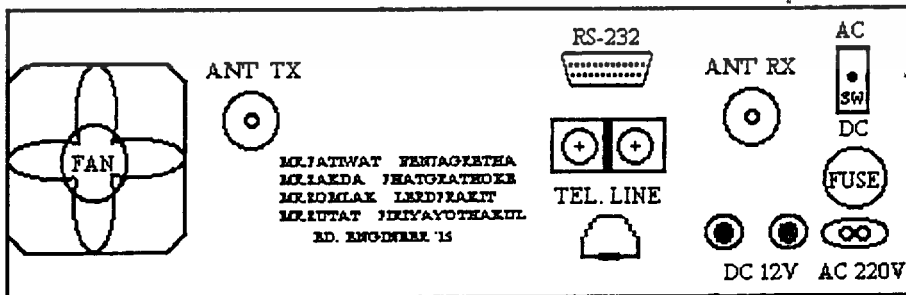
4.11 แนวทางการแก้ไข

1. ใส่ Band Pass Filter ให้กับภาครับและภาคส่งของโครงงานชุดนี้
2. ปรับความไวภาครับให้เหมาะสมกับพื้นที่ที่ติดตั้งระบบนี้ เช่นความไวภาครับสูงจะติดตั้งในบริเวณที่มีสัญญาณต่ำและลดความไวภาครับลงที่บริเวณที่มีสัญญาณรบกวนสูง
3. เปลี่ยนชุดเชื่อมต่อ โทรศัพท์ให้เป็นแบบที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ

4.12 หน้าทีการของปุ่มต่างๆ บนหน้าปัทม์



รูปที่ 4.14 ภาพหน้าปัทม์ด้านหน้า



รูปที่ 4.15 ภาพหน้าปัทม์ด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ปุ่มและหน้าที่การใช้งาน

### 1. ด้านหน้าเครื่อง

1.1 POWER ON	เปิดเครื่อง
1.2 POWER OFF	ปิดเครื่อง
1.3 TX1 LAMP	บอกสถานะการส่งของเครื่องส่งตัวที่ 1
1.4 TX2 LAMP	บอกสถานะการส่งของเครื่องส่งตัวที่ 2
1.5 REP LAMP	บอกสถานะใช้เป็นสถานีทวนสัญญาณ
1.6 TEL LAMP	บอกสถานะกำลังใช้กับโทรศัพท์
1.7 RING LAMP	บอกสถานะการรับสัญญาณจาก โทรศัพท์
1.8 BUSY LAMP	บอกสถานะเครื่องเปิดใช้อยู่
1.9 VOLUME	ปรับความดังของเสียง
1.10 SQL	ปรับความไวของการเปิดเครื่องขยายเสียง
1.11 RF POWER	ปรับกำลังส่ง
1.12 TIMER	ตั้งเวลาสำหรับการใช้งาน
1.13 TX 2 ON-OFF	เลือกสถานะเปิด-ปิดเครื่องส่งตัวที่ 2
1.14 RX 5MHz	ปรับความถี่เลื่อนไป 5 KHz
1.15 MIC	ไมค์สำหรับพูด
1.16 THUMBWHEEL SELECT	ตั้งความถี่รับและส่ง

### 2. ด้านหลังเครื่อง

2.1 RS-232 COM 1, COM 2	สำหรับอินเตอร์เฟซกับคอมพิวเตอร์
2.2 TELEPHONE LINE	ต่อสายโทรศัพท์แบบขั้วนี้กด
2.3 TELEPHONE JACT	ต่อสายโทรศัพท์แบบแจ๊ค
2.4 TX CONNECTOR	ต่อสายอากาศส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารใช้งานเพื่อวัตถุประสงค์ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 DC 12 V

ต่อแรงดันไฟตรง 12 V

2.7 FUSE

ป้องกันกระแสไหลเข้าในวงจรเกิน

2.8 AC-DC SW.

เลือกใช้ไฟตรงหรือไฟสลับตามบ้าน



## บทที่ 5

### บทสรุปและแนวทางการพัฒนา

#### 5.1 บทสรุป

ในการสร้างเครื่องทวนสัญญาณความถี่วิทยุ ระบบเชื่อมต่อเครื่องรับส่งวิทยุกับคู่สายโทรศัพท์และระบบ Packet Radio ประกอบปริญญาบัตรนี้ ได้ผลในด้านต่างๆ ดังนี้

1. ประสบการณ์ในการสร้าง การปรับแต่ง การใช้งานเครื่องทวนสัญญาณความถี่วิทยุ และระบบเชื่อมต่อเครื่องรับส่งวิทยุกับคู่สายโทรศัพท์และระบบ Packet Radio การแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในขณะที่สร้างและทดสอบจนสามารถใช้งานได้จริง
2. งบประมาณที่ถูกกว่าในการสร้าง เมื่อเทียบกับเครื่องในห้องตลาดซึ่งมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน
3. ความสามารถในการปรับกำลังส่งได้หลายระดับตามลักษณะของการใช้งานว่าต้องการใช้งานบริเวณกว้างมากน้อยแค่ไหน ซึ่งถ้าใช้ในบริเวณแคบๆ ก็ใช้กำลังส่งต่ำๆ
4. ความสามารถในการปรับตั้งความถี่ในการใช้งานได้อย่างอิสระ โดยปรับตั้งได้ที่หน้าเครื่อง โดยไม่จำเป็นต้องแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงภายในเครื่องแต่อย่างใด
5. ความสามารถในการใช้วิทยุมือถือที่มีระบบโทน DTMF โทรศัพท์ไปยังคู่สายโทรศัพท์ต่างๆ ปลายทางได้อย่างสะดวกสบาย
6. ความสามารถในการรับและส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ มีระบบบันทึกเวลาการใช้งานต่างๆ ของระบบ Packet Radio โดยนำโครงการชุดนี้ไปต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อใช้เป็นตู้จดหมายอิเล็กทรอนิกส์และยังมีความสามารถต่างๆ อีกมากมายของระบบ Packet Radio เช่น สามารถคำนวณเวลาและมุมของดาวเทียมนักวิทยุสมัครเล่นได้ว่าจะมาเวลาเท่าไรและมุมเท่าไรอีกด้วย

อนึ่งกำลังส่งที่ใช้สำหรับกิจการวิทยุสมัครเล่นนั้น กรมไปรษณีย์โทรเลขกำหนดให้ใช้กำลังส่งไม่เกิน 10 วัตต์สำหรับเครื่องติดตั้งรถยนต์ เครื่องติดตั้งประจำที่และกำลังส่ง 5 วัตต์สำหรับเครื่องมือถือและเครื่องหิ้วถือ แต่เนื่องจากคณะผู้จัดทำโครงการชุดนี้ตั้งใจทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการศึกษาและใช้ในหน่วยงานของราชการบางหน่วยงานที่กรมไปรษณีย์โทรเลขอนุญาตให้ใช้ได้เท่านั้น ดังนั้นจึงห้ามทำการทดลองและสร้างเล่นเป็นอันขาด หากจะทำการทดลองหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างเพื่อใช้งานจะต้องได้รับอนุญาตจากเจ้าพนักงานผู้ออกใบอนุญาตเสียก่อน เนื่องจากถ้าทำโดยไม่ได้รับอนุญาตนั้นกฎหมายมีบทลงโทษไว้สูงสุด

## 5.2 แนวทางการพัฒนา

1. ระบบแสดงผลความถี่ให้เปลี่ยนเป็นระบบดิจิทัล
2. ระบบการตั้งความถี่ให้เปลี่ยนเป็นแบบโปรแกรมได้และมีช่องความจำ
3. ใส่ระบบกรองความถี่ผ่าน (Band Pass Filter) เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดจากการรบกวนกันระหว่างภาครับและภาคส่ง
4. พัฒนาให้มีระบบการบันทึกเวลาการใช้งานของระบบทวนสัญญาณและระบบโทรศัพท์
5. พัฒนาให้มีระบบแจ้งเตือนผู้ใช้งานว่า ขณะนี้เวลาในการใช้งานใกล้จะหมดลงตามที่ได้ตั้งเวลาการใช้งานไว้แล้ว
6. การพัฒนาให้ใช้งานกับคู่สายโทรศัพท์แบบหมุนได้ เนื่องจากโครงงานชุดนี้ใช้ได้เฉพาะกับคู่สายโทรศัพท์แบบกดปุ่มเท่านั้น
7. การพัฒนาให้สามารถเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านโครงงานชุดนี้ โดยใช้โทน DTMF ที่ส่งมาจากวิทยุมือถือเป็นตัวเปิดปิดระบบ

## บรรณานุกรม

- 1) น.ต. รัชชชัย เลื่อนฉวี. เทคโนโลยีโทรศัพท์, ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์, 2531.
- 2) บรรเจิด ตันติกัลยาภรณ์. เครื่องรับส่ง (Transceiver), เล่ม 6, กรุงเทพฯ, หน้า 39-44.
- 3) บริษัทซีเอ็ดดูเคชั่น. เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ หลักการออกแบบแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง, ฉบับที่ 82, 2532, หน้า 190-201.
- 4) ปริชญานิพนธ์. ณรงค์ นุ่มประเสริฐและคณะ, การสื่อสารข้อมูลผ่านระบบวิทยุ, ปีการศึกษา 2536, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- 5) ปริชญานิพนธ์. สมชาย หมั่นสายญาติและคณะ, เครื่องทวนสัญญาณความถี่วิทยุ, ปีการศึกษา 2535, ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- 6) ปริชญานิพนธ์. ชัยชาญ หาญพิทักษ์สูงและคณะ, เครื่องทวนสัญญาณวิทยุรับส่ง, ปีการศึกษา 2534, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- 7) ปริชญานิพนธ์. สมเกียรติ อาจารย์สิริ, อุปกรณ์ต่อเชื่อมชุมสายต่างระบบชนิด DTMF แบบอัตโนมัติ, ปีการศึกษา 2536, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- 8) ผศ. สุชิน จำจด. วิศวกรรมโทรศัพท์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- 9) CQ Amatear Radio. รีพีทเตอร์คืออะไร, ปีที่ 4, ฉบับที่ 54, หน้า 59-63.
- 10) CQ Amatear Radio. รีพีทเตอร์และดูเพล็กซ์เซอร์, ปีที่ 4, ฉบับที่ 56, หน้า 41-47.
- 11) CQ Amatear Radio PACKET RADIO, ปีที่ 4 ฉบับที่ 54, หน้า 70-74.
- 12) CQ Amatear Radio PACKET RADIO, ปีที่ 4 ฉบับที่ 55, หน้า 90-93.
- 13) ARRL : The ARRL 1989 Handbook, The American Radio Relay League, Newlington, USA, 1986.
- 14) Telecommunication Circuit Data Book. Taxes Instruments, June, 1988.



ภาคผนวก ก.

รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1 ภาครับ (Receiver Unit)

REF. NO	DESCRIPTION	PART NO.
IC1	IC	MC3357
IC2	IC	BA526
Q1	Transistor	2SC2026
Q2,Q4,Q5	Transistor	2SC2668
Q3	Transistor	2SK192
Q6,Q12,Q14,Q15	Transistor	2SC2458
Q11,Q13	Transistor	2SA1048
Q16	Transistor	2SB562
D1,D2	Diode	1S1555
D3	Diode	WZ-018
F11	Monolithic X-TAL Filter	10M15B9
F12	Ceramic filter	CFU 455E2
X1	Crystal	10.24MHz
L1-L4	Coil	LS-160
L5	Coil	LS-159
L7	Coil	LS-158
R1,R10,R27,32,R34	Resistor	10K
R2	Resistor	100K
R3	Resistor	100
R5	Resistor	56
R6	Resistor	220
R7,R13,R35	Resistor	47K
R8	Resistor	2.7K
R9,R38	Resistor	330
R11,R12	Resistor	1.5K
R14,R31	Resistor	22K
R15	Resistor	1K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R17,R28	Resistor	4.7K
R18	Resistor	5.6K
R29	Resistor	47
R30	Resistor	68K
R33	Resistor	15K
R36,R37	Resistor	22K
R39	Resistor	3.3K
C1,C10	Ceramic	8pF
C2	Ceramic	3pF
C3	Ceramic	100pF
C4,C5	Ceramic	470pF
C6,C7,C24	Ceramic	10pF
C8,C9	Ceramic	0.35 $\mu$ F
C11,C12,C16,C18	Ceramic	0.0047 $\mu$ F
C14	Ceramic	4pF
C15,C19,C28,C29,C30,C40,C43	Ceramic	0.001 $\mu$ F
C17	Tantalum	10 $\mu$ F 6.3V
C20	Ceramic	47pF
C21	Ceramic	120pF
C22	Ceramic	0.1 $\mu$ F
C23	Electrolytic	0.1 $\mu$ F 50V
C25	Ceramic	0.0033 $\mu$ F
C26,C27	Electrolytic	0.22 $\mu$ F 50V
C35	Electrolytic	3.3 $\mu$ F
C36	Electrolytic	0.47 $\mu$ F
C37,C38	Electrolytic	1 $\mu$ F
C39,C42	Electrolytic	10 $\mu$ F 16V
C41	Electrolytic	0.47 $\mu$ F 50V
C44,C46	Electrolytic	100 $\mu$ F 16V
C45	Electrolytic	47 $\mu$ F 16V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2 ภาคส่ง (Transmitter Unit)

REF. NO.	DESCRIPTION	PART NO.
Q8	Transistor	2SC2026
Q9	Transistor	2SC2668
Q10	Transistor	2SC1458
Q11	Transistor	2SC383
Q12	Transistor	2SC2053
Q13	Transistor	2SC1947
D14,D18	Diode	1S1555
D15	Diode	1S1209
D16,D17	Diode	1SS53
L19,L20,L221,L22	Coil	LS-106
L23	Coil	LA-127
L24	Coil	LA-134
L25,L26	Coil	LA-121
L27	Choke	LR-78
L28	Coil	LR-136
L29	Coil	LR-135
L30	Coil	LA-143
R39	Resistor	33K
R40	Resistor	82K
R41,R46,R47,R48	Resistor	47
R42	Resistor	10K
R43	Resistor	150
R44	Resistor	470
R45	Resistor	27
R49	Resistor	2.2
R50	Resistor	82
R52	Resistor	22
R53	Resistor	330

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R54	Resistor	15K
C68,C73	Ceramic	0.001 $\mu$ F
C69	Electrolytic	4.7 $\mu$ F 50V
C70,C79,C72,C86,C90,C93	Ceramic	10pF
C71	Ceramic	0.35 $\mu$ F
C74,C76,C80,C81,C83,C84,C89	Ceramic	470pF
C75,C77,C82	Ceramic	47pF
C78	Ceramic	0.5 $\mu$ F
C85,C91	Trimmer	20pF
C87	Ceramic	15pF
C88	Electrolytic	1 $\mu$ F 50V
C92	Ceramic	470pF
C94	Ceramic	100pF
C95	Ceramic	33pF
C96	Ceramic	2pF
C97	Ceramic	27pF

### 3 ภาคสังเคราะห์ความถี่ (Frequency synthesizer Unit)

REF .NO.	DESCRIPTION	PART NO.
IC1	IC	TC9122
IC2	IC	TC5081
IC3	IC	TC5082
Q1	FET	2SK192
Q2,Q3,Q4	Transistor	2SC2668
Q5	Transistor	2SC945
Q6	Transistor	2SC2026
D3	Varactor Diode	1SV50
D4	Diode	1SS53
D5	Diode	1S1555
D10	Diode	1SS53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D11	Diode	1SS53
X1	Crystal	5.21 MHz
X2	Crystal	32.3275 MHz
RX		35.00125 MHz
L1	Choke	
L2	Choke	
L3	Choke	
L4	Choke	
L5	Choke	
L6	Choke	
L11	Coil	
L15	Coil	LS-160
L16	Coil	LS-160
L31	Choke	
L32	Choke	
R2,R3	Resistor	47K
R4,R6,R16	Resistor	10K
R5	Resistor	470K
R7	Resistor	100K
R8	Resistor	4.7K
R9	Resistor	4.7K
R18	Resistor	220K
R19	Resistor	470
R20,R21,R22	Resistor	47K
R31,R32	Resistor	22K
R33	Resistor	1K
R34	Resistor	33K
R35	Resistor	47
C1, C12,C29,C30,C36,C38,C41,C50,C51,C5	Ceramic	0.001 $\mu$ F
C13	Tantalum	2.2 $\mu$ F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไปว่ากรกัใดงท้งสี่บ อีกรท้งห่าวกรใให้ดัดแปลงเบื้อหว และต้องอ่างลึงถึงเล้าขอเอกสารทกรครั้งทีเใการน่วงใให้

C14	Ceramic	0.01 $\mu$ F
C15	Electrolytic	10 $\mu$ F 16V
C16,C28	Ceramic	3pF
C17,C18	Ceramic	470pF
C20	Ceramic	51pF
C21	Electrolytic	100 $\mu$ F 16V
C22,C23,C24	Ceramic	470pF
C25	Ceramic	10pF
C26	Ceramic	1pF
C27	Ceramic	33pF
C31	Ceramic	12pF
C35,C43,C44	Ceramic	33pF
C37,C40	Ceramic	0.0047 $\mu$ F
C39	Electrolytic	100 $\mu$ F 16V
C42	Ceramic	15pF
C45,C46,C47,C49	Ceramic	68pF
C48,C52,C54	Ceramic	56pF
C53	Ceramic	22pF
C56	Ceramic	47pF
C57,C58	Ceramic	5pF

#### 4. ภาคควบคุม (Control Unit)

##### 4.1 วงจรถอดรหัส DTMF (DTMF Decoder)

REF. NO.	DESCRIPTION	PART NO.
IC1	IC	MT8870
X1	3.579545 MHz	
C1,C2	Ceramic	0.1 $\mu$ F
R1,R2	Resistor	100K
R3	Resistor	300K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไปว่ากรณียุติทั้งสิ่ง อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2 วงจร COR (Carrier Operate Relay)

REF. NO.	DESCRIPTION	PART NO.
IC1	IC	7400
Q1,Q2	Transistor	2SC458
C1	Electrolytic	100 $\mu$ F '16V
D1,D2	Diode	1N4148
R1	Resistor	100
R2,R3	Resistor	4.7K
R4,	Resistor	1K

#### 4.3 วงจร RF Power Amplifier

REF.NO.	DESCRIPTION	PART NO.
IC1	IC	S-AV17
IC2	IC	LM317T
Q1	Transistor	2N3055
Q2	Transistor	2N3055
L1,L2,L3,L4	Coil	See Text
RFC1,RFC2	Coil	See Text
C1,C2	Ceramic	5pF
C3,C4	Ceramic	0.01 $\mu$ F
C5	Ceramic	0.001 $\mu$ F
C6	Ceramic	10pF
C7,C8	Ceramic	7pF
R1	Resistor	1.2K
R2,R3	Resistor	0.1 5W
R3	Resistor	0.1 5W
VR1	Variable Resistor	10K

#### 4.4 วงจร Audio Amplifier

REF.NO.	DESCRIPTION	PART NO.
---------	-------------	----------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IC1	IC	TDA2822
C1,C2	Electrolytic	1 $\mu$ F 16V
C3,C4	Electrolytic	470 $\mu$ F 16V
C5,C6	Electrolytic	47 $\mu$ F 16V
C7,C8	Ceramic	0.1 $\mu$ F
R1,R2	Resistor	10K
R3,R4	Resistor	4.7
VR1,VR2	Variable Resistor	10K

#### 4.5 วงจร 5V Power Supply

REF.NO.	DESCRIPTION	PART NO.
IC1	IC	LM7805CT
Q1	Transistor	MJ2955
C1	Electrolytic	1000 $\mu$ F 16V
C2,C4	Ceramic	0.1 $\mu$ F
C3	Electrolytic	100 $\mu$ F 16V
R1	Resistor	15 1W

#### 4.6 วงจร Switching

REF.NO.	DESCRIPTION	PART NO.
IC1	IC	4066
Q1,Q2	Transistor	2SC458
Q3,Q4,Q5	Transistor	BC557
D1,D2,D3	Diode	1N4148
C1 - C6	Electrolytic	1 $\mu$ F 16V
C7	Ceramic	0.1 $\mu$ F
R1,R2,R3	Resistor	10K
R4	Resistor	2.2K
R5,R6,R8,R9	Resistor	10K
R7	Resistor	270
R11,R12,R13	Resistor	1K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ลีเก้ซังห่าวเปี๊ยะให้ดัดแปลงไปเพื่อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.7 วงจร Password ปิดระบบ

REF NO.	DESCRIPTION	PART NO
IC1	IC	74154
IC2	IC	74150
IC3	IC	74125
IC4,IC5	IC	74153
IC6	IC	74139
IC7	IC	7404
IC8	IC	NE555
IC9	IC	7411
SW- DIP4	DIP Switch	4 bit
R1-R16,R18,R19	Resistor	10K
R17	Resistor	1.2K
C1	Electrolytic	100 $\mu$ F
C2	Electrolytic	10 $\mu$ F

## 4.8 วงจร Password เปิดระบบ Repeater และชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์

REF NO.	DESCRIPTION	PART NO.
IC1	IC	74154
IC2	IC	74150
IC3	IC	74125
IC4,IC5	IC	74153
IC6	IC	74393
IC7	IC	7404
IC8	IC	7411
SW1-SW4	DIP switch	4 bit
C1	Electrolytic	10 $\mu$ F
R1-R16,R18	Resistor	10K
R17	Resistor	1.2K

#### 4.9 วงจรชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์ และชุดตรวจรับสัญญาณ Ringing

REP NO.	DESCRIPTION	PART NO.
IC1	IC	NE555
IC2	Opto	4N26
Q1,Q2	Transistor	2SC458
T1	Output Transformer	LI 037
B1	Diode	1N4001
R1,	Resistor	500
R2	Resistor	100
R3,	Resistor	560
R4,	Resistor	22K
R5	Resistor	2.7K
R6	Resistor	4.7K
R7	Resistor	10K
R8	Resistor	4.7K
R9,R10	Resistor	1K
VR1	Variable Resistor	10K
VR2	Variable Resistor	50K
C1,C2,C5	Ceramic	0.1 $\mu$ F
C3	Electrolytic	22 $\mu$ F
C4	Ceramic	0.01 $\mu$ F
C6	Electrolytic	100 $\mu$ F
RY1	Relay	6VDC

#### 4.10 วงจร Timer

DEF NO.	DESCRIPTION	PART NO.
IC1	IC	NE555
IC2	IC	74393
Q1,Q2,Q3	Transistor	2SC458
D1,D2,D3	Diode	1N4148

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C1	Electrolytic	100 $\mu$ F
R1,R3	Resistor	10K
R2,R4	Resistor	10K
R5	Resistor	100
R6	Resistor	100

#### 4.11 วงจร Power Supply 12V 20A

REP NO.	DESCRIPTOR	PART NO.
IC1	IC	LM7812T
Q1-Q6	Transistor	MJ2955
R1-R6	Resistor	0.3 5W
R7	Resistor	15 1W
C1,C3	Ceramic	0.1 $\mu$ F
C2	Electrolytic	1 $\mu$ F
C4	Electrolytic	220 $\mu$ F
C5	Ceramic	0.047 $\mu$ F
C6	Electrolytic	20000 $\mu$ F

#### 4.12 วงจร Packet Modem

REP NO	DESCRIPTOR	PART NO
IC1	IC	TCM3105
IC2	IC	74HC14
IC3	IC	78L05
Q1	Transistor	2SC458
D1,D2,D3,D4	Diode	1N4148
X1	Crystal	4.4336 MHz
C1	Electrolytic	1000 $\mu$ F
C2,C3	Electrolytic	10 $\mu$ F
C4,C5,C6,C7	Ceramic	0.1 $\mu$ F
C8,C9	Ceramic	33pF
1,R4,R11	Resistor	100k

R2,R3	Resistor	2.2K
R5	Resistor	3.3M
R6	Resistor	15K
R7	Resistor	33K
R8,R9	Resistor	100
R10,R12	Resistor	10K





ภาคผนวก ข.

DATA SHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# S-AV17

## 高周波電力増幅モジュール

ข้อมูลไอซี S-AV17 จากคู่มือภาษาญี่ปุ่น

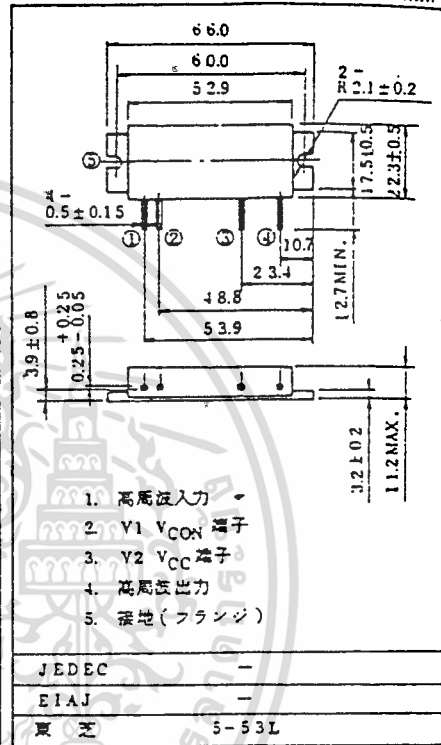
○ VHF 帯・50W FM HAM用高周波電力増幅モジュール

・ 高利得，高効率です。

：  $P_o \geq 60W$  ,  $G_p \geq 21.7dB$  ,  $\eta_T \geq 45\%$

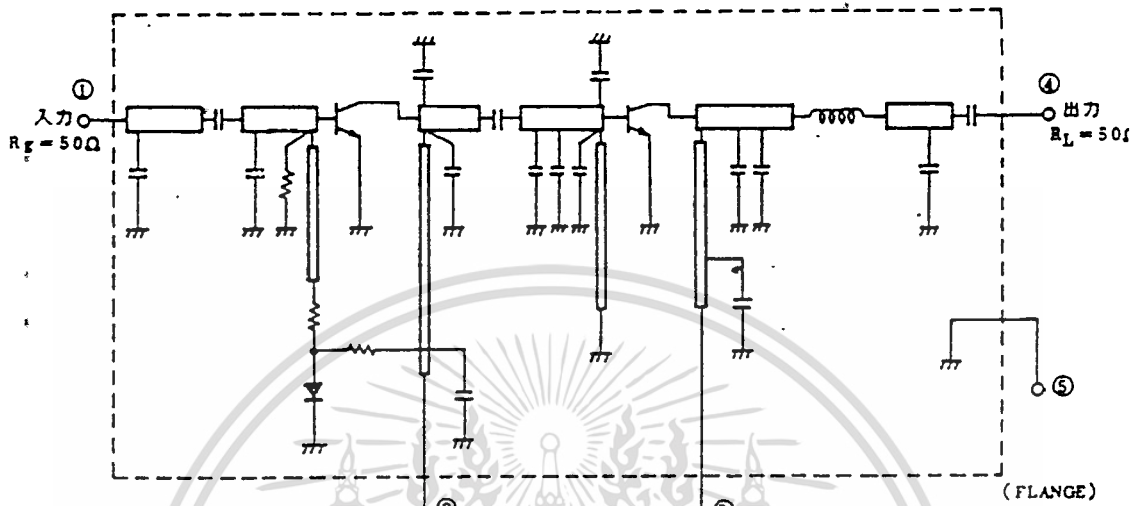
最大定格 ( $T_c = 25^\circ C$ )

項	目	記号	定 格	単 位
電 源	電 圧	$V_{CC}$	16	V
制 御	電 圧	$V_{CON}$	16	V
消 費	電 流	$I_T$	14	A
入 力	電 力	$P_i$	600	mW
出 力 電 力	$\textcircled{C} 12.5V < V_{CC} \leq 16V$ $V_{CON} \leq 12.5V$ $P_i = 400mW$ $Z_g = Z_L = 50\Omega$	$P_o$	65	W
		動作時ケース温度	$T_{c(opr)}$	-30~100
保 存	温 度	$T_{stg}$	-40~110	°C

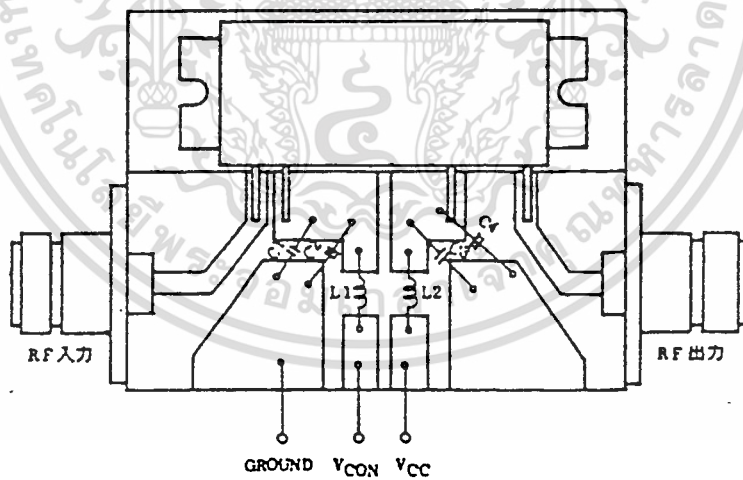


電気的特性 ( $T_c = 25^\circ C$ )

項	目	記号	測 定 条 件	最 小	標 準	最 大	単 位
周 波 数 範 囲		frange	—	144	—	148	MHz
出 力 電 力		$P_o$		60	—	—	W
電 力 利 得		$G_p$	$P_i = 400mW$	21.7	—	—	dB
結 合 効 率		$\eta_T$	$V_{CC} = V_{CON} = 12.5V$	45	—	—	%
入 力 VSWR		VSWR <sub>in</sub>	$Z_g = Z_L = 50\Omega$	←	1.5	2.0	—
ハ ー モ ニ ャ ク ス		HRM		—	-30	-25	dB
耐 負 荷 特 性		—	$P_o = 60W (V_{CON} \text{で調整})$ $V_{CC} = 15V$ $P_i = 400mW$ VSWR load 20:1 all phase	異常のないこと			—
安 定 性		—	$V_{CC} = 12.5V$ $V_{CON} = 0 \sim 12.5V$ $P_i = 400mW$ VSWR load 3:1 all phase	異常発振のないこと			—



テストマウント



$C_1, C_3 : 15000\text{pF}$

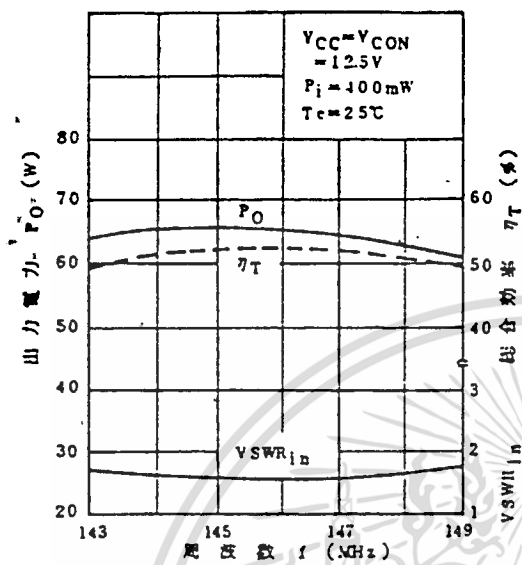
$C_2, C_4 : 10\mu\text{F}$

$L_1, L_2 : \phi 0.8\text{Ag}$  ノック線 . 8T . 5ID

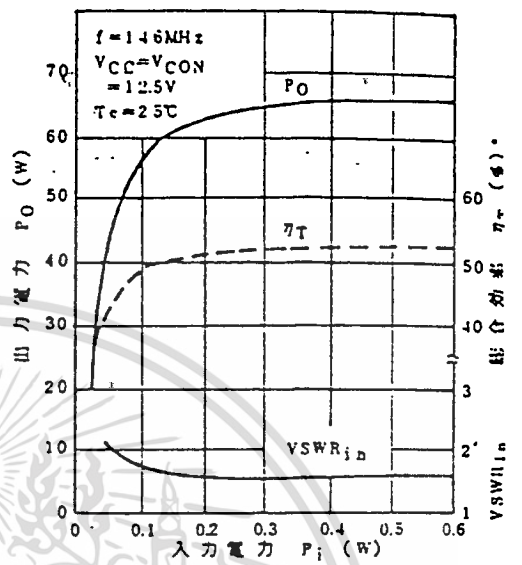
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไปว่ากรณียุติทั้งสิ่ง อื่นทั้งห้าจะมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

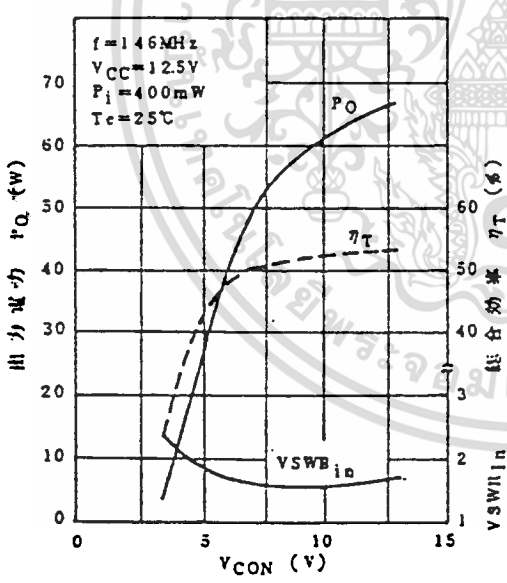
$P_O, \eta_T, V_{SWR}_{in} - f$



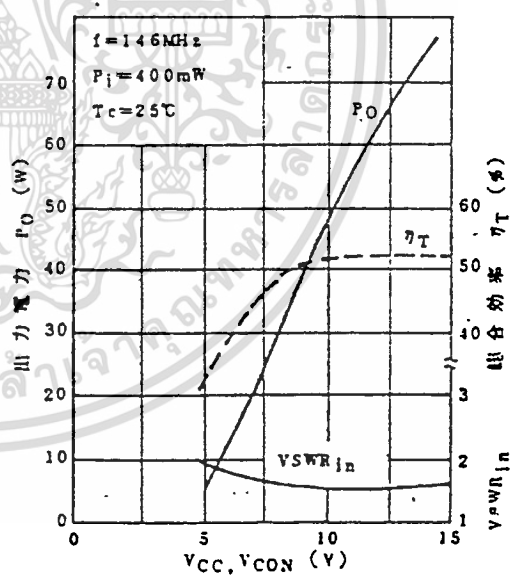
$P_O, \eta_T, V_{SWR}_{in} - P_i$



$P_O, \eta_T, V_{SWR}_{in} - V_{CON}$



$P_O, \eta_T, V_{SWR}_{in} - V_{CC}, V_{CON}$



## TCM3105JE, TCM3105JL FSK MODEM

02662, NOVEMBER 1985 - REVISED APRIL 1986

- Single-Chip Frequency-Shift-Keying (FSK) Modem
- Meets 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 Delay 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 DUAL-IN-LINE PACKAGE (TOP VIEW)

VDD	1	16	OSC2
CLK	2	15	OSC1
CDT	3	14	TXD
RXA	4	13	TXR1
TRS	5	12	TXR2
NC	6	11	TXA
RXB	7	10	CDL
RXD	8	9	VSS

NC—No internal connection



Caution. These devices have limited built-in gate protection. The leads should be shorted together or the device placed in conductive foam during storage or handling to prevent electrostatic damage to the MOS gates.

### Description

The TCM3105 is a single-chip asynchronous Frequency Shift Keying (FSK) voiceband modem that uses silicon gate CMOS technology to implement a switched capacitor architecture. It is pin selectable (TXR1, TXR2, and TRS inputs) 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 the TXD input.

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 or received in-band energy falls below a value set on the CDL input for a specified minimum duration.

The TCM3105JE is characterized for operation from  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $85^{\circ}\text{C}$ . The TCM3105JL is characterized for operation from  $0^{\circ}\text{C}$  to  $70^{\circ}\text{C}$ .

TCM3105JE, TCM3105JL  
FSK MODEM

PIN FUNCTIONAL DESCRIPTION		
NO	PIN NAME	DESCRIPTION
1	V <sub>DD</sub>	Positive supply voltage
2	CLK	Output for a continuous clock signal at 16 times the highest selected (transmit or receive) bit rate
3	CDT	Carrier-Detect Output. A low-level output indicates carrier failure
4	RXA	Receive Analog Input to which the received line signal must be ac coupled
5	TRS	Transmit Receive Standard Select Input, which, with TXR1 and TXR2, sets the standard bit rates and mark/space frequencies
6	NC	No internal connection
7	RXB	Receive Bias Adjust for external adjustment of the decision threshold of the final comparator to minimize bias distortion
8	RXD	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.
9	V <sub>SS</sub>	Most negative supply voltage (normally ground), connected to substrate
10	CDL	Carrier Detect Level Adjust for external adjustment of carrier detect threshold
11	TXA	Transmit Analog Output for the modulated signal, which must be ac coupled
12	TXR2	Bit Rate Select 2 Input, which, along with TXR1 and TRS, sets the bit rates and mark/space frequencies
13	TXR1	Bit Rate Select 1 Input, which, along with TXR2 and TRS, sets the bit rates and mark/space frequencies
14	TXD	Transmit Digital Input for input 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.
15	O5C1	Oscillator connections. The crystal (typically 4.4336 MHz) is connected to these pins, if an external clock is used. OSC1 is left open and the clock is connected to OSC1.
16	O5C2	

Electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TCM3105JE			TCM3105JL			UNIT
		MIN	TYP1	MAX	MIN	TYP1	MAX	
V <sub>OH</sub> High level output voltage	I <sub>OH</sub> 100 μA	2.4	V <sub>DD</sub>	MAX	2.4	V <sub>DD</sub>	MAX	V
V <sub>OL</sub> Low level output voltage	I <sub>OL</sub> 1.6 mA	V <sub>SS</sub>	0.4	MAX	V <sub>SS</sub>	0.4	MAX	V
Analog output voltage level V <sub>OUT</sub> to peak	V <sub>DD</sub> 4 V	1.55			1.55			V
	V <sub>DD</sub> 5 V	1.4	1.9	2.3	1.4	1.5	2.3	V
	V <sub>DD</sub> 5.5 V	2.1			2.1			V
	R <sub>L</sub> 50 kΩ							V
	C <sub>L</sub> 100 pF							V
Analog output dc offset	V <sub>DD</sub> 5 V	2.3	2.7	3.1	2.3	2.7	3.1	V
	V <sub>DD</sub> 5 V	2.8	3.3	3.9	2.8	3.3	3.9	V
	V <sub>DD</sub> 5 V	V <sub>DD</sub> /2			V <sub>DD</sub> /2			V
	V <sub>I</sub> 0 to V <sub>DD</sub>							V
Analog input current I <sub>IA</sub>	V <sub>I</sub> 0 to V <sub>DD</sub>							μA
	V <sub>I</sub> 3 V							μA
Input current I <sub>IN</sub>	V <sub>DD</sub> 4 V	3	6	MAX	3	6	MAX	μA
	V <sub>DD</sub> 5 V	5	10	MAX	5	10	MAX	μA
Input capacitance on all inputs C <sub>IN</sub>	V <sub>DD</sub> 5 V	8	16	MAX	8	16	MAX	pF
	V <sub>DD</sub> 5.5 V	10			10			pF
Probe jitter t <sub>probe</sub>	1 MHz	10			10			pS
	10 MHz	10			10			pS
Carrier detect threshold, on (on) V <sub>CD</sub>		15%			15%			%
		45.5	43	43	45.5	43	43	dBm
Carrier detect threshold, on (off) V <sub>CO</sub>		48	45.5	48	48	45.5	48	dBm
		2.5	2.8	2.8	2.5	2.8	2.8	dBm

1 All input voltages are at V<sub>CC</sub> = 5 V, I<sub>A</sub> = 25 mA.  
 2 Bias detection is the departure from a 50% duty cycle when a series of alternating mark and space tones is received.  
 3 The carrier detect threshold is adjustable with the CDI input properly adjusted.

switching characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TCM3105JE			TCM3105JL			UNIT
		MIN	TYP1	MAX	MIN	TYP1	MAX	
t <sub>prop</sub> Carrier detect off to on delay time	RX (RX or 1200 b/s)	12	25	25	12	25	25	ns
	RX (RX or 1500 b/s)	48	60	60	48	60	60	ns
t <sub>off</sub> Carrier detect on to off delay time	RX (RX or 1200 b/s)	12	20	20	12	20	20	ns
	RX (RX or 1500 b/s)	48	76	76	48	76	76	ns
Transition frequency deviation from assignment f <sub>clock</sub>	f <sub>clock</sub> 4.4250 MHz		11		11		11	Hz

1 Carrier detect threshold is adjustable with the CDI input properly adjusted.

**TCM3105JE, TCM3105JL**  
**FSK MODEM**

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

Supply voltage, $V_{DD}$ (see Note 1)	-0.3 V to 10 V
Input voltage, $V_I$ (any input)	-0.3 to $V_{DD}$
Operating free-air temperature range: TCM3105JE	55°C to 85°C
TCM3105JL	-10°C to 70°C
Storage temperature range	-55°C to 150°C

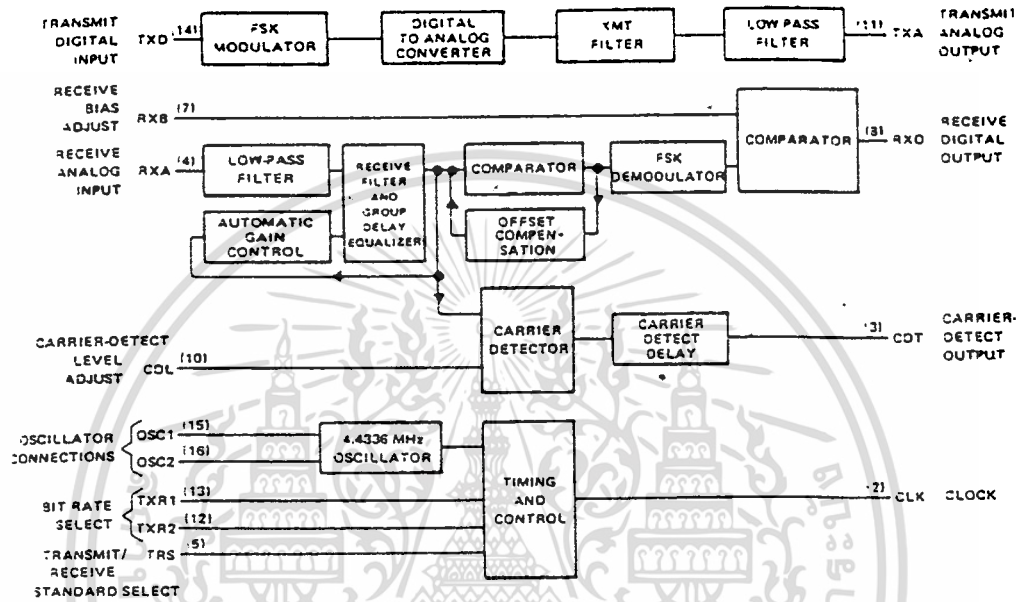
NOTE 1 All voltage values are with respect to  $V_{SS}$ .

recommended operating conditions

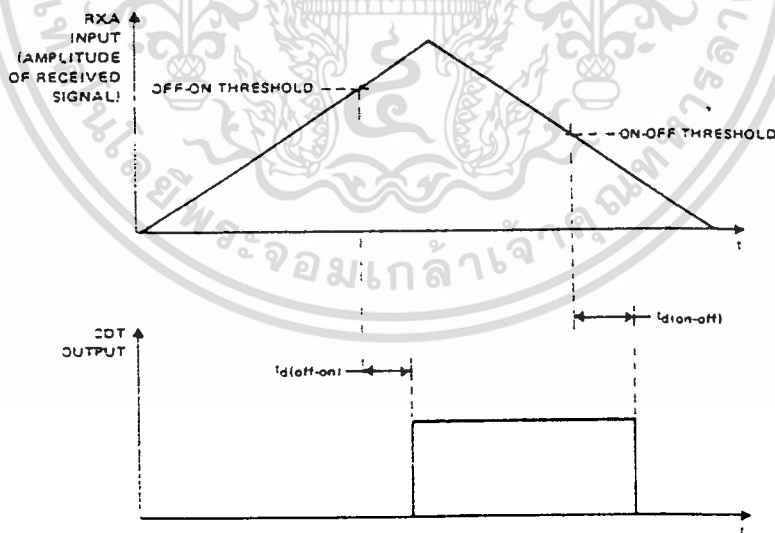
	TCM3105JE			TCM3105JL			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, $V_{DD}$	4	5	5.5	4	5	5.5	V
High-level input voltage, $V_{IH}$	2		$V_{DD}$	2		$V_{DD}$	V
Low-level input voltage, $V_{IL}$	0		0.5	0		0.5	V
Analog output level (peak-to-peak ac coupled)		0.30	0.78		0.30	0.78	V
Clock frequency, $f_{clock}$	4.4334	4.4336	4.4338	4.4334	4.4336	4.4338	MHz
Analog load impedance at TXA	50			50			$\Omega$
Operating free-air temperature range, $T_A$	-40		95	-10		70	°C

TCM3105JE, TCM3105JL  
FSK MODEM

Functional block diagram



timing diagram



## TCM3105JE, TCM3105JL FSK MODEM

### 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).

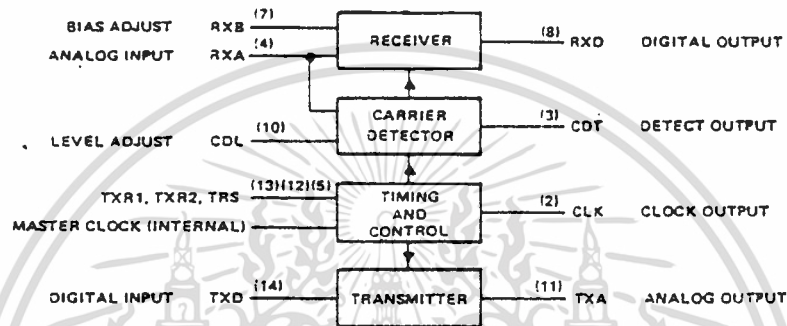


FIGURE 1. TCM3105 SYSTEM PARTITIONING

#### transmitter

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.

#### receiver

A continuous low-pass anti-aliasing filter is followed by the receive amplifier, which automatically controls the gain to give a constant output level from the receive filter. The receive 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 receive 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, therefore, 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 the RXD output.

**Carrier detect**

The carrier detect circuits comprise an energy detector and digital delay. The energy detector compares the total signal level at the output of the receive filter to an externally set threshold level on the CDL input. The comparator has a 2.5-dB hysteresis and a delay to allow for momentary signal loss and to prevent oscillation. The output of the detector is available on the CDT pin where a high level indicates that a carrier is present. The data output is clamped to a MARK condition when the carrier detect output switches off at the end of transmission.

**Control and timing**

An on-chip oscillator runs from an external 4.4336-MHz crystal connected between the OSC1 and OSC2 pins or an external signal driving OSC1. A clock signal equal to 16 times the highest selected bit rate (transmit or receive) is available on the CLK output.

The single-supply rail means that all analog functions are referenced to an internally generated reference. All analog inputs and output must be ac coupled.

**Transmit and receive modes**

The various modes of operation of the TCM3105 are given in Table 1. The data convention is that a logic high is a mark and a logic low is a space.

TCM3105JE, TCM3105JL  
FSK MODEM

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	CLK	L	L	1200	1200	M 1200 S 2200	M 1200 S 2200	19.11
	CLK/8	L	H	1200	150	M 1200 S 2200	M 387 S 487	19.11
	CLK/8	L	H	1200	5	M 1200 S 2200	M 387 S 487	19.11
	CLK	L	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 S 487	M 1200 S 2200	19.11
	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 the TRS and TXR2 pins. TXD is tied high.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCM3105JE, TCM3105JL  
FSK MODEM

## APPLICATION INFORMATION

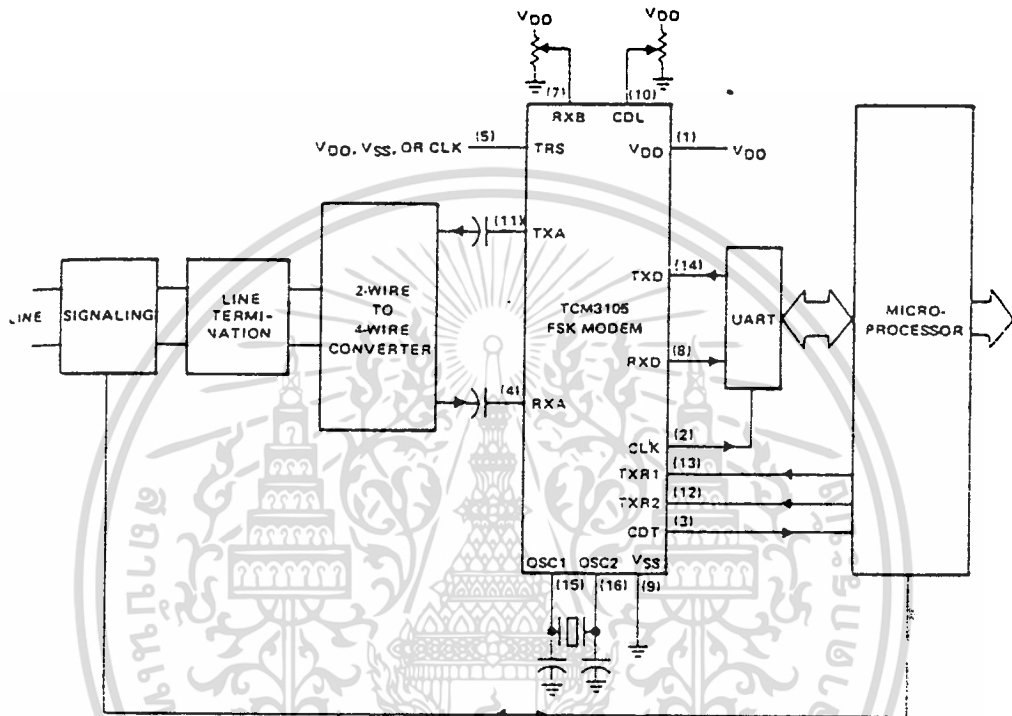


FIGURE 2. TYPICAL SYSTEM CONFIGURATION

TCM3105JE, TCM3105JL  
FSK MODEM

APPLICATION INFORMATION

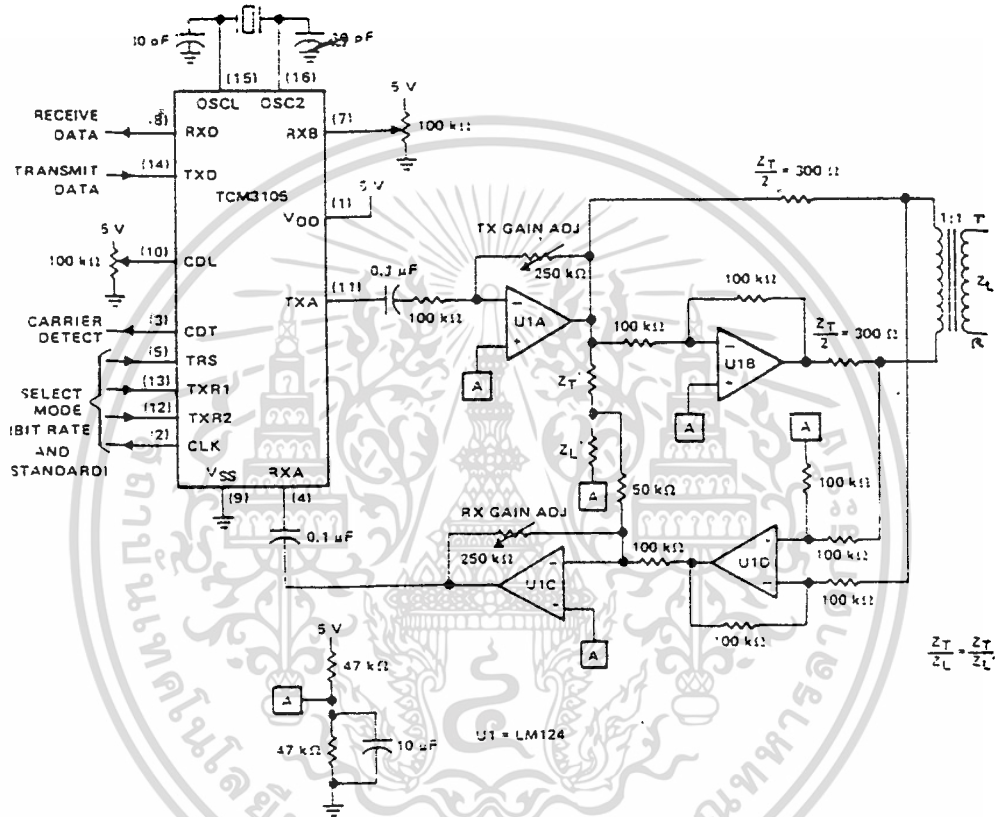


FIGURE 3. TELEPHONE LINE INTERFACE CIRCUIT

APPLICATION INFORMATION

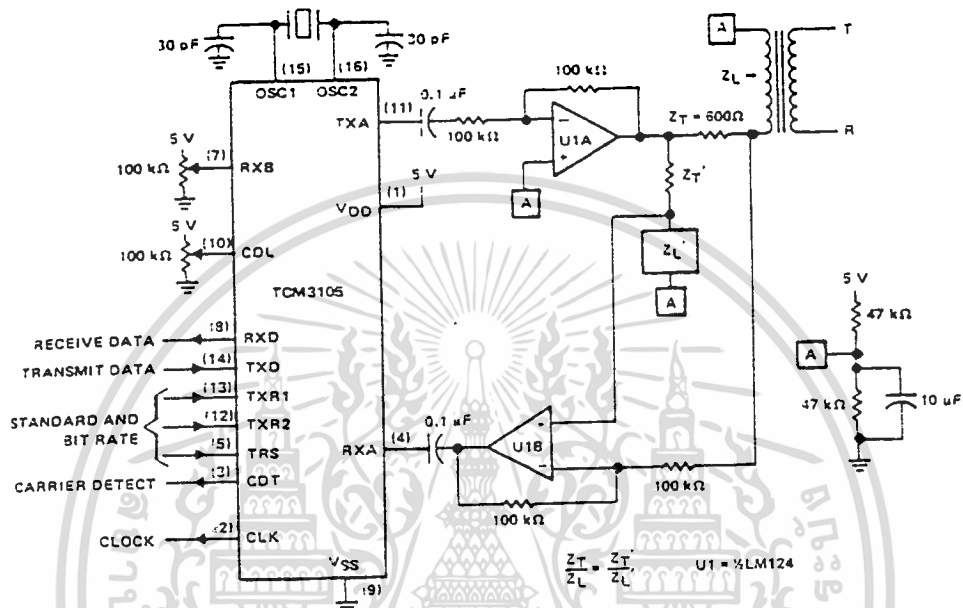
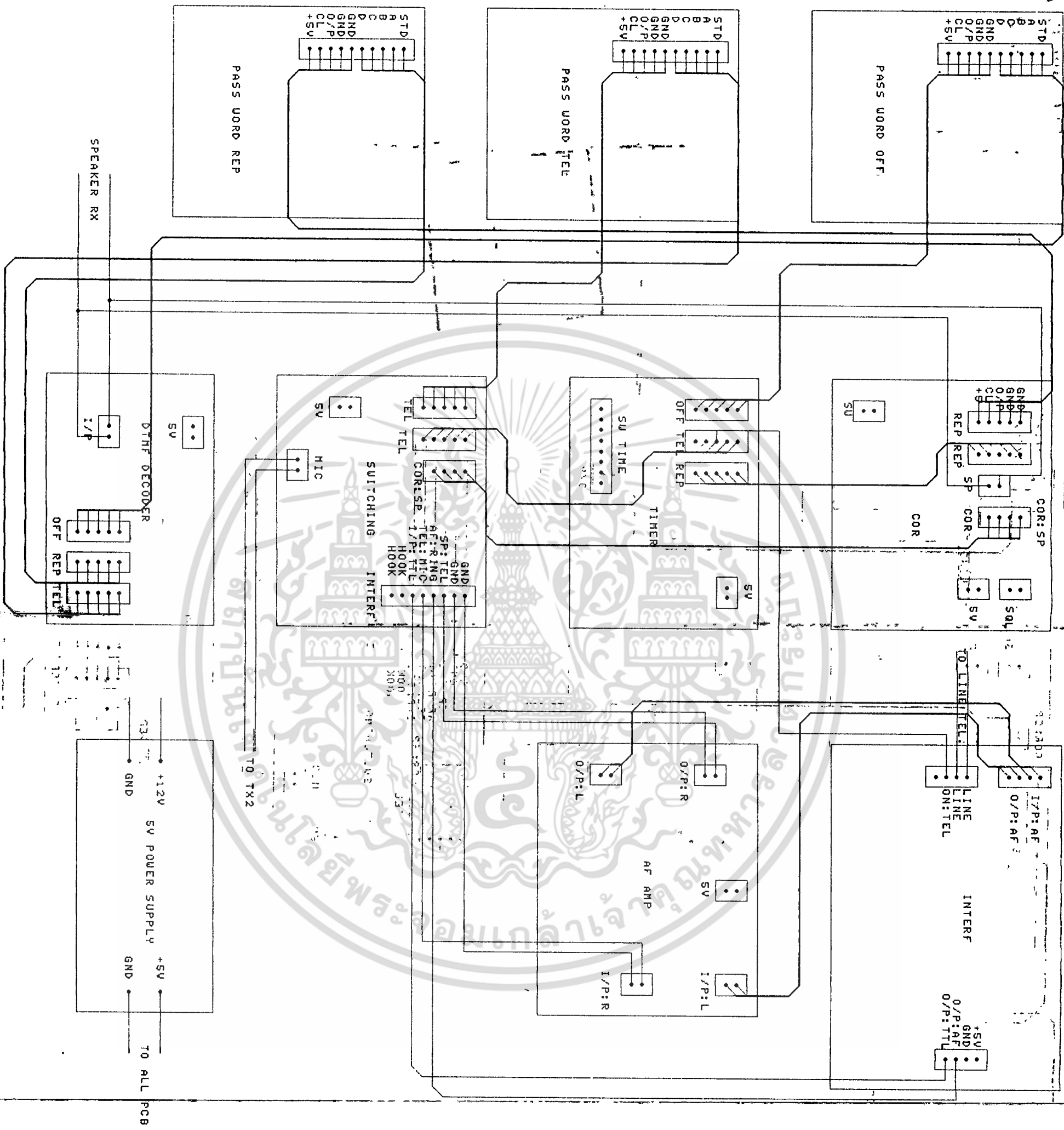


FIGURE 4. SIMPLIFIED TELEPHONE LINE INTERFACE CIRCUIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงกรณีตามสายระหว่างแม่ข่ายกับส่วนต่างๆ ในโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้