ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ แพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล

The Packet Radio and Digipeater

ชื่อนักศึกษา

1. นางสาวปัทมา	พุ่มทับทิม	รหัสประจำตัว	44035289
2. นายยุทธพงษ์	วราโภค	รหัสประจำตัว	44035298
3. นายศรัณย์	ชูคดี	รหัสประจำตัว	44035305
4. นายสันติ	นันตา	รหัสประจำตัว	44035309

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สมชาย หมื่นสายญาติ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1. อาจารย์ปิยะ	จิตธรรมมาภิรมย์	
2. อาจารย์ไพบูลย์	พวงวงศ์ตระกูล	
3. อาจารย์อมรชัย	ชัยชนะ	
4. อาจารย์พีระวุฒิ	สุวรรณจันทร์	
5. อาจารย์สมชาย	หมื่นสายญาติ	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันอังคารที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2546 เวลา 13.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 25 เดือน เม.ย. พ.ศ. 2546

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<BT4501092>
แพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

แพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล

THE PACKET RADIO AND DIGIPEATER

นางสาวปัทมา พุ่มทับทิม
นายยุทธพงษ์ วราโภค
นายศรัณย์ ชูคดี
นายสันติ นันตา

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 48363
วัน, เดือน, ปี 15 ต.ค. 2546

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

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง แพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล

The Packet Radio and Digipeater

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล
2. เพื่อออกแบบวงจรที่ใช้ในระบบแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล
3. เพื่อสร้างเครื่องแพกเกจเรดิโอโมเด็มและเครื่องทวนสัญญาณระบบดิจิตอล
4. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพระบบแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล
5. เพื่อนำระบบแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล ไปใช้เพิ่มระยะทางในการติดต่อสื่อสาร นำไปใช้กับหน่วยงานสถานีอนามัยตามชนบท ที่ห่างไกลจากสัญญาณโทรศัพท์มือถือหรือคู่สายโทรศัพท์เข้าไม่ถึงและหน่วยงานอื่นๆ ที่มีความสนใจ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจหลักการทำงานของแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล
2. ได้ระบบแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอลที่มีประสิทธิภาพ
3. ได้เครื่องต้นแบบของแพกเกจเรดิโอโมเด็มและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล
4. ทำให้การติดต่อสื่อสารในระบบแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล จะมีระยะทางในการติดต่อสื่อสารได้ไกลขึ้น
5. ได้นำระบบแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล ไปใช้เพิ่มระยะทางในการติดต่อสื่อสาร นำไปใช้กับหน่วยงานสถานีอนามัยตามชนบท ที่ห่างไกลจากสัญญาณโทรศัพท์มือถือหรือคู่สายโทรศัพท์เข้าไม่ถึงและหน่วยงานอื่นๆ ที่มีความสนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	แพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล	
นักศึกษา	นางสาวปัทมา	พุ่มทับทิม
	นายยุทธพงษ์	วราโภค
	นายศรัณย์	ชูคดี
	นายสันติ	นันตา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.สมชาย	หมื่นสายญาติ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์อมรชัย	ชัยชนะ
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม	
ปีการศึกษา	2545	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอ แพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของแพกเกจเรดิโอโมเด็มและส่วนของสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล ส่วนแรกประกอบด้วย วงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม วงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่ และวงจรแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม โดยใช้จอแสดงผลแบบผลึกเหลว ส่วนนี้จะนำสัญญาณดิจิตอลมามอดูเลตแบบ FSK เป็นสัญญาณแอนะลอกที่มีความถี่อยู่ในช่วงความถี่เสียง สัญญาณความถี่เสียงจะถูกส่งออกอากาศโดยวิทยุสื่อสาร ในส่วนแรกนี้เป็นการสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทางเครื่องรับส่งวิทยุ โดยผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 ของคอมพิวเตอร์ ข้อมูลที่ส่งออกไปจะถูกแบ่งออกเป็นแพกเกจ โดยใช้โปรโตคอล AX.25 ในส่วนที่สองซึ่งเป็นสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอลจะประกอบด้วยวงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่ วงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ และสายอากาศ ชนิด 5/8 λ แบบ 2 ชั้น ในส่วนนี้ทำหน้าที่ในการทวนสัญญาณความถี่วิทยุ บันทึกข้อความ และประมวลผล การรับส่งข้อมูลโดยผ่านสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอลมีความถูกต้อง แม่นยำ และมีประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูลมากกว่าแบบธรรมดา ทั้งนี้ระยะทางในการติดต่อสื่อสารในระบบนี้ ขึ้นอยู่กับสายอากาศและกำลังส่งของเครื่องส่งโดยระยะทางในการทดสอบสูงสุด 30 กิโลเมตร ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับสถานีอนามัยที่อยู่ห่างไกลชนบทและหน่วยงานอื่นๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	The Packet Radio and Digipeater	
Student	Miss. Pattama	Pumtubtim
	Mr. Yuttapong	Warapoke
	Mr. Saran	Choocadee
	Mr. Santi	Nanta
Advisor	Dr. Somchai	Maunsaiyat
Co-Advisor	Mr.Amornchai	Chaichana
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Telecommunication Engineering	
Academic Year	2002	

ABSTRACT

This thesis presents the Packet Radio and Digipeater. The project can be divided into two parts ; the Packet Radio Modem and the Digipeater. The first part consists of a Packet Radio Modem circuit, a source tone DTMF (Dual Tone Multi Frequency) circuit, and a LCD display of the Packet Radio Modem. In this part a digital signal will be modulated by the FSK method producing an analog signal that has the same bandwidth as a voice signal. The voice signal will be transmitted by an amateur radio equipment. The signal will be received by a receiver and demodulated to be the digital signal. In this part, data will be transmitted and received between computer terminals (using the serial port RS-232) through the amateur radio equipment. Then, data will be divided into the packets using the AX.25 protocol. The second part consists of a DTMF decoder circuit, a repeater circuit, and a 5/8λ antenna (two sections). This part will repeat, record, and process the radio signal. Data transmitted and received through the Digipeater are more correct, accurate, and efficient than the regular repeater. In this project the distance of transmitting and receiving signal, which depends on the transmitter power and the antenna gain, is approximately 30 kilometers. This project can be applied to use for communication between the health care centers in the rural area and between other agencies.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความร่วมมือของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน ขอขอบคุณ ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ และคณาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ รวมทั้งยังให้คำแนะนำ แนวความคิด ความรู้ต่างๆ แนวทางการแก้ไขปัญหาในการจัดทำปริญญานิพนธ์ ขอขอบคุณห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ และหอสมุดกลาง ซึ่งอำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการค้นคว้าข้อมูล ขอขอบคุณเจ้าของโปรแกรมรับส่งข้อมูลแพกเกจเรดิโอโมเด็มที่ให้ความอนุเคราะห์โปรแกรมมาใช้ในการทดสอบโครงงานแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล สุดท้ายที่ควรระลึกถึงอย่างยิ่ง บิดาและมารดาที่เป็นผู้ให้ความสนับสนุนด้านการศึกษาและเป็นผู้ให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และขอขอบคุณทุกๆ ท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องช่วยเหลือ ทำให้โครงงานนี้สำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	2
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 หลักการเบื้องต้นของสถานีทวนสัญญาณความถี่วิทยุ	4
2.2 หลักการเบื้องต้นของแพกเกจเรดิโอ	8
2.2.1 ทฤษฎีการสื่อสารข้อมูล	9
2.2.2 แพกเกจเรดิโอ โมเด็ม	13
2.2.3 การติดตั้งและการใช้งานแพกเกจเรดิโอ	14
2.2.4 การมอดูเลตเชิงเลขทางความถี่	16
2.2.5 มาตรฐาน RS-232C	18
2.2.6 โปรโตคอล AX.25	19
2.3 ไอซีเบอร์ MT8870 วงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่	25
2.3.1 คุณสมบัติของ MT8870	25
2.3.2 การนำ MT8870 ไปใช้งาน	26
2.3.3 หน้าที่การทำงานของ MT8870	26
2.4 ไอซีบันทึกเสียง	29
2.4.1 ไอซีบันทึกเสียง ISD25XX	29
2.4.2 คุณสมบัติของไอซีบันทึกเสียง ISD25XX	29

เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible] ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.4.3 การทำงานเบื้องต้นของไอซีบันทึกเสียง ISD25XX	31
2.4.4 การประยุกต์ใช้งานของไอซีบันทึกเสียง ISD25XX	34
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51	35
2.5.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51	35
2.5.2 โครงสร้างภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51	35
2.6 จอแสดงผลแบบผลึกเหลว	38
2.7 สายอากาศรอบตัวชนิด 5/8 λ แบบ 2 ชั้น	41
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	42
3.1 กล่าวนำ	42
3.2 วงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม	43
3.2.1 การออกแบบและการสร้าง	43
3.2.2 การทำงาน	44
3.3 วงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่	47
3.3.1 การออกแบบและการสร้าง	47
3.3.2 การทำงาน	47
3.4 วงจรแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม	49
3.4.1 การออกแบบและการสร้าง	49
3.4.2 การทำงาน	49
3.5 วงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่	51
3.5.1 การออกแบบและการสร้าง	51
3.5.2 การทำงาน	51
3.6 วงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ	54
3.6.1 การออกแบบและการสร้าง	54
3.6.2 การทำงาน	54
3.7 สายอากาศรับ – ส่งรอบตัวชนิด 5/8 λ แบบ 2 ชั้น	56
3.7.1 การออกแบบและการสร้าง	56
3.7.2 การทำงาน	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.8 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	56
3.8.1 การออกแบบและการสร้าง	56
3.8.2 การทำงาน	56
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	58
4.1 วงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม	58
4.1.1 การทดลอง	58
4.1.2 ผลการทดลอง	58
4.2 วงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่	58
4.2.1 การทดลอง	59
4.2.2 ผลการทดลอง	60
4.3 วงจรแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม	60
4.3.1 การทดลอง	60
4.3.2 ผลการทดลอง	61
4.4 วงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่	61
4.4.1 การทดลอง	61
4.4.2 ผลการทดลอง	61
4.5 วงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ	61
4.5.1 การทดลอง	61
4.5.2 ผลการทดลอง	62
4.6 สายอากาศรับ – ส่งรอบตัวชนิด 5/8 λ แบบ 2 ชั้น	63
4.6.1 การทดลอง	63
4.6.2 ผลการทดลอง	63
4.7 การทดลองระบบแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล	63
4.7.1 การทดลอง	64
4.7.2 ผลการทดลอง	65
บทที่ 5 บทสรุป	68
5.1 สรุป	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข	68
5.3 แนวทางการพัฒนา	69
บรรณานุกรม	70
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	71
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	74
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	87
ภาคผนวก ง แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม	95
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน	106
ภาคผนวก ฉ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	120
ประวัติผู้แต่ง	149

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 หน้าที่การทำงานของแต่ละขาของ DB-25 และ DB-9	19
2.2 โครงสร้างของ U-Frame และ S-Frame	20
2.3 โครงสร้างของ I-Frame	20
2.4 รูปแบบของฟิลด์ควบคุม	21
2.5 ฟิลด์ควบคุม I Frame	22
2.6 ฟิลด์ควบคุม S Frame	23
2.7 ฟิลด์ควบคุม U Frame	24
2.8 การถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่	27
2.8 (ต่อ) การถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่	28
2.9 คุณสมบัติทางไฟฟ้าที่แตกต่างของไอซีบันทึกเสียงตระกูล ISD25XX	31
2.10 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ ISD25XX	31
2.10 (ต่อ) คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ ISD25XX	32
2.11 หน้าที่พิเศษของแต่ละขาของพอร์ต P3	38
2.12 คำสั่งและเวลาที่จอแสดงผลแบบผลึกเหลวใช้ในการทำงานแต่ละคำสั่ง	40
2.12 (ต่อ) คำสั่งและเวลาที่จอแสดงผลแบบผลึกเหลวใช้ในการทำงานแต่ละคำสั่ง	41
3.1 หน้าที่การทำงานของพอร์ตอนุกรม RS-232	45
4.1 ผลการทดลองส่งสัญญาณเสียงความถี่คู่	59
4.2 ผลการทดลองการรับส่งข้อมูลโดยไม่ผ่านสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล	66
4.3 ผลการทดลองการรับส่งข้อมูลโดยส่งผ่านสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล	67
ค.1 รายการอุปกรณ์วงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม	88
ค.2 รายการอุปกรณ์วงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่	89
ค.2 (ต่อ) รายการอุปกรณ์วงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่	90
ค.3 รายการอุปกรณ์วงจรแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม	90
ค.3 (ต่อ) รายการอุปกรณ์วงจรแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม	91
ค.4 รายการอุปกรณ์วงจร ถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่	91
ค.4 (ต่อ) รายการอุปกรณ์วงจร ถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่	92
ค.5 รายการอุปกรณ์วงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ	92

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค.5 (ต่อ) รายการอุปกรณ์วงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ	93
ค.6 รายการอุปกรณ์ของวงจรแหล่งจ่ายไฟ	93
ค.6 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรแหล่งจ่ายไฟ	94

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แผนผังการทำงานของสถานีทวนสัญญาณ	4
2.2 การติดต่อสื่อสารผ่านสถานีทวนสัญญาณกรณีการส่ง	5
2.3 การติดต่อสื่อสารผ่านสถานีทวนสัญญาณกรณีการตอบ	6
2.4 การติดต่อแบบธรรมดา	6
2.5 การใช้สถานีทวนสัญญาณช่วยให้โมบายล์ติดต่อกันได้ไกลขึ้น	7
2.6 รัศมีทำการขึ้นอยู่กับความสูงของสายอากาศของเครื่องสถานีทวนสัญญาณ	7
2.7 การรับส่งข้อมูลผ่านความถี่วิทยุโดยใช้แพกเกจเรดิโอ	8
2.8 การส่งข้อมูลแบบขนาน	10
2.9 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม	11
2.10 รูปแบบการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม	12
2.11 การเรียงบิตในแต่ละเฟรมของอะซิงโครนัส	13
2.12 การรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ 2 เครื่องโดยใช้วิทยุสื่อสาร	14
2.13 การเชื่อมต่อระหว่างแพกเกจเรดิโอโมเด็มกับเครื่องวิทยุ	15
2.14 โครงสร้างของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม	15
2.15 สัญญาณข้อมูลไบนารีและสัญญาณ FSK	17
2.16 การมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK	17
2.17 แผนผังการทำงานของวงจร FSK ดีมอดูเลต	18
2.18 ขาต่างๆ ของ MT8870	26
2.19 วงจรใช้งานเบื้องต้นของ MT8870	28
2.20 ลักษณะการจัดขาใช้งานของ ISD25XX	30
2.21 วงจรการประยุกต์ใช้งานของ ISD25XX	34
2.22 การจัดตำแหน่งขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51 เบอร์ 8051	36
2.23 วงจรขับจอแสดงผลแบบผลึกเหลว	39
3.1 แผนผังการทำงานวงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม	42
3.2 แผนผังการทำงานวงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ	43
3.3 ไอซีเบอร์ TCM3101	44
3.4 วงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม	46

เอกสารนี้มีไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.5 วงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่	48
3.6 วงจรแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม	50
3.7 การต่อใช้งานของไอซี MT8870	52
3.8 วงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่	53
3.9 วงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ	55
3.10 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	57
4.1 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็มที่วัดได้	58
4.2 สถานะการทำงานของวงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็มเมื่อมีการออกอากาศ	60
4.3 สถานะการทำงานของวงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็มเมื่อไม่มีการออกอากาศ	60
4.4 สัญญาณเอาต์พุตที่ได้ของวงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ	62
4.5 การเชื่อมต่ออุปกรณ์รับส่งข้อมูลทางด้านภาคส่งและภาครับ	64
4.6 การทดสอบระบบแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล	66
ก.1 ภาพด้านหน้าของเครื่องแพกเกจเรดิโอโมเด็ม	72
ก.2 ภาพด้านข้างของเครื่องแพกเกจเรดิโอโมเด็ม	72
ก.3 ภาพด้านหน้าของเครื่องทวนสัญญาณระบบดิจิตอล	73
ก.4 ภาพด้านหลังของเครื่องทวนสัญญาณระบบดิจิตอล	73
ข.1 วงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม	75
ข.2 ลายวงจรพิมพ์วงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม	76
ข.3 การวางอุปกรณ์วงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม	76
ข.4 วงจรแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม	77
ข.5 ลายวงจรพิมพ์วงจรแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม	78
ข.6 การวางอุปกรณ์วงจรแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม	78
ข.7 วงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่	79
ข.8 ลายวงจรพิมพ์วงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่	80
ข.9 การวางอุปกรณ์วงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่	80
ข.10 วงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่	81
ข.11 ลายวงจรพิมพ์วงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่	82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.12 การวางอุปกรณ์วงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่	82
ข.13 วงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ	83
ข.14 ลายวงจรพิมพ์วงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ	84
ข.15 การวางอุปกรณ์วงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ	84
ข.16 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	85
ข.16 ลายวงจรพิมพ์วงจรแหล่งจ่ายไฟ	85
ข.17 การวางอุปกรณ์วงจรแหล่งจ่ายไฟ	86
ง.1 ผังงานโปรแกรมแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอ	96
ง.2 ผังงานโปรแกรมทวนสัญญาณความถี่วิทยุ	97
จ.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของแพกเกจเรดิโอโมเด็มทางภาครับและภาคส่ง	107
จ.2 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของเครื่องทวนสัญญาณระบบดิจิตอล	108
จ.3 การเชื่อมต่อใช้งานของแพกเกจเรดิโอโมเด็มทางด้านภาคส่งและภาครับ	109
จ.4 ไอคอนทางด้านขวามือบนหน้าจอคอมพิวเตอร์	110
จ.5 หน้าจอคอมพิวเตอร์ปรากฏไอคอนให้ทำการเลือกพอร์ต	110
จ.6 การตั้งค่าใช้งาน	111
จ.7 หน้าจอคอมพิวเตอร์จะปรากฏรูปไอคอนโมเด็มขึ้นมา	111
จ.8 หน้าต่างการใช้งานโปรแกรมรับส่งข้อมูลแพกเกจเรดิโอโมเด็ม	112
จ.9 การตั้งชื่อสถานีทางภาคส่งและภาครับ	113
จ.10 ปุ่มที่ใช้ในการเชื่อมต่อ	113
จ.11 การเชื่อมต่อถึงสถานี E2	114
จ.12 การรับส่งข้อมูลโดยใช้คีย์บอร์ดกับคีย์บอร์ด	114
จ.13 ปุ่มที่ใช้ในการส่งไฟล์ข้อมูล	115
จ.14 การส่งไฟล์ข้อมูล	115
จ.15 การเลิกการเชื่อมต่อ	116
จ.16 การรับส่งข้อมูลแพกเกจเรดิโอโดยผ่านสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล	117

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันเครื่องรับส่งวิทยุแบบมือถือย่านวีเอชเอฟความถี่ 144 ถึง 146 เมกะเฮิรตซ์ เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เพราะใช้งานง่าย มีความสะดวกคล่องตัวสูง ราคาไม่แพง และง่ายต่อการบำรุงรักษา จึงเป็นที่นิยมใช้กันในหน่วยงานราชการต่างๆ เช่น ทหาร ตำรวจ และหน่วยงานอื่นๆ

โดยปกติคลื่นวิทยุย่านวีเอชเอฟ จะเดินทางเป็นเส้นตรงหรือเรียกว่าคลื่นแบบระยะสายตา (Line of Sight) ถ้ามีสิ่งกีดขวางทิศทางการแพร่กระจายของคลื่นวิทยุทำให้คลื่นวิทยุเกิดการเบี่ยงเบนและการจางหายในที่สุด ดังนั้นระยะทางหรือรัศมีการติดต่อรับส่งวิทยุย่านวีเอชเอฟจึงถูกจำกัดโดยขึ้นอยู่กับระยะทาง ภูมิประเทศ ความสูงของสายอากาศ กำลังของเครื่องส่ง และความไวของเครื่องรับ การใช้งานจริงจำเป็นต้องมีสถานีทวนสัญญาณความถี่วิทยุเป็นศูนย์กลางในการรับส่งข้อมูลข่าวสาร เพื่อให้การรับส่งข้อมูลข่าวสารได้ระยะทางไกลขึ้นและได้ข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำ ทำให้การติดต่อสื่อสารสะดวกและคล่องตัวมากขึ้น ไม่จำเป็นต้องมีเจ้าหน้าที่ประจำสถานีทวนสัญญาณอยู่ตลอดเวลา

สำหรับโครงงานแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอลเป็นสถานีตัวกลางที่ช่วยถ่ายทอดสัญญาณให้ระหว่างสถานีสองสถานีที่ไม่สามารถทำการติดต่อกันได้โดยตรง โดยผ่านคลื่นวิทยุย่านความถี่วีเอชเอฟ สามารถเรียกติดต่อสื่อสารสำหรับวิทยุมือถือในระยะทางที่ไกลๆ ภายในรัศมีของสถานีทวนสัญญาณความถี่วิทยุแล้วไม่สามารถติดต่อกันได้ สถานีทวนสัญญาณสามารถทำการติดต่อเรียกซ้ำได้ สามารถรับฝากข้อความได้ ทำให้บริเวณที่อยู่ห่างไกลจากสัญญาณโทรศัพท์มือถือหรือบริเวณที่คู่สายเข้าไม่ถึงไม่พลาดจากการติดต่อ โดยติดต่อสื่อสารผ่านสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล เพื่อให้ระบบมีความสมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น จึงได้เพิ่มเติมในส่วนของแพกเกจเรดิโอ ซึ่งข้อมูลที่ส่งออกไปจะถูกแบ่งออกเป็นแพกเกจ โดยโปรโตคอล AX.25 แพกเกจเรดิโอเป็นเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลแบบดิจิตอล นิยมใช้งานสำหรับนักวิทยุสมัครเล่นโดยอาศัยการสื่อสารข้อมูลจากคอมพิวเตอร์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเทียบได้กับการนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาเชื่อมต่อกับโมเด็ม เพื่อใช้โมเด็มเป็นตัวกลางในการแปลงสัญญาณดิจิตอล ทำให้การติดต่อสื่อสารข้อมูลผ่านความถี่วิทยุได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีขีดความสามารถดังนี้

1. สามารถรับส่งไฟล์ข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์โดยผ่านคลื่นวิทยุได้
2. สามารถสั่งเปิด – ปิดระบบสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอลโดยผ่านคลื่นวิทยุได้
3. สามารถเพิ่มระยะทางในการติดต่อสื่อสารได้ไกลสูงสุด 30 กิโลเมตร
4. สามารถใช้งานร่วมกับโหนดอื่นที่ใช้โปรโตคอลเดียวกันได้
5. สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานร่วมกับนักวิทยุสมัครเล่นหรือหน่วยงานที่มีความสนใจได้

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ ขีดความสามารถของโครงงานและเนื้อหาในบทต่าง ๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการจะประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้คือ หลักการเบื้องต้นของสถานีทวนสัญญาณ หลักการเบื้องต้นของแพกเกจเรดิโอ วงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่ ไอซีบันทึกเสียง ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51 จอแสดงผลแบบผลึกเหลว และสายอากาศรอบตัวชนิด 5/8 λ แบบ 2 ชั้น

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน กล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับวงจรต่างๆ และการทำงานของวงจรต่างๆ ได้แก่ วงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม วงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่ วงจรแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม วงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่ วงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุสายอากาศรับ-ส่งรอบตัวชนิด 5/8 λ แบบ 2 ชั้น และวงจรแหล่งจ่ายไฟ

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลองประกอบด้วย การทดลองและผลการทดลองวงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม วงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่ วงจรแสดงแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม วงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่ วงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุสายอากาศรับ-ส่งรอบตัวชนิด 5/8 λ แบบ 2 ชั้น และการทดลองระบบแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลในการจัดทำโครงงานแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางที่ใช้ในการแก้ไขปัญหา รวมทั้งแนวทางการพัฒนา

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก แสดงภาพเครื่องต้นแบบ การติดตั้ง การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ขณะใช้งานจริง

ภาคผนวก ข ประกอบด้วยผังรายละเอียดวงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค แสดงรายการอุปกรณ์ที่ใช้งานในแต่ละวงจร

ภาคผนวก ง แสดงแผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรมทั้งหมดที่ทำการสร้างขึ้นเพื่อประกอบการทำงานของโครงงาน

ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งานแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล

ภาคผนวก ฉ แสดงรายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่สำคัญที่ใช้ในโครงงาน

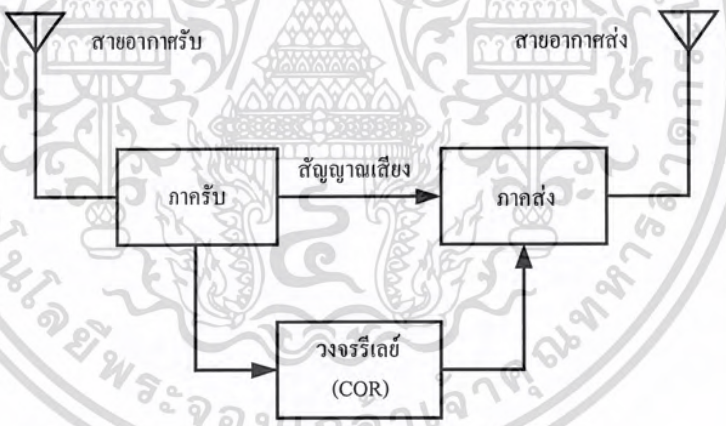
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 หลักการเบื้องต้นของสถานีทวนสัญญาณความถี่วิทยุ

ระบบสถานีทวนสัญญาณความถี่วิทยุ คือ สถานีกลางที่ช่วยถ่ายทอดสัญญาณให้ระหว่างสถานีสองสถานีที่ไม่สามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยตรง ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเป็นระบบอัตโนมัติ เช่น คู่สถานีที่เครื่องรับส่งวิทยุแบบมือถือหรือแบบติดรถยนต์ ซึ่งสามารถเพิ่มขีดความสามารถในการติดต่อสื่อสารโดยใช้สถานีทวนสัญญาณเป็นตัวกลางในการถ่ายทอดสัญญาณ ให้มีระดับความแรงสูงขึ้น เพื่อช่วยขยายรัศมีของสัญญาณให้สามารถติดต่อสื่อสารได้ในระยะทางที่ไกลขึ้น เช่น ลักษณะภูมิศาสตร์ที่ไม่เหมาะสมกับการติดต่อสื่อสารโดยใช้วิทยุสื่อสารหรือในพื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวางการเดินทางของคลื่นวิทยุ ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการติดต่อสื่อสาร



รูปที่ 2.1 แผนผังการทำงานของสถานีทวนสัญญาณเบื้องต้น

สถานีทวนสัญญาณประกอบด้วยเครื่องรับและเครื่องส่งต่อกันดังรูปที่ 2.1 เมื่อเครื่องรับทำการรับคลื่นวิทยุเข้ามา ภาครีเลย์จะทำงานและเมื่อทำการกดปุ่มส่งออกอากาศ เครื่องส่งจะส่งคลื่นวิทยุออกไป

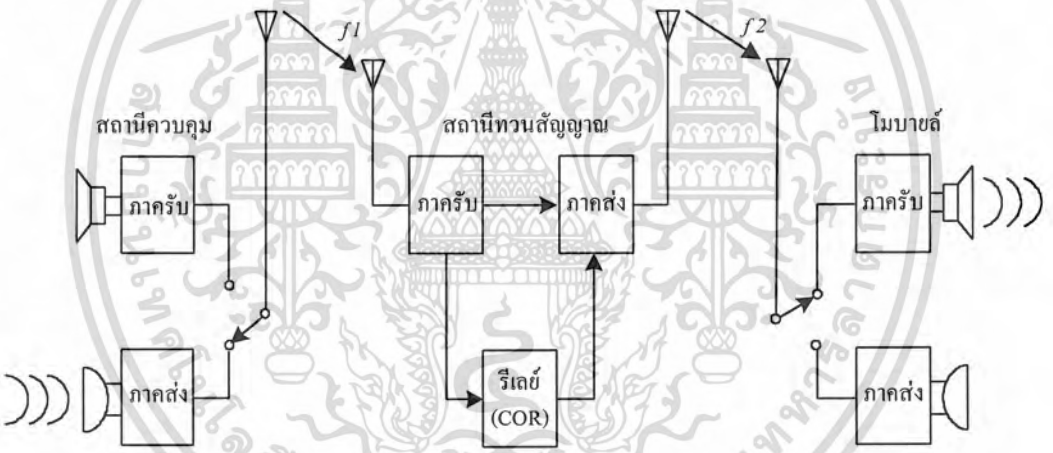
เมื่อเครื่องรับวิทยุรับคลื่นไม่ได้ เครื่องส่งก็จะหยุดทำงาน ซึ่งความถี่ของเครื่องรับและเครื่องส่งจะต้องอยู่ห่างกันพอสมควร เพื่อป้องกันคลื่นแปลกปลอมจากเครื่องส่งย้อนกลับไปยังเครื่องรับ จะมีผลทำให้สถานีทวนสัญญาณทำงานที่สภาวะเดิมตลอดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปัจจุบันวงจรรีเลย์ที่ทำงานด้วยพาหะ (Carrier Operated Relay : COR) จะเป็นสวิตซ์แบบอิเล็กทรอนิกส์ นิยมเรียกชื่อย่อว่า COR

COR มีชื่อเรียกหลายชื่อเช่น Squelch Relay, Squelch Operated Relay หรือ Signal Operating Relay เป็นวงจรควบคุมให้สถานีทวนสัญญาณทำงานโดยอัตโนมัติ โดยใช้แรงดันในภาครับ ซึ่งเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ในช่วง Squelch มาใช้ในการควบคุมภาคส่งให้ทำงานในเวลาเดียวกันกับที่ภาครับๆ สัญญาณเข้ามา

นอกจากนี้ สถานีทวนสัญญาณจะมีวงจรถอดรหัสแบบพิเศษ เพื่อตรวจสอบว่าสัญญาณที่รับได้มีรหัสความถี่เสียงที่ถูกต้องส่งมาหรือไม่ ถ้าหากไม่ใช่รหัสที่ถูกต้องเครื่องส่งจะไม่ทำงาน วิธีตรวจสอบความถี่เสียงเพื่อช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการรบกวนจากคลื่นแปลกปลอมและจำกัดเฉพาะผู้ที่ส่งรหัสความถี่เสียงที่ถูกต้องเท่านั้น

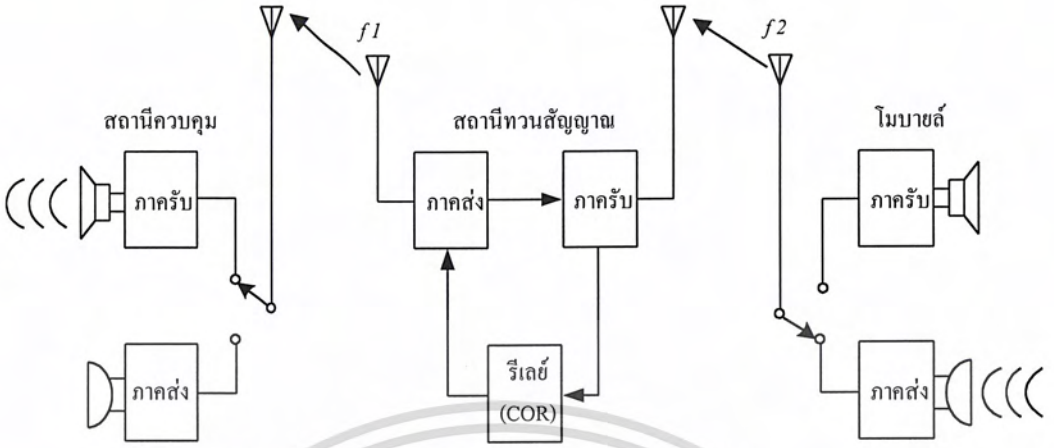


รูปที่ 2.2 การติดต่อสื่อสารผ่านสถานีทวนสัญญาณกรณีการส่ง

ในการกดปุ่มเครื่องส่งวิทยุของสถานีทวนสัญญาณ นอกจากจะต้องตรวจสอบความถี่เสียงเครื่องทวนสัญญาณที่ดีจะต้องควบคุมเวลาในการกดปุ่มด้วย เช่น ยืดเวลากดปุ่มให้นานขึ้น เพื่อป้องกันและช่วยในกรณีที่สถานีทวนสัญญาณรับสัญญาณที่อ่อนหรือจางหาย และจำกัดเวลากดปุ่มส่งไม่ให้นานเกินไป เพื่อให้สถานีทวนสัญญาณว่างและป้องกันเครื่องส่งทำงานหนักเกินไป

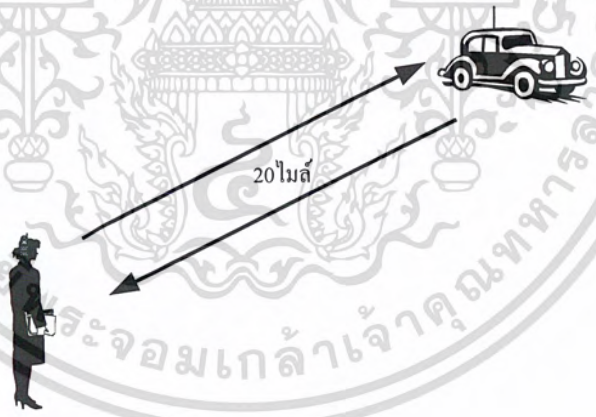
สถานีทวนสัญญาณในรูปที่ 2.3 จะทำงานแบบซิมเพล็กซ์ 2 ความถี่ คือ รับความถี่ $f1$ แล้วส่งออกด้วยความถี่ $f2$ ในที่นี้สถานีทวนสัญญาณจะรับสัญญาณที่ออกมาจากเครื่องวิทยุแบบประจำรถยนต์หรือประจำศูนย์ แล้วกดปุ่มเครื่องส่งให้ส่งสัญญาณออกไปในกรณีเช่นนี้ การติดต่อสื่อสารต้องผ่านสถานีทวนสัญญาณเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



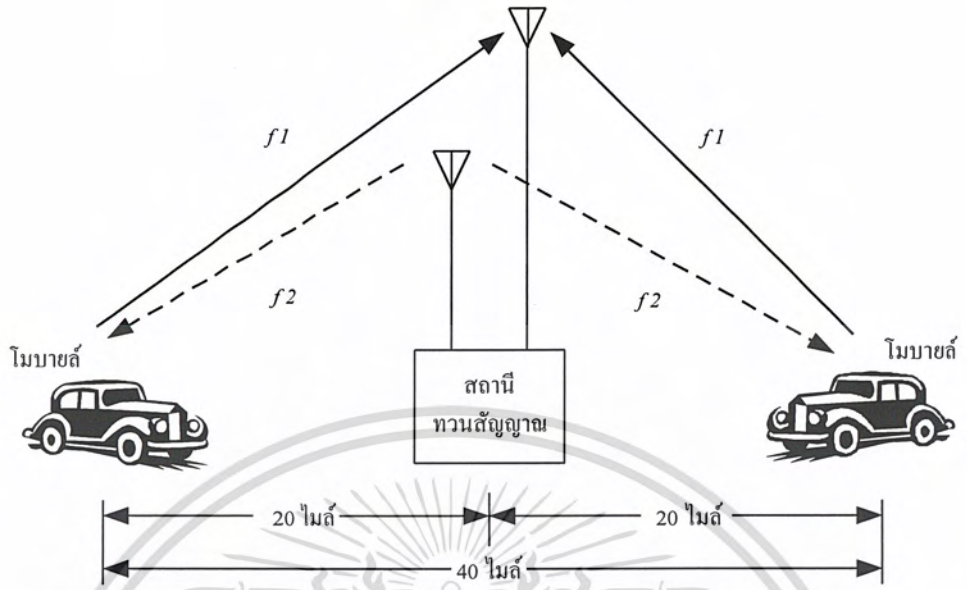
รูปที่ 2.3 การติดต่อสื่อสารผ่านสถานีทวนสัญญาณกรณีการตอบรับ

รูปที่ 2.4 เป็นการติดต่อแบบธรรมดา ส่วนในรูปที่ 2.5 เป็นการใช้สถานีทวนสัญญาณ ซึ่งช่วยขยายรัศมีทำการให้โมบายล์ติดต่อกันได้ไกลมากขึ้น



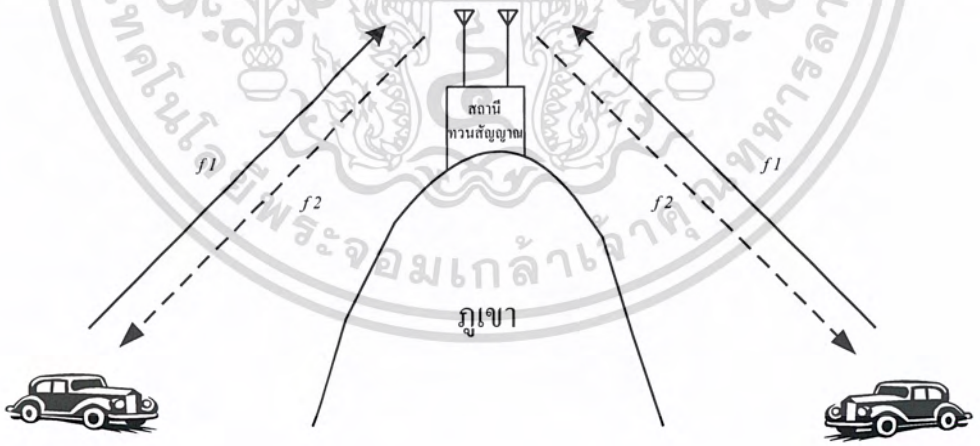
รูปที่ 2.4 การติดต่อแบบธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 การใช้สถานีทวนสัญญาณช่วยให้โมบายล์ติดต่อกันได้ไกลขึ้น

ในกรณีที่เราติดตั้งสายอากาศของสถานีทวนสัญญาณให้สูงขึ้น เช่น บนภูเขา จะยิ่งช่วยให้สามารถครอบคลุมพื้นที่ใช้งานได้กว้างขวางขึ้น ดังรูปที่ 2.6

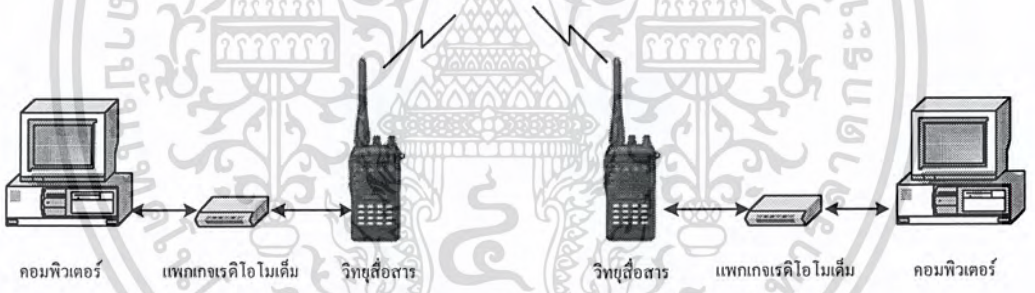


รูปที่ 2.6 รัศมีทำการขึ้นอยู่กับความสูงของสายอากาศของสถานีทวนสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 หลักการเบื้องต้นของแพกเกจเรดิโอ

แพกเกจเรดิโอ (Packet radio) เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลแบบดิจิตอล นิยมใช้งานสำหรับนักวิทยุสมัครเล่น โดยอาศัยการสื่อสารข้อมูลจากคอมพิวเตอร์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเทียบได้กับการนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาเชื่อมต่อกับโมเด็ม เพื่อใช้โมเด็มเป็นตัวกลางในการแปลงสัญญาณดิจิตอลจากเครื่องคอมพิวเตอร์มาเป็นสัญญาณแอนะลอกก่อนที่จะส่งผ่านไปยังคู่สายโทรศัพท์ แต่สำหรับแพกเกจเรดิโอคู่สายโทรศัพท์ถูกแทนด้วยเครื่องรับวิทยุ ซึ่งรับสัญญาณคลื่นความถี่สูงในย่านวีเอชเอฟหรือยูเอชเอฟ อุปกรณ์โมเด็มก็ถูกแทนที่ด้วยอุปกรณ์เชื่อมต่อชนิดหนึ่ง มีชื่อเรียกว่า Terminal Node Controller : TNC หรือเรียกอีกชื่อว่า แพกเกจเรดิโอโมเด็ม การสื่อสารแบบแพกเกจเรดิโอเป็นการนำข้อมูลไบนารีจากเครื่องคอมพิวเตอร์มาทำการมอดูเลตก่อนที่จะส่งไปออกอากาศผ่านทางเครื่องรับส่งวิทยุ ไปยังสถานีรับปลายทาง โดยข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์จะถูกนำมาแบ่งเป็นกลุ่มอาจเป็นกลุ่มละ 256 ไบต์เป็นต้น ก่อนที่จะนำไปส่งออกอากาศเรียกกลุ่มข้อมูลเหล่านี้ว่า แพกเกจ



รูปที่ 2.7 การรับส่งข้อมูลผ่านความถี่วิทยุโดยใช้แพกเกจเรดิโอโมเด็ม

1) อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบแพกเกจเรดิโอ

1.1) เครื่องวิทยุรับส่ง สามารถใช้ได้กับเครื่องวิทยุรับส่งทุกรุ่น ทุกยี่ห้อ แบบมือถือติดรถยนต์หรือประจำสถานี ซึ่งจะต้องมีช่องสำหรับต่อไมโครโฟนและลำโพง สามารถใช้งานได้กับทุกความถี่

1.2) เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถใช้ได้กับทุกรุ่น ตั้งแต่ 80286 ขึ้นไปหากเป็นรุ่นเก่าเกินไป ก็จะมีข้อจำกัดในการทำงาน บางตัวอาจไม่สามารถใช้กับเครื่องเก่าได้และถ้าเป็นไฟล์รูปภาพ ก็ไม่สามารถที่จะเรียกดูได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) คุณสมสมบัติแพกเกจเรดิโอ

2.1) เก็บและบันทึกข้อมูลข่าวสารได้ แม้ไม่มีใครอยู่หน้าเครื่องวิทยุ

2.2) เรียกดูข่าวสารได้ตลอดเวลา

2.3) รับส่งข้อมูลได้ทั้งตัวอักษรภาพ และไบนารี่ไฟล์

2.4) ทำงานแบบ (Error Free) มีระบบตรวจเช็คข้อมูลๆ ที่ได้เป็นข้อมูลที่ตรงกับผู้ส่ง

2.5) เครื่องแพกเกจเรดิโอโมเด็ม จะมีระบบกล่องข้อความรับฝากจดหมาย โดยไม่จำเป็นต้องเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ทิ้งไว้ตลอดเวลา

2.6) มีระบบสถานีถ่ายทอดข้อมูล (Digipeater) ทำให้ติดต่อสื่อสารได้ไกลยิ่งขึ้น

2.7) ทำเป็นระบบเครือข่ายและศูนย์ข้อมูลได้ (Packet Bulletin Board System : PBBS)

2.8) พิมพ์ข้อมูลออกทางเครื่องได้

2.9) ใช้งานได้หลายคู่สถานีในช่องความถี่เดียวกัน เนื่องจากทำงานแบบ CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

2.10) ใช้กับเครื่องวิทยุรับส่งได้ทุกรุ่น

2.11) ในสภาวะที่มีการรบกวนสูง แพกเกจเรดิโอมีโอกาสติดต่อกันได้สูงกว่า

2.2.1 ทฤษฎีการสื่อสารข้อมูล

การสื่อสารข้อมูลเป็นการส่งข่าวสารดิจิตอล (Digital Information) ซึ่งโดยมากอยู่ในรูปของเลขฐานสองจากแหล่งกำเนิดไปยังจุดหมายปลายทาง ข้อมูลจากแหล่งกำเนิด จะอยู่ในลักษณะสัญญาณดิจิตอลและข้อมูลที่รับได้จะอยู่ในลักษณะสัญญาณดิจิตอลเช่นกัน ถึงแม้ว่าข้อมูลสามารถส่งได้ในลักษณะสัญญาณแอนะลอกหรือสัญญาณดิจิตอลก็ตาม ข่าวสารจากแหล่งกำเนิดอาจจะเป็นรหัสของตัวอักษร ตัวเลข หรือเครื่องหมายที่อยู่ในเลขฐานสอง เช่น รหัส ASCII หรือรหัส EBCDIC รหัสของไมโครโปรเซสเซอร์ รหัสที่อยู่ของผู้ใช้ (User Address) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ข่าวสารฐานข้อมูล (Data Base Information)

โครงข่ายการสื่อสารข้อมูล (Data Communication Network) แบบง่ายๆ เช่น การเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือไมโครคอมพิวเตอร์ 2 เครื่องในระยะทางใกล้ๆ ด้วยสายธรรมดาเข้าด้วยกันโดยตรง แต่ถ้าเป็นระยะทางไกลอาจจะต้องใช้สายโทรศัพท์แทนหรือถ้าจะให้เป็นโครงข่ายการสื่อสารข้อมูลที่ยุ่งยาก อาจประกอบด้วยคอมพิวเตอร์เมนเฟรม (Mainframe Computer) หนึ่งเครื่องหรือมากกว่า กับอุปกรณ์ปลายทางข้อมูลเป็นจำนวนร้อยๆ เครื่อง

1) วิธีการถ่ายโอนข้อมูลมีอยู่ 2 ประเภท

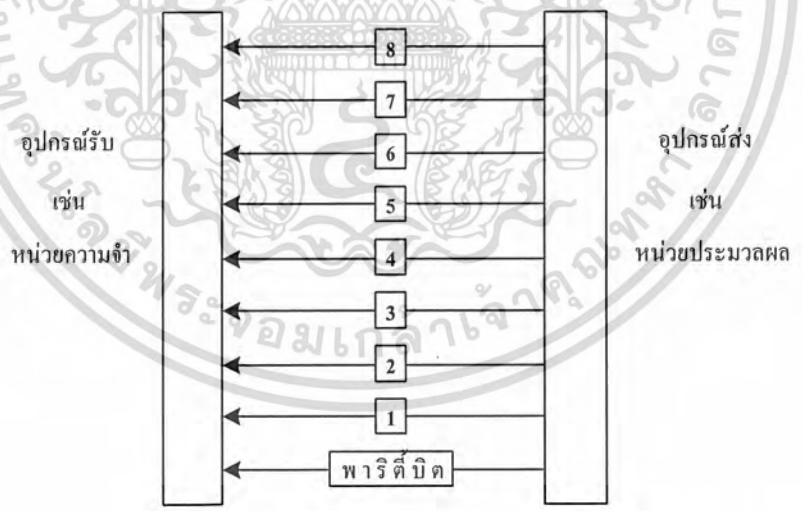
1.1) การถ่ายโอนข้อมูลแบบขนาน ลักษณะการส่งข้อมูลแบบขนาน ทำได้โดยการส่งข้อมูลออกมาทีละ1 ไบต์ จากอุปกรณ์ส่งไปยังอุปกรณ์รับ ตัวกลางระหว่าง 2 เครื่องจะต้องมีช่องทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ข้อมูลเดินทางอย่างน้อย 8 ช่องทาง โดยมากจะเป็นสายขนานถ้ากระแสไฟฟ้าวิ่งมากจะเป็นตัวกลางชนิดอื่น เนื่องจากมีการลดทอนของสัญญาณมาจากความต้านทานของสาย

ระยะทางระหว่างเครื่องจึงไม่ควรเกิน 100 ฟุต นอกจากสายที่เป็นทางเดินของข้อมูลแล้วอาจจะมีทางเดินของสัญญาณควบคุมอื่นๆ อีกเป็นต้นว่าบิตที่บอกพาริตี้ของสัญญาณ เพื่อเป็นการตรวจสอบความผิดพลาดของการรับสัญญาณที่ปลายทางหรือสายที่ควบคุมการโต้ตอบ (Hand Shake) จะเห็นว่าการส่งแบบขนานส่วนมากจะทำในระยะทางใกล้ๆ เนื่องจากจะต้องมีช่องทางเดินของสัญญาณมากกว่า 8 ช่องทางและอุปกรณ์ที่ติดต่อแบบขนานกับคอมพิวเตอร์ได้แก่เครื่องพิมพ์

1.2) การถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรม ในการถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรม ข้อมูลจะถูกส่งออกมาทีละบิตระหว่างจุดส่งและจุดรับ การส่งข้อมูลแบบนี้จะช้ากว่าแบบขนาน แต่สาเหตุที่มีการนิยมใช้การส่งแบบนี้ก็เพราะตัวกลางที่ใช้ในการสื่อสารแบบนี้ต้องการเพียงช่องทางเดียวหรือสารเพียงคู่เดียว ทำให้ค่าใช้จ่ายในเรื่องของสื่อกลางถูกกว่าแบบขนาน สำหรับการส่งระยะทางไกลๆ โดยเฉพาะเมื่อเรามีระบบการสื่อสารทางโทรศัพท์ไว้ใช้งานอยู่แล้วย่อมจะเป็นการสะดวกที่จะนำมาใช้ถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรมได้



รูปที่ 2.8 การส่งข้อมูลแบบขนาน

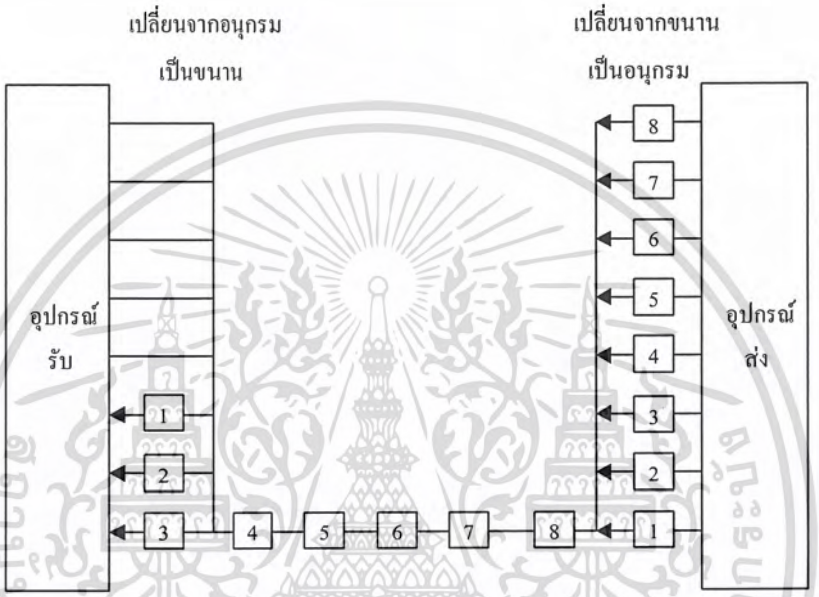
จากรูปที่ 2.9 แสดงการส่งข้อมูลแบบอนุกรม ข้อมูลจากจุดส่งจะถูกเปลี่ยนให้เป็นอนุกรมก่อนแล้วค่อยทยอยส่งออกไปทีละบิตไปยังจุดรับ ที่จุดรับจะต้องมีกลไกในการเปลี่ยนข้อมูลที่ส่งมาทีละบิต ให้เป็นสัญญาณแบบขนานซึ่งลงตัวพอดี โดยบิต 1 ลงที่ Data Bus เส้นที่ 1 พอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแปลงสัญญาณจากอนุกรมทีละบิตให้ลงพอดี จำเป็นต้องมีกลไกที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการผิดพลาดในการรับกลไกจะแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1) การสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous)

2) การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)



รูปที่ 2.9 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

2) รูปแบบของการสื่อสารแบบอนุกรม

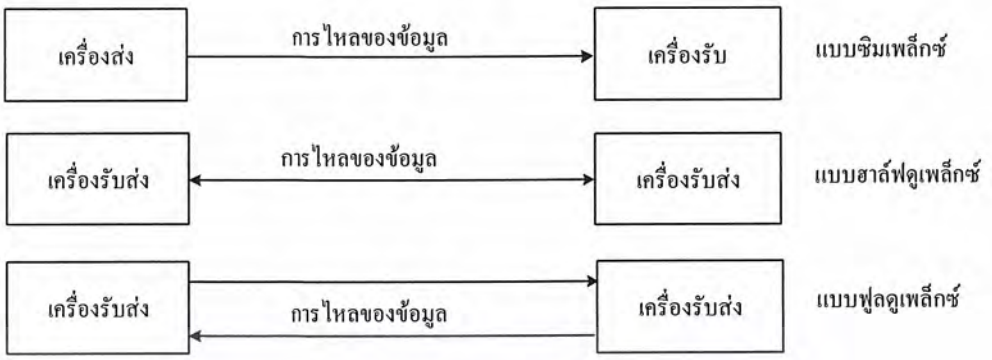
การติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมแบ่งได้ 3 แบบ คือ

2.1) แบบซิมเพล็กซ์ (Simplex) ข้อมูลจะส่งได้ในทิศทางเดียวเท่านั้น บางครั้งก็เรียกว่าการส่งทิศทางเดียว (Undirectional Data Bus) ในการสื่อสารแบบนี้อุปกรณ์สื่อสารด้านหนึ่ง จะส่งข้อมูลไปในช่องสัญญาณได้เท่านั้น

2.2) แบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half Duplex) หมายถึงการสื่อสารข้อมูลใน 2 ทิศทาง แต่ในช่วงเวลาหนึ่งได้เพียงทิศทางเดียวเท่านั้น อุปกรณ์สื่อสารทั้ง 2 ด้านจะผลัดกันรับผลัดกันส่ง การสื่อสารแบบนี้ส่วนใหญ่แล้วจะใช้ระบบสาย 2 เส้น

2.3) แบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) หมายถึง การสื่อสารข้อมูลแบบ 2 ทิศทางพร้อมกัน สามารถใช้ได้ทั้งระบบสาย 2 เส้นและสาย 4 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 รูปแบบการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

3) ความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรม

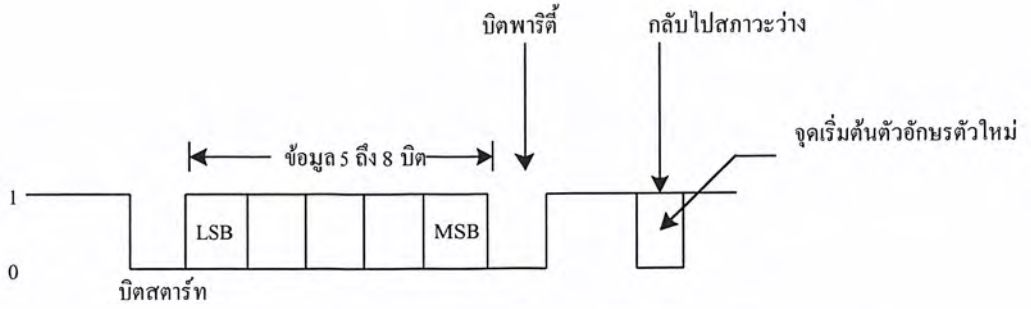
ความเร็วของการถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรม หน่วยวัดเป็นบิตต่อวินาที (bps) หน่วยที่บรรยายถึงการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณใน 1 วินาที เรียกว่า บอดเรต (baud rate) หรืออัตราบอด เขียนสมการทางคณิตศาสตร์จะได้เป็น

$$\text{อัตราบิต (Bit rate)} = \text{อัตราบอด (Baud rate)} \times \text{บิตใน 1 บอด} \quad (2.1)$$

4) การส่งแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Transmission)

การส่งแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) พัฒนามาจากการส่งโทรพิมพ์ในสมัยก่อน สัญญาณอะซิงโครนัสจะประกอบด้วยบิตเริ่มต้นหรือบิตสตาร์ท (Start Bit) และบิตสิ้นสุดหรือบิตสต็อป (Stop Bit) ขณะที่สถานะส่งเป็นแบบว่าง (Idle) คือยังไม่มีสัญญาณส่งออกมาจะมีสัญญาณหรือมีแรงดันตลอดเวลา เมื่อเริ่มส่งข้อมูลสัญญาณของอะซิงโครนัส จะเป็น “0” หนึ่งช่วงสัญญาณนาฬิกา บิตนี้เรียกว่า สตาร์ทบิตตามหลังของสตาร์ทบิตก็จะเป็นข้อมูลสำหรับ 1 ตัวอักษร ซึ่งอาจจะมีขนาดตั้งแต่ 5 บิต จนถึง 8 บิต โดยบิตที่มีค่าน้อยที่สุด (LSB) จะถูกส่งออกมาก่อนไปจนถึงบิตที่มีค่ามากที่สุด (MSB) การเข้ารหัสอักขระนิยมใช้รหัส ASCII แรกเริ่มในงานของโทรพิมพ์ใช้รหัส Baudot ซึ่งใช้ 5 บิต ในการแทนอักขระ 1 ตัว ตามหลังข้อมูลจะเป็นพาริตี้บิตโดยพาริตี้บิตทำหน้าที่เป็นตัวตรวจสอบความถูกต้องของสัญญาณที่ได้รับ อาจเป็นแบบคู่ (Even) หรือเป็นแบบคี่ (Odd) ถ้าเป็นแบบพาริตี้คู่ จำนวนบิตที่เป็น 1 ในช่วงบิตข้อมูลกับพาริตี้รวมแล้วจะต้องเป็นจำนวนคู่ ผู้ส่งจะต้องทำหน้าที่ตรวจสอบข้อมูลแล้วใส่พาริตี้เอง ฝ่ายรับเมื่อรับแล้วก็จะต้องตรวจสอบว่าเป็นจริงดังสถานะการณ์ที่ตั้งเอาไว้หรือไม่ จะต้องผิดพลาดเป็นจำนวนคี่เท่านั้น คือผิดไป 1 บิต, 3 บิต หรือ 5 บิต พร้อมกันจึงจะตรวจสอบได้ว่าผิด ซึ่งโอกาสที่จะผิดพลาด 2 บิตพร้อมกันมีน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 การเรียงบิตในแต่ละเฟรมของอะซิงโครนัส

2.2.2 แพกเกจเรดิโอโมเด็ม (Packet Radio Modem)

โมเด็มเป็นการมอดูเลต เพื่อทำการแปลงข้อมูลดิจิตอลซึ่งอยู่ในรูปแบบการสื่อสารแบบอนุกรม ไปเป็นสัญญาณพาหะความถี่แอนะลอก เพื่อส่งไปในสายโทรศัพท์ ส่วนดีมอดูเลตเป็นพาหะความถี่แอนะลอกแล้ว เข้ามาแปลงสัญญาณแอนะลอก ให้เป็นข้อมูลดิจิตอล ซึ่งลักษณะที่เป็นตัวแทนของสัญญาณข้อมูลดิจิตอล จะเป็นลำดับการสุ่มของพัลซ์ และมีความต่อเนื่องของ Power Spectrum และ Spectrum เหล่านี้ถูกขยายเวลาออกไปจนมีความถี่ที่ศูนย์ ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุที่ไม่สามารถส่งข้อมูลดิจิตอลผ่านไปทางสายโทรศัพท์ได้ เพราะความถี่ที่ใช้ในการสื่อสารผ่านเครือข่ายสายโทรศัพท์จะต้องมีความถี่อยู่ระหว่าง 300 เฮิรตซ์ถึง 3400 เฮิรตซ์ โมเด็มสามารถแบ่งออกได้หลายประเภท โดยแบ่งตามความเร็วและตามวิธีการมอดูเลต โดยโมเด็มความเร็วต่ำ (ไม่เกิน 1,200 บิตต่อวินาที) จะอาศัยเทคนิคการมอดูเลตแบบ FSK โมเด็มความเร็วปานกลาง (1,200 ถึง 2,400 บิตต่อวินาที) อาศัยเทคนิคการมอดูเลตแบบ PSK หรือบางทีอาจใช้แบบ QAM โมเด็มความเร็วสูงจะทำการมอดูเลตแบบ QAM

1) แพกเกจเรดิโอโมเด็ม

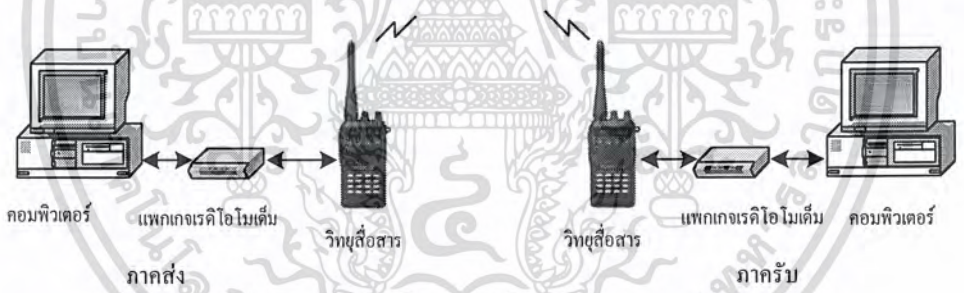
แพกเกจเรดิโอโมเด็มหรือเรียกอีกอย่างว่า TNC (Terminal Node Controller) เป็นอุปกรณ์แพกเกจเรดิโอที่พัฒนามาจากโมเด็ม ทำหน้าที่เป็นตัวกลางแปลงตัวอักษรหรือภาพ เป็นสัญญาณเสียงออกไปทางวิทยุรับส่ง ขณะเดียวกันก็แปลงสัญญาณเสียงจากวิทยุรับส่งเป็นตัวอักษรหรือภาพปรากฏบนจอคอมพิวเตอร์ ความเร็วในการรับส่ง ตั้งแต่ 300 bps ขึ้นไป ย่านความถี่เอชเอฟใช้ความเร็ว 300 bps ย่านความถี่วีเอชเอฟและยูเอชเอฟใช้ความเร็ว 1,200 bps หากต้องการใช้งานความเร็วสูงกว่านี้ เช่น 9,600 bps ถ้าเป็นเครื่องวิทยุรับส่งรุ่นเก่า อาจจำเป็นต้องปรับแต่งอุปกรณ์ภายในเครื่องวิทยุรับส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) หลักการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

แพกเกจเรดิโอโมเด็มเป็นระบบการติดต่อสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งไปยังคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่ง โดยมีวงจรแปลงข้อมูลและเชื่อมต่อเช่นเดียวกับโมเด็ม สามารถรับส่งข้อมูลผ่านทางวิทยุสื่อสารโดยกระจายคลื่นวิทยุออกอากาศ ดังนั้นระยะทางจึงขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ประสิทธิภาพของระบบทั้งหมด กำลังส่ง สภาพอากาศ และสภาพภูมิประเทศเป็นต้น

วงจรสมบูรณ์ของแพกเกจเรดิโอแสดงดังรูปที่ 2.12 ส่วนของโมเด็มคือ ทำการแปลงสัญญาณดิจิตอลจากคอมพิวเตอร์ที่ทำการส่งออกทางพอร์ตอนุกรม RS-232 ให้เป็นสัญญาณแบบแอนะลอก แล้วส่งออกไปยังเครื่องวิทยุสื่อสาร ทำการมอดูเลตกับคลื่นพาหะ ซึ่งเป็นคลื่นวิทยุความถี่สูงส่งออกอากาศที่ความถี่ใดความถี่หนึ่ง ในขณะเดียวกันเครื่องรับวิทยุอีกเครื่องหนึ่งที่ตั้งช่องความถี่ไว้ช่องเดียวกันก็จะทำการรับสัญญาณที่ส่งมา จากนั้นจึงถอดสัญญาณจากคลื่นวิทยุความถี่สูงเป็นสัญญาณแอนะลอกอีกครั้ง แล้วจึงป้อนเข้าสู่แพกเกจเรดิโอโมเด็ม เพื่อแปลงจากสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลป้อนเข้าสู่คอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 เพื่อประมวลผลข้อมูลต่อไป



รูปที่ 2.12 การรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ 2 เครื่องโดยใช้วิทยุสื่อสาร

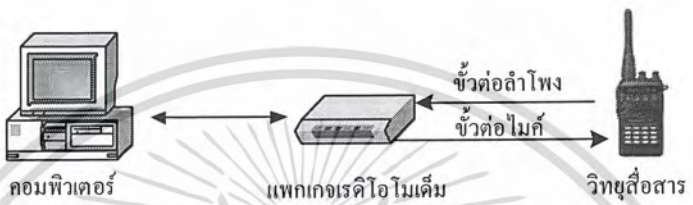
2.2.3 การติดตั้งและการใช้งานแพกเกจเรดิโอ

เนื่องจากแพกเกจเรดิโอจะต้องประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ แพกเกจเรดิโอโมเด็ม และเครื่องรับส่งวิทยุพร้อมกับสายอากาศ ก่อนจะใช้งานจึงควรทราบลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ทั้งสามชนิด

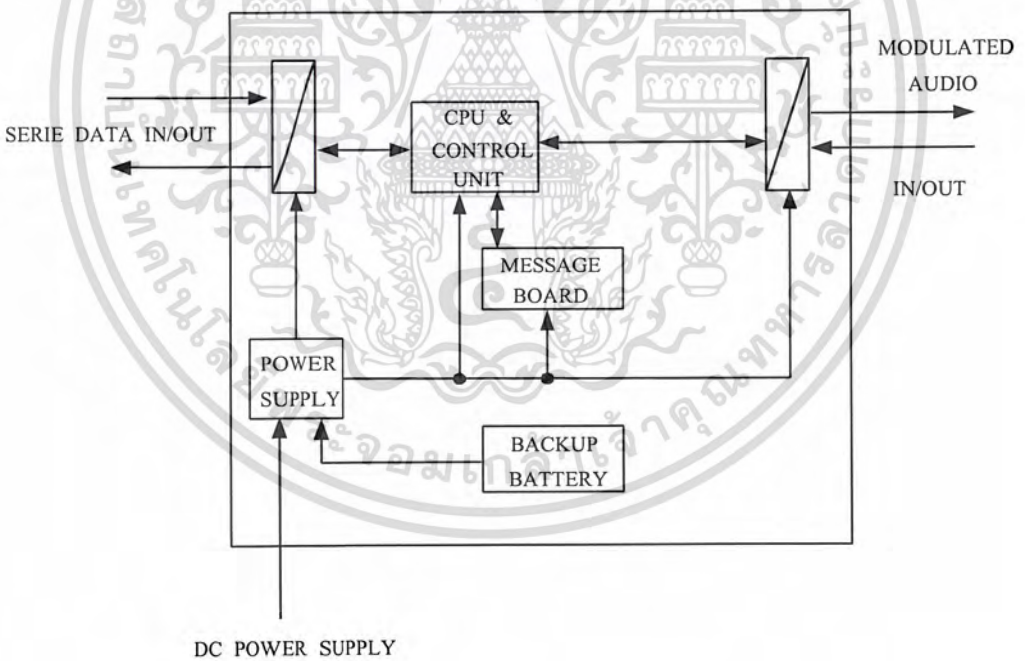
1) เครื่องคอมพิวเตอร์ ควรจะเป็น PC Compatible คือมีลักษณะการทำงานเสมือนเครื่อง IBM PC ประกอบด้วยจอภาพ EGA ขึ้นไป ตัวเครื่อง และแป้นตัวอักษร เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควรจะมี Series Communication Port ซึ่งปกติ PC ก็มีอยู่แล้ว หากไม่มีต้องหา I/O CARD มาเพิ่มเติม ซึ่งในส่วนของโปรแกรมจะมีคำสั่ง Command ต่างๆ อย่างมากมาย ทำให้มีความสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) แพกเกจเรดิโอโมเด็ม แพกเกจเรดิโอโมเด็ม ซึ่งมีอยู่หลายชนิด ต่างมีความสามารถในการทำงานไม่เหมือนกัน แต่เมื่อเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วต้องพร้อมทำงาน เปลี่ยนข้อมูลข่าวสารจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังเครื่องวิทยุอีกทีหนึ่งและรับสัญญาณจากเครื่องรับวิทยุมาเปลี่ยนกลับเป็นข้อมูลข่าวสาร ข้อมูลส่งกลับไปให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ต่อไป ทั้งนี้โดยการจัดการของโปรแกรมในเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การเชื่อมต่อระหว่างแพกเกจเรดิโอโมเด็มกับเครื่องวิทยุสื่อสาร



รูปที่ 2.14 โครงสร้างของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

จากรูปที่ 2.14 จุดต่อระหว่างแพกเกจเรดิโอโมเด็มกับเครื่องวิทยุ เป็นการต่อสัญญาณเสียงระหว่างกัน ซึ่งการผสมข่าวสารเป็นลักษณะการมอดูเลตแบบ FSK หรือแบบอื่นแล้วแต่รุ่นของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม หากทดลองฟังเสียงแพกเกจเรดิโอโมเด็มขณะที่ทำการรับส่งข้อมูลจะได้ยิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

เสียงเป็นจังหวะสั้นยาวคล้ายเครื่องโทรสารที่ได้ยินทางโทรศัพท์ แพกเกจเรดิโอโมเด็ม จะส่งสัญญาณให้เครื่องวิทยุส่งออกอากาศ เมื่อหยุดทำการส่งสัญญาณวิทยุออกอากาศ แพกเกจเรดิโอโมเด็ม จะรอรับคำตอบหรือข่าวสารจากคู่สถานี การดำเนินการจะเป็นไปเช่นนี้ โดยโปรแกรมที่มีอยู่ในตัวแพกเกจเรดิโอโมเด็มเองอย่างอัตโนมัติ

3) เครื่องวิทยุและสายอากาศของแพกเกจเรดิโอ ซึ่งแต่ละสถานีสามารถทำการติดต่อถึงกันได้จะต้องสามารถรับส่งสัญญาณกันได้ดีพอสมควร โดยดูจากความแรงของสัญญาณที่รับได้จากคู่สถานีและความผิดพลาดของข้อมูลที่ออกมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์

2.2.4 การมอดูเลตเชิงเลขทางความถี่

การมอดูเลตเชิงเลขทางความถี่ (Frequency Shift Keying : FSK) คือการฝากสัญญาณข่าวสารดิจิตอลไปกับความถี่ของคลื่นพาห์ ซึ่งจะทำให้ความถี่ของคลื่นพาห์มีการเปลี่ยนแปลงระหว่าง 2 ความถี่ตามระดับ ค่าลอจิก "1" จะทำให้สัญญาณ FSK มีความถี่สูง แต่ถ้าสัญญาณข่าวสารเป็น ลอจิก "0" จะทำให้สัญญาณ FSK มีความถี่ต่ำ สัญญาณ FSK ที่เวลาใดๆ แสดงดังรูปที่ 2.15

$$S_{FSK(T)} = A\ COS\langle \omega C \pm \Delta\omega \rangle \tau \qquad (2.2)$$

เมื่อ $S_{FSK(T)}$ คือ สัญญาณ FSK ที่เวลาใดๆ

A คือ ขนาดพีคของคลื่นพาห์

ωC คือ ความถี่ของคลื่นพาห์

$\Delta\omega$ คือ ความถี่เบี่ยงเบน

τ คือ เวลาใดๆ

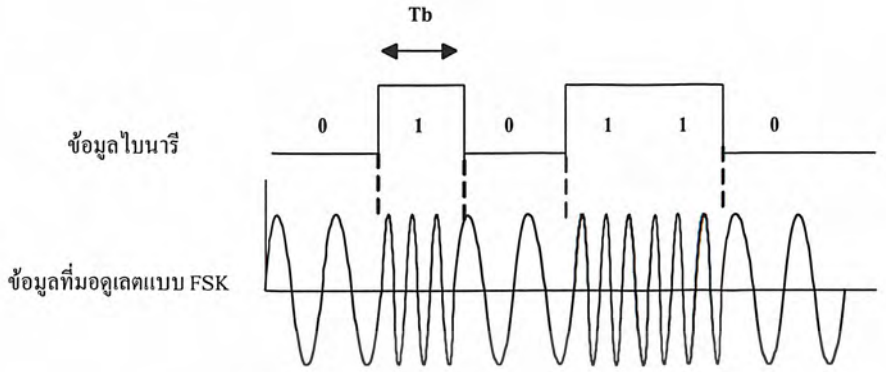
เครื่องหมายบวกและลบ จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างใดอย่างหนึ่งตามสัญญาณดิจิตอลและจะเห็นว่าสัญญาณ FSK จะมีขนาดของสัญญาณคงที่ แต่ความถี่ของสัญญาณจะเปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณข่าวสาร

1) การสร้างสัญญาณ FSK

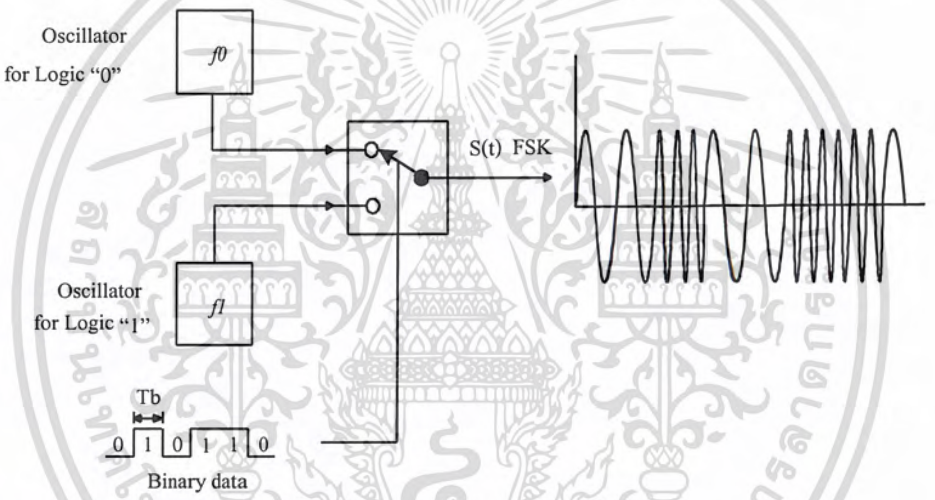
การสร้างสัญญาณ FSK ทำได้โดยนำสัญญาณข่าวสาร m(t) ในรูปสัญญาณดิจิตอลไปควบคุมการกำเนิดความถี่ในวงจร Voltage Control Oscillator (VCO) ถ้าสัญญาณข่าวสารมีค่าลอจิก "1" จะทำให้วงจร VCO กำเนิดความถี่สูง แต่ถ้าสัญญาณข่าวสารมีค่าลอจิก "0" จะทำให้วงจร VCO กำเนิดความถี่ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.15 สัญญาณข้อมูลไบนารีและสัญญาณ FSK



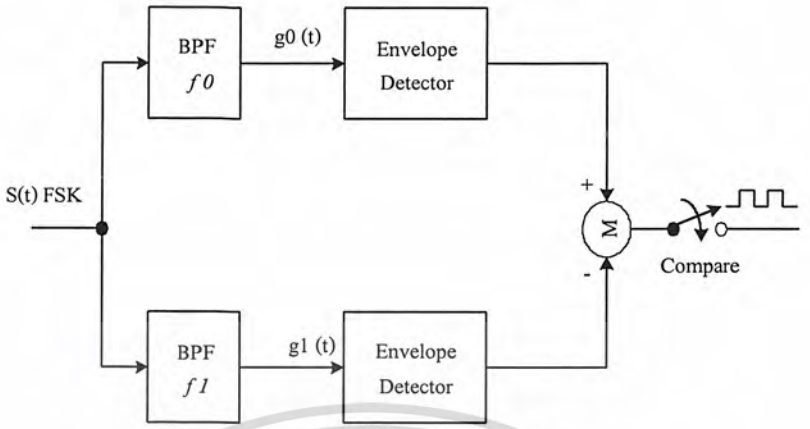
รูปที่ 2.16 การมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK

2) การดีมอดูเลตสัญญาณ FSK

การดีมอดูเลตสัญญาณ FSK ส่วนใหญ่จะใช้วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (Band Pass Filter : BPF) ร่วมกับวงจร Envelope Detector โดยมีหลักการทำงาน คือ เมื่อสัญญาณ FSK เข้ามาที่อินพุต ก็จะแยกไปเข้าวงจรกรองความถี่ผ่าน 2 วงจรแต่ละวงจรมีความถี่ต่างกัน คือ f_0 และ f_1 เพื่อทำให้ได้สัญญาณ $g_0(t)$ และ $g_1(t)$ ของแต่ละความถี่ จากนั้นเข้าสู่วงจร Envelope Detector ทำให้ได้ขนาดของสัญญาณข้อมูลแบบไบนารีกลับคืนมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

48363



รูปที่ 2.17 แผนผังการทำงานของวงจร FSK ดีมอดูเลต

2.2.5 มาตรฐาน RS-232C

เพื่อที่จะทำให้อุปกรณ์จากผู้ผลิตต่างกัน ทำงานร่วมกันได้ มาตรฐานหลายชนิดจึงได้มีการพัฒนาและออกแบบขึ้น มาตรฐานที่ใช้กันมากที่สุดคือ RS-232C ได้ผลิตขึ้นในปี 1969 โดย Electronic Industries Association มาตรฐาน RS-232C ที่สร้างขึ้นในตอนแรกสำหรับการเชื่อมต่อระหว่างเทอร์มินอลและโมเด็มระบุคุณลักษณะทางไฟฟ้าของวงจรระหว่างอุปกรณ์ 2 ตัวและกำหนดชื่อและหมายเลขแก่สายที่จำเป็นสำหรับการเชื่อมต่อวงจร ชื่อวงจรตามมาตรฐาน RS-232C (AA, AB) จำได้ยากจึงใช้ชื่อย่อแทน ตัวอย่างเช่น สายเส้นที่ 2 มีชื่อ BA แต่ใช้กันทั่วไปว่า TXD (Transmitted Data) ตามมาตรฐาน RS-232C สายเส้นที่ 2 นำข้อมูลจากเทอร์มินอลไปสู่โมเด็ม เพื่อให้การทำงานถูกต้องเทอร์มินอลต้องส่งเอาต์พุตออกที่สายเส้นที่ 2 และโมเด็มต้องรับข้อมูลบนสายเส้นที่ 2 เพราะฉะนั้นสายเส้นที่ 2 เป็นสายส่งข้อมูลสำหรับอุปกรณ์บางอย่างและเป็นสายรับข้อมูลสำหรับอุปกรณ์อย่างอื่น การเชื่อมต่อโดยตรงจากสายเส้นที่ 2 บนอุปกรณ์หนึ่งเข้ากับสายเส้นที่ 2 บนอุปกรณ์อีกตัวหนึ่ง สามารถทำได้ต่อเมื่ออุปกรณ์หนึ่งส่งข้อมูลบนสายเส้นที่ 2 และอีกตัวหนึ่งรับข้อมูลจากสายเส้นที่ 2 เพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ส่งข้อมูลบนสายเส้นเดียวกัน อุปกรณ์จึงถูกแบ่งออกเป็น 2 ชนิด เช่น อุปกรณ์เทอร์มินอลซึ่งใช้สายเส้นที่ 2 สำหรับเอาต์พุต เรียกว่า DTE (Data Terminal Equipment) อุปกรณ์โมเด็มซึ่งใช้สายเส้นที่ 2 สำหรับอินพุต เรียกว่า DCE (Data Communication Equipment)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 หน้าที่การทำงานของแต่ละขาของ DB-25 และ DB-9

ชื่อสัญญาณ	ตำแหน่งขาแบบ DB-25	ตำแหน่งขาแบบ DB-9	หน้าที่
DTR	20	4	ส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังวงจรโมเด็ม
RTS	4	7	ควบคุมวิทยุรับส่งให้ทำการส่งหรือรับ
CTS	5	8	รับข้อมูลจากวงจรโมเด็มไปยังคอมพิวเตอร์
TXD	2	3	สัญญาณไฟเลี้ยงวงจรจากคอมพิวเตอร์
GND	7	5	กราวด์วงจร

2.2.6 โปรโตคอล AX.25

โปรโตคอล AX.25 กล่าวถึงการใช้ช่องข้อมูลข่าวสารเพื่อทำการติดต่อสื่อสาร โดยใช้การรับส่งหรือการควบคุม แบบ CSMA (Carrier Sense Multiple Access) ซึ่งโปรโตคอล AX.25 หรือ Amateur X.25 เป็นโปรโตคอลการสื่อสารข้อมูลซึ่งออกแบบให้ใช้กับการสื่อสารแบบแพกเกจเรดิโอ ถูกพัฒนาขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2513 โดยอ้างอิงจากโปรโตคอลเครือข่าย X.25 แต่เนื่องจากความแตกต่างของตัวกลางที่ใช้ในการส่งข้อมูล จากเครือข่ายพื้นฐานมาเป็นเครือข่ายวิทยุและความแตกต่างในเรื่องการจัดแอดเดรส X.25 จึงได้รับการพัฒนาให้เหมาะสมกับความต้องการใช้งานของระบบแพกเกจเรดิโอ โดยโปรโตคอล AX.25 มีการเพิ่มฟิลด์แอดเดรสสำหรับใช้กับการทวนสัญญาณของสถานี เพื่อเพิ่มระยะทางในการติดต่อข้อดีอีกประการหนึ่งของโปรโตคอล AX.25 คือแพกเกจแต่ละแพกเกจจะระบุสัญญาณเรียกขาน (Callsign) ของทั้งผู้ส่งและผู้รับ จึงสามารถแยกแยะความแตกต่างของสถานีใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 โครงสร้างของ U Frame และ S Frame

แฟลก	แอดเดรส	คอนโทรล	FCS	แฟลก
01111110	112/224 บิต	16 บิต	16 บิต	01111110

บิตแรกที่ส่งออกไป

ตารางที่ 2.3 โครงสร้างของ I เฟรม

แฟลก	แอดเดรส	คอนโทรล	PID	Info	FCS	แฟลก
01111110	112/224 บิต	8 บิต	6 บิต	N* 8 บิต	16 บิต	01111110

บิตแรกที่ส่งออกไป

1) รูปแบบของเฟรมโปรโตคอล AX.25

1.1) Flag Field แฟลกฟิลด์ยาว 1 ไบต์ใช้แสดงจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเฟรม แต่ถ้ามีการส่งเฟรมอย่างต่อเนื่องก็สามารถใช้แฟลกร่วมกันได้เพียงแฟลกเดียว เพื่อแสดงจุดสิ้นสุดของเฟรมแรกและจุดสุดท้ายของเฟรมต่อไป แฟลกประกอบด้วยข้อมูล 01111110 หรือ 7E ซึ่งลำดับที่เป็นแฟลกนี้จะไม่ยอมให้เกิดขึ้นในบริเวณอื่นในเฟรม จึงทำให้มีการตรวจสอบการแทรกบิตขึ้น

1.2) Bit Stuffing การสอดแทรกลำดับของแฟลกจะไม่เกิดการผิดพลาดในเฟรม สถานีที่กำลังส่งจะตรวจสอบลำดับบิต สำหรับกลุ่มของบิตหนึ่งที่อยู่ติดกันจำนวน 5 บิตหรือมากกว่า เมื่อใดก็ตามที่บิตศูนย์ซึ่งอยู่หลังบิตหนึ่งที่อยู่ติดกัน 5 บิต จะถูกตัดทิ้งไปหรือสอดแทรก "1" เข้าไปแทน

1.3) Address Field ใช้แทนรหัสสัญญาณเรียกขาน (Callsign) ของสถานีในข่ายการสื่อสารทางวิทยุ ส่วนแรกจะเป็นรหัสเรียกขานของสถานีปลายทางที่ต้องการให้รับข้อมูล ส่วนที่สองเป็นรหัสสัญญาณเรียกขานของสถานีต้นทางที่ส่งข้อมูลออกไป อีกส่วนหนึ่งเป็นการส่งในแบบที่เรียกว่า "Digipeater" หรือ Digital Repeater หมายถึงให้สถานีที่กำหนดทำหน้าที่เป็นสถานีทวนสัญญาณ

1.4) Control Field จะใช้ระบุชนิดของเฟรมที่ผ่านและควบคุมคุณสมบัติหลายประการของการติดต่อระบบคอนโทรลฟิลด์มีความยาว 1 octet

1.5) PID Field หรือ Protocol Identifier ฟิลด์จะปรากฏในเฟรมข่าวสาร (I และ U) เท่านั้น เป็นฟิลด์ที่สงวนไว้สำหรับโปรโตคอล AX.25 ระดับ 3 ซึ่งเป็นเอกลักษณ์ว่าเป็นชนิดอะไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของโปรโตคอลระดับ 3 ถ้าชนิดใดถูกใช้งาน PID จะไม่ได้ประกอบขึ้นคล้ายกับส่วนของเฟรมข่าวสาร ซึ่งนับเป็น octet การเข้ารหัสของ PID

1.6) Information Field ฟิลด์ข่าวสารใช้เพื่อรับส่งข้อมูลจากผู้ใช้ปลายทางด้านหนึ่งของการเชื่อมโยงไปยังอีกด้านหนึ่ง ซึ่ง I ฟิลด์จะถูกกำหนดให้อยู่ในเฟรม 3 ชนิดเท่านั้น คือ I เฟรม UI เฟรม และ FRMR เฟรม I ฟิลด์สามารถเพิ่มความยาวได้ถึง 256 octets และประกอบด้วยจำนวนเต็มของ octet ซึ่งบังคับให้ใส่ก่อนที่จะทำการใส่บิต "0" ข่าวสารใดๆ ที่อยู่ใน I ฟิลด์ จะผ่านไปตามการเชื่อมโยง ยกเว้นการใส่บิต "0"

2) รูปแบบและองค์ประกอบของฟิลด์ควบคุม

องค์ประกอบของการปฏิบัติถูกกำหนดในรูปแบบของคำสั่งและผลตอบสนองของเฟรมที่ใช้ในการเชื่อมโยงโปรโตคอล AX.25 ฟิลด์ควบคุม (Control Field) ใช้ระบุชนิดของเฟรม ในการรับส่งซึ่งอ้างอิงตามมาตรฐาน ISO HDLC รูปแบบของฟิลด์ควบคุมที่ใช้ใน AX.25 จะมี 3 แบบ คือ

1) Information Frame : I Frame

2) Supervisory Frame : S Frame

3) Unnumbered Frame : U Frame

คอนโทรลฟิลด์จะมีความยาว 1 หรือ 2 ไบต์ โดยจะใช้ 3 บิตในการระบุลำดับหมายเลข ของเฟรมที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล รูปแบบพื้นฐานของคอนโทรลฟิลด์แต่ละชนิดดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 รูปแบบของฟิลด์ควบคุม

ชนิดของฟิลด์ควบคุม	บิตของฟิลด์ควบคุม							
	7	6	5	4	3	2	1	0
I เฟรม	N(R)			P	N(S)			0
U เฟรม	N(R)			P/F	S	S	0	1
S เฟรม	M	M	M	P/F	M	M	1	1

บิต "0" คือ บิตที่ส่งและบิตที่ 7 เป็นบิตสุดท้ายที่ส่งของฟิลด์ควบคุม

N(S) คือ ลำดับหมายเลขในการส่ง โดยบิตที่ "1" เป็น LSB

N(R) คือ ลำดับหมายเลขในการรับ โดยบิตที่ "5" เป็น LSB

บิต S คือ บิตที่ทำหน้าที่ดูแลการทำงาน

บิต M คือ บิตที่ปรับปรุงเฟรมที่ไม่ใช่ตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต P/F (Poll/Final) ซึ่งแสดงความแตกต่างระหว่างคำสั่ง และการตอบสนอง ความแตกต่างระหว่างบิต P และ บิต F จะทำได้โดยใช้การ Addressing

2.1) เฟรมการถ่ายโอนข่าวสาร (I Frame) จะมีบิต "0" ในคอนโทรลฟิลด์เซตเป็น 0 N(S)

2.2) เฟรมควบคุมสถานะการรับส่งข้อมูล (S Frame) จะมีบิต "0" ในคอนโทรลฟิลด์เซตเป็น 1 และจะมีบิต "1" ในคอนโทรลฟิลด์เซตเป็น 1 เฟรมควบคุมสถานะการรับส่งข้อมูล จะเตรียมการควบคุมการเชื่อมโยง เช่น การรับเฟรมหรือการร้องขอให้ส่งข้อมูลซ้ำอีกครั้ง

2.3) เฟรมควบคุมที่ไม่มีลำดับหมายเลข (U Frame) จะมีบิต "0" และบิต "1" ในคอนโทรลฟิลด์เซตเป็น 1 เฟรมควบคุมดูแลชนิดนี้ใช้ควบคุมดูแลสถานะ การเชื่อมต่อระหว่างสถานี

3) รหัสคำสั่งและการตอบสนองของฟิลด์ควบคุม (Control Field Coding for Command and Responses)

3.1) คำสั่งเฟรมข่าวสารในฟิลด์ควบคุม เป็นคำสั่งในการถ่ายโอนลำดับหมายเลขข่าวสาร ในคอนโทรลฟิลด์จะใช้ลำดับหมายเลขที่อยู่ใน N(S) เพื่อควบคุมลำดับในการส่งข้อมูล ส่วน N(R) ควบคุมลำดับในการรับข้อมูลดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ฟิลด์ควบคุม I Frame

7	6	5	4	3	2	1	0
N(R)			P	N(S)			0

3.2) การเข้ารหัสฟิลด์ควบคุมสถานะการรับส่งข้อมูล แสดงดังตารางที่ 2.6

3.2.1) คำสั่งและการตอบสนอง (Receive Ready : RR) แสดงว่าผู้ส่ง RR ในขณะนี้พร้อมที่จะรับเฟรมการถ่ายโอนข้อมูลถัดไป เพื่อตอบกลับว่าสามารถรับเฟรม การถ่ายโอนข้อมูลหมายเลข N(R) – 1 ได้ ซึ่ง N(R) – 1 คือ ลำดับหมายเลขของเฟรมที่รับได้ลำดับสุดท้าย และเพื่อเคลียร์สภาวะไม่ว่าง (Busy) ก่อนหน้านี้ จะส่งคำสั่ง RR ออกไป โดยการตอบสนองที่ถูกต้องจะส่งไปพร้อมกับบิต P ซึ่งเซตให้เป็น 1

3.2.2) คำสั่งและการตอบสนอง (Receive Not Ready : RNR) มีหน้าที่แสดงให้ผู้ส่งเฟรมการถ่ายโอนข้อมูลทราบว่า ขณะนี้สถานีที่ได้รับข้อมูลไม่ว่างชั่วคราวและไม่สามารถรับเฟรมการถ่ายโอนข้อมูลได้ เฟรม N(R) – 1 จะถูกตอบกลับ ส่วนเฟรม N(R) ที่ส่งมาจะถูกละทิ้งและต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการส่งเฟรมซ้ำเมื่อสถานีปลายทางว่าง การตอบสนอง RNR ที่ถูกต้องจะส่งไปพร้อมกับบิต P ซึ่งถูกเซตให้เป็น 1 เงื่อนไขการยกเลิกสภาวะไม่ว่าง ทำโดยการส่งเฟรม UA, RR, REJ หรือ SABM ออกไป

ตารางที่ 2.6 ฟิลด์ควบคุม S Frame

ฟิลด์ควบคุม	7	6	5	4	3	2	1	0
Receive Ready RR	N(R)			P/F	0	0	0	1
Receive Not Ready RNR	N(R)			P/F	0	1	0	1
Reject REJ	N(R)			P/F	1	0	0	1
Selective Reject SREJ	N(R)			P/F	1	1	0	1

3.2.3) คำสั่งและการตอบสนอง (Reject : REJ) ใช้เมื่อต้องการให้ส่งเฟรมการถ่ายโอนข้อมูลซ้ำโดยเริ่มต้นด้วยเฟรมหมายเลข N(R) เฟรมใดๆ ที่ส่งออกไปด้วยหมายเลขของ N(R) - 1 และไม่ได้รับการตอบกลับมา จะต้องถูกส่งซ้ำโดยรวมไปกับเฟรมหมายเลข N(R) REJ Frame ที่ส่งที่เวลาหนึ่ง จะส่งได้เงื่อนไขเดียวกัน

3.2.4) คำสั่งและการตอบสนอง (Selective Reject : SREJ) จะถูกนำใช้ระหว่างการรับข้อมูล โดยสถานีปลายทางจะมีการเจาะจงให้ส่งเฟรมการถ่ายโอนข้อมูล หมายเลข N(R) ซ้ำเมื่อ SREJ Frame ถูกต้องจะก็จะส่งไปพร้อมกับบิต P ซึ่งเซตให้เป็น 1 แต่ถ้าบิต P ใน SREJ Frame ถูกเซตให้เป็น 0 หมายเลข N(R) ที่ระบุใน SREJ Frame จะไม่ถูกยอมรับ เฟรมการถ่ายโอนข้อมูลใดที่มีลำดับหมายเลข N(R) – 1 จะได้รับการยอมรับ แต่เฟรมการถ่ายโอนข้อมูลใดที่มีหมายเลขมากกว่า N(R) จะไม่ถูกยอมรับ

3.3) การเข้ารหัสฟิลด์ควบคุมที่ไม่มีลำดับหมายเลข (U Frrame) ใช้ในการควบคุมการเชื่อมโยงของแต่ละสถานี การเข้ารหัสฟิลด์ควบคุมที่ไม่มีลำดับหมายเลขในคอนโทรลฟิลด์แสดงดังตารางที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 ฟิลด์ควบคุม U Frame

Control Field	Type	Control Field Bit							
		7	**6**	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**	**0**
Set Asynchronous Balanced Mode - SABM	Cmd	0	0	1	P	1	1	1	1
Disconnect – DISC	Cmd	0	1	0	P	0	0	1	1
Disconnect Mode – DM	Res	0	0	0	F	0	0	1	1
Unnumbered Acknowledge – UA	Res	0	1	1	F	0	0	1	1
Frame Reject – FRMR	Res	1	0	0	F	0	1	1	1
Unnumbered Information – UI	Either	0	0	0	P/F	0	0	1	1
Exchange Identification XID	Either	1	0	1	P/F	1	1	1	1
Test	Either	1	1	1	P/F	0	0	1	1

3.3.1) คำสั่งขอการติดต่อ (Set Asynchronous Balance Mode : SABM) คำสั่ง SABM ใช้ทั้งสถานีต้นทางและปลายทาง เพื่อให้การทำงานของทั้ง 2 สถานี สอดคล้องกัน โดยจะมีขนาด 1 ไบต์ ในขณะที่ยังรับส่งฟิลด์ข่าวสารอยู่ คำสั่ง SABM จะไม่ได้รับการตอบสนองกลับ สถานีจะยืนยันการยอมรับคำสั่ง SABM โดยการส่งเฟรมตอบสนอง UA ออกไป แต่ถ้าสถานีไม่ยอมรับคำสั่ง SABM ได้ ก็จะมีการส่งเฟรมตอบสนอง DM ออกไป

3.3.2) คำสั่งร้องขอการติดต่อ (Set Asynchronous Balance Mode Extended : SABME) การทำงานจะเหมือนกับคำสั่ง SABM แต่จะมีขนาด 2 ไบต์

3.3.3) คำสั่งยกเลิกการติดต่อ (Disconnect : DISC) ใช้เมื่อต้องการสิ้นสุดการเชื่อมโยงระหว่างสถานีและไม่ยอมให้มีฟิลด์ข่าวสารหลังจากส่งคำสั่ง DISC ออกไป

3.3.4) การตอบสนองโหมดยกเลิกการติดต่อ (Disconnect Mode : DM) จะถูกส่งออกไปเมื่อสถานีได้รับเฟรมอื่นนอกจาก SABM หรือ UI Frame การตอบสนองโหมดการยกเลิกแสดงว่าสถานีไม่สามารถรับการติดต่อได้ชั่วขณะ ซึ่งเฟรมตอบสนอง DM จะไม่มีฟิลด์ข่าวสาร การตอบสนอง DM ที่ถูกต้องจะส่งไปพร้อมกับบิต P ซึ่งถูกเซตให้เป็น 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5) การตอบสนองกลับแบบไม่มีลำดับหมายเลข (Unnumbered Acknowledge : UA) ใช้เพื่อเป็นการตอบสนองการยอมรับสำหรับคำสั่ง SABM, SABME และคำสั่ง DISC ทางด้านสถานีที่กำลังรอรับ UA Frame จะยังไม่ปฏิบัติงานจนกว่าจะได้รับการตอบสนอง UA Frame กลับมา

3.3.6) การตอบสนองการตัดเฟรมทิ้ง (Frame Reject : FRMR) คือ การตอบสนองการตัดเฟรมทิ้ง FRMR จะถูกส่งออกไปเพื่อรายงานว่าสถานีต้นทางกำลังส่งเฟรมที่มีการผิดพลาดมา ซึ่งไม่ตรงกับเงื่อนไขที่ต้องการ สภาวะเช่นนี้จะเกิดขึ้นเมื่อปราศจากการตรวจสอบลำดับเฟรมที่ด้านรับ

3.3.7) เฟรมข่าวสารแบบไม่มีลำดับหมายเลข (Unnumbered Information : UI) ใช้เป็นทางผ่านของข่าวสารนอกเหนือจากการเชื่อมโยงปกติ จึงยอมให้ฟิลด์ข่าวสารมีการเปลี่ยนแปลงการเชื่อมโยง

3.3.8) เฟรมเปลี่ยนลักษณะเฉพาะ (Exchange Identification : XID Frame) จะทำให้สถานีที่ถูกระบุไปมีการเตรียมที่จะส่งสถานะกลับมา ฟิลด์ข่าวสารสามารถที่จะบรรจุใน XID Frame สถานีที่ได้รับ XID Frame จะตอบสนองกลับมาด้วยคำสั่ง XID เช่นเดียวกัน

3.3.9) เฟรมทดสอบการเชื่อมโยง (Test) จะทำให้สถานีที่ระบุแอดเดรสปลายทางสนองกลับมาด้วยคำสั่ง Test ตามความเหมาะสม คำสั่ง Test จะไม่มีผลต่อสถานะของสถานี

2.3 ไอซีเบอร์ MT8870 วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่

ไอซีเบอร์ MT8870 เป็นไอซีถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ เนื่องจากในปัจจุบันโทรศัพท์มีความสำคัญกับชีวิตประจำวันมาก อุตสาหกรรมทางด้านโทรศัพท์และการสื่อสารก็ขยายตัวอย่างรวดเร็วจึงใช้ความถี่ ซึ่งเกิดจากการกดปุ่มตัวเลขของโทรศัพท์เป็นระบบตัวเลขทางดิจิตอล ซึ่งไอซีเบอร์ MT8870 ใช้ในการแปลงความถี่โทรศัพท์เป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิตในอดีตการออกแบบวงจรถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ใช้ไอซีเฟสล็อกลูป (Phase Lock Loop) มีปัญหาในด้านความถี่ที่เปลี่ยนแปลงและการปรับแต่งวงจรขนาดใหญ่ เพราะใช้ไอซีจำนวนมาก

2.3.1 คุณสมบัติของไอซี MT8870

คุณสมบัติของไอซี MT8870 ดังต่อไปนี้คือ

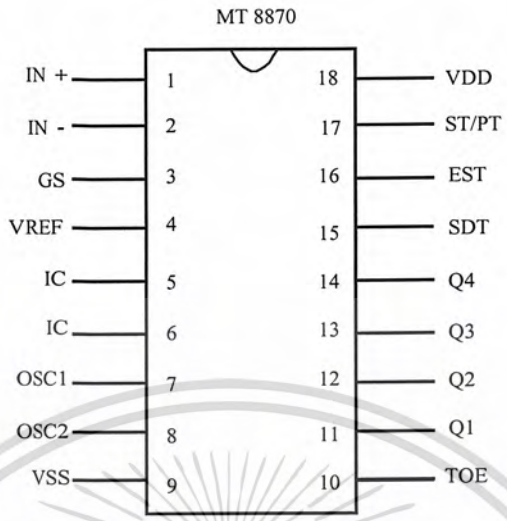
1) เป็นตัวถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่

2) กระแสไฟฟ้าที่ใช้ต่ำ โดยใช้แรงดันป้อนระดับเดียวกับไอซี TTL

3) สามารถตั้งอัตราขยายในตัวไอซีได้

4) สามารถปรับช่วงคาบเวลาของความถี่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 ขาต่างๆ ของ MT8870

2.3.2 การนำไอซี MT8870 ไปใช้งาน

ไอซี MT8870 สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ ดังนี้ คือ

1) ด้านการควบคุมระยะไกล
2) เครื่องป้องกันโทรศัพท์ทางไกล
3) ใช้ในเครื่องชุมสายโทรศัพท์ขนาดย่อมหรือ PABX
4) ใช้กับเครื่องโทรศัพท์ทั่วไป
5) เครื่องป้องกันขโมย
6) เครื่องป้องกันการดักฟัง
7) เครื่องเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติ
8) เครื่องเชื่อมต่อโทรศัพท์ด้วยวิทยุมือถือ

2.3.3 หน้าที่การทำงานของ MT8870

ภายในไอซี MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วนคือ

1) ภาคกรองความถี่ (Filter Section)

ภาคกรองความถี่ ทำหน้าที่แยกสัญญาณความถี่คู่ออกมาเป็น 2 กลุ่มความถี่ คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองแถบความถี่อันดับ 6 ชนิดสวิตซ์คาปาซิเตอร์ ซึ่งความถี่ที่แยกได้มีสองช่วง คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ภาคถอดรหัส (Decoder Section)

ความถี่คู่ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้ว จะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกมาเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอลและมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นมาตรฐานความถี่คู่หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นปนเข้ามา เมื่อตรวจสอบความถี่ว่ามีความถูกต้องแล้ว สัญญาณที่ขา Est (Early Steering) จะทำงาน สำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ นั้นแสดงในตารางที่ 2.8

3) ภาคตรวจสอบความถี่ (Steering Section)

ก่อนที่จะทำการถอดรหัสสัญญาณออกไปที่เอาต์พุต จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ ซึ่งต้องกดปุ่มโทรศัพท์ให้มีช่วงเวลาที่พอสมควร มิฉะนั้นวงจรจะไม่รับสัญญาณโดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลาจะให้ยาวเท่าใดสามารถตั้งเวลาได้โดยใช้ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุต่อไว้ภายนอก สัญญาณที่ขา Est จะเป็น 1 ทำให้ Vc สูงขึ้น ตัวเก็บประจุจะคายประจุ ทำให้ Vc สูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลต์ (Threshold) วงจรถอดรหัสจึงจะถอดรหัสออกมาเป็นตัวเลขขนาด 4 บิต รายละเอียดการทำงานแสดงดังแผนภูมิเวลาในตารางที่ 2.8

4) ภาคขยายความแตกต่างสัญญาณ (Differential Section)

วงจรส่วนอินพุตของไอซีเบอร์ MT8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราขยายโดยต่อวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไป

5) ภาคกำเนิดความถี่ (Oscillator)

ในภาคกำเนิดความถี่ภายในไอซี MT8870 จะมีวงจรกำเนิดเวลาอยู่คือ แร่คริสตอลขนาด 3.85 เมกะเฮิรตซ์ จะสามารถใช้งานได้ การต่อวงจรกำเนิดความถี่ ดังรูปที่ 2.19

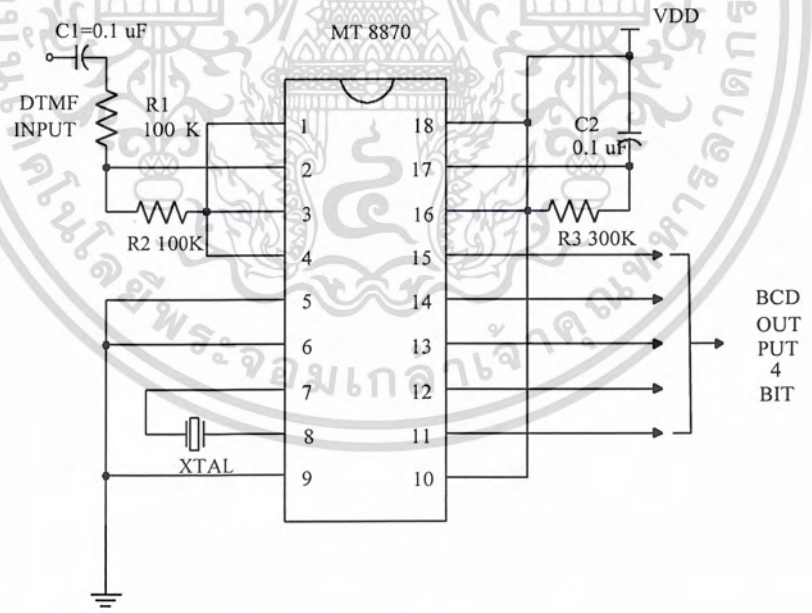
ตารางที่ 2.8 การถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่

F_{LOW}	F_{HIGHT}	NO	TOE	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1
697	1209	1	H	0	0	0	1
697	1331	2	H	0	0	1	0
697	1477	3	H	0	0	1	1
770	1209	4	H	0	1	0	0
770	1336	5	H	0	1	0	1
770	1477	6	H	0	1	1	0
852	1209	7	H	0	1	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 (ต่อ) การถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่

F_{LOW}	F_{HIGHT}	NO	TOE	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1
852	1336	8	H	1	0	0	0
852	1477	9	H	1	0	0	1
941	1336	0	H	1	0	1	0
941	1209	*	H	1	0	1	1
941	1477	#	H	1	1	0	0
697	1633	A	H	1	1	0	1
770	1633	B	H	1	1	1	0
852	1633	C	H	1	1	1	1
941	1633	D	H	0	0	0	0
-	-	ANY	L	Z	Z	Z	Z



รูปที่ 2.19 วงจรใช้งานเบื้องต้นของ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ไอซีบันทึกเสียง

2.4.1 ไอซีบันทึกเสียงตระกูล ISD25XX

ไอซีบันทึกเสียงตระกูล ISD25XX มีข้อแตกต่างจากไอซีบันทึกเสียงตระกูล ISD12XX และ ISD14XX คือ ระยะเวลาการบันทึกยาวนานกว่ามาก ไม่ต้องใช้อุปกรณ์เป็นภาคขยายเสียงต่อร่วมภายนอก สามารถขับลำโพงได้โดยตรงและในส่วนของไมโครโฟนใช้ได้กับไดนามิกไมโครโฟนหรือคอนแดนเซอร์ไมโครโฟนก็ได้ ในรูปที่ 2.20 (ก) แสดงตัวถังบรรจุของ ISD25XX ในแบบ DIP/SOIC ส่วนในรูปที่ (ข) เป็นตัวถังบรรจุแบบ TSOP สำหรับการใช้งานในแบบทั่วไป ตัวถังบรรจุแบบ DIP/SOIC ใช้งานได้ง่ายกว่าแบบ TSOP

2.4.2 คุณสมบัติของไอซีบันทึกเสียง ISD25XX

คุณสมบัติของไอซีบันทึกเสียง ISD25XX มีดังต่อไปนี้คือ

1) สามารถบันทึกและเล่นกลับได้ง่าย

2) ไม่มีอุปกรณ์ประเภทไอซีอื่นๆ ประกอบร่วมภายนอก

3) ไม่ต้องพัฒนาระบบอื่นขึ้นมาเสริมเพื่อให้ใช้งานได้

4) มีประสิทธิภาพในการบันทึกและเล่นกลับที่ให้เสียงได้เหมือนต้นกำเนิดเสียง

5) ควบคุมการบันทึกและเล่นกลับได้ด้วยสวิตซ์หรือด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

6) ระยะเวลาที่ใช้ในการบันทึกและเล่นกลับเลือกได้ ตั้งแต่ 45, 60, 75 และ 90 วินาที ตามแต่เบอร์ในตระกูล ISD25XX

7) ปิดการทำงานอัตโนมัติเมื่อไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับนานเกินไป

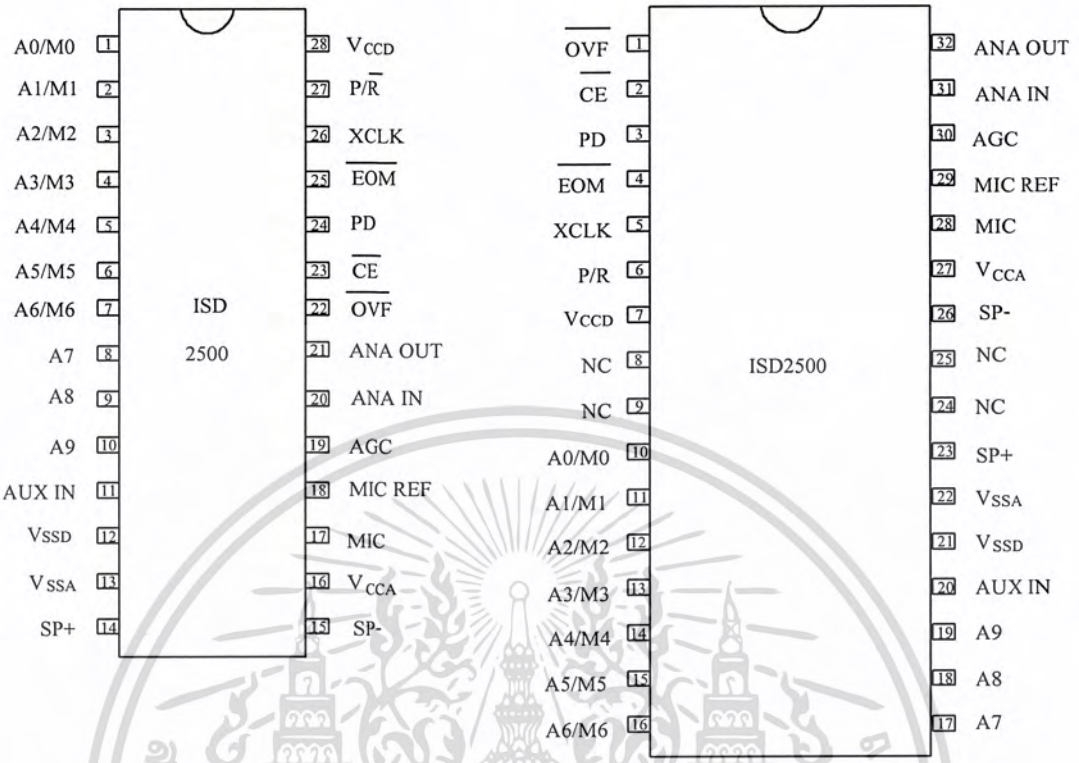
8) สามารถเก็บความจำไว้ได้นาน 100 ปี โดยไม่ต้องมีแบตเตอรี่สำรอง

9) วงรอบการบันทึก 100,000 ครั้ง

10) มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายในตัว

11) สามารถโปรแกรมควบคุมการเล่นกลับเพียงอย่างเดียว เพื่อพัฒนารูปแบบการใช้งานจากคุณสมบัติต่างๆ ที่รวมในไอซีเพียงตัวเดียว จึงทำให้ง่ายแก่การใช้งาน ตั้งแต่วงจรขยาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ตัวถังแบบ DIP/SOIC (ข) ตัวถังแบบTSOP

รูปที่ 2.20 ลักษณะการจัดขาใช้งานของ ISD25XX

จากคุณสมบัติต่างๆ ที่รวมในไอซีเพียงตัวเดียว จึงทำให้ง่ายแก่การใช้งาน ตั้งแต่วงจรขยายสัญญาณจากไมโครโฟนจนถึงหน่วยจัดเก็บข้อมูลที่ทำการบันทึกและขับออกลำโพงถูกรวมไว้ในไอซีเพียงตัวเดียว ในลักษณะการบันทึก จะจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ไว้ในหน่วยความจำที่เป็นเซลล์แบบไม่ต้องการแรงดันสำรองเพื่อรักษาข้อมูลไม่ให้สูญหาย (Non-Volatile Memory Cells) สัญญาณเสียงที่อยู่ในรูปสัญญาณแอนะลอก จะถูกจัดเก็บไว้ในหน่วยความจำโดยตรงและการจัดเก็บความจำจะจัดเก็บในลักษณะที่เป็นสัญญาณแอนะลอกเช่นเดิม จึงทำให้การเล่นกลับสามารถให้สัญญาณเสียงที่เหมือนต้นกำเนิดเสียงมาก เพราะไม่มีกระบวนการเปลี่ยนสัญญาณแอนะลอกเข้ามาเกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 คุณสมบัติทางไฟฟ้าที่แตกต่างกันของไอซีบันทึกเสียงตระกูล ISD25XX

เบอร์ไอซี	ระยะเวลาบันทึก (วินาที)	การสุ่มสัญญาณทางอินพุต (กิโลเฮิรตซ์)	ความถี่ที่ผ่านวงจรกรองความถี่ (กิโลเฮิรตซ์)	ความถี่สัญญาณนาฬิกาภายใน (กิโลเฮิรตซ์)
ISD2545	45	10.6	4.5	1365.3
ISD2560	60	8.0	3.4	1024
ISD2575	75	6.4	2.7	819.2
ISD2590	90	5.33	2.3	682.7

2.4.3 การทำงานเบื้องต้นของไอซีบันทึกเสียง ISD25XX

การทำงานโดยพื้นฐานนั้นต้องทำความเข้าใจหรือทราบรายละเอียดคุณสมบัติทางเทคนิคของไอซีบันทึกเสียงตระกูล ISD25XX โดยคุณสมบัติทางเทคนิคได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.10 รายละเอียดในตารางมีความสำคัญมากต่อการใช้เป็นค่าอ้างอิง ในการออกแบบใช้งานและการทำงานเบื้องต้น ในที่นี้จะกล่าวถึงหน้าที่การใช้งานของแต่ละขาทั้งหมด เพราะจะสามารถนำไอซีไปใช้งานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

ตารางที่ 2.10 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ ISD25XX

พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
แรงดันอินพุตด้านต่ำ "0"	V_{IL}	0.8	โวลต์
แรงดันอินพุตด้านสูง "1"	V_{IH}	2	โวลต์
แรงดันเอาต์พุตด้านต่ำ	V_{OL}	0.4	โวลต์
แรงดันเอาต์พุตด้านสูง	V_{OH}	Vcc-0.4	โวลต์
แรงดันเอาต์พุตด้านสูงที่ขา OVF	V_{OH1}	2.4	โวลต์
กระแสของแรงดันที่ป้อนให้ VCC = 5 โวลต์	I_{CC}	25	มิลลิแอมป์
กระแสขณะรอคอยการทำงานที่ VCC = 5 โวลต์	I_{SB}	1-10	ไมโครแอมป์
กระแสรั่วไหลทางอินพุต	I_{IL}	+1	ไมโครแอมป์
อิมพีแดนซ์ของโหลดเอาต์พุต	R_{EXT}	16	โอห์ม

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 (ต่อ) คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ ISD25XX

พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
ความต้านทานอินพุตของโหลดปรีแอมป์ไมโครโฟน	R_{MIC}	10	กิโลโอห์ม
ความต้านทานอินพุตของขาอินพุตภายนอก	R_{AUX}	10	กิโลโอห์ม
ความต้านทานอินพุตของขาอินพุตภายแอนะลอก	$R_{ANA\ IN}$	3	กิโลโอห์ม
อัตราการขยายของปรีแอมป์ 1	A_{PRE1}	24	เดซิเบล
อัตราการขยายของปรีแอมป์ 2	A_{PRE2}	5	เดซิเบล
อัตราการขยายของขา AUX (สัญญาณภายนอก)	A_{AUX}	1	โวลต์ : โวลต์
อัตราการขยายของภาคขยายเอาต์พุตลำโพง	A_{ARP}	22	เดซิเบล
ความต้านทานเอาต์พุตของขา AGC	R_{AGC}	5	กิโลโอห์ม
แรงดันไฟป้อนของตัวไอซีทั้งหมด	Vcc	5-7	โวลต์
อุณหภูมิขณะทำงาน	Ts	-65-150	องศาเซลเซียส

1) Address/Mode Input (A0-A9/M0-M6) ขา 1-10 ขาแอดเดรสลักษณะการทำงานของอินพุตจะมี 2 หน้าที่ ขึ้นอยู่กับระดับของขา MSB ทั้ง 2 ของตำแหน่ง ถ้าตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งของ 2 ขา MSBs นี้เป็น 0 อินพุตก็จะปรากฏที่ตำแหน่งบิตทั้งหมดและจะใช้เป็นตำแหน่งเริ่มต้นสำหรับวงรอบการบันทึกและเล่นกลับ

2) Auxiliary Input ($A_{UX\ IN}$) ขา 11 เป็นขารับอินพุตจากภายนอก ซึ่งเป็นการมัลติเพล็กซ์สัญญาณผ่านออกไปทางเอาต์พุตลำโพง การทำงานจะเกิดขึ้นเมื่อขา CE มีสถานะเป็น 1 วงรอบของการเล่นกลับก็จะสิ้นสุดลงหรือเมื่อสัญญาณที่ถูกบันทึกไว้เล่นกลับจนหมด

3) Ground Input (Vssa, Vssd) ขา 12 และ ขา 13 คุณสมบัติของไอซีบันทึกเสียงตระกูล ISD25XX จะมีการแยกกันระหว่างกราวด์ของสัญญาณแอนะลอกและกราวด์ของสัญญาณดิจิตอล ขากราวด์ของทั้ง 2 นี้จะถูกต่อและปิดไว้ภายในตัวถังบรรจุของตัวไอซี การใช้งานขากราวด์ของแหล่งจ่าย เพื่อไม่ต้องการให้เกิดค่าแรงดันระหว่างกราวด์ทั้งสอง

4) Speaker Output (Sp+, Sp-) ขา 14 และ 15 เป็นขาเอาต์พุตต่อออกลำโพง ในไอซีบันทึกเสียงตระกูล ISD25XX จะมีวงจรขับสัญญาณความแตกต่างออกสู่ลำโพง โดยมีความสามารถในการขับลำโพงเอาต์พุตได้ 50 มิลลิวัตต์ ที่ลำโพงขนาด 16 โอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) Voltage Input (Vcca, Vccd) ขา 16 และ ขา 28 เป็นขารับแรงดันที่ต้องแยกกันต่างหาก ระหว่างขารับแรงดันของวงจรแอนะลอกและวงจรดิจิตอลที่ประกอบอยู่ภายในตัวไอซี ขารับแรงดันต้องการแรงดันไฟป้อน +5 โวลต์และต้องเป็นไฟป้อนที่มีสัญญาณรบกวนต่ำมาก

6) Microphone Input (M_{IC}) ขา 17 จะรับสัญญาณอินพุตที่ผ่านเข้ามายังไมโครโฟน แล้วส่งผ่านสัญญาณเข้าสู่วงจรปรีแอมป์ที่ประกอบอยู่ภายในตัวไอซี ภายในประกอบด้วยวงจรควบคุมอัตราขยายอัตโนมัติ (A_{GC}) ทำหน้าที่ควบคุมอัตราขยายของวงจรปรีแอมป์ให้มีอัตราขยายอยู่ในช่วง -15 ถึง 24 เดซิเบล ไมโครโฟนภายนอกจะถูกคัปปลิ้งผ่านตัวเก็บประจุภายนอก ในลักษณะอนุกรมกับขา 17 ซึ่งค่าความจุของตัวเก็บประจุคัปปลิ้งจะกำหนดค่าโดยคำนึงถึงค่าของความต้านทาน 10 กิโอห์ม ที่ต่ออยู่ภายในกับขา 17 ของไอซี เพื่อให้เกิดขีดจำกัดที่ความถี่ต่ำ

7) Microphone Reference Input ($M_{IC\ REF}$) ขา 18 จะต่อเข้ากับกราวด์แอนะลอก (Vssa) โดยมีตัวเก็บประจุต่ออนุกรมอยู่ก่อน เพื่อทำหน้าที่กำจัดสัญญาณรบกวนทางอินพุตขา 17 และเพื่อให้เกิดการชดเชยทางด้านสัญญาณรบกวนให้ดีกว่า 10 เดซิเบล

8) Automatic Gain Control Input (A_{GC}) ขา 19 เป็นขาอินพุตเพื่อควบคุมอัตราการขยายของปรีแอมป์ไมโครโฟนทางด้านไดนามิก เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับระดับสัญญาณที่ทำการบันทึกมีความผิดเพี้ยนน้อยที่สุด

9) Analog Input ($A_{NA\ IN}$) ขา 20 จะรับสัญญาณที่ผ่านจากวงจรปรีแอมป์ออกมาทางขา 21 โดยผ่านตัวเก็บประจุคัปปลิ้งภายนอก คัปปลิ้งสัญญาณเข้าที่ขา 20 นี้ เพื่อผ่านสัญญาณเข้าไปบันทึกไว้ภายในตัวไอซี

10) Analog Output ($A_{NA\ OUT}$) ขา 21 เป็นขาเอาต์พุตของวงจรปรีแอมป์ ขยายสัญญาณจากไมโครโฟน ที่ได้รับการควบคุมอัตราขยายจากขา OVF นี้จะถูกจ่ายให้กับขาอินพุต C_E จนกว่าขา P_D จะได้รับพัลซ์ เพื่อทำการยกเลิกและเริ่มวงรอบการเล่นกลับอีกครั้ง

11) Chip Enable Input (C_E) ขาที่ 23 ขา C_Eจะต้องได้รับสัญญาณพัลซ์ 0 เพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเล่นกลับและการบันทึก ที่ขาอินพุตแอดเดรสและขาอินพุต P/R จะถูกค้างสภาวะจากพัลซ์ขอบขาลงของพัลซ์ที่ขา C_E

12) Power Down Input (P_D) ขา 24 ในขณะที่ไม่มีการบันทึกและเล่นกลับ ที่ขา P_D จะมีสภาวะเป็น 1 เป็นการรักษาระดับการสิ้นเปลืองกำลังงานในระดับต่ำมาก แต่เมื่อขา OVF มีสภาวะเป็น 0 แสดงถึงการเล่นกลับสิ้นสุดลงปรากฏขึ้น ขา P_D ปกติจะเป็น 1 อยู่ในขณะนั้น ก็จะถูกยกเลิกและจะเริ่มขบวนการบันทึกหรือเล่นกลับใหม่อีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

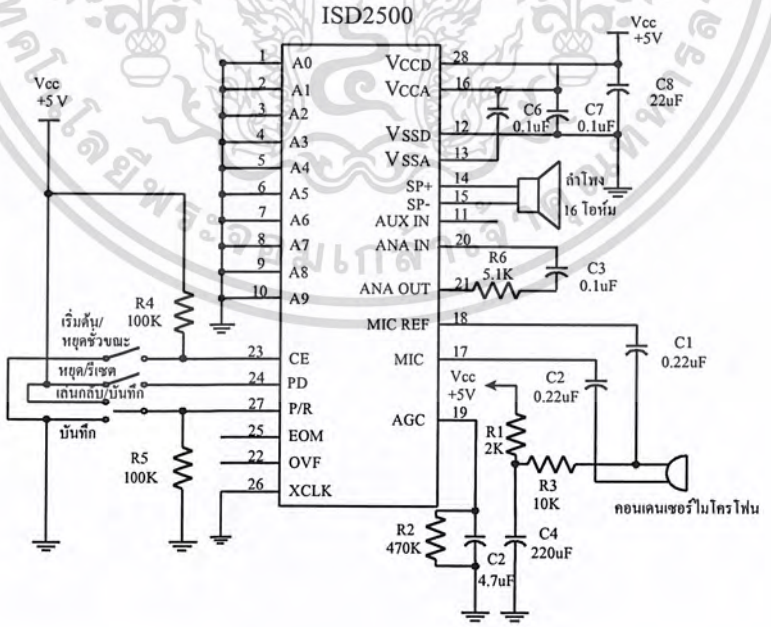
13) End-Of-Message/Run Output (E_{OM}) ขา 25 ซึ่งจะเป็นส่วนของอุปกรณ์ภายนอก Non-Volatile ภายในตัวไอซี ที่จะใช้กำหนดหรือระบุการสิ้นสุดของการเก็บข้อมูลที่ทำการบันทึก ขา E_{OM} จะให้เอาต์พุตออกมาเป็น 0 เมื่อข้อมูลที่ถูกบันทึกอยู่ถูกเล่นกลับออกมาหมด

14) External Clock Input (X_{CLK}) ขา 26 เป็นขารับสัญญาณนาฬิกาภายนอกเพื่อกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาในการสุ่มสัญญาณ การใช้งานปกติจะต่อขา 25 เข้ากับกราวด์ของแหล่งจ่าย

15) PlayBack/Record Input (P/R) ขา 27 เมื่ออินพุตควบคุมการบันทึกและเล่นกลับได้รับพัลซ์ 1 จะเป็นการเลือกวงรอบการเล่นกลับ แต่ถ้าเป็นพัลซ์ 0 จะเป็นการเลือกวงรอบการบันทึก

2.4.4 การประยุกต์ใช้งานของไอซีบันทึกเสียง ISD25XX

การประยุกต์ใช้งานไอซีบันทึกเสียงตระกูล ISD25XX ดังรูปที่ 2.21 จะสังเกตเห็นว่าอุปกรณ์ประกอบร่วมน้อย วงจรนับตั้งแต่ลำโพงที่สามารถต่อได้โดยตรงกับไอซี ไมโครโฟนหากใช้แบบไดนามิกไมโครโฟนก็สามารถต่อเข้ากับอินพุตไมโครโฟนหรือไอซีได้โดยตรงหากเป็นแบบคอนแดนซ์เซอร์ไมโครโฟนจะต้องมีการไบอัสให้กับคอนแดนซ์เซอร์ไมโครโฟนอย่างเหมาะสม ใช้งานร่วมกับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อการควบคุมและการพัฒนาโปรแกรมควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งสามารถทำให้ ISD25XX ทำการบันทึกหรือเล่นกลับได้หลากหลายหน้าที่การทำงาน โดยขึ้นอยู่กับความสามารถและประสิทธิภาพของโปรแกรมควบคุม



รูปที่ 2.21 การประยุกต์ใช้งานไอซีบันทึกเสียง ISD25XX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS 51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS 51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต ที่มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในหลายอย่างได้แก่ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ อุปกรณ์รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม เนื่องจากโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายใน ทำให้การใช้งานง่ายขึ้นและประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นด้วยไม่ต้องมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติมมากเหมือนกับตัวไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไป นอกจากนี้หากเราต้องการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับอุปกรณ์อื่นเพิ่มเติมเช่น ไอซี 8255 หรือหน่วยความจำภายนอก เรายังสามารถนำมาเชื่อมต่อเพิ่มเติมเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อีกด้วย

2.5.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51

คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนี้คือ

1) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต

2) มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายในตัวไอซี

3) มีขาสัญญาณอินพุตเอาต์พุตจำนวน 32 บิต

4) สามารถเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอก โดยอ้างอิงตำแหน่งได้ถึง 64 กิโลไบต์

5) สามารถเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกโดยอ้างอิงตำแหน่งได้ถึง 64 กิโลไบต์

6) หน่วยความจำภายในสำหรับเก็บข้อมูลขนาด 128 ไบต์

7) หน่วยความจำภายในสำหรับเก็บโปรแกรมขนาด 4 กิโลไบต์

8) มีตัวตั้งเวลาและตัวนับ 16 บิต 2 ชุด (Timer/counter 0 and Timer/counter1)

9) การอินเตอร์รัพต์สามารถทำได้จาก 5 แหล่งกำเนิดโดยเฉพาะเบอร์ 8032, 8052 และ8752 จะทำการอินเตอร์รัพต์ได้จากแหล่งกำเนิด 6 แหล่งกำเนิด

10) มีพอร์ตสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์ซึ่งสามารถส่งและรับข้อมูลพร้อมกันได้

2.5.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51

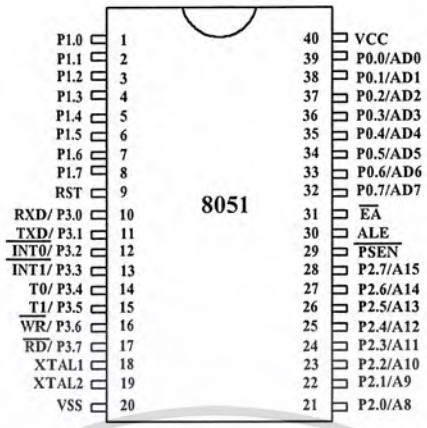
1) สัญญาณต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถจำแนกตามการทำงานเป็น 3 กลุ่มคือ

1.1) กลุ่มสัญญาณตำแหน่ง เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของหน่วยความจำ

1.2) กลุ่มสัญญาณควบคุมเป็นสัญญาณควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

1.3) กลุ่มสัญญาณข้อมูลเป็นทางผ่านข้อมูลกับหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 การจัดตำแหน่งขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS 51 เบอร์ 8051

2) หน้าที่และการใช้งานของสัญญาณต่างๆ เป็นดังนี้

2.1) VCC สำหรับต่อกับไฟเลี้ยง 5 โวลต์

2.2) VSS สำหรับต่อกับกราวด์

2.3) XTAL1 : เป็นอินพุตของภาคขยายสัญญาณแบบอินเวิร์ส ของวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกา

2.4) XTAL2 : ซึ่งจะเป็นเอาต์พุตของภาคขยายสัญญาณแบบอินเวิร์ส ของวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกา

2.5) RST : สัญญาณรีเซตไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกรีเซต เมื่อสัญญาณที่ขานี้มีค่าเป็นลอจิก "1" นานไม่ต่ำกว่า 2 แมชชีนไซเกิล

2.6) ALE/PROG : (Address Lacth Enable) เป็นสัญญาณเอาต์พุตซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งออกมาเป็นพัลซ์ เพื่อแลทช์ค่าตำแหน่งที่อยู่ที่พอร์ต P0 ในขณะติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก สัญญาณนี้จะส่งออกไปด้วยอัตราคงที่คือ 1/6 เท่าของความถี่สัญญาณนาฬิกาให้กับอุปกรณ์ภายนอกได้ สัญญาณพัลซ์นี้จะถูกต้องเมื่อมีการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (External Data Memory) และสัญญาณนี้จะใช้เป็นอินพุตเมื่อควบคุมการโปรแกรม PROM ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย

2.7) PSEN : (Program Store Enable) เป็นเอาต์พุต สำหรับส่งสัญญาณสโตรป (พัลซ์ต่ำ) เพื่ออ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (External Program Memory) เมื่อซีพียูอ่านรหัสคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก จะส่งสัญญาณสโตรปออกมา 2 ครั้งใน 1 แมชชีนไซเกิลแต่สัญญาณสโตรปทั้ง 2 ครั้งจะถูกข้ามไปหากเป็นช่วงซีพียูติดต่อกับ External Data Memory

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8) EA : (External Access) เป็นสัญญาณอินพุตใช้ควบคุมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เลือกติดต่อกับโปรแกรมที่เก็บอยู่ ในหน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือโปรแกรมที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ หากให้ค่าลอจิก "1" ที่ขานี้จะเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ หากต้องการให้ซีพียูติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกต้องต่อสัญญาณเข้ากับลอจิก "0" หรือ VSS ถึงแม้ว่าเบอร์ 8031 ไม่มี EPROM ภายในก็ต้องต่อขานี้ลงกราวด์ด้วย ในกรณีของการโปรแกรม ROM ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะต่อขานี้เข้า กับไฟ 2 V ถ้าเป็น 8751 AH แต่หากเป็น 8751BH ต้องต่อกับ 12.75V

2.9) Port 0 : เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุต 2 ทางแบบ Open drain ขนาด 8 บิต P0.1-P0.7 เมื่อใช้งานเป็นเอาต์พุตสามารถต่อกับไอซี TTL ตระกูล LS ได้ 8 ตัว เมื่อต้องการใช้งานเป็นอินพุตต้องส่งค่าลอจิก "1" ออกไปที่พอร์ตก่อนเพื่อให้อิมพีแดนซ์สูง พอร์ต P0 จะทำงานอีกหน้าที่หนึ่งคือเป็นตัวมัลติเพล็กซ์ของสัญญาณตำแหน่งด้านต่ำและสัญญาณข้อมูลในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก การทำงาน ในลักษณะนี้จะใช้การพูลอัพ (Pull up) จากภายในที่สามารถจ่ายกระแสให้กับอินพุตของ TTLได้ 8 ตัว นอกจาก 2 หน้าที่ดังกล่าวแล้ว พอร์ต P0 ยังใช้เป็นตัวรับข้อมูลในช่วงการโปรแกรม EPROM และเป็นตัวส่งข้อมูลออกมาในช่วงการตรวจสอบโปรแกรมภายใน ROM หรือ EPROM ซึ่งจะต้องใช้พูลอัพจากภายนอกในขณะทำการตรวจสอบโปรแกรม

2.10) Port 1 : เป็นพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบ 2 ทาง ขนาด 8 บิต ที่มีพูลอัพอยู่ภายในในกรณีเอาต์พุตต่อกับอินพุตของ TTL ตระกูล LS ได้ 4 ตัว เมื่อต้องการใช้เป็นอินพุตต้องเริ่มต้นด้วยการส่งค่าลอจิก "1" ออกไปที่พอร์ตนี้ก่อน เพื่อทำให้เกิดพูลอัพภายใน เมื่อมีสัญญาณอินพุตเป็น "0" เข้ามาจะทำให้ พอร์ตจ่ายกระแสออกเนื่องจากมีการพูลอัพอยู่ภายใน นอกจากนี้พอร์ต P1 ยังทำหน้าที่รับตำแหน่งด้านต่ำในช่วง โปรแกรม EPROM และช่วงการตรวจสอบโปรแกรมใน ROM หรือ EPROM อีกด้วย สำหรับเบอร์ 8032 AH และ 8052 AH ขา P1.0 และ P1.1 จะทำหน้าที่เป็น T2 และ T2EX อีกหนึ่งหน้าที่

2.11) Port 2 : เป็นพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบ 2 ทาง ขนาด 8 บิต ที่มีพูลอัพอยู่ภายในในกรณีเอาต์พุตจะต่อกับอินพุตของ TTL ตระกูล LS ได้ 4 ตัว เมื่อต้องการทำเป็นอินพุต ต้องเริ่มต้นด้วยการส่งค่าลอจิก "1" ออกไปที่พอร์ตนี้ก่อน เมื่อมีสัญญาณอินพุตเป็น "0" เข้ามาจะทำให้พอร์ต P2 จ่ายกระแสออกเนื่องจากมีการพูลอัพอยู่ภายใน ระหว่างการติดต่อกับโปรแกรมภายนอกหรือการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกที่มีการอ้างตำแหน่งแบบ 16 บิต พอร์ต P2 จะส่งตำแหน่งไบต์สูงออกไป ซึ่งการทำงานในลักษณะนี้จะมีการพูลอัพ ในช่วงของการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกที่ใช้การอ้างตำแหน่งแบบ 8 บิต สัญญาณที่ขาของพอร์ต P2 จะมีค่าเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจีสเตอร์ P2 ที่อยู่ใน SFR นอกจากนี้พอร์ต P2 ยังทำหน้าที่รับตำแหน่งไบต์สูง ในช่วงของการโปรแกรม EPROM และการตรวจสอบโปรแกรมใน ROM และ EPROM อีกด้วย

2.12) Port 3 : เป็นพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบ 2 ทาง ขนาด 8 บิต ที่มีพูลอัพอยู่ภายในในกรณีเอาต์พุตจะต่อกับอินพุตของ TTL ตระกูล LS ได้ 4 ตัว เมื่อต้องการใช้เป็นอินพุตต้องเริ่มต้นด้วยการส่งค่าลอจิก "1" ออกไปที่พอร์ตนี้ก่อน เพื่อทำให้เกิดพูลอัพภายใน เมื่อมีสัญญาณอินพุตเป็น "0" เข้ามาจะทำให้ พอร์ต P3 จ่ายกระแสออกมาเนื่องจากมีการพลูอัพอยู่ภายใน นอกจากนี้พอร์ต P3 ยังทำหน้าที่เป็นสัญญาณอื่นๆ อีกดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.11 หน้าที่พิเศษของแต่ละขาของพอร์ต P3

พอร์ต	สัญญาณ	หน้าที่
P3.0	RXD	อินพุตของพอร์ตอนุกรม
P3.1	TXD	เอาต์พุตของพอร์ตอนุกรม
P3.2	INT0	สัญญาณอินเตอร์รัพต์จากภายนอกตัวที่ 0
P3.3	INT	สัญญาณอินเตอร์รัพต์จากภายนอกตัวที่ 1
P3.4	T0	อินพุตจากภายนอกของตัวตั้งเวลาที่ 0
P3.5	T1	อินพุตจากภายนอกของตัวตั้งเวลาที่ 1
P3.6	WR	สัญญาณการเขียนข้อมูลออกไปภายนอก
P3.7	RD	สัญญาณการอ่านข้อมูลจากภายนอกเข้ามา

เมื่อต้องการใช้งานพอร์ต P3 ให้ทำหน้าที่เป็นสัญญาณต่างๆ จะต้องเริ่มต้นด้วยการส่งค่าลอจิก "1" ออกไปแลทช์ที่พอร์ต P3 ก่อนเพื่อให้เกิดการพูลอัพภายใน

2.6 จอแสดงผลแบบผลึกเหลว

รายละเอียดเกี่ยวกับจอแสดงผลแบบผลึกเหลว จะมีส่วนประกอบหลักๆ 3 ส่วนดังนี้

1) ตัวแสดงผล (Display) ภายในเป็นผลึกเหลวที่สามารถแสดงผลให้เห็นโดยอาศัยแสงจากภายนอก ดังนั้นจึงต้องมีมุมมองข้อมูลที่แสดงผลบนจอ

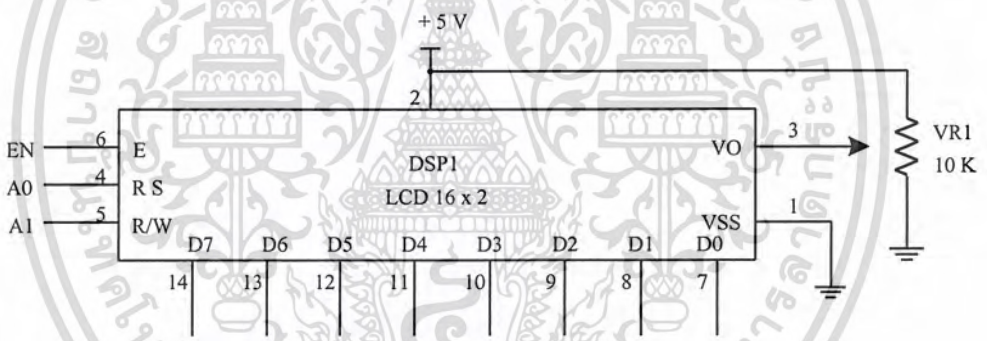
2) ตัวควบคุม (Controller) เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาควบคุมการทำงานของจอแสดงผลแบบผลึกเหลว เช่น ลบจอภาพ แสดงตัวอักษรหรือเลื่อนเคอร์เซอร์ เป็นต้น ตัวควบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุมภายในนี้ใช้ชิปควบคุมโดยเฉพาะ ชิปที่นิยมใช้คือ เบอร์ HD44780 และ HD61830 โดย HD44780 จะใช้ควบคุมจอแสดงผลแบบผลึกเหลวแบบอักขระ ส่วน HD61830 ใช้ควบคุมจอแสดงผลแบบผลึกเหลวแบบกราฟฟิก

3) ตัวขับ (Driver) เป็นตัวที่ทำหน้าที่รับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับให้ตัวแสดงผลแสดงข้อมูลตามที่กำหนด ชิปที่ใช้ทำหน้าที่นี้ได้แก่ HD44100H และ MSM5259 เป็นต้น

จอแสดงผลแบบผลึกเหลวมีอยู่หลายรุ่นและคุณสมบัติแตกต่างกันไป ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือแบบ Dot matrix และ Graphic โดยแบบ Dot matrix จะแสดงผลเป็นแบบ 5 × 8 Dot หรือ 5 × 10 Dot มีตั้งแต่ 1 Line, 2 Line และ 4 Line ซึ่งการใช้งานแต่ละแบบจะใกล้เคียงกันและแบบ Graphic หรือแบบอักขระจะแสดงผลเป็นแบบ 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน ลักษณะขาสัญญาณของจอแสดงผลแบบผลึกเหลวแสดงดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 ลักษณะขาสัญญาณของจอแสดงผลแบบผลึกเหลว

4) ตัว LCD Module จะมีขาใช้งานทั้งหมด 14 ขาหน้าที่ของแต่ละขามีดังนี้คือ

4.1) ขา 1 (GND) เป็นกราวด์ ใช้ต่อกับระบบกราวด์ ของไมโครคอนโทรลเลอร์

4.2) ขา 2 (VCC) เป็นไฟเลี้ยงวงจรของจอแสดงผลแบบผลึกเหลวมีขนาด +5 VDC

4.3) ขา 3 (VO) เป็นขาสำหรับปรับความเข้มของจอแสดงผลแบบผลึกเหลว โดยที่ต่อกับแหล่งจ่ายจะมีความเข้มต่ำสุดและเมื่อต่อกับกราวด์ จะมีความเข้มมากที่สุด

4.4) ขา 4 (RS) ซึ่งเป็นขาอินพุตใช้ในการแยกชนิดของข้อมูลที่ทำการประมวลผลในขณะนั้นว่าเป็นคำสั่งสำหรับรีจิสเตอร์ (IR) หรือเป็นข้อมูลสำหรับรีจิสเตอร์ (DR) โดยถ้าขานี้เป็น “0” ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นคำสั่ง แต่ถ้าขานี้เป็น “1” ข้อมูลที่ส่งมาเป็นข้อมูลสำหรับการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5) ขา 5 (R/W) เป็นขาที่ใช้เลือกการอ่านหรือเขียนข้อมูลให้กับจอแสดงผลแบบผลึกเหลว ถ้าเป็น “0” เป็นการกำหนดให้เขียนข้อมูล แต่ถ้าเป็น “1” เป็นการอ่านข้อมูล

4.6) ขา 6 (E) เป็นขาสำหรับรับสัญญาณพัลซ์ Enable ให้จอแสดงผลแบบผลึกเหลวทำงาน

4.7) ขา 7-14 (D0-D7) เป็นขาที่ใช้เป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่างจอแสดงผลแบบผลึกเหลวกับอุปกรณ์ภายนอกขนาด 8 บิต สำหรับอ่านหรือเขียนข้อมูลให้กับจอแสดงผลแบบผลึกเหลว

5) การเชื่อมต่อ LCD Module เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์

การเชื่อมต่อ LCD Module เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถต่อได้โดยตรงกับตัว MCS 51 หรือต่อผ่าน 8255 ก็ได้

5.1) ขาสัญญาณข้อมูล D0-D7 (ขา 7- ขา 14) ต่อเข้ากับ 8255 พอร์ต A

5.2) ขา RS (ขา 4) ต่อเข้ากับ 8255 พอร์ต B บิต 0

5.3) ขา R/W (ขา 5) ต่อเข้ากับ 8255 พอร์ต B บิต 1

5.4) ขา E (ขา 6) ต่อเข้ากับ 8255 พอร์ต B บิต 2

6) ชุดคำสั่งของ LCD Module

ตารางที่ 2.12 คำสั่งและเวลาที่จอแสดงผลแบบผลึกเหลวใช้ในการทำงานแต่ละคำสั่ง

INSTRUCTION	RS	R/W	DATA BIT								EXECUTE TIME (ηS)
			7	6	5	4	3	2	1	0	
CLEAR DISPLAY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1640
CURSOR AT HOME	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1640
ENTR MODE SET	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	*	40
DISPLAY ON / OFF	0	0	0	0	0	0	0	D	C	S	40
DISPLAY SHIFT	0	0	0	0	0	1	S1/C	R/L	*	B	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.12 (ต่อ) คำสั่งและเวลาที่จอแสดงผลแบบผลึกเหลวใช้ในการทำงานแต่ละคำสั่ง

INSTRUCTION	RS	R/W	DATA BIT								EXECUTE TIME (ηS)
			7	6	5	4	3	2	1	0	
FUNCTION SHIFT	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*	40
SET DDRAM ADDR	0	0	1	DDRAM ADDRESS							40
BUSY, ADDR READ	0	1	HF	ADDRESS							40
CGRAN, DDRAM WR	1	0	WRITE DATA								40
CGRAM, DDRAM RD	1	1	READ DATA								40

2.7 สายอากาศรอบตัวชนิด 5/8 λ แบบ 2 ชั้น

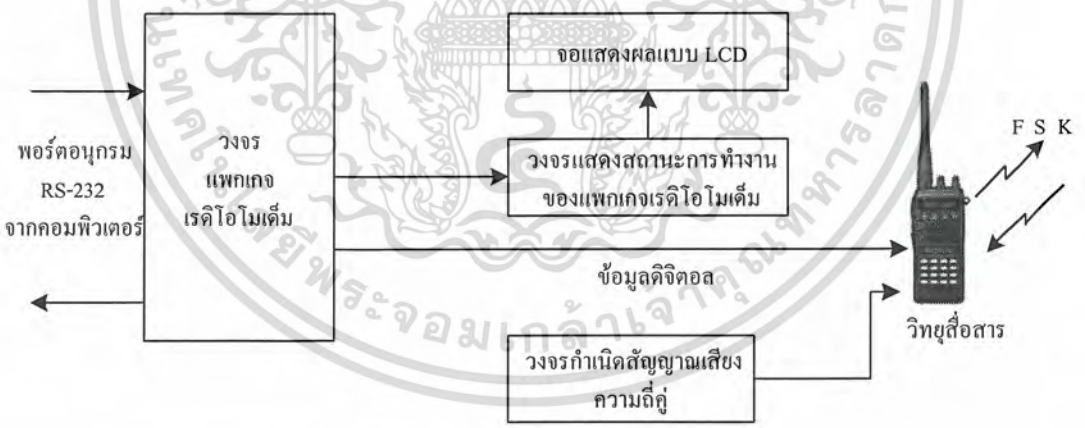
เป็นสายอากาศรอบตัวที่นิยมใช้สำหรับนักวิทยุสมัครเล่น ความยาวของสายอากาศจะเป็น 5/8 ของความยาวคลื่นหรือเท่ากับ 0.62 ของความยาวคลื่น คลื่นวิทยุที่ออกไปทางมุมราบขนานพื้นโลกจะแรงขึ้น ไปได้ไกลมากขึ้นและคลื่นที่ออกไปทางมุมสูงกว่าระดับราบจะเบาลง เพื่อให้คลื่นวิทยุแพร่กระจายแรงขึ้น โดยใช้สายที่มีความยาว 5/8 λ จำนวน 2 ชั้นหรือ 3 ชั้น โดยมีสตับยาว 1/4 ของความยาวคลื่น ต่อแทรกระหว่างสายชั้นล่างกับชั้นบน ห่างกันประมาณ 5 - 6 เซนติเมตร คลื่นวิทยุจะแพร่กระจายออกจากสายอากาศทั้ง 2 ท่อนพร้อมกันและไปในทิศทางเดียวกัน ส่วนที่สายสตับจะไม่มีคลื่นวิทยุแพร่กระจายออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

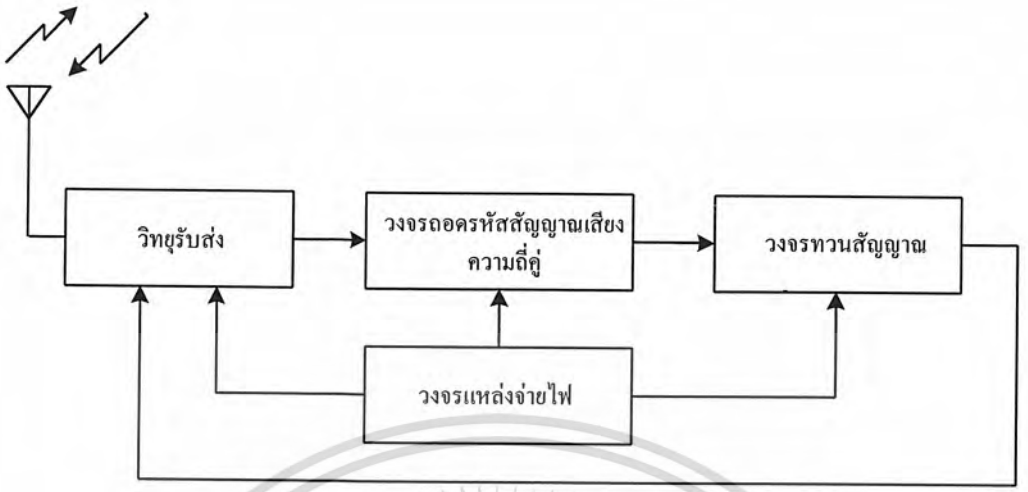
การออกแบบและการสร้างแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ในส่วนแรกเป็นการออกแบบแพกเกจเรดิโอโมเด็มหรือเรียกอีกอย่างว่า TNC (Terminal Node Control) เป็นวงจรที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นข้อมูลดิจิตอลและแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นแอนะลอก โดยทำงานบนโปรแกรมรับส่งข้อมูลแพกเกจเรดิโอโมเด็ม ในส่วนของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม ประกอบด้วย วงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม วงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่ และวงจรแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม โดยจะทำการรับส่งข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS-232 ส่งผ่านออกอากาศไปยังวิทยุสื่อสาร ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

ในส่วนที่สอง เป็นการออกแบบสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล (Digipeater) ทำหน้าที่ในการทวนสัญญาณความถี่วิทยุ ในส่วนนี้ประกอบด้วย วงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ วงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่ สายอากาศรับ – ส่งรอบตัวชนิด 5/8λ แบบ 2 ชั้น และวงจรแหล่งจ่ายไฟ ดังรูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล

3.2 วงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

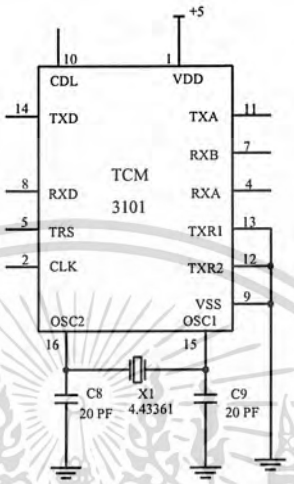
แพกเกจเรดิโอโมเด็ม เป็นการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งไปยังคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่ง โดยมีวงจรแปลงข้อมูลและเชื่อมต่อเช่นเดียวกับโมเด็ม สามารถรับและส่งข้อมูลผ่านทางวิทยุสื่อสาร โดยกระจายคลื่นวิทยุออกอากาศ

3.2.1 การออกแบบและการสร้าง

ในการออกแบบและการสร้างวงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม สามารถแบ่งออกเป็น 2 ภาคคือ ภาครับและภาคส่งสัญญาณ การออกแบบวงจรใช้ไอซีเบอร์ TCM3101 เป็นไอซีที่มีภาคมอดูเลตและดีมอดูเลตอยู่ภายในตัวถังเดียวกัน ไอซีทำงานแบบการมอดูเลตเชิงเลขทางความถี่ (FSK) ซึ่งการทำงานของวงจรในส่วนของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม คือ ทำการแปลงสัญญาณดิจิตอลจากคอมพิวเตอร์ที่ส่งออกทางพอร์ตอนุกรม RS-232 ให้เป็นสัญญาณแบบแอนะลอก แล้วทำการส่งออกไปยังเครื่องวิทยุสื่อสาร เพื่อทำการมอดูเลตกับคลื่นพาหะ ซึ่งเป็นคลื่นความถี่วิทยุความถี่สูงส่งออกอากาศที่ความถี่ใดความถี่หนึ่ง ที่เครื่องรับวิทยุอีกเครื่องหนึ่งจะตั้งช่องความถี่ไว้ช่องเดียวกันก็ทำการรับสัญญาณที่ส่งมา จากนั้นจึงถอดรหัสสัญญาณจากคลื่นวิทยุความถี่สูงเป็นสัญญาณแอนะลอกอีกครั้ง แล้วจึงป้อนเข้าสู่แพกเกจเรดิโอโมเด็ม เพื่อแปลงจากสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณข้อมูลดิจิตอลป้อนเข้าสู่คอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 เพื่อประมวลผลข้อมูล ซึ่งกระบวนการทั้งหมดนี้จะต้องมีโปรแกรมควบคุมการทำงานบนคอมพิวเตอร์ คือ โปรแกรมรับส่งข้อมูลของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มายังขา RXD ของไอซีเพื่อมาทำการดีมอดูเลตให้เป็นสัญญาณดิจิตอลตามเดิมแล้วทำการส่งออกไปที่ขา RXD ของไอซี



รูปที่ 3.3 ไอซีเบอร์ TCM3101

3.2.2 การทำงาน

เมื่อเริ่มใช้งานโปรแกรมรับส่งข้อมูลของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม จะทำให้ขาสัญญาณต่างๆ ของพอร์ตอนุกรม RS 232 รับหน้าที่ในการทำงานดังแสดงในตารางที่ 3.1

จากวงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็มดังรูปที่ 3.4 เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน สัญญาณที่ขา 2 (TXD) จะมีแรงดันไฟออกมาประมาณ +10โวลต์ ค่าแรงดันนี้จะส่งผ่านไปยัง IC3 เบอร์ MC7805T เป็นไอซีเรกูเลเตอร์ ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันไฟให้มีค่าคงที่ +5 โวลต์ เพื่อเป็นไฟเลี้ยงให้กับวงจร

สัญญาณที่ขา 4 (DTR) จะมีค่าประมาณ –10 โวลต์ เมื่อผ่าน R1 จะถูกจำกัดกระแสและส่งผ่านไปยัง IC2 : A เบอร์ 74HC14 เป็นอินเวอร์เตอร์เกท ทำให้แรงดันที่ขา 14 มีแรงดันประมาณ 5 โวลต์สัญญาณที่ขา 1 (RTS) จะมีค่าประมาณ –10 โวลต์ เมื่อผ่าน R2 อินเวอร์เตอร์เกท IC2 : C เบอร์ 74HC14 จะได้รับแรงดันไฟเอาต์พุต +5 โวลต์ ทำให้ยังไม่มีกระแสไหลผ่าน R5 เนื่องจากความต่างศักย์ระหว่างขาของ C3 เท่ากัน ทำให้แรงดันของอินพุต IC2 : D เบอร์ 74HC14 มีค่า 5 โวลต์และเอาต์พุตที่ได้เป็นแรงดัน 0 โวลต์ ทำให้ Q1 ไม่ทำงาน สัญญาณที่ขา 3 (CTS) ยังไม่มีการรับข้อมูลที่เอาต์พุตของ IC2 : B เบอร์ 74HC14 มีค่าเป็นแรงดัน 5 โวลต์ออกมา สำหรับ D1 - D3 ต่ออยู่กับสัญญาณขา 1 (RTS) ขา 3 (CTS) และขา 4 (DTR) ทำหน้าที่ส่งผ่านกระแสไฟบวกไปรวมกับสัญญาณที่ขา 2 (TXD) เพื่อใช้ในการป้อนไฟเลี้ยงให้กับวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

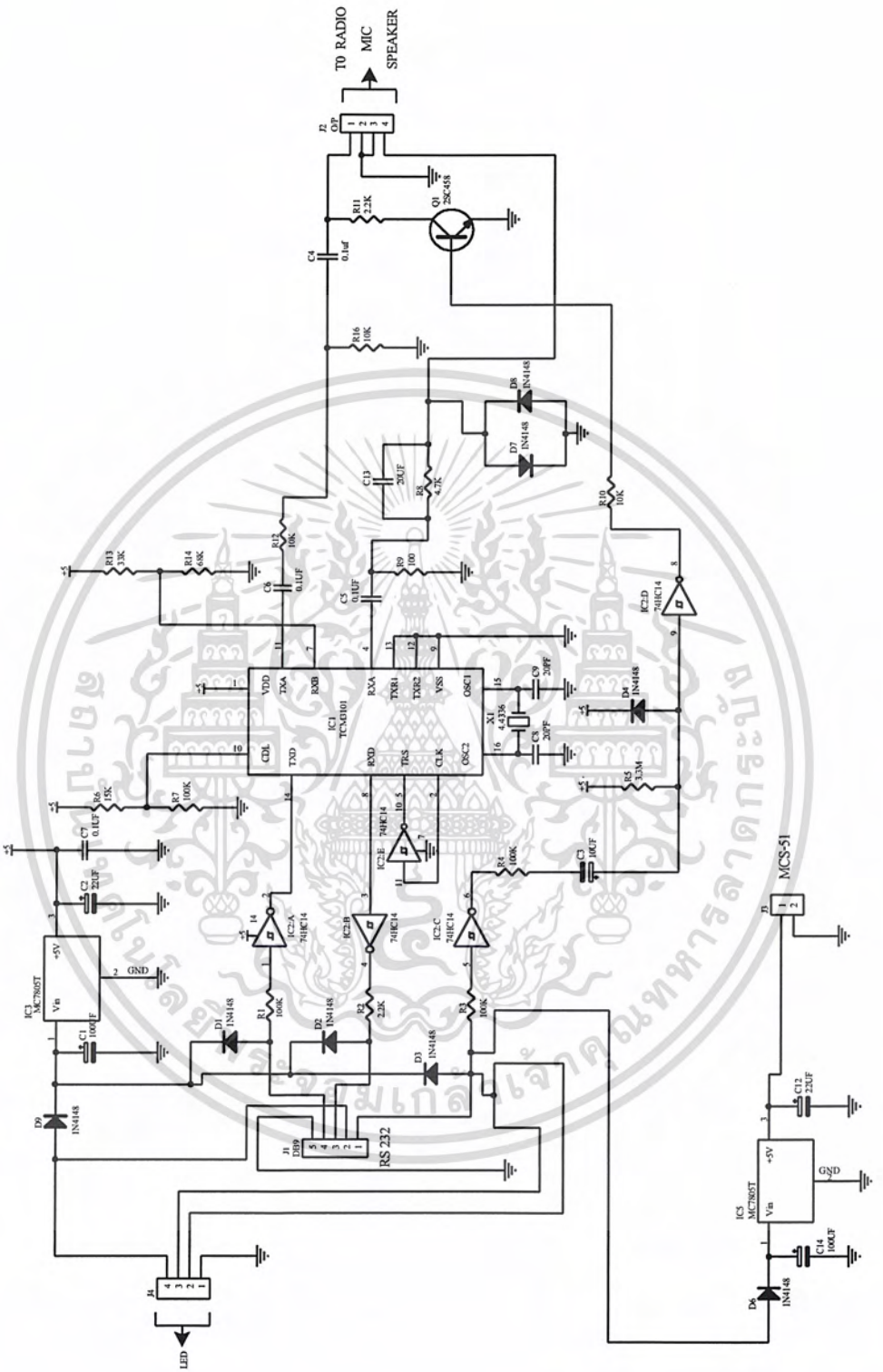
จากนั้นเมื่อทดลองใช้คำสั่งในการส่งข้อมูล จากโปรแกรมรับส่งข้อมูลของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม คือ การเชื่อมต่อของสถานี E1 จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น คือสัญญาณที่ขา 1 (RTS) มีแรงดันไฟ +10 โวลต์ เป็นช่วงๆ ตามค่าคำสั่ง สัญญาณที่ขา 4 (DTR) จะมีแรงดันไฟออกมาสลับไปมาระหว่าง +10 และ -10 โวลต์ ซึ่งเป็นสัญญาณข้อมูลความเร็ว 1,200 บิตต่อวินาที ทำให้ IC1 เบอร์ TCM3101 ผลิตความถี่เสียงออกมา 2 ค่าตามมาตรฐาน คือ ถ้าเป็นลอจิก “0” หรือมีแรงดันส่งออกที่ขา 4 (DTR) มีค่า +10 โวลต์ จะทำให้ผลิตความถี่เสียงเป็น 2,200 เฮิรตซ์ และถ้าเป็นลอจิก “1” หรือมีแรงดันส่งออกที่ขา 4 (DTR) เป็น -10 โวลต์ จะทำให้ผลิตความถี่เสียงเป็น 1,200 เฮิรตซ์ กระบวนการในการผลิตสัญญาณความถี่เสียงเกิดจากสถานะแรงดันที่ขา 14 โดย IC1 เบอร์ TCM3101 จะอาศัยชุดวงจรสร้างความถี่ภายใน ใช้งานร่วมกับแร่คริสตอลความถี่ 4.43361 เมกะเฮิรตซ์ ที่ต่อร่วมอยู่ภายนอก เป็นตัวกำหนดความถี่ออกมา สัญญาณเสียงที่ผลิตจาก IC1 เบอร์ TCM3101 ที่ขา 11 จะถูกป้อนผ่าน C6 และถูกลดระดับสัญญาณลงโดย R11 และ R15 เพื่อปรับระดับสัญญาณเสียงที่ส่งออกให้เหมาะสมกับวิทยุสื่อสาร

ในวงจรส่วนสุดท้ายคือ R8 และ R9 ทำหน้าที่ลดระดับสัญญาณเสียงที่ส่งมาจากแจ็คลำโพง (Speaker) ของวิทยุสื่อสารและถูกส่งผ่าน C5 ไปเข้ายังขาที่ 4 ของ IC1 เบอร์ TCM3101 เพื่อแปลงสัญญาณความถี่เสียงเป็นข้อมูลดิจิตอลไปยังคอมพิวเตอร์ต่อไป

ตารางที่ 3.1 หน้าที่การทำงานของพอร์ตอนุกรม RS-232

ชื่อสัญญาณ	ตำแหน่งขาคอนเนกเตอร์แบบ DB-25	ตำแหน่งขาคอนเนกเตอร์แบบ DB-9	หน้าที่
DTR	20	4	ส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์ไปยังแพกเกจเรดิโอโมเด็ม
RTS	4	7	ควบคุมวิทยุรับส่งให้ทำการส่งหรือรับข้อมูล
CTS	5	8	รับข้อมูลจากแพกเกจเรดิโอโมเด็มไปยังคอมพิวเตอร์
TXD	2	3	สัญญาณไฟเลี้ยงจากเครื่องคอมพิวเตอร์ ส่งไปยังแพกเกจเรดิโอโมเด็ม
GND	7	5	กราวด์ของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่

ทำหน้าที่ในการสร้างสัญญาณเสียงความถี่คู่ เป็นวงจรที่ใช้ควบคุมการเปิดและปิดเครื่องทวนสัญญาณระบบดิจิตอลและเครื่องวิทยุสื่อสารทางด้านภาคส่ง โดยการกำหนดรหัส 4 หลักไว้ที่ตัวเครื่องทวนสัญญาณ เวลาต้องการเริ่มใช้งานก็ทำการกดรหัสเปิดเครื่อง เมื่อใช้งานเสร็จหรือเมื่อต้องการปิดเครื่องกรณีเกิดพายุฝนฟ้าคะนอง สามารถกดรหัสเพื่อสั่งปิดระบบได้ กระแสไฟก็จะหยุดจ่ายไฟให้กับเครื่องทวนสัญญาณระบบดิจิตอล แต่วิทยุทางด้านภาครับยังคงพร้อมที่จะทำงานตลอดเวลา เพื่อรอคำสั่งการควบคุมเครื่องอีกครั้ง

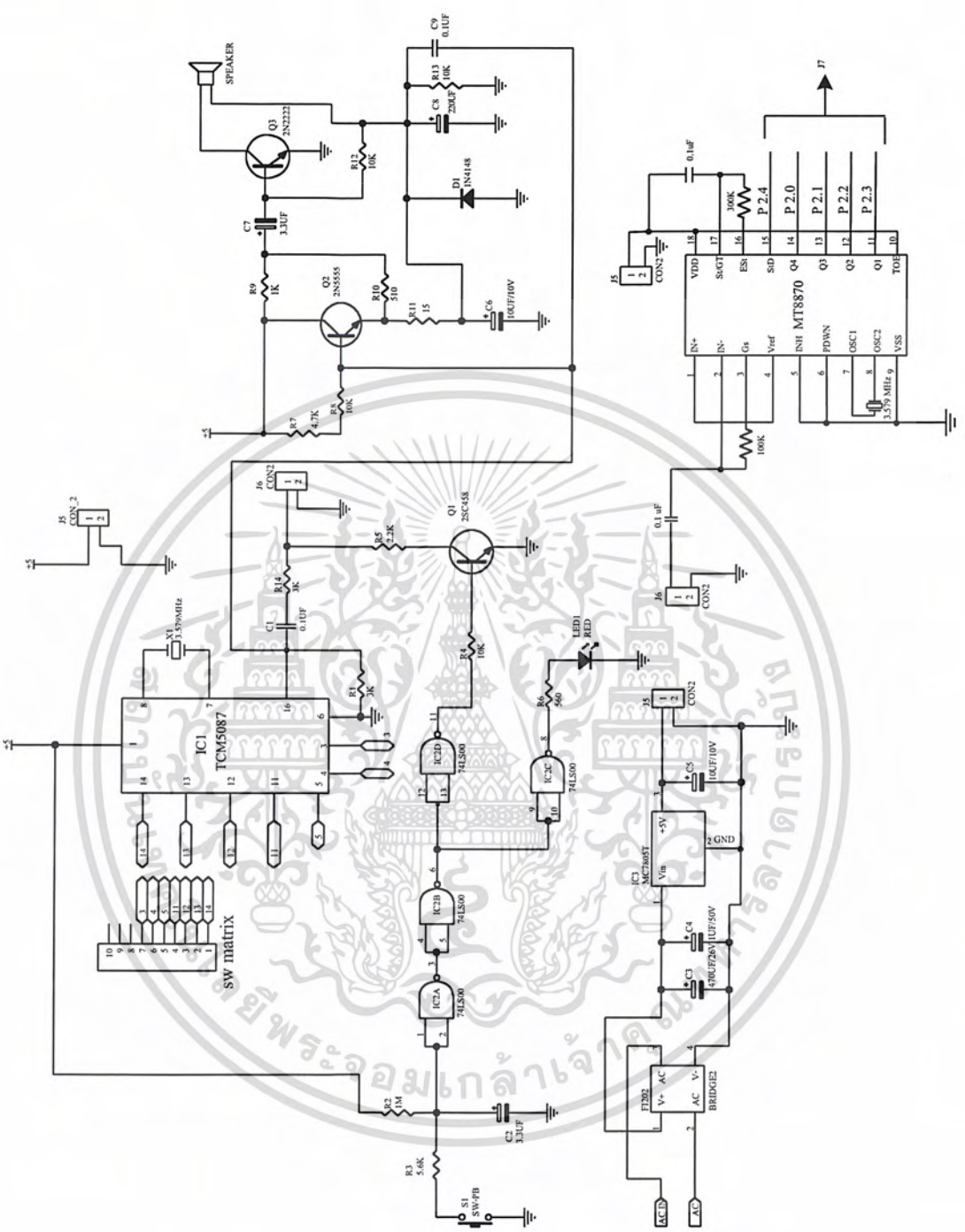
3.3.1 การออกแบบและการสร้าง

ในการออกแบบและการสร้างวงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่ ได้กำหนดการควบคุมด้วยรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่ DTMF (Dual Tone Multi Frequency) คือ เสียงสัญญาณ 2 ความถี่ที่ถูกนำมามอดูเลตเข้าด้วยกัน เกิดเป็นสัญญาณเสียงความถี่เดียว โดยใช้ไอซีเบอร์ TCM5087 เป็นตัวกำเนิดสัญญาณความถี่ตามการกดปุ่มหมายเลขต่างๆ

3.3.2 การทำงาน

จากรูปที่ 3.5 ไอซีเบอร์ TCM5087 กำเนิดความถี่ตามการกดปุ่มหมายเลขต่างๆ ทำงานร่วมกับแร่คริสตอล ความถี่ 3.579 เมกะเฮิรตซ์ เป็นสัญญาณความถี่ที่เข้าไปทำการผสมสัญญาณภายในตัวไอซี แล้วทำให้เกิดผลของความถี่เดียวแทนปุ่มหมายเลขต่างๆ สัญญาณที่ได้จะออกมายังเอาต์พุตที่ขา 16 โดยมี R1 กับ C1 ทำหน้าที่กรองสัญญาณและคัปปลิ้งสัญญาณ ผ่านออกมายังแจ็คไมค์ที่ต้องต่อเข้ากับเครื่องวิทยุสื่อสาร แต่ในตอนนี้เครื่องวิทยุสื่อสารยังไม่อยู่ในสภาวะทำการส่งสัญญาณได้ ต้องทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 เบอร์ 2SC458 ทำงานก่อน เมื่อทำการกดสวิตซ์ S1 ตัวเก็บประจุ C2 จะคายประจุผ่าน R3 ลงกราวด์ แรงดันตกคร่อม C2 มีค่า 0 โวลต์ และ IC2 แนนด์เกทเบอร์ 74LS00 คือในส่วนของเกท IC2A กับ IC2B ก็จะกลับแรงดัน 0 โวลต์ หรือลอจิก “0” ให้เป็นตรงกันข้าม โดย เกท 2 ตัวก็ทำการกลับลอจิก 2 ครั้ง ซึ่งเอาต์พุตของ IC2B จะมีค่าลอจิก “0” แล้วป้อนเข้า IC2C ทำหน้าที่ขับกระแสให้ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำงาน ส่งผลให้ที่ขาคอลเลคเตอร์ของ Q1 ถูกลัดวงจรลง ขาอิมิตเตอร์จะต่อลงกราวด์ จะมีผลให้เกิดอิมพีแดนซ์ที่ขั้วแจ็คไมค์ประมาณ 2.2 กิโลวัตต์ ตามค่าของ R5 เครื่องรับวิทยุก็จะรับรู้ว่ามีการกดคีย์ ส่งออกอากาศพร้อมไปด้วยกันกับสัญญาณเสียงความถี่คู่ ส่วน IC2D จะให้เอาต์พุตลอจิก “1” หรือแรงดันบวก เพื่อป้อนให้หลอดแสดงผลแอลอีดี ให้ติดสว่าง โดยมี R6 ทำหน้าที่จำกัดกระแสไม่ให้ไหลมากเกินไป เป็นการบอกว่าเครื่องอยู่ในสภาวะส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 วงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

เป็นวงจรแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม ใช้จอแสดงผลแบบผลึกเหลว และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51 มาควบคุมการแสดงสถานะทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

3.4.1 การออกแบบและการสร้าง

ในการออกแบบและการสร้างวงจรแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม ประกอบด้วย 2 วงจร คือ วงจรแสดงผลทางภาครับและทางภาคส่ง ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS 51 โดยใช้เบอร์ AT89C51 ส่วนควบคุมพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51 ประกอบด้วย

1) แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) โดยปกติ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS 51 ต้องการแหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์ การป้อนแหล่งจ่ายไฟจะทำงานผ่านขา 40 (VCC) และขา 20 (GND)

2) สัญญาณนาฬิกา จะทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดจังหวะการทำงานของระบบ โดยต่อแร่คริสตอล 11.0592 เมกะเฮิรตซ์ ที่ขา 19 (XTAL1) และที่ขา 18 (XTAL2)

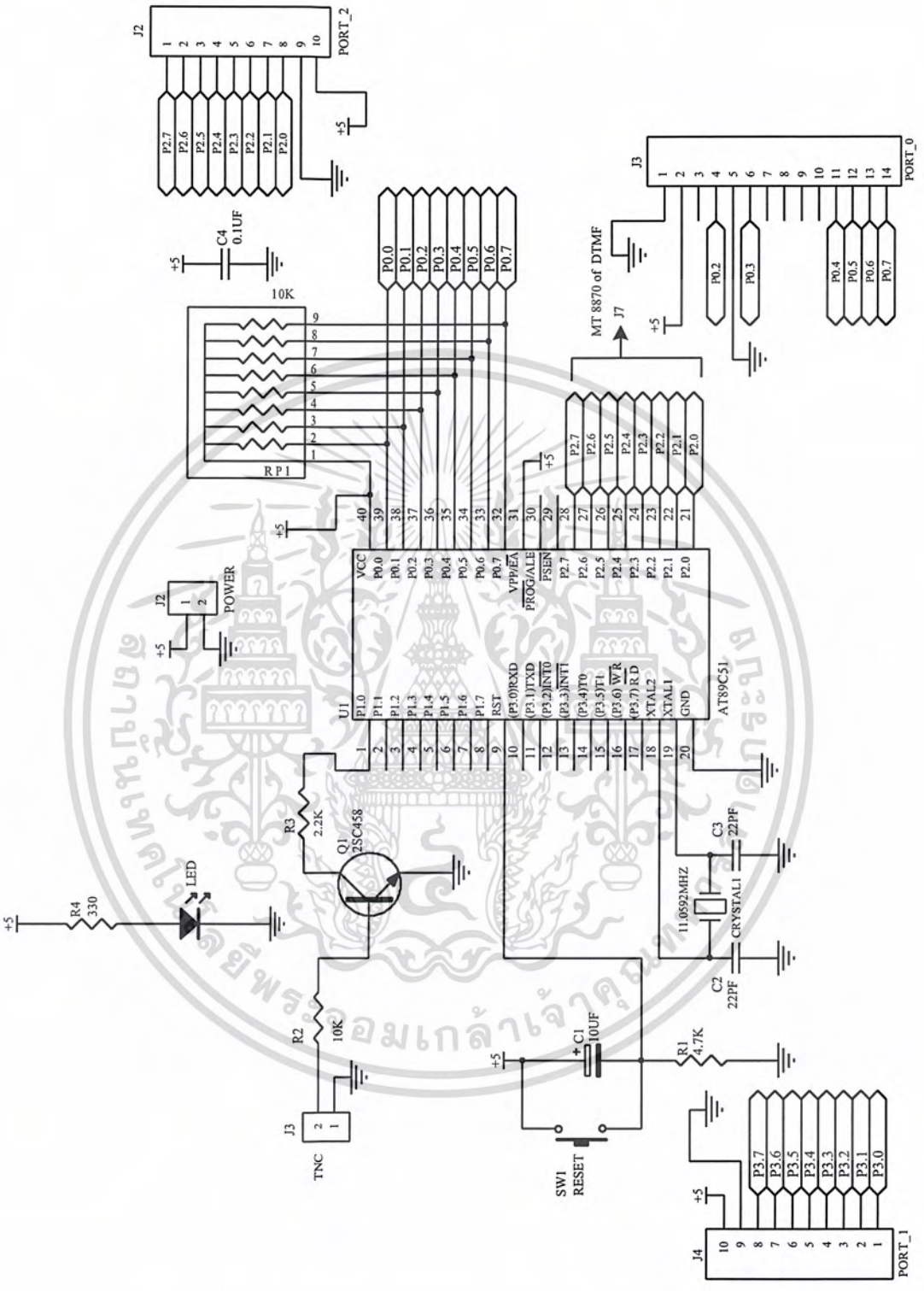
3) การรีเซต (Reset) เพื่อเริ่มต้นการทำงาน เงื่อนไขการรีเซต คือ ต้องให้สัญญาณลอจิก "1" ที่ขา 9 (RST) อย่างน้อย 2 วงรอบแมชชีน

4) การเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายในของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS 51 สามารถเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือภายนอกได้ โดยใช้ขา EA

3.4.2 การทำงาน

จากวงจรแสดงผลการทำงานของ MCS 51 ดังรูปที่ 3.6 จะประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51 เป็นตัวประมวลผล โดยใช้พอร์ต P0.0-P0.7 ติดต่อกับจอแสดงผลแบบผลึกเหลว เป็นจอแสดงผลแบบ 2 บรรทัด ส่วนพอร์ต P2.0-P2.7 ทำการติดต่อกับภาคส่ง DTMF ซึ่งที่ภาค DTMF ก็จะต่ออยู่กับสวิตซ์เมตริกซ์ เมื่อเริ่มการทำงาน จอแสดงผลแบบผลึกเหลวจะแสดงสถานะการทำงาน ให้ผู้ใช้ทราบว่าขณะนี้เครื่องพร้อมที่จะทำงาน เมื่อทำการกดสวิตซ์ส่งสัญญาณ DTMF จะมีการแสดงผลตามค่าที่ทำการกดปุ่ม จากนั้นวงจรจะรอรับสัญญาณจากแพกเกจเรดิโอโมเด็ม หากมีการรับ-ส่งข้อมูลออกอากาศ จะรับสัญญาณไฟมาที่ขา J1 ผ่าน R2 ทำหน้าที่จำกัดแรงดันไปเข้ายังขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 เบอร์ 2SC458 ทำหน้าที่เป็นทรานซิสเตอร์สวิตซ์ ทำให้เกิดสัญญาณอินเตอร์รัพต์ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51 ที่หน้าจอแสดงผลจะปรากฏคำว่า "ON AIR" ไปจนกว่าแรงเคลื่อนที่ขาเบสของ Q1 จะหมดไป จากนั้นจอแสดงผลกลับเข้าสู่สภาวะปกติโดยจะแสดงคำว่า "STAND BY" พร้อมที่จะทำงาน

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 วงจรแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่

เป็นวงจรที่ใช้ในการรับสัญญาณเสียงความถี่คู่ เข้ามาเป็นรหัส 4 ตัวคือ “2546” ใช้เป็นรหัสเปิดสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล เมื่อรหัสถูกต้องทั้งหมด รีเลย์ก็จะทำงาน เป็นการสับสวิตซ์ภาคจ่ายไฟให้ต่อกระแสไฟไปเลี้ยงเครื่องส่ง ทำการส่งสัญญาณออกมา เมื่อใช้งานเสร็จกดปุ่มชาร์ป (#) เพื่อสั่งปิดเครื่องส่ง

3.5.1 การออกแบบและการสร้าง

ใช้ IC1 เบอร์ MC7805T ซึ่งทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันอินพุตให้คงที่ เพื่อจ่ายให้กับวงจรทั้งหมด การถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่ คือ การนำความถี่ของ 2 สัญญาณที่เข้ามาแปลงกลับให้เป็นตัวเลขดังเดิม โดยใช้ IC2 เบอร์ MT8870 ทำหน้าที่ถอดรหัสสัญญาณตามหมายเลขที่ถูกกดเข้ามาๆ ทำการแปลงให้เป็นตัวเลขฐานสองขนาด 4 บิตและตรวจสอบความถี่ให้ถูกต้อง

3.5.2 การทำงาน

จากรูปที่ 3.8 IC1 เบอร์ MC7805T ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันอินพุตให้คงที่ๆ 5 VDC เพื่อทำการจ่ายแรงดันให้กับวงจร เมื่อต่อขั้วรับสัญญาณอินพุตเข้ากับขั้ว SP IN (ขั้วแจ็คลำโพง) ของเครื่องวิทยุสื่อสารทางด้านรับ สัญญาณรหัสผ่านเข้ามายัง C3 และ VR1 แล้วผ่านเข้ามาที่ขา 2 ของ IC2 เบอร์ MT8870 ถอดรหัสสัญญาณตามหมายเลขที่ถูกกดเข้ามา ทำงานร่วมกับ R1, R2, R3 และ C4 รวมทั้งแร่คริสตอลความถี่ 3.579 เมกะเฮิรตซ์ ทำการตรวจสอบความถี่ให้ถูกต้อง เอาต์พุตของ IC2 เป็นรหัสเลขฐานสองขนาด 4 บิต ที่ขา 14, 13, 12 และ11 ตามลำดับ แล้วส่งต่อไปให้กับ IC3 เบอร์ 4028 ถอดรหัสสัญญาณออกมาเป็นตัวเลข 0 ถึง 9 ตามค่ารหัสเลขฐานสอง นำมาใช้เป็นตัวเลือกรหัส 4 ตัวที่จะกำหนดไว้ที่ภาครับ เพื่อให้ผู้ควบคุมการเปิดเครื่องทวนสัญญาณระบบดิจิตอลกดรหัสเข้ามาให้ถูกต้อง

สมมติ กำหนดรหัส 4 ตัว เป็นรหัส “2546” (สอง ห้า สี่ หก) เริ่มแรกเมื่อมีการถอดรหัสหมายเลขตัวที่ 1 คือ IC3 จะถอดรหัสเลขฐานสองจากอินพุต 4 บิต เรียงตามลำดับที่สำคัญสูงสุด เช่น D, C B, A ที่ขา 11, 12, 13 และ 10 ตามลำดับ เลขตัวแรกเป็น 2 ทำให้มีค่าแรงดันลอจิก “1” ออกมาที่ขา 3 ของ IC3 พร้อมกับที่ขา 15 ของ IC2 ขานี้จะมีค่าลอจิก “1” เฉพาะเมื่อถอดรหัสออกมาเท่านั้น จะมีพัลซ์ 1 ลูกทุกๆ ครั้งของการถอดรหัสและทำการต่อขา 15 ของ IC2 ผ่าน IC4/A กับ IC4/B ใช้ไอซีแนนด์เกท 2 เกท มาต่อเป็นอินเวอร์เตอร์ ขา 2 และขา 1 ของไอซี แนนด์เกท IC5/A มีค่าลอจิก “1” ออกมาทั้งคู่มาเปรียบเทียบกัน จะได้ลอจิก “0” ออกมาที่เอาต์พุตขา 3 ทรานซิสเตอร์ Q1 ถูกไบอัส ตรงให้นำกระแส ส่งกระแสไฟให้กับชุดหน่วงเวลา R6 และ C5 ทำให้เอาต์พุตขา 10 ของ

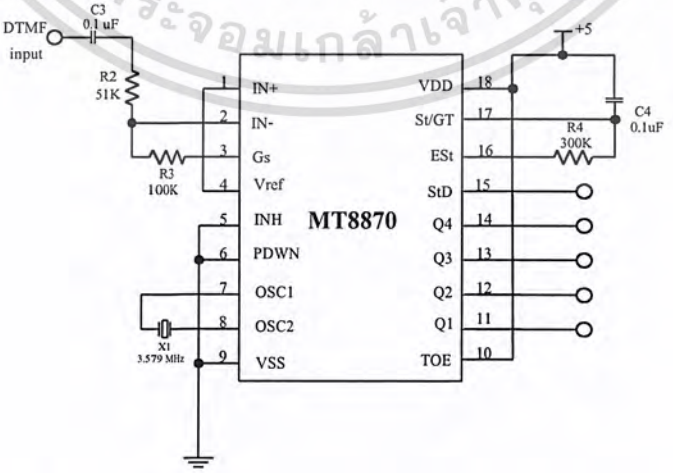
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IC5/C มีค่าลอจิก “1” ค้างไว้ประมาณ 5 วินาที เพื่อให้เวลากับการกดรหัสตัวที่ 2 และตัวที่ 3 เข้ามาให้ถูกต้อง ขาที่12 ของ IC5/D จะมีค่าลอจิก “1” มารออยู่แล้วและเมื่อกำหนดรหัสตัวที่ 2 คือ เลข 5

เมื่อทำการถอดรหัสตัวที่ 2 ถูกต้องกับการกดเลข 5 เข้ามา จะส่งผลให้ขา 11 ของ IC5/D มีค่าลอจิก “0” จากนั้นทรานซิสเตอร์ Q2 ก็จะนำกระแส ทำให้มีกระแสไฟไปเลี้ยงส่วนหน่วงเวลา คือ C6 และ R9 เพื่อให้ขา 11 ของ IC6/D มีค่าลอจิก “1” ค้างไว้เช่นเดียวกับที่ขา 9 ของ IC6/C ด้วย ขา 8 ของ IC6/C จะต้องไปคอยรับรหัสตัวที่ 3 ที่ถอดรหัสเข้ามาถูกต้อง คือ หมายเลข 4 ที่ขา 1 ของ IC3 มีค่าลอจิก “1” ที่เอาต์พุตขา 10 ของ IC6/C มีค่าลอจิก”0” และ IC6/B ต่อเป็นอินเวอร์เตอร์ จะกลับค่าลอจิก “1” ส่งเป็นสัญญาณนาฬิกาให้กับ IC9 เบอร์ 4017 ที่ขา 14

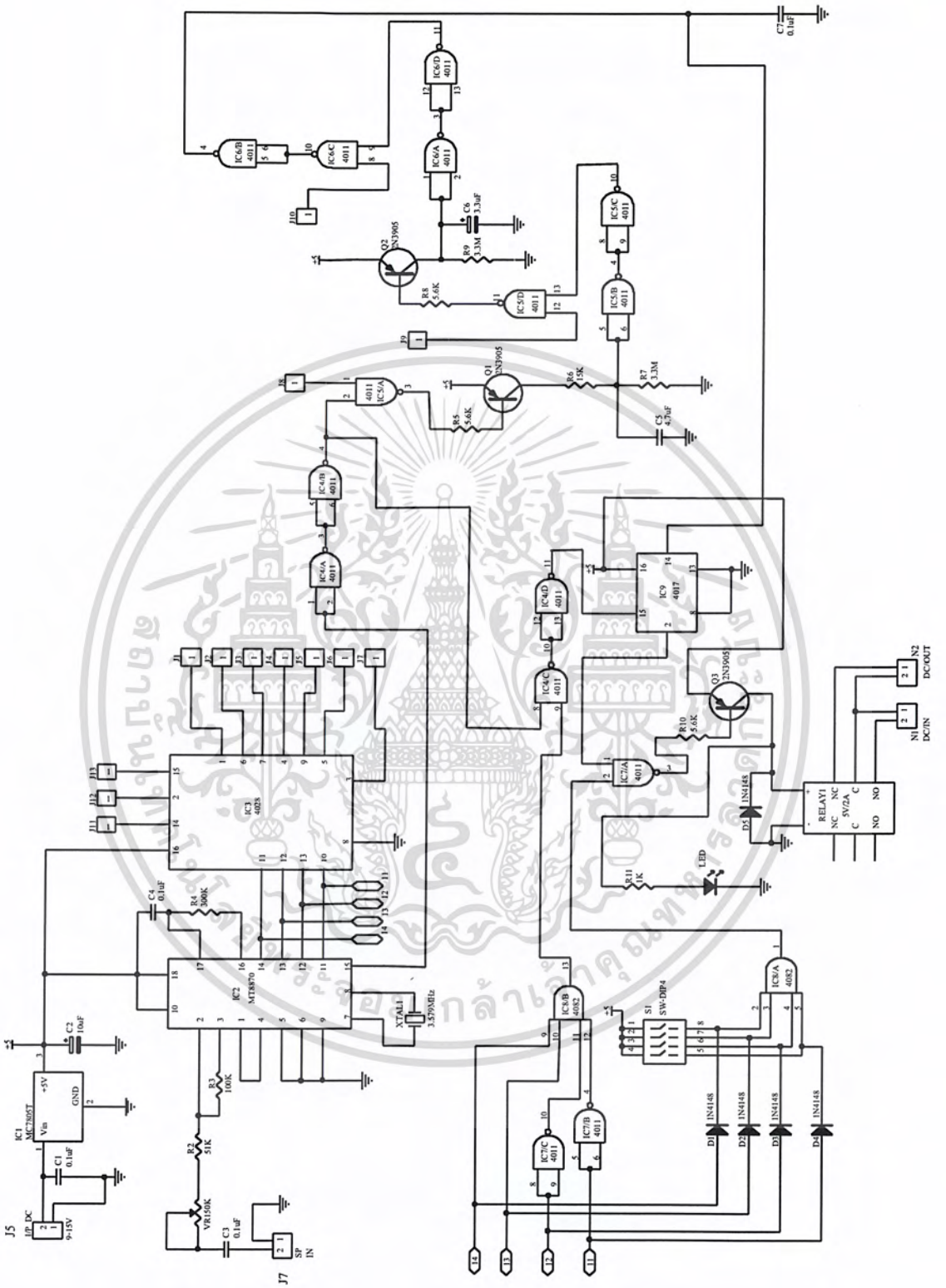
IC9 เป็นไอซีนับสัญญาณและให้เอาต์พุตออกมา 10 ขา เรียงจาก 3, 2, 4, 7, 10, 1, 5, 6, 9 และ11 ตามลำดับ เมื่อรับสัญญาณนาฬิกาลูกแรกเข้ามาเอาต์พุตมีค่าลอจิก “1” เลื่อนจากขา 3 มาออกที่ขา 2 แทน เมื่อรับรหัส 3 ตัวแรกเข้ามาถูกต้อง หากผู้ทำการกดรหัสเลข 6 เป็นรหัสตัวที่ 4 เพื่อเปิดสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล ทำให้ไอซีแนนด์เกท IC8/B ชนิด 4 อินพุต ออกมาที่ขา 13 จะได้เอาต์พุตมีค่าลอจิก “0” ออกมา ทรานซิสเตอร์ Q3 ได้รับไบอัสตรง ทำให้นำกระแส ซึ่งจะมีแรงดันไฟฟ้าจากไฟบวกมาจ่ายให้กับรีเลย์ เมื่อรีเลย์ทำงานจะดันหน้าคอนแทคมาสวิตซ์แตะกับอีกขั้วเพื่อต่อไฟบวกอีกชุดไปจ่ายให้กับวิทยุเครื่องส่ง ให้พร้อมทำการส่งสัญญาณได้ เพื่อทวนสัญญาณจากเครื่องรับอีกทีหนึ่ง เป็นการเปิดสถานีทวนสัญญาณให้ทำงานโดยสมบูรณ์

เมื่อระบบถูกควบคุมให้เปิดจะคงสถานะการทำงานไปตลอดจนกว่าจะมีการสั่งให้ปิดสถานีทวนสัญญาณอีกทีหนึ่ง โดยจะใช้ปุ่ม # ในการสั่งปิดสถานีทวนสัญญาณ รีเลย์หยุดทำงาน หลอดแสดงผลแอลอีดีก็จะดับ ไม่มีกระแสไฟไปจ่ายให้กับวิทยุเครื่องส่ง



รูปที่ 3.7 ลักษณะการต่อใช้งานของไอซีเบอร์ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 วงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 วงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ

วงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุเป็นวงจรที่ทำหน้าที่ในการทวนสัญญาณ ข้อมูลข่าวสารทางภาครับและภาคส่ง เพื่อให้เกิดความถูกต้องของข้อมูลข่าวสารที่ทำการรับส่ง ทำให้การติดต่อสื่อสารมีประสิทธิภาพได้ดียิ่งขึ้น

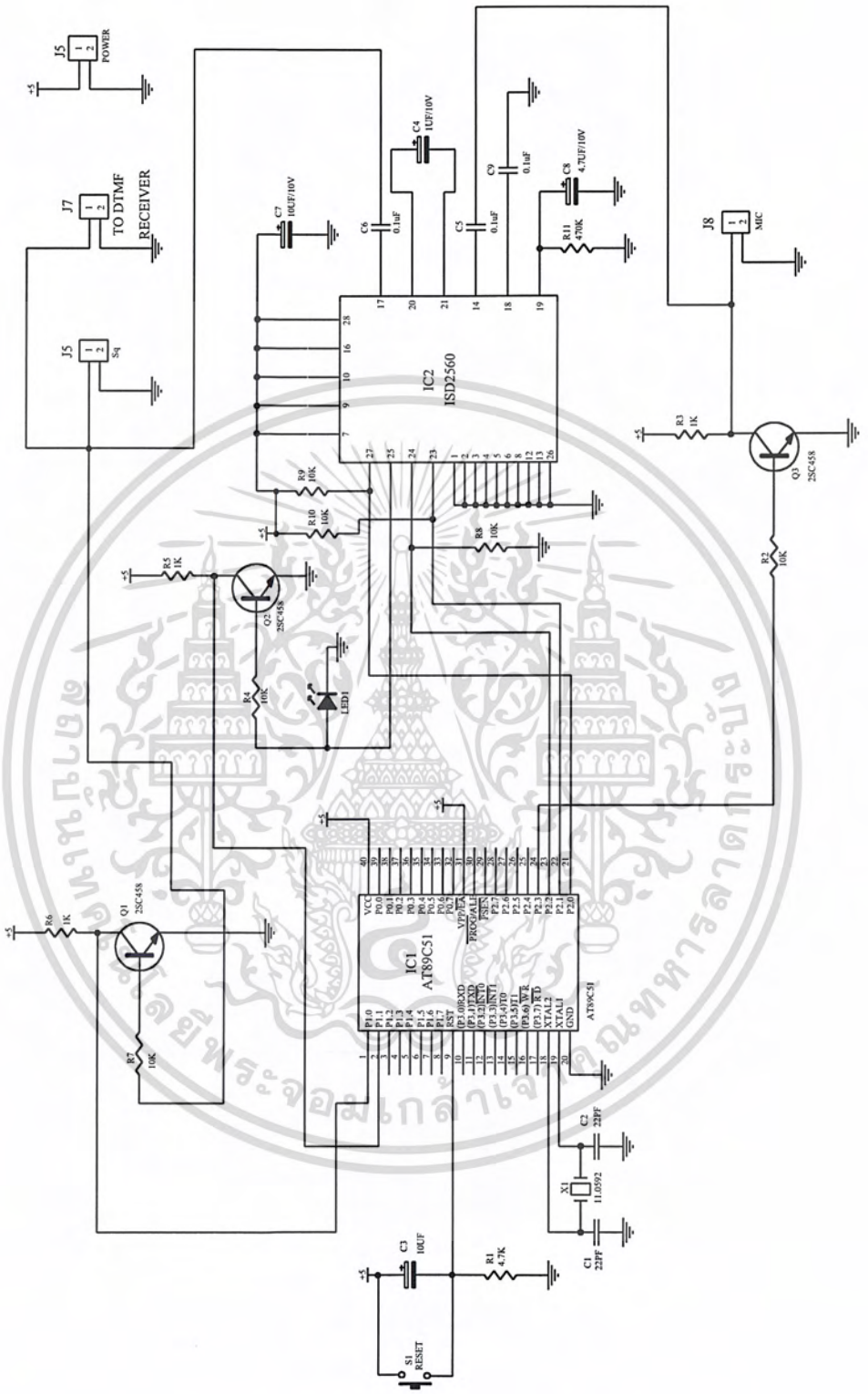
3.6.1 การสร้างและการออกแบบ

การสร้างและการออกแบบวงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ ในส่วนแรกเป็นส่วนบันทึกเสียง โดยใช้ไอซีเบอร์ ISD2560 ซึ่งเป็นไอซีบันทึกเสียง สามารถบันทึกเสียงได้ 60 วินาที ความถี่ในการสุ่มสัญญาณทางอินพุต 8 กิโลเฮิรตซ์ ในส่วนที่สอง คือ ส่วนของการประมวลผลและส่วนที่ควบคุมการทำงานของวงจร โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51 ทำหน้าที่ในการประมวลผลการทำงานและควบคุมการทำงาน

3.6.2 การทำงาน

จากรูปที่ 3.9 การทำงานของวงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ เริ่มจากเครื่องวิทยุรับส่งสามารถรับสัญญาณแพกเกจเรดิโอได้ ทำให้มีสัญญาณแสควซ์พร้อมแรงเคลื่อนประมาณ 5 โวลต์ เข้ามาไบอัสที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำงาน ซึ่งทรานซิสเตอร์ Q1 ทำหน้าที่เป็นทรานซิสเตอร์สวิตซ์ ทำให้มีสัญญาณอินเตอร์รัพต์ที่ ขา P0.1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51 ทำการสั่งงานให้ IC2 เริ่มทำการบันทึกสัญญาณข้อมูลเข้าที่ขา 17 และจะทำการบันทึกสัญญาณข้อมูลไปเรื่อยๆ โดยปกติในการบันทึกสัญญาณข้อมูลแต่ละครั้งจะใช้เวลาไม่เกิน 10 วินาที ซึ่งจะขึ้นอยู่กับเฟรมของข้อมูลที่เข้ามาในขณะนั้น เมื่อสัญญาณข้อมูลอินพุต ที่เข้ามาทาง J1 หมดไป ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51 จะสั่งงานให้ไอซีบันทึกเสียง ISD2560 เริ่มทำการเล่นกลับข้อมูลที่บันทึกไว้ในตัว IC2 จนหมด จากนั้นก็จะรอรับสัญญาณคีย์ใหม่ที่เข้ามาลักษณะการทำงานของวงจรทวนสัญญาณระบบดิจิตอลก็จะเป็นในลักษณะเช่นนี้ไปเรื่อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 วงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 สายอากาศรับ – ส่งรอบตัวชนิด 5/8 λ แบบ 2 ชั้น

สายอากาศรับ – ส่งใช้ในการรับส่งสัญญาณทางด้านภาคส่งและภาครับ ทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือคลื่นวิทยุแพร่กระจายออกไป เมื่อมีกระแสสลับความถี่วิทยุวิ่งไปมาอยู่ในสายอากาศหรือเป็นแหล่งกำเนิดแรงไฟกระแสสลับความถี่วิทยุ เมื่อมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านมากระทบ

3.7.1 การออกแบบและการสร้าง

สายอากาศรับ – ส่งที่ใช้กับระบบแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล ใช้สายอากาศรอบตัวชนิด 5/8 λ แบบ 2 ชั้น ในการรับส่งสัญญาณ ใช้สายที่มีความยาว 5/8 จำนวน 2 ชั้น โดยมีสตับยาว 1/4 ของความยาวคลื่น ความยาวของสายอากาศจะเป็น 5/8 ของความยาวคลื่น

3.7.2 การทำงาน

ทำหน้าที่รับ – ส่งสัญญาณทางด้านภาคส่งและภาครับ แพร่กระจายคลื่นวิทยุรอบตัว ความยาวของสายอากาศเท่ากับ 5/8 ของความยาวคลื่นหรือมีค่าเท่ากับ 0.62 ของความยาวคลื่น โดยคลื่นวิทยุจะแพร่กระจายออกไปทางมุมราบขนานกับพื้นโลกจะมีความแรงขึ้น คือได้ระยะทางไกลขึ้นและคลื่นที่ออกไปทางมุมสูงกว่าระดับราบจะเบาลง สายอากาศรอบตัวชนิด 5/8 λ แบบ 2 ชั้นทำให้คลื่นวิทยุแพร่กระจายออกไปแรงยิ่งขึ้น คลื่นวิทยุจะแพร่กระจายออกจากสายอากาศทั้ง 2 ชั้นพร้อมกันและไปในทิศทางเดียวกัน

3.8 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

ทำหน้าที่ผลิตแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายให้กับสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล เพื่อให้สถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอลทำงาน

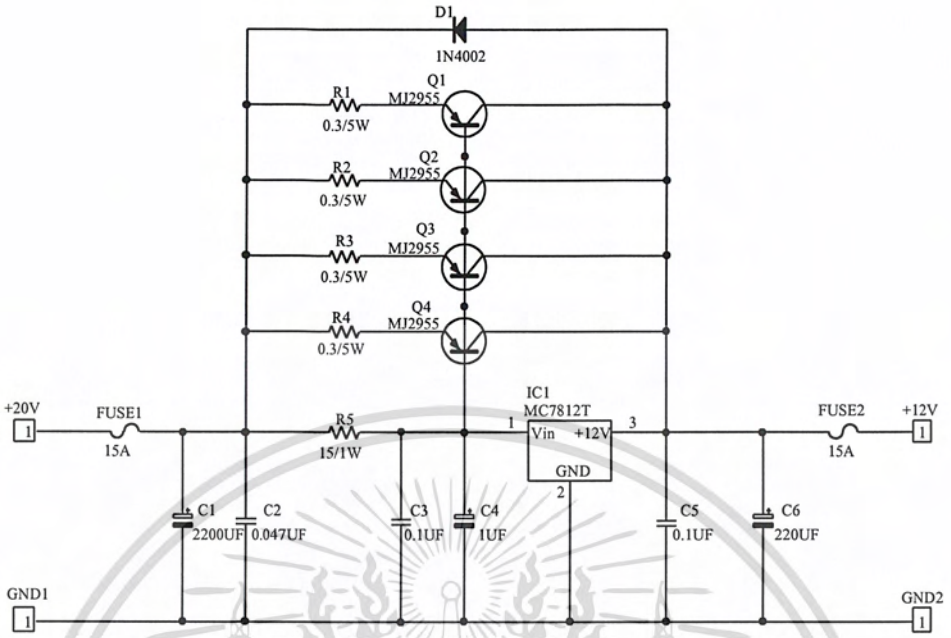
3.8.1 การออกแบบและการสร้าง

การออกแบบและการสร้างวงจรแหล่งจ่ายไฟ ซึ่งจะใช้ทรานซิสเตอร์ เบอร์ MJ2955 ชนิด PNP จำนวน 4 ตัว มาทำการต่อขนานกันและใช้ไอซีเรกูเลเตอร์ เบอร์ MC7812T

3.8.2 การทำงาน

การทำงานของวงจรแหล่งจ่ายแรงดัน ทำหน้าที่ในการผลิตแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายให้กับสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล ซึ่งสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ 12 แอมป์ ให้กับเครื่องวิทยุรับส่ง วงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ และวงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่ โดยใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ MJ2955 ชนิด PNP มาทำการต่อขนานกัน ใช้ไอซีเรกูเลเตอร์ เบอร์ MC7812T เพื่อจำกัดแรงเคลื่อนให้ได้ 12 โวลต์ จะใช้ C1 – C6 ทำหน้าที่กรองกระแสให้เรียบ ดังรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 วงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

4.1.1 การทดลอง

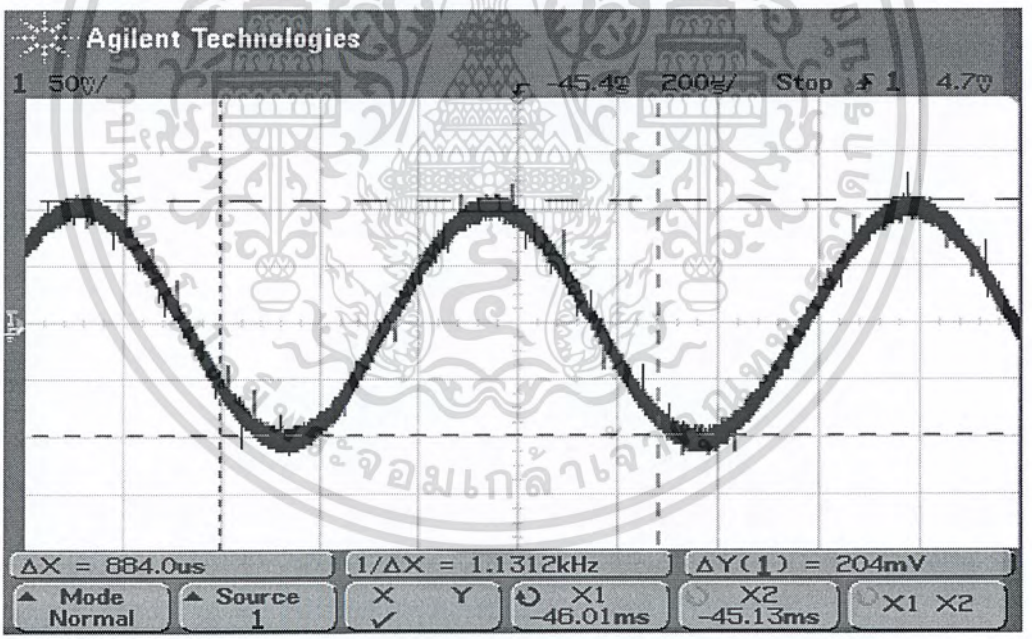
ในการทดลองวงจรแพกเกจเรดิโอ ทำการทดลองดังต่อไปนี้

1) ต่อวงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม ดังรูปที่ 3.4

2) ทำการทดลองวัดสัญญาณเอาต์พุตของวงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

4.1.2 ผลการทดลอง

สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากการทดลองของวงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็มที่วัดได้

4.2 วงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่

4.2.1 การทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดลองวงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่ ทำการทดลองดังต่อไปนี้

1) ทำการต่อวงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่ ดังรูปที่ 3.5

2) ทำการทดลองกดส่งสัญญาณเสียงความถี่คู่ โดยจะทำการกดปุ่มคีย์สวิตซ์ (DTMF) จากวงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่ ทำการกดปุ่มคีย์สวิตซ์ปุ่มใดปุ่มหนึ่ง แล้วสังเกตสัญญาณไฟที่ขา 15 (StD) ของไอซีเบอร์ MT8870

3) ทำการกดปุ่มคีย์สวิตซ์ กดส่งสัญญาณเสียงความถี่คู่ของทุกปุ่ม สังเกตผลที่ได้

4.2.2 ผลการทดลอง

จากผลการทดลองของวงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่

1) ผลจากการทดลอง เมื่อทำการกดปุ่มคีย์สวิตซ์ ทำการส่งสัญญาณเสียงความถี่คู่ของปุ่มใดปุ่มหนึ่ง สังเกตสถานะของขา 15 (StD) ของไอซีเบอร์ MT8870 จะเป็น “High” นานเท่ากับเวลาที่ใช้ในการกดปุ่ม ยิ่งกดปุ่มนานเท่าใดที่ขา 15 (StD) ก็จะติดนานเท่านั้น

2) เมื่อทำการกดปุ่มคีย์สวิตซ์เพื่อส่งสัญญาณเสียงความถี่คู่ของทุกปุ่มเอาต์พุตที่ได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองส่งสัญญาณเสียงความถี่คู่

หมายเลข	เอาต์พุตที่ได้			
	Q1	Q2	Q3	Q4
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
0	1	0	1	0
*	1	0	1	1
#	1	1	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วงจรแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

4.3.1 การทดลอง

ในการทดลองวงจรแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม ทำการทดลองดังต่อไปนี้

1) ทำการต่อวงจรแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม ดังรูปที่ 3.6

2) ทำการทดลองต่อวงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็มทางภาคส่งและทางภาครับ โดยต่อผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS-232 ของคอมพิวเตอร์

3) ทำการทดลองต่อวงจรแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็มโดยใช้จอแสดงผลแบบผลึกเหลวและเชื่อมต่อวงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่

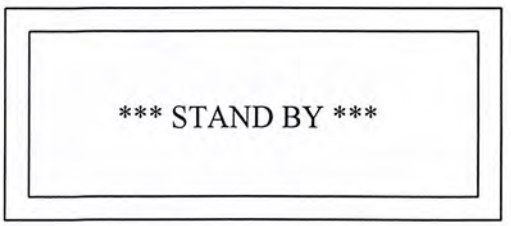
4) สังเกตผลการทดลองที่จอแสดงผลแบบผลึกเหลว

4.3.2 ผลการทดลอง

1) จากผลของการทดลอง เมื่อทำการเชื่อมต่อวงจรการรับส่งข้อมูลของวงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็มทางภาคส่งและภาครับ ถ้ามีการออกอากาศ ที่จอแสดงผล จะปรากฏคำว่า "***ON AIR***"

2) หากไม่มีการออกอากาศหรือไม่มีการรับส่งข้อมูลระหว่างทางภาคส่งและภาครับ ที่จอแสดงผลก็จะปรากฏคำว่า "***STAND BY***" ดังรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.2 สถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็มเมื่อมีการออกอากาศ



รูปที่ 4.3 สถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็มเมื่อไม่มีการออกอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 วงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่

4.4.1 การทดลอง

ในการทดลองวงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่ ทำการทดลองดังต่อไปนี้

1) ต่อวงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่ ดังรูปที่ 3.8

2) ทำการทดลองกดส่งสัญญาณเสียงความถี่คู่ โดยทำการกดปุ่มคีย์สวิตซ์ (DTMF) จากวงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่จะใช้ รหัส 4 หลัก เป็นตัวเปิดเครื่องทวนสัญญาณและรหัสชาร์ป (#) เป็นรหัสปิดเครื่องทวนสัญญาณ

3) ทดลองส่งรหัสเปิด โดยในที่นี้ได้ตั้งรหัสเปิดเป็นรหัส "2546" สังเกตที่วงจรถอดรหัสถ้ารหัสที่ส่งมาถูกต้องหลอดแสดงผลแอลอีดีจะติดและรีเลย์จะทำงานเพื่อไปเปิดเครื่องทวนสัญญาณความถี่วิทยุให้ทำงาน

4) ทำการทดลองส่งรหัสปิด โดยการกดรหัสชาร์ป (#) ไปยังสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล แล้วจึงทำการสังเกตที่หลอดแสดงผลแอลอีดี

4.4.2 ผลการทดลอง

จากผลการทดลองวงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่

1) จากผลการทดลอง ทำการกดปุ่มคีย์สวิตซ์ส่งสัญญาณเสียงความถี่คู่แล้วจึงทำการกดรหัสโดยใช้รหัส "2546" ซึ่งเป็นรหัสที่กำหนดขึ้น เพื่อใช้ในการเปิดสถานีทวนสัญญาณความถี่วิทยุจะทำให้หลอดแสดงผลแอลอีดีสีแดงติด

2) รีเลย์ภายในวงจร ก็จะเริ่มทำงานทำให้มีกระแสไฟมาเลี้ยงวงจร เพื่อจ่ายกระแสไฟให้กับสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล เป็นการเปิดสถานีทวนสัญญาณให้ทำงาน

3) เมื่อทำการทดลอง กดปุ่มคีย์สวิตซ์เป็นรหัสชาร์ป (#) ซึ่งเป็นรหัสที่กำหนดให้ทำการปิดสถานีทวนสัญญาณให้หยุดทำงาน จะทำให้หลอดแสดงผลแอลอีดีสีแดงไม่ติด รีเลย์จะไม่ทำงานและไม่มีกระแสไฟมาเลี้ยงวงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ

4.5 วงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ

4.5.1 การทดลอง

ในการทดลองวงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ ทำการทดลองดังต่อไปนี้

1) ทำการต่อวงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ ดังรูปที่ 3.9

2) ทำการทดลองส่งรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่ รหัส "2546" เพื่อที่จะเปิดสถานีทวนสัญญาณให้ทำงาน สังเกตผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ทำการรับส่งข้อมูลทางด้านภาคส่งและทางภาครับโดยการรับส่งผ่านสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล สังเกตผลการทดลอง

4) ทำการทดลองส่งรหัสชาร์ป (#) มายังเครื่องทวนสัญญาณระบบดิจิตอล แล้วจึงสังเกตผลการทดลอง

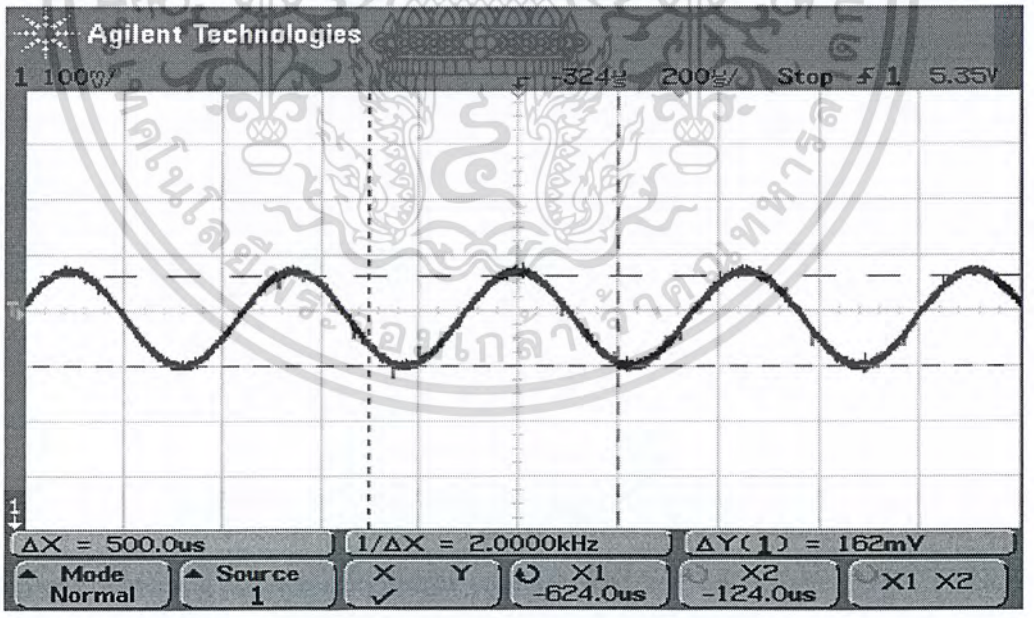
4.5.2 ผลการทดลอง

1) เมื่อทำการส่งรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่ รหัส "2546" ส่งมายัง เครื่องทวนสัญญาณระบบดิจิตอล ทำให้หลอดแสดงผลแอลอีดีสีแดงและสีเหลืองติด เป็นการเปิดเครื่องทวนสัญญาณระบบดิจิตอลให้ทำงาน

2) เมื่อมีการรับการส่งข้อมูลทางด้านภาคส่งและภาครับถ้าหากมีการรับข้อมูล จะมีการทวนสัญญาณออกมาทันที โดยสังเกตได้จากสัญญาณที่เครื่องวิทยุลูกข่ายรับได้จากการทวนสัญญาณของสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล

3) เมื่อมีการกดส่งรหัสชาร์ป (#) มายังเครื่องทวนสัญญาณระบบดิจิตอล ก็จะเป็นการสั่งปิดเครื่องทวนสัญญาณระบบดิจิตอลให้หยุดทำงาน หลอดแสดงผลแอลอีดีสีเหลืองก็จะดับด้วย

4) สัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้ของวงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 สัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้ของวงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 สายอากาศรับ – ส่งรอบตัวชนิด 5/8 λ แบบ 2 ชั้น

4.6.1 การทดลอง

ในการทดลองสายอากาศรับ – ส่งแบบรอบตัวชนิด 5/8 λ แบบ 2 ชั้น ดังต่อไปนี้

1) ทำการติดตั้งสายอากาศแบบรอบตัวชนิด 5/8 λ แบบ 2 ชั้น ในบริเวณที่เหมาะสม

2) ทำการต่อสายอากาศแบบรอบตัวชนิด 5/8 λ แบบ 2 ชั้น เข้ากับเครื่องส่งและเครื่องรับสังเกตการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับ

4.6.2 ผลการทดลอง

1) เมื่อทำการต่อสายอากาศแบบรอบตัวชนิด 5/8 λ แบบ 2 ชั้น เข้ากับเครื่องส่งและเครื่องรับ จึงทำให้สามารถรับส่งข้อมูลได้

2) ระยะทางที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล จะขึ้นอยู่กับความสูงของสายอากาศและกำลังส่งเครื่องส่ง ถ้าหากการติดตั้งของสายอากาศมีความสูงและกำลังส่งของเครื่องส่งมีค่ามาก ก็จะทำให้ระยะทางในการรับส่งข้อมูลไปได้ไกลขึ้น

4.7 การทดลองระบบแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล

ในการทดลองการใช้งานจริงของระบบแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล จะใช้อุปกรณ์ต่างๆ ในการทดลองการใช้งานดังนี้ คือ

1) เครื่องวิทยุรับส่ง จำนวน 2 เครื่อง (ในการทดลองการใช้งานจริงของระบบแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล ใช้วิทยุรับส่ง STANDARD รุ่น C150 จำนวน 1 เครื่อง และ KENWOOD รุ่น TM241 EJ จำนวน 1 เครื่อง)

2) สายอากาศ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

2.1) สถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล ใช้สายอากาศชนิด Folded Dipole แบบ 4 Stack ความสูง 30 เมตร สายนำสัญญาณแบบ 12 DFB ความยาว 20 เมตร

2.2) สถานีทางด้านภาคส่งและภาครับของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม ใช้สายอากาศชนิด 5/8 λ แบบ 2 ชั้น ความสูง 6 เมตร สายนำสัญญาณแบบ RG 8 A/U ความยาว 15 เมตร

3) เครื่องคอมพิวเตอร์ทางด้านภาคส่งและภาครับ จำนวน 2 เครื่อง

4) เครื่องแพกเกจเรดิโอโมเด็มทางด้านภาคส่งและภาครับ จำนวน 2 เครื่อง

5) เครื่องทวนสัญญาณระบบดิจิตอล จำนวน 1 เครื่อง

6) สาย RS-232 จำนวน 2 เส้น

7) สายเสียบไมค์ – ลำโพงของวิทยุรับส่ง จำนวน 2 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) SWRและวัตต์มิเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง

4.7.1 การทดลอง

การทดลองการใช้งานแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล ใช้เครื่องรับส่งวิทยุจำนวน 2 เครื่อง เป็นเครื่องวิทยุลูกข่าย เครื่องรับส่งวิทยุจำเป็นต้องมีระบบสัญญาณเสียงความถี่คู่ในตัวเครื่องหรือถ้าไม่มีระบบสัญญาณเสียงความถี่คู่ ก็ให้ใช้สัญญาณเสียงความถี่คู่ที่สร้างขึ้นจากเครื่องแพกเกจเรดิโอโมเด็ม เพื่อใช้ในการเปิดปิดสถานีทวนสัญญาณ การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1) การทดสอบแพกเกจเรดิโอโมเด็ม มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ คือ

1.1) ทำการต่ออุปกรณ์ดังรูปที่ 4.5

1.2) ติดตั้งโปรแกรมรับส่งข้อมูลแพกเกจเรดิโอโมเด็มที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทางด้านภาคส่งและภาครับ

1.3) ตั้งความถี่ของเครื่องวิทยุรับส่ง ทางด้านภาคส่งและภาครับให้มีความถี่ตรงกัน

1.4) ทำการเปิดโปรแกรมรับส่งข้อมูลแพกเกจเรดิโอโมเด็ม ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ของทางด้านภาคส่งและภาครับ

1.5) เมื่อรันโปรแกรมขึ้นมาแล้ว ก็ทำการตั้งชื่อสถานีทางด้านภาคส่งและภาครับ โดยกำหนดให้สถานีทางด้านภาคส่งชื่อ E1 และสถานีทางด้านภาครับชื่อสถานี E2

1.6) ทำการเชื่อมต่อถึงกัน โดยใช้คำสั่ง “Connect” ที่ตัวโปรแกรม

1.7) เมื่อทำการเชื่อมต่อถึงกันแล้ว ทำการรับส่งข้อมูล ระหว่างทางด้านภาคส่งและภาครับ โดยเริ่มจากข้อมูลที่เป็นไฟล์ Text (จะใช้คีย์บอร์ดกับคีย์บอร์ด) และไฟล์ข้อมูลอื่นๆ

1.8) เมื่อเลิกการเชื่อมต่อใช้คำสั่ง “Disconnect” ที่ตัวโปรแกรมแล้วจึงสังเกตผลการทดลอง

รูปที่ 4.5 การเชื่อมต่ออุปกรณ์รับส่งข้อมูลทางด้านภาคส่งและภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การทดลองสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ คือ

2.1) ขั้นตอนแรกของการรับส่งข้อมูล โดยผ่านสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล จะต้องทำการส่งรหัสเปิดสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล เป็นรหัส 4 หลัก กำหนดให้เป็นรหัส “2546” สังเกตผลการทดลอง

2.2) ทำการรับส่งข้อมูลทางด้านภาคส่งและภาครับจะทำการรับส่งข้อมูลผ่านสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล

2.3) เมื่อเลิกการใช้งานสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล ต้องส่งรหัสไปปิดสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล กำหนดรหัสปิดเป็นรหัสชาร์ป (#) แล้วสังเกตผลการทดลอง

4.7.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองระบบแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล มีผลการทดลองดังต่อไปนี้คือ

1) การทดลองระบบแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล ซึ่งมีลักษณะการเชื่อมต่อดังรูปที่ 4.6

2) เมื่อเริ่มใช้คำสั่ง “Connect” ทางด้านภาคส่งและภาครับเชื่อมต่อถึงกันโดยที่คอมพิวเตอร์ 2 เครื่องจะทำการส่งสัญญาณเชื่อมต่อกันตลอดเวลา โดยใช้โปรโตคอล AX.25 เป็นตัวเชื่อมต่อ การเชื่อมต่อจะสิ้นสุดลงก็ต่อเมื่อ วิทยุลูกข่ายทั้ง 2 เครื่องรับสัญญาณกันไม่ได้, คอมพิวเตอร์เครื่องใดเครื่องหนึ่งถูกปิดลงหรือผู้ใช้งานใช้คำสั่ง “Disconnect”

3) เมื่อมีการรับส่งข้อมูลทางด้านภาคส่งและภาครับ โดยการใช้คีย์บอร์ดกับคีย์บอร์ด ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ก็จะปรากฏหน้าต่างการรับส่งข้อมูลแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

4) เมื่อใช้คำสั่ง “Disconnect” ทางด้านภาคส่งและภาครับก็จะเลิกการติดต่อกัน

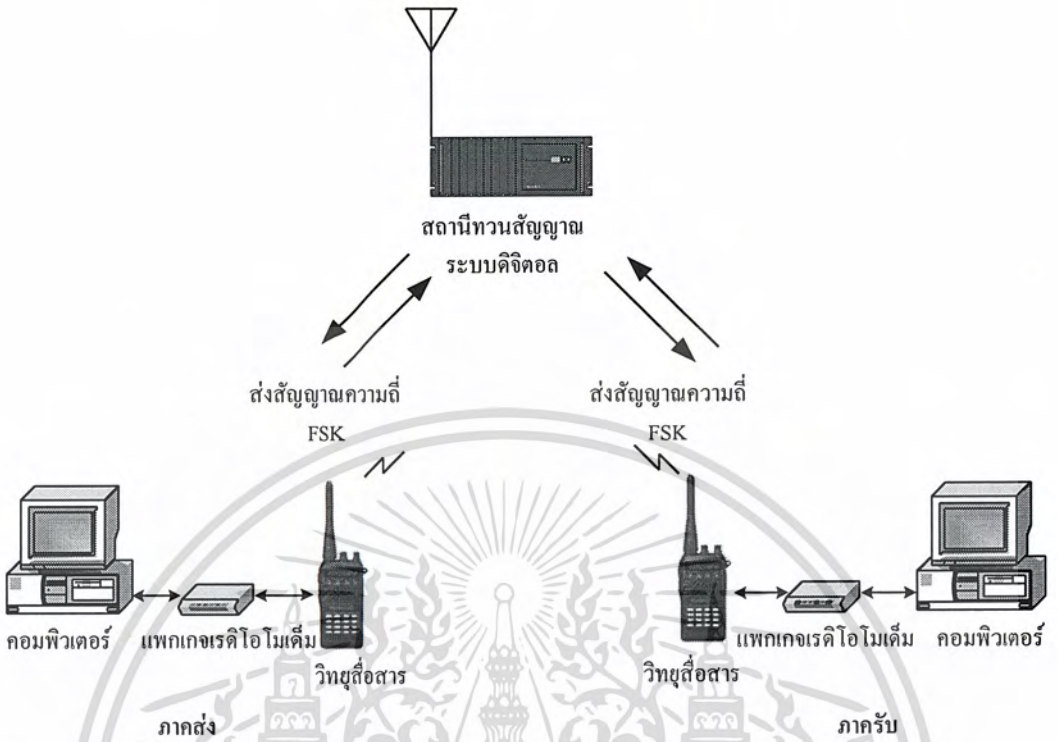
5) เมื่อมีการรับส่งข้อมูล โดยการรับส่งข้อมูลผ่านสถานีทวนสัญญาณก็จะทำให้มีระยะทางในการรับส่งข้อมูลได้ไกลขึ้น

6) เมื่อกดรหัส “2546” สถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอลก็จะทำงาน หลอดแสดงผลแอลอีดีสีแดงและสีเหลืองจะติด

7) เมื่อทำการรับส่งข้อมูล โดยการส่งผ่านสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอลทำให้มีการทวนสัญญาณของข้อมูลที่ทำการรับส่งกันระหว่างทางด้านภาคส่งและภาครับ

8) เมื่อกดรหัสชาร์ป (#) เป็นการปิดสถานีทวนสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 การทดสอบระบบแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการรับส่งข้อมูลโดยไม่ผ่านสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล

ความถี่ (เมกะเฮิรตซ์)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	กำลังส่งเครื่องลูกข่าย (วัตต์)	ผลการติดต่อสื่อสาร
145.5000	3	1	การรับส่งได้
145.5125	3	1	การรับส่งได้
145.5250	4	1	การรับส่งได้
145.5375	4	1	การรับส่งได้
145.5500	5	1	การรับส่งไม่ได้
145.5675	5	5	การรับส่งได้
145.5750	8	5	การรับส่งได้
145.5875	10	5	การรับส่งไม่ได้
145.6000	20	5	การรับส่งไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการรับส่งข้อมูลโดยส่งผ่านสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล

ความถี่ (เมกะเฮิรตซ์)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	กำลังส่งเครื่องลูกข่าย (วัตต์)	ผลการติดต่อสื่อสาร
145.5000	10	1	การรับส่งได้
145.5125	10	1	การรับส่งได้
145.5250	15	1	การรับส่งไม่ได้
145.5375	15	5	การรับส่งได้
145.5500	20	5	การรับส่งได้
145.5675	25	5	การรับส่งได้
145.5750	25	5	การรับส่งได้
145.5875	30	5	การรับส่งได้
145.6000	30	5	การรับส่งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุป

แพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของแพกเกจเรดิโอโมเด็มและส่วนของสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล ส่วนแรกประกอบด้วย วงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม วงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่ และวงจรแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม โดยใช้จอแสดงผลแบบผลึกเหลว ส่วนนี้จะนำสัญญาณดิจิตอลมามอดูเลตแบบ FSK เป็นสัญญาณแอนะลอกที่มีความถี่อยู่ในช่วงความถี่เสียง สัญญาณความถี่เสียงจะถูกส่งออกอากาศโดยวิทยุสื่อสาร ในส่วนแรกนี้เป็นการสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทางเครื่องรับส่งวิทยุ โดยผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 ของคอมพิวเตอร์ ข้อมูลที่ส่งออกไปจะถูกแบ่งออกเป็นแพกเกจ โดยใช้โปรโตคอล AX.25 ในส่วนที่สองซึ่งเป็นของสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล ประกอบด้วยวงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่ วงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุสายอากาศรอบตัวชนิด 5/8 λ แบบ 2 ชั้น และวงจรแหล่งจ่ายไฟ ในส่วนนี้ทำหน้าที่ในการทวนสัญญาณความถี่วิทยุ บันทึกข้อความ และประมวลผล การรับส่งข้อมูลโดยผ่านสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล มีความถูกต้อง แม่นยำ และมีประสิทธิภาพในการรับส่งมากกว่าแบบธรรมดา ทั้งนี้ระยะทางในการติดต่อสื่อสารในระบบนี้ จะขึ้นอยู่กับสายอากาศและกำลังส่งของเครื่องส่ง โดยระยะทางในการทดสอบสูงสุด 30 กิโลเมตร ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับสถานีอนามัยที่อยู่ห่างไกลชนบทและหน่วยงานอื่นๆ ได้

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทดสอบโครงงานพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ปัญหา การออกแบบวงจรต่างๆ ล่าช้า เนื่องจาก ไอซีเบอร์ TCM3105 ที่ใช้ในวงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม ไม่มีจำหน่ายเนื่องจากเลิกผลิต

แนวทางแก้ไข ใช้ไอซี TCM3101 แทน ซึ่งโครงสร้างการทำงานคล้ายกัน

2. ปัญหา การสร้างและการทดสอบโครงงาน แพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอลมีปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางแก้ไข ทำการออกแบบสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีพื้นที่กราวด์มากขึ้น เพื่อลดสัญญาณรบกวน

3. ปัญหา เกิดความผิดเพี้ยนของสัญญาณข้อมูลจากสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล

แนวทางแก้ไข ใช้ไอซีบันทึกเสียงที่มีอัตราการสุ่มของสัญญาณอินพุตสูงขึ้น

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. แพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล ได้ทำการออกแบบให้มีระยะทางในการรับส่งข้อมูลได้สูงสุด 30 กิโลเมตร ควรพัฒนาให้มีระยะทางในการรับส่งข้อมูลได้ไกลขึ้น โดยเพิ่มกำลังส่งของสถานีทวนสัญญาณและวิทยุลูกข่าย

2. ความเร็วที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลของระบบแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอลใช้ความเร็ว 1,200 bps ควรพัฒนาระบบการรับส่งข้อมูลให้มีความเร็วสูงขึ้นเป็น 9,600 bps

3. ควรมีการพัฒนาให้แพกเกจเรดิโอโมเด็มสามารถเก็บข้อมูลได้ในขณะที่ไม่ได้ทำการเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ชวลิต ขุนราม. "โครงงานระบบรอเรียกตามบัตรคิว." **วารสารเซมิคอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิกส์.** ฉบับที่ 233 : หน้า 150 – 157. 2545

ทะนง โชติสรยุทธ์. "สายอากาศสำหรับเครื่องมือถือ." **รวมบทความและโครงงานวิทยุสมัครเล่น.** เล่มที่ 1. หน้า 67 – 68

ปติวัติ เบ็ญจกรีฑาและคณะ. "ชุดระบบเชื่อมต่อโทรศัพท์กับเครื่องรับส่งวิทยุ – สถานีทวนสัญญาณและชุดส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ. "ปริญญานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ครุศาสตร์วิศวกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เศกสิทธิ์ คำชมภู. "ไอซีตัวเดียวบันทึกเสียงได้ยาวสุดๆ ตระกูล ISD 2500." **วารสารเซมิคอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิกส์.** ฉบับที่ 150 : หน้า 84 – 89. 2538

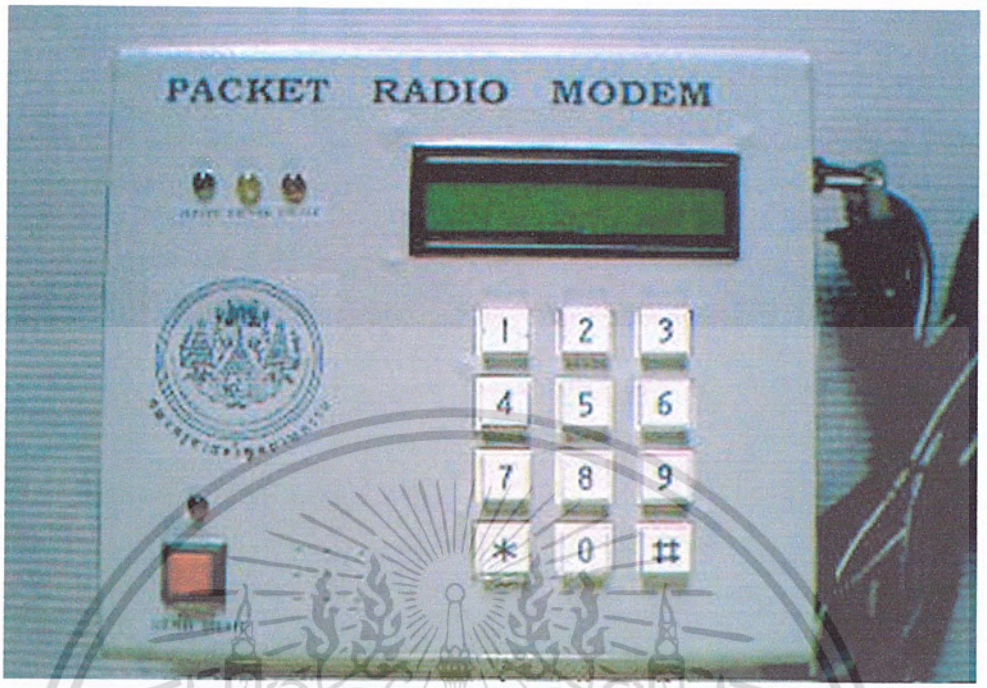
สุชาติ กังวารจิตต์. **เครื่องรับส่งวิทยุและระบบวิทยุสื่อสาร.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด. 2536

แผนกหนังสือพิเศษด้านอิเล็กทรอนิกส์. รวมบทความและโครงงานวิทยุสมัครเล่น. เล่มที่ 2. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด. 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

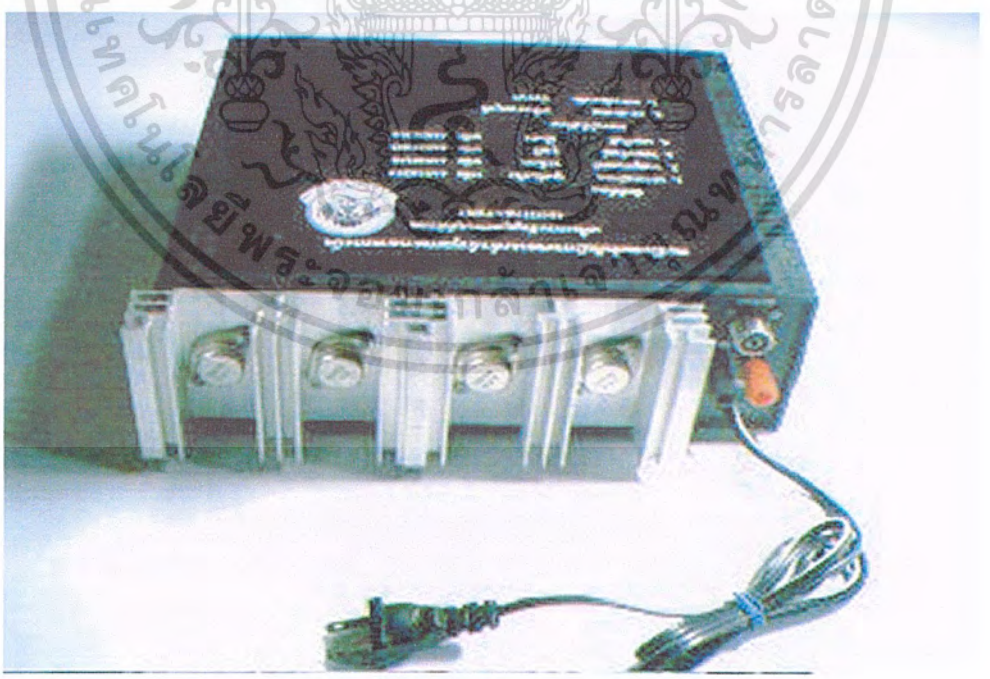


รูปที่ ก.1 ภาพด้านหน้าของเครื่องแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

รูปที่ ก.2 ภาพด้านข้างของเครื่องแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.3 ภาพด้านหน้าของเครื่องทวนสัญญาณระบบดิจิตอล

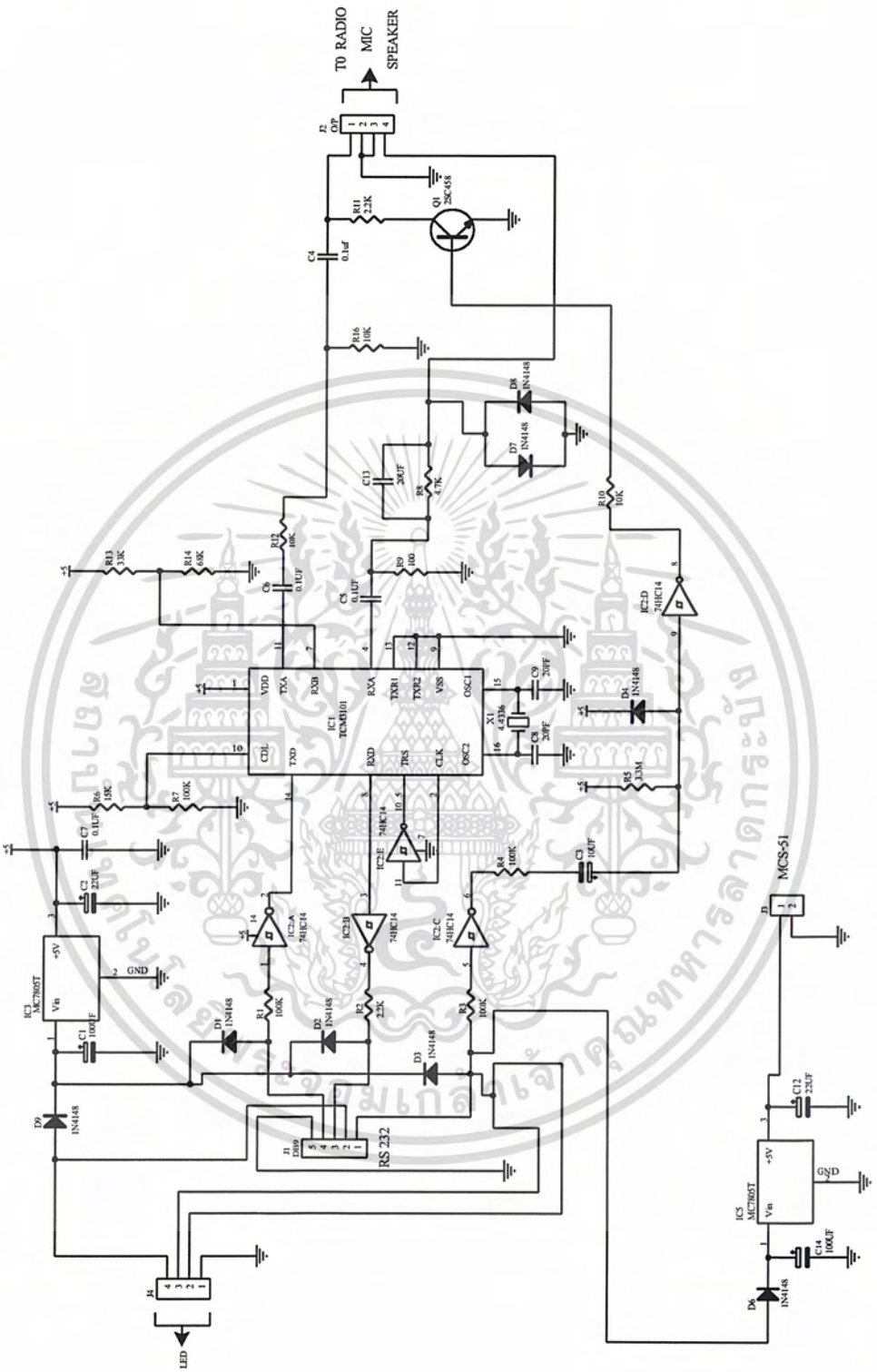


รูปที่ ก.4 ภาพด้านหลังของเครื่องทวนสัญญาณระบบดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

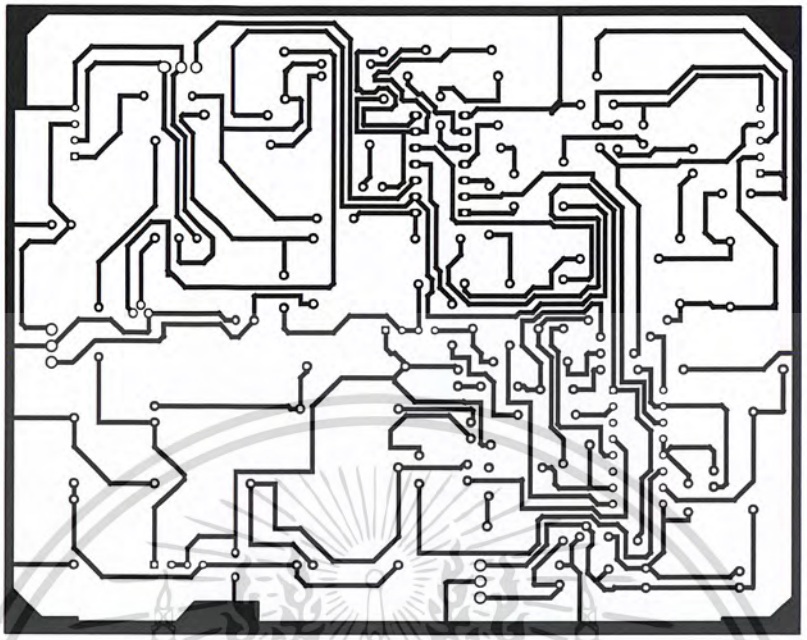
ภาคผนวก ข
วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

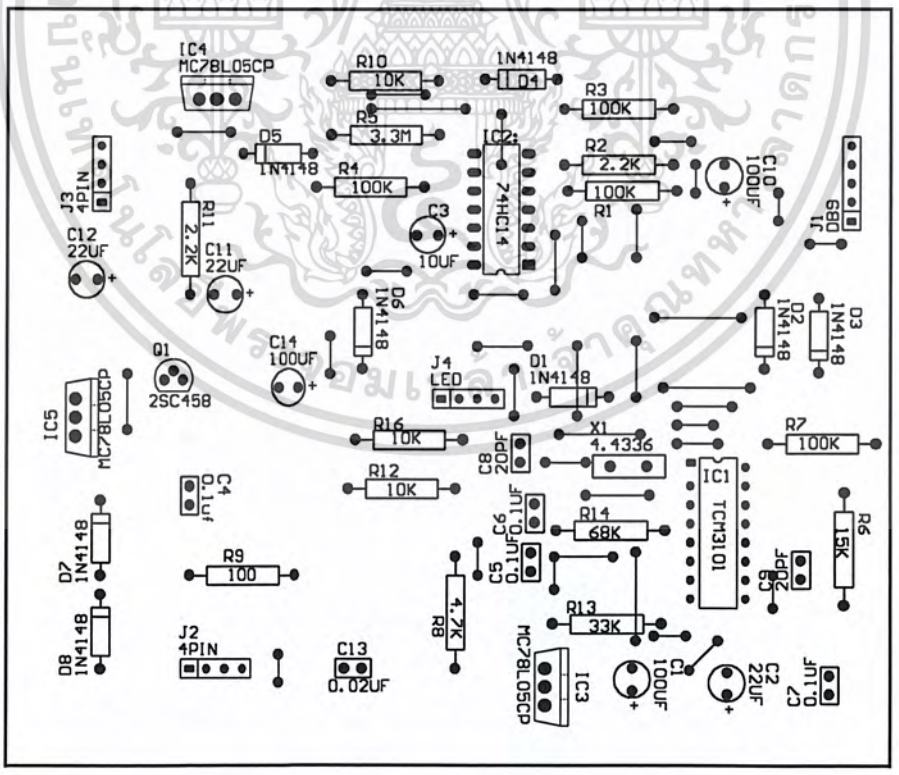


รูปที่ ข.1 วงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

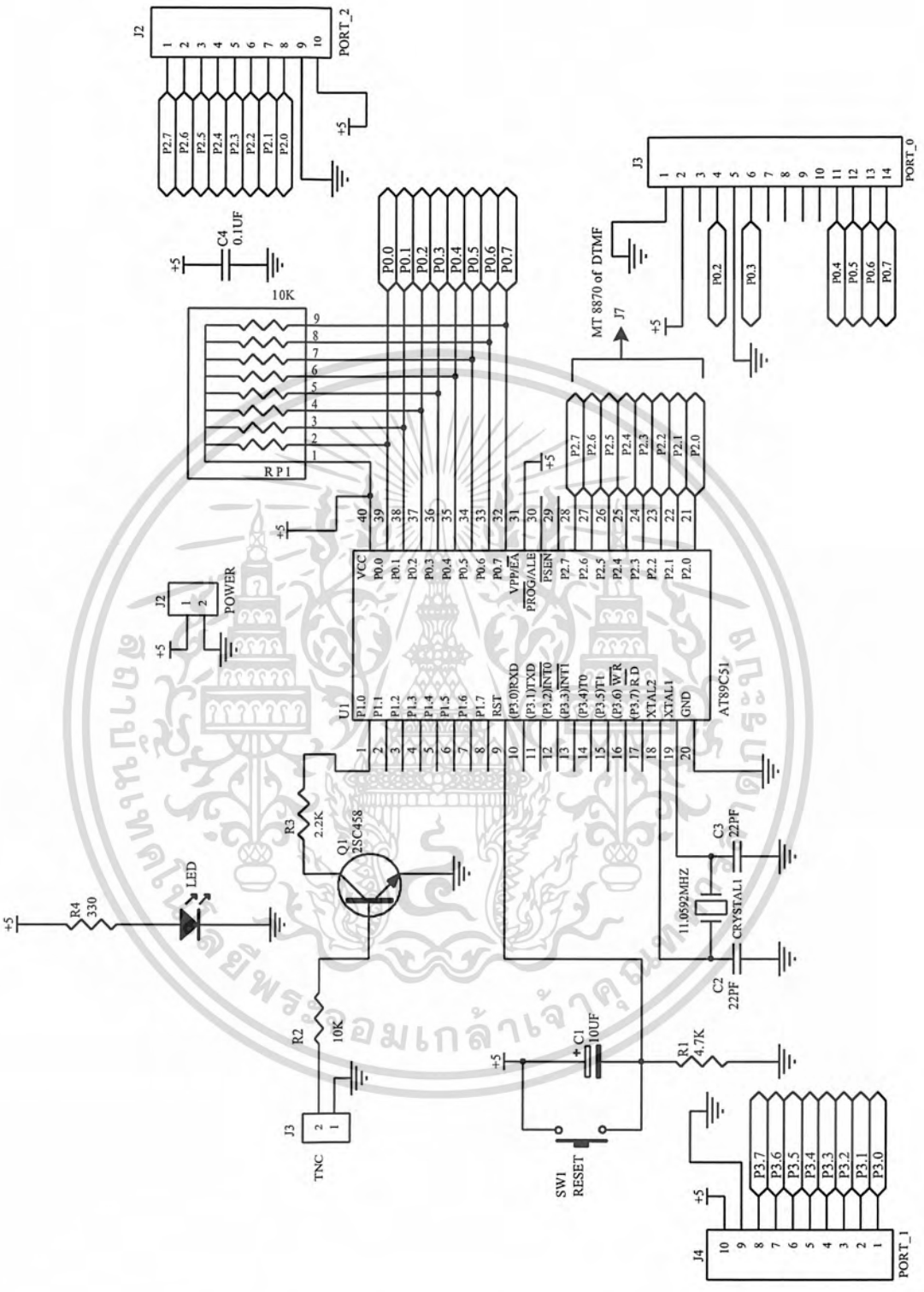


รูปที่ ข.2 ลายวงจรพิมพ์วงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม



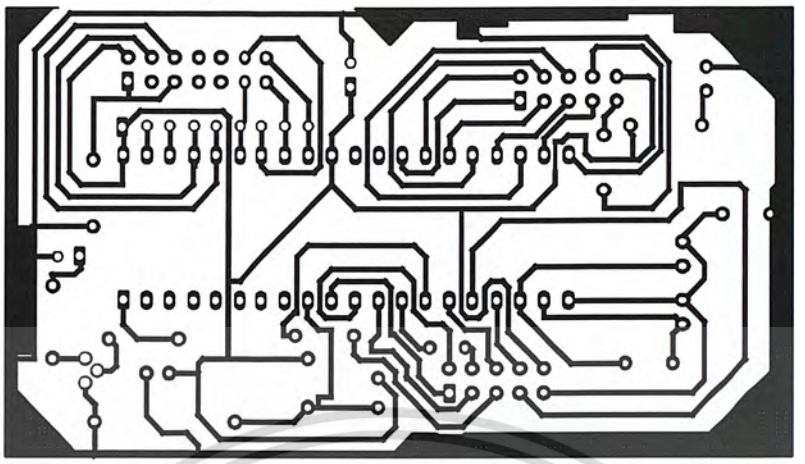
รูปที่ ข.3 การวางอุปกรณ์วงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

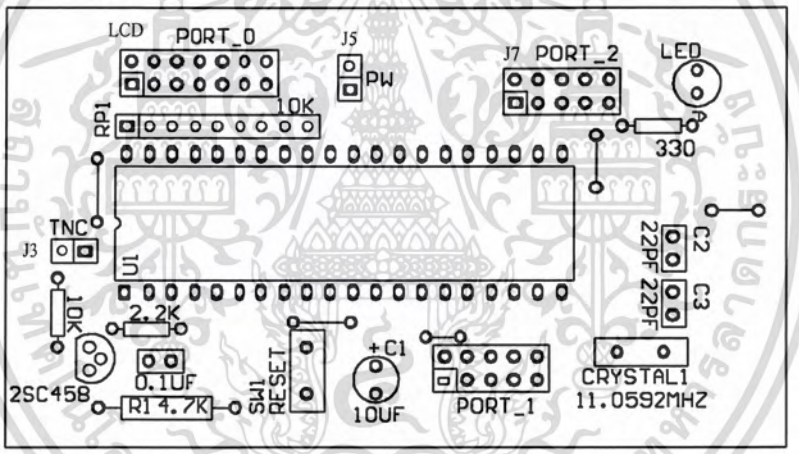


รูปที่ ข.4 วงจรแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

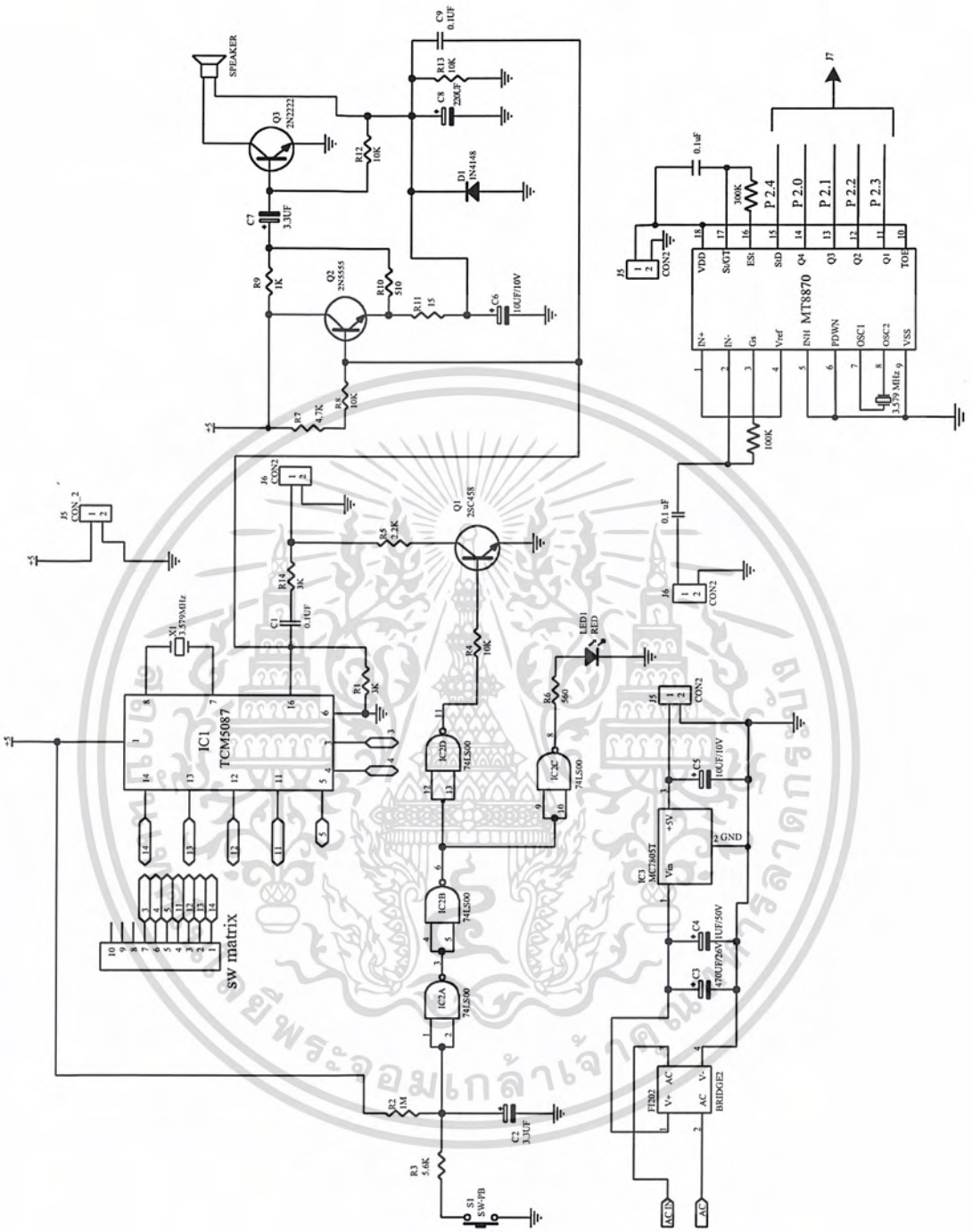


รูปที่ ข.5 ลายวงจรพิมพ์วงจรแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม



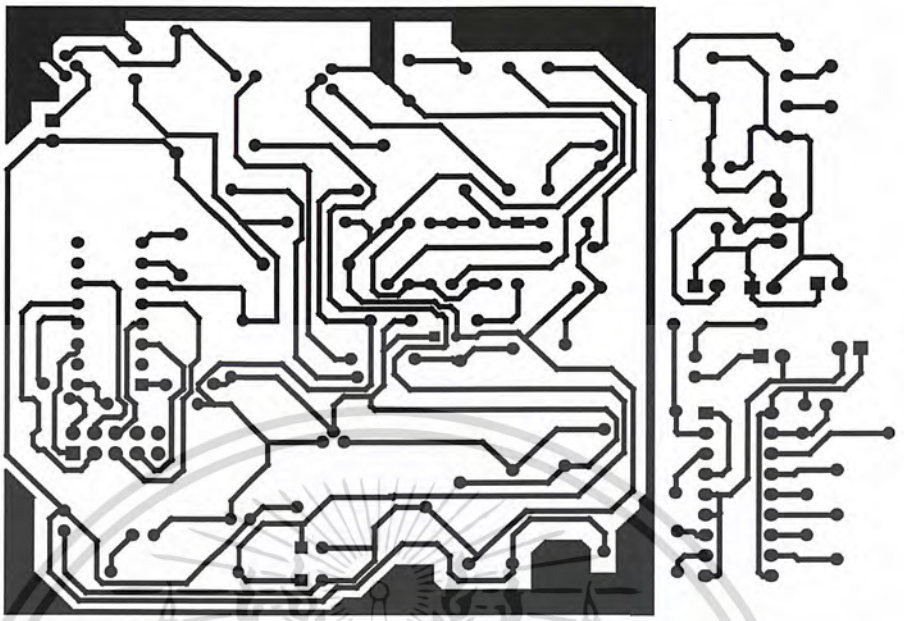
รูปที่ ข.6 การวางอุปกรณ์วงจรแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

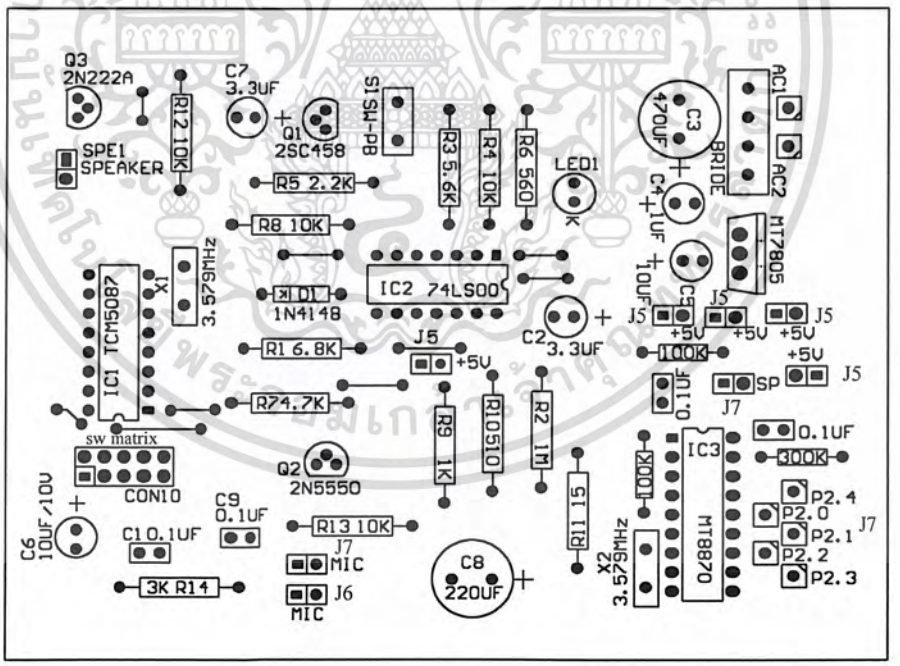


รูปที่ ข.7 วงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

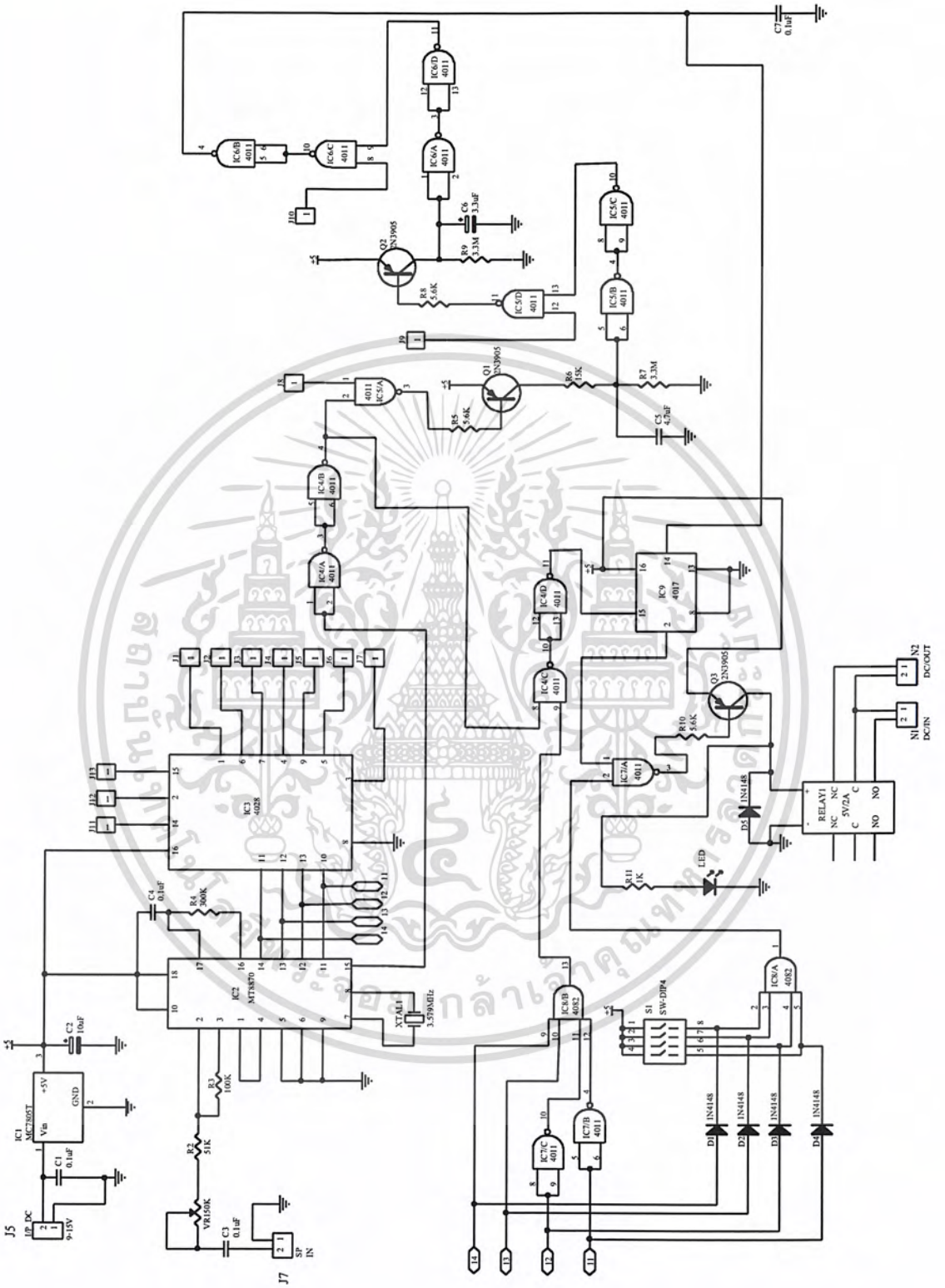


รูปที่ ข.8 ลายวงจรพิมพ์วงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่



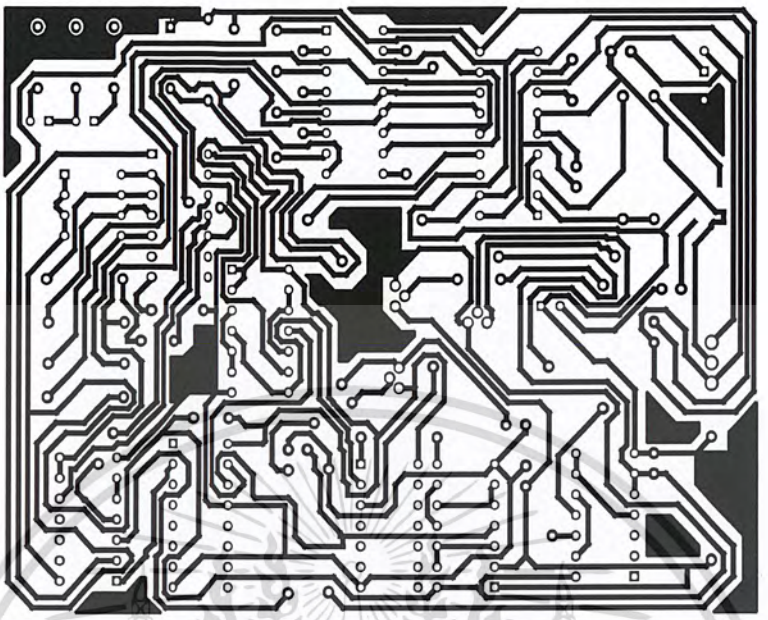
รูปที่ ข.9 การวางอุปกรณ์วงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

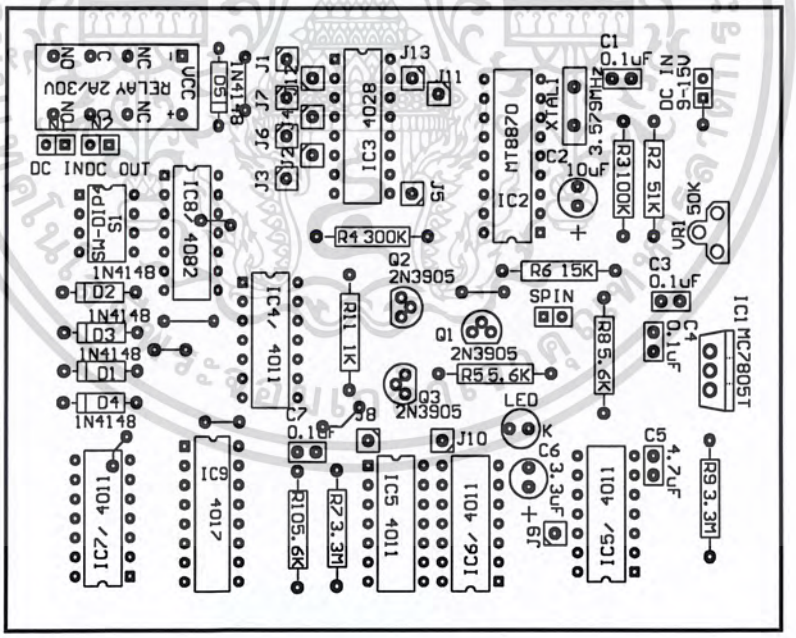


รูปที่ ข.10 วงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

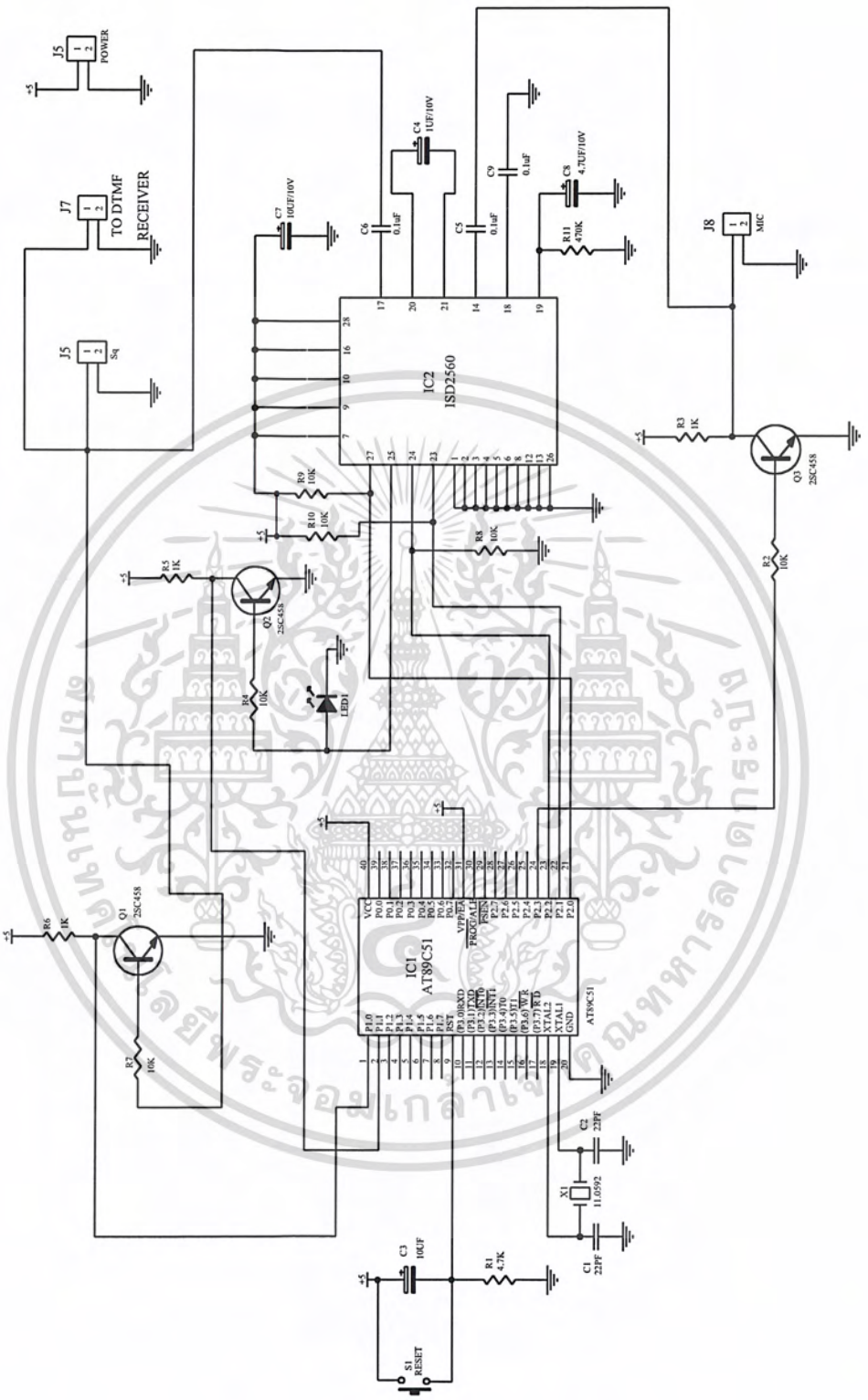


รูปที่ ข. 11 ลายวงจรพิมพ์วงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่



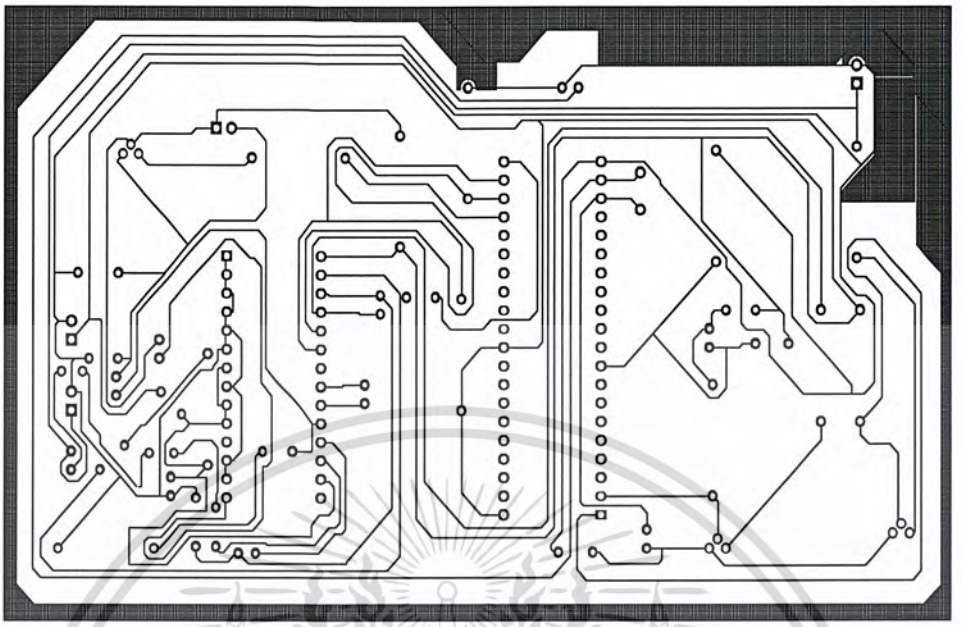
รูปที่ ข. 12 การวางอุปกรณ์วงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

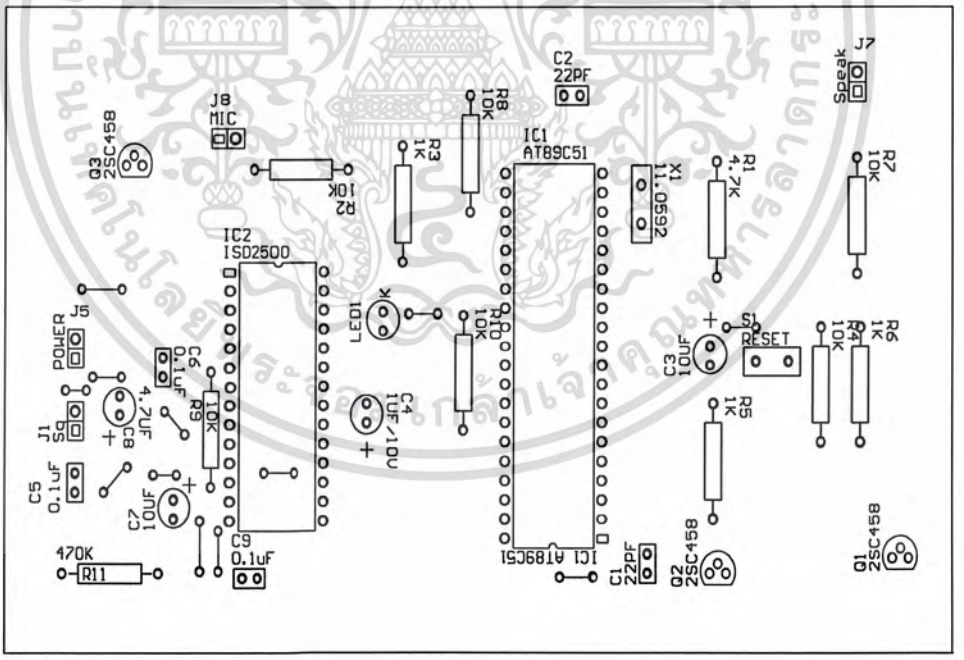


รูปที่ ข.13 วงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

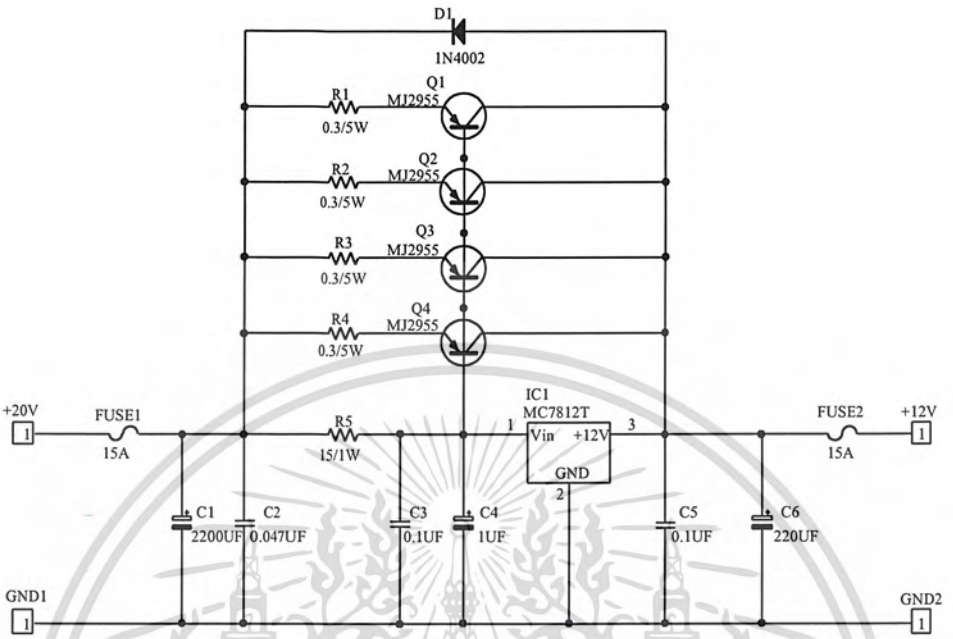


รูปที่ ข.14 ลายวงจรพิมพ์วงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ

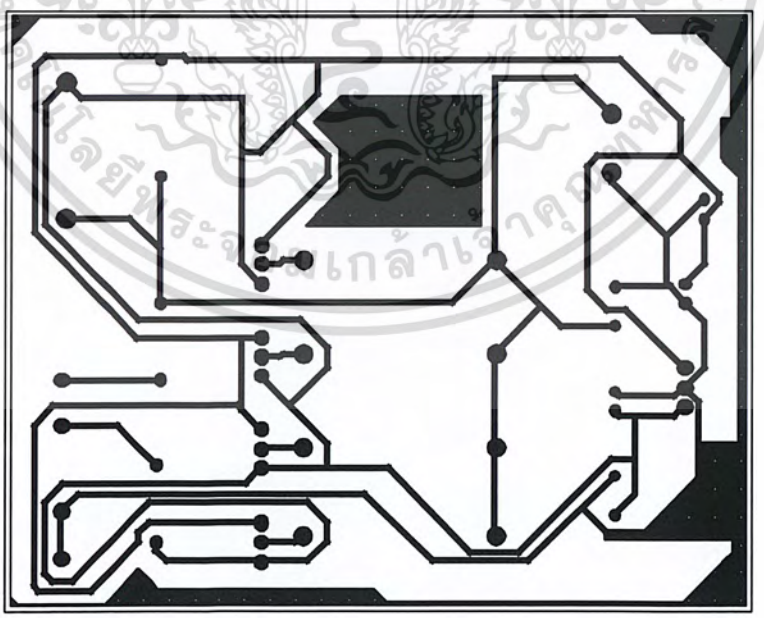


รูปที่ ข.15 การวางอุปกรณ์วงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

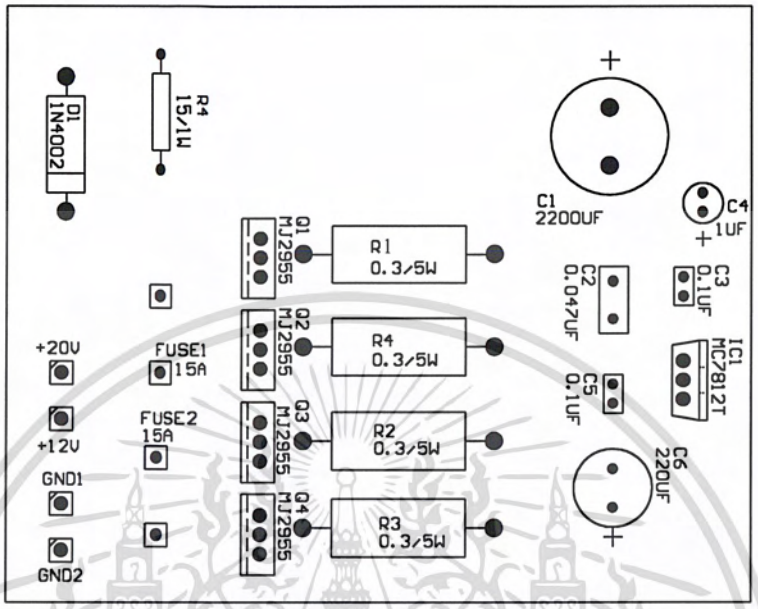


รูปที่ ข.16 วงจรแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ ข.17 ลายวงจรพิมพ์วงจรแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.18 การวางอุปกรณ์วงจรแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	TCM3101	1 ตัว
IC2 : A - IC2 : F	74HC14	6 ตัว
IC3 - IC6	MC7805T	4 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q1	2SC458	1 ตัว
D1 – D10	1N4148	10 ตัว
LED1 – LED3	สีแดง, สีเขียว, สีเหลือง	3 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1, C10, C14	100 µF	4 ตัว
C2, C11, C12	22 µF 50 V	4 ตัว
C3	10 µF 25 V	1 ตัว
C4 – C7	0.1 µF เซรามิค	5 ตัว
C8, C9, C13	20 µF	3 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1, R3, R4, R7, R9	100 kΩ 1/4 W 1%	5 ตัว
R2, R11	2.2 kΩ 1/4 W 1%	2 ตัว
R5	3.3 MΩ 1/4 W 1%	1 ตัว
R6	15 kΩ 1/4 W 1%	1 ตัว
R8	4.7 kΩ 1/4 W 1%	1 ตัว
R10, R12	10 kΩ 1/4 W 1%	2 ตัว
R13	33 kΩ 1/4 W 1%	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
X1	แร่คริสตอล 4.43361 MHz	1 ตัว
J1	Serial Port DB9 5 pin	1 ตัว
J2, J3	Socket 4 pin	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	TCM5087	1 ตัว
IC2	74LS00	1 ตัว
IC3	MT8870	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q1	2SC458	1 ตัว
Q2	2N5550	1 ตัว
Q3	2N222A	1 ตัว
D1	1N4148	1 ตัว
Diode Bride	Diode Bride	1 ตัว
LED	สีแดง	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1, C6, C9, C10	0.1 µF เซรามิค	1 ตัว
C2, C7, C4	3.3 µF	3 ตัว
C3	470 µF 25	1 ตัว
C5	10 µF 25 V	1 ตัว
C8	220 µF	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
R1, R4, R8, R12, R13	10 kΩ 1/4 W 5%	5 ตัว
R2	1 MΩ 1/4 W 5%	1 ตัว
R3	5.6 kΩ 1/4 W 5%	1 ตัว
R5	2.2 kΩ 1/4 W 5%	1 ตัว
R6	560 kΩ 1/4 W 5%	1 ตัว
R7	4.7 kΩ 1/4 W 5%	1 ตัว
R9	1 kΩ 1/4 W 5%	1 ตัว
R14	3 kΩ 1/4 W 5%	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรกำเนิดสัญญาณเสียงความถี่คู่

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์อื่นๆ		
X1	แร่คริสตอล 3.579 MHz	1 ตัว
J5, J6	Connector 2 pin	1 ตัว
J4	Connector 10 pin	1 ตัว
W1	เคเบิ้ลสายแพชนิด 8 เส้น	0.5 เมตร

ตารางที่ ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรแสดงสถานะการทำงานวงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	AT89C51	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q1	2SC458	1 ตัว
LED	สีเขียว	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	10 µF	1 ตัว
C2, C3	22 pF	2 ตัว
C4	0.1 µF เซรามิค	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	4.7 kΩ 1/4 W 5%	1 ตัว
R2, R5 – R11	10 kΩ 1/4 W 5%	9 ตัว
R3	2.2 kΩ 1/4 W 5%	1 ตัว
R4	330 Ω 1/4 W 5%	1ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรแสดงสถานะการทำงานวงจรแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์อื่นๆ		
X1	แร่คริสตอล 11.0592 MHz	1 ตัว
SW1	สวิตซ์	1 ตัว
J1	Socket 2 pin	1 ตัว
J2, J4	Socket 10 pin	2 ตัว
J3	Socket 14 pin	1 ตัว
Keypad	ปุ่มกด DTMF 12 ปุ่ม	2 ตัว
จอแสดงผล	จอแสดงผลแบบผลึกเหลว	2 ตัว
สายแพ	สายแพชนิด 14 เส้น	1 เมตร

ตารางที่ ค.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	MC7805T	1 ตัว
IC2	MT8870	1 ตัว
IC3, IC8	4028	2 ตัว
IC4 - IC7	4011	5 ตัว
IC9	4017	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q1 - Q3	2N3905	3 ตัว
LED	สีแดง	1 ตัว
D1 - D5	1N4148	5 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1, C3, C4, C7	0.1 µF	1 ตัว
C2	10 µF 25 V	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวความต้านทาน		
VR1	50 kΩ	1 ตัว
R2	51 kΩ 1/4 W 5%	1 ตัว
R3	100 kΩ 1/4 W 5%	1 ตัว
R4	300 kΩ 1/4 W 5%	1 ตัว
R5, R8, R10	5.6 kΩ 1/4 W 5%	3 ตัว
R7, R9	3.3 MΩ 1/4 W 5%	2 ตัว
R11	1 kΩ 1/4 W 5%	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
X1	แร่คริสตอล 3.579 MHz	1 ตัว
J1 - J13	Jumper จุดเชื่อมต่อ	13 ตัว
S1	Dip Switch	1 ตัว
Relay	2A / 30 V	1 ตัว

ตารางที่ ค.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	AT89C51	1 ตัว
IC2	ISD2560	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q1, Q2, Q3	2SC458	3 ตัว
LED	สีเขียว	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1, C2	22 pF	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรทวนสัญญาณความถี่วิทยุ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวเก็บประจุ		
C3, C7	10 µF	2 ตัว
C4	1 µF 10V	1 ตัว
C5, C6, C9	0.1 µF	3 ตัว
C8	4.7 µF 10 V	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	4.7 kΩ 1/4 W 5%	1 ตัว
R2, R4, R7, R8, R9, R10	10 kΩ 1/4 W 5%	6 ตัว
R3, R5, R6	1 kΩ 1/4 W 5%	3 ตัว
R11	470 kΩ 1/4 W 5%	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
S1	สวิตซ์แบบ PB	1 ตัว
J2, J6, J7, J8	Connecter 2 pin	4 ตัว
X1	แร่คริสตอล 11.0592 MHz	1 ตัว

ตารางที่ ค.6 รายการอุปกรณ์ของวงจรแหล่งจ่ายไฟ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	MC7812T	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q1 – Q4	MJ2955	4 ตัว
D1	1N4002	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	2,200 µF	1 ตัว
C2	0.047 µF	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.6 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรแหล่งจ่ายไฟ

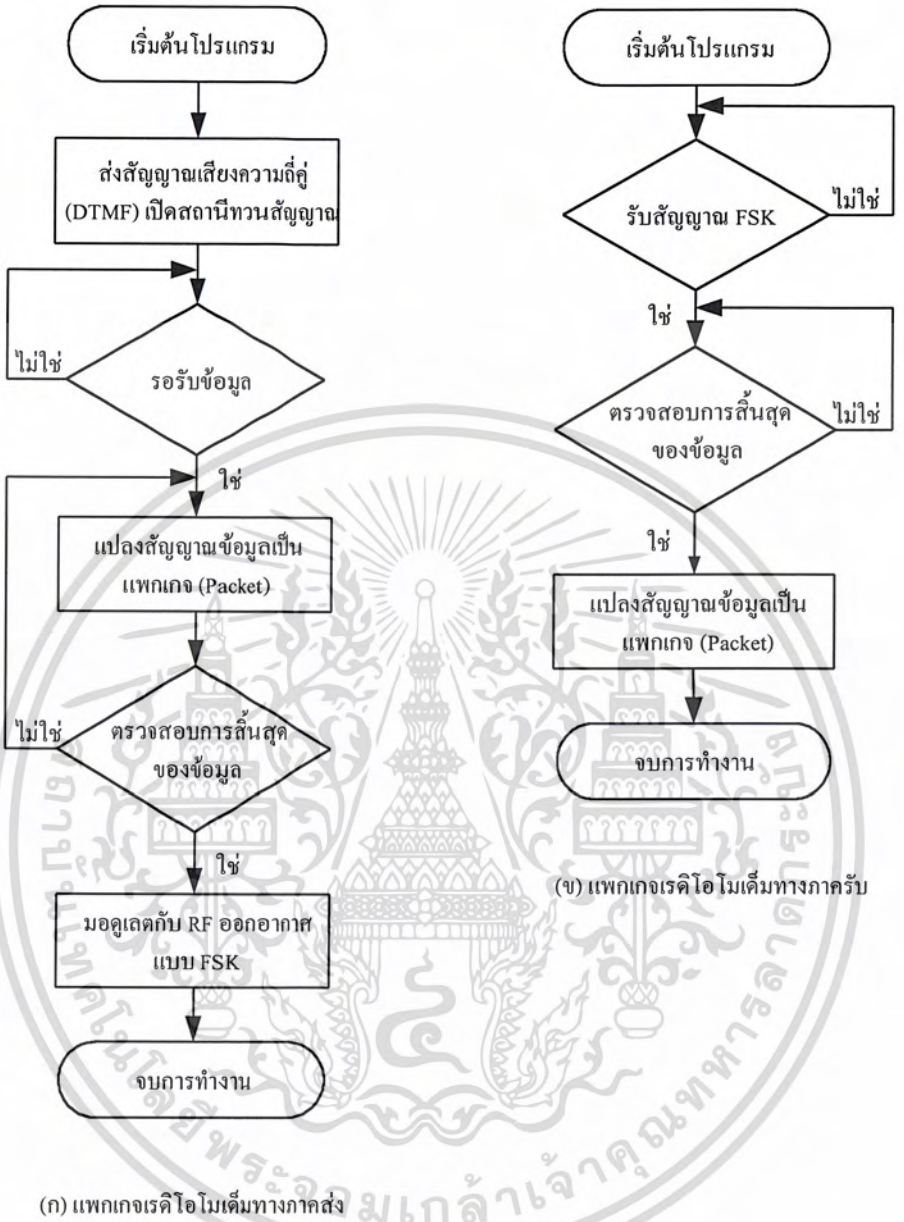
ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวเก็บประจุ		
C3, C5	0.1 μF	2 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1, R4	0.3 Ω 5 W 5%	4 ตัว
R5	15 Ω 1 W 5%	
อุปกรณ์อื่นๆ		
FUSE1, FUSE2	ฟิวส์ 15 A	2 ตัว

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

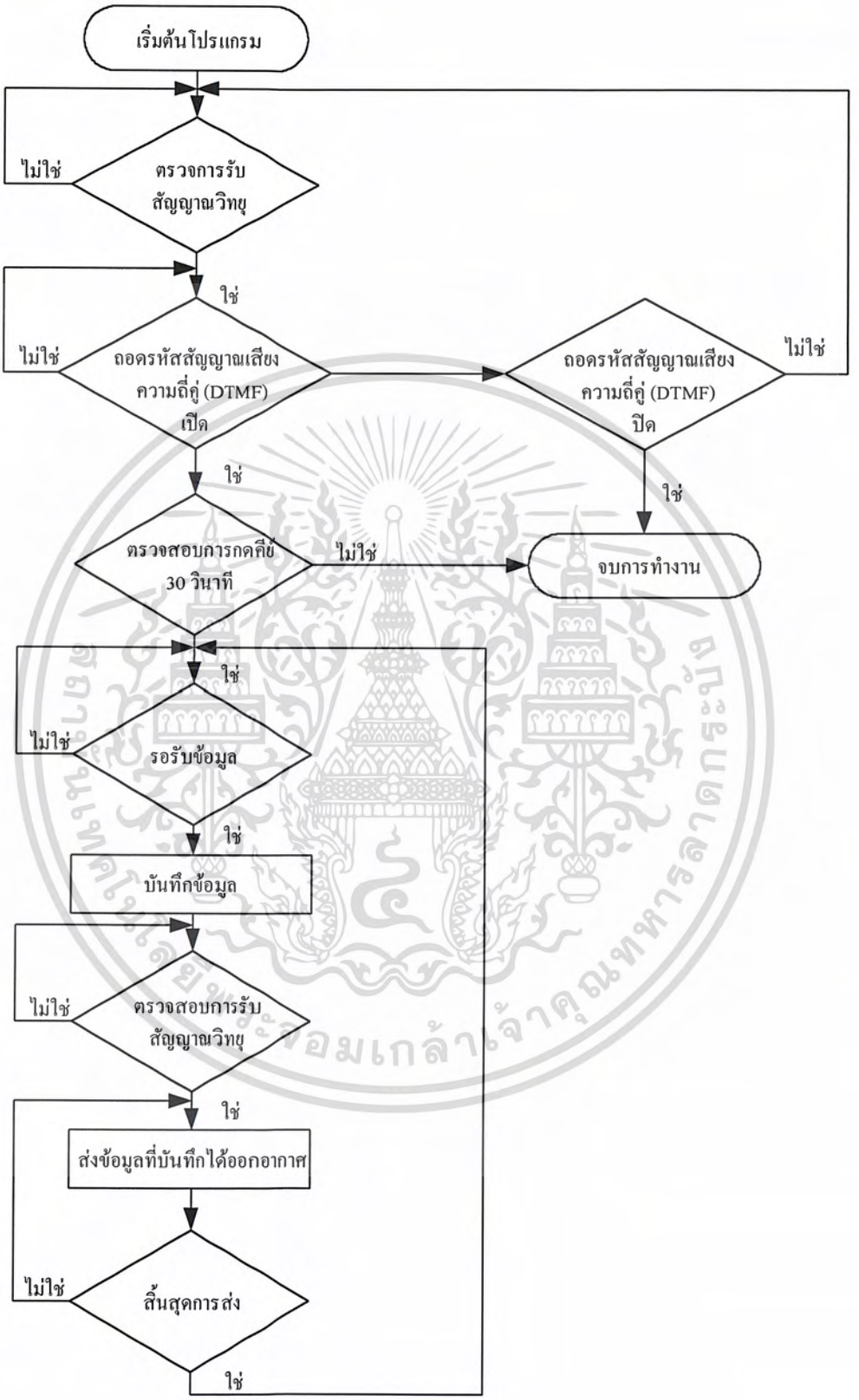
ภาคผนวก ง
แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.1 ผังงานโปรแกรมแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ง.2 ผังงานโปรแกรมทวนสัญญาณความถี่วิทยุ

โปรแกรมแสดงสถานะการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

```
 ORG      0000H
LJMP     MAIN
TAB_LCD:DB       '  ***KMITL*** '
         DB       '  ^ED.ENGINEER.23^'

TAB_N1: DB       '****STAND BY****'
         DB       '^^PACKET RADIO^^'
TAB_N2: DB       '*****ON AIR*****'

MAIN:    LCALL    INIT_LCD
RE_MENU:MOV      DPTR,#TAB_LCD
         LCALL    WR_DSP
         MOV      A,#4CH
         LCALL    GOTO_LCD
         LCALL    DELAY_5S
         CALL     CURSOR_ON
         LJMP     DIS_1
DIS_1:   LCALL    INIT_LCD
         MOV      DPTR,#TAB_N1
         LCALL    WR_DSP
         MOV      A,#01H
         MOV      A,#4CH
         LCALL    GOTO_LCD
         LCALL    CURSOR_ON
KEY_DTMF:LCALL     READ_KEY
         CJNE     A,#0FFH,KE_P
         LJMP     KEY_DTMF
KE_P:    CJNE     A,#0BH,KE_NO
         LCALL    CLRSER
         LJMP     DIS_1
KE_NO:   ADD      A,#30H
         LCALL    WR_LCD
         CJNE     A,#00H,KEY_DTMF
         LJMP     REKEY
REKEY:   JB       P1.0,REKEY
         MOV      A,#01H
         CALL    WR_INS
         LCALL    DELAY
         MOV      A,#01H
         MOV      DPTR,#TAB_N2
         LCALL    WR_LINE
RE_1:    JNB      P1.0,RE_1
         MOV      A,#01H
         LCALL    WR_INS
         LCALL    DELAY
         MOV      A,#01H
         MOV      DPTR,#TAB_N1
         LCALL    WR_LINE
         LJMP     REKEY
WR_DSP: MOV      A,#00H
         LCALL    WR_LINE
         MOV      A,#01
         LCALL    WR_LINE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        RET

WR_LINE:PUSH    02H
        CJNE    A,#01H,CHK_LINE
        MOV     A,#40H

CHK_LINE:LCALL   GOTO_LCD
        MOV     R2,#16
WR_DSP1:MOV     A,#0H
        MOVC    A,@A+DPTR
        LCALL   WR_LCD
        INC     DPTR
        DJNZ    R2,WR_DSP1
        POP     02H
        RET

WR_LCD: SETB    P0.2
        MOV     B,A
        ANL     A,#0F0H
        ORL     A,#0FH
        MOV     P0,A
        LCALL   EN_LCD
        MOV     A,B
        SWAP    A
        ANL     A,#0F0H
        ORL     A,#0FH
        MOV     P0,A
        LCALL   EN_LCD
        RET

WR_INS: CLR     P0.2
        MOV     B,A
        ANL     A,#0F0H
        SETB    ACC.3
        MOV     P0,A
        LCALL   EN_LCD
        MOV     A,B
        SWAP    A
        ANL     A,#0F0H
        SETB    ACC.3
        MOV     P0,A
        LCALL   EN_LCD
        RET

INIT_LCD:CLR     P0.2
        MOV     A,#33H
        LCALL   WR_INS
        MOV     A,#32H
        LCALL   WR_INS
        MOV     A,#28H
        LCALL   WR_INS
        MOV     A,#0CH
        LCALL   WR_INS
        MOV     A,#06H
        LCALL   WR_INS
        MOV     A,#01H
        LCALL   WR_INS
        LCALL   DELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        RET

GOTO_LCD:SETB    ACC.7
        LCALL   WR_INS
        RET

EN_LCD: CLR     P0.3
        LCALL   BUSY
        SETB    P0.3
        RET

BUSY:   MOV     R7,#0FFH
        DJNZ    R7,$
        RET

CURSOR_ON:      MOV     A,#0CH
        LCALL   WR_INS
        RET

CURSOR_OFF:MOV     A,#0CH
        LCALL   WR_INS
        RET

CLRSER: MOV     A,#01H
        LCALL   WR_INS
        LCALL   DELAY
        RET
;-----------------------------------
READ_KEY:MOV     A,#0FFH
        MOV     P3,#0FFH
KEY0:   JNB     P3.0,KEY1
        NOP
KEY0A:  JB      P3.1,KEY1A
        NOP
KEY0B:  JNB     P3.2,KEY1B
        NOP
KEY0C:  JB      P3.3,KEY1C
        MOV     A,#00H
        LJMP    EXIT_KEY
KEY1:   JB      P3.0,KEY2
        NOP
KEY1A:  JB      P3.1,KEY2A
        NOP
KEY1B:  JB      P3.2,KEY2B
        NOP
KEY1C:  JNB     P3.3,KEY2C
        MOV     A,#01H
        LJMP    EXIT_KEY
KEY2:   JB      P3.0,KEY3
        NOP
KEY2A:  JB      P3.1,KEY3A
        NOP
KEY2B:  JNB     P3.2,KEY3B
        NOP
KEY2C:  JB      P3.3,KEY3C
        MOV     A,#02H
        LJMP    EXIT_KEY
KEY3:   JB      P3.0,KEY4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        NOP
KEY3A:  JB      P3.1,KEY4A
        NOP
KEY3B:  JNB     P3.2,KEY4B
        NOP
KEY3C:  JNB     P3.3,KEY4C
        MOV     A,#03H
        LJMP    EXIT_KEY
KEY4:   JB      P3.0,KEY5
        NOP
KEY4A:  JNB     P3.1,KEY5A
        NOP
KEY4B:  JB      P3.2,KEY5B
        NOP
KEY4C:  JB      P3.3,KEY5C
        MOV     A,#04H
        LJMP    EXIT_KEY
KEY5:   JB      P3.0,KEY6
        NOP
KEY5A:  JNB     P3.1,KEY6A
        NOP
KEY5B:  JB      P3.2,KEY6B
        NOP
KEY5C:  JNB     P3.3,KEY6C
        MOV     A,#05H
        LJMP    EXIT_KEY
KEY6:   JB      P3.0,KEY7
        NOP
KEY6A:  JNB     P3.1,KEY7A
        NOP
KEY6B:  JNB     P3.2,KEY7B
        NOP
KEY6C:  JB      P3.3,KEY7C
        MOV     A,#06H
        LJMP    EXIT_KEY
KEY7:   JB      P3.0,KEY8
        NOP
KEY7A:  JNB     P3.1,KEY8A
        NOP
KEY7B:  JNB     P3.2,KEY8B
        NOP
KEY7C:  JNB     P3.3,KEY8C
        MOV     A,#07H
        LJMP    EXIT_KEY
KEY8:   JNB     P3.0,KEY9
        NOP
KEY8A:  JB      P3.1,KEY9A
        NOP
KEY8B:  JB      P3.2,KEY9B
        NOP
KEY8C:  JB      P3.3,KEY9C
        MOV     A,#08H
        LJMP    EXIT_KEY
KEY9:   JNB     P3.0,KEY#
        NOP
KEY9A:  JB      P3.1,KEY#A
        NOP
KEY9B:  JB      P3.2,KEY#B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        NOP
KEY9C:  JNB     P3.3,KEY#C
        MOV     A,#09H
        LJMP    EXIT_KEY
KEY#:   JNB     P3.0,KEY*
        NOP
KEY#A:  JNB     P3.1,KEY*A
        NOP
KEY#B:  JB      P3.2,KEY*B
        NOP
KEY#C:  JB      P3.3,KEY*C
        MOV     A,#0AH
        LJMP    EXIT_KEY
KEY*:   JNB     P3.0,KEY_0
        NOP
KEY*A:  JB      P3.1,KEY_0A
        NOP
KEY*B:  JNB     P3.2,KEY_0B
        NOP
KEY*C:  JNB     P3.3,KEY_0C
        MOV     A,#0BH
        JMP    EXIT_KEY
EXIT_KEY:RET
;---------------------------------
LOOP1:  MOV     R7,#100
LOOP2:  MOV     R6,#0E6H
LOOP3:  NOP
        NOP
        DJNZ    R6,LOOP3
        DJNZ    R7,LOOP2
        RET
DELAY_5S:MOV     R5,#50
DLY1:   CALL    LOOP1
        DJNZ    R5,DLY1
        RET
;---------------------------------
DELAY:  MOV     R7,#5FH
L3:     MOV     R1,#4FH
L2:     MOV     R0,#0FH
L1:     DJNZ    R0,L1
        DJNZ    R1,L2
        DJNZ    R7,L3
        RET

END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมทวนสัญญาณความถี่วิทยุ

```
ORG     0000H
LJMP    MAIN
MAIN:   CLR     P2.0
        SETB    P2.1
        SETB    P2.2
        CLR     P2.3
INT:    JB      P1.0,INT
        CLR     P2.0
        CLR     P2.1
        CLR     P2.2
        CLR     P2.3
        LCALL   DELAY_1
        CLR     P2.0
        SETB    P2.1
        CLR     P2.2
        CLR     P2.3
INT_2:  JNB     P1.0,INT_2
        CLR     P2.0
        CLR     P2.1
        CLR     P2.2
        CLR     P2.3
        LCALL   DELAY_1
        CLR     P2.0
        SETB    P2.1
        CLR     P2.2
        CLR     P2.3
        LCALL   DELAY_2
        LCALL   PLAY
INT_3:  JB      P1.0,INT_3
        CLR     P2.0
        CLR     P2.1
        CLR     P2.2
        CLR     P2.3
        LCALL   DELAY_1
        CLR     P2.0
        SETB    P2.1
        CLR     P2.2
        CLR     P2.3
INT_4:  JNB     P1.0,INT_4
        CLR     P2.0
        CLR     P2.1
        CLR     P2.2
        CLR     P2.3
        LCALL   DELAY_1
        CLR     P2.0
        SETB    P2.1
        CLR     P2.2
        CLR     P2.3
        LCALL   DELAY_2
        LCALL   PLAY
        LJMP    INT_3
;-----------------------
PLAY:   SETB    P2.3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 CALL    DELAY_3
         SETB    P2.3
         SETB    P2.0
         CLR     P2.1
         CLR     P2.2
PLAY_1:  JB      P1.1,PLAY_1
         SETB    P2.0
         SETB    P2.1
         CLR     P2.2
         SETB    P2.3
PLAY_2:  JNB     P1.1,PLAY_2
         CLR     P2.3
         CLR     P2.0
         SETB    P2.1
         SETB    P2.2
         RET
;----------------------
LOOP1:   MOV     R7,#10
LOOP2:   MOV     R6,#0E6H
LOOP3:   NOP
         NOP
         DJNZ    R6,LOOP3
         DJNZ    R7,LOOP2
         RET
DELAY_1:MOV      R5,#10
DLY1:    CALL    LOOP1
         DJNZ    R5,DLY1
         RET
;----------------------
LP1:     MOV     R7,#10
LP2:     MOV     R6,#0E6H
LP3:     NOP
         NOP
         DJNZ    R6,LP3
         DJNZ    R7,LP2
         RET
DELAY_3:MOV      R5,#10
D1:      CALL    LP1
         DJNZ    R5,DLY1
         RET
;----------------------

LOP1:    MOV     R7,#10
LOP2:    MOV     R6,#0E6H
LOP3:    NOP
         NOP
         DJNZ    R6,LOP3
         DJNZ    R7,LOP2
         RET
DELAY_2:MOV      R5,#20
DL1:     CALL    LOP1
         DJNZ    R5,DL1
         RET
END
;----------------------
```

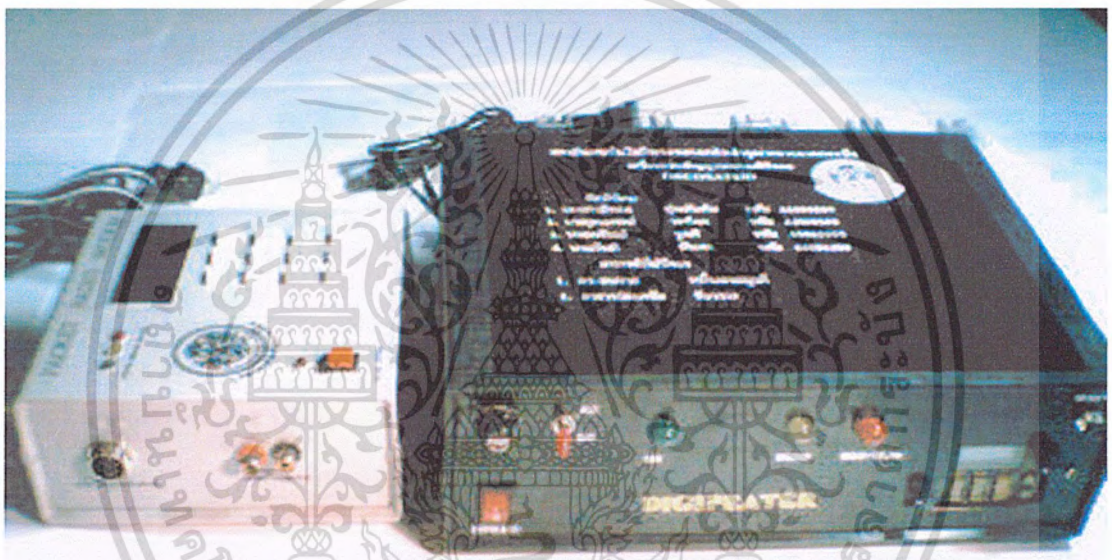
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
แพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล



สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

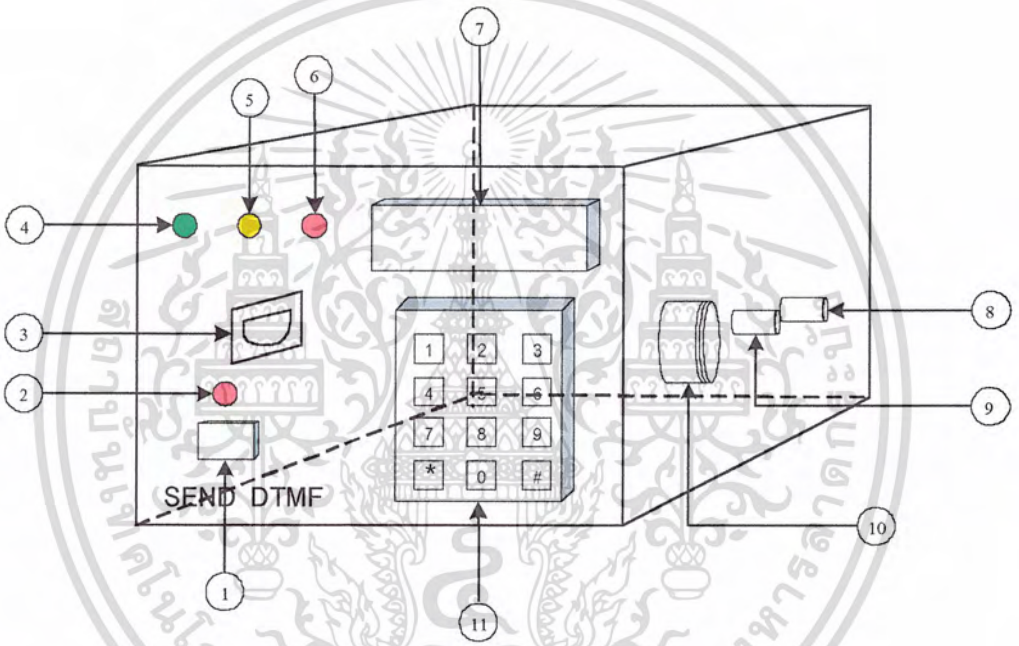
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนที่จะใช้งานแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล ควรทำการศึกษาการใช้งานจากคู่มือให้เข้าใจเพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพและป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับระบบแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล

2. ส่วนประกอบและปุ่มควบคุม



รูปที่ จ.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของแพกเกจเรดิโอโมเด็มทางภาครับและภาคส่ง

จากรูปที่ จ.1 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

1. ปุ่มส่งสัญญาณเสียงความถี่คู่ (DTMF)
2. หลอดแสดงผลแอลอีดีสีแดง แสดงการส่งสัญญาณเสียงความถี่คู่
3. จุดต่อเข้าพอร์ตอนุกรม RS-232 ของคอมพิวเตอร์
4. หลอดแสดงผลแอลอีดีสีเขียว แสดงสถานะไฟของพอร์ตอนุกรม RS-232
5. หลอดแสดงผลแอลอีดีสีเหลือง แสดงไดร์เวอร์ของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม
6. หลอดแสดงผลแอลอีดีสีแดง แสดงการออกอากาศ
7. จอแสดงผลแบบผลึกเหลว

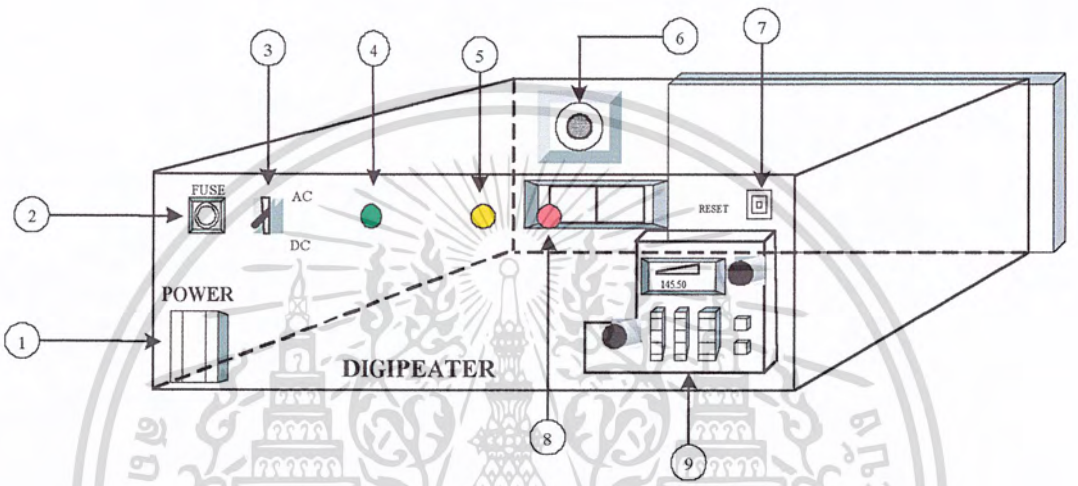
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

⑧ จุดต่อขั้วแจ็คไมค์ของเครื่องรับส่งวิทยุ

⑨ จุดต่อขั้วแจ็คลำโพงของเครื่องรับส่งวิทยุ

⑩ จุดต่อขั้วแจ็คไมค์ของเครื่องโมบายล์

⑪ ปุ่มกดสัญญาณเสียงความถี่คู่ (DTMF)



รูปที่ จ.2 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของเครื่องทวนสัญญาณระบบดิจิตอล

จากรูปที่ จ.2 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

① POWER สวิตซ์เปิด-ปิด

② FUSE 1 A ป้องกันกระแสไหลเกินเข้ามาในวงจร

③ AC / DC ไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ / ไฟกระแสตรง 12 โวลต์

④ หลอดแสดงผลแอลอีดีสีเขียว แสดงสถานะการเปิด - ปิดสถานีทวนสัญญาณ

⑤ หลอดแสดงผลแอลอีดีสีเหลือง แสดงสถานะการส่งสัญญาณเสียงความถี่คู่เปิดสถานีทวนสัญญาณให้ทำงาน

⑥ จุดขั้วต่อสายอากาศ

⑦ ปุ่มรีเซตการทำงาน

⑧ หลอดแสดงผลแอลอีดีสีแดงแสดงสถานะการใช้งานสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล

⑨ เครื่องวิทยุรับส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล จะประกอบด้วย

3.1 เครื่องแพกเกจเรดิโอโมเด็มทางด้านภาคส่งและภาครับ จำนวน 2 เครื่อง

3.2 เครื่องทวนสัญญาณระบบดิจิตอล จำนวน 1 เครื่อง

3.3 เครื่องวิทยุรับส่ง จำนวน 2 เครื่อง

3.4 เครื่องคอมพิวเตอร์ทางด้านภาคส่งและภาครับ จำนวน 2 เครื่อง

3.5 สายอากาศรับส่ง ชนิด 5/8 λ แบบ 2 ชั้น จำนวน 2 ต้น

3.6 สายต่อเข้ากับพอร์ตอนุกรม RS – 232 จำนวน 2 เส้น

3.7 สายเสียบไมค์ – ลำโพงของวิทยุรับส่ง จำนวน 2 เส้น

3.8 SWR และวัตต์มิเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง

4. การติดตั้งและใช้งาน

4.1 ทำการต่อสาย RS-232 จากเครื่องแพกเกจเรดิโอโมเด็มเข้ากับพอร์ตอนุกรม RS – 232 ของเครื่องคอมพิวเตอร์ทั้ง 2 ด้าน คือ ทางด้านภาคส่งและทางด้านภาครับ ดังรูปที่ จ.3

รูปที่ จ.3 การเชื่อมต่อใช้งานของแพกเกจเรดิโอโมเด็มทางด้านภาคส่งและภาครับ

4.2 ทำการต่อสายเสียบไมค์ – ลำโพงเข้ากับเครื่องวิทยุรับส่งทางด้านภาคส่งและภาครับ

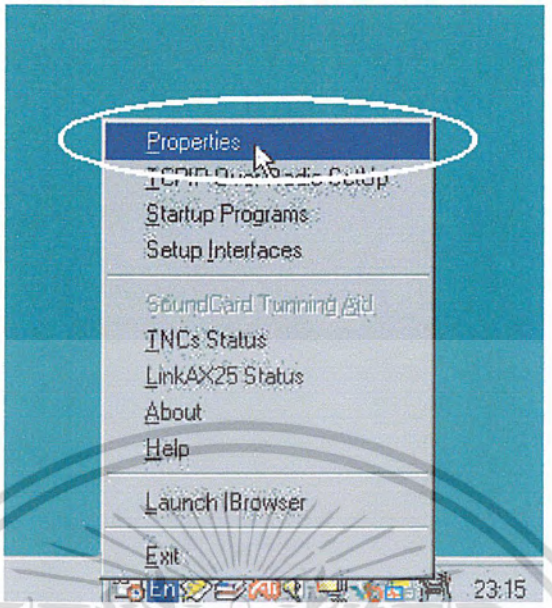
4.3 ต้องทำการติดตั้งโปรแกรมรับส่งข้อมูลแพกเกจเรดิโอโมเด็ม ทางภาคส่งและภาครับ

4.4 ทำการ Unzip ไฟล์ ชื่อ AGWPE.zip ลงในโฟล์เดอร์ชื่อ C:\packet\driver

4.5 ทำการ Unzip ไฟล์ชื่อ agwter.zip ลงในโฟล์เดอร์ชื่อ C:\packet\packet radio

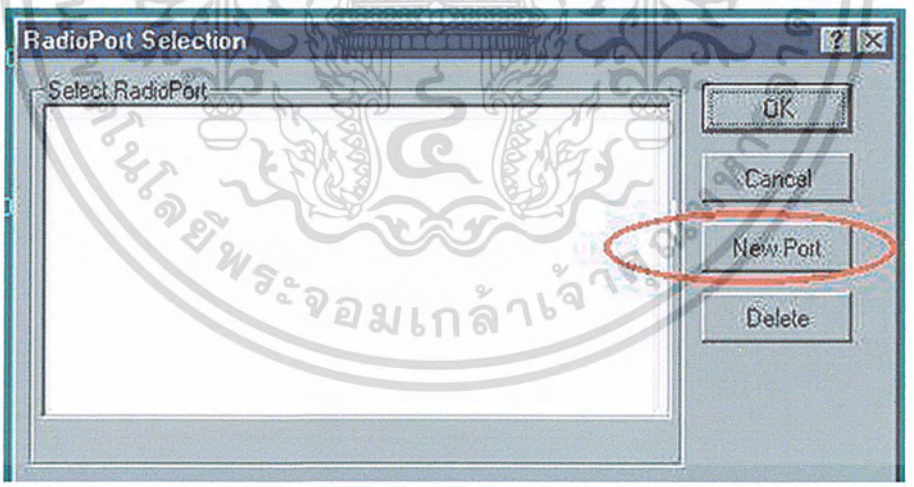
4.6 ทำการดับเบิ้ลคลิกไฟล์ชื่อ AGW packet Engine.exe จากนั้นจะปรากฏไอคอนที่มุมขวามือหน้าจอคอมพิวเตอร์ ทำการคลิกขวา เลือก properties ดังรูปที่ จ.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.4 ไอคอนทางด้านขวามือบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

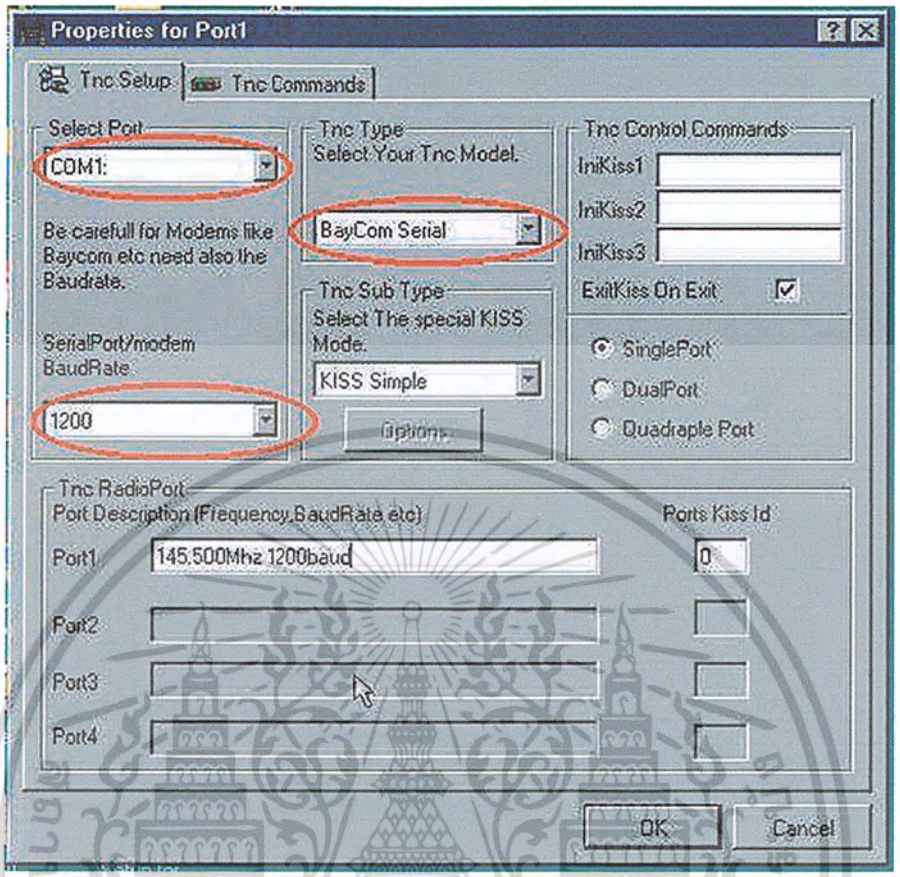
4.7 จากนั้นเลือก New Port ดังรูปที่ จ.5



รูปที่ จ.5 หน้าจอคอมพิวเตอร์ปรากฏไอคอนให้ทำการเลือกพอร์ต

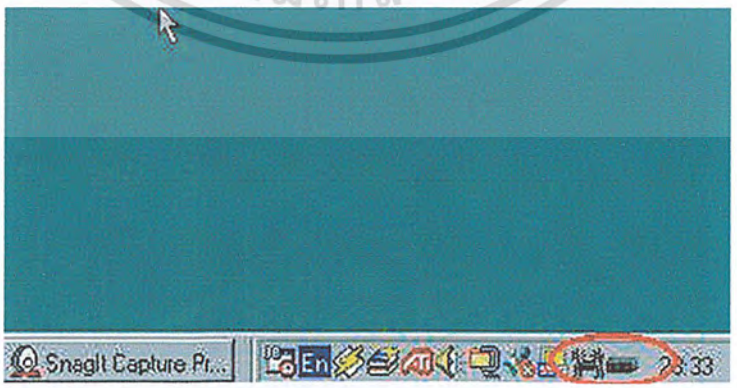
4.8 ทำการเลือก Port com 1 หรือ com 2 ดังรูปที่ จ.5 เลือกความเร็วในการรับส่งข้อมูล เป็น 1,200 bps ในหัวข้อ Tnc Type เลือกเป็น Baycom Serial ตรงช่อง Tnc Radio Port ตั้งความถี่ ตามความต้องการ จากนั้นกดปุ่ม ok ดังรูปที่ จ.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.6 การตั้งค่าการใช้งาน

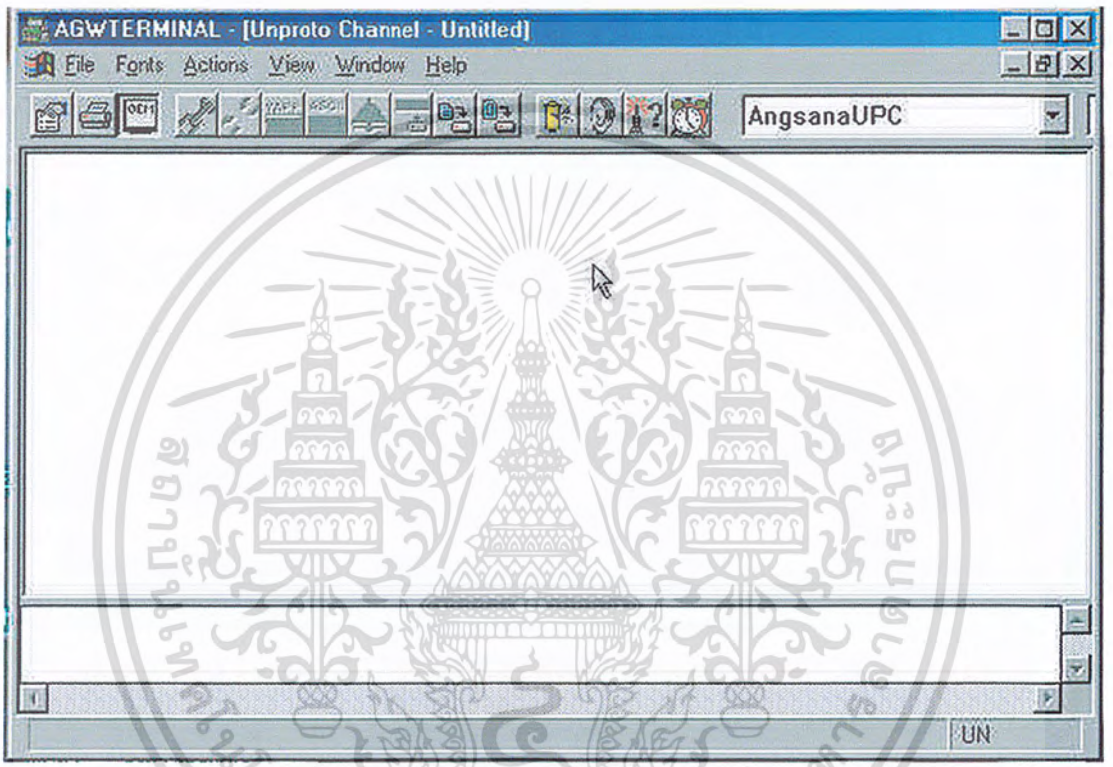
4.9 โปรแกรมจะสั่งให้ปิดและเปิดเครื่องใหม่อีกครั้ง ถ้าตั้งค่าถูกต้องจะมีรูปโมเด็มปรากฏเพิ่มขึ้นมาดังรูปที่ จ.7



รูปที่ จ.7 หน้าจอคอมพิวเตอร์จะปรากฏรูปไอคอนโมเด็มขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10 จากขั้นตอนข้อที่ 3.1 - 3.6 ก็คือ ขั้นตอนการติดตั้งไดร์ฟเวอร์ของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม จะสังเกตเห็นว่าหลอดแสดงผลแอลอีดีสีเหลืองที่แพกเกจเรดิโอโมเด็มจะติด แสดงว่าแพกเกจเรดิโอโมเด็ม พร้อมที่จะทำงาน จากนั้นทำการคลิกโปรแกรมขึ้นมาใช้งานได้เลย โดยทำการดับเบิ้ลคลิกที่ไฟล์ชื่อ ***agwterm.exe*** ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์จะแสดงหน้าต่างดังรูปที่ จ.8



รูปที่ จ.8 หน้าต่างการใช้งานโปรแกรมรับส่งข้อมูลแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

4.11 ทำการตั้งชื่อสถานีทางภาคส่งและภาครับ โดยในที่นี้จะตั้งชื่อเป็นสถานี E1 และสถานี E2 จากนั้นทำการเชื่อมต่อกันได้เลย ดังรูปที่ จ.9

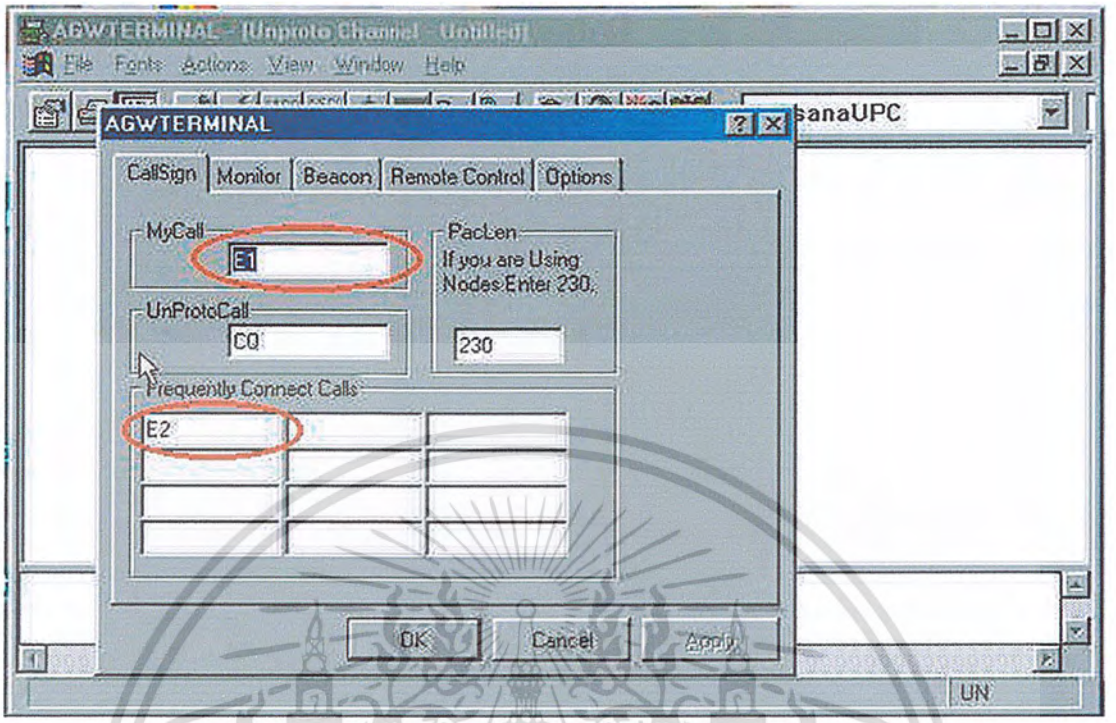
4.12 เริ่มทำการเชื่อมต่อ แล้วเลือกคลิกที่ปุ่มเชื่อมต่อ ดังรูปที่ จ.10

4.13 ทำการรับส่งข้อมูลระหว่างสถานีทางภาคส่งและทางภาครับ E1 และสถานี E2 ถ้าการเชื่อมต่อสำเร็จจะมีข้อความปรากฏ ดังรูปที่ จ.11

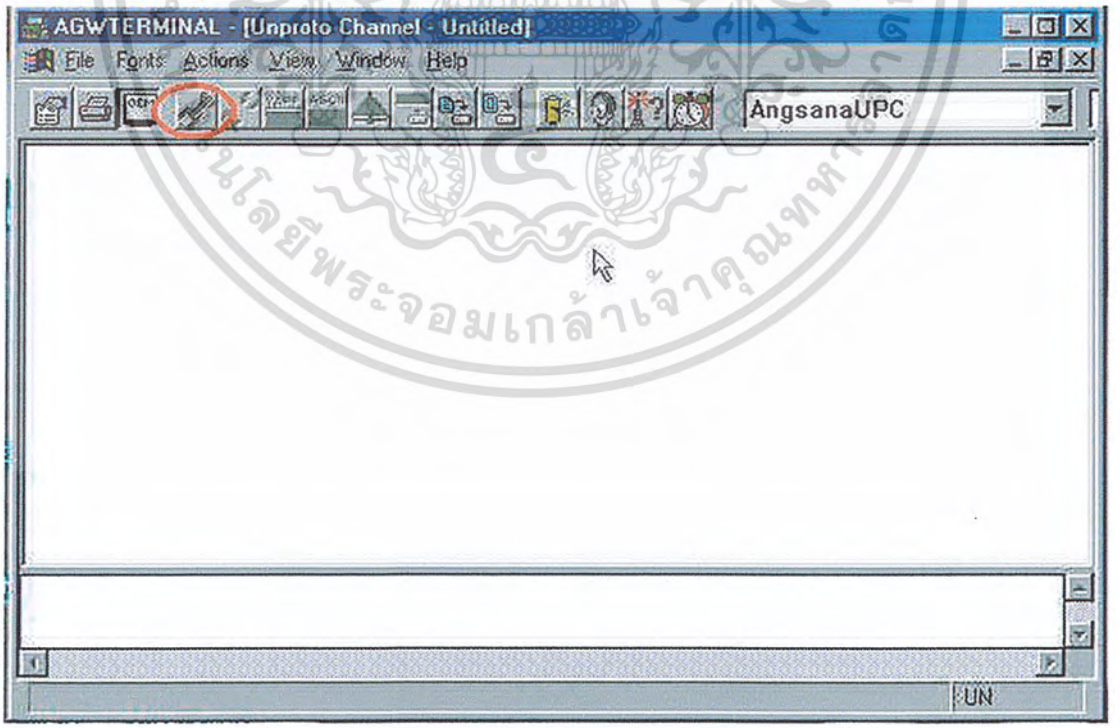
4.14 ทดสอบการส่งข้อมูล โดยการใช้คีย์บอร์ดทางภาคส่งและทางภาครับ ดังรูปที่ จ.12

4.15 ทำการรับส่งไฟล์ข้อมูลโดยไปที่ เมนู "File" "Send Yapp" หรือคลิกที่ปุ่ม ดังรูปที่ จ.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

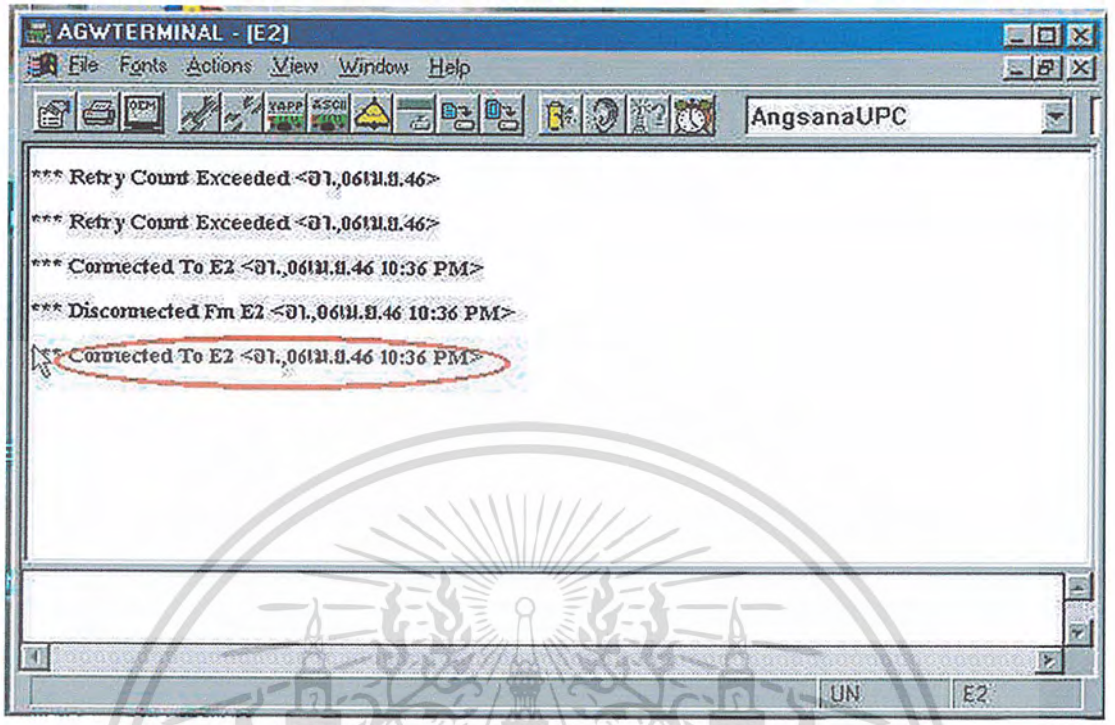


รูปที่ จ.9 การตั้งชื่อสถานีทางภาคส่งและภาครับ

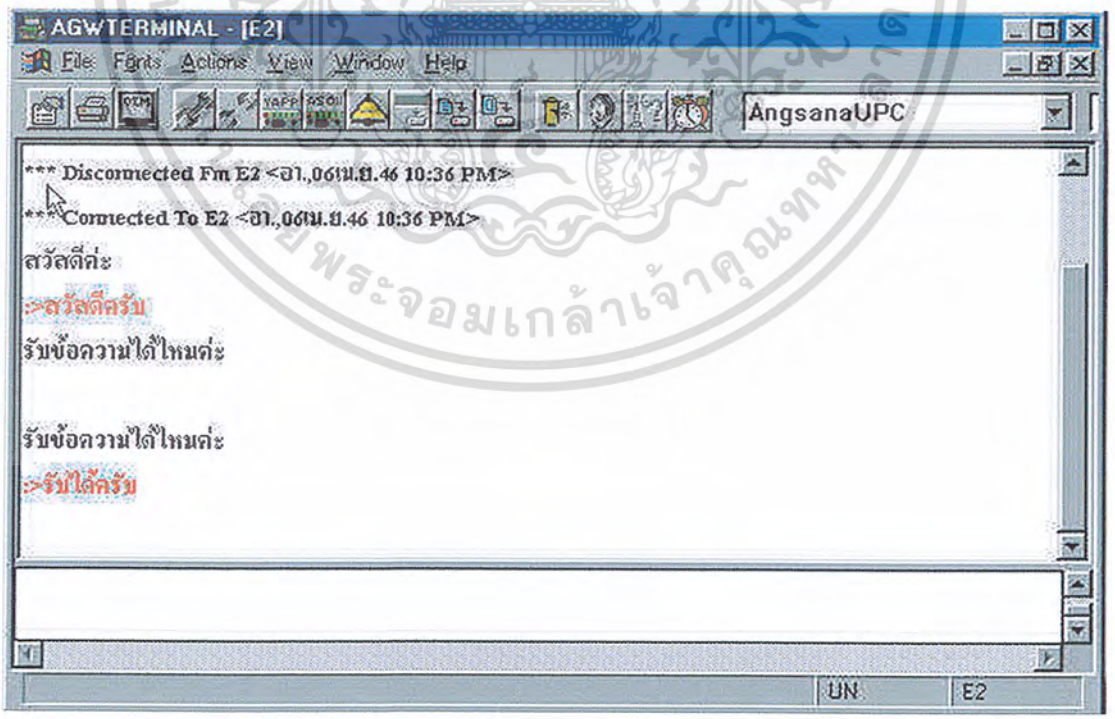


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ จ.10 ปุ่มที่ใช้ในการเชื่อมต่อ

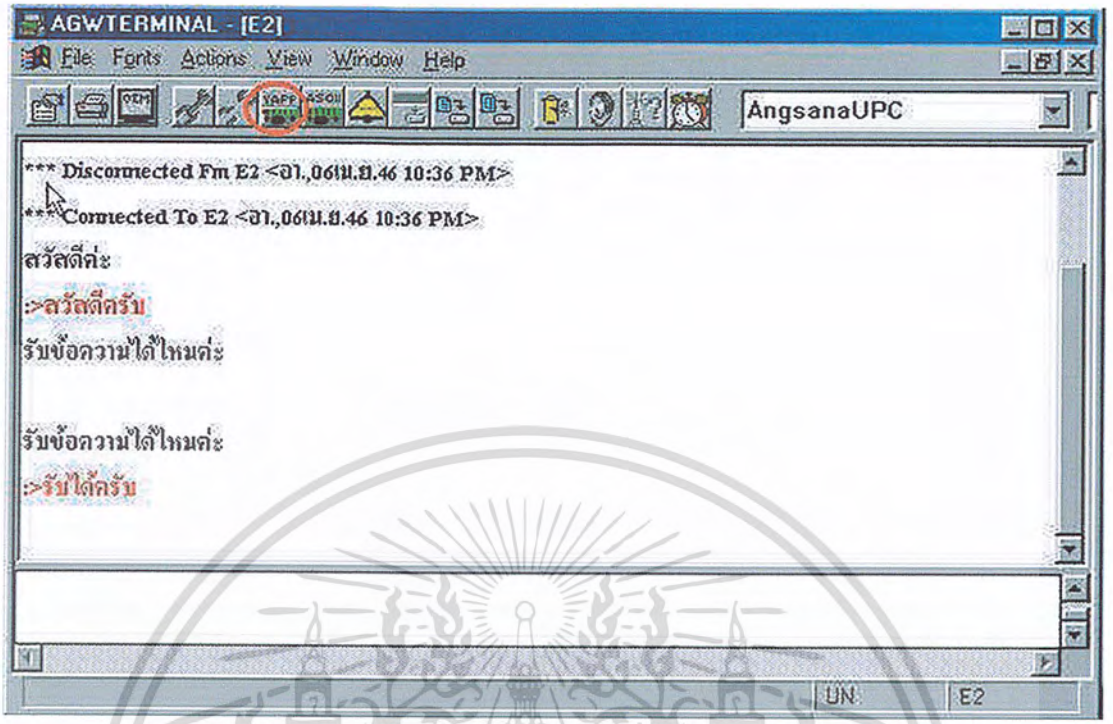


รูปที่ จ. 11 การเชื่อมต่อถึงสถานี E2

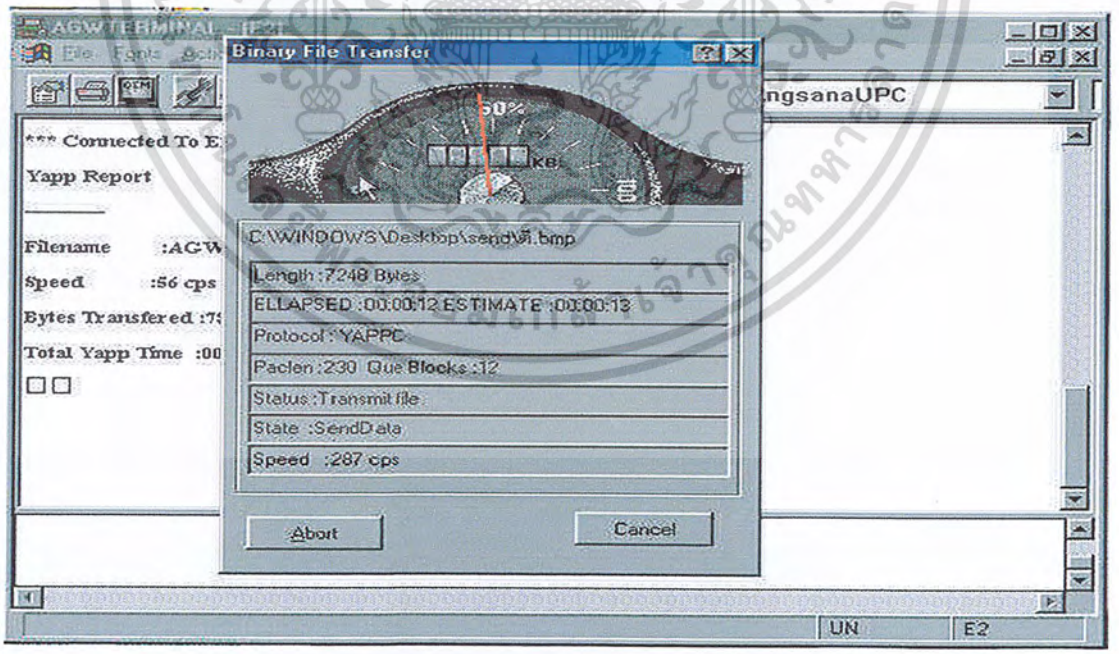


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ จ.12 การรับส่งข้อมูลโดยใช้คีย์บอร์ดกับคีย์บอร์ด



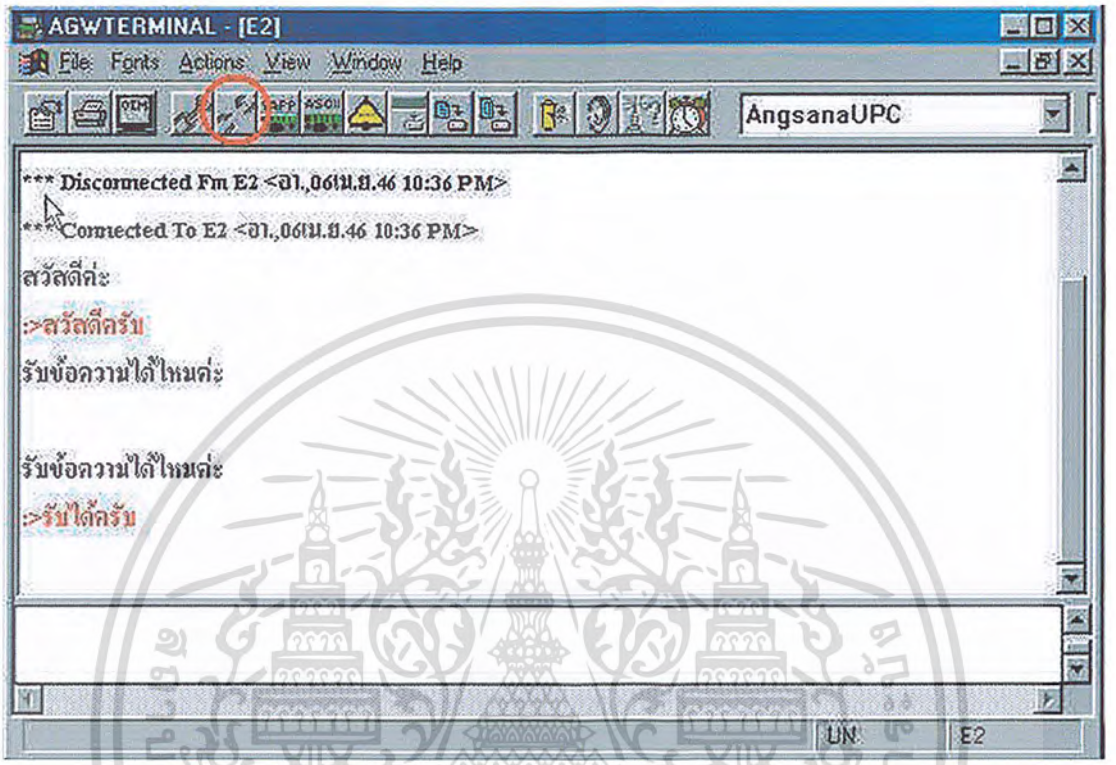
รูปที่ จ.13 ปุ่มที่ใช้ในการส่งไฟล์ข้อมูล



รูปที่ จ.14 การส่งไฟล์ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.16 เมื่อต้องการเลิกการเชื่อมต่อให้กดที่ปุ่มดังรูปที่ จ.15



รูปที่ จ.15 การเลิกการเชื่อมต่อ

4.17 จากขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้นเป็นการติดตั้งโปรแกรมการใช้งานและการเชื่อมต่อกันระหว่าง 2 สถานี ในระยะทางใกล้ๆ ถ้าต้องการระยะทางในการติดต่อสื่อสารที่ไกลขึ้น ก็ให้ทำการติดตั้งเครื่องทวนสัญญาณระบบดิจิตอลไว้ระหว่างทาง ดังรูปที่ จ.16 โดยระยะทางในการติดต่อสื่อสารขึ้นอยู่กับความสูงของสายอากาศที่ติดตั้ง ที่เครื่องทวนสัญญาณระบบดิจิตอลและกำลังส่งของเครื่องส่ง

4.18 ลักษณะการทำงานของสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอลจะเป็นแบบทางเดียว คือผลัดกันรับและผลัดกันส่งข้อมูล โดยใช้ความถี่เดียว

4.19 ในส่วนของแพกเกจเรดิโอโมเด็มก็จะประกอบด้วย แพกเกจเรดิโอโมเด็มทางภาครับและภาคส่ง คอมพิวเตอร์ทางภาครับและภาคส่ง และเครื่องวิทยุรับส่ง

4.20 ในการใช้งานระบบแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอลให้มีประสิทธิภาพ ต้องประกอบด้วย

1) CPU 100 เมกะเฮิรตซ์ ขึ้นไป

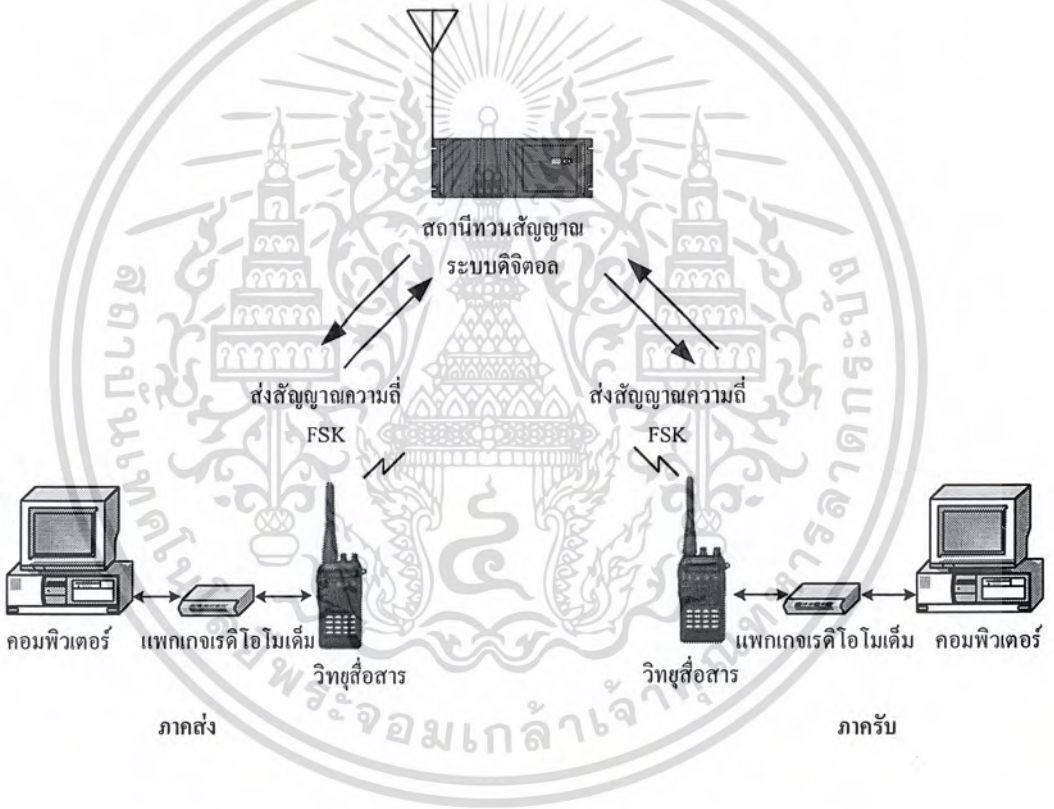
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) แรม 64 Mbyte

3) ฮาร์ดดิสก์ ความจุ 200 Mbyte ขึ้นไป

4.21 ตั้งความถี่ของเครื่องวิทยุรับส่งทั้งภาครับและภาคส่ง รวมถึงเครื่องทวนสัญญาณระบบดิจิตอลให้มีความถี่เดียวกัน แล้วทำการเร่งเสียงวิทยุรับส่งให้ดังพอประมาณ

4.22 ในการใช้งานสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอลจะต้องกดรหัสสัญญาณเสียงความถี่คู่ซึ่งจะใช้เป็นรหัสเปิดสถานีทวนสัญญาณให้ทำงาน โดยในที่นี้ได้กำหนดรหัสที่ใช้ในการเปิดสถานีทวนสัญญาณคือ รหัส "2546" และรหัสชาร์ป (#) เป็นรหัสปิดสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล



รูปที่ จ.16 การรับส่งข้อมูลแพกเกจเรดิโอโดยผ่านสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล

5. การแก้ปัญหาเบื้องต้น

เมื่อประสบปัญหาในการใช้งานระบบแพกเกจเรดิโอและสถานีทวนสัญญาณระบบดิจิตอล สามารถตรวจสอบแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้จากตารางข้างล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาการ	สาเหตุและ/หรือวิธีแก้ไข
วิทยุรับส่งไม่ออกอากาศหรือไม่ทำงาน	1) ตรวจสอบการเชื่อมต่อกับ พอร์ตอนุกรม RS-232 การเชื่อมต่อแน่นหรือไม่ 2) วิทยุรับส่งมีสัญญาณไฟเข้าหรือไม่ และตั้งความถี่ถูกต้องหรือไม่ 3) สังเกตไฟแสดงสถานะไดร์ฟเวอร์ หลอดแสดงผลแอลอีดีสีเหลืองว่าติดหรือไม่ ถ้าหากหลอดไม่ติด ให้คลิกไปที่ Control panel ไปคลิกพอร์ตที่ทำการเลือกไว้ จากนั้นทำการ Remove Port ออก แล้วทำการกดปุ่ม Refresh ใหม่ ทำการปิดโปรแกรมและเปิดโปรแกรมใหม่
ทำการเชื่อมต่อแล้วโปรแกรมรับส่งข้อมูลแพกเกจเรดิโอไม่ทำงาน	1) ตรวจสอบการต่อสาย TX, RX อาจไม่แน่น 2) เกิดจากคอมพิวเตอร์เกิดการทำงานผิดพลาด ให้ปิดโปรแกรม แล้วทำการเปิดโปรแกรมขึ้นมาใหม่
เครื่องทวนสัญญาณระบบดิจิตอลไม่ทำงาน	1) ตรวจสอบการส่งสัญญาณเสียงความถี่คู่ ที่ส่งไปเปิดระบบถูกต้องหรือไม่ 2) ความถี่ของ เครื่องทวนสัญญาณระบบดิจิตอลกับเครื่องวิทยุรับส่ง ใช้ความถี่ตรงกันหรือไม่ 3) เครื่องทวนสัญญาณระบบดิจิตอล สามารถรับสัญญาณได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้ให้เพิ่มกำลังส่งของเครื่องวิทยุรับส่งหรือเพิ่มอัตราการขยายของสายอากาศ 4) ตรวจสอบไฟเลี้ยงและระบบสายอากาศของเครื่องทวนสัญญาณระบบดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

6.1 การดูแลรักษา

- ถอดสายอากาศออกจากเครื่องวิทยุรับส่งทุกครั้ง เมื่อใช้งานเสร็จ เพื่อป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่า
- ในกรณีที่อยู่ใกล้สถานีทวนสัญญาณ ควรตั้งกำลังส่งต่ำ เพื่อเป็นการถนอมอายุการใช้งานของเครื่องวิทยุรับส่ง
- ทำการส่งรหัสปิดสถานีทวนสัญญาณทุกครั้งเมื่อใช้งานเสร็จ เพื่อป้องกันผู้อื่นเข้ามาใช้งาน
- ปิดคอมพิวเตอร์และเครื่องวิทยุรับส่งทุกครั้งเมื่อเลิกใช้งาน

6.2 ข้อควรจำ

- อย่าตั้งความถี่ที่ไม่แมทซ์กับสายอากาศ อาจทำให้เครื่องวิทยุรับส่งเสียหายได้
- ในการตั้งความถี่ใช้งาน พยายามหลีกเลี่ยงความถี่ที่มีผู้ใช้งานอยู่แล้ว เพราะถ้าความถี่ที่เราตั้งมีผู้ใช้งานอยู่แล้วอาจทำให้การรับส่งสัญญาณข้อมูลล่าช้า
- ในการรับส่งไฟล์ข้อมูล ถ้าไฟล์ที่ทำการส่งมีขนาดใหญ่อาจใช้เวลาในการรับส่งนาน ทำให้เครื่องวิทยุรับส่งเกิดความร้อนได้

7. ข้อมูลจำเพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
ส่วนแสดงผล	จอแสดงผลแบบผลึกเหลวขนาด 2 บรรทัด สูง 0.5 นิ้ว
การรับส่งข้อมูล	แบบ Error Free ผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232
ความเร็วในการรับส่งข้อมูล	1,200 bps
ความถี่ที่ใช้งาน	ย่านวีเอชเอฟ ความถี่ 30 – 300 เมกะเฮิรตซ์
ระบบสายอากาศของสถานีทวนสัญญาณ	ชนิด 5/8 λ แบบ 2 ชั้น แพร่กระจายคลื่นรอบทิศทาง
หลักการรับส่งข้อมูล	ใช้หลักการ FSK โดยใช้คลื่นพาห์ย่านวีเอชเอฟ
แหล่งจ่ายพลังงาน	ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SGS-THOMSON MICROELECTRONICS

HCC/HCF4028B

BCD-TO-DECIMAL DECODER

- BCD-TO-DECIMAL DECODING OR BINARY-TO-OCTAL DECODING
- HIGH DECODED OUTPUT DRIVE CAPABILITY
- "POSITIVE LOGIC" INPUTS AND OUTPUTS : DECODED OUTPUTS GO HIGH ON SELECTION
- MEDIUM-SPEED OPERATION : t_{PHL}, t_{PLH} = 80ns (typ.) @ V_{DD} = 10V
- STANDARDIZED SYMMETRICAL OUTPUT CHARACTERISTICS
- QUIESCENT CURRENT SPECIFIED TO 20V FOR HCC DEVICE
- 5V, 10V, AND 15V PARAMETRIC RATINGS
- INPUT CURRENT OF 100nA AT 18V AND 25°C FOR HCC DEVICE
- 100% TESTED FOR QUIESCENT CURRENT
- MEETS ALL REQUIREMENTS OF JEDEC TENTATIVE STANDARD N° 13A, "STANDARD SPECIFICATIONS FOR DESCRIPTION OF "B" SERIES CMOS DEVICES"

EY
(Plastic Package)

F
(Ceramic Frit Seal Package)

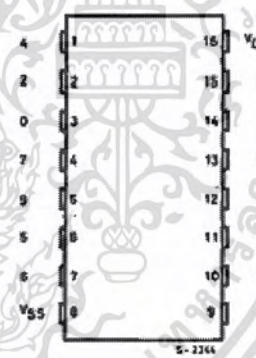
M1
(Micro Package)

C1
(Plastic Chip Carrier)

ORDER CODES :

HCC4028BF	HCF4028BM1
HCF4028BEY	HCF4028BC1

PIN CONNECTIONS



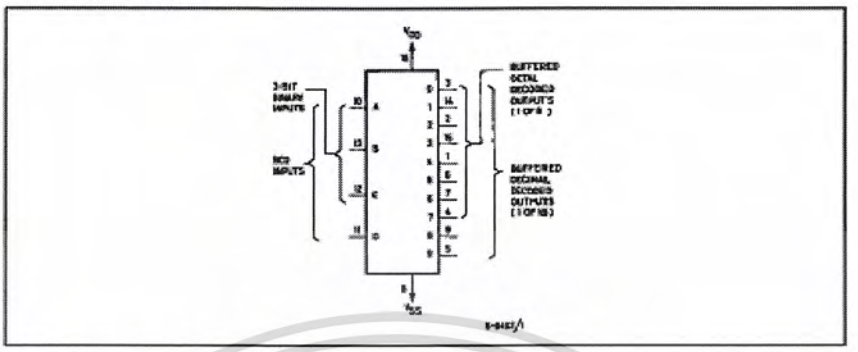
DESCRIPTION

The HCC4028B (extended temperature range) and HCF4028B (intermediate temperature range) are monolithic integrated circuit, available in 16-lead dual in-line plastic or ceramic package and plastic micropackage.

The HCC/HCF4028B types are BCD-to-decimal or binary-to-octal decoders consisting of buffering on all 4 inputs, decoding-logic gates, and 10 output buffers. A BCD code applied to the four inputs, A to D, results in a high level at the selected one of 10 decimal decoded outputs. Similarly, a 3-bit binary code applied to inputs A through C is decoded in octal code at output 0 to 7 if D = "0". High drive capability is provided at all outputs to enhance dc and dynamic performance in high fan-out applications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FUNCTIONAL DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{DD}*	Supply Voltage : HCC Types HCF Types	− 0.5 to + 20 − 0.5 to + 18	V V
V_I	Input Voltage	− 0.5 to V_{DD} + 0.5	V
I_I	DC Input Current (any one input)	± 10	mA
P_{tot}	Total Power Dissipation (per package) Dissipation per Output Transistor for T_{op} = Full Package-temperature Range	200 100	mW mW
T_{op}	Operating Temperature : HCC Types HCF Types	− 55 to + 125 − 40 to + 85	°C °C
T_{stg}	Storage Temperature	− 65 to + 150	°C

Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for external periods may affect device reliability.

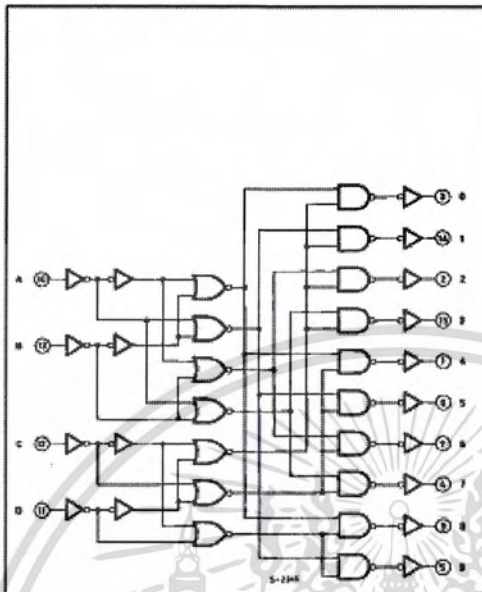
* All voltage values are referred to V_{SS} pin voltage.

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{DD}	Supply Voltage : HCC Types HCF Types	3 to 18 3 to 15	V V
V_I	Input Voltage	0 to V_{DD}	V
T_{op}	Operating Temperature : HCC Types HCF Types	− 55 to + 125 − 40 to + 85	°C °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOGIC DIAGRAM AND TRUTH TABLE



D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

WHERE 1 = HIGH LEVEL
0 = LOW LEVEL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (over recommended operating conditions)

Symbol	Parameter		Test Conditions				Value							Unit
			V_I (V)	V_O (V)	$\|I_O\|$ (μA)	V_{DD} (V)	T_{Low}* Min.	T_{Low}* Max.	25°C Min.	25°C Typ.	25°C Max.	T_{High}* Min.	T_{High}* Max.	
I_L	Quiescent Current	HCC Types	0/ 5			5		5		0.04	5		150	μA
			0/10			10		10		0.04	10		300	
			0/15			15		20		0.04	20		600	
			0/20			20		100		0.08	100		3000	
		HCF Types	0/ 5			5		20		0.04	20		150	
			0/10			10		40		0.04	40		300	
			0/15			15		80		0.04	80		600	
V_{OH}	Output High Voltage		0/ 5		< 1	5	4.95		4.95			4.95		V
			0/10		< 1	10	9.95		9.95			9.95		
			0/15		< 1	15	14.95		14.95			14.95		
V_{OL}	Output Low Voltage		5/0		< 1	5		0.05			0.05		0.05	V
			10/0		< 1	10		0.05			0.05		0.05	
			15/0		< 1	15		0.05			0.05		0.05	
V_{IH}	Input High Voltage			0.5/4.5	< 1	5	3.5		3.5			3.5		V
				1/9	< 1	10	7		7			7		
				1.5/13.5	< 1	15	11		11			11		
V_{IL}	Input Low Voltage			4.5/0.5	< 1	5		1.5			1.5		1.5	V
				9/1	< 1	10		3			3		3	
				13.5/1.5	< 1	15		4			4		4	
I_{OH}	Output Drive Current	HCC Types	0/5	2.5		5	− 2		− 1.6	− 3.2		− 1.15		mA
			0/5	4.6		5	− 0.64		− 0.51	− 1		− 0.36		
			0/10	9.5		10	− 1.6		− 1.3	− 2.6		− 0.9		
			0/15	13.5		15	− 4.2		− 3.4	− 6.8		− 2.4		
		HCF Types	0/5	2.5		5	− 1.53		− 1.36	− 3.2		− 1.1		
			0/5	4.6		5	− 0.52		− 0.44	− 1		− 0.36		
			0/10	9.5		10	− 1.3		− 1.1	− 2.6		− 0.9		
			0/15	13.5		15	− 3.6		− 3.0	− 6.8		− 2.4		
I_{OL}	Output Sink Current	HCC Types	0/5	0.4		5	0.64		0.51	1		0.36		mA
			0/10	0.5		10	1.6		1.3	2.6		0.9		
			0/15	1.5		15	4.2		3.4	6.8		2.4		
		HCF Types	0/5	0.4		5	0.52		0.44	1		0.36		
			0/10	0.5		10	1.3		1.1	2.6		0.9		
			0/15	1.5		15	3.6		3.0	6.8		2.4		
I_{IH}, I_{IL}	Input Leakage Current	HCC Types	0/18	Any Input		18		± 0.1		$\pm 10^{-5}$	± 0.1		± 1	μA
		HCF Types	0/15			15		± 0.3		$\pm 10^{-5}$	± 0.3		± 1	
C_I	Input Capacitance			Any Input						5	7.5			pF

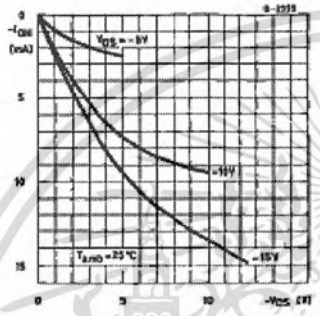
* T_{Low} = − 55°C for HCC device : − 40°C for HCF device.
* T_{High} = + 125°C for HCC device : + 85°C for HCF device.
The Noise Margin for both "1" and "0" levels : 1V min. with V_{DD} = 5V, 2V min. with V_{DD} = 10V, 2.5 V min. with V_{DD} = 15V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

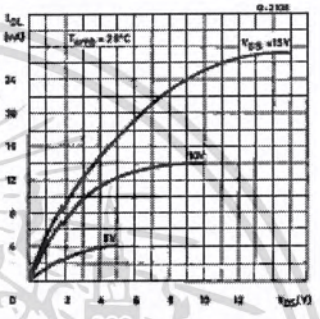
DYNAMIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_{amb} = 25°C, C_L = 50pF, R_L = 200kΩ, typical temperature coefficient for all V_{DD} values is 0.3%/°C, all input rise and fall times = 20ns)

Symbol	Parameter	Test Conditions		Value			Unit
			V_{DD} (V)	Min.	Typ.	Max.	
t_{PHL}, t_{PLH}	Propagation Delay Time (clock to "out")		5		175	350	ns
			10		80	160	
			15		60	120	
t_{THL}, t_{TLH}	Transition Time		5		100	200	ns
			10		50	100	
			15		40	80	

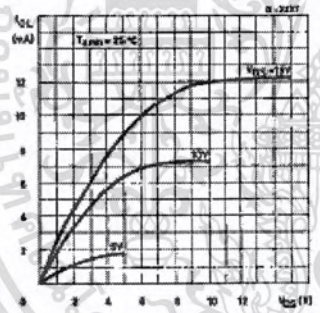
Minimum Output High (source) Current Characteristics.



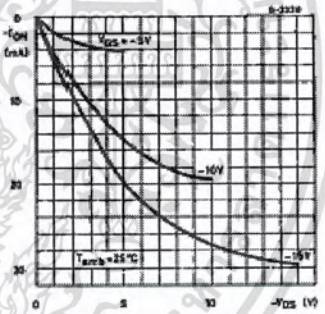
Typical Output Low (sink) Current.



Minimum Output Low (Sink) Current Characteristics.

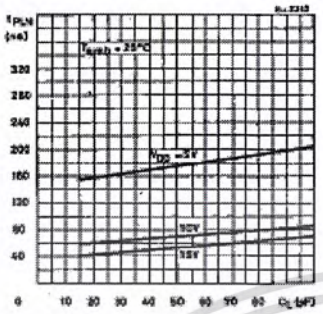


Typical Output High (source) Current Characteristics.

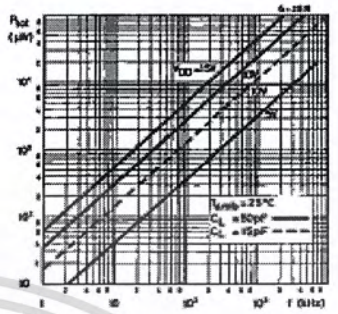


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Propagation Delay Time as a Function load Capacitance.



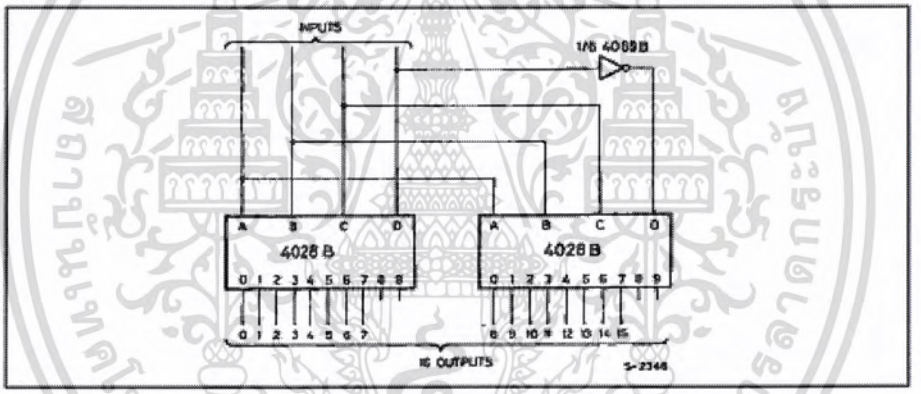
Typical Dynamic Power Dissipation as a Function of Input Frequency .



TYPICAL APPLICATIONS

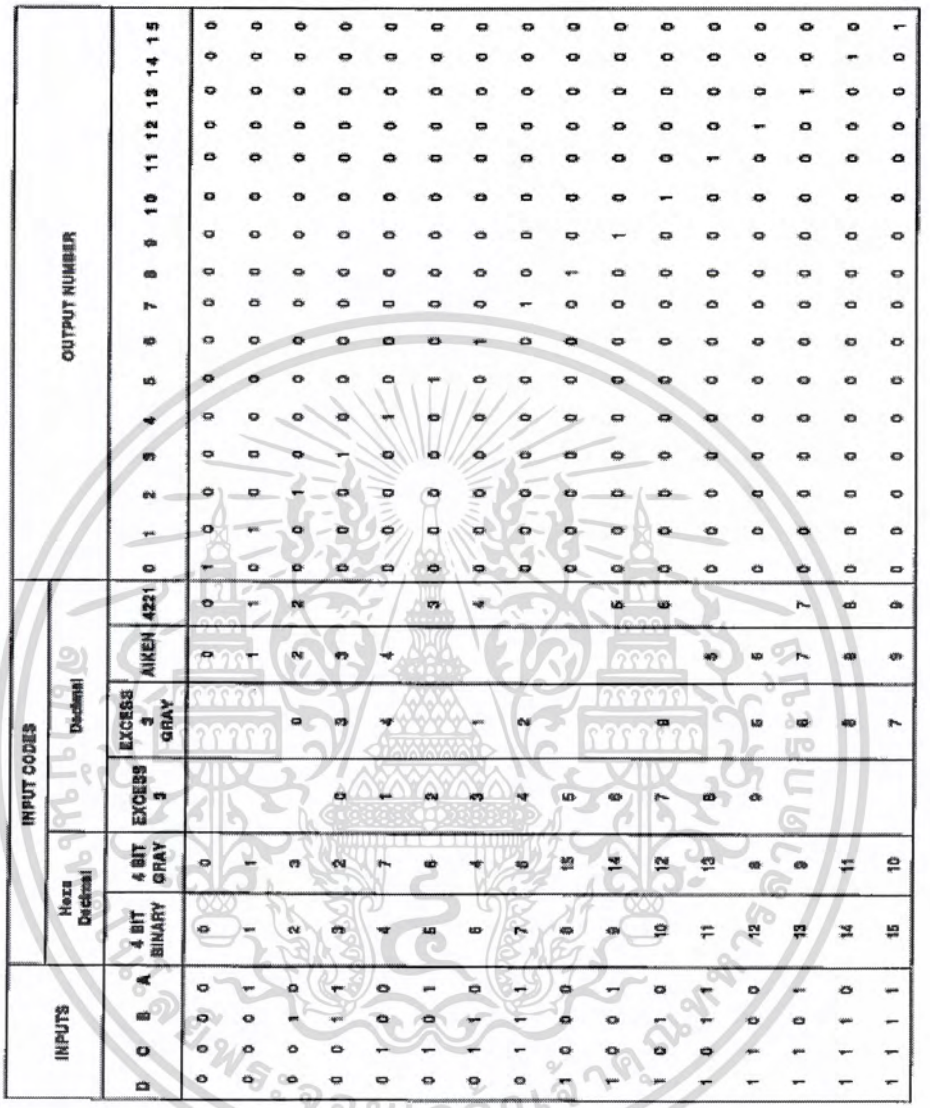
The circuit shown in fig. 1 converts any 4-bit code to a decimal or hexadecimal code Fig 2 shows a number of codes and the decimal or hexadecimal number in these codes which must be applied to the input pins of the HCC/HCF4028B to select a particular output. For example : in order to get a "high" on output n8 the input must be either an 8 expressed in 4-bit binary code, a 15 expressed in 4-bit gray code, or a 5 expressed in excess-3 code.

Figure 1 : Code Conversion Circuit.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 2 : Code Conversion Chart.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL APPLICATIONS (continued)

Figure 3 : 6-bit binary to 1 of 64 Adress Decoder.

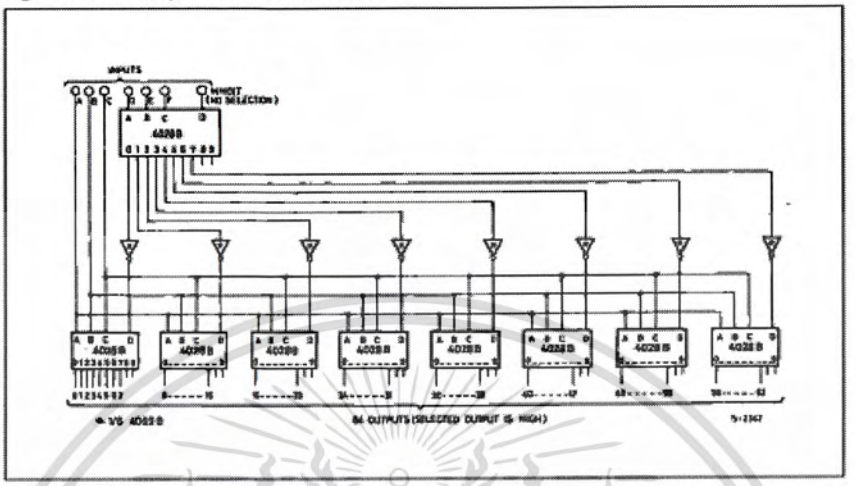
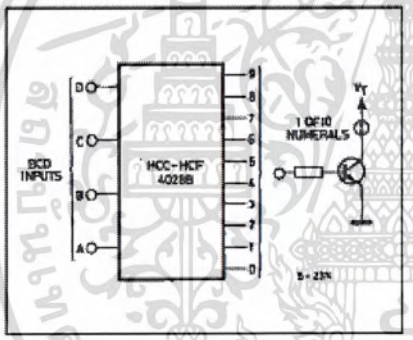


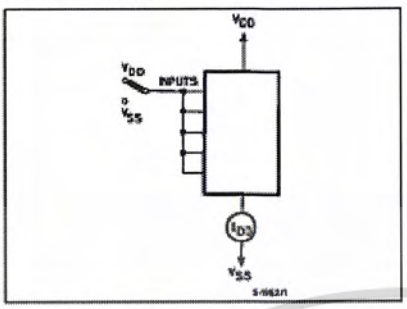
Figure 4 : Neon Readout (nixie tube) Display Application.



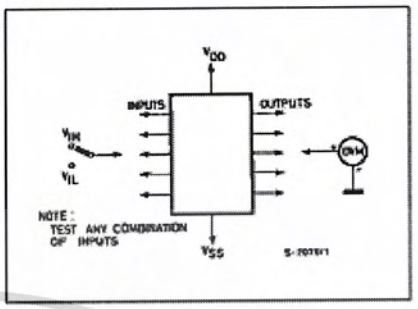
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEST CIRCUITS

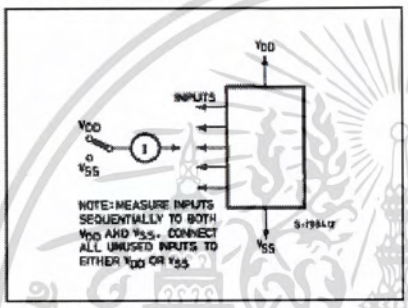
Quiescent Device Current.



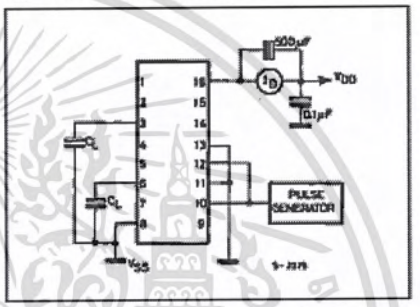
Noise Immunity.



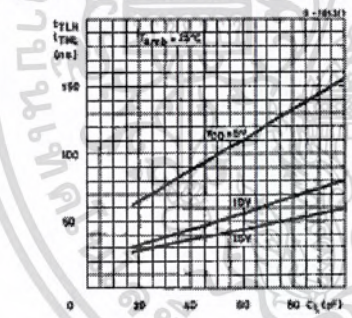
Input Leakage Current.



Dynamic Power Dissipation.



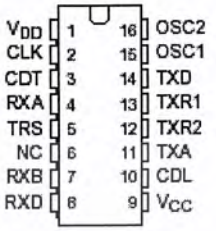
Typical Transition Time vs. Load Capacitance.



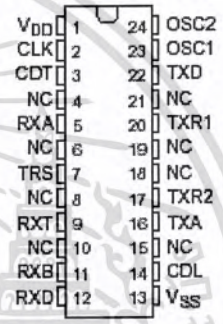
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

J OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



DW PACKAGE
(TOP VIEW)



NC – No internal connection

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

description

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

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

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

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

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

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 1994, Texas Instruments Incorporated

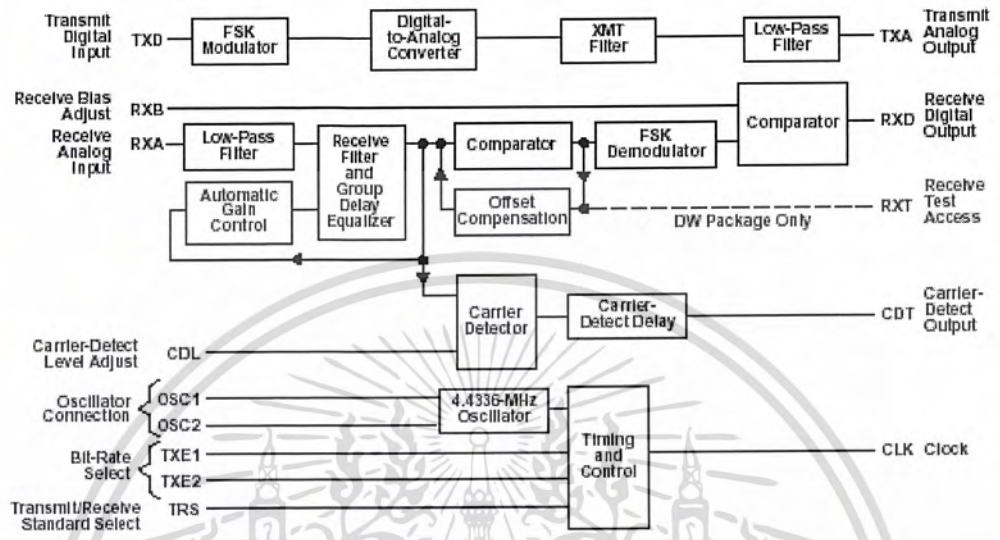
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Terminal Functions

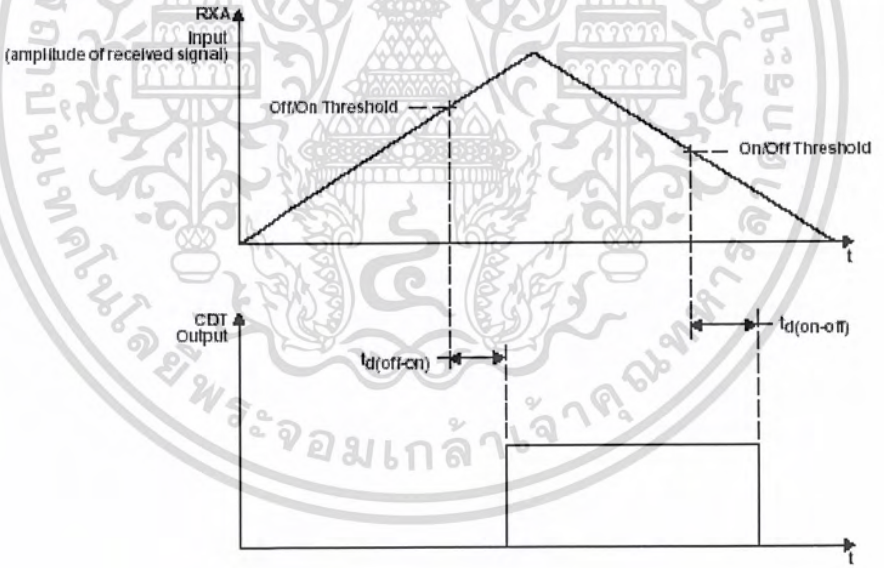
TERMINAL			DESCRIPTION
NAME	NO.		
	DW	J OR N	
CDL	14	10	Carrier-detect-level adjust for external adjustment of carrier-detect threshold
CDT	3	3	Carrier-detect output. A low-level output indicates carrier failure
CLK	2	2	Output for a continuous clock signal at 16 times the highest selected (transmit or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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

functional block diagram



timing diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

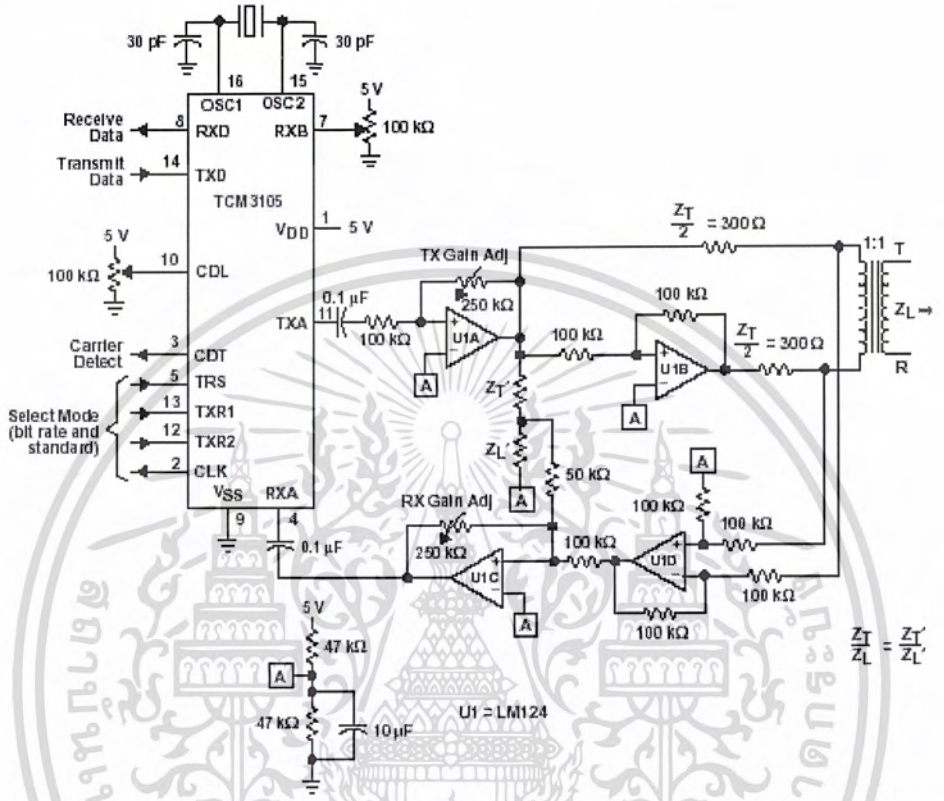
Table 1. Modes of Operation

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION



Pin numbers shown are for the J and N packages.

Figure 3. Telephone Line Interface Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MITEL

ISO²-CMOS MT8870D/MT8870D-1
Integrated DTMF Receiver

ISSUE 5 March 1997

Features
- Complete DTMF Receiver
- Low power consumption
- Internal gain setting amplifier
- Adjustable guard time
- Central office quality
- Power-down mode
- Inhibit mode
- Backward compatible with MT8870C/MT8870C-1

Applications
- Receiver system for British Telecom (BT) or CEPT Spec (MT8870D-1)
- Paging systems
- Repeater systems/mobile radio
- Credit card systems
- Remote control
- Personal computers
- Telephone answering machine

Ordering Information
MT8870DE/DE-1 18 Pin Plastic DIP
MT8870DS/DS-1 18 Pin SOIC
MT8870DN/DN-1 20 Pin SSOP
-40 °C to +85 °C

Description
The MT8870D/MT8870D-1 is a complete DTMF receiver integrating both the bandsplit filter and digital decoder functions. The filter section uses switched capacitor techniques for high and low group filters; the decoder uses digital counting techniques to detect and decode all 16 DTMF tone-pairs into a 4-bit code. External component count is minimized by on chip provision of a differential input amplifier, clock oscillator and latched three-state bus interface.

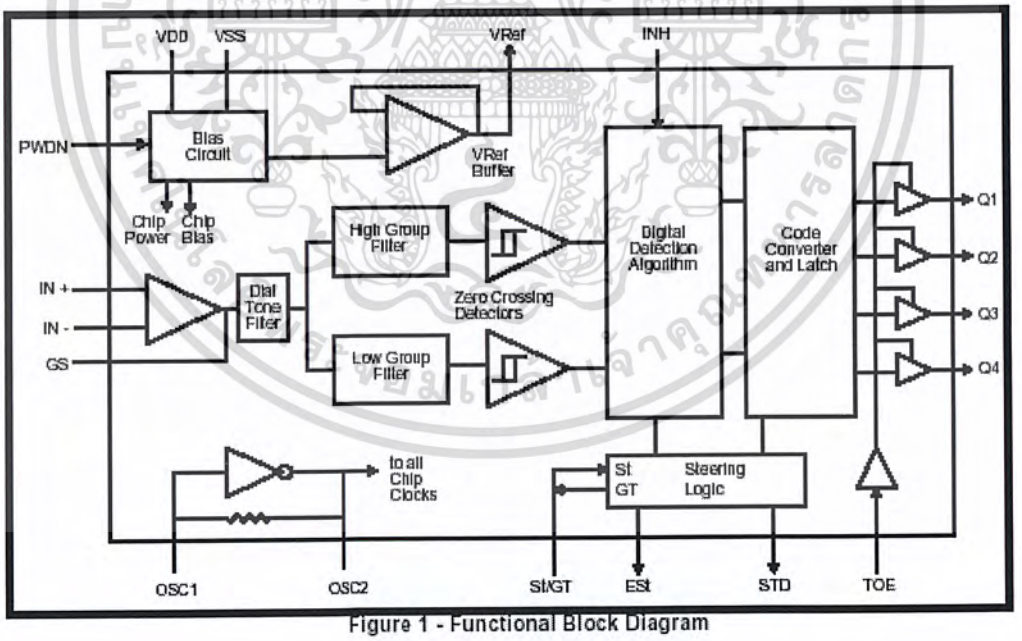


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

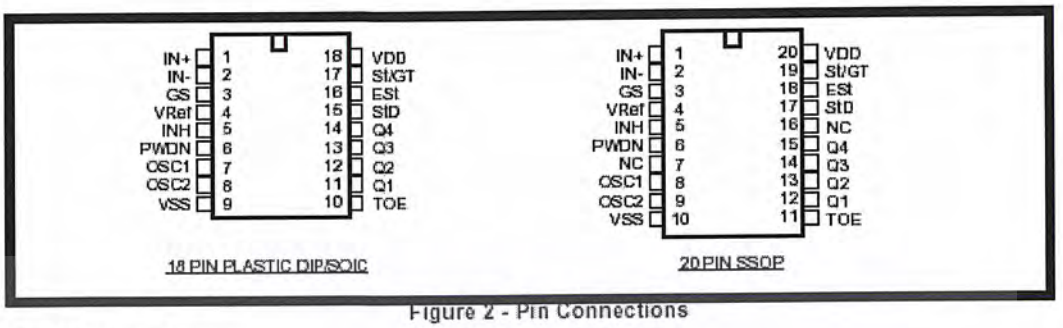


Figure 2 - Pin Connections

Pin Description

Pin #		Name	Description
18	20		
1	1	IN+	Non-Inverting Op-Amp (Input).
2	2	IN-	Inverting Op-Amp (Input).
3	3	GS	Gain Select. Gives access to output of front end differential amplifier for connection of feedback resistor.
4	4	V_{Ref}	Reference Voltage (Output). Nominally $V_{DD}/2$ is used to bias inputs at mid-rail (see Fig. 6 and Fig. 10).
5	5	INH	Inhibit (Input). Logic high inhibits the detection of tones representing characters A, B, C and D. This pin input is internally pulled down.
6	6	PWDN	Power Down (Input). Active high. Powers down the device and inhibits the oscillator. This pin input is internally pulled down.
7	8	OSC1	Clock (Input).
8	9	OSC2	Clock (Output). A 3.579545 MHz crystal connected between pins OSC1 and OSC2 completes the internal oscillator circuit.
9	10	V_{SS}	Ground (Input). 0V typical.
10	11	TOE	Three State Output Enable (Input). Logic high enables the outputs Q1-Q4. This pin is pulled up internally.
11-14	12-15	Q1-Q4	Three State Data (Output). When enabled by TOE, provide the code corresponding to the last valid tone-pair received (see Table 1). When TOE is logic low, the data outputs are high impedance.
15	17	StD	Delayed Steering (Output).Presents a logic high when a received tone-pair has been registered and the output latch updated; returns to logic low when the voltage on St/GT falls below V_{TSt}.
16	18	ESt	Early Steering (Output). Presents a logic high once the digital algorithm has detected a valid tone pair (signal condition). Any momentary loss of signal condition will cause ESt to return to a logic low.
17	19	St/GT	Steering Input/Guard time (Output) Bidirectional. A voltage greater than V_{TSt} detected at St causes the device to register the detected tone pair and update the output latch. A voltage less than V_{TSt} frees the device to accept a new tone pair. The GT output acts to reset the external steering time-constant; its state is a function of ESt and the voltage on St.
18	20	V_{DD}	Positive power supply (Input). +5V typical.
	7, 16	NC	No Connection.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

condition is maintained (ESt remains high) for the validation period (t_{GTP}), v_c reaches the threshold (V_{TSt}) of the steering logic to register the tone pair, latching its corresponding 4-bit code (see Table 1) into the output latch. At this point the GT output is activated and drives v_c to V_{DD}. GT continues to drive high as long as ESt remains high. Finally, after a short delay to allow the output latch to settle, the delayed steering output flag (StD) goes high, signalling that a received tone pair has been registered. The contents of the output latch are made available on the 4-bit output bus by raising the three state control input (TOE) to a logic high. The steering circuit works in reverse to validate the interdigit pause between signals. Thus, as well as rejecting signals too short to be considered valid, the receiver will tolerate signal interruptions (dropout) too short to be considered a valid pause. This facility, together with the capability of selecting the steering time constants externally, allows the designer to tailor performance to meet a wide variety of system requirements.

Digit	TOE	INH	ESt	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1
ANY	L	X	H	Z	Z	Z	Z
1	H	X	H	0	0	0	1
2	H	X	H	0	0	1	0
3	H	X	H	0	0	1	1
4	H	X	H	0	1	0	0
5	H	X	H	0	1	0	1
6	H	X	H	0	1	1	0
7	H	X	H	0	1	1	1
8	H	X	H	1	0	0	0
9	H	X	H	1	0	0	1
0	H	X	H	1	0	1	0
*	H	X	H	1	0	1	1
#	H	X	H	1	1	0	0
A	H	L	H	1	1	0	1
B	H	L	H	1	1	1	0
C	H	L	H	1	1	1	1
D	H	L	H	0	0	0	0
A	H	H	L	undetected, the output code will remain the same as the previous detected code			
B	H	H	L				
C	H	H	L				
D	H	H	L				

Table 1. Functional Decode Table

L=LOGIC LOW, H=LOGIC HIGH, Z=HIGH IMPEDANCE
X = DON'T CARE

Guard Time Adjustment

In many situations not requiring selection of tone duration and interdigital pause, the simple steering circuit shown in Figure 4 is applicable. Component values are chosen according to the formula:

$$t_{REC} = t_{DP} + t_{GTP}$$
$$t_{ID} = t_{DA} + t_{GTA}$$

The value of t_{DP} is a device parameter (see Figure 11) and t_{REC} is the minimum signal duration to be recognized by the receiver. A value for C of 0.1 µF is recommended for most applications, leaving R to be selected by the designer.

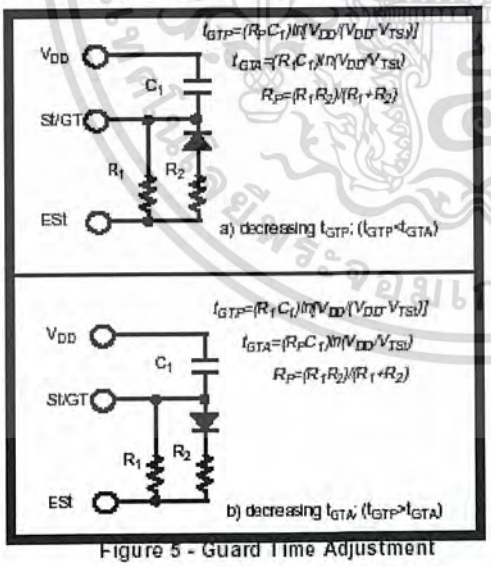


Figure 5 - Guard Time Adjustment

Different steering arrangements may be used to select independently the guard times for tone present (t_{GTP}) and tone absent (t_{GTA}). This may be necessary to meet system specifications which place both accept and reject limits on both tone duration and interdigital pause. Guard time adjustment also allows the designer to tailor system parameters such as talk off and noise immunity. Increasing t_{REC} improves talk-off performance since it reduces the probability that tones simulated by speech will maintain signal condition long enough to be registered. Alternatively, a relatively short t_{REC} with a long t_{DO} would be appropriate for extremely noisy environments where fast acquisition time and immunity to tone drop-outs are required. Design information for guard time adjustment is shown in Figure 5.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications

RECEIVER SYSTEM FOR BRITISH TELECOM SPEC POR 1151

The circuit shown in Fig. 9 illustrates the use of MT8870D-1 device in a typical receiver system. BT Spec defines the input signals less than -34 dBm as the non-operate level. This condition can be attained by choosing a suitable values of R_1 and R_2 to provide 3 dB attenuation, such that -34 dBm input signal will correspond to -37 dBm at the gain setting pin GS of MT8870D-1. As shown in the diagram, the component values of R_3 and C_2 are the guard time requirements when the total component tolerance is 6%. For better performance, it is recommended to use the non-symmetric guard time circuit in Fig. 8.

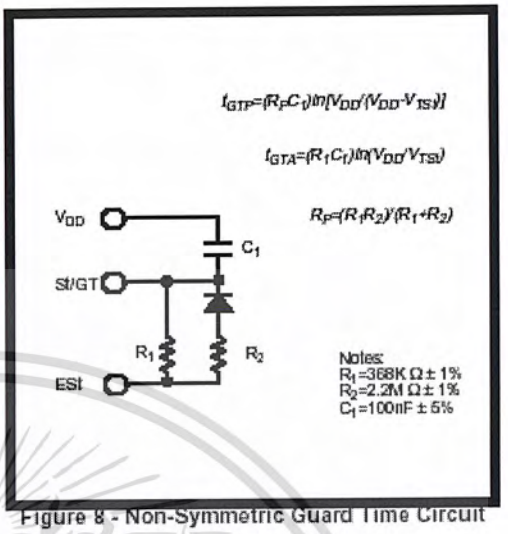


Figure 8 - Non-Symmetric Guard Time Circuit

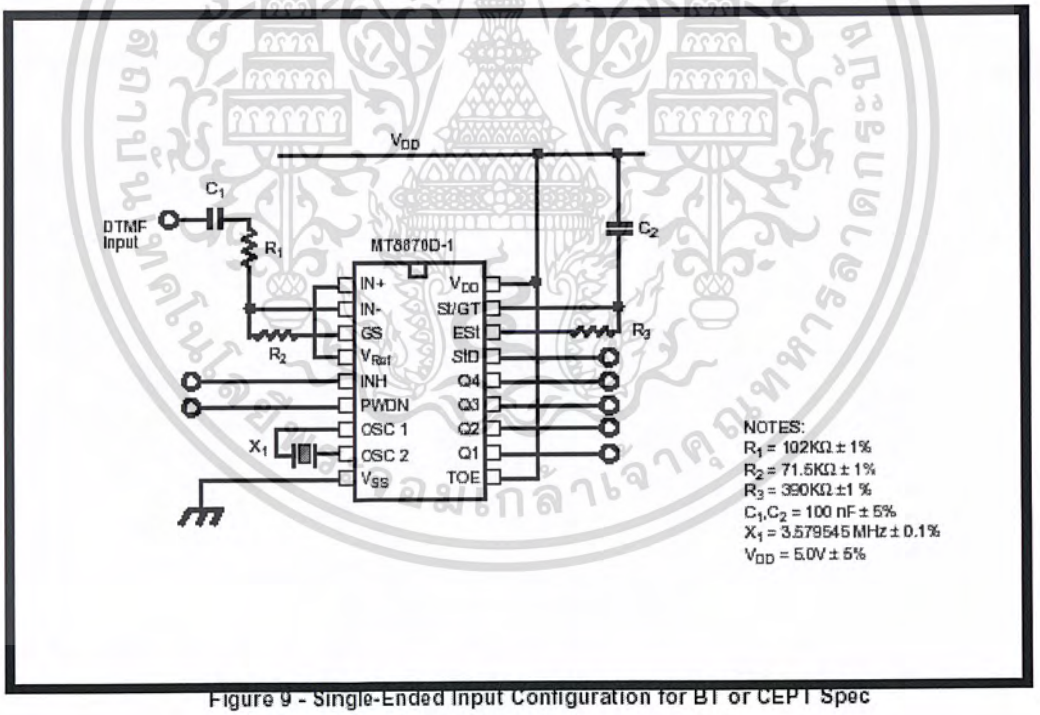


Figure 9 - Single-Ended Input Configuration for BT or CEPT Spec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings†

	Parameter	Symbol	Min	Max	Units
1	DC Power Supply Voltage	V_{DD}		7	V
2	Voltage on any pin	V_I	V_{SS}-0.3	V_{DD}+0.3	V
3	Current at any pin (other than supply)	I_I		10	mA
4	Storage temperature	T_{STG}	-65	+150	°C
5	Package power dissipation	P_D		500	mW

† Exceeding these values may cause permanent damage. Functional operation under these conditions is not implied.
Derate above 75 °C at 16 mW / °C. All leads soldered to board.

Recommended Operating Conditions - Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated.

	Parameter	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	DC Power Supply Voltage	V_{DD}	4.75	5.0	5.25	V	
2	Operating Temperature	T_O	-40		+85	°C	
3	Crystal/Clock Frequency	fc		3.579545		MHz	
4	Crystal/Clock Freq.Tolerance	Δfc		±0.1		%	

‡ Typical figures are at 25°C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

DC Electrical Characteristics - V_{DD}=5.0V±5%, V_{SS}=0V, -40°C ≤ T_O ≤ +85°C, unless otherwise stated.

		Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	SUPPLY	Standby supply current	I_{DDQ}		10	25	µA	PWDN=V_{DD}
2		Operating supply current	I_{DD}		3.0	9.0	mA	
3		Power consumption	P_O		15		mW	fc=3.579545 MHz
4	INPUTS	High level input	V_{IH}	3.5			V	V_{DD}=5.0V
5		Low level input voltage	V_{IL}			1.5	V	V_{DD}=5.0V
6		Input leakage current	I_{IH}/I_{IL}		0.1		µA	V_{IN}=V_{SS} or V_{DD}
7		Pull up (source) current	I_{SO}		7.5	20	µA	TOE (pin 10)=0, V_{DD}=5.0V
8		Pull down (sink) current	I_{SI}		15	45	µA	INH=5.0V, PWDN=5.0V, V_{DD}=5.0V
9		Input impedance (IN+, IN-)	R_{IN}		10		MΩ	@ 1 kHz
10		Steering threshold voltage	V_{TSt}	2.2	2.4	2.5	V	V_{DD} = 5.0V
11	OUTPUTS	Low level output voltage	V_{OL}			V_{SS}+0.03	V	No load
12		High level output voltage	V_{OH}	V_{DD}-0.03			V	No load
13		Output low (sink) current	I_{OL}	1.0	2.5		mA	V_{OUT}=0.4 V
14		Output high (source) current	I_{OH}	0.4	0.8		mA	V_{OUT}=4.6 V
15		V_{Ref} output voltage	V_{Ref}	2.3	2.5	2.7	V	No load, V_{DD} = 5.0V
16		V_{Ref} output resistance	R_{OR}		1		kΩ	

‡ Typical figures are at 25°C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Operating Characteristics - V_{DD}=5.0V±5%, V_{SS}=0V, -40°C ≤ T_O ≤ +85°C ,unless otherwise stated.
Gain Setting Amplifier

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	Input leakage current	I_{IN}			100	nA	$V_{SS} \le V_{IN} \le V_{DD}$
2	Input resistance	R_{IN}	10			MΩ	
3	Input offset voltage	V_{OS}			25	mV	
4	Power supply rejection	PSRR	50			dB	1 kHz
5	Common mode rejection	CMRR	40			dB	0.75 V ≤ V_{IN} ≤ 4.25 V biased at V_{Ref}=2.5 V
6	DC open loop voltage gain	A_{VOL}	32			dB	
7	Unity gain bandwidth	f_C	0.30			MHz	
8	Output voltage swing	V_O	4.0			V_{pp}	Load ≥ 100 kΩ to V_{SS} @ GS
9	Maximum capacitive load (GS)	C_L			100	pF	
10	Resistive load (GS)	R_L			50	kΩ	
11	Common mode range	V_{CM}	2.5			V_{pp}	No Load

MT8870D AC Electrical Characteristics - V_{DD}=5.0V ±5%, V_{SS}=0V, -40°C ≤ T_O ≤ +85°C , using Test Circuit shown in Figure 10.

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Notes*
1	Valid input signal levels (each tone of composite signal)		-29		+1	dBm	1,2,3,5,6,9
			27.5		869	mV_{RMS}	1,2,3,5,6,9
2	Negative twist accept				8	dB	2,3,6,9,12
3	Positive twist accept				8	dB	2,3,6,9,12
4	Frequency deviation accept		±1.5% ± 2 Hz				2,3,5,9
5	Frequency deviation reject		±3.5%				2,3,5,9
6	Third tone tolerance			-16		dB	2,3,4,5,9,10
7	Noise tolerance			-12		dB	2,3,4,5,7,9,10
8	Dial tone tolerance			+22		dB	2,3,4,5,8,9,11

‡ Typical figures are at 25 °C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

*NOTES
1. dBm= decibels above or below a reference power of 1 mW into a 600 ohm load.
2. Digit sequence consists of all DTMF tones.
3. Tone duration= 40 ms, tone pause=40 ms.
4. Signal condition consists of nominal DTMF frequencies.
5. Both tones in composite signal have an equal amplitude.
6. Tone pair is deviated by ±1.5 %± 2 Hz.
7. Bandwidth limited (3 kHz) Gaussian noise.
8. The precise dial tone frequencies are (350 Hz and 440 Hz) ± 2 %.
9. For an error rate of better than 1 in 10,000.
10. Referenced to lowest level frequency component in DTMF signal.
11. Referenced to the minimum valid accept level.
12. Guaranteed by design and characterization.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics - V_{DD}=5.0V±5%, V_{SS}=0V, -40°C ≤ To ≤ +85°C , using Test Circuit shown in Figure 10.

		Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Conditions
1	TIMING	Tone present detect time	t_{DP}	5	11	14	ms	Note 1
2		Tone absent detect time	t_{DA}	0.5	4	8.5	ms	Note 1
3		Tone duration accept	t_{REC}			40	ms	Note 2
4		Tone duration reject	$t_{\overline{REC}}$	20			ms	Note 2
5		Interdigit pause accept	t_{ID}			40	ms	Note 2
6		Interdigit pause reject	t_{DO}	20			ms	Note 2
7	OUTPUTS	Propagation delay (St to Q)	t_{PQ}		8	11	µs	TOE=V_{DD}
8		Propagation delay (St to StD)	t_{PSD}		12	16	µs	TOE=V_{DD}
9		Output data set up (Q to StD)	t_{QSD}		3.4		µs	TOE=V_{DD}
10		Propagation delay (TOE to Q ENABLE)	t_{PTE}		50		ns	load of 10 kΩ, 50 pF
11		Propagation delay (TOE to Q DISABLE)	t_{PTD}		300		ns	load of 10 kΩ, 50 pF
12	PDWN	Power-up time	t_{PU}		30		ms	Note 3
13		Power-down time	t_{PD}		20		ms	
14	CLOCK	Crystal/clock frequency	f_C	3.5759	3.5795	3.5831	MHz	
15		Clock input rise time	t_{LHCL}			110	ns	Ext. clock
16		Clock input fall time	t_{HLCL}			110	ns	Ext. clock
17		Clock input duty cycle	DC_{CL}	40	50	60	%	Ext. clock
18		Capacitive load (OSC2)	C_{LO}			30	pF	

‡ Typical figures are at 25°C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

*NOTES:
1. Used for guard-time calculation purposes only.
2. These, user adjustable parameters, are not device specifications. The adjustable settings of these minimums and maximums are recommendations based upon network requirements.
3. With valid tone present at input, t_{PU} equals time from PDWN going low until ESt going high.

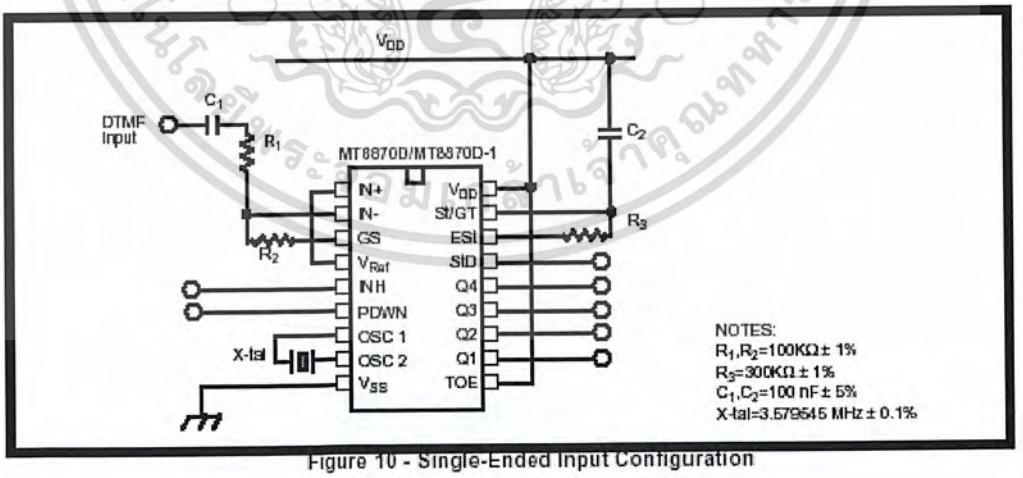
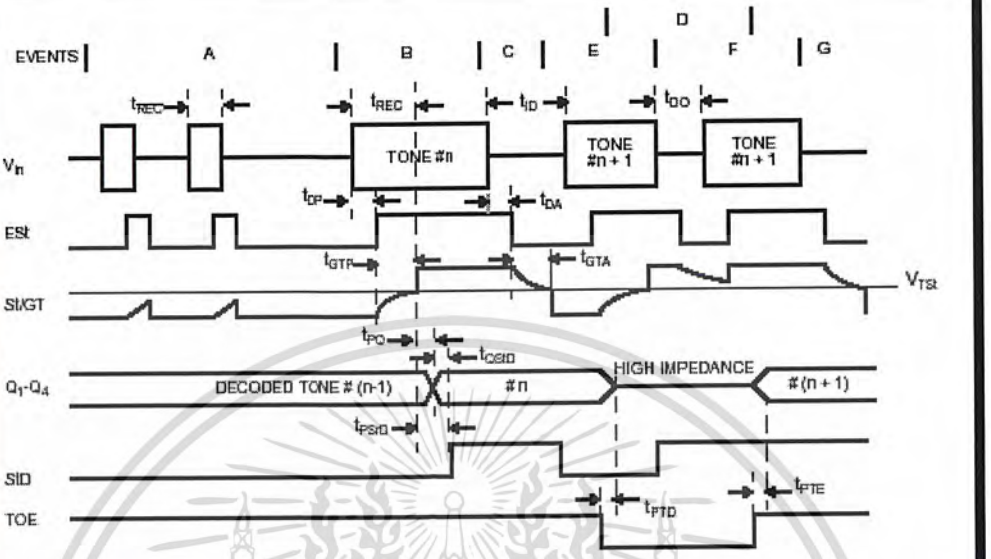


Figure 10 - Single-Ended Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



EXPLANATION OF EVENTS

A) TONE BURSTS DETECTED, TONE DURATION INVALID, OUTPUTS NOT UPDATED.

B) TONE #n DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN OUTPUTS

C) END OF TONE #n DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID, OUTPUTS REMIAN LATCHED UNTIL NEXT VALID TONE.

D) OUTPUTS SWITCHED TO HIGH IMPEDANCE STATE.

E) TONE #n + 1 DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN OUTPUTS (CURRENTLY HIGH IMPEDANCE).

F) ACCEPTABLE DROPOUT OF TONE #n + 1, TONE ABSENT DURATION INVALID, OUTPUTS REMAIN LATCHED.

G) END OF TONE #n + 1 DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID, OUTPUTS REMAIN LATCHED UNTIL NEXT VALID TONE.

EXPLANATION OF SYMBOLS

V_{in}	DTMF COMPOSITE INPUT SIGNAL.
ESt	EARLY STEERING OUTPUT. INDICATES DETECTION OF VALID TONE FREQUENCIES.
St/GT	STEERING INPUT/GUARD TIME OUTPUT. DRIVES EXTERNAL RC TIMING CIRCUIT.
Q_1-Q_4	4-BIT DECODED TONE OUTPUT.
StD	DELAYED STEERING OUTPUT. INDICATES THAT VALID FREQUENCIES HAVE BEEN PRESENT/ABSENT FOR THE REQUIRED GUARD TIME THUS CONSTITUTING A VALID SIGNAL.
TOE	TONE OUTPUT ENABLE (INPUT). A LOW LEVEL SHIFTS Q_1-Q_4 TO ITS HIGH IMPEDANCE STATE.
$t_{\overline{REC}}$	MAXIMUM DTMF SIGNAL DURATION NOT DETECED AS VALID
t_{REC}	MINIMUM DTMF SIGNAL DURATION REQUIRED FOR VALID RECOGNITION
t_{ID}	MAXIMUM TIME BETWEEN VALID DTMF SIGNALS.
t_{DO}	MAXIMUM ALLOWABLE DROP OUT DURING VALID DTMF SIGNAL.
t_{DP}	TIME TO DETECT THE PRESENCE OF VALID DTMF SIGNALS.
t_{DA}	TIME TO DETECT THE ABSENCE OF VALID DTMF SIGNALS.
t_{GTP}	GUARD TIME, TONE PRESENT.
t_{GTA}	GUARD TIME, TONE ABSENT.

Figure 11 - Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

December 1991

TP5089 DTMF (TOUCH-TONE) Generator

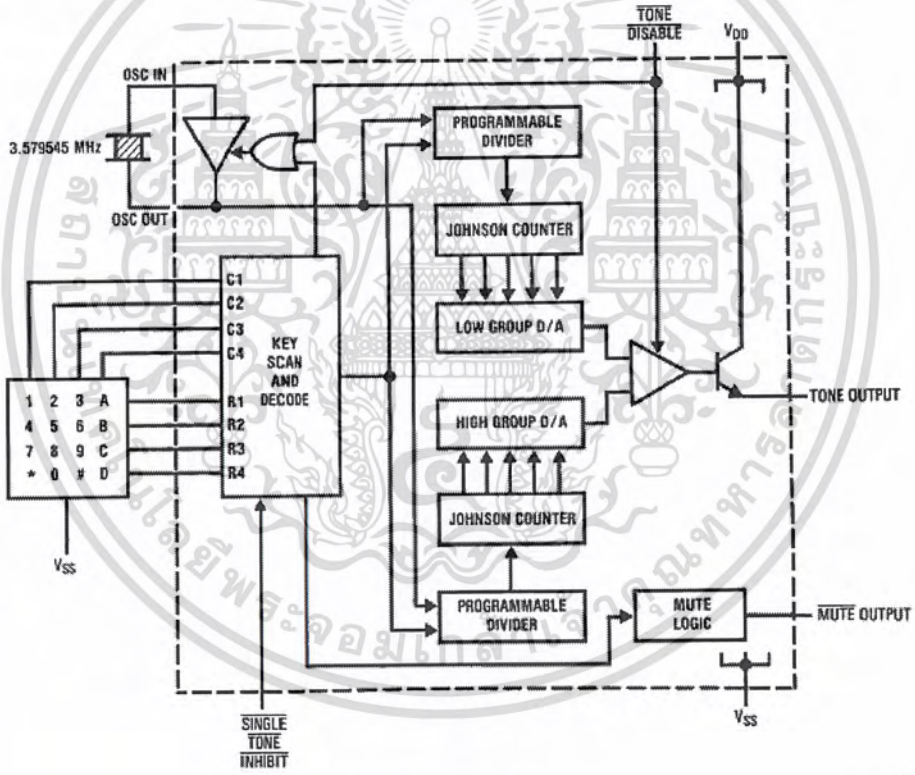
General Description

The TP5089 is a low threshold voltage, field-implanted, metal gate CMOS integrated circuit. It interfaces directly to a standard telephone keypad and generates all dual tone multi-frequency pairs required in tone-dialing systems. The tone synthesizers are locked to an on-chip reference oscillator using an inexpensive 3.579545 MHz crystal for high tone accuracy. The crystal and an output load resistor are the only external components required for tone generation. A $\overline{\text{MUTE}}$ OUT logic signal, which changes state when any key is depressed, is also provided.

Features

- 3.5V–10V operation when generating tones
- 2V operation of keyscan and $\overline{\text{MUTE}}$ logic
- Static sensing of key closures or logic inputs
- On-chip 3.579545 MHz crystal-controlled oscillator
- Output amplitudes proportional to supply voltage
- High group pre-emphasis
- Low harmonic distortion
- Open emitter-follower low-impedance output
- $\overline{\text{SINGLE TONE INHIBIT}}$ pin

Block Diagram



TL/H/5057–1

FIGURE 1

©1995 National Semiconductor Corporation TL/H/5057

RRD-B30M115/Printed in U. S. A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage ($V_{DD} - V_{SS}$)	15V
Maximum Voltage at Any Pin	$V_{DD} + 0.3V$ to $V_{SS} - 0.3V$
Operating Temperature	−30°C to +60°C
Storage Temperature	−55°C to + 150°C
Maximum Power Dissipation	500 mW

Electrical Characteristics

Unless otherwise noted, limits printed in **BOLD** characters are guaranteed for V_{DD} = 3.5V to 10V, T_A = 0°C to +60°C by correlation with 100% electrical testing at T_A = 25°C. All other limits are assured by correlation with other production tests and/or product design and characterization.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Minimum Supply Voltage for Keysense and $\overline{\text{MUTE}}$ Logic Functions		2			V
Minimum Operating Voltage for generating tones		**3.5**			V
Operating Current Idle Generating Tones	Mute open $R_L = \infty$ $V_{DD} = 3.5V$		2 1.1	**25** **2.5**	µA mA
Input Resistors COLUMN and ROW (Pull-Up) $\overline{\text{SINGLE TONE INHIBIT}}$ (Pull-Down) $\overline{\text{TONE DISABLE}}$ (Pull-Up)		 25 120	 50		 kΩ kΩ
Input Low Level				**0.2 V_{DD}**	V
Input High Level		**0.8 V_{DD}**			V
$\overline{\text{MUTE}}$ OUT Sink Current (COLUMN and ROW Active)	$V_{DD} = 3.5V$ $V_o = 0.5V$	**0.4**			mA
$\overline{\text{MUTE}}$ Out Leakage Current	$V_o = V_{DD}$		1		µA
Output Amplitude Low Group	$R_L = 240\ \Omega$ $V_{DD} = 3.5V$	**190**	250	**340**	mVrms
	$R_L = 240\Omega$ $V_{DD} = 10V$	**510**	700	**880**	mVrms
Output Amplitude High Group	$R_L = 240\Omega$ $V_{DD} = 3.5V$	**270**	340	**470**	mVrms
	$R_L = 240\Omega$ $V_{DD} = 10V$	**735**	955	**1265**	mVrms
Mean Output DC Offset	$V_{DD} = 3.5V$ $V_{DD} = 10V$		1.3 4.6		V V
High Group Pre-Emphasis		**2.2**	2.7	**3.2**	dB
Dual Tone/Total Harmonic Distortion Ratio	$V_{DD} = 4V$, $R_L = 240\Omega$ 1 MHz Bandwidth		−23	**−22**	dB
Start-Up Time (to 90% Amplitude)			3	5	mS

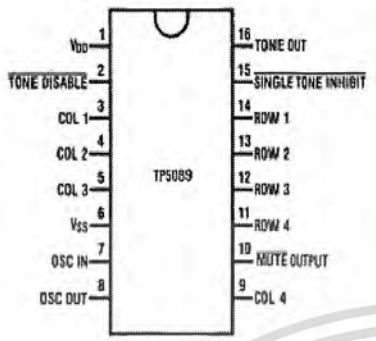
Note 1: R_L is the external load resistor connected from TONE OUT to V_{SS}.

Note 2: Crystal specification: Parallel resonant 3.579545 MHz, $R_S \leq 150\ \Omega$, L = 100 mH, C_O = 5 pF, C_t = 0.02 pF.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connection Diagram

Dual-In-Line Package



TL/H/5057–2

Top View

Order Number TP5089N
See NS Package N16A

Pin Descriptions

Symbol	Description
V_{DD}	This is the positive voltage supply to the device, referenced to V_{SS}. The collector of the TONE OUT transistor is connected to this pin.
V_{SS}	This is the negative voltage supply. All voltages are referenced to this pin.
OSC IN, OSC OUT	All tone generation timing is derived from the on-chip oscillator circuit. A low cost 3.579545 MHz A-cut crystal (NTSC TV color-burst) is needed between pins 7 and 8. Load capacitors and a feedback resistor are included on-chip for good start-up and stability. The oscillator stops when column inputs are sensed with no valid input having been detected. The oscillator is also stopped when the $\overline{\text{TONE DISABLE}}$ input is pulled to logic low.
Row and Column Inputs	When no key is pushed, pull-up resistors are active on row and column inputs. A key closure is recognized when a single row and a single column are connected to V_{SS}, which starts the oscillator and initiates tone generation. Negative-true logic signals simulating key closures can also be used.
$\overline{\text{TONE DISABLE}}$ Input	The $\overline{\text{TONE DISABLE}}$ input has an internal pull-up resistor. When this input is open or at logic high, the normal tone output mode will occur. When $\overline{\text{TONE DISABLE}}$ input is at logic low, the device will be in the inactive mode, TONE OUT will be at an open circuit state.
$\overline{\text{MUTE}}$ Output	The $\overline{\text{MUTE}}$ output is an open-drain N-channel device that sinks current to V_{SS} with any key input and is open when no key input is sensed. The $\overline{\text{MUTE}}$ output will switch regardless of the state of the $\overline{\text{SINGLE TONE INHIBIT}}$ input.
$\overline{\text{SINGLE TONE INHIBIT}}$ Input	The $\overline{\text{SINGLE TONE INHIBIT}}$ input is used to inhibit the generation of other than valid tone pairs due to multiple row-column closures. It has a pull-down resistor to V_{SS}, and when left open or tied to V_{SS} any input condition that would normally result in a single tone will now result in no tone, with all other functions operating normally. When tied to V_{DD}, single or dual tones may be generated, see Table II.
TONE OUT	This output is the open emitter of an NPN transistor, the collector of which is connected to V_{DD}. When an external load resistor is connected from TONE OUT to V_{SS}, the output voltage on this pin is the sum of the high and low group sine-waves superimposed on a DC offset. When not generating tones, this output transistor is turned OFF to minimize the device idle current. Adjustment of the emitter load resistor results in variation of the mean DC current during tone generation, the sinewave signal current through the output transistor, and the output distortion. Increasing values of load resistance decrease both the signal current and distortion.

Functional Description

With no key inputs to the device the oscillator is inhibited, the output transistor is pulled OFF and device current consumption is reduced to a minimum. Key closures are sensed statically. Any key closure activates the $\overline{\text{MUTE}}$ output, starts the oscillator and sets the high group and low group programmable counters to the appropriate divide ratio. These counters sequence two ratioed-capacitor D/A converters through a series of 28 equal duration steps per sine-wave cycle. The two tones are summed by a mixer amplifier, with pre-emphasis applied to the high group tone. The output is an NPN emitter-follower requiring the addition of an external load resistor to V_{SS}. This resistor facilitates adjustment of the signal current flowing from V_{DD} through the output transistor.

The amplitude of the output tones is directly proportional to the device supply voltage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description (Continued)

TABLE I. Output Frequency Accuracy

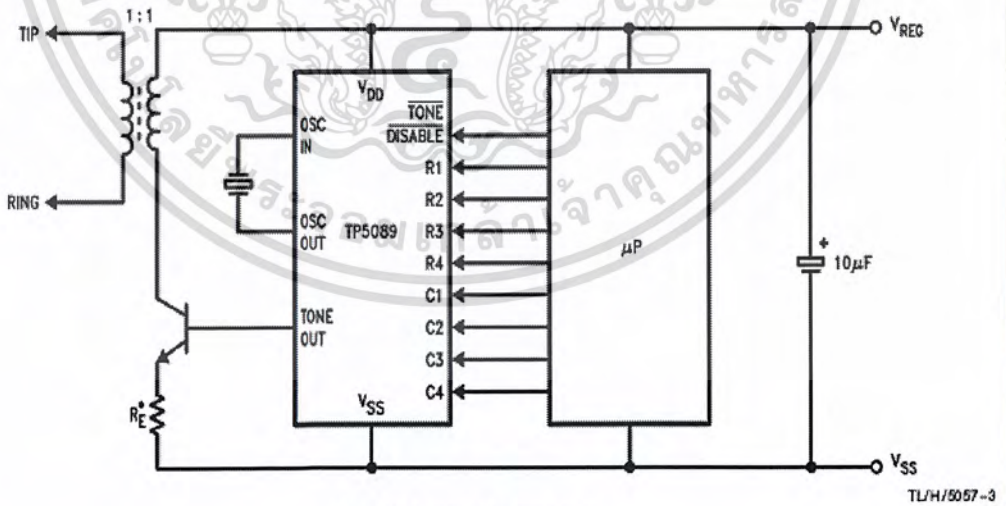
Tone Group	Valid Input	Standard DTMF (Hz)	Tone Output Frequency	% Deviation from Standard
Low Group f_L	R1	697	694.8	−0.32
	R2	770	770.1	+0.02
	R3	852	852.4	+0.03
	R4	941	940.0	−0.11
High Group f_H	C1	1209	1206.0	−0.24
	C2	1336	1331.7	−0.32
	C3	1477	1486.5	+0.64
	C4	1633	1639.0	+0.37

TABLE II. Functional Truth Table

SINGLE TONE INHIBIT	TONE DISABLE	ROW	COLUMN	TONE OUT		MUTE
				Low	High	
X	0	O/C	O/C	0V	0V	O/C
X	X	O/C	O/C	0V	0V	O/C
X	0	One	One	V_{OS}	V_{OS}	O
X	1	One	One	f_L	f_H	O
1	1	2 or More	One	—	f_H	O
1	1	One	2 or More	f_L	—	O
1	1	2 or More	2 or More	V_{OS}	V_{OS}	O
0	1	2 or More	One	V_{OS}	V_{OS}	O
0	1	One	2 or More	V_{OS}	V_{OS}	O
0	1	2 or More	2 or More	V_{OS}	V_{OS}	O

Note 1: X is don't care state.

Note 2: V_{OS} is the output offset voltage.



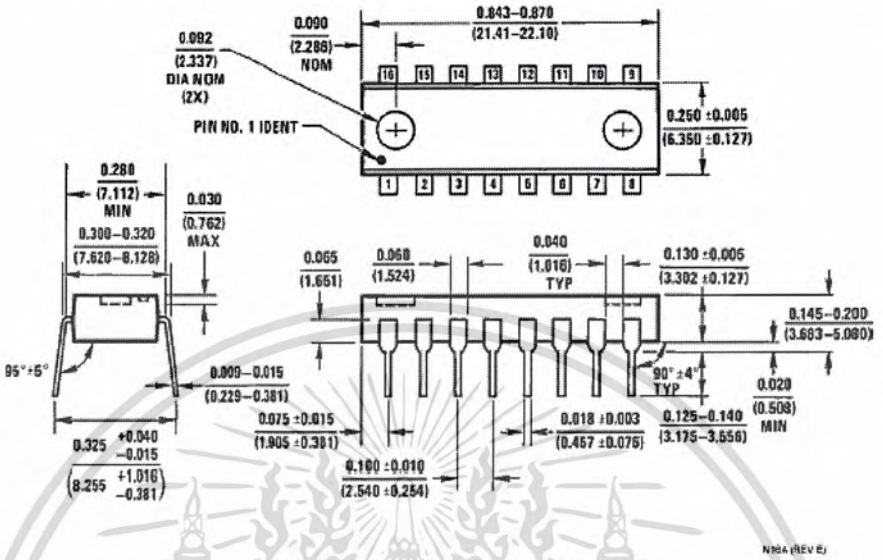
*Adjust R_E for desired tone amplitude.

FIGURE 2. Typical Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters)

Lit. # 113986



Molded Dual-In-Line Package (N)
Order Number TP5089N
NS Package N16A

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation
1111 West Bardin Road
Arlington, TX 76017
Tel: 1(800) 272-9959
Fax: 1(800) 737-7018

National Semiconductor Europe
Fax: (+49) 0-180-530 85 86
Email: cnjwge@tevm2.nsc.com
Deutsch Tel: (+49) 0-180-530 85 85
English Tel: (+49) 0-180-532 78 32
Français Tel: (+49) 0-180-532 93 58
Italiano Tel: (+49) 0-180-534 16 80

National Semiconductor Hong Kong Ltd.
13th Floor, Straight Block,
Ocean Centre, 5 Canton Rd.
Tsimshatsui, Kowloon
Hong Kong
Tel: (852) 2737-1600
Fax: (852) 2736-9960

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-043-299-2309
Fax: 81-043-299-2408

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นางสาวปัทมา พุ่มทับทิม
วัน เดือน ปีเกิด	29 เมษายน พ.ศ. 2524
ภูมลำเนา	2/1 หมู่ที่ 1 ตำบลคลองหรัง อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา 90310 โทรศัพท์ 0-9294-5071

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดแม่เปี๊ยะ จังหวัดสงขลา
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนธรรมโฆสิต จังหวัดสงขลา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	การเรียนแม้เหนื่อยยาก แม้ลำบากมิใช่น้อย จงสู้อย่าท้อถอย เพื่อรอคอยชัยชนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายยุทธพงษ์ วราโภค
วัน เดือน ปีเกิด	3 ตุลาคม พ.ศ. 2522
ภูมลำเนา	69/423 หมู่ที่ 8 ซอยติวานนท์ 27 ถนนติวานนท์ ตำบลบางกระสอ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000
	โทรศัพท์ 0-9454-9688

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนมัธยมวิทยา จังหวัดลำปาง
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนสุวรรณสุทธารามวิทยา จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	-
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี (ปวส. 4 ปี)
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

คติพจน์

ก่อนจะลุก	ต้องผ่านซึ่งการล้ม
ก่อนจะคม	ต้องผ่านซึ่งการทื่อ
ก่อนจะเก่ง	ต้องผ่านการฝึกปรือ
ก่อนมีชื่อ	ต้องผ่านการฝึกฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายศรัณย์ ชูคดี
วัน เดือน ปีเกิด	11 สิงหาคม พ.ศ. 2523
ภูมลำเนา	121 หมู่ที่ 3 ตำบลโคกม่วง อำเภอคลองหอยโข่ง จังหวัดสงขลา 90230 โทรศัพท์ 0-1690-6520

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนกิตติวิทย์บ้านพรุ จังหวัดสงขลา
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนหาดใหญ่สมบูรณ์กุลกันยา จังหวัดสงขลา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	ก่อนจุดหมายปลายทางต้องเริ่มต้นด้วยก้าวแรกเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายสันติ นันตา
วัน เดือน ปีเกิด	8 ตุลาคม พ.ศ. 2523
ภูมลำเนา	138/3หมู่ที่ 1 ตำบลเขาแก้วศรีสมบูรณ์ อำเภอทุ่งเสลี่ยม จังหวัดสุโขทัย 64230โทรศัพท์ 0-1495-0845

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านไทยชนะศึก จังหวัดสุโขทัย
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนชัยมงคลพิทยา จังหวัดสุโขทัย
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	คนเก่งนั้นมีมากที่หายากนั้นคือคนดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้