



การสื่อสารคอมพิวเตอร์แบบไร้สาย

WIRELESS COMPUTER COMMUNICATION



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริิถณานิพนธ์ ปีการศึกษา 2535

ภาควิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เรื่อง การสื่อสารข้อมูลแบบไร้สาย (Wireless Computer Communication)

ผู้จัดทำ

1.นางสาวเกตุกษัณฑ์ ชนคัลลธ 32.1026

2.นางสาวดาวเรือง วิชัย 32.1095



..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.สุวิมล สิกขีวิภาค)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์เกรียงไกร วงศ์โรจนารักษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับความยินยอม  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร

1032600

## การสื่อสารคอมพิวเตอร์แบบไร้สาย

นางสาวเกตุกษิทธิ์ ชนคัลลอย

นางสาวดาวเรือง วิหิต

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. สุวิพล สีทธิวิภาค

อ. เกียรติเกรียง วงศ์โรจนารักษ์

### บทคัดย่อ

"ระบบการสื่อสารคอมพิวเตอร์แบบไร้สาย" เป็นโครงงานที่ศึกษาเกี่ยวกับการส่งผ่านข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ซึ่งไม่ใช้เทคโนโลยีของสายนำสัญญาณเป็นสื่อในการนำข้อมูล แต่เปลี่ยนมาใช้ระบบคลื่นวิทยุแทน การส่งข้อมูลจะถูกส่งรวมไปกับคลื่นวิทยุ โดยข้อมูลที่เบ็ดเสร็จออกจากอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ จะถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณอนาล็อก โดยอุปกรณ์เอฟเอสเคเอ็มมอดูเลเตอร์ (FSK modulator) หลังจากนั้นจึงมอดูเลตสัญญาณอนาล็อกซ้ำอีกทีเข้ากับคลื่นวิทยุแบบเอฟเอ็ม ส่วนทางด้านรับก็รับสัญญาณอนาล็อกนั้น แล้วแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลโดยอุปกรณ์เอฟเอสเคดีมอดูเลเตอร์ (FSK demodulator) ส่งไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์อีกที

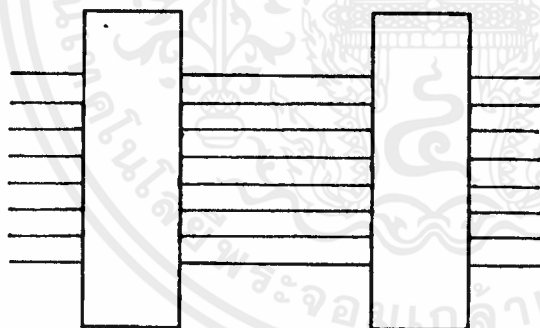
ในส่วนของโครงงานจะเป็นการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์สองเครื่อง โดยแต่ละเครื่องจะต่อเข้ากับเครื่องรับส่งอีกหนึ่งชุด โดยการใช้ RS-232C เป็นตัวอินเตอร์เฟซ การสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์เป็นแบบอนุกรมอะซิงโครนัสถึงสองทาง โปรแกรมที่ใช้ควบคุมการสื่อสารจะเรียกใช้ผ่าน BIOS อินเทอร์รัพต์หมายเลข 14 ของพอร์ตอนุกรม

หน่วยพื้นฐานของข่าวสารซึ่งจะเป็น 0 หรือ 1 แต่ละตัวนั้นเรียกว่าบิต รหัสที่ใช้สัญญาณสองค่าประกอบกันขึ้น เรียกว่าไบนารีโค๊ด (binary code) ซึ่งถูกกำหนดมาตรฐานโดย OSI

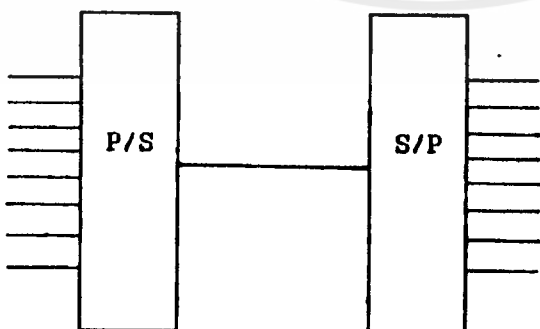
2.1.3 การโอนถ่ายข้อมูล

แบ่งตามลักษณะข้อมูลก่อนส่งนั้นแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ การส่งแบบขนานและการส่งแบบอนุกรม ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

เนื่องจาก DTE เป็นอุปกรณ์ที่จัดการเก็บไบนารีโค๊ดอยู่แล้ว ดังนั้นการแลกเปลี่ยนข่าวสารระหว่าง DTE จึงอยู่ในหน่วยของไบนารีโค๊ด ซึ่งอาจเป็น 8 บิต การส่งไบนารีโค๊ดจะทำงานที่สุด ดังรูป 2.1(ก) คือ การเตรียมจำนวนสายให้เท่ากับจำนวนบิตในไบนารีโค๊ด แล้วส่งออกไปแบบขนาน แต่วิธีนี้จะใช้สายเป็นจำนวนมาก จึงใช้ได้ในกรณีที่ต่างกันเป็นระยะทางสั้นๆเท่านั้น โดยทั่วไปมักใช้วิธีที่แสดงดังรูปที่ 2.1(ข) กล่าวคือจัดการกับสัญญาณไบนารีโค๊ดที่ประกอบด้วยหลายบิตนั้นให้เรียงกัน แบบอนุกรมเสียก่อน แล้วจึงส่งไปยังจุดหมายปลายทางด้วยสายส่งสัญญาณเพียงเส้นเดียว ซึ่งอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ดังกล่าวจะติดตั้งอยู่ใน DTE ดังนั้นในระบบการส่งสัญญาณระหว่าง DCE ของเครื่องต้นทาง และ DCE ของเครื่องปลายทาง จึงไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงโครงสร้างของข้อมูลที่จะส่ง



รูปที่ 2.1(ก) การส่งแบบขนาน



รูปที่ 2.1(ข) การส่งแบบอนุกรม

2.2 การติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication)

การส่งสัญญาณแบบอนุกรม แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
1. การส่งแบบอะซิงโครนัส จะไม่มีการกำหนดจังหวะ การสื่อสารอุปกรณ์ระหว่างรับและส่ง  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น	3
2.1 การสื่อสารข้อมูล	3
2.2 การติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม	4
2.3 วิธีการควบคุมการสื่อสารข้อมูล	6
2.4 ชนิดของการส่งข้อมูล	11
2.5 พอร์ต RS-232C	13
2.6 หลักการทำงานของโครงงานเบื้องต้น	17
บทที่ 3 ระบบเครื่องรับส่งวิทยุ	18
3.1 ส่วนประกอบของเครื่องรับ	19
3.2 ส่วนประกอบของเครื่องส่ง	22
บทที่ 4 การออกแบบและการสร้าง	24
4.1 การออกแบบวงจรเฟรเควนซีคอนเวอร์เตอร์	24
4.2 การออกแบบวงจรเฟรเควนซีดีมอดูเลเตอร์	26
4.3 การออกแบบวงจรเครื่องส่ง	30
4.4 การออกแบบวงจรเครื่องรับ	32
4.5 วงจรอินเตอร์เฟสกับเครื่องคอมพิวเตอร์	36
4.6 โปรแกรมควบคุมระบบสื่อสาร	40
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง	51
บทที่ 6 บทสรุปและวิจารณ์	59
ภาคผนวก	
หนังสืออ้างอิง	
กิตติกรรมประกาศ	

## บทที่ 1

### บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางการสื่อสารข้อมูลได้เข้ามามีบทบาทอย่างมาก ในการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ เมื่อก่อนเราสามารถใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ในแบบเดี่ยวๆได้ เพราะฐานข้อมูลที่ใช้ประมวลผลยังเล็กอยู่ แต่ในปัจจุบัน การประมวลผลข้อมูลแต่ละครั้ง จะต้องมีการเรียกใช้ฐานข้อมูล จากคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นมารวมอยู่ด้วยเสมอ โดยปกติการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ จะทำได้โดยการเชื่อมโยงสายต่อเข้าด้วยกัน ทำให้เกิดโครงข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network) ขึ้น อย่างไรก็ตาม การใช้สายในการสื่อสารข้อมูลยังมีข้อจำกัดอยู่บ้าง นั่นคือ เมื่อคอมพิวเตอร์ที่จะทำการส่งข้อมูล มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นจะทำให้การเดินสายยุ่งยาก และการเคลื่อนย้ายทำได้ลำบาก นอกจากนี้ ในบางพื้นที่ที่การวางสายโทรศัพท์เข้าไปไม่ถึง ก็จะไม่สามารถทำการสื่อสารข้อมูลได้ ปัญหาแก้ไขได้โดยการนำเอา "ระบบคลื่นวิทยุ" เข้ามาช่วยเพราะระบบคลื่นวิทยุสามารถทำการติดต่อ ได้เป็นระยะทางไกลๆ โดยไม่มีปัญหาในเรื่องการวางสายเคเบิล

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้เกิดแนวความคิดในการทำโครงการที่จะสามารถนำมาแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งโครงการที่จัดทำนี้เป็นโครงการที่เกี่ยวข้องกับ ระบบการส่งข้อมูลแบบไร้สาย โดยได้ทำการศึกษาและออกแบบเกี่ยวกับโครงการออกเป็นส่วนๆ ดังนี้ คือ

1. ส่วนของ software
2. ส่วนของการอินเตอร์เฟส
3. ส่วนของอุปกรณ์เครื่องรับ และเครื่องส่ง (Transceiver)

ทั้ง 3 ส่วนนี้ สามารถอธิบายการทำงานอย่างคร่าว ๆ ดังนี้

ส่วนของ software นั้นเราได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับโปรแกรมการรับส่งไฟล์ข้อมูล (file transfer) ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง

ส่วนของการอินเตอร์เฟสนั้น เราจะทำการเชื่อมต่อระหว่างส่วนของ DTE ซึ่งในที่นี้ก็คือเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ PC กับส่วนของ DCE ซึ่งก็คือ Transceiver โดยทำการต่อผ่านพอร์ต RS-232C มีวงจร FSK modulator-demodulator เป็นตัวแปลงสัญญาณ ระหว่าง DTE กับ DCE

ส่วนของอุปกรณ์เครื่องรับส่ง (Transceiver) เราได้ทำการออกแบบเครื่องส่งในย่านความถี่ 82-84 MHz ถึง 110-114 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากส่วนประกอบทั้ง 3 ส่วนข้างบน นั้นหากถูกสร้างขึ้นมาได้อย่างเหมาะสม แล้วสามารถนำมาทำการเชื่อมต่อกันได้แบบสมบูรณ์แล้ว เราก็จะสามารถแก้ปัญหาที่กล่าวมาในข้างต้นได้

สำหรับโครงการนี้เป็นการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมอะซิงโครนัส (Serial Asynchronous Communication) และเป็นการส่งข้อมูลแบบกึ่งสองทาง (Half duplex) โปรแกรมที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลนั้น เป็นโปรแกรมที่ใช้งานผ่านพอร์ตอนุกรมโดยเรียกใช้ผ่าน BIOS อินเทอร์พรีต หมายเลข 14



## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น

#### 2.1 การสื่อสารข้อมูล

การสื่อสารข้อมูล (data communication) หมายถึงวิธีการที่มีประสิทธิภาพ ที่รวมเอา การประมวลผล และการส่งข้อมูลเข้าด้วยกัน โดยใช้วงจรสื่อสารเชื่อมโยง ระหว่างคอมพิวเตอร์ กับหน่วยอินพุต/เอาต์พุต ที่อยู่ห่างไกล โดยข้อมูลที่ไว้ส่งจะอยู่ในรูปเลขฐานสองเป็นส่วนใหญ่

##### 2.1.1 ระบบส่งสัญญาณข้อมูล

การส่งสัญญาณข้อมูล (data transmission) คือการส่งข่าวสาร (information) เพื่อป้อนให้แก่อุปกรณ์ประมวลข่าวสาร (information processing equipment) หรือส่งข่าวสาร ที่ได้รับการประมวลแล้ว อุปกรณ์ประมวลข่าวสารที่รู้จักกันดี คือคอมพิวเตอร์ ดังนั้นระบบส่งสัญญาณ ข้อมูล จึงเป็นระบบที่เชื่อมโยงคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางที่อยู่ห่างไกลกัน ให้สามารถส่งผ่านข่าวสารระหว่างกันได้ ซึ่งหมายถึงจะต้องประกอบด้วย อุปกรณ์ที่ไว้รับส่งข้อมูลและ ตัวกลางนำสัญญาณแบบต่างๆ

ระบบส่งสัญญาณข้อมูลโดยทั่วไปมีลักษณะพื้นฐานเหมือนกันดังรูป



DTE : Data Terminal Equipment เช่น อุปกรณ์คอมพิวเตอร์

DCE : Data Control Terminal Equipment เช่น โมเด็ม

media : เช่น สายเคเบิลต่างๆ แต่ในโครงการนี้ใช้ตัวกลางคือ อากาศ

##### 2.1.2 รหัสที่ใช้สำหรับแลกเปลี่ยนข่าวสาร

การรับส่งข่าวสารระหว่าง DTE มีขั้นตอนดังนี้ DCE จะโมดูเลขข่าวสารจาก DTE ด้านส่ง แล้วส่งไปยัง DTE ทางด้านรับ สัญญาณที่จะทำการส่งมีค่าเป็น 0 กับ 1 เท่านั้น การส่งตัวเลขและ ตัวอักษร จะทำได้โดยอาศัยสัญญาณ 2 ค่านี้ หลายๆตัวประกอบกัน นั่นคือสร้างเป็นรหัส แล้วนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รหัสหลายๆตัวมาเชื่อมต่อกัน ก็จะสร้างเป็นข่าวสารขึ้นได้  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Wireless Computer Communication

Ketekasat      Yonloi      321026

Daoruang      Wichai      321095

### Advisors

Dr.Suvipol      Sittichevapak

Mr.Kreingkrai Vongrojjanaporn

### ABSTRACT

" Wireless Computer Communication " is a project concerning the communication between computers, without utilizing any wires to transfer the data, but uses radio wave. The system transfers the data with the help of radio waves. Digital data from computer devices would be changed to be analog signal by FSK modulator, and then the analog signal would be modulated with FM radio waves. In the parts of receiver, analog signal from the antenna would be changed to digital data by FSK demodulator before transferred to computer.

In the project, the simple model is a computer device connected to transceiver device by the use of the RS-232C as interface. The communication between computer is a serial asynchronous, half duplex. Communication control program is called pass BIOS interrupt no. 14 of serial port.

ส่วนใหญ่มักจะใช้กับระบบที่มีการส่งข้อมูลอัตราต่ำ DTE ทางด้านส่งเมื่อต้องการส่งรหัสสัญญาณออกไปก็จะจัดสัญญาณนั้นให้อยู่ในรูปอนุกรม แล้วเติมบิตเริ่มต้น(start bit) ไว้ที่ด้านหน้าสุด และเติมบิตสิ้นสุด (stop bit) ไว้ที่ด้านหลัง ส่วน DTE ของทางด้านรับนั้น เมื่อได้รับบิตเริ่มต้น ก็จะทำการรับสัญญาณข้อมูลที่ส่งตามมา มักใช้ส่งสัญญาณรหัสเป็นหน่วยสั้นๆ

2. การส่งแบบซิงโครนิส มีการกำหนดจังหวะการรับส่งตัวอักษรในแต่ช่วงเวลา ทำให้ไม่มีความจำเป็นที่จะแสดงสัญญาณกระหว่างตัวอักษร ซึ่งก็ได้แก่ การยกเลิกบิตเริ่มต้นและบิตสิ้นสุด ทำให้ความเร็วในการส่งเพิ่มขึ้น การส่งแบบซิงโครนิสจะมีประสิทธิภาพในการส่งสัญญาณข้อมูลสูง และเหมาะสำหรับการส่งข้อมูลที่มีอัตราความเร็วในการส่งสูง และปริมาณข้อมูลสูง

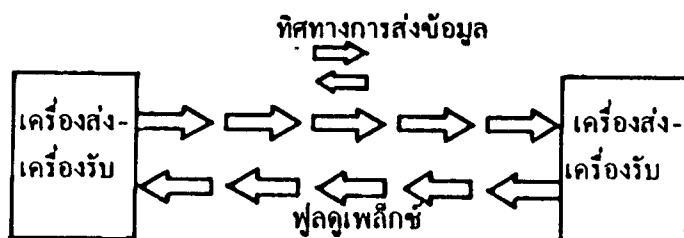
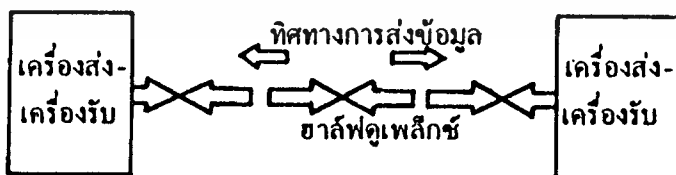
2.2.1 รูปแบบของการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม

รูปแบบของการสื่อสาร คือลักษณะการติดต่อสื่อสารระหว่าง DTE คู่หนึ่ง ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 แบบคือ

1. การติดต่อทางเดียว (simplex) ข้อมูลที่ส่งจะส่งได้ทางเดียวเท่านั้น อุปกรณ์ทางด้านส่งจะไม่มีโอกาสรู้ว่า อุปกรณ์ด้านรับรับสัญญาณได้ถูกต้องหรือไม่

2. การติดต่อทั้งสองทาง (half duplex) ข้อมูลสามารถส่งได้ทั้งสองสถานี แต่จะต้องผลัดกันส่งและผลัดกันรับ จะทำการส่ง-รับพร้อมๆกันไม่ได้

3. การติดต่อสองทาง (full duplex) ทั้งสองสถานีสามารถรับและส่งได้ในเวลาเดียวกัน จึงเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพ ในการใช้งานได้สูง



รูปที่ 2.2 รูปแบบการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

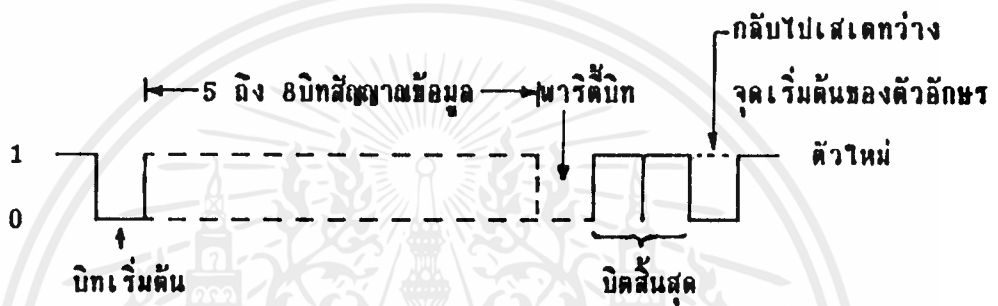
### 2.2.2 ความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรม

ความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรม หน่วยวัดเป็นบิตต่อวินาที ซึ่งเรียกว่าอัตราบิต (bit rate) การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณใน 1 วินาที เรียกว่าอัตราบอด (baud rate)

$$\text{อัตราบิต(bit rate)} = \text{อัตราบอด(baud rate)} \times \text{บิตใน 1 บอด}$$

### 2.2.3 การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)

การส่งแบบอะซิงโครนัส มีลักษณะของสัญญาณดังรูป 2.3 สัญญาณอะซิงโครนัสจะประกอบด้วย บิตเริ่มต้น (start bit) และบิตสิ้นสุด (stop bit)



รูปที่ 2.3 รูปแบบการสื่อสารแบบอะซิงโครนัส

ขณะที่สถานะการส่งเป็นแบบว่าง (Idle) คือ ยังไม่มีสัญญาณส่งออกมา จะมีสัญญาณหรือแรงดัน(หรือกระแส)ตลอดเวลา เพื่อความแน่ใจว่าฝ่ายรับยังคงติดต่อกับฝ่ายส่ง เมื่อจะเริ่มส่งข้อมูล สัญญาณของอะซิงโครนัสจะเป็น 0 ในช่วงสัญญาณนาฬิกา บิตนี้เรียกว่าบิตเริ่มต้น ตามหลังของบิตเริ่มต้นจะเป็นข้อมูลสำหรับหนึ่งตัวอักษร ซึ่งอาจมีขนาดตั้งแต่ 5 บิตถึง 8 บิต โดยบิตที่มีค่าน้อยที่สุด (LSB) จะถูกส่งออกมาก่อนจนถึงบิตที่มีค่ามากที่สุด (MSB) ตามหลังข้อมูลก็จะ เป็นพาริตีบิต ซึ่งอาจใช้หรือไม่ใช้ก็ได้ พาริตีบิตทำหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องของสัญญาณที่ได้รับ หลังจากบิตพาริตีก็จะตามด้วยบิตสิ้นสุด ความกว้างของบิตสิ้นสุดอาจจะเป็น 1, 1.5 หรือ 2 บิตครึ่ง ของสัญญาณนาฬิกา

### 2.3 วิธีการควบคุมการสื่อสารข้อมูล

วิธีการควบคุมการสื่อสารข้อมูล จะสร้างกฎสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกัน โดยทั่วไป วิธีการแลกเปลี่ยนข้อมูลมีดังนี้ คือ

1. สร้างการเชื่อมต่อระหว่างกัน
2. การระบุผู้ส่งและผู้รับ
3. การส่งข้อมูล

#### 4. สิ้นสุดการส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. สกเลิการเชื่อมต่อระหว่างกัน

สำหรับวิธีการควบคุมการส่งข้อมูล จะแบ่งออกเป็นสองส่วน ด้วยกัน คือ

1. ควบคุมการเชื่อมต่อทางฟิสิกส์ ระหว่างอุปกรณ์และรับรองการส่งผ่านบิตโดยจะไม่สนใจในโครงสร้างของมัน
2. ควบคุมการแลกเปลี่ยนข้อมูล รวมถึงการควบคุมการผิดพลาด และแก้ไขการทำงานที่ผิดปกติ

วิธีการควบคุมการสื่อสารนั้น ส่วนแรกจะเป็นการสร้างและรักษาการเชื่อมต่อระหว่าง DTE และ DCE และจะสเกลการเชื่อมต่อ เมื่อการส่งข้อมูลเริ่มพร้อมแล้ว เพื่อให้ระบบการควบคุมคล่องตัวด้วยดี จึงจำเป็นต้องมีสายต่อหลายสาย เชื่อมต่อระหว่าง DTE และ DCE การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ 2 ตัวนี้ จะเกี่ยวข้องกับงานเชื่อมต่อสี่ส่วน คือ การเชื่อมต่อทางแมคคาณิก ไฟฟ้า ฟังก์ชัน และวิธีการ ทางด้านวิธีการทางแมคคาณิก จะระบุถึงตัวคอนเนคเตอร์สำหรับสายไฟฟ้า ซึ่งจะให้รายละเอียดเกี่ยวกับจำนวนขาและการต่อเชื่อมระหว่างขา ทางด้านไฟฟ้าจะกล่าวถึงทางด้านโวลเตจและอิมพีแดนซ์ ทางด้านฟังก์ชันจะกล่าวถึงวงจรในส่วนของข้อมูลส่วนควบคุม Timing และ Ground และทางด้านวิธีการจะเกี่ยวข้องกับระเบียบการที่ต้องการให้มีความสามารถในการส่งบิตข้อมูลระหว่างจุดเชื่อมต่อ

### 2.3.1 การตรวจสอบ และการแก้ไขข้อผิดพลาด

เนื่องจากสัญญาณรบกวนในตัวกลางที่ใช้ในการสื่อสาร จะทำให้เกิดข้อผิดพลาด (error) ในข้อมูลที่รับได้ ในทางปฏิบัติเราไม่สามารถป้องกันการเกิดสัญญาณรบกวนนี้ได้ แต่เราสามารถตรวจจับได้ และยังสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดได้

วิธีที่ใช้ควบคุมการเกิดข้อผิดพลาดมีอยู่ 2 วิธี คือ

1. ตรวจจับข้อผิดพลาดนั้น และส่งข้อมูลที่เกิดข้อผิดพลาดนั้นมาใหม่
2. ใช้เทคนิคแก้ไขความผิดพลาดนั้น โดยไม่ต้องส่งข้อมูลมาใหม่

ในบางระบบอาจไม่จำเป็นต้องควบคุมหรือแก้ไข ถ้ามีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น (เช่นการส่งข้อมูลโดยใช้เครื่อง Telex ชนิด 50 Bd) ในบางระบบข่าวสารที่ได้รับจะต้องถูกส่งกลับไปยังตัวส่ง เพื่อทำการเปรียบเทียบกับข่าวสารที่ส่งออกไป ในระบบสื่อสารหลายชนิด ข้อมูลจะถูกส่งใหม่เมื่อมีการร้องขอ หรือใช้วิธีส่งข้อมูลนั้น 2 ครั้ง ในการสื่อสารแบบนี้จะใช้กับวงจรที่มีระยะทางไกล ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่มีการใช้งานอย่างหนาแน่น วิธีที่ใช้กันทั่วไปได้แก่ วิธี ARQ ( Automatic Request for Repeat ) เทคนิคนี้จะส่งข้อมูลซ้ำใหม่ เมื่อมีการตรวจพบข้อผิดพลาดโดยเครื่องรับ

### 2.3.2 การตรวจสอบข้อผิดพลาด

ในการตรวจรับข้อผิดพลาด จะมีการเพิ่มบิตพิเศษเข้าไปในข้อมูล เทคนิคการตรวจรับข้อผิดพลาดที่ใช้กันมากก็คือ Parity Check และ Redundancy Check

#### Parity Check

ในการตรวจสอบพาริตี ด้านเครื่องส่งจะนับจำนวนเลขหนึ่งในแต่ละอักขระ ในกรณีพาริตีคี่ (Odd Parity) นั้น ถ้าปรากฏว่าจำนวน 1 ในอักขระเป็นเลขคี่ ดังนั้นพาริตีบิตก็จะเป็นเลข 1 เพื่อให้จำนวนเลข 1 เป็นจำนวนเลขคี่ ส่วนการใช้พาริตีคู่ (Even Parity) ถ้าจำนวนเลข 1 ในอักขระเป็นเลขคี่ พาริตีก็จะเป็น 1 เพื่อให้จำนวนเลขทั้งหมดเป็นเลขคู่ ทางเครื่องรับก็จะนับจำนวนเลข 1 ถ้าปรากฏว่าเมื่อใดที่จำนวนของบิต 1 เป็นเลขคี่ สำหรับกรณีพาริตีคี่ ก็แสดงว่าเกิดข้อผิดพลาดขึ้น

#### Redundancy Check

เทคนิคนี้จะใช้อักขระเพื่อตรวจสอบบล็อก (Block Check Character : BCC) ในการตรวจหาข้อผิดพลาดอาจใช้วิธี LRC (Longitudinal Redundancy Check), VRC (Vertical Redundancy Checks) และ CRC (Cyclic Redundancy Checks)

เมื่อมีการเพิ่มพาริตีบิตในแต่ละกลุ่มของบิตที่รวมกันเป็นอักขระ จะถูกเรียกว่า Vertical Parity สิ่งนี้ได้มาจากตำแหน่งที่มีความสัมพันธ์กันของบิต เมื่อดูจากตำแหน่งบิตตามแนวตั้ง  $b_1, b_2, \dots, b_7$  และ P พาริตีในตารางเป็นแบบ Vertical

Horizontal (หรือ Longitudinal) Parity ให้ผลในบิตพิเศษที่อยู่ตำแหน่งปลายของบล็อกของบิตทั้งหลายของที่อยู่ตลอดความยาว บิต  $b_1$  และ พาริตี P<sub>1</sub> ในตารางเป็นแบบ Horizontal



	Longitudinal Redundancy Check----->
vertical	b1 b1 b1 b1 b1 b1 b1 b1 b1 b1 b1 b1 b1 b1 b1 b1 b1 P1
Redundan	b2 b2 b2 b2 b2 b2 b2 b2 b2 b2 b2 b2 b2 b2 b2 b2 b2 P2
cy Check	b3 b3 b3 b3 b3 b3 b3 b3 b3 b3 b3 b3 b3 b3 b3 b3 b3 P3
	b4 b4 b4 b4 b4 b4 b4 b4 b4 b4 b4 b4 b4 b4 b4 b4 b4 P4
	b5 b5 b5 b5 b5 b5 b5 b5 b5 b5 b5 b5 b5 b5 b5 b5 b5 P5
	b6 b6 b6 b6 b6 b6 b6 b6 b6 b6 b6 b6 b6 b6 b6 b6 b6 P6
	b7 b7 b7 b7 b7 b7 b7 b7 b7 b7 b7 b7 b7 b7 b7 b7 b7 P7
	p p p p p p p p p p p p p p p p p p

LRC ทำหน้าที่ดังนี้ บิตข้อมูลจะถูกจัดกลุ่มไว้ในบล็อกระบุจำนวนของตัวอักขระ นับพาวิตบิต 1 เพิ่มในอักขระของฟอร์มแมต (format) เพื่อจัดเป็นอักขระ LRC และเรียกว่า BCC ในแต่ละเทอร์มินอลที่จะทำการรับส่ง จะมีการนับแยกกันสำหรับฟอร์มแมตนั้นๆ อักขระ LRC ที่ถูกสร้างในเครื่องส่งจะถูกส่งไปยังเครื่องรับ และถูกเปรียบเทียบกับอักขระ LRC ที่อยู่ในตัวเครื่องรับ ถ้าเหมือนกัน อักขระ ACK ก็จะถูกส่งกลับไปยังเครื่องส่ง แต่ถ้าไม่ตรงกัน ก็จะส่งอักขระ NAK ไปยังเครื่องส่ง

เทคนิค CRC คล้ายกับ LRC แต่แทนที่จะสร้างอักขระสำหรับการตรวจสอบโดยการเพิ่มบิตในแต่ละตัวอักขระของบล็อก ก็จะทำการหารบิตอนุกรมทั้งหมดเป็นบล็อก โดยพิจารณาจากจำนวนไบแนรี เศษที่ได้จากการหารก็คือ อักขระที่ใช้สำหรับการตรวจสอบ ในวิธีการเดียวกันอักขระตรวจสอบ ก็จะถูกสร้างในเครื่องรับด้วย อักขระสำหรับการตรวจสอบจะถูกเพิ่มเข้าไปในบล็อก และถูกส่งออกไปเพื่อใช้เปรียบเทียบกับอักขระสำหรับตรวจสอบของเครื่องรับ

### 2.3.3 การแก้ไขข้อผิดพลาด

เมื่อข้อผิดพลาดถูกตรวจสอบพบ ก็จะมีการร้องขอให้ส่งข้อมูล ที่เกิดผิดพลาดนั้นใหม่โดยอัตโนมัติจากเครื่องรับ อาจมีการส่งใหม่เพียง 1 อักขระ หรือหลายอักขระ/หลายข่าวสาร ทั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 อนุญาตให้มีการออกแบบระบบ  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งข้อมูลใหม่แบบปริมาณน้อย จะเป็นการประหยัดเวลา และไม่ต้องการที่เก็บข้อมูลมาก แต่ประสิทธิภาพจะต่ำ เพราะบิตที่ใส่เพิ่มเข้าไปในหลายๆช่วงจะเป็นการลดความเร็วในการติดต่อสื่อสาร

#### เทคนิค ARQ

เมื่อเครื่องรับตรวจพบ Error Block ของข้อมูลจะถูกส่งใหม่โดยอัตโนมัติ โดยจะขึ้นอยู่กับ การร้องขอซ้ำๆจากเครื่องรับ ซึ่งสิ่งนี้จำเป็นต้องมีการเก็บไว้ที่เครื่องส่ง

ระบบ ARQ มีอยู่ 2 ชนิดคือ

1. Stop and Wait ARQ
2. Continuous ARQ

ใน ARQ ชนิด Stop and Wait เครื่องส่งจะหยุดส่งหลังจากส่งบล็อก และรอคอยที่จะรับการตอบรับทาง ACK และ NAK ถ้าได้รับ ACK เครื่องส่งจะส่งบล็อกต่อไป และหยุดรอการตอบรับใหม่ แต่ถ้าได้รับ NAK เครื่องส่งจะส่งบล็อกเดิมไปใหม่และรอการตอบรับของบล็อกที่ส่งไปใหม่นี้ รหัสที่ใช้ในการส่งข้อมูล เช่น ASCII หรือ EBCDIC จะมีอักขระที่ทำหน้าที่ ACK และ NAK

ใน ARQ แบบต่อเนื่อง (continuous ARQ) เทอร์มินอลที่ตัวส่งจะส่งบล็อกอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่คอยดูแลการตอบรับด้วย ACK หรือ NAK จะระบุจำนวนของระดับของบล็อกที่รับได้ดีล่าสุด โดยการใช้เพียงเลขไบนารี 3 บิต (โมดูล 8 หรือฐาน 8) จะนับได้ 7 block ระบบการกำหนดหมายเลขในลิงค์(link) ที่มีดีเลย์ (delay) ของการแพร่กระจายสูง(เช่น ดาวเทียม) อาจใช้การนับถึง 255 เพื่อรอการตอบรับ ในการรับ NAK เครื่องส่งจะส่งบล็อกทั้งหมดใหม่หลังจากบล็อกที่ถูกระบุไว้ใน NAK ขบวนการนี้เรียกว่า Pullback

#### รหัสที่ใช้ในการแก้ไขข้อมูล

การใช้รหัสแก้ไขข้อผิดพลาด ทำโดยการใช้ Redundancy bit เพิ่มเข้าไปในบล็อกข้อมูลเพื่อใช้ในการตรวจสอบ โดยไม่จำเป็นที่จะต้องส่งข้อมูลร้องขอการส่งใหม่กลับทางด้านส่ง เทคนิคนี้เรียกว่า FEC (Forward Error Correction) จะถูกออกแบบให้สามารถแก้ไขข้อผิดพลาดได้จำนวนหนึ่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับการออกแบบ จะสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดได้ถึง  $10^2$  กับ  $10^3$  ในช่องสัญญาณที่มีค่า S/N ต่ำ แต่จะทำให้ความเร็วในการส่งลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 ชนิดของการส่งข้อมูล

การส่งข้อมูลในระบบสื่อสารข้อมูลมีหลักการโดยทั่วไป 2 วิธี คือ

1. เบสแบนด์ (baseband) โดยที่ข้อมูลดิจิทัลจะถูกส่งในลักษณะของพัลส์ไฟฟ้าดิจิทัล ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มลูกคลื่นที่มีระดับแรงดันคงที่

2. บรอดแบนด์ (broadband) ข้อมูลดิจิทัลจะถูกส่งในลักษณะของสัญญาณอนาล็อก โดยช่วงความถี่ที่ใช้จะมากกว่าแบบเบสแบนด์ การส่งแบบนี้ สัญญาณจะเป็นแบบต่อเนื่อง เป็นลูกคลื่นของอีเลกโตรแมกเนติก (electromagnetic) ซึ่งมีลักษณะลูกคลื่นของสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต่อเนื่อง ทั้งสองกรณีนี้ต้องมีการเข้ารหัสที่เหมาะสม นั่นคือข้อมูลดิจิทัล (เลขฐานสอง 1 และ 0) จะต้องถูกแทนด้วยสัญญาณที่เหมาะสม ในการส่งผ่านเข้าไปในตัวกลางและสามารถอ่านค่าได้ด้วยเครื่องรับ และแปลงรหัสให้อยู่ในรูปของสัญญาณเดิม โดยทั่วไปรูปแบบของการเข้ารหัสจะคำนึงถึงราคา ประสิทธิภาพการทำงานและความเชื่อถือ

การส่งแบบเบสแบนด์นั้นมีการเข้ารหัสแบบต่างๆดังนี้

รหัส NRZ (nonreturn to zero) วิธีที่ง่ายที่สุดในการส่งสัญญาณดิจิทัลก็คือการใช้ระดับโวลเตจที่แตกต่างกัน 2 ระดับ สำหรับข้อมูลฐานสอง ตัวอย่างเช่น ไม่มีระดับโวลเตจ (ซึ่งจะไม่มีระดับกระแสด้วย) นั้นใช้แทนค่า 0 ของเลขฐานสอง และค่าคงที่ที่เป็นค่าโวลเตจบวกใช้แทนค่า 1 ของเลขฐานสอง และที่ใช้กันแพร่หลาย คือ ค่าโวลเตจบวกใช้แทนค่าหนึ่ง และอีกค่าหนึ่งใช้แทนโวลเตจลบ ซึ่งรหัสนี้เราเรียกว่า NRZ-L (nonreturn to zero level)

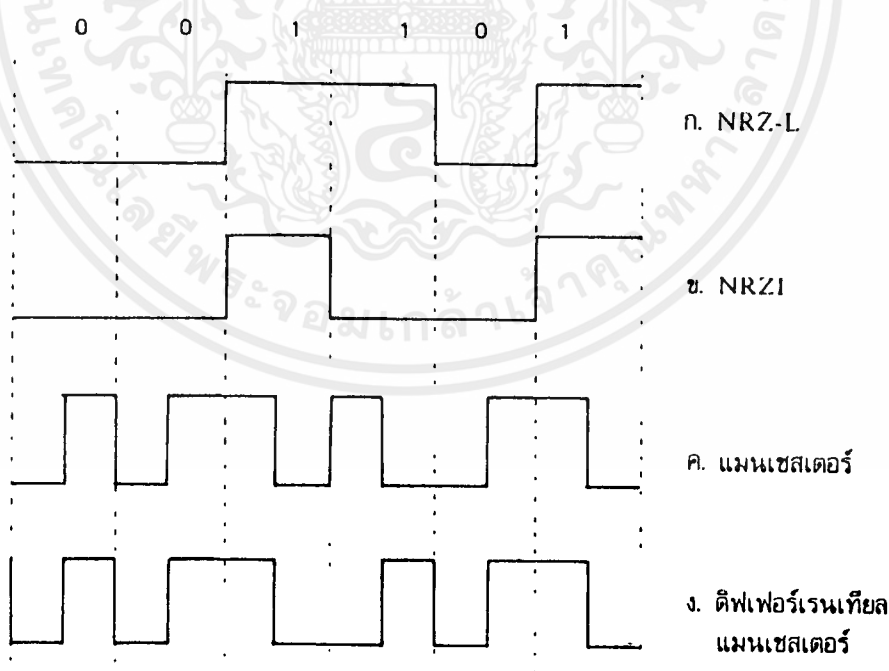
สำหรับการพัฒนาเพิ่มเติมของรหัสแบบนี้ เราเรียกว่า NRZI (nonreturn to zero invert on one) ลักษณะจะเหมือนกับ NRZ-L โดยที่ NRZI จะรักษาระดับลูกคลื่นแรงดันคงที่ในคาบของบิตสัญญาณ เพียงแต่ว่าข้อมูลนั้นจะถูกเข้ารหัส ด้วยการมีการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่จุดเริ่มต้นของบิตข้อมูล ซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนแปลงจากระดับแรงดันสูงไปค่าหรือจากค่าไปสูง จะใช้แทนค่า 1 และไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับใช้แทนค่า 0

NRZI เป็นตัวอย่างของการเข้ารหัสแบบที่มีความแตกต่าง (differential encoding) โดยที่การเข้ารหัสแบบนี้ สัญญาณจะถูกแปลงรหัสโดยการเปรียบเทียบระดับของสัญญาณมากกว่าที่จะวัดค่าของสัญญาณ

สำหรับข้อเสียของ NRZ คือ ฮาค่อการที่จะตัดสินใจว่าตรงไหนเป็นจุดเริ่มต้นหรือจุดสิ้นสุดของช่วงสัญญาณที่ใช้แทนค่าบิตหนึ่งๆ นั่นคือเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องมีการกำหนดจังหวะของเครื่องรับ และส่ง หรือเรียกว่าการซิงโครไนส์ (synchronization)

รหัสไบเฟส (biphase code) เป็นวิธีการเข้ารหัสแบบสลับในลักษณะของไบเฟส ซึ่งวิธีการเหล่านี้ก็ได้แก่ การเข้ารหัสแบบแมนเชสเตอร์ (manchester) และดิฟเฟอเรนเชียลแมนเชสเตอร์ (differential manchester) ซึ่งวิธีการเข้ารหัสแบบนี้ต้องการการเปลี่ยนแปลงอย่างน้อยหนึ่งครั้งต่อหนึ่งบิตข้อมูล และอาจจะได้ถึง 2 ครั้ง ดังนั้นอัตราการมอดูเลตสูงสุดจะมีอัตรา 2 เท่าของ NRZ ซึ่งหมายถึงว่าการเข้ารหัสแบบนี้ต้องการความเร็วของการส่งที่มากกว่า อย่างไรก็ตามเนื่องจากจะมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงของข้อมูล ดังนั้นเครื่องรับสามารถกำหนดจังหวะที่จุดเปลี่ยนแปลงนั้น จากเหตุผลนี้วิธีการเข้ารหัสแบบนี้จึงมีลักษณะของการกำหนดจังหวะด้วยตนเอง

สำหรับการเข้ารหัสแบบแมนเชสเตอร์ จะมีการเปลี่ยนแปลงที่จุดกึ่งกลางของแต่ละช่วงบิต ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของช่วงกลางนี้จะใช้แทนบิตข้อมูลและกำหนดจังหวะ การเปลี่ยนแปลงจากสูงไปต่ำแทนค่า 1 และจากต่ำไปสูงแทนค่า 0 ส่วนการเข้ารหัสแบบดิฟเฟอเรนเชียลแมนเชสเตอร์นั้น ช่วงกลางบิตจะใช้กำหนดจังหวะเท่านั้น การเข้ารหัส 0 หรือ 1 นั้น จะถูกแทนด้วยการมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงของจุดเริ่มต้นของบิตข้อมูล การเข้ารหัสแบบนี้จะรวมข้อดีของรหัสดังที่ได้กล่าวมาแล้ว



รูปที่ 2.4 แสดงการส่งสัญญาณแบบเบสแบนด์

สำหรับการส่งแบบบรอดแบนด์นั้น จะเป็นสัญญาณต่อเนื่องที่อาศัยความถี่ตัวกลางที่คงที่ เรา

เรียกว่าสัญญาณพาหะ (carrier signal) ข้อมูลดิจิทัลจะถูกมอดูเลตในรูปแบบต่างๆ ได้ 3 ลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า คือ แอมพลิจูด ความถี่ และเฟส ดังนั้น

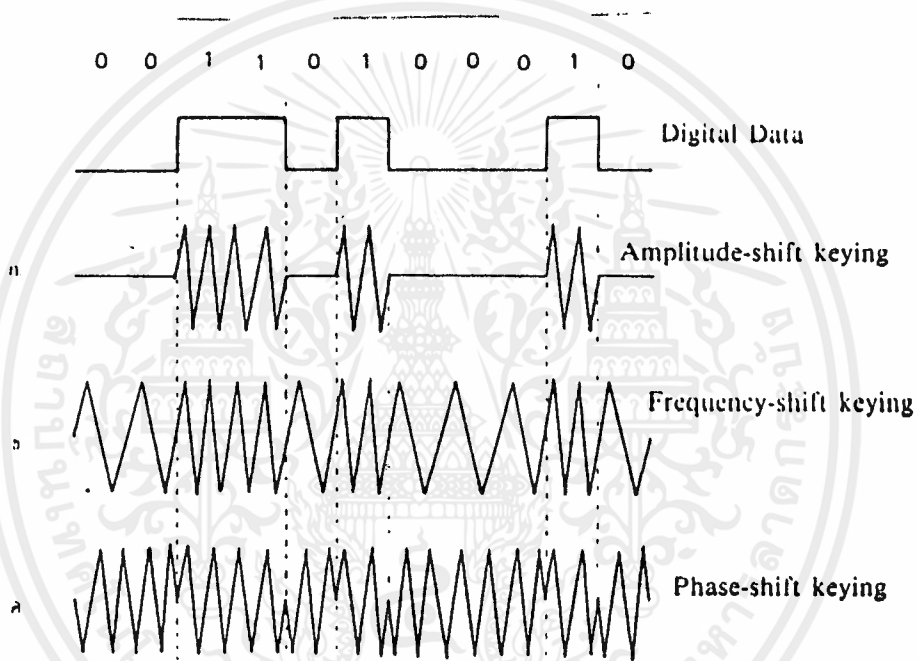
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Amplitude Shift Keying (ASK) ค่าของเลขฐานสองจะถูกแทนด้วยระดับแอมพลิจูด 2 ระดับที่ต่างกันของสัญญาณพาหะ

2. Frequency Shift Keying (FSK) จะใช้ความถี่ที่แตกต่างกัน 2 ความถี่ ใกล้เคียงกับความถี่พาหะ เพื่อใช้แทนรหัสเลขฐานสอง

3. Phase Shift Keying (PSK) เฟสของสัญญาณจะเปลี่ยนไปตามการแทนข้อมูล ในระบบนี้ค่าศูนย์จะแทนโดยการใช้กลุ่มสัญญาณปรกติ และค่าหนึ่งจะแทนโดยกลุ่มสัญญาณที่มีเฟสตรงข้ามกับสัญญาณปรกติ

ทั้ง 3 แบบ แสดงได้ดังรูป



รูปที่ 2.5 แสดงการส่งสัญญาณแบบบรอดแบนด์

### 2.5 พอร์ต RS 232C

พอร์ต RS 232C นี้ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลในแบบอนุกรม เรียกชื่อกันว่า Universal Asynchronous Adapter

หน้าที่สำคัญของ การสื่อสารแบบอะซิงโครนัสก็คือ

รับสัญญาณ

1. เปลี่ยนสัญญาณเข้ามาแบบอนุกรมให้เป็นแบบขนาน
2. ตรวจสอบความผิดพลาดของสัญญาณที่รับ
3. ตัดบิตสิ้นสุดและขาวิตบิตออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในวงการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

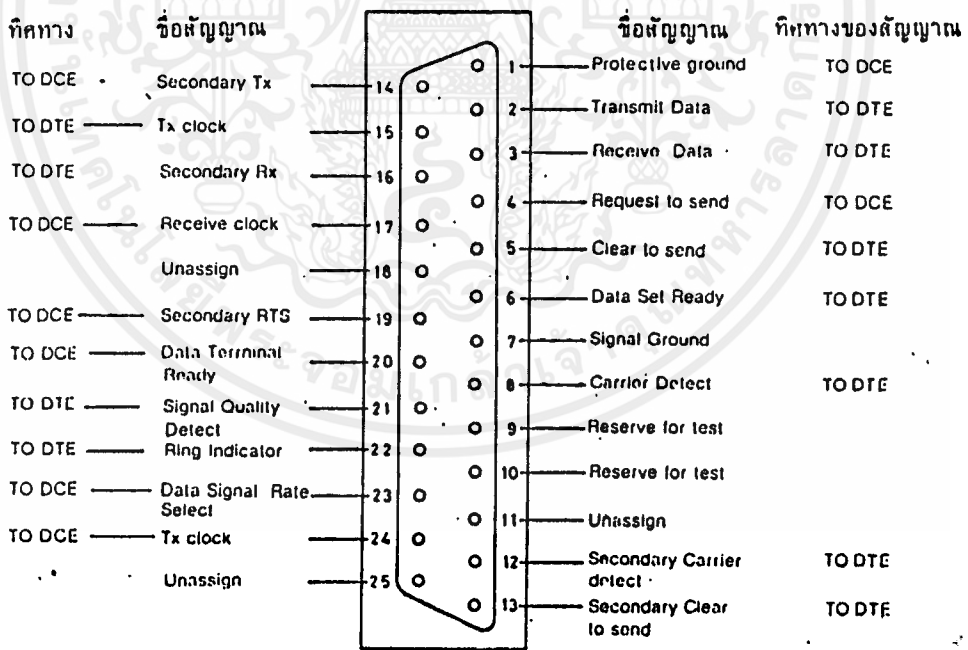
**ส่งสัญญาณ**

1. เปลี่ยนสัญญาณแบบขนานจาก CPU ค่อยทยอยส่งออกมาเป็นแบบอนุกรม
2. เพิ่มบิตสิ้นสุดและพาริตีบิต
3. เพิ่มสัญญาณควบคุมโมเด็มที่ต่อเชื่อม (ถ้ามี)

RS 232C สามารถเชื่อมต่อการถ่ายโอนข้อมูลได้จาก 0-20,000 บิตต่อวินาที ซึ่งเพียงพอสำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดอัตราบอด 110 ถึง 9600 บอด ความยาวของสายเชื่อมต่อโดยสัญญาณตามมาตรฐานของ RS 232 จำกัดอยู่แค่ 50 ฟุต

**การกำหนดจุดเชื่อมต่อของ RS 232C**

ในทางฟิสิกส์ มาตรฐานของ RS 232C กำหนดขั้วต่อแบบ DB-25 แต่ละขาของขั้วต่อกำหนดไว้ดังรูป



DTE = Data terminal Equipment  
 DCE = Data Communication Equipment (Modem)

สัญญาณต่างๆ ทำหน้าที่ ดังนี้

1. Transmit Data (TD ขาที่ 2) เป็นสัญญาณที่ส่งออกมาจากคอมพิวเตอร์ ไปยังอุปกรณ์ตัวอื่น เมื่อไม่มีสัญญาณส่งออก สถานภาพของลอจิกที่เข้าขานี้จะมีค่าเท่ากับ "1" หรือเทียบเท่ากับบิตสิ้นสุด

2. Receive Data (RD ขาที่ 3) เป็นทางของสัญญาณเข้าไปยัง DTE หรือไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อไม่มีสัญญาณรับเข้ามา ขานี้จะมีสถานภาพทางลอจิกเป็น "1"

3. Request To Send (RTS ขาที่ 4) เป็นสัญญาณเรียกร้องที่จะส่งสัญญาณมาทาง 2 สัญญาณนี้ใช้คู่กับ CTS อุปกรณ์รับหากได้รับสัญญาณ RTS จะตรวจสอบตัวเองว่าพร้อมจะรับสัญญาณได้หรือยัง หากพร้อมที่จะรับก็ส่งสัญญาณออกไปที่สาย CTS

3. Clear To send (CTS ขาที่ 5) เมื่อสัญญาณอยู่ในสถานภาพทางลอจิกเป็น "1" แสดงว่าอุปกรณ์รับพร้อมที่จะรับข้อมูลแล้ว

4. Data Set Ready (DSR ขาที่ 6) เมื่อสัญญาณอยู่ในสถานภาพลอจิก 0 เป็นการบอกฝ่ายส่งว่าพร้อมที่จะส่งได้แล้ว

5. Signal Ground (SG ขาที่ 7) ทำหน้าที่เป็นระดับแรงดันอ้างอิงสำหรับทุกๆ สายของสัญญาณ จะมีแรงดันเป็น "0" เมื่อเทียบกับสัญญาณตัวอื่น

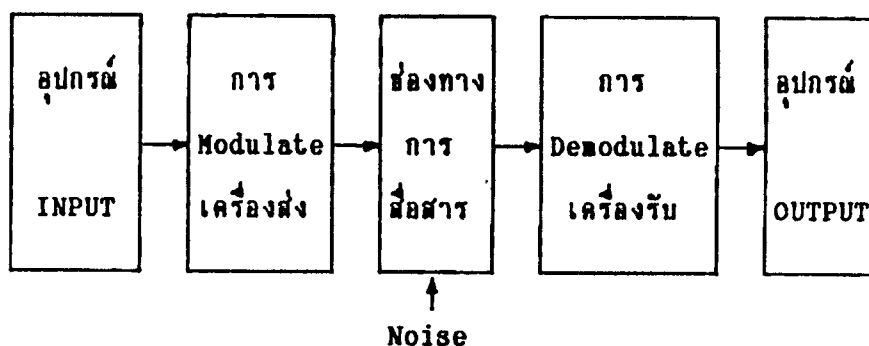
6. Carrier Detect (CD ขาที่ 8) ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปบอกไมโครคอมพิวเตอร์ว่าได้รับสัญญาณจากอีกฝ่ายหนึ่งแล้ว สัญญาณจะอยู่ในสถานภาพลอจิก "0"

7. Data Terminal Ready (DTR ขาที่ 20) เป็นสัญญาณที่คอมพิวเตอร์แสดงว่าพร้อมที่จะติดต่อกับโมเด็ม

8. Ring Indicator (RI ขาที่ 22)

### ระบบการสื่อสารพื้นฐาน

ในระบบการสื่อสารไม่ว่าจะเป็นระบบใดจะมี block diagram เหมือนกัน ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบุกรุกใช้ทางเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 2.7 แสดงระบบการสื่อสารพื้นฐาน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1). อุปกรณ์ Input : เป็นอุปกรณ์แปลงข่าวสารเป็นสัญญาณไฟฟ้า
- 2). เครื่องส่ง : ทำหน้าที่รับสัญญาณไฟฟ้าจากอินพุต แล้วมอดูเลตลงบนคลื่นพาหะความถี่สูง แล้วทำการขยายส่งออกสู่อากาศไปยังเครื่องรับ

#### วัตถุประสงค์ของการ Modulate สัญญาณ

1. เพื่อการใช้สายอากาศที่มีขนาดสั้นลง เนื่องจากเราต้องใช้สายอากาศที่มีความยาว  $1/4 \lambda, 1/2 \lambda$
2. เพื่อการส่งสัญญาณได้หลายสถานีพร้อมกัน
3. เพื่อหลีกเลี่ยงการส่งที่ความถี่ต่ำและไปไม่ได้ไกล
4. การส่งสัญญาณข้อมูลดิจิทัลโดยตรงออกสู่อากาศนั้น การออกแบบวงจรเครื่องรับ-ส่ง เพื่อรักษาข้อมูลเดิมเป็นไปได้ลำบาก เพราะว่าสัญญาณพัลส์นั้นมีแบนวิธกว้างมาก

#### ส่วนประกอบของเครื่องส่ง

1. แหล่งกำเนิดสัญญาณความถี่สูง (oscillator)
  2. อุปกรณ์มอดูเลเตอร์ (modulator)
  3. วงจรขยาย
- 3). ช่องทางการสื่อสาร: สำหรับระบบสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุนี้จะเป็นบรรยากาศ
- Noise : เป็นสัญญาณรบกวนหรือแทรกนซึ่งที่เกิดขึ้นกับระบบสัญญาณ ทำให้สัญญาณที่ได้ผิดเพี้ยนไปจากเดิม
- 4). เครื่องรับ : ทำหน้าที่รับ และขยายสัญญาณที่ต้องการจากสัญญาณที่มีกำลังอ่อนรวมกับ Noise จากเครื่องส่ง สัญญาณที่ได้จะผ่านการดีมอดูเลต (demodulate) เพื่อแปลงข่าวสารที่มอดูเลต (modulate) จากภาคส่งกลับมา

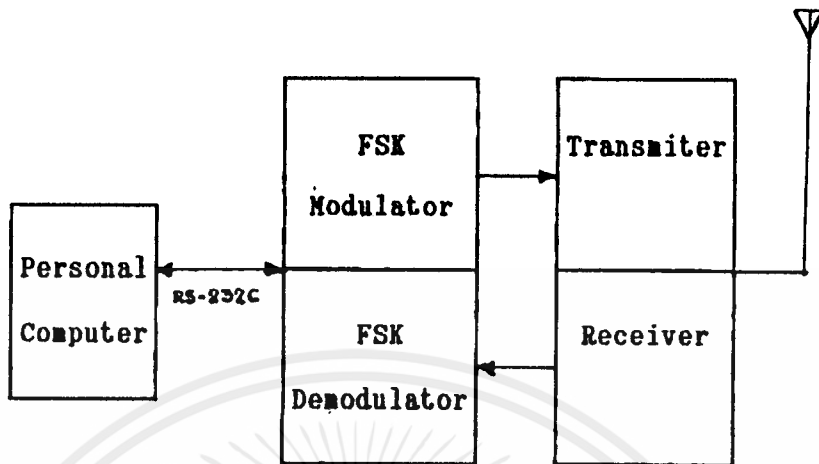
#### ส่วนประกอบของเครื่องรับ

1. วงจรเลือกรับสัญญาณ
2. วงจรขยาย
3. อุปกรณ์ดีมอดูเลเตอร์

5). อุปกรณ์ Output : ทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้ากลับมาเป็นข่าวสาร

2.6 หลักการทำงานของโครงงานเบื้องต้น

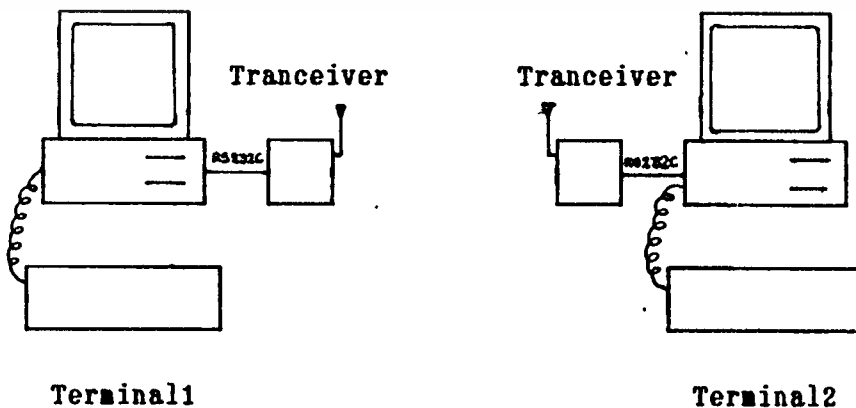
โครงงานมีบล็อกไดอะแกรม (Block Diagram) การทำงาน ดังรูป



จากโครงงานเป็นการสื่อสารที่ใช้คลื่นวิทยุเป็นพาหะ เป็นการรับส่งข่าวสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีระยะทางไม่ไกลกันนักจากบล็อกไดอะแกรม อุปกรณ์ที่เป็น DTE คือคอมพิวเตอร์ ที่จะทำการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมไปยังคอมพิวเตอร์อีกตัวหนึ่งที่ติดต่อกันอยู่ คอมพิวเตอร์แต่ละตัว จะถูกต่ออยู่กับทรานซิวเวอร์ เมื่อคอมพิวเตอร์ส่งข้อมูลไปยังทรานซิวเวอร์ สัญญาณข้อมูลที่เป็นดิจิทัลจะถูกแปลงเป็นสัญญาณอนาล็อกโดย FSK โมดูเลเตอร์ แล้วส่งผ่านไปสู่อุปกรณ์เครื่องส่ง (Transmitter). แล้วถูกมอดูเลตอีกครั้งหนึ่งกับความถี่พาหะที่เหมาะสม หลังจากนั้นก็ถูกส่งออกอากาศแบบเอเฟเอ็ม

ส่วนทางด้านเครื่องรับ (Receiver) ก็ทำงานเมื่อคลื่นวิทยุที่ถูกมอดูเลตแล้วเดินทางผ่านสายอากาศมาเข้าเครื่องรับ ที่เครื่องรับก็จะทำการดีมอดูเลตสัญญาณออกมา แล้วผ่านเข้า FSK ดีมอดูเลเตอร์ เพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัล แล้วส่งผ่านไปสู่อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ เพื่อทำการประมวลผลต่อไป

โมเดลการทำงานของโครงงาน แสดงได้ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 2.8 โมเดลของโครงงาน  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ระบบเครื่องรับส่งวิทยุ

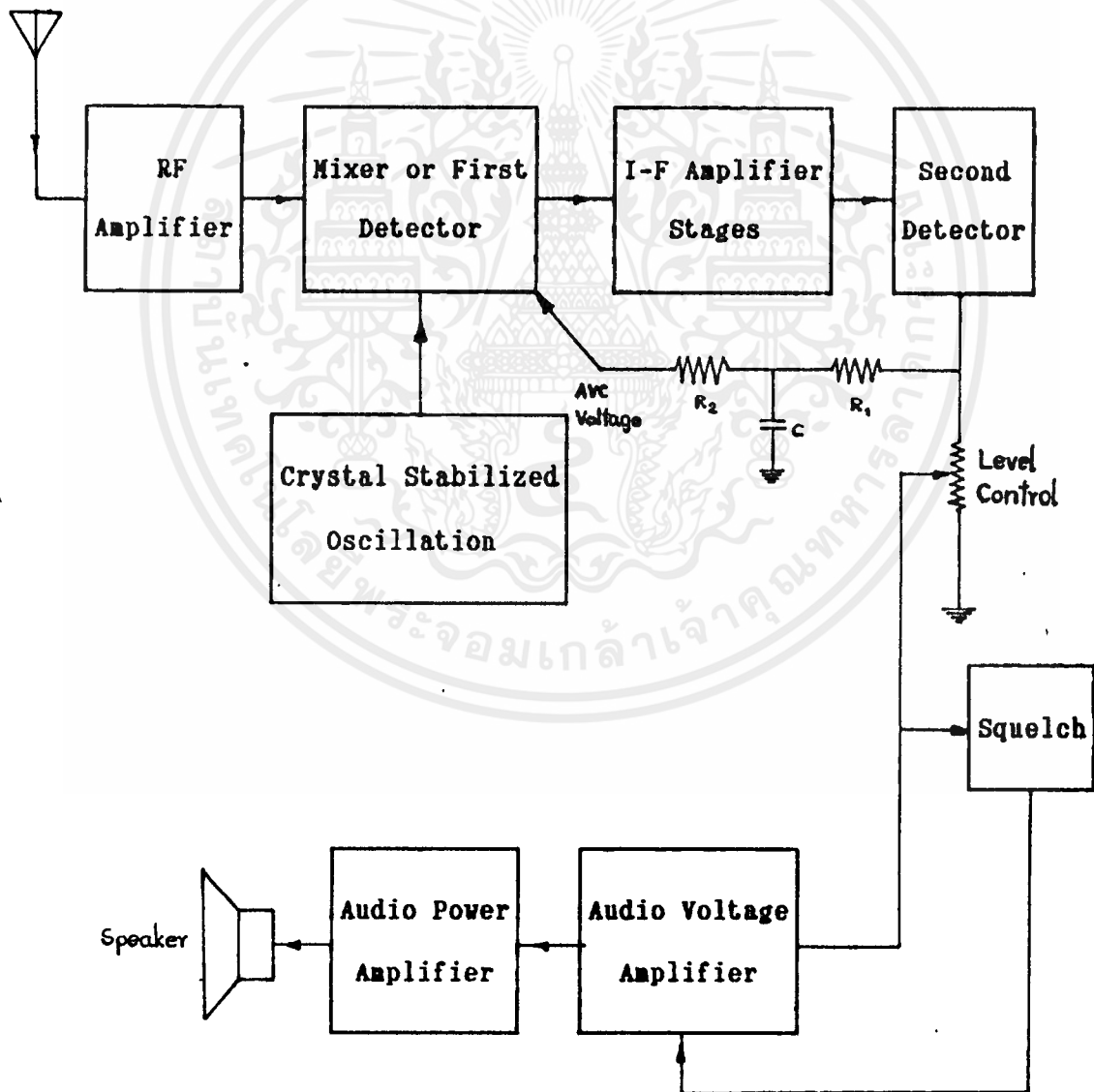
(TRANSCIVER SYSTEM)

เครื่องรับส่งวิทยุแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

3.1 เครื่องรับ (Receiver)

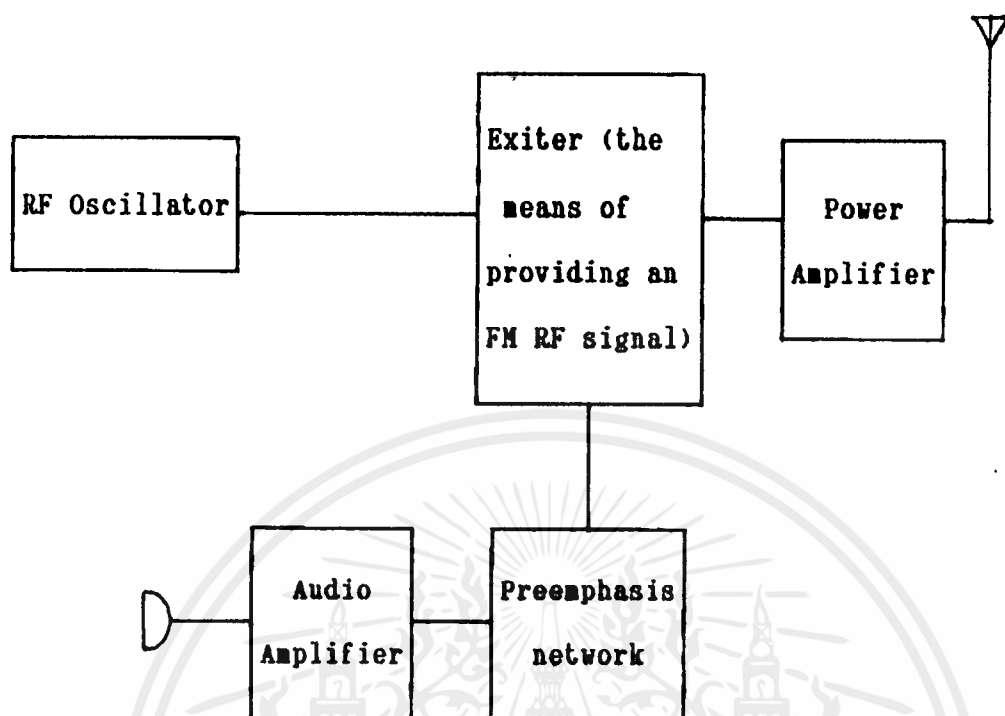
3.2 เครื่องส่ง (Transmitter)

เครื่องรับประกอบด้วยภาคต่างๆ ตามบล็อกไดอะแกรม รูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบของเครื่องรับ

เครื่องส่งประกอบด้วยภาคต่างๆ ตามบล็อกไดอะแกรม รูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบของเครื่องส่ง

### 3.1 เครื่องรับประกอบด้วยภาคต่างๆดังนี้

#### 3.1.1 Front End

เป็นภาคที่อยู่ปลายด้านหน้าสุดที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับ RF ซึ่งประกอบด้วยภาคขยายสัญญาณวิทยุ ภาคนวมสัญญาณ และภาคออสซิลเลเตอร์ ซึ่งเราสร้างทั้ง 3 ภาครวมเข้าไว้ด้วยกัน เรียกว่า Front End

หน้าที่ที่สำคัญของภาค Front end คือ

1. เลือกสถานีใดสถานีหนึ่ง คือ เลือกรับความถี่ของสัญญาณที่ต้องการ ในเมื่อภาค front end มี RF amp อยู่ด้วย ซึ่งช่วยให้มี selectivity ดี

2. ทำการ beat ความถี่ RF ที่รับเข้ามาทางสายอากาศ กับสัญญาณความถี่จาก local oscillator ได้เป็นความถี่ IF คือ 455 KHz

3. ภาค front end จะต้องมีแบนวิดท์กว้างพอที่จะให้ความถี่ของสัญญาณที่ต้องการผ่านได้

4. ภาค front end จะต้องมีอิมพีแดนซ์ (impedance) ทางขาเข้าแมตช์ (match) กับ

อิมพีแดนซ์ของระบบสายอากาศ เพื่อให้เกิดการถ่ายทอพลังงานระหว่างสายอากาศเข้าสู่เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รับมากที่สุด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.2 ภาคขยายสัญญาณวิทยุ (RF Amplifier)

ภาคขยายสัญญาณวิทยุของเครื่อง เป็นภาคแรกที่รับสัญญาณวิทยุ โดยรับสัญญาณเข้ามาทางเสาอากาศ สัญญาณที่รับได้มีความแรงอ่อน จึงต้องมีการขยายสัญญาณวิทยุนี้ ให้มีความแรงเพิ่มขึ้น ซึ่งกำลังการขยายของภาคขยายสัญญาณวิทยุนี้จะไม่มากนัก นอกจากภาคขยายสัญญาณวิทยุจะทำหน้าที่ขยายสัญญาณวิทยุนี้แล้ว

ข้อดีของการมีภาคขยายสัญญาณนี้ก็คือ มันสามารถให้การแยก (isolation) ระหว่างภาคโวลต์ลอออสซิลเลเตอร์ กับเสาอากาศได้ดี ทั้งนี้ความถี่ที่ภาคโวลต์ลอออสซิลเลเตอร์ สร้างขึ้นมานั้น ก็อยู่ในย่านความถี่วิทยุ ซึ่งสามารถป้องกันกลับออกมาทางเสาอากาศเครื่องรับแล้วส่งออกเสาอากาศ มีผลทำให้เกิดการรบกวนเครื่องรับวิทยุเครื่องอื่นได้ ดังนั้นการมีภาคขยายสัญญาณความถี่วิทยุ จึงเป็นการลดสัญญาณจากโวลต์ลอออสซิลเลเตอร์ ที่จะกลับไปทางเสาอากาศ นอกจากข้อดีดังกล่าวแล้ว ภาคขยายสัญญาณความถี่วิทยุ ยังช่วยในการเพิ่มความไวของการรับสัญญาณ และบั่นทอนสัญญาณเงาที่จะไปปรากฏที่ภาคไอเอฟ (IF) ด้วย

### 3.1.3 ภาคโวลต์ลอออสซิลเลเตอร์ (Local Oscillator)

ในวงจรเครื่องส่งและเครื่องรับ ส่วนใหญ่ต้องการให้เสถียรภาพทางความถี่ของการส่งและรับมีค่าสูงหรือความถี่มีค่าคงที่ตลอดเวลา เพื่อให้เครื่องรับสามารถรับความถี่ที่ส่งมาจากเครื่องส่ง เพื่อนำมาหักล้างกับความถี่ทางเครื่องรับให้ได้ความถี่กลางที่มีเสถียรภาพที่สูงวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ให้คุณสมบัติเด่นในเรื่องเสถียรภาพทางความถี่ ได้แก่ วงจรคริสตอลออสซิลเลเตอร์

ภาคโวลต์ลอออสซิลเลเตอร์ จะสร้างความถี่ที่สูงกว่าความถี่ของสัญญาณวิทยุที่รับเข้ามา ทั้งนี้เพราะต้องการให้มีผลต่อการบั่นทอนสัญญาณเงาได้ง่าย

สัญญาณเงาก็คือ สัญญาณที่มาจากที่ใดก็ตาม ซึ่งมารวมกับสัญญาณวิทยุ ที่รับเข้ามาแล้ว ให้ความถี่เป็นสัญญาณไอเอฟ

### 3.1.4 ภาคผสมสัญญาณ (Mixer)

ภาคผสมสัญญาณ ทำหน้าที่ผสมสัญญาณระหว่างวิทยุ และสัญญาณความถี่จากภาคโวลต์ลอออสซิลเลเตอร์ เพื่อให้ได้ความถี่ผลต่างของสัญญาณทั้งสองเป็นความถี่ไอเอฟ ซึ่งในการผสมสัญญาณทั้งสองนั้นจะได้ความถี่เป็นผลบวกเกิดขึ้นด้วย วงจรกรองความถี่จะกรองเฉพาะที่เป็นความถี่ผลต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับวงเวียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.5 ภาคขยายไอเอฟ (IF Amplifier)

ความถี่สัญญาณไอเอฟ ที่ออกจากเอาต์พุตของภาคผสมสัญญาณจะถูกป้อนเข้าสู่วงจรภาคขยายไอเอฟ เพื่อขยายสัญญาณไอเอฟให้มีความแรงมากขึ้น นอกจากการขยายไอเอฟแล้ว ภาคนี้ยังเป็นตัวกำหนดความไว และการเลือกของเครื่องรับ ซึ่งคุณลักษณะสองประการนี้เป็นตัวบอกให้รู้ว่าเครื่องรับนั้นดีหรือไม่เพียงไร

### 3.1.6 ภาคจำกัดขนาดแรงดัน (Limiter)

ภาคจำกัดขนาดแรงดัน การมอดูเลต (modulation) ทางความถี่ เป็นผลทำให้ความถี่ของสัญญาณ เปลี่ยนแปลงไปกับสัญญาณเสียง แต่อย่างไรก็ตาม สัญญาณรบกวนยังสามารถเข้ามารบกวนทางด้านขนาดของสัญญาณได้ (amplitude)

ภาคจำกัดขนาดแรงดัน จะขจัดสัญญาณรบกวนที่เข้ามาทางขนาดได้ โดยใช้อุปกรณ์ขจัดสัญญาณหรือวงจรจำกัดขนาดสัญญาณนั่นเอง

อีกวิธีหนึ่ง ที่เหมาะสมในการจำกัดขนาดของสัญญาณเพื่อลดการเปลี่ยนแปลงทางด้านขนาดสัญญาณ โดยการรับทรานซิสเตอร์ ให้ขึ้นถึงภาวะอิ่มตัว และภาวะคัทออฟ ซึ่งเป็นผลทำให้หลอดคลื่น ทั้งทางด้านบวกและลบ ถูกขลิบ และเมื่อให้สัญญาณนี้ ผ่านเข้าวงจรขจัดเลือกความถี่ ทำให้สัญญาณที่ได้ กลับกลายเป็นรูปสามเหลี่ยมอีกครั้งหนึ่ง โดยมีขนาดของสัญญาณคงที่

### 3.1.7 ภาคดีเทคเตอร์ (Detector)

ในการแยกสัญญาณเสียงออกจากสัญญาณเอ็ฟเอ็ม ขนาดของสัญญาณเสียงจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง เปลี่ยนแปลงความเบี่ยงเบนของความถี่เอ็ฟเอ็ม การเปลี่ยนแปลงขนาดสัญญาณเสียง ต่อความถี่เบี่ยงเบนนี้ จะต้องเปลี่ยนในลักษณะถูกต้องตลอดเวลา ขณะที่สัญญาณเอ็ฟเอ็มไม่มีการเบี่ยงเบนความถี่ คือ เป็นความถี่กึ่งกลาง ขนาดของสัญญาณเสียงก็จะเป็นศูนย์ แต่ถ้าสัญญาณเอ็ฟเอ็มมีการเบี่ยงเบนของความถี่ไปทางด้านสูงขึ้น ขนาดของสัญญาณเสียง จะเปลี่ยนเป็นบวกเพิ่มขึ้นตามความถี่เบี่ยงเบน จนกระทั่งสัญญาณความถี่เบี่ยงเบนสูงสุด ขนาดของสัญญาณเสียงก็จะเป็นบวกมากที่สุด เมื่อความถี่เบี่ยงเบนเริ่มลดลง ขนาดของสัญญาณเสียงก็เริ่มลดลงด้วย จนความถี่เป็นความถี่กึ่งกลาง ขนาดของสัญญาณเสียงจะเป็นศูนย์

ในทำนองเดียวกัน เมื่อสัญญาณเอ็ฟเอ็มเบี่ยงเบนไปทางด้านต่ำ ขนาดของสัญญาณก็จะลดลง เป็นลบและค่าความถี่เบี่ยงเบนต่ำสุด ขนาดของสัญญาณเสียงก็จะเป็นลบต่ำสุด ขนาดของสัญญาณเสียงจะเป็นศูนย์ อีกครั้งก็ต่อเมื่อ สัญญาณเอ็ฟเอ็มเบี่ยงเบนจาก ความถี่ต่ำสุดเป็นความถี่กึ่งกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานับ ไม่ควรเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การแยกสัญญาณเสียงออกจากสัญญาณเอ็ฟเอ็ม มีความสำคัญอย่างมากในระบบการมอดูเลต ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบเอฟเอ็ม เพราะการแยกสัญญาณเสียงที่มีความถูกต้องเหมือนเดิม นั้น การทำงานจะต้องมีความถูกต้องและมีความไวในการเปลี่ยนความถี่เป็ยงเบนให้เป็นสัญญาณเสียงได้ดี

### 3.1.8 ภาคกำจัดเสียงรบกวน (Squelch)

การเปิดเครื่องรับรชข่าวสารจากเครื่องส่งอื่นนั้นเป็นการเตรียมพร้อมที่ดี แต่ขณะที่ยังไม่มีการส่งใดส่งข่าวสารมา ก็มักจะประสบปัญหาสัญญาณรบกวน (noise) ที่เข้ามาถึงภาคขยายเสียง (Audio Amplifier) ของเครื่องรับเสมอ นอกจากเสียงรบกวนที่น่ารำคาญจะออกทางลำโพงให้ได้ยินแล้ว ภาคขยายเสียงเป็นภาคที่ใช้กำลังไฟฟ้ามกภาคหนึ่งในเครื่องรับส่งวิทยุเพื่อลดปัญหานี้ จึงต้องใช้ภาคกำจัดเสียงรบกวน เข้าช่วยควบคุมไม่ให้เครื่องขยายเสียงทำงานขณะรอข่าวสาร

### 3.1.9 ภาคขยายเสียง (Audio Amplifier)

เนื่องจากความแรงของสัญญาณเสียง ที่ออกจากภาคดีเทคเตอร์ ยังไม่มากพอที่จะรับลำโพงได้ จึงต้องอาศัยภาคนี้ทำการขยายให้มีความแรงเพียงพอ

## 3.2 เครื่องส่งประกอบด้วยภาคต่างๆดังต่อไปนี้ คือ

### 3.2.1 ภาคขยายเสียงไมโครโฟน (Microphone Preamplifier)

การมอดูเลทในระบบเอฟเอ็ม ไม่ต้องการกำลังของสัญญาณเสียง ที่มาทำการมอดูสูงมาก ดังนั้นการใช้ Pre-Amplifier จึงเพียงพอสำหรับการขยายเสียง จากไมโครโฟน

### 3.2.2 ภาคออสซิลเลเตอร์และภาคมอดูเลเตอร์ (Oscillator and Modulator)

ในการมอดูเลททางความถี่ (Frequency Modulation) ขนาดของคลื่นพาหะ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่ความถี่ของคลื่นพาหะจะเกิดการเปลี่ยนแปลง โดธจะเกิดการเพิ่มหรือลดลงตามขนาดของสัญญาณความถี่เสียงที่เอามาผสม ความถี่ของคลื่นพาหะขณะยังไม่มีการผสม เรียกว่าความถี่กึ่งกลาง (center frequency) เมื่อขนาดของสัญญาณความถี่เสียง มีขนาดเพิ่มขึ้นทางบวก จะทำให้คลื่นพาหะมีความถี่เพิ่มขึ้น และถ้าสัญญาณความถี่เสียงลดลง ความถี่ของคลื่นพาหะก็จะลดลง จนกระทั่งสัญญาณความถี่เสียงลดลงเป็นศูนย์ ความถี่ของคลื่นพาหะก็จะเป็ยงความถี่กึ่งกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ในทำนองเดียวกันเมื่อสัญญาณเสียงเป็นลบ ความถี่ของสัญญาณคลื่นพาหะก็จะลดลง และไม่อาจมีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ของคลื่นพาหะจะมีค่าต่ำสุด เมื่อคลื่นความถี่เสียงมีค่าขนาดลดลงถึงจุดต่ำสุด ความถี่พาหะจะเป็นความถี่กึ่งกลางพอดีอีกครั้ง ก็คือเมื่อสัญญาณความถี่เสียงผ่านถึงไฮเคิลลบไปถึงศูนย์

ดังนั้นความถี่ของคลื่นเอพเอ็ม จะเปลี่ยนแปลงไปโดยจะมีค่ามากกว่า หรือน้อยกว่าความถี่กึ่งกลาง โดยขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงของขนาดสัญญาณความถี่เสียง

### 3.2.3 ภาคขยายสัญญาณเอพเอ็ม (Driver)

เมื่อนำสัญญาณเสียงมาทำการมอดูเลตแบบเอพเอ็มกับสัญญาณคลื่นพาหะ จะทำให้ได้สัญญาณเอพเอ็ม แต่สัญญาณเอพเอ็ม นี้จะต้องนำมาขยาย ให้สัญญาณมีความแรงพอที่จะส่งออกสู่ภายนอก สัญญาณเอพเอ็มจะถูกขยายในภาค Driver เพื่อขยายสัญญาณเอพเอ็ม ให้มีความแรงเพิ่มขึ้นพอเหมาะที่จะส่งเข้าภาค RF Power Amplifier ต่อไป

### 3.2.4 ภาคขยายสัญญาณเอพเอ็ม (RF Power Amplifier)

ภาคขยายสัญญาณเอพเอ็ม เป็นภาคสุดท้ายของเครื่องส่งวิทยุ สัญญาณเอพเอ็มจะถูกขยายหลายครั้งในภาคสัญญาณนี้ จนกระทั่งสัญญาณเอพเอ็ม มีกำลังแรงพอ เหมาะในการส่งออกสู่ภายนอก

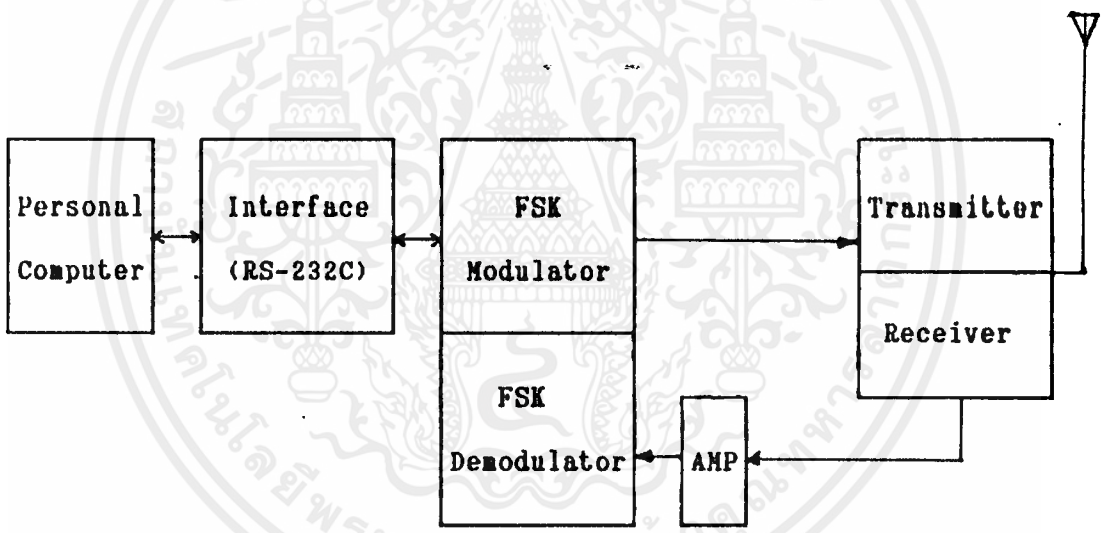
บทที่ 4

การออกแบบและการสร้าง

4.1 การออกแบบโครงงาน

จากหลักการทำงานของโครงงานเบื้องต้น เราสามารถแสดงรายละเอียดต่างๆ โดยใช้บล็อกไดอะแกรม (block diagram) ดังรูปที่ 4.1 ซึ่งจะแบ่งการสร้างและการออกแบบเป็น 3 ส่วน คือ

1. ส่วนของวงจร มอดูเลชัน กับส่วนของวงจรดีมอดูเลชัน
2. ส่วนของอุปกรณ์เครื่องรับและเครื่องส่ง
3. ส่วนของการอินเตอร์เฟสกับคอมพิวเตอร์



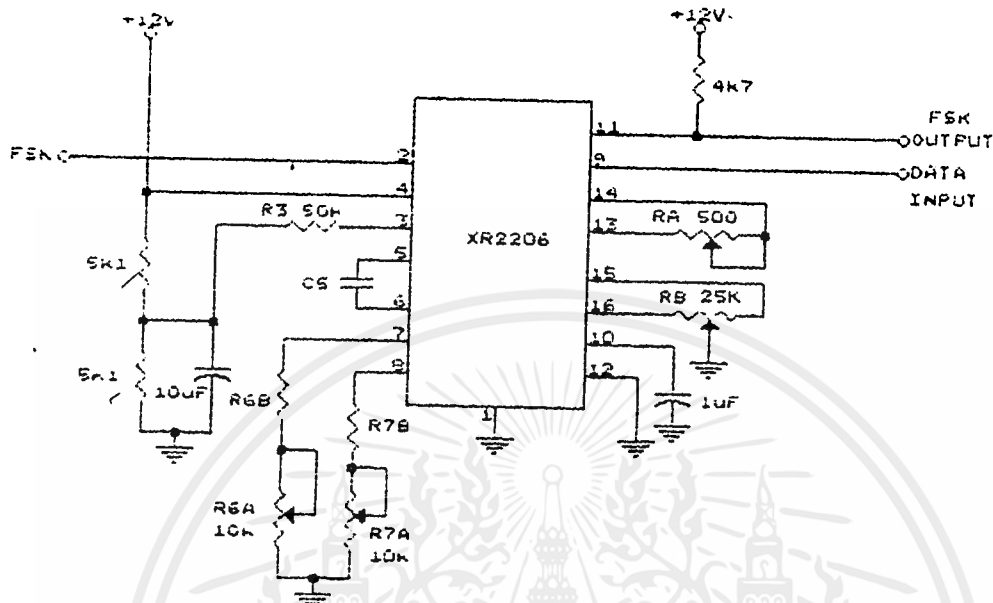
รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงงาน

4.2 การออกแบบวงจรมอดูเลชันเอฟเอสเค

เนื่องจากวงจรมอดูเลชัน จะทำหน้าที่ในการมอดูเลตสัญญาณดิจิทัล (digital) ให้เป็นสัญญาณอนาลอก ซึ่งในที่นี้เราใช้ ICเบอร์ XR2206 Monolithic Function Generator ทำหน้าที่ในการมอดูเลตสัญญาณดิจิทัล โดยการเข้ารหัสแถบความถี่ FSK ซึ่งสามารถใช้ได้กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
อนึ่งหากเป็น TTL หรือ CMOS ก็ได้ สามารถที่ให้อาคลนรูปไซน์ (sine) เลากพทได้ประมาณ  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 V<sub>cc</sub> และค่าความผิดเพี้ยนของสัญญาณที่เกิดขึ้นจะอยู่ระหว่าง 0.5% ถึง 2.5% วงจรที่ใช้งานแสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 วงจรการทำงานของ FSK โมดูลเอชั่น

**อธิบายการทำงานของวงจร**

การทำงานของวงจรสัญญาณดิจิทัล (digital) อินพุตจะเข้าที่ขา 9 สัญญาณระดับสูง (High level signal) จะมีค่าความถี่ตามค่า  $1/R_A C_3$  Hz ส่วนสัญญาณระดับต่ำ (Low level signal) จะมีค่าความถี่ตาม  $1/R_B C_3$  Hz (ค่าความต้านทานมีหน่วยเป็นโอห์มและตัวเก็บประจุมีหน่วยเป็นฟารัด) ซึ่งถ้าจะให้มีความเสถียรภาพที่ดีในการทำงานค่า  $R_A - R_B$  ควรจะมีค่าอยู่ในช่วง 10-100 กิโลโอห์ม โวลต์เดจที่ขา 9 จะอยู่ในช่วง 12 โวลต์ และกราวด์

ตัวต้านทานปรับค่าได้  $R_6$  และ  $R_7$  มีไว้เพื่อปรับค่าความผิดเพี้ยนของสัญญาณที่น้อยที่สุด ถ้าไม่ต้องการค่าที่ละเอียดมาก ก็อาจจะปล่อยขา 15 และ 16 ว่าง และตัวต้านทานปรับค่าได้  $R_6 - R_7$  อาจจะแทนด้วยตัวต้านทานคงที่ 200 โอห์ม ที่ขา 2 ของเอ๊าท์พุท อิมพีแดนซ์จะมีค่าประมาณ 600 โอห์ม และก็ควรจะใช้หลักการ coupling ด้วย

เนื่องจากความไม่เป็นอุดมคติของ IC บางครั้งอาจทำให้ได้ค่าเอ๊าท์พุทเกิน 3 V<sub>cc</sub> เรามีวิธีการแก้ไขโดย นำเอาความต้านทานมาต่ออนุกรม ที่ขา 2 ของ IC

ในการใช้งาน เราใช้ XR 2206 ทำการเปลี่ยนความถี่ในอัตรา 1200 baud โดยมี

$$F_H = 1/R_4 C_5 \text{ Hz}$$

$$F_L = 1/R_5 C_5 \text{ Hz}$$

ตัวเก็บประจุที่ต่อระหว่างขา 5 และ 6 จะอยู่ในช่วง 1000 pF - 100  $\mu$ F ซึ่งในวงจรเลือกใช้ค่าของ  $C_5 = 0.01 \mu$ F

#### 4.3 การออกแบบวงจรแบบมีมอดูเลชั่นเฟสเค

เราใช้ IC XR 2211 ซึ่งเป็นเฟสเคเดมอดูเลชั่น (FSK Demodulator / Tone decoder) มาทำหน้าที่เป็น FSK Demodulator ที่ทำงานในหลักการของเฟสล็อก การทำงานของมันจะเป็นอิสระกับการเปลี่ยนแปลง ความแรงของสัญญาณอินพุต โดยค่าของสัญญาณอินพุตจะมีค่าอยู่ระหว่าง 2 mV - 3 Vrms

วงจร XR 2211 แสดงดังรูปที่ 4.3 ความถี่ศูนย์กลางแสดงโดย

$$f_o = 1/R_4 C_1$$

ซึ่งอุปกรณ์คาปาซิเตอร์ที่มีหน่วยเป็นเฟร็ด และอุปกรณ์รีซิสเตอร์ที่มีหน่วยเป็นโอห์ม การคำนวณหาค่า  $f_o$  ควรเลือกค่ากลางระหว่างความถี่ของมาร์ค (mark) และ สเปซ (space)

$$f_o = (f_{\text{mark}} + f_{\text{space}}) / 2$$

Tracking range ( $f$ ) เป็นย่านที่อยู่เหนือความถี่ที่เฟสล็อกสามารถล็อกเอาไว้ได้ โดยสัญญาณอินพุตที่กวาดไปย่านนี้ แสดงได้โดยสูตร

$$\text{ผลต่างของความถี่} = (R_4 f_o) / R_5 \text{ Hz}$$

พบว่า ผลต่างของความถี่ควรมีค่าประมาณสูตรข้างบน หรือน้อยกว่าผลต่างระหว่างความถี่

ของมาร์ค (mark) และสเปซ (space) และเพื่อให้เกิดความเสถียรภาพ ควรเลือก  $R_4$  อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ระหว่าง 10 k - 100 k

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C_1 = 1/f_o R_A$$

ดังนั้นหาค่า  $R_1$  เพื่อตั้งแบนด์วิด (Bandwidth) จาก

$$R = (R_A f_o) / \text{ผลต่างของความถี่}$$

ค่าอุปของดั้มปิงแฟคเตอร์ (Damping factor) กำหนดด้วยค่าโอเวอร์ชู้ท (overshoot) , undershoot หรือ ringing present ในเฟสล็อกกลุ่ ถูกกำหนดโดย

$$\text{Damping factor} = (C_1/C_2) / 4$$

ซึ่งโมเด็มส่วนใหญ่จะให้ค่า Damping ประมาณ 1/2

ดังนั้นเราสามารถหาค่า  $C_2$  ได้จากสูตร การหา Damping factor

$$C_2 = C_1 / 4$$

คำนวณหาค่า  $C_F$  เมื่อ  $R_F = 100 \text{ k}$  ,  $R_D = 510 \text{ k}$  จากค่าเอาท์พุท FSK filter time constant ( $T_F$ )

$$T_F = R_F C_F$$

โดยทั่วไป ค่า  $T_F$  จะมีค่าประมาณ 0.3 / baud rate

ดังนั้น  $C_F = (0.3 \text{ คูณด้วย } 10 \text{ สกกำลัง } (-5)) / \text{ baud rate}$

$$C_F = 3 / \text{ baud rate } \mu\text{F}$$

การคำนวณหาค่า  $C_D$

lock - detect filter capacitor ( $C_D$ ) จาก lock detect เอาท์พุทให้

$R_D = 510 \text{ k}$  ค่าต่ำสุดของ  $C_D$  สามารถแสดงได้โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นที่เห็นเหตุเปลี่ยนแปลงและตียงยังอิงเง็จ ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การคำนวณการออกแบบ

สำหรับ XR 2211 คีมอดคูลเลเตอร์ ต้องการหาค่า  $R_4$  และ  $C_1$  โดย

$$\begin{aligned} f_o &= (f_L + f_H) / 2 \\ &= (1200 + 2200) / 2 \\ &= 1700 \text{ Hz} \end{aligned}$$

ให้  $R_4$  มีค่าประมาณ 20 k โดยใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ 5 k อนุกรมกับตัวต้านทาน

18 k

$$\begin{aligned} C_1 &= 1 / f_o R_4 \\ C_1 &= 1 / (1700)(20)(1000) \\ C_1 &= 0.029 \mu\text{F} \end{aligned}$$

เมื่อนำค่าที่ได้ขึ้นไปทำการเปรียบเทียบกับค่า C มาตรฐาน ในตารางพบว่า  $C_1$  ควรจะมีค่าเท่ากับ  $0.027 \mu\text{F}$

ดังนั้น  $R_4$  ควรจะมีค่าประมาณ  $= 1,000,000 / (1700)(0.027)$

$$R_4 = 21.78 \text{ k}$$

ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่เหมาะสมที่จะใช้ในวงจรนี้

การเลือกองค์ประกอบทางความถี่ (frequency component selection)

ในการคำนวณหาค่า  $R_5$  ตอนแรกใช้ค่าผลต่างของความถี่ ( $f$ ) ซึ่งมีค่าเท่ากับผลต่างของความถี่ 2200 Hz กับ 1200 Hz ซึ่งเท่ากับ 1000 Hz

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad R_5 &= R_4 f_o / (\text{ผลต่างของความถี่}) \\ R_5 &= ((21.78)(1000)(1700)) / 1000 \\ R_5 &= 37026 = 37 \text{ k} \end{aligned}$$

ในการคำนวณหาค่า  $C_2$  เราจะใช้ Damping factor ค่า = 0.5

$$\begin{aligned} C_2 &= C_1 / 4 \\ C_2 &= 0.027 / 4 = 0.00675 \mu\text{F} \end{aligned}$$

การเลือกค่า  $C_F$  เราใช้  $T_F = (0.3) / (\text{baud rate})$  หน่วยเป็นวินาที โดย baud rate ที่ใช้ในโครงงานนี้ คือ 1200 บอด

$$\text{จากสูตร} \quad C_F = T_F / R_F$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน =  $0.3 / (\text{baud rate})(100,000)$  ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 3 / (\text{baud rate}) \quad \mu\text{F}$$

แทนค่าในสูตร  $C_F = 3 / 1200$

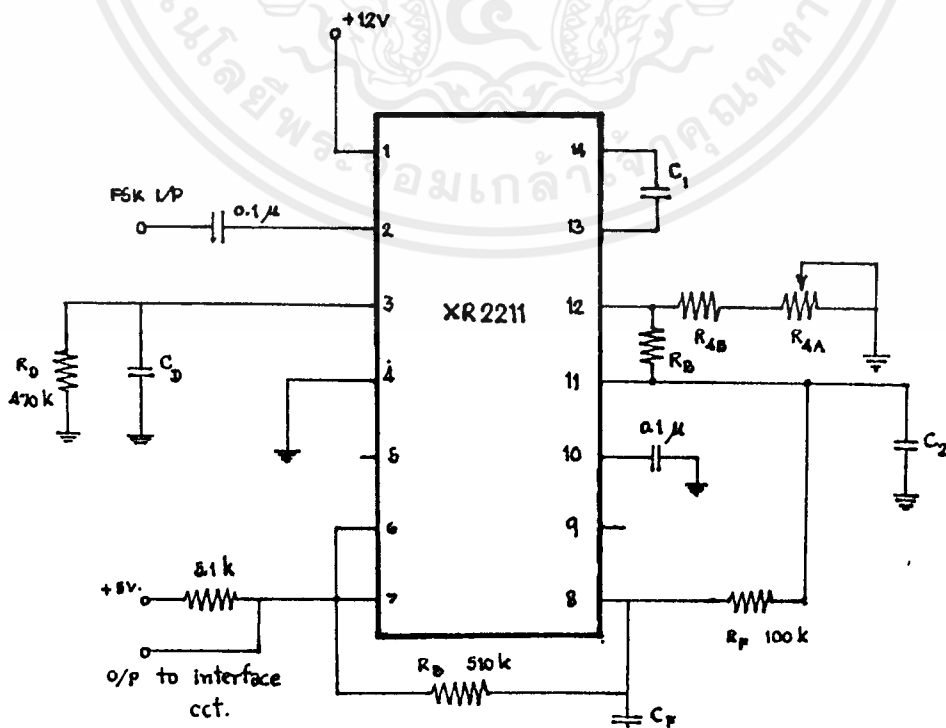
$$C_F = 2.5 / 1000$$

$$C_F = 0.0025 \quad \mu\text{F}$$

นำค่า  $C_F$  ที่คำนวณได้มาเทียบกับค่า  $C$  ในตารางแล้วค่า  $C_F$  ที่เหมาะสมเท่ากับ  $0.0027 \mu\text{F}$   
 การทำงานของวงจร FSK Demodulator

จากรูปที่ 4.3 เราจะเห็นว่าอุปกรณ์ภายนอกที่ใช้ต่อเข้ากับ IC XR2211 คือ  $R_A$  และ  $C_1$  ซึ่งทำหน้าที่เซตความถี่ศูนย์กลางของเฟสล็อกกลูป โดยใช้  $R_B$  ทำการเซตแบนวิดท์ (Bandwidth) ส่วนค่า Damping factor หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ค่าคงที่ของฟิลเตอร์ (filter time constant) จะถูกเซตโดยค่าของ  $C_1$  ส่วน  $C_F$  และ  $R_F$  ใช้สำหรับ Set data FSK เอาท์พุท และค่าความต้านทาน  $R_B$  (510k) ที่ต่อคร่อมระหว่างขา 7 และ ขา 8 จะทำหน้าที่เป็นตัวบ่อนกลับทางบวก เพื่อให้เวลาการทำงาน (Transition time) ของเอาท์พุทนั้นเร็วขึ้น

- XR2211 นี้จะมีขา 7 เป็น FSK data output
- ขา 5 เป็น Q lock-detect output ซึ่งจะมีค่าต่ำเมื่อนาฬาทะถูก detect
- ขา 6 เป็น Q lock-detect output ซึ่งจะมีค่าสูงเมื่อนาฬาทะถูก detect
- ขา 6 กับ ขา 7 ถูกต่อเข้าด้วยกัน ค่าเอาท์พุทที่ออกจาก terminal นี้มีค่าเป็น LOW เมื่อไม่มี carrier เข้ามา ถ้า lock-detect ไม่ถูกใช้ ขา 3 , 5 และ 6 อาจจะเป็น open cct



รูปที่ 4.3 วงจร FSK Demodulator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานวิชาการเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ขั้นตอนการปรับค่า (Adjustment Procedure)

XR 2211 : กรณีที่ อินพุต open cct , loop phase detector output voltage ไม่จำเป็นที่จะต้องใช้ และความถี่ VCO อาจมีค่าตรงไหนก็ได้ ภายใน lock range ที่  $f_0$  สามารถกวาดไปถึง

1. short ขา 2 กับ ขา 10 แล้ววัด  $f_0$  ที่ขา 3 โดยไม่มี  $C_0$  ต่ออยู่
2. open  $R_5$  และ monitoring ความถี่อินพุต(input) ที่ทำให้ FSK output เปลี่ยนสถานะ

### ข้อควรระวัง

ห้ามปรับความถี่ศูนย์กลางของ XR2211 โดยการใช้ monitor ความถี่ timing capacitor ด้วยทุก ๆ สิ่งที่ต้องอยู่ และไม่มีการนำสัญญาณอินพุตไปใช้งานกับสิ่งอื่น

#### 4.4 การออกแบบวงจรเครื่องส่งวิทยุ

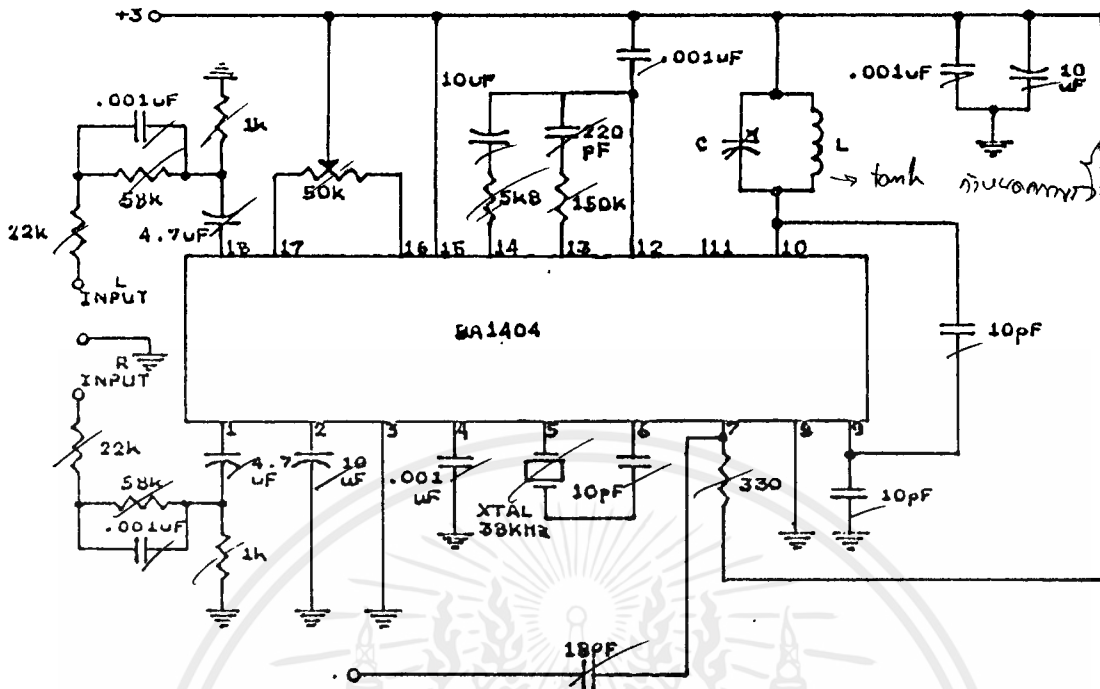
เครื่องส่งวิทยุ ที่เราได้ทำการออกแบบนี้ เป็นเครื่องส่งวิทยุสเตอริโอเอ็มพีไอเอ็มดีเพล็กซ์ (FM Stereo Multiplex) ในที่นี้เราใช้ไอซี(IC) เบอร์ BA1404 ซึ่งเป็น Monolithic FM Stereo Transmitter ภายในตัวไอซี(IC) ประกอบด้วยภาค Stereo modulator , ภาค FM modulator และภาค RF Amplifier

ภาค Stereo modulator ทำหน้าที่เป็นตัวสร้างสัญญาณคอมโพสิท(Composite signal) ประกอบด้วยสัญญาณหลัก (L+R) สัญญาณรอง (L-R) และสัญญาณนำร่อง(Pilot signal) จากคริสตัล ความถี่ 38 kHz

ภาค FM modulator จะทำหน้าที่ในการมอดูเลตความถี่คลื่นพาหะ ในย่านความถี่ FM (76-108 MHz) และนำเอาสัญญาณพาหะที่ได้นี้ ไปทำการมอดูเลตกับสัญญาณคอมโพสิท

ภาค RF Amplifier จะทำหน้าที่สร้างกำลังงาน เพื่อที่จะส่งสัญญาณที่ถูกมอดูเลตแล้ว ให้สามารถส่งออกอากาศได้ และภาคนี้ยังทำหน้าที่เป็นภาคบัฟเฟอร์ ของภาค FM modulator

เอกสารนี้เป็นวงจรที่มีบุรุษของเครื่องส่งที่เราได้ออกแบบไว้ แล้วตั้งดังรูป 4.4 นี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 วงจรสมบูรณ์ของเครื่องส่ง

การทำงานของวงจร

สัญญาณจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ถูกป้อนผ่าน  $VR_1, VR_2$  (22k) สำหรับซีกขวาและซีกซ้าย จะมี  $R_1, R_2, C_2, C_3, C_5, C_6$  เป็นวงจรปรับเอมพิทาส์แต่ละข้าง ทำหน้าที่ยกระดับผลตอบสนองความถี่สูง แล้วป้อนเข้าขาอินพุตทั้งคู่ (ขา 1, 18) ตามลำดับ ตัวเก็บประจุ  $C_7$  (10 F) ที่ขาสองของเบอร์โอสี่ ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บประจุบายพาส (bypass) ให้กับภาคขยายสัญญาณเสียง ซึ่งสัญญาณเสียงภาคซ้าย และภาคขวาจะถูกป้อนให้กับภาคมัลติเพล็กซ์สวิทช์ โดยมีตัวต้านทาน  $VR_{50k}$  เป็นตัวควบคุมการแยกช่องซ้ายขวาให้ดีที่สุด โดยปรับให้ได้กึ่งกลางที่สุด

ภาคกำเนิดความถี่คลื่นพาหะย่อย 38kHz ถูกควบคุมด้วยคริสตัล ความถี่เดียวกันโดยต่อที่ขา 5 และ ขา 6 สัญญาณจากภาคมัลติเพล็กซ์ที่เป็นผลบวก (L+R) และผลต่าง (L-R) จะผ่านบัฟเฟอร์ (buffer) ภายใน ป้อนออกที่ขา 14 เพื่อผสมกับความถี่ pilot 19. kHz จากขา 13 จากนั้นจึงป้อนผลรวมกลับเข้าไปที่ขา 12 เพื่อมอดูเลตทางความถี่ หรือ FM โดยมีวงจรแทงค์ (tank)  $VC_1$  และ  $L_1$  เป็นตัวกำหนดที่ขา 10

สัญญาณที่มอดูเลตแบบสมบูรณ์แล้ว จะถูกขยายเบื้องต้นและถูกส่งออกมาที่ขา 7 เพื่อแพร่กระจายคลื่นออกอากาศ เนื่องจากสัญญาณที่ออกจากเครื่องส่งนี้ ยังมีค่าต่ำอยู่คือ ประมาณ 600 มิลลิวัตต์ ดังนั้นเพื่อให้การส่งเป็นไปอย่างถูกต้อง และให้มีระยะทางไกลๆ จะต้องเพิ่มภาคขยายสัญญาณความถี่พาหะ (RF power amplifier) เข้าไปโดยใช้ไอซีเบอร์ PC16510 ทำหน้าที่ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขยายให้กับระบบ

เปิด  $Q_1$  จะทำหน้าที่ขยายกำลังเอาท์พุทอีกทีหนึ่ง โดยการต่อสัญญาณความถี่วิทยุ จากขา 7 มาขยาย เอาท์พุทจะก็่ปออกจากขดลวด  $L_0$  ต่อออกสายอากาศ มี  $VC_0$  และ  $L_0$  เป็นตัวจูน เอาท์พุทให้ได้กำลังสูงสุดเช่นกัน ซึ่งไฟเลี้ยงของวงจรนี้ ใช้ไฟ 9 โวลต์

ข้อควรระวังสำหรับวงจรที่เราได้ทำการออกแบบ คือ ใช้แหล่งจ่ายไฟ 1.5-3.5 โวลต์ ถ้าป้อนไฟเกินกว่านี้ อาจมีผลทำให้ไอซีไม่ทำงานได้ และสัญญาณเสียงที่ขาอินพุททั้งคู่ (1,18) จะต้องมีค่าต่ำๆในระดับมิลลิโวลต์ ถ้าอินพุทนั้นมาจากไมโครโฟน อาจมีค่าต่ำเกินไปอาจใช้วงจรขยายมาช่วย แต่ถ้าสัญญาณอินพุทมีค่าสูงเกินไป ควรจะใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้หรือใช้ความต้านทานคงที่ก็ได้ มาทำการปรับสัญญาณให้อยู่ในระดับสัญญาณที่เหมาะสม นอกจากนี้ไอซีเบอร์ BA1404 ยังกินไฟเพียง 3 มิลลิแอมป์เท่านั้น

สัญญาณคลื่นเสียงสามารถมีค่าสูงถึง 19 kHz โดยที่สัญญาณที่ส่งออกไปไม่เพี้ยน เนื่องจากสถานีวิทยุกระจายเสียงในประเทศไทย ใช้ย่านความถี่ 88-108 MHz ในการส่งออกอากาศ ดังนั้นเพื่อให้สัญญาณที่ใช้ส่งออกไปรบกวนการรับคลื่นปรกติ จึงได้ทำการเปลี่ยนแปลงความถี่ ที่ใช้งานให้สูงกว่าหรือต่ำกว่า คือ เครื่องรับส่งวิทยุคู่หนึ่งใช้ความถี่ 82 MHz และอีกคู่หนึ่งใช้ความถี่ 110 MHz

แผนผังการทำงานของเครื่องส่งเอฟเอ็มสเตอริโอ แสดงดังรูปที่ 4.4

#### 4.5 การออกแบบเครื่องรับวิทยุ

เนื่องจากโครงการนี้ใช้การส่งในย่านความถี่ FM ดังนั้นเราสามารถเลือกใช้เครื่องรับวิทยุที่มีขายในท้องตลาดมาใช้ได้ หรือหาวงจรเครื่องรับวิทยุมาประกอบเอง

เครื่องรับวิทยุที่ใช้ในโครงการนี้ จะเป็นเครื่องรับแบบใช้วารินแคป หรือวารินแคปโคโรด มีขนาดเล็กกระทัดรัด เพื่อให้เหมาะสมในการประกอบลงกล่อง

เราใช้ไอซีเบอร์ TDA7000 ซึ่งภายในตัวไอซีประกอบด้วย ภาคจูนเนอร์ ภาคอินพุทจากสายอากาศ มิกเซอร์ IF จนถึงภาคดีเทคเตอร์ สามารถแสดงวงจรภายในและการต่อวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ภายนอกคร่าวๆ ดังรูป 4.5

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$VR_1$  ค่าประจุที่ได้จะรวมกับค่าขดลวดตัวนำ  $L_2$  50 nH ทำให้ความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์เปลี่ยนแปลงไปได้ ตามแรงดันที่ปรับด้วยตัว  $VR_1$

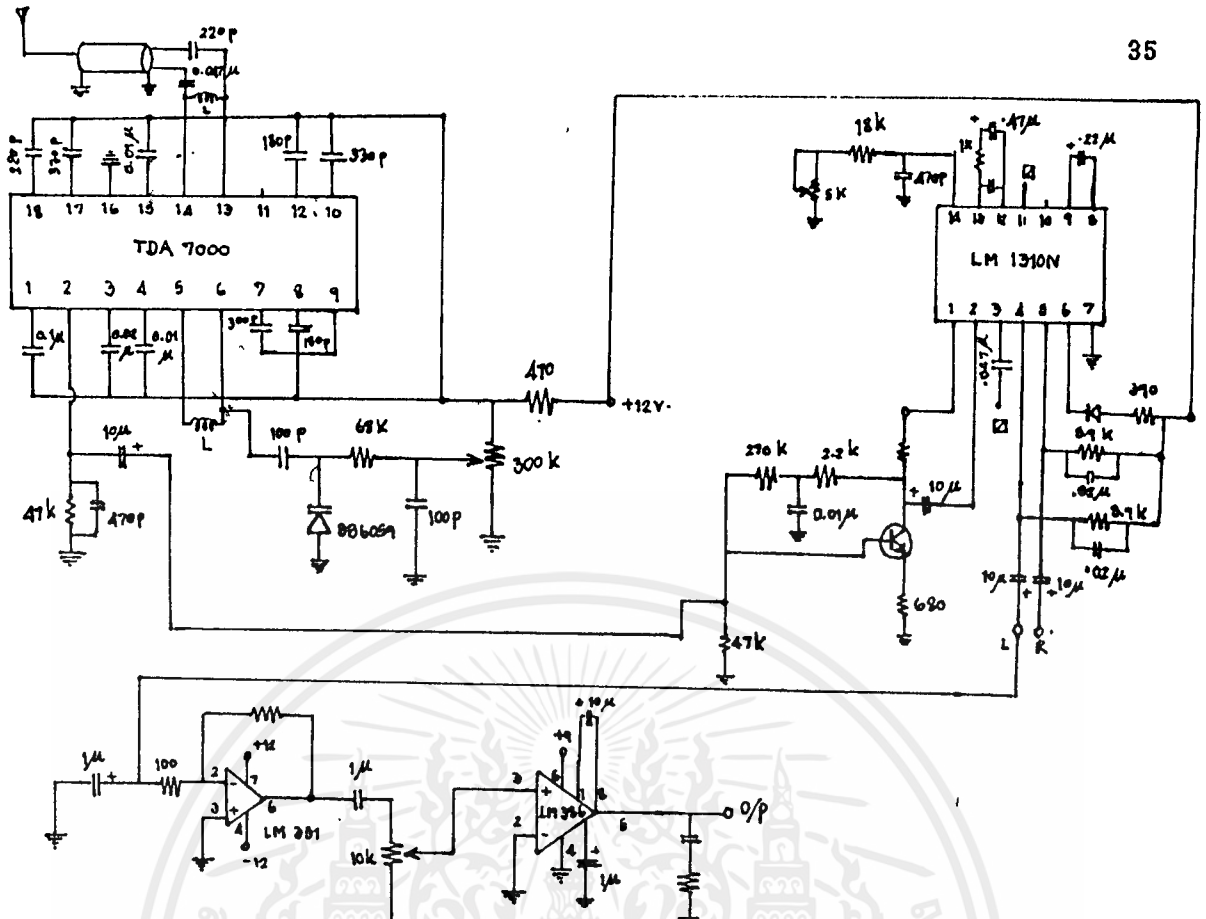
เนื่องจากว่าในส่วนของภาครับ เราใช้วารินคปซึ่งแรงดันที่ใช้จะสำคัญมาก เพราะถ้าหากแรงดันไม่คงที่ มีผลทำให้วงจรออสซิลเลเตอร์ ในภาครับทำงานขึ้นๆลงๆ มีผลทำให้ความถี่เกิดการเลื่อนไปเลื่อนมา ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาตรงส่วนนี้ จึงใช้วงจรเรกกูเลเตอร์เข้าไป โดยที่ใช้ไอซีเรกกูเลเตอร์เบอร์ 78L05 ค่อยๆใส่ที่สาขบวคตรงจุด หลังจากป้อนให้ภาคขยายเสียง เพราะภาคขยายเสียงจะกินกระแสสูง อาจทำให้แรงดันกระแสเพิ่มได้มาก จึงเอาเรกกูเลเตอร์ต่อหลังภาคนี้

สัญญาณเสียงที่ได้จากไอซีเบอร์ TDA7000 ทางขา 2 จะถูกส่งผ่านไปยังวงจรดีเอ็มพาสซิสซึ่งประกอบด้วยตัวเก็บประจุ 500pF และตัวต้านทานค่า 22 k แล้วส่งต่อไปยังตัวต้านทานปรับค่าได้  $VR_2$  ซึ่ง  $VR_2$  นี้ จะทำหน้าที่ปรับความดังสัญญาณเมื่อผ่าน  $VR_2$  แล้วก็จะถูกป้อนเข้าวงจรขยาย สัญญาณแบบบิวด์ ซึ่งอยู่ใน ไอซีเบอร์ TDA2822 แล้วให้เอาที่พุกออกทางขา 1 และขา 3 โดยถ้านำลวดมาต่อ ทดสอบตรงนี้ ก็จะต้องไม่มีขาคอนกรีตเลย

สำหรับวงจรนี้ อุปกรณ์ที่ทำยากที่สุด ก็คือ ขดลวดตัวนำโดย  $L_1$  ใช้ลวดอบน้ำยาเบอร์ 30 SWG หรือจะใช้สายโทรศัพท์แบบเส้นเดี่ยวไม่เรียงมาพันแทนก็ได้ พัน 3 รอบบนแกนอากาศเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ส่วน  $L_2$  ใช้ลวดอบน้ำยาเบอร์ 33-36 พัน 2 รอบ บนคอर्डฟอร์ม (coil form) เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ก็ใช้ได้แล้ว

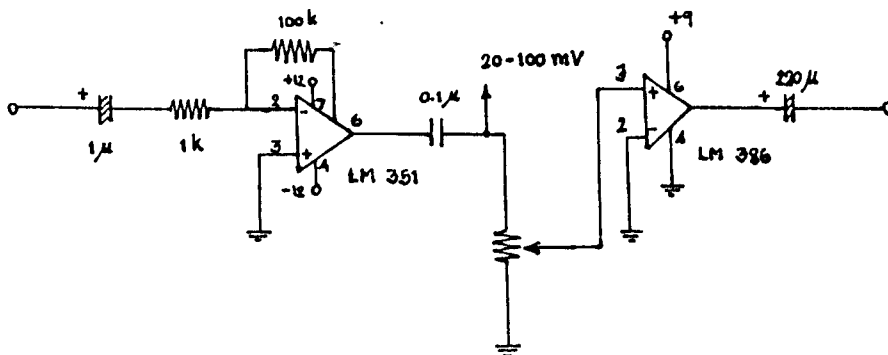
ในการปรับแต่งความถี่ให้ถูกต้อง กระทำได้โดยการปรับค่าความต้านทาน  $VR_1$  ให้ความถี่ของออสซิลเลเตอร์ค่าความถี่ที่ต้องการ โดยทางด้านเครื่องส่งจะต้องส่งข้อมูลมาให้ทางด้านรับด้วย เนื่องจากความถี่ที่ใช้งานใกล้เคียงกับความถี่ย่าน FM ดังนั้นอาจทำให้รับความถี่อื่นได้มากมาย ต้องพยายามปรับให้ได้ความถี่ที่ต้องการ พบว่าความต้านทานปรับค่าได้  $VR_1$  ถ้ายังมีจำนวนรอบมาก ก็จะสามารถปรับค่าความถี่ได้ละเอียดมากขึ้นเท่านั้น

สำหรับวงจรของเครื่องรับวิทยุแบบสเตอริโอ จะมีการแยกช่องสัญญาณซ้ายและขวาออกจากกัน โดยที่ใช้ไอซีเบอร์ MC1310P ซึ่งเป็น FM stereo demodulator นำมาใช้งานโดยนำสัญญาณเสียงที่ออกจากขาเอาท์พุทของไอซี TDA7000 มาเข้าขา 2 แล้วนำเอาท์พุทที่ได้จากช่องสัญญาณซ้าย (ขา 4) และช่องสัญญาณขวา (ขา 5) ไปใช้งาน



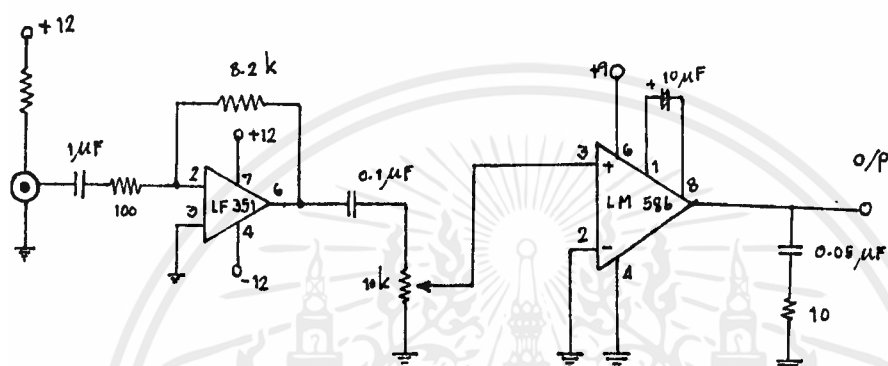
รูปที่ 4.7 วงจรเครื่องรับสเตอริโอที่สมบูรณ์แบบ

ในวงจรที่ได้ทำการทดลอง เนื่องจากว่าระดับสัญญาณที่ออกมา นั้น มีค่าต่ำมากๆ ประมาณ 2-10 mV ซึ่งเมื่อนำเอาไปเข้าวงจรดีมอดูเลชันแล้ว ก็อาจไม่ทำให้วงจรทำงานได้ จำเป็นจะต้องมีวงจรขยายเสียง เพื่อขยายสัญญาณที่ออกจากเอาต์พุตของเครื่องรับ FM เสียก่อน โดยใช้ไอซีเบอร์ LM 351 ทำหน้าที่เป็นปริแอมพลิฟายเออร์ (pre amplifier) และใช้ไอซีเบอร์ LM 386 ทำหน้าที่เป็นเพาเวอร์แอมพลิฟายเออร์ (power amplifier) ทำหน้าที่ขยายระดับสัญญาณที่มีค่าต่ำๆ ให้มีระดับตามที่ต้องการได้ โดยการปรับค่าอัตราส่วนของความต้านทาน ที่ต่อคร่อมระหว่างขา 2 กับขา 6 และความต้านทานที่ต่อระหว่างอินพุตกับขา 2 ให้มีค่ามากขึ้นตามต้องการ วงจรที่ใช้งานแสดงดังรูป 4.8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 4.8 วงจรขยายสัญญาณเสียง  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรนี้ นอกจากใช้ขยายสัญญาณเอาท์พุท จากเครื่องรับแล้ว ยังใช้เป็นวงจรขยายสัญญาณเสียง ที่ออกจากคอนเด็นเซอร์ไมโครโฟนได้อีกด้วย แต่เนื่องจากค่าระดับสัญญาณที่ออกจากตัวไมโครโฟนนั้นมีค่าต่ำมากๆ ทำให้ต้องเพิ่มอัตราขยายให้มากๆ ซึ่งอาจทำให้เกิดมีข้อเสียคือสัญญาณเสียงที่ออกมาจะเพี้ยนและมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นได้มาก แก้ไขได้บางส่วนคือใช้วงจรรองความถี่ต่ำผ่าน ดังรูปที่ 4.9

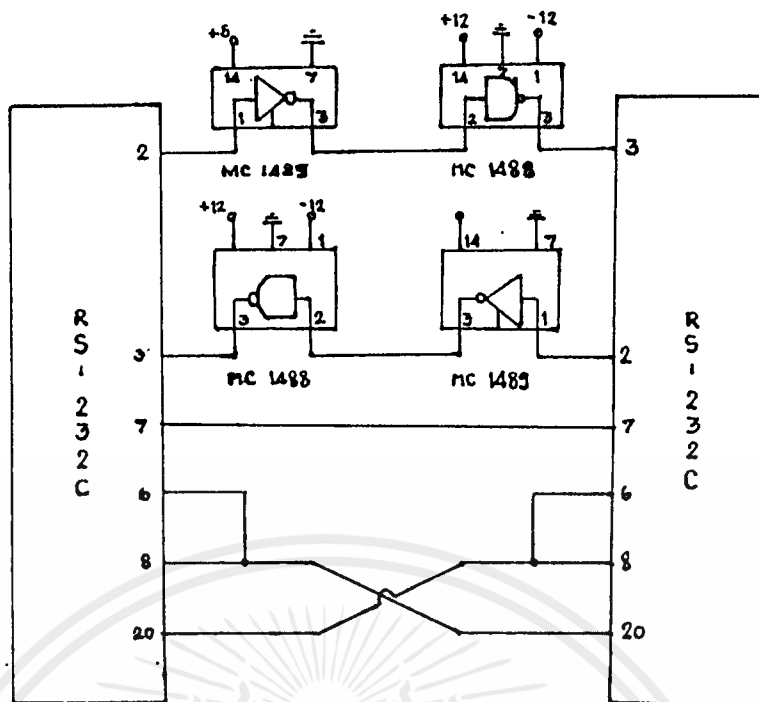


รูปที่ 4.9 วงจรขยายเสียงจากไมโครโฟน

#### 4.6 วงจรอินเทอร์เฟซกับเครื่องคอมพิวเตอร์

การส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์เข้าโมเด็ม ที่นิยมใช้กัน คือ ส่งข้อมูลออกมาที่พอร์ต RS-232C ซึ่งเป็นการส่งข้อมูลแบบอนุกรม โดยระดับแรงดันที่ส่งออกและเข้าพอร์ต RS-232C นี้ อยู่ในระดับ +12 โวลต์ และ -12 โวลต์ ดังนั้นส่วนโมเด็ม จึงจำเป็นต้องมีตัวแปลงระดับแรงดัน +12 และ -12 โวลต์ ให้อยู่ในระดับ TTL คือ 0 ถึง 5 โวลต์ ซึ่งในที่นี้เราใช้ไอซี MC 1489 โดยระดับแรงดันที่เข้าตัวไอซีนี้ถ้าเป็น 12 โวลต์ เมื่อผ่าน MC 1489 จะได้ระดับแรงดัน 0 โวลต์ และเข้ามา -12 โวลต์ ก็จะได้ระดับแรงดันเอาท์พุทเป็น 5 โวลต์ ส่วนในกรณีที่เราต้องการส่งข้อมูลเข้าพอร์ต RS-232C เราก็ต้องแปลงระดับแรงดัน 0 และ 5 โวลต์ ให้เป็น +12 โวลต์ และ -12 โวลต์ ซึ่งเราใช้ไอซี MC1488 โดยระดับแรงดัน 0 โวลต์ จะถูกแปลงเป็น +12 โวลต์ ส่วนระดับแรงดัน 5 โวลต์ ก็จะถูกแปลงเป็น -12 โวลต์ ดังจะเห็นการใช้งานดังรูป 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แสดงการอินเทอร์เฟสกับเครื่องคอมพิวเตอร์

เนื่องจากใช้อินเตอร์เฟส RS-232C ซึ่งมีข้อต่อแบบ 25 ขา โดยกำหนดการใช้งานเอาไว้ทั้งหมด 22 ขา และไม่ได้ใช้ 3 ขา สัญญาณแต่ละขาจะทำหน้าที่ของมันตามที่กำหนดเอาไว้ แต่โดยปกติแล้ว การรับส่งข้อมูลโดยทั่วไป เราใช้สัญญาณเพียง 8 ถึง 9 เส้น เท่านั้นก็พอ สัญญาณที่เหลือเราไม่นำมาใช้ เนื่องจากว่าบางเส้นเป็นสัญญาณรับส่งข้อมูล และสัญญาณควบคุมช่องสัญญาณสำรอง (Secondary Chanel) บางเส้นปล่อยว่างไว้และบางเส้นใช้สำหรับงานพิเศษบางอย่างเท่านั้น จึงไม่จำเป็นต้องนำมาใช้งานในที่นี้

สายเคเบิลที่ใช้รับส่งข้อมูลส่วนมาก จึงใช้สายเพียง 8 ถึง 9 เส้นเท่านั้น จากข้อต่อ 25 ขา สัญญาณแต่ละเส้นเรียงตามลำดับดังนี้คือ 1 2 3 4 5 6 7 8 20 และ 22 โดยที่ขาที่ 1 (Protective Ground) นั้นมักไม่จำเป็นต้องต่อใช้งาน จึงเหลือจำนวนสายที่ใช้เพียง 9 เส้น หน้าที่ของสัญญาณแต่ละเส้น ก็คือ

- ขาที่ 1(Protective Ground) เป็นสายดินของอุปกรณ์ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนโคจรอบ และลดการสอดแทรกสัญญาณอื่นที่จะเกิดมีขึ้นได้
- ขาที่ 2(Transmitted Data) ใช้สำหรับการส่งข้อมูล ซึ่งตามกฎเกณฑ์ของ RS-232C แล้ว จะหมายถึง DTE จะส่งข้อมูลออกมาที่ขา 2
- ขาที่ 3(Received Data) DTE จะทำการรับข้อมูลจากขา 3
- ขาที่ 4(Request To Send) เป็นสัญญาณ RTS ซึ่ง DTE ใช้แสดงต่อ DCE เมื่อมีไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นที่ไม่มีเหตุที่เปลี่ยนแปลงเนื้อหาและตยงยังไปยังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ความประสงค์ที่จะส่งข้อมูล สัญญาณ RTS นี้ อาจใช้เพื่อเปิดเครื่องโมเด็ม DTE จะไม่ส่งข้อมูล จนกระทั่งได้รับสัญญาณ CTS บนขา 5 จาก DCE

- ขาที่ 5 (Clear To Send) เรียกชื่อย่อว่า CTS ซึ่งเป็นสัญญาณตอบรับจาก DCE ว่า ตัว DCE พร้อมรับการสื่อสารแล้ว ซึ่งในกรณีที่ DCE มีความพร้อมและเตรียมพาสที่จะใช้ในการสื่อสารอยู่แล้ว ก็ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องหน่วงเวลาระหว่าง RTS และ DCE

- ขาที่ 6 (Data Set Ready) เรียกชื่อย่อว่า DSR เป็นสัญญาณที่ส่งออกจาก DTE เพื่อแจ้ง DCE ให้รู้ว่าโมเด็มได้เปิดเครื่องรอกอยู่แล้วนั่นคือ ตัวรับพร้อมที่จะรับข้อมูลแล้ว

- ขาที่ 7 (Signal Ground) เป็นขากาวรัด ซึ่งใช้เพื่อก่อให้เกิดเส้นทาง หรือจุดอ้างอิง ร่วมกันของสัญญาณรวมทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นสัญญาณข้อมูล, สัญญาณนาฬิกาหรือสัญญาณต่างๆ ขา 7 นั้น จำเป็นต้องต่อระหว่าง DTE และ DCE เพื่อให้เครื่องทำงานร่วมกันได้อย่างถูกต้อง การต่อ กาวรัดขา 7 นี้ ควรระวังเรื่องความต่างศักย์อื่นเนื่องมาจากความต้านทานของสายด้วย ถ้า กาวรัดไม่ดีมันก็เป็นสาเหตุ ทำให้การรับข้อมูลมาตีความไม่ถูกต้องได้

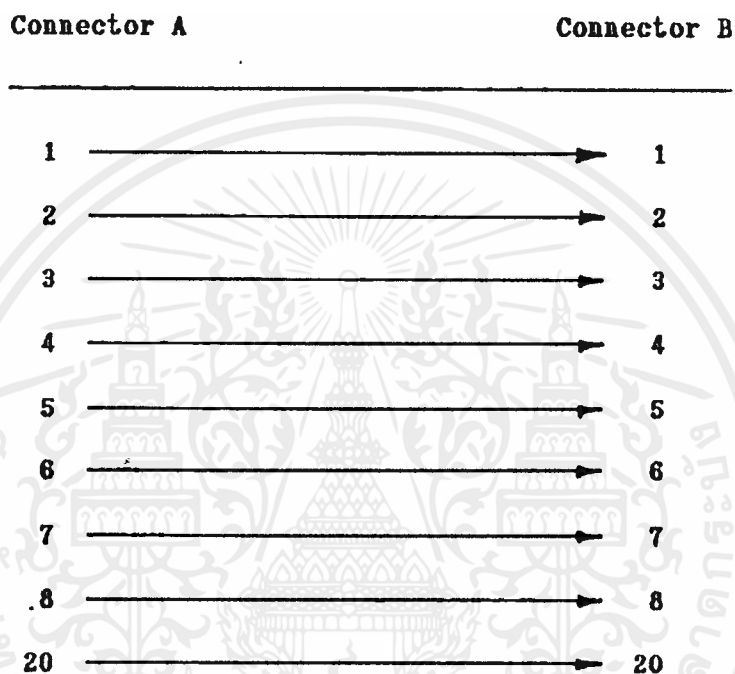
- ขาที่ 8 (Data Carrier Detect) เป็นขาที่ใช้ในการตรวจจับสัญญาณจากสาย โมเด็ม จะทำการยืนยันด้วยสัญญาณ CAR-DET เมื่อมันได้รับสัญญาณคลื่นพาหะ ที่มีระดับพอเพียงกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในการรับส่งข้อมูล DTE ส่วนใหญ่ต้องการสัญญาณนี้ ก่อนที่จะมีการยอมส่งและรับข้อมูล และด้วยเหตุนี้เอง ในการส่งข้อมูลที่ไม่ผ่านโมเด็ม (การส่งข้อมูลโดยตรงระหว่าง DTE ต่อ DTE) โดยขาที่ 8 นั้นโดยปกติจะถูกต่อโดยตรงกับขาที่ 20

- ขาที่ 20 (Data Terminal Ready) เรียกชื่อย่อว่า DTR ใช้เพื่อแจ้ง DCE ในการพร้อม ที่จะตอบรับการสื่อสารที่จะมีผ่านโมเด็มเข้ามาแล้ว

- ขาที่ 22 (Ring Indicator) เป็นขา RI ซึ่งเป็นสัญญาณที่ DCE บอก DTE ว่ามีการ เรียกโทรศัพท์เข้ามาตามสายปกติ ซึ่งปกติ DTE จะสั่งให้โมเด็มตอบรับการสื่อสารนั้นโดยใช้ สัญญาณ DTR ส่งผ่านขาที่ 20

สายเคเบิลของการรับส่งข้อมูลอนุกรม แบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ สายตรงและสายสลับ สาเหตุที่ต้องมีสาย 2 แบบ เพราะว่าการเชื่อมต่อ ข้อมูลมี 2 กรณี คือคอมพิวเตอร์ต่อกับ คอมพิวเตอร์ และคอมพิวเตอร์ต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ เมื่อเราต่อคอมพิวเตอร์เข้ากับคอมพิวเตอร์ เพื่อรับส่งข้อมูลกัน สายสัญญาณรับส่งข้อมูลต้องสลับไขว้กัน เพื่อให้สัญญาณส่งของตัวแรก ไปเข้า สัญญาณรับของตัวที่ 2 เราเรียกสายเคเบิลแบบนี้ว่า สายสลับ ส่วนการต่อคอมพิวเตอร์เข้ากับ อุปกรณ์ต่อพ่วงนั้น สายสัญญาณของอุปกรณ์ต่อพ่วงนั้น เช่น โมเด็มและพล็อตเตอร์ (Plotter) มัก จะสลับสัญญาณรอกับไขว้กันในแล้ว สายเคเบิลจากเครื่องคอมพิวเตอร์จึงต่อตรงเข้าแต่ละเส้นของ

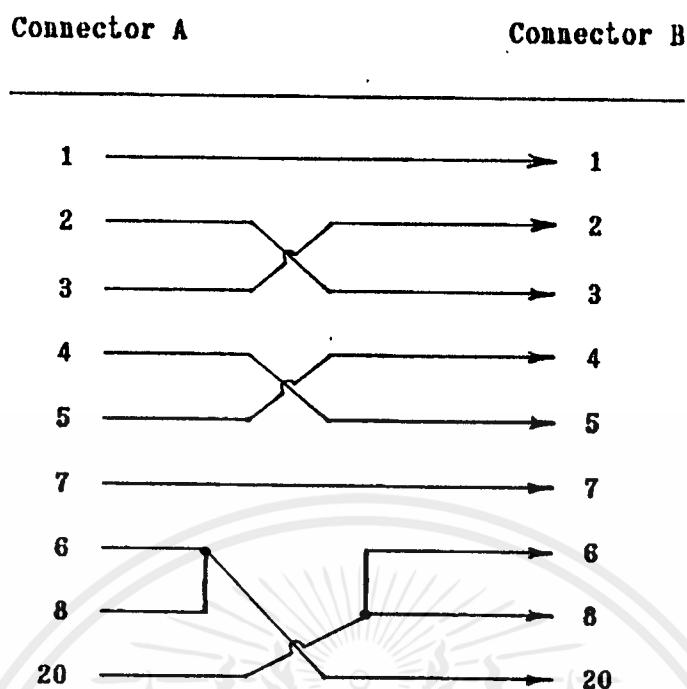
สายไวท์ภายใน เราต้องใช้สายสลับล้อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์นั้น ไม่จำเป็นต้องใช้สายตรงเสมอไป การต่อสายเคเบิลแบบสายตรงนั้นไม่ยุ่งยากเท่าใดนัก เนื่องจากสัญญาณแต่ละเส้นตามบอร์ดต่างๆ ของ DB-25 จะเชื่อมต่อเข้าหากันโดยตรงๆ ทั้ง 8 เส้นหรือ 9 เส้น ความสัญญาณที่ใช้อย่างที่กล่าวถึงในตอนต้น ดังรูป 4.11



รูปที่ 4.11 การต่อสายตรงของ RS-232C

สำหรับสายเคเบิลแบบสลับล้อ สัญญาณรับและส่งข้อมูล และสัญญาณควบคุมต้องเชื่อมต่อกันให้ถูกต้องของมัน จึงจะสามารถรับส่งข่าวสารได้ ขา 2 และขา 3 ต่อสลับล้อกันให้สัญญาณส่งไปเข้าขารับข้อมูล และขารับข้อมูลต่อเข้าขาส่งข้อมูลของอีกด้านหนึ่ง ขา 4 กับขา 5 ต่อสลับล้อกัน เป็นการทำให้คอมพิวเตอร์ทั้งสองรู้ว่า อีกฝ่ายหนึ่งพร้อมที่จะรับส่งข้อมูลหรือไม่ ส่วนขาที่ 7 ต่อถึงกันโดยตรง เพราะเป็นกราวด์ของแต่ละด้าน ขาที่ 6 กับขาที่ 8 ต่อเข้าหากัน และไปต่อกับขาที่ 20 ของอีกด้านหนึ่ง สายสลับบางที่อาจต่อแตกต่างจากที่ว่ามันก็ทำให้สัญญาณควบคุมถูกต้องเหมือนกัน แผนผังการต่อสายแบบสลับล้อแสดงดังรูป 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 การต่อสายสลับบของ RS-232C

สายสลับบมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Null Modem Cable ซึ่งหมายถึงการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ 2 เครื่องโดยไม่ผ่านโมเด็ม

ข้อดีของการใช้สายเคเบิลส่งข้อมูลไม่ผ่านโมเด็มก็คือเราสามารถรับส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงสุดถึง 9600 บิตต่อวินาที ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ ได้ระยะทางไกลๆ ซึ่งสะดวกรวดเร็วกว่าการส่งข้อมูลผ่านโมเด็มมาก

#### 4.7 โปรแกรมควบคุมระบบสื่อสารข้อมูล

จากโครงการงานเป็นการใช้งานผ่านพอร์ตอนุกรม ซึ่งการใช้งานผ่านพอร์ตอนุกรมสามารถทำได้ 3 วิธี คือ ผ่านทางคอสม์ ผ่านทาง BIOS และสุดท้ายก็คือ การเขียนโปรแกรมควบคุมพอร์ตอนุกรมโดยตรง

การเรียกใช้พอร์ตอนุกรมผ่านทางคอสม์นั้น ไม่เหมาะสมเท่าใดนัก เพราะคอสม์ไม่มีวิธีที่จะคุณสมบัติของการรับส่งและตัวพอร์ตอนุกรมว่าการรับส่งข้อมูลถูกต้องหรือไม่เพียงใด ส่วนการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรมโดยตรงนั้นคงไม่จำเป็น เพราะมีวิธีที่ดีกว่าและง่ายกว่า คือการเรียกใช้ผ่าน BIOS อินเทอร์เน็ตหมายเลข 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การเตรียมสถานะเริ่มต้นของพอร์ต

การเตรียมสถานะของพอร์ตคอนนุกรมทำได้โดยผ่านอินเทอร์เฟซหมายเลข 14 ฟังก์ชันหมายเลข 0 โดยมีวีจีเอสเตอร์ AH เป็นตัวผ่านค่าหมายเลขของฟังก์ชัน วีจีเอสเตอร์ AL เป็นตัวผ่านค่ารหัสที่จะตั้งสถานะของพอร์ตคอนนุกรม โดยมีความหมายของแต่ละบิตดังตารางที่ 1

ตัวอย่างการใช้รหัสเพื่อเตรียมสถานะของพอร์ตคอนนุกรม เช่น ถ้าต้องการตั้งให้พอร์ตมีอัตรา 1200 บอด , มีพาริตีคู้, 1 บิตสิ้นสุด, และใช้ 8 บิตต่อ 1 ไบต์ จะได้รูปแบบรหัสดังตารางที่ 2

หมายเลขประจำบิต	ความหมาย
7, 6, 5	อัตราการรับส่งข้อมูล 100 = 1200 baud 101 = 2400 baud 110 = 4800 baud 111 = 9600 baud
4, 3	พาริตี <sup>ข</sup> 00 หรือ 10 = ไม่มีพาริตี <sup>ข</sup> 01 = พาริตีค <sup>ข</sup> 11 = พาริตีค <sup>ข</sup>
2	จำนวนของบิตสิ้นสุด 0 = 1 บิตสิ้นสุด 1 = 2 บิตสิ้นสุด
1, 0	จำนวนบิตในข้อมูล 1 ไบต์ 10 = 7 บิต 11 = 8 บิต

ตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิตที่	7	6	5	4	3	2	1	0
รหัส	1	0	0	1	1	0	1	1

ตารางที่ 2

ฟังก์ชันแสดงการเตรียมสถานะของพอร์ตของระบบ คือ `init_port()`

```

/* ฟังก์ชันนี้ทำหน้าที่เตรียมสถานะเริ่มต้นของพอร์ต */
void port_init(port,code)
int port;
unsigned char code;
{
    union REGS r;
    r.x.dx = port; /*หมายเลขพอร์ตตอนกรม*/
    r.h.ah = 0 ; /*เรียกฟังก์ชันหมายเลข 0 ทำหน้าที่เตรียมสถานะ*/
    r.h.al = code; /*รหัสตั้งสถานะเริ่มต้น*/
    int86(0x14,&r,&r);
}

```

### การส่งข้อมูลผ่านพอร์ตตอนกรม 1 ไบต์

อินเทอร์วัตต์หมายเลข 14 ฟังก์ชันหมายเลข 1 ของ BIOS ทำหน้าที่ส่งข้อมูล 1 ไบต์ ออกทางพอร์ตตอนกรม หมายเลขของพอร์ตตอนกรมที่จะทำการส่งข้อมูล สามารถกำหนดได้ผ่าน รีจิสเตอร์ DX และข้อมูลที่ต้องการส่งจะอยู่ในรีจิสเตอร์ AL เมื่อทำการส่งข้อมูลเสร็จเรียบร้อย แล้ว สถานะของการส่งข้อมูลจะปรากฏที่รีจิสเตอร์ AH เพื่อใช้สำหรับตรวจสอบว่า การส่งข้อมูล เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ถูกต้องหรือไม่ ไม่ว่าจะผิดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของฟังก์ชัน sport() มีดังนี้

```

/*ฟังก์ชันที่ทำหน้าที่ส่งตัวอักษรออกทางพอร์ตอนุกรม*/
void sport(port,c)
int port; /*หมายเลขของพอร์ต*/
char c; /*ตัวอักษรที่ต้องการจะส่ง*/

{
    union REGS r;

    r.x.dx = port; /*กำหนดหมายเลขพอร์ต*/
    r.h.al = c ; /*ตัวอักษรที่ต้องการส่ง*/
    r.h.ah = 1 ; /*ฟังก์ชันหมายเลข 1 ทำหน้าที่ส่งข้อมูล 1 ไบต์*/

    int86(0x14,&r,&r);
    if(r.h.ah & 128) { /*ตรวจดู บิตที่ 7 */

        printf("send error detected in serial port");
        exit(1);
    }
}

```

ถ้าบิต 7 ของรีจิสเตอร์ AH มีค่า 1 เมื่อส่งข้อมูลเสร็จสิ้น แสดงว่าเกิดความผิดพลาดในการส่งข้อมูลขึ้น จะต้องตรวจสอบสถานะของพอร์ต เพื่อดูว่าเกิดความผิดพลาดอะไร

**การตรวจสอบสถานะของพอร์ตอนุกรม**

ฟังก์ชันหมายเลข 3 ของอินเทอร์พรีตหมายเลข 14 ของ BIOS ใช้ตรวจสอบสถานะของพอร์ต

อนุกรม รีจิสเตอร์ DX ใช้สำหรับหมายเลขพอร์ตที่จะตรวจสอบ สถานะของพอร์ตสามารถแปลเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับมูลค่าให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ความหมายได้จากรหัสที่ปรากฏในรีจิสเตอร์ AH และ AL ดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานะของสายส่ง(AH)	
ความหมายของแต่ละบิตเมื่อมีค่าเป็น 1	ตำแหน่งของบิต
Data Ready	0
Overrun Error	1
Parity Error	2
Framing Error	3
Break-Detect Error	4
Transfer hold-register empty	5
Transfer shift-register empty	6
Time-out Error	7

ตารางที่ 3

สถานะของโมเด็ม(AL)	
ความหมายของแต่ละบิตเมื่อมีค่าเป็น 1	ตำแหน่งของบิต
Change in clear-to-send	0
Change in data-set-ready	1
Trailing-edge ring detector	2
Change in line signal	3
Clear-to-send	4
Data-set-ready	5
Ring indicator	6
Line signal detector	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4

จะเห็นว่าสัญญาณสถานะต่างๆ ส่วนใหญ่จะใช้งานกับโมเด็ม ดังนั้นเมื่อนำมาใช้กับอุปกรณ์อื่น จึงลดความสำคัญลง แต่ก็ยังมีสัญญาณอีกสัญญาณหนึ่งที่มีความสำคัญมากก็คือ Data Ready ซึ่งจะ เป็นตัวบอกว่า เมื่อไหร่ที่ข้อมูลถูกรับเข้ามา และพร้อมที่จะถูกอ่านเข้าไปเก็บ ฟังก์ชันที่ทำหน้าที่อ่าน ข้อมูลจากพอร์ต โดยจะใช้สถานะ Data Ready เป็นตัวบอกว่าข้อมูลพร้อมที่จะถูกอ่านแล้วหรือยัง คือฟังก์ชัน rport()

#### การรับข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม 1 ไบต์

การรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม สามารถทำได้โดยเรียกผ่าน BIOS อินเทอร์วัลหมายเลข 14 ฟังก์ชันหมายเลข 2 รีจิสเตอร์ DX ใช้สำหรับกำหนดหมายเลขพอร์ต ข้อมูลที่อ่านได้จะเก็บใน รีจิสเตอร์ AL เมื่ออ่านข้อมูลเสร็จแล้ว สถานะของข้อมูลและพอร์ตจะสามารถตรวจดูได้ที่บิต 7 ของรีจิสเตอร์ AH

ฟังก์ชัน rport() มีหน้าที่อ่านข้อมูลเข้า 1 ไบต์

/\*ฟังก์ชันทำหน้าที่อ่านตัวอักษรจากพอร์ตอนุกรม\*/

```
void rport(port)
```

```
int port; /*หมายเลขพอร์ต*/
```

```
{
```

```
union REGS r;
```

```
/*รอกันว่าจะได้รับตัวอักษร*/
```

```
while(!(check_stat(PORT)&256))
```

```
if(kbhit()) { /*ขกเล็กเมื่อมีการกดคีย์*/
```

```
getch();
```

```
exit(1);
```

```
}
```

```
r.x.dx = port; /*กำหนดหมายเลขพอร์ต*/
```

```
r.h.ah = 2 ; /*ฟังก์ชันหมายเลข 2 ทำหน้าที่อ่านตัวอักษร*/
```

```
int86(0x14,&r,&r);
```

```
if(r.h.ah & 128)
```

```
printf("read error detect in serial port");
```

```
return r.h.al;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของฟังก์ชันนี้คือ จะรอจนกระทั่งข้อมูลถูกรับมาผ่านพอร์ตคอนนุกรม แล้วส่งค่า อักษรกลับมา แต่ว่าการทำงานเช่นนี้อาจทำให้โปรแกรมไม่หลุดจากลูปการทำงาน เช่น เมื่อ สายส่งของพอร์ตเกิดเสีย ดังนั้นจึงต้องตรวจสอบสถานะของพอร์ตคอนนุกรมก่อน ฟังก์ชัน `kbbhit()` ใช้ ตรวจสอบการกดคีย์ ถ้าหากไม่มีข้อมูลผู้ใช้ก็สามารถกดคีย์ใดคีย์หนึ่งเพื่อออกจากลูปได้ แต่ถ้ามีการรับข้อมูลเข้ามา ฟังก์ชันก็จะผ่านไปเรียกอินเทอร์พรีตเพื่ออ่านข้อมูลเข้ามา และเช่นเดียวกับ การส่งข้อมูลบิต 7 ของวีจีเอสเคอร์ AH ใช้บอกว่า การอ่านข้อมูลมีข้อผิดพลาดหรือไม่

### การโอนย้ายข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์

เมื่อระบบการโอนย้ายข้อมูล ไม่มีระบบการตรวจสอบทางด้านฮาร์ดแวร์ หนทางเดียวที่จะ สามารถรู้สถานะของการส่งข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ ก็จะต้องทำโดยผ่านทางซอฟต์แวร์ ซึ่งมีหลัก การทำงานดังนี้ คือ คอมพิวเตอร์ด้านส่ง เมื่อส่งข้อมูลไบต์แรกออกไปแล้ว ก็จะรอให้คอมพิวเตอร์ ด้านรับ ส่งสัญญาณตอบรับกลับมาว่ารับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว จึงจะส่งข้อมูลไบต์ต่อไปออกไป แล้วก็ รอรับสัญญาณตอบรับอีก เช่นนี้เรื่อยไปจนกว่าจะส่งข้อมูลจนหมด ซึ่งวิธีการนี้ เรียกว่า ซอฟต์แวร์ แฮนด์เชคกิ้ง (Software Handshaking)

ด้วยวิธีการนี้ การส่งข้อมูลจะไม่มีทางผิดพลาดเลย ถึงแม้ว่าคอมพิวเตอร์ทั้งสองเครื่องจะมี ความเร็วแตกต่างกันก็ตาม ข้อเสียของวิธีนี้ก็คือ อัตราการส่งข้อมูลจะลดลงครึ่งหนึ่ง เพราะว่าใน การส่งข้อมูลแต่ละไบต์ จะต้องใช้การส่งและรับอย่างละครึ่ง เพื่อการตรวจสอบสถานะของคอมพิว เตอร์ด้านรับว่าพร้อมหรือไม่

### การส่งไฟล์ข้อมูล

ฟังก์ชันที่จำเป็นสำหรับการโอนย้ายไฟล์ผ่านพอร์ตคอนนุกรมก็คือ ฟังก์ชัน `send_file()` ที่ทำ หน้าที่เปิดไฟล์ที่จะทำการส่ง นับจำนวนไบต์ในไฟล์ข้อมูลนั้น ส่งขนาดของไฟล์ให้แก่คอมพิวเตอร์ ทางด้านรับสุดท้ายก็ทำการโอนไฟล์ตามขนาดที่ส่งไป

```
/*ฟังก์ชันทำหน้าที่ส่งไฟล์ที่กำหนด*/
```

```
void send_file(fname)
```

```
char *fname;
```

```
{
```

```

char ch;

union {
    char c[2];
    unsigned int count;
} cnt

if(!(fp=fopen(fname,"rb"))) {
    printf("cannot open input file\n");
    exit(1);
}

send_file_name(fname); /*ส่งชื่อไฟล์*/
wait(PORT); /*รอก่อนที่จะมีการตอบรับ*/
/*หาขนาดของไฟล์*/
cnt.count = filesize(fp);
/*ส่งขนาดของไฟล์*/
sport(PORT,cnt.c[0]);
wait(PORT);
sport(PORT,cnt.c[1]);

do {
    ch =getc(fp);
    if(ferror(fp)) {
        printf("error reading input file");
        break;
    }

    /*รอก่อนที่คอมพิวเตอร์ด้านรับจะพร้อม*/
    if(!feof(fp)) {
        wait(PORT);
        sport(PORT,ch);
    }
}

```

```

) while(!feof(fp));
    wait(PORT);    /*อ่านเครื่องหมายจุด(.)ตัวสุดท้ายจากพอร์ต*/
    fclose(fp);
)

```

ฟังก์ชัน `send_file_name()` ทำหน้าที่สองอย่างคือ ทำหน้าที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ด้านรับ และทำการส่งไฟล์ไปให้คอมพิวเตอร์ด้านรับ

สำหรับฟังก์ชัน `check_stat()` ใช้สำหรับตรวจสอบสถานะของพอร์ตคอมที่เรากำหนด ส่วนฟังก์ชัน `wait()` ใช้สำหรับรอการตอบรับจากคอมพิวเตอร์ด้านรับ ซึ่งเป็นการทำงานของซอฟต์แวร์บนวินเซคกิ้ง

```

/* ฟังก์ชันนี้ทำหน้าที่รอจนกว่าจะมีการตอบรับ*/
void wait(PORT)
int port;
{
    if(rport(port)!='.') {
        printf("communication error\n");
        exit(1);
    }
}
)

```

ถ้าเกิดข้อผิดพลาดในการส่งข้อมูลขึ้น ฟังก์ชันนี้จะหลุดจากการทำงานแล้วกลับไปสู่โปรแกรมหลัก แต่ถ้าหากว่าต้องการจัดการกับข้อผิดพลาดเอง ก็สามารถทำได้เช่นกันจากรหัส `exit(1)` ฟังก์ชัน `file_size()` ทำหน้าที่หาขนาดของไฟล์ในหน่วยไบต์

### การรับไฟล์ข้อมูล

มีการมวธิที่ซ้อนกันกับการส่งไฟล์ข้อมูลคือ เริ่มด้วยการรอจนกว่าจะได้รับสัญญาณเข้ามา ฟังก์ชันนี้จะทำการตอบรับการส่งข้อมูล จากนั้นก็จะอ่านชื่อไฟล์เข้ามา ตามด้วยขนาดของไฟล์

สุดท้ายจะเป็นข้อมูลแต่ละไบต์ของไฟล์ เมื่อมีการอ่านข้อมูลเข้ามาที่ละไบต์ จะมีการตอบรับกลับไป  
 ผู้คอมพิวเตอร์ด้านส่งเสมอ เพื่อเป็นการบอกว่าได้รับข้อมูลเรียบร้อยแล้วหรือไม่  
 ฟังก์ชันที่ rec\_file() มีรายละเอียดดังนี้

```

/*ฟังก์ชันที่กำหนดหน้าที่รับไฟล์*/
void rec_file()
{
    FILE *fp;
    char ch;
    char fname[14];
    union {
        char c[2];
        unsigned int count;
    } cnt;

    get_file_name(fname); /*รับชื่อของไฟล์*/
    printf("receiving file %s\n",fname);
    remove(fname);
    if(!(fp=fopen(fname,"wb"))) {
        printf("cannot open output file\n");
        exit(1);
    }

    /*หาขนาดของไฟล์*/
    sport(PORT, '.'); /*ตอบรับ*/
    cnt.c[0] = rport(PORT);
    sport(PORT, '.'); /*ตอบรับ*/
    cnt.c[1] = rport(PORT);
    sport(PORT, '.'); /*ตอบรับ*/
}

```

```

for(;cnt.count,cnt.count--) {
    ch = rport(PORT);
    putc(ch,fp);
    if(ferror(fp)) {
        printf("error writing file");
        exit(1);
    }
    sport(PORT,'.'); /*ตอบรับ*/
}
fclose(fp);
}

```

ฟังก์ชันที่ทำหน้าที่รับชื่อไฟล์เข้ามามีรายละเอียดดังนี้

```

/*ฟังก์ชันที่ทำหน้าที่รับชื่อไฟล์*/
void get_file_name(f)
char *f;
{
    printf("receiver waiting...\n");
    while(rport(PORT)!='?');
    sport(PORT,'.'); /*ตอบรับ*/
    while(*f=rport(PORT)) {
        if(*f!='?'); {
            f++;
            sport(PORT,'.'); /*ตอบรับ*/
        }
    }
}
}

```

บทที่ 5

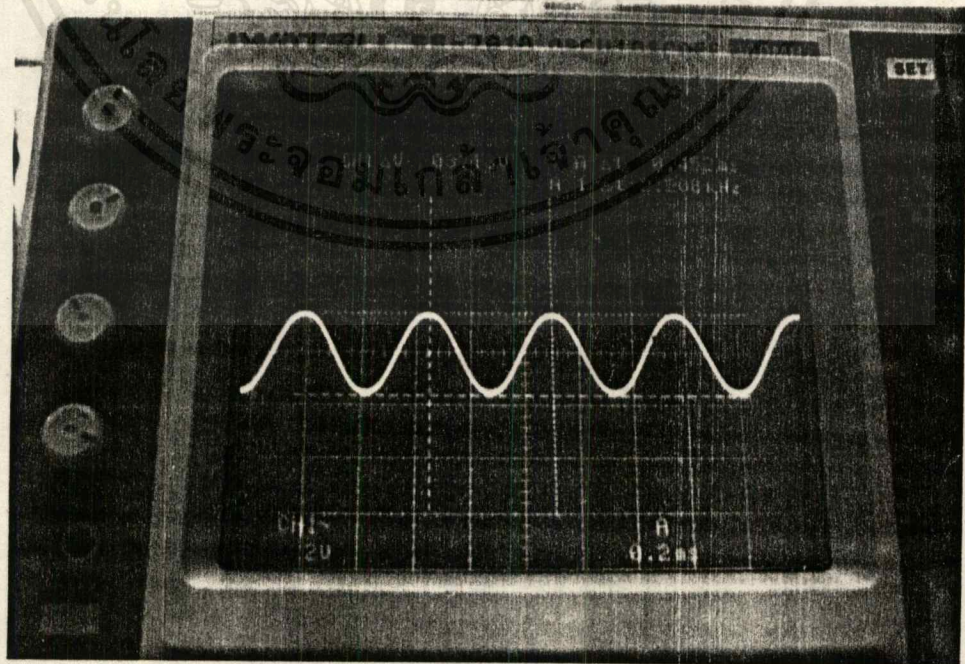
การทดลองและผลการทดลอง

5.1 การทดลองวัดค่าอุปกรณ์มอดูเลชั่น

เมื่อป้อนสัญญาณอินพุตดิจิทัล แรงดัน 5 v ความถี่ 14 Hz เข้าที่ขา 9 ของไอซีเบอร์ XR2206 ซึ่งเป็นวงจรมอดูเลชั่นที่ใช้ความถี่ 1200 บอด มอดูเลทแบบ FSK วัดความถี่ที่ได้จากการมอดูเลทสัญญาณดิจิทัล ดังนี้

สัญญาณข้อมูล	ความถี่สัญญาณอนาล็อก
ลอจิก "1"	2200 Hz
ลอจิก "0"	1200 Hz

รูปสัญญาณที่ได้จากการมอดูเลทจะเป็นคลื่นรูปไซน์ โดยมีระดับสัญญาณประมาณ 3 V<sub>p-p</sub> แสดงดังรูป 5.1

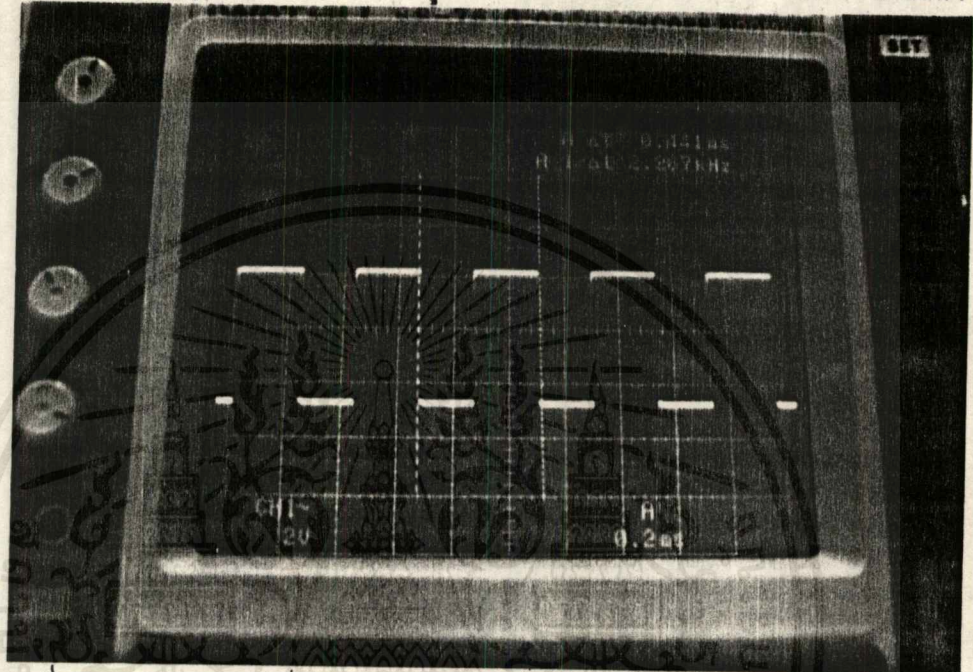


รูปที่ 5.1 แสดงสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรมอดูเลเตอร์ เมื่อป้อนลอจิก "0"

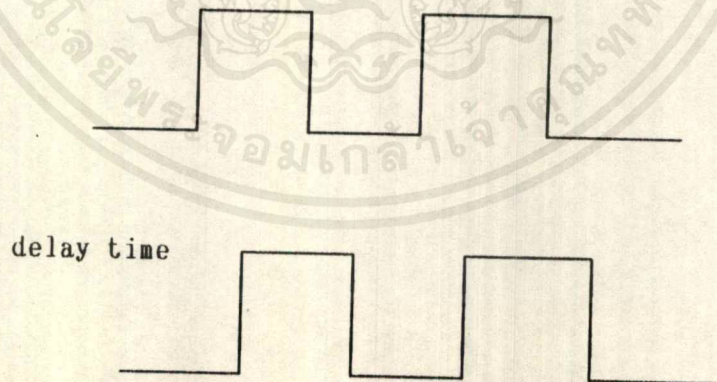
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 การทดลองวัดค่าอุปกรณ์มอดูเลชัน

เมื่อทำการป้อนสัญญาณที่ออกจากเอาต์พุตของวงจรมอดูเลชัน ซึ่งเป็นสัญญาณรูปซายน์ มีแอมพลิจูด  $3V_{p-p}$  เข้าที่ขา 2 ของไอซี XR2211 ซึ่งเป็น เอฟเอสเคดีมอดูเลเตอร์ (FSK demodulator) ป้อนไฟ +12 โวลต์ เข้าที่ขา 1 ทำการวัดสัญญาณเอาต์พุตที่ขา 7 ของไอซี XR2211 จะทำให้ได้สัญญาณรูปพัลส์ซึ่งมีค่าแอมพลิจูด 2 ระดับ คือ 0 กับ +5 โวลต์ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 แสดงสัญญาณที่ออกจากวงจร FSK demodulator เมื่อป้อนลอจิก "1"

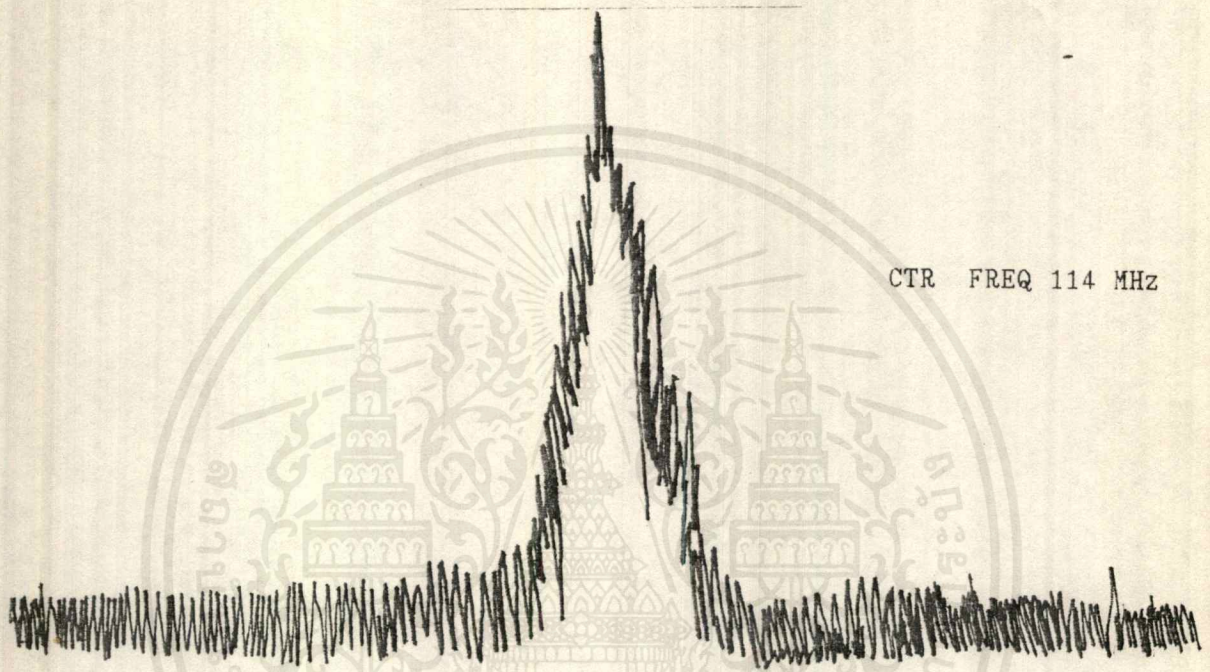


รูปที่ 5.3 เอาต์พุตของวงจรมอดูเลเตอร์เมื่อเทียบกับวงจรมอดูเลเตอร์

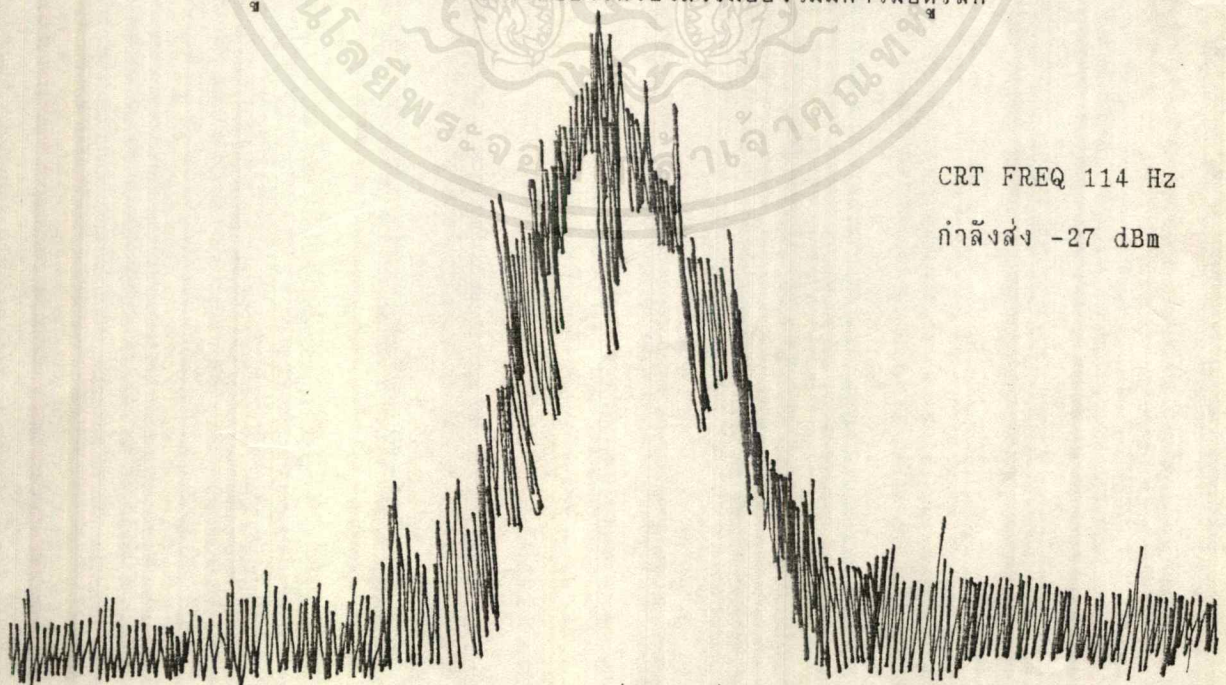
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยใช้ Frequency Spectrum Analyser วัด โดยปรับความถี่ 18 Hz เข้าไปที่ขา 9 FSK อินพุต เมื่อทำการวัดสัญญาณอินพุตเทียบเอาต์พุต โดยเฟสซีฟไป 10.7 Hz

### 5.3 การวัดคุณสมบัติของอุปกรณ์เครื่องส่ง

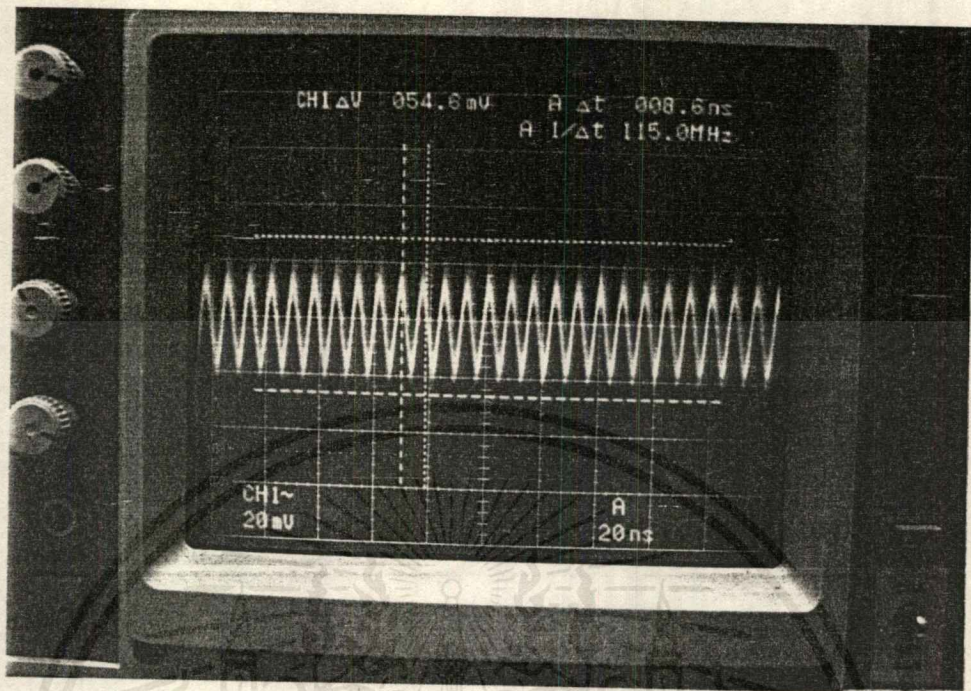


รูปที่ 5.4 แสดงสเปกตรัมของเครื่องส่งเมื่อยังไม่มีการมอดูเลต

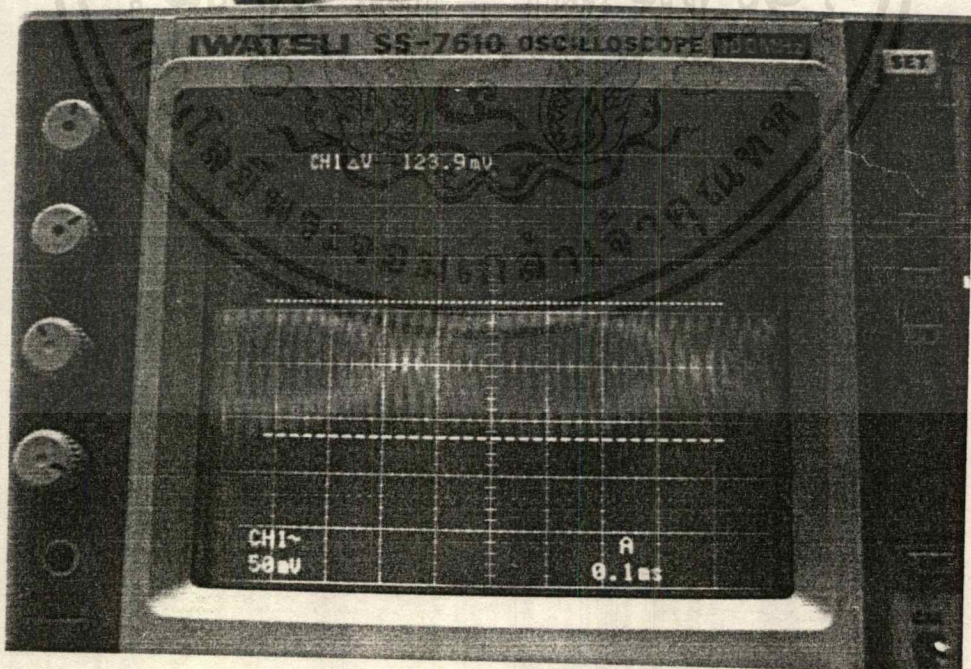


รูปที่ 5.5 แสดงสเปกตรัมของเครื่องส่งเมื่อผ่านการมอดูเลตแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



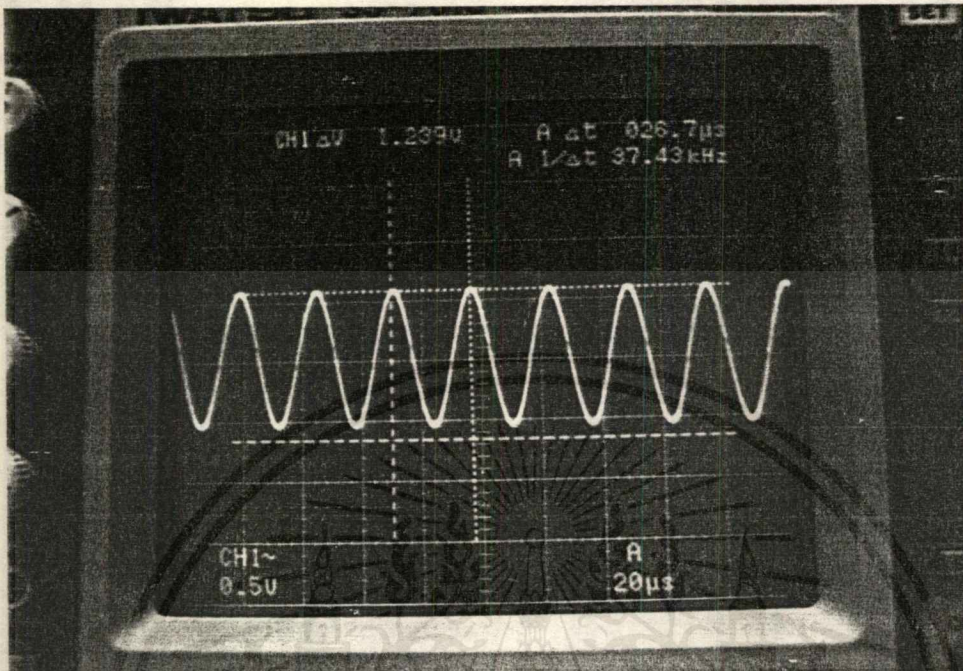
รูปที่ 5.6 สัญญาณของเอาต์พุตของเครื่องส่ง เมื่อไม่มีการมอดูเลต  
สำหรับความถี่วัดจากสโคปขนาด 100 MHz



รูปที่ 5.7 สัญญาณของเอาต์พุตของเครื่องส่ง เมื่อมีการมอดูเลตสำหรับความถี่

แอมพลิฟายด์ 200 มิลลิโวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 แสดงสัญญาณที่คริสตอลผลิตความถี่ 38 kHz

สัญญาณเมื่อมอดูเลตแล้ว จะหาค่าดัชนีการมอดูเลชัน (Modulation Index)

$$\begin{aligned}
 m_f &= v_f / f_s \\
 &= 12.5 \text{ kHz} / 4 \text{ kHz} \\
 &= 3.1
 \end{aligned}$$

เปอร์เซ็นต์การมอดูเลต (Percent Modulation)

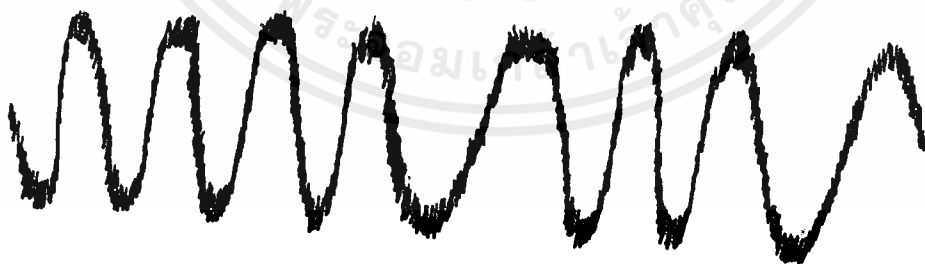
$$\begin{aligned}
 M &= (v_f \text{ actual} \times 100) / v_f \text{ max} \\
 &= (12.5 \text{ kHz} \times 100) / 10 \text{ kHz} \\
 &= 125 \%
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 5.4 การวัดคุณสมบัติของเครื่องรับ



รูปที่ 5.8 แสดงสัญญาณที่ออกจากเครื่องรับวิทยุเมื่อป้อนความถี่ 18 kHz

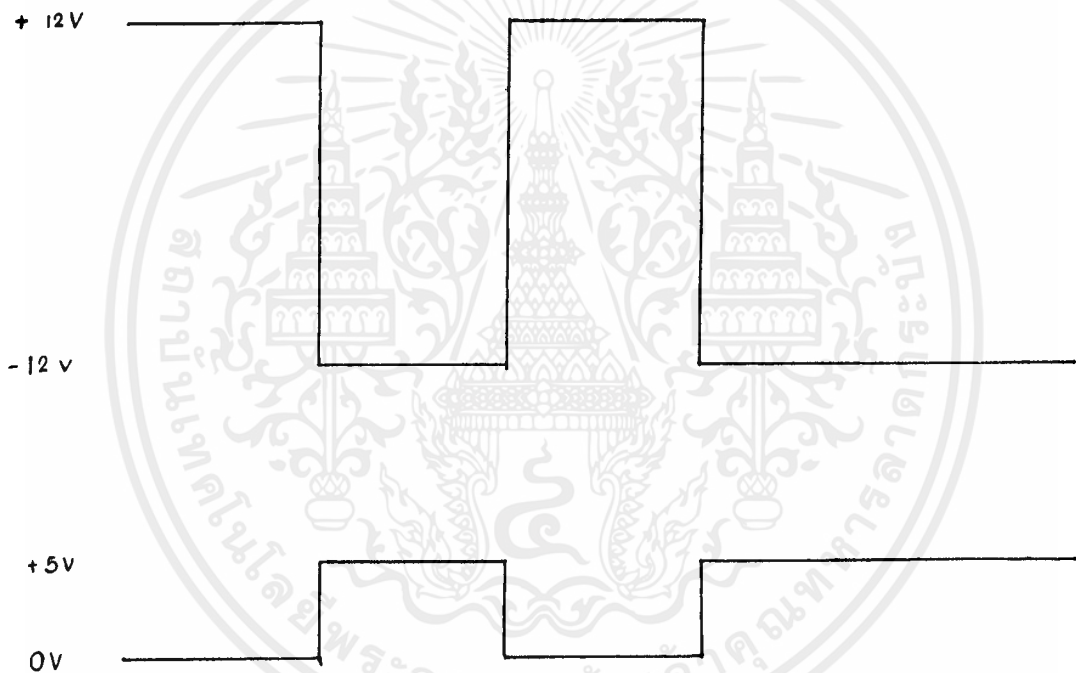


รูปที่ 5.9 แสดงสัญญาณที่ออกจากเครื่องรับวิทยุและผ่านวงจรมายแล้ว

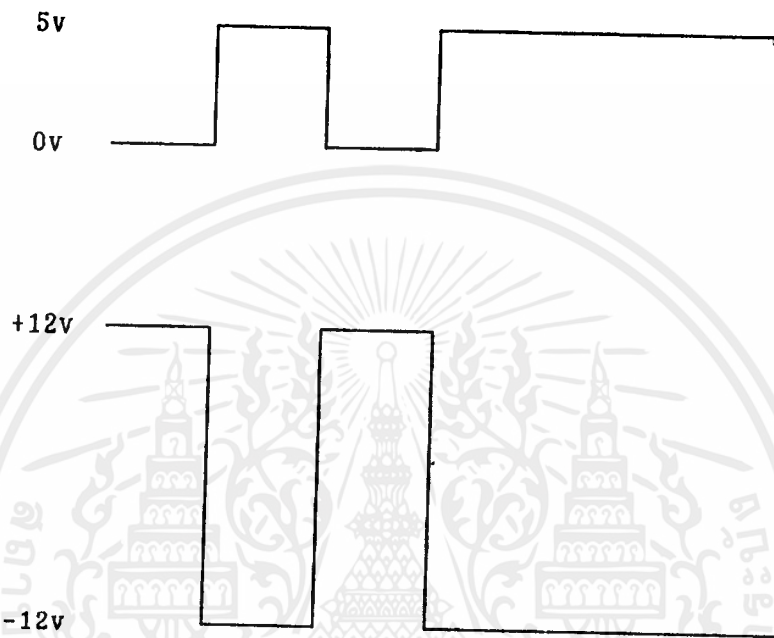
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.5 การวัดค่าของภาคการอินเทอร์เฟส

เนื่องจากภาคอินเทอร์เฟส เป็นการเปลี่ยนระดับของสัญญาณ ของRS-232C ซึ่งมีระดับบวก และ ลบ 12 โวลต์ ไปเป็นระดับสัญญาณทีทีแอล ซึ่งมีระดับ 0 หรือ 5 โวลต์โดยใช้อิซี MC1488 ทางด้านรับ และ MC 1489 ทางด้านส่ง รูปสัญญาณที่ได้ รูป 5.10 เป็นสัญญาณตรงทางเข้าและ ทางออกของ MC 1489 ส่วนรูป 5.11 เป็นสัญญาณตรงทางเข้าและทางออกของ MC 1488



รูปที่ 5.10 รูปสัญญาณตรงทางเข้าและออกของ MC 1489



รูปที่ 5.11 รูปสัญญาณตรงทางเข้าและทางออกของ MC 1488

## บทที่ 6

### สรุปผลและวิจารณ์

โครงการนี้ สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์

1. ศึกษาการส่งข้อมูลแบบไร้สาย
2. ศึกษาการทำงานของโปรแกรมรับและส่งไฟล์ ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล 2 เครื่อง
3. ลดความยุ่งยากในการใช้สายอุปกรณ์ โดยส่งคลื่นในย่านความถี่เอฟเอ็ม ลักษณะการส่งจะเป็นแบบกึ่งสองทาง (half duplex) อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 1200 บอด

ในโครงการ"ระบบการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สาย" ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ลักษณะคือ

1. ทำการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่ง ผ่านพอร์ต RS-232C ไปยังคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่ง โดยใช้โปรแกรมส่งไฟล์ข้อมูล พบว่าสามารถส่งข้อมูลได้ไม่ผิดพลาด แสดงว่าโปรแกรมที่เขียนขึ้นมานั้นใช้งานได้
2. ทำการส่งข้อมูลจากคีย์บอร์ดของเครื่องคอมพิวเตอร์ จากเครื่องหนึ่งไปยังคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่ง โดยใช้สายโทรศัพท์แบบลีดไลน์(leased line)เป็นระยะทาง 20 เมตรสามารถรับส่งข้อมูลได้โดยไม่เกิดความผิดพลาด การลดทอนของสัญญาณในสายมีน้อยมาก แสดงว่าการทำงานในส่วนของโมเด็มนั้นสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี
3. ส่วนของการทดลองส่งผ่านคลื่นวิทยุ นั้นพบว่า กำลังส่งของเครื่องส่ง มีค่าต่ำเกินไป เนื่องจากเครื่องส่งที่ใช้ส่ง มีค่ากำลังงานสูงสุดที่เป็นไปได้ประมาณ 40 มิลลิวัตต์ ทำให้สัญญาณมีกำลังส่งไม่พอ
4. เครื่องวิทยุมีความไว (sensitivity) ต่ำเกินไป ทำให้รับสัญญาณที่มีค่าต่ำ ๆ ได้ไม่ค่อยดีและค่าระดับสัญญาณที่รับได้ ก็มีค่ากำลังงานต่ำมากต้องใช้วงจรขยายมาช่วย ทำให้ระยะทางในการส่งนั้นใกล้ๆ

#### ข้อเสนอแนะและการปรับปรุง

1. เนื่องจากวงจรเครื่องส่งที่เราได้ทำการออกแบบขึ้น ใช้ย่านความถี่สูง ดังนั้นหากทำการออกแบบขยายปรับถี่ไม่ดีพอ อาจทำให้เกิดสัญญาณรบกวนได้ง่าย (noise) ควรออกแบบวงจรให้มีกราวด์ขนาดใหญ่ การเดินสายวงจรต้องสั้นที่สุด เพื่อลดค่าอินดักแตนซ์(L)และค่าคาปาซิเตอร์ (C) ลงทำให้ไม่รบกวนวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

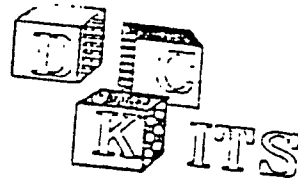
2. เนื่องจากวงจรที่ใช้ในโครงการนี้มีค่ากำลังส่งต่ำอยู่ ดังนั้นเพื่อทำให้กำลังส่งเอาต์พุตมีค่ามากขึ้นควรใช้วงจร RF Power Amplifier มาต่อที่ภาคเอาต์พุตของเครื่องส่ง
3. วงจรที่ทดลองใช้งานอยู่นั้น ทำให้เกิดการเลื่อน (shift) ของความถี่ ซึ่งถ้ามีค่าน้อยก็อาจจะปรับตัวรับให้อยู่ในอัตราที่รับได้ แต่เนื่องจากมีอัตราการเลื่อนของความถี่ ที่มากเกินไป (มากกว่า 10 MHz) ซึ่งยอมรับไม่ได้
4. ระบบการสื่อสารข้อมูล ยังเป็นแบบกึ่งสองทางอยู่ ควรที่จะปรับปรุงให้สามารถส่งข้อมูลสองทาง (Full Duplex) ได้
5. อัตราเร็วในการส่งข้อมูลของโมเด็มที่ใช้ในนี้ยังต่ำอยู่คือ 1200 บอด ควรเปลี่ยนตัวโมเด็มให้มีความเร็วที่สูงขึ้น หรือมีเซ็นโปรแกรมตรวจสอบข้อผิดพลาดของการรับส่ง (error detection) ขึ้นมา



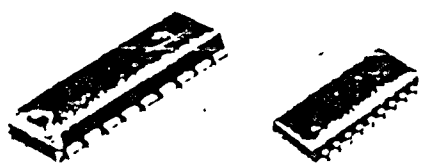
## ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Transmitters  
BA1404, BA1404F



Dimensions (Unit: mm)

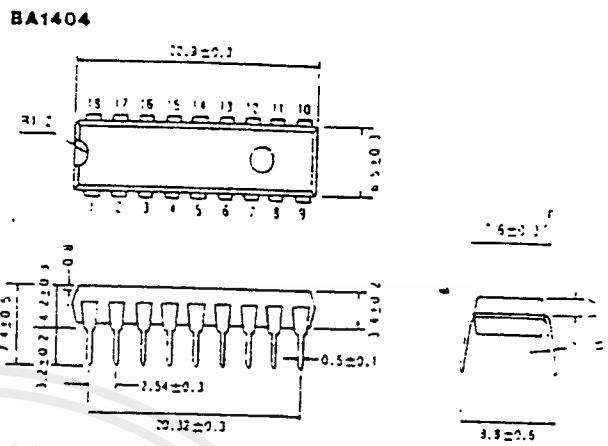


Fig. 1

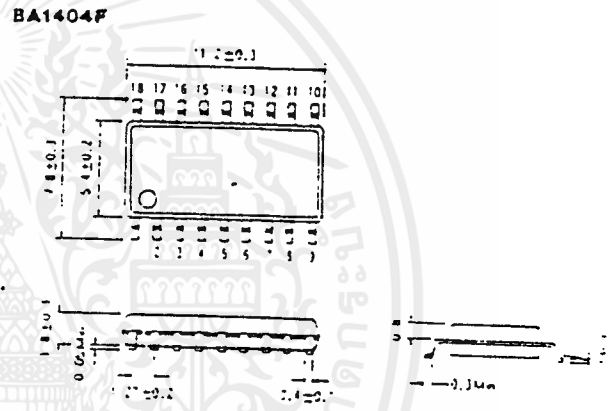


Fig. 2

BA1404 and BA1404F are monolithic FM stereo transmitters. They contain a stereo modulator, an RF modulator, and an RF amplifier. The stereo modulator creates a stereo composite signal (which consists of a sub (L-R) and pilot signals) from a 38 kHz quartz controlled frequency. The RF modulator oscillates a carrier in the broadcast band (76 to 108 MHz) and modulates it with the composite signal. The RF amplifier creates energy to emit the modulated FM signal. It also functions as a buffer for the FM modulator.

- Features
- Low-voltage, low-power design.
  - RF modulator, FM modulator, and RF amplifier implemented on a single monolithic chip.
  - External components required: minimum separation 45 dB (typ.)

- Applications
- Portable transmitters
  - Handheld microphones

NOTE: VCC 1.5 TO 3 V  
OPERATING VOLTAGE  
IF MORE THAN 3.5 V MAY  
DAMAGE UP THE IC

Block Diagram

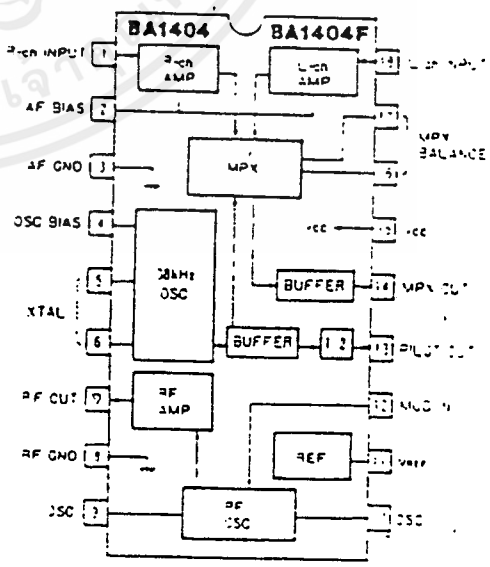


Fig. 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ลึกทั้งห้าเพื่อให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Maximum Ratings (Ta=25°C)

Parameter	Symbol	Limit	Unit
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>	3.6	V
Power Dissipation	P <sub>d</sub>	500	mW
Operating Temperature Range	T <sub>opr</sub>	-25 to 75	°C
Storage Temperature Range	T <sub>stg</sub>	-50 to 125	°C

1.5 is done at 5-mWPC for operation above Ta=25°C

Recommended Operating Conditions

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Conditions
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>	1.25	3	7	V	-

Typical Characteristics (Ta=25°C, V<sub>CC</sub>=1.25V)

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Conditions
Quiescent Current	I <sub>q</sub>	3.5	3	5	mA	-
Impedance	Z <sub>in</sub>	350	540	720	Ω	f <sub>in</sub> =1kHz
Gain	G <sub>v</sub>	30	37	-	dB	V <sub>in</sub> =0.5mV
Carrier Balance	CS	-	-	2	dB	V <sub>in</sub> =0.5mV
Maximum Output Voltage	V <sub>out</sub>	300	-	-	mV p-p	THD ≤ 3%
15kHz Leakage	V <sub>leak</sub>	-	1	-	mV	Quiescent condition
Output Voltage	V <sub>op</sub>	±60	580	-	mV p-p	No-load
Carrier Separation	Se <sub>d</sub>	25	45	-	dB	with standard demodulator
Output Noise Voltage	V <sub>no</sub>	-	-	-	μV rms	MFA at 15kHz BSC
Maximum Output Voltage	V <sub>osc</sub>	300	500	-	mV	-

Circuit and Application Example

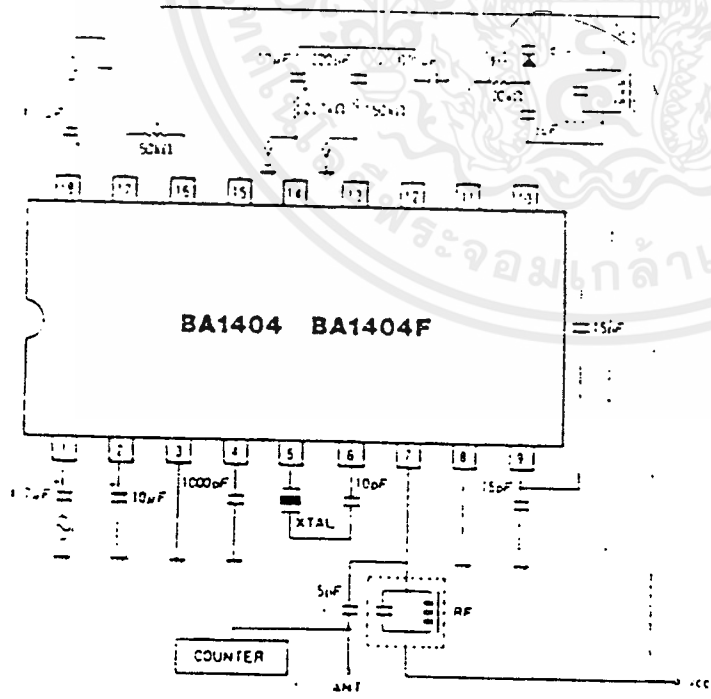


Fig. 4

Coil data (OSC RF common)  
 Bobbin 45mm with ferrite core  
 Coil 30.5mm diameter wire  
 Numbers of turns 225 turns  
 Capacity 47pF

Precautions

To match the frequency response of the transmitter with the FM broadcast receiver, use a pre-emphasis network with a time constant of 50 μs at the input of the AF amplifier. Use the following circuit and components.

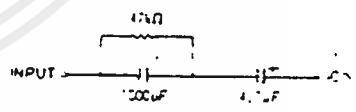
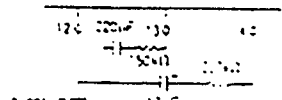


Fig. 5

- When synthesizing a composite signal from the stereo modulator output with pilot signal, carrier separation may deteriorate unless the two signals are in-phase. Note this point if you change the constants of the external components connected to pins 12, 13, and/or 14.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในกรณีฉุกเฉินเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีผู้นำไปใช้

## Precautions

The carrier for an FM stereo signal can be modulated with an AF signal of up to 19 kHz. If impulse audio input, such as from an electronic musical instrument, is expected, use a low-pass filter at the input of the device to prevent beat interference or deterioration of separation.

While the device ensures good separation even if the balance control pins (16 and 17) are left open, it provides an even better separation if you connect around 50 k $\Omega$  across these pins to optimize the dc balance in the multiplex circuit.

- The output voltage at pin 11 is internally set to  $(V_{cc} - 0.7)$  V.

BA1404 BA1404F

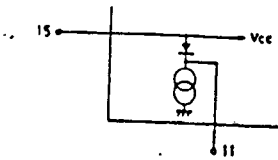


Fig. 7

## Electrical Characteristic Curves

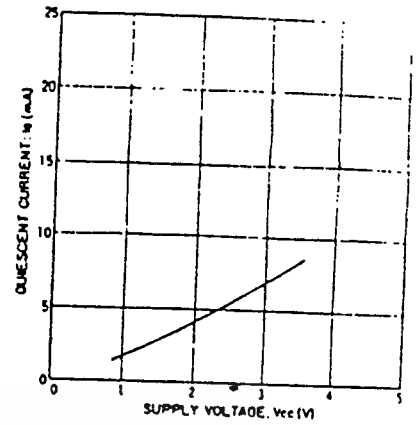


Fig. 8 Quiescent current vs. supply voltage



Fig. 10 Composite output level vs. supply voltage

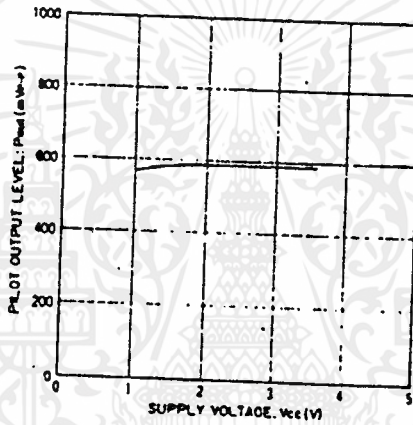


Fig. 11 Pilot output level vs. supply voltage

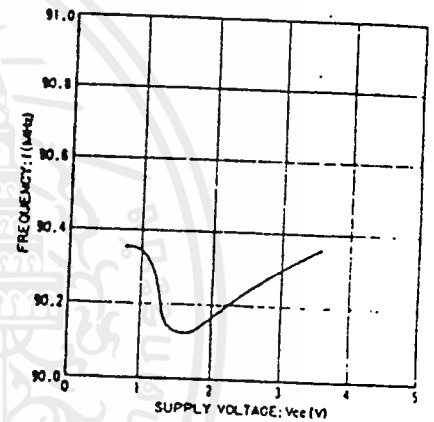


Fig. 12 Frequency vs. supply voltage

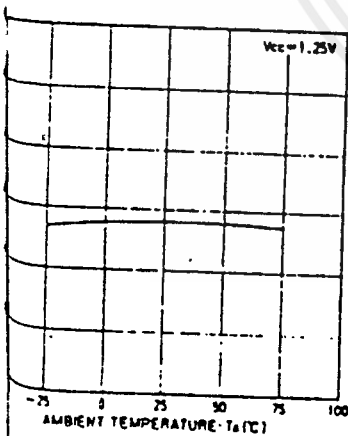


Fig. 13 Composite output level vs. ambient temperature

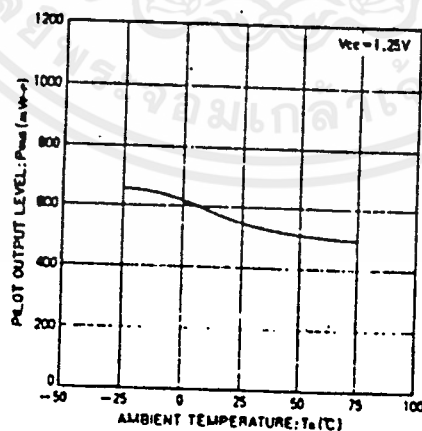


Fig. 14 Pilot output level vs. ambient temperature

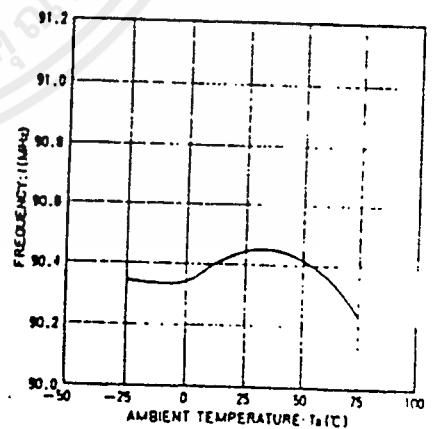


Fig. 15 Frequency vs. ambient temperature

# MC1310P

# STEREO DEMODULATOR

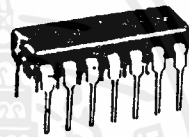
## Specifications and Applications Information

### FM STEREO DEMODULATOR

- a monolithic device designed for use in solid-state stereo receivers.
- Requires no Inductors
- Low External Part Count
- Only Oscillator Frequency Adjustment Necessary
- Integral Stereo/Monaural Switch 75 mA Lamp Driving Capability
- Wide Dynamic Range: 0.5–2.8 V(p-p) Composite Input Signal
- Wide Supply Range: 8–14 Vdc
- Excellent Channel Separation Maintained Over Entire Audio Frequency Range
- Low Distortion: Typically 0.3% THD at 560 mV (RMS) Composite Input Signal
- Excellent SCA Rejection

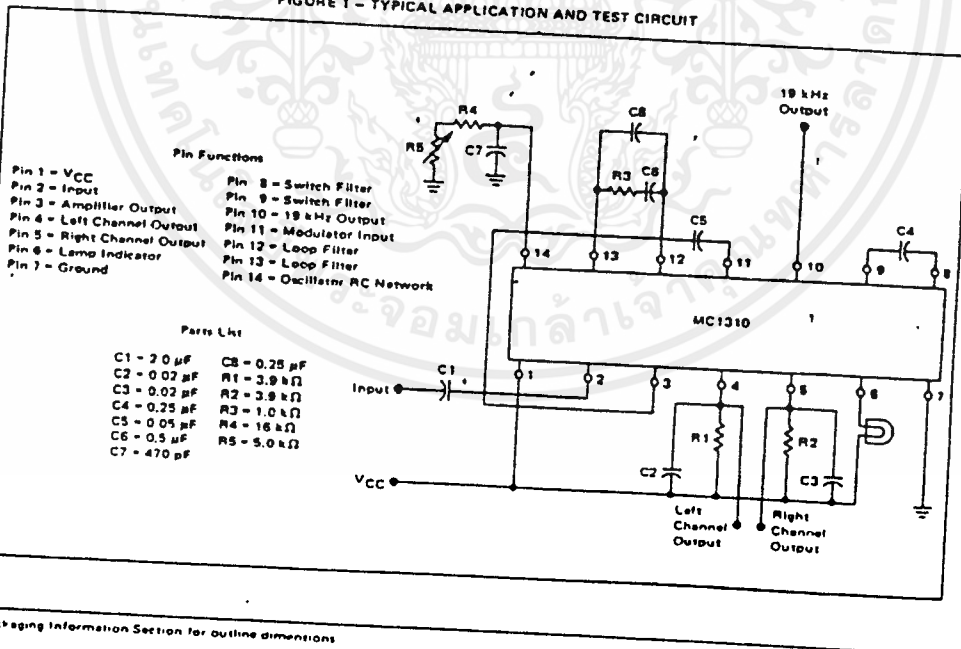
### FM STEREO DEMODULATOR

SILICON MONOLITHIC INTEGRATED CIRCUIT



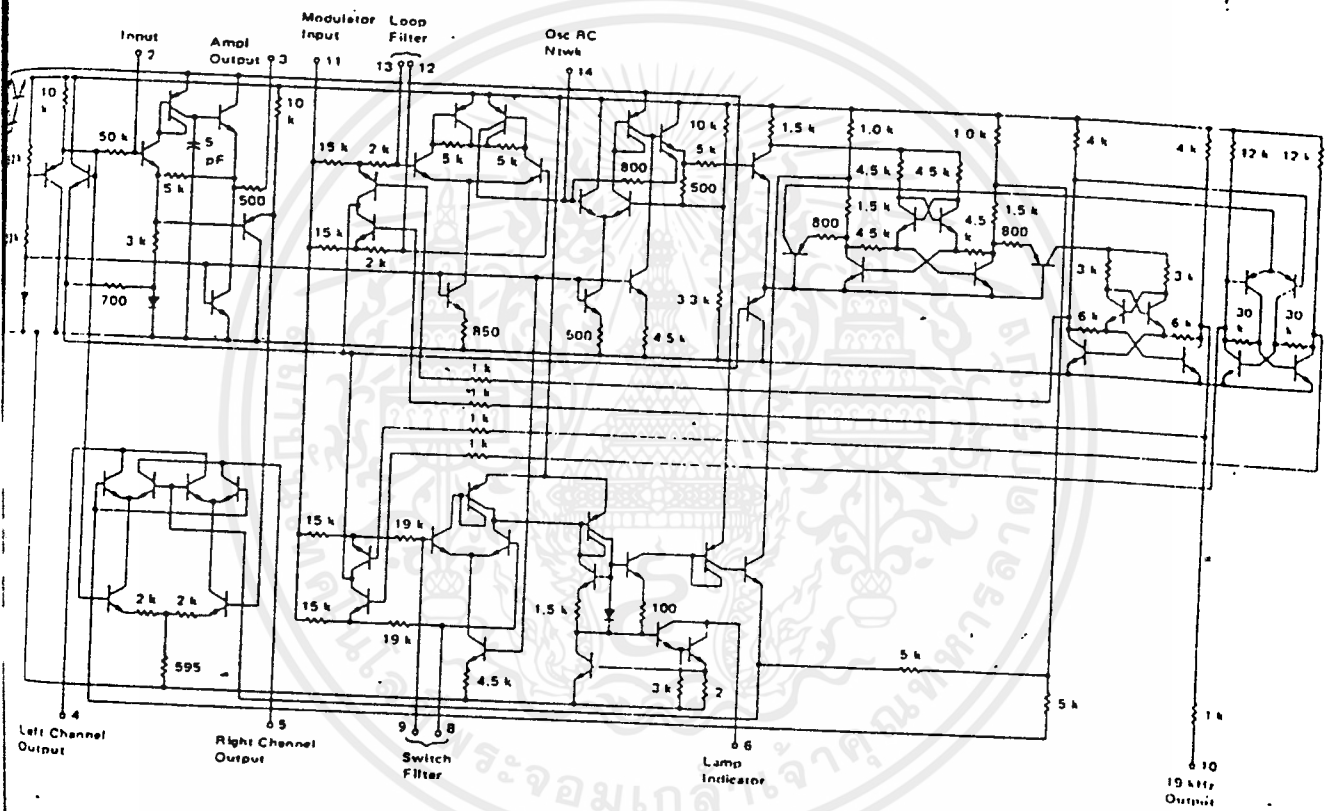
CASE 646

FIGURE 1 - TYPICAL APPLICATION AND TEST CIRCUIT



See Packaging Information Section for outline dimensions

FIGURE 2 - CIRCUIT SCHEMATIC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### TYPICAL CHARACTERISTICS

Unless otherwise noted:  $V_{CC} = +12 \text{ Vdc}$ ,  $T_A = +25^\circ\text{C}$ ; 560 mV(RMS) (2.8 V(p-p)) standard multiple composite signal with L or R channel only modulated at 1.0 kHz and with 100 mV(RMS) pilot level (10%), using circuit of Figure 1.

FIGURE 3 - CHANNEL SEPARATION versus COMPOSITE INPUT LEVEL

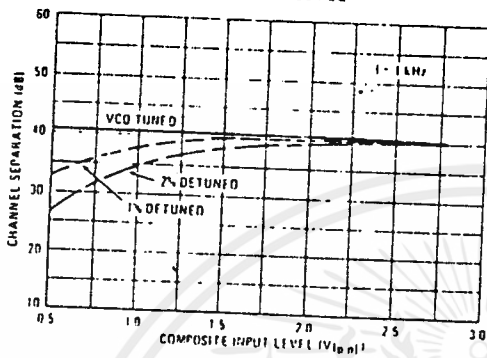


FIGURE 4 - CHANNEL SEPARATION versus FREQUENCY

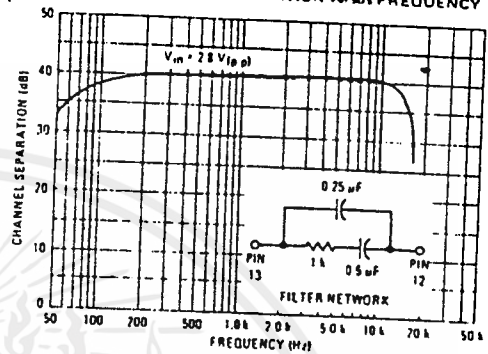


FIGURE 5 - CHANNEL SEPARATION versus VCO FREE RUNNING FREQUENCY

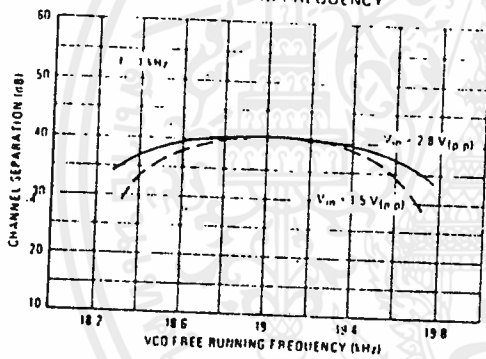


FIGURE 6 - CHANNEL SEPARATION versus SUPPLY VOLTAGE

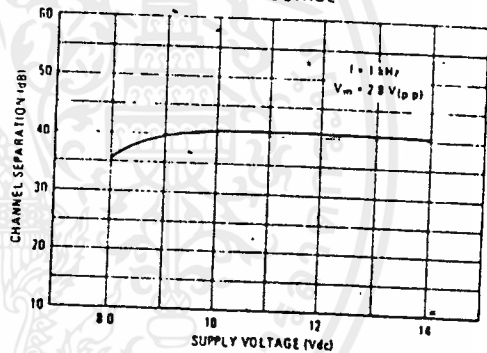


FIGURE 7 - THD versus COMPOSITE INPUT LEVEL

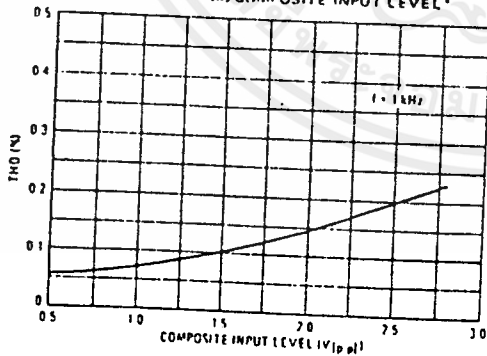
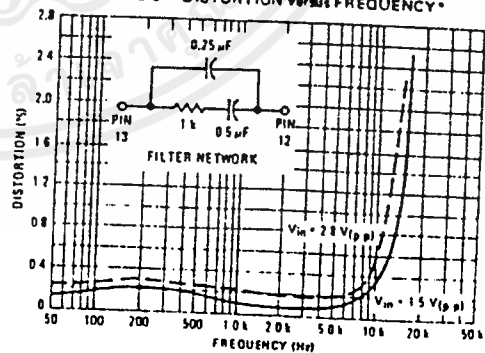


FIGURE 8 - DISTORTION versus FREQUENCY



\*Measured with Low Pass Filter (BW = 15 kHz).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)

FIGURE 9 - DISTORTION versus FREQUENCY\*

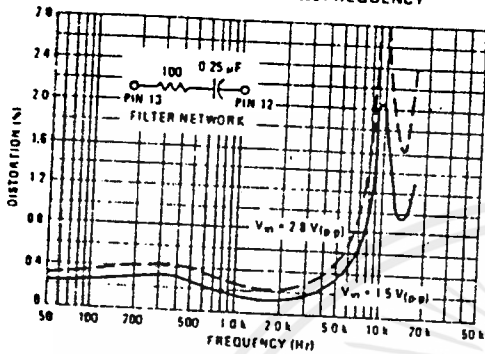


FIGURE 10 - VCO FREE-RUNNING FREQUENCY versus TEMPERATURE

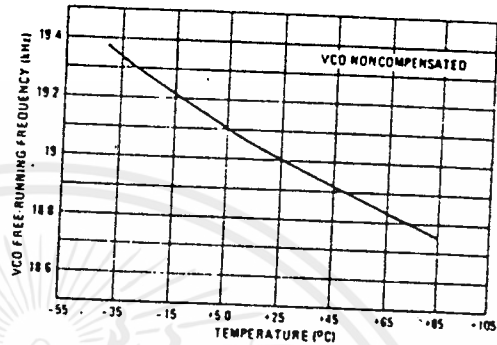


FIGURE 11 - CURRENT DRAIN versus SUPPLY VOLTAGE

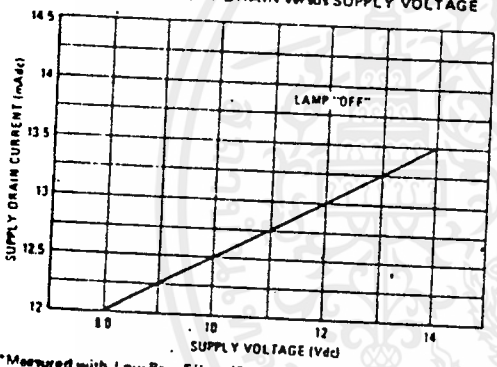
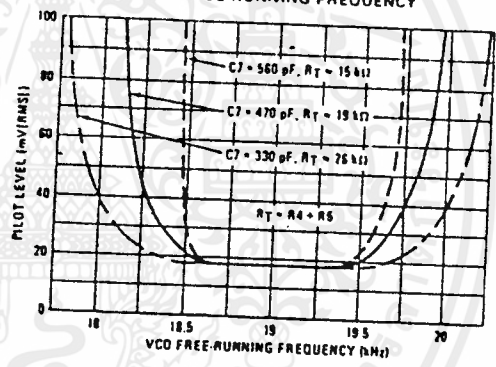
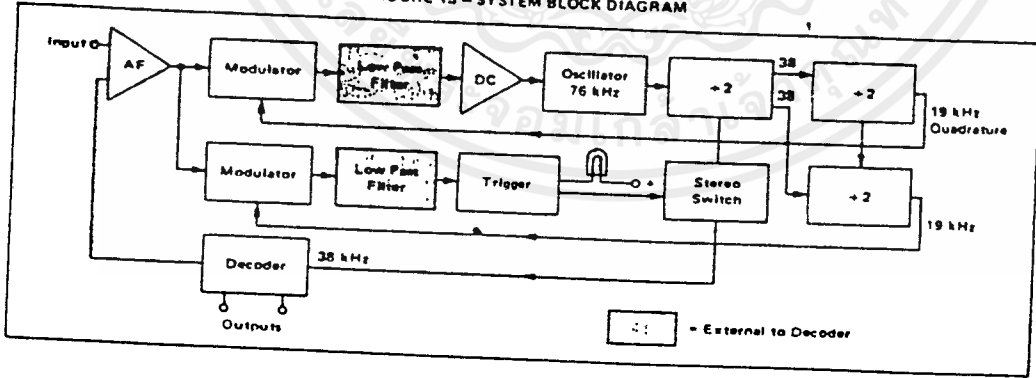


FIGURE 12 - PILOT LEVEL REQUIRED FOR VCO LOCKUP versus VCO FREE-RUNNING FREQUENCY



\*Measured with Low Pass Filter (BW = 15 kHz)

FIGURE 13 - SYSTEM BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATIONS INFORMATION (continued)

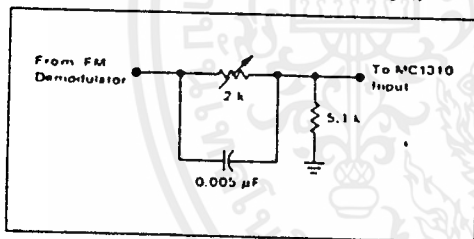
additional lead of  $3.5^\circ$  (for  $C5 = 0.05 \mu\text{F}$ ) giving a total lead of  $5.5^\circ$ .

The circuit is so designed that phase lag may be generated by adding a capacitor from pin 3 to ground. The source resistance at this point is 500 ohms. A capacitance of  $820 \mu\text{F}$  compensates the  $5.5^\circ$  phase-lead; increase above this value causes the regenerated sub-carrier to lag the original. However, a  $5.5^\circ$  phase error if left noncompensated will not degrade separation appreciably.

Note that these phase shifts occur within the phase-locked loop and affect only the regenerated 38 kHz sub-carrier; the circuit causes no significant phase or amplitude variation in the actual stereo signal prior to decoding.

Most IF amplifiers have a frequency response that limits separation to a value significantly lower than the capability of the MC1310. For example, if the response produces a 1-dB roll-off at 38 kHz, the separation will be limited to about 32 dB. This error can be compensated by using an RC lead network as shown in Figure 14. The exact values will be determined by the IF amplifier design. However, the values shown in Figure 14 are suitable for use with the MC1357 and MC1375 IF amplifiers.

FIGURE 14 - IF COMPENSATION NETWORK



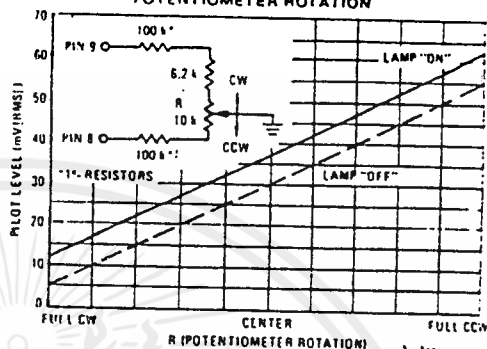
Voltage Control Oscillator Compensation

Figure 10 illustrates noncompensated Oscillator Drift versus temperature. The recommended  $T_C$  of the R4, R5, C7 combination is -300 PPM. This will hold the oscillator drift to approximately  $\pm 1\%$  over a temperature range of  $-40$  to  $+85^\circ\text{C}$ . Allowing  $\pm 2\%$  for aging of the timing components acceptable performance is still obtained.

Lamp Sensitivity

It may be desirable in some cases, to change the lamp sensitivity due to differing signal levels produced by various FM detectors. The lamp sensitivity can be changed by making use of the external circuit shown. Typical sensitivities versus potentiometer rotation are also shown in Figure 15.

FIGURE 15 - PILOT SENSITIVITY versus POTENTIOMETER ROTATION



Alignment Procedure

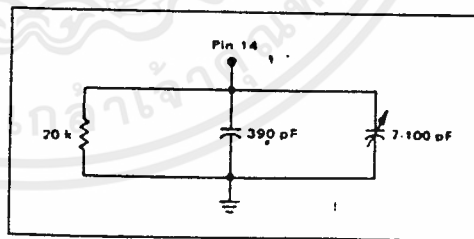
The optimum alignment procedure, with no input signal applied, is to adjust R5 until 19.00 kHz is read at pin 10 on the frequency counter.

Another procedure requiring no equipment, other than the receiver itself, will result in separation of within a few dB of optimum. This latter method is merely to tune the receiver to a stereo broadcast and adjust R5 until the pilot lamp turns "on". To find the center of the lock-in range, rotate the potentiometer back and forth until the center of the lamp "on" range is found. This completes the alignment.

Alternate Timing Network

The alternate timing network shown, incorporating a trimmer capacitor rather than a potentiometer, may be used if desired. Again, to provide correct temperature compensation, the temperature coefficient of the timing network must be approximately -300 PPM.

FIGURE 16



Maximum Load Resistance

The curve shown gives absolute maximum load resistance values versus supply voltage used for full-signal handling capability. With desired load resistance choose C2, C3 capacitors to provide standard 75  $\mu\text{s}$  de-emphasis.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## CIRCUIT OPERATION

Figure 13, on the previous page, shows the system block diagram. The upper line, comprising the 38-kHz regeneration loop operates as follows: the internal oscillator running at 76-kHz and feeding through two divider stages returns a 19-kHz signal to the input modulator. There the returned signal is multiplied with the incoming signal so that when a 19-kHz pilot tone is received a dc component is produced. The dc component is extracted by the low pass filter and used to control the frequency of the internal oscillator which consequently becomes phase-locked to the pilot tone. With the oscillator phase-locked to the pilot the 38-kHz output from the first divider is in the correct phase for decoding a stereo signal. The decoder is essentially another modulator in which the incoming signal is multiplied by

the regenerated 38-kHz signal. The regenerated 38-kHz signal is fed to the stereo decoder via an internal switch, which closes when a sufficiently large 19-kHz pilot tone is received.

The 19-kHz signal returned to the 38-kHz regeneration loop modulator is in quadrature with the 19-kHz pilot tone when the loop is locked. With the third divider state appropriately connected, a 19-kHz signal in phase with the pilot tone is generated. This is multiplied with the incoming signal in the stereo switch modulator yielding a dc component proportional to the pilot tone amplitude. This component after filtering is applied to the trigger circuit which activates both the stereo switch and an indicator lamp.

## APPLICATIONS INFORMATION

(Component numbers refer to Figure 1)

### External Component Functions and Values

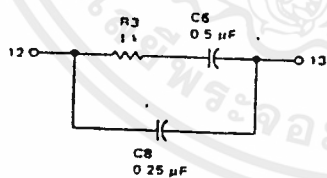
**C1** Input coupling capacitor; 20  $\mu\text{F}$  is recommended but a lower value is permissible if reduced separation at low frequencies is acceptable.

**R1, R2, C2, C3** See Maximum Load Resistance section.

**C4** Filter capacitor for stereo switch level detector; time constant is  $C4 \times 53$  kilohms  $\pm 30\%$ , maximum dc voltage appearing across C4 is 0.25 V (pin 8 positive) at 100 mV(RMS) pilot level. The signal voltage across C4 is negligible.

**C5** See Phase Compensation section.

**R3, C6, C8** Phase-locked loop filter components; the following network is recommended:



When less performance is required a simpler network consisting of  $R3 = 100$  ohms and  $C6 = 0.25 \mu\text{F}$  may be used (omit C8). See Figure 9.

**R4, R5, C7** Oscillator timing network; recommended values:

C7 = 470 pF	1%
R4 = 16 k $\Omega$	1%
R5 = 5 k $\Omega$	Pre-set

These values give a 3.5% typical capture range. Capture range may be increased by reducing C7 and increasing R4, R5 proportionally but at the cost of increasing beat-note distortion (due to oscillator-phase jitter) at high-signal levels. See Figure 12.

**Stereo Lamp** Nominal rating up to 75 mA at 12 V; the circuit includes surge limiting which restricts cold-lamp current to approximately 250 mA.

**19-kHz Output** A buffer output providing a 3.0-V<sub>pk</sub> square wave at 19 kHz is available at pin 10. A frequency counter may be connected to this point to measure the oscillator free-running frequency for alignment. See Alignment section.

### External Monaural/Stereo Switching

If it is desired to maintain the circuit in monaural mode, the following procedure must be followed. First, the stereo switch must be disabled to prevent false lamp triggering. This can be accomplished by connecting pin 8 negative or pin 9 positive by 0.3 volt. Pin 8 may be grounded directly if desired. Note that the voltage across C4 increases to approximately 2 volts with pin 9 positive when pin 8 is grounded.

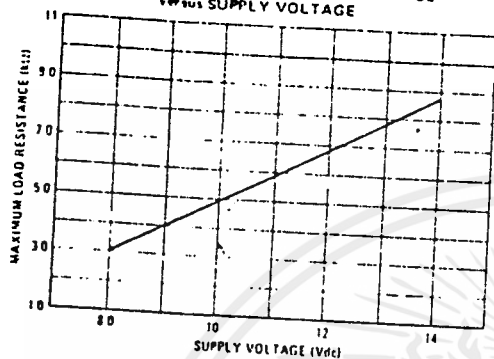
Second, the 76-kHz oscillator must be killed to prevent interference when on AM. This can be accomplished by connecting pin 14 to ground via a current limiting resistor (3.3 kilohms is recommended).

### Phase Compensation/IF Roll-off Compensation

Phase-shifts in the circuit cause the regenerated 38-kHz sub carrier to lead the original 38 kHz by approximately 2°. The coupling capacitor C5 generates an

APPLICATIONS INFORMATION (continued)

FIGURE 17 - MAXIMUM LOAD RESISTANCE versus SUPPLY VOLTAGE



Audio Output

The ratio  $G = \frac{\text{p-p audio output (one-channel)}}{\text{p-p input signal}}$  for

different types of input is as follows:

INPUT	Monaural Signal
Single-Channel Composite Signal	0.45
	0.5

These figures are for 3.9 kilohm load resistors and for low-audio frequencies where de-emphasis roll-off is insignificant.

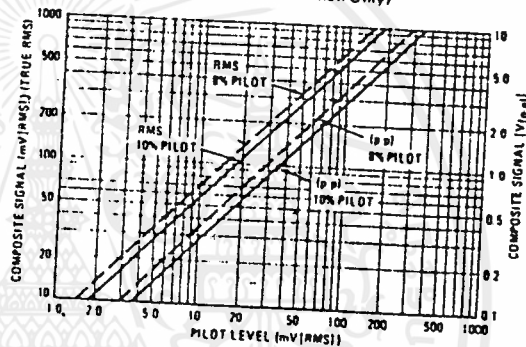
Capture Range versus Timing Components

The capture range can be changed to some extent by use of different timing components. Typical values are shown in Figure 12.

Composite Signal

Due to confusion concerning the measurement of the stereo composite signal, a curve showing both RMS and p-p composite levels versus pilot level follows, see Figure 18.

FIGURE 18 - COMPOSITE LEVEL versus PILOT (L or R Modulation Only)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



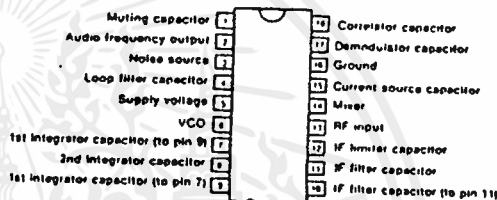
# TECHNICAL DATA

AN EXCLUSIVE RADIO SHACK SERVICE TO THE EXPERIMENTER

## TDA7000 A COMPLETE F.M. RADIO ON A CHIP

Until now, the almost total integration of an f.m. radio has been prevented by the need for LC tuned circuits in the r.f., i.f., local-oscillator and demodulator stages. An obvious way to eliminate the coils in the i.f. and demodulator stages is to reduce the normally used intermediate frequency of 10.7 MHz to a frequency that can be tuned by active RC filters, the op-amps and resistors of which can be integrated. An i.f. of zero seems to be ideal because it eliminates spurious signals such as repeat spots and image response, but it would not allow the i.f. signal to be limited prior to demodulation, resulting in poor S/N ratio and no a.m. suppression. With an i.f. of 70 kHz, these problems are overcome and the image frequency occurs about halfway between the desired signal and the center of the adjacent channel. The TDA7000 is a mono f.m. reception system suitable for almost total integration. It uses an active 70 kHz i.f. filter and a unique correlation muting circuit for suppressing spurious signals. With such a low i.f., distortion would occur with the  $\pm 75$  kHz l.f. swing due to signals with maximum modulation. The maximum i.f. swing is therefore compressed to  $\pm 15$  kHz by controlling the local oscillator in a frequency locked loop (FLL). The combined action of the muting circuit and the FLL also suppresses image response.

The TDA7000 integrates a mono f.m. radio all the way from the aerial input to the audio output. External to the IC are only one tunable LC circuit for the local-oscillator, a few inexpensive capacitors and one resistor. Only the oscillator circuit needs adjustment during manufacture to set the limits of the tuned frequency band. The complete f.m. radio can be made small enough to fit inside a calculator, cigarette lighter, key-ring fob or even a slim watch. The TDA7000 can also be used as receiver in equipment such as cordless telephones, CB radios, radio-controlled models, paging systems, the sound channel of a tv set or other f.m. demodulating systems.



PIN ASSIGNMENTS

### BRIEF DATA

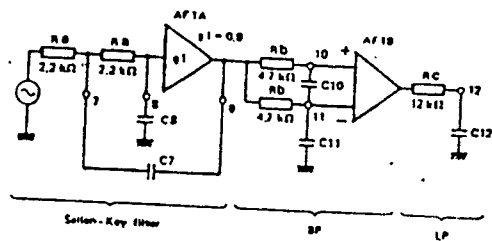
Typical supply voltage	$V_p$	4.5V
Typical supply current	$I_p$	8mA
R.F. Input frequency range	$f_{rf}$	1.5 to 110 MHz
Sensitivity for -3 dB limiting e.m.f. with $Z_s = 75 \Omega$ , mute disabled	$V_{rf-3dB}$	1.5 $\mu$ V
Maximum signal input for THD < 10%, $\Delta f = \pm 75$ kHz e.m.f. with $Z_s = 75 \Omega$	$V_{rf}$	200mV
Audio output (r.m.s.) with $R_L = 22k \Omega$ , $\Delta f = \pm 22.5$ kHz	$V_o$	75 mV

©1987 Tandy Corporation.  
All Rights Reserved.

Archer and Radio Shack are registered trademarks of Tandy Corporation.

Panel 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Section-Key filter

BP

LP

Section-Key circuit

$$ASK = \frac{a}{1 + j\omega a - \omega^2 b}$$

with  $a = 2R_2 C_8$   
 $b = R_3^2 C_7 C_9$

With  $f_0 = \frac{1}{2\pi R_2 \sqrt{C_7 C_9}}$  and  $Q = \frac{\sqrt{b}}{a} = 0.5 \sqrt{\frac{C_7}{C_9}}$

$$ASK = \frac{a}{1 + \left( j \frac{\omega}{\omega_0} \times \frac{1}{Q} \right) - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}}$$

For  $C_7 = 3.3 \text{ nF}$ ,  $C_9 = 180 \text{ pF}$ ;  $Q = 2.1$  and  $f_0 = 94 \text{ kHz}$

Bandpass circuit

$$A_{BP} = \frac{1}{1 + j\omega C_{10} R_b} \times \frac{j\omega C_{11} R_b}{1 + j\omega C_{11} R_b + \frac{j\omega C_{10} R_b}{1 + j\omega C_{10} R_a}}$$

for  $f_{LP} = \frac{1}{2\pi R_2 C_{10}}$  and  $f_{HP} = \frac{1}{2\pi R_2 C_{11}}$

$$A_{BP} = \frac{f_{LP}}{f_{HP}} \times \frac{1}{\left( 1 + j \frac{f}{f_{HP}} \right) \left( 1 - j \frac{f_{LP}}{f} \right) + 1}$$

For  $C_{10} = 330 \text{ pF}$ ,  $C_{11} = 3.3 \text{ nF}$ ;  $f_{LP} = 103 \text{ kHz}$ ,  $f_{HP} = 10.3 \text{ kHz}$

Low-pass circuit

$$A_{LP} = \frac{1}{1 + j\omega C_{12} R_c}$$

for  $f_{LP} = \frac{1}{2\pi C_{12} R_c}$

$$A_{LP} = \frac{1}{1 + j \frac{\omega}{\omega_{LP}}}$$

For  $C_{12} = 150 \text{ pF}$ ;  $f_{LP} = 88.4 \text{ kHz}$

Figure 2

## RECEIVER CIRCUITS

### Circuits with variable capacitor tuning

The circuit diagram of the complete mono f.m. radio is given in Fig.1. The functions of the peripheral components of Fig.1 not already described are as follows:

**C<sub>1</sub>:**  
Determines the time constant required to ensure muting of audio transients due to the operation of the FLL.

**C<sub>2</sub>:**  
Together with  $R_2$  determines the time-constant for audio de-emphasis (e.g.  $R_2 C_2 = 40 \mu\text{s}$ ).

**C<sub>3</sub>:**  
The output level from the noise generator during muting increases with increasing value of  $C_3$ . If silent mute is required,  $C_3$  can be omitted.

**C<sub>4</sub>:**  
Capacitor for the FLL filter. It eliminates i.f. harmonics at the output of the f.m. demodulator. It also determines the time-constant for locking the FLL and influences the frequency response.

**C<sub>5</sub>:**  
Supply decoupling capacitor which must be connected as close as possible to pin 5 of the TDA7000.

### Circuit with variable-capacitance diode tuning

Since it is only necessary to tune the local-oscillator coil, it is very simple to modify the circuit of Fig.1 for variable-capacitance diode tuning. The modifications are shown in Fig.3.

### Narrow-band f.m. receiver

The TDA7000 can also be used for reception of narrow-band f.m. signals. In this case, the local-oscillator is crystal-controlled as shown in Fig.4 and there is therefore hardly any compression of the i.f. swing by the FLL. The deviation of the transmitted carrier frequency due to modulation must therefore be limited to prevent severe distortion of the demodulated audio signal. The component values in Fig.4 result in an i.f. of 4.5 kHz and an i.f. bandwidth of 5 kHz. If the i.f. is multiplied by  $N$ , the values of capacitors  $C_{17}$  and  $C_{18}$  in the all-pass filters and the values of filter capacitors  $C_7$ ,  $C_8$ ,  $C_{10}$ ,  $C_{11}$ , and  $C_{12}$  must be multiplied by  $1/N$ . For improved i.f. selectivity to achieve greater adjacent channel attenuation, second-order networks can be used in place of  $C_{10}$  and  $C_{11}$ .

In this circuit the detuning noise generator is not used. Since the circuit is mainly for reception of audio signals, the audio output must be passed through a low-pass Chebyshev filter to suppress i.f. harmonics.

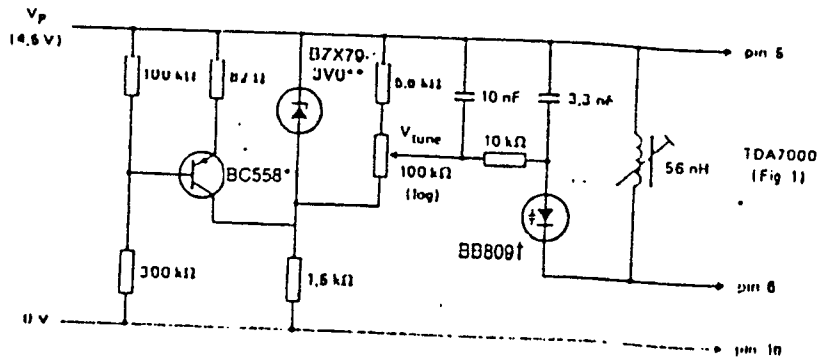


Figure 3

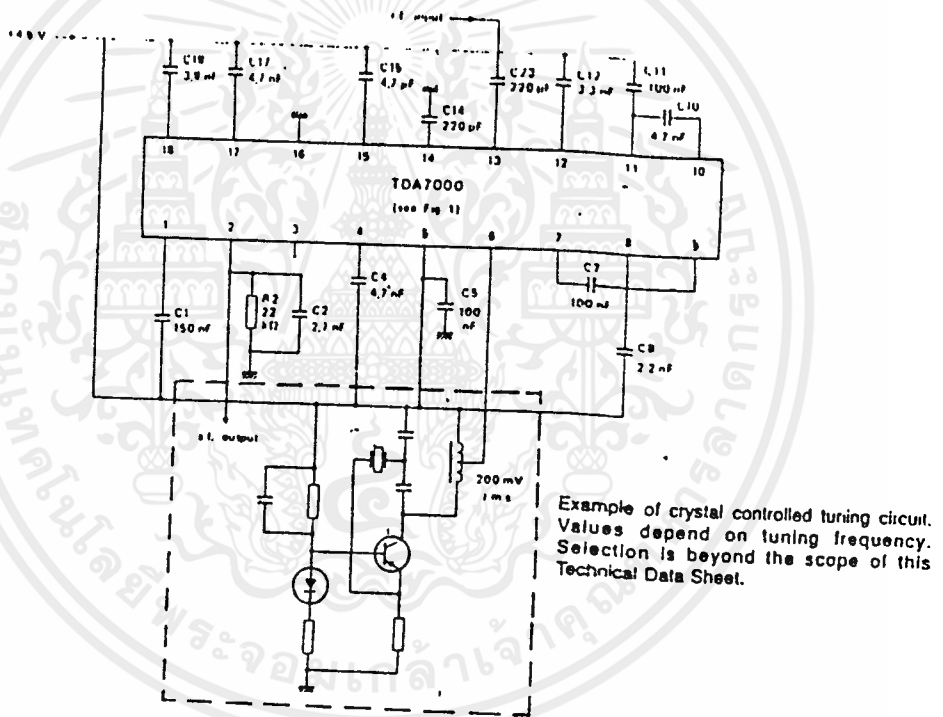


Figure 4

\* Use Catalog Number 276-2023 for frequencies up to 100 MHz or, for higher frequencies, use SK 3466.

\*\* 3-Volt Zener, SK3V0/5065A.

† SK 3323 through SK 3327. Select value to match tuning range desired.

Panel 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Performance of the circuit

unless otherwise specified,  $V_p=4.5V$ ,  $T_{amb}=25^\circ C$ ,  $f_{rf}=96\text{ MHz}$ ,  $V_{rf}=0.2\text{ mV e.m.f. from a } 75\ \Omega\text{ source}$ ,  
 modulated with  $\Delta f = \pm 22.5\text{ kHz}$ ,  $f_m=1\text{ kHz}$ .  
 Noise voltage measured unweighted over the bandwidth 300 Hz to 20 kHz

parameter	symbol	typ.	max.	unit
<b>sensitivity</b> (e.m.f. voltage) for -3 dB limiting: mulling disabled	EMF	1.5	—	$\mu V$
for -3 dB mulling	EMF	6	—	$\mu V$
for $(S + N)/N=26\text{ dB}$	EMF	5.5	—	$\mu V$
<b>signal handling</b> (e.m.f. voltage) for $THD < 10\%$ ; $\Delta f = \pm 75\text{ kHz}$	EMF	200	—	mV
<b>signal-to-noise ratio</b> (see Fig.13)	$(S + N)/N$	60	—	dB
<b>total harmonic distortion</b> (see Fig.13) at $\Delta f = \pm 22.5\text{ kHz}$	THD	0.7	—	%
at $\Delta f = \pm 75\text{ kHz}$	THD	2.3	—	%
<b>a.m. suppression</b> (ratio of the a.m. output signal referred to the f.m. output signal) f.m. signal: $f_m=1\text{ kHz}$ ; $\Delta f = \pm 75\text{ kHz}$ a.m. signal: $f_m=1\text{ kHz}$ ; $m=80\%$	AMS	50	—	dB
<b>ripple rejection</b> ( $\Delta V_p=100\text{ mV}$ ; $f=1\text{ kHz}$ )	RR	10	—	dB
<b>oscillator voltage</b> (r.m.s. value) at pin 8	$V_{6.5(rms)}$	250	—	mV
<b>variation of oscillator frequency</b> with supply voltage ( $\Delta V_p=1\text{ V}$ )	$\Delta f_{osc}$	60	—	kHz/V
<b>selectivity</b>	$S_{+300}$	45	—	dB
	$S_{-300}$	35	—	dB
	$\Delta f_{rt}$	$\pm 300$	—	kHz
<b>a.f.c. range</b>	B	10	—	kHz
<b>audio bandwidth</b> at $\Delta V_o=3\text{ dB}$ measured with pre-emphasis ( $t=50\ \mu s$ )	$V_o(rms)$	75	—	mV
<b>a.f. output voltage</b> (r.m.s. value) at $R_L=22\text{ k}\Omega$	$R_L$	—	22	$k\Omega$
<b>load resistance</b> for audio output current source at $V_p=4.5\text{ V}$	$R_L$	—	47	$k\Omega$
at $V_p=9.0\text{ V}$				

Panel 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## FM RADIO CIRCUIT

## GENERAL DESCRIPTION

The TDA7000 is a monolithic integrated circuit for mono FM portable radios, where a minimum on peripheral components is important (small dimensions and low costs).

The IC has an FLL (Frequency-Locked-Loop) system with an intermediate frequency of 70 kHz. The i.f. selectivity is obtained by active RC filters. The only function which needs alignment is the resonant circuit for the oscillator, thus selecting the reception frequency. Spurious reception is avoided by means of a mute circuit, which also eliminates too noisy input signals. Special precautions are taken to meet the radiation requirements.

The TDA7000 includes the following functions:

- R.F. input stage
- Mixer
- Local oscillator
- I.F. amplifier/limiter
- Phase demodulator
- Mute detector
- Mute switch

## QUICK REFERENCE DATA

Supply voltage range (pin 5)	$V_p$	2,7 to 10 V
Supply current at $V_p = 4,5$ V	$I_p$	typ. 8 mA
R.F. input frequency range	$f_{rf}$	1,5 to 110 MHz
Sensitivity for -3 dB limiting (e.m.f. voltage) (source impedance: 75 $\Omega$ ; mute disabled)	EMF	typ. 1,5 $\mu$ V
Signal handling (e.m.f. voltage) (source impedance: 75 $\Omega$ )	EMF	typ. 200 mV
A.F. output voltage at $R_L = 22$ k $\Omega$	$V_o$	typ. 75 mV

## PACKAGE OUTLINE

18-lead DIL; plastic (SOT-102H).

March 1983

857

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TDA7000

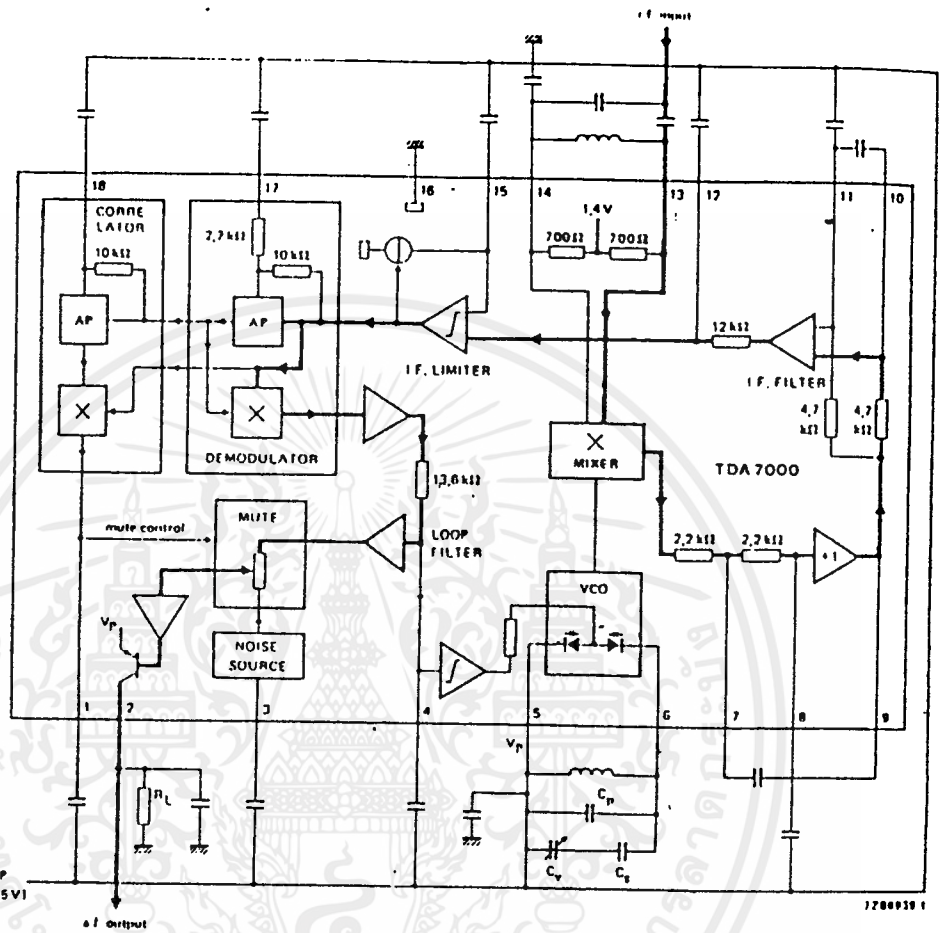


Fig. 1 Block diagram.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**RATINGS**

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134)

Supply voltage (pin 5)	$V_p$ max.	12 V
Oscillator voltage (pin 6)	$V_{6-5}$	$V_p - 0,5$ to $V_p + 0,5$ V
Total power dissipation	see derating curve Fig. 2	
Storage temperature range	$T_{stg}$	-55 to + 150 °C
Operating ambient temperature range	$T_{amb}$	0 to + 60 °C

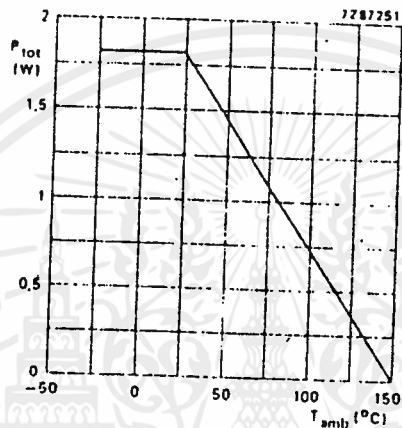


Fig. 2 Power derating curve.

**D.C. CHARACTERISTICS**

$V_p = 4,5$  V;  $T_{amb} = 25$  °C; measured in Fig. 4; unless otherwise specified

parameter	symbol	min.	typ.	max.	unit
Supply voltage (pin 5)	$V_p$	2,7	4,5	10	V
Supply current at $V_p = 4,5$ V	$I_p$	—	8	—	mA
Oscillator current (pin 6)	$I_6$	—	280	—	$\mu$ A
Voltage at pin 14	$V_{14-16}$	—	1,35	—	V
Output current at pin 2	$I_2$	—	60	—	$\mu$ A
Voltage at pin 2; $R_L = 22$ k $\Omega$	$V_{2-16}$	—	1,3	—	V

## A.C. CHARACTERISTICS

$V_p = 4,5 \text{ V}$ ;  $T_{amb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ; measured in Fig. 4 (mute switch open, enabled);  $f_{rf} = 96 \text{ MHz}$  (tuned to max. signal at  $5 \mu\text{V}$  e.m.f.) modulated with  $\Delta f = \pm 22,5 \text{ kHz}$ ;  $f_m = 1 \text{ kHz}$ ; EMF =  $0,2 \text{ mV}$  (e.m.f. voltage at a source impedance of  $75 \Omega$ ); r.m.s. noise voltage measured unweighted ( $f = 300 \text{ Hz}$  to  $20 \text{ kHz}$ ); unless otherwise specified.

parameter	symbol	min.	typ.	max.	unit
Sensitivity (see Fig. 3) (e.m.f. voltage)					
for $-3 \text{ dB}$ limiting; muting disabled	EMF	—	1,5	—	$\mu\text{V}$
for $-3 \text{ dB}$ muting	EMF	—	6	—	$\mu\text{V}$
for $S/N = 26 \text{ dB}$	EMF	—	5,5	—	$\mu\text{V}$
Signal handling (e.m.f. voltage) for $\text{THD} < 10\%$ ; $\Delta f = \pm 75 \text{ kHz}$	EMF	—	200	—	mV
Signal-to-noise ratio	S/N	—	60	—	dB
Total harmonic distortion at $\Delta f = \pm 22,5 \text{ kHz}$	THD	—	0,7	—	%
at $\Delta f = \pm 75 \text{ kHz}$	THD	—	2,3	—	%
AM suppression of output voltage (ratio of the AM output signal referred to the FM output signal) FM signal: $f_m = 1 \text{ kHz}$ ; $\Delta f = \pm 75 \text{ kHz}$ AM signal: $f_m = 1 \text{ kHz}$ ; $m = 80\%$	AMS	—	50	—	dB
Ripple rejection ( $\Delta V_p = 100 \text{ mV}$ ; $f = 1 \text{ kHz}$ )	RR	—	10	—	dB
Oscillator voltage (r.m.s. value) at pin 6	V6-5(rms)	—	250	—	mV
Variation of oscillator frequency with supply voltage ( $\Delta V_p = 1 \text{ V}$ )	$\Delta f_{osc}$	—	60	—	kHz/V
Selectivity	S+300	—	45	—	dB
	S-300	—	35	—	dB
	$\Delta f_{rf}$	—	$\pm 300$	—	kHz
A.F.C. range	B	—	10	—	kHz
Audio bandwidth at $\Delta V_o = 3 \text{ dB}$ measured with pre-emphasis ( $t = 50 \mu\text{s}$ )	$V_o(\text{rms})$	—	75	—	mV
A.F. output voltage (r.m.s. value) at $R_L = 22 \text{ k}\Omega$	$R_L$	—	—	22	$\text{k}\Omega$
Load resistance at $V_p = 4,5 \text{ V}$	$R_L$	—	—	47	$\text{k}\Omega$
at $V_p = 9,0 \text{ V}$					

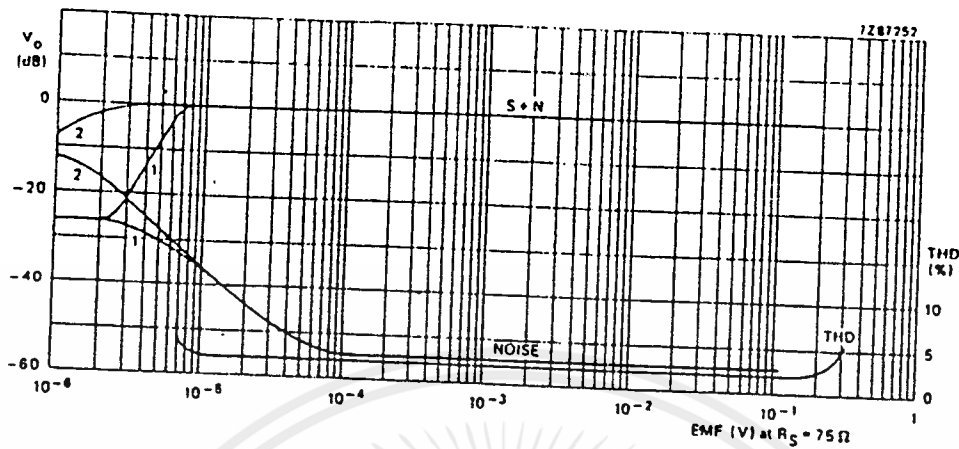


Fig. 3 A.F. output voltage ( $V_o$ ) and total harmonic distortion (THD) as a function of the e.m.f. input voltage (EMF) with a source impedance ( $R_S$ ) of  $75 \Omega$ : (1) muting system enabled; (2) muting system disabled.

Conditions:  $0 \text{ dB} = 75 \text{ mV}$ ;  $f_{rf} = 96 \text{ MHz}$ .  
 for S + N curve:  $\Delta f = \pm 22,5 \text{ kHz}$ ;  $f_m = 1 \text{ kHz}$ .  
 for THD curve:  $\Delta f = \pm 75 \text{ kHz}$ ;  $f_m = 1 \text{ kHz}$ .

Notes

1. The muting system can be disabled by feeding a current of about  $20 \mu\text{A}$  into pin 1.
2. The interstation noise level can be decreased by choosing a low-value capacitor at pin 3. Silent tuning can be achieved by omitting this capacitor.

# TDA7000

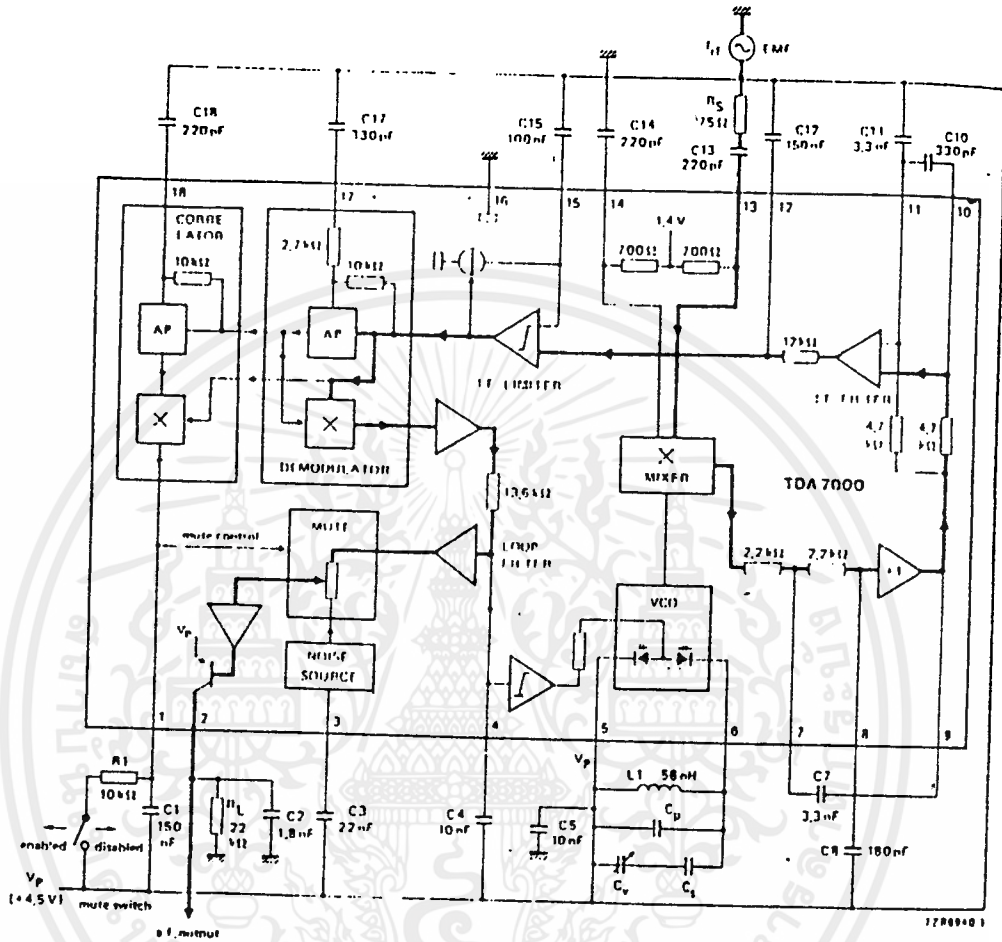


Fig. 4 Test circuit; for printed-circuit boards see Figs 5 and 6.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 9 shows a complete Originate or Answer modem. The values for the XR-2206 and XR-2211 are given in Table 7. For an originate modem, the transmitting frequencies are 1070 and 1270, and the receiving frequencies are 2025 and 2225, for a space and mark, respectively.

The first op-amp is connected as an active hybrid which should supply a minimum of 10 dB isolation, from transmit to receive, while adding 6 dB from the line to the receiver.

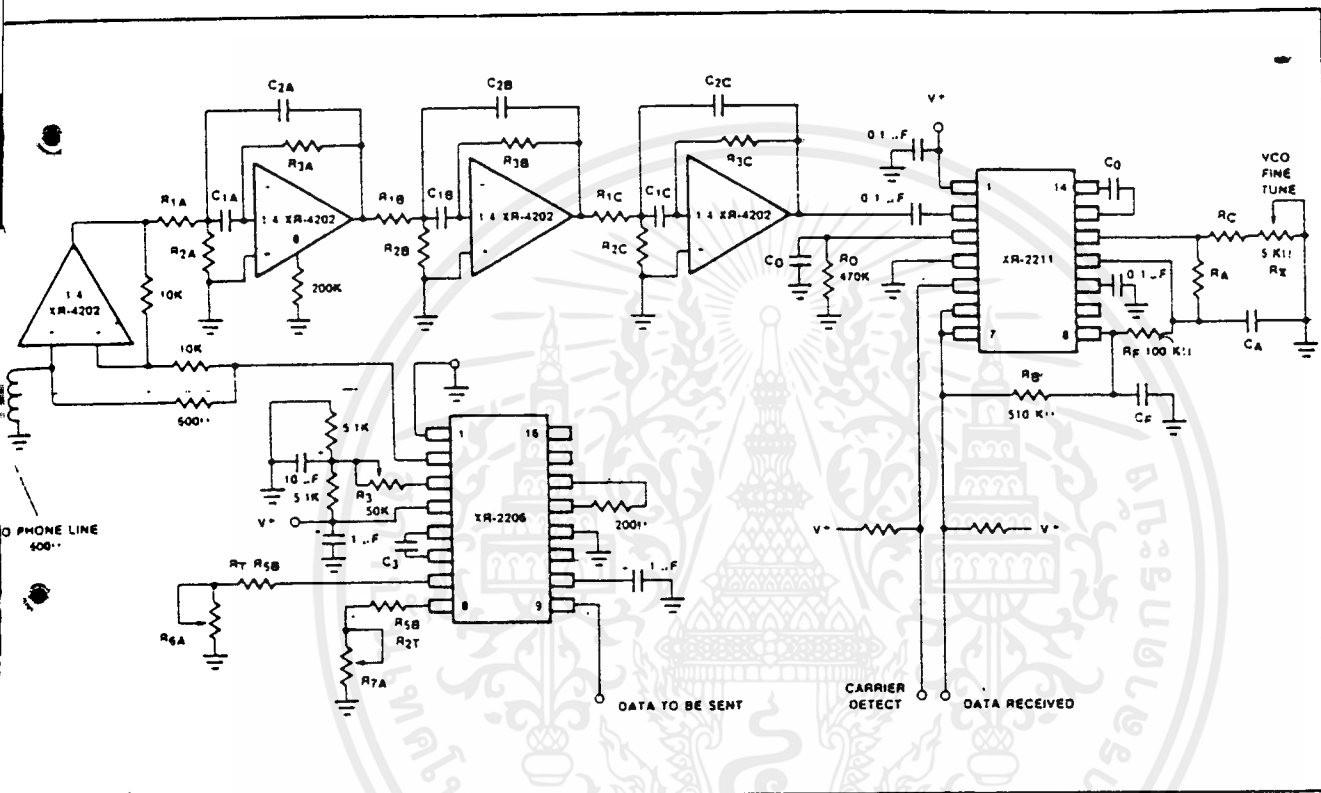


Figure 9: Originate or Answer Modem

Table 7. Recommended Component Values for Typical FSK Bands

FSK Band			Component Values												
			XR-2206					XR-2211							
Baud Rate	f <sub>L</sub>	f <sub>H</sub>	R <sub>6A</sub>	R <sub>6B</sub>	R <sub>7A</sub>	R <sub>7B</sub>	C <sub>3</sub>	R <sub>X</sub>	R <sub>C</sub>	R <sub>A</sub>	C <sub>O</sub>	C <sub>A</sub>	C <sub>F</sub>	C <sub>D</sub>	
Originate	1070	1270	10	18	10	20	.039	10	18	100	.039	.01	.005	.05	
Answer	2025	2225	10	16	10	18	.022	10	18	200	.022	.0047	.005	.05	

Units: Frequency - Hz; Resistors - kΩ; Capacitors - μF.

INTRODU

This application shows the operation of a modem for industrial use. Conventional bi-space frequency control function in a modem system is interrogated from the other side of the same system.

The design of modems using a demodulator. This application shows the design of FSK operation cap

PRINCIPLE

in a wide variety of applications. It is necessary to have controllers active

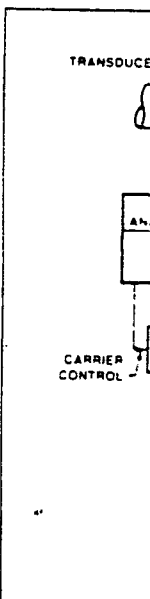


Figure 1. Sin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Three-State FSK Modem Design Using XR-2207 and XR-2211

## INTRODUCTION

This application note describes the design principle, and the operation of three-state frequency-shift keyed (FSK) modems for industrial process control systems. Compared to conventional bi-state modems, which utilize only the mark and space frequencies, the three-state modems utilize a third frequency, the carrier signal, for additional command and control functions. This carrier-control feature allows each modem system connected to a central processor (CPU) to be interrogated or activated, one at a time, without interference from the other modem transmitters or receivers within the same system.

The design and operation of conventional bi-state FSK modems using the XR-2206 modulator, and the XR-2211 demodulator, are covered in Exar's Application Note, AN-01. This application note extends these basic concepts to the design of FSK modulators or demodulators with three-state operation capability.

unit (CPU). This can be achieved by operating a number of separate FSK modulator/demodulator (modem) stations over a common set of telephone lines, and address them one at a time from the CPU. The simplified block diagram of such a process control system is shown in Figure 1. In many cases, such a process controlled system also makes use of the distributed-intelligence concept by employing a separate data acquisition system at each control station. Such an intelligent data acquisition system is normally made up of a microprocessor, along with its A/D and D/A converter circuitry, which will interface with the sensors and the control machinery. An FSK modem will interface with the telephone wires going back to the central command unit, the CPU.

## PRINCIPLES OF OPERATION

In a wide variety of industrial process control applications, it is necessary to have a number of separate sensors and controllers activated by a centralized computer or processing

In the conventional operation of FSK modems, they operate in their bi-state mode, i.e., the information to be transmitted

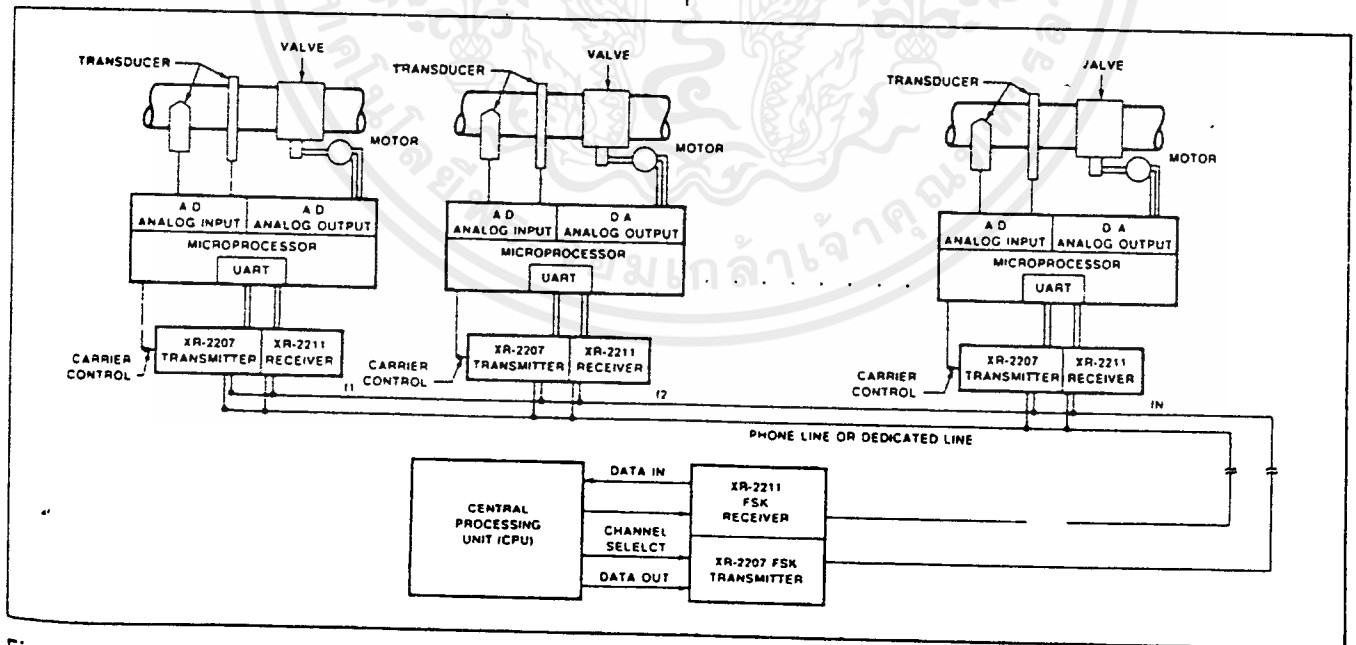


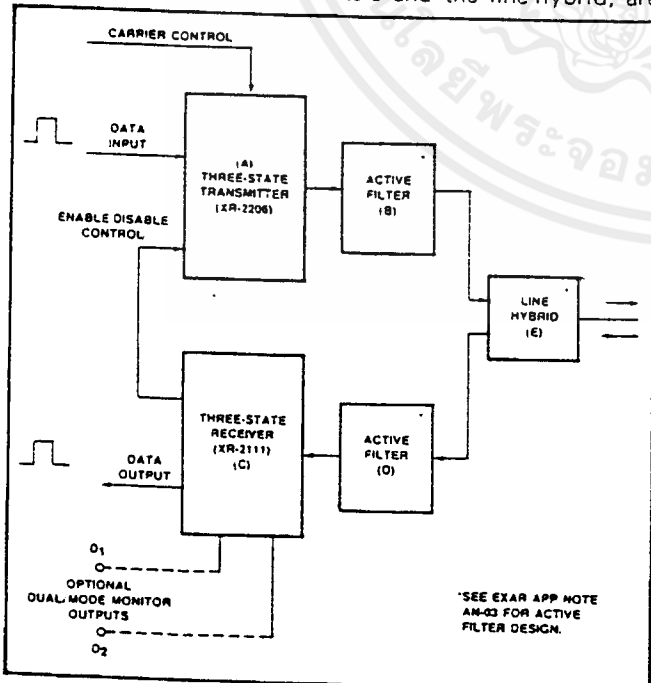
Figure 1. Simplified Block Diagram of a Complex Process Control System with Multiple FSK Modems.

or received is available in two states, corresponding to either a mark or a space frequency. In a complex process control system, such as the one shown in Figure 1, the versatility of the system can be greatly enhanced by operating the FSK modulator/demodulator in three-state mode, where the information to be transmitted or received is available in three states, i.e., a mark or space frequency, or a carrier signal, which is normally a tone having a frequency halfway between the mark and space frequencies.

Figure 2 shows a detailed block diagram of a complete three-state FSK modem system. The system is made up of five blocks:

- (a) FSK transmitter or encoder which converts the input data or logic signals into transmitted mark, space, and carrier tones.
- (b) FSK receiver or decoder which converts the frequency signals sent over the telephone lines into binary logic signals.
- (c) Transmitter bandpass filter which band-limits the frequency output of the transmitter to the allocated transmitter bandwidth.
- (d) Receiver bandpass filter which limits the incoming signals to those frequencies which fall within the allocated receiver bandwidth.
- (e) A line hybrid, or a 4-wire to 2-wire transformer, which isolates or decouples the transmitter output from the receiver input.

The first 2 blocks, the FSK transmitter and the receiver, are the essential part of the modem system. The remaining three blocks, namely the active filters and the line-hybrid, are



**Figure 2. Block Diagram of a Three-State FSK Modem System.**

support circuits, depending on the frequency-band requirements or the necessary telephone line interconnections. Detailed descriptions and design examples for these active filters are given in Exar's Application Note, AN-03.

The three-state modem is designed to operate in two separate frequency bands: A transmit-band for the transmitted data, and a receive-band for the incoming frequencies. In certain operating modes, such as the half-duplex operation, these frequency bands may be one and the same. In its most general case, the frequency information associated with the three-state modem system (Figure 2) is concentrated in three discrete frequencies in each of the transmit- and receive-bands. These are:

**Transmit-Band (transmitter output)**

- $f_{T1}$  = Transmitter mark frequency
- $f_{T2}$  = Transmitter space frequency
- $f_{T0}$  = Transmitter carrier or center frequency

**Receive-Band (receiver input):**

- $f_{R1}$  = Receiver mark frequency
- $f_{R2}$  = Receiver space frequency
- $f_{R0}$  = Receiver carrier or center frequency

Normally, the mark and space frequencies are chosen to be near the opposite edges of the receive- or transmit-band, and the carrier frequency is chosen to be at the center of the corresponding band.

When activated by the enable/disable control, the three-state transmitter generates either the FSK mark/space frequencies,  $f_{T1}$  and  $f_{T2}$ , or the carrier frequency,  $f_{T0}$ . The carrier frequency is activated by the carrier control input, and can override the input data.

The three-state receiver provides two outputs: A binary data output, when activated by the input mark/space frequencies,  $f_{R1}$  and  $f_{R2}$ , and a logic signal, to control or enable the transmitter when the receive-carrier frequency,  $f_{R0}$ , is present. As an option, it may have a dual-mode operation capability which can provide serial data outputs for half-bandwidth deviations of the input signal, i.e., for FSK signals comprised of center-to-mark or center-to-space frequency shifts. The data outputs corresponding to this mode of operation are shown as outputs,  $D_1$  and  $D_2$  of Figure 2.

**CIRCUIT OPERATION**

The generalized three-state modem system of Figure 2 can operate in a multiplicity of modes. Some of these are outlined below:

**Answerback Under CPU Control**

The modem will be in a standby mode with the transmitter disabled, and the receiver in a standby condition with its data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำออกจำหน่าย หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

output disabled. It will be activated only when an interrogate tone at the receiver center frequency,  $f_{R0}$ , is transmitted by the control modem unit associated with the CPU (see Figure 1). This tone is detected by the receiver; it activates the transmitter via its enable/disable control, and instructs the local microprocessor to transmit its status information via the local transmitter. This data is transmitted as an FSK signal made up of the transmit mark and space frequencies  $f_{T1}$  and  $f_{T2}$ . When the information transmission is complete, or when the interrogate tone is discontinued, the entire modem system again reverts back to its standby mode.

**Receive Under CPU Control**

In this mode of operation, the transmitter remains disabled, the receiver is at its standby mode with its data output disabled. When the FSK data is sent by the CPU modem transmitter, at the mark/space frequencies,  $f_{R1}$  and  $f_{R2}$ , the data output is enabled, and the decoded binary data is fed into the local microprocessor. Since the center receive frequency,  $f_{R0}$ , is not transmitted, the transmitter remains disabled.

**Priority-Transmit Request**

In an emergency situation, the local transmitter can be activated by its carrier-control input, which causes it to transmit a tone,  $f_{T0}$ , at its center frequency. When this tone is received by the CPU, it will be treated as a priority request to transmit information, the CPU will immediately interrogate the corresponding local modem by sending out its address tone at frequency,  $f_{R0}$ .

**Dual-Channel Receive**

As an option, the receiver can provide serial data outputs, through separate terminals, D1 and D2 of Figure 2, for half-bandwidth deviations of the input FSK signals. In this mode, the input data will be in the form of center-to-mark frequency shifts for one channel, and center-to-space shifts for the other. This mode of operation allows two separate sets of data or control instructions to be transmitted within the same channel bandwidth, provided that only one of these channels is used at any one time.

**Dual-Channel Transmit**

As an option, the transmitter can also transmit two separate channels, using half-bandwidth deviations of the transmit signal. In this case, the outgoing data will be encoded with center-to-mark transitions of the transmitter frequency in one of the channels, and center-to-space transitions in the other. However, similar to the case of the receiver, only one or the other, and not both, of these half-bandwidth channels can be on at a given time.

**XR-2207 As A Three-State FSK Transmitter**

The XR-2207 is a monolithic voltage-controlled oscillator (VCO) circuit with excellent temperature stability. It provides simultaneous triangle and square wave outputs, and can be keyed to any one of four preprogrammed frequencies

by means of external logic signals. These four discrete frequencies are preprogrammed by the choice of four external timing resistors.

Figure 3 shows a functional block diagram of the XR-2207 monolithic FSK generator chip. The circuit is comprised of four functional blocks: A variable-frequency oscillator which generates the basic periodic waveforms; four current switches actuated by binary keying inputs, and buffer amplifiers for both the triangle and square wave outputs. The internal current switches transfer the oscillator current to any of four external timing resistors, to produce four discrete frequencies which are selected according to the binary logic levels at the keying terminals.

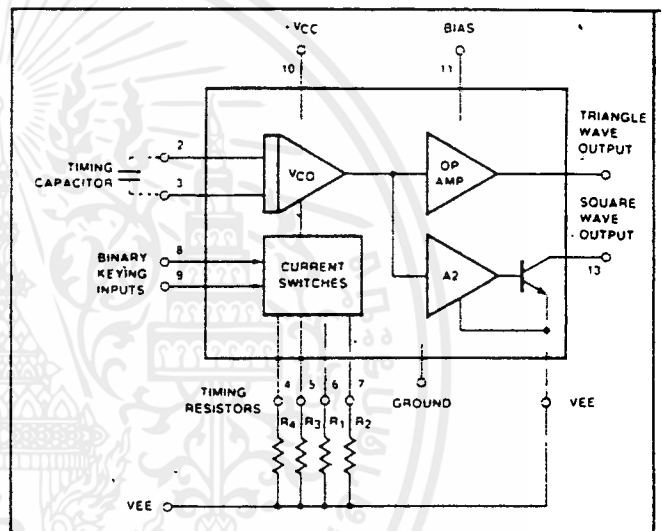


Figure 3. Functional Diagram of XR-2207 Monolithic FSK Generator.

The frequency of oscillation is set by an external timing capacitor, and by the combination of one or more of the external timing resistors,  $R_1$  through  $R_4$ . The keying terminals switch these external resistors in and out of the circuit and thus control the operating frequency. Table 1 shows the four discrete frequencies which can be obtained as a function

TABLE 1.  
Output Frequency of the XR-2207  
as a Function of the Keying Logic.

Logic Level		Active Timing Resistor	Output Frequency
Pin 8	Pin 9		
L	L	Pin 6	$\frac{1}{C_0 R_1}$
L	H	Pins 6 and 7	$\frac{1}{C_0 R_1} + \frac{1}{C_0 R_2}$
H	L	Pin 5	$\frac{1}{C_0 R_3}$
H	H	Pins 4 and 5	$\frac{1}{C_0 R_3} + \frac{1}{C_0 R_4}$

(\*Frequency In Hz, R in Ohms and C in Farads.)

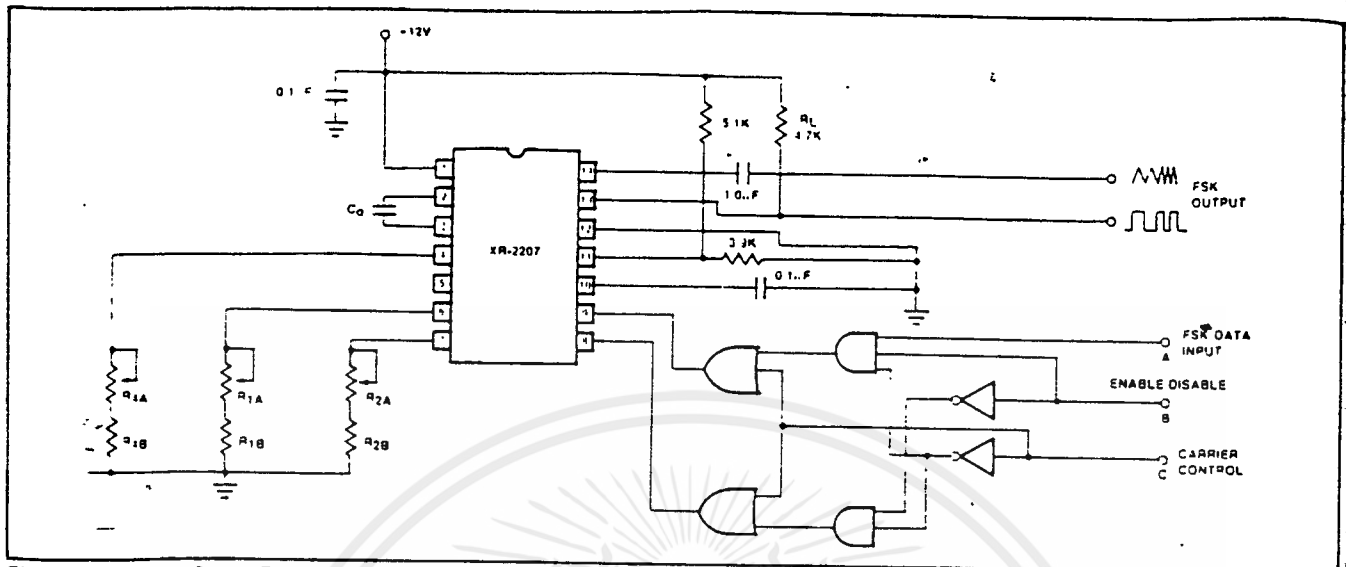


Figure 4. Three-State FSK Transmitter using the XR-2207.

of four logic states at Pin 8 and 9. It should be noted that the frequency is inversely proportional to the timing resistor connected to the activated timing pin. For example, if only one of the timing pins, say Pin 5, is activated and its associated resistor,  $R_3$ , is left open-circuited (i.e.,  $R_3 = \infty$ ) the oscillator will be keyed OFF since this corresponds to a zero-frequency state.

Figure 4 shows the recommended circuit connection of the XR-2207, for its operation as a three-state-FSK transmitter. The three resistors,  $R_1$ ,  $R_2$  and  $R_4$ , are used to set the three discrete frequencies to be transmitted in accordance with the frequency expressions given in Table 1, where

$$f_{T1} = \frac{1}{C_0 R_1} \quad f_{T2} = \frac{1}{C_0 R_1 + C_0 R_2} \quad f_{T0} = \frac{1}{C_0 R_4}$$

It should be noted that Pin 5 is left open circuited (i.e.,  $R_3 = \infty$ ). This allows the circuit to be keyed OFF, or disabled, by applying a high-logic state to Pin 8, and a low-logic state to Pin 9 (see Table 1).

The functions of the three control terminals can be described as follows

- FSK Data Input:** The serial binary data is applied to this terminal. With the carrier control at low- and enable/disable control at high-state, the binary data causes the transmitter to generate the mark and space frequencies,  $f_{T1}$  and  $f_{T2}$ .
- Enable/Disable Control:** When this input is at low-state, the transmitter is disabled.
- Carrier-Control:** When this terminal is at high-state, the transmitter generates a continuous tone at frequency,  $f_{T0}$ .

With the external logic circuitry shown in Figure 4, carrier control can override both the enable/disable or the FSK data inputs. A detailed truth-table of the circuit outputs is given in Table 2, for various states of the three control inputs.

TABLE 2.  
Three-State Transmitter Operating Modes as a Function of Control Inputs

Control Input States			Level at Pin 9	Level at Pin 8	Trans-Mitter Output Frequency	Trans-Mitter Operating Mode
A	B	C	Pin 9	Pin 8		
L	L	L	L	H	OFF	Transmitter Off
H	L	L	L	H	OFF	
L	H	L	L	L	$f_{T1}$	Transmit
H	H	L	H	L	$f_{T2}$	Data
L	L	H	H	H	$f_{T0}$	Transmit Carrier only
L	H	H	H	H	$f_{T0}$	
H	H	H	H	H	$f_{T0}$	

### XR-2211 As A Three-State Receiver

The XR-2211 is a monolithic FSK demodulator which operates on the chase-locked loop principle. In addition to the basic PLL system, the monolithic chip also contains a quadrature-detector circuit which produces a logic signal when a carrier signal, or tone, is present within the capture range of the PLL. A simplified functional block diagram of the circuit is shown in Figure 5.

### Basic Bi-State Operation

The basic operation of the XR-2211, in conventional bi-state modems, is described in detail in Exar's Application Note AN-01. It will be briefly reviewed below.

# Monolithic Function Generator

## GENERAL DESCRIPTION

The XR-2206 is a monolithic function generator integrated circuit capable of producing high quality sine, square, triangle, ramp, and pulse waveforms of high-stability and accuracy. The output waveforms can be both amplitude and frequency modulated by an external voltage. Frequency of operation can be selected externally over a range of 0.01 Hz to more than 1 MHz.

The circuit is ideally suited for communications, instrumentation, and function generator applications requiring sinusoidal tone, AM, FM, or FSK generation. It has a typical drift specification of 20 ppm/°C. The oscillator frequency can be linearly swept over a 2000:1 frequency range, with an external control voltage, having a very small affect on distortion.

## FEATURES

- Low-Sine Wave Distortion .5%, Typical
- Excellent Temperature Stability 20 ppm/°C, Typical
- Wide Sweep Range 2000:1, Typical
- Low-Supply Sensitivity 0.01%V, Typical
- Linear Amplitude Modulation
- TTL Compatible FSK Controls
- Wide Supply Range 10V to 26V
- Adjustable Duty Cycle 1% to 99%

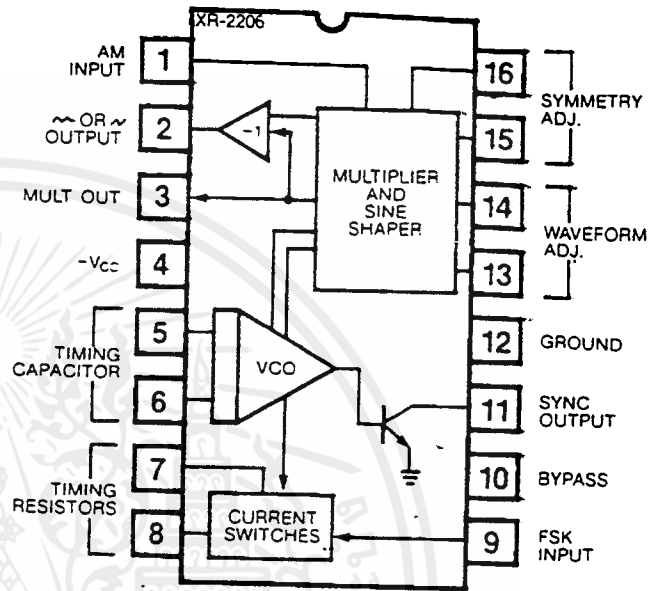
## APPLICATIONS

- Waveform Generation
- Sweep Generation
- AM/FM Generation
- V/F Conversion
- FSK Generation
- Phase-Locked Loops (VCO)

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Power Supply	26V
Power Dissipation	750 mW
Derate Above 25°C	5 mW/°C
Total Timing Current	6 mA
Storage Temperature	-65°C to +150°C

## FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



## ORDERING INFORMATION

Part Number	Package	Operating Temperature
XR-2206M	Ceramic	-55°C to +125°C
XR-2206N	Ceramic	0°C to +70°C
XR-2206P	Plastic	0°C to +70°C
XR-2206CN	Ceramic	0°C to +70°C
XR-2206CP	Plastic	0°C to +70°C

## SYSTEM DESCRIPTION

The XR-2206 is comprised of four functional blocks; a voltage-controlled oscillator (VCO), an analog multiplier and sine-shaper; a unity gain buffer amplifier; and a set of current switches.

The VCO actually produces an output frequency proportional to an input current, which is produced by a resistor from the timing terminals to ground. The current switches route one of the timing pins current to the VCO controlled by an FSK input pin, to produce an output frequency. With two timing pins, two discrete output frequencies can be independently produced for FSK Generation Applications.

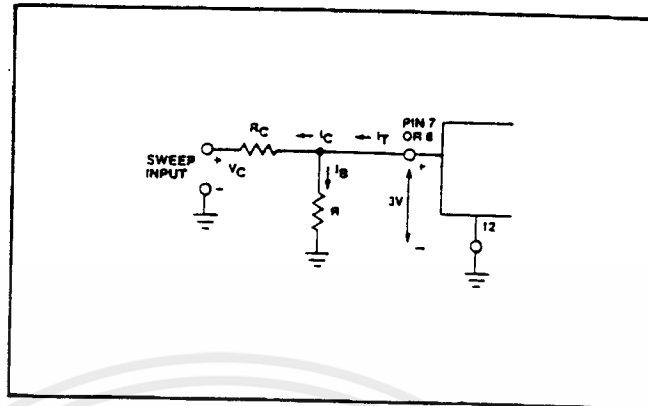


Figure 9: Circuit Connection for Frequency Sweep.

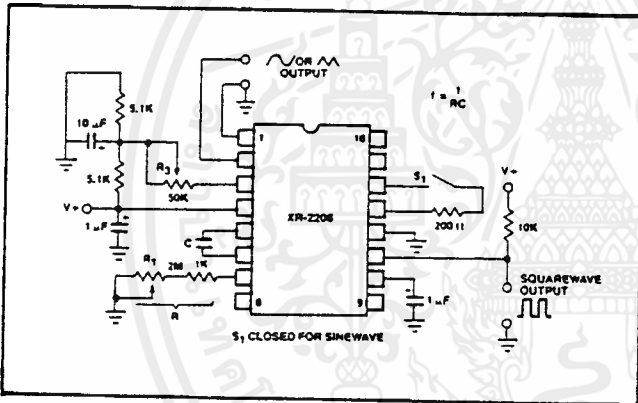


Figure 10: Circuit for Sine Wave Generation without External Adjustment. (See Figure 2 for Choice of R<sub>3</sub>.)

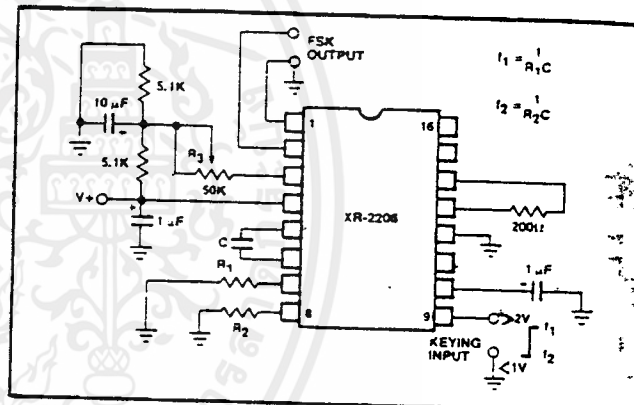


Figure 12: Sinusoidal FSK Generator.

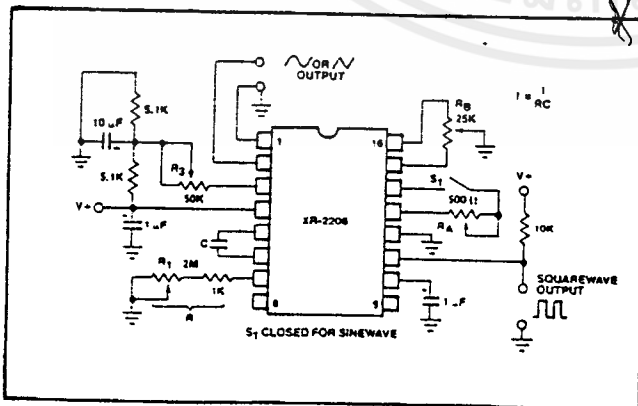


Figure 11: Circuit for Sine Wave Generation with Minimum Harmonic Distortion. (R<sub>3</sub> Determines Output Swing – See Figure 2.)

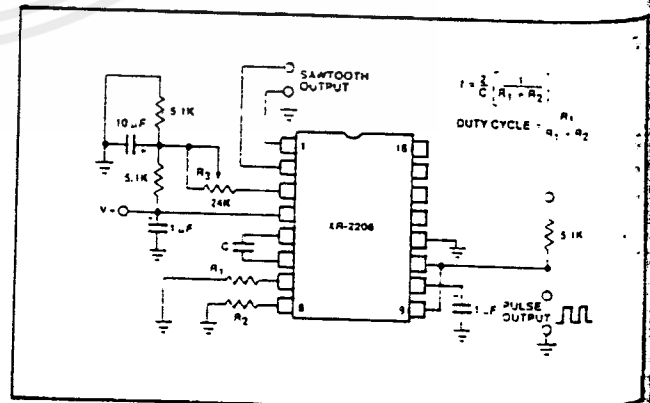


Figure 13: Circuit for Pulse and Ramp Generation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

### Frequency-Shift Keying:

The XR-2206 can be operated with two separate timing resistors,  $R_1$  and  $R_2$ , connected to the timing Pin 7 and 8, respectively, as shown in Figure 12. Depending on the polarity of the logic signal at Pin 9, either one or the other of these timing resistors is activated. If Pin 9 is open-circuited or connected to a bias voltage  $\geq 2V$ , only  $R_1$  is activated. Similarly, if the voltage level at Pin 9 is  $\leq 1V$ , only  $R_2$  is activated. Thus, the output frequency can be keyed between two levels,  $f_1$  and  $f_2$ , as:

$$f_1 = 1/R_1C \text{ and } f_2 = 1/R_2C$$

For split-supply operation, the keying voltage at Pin 9 is referenced to  $V^-$ .

### Output DC Level Control:

The dc level at the output (Pin 2) is approximately the same as the dc bias at Pin 3. In Figures 10, 11 and 12, Pin 3 is biased midway between  $V^+$  and ground, to give an output dc level of  $\approx V^+/2$ .

## APPLICATIONS INFORMATION

### Sine Wave Generation

#### Without External Adjustment:

Figure 10 shows the circuit connection for generating a sinusoidal output from the XR-2206. The potentiometer,  $R_1$  at Pin 7, provides the desired frequency tuning. The maximum output swing is greater than  $V^+/2$ , and the typical distortion (THD) is  $< 2.5\%$ . If lower sine wave distortion is desired, additional adjustments can be provided as described in the following section.

The circuit of Figure 10 can be converted to split-supply operation, simply by replacing all ground connections with  $V^-$ . For split-supply operation,  $R_3$  can be directly connected to ground.

#### With External Adjustment:

The harmonic content of sinusoidal output can be reduced to  $\approx 0.5\%$  by additional adjustments as shown in Figure 11. The potentiometer,  $R_A$ , adjusts the sine-shaping resistor, and  $R_B$  provides the fine adjustment for the waveform symmetry. The adjustment procedure is as follows:

1. Set  $R_B$  at midpoint, and adjust  $R_A$  for minimum distortion.
2. With  $R_A$  set as above, adjust  $R_B$  to further reduce distortion.

### Triangle Wave Generation

The circuits of Figures 10 and 11 can be converted to triangle wave generation, by simply open-circuiting Pin 13 and 14 (i.e.,  $S_1$  open). Amplitude of the triangle is approximately twice the sine wave output.

### FSK Generation

Figure 12 shows the circuit connection for sinusoidal FSK signal operation. Mark and space Frequencies can be independently adjusted, by the choice of timing resistors,  $R_1$  and  $R_2$ ; the output is phase-continuous during transitions. The keying signal is applied to Pin 9. The circuit can be converted to split-supply operation by simply replacing ground with  $V^-$ .

### Pulse and Ramp Generation

Figure 13 shows the circuit for pulse and ramp waveform generation. In this mode of operation, the FSK keying terminal (Pin 9) is shorted to the square-wave output (Pin 11), and the circuit automatically frequency-shift keys itself between two separate frequencies during the positive-going and negative-going output waveforms. The pulse width and duty cycle can be adjusted from 1% to 99%, by the choice of  $R_1$  and  $R_2$ . The values of  $R_1$  and  $R_2$  should be in the range of  $1 \text{ k}\Omega$  to  $2 \text{ M}\Omega$ .

```

/*โปรแกรมสำหรับด้านส่ง*/

#include <dos.h>

#include <stdio.h>

#include <string.h>

#include <conio.h>

#include <stdlib.h>

unsigned int filesize();

void sport(),send_file(),send_file_name();

void get_file_name(),port_init();

void baud_rate(),parity(),stopbit(),changebit();

void blank(),port(),scr(),sclr();

int wait();

int codetr;

int PORT;

int bbaud,bparity,bstop;

main()
{
    /* Set parameter to transmit */
    clrscr();
    sclr();
    scr();
    changebit();
    clrscr();

    /* Begin tranfer file for sender */
    printf("File transfer program in operation. To abort,Press any key.\n");
    port_init(PORT,codetr);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        send_file();
    }
    /* Send the specified file. */
void send_file()
{
    FILE *fp;
    char ch;
    char fname[14];
    union {
        char c[2];
        unsigned int count;
    } cnt;
    send_file_name();
    printf("\nTransmitting file name : %s",fname);
    remove(fname);
    if(!(fp=fopen(fname,"rb"))) {
        printf("Cannot open input file\n");
        printf("Transmission abort\n");
        sport(PORT, '@');
        exit(1);
    }

    /* get file length */
    sport(PORT, '.'); /* acknowledge */
    cnt.c[0] = rport(PORT);
    sport(PORT, '.'); /* acknowledge */
    cnt.c[1] = rport(PORT);
    sport(PORT, '.'); /* acknowledge */
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for(; cnt.count; cnt.count--) {
    ch = rport(PORT);
    putc(ch, fp);
    if(ferror(fp)) {
        printf("error writing file");
        exit(1);
    }
    sport(PORT, '.'); /* acknowledge */
}
fclose(fp);
}

/* send the file name */
void send_file_name(f)
char *f;
{
    printf("Transmitter waiting...\n");
    do {
        sport(PORT, '?');
    } while(!kbhit() && !(check_stat(PORT)&256));
    if(kbhit()) {
        getch();
        exit(1);
    }
    wait(PORT); /* wait for receiver to acknowledge */
    printf("sending %s\n\n", f);

    /* actually send the name */
    while(*f) {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

sport(PORT, *f++);
wait(PORT); /* wait for receiver to acknowledge */
}
sport(PORT, '\0'); /* null terminator */
}

```

```

/* wait for a response. */
/*---Return 0 : no error, Return 1 : error---*/

```

```

int wait(port)
int port;
{
if(rport(port)!='.') {
printf("communication error\n");
printf("Retransmission\n");
return(1); }
if(rport(port)=='@') {
printf("\n-Cannot creat output file at receiver");
return(1);}
return(0);
}

```

```

/* send the character out the serial port */

```

```

void sport(port,c)
int port; /* i/o port */
char c; /* character to send */
{

```

```

union REGS r;

```

```

r.x.dx = port; /* serial port */

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

r.h.al = c; /* char to send */
r.h.ah = 1; /* send character function */
int86(0x14,&r,&r);
if(r.h.ah &128) {
printf("Send error detected in serial port\n ");
exit(1);
}
}

/* check the status of serial port */
check_stat(port)
int port; /* i/o port */
{
union REGS r;
r.x.dx = port; /* serial port */
r.h.ah = 3; /* read status */
int86(0x14,&r,&r);
return r.x.ax;
}

/* Initallize the port */
void port_init(port,code)
int port;
unsigned char code;
{
union REGS r;
r.x.dx = port; /* serial port */
r.h.ah = 0; /* initialize port function */
r.h.al = code; /* initialization code */
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        int86(0x14,&r,&r);
    }
    void scr()
    { char num;
    gotoxy(10,3);
    printf("\n"aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaam");
    printf("\n กรุณาPlease enter number to select choice ค");
    printf("\n ค    1. Com port                ค");
    printf("\n ค    2. Baud rate                    ค");
    printf("\n ค    3. Parity                        ค");
    printf("\n ค    4. Stop bit                       ค");
    printf("\n ขวaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa");
    num=getch();

    switch(num)
    {
    case '1': port();
    break;
    case '2': baud_rate();
    break;
    case '3': parity();
    break;
    case '4': stopbit();
    break;
    }
    }

    void scl()
    {
    gotoxy(65,3);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

default : { chb=getch();
            chb=tolower(chb);
        }
        }

        |while( chb !='a'&& chb !='b');
        blank();
        scr();
    }

void baud_rate()
{ char chb;
  gotoxy(25,15);
  printf("\n\rวววววววววววววววววววววววววววววววววว");
  printf("\nค          Baud Rate          ค");
  printf("\nค A) 9600 B) 4800 C) 2400 D)1200 ค");
  printf("\nขวววววววววววววววววววววววววววววววววว");
  chb=getch();
  chb=tolower(chb);
do{
switch(chb)
{
case 'a':{ bbaud=224;
            gotoxy(56,6);
            printf("9600");
            break;
}
case 'b':{ bbaud=192;
            gotoxy(56,6);
            printf("4800");
            break;
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

{
case 'a':{ bparity=0;
gotoxy(56,7);
printf("No");
break;
}
case 'b':{ bparity=8;
gotoxy(56,7);
printf("Odd");
break;
}
case 'c':{ bparity=24;
gotoxy(56,7);
printf("Even");
break;
}
default : { chp=getch();
chp=tolower(chp);
}
}

}while( chp !='a' && chp !='b'&& chp !='c');
blank();
scr();
}

void stopbit()
{char chs;
gotoxy(25,15);
printf("\nวิาวาวาวาวาวาวาวาวาวาวาวาวาวาวาว");
printf("\n๓ Stop Bit ๓");
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

printf("\nค A) 2 Stop bit B) 1 Stop bit      ค");
printf("\nbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbb");
chs=getch();
chs=tolower(chs);
do {
    switch(chs){
        case 'a': { bstop=6;
gotoxy(56,8);
printf("2");
break;
        }
        case 'b': { bstop=2;
gotoxy(56,8);
printf("1");
break;
        }
        default :{ chs=getch();
chs=tolower(chs);
        }
    }
} while(chs !='a' && chs !='b');
blank();
scr();
}
void blank()
{
gotoxy(25,15);
printf("\nbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbb");
printf("\nค
ค");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
printf("\nค  
ค");  
printf("\nยวววววววววววววววววววววววว");  
}  
void changebit()  
{  
    codetr=bbaud+bparity+bstop;  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/* โปรแกรมสำหรับด้านรับ */
#include <dos.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>

unsigned int filesize();
void sport(),send_file(),rec_file(),send_file_name();
void get_file_name(),port_init();
void baud_rate(),parity(),stopbit(),changebit();
void blank(),port(),scr(),scr1();
int wait();
int code;
int PORT;
int bbaud,bparity,bstop;
main()
{
    /* set parameter to transmit */
    clrscr();
    scr1();
    scr();
    changebit();
    clrscr();
    /* Begin transfer file for sender */
    gotoxy(25,10);
    printf("\nFile transfer program in operation. To abort, Press any key.\n");
    port_init(PORT,code);
    rec_file();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/* Receive a file. */
void rec_file()
{
    FILE *fp;
    char ch;
    char fname[14];
    union {
        char c[2];
        unsigned int count;
    } cnt;

    get_file_name(fname); /* get the file name */
    printf("receiving file %s\n",fname);
    remove(fname);
    if(!(fp=fopen(fname,"wb"))) {
        printf("Cannot open output file\n");
        printf("Transmission abort");
        sport(PORT,'@');
        exit(1);
    }

    /* get file length */
    sport(PORT,'. '); /* acknowledge */
    cnt.c[0] = rport(PORT);
    sport(PORT,'. '); /* acknowledge */
    cnt.c[1] = rport(PORT);
    sport(PORT,'. '); /* acknowledge */

    for(; cnt.count; cnt.count--) {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ch = rport(PORT);  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    putc(ch, fp);
    if(ferror(fp)) {
        printf("Error writing file");
        exit(1);
    }
    sport(PORT, '.'); /* acknowledge */
}
fclose(fp);
}

/* receive the file name */
void get_file_name(f)
char *f;
{
    printf("Receiver waiting...\n");
    while(rport(PORT)!='?');
    sport(PORT, '.'); /* acknowledge */
    while((*f=rport(PORT))) {
        if(*f!='?') {
            f++;
            sport(PORT, '.'); /* acknowledge */
        }
    }
}

/* wait for a response. */
/*---- Return 0 : no error, Return 1 : error ----*/

int wait(port)
int port;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(rport(port)!='.') {
    printf("Communication error\n");
    printf("Retransmission");
    return(1);
}

return(0);
}

/* Read a character from a port */
rport(port)
int port; /* i/o port */
{
    union REGS r;
    /* wait for a character */
    while(!(check_stat(PORT) &256)) /* test line status (data ready) */
        if(kbhit()) { /* abort on keypress */
            getch();
            exit(1);
        }
}

r.x.dx = port; /* serial port */
r.h.ah = 2; /* read character funtion */
int86(0x14,&r,&r);
if(r.h.ah &128)
    printf("\n- Read error detected in serial port");
return r.h.al;
}

/* check the status of serial port */
check_stat(port)
int port; /* i/o port */
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







```

switch(chb)
{
    case 'a':{ bbaud=224;
        gotoxy(56,6);
        printf("9600");
        break;
    }
    case 'b':{bbaud=192;
        gotoxy(56,6);
        printf("4800");
        break;
    }
    case 'c': {bbaud=160;
        gotoxy(56,6);
        printf("2400");
        break;
    }
    case 'd': {bbaud=128;
        gotoxy(56,6);
        printf("1200");
        break;
    }
    default : { chb=getch();
        chb=tolower(chb);
    }
}
while( chb !='a'&& chb !='b' && chb !='c' && chb !='d');
blank();
scr();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





```
| while(chs !='a' && chs !='b' );
blank();
scr();
}

void blank()
{
gotoxy(25,15);
printf("\n| ว ว ว ว ว ว ว ว ว ว ว ว ว ว ว ว ว ว ว ว ว ว ว ว ว ว");
printf("\nค");
printf("\nค");
printf("\n| ข ข ข ข ข ข ข ข ข ข ข ข ข ข ข ข ข ข ข ข ข ข ข ข ข ข");
}
void changebit()
{
code=bbaud+bparity+bstop;
}
```



## หนังสืออ้างอิง

1. เสน่ห์ สายวงศ์ และ อวภาค แก้วเสนห์ , ปริศยานิพนธ์เรื่องโรมเดิมที่ใช้คลื่นวิทยุ , สจล. กรุงเทพฯ ปีการศึกษา 2534
2. ชูชัย ทัศนสารตั้งเจริญและคณะ , การสื่อสารข้อมูล , กรุงเทพฯ สำนักพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์เซ็นเตอร์
3. Herbert Schildt , C Power User's Guide , McGraw-Hill, Inc. 1988



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ต้องขอขอบคุณ อาจารย์สุวิมล สิทธิชีวภาค และ อาจารย์เกวียงไกร วงศ์โรจนารักษ์ ตลอดจนอาจารย์ทุกท่านของภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ที่ให้คำปรึกษา และให้คำแนะนำต่างๆ รวมทั้งอุปกรณ์ที่ให้ใช้ได้ตลอดเวลา และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์และเพื่อน ๆ ภาควิชาโทรคมนาคมที่ให้ความช่วยเหลือในโครงการนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้