สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องรับส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ

ON THE STUDY AND DESIGN OF DATA TRANSMISSION VIA RADIO WAVE

โดย

นาย สิทธิชัย แสงเดช

นาย อนุรักษ์ พุทธนากิจชัย

นาย อภินันท์ คณะทอง

T 086733

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 86733

วัน,เดือน,ปี 14 ส.ค. 2552

.b.....

.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเลคทรอนิคส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องรับส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ ON THE STUDY AND DESIGN OF DATA TRANSMISSION VIA RADIO WAVE
ชื่อนักศึกษา	นาย สิทธิชัย แสงเดช นาย อนุรักษ์ พุทธนากิจชัย นาย อภินันท์ คณะทอง
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ สถาพร พรหมวงศ์
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2539

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบังอนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

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

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องรับส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ

โดย นาย สิทธิชัย แสงเดช รหัส 38012033
นาย อนุรักษ์ พุทธนากิจชัย รหัส 38012038
นาย อภินันท์ คณะทอง รหัส 38011240

อาจารย์ที่ปรึกษา อ. สถาพร พรหมวงศ์
ปีการศึกษา 2539

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ เป็นการศึกษา ออกแบบ และสร้างเครื่องรับส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ ด้วยการรับส่งข้อมูลแบบฮาร์ฟดูเพล็กซ์ โดยใช้ MCS-51 มาทำการประมวลผลข้อมูลของคีย์บอร์ด,ดิสเพลย์ และใช้เทคนิคการมอดูเลทแบบความถี่ (เอฟเอสเค) มาใช้ในการแปลงสัญญาณดิจิตอลให้เป็นสัญญาณอนาล็อก สัญญาณที่ได้จะถูกนำไปมอดูเลทกับคลื่นพาห์อีกครั้งหนึ่งในเครื่องส่ง ก่อนส่งออกอากาศไปยังเครื่องรับ ส่วนเครื่องรับจะทำการรับสัญญาณมาทำการดีมอดูเลท เพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกให้เป็นดิจิตอลก่อนจะให้ MCS-51 ทำการประมวลผลอีกครั้งหนึ่งก่อนแสดงผลออกทางดิสเพลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ON THE STUDY AND DESIGN DATA OF TRANSMISSION VIA RADIO WAVE

BY	MR. SITTICHAI	SANGDACH	CODE 38012033
	MR. ANURAK	PUTTHANAKITCHAI	CODE 38012038
	MR. APINAN	KANATHONG	CODE 38012040

ADVISOR MR. STAPORN PROMWONG

YEAR 1996

ABSTRACT

The subject of this project is "On the Study and Design of Data Transmission Via Radio Wave" by means of the communication exchange data call halfduplex. Data on the keyboard is processed by using MCS-51. And after that,it is possible to convert signal from digital to analog by techniques of modulation, Frequency Shift Keying (FSK). Next this signal and carrier is modulate in transmitter before broadcasting. The receiver demodulate and convert signal from analog to digital before MCS-51 process for showing data on display.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีโดยความช่วยเหลือของท่านอาจารย์ สถาพร พรหมวงศ์ อาจารย์ประจำภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม ซึ่งได้ให้คำแนะนำแนวทางแก้ไขปัญหาต่างๆ รวมถึงอุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ห้องที่ใช้ในการปฏิบัติงาน และขอบคุณเพื่อนๆที่ให้คำแนะนำต่างๆจนโครงงานนี้สำเร็จลงได้

สุดท้ายนี้ คณะผู้จัดทำขอกราบพระคุณ บิดา-มารดา ที่คอยให้กำลังใจและทุนทรัพย์เสมอมา

คณะผู้จัดทำ

นาย สิทธิชัย แสงเดช

นาย อนุรักษ์ พุทธนากิจชัย

นาย อภินันท์ คณะทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญรูป		ง
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
	1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
	1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
บทที่ 2	ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น	4
	2.1 หลักการถ่ายโอนข้อมูล	4
	2.2 รูปแบบการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม	6
	2.3 ความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรม	7
	2.4 ฟรีเควนซีชิฟคีย์อิงค์	7
	2.5 ไมโครคอนโทรลร์ MCS-51	12
บทที่ 3	การออกแบบและการสร้าง	27
	3.1 วงจร FSK Modulator	27
	3.2 วงจร FSK Demodulator	32
	3.3 วงจรถอดรหัสคีย์บอร์ด	35
	3.4 วงจร Microcontroller Board	35
	3.5 วงจร Band Pass Filter	36
	3.6 เครื่องรับ-ส่งวิทยุ	38
	3.7 การออกแบบโปรแกรมมอร์นิเตอร์	44
บทที่ 4	ผลการทดลอง	52
บทที่ 5	สรุปผลการทดลองและวิจารณ์	60
	5.1 ปัญหา อุปสรรค และการแก้ไข	60
	5.2 ข้อเสนอแนะ	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 วิธีการใช้เครื่องรับส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ 61
บรรณานุกรม
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1.1	บล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ	3
รูปที่ 2.1	การรับส่งข้อมูลแบบขนาน	4
รูปที่ 2.2	การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม	5
รูปที่ 2.3	การจัดเรียงบิทในการส่งแบบอะซิงโครนัส	6
รูปที่ 2.4	รูปแบบการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม	7
รูปที่ 2.5	Binary FSK Transmitter	9
รูปที่ 2.6	FSK Modulator	10
รูปที่ 2.7	PLL-FSK Demodulator	11
รูปที่ 2.8	แสดงตำแหน่งขาของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8051	13
รูปที่ 2.9	แสดงโครงสร้างภายในของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	16
รูปที่ 2.10	แผนภาพแสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป MCS-51	17
รูปที่ 2.11	แสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปทั้งสองส่วน	18
รูปที่ 2.12	แสดงโครงสร้างและตำแหน่งของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะใน MCS-51	19
รูปที่ 2.13	แสดงการเลือกรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 แต่ละกลุ่ม	20
รูปที่ 2.14	แสดงตำแหน่งหน่วยความจำของโปรแกรมบริการอินเตอร์รัพต์ แต่ละชนิดในMCS-51	22
รูปที่ 2.15	รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ(IE)	23
รูปที่ 2.16	รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ(IP)	24
รูปที่ 3.1	บล็อกไดอะแกรมของ XR-2206	28
รูปที่ 3.2	Sinesodial FSK Modulator	30
รูปที่ 3.3	วงจร FSK Modulator	32
รูปที่ 3.4	แสดงโครงสร้างภายในของ XR-2211	33
รูปที่ 3.5	วงจร FSK Demodulator	34
รูปที่ 3.6	วงจรคีย์บอร์ด	35
รูปที่ 3.7	Single Op-Amp Band Pass Filter	36
รูปที่ 3.8	บล็อกไดอะแกรมของภาครับวิทยุ	38
รูปที่ 3.9	วงจรภาครับวิทยุ	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.10 บล็อกไดอะแกรมภาคส่งวิทยุ 41
รูปที่ 3.11 วงจรภาคส่งวิทยุ 43
รูปที่ 3.12 รูปแบบข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล 44
รูปที่ 3.13 Flowchart การทำงานส่วนหลักของโปรแกรม 45
รูปที่ 3.14 Flowchart การทำงานส่วนรับข้อมูล 46
รูปที่ 3.15 Flowchart การทำงานส่วนแสดงข้อมูล 47
รูปที่ 3.16 Flowchart การทำงานส่วนส่งข้อมูล 48
รูปที่ 3.17 Flowchart การทำงานส่วนป้อนข้อมูล 49
รูปที่ 3.18 Flowchart การทำงานส่วนบันทึกข้อมูล 50
รูปที่ 3.19 Flowchart การทำงานส่วนแสดงข้อมูลที่บันทึกไว้ 51
รูปที่ 4.1 แสดง Block Diagram ของเครื่องรับส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ 52
รูปที่ 4.2 แสดงอินพุทข้อมูล 54
รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณเอาท์พุทของ FSK - Modulation 55
รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณที่ส่งและรับของวิทยุ CB-27 MHz 56
รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณเอาท์พุทเครื่องรับวิทยุ 57
รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณเมื่อผ่านวงจร Band Pass Filter 58
รูปที่ 4.7 แสดงเอาท์พุทของสัญญาณ FSK - Demodulation 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

วงการธุรกิจต่างๆในปัจจุบันมีการเติบโตขึ้นอย่างมากมายพร้อมไปกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ซึ่งมีส่วนสำคัญในการดำเนินงานทางธุรกิจเพื่อให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ถึงแม้เราจะไม่มีสมุดเงินฝากและลายเซ็น แต่เราก็สามารถถอนเงินจากธนาคารได้อย่างอิสระด้วยการ์ดแม่เหล็กเพียงแผ่นเดียว หรือถ้าเราไปยังตัวแทนจำหน่ายตั๋วเดินทาง เราก็สามารถจองตั๋วรถไฟ เครื่องบิน และสามารซื้อตั๋วนั้นได้ ซึ่งเป็นตัวอย่างหนึ่งที่มีการนำเครื่องคอมพิวเตอร์และเทอร์มินอลมาใช้งานโดยเชื่อมต่อเข้ากับวงจรสื่อสารข้อมูลที่เรียกว่า ระบบสื่อสารข้อมูล โทรสารเป็นอุปกรณ์ใช้ส่งข่าวสารที่เป็นรูปภาพ หรือลักษณะตัวอักษรในลักษณะแบบเดียวกับต้นฉบับสามารถส่งข้อมูลในกระดาษที่กำหนดไว้โดยไม่ขึ้นกับความยุ่งยากของภาพหรือจำนวนตัวอักษร และด้วยเวลาในการส่งเพียงไม่กี่นาทีจึงทำให้ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน

นอกจากระบบสื่อสารในขอบเขตกว้างๆแล้ว ระบบส่งข้อมูลปริมาณมากด้วยความเร็วสูงอย่างมีประสิทธิภาพในองค์กรขนาดเล็กที่เรียกว่า ระบบ LAN (Local Area Network) กำลังเป็นที่สนใจอย่างมากทั้งในแง่การตลาดและทางเทคนิค

อย่างไรก็ตามวิธีการส่งข่าวสารยุคเริ่มแรกนั้นเราใช้สัญญาณไฟและกลองจนถึงโทรเลขหรือโทรศัพท์ ซึ่งเป็นการพัฒนาการสื่อสารเพื่อที่จะส่งที่ต้องการระหว่างมนุษย์ด้วยกันแต่ความก้าวหน้าทางเทคนิค การใช้ชีวิตประจำวันและการทำงานในองค์กรต่างๆในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงไปมาก ส่งผลให้วิธีการสื่อสารและจุดมุ่งหมายมีการเปลี่ยนแปลงขนานใหญ่

ในการสื่อสารระหว่างเครื่องจักรกับเครื่องจักร ข้อความข่าวสารไม่เพียงแต่จะมีเสียงเท่านั้นยังประกอบด้วยสัญญาณข้อมูลในรูปแบบของตัวอักษร รูปภาพ สำหรับวิธีการสื่อสารสมัยใหม่เริ่มต้นจากการปรากฏตัวของระบบคอมพิวเตอร์นั่นเอง

ในปัจจุบันการพัฒนาทางเทคนิคของดิจิตอล เทคนิคของ LSI เทคนิคของเส้นใยแสง เทคนิคของซอฟแวร์ เทคนิคการสื่อสารดาวเทียมและความก้าวหน้าของการใช้เทคนิคเหล่านี้ทำให้สามารถเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์อุปกรณ์โทรสารเข้าด้วยกันได้ส่งผลให้อัตราความเร็วในการส่งมีความหลากหลายและประหยัดมากขึ้น ทางด้านการใช้งานก็ได้เกิดโครงสร้างของความหลากหลายของชนิดและข้อความของข่าวสารผสมผสานกับวิธีการใช้งานในอัตราสูง

แต่ในที่นี้จะศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องรับ-ส่งข้อมูลผ่านเครื่องวิทยุ เพื่อต้องการส่งข้อมูลระหว่างเครื่อง 2 เครื่องด้วยกัน และต้องการให้ข้อมูลในการส่งไปยังเครื่องรับไม่ให้เกิดความผิดพลาด และยังประหยัดเวลาในการส่งข้อมูล สำหรับโครงงานนี้โดยลักษณะการทำงานนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ใช้ MCS-51 มาทำการประมวลผลข้อมูลและยังได้ใช้เทคนิคการมอดูเลชั่นแบบความถี่มาใช้ในการทำงานร่วมกับเครื่องรับ-ส่งวิทยุ

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างเทอร์มินอล
2. เพื่อศึกษาระบบของเครื่องรับ-ส่งวิทยุเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับโครงงาน
3. เพื่อศึกษาโครงสร้างของ MCS-51 และสามารถนำมาประยุกต์ใช้งาน
4. เพื่อศึกษาการออกแบบโปรแกรมเพื่อให้ MCS-51 ควบคุมการรับ-ส่งข้อมูลได้อย่างถูกต้อง
5. เพื่อศึกษาวงจร Digital Modulation แบบ Frequency Shift Keying (FSK)
6. เพื่อเป็นแนวทางในการนำเอาเทคโนโลยีทางด้านอิเลคทรอนิกส์และ Microcontroller มาประยุกต์ใช้ทางด้านโทรคมนาคม

1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

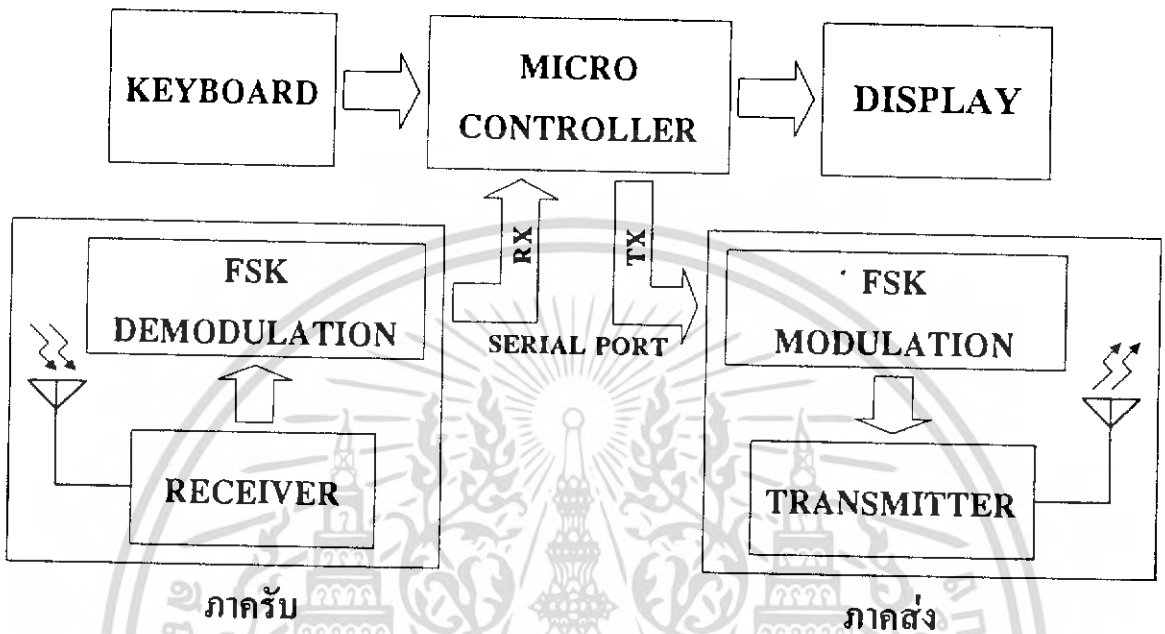
1. สามารถรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องได้โดยตรง
2. เป็นพื้นฐานสำหรับงานปฏิบัติและทดลองวิจัย
3. สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านการสื่อสารข้อมูล

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. สามารถรับ-ส่งข้อมูลเป็นระบบตัวเลขและตัวอักษรภาษาอังกฤษระหว่างเครื่องได้
2. สามารถป้อนข้อมูลที่ต้องการส่งได้
3. สามารถแสดงผลข้อมูลที่รับ-ส่งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram ของเครื่องรับส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุแสดงดังรูป



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ

จากรูปอธิบายการทำงานของเครื่องรับส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุได้ดังนี้

1. Microcontroller ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของวงจรประกอบต่างๆ ตั้งแต่การรับข้อมูลจากคีย์บอร์ด การแสดงผลทางจอ และการรับส่งข้อมูลเพื่อติดต่อกับเครื่องอื่น โดยอาศัยโปรแกรมควบคุมการทำงาน

2. ภาครับ ทำหน้าที่รับกรองสัญญาณข่าวสารออกจากคลื่นพาหะและแปลงสัญญาณข่าวสารให้เป็นข้อมูลดิจิตอล ส่งให้ Microcontroller ทำการประมวลผล

3. ภาคส่ง ทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่ส่งมาจาก Microcontroller ให้อยู่ในรูปของความถี่และทำการรวมสัญญาณข่าวสารกับคลื่นพาหะส่งออกอากาศ

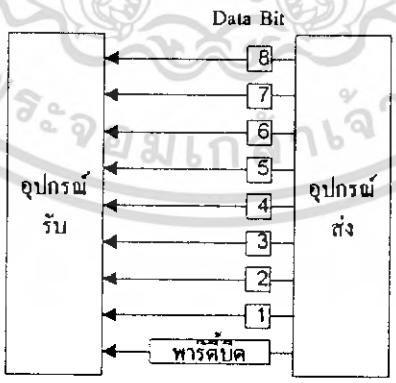
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น

2.1 หลักการการถ่ายโอนข้อมูล

2.1.1 การถ่ายโอนข้อมูลแบบขนาน

ลักษณะของการส่งข้อมูลแบบขนาน ทำได้โดยการส่งข้อมูลออกมาทีละ 1 ไบต์ คือ 8 บิทจากอุปกรณ์ส่งไปยังอุปกรณ์รับ ตัวกลางระหว่าง 2 เครื่องจะต้องมีช่องทางให้ข้อมูลเดินอย่างน้อย 8 ช่องทางโดยมากจะเป็นสายขนาน ให้กระแสไฟฟ้าวิ่งมากกว่าจะเป็นตัวกลางชนิดอื่น เนื่องจากมีสัญญาณสูญหายไปกับความต้านทานของสาย ระยะทางระหว่างเครื่อง 2 เครื่องไม่ควรจะเกิน 100 ฟุต ปัญหาที่เกิดขึ้นหากระยะทางมากกว่านี้คือ ระดับของกราวด์ในทางไฟฟ้าที่จุดรับผิดจากจุดส่งทำให้เกิดการผิดพลาดในการรับสัญญาณลอจิกทางฝ่ายรับ นอกจากสายที่เป็นทางเดินของข้อมูลแล้วอาจจะมีทางเดินของสัญญาณควบคุมอื่นๆอีก เป็นต้นว่าบิทที่บอกพาริตี้ของสัญญาณเพื่อเป็นการตรวจสอบความผิดพลาดของการรับที่สัญญาณปลายทาง หรือสายที่ควบคุมการโต้ตอบ (hand-shake) ดังที่กล่าวมาแล้ว จะเห็นว่าการส่งแบบขนานส่วนมากจะทำในระยะใกล้ๆ เนื่องจากจะต้องมีช่องทางเดินของสัญญาณมากกว่า 8 สาย และอุปกรณ์ที่ติดต่อแบบขนานกับคอมพิวเตอร์ได้แก่เครื่องพิมพ์

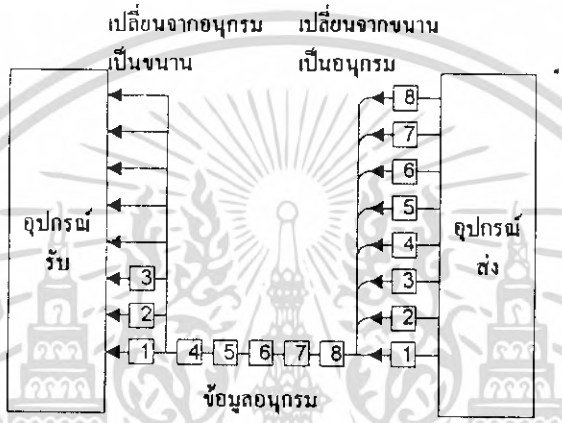


รูปที่ 2.1 การรับส่งข้อมูลแบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรม

ในการถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรม ข้อมูลถูกส่งออกมาทีละบิท ระหว่างจุดส่งและจุดรับ จะเห็นว่าการส่งข้อมูลแบบนี้จะช้ากว่าแบบขนานที่กล่าวมาแล้ว เพราะว่า ตัวกลางการสื่อสาร ต้องการเพียงช่องเดียวหรือสายเพียงคู่เดียว ค่าใช้จ่ายในสื่อกลางจะถูกกว่าแบบขนานสำหรับการส่งระยะทางไกลๆ



รูปที่ 2.2 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

จากรูปที่ 2.2 แสดงให้เห็นการส่งข้อมูลแบบอนุกรม ข้อมูลจากจุดส่งจะถูกเปลี่ยนให้เป็นอนุกรมเสียก่อนแล้วค่อยทยอยส่งออกทีละบิทไปยังจุดรับ ณ ที่จุดรับจะต้องมีกลไกในการเปลี่ยนข้อมูลที่ส่งมาทีละบิทให้เป็นสัญญาณแบบขนานซึ่งลงตัวพอดี นั่นคือ บิท 1 ลงที่บัสข้อมูลเส้นที่ 1 พอดี การที่จะทำให้การแปลงสัญญาณจากอนุกรมทีละบิทให้ลงพอดีนั้นจำเป็นจะต้องมีกลไกที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการผิดพลาดในการรับ กลไกที่ว่านี้แบ่งเป็น 2 แบบคือ

ก) การสื่อสารแบบซิงโครนัส

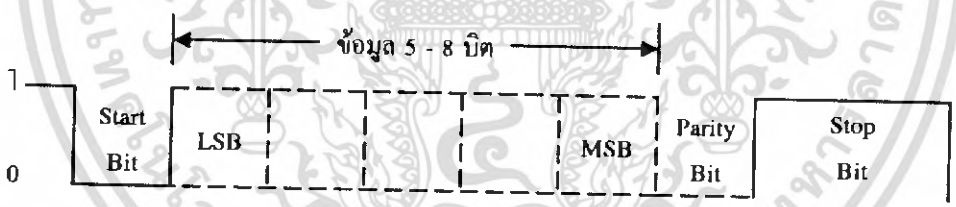
การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส หมายถึง การส่งข้อมูลแบบอนุกรมที่มีการกำหนดจำนวนอักษระที่จะส่งในแต่ละครั้งเป็นจำนวนที่แน่นอน เรียกว่า เฟรมข้อมูล การส่งข้อมูลแบบนี้จะต้องมีการส่งสัญญาณนาฬิกาไปพร้อมๆกับสัญญาณข้อมูล ในการส่งข้อมูลระยะสั้นๆ สัญญาณนาฬิกาซึ่งใช้เป็นสัญญาณซิงค์อาจจะส่งแยกไปในสายส่งสัญญาณอีกเส้นหนึ่ง ไม่ส่งรวมไปในสายข้อมูลก็ได้ แต่ถ้าเป็นการสื่อสารในระยะทางไกลๆ แล้วสัญญาณนาฬิกาจะถูกเข้ารหัสร่วมไปกับสัญญาณข้อมูลในสายส่งเส้นเดียวกัน การส่งแบบซิงโครนัสข้อมูลจะเรียงติดกันไป โดยไม่มีบิทเริ่มต้นและบิทสุดท้ายของข้อมูลบล็อคหนึ่งๆ (บล็อคหนึ่งๆประกอบด้วยข้อมูลหลายชุด) จะแสดงถึงจุดเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจุดสิ้นสุดของข้อมูลเท่านั้น เพราะฉะนั้นถ้าเป็นการส่งอนุกรมแบบอะซิงโครนัสเราจะเพิ่ม Framing Bits รวมเข้าไปในแต่ละคาร์แรคเตอร์และถ้าเป็นการส่งข้อมูลอนุกรมแบบซิงโครนัสเราจะเพิ่ม Framing Characters เข้าไปร่วมกับบล็อคของข้อมูลแต่ละบล็อค

ข) การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส

ในการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสการส่งข้อมูลแต่ละตัวอักษรไม่มีกำหนดเวลาที่แน่นอน คือ แต่ละตัวอักษรอยู่ห่างกันเท่าไรก็ได้ หรือจะส่งติดกันไปตลอดก็ได้เช่นกัน ดังนั้นเพื่อให้ผู้รับแยกออกได้ว่าข้อมูลแต่ละตัวเริ่มต้นขึ้นเมื่อใด ในการส่งข้อมูลแต่ละตัว หรือแต่ละไบท์นั้นจะมีสัญญาณสำหรับตรวจสอบบิทแรกภายในตัวของมันเอง โดยแต่ละไบท์จะถูกเพิ่มด้วยบิทเริ่มต้น (Start Bit) นำหน้าไบท์นั้น และบิทสิ้นสุด (Stop Bit) ตามหลังไบท์นั้น ซึ่งอาจจะมีการเพิ่มบิทพาริตี้ (Parity Bit) ก่อนบิทสิ้นสุดก็ได้ ดังนั้นระยะเวลาระหว่างข้อมูลแต่ละไบท์ไม่จำเป็นต้องแน่นอน เพราะอุปกรณ์รับจะตรวจสอบบิทแรกทีละไบท์เท่านั้น โดยขณะที่ไม่มีการส่งข้อมูลสภาพลอจิกจะเป็น "1" อุปกรณ์รับจะคอยตรวจสอบการเปลี่ยนลอจิก จาก "1" เป็น "0" เมื่อกำหนดให้บิทเริ่มต้นมีลอจิกเป็น "0" ซึ่งหมายถึงบิทที่ตามมาหลังจากบิทเริ่มต้นคือบิทแรกของไบท์นั้น รูปแบบการจัดเรียงบิทในการส่งแบบอะซิงโครนัสแสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การจัดเรียงบิทในการส่งแบบอะซิงโครนัส

2.2 รูปแบบการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม

การติดต่อแบบอนุกรมอาจแบ่งตามรูปลักษณะได้ 3 วิธีใหญ่ๆ

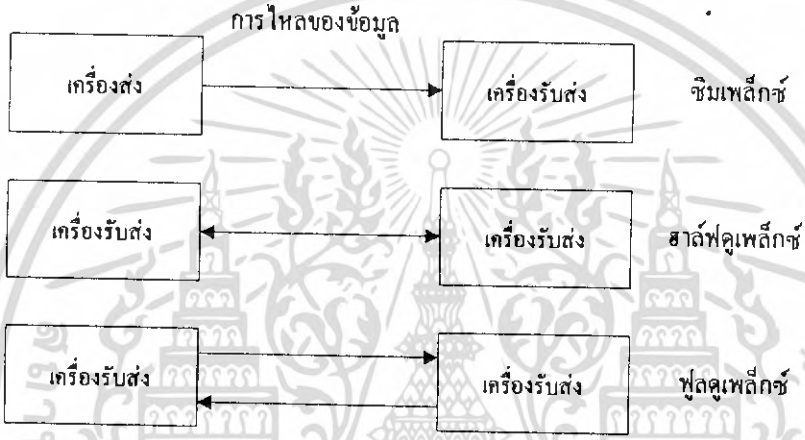
2.2.1 แบบซิมเพล็กซ์ (Simplex) คือ การรับหรือส่งทางเดียว ข้อมูลส่งได้ในทางเดียวเท่านั้นหรือบางครั้งเรียกว่าการส่งแบบทิศทางเดียว (Unidirectional data bus) เช่นการส่งกระจายเสียงวิทยุโทรทัศน์

2.2.2 แบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half Duplex) คือ การรับกันส่งแบบผลัดการส่ง เป็นการรับส่งข้อมูลใน 2 ทิศทางสามารถทำหน้าที่เป็นเครื่องรับ และเครื่องส่งได้แต่ว่าต้องผลัดกันรับ ผลัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันส่ง เมื่อฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งส่งอีกฝ่ายหนึ่งก็จะทำหน้าที่รับ จนกระทั่งฝ่ายแรกส่งจบฝ่ายหลังจึงจะกลับมาเป็นผู้ส่งได้ และฝ่ายส่งในตอนแรกก็จะเป็นผู้รับสลับกันเช่นนี้เรื่อยไป ทั้งสองฝ่ายจะเป็นผู้ส่งพร้อมกันไม่ได้เพราะสัญญาณจะชนกันอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดต่อแบบ Half Duplex ได้แก่ ระบบวิทยุมือถือ (Walkie Talkie) ระบบ Intercom เป็นต้น

2.2.3 แบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) คือ การรับส่งสวนทางได้พร้อมๆกัน เป็นการรับส่งข้อมูลใน 2 ทิศทางพร้อมกัน



รูปที่ 2.4 รูปแบบการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

2.3 ความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรม

ความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรม หน่วยวัดเป็นบิทต่อวินาที (bps) หน่วยที่บรรยายถึงการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณใน 1 วินาทีเรียกว่าบอดเรต (baud rate) หรืออัตราบอด หลายคนยังสับสนระหว่างอัตราบอดและอัตราบิท (bit rate) การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ 1 ครั้ง อาจจะแสดงถึงการส่งข้อมูลแบบอนุกรมมากกว่า 1 บิท ถ้าเขียนในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์จะได้

อัตราบิท (bit rate) = อัตราบอด (baud rate) x บิทใน 1 บอด

2.4 ฟรีเควนซี่ชิฟคีย์อิงค์ (FREQUENCY SHIFT KEYING)

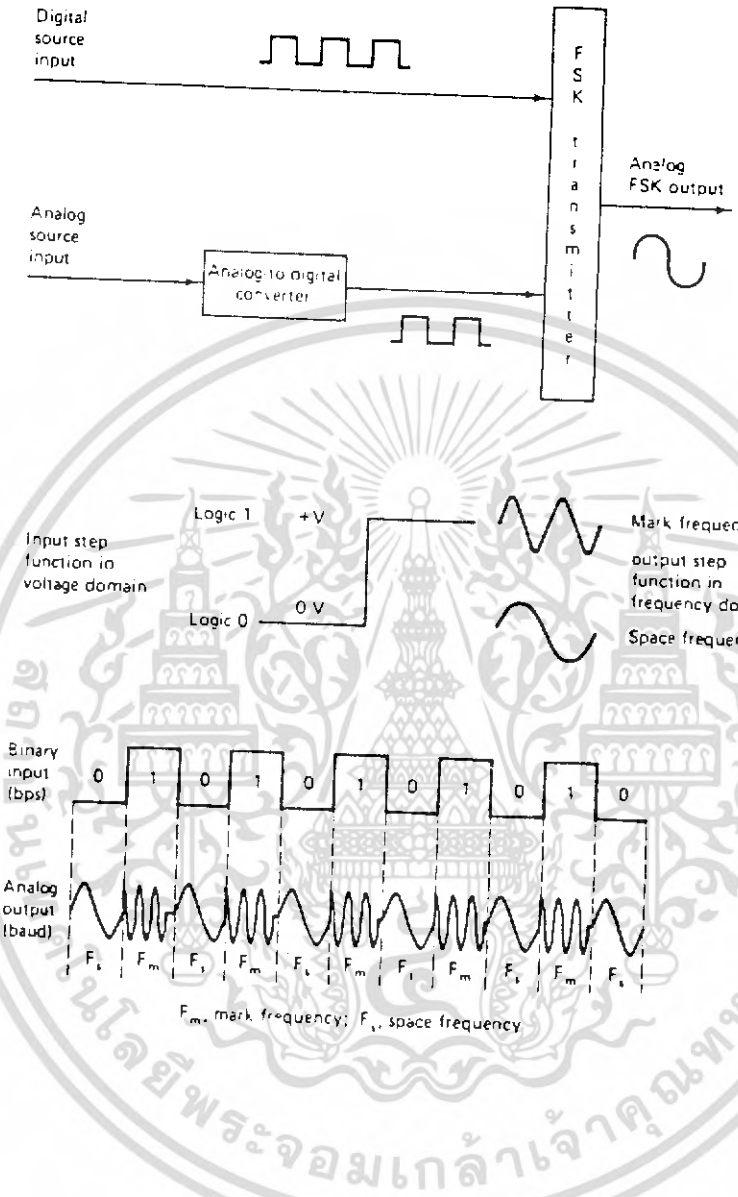
เป็นการ มอดูเลท(modulate)ทางความถี่ ความถี่ที่ต้องการจะมี 2 ความถี่ ซึ่งเปลี่ยนตามสัญญาณไบนารี (binary) ที่มีระดับแรงดันโวลเตจเป็นตัวกำหนดการเปลี่ยนของ waveform

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 เอฟเอสเคทรานสมิตเตอร์ (FSK Transmitter)

เมื่ออินพุทของข้อมูลถูกกำหนดโดยเลขไบนารี เอาท์พุทของ FSK modulator จะอยู่ในฟังก์ชันความถี่ (frequncy domain) สัญญาณอินพุทจะมี 2 สภาวะคือ logic "0" และ logig "1" เพราะฉะนั้น FSK output ก็จะshifts 2 ความถี่ด้วย เมื่อให้สัญญาณ mark คือ logic "1" frequency และ space คือ logic 0 frequency ดังนั้น FSK จะเปลี่ยนความถี่ output ตามสภาวะ logic input binary ที่เปลี่ยนไป output rate change จะเท่ากับ input rate change ในดิจิตอลมอดูเลท rate of change ของอินพุทในการมอดูเลทดูได้จาก bit rate ซึ่งมีหน่วยคือ bits per seccond(bps) ส่วน rate of change ที่เอาท์พุทที่มอดูเลทแล้วคือ baud rate จะเท่ากับเวลาของการเปลี่ยนสัญญาณเอาท์พุทหนึ่งครั้ง จากรูปที่ 2.5 คือตัวอย่างเลข binary ที่กำหนด FSK transmitter

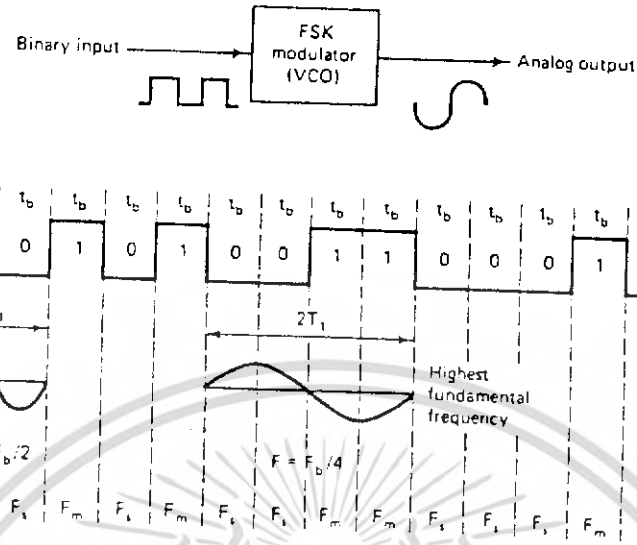
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 Binary FSK transmitter

จากรูปที่ 2.6 แสดง FSK modulator ซึ่งเป็นชนิดหนึ่งของการส่งแบบ FM ซึ่งใช้หลักการของ VCO (Voltage Controlled Oscillator) ซึ่งสามารถตอบสนอง input rate of change เมื่ออินพุทเป็นไบนารีแบบอนุกรม ซึ่งมี 2 สภาวะ คือ "1" และ "0" ซึ่งเป็น square wave ความถี่จะเท่ากับ 1/2 ของ bit rate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



tb : Time of one bit = 1/bps; Fm : mark frequency; Fs : space frequency;

T1 : period of shortest cycle; Fb : input bit rate (bps);

รูปที่ 2.6 FSK Modulator

ความถี่ของ vco จะเท่ากับการกำหนดของความถี่ mark และความถี่ของ space เมื่อ logic"1" input จะ shiftให้ vco กำหนด mark frequency ออกมาและเมื่อเป็น logic "0" vco จะกำหนด space frequency ออกมาดังนั้นสามารถหาค่า modulation index ได้คือ

$$MI = (Fm - Fs)/ Fb$$

Fm = mark frequency

Fs = space frequency

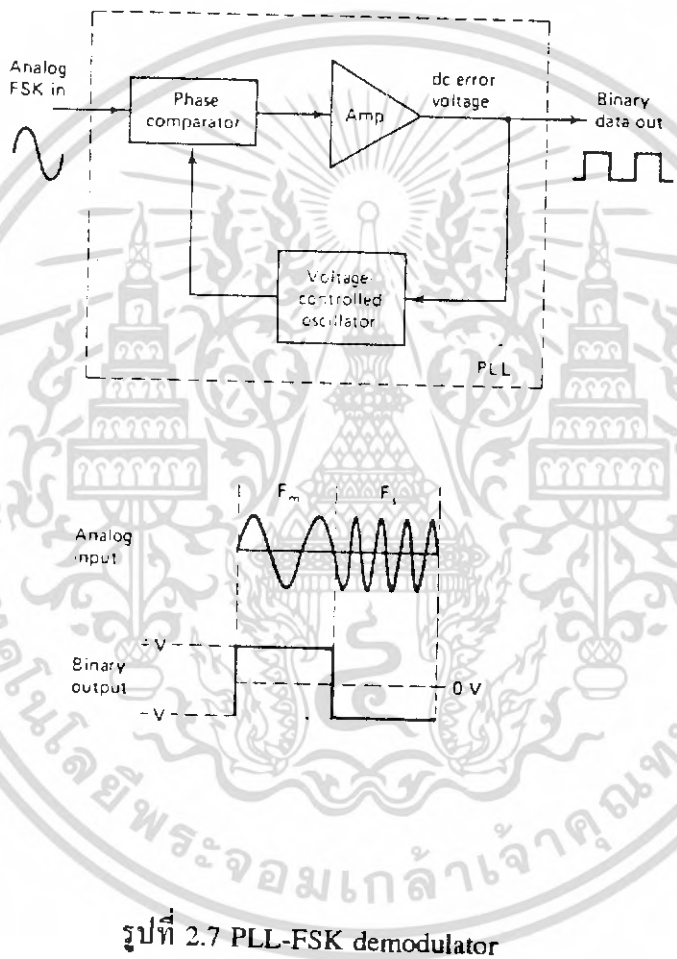
Fb = input bit rate

2.4.2 เอฟเอสเครีซีฟเวอร์ (FSK Reciever)

การทำงานของ วงจร demodulating FSK คือใช้วงจร phase lock loop (PLL) ดังแสดงใน รูปที่ 8 เมื่อ อินพุท เข้าวงจร PLL ซึ่งจะ shifts ระหว่างความถี่ mark และความถี่ space เพราะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉะนั้น output ที่ออกมาจะมี 2 สภาวะ คือ logic "1" และ logic "0" ซึ่งโดยทั่วไป PLL จะเท่ากับ center frequency ของ FSK modulator



รูปที่ 2.7 PLL-FSK demodulator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

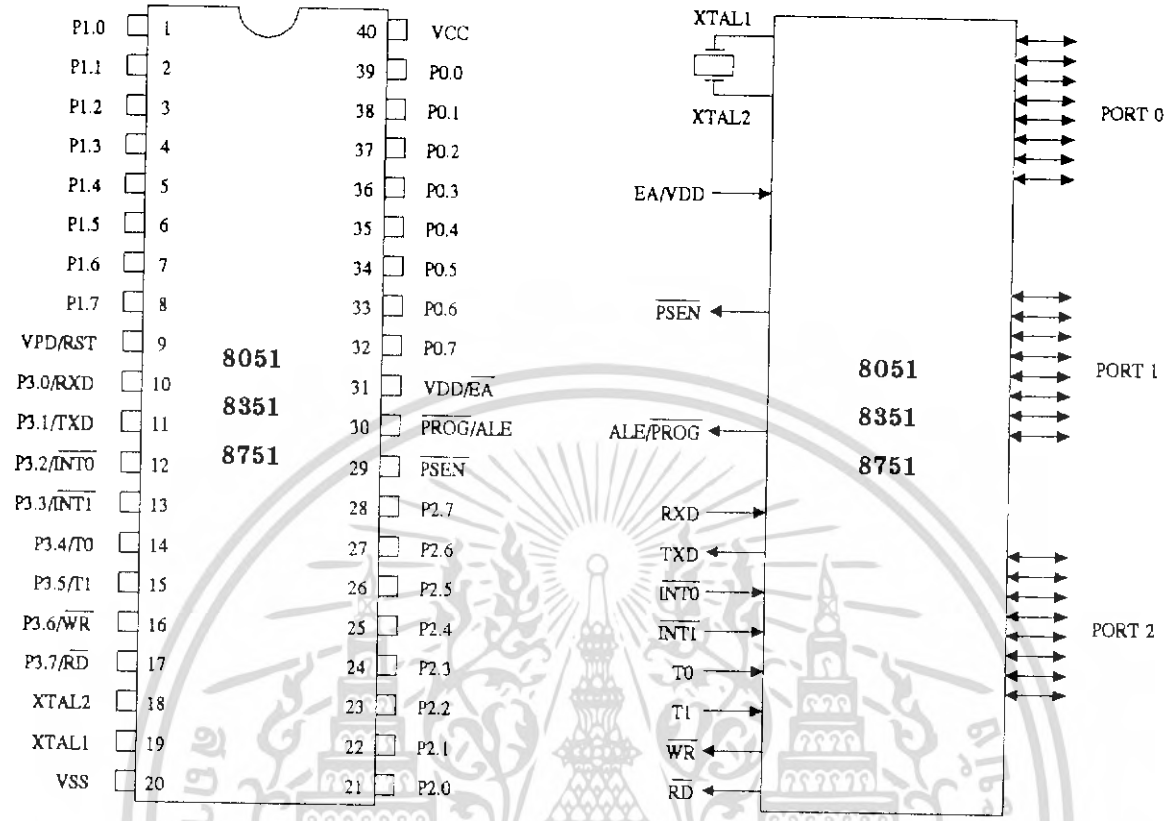
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.5.1 คุณสมบัติของ MCS-51 คุณสมบัติที่สำคัญๆ ของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีดังนี้

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลท์ เพียงชุดเดียว
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานอยู่ภายในชิปจำนวน 4 กิโลไบต์ (เบอร์8031,8032 ไม่มีหน่วยความจำส่วนนี้ ส่วนเบอร์ 8052 มีหน่วยความจำส่วนนี้ 8 กิโลไบต์) มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไป (RAM) อยู่ภายในชิปจำนวน 128 ไบต์ (ใน 8031,8051) หรือ 256 ไบต์ (ในเบอร์ 8032,8052)
- สามารถใช้หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิปได้อย่างละ 64 กิโลไบต์ แยกจากกัน
- คำสั่งส่วนใหญ่ใช้เวลาทำงานเพียง 1 ไมโครวินาที เมื่อใช้คริสตอลความถี่ 12 เมกะเฮิรตซ์
- มีพอร์ทที่สามารถรับหรือส่งข้อมูลได้ทั้ง 2 ทิศทาง จำนวน 4 พอร์ทๆ ละ 8 บิท หรือสามารถใช้งานเป็นพอร์ทขนาด 1 บิทแยกจากกัน ทำให้เสมือนมีพอร์ทขนาด 1 บิทใช้งานรวมทั้งสิ้น 32 พอร์ท
- รับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้ในตัว โดยสามารถกำหนดอัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูล (baud rate) ได้ตั้งแต่ 300 ถึง 375 กิโลบิทต่อวินาที
- จัดลำดับความสำคัญของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้ 2 ระดับ
- มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้งานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ เพื่อนับจำนวนสัญญาณนาฬิกาภายในชิป หรือนับการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณภายนอกขนาด 16 บิท จำนวน 2 ตัว เพื่อใช้สำหรับนับจำนวนพัลส์ วัดความกว้างของพัลส์หรือใช้วัดช่วงเวลา (ในเบอร์ 8052 จะมี 3 ตัว)
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในบางส่วน สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทั้งระดับไบต์และระดับบิทเพื่อให้การออกแบบโปรแกรมและการควบคุมระบบทำได้ง่ายขึ้น
- มีคำสั่งคูณและหารเลขขนาด 8 บิทในตัวเอง
- สามารถประมวลผลแบบบูลีนเพื่อใช้ในงานควบคุมโดยเฉพาะ
- ใช้โปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-48 (upwardly compatible) ได้

2.5.2 โครงสร้างภายนอกของ MCS-51 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์จะมีตำแหน่งขาพื้นฐานที่เหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ ๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงตำแหน่งขาของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8051

หน้าที่การใช้งานแต่ละขาของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 มีดังนี้

- ขา Vss (ขา 20) สำหรับต่อลงกราวด์
- ขา Vcc (ขา 40) สำหรับต่อแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรงขนาด 5 โวลต์
- ขาพอร์ท 0 (ขา 32-39) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ท 0 ขนาด 8 บิท (P0.0 - P0.7) แบบ Open Drain Bidirectional พอร์ทนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ททั่วไปได้ โดยหากใช้งานเป็นอินพุตพอร์ท ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิทของพอร์ทนี้เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในสถานะถูกปล่อยลอด (มีสถานะ high impedance) นอกจากใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ทแล้ว พอร์ท 0 ยังใช้ในการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลภายนอกชิปด้วย โดยส่งค่าแอดเดรสบัสไบต์ต่ำ (A0-A7)และมัลติเพลกซ์กับการรับส่งข้อมูล (D0-D7) จากหน่วยความจำภายนอกในระหว่างการเขียนหรืออ่านข้อมูลโดยมีวงจรพูลอัพภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขาพอร์ท 1 (ขา 1-8) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ท1 (P1.0 - P1.7) สามารถใช้งานเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตพอร์ททั่วไปได้ หากต้องการใช้งานเป็นอินพุตพอร์ท ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิทของพอร์ทนี้ เพื่อให้มีสถานะ high impedanceโดยมีวงจรพูลอัพภายใน

- ขาพอร์ท 2 (ขา 21-28) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ท 2 (P2.0 - P2.7) ขนาด 8 บิท แบบ Open Drain Bicirectional พอร์ทนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุตเอาท์พุตพอร์ททั่วไปได้ โดยหากใช้งานเป็นอินพุตพอร์ท ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิทของพอร์ทนี้ เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในสถานะ high impedance นอกจากจะใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ททั่วไปแล้ว พอร์ท 2 ยังใช้ในการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลภายนอกด้วย โดยใช้สำหรับส่งค่าแอดเดรสบัสไบต์สูง (A8 - A15) และมีวงจรพูลอัพภายใน

- ขาพอร์ท 3 (ขา 10 - 17) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ท 2 (P3.0 - P3.7)สามาถใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ททั่วไปได้ หากต้องการใช้งานเป็นอินพุตพอร์ท ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิทของพอร์ทนี้ เพื่อให้มีสถานะ high impedance โดยใช้วงจรพูลอัพภายใน นอกจากนี้ยังใช้งานในหน้าที่พิเศษต่างๆ อีกหลายอย่างดังนี้

ขา P3.0 ใช้รับข้อมูลจากภายนอกแบบอนุกรม

ขา P3.1 ใช้ส่งข้อมูลออกไปภายอกแบบอนุกรม

ขา P3.2 ใช้เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ชนิดที่ 0

ขา P3.3 ใช้เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ชนิดที่ 1

ขา P3.4 สัญญาณอินพุตให้เคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 0

ขา P3.5 สัญญาณอินพุตให้เคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 1

ขา P3.6 ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป

ขา P3.7 ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูล จากหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป

การใช้งานพอร์ท 3 ในหน้าที่พิเศษดังกล่าวนี้จะต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิทที่ต้องการใช้ก่อนทุกครั้ง

- ขา RST (ขา 9) ใช้สำหรับการรีเซตวงจรทุกอย่างภายในชิป เพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่ การรีเซตใช้เมื่อเริ่มจ่ายพลังงานหรือเมื่อโปรแกรมเกิดทำงานผิดพลาด เมื่อต้องการรีเซตชิป MCS-51 ขานี้ต้องมีสถานะ 1 เป็นเวลาอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเกิลระหว่างที่ออสซิลเลเตอร์ยังทำงานอยู่ โดยต้องต่อตัวต้านทานค่า 8.2 กิโลโอห์มเพื่อทำหน้าที่พูลดาวน์ (รักษาค่าแรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้มีสถานะเป็นกราวด์) และเพื่อให้ตัวชิปรีเซตเองเมื่อเริ่มจ่ายพลังงานให้ต่อตัวเก็บประจุขนาด 10 ไมโครฟารัดคร่อมระหว่างขา RST กับ Vcc

- ขา ALE/PROG (ขา 30) เป็นขาสำหรับใช้ส่งสัญญาณออกไปภายนอก เพื่อควบคุมการแลตช์ค่าแอดเดรสไบต์ต่ำ (address latch enable) จากพอร์ท 0 ในระหว่างการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมหรือข้อมูลภายนอก ปกติเมื่อไม่มีการติดต่อหน่วยความจำภายนอก ขานี้จะส่งสัญญาณพัลส์ออกมาด้วยความถี่ 1/8 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ตลอดเวลา ดังนั้นเราสามารถใช้ความถี่ที่ได้จากขานี้ไปใช้งานอย่างอื่นได้ แต่ความถี่ที่ขานี้จะลดลงครึ่งหนึ่งในระหว่างติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิป นอกจากนี้ขา ALE สำหรับควบคุมการเขียนโปรแกรมลงไปใน EPROM สำหรับ MCS-51 เบอร์ที่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปเป็น EPROM

- ขา PSEN (ขา 29) ใช้ส่งสัญญาณสโตรบเพื่ออ่านคำสั่งจากโปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกชิป (Program strobe enable) เมื่อชิปทำงานด้วยโปรแกรมจากภายนอก ขานี้จะส่งสัญญาณสโตรบสองครั้งในแต่ละแมชชีนไซเกิล แต่ในช่วงการเขียนหรืออ่านข้อมูลกับหน่วยความจำภายนอกหรือเมื่อใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปจะไม่มีสัญญาณออกมาจากขานี้

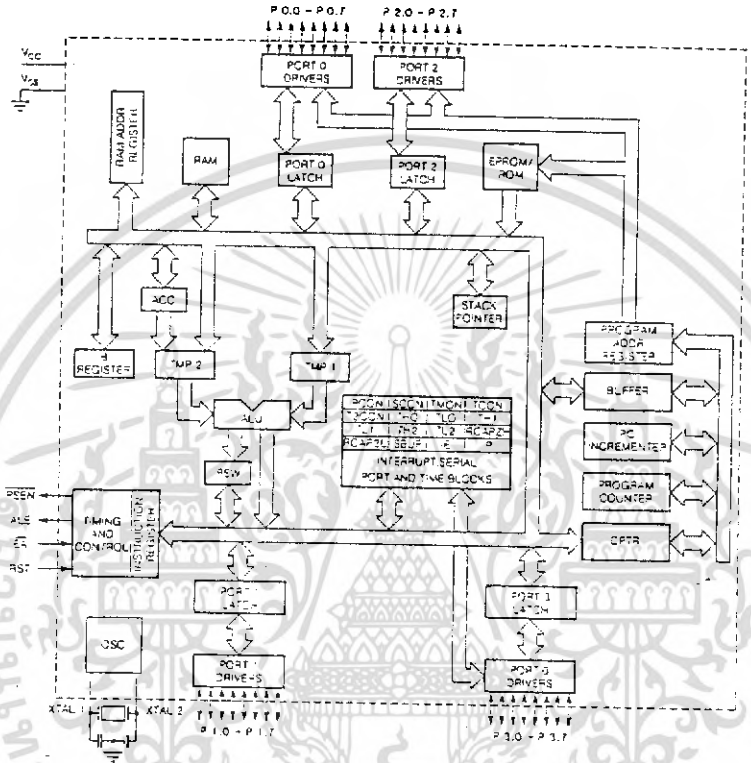
- ขา EA/Vpp (ขา 31) เป็นขาสำหรับใช้เลือกให้ MCS-51 ทำงานจากโปรแกรมที่อยู่ภายในหรือภายนอกชิป โดยหากขานี้มีสถานะเป็น 0 หมายถึงให้ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมภายนอก หากขานี้มีสถานะเป็น 1 หมายถึงบังคับให้ MCS-51 ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป และสำหรับ MCS-51 ที่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป สามารถเลือกให้ทำงานได้ทั้งจากโปรแกรมที่เก็บในหน่วยความจำภายในชิปหรือจากโปรแกมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกชิป ด้วยการต่อขา EA กับไฟเลี้ยงหรือกราวด์ตามลำดับ ส่วนใน MCS-51 ที่ไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป ให้ต่อขานี้ลงกราวด์เสมอ

- ขา XTAL 1 (ขา 19) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์

- ขา XTAL 2(ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นเอาต์พุตออกจากวงจรออสซิลเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 โครงสร้างภายในของ MCS-51 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แสดงดังในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 โครงสร้างภายในของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.5.4 โครงสร้างหน่วยความจำภายใน MCS-51 ในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แบ่งชนิดหรือหน้าที่ของหน่วยความจำออกเป็น 2 ส่วนคือ

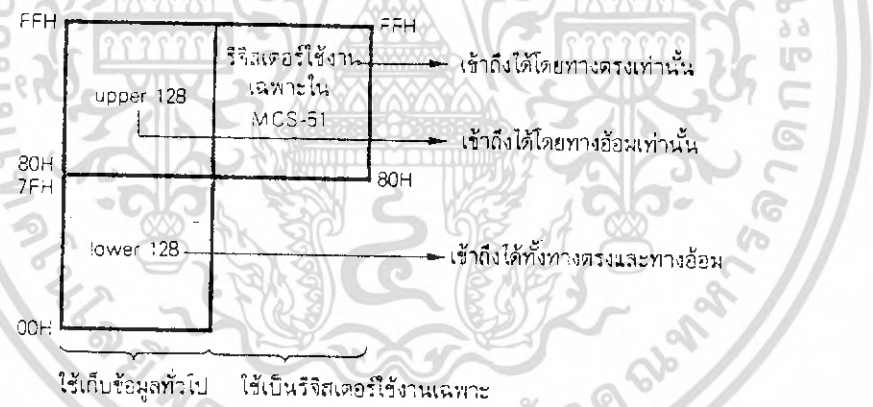
ก) **หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม** หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมใน MCS-51 จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป (intenal program memory) และหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอกชิป (external program memory) ขนาดของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปมีได้ตั้งแต่ 0,4,8,16 กิโลไบต์ ขึ้นอยู่กับเบอร์ของชิป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข) หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลของ MCS-51 จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปของ MCS-51 ยังแบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อยดังนี้

- ส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไป (internal ram)
- ส่วนที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (special function register)

หน่วยความจำส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่มีอยู่ภายใน MCS-51 หน่วยความจำส่วนนี้มีไว้สำหรับเก็บข้อมูลในขณะทำงาน ส่วนหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายใน MCS-51 ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะเพื่อควบคุมการทำงานและบอกสถานะของซีพียู แผนภาพแสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปทั้งสองบริเวณมีดังในรูปที่ 2.10

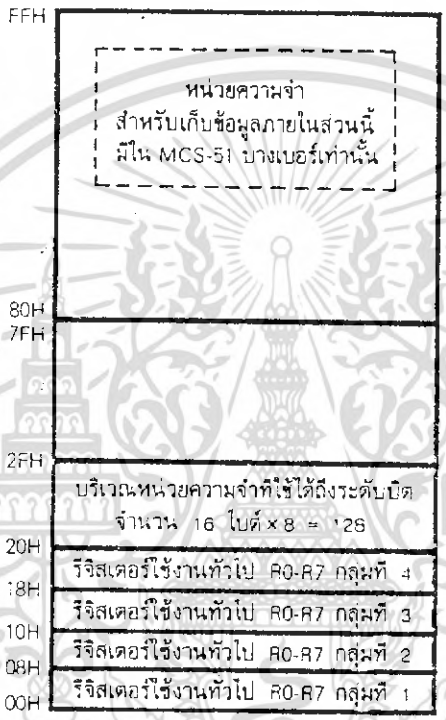


รูปที่ 2.10 แผนภาพแสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป MCS-51

MCS-51 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปอย่างน้อย 128 ไบต์ ไปจนถึง 256 ไบต์ทั้งนี้ขึ้นกับเบอร์ของชิป หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปบริเวณ 128 ไบต์แรกมีชื่อเรียกว่า lower 128 และในบริเวณ 128 ไบต์หลังที่มีเพิ่มในบางเบอร์มีชื่อเรียกว่า upper 128 ดังแสดงในรูปที่ 2.11

86733
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปบริเวณ 128 ไบต์หลัง (ตำแหน่ง 80 H ขึ้นไป) จะมีตำแหน่งตรงกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปที่ใช้เป็นรีจีสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (ตำแหน่ง 80H ขึ้นไปเช่นกัน) โดยมีวิธีเข้าถึงข้อมูลในหน่วยความจำทั้งสองส่วนไม่เหมือนกัน ดังจะได้กล่าวต่อไปในเรื่องของการเข้าถึงข้อมูล

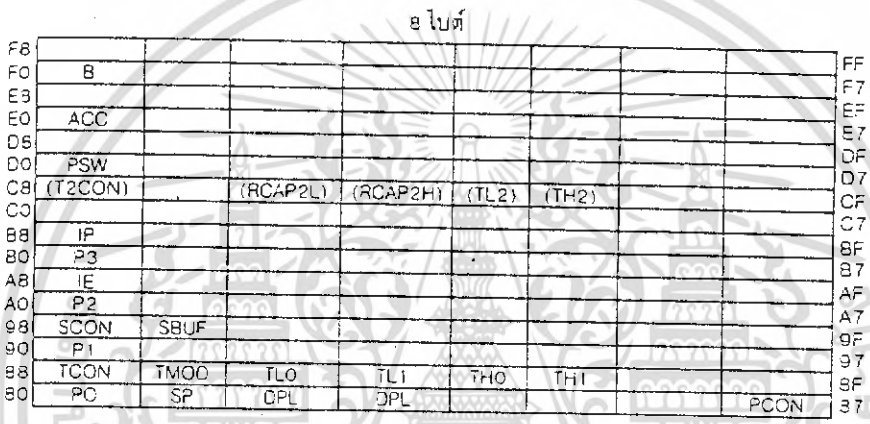


รูปที่ 2.11 แสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปทั้งสองส่วน

2.5.5 รีจีสเตอร์ใช้งานเฉพาะ เนื่องจาก MCS-51 ถูกออกแบบไว้สำหรับใช้ควบคุมระบบโดยเฉพาะ จึงทำให้มีความสามารถเฉพาะตัวหลายอย่าง ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยวงจรภายในชิปที่มีเพิ่มขึ้นจากไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไป การควบคุมการทำงานของวงจรภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะกระทำผ่านรีจีสเตอร์ที่ถูกกำหนดหน้าที่ไว้แล้ว ดังนั้นหากต้องการใช้ MCS-51 ให้มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องทราบหน้าที่การทำงานของรีจีสเตอร์ใช้งานเฉพาะแต่ละตัวให้ละเอียด รีจีสเตอร์ใช้งานเฉพาะทั้งหมดจะอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปบริเวณที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

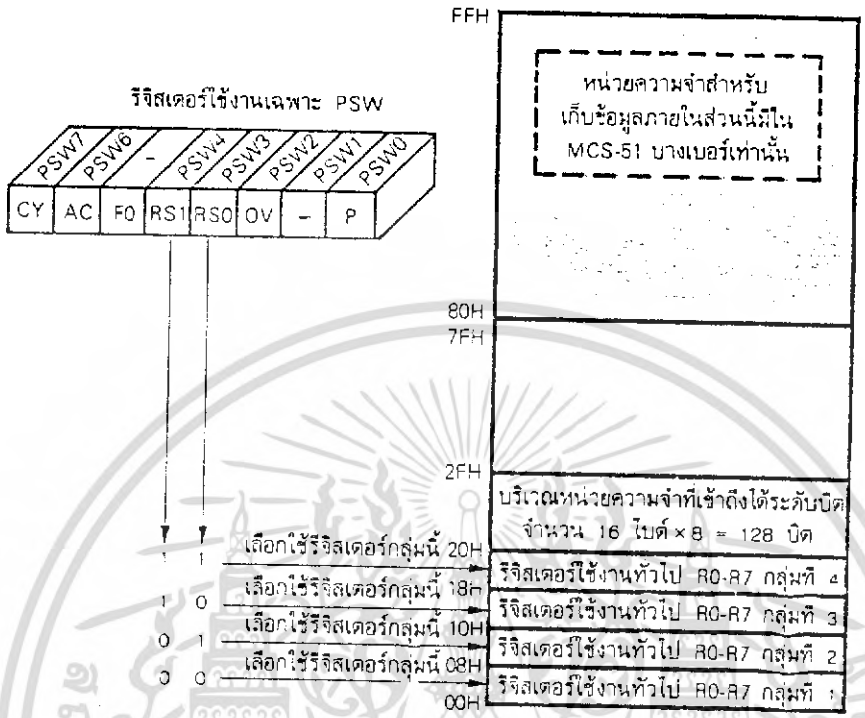
ในส่วนของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิป จะเป็นหน่วยความจำส่วนที่อยู่ภายนอกชิป MCS-51 ซึ่งผู้ใช้ต้องติดตั้งเพิ่มเอง การติดต่อระหว่าง MCS-51 กับหน่วยความจำทั้งสองส่วนจะใช้ขา 32 ถึง 39 (พอร์ท 0) เป็นตัวส่งค่าแอดเดรสไบต์ต่ำ (A0 - A7) และใช้รับส่งข้อมูลกับหน่วยความจำด้วย (ใช้เป็นคาต้าบัส) ส่วนค่าแอดเดรสไบต์สูง (A8 - A15) จะใช้ขา 21 - 28 (พอร์ท 2) ดังนั้นเมื่อพอร์ท 0 และพอร์ท 2 ถูกใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก (ทั้งหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล จะทำให้เหลือพอร์ทสำหรับใช้งานอื่น ๆ น้อยลง



รูปที่ 2.12 แสดงโครงสร้างและตำแหน่งของรีจีสเตอร์ใช้งานเฉพาะใน MCS-51

2.5.6 รีจีสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไป MCS-51 มีรีจีสเตอร์ใช้งานทั่วไปที่ผู้เขียนโปรแกรมสามารถนำมาใช้งานได้คือ รีจีสเตอร์ A,B (อยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปที่ใช้เป็นรีจีสเตอร์ใช้งานเฉพาะ แต่นับเป็นรีจีสเตอร์ใช้งานทั่วไปเพราะไม่ถูกกำหนดหน้าที่ใช้งานโดยตรง) และรีจีสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0 - R7 ซึ่งอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปบริเวณ 128 ไบต์แรก ดังแสดงในรูปที่ 1.6 รีจีสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0 - R7 ใน MCS-51 มีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 4 กลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบด้วยรีจีสเตอร์จำนวน 8 ตัว (Ro - R7) ซึ่งมีชื่อเรียกเหมือนกัน ดังนั้นจำนวนรีจีสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0 - R7 ใน MCS-51 จึงมีทั้งหมด 32 ตัว ในการทำงานขณะใดๆ รีจีสเตอร์ทั้ง 4 กลุ่ม (R0 - R7) จะถูกเลือกใช้งานเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น การเลือกใช้งานรีจีสเตอร์ R0 -R7 กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งใน 4 กลุ่มกระทำโดยการเซตหรือเคลียร์บิท RS0 , RS1 ในรีจีสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PSW ดังแสดงในรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 แสดงการเลือกรีจีสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0 - R7 แต่ละกลุ่ม

รีจีสเตอร์ใช้งานทั่วไปทั้ง R0 -R7 จะมีอยู่ในกลุ่มรีจีสเตอร์ใช้งานทั่วไป 4 กลุ่มซึ่งจะถูกเลือกใช้งานเพียงกลุ่มเดียวในขณะใดขณะหนึ่ง ค่าที่เปลี่ยนแปลงไปในรีจีสเตอร์ใช้งานทั่วไปที่ถูกเลือกใช้งานในขณะนั้นจะไม่มีผลต่อรีจีสเตอร์ใช้งานทั่วไปที่มีชื่อเดียวกันแต่อยู่คนละกลุ่มเลย โครงสร้างเช่นนี้ทำให้มีความสะดวกในการเขียนโปรแกรมเป็นอันมาก โดยเฉพาะกับการเขียนโปรแกรมที่มีการเรียกใช้โปรแกรมย่อย (subroutine)

2.5.7 โครงสร้างพอร์ท MCS-51 ทุกเบอร์จะมีพอร์ทขนาด 8 บิทจำนวน 4 พอร์ท (P0,P1,P2,P3) โดยสามารถกำหนดให้ทำงานแบบพอร์ทขนานขนาด 8 บิท 4 พอร์ท หรือจะใช้เป็นพอร์ทขนาด 1 บิทได้ถึง 32 พอร์ท ทั้งนี้ผู้ใช้สามารถกำหนดให้แต่ละพอร์ทใช้งานเป็นอินพุตพอร์ทหรือเอาต์พุตพอร์ทอย่างใดอย่างหนึ่งได้อย่างอิสระ

ในกรณีที่ผู้ออกแบบต้องการใช้หน่วยความจำภายนอก ไม่ว่าจะเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลหรือสำหรับโปรแกรมพอร์ท 0 จะถูกกำหนดการใช้งานเป็นดาต้าบัสและแอดเดรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัสไบต์ต่ำ ส่วนพอร์ท 2 จะถูกกำหนดการใช้งานเป็นตัวส่งค่าแอดเดรสบัสไบต์สูง และบางส่วนของพอร์ท 3 จะถูกใช้ส่งสัญญาณควบคุมหรือคอนโทรลบัส (สัญญาณที่ใช้ควบคุมการอ่านหรือเขียนข้อมูล) แต่หากหน่วยความจำที่ใช้ภายนอกต้องการไม่ถึง 64 กิโลไบต์ พอร์ท 2 ที่ใช้เป็นแอดเดรสบัสไบต์สูงจะไม่ถูกนำมาใช้ทั้งหมด แต่พอร์ท 0 จะถูกใช้หมดทั้ง 8 เส้น เพราะต้องใช้เป็นดาต้าบัส ส่วนพอร์ท 3 จะนำมาใช้ติดต่อกับหน่วยความจำด้วยหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับหน่วยความจำที่ใช้ภายนอกว่ามีหน่วยความจำส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลด้วยหรือไม่ (ต้องการสัญญาณควบคุมการอ่านหรือเขียนข้อมูลหรือไม่นั่นเอง) ดังนั้นในการออกแบบระบบ หากต้องการใช้หน่วยความจำภายนอกมากขึ้นเพียงใด ก็จะยิ่งทำให้เหลือจำนวนพอร์ทที่จะนำมาใช้งานลดลง ในการออกแบบจริงจึงต้องพยายามลดขนาดหน่วยความจำภายนอกให้เหลือน้อยที่สุด

พอร์ท 3 ซึ่งมีขนาด 8 บิท นอกจากจะใช้ส่งสัญญาณสำหรับการอ่านหรือเขียนข้อมูลในการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิปแล้ว มันยังถูกใช้เป็นตัวรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ (INT0 , INT1) สัญญาณอินพุตที่ต้องการนับสำหรับเคาน์เตอร์ (T0 , T1) รวมทั้งใช้ในการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมกับอุปกรณ์ภายนอก (รับและส่งข้อมูลผ่านขา RXD , TXD) อีกด้วย

ภายในแต่ละพอร์ทที่ใช้เป็นอินพุตหรือเอาต์พุต ผู้ใช้สามารถกำหนดให้ทำงานเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตพอร์ทได้อย่างอิสระ โดยอาศัยการควบคุมจากโปรแกรม ซึ่งสามารถควบคุมให้แต่ละพอร์ทถูกใช้เป็นอินพุตในช่วงเวลาหนึ่ง และเป็นเอาต์พุตในอีกช่วงเวลาหนึ่งได้

2.5.8 ไทม์เมอร์/ เคาน์เตอร์ ใน MCS-51 มีรีจีสเตอร์ใช้งานเฉพาะที่สามารถนับจำนวนสัญญาณนาฬิกาหรือแมชชีนไซเกิลของวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน (ทำงานเป็นไทม์เมอร์) หรือนับจำนวนครั้งของการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณภายนอก (นับจำนวนพัลส์ภายนอก) ที่ขา T0 , T1 ของพอร์ท 3 (ทำงานเป็นเคาน์เตอร์ รีจีสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์มีขนาด 16 บิท จำนวน 2 ตัว คือรีจีสเตอร์ไทม์เมอร์ 0 และรีจีสเตอร์ไทม์เมอร์ 1 ตามลำดับ (ในเบอร์ 8052 มีรีจีสเตอร์ไทม์เมอร์ 2 เพิ่มให้อีก 1 ตัว) เมื่อต้องการใช้ไทม์เมอร์ 0 หรือไทม์เมอร์ 1 จะต้องโหลดค่าที่ต้องการนับไปไว้ในรีจีสเตอร์ไทม์เมอร์ 0 หรือรีจีสเตอร์ไทม์เมอร์ 1 และเมื่อนับได้ครบจำนวนที่ตั้งไว้จะมีสัญญาณอินเตอร์รัปต์เพื่อบอกให้ซีพียูทราบ

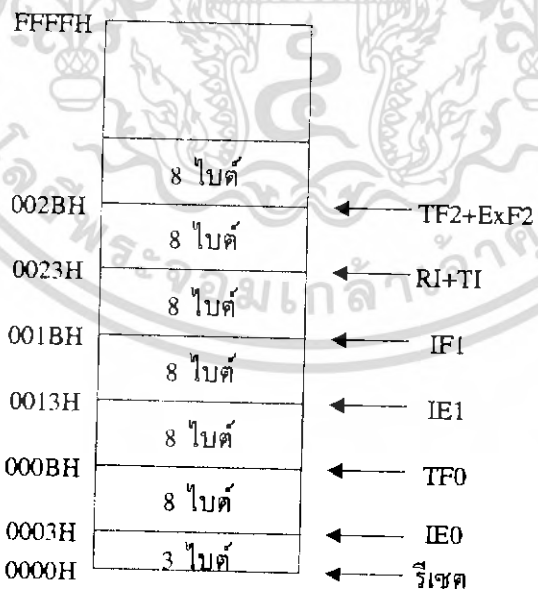
การควบคุมการทำงานไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ สามารถควบคุมได้จากวงจรภายนอก (ควบคุมด้วยสัญญาณที่ขา INT0 , INT1) หรือควบคุมจากคำสั่งในโปรแกรม ดังนั้นรีจีสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์ใน MCS- 51 จะสามารถวัดช่วงห่างของเวลา วัดความกว้างของพัลส์ หรือนับจำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายนอกที่เปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าแล้ว รวมทั้งใช้กำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีคาบเวลาแน่นอนได้

2.5.9 พอร์ทสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม MCS-51 สามารถรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้โดยไม่ต้องพึ่งอุปกรณ์ภายนอกอื่นๆ แต่อย่างใด ในด้านอัตราเร็วของการรับส่งข้อมูลก็สามารถกำหนดค่าได้ตามความต้องการของผู้ใช้ โดยสามารถเลือกอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล (baud rate) มาตราฐานได้ตั้งแต่ 110 , 1.2K , 2.4K , 4.8K , 9.6K , 19.2K , 375K ตามมาตราฐานของ UART นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดการทำงานที่แตกต่างกันได้ถึง 4 รูปแบบ ตามความเหมาะสมในแต่ละงาน

2.5.10 โครงสร้างการอินเตอร์รัปต์ MCS-51 สามารถรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้ถึง 5 ชนิด โดยจะเป็นสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดจากภายนอก 2 ชนิด และที่เกิดจากภายในชิปอีก 3 ชนิด เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้น MCS-51 จะละการทำงานโปรแกรมที่กำลังทำอยู่และข้ามไปทำงานโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ (interrupt service routine) ที่อยู่ในหน่วยความจำตำแหน่งต่างๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ดังแสดงในรูปที่ 2.14

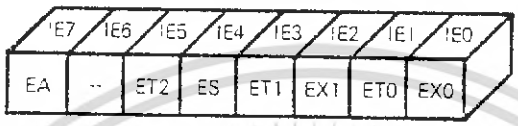


รูปที่ 2.14 แสดงตำแหน่งหน่วยความจำของโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดใน MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราสามารถเลือกให้ซีพียูใน MCS-51 ถูกอินเตอร์รัปต์โดยสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นได้ โดยการกำหนดค่าในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IE นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของ MCS-51 ได้ด้วยรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IP

รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IE (Interrupt Enable-Register) เข้าถึงข้อมูลได้ในระดับบิท รายละเอียดมีดังแสดงในรูปที่ 2.15



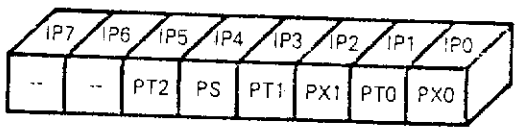
บิต	ชื่อบิต	
IE7	EA	ใช้ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ทั้งหมด 0 : MCS-51 จะไม่ตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รับต์ใด ๆ ทั้งสิ้น 1 : การตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รับต์แต่ละชนิดจะถูกควบคุมโดยตรงจากบิตที่ทำหน้าที่ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์นี้เช่นกัน
IE6	--	ไม่ถูกกำหนดการใช้งาน (สำรองไว้ใช้ใน MCS-51 เบอร์ใหม่ๆ ในอนาคต)
IE5	ET2	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 2 เมื่อเกิด overflow (มีใช้เฉพาะ MCS-51 บางเบอร์ที่มีไทม์เมอร์ 2 เช่น 8052)
IE4	ES	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม
IE3	ET1	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 1 เมื่อเกิด overflow
IE2	EX1	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 1
IE1	ET0	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 0 เมื่อเกิด overflow
IE0	EX0	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0

หมายเหตุ ถ้าบิตที่ควบคุมการตอบสนองสัญญาณต่ออินเตอร์รัปต์แต่ละบิต มีค่าเป็น 1 หมายถึง อนุญาตให้ MCS-51 ตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้ หากมีค่าเป็น 0 หมายถึงไม่ให้ MCS-51 ตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้น

รูปที่ 2.15 รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (IE)

รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IP (Interrupt Priority Register) เข้าถึงข้อมูลได้ในระดับบิท รายละเอียดมีดังแสดงในรูปที่ 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บิต	ชื่อบิต	
IP7	--	ไม่ถูกกำหนดการใช้งาน (สำรองไว้ใช้ใน MCS-51 เบอร์ใหม่ ๆ ในอนาคต)
IP6	--	ไม่ถูกกำหนดการใช้งาน (สำรองไว้ใช้ใน MCS-51 เบอร์ใหม่ ๆ ในอนาคต)
IP5	PT2	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 2
IP4	PS	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม
IP3	PT1	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 1
IP2	PX1	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 1
IP1	PT0	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 0
IP0	PX0	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0

หมายเหตุ ค่าในบิตที่กำหนดลำดับความสำคัญของสัญญาณอินเตอร์รัปต์แต่ละชนิด หากเป็น 1 หมายถึง กำหนดให้มีลำดับความสำคัญสูง หากเป็น 0 หมายถึงกำหนดให้มีลำดับความสำคัญต่ำ

รูปที่ 2.16 รีจีสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IP

2.5.11 กลุ่มคำสั่งใน MCS-51 คำสั่งที่ใช้ควบคุมการทำงานของ MCS-51 มีสองประเภท คือ คำสั่งที่ต้องการข้อมูลมาดำเนินการเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ และคำสั่งที่ไม่ต้องการข้อมูลมาดำเนินการ คำสั่งที่ต้องการข้อมูลจะมีวิธีในการเข้าถึงข้อมูลได้หลายวิธีดังนี้

วิธีการเข้าถึงข้อมูลในคำสั่ง

- วิธีการเข้าถึงข้อมูลโดยตรง (Direct addressing)
- วิธีการเข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อม (Indirect addressing)
- วิธีการเข้าถึงข้อมูลในรีจีสเตอร์ใช้งานทั่วไป (Register instructions)
- วิธีการเข้าถึงข้อมูลในรีจีสเตอร์เฉพาะของตัวคำสั่ง (Register-specific instructions)
- วิธีการเข้าถึงข้อมูลที่กำหนดเองโดยตรง (Immediate constants)
- วิธีการเข้าถึงข้อมูลที่มีตัวชี้อ้างอิง (Indexed addressing)

คำสั่งแต่ละคำสั่งที่ต้องการข้อมูลหรือโอเปอร์แรนด์ (operand) อาจจะมีวิธีในการเข้าถึงข้อมูลในโอเปอร์แรนด์ได้วิธีเดียวหรือหลายวิธีขึ้นกับคำสั่งแต่ละคำสั่ง รายละเอียดของวิธีการเข้าถึงข้อมูลของโอเปอร์แรนด์แต่ละวิธีมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการเข้าถึงข้อมูลโดยตรง (Direct Addressing) เป็นวิธีกำหนดตำแหน่งหน่วยความจำโดยตรงในคำสั่ง บริเวณหน่วยความจำที่สามารถอ้างอิงได้โดยวิธีนี้จะเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปเฉพาะบริเวณ 128 ไบต์แรก และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิป รวมทั้งหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปที่ใช้เป็นรีจีสเตอร์ที่ใช้งานเฉพาะ (ดูรูปที่ 2.10)

วิธีการเข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อม (Indirect Addressing) เป็นวิธีการเข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อม โดยค่าตำแหน่งหน่วยความจำจะอยู่ในรีจีสเตอร์เฉพาะบางตัว นั่นคือวิธีนี้จะใช้ค่าในรีจิสเตอร์เป็นตัวชี้ตำแหน่งหน่วยความจำ หน่วยความจำที่สามารถใช้วิธีการเข้าถึงแบบนี้ได้คือ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไปบริเวณ 128 ไบต์ล่างและ 128 ไบต์บน และทั้งหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิป รีจีสเตอร์ที่สามารถนำมาใช้เป็นตัวชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำมีดังต่อไปนี้

- รีจีสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0 , R1 ของแต่ละกลุ่ม
- รีจีสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SP (Stack pointer)
- รีจีสเตอร์ใช้งานเฉพาะ DPTR (Data pointer)

การใช้วิธีการเข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อมนี้ รีจิสเตอร์ที่เก็บค่าตำแหน่งหน่วยความจำจะต้องระบุเครื่องหมาย "@" ไว้ข้างหน้า ดังตัวอย่าง

```
MOV A,@R0
MOV X @DPTR,A
```

วิธีการเข้าถึงข้อมูลในรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป (Register Instruction) ข้อมูลที่ต้องการจะอยู่ในรีจีสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0 -R7 ของแต่ละกลุ่มรีจีสเตอร์ที่ถูกเลือกใช้งานในขณะนั้น โดยในการทำงานจริงๆ ซีพียูจะตรวจสอบกลุ่มรีจีสเตอร์ที่ถูกเลือกใช้งานจากบิท RS0,RS1 ในรีจีสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PSW เอง

วิธีการเข้าถึงข้อมูลในรีจีสเตอร์เฉพาะของคำสั่ง (Register - Specific) คำสั่งบางคำสั่งของ MCS-51 จะระบุไว้แล้วว่า ต้องดำเนินการกับข้อมูล ในรีจีสเตอร์ตัวใด เช่น ACCUMULATOR,DPSR,SP ดังนั้นในรหัสคำสั่ง (opcode) ของคำสั่งประเภทนี้ MCS-51 จะรู้ได้เองว่าต้องประมวลผลกับรีจีสเตอร์ตัวใด ด้วยเหตุนี้คำสั่งในกลุ่มนี้จึงไม่ต้องบอกตำแหน่งของรีจีสเตอร์ที่ใช้งานเฉพาะคำสั่งนี้แต่อย่างใดเลย เช่น

```
MOV A,#data
MOV DPTR,#data
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตัวอย่างนี้ เราไม่จำเป็นต้องระบุตำแหน่งของรีจีสเตอร์ A,DPTR ในรหัสคำสั่งของคำสั่งทั้งสองแต่อย่างใด เพราะ MCS-51 จะทราบเองว่าเป็นรีจีสเตอร์ทั้งสองจากรหัสของคำสั่ง

วิธีการเข้าถึงข้อมูลที่กำหนดเองโดยตรง (Immediate Constants) เป็นการกำหนดค่าข้อมูลให้กับคำสั่งโดยตรง ข้อมูลที่นำมาประมวลผลในคำสั่งจะอยู่ตามหลังรหัสคำสั่ง ทั้งนี้จะต้องใช้เครื่องหมาย "#" ระบุหน้าข้อมูลที่ต้องการ เช่น

MOV A,#100

วิธีการเข้าถึงข้อมูลโดยใช้ตัวชี้อ้างอิง (Indexed Addressing) ข้อมูลที่ใช้วิธีการอ้างแบบนี้จะเป็นข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำ สำหรับเก็บโปรแกรมภายในหรือภายนอกชิปเท่านั้น จุดประสงค์ของการอ้างข้อมูลแบบนี้ มีไว้เพื่อใช้ในการเปิดหาค่าข้อมูลที่เก็บไว้ในหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม ซึ่งข้อมูลไม่สูญหายแม้ไม่มีพลังงาน ในการทำงานของคำสั่งที่ใช้ในการอ้างวิธีนี้ จะใช้ค่าของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ DPTR หรือ PC มารวมกับค่าในรีจิสเตอร์ A เพื่อชี้ไปยังตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมซึ่งเก็บข้อมูลไว้ ดังนั้นค่าในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ DPTR,PC จะต้องมีค่าเท่ากับตำแหน่งต้นของหน่วยความจำส่วนที่เก็บข้อมูลที่ต้องการ ส่วนค่าของรีจีสเตอร์ A จะเป็นตัวเลือกข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำ เช่น

MOVC A,@A+DPTR

MOVC A,@A+PC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

3.1 วงจร FSK Modulator

ไอซีเบอร์ XR-2206 นี้เป็นโมโนลิคทิคฟังก์ชั่นเจนเนอเรเตอร์ มีความสามารถในการผลิตคลื่นรูปไซน์ (SINE) รูปคลื่นสามเหลี่ยม (TRIANGLE) สี่เหลี่ยม (SQUARE) แรมพ์(RAMP) ได้โดยที่มีความถี่ตั้งแต่ไม่กี่ HZ จนถึงหลายร้อยกิโลเฮิร์ท โดยต่อกับวงจรภายนอกอีกนิดหน่อย นอกจากนี้ยังสามารถนำไอซี XR-2206 มาควบคุมขนาดและความถี่ (A.M.,F.M.) และ PHASE SHIFT OR FREQUENCY SHIFT KEYING ได้อีก สำหรับ XR-2206 นี้ผลิตโดยบริษัท EXAR INTEGRATED SYSTEM INC. ซึ่งอยู่ในแพคเกจไอซี 16 ขา สามารถที่จะใช้ไฟเลี้ยง (POWER SUPPLY) ตัวเดียวคือในช่วง 10-26 VOLT ได้ หรืออาจจะใช้ไฟเลี้ยงคู่ได้ในช่วง 5-13 VOLT ขณะที่ต้องผลิตสัญญาณคลื่นไซน์นั้น ค่า t.h.d. ของสัญญาณนั้นจะมีค่า 2.5% เมื่อยังไม่มีการปรับแต่ง แต่ก็สามารถปรับให้เหลือเพียง 0.5%ได้ โดยการควบคุมของวงจรที่นำมาต่อร่วม โดยที่สัญญาณ OUTPUT รูปไซน์นี่จะมีขนาดสูงสุด 2 V และมีเอาท์พุทอิมพิแดนซ์เท่ากับ 600 โอห์ม

การทำงานของ XR-2206

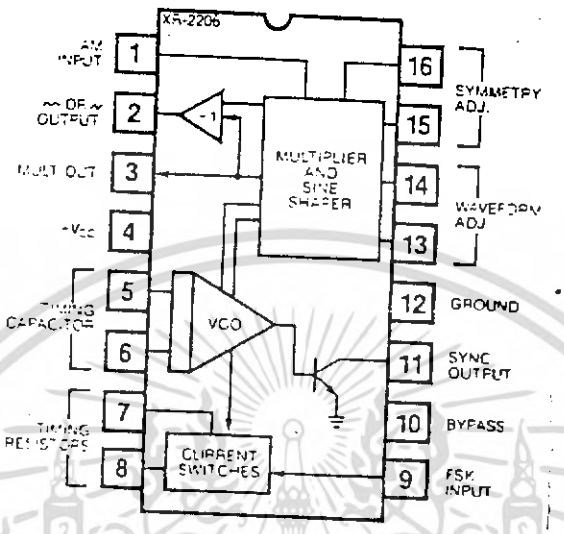
รูปที่ 3.1 แสดงบล็อคไดอะแกรมแต่ละส่วนของ XR-2206 ซึ่งเป็นแพ็คเกจขนาด 16 ขา หัวใจสำคัญของส่วนนี้คือ V.C.O (Voltage Control Oscillator) ซึ่งจากรูปจะเห็นว่า มีคาปาซิเตอร์จัดเวลา (timing capacitor) ซึ่งมีค่าได้ในช่วง 1000 pF -100 mF ต่อที่ขา 5และขา 6ซึ่งเป็น input V.C.O.

สำหรับตัวต้านทานจัดเวลา (timing resister)นั้นจะต่อกับขา 12 และขา 7 หรือขา 8 ซึ่งจะมีค่าระหว่าง 1 KΩ - 2MΩ ค่าของตัวต้านทานและตัวเก็บประจุจัดเวลานั้นจะมีผลต่อความถี่ในการออสซิเลทซึ่งจะมีค่าเท่ากับ

$$fo = 1/RC$$

จะเห็นว่าเราสามารถที่จะเปลี่ยนค่า R หรือ C เพื่อให้ความถี่เปลี่ยนแปลงได้แต่เพื่อที่จะให้เกิดการคงตัวของอุณหภูมิ (temperature stability) และความเพี้ยนของสัญญาณไซน์น้อยที่สุด ควรจะให้ค่าของรีซิสเตอร์มีค่าอยู่ระหว่าง 4KΩ - 200KΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 บล็อคไดอะแกรมของ XR-2206

ในการเลือกตัวต้านทานจัดเวลา (timing resister) นั้นว่าจะต่อกับขา 7 หรือขา 8 นั้นเราพิจารณาดูว่ามีการป้อนสัญญาณที่ขา FSK INPUT หรือไม่ ถ้าขา FSK INPUT นั้นเปิดวงจรหรือต่อกับสัญญาณขนาดแรงดันมากกว่า 2 โวลท์จะต่อตัวต้านทานเข้าที่ขา 7 ในทางกลับกัน ถ้าขาFSK INPUT นี้ต่อกับแรงดันต่ำกว่า 1 โวลท์ ขา 8 จะต้องต่อตัวต้านทานด้วย

ส่วน V.C.O.ของ I.C. นั้นผลิตรูปคลื่นได้ 2 ชนิดคือ รูปคลื่นแรมพ์ ซึ่งจะป้อนไปที่ส่วนของ multiplier and sine shaper block อีกทีหนึ่ง และรูปคลื่นสี่เหลี่ยม (rectangular) ซึ่งจะป้อนออกที่ขา outputที่ขา 11 โดยผ่านทรานซิสเตอร์ ซึ่งการผลิตรูปคลื่นนี้ก็ขึ้นอยู่กับตัวเก็บประจุจัดเวลา (timing capacitor) โดยตัวเก็บประจุนี้จะเริ่มต้นเก็บประจุซึ่งเป็นผลทำให้เกิดรูปคลื่นแรมพ์ (ramp) ที่กำลังพุ่งขึ้นและที่อีกเอาท์พุทจะได้สัญญาณ “high” ที่รูปคลื่นสี่เหลี่ยม (rectangular) จนกระทั่งแรงดันไฟฟ้านั้นจะถึงจุดหนึ่งเรียกว่า “firing voltage” ที่จุดนี้จะทำให้สัญญาณรูปสี่เหลี่ยมกลายเป็น “low” และตัวเก็บประจุจัดเวลา (timing capacitor) จะเก็บประจุในทิศทางกลับกับตอนต้นเป็นผลทำให้สัญญาณรูปแรมพ์จะตกลงจนถึงจุด “firing voltage” เช่นกัน จะทำให้รูปคลื่นสี่เหลี่ยมกลับกลายเป็นสัญญาณระดับ “high” และขบวนการต่างๆ ก็จะกลับไปกลับมาเช่นนี้เหมือนเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการอธิบายข้างต้นจะเห็นว่า V.C.O. ส่วนนี้จะผลิตรูปคลื่นสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมที่สมมาตรออกมาถ้าเกิดนำเอาสัญญาณสี่เหลี่ยมที่ได้จากขา 11 นี้มาต่อเข้ากับขา FSK INPUTขา 9 ของไอซี จะมีผลทำให้ได้รูปคลื่นแรมพ์ และรูปสี่เหลี่ยมที่ไม่สมมาตรออกมาแทน

รูปคลื่นแรมพ์ที่ได้จากส่วนของ V.C.O. ของไอซี XR 2206 นี้จะถูกนำไปเข้ายังส่วนของ multiplier and shaper block อีกที ซึ่งส่วนนี้ทำหน้าที่คล้ายกับวงจรขยายความต่าง ซึ่งจะทำให้เอาท์พุทอิมพิแดนซ์ที่ขา 3 มีค่าสูง และที่ขา 2 จะเป็นบัฟเฟอร์เอาท์พุทที่มีค่าอิมพีแดนซ์เท่ากับ 600 Ω ในกรณีที่เปิดวงจรที่ขา 13 และ 14 (open circuit) จะมีผลทำให้ที่เอาท์พุทที่ขา 2 และ 3 นั้นนั้นจะให้รูปคลื่นแรมพ์ (ramp) ออกมา แต่ถ้าต่อรีซิสเตอร์ที่มีความต้านทานสักสองสามร้อยโอห์มที่ขา 13 และ ขา 14 จะทำให้ยอดคลื่นรูปแรมพ์จะถูกตัดออก ทำให้เอาท์พุทที่ขา 2 และ 3 นั้นผลิตคลื่นรูปไซน์ (sine)ออกมา ถ้ามีการปรับแต่งที่ถูกต้องและเหมาะสมจะทำให้คลื่นรูปไซน์ที่ได้มีความเพี้ยนเพียง 0.5% เท่านั้นเอง

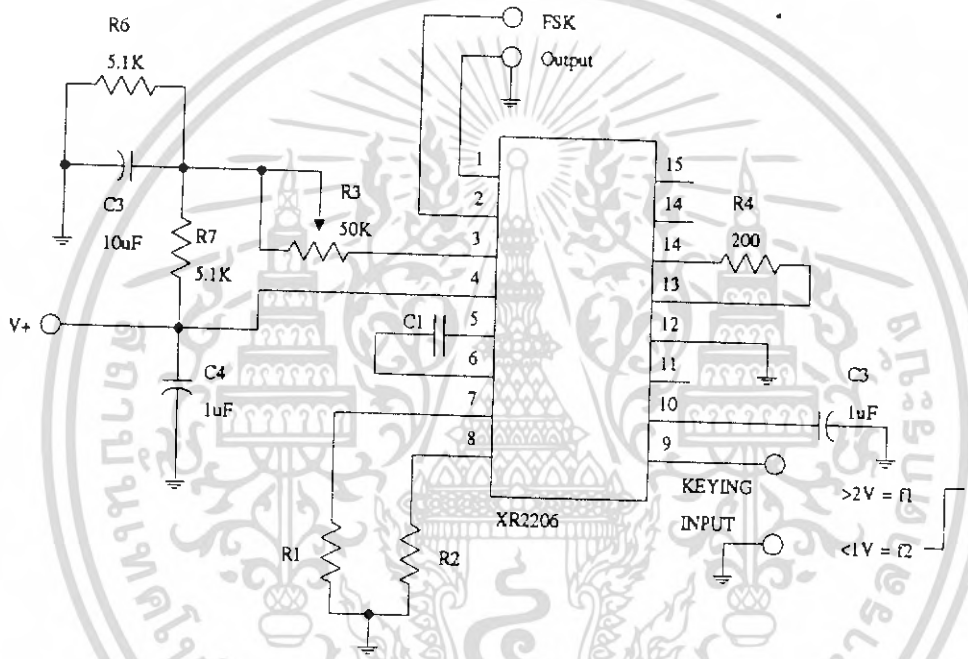
สำหรับอัตราขยายและเฟสของเอาท์พุทของ multiplier สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยการเพิ่มสัญญาณแรงดันที่ขา 1 ของไอซี เอาท์พุทที่ได้จะถูกควบคุมโดยการเปลี่ยนแปลงสัญญาณแรงดันที่ขา 1 ซึ่งค่าแรงดันนี้ควรอยู่ราวๆ ครึ่งหนึ่งของไฟเลี้ยงที่ป้อนให้ โดยที่ค่าของเอาท์พุทจะมีค่าเป็น 0 เมื่อสัญญาณแรงดันที่ขา 1 มีค่าเท่าครึ่งหนึ่งของแรงดันไฟเลี้ยงพอดี และจะเพิ่มขึ้นเมื่อสัญญานแรงดันเพิ่มขึ้น แต่ถ้าแรงดันนี้เกิดลดลงต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของแรงดันไฟเลี้ยงที่จะทำให้สัญญาณเอาท์พุทเพิ่มขึ้นเช่นกันแต่ทว่าเฟสจะตรงข้ามกัน คุณสมบัตินี้เองสามารถนำมาใช้ในการมอดูเลทขนาด (A.M.) หรือเฟสชิฟท์คีย์ (phase shipt key) ซึ่งจะให้เอาท์พุทที่ขา 2 และ 3

เนื่องจากเอาท์พุทที่ขา 3 ของไอซี XR-2206 นั้นต่ออินพุทของวงจรขยายมีอัตราเท่ากับหนึ่งนั้น ซึ่งทำให้เกิดบัฟเฟอร์เอาท์พุทที่มีค่าอิมพีแดนซ์เท่ากับ 600 โอห์ม ที่ขา 2 ทำให้เราสามารถที่จะป้อนสัญญาณอินพุทเข้าที่วงจรขยายบัฟเฟอร์ โดยการใช้วงจรแบ่งแรงดัน (potential divider) หรืออิมพีแดนซ์เข้าที่ขา 3 ได้ โดยเทียบกับกราวด์ซึ่งคุณสมบัตินี้เองทำให้สามารถควบคุมอัตราขยายด้วยวิธีง่ายๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรการผลิตรูปคลื่น(Sinesoidal FSK Generator)

จากรูปที่ 3.2 เป็นการต่อวงจรอย่างง่ายสำหรับการผลิตรูปคลื่นไซน์ซึ่งมีช่วงกว้างอย่างง่ายๆ ซึ่งจากรูปนั้นจ่ายไฟเลี้ยงเพียงตัวเดียว และตัวต้านทานจัดเวลา (timing resister) ซึ่งประกอบด้วย R1 และ R2 และสามารถจะผลิตคลื่นรูปไซน์ที่มีความถี่ได้หลายย่าน โดยการให้ค่าของตัวเก็บประจุเปลี่ยนไป โดยที่ C1 นั้นมีค่า 1mF ความถี่ที่ได้จะอยู่ในช่วง 10 Hz -100 Hz โดยการปรับ



รูปที่ 3.2 Sinesoidal FSK Generator

ค่า R1 หรือ R2 ถ้า C1 นั้นมีค่า 0.001mF ความถี่ที่ได้จะมีค่า 10 kHz- 100kHz ขอให้สังเกตค่าตัวต้านทานจัดเวลา (timing resister) ตามที่เคยกล่าวไว้ตอนต้น วงจรนี้จะผลิตคลื่นรูปไซน์เพราะว่าตัวต้านทาน 200 โอห์ม ที่ต่อระหว่างขา 13 และขา 14 ของไอซี สำหรับตัวอย่างนี้สัญญาณไซน์จะมีความเพี้ยนน้อยกว่า 2.5% สำหรับแรงดันไฟฟ้าที่ขา 3 ของไอซีนี้มีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของไฟเลี้ยง โดยการใช้วงจรแบ่งแรงดัน R6,R7 ซึ่งต่อขนานกับ C3, C4 ซึ่งมีอิมพีแดนซ์ต่ำ ดังนั้นสัญญาณรูปไซน์ที่ขา 2 ควรจะมีค่าราวๆ ครึ่งหนึ่งของแรงดันไฟเลี้ยง ส่วนเอาท์พุทที่ได้จะถูกกรองเอาสัญญาณดีซีออกโดย C5 และทำให้มีขนาดค่าเปลี่ยนแปลงได้โดย R5 ซึ่งเป็นเอาท์พุทสุดท้ายนี้เอง และค่าขนาดของสัญญาณเอาท์พุทรูปไซน์ที่มีค่าสูงสุดที่จะได้ถูกตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไว้โดย R3 ซึ่งในการตั้ง R3นี้ก่อนอื่นจะต้องถอด R4 จากขา 13 เสียก่อนซึ่งจะทำให้ได้สัญญาณเอาท์พุทเป็นรูปสามเหลี่ยมแทนจากนั้นค่อยๆลดค่า R3 จนกระทั่งส่วนที่ถูกขลิบของสัญญาณจะหมดไป ซึ่งขณะนี้ถือว่าเป็นเสร็จ การติดตั้ง R3 เรียบร้อยแล้วหลังจากนั้นจึงต่อ R4 เข้าที่อย่างเดิม ซึ่งจะทำให้ได้สัญญาณเอาท์พุทรูปไซน์ที่ดีพอควร สำหรับวงจรในรูปสามารถใช้กับแรงดันไฟที่มีค่าอยู่ในช่วง 10 V - 24V ซึ่งสามารถดัดแปลงให้ใช้ในการจ่ายไฟเลี้ยงได้ 2 ชุด โดยการแทนกราวด์ด้วยไฟเลี้ยงที่มีค่าเป็นลบแทนและก็นำ R3 ต่อลงกราวด์แทน

การคำนวณค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงงาน

เนื่องจากในการส่งข้อมูลความเร็วที่ใช้คืออัตรา 300 baud สัญญาณเอาท์พุท์ที่ขา 2 จะมี 2 ความถี่ คือเมื่อป้อน input logic "1" เข้าที่ขา 9 แทนสภาวะ Low Frequency สามารถปรับค่า R1 เพื่อให้ได้ความถี่ f1 เท่ากับ 2025 Hz เมื่อป้อน input logic "0" เข้าไปแทนสภาวะ high frequency สามารถปรับค่า R2 เพื่อให้ได้ความถี่ f2 เท่ากับ 2225 Hz ส่วนค่า R3 ใช้ปรับค่า output level ของสัญญาณ FSK

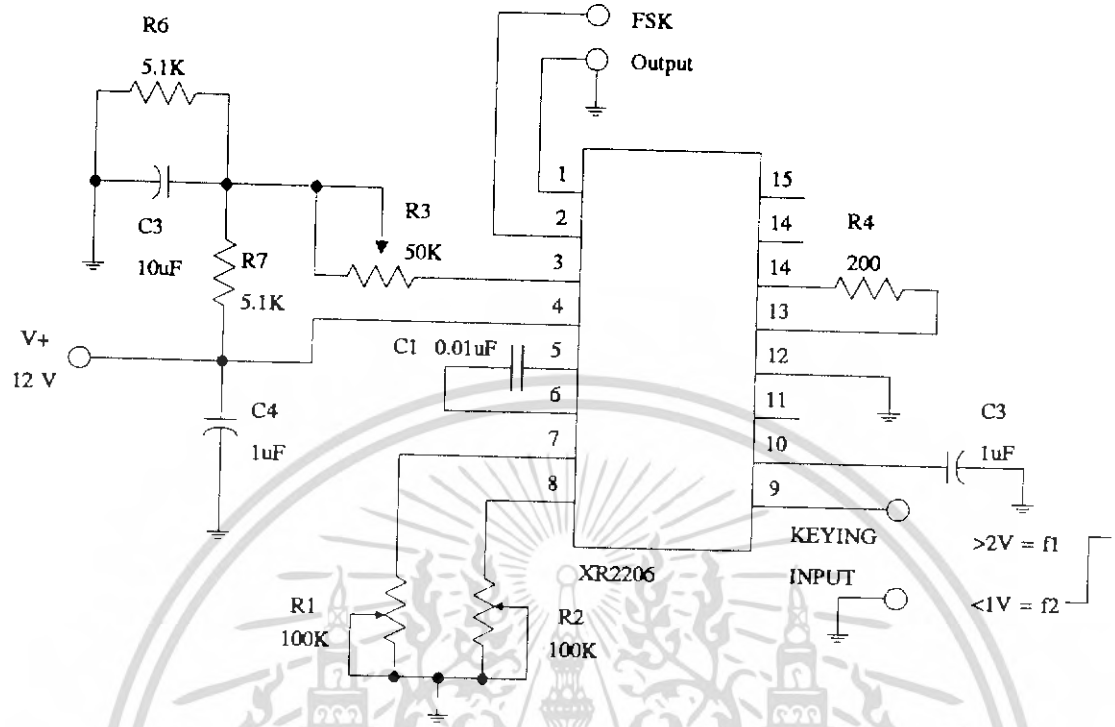
จาก f 1= 1/R1C และ f 2=1/R2C เมื่อกำหนดค่า C= 0.01uF

ที่ความถี่ = 2025 Hz R1=1/f1C =1/ (2025*0.01*10^{-6}) = 49.383 kΩ

ที่ความถี่ = 2225 Hz R2=1/f2C =1/ (2225*0.01*10^{-6}) = 44.944 kΩ

<u>หมายเหตุ</u> ค่า R1 และ R2 สามารถใช้ R เกือกม้า 100 KΩ แทนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจร FSK Modulator

3.2 วงจร FSK Demodulator

โดยใช้เบอร์ไอซี XR-2211 นี้เป็นโมโนลิคทิก โดยมีวงจร PLL (phase locked loop) จะถูกออกแบบเป็นพิเศษ สำหรับการสื่อสารข้อมูล โดยการนำไปประยุกต์ใช้วงจรอื่นๆ ซึ่งสามารถใช้ความถี่ในช่วงระหว่าง 0.01-300 KHz และสามารถรับสัญญาณอะนาลอกที่มีระดับสัญญาณอยู่ในช่วง 2 mV-3Vrms จะสามารถติดต่อใช้ร่วมกับตระกูลลอจิก DTL TTL ECL

ส่วนประกอบของวงจร FSK Demodulator

1.Phase Locked Loop (PLL)

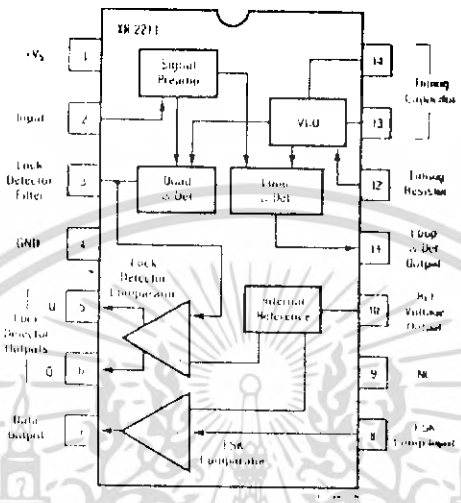
2.Quadrature Phase Detector

3.FSK Voltage Comparator

ส่วนประกอบภายนอกจะเป็นตัวกำหนด ความถี่ของcarrier,banbwidth และ output delay

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14-Lead
Dual In-Line Package
(Top View)

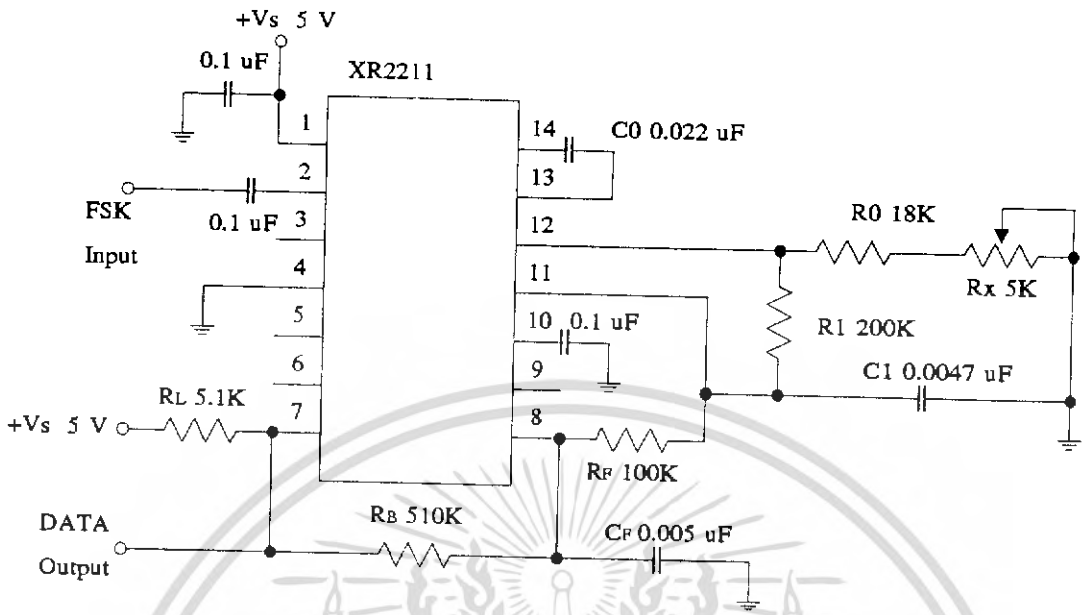


รูปที่ 3.4 แสดง โครงสร้างภายในของ XR2211

วงจร FSK Decoding

จากรูปที่ 3.5 ซึ่งเป็นการแสดงถึงวงจรของ FSK Decoding โดยอุปกรณ์ภายนอกประกอบด้วย Ro และ Co ซึ่งเป็นตัวกำหนดความถี่กึ่งกลางของ phase locked loop, R1 เป็นตัวกำหนดความกว้างของพัลส์ ส่วน C1 เป็นตัวกำหนดเวลาใน loop filter และ loop damping factor, C_f และ R_f ได้มาจากการคำนวณของข้อมูล FSK ที่เอาท์พุท,R_B มีค่าเท่ากับ 510 กิโลโอห์ม มาจากขา7 กับขา8 โดยมี ฟีดแบ็คกับแบบบวก(non-inverting)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 วงจร FSK Demodulator

การออกแบบ

1. การคำนวณ PLL center frequency, f_o

$$f_o = (f_1+f_2)/2$$

2. ค่าความต้านทาน RO จะอยู่ระหว่าง 10 กิโลโอห์ม - 100 กิโลโอห์ม แต่ควรจะใช้ค่า RO = 20 กิโลโอห์ม

3. ค่าคำนวณ CO จากการหาค่า f_o จากข้อ1

$$CO = 1/ROf_o$$

4. การคำนวณ R1

$$R1 = RO\ f_o/(f_1-f_2)$$

5. คำนวณค่า C1 โดยกำหนดค่า damping factor โดยปกติใช้ damping factor = 1/2

$$C1 = CO/4$$ เมื่อ damping factor = 1/2

6. คำนวณค่า C_F กำหนดให้ R_F = 100 กิโลโอห์ม, R_B = 510 กิโลโอห์ม

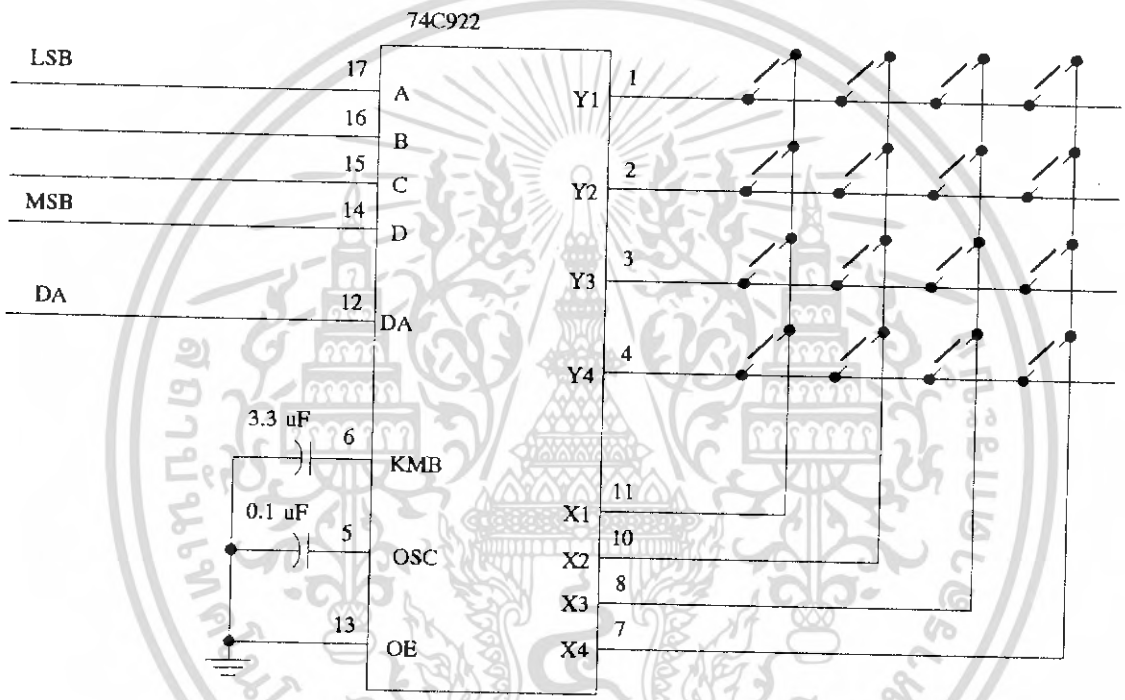
$$C_F = 3/\text{Baud Rate}$$

จากวงจรที่ 3.5 ได้ใช้ค่า C0= 0.022 uF , C1 = 0.0047 uF, CF = 0.005 uF R0 = 18 KΩ R1 = 100 KΩ RL = 5.1 KΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรถอดรหัสคีย์บอร์ด

วงจรคีย์บอร์ดทำงานโดยใช้ 74C922 เป็นตัวสแกนคีย์โดยเมื่อมีการกดคีย์จะส่งข้อมูลเป็นเลขฐานสองจำนวน 4 บิททางขา14,15,16,17 โดยเมื่อกดคีย์ 1 ครั้งสัญญาณขา DA จะเป็น "1" เป็นสัญญาณที่บอกให้ทราบว่ามีการกดคีย์ ตัวเก็บประจุที่ขา KMB เป็นตัวกำหนดช่วงเวลาดีเบาค์ (debound)ซึ่งป้องกันการกระเด้งของหน้าสัมผัสสวิตช์



รูปที่ 3.6 วงจรคีย์บอร์ด

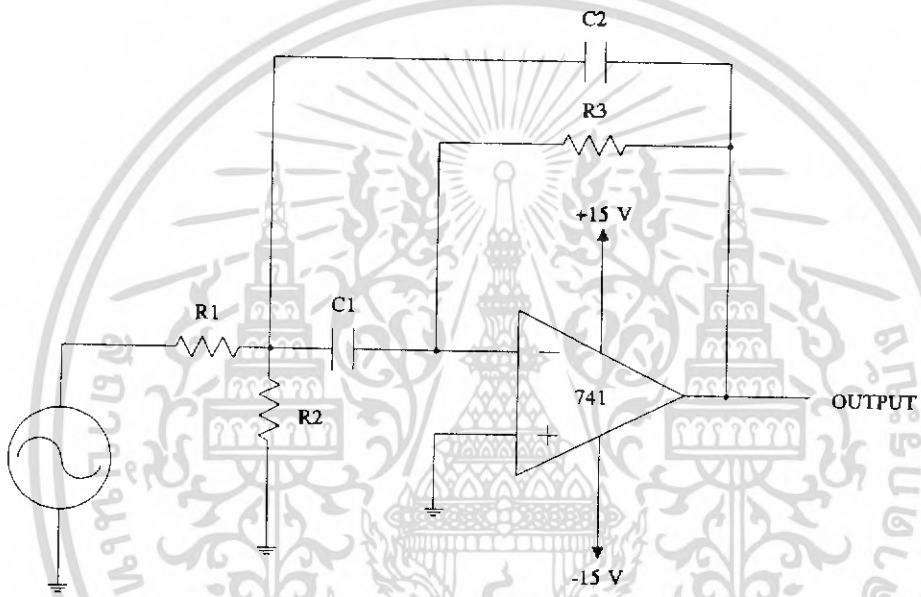
3.4 วงจร Microcontroller Board ประกอบด้วย

- CPU 8031
- EPROM 27256 ตำแหน่งของหน่วยความจำอยู่ที่ 0000H-7FFFH ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ
- RAM 6264 ตำแหน่งของหน่วยความจำอยู่ที่ 8000H-9FFFH ทำหน้าที่เก็บข้อมูล
- 8255 ตำแหน่งพอร์ทอยู่ที่ E080H-E003H
- พอร์ทอนุกรมมาตราฐาน RS - 232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 เป็นชิพที่มีวงจรออสซิลเลเตอร์อยู่ภายใน โดยจะต้องต่อคริสตัลและตัวเก็บประจุ ซึ่งเป็นวงจรรีโซแนนซ์ออสซิลเลเตอร์ โดยที่ค่าความถี่ถูกออกแบบให้ทำงานที่ความถี่สูงสุดและต่ำสุด เช่น 1MHz - 16 MHz แต่ในวงจรนี้เลือกใช้ความถี่ 11.0592 MHz เพื่อจะใช้เป็นฐานเวลาของการส่งข้อมูลอนุกรมด้วย ซึ่งถ้าใช้คริสตัลความถี่อื่น ๆ แล้ว ก็จะสามารถทำงานได้เช่นกันแต่ในการรับ-ส่งข้อมูลอนุกรมจะทำการกำหนด BAUD RATE ได้ยาก

3.5 วงจร Band Pass Filter



รูปที่ 3.7 Single Op-Amp Bandpass Filter

จากรูปเป็น Single Op-Amp Bandpass Filter เราสามารออกแบบหาค่าอุปกรณ์ได้ดังนี้คือ หาค่า Q โดย

$$Q = \frac{fc}{BW}$$

เมื่อ fc = $\sqrt{fh * fl}$

BW = fh -fl

และ fh = high cutoff frequency

fl = low cutoff frequency

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการออกแบบกำหนดให้ fh = 2,025 Hz fl = 2,225 Hz

ดังนั้น $Q = \frac{2122}{200}$

$= 10.61$

หาค่า AF จาก

$AF < 2Q^2$

$< 2 * 10.61^2$

< 225

เพราะฉะนั้นเรากำหนดให้ AF = 2

กำหนดค่า C1 = C2 = 0.01 uF

คำนวณหาค่า R1

$$R1 = \frac{Q}{2\pi\, fcC(AF)}$$

$$= \frac{10.61}{2 * 3.14 * 2122 * 0.01 * 10^{-6} * 2}$$

$= 39.7\ K\ \Omega$

$$R2 = \frac{Q}{2\pi\, fcC(2Q^2 - AF)}$$

$$= \frac{10.61}{2 * 3.14 * 2122 * 0.01 * 10^{-6}(2 * 10.61^2 - 2)}$$

$= 356.6\ \Omega$

$$R3 = \frac{Q}{2\pi\, fcC}$$

$$= \frac{10.61}{2 * 3.14 * 2122 * 0.01 * 10^{-6}}$$

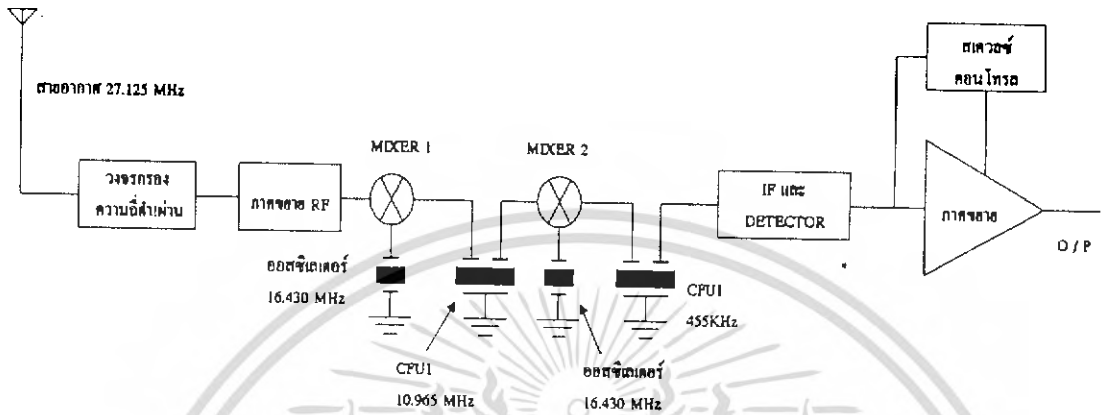
$= 80\ K\ \Omega$

ดังนั้นค่าอุปกรณ์ที่ใช้คือ C1 = C2 = 0.01 uF ,R1 = 40 K Ω , R2 = 357 Ω , R3 = 80 K Ω

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 เครื่องรับส่งวิทยุ

3.6.1 ภาครับสัญญาณวิทยุ



รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมของภาครับวิทยุ

การทำงานตามบล็อกไดอะแกรมของภาครับซึ่งทำหน้าที่รับสัญญาณความถี่วิทยุ (RF) ที่ส่งมาจากเครื่องส่งอีกชุดหนึ่งมีวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ทำหน้าที่กรองเอาเฉพาะความถี่ที่ต้องการ (27.125เมกะเฮิร์ต) ซึ่งอาจจะมีความถี่ใกล้เคียงแทรกแซงเข้ามาได้บางส่วน แล้วทำการขยายความถี่วิทยุนี้ที่ภาคขยายอาร์เอฟ หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าฟรอนด์เอนด์ (front end) ทำการขยายความถี่นี้ให้แรงขึ้นไประดับหนึ่ง

สัญญาณที่ผ่านการขยายที่ภาคขยาย RF แล้วจะถูกนำมารวมกับความถี่ออสซิเลเตอร์ที่สร้างขึ้นเองด้วยคริสตอลที่ภาค MIXER ความถี่ออสซิเลเตอร์ชุดที่หนึ่งมีค่าเท่ากับ 16.430 เมกะเฮิร์ท การผสมกันของความถี่ RF และความถี่ของออสซิเลเตอร์นี้จะทำให้เกิดความถี่ใหม่ขึ้นมาทั้งความถี่สูงขึ้นและความถี่ต่ำลง (upper และ lopwer) ในภาคมิกเซอร์นี้จะเป็นการเอาความถี่มูลฐานไปหักล้างกับความถี่อาร์เอฟ ดังนั้นความถี่ที่ออกจากมิกเซอร์จะเท่ากับ 27.125 MHZ ลบด้วย 16.430 MHz จะได้ความถี่ไอเอฟเท่ากับ 10.695 MHz หรือประมาณ 10.7 MHz

ความถี่เอาท์พุทของมิกเซอร์ชุดที่หนึ่งจะถูกเซรามิกซ์ฟิลเตอร์ CFU1 บล็อกเอาเฉพาะความถี่ตามค่าของ CFU1 เท่านั้นในที่นี้ใช้ค่า 10.695 MHz ดังนั้นความถี่ที่สูงหรือต่ำกว่านี้จะไม่สามารถผ่านชุดฟิลเตอร์นี้ได้ ความถี่ไอเอฟ 10.695 MHZ ผ่าน CFU1 ไปได้ และจะถูกทำการรวมความถี่เข้ากับความถี่ออสซิเลเตอร์มูลฐานอีก ในภาคคอนเวอร์เตอร์หรือมิกเซอร์ชุดที่สองเพื่อทำการลดทอนความถี่ไอเอฟลงมาให้เหลือ 455 KHZ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

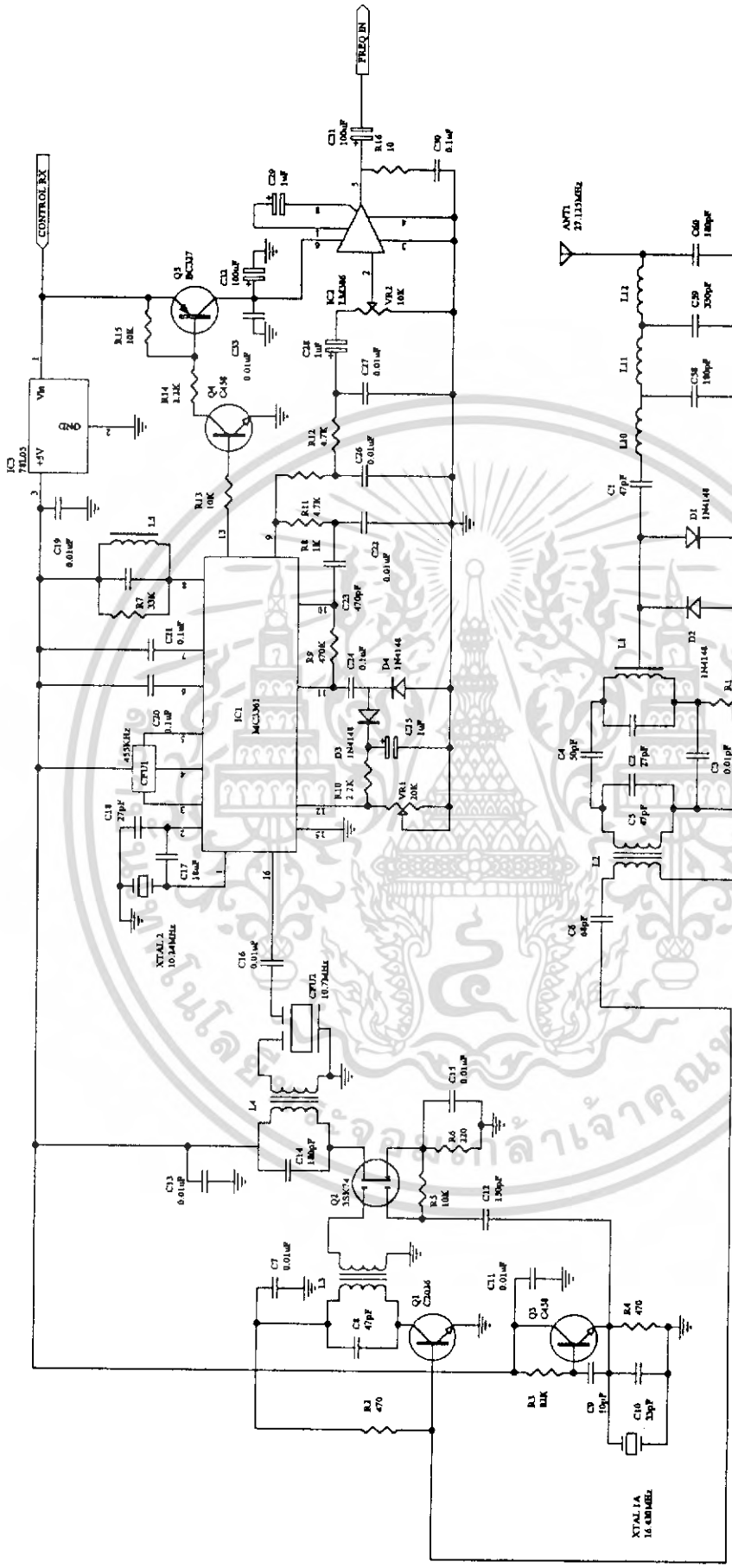
ความถี่ไอเอฟ 10.695 MHz เมื่อรวมกับความถี่มูลฐานที่ภาคออสซิเลเตอร์กำเนิดขึ้นมามีค่าเท่ากับ 10.240 MHz เมื่อรวมกันที่ภาคมิกเซอร์แล้ว ความถี่ไอเอฟที่ออกไปจากมิกเซอร์ชุดนี้จะมีค่าความถี่เท่ากับ 455 KHz ผ่าน CFU2 เพื่อบล็อกเอาเฉพาะความถี่ไอเอฟ 455 KHz เท่านั้นเข้าไปทำการขยายความแรงและทำการดีเท็คเอาความถี่เสียงออกมาที่ภาคขยายไอเอฟและดีเทคเตอร์ สัญญาณที่ออกจากภาคนี้จะเป็นความถี่เสียงเข้าทำการขยายออกลำโพงต่อไป

การทำงานของภาครับ

เริ่มจากความถี่อาร์เอฟ 27.125 MH_Z ที่ส่งมาจากเครื่องส่งอีกชุดหนึ่งจะเข้ามายังสายอากาศผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านซึ่งประกอบด้วยL_{10},L_{11},L_{12},C_{58},C_{59},C_{60}เพื่อทำหน้าที่กรองเฉพาะความถี่ 27.125 MH_Z จากวงจรกรองความถี่ต่ำจะถูกส่งมายังชุดกรองความถี่ RF และภาคขยาย RF มีC_1,D_1,D_2ทำหน้าที่เป็นวงจรคลิปเปอร์และป้อนสัญญาณที่แรงเกินไป ซึ่งอาจจะเป็นอันตรายต่อ L_1และวงจรต่อไปได้ L_1,L_2,C_2,C_5 ทำหน้าที่จูนเอาเฉพาะความถี่ 27.125 MH_Z ส่วนความถี่อื่นจะถูกบายพาสลงกราวด์มี C_4 คัปปลิ้งสัญญาณระหว่างคอยล์ทั้งสอง C_6 คัปปลิ้งสัญญาณที่ผ่านการจูนเอาเฉพาะความถี่เข้าสู่ขาเบสของ Q_1ซึ่งเป็นภาคขยายความถี่อาร์เอฟ ในบางครั้งสัญญาณที่รับได้จะมีความแรงของสัญญาณต่ำจึงต้องทำการขยายสัญญาณนั้นให้มีความแรงขึ้นมาอยู่ในระดับหนึ่งเสียก่อนโดยมี R_2 ทำหน้าที่ไบอัสกระแสให้ขาเบสมี L_3 ปรับอัตราการขยายความถี่ RF ของ Q_1 และปรับระดับของสัญญาณเพื่อการผสมสัญญาณในภาคมิกเซอร์ด้วยทรานซิสเตอร์ Q_3 ทำหน้าที่เป็นชุดกำเนิดความถี่มูลฐานทำงานร่วมกับคริสตอล $XTAL_1$ มี R_3 และ R_4 ต่อเป็นวงจรขยายความถี่คอมมอนคอลเลคเตอร์ C_9และ C_{10} ทำหน้าที่รักษาเสถียรภาพ

การกำเนิดความถี่ของคริสตอลตัวเก็บประจุ C_{12} จะคัปปลิ้งความถี่ออสซิเลเตอร์มาเข้าสู่ขาเกต G_1 ของ Q_2 เพื่อการผสมความถี่กับความถี่ RF ที่คัปปลิ้งผ่าน L_3 มาเข้าขาเกต G_2 ของ Q_2 ซึ่ง Q_2 เป็นทรานซิสเตอร์มอสเฟตแบบเกตคู่ สัญญาณที่ออกไปทางขาซอส (S) ของ Q_2 จะเป็นความถี่ที่ถูกลดลงมาเป็นความถี่ไอเอฟ ค่าความถี่เท่ากับ 10.7 MH_Z L_4 ทำหน้าที่ปรับอัตราการขยายและเรโซแนนซ์ความถี่ของ Q_2 ความถี่ไอเอฟนี้จะผ่าน L_4 เข้าสู่วงจรกรองความถี่ผ่าน CFU_2 เพื่อกรองเอาเฉพาะความถี่ 10.7 MH_Z เท่านั้นผ่านได้ความถี่อื่นจะถูกบล็อกไม่ให้ผ่าน C_{16}จะคัปปลิ้งความถี่ 10.7 MH_Z เข้าสู่ขา 16 ของ IC_1 ซึ่งภายในไอซีนี้จะประกอบไปด้วยวงจรมิกเซอร์ชุดที่สองและออสซิเลเตอร์ชุดที่สองจึงทำให้การออกแบบวงจรในส่วนหลังนี้ค่อนข้างง่าย ดังนั้นภาคมิกเซอร์ภายในและภาคออสซิเลเตอร์ภายในก็จะทำการผสมสัญญาณความถี่ไอเอฟ 10.7 MH_Z เข้ากับความถี่ออสซิเลเตอร์มูลฐานที่ได้จากคริสตอล $XTAL_2$ความถี่ 10.24 MH_Z ที่ต่ออยู่ที่ขา 1 และขา 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 วงจรภาครับวิทยุ

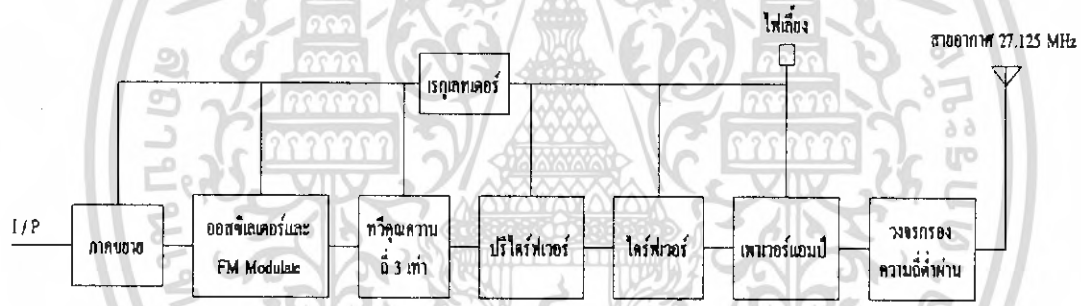
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของIC_1 มี C_{17} เป็นตัวรักษาความถี่ออสซิเลเตอร์จากนั้นจะเหลือความถี่ไอเอฟ 455 KH_Z จะออกมาทางขา 3 ของ IC_1 เข้าสู่ชุดกรองความถี่ CFU_1

ที่ชุดกรองความถี่ CFU_2 นี้จะกรองเอาเฉพาะความถี่ 455 KH_Z ผ่านได้เท่านั้นเข้าสู่ขา 5 ของ IC_1 โดยมี C_{20},C_{21} ทำหน้าที่เป็นวงจรดีคัปปลิ้งขดลวด L_5,R_7ที่ต่ออยู่กับขา 8 ของ IC_1 ทำหน้าที่เป็นวงจรดวอคราเจอร์ดีเทคเตอร์ และทำการดีเทคเอาสัญญาณเอฟเอ็มออกมาทางขา 9 ผ่านวงจรกรองสัญญาณ R_{11},R_{12},C_{26},C_{27} และคัปปลิ้งผ่าน C_{28} เข้าสู่ภาคขยายเสียง

ที่ขา 2 ของ IC_2 จะเป็นขาอินพุทของภาคขยายเสียงมี C_{29} ต่อระหว่างขา 1 กับขา 8 เพื่อเป็นวงจรป้อนกลับสัญญาณ R_{16},C_{30} ทำหน้าที่ป้องกันการออสซิเลเตอร์ที่ความถี่สูง C_{31} คัปปลิ้งสัญญาณทางเอาท์พุทต่อไป

3.6.1 ภาคส่งสัญญาณวิทยุ



รูปที่ 3.10 บล็อกไดอะแกรมภาคส่งวิทยุ

จากบล็อกไดอะแกรมเริ่มจากสัญญาณเสียงจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าโดยคอนเดนเซอร์ไมค์แล้วทำการขยายสัญญาณเสียงนั้นให้มีความแรงสูงขึ้น สัญญาณที่ถูกขยายนี้จะถูกนำไปทำการมอดูเลทกับความถี่วิทยุหรือความถี่อาร์เอฟ ซึ่งถูกสร้างขึ้นจากภาคออสซิเลเตอร์มีความถี่เท่ากับ 9.0416 MHz เมื่อทวีคูณความถี่เป็นสาม่เท่าก็จะได้เท่ากับ 27.1248 MH_Z หรือประมาณ 27.125 MH_Z ตามที่ต้องการแล้วส่งไปทำการขยายที่ภาคปรีไดรเวอร์ และภาคไดรเวอร์ก่อนที่จะเข้าสู่ภาคขยายความถี่อาร์เอฟต่อไป การมอดูเลทในภาคนี้จะเป็นการมอดูเลททางความถี่หรือเอฟเอ็ม (frequency modulation : FM)

เอาท์พุทที่ได้จากภาคขยายความถี่อาร์เอฟสุดท้ายจะผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านส่งออกสู่สายอากาศ เพื่อให้มีเฉพาะความถี่อาร์เอฟ 27.125 MH_Z เท่านั้นที่ถูกส่งออกไป และในบล็อกไดอะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แกรมในสามบล็อกแรกจะใช้แรงดันไฟเลี้ยงที่ผ่านการเร็กกูเลทเสียก่อน เพื่อรักษาแรงดันให้คงที่เพื่อการกำเนิดความถี่ที่เที่ยงตรง

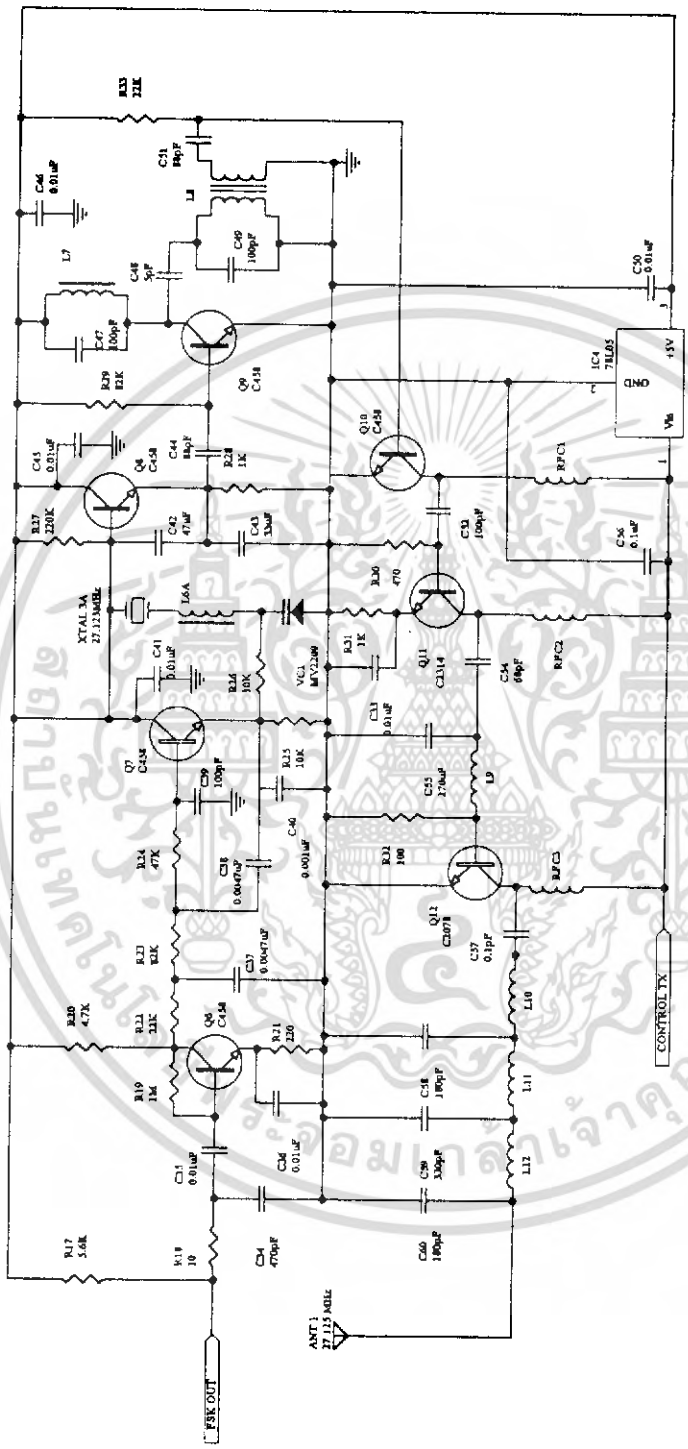
การทำงานของภาคส่ง

ในส่วนของภาคส่งจะเริ่มจากไมโครโฟน ซึ่งเป็นแบบคอนเดนเซอร์ไมค์ ทำหน้าที่เป็นสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้าโดยมี R_{17} เป็นตัวต้านทานไบอัสให้กับ MIC_1 ชุด R_{18} และ C_{34} ทำหน้าที่กรองเอาเฉพาะความถี่เสียงเท่านั้นผ่าน C_{35}คัปปลิ้งสัญญาณไปเข้าขาเบสของ Q_6 มี R_{20},R_{21}และ C_{36}ไบอัสให้และ R_{19} ทำหน้าที่ป้อนกลับสัญญาณ เพื่อกำหนดอัตราขยายของ Q_6 โดยในวงจรแล้วเรียกว่าวงจรขยายสัญญาณไมโครโฟน R_{22},R_{23},R_{24} และ C_{37} ทำหน้าที่กรองเอาเฉพาะความถี่เสียงผ่านไปได้เท่านั้น สัญญาณเสียงจาก Q_6 จะถูกส่งมาเข้าขาเบสของ Q_7 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรออสซิเลเตอร์ผลิตความถี่ 9.0416 MH_Z โดยต่ออนุกรมกับวงจรจูน L_6และ VC_1 ซึ่งความถี่ที่ออสซิเลเตอร์ที่ผลิตขึ้นมานี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความจุของ VC_1 ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามค่าของแรงดันสัญญาณเสียงที่เข้ามา กล่าวคือเมื่อไม่มีสัญญาณเสียงเข้ามาแรงดันที่ขาแคโถดของ VC_1 จะวัดได้ประมาณ 2.0-2.5 V แต่พอมีสัญญาณเข้ามาแรงดันจะเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามลักษณะความแรงของสัญญาณที่เข้ามาจึงทำให้ความถี่เปลี่ยนแปลงมากบ้างน้อยบ้างโดยทั่วไปเรียกว่าการมอดูเลททางความถี่

เนื่องจากความถี่ออสซิเลเตอร์ที่กำเนิดขึ้นจากความถี่ขั้นมูลฐานในออเดอร์ที่หนึ่งของคริสตอลXTAL$_3$มีค่าความถี่เท่ากับ 9.0416 MH_Z เท่านั้นจึงต้องอาศัย Q_8 ทำหน้าที่เป็นวงจรทวีคูณความถี่ฮาร์มอนิกที่สองของ $XTAL_3$ ส่งความถี่ที่ได้ผ่าน C_{44} มาเข้าขาเบสของ Q_9 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรทวีคูณความถี่ฮาร์มอนิกที่สามของ $XTAL_3$ โดยมีวงจรแทงค์ L_7 และ C_{47} ทำหน้าที่จูนให้ได้ความถี่รีโซแนนซ์ที่ 27.125 MH_Z แต่เอาท์พุทของ Q_8 ที่ขาคอลเลคเตอร์จะมีความถี่ฮาร์มอนิกที่หนึ่ง9.0416 MH_Z และฮาร์มอนิกที่สอง 18.0832 MH_Z ปะปนออกมาด้วย จากความถี่ที่ปะปนออกมากับความถี่ 27.125 MH_Z จึงต้องทำการกำจัดความถี่ที่ปะปนออกมาด้วย โดยใช้วงจรแทงค์ L_8 และC_{49}ต่ออยู่ในลักษณะดับเบิลจูนก็จะได้เฉพาะความถี่ 27.125 MH_Z คัปปลิ้งผ่าน C_{51}ไปเข้าสู่ภาคปรีไดรเวอร์ต่อไป

ทรานซิสเตอร์ Q_{10} ทำหน้าที่ขยายความถี่ RF ให้มีความแรงอยู่ในระดับหนึ่งเสียก่อน โดยมี R_{33}ไบอัสกระแสเบสให้เอาท์พุทที่ขาคอลเลคเตอร์จะถูกคัปปลิ้งผ่าน C_{52}ไปเข้าขาเบสของ Q_{11} ทำหน้าที่เป็นไดรเวอร์จะสังเกตได้ที่ขาอีมิเตอร์ของ Q_{11}จะต่อ R_{31}และ C_{31} ลงกราวด์อยู่เพื่อเป็นการจำกัดอัตราขยายของภาคเพาเวอร์ไม่ให้เกิน 1 วัตต์ดังนั้นจึงต้องใส่ R_{31}และ C_{33}ไว้ก่อนจากนั้นหากต้องการเพิ่มกำลังวัตต์ก็ให้ลัดวงจร R_{31},C_{33}ลงกราวด์ไปส่วน Q_1 เป็นเพาเวอร์เอาท์พุททำหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 วงจรภาคส่งวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ขยายสัญญาณความถี่ RF ออกสู่สายอากาศโดยคัปปลิ้งผ่าน C_{57}และวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน L_{10}-L_{12}

ในส่วนของวงจรกรองความถี่ต่ำนั้นวิทยุรับ-ส่งในย่าน CB 27 MH_Z มักจะพบปัญหาการเกิดฮาร์มอนิก ออกไปรบกวนคลื่นความถี่โทรทัศน์ช่อง 3 มากดังนั้นจึงจำเป็นต้องจัดวงจรกรองความถี่ต่ำให้มีประสิทธิภาพดีที่สุดอย่างน้อยให้ได้มากกว่า 60 dB ขึ้นไปจึงจะดีเพื่อกรองเอาเฉพาะความถี่ 27.125 MH_Z ออกอากาศต่อไป

3.7 การออกแบบโปรแกรมมอนิเตอร์

โปรแกรมมอนิเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมดมีความสามารถดังนี้

- สามารถรับข้อมูลได้ตลอดเวลา ยกเว้นในกรณีที่ทำการส่งข้อมูล
- สามารถรับ - ส่งข้อมูลได้ครั้งละไม่เกิน 200 ตัวอักษร
- ข้อมูลที่รับ - ส่งเป็นตัวเลข,อักษรภาษาอังกฤษ
- สามารถบันทึกข้อความได้ 10 ข้อความ
- ข้อมูลที่รับ - ส่งเป็นข้อมูลอนุกรมแบบ Asyncronus ไม่มี Parity Bit
- ข้อมูลที่รับ - ส่งมีรูปแบบดังรูปที่ 3.12 โดยที่

  ไบต์ที่ 1 คือ จุดเริ่มต้นของข้อมูล แทนด้วย 00H

  ไบต์ที่ 2 - 3 คือ หมายเลขของเครื่องที่ต้องการส่งข้อมูลไป

  ไบต์ที่ 4 - 5 คือ หมายเลขของเครื่องส่งข้อมูล

  ไบต์ที่ 6 - N คือ ข้อมูลที่ต้องการรับ - ส่ง

  ไบต์ที่ N + 1 คือ จุดสิ้นสุดของข้อมูล แทนด้วย FFH

00	XX	XX	NN	NN	DATA	FF

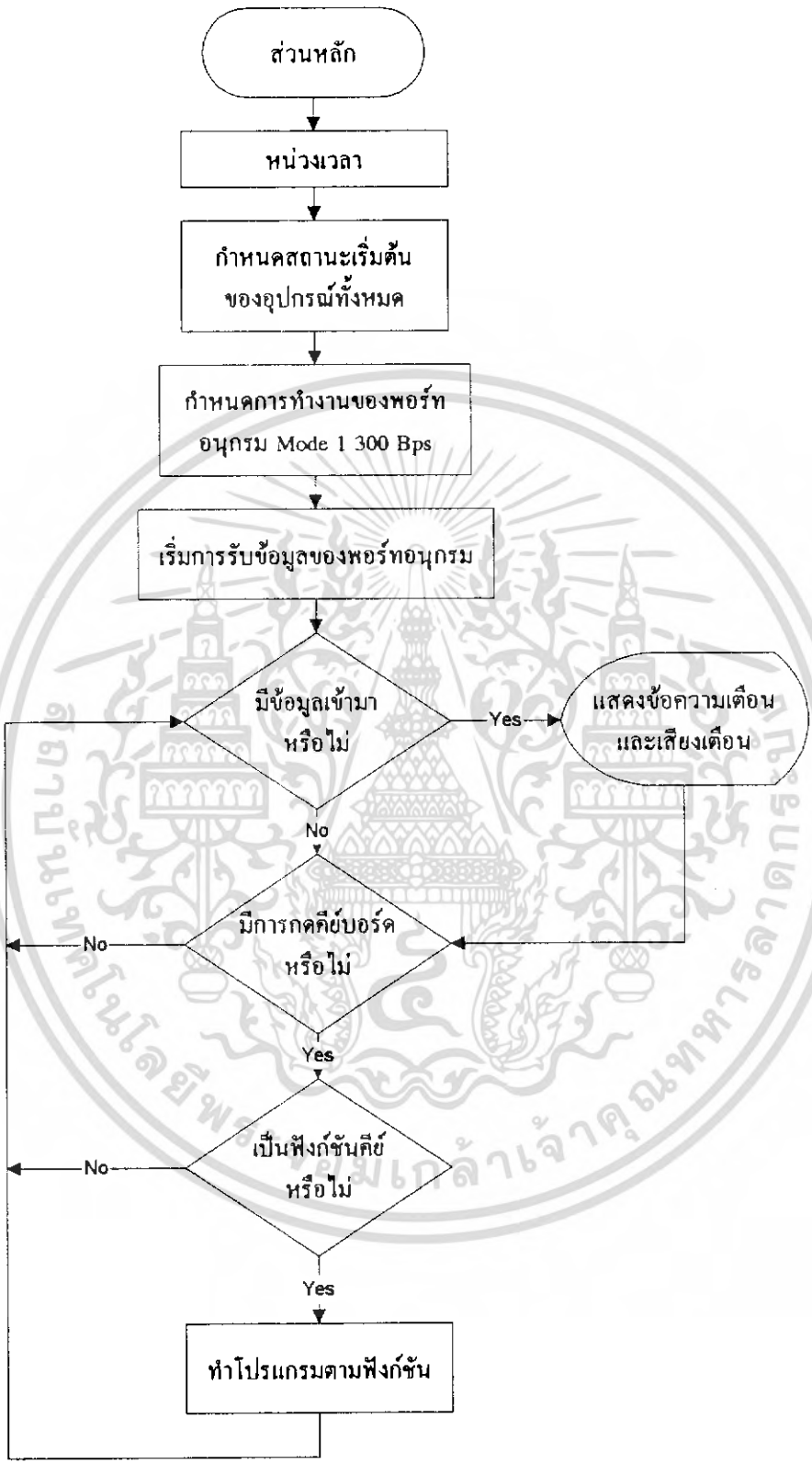
รูปที่ 3.12 รูปแบบข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล

จากเงื่อนไขข้างต้นสามารถสร้าง Flowchart ของโปรแกรมได้ดังนี้

3.7.1 ส่วนหลักของโปรแกรม

ส่วนหลักของโปรแกรมทำหน้าที่ตรวจสอบข้อมูลที่เข้ามาว่าถูกต้องหรือไม่และทำหน้าที่รอรับข้อมูลจากคีย์บอร์ดเพื่อที่จะทำงานตามฟังก์ชันนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

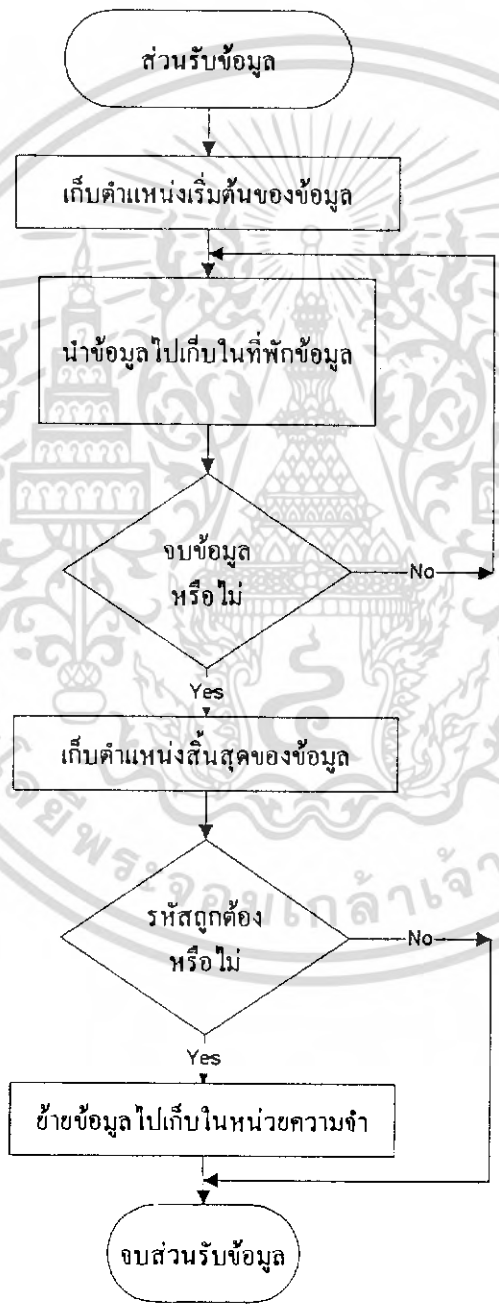


รูปที่ 3.13 Flowchart การทำงานส่วนหลักของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.2 ส่วนรับข้อมูล

ในการรับข้อมูลเราไม่สามารถคาดเดาได้ว่าจะมีข้อมูลเข้ามาเมื่อใด ดังนั้นการรับข้อมูลจึงใช้การรับข้อมูลโดยการอินเตอร์รัพต์ของพอร์ทอนุกรมเพื่อที่จะสามารถรับข้อมูลได้ตลอดเวลา โดยกำหนดให้ CPU 8031 ทำการรับส่งข้อมูลที่โหมด 1 อัตราบอดเรท 300 Bit / Sec และทำการรับข้อมูลโดยอาศัยการอินเตอร์รัพต์ของพอร์ทอนุกรม

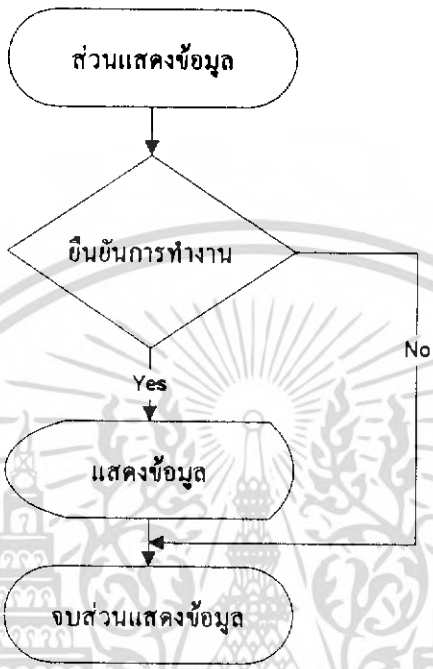


รูปที่ 3.14 Flowchart การทำงานส่วนรับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.3 ส่วนแสดงข้อมูล

ส่วนแสดงข้อมูลทำหน้าที่แสดงข้อมูลที่รับเข้ามาทางจอแสดงผล

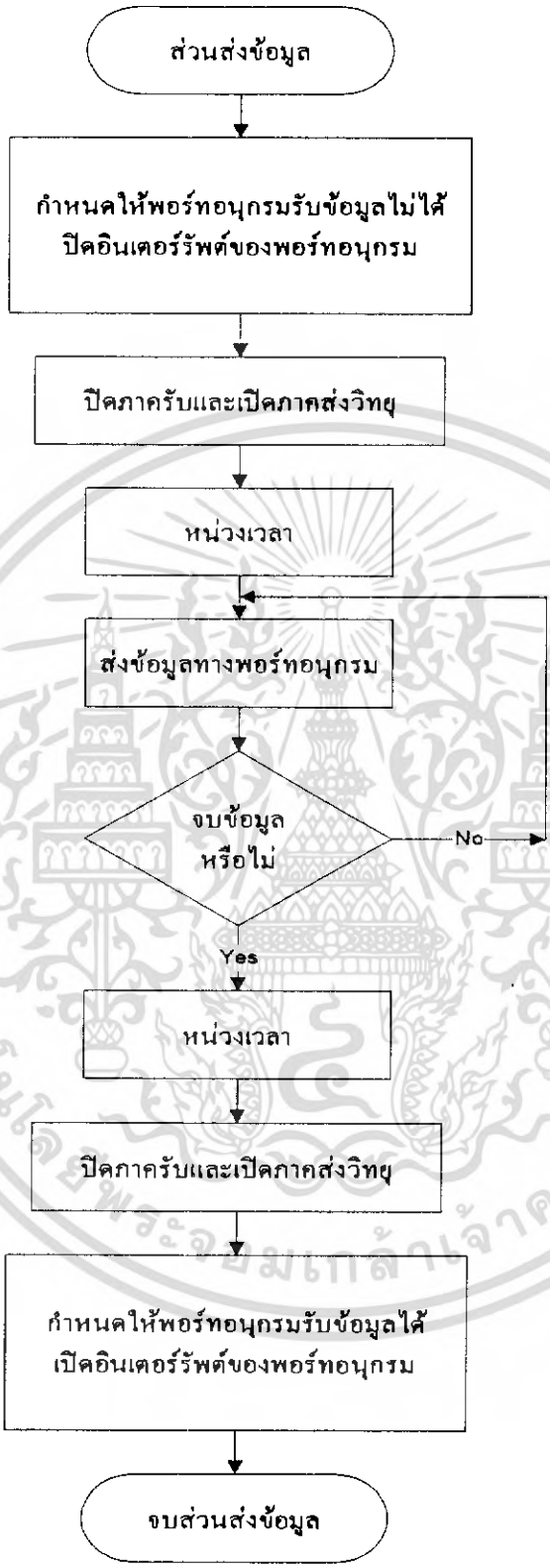


รูปที่ 3.15 Flowchart การทำงานส่วนแสดงข้อมูล

3.7.4 ส่วนส่งข้อมูล

ในการส่งข้อมูลจะต้องทำการหยุดการทำงานของส่วนรับข้อมูลของพอร์ทอนุกรมก่อน และปิดภาครับวิทยุแล้วทำการเปิดภาคส่งของวิทยุ จึงจะสามารถส่งข้อมูลได้ในการส่งข้อมูลจะเป็นแบบวนลูปส่งจนกว่าจะพบจุดสิ้นสุดของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

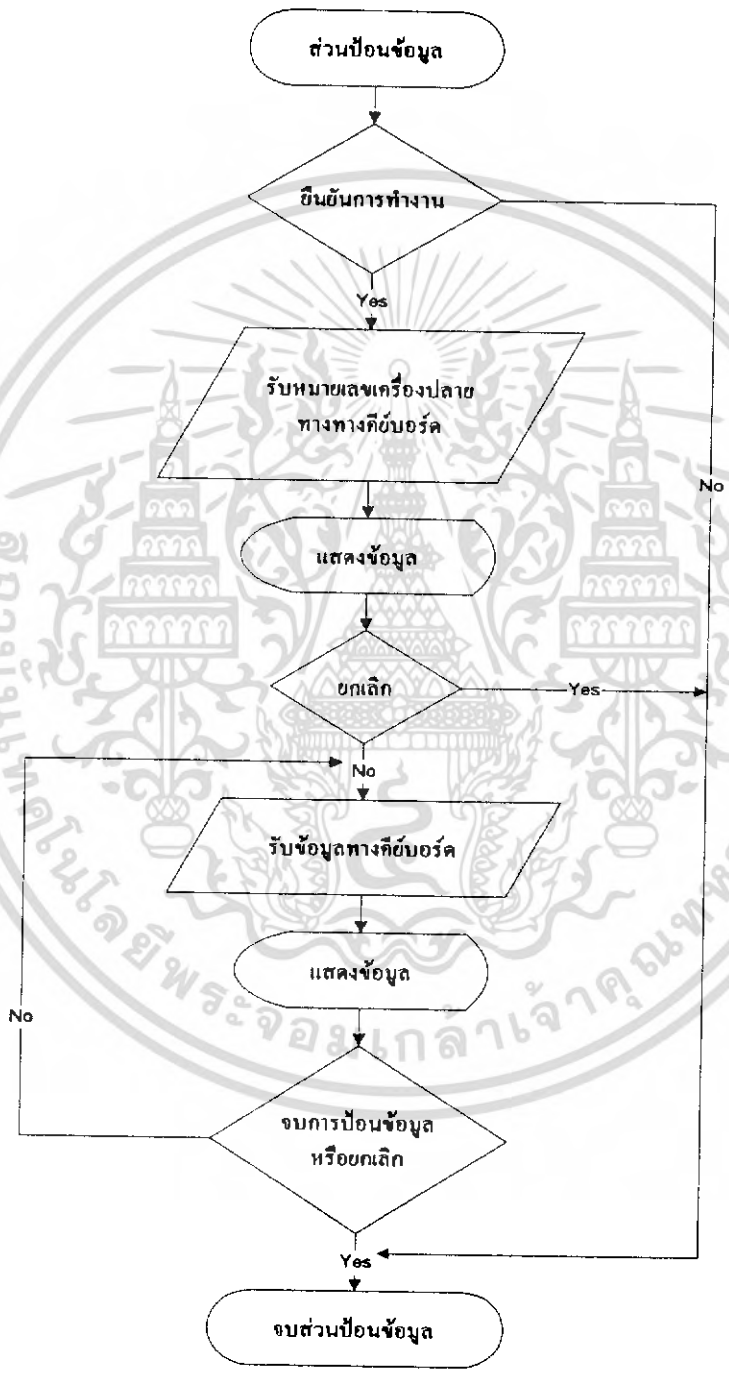


รูปที่ 3.16 Flowchart การทำงานส่วนส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.5 ส่วนป้อนข้อมูล

ส่วนป้อนข้อมูลทำหน้าที่รับข้อมูลจากผู้ใช้โดยที่ผู้ใช้จะต้องป้อนหมายเลขปลายทางและข่าวสารที่ต้องการจะส่งผ่านคีย์บอร์ด

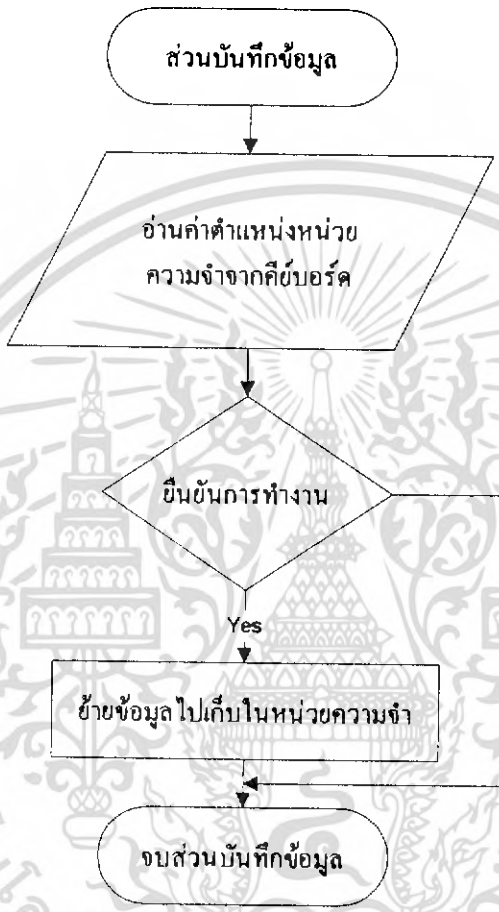


รูปที่ 3.17 Flowchart การทำงานส่วนป้อนข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.6 ส่วนบันทึกข้อมูล

ส่วนบันทึกข้อมูลทำหน้าที่บันทึกข้อมูลที่รับเข้ามาลงสู่หน่วยความจำตำแหน่งต่างๆโดยที่สามารถบันทึกข้อมูลได้ 10 ข้อมูล

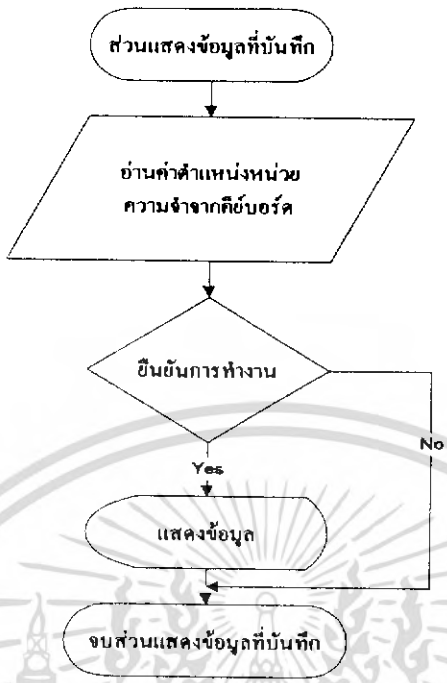


รูปที่ 3.18 Flowchart การทำงานส่วนบันทึกข้อมูล

3.7.7 ส่วนแสดงข้อมูลที่บันทึกไว้

ส่วนแสดงข้อมูลที่บันทึกไว้ทำหน้าที่แสดงข้อมูลที่ผู้ใช้ได้บันทึกไว้ที่ตำแหน่งหน่วยความจำต่างๆ

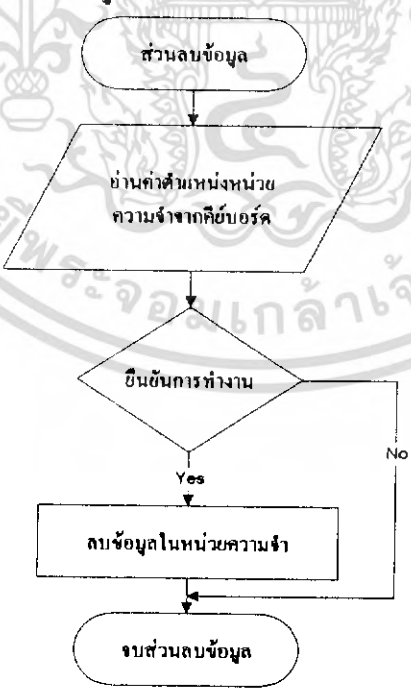
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 Flowchart การทำงานส่วนแสดงข้อมูลที่บันทึก

3.7.8 ส่วนลบข้อมูล

ส่วนลบข้อมูลทำหน้าที่ลบข้อมูลในหน่วยความจำตำแหน่งต่างๆ

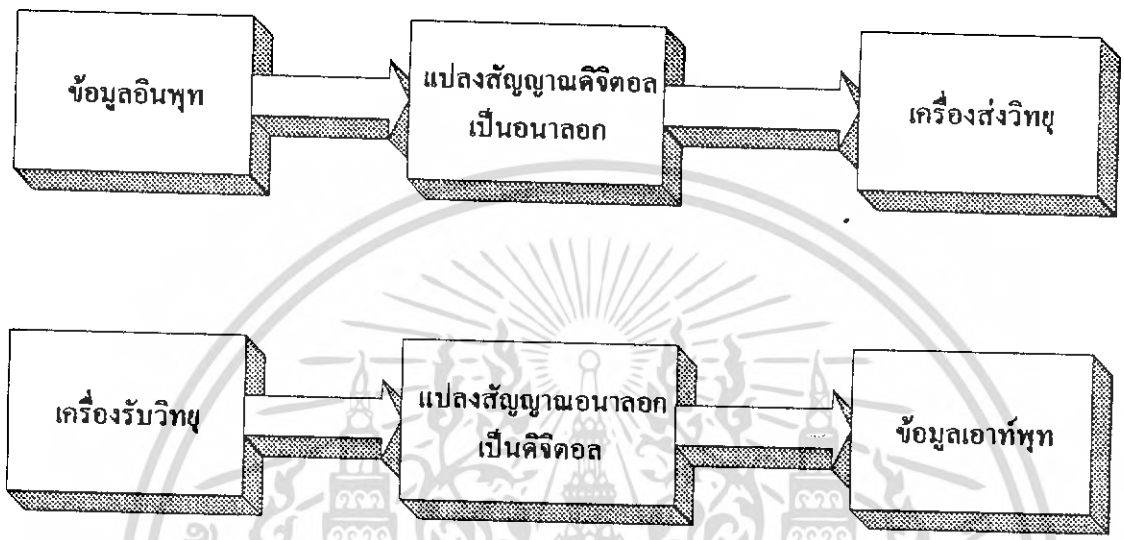


รูปที่ 3.20 Flowchart การทำงานส่วนลบข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง



รูปที่ 4.1 แสดง Block Diagram ของเครื่องรับส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ

จากรูปที่ 4.1 เป็นการแสดงการทำงานของเครื่องรับส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ ซึ่งหลักการทำงานของเครื่องรับส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนใหญ่ๆคือ

1. ส่วนข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลอินพุทและข้อมูลเอาท์พุท

- ข้อมูลอินพุท ได้จาก Keyboard ซึ่งจะถูกทำการประมวลผลโดย MCS-51 ก่อนจะส่งไปยัง ภาคต่อไป

- ข้อมูลเอาท์พุท คือ ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของ MCS-51 ซึ่งแสดงผลออกทาง Display

เมื่อเราส่งข้อมูลระหว่างเครื่องส่งกับเครื่องรับจะได้ข้อมูลที่เหมือนกัน

2. ส่วนแปลงสัญญาณ Digital เป็น Analog

เมื่อมีอินพุทซึ่งเป็นสัญญาณ Digital มันจะถูกทำการแปลงให้เป็นสัญญาณ Analog โดยใช้ไอซีเบอร์ XR-2206 ซึ่งเป็นไอซี FSK-Modulation จากโครงงานเมื่ออินพุทมีสภาวะ "0" จะให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณเอาท์พุทมีความถี่เท่ากับ 2,225 Hz และเมื่ออินพุทมีสภาวะ "1" จะให้เอาท์พุทมีความถี่เท่ากับ 2,025 Hz

3. ส่วนเครื่องรับ-ส่ง

โครงงานนี้ได้ใช้วิทยุรับ-ส่ง CB-27 MHz.ในการรับ-ส่งข้อมูล

4. ส่วนแปลงสัญญาณ Analog เป็น Digital

จากโครงงานได้ใช้ไอซีเบอร์ XR-2211 ซึ่งเป็นไอซี FSK- Demodulation คือเมื่ออินพุทมีความถี่เท่ากับ 2,225 Hz เข้ามา จะได้เอาท์พุทมีสภาวะเป็น "0" และเมื่ออินพุทเข้ามามีความถี่เท่ากับ 2,025 Hz จะได้เอาท์พุทมีสภาวะเป็น "1"

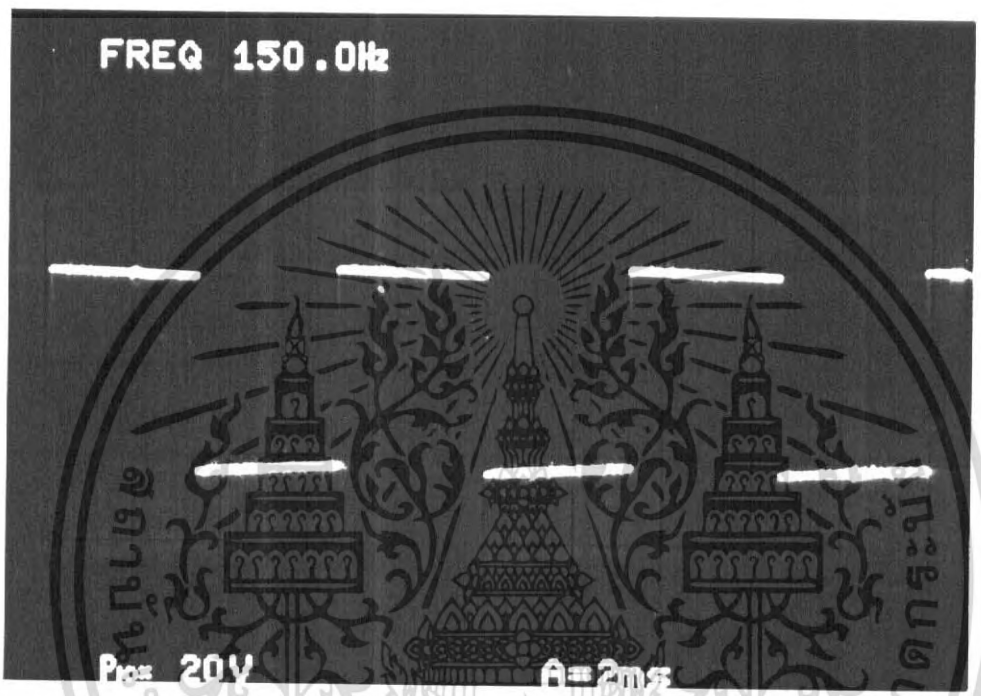
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. Power Supply
2. Osciloscope 100 MHz
3. Function Generator
4. Multimeter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลอง

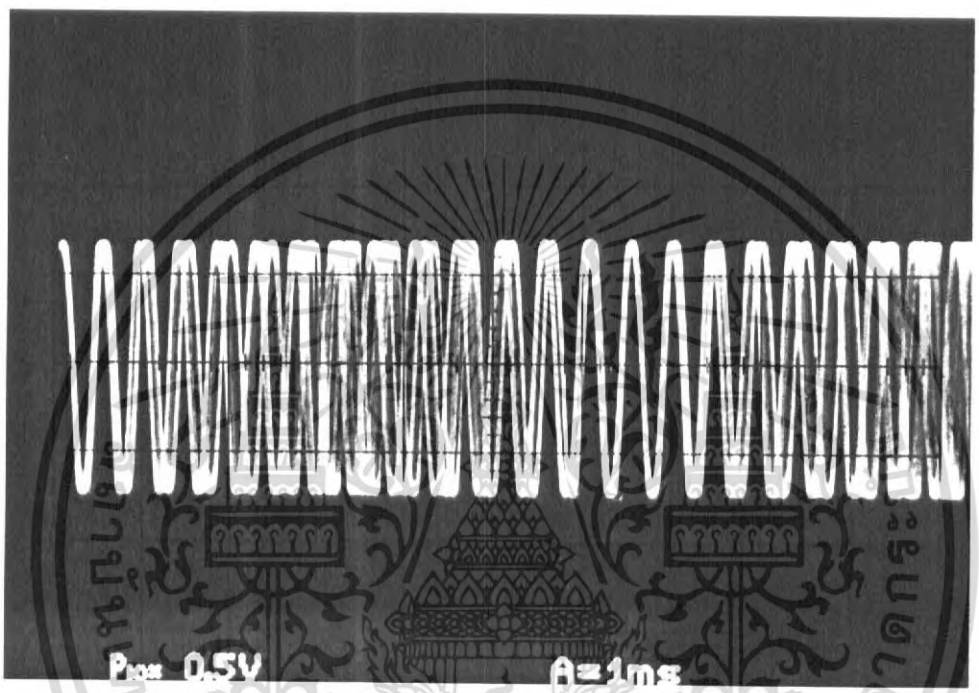
จากรูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณข้อมูลอินพุท จากการทดลองได้ใช้ Function Generator ป้อนสัญญาณเข้าไป ที่ความถี่ 150 Hz , 5 Vp-p



รูปที่ 4.2 แสดงอินพุทข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

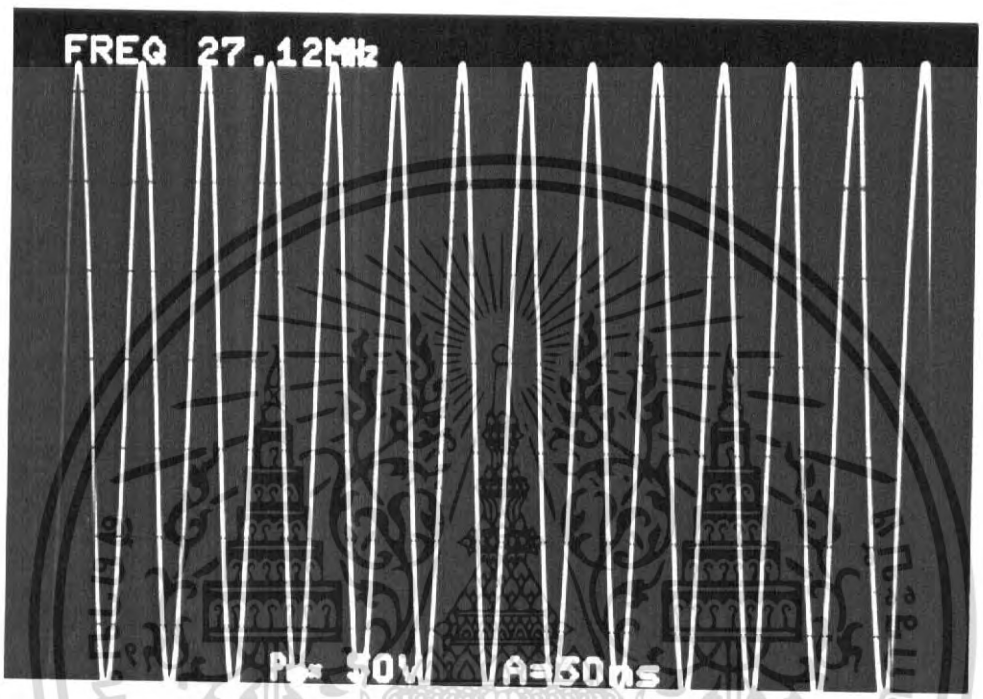
จากรูปที่ 4.3 แสดงเอาท์พุทของส่วนแปลงสัญญาณ Digital เป็นสัญญาณ Analog จากรูปจะเห็นได้ว่าเมื่อป้อนอินพุทเข้าที่ขา 9 ของไอซี XR-2206 จากนั้นไปวัดเอาท์พุทที่ขา 2 ของไอซี XR-2206 ซึ่งจะได้สัญญาณความถี่ 2 ความถี่คือ ความถี่ 2,225 Hz กับ 2,025 Hz สลับกันไปตามข้อมูลอินพุทที่เข้ามาเพื่อนำไปเข้าภาคส่งของวิทยุ



รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณเอาท์พุทของ FSK-Modulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

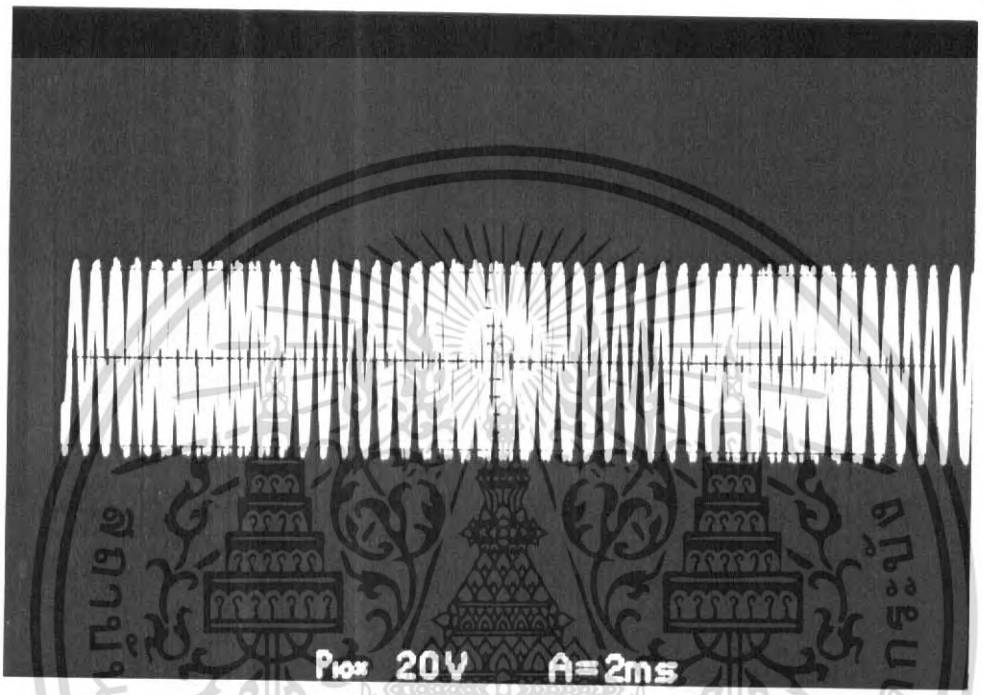
จากรูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณเอาท์พุทของเครื่องส่งและอินพุทเครื่องรับวิทยุ CB-27 MHz ซึ่งมีสัญญาณที่เหมือนกันดังรูป



รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณที่ส่งและรับของวิทยุ CB-27 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

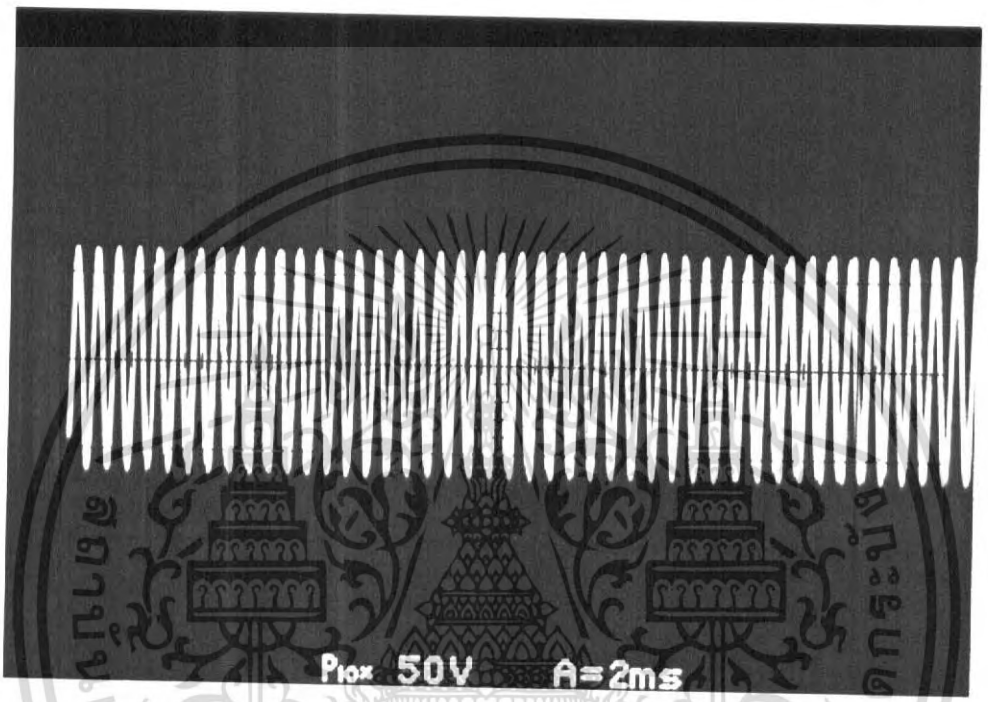
เมื่อสัญญาณเข้าเครื่องรับวิทยุแล้วจากรูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณเอาท์พุทของเครื่องรับวิทยุ ซึ่งจะได้ความถี่ที่ต้องการและไม่ต้องการออกมาด้วยดังรูป



รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณเอาท์พุทเครื่องรับวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

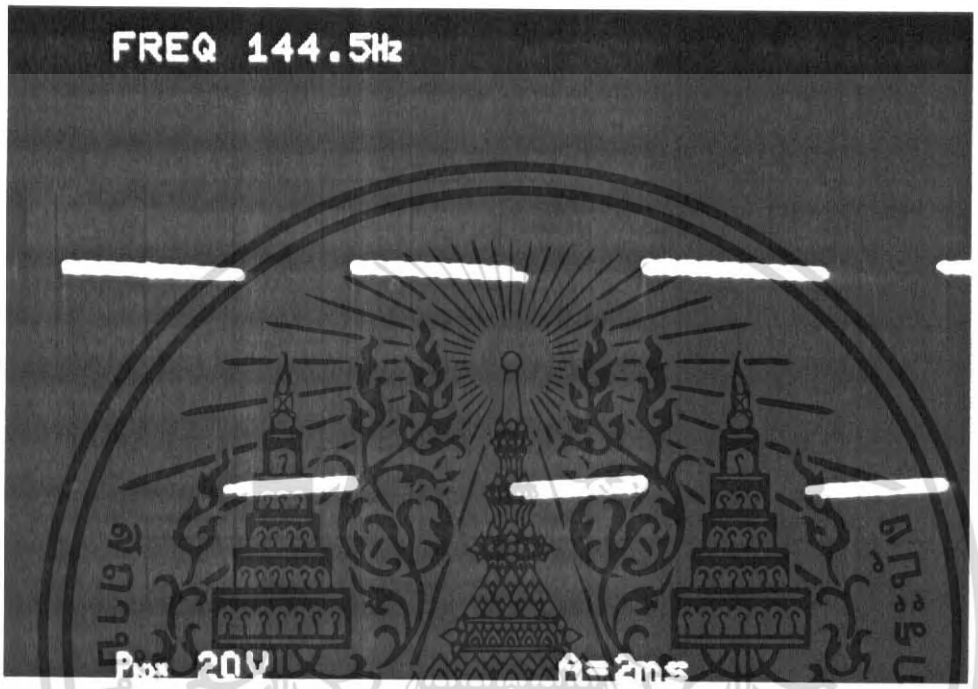
จากรูปที่ 4.6 แสดงเอาท์พุทของสัญญาณที่ผ่านวงจร Band Pass Filter ซึ่งใช้ 2 Stage กรองเอาเฉพาะความถี่ที่ต้องการเท่านั้นคือความถี่ 2,025 Hz - 2,225 Hz เมื่อวัดสัญญาณที่เอาท์พุท stage ที่ 2 จะได้สัญญาณดังรูป



รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณเมื่อผ่านวงจร Band Pass Filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.7 แสดงเอาท์พุทของสัญญาณ FSK- Demodulation ของไอซี XR-2211 ซึ่งวัดที่ขา 7 ของไอซีจะได้สัญญาณเป็นรูปพัลส์ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับสัญญาณอินพุทที่ป้อนเข้ามา ซึ่งสัญญาณที่ได้นี้จะถูกนำไปประมวลผลโดย MCS-51 ต่อไป



รูปที่ 4.7 แสดงเอาท์พุทของสัญญาณ FSK- Demodulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองเมื่อเราป้อนข้อมูลเข้าทาง Keyboard ภาค FSK MOD. จะทำการแปลงสัญญาณ Digital เป็น Analog เพื่อส่งสัญญาณไปกับเครื่องส่งวิทยุ ภาครับจะนำสัญญาณมาทำการ Demodulate เพื่อทำการแปลงสัญญาณจาก Analog เป็น Digital แล้วนำไปประมวลโดย Microcontroller และแสดงผลออกทาง LCD ซึ่งจากการทดลองสามารถรับส่งข้อมูลได้จริง

การทำปริญญานิพนธ์เรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องรับส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ ทำให้ได้รับความรู้ต่างๆมากมายซึ่งในการสร้างชิ้นงานจะต้องอาศัยประสบการณ์และความรู้ที่ได้เรียนมาเพื่อที่จะนำมาแก้ปัญหาต่างๆ ส่วนที่สำคัญที่สุดของโครงงานนี้คือ การ MOD , DEMOD แบบ FSK ,เครื่องรับ-ส่งวิทยุ, Single Board MCS-51

5.1 ปัญหา อุปสรรคและการแก้ไข

อุปสรรคที่สำคัญในการทำโครงงานชิ้นนี้คือ ภาควิทยุรับ-ส่ง เนื่องจากไม่มีเครื่องมือและอุปกรณ์ในการปรับแต่งสัญญาณ ทำให้ต้องเสียเวลาอย่างมากและภาค FSK Demodulate ไม่สามารถ Demodulate ที่ Baud Rate สูงๆ ถึงจำเป็นต้องใช้ Baud Rate ต่ำ ทำให้การรับ-ส่งข้อมูลช้า ในส่วนของโปรแกรมไม่มีปัญหาใดๆ ในการทดลองใช้งานจริงพบว่าในขณะที่ทำการส่งข้อมูลภาคส่งวิทยุจะดึงกระแสมากจนทำให้ระบบทั้งหมดไม่สามารถที่จะทำงานต่อไปได้ การแก้ไขทำโดยการเพิ่มกระแสให้กับภาคจ่ายไฟ โดยการต่อทรานซิสเตอร์ขับกระแสเพิ่ม และปัญหาที่พบอีกอย่างในการทดลองคือในกรณีที่ฝนตกจะไม่สามารถรับส่งข้อมูลได้

จากการทดลองรับและส่งข้อมูลระหว่างเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นมา 2 เครื่อง สามารถรับส่งข้อมูลได้อย่างถูกต้องในระยะประมาณ 100 เมตรในที่โล่ง (ในที่ระนาบเดียวกัน) และประมาณ 40 เมตร (ในแนวดิ่ง) หรือประมาณความสูงของตึก 12 ชั้น ระยะทางที่วัดได้จากการทดลองขึ้นอยู่กับสิ่งกีดขวาง ถ้ามีสิ่งกีดขวางมากจะทำให้ระยะของการรับส่งข้อมูลลดน้อยลง

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรเปลี่ยนเทคนิคการ Modulate แบบ FSK เป็นแบบ PSK หรือ QAM ซึ่งจะทำให้อัตราการส่งข้อมูลสูงขึ้น จากวงจรที่สร้างขึ้นมานี้สามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานเป็นโมเด็มผ่านทางคลื่นวิทยุได้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 วิธีการใช้เครื่องรับส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ

การส่งข้อมูล

1. เปิด SW. POWER ซึ่งอยู่ทางซ้ายมือด้านหน้าของกล่อง สังเกต LED จะติด

2. จากนั้นไปดูที่ LCD DISPLAY จะปรากฏข้อความ RX MODE

3. ขณะนี้เครื่องกำลัง STANDBY อยู่เพื่อรอการรับ-ส่งข้อมูล ในกรณีที่ต้องการจะส่งข้อมูลให้กดปุ่มใดๆ 1 ครั้งจะปรากฏข้อความว่า SELECT MENU ? ให้กดปุ่ม EDIT จะปรากฏข้อความว่า SEND TO : ให้ป้อนหมายเลขเครื่องปลายทาง 2 หลัก

4. กดคีย์ใดๆ 1 ครั้งเพื่อจะป้อนข้อความหรือกดปุ่ม CANCEL เพื่อยกเลิกรายการ

* การป้อนข้อมูลเป็นตัวเลข และ SPACE สามารถที่เลือกกดปุ่มนั้นๆ ได้ทันที

** การป้อนข้อมูลเป็นตัวอักษร จะต้องกดปุ่ม SHIFT ก่อนแล้วจึงตามด้วยปุ่มอักษรนั้น โดยที่ปุ่มตัวอักษรจะมีตัวอักษรอยู่ 3 ตัว ถ้าต้องการเลือกอักษรตัวที่ 1 ให้กด SHIFT 1 ครั้งตามด้วยปุ่มตัวอักษรนั้นๆ ถ้าต้องการเลือกอักษรตัวที่ 2 ให้กด SHIFT 2 ครั้งตามด้วยปุ่มตัวอักษรนั้นๆ ถ้าต้องการเลือกอักษรตัวที่ 3 ให้กด SHIFT 3 ครั้งตามด้วยปุ่มตัวอักษรนั้นๆ

5. เมื่อป้อนข้อมูลเสร็จให้กดปุ่ม EDIT หรือ CANCEL 1 ครั้ง เพื่อจบการป้อนข้อความ

6. กดปุ่มใดๆ 1 ครั้ง จะขึ้น SELECT MENU ให้กดปุ่ม SEND จะปรากฏข้อความ SEND MODE แล้วกดปุ่มใดๆเพื่อยืนยันการส่งข้อมูล หรือกดปุ่ม CANCEL เพื่อยกเลิกการส่งข้อมูล ขณะที่เครื่องกำลังส่งข้อมูลจะปรากฏข้อความ WAIT SENDING

7. เมื่อเครื่องส่งข้อมูลเสร็จจะปรากฏข้อความ READY ให้กดปุ่มใดเพื่อกลับไปอยู่ในสภาวะของเครื่องรับ

8. ในการส่งข้อมูลเดิมซ้ำอีกครั้งกดปุ่ม SEND ได้เลยโดยไม่ต้องป้อนข้อมูลใหม่

การรับข้อมูล

เมื่อมีข้อมูลเข้ามาจะมีเสียงเตือน และจะมีข้อความ MASSEGE IN ให้กด KEY ใดๆค้างไว้ประมาณ 1 วินาที จะปรากฏข้อความ SELECT MENU ? ให้กดปุ่ม RECV เพื่อดูข้อความ

การบันทึกข้อมูล

การบันทึกข้อมูลให้กดปุ่มใดๆ 1 ครั้ง จะปรากฏข้อความ SELECT MENU ? ให้กดปุ่ม SAVE จะปรากกฏข้อความ SAVE => ? ให้กดปุ่มหมายเลข 0-9 เพื่อเลือกตำแหน่งของหน่วยความจำ แล้วกดปุ่มใดๆเพื่อยืนยันการทำงานหรือปุ่ม CANCEL เพื่อยกเลิกการทำงาน เมื่อทำการบันทึกข้อมูลเสร็จจะปรากฏข้อความ READY ให้กดปุ่มใดๆ เพื่อกลับสู่โปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลบข้อมูล

การลบข้อมูลให้กดปุ่มใดๆ 1 ครั้ง จะปรากฏข้อความ SELECT MENU ? ให้กดปุ่ม DEL จะปรากกฏข้อความ DEL => ? ให้กดปุ่มหมายเลข 0-9 เพื่อเลือกตำแหน่งของหน่วยความจำ เล้ว กดปุ่มใดๆเพื่อยืนยันการทำงานหรือปุ่ม CANCEL เพื่อยกเลิกการทำงาน เมื่อทำการลบข้อมูลเสร็จ จะปรากฏข้อความ READY ให้กดปุ่มใดๆ เพื่อกลับสู่โปรแกรมหลัก

การเรียกดูข้อมูลที่บันทึกไว้

การเรียกดูข้อมูลที่บันทึกไว้ให้กดปุ่มใดๆ 1 ครั้ง จะปรากฏข้อความ SELECT MENU ? ให้กดปุ่ม LOAD จะปรากกฏข้อความ LOAD => ? ให้กดปุ่มหมายเลข 0-9 เพื่อเลือกตำแหน่งของ หน่วยความจำ เล้วกดปุ่มใดๆเพื่อยืนยันการทำงานหรือปุ่ม CANCEL เพื่อยกเลิกการทำงาน

หมายเหตุ ในการเข้าสู่เมนูการทำงานในฟังก์ชั่นต่างจะต้องเริ่มต้นที่สภาวะของครื่องรับ โดยที่จอแสดงผลจะปรากฏข้อความ RX MODE หลังจากนั้นให้กดปุ่มใดๆ 1 ครั้ง เพื่อที่จะเลือก เมนูการทำงาน โดยที่จอแสดงผลจะปรากฏข้อความ SELECT MENU ? ให้กดปุ่มเลือกฟังก์ชั่น ตามที่ต้องการ โดยที่ปุ่มฟังก์ชั่นใดมี 2 ฟังก์ชั่นในปุ่มเดียวกัน ให้กดปุ่ม SHIFT ก่อนแล้วตามด้วย ปุ่มนั้นๆ เพื่อเลือกฟังก์ชั่นที่อยู่ด้านบนหรือกดปุ่มนั้นๆ เลย เพื่อเลือกฟังก์ชั่นด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. สุชาติ กังวารจิตต์ ,"เครื่องรับ-ส่งวิทยุและระบบวิทยุสื่อสาร"
2. น.ต.ดร. ไพศาล สงวนหมู่ , รศ. ยืน ภู่วรวรรณ "การสื่อสารข้อมูลและไมโครคอมพิวเตอร์เนตเวอร์ค"
3. ผ.ศ. พิพัฒน์ เลาหะทรงคราม , "ภาษาแอสแซมบลี้สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51"
4. รวมโครงงานอิเล็กทรอนิกส์ วิทยุและเครื่องรับส่ง
5. ROBERT BOYLESTAD, LOUIS NASHELSKY " ELECTRONIC DEVICES & CIRCUIT THEORY"
6. WAYNE TOMASI ,"ADVANCE ELECTRONIC COMBINATION SYSTEM"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โปรแกรมควบคุมระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;#################################################################
;#                                                               #
;#       FILENAME : TWOWAY.ASM                                   #
;#    DESCRIPTION : 2 WAY PAGER ( TX&RX )                        #
;#       HARDWARE : CP-SB31 ( MCS-51 CPU ) ,By ETT CO,LTD        #
;#      ASSEMBLER : SXA51 ,By Binary Technology                  #
;#     PROGRAMMER : MR. ANURAK    PHUTTHANAKITCHAI               #
;#                : MR. SITTICHAI SANGDECH                       #
;#                : MR. APINAN    KANATHONG                      #
;#                                                               #
;#################################################################

MODE            EQU     P1.0    ;CONTROL MODE TRANCIVER
                                ; 1 = TX : 0 = RX
RING            EQU     P1.2    ;RINGIG SIGNAL

KEYBOARD        EQU     0E0E0H    ;ADDRESS KEYBOARD
S_N             EQU     0E0E1H    ;ADDRESS SERIAL NUMBER
CONTRL          EQU     0E0E3H    ;ADDRESS CONTROL 8255

COMMAND         EQU     0E0C0H    ;READ-WRITE REGISTER
READBUSY        EQU     0E0C1H    ;READ BF(BUSY FLAG) AND ADDRESS
WRITEDATA       EQU     0E0C2H    ;WRITE CHARACTER
READDATA        EQU     0E0C3H    ;READ DATA FROM DD RAM

TX_DATA         EQU     08000H    ;ADDRESS DATA FOR TRANSMIT
CDATA           EQU     08001H    ;ADDRESS CODE DATA (CODE & MASSAGE)
SDATA           EQU     08003H    ;ADDRESS SERIAL NUMBER DATA
MSDATA          EQU     08005H    ;ADDRESS MASSAGE DATA

ASAVE0          EQU     08100H    ;ADDRESS SAVE 0
ASAVE1          EQU     08200H    ;ADDRESS SAVE 1
ASAVE2          EQU     08300H    ;ADDRESS SAVE 2
ASAVE3          EQU     08400H    ;ADDRESS SAVE 3
ASAVE4          EQU     08500H    ;ADDRESS SAVE 4
ASAVE5          EQU     08600H    ;ADDRESS SAVE 5
ASAVE6          EQU     08700H    ;ADDRESS SAVE 6
ASAVE7          EQU     08800H    ;ADDRESS SAVE 7
ASAVE8          EQU     08900H    ;ADDRESS SAVE 8
ASAVE9          EQU     08A00H    ;ADDRESS SAVE 9

TEMP1           EQU     08B00H    ;ADDRESS TEMP DATA1
RX_TEMP         EQU     08C00H    ;ADDRESS BUFFER RX

RXDATA          EQU     09000H    ;ADDRESS RX INPUT DATA

INDEX           EQU     07H       ;DATA POINTER FOR TRANSMIT
ADDRESS         EQU     70H       ;DATA POINTER FOR RX

ST_RX           EQU     10H       ;DATA POINTER START RX DATA
END_RX          EQU     12H       ;DATA POINTER END RX DATA
END_CHRX        EQU     21H       ;BEGIN VALUE END RX DATA

CH_RX           EQU     14H       ;REG CHECK MASSAGE IN
SN1             EQU     15H       ;REG SERIAL CODE 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SN2             EQU     16H         ;REG SERIAL CODE 2

DL1             EQU     17H         ;REG DELAY1
DL2             EQU     18H         ;REG DELAY2
DL3             EQU     19H         ;REG DELAY3
NBEEP           EQU     20H         ;COUNT BEEP RING

;*************************************************************
;====================== RESET SYSTEM ======================
;*************************************************************

                ORG     00000H
                JMP     INIT_SYS    ;START SYSTEM

;*************************************************************
;============== INTERRUP RX SERIAL PORT ====================
;*************************************************************

                ORG     00023H

                PUSH    ACC     ;SAVE STATUS
                PUSH    PSW
                PUSH    DPH
                PUSH    DPL

                JNB     RI,END_INT    ;CHECK INT IS RX

RX:             MOV     DPH,ADDRESS     ;LODE NOW ADDRESS BUFFER
                MOV     DPL,ADDRESS+1
                MOV     A,SBUF
                MOVX    @DPTR,A         ;SAVE DATA IN TO RX

                CJNE    A,#00H,RX1      ;MARK FIRST RX_DATA IN
                MOV     ST_RX,DPH
                MOV     ST_RX+1,DPL

RX1:            CJNE    A,#0FFH,RX2     ;MARK LAST ADDRESS RX_DATA IN
                MOV     END_RX,DPH
                MOV     END_RX+1,DPL
                MOV     END_CHRX,#01H   ;SET END RX DATA IN

   ;=============================================

RX2:            INC     DPTR
                MOV     A,DPL
                CJNE    A,#00H,RX30     ;CHECK BUFFER FULL
                MOV     A,DPH
                CJNE    A,#90H,RX30     ;IF BUFFER FULL
                MOV     DPTR,#RX_TEMP   ;RETURN BUFFER TO 9200

   ;=============================================

RX30:           MOV     ADDRESS,DPH     ;SAVE ADDRESS NEXT BUFFER
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     ADDRESS+1,DPL

    ;=================================================

CHK_RXIN:       PUSH    DPH     ;CHECK SERIAL CODE IN
                PUSH    DPL
                PUSH    ACC     ;TRUE SERIAL CODE IN : CH_RX = 01
                MOV     DPH,ST_RX
                MOV     DPL,ST_RX+1
                INC     DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,SN1,CHK_RXIN1
                INC     DPTR                    ;CHECK SERIAL CODE 1
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,SN2,CHK_RXIN1 ;CHECK SERIAL CODE 2
                MOV     CH_RX,#01H
                SJMP    CHK_RXIN2
CHK_RXIN1:      MOV     CH_RX,#00H              ;FIAL SERIAL CODE
CHK_RXIN2:      POP     ACC
                POP     DPL
                POP     DPH

                CLR     RI      ;CLEAR RI FOR NEXT DATA

    ;=========== END INTERRUP SERVICE ============

END_INT:        CLR     TI      ;RETURN STATUS TO MAIN
                POP     DPL
                POP     DPH
                POP     PSW
                POP     ACC

                RETI


;*************************************************************
;====================== INITIAL SYSTEM ========================
;*************************************************************

INIT_SYS:       MOV     P1,#00H     ;RING ON & RX MODE
                MOV     R0,#03H     ;DELAY FOR WARM UP SYS
SYS1:           MOV     R1,#0FFH
SYS2:           MOV     R2,#0FFH
                DJNZ    R2,$
                DJNZ    R1,SYS2
                DJNZ    R0,SYS1
                CLR     RING            ;RING OFF
                CLR     MODE            ;RX MODE ON

                MOV     DPTR,#CONTRL    ;INITIAL 8255 PORT
                MOV     A,#92H          ;A = IN B = IN C = OUT
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   INIT_LCD        ;INITIAL LCD MODULE
                MOV     SP,#30H
                MOV     DPTR,#TX_DATA   ;SET START TX CHECK BYTE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            MOV     A,#00H
            MOVX    @DPTR,A

;============== READ SERIAL NUMBER ================

            MOV     DPTR,#S_N       ;READ SERIAL NUMBER PORT
            MOVX    A,@DPTR
            CPL     A
            PUSH    ACC
            ANL     A,#0F0H         ;CONVERT FIRST NUMBER
            SWAP    A
            ADDC    A,#30H
            MOV     DPTR,#SDATA
            MOVX    @DPTR,A         ;SAVE FIRST NUMBER TO MEM
            MOV     SN1,A
            INC     DPTR
            POP     ACC
            ANL     A,#0FH          ;CONVERT SECOND NUMBER
            ADDC    A,#30H
            MOVX    @DPTR,A         ;SAVE SECOND NUMBER TO MEM
            MOV     SN2,A

;================== MASK BEGIN VALUE ================

            MOV     CH_RX,#00H          ;CLEAR CHECK RX IN
            MOV     END_CHRX,#00H
            MOV     ADDRESS,#HIGH RX_TEMP   ;SET BEGIN BUFFER
            MOV     ADDRESS+1,#LOW RX_TEMP  ; - POINTER

;================== CLEAR DATA IN RAM ================

            MOV     DPTR,#ASAVE0        ;CLEAR SAVE AREA
CLR_RAM:    MOV     A,#0FFH
            MOVX    @DPTR,A
            MOV     A,DPH
            INC     A
            MOV     DPH,A
            CJNE    A,#8BH,CLR_RAM
            MOV     DPTR,#RXDATA        ;CLEAR RXDATA AREA
            MOV     A,#0FFH
            MOVX    @DPTR,A

;======== SET BUAD RATE & ENABLE SERIAL PORT ========

            MOV     SCON,#50H           ;SERIAL MODE 1
            MOV     TMOD,#20H           ;TIMER 1 MODE 2
            MOV     TH1,#0A0H           ;BUAD RATE 300
            SETB    TR1                 ;START TIMER1
            SETB    EA                  ;ENABLE SERIAL PORT
            SETB    ES

;*****************************************************************
;============================== MAIN ===========================
;*****************************************************************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MAIN:       CALL   CLR_LCD
            MOV    DPTR,#TAB16        ;MASSAGE "RX MODE"
            CALL   OUT_LCD
DATA_IN:    MOV    A,END_CHRX         ;LOOP CHECK DATA IN
            JZ     NO_END
            CALL   BEEP_IN
NO_END:     MOV    DPTR,#KEYBOARD
            MOVX   A,@DPTR
            JNB    ACC.7,DATA_IN

MENU:       MOVX   A,@DPTR            ;ANY KEY TO MENU
            JB     ACC.7,MENU

MENU1:      CALL   CLR_LCD
            MOV    DPTR,#TAB1         ;MASSAGE "SELECT MENU"
            CALL   OUT_LCD
MAIN1:      MOV    DPTR,#KEYBOARD
            MOVX   A,@DPTR            ;READ KEYBOARD
            JNB    ACC.7,MAIN1        ;KEY NOT PUSH STANDBY
            ANL    A,#0FH
            MOV    DPTR,#F_CODE1      ;ENTRY FUNCTION KEY
            MOVC   A,@A+DPTR
            CJNE   A,#0FFH,MAIN20     ;CHECK INVALID KEY
            SJMP   MAIN1
MAIN20:     CJNE   A,#0FEH,MAIN2      ;CHECK CANCLE KEY
            MOV    DPTR,#KEYBOARD
MAIN21:     MOVX   A,@DPTR
            JB     ACC.7,MAIN21
            SJMP   MAIN
MAIN2:      CJNE   A,#0FDH,MAIN5      ;CHECK SHIFT KEY
            CALL   CLR_LCD
            MOV    DPTR,#TAB2         ;MASSAGE "SHIFT"
            CALL   OUT_LCD
            MOV    DPTR,#KEYBOARD
MAIN3:      MOVX   A,@DPTR
            JB     ACC.7,MAIN3        ;WAIT KEY OFF
MAIN30:     MOVX   A,@DPTR
            JNB    ACC.7,MAIN30       ;WAIT KEY ON
            ANL    A,#0FH
            MOV    DPTR,#F_CODE2      ;ENTRY FUNCTION KEY
            MOVC   A,@A+DPTR
            CJNE   A,#0FFH,MAIN4      ;CHECK INVALID KEY
            SJMP   MAIN1

MAIN4:      CJNE   A,#0FDH,MAIN5      ;CHECK SHIFT KEY
            MOV    DPTR,#KEYBOARD
MAIN40:     MOVX   A,@DPTR
            JB     ACC.7,MAIN40
            SJMP   MENU1
MAIN5:      MOV    DPTR,#WORK
            MOV    B,#03H
            MUL    AB
            JMP    @A+DPTR            ;WORK TO FUNCTION

;======== WORKING FUNCTION ============
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
WORK:       LJMP   RECV              ;WORK TABLE
            LJMP   SENDMODE
            LJMP   EDIT
            LJMP   SAVE
            LJMP   LODE
            LJMP   DELETE

   ;======== CHECK DATA IN ===========

BEEP_IN:    PUSH   DPH     ;CHECK DATA IN BUFFER
            PUSH   DPL     ;IF TRUE DATA RING SIGNAL ON
            PUSH   ACC
            MOV    END_CHRX,#00H  ;CLEAR REG END DATA IN
            MOV    A,CH_RX
            JZ     NO_RXIN         ;CHECK TRUE DATA IN
            CALL   CLR_LCD
            MOV    DPTR,#TAB15     ;MASSAGE "MASSAGE IN"
            CALL   OUT_LCD
            MOV    NBEEP,#0AH      ;10 RING SIGNAL
            CALL   RX_SWAP

B_IN1:      SETB   RING            ;RING SIGNAL ON
            CALL   DELAY
            CLR    RING
            CALL   DELAY
            MOV    DPTR,#KEYBOARD ;ANY KEY FOR OFF RING SIGNAL
            MOVX   A,@DPTR
            JB     ACC.7,B_IN2
            DJNZ   NBEEP,B_IN1
B_IN2:      MOV    CH_RX,#00H      ;CLEAR REG TRUE DATA IN
NO_RXIN:    POP    ACC
            POP    DPL
            POP    DPH
            RET

   ;============= DELAY ================

DELAY:      PUSH   DPH             ;DELAY
            PUSH   DPL
            PUSH   ACC
            MOV    DL1,#05H
DELAY1:     MOV    DL2,#0H
DELAY2:     MOV    DL3,#0H
            DJNZ   DL3,$
            DJNZ   DL2,DELAY2
            DJNZ   DL1,DELAY1
            POP    ACC
            POP    DPL
            POP    DPH
            RET

   ;===== SWAP TRUE RX IN TO RX DATA ======

RX_SWAP:    PUSH   DPH         ;SWAP DATA IN BUFFER TO RXDATA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                PUSH   DPL
                PUSH   ACC
                MOV    DPH,ST_RX
                MOV    DPL,ST_RX+1     ;LODE NOW START BUFFER
                INC    DPTR
                MOV    R7,#00H
RX_SWAP1:       MOVX   A,@DPTR
                PUSH   ACC
                INC    DPTR
                MOV    A,DPL
                CJNE   A,#00H,RX_SWAP10
                MOV    A,DPH                ;IF END BUFFER RETURN -
                CJNE   A,#90H,RX_SWAP10     ;BUFFER POINTER TO RX_TEMP
                MOV    DPTR,#RX_TEMP
RX_SWAP10:      INC    R7
                POP    ACC
                PUSH   ACC
                CJNE   A,#0FFH,RX_SWAP1
                MOV    A,R7
                MOV    R6,A
                MOV    DPTR,#TEMP1
RX_SWAP2:       POP    ACC
                MOVX   @DPTR,A
                INC    DPTR
                DJNZ   R7,RX_SWAP2
                MOV    DPTR,#TEMP1
RX_SWAP3:       MOVX   A,@DPTR
                INC    DPTR
                PUSH   ACC
                DJNZ   R6,RX_SWAP3
                MOV    DPTR,#RXDATA

RX_SWAP4:       POP    ACC              ;SWAP DATA FORM TEMP TO RXDATA
                MOVX   @DPTR,A
                INC    DPTR
                CJNE   A,#0FFH,RX_SWAP4
                POP    ACC
                POP    DPL
                POP    DPH
                RET

   ;======= ENTRY FUNCTION KEY ==========

F_CODE1:        DB     0FFH      ;0  KEY  INVALID
                DB     0FFH      ;1       INVALID
                DB     0FFH      ;2       INVALID
                DB     000H      ;3       ** RECV **
                DB     0FFH      ;4       INVALID
                DB     0FFH      ;5       INVALID
                DB     0FFH      ;6       INVALID
                DB     0FEH      ;7       ** CANCLE **
                DB     0FFH      ;8       INVALID
                DB     0FFH      ;9       INVALID
                DB     0FFH      ;A       INVALID
                DB     001H      ;B       ** SEND **
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DB      0FFH        ;C          INVALID
                DB      0FFH        ;D          INVALID
                DB      002H        ;E          ** EDIT **
                DB      0FDH        ;F          ** SHIFT **

F_CODE2:        DB      0FFH                    ;0  KEY  INVALID
                DB      0FFH                    ;1       INVALID
                DB      0FFH                    ;2       INVALID
                DB      003H                    ;3       ** SAVE **
                DB      0FFH                    ;4       INVALID
                DB      0FFH                    ;5       INVALID
                DB      0FFH                    ;6       INVALID
                DB      004H                    ;7       ** LODE **
                DB      0FFH                    ;8       INVALID
                DB      0FFH                    ;9       INVALID
                DB      0FFH                    ;A       INVALID
                DB      005H                    ;B       ** DEL **
                DB      0FFH                    ;C       INVALID
                DB      0FFH                    ;D       INVALID
                DB      0FFH                    ;E       INVALID
                DB      0FDH                    ;F       ** SHIFT
;*************************************************************************
;====================== EDIT DATA FOR SEND ========================
;*************************************************************************

EDIT:           CALL    CLR_LCD
                MOV     DPTR,#TAB3
                CALL    OUT_LCD                 ;MASSAGE "SEND TO : "
                MOV     DPTR,#CDATA
                MOV     R7,#02H                 ;2 DIGIT CODE
                PUSH    DPH
                PUSH    DPL                     ;SAVE ADDRESS CODE DATA
E_CODE1:        MOV     DPTR,#KEYBOARD
E_CODE2:        MOVX    A,@DPTR
                JNB     ACC.7,E_CODE2           ;WAIT KEY ON
                ANL     A,#0FH
                MOV     DPTR,#CODEKEY
                MOVC    A,@A+DPTR               ;ENTRY CODE OF KEY
                CJNE    A,#0FFH,E_CODE30        ;CHECK INVALID KEY
                SJMP    E_CODE1
E_CODE30:       CJNE    A,#01H,E_CODE3          ;CHECK CANCLE
                POP     DPL
                POP     DPH                     ;CLEAR STACK
                JMP     MAIN                    ;CANCLE RETURN TO MAIN
E_CODE3:        POP     DPL
                POP     DPH                     ;LODE ADDRESS CODE DATA
                MOVX    @DPTR,A                 ;SAVE CODE IN MEM
                INC     DPTR
                PUSH    DPH
                PUSH    DPL
                CALL    WRITE
                MOV     DPTR,#KEYBOARD
E_CODE4:        MOVX    A,@DPTR                 ;WAIT KEY OFF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JB      ACC.7,E_CODE4
                DJNZ    R7,E_CODE1          ;LOOP INPUT CODE

                MOV     DPTR,#KEYBOARD
E_CODE5:        MOVX    A,@DPTR             ;WAIT KEY ON
                JNB     ACC.7,E_CODE5
                ANL     A,#00FH
                MOV     DPTR,#CODEKEY
                MOVC    A,@A+DPTR
                CJNE    A,#01H,E_CODE6
                JMP     MAIN

E_CODE6:        MOV     DPTR,#KEYBOARD
                MOVX    A,@DPTR             ;WAIT KEY OFF
                JB      ACC.7,E_CODE6

    ;=========== SERIAL NUMBER ==============

                MOV     DPTR,#SDATA         ;PUSH SERAL CODE IN MASSAGE
                MOV     A,SN1
                MOVX    @DPTR,A
                INC     DPTR
                MOV     A,SN2
                MOVX    @DPTR,A

    ;========== EDIT MASSAGE ===============

                CALL    CLR_LCD
                MOV     DPTR,#TAB4          ;MASSAGE "INPUT MASSAGE"
                CALL    OUT_LCD
                MOV     DPTR,#MSDATA        ;ADRESS MASSAGE
                MOV     A,#0FFH
                MOVX    @DPTR,A
                PUSH    DPH
                PUSH    DPL
                MOV     R7,#00H             ;REG CHECK LIMIT
M_EDIT1:        MOV     DPTR,#KEYBOARD      ;-200 CHARECTOR
M_EDIT2:        MOVX    A,@DPTR
                JNB     ACC.7,M_EDIT2       ;WAIT KEY ON
                ANL     A,#00FH
                MOV     DPTR,#M_CODE1
                MOVC    A,@A+DPTR           ;ENTRY MASSAGE KEY
                CJNE    A,#0FFH,M_EDIT3     ;CHECK INVALID KEY
                SJMP    M_EDIT1
M_EDIT3:        CJNE    A,#00H,M_EDIT4      ;CHECK SHIFT.

    ;========== SHIFT BUTTOM ============

S1_EDIT1:       CALL    CLR_LCD
                MOV     DPTR,#TAB5          ;MASSAGE "SHIFT 1"
                CALL    OUT_LCD
                MOV     DPTR,#KEYBOARD
S1_EDIT2:       MOVX    A,@DPTR
                JB      ACC.7,S1_EDIT2      ;WAIT KEY OFF
S1_EDIT3:       MOVX    A,@DPTR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JNB     ACC.7,S1_EDIT3    ;WAIT KEY ON
                ANL     A,#00FH
                MOV     DPTR,#M_CODE2
                MOVC    A,@A+DPTR         ;ENTRY MASSAGE KEY
                CJNE    A,#0FFH,S1_EDIT4  ;CHECK INVALID KEY
                SJMP    M_EDIT1
S1_EDIT4:       CJNE    A,#00H,M_EDIT4    ;CHECK SHIFT.


S2_EDIT1:       CALL    CLR_LCD
                MOV     DPTR,#TAB6        ;MASSAGE "SHIFT 2"
                CALL    OUT_LCD
                MOV     DPTR,#KEYBOARD
S2_EDIT2:       MOVX    A,@DPTR
                JB      ACC.7,S2_EDIT2    ;WAIT KEY OFF
S2_EDIT3:       MOVX    A,@DPTR
                JNB     ACC.7,S2_EDIT3    ;WAIT KEY ON
                ANL     A,#00FH
                MOV     DPTR,#M_CODE3
                MOVC    A,@A+DPTR         ;ENTRY MASSAGE KEY
                CJNE    A,#0FFH,S2_EDIT4  ;CHECK INVALID KEY
                SJMP    M_EDIT1
S2_EDIT4:       CJNE    A,#00H,M_EDIT4    ;CHECK SHIFT.

S3_EDIT1:       CALL    CLR_LCD
                MOV     DPTR,#TAB7        ;MASSAGE "SHIFT 3"
                CALL    OUT_LCD
                MOV     DPTR,#KEYBOARD
S3_EDIT2:       MOVX    A,@DPTR
                JB      ACC.7,S3_EDIT2    ;WAIT KEY OFF
S3_EDIT3:       MOVX    A,@DPTR
                JNB     ACC.7,S3_EDIT3    ;WAIT KEY ON
                ANL     A,#00FH
                MOV     DPTR,#M_CODE4
                MOVC    A,@A+DPTR         ;ENTRY MASSAGE KEY
                CJNE    A,#0FFH,S3_EDIT4  ;CHECK INVALID KEY
                SJMP    M_EDIT1
S3_EDIT4:       CJNE    A,#00H,M_EDIT4    ;CHECK SHIFT.
                CALL    CLR_LCD
                CALL    BLOCK
                CALL    OUT_LCD
                MOV     DPTR,#KEYBOARD
S3_EDIT5:       MOVX    A,@DPTR
                JB      ACC.7,S3_EDIT5
                JMP     M_EDIT1

   ;========== END SHIFT BUTTOM ==============

M_EDIT4:        POP     DPL
                POP     DPH               ;LODE ADDRESS MASSAGE
                CJNE    A,#01H,M_EDIT41   ;CHECK END INPUT OR CANCLE
                MOV     A,#0FFH
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     DPTR,#KEYBOARD
M_EDIT40:       MOVX    A,@DPTR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            JB      ACC.7,M_EDIT40      ;WAIT KEY OFF
            JMP     MAIN

M_EDIT41:   MOVX    @DPTR,A             ;SAVE MASSAGE
            INC     DPTR
            INC     R7                  ;COUNT LIMIT
            MOV     A,#0FFH
            MOVX    @DPTR,A             ;MASK END OF MASSAGE
            PUSH    DPH
            PUSH    DPL                 ;SAVE LAST ADDRESS MASSAGE
            MOV     DPTR,#KEYBOARD
M_EDIT5:    MOVX    A,@DPTR
            JB      ACC.7,M_EDIT5       ;WAIT KEY OFF
            CALL    CLR_LCD
            CALL    BLOCK
            CALL    OUT_LCD

   ;========= CHECK LIMIT DATA ==============

            CJNE    R7,#0C8H,M_EDIT6    ;CHECK LIMIT 200 CHARECTOR
            POP     DPL
            POP     DPH                 ;CLEAR STACT
            CALL    CLR_LCD
            MOV     DPTR,#TAB8          ;MASSAGE "FULL MEMORY"
            CALL    OUT_LCD
            MOV     DPTR,#KEYBOARD
M_EDIT50:   MOVX    A,@DPTR
            JNB     ACC.7,M_EDIT50
M_EDIT51:   MOVX    A,@DPTR
            JB      ACC.7,M_EDIT51
            JMP     MAIN
M_EDIT6:    JMP     M_EDIT1

   ;======= CHECK BLOCK MASSAGE ==============

BLOCK:      MOV     A,R7
            MOV     B,#10H              ;1 DISPLAY = 16 CHAR
            DIV     AB                  ;CHECK NOMBUR OF BLOCK

            CJNE    A,#00H,ADDR1
            MOV     DPTR,#8005H         ;ADDRESS BLOCK 1
            SJMP    SH_MS
ADDR1:      CJNE    A,#01H,ADDR2
            MOV     DPTR,#8014H         ;ADDRESS BLOCK 2
            SJMP    SH_MS
ADDR2:      CJNE    A,#02H,ADDR3
            MOV     DPTR,#8024H         ;ADDRESS BLOCK 3
            SJMP    SH_MS
ADDR3:      CJNE    A,#03H,ADDR4
            MOV     DPTR,#8034H         ;ADDRESS BLOCK 4
            SJMP    SH_MS
ADDR4:      CJNE    A,#04H,ADDR5
            MOV     DPTR,#8044H         ;ADDRESS BLOCK 5
            SJMP    SH_MS
ADDR5:      CJNE    A,#05H,ADDR6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     DPTR,#8054H     ;ADDRESS BLOCK 6
                SJMP    SH_MS
ADDR6:          CJNE    A,#06H,ADDR7
                MOV     DPTR,#8064H     ;ADDRESS BLOCK 7
                SJMP    SH_MS
ADDR7:          CJNE    A,#07H,ADDR8
                MOV     DPTR,#8074H     ;ADDRESS BLOCK 8
                SJMP    SH_MS
ADDR8:          CJNE    A,#08H,ADDR9
                MOV     DPTR,#8084H     ;ADDRESS BLOCK 9
                SJMP    SH_MS
ADDR9:          CJNE    A,#09H,ADDR10
                MOV     DPTR,#8094H     ;ADDRESS BLOCK 10
                SJMP    SH_MS
ADDR10:         CJNE    A,#0AH,ADDR11
                MOV     DPTR,#80A4H     ;ADDRESS BLOCK 11
                SJMP    SH_MS
ADDR11:         CJNE    A,#0BH,ADDR12
                MOV     DPTR,#80B4H     ;ADDRESS BLOCK 12
                SJMP    SH_MS
ADDR12:         MOV     DPTR,#80C4H     ;ADDRESS BLOCK 13
SH_MS:          RET

  ;========== CODE OF CODE KEY ==============

CODEKEY:        DB      031H            ;0   KEY  1
                DB      032H            ;1        2
                DB      033H            ;2        3
                DB      0FFH            ;3       INVALID
                DB      034H            ;4        4
                DB      035H            ;5        5
                DB      036H            ;6        6
                DB      001H            ;7       CANCLE *
                DB      037H            ;8        7
                DB      038H            ;9        8
                DB      039H            ;A        9
                DB      0FFH            ;B       INVALID
                DB      0FFH            ;C       INVALID
                DB      030H            ;D        0
                DB      0FFH            ;E       INVALID
                DB      0FFH            ;F       INVALID

   ;========== CODE OF MASSAGE KEY ==============

M_CODE1:        DB      031H            ;0   KEY  1
                DB      032H            ;1        2
                DB      033H            ;2        3
                DB      0FFH            ;3       INVALID
                DB      034H            ;4        4
                DB      035H            ;5        5
                DB      036H            ;6        6
                DB      001H            ;7       CANCLE *
                DB      037H            ;8        7
                DB      038H            ;9        8
                DB      039H            ;A        9
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DB      0FFH            ;3      INVALID
                DB      020H            ;C      SPACE
                DB      030H            ;D       0
                DB      001H            ;E      END     ***
                DB      000H            ;F      SHIFT

M_CODE2:        DB      041H            ;0  KEY  A
                DB      044H            ;1       D
                DB      047H            ;2       G
                DB      0FFH            ;3      INVALID
                DB      04AH            ;4       J
                DB      04DH            ;5       M
                DB      050H            ;6       P
                DB      001H            ;7      CANCLE *
                DB      053H            ;8       S
                DB      056H            ;9       V
                DB      059H            ;A       Y
                DB      0FFH            ;B      INVALID
                DB      020H            ;C      SPACE
                DB      028H            ;D       (
                DB      001H            ;E      END     ***
                DB      000H            ;F      SHIFT

M_CODE3:        DB      042H            ;0  KEY  B
                DB      045H            ;1       E
                DB      048H            ;2       H
                DB      0FFH            ;3      INVALID
                DB      04BH            ;4       K
                DB      04EH            ;5       N
                DB      051H            ;6       Q
                DB      001H            ;7      CANCLE *
                DB      054H            ;8       T
                DB      057H            ;9       W
                DB      05AH            ;A       Z
                DB      0FFH            ;B      INVALID
                DB      020H            ;C      SPACE
                DB      02DH            ;D       -
                DB      001H            ;E      END
                DB      000H            ;F      SHIFT   ***

M_CODE4:        DB      043H            ;0  KEY  C
                DB      046H            ;1       F
                DB      049H            ;2       I
                DB      0FFH            ;3      INVALID
                DB      04CH            ;4       L
                DB      04FH            ;5       O
                DB      052H            ;6       R
                DB      001H            ;7      CANCLE *
                DB      055H            ;8       U
                DB      058H            ;9       X
                DB      0FFH            ;A      INVALID
                DB      0FFH            ;B      INVALID
                DB      020H            ;C      SPACE
                DB      029H            ;D       )
                DB      001H            ;E      END     ***
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            DB      000H                ;F       SHIFT

;*************************************************************
;==================== SAVE DATA MANAGER ======================
;*************************************************************

SAVE:       CALL    CLR_LCD
            MOV     DPTR,#TAB9
            CALL    OUT_LCD             ;MASSAGE "SAVE => "
SAV0:       MOV     DPTR,#KEYBOARD
SAV1:       MOVX    A,@DPTR
            JNB     ACC.7,SAV1          ;WAIT KEY ON
            ANL     A,#0FH
            MOV     DPTR,#SAVECODE
            MOVC    A,@A+DPTR           ;ENTRY SAVECODE
            CJNE    A,#0FFH,SAV2        ;CHECK INVALID KEY
            SJMP    SAV0
SAV2:       CJNE    A,#0FEH,SAV3        ;CHECK CANCLE KEY
            JMP     MAIN
SAV3:       MOV     R5,A
            CLR     C
            ADDC    A,#30H
            CALL    MOVE2DD
            CALL    WRITE               ;CONFIRM SAVE
            MOV     DPTR,#KEYBOARD
SAV4:       MOVX    A,@DPTR             ;CONFIRM OR SAVE
            JB      ACC.7,SAV4          ;WAIT KEY OFF
SAV5:       MOVX    A,@DPTR
            JNB     ACC.7,SAV5          ;WAIT KEY ON (CONFIRM KEY)
            ANL     A,#0FH
            MOV     DPTR,#SAVECODE
            MOVC    A,@A+DPTR           ;ENTRY SAVECODE
            CJNE    A,#0FEH,SA_SWAP     ;CHECK CANCLE
            JMP     MAIN                ;IF CANCLE RETURN MAIN

 ;========== RXDATA TO SAVE ===============

SA_SWAP:    MOV     DPTR,#RXDATA        ;SWAP DATA TO SAVE AREA
            MOV     R7,#00H
SA_SWAP1:   MOVX    A,@DPTR
            INC     DPTR
            INC     R7
            PUSH    ACC
            CJNE    A,#0FFH,SA_SWAP1
            MOV     A,R7
            MOV     R6,A
            MOV     DPTR,#TEMP1
SA_SWAP2:   POP     ACC
            MOVX    @DPTR,A
            INC     DPTR
            DJNZ    R7,SA_SWAP2
            MOV     DPTR,#TEMP1
SA_SWAP3:   MOVX    A,@DPTR
            INC     DPTR
            PUSH    ACC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DJNZ    R6,SA_SWAP3
                MOV     A,R5
                MOV     DPTR,#F_SAV
                RL      A
                JMP     @A+DPTR

F_SAV:          AJMP    AD_SAV0             ;CHECK SAVE AREA
                AJMP    AD_SAV1
                AJMP    AD_SAV2
                AJMP    AD_SAV3
                AJMP    AD_SAV4
                AJMP    AD_SAV5
                AJMP    AD_SAV6
                AJMP    AD_SAV7
                AJMP    AD_SAV8
                AJMP    AD_SAV9

AD_SAV0:        MOV     DPTR,#ASAVE0        ;ADDRESS OF SAVE AREA
                AJMP    SA_SWAP4
AD_SAV1:        MOV     DPTR,#ASAVE1
                AJMP    SA_SWAP4
AD_SAV2:        MOV     DPTR,#ASAVE2
                AJMP    SA_SWAP4
AD_SAV3:        MOV     DPTR,#ASAVE3
                AJMP    SA_SWAP4
AD_SAV4:        MOV     DPTR,#ASAVE4
                AJMP    SA_SWAP4
AD_SAV5:        MOV     DPTR,#ASAVE5
                AJMP    SA_SWAP4
AD_SAV6:        MOV     DPTR,#ASAVE6
                AJMP    SA_SWAP4
AD_SAV7:        MOV     DPTR,#ASAVE7
                AJMP    SA_SWAP4
AD_SAV8:        MOV     DPTR,#ASAVE8
                AJMP    SA_SWAP4
AD_SAV9:        MOV     DPTR,#ASAVE9

SA_SWAP4:       POP     ACC         ;SWAP DATA FORM TEMP TO SAVE AREA
                MOVX    @DPTR,A
                INC     DPTR
                CJNE    A,#0FFH,SA_SWAP4
                CALL    CLR_LCD
                MOV     DPTR,#TAB12
                CALL    OUT_LCD             ;MASSAGE "READY"
                MOV     DPTR,#KEYBOARD
SAV6:           MOVX    A,@DPTR             ;ANEY KEY RETURN TO MAIN
                JB      ACC.7,SAV6          ;WAIT KEY OFF
SAV7:           MOVX    A,@DPTR
                JNB     ACC.7,SAV7          ;WAIT KEY ON (CONFIRM KEY)
SAV8:           MOVX    A,@DPTR
                JB      ACC.7,SAV8

                JMP     MAIN                ;END SAVE RETURN MAIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*************************************************************
;================= LODE DATA MANAGER ========================
;*************************************************************

LODE:       CALL   CLR_LCD
            MOV    DPTR,#TAB10
            CALL   OUT_LCD            ;MASSAGE "LODE => "
LOD0:       MOV    DPTR,#KEYBOARD
LOD1:       MOVX   A,@DPTR
            JB     ACC.7,LOD1         ;WAIT KEY ON
LOD10:      MOVX   A,@DPTR
            JNB    ACC.7,LOD10

            ANL    A,#0FH
            MOV    DPTR,#SAVECODE
            MOVC   A,@A+DPTR          ;ENTRY SAVECODE
            CJNE   A,#0FFH,LOD2       ;CHECK INVALID KEY
            SJMP   LOD0
LOD2:       CJNE   A,#0FEH,LOD3       ;CHECK CANCLE KEY
            JMP    MAIN
LOD3:       MOV    R5,A
            CLR    C
            ADDC   A,#30H
            CALL   MOVE2DD
            CALL   WRITE              ;CONFIRM LODE
            MOV    DPTR,#KEYBOARD
LOD4:       MOVX   A,@DPTR            ;CANCLE OR LODE
            JB     ACC.7,LOD4         ;WAIT KEY OFF
LOD5:       MOVX   A,@DPTR
            JNB    ACC.7,LOD5         ;WAIT KEY ON (CONFIRM KEY)
            ANL    A,#0FH
            MOV    DPTR,#SAVECODE
            MOVC   A,@A+DPTR          ;ENTRY LODECODE
            CJNE   A,#0FEH,LOOK       ;CHECK CANCLE
            JMP    MAIN               ;IF CANCLE RETURN MAIN

LOOK:       MOV    A,R5
            MOV    DPTR,#F_LOD
            RL     A
            JMP    @A+DPTR

F_LOD:      AJMP   AD_LOD0            ;FIND LODE AREA
            AJMP   AD_LOD1
            AJMP   AD_LOD2
            AJMP   AD_LOD3
            AJMP   AD_LOD4
            AJMP   AD_LOD5
            AJMP   AD_LOD6
            AJMP   AD_LOD7
            AJMP   AD_LOD8
            AJMP   AD_LOD9

AD_LOD0:    MOV    DPTR,#ASAVE0       ;ADDRESS OF SAVE AREA
            AJMP   CHK_LOD
AD_LOD1:    MOV    DPTR,#ASAVE1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            AJMP   CHK_LOD
AD_LOD2:    MOV    DPTR,#ASAVE2
            AJMP   CHK_LOD
AD_LOD3:    MOV    DPTR,#ASAVE3
            AJMP   CHK_LOD
AD_LOD4:    MOV    DPTR,#ASAVE4
            AJMP   CHK_LOD
AD_LOD5:    MOV    DPTR,#ASAVE5
            AJMP   CHK_LOD
AD_LOD6:    MOV    DPTR,#ASAVE6
            AJMP   CHK_LOD
AD_LOD7:    MOV    DPTR,#ASAVE7
            AJMP   CHK_LOD
AD_LOD8:    MOV    DPTR,#ASAVE8
            AJMP   CHK_LOD
AD_LOD9:    MOV    DPTR,#ASAVE9

   ;======== SHOW DATA ON DISPLAY ============

CHK_LOD:    PUSH   DPH                  ;CHECK DATA IN RAM
            PUSH   DPL
            MOVX   A,@DPTR
            CJNE   A,#0FFH,CHK_LOD1
            CALL   CLR_LCD
            MOV    DPTR,#TAB17      ;MASSAGE "! NO MASSAGE !"
            CALL   OUT_LCD
            MOV    DPTR,#KEYBOARD
CHK_LOD2:   MOVX   A,@DPTR
            JB     ACC.7,CHK_LOD2
CHK_LOD3:   MOVX   A,@DPTR
            JNB    ACC.7,CHK_LOD3
CHK_LOD30:  MOVX   A,@DPTR
            JB     ACC.7,CHK_LOD30

            POP    DPL
            POP    DPH
            JMP    MAIN             ;NO MASSAGE RETURN TO MAIN


CHK_LOD1:   CALL   CLR_LCD
            MOV    DPTR,#TAB14          ;MASSAGE "FORM NO."
            CALL   OUT_LCD
            POP    DPL
            POP    DPH
            INC    DPTR
            INC    DPTR
            MOVX   A,@DPTR              ;SHOW NO. OF CALL
            CALL   WRITE
            INC    DPTR
            MOVX   A,@DPTR
            CALL   WRITE
            INC    DPTR
            PUSH   DPH
            PUSH   DPL
            MOV    DPTR,#KEYBOARD       ;ANY KEY FOR MASSAGE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CHK_LOD4:   MOVX  A,@DPTR
            JB    ACC.7,CHK_LOD4
CHK_LOD5:   MOVX  A,@DPTR
            JNB   ACC.7,CHK_LOD5
CHK_LOD50:  MOVX  A,@DPTR
            JB    ACC.7,CHK_LOD50

            POP   DPL
            POP   DPH

RDY_LOD:    CALL  CLR_LCD             ;SHOW LODE DATA
            CALL  MOVE1DD             ;16 CH/DISPLAY
            MOV   R7,#08H
L_LOD1:     MOVX  A,@DPTR
            CJNE  A,#0FFH,L_LOD2      ;CHECK END DATA
            SJMP  EN_LOD
L_LOD2:     CALL  WRITE
            INC   DPTR
            DJNZ  R7,L_LOD1
            CALL  MOVE2DD
            MOV   R7,#08H
L_LOD3:     MOVX  A,@DPTR
            CJNE  A,#0FFH,L_LOD4      ;CHECK END DATA
            SJMP  EN_LOD
L_LOD4:     CALL  WRITE
            INC   DPTR
            DJNZ  R7,L_LOD3
            PUSH  DPH
            PUSH  DPL

            MOV   DPTR,#KEYBOARD      ;KEY FOR NEXT DATA
L_LOD5:     MOVX  A,@DPTR
            JB    ACC.7,L_LOD5        ;WAIT KEY OFF
L_LOD6:     MOVX  A,@DPTR
            JNB   ACC.7,L_LOD6        ;WAIT KEY ON
            POP   DPL                 ;(CONFIRM KEY)
            POP   DPH                 ;LODD ADDRESS DATA
            SJMP  RDY_LOD             ;SHOW NEXT DATA

EN_LOD:     MOV   DPTR,#KEYBOARD      ;END LODE DATA
L_LOD7:     MOVX  A,@DPTR
            JB    ACC.7,L_LOD7        ;ANY KEY RETURN TO MAIN
L_LOD8:     MOVX  A,@DPTR
            JNB   ACC.7,L_LOD8        ;WAIT KEY ON
L_LOD9:     MOVX  A,@DPTR
            JB    ACC.7,L_LOD9        ;WAIT KEY OFF
            JMP   MAIN                ;RETURN TO MAIN

;*************************************************************
;==================== DELETE DATA MANAGER ====================
;*************************************************************

DELETE:     CALL  CLR_LCD
            MOV   DPTR,#TAB11
            CALL  OUT_LCD             ;MASSAGE DEL DATA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DEL0:       MOV   DPTR,#KEYBOARD
DEL1:       MOVX  A,@DPTR
            JNB   ACC.7,DEL1          ;WAIT KEY ON
            ANL   A,#0FH
            MOV   DPTR,#SAVECODE
            MOVC  A,@A+DPTR           ;ENTRY DELCODE
            CJNE  A,#0FFH,DEL2        ;CHECK INVALID KEY
            SJMP  DEL0
DEL2:       CJNE  A,#0FEH,DEL3        ;CHECK CANCLE KEY
            JMP   MAIN
DEL3:       MOV   R5,A
            CLR   C
            ADDC  A,#30H
            CALL  MOVE2DD
            CALL  WRITE               ;CONFIRM DEL
            MOV   DPTR,#KEYBOARD
DEL4:       MOVX  A,@DPTR             ;CANCLE OR DEL
            JB    ACC.7,DEL4          ;WAIT KEY OFF
DEL5:       MOVX  A,@DPTR
            JNB   ACC.7,DEL5          ;WAIT KEY ON (CONFIRM KEY)
            ANL   A,#0FH
            MOV   DPTR,#SAVECODE
            MOVC  A,@A+DPTR           ;ENTRY DELCODE
            CJNE  A,#0FEH,DEL50       ;CHECK CANCLE
            JMP   MAIN                ;IF CANCLE RETURN MAIN

DEL50:      MOV   A,R5
            MOV   DPTR,#F_DEL
            RL    A
            JMP   @A+DPTR

F_DEL:      AJMP  AD_DEL0             ;FIND DEL AREA
            AJMP  AD_DEL1
            AJMP  AD_DEL2
            AJMP  AD_DEL3
            AJMP  AD_DEL4
            AJMP  AD_DEL5
            AJMP  AD_DEL6
            AJMP  AD_DEL7
            AJMP  AD_DEL8
            AJMP  AD_DEL9

AD_DEL0:    MOV   DPTR,#ASAVE0        ;ADDRESS TO DEL DATA
            AJMP  RDY_DEL
AD_DEL1:    MOV   DPTR,#ASAVE1
            AJMP  RDY_DEL
AD_DEL2:    MOV   DPTR,#ASAVE2
            AJMP  RDY_DEL
AD_DEL3:    MOV   DPTR,#ASAVE3
            AJMP  RDY_DEL
AD_DEL4:    MOV   DPTR,#ASAVE4
            AJMP  RDY_DEL
AD_DEL5:    MOV   DPTR,#ASAVE5
            AJMP  RDY_DEL
AD_DEL6:    MOV   DPTR,#ASAVE6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                AJMP    RDY_DEL
AD_DEL7:        MOV     DPTR,#ASAVE7
                AJMP    RDY_DEL
AD_DEL8:        MOV     DPTR,#ASAVE8
                AJMP    RDY_DEL
AD_DEL9:        MOV     DPTR,#ASAVE9

RDY_DEL:        MOV     A,#0FFH
                MOVX    @DPTR,A                 ;DEL DATA
                CALL    CLR_LCD
                MOV     DPTR,#TAB12
                CALL    OUT_LCD                 ;MASSAGE "READY"
EN_DEL:         MOV     DPTR,#KEYBOARD          ;END DEL DATA
DEL6:           MOVX    A,@DPTR
                JB      ACC.7,DEL6              ;ANY KEY RETURN TO MAIN
DEL7:           MOVX    A,@DPTR
                JNB     ACC.7,DEL7              ;WAIT KEY ON
DEL8:           MOVX    A,@DPTR
                JB      ACC.7,DEL8              ;WAIT KEY OFF

                JMP     MAIN                    ;RETURN MAIN

;====================== SAVECODE ======================

SAVECODE:       DB      001H                    ;0  KEY  1
                DB      002H                    ;1       2
                DB      003H                    ;2       3
                DB      0FFH                    ;3      INVALID
                DB      004H                    ;4       4
                DB      005H                    ;5       5
                DB      006H                    ;6       6
                DB      0FEH                    ;7      CANCLE **
                DB      007H                    ;8       7
                DB      008H                    ;9       8
                DB      009H                    ;A       9
                DB      0FFH                    ;B      INVALID
                DB      0FFH                    ;C      INVALID
                DB      000H                    ;D       0
                DB      0FFH                    ;E      INVALID
                DB      0FFH                    ;F      INVALID


;*************************************************************
;========================== LCD MANAGER ======================
;*************************************************************

   ;============ OUT DATAS TO DISPLAY LCD ==============

OUT_LCD:        MOV     R1,#00H
                CALL    MOVE1DD                 ;MOVE DD RAM TO 00H
LCD1:           CLR     A
                MOVC    A,@A+DPTR
                INC     R1                      ;COUNT DATA
                CJNE    R1,#09H,LCD2            ;CHECK DATA = 8 DATA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            CALL  MOVE2DD              ;DATA COUNT = 8 DD -
LCD2:       CJNE  A,#0FFH,WRITE_LCD    ;RAM = 40H
            RET                        ;WRITE LCD IF -
                                       ;DATA <> 0FFH
;============== WRITE & LODE NEXT DATA ==============

WRITE_LCD:  LCALL WRITE                ;WRITE DATA TO LCD
            INC   DPTR
            JMP   LCD1

   ;================= CLEAR DISPLAY LCD =================

CLR_LCD:    PUSH  DPL
            PUSH  DPH
            PUSH  ACC
            MOV   DPTR,#COMMAND        ;CLEAR LCD
            MOV   A,#01H               ;COMMAND TO CLEAR
            MOVX  @DPTR,A
            CALL  WAITBF
            POP   ACC
            POP   DPH
            POP   DPL
            RET

   ;========== MOVE CURSER TO FIRST BLOCK ==============

MOVE1DD:    PUSH  DPL                  ;MOVE DD RAM TO 00H
            PUSH  DPH
            PUSH  ACC
            MOV   DPTR,#COMMAND
            MOV   A,#080H
            MOVX  @DPTR,A
            LCALL WAITBF
            POP   ACC
            POP   DPH
            POP   DPL
            RET

   ;========== MOVE CURSER TO SECORN BLOCK ==============

MOVE2DD:    PUSH  DPL                  ;MOVE DD RAM TO 40H
            PUSH  DPH
            PUSH  ACC
            MOV   DPTR,#COMMAND
            MOV   A,#0C0H
            MOVX  @DPTR,A
            LCALL WAITBF
            POP   ACC
            POP   DPH
            POP   DPL
            RET

   ;============ WR1TE CHARECTOR TO CURSER =============

WRITE:      PUSH  DPL                  ;WRITE DATA TO LCD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            PUSH   DPH
            MOV    DPTR,#WRITEDATA
            MOVX   @DPTR,A
            LCALL  WAITBF                ;WAIT LCD READY
            POP    DPH
            POP    DPL
            RET

   ;============ READ DATA FORM LCD ==============

READ:       PUSH   DPL                   ;READ DATA FORM LCD
            PUSH   DPH
            MOV    DPTR,#READDATA
            MOVX   A,@DPTR
            LCALL  WAITBF
            POP    DPH
            POP    DPL
            RET

   ;============ CHECK LCD READY OR NOT READY ==============

WAITBF:     PUSH   DPL                   ;CHECK BF FOR LCD READY
            PUSH   DPH
            PUSH   ACC
            MOV    DPTR,#READBUSY
RDY1:       MOVX   A,@DPTR
            JB     ACC.7,RDY1            ;ACC.7 = 1
            POP    ACC                   ;BUSY FLAG NOT READY
            POP    DPH
            POP    DPL
            RET

;================== INITIAL LCD  ========================

INIT_LCD:   PUSH   DPL                   ;INITIAL LCD MODULE
            PUSH   DPH
            MOV    DPTR,#COMMAND
            MOV    A,#38H                ; 8 BIT 1 LINE 5X7 DOT
            MOVX   @DPTR,A
            LCALL  WAITBF                ;CHECK BF
            MOV    A,#0FH                ;DISPLAY OFF
            MOVX   @DPTR,A
            LCALL  WAITBF                ;CHECK BF
            MOV    A,#6                  ;CLEAR DISPLAY
            MOVX   @DPTR,A
            LCALL  WAITBF                ;CHECK BF
            MOV    A,#1                  ;SET SHIFT MODE
            MOVX   @DPTR,A
            LCALL  WAITBF                ;CHECK BF
            POP    DPH
            POP    DPL
            RET

;*****************************************************************
;======================== SEND DATA ============================
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*************************************************************************

SENDMODE:   CALL   CLR_LCD
            MOV    DPTR,#TAB13
            CALL   OUT_LCD              ;MASSAGE "SEND MODE"
            MOV    DPTR,#KEYBOARD
SEND1:      MOVX   A,@DPTR              ;CANCLE OR SEND
            JB     ACC.7,SEND1          ;WAIT KEY OFF
SEND2:      MOVX   A,@DPTR
            JNB    ACC.7,SEND2          ;WAIT KEY ON (CONFIRM KEY)
SEND20:     MOVX   A,@DPTR
            JB     ACC.7,SEND20
            ANL    A,#0FH
            MOV    DPTR,#SAVECODE
            MOVC   A,@A+DPTR            ;ENTRY CODE
            CJNE   A,#0FEH,SEND3        ;CHECK CANCLE
            JMP    MAIN

SEND3:      CLR    EA                   ;DISABLE RX SERIAL PORT
            CLR    ES
            CLR    REN
            CALL   CLR_LCD
            MOV    DPTR,#TAB18          ;MASSAGE "WAIT SENDING"
            CALL   OUT_LCD
            SETB   MODE                 ;SET TX AUDIO ON
            CALL   DELAY                ;WAIT FOR READY TX MODE
            MOV    DPTR,#TX_DATA        ;LODE ADDRESS DATA FOR SEND
            MOV    INDEX,#0

LOOPTX:     MOV    A,INDEX
            MOVC   A,@A+DPTR            ;LODE DATA FOR SEND
            CJNE   A,#0FFH,GOTX
            CALL   TRANS                ;SEND END RX DATA CHECK
            CALL   DELAY                ;WAIT FOR RETURN TO RX MODE
            CLR    MODE                 ;RX AUDIO MODE ON
            SETB   EA                   ;ENABLE RX SERIAL PORT
            SETB   ES
            SETB   REN
            CALL   CLR_LCD
            MOV    DPTR,#TAB12          ;MASSAGE "READY"
            CALL   OUT_LCD
            MOV    DPTR,#KEYBOARD       ;WAIT KEY FOR RETURN TO MAIN
SEND4:      MOVX   A,@DPTR
            JNB    ACC.7,SEND4
SEND5:      MOVX   A,@DPTR
            JB     ACC.7,SEND5
            JMP    MAIN                 ;RETURN TO MAIN

GOTX:       ACALL  TRANS                ;SEND DATA
            INC    INDEX                ;POINTER NEXT DATA
            SJMP   LOOPTX

TRANS:      CLR    TI                   ;SEND DATA BY PROGRAM
            MOV    SBUF,A
            JNB    TI,$
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                RET
;*****************************************************************
;============================ RECV ==============================
;*****************************************************************

RECV:           MOV     DPTR,#RXDATA
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,#0FFH,CHK_REC1
                CALL    CLR_LCD
                MOV     DPTR,#TAB17             ;MASSAGE "! NO MASSAGE !"
                CALL    OUT_LCD
                MOV     DPTR,#KEYBOARD          ;ANY KEY FOR READ MASSAGE
CHK_REC2:       MOVX    A,@DPTR
                JB      ACC.7,CHK_REC2
CHK_REC3:       MOVX    A,@DPTR
                JNB     ACC.7,CHK_REC3
CHK_REC30:      MOVX    A,@DPTR
                JB      ACC.7,CHK_REC30
                JMP     MAIN                    ;NO MASSAGE RETURN TO MAIN

CHK_REC1:       CALL    CLR_LCD                 ;SHOW NO. CALL IN
                MOV     DPTR,#TAB14
                CALL    OUT_LCD
                MOV     DPTR,#RXDATA
                INC     DPTR
                INC     DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                CALL    WRITE
                INC     DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                CALL    WRITE
                INC     DPTR
                PUSH    DPH
                PUSH    DPL
                MOV     DPTR,#KEYBOARD          ;ANY KEY FOR MASSAGE
CHK_REC4:       MOVX    A,@DPTR
                JB      ACC.7,CHK_REC4
CHK_REC5:       MOVX    A,@DPTR
                JNB     ACC.7,CHK_REC5
CHK_REC50:      MOVX    A,@DPTR
                JB      ACC.7,CHK_REC50

                POP     DPL
                POP     DPH

RDY_REC:        CALL    CLR_LCD                 ;SHOW LODE DATA
                CALL    MOVE1DD                 ;16 CH/DISPLAY
                MOV     R7,#08H
L_REC1:         MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,#0FFH,L_REC2          ;CHECK END DATA
                SJMP    EN_REC
L_REC2:         CALL    WRITE
                INC     DPTR
                DJNZ    R7,L_REC1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

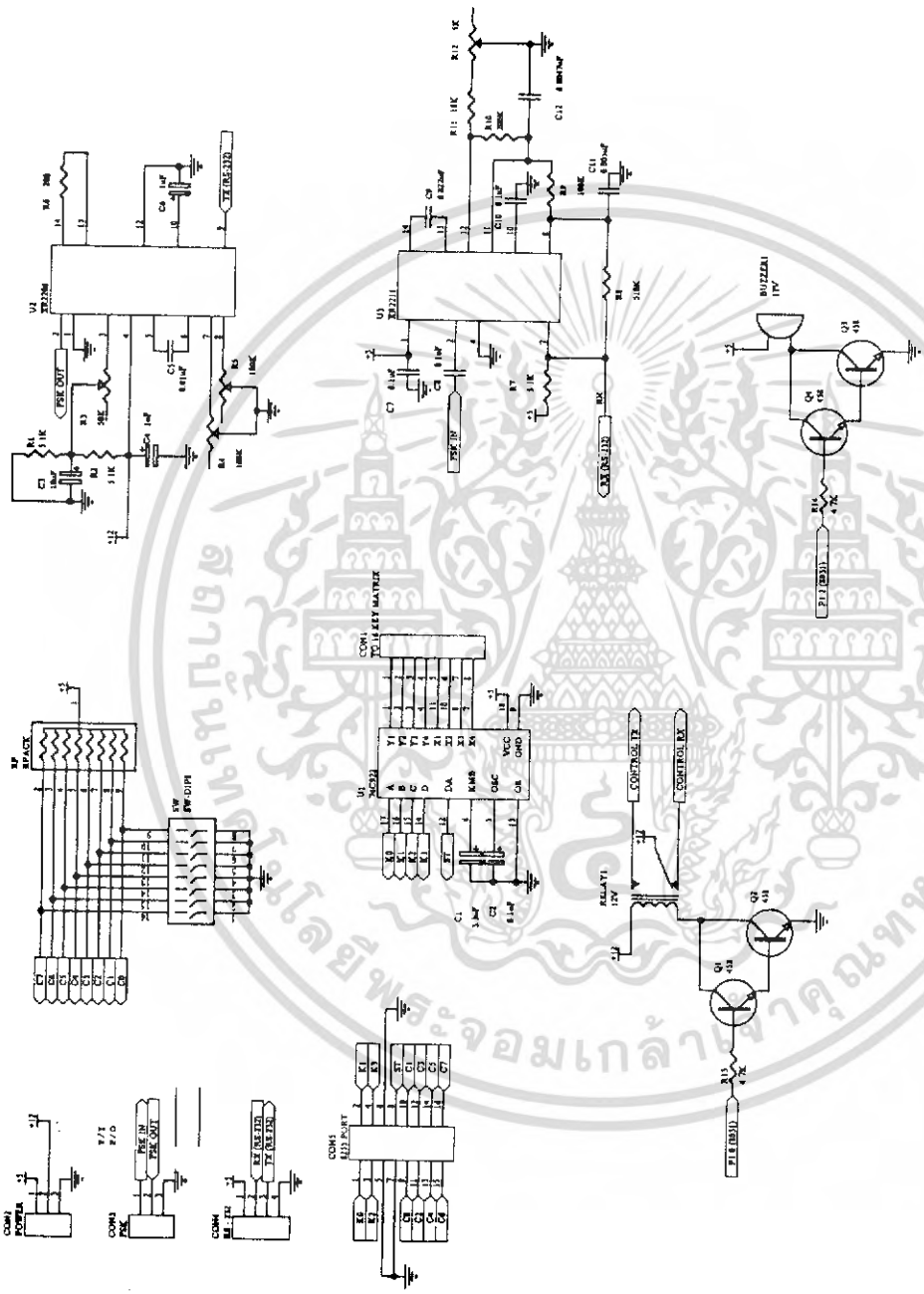
```
                CALL    MOVE2DD
                MOV     R7,#08H
L_REC3:         MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,#0FFH,L_REC4      ;CHECK END DATA
                SJMP    EN_REC
L_REC4:         CALL    WRITE
                INC     DPTR
                DJNZ    R7,L_REC3
                PUSH    DPH
                PUSH    DPL

                MOV     DPTR,#KEYBOARD      ;KEY FOR NEXT DATA
L_REC5:         MOVX    A,@DPTR
                JB      ACC.7,L_REC5        ;WAIT KEY OFF
L_REC6:         MOVX    A,@DPTR
                JNB     ACC.7,L_REC6        ;WAIT KEY ON
                POP     DPL                 ;(CONFIRM KEY)
                POP     DPH                 ;LODD ADDRESS DATA
                SJMP    RDY_REC             ;SHOW NEXT DATA

EN_REC:         MOV     DPTR,#KEYBOARD      ;END LODE DATA
L_REC7:         MOVX    A,@DPTR
                JB      ACC.7,L_REC7        ;ANY KEY RETURN TO MAIN
L_REC8:         MOVX    A,@DPTR
                JNB     ACC.7,L_REC8        ;WAIT KEY ON
L_REC9:         MOVX    A,@DPTR
                JB      ACC.7,L_REC9        ;WAIT KEY OFF

                JMP     MAIN                ;RETURN TO MAIN

;*************************************************************************
;====================== DISPLAY MASSAGE ==========================
;*************************************************************************

TAB1:           DB      "SELECT MENU ?",0FFH
TAB2:           DB      "SHIFT",0FFH
TAB3:           DB      "SEND TO : ",0FFH
TAB4:           DB      "INPUT MASSAGE",0FFH
TAB5:           DB      "SHIFT 1",0FFH
TAB6:           DB      "SHIFT 2",0FFH
TAB7:           DB      "SHIFT 3",0FFH
TAB8:           DB      "FULL MEMORY",0FFH
TAB9:           DB      "SAVE => ?",0FFH
TAB10:          DB      "LODE => ?",0FFH
TAB11:          DB      "DEL  => ?",0FFH
TAB12:          DB      "READY",0FFH
TAB13:          DB      "SEND MODE",0FFH
TAB14:          DB      "FORM NO.",0FFH
TAB15:          DB      "MASSAGE IN",0FFH
TAB16:          DB      "    RX MODE    ",0FFH
TAB17:          DB      "! NO MASSAGE !",0FFH
TAB18:          DB      "WAIT SENDING",0FFH

                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

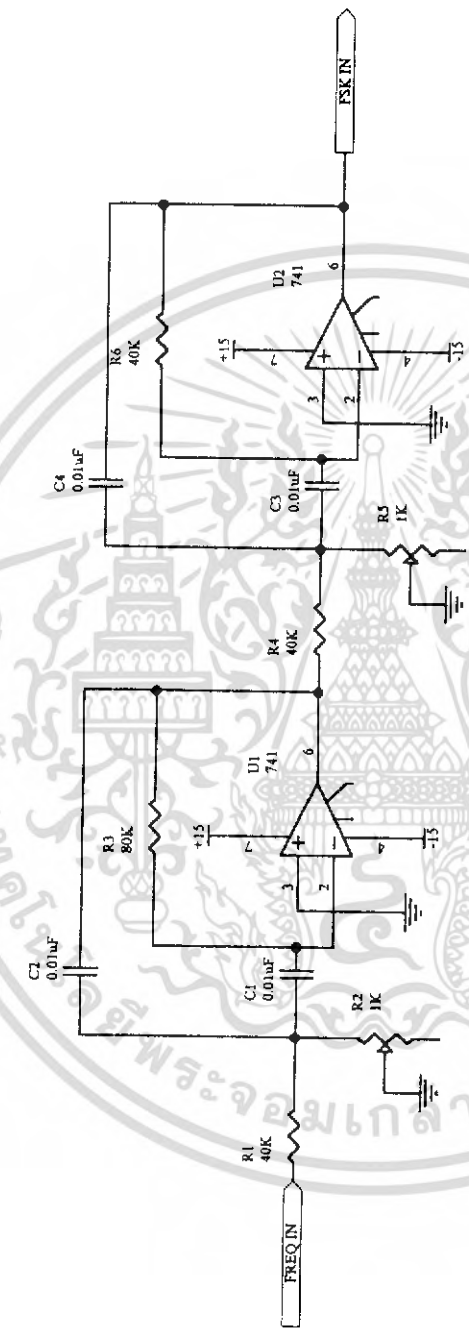
ภาคผนวก ข

รายละเอียดของวงจร

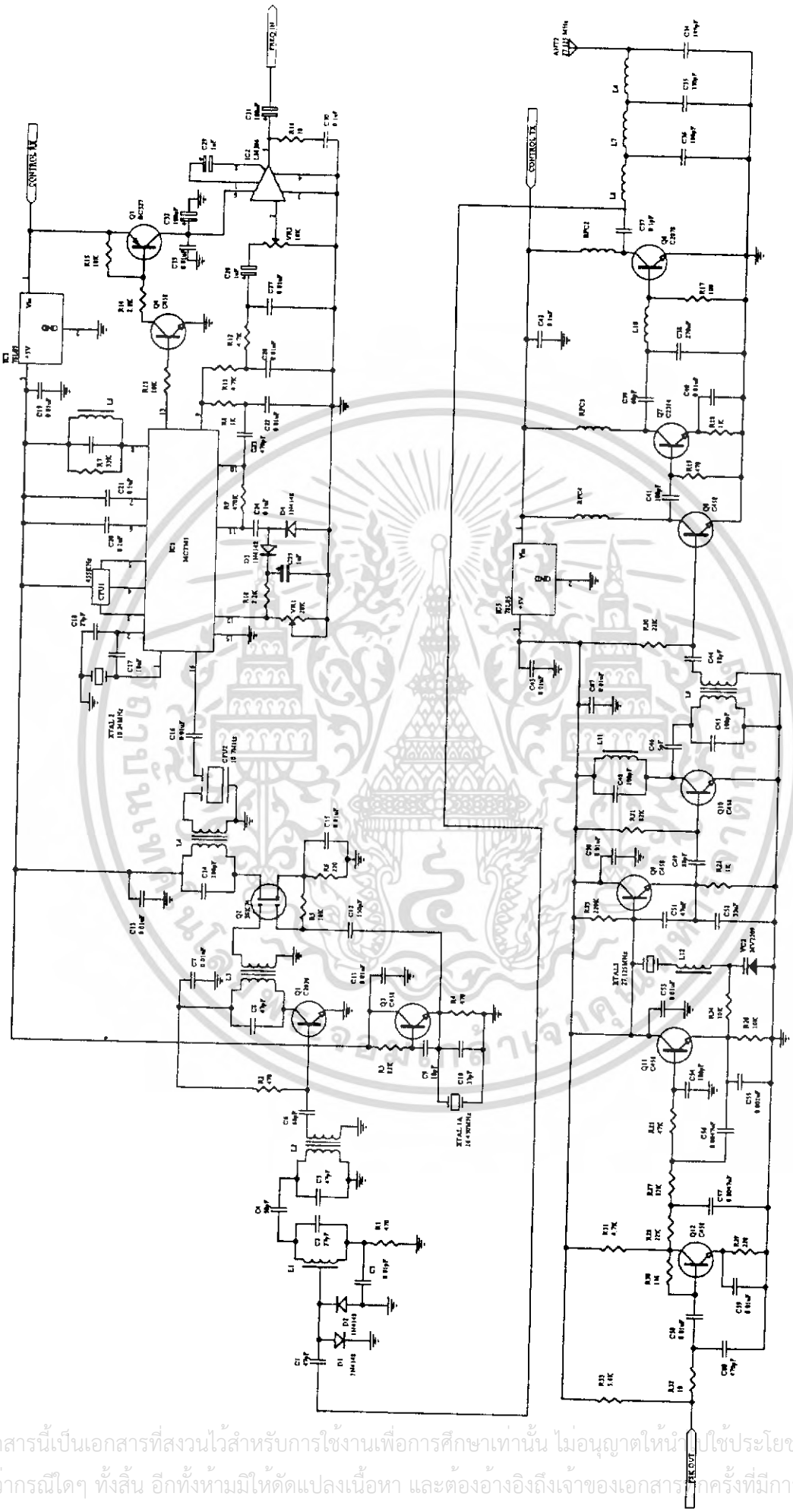
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



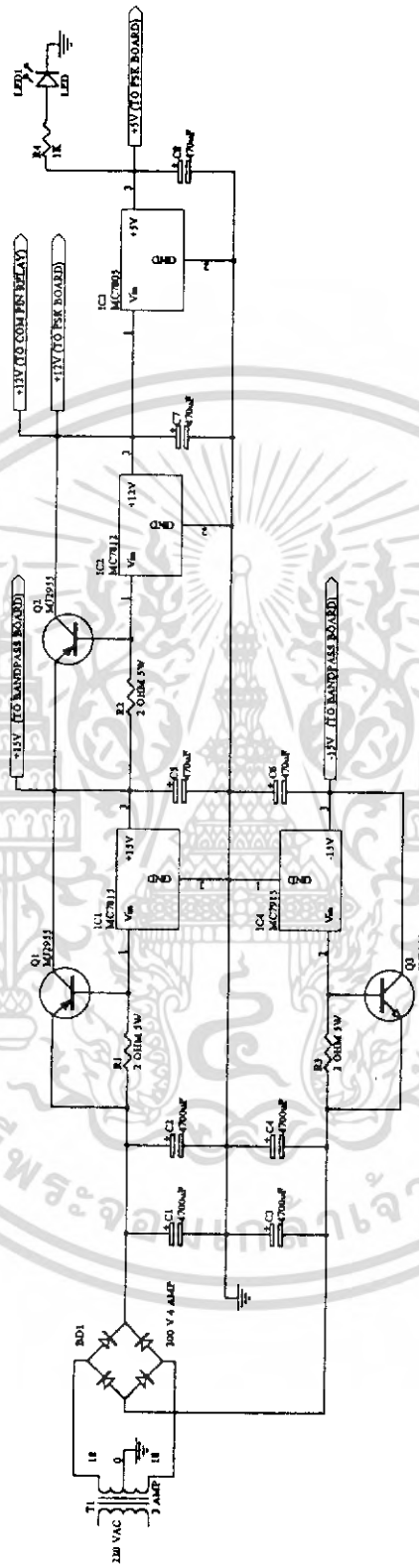
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

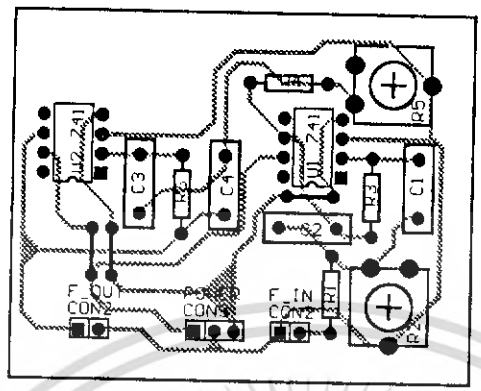


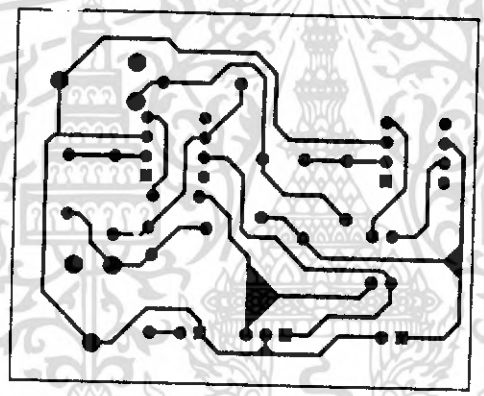
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

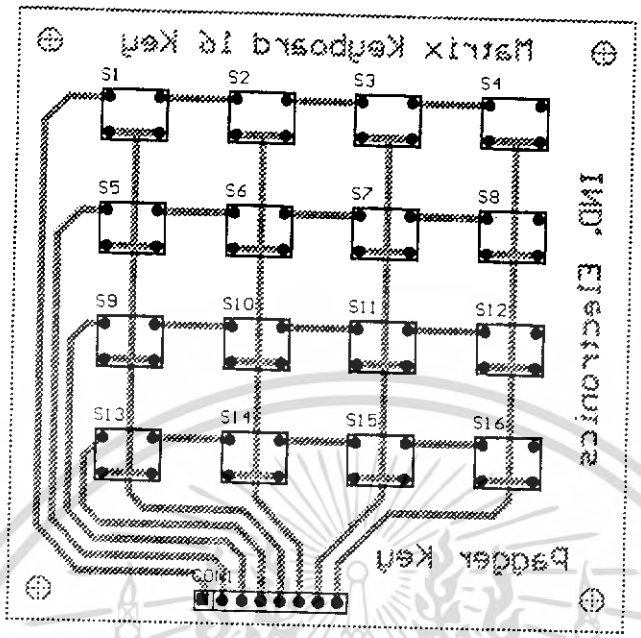
ลายวงจรและการลงอุปกรณ์

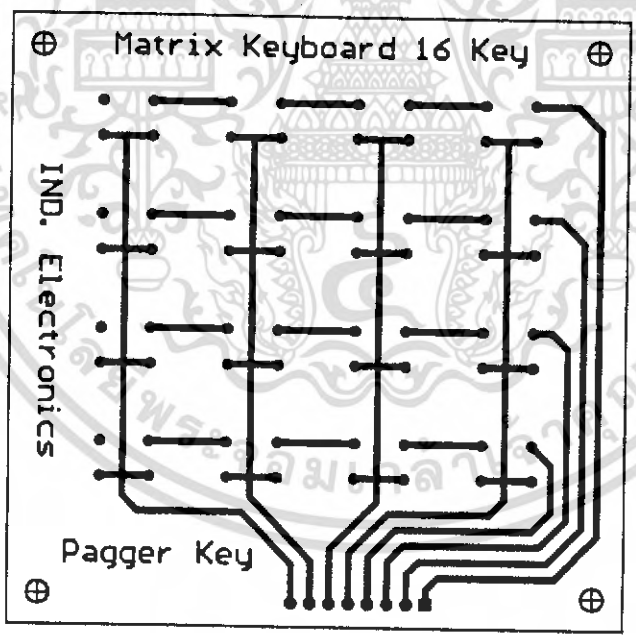
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



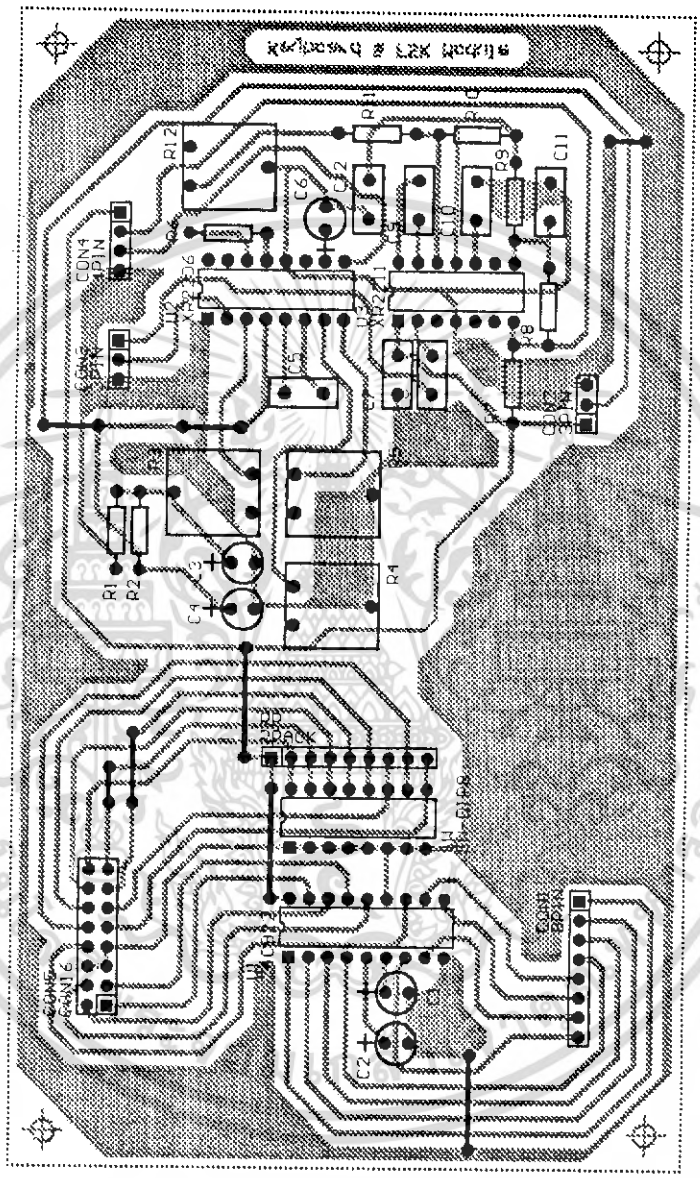


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

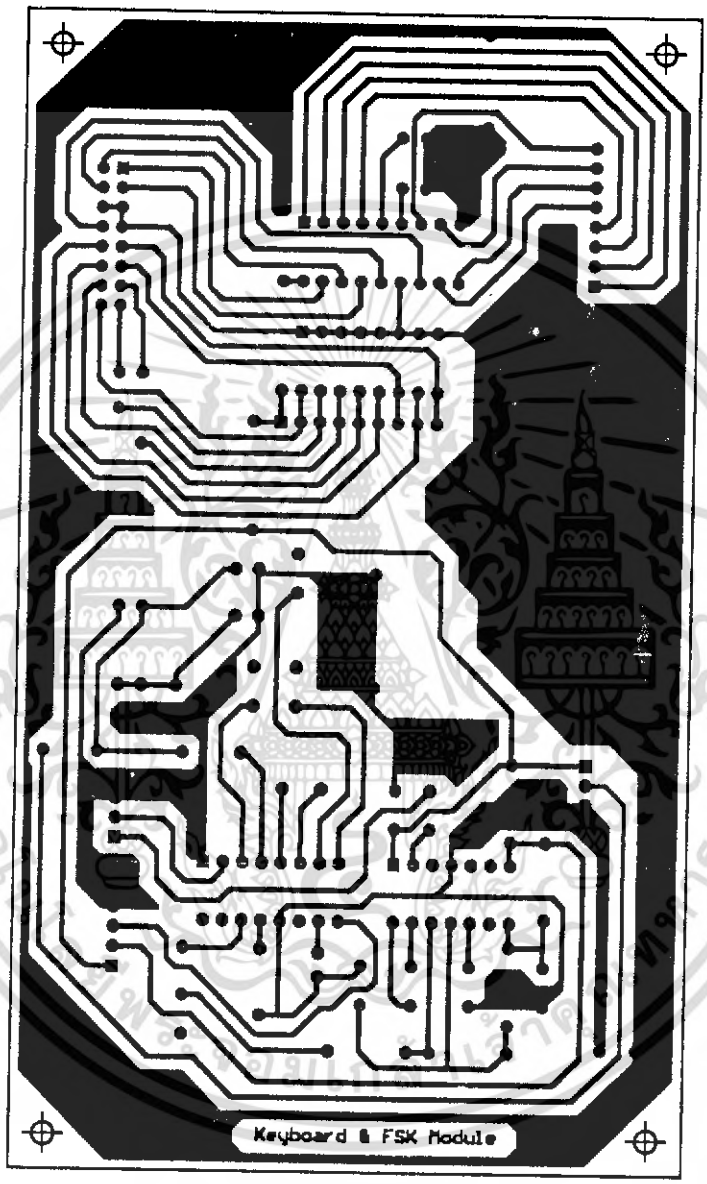




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ลายละเอียดของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EXAR

XR-2206

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%

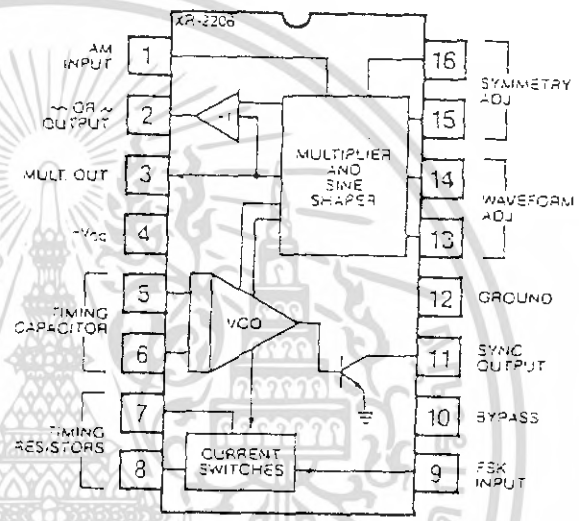
APPLICATIONS

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test Conditions: Test Circuit of Figure 1, $V^+ = 12V$, $T_A = 25°$, $C = 0.01\ \mu F$, $R_1 = 100\ k\Omega$, $R_2 = 10\ k\Omega$, $R_3 = 25\ k\Omega$ unless otherwise specified, S_1 open for triangle, closed for sine wave.

PARAMETER	XR-2206M			XR-2206C			UNIT	CONDITIONS
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.		
GENERAL CHARACTERISTICS								
Single Supply Voltage	10		26	10		26	V	
Split-Supply Voltage	±5		±13	±5		±13	V	
Supply Current		12	17		14	20	mA	$R_1 \geq 10\ k\Omega$
OSCILLATOR SECTION								
Max. Operating Frequency	0.5	1		0.5	1		MHz	$C = 1000\ pF$, $R_1 = 1\ k\Omega$
Lowest Practical Frequency		0.01			0.01		Hz	$C = 50\ \mu F$, $R_1 = 2\ M\Omega$
Frequency Accuracy		±1	±4		±2		% of f_o	$f_o = 1/R_1C$
Temperature Stability		±10	±50		±20		ppm/°C	$0°C \leq T_A \leq 75°C$.
Supply Sensitivity		0.01	0.1		0.01		%/V	$R_1 = R_2 = 20\ k\Omega$, $V_{LOW} = 10V$, $V_{HIGH} = 20V$.
Sweep Range	1000:1	2000:1			2000:1		$f_H = f_L$	$R_1 = R_2 = 20\ k\Omega$
								f_L @ $R_1 = 1\ k\Omega$
								f_L @ $R_1 = 2\ M\Omega$
Sweep Linearity								
10:1 Sweep		2			2		%	$f_L = 1\ kHz$, $f_H = 10\ kHz$
1000:1 Sweep		3			3		%	$f_L = 100\ Hz$, $f_H = 100\ kHz$
FM Distortion		0.1			0.1		%	±10% Deviation
Recommended Timing Components								
Timing Capacitor: C	0.001		100	0.001		100	µF	See Figure 4.
Timing Resistors: R_1 & R_2	1		2000	1		2000	kΩ	
Triangle Sine Wave Output								
Triangle Amplitude		160			160		mV/kΩ	See Note 1, Figure 2.
Sine Wave Amplitude	40	60	80		60		mV/kΩ	Figure 1, S_1 Open
Max. Output Swing		6			5		Vo-p	Figure 1, S_1 Closed
Output Impedance		600			600		Ω	
Triangle Linearity		1			1		%	
Amplitude Stability		0.5			0.5		dB	For 1000:1 Sweep
Sine Wave Amplitude Stability		4800			4800		ppm/°C	See Note 2.
Sine Wave Distortion								
Without Adjustment		2.5			2.5		%	$R_1 = 30\ k\Omega$
With Adjustment		0.4	1.0		0.5	1.5	%	See Figures 6 and 7.
Amplitude Modulation								
Input Impedance	50	100		50	100		kΩ	
Modulation Range		100			100		%	
Carrier Suppression		55			55		dB	
Linearity		2			2		%	For 95% modulation
Square-Wave Output								
Amplitude		12			12		Vo-o	Measured at Pin 11.
Rise Time		250			250		nsec	$C_L = 10\ pF$
Fall Time		50			50		nsec	$C_L = 10\ pF$
Saturation Voltage		0.2	0.4		0.2	0.6	V	$I_L = 2\ mA$
Leakage Current		0.1	20		0.1	100	µA	$V_{11} = 26V$
FSK Keying Level (Pin 9)	0.8	1.4	2.4	0.8	1.4	2.4	V	See section on circuit controls
Reference Bypass Voltage	2.9	3.1	3.3	2.5	3	3.5	V	Measured at Pin 10.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

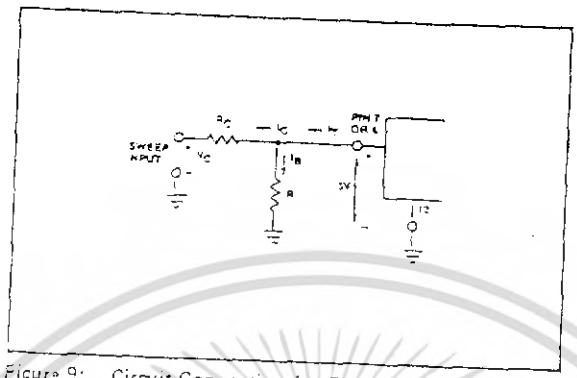


Figure 9: Circuit Connection for Frequency Sweep.

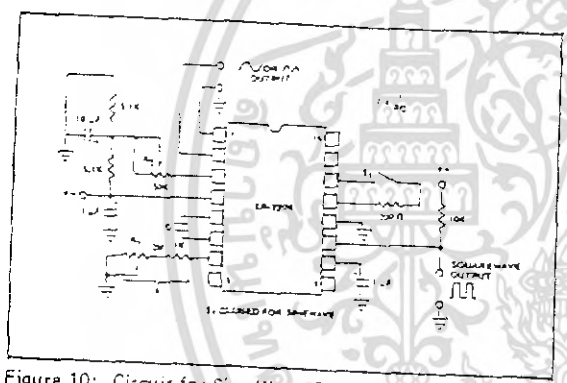


Figure 10: Circuit for Sine Wave Generation without External Adjustment. (See Figure 2 for Choice of R_3.)

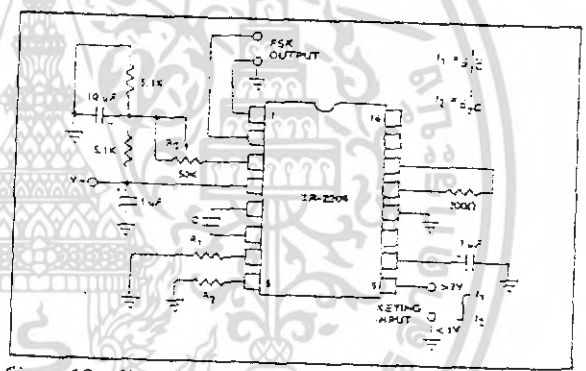


Figure 12: Sinusoidal FSK Generator.

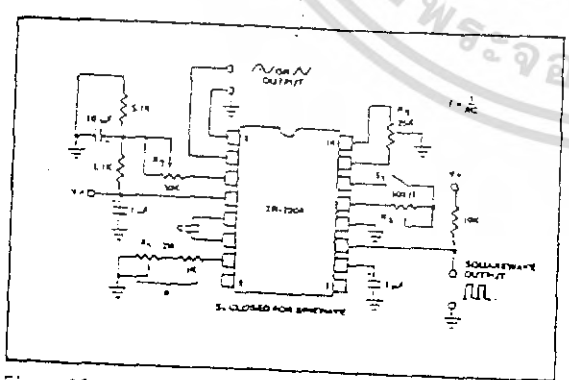


Figure 11: Circuit for Sine Wave Generation with Minimum Harmonic Distortion. (R_3 Determines Output Swing – See Figure 2.)

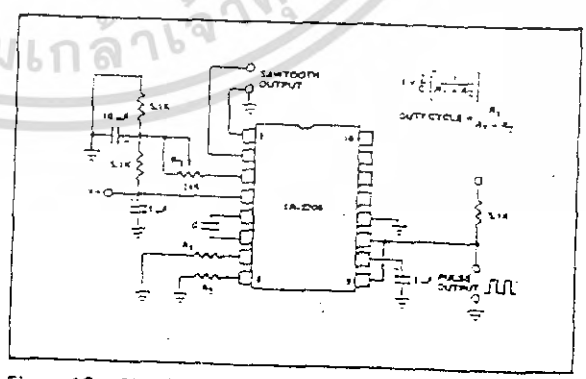


Figure 13: Circuit for Pulse and Ramp Generation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ≈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 kΩ to 2 MΩ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

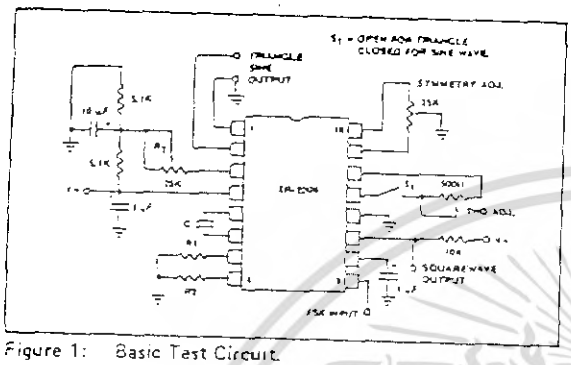


Figure 1: Basic Test Circuit.

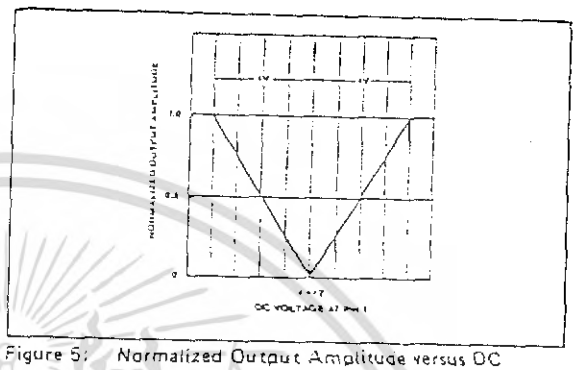


Figure 5: Normalized Output Amplitude versus DC Bias at AM Input (Pin 1).

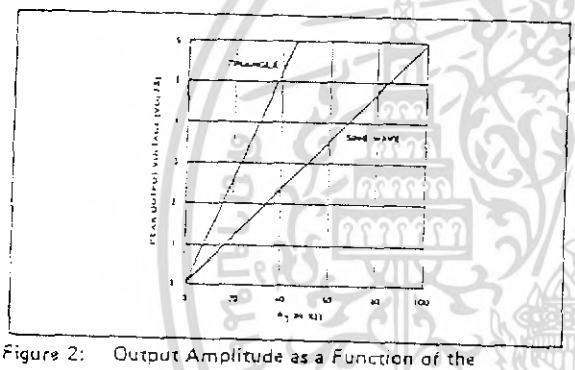


Figure 2: Output Amplitude as a Function of the Resistor, R_3, at Pin 3.

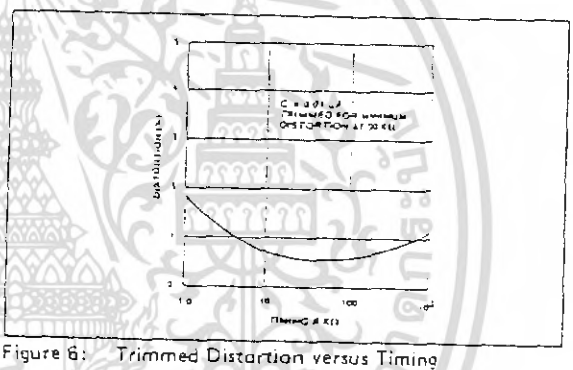


Figure 6: Trimmed Distortion versus Timing Resistor.

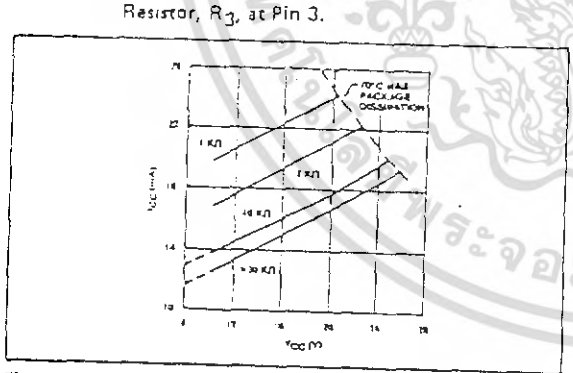


Figure 3: Supply Current versus Supply Voltage, Timing, R.

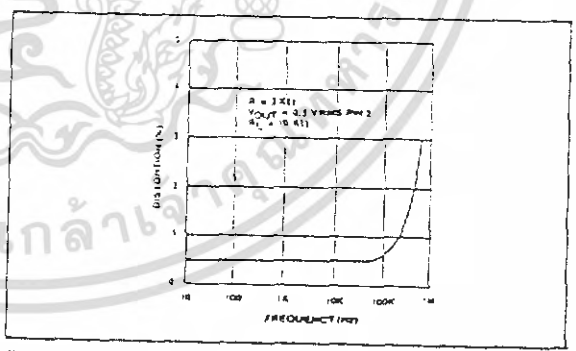


Figure 7: Sine Wave Distortion versus Operating Frequency with Timing Capacitors Varied.

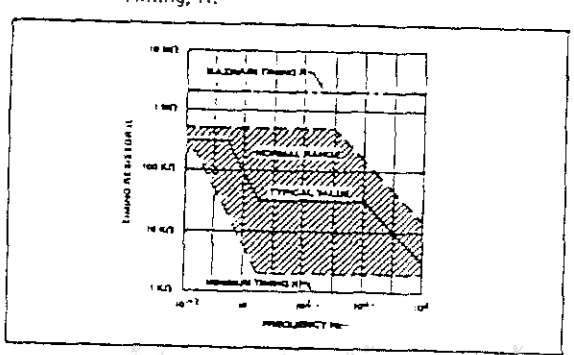


Figure 4: R versus Oscillation Frequency.

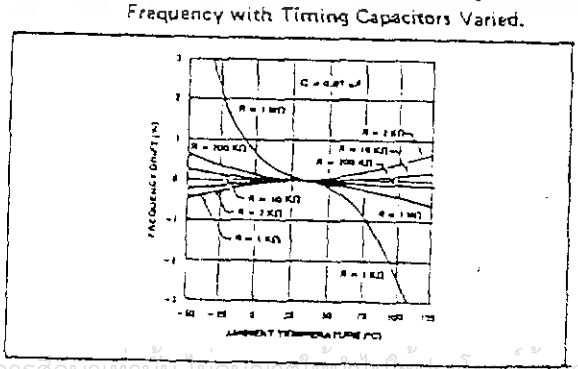


Figure 8: Frequency Drift versus Temperature.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ แสวงหาประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRINCIPLES OF OPERATION

Description of Controls

Frequency of Operation:
The frequency of oscillation, f_o, is determined by the external timing capacitor, C, across Pin 5 and 6, and by the timing resistor, R, connected to either Pin 7 or 8. The frequency is given as:

$$f_o = \frac{1}{RC} \text{ Hz}$$

and can be adjusted by varying either R or C. The recommended values of R, for a given frequency range, are shown in Figure 4. Temperature stability is optimum for 4 kΩ < R < 200 kΩ. Recommended values of C are from 1000 pF to 100 μF.

Frequency Sweep and Modulation:
Frequency of oscillation is proportional to the total timing current I_T, drawn from Pin 7 or 8:

$$f = \frac{320 \cdot I_T \text{ (mA)}}{C \text{ } \mu\text{F}} \text{ Hz}$$

Timing terminals (Pin 7 or 8) are low-impedance points, and are internally biased at +3V, with respect to Pin 12. Frequency varies linearly with I_T, over a wide range of current values, from 1 μA to 3 mA. The frequency can be controlled by applying a control voltage, V_C, to the activated timing pin as shown in Figure 9. The frequency of oscillation is related to V_C as:

$$f = \frac{1}{RC} \text{ for } \frac{R}{R_C}\left(1 - \frac{V_C}{3}\right) \text{ Hz}$$

where V_C is in volts. The voltage-to-frequency conversion gain, K, is given as:

$$K = \partial f / \partial V_C = -\frac{0.32}{R_C C} \text{ Hz/V}$$

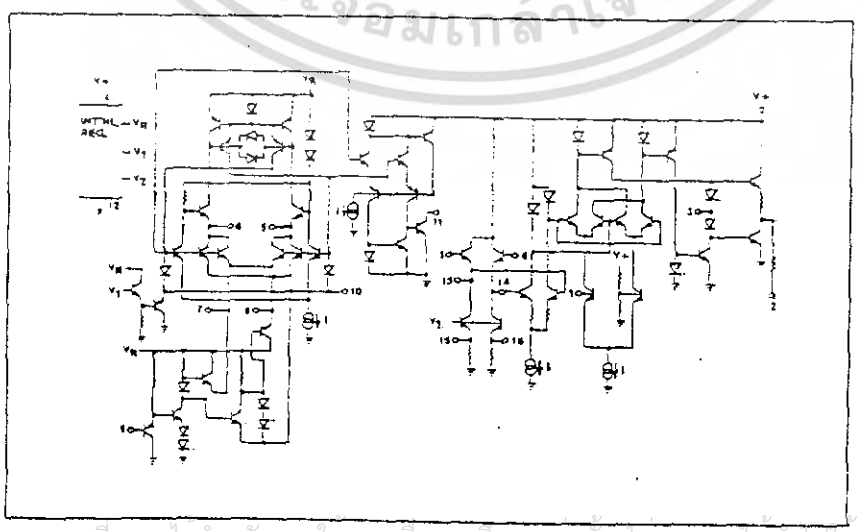
CAUTION: For safe operation of the circuit, I_T should be limited to ≤3 mA.

Output Amplitude:
Maximum output amplitude is inversely proportional to the external resistor, R_3, connected to Pin 3 (see Figure 2). For sine wave output, amplitude is approximately 60 mV peak per kΩ of R_3, for triangle, the peak amplitude is approximately 160 mV peak per kΩ or R_3. Thus, for example R_3 = 50 kΩ would produce approximately ±3V sinusoidal output amplitude.

Amplitude Modulation:
Output amplitude can be modulated by applying a dc bias and a modulating signal to Pin 1. The internal impedance at Pin 1 is approximately 100 kΩ. Output amplitude varies linearly with the applied voltage at Pin 1, for values of dc bias at this pin, within ±4 volts of $V^+/2$ as shown in Figure 5. As this bias level approaches $V^+/2$, the phase of the output signal is reversed, and the amplitude goes through zero. This property is suitable for phase-shift keying and suppressed-carrier AM generation. Total dynamic range of amplitude modulation is approximately 55 dB.

CAUTION: AM control must be used in conjunction with a well-regulated supply, since the output amplitude now becomes a function of V^+.

EQUIVALENT SCHEMATIC DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AN-14 APPLICATION NOTE

HIGH QUALITY FUNCTION GENERATOR SYSTEM WITH THE XR-2206

January 1982

INTRODUCTION

Waveform or function generators capable of producing amplitude modulated sine wave outputs find a wide range of applications in electrical measurement and laboratory instrumentation. This application note describes the design, construction and the performance of such a complete function generator system suitable for laboratory usage or hobbyist applications. The entire function generator is comprised of a single XR-2206 monolithic IC and a limited number of passive circuit components. It provides the engineer, student, or hobbyist with a highly versatile laboratory instrument for waveform generation at a very small fraction of the cost of conventional function generators available today.

GENERAL DESCRIPTION

The basic circuit configuration and the external components necessary for the high-quality function generator system is shown in Figure 1. The circuit shown in the figure is designed to operate with either a 12 V single power supply, or with ±6 V split supplies. For most applications, split-supply operation is preferred since it results in an output dc level which is nearly at ground potential.

The circuit configuration of Figure 1 provides three basic waveforms: sine, triangle and square wave. There are four overlapping frequency ranges which give an overall frequency range of 1 Hz to 100 kHz. In each range, the frequency may be varied over a 100:1 tuning range.

The sine or triangle output can be varied from 0 to over 6 V (peak to peak) from a 600 ohm source at the output terminal.

A squarewave output is available at the sync output terminal for oscilloscope synchronizing or driving logic circuits.

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

The performance characteristics listed below are not guaranteed or warranted by Exar. However, they represent the typical performance characteristics measured by Exar's application engineers during the laboratory evaluation of the function generator system shown in Figure 1. The typical performance specifications listed below apply only when all of the recommended assembly instructions and adjustment procedures are followed:

(a) Frequency Ranges: The function generator system is designed to operate over four overlapping frequency ranges:

1 Hz to 100 Hz
10 Hz to 1 kHz
100 Hz to 10 kHz
1 kHz to 100 kHz

The range selection is made by switching in different timing capacitors.

(b) Frequency Setting: At any range setting, frequency can be varied over a 100:1 tuning range with a potentiometer (see R_{13} of Figure 1).

(c) Frequency Accuracy: Frequency accuracy of the XR-2206 is set by the timing resistor R and the timing capacitor C, and is given as:

$$f = 1/RC$$

The above expression is accurate to within ±5 % at any range setting. The timing resistor R is the series combination of resistors R_4 and R_{13} of Figure 1. The timing capacitor C is any one of the capacitors C_3 through C_6 shown in the figure.

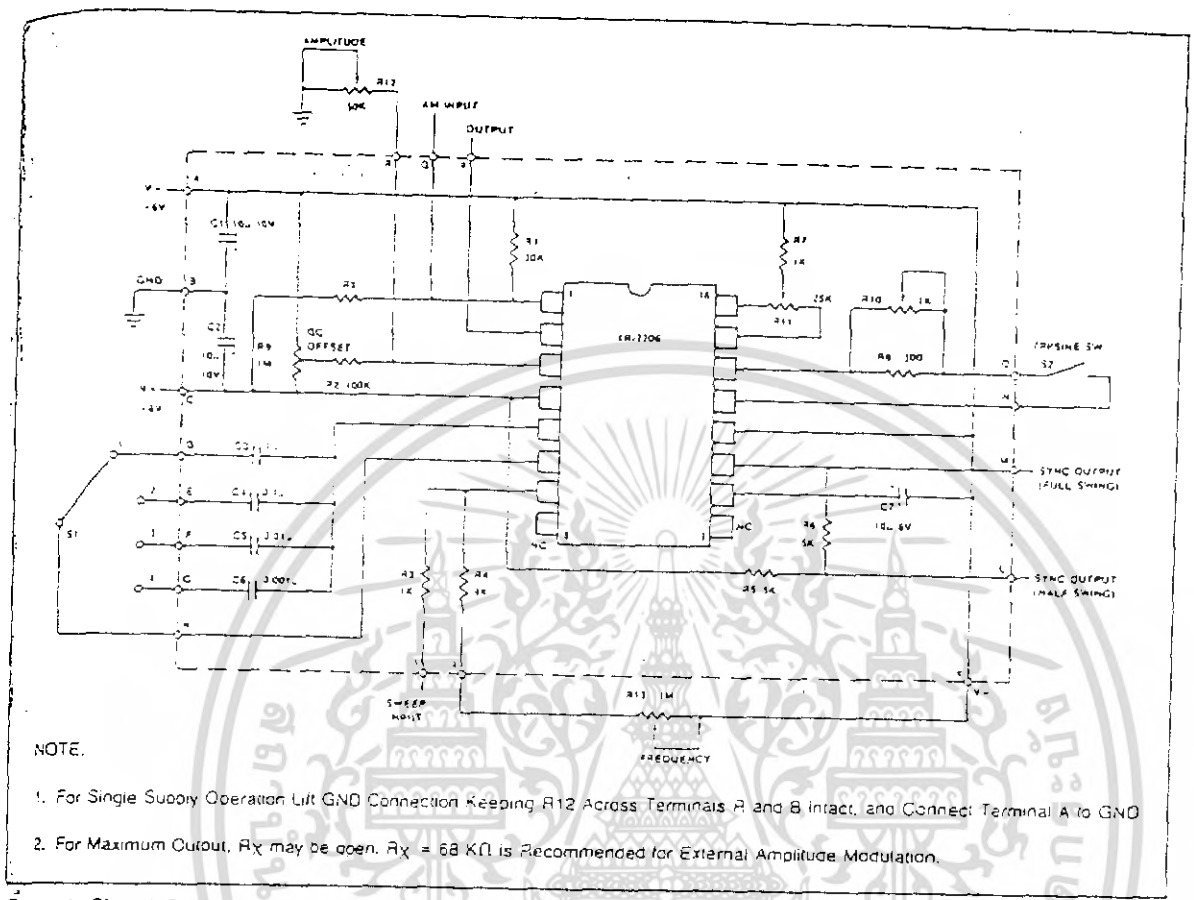
(d) Sine and Triangle Output: The sine and triangle output amplitudes are variable from 0 V to 6 V_{PP}. The amplitude is set by an external potentiometer, R_{12} of Figure 1. At any given amplitude setting, the triangle output amplitude is approximately twice as high as the sinewave output. The internal impedance of the output is 600 Ω.

(e) Sinewave Distortion: The total harmonic distortion of sinewave is less than 1 % from 10 Hz to 10 kHz and less than 3 % over the entire frequency range. The selection of a waveform is made by the triangle/sine select switch, S_2.

(f) Sync Output: The sync output provides a 50 % duty cycle pulse output with either full swing or upper half swing of the supply voltage depending on the choice of sync output terminals on the printed circuit board (see Figure 1).

EXAR INTEGRATED SYSTEMS, INC.
750 Palomar Avenue, Sunnyvale, CA 94088 (408) 732-7570 TWX 910-339-9233

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



NOTE:

1. For Single Supply Operation Lift GND Connection Keeping R12 Across Terminals A and B Intact, and Connect Terminal A to GND

2. For Maximum Output, Rx may be open. Rx = 68 KΩ is Recommended for External Amplitude Modulation.

Figure 1. Circuit Connection Diagram for Function Generator. (See Note 1 for Single Supply Operation.)

(g) Frequency Modulation (External Sweep): Frequency can be modulated or swept by applying an external control voltage to sweep terminal (Terminal I of Figure 1). When not used, this terminal should be left open-circuited. The open circuit voltage at this terminal is approximately 3 V above the negative supply voltage and its impedance is approximately 1000 ohms.

(h) Amplitude Modulation: The output amplitude varies linearly with modulation voltage applied to am input (terminal O of Figure 1). The output amplitude reaches its minimum as the am control voltage approaches the half of the total power supply voltage. The phase of the output signal reverses as the amplitude goes through its minimum value. The total dynamic range is approximately 55 dB, with am control voltage range of 4 V referenced to the half of the total supply voltage. When not used, am terminal should be left open-circuited.

Power Source: Split supplies: ±6 V, or single supply: +12 V. Supply Current 15 mA (see Figure 3).

EXPLANATION OF CIRCUIT CONTROLS:

Switches

Range Select Switch, S1: Selects the frequency range of operation for the function generator. The frequency is inversely proportional to the timing capacitor connected across Pins 5 and 6 of the XR-2206 circuit. Nominal capacitance values and frequency ranges corresponding to switch positions of S1 are as follows:

Position	Nominal Range	Timing Capacitance
1	1 Hz to 100 Hz	1 μF
2	10 Hz to 1 kHz	0.1 μF
3	100 Hz to 10 kHz	0.01 μF
4	1 Hz to 100 kHz	0.001 μF

If additional frequency ranges are needed, they can be added by introducing additional switch positions.

Triangle/Sine Waveform Switch, S2: Selects the triangle or sine output waveform.

Trimmers and Potentiometers

Dc Offset Adjustment, R9: The potentiometer used for adjusting the dc offset level of the triangle or sine output waveform.

Sinewave Distortion Adjustment, R10: Adjusted to minimize the harmonic content of sinewave output.

Sinewave Symmetry Adjustment, R11: Adjusted to optimize the symmetry of the sinewave output.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Amplitude Control, R12: Sets the amplitude of the triangle or sinewave output.

Frequency Adjust, R13: Sets the oscillator frequency for any range setting of S1. Thus, R13 serves as a frequency dial on a conventional waveform generator and varies the frequency of the oscillator over an approximate 100 to 1 range.

Terminals

A. Negative Supply −6 V
B. Ground
C. Positive Supply +6 V
D. Range 1, timing capacitor terminal
E. Range 2, timing capacitor terminal
F. Range 3, timing capacitor terminal
G. Range 4, timing capacitor terminal
H. Timing capacitor common terminal
I. Sweep input
J. Frequency adjust potentiometer terminal
K. Frequency adjust potentiometer negative supply terminal
L. Sync output (1/2 swing)
M. Sync output (full swing)
N. Triangle/sine waveform switch terminals
O. Triangle/sine, waveform switch terminals
P. Triangle or sinewave output
Q. AM input
R. Amplitude control terminal

PARTS LIST

The following is a list of external circuit components necessary to provide the circuit interconnections shown in Figure 1.

Capacitors:

C1, C2, C7	Electrolytic, 10 μF, 10 V
C3	Mylar, 1 μF, nonpolar, 10 %
C4	Mylar, 0.1 μF, 10 %
C5	Mylar, 0.01 μF, 10 %
C6	Mylar, 1000 pF, 10 %

Resistors:

R1	30 KΩ, 1/4 W, 10 %
R2	100 KΩ, 1/4 W, 10 %
R3, R7	1 KΩ, 1/4 W, 10 %
R4	9 KΩ, 1/4 W, 10 %
R5, R6	5 KΩ, 1/4 W, 10 %
R8	300 Ω, 1/4 W, 10 %
RX	62 KΩ, 1/4 W, 10 % (RX can be eliminated for maximum output)

Potentiometers:

R9	Trim, 1 MΩ, 1/4 W
R10	Trim, 1 KΩ, 1/4 W
R11	Trim, 25 KΩ, 1/4 W

The following additional items are recommended to convert the circuit of Figure 1 to a complete laboratory instrument:

Potentiometers:

R12	Amplitude control, linear, 50 KΩ
R13	Frequency control, audio taper, 1 MΩ

Switches:

S1	Rotary switch, 1-pole, 4 positions
S2	Toggle or slide, SPST

Case:

7" × 4" × 4" (approx.) Metal or Plastic
(See Figures 4(a) and 4(b).)

Power Supply:

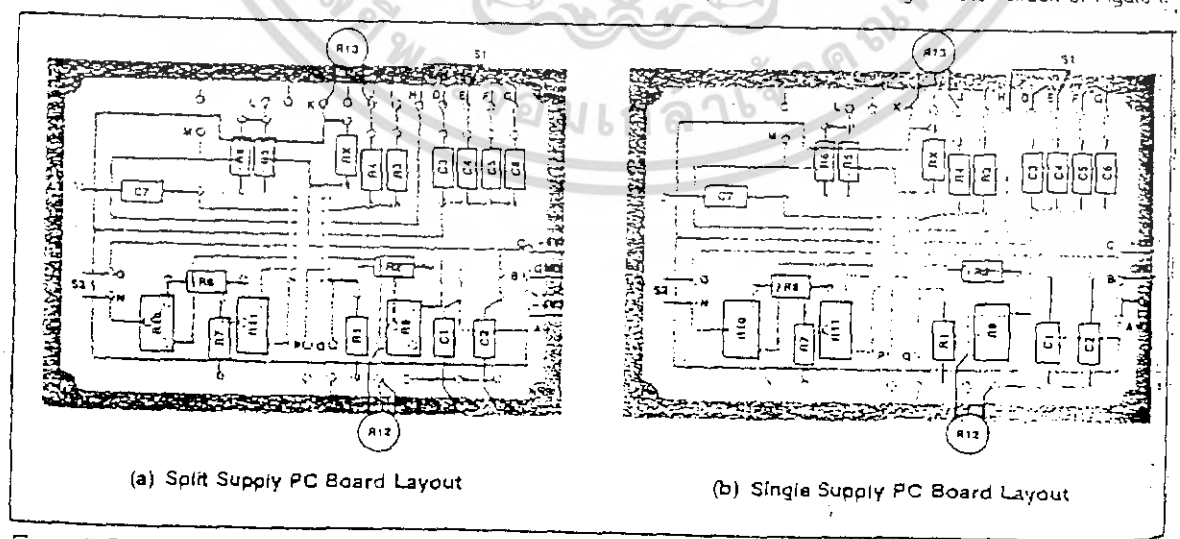
Dual supplies ±6 V or single +12 V
Batteries or power supply unit
(See Figures 3(a) and 3(b).)

Miscellaneous:

Knobs, solder, wires, terminals, etc.

BOARD LAYOUT

Figures 2(a) and 2(b) show the recommended printed-circuit board layout for the function generator circuit of Figure 1.



(a) Split Supply PC Board Layout

(b) Single Supply PC Board Layout

Figure 2. Recommended PC Board Layout for Function Generator Circuit of Figure 1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FSK Demodulator / Tone Decoder

GENERAL DESCRIPTION

The XR-2211 is a monolithic phase-locked loop (PLL) system especially designed for data communications. It is particularly well suited for FSK modem applications. It operates over a wide supply voltage range of 4.5 to 20 V and a wide frequency range of 0.01 Hz to 300 kHz. It can accommodate analog signals between 2 mV and 3 V, and can interface with conventional DTL, TTL, and ECL logic families. The circuit consists of a basic PLL for tracking an input signal within the pass band, a quadrature phase detector which provides carrier detection, and an FSK voltage comparator which provides FSK demodulation. External components are used to independently set center frequency, bandwidth, and output delay. An internal voltage reference proportional to the power supply provides ratio metric operation for low system performance variations with power supply changes.

The XR-2211 is available in 14 pin DTL ceramic or plastic packages specified for commercial or military temperature ranges.

FEATURES

Wide Frequency Range	0.01 Hz to 300 kHz
Wide Supply Voltage Range	4.5 V to 20 V
DTL/TTL/ECL Logic Compatibility	
FSK Demodulation, with Carrier Detection	
Wide Dynamic Range	2 mV to 3 V rms
Adjustable Tracking Range (±1% to ±80%)	
Excellent Temp. Stability	20 ppm/°C, typ.

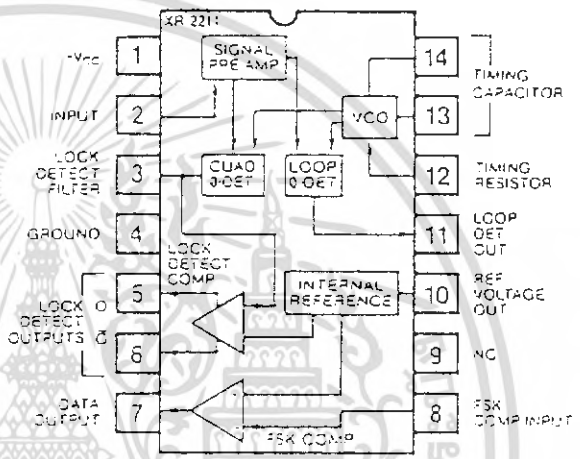
APPLICATIONS

FSK Demodulation
Data Synchronization
Tone Decoding
FM Detection
Carrier Detection

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Power Supply	20 V
Input Signal Level	3 V rms
Power Dissipation	
Ceramic Package	750 mW
Derate above T_A = +25°C	6 mW/°C
Plastic Package	625 mW
Derate above T_A = +25°C	5.0 mW/°C

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



ORDERING INFORMATION

Part Number	Package	Operating Temperature
XR-2211M	Ceramic	-55°C to +125°C
XR-2211CN	Ceramic	0°C to +75°C
XR-2211CP	Plastic	0°C to +75°C
XR-2211N	Ceramic	-40°C to +85°C
XR-2211P	Plastic	-40°C to +85°C

SYSTEM DESCRIPTION

The main PLL within the XR-2211 is constructed from an input preamplifier, analog multiplier used as a phase detector, and a precision voltage controlled oscillator (VCO). The preamplifier is used as a limiter such that input signals above typically 2MV RMS are amplified to a constant high level signal. The multiplying-type phase detector acts as a digital exclusive or gate. Its output (unfiltered) produces sum and difference frequencies of the input and the VCO output, f input + f input (2 f input) and f input - f input (0 Hz) when the phase detector output to remove the "sum" frequency component while passing the difference (DC) component to drive the VCO. The VCO is actually a current controlled oscillator with its nominal input current (I_0) set by a resistor (R_0) to ground and its driving current with a resistor (R_1) from the phase detector.

The other sections of the XR-2211 act to: determine if the VCO is driven above or below the center frequency (FSK comparator); produced both active high and active low outputs to indicate when the main PLL is in lock (quadrature phase detector and lock detector comparator).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

XR-2211

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test Conditions: Test Circuit of Figure 1, $V^+ = V^- = 6V$, $T_A = +25^\circ C$, $C = 5000$ pF, $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 20\ K\Omega$, $R_L = 4.7\ K\Omega$, Binary Inputs grounded, S_1 and S_2 closed unless otherwise specified.

PARAMETERS	XR-2211/2211M			XR-2211C			UNITS	CONDITIONS
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.		
GENERAL								
Supply Voltage	4.5		20	4.5		20	V	
Supply Current		4	7		5	9	mA	$R_0 \geq 10\ K\Omega$ See Fig. 4
OSCILLATOR SECTION								
Frequency Accuracy		±1	±2		±1		%	Deviation from fO (R_1 = ...
Frequency Stability								R_1 = ...
Temperature		±20	±50		±20		ppm/°C	See Fig. 8.
Power Supply		0.05	0.5		0.05		%/V	V^+ = 12 ± 1 V. See Fig. 7
		0.2			0.2		%/V	V^+ = 5 ±0.5 V. See Fig. 7
Upper Frequency Limit	100	300			300		kHz	R_0 = 3.2 KΩ, C_0 = 470 pF
Lowest Practical Operating Frequency			0.01		0.01		Hz	R_0 = 2 MΩ, C_0 = 1 µF
Timing Resistor R_0								See Fig. 5
Operating Range	5		2000	5		2000	kΩ	
Recommended Range	15		100	15		100	kΩ	See Fig. 7 and 8.
LOOP PHASE DETECTOR SECTION								
Peak Output Current	±150	±200	±300	±100	±200	±300	µA	Measured at Pin 11
Output Offset Current		±1			±2		µA	
Output Impedance		1			1		MΩ	
Maximum Swing	±4	±5		±4	±5		V	Referenced to Pin 12
QUADRATURE PHASE DETECTOR								Measured at Pin 3.
Peak Output Current	100	150			150		µA	
Output Impedance		1			1		MΩ	
Maximum Swing		11			11		V pp	
INPUT PREAMP SECTION								Measured at Pin 2.
Input Impedance		20			20		kΩ	
Input Signal Voltage Required to Cause Limiting		2	10		2		mV rms	
VOLTAGE COMPARATOR SECTIONS								
Input Impedance		2			2		MΩ	Measured at Pins 3 and 8.
Input Bias Current		100			100		nA	
Voltage Gain	55	70		55	70		dB	R_L = 5.1 KΩ
Output Voltage Low		300			300		mV	I_C = 3 mA
Output Leakage Current		0.01			0.01		µA	V_O = 12 V
INTERNAL REFERENCE								
Voltage Level	4.9	5.3	5.7	4.75	5.3	5.85	V	Measured at Pin 10.
Output Impedance		100			100		Ω	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

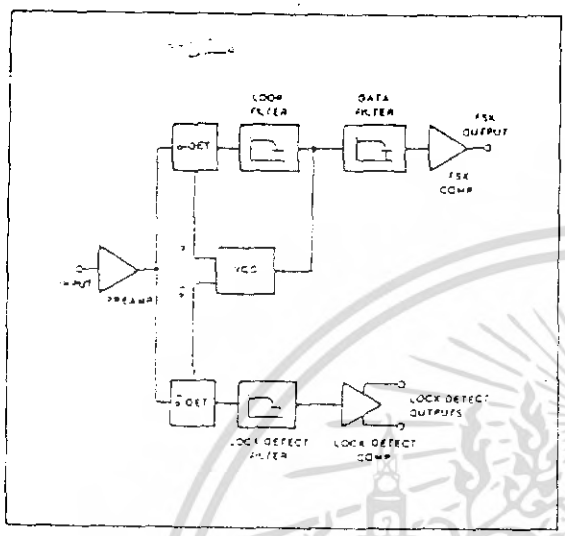


Figure 1: Functional Block Diagram of a Tone and FSK Decoding System Using XR-2211

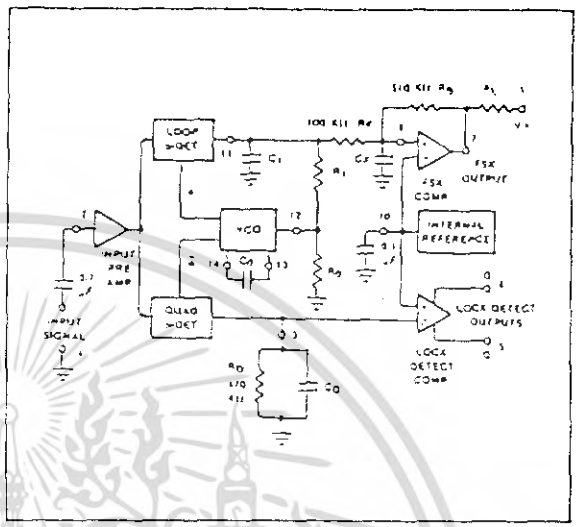


Figure 2: Generalized Circuit Connection for FSK and Tone Detection

Reference Voltage, V_R (Pin 10). This pin is internally biased at the reference voltage level V_R. $V_R = V+/2 - 650$ mV. The dc voltage level at this pin forms an internal reference for the voltage levels at Pins 5, 6, 11 and 12. Pin 10 *must* be bypassed to ground with a 0.1 µF capacitor for proper operation of the circuit.

Loop Phase Detector Output (Pin 11). This terminal provides a high impedance output for the loop phase detector. The PLL loop filter is formed by R_1 and C_1 connected to Pin 11 (see Figure 2). With no input signal, or with no phase error within the PLL, the dc level at Pin 11 is very nearly equal to V_R. The peak voltage swing available at the phase detector output is equal to $\pm V_S$.

VCO Control Input (Pin 12). VCO free-running frequency is determined by external timing resistor, R_0, connected from this terminal to ground. The VCO free-running frequency, f_0, is

$$f_0 = \frac{1}{R_0 C_0} \text{ Hz}$$

where C_0 is the timing capacitor across Pins 13 and 14. For optimum temperature stability, R_0 must be in the range of 10 KΩ to 100 KΩ (see Figure 8).

This terminal is a low impedance point, and is internally biased at a dc level equal to V_R. The maximum timing current drawn from Pin 12 must be limited to ≤3 mA for proper operation of the circuit.

VCO Timing Capacitor (Pins 13 and 14). VCO frequency is inversely proportional to the external timing capacitor, C_0, connected across these terminals (see Figure 8). C_0 must be nonpolar, and in the range of 200 pF to 10 µF.

VCO Frequency Adjustment: VCO can be fine-tuned by connecting a potentiometer, R_X, in series with R_0 at Pin 12 (see Figure 9).

VCO Free-Running Frequency, f_0: XR-2211 does not have a separate VCO output terminal. Instead, the VCO outputs are internally connected to the phase detector sections of the circuit. However, for set-up or adjustment purposes, VCO free-running frequency can be measured at Pin 3 (with C_0 disconnected), with no input and with Pin 2 shorted to Pin 10.

DESIGN EQUATIONS

(See Figure 2 for definition of components.)

1. VCO Center Frequency, f_0.

   $f_0 = 1/R_0C_0$ Hz

2. Internal Reference Voltage, V_R (measured at Pin 10):

   $V_R = V+/2 - 650$ mV

3. Loop Low-Pass Filter Time Constant, τ:

   $\tau = R_1C_1$

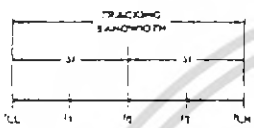
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Loop Damping, ζ.

$$\zeta = 1/4\sqrt{\frac{C_0}{C_1}}$$

5. Loop Tracking Bandwidth, $\pm\Delta f/f_0$.

$\Delta f/f_0 = R_0/R_1$



6. FSK Data Filter Time Constant, τF

$\tau F = R_F C_F$

7. Loop Phase Detector Conversion Gain, $K\phi$. ($K\phi$ is the differential dc voltage across Pins 10 and 11, per unit of phase error at phase detector input)

$K\phi = -2V_R/\pi$ volts/radian

8. VCO Conversion Gain, K_0. (K_0 is the amount of change in VCO frequency, per unit of dc voltage change at Pin 11):

$K_0 = -1/V_R C_0 R_1$ Hz/volt

9. Total Loop Gain, K_T.

$K_T = 2\pi K\phi K_0 = 4/C_0 R_1$ rad/sec/volt

10. Peak Phase Detector Current I_A.

$I_A = V_R$ (volts)/25 mA

APPLICATIONS INFORMATION

FSK DECODING:

Figure 9 shows the basic circuit connection for FSK decoding. With reference to Figures 2 and 9, the functions of external components are defined as follows: R_0 and C_0 set the PLL center frequency, R_1 sets the system bandwidth, and C_1 sets the loop filter time constant and the loop damping factor. C_F and R_F form a one-pole post-detection filter for the FSK data output. The resistor R_S (= 510 KΩ) from Pin 7 to Pin 8 introduces positive feedback across the FSK comparator to facilitate rapid transition between output logic states.

Recommended component values for some of the most commonly used FSK bands are given in Table 1.

Design Instructions:

The circuit of Figure 9 can be tailored for any FSK decoding application by the choice of five key circuit components: R_0, R_1, C_0, C_1 and C_F. For a given set of FSK mark and space frequencies, f_1 and f_2, these parameters can be calculated as follows:

a) Calculate PLL center frequency, f_0.

$$f_0 = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

b) Choose value of timing resistor R_0, to be in the range of 10 KΩ to 100 KΩ. This choice is arbitrary. The recommended value is R_0 = 20 KΩ. The final value of R_0 is normally fine-tuned with the series potentiometer R_X.

c) Calculate value of C_0 from design equation (1) or from Figure 6.

$C_0 = 1/R_0 f_0$

d) Calculate R_1 to give a Δf equal to the mark space deviation

$R_1 = R_0 f_0/(f_1 - f_2)$

e) Calculate C_1 to set loop damping. (See design equation no. 4.)

Normally, $\zeta = 1/2$ is recommended.

Then, $C_1 = C_0/4$ for $\zeta = 1/2$

f) Calculate Data Filter Capacitance, C_F.

For R_F = 100 KΩ, R_S = 510 KΩ, the recommended value of C_F is:

$C_F \approx 3/(\text{Baud Rate}) \mu F$

Note: All calculated component values except R_0 can be rounded to the nearest standard value, and R_0 can be varied to fine-tune center frequency, through a series potentiometer, R_X. (See Figure 9.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

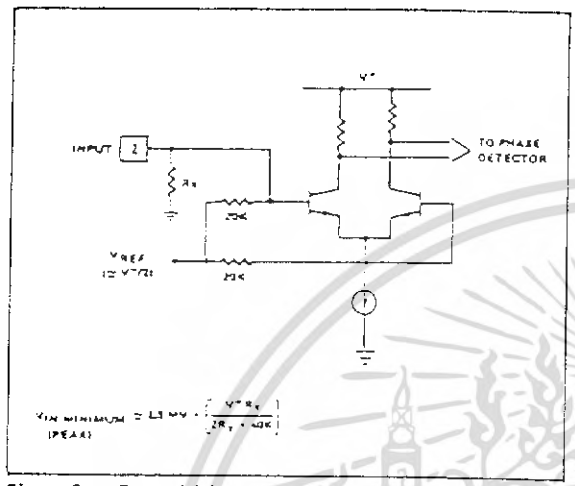


Figure 3: Desensitizing Input Stage

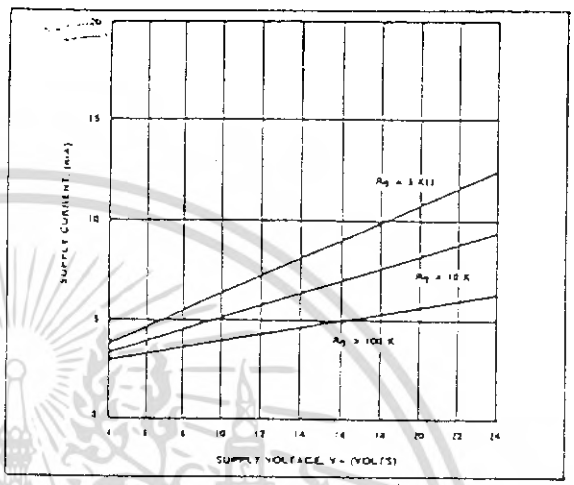


Figure 4: Typical Supply Current vs V^+ (Logic Outputs Open Circuited).

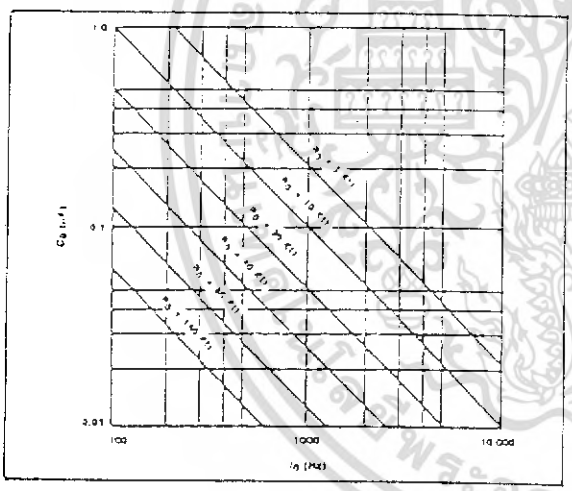


Figure 5: VCO Frequency vs Timing Resistor

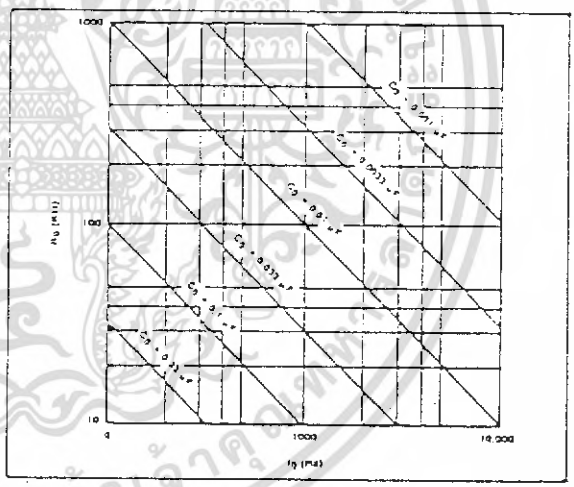


Figure 6: VCO Frequency vs Timing Capacitor

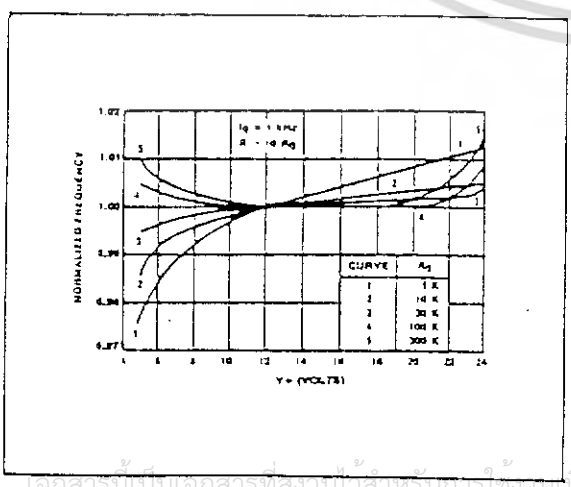


Figure 7: Typical f_0 vs Power Supply Characteristics

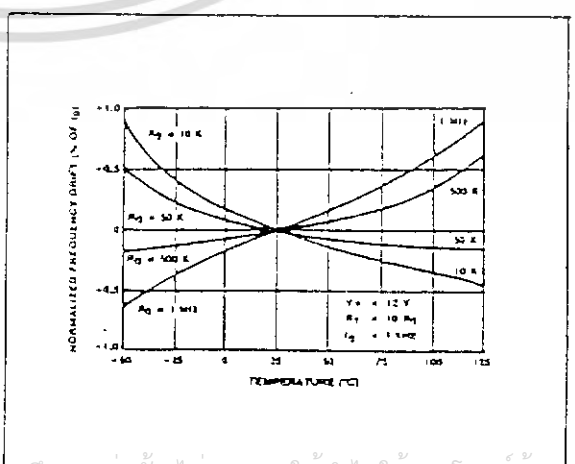


Figure 8: Typical Center Frequency Drift vs Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

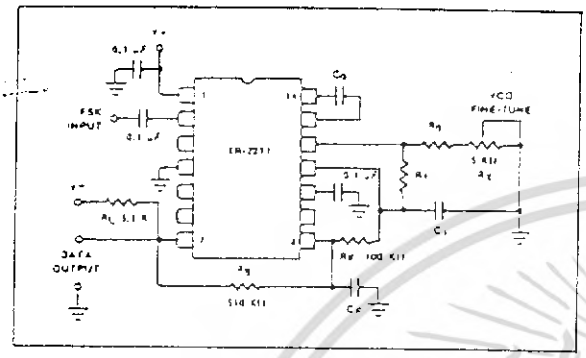


Figure 9: Circuit Connection for FSK Decoding

Design Example:

75 Baud FSK demodulator with mark space frequencies of 1110/1170 Hz

Step 1 Calculate f_0. f_0 = (1110 + 1170)(1/2) = 1140 Hz

Step 2 Choose R_0 = 20 KΩ (18 KΩ fixed resistor in series with 5 KΩ potentiometer)

Step 3 Calculate C_0 from Figure 8. C_0 = 0.044 μF

Step 4 Calculate R_1. R_1 = R_0 (2240/60) = 380 KΩ

Step 5 Calculate C_1. C_1 = C_0/4 = 0.011 μF

Note: All values except R_0 can be rounded to nearest standard value.

Table 1. Recommended Component Values for Commonly Used FSK Bands. (See Circuit of Figure 9.)

FSK BAND	COMPONENT VALUES	
300 Baud f_1 = 1070 Hz f_2 = 1270 Hz	C_0 = 0.039 μF C_1 = 0.01 μF R_1 = 100 KΩ	C_F = 0.005 μF R_0 = 18 KΩ
300 Baud f_1 = 2025 Hz f_2 = 2225 Hz	C_0 = 0.022 μF C_1 = 0.0047 μF R_1 = 200 KΩ	C_F = 0.005 μF R_0 = 18 KΩ
1200 Baud f_1 = 1200 Hz f_2 = 2200 Hz	C_0 = 0.027 μF C_1 = 0.01 μF R_1 = 30 KΩ	C_F = 0.0022 μF R_0 = 18 KΩ

FSK DECODING WITH CARRIER DETECT:

The lock detect section of XR-2211 can be used as a carrier detect option, for FSK decoding. The recommended circuit connection for this application is shown in Figure 10. The open collector lock detect output, Pin 6, is shorted to data output (Pin 7). Thus, data output will be disabled at "low" state, until there is a carrier within the detection band of the PPL, and the Pin 6 output goes "high," to enable the data output.

The minimum value of the lock detect filter capacitance C_D is inversely proportional to the capture range, $\pm\Delta f_c$. This is the range of incoming frequencies over which the loop can acquire lock and is always less than the tracking range. It is further limited by C_1. For most applications, $\Delta f_c > \Delta f/2$. For R_D = 470 KΩ, the approximate minimum value of C_D can be determined by:

C_D (μF) ≥ 16/capture range in Hz.

With values of C_D that are too small, chatter can be observed on the lock detect output as an incoming signal frequency approaches the capture bandwidth. Excessively large values of C_D will slow the response time of the lock detect output.

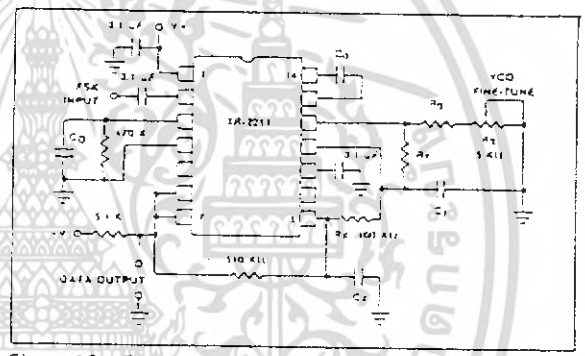


Figure 10: External Connections for FSK Demodulation with Carrier Detect Capability

Note: Data Output is "Low" When No Carrier is Present.

TONE DETECTION:

Figure 11 shows the generalized circuit connection for tone detection. The logic outputs, Q and $\bar{Q}$ at Pins 5 and 6 are normally at "high" and "low" logic states, respectively. When a tone is present within the detection band of the PLL, the logic state at these outputs become reversed for the duration of the input tone. Each logic output can sink 5 mA of load current.

Both logic outputs at Pins 5 and 6 are open collector type stages, and require external pull-up resistors R_{L1} and R_{L2}, as shown in Figure 11.

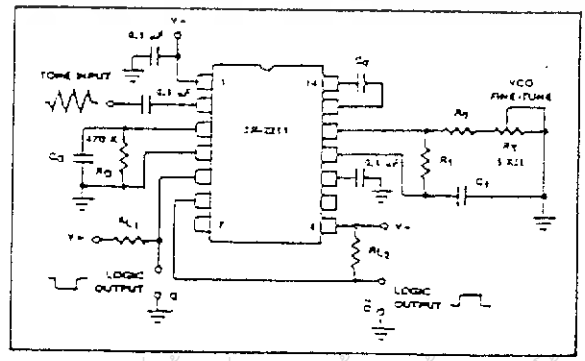


Figure 11: Circuit Connection for Tone Detection.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

With reference to Figures 2 and 11, the functions of the external circuit components can be explained as follows: R_0 and C_0 set VCO center frequency; R_1 sets the detection bandwidth; C_1 sets the low pass-loop filter time constant and the loop damping factor. R_{L1} and R_{L2} are the respective pull-up resistors for the Q and $\bar{Q}$ logic outputs.

Design Instructions:

The circuit of Figure 11 can be optimized for any tone detection application by the choice of the 5 key circuit components: R_0, R_1, C_0, C_1 and C_D. For a given input, the tone frequency, f_S, these parameters are calculated as follows:

a) Choose R_0 to be in the range of 15 KΩ to 100 KΩ. This choice is arbitrary.

b) Calculate C_0 to set center frequency, f_0 equal to f_S (see Figure 6). $C_0 = 1/R_0 f_S$

c) Calculate R_1 to set bandwidth $\pm\Delta f$ (see design equation no. 3).

$$R_1 = R_0(f_0/\Delta f)$$

Note: The total detection bandwidth covers the frequency range of $f_0 \pm \Delta f$.

d) Calculate value of C_1 for a given loop damping factor:

$$C_1 = C_0/16\zeta^2$$

Normally $\zeta \approx 1/2$ is optimum for most tone detector applications, giving $C_1 = 0.25\ C_0$.

Increasing C_1 improves the out-of-band signal rejection, but increases the PLL capture time.

e) Calculate value of filter capacitor C_D. To avoid chatter at the logic output, with R_D = 470 KΩ, C_D must be:

$$C_D(\mu F) \geq (16/\text{capture range in Hz})$$

Increasing C_D slows down the logic output response time.

Design Examples:

Tone detector with a detection band of 1 kHz ± 20 Hz:

a) Choose R_0 = 20 KΩ (18 KΩ in series with 5 KΩ potentiometer).

b) Choose C_0 for f_0 = 1 kHz (from Figure 6). C_0 = 0.05 μF.

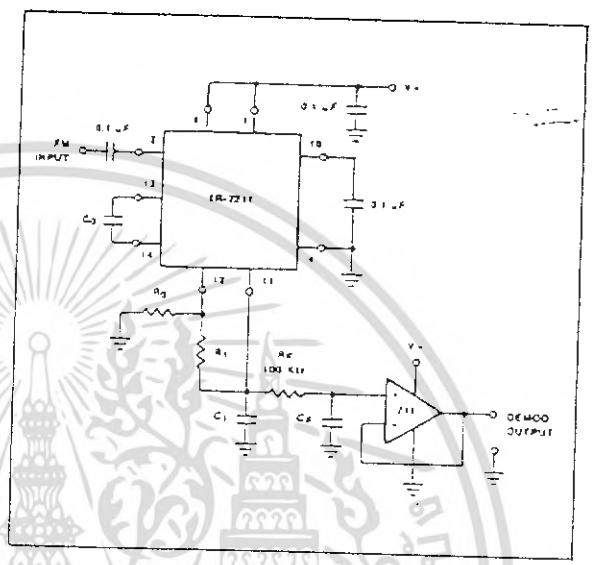


Figure 12: Linear FM Detector Using XR-2211 and an External Op Amp. (See section on Design Equation for Component Values.)

c) Calculate R_1. $R_1 = (R_0)$ (1000/20) = 1 MΩ.

d) Calculate C_1 for ζ = 1/2. C_1 = 0.25. C_0 = 0.013 μF.

e) Calculate C_D. C_D = 16/38 = 0.42 μF.

f) Fine-tune center frequency with 5 KΩ potentiometer, R_X.

LINEAR FM DETECTION:

XR-2211 can be used as a linear FM detector for a wide range of analog communications and telemetry applications. The recommended circuit connection for this application is shown in Figure 12. The demodulated output is taken from the loop phase detector output (Pin 11), through a post-detection filter made up of R_F and C_F, and an external buffer amplifier. This buffer amplifier is necessary because of the high impedance output at Pin 11. Normally, a non-inverting unity gain op amp can be used as a buffer amplifier, as shown in Figure 12.

The FM detector gain, i.e., the output voltage change per unit of FM deviation can be given as:

$$V_{out} = R_1\ V_R/100\ R_0 \text{ Volts/\%deviation}$$

where V_R is the internal reference voltage ($V_R = V+/2 - 650$ mV). For the choice of external components R_1, R_0, C_0, C_1 and C_F, see section on design equations.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRINCIPLES OF OPERATION

Signal Input (Pin 2): Signal is ac coupled to this terminal. The internal impedance at Pin 2 is 20 KΩ. Recommended input signal level is in the range of 10 mV rms to 3 V rms.

Quadrature Phase Detector Output (Pin 3): This is the high impedance output of quadrature phase detector and is internally connected to the input of lock detect voltage comparator. In tone detection applications, Pin 3 is connected to ground through a parallel combination of R_D and C_D (see Figure 2) to eliminate the chatter at lock detect outputs. If the tone detect section is not used, Pin 3 can be left open circuited.

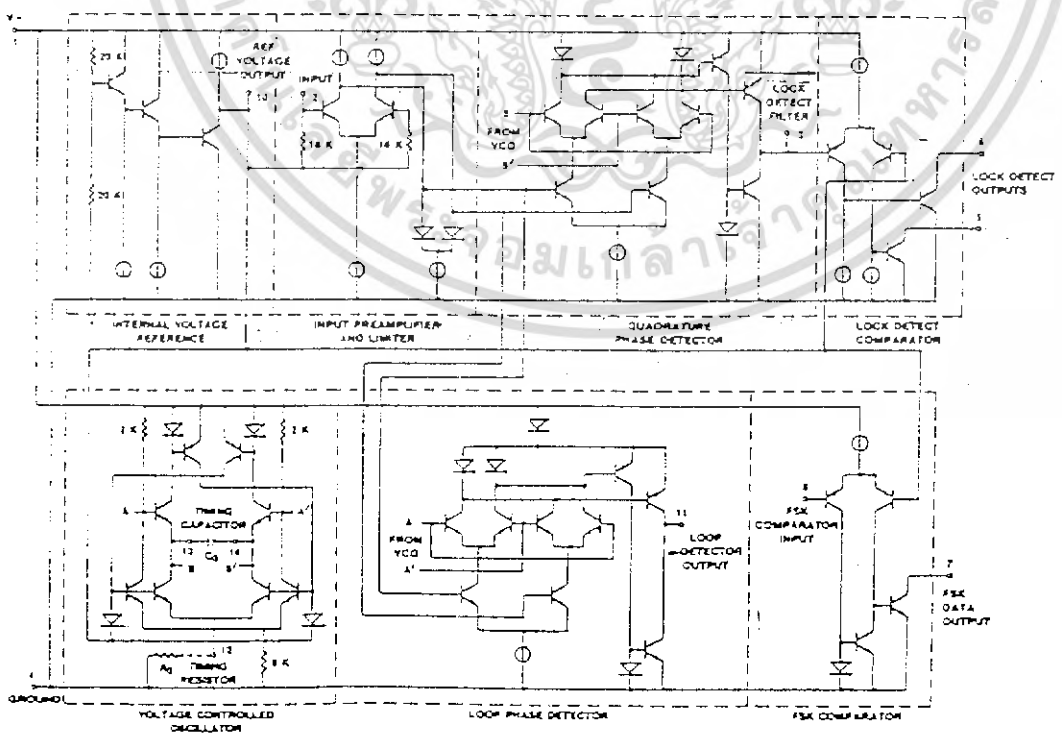
Lock Detect Output, Q (Pin 5): The output at Pin 5 is at "high" state when the PLL is out of lock and goes to "low" or conducting state when the PLL is locked. It is an open collector type output and requires a pull-up resistor, R_L, to V+ for proper operation. At "low" state, it can sink up to 5 mA of load current.

Lock Detect Complement, $\overline{Q}$ (Pin 6): The output at Pin 6 is the logic complement of the lock detect output at Pin 5. This output is also an open collector type stage which can sink 5 mA of load current at low or "on" state.

FSK Data Output (Pin 7): This output is an open collector logic stage which requires a pull-up resistor, R_L, to V+ for proper operation. It can sink 5 mA of load current. When decoding FSK signals, FSK data output is at "high" or "off" state for low input frequency, and at "low" or "on" state for high input frequency. If no input signal is present, the logic state at Pin 7 is indeterminate.

FSK Comparitor Input (Pin 8): This is the high impedance input to the FSK voltage comparator. Normally, an FSK post-detection or data filter is connected between this terminal and the PLL phase detector output (Pin 11). This data filter is formed by R_F and C_F of Figure 2. The threshold voltage of the comparator is set by the internal reference voltage, V_R, available at Pin 10.

EQUIVALENT SCHEMATIC DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้