สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟบ้านแบบโปรแกรมได้

POWER LINE – PROGRAMMABLE CONTROLLED APPLIANCES

T104354

โดย

นายกฤษฎา มุขมณี

นายกานต์ดนัย แสนเสนาะพันธ์

นายกิตติคุณ ฉัตรตระกูล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....104354
วัน,เดือน,ปี.....- 2 พ.ย. 2552

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

ภาควิชา
วิศวกรรมโทรคมนาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟบ้านแบบโปรแกรมได้

POWER LINE – PROGRAMMABLE CONTROLLED APPLIANCES

โดย

นายกฤษฎา	มุขมณี	รหัส 48010025
นายกานต์ดนัย	แสนเสนาะพันธ์	รหัส 48010042
นายกิตติคุณ	ฉัตรตระกูล	รหัส 48010048

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. พิพัฒน์ พรหมมี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2551

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **เครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟบ้านแบบโปรแกรมได้**

POWER LINE – PROGRAMMABLE CONTROLLED APPLIANCES

ผู้จัดทำ

1.นายกฤษฎา	**มุขมณี**	**48010025**
2.นายกานต์ดนัย	**แสนเสนาะพันธ์**	**48010042**
3.นายกิตติคุณ	**ฉัตรตระกูล**	**48010048**

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. พิพัฒน์ พรหมมี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟบ้านแบบโปรแกรมได้

POWER LINE – PROGRAMMABLE CONTROLLED APPLIANCES

โดย นายกฤษฎา มุขมณี 48010025

นายกานต์ดนัย แสนเสนาะพันธ์ 48010042

นายกิตติคุณ ฉัตรตระกูล 48010048

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการนำเสนอเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟบ้านแบบโปรแกรมได้ เพื่อประโยชน์ในการดูแลและควบคุมจากจุดเดียวกัน ซึ่งสามารถตั้งเวลาเปิด-ปิด และแสดงสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าจากคอมพิวเตอร์ได้ โดยการทำงานจะส่งสัญญาณผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 ไปยังอุปกรณ์ภาคส่ง และทำการส่งสัญญาณควบคุมผ่านสายไฟบ้านไปยังอุปกรณ์ภาครับ ซึ่งจะทำการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าตามคำสั่งที่ได้รับเข้ามาโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

ABSTRACT

This project presents Power line – programmable controlled appliances. Programmable and controlled function are interworked with a computer and a microcontroller. Computer is programmed to on – off timer, send commands and display status of the electricals. The system can be worked by sending / receiving of controller signal through the power – line from the sender to the receiver based on a microcontroller.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	
1.1วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	2
1.3 ขั้นตอนการทำงาน	2
1.4 บล็อกไดอะแกรมของปริญญานิพนธ์	3
1.5 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องส่ง	4
1.6 โฟลว์ชาร์ตของ interrupt ที่รับข้อมูลจากโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	6
1.7 โฟลว์ชาร์ตของ interrupt ที่รับข้อมูลจากเครื่องรับ	7
1.8 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องรับ	8
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 การสื่อสารแบบอนุกรมมาตรฐาน RS-232	9
2.1.1 อัตราการส่งข้อมูล (Baud rate)	10
2.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์ด้วยสาย DB-9	11
2.2.1 การทำงานของขาสัญญาณ DB9	13
2.3 รูปแบบการสื่อสารแบบอนุกรม	13
2.3.1 การสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous)	13
2.3.2 การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)	13
2.4 การส่งผ่านข้อมูลแอนะลอกและดิจิตอล	14
2.4.1 ข้อมูล(Data)	14
2.4.2 สัญญาณ (Signal)	15
2.4.3 การส่งผ่าน (Transmission)	15
2.5 การมอดูเลตแบบ FSK	16
2.5.1 ตัวกำเนิดสัญญาณ FSK (FSK Generator)	16
2.5.2 FSK Bandwidth	16
2.6 การดีมอดูเลตแบบ FSK	17
2.7 สัญญาณรบกวน (Noise)	17
2.7.1 สัญญาณรบกวนเนื่องจากคลื่นความร้อน	17
2.7.2 สัญญาณรบกวนแบบอินเตอร์มอดูเลชั่น	17
2.7.3 สัญญาณรบกวนแบบครอสทอล์ก(Cross talk)	18
2.7.4 สัญญาณรบกวนแบบอิมพัลส์	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.8 ไอซี MAX-232	18
2.9 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C2051	20
2.9.1 คุณสมบัติพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C2051	20
2.9.2 หน้าที่แต่ละขาของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89CX051	20
2.10 ไอซี FSK Generator (XR-2206)	22
2.10.1 การประยุกต์ใช้ไอซี XR-2206	22
2.10.2 คุณสมบัติของไอซี XR-2206	23
2.10.3 โครงสร้างภายในของไอซี XR-2206	23
2.10.4 ฟังก์ชั่นการประยุกต์ใช้งาน	24
2.11 ไอซี FSK Demodulator/Tone Decoder (XR-2211)	25
2.11.1 การประยุกต์ใช้ไอซี XR-2211	25
2.11.2 คุณสมบัติของไอซี XR-2211	25
2.11.3 โครงสร้างภายในของ XR-2211	26
2.11.4 ฟังก์ชั่นการประยุกต์ใช้งาน	27
2.12 ไอซี IF Amplifier (MC-1350P)	27
2.14 โปรแกรมเดลไฟล์ (Delphi)	28
2.14.1 หน้าจอของเดลไฟล์ แบ่งออกเป็น 4 ส่วนใหญ่ๆคือ	28
2.14.2 หน้าต่างหลัก ประกอบด้วย	29
2.14.3 หน้าต่างฟอร์ม	30
2.14.4 หน้าต่างยูนิต	30
2.14.5 หน้าต่างออบเจกต์อินสเปคเตอร์	31
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	32
3.1 บล็อกไดอะแกรมของวงจรที่ใช้ทั้งหมด	32
3.2 การทำงานของ FSK Generator	33
3.2.1 การออกแบบวงจร	34
3.3 การทำงานของ FSK Demodulator	35
3.3.1 การออกแบบวงจร	36
3.4 การพันขดลวด	39
3.5 วงจรเครื่องส่ง	40
3.6 วงจรเครื่องรับ	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.7 วงจรส่วนรีโมทควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	42
3.8 วงจรส่วนRelay ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	42
3.9 วงจรส่วนของแหล่งจ่ายไฟ	43
3.10 วงจรตรวจสอบสถานะของโทรทัศน์	43
3.11 การออกแบบซอฟต์แวร์	43
3.11.1 การออกแบบโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	44
3.11.2 ส่วนประกอบของหน้าจอโปรแกรมหลัก	44
3.11.3 ส่วนของรีโมทแอร์	45
3.11.4 ส่วนของรีโมททีวี	45
3.11.5 ส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้า	46
บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง	47
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	47
4.2 การทดลองและผลการทดลอง	47
บทที่ 5 สรุปผลและวิจารณ์การทดลอง	54
5.1 บทสรุป	54
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	54
5.3 การแก้ไขปัญหา	54
กิตติกรรมประกาศ	
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ไอซี XR 2206	
ภาคผนวก ข ไอซี XR 2211	
ภาคผนวก ค ซอร์สโค้ดไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของปริญญานิพนธ์	3
รูปที่ 1.2 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องส่ง (1)	4
รูปที่ 1.3 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องส่ง(2)	5
รูปที่ 1.4 โฟลว์ชาร์ตของ interrupt ที่รับข้อมูลจากโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	6
รูปที่ 1.5 โฟลว์ชาร์ตของ interrupt ที่รับข้อมูลจากเครื่องรับ	7
รูปที่ 1.6 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องรับ	8
รูปที่ 2.1 พอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ DB-9 ตัวผู้ (Male)	11
รูปที่ 2.2 พอร์ตอนุกรมของอุปกรณ์ภายนอก DB-9 ตัวเมีย (Female)	11
รูปที่ 2.3 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ Null modem	12
รูปที่ 2.4 การต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ 3 เส้น	12
รูปที่ 2.5 การสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous)	13
รูปที่ 2.6 การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)	14
รูปที่ 2.7 รายละเอียดของขาไอซี MAX-232	19
รูปที่ 2.8 รายละเอียดภายในของไอซี MAX232	19
รูปที่ 2.9 รายละเอียดของแต่ละขาของ AT89C2051	20
รูปที่ 2.10 สถาปัตยกรรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C2051	22
รูปที่ 2.11 รายละเอียดขาของไอซี XR-2206	23
รูปที่ 2.12 ส่วนประกอบภายในของ XR-2206	23
รูปที่ 2.13 วงจรSine Wave Generation without External Adjustment	24
รูปที่ 2.14 วงจร Sine Wave Generation with Minimum Harmonic Distortion	24
รูปที่ 2.15 วงจร FSK Generator	25
รูปที่ 2.16 รายละเอียดของขาไอซี XR -2211	26
รูปที่ 2.17 บล็อกไดอะแกรมของไอซี XR- 2211	26
รูปที่ 2.18 วงจร FSK demodulation (FSK Demodulation with Carrier Detect Capability)	27
รูปที่ 2.19 รายละเอียดของขาไอซี MC-1350P	27
รูปที่ 2.20 หน้าจอของเดลไฟล์โดยรวม	28
รูปที่ 2.21 หน้าต่างหลัก	29
รูปที่ 2.22 หน้าต่างฟอร์ม (Form)	30
รูปที่ 2.23 หน้าต่างยูนิต	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.24 หน้าต่างออบเจกต์อินสเปคเตอร์ (Object Inspector)	31
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของวงจรทั้งหมด	32
รูปที่ 3.2 วงจร FSK Generator	33
รูปที่ 3.3 วงจร FSK Demodulation with Carrier Detect Capacity	35
รูปที่ 3.4 รายละเอียดตำแหน่งขาของ L2 และ L3	39
รูปที่ 3.5 รายละเอียดการพันขดลวด	39
รูปที่ 3.6 รายละเอียดการพันขดลวด L2	39
รูปที่ 3.7 รายละเอียดการพันขดลวด L3	39
รูปที่ 3.8 วงจรเครื่องส่ง	40
รูปที่ 3.9 วงจรเครื่องรับ	41
รูปที่ 3.10 วงจรส่วนรีโมทคอนโทรล	42
รูปที่ 3.11 วงจรส่วนรีเลย์ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	42
รูปที่ 3.12 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	43
รูปที่ 3.13 วงจรตรวจสอบสถานะของโทรทัศน์	43
รูปที่ 3.14 โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	44
รูปที่ 3.15 โปรแกรมส่วนควบคุมรีโมทแอร์	45
รูปที่ 3.16 โปรแกรมส่วนควบคุมรีโมททีวี	45
รูปที่ 3.17 โปรแกรมส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	46
รูปที่ 4.1 สัญญาณคลื่นพาห์ที่ความถี่ 350 กิโลเฮิรตซ์ จากวงจร FSK Generator	47
รูปที่ 4.2 สัญญาณคลื่นพาห์ที่ถูกขยายจากทรานซิสเตอร์ 2N3904 ที่มีความถี่ 350 กิโลเฮิรตซ์	48
รูปที่ 4.3 สัญญาณคลื่นพาห์ที่ถูกขยายจากทรานซิสเตอร์ TIP41C แล้วผ่านขา 3 ของขดลวด L2	48
รูปที่ 4.4 แชนแนล 1 เป็นสัญญาณจากไอซี MAX-232 ที่ขา 9 เปรียบเทียบกับแชนแนล 2 เป็นสัญญาณจากวงจร FSK Generator	49
รูปที่ 4.5 แชนแนล 1 เป็นสัญญาณจากวงจร FSK Generator เปรียบเทียบกับแชนแนล 2 เป็นสัญญาณที่ออกจากวงจร FSK demodulation	49
รูปที่ 4.6 แชนแนล 1 เป็นสัญญาณที่ออกจากวงจร FSK demodulation เปรียบเทียบกับแชนแนล 2 เป็นสัญญาณที่ออกจากไมโครคอนโทรล์เลอร์ MCS-51 ฝั่งรับ ที่ส่งเป็นสัญญาณรีโมทแอร์	50
รูปที่ 4.7 แชนแนล 1 เป็นสัญญาณที่ออกจากวงจร FSK demodulation เปรียบเทียบกับแชนแนล 2 เป็นสัญญาณที่ออกจากไมโครคอนโทรล์เลอร์ MCS-51 ฝั่งรับ ที่ส่งเป็นสัญญาณรีโมททีวี	50
รูปที่ 4.8 สัญญาณคลื่นพาห์แบบพัลส์ 38 กิโลเฮิรตซ์ ของการส่งอินฟาเรด	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.9 แชนแนล 1 เป็นสัญญาณควบคุมรีโมทแอร์จากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เปรียบเทียบกับแชนแนล 2 เป็นสัญญาณที่ทำการรวมโดยไอซี HD74LS08 กับคลื่นพาห์แบบพัลส์ 38 กิโลเฮิรตซ์ 51

รูปที่ 4.10 แชนแนล1 เป็นสัญญาณควบคุมรีโมททีวีจากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เปรียบเทียบกับแชนแนล 2 เป็นสัญญาณที่ทำการรวมโดยไอซี HD74LS08 กับคลื่นพาห์แบบพัลส์ 38 กิโลเฮิรตซ์ 52

รูปที่ 4.11 สัญญาณค่าอุณหภูมิจาก DS1820 52

รูปที่ 4.12 สัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของเครื่องรับ ซึ่งเป็นสัญญาณที่ถูกส่งกลับไปยังโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า 53

รูปที่ 4.13 สัญญาณอินฟราเรดของเครื่องรับที่ส่งไปยังโทรทัศน์ที่มีตัวตรวจสอบสถานะติดอยู่เปรียบเทียบกับสัญญาณอินฟราเรดของตัวตรวจสอบสถานะที่ส่งกลับมายังไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของ RS-232	10
ตารางที่ 2.2 การจัดขา ของคอนเน็กเตอร์ อนุกรมแบบ DB-9 และหน้าที่การใช้งานต่างๆ	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

การใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านปกติ จะใช้การควบคุมกำลังงานที่ป้อนให้กับอุปกรณ์ด้วยสวิตซ์ตัดต่อและสายไฟฟ้าซึ่งการใช้งานจะต้องทำการควบคุมที่ตัวสวิตซ์ซึ่งอยู่กับที่โดยตรง ดังนั้นจึงไม่สะดวกถ้าต้องการควบคุมอุปกรณ์ในขณะที่อยู่ห่างจากสวิทช์ เช่นในกรณีที่ต้องการควบคุมหลอดไฟชั้นล่าง ในขณะที่อยู่ที่ชั้น 3 หรือต้องการเปิดแอร์ในห้องนอนไว้รอขณะที่ดูทีวีอยู่ชั้นล่าง เป็นต้น

ในปัจจุบันการส่งข้อมูลสามารถทำได้หลายลักษณะ เช่น ผ่านสายเคเบิ้ล สายโทรศัพท์หรือแบบไร้สาย โดยการส่งข้อมูลผ่านสายสัญญาณดังที่ยกตัวอย่างนั้นจะต้องมีการเดินสายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ซึ่งอาจสิ้นเปลืองและเกิดปัญหาได้ แต่การส่งข้อมูลโดยผ่านสายไฟบ้าน ไม่จำเป็นต้องเดินสายใหม่เพราะแต่ละบ้านก็มีสายการเดินสายไฟอยู่แล้วทำให้สามารถลดต้นทุนได้อย่างมาก

การนำอุปกรณ์ที่ใช้ช่วยอำนวยความสะดวกในการดำเนินชีวิตประจำวันนั้นจะสามารถพบเห็นได้มากมาย ซึ่งส่วนมากจะเป็นการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆในลักษณะกึ่งอัตโนมัติ อันได้แก่ การควบคุมการทำงานของระบบต่างๆของอาคารให้มีประสิทธิภาพ โดยนำเอาระบบคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบต่างๆของอาคาร เช่น ระบบไฟฟ้า ระบบปรับอากาศ ระบบแจ้งเตือนเพลงไหม้ ระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน ระบบแสงสว่าง และระบบเสริมอื่นๆ แล้วทำการตรวจสอบสถานะหรือสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆในระบบนั้น ซึ่งติดตั้งไว้เพื่ออำนวยความสะดวกหรือให้บริการแก่ผู้ใช้ โดยใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมหรือเปิด – ปิดอุปกรณ์ต่างๆให้ทำงาน

ลักษณะของปริญญานิพนธ์นี้จะประกอบไปด้วยชุดควบคุม 2 ชุด โดยชุดแรกทำหน้าที่เป็นเครื่องส่งโดยข้อมูลที่ได้เป็นการสั่งงานจากโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์แบบมาตรฐาน RS -232 แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปมอดูเลตกับสัญญาณคลื่นพาห์ที่มีความถี่เฉพาะตัวเพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนสัญญาณภายในสายไฟบ้าน แล้วส่งสัญญาณที่มอดูเลตแล้วไปตามสายไฟบ้านไปยังชุดที่ 2 คือ เครื่องรับ ซึ่งเครื่องรับก็จะทำการถอดรหัสข้อมูลที่ได้แล้วทำการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า แล้วจึงนำผลที่ได้ส่งกลับมายังเครื่องส่งเพื่อนำมาแสดงผลทางหน้าจอโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

1.1 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1.1.1 ทำการศึกษาการทำงานพื้นฐานของอุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณและนำความรู้ที่ได้นำมาประยุกต์ใช้

1.1.2 สร้างอุปกรณ์ควบคุมการทำงานระยะไกลของอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟบ้านได้

1.1.3 เพื่อเพิ่มเติมความรู้แก่ผู้จัดทำในการออกแบบโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยผ่านการควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์

1.1.4 สร้างวงจรสำหรับส่งข้อมูลและรับข้อมูลผ่านสายไฟบ้าน

1.1.5 ออกแบบและเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Delphi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.6 ออกแบบวงจรสำหรับส่งข้อมูลและรับข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS-232

1.2 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟบ้านแบบโปรแกรมได้ โดยจะแบ่งเป็นชุดเครื่องส่งและชุดเครื่องรับ โดยชุดเครื่องส่งจะรับคำสั่งจากโปรแกรมเดลไฟล์ผ่านพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ จากนั้นจะทำการมอดูเลตข้อมูลไปกับคลื่นพาห์ผ่านสายไฟบ้านไปยังชุดเครื่องรับ ชุดเครื่องรับก็จะทำการดีมอดูเลตและนำข้อมูลที่ได้ประมวลผลผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า และส่งผลการตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้ากลับไปยังเครื่องส่งเพื่อแสดงผลออกทางหน้าจอโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

1.3 ขั้นตอนการทำงาน

1.3.2 ศึกษาหลักการทำงานและทฤษฎีที่ใช้ในการรับ-ส่งสัญญาณ

1.3.2 ค้นคว้าหาข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบและการทำงานของวงจรต่างๆที่ต้องใช้ในการทำ

1.3.3 ค้นคว้าหาข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบและวิธีการเขียนโปรแกรมที่ต้องใช้ในการทำ

1.3.4 นำข้อมูลที่ศึกษาและค้นคว้ามาได้นำมาแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

- **เครื่องส่ง** เป็นตัวที่ทำหน้าที่รับข้อมูลจากโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านพอร์ตอนุกรมคอมพิวเตอร์แล้วทำการมอดูเลตข้อมูลกับคลื่นพาห์ที่มีความถี่เฉพาะค่าหนึ่งเพื่อไม่ให้ไปรบกวนสัญญาณที่อยู่ในสายไฟฟ้าภายในบ้าน ทำการขยายสัญญาณแล้วทำการส่งผ่านวงจรภาคส่งไปตามสายไฟบ้านไปยังเครื่องรับและวงจรภาครับของชุดเครื่องส่งจะทำหน้าที่รับข้อมูลสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้ามาจากเครื่องรับแล้วทำการแสดงผลทางโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

- **เครื่องรับ** ทำหน้าที่รับสัญญาณที่ส่งผ่านมาทางสายไฟบ้านมาทางวงจรภาครับโดยการนำสัญญาณที่ได้นำไปดีมอดูเลตซึ่งจะได้ข้อมูลออกมา และถูกส่งไปประมวลผลผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและตรวจสอบสถานะอุปกรณ์ไฟฟ้า จากนั้นวงจรภาคส่งของเครื่องรับก็จะทำการส่งข้อมูลสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้ากลับมายังเครื่องส่งเพื่อทำการแสดงผลทางโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

1.3.5 นำวงจรที่ได้ทำการออกแบบได้นำมาทองลองบนโปรโตบอร์ด ทำการดัดแปลงแก้ไขอุปกรณ์และปรับค่าต่างๆจนได้ผลตามที่ต้องการ

1.3.6 นำวงจรที่ได้ไปทำการออกแบบลายวงจร โดยใช้โปรแกรมออกแบบวงจร แล้วทำการสร้างแผ่นวงจรตามลายวงจรที่ได้

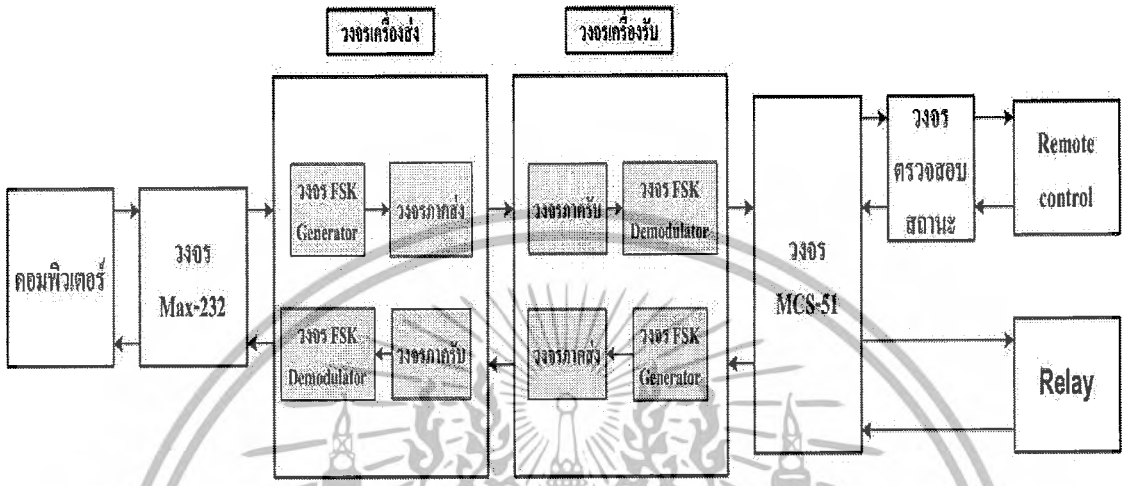
1.3.7 นำอุปกรณ์ต่างๆประกอบลงบนแผ่นวงจรและลงกล่องอุปกรณ์ให้เรียบร้อย

1.3.8 เก็บผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 บล็อกไดอะแกรมของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์นี้มีบล็อกไดอะแกรมแสดงได้ดังรูปที่ 1.1

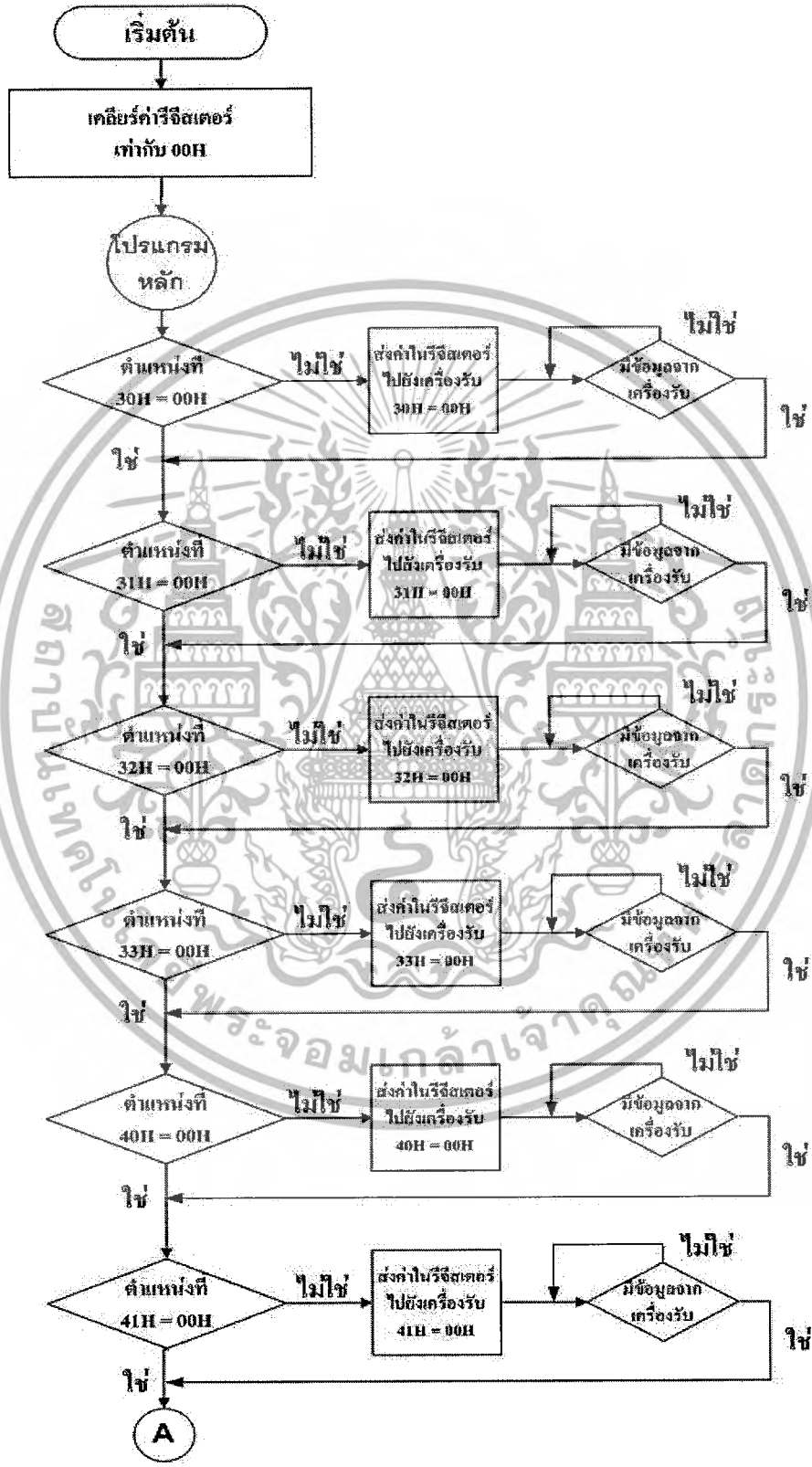


รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

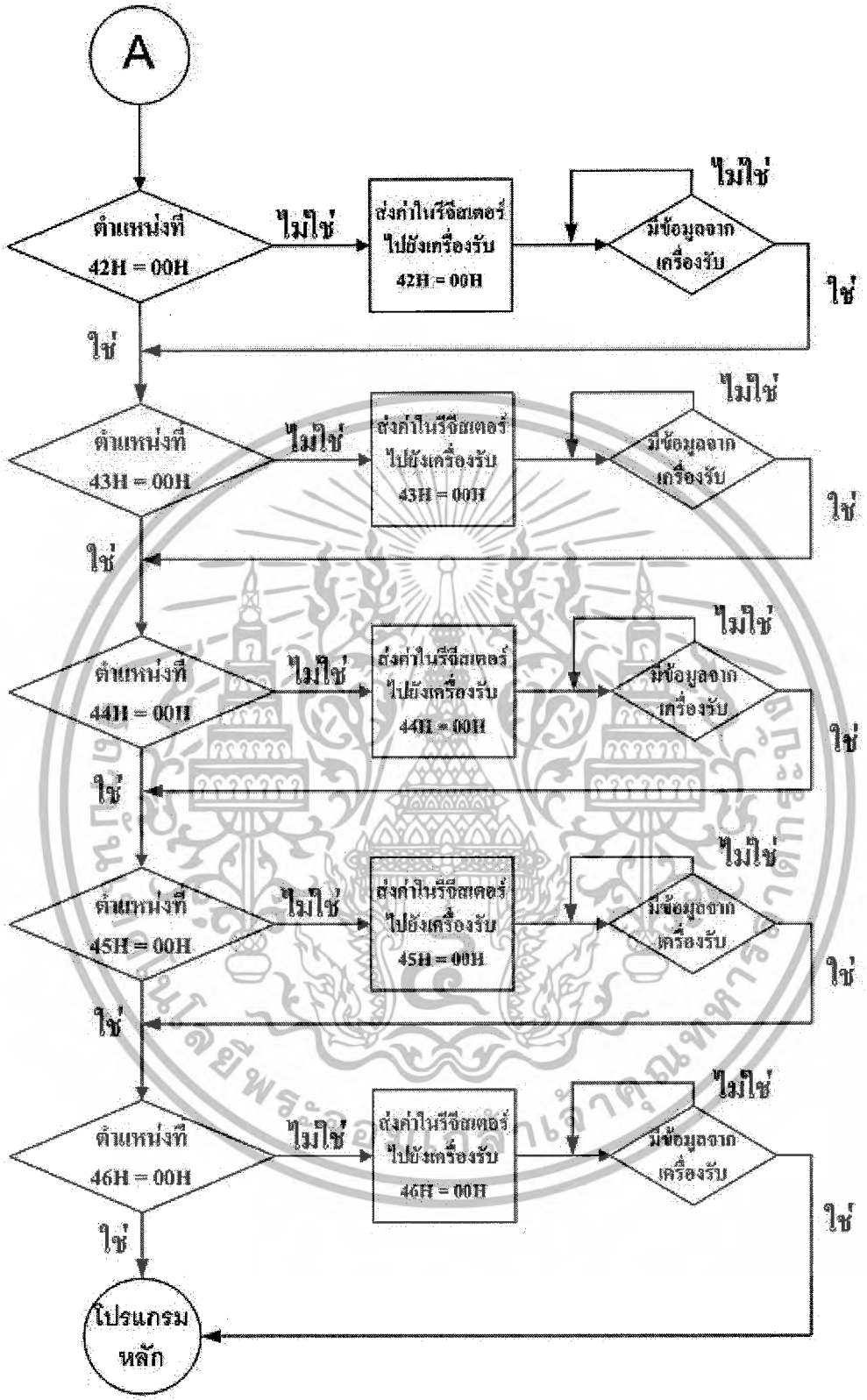
1.5 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องส่ง

ปริญญานิพนธ์นี้มีโฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องส่งแสดงได้ดังรูปที่ 1.2 และรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.2 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องส่ง (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

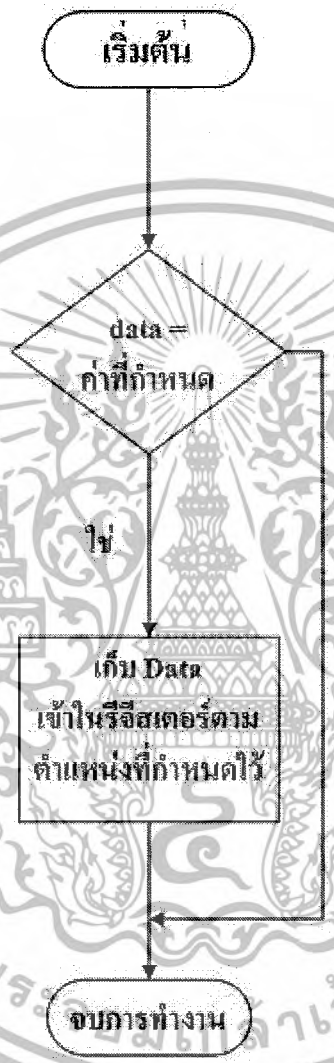


รูปที่ 1.3 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องส่ง(2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 โฟลว์ชาร์ตของ interrupt ที่รับข้อมูลจากโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

ปริญญานิพนธ์นี้มีโฟลว์ชาร์ตของ interrupt ที่รับข้อมูลจากโปรแกรมแสดงได้ดังรูปที่ 1.4 เมื่อมีข้อมูลมาจากโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า จะทำการเก็บข้อมูลไว้ในตัวแปร data



รูปที่ 1.4 โฟลว์ชาร์ตของ interrupt ที่รับข้อมูลจากโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 โฟลว์ชาร์ตของ interrupt ที่รับข้อมูลจากเครื่องรับ

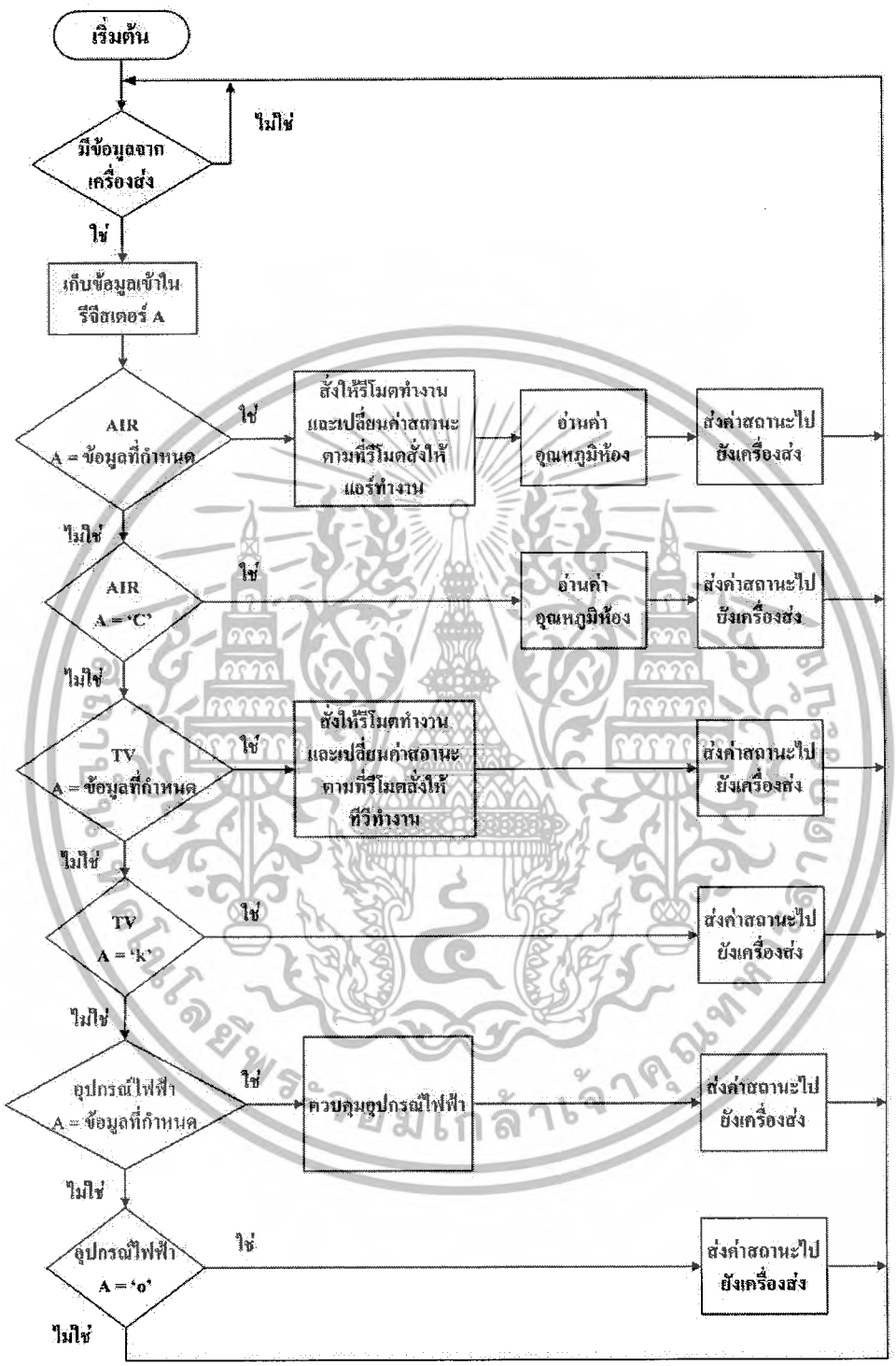
ปริญญานิพนธ์นี้มีโฟลว์ชาร์ตของ interrupt ที่รับข้อมูลจากเครื่องรับแสดงได้ดังรูปที่ 1.5

รูปที่ 1.5 โฟลว์ชาร์ตของ interrupt ที่รับข้อมูลจากเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.8 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องรับ

ปริญญานิพนธ์นี้มีโฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องรับแสดงได้ดังรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 การสื่อสารแบบอนุกรมมาตรฐาน RS-232

การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ได้มีการกำหนดมาตรฐานในการรับส่งข้อมูลไว้หลายแบบด้วยกันเพื่อที่จะทำให้อุปกรณ์ที่ผลิตจากผู้ผลิตที่แตกต่างกันสามารถทำงานร่วมกันได้ มาตรฐานการรับ-ส่งข้อมูลที่ได้รับความนิยมอย่างมากคือ การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมมาตรฐาน RS-232 ซึ่งมาตรฐานนี้เป็นมาตรฐานที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับโมเด็ม ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ผ่านสายโทรศัพท์ และอัตราการรับส่งข้อมูลค่อนข้างต่ำ

มาตรฐาน RS-232 นี้ได้มีการออกแบบให้มีโครงสร้างในการรับส่งข้อมูลแบบจุดต่อจุดเท่านั้น คุณลักษณะของสัญญาณทางไฟฟ้าที่ถูกใช้งานมีอยู่ 2 ลักษณะคือ เลขไบนารี 0 และเลขไบนารี 1 แรงดันไฟฟ้าบวกอยู่ระหว่าง +5 ถึง +15โวลต์ สำหรับเอาท์พุตและระหว่าง +3 ถึง +15 โวลต์ สำหรับอินพุต ซึ่งความแตกต่างนี้มีไว้เผื่อกรณีที่แรงดันไฟฟ้าสูญหายเนื่องจากความยาวของสายสัญญาณ ในทำนองเดียวกัน แรงดันไฟฟ้าลบ ถูกกำหนดไว้ระหว่าง -5 ถึง -15โวลต์ สำหรับเอาท์พุตและ -3 ถึง -15 โวลต์สำหรับอินพุต

สังเกตว่าถ้าให้สายสัญญาณยาวเกินไป ระดับไฟฟ้าจะตกลงเกินขอบเขตที่รับได้ นอกจากนี้ประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมีผลต่อคุณภาพของสัญญาณ โดยการเปลี่ยนสถานะจากแรงดันไฟฟ้าบวกลบไม่ชัดเจน ซึ่ง RS-232 ไม่ได้มุ่งหมายให้นำไปใช้กับระยะทางไกลและโดยทั่วไป 50 ฟุตเป็นระยะทางไกลที่สุดในการใช้สายปกติที่อัตราการส่งข้อมูลปกติ ถ้าหากอุปกรณ์อยู่ห่างกันมากอาจจะต้องใช้โมเด็ม หรือใช้มาตรฐานอื่นเข้ามาช่วย

โดยปกติเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะมีพอร์ตที่เป็นอนุกรมชื่อว่า RS- 232 อยู่ในตัวมันเองอยู่แล้ว ซึ่งพอร์ต RS-232 นี้ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลในแบบอนุกรมเรียกว่า Universal Asynchronous Adapter เหตุที่มีชื่อเรียกว่า RS-232 ก็เนื่องมาจาก สมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์อีเล็กทรอนิกส์ ของอเมริกา หรือ EIA (RS-232 : Recommended Standard Number 232,EIA: Electronic Industry Association) ได้กำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์สื่อสารแบบอนุกรมเอาไว้ภายใต้ชื่อว่า RS-232

การสื่อสารแบบอนุกรม นับว่ามีความสำคัญต่อการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์มากเพราะสามารถใช้แป้นพิมพ์ และจอภาพของ คอมพิวเตอร์ เป็น อินพุต และ เอาต์พุต ในการติดต่อหรือควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้วยสัญญาณอย่างน้อย เพียง 3 เส้นเท่านั้น คือ

- สายส่งสัญญาณ TX
- สายรับสัญญาณ RX
- สาย GND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 อัตราการส่งข้อมูล (Baud rate)

- คือความเร็วของการรับ-ส่งข้อมูล เป็นจำนวนบิตต่อวินาทีเช่น 300 , 1,200 , 2,400 , 4,800 , 9,600 14,400 , 19,200 , 38,400 , 56,000 เป็นต้น
- การเลือกอัตราการส่งข้อมูลขึ้นอยู่กับ ชนิดของสายสัญญาณ, ระยะทาง, และปริมาณสัญญาณรบกวน

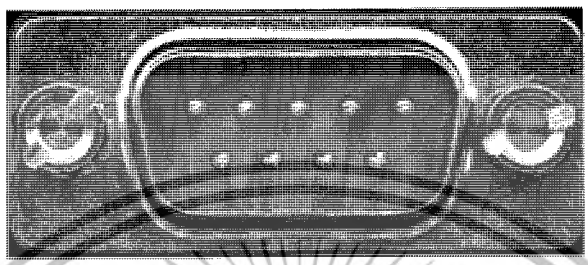
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของ RS-232

พารามิเตอร์	RS-232
โหลดการทำงาน	Single-ended
จำนวนตัวรับและตัวส่ง	1 ตัวรับ 1 ตัวส่ง
ความยาวของคู่สายสัญญาณ	50 ฟุต
อัตราการส่งข้อมูล	20 กิโลบิตต่อวินาที
Maximum common Mode voltage	$\pm 25V$
Driver output	$\pm 5V$ ต่ำสุด $\pm 15V$ สูงสุด
Driver load Ω	3K ถึง 7K
Driver slew rate	30V/μS
กระแสลิมิตเมื่อเอาท์พุตลัดวงจร	500 mA ลัดกับ Vcc กับ GND
ค่าความต้านทานเอาท์พุตของตัวส่ง Ω	NA (Power ON) 300 (Power OFF)
ค่าความต้านทานอินพุตตัวรับ Ω	3K ถึง 7K
ความไวตัวรับ	$\pm 3V$

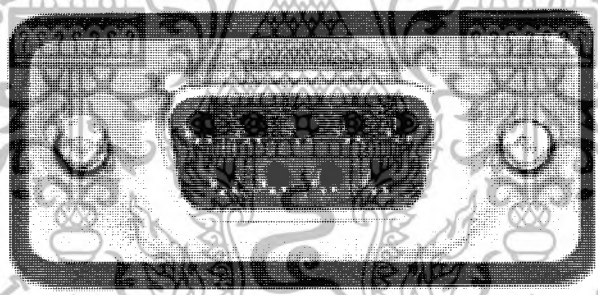
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์ด้วยสาย DB-9

- พอร์ตอนุกรมของ คอมพิวเตอร์ จะเป็นคอนเน็คเตอร์แบบ DB-9 ตัวผู้ (Male) ดังรูปที่ 2.1
- พอร์ตอนุกรมของอุปกรณ์ภายนอก จะเป็นคอนเน็คเตอร์แบบ DB-9 ตัวเมีย (FeMale) ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 พอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ DB-9 ตัวผู้ (Male)

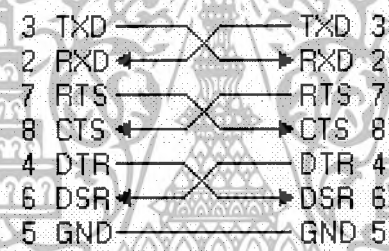


รูปที่ 2.2 พอร์ตอนุกรมของอุปกรณ์ภายนอก DB-9 ตัวเมีย (Female)

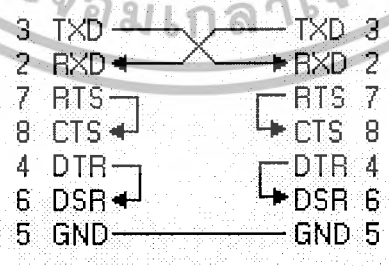
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 การจัดขา ของคอนเน็คเตอร์ อนุกรมแบบ DB-9 และหน้าที่การใช้งานต่างๆ

ขา DB-9	สัญญาณ
1	CD(Carrier Detect)
2	RD(Receive Data)
3	TD(Transmitted Data)
6	DSR(Data Set Ready)
7	RTS(Request To Send)
8	CTS(Clear To Send)
9	RI(Ring Indicator)



รูปที่ 2.3 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ Null โมเด็ม



รูปที่ 2.4 การต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ 3 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 การทำงานของขาสัญญาณ DB9

TXD เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูล

RXD เป็นขาที่ใช้รับข้อมูล

DTR แสดงสภาวะพอร์ตว่าเปิดใช้งาน **DSR** ตรวจสอบว่าพอร์ตที่ติดต่อด้วยเปิดอยู่หรือไม่

- เมื่อเปิดพอร์ตอนุกรม ขา DTR จะ ON เพื่อให้อุปกรณ์ได้รับทราบว่าต้องการติดต่อด้วย

-ในขณะเดียวกันก็จะตรวจสอบขา DSR ว่าอุปกรณ์พร้อมหรือไม่

RTS แสดงสภาวะพอร์ตว่าต้องการส่งข้อมูล

CTS ตรวจสอบว่าพอร์ตที่ติดต่ออยู่ ต้องการส่งข้อมูลหรือไม่

- เมื่อต้องการส่งข้อมูลขา RTS จะ ON และจะส่งข้อมูลออกที่ขา TXD เมื่อส่งเสร็จก็จะ OFF

- ในขณะเดียวกันก็จะตรวจสอบขา CTS ว่าอุปกรณ์ต้องการที่จะส่งข้อมูลหรือไม่

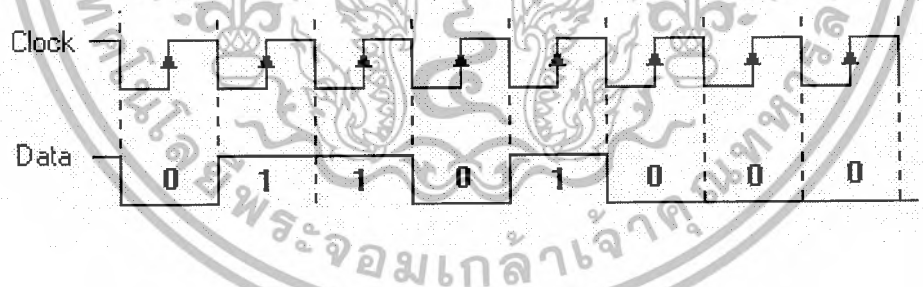
GND ขากราวนด์

2.3 รูปแบบการสื่อสารแบบอนุกรม

มีด้วยกันอยู่ 2 แบบ คือแบบซิงโครนัส (Synchronous) และแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)

2.3.2 การสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous)

การรับส่งข้อมูลจะมีสัญญาณนาฬิกา ซึ่งเป็นตัวกำหนด จังหวะเวลา การส่งข้อมูล ร่วมอยู่ด้วยอีกเส้นหนึ่งใช้คู่กับสัญญาณข้อมูล ดังรูปที่ 2.5 ตัวอย่างเช่น การส่งสัญญาณจากคีย์บอร์ด เป็นต้น



รูปที่ 2.5 การสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous)

2.3.2 การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)

การรับส่งข้อมูลโดยที่ไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิการ่วมด้วยแต่จะใช้ให้ตัวส่งและตัวรับมีอัตราส่งข้อมูลที่เท่ากัน รูปแบบข้อมูลแบบอะซิงโครนัส ดังรูปที่ 2.6 ประกอบด้วย 4 ส่วนคือ

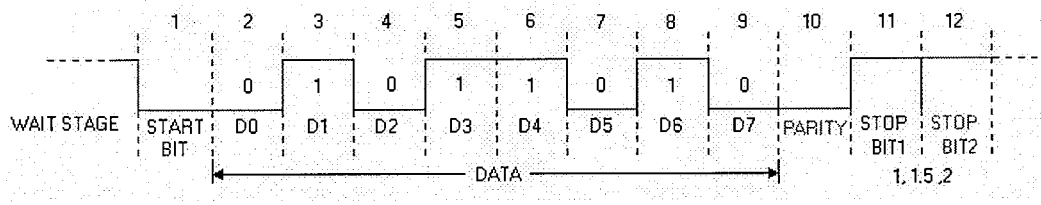
1.บิตเริ่มต้น (Start bit) มีขนาด1 บิต

2.บิตข้อมูล (Data) มีขนาด 5,6,7 หรือ 8 บิต

3.บิตตรวจสอบพาริตี้ (Parity bit) มีขนาด 1 บิตหรือไม่มี

4.บิตหยุด (Stop bit) มีขนาด 1, 1.5, 2 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)

- เมื่อไม่มีการส่งข้อมูลขา data จะมีสถานะเป็นลอจิก "1" หรือสถานะหยุดรอ (Waiting stage)
- เมื่อเริ่มต้นส่งข้อมูลจะให้ขา data เป็นลอจิก "0" เป็นจำนวน 1 บิตเรียกว่าบิตเริ่มต้น (Start bit)
- จากนั้นก็จะเริ่มต้นส่งข้อมูล โดยส่งบิตต่ำไปก่อน (LSB)
- แล้วตามด้วยพาริตี้บิต (จะมีหรือไม่ก็ได้ ขึ้นอยู่กับการติดตั้งค่าของทั้งสองฝ่าย)
- สุดท้ายตามด้วยลอจิก "1" อย่างน้อย 1 บิต (มีขนาด 1, 1.5, หรือ 2 บิต) เพื่อแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูล

การรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมยังแบ่งออกเป็นลักษณะการใช้งานได้ 3 แบบคือ

1) แบบซิมเพลกซ์ (Simplex) เป็นการส่ง หรือรับข้อมูล แบบทิศทางเดียวเท่านั้น

2) แบบฮาล์ฟดูเพลกซ์ (Half Duplex) เป็นการส่งและรับข้อมูลแบบสลับกัน คือเมื่อด้านหนึ่งส่งอีกด้านหนึ่ง เป็นฝ่ายรับสลับกันไม่สามารถรับ-ส่งในเวลาเดียวกันได้

3) แบบฟลูดูเพลกซ์ (Full Duplex) สามารถรับ-ส่งข้อมูลในเวลาเดียวกันได้

2.4 การส่งผ่านข้อมูลแอนะลอกและดิจิตอล

ปริมาณแอนะลอกและดิจิตอลเป็นปริมาณที่สอดคล้องกับปริมาณที่มีค่าแบบต่อเนื่อง และไม่ต่อเนื่องตามลำดับ ศัพท์ 2 คำนี้มักจะถูกนำมาใช้เสมอในการสื่อสารข้อมูล อย่างเช่นในเรื่องต่อไปนี้

- ข้อมูล(Data)
- สัญญาณ (Signal)
- การส่งผ่าน (Transmission)

2.4.1 ข้อมูล(Data)

ข้อมูลแอนะลอกนั้นเป็นข้อมูลที่เกิดขึ้นแล้วมีค่าที่ต่อเนื่องในช่วงเวลาที่พิจารณา เป็นต้นว่าเสียงหรือภาพ ตัวอย่างที่เป็นที่รู้จักกันแพร่หลายมากที่สุด สำหรับข้อมูลแอนะลอกก็คือ ข้อมูลเสียงซึ่งข้อมูลในระบบการสื่อสารบางระบบจะถูกออกแบบไว้สำหรับข้อมูลเลขฐานสอง ซึ่งจำนวนของรหัสที่แทนตัวอักษรจะใช้ลำดับของบิต ตัวอย่างของรหัสที่เก่ามากอันหนึ่งก็คือรหัสของมอส ในปัจจุบันรหัสที่ใช้กันอย่างมากที่สุดคือ รหัส แอสกี้ (ASCII) (American Standard Code for Information Interchanger) และนอกจากจะได้รับความนิยมในอเมริกาแล้วยังได้รับความนิยมจากภายนอกด้วย ข้อมูลในการสื่อสารในบางระบบจะถูกออกแบบไว้สำหรับเลขฐานสอง ซึ่งจำนวนของรหัสที่แทนตัวอักษรจะใช้ลำดับของบิต ตัวอักขระแต่ละตัวของรหัสนี้แทนได้ด้วยเลขฐานสอง 7 หลัก ซึ่งเลขฐานสอง 7 หลักสามารถแทนอักขระที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ซ้ำกันได้ทั้งหมดถึง 128 ตัว ซึ่งมีจำนวนเกินอักขระที่ใช้กันอยู่ ดังนั้นรหัสเลขฐานสองบางตัวจึงถูกมาแทนตัวอักขระสำหรับการควบคุม โดยทั่วไปแล้วในการเข้ารหัสในการเก็บและส่งผ่านข้อมูลที่ใช้จำนวนเลขไบนารี 8 บิตต่อ 1 ตัวอักษรโดยบิตที่ 8 ก็คือพาร์ริตี้บิตที่ใช้สำหรับการตรวจสอบความผิดพลาดที่ 8 นี้จะถูกกำหนดขึ้นเพื่อที่จะให้จำนวนของบิต 1 มีค่าเป็นจำนวนคู่เมื่อใช้พาร์ริตี้แบบคู่ และให้จำนวนของบิต 1 มีค่าเป็นจำนวนคี่เมื่อใช้การตรวจพาร์ริตี้แบบบิตคี่

2.4.2 สัญญาณ (Signal)

ในระบบของการสื่อสาร ข้อมูลจะเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในรูปของสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งสัญญาณแอนะลอกก็คือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องและสัญญาณดังกล่าวนี้เองที่จะถูกส่งผ่านไปยังตัวกลางชนิดต่างๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสเปกตรัมของสัญญาณ โดยตัวกลางอาจเป็นสาย เช่น สายโคแอกเชียล สายใยแก้วนำแสง หรืออาจจะเป็นตัวกลางแบบไร้สายเช่น ชั้นบรรยากาศหรือสุญญากาศ ส่วนสัญญาณดิจิตอลนั้นอาจเป็นขบวนของพัลซ์โวลต์จเตจ ที่ใช้ระดับของพัลซ์ที่ส่งไปเป็นตัวแทนข้อมูล เช่น ใช้ระดับโวลต์เตจคงที่ค่าบวก แทนไบนารี 1 และระดับโวลต์เตจลบแทนค่าไบนารี 0

2.4.3 การส่งผ่าน (Transmission)

การส่งผ่านข้อมูลแอนะลอก (Analog transmission)

การส่งผ่านในรูปแบบแอนะลอกเป็นวิธีการส่งผ่านสัญญาณแอนะลอกไป โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงสาระข้อมูล ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์ใดๆสัญญาณแอนะลอกจะเกิดการลดทอนหลังจากที่เดินผ่านเข้าไปในตัวกลาง ดังนั้นเพื่อให้สัญญาณสามารถเดินทางไปถึงปลายทางได้ระยะทางไกลๆ ระบบการส่งผ่านแบบแอนะลอกก็จะมีตัวเพิ่มความแรงของสัญญาณเพื่อเพิ่มพลังงานให้แก่สัญญาณ แล้วยังเพิ่มพลังงานให้กับสัญญาณรบกวนอีกด้วยและยิ่งมีการต่อใช้ตัวขยายหลายๆตัวแบบอนุกรมเพื่อให้ได้ระบบในการส่งสัญญาณได้ไกลๆ ยิ่งทำให้สัญญาณผิดเพี้ยนไปยิ่งขึ้น สำหรับข้อมูลแบบแอนะลอก เช่น เสียง ผิดเพี้ยนเพียงบางส่วนเล็กน้อยสามารถยอมให้เกิดขึ้นได้เพราะข้อมูลยังสามารถเข้าใจได้ แต่สำหรับข้อมูลดิจิตอลการที่ต่อตัวขยายแบบอนุกรมก็จะทำให้เกิดความผิดพลาด

การส่งผ่านข้อมูลดิจิตอล (Digital Transmission)

การส่งผ่านข้อมูลโดยวิธีการนี้ จะเกี่ยวข้องกับเนื้อหาของสัญญาณดิจิตอลจะถูกส่งไปได้ในระยะทางที่จำกัดก่อนที่การลดทอนจะทำอันตรายต่อองค์ประกอบข้อมูล ดังนั้นเพื่อให้ได้ทำการส่งเป็นระยะทางไกลๆเราจึงใช้ตัวทวนสัญญาณ เพื่อกู้สัญญาณดั้งเดิมกลับคืนมา โดยที่ตัวทวนสัญญาณเมื่อได้รับสัญญาณดิจิตอลมาแล้วก็จะทำการกู้รูปแบบของ 1 และ 0 กลับคืนมาอีกครั้งและส่งต่อออกไปใหม่ ซึ่งทำให้สามารถเอาชนะการลดทอนลงไปได้

ในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะหันมาใช้การสื่อสารระบบดิจิตอลที่ได้แทนระบบแอนะลอก เหตุผลที่สำคัญคือ

- ดิจิตอลเทคโนโลยี การพัฒนาเทคโนโลยีของวงจรดิจิตอล ทำให้ราคาและขนาดของวงจรลดลง ใน ขณะที่เครื่องมือแอนะลอกไม่ได้ลดลง

- อิทธิพลของสัญญาณรบกวนไม่ถูกสะสม ทำให้เราสามารถส่งข้อมูลไปได้ระยะทางไกลๆแม้ว่าคุณภาพของสายจะไม่ดีก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความจุของการใช้งานมีมาก ซึ่งเป็นเรื่องที่สิ้นเปลืองมากในการที่เราจะต้องสร้างทางเดินส่งผ่านข้อมูลที่มีแบนด์วิดท์กว้างๆ เช่น ช่องสัญญาณดาวเทียมและเส้นใยนำแสง ดังนั้นการนำเอาขบวนการในการมัลติเพล็กซ์มาใช้งานจะเป็นประโยชน์อย่างมากในเรื่องของความจุ ซึ่งขบวนการมัลติเพล็กซ์ทางด้านเวลานั้นจะเป็นวิธีที่ง่ายและราคาถูกกว่าการมัลติเพล็กซ์ทางด้านความถี่

2.5 การมอดูเลตแบบ FSK

2.5.1 ตัวกำเนิดสัญญาณ FSK (FSK Generator)

มีหลักการที่ว่าเมื่อข้อมูลที่เป็นสัญญาณดิจิตอลที่มีลักษณะข้อมูลเป็นข้อมูลไบนารี จะทำให้ความถี่เลื่อนหรือเบี่ยงเบนไปตามการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลไบนารีที่เข้ามา ดังนั้นสัญญาณทางเอาท์พุตของตัวกำเนิด FSK จะอยู่ในรูปของความถี่ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง (Frequency Continuous) เมื่อข้อมูลอินพุตเป็นสถานะลอจิก 1 ความถี่ของสัญญาณเอาท์พุต FSK จะเป็นค่าความถี่ค่าหนึ่งแต่ถ้าเป็นลอจิก 0 สัญญาณเอาท์พุตจาก FSK ก็จะกลายเป็นอีกความถี่หนึ่งที่ต่างจากลอจิก 1 ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของความถี่แต่ละครั้งจะเกิดขึ้นเมื่อสถานะของลอจิกด้านอินพุตเปลี่ยนแปลงนั่นคือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเอาท์พุตจะเท่ากับกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอินพุต ซึ่งอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณด้านอินพุตของ FSK Generator จะเรียกว่า อัตราบิต (Bit rate)มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bps) ส่วนอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณด้านเอาท์พุตของ FSK Generator เรียกว่า อัตราบอด หรือ Baud rate

2.5.2 FSK Bandwidth

ในระบบการสื่อสารข้อมูลด้วยสัญญาณแอนะลอกหรือสัญญาณความถี่นั้น แบนด์วิดท์เป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาเป็นอันดับแรก เนื่องจากวิธีการของ FSK อยู่พื้นฐานเดียวกันกับ FM ดังนั้นการอธิบายถึงสูตรต่างๆก็ใช้หลักการของ FM ทุกอย่าง

FSK มอดูเลเตอร์ใช้หลักการเดียวกับ FM มอดูเลเตอร์ก็คือ ใช้หลักการของ VCO (Voltage Control Oscillator) จะเห็นว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงเร็วที่สุดของสัญญาณอินพุตจะเกิดขึ้นเมื่อข้อมูลไบนารีมีลักษณะเป็น 1 และ 0 สลับกัน หรือก็คือสัญญาณสี่เหลี่ยม (Square Wave) นั่นเอง เป็นสัญญาณในช่วงที่คาบเวลาของความถี่หลักของคลื่นสี่เหลี่ยมจะมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของอัตราการส่งข้อมูล

ดังนั้นถ้าพิจารณาเฉพาะหลักความถี่เพียงอย่างเดียวแล้ว ความถี่สูงสุดของสัญญาณดิจิตอลที่ต้องการนำมามอดูเลตแบบ FSK จะเท่ากับครึ่งหนึ่งของ อัตราการส่งข้อมูลคือ

$$F\max = \frac{Bitrate}{2}$$

เมื่อ $F\max$ = ความถี่สูงสุดของสัญญาณดิจิตอลที่จะนำมามอดูเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.6 การดีมอดูเลตแบบ FSK

FSK Demodulator คือตัวรับสัญญาณ FSK (FSK Receiver) จะเป็นตัวแยกสัญญาณไบนารีออกจากสัญญาณ FSK โดยส่วนมากจะใช้วงจร PLL (Phase lock loop)

PLL ใน FSK Demodulator มีหลักการทำงานเหมือนกับ PLLใน FM Detector ทุกอย่างคือจะมีความถี่ฟรีรันนิ่งเท่ากับ Center Frequency (fo) และในขณะที่มีความถี่อินพุตของ PLL เลื่อนไปมาระหว่าง fm กับ fs จะทำให้เกิดแรงดันคลาดเคลื่อนไฟตรง (DC Error Voltage) ซึ่งผลมาจากการเปรียบเทียบเฟส (Phase Comparator) ของสัญญาณอินพุต เนื่องจากความถี่อินพุตที่เข้าทาง PLL มีเพียง 2 ความถี่คือ fm และ fs ดังนั้น ค่าแรงดันดังกล่าว จึงมีเพียง 2 ระดับเท่านั้น ซึ่งสามารถแทนด้วยลอจิก 1 และลอจิก 0 เมื่อความถี่ทางอินพุตเป็น fm และ fs ตามลำดับ เราจึงได้สัญญาณเอาท์พุตจาก PLL กลับมาเป็นข้อมูลไบนารีเหมือนกับตอนแรกที่ส่งมาทุกประการ

2.7 สัญญาณรบกวน (Noise)

สำหรับในขบวนการส่งข้อมูลใดๆสัญญาณที่ได้รับจะประกอบไปด้วยสัญญาณที่ส่งมาจากเครื่องส่งที่มีการเปลี่ยนแปลงไปโดยมีความเพี้ยนของสัญญาณเกิดขึ้น จากคุณสมบัติของระบบส่งผ่านความผิดเพี้ยนที่เพิ่มเข้ามาเพราะมีสัญญาณที่เราไม่ต้องการเกิดขึ้นในระหว่างการส่งและการรับสิ่งที่จะได้กล่าวต่อไปนี้จะเกี่ยวกับสัญญาณที่ไม่เป็นที่ต้องการ ที่เรียกว่าสัญญาณรบกวน ซึ่งสัญญาณดังกล่าวเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่จำกัดการทำงานของระบบการสื่อสาร

สัญญาณรบกวนอาจแบ่งได้เป็น 4 ชนิดดังนี้ คือ

1.สัญญาณรบกวนเนื่องจากคลื่นความร้อน (Thermal noise)

2.สัญญาณรบกวนเนื่องจากอินเตอร์มอดูเลชั่น (Intermodulation noise)

3. ครอสทอร์ก (Crosstalk)

4.สัญญาณรบกวนแบบอิมพัลส์ (Impulse noise)

2.7.1 สัญญาณรบกวนเนื่องจากคลื่นความร้อน

เกิดขึ้นจากการสั่นของอิเล็กตรอนในตัวนำเนื่องจากความร้อน โดยจะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ทั้งหมดทางอิเล็กทรอนิกส์และตัวกลาง เป็นฟังก์ชั่นของอุณหภูมิ สัญญาณรบกวนเนื่องจากความร้อนจะมีการกระจายสเปคตรัมที่สม่ำเสมอเท่ากันในย่านความถี่ทั่วไป สัญญาณรบกวนนี้ไม่สามารถกำจัดได้ ดังนั้นจึงเป็นตัวจำกัดขอบเขตในการทำงานของระบบการสื่อสาร

2.7.2 สัญญาณรบกวนแบบอินเตอร์มอดูเลชั่น

จะเกิดขึ้นเมื่อมีความไม่เป็นเชิงเส้นในการประมวลผลสัญญาณในตัวส่ง ตัวรับ หรือในระบบการส่งผ่าน โดยปกติอุปกรณ์ส่งผ่านเหล่านี้จะถูกสร้างขึ้นโดยมีพฤติกรรมเป็นระบบเชิงเส้นนั่นคือค่าเอาท์พุตจะแปรผันตามค่าของอินพุต ในระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นค่าเอาท์พุตจะเป็นฟังก์ชั่นเชิงซ้อนของอินพุต ซึ่งความไม่เป็นเชิงเส้นของระบบ มักจะเกิดการทำงานผิดพลาดของอุปกรณ์หรือใช้สัญญาณแรงเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

104354

2.7.3 สัญญาณรบกวนแบบครอสทอล์ก(Cross talk)

ในขณะที่มีการใช้โทรศัพท์ เราอาจจะได้ยินเสียงของผู้อื่นที่ไม่ใช่คู่สนทนาของเราสอดแทรกเข้ามาในสาย ซึ่งเป็นสัญญาณที่เราไม่ต้องการ ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้าของสัญญาณระหว่างคู่สายที่อยู่ใกล้ๆกัน สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นกับสายหรือช่องส่งสัญญาณนี้มีชื่อว่า ครอสทอล์ก นอกจากนี้ครอสทอล์กยังสามารถเกิดขึ้นได้โดยสาเหตุอื่น เช่น สัญญาณที่เราไม่ต้องการ อาจถูกรับมาได้โดยสายอากาศไมโครเวฟ แม้ว่าทิศทางของจานสายอากาศจะอยู่ในตำแหน่งที่รับสัญญาณได้แรงที่สุดแล้วก็ตาม แต่พลังงานของคลื่นไมโครเวฟก็ยังคงกระจายไปในระหว่างการเดินทาง สัญญาณรบกวนแบบครอสทอล์กในระบบต่างๆนั้นควรมีขนาดน้อยกว่าสัญญาณรบกวนจากอุณหภูมิ

สัญญาณรบกวนทั้งหมดที่ได้กล่าวมานี้ เราสามารถคาดผลที่จะเกิดขึ้นได้ วิศวกรก็จะสามารถออกแบบระบบให้มีความมั่นคงพอที่จะรับสัญญาณรบกวนเหล่านี้ได้ แต่อย่างไรก็ตามยังมีสัญญาณรบกวนอีกชนิดหนึ่ง คือ สัญญาณรบกวนแบบอิมพัลส์ ที่เกิดขึ้นอย่างไม่ต่อเนื่องประกอบไปด้วยพัลส์ที่ผิดปกติ หรือสัญญาณรบกวนแบบกระชากในช่วงเวลาสั้นๆ และขนาดความแรงของสัญญาณสูงสัญญาณรบกวนดังกล่าวนี้เกิดมาจากหลายสาเหตุ รวมทั้งการรบกวนของสนามแม่เหล็ก

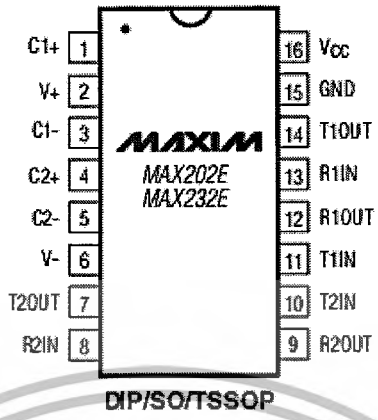
2.7.4 สัญญาณรบกวนแบบอิมพัลส์

โดยทั่วไปแล้วจะรบกวนข้อมูลแอนะลอกตัวอย่างเช่นการส่งผ่านเสียงอาจจะถูกทำลายโดยสัญญาณกริกแกรกทำให้ไม่สามารถเข้าใจเสียงได้ แต่อย่างไรก็ตามสัญญาณรบกวนแบบอิมพัลส์ก็เป็นแหล่งกำเนิดเบื้องต้นของความผิดพลาดสำหรับการสื่อสารข้อมูลดิจิตอล ตัวอย่างเช่น สัญญาณกระชากที่เปลี่ยนแปลงพลังงานอย่างรวดเร็วภายในเวลา 0.01 วินาทีอาจจะไม่สามารถทำลายข้อมูลเสียงได้ แต่จะทำลายบิตของข้อมูลดิจิตอลที่ผ่านด้วยความเร็ว 4800 บิตต่อวินาที ไปถึง 50 บิตได้

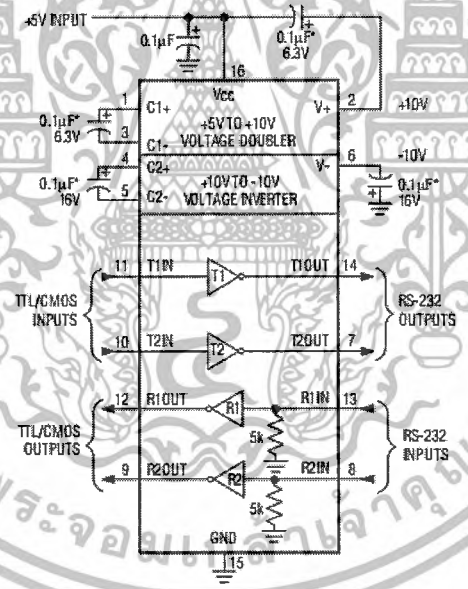
2.8 ไอซี MAX-232

ไอซี MAX-232 เป็นไอซีที่แปลงระดับสัญญาณจากระดับ TTL ไปเป็นระดับของ RS-232 และในทำนองเดียวกันก็รับระดับสัญญาณจาก RS-232 เพื่อแปลงเป็นระดับสัญญาณจากระดับ TTL ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ ซึ่งแสดงรายละเอียดของขาไอซี MAX-232 ดังรูปที่ 2.7 และแสดงรายละเอียดภายในไอซี MAX-232 ดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 รายละเอียดของขาไอซี MAX-232



รูปที่ 2.8 รายละเอียดภายในของไอซี MAX232

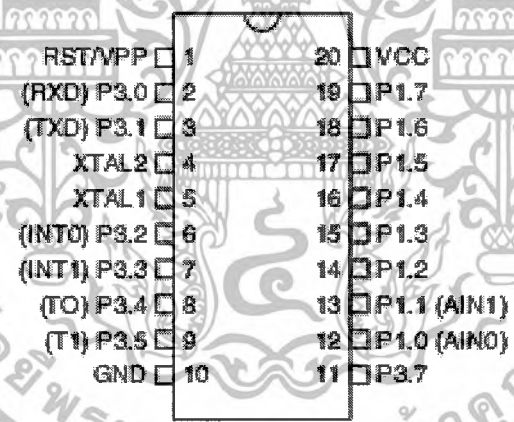
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C2051

โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C2051 มีขาสัญญาณจำนวน 20 ขา สามารถแสดงรายละเอียดของแต่ละขาได้ดังรูปที่ 2.9 มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในแบบแฟลชขนาด 2 กิโลไบต์ เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิตสามารถต่ออินพุตและเอาต์พุตได้ 15 บิต และมีสถาปัตยกรรมภายในของไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์ AT89C2051 ดังรูปที่ 2.10

2.9.1 คุณสมบัติพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C2051

1. สามารถทำงานร่วมกันได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51
2. มีหน่วยความจำแบบแฟลช 2 กิโลไบต์ สามารถลบและเขียนได้ถึง 1000 ครั้ง
3. ทำงานในช่วงแรงดันไฟฟ้า 2.7-6 โวลต์
4. มีหน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 128 ไบต์
5. มีอินพุตและเอาต์พุตพอร์ตขนาด 15 บิต
6. มีวงจรนับและจับเวลาขนาด 16 บิตจำนวน 2 วงจร
7. สามารถอินเทอร์รัปต์ได้จาก 6 แหล่ง
8. สามารถโปรแกรมการทำงานได้โดยผ่านพอร์ตอนุกรม
9. มีวงจรเปรียบเทียบแรงดันภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.9 รายละเอียดของแต่ละขาของ AT89C2051

2.9.2 หน้าที่แต่ละขาของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89CX051

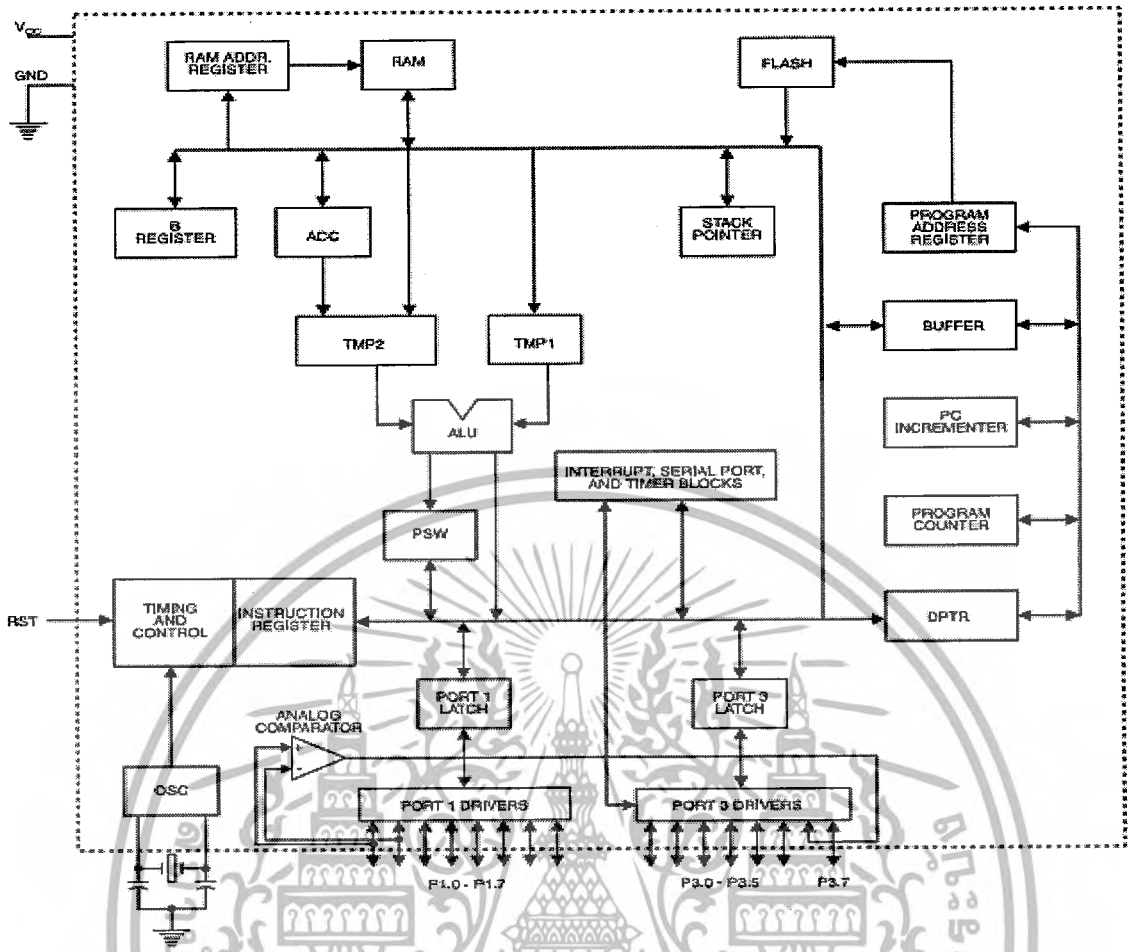
- VCC. เป็นขาที่ใช้สำหรับต่อไฟเพื่อเลี้ยงไอซี +5VDC
- GND เป็นขากราวนด์สำหรับต่อกับกราวนด์ของระบบ
- พอร์ต 1 (P1.0-P1.7) มีจำนวน 8 ขา แต่ละขาเรียกได้เป็น 1 บิต สามารถที่จะกำหนดให้เป็นได้ทั้ง พอร์ตอินพุตและ พอร์ตเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าต้องการให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตก็สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล ลอจิก "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พอร์ต 3 (P3.0-P3.7) มีจำนวน 7 ขาแต่ละขาเรียกได้เป็น 1 บิต แต่ในส่วนของวงจรภายในไอซีจะมีขาของ พอร์ต 3 อยู่ทั้งหมด 8 ขา เพียงแต่ขา P3.6 จะไม่ได้ต่อออกมาใช้งานภายนอกของตัวไอซี แต่ใช้เป็นขารับสถานะ ของผลการเปรียบเทียบสัญญาณ Analog Comparator Input ระหว่างพอร์ต P1.0 และ P1.1 จากภายนอก ดังนั้นขาทั้ง 7 ขาที่ต่อใช้งานภายนอกของไอซี สามารถที่จะกำหนดให้เป็นได้ทั้งพอร์ตอินพุต และพอร์ตเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถที่จะทำได้โดยการเขียนข้อมูลให้เป็น ลอจิก "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการจะติดต่อด้วย นอกจากนั้นขาของ พอร์ต 3 จะยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ ซึ่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD
- P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD
- P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัพท์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา INT0
- P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัพท์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา INT1
- P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0
- P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1
- P3.6 อยู่ภายในไอซีไม่ได้ต่อออกมา ภายนอก แต่ใช้เป็นขารับสถานะของการเปรียบเทียบสัญญาณ Analog Comparator Input ระหว่างพอร์ต P1.0 และ P1.1 จากภายนอก
- P3.7 ใช้เป็นขาอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป
- รีเซต (Reset) เป็นขาที่ใช้รับสัญญาณในการรีเซตโดยจะรีเซตระบบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการป้อนสัญญาณนั้นจะต้องทำให้สถานะที่ขานี้อยู่ในระดับลอจิก "1" (high)อย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างเป็นปกติ
- XTAL 1 และ XTAL 2 เป็นขาที่ใช้สำหรับต่อกับตัวคริสตอล เพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะ การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 สถาปัตยกรรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C2051

2.10 ไอซี FSK Generator (XR-2206)

เป็นไอซีชนิด monolithic function generator สามารถผลิตสัญญาณได้หลายประเภท เช่น สี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม พัลส์ โดยเอาท์พุตที่ออกมาจะมีทั้งแอมปลิจูดและความถี่ โดยความถี่ที่ผลิตได้จะมีค่าอยู่ในช่วง 0.01เฮิรตซ์ จนถึง 1 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งสามารถใช้ได้กับอินพุตที่เป็น TTL หรือ CMOS ก็ได้ สามารถที่จะให้ค่ารูปคลื่นซายน์เอาท์พุตได้ประมาณ 3 Vp-p และค่าความผิดเพี้ยนของสัญญาณที่เกิดขึ้นจะอยู่ระหว่าง 0.5% ถึง 2.5%

2.10.1 การประยุกต์ใช้ไอซี XR-2206

- Waveform Generation
- Sweep Generation
- AM/FM Generation
- FSK Generation
- Phase-Locked Loop (VCO)

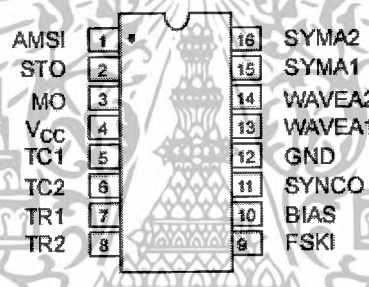
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.2 คุณสมบัติของไอซี XR-2206

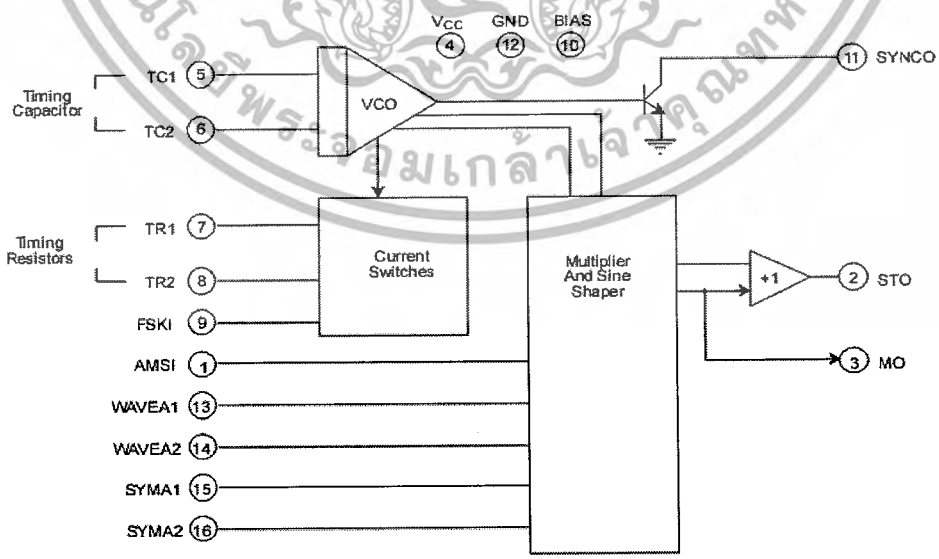
- Monolithic Function Generator
- มีช่วงไฟเลี้ยงกว้าง 10 โวลต์ - 26 โวลต์
- มีค่า Duty Cycle 1% จนถึง 99%
- ทนอุณหภูมิได้ถึง 20 ppm/C°
- Linear Amplitude Modulation
- Low-Supply Sensitivity ,0.01%V
-Low-sine Wave Distortion,0.5%

2.10.3 โครงสร้างภายในของไอซี XR-2206

แสดงรายละเอียดของขาไอซี XR-2206 ดังรูปที่ 2.11 และแสดงโครงสร้างภายในของไอซี XR-2206 ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.11 รายละเอียดขาของไอซี XR-2206

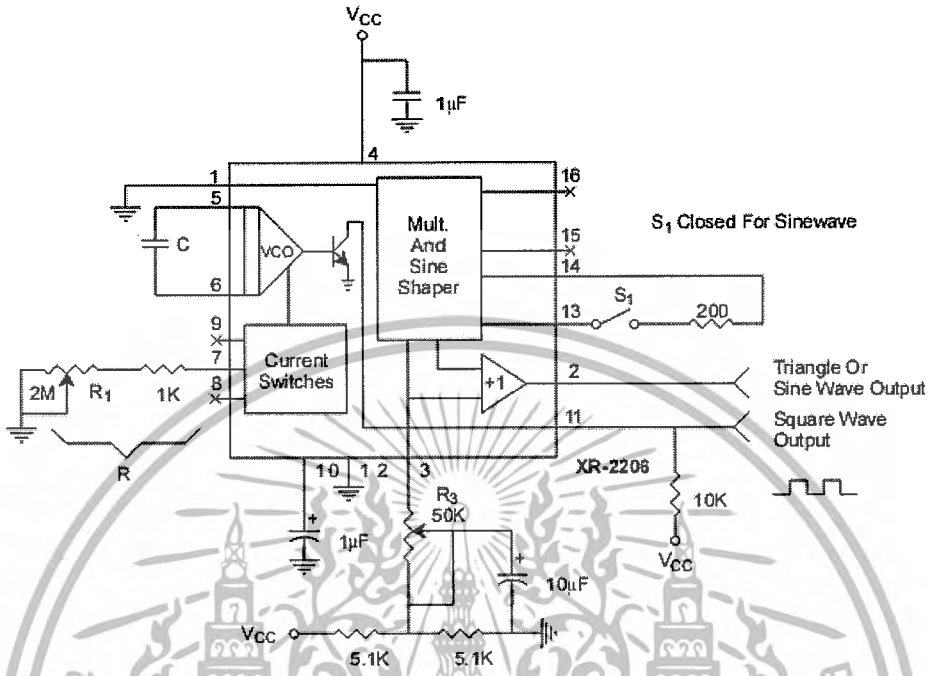


รูปที่ 2.12 ส่วนประกอบภายในของ XR-2206

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

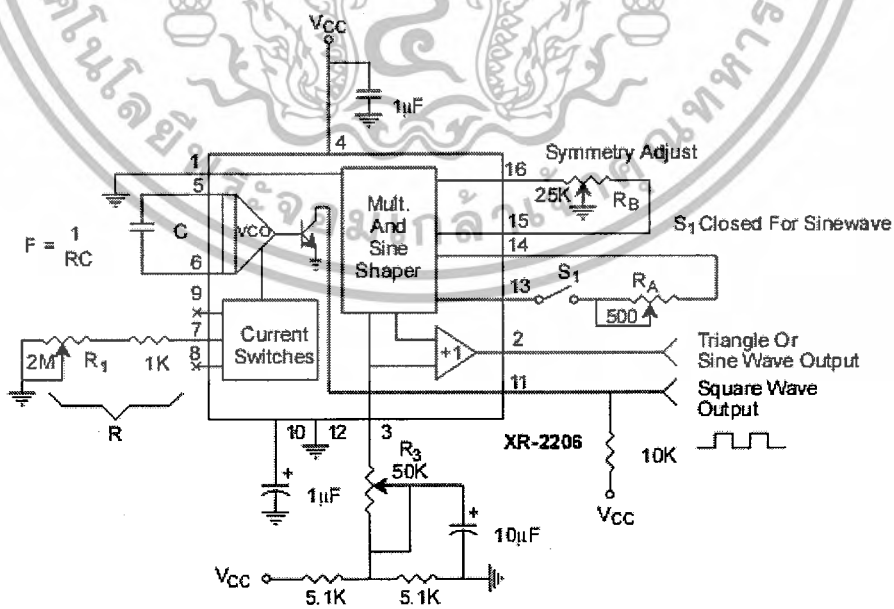
2.10.4 ฟังก์ชั่นการประยุกต์ใช้งาน

- ภาคกำเนิดสัญญาณซายน์ (Sine Wave Generation without External Adjustment) ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 วงจร Sine Wave Generation without External Adjustment

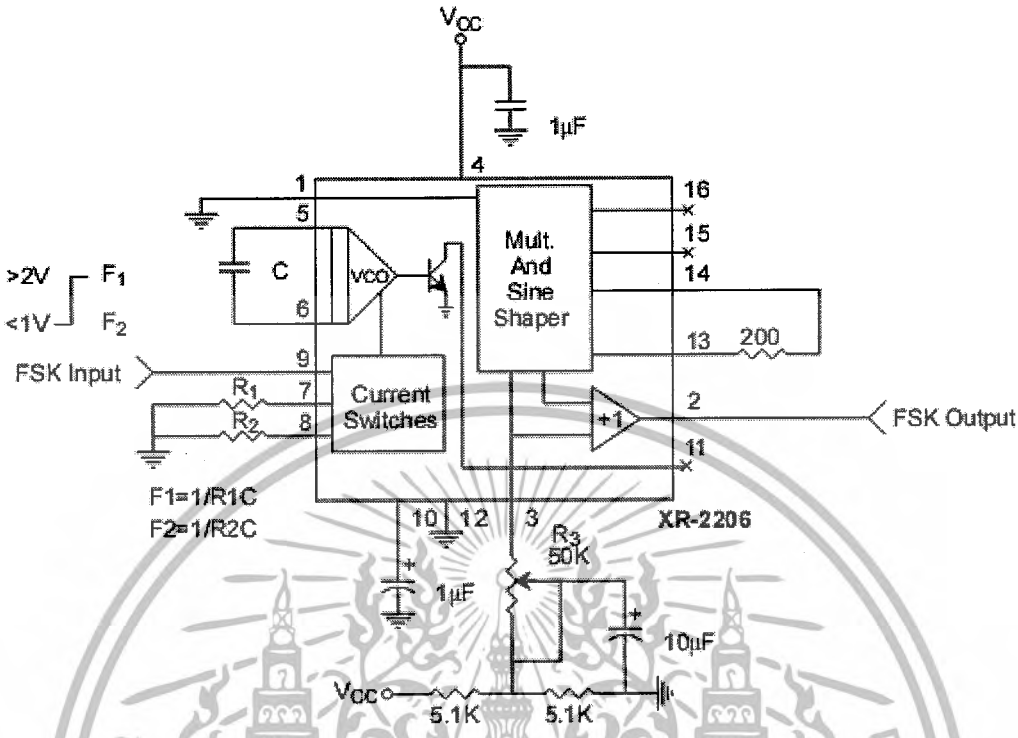
- ภาคกำเนิดสัญญาณซายน์ (Sine Wave Generation with Minimum Harmonic Distortion) ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 วงจร Sine Wave Generation with Minimum Harmonic Distortion

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ภาคกำเนิดสัญญาณ FSK (FSK Generator) ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 วงจร FSK Generator

2.11 ไอซี FSK Demodulator/Tone Decoder (XR-2211)

XR 2211 มีลักษณะทั่วไปก็คือเป็นวงจรเฟสล็อกลูปแบบโมโนลิทิก ทำงานในช่วงกว้างของไฟเลี้ยง 4.5 โวลต์ ถึง 20โวลต์ และมีช่วงความถี่กว้างโดยอยู่ในช่วง 0.01 เฮิรตซ์ – 300 กิโลเฮิรตซ์ สามารถใช้สัญญาณแอนะลอกได้ในช่วง 2 มิลลิโวลต์ – 3 โวลต์ อีกทั้งยังสามารถอินเตอร์เฟสได้กับวงจรลอจิกตระกูลดีทีแอล, ทีทีแอล และอีซีแอล

2.11.1 การประยุกต์ใช้ไอซี XR-2211

- Caller Identification Delivery
- FSK Demodulation
- Data Synchronization
- Tone Decoding
- FM Detection
- Carrier Detection

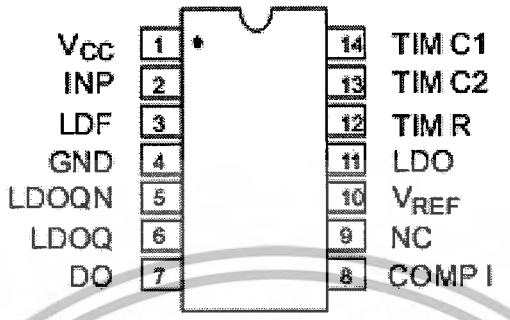
2.11.2 คุณสมบัติของไอซี XR-2211

- สามารถทนอุณหภูมิได้ -50 ถึง +50 ppm/C°
- มีช่วงไฟเลี้ยงกว้าง 4.5โวลต์ ถึง 20โวลต์
- HCMOS/TTl/Logic Compayibility

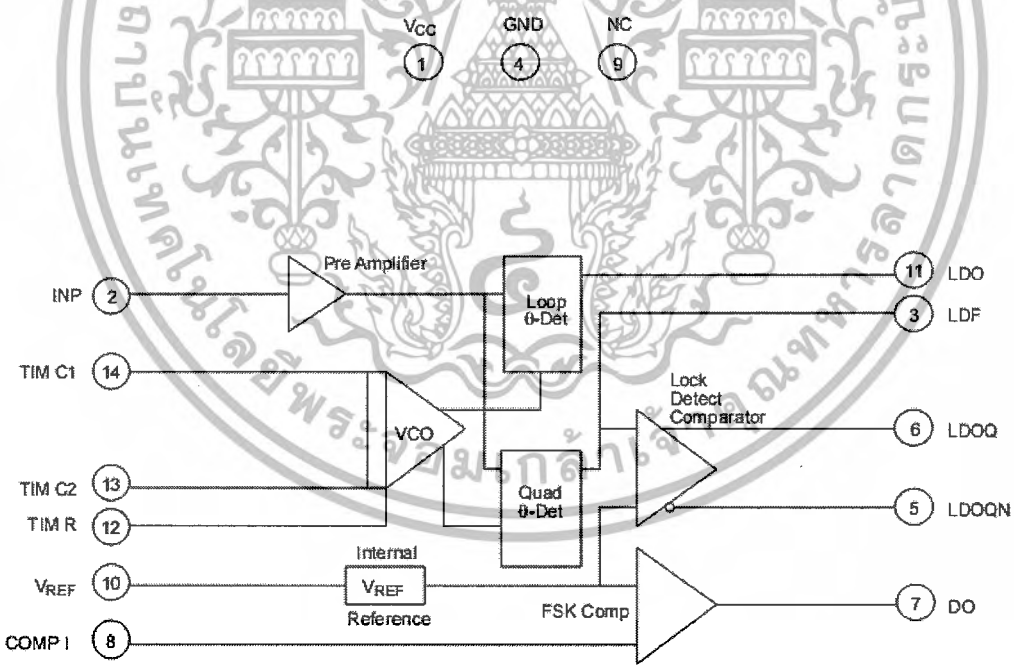
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.3 โครงสร้างภายในของ XR-2211

แสดงรายละเอียดของขาไอซี XR-2211ดังรูปที่ 2.16 และแสดงโครงสร้างภายในของไอซี XR-2211 ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.16 รายละเอียดของขาไอซี XR -2211

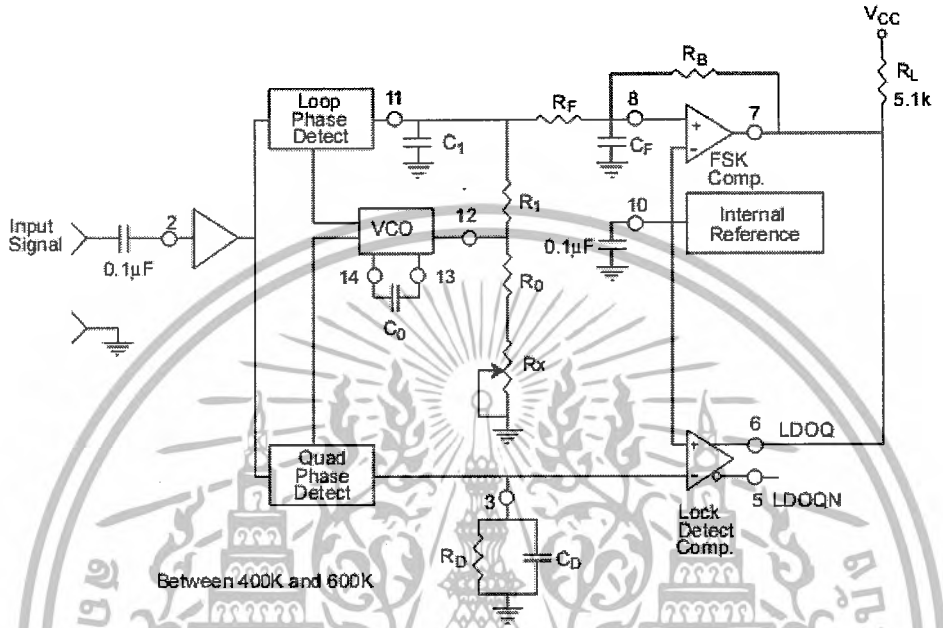


รูปที่ 2.17 บล็อกไดอะแกรมของไอซี XR- 2211

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.4 ฟังก์ชั่นการประยุกต์ใช้งาน

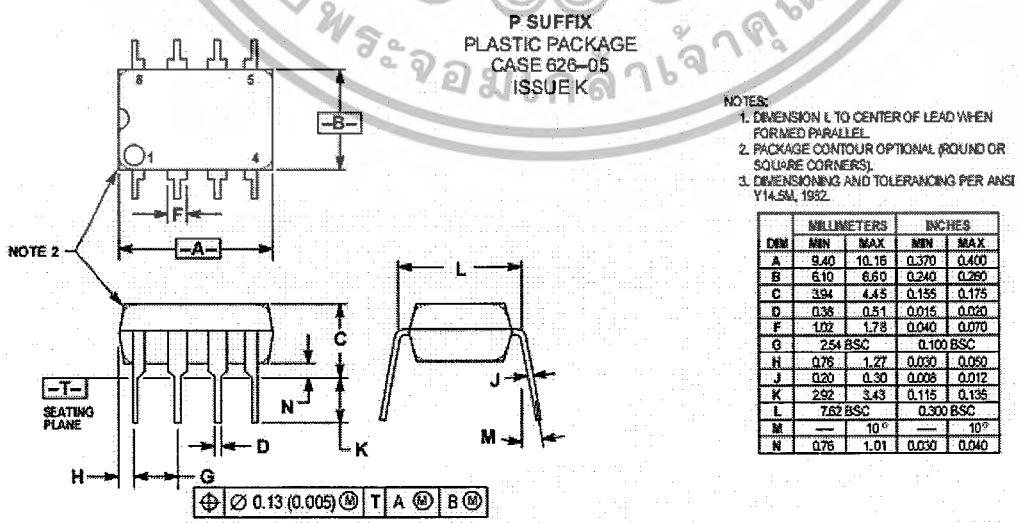
- วงจร FSK demodulation (FSK Demodulation with Carrier Detect Capability) ดังรูปที่ 2.18 และยังสามารถประยุกต์ใช้งานได้เป็นวงจรตรวจจับสัญญาณเสียง (Tone Detection) และวงจรตรวจจับสัญญาณ FM (Linear FM Detector) เป็นต้น



รูปที่ 2.18 วงจร FSK demodulation (FSK Demodulation with Carrier Detect Capability)

2.12 ไอซี IF Amplifier (MC-1350P)

เป็นไอซีชนิดไอเอฟ (IF Amplifier)ในระบบวิทยุและทีวี สามารถทนอุณหภูมิได้ 0C° ถึง 75C ° ภายในไอซีมีวงจร AGC เอาไว้ปรับอัตราขยายอัตโนมัติ ซึ่งจะทำหน้าที่ควบคุมสัญญาณเอาท์พุตคงที่ในขณะที่สัญญาณที่ได้มีความแรงแตกต่างกัน สามารถแสดงรายละเอียดของขาไอซี MC-1350P ดังรูปที่ 2.19



DIM	MILLIMETERS MIN	MILLIMETERS MAX	INCHES MIN	INCHES MAX
A	9.40	10.16	0.370	0.400
B	6.10	6.60	0.240	0.260
C	3.94	4.45	0.155	0.175
D	0.38	0.51	0.015	0.020
F	1.02	1.78	0.040	0.070
G	2.54 BSC		0.100 BSC	
H	0.76	1.27	0.030	0.050
J	0.20	0.30	0.008	0.012
K	2.92	3.43	0.115	0.135
L	7.62 BSC		0.300 BSC	
M	—	10°	—	10°
N	0.76	1.01	0.030	0.040

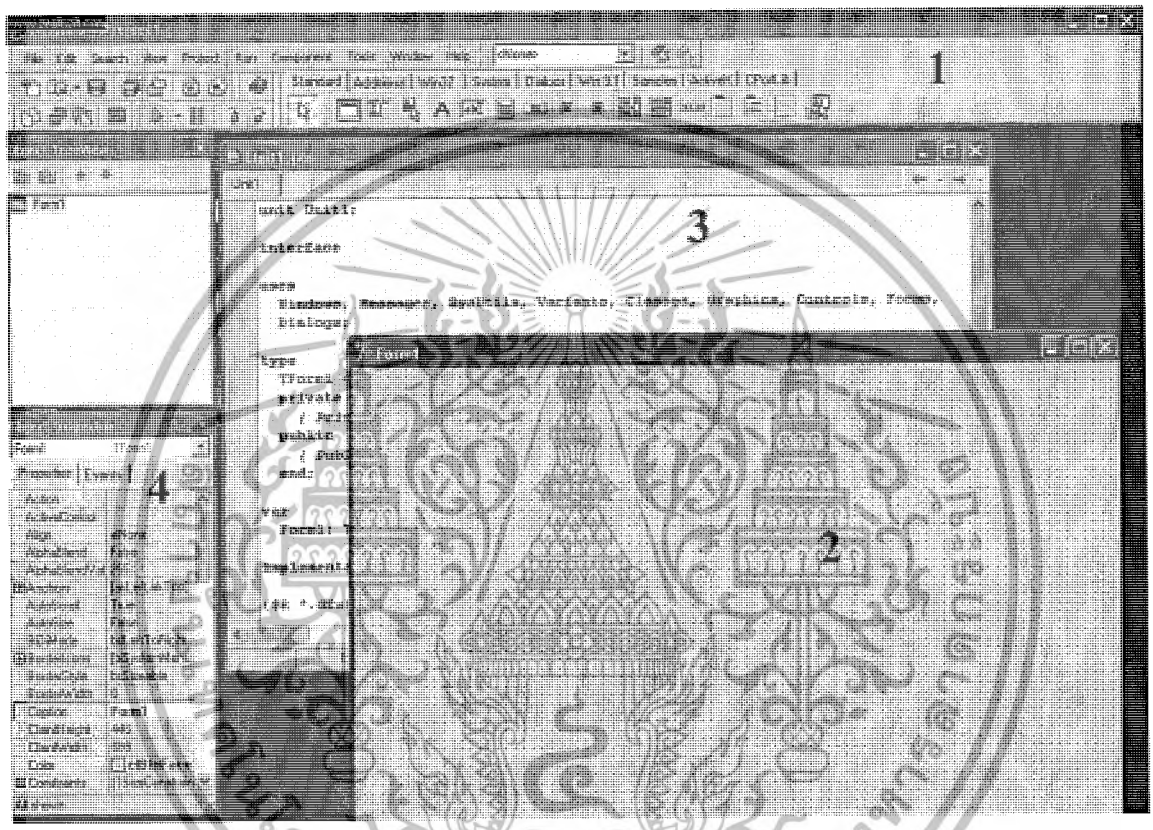
รูปที่ 2.19 รายละเอียดของขาไอซี MC-1350

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14 โปรแกรมเดลไฟล์ (Delphi)

Delphi ที่ใช้ในปริญญานิพนธ์นี้เป็น Delphi 7 จัดเป็นเครื่องมือเขียนโปรแกรมชนิด Visual Programming โดยมีข้อดีคือ สามารถเขียนโปรแกรมได้ง่ายและให้ผลออกมาอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะต่างจากเครื่องมือรุ่นเดิมๆ เช่น Turbo Pascal หรือ Borland C ที่มีความยุ่งยากในการใช้งาน ซึ่ง Delphi 7 นี้สามารนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ต่างๆได้ไม่ว่าจะเป็น โทรศัพท์มือถือ หรือ บนเว็บ

โปรแกรมเดลไฟล์ มีลักษณะของโปรแกรม ดังรูปที่ 2.20



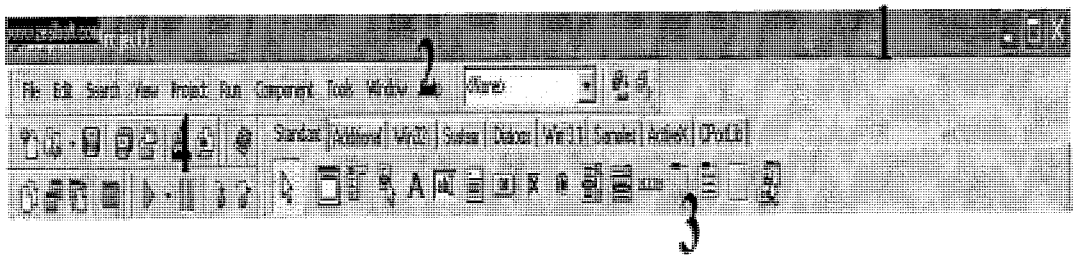
รูปที่ 2.20 หน้าจอของเดลไฟล์โดยรวม

2.14.1 หน้าจอของเดลไฟล์ แบ่งออกเป็น 4 ส่วนใหญ่ๆคือ

1. หน้าต่างหลัก ดังรูปที่ 2.22
2. หน้าต่างฟอร์ม(Form)
3. หน้าต่างยูนิต (Unit)
4. หน้าต่างออบเจ็กต์อินสเปกเตอร์ (Object Inspector)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14.2 หน้าต่างหลัก ประกอบด้วย



รูปที่ 2.21 หน้าต่างหลัก

1. ไตเติ้ลบาร์ (Title bar) จะแสดงรายชื่อของชิ้นงานแต่ละชิ้น

2. เมนูบาร์ (Menu bar) จะแสดงรายการตั้งแต่ File จนถึง Help

3. กล่องคอมโพเนนต์ (Component) จะเป็นที่เก็บคอมโพเนนต์ต่างๆ ที่จะไปวางไว้บนฟอร์ม

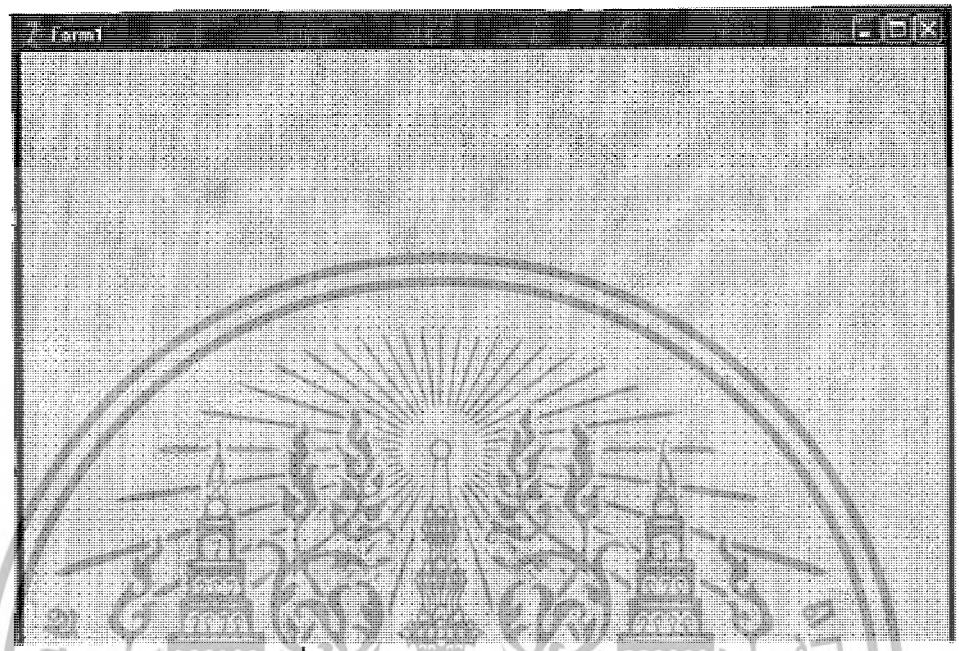
4. สปีดบาร์ (Speed bar) ประกอบไปด้วย

- OPEN PROJECT คือ ปุ่มที่ใช้เปิดโปรเจกต์ใหม่ที่สร้างไว้แล้ว
- OPEN FILE คือ ปุ่มที่ใช้เปิดไฟล์ใหม่ที่สร้างไว้แล้ว
- SAVE ALL คือ ปุ่มที่ใช้เซฟโปรเจกต์ของงานที่กำลังทำอยู่
- SAVE FILE คือ ปุ่มที่ใช้เซฟเฉพาะบางไฟล์
- ADD FILE TO PROJECT คือ ปุ่มที่ใช้ในการทำยูนิต(ไฟล์นามสกุล PAS) ของโปรเจกต์ที่เรากำลังทำงานอยู่
- REMOVE FILE TO PROJECT คือ ปุ่มที่ใช้ในการทำยูนิตของโปรเจกต์ที่กำลังใช้งานอยู่ออกไป
- SELECT UNIT FORM LIST คือ ปุ่มที่ใช้เลือกยูนิตที่มีอยู่แล้วในโปรเจกต์ขึ้นมาใช้งาน
- TOGGLE FORM/ UNIT คือ ปุ่มที่ใช้ในการสลับการทำงานระหว่างหน้าต่างฟอร์มกับหน้าต่างยูนิต
- SELECT FORM FORM LIST คือ ปุ่มที่ใช้เลือกฟอร์มที่มีอยู่แล้วในโปรเจกต์ขึ้นมาใช้
- NEW FORM คือ ปุ่มเรียกใช้ฟอร์มใหม่ขึ้นมาใช้งานร่วมกับโปรเจกต์ที่กำลังใช้งานอยู่
- RUN คือ ปุ่มที่ทำให้ Project compile เริ่มทำงาน
- TRACE INTO คือ ปุ่มที่ใช้แสดงผลการทำงานของโปรเจกต์ทีละขั้นตอน
- PAUSE คือ ปุ่มที่ให้โปรเจกต์หยุดชั่วคราว
- STEP OVER คือ ปุ่มที่ในการข้ามการแสดงผลบางช่วงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14.3 หน้าต่างฟอร์ม

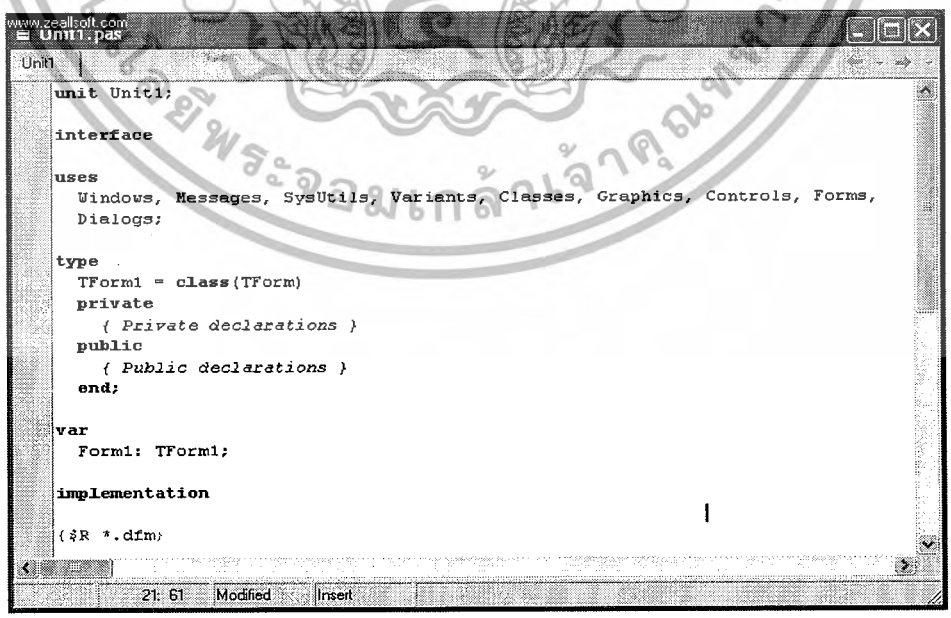
หน้าต่างฟอร์มเป็นหน้าต่างที่มีไว้แสดงผลในการทำงานของตัวโปรเจกต์ เวลาใช้ให้นำคอมโปเนนต์ที่ต้องการใช้ลงไปวางแล้วกำหนด Properties กับ Eventsในออปเจกต์อินสเปคเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 หน้าต่างฟอร์ม (Form)

2.14.4 หน้าต่างยูนิต

หน้าต่างยูนิตเป็นหน้าต่างที่มีไว้สำหรับใส่เงื่อนไขในการทำงานของโปรแกรมโดยผ่านทาง Events ของออบเจกต์อินสเปคเตอร์ หรือจะใส่เงื่อนไขโดยตรงก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 หน้าต่างยูนิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14.5 หน้าต่างออบเจกต์อินสเปคเตอร์

หน้าต่างออบเจคอินสเปคเตอร์จะประกอบด้วย

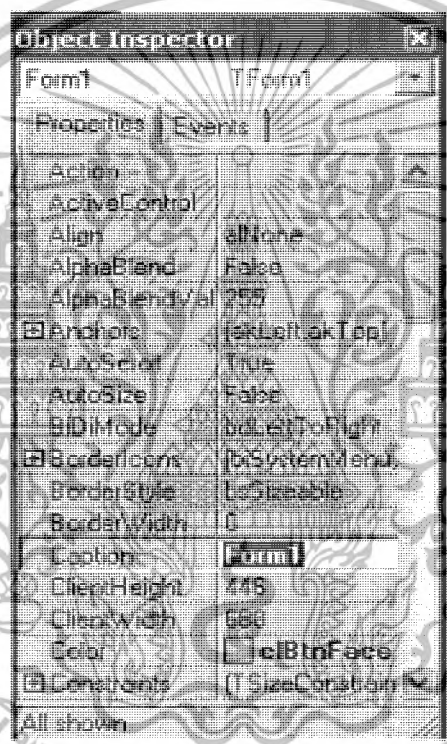
1. Properties จะเป็นตัวกำหนดการทำงานของคอมโปเนนท์ต่างๆ

2. Events จะเป็นตัวผ่านจากคอมโปเนนท์ไปกำหนดเงื่อนไขต่างๆในยูนิต เช่น

- On Click จะทำงานก็ต่อเมื่อเราเลือกด้วยเมาส์หรือคีย์บอร์ด

- OnMouseDown จะทำงานก็ต่อเมื่อเราคลิกเมาส์ลง

- OnKeyDown จะทำงานโดยการกดคีย์ลงจะไปทำงานที่ KeyCode ที่กำหนดไว้ในเงื่อนไขของEvents นั้นๆในโปรแกรม ดังรูปที่ 2.24

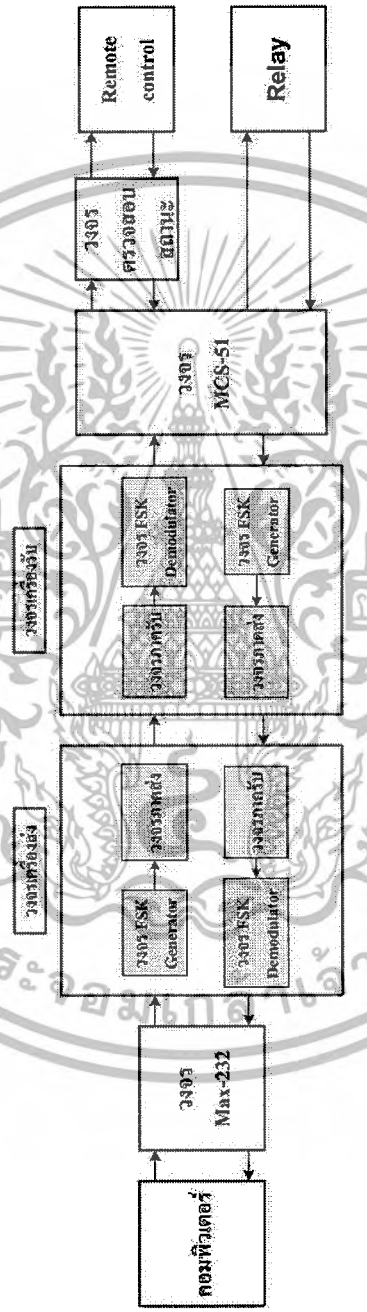


รูปที่ 2.24 หน้าต่างออบเจกต์อินสเปคเตอร์ (Object Inspector)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการสร้าง

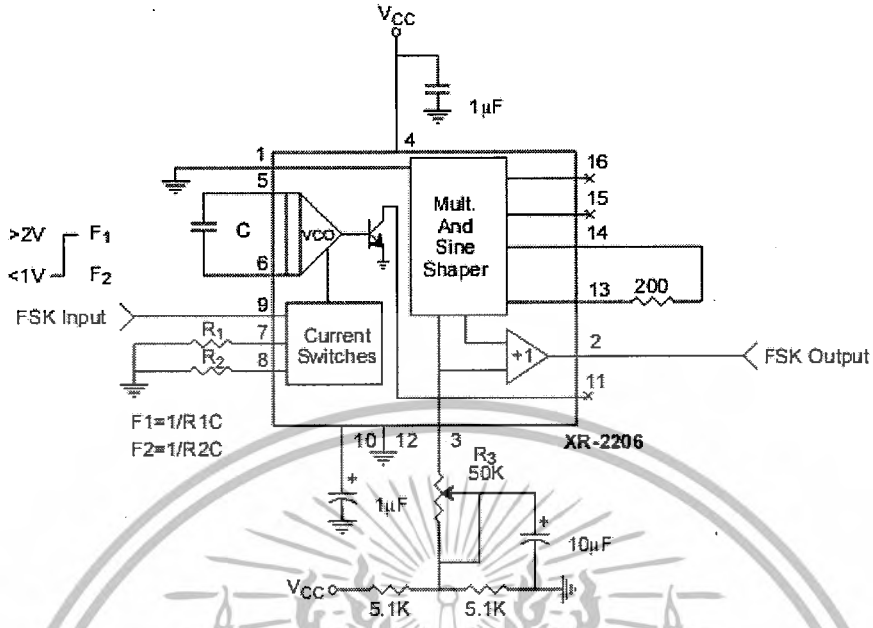
3.1 บล็อกไดอะแกรมของวงจรที่ใช้ทั้งหมด



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของวงจรทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทำงานของ FSK Generator



รูปที่ 3.2 วงจร FSK Generator

วงจรที่ใช้งานแสดงดังรูป 3.2 โดยที่นำสัญญาณดิจิตอล TTL จากวงจรระดับสัญญาณอินพุต เข้ามาที่ขา 9 ของ XR2206 ระดับศักดาไฟตรงของ FSK O/P ที่ขา 2 ประมาณเท่ากับศักดาไฟตรงที่ไบอัสเข้าที่ขา 3 ของ XR 2206 ซึ่งจากรูปที่ 3.2 จะพบว่า ขา 3 ถูกไบอัสด้วยครึ่งหนึ่งของค่า VCC ว่าศักดาไฟตรงที่เอาท์พุตจะเท่ากับ VCC/2 เราสามารถปรับค่าความสมมาตรของสัญญาณเอาท์พุตได้โดยใช้ R ปรับค่าได้ที่ต่ออยู่กับขา 3 ของไอซี

ในส่วนของความถี่ F1 เมื่อลอจิกเป็น 0 (Space) และ F2 เมื่อลอจิกเป็น 1 (Mark) เราสามารถที่จะกำหนดได้ว่าให้ความถี่ F1 และ F2 เป็นเท่าใดก็ได้ โดยหาได้จากสมการที่อ้างอิงจาก Datasheet ของไอซี Xr-2206 ซึ่งจะอยู่ในภาคผนวก แสดงได้ดังต่อไปนี้

$$F_1 = \frac{1}{R_1 C} \qquad \text{ผลิตความถี่สูง} \qquad (1)$$

$$F_2 = \frac{1}{R_2 C} \qquad \text{ผลิตความถี่ต่ำ} \qquad (2)$$

หรือเราเรียก F_1 ว่า f_h และ F_2 ว่า f_l ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 การออกแบบวงจร

จากรูปที่ 3.2 กำหนดให้ที่ขา 8 เป็นความถี่สูง f_h = 350 kHz และให้ค่า C = 1 nF

$$F_1 = f_h = 350 \text{ kHz}$$

$$F_1 = \frac{1}{R_1 \times 1\eta F}$$

$$350 \text{ kHz} = \frac{1}{R_1 \times 1\eta F}$$

$$R_1 = \frac{1}{350kHz \times 1\eta F}$$

$$R_1 = 2.85 \text{ k}\Omega$$

กำหนดให้ที่ขา 7 เป็นความถี่ต่ำ f_l = 200 kHz และให้ค่า C = 1 nF

$$F_2 = f_l = 200 \text{ kHz}$$

$$F_2 = \frac{1}{R_2 \times 1nF}$$

$$200 \text{ kHz} = \frac{1}{R_2 \times 1nF}$$

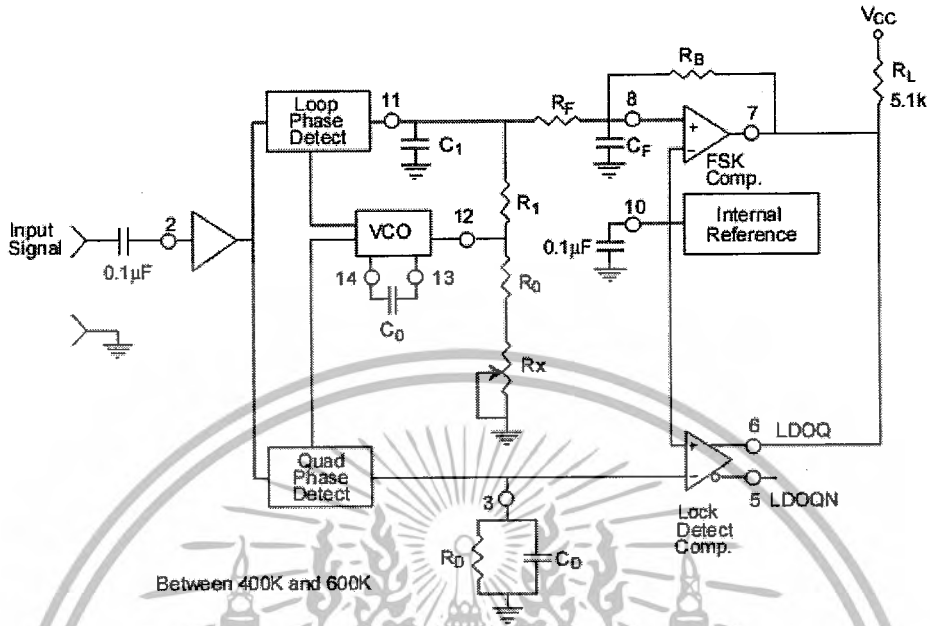
$$R_2 = \frac{1}{200kHz \times 1nF}$$

$$R_2 = 5 \text{ k}\Omega$$

- สังเกตได้ว่าค่าที่ได้จากการคำนวณไม่ตรงกับอุปกรณ์ที่มีอยู่จริง ต้องอาศัยการประมาณค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่มีอยู่จริงและใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การทำงานของ FSK Demodulator



รูปที่ 3.3 วงจร FSK Demodulation with Carrier Detect Capacity

FSK Demodulator จะใช้ไอซี XR 2211 เป็นตัว Demodulate สัญญาณมีลักษณะทั่วไปก็คือเป็นวงจรเฟสล็อกลูปแบบโมโนลิทิก ทำงานในช่วงกว้างของไฟเลี้ยง 4.5 โวลต์ ถึง 20V และมีช่วงความถี่กว้างโดยอยู่ในช่วง 0.01เฮิรตซ์ – 300 กิโลเฮิรตซ์ สามารถใช้สัญญาณแอนะลอกได้ในช่วง 2mโวลต์ – 3โวลต์ อีกทั้งยังสามารถอินเตอร์เฟสได้กับวงจรลอจิกตระกูลดีทีแอล, ทีทีแอล และอีซีแอล

วงจรการทำงานของ XR 2211 แสดงดังรูปที่ 3.3 โดยมีการทำงานดังต่อไปนี้ เอาท์พุตของเฟสดีเท็คเตอร์ให้สัญญาณผลบวกและผลต่างความถี่ของสัญญาณอินพุตกับสัญญาณจาก VCO นั่นคือความถี่เอาท์พุตจะเป็น fin+f vco โดยการต่อตัวเก็บประจุคร่อมสัญญาณเอาท์พุตของเฟสดีเท็คเตอร์ก็คือ ใส่วงจรความถี่ต่ำนั่นเอง จะทำให้สัญญาณความถี่สูง ถูกลดทอนหายไปทำให้เหลือเพียงศักดากระแสตรงที่เกิดจากความต่างเฟสของความถี่ทั้งสอง จะเกิดเช่นนี้ไปเรื่อยๆทำให้ VCO ติดตามความถี่ของสัญญาณอินพุตได้ ในส่วนที่เหลือของ XR- 2211 ทำงานดังนี้คือ หาก VCO ถูกขับด้วยความถี่ที่เหลือกว่าหรือต่ำกว่าความถี่ศูนย์กลางแล้ว วงจรเปรียบเทียบแรงดันจะสร้างสัญญาณเอาท์พุตลอจิกสูง และสัญญาณเอาท์พุตลอจิกต่ำเมื่อเฟสล็อคลูปหลักอยู่ในช่วงล็อค ในส่วนรายละเอียดของการคำนวณจะขอกล่าวถึงในหัวข้อตัวอย่างการออกแบบวงจร

Ro และCo จะกำหนดความถี่ศูนย์กลางของเฟสล็อคลูป,R_1กำหนดแถบความถี่ของระบบ (Bandwidth) , C_1 จะกำหนดค่าเวลาคงตัวในวงจรกรองของวงรอบ (Loop damping factor) ,Coและ R_F กำหนด one-pole post –detection filter สำหรับข้อมูลเอาท์พุตของสัญญาณ FSK ตัวต้านทาน R_Bจากขา 7 ไปขา 8 มีไว้เพื่อเป็นการป้อนกลับแบบบวกสำหรับตัวเปรียบเทียบแรงดันของสัญญาณ FSK เพื่อทำให้เกิดความเร็วในการเปลี่ยนสถานะของลอจิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 การออกแบบวงจร

จากรูปที่ 3.3 กำหนดให้ค่าความเร็วในการส่งข้อมูลเท่ากับ 1200 baud data rate โดยเราจะใช้สูตรในการคำนวณจาก Datasheet ของไอซี XR-2211 ซึ่งจะอยู่ในภาคภนวก ซึ่งแสดงได้ดังนี้

- คำนวณค่าความถี่ f_0

$$f_0 = \sqrt{F_1 \times F_2}$$

$$f_0 = \sqrt{200 \times 350} \text{ kHz}$$

$$f_0 = 264.75 \text{ kHz}$$

โดย $F_1 = 200$ kHz

$F_2 = 350$ kHz

จากวงจร FSK modulator

- คำนวณหาค่า R_T

$$R_T = R_0 + \frac{Rx}{2}$$

$$R_T = 10\ k\Omega + \frac{20\ k\Omega}{2}$$

$$R_T = 20 \text{ k}\Omega$$

- คำนวณหาค่า Co

$$Co = \frac{1}{R_0 \times f_0}$$

$$Co = \frac{1}{20\ k\Omega \times 264.575\ kHz}$$

$$Co = 180 \text{ pF}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คำนวณค่า R_1

$$R_1 = \frac{R_o \times f_o}{(f_1 - f_2)} \times 2$$

$$R_1 = \frac{10\ k\Omega \times 264.575\ kHz}{100\ kHz} \times 2$$

$$R_1 = 35\ k\Omega$$

- คำนวณค่า C_1

$$C_1 = \frac{1250 \times C_0}{R_1 \times S^2},$$

โดย S = ค่า loop damping ที่วงจรกำหนดให้ =0.5

$$C_1 = \frac{1250 \times 188\ pF}{35\ k\Omega \times 0.25}$$

$$C_1 = 26.8\text{pF}$$

- คำนวณค่า R_F

$$R_F = R_1 \times 5$$

$$R_F = 35\ k\Omega \times 5$$

$$R_F = 175\ k\Omega$$

- คำนวณค่า R_B

$$R_B = R_F \times 5$$

$$R_B = 175\ k\Omega \times 5$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_B = 875 \quad \text{kΩ}$$

- คำนวณค่า R_{SUM}

$$R_{SUM} = \frac{(R_F + R_1)}{(R_F + R_1 + R_B)} \times R_B$$

$$R_{SUM} = 170 \quad \text{kΩ}$$

- คำนวณค่า C_F

$$C_F = \frac{0.25}{(R_{SUM} \times \text{Baudrate})}$$

$$C_F = \frac{0.25}{(170\ k\Omega \times 1200)}$$

$$C_F = 1.2 \quad \text{nF}$$

- คำนวณค่า C_D

$$C_D > \frac{16}{\Delta F}$$

$$C_D > \frac{16}{150\ kHz} > 1.0666 \times 10^{-4}$$

$$C_D > 107 \quad \text{uF}$$

$R_D = 470$ kΩ , ค่าคงที่ที่วงจรกำหนดไว้

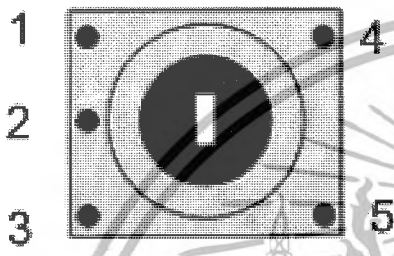
$R_L = 5.1$ kΩ , ค่าคงที่ที่วงจรกำหนดไว้

- สังเกตได้ว่าค่าที่ได้จากการคำนวณไม่ตรงกับอุปกรณ์ที่มีอยู่จริง ต้องอาศัยการประมาณค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่มีอยู่จริง

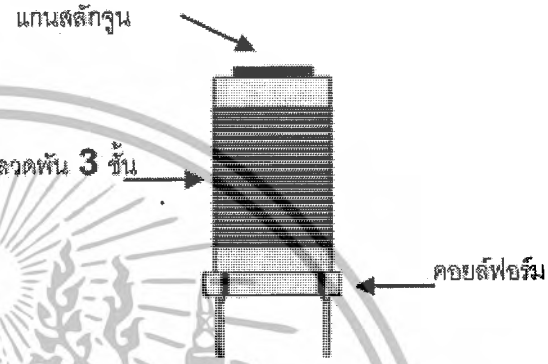
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การพันขดลวด

สำหรับขดลวด L2 และ L3 ซึ่งมีรายละเอียดตำแหน่งขาดังรูปที่ 3.4 ใช้ลวดทองแดงอาบน้ำยาเบอร์32 SWG พันบนสลักจูนขนาด 8 มิลลิเมตร L2 พัน 93 รอบโดยแบ่งเป็น 3 ชั้น ชั้นละ 31 รอบแท็ปที่ 31 รอบคือเมื่อพันครบ31รอบแล้วใช้ สก็อตเทปติดไว้ก่อนจะพันรอบต่อไปส่วน L3 พัน 93 รอบแบ่งเป็น 3 ชั้น เช่นกันแต่ไม่ต้องแท็ป แล้วพันเพิ่มอีกขดจำนวน 13 รอบไว้ชั้นนอกสุด ส่วนขดลวด L1 ทางด้านเครื่องรับพันขดลวดด้าน primary 13 รอบและ secondary 93 รอบ ซึ่งมีรายละเอียดดังรูปที่ 3.4-3.7

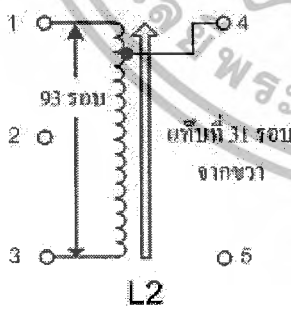


รูปที่ 3.4 รายละเอียดตำแหน่งขาของ L2 และ L3



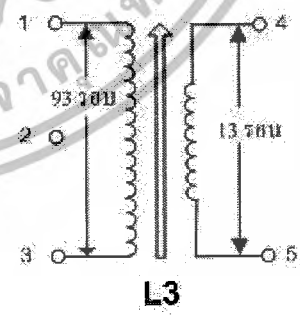
รูปที่ 3.5 รายละเอียดการพันขดลวด

L2 ใช้ลวดเบอร์ 32 พัน 93 รอบ แท็บที่ 31 รอบ
(พันชั้น 31 รอบ 3 ชั้น)



รูปที่ 3.6 รายละเอียดการพันขดลวด L2

L 3 ใช้ลวดเบอร์ 32 พันไพมารี่ 93 รอบ
เซกันดารี่ 13 รอบ

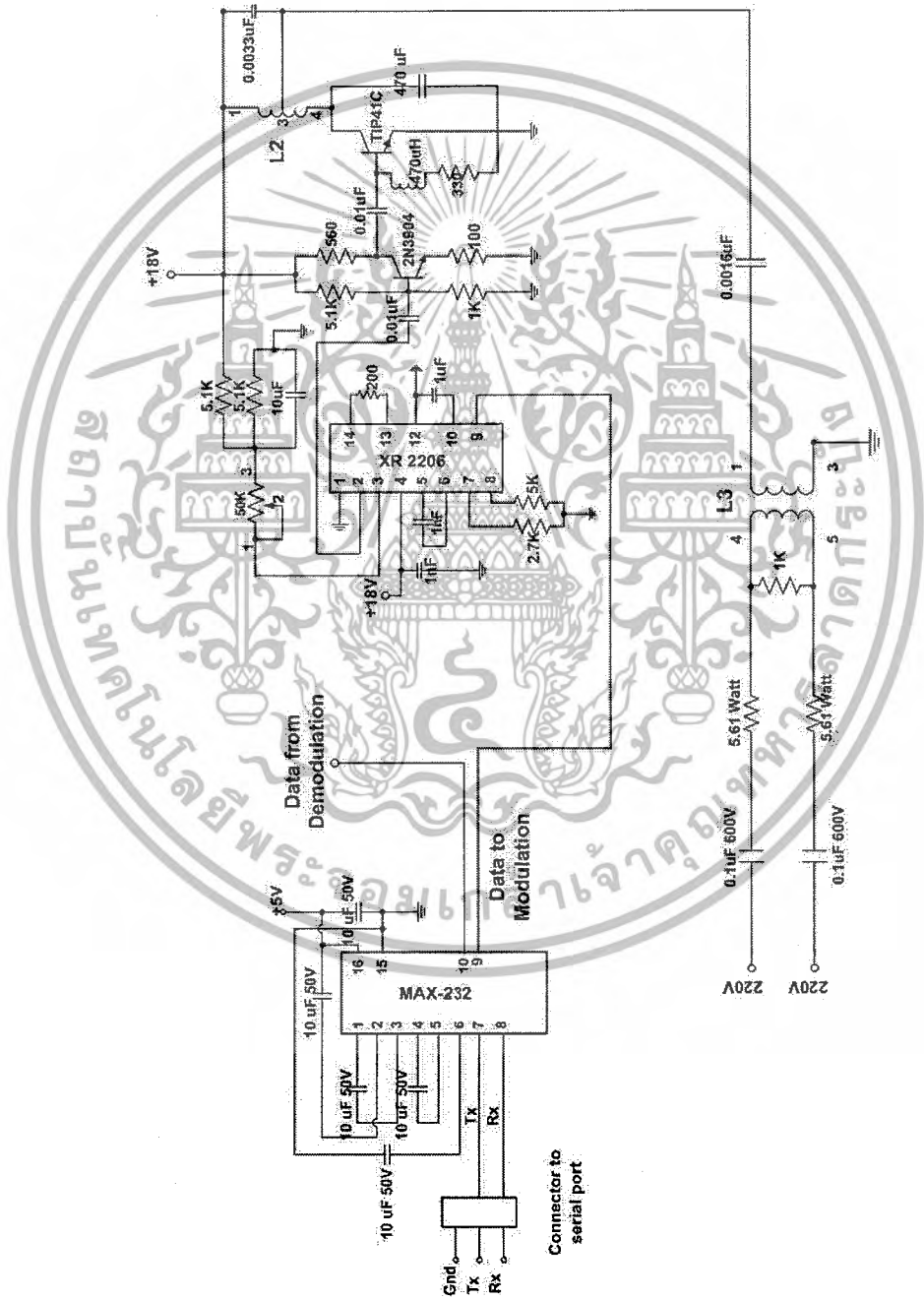


รูปที่ 3.7 รายละเอียดการพันขดลวด L3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วงจรเครื่องส่ง

เมื่อรับข้อมูลจากโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านพอร์ตอนุกรมคอมพิวเตอร์แล้วมาประมวลผลผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วจะทำการมอดูเลตข้อมูลกับคลื่นพาห์ที่มีความถี่เฉพาะค่าหนึ่ง เพื่อไม่ให้ไปรบกวนสัญญาณที่อยู่ในสายไฟฟ้าภายในบ้าน ทำการขยายสัญญาณแล้วทำการส่งผ่านวงจรภาคส่งไปตามสายไฟบ้านไปยังเครื่องรับ และวงจรภาครับของชุดเครื่องส่งจะทำหน้าที่รับข้อมูลสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้ามาจากเครื่องรับแล้วทำการแสดงผลทางหน้าจอโปรแกรม

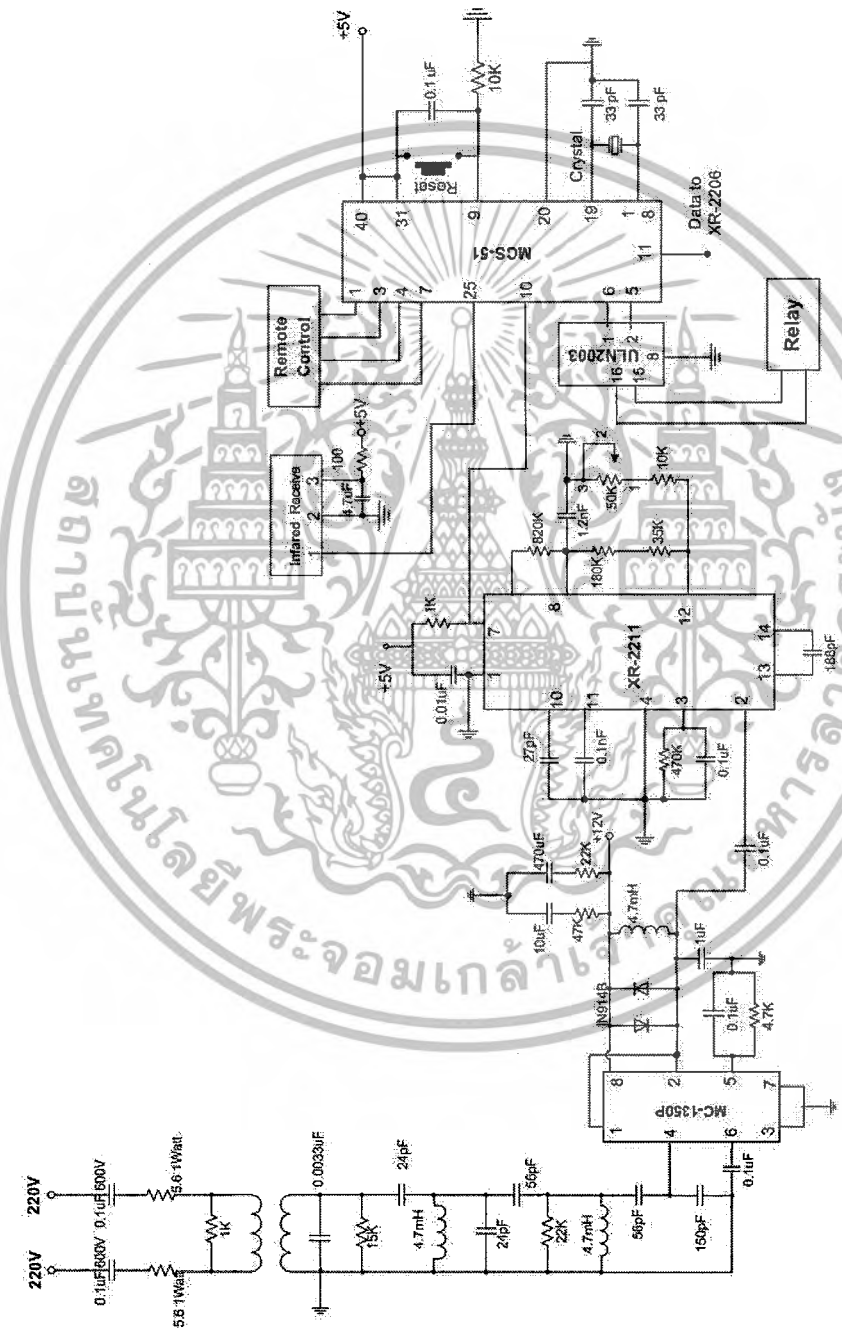


รูปที่ 3.8 วงจรเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 วงจรเครื่องรับ

จะทำการรับสัญญาณที่ส่งผ่านมาทางสายไฟบ้าน โดยการนำสัญญาณที่ได้นำไปดีมอดูเลตซึ่งจะได้ข้อมูลออกมา และถูกส่งไปประมวลผลผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการควบคุมและตรวจสอบสถานะอุปกรณ์ไฟฟ้า จากนั้นวงจรภาคส่งของเครื่องรับก็จะทำการส่งข้อมูลสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้ากลับมายังเครื่องส่งเพื่อทำการแสดงผลทางหน้าจอโปรแกรม

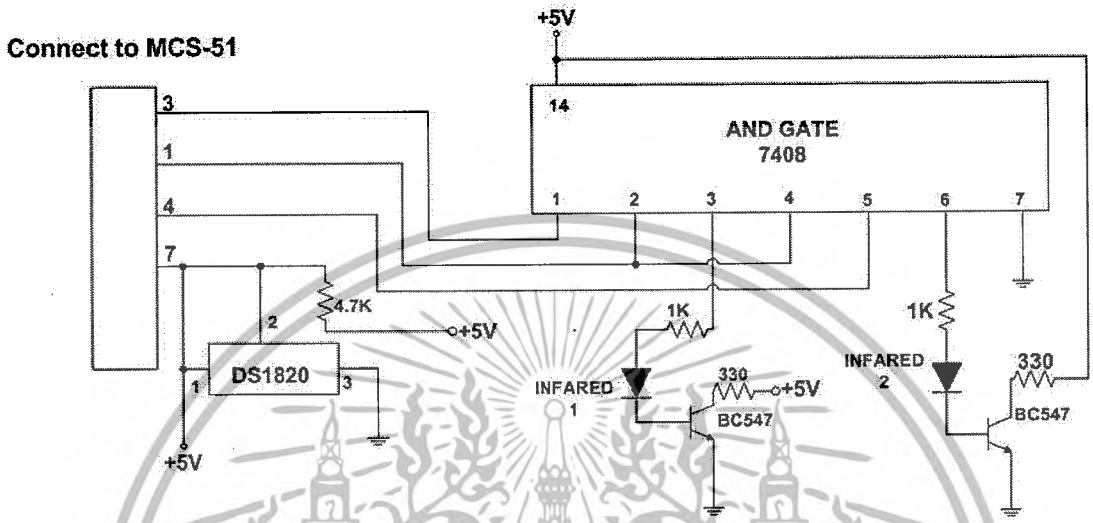


รูปที่ 3.9 วงจรเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 วงจรส่วนรีโมทควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

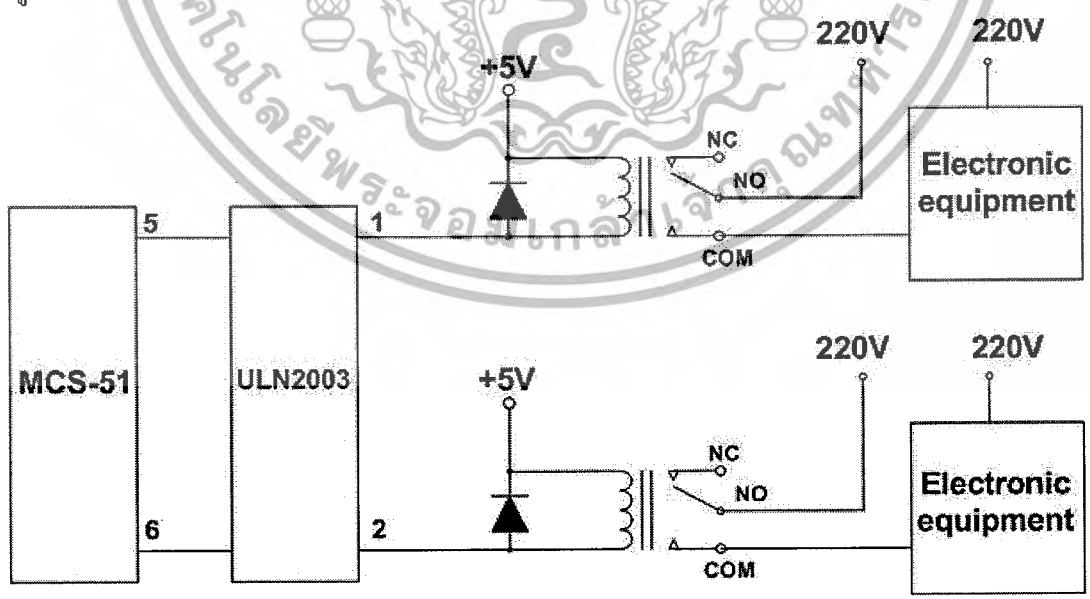
ทำการรับข้อมูลมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ของเครื่องรับ และทำการรวมกับคลื่นพาห์ 38 KHz ด้วย ANDGATE จากนั้นก็จะทำการควบคุมหลอดอินฟาเรดควบคุมแอร์หรือทีวีตามต้องการ นอกจากนั้นจะมีส่วนของ DS1820 ทำการส่งค่าอุณหภูมิกลับไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เครื่องรับอีกด้วยดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 วงจรส่วนรีโมทคอนโทรล

3.8 วงจรส่วนรีเลย์ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

จะทำการรับข้อมูลมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่าน ULN2003 ทำการควบคุมสวิตช์ภายในรีเลย์ ดังรูปที่ 3.11

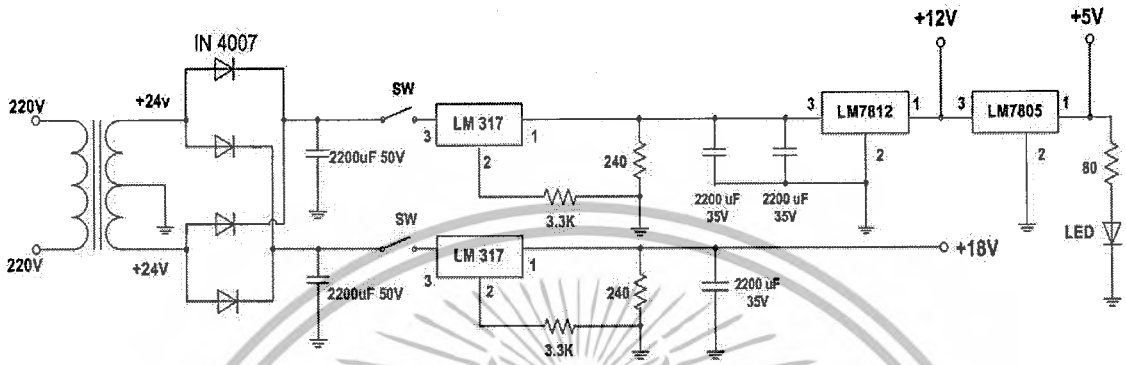


รูปที่ 3.11 วงจรส่วนรีเลย์ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 วงจรส่วนของแหล่งจ่ายไฟ

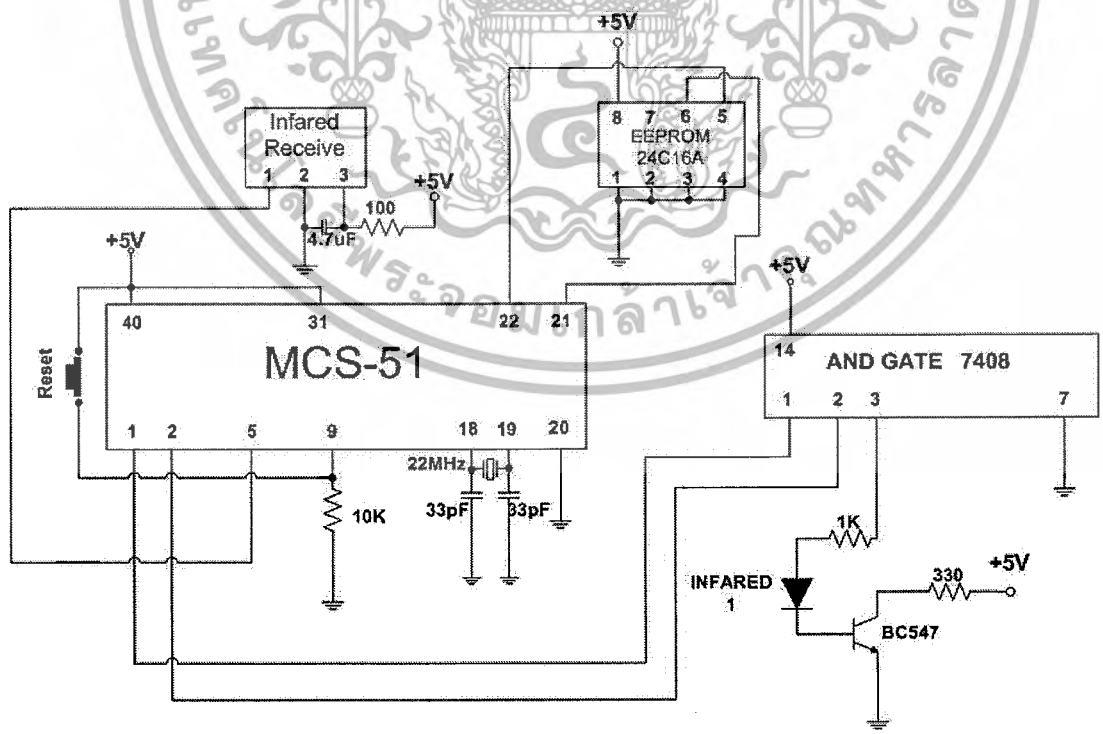
วงจรแหล่งจ่ายไฟ ทำการแปลงไฟจากหม้อแปลง 24 โวลต์ ให้กลายเป็นไฟ 18 โวลต์ 12 โวลต์ และ 5 โวลต์ เพื่อนำไปใช้ในส่วนต่างๆของวงจรทั้งเครื่องส่งและเครื่องรับ โดยจะมีหลอด LED แสดงสถานะการทำงานของวงจร ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

3.10 วงจรตรวจสอบสถานะ

ทำการตรวจสอบสถานะของโทรทัศน์ โดยเก็บบันทึกค่าจากส่วนของวงจรส่วนรีโมทควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าไว้ในหน่วยความจำอีพรอม แล้วส่งกลับมายังไมโครคอนโทรลเลอร์ของเครื่องรับ ดังรูปที่ 3.13 เพื่อทำการประมวลผลแล้วส่งกลับไปยังโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า



รูปที่ 3.13 วงจรตรวจสอบสถานะของโทรทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

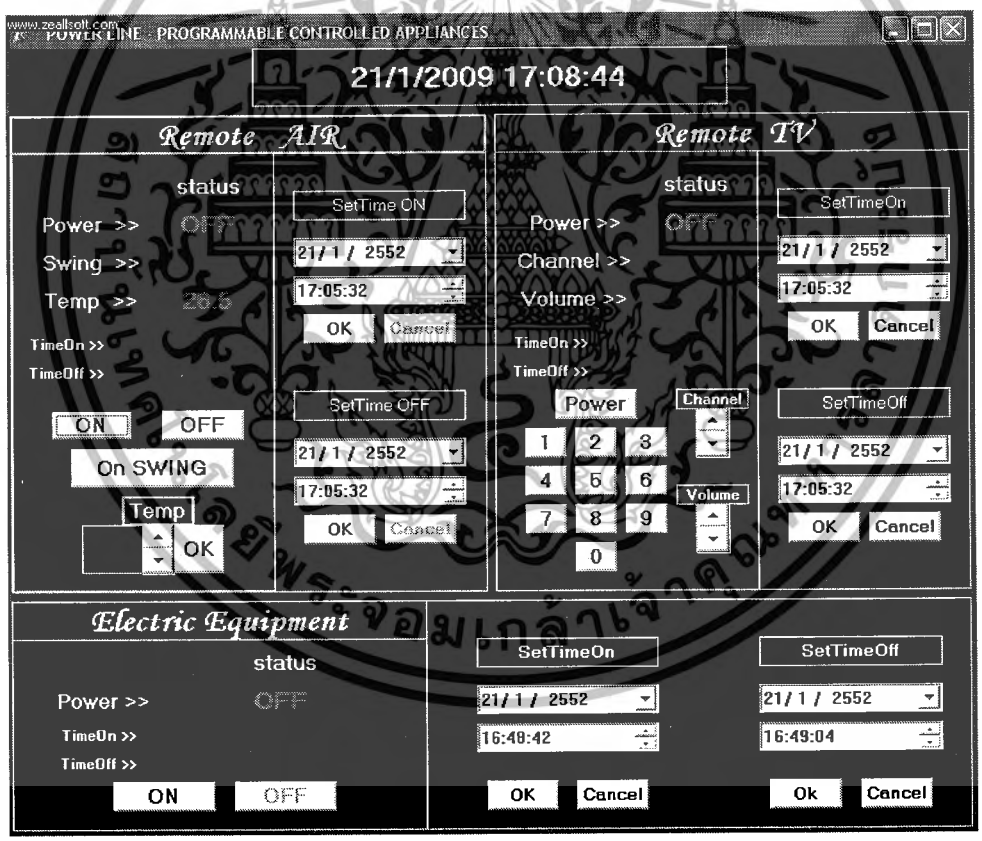
3.11 การออกแบบซอฟต์แวร์

3.11.1 การออกแบบโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้านี้ออกแบบโดยใช้โปรแกรมเดลไฟล์ โดยหน้าจอโปรแกรมจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ทีวี แอร์ และอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยอุปกรณ์ทั้ง 3 ส่วนสามารถควบคุมการเปิด-ปิด , ตั้งเวลาการเปิด-ปิด และแสดงสถานะการทำงานได้โดยใช้การคลิกเม้าส์เลือกปุ่มคำสั่งที่ผู้ใช้ต้องการ

3.11.2 ส่วนประกอบของหน้าจอโปรแกรมหลัก

ส่วนประกอบของหน้าจอหลักที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้ามีรายละเอียดดังรูปที่ 3.14 ประกอบด้วยหน้าต่างส่วนของแอร์ซึ่งสามารถเปิด-ปิด, เพิ่ม-ลดอุณหภูมิ, เปิด-ปิดระบบswing และแสดงค่าอุณหภูมิภายในห้องได้, หน้าต่างส่วนของโทรทัศน์ซึ่งสามารถเปิด-ปิด, เปลี่ยนช่องและเพิ่ม-ลดเสียงได้ และหน้าต่างส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งสามารถเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ โดยตัวโปรแกรมจะแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้ง 3 ส่วนให้ผู้ใช้ทราบทางหน้าจอของโปรแกรม

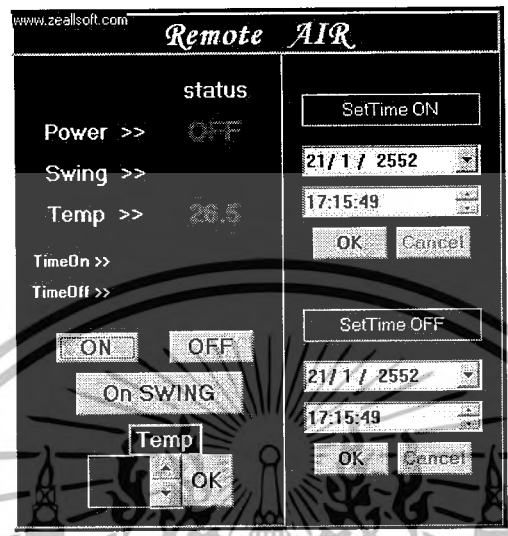


รูปที่ 3.14 โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.11.3 ส่วนของรีโมทแอร์

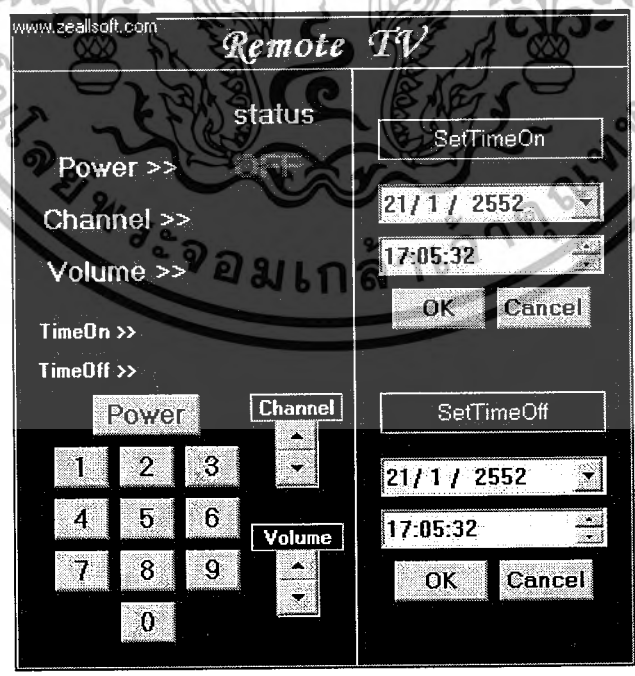
ในหน้าต่างส่วนของแอร์สามารถเปิด-ปิด, เพิ่ม-ลดอุณหภูมิ, เปิด-ปิดระบบswing และแสดงค่าอุณหภูมิภายในห้องได้ ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 โปรแกรมส่วนควบคุมรีโมทแอร์

3.11.4 ส่วนของรีโมททีวี

ในหน้าต่างส่วนของโทรทัศน์ซึ่งสามารถเปิด-ปิด เปลี่ยนช่องและเพิ่ม-ลดเสียงได้ มีหน้าต่างแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 3.16

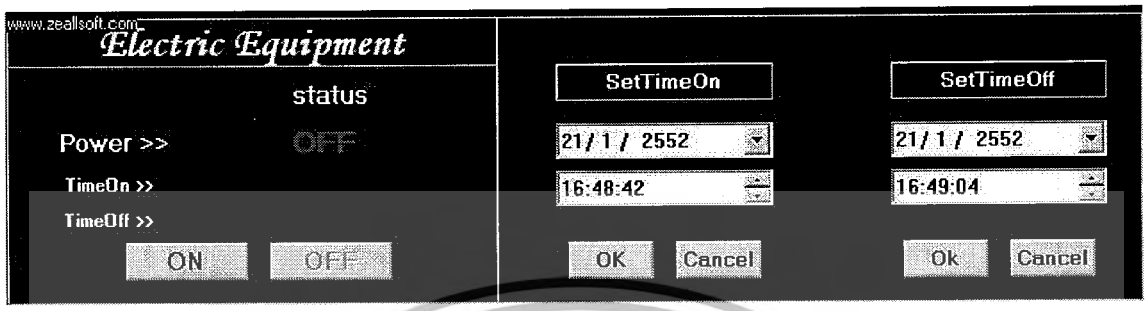


รูปที่ 3.16 โปรแกรมส่วนควบคุมรีโมททีวี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.11.5 ส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้า

ในหน้าต่างส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ มีรูปแบบ ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 โปรแกรมส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

4.1.1 ออสซิลโลสโคป

4.1.2 หม้อแปลงไฟฟ้า

4.1.3 เครื่องคอมพิวเตอร์

4.1.4 ชุดเครื่องส่งและชุดเครื่องรับ

4.1.5 แอร์

4.1.8 ทีวี

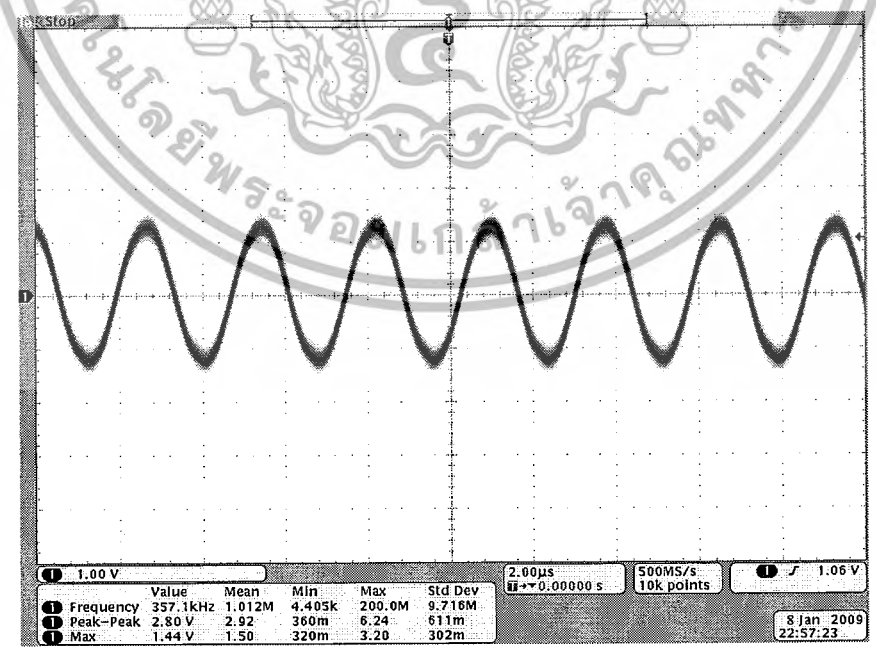
4.2 การทดลองและผลการทดลอง

ทำการทดลองโดยเชื่อมต่อเครื่องส่งเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม และอีกด้านของวงจรต่อเข้ากับหม้อแปลงไฟฟ้าแล้วต่อกับสายไฟบ้าน ทางด้านเครื่องรับก็จะต่อกับหม้อแปลงที่เชื่อมต่อกับสายไฟบ้านเช่นเดียวกัน

เริ่มการทดลองโดยการคลิกปุ่มคำสั่งบนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ทำการส่งข้อมูลไปยังเครื่องส่งและเครื่องส่งก็จะทำการส่งข้อมูลไปกับสายไฟบ้านไปยังเครื่องรับ เครื่องรับก็จะประมวลผลข้อมูลและควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าตามข้อมูลที่ได้รับ จากนั้นจะส่งค่าสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้ากลับไปยังเครื่องส่งเพื่อแสดงผลทางหน้าจอโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

<u>ผลการทดลอง</u>

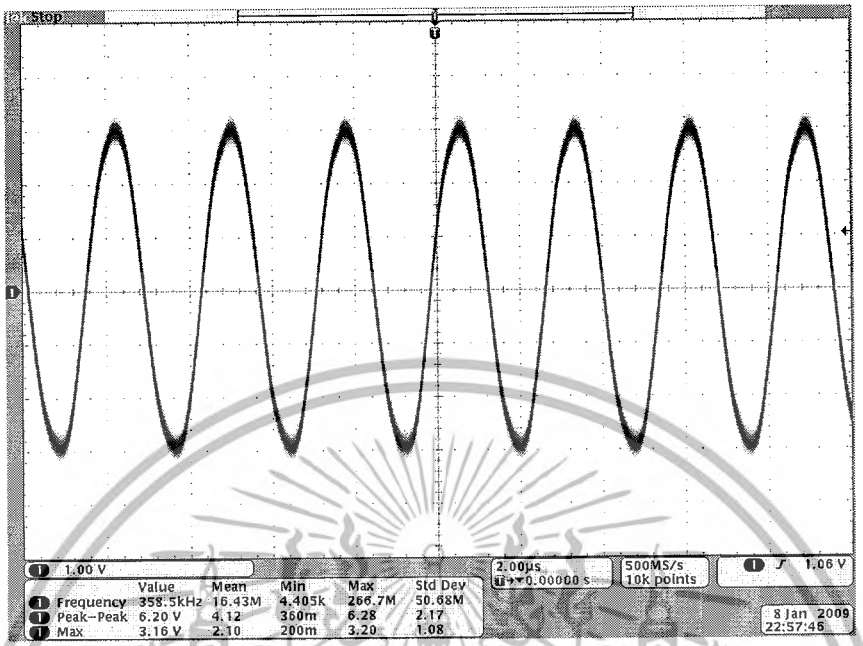
1.ทำการวัดสัญญาณคลื่นพาห์ที่ขา 2 ของไอซี XR-2206 ความถี่ 350 กิโลเฮิรตซ์ได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 สัญญาณคลื่นพาห์ที่ความถี่ 350 กิโลเฮิรตซ์ จากวงจร FSK Generator

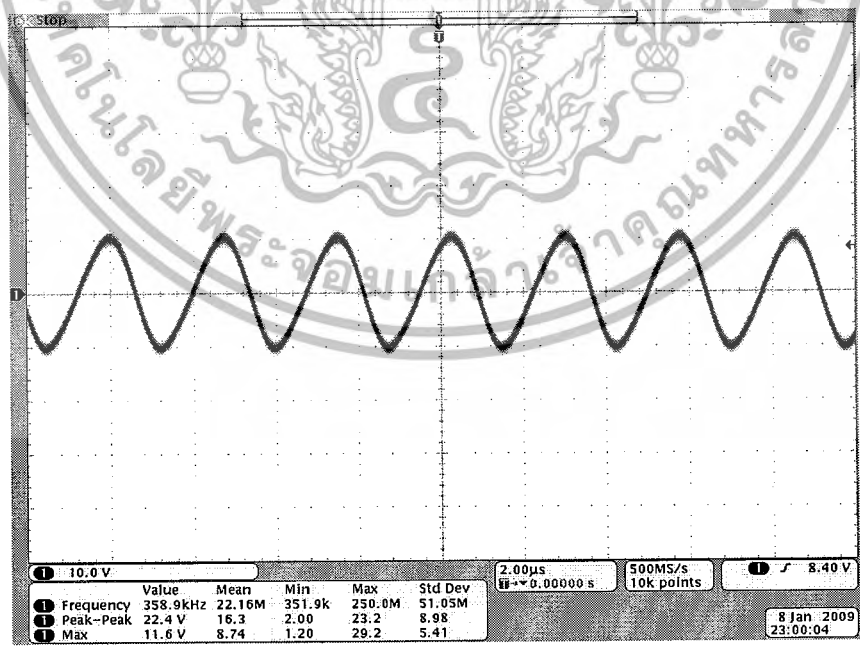
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำการวัดสัญญาณคลื่นพาห์ที่ถูกขยายจากทรานซิสเตอร์ 2N3904 ที่มีความถี่ 350 กิโลเฮิรตซ์ ได้ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 สัญญาณคลื่นพาห์ที่ถูกขยายจากทรานซิสเตอร์ 2N3904 ที่มีความถี่ 350 กิโลเฮิรตซ์

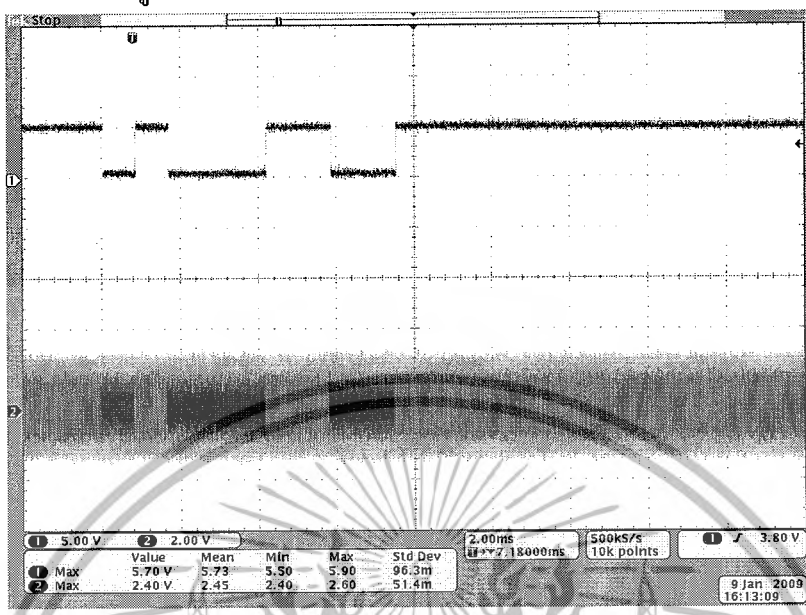
3. ทำการวัดสัญญาณคลื่นพาห์ที่ถูกขยายจากทรานซิสเตอร์ TIP41C แล้วผ่านขา 3 ของขดลวด L2 ที่มีความถี่ 350 กิโลเฮิรตซ์ ได้ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 สัญญาณคลื่นพาห์ที่ถูกขยายจากทรานซิสเตอร์ TIP41C แล้วผ่านขา 3 ของขดลวด L2

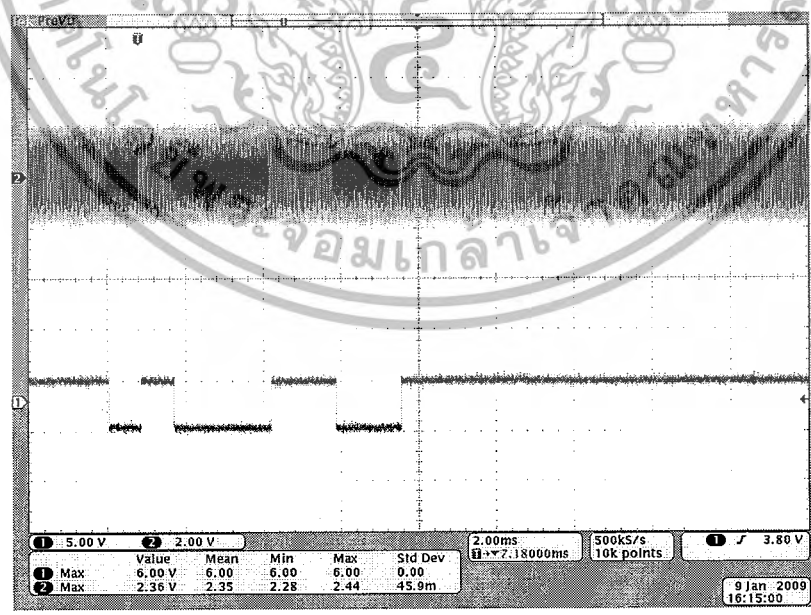
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทำการวัดสัญญาณเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณจากไอซี MAX-232 ที่ขา 9 กับสัญญาณจากวงจร FSK Generator ได้ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แชนแนล 1 เป็นสัญญาณจากไอซี MAX-232 ที่ขา 9 เปรียบเทียบกับแชนแนล 2 เป็นสัญญาณจากวงจร FSK Generator

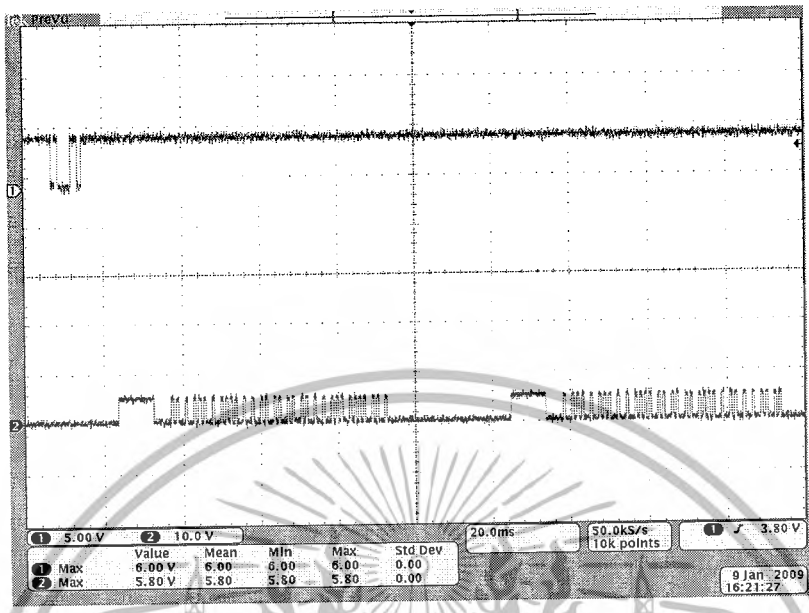
5. ทำการวัดสัญญาณเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณจากวงจร FSK Generator กับสัญญาณที่ออกจากวงจร FSK demodulation ได้ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แชนแนล 1 เป็นสัญญาณจากวงจร FSK Generator เปรียบเทียบกับแชนแนล 2 เป็นสัญญาณที่ออกจากวงจร FSK demodulation

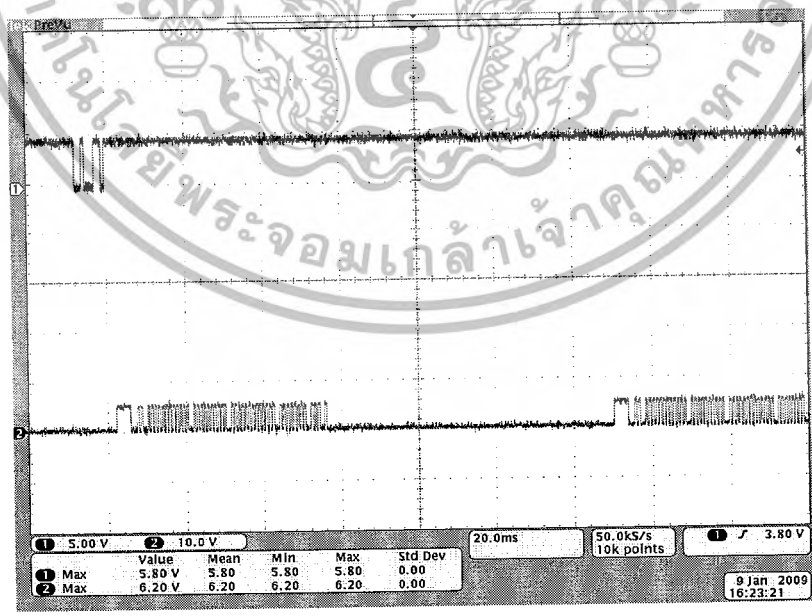
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ทำการวัดสัญญาณเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณที่ออกจากวงจร FSK demodulation กับสัญญาณที่ออกจากไมโครคอนโทรล์เลอร์ MCS-51 ฝั่งรับ ที่ส่งเป็นสัญญาณรีโมทแอร์ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แชนแนล 1 เป็นสัญญาณที่ออกจากวงจร FSK demodulation เปรียบเทียบกับแชนแนล 2 เป็นสัญญาณที่ออกจากไมโครคอนโทรล์เลอร์ MCS-51 ฝั่งรับ ที่ส่งเป็นสัญญาณรีโมทแอร์

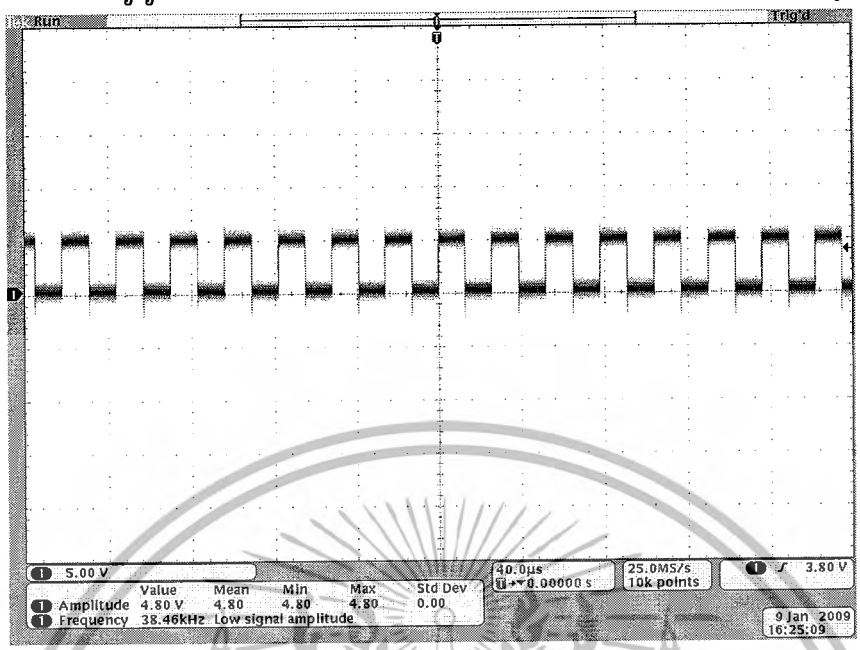
7. ทำการวัดสัญญาณเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณที่ออกจากวงจร FSK demodulation กับสัญญาณที่ออกจากไมโครคอนโทรล์เลอร์ MCS-51 ฝั่งรับ ที่ส่งเป็นสัญญาณรีโมททีวีดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แชนแนล 1 เป็นสัญญาณที่ออกจากวงจร FSK demodulation เปรียบเทียบกับแชนแนล 2 เป็นสัญญาณที่ออกจากไมโครคอนโทรล์เลอร์ MCS-51 ฝั่งรับ ที่ส่งเป็นสัญญาณรีโมททีวี

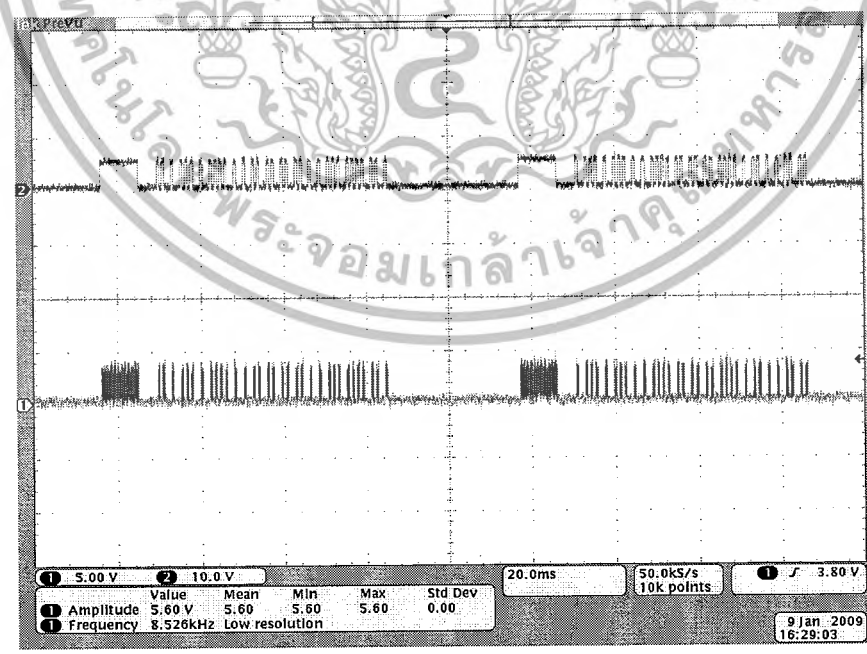
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ทำการวัดสัญญาณคลื่นพาห์แบบพัลส์ 38 กิโลเฮิรตซ์ ของการส่งอินฟาเรดได้ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 สัญญาณคลื่นพาห์แบบพัลส์ 38 กิโลเฮิรตซ์ ของการส่งอินฟาเรด

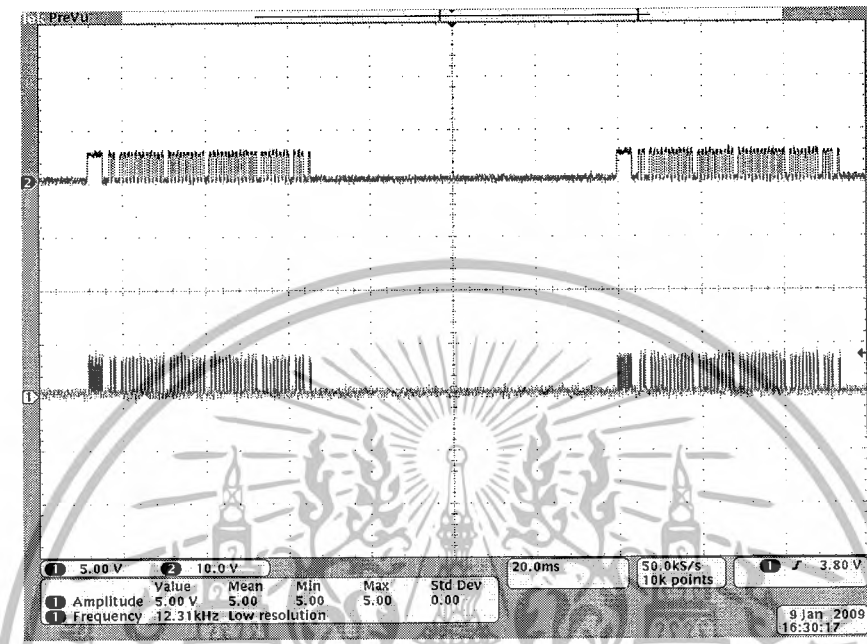
9.ทำการวัดสัญญาณเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณควบคุมรีโมทแอร์จากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ฝั่งรับ กับสัญญาณที่ทำการรวมโดยไอซี HD74LS08 กับคลื่นพาห์แบบพัลส์ 38 กิโลเฮิรตซ์ ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แชนแนล 1 เป็นสัญญาณควบคุมรีโมทแอร์จากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51เปรียบเทียบกับแชนแนล 2 เป็นสัญญาณที่ทำการรวมโดยไอซี HD74LS08 กับคลื่นพาห์แบบพัลส์ 38 กิโลเฮิรตซ์

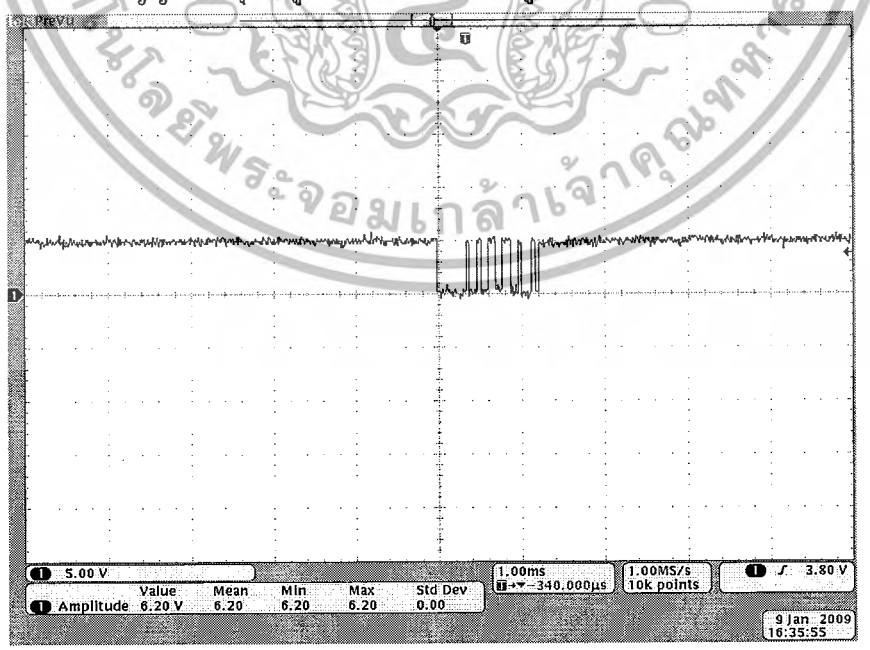
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ทำการวัดสัญญาณเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณควบคุมรีโมททีวีจากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ฝั่งรับ กับสัญญาณที่ทำการรวมโดยไอซี HD74LS08 กับคลื่นพาห์แบบพัลส์ 38 กิโลเฮิรตซ์ ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แชนแนล 1 เป็นสัญญาณควบคุมรีโมททีวีจากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เปรียบเทียบกับแชนแนล 2 เป็นสัญญาณที่ทำการรวมโดยไอซี HD74LS08 กับคลื่นพาห์แบบพัลส์ 38 กิโลเฮิรตซ์

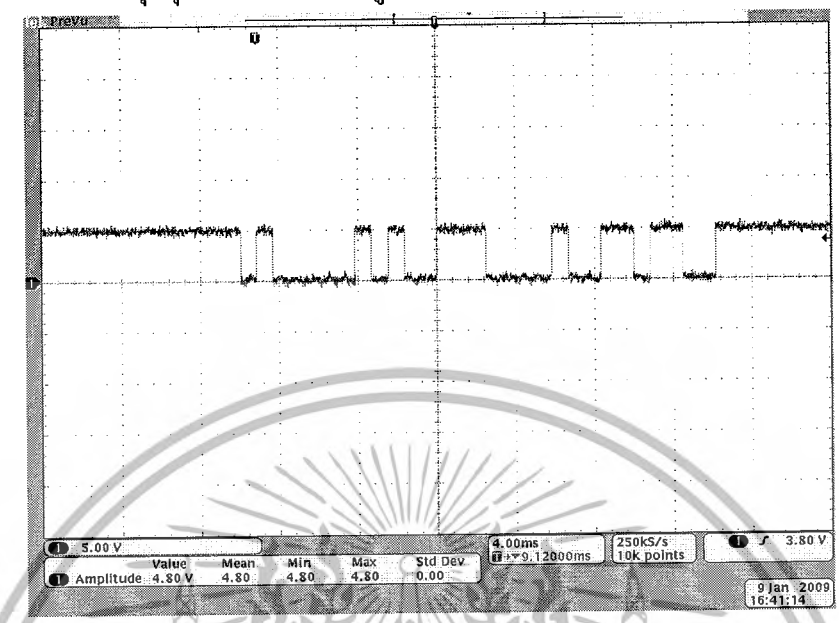
11. ทำการวัดสัญญาณค่าอุณหภูมิจาก DS1820 ได้ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 สัญญาณค่าอุณหภูมิจาก DS1820

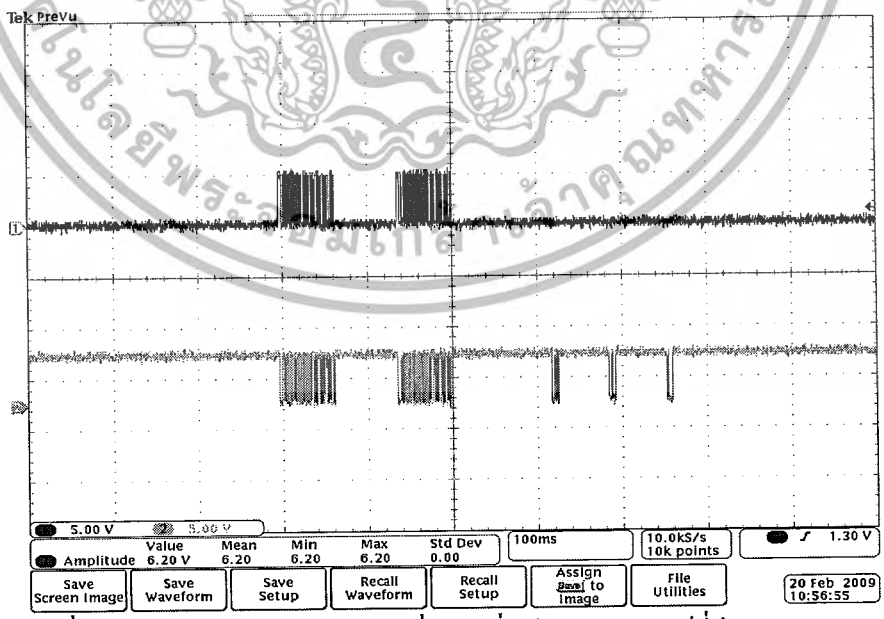
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. ทำการวัดสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของเครื่องรับซึ่งเป็นสัญญาณที่ถูกส่งกลับไปยังโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 สัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของเครื่องรับซึ่งเป็นสัญญาณที่ถูกส่งกลับไปยังโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

13. ทำการวัดสัญญาณเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณอินฟราเรดของเครื่องรับที่ส่งไปยังโทรทัศน์ที่มีตัวตรวจสอบสถานะติดอยู่ กับสัญญาณอินฟราเรดาของตัวตรวจสอบสถานะที่ส่งกลับมายังไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของเครื่องรับได้ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 สัญญาณอินฟราเรดของเครื่องรับที่ส่งไปยังโทรทัศน์ที่มีตัวตรวจสอบสถานะติดอยู่เปรียบเทียบกับสัญญาณอินฟราเรดของตัวตรวจสอบสถานะที่ส่งกลับมายังไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและวิจารณ์การทดลอง

5.1 บทสรุป

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟบ้านแบบโปรแกรมได้ เพื่อประโยชน์ในควบคุมจากจุดเดียวกัน โดยเมื่อผู้ใช้นั่งทำงานอยู่หน้าจอคอมพิวเตอร์ภายในห้อง แล้วต้องการที่จะควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น เปิด - ปิดแอร์ ทีวี หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ก็สามารถทำได้โดยทันทีจากการใช้โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า อีกทั้งสามารถทราบสถานะการทำงานของอุปกรณ์ตัวนั้นๆได้ โดยไม่ต้องลุกออกจากที่นั่งไปควบคุมที่ตัวอุปกรณ์ ถือเป็นการอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานเป็นอย่างมาก

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. ต้องใช้ช่วงความถี่ที่เหมาะสม จึงจะทำการส่งข้อมูลผ่านสายไฟได้อย่างถูกต้องไม่ผิดพลาด
2. การดีมอดูเลตของไอซี XR2211 ต้องใช้ค่าความต้านทานที่เหมาะสมในแต่ละระยะทางที่ทำการรับ-ส่งข้อมูล ซึ่งทำการปรับได้ยาก
3. การรับ-ส่งข้อมูล มีจำนวนข้อมูลเยอะ ซึ่งเกิดความผิดพลาดได้บ่อยครั้ง เมื่อเกิดความผิดพลาดจะทำให้ในส่วนของโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแสดงค่าผิดออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์
4. การออกแบบวงจรมีความยุ่งยาก อุปกรณ์ที่ใช้มีจำนวนมาก

5.3 การแก้ไขปัญหา

1. ต้องคำนวณค่าของอุปกรณ์ต่างๆให้ละเอียด เพื่อให้ได้ช่วงความถี่ที่เหมาะสม
2. ใช้ค่าความต้านทานแบบละเอียด และบันทึกค่าความต้านทาน ในแต่ละกรณี
3. พยายามลดจำนวนข้อมูลให้น้อยลงเพื่อลดความผิดพลาด
4. ออกแบบวงจรทีละส่วน แล้วค่อยนำมารวมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. พิพัฒน์ พรหมมี เป็นอย่างสูงที่ได้ช่วยแนะนำให้คำปรึกษาในการทำโครงงานนี้ ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้การอบรมสั่งสอนแก่ผู้จัดทำโครงงานนี้ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือในการโครงงานให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ทำให้ได้มีแนวความคิดในการทำโครงงานนี้ และรุ่นพี่ผู้ที่ให้คำปรึกษาและการช่วยเหลือในการทำโครงงานนี้มาตลอด

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

[1] วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล,ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, *เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ฉบับ AT89C5X / AT895XXXX* ,ปรับปรุงครั้งที่ 4, บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ ,กรุงเทพ

[2] วิวัฒน์ กิรานนท์ , *วิศวกรรมการสื่อสาร*,พิมพ์ครั้งที่ 1,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2540

[3] สมยศ จุณณะปิยะ, *การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์*,พิมพ์ครั้งที่ 5,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2546

[4] จักรพงษ์ สุขประเสริฐ และ สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร, *เรียนรู้พื้นฐานการเขียนโปรแกรมแบบ Step by Step กับ Delphi 7 แบบง่าย พร้อมเทคนิคน่ารู้ต่างๆ*, สำนักพิมพ์ Dev Book, (19 ม.ค. 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

XR-2206

Monolithic
Function Generator

EXAR ...the analog plus company™

June 1997-3

FEATURES

- Low-Sine Wave Distortion, 0.5%, Typical
- Excellent Temperature Stability, 20ppm/°C, Typ.
- Wide Sweep Range, 2000:1, Typical
- Low-Supply Sensitivity, 0.01%V, Typ.
- 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)

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 0.01Hz to more than 1MHz.

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 20ppm/°C. The oscillator frequency can be linearly swept over a 2000:1 frequency range with an external control voltage, while maintaining low distortion.

ORDERING INFORMATION

Part No.	Package	Operating Temperature Range
XR-2206M	16 Lead 300 Mil CDIP	-55°C to +125°C
XR-2206P	16 Lead 300 Mil PDIP	–40°C to +85°C
XR-2206CP	16 Lead 300 Mil PDIP	0°C to +70°C
XR-2206D	16 Lead 300 Mil JEDEC SOIC	0°C to +70°C

©1972

EXAR Corporation, 48720 Kato Road, Fremont, CA 94538 ◆ (510) 668-7000 ◆ (510) 668-7017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

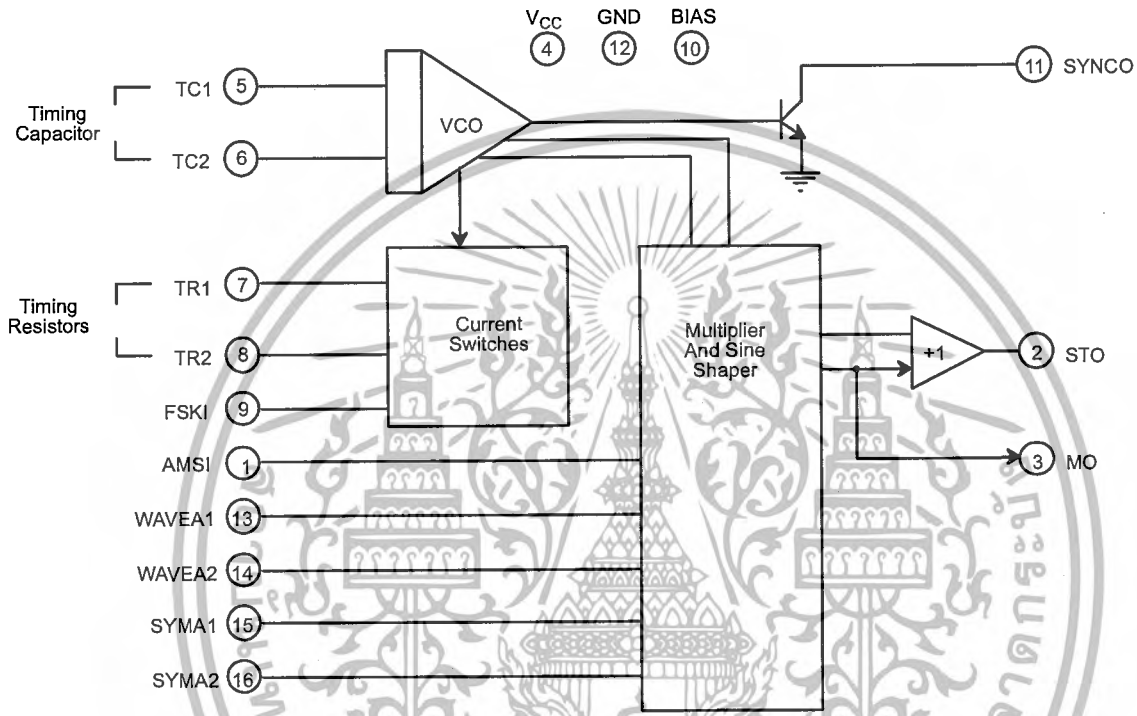
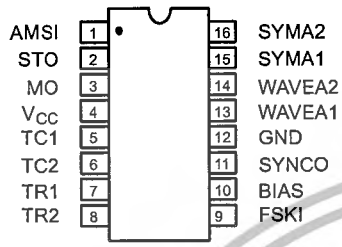
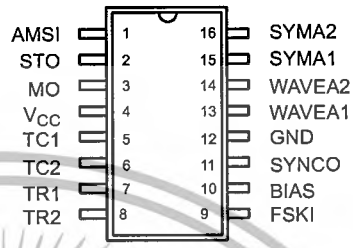


Figure 1. XR-2206 Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



16 Lead PDIP, CDIP (0.300")



16 Lead SOIC (Jedec, 0.300")

PIN DESCRIPTION

Pin #	Symbol	Type	Description
1	AMSI	I	**Amplitude Modulating Signal Input.**
2	STO	O	**Sine or Triangle Wave Output.**
3	MO	O	**Multiplier Output.**
4	V_{CC}		**Positive Power Supply.**
5	TC1	I	**Timing Capacitor Input.**
6	TC2	I	**Timing Capacitor Input.**
7	TR1	O	**Timing Resistor 1 Output.**
8	TR2	O	**Timing Resistor 2 Output.**
9	FSKI	I	**Frequency Shift Keying Input.**
10	BIAS	O	**Internal Voltage Reference.**
11	SYNCO	O	**Sync Output.** This output is a open collector and needs a pull up resistor to V_{CC}.
12	GND		**Ground pin.**
13	WAVEA1	I	**Wave Form Adjust Input 1.**
14	WAVEA2	I	**Wave Form Adjust Input 2.**
15	SYMA1	I	**Wave Symetry Adjust 1.**
16	SYMA2	I	**Wave Symetry Adjust 2.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test Conditions: Test Circuit of *Figure 2* **Vcc = 12V, T_A = 25°C, C = 0.01µF, R_1 = 100kΩ, R_2 = 10kΩ, R_3 = 25kΩ**
Unless Otherwise Specified. S_1 open for triangle, closed for sine wave.

Parameters	XR-2206M/P			XR-2206CP/D			Units	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	$R_1 \geq 10k\Omega$
Oscillator Section								
Max. Operating Frequency	**0.5**	1		0.5	1		MHz	C = 1000pF, R_1 = 1kΩ
Lowest Practical Frequency		0.01			0.01		Hz	C = 50µF, R_1 = 2MΩ
Frequency Accuracy		±1	±4		±2		% of f_o	$f_o = 1/R_1C$
Temperature Stability Frequency		±10	**±50**		±20		ppm/°C	0°C ≤ T_A ≤ 70°C $R_1 = R_2$ = 20kΩ
Sine Wave Amplitude Stability[2]		4800			4800		ppm/°C	
Supply Sensitivity		0.01	**0.1**		0.01		%/V	V_{LOW} = 10V, V_{HIGH} = 20V, $R_1 = R_2$ = 20kΩ
Sweep Range	1000:1	2000:1			2000:1		$f_H = f_L$	f_H @ R_1 = 1kΩ f_L @ R_1 = 2MΩ
Sweep Linearity								
10:1 Sweep		2			2		%	f_L = 1kHz, f_H = 10kHz
1000:1 Sweep		8			8		%	f_L = 100Hz, f_H = 100kHz
FM Distortion		0.1			0.1		%	±10% Deviation
Recommended Timing Components								
Timing Capacitor: C	**0.001**		100	0.001		100	µF	*Figure 5*
Timing Resistors: R_1 & R_2	**1**		2000	1		2000	kΩ	
Triangle Sine Wave Output[1]								*Figure 3*
Triangle Amplitude		160			160		mV/kΩ	*Figure 2*, S_1 Open
Sine Wave Amplitude	**40**	60	80		60		mV/kΩ	*Figure 2*, S_1 Closed
Max. Output Swing		6			6		Vp-p	
Output Impedance		600			600		Ω	
Triangle Linearity		1			1		%	
Amplitude Stability		0.5			0.5		dB	For 1000:1 Sweep
Sine Wave Distortion								
Without Adjustment		2.5			2.5		%	R_1 = 30kΩ
With Adjustment		0.4	**1.0**		0.5	1.5	%	See *Figure 7* and *Figure 8*

Notes
[1] Output amplitude is directly proportional to the resistance, R_3, on Pin 3. See Figure 3.
[2] For maximum amplitude stability, R_3 should be a positive temperature coefficient resistor.
***Bold face parameters** are covered by production test and guaranteed over operating temperature range.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (CONT'D)

Parameters	XR-2206M/P			XR-2206CP/D			Units	Conditions
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.		
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		Vp-p	Measured at Pin 11.
Rise Time		250			250		ns	C_L = 10pF
Fall Time		50			50		ns	C_L = 10pF
Saturation Voltage		0.2	**0.4**		0.2	0.6	V	I_L = 2mA
Leakage Current		0.1	**20**		0.1	100	µA	V_{CC} = 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.

Notes
[1] Output amplitude is directly proportional to the resistance, R_3, on Pin 3. See Figure 3.
[2] For maximum amplitude stability, R_3 should be a positive temperature coefficient resistor.
***Bold face parameters** are covered by production test and guaranteed over operating temperature range.*

Specifications are subject to change without notice

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Power Supply 26V
Power Dissipation 750mW
Derate Above 25°C ..... 5mW/°C
Total Timing Current 6mA
Storage Temperature ..... -65°C to +150°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 produces an output frequency proportional to an input current, which is set by a resistor from the timing terminals to ground. With two timing pins, two discrete output frequencies can be independently produced for FSK generation applications by using the FSK input control pin. This input controls the current switches which select one of the timing resistor currents, and routes it to the VCO.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

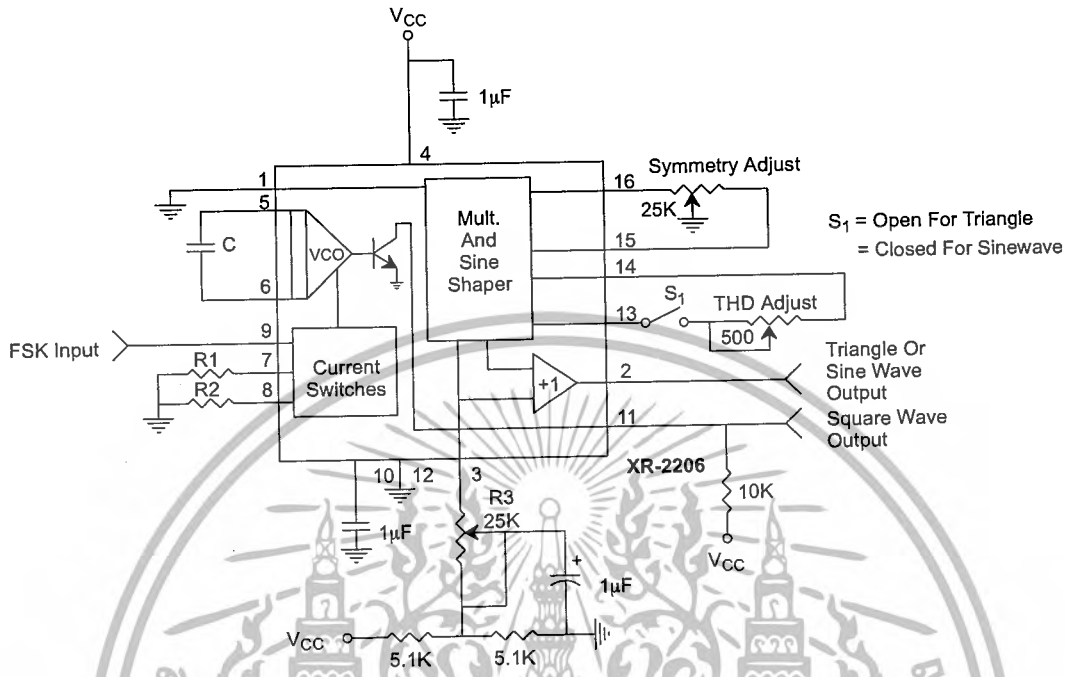


Figure 2. Basic Test Circuit

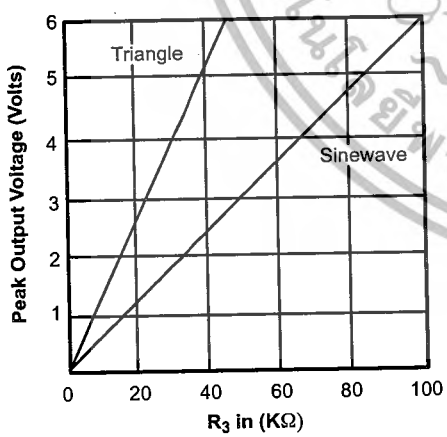


Figure 3. Output Amplitude as a Function of the Resistor, R3, at Pin 3

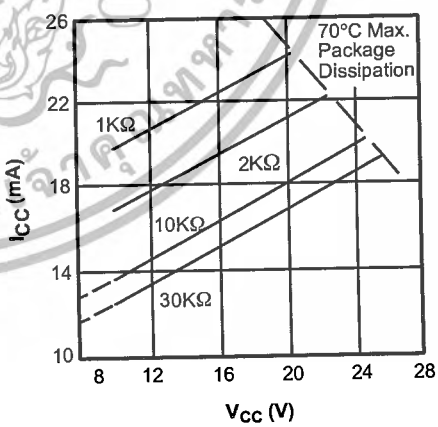


Figure 4. Supply Current vs Supply Voltage, Timing, R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

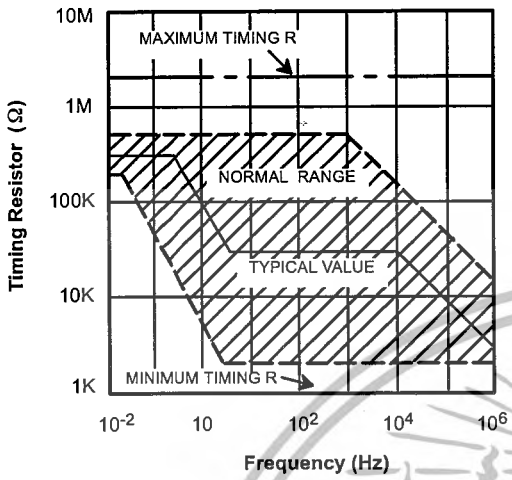


Figure 5. R versus Oscillation Frequency.

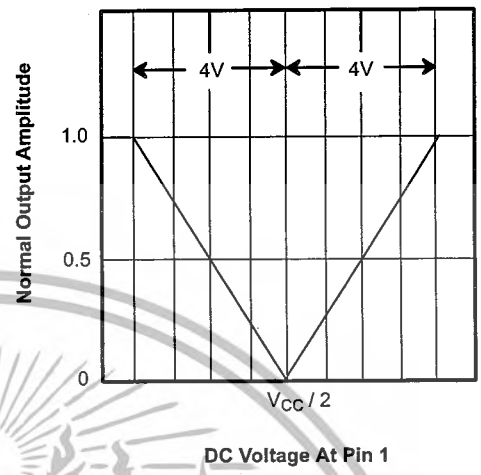


Figure 6. Normalized Output Amplitude versus DC Bias at AM Input (Pin 1)

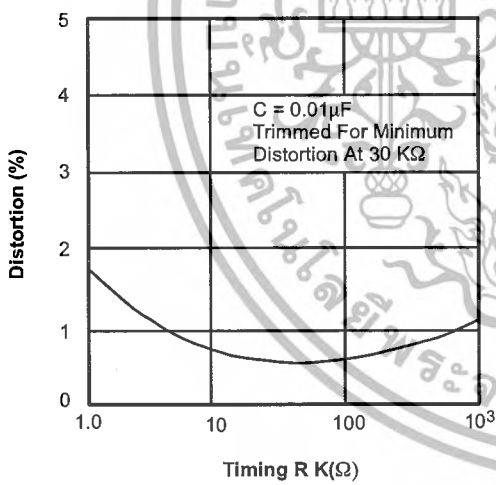


Figure 7. Trimmed Distortion versus Timing Resistor.

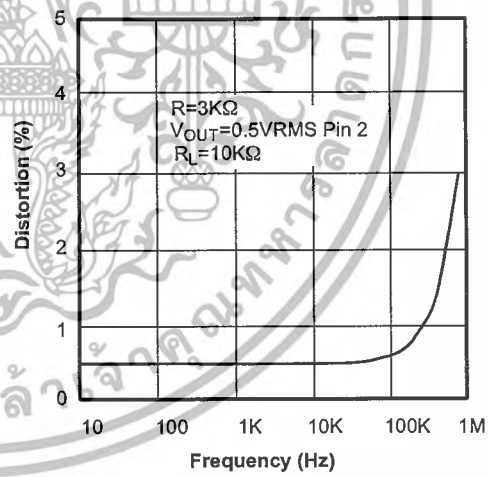


Figure 8. Sine Wave Distortion versus Operating Frequency with **Timing Capacitors Varied.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

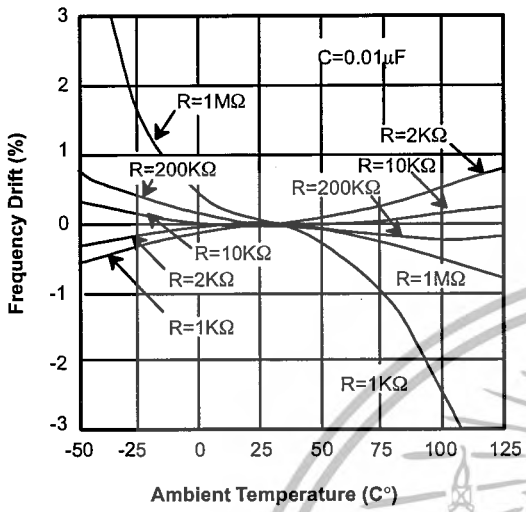


Figure 9. Frequency Drift versus Temperature.

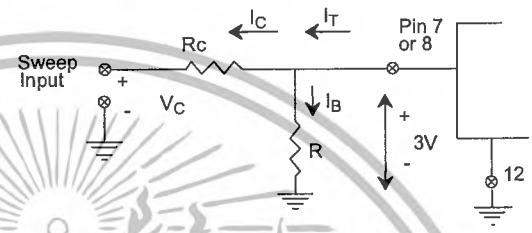


Figure 10. Circuit Connection for Frequency Sweep.

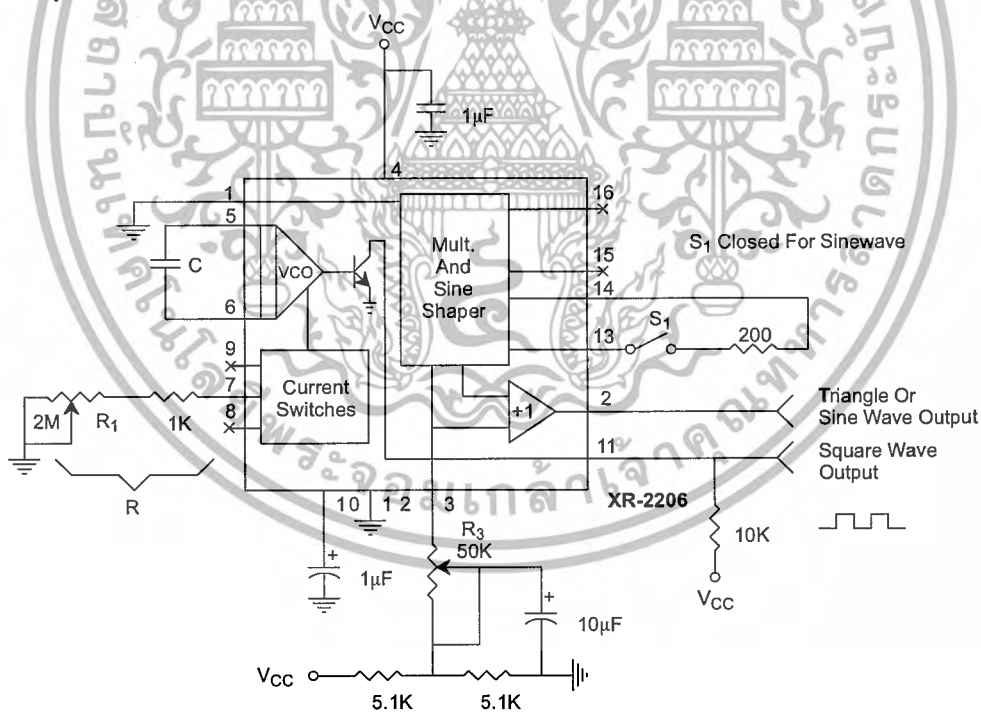


Figure 11. Circuit tor Sine Wave Generation without External Adjustment. (See *Figure 3* for Choice of R_3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

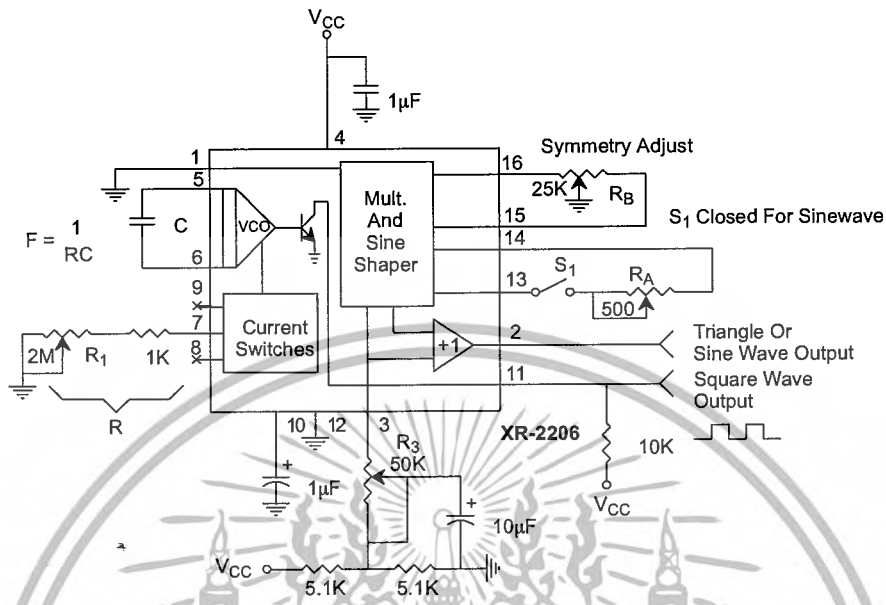


Figure 12. Circuit for Sine Wave Generation with Minimum Harmonic Distortion. (R_3 Determines Output Swing - See *Figure 3*)

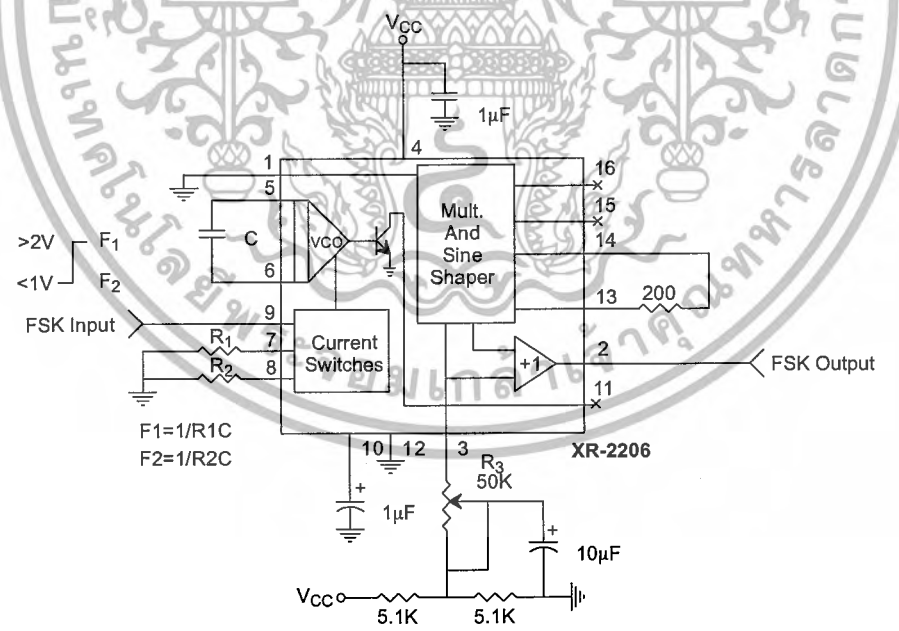


Figure 13. Sinusoidal FSK Generator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

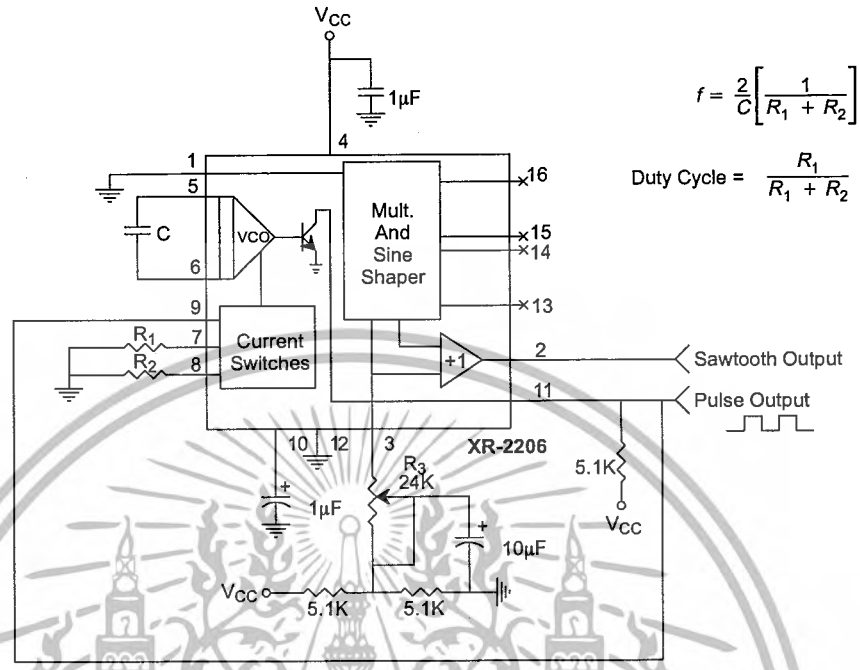


Figure 14. Circuit for Pulse and Ramp Generation.

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 13.* 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:

$f_1 = 1/R_1C$ 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 *Figure 11*, *Figure 12* and *Figure 13*, 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 11 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 11* 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

With External Adjustment:

The harmonic content of sinusoidal output can be reduced to -0.5% by additional adjustments as shown in *Figure 12.* 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 *Figure 11* and *Figure 12* 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 13 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 14 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 1kΩ to 2MΩ.

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:

$$f_0 = \frac{1}{RC}\ Hz$$

and can be adjusted by varying either R or C. The recommended values of R, for a given frequency range, as shown in *Figure 5.* Temperature stability is optimum for $4k\Omega < R < 200k\Omega$. Recommended values of C are from 1000pF to 100μF.

Frequency Sweep and Modulation:

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

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

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 IT, over a wide range of current values, from 1μA to 3mA. The frequency can be controlled by applying a control voltage, V_C, to the activated timing pin as shown in *Figure 10.* The frequency of oscillation is related to VC as:

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

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Output Amplitude:

Maximum output amplitude is inversely proportional to the external resistor, R_3, connected to Pin 3 (see *Figure 3*). For sine wave output, amplitude is approximately 60mV peak per kΩ of R_3; for triangle, the peak amplitude is approximately 160mV peak per kΩ of R_3. Thus, for example, R_3 = 50kΩ would produce approximately 13V 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 100kΩ. Output amplitude varies linearly with the applied voltage at Pin 1, for values of dc bias at this pin, within 14 volts of $V_{CC}/2$ as shown in *Figure 6.* As this bias level approaches $V_{CC}/2$, 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 55dB.

CAUTION: *AM control must be used in conjunction with a well-regulated supply, since the output amplitude now becomes a function of V_{CC}.*

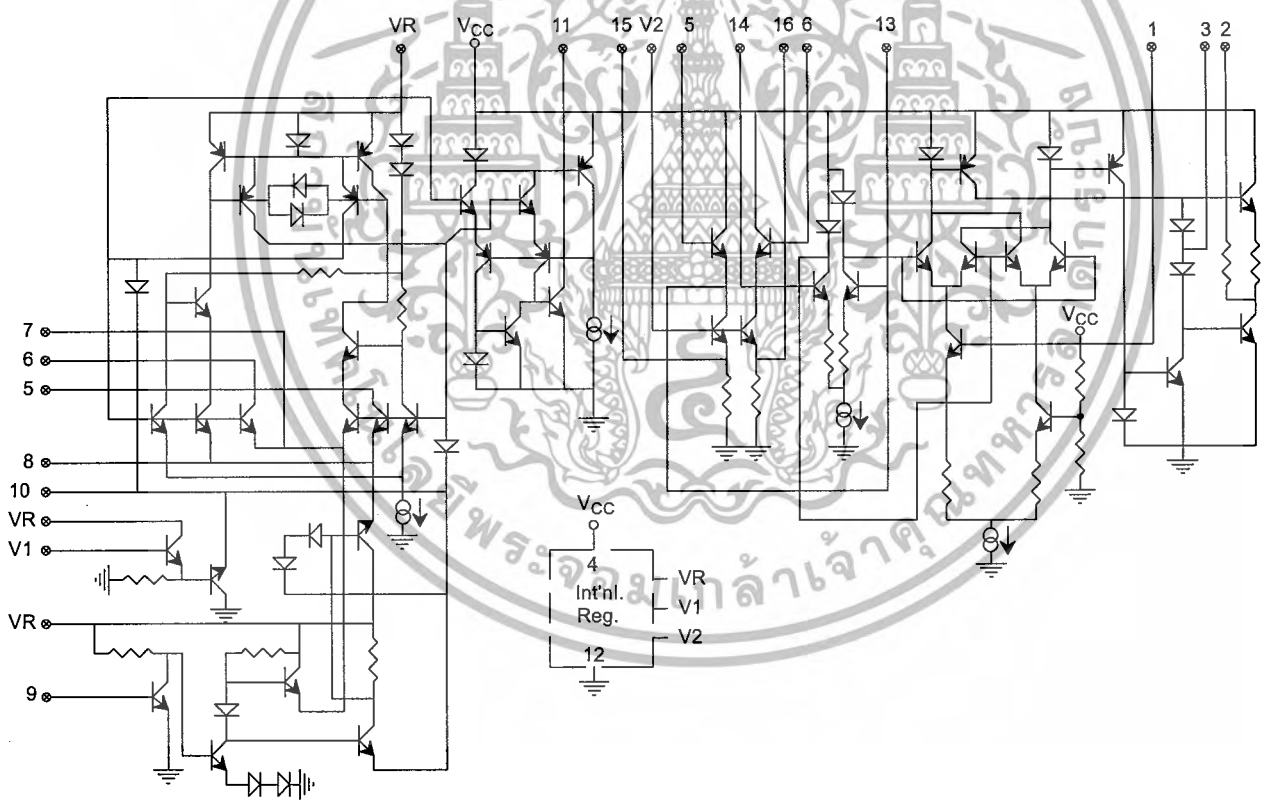
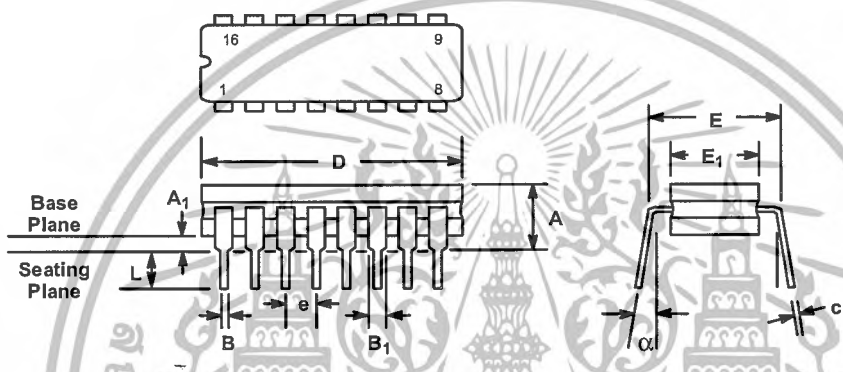


Figure 15. Equivalent Schematic Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16 LEAD CERAMIC DUAL-IN-LINE (300 MIL CDIP)

Rev. 1.00



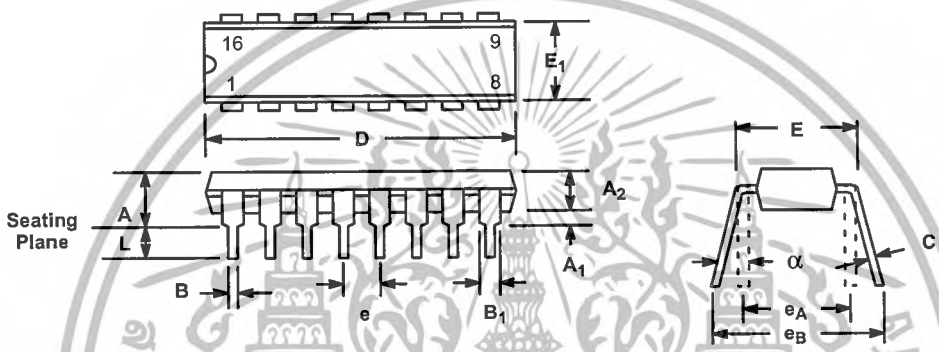
SYMBOL	INCHES MIN	INCHES MAX	MILLIMETERS MIN	MILLIMETERS MAX
A	0.100	0.200	2.54	5.08
A_1	0.015	0.060	0.38	1.52
B	0.014	0.026	0.36	0.66
B_1	0.045	0.065	1.14	1.65
c	0.008	0.018	0.20	0.46
D	0.740	0.840	18.80	21.34
E_1	0.250	0.310	6.35	7.87
E	0.300 BSC		7.62 BSC	
e	0.100 BSC		2.54 BSC	
L	0.125	0.200	3.18	5.08
α	0°	15°	0°	15°

Note: The control dimension is the inch column

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16 LEAD PLASTIC DUAL-IN-LINE (300 MIL PDIP)

Rev. 1.00



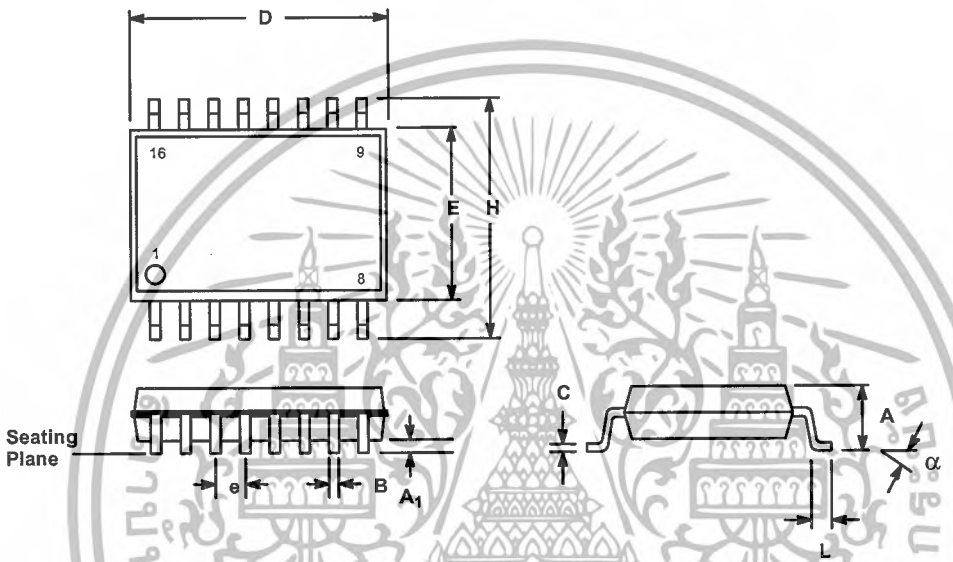
SYMBOL	INCHES MIN	INCHES MAX	MILLIMETERS MIN	MILLIMETERS MAX
A	0.145	0.210	3.68	5.33
A_1	0.015	0.070	0.38	1.78
A_2	0.115	0.195	2.92	4.95
B	0.014	0.024	0.36	0.56
B_1	0.030	0.070	0.76	1.78
C	0.008	0.014	0.20	0.38
D	0.745	0.840	18.92	21.34
E	0.300	0.325	7.62	8.26
E_1	0.240	0.280	6.10	7.11
e	0.100 BSC		2.54 BSC	
e_A	0.300 BSC		7.62 BSC	
e_B	0.310	0.430	7.87	10.92
L	0.115	0.160	2.92	4.06
α	0°	15°	0°	15°

Note: The control dimension is the inch column

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16 LEAD SMALL OUTLINE
(300 MIL JEDEC SOIC)

Rev. 1.00



SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.093	0.104	2.35	2.65
A_1	0.004	0.012	0.10	0.30
B	0.013	0.020	0.33	0.51
C	0.009	0.013	0.23	0.32
D	0.398	0.413	10.10	10.50
E	0.291	0.299	7.40	7.60
e	0.050 BSC		1.27 BSC	
H	0.394	0.419	10.00	10.65
L	0.016	0.050	0.40	1.27
α	0°	8°	0°	8°

Note: The control dimension is the millimeter column

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOTICE

EXAR Corporation reserves the right to make changes to the products contained in this publication in order to improve design, performance or reliability. EXAR Corporation assumes no responsibility for the use of any circuits described herein, conveys no license under any patent or other right, and makes no representation that the circuits are free of patent infringement. Charts and schedules contained here in are only for illustration purposes and may vary depending upon a user's specific application. While the information in this publication has been carefully checked; no responsibility, however, is assumed for inaccuracies.

EXAR Corporation does not recommend the use of any of its products in life support applications where the failure or malfunction of the product can reasonably be expected to cause failure of the life support system or to significantly affect its safety or effectiveness. Products are not authorized for use in such applications unless EXAR Corporation receives, in writing, assurances to its satisfaction that: (a) the risk of injury or damage has been minimized; (b) the user assumes all such risks; (c) potential liability of EXAR Corporation is adequately protected under the circumstances.

Copyright 1972 EXAR Corporation
Datasheet June 1997
Reproduction, in part or whole, without the prior written consent of EXAR Corporation is prohibited.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

XR-2211

FSK Demodulator/ Tone Decoder

EXAR ...the analog plus company™

June 1997-3

FEATURES

- Wide Frequency Range, 0.01Hz to 300kHz
- Wide Supply Voltage Range, 4.5V to 20V
- HCMOS/TTL/Logic Compatibility
- FSK Demodulation, with Carrier Detection
- Wide Dynamic Range, 10mV to 3V rms
- Adjustable Tracking Range, ±1% to 80%
- Excellent Temp. Stability, ±50ppm/°C, max.

APPLICATIONS

- Caller Identification Delivery
- FSK Demodulation
- Data Synchronization
- Tone Decoding
- FM Detection
- Carrier Detection

GENERAL DESCRIPTION

The XR-2211 is a monolithic phase-locked loop (PLL) system especially designed for data communications applications. It is particularly suited for FSK modem applications. It operates over a wide supply voltage range of 4.5 to 20V and a wide frequency range of 0.01Hz to 300kHz. It can accommodate analog signals between 10mV and 3V, 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 is provided at an output pin.

The XR-2211 is available in 14 pin packages specified for military and industrial temperature ranges.

ORDERING INFORMATION

Part No.	Package	Operating Temperature Range
XR-2211M	14 Pin CDIP (0.300")	-55°C to +125°C
XR-2211N	14 Pin CDIP (0.300")	-40°C to +85°C
XR-2211P	14 Pin PDIP (0.300")	-40°C to +85°C
XR-2211ID	14 Lead SOIC (Jedec, 0.150")	-40°C to +85°C

©1992

EXAR Corporation, 48720 Kato Road, Fremont, CA 94538 ◆ (510) 668-7000 ◆ FAX (510) 668-7017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BLOCK DIAGRAM

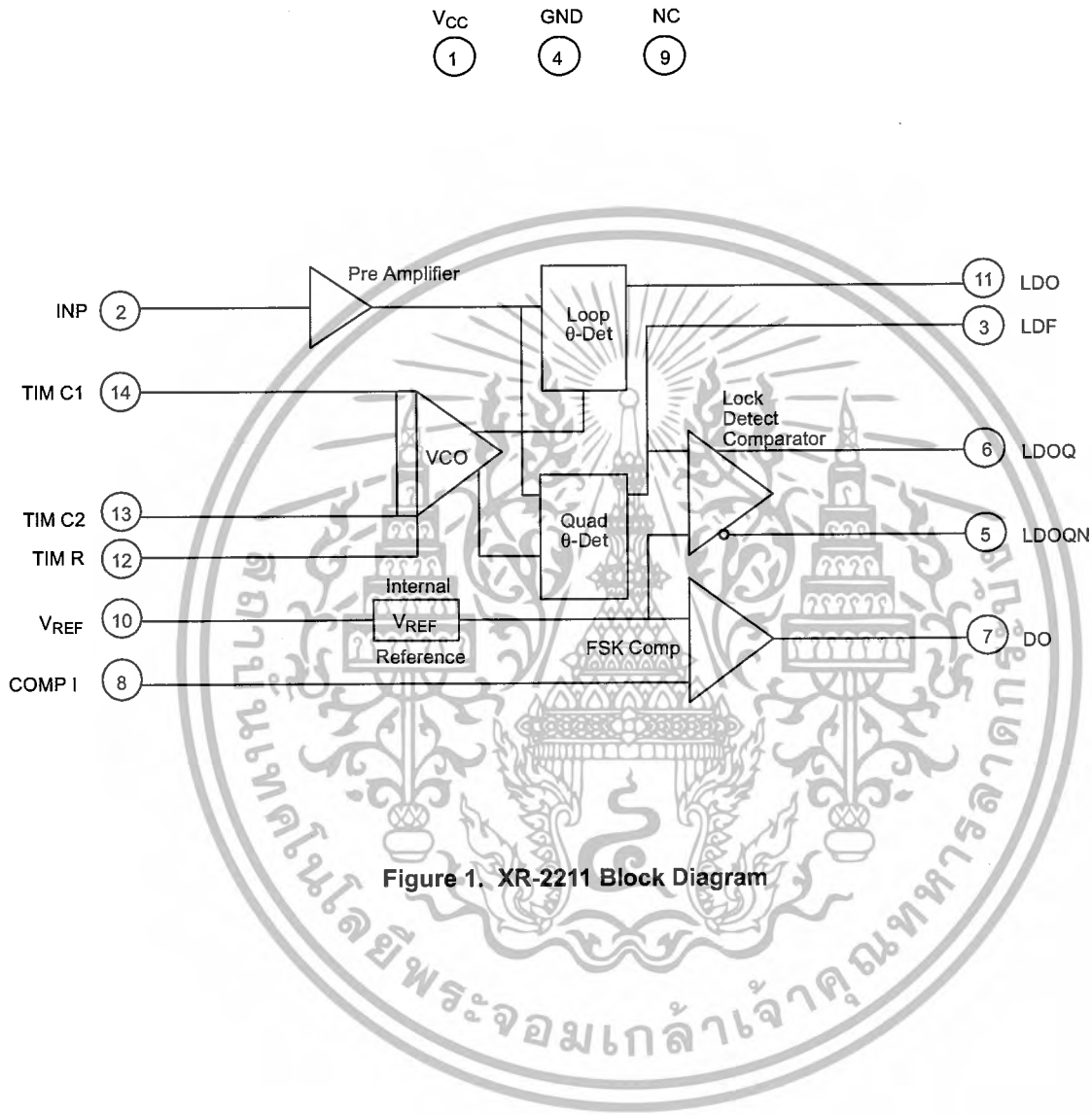
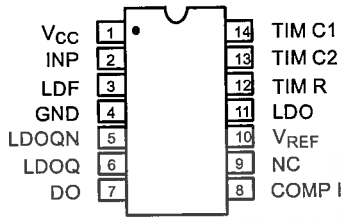


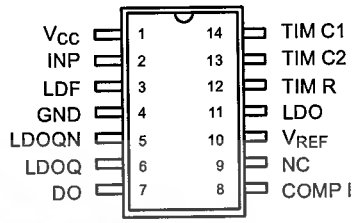
Figure 1. XR-2211 Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN CONFIGURATION



14 Lead CDIP, PDIP (0.300")



14 Lead SOIC (Jedec, 0.150")

PIN DESCRIPTION

Pin #	Symbol	Type	Description
1	V_{CC}		**Positive Power Supply.**
2	INP	I	**Receive Analog Input.**
3	LDF	O	**Lock Detect Filter.**
4	GND		**Ground Pin.**
5	LDOQN	O	**Lock Detect Output Not.** This output will be low if the VCO is in the capture range.
6	LDOQ	O	**Lock Detect Output.** This output will be high if the VCO is in the capture range.
7	DO	O	**Data Output.** Decoded FSK output.
8	COMP I	I	**FSK Comparator Input.**
9	NC		**Not Connected.**
10	V_{REF}	O	**Internal Voltage Reference.** The value of V_{REF} is $V_{CC}/2$ - 650mV.
11	LDO	O	**Loop Detect Output.** This output provides the result of the quadrature phase detection.
12	TIM R	I	**Timing Resistor Input.** This pin connects to the timing resistor of the VCO.
13	TIM C2	I	**Timing Capacitor Input.** The timing capacitor connects between this pin and pin 14.
14	TIM C1	I	**Timing Capacitor Input.** The timing capacitor connects between this pin and pin 13.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS
Test Conditions: V_{CC} = 12V, T_A = +25°C, R_O = 30KΩ, C_O = 0.033μF, unless otherwise specified.

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Conditions
General					
Supply Voltage	**4.5**		**20**	V	
Supply Current		4	**7**	mA	$R_0 \geq$ 10KΩ. See *Figure 4.*
Oscillator Section					
Frequency Accuracy		±1	**±3**	%	Deviation from $f_O = 1/R_0 C_0$
Frequency Stability					
Temperature		±20	±50	ppm/°C	See *Figure 8.*
Power Supply		0.05	**0.5**	%/V	V_{CC} = 12 ±1V. See *Figure 7.*
		0.2		%/V	V_{CC} = ± 5V. See *Figure 7.*
Upper Frequency Limit	**100**	300		kHz	R_0 = 8.2KΩ, C_0 = 400pF
Lowest Practical Operating Frequency			0.01	Hz	R_0 = 2MΩ, C_0 = 50μF
Timing Resistor, R_0 - See *Figure 5*					
Operating Range	**5**		2000	KΩ	
Recommended Range	5			KΩ	See *Figure 7* and *Figure 8.*
Loop Phase Dectector Section					
Peak Output Current	**±150**	±200	**±300**	μA	Measured at Pin 11
Output Offset Current		1		μA	
Output Impedance		1		MΩ	
Maximum Swing	±4	± 5		V	Referenced to Pin 10
Quadrature Phase Detector					Measured at Pin 3
Peak Output Current	**100**	300		μA	
Output Impedance		1		MΩ	
Maximum Swing		11		V_{PP}	
Input Preampt Section					Measured at Pin 2
Input Impedance		20		KΩ	
Input Signal					
Voltage Required to Cause Limiting		2	10	mV rms	

Notes
Parameters are guaranteed over the recommended operating conditions, but are not 100% tested in production.
***Bold face parameters** are covered by production test and guaranteed over operating temperature range.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (CONT'D)

Test Conditions: V_{CC} = 12V, T_A = +25°C, R_O = 30KΩ, C_O = 0.033μF, unless otherwise specified.

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Conditions
Voltage Comparator Section					
Input Impedance		2		MΩ	Measured at Pins 3 and 8
Input Bias Current		100		nA	
Voltage Gain	55	70		dB	R_L = 5.1KΩ
Output Voltage Low		300	**500**	mV	I_C = 3mA
Output Leakage Current		0.01	**10**	μA	V_O = 20V
Internal Reference					
Voltage Level	**4.9**	5.3	**5.7**	V	Measured at Pin 10
Output Impedance		100		Ω	AC Small Signal
Maximum Source Current		80		μA	

Notes
Parameters are guaranteed over the recommended operating conditions, but are not 100% tested in production.
***Bold face parameters** are covered by production test and guaranteed over operating temperature range.*

Specifications are subject to change without notice

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Power Supply 20V
Input Signal Level ..... 3V rms
Power Dissipation 900mW

Package Power Dissipation Ratings
CDIP 750mW
Derate Above T_A = 25°C ..... 8mW/°C
PDIP 800mW
Derate Above T_A = 25°C ..... 60mW/°C
SOIC 390mW
Derate Above T_A = 25°C ..... 5mW/°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 10mV 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. The VCO is actually a current controlled oscillator with its normal input current (f_O) set by a resistor (R_0) to ground and its driving current with a resistor (R_1) from the phase detector.

The output of the phase detector produces sum and difference of the input and the VCO frequencies (internally connected). When in lock, these frequencies are $f_{IN} + f_{VCO}$ (2 times f_{IN} when in lock) and $f_{IN} - f_{VCO}$ (0Hz when lock). By adding a capacitor to the phase detector output, the 2 times f_{IN} component is reduced, leaving a DC voltage that represents the phase difference between the two frequencies. This closes the loop and allows the VCO to track the input frequency.

The FSK comparator is used to determine if the VCO is driven above or below the center frequency (FSK comparator). This will produce 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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRINCIPLES OF OPERATION

Signal Input (Pin 2): Signal is AC coupled to this terminal. The internal impedance at pin 2 is 20KΩ. Recommended input signal level is in the range of 10mV rms to 3V 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 3*) to eliminate the chatter at lock detect outputs. If the tone detect section is not used, pin 3 can be left open.

Lock Detect Output, Q (Pin 6): The output at pin 6 is at "low" state when the PLL is out of lock and goes to "high" state when the PLL is locked. It is an open collector type output and requires a pull-up resistor, R_L, to V_{CC} for proper operation. At "low" state, it can sink up to 5mA of load current.

Lock Detect Complement, (Pin 5): The output at pin 5 is the logic complement of the lock detect output at pin 6. This output is also an open collector type stage which can sink 5mA 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_{CC} for proper operation. It can sink 5mA 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 Comparator 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 (see *Figure 3.*) The threshold voltage of the comparator is set by the internal reference voltage, V_{REF}, available at pin 10.

Reference Voltage, V_{REF} (Pin 10): This pin is internally biased at the reference voltage level, V_{REF}: $V_{REF} = V_{CC}/2 - 650mV$. The DC voltage level at this pin forms an internal reference for the voltage levels at pins 5, 8, 11 and 12. Pin 10 must be bypassed to ground with a 0.1μF 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 3.*) With no input signal, or with no phase error within the PLL, the DC level at pin 11 is very nearly equal to V_{REF}. The peak to peak voltage swing available at the phase detector output is equal to $2 \times V_{REF}$.

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_O, is:

$$f_O = \frac{1}{R_0 \cdot C_0} \; Hz$$

where C_0 is the timing capacitor across pins 13 and 14. For optimum temperature stability, R_0 must be in the range of 10KΩ to 100KΩ (see *Figure 9.*)

This terminal is a low impedance point, and is internally biased at a DC level equal to V_{REF}. The maximum timing current drawn from pin 12 must be limited to ≤ 3mA 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 6.*) C_0 must be non-polar, and in the range of 200pF to 10μF.

VCO Frequency Adjustment: VCO can be fine-tuned by connecting a potentiometer, R_X, in series with R_0 at pin 12 (see *Figure 10.*)

VCO Free-Running Frequency, f_O: 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. For set-up or adjustment purposes, the VCO free-running frequency can be tuned by using the generalized circuit in *Figure 3*, and applying an alternating bit pattern of O's and 1's at the known mark and space frequencies. By adjusting R_0, the VCO can then be tuned to obtain a 50% duty cycle on the FSK output (pin 7). This will ensure that the VCO f_O value is accurately referenced to the mark and space frequencies.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

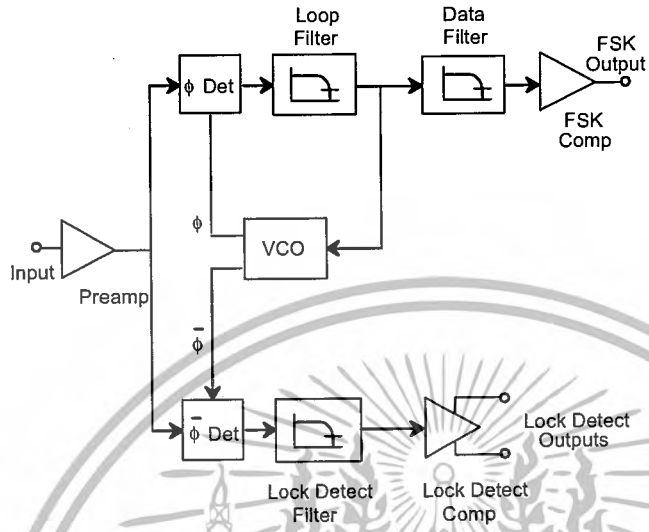


Figure 2. Functional Block Diagram of a Tone and FSK Decoding System Using XR-2211

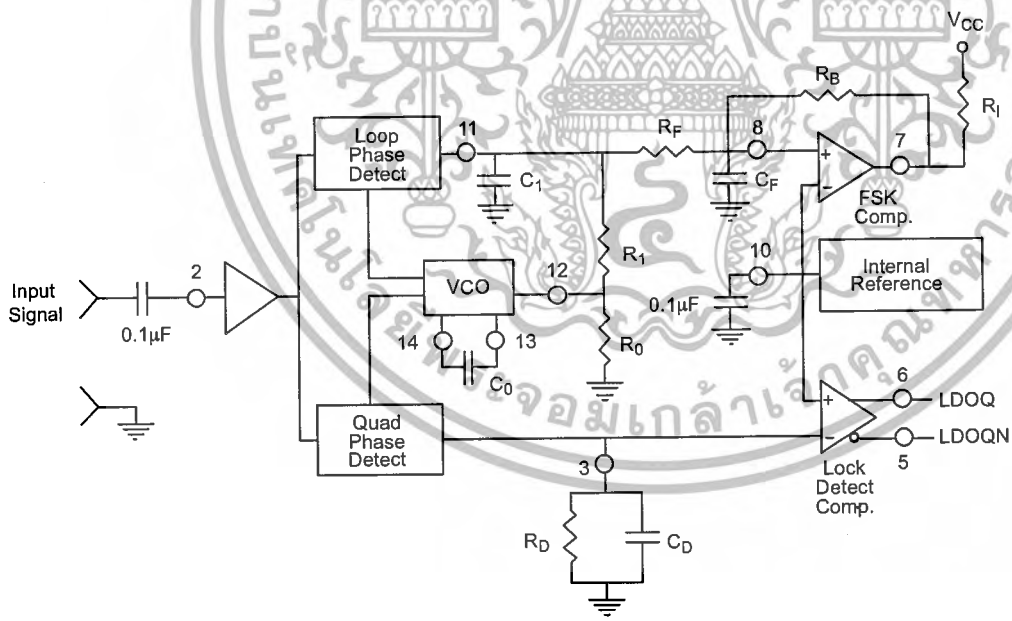


Figure 3. Generalized Circuit Connection for FSK and Tone Detection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN EQUATIONS

(All resistance in Ω, all frequency in Hz and all capacitance in farads, unless otherwise specified)

(See *Figure 3* for definition of components)

1. VCO Center Frequency, f_O:

$$f_o = \frac{1}{R_0 \cdot C_0}$$

2. Internal Reference Voltage, V_{REF} (measured at pin 10):

$$V_{REF} = \left(\frac{V_{CC}}{2}\right) - 650mV \text{ in volts}$$

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

$$\tau = C_1 \cdot R_{PP} \text{ (seconds)}$$

where:

$$R_{PP} = \left(\frac{R_1 \cdot R_F}{R_1 + R_F}\right)$$

if R_F is ∞ or C_F reactance is ∞, then $R_{PP} = R1$

4. Loop Damping, ς:

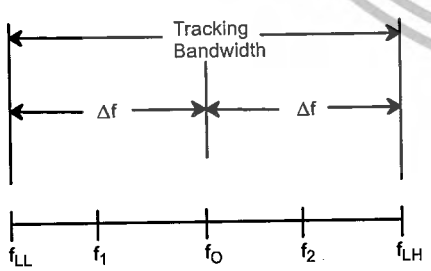
$$\zeta = \sqrt{\left(\frac{1250 \cdot C_0}{R_1 \cdot C_1}\right)}$$

Note: *For derivation/explanation of this equation, please see TAN-011.*

5. Loop-tracking

bandwidth, $\pm = \frac{\Delta f}{f_0}$

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{R_0}{R_1}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. FSK Data filter time constant, tF:

$$\tau_F = \frac{R_B \cdot R_F}{(R_B + R_F)} \cdot C_F \ (seconds)$$

7. Loop phase detector conversion gain, Kd: (Kd is the differential DC voltage across pin 10 and pin11, per unit of phase error at phase detector input):

$$K_d = \frac{V_{REF} \cdot R_1}{10,000 \cdot \pi} \left[\frac{volt}{radian}\right]$$

Note: *For derivation/explanation of this equation, please see TAN-011.*

8. VCO conversion gain, Ko: (Ko is the amount of change in VCO frequency, per unit of DC voltage change at pin 11):

$$K_0 = \frac{-2\pi}{V_{REF} \cdot C_0 \cdot R_1} = \left(\frac{radian/second}{volt}\right)$$

9. The filter transfer function:

$$F(s) = \frac{1}{1 + SR_1 \cdot C_1} \quad at\ 0\ Hz. \qquad S = J\omega \ and \ \omega = 0$$

10. Total loop gain. K_T:

$$K_T = K_O \cdot K_d \cdot F(s) = \left(\frac{R_F}{5,000 \cdot C_0 \cdot (R_1 + R_F)}\right)\left[\frac{1}{seconds}\right]$$

11. Peak detector current I_A:

$$I_A = \frac{V_{REF}}{20,000} \ (V_{REF} \ in \ volts \ and \ I_A \ in \ amps)$$

Note: *For derivation/explanation of this equation, please see TAN-011.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATIONS INFORMATION

FSK Decoding

Figure 10 shows the basic circuit connection for FSK decoding. With reference to *Figure 3* and *Figure 10*, 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_B from pin 7 to pin 8 introduces positive feedback across the FSK comparator to facilitate rapid transition between output logic states.

Design Instructions:

The circuit of *Figure 10* 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_O and f_1, these parameters can be calculated as follows:

(All resistance in Ω's, all frequency in Hz and all capacitance in farads, unless otherwise specified)

a) Calculate PLL center frequency, f_O:

$$f_o = \sqrt{F_1 \cdot F_2}$$

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

$$R_o = R_o + \frac{R_x}{2}$$

c) Calculate value of C0 from design equation (1) or from *Figure 7*:

$$C_o = \frac{1}{R_0 \cdot f_0}$$

d) Calculate R1 to give the desired tracking bandwidth (See design equation 5).

$$R_1 = \frac{R_0 \cdot f_0}{(f_1 - f_2)} \cdot 2$$

e) Calculate C1 to set loop damping. (See design equation 4):
Normally, ς = 0.5 is recommended.

$$C_1 = \frac{1250 \cdot C_0}{R_1 \cdot \varsigma^2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

f) The input to the XR-2211 may sometimes be too sensitive to noise conditions on the input line. *Figure 4* illustrates a method of de-sensitizing the XR-2211 from such noisy line conditions by the use of a resistor, Rx, connected from pin 2 to ground. The value of Rx is chosen by the equation and the desired minimum signal threshold level.

$$V_{IN}\ minimum\ (peak) = V_a - V_b = \Delta V \pm 2.8mV\ offset = V_{REF}\frac{20,000}{(20,000 + R_X)}\ \ or\ R_X = 20,000\left(\frac{V_{REF}}{\Delta V} - 1\right)$$

V_{IN} minimum (peak) input voltage must exceed this value to be detected (equivalent to adjusting V threshold)

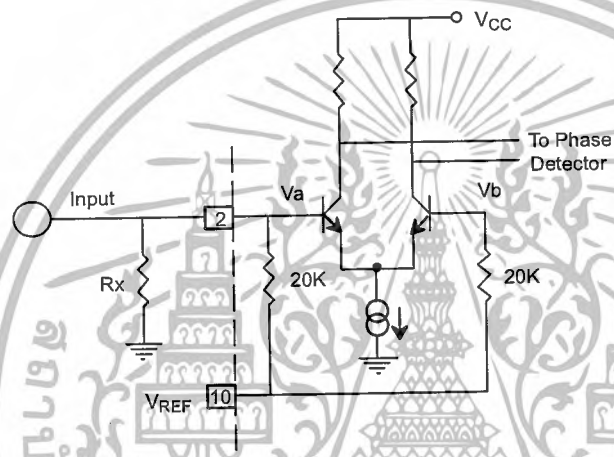


Figure 4. Desensitizing Input Stage

g) Calculate Data Filter Capacitance, C_F:

$$R_{sum} = \frac{(R_F + R_1)\cdot R_B}{(R_1 + R_F + R_B)}$$

$$C_F = \frac{0.25}{(R_{sum}\cdot Baud\ Rate)} \qquad Baud\ rate\ in\ \frac{1}{seconds}$$

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

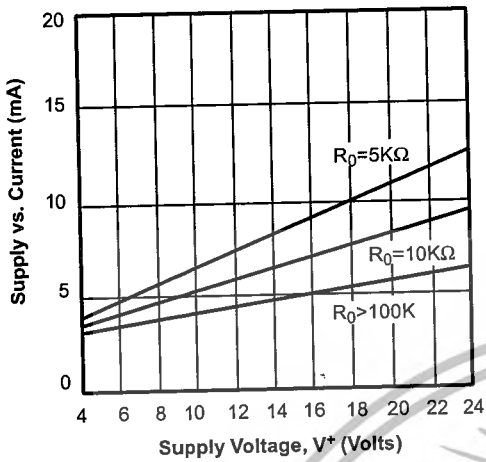


Figure 5. Typical Supply Current vs. V+ (Logic Outputs Open Circuited)

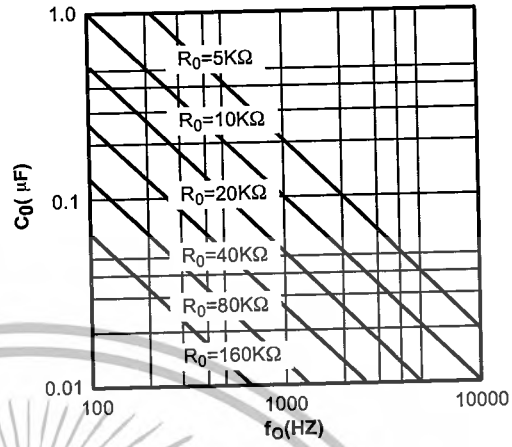


Figure 6. VCO Frequency vs. Timing Resistor

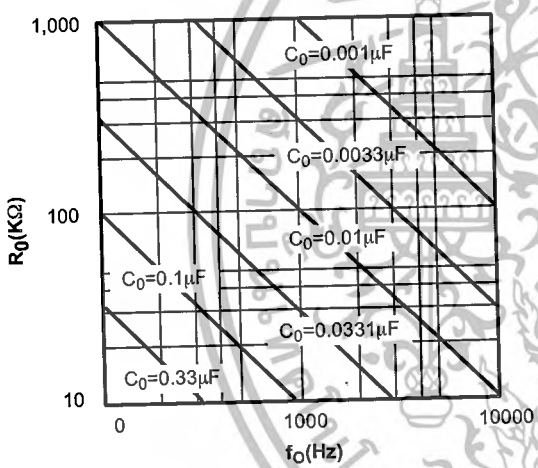


Figure 7. VCO Frequency vs. Timing Capacitor

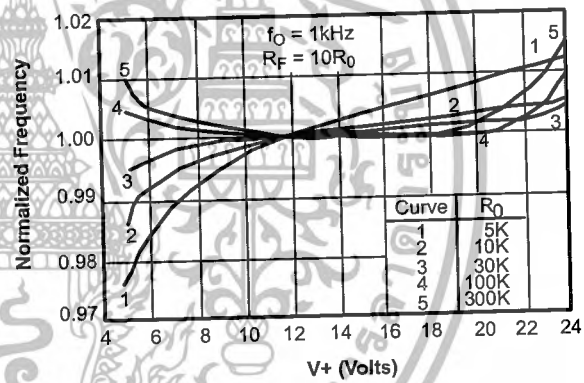


Figure 8. Typical f_O vs. Power Supply Characteristics

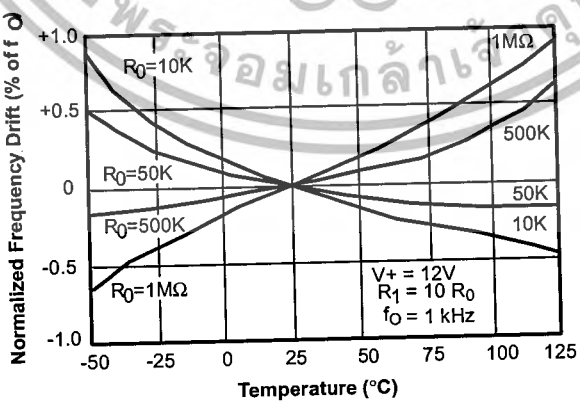


Figure 9. Typical Center Frequency Drift vs. Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design Example:

1200 Baud FSK demodulator with mark and space frequencies of 1200/2200.

Step 1: Calculate f_O: from design instructions

(*a*) $f_o = \sqrt{1200 \cdot 2200} = 1624$

Step 2: Calculate R_0 : R_0 =10K with a potentiometer of 10K. (See design instructions (b))

(*b*) $R_T = 10 + \left(\frac{10}{2}\right) = 15K$

Step 3: Calculate C_0 from design instructions

(*c*) $C_o = \frac{1}{15000 \cdot 1624} = 39nF$

Step 4: Calculate R_1 : from design instructions

(*d*) $R_1 = \frac{20000 \cdot 1624 \cdot 2}{(2200 - 1200)} = 51,000$

Step 5: Calculate C_1 : from design instructions

(*e*) $C_1 = \frac{1250 \cdot 39nF}{51000 \cdot 0.5^2} = 3.9nF$

Step 6: Calculate R_F : R_F should be at least five times R_1, R_F = 51,000·5 = 255 KΩ

Step 7: Calculate R_B : R_B should be at least five times R_F, R_B = 255,000·5 = 1.2 MΩ

Step 8: Calculate R_{SUM} :

$$R_{SUM} = \frac{(R_F + R_1) \cdot R_B}{(R_F + R_1 + R_B)} = 240K\Omega$$

Step 9: Calculate C_F :

$$C_F = \frac{0.25}{(R_{SUM} \cdot Baud\ Rate)} = 1nF$$

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

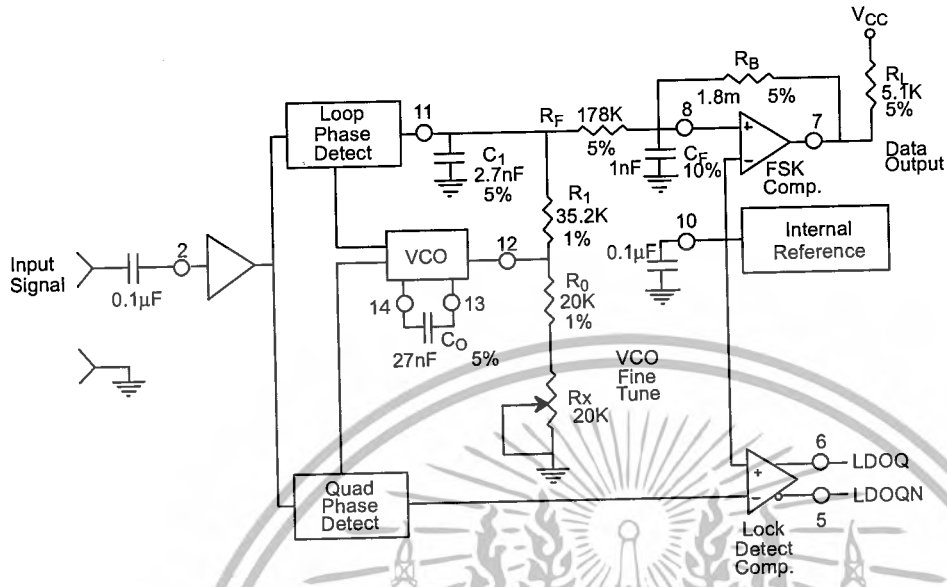


Figure 10. Circuit Connection for FSK Decoding of Caller Identification Signals (Bell 202 Format)

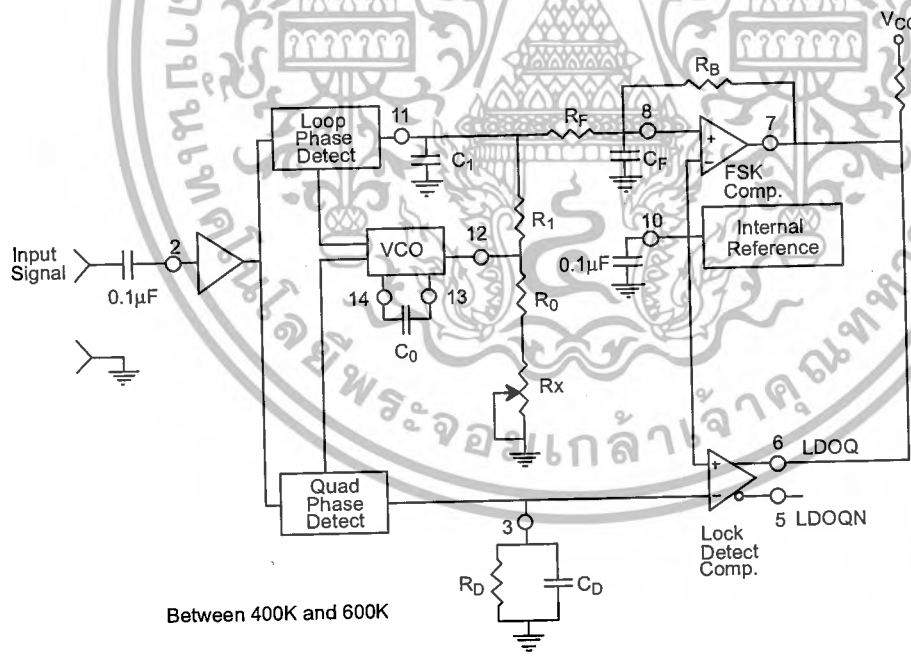


Figure 11. External Connectors for FSK Demodulation with Carrier Detect Capability

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

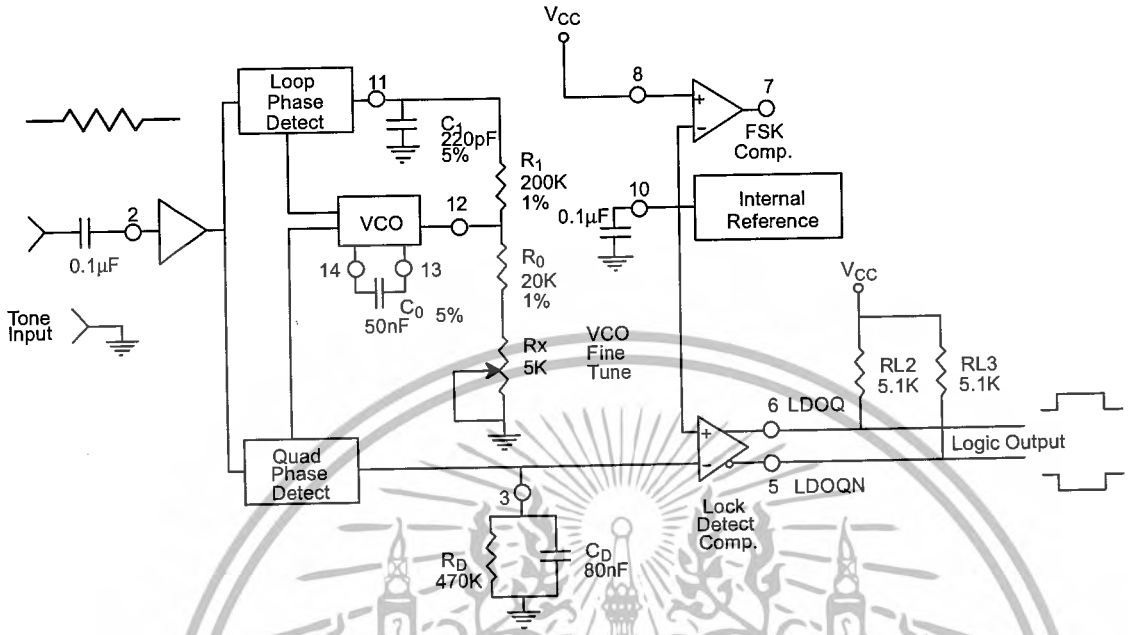


Figure 12. Circuit Connection for Tone Detection

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 11.* 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 PLL and the pin 6 output goes "high" to enable the data output.

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

The minimum value of the lock detect filter capacitance C_D is inversely proportional to the capture range, $\pm\Delta fc$. 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, $\Delta fc > \Delta f/2$. For $R_D = 470K\Omega$, the approximate minimum value of C_D can be determined by:

$$C_D > \frac{16}{\Delta f} \quad C \text{ in } \mu F \text{ and } f \text{ in Hz.}$$

C in µF and f 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. For Caller I.D. applications choose $C_D = 0.1\mu F$.

Tone Detection

Figure 12 shows the generalized circuit connection for tone detection. The logic outputs, LDOQN and LDOQ 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 5mA of load current.

Both outputs at pins 5 and 6 are open collector type stages, and require external pull-up resistors R_{L2} and R_{L3}, as shown in *Figure 12.*

With reference to *Figure 3* and *Figure 12*, 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design Instructions:

The circuit of *Figure 12* 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:

(All resistance in Ω's, all frequency in Hz and all capacitance in farads, unless otherwise specified)

a) Choose value of timing resistor R_0 to be in the range of 10KΩ to 50KΩ. This choice is dictated by the max./min. current that the internal voltage reference can deliver. The recommended value is R_0 = 20KΩ. The final value of R_0 is normally fine-tuned with the series potentiometer, R_X.

b) Calculate value of C_0 from design equation (1) or from *Figure 7* $f_S = f_O$:

$$C_o = \frac{1}{R_0 \cdot fs}$$

c) Calculate R_1 to set the bandwidth $\pm\Delta f$ (See design equation 5):

$$R_1 = \frac{R_0 \cdot f_0 \cdot 2}{\Delta f}$$

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

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

Normally, $\varsigma = 0.5$ is recommended.

$$C_1 = \frac{1250 \cdot C_0}{R_1 \cdot \varsigma^2}$$

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

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

$$C_D > \frac{16}{\Delta f} \quad C \text{ in } \mu F$$

Increasing C_D slows down the logic output response time.

Design Examples:

Tone detector with a detection band of ± 100Hz:

a) Choose value of timing resistor R_0 to be in the range of 10KΩ to 50KΩ. This choice is dictated by the max./min. current that the internal voltage reference can deliver. The recommended value is R_0 = 20 KΩ. The final value of R_0 is normally fine-tuned with the series potentiometer, R_X.

b) Calculate value of C_0 from design equation (1) or from *Figure 6* $f_S = f_O$:

$$C_0 = \frac{1}{R_0 \cdot f_S} = \frac{1}{20,000 \cdot 1,000} = 50nF$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

c) Calculate R_1 to set the bandwidth $\pm\Delta f$ (See design equation 5):

$$R_1 = \frac{R_0 \cdot f_O \cdot 2}{\Delta f} = \frac{20,000 \cdot 1,000 \cdot 2}{100} = 400K$$

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

d) Calculate value of C_0 for a given loop damping factor:

Normally, $\varsigma = 0.5$ is recommended.

$$C_1 = \frac{1250 \cdot C_0}{R_1 \cdot \varsigma^2} = \frac{1250 \cdot 50 \cdot 10^{-9}}{400,000 \cdot 0.5^2} = 6.25pF$$

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

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

$$C_D = \frac{16}{\Delta f} \geq \frac{16}{200} \geq 80nF$$

Increasing C_D slows down the logic output response time.

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

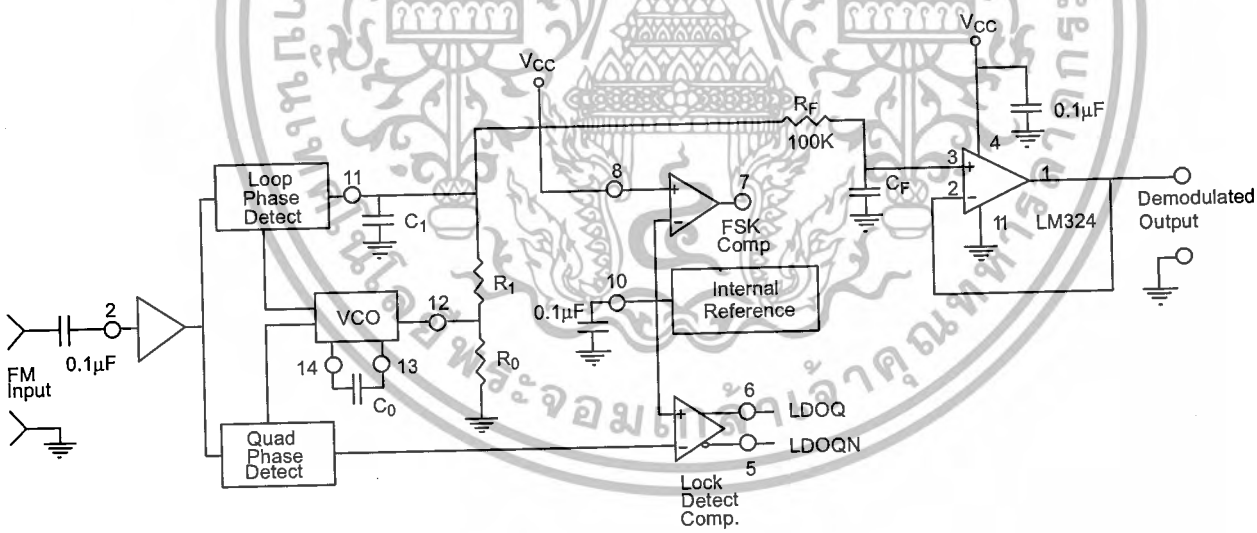


Figure 13. Linear FM Detector Using XR-2211 and an External Op Amp. (See Section on Design Equation for Component Values.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 13.* 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 13.*

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

$$V_{OUT} = \frac{R_1 \cdot V_{REF}}{100 \cdot R_0}$$

where VR is the internal reference voltage ($V_{REF} = V_{CC}/2$ - 650mV). For the choice of external components R_1, R_0, C_D, C_1 and C_F, see the section on design equations.

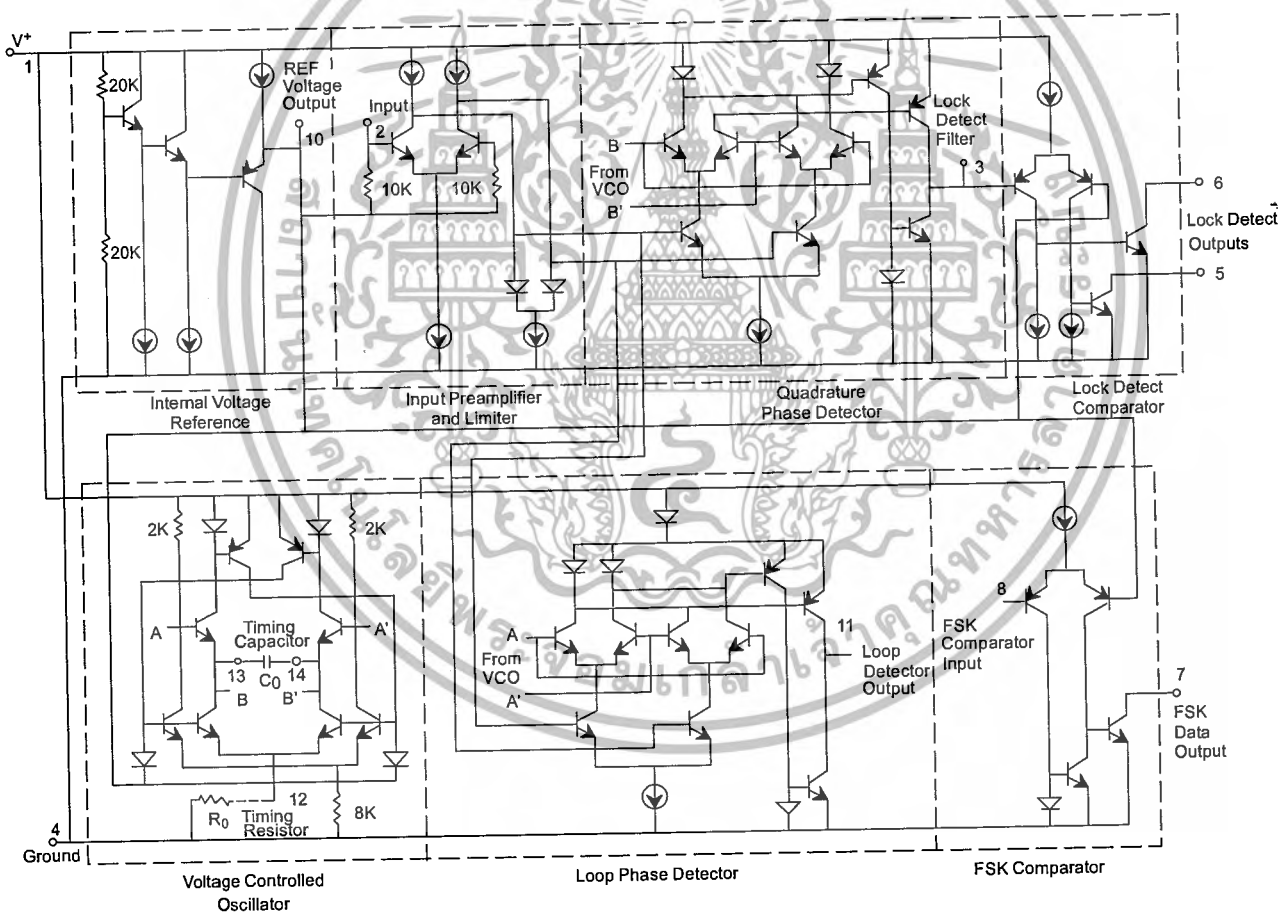
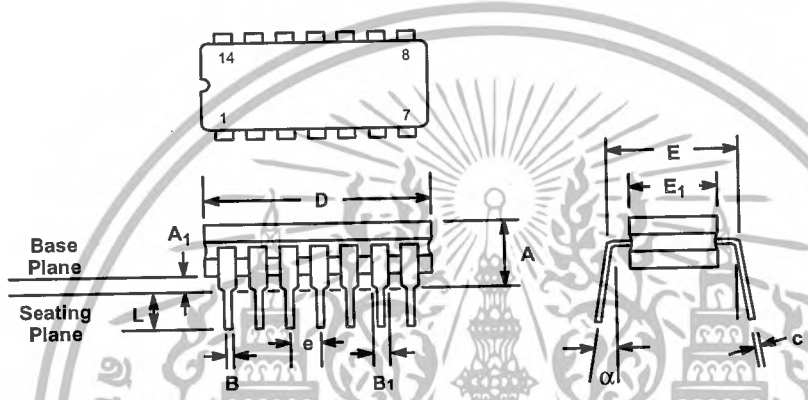


Figure 14. Equivalent Schematic Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14 LEAD CERAMIC DUAL-IN-LINE (300 MIL CDIP)

Rev. 1.00



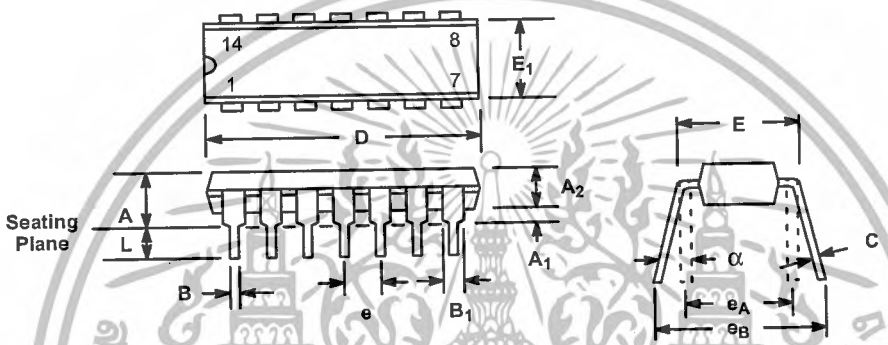
SYMBOL	INCHES MIN	INCHES MAX	MILLIMETERS MIN	MILLIMETERS MAX
A	0.100	0.200	2.54	5.08
A_1	0.015	0.060	0.38	1.52
B	0.014	0.026	0.36	0.66
B_1	0.045	0.065	1.14	1.65
c	0.008	0.018	0.20	0.46
D	0.685	0.785	17.40	19.94
E_1	0.250	0.310	6.35	7.87
E	0.300 BSC		7.62 BSC	
e	0.100 BSC		2.54 BSC	
L	0.125	0.200	3.18	5.08
α	0°	15°	0°	15°

Note: The control dimension is the inch column

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14 LEAD PLASTIC DUAL-IN-LINE (300 MIL PDIP)

Rev. 1.00



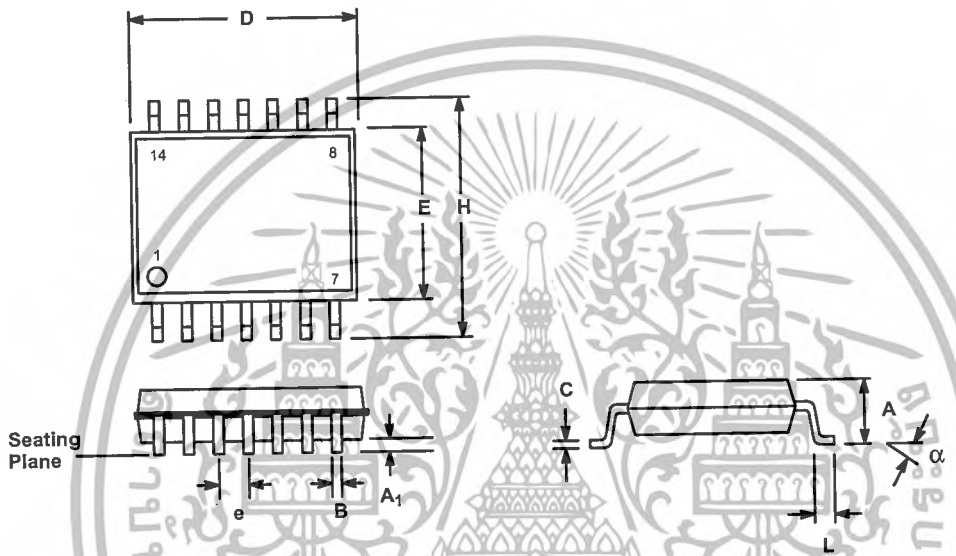
SYMBOL	INCHES MIN	INCHES MAX	MILLIMETERS MIN	MILLIMETERS MAX
A	0.145	0.210	3.68	5.33
A_1	0.015	0.070	0.38	1.78
A_2	0.115	0.195	2.92	4.95
B	0.014	0.024	0.36	0.56
B_1	0.030	0.070	0.76	1.78
C	0.008	0.014	0.20	0.38
D	0.725	0.795	18.42	20.19
E	0.300	0.325	7.62	8.26
E_1	0.240	0.280	6.10	7.11
e	0.100 BSC		2.54 BSC	
e_A	0.300 BSC		7.62 BSC	
e_B	0.310	0.430	7.87	10.92
L	0.115	0.160	2.92	4.06
α	0°	15°	0°	15°

Note: The control dimension is the inch column

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14 LEAD SMALL OUTLINE (150 MIL JEDEC SOIC)

Rev. 1.00



SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.053	0.069	1.35	1.75
A_1	0.004	0.010	0.10	0.25
B	0.013	0.020	0.33	0.51
C	0.007	0.010	0.19	0.25
D	0.337	0.344	8.55	8.75
E	0.150	0.157	3.80	4.00
e	0.050 BSC		1.27 BSC	
H	0.228	0.244	5.80	6.20
L	0.016	0.050	0.40	1.27
α	0°	8°	0°	8°

Note: The control dimension is the millimeter column

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Notes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Notes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOTICE

EXAR Corporation reserves the right to make changes to the products contained in this publication in order to improve design, performance or reliability. EXAR Corporation assumes no responsibility for the use of any circuits described herein, conveys no license under any patent or other right, and makes no representation that the circuits are free of patent infringement. Charts and schedules contained here in are only for illustration purposes and may vary depending upon a user's specific application. While the information in this publication has been carefully checked; no responsibility, however, is assumed for inaccuracies.

EXAR Corporation does not recommend the use of any of its products in life support applications where the failure or malfunction of the product can reasonably be expected to cause failure of the life support system or to significantly affect its safety or effectiveness. Products are not authorized for use in such applications unless EXAR Corporation receives, in writing, assurances to its satisfaction that: (a) the risk of injury or damage has been minimized; (b) the user assumes all such risks; (c) potential liability of EXAR Corporation is adequately protected under the circumstances.

Copyright 1995 EXAR Corporation
Datasheet June 1997
Reproduction, in part or whole, without the prior written consent of EXAR Corporation is prohibited.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOURCE CODE IN MICROCONTROLLER MCS-51

```
;*****************************************************
; DEFINE PORT&PIN NAME
;*****************************************************
ONEWIRE         BIT     P1.6            ; 1-WIRE INTERFACE (DS1820 TEMP. SENSOR)
TDATA           EQU     36H

;*****************************************************
; DEFINE USER REGISTER
;*****************************************************
FLAG            EQU     02FH            ; USER FLAG
BUSY            BIT     FLAG.0          ; DEFINE BUSY AS BIT
DS1820_ERROR  BIT       FLAG.1          ; DS1820 ERROR FLAG
ONEWIRE_DATA    EQU     032H            ; FOR KEEP ONEWIRE DATA
TEMP            EQU     033H            ; FOR KEEP TEMP. DATA (TEMP L ONLY)
TEMPH           EQU     034H            ; FOR KEEP TEMP. DATA (TEMP H ONLY)
ONEWIRE_CNT     EQU     035H            ; FOR 1-WIRE SUBROUTINE COUNTER

TEMP_AIR        EQU     40H             ; FOR KEEP TEMP AIR.
STATUS_AIR      EQU     41H
TEMP_ROOM       EQU     42H             ; FOR KEEP TEMP ROOM.
COP_TEMP_AIR  EQU       43H

STATUS_TV1      EQU     4AH
STATUS_TV2      EQU     4BH

STATUS_ELEC1  EQU       4CH
STATUS_ELEC2  EQU       4DH

T2MOD           EQU     0C9H
TH2             EQU     0CDH            ; TIMER 2
TL2             EQU     0CCH
RCAP2H          EQU     0CBH
RCAP2L          EQU     0CAH
TR2             BIT     0CAH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ORG     0030H
START:
                                        ; P1.0 for Carrier
        CLR     P1.2                    ;REMOTE AIR
        CLR     P1.3                    ;REMOTE TV
        CLR     P1.4
        CLR     P1.5
        SETB    P2.5

;**************** 1200 BAUD BY TX,RX  24 MHZ******************
        MOV     PCON,#00H
        MOV     SCON,#50H
        MOV     TMOD,#21H
        MOV     TH1,#204
        SETB    TR1
;*************************************************************
        MOV     3AH,#01100110B
        MOV     3DH,#01000101B
        MOV     STATUS_AIR,#11100000B

;************************    TV  ******************************
        MOV     44H,#01000000B
        MOV     45H,#00000100B
        MOV     46H,#01H
        MOV     47H,#00H
        MOV     48H,#10111100B
        MOV     49H,#10111101B
        MOV     STATUS_TV1,#11000000B
        MOV     STATUS_TV2,#0
        MOV     STATUS_ELEC1,#0F0H      ; STATUS ELEC 1
        MOV     STATUS_ELEC2,#0F0H      ; STATUS ELEC 2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;********************** TIMER 2 ******************************

                MOV     T2MOD,#02H
                MOV     TH2,#94H
                MOV     TL2,#00
                MOV     RCAP2H,#0FFH
                MOV     RCAP2L,#64H
                SETB    TR2

; ******************** START PROGRAM ************************
MAIN:           LCALL   RECIVER_DATA
CHK_O:          CJNE    A,#'0',CHK_F
                MOV     3BH,#10111010B
                MOV     3CH,#10101110B ;23.0 ^C
                MOV     TEMP_AIR,3CH
                LCALL   PUSH_REMOTE
                MOV     STATUS_AIR,#00001110B
                LCALL   READ_TEMP_ROOM                  ; TEMP
                LCALL   SEND_ACK_AIR
                SJMP    MAIN

CHK_F:          CJNE    A,#'1',CHK_OS
                MOV     3BH,#00111010B
                MOV     3CH,TEMP_AIR
                LCALL   PUSH_REMOTE                     ; PUSH REMOTE
                MOV     STATUS_AIR,#11100000B
                LCALL   READ_TEMP_ROOM                  ; TEMP
                LCALL   SEND_ACK_AIR
                SJMP    MAIN


CHK_OS:         CJNE    A,#'4',CHK_FS
                MOV     3BH,#10111010B
                MOV     3CH,TEMP_AIR
                LCALL   PUSH_REMOTE                     ; PUSH REMOTE
                MOV     A,STATUS_AIR
                CLR     C
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SUBB    A,#00100000B
        MOV     STATUS_AIR,A                    ; STATUS AIR
        ;ORL    STATUS,#00000000B
        LCALL   READ_TEMP_ROOM
        LCALL   SEND_ACK_AIR
        SJMP    MAIN

CHK_FS: CJNE    A,#'6',CHK_T
        MOV     3BH,#10110010B
        MOV     3CH,TEMP_AIR
        LCALL   PUSH_REMOTE                     ; PUSH REMOTE
        MOV     A,STATUS_AIR
        ADD     A,#00100000B
        MOV     STATUS_AIR,A
        ;ORL    STATUS,#00100000B
        LCALL   READ_TEMP_ROOM                  ; TEMP
        LCALL   SEND_ACK_AIR
        SJMP    MAIN

CHK_T:  PUSH    ACC
        ANL     A,#11100000B
        CJNE    A,#10100000B,CHK_SA
        POP     ACC
        MOV     TEMP_AIR,A
        MOV     3BH,#10111010B
        MOV     3CH,TEMP_AIR
        LCALL   PUSH_REMOTE                     ; PUSH REMOTE
        MOV     A,TEMP_AIR
        ANL     A,#00011111B
        MOV     COP_TEMP_AIR,A
        MOV     A,STATUS_AIR
        ANL     A,#11100000B
        ADD     A,COP_TEMP_AIR
        MOV     STATUS_AIR,A                    ; STATUS AIR
        LCALL   READ_TEMP_ROOM                  ; TEMP
        LCALL   SEND_ACK_AIR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LJMP    MAIN

CHK_SA:         POP     ACC
                CJNE    A,#'C',KEY_POWER
                LCALL   READ_TEMP_ROOM
                LCALL   SEND_ACK_AIR
                LJMP    MAIN
*********************************************************************************

KEY_POWER:      CJNE    A,#'P',KEY_1
                CPL     P1.4
                MOV     47H,#00H
                MOV     48H,#10111100B
                MOV     49H,#10111101B
                LCALL   SEND_TV
                CLR     P1.3
                MOV     A,STATUS_TV1
                ;ANL    A,#11000000B
                CPL     A
                ANL     A,#11000000B
                PUSH    ACC
                MOV     A,STATUS_TV1
                ANL     A,#00111111B
                MOV     STATUS_TV1,A
                POP     ACC
                ADD     A,STATUS_TV1
                MOV     STATUS_TV1,A
                LCALL   ACK_TV
                LJMP    MAIN
KEY_1:          CJNE    A,#'A',KEY_2
                MOV     47H,#00H
                MOV     48H,#00001000B
                MOV     49H,#00001001B
                LCALL   SEND_TV
                CLR     P1.3
                MOV     STATUS_TV2,#1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LCALL  ACK_TV
        LJMP   MAIN
KEY_2:  CJNE   A,#'B',KEY_3
        MOV    47H,#00H
        MOV    48H,#10001000B
        MOV    49H,#10001001B
        LCALL  SEND_TV
        CLR    P1.3
        MOV    STATUS_TV2,#2
        LCALL  ACK_TV
        LJMP   MAIN
KEY_3:  CJNE   A,#'C',KEY_4
        MOV    47H,#00H
        MOV    48H,#01001000B
        MOV    49H,#01001001B
        LCALL  SEND_TV
        CLR    P1.3
        MOV    STATUS_TV2,#3
        LCALL  ACK_TV
        LJMP   MAIN
KEY_4:  CJNE   A,#'D',KEY_5
        MOV    47H,#00H
        MOV    48H,#11001000B
        MOV    49H,#11001001B
        LCALL  SEND_TV
        CLR    P1.3
        MOV    STATUS_TV2,#4
        LCALL  ACK_TV
        LJMP   MAIN
KEY_5:  CJNE   A,#'E',KEY_6
        MOV    47H,#00H
        MOV    48H,#00101000B
        MOV    49H,#00101001B
        LCALL  SEND_TV
        CLR    P1.3
        MOV    STATUS_TV2,#5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LCALL  ACK_TV
        LJMP   MAIN
KEY_6:  CJNE   A,#'F',KEY_7
        MOV    47H,#00H
        MOV    48H,#10101000B
        MOV    49H,#10101001B
        LCALL  SEND_TV
        CLR    P1.3
        MOV    STATUS_TV2,#6
        LCALL  ACK_TV
        LJMP   MAIN
KEY_7:  CJNE   A,#'G',KEY_8
        MOV    47H,#00H
        MOV    48H,#01101000B
        MOV    49H,#01101001B
        LCALL  SEND_TV
        CLR    P1.3
        MOV    STATUS_TV2,#7
        LCALL  ACK_TV
        LJMP   MAIN
KEY_8:  CJNE   A,#'H',KEY_9
        MOV    47H,#00H
        MOV    48H,#11101000B
        MOV    49H,#11101001B
        LCALL  SEND_TV
        CLR    P1.3
        MOV    STATUS_TV2,#8
        LCALL  ACK_TV
        LJMP   MAIN
KEY_9:  CJNE   A,#'I',KEY_0
        MOV    47H,#00H
        MOV    48H,#00011000B
        MOV    49H,#00011001B
        LCALL  SEND_TV
        CLR    P1.3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     STATUS_TV2,#9
                LCALL   ACK_TV
                LJMP    MAIN
KEY_0:          CJNE    A,#'J',INC_CHANNEL
                MOV     47H,#00H
                MOV     48H,#10011000B
                MOV     49H,#10011001B
                LCALL   SEND_TV
                CLR     P1.3
                MOV     STATUS_TV2,#0
                LCALL   ACK_TV
                LJMP    MAIN
INC_CHANNEL:
                CJNE    A,#'8',DEC_CHANNEL
                MOV     47H,#00000000B
                MOV     48H,#00101100B
                MOV     49H,#00101101B
                LCALL   SEND_TV
                CLR     P1.3
                CLR     C
                MOV     A,STATUS_TV2
                ADD     A,#1
                MOV     STATUS_TV2,A
                LCALL   ACK_TV
                LJMP    MAIN
*************************************************************************
DEC_CHANNEL:
                CJNE    A,#'2',INC_VOLUME
                MOV     47H,#00000000B
                MOV     48H,#10101100B
                MOV     49H,#10101101B
                LCALL   SEND_TV
                CLR     P1.3
                CLR     C
                MOV     A,STATUS_TV2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SUBB    A,#1
        MOV     STATUS_TV2,A
        LCALL   ACK_TV
        LJMP    MAIN
```

```
INC_VOLUME:
        CJNE    A,#'7',DEC_VOLUME
        MOV     47H,#00000000B
        MOV     48H,#00000100B
        MOV     49H,#00000101B
        LCALL   SEND_TV
        CLR     P1.3
        CLR     C
        MOV     A,STATUS_TV1
        ADD     A,#1
        MOV     STATUS_TV1,A
        LCALL   ACK_TV
        LJMP    MAIN
```

****

```
DEC_VOLUME:
        CJNE    A,#'9',TV
        MOV     47H,#00000000B
        MOV     48H,#10000100B
        MOV     49H,#10000101B
        LCALL   SEND_TV
        CLR     P1.3
        CLR     C
        MOV     A,STATUS_TV1
        SUBB    A,#1
        MOV     STATUS_TV1,A
        LCALL   ACK_TV
        LJMP    MAIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
*************************************************************************
TV:
        CJNE    A,#'K',ELEC_ON
        MOV     DPTR,#1536
        LCALL   DELAY_US
        MOV     DPTR,#1536
        LCALL   DELAY_US
        CLR     P1.3
        LCALL   ACK_TV
        LJMP    MAIN
*************************************************************************
ELEC_ON:
        CJNE    A,#'M',ELEC_OFF
        SETB    P1.5
        MOV     STATUS_ELEC1,#0FH
        MOV     STATUS_ELEC2,#0FH
        MOV     DPTR,#1536
        LCALL   DELAY_US
        MOV     DPTR,#1536
        LCALL   DELAY_US
        LCALL   ACK_ELEC
        LJMP    MAIN
*************************************************************************
ELEC_OFF:
        CJNE    A,#'N',ELEC_CHK
        CLR     P1.5
        MOV     STATUS_ELEC1,#0F0H
        MOV     STATUS_ELEC2,#0F0H
        MOV     DPTR,#1536
        LCALL   DELAY_US
        MOV     DPTR,#1536
        LCALL   DELAY_US
        LCALL   ACK_ELEC
        LJMP    MAIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ELEC_CHK:
                CJNE    A,#'O',ENEN
                MOV     DPTR,#1536
                LCALL   DELAY_US
                MOV     DPTR,#1536
                LCALL   DELAY_US
                LCALL   ACK_ELEC
                LJMP    MAIN
ENEN:           LJMP    MAIN

;************************ START AIR ************************ *******
SEND_ACK_AIR:
                CLR     REN
                MOV     A,#'A'
                LCALL   TX
                MOV     A,STATUS_AIR
                LCALL   TX
                MOV     A,TEMP_ROOM
                LCALL   TX
                SETB    REN
                RET
PUSH_REMOTE:
                MOV     R2,#4
                MOV     R1,#8
                MOV     R0,#3AH
                MOV     A,@R0
                LCALL   SENDDATA
                MOV     R2,#4
                MOV     R1,#8
                MOV     R0,#3AH
                MOV     A,@R0
                LCALL   SENDDATA2
                RET


SENDDATA:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL  STARTBIT_AIR
SLIDEBIT:
                RLC    A
CHK_1_1:
                JC     CHK_1_2
                CLR    P1.2
                MOV    DPTR,#64334
                LCALL  DELAY_US
                SETB   P1.2
                MOV    DPTR,#64334
                LCALL  DELAY_US
                DJNZ   R1,SLIDEBIT
                INC    R0
                MOV    R1,#8
                MOV    A,@R0
                DJNZ   R2,SLIDEBIT
                RET
CHK_1_2:
                CLR    P1.2
                MOV    DPTR,#62334
                LCALL  DELAY_US
                SETB   P1.2
                MOV    DPTR,#64334
                LCALL  DELAY_US
                DJNZ   R1,SLIDEBIT
                INC    R0
                MOV    R1,#8
                MOV    A,@R0
                DJNZ   R2,SLIDEBIT
                RET

SENDDATA2:      CLR    P1.2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL  TIME_SPACE
                LCALL  STARTBIT_AIR

SLIDEBIT_0:
                RLC    A
CHK_0_1:
                JNC    CHK_0_2
                CLR    P1.2
                MOV    DPTR,#64334
                LCALL  DELAY_US
                SETB   P1.2
                MOV    DPTR,#64334
                LCALL  DELAY_US
                DJNZ   R1,SLIDEBIT_0
                INC    R0
                MOV    R1,#8
                MOV    A,@R0
                DJNZ   R2,SLIDEBIT_0
                CLR    P1.2
                RET
CHK_0_2:
                CLR    P1.2
                MOV    DPTR,#62334
                LCALL  DELAY_US
                SETB   P1.2
                MOV    DPTR,#64334
                LCALL  DELAY_US
                DJNZ   R1,SLIDEBIT_0
                INC    R0
                MOV    R1,#8
                MOV    A,@R0
                DJNZ   R2,SLIDEBIT_0
                CLR    P1.2
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
STARTBIT_AIR:
        SETB    P1.2
        MOV     DPTR,#47534
        LCALL   DELAY_US
        CLR     P1.2
        MOV     DPTR,#56734
        LCALL   DELAY_US
        SETB    P1.2
        MOV     DPTR,#64334
        LCALL   DELAY_US
        RET

TIME_SPACE:
        CLR     P1.2
        MOV     DPTR,#1536
        LCALL   DELAY_US
        RET
;********************* START TV ********************************

ACK_TV: CLR     REN
        MOV     A,#'T'
        LCALL   TX
        MOV     A,STATUS_TV1
        LCALL   TX
        MOV     A,STATUS_TV2
        LCALL   TX
        SETB    REN
        RET

SEND_TV:
        MOV     R0,#44H
        MOV     R2,#8
        MOV     R3,#6
        MOV     A,@R0
        MOV     R4,#2
        ;CLR    P1.2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SJMP    SEND_DATA_TV



SEND_DATA_TV:
                SETB    P1.3
                MOV     DPTR,#58256
                LCALL   DELAY_US
                CLR     P1.3
                MOV     DPTR,#62266
                LCALL   DELAY_US
                SETB    P1.3
                MOV     DPTR,#64506
                LCALL   DELAY_US

START_SEND_DATA_TV:
                RLC     A
S_BIT1:         JNC     S_BIT0
                CLR     P1.3
                MOV     DPTR,#63066
                LCALL   DELAY_US
                SETB    P1.3
                MOV     DPTR,#64506
                LCALL   DELAY_US
                DJNZ    R2,START_SEND_DATA_TV
                INC     R0
                MOV     A,@R0
                MOV     R2,#8
                DJNZ    R3,START_SEND_DATA_TV
                ;FOR TIME SPACE
                CLR     P1.3
                MOV     DPTR,#5546
                LCALL   DELAY_US
                MOV     DPTR,#5546
                LCALL   DELAY_US
                MOV     DPTR,#37546
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL  DELAY_US
                MOV    R0,#44H
                MOV    R2,#8
                MOV    R3,#6
                MOV    A,@R0
                DJNZ   R4,SEND_DATA_TV
                CLR    P1.3
                RET

S_BIT0:         CLR    P1.3
                MOV    DPTR,#64816
                LCALL  DELAY_US
                SETB   P1.3
                MOV    DPTR,#64506
                LCALL  DELAY_US
                DJNZ   R2,START_SEND_DATA_TV
                INC    R0
                MOV    A,@R0
                MOV    R2,#8
                DJNZ   R3,START_SEND_DATA_TV
                ;FOR TIME SPACE
                CLR    P1.3
                MOV    DPTR,#5546
                LCALL  DELAY_US
                MOV    DPTR,#5546
                LCALL  DELAY_US
                MOV    DPTR,#37546
                LCALL  DELAY_US
                MOV    R0,#44H
                MOV    R2,#8
                MOV    R3,#6
                MOV    A,@R0
                DJNZ   R4,LOOP_TV
                CLR    P1.3
                RET
LOOP_TV:        CLR    P1.3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LJMP    SEND_DATA_TV


;************************ START ELEC ************************
ACK_ELEC:
                CLR     REN
                MOV     A,#'E'
                LCALL   TX
                MOV     A,STATUS_ELEC1
                LCALL   TX
                MOV     A,STATUS_ELEC2
                LCALL   TX
                SETB    REN
                RET
;******************* START FUNCTION ************************
TX:             MOV     SBUF,A
                JNB     TI,$
                CLR     TI
                RET
RECIVER_DATA:
                MOV     R0,#7
                MOV     C,P2.5
                JNC     RECIVER_DATA
                MOV     DPTR,#63878
                LCALL   DELAY_US
                MOV     DPTR,#64713
                LCALL   DELAY_US
                MOV     C,P2.5
                RRC     A

TR11:           MOV     DPTR,#63880
                LCALL   DELAY_US
                MOV     C,P2.5
                RRC     A
                DJNZ    R0,TR11
                CPL     A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                RET
DELAY_US:       MOV     TH0,DPH
                MOV     TL0,DPL
                SETB    TR0
                JNB     TF0,$
                CLR     TF0
                CLR     TR0
                RET

;************************ DS 1820 ****************************
;*************************************************************
; DS1820 TEMPERATURE READ
;*************************************************************

READ_TEMP_ROOM:
                LCALL   DS1820_TEMP_RD
                JB      DS1820_ERROR,DATA_VALID

                MOV     A,#0AAH
                CJNE    A,TEMP,DATA_VALID

DATA_INVALID:
                SJMP    READ_TEMP_ROOM

DATA_VALID:
                MOV     TEMP_ROOM,TEMP
                RET

DS1820_TEMP_RD:
                CLR     DS1820_ERROR            ; CLEAR DS1820 ERROR FLAG
                ACALL   DS1820_RST              ; DS1820 RESET
                ACALL   DS1820_PRES             ; DS1820 PRESENCE
        MOV     ONEWIRE_DATA,#0CCH              ; WRITE SKIP ROM
                ACALL   DS1820_WR               ;
                MOV     ONEWIRE_DATA,#044H      ; WRITE CONVERT COMMAND
                ACALL   DS1820_WR               ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SETB    ONEWIRE                 ; HOLD LOGIC 1 (CONVERSION)
                ACALL   DELAY_1S                ; FOR 1S.

                ACALL   DS1820_RST              ; DS1820 RESET
                ACALL   DS1820_PRES             ; DS1820 PRESENCE
                MOV     ONEWIRE_DATA,#0CCH      ; WRITE SKIP ROM
                ACALL   DS1820_WR
                MOV     ONEWIRE_DATA,#0BEH      ; W/R SCRATCHPAD COMMAND
                ACALL   DS1820_WR

                ACALL   DS1820_RD               ; READ DS1820
                MOV     TEMP,ONEWIRE_DATA       ; GET BYTE TEMPL

                ACALL   DS1820_RD               ; READ DS1820
                MOV     TEMPH,ONEWIRE_DATA      ; GET BYTE TEMPH

DS1820_TEMP_CLR:
                ACALL   DS1820_RST              ; DS1820 RESET
                ACALL   DS1820_PRES             ; DS1820 PRESENCE
DS1820_TEMP_EXIT:
                RET
; *****************************************************
; DS1820 DATA READ
; *****************************************************
DS1820_RD:      MOV     ONEWIRE_CNT,#8          ; SET LOOP 8 TIMES
                CLR     A                       ; CLEAR ACC.
DS1820_RD_LOOP:
                CLR     ONEWIRE                 ; CLEAR ONEWIRE
                NOP                             ; DELAY
                SETB    ONEWIRE                 ; SET ONEWIRE
                NOP                             ;
                NOP                             ;
                MOV     C,ONEWIRE               ; GET ONEWIRE TO CARRY FLAG
                ACALL   ONEWIRE_DELAY           ; DELAY 75 US
                RRC     A                       ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DJNZ    ONEWIRE_CNT,DS1820_RD_LOOP
                MOV     ONEWIRE_DATA,A          ; MOVE ACC. TO ONEWIRE_DATA
                RET                             ; RETURN

;*********************************************************
; DS1820 DATA WRITE
;*********************************************************

DS1820_WR:      MOV     ONEWIRE_CNT,#8          ; SET LOOP 8 TIMES
                MOV     A,ONEWIRE_DATA          ; GET ONEWIRE_DATA
DS1820_WR_LOOP:
                RRC     A                       ; ROTATE ACC. WITH CARRY FLAG
                JNC     DS1820_WR_L             ; CARRY FLAG WAS SET ?
                CLR     ONEWIRE                 ; SET => TX HIGH
                NOP                             ; DELAY
                NOP                             ;
                SETB    ONEWIRE                 ; SET ONEWIRE
                ACALL   ONEWIRE_DELAY           ; DELAY 75 US
                AJMP    DS1820_WR_NX            ; JUMP TO NEXT WRITE

DS1820_WR_L:    CLR     ONEWIRE                 ; CLEAR => TX LOW
                ACALL   ONEWIRE_DELAY           ; DELAY 75 US
                SETB    ONEWIRE                 ; SET ONEWIRE
                NOP                             ; DELAY
                NOP                             ;
DS1820_WR_NX:
                DJNZ    ONEWIRE_CNT,DS1820_WR_LOOP
                RET                             ; RETURN

;*********************************************************
; DS1820 RESET
;*********************************************************
DS1820_RST:     CLR     ONEWIRE                 ; CLEAR ONEWIRE
                ACALL   DELAY_750US             ; DELAY
                SETB    ONEWIRE                 ; SET ONEWIRE
                MOV     ONEWIRE_CNT,#11         ; DELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DJNZ    ONEWIRE_CNT,$                   ;
                RET                                     ; RETURN

; *********************************************************
; DS1820 RECEIVE PRESENCE PULSE
; *********************************************************
DS1820_PRES:    MOV     ONEWIRE_CNT,#55                 ; SET LOOP WAIT 1
DS1820_PRES_1:
                JNB     ONEWIRE,DS1820_PRES_2           ; CHECK ONEWIRE WAS CLEAR?
                DJNZ    ONEWIRE_CNT,DS1820_PRES_1       ; WAIT LOOP CHECK 1
        SETB    DS1820_ERROR                            ; ERROR IF NO RESPONSE
                RET                                     ; RETURN
DS1820_PRES_2:
                MOV     ONEWIRE_CNT,#55                 ; SET LOOP WAIT 2

DS1820_PRES_3:
                JB      ONEWIRE,DS1820_PRES_4           ; CHECK ONEWIRE WAS CLEAR?
        DJNZ    ONEWIRE_CNT,DS1820_PRES_3               ; WAIT LOOP CHECK 1
                SETB    DS1820_ERROR                    ; ERROR IF NO RESPONSE

DS1820_PRES_4:
                SETB    ONEWIRE                         ; SET ONEWIRE
                ACALL   ONEWIRE_DELAY                   ; DELAY 75 US
                CLR     BUSY                            ; CLEAR BUSY FLAG
                RET                                     ; RETURN

; ********************************************************* ********************
; DUMMY DELAY TIME ONEWIRE_DELAY, LCD_DELAY, 50U, 100U, 1M, 10M, 100M, 1S
; ********************************************************* ********************
ONEWIRE_DELAY:
                MOV     R6,#012H                        ; EACH LOOP = 75 US
ONEWIRE_DELAY_1:
                NOP
                NOP
                DJNZ    R6,ONEWIRE_DELAY_1
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LCD_DELAY:    MOV    R7,#002                ; DO 2 TIMES
LCD_DELAY_1:  MOV    R6,#0E6H               ; EACH LOOP = 1 MS
LCD_DELAY_2:  NOP
              NOP
              DJNZ   R6,LCD_DELAY_2
              DJNZ   R7,LCD_DELAY_1
              RET

DELAY_50US:   MOV    R6,#00CH               ; EACH LOOP = 50 US
DELAY_50US_1:
              NOP
              NOP
              DJNZ   R6,DELAY_50US_1
              RET
DELAY_100US:
              MOV    R6,#017H               ; EACH LOOP = 100 US
DELAY_100US_1:
              NOP
              NOP
              DJNZ   R6,DELAY_100US_1
              RET
DELAY_1MS:    MOV    R6,#0E6H               ; EACH LOOP = 1 MS
DELAY_1MS_1:  NOP
              NOP
              DJNZ   R6,DELAY_1MS_1
              RET
DELAY_10MS:
              MOV    R7,#010                ; DO 10 TIMES
DELAY_10MS_1:
              MOV    R6,#0E6H               ; EACH LOOP = 1 MS
DELAY_10MS_2:
              NOP
              NOP
              DJNZ   R6,DELAY_10MS_2
              DJNZ   R7,DELAY_10MS_1
              RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DELAY_100MS:
                MOV     R7,#100                 ; DO 100 TIMES

DELAY_100MS_1:
                MOV     R6,#0E6H                ; EACH LOOP = 1 MS
DELAY_100MS_2:
                NOP
                NOP
                DJNZ    R6,DELAY_100MS_2
                DJNZ    R7,DELAY_100MS_1
                RET
DELAY_1S:       MOV     R5,#100                 ; DO 100 TIMES
DELAY_1S_1:     ACALL   DELAY_10MS
                DJNZ    R5,DELAY_1S_1
                RET
DELAY_750US:    MOV     R6,#229                 ; EACH LOOP = 750US
DELAY_750US_2:
                NOP
                DJNZ    R6,DELAY_750US_2
        RET                                     ; RETURN

                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้