สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หุ่นยนต์เครือข่าย

ROBOT NETWORK

นาย จักรพันธ์ สิทธิเพ็ง

นายฉลอง พรามนาเวช

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42683
วัน, เดือน, ปี 6 มิ.ย. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีอีเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ROBOT NETWORK

Mr. JUKRAPAN SITTIPENG

Mr. CHALONG PRAMNAWEIT

A THESS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF THE TECHNOLOGY ELECTRONICS

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	หุ่นยนต์เครือข่าย
	ROBOT NEWORK
นักศึกษา	นาย จักรพันธ์ สิทธิเพ็ง เลขที่ประจำตัว42015500
	นายฉลองพรามนาเวช เลขที่ประจำตัว 42015503
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์บุณย์ชนะ ภู่ระหงษ์
	อาจารย์พนารัตน์ รวิวรรณ
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2544

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมบัณฑิต

_____อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ บุณย์ชนะ ภู่ระหงษ์)

_____อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ พนารัตน์ รวิวรรณ)

_____กรรมการ
( )

_____กรรมการ
( )

_____กรรมการ
( )

_____กรรมการ
( )

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	หุ่นยนต์เครือข่าย ROBOT NEWORK
นักศึกษา	นาย จักรพันธ์ สิทธิเพ็ง เลขที่ประจำตัว42015500 นายฉลองพรามนาเวช เลขที่ประจำตัว 42015503
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ บุณย์ชนะ ภู่ระหงษ์ อาจารย์ พนารัตน์ ระวิวัน
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอเนื้อหาในส่วนของการติดต่อสื่อสารระหว่างหุ่นยนต์กับคอมพิวเตอร์ โดยผ่านทางอุปกรณ์เครื่องรับส่งและใช้ความถี่เป็นตัวกลางในการติดต่อ ซึ่งส่วนที่สำคัญในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถที่จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เครื่องรับส่ง และ ตัวหุ่นยนต์ในส่วนของเครื่องรับส่งจะประกอบไปด้วยวงจรมอดดูเลชั่น และ ดีมอดดูเลชั่น แบบความถี่และส่วนของการอินเตอร์เฟส ในส่วนของหุ่นยนต์จะประกอบไปด้วยชุดวัดระยะทางด้วยเซ็นเซอร์อุลตร้าโซนิค, ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และชุดบอกทิศทางด้วยเข็มทิศ

จากที่ได้ทำการทดลองสามารถที่จะทำการมอดดูเลต และ ดีมอดดูเลตสัญญาณแบบความถี่ได้สามารถส่งออกอากาศ และ สามารถรับสัญญาณที่ส่งออกมาทำการดีเทคได้ โดยตัวหุ่นยนต์จะทราบตำแหน่ง ของตัวมันเองจากชุดอุตร้าโซนิค และส่งผลมายังคอมพิวเตอร์ผ่านทางเครื่องส่ง โดยคอมพิวเตอร์จะเป็นตัวประมวลผล และออกคำสั่ง ไปยังตัวหุ่นยนต์โดยผ่านเครื่องส่งก็เมื่อเครื่องรับที่ติดอยู่กับตัวหุ่นยนต์รับสัญญาณได้ก็จะสั่งงาน ให้หุ่นยนต์เดินทางไปยังวัตถุได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	**Robot Network**
Student	**Mr. Jukrapan Sittipeng ID 42015500**
	Mr.Chalong Pramnaweit ID 42015503
Advisor	**Mr.Boonchana Purahong**
	Miss Panarut Ravivan
Academic Year	**2001**

ABSTRACT

This thesis is present about the communication system between robot and computer that use the transmitter and receiver equipment and the ratio frequency for the communication. This important part of the thesis includes 2 part ; transmitter/receiver equipment and robot. The transmitter/receiver equipment includes modulation and demodulation circuit and interface RS-232.In the robot includes ;measurement distance by ultrasonic sensor ; microcontroller MCS-51 and the infared sensor use for direction

By the laboratory, now the synthesis of modulation and demodulation circuit is successful, besides; the signal cans transmit through the air. Not only that, the receiver cans receive the signal to detect the FSK. The FSK is demodulated to be the binary "0" and "1" to control the robot. When the computer is compile and sent signal control to robot network by transmitter. Then receiver on the robot network recive signal, it control the robot network can be operated by going by going to object.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยความอนุเคราะห์และคำปรึกษาต่าง ๆ จากผู้มีพระคุณดังต่อไปนี้

บุพการี	ที่ให้การอุปการะในทุกๆ ด้านและเป็นกำลังใจเสมอมา
อาจารย์ บุณย์ชนะ ภู่ระหงษ์	ที่คอยให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาการทำปริญญานิพนธ์
อาจารย์ พนารัตน์	ที่คอยให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาการทำปริญญานิพนธ์
ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม	ที่ให้ความอนุเคราะห์เรื่องเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ
เพื่อน ๆ L1 ทุกคน	ที่คอยเป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

นาย จักรพันธ์ สิทธิเพ็ง

นาย ฉลอง พรามนาเวช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น	4
2.1 ทฤษฎีเครื่องส่งเบื้องต้น	4
2.1.1 ทฤษฎีการมอดดูเลชั่นเชิงขนาด	5
2.1.2 รูปแบบต่างๆ ของการมอดดูเลต แบบเอเอ็ม	8
2.2 เทคนิคการมอดดูเลชั่นสัญญาณ	12
2.2.1 Amplitude Shift Keying	12
2.2.2 Frequency Shift Keying	12
2.2.3 Phase Shift Keying	13
2.3 การสื่อสารข้อมูล	14
2.3.1 การสื่อสารข้อมูลแบบขนาน	14
2.3.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม	15
2.3.3 การอินเตอร์เฟส	17
2.3.4 การรับส่งข้อมูลสองทิศทาง	20
2.3.5 ลักษะการเชื่อมต่อและหน้าที่การทำงานที่สำคัญ	24
2.4 หลักการและทฤษฎีของไมโครคอนโทรลเลอร์	25
2.5 เครื่องวัดระยะทาง	34
2.5.1 เครื่องวัดระยะด้วยอุตร้าโซนิค	35
2.5.2 เปียโซอิเลคทริคทรานสดิวเซอร์	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3หลักการทำงาน 39
2.6ชุดบอกทิศทาง 39

บทที่ 3 การสร้างโครงการ 43
3.1 ลักษณะทั่วไปและการออกแบบวงจร IC XR -2206 43
3.2 ลักษณะทั่วไปและการออกแบบวงจร IC XR-2211 47
3.3 ลักษณะรายละเอียดของระบบ 49
3.4 รายละเอียดเกี่ยวกับการใช้งาน 50
3.5 แนวทางในการออกแบบ 50
3.6 การทำงานของวงจรเครื่องรับส่งที่ใช้จริง 53
3.7 การสร้างวงจรวัดระยะทางด้วยอุตร้าโซนิค 53
3.8 หน่วยบอกทิศทาง 55
บทที่ 4 ผลการทดลองและบทสรุป 57
บรรณานุกรม 59
ภาคผนวก ก. รายละเอียดของวงจร
ภาคผนวก ข. โปรแกรม
ภาคผนวก ค. คู่มือการใช้งาน ของ IC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 โครงสร้างการทำงานเบื้องต้น	2
รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องส่งอย่างง่าย	4
รูปที่ 2.2 รูปคลื่น AM ที่เกิดจากสัญญาณซายน์	6
รูปที่ 2.3 แถบความถี่ของคลื่น AM	7
รูปที่ 2.4 วงจรมอดดูเลเตอร์แบบใช้ไดโอด	8
รูปที่ 2.5 วงจรผสมคลื่นทางคอลแลคเตอร์	10
รูปที่ 2.6 วงจรผสมคลื่นทางอีมิตเตอร์	11
รูปที่ 2.7 วงจรผสมคลื่นทางเบส	11
รูปที่ 2.8 การมอดดูเลตสัญญาณแบบขนาด	12
รูปที่ 2.9 การมอดดูเลตสัญญาณแบบความถี่	13
รูปที่ 2.10 การมอดดูเลตสัญญาณแบบเปลี่ยนมุม 180 องศา	13
รูปที่ 2.11 การสื่อสารข้อมูลแบบขนาน	16
รูปที่ 2.12 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม	17
รูปที่ 2.13 แสดงอุปกรณ์ DTE เบื้องต้น	19
รูปที่ 2.14 แสดงอุปกรณ์ DTE และ DCE	20
รูปที่ 2.15 แสดงอุปกรณ์ DTE และ DCE ที่ทำงานตรงกันข้าม	20
รูปที่ 2.16 อุปกรณ์ที่ส่งและรับข้อมูลได้สองทิศทาง	21
รูปที่ 2.17 ค่าจำกัดตรรกะที่เอ้าท์พุตของ RS-232	22
รูปที่ 2.18 ค่าจำกัดตรรกะที่อินพุตของ RS-232	23
รูปที่ 2.19 การเชื่อมต่อทั้งแบบ 25 ขา และ 9 ขา	24
รูปที่ 3.1 แสดง Function Block Diagram ของ XR-2206	44
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์ FSK	46
รูปที่ 3.3 แสดง Function Block Diagram ของ XR-2211	49
รูปที่ 3.4 แสดงวงจรต่อรหัสสัญญาณ FSK	52
รูปที่ 1.4 แสดงการเจาะรูเข็มทิศ	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบการทำงานระหว่างการสื่อสารข้อมูลแบบขนานและแบบอนุกรม 17

ตารางที่ 2.2 แสดงการอินเตอร์รัปต์ 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

เทคโนโลยีการสื่อสารเป็นเทคโนโลยีที่ไม่มีการหยุดนิ่ง ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเกี่ยวกับการสื่อสารมาโดยตลอด จากในอดีตถ้าต้องการทำการติดต่อสื่อสารกันระหว่างอุปกรณ์ต้นทางกับอุปกรณ์ปลายทางใดๆ จะต้องมีการเชื่อต่อสายระหว่างอุปกรณ์ต้นทางและอุปกรณ์ปลายทางนั้นๆ และเนื่องจากพัฒนาที่ไม่หยุดนิ่งทางด้านเทคโนโลยีการสื่อสารนี้เองเป็นสาเหตุทำให้เกิดการสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless Telecommunication) ขึ้นมา ซึ่งจะใช้ความถี่เป็นสื่อกลางในการติดต่อ

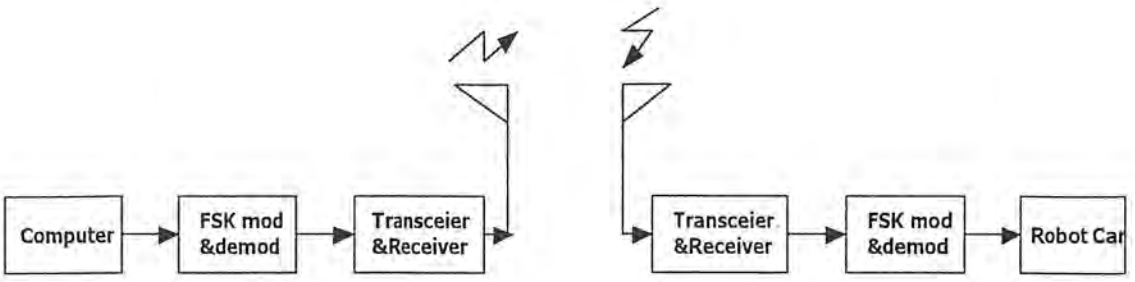
ในส่วนของโครงงานนี้ได้นำเอาเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย(Wireless Telecommunication) มาประยุกต์ใช้กับตัวโครงการนี้ก็คือ หุ่นยนต์เครือข่าย (Robot Network) ซึ่งได้นำเอาเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless Telecommunication) มาใช้ในส่วนของการติดต่อสื่อสารระหว่างตัวหุ่นยนต์ (Robot) กับ คอมพิวเตอร์ (Computer) ผ่านทางอุปกรณ์เครื่องรับส่งสัญญาณขนาดความถี่เท่ากับ 200 MHz ซึ่งเป็นย่านความถี่แบบ FM. โดยที่ตัวหุ่นยนต์ (Robot) จะทำการขับเคลื่อนตัวเองโดยอาศัยการทำงานของ Microcontroller MCS-51 และมีอุปกรณ์เครื่องรับส่งติดตั้งอยู่ที่ตัวหุ่นยนต์ (Robot) เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์สื่อสารกับคอมพิวเตอร์(Computer)นี้จะมีหน้าที่เป็นตัวกำหนดคำสั่งการทำงานให้กับตัวหุ่นยนต์ (Robot) โดยที่คำสั่งหรือข้อมูลจากคอมพิวเตอร์จะถูกอินเตอร์เฟสด้วย RS-232 ก่อนที่จะส่งข้อมูลดังกล่าวไปยังส่วนของเครื่องส่งที่ต่ออยู่กับคอมพิวเตอร์เพื่อที่จะส่งสัญญาณไปยังตัวหุ่นยนต์และที่ตัวหุ่นยนต์ก็สามารถส่งข้อมูลกลับมาที่คอมพิวเตอร์ได้เช่นเดียวกัน

โครงสร้างการทำงานเบื้องต้นของระบบ

เป็นการสื่อสารหรือเป็นการส่งข้อมูลจากตัวควบคุมไปยังอุปกรณ์ที่ถูกควบคุมซึ่งในที่นี้เราให้ตัวควบคุมคือคอมพิวเตอร์และเป็นส่วนของอุปกรณ์ต้นทาง ส่วนอุปกรณ์ที่ถูกควบคุมคือหุ่นยนต์ในที่นี้เราใช้หุ่นยนต์รถซึ่งเป็นส่วนของอุปกรณ์ปลายทางโดยข้อมูลที่เราใช้ในการสื่อสารนั้นจะถูกส่งออกโดยผ่านทางอากาศ ซึ่งเราใช้เป็นตัวกลางนั่นเอง

การทำงานของระบบแสดงได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 โครงสร้างการทำงานพื้นฐานของโครงการ

จากรูปที่1.1อุปกรณ์ต้นทางและอุปกรณ์ปลายทางในการรับส่งข้อมูลซึ่งในที่นี้ก็คือเครื่องคอมพิวเตอร์และตัวหุ่นยนต์ซึ่งทั้งคอมพิวเตอร์และหุ่นยนต์นี้จะเป็นตัวรับส่งข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างกันโดยที่ข้อมูลที่ออกจากคอมพิวเตอร์นั้นจะถูกส่งผ่านมาทางตัวอินเตอร์เฟส RS-232 ไปยังส่วนของวงจรมอดดูเลชั่นแบบเอฟเอสเค (FSK modulation & demodulation) เพื่อเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอล (Analog Signal) ก่อนที่จะนำไปมอดดูเลตกับสัญญาณพาหนะเพื่อส่งออกอากาศ

ส่วนการทำงานของในแต่ละส่วนของระบบนั้น จะอธิบายโดยคร่าว ๆ ดังนี้คือ คอมพิวเตอร์จะเป็นตัวควบคุมคำสั่งการทำงานของตัวหุ่นยนต์ว่าในขณะนี้ต้องการให้หุ่นยนต์ทำอะไรเช่นต้องการให้หุ่นยนต์เลี้ยวซ้ายหรือต้องการให้เลี้ยวขวาหรือว่าต้องการให้บอกตำแหน่งตัวเองว่าขณะนี้ขณะนี้อยู่ที่ตำแหน่งใดบนพื้นที่จำลอง หรือว่าต้องการให้หุ่นยนต์ตัวไหนทำงาน โดยที่บนหุ่นยนต์แต่ละตัวจะมีเครื่องรับส่งขนาดเล็กติดตั้งอยู่เพื่อจะใช้เป็นตัวกลางในการสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งนอกจากนี้ในตัวของหุ่นยนต์เองก็ต้องมีการสื่อสารระหว่างกันด้วย ในการส่งข้อมูลของคอมพิวเตอร์นั้นจะส่งข้อมูลมาเป็นแบบอนุกรม (Series) โดยผ่านตัวอินเตอร์เฟส RS-232 ไปยังวงจรมอดดูเลชั่นแบบ Frequency Shift Keying (FSK) เพื่อที่จะเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal) ในย่านความถี่เสียงโดยจะแยกออกเป็นสองความถี่คือ ถ้ามีลอจิก "0" เข้ามาที่วงจรมอดดูเลชั่นแบบ FSK เอ้าพุตท์จะออกมาเป็นความถี่หนึ่ง แต่ถ้ามีลอจิกเป็น "1" เข้ามา เอ้าพุตท์ที่ได้ก็จะเป็นอีกความถี่หนึ่ง ซึ่งความถี่ทั้งสองนี้จะต่างกัน (รายละเอียดจะอยู่ในเรื่องราวการมอดดูเลชั่นแบบFSK) จากนั้นสัญญาณอนาล็อกที่ได้ออกมาจะถูกนำไป Modulate กับ carrier อีกครั้งในส่วนวงจรเครื่องส่งแล้วจึงส่งออกอากาศ

สัญญาณที่ถูกส่งออกไปจะถูกดีเทค (detect) ได้โดยเครื่องรับส่งที่ติดตั้งอยู่บนหุ่นยนต์รถและจะส่งสัญญาณตอบกลับมาเพื่อที่ให้คอมพิวเตอร์(Computer) รู้ว่าในขณะนี้หุ่นยนต์ได้ทำการรับข้อมูลที่เป็นคำสั่งของคอมพิวเตอร์ (Computer) เรียบร้อยแล้วและพร้อมที่จะปฏิบัติตามคำสั่งต่อไป โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่ถูกส่งไปนั้นจะถูกดีมอดูเลชั่น (Demodulation) เพื่อที่จะเอาสัญญาณพาร์ (Carrier Signal) ออกให้เหลือแต่ส่วนที่เป็นสัญญาจริงแล้วทำการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อก (Analog Signal) ไปเป็นสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal) เพื่อที่จะนำสัญญาณดิจิตอลไปควบคุมตัวหุ่นยนต์อีกที่หนึ่ง

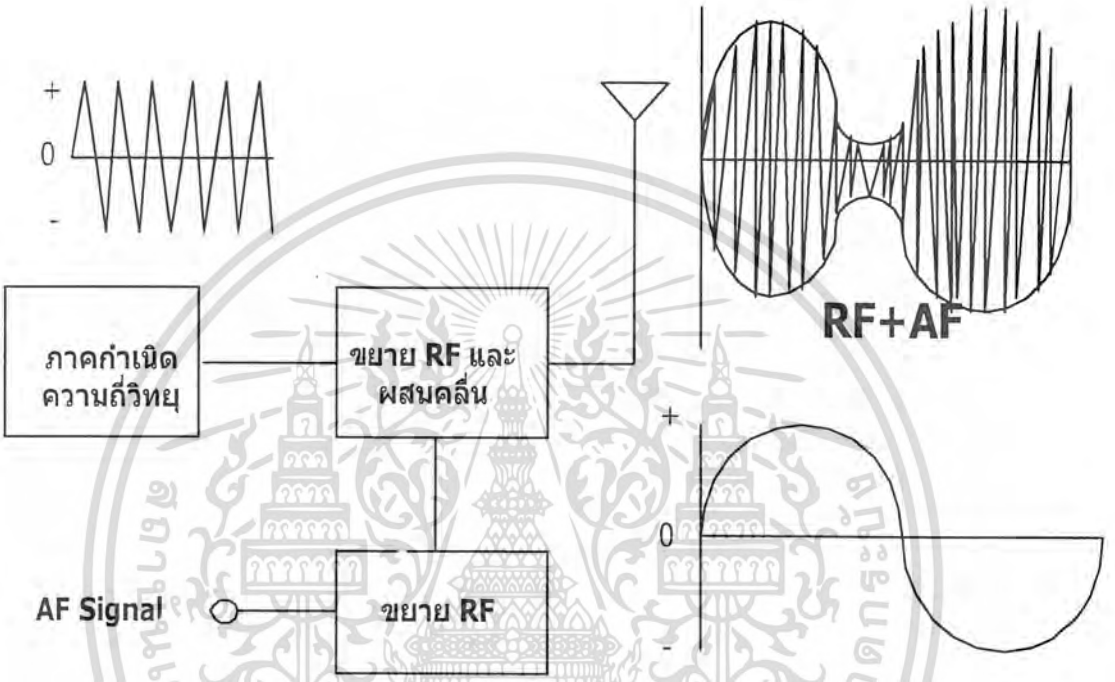
สำหรับในโครงการนี้ได้เลือกย่านความถี่ FM ในการส่งสัญญาณออกอากาศ และเลือกใช้ย่านความถี่ 200 MHz โดยมีลักษณะของการส่งข้อมูลสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ (Computer) กับหุ่นยนต์ (Robot) เป็นแบบ (Half Duplex) นั่นก็คือ ข้อมูลจากคอมพิวเตอร์จะถูกส่งออกไปที่ตัวหุ่นยนต์ก่อนแล้วตัวหุ่นยนต์ก็จะทำการปฏิบัติตามคำสั่งที่คอมพิวเตอร์ส่งมาจนเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์

ทั้งนี้ทั้งนั้นขั้นตอนในการติดต่อสื่อสารข้อมูลนั้นกว่าจะส่งสัญญาณหรือคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ไปยังหุ่นยนต์ได้นั้นจะต้องผ่านขั้นตอนต่าง ๆ ในแต่ละวงจร ซึ่งโครงสร้างของแต่ละวงจรนั้นจะแสดงอย่างละเอียดในส่วนของเนื้อหาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ทฤษฎีเครื่องส่งเบื้องต้น



รูป ที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องส่งอย่างง่าย

2.1.1 ภาคกำเนิดความถี่ (RF oscillator)

จะกำเนิดสัญญาณความถี่สูง(ตามที่ต้องการส่ง)ทำหน้าที่เป็นคลื่นพาหะสัญญาณวิทยุ หรือสัญญาณ RF นี้มีความถี่คงที่และมียอดแอมปริจูดที่สม่ำเสมอและส่งเข้าภาคขยายRF และเข้าไปผสมคลื่นอีกที่หนึ่ง

2.1.2 ภาคขยายเสียง (AF amplifier)

ซึ่งอาจจะรับสัญญาณเสียงมาจากการขยายก่อนส่งไปมอดดูเลชั่นหรืออาจจะประกอบด้วยไมโครโฟนที่ทำหน้าที่เป็นตัวเปลี่ยนคลื่นเสียงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าแล้วส่งไปทำการขยายในเครื่องขยายเสียง สัญญาณไฟฟ้าความถี่เสียงที่ขยายแล้วส่งเข้าไปผสมกับคลื่นพาหะแบบ AM ในภาคขยาย RF และผสมคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ภาคขยาย RF และผสมคลื่น (RF amplifier and modulation) จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณ RF ที่เป็นพาหะให้แรงขึ้นแล้วผสมคลื่นพาหะกับคลื่นเสียงเข้าด้วยกันแบบ Amplitude Modulation (AM) คือคลื่นพาหะจะเปลี่ยนแปลงความสูงตามคลื่นเสียงและได้ออกมาเป็นค่าเอ้าท์พุตส่งออกอากาศไปได้โดยผ่านทางสายอากาศ โดยคลื่นที่ออกอากาศไปเป็นคลื่น AM (RF + AF) วงจรผสมคลื่นนั้นมีความสำคัญมากที่จะทำให้เกิดการส่งสัญญาณในแบบต่างๆได้ การส่งแบบ AM นี้ส่วนมากจะผสมสัญญาณที่ภาคขยายสัญญาณ เมื่อใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวขยายสัญญาณแบบอีมิตเตอร์ร่วม มีวิธีผสมคลื่นอยู่ 3 วิธีคือการผสมคลื่นทางคอลเลกเตอร์ การผสมคลื่นทางอีมิตเตอร์และการผสมคลื่นทางเบส ในเครื่องส่งขนาดใหญ่ที่ใช้หลอดสูญญากาศเป็นตัวขยายจะนิยมผสมคลื่นทางเพลต (plate modulation) ซึ่งถือว่าให้ประสิทธิภาพสูงสุด

2.2 ทฤษฎีการมอดูเลตเชิงขนาด (Amplitude Modulation)

การมอดูเลตชั่นเชิงขนาดเป็นเทคนิคในการเปลี่ยนแปลงความถี่ชนิดหนึ่งซึ่งสัญญาณที่จะถูกส่งออกอากาศนั้นจะต้องนำมารวมกับความถี่คลื่นพาร์ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นสัญญาณตัวใหม่ที่มีขนาดเปลี่ยนแปลงไปตามความแรงของสัญญาณนั้นๆดังนั้นการที่จะเกิดมอดูเลชั่นเชิงขนาดได้นั้นต้องอาศัยส่วนประกอบดังนี้

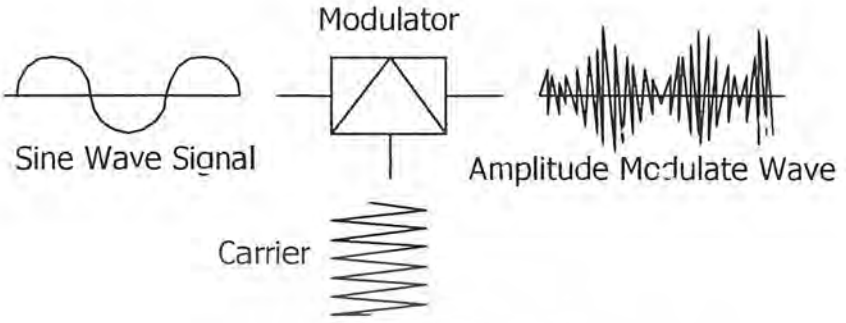
2.2.1 **ความถี่สัญญาณ (Signal Frequency)** ซึ่งปกติเราจะเรียกสั้นๆ ว่า "สัญญาณ" จะประกอบไปด้วยข้อมูลข่าวสารที่อยู่ในรูปของความถี่สัญญาณนี้จะมีความถี่เดียวหรือหลายความถี่หรือตั้งแต่ความถี่ต่ำเป็นเฮริทซ์ ไปจนถึงความถี่สูงเป็นเมกกะเฮริทซ์ก็ได้

2.2.2 **ความถี่พาร์ (Carrier Frequency)** มักเรียกกันว่า 'คลื่นพาร์" ความถี่พาร์นั้นจะเป็นความถี่ที่สูงกว่าความถี่สัญญาณ ซึ่งขึ้นอยู่ว่าต้องการมอดดูเลตที่สัญญาณความถี่เท่าไร

2.2.3 **ตัวผสมสัญญาณ (Modulator)** เป็นอุปกรณ์ซึ่งประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆซึ่งนำมาประกอบรวมกันเป็นวงจร เพื่อที่จะทำให้เกิดเป็นการมอดูเลตเชิงขนาดขึ้นมา เมื่อคลื่นพาร์มารวมกับสัญญาณที่ตัวมอดูเลเตอร์นี้

หลักสำคัญที่จะสังเกตได้จากการมอดูเลตเชิงขนาดนั้นก็คือสัญญาณที่มอดูเลชั่นแล้วนั้นจะมีลักษณะของสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของสัญญาณที่เข้ามาทำการมอดูเลตเท่านั้น ถ้าหากว่าไม่มีสัญญาณอินพุตเข้ามาที่มอดูเลเตอร์ หรืออีกนัยหนึ่งก็คือสัญญาณอินพุตเป็นศูนย์ สัญญาณ เอาท์พุตหรือสัญญาณมอดูเลชั่น (Modulation Signal) จะออกมาเป็นสัญญาณคลื่นพาร์ (Carrier Signal) อย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 รูปคลื่นเอเอ็มที่เกิดจากสัญญาณไซน์

การที่จะศึกษาเกี่ยวกับคุณลักษณะของสัญญาณเอเอ็มนี้ ถ้าใช้การอธิบายทางสมการจะทำให้มองเห็นภาพได้ชัดเจนขึ้น โดยสมมติว่าสัญญาณที่จะส่งเป็นสัญญาณรูปไซน์ความถี่ต่ำซึ่งอยู่ในช่วงความถี่เสียง มีค่าโวลเต็จขณะดังนี้.

Em =Em sin Wmt .....(1)

เมื่อ

Em =ขนาดสูงสุดของสัญญาณเสียง

Wm =ความเร็วเชิงมุมของสัญญาณเสียง

Fm=ความถี่ของสัญญาณเสียง

ส่วนของเคลื่อนพาร์ซึ่งเป็นสัญญาณซายน์ความถี่สูงกว่าความถี่เสียงนั้นาจะมีค่าโวลเต็จชั่วขณะเป็น

ec =Ec sin Wct .....(2)

เมื่อ

Ec =ขนาดสูงสุดของคลื่นพาร์

Wc =ความเร็วเชิงมุมของคลื่นพาร์

Fc =ความถี่ของคลื่นพาร์

จากรูปที่ จะเขียนสมการมอดูเลชั่นได้ดังนี้

e =(Ec+em) sin Wct

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

=(Ec+em sin Wmt) sin Wct

=Ec sin Wct + Em sin Wmt sin Wct(Wc+Wm)t

=Es sin Wct + Em/2 cos(Wc – Wm) t+Em/2 c +Wm)t

=Ec sin Wct + Mec/2 cos (Wc-Wm)t +Mec/2 cos(Wc+Wm)t .....(3)

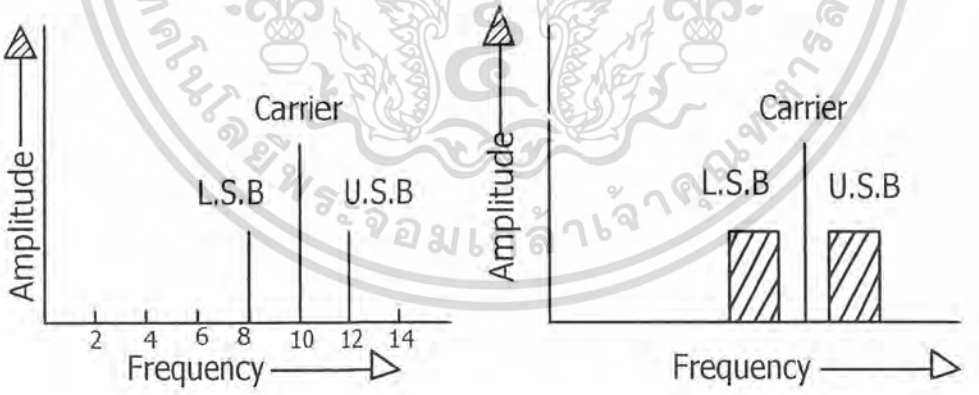
เมื่อ M = Em/Ec

= Degree of modulation

และ M <1

%M = Em/Ec * 100

จากสมการที่ (3) เป็นลักษณะของรูปคลื่นที่ผสมแล้ว (Modulation Wave) เมื่อพิจารณาดูจะพบว่าประกอบไปด้วยสัญญาณจำนวนสามสัญญาณด้วยกันโดยที่สัญญาณแรกเป็นสัญญาณคลื่นพาร์เดิม (Ec sin Wct) ส่วนสัญญาณอีกสองสัญญาณเป็นสัญญาณที่เรียกว่าสัญญาณข้างเคียง (Sideband Signal) ซึ่งจากสมการข้างต้นนั้นเราทำการมอดูเลตที่สัญญาณความถี่เดียว จึงทำให้เกิดไซด์แบนเพียงคู่เดียว นั่นคือ[Mec/2 cos (Wct + Wmt)] ซึ่งเราเรียกว่า ไซด์แบนด้านสูง (Upper Sideband) จากที่กล่าวมาแล้วนั้นจะเห็นได้ว่าการสัญญาณที่ถูกมอดูเลตออกมาแล้วนั้นจะประกอบไปด้วยเทอมของสัญญาณพาร์และเทอมของไซด์แบนซึ่งในส่วนของไซด์แบนนี้จะพบว่าจำนวนของไซด์แบนที่เกิดขึ้นนี้จะขึ้นอยู่กับจำนวนของความถี่ที่ป้อนเข้ามานั้นเอง



รูปที่ 2.3 แถบความถี่ของคลื่นเอเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

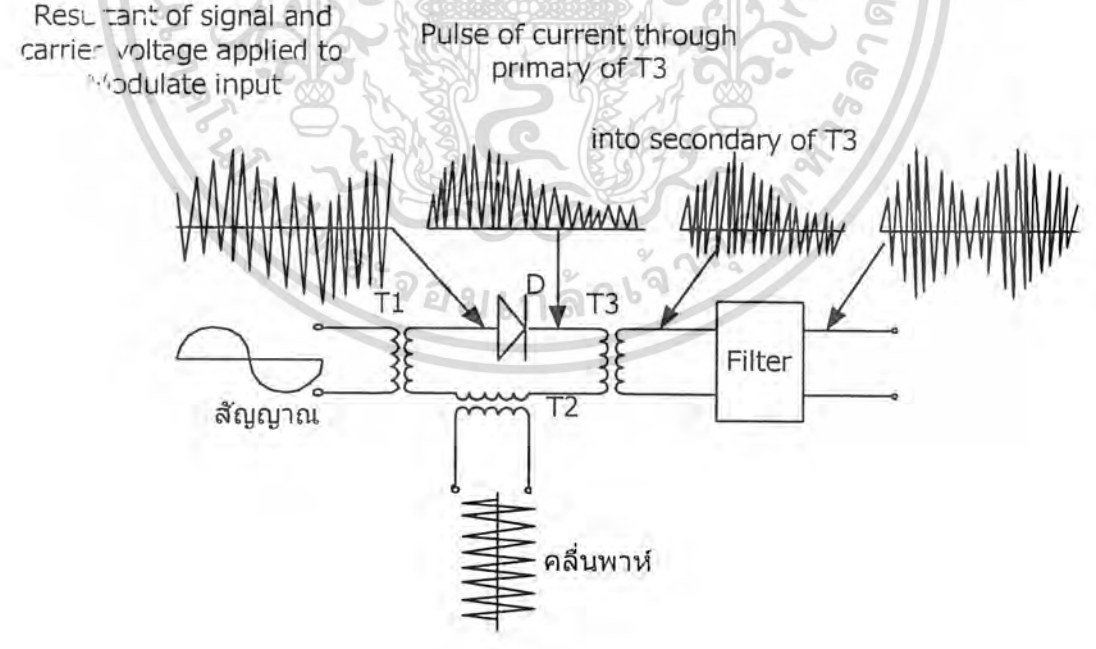
2.3 รูปแบบต่าง ๆ ของวงจรการมอดูเลตแบบ AM

การมอดูเลชั่น หรือการผสมคลื่นพาร์ ณ ระดับหรือขนาดต่าง ๆ ดังกล่าวนั้นมอดูเลตหรือตัวผสมสัญญาณจะมีลักษณะ และวิธีการต่างๆ กันแต่ทุกๆ แบบจะอาศัยหลักการที่ว่าการมอดูเลชั่นเชิงขนาดจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อโวลต์จของสัญญาณและคลื่นพาร์ถูกป้อนให้กับอุปกรณ์ในวงจรที่มีคุณสมบัติทางอิมพีแดนซ์เป็นแบบไม่เชิงเส้น (Non- Linear Impedance) คืออิมพีแดนซ์จะเปลี่ยนเมื่อโวลต์จที่ป้อนให้มีระดับหรือขั้ว (polarity) เปลี่ยนไปตัวอย่างเช่นไดโอดกึ่งตัวนำก็มีคุณสมบัติของอิมพีแดนซ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้นเพราะว่าอิมพีแดนซ์จะต่ำเมื่อป้อนโวลต์จในทิศทางฟอร์วาร์ด(forward bias) และอิมพีแดนซ์จะสูงมาก เมื่อโวลต์จที่ป้อนอยู่ในทิศทางรีเวิร์ส (reverse bias)

วงจรมอดูเลตที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นแบบที่ใช้กันอยู่ทั่วไป แต่ละแบบต่างก็มีข้อเสียและข้อดีผสมกันอยู่ จึงต้องเลือกใช้ให้ถูกต้องและเหมาะสมกับลักษณะของงาน

2.3.1 ไดโอดมอดดูเลชั่น (Diode Modulation)

ไดโอดมอดดูเลชั่นเป็นแบบที่ง่ายที่สุด นิยมใช้กับเอ็กไซเตอร์ที่เป็นโซลิดสเตท ซึ่งการมอดดูเลชั่นนี้จะกระทำที่ระดับต่ำ (low level modulation)



รูป ที่ 2.4 วงจรมอดดูเลเตอร์แบบใช้ไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โวลท์เต็จของสัญญาณและคลื่นพาร์ถูกป้อนให้อินพุตของมอดูเลเตอร์ในลักษณะอนุกรมกันผ่านขดลวดทรานเมอร์ T1 และ T2 ตามลำดับ ค่าโวลเต็จขั้วขณะของคลื่นพาร์กับสัญญาณรวมกันเกิดเป็นโวลท์เต็จที่จุด A เมื่อขั้วของโวลท์เต็จอยู่ในทิศทางให้ไดโอดนำกระแส เกิดเป็นกระแสของพัลซ์ไหลในขดลวดปฐมภูมิของ T3 เมื่อขั้วของโวลท์เต็จอยู่ในทิศทางที่ทำให้ไดโอดไม่นำกระแสไดโอดจะมีอิมพีแดนซ์สูง วงจรเสมือนเป็นวงจรเปิด จึงไม่มีกระแสผ่าน T3 กระแสที่ไหลในขดลวดปฐมภูมิของ T3 จะเหนี่ยวนำโวลท์เต็จที่จุด C ให้เกิดขึ้นในขดทุติยภูมิของ T3 โวลท์เต็จที่ได้นี้จะเป็นเคลื่อนเอเอ็มซึ่งประกอบด้วยสัญญาณคลื่นพาร์ไซด์แบนสูงและโซด์แบนต่ำ นอกจากนี้ยังมีความถี่อื่น ๆ ซึ่งเป็นกผลจากการมอดดูเลชั่น ที่เอ้าท์พุตมอดดูเลเตอร์จะยอมให้คลื่นพาร์กับโซด์แบนทั้งคู่ผ่านออกไป แต่จะตัดเอาสัญญาณและความถี่อื่น ๆ ที่ไม่ต้องการทิ้งไป ผลลัพธ์ของคลื่นเอเอ็มที่จุด D ซึ่งปรากฏที่เอาท์พุตของส่วนที่เป็นตัวกรองความถี่ จะประกอบด้วย คลื่นพาร์กับไซด์แบนเท่านั้น

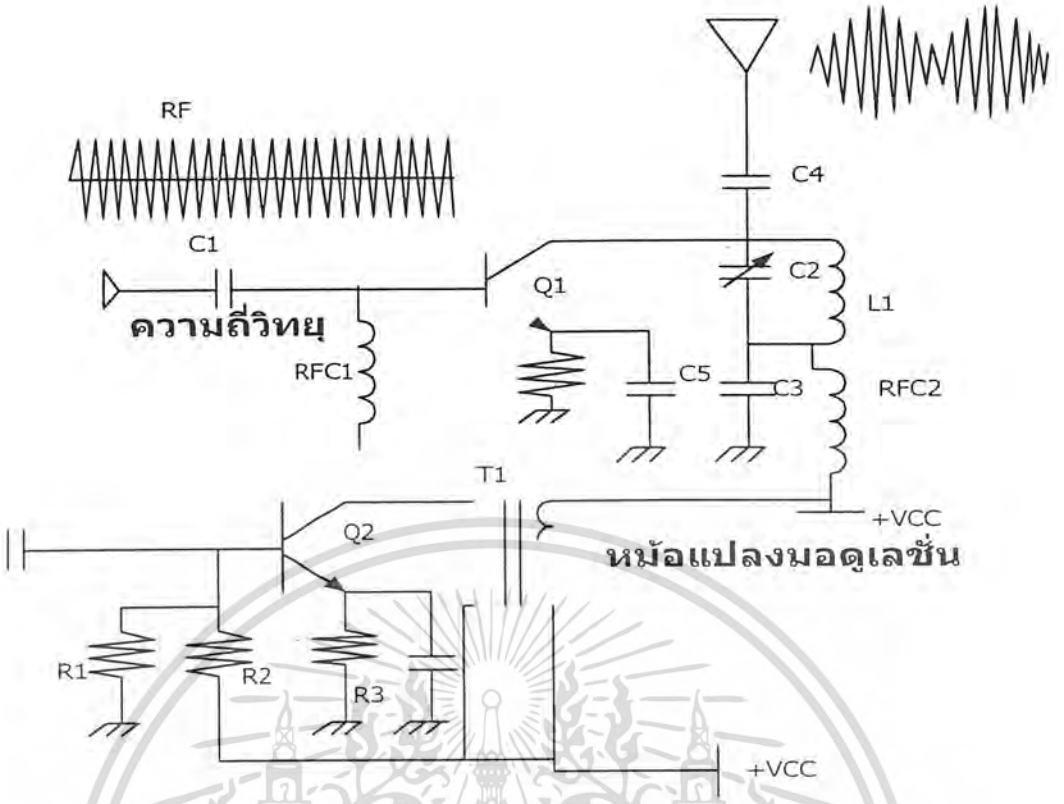
แต่ถ้าต้องการมอดดูเลตเตอร์จะใช้กับการส่งแบบไซด์แบนเดียวตัวกรองความถี่จะต้องมีคุณสมบัติ ในการตัดเอาความถี่ทั้งหมดทิ้งไป ยกเว้นเพียงความถี่ของโซด์แบนด้านที่ต้องการส่งออกไป

2.3.2 ทรานซิสเตอร์มอดูเลชั่น (Transistor Modulation)

ก.การผสมคลื่นทางคอลเลคเตอร์

จากรูปที่ 2.5 Q1 เป็นทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ขยายกำลังความถี่วิทยุ และมอดดุเลตเตอร์สัญญาณความถี่วิทยุจะรับเข้าที่ขา B ผ่านทาง C1 ที่ขา C ต่อเป็นวงจรจูนไว้ีเรโซแนนซ์กับ ความถี่ที่จะส่งคลื่นวิทยุจะเชื่อมโยง (Coupiling)ผ่าน C3 ขึ้นเสาอากาศเพื่อกระจายคลื่น ด้านล่างของวงจรจูนต่อกับ REC2 และ T1 ขดลวดทุติยภูมิ T1 จะรับไฟ + Vcc1 ส่งผ่าน RFC2 ผ่าน L1 เข้าที่ขา C ทาง Q1 ขดลวดปฐมภูมิของ T1 ต่ออยู่กับภาคขยายเสียง Q2 สัญญาณเสียงที่เข้ามาขยายจะผ่านทาง C6 ปกติ Q1 จะถูกไบอัสให้ทำงานในคลาสซี(Class C) เมื่อไม่มีสัญญาณเสียงเข้าผสมแรงดันไฟ +VCC1 จะผ่านหม้อแปลง T1 และขดลวด L1 เข้าถึงขา C ได้ปกติ คลื่นวิทยุจะถูกขยายออกอากาศด้วยแอมปริจูดที่สม่ำเสมอ เมื่อ Q2 ขยายสัญญาณเสียงป้อนเข้าสู่ T1 ซึ่งหม้อแปลงผสมคลื่น (Modulation Transformer)สัญญาณเสียงจะเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็กเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันในขดลวดทุติยภูมิ แรงดันที่เกิดขึ้นจะเสริมหรือหักล้างกับไฟ +Vcc1 แรงดันไฟตรงที่ขา Cของ Q1 จึงไม่คงที่ ซึ่งทำให้การขยายคลื่นวิทยุได้แอมปลิจูดบนล่างของคลื่นวิทยุจึงเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณเสียง และกำลังงานความถี่วิทยุจะได้จากการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กความถี่สูงจากวงจรเรโซแนนซ์ (L1 – C2) เชื่อมโยงผ่าน C3 ออกอากาศไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 วงจรผสมคลื่นทางคอลเลคเตอร์

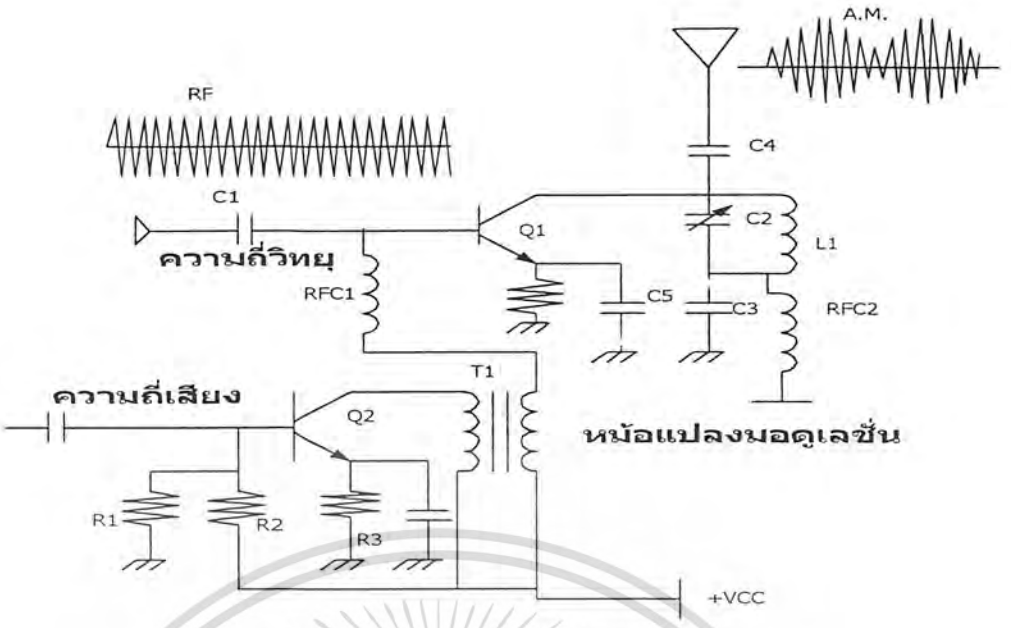
ข. การผสมคลื่นทางอีมิตเตอร์

รูปที่ 2.6 เป็นการนำเอาคลื่นเสียงเข้ากับคลื่นวิทยุใน Q1 ทางขาอีมิตเตอร์ให้พิจารณาที่ขาอีมิตเตอร์ จะเห็นว่า C5 ต่อลงกราวด์เป็นตัวบายพาสคลื่นวิทยุนั่นคือ คลื่นวิทยุที่ขยายทั้งหมดใน Q1 จะครบวงจรผ่านทาง C5 ส่วนแรงดันไฟตรงทางขาอีมิตเตอร์จะผ่านทาง REC3 และ T1 ลงกราวด์การเปลี่ยนแปลงแรงดันใน T1 จะทำให้อัตราการขยาย RF ของ Q1 เปลี่ยนแปลงและยอดแอมปริจูดของคลื่นวิทยุที่ขยายได้จึงเปลี่ยนแปลงตามคลื่นเสียงเป็นสัญญาณ AM ผ่าน C4 ออกอากาศ

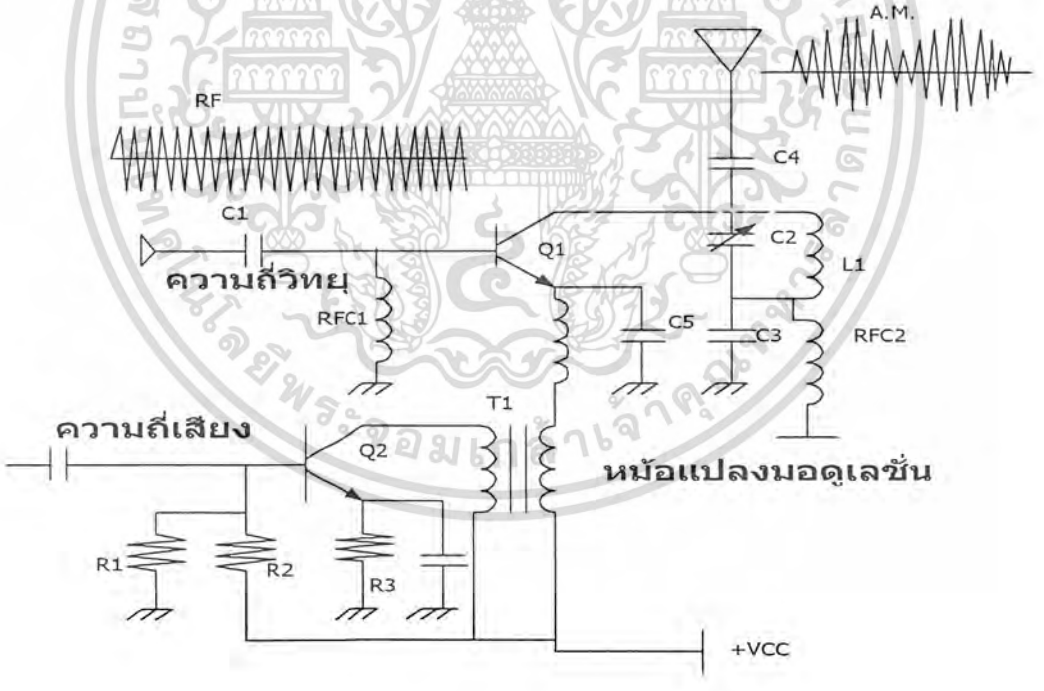
ค. การผสมคลื่นทางเบส

จากรูปที่ 2. 6 เป็นการเอาคลื่นเสียงที่ขยายโดย Q2 เข้าไปผสมกับคลื่นวิทยุที่ขาเบสของ Q1 ความถี่วิทยุเชื่อมโยงมาทาง C1 ส่วนคลื่นเสียงป้อนมาจาก T1 ผ่าน RFC1 เข้าที่ขาเบส การเปลี่ยนแปลงแอมปริจูดของคลื่นเสียงจะทำให้แรงดัน ในขดลวด T1 เปลี่ยนแปลงการไบอัสที่ขาเบสของ Q1 เปลี่ยนแปลง ซึ่งทำให้อัตราการขยายคลื่น RF เปลี่ยนแปลงขึ้นลงจึงเป็นลักษณะการผสมที่เบสได้สัญญาณเอ้าท์พุตเป็นสัญญาณ AM ออกอากาศผ่านทาง C4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การผสมคลื่นทางอีมิตเตอร์



รูปที่ 2.7 การผสมคลื่นทางเบส

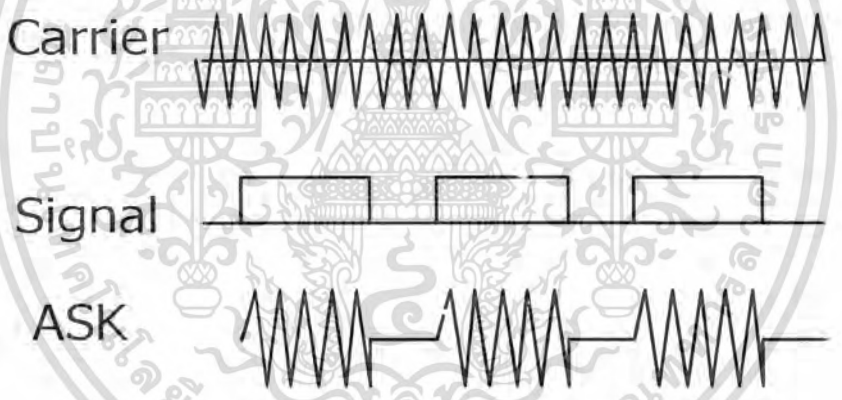
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4. เทคนิคการมอดดูเลตสัญญาณดิจิตอล(Digital Modulation Technique)

การส่งผ่านข้อมูลที่เป็นดิจิตอลก็จำเป็นที่จะต้องมีการมอดดูเลทสัญญาณซึ่งรูปแบบของการมอดดูเลททางด้านดิจิตอลมีอยู่ด้วยกันหลานแบบ แต่ ณ ที่นี้จะกล่าวเพียง 3 แบบ ดังนี้

2.4.1Amplitude Shift Keying (ASK)

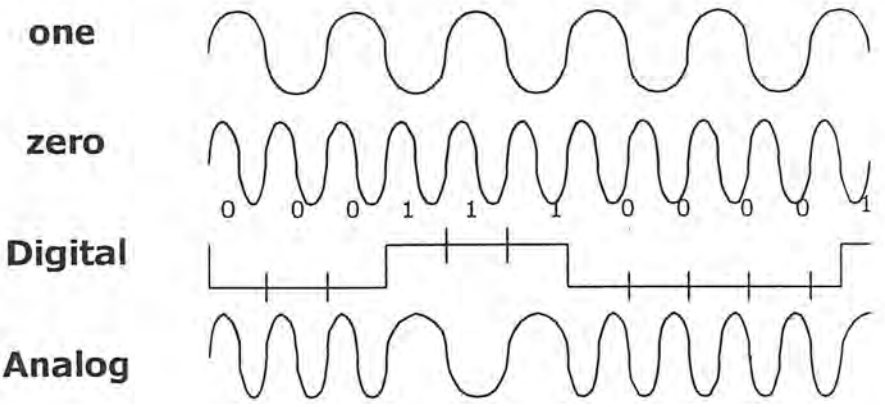
เป็นการเปลี่ยนแปลงสัญญาณให้อยู่ในรูปความถี่เดียว ที่มีความแตกต่างกันทางระดับสัญญาณโดยให้ส่วนที่มีแอมปลิจูดสูงกว่าเป็นระดับลอจิก " 1 " และระดับแอมปลิจูดต่ำจะเป็นระดับลอจิก " 0 " โดยที่ทางด้านส่งจะทำการแปลงสัญญาณจากสัญญาณดิจิตอลไปเป็นสัญญาณอะนาล็อกโดยใช้ วงจรดีทูเอคอนเวอร์เตอร์ (D/A Converter) แล้วส่งผ่านขบวนการมอดดูเลตส่งออกไป ส่วนที่ทางด้านรับก็ จะผ่านขบวนการดีมอดูเลตส่งออกไป ส่วนที่ทางด้านรับก็ จะผ่านขบวนการดีมอดูเลตเพื่อแยกสัญญาณพาห์ออกจากสัญญาณจริงแล้วจึงส่งผ่านวงจร A/D Converter เพื่อแปลง Analog Signal เป็น Digital Signal เพื่อนำไปใช้งานต่อ แต่วิธีนี้จะมีการผิดพลาดสูงกว่าวิธีอื่น ๆ



รูปที่ 2.8แสดง การมอดดูเลทสัญญาณแบบขนาด

2.4.2 Frequency Shift Keying (FSK) การมอดดูเลตสัญญาณด้วยวิธีนี้จะใช้ความถี่ถึง 2 ความถี่ เนื่องจากจะแทนลอจิก " 0 " ด้วยความถี่หนึ่ง และแทนลอจิก " 1 " ด้วยอีกความถี่หนึ่ง ซึ่งความเร็วสูงสุดของการส่งข้อมูลที่ใช้ เทคนิคการผสมแบบนี้จะอยู่ที่ 1200 บิตต่อวินาที นอกจากนี้ในการผสมสัญญาณแบบ FSK นั้น อัตราการส่งข้อมูล (Bit Rate) จะมีค่าเท่ากับ Baud Rate เสมอดังรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

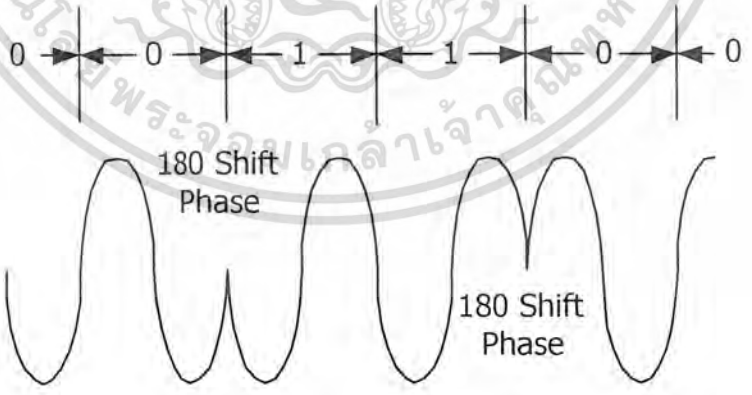


รูปที่2.9 การมอดดูเลทสัญญาณแบบความถี่

2.4.5 Phase Shift Keying (PSK)

สำหรับการผสมสัญญาณแบบ Phase Shift Keying (PSK) นั้นใช้หลักการคือแทนข้อมูลในความถี่เดียวกันแต่จะเปลี่ยนแปลงมุมให้ต่างกัน 180 องศา นั่นคือเมื่อข้อมูลเป็น " 0 " แทนด้วยมุมต่อเนื่องกันไปและแทน " 1 " ด้วยมุมที่ต่างกันไป 180 องศา สมมุติว่าเราส่งข้อมูล 001100 รูปคลื่นที่ได้จะเป็นดังรูปที่ 2.10

ส่วนนอกเหนือจากนี้จะไม่ขอกล่าวถึง เนื่องจากไม่ได้นำมาใช้ในโครงการนี้ เช่น การผสมแบบ PAM, QAM เป็นต้น และเป็นวิธีที่ใช้กับ Bit Rate ที่สูง



รูปที่2.10 การมอดดูเลทสัญญาณแบบเปลี่ยนมุม 180 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. 5 การสื่อสารข้อมูลและการอินเตอร์เฟส RS-232

การสื่อสารข้อมูลที่จะกล่าวถึงในบทนี้เป็นการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก โดยมีรูปแบบของการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกที่นิยมมี 2 รูปแบบคือ

1. การสื่อสารข้อมูลแบบขนาน
2. การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

แต่ก่อนที่จะทำความรู้จักกับการสื่อสารทั้งสองควรจะมีความเข้าใจเกี่ยวกับคำสั่งหรือข้อมูลที่อยู่ในรูปของบิท ซึ่งประกอบด้วยหลายบิตมาประกอบกัน

ข้อมูลในการสื่อสารแต่ละข้อจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบของเลขฐานสองแล้วนำมาประกอบกัน เช่น ถ้าข้อมูลที่ประกอบด้วย 4 บิตเราจะเรียกว่า 1 นิบเบิล หรือถ้าหากข้อมูลที่ประกอบด้วย 8 บิตเราจะเรียกว่า 1 ไบต์เป็นต้น

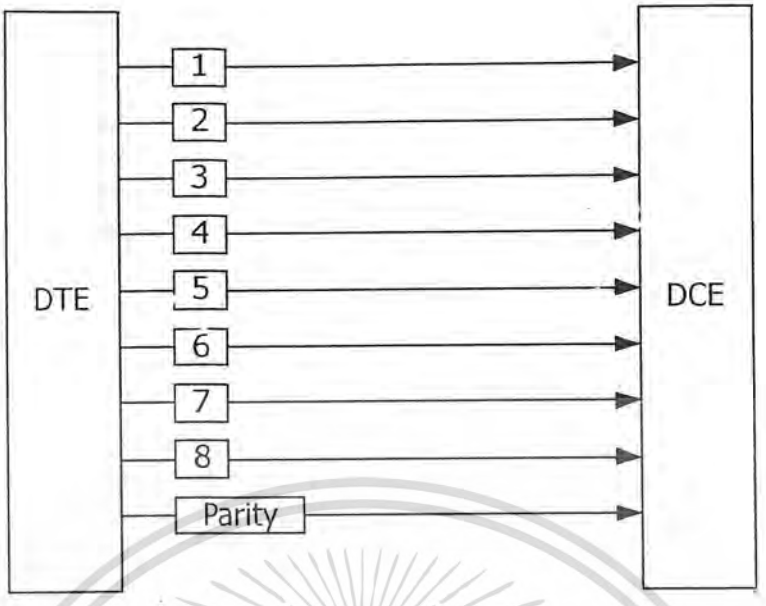
2.5.1 การสื่อสารข้อมูลแบบขนาน

การสื่อสารแบบขนานจะมีรูปแบบการส่งข้อมูลครั้งละ 1 ไบต์ก็คือจะทำการส่งข้อมูลครั้งละ 8 บิตนั่นเอง ซึ่งในการส่งต้องใช้สายไฟในการส่งข้อมูล 8 เส้น แล้วยังต้องใช้สายไฟอีก 1เส้นในการควบคุมเช่นใช้เป็นพาริตี้บิตหรืออาจจะมีมากกว่านั้นเพื่อใช้ในการควบคุมการโต้ตอบของการทำงาน (Hand shake) ซึ่งรายละเอียดจะบอกให้ทราบต่อไปในเรื่องการ(Hand-shake) จึงสรุปได้ว่าในการสื่อสารแบบขนานนั้นต้องใช้สายอย่างน้อยที่สุด 9 เส้น

ดังนั้นในการส่งข้อมูลที่ละ 1 ไบต์นั้นทำให้ข้อมูลทั้ง 8 บิตมาถึงปลายทางพร้อมกัน ทำให้ข้อมูลแบบขนานสามารถทำได้ด้วยความเร็วที่สูงมาก แต่ปัญหาที่สำคัญของการส่งข้อมูลแบบขนานคือคุณสมบัติของบิตกับแรงดัน เวลาที่บิตกับแรงดันเวลาที่บิตหรือแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากหนึ่งเป็นศูนย์นั้นสั้นมากโดยเร็วถึงระดับนาโนวินาที(หนึ่งในพันล้านของวินาที) การเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วนี้เป็นส่วนที่สำคัญมากต่อการส่งข้อมูลเพราะการเปลี่ยนแปลงระหว่างศูนย์และหนึ่งอย่างช้า ๆ จะไม่ถูกอ่านเป็นข้อมูลเลย และเมื่อสายไฟที่ใช้ส่งข้อมูลยาวขึ้น คุณสมบัติทางไฟฟ้าของสายไฟ เช่น ค่าความจุไฟฟ้าและค่าความเหนี่ยวนำจะจำกัดความเร็งในการเปลี่ยนแปลงระหว่างศูนย์และหนึ่งของบิต ซึ่งจะทำให้ข้อมูลอาจสูญหายหรือทำให้การส่งข้อมูลล้มเหลวได้ ดังนั้นการส่งข้อมูลบนสายยาวอาจจะเป็นปัญหาได้หากใช้วิธีการสื่อสารแบบขนาน

เนื่องจากข้อเสียของการส่งข้อมูลแบบขนานสองอย่างคือค่าใช้จ่ายสูงและการสูญหายของข้อมูล ทำให้การใช้งานของมันถูกจำกัดอยู่กับอุปกรณ์เพียงไม่กี่ชนิดเช่นเครื่องพิมพ์ที่มักจะอยู่ใกล้กับเครื่องคอมพิวเตอร์และต้องทำงานที่ความเร็วสูงแต่เรายังใช้วิธีการส่งข้อมูลแบบขนานนี้ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์เนื่องจากไม่ต้องใช้สายไฟขนาดยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



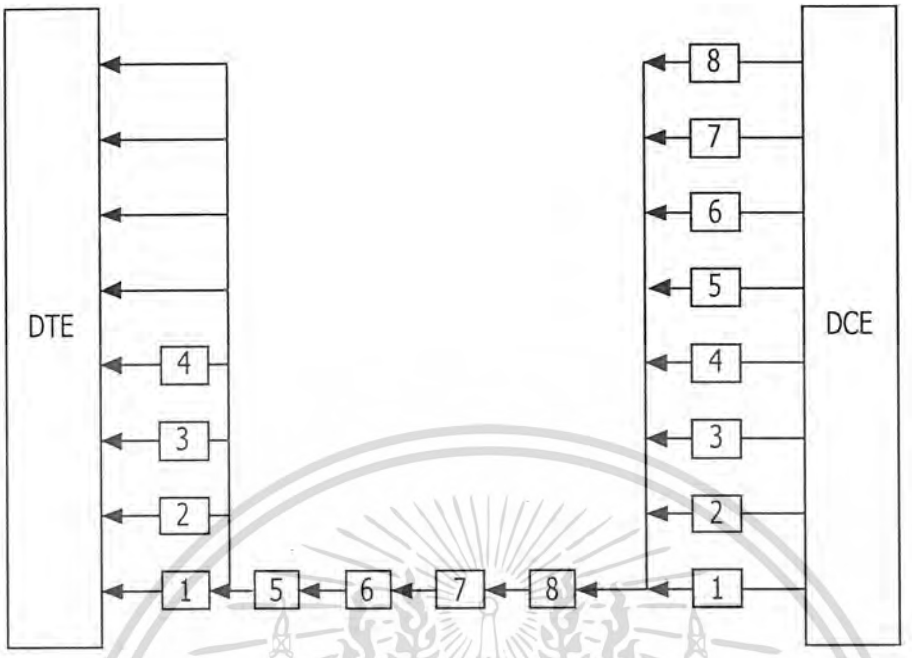
รูปที่ 2.11 แสดงการสื่อสารข้อมูลแบบขนาน

2.5.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมเป็นการส่งข้อมูลที่ละบิตและข้อมูลจะถูกต่อรวมเข้าเป็นไบต์ใหม่ด้วยวิธีการส่งข้อมูลที่ละบิตนี้ ทำให้สามารถใช้สายไฟเพียงสองเส้นในการส่งข้อมูล ซึ่งช่วยให้เราประหยัดค่าสายไฟไปได้มาก แต่ก็ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลงไปด้วยเพราะการส่งข้อมูลวิธีนี้ต้องใช้เวลานานขึ้นอย่างน้อย 8 เท่าของการส่งข้อมูลแบบขนานแต่ความเร็วที่ลดลงไปนี้ยังไม่ถือว่าเป็นข้อจำกัดที่สำคัญทางการใช้งานนัก เพราะหากว่าเราพิจารณาที่อุปกรณ์ทั่วไปจะพบว่าอุปกรณ์ส่วนใหญ่ทำงานช้ามากเมื่อเทียบกับความเร็วในการทำงานภายในไมโครโปรเซสเซอร์อุปกรณ์แต่ละตัวมีขั้นตอนการทำงานที่กินเวลานานซึ่งโดยทั่วไปมักจะเป็นกระบวนการทางกลไก (mechanic) ที่เป็นตัวจำกัดความเร็วของเครื่องลงไปอย่างมาก

ตัวอย่างเช่นความเร็วของเครื่องพิมพ์ถูกจำกัดที่ความเร็วของหัวพิมพ์ (printhead)ความเร็วของโมเด็มถูกจำกัด โดยขีดจำกัดความถี่ของสายโทรศัพท์และความเร็วของดิสก์ไดรฟ์ถูกจำกัดโดยอัตราเร็วการหมุนของไดรฟ์ ดังนั้นความเร็วที่ได้มาจากการส่งข้อมูลแบบขนานจะเสียไปโดยเปล่าประโยชน์เมื่อนำมาใช้งานได้ แม้ว่าอัตราเร็วการส่งข้อมูลจะลดลงแต่ก็ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ประเภทนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อเสียจากความเร็วที่ลดลงไปไม่อาจเทียบได้กับผลพวงที่ได้จากคุณภาพการส่งและระยะทางการส่งข้อมูลที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แสดงการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

การใช้งาน	แบบขนาน	แบบอนุกรม
1. ระยะทาง	จะใช้งานได้ระยะไม่เกิน 100 ฟุต	จะสามารถใช้งานได้ตั้งแต่ในระยะใกล้ๆ ไปจนถึงระยะทางที่มากๆ จนถึงหลักไมล์
2. ความเร็ว	อัตราความเร็วสูงมากในระยะทางที่ไม่ไกลมากนัก กำหนดได้เป็น จำนวนบิท ต่อ วินาที	อัตราความเร็วของข้อมูลที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะอยู่ในช่วง 0-2 ล้านบิท ต่อ วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การใช้งาน	แบบขนาน	แบบอนุกรม
3. ระดับของสัญญาณ	ในการอินเตอร์เฟสจะใช้ระดับของสัญญาณที่ใช้กับอุปกรณ์ TTL คือสัญญาณลอจิก 1 และ 0 จะแทนด้วยระดับแรงดัน +5V และ 0V	ในมาตราฐานของ EIA-RS 232C ระบุว่ามีระดับของสัญญาณขนาด 12V หรือใช้มาตรฐาน 20 mA current loop
4. ความผิดพลาดของสัญญาณ	การใช้งานระยะไกลๆความผิดพลาดของข้อมูลจะเกิดขึ้นได้ง่าย	การใช้งานจะเกิดการผิดพลาดของสัญญาณจะมีน้อนมาก
5. ค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่ายจะสูงมากเพราะจะต้องใช้สายส่งสัญญาณหลายเส้นโดยเฉพาะการส่งในระยะทางไกล ๆ	สิ้นเปลืองน้อยกว่ามากถึงแม้ว่าจะต้องใช้อุปกรณ์เปลี่ยนสัญญาณของข้อมูลจากขนานไปเป็นอนุกรมแล้วส่งผ่านสายส่งแล้วกลับสัญญาณมาเป็นขนานอีกครั้งก็ตาม

ตารางที่ 2.1 แสดง การเปรียบเทียบการทำงานระหว่างการสื่อสารข้อมูลแบบขนานและแบบอนุกรม

2.5.3 การอินเตอร์เฟส

การส่งข้อมูลอยู่ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์สามารถกระทำได้ง่ายเนื่องจากเราสามารถคาดเดาสภาพแวดล้อมภายในเครื่องได้แต่ในการส่งข้อมูลสู่ภายนอกเราไม่สามารถคาดการณ์ได้ได้ว่าเครื่องคอมพิวเตอร์และตัวข้อมูลจะต้องพบกับสภาพเช่นไรและจะมีผลกระทบต่อตัวข้อมูลและเครื่องคอมพิวเตอร์อย่างไร ดังนั้นในการออกแบบวงจรจึงมีสิ่งที่ต้องพิจารณาคือ จะต้องหาวิธีในการแยกข้อมูลออกจากสภาพแวดล้อมและสัญญาณรบกวนโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีสายส่งข้อมูลขนาดยาว สิ่งที่จะต้องพิจารณาอีกสิ่งหนึ่งก็คือ จะต้องหาวิธีป้องกันคอมพิวเตอร์จากสภาพแวดล้อมอันไม่พึงประสงค์ด้วย นั่นก็คือจะต้องมีตัวอินเตอร์เฟส ซึ่งจะมีหน้าที่เป็นจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42683

เชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับสิ่งแวดล้อมภายนอก และเนื่องจากอุปกรณ์อินเตอร์เฟสมีหน้าที่คล้ายกับเป็นประตูของเครื่องคอมพิวเตอร์ บางครั้งมันจึงถูกเรียกว่า I/O พอร์ต (I/O PORT) หรือบางครั้งเรียกสั้น ๆ ว่า พอร์ต (PORT)

วัตถุประสงค์หลักของการอินเตอร์เฟสก็คือ การใช้อุปกรณ์อินเตอร์เฟสเป็นสื่อกลางของการส่งข้อมูล และวัตถุประสงค์ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของการอินเตอร์เฟสก็คือ ความง่ายต่อการใช้งานและเมื่อเราสามารถทำการอินเตอร์เฟสได้สำเร็จ ก็จะสามารถที่จะส่งข้อมูลสู่ภายนอกได้

มาตราฐานการอินเตอร์เฟส RS-232

มาตราฐานการอินเตอร์เฟส RS-232ได้เกิดขึ้นตั้งแต่ปี1969EIA (Electronic Industries Association) ห้องวิจัย Bell และบรรดาผู้ผลิตอุปกรณ์สื่อสารได้ร่วมกันจัดมาตราฐาน EIA RS-232ซึ่งต่อมาไม่นานนักก็ได้มีการปรับปรุงแก้ไขอีกเล็กน้อยกลายเป็น RS-232 C และเมื่อไม่นานมานี้ก็ได้ออกมาตราฐาน RS-232 D

เพื่อทำความเข้าใจกับวัตถุประสงค์หลักของ RS-232 ได้ดียิ่งขึ้น ควรทำความเข้าใจกับวัตถุประสงค์หลักของ RS-232 ก่อนซึ่งได้แสดงไว้อย่างชัดเจนในหัวข้อของเอกสารคือ Interface Between Data Terminal Equipment and Data Communications Employing Serial Binary Data Interchange (การอินเตอร์เฟสระหว่างอุปกรณ์เทอร์มินัลและอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลที่ใช้วิธีการแลกเปลี่ยนข้อมูลไบนารีแบบอนุกรม)

ซึ่งในหัวข้อสำคัญจะอธิบายถึงการอินเตอร์เฟสระหว่างเทอร์มินัล (Data Terminal Equipment หรือ DTE) กับโมเด็ม (Data Communications Equipment หรือ DCE)เพื่อใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรมโดยจะประกอบด้วย 4 ส่วนคือ

1. คุณสมบัติทางไฟฟ้าของสัญญาณ (Electrical Signal Characteristics) ซึ่งจะอธิบายถึงรูปแบบของสัญญาณไฟฟ้าที่ตัวอินเตอร์เฟสจะส่งออกและรับเข้ามาจากภายนอก ระดับแรงดันไฟฟ้าที่แสดงถึง ตรรกะ 0 และ 1 ก็จะมีกำหนดไว้ในส่วนนี้ด้วย

2. คุณสมบัติทางกลไกลการอินเตอร์เฟส :คอนเน็กเตอร์ (Interface Mechanical Characteristics : Cinnectirs) ซึ่งเป็นข้อกำหนดเกี่ยวกับตัว

อินเตอร์เฟสประกอบด้วยส่วนที่เป็นปลั๊ก (plug) และเต้าเสียบ (receptacle)โดยเต้าเสียบจะต้องอยู่บน DCE สำหรับ RS-232 A-C ไม่ได้มีการกำหนดคอนเน็กเตอร์รูปตัว D (D-Shaped) ซึ่งมีใช้กันอยู่ทั่วไปนั้น ทั้งนี้เพราะว่าอุปกรณ์ตัวนี้ได้รับการคุ้มครองโดยลิขสิทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อสิทธิบัตรนั้นหมดอายุลงใน RS-232 D จึงได้เพิ่มข้อกำหนดคอนเน็กเตอร์ DB-25 เข้าไว้ในมาตราฐานด้วย

3. หน้าที่การทำงานของวงจรการแลกเปลี่ยน (Functional Description of Interchange Circuit)ในส่วนนี้กำหนดหน้าที่และตั้งชื่อให้กับสัญญาณไฟฟ้าต่างๆที่นำมาใช้เช่น Transmitted Data (ข้อมูลส่งออก) ได้ถูกกำหนดไว้ให้กับขา 2

4. มาตราฐานการอินเตอร์เฟสสำหรับระบบการสื่อสารเฉพาะอย่าง (Standard Interfaces for Selected Communications System Configurations) ในส่วนนี้เป็นรายละเอียดต่าง ๆ สำหรับการติดต่อระหว่างโมเด็มกับเทอร์มินัลทั่วไป

พื้นฐานการอินเตอร์เฟส RS-232

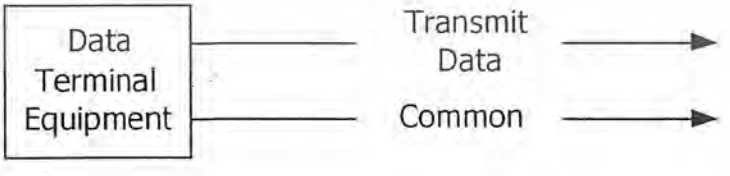
ก่อนที่จะทำความรู้จักพื้นฐานการอินเตอร์เฟส RS-232 ก่อนอื่นต้องทำความเข้าใจกับคำว่า DTE และ DCE ก่อน

DTE= Data Terminal Equipment ซึ่งก็คือ คอมพิวเตอร์นั่นเอง (ตัวส่งข้อมูล)

DCE= Data Communications Equipment อุปกรณ์เหล่านี้ ได้แก่ โมเด็ม,TA อะแดปเตอร์,พล็อตเตอร์,เป็นต้น

ตามมาตราฐานของ ELA ได้กำหนดไว้ว่า อุปกรณ์ DET หมายถึง อุปกรณ์ที่ข้อมูลมาสิ้นสุดและอุปกรณ์ DCE เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ส่งผ่านข้อมูล ดังนั้นคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถทำได้ทั้งส่งผ่านข้อมูลรับข้อมูลจึงไม่อาจระบุได้ว่าเป็นอุปกรณ์ DCE หรือ DTE

ในการพิจารณาโครงสร้างเบื้องต้นของการอินเตอร์เฟส RS-232 นั้นจะประกอบด้วยเส้นสายไฟเพียง 2 เส้น เส้นหนึ่งใช้ในการส่งข้อมูล และอีกเส้นหนึ่งสำหรับอ้างอิงแรงดันของวงจรอินเตอร์เฟส (Circuit common) ซึ่งมักจะมีความเข้าใจผิดว่าคือกราวด์ (ground) แต่แท้จริงแล้วไม่ใช่ ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แสดงอุปกรณ์ DTE เบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราจะพบว่ามีเพียงตัวส่งข้อมูล แต่ในความจริงแล้วในการอินเตอร์เฟสข้อมูลใด ๆ จะต้องมีส่วนที่รับข้อมูลด้วย ซึ่งก็คือ DCE นั่นเอง ดังรูป 2.14

รูปที่ 2.14 แสดงอุปกรณ์ DTE และ DCE

เมื่อพิจารณารูปที่ 2.14 จะพบว่าข้อมูลที่ถูกส่งออกจากขา 2 ของ DTE จะรับเข้าไปยังขา 2 ของ DCE เช่นกัน โดยข้อมูลที่รับทาง DCE แน่นอนจะต้องเป็นข้อมูลเดียวกันที่ส่งออกมาจาก DTE ทำให้สรุปได้ว่า " Transmit Data " มิได้มีส่วนในการกำหนดว่าอุปกรณ์ใดเป็นตัวต้นทางหรือปลายทางแต่ขึ้นอยู่กับว่าจะพิจารณาเช่นไร

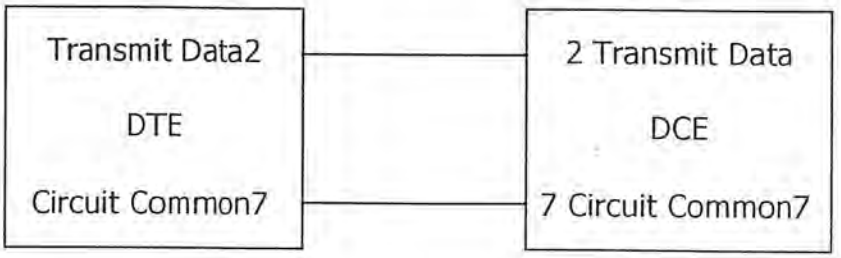
ในที่นี้จะใช้การพิจารณาดังนี้คือ สัญญาณที่ส่งออกไปเรียกว่า "เอาต์พุต" และสัญญาณที่รับเข้ามาเรียกว่า "อินพุต" โดยถือว่าสัญญาณเป็นกิจกรรมทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในกระบวนการอินเตอร์เฟส ดังรูปที่ 2.15

รูปที่ 2.15 แสดงอุปกรณ์ DTE และ DCE ซึ่งเป็นคู่อุปกรณ์ที่ทำงานตรงข้ามกัน

การรับส่งข้อมูลสองทิศทาง

เมื่อพิจารณารูปที่ 2.15 แล้วเราจะพบว่าเมื่ออุปกรณ์ DTE รับข้อมูลแล้วจะต้องส่งผ่านไปยังอุปกรณ์ DCE (โมเด็ม) แล้วโมเด็มก็จะทำหน้าที่ในการส่งข้อมูลต่อออกไปยังสายโทรศัพท์ ซึ่งจะเป็นได้ว่าอุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE สามารถเป็นได้ทั้งอุปกรณ์ส่งและรับข้อมูลและยังสามารถส่งและรับข้อมูลในทิศทางตรงกันข้ามได้อีกด้วยดังรูปที่ 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 แสดงการทำงานของอุปกรณ์ที่สามารถส่งและรับข้อมูลได้ทั้งสองทิศทาง

ซึ่งจากรูปที่ 2.6 ก็คงจะพอสรุปความแตกต่างระหว่างอุปกรณ์ DTE และ DCE ได้ดังนี้

DTE ส่งเอาต์พุตที่ขา 2 และรับอินพุตที่ขา 3

DCE ส่งเอาต์พุตที่ขา 3 และรับอินพุตที่ขา 2

โดยในการอินเตอร์เฟสนั้นจะต้องทำการตรวจสอบทิศทางของสัญญาณข้อมูลที่ขา 2 และที่ขา 3 ก่อนเสมอ

การแฮนด์เชคใน RS-232

การแฮนด์เชคหมายถึงกระบวนการที่อุปกรณ์หนึ่งใช้ตรวจสอบสถานะของอีกอุปกรณ์ที่ต่อเข้าด้วยกัน และตอบสนองสถานะนั้นอย่างเหมาะสมและถูกจังหวะเวลา ซึ่งก็คือวิธีการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์สองตัวให้สัมพันธ์กันในการรับส่งข้อมูลนั่นเอง การแฮนด์เชคนั้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ การแฮนด์เชคทางซอฟต์แวร์

การแฮนด์เชคทางซอฟต์แวร์ (Software handshaking) เป็นวิธีการหนึ่งในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์รับข้อมูลโดยส่งผ่านสัญญาณควบคุมไปพร้อมกับตัวข้อมูลที่ต้องการส่ง

การแฮนด์เชคทางฮาร์ดแวร์ (Hardware handshaking) สามารถควบคุมได้ตั้งแต่ระดับฮาร์ดแวร์โดยการเปลี่ยนระดับแรงดันในสายสัญญาณควบคุมเป็นตัวระงับไม่ให้คอมพิวเตอร์ส่งข้อมูลเพิ่ม เข้ามาอีก ซึ่งเป็นการหลีกเลี่ยงการใช้รหัสหรือโปรแกรม แต่การแฮนด์เชคทางฮาร์ดแวร์นั้นมีข้อจำกัดคือจำเป็นต้องมีสายสัญญาณควบคุมต่างหากโดยเฉพาะทำให้วิธีนี้ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการอินเตอร์เฟสกับโมเด็ม

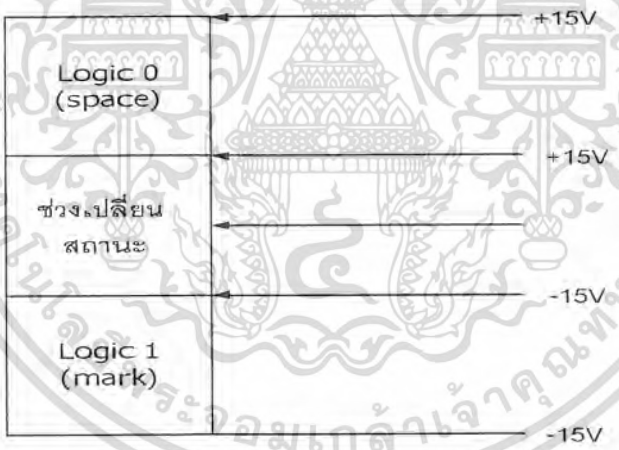
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอบเขตความคอมแพติเบิล (Compatible) กับ RS-232

คุณสมบัติทางไฟฟ้า (ระดับแรงดัน ฯลฯ) ของการอินเตอร์เฟสได้รับการตรวจรับรอง ถ้าอุปกรณ์นั้นถูกอ้างว่าคอมแพติเบิลกับ RS-232 ย่อมหมายความว่าเราสามารถนำอุปกรณ์นั้นไปติดต่อกับอุปกรณ์อื่นที่คอมแพติเบิลกับ RS-232 ได้ โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์ทั้งคู่ซึ่งเงื่อนไขนี้ช่วยให้เรามั่นใจได้ว่าอุปกรณ์ทั้งคู่มีระบบไฟฟ้าที่ทำงานด้วยกันได้ โดยไม่ทำให้เกิดความบกพร่องในการรับส่งข้อมูล ระดับแรงดันสำหรับค่า "ศูนย์" และ "หนึ่ง" ต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ในมาตราฐาน

มาตราฐานระดับตรรกะ (Logic) ใน RS-232

การส่งข้อมูลจากวงจรอินเตอร์เฟสมีลักษณะ " กลับหัว " กับวงจรที่ใช้งานกันอยู่ทั่วไปโดยความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับค่าตรรกะบนอินเตอร์เฟสคือ แรงดันบวกบนอินเตอร์เฟสจะถูกแทนด้วย 0 ในขณะที่แรงดันลบแทนด้วยค่า 1 ดังรูปที่ 2.17

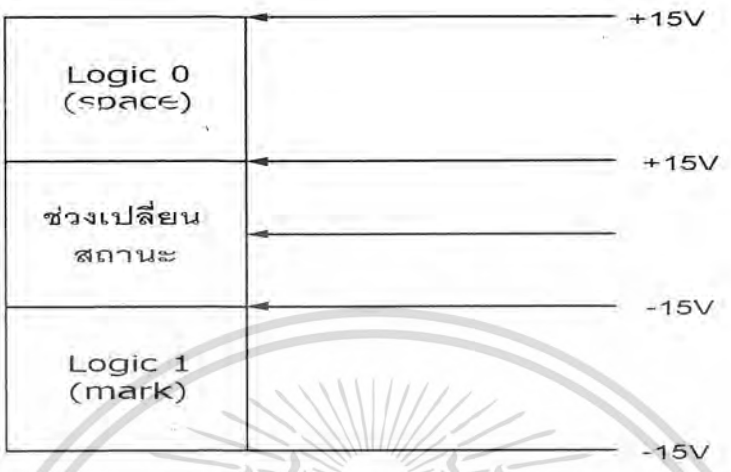


รูปที่ 2.17แสดงคำจำกัดความค่าตรรกะที่เอาต์พุตของ RS-232

ขอให้สังเกตค่าตรรกะที่กลับกันให้ดีคือ แรงดันลบแทนด้วยค่า 1 และแรงดันบวกแทนด้วยค่า 0 เพื่อให้แน่ใจค่าตรรกะ 0 แรงดันไฟที่เอาต์พุตจะต้องอยู่ในช่วง +5V ถึง +15V และในทำนองเดียวกันในการแทนระดับ 1 ระดับแรงดันที่เอาต์พุตจะต้องอยู่ในช่วง –5Vถึง –15V สำหรับช่องว่างหรือ dead-band ที่อยู่ในช่วง +5V ถึง -5V มีชื่อเรียกว่าช่วงเปลี่ยนสถานะ Transition region) เป็นที่ไม่สามารถกำหนดค่าตรรกะได้ ซึ่งหมายความว่าค่าแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดันเอาต์พุตในช่วง +5V ถึง -5V นั้นอาจถูกแปลความหมายให้เป็น 0 หรือ 1 ก็ได้ ดังรูปที่ 2..18



รูปที่ 2.18 แสดงคำจำกัดความค่าตรรกะที่อินพุตของ RS-232

ข้อแตกต่างเพียงข้อเดียวระหว่างคำจำกัดความสำหรับอินพุตกับเอาต์พุตคือความกว้างของช่วงเปลี่ยนสถานะ (Transition region) โดยช่วงที่ไม่สามารถกำหนดค่าตรรกะได้ของอินพุตกว้างเพียง 6V (+3V ถึง -3V) ในขณะที่ช่วงเดียวกันนี้สำหรับเอาต์พุตกว้างถึง 10V (+5V ถึง -5V) ซึ่งความแตกต่างนี้มีความสำคัญอย่างมากที่เดียว

ช่วงการยอมรับสัญญาณรบกวน

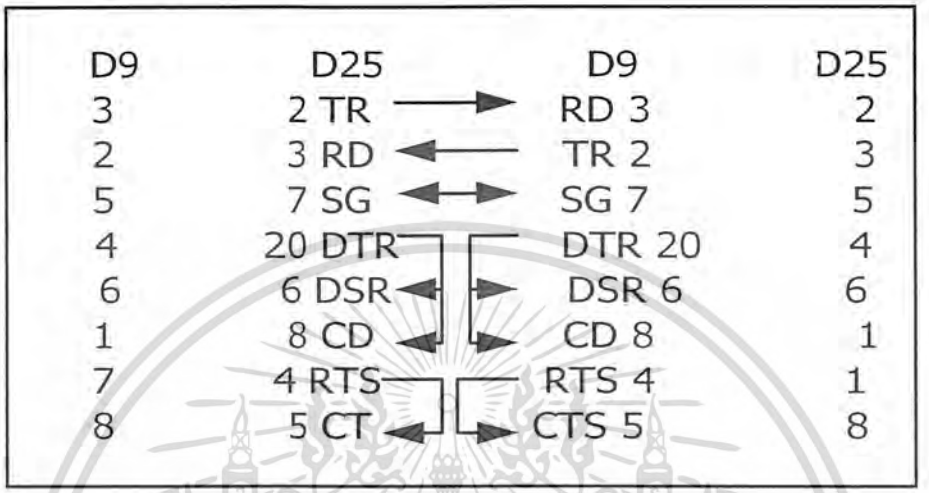
ความแตกต่างระหว่างคำจัดกัดความของแรงดันต่ำสุดที่วงจรยอมรับได้เรียกว่า ช่วงการยอมรับสัญญาณรบกวน (noise margin) ซึ่งหมายความว่าวงจรยอมให้มีสัญญาณรบกวนออกจากเอาต์พุตเข้าสู่อินพุตได้โดยไม่ส่งผลต่อค่าตรรกะที่อินพุต ซึ่งคุณสมบัติข้อนี้มีประโยชน์มากในเวลาที่จำเป็นต้องเดินสายข้อมูลผ่านอุปกรณ์ที่เป็นตัวสร้างสัญญาณรบกวน เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ วงจรหรี่ไฟ และอุปกรณ์การสื่อสารต่าง ๆ

ส่วนต่างระหว่างช่วงเปลี่ยนสถานะของอินพุตและเอาต์พุตนอกจากจะทำหน้าที่เป็นช่วงยอมรับสัญญาณรบกวนแล้ว ยังทำหน้าที่เป็นช่วงปลอดภัย (safety margin) ด้วย โดยการให้แรงดันเผื่อสำหรับแรงดันที่ตกคร่อมสายเคบิล ทำให้วงจรสามารถรับแรงดันที่ลดลงจากเอาต์พุตได้ถึงสองโวลต์โดยข้อมูลไม่ตกเข้าสู่ช่วงที่กำหนดตรรกะไม่ได้ของอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการเชื่อมต่อและหน้าที่การทำงานของแต่ละขาที่สำคัญ

ในปัจจุบันพอร์ตอนุกรมนั้นจะมีอยู่ด้วยกัน 2 ขนาดคือคอนเน็คเตอร์แบบ D-type ตัวผู้ ขนาด 25 Pin และ ตัวผู้ขนาด 9 Pin ซึ่งแสดงการเชื่อมต่อดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 แสดงการเชื่อมต่อทั้งแบบ 25 Pin และ 9 Pin

หน้าที่การทำงานของแต่ละขา (ของชนิด 25 Pin) โดยพิจารณาด้าน DTE

- ขา 2 Trabsmitted Data (TD) ส่งข้อมูลจาก DTE ไป DCE
- ขา 3 Received Data (RD) ส่งข้อมูลจาก DCE ไป DTE
- ขา 4 Request to Send (RTS) เอาต์พุตอเนกประสงค์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลายในโมเด็มแบบ half duplex ใช้สัญญาณนี้แสดงความต้องการส่งข้อมูล

-ขา 5 Clear to Send (CTS) อินพุตอเนกประสงค์ นำไปใช้งานได้หลากหลายในโมเด็มแบบ half duplex สัญญาณนี้ใช้อนุญาตให้ส่งข้อมูลได้

-ขา 6 Data Set Ready (DSR) อินพุตอเนกประสงค์ที่ใช้แจ้ง DTE ว่า อุปกรณ์ DCE มีไฟเลี้ยงและพร้อมที่จะทำงาน

-ขา 7 Signal Ground (SG) จุดอ้างอิงแรงดันสำหรับทุกสัญญาณในกระบวนการอินเฟส (ต้องมี)

-ขา 8 Data Carrier Datect (CD) สำหรับโมเด็มจะส่งสัญญาณ DCD เมื่อมันรับรู้การติดต่อกับโมเด็มที่อยู่ห่างออกไป สำหรับ DTE สัญญาณ DCD จะถูกนำไปใช้ในการยกเลิกการรับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ขา 20 Data Terminal Ready (DTR) เอาต์พุตอเนกประสงค์โดยทั่วไปใช้สัญญาณบอก DCE ว่าอุปกรณ์ DTE ที่มันอินเตอร์เฟสด้วยมีไฟเลี้ยงและ พร้อมที่จะทำงาน นอกจาก 9 ขาที่กล่าวถึงข้างต้น ยังมีขาอื่นๆ อีกที่ใช้ในการ อินเตอร์เฟส แต่สัญญาณสำคัญต่าง ๆ ที่มีการนำไปใช้เป็นประจำก็มักมา จาก 9 ขานี้เท่านั้น ซึ่งของขาคอนเน็กเตอร์ขา 2 3, 4, 5, 6 7, 8 และ 20 ว่ากลุ่ม " BIGEIGHT " ส่วนขาสัญญาณอื่น ๆ มีไว้สำหรับเป็นทางเลือกที่ผู้ผลิต แต่ละรายจะนำไปประยุกต์ใช้ได้ตามความต้องการ

2.4 หลักการและทฤษฎีของไมโครคอนโทรลเลอร์

ภาคนี้มีหน้าที่ในการประมวลผล และควบคุมให้รถเวิ่งเข้าหาวัตถุได้อย่างถูกต้องโครงสร้างภายใน และการใช้งานของ MCS51

หน่วยความจำ แบ่งออกเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล

2.4.1หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (program memory)

หน่วยความจำชนิดนี้ CPU สามารถอ่านข้อมูลได้อย่างเดียวไม่สามารถที่จะเขียนข้อมูลลงไปได้ขนาดของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมสูงสุดของ MCS51จะเป็น 64 KB ซึ่งหน่วยความจำชนิดนี้ยังแบ่งออกได้เป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายใน (Internal Programmemory) คือ หน่วยความจำประเภท ROM และ EPROM ในMCS51 เบอร์ 8051 ตามลำดับซึ่งมีขนาด4KBหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอก (External programmemory) คือ หน่วยความจำที่อยู่ภายนอก MCS51 โดยอาจจะเป็นการต่อขยายเนื่องจากหน่วยความจำภายในมีไม่พอหรือในMCS51 รุ่น ROMless version ที่ไม่มี ROM ภายใน ก็จะมีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมทั้งหมดอยู่ภายนอก

2.4.2 หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory) เป็นหน่วยความจำประเภท RAM ที่เราสามารถอ่านและเขียนข้อมูลลงไปได้ โดยจะแบ่งออกเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกมีไว้ในกรณีที่หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในมีไม่พอ โดยจะมีได้สูงสุด 64 KBส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไป (Internal RAM) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือบริเวณ 128 Byte แรกที่เรียกว่า lower 128 และบริเวณ 128 Byte หลังที่เรียกว่า upper 128 (ในส่วน upper 128 นั้นจะมีเฉพาะใน MCS51 บางเบอร์ เช่น 8052, 8032)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ในส่วน Internal RAM บริเวณ 128 byte แรกที่ยังเป็นแบ่งเป็นregister ใช้งานทั่วไปจำนวน 4 กลุ่ม กลุ่มละ 8 ตัว (RO-R7) ตั้งแต่ 00H-1FHและบริเวณหน่วยความจำที่เข้าถึงได้ในระดับบิตจำนวน 128 บิต ตั้งแต่ 20H-2FH

ส่วนที่ใช้เป็น register ใช้งานเฉพาะ (Special Function Register ,SFR)สำหรับในส่วนนี้จะซ้อนทับอยู่กับ upper 128 เพราะฉะนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเข้าถึงในแต่ละส่วนที่ต่างกัน โดยที่ upper 128 จะเข้าถึงได้โดยทางอ้อมเท่านั้น ส่วน SFR นั้นเข้าถึงได้โดยทางตรงเท่านั้น (สำหรับส่วน lower 128 นั้นสามารถเข้าถึงได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม)

2.4.3 **พอร์ตใน** MCS1 เป็นพอร์ตขนาด 8 bit รวม 4 พอร์ตและแต่ละพอร์ตมีหน้าที่ติดต่อกับวงจรภายนอก โดยสามารถรับ และส่งข้อมูลกับวงจรภายนอกได้ กล่าวคือ เป็นพอร์ต 2 ทิศทาง (Bidirectional Port) โครงสร้างของแต่ละพอร์ตประกอบด้วย

-วงจร latch

-วงจร Output Driver

-วงจร Input Buffer

สำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก พอร์ต 0 จำทำหน้าที่ส่ง Address byte (A0-A7) และยังใช้เป็น Data Bus โดยจะผลัดกันใช้คนละเวลาแบบ time multiplex ส่วนพอร์ต 2 จะใช้ส่งค่า Address Byte สูง (A8-A15)

2.4.4 timer / counter

time / counter ของ 89C51 ประกอบด้วย register ที่สามารถเลือกการทำงานเป็น timer หรือ counter อย่างใดอย่างหนึ่งจำนวน 2 ตัว แต่ละตัวมีขนาด 16 บิต คือ timer 0 และ timer 1 ตามลำดับ register ที่ใช้เป็น timer 0ประกอบด้วย TLO, THO ขนาด 8 บิต ส่วน timer 1 ประกอบด้วย TL1,TH1 ขนาด 8 บิต เช่นกัน ในการทำงานเป็น timer หรือ Counter จะมีรายละเอียดที่แตกต่างกันออกไปดังนี้

timer : ใช้ register timer 1 หรือ 2 เป็นตัวนับจำนวน machine cycle และเนื่องจากใน 1 machine cycle ใด ๆ ของ MCS51 ประกอบด้วยไปด้วย12คาบสัญญาณออสซิลเลเตอร์ (oscillator period) ดังนั้นอัตราเร็วในการนับจึงมีค่าเป็น 1/12 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ใช้

counter : ค่าใน register ที่ใช้เป็น counter ที่ถูกเลือกใช้งานจะถูกเพิ่มค่าที่ละหนึ่งเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสถานะของ logic ซึ่งตรวจจับได้จากขา TO และ T1 ในขณะนั้น

นอกจากจะสามารถเลือกการทำงานของ register ให้เป็น timer หรือ counter ได้แล้วในแต่ละการทำงานเป็น timer หรือ counter ของ timer 0 หรือ timer 1 ก็ยังมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานที่แยกย่อยลงไปอีกถึง 4 แบบ (โหมด 0,1,2 และ 3) ตามความเหมาะสมของการใช้งาน การทำงานย่อยทั้ง 4 ประเภทของ timer 0 และ timer 1 มีรายละเอียดดังนี้

ผู้ใช้สามารถเลือกการทำงานให้เป็น timer หรือ counter อย่างใดอย่างหนึ่งโดยการกำหนด บิต C/T ใน register ใช้งานเฉพาะ TMOD หากบิตนี้มีค่าเป็น 0 หมายถึงเลือกให้ register ทำงานเป็น timer แต่ถ้าบิตนี้เป็น 1 หมายถึงเลือกให้ ทำงานเป็น counter

register TMOD

tmod7	tmod6	tmod5	tmod4	tmod3	tmod2	tmod1	tmod0
GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0

บิต tmod7 ถึง tmod4 สำหรับ timer1

บิต tmod3 ถึง tmod0 สำหรับ timer0

บิต

1.GATE บิตเลือกการควบคุมให้ register สำหรับใช้เป็น timer หรือ counter ทำงานโดยควบคุมจากฮาร์แวร์หรือ ซอฟแวร์ ดังนี้

- เมื่อบิต TRx (TR0,TR1) และ GATE ถูกเซต timer หรือ Counter จะทำงานต่อเมื่อสถานะที่ขา INTx(INT0,INT1) มี ค่าเป็น1(ควบคุมจากฮาร์ดแวร์)

- เมื่อบิต GATE ถูกเคลียร์ timer หรือ counter จะทำงานก็ต่อเมื่อบิต TRx ถูกเซตโดยไม่ขึ้นกับสถานะสัญญาณที่ขา INTx(ควบคุมจากซอฟท์แวร์)

2. C / T บิตเลือกการทำงานของ register สำหรับใช้เป็น timer หรือ counterดังนี้

- 0 หมายถึงทำงานเป็น timer

- 1 หมายถึงทำงานเป็น counter (นับจำนวนพัลส์ภายนอกที่ขาTX)

3. M1 บิตสำหรับเลือกโหมดการทำงานของ timer 0 หรือ timer 1

MO บิตสำหรับเลือกโหมดการทำางานของ timer 0 หรือ timer 1

ถ้าบิต M1 และ MO เป็น

00 mode 0 : timer หรือ counter ขนาด 13 บิต

01 mode 1 : timer หรือ counter ขนาด 16 บิตที่มีการโหลดค่าเองเมื่อเกิด overflow

10 mode3 : timer 0

register TLO ใช้เป็น timer หรือ counter ขนาด 8 บิตที่มีการทำงานได้จากบิตของ timer 0 เอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

register THO ใช้เป็น timer ขนาด 8 บิต ที่ควบคุมการทำงานได้จากบิตของ timer 1

11 mode3 : timer 1 หยุดทำงาน (หยุดนับ)

โหมดการทำงานของ timer / counter

โหมด 0 ใช้ register ขนาด 8 บิต เป็นตัวนับ โดยมีการเพิ่มค่าครั้งละ 1 ทุกครั้งที่นับสัญญาณได้ครบ 32 ครั้งในการทำงานโหมดนี้ register ที่ใช้นับไม่ว่าถูกกำหนดการทำงานเป็น timer หรือ counter จะถูกเปลี่ยนจากเดิมที่เป็น 1 ทั้งหมด เป็น 0 ทั้งหมด (เกิด overflowX) จะทำให้บิต TFO หรือ TF1 ถูกเซต สัญญาณที่ใช้ในการนับจะผ่านเข้ามายัง register ที่ทำการนับได้ก็ต่อเมื่อ บิต TRx = 1 และ บิต GATE = 0

การเซตให้บิต GATE เป็น 1 จะเป็นการกำหนดให้ register ที่ใช้เป็น timerหรือ counter ถูกควบคุมการทำงานโดยสัญญาณที่ขา INTx (ควบคุมการนับโดยฮาร์ดแวร์)เพื่อนำ MCS51 ไปใช้วัดความกว้างของพัลส์ได้ง่าย (บิต TRx ต้องเป็น 1) ส่วนการเคลียร์ให้บิต GATE เป็น 0 จะมีผลให้การควบคุมการทำงานของ register ที่ใช้เป็นtimer หรือ counter ได้โดยซอฟท์แวร์ ซึ่งทำได้โดย การเซต หรือเคลียร์บิต TRx ด้วยคำสั่งในโปรแกรม

โหมด 1 การทำงานจะเหมือนในโหมด 0 ทุกประการ แต่ register timer หรือ counter ถูกใช้งานครบทั้ง 16 บิต แทนที่จะเป็น 13 บิต นั่นคือ timer หรือ counterในโหมดนี้มีขนาด 16 บิต

โหมด 2 จะใช้ register เพียง 8 บิต ซึ่งก็คือ register TLx และมีการโหลดค่าเองด้วยค่าใน THx เมื่อเกิด overflow ใน register TLx โดยที่ค่าในรีจีสเตอร์THx นี้ สามารถกำหนดได้ล่วงหน้าใน program และจะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อถูกโหลดไปไว้ใน register TLxการทำงานในโหมดนี้ มีไว้เพื่อใช้สร้างสัญญาณ Interrupt ที่มีคาบเวลาคงที่ หรือใช้สร้างฐานเวลาให้แก่ MCS51

โหมด 3 register timer 1 จะไม่มีการนับ ซึ่งมีผลเหมือนกับให้ค่าบิต TR1=0แต่สำหรับ timer 0 จะมีการทำงานดังต่อไปนี้

timer 0 ในโหมด 3 จะบังคับให้ register ใช้งานเฉพาะ TLO ของ timer 0 ถูกใช้เป็น timer หรือ counter ขนาด 8 บิต โดยสามารถควบคุม TLO ได้ จากบิต C/ T, GATE , TRO, INTO และ การเกิด overflow ของ register TLO จะมีผลไปเซตบิต TFO ส่วน register ใช้งานเฉพาะ THO ของ timer 0 จะถูกบังคับให้ใช้งานเป็น Timer เป็นอย่างเดียวโดยสามารถควบคุมการทำงานได้จากบิต TR1 และ TF1 เมื่อเกิด Overflow นั่นคือขณะนี้ register THO จะถูกควบคุมการเกิด interrupt ของ timer 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5INTERRUPT

ตัว 89C51 สามารถรับอินเทอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นทั้งภายนอกและภายในดังนี้

อินเทอร์รัปต์ที่เกิดจากภายนอก (External Interrupts) มีอยู่ 2 ชนิดคือ

-อินเทอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0 ซึ่งรับได้จากขา INTO

-อินเทอร์รัปต์ภายนอกชนิด 1 ซึ่งรับได้จากขา INT1

การตรวจรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ทั้ง 2 ชนิดสามารถทำได้ 2 แบบคือ

-ตรวจจับระดับสัญญาณ ทำได้โดยการเซตให้บิต Itx =0 ซึ่งจะเกิดสัญญาณอินเทอร์รัปต์ให้ CPU ย้ายไปทำงานใน interrupt serviceroutine เมื่อสัญญาณที่ขา INTx มี logic 0 โดยไม่มีการเคลียร์บิตIex ให้ (บิต Iex ถูกเซตเมื่อเกิดสัญญาณอินเทอร์รัปต์)

-ตรวจจับการเปลี่ยน logic ของสัญญาณ ทำได้โดยการเซตให้บิต Itx=1ซึ่งจะทำให้เกิดสัญญาณอินเทอร์รัปต์ให้ CPU ย้ายไปทำงาน interruptsrevice routine เมื่อสัญญาณที่ขา INTx เปลี่ยนจาก logic 1 เป็น 0โดยจะมีการเคลียร์บิต Iex ให้โดยอัตโนมัติ (บิต Iex ถูกเซตเมื่อเกิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์)

อินเทอร์รัปต์ที่เกิดจากภายใน ได้แก่อินเทอร์รัปต์ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม, timerหรือ timer 1 ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อบิต TFO หรือ TF1 ถูกเซตขณะ timer 0 หรือ timer 1 เกิด overflow ยกเว้น timer 0 ในโหมด 3 ซึ่งหยุดการทำงานเมื่อมีอินเทอร์รัปต์จาก timer เกิดขึ้น บิต TFO และ TF1 จะถูกเคลียร์โดยฮาร์ดแวร์ภายใน MCS51

เมื่อ CPU ย้ายไปทำงานที่โปรแกรมบริหารอินเทอร์รัปต์สัญญาณอินเทอร์รัปต์ภายในอีกชนิดก็คือ สัญญาณอินเทอร์รัปต์ของพอร์ตสื่อสารอนุกรมสัญญาณอินเทอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นได้มาจากเมื่อบิต TI หรือ RI ถูกเซต จะถูกเซตพร้อมกัน หรือบิตใดบิตหนึ่งถูกเซตก็ได้

ผู้ใช้สามารถเลือกระดับความสำคัญในการบริหารได้ 2 ระดับ โดยการเซตหรือเคลียร์บิตใน Register IP

Register IP

IP7	IP6	IP5	IP4	IP3	IP2	IP1	IP0
-	-	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0

บิต

PT2 กำหนดระดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอร์รัปต์ของ timer2

PSกำหนดระดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอร์รัปต์ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PT1 กำหนดระดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอรัปต์ของ timer1

PX1 กำหนดระดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอร์รัปต์ภายนอกชนิด1

PTO กำหนดระดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอร์รัปต์ของ Timer 0

PXO กำหนดระดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอร์รัปต์ภายนอกชนิด0

การให้บิตกำหนดลำดับความสำคัญของอินเทอร์รัปต์ เป็น 0 หมายถึง ให้อินเทอร์รัปต์ชนิดนั้นมีลำดับความสำคัญต่ำ ส่วนการให้บิตกำหนดความสำคัญของอินเทอร์รัปต์เป็น1หมายถึง ให้อินเทอร์รัปต์ชนิดนั้นมีลำดับความสำคัญสูง

แต่ถ้ามีอินเทอร์รัปต์พร้อมกัน 2 ชนิด โดยมีลำดับความสำคัญเท่ากัน ลำดับการบริการอินเทอร์รัปต์ภายในจะเป็นตัวกำหนดเองว่าอินเทอร์รัปต์ชนิดใดควรถูกบริการก่อนดังตาราง

แหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์	ลำดับความสำคัญภายใน MCS51
อินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0 (IE0)	สูงสุด
อินเตอร์รัปต์ของ timer 0 (TF0)	
อินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 1(IE1)	
อินเตอร์รัปต์ของ timer1 (TF1)	
อินเตอร์รัปต์ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม (TI+RI)	
อินเตอร์รัปต์ของ timer 2 (TF2+EXF2)	ต่ำสุด

ตารางที่2.2 การอินเตอร์รัปต์

2.4.6 การเข้าถึงข้อมูลใน MCS51

- การเข้าถึงข้อมูลโดยตรง (Direct Addressing) เป็นวิธีกำหนดตำแหน่งหน่วยความจำโดยตรงในคำสั่ง

- การเข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อม (Indirect Addressing) ใช้ค่าใน register เป็นตัวชี้ตำแหน่งหน่วยความจำ (register ที่ใช้ก็เช่น register ใช้งานทั่วไป RO, R1ของแต่ละกลุ่ม, stack pointer และ data pointer) โดย register ที่เก็บค่าตำแหน่งจะต้องระบุเครื่องหมาย " @ " ไว้ข้างหน้า เช่น MOVA, @ RO

-การเข้าถึงข้อมูลใน register ใช้งานทั่วไป (Register Instruction) ข้อมูลที่ต้องการจะอยู่ใน register ใช้งานทั่วไป RO-R7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเข้าถึงข้อมูลในรีจิสเตอร์ เฉพาะของคำสั่ง (register- specific instruction) เป็นการเข้าถึงข้อมูลใน Registerบางตัวที่ MCS51 ทราบตำแหน่งอยู่แล้ว เช่นAccumulater,DPTR,SP

- การเข้าถึงข้อมูลที่กำหนดโดยตรง (Immediate Constant)จะกำหนดค่าข้อมูลให้ กับคำสั่งโดยตรง ซึ่งจะต้องใช้เครื่องหมาย # ระบุหน้าข้อมูลที่ต้องการ เช่น

MOV A,#100

- การเข้าถึงข้อมูลโดยใช้ตัวอ้างอิง(Indexed Addressing)จะใช้ค่ารีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ DPTR หรือ PC มารวมกับค่า ACC เพื่อชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมซึ่งเก็บข้อมูลไว้

ชุดคำสั่งใน MCS51

- กลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic Instruction) คำสั่งที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

คำสั่ง INC และ DEC เป็นคำสั่งสำหรับการบวก 1 และลบ 1 กับค่าของoperand

INC ปลายทาง

DEC ต้นทาง

เช่น หากต้องการบวก 1 เข้ากับค่าใน register RO สามารถทำได้ด้วยคำสั่ง INC RO หากต้องการลบค่าใน register RO ด้วย 1 สามารถทำได้ด้วยคำสั่ง DEC RO

คำสั่ง ADD และ SUBB เป็นคำสั่งสำหรับบวกและลบระหว่างค่าของ operand ต้นขนาด 8 bit กับ operand ปลายทาง ซึ่งเป็น register A เท่านั้นผลลัพธ์จะเก็บที่ A เสมอ

ADD ปลายทาง, ต้นทาง

SUB ปลายทาง, ต้นทาง

เช่น หากต้องการบวกค่าใน register A ด้วยค่า 03H ก็สามารถทำได้ด้วยคำสั่ง ADD A,#03H หากต้องการลบค่าใน register A ด้วยค่า 03H ก็สามารถทำได้ด้วยคำสั่ง DEC A, #03H นอกจากนี้ยังมีคำสั่ง ADDC ซึ่งทำงานเหมือน ADD ทุกอย่างเพียงแค่จะบวกกับCary bit ด้วย

คำสั่ง MUL และ DIV เป็นคำสั่งสำหรับคูณ และ หารค่าใน register A กับ register B

-กลุ่มคำสั่งทางตรรกศาสตร์ (Logical Instruction) คำสั่งที่เกี่ยวข้องมีดังนี้คำสั่ง ANL, ORL และ XRL เป็นการ AND, OR และ XOR (Exclusive OR) กันระหว่าง operand 2 ตัวซึ่งจะสั่งให้ทำงานตรรกข้อมูลขนาดเป็น Byte หรือ Bit ก็ได้ เช่น หากต้องการ AND ค่าใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

register A ด้วยค่า 00001111 (ค่าBinary) ก็สามารถทำได้ด้วยคำสั่ง ANLA, #00001111B (กรณีคำสั่ง ORL และ XRL ก็ทำเช่นเดียวกัน)

คำสั่ง CPL เป็นคำสั่ง Complement ข้อมูลใน Accumulator

CPL A

คำสั่ง RL และ RR เป็นคำสั่งในการวน Bit บนตัว Accumulator ไปทางซ้ายและทางขวาตามลำดับ

RL A

RR A

คำสั่ง RLC และ RRC เหมือนกับคำสั่ง RL และ RR แต่ในการวนนั้นจะผ่าน Carry Flag ด้วย

- **กลุ่มคำสั่งเคลื่อนย้ายข้อมูล** (Data Transfer Instruction) มีคำสั่งที่เกี่ยวข้องดังนี้

คำสั่ง MOV เป็นการนำค่าจาก operand ตัวหนึ่งมาให้อีกตัวหนึ่ง ในลักษณะของการ Copy ข้อมูลดังนั้นข้อมูลของ operand ต้นทางยังคงค่าเดิม

MOV ปลายทาง, ต้นทาง

เช่น การย้ายข้อมูลจาก Port 0 มายัง register A ก็สามารถทำได้ด้วยคำสั่ง MOV A,P0

คำสั่ง PUSH เป็นการเคลื่อนย้ายข้อมูลไปเก็บไว้ในหน่วยความจำตำแหน่งที่ถูกระบุโดยค่าในรีจีสเตอร์ SP (Stack Pointer) ซึ่งเรียกบริเวณนี้ว่า Stack Area (บริเวณหน่วยความจำตั้งแต่ 08H เป็นต้นไป) เช่น ถ้าต้องการเก็บค่าในตำแหน่ง 03H ในหน่วยความจำลงใน Stack ก็สามารถทำได้ด้วยคำสั่ง PUSH 03H

คำสั่ง POP เป็นการนำข้อมูลที่เก็บไว้ในหน่วยความจำ ณ ตำแหน่งที่ชี้โดย SP กลับคืนมา เช่น ถ้าต้องการนำค่าใน Stack ลงในตำแหน่ง 03H ในหน่วยความจำก็สามารถทำได้ด้วยคำสั่ง POP 03H

-กลุ่มคำสั่งควบคุมลำดับการทำงานของโปรแกรม (Program Control Instruction) แบ่ง ออกเป็น

-แบบไม่มีเงื่อนไข ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง JMP เป็นคำสั่งควบคุมให้โปรแกรมกระโดดไปประมวลผลที่ตำแหน่งอื่นแบ่งออกเป็น 3 แบบคือ

SJMP เป็นคำสั่งกระโดดไปยังตำแหน่งปลายทางที่ห่างจาก Addressปัจจุบันไม่เกิน 128 ถึง +127 Byte

AJMP เป็นคำสั่งกระโดดไปยังตำแหน่งปลายทางในระยะ 2 KB

LJMP เป็นคำสั่งกระโดดไปยัง Address ใด ๆ ก็ได้ในช่วง 64 KB

คำสั่ง CALL และ RET

CALLมีไว้เพื่อควบคุมให้โปรแกรมหลักย้ายไปทำงานที่โปรแกรมย่อยชั่วคราวและสามารถกลับมาได้ด้วยคำสั่ง RET ที่อยู่ตอนท้ายของโปรแกรมย่อย (ต่างจาก JMP ที่คำสั่ง JMP จะย้ายไปทำงานที่ตำแหน่งอื่นเลย)

คำสั่ง NOP จะทำให้ CPU ไม่ทำงานใด ๆ ตลอด 1 machine cycle พร้อมทั้งเปลี่ยนค่าใน register PC ให้ชี้ไปยังตำแหน่งถัดไป

-แบบมีเงื่อนไข คือ จะกระโดดไปยังตำแหน่งอื่นก็ต่อเมื่อ เงื่อนไขของคำสั่งเหล่านี้เป็นจริงและประกอบด้วยคำสั่งดังนี้

คำสั่ง JZ จะกระโดดก็ต่อเมื่อ ค่าใน register A มีค่าเป็น 0

คำสั่ง JNZ จะกระโดดก็ต่อเมื่อค่าใน register A ไม่เป็น 0 จะเปรียบเทียบค่าใน operand ทั้ง 2 ตัว หากไม่เท่ากันจึงจะกระโดดไปทำงาน ณ ตำแหน่งที่ระบุ

คำสั่งใน CJNZ จำทำการลดค่าใน operand ลงที่ละหนึ่ง แล้วทำการตรวจสอบว่าเป็น 0 หรือไม่หากไม่เป็น 0 ก็กระโดดไปทำงาน ณ ตำแหน่งอื่น

-กลุ่มคำสั่งประมวลผลแบบบูลีน (Boolean Instruction) มีจุดประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกในการเขียน โปรแกรมที่ต้องเกี่ยวข้องกับข้อมูลระดับบิต แบ่งออกเป็น
กลุ่มคำสั่งควบคุมสถานะบิต ได้แก่

คำสั่ง CLR จะทำการ Clear Bit ที่ต้องการให้เป็น 0 เช่น การ Clear bitCarry Flang ก็ทำได้ด้วยคำสั่ง CLR C

คำสั่ง SETB จะทำการ set bit ที่ต้องการให้เป็น 1 เช่น การ Set Bit Carry Flag ก็ทำได้ด้วยคำสั่ง SETB C

คำสั่ง CPL จะทำการ Complement Bit ที่ต้องการเช่น การ Complement Bit Carry Flag ก็ทำได้ด้วยคำสั่ง CPL C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มคำสั่งเคลื่อนย้ายข้อมูล จะทำการ Copy ข้อมูลไปที่ละนิด แต่มีข้อจำกัดที่ว่าต้องใช้บิต C (Carry) ใน register PSW ทุกครั้ง เช่น การย้ายข้อมูลจาก port 1 bit ที่ 0 เข้ามายังบิต Carry ของ register PSW ก็ทำได้โดยใช้คำสั่ง MOV C, P1.0

กลุ่มคำสั่งทางตรรกศาสตร์ ได้แก่ คำสั่ง ANL และ ORL ซึ่งจะกระทำที่แต่ละบิต

กลุ่มคำสั่งควบคุมโปรแกรมที่ขึ้นกับสถานะของกลุ่มนี้ใช้ควบคุมลำดับการทำงานของโปรแกรม โดยตรวจสอบเงื่อนไขจากสถานะของบิตที่ระบุโดย operand คำสั่งเหล่านี้ได้แก่

คำสั่ง JC จะกระโดดไปเมื่อบิต Carry Flag ถูก set

คำสั่ง JNC จะกระโดดไปเมื่อบิต Carry Flag ถูก clear

คำสั่ง JB จะกระโดดเมื่อ Direct Bit ถูก set

คำสั่ง JNB จะกระโดดเมื่อ Direct Bit ถูก Clear

คำสั่ง JBC จะกระโดดเมื่อ Direct Bit ถูก set และจะทำการ Clear bit นั้นหลังจากทำคำสั่ง JBC เรียบร้อยแล้ว

2.5 เครื่องวัดระยะทาง

ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านแสงและเสียงได้มีการพัฒนารุดหน้าไปมาก และมีการนำไปประยุกต์อย่างแพร่หลายไม่ว่าจะเป็นด้านสื่อสารผ่านเส้นใยแสง,เครื่องควบคุมระยะไกล (remote control)

เครื่องวัดระยะทาง (distance meter) เป็นเครื่องมือที่นำมาใช้ในการวัดระยะทาง โดยในที่นี้จะอาศัยหลักการของการส่งคลื่นไปสะท้อนที่วัตถุแล้วกลับมายังเครื่องรับ ซึ่งรูปแบบของคลื่นที่นำมาใช้ก็คือคลื่นเสียงอุลตร้าโซนิค (Utrasonic sound) และคลื่นแสงอินฟาเรด (Infrared light)

ในส่วนของแสงอินฟาเรดซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีความถี่สูงมาก โดยสูงกว่าความถี่ย่านคลื่นอุลตร้าโซนิคมากจนถึงระดับ 10 GHz และมีความเร็วของการเคลื่อนที่ในอากาศประมาณ 299, 792, 458 เมตรต่อวินาที ในขณะที่คลื่นอุลตร้าโซนิคมีความเร็วในอากาศ 346 เมตรต่อวินาทีโดยประมาณจากองค์ประกอบทางด้านความเร็วและความถี่จึงสามารถแสดงได้ว่าแสงอินฟาเรดมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากคลื่นอุลตร้าโซนิคโดยเฉพาะอย่างยิ่งจะมีผลต่อการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิคส์ที่จะนำมาใช้เข้ากับคลื่นทั้ง 2 แบบ เนื่องจากคลื่นอินฟาเรดเป็นคลื่นแม่เหล็กที่มีความถี่สูงมากจนวงจรอิเล็กทรอนิคส์ไม่สามารถทำงานได้ในย่านความถี่นี้ เพราะอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิคส์ในปัจจุบันจะสามารถทำงานได้ในย่านความถี่สูงสุดไม่กี่สิบ GHz เท่านั้นดังนั้นในการรับส่งสัญญาณแสงด้วยวงจรอิเล็กทรอนิคส์จึงไม่สามารถกระทำได้โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรง เนื่องจากเหตุดังกล่าวมาแล้วข้างต้น ในที่นี้จึงนำคลื่นอุลตร้าโซนิคใช้เป็นเครื่องวัดระยะทาง จะใช้ความถี่ไม่เกิน 50 KHz เพราะความถี่ที่สูงกว่านี้อากาศจะดูดกลืนคลื่นได้มากยิ่งขึ้น ทำให้ระดับความแรงของคลื่นที่ระยะห่างออกไปจากเครื่องวัดลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นในการออกแบบจะใช้คลื่นอุลตร้าโซนิคที่มีความถี่ประมาณ 40 KHz ซึ่งเป็นความถี่ที่เหมาะสมที่สุดในงานนี้

2.5.1เครื่องวัดระยะทางโดยใช้อุลตร้าโซนิค

อุลตร้าโซนิค หมายถึง คลื่นที่มีความถี่สูงเกินกว่าหูมนุษย์จะได้ยิน โดยทั่วไปแล้วหูของมนุษย์จะได้ยินเสียงในย่านความถี่ 20 Hz ถึง 20 KHz อุลตร้าโซนิคที่กล่าวถึงโดยทั่วไปจึงหมายถึงคลื่นที่มาความถี่สูงกว่า 20 KHz ขึ้นไป

-ชนิดของคลื่นอุลตร้าโซนิค

คลื่นอุลตร้าโซนิคที่เดินทางผ่านตัวกลางต่าง ๆ มีหลายชนิดด้วยกัน แต่ละชนิดจะแตกต่างกันตามการเคลื่อนที่ของอนุภาคในตัวกลางนั้น ๆ โดยสามารถแบ่งได้ดังนี้

A) คลื่นตามยาว (longitudinal wave) เป็นลักษณะของคลื่นที่ซึ่งทุก ๆ จุดบนคลื่นมีการเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกันกับทิศทางการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ของอนุภาคจะเกิดขึ้นอย่างหนาแน่นและเบาบางสลับกันไปละจะเปลี่ยนแปลงไปเช่นนี้ ในแต่ละปริมาณของอนุภาคคลื่นตามยาวนี้สามารถเดินทางผ่านของแข็งของเหลวและก๊าซโดยมากถ้ากล่าวถึงความเร็วของคลื่นแล้วจะหมายถึงความเร็วของคลื่นตามยาวในการพิจารณาคลื่นตามยาวที่เดินทางผ่านตัวกลางต่าง ๆ ได้นั้น ตัวกลางจะต้องมีขนาดใหญ่พอเมื่อเทียบกับความยาวคลื่น

B) คลื่นตามขวาง (Transverse wave) คือ คลื่นที่ทุก ๆ จุดบนคลื่นมีการเคลื่อนไหวในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางซึ่งคลื่นเดินทางในทิศทางหนึ่ง ๆ คลื่นชนิดนี้จะเดินทางผ่านตัวกลางที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดของความยาวคลื่นและสามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็งได้ คลื่นชนิดนี้ไม่สามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลงและก๊าซ

คลื่นตามขวางมีลักษณะเสมือนการเกิดขั้นลบและขั้นบวก ซึ่งเป็นเหตุผลว่าการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคเป็นไปเพียงทิศทางเดียว เช่น ในระนาบที่ตั้งฉากกับทิศทางของคลื่นที่เคลื่อนที่ไป ต้นกำเนิดของคลื่นตามขวางเป็นพื้นที่หน้าเรียบของระนาบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอนุภาคอันเนื่องจากการแกว่ง ความหนาแน่นของตัวกลางจะไม่เปลี่ยนแบลง โดยการเคลื่อนที่ของคลื่นแบบตามขวาง ความเร็วของคลื่นชนิดนี้จะน้อยกว่าคลื่นชนิดตามยาว ในขณะที่เดินทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านตัวกลางชนิดเดียวกัน ดังนั้นที่ความเดียวกันความยาวคลื่นของคลื่นตามาขวางจะน้อยกว่าตามยาวเสมอ

C) คลื่นผิวหน้า (Surface wave) เป็นคลื่นชนิดหนึ่งซึ่งคล้ายกับคลื่นตามขวาง จะต่างกันตรงที่ ว่าการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของอนุภาคไม่เป็นเพียงในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อน ที่ของคลื่นเท่านั้น แต่ยังมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นด้วย จึงทำให้คลื่นเคลื่อนที่ไปตามระนาบในแนวนอน ด้วยเหตุนี้คลื่นจึง เดินทางผ่านไปเฉพาะผิวของตัวกลางเท่านั้น

- การเกิดคลื่นอุลตร้าโซนิค

อุลตร้าโซนิคเป็นคลื่นที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานรูปอื่นให้มาเป็นพลังงานกลโดยการสั่นไปมา หรือเกิดจากการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกลทำให้เกิดคลื่นย่านอุลตร้าโซนิคกระจายออกไปในอากาศดังนั้นจึงถือได้ว่าคลื่นที่เกิดขึ้นเป็นคลื่นกล(Mechanicalwave) คลื่นอุลตร้าโซนิคสามารถถูกสร้างได้โดยตัวทรานสดิวเซอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลในที่นี้จะใช้ทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเลกทริค (Piezo-electransducer) โดยทำการแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกลและมีความถี่เรโซแนนท์ (Resonant frequency) คงที่อยู่ค่าหนึ่ง สำหรับเปียโซอิเลกทริคนี้เป็นแบบที่นิยมใช้เพราะราคาถูกและหาซื้อง่าย

2.5.2เปียโซอิเลกทริค ทรานสดิวเซอร์ (Piezo-electric transducer)

ทรานสดิวเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานไฟฟ้างานกล โดยการสั่นไปมาทำให้เกิดคลื่นเสียงและก็เป็นอุปกรณ์ที่ทำการรับคลื่นเสียงเข้ามาแล้วทำการแปลงกลับไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าได้ ดังนั้นในการทำงานจึงต้องมีทรานสดิวเซอร์ 2 ตัว โดยทำหน้าที่เป็นตัวส่งและตัวรับอย่างละตัวในระบบเดียวกันซึ่งทรานสดิวเซอร์จะมีความถี่รีโซแนนท์(Resonant frequency) อยู่ค่าหนึ่งและจะต้องใช้ร่วมกันเสมอทรานสดิวเซอร์ทั้ง 2 ตัวนี้จะมีรูปร่างและลักษณะเหมือนกันทุกอย่างและมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันมาก เราสามารถจะรู้ได้ว่าตัวไหนเป็นตัวรับหรือตัวส่งโดยดูจากตัวอักษรท้ายเบอร์ เช่น MA40A5S คือตัวส่ง "S" หมายถึง sender และ MA40A5R คือตัวรับ " R " หมายถึง receiver แต่ในวงจรสัญลักษณ์ของตัวส่งจะเหมือนรูปลำโพงหรือเขียนว่า Tx ซึ่งหมายถึง Transmitterและตัวรับจะเขียนรูปไมโครโฟน หรือเขียนว่า Rx ซึ่งหมายถึง Receiver

ทรานสดิวเซอร์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยมากจะมีความถี่รีโซแนนท์ให้เลือกใช้ตั้งแต่ค่า 23 - 40 KHz แต่ส่วนมากนำมาใช้และพบเห็นบ่อยคือค่า 23 KHz ,25 KHzและ 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KHz โดยที่ค่าความถี่ 40 KHz เป็นแบบที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากค่าความถี่นี้การเดินทางของคลื่นอุลตร้าโซนิค จะดีกว่าที่ความถี่อื่น ๆ และทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะทรานสดิวเซอร์ แบบเปียโซอิเลกทริคเพราะเป็นรูปแบบที่นำมาใช้ในการปฏิบัติงานในโครงการนี้

ชนิดของเปียโซอิเล็กทริคทรานสดิวเซอร์

เปียโซอิเล็กทริคทรานสดิวเซอร์ สามารถจำแนกได้เป็น 2 ชนิดคือ

1. ทรานสดิวเซอร์แบบเจเนอเรชั่น แอกชั่น (generation-action transducer) ใช้เป็นตัวรับโดยแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะหาได้จากแรงดันและความถี่ที่มากระทำต่อวัสดุเปียโซอิเล็กทริค

2. ทรานสดิวเซอร์แบบมอเตอร์ แอกชั่น (motor-action transducer) ใช้เป็นตัวส่ง โดยการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างที่ทำให้เกิดคลื่นอุลตร้าโซนิค จะเกิดขึ้นอยู่กับค่าความถี่ ของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้ทั้งสองกรณีค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะขึ้นกับขนาดของวัสดุเปียโซอิเล็กทริค

- การทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวรับและตัวส่ง

สำหรับทางด้านตัวส่ง เมื่อทรานสดิวเซอร์ได้รับสัญญาณแรงดันมาตกคร่อมจะทำให้ชิ้นสารเปียโซอิเล็กทริคโก่งงอทำให้เกิดการอัดอากาศโดยรอบเกิดเป็นคลื่นขึ้นมาดังนั้นถ้าป้อนสัญญาณเป็นห้วง ๆ (pulse) จากออสซิสเลเตอร์จำทำให้ชิ้นสารโก่งงอมากน้อยหรือทิศทางใดตามขนาดและทิศทางการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณไฟฟ้าจากออสซิลเลเตอร์นั้น โดยทั่วไปกำลังเอาท์พุตที่ออกมาจะตกลงประมาณ 10 % ของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้ แต่เอาท์พุตจะสูงที่ค่านี้โดยประมาณก็ต่อเมื่อความถี่ของสัญญาณออสซิลเลเตอร์ที่ป้อนเข้าชิ้นสารตรงกับความถี่รีโซแนนท์ที่เป็นความถี่ทางกลตามธรรมชาติของชิ้นสารนั้น ๆ ส่วนที่ความถี่อื่น ๆ กำลังเอาท์พุตจะลดลงยิ่งกว่านี้

ส่วนการทำงานของทางด้านตัวรับ มีการทำงานตรงกันข้ามกับทางด้านส่ง คือ เมื่อมีคลื่นเสียงที่มีความถี่ตรงกับความถี่รีโซแนนท์ของชิ้นสารเข้ามา ก็จะทำให้ชิ้นสารโก่งตัวไปมาและเกิดสัญญาณเป็นแรงดันไฟฟ้าขึ้นมาคร่อมขั้วทั้งสองของชิ้นสารตัวรับ

คุณสมบัติโดยทั่วไปอย่างหนึ่งของอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริคคือมีความต้านทานต่อไฟตรงสูงมากและอาจสูงถึง 100 เมกกะโอห์มเลยก็ได้ เรียกว่าถ้าเอามัลติมิเตอร์ธรรมดามาตั้งสเกลวัดค่าความต้านทานสูง ๆ เข็มจะไม่กระดิกเลยแต่อย่างไรก็ตามในขณะที่มันทำงานความต้านทาน ต่อไฟฟ้าสลับจะลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ข้อควรรู้ในการใช้งานตัวรับและตัวส่ง ซึ่งพอจะสรุปเป็นแนวทางการใช้งานได้ดังนี้

1.ไม่ควรให้ทรานสดิวเซอร์ได้รับการกระทบกระเทือนหรือตกจากที่สูง เพื่อป้องกันโครงสร้างภายในไม่ให้เสียหาย

2.ทรานสดิวเซอร์ที่มีขายกันโดยทั่วไปจะทนแรงดันตกคร่อมตัวมันสูงสุดได้ไม่เกิน 20Vrms ดังนั้นขนาดของสัญญาณที่จะป้อนให้กับตัวทรานสดิวเซอร์ก็ควรอยู่ภายในขีดจำกัดอันนี้

3.ความถี่รีโซแนนท์ หรือความถี่ที่ตัวมันทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดของทรานสดิวเซอร์แบบ40KHzที่มีขายกันโดยทั่วไปจะผิดพลาดไปไม่เกิน+-1KHzและมีแถบความถี่ (bandwidth) ประมาณ 4.5 สำหรับตัวส่งและมีแถบความถี่ประมาณ 5.0 KHz สำหรับตัวรับ จะเห็นว่าแถบความถี่ของตัวรับจะกว้างกว่าของตัวส่งเล็กน้อยเพื่อให้แน่ใจว่าตัวรับจะสามารถรับความถี่ที่ออกมาจากตัวส่งได้

4. อุณหภูมิใช้งานของตัวทรานสดิวเซอร์ควรอยู่ภายในช่วง -20 ถึง 60 องศา เซลเซียส

5. ทั้งตัวส่งและตัวรับจะมีทิศทางคล้ายคลึงกันมาก กล่าวคือ ที่ตำแหน่งเบนจากแนวแกนไปประมาณ30 องศาความแรงของคลื่นเสียงที่ถูกส่งออกไปจะลดลงจากแนวแกนประมาณ10 dB ในทำนองเดียวกันถ้าคลื่นเสียงพุ่งเข้ามาในแนวที่เบี่ยงเบนไปจากแนวแกนของตัวรับไปประมาณ 10 dB ด้วยเช่นกัน ดังนั้นการใช้งานที่เป็นการควบคุมระยะไกลในที่โล่งแจ้ง จึงควรพยายามให้ทั้งตัวรับและตัวส่งอยู่ในแนวที่พุ่งเข้าหากันให้มากที่สุด อย่างไรก็ตามในกรณีที่อยู่ในห้องคลื่นอาจเบี่ยงเบนจากกันได้มาก เพราะคลื่นอุลตร้าโซนิคนี้สามารถสะท้อนกับกำแพงและวัตถุที่อยู่ภายในห้องได้ทำให้คลื่นเข้าหาตัวรับได้หลายทางคลื่นอุลตร้าโซนิคนี้สามารถทำให้เป็นลำแคบได้ โดยใช้เลนส์ที่เรียกว่าพลา โนคอนเคฟเลนส์ (plano-concave lens) วางข้างหน้าตัวทรานสดิวเซอร์ แต่การทำให้เป็นลำแคบนี้จะทำให้ระยะทางทำงานสั้นลง การทำให้ลำคลื่นเหมาะสำหรับทรานสดิวเซอร์ที่สร้างคลื่นที่มีความถี่สูง และเหมาะใช้ทางการแพทย์ (Ultrasound) โดยใช้ความถี่ตั้งแต่ 1-10 KHz

6.ในกรณีที่ใช้งานตัวรับจำเป็นต้องมีตัวต้านทานต่อขนานกับตัวรับเพื่อทำหน้าที่เป็นโหลด ตามปกติแล้วตัวต้านทานนี้ควรจะมีค่าอยู่ในช่วง 10 กิโลโอห์ม ถึง 100กิโลโอห์ม จากการทดลองพบว่าถ้าเปลี่ยนโหลดจาก 100 กิโลโอห์ม มาเป็น 10 กิโลโอห์ม ความไวของตัวรับจะลดลงประมาณ 10 ถึง 12 dB แต่แถบความถี่จะกว้างขึ้นถ้าใช้ค่าความต้านทานต่ำลงไปอีกความถี่รีโซแนนท์จะลดลงไปจากที่ระบุไว้ ถ้าการใช้งานมีสัญญาณรบกวนมาก ควรจะใช้โหลดที่มีความต้านทานสูงสักหน่อยเพื่อให้ตัวรับมีความไวสูงและมีแถบความถี่แคบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ตามปกติแล้วเราสามารถนำเอาตัวส่งและตัวรับมาใช้งานแทนกันได้ในการใช้งานส่วนใหญ่ และตัวส่งหรือตัวรับของยี่ห้อใด รุ่นใด ก็สามารถใช้แทนกันได้ ขอเพียงแต่ให้มีความถี่รีโซแนนท์เท่านั้นเอง อย่างไรก็ตามในบางกรณีอาจต้องมีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานสมดุลย์ทางด้านไฟฟ้า กระแสสลับเพื่อให้ลักษณะผลตอบสนองทางความถี่สอดคล้องกับของเดิม

2.5.3 หลักการทำงาน (Principal of working)

จากการที่คลื่นอุลตร้าโซนิคเป็นคลื่นที่กระจายในอากาศด้วยความเร็วคงที่ หลักการทำคร่าว ๆ ก็มีอยู่ว่าในการเดินทางจากตัวส่งไปยังวัตถุและสะท้อนกลับมายังตัวรับซึ่งสามารถนำมาใช้ในการคำนวณระยะทางได้ เมื่อเครื่องเริ่มส่งคลื่นอุลตร้าโซนิคออกไป วงจรนับ (counter) จะเริ่มนับพัลส์ (pules) ที่มีความถี่เท่ากับความเร็วของเสียงมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที เมื่อคลื่นสะท้อนกลับมาถึงตัวรับ วงจรนับจะหยุดนับ ดังนั้นค่าที่ได้จากการนับจึงเป็นระยะทาง 2 เท่าของระยะจากเครื่องวัดถึงวัตถุ ดังนั้นเพื่อให้ได้ระยะทางจริงจึงต้องหาร 2 หรืออีกนัยหนึ่งซึ่งให้ผลเช่นเดียวกัน สามารถทำได้โดยให้วงจรนับเริ่มนับพัลส์ที่มีความถี่เท่ากับความเร็วเสียง และเมื่อวงจรนับหยุดนับ จำนวนพัลส์ที่นับได้จะเท่ากับระยะทางจริงจากเครื่องวัดถึงวัตถุสะท้อน

เราสามารถคำนวณระยะทางจากเครื่องวัดถึงวัตถุสะท้อนได้จาก

$S = V(T / 2)$ (meter)

S=ระยะทางจากเครื่องวัดถึงวัตถุ (m)

T=เวลาในการเดินทางกลับของคลื่นอุลตร้าโซนิค (second)

V=ความเร็วของเสียงในอากาศ (m/s)

2.6 ชุดบอกทิศทาง

-หลอด LED อินฟาเรด

คุณสมบัติของ LED อินฟาเรด

แรงดันตกคร่อมที่รอยต่อ PN ของไดโอด ต้องมีค่ามากกว่าแรงดัน Threshold จึงจะสามารถทำให้ไดโอด นำกระแสได้ สำหรับซิลิกอนไดโอดแรงดันทำงานประมาณ 0.6V ส่วน LED ทำให้แสงในย่านมองเห็นได้ ถ้าทำจากสาร Gap ซึ่งให้แสงสีเขียวจะมีค่าแรงดันประมาณ 2.1 - 2.8 V ถ้าเป็น LED ที่ทำจาก ALGaAs ให้แสงสีแดงมีแรงดันทำงาน 1.75 – 2.5 V ส่วน LED ที่ให้แสงสีใกล้ย่านอินฟาเรดทำจากสาร GaAs มีแรงดันทำงาน 1.5 Vโดยให้แสงที่มีความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร และถ้าทำจาก ALGaAs จะได้แสงความยาวคลื่น 880 นาโนเมตรที่แรงดัน 1.75 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานที่ได้จากการเปล่งแสงของLEDหาได้จากกระแสไบอัสตรงของไดโอดต้องระมัดระวังไม่ให้กระแสส่วนนี้มีค่าสูงจนเกิดความร้อน อันจะทำอัตรายต่อชิ้นไดโอดสิ่งสำคัญที่สุดของ LED อินฟาเรดกำลังสูงคือ ชิ้นสาร AlGaAs ที่ให้ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร และสาร GaAs ซิลิกอนไดโอด ที่ให้แสงความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร ซิลิกอน LED ที่ทำจาก GaAs ให้กำลังงานประมาณ 5 มิลลิวัตต์ที่กระแสไบอัสตรง 100 มิลลิแอมป์ LED ที่ทำจาก AlGaAs จะทำให้กำลังงานเป็น 2 เท่าเมื่อให้กระแสตรงค่าเดียวกัน ข้อที่ดีกว่าอีกประการหนึ่งคือการเปล่งแสงของ LED ชนิด AlGaAs คือมี rise time และ fall time ที่เร็วกว่าคือประมาณ 0.5 ไมรโครวินาที ในขณะที่ GaAs ซิลิกอนไดโอดมีค่า 1.5 ไมโครต่อวินาทีข้อดี อีกประการหนึ่งคือการเปล่งแสงของ LED ที่ความยาวคลื่น 880 (AlGaAs) จะใกล้เคียงกับความยาวคลื่นที่ซิลิกอนโฟโตทรานซิสเตอร์มีความไวสูงสุดจึงเป็นการเหมาะที่จะใช้ LED ที่มีความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร

นอกจากนั้น LED ที่ให้ความยาวคลื่นแสง 880 นาโนเมตร ยังไม่ถูกดูดกลืนโดยละอองน้ำเหมือน LED ที่ให้ความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร จึงสามารถนำไปใช้ในการตรวจจับไอน้ำในอากาศ LED ชนิด 940 นาโนเมตร ไม่เหมาะกับการสื่อสารด้วยแสงภายนอกเพราะจุดอ่อนเรื่องการดูดกลืนด้วยไอน้ำในอากาศนั่นเอง ส่วน LED ชนิดซิลิกอนที่ทำจาก GaAs มักจะใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงย่านอินฟาเรด

การแผ่รังสีอินฟาเรด

การใช้งาน LED อินฟาเรดกำลังสูง อาจพบความยุ่งยาก ที่ไม่อาจเห็นการแผ่รังสีย่านที่ตามองเห็นได้ขอ อุปกรณ์ ชนิดนี้จึงเป็นการยากที่จะจัดเลนส์โฟกัส และยากต่อการทำรูปแบบการกระจายรังสี ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการนำการ์ดเคลือบฟอสเฟอร์ชนิดพิเศษมาใช้ในการเปลี่ยนรังสีย่านใกล้อินฟาเรด เป็นรูปแบบของแสงที่มองเห็นได้ตอนแรกจะนำการ์ดนี้ไปถูกแสงสว่างเช่น แสงในห้อง ก็จะทำให้พื้นผิวของการ์ดกลายเป็นสีเข้มเมื่อการ์ดรับแสงจาก LED อินฟาเรด ก็จะเปลี่ยนเป็นสีส้มหรือสีเขียวการเปล่งแสงที่มีความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร ของ LED อินฟาเรดกำลังสูงมองเห็นเป็นแสงสีแดงมัว ๆ เพราะการรับรู้ด้วยตาของมนุษย์จำกัดไว้ที่ 880 นาโนเมตร พอดีแต่ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2 LED อินฟาเรด AlGaAs มีการเปล่งแสงที่มีความยาวคลื่นต่ำลง เช่น 750 นาโนเมตรไดโอดที่ให้แสงส่วนที่ให้แสงความยาวคลื่นต่ำนี้ได้ LEDอินฟาเรดสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวางทั้งในโรงงานอุตสาหกรรมและระบบตรวจจับสมัยใหม่นับเป็นเซนเซอร์ที่เก่งอีกตัวหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LED กำลังสูง ที่ให้แสงย่านอินฟาเรด

รอยต่อ PN ของ LED เป็นแหล่งกำเนิดโฟตอนยอดเยี่ยมมาก สมัยแรก ๆ ได้มีการค้นพบว่ารอยต่อของแกลเลียมอาร์เซไนซ์ ซึ่งให้แสงย่านใกล้อินฟาเรดทำให้โฟตอน 88 ตัวต่ออิเล็กตรอน 100 ตัว เป็นประสิทธิภาพควอนตัมที่น่าทึ่งไม่น้อยที่เดียวแต่เนื่องจากโฟตอนที่ปล่อยมาจากรอยต่อส่วนหนึ่งถูกสกัดกั้น โดยรอบของชิ้นสารเอาท์พุตจริง ๆ จึงน้อยกว่า 88 % อีกส่วนหนึ่งของการแผ่รังสีจากรอยต่อ ก็จะถูกดูดกลืนไปได้โดยไดโอดเองและยังมีการแผ่รังสีบางส่วนที่กระทบผิวไดโอดทำให้เกิดการสูญเสียเช่นกันปัญหาเรื่องมุมวิกฤต เป็นปัญหาสำคัญประการหนึ่งซึ่งอธิบายได้ดังนี้ อากาศมีดัชนีหักเหเท่ากับ 1 (หรือ 1.0003 มีเทียบกับสูญญากาศ) ดัชนีการหักเหของเพชรคือ 2.42 ในขณะที่ GaAs มีดัชนี GaAs มีดัชนีหักเหของเพชรเท่ากับ 2.42 ในขณะที่ดัชนีหักเห ของแสงเท่ากับ 3.5 ซึ่งเป็นหนึ่งในสสารเพียงไม่กี่ชนิด ที่มีดัชนีหักเหมากกว่าเพชร ความแตกต่างของดัชนีหักเหนี้ ทำให้การแผ่รังสีของแสงที่เกิดขึ้นภายในชิ้นสาร GaAs เมื่อกระทบผิวที่ติดต่อกับอากาศภายนอกมีมุมวิกฤต 16 องศา หากมุมตกกระทบที่รอยต่อของผิวมากกว่า 16 องศา แสงนั้นจะถูกสะท้อนกลับมายังชิ้นงาน ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ปรากฏการณ์สะท้อนกลับภายใน (Total internal reflection)

วิธีลดความไม่สมดุลระหว่าง ดัชนีหักเหของแสงมีหลายวิธี วิธีหนึ่งเป็นของเท็กซัสอินสตรูเมนต์ คือ ทำผิวหน้าของไดโอดเป็นรูปโดม ทำให้แสงจากภายในมาถึงผิวต่อระหว่างอากาศและGaAsด้วยมุมที่ไม่เกิน16 วิธีนี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้สูงกว่าชิ้นไดโอดแบบราบประมาณ 10 เท่า

การผลิตไดโอดแบบนี้มีราคาค่อนข้างแพง แล้วยังต้องการสาร GaAs มากกว่าแบบราบด้วยจึงมีการอีพ็อกซี่เคลือบไดโอดเพื่อทำให้ดัชนีหักเหของแสงสมดุลดัชนีหักเหของสารเคลือบนี้มีค่าตั้งแต่ 1.4 ถึง 1.8 แม้ว่าจะไม่เท่ากับดัชนีหักเหของ GaAs ก็ตามแต่ก็มีค่าใกล้เคียงมากกว่าอากาศ

ส่วน LED ที่ทำจากแกลเลี่ยมฟอสไฟด์ ที่ให้แสงสีเขียวและมีมุมวิกฤต 7.7 องศา การเคลือบไดโอดด้วยอิพ็อกซี่ที่มีดัชนีหักเห 1.66 ทำให้เพิ่มมุมวิกฤตเป็น 30.3 องศา และทำให้การเปล่งแสงจากไดโอดเพิ่มขึ้นอีก 2.5 เท่า

พิจารณาถึงแสงที่ปล่อยออกจากขอบของสารที่ใช้ในการสร้าง LED ในสมัยแรก ๆ นั้นแสงส่วนนี้จะสูญเสียไปถ้าชิ้นสารที่ถูกวางไว้ในตัวสะท้อน (reflection) ตัวเล็ก ๆ ตัวสะท้อนนี้จะสะท้อนแสงที่เปล่งจากขอบของชิ้นสารออกมาสู่ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคโนโลยีฮีสเทอโรจังก์ชั่น

ในระยะต่อมาการพัฒนา LED ได้มีการค้นพบว่าสามารถสร้าง LED ที่ให้แสงย่านใกล้อินฟาเรดที่มีประสิทธิภาพได้โดยใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่าฮีสเทอโรจังก์ชัน (heterojunction) เทคโนโลยีแบบนี้ไดโอดจะมีสภาพเหมือนแซนวิชของสารถึงตัวนำที่มีคุณสมบัติทางแสงและทางไฟฟ้าต่างกันอยู่เล็กน้อย การทำชั้นสารหลาย ๆ ชั้นในรูปของ ฮีสเทอโรจังก์ชันเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการเปล่งแสงของไดโอดเนื่องจากการใช้เทคโนโลยีแบบนี้ทำให้ลดพื้นที่รอยต่อ PN ลงชั้นนอกสุดของฮีสเทอโรจังก์ชันมีความโปร่งในที่ให้แสงผ่านได้มากกว่ารอยต่อPNของไดโอดที่ใช้เทคโนโลยี แบบโฮโมจังก์ชัน (homojunction) ทำให้พลังงานแสงที่ได้จึงมากกว่า 2 เท่า

ด้วยเทคโนโลยีแบบฮีตเทอโรจังก์ชัน ทำให้สามารถผลิตเลเซอร์ไดโอดทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ณ อุณหภูมิห้องและผลิตเลเซอร์ไดโอดที่ให้แสงในย่านที่ตามมนุษย์สามารถมองเห็นได้ ต่อมาเทคโนโลยีแบบฮีสเทอโรจังก์ชันก็ได้นำมาใช้ในการผลิต LED ที่ให้แสงที่สามารถมองเห็นได้ และนำอลูมิเนียมแกลเลียมอาร์เซไนซ์มาใช้ผลิต LED แสงสีแดงที่มีความสว่างสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3
การออกแบบวงจรใช้งานจริง

3.1ลักษณะโดยทั่วไปและการออกแบบวงจร IC XR-2206

XR-2206 โดยทั่วไปจะเป็นโมโนลิทิคฟังก์ชั่นเจอเนอเรเตอร์ไอซี (Monolithic function gennerator IC) โดยที่ภายในถูกออกแบบมาเพื่อให้กำเนิดรูปแบบสัญญาณ(Wave From) ในลักษณะต่าง ๆ ซึ่งก็คือรูปแบบของสัญญาณซายน์ (Sine Wave)สัญญาณสี่เหลี่ยม (Square Wave) สัญญาณสามเหลี่ยม (Triangle Wave) สัญญาณแรมพ์ (Ramp) สัญญาณพัลส์ (Pulse) ซึ่งสัญญาณที่ได้มาเหล่านี้จะมีคุณภาพ เสถียรภาพ และความเที่ยงตรงสูงมาก โดยที่รูปคลื่นเอ้าท์พุตที่ได้สามารถนำไปมอดูเลตได้ทั้งแบบขนาด (Amplitude Modulation) และแบบความถี่ (Frequency Modulation) ด้วยค่าศักดาภายนอก โดยที่จะมีช่วงความถี่ใช้งานอยู่ที่ประมาณ 0.01 Hz ถึง 1 MHz

ไอซีเบอร์นี้จะเหมาะมากในการนำไปใช้ในการสื่อสาร , ระบบเครื่องมือวัด และระบบที่ต้องการแหล่งกำเนิดสัญญาณซายน์ , เอ็ม , เอฟเอ็ม หรือสัญญาณที่ผ่านการเข้ารหัสแบบเลื่อนความถี่ (FSK) ไอซีตัวนี้จะมีอัตราของผลกระทบจากอุณหภูมิเป็น 20PPm/ องศาเซลเซียส และสามารถกำเนิดความถี่ที่มีความเป็นเชิงเส้น (Linear) ได้สูงกว่า 2000 : 1 และมีผลต่อความผิดเพี้ยนอันเนื่องมาจาก Distortion มาก

3.1.1คุณลักษณะสำคัญของ XR-2206

ความผิดเพี้ยนของสัญญาณซายน์ต่ำ0.5%, Typical
เสถียรภาพทางอุณหภูมิสูง 20PPm/C, Typical
ช่วงกวาดของความถี่กว้าง 2000: 1 , Typical
ความไวต่อไฟเลี้ยงต่ำ0.01 % V, Typical
Amplitude ของการ Moduletion คงที่
สามารถนำไปประยุกต์กับทีทีแอล (TTL) ในการทำงานของ FSK ได้
ช่วงกว้างของไฟเลี้ยง 10 V – 26 V
ดิวตี้ไซเคิล (duty cycle) สามารถปรับได้ 1 % - 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การประยุกต์ใช้งาน XR-2206

ใช้กำเนิดรูปคลื่น (Waveform Generaotor)

ใช้กำเนิดความถี่ในการกวาด (Sweep Generator)

ใช้กำเนิดสัญญาณ AM/FM

ใช้ทำเป็นวงจร V/F Convertor

ใช้กำเนิดสัญญาณ FSK

ใช้เป็นวงจร Phase Lock Loop (PPL)

3.1.3 ขีดจำกัดของการทำงานที่ระดับสูงสุด (Maximum Ratings)

ไฟเลี้ยงวงจร 26 V

กำลังสัญญาณ 750 mW

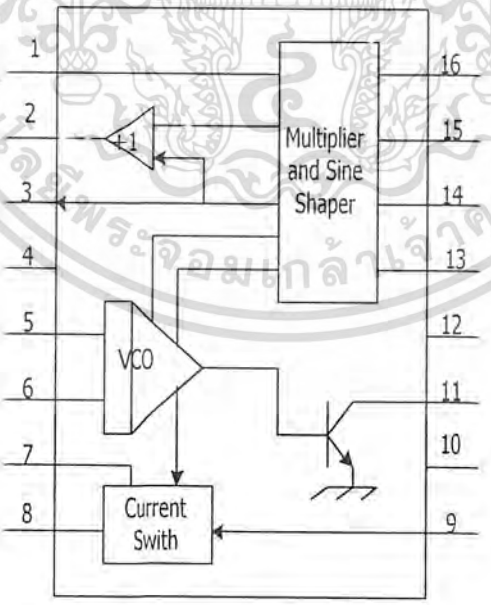
การสูญเสียเหนือ 25 C 5mW/ C

Total timing current 6 mA

ช่วงอุณหภูมิที่ใช้งาน -65 C ถึง +150 C

เสถียรภาพของอุณหภูมิสูง 20ppm/

3.1.4 โครงสร้างการทำงานของ XR-2206



รูปที่ 3.1 แสดง Function block diagram ของ XR-2206

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 รายละเอียดภายในของ XR-2206

ภายใน XR-2206 ประกอบไปด้วย 4 ภาคการทำงานได้แก่ ภาคศักดาควบคุมออสซิลเลเตอร์ (Voltage Controlled Ocsilator) , วงจรปรับสัญญาณซายน์, บัฟเฟอร์(Buffer) และสวิชทซ์กระแส วีซีโอ จะผลิตเอ้าท์พุตความถี่ที่เป็นสัดส่วนกันกระแสอินพุต ซึ่งสามารถกำหนดได้โดยตัวต้านทานที่ต่อเข้าที่ขาที่เกี่ยวข้องกับเวลาลงกราวด์(Ground) เนื่องจากมี 2 ขาที่เกี่ยวข้องกับเวลา ดังนั้นจึงสามารถสร้างสัญญาณได้ 2 ความถี่ สำหรับการสร้างสัญญาณเอ็ฟเอสเคโดยใช้ขา FSK input control ค่าเอ็ฟเอสเคอินพุตนี้จะไปควบคุมวงจรภายในส่วนสวิทซ์กระแสเพื่อให้เกิดการเลือกขาที่ตัวต้านทานสำหรับวงจรวีซีโอ

การใช้งาน XR-2206

XR-2206 สามารถที่จะใช้งานได้โดยต่อตัวต้านทานเวลา (Timing resistor) 2 ตัว แยกกันที่ขา 7 และที่ขา 8 ของไอซี โดยตัวต้านทานแต่ละตัวจะถูกจะถูกใช้นั้นขึ้นอยู่กับสัญญาณลอจิก (Logic) ที่เข้ามาที่ขา 9 ของไอซี หากขา 9 เปิดวงจรหรือต่ออยู่กับสัญญาณที่มีศักดาสูงกว่าหรือเท่ากับ 2V แล้ว R1 จะเป็นตัวต้านทานที่กำหนดเวลาในทำนองเดียวกันถ้าหากว่าขา 9 ต่ออยู่กับสัญญาณที่ศักดาต่ำกว่าหรือเท่ากับ 1V แล้ว R2จะเป็นตัวต้านทานกำหนดเวลาแทน ดังนั้นความถี่ที่ออกมาที่เอ้าท์พุตสามารถเข้ารหัสเป็น 2 ระดับนั่นก็แสดงให้เห็นว่ามีความถี่เกิดขึ้น 2 ความถี่คือ f1 และ f2 สามารถคำนวณหาได้จาก

F1=1/(R1C)

และ F2=1/(R2C)

สำหรับการใช้งานที่แยกไฟเลี้ยง ค่าศักดาเข้ารหัสที่ขา 9 จะเทียบกับ –V

3.1.6 การทำงานพื้นฐานในส่วนของการควบคุม

3.1.6.1การกระทำเกี่ยวกับความถี่

ความถี่ที่ออสซิลเลเตอร์ (Oscilator) fo จะมี C ที่ต่ออยู่ที่ขา 5 และที่ขา 6 เป็นตัวกำหนด Timing และมีตัวต้านทานที่ขา 7 และที่ขา 8 เป็นตัวกำหนดความถี่โดยที่เราสามารถปรับเปลี่ยนขาของ R หรือ C โดยมีข้อกำหนดว่าค่า R ที่ใช้จะให้การทำงานของความถี่อยู่ในช่วงที่กำหนด และเพื่อสร้างเสถียรภาพทางอุณหภูมิ ควรจะมีค่าอยู่ระหว่าง 4K โอห์ม < R< 200K โอห์ม และค่าของ C ควรอยู่ระหว่าง 1000pF ถึง 10UF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6.2 แอมปริจูดที่เอ้าท์พุต (output Amplitude)

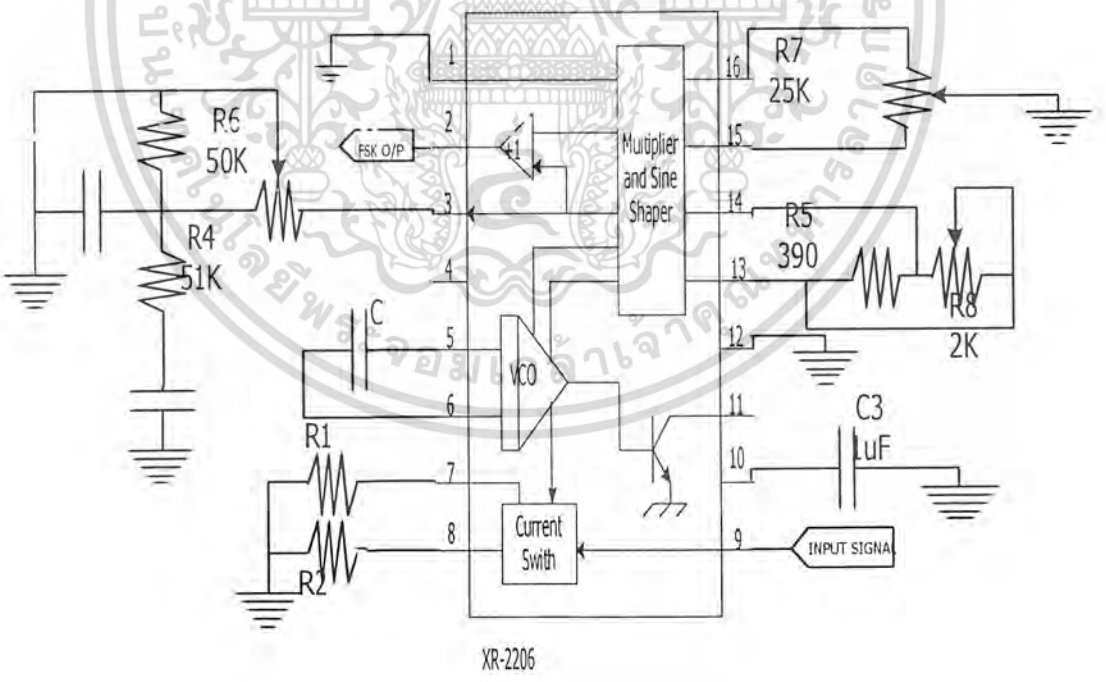
แอมปรจูดที่สูงสุดที่ o/p จะเป็นสัดส่วนกับ R3 ที่ต่อจากภายนอก ที่ต่ออยู่ที่ขา 3 สำหรับเอ้าท์พุตที่เป็นสัญญาณซายน์นั้น แอมปริจูดจะประมาณได้ 60 mVpeek/ Kโอหม์ สำหรับ Triangle จะประมาณค่าแอมปริจูดได้ 160mVpeek/ K โอหม์ ตัวอย่างเช่น R3 = 50K โอหม์ ก็จะผลิตรูปคลื่นสัญญาณซายน์ที่มีแอมปริจูดประมาณ +-3V

3.1.6.3 การควบคุมระดับศักดาไฟตรงของเอ้าท์พุต

ระดับศักดาไฟตรงของเอ้าท์พุตที่ขา 2 ประมาณเท่ากับศักดาไฟตรงที่ไบอัสเข้าที่ขา 3 ของไอซี ซึ่งจะแสดงในรูปที่ 2.2 ขา 3 ถูกไบอัสด้วยครึ่งหนึ่งของค่าศักดา V+ เทียบกับกราวด์ ดังนั้นจะได้ค่าศักดาไฟตรงที่เอ้าท์พุตเท่ากับ +V/2

3.1.6.4การปรับรูปคลื่นที่เอ้าท์พุต

ฮาร์โมนิก (hamonic) ที่เกิดขึ้นที่คลื่นซายน์สามารถลงเหลือ 0.5% โดยการเพิ่มตัวต้านทานค่าประมาณ 200 โอมห์ ที่ขา 13 และที่ขา 14 ของไอซี โดยแท็ป (tap) ตรงกลางของตัวต้านทานปรับค่าได้ประมาณ 500 โอมห์ แล้วทำการปรับสมมาตร (symmetry) ที่ขา 15 และที่ขา 16 ก่อน จากนั้นจึงปรับความเพี้ยน (distortion) ที่ขา 13 และ ที่ขา 14



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณรูปซายน์ เอ็ฟ เอส เค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.7 แนวทางในการออกแบบวงจรของ XR-2206

ในการออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณ FSK โดยใช้ XR-2206 นั้นจะต้องทำการกำหนดความถี่มาร์ค (f1) และความสเปคซ์ (f2) ขึ้นมา เพราะว่าเป็นความถี่ที่เราต้องการจะทำการคำนวณหาค่า C,R1,R2 ขึ้นมาจากสมการต่อไปนี้

$$f1 = 1/(R1C)$$

$$f2 = 1/(R2C)$$

ซึ่งในการออกแบบครั้งนี้จะทำการFix ค่าของตัวเก็บประจุเพื่อที่จะหาค่าของตัวต้านทาน R1,R2

หมายเหตุ อย่างไรก็ตามที่ได้จากการคำนวณนั้น ผลที่ออกมาจะได้ไม่เท่ากับที่เราทดลองในทางปฏิบัติจริง คือค่าที่ได้จะแค่ใกล้เคียงเท่านั้นและอาจจะมีผลต่อวงจรบ้างเล็กน้อย

3.2 ลักษณะโดยทั่วไปและการออกแบบวงจรของ IC XR-2211

เป็นวงจรเฟสล็อคลูปแบบโมโนลิทิก ซึ่งถูกออกแบบมาใช้สำหรับงานทางด้านสื่อสารข้อมูลโดยเฉพาะลักษณะพิเศษของไอซีเบอร์นี้คือจะเหมาะสำหรับนำไปใช้ในการถอดรหัสแบบเลื่อนความถี่ของโมเด็ม ไอซีตัวนี้จะทำงานในช่วงกว้างของไฟเลี้ยงคือ 4.5V ถึง 20V และมีช่วงความถี่อยู่ในช่วง 0.01 Hz ถึง 300KHz สามารถใช้สัญญาณอนาล็อกได้ในช่วง 2 mV ถึง 3V อีกทั้งยังสามารถอินเตอร์เฟส (interface) ได้กับวงจรลอจิกตระกูล (TTL) , (DTL) และ (ECL) วงจรภายในไอซีจะประกอบไปด้วย วงจรเฟสล็อคลูป สำหรับติดตามสัญญาณอินพุตในช่วงแถบผ่าน , วงจรควอดเดรเจอร์เฟสดีเทคเตอร์ (quadrature phase detector) ใช้สำหรับตรวจสอบสัญญาณพาหนะตัวเปรียบเทียบศักดาสำหรับเอ็ฟเอสเค(FSKvoltage comparetor) ใช้สำหรับดีมอดูเลตสัญญาณเอ็ฟเอสเคอุปกรณ์ที่ต่อภายนอกใช้กำหนดความถี่ศูนย์กลาง แถบความถี่ใช้งานและการหน่วงสัญญาณเอ้าท์พุต (delay output) โดยกำหนดได้อย่างอิสระ ศักดาอ้างอิงภายในเป็นสัดส่วนกับไฟเลี้ยงวงจร ดังนั้นเหมาะสำหรับระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพต่ำเมื่อไฟเลี้ยงวงจรเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 คุณสมบัติของ XR-2211

ช่วงความกว้างของความถี่ 0.01Hz ถึง 300KHz
ช่วงความกว้างของไฟเลี้ยงวงจร 4.5 V ถึง 20 V
ใช้งานร่วมกับ DTL/TTL/ECL ได้ดี
สามารถทำการ Detect Carrier ที่เป็น FSK ได้
ย่าน Dynamic rang กว้าง 2 mV ถึง 3V rms
ช่วงของการตามสัญญาณ (tracking)สามารถปรับได้ +-1% ถึง+- 80%
เสถียรภาพอุณหภูมิสูง 20 ppm/ C

3..2.2 การประยุกต์นำไปใช้งาน

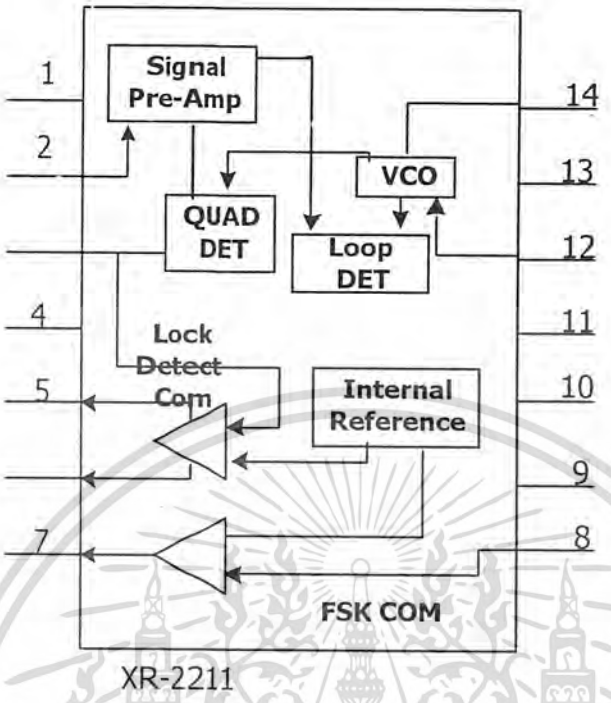
FSK Demodulation
Data Synchonization
Tone Decoding
FM Detection
Carrier Detection

3..2.3 ค่าสูงสุดในการทำงานของ XR-2211

Power Supply	20V
Input Signal Level	3 V rms
Powere Dissipation	900 mW
Ceramic Package	750 mW
Derate Above Ta=+25 C	8 mW/ C
Plastic Package	800 mW
Derate Above Ta=+25 C	60 mW / C
JEDEC SO and jepaness SO	390 mW
Derate Above Ta=+25 C	5 mW / C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 Block diagram แสดงโครงสร้างภายใน



รูปที่ 3.3 แสดง functional block diagram ของ XR-2211

3.3 รายละเอียดของระบบ

เอ้าท์พุตของเฟสดีเทคเตอร์ใช้สัญญาณผลบวกและผลต่างความถี่ของสัญญาณอินพุตกับสัญญาณจากวีซีโอนั่นคือ ความถี่เอ้าท์พุตที่ได้จะเป็น fin + fvco และ fin- fvco ดังนั้นในขณะล็อกความถี่ของสัญญาณเอ้าท์พุตจะเป็น 2fin และ 0Hz โดยการต่อตัวเก็บประจุคร่อมสัญญาณ output ของเฟสดีเทคเตอร์คือใส่วงจรกรองความถี่ต่ำนั่นเอง จะทำให้สัญญาณความถี่สูง (fin + fvco) ถูกลดทอนหายไป ทำให้เหลือเพียง ศักดากระแสซึ่งเกิดจากความต่างเฟสของความถี่ทั้งสอง และเกิดเช่นนี้เรื่อย ๆ ทำให้วีซีโอติดตามความถี่ของสัญญาณอินพุตได้

ส่วนที่เหลือของ XR-2211 จะทำงานดังนี้คือ หากว่าวีซีโอถูกขับด้วยความถี่ที่สูงกว่าหรือต่ำกว่าความถี่ศูนย์กลางแล้ววงจรเปรียบเทียบแรงดันจะสร้างสัญญาณเอ้าท์พุตลอจิกสูงและสัญญาณเอ้าท์พุตลอจิกต่ำเมื่อเฟสล็อคลูปหลักอยู่ในช่วงล็อก(quadrature phase detector และ lock detector comparator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 รายละเอียดเกี่ยวกับการใช้งาน

การถอดรหัสสัญญาณแบบเอ็ฟเอสเค (FSK Demodulator) จะแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.4 ซึ่งเป็นการแสดงวิธีการต่อวงจรถอดรหัสสัญญาณเอ็ฟเอสเค อ้างอิงมาจากรูปที่3.3 ซึ่งอุปกรณ์แต่ละตัวจะต่อดังนี้ : Ro และ Co จะเป็นตัวกำหนดความถี่ศูนย์กลางของเฟสล็อกลูป , R1 จะเป็นตัวกำหนดแถบความถี่ของระบบ , C1 จะเป็นตัวกำหนดค่าเวลาคงตัวในวงจรกรอง (loop damping factor) , Cf และ Rf กำหนด onepole-post-detection filter สำหรับข้อมูลเอ้าท์พุตของสัญญาณเอ็ฟเอสเค , ตัวต้านทาน(Rb = 510K) จากขาที่ 7 ไปขาที่ 8 มีไว้เพื่อป้องกันการป้อนกลับแบบบวกสำหรับตัวเปรียบเทียบแรงดันของสัญญาณเอ็ฟเอสเคเพื่อทำให้เกิดความเร็วในการเปลี่ยนสถานะลอจิก

3.5 แนวทางในการออกแบบ

ในการทดลองครั้งนี้ใช้ค่าความถี่มาร์ค (mark) = 1200 Hz และใช้ความถี่ สเปซ(space) = 2200 Hz ซึ่งความถี่มาร์คและความถี่สเปซนี้เรากำหนดค่าพารามิเตอร์ให้เป็น (f1 , f2) ดั่งจะเห็นได้จากการคำนวณ

1)การคำนวณหาค่าความถี่ศูนย์กลางของเฟสล็อกลูป (PLL)

$$fo = (f1 + f2)$$

2) การเลือกค่าตัวต้านทานกำหนดเวลา Ro ให้เลือกในช่วง 10K ถึง 100K โดยสามารถเลือได้ตามใจชอบ สำหรับค่าอ้างอิงของ Ro เป็น 20K ซึ่งจะต้องต่อความต้านทานปรับค่าได้ไว้สำหรับปรับละเอียด Rx

3) คำนวณค่าของ Co จากสมการ

$$Co = 1/ Rofo$$

4) คำนวณค่า R1 เพื่อกำหนดความเบี่ยงเบนของความถี่มาร์คและความถี่สเปซ

$$R1 = Ro[fo / (f2 - f1)]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) คำนวณค่า C1 เพื่อกำหนดค่า Loop dampling ( ) โดยที่มีค่าอ้างอิงอยู่ที่1/2 ดังนั้นจะได้

$$C1 = Co / 4$$

6) คำนวณตัวเก็บประจุกรองข้อมูล Cf : สำหรับ Rf = 100Kโอหม์, Rb = 510K โอหม์ ค่าอ้างอิงของ Cf คือ

$$Cf\ (UF) = 3 / (Baud\ Rate)$$

ค่าที่คำนวณได้จริง

1)ค่าความถี่กลางของเฟสล็อกลูป

$$fo = (f1 + f2) / 2$$
$$= (1200 + 2200) / 2$$
$$= 1700\ Hz$$

2)เลือกค่า Ro :

Ro =22K , โดยใช้ตัวต้านปรับค่าได้ 5K เป็นตัวปรับละเอียดอีกที

3) คำนวณค่า Co :

$$Co = 1 / Rofo$$
$$= 1 / [(1700\ Hz)(22\ K)]$$
$$= 0.0268\ UF$$ แต่เราจะเลือกใช้ 0.027 UF

4) คำนวณหาค่า R1

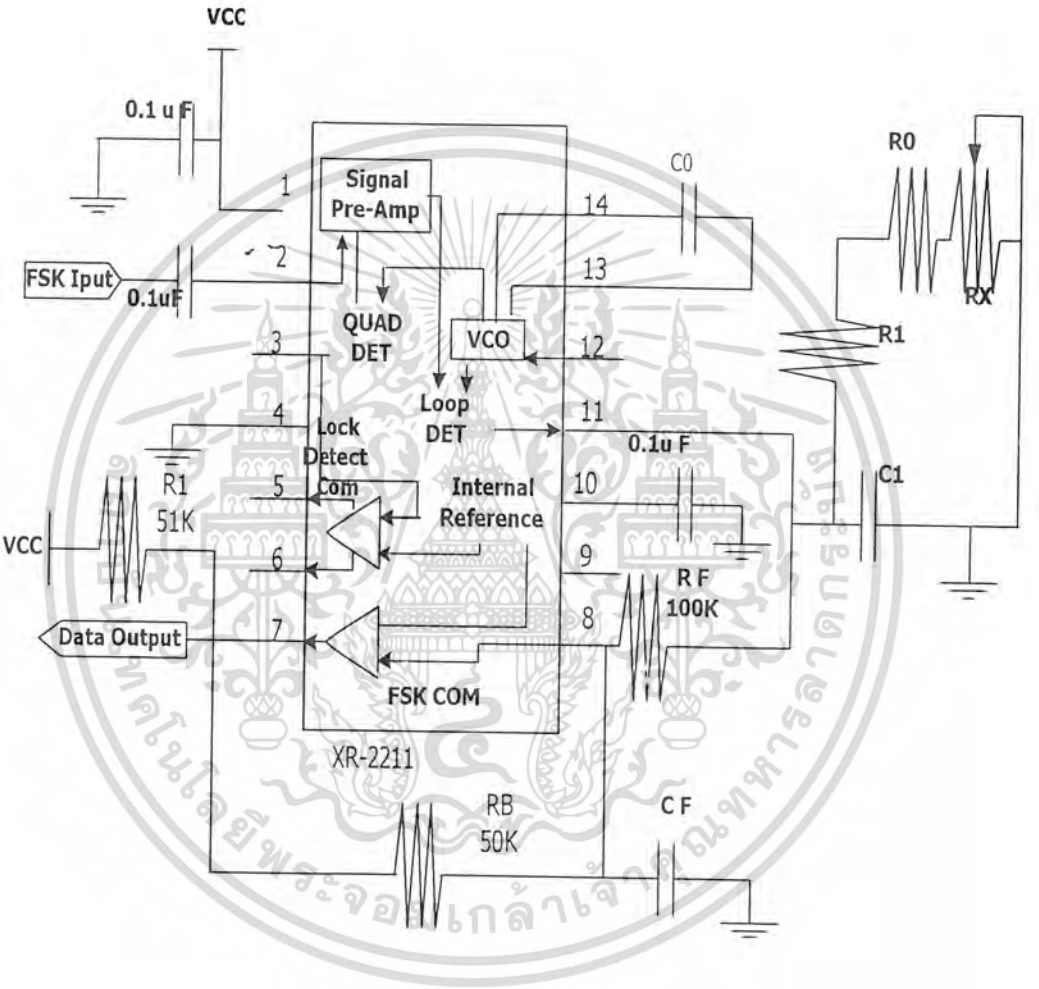
$$R1 = Ro[\ fo / (\ f2 - f1)]$$
$$= (22K)\ [1700 / (2200 - 1200)]$$
$$= 37.4$$ โอหม์ แต่จะใช้ค่าประมาณ 30 Kโอหม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) คำนวณค่า C1 : , เมื่อใช้ค่า Loop Dampling =1/2

$$C1 = Co / 4$$

$$= 0.00675 \text{ UF แต่ใช้ค่าประมาณ } 0.01 \text{ UF}$$



รูปที่ 3.4แสดงการต่อใช้งานเป็นวงจรถอดรหัสสัญญาณเอ็ฟเอสเค

** หมายเหตุ ** เนื่องจากในการออแบบนั้นสามารถคำนวณออกมาได้ แต่ว่าค่าที่คำนวณออกมาได้นั้น ในอุปกรณ์บางตัวไม่สามารถที่จะหาได้ตามค่าที่คำนวณออกมาดังนั้นจึงใช้ค่าที่ใกล้เคียงซึ่งเป็นสาเหตุ ที่ทำให้ค่าของสัญญาณที่เอ้าท์พุตมีการผิดเพี้ยนบ้างเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรเครื่องรับส่งที่ใช้จริง

ภาคส่ง

ในวงจรภาคส่งนี้ประกอบไปด้วย IC CD4093 ซึ่งเป็น Nane Gate SchmittTrigger ทำหน้าที่เป็นตัวสร้างสัญญาณ Pulse ซึ่งจะนำไป Driver ให้กับภาคModulator ซึ่ง Output ที่ได้จะออกมาจากขาที่ 11 ของไอซี CD 4093 จากนั้นสัญญาณจะถูกส่งไปยังขา Base ของ Transistor ซึ่งมี R 30K เป็นตัวจำกัดกระแสที่ขา Base โดยที่ขา collector ของ Transistor จะมี coil ขนาด 1.5 uH ต่ออนุกรมอยู่กับ Vcc โดยจะทำงานร่วมกับ Capacitor ที่ต่อคร่อมขา Base และ Collector ของ Transistor ซึ่งเป็น Capacitor แบบปรับค่าได้แต่ถ้าวิเคราะห์ให้ดี ๆ จะเห็นว่าCapacitor ปรับค่าตัวนี้จะทำหน้าที่เสมือนเป็น L ปรับค่า ซึ่งโดยรวมแล้วในส่วนนี้จะประกอบเป็นวงจร Resonance ซึ่งจะกำเนิดความถี่ออกมาประมาณ 200 MHz ออกมาที่ขา Output จากนั้นเมื่อมีสัญญาณ Pulse มาทริกที่ขา Base ของ Transistorแล้วจะถูกส่งผ่านสายอากาศออกไปยังภาครับอีกที่

ภาครับ

สัญญาณจากสายอากาศที่รับเข้ามาจะผ่านมาที่วงจรTune ซึ่งประกอบไปด้วยTransistor MPS H10 เป็นตัวหลักสำคัญ เพื่อทำหน้าที่จูนความถี่และทำการDetect สัญญาณไปด้วยในตัว และสัญญาณที่ได้ออกมานั้นจะมีลักษณะเป็น Pulseซึ่งสัญญาณ Pulse นี้จะถูกส่งไปเปรียบเทียบโดย IC LM 324 ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบลักษณะ ของ Pulse แล้วให้กำเนิด Pulse ตัวใหม่ที่สมบูรณ์กว่าความถี่ที่Transistor Detect ออกมา โดยสัญญาณที่ได้มานั้นจะถูกส่งผ่านมาจากขา 8 ของIC LM 324 เข้าสู่วงจร Demodulate FSK เพื่อที่จะทำการ Detect สัญญาณให้เป็น Binary "0" และ "1" ออกมาตามค่าของ Input ที่ถูกส่งมา

3.7 การสร้างวงจรวัดระยะทางด้วยอุลตร้าโซนิค

การทำงานของวงจร

เริ่มจากภาคกำเนิดความถี่ 17.3 KHz ซึ่งจะประกอบด้วยชุดวงจรรวม (integratedcircuit : IC) หมายเลข HD14049 , ชุดตัวต้านทาน 33K โอห์ม, 560Kโอห์ม รวมทั้งตัวต้านทานปรับค่า 22 KHz และตัวเก็บประจุขนาด 300 pF โดยมีความต้านทานปรับค่าได้ทำหน้าที่ปรับความถี่ให้เท่ากับ 17.3 KHz เหตุผลที่ใช้ความถี่นี้เนื่องจากเพื่อให้ส่วนนับความถี่นับจำนวนความถี่แล้วแสดงผลออกมาเป็นระยะทางที่ถูกต้อง โดยคิดจากความเร็วของเสียงในอากาศที่อุณหภูมิปกติ 25 องศาเซลเซียส คือ 346 เมตรต่อวินาที และระยะทางที่คลื่นเดินทางไป-กลับจะเป็น 2 เท่า ของระยะทางจริง ดังนั้นความเร็วที่ใช้งานที่เท่ากับความถี่ใช้งานเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(34,000cm/s)/2 =17,300cm/s หรือ 17.3 KHz สัญญาณสัญญาณความถี่นี้จะถูกส่งไปสองทางคือ ทางแรกจะเป็นสัญญาณนาฬิกาให้กับวงจรนับ โดยผ่าน HD14049 ซึ่งเป็นเกตที่ถูกควบคุมการปิด-เปิดจากฟลิบพลอบ CD4027 BCN อีกทางจะถูกส่งไปยังวงจรหารความถี่หรือ CD 4020 BE ซึ่งจะหารความถี่ด้วย 2 ^14 เพื่อให้ได้ความถี่ 1 Hz มาควบคุมวงจรโมโนสเตเบิ้ลต่อไป ซึ่งจะมีอยู่ 4 ชุดด้วยกัน สัญญาณจากวงจรโมโนสเตเบิ้ลชุดที่ 1 จะเข้ามาอินพุทของตัวนับความถี่ (counter) MM74C926N เพื่อค้างค่าที่นับได้ของวงจรนับ ให้สามารถนำไปใช้ในการแสดงผลให้อ่านค่าระยะทางได้ สัญญาณจากโมโนสเตเบิ้ลชุดที่ 2 จะเข้าขาที่ 2 ของวงจรนับเพื่อให้ค่าที่นับไว้ก่อนหน้านั้นในวงจรนับถูกเคลียร์และเตรียมพร้อมในการวัดรอบต่อไป แต่ค่าที่แสดงผลครั้งสุดท้ายจะคงอยู่จนกว่าจะมีรายละเอียดการวัดระยะทางในรอบต่อไปเข้ามา ดังนั้นเราจึงสามารถอ่านค่าระยะทางที่วัดใหม่ได้ในทุก ๆ 1 วินาที สัญญาณจากวงจรโมโนสเตเบิ้ลชุดที่ 3 จะเป็นพัลส์ซึ่งไปควบคุมวงจรกำเนิดความถี่ 40 KHz ของภาคส่ง ให้ส่งคลื่นอุลตร้าโซนิคออกมา 12 พัลส์ ให้ช่วงกว้าง 0.3 มิลลิวินาทีของ 1 ช่วงการส่ง (1 วินาที) โดยพัลส์ที่ส่งออกไปจะสะท้อนกลับวัตถุและรับโดยตัวรับสัญญาณโดยตัวรับ ส่วนสัญญาณจากวงจรโมโนสเตเบิ้ลชุดสุดท้ายจะเป็นพัลส์ซึ่งทำการรีเซต J-K ฟลิบฟลอบให้เปิดเกต เพื่อสัญญาณความถี่ 17.3 KHz จะได้ถูกส่งผ่านไปยังวงจรนับ

ส่วนภาคส่งและกำเนิดความถี่ 40 KHz จะประกอบไปด้วยเกต CD 4093 BE, ชุดตัวต้านทาน 27 K โอห์ม และตัวต้านทาน 100K โอห์ม รวมถึงตัวเก็บประจุ 1 nF ทำหน้าที่เป็นวงจรกำเนิด ความถี่แบบบริดจ์ โดยจะมีตัวส่งอุลตร้าโซนิคทำหน้าที่เป็นตัวแพร่กระจายคลื่น วงจรกำเนิดความถี่ จะควบคุมโดยวงจรโมโนสเตเบิ้ล และสามารถปรับค่าความถี่ให้ใกล้เคียงกับ 40 KHz มากที่สุด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของตัวส่งอุลตร้าโซนิคให้สูงสุด

ส่วนภาครับจะประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ 2 ตัว และอุปกรณ์ต่อร่วมทำการขยายสัญญาณที่ได้รับจากตัวอุลตร้าโซนิค ซึ่งมีตัวต้านทานปรับค่าได้ประมาณ 5 Kโอห์มเป็นตัวปรับความไวในการรับเมื่อมีสัญญาณสะท้อนกลับมายังตัวรับก็จะถูกตรวจพบโดยชุดตรวจจับสัญญาณ และจะส่งสัญญาณที่ได้นี้ไปยังขานาฬิกา (clock) ของฟลิบฟลอบโดยให้ส่งสัญญาณไปปิดเกตอีกต่อหนึ่งเพื่อหยุดการนับ

ภาคนับและแสดงผลจะประกอบอยู่ใน ICMM74C926N ทั้งหมด ซึ่งจะแสดงผลของการนับจะใช้วิธีการที่เรียกว่า มัลติเพล็กซ์ (Multiplex) โดยจะต่อขาของตัวแสดงผล(7-segment) เข้าด้วยกันและผ่านชุดของตัวต้านทานขนาด 82 โอห์ม 7 ตัว ซึ่งเป็นตัวจำกัดกระแสให้กับอุปกรณ์แสดงผล แล้วใช้การป้อนสัญญาณจากขา A,B,C และ D ของตัวนับมาควบคุมส่วนแสดงผลให้แสดงผลที่ละหลักแต่เนื่องจากความเร็วสูงมาก จึงต้องใส่จุดที่ตัวแสดงผลหลักที่สองเพื่อให้สองหลักแรกอ่านค่าเป็นเมตร และหลักสุดท้ายอ่านค่าเป็นเซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจ่ายไฟวงจรนี้ใช้ไฟ DC มีขนาดประมาณ 9 V แต่ยกเว้นในส่วนของตัวนับซึ่งต้องการไฟเลี้ยง 5 V ตามมาตรฐานของตัวมันเอง จึงต้องมาเรกูเลเตอร์ (regulator) เป็นตัวกำจัดแรงดัน ขนาด 9 V ให้เหลือ 5 V

การคำนวณระยะทางในการคำนวณระยะทาง

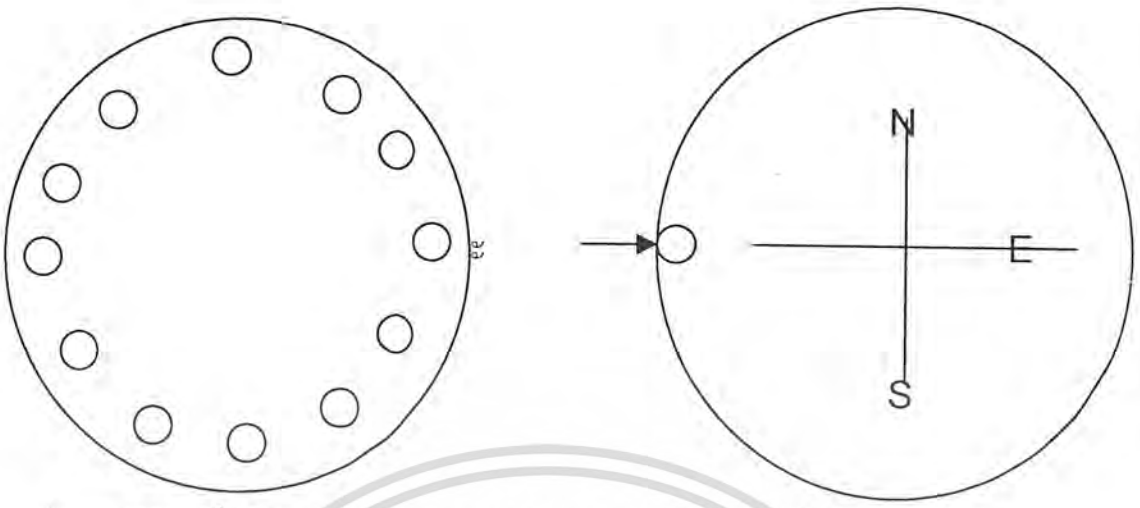
จะขอยกตัวอย่างระยะห่าง 1 เมตร ดังนั้น เวลาที่คลื่นอุลตร้าโซนิคถูกส่งออกไปและรับกลับมาจะเท่ากับ (2* 1 เมตร) / (346 เมตรต่อวินาที หรือ 5.8 มิลลิวินาที) โดยที่ความเร็วของเสียงในอากาศมีค่าเท่ากับ 346 เมตรต่อวินาที และระยะทางที่เกิดขึ้นเป็น 2 เท่า ของระยะทางจริง

จากตัวอย่างจะได้ช่วงเวลาในการส่งและช่วงเวลาในการรับมีค่าเท่ากันคือ ช่วงละ 2.9 มิลลิวินาที เมื่อเกิดสัญญาณ 1 Hz ขึ้นที่ภาคหารความถี่ ส่วนของสัญญาณนี้จะไปทำการรีเซตตัวนับให้เริ่มนับตั้งแต่ 0000 และตัวส่งก็จะส่งที่มีความถี่ 40 KHz ออกไป 12 พัลส์ ของช่วงเวลา 0.3 มิลลิวินาที ใน 1 ช่วงการส่ง (1 วินาที) ขณะเดียวกันฟลิบฟลอบก็จะถูกรีเซตเพื่อเปิด เกตให้สัญญาณนาฬิกา ความถี่ 17.3 KHz ผ่านเข้าไปเป็นสัญญาณนาฬิกา ความถี่ 17.3 KHz ผ่านเข้าไปเป็นสัญญาณนาฬิกาของวงจรนับ และจะทำการนับไปเรื่อยๆ จนถึงเวลาที่คลื่นอุลตร้าโซนิคสะท้อนกลับมายังตัวรับ ซึ่งเป็นเวลา 5.8 มิลลิวินาที ตามที่ได้คำนวณ ข้อสังเกตคือ ว่าเวลาที่ใช้ในการส่งและรับคลื่นต้องไม่ต่ำกว่าเวลาที่ใช้ในการรีเซตฟลิบให้เปิดเกต โดยเวลาที่ใช้ในการรีเซตนั้นเท่ากับ 2 มิลลิวินาทีมิเช่นนั้นแล้วเครื่องวัดระยะทางจะไม่สามารถวัดได้เพราะช่วงเวลานั้นฟลิบฟลอบยังทำการรีเซต จากจุดนี้ทำให้ทราบ ถึงขอบเขตการวัดของเครื่องวัดทางนี้ นั่นคือระยะที่น้อยที่สุดที่เครื่องจะสามารถวัดได้ ต้องใช้ เวลาที่คลื่นเดินทางไม่ต่ำกว่า 2 มิลลิวินาที หรือคิดเป็นระยะทางได้ประมาณ 35 เซนติเมตร ตามทฤษฎีจากตัวอย่างเวลาที่คลื่นเดินทางไปและกลับคือ 5.8 มิลลิวินาที หลังจากที่คลื่นถูกตรวจจับได้ที่ภาครับ เกตจะปกปิดเพื่อหยุดการนับซึ่งวงจรนั้นก็จะทำการนับพัลส์ที่เข้ามาในช่วงระยะเวลาที่เท่ากันคือ 5.8 มิลลิวินาที ก่อให้เกิดสัญญาณเท่ากับ (17,300 พัลส์ต่อวินาที)*(5.8 มิลลิวินาที) หรือ 100 พัลส์ซึ่งก็เทียบเท่ากับ 100 เซนติเมตรนั่นเอง โดยตัวเลขที่แสดงบนตัวแสดงผลจะเป็น 01.00 หรือเท่ากับ 1 เมตร

3.8 หน่วยบอกทิศทาง

ในหน่วยบอกทิศทางนี้จะใช้เข็มทิศมาเป็นตัวชี้ตำแหน่งของทิศว่าในขณะนี้รถอยู่ในทิศทางใดสามารถทำได้โดยนำเข็มทิศมาติดเซ็นเตอร์เข้าไปก็จะได้สัญญาณออกมาแต่ละทิศซึ่งหัวเซ็นเซอร์ที่ใช้จะเป็นเซอร์เซอร์แสง INFRARED เพราะแสงธรรมดาจะไม่มีผลต่อเซ็นเซอร์นี้ โดยจะติดหัวเซ็นเซอร์เข้าไป 12 ตัวก็จะสามารถบอกทิศทางได้ 12 ทิศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ส่วนของกรอบเข็มทิศ
นำมาต่อหัวเซ็นเซอร์

ส่วนของตัวเข็มทิศ
นำมาเจาะรู 1 รูให้แสงผ่าน

รูปที่ 4.1 แสดงการเจาะรูบนเข็มทิศ

การติดตั้งหัวเซ็นเซอร์อินฟาเรด INFREARED

หัวเซ็นเซอร์ INFREARED จะมีทั้งตัวรับและตัวส่ง โดยตัวส่งจะติดไว้ด้านบนของตัวเข็มทิศทางด้านตัวรับจะติดไว้ทางใต้ ของเข็มทิศ เมื่อแสง INFRARED ผ่านรูที่เจาะไว้ที่เข็มทิศมายังรับตัวรับ ตัวรับตัวใดเซ็นเซอร์ได้ก็จะบอกทิศทาง

วงจรขยายสัญญาณเพื่อส่งไปยังหน่วยประมวลผล

เนื่องจากหัวเซ็นเซอร์ INFRARED นำกระแสมากไม่ได้ อาจทำให้เสียหายได้จึงต้องมีวงจรขยายกระแสเพิ่มขึ้นเข้ามาและโครงสร้างของตัวรับ INFRARED จะเป็นเหมือนกับทรานซิสเตอร์ชนิด NPN การไบอัสใช้แสง INFRARED การขยายกระแสโดยใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN นำมาต่อแบบดาร์ลิงตัน ก็จะได้กระแสเพิ่มขึ้นมา

การนำเข้าไปใช้ ข้อมูลที่จะต้องใช้นั้นจะต้องเป็นสัญญาณดิจิตอล ดังนั้นจะต้องนำสัญญาณเอาท์พุตที่ได้มาผ่านวงจรสมิททริกเกอร์เพื่อให้ได้เอ้าท์พุตออกมาเป็นดิจิตอลในที่นี้จะใช้วงจร COMPARATORมาเปรียบเทียบระดับสัญญาณโดยจะใช้ไอซีเบอร์ LM 339 ซึ่งจะเป็น COMPATOR OP-AMP จะได้เอาท์พุตออกมาเป็น ลอจิก " 0 " และ " 1 " ส่งต่อไปยังหน่วยประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลอง และผลการทดลอง

4.1 วงจรวัดระยะทางอุลตร้าโซนิค

4.1.1. ขั้นตอนการทดลองวงจรวัดระยะทาง

4.1.1.1 ต่อวงจรลง Proto Board

4.1.1.2 ทดลองจ่ายไฟให้กับวงจร

4.1.1.3 ทดลองเคลื่อนย้ายชุดวัดระยะทางแล้วสังเกตุดูว่าค่าที่เปลี่ยนไปตรงกับความจริงหรือไม่

4.1.2. ผลการทดลองวงจรวัดระยะทาง

จากการทดลองจะเห็นว่าการวัดระยะทางยังมีการวัดที่ผิดพลาดอยู่มากในระยะที่ใกล้เกินไป เนื่องจากปรับความถี่ของอุลตร้าโซนิคยังไม่เหมาะสม และในการต่ออุปกรณ์ลง Proto Board จะทำให้ค่าต่างๆผิดพลาดก็ได้

4.1.3. การแก้ปัญหาของวงจรวัดระยะทาง

จากปัญหาที่เกิดขึ้น ในกรณีที่ความถี่ที่ส่งให้ตัวอุลตร้าโซนิคมีค่าไม่เหมาะสม การแก้ไขจะต้องพยายามปรับค่าความถี่ที่ตัว VR1,VR2 เพื่อให้ได้ความถี่ที่เหมาะสม และเพื่อแก้ปัญหาความผิดพลาดจากการต่ออุปกรณ์ลง Proto Board สามารถแก้ได้โดย การลงอุปกรณ์ลงแผ่นปริ้นซ์

4.2 ชุดวงจรบอกทิศทาง

4.2.1 ขั้นตอนการทดลองชุดวงจรบอกทิศทาง

4.2.1.1 นำเข็มทิศดัดแปลงเพื่อใช้ร่วมกับวงจรเซนเซอร์อินฟาเรดโดยการเจาะรูตามรูป 4.1

4.2.1.2 ต่อวงจรเซนเซอร์อินฟาเรดทั้ง 12 ตัวในภาคส่งและอีก 12 ตัวทางภาครับ

4.2.1.3 แล้วนำเข็มทิศและวงจรอินฟาเรดมาประกอบกัน

4.2.2 ผลการทดลองชุดบอกตำแหน่ง

ตัวรับแสงสามารถรับแสงได้แต่ยังมีความผิดพลาดเนื่องจากตัวรับแสงตัวอื่นสามารถรับแสงได้เหมือนกันทำให้การบอกตำแหน่งผิดพลาดและในขณะที่เคลื่อนที่ทำให้เข็มทิศแกว่งไปมาไม่ สามารถอ่านค่าได้แม่นยำในทันที

4.2.3 การแก้ไขชุดบอกตำแหน่ง

เปลี่ยนแผ่นพลาสติกให้รูเล็กลงและพยายามหาระยะห่างระหว่างหลอดอินฟาเรดกับตัวเข็มและแผ่นพลาสติกต้องกันแสงได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

4.3.1ขั้นตอนการทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์

4.3.1.1 ทดลองเขียนโปรแกรมการทำงานลงบอร์ดแจ๊ส 31 (JAZZ 31)

4.3.1.2 แล้วทำการอัดโปรแกรมลงตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ 89 C51

4.3.1.3 ต่อวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับสเต็ปเปอร์มอเตอร์แล้วรันโปรแกรม

4.3 1 4 ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลกับชุดเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์

4.3.1.5 ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลกับชุดวัดระยะทางอุลตร้าโซนิค

4.3.2 การทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์

4.3.2.1 สามารถหมุนสเต็ปเปอร์มอเตอร์ตามโปรแกรมที่ออกแบบไว้

4.3.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถรับค่าจากชุดเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์ได้แต่อาจจะผิดพลาดบางเนื่องจากในขณะที่รถวิ่งเข็มทิศจะสั่นมาก

4.3.2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถรับค่าจากชุดวัดระยะทางได้แต่มีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากค่าที่อ่านได้เปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลาทำให้ค่าที่ได้ไม่แม่นยำเท่าที่ควร

4.3.3 การแก้ไขชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

4.3.3.1 ในกรณีที่เข็มทิศสั่นเกินไปในขณะที่รถวิ่งสามารถแก้ไขโดยพยามโปรแกรมให้รถมีการขับเคลื่อนให้เสถียรภาพมากที่สุดและเมื่อจบคำสั่งแต่ละครั้ง รถจะหยุดเพื่อตรวจสอบทิศให้แน่นอนอีกครั้ง

4.3.3.2 ในกรณีที่รถวัดค่าจากชุดวัดระยะทางไม่ได้ สามารถแก้ไขโดยจะหยุดรถเพื่ออ่านค่าก่อนจะรับและส่งค่าที่อ่านได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

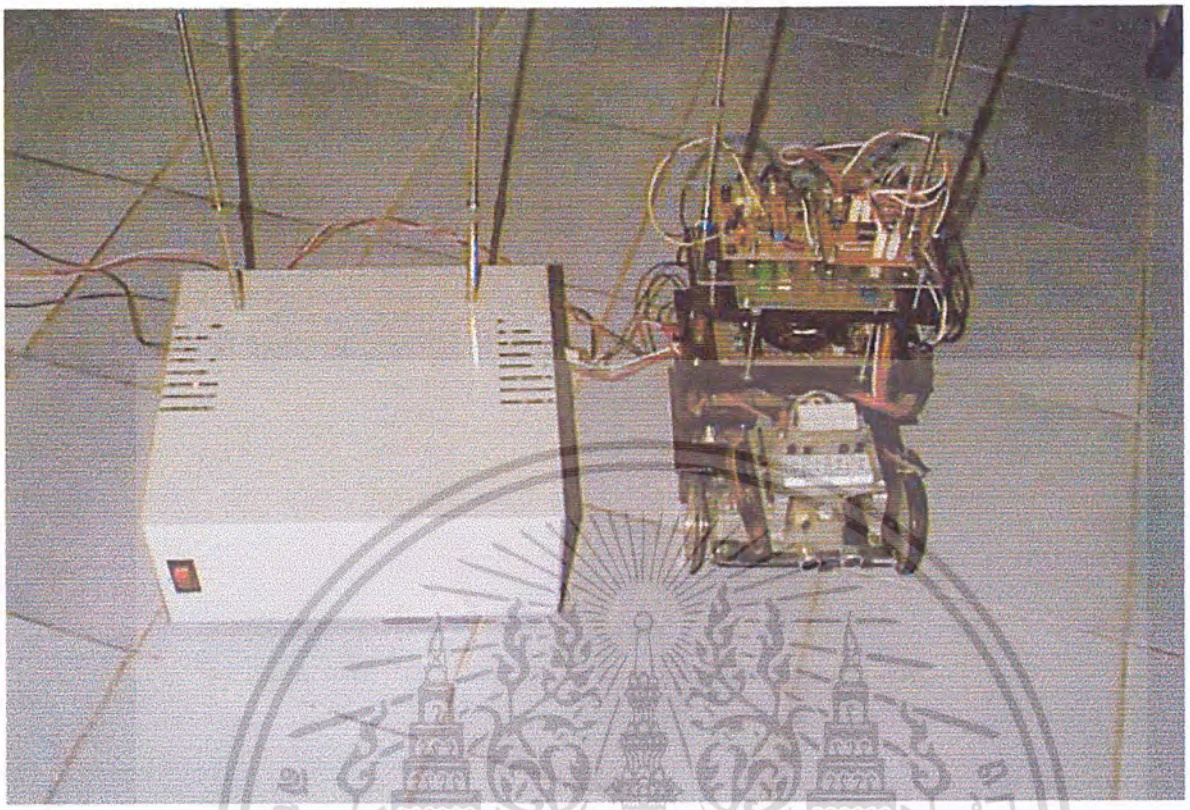
บรรณานุกรม

1. ฐิรพงษ์ นามแถ่ง, " ตลับเมตรไร้สาย " วารสารเซมิคอนดัคเตอร์ อิเล็กทรอนิค, ฉบับที่ 171 พฤษภาคม 2540.
2. บุญเชิด เนติศักดิ์ ทฤษฎีและปฏิบัติเครื่องรับส่งวิทยุ AM-FM. กรุงเทพ ฯ :บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , 2540
3. ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์. เครื่องรับส่งวิทยุและโทรทัศน์. กรุงเทพ ฯ :ตำราชุดวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, พิมพ์ครั้งที่2
4. บัณฑิต จามรภูติ. คู่มือการใช้ Protel for Windows. กรุงเทพ ฯ :บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด, 2540
5. ทนง โชติสรยุทธิ์," เทคนิคการใช้งานอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์ สำหรับนักทดลอง", วารสารเซมิคอนดัคเตอร์ อิเลกทรอนิค, ฉบับที่ 44
6. ปรเมษฐ์ ประนยานัณทน์, ปิยพงศ์ เผ่าวนิช, " คู่มือและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ", บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2521.
7. ผศ.สมยศ จุณณะปิยะ," การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ " คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2537.
8. รวมโครงงานเรื่องรีโมตเครื่องควบคุมไร้สาย, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2538.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

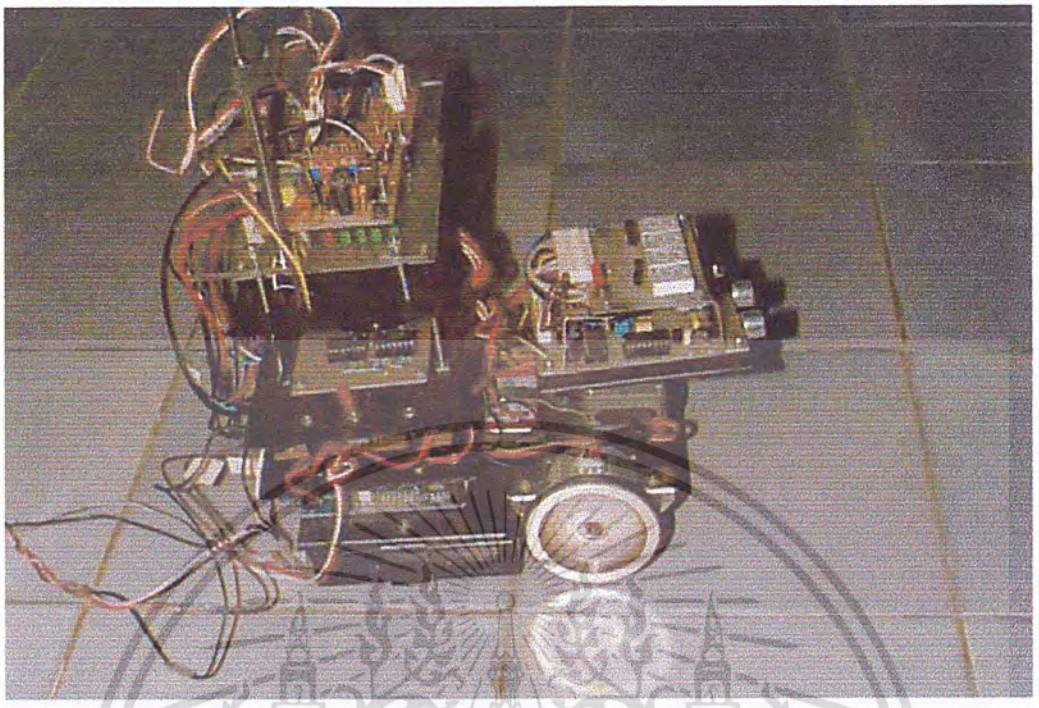
ภาคผนวก ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

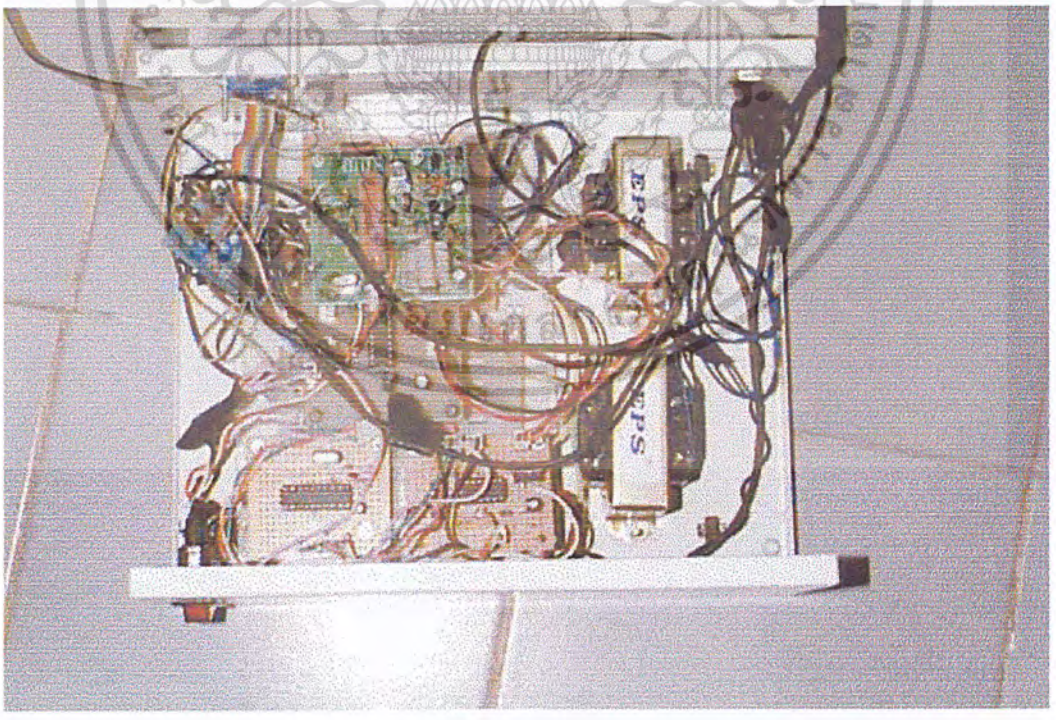


รูปแสดงตัวหุ่นและชุดเครื่องรับ - เครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

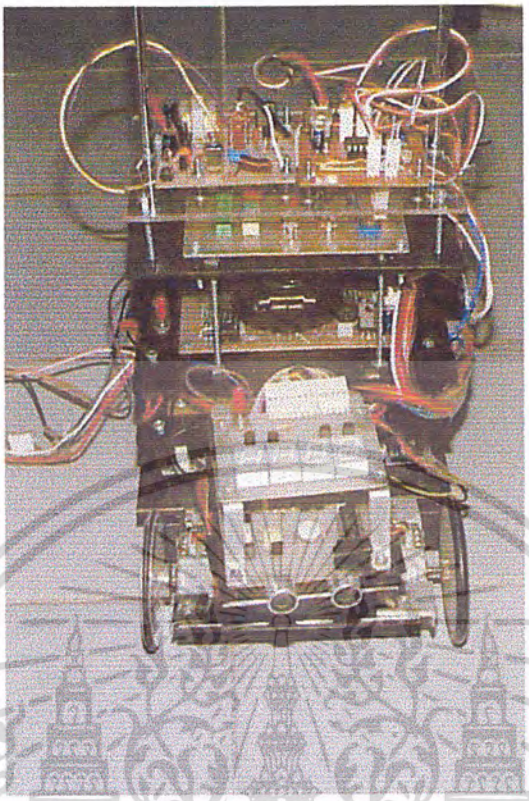


รูปแสดงตัวหุ่นยนต์

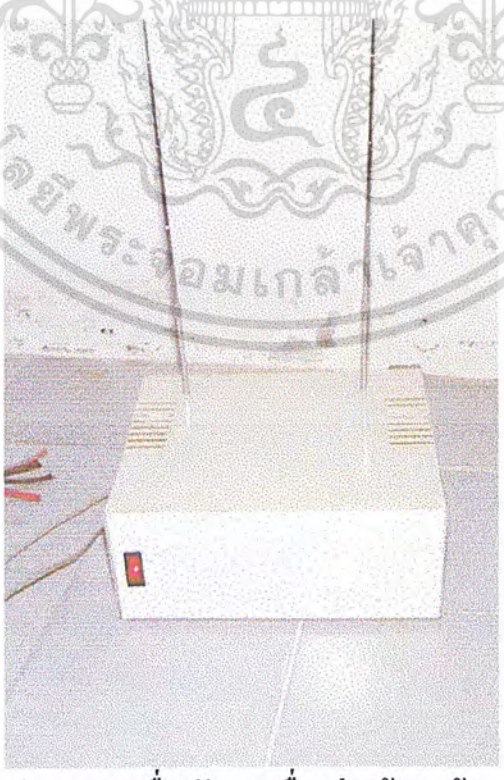


รูปแสดงชุดเครื่องรับ - เครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

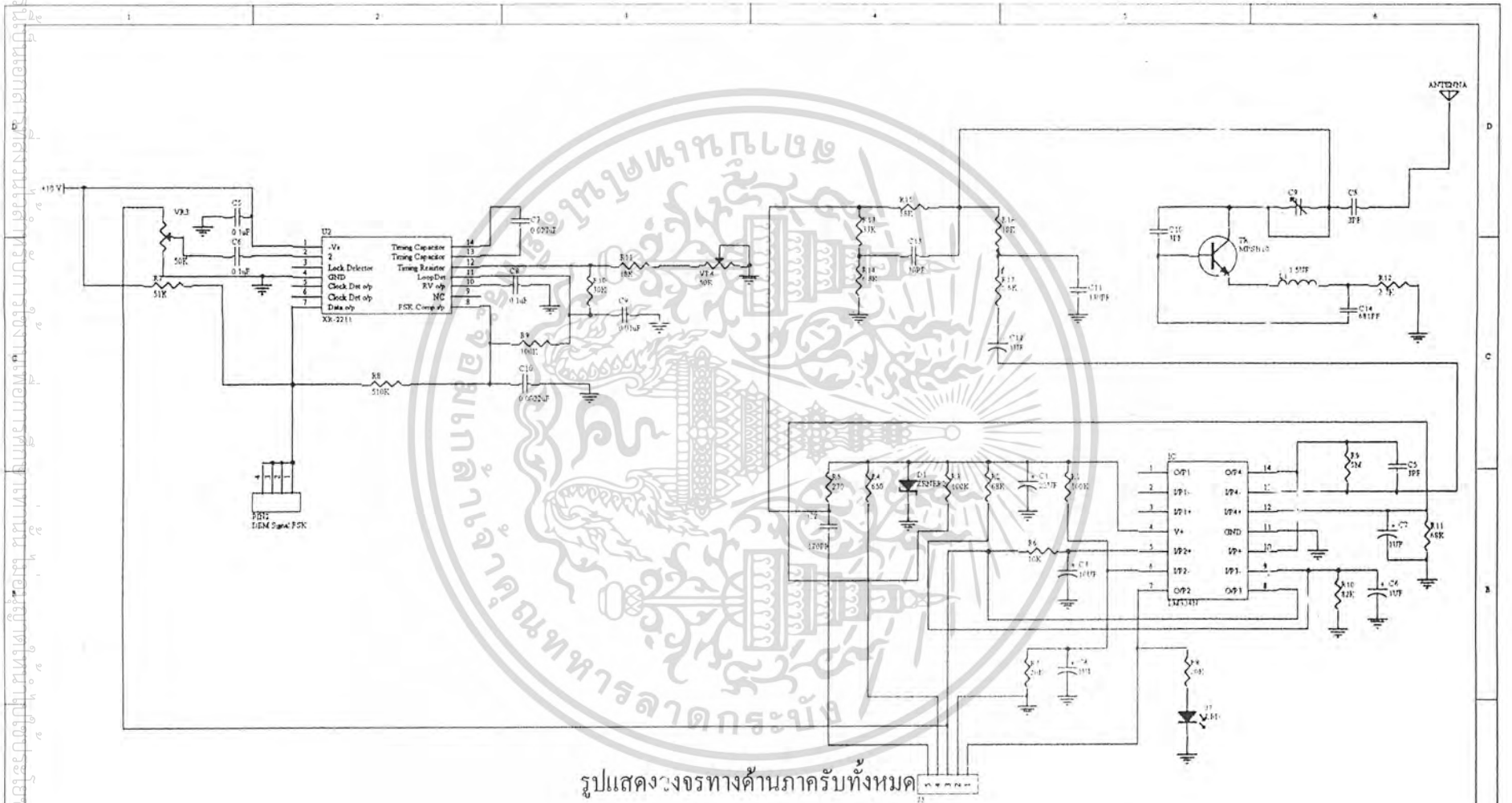


รูปแสดงตัวหุ่นยนต์ (ด้านหน้า)

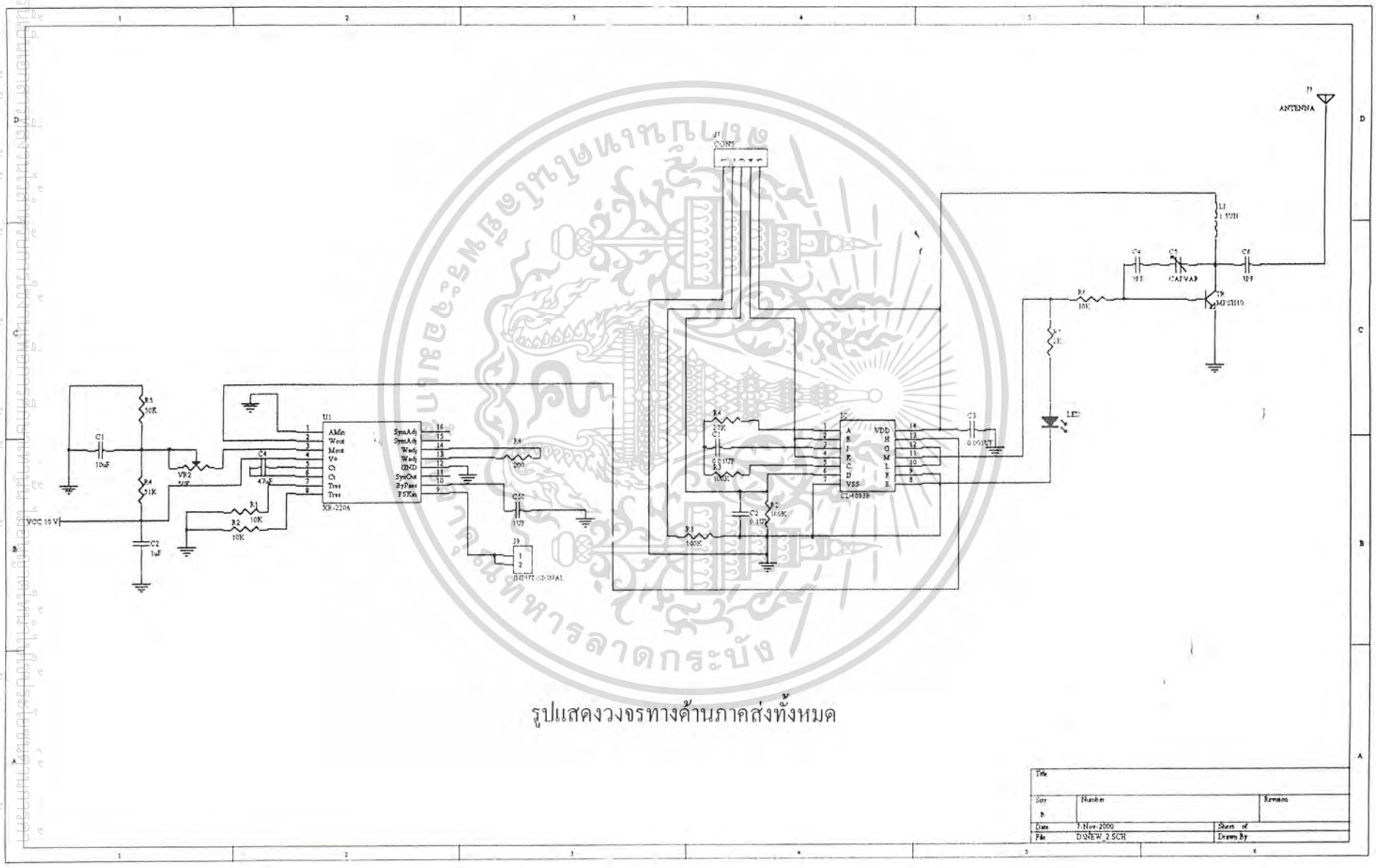


รูปแสดงชุดเครื่องรับ – เครื่องส่ง (ด้านหน้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

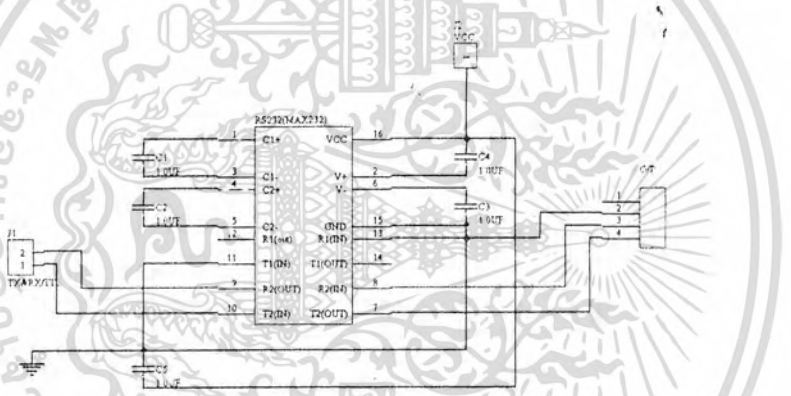


ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ห้ามนำไปใช้ในการค้า



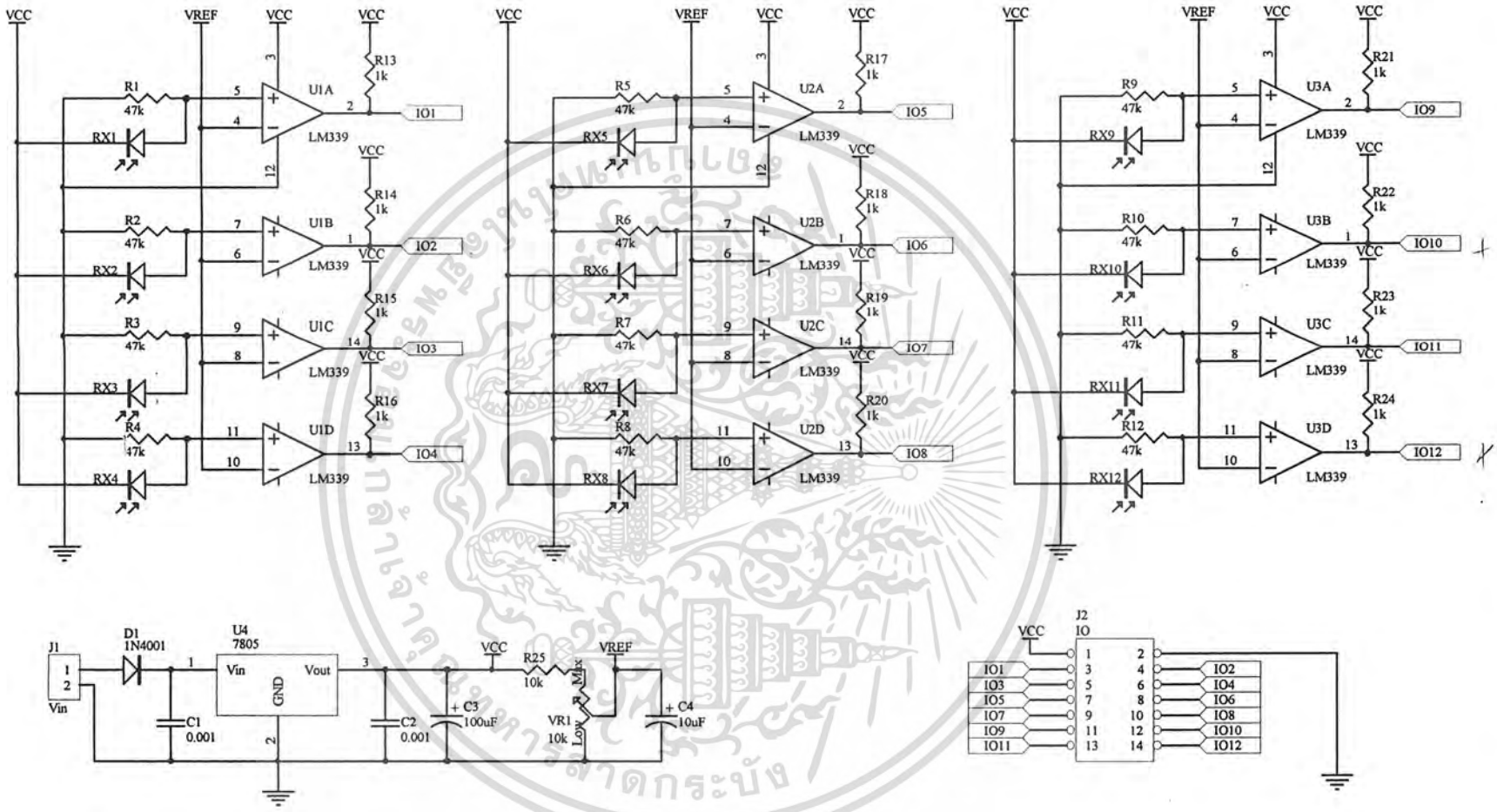
รูปแสดงวงจรทางด้านภาคส่งทั้งหมด

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี



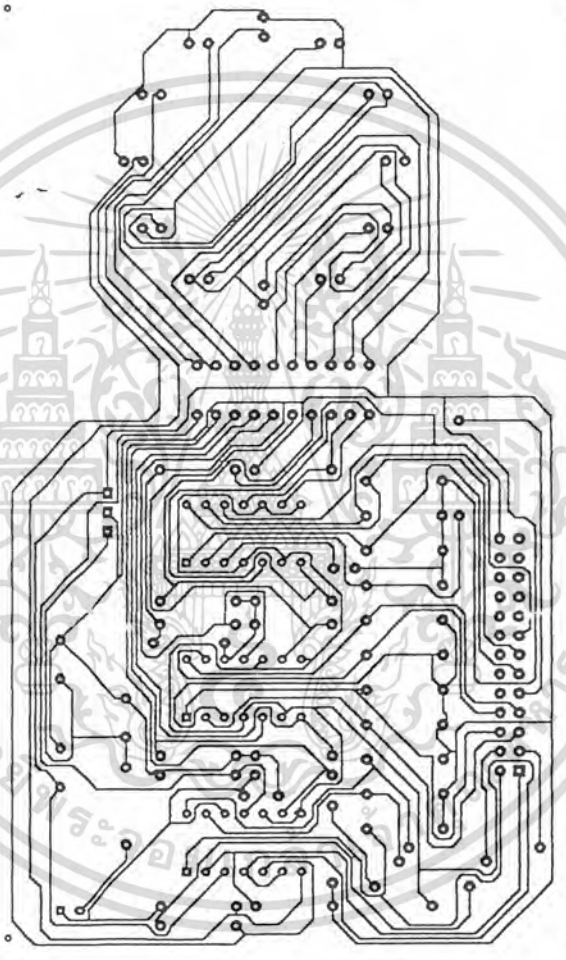
รูปแสดงวงจร MAX 232 ที่ใช้ในการรับและส่งข้อมูลกับคอมพิวเตอร์

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ห้ามดัดแปลงเนื้อหา ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ ขอสงวนสิทธิ์ในการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น



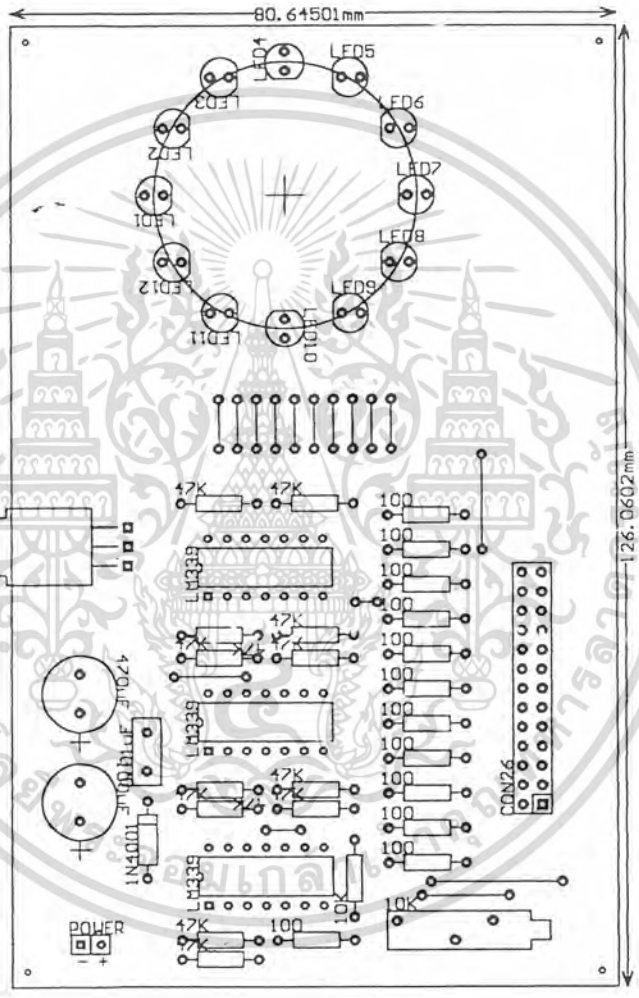
Title		
Size A4	Number	Revision
Date: 29-Oct-2001		Sheet of
File: E:\PRJ_KM~1\ODD.SCH		Drawn By:

ลายปริ๊นท์วงจรเข็มทิศอิเล็คทรอนิคส์

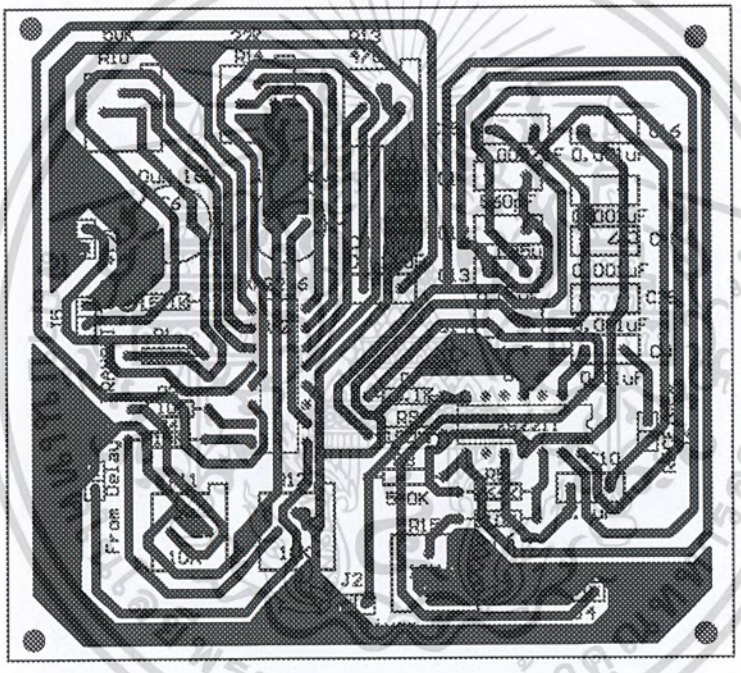


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลงอุปกรณ์วงจรเข็มทิศอิเล็คทรอนิคส์

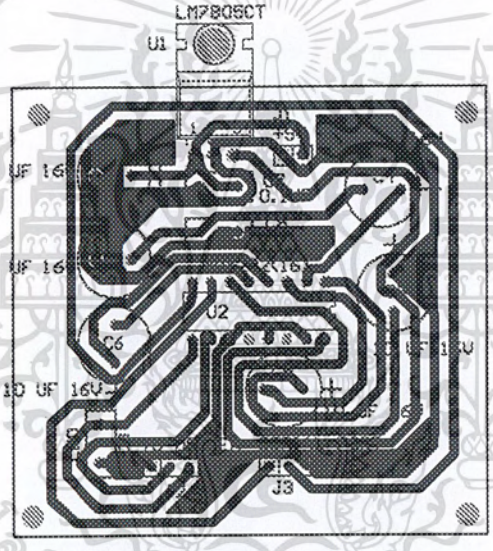


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลายวงจรชุดเข้าและถอดรหัสสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลายวงจรชุดอินเตอร์เฟส RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของโปรแกรม VISUAL BASIC ที่ใช้ติดต่อกับตัวหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub cmdForword_Click()
cmdLeft.Enabled = True
cmdRight.Enabled = True
cmdForword.Enabled = False
If MSComm1.PortOpen = False Then
MSComm1.PortOpen = True
End If
MSComm1.InBufferCount = 0
If Text5.Text = "Left" Then
Timer17.Enabled = True
End If
If Text5.Text = "Right" Then
Timer19.Enabled = True
End If
End Sub
Private Sub cmdLeft_Click()
cmdRight.Enabled = False
cmdLeft.Enabled = False
cmdForword.Enabled = True
Text5.Text = "Left"
If MSComm1.PortOpen = False Then
MSComm1.PortOpen = True
End If
MSComm1.InBufferCount = 0
Timer16.Enabled = True
End Sub
Private Sub cmdRight_Click()
cmdLeft.Enabled = False
cmdRight.Enabled = False
cmdForword.Enabled = True
Text5.Text = "Right"
If MSComm1.PortOpen = False Then
MSComm1.PortOpen = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End If
MSComm1.InBufferCount = 0
Timer18.Enabled = True
End Sub
Private Sub Command1_Click()
Form2.Width = 10605
Form2.Height = 5565
Command2.Visible = True
Command3.Visible = True
End Sub
Private Sub Command2_Click()
Form2.Width = 10650
Form2.Height = 10080
Command2.Visible = False
Command3.Visible = False
End Sub
Private Sub Command3_Click()
End
End Sub
Private Sub Command4_Click()
Timer1.Interval = 0
Timer2.Interval = 0
Timer3.Interval = 0
Timer4.Interval = 0
Timer5.Interval = 0
Timer6.Interval = 0
Timer7.Interval = 0
Timer8.Interval = 0
Timer9.Interval = 0
Timer10.Interval = 0
Timer11.Interval = 0
Timer12.Interval = 0
Timer13.Interval = 0
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Form_Activate()
If MSComm1.PortOpen = False Then
MSComm1.PortOpen = True
End If
MSComm1.InBufferCount = 0
Timer15.Enabled = True
End Sub
Private Sub Form_Load()
cmdForword.Enabled = False
If Not MSComm1.PortOpen Then
MSComm1.CommPort = 1
MSComm1.InputLen = 0
MSComm1.PortOpen = True
Else
MsgBox ("Port already Open "), , "ComPort Error"
End If
Form2.Width = 10605
Form2.Height = 5565
End Sub
Private Sub Picture1_Click()
Picture1.Visible = False
Picture20.Visible = True
Private Sub Picture10_Click()
Picture10.Visible = False
Picture19.Visible = True
Private Sub Picture11_Click()
Picture11.Visible = False
Picture24.Visible = True
Timer12.Interval = 100
End Sub
Private Sub Picture12_Click()
Picture12.Visible = False
Picture18.Visible = True
Private Sub Picture2_Click(Index As Integer)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Picture2(1).Visible = False
Picture21.Visible = True
Timer9.Interval = 100
End Sub
Private Sub Picture3_Click()
Picture3.Visible = False
Picture23.Visible = True
Timer11.Interval = 100
End Sub
Private Sub Picture4_Click()
Picture4.Visible = False
Picture17.Visible = True
Timer5.Interval = 100
End Sub
Private Sub Picture5_Click()
Picture5.Visible = False
Picture13.Visible = True
Timer1.Interval = 100
End Sub
Private Sub Picture6_Click()
Picture6.Visible = False
Picture15.Visible = True
Timer3.Interval = 100
End Sub
Private Sub Picture7_Click()
Picture7.Visible = False
Picture14.Visible = True
Timer2.Interval = 100
End Sub
Private Sub Picture8_Click()
Picture8.Visible = False
Picture16.Visible = True
Private Sub Picture9_Click()
Picture9.Visible = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Picture22.Visible = True
Timer10.Interval = 100
End Sub
Private Sub Text3_Change()
If Text3.Text = "AK" Or Text3.Text = "KA" Then
Text4.Text = "N"
End If
If Text3.Text = "AJ" Or Text3.Text = "JA" Then
Text4.Text = "NE30"
End If
If Text3.Text = "AI" Or Text3.Text = "IA" Then
Text4.Text = "EN30"
End If
If Text3.Text = "AH" Or Text3.Text = "HA" Then
Text4.Text = "E"
End If
If Text3.Text = "AG" Or Text3.Text = "GA" Then
Text4.Text = "ES30"
End If
If Text3.Text = "AF" Or Text3.Text = "FA" Then
Text4.Text = "SE30"
End If
If Text3.Text = "AE" Or Text3.Text = "EA" Then
Text4.Text = "S"
End If

If Text3.Text = "AD" Or Text3.Text = "DA" Then
Text4.Text = "SW30"
End If
If Text3.Text = "AC" Or Text3.Text = "CA" Then
Text4.Text = "WS30"
End If
If Text3.Text = "AB" Or Text3.Text = "BA" Then
Text4.Text = "W"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End If
If Text3.Text = "AM" Or Text3.Text = "MA" Then
Text4.Text = "WN30"
End If
If Text3.Text = "AL" Or Text3.Text = "LA" Then
Text4.Text = "NW30"
End If
End Sub
Private Sub Timer1_Timer()
MSComm1.Output = Chr(65)
MSComm1.Output = Chr(1)
MSComm1.Output = Chr(66)
Timer1.Interval = 0
Picture5.Visible = True
Picture13.Visible = False
End Sub
Private Sub Timer10_Timer()
MSComm1.Output = Chr(65)
MSComm1.Output = Chr(11)
MSComm1.Output = Chr(66)
Timer10.Interval = 0
Picture9.Visible = True
Picture22.Visible = False
End Sub
Private Sub Timer11_Timer()
MSComm1.Output = Chr(65)
MSComm1.Output = Chr(9)
MSComm1.Output = Chr(66)
Timer11.Interval = 0
Picture3.Visible = True
Picture23.Visible = False
End Sub
Private Sub Timer12_Timer()
MSComm1.Output = Chr(65)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MSComm1.Output = Chr(8)
MSComm1.Output = Chr(66)
Timer12.Interval = 0
Picture11.Visible = True
Picture24.Visible = False
End Sub
Private Sub Timer13_Timer()
Timer13.Interval = 0
End Sub

Timer14.Interval = 0
Timer14.Interval = 100
End Sub

Private Sub Timer15_Timer()
If MSComm1.PortOpen = True Then
txtNumber.Text = MSComm1.InBufferCount
MSComm1.InputLen = 0
txtData.Text = MSComm1.Input
End If
End Sub

Private Sub Timer16_Timer()
MSComm1.Output = "A"
MSComm1.Output = Chr(87)
MSComm1.Output = "B"
Timer16.Enabled = False
End Sub

Private Sub Timer17_Timer()
MSComm1.Output = "A"
MSComm1.Output = Chr(88)
MSComm1.Output = "B"
Timer17.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Private Sub Timer18_Timer()
MSComm1.Output = "A"
MSComm1.Output = Chr(89)
MSComm1.Output = "B"
Timer18.Enabled = False
End Sub

Private Sub Timer19_Timer()
MSComm1.Output = "A"
MSComm1.Output = Chr(90)
MSComm1.Output = "B"
Timer19.Enabled = False
End Sub

Private Sub Timer2_Timer()

MSComm1.Output = Chr(65)
MSComm1.Output = Chr(4)
MSComm1.Output = Chr(66)


Timer2.Interval = 0
Picture7.Visible = True
Picture14.Visible = False
End Sub

Private Sub Timer3_Timer()
MSComm1.Output = Chr(65)
MSComm1.Output = Chr(7)
MSComm1.Output = Chr(66)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Timer3.Interval = 0
Picture6.Visible = True
Picture15.Visible = False
End Sub

Private Sub Timer4_Timer()

MSComm1.Output = Chr(65)
MSComm1.Output = Chr(10)
MSComm1.Output = Chr(66)

Timer4.Interval = 0
Picture8.Visible = True
Picture16.Visible = False
End Sub

Private Sub Timer5_Timer()
MSComm1.Output = Chr(65)
MSComm1.Output = Chr(2)
MSComm1.Output = Chr(66)
Timer5.Interval = 0
Picture4.Visible = True
Picture17.Visible = False
End Sub

Private Sub Timer6_Timer()
MSComm1.Output = Chr(65)
MSComm1.Output = Chr(3)
MSComm1.Output = Chr(66)
Timer6.Interval = 0
Picture12.Visible = True
Picture18.Visible = False
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Timer7_Timer()
MSComm1.Output = Chr(65)
MSComm1.Output = Chr(5)
MSComm1.Output = Chr(66)
Timer7.Interval = 0
Picture10.Visible = True
Picture19.Visible = False
End Sub

Private Sub Timer8_Timer()
MSComm1.Output = Chr(65)
MSComm1.Output = Chr(6)
MSComm1.Output = Chr(66)
Timer8.Interval = 0
Picture1.Visible = True
Picture20.Visible = False
End Sub

Private Sub Timer9_Timer()
MSComm1.Output = Chr(65)
MSComm1.Output = Chr(12)
MSComm1.Output = Chr(66)
Timer9.Interval = 0
Picture2(1).Visible = True
Picture21.Visible = False
End Sub

Private Sub txtData_Change()
Dim a As Integer
Dim b As String

a = Len(txtData.Text)
For i = 1 To a - 1
b = Mid(txtData.Text, i, 2)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
If b = "AK" Or b = "KA" Then
Text3.Text = b
Line3.Visible = True    'line 1
Line4.Visible = False   'line 2
Line6.Visible = False   'line 3
Line1.Visible = False   'line 4
Line7.Visible = False   'line 5
Line12.Visible = False  'line 6
Line5.Visible = False   'line 7
Line9.Visible = False   'line 8
Line11.Visible = False  'line 9
Line2.Visible = False   'line 10
Line8.Visible = False   'line 11
Line13.Visible = False  'line 12
End If
If b = "AJ" Or b = "AJ" Then
Text3.Text = b
Line3.Visible = False   'line 1
Line4.Visible = True    'line 2
Line6.Visible = False   'line 3
Line1.Visible = False   'line 4
Line7.Visible = False   'line 5
Line12.Visible = False  'line 6
Line5.Visible = False   'line 7
Line9.Visible = False   'line 8
Line11.Visible = False  'line 9
Line2.Visible = False   'line 10
Line8.Visible = False   'line 11
Line13.Visible = False  'line 12
End If
If b = "AI" Or b = "IA" Then
Text3.Text = b
Line3.Visible = False   'line 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line4.Visible = False   'line 2
Line6.Visible = True    'line 3
Line1.Visible = False   'line 4
Line7.Visible = False   'line 5
Line12.Visible = False  'line 6
Line5.Visible = False   'line 7
Line9.Visible = False   'line 8
Line11.Visible = False  'line 9
Line2.Visible = False   'line 10
Line8.Visible = False   'line 11
Line13.Visible = False  'line 12
End If
If b = "AH" Or b = "HA" Then
Text3.Text = b
Line3.Visible = False   'line 1
Line4.Visible = False   'line 2
Line6.Visible = False   'line 3
Line1.Visible = True    'line 4
Line7.Visible = False   'line 5
Line12.Visible = False  'line 6
Line5.Visible = False   'line 7
Line9.Visible = False   'line 8
Line11.Visible = False  'line 9
Line2.Visible = False   'line 10
Line8.Visible = False   'line 11
Line13.Visible = False  'line 12
End If
If b = "AG" Or b = "GA" Then
Text3.Text = b
Line3.Visible = False   'line 1
Line4.Visible = False   'line 2
Line6.Visible = False   'line 3
Line1.Visible = False   'line 4
Line7.Visible = True    'line 5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line12.Visible = False   'line 6
Line5.Visible = False    'line 7
Line9.Visible = False    'line 8
Line11.Visible = False   'line 9
Line2.Visible = False    'line 10
Line8.Visible = False    'line 11
Line13.Visible = False   'line 12
End If
If b = "AF" Or b = "FA" Then
Text3.Text = b
Line3.Visible = False   'line 1
Line4.Visible = False   'line 2
Line6.Visible = False   'line 3
Line1.Visible = False   'line 4
Line7.Visible = False    'line 5
Line12.Visible = True   'line 6
Line5.Visible = False    'line 7
Line9.Visible = False    'line 8
Line11.Visible = False   'line 9
Line2.Visible = False    'line 10
Line8.Visible = False    'line 11
Line13.Visible = False   'line 12
End If
If b = "AE" Or b = "EA" Then
Text3.Text = b
Line3.Visible = False   'line 1
Line4.Visible = False   'line 2
Line6.Visible = False   'line 3
Line1.Visible = False   'line 4
Line7.Visible = False    'line 5
Line12.Visible = False   'line 6
Line5.Visible = True    'line 7
Line9.Visible = False    'line 8
Line11.Visible = False   'line 9
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line2.Visible = False    'line 10
Line8.Visible = False    'line 11
Line13.Visible = False   'line 12
End If
If b = "AD" Or b = "DA" Then
Text3.Text = b
Line3.Visible = False    'line 1
Line4.Visible = False    'line 2
Line6.Visible = False    'line 3
Line1.Visible = False    'line 4
Line7.Visible = False    'line 5
Line12.Visible = False   'line 6
Line5.Visible = False    'line 7
Line9.Visible = True     'line 8
Line11.Visible = False   'line 9
Line2.Visible = False    'line 10
Line8.Visible = False    'line 11
Line13.Visible = False   'line 12
End If
If b = "AC" Or b = "CA" Then
Text3.Text = b
Line3.Visible = False    'line 1
Line4.Visible = False    'line 2
Line6.Visible = False    'line 3
Line1.Visible = False    'line 4
Line7.Visible = False    'line 5
Line12.Visible = False   'line 6
Line5.Visible = False    'line 7
Line9.Visible = False    'line 8
Line11.Visible = True    'line 9
Line2.Visible = False    'line 10
Line8.Visible = False    'line 11
Line13.Visible = False   'line 12
End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
If b = "AB" Or b = "BA" Then
Text3.Text = b
Line3.Visible = False   'line 1
Line4.Visible = False   'line 2
Line6.Visible = False   'line 3
Line1.Visible = False   'line 4
Line7.Visible = False    'line 5
Line12.Visible = False   'line 6
Line5.Visible = False  'line 7
Line9.Visible = False    'line 8
Line11.Visible = False   'line 9
Line2.Visible = True   'line 10
Line8.Visible = False    'line 11
Line13.Visible = False   'line 12
End If
If b = "AM" Or b = "MA" Then
Text3.Text = b
Line3.Visible = False   'line 1
Line4.Visible = False   'line 2
Line6.Visible = False   'line 3
Line1.Visible = False   'line 4
Line7.Visible = False    'line 5
Line12.Visible = False   'line 6
Line5.Visible = False  'line 7
Line9.Visible = False    'line 8
Line11.Visible = False   'line 9
Line2.Visible = False   'line 10
Line8.Visible = True   'line 11
Line13.Visible = False   'line 12
End If
If b = "AL" Or b = "LA" Then
Text3.Text = b
Line3.Visible = False   'line 1
Line4.Visible = False   'line 2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

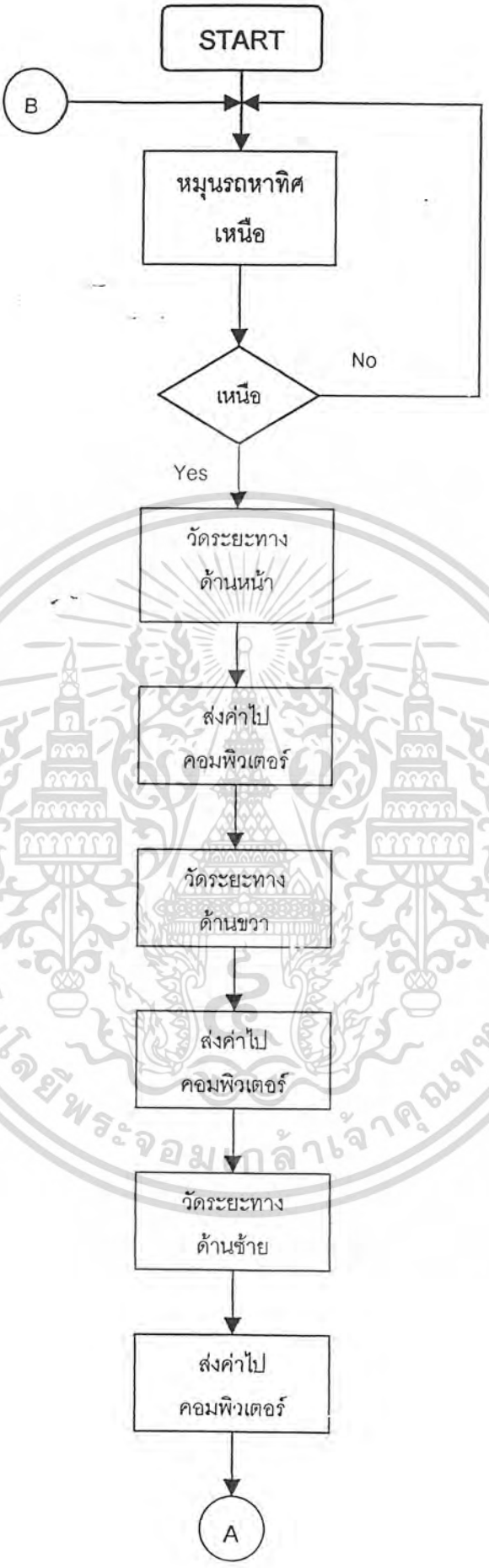
```
Line6.Visible = False   'line 3
Line1.Visible = False   'line 4
Line7.Visible = False   'line 5
Line12.Visible = False   'line 6
Line5.Visible = False  'line 7
Line9.Visible = False   'line 8
Line11.Visible = False   'line 9
Line2.Visible = False   'line 10
Line8.Visible = False   'line 11
Line13.Visible = True   'line 12
End If
Next i

End Sub
```

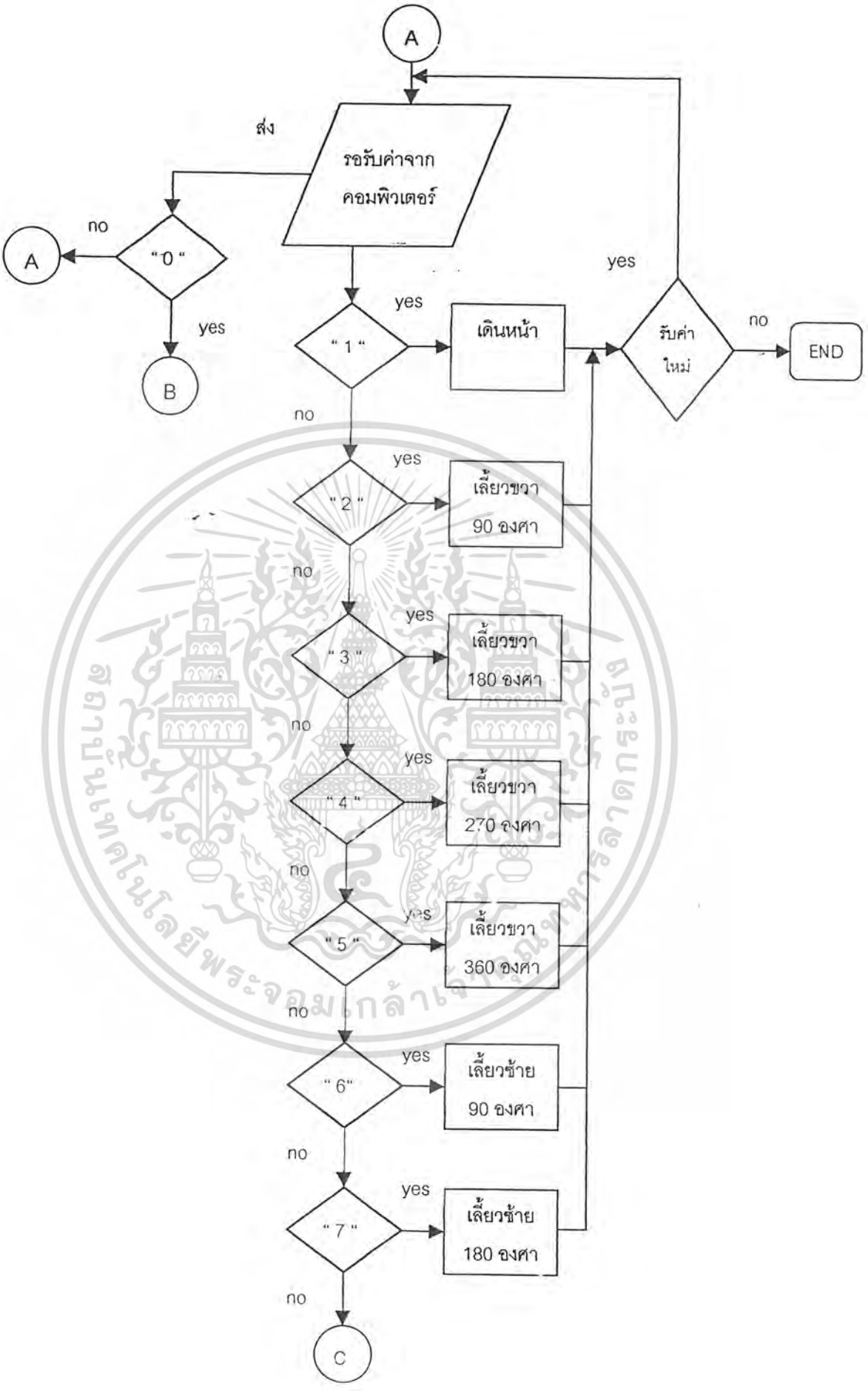
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของโปรแกรม ASSEMBLY ใน MCS-51

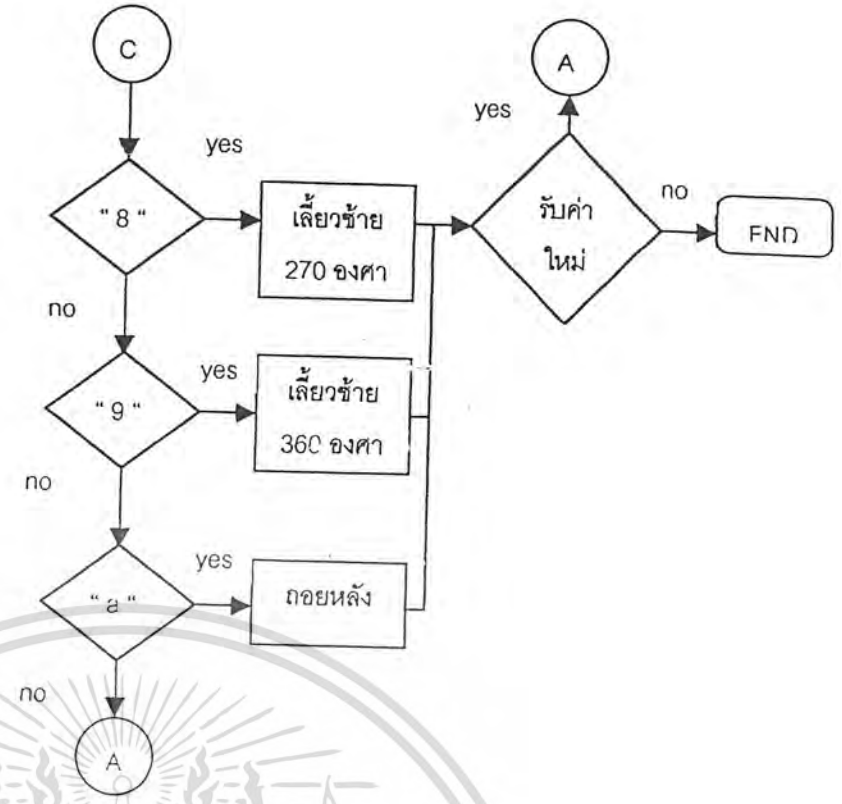
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ORG 0000H
    ; AN P3.4
    ; AO P3.5
    ; AP P3.6
    ; AQ P3.7
     MOV P1,#00H  ;INITAIL
     MOV P0,#0FFH
     MOV P2,#0FFH
     SETB P3.0
     SETB P3.1
;********************
;  SERAIL
      A1 EQU 65
      B1 EQU 66
       MOV PCON,#00H
       MOV SCON,#50H
       MOV TMOD,#20H
       MOV TH1,#0E8H
       SETB TR1
;********************
       ACALL SCAN_N
       ACALL TRAN
       ACALL TRAN
CHACK_1: ACALL CHACK_SBUF
       CJNE  A,#A1,CHACK_1
       ACALL CHACK_SBUF
       ACALL COMPARE_DATA
      ; ACALL CHACK_SBUF
       SJMP CHACK_1
CHACK_SBUF: JNB RI,CHACK_SBUF
         CLR RI
         MOV A,SBUF
         RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SCAN_N: CLR  P3.4
        SETB P3.5
        CLR  P3.6
        CLR  P3.7
        JNB  P2.6,JO
        SJMP TO
JO:     ACALL STEP_SCAN_N
        SJMP SCAN_N
TO: RET

                    ;4 RIGHT
                    ; 10 LEFT
TRAN:  LCALL DELAY
       LCALL DELAY
       LCALL DELAY
       LCALL DELAY
       LCALL DELAY
       LCALL DELAY
       LCALL DELAY
       LCALL DELAY
       LCALL DELAY
       LCALL DELAY
       LCALL DELAY
       LCALL DELAY
       LCALL DELAY
       LCALL DELAY
       LCALL DELAY
       LCALL DELAY
       LCALL DELAY
       LCALL DELAY
       CLR REN
       JNB  P0.0,TRAN1
       MOV  A,#65
       ACALL SEN
       MOV  A,#66
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ACALL SEN

TRAN1: JNB   P0.1,TRAN2
        MOV  A,#65
        ACALL SEN
        MOV  A,#67
        ACALL SEN

TRAN2: JNB   P0.2,TRAN3
        MOV  A,#65
        ACALL SEN
        MOV  A,#68
        ACALL SEN

TRAN3: JNB   P0.3,TRAN4
        MOV  A,#65
        ACALL SEN
        MOV  A,#69
        ACALL SEN

TRAN4: JNB   P0.4,TRAN5
        MOV  A,#65
        ACALL SEN
        MOV  A,#70
        ACALL SEN

TRAN5: JNB   P0.5,TRAN6
        MOV  A,#65
        ACALL SEN
        MOV  A,#71
        ACALL SEN

TRAN6: JNB   P0.6,TRAN7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV  A,#65
        ACALL SEN
        MOV  A,#72
        ACALL SEN

TRAN7:  JNB  P0.7,TRAN8
        MOV  A,#65
        ACALL SEN
        MOV  A,#73
        ACALL SEN

TRAN8:  JNB  P2.7,TRAN9
        MOV  A,#65
        ACALL SEN
        MOV  A,#74
        ACALL SEN

TRAN9:  JNB  P2.6,TRAN10
        MOV  A,#65
        ACALL SEN
        MOV  A,#75
        ACALL SEN

TRAN10: JNB  P2.5,TRAN11
        MOV  A,#65
        ACALL SEN
        MOV  A,#76
        ACALL SEN

TRAN11: JNB  P2.4,TRAN12
        MOV  A,#65
        ACALL SEN
        MOV  A,#77
        ACALL SEN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TRAN12:   SETB  REN
          RET


  SEN:    MOV SBUF,A
 WAIT:    JNB TI,WAIT
          CLR TI
          RET


COMPARE_DATA: CJNE A,#1,CON1          ;FORWARD
          MOV 50H,#100
  FOR:    CLR  P3.4
          SETB P3.5
          CLR  P3.6
          CLR  P3.7
          ACALL STEP1
          CLR  P3.4
          CLR P3.5
          CLR  P3.6
          CLR  P3.7
          DJNZ  50H,FOR
          ACALL TRAN
  CON1:   CJNE A,#7,CON2      ;REWARD
          MOV 50H,#100
   RE:     SETB P3.4
          CLR  P3.5
          CLR  P3.6
          CLR  P3.7
          ACALL STEP1
          CLR  P3.4
          CLR  P3.5
          CLR  P3.6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CLR  P3.7
        DJNZ 50H,RE
        ACALL TRAN

CON2:   CJNE A,#4,CON3          ;RIGHT
        SETB P3.4
        SETB P3.5
        MOV  50H,#100
J1:     ACALL STEP2
        DJNZ 50H,J1
        CLR  P3.4
        CLR  P3.5
        CLR  P3.6
        CLR  P3.7
        ACALL TRAN

CON3:   CJNE A,#10,CON4         ;LEFT
        CLR  P3.4
        CLR  P3.5
        MOV  50H,#50
J2:     ACALL STEP3
        DJNZ 50H,J2
        CLR  P3.4
        CLR  P3.5
        CLR  P3.6
        CLR  P3.7
        ACALL TRAN
CON4:   CJNE A,#2,CON5          ;RIGHT 30
        CLR  P3.4
        SETB P3.5
        CLR  P3.6
        CLR  P3.7
        MOV  50H,#35
J3:     ACALL STEP2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DJNZ 50H,J3
        CLR  P3.4
        CLR  P3.5
        CLR  P3.6
        CLR  P3.7
        ACALL TRAN

CON5:   CJNE A,#3,CON6          ;RIGHT 60
        CLR  P3.4
        SETB P3.5
        CLR  P3.6
        CLR  P3.7
        MOV  50H,#70
J4:     ACALL STEP2
        DJNZ 50H,J4
        CLR  P3.4
        CLR  P3.5
        CLR  P3.6
        CLR  P3.7
        ACALL TRAN
CON6:   CJNE A,#5,CON7          ;BACKRIGHT 60
        CLR  P3.4
        CLR  P3.5
        CLR  P3.6
        CLR  P3.7
        MOV  50H,#70
J5:     ACALL STEP2
        DJNZ 50H,J5
        CLR  P3.4
        CLR  P3.5
        CLR  P3.6
        CLR  P3.7
        ACALL TRAN
CON7:   CJNE A,#6,CON8          ;BACKRIGHT 30
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CLR  P3.4
        CLR  P3.5
        CLR  P3.6
        CLR  P3.7
        MOV  50H,#35
J6:     ACALL STEP2
        DJNZ 50H,J6
        CLR  P3.4
        CLR  P3.5
        CLR  P3.6
        CLR  P3.7
        ACALL TRAN
CON8:   CJNE A,#8,CON9          ;BACKLEFT 30
        SETB  P3.4
        CLR  P3.5
        CLR  P3.6
        CLR  P3.7
        MOV  50H,#35
J7:     ACALL STEP3
        DJNZ  50H,J7
        CLR  P3.4
        CLR  P3.5
        CLR  P3.6
        CLR  P3.7
        ACALL TRAN
CON9:   CJNE A,#9,CON10         ;BACKLEFT 60
        SETB  P3.4
        CLR  P3.5
        CLR  P3.6
        CLR  P3.7
        MOV  50H,#35
J8:     ACALL STEP3
        DJNZ  50H,J8
        CLR  P3.4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CLR  P3.5
        CLR  P3.6
        ACALL TRAN
CON10:      CJNE A,#11,CON11        ;LEFT 60
        CLR  P3.4
        CLR  P3.5
        CLR   P3.6
        CLR   P3.7
        MOV  50H,#70
J9:     ACALL STEP3
        DJNZ  50H,J9
        CLR  P3.4
        CLR  P3.5
        CLR  P3.6
        CLR  P3.7
        ACALL TRAN

CON11:  CJNE A,#12,CON12        ;LEFT 30
        CLR  P3.4
        CLR  P3.5
        CLR   P3.6
        CLR   P3.7
        MOV  50H,#35
J10:    ACALL STEP3
        DJNZ  50H,J10
        CLR  P3.4
        CLR  P3.5
        CLR  P3.6
        CLR  P3.7
        ACALL TRAN

CON12:  CJNE A,#87,CON13
        MOV  50H,#12            ;STEP_W
S1:     ACALL  SCAN_LEFT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DJNZ  50H,S1

CON13:  CJNE A,#88,CON14        ;STEP_X
        MOV  50H,#12
S2:     ACALL  SCAN_RIGHT
        DJNZ   50H,S2

CON14:  CJNE  A,#89,CON15       ;STEP_Y
        MOV 50H,#12
S3:     ACALL SCAN_RIGHT
        DJNZ  50H,S3

CON15:  CJNE A,#90,BACK         ;STEP_Z
        MOV 50H,#12
S4:     ACALL  SCAN_LEFT
        DJNZ  50H,S4
BACK:   RET
REWARD: SETB  P3.4
        CLR  P3.5
        CLR  P3.6
        CLR  P3.7
        ACALL  STEP1
        RET


SCAN_RIGHT: MOV P1,#10000000B
        ACALL DELAY
        MOV P1,#01000000B
        ACALL DELAY
        MOV P1,#00100000B
        ACALL DELAY
        MOV P1,#00010000B
        ACALL DELAY
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SCAN_LEFT: MOV  P1,#00010000B
           ACALL DELAY
           MOV  P1,#00100000B
           ACALL DELAY
           MOV  P1,#01000000B
           ACALL DELAY
           MOV  P1,#10000000B
           ACALL DELAY
          RET

STEP1: SETB P3.6
       SETB P3.7
       ACALL DELAY
       CLR  P3.6
       CLR  P3.7
       ACALL DELAY
       RET
STEP2: CLR P3.6
       SETB P3.7
       ACALL DELAY
       CLR  P3.6
       CLR  P3.7
       ACALL DELAY
       RET
STEP3: SETB P3.6
       CLR P3.7
       ACALL DELAY
       CLR  P3.6
       CLR  P3.7
       ACALL DELAY
       RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
STEP_SCAN_N:    SETB P3.6
                ACALL DELAY
                CLR  P3.6
                ACALL DELAY
                RET

DELAY:  MOV  R7,#0FFH
    D1: MOV  R6,#10H
    D2: NOP
        NOP
        DJNZ R6,D2
        DJNZ R7,D1
        RET
      END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 8K Bytes of In-System Reprogrammable Downloadable Flash Memory
  - SPI Serial Interface for Program Downloading
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- 2K Bytes EEPROM
  - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
- 4V to 6V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 256 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16-bit Timer/Counters
- Nine Interrupt Sources
- Programmable UART Serial Channel
- SPI Serial Interface
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery From Power-down
- Programmable Watchdog Timer
- Dual Data Pointer
- Power-off Flag

Description

The AT89S8252 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 8K bytes of downloadable Flash programmable and erasable read only memory and 2K bytes of EEPROM. The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard 80C51 instruction set and pinout. The on-chip downloadable Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with downloadable Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89S8252 is a powerful microcomputer which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The AT89S8252 provides the following standard features: 8K bytes of downloadable Flash, 2K bytes of EEPROM, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, programmable watchdog timer, two data pointers, three 16-bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89S8252 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or hardware reset.

The downloadable Flash can be changed a single byte at a time and is accessible through the SPI serial interface. Holding RESET active forces the SPI bus into a serial programming interface and allows the program memory to be written to or read from unless Lock Bit 2 has been activated.

8-bit Microcontroller with 8K Bytes Flash

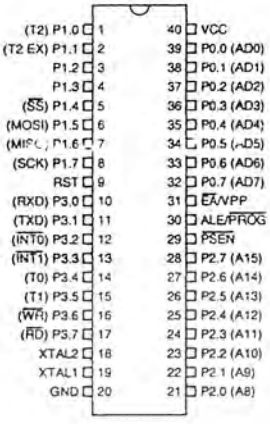
AT89S8252

Rev. 0401E–02/00

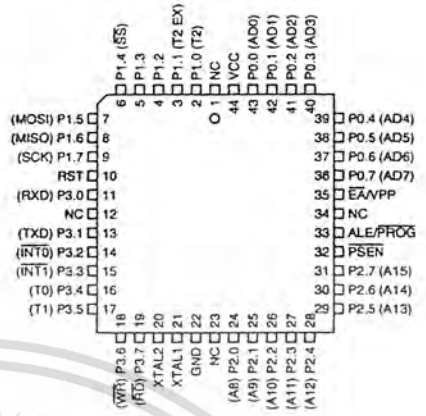
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Configurations

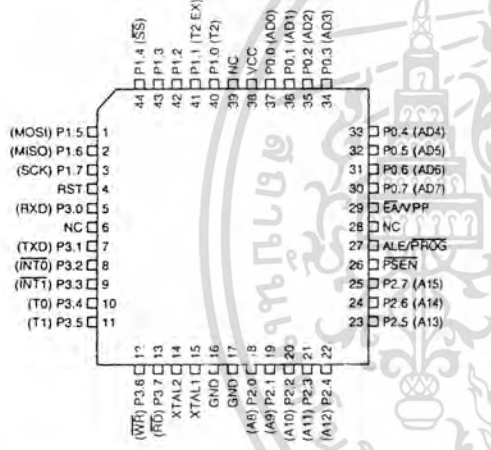
PDIP



PLCC



PQFP/TQFP



Pin Description

VCC

Supply voltage.

GND

Ground.

Port 0

Port 0 is an 8-bit open drain bbi-didirectional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 can also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode, P0 has internal pullups.

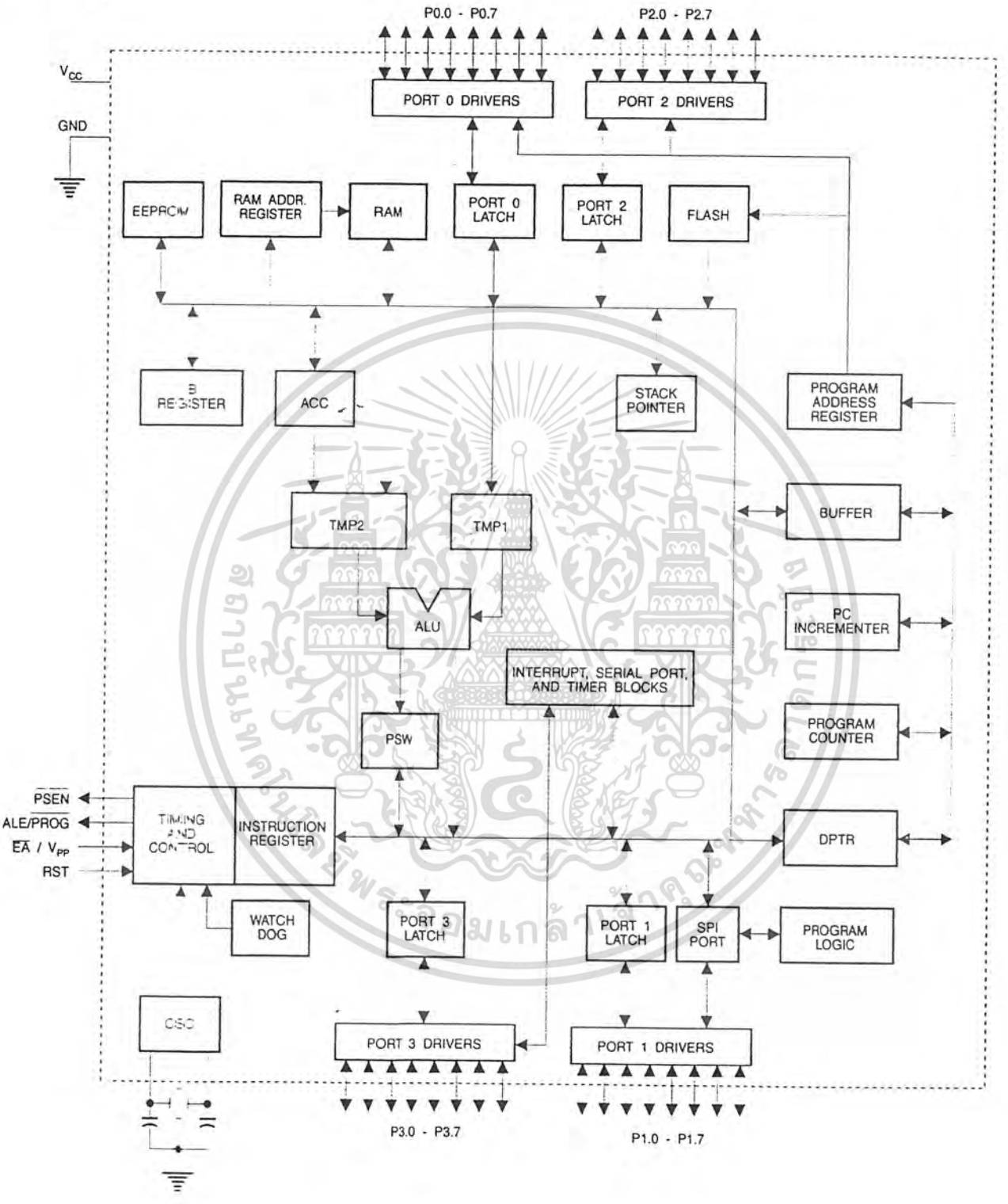
Port 0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

Port 1

Port 1 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Some Port 1 pins provide additional functions. P1.0 and P1.1 can be configured to be the timer/counter 2 external count input (P1.0/T2) and the timer/counter 2 trigger input (P1.1/T2EX), respectively.

Pin Description

Furthermore, P1.4, P1.5, P1.6, and P1.7 can be configured as the SPI slave port select, data input/output and shift clock input/output pins as shown in the following table.

Port Pin	Alternate Functions
P1.0	T2 (external count input to Timer/Counter 2), clock-out
P1.1	T2EX (Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control)
P1.4	$\overline{SS}$ (Slave port select input)
P1.5	MOSI (Master data output, slave data input pin for SPI channel)
P1.6	MISO (Master data input, slave data output pin for SPI channel)
P1.7	SCK (Master clock output, slave clock input pin for SPI channel)

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port 2

Port 2 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, Port 2 uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3

Port 3 is an 8 bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89S8252, as shown in the following table.

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	$\overline{WR}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{RD}$ (external data memory read strobe)

RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/$\overline{PROG}$

Address Latch Enable is an output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input ($\overline{PROG}$) during Flash programming.

In normal operation, ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external data memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

$\overline{PSEN}$

Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

When the AT89S8252 is executing code from external program memory, $\overline{PSEN}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{PSEN}$ activations are skipped during each access to external data memory.

$\overline{EA}$/VPP

External Access Enable. $\overline{EA}$ must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external pro-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

gram memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, $\overline{EA}$ will be internally latched on reset.

$\overline{EA}$ should be strapped to V_{CC} for internal program executions. This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming when 12-volt programming is selected.

XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Table 1. AT89S8252 SFR Map and Reset Values

0F8H									0FFH
0F0H	B 00000000								0F7H
0E8H									0EFH
0E0H	ACC 00000000								0E7H
0D8H									0DFH
0D0H	PSW 00000000					SPCR 000001XX			0D7H
0C8H	T2CON 00000000	T2MOD XXXXXX00	RCAP2L 00000000	RCAP2H 00000000	TL2 00000000	TH2 00000000			0CFH
0C0H									0C7H
0B8H	IP XX000000								0BFH
0B0H	P3 11111111								0B7H
0A8H	IE 0X000000		SPSR 00XXXXXX						0AFH
0A0H	P2 11111111								0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX							9FH
90H	P1 11111111						WMCON 00000010		97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000			8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000	SPDR XXXXXXXX	PCON 0XXX0000	87H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Function Registers

A map of the on-chip memory area called the Special Function Register (SFR) space is shown in Table 1.

Note that not all of the addresses are occupied, and unoccupied addresses may not be implemented on the chip. Read accesses to these addresses will in general return random data, and write accesses will have an indeterminate effect.

User software should not write 1s to these unlisted locations, since they may be used in future products to invoke new features. In that case, the reset or inactive values of the new bits will always be 0.

Timer 2 Registers Control and status bits are contained in registers T2CON (shown in Table 2) and T2MOD (shown in Table 9) for Timer 2. The register pair (RCAP2H, RCAP2L) are the Capture/Reload registers for Timer 2 in 16 bit capture mode or 16-bit auto-reload mode.

Table 2. T2CON—Timer/Counter 2 Control Register

T2CON Address = 0C8H — Reset Value = 0000 0000B

Bit Addressable

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/$\overline{T2}$	CP/$\overline{RL2}$

Symbol	Function
TF2	Timer 2 overflow flag set by a Timer 2 overflow and must be cleared by software. TF2 will not be set when either RCLK = 1 or TCLK = 1.
EXF2	Timer 2 external flag set when either a capture or reload is caused by a negative transition on T2EX and EXEN2 = 1. When Timer 2 interrupt is enabled, EXF2 = 1 will cause the CPU to vector to the Timer 2 interrupt routine. EXF2 must be cleared by software. EXF2 does not cause an interrupt in up/down counter mode (DCEN = 1).
RCLK	Receive clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its receive clock in serial port Modes 1 and 3. RCLK = 0 causes Timer 1 overflows to be used for the receive clock.
TCLK	Transmit clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its transmit clock in serial port Modes 1 and 3. TCLK = 0 causes Timer 1 overflows to be used for the transmit clock.
EXEN2	Timer 2 external enable. When set, allows a capture or reload to occur as a result of a negative transition on T2EX if Timer 2 is not being used to clock the serial port. EXEN2 = 0 causes Timer 2 to ignore events at T2EX.
TR2	Start/Stop control for Timer 2. TR2 = 1 starts the timer.
C/$\overline{T2}$	Timer or counter select for Timer 2. C/$\overline{T2}$ = 0 for timer function. C/$\overline{T2}$ = 1 for external event counter (falling edge triggered).
CP/$\overline{RL2}$	Capture/Reload select. CP/$\overline{RL2}$ = 1 causes captures to occur on negative transitions at T2EX if EXEN2 = 1. CP/$\overline{RL2}$ = 0 causes automatic reloads to occur when Timer 2 overflows or negative transitions occur at T2EX when EXEN2 = 1. When either RCLK or TCLK = 1, this bit is ignored and the timer is forced to auto-reload on Timer 2 overflow.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data Memory – EEPROM and RAM

The AT89S8252 implements 2K bytes of on-chip EEPROM for data storage and 256 bytes of RAM. The upper 128 bytes of RAM occupy a parallel space to the Special Function Registers. That means the upper 128 bytes have the same addresses as the SFR space but are physically separate from SFR space.

When an instruction accesses an internal location above address 7FH, the address mode used in the instruction specifies whether the CPU accesses the upper 128 bytes of RAM or the SFR space. Instructions that use direct addressing access SFR space.

For example, the following direct addressing instruction accesses the SFR at location 0A0H (which is P2).

```
MOV 0A0H, #data
```

Instructions that use indirect addressing access the upper 128 bytes of RAM. For example, the following indirect addressing instruction, where R0 contains 0A0H, accesses the data byte at address 0A0H, rather than P2 (whose address is 0A0H).

```
MOV @R0, #data
```

Note that stack operations are examples of indirect addressing, so the upper 128 bytes of data RAM are available as stack space.

The on-chip EEPROM data memory is selected by setting the EEMEN bit in the WMCON register at SFR address location 96H. The EEPROM address range is from 000H to 7FFH. The MOVX instructions are used to access the EEPROM. To access off-chip data memory with the MOVX instructions, the EEMEN bit needs to be set to "0".

The EEMWE bit in the WMCON register needs to be set to "1" before any byte location in the EEPROM can be written. User software should reset EEMWE bit to "0" if no further EEPROM write is required. EEPROM write cycles in the serial programming mode are self-timed and typically take 2.5 ms. The progress of EEPROM write can be monitored by reading the RDY/$\overline{BSY}$ bit (read-only) in SFR WMCON. RDY/$\overline{BSY}$ = 0 means programming is still in progress and RDY/$\overline{BSY}$ = 1 means EEPROM write cycle is completed and another write cycle can be initiated.

In addition, during EEPROM programming, an attempted read from the EEPROM will fetch the byte being written with the MSB complemented. Once the write cycle is completed, true data are valid at all bit locations.

Programmable Watchdog Timer

The programmable Watchdog Timer (WDT) operates from an independent oscillator. The prescaler bits, PS0, PS1 and PS2 in SFR WMCON are used to set the period of the Watchdog Timer from 16 ms to 2048 ms. The available timer periods are shown in the following table and the actual timer periods (at V_{CC} = 5V) are within ±30% of the nominal.

The WDT is disabled by Power-on Reset and during Power-down. It is enabled by setting the WDTEN bit in SFR WMCON (address = 96H). The WDT is reset by setting the WDTRST bit in WMCON. When the WDT times out without being reset or disabled, an internal RST pulse is generated to reset the CPU.

Table 7. Watchdog Timer Period Selection

WDT Prescaler Bits			
PS2	PS1	PS0	Period (nominal)
0	0	0	16 ms
0	0	1	32 ms
0	1	0	64 ms
0	1	1	128 ms
1	0	0	256 ms
1	0	1	512 ms
1	1	0	1024 ms
1	1	1	2048 ms

Timer 0 and 1

Timer 0 and Timer 1 in the AT89S8252 operate the same way as Timer 0 and Timer 1 in the AT89C51, AT89C52 and AT89C55. For further information, see the October 1995 Microcontroller Data Book, page 2-45, section titled, "Timer/Counters."

Timer 2

Timer 2 is a 16 bit Timer/Counter that can operate as either a timer or an event counter. The type of operation is selected by bit C/$\overline{T2}$ in the SFR T2CON (shown in Table 2). Timer 2 has three operating modes: capture, auto-reload (up or down counting), and baud rate generator. The modes are selected by bits in T2CON, as shown in Table 8.

Timer 2 consists of two 8-bit registers, TH2 and TL2. In the Timer function, the TL2 register is incremented every machine cycle. Since a machine cycle consists of 12 oscillator periods, the count rate is 1/12 of the oscillator frequency.

In the Counter function, the register is incremented in response to a 1-to-0 transition at its corresponding external input pin, T2. In this function, the external input is sampled during S5P2 of every machine cycle. When the samples show a high in one cycle and a low in the next cycle, the count is incremented. The new count value appears in the register during S3P1 of the cycle following the one in which

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

the transition was detected. Since two machine cycles (24 oscillator periods) are required to recognize a 1-to-0 transition, the maximum count rate is 1/24 of the oscillator frequency. To ensure that a given level is sampled at least once before it changes, the level should be held for at least one full machine cycle.

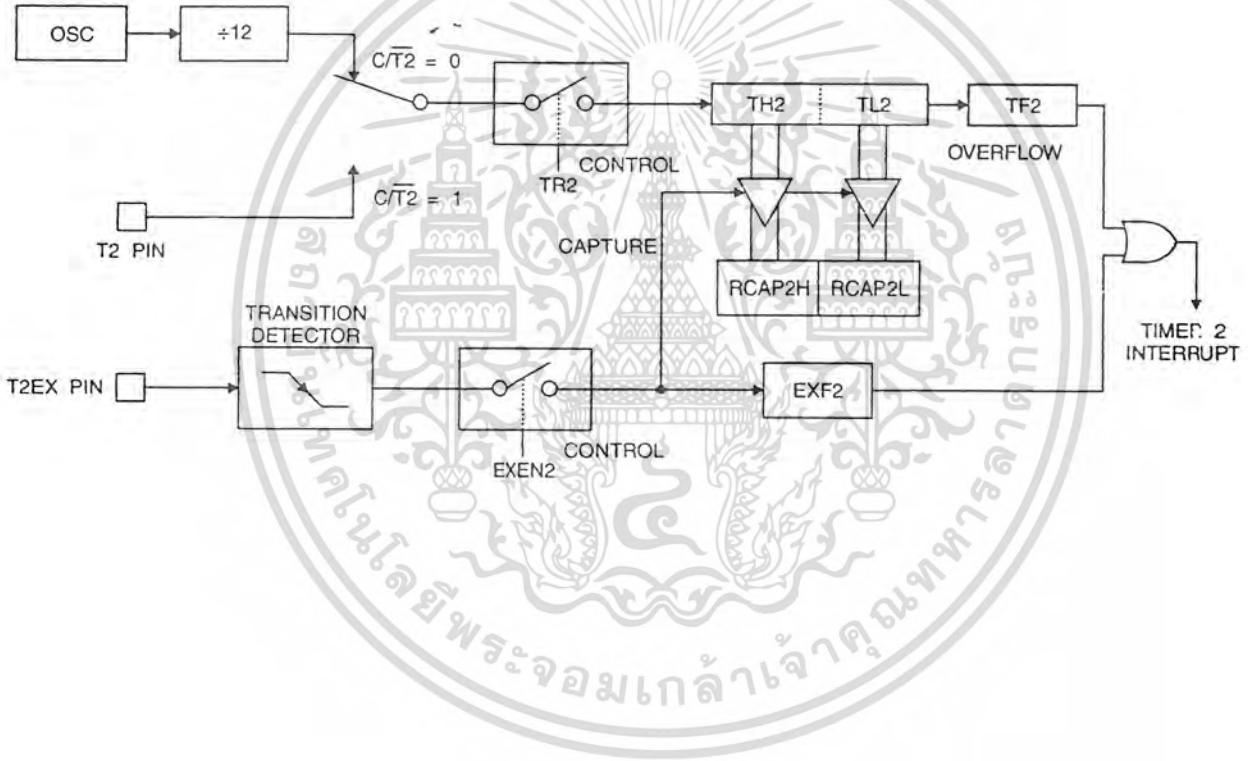
Table 8. Timer 2 Operating Modes

RCLK + TCLK	CP/$\overline{RL2}$	TR2	MODE
0	0	1	16-bit Auto-reload
0	1	1	16-bit Capture
1	X	1	Baud Rate Generator
X	X	0	(Off)

Capture Mode

In the capture mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 is a 16 bit timer or counter which upon overflow sets bit TF2 in T2CON. This bit can then be used to generate an interrupt. If EXEN2 = 1, Timer 2 performs the same operation, but a 1-to-0 transition at external input T2EX also causes the current value in TH2 and TL2 to be captured into RCAP2H and RCAP2L, respectively. In addition, the transition at T2EX causes bit EXF2 in T2CON to be set. The EXF2 bit, like TF2, can generate an interrupt. The capture mode is illustrated in Figure 1.

Figure 1. Timer 2 in Capture Mode



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Auto-reload (Up or Down Counter)

Timer 2 can be programmed to count up or down when configured in its 16 bit auto-reload mode. This feature is invoked by the DCEN (Down Counter Enable) bit located in the SFR T2MOD (see Table 9). Upon reset, the DCEN bit is set to 0 so that timer 2 will default to count up. When DCEN is set, Timer 2 can count up or down, depending on the value of the T2EX pin.

Figure 2 shows Timer 2 automatically counting up when DCEN = 0. In this mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 counts up to 0FFFFH and then sets the TF2 bit upon overflow. The overflow also causes the timer registers to be reloaded with the 16 bit value in RCAP2H and RCAP2L. The values in RCAP2H and RCAP2L are preset by software. If EXEN2 = 1, a 16 bit reload can be triggered either by an overflow or by a 1-to-0 transition at external input T2EX. This transition also sets the EXF2 bit. Both the TF2 and EXF2 bits can generate an interrupt if enabled.

Setting the DCEN bit enables Timer 2 to count up or down, as shown in Figure 3. In this mode, the T2EX pin controls the direction of the count. A logic 1 at T2EX makes Timer 2 count up. The timer will overflow at 0FFFFH and set the TF2 bit. This overflow also causes the 16 bit value in RCAP2H and RCAP2L to be reloaded into the timer registers, TH2 and TL2, respectively.

A logic 0 at T2EX makes Timer 2 count down. The timer underflows when TH2 and TL2 equal the values stored in RCAP2H and RCAP2L. The underflow sets the TF2 bit and causes 0FFFFH to be reloaded into the timer registers.

The EXF2 bit toggles whenever Timer 2 overflows or underflows and can be used as a 17th bit of resolution. In this operating mode, EXF2 does not flag an interrupt.

Figure 2. Timer 2 in Auto Reload Mode (DCEN = 0)

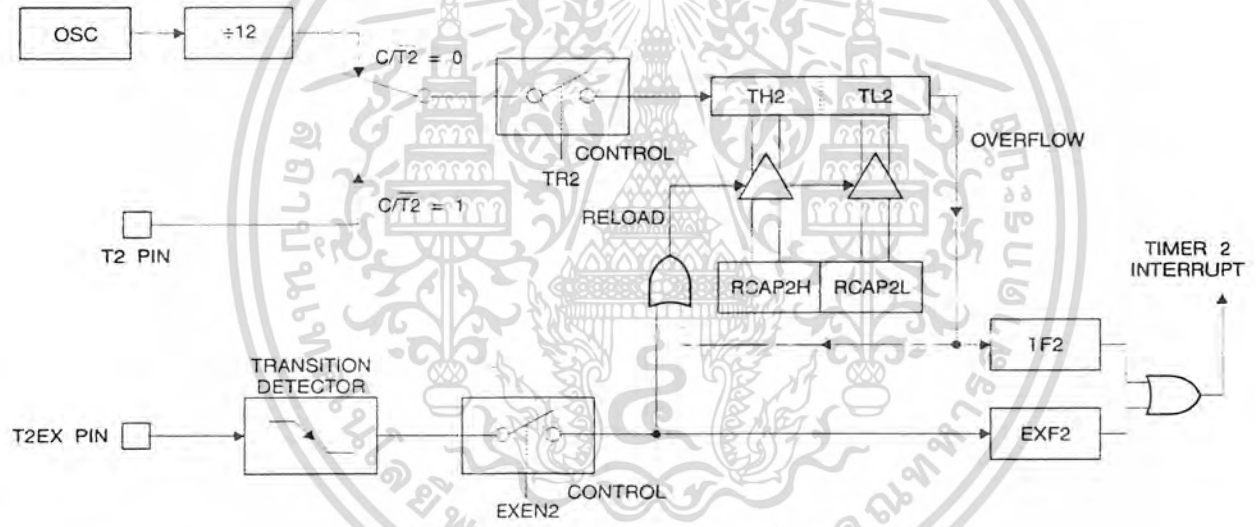


Table 9. T2MOD – Timer 2 Mode Control Register

T2MOD Address = 0C9H — Reset Value = XXXX XX00B

Not Bit Addressable

	–	–	–	–	–	–	T2OE	DCEN
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0

Symbol	Function
–	Not implemented, reserved for future use.
T2OE	Timer 2 Output Enable bit.
DCEN	When set, this bit allows Timer 2 to be configured as an up/down counter.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3. Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 1)

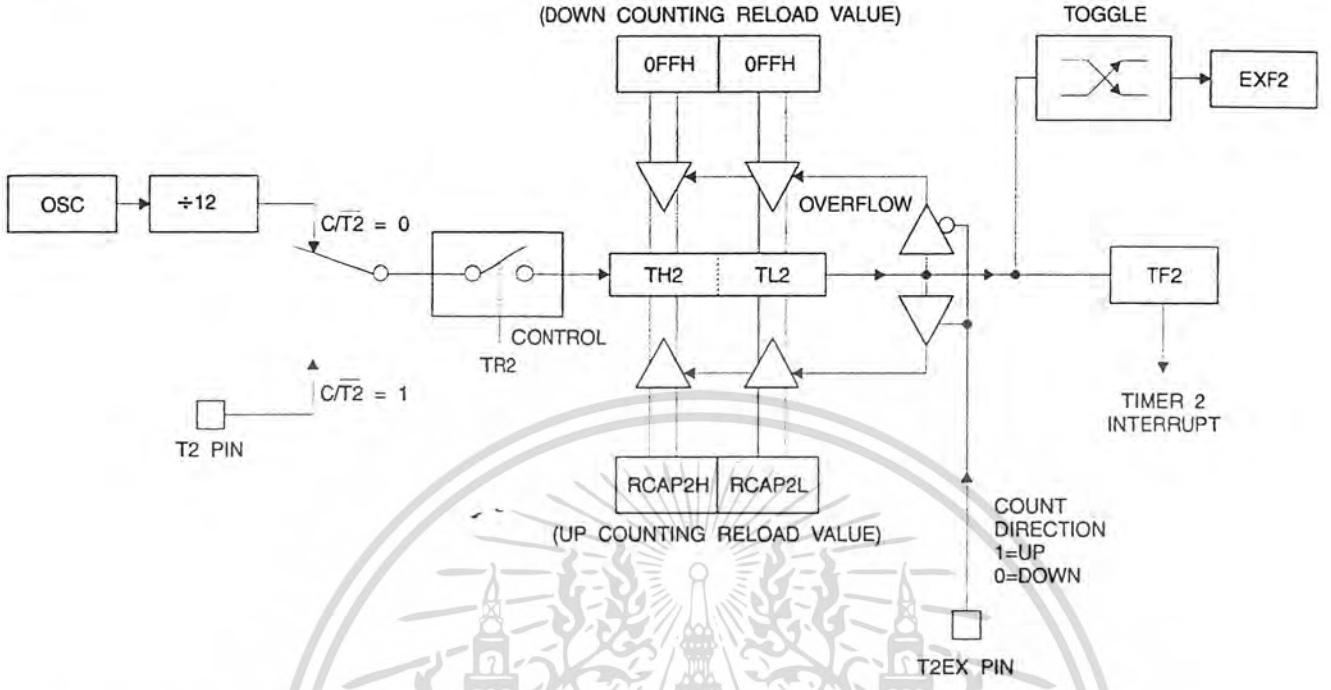
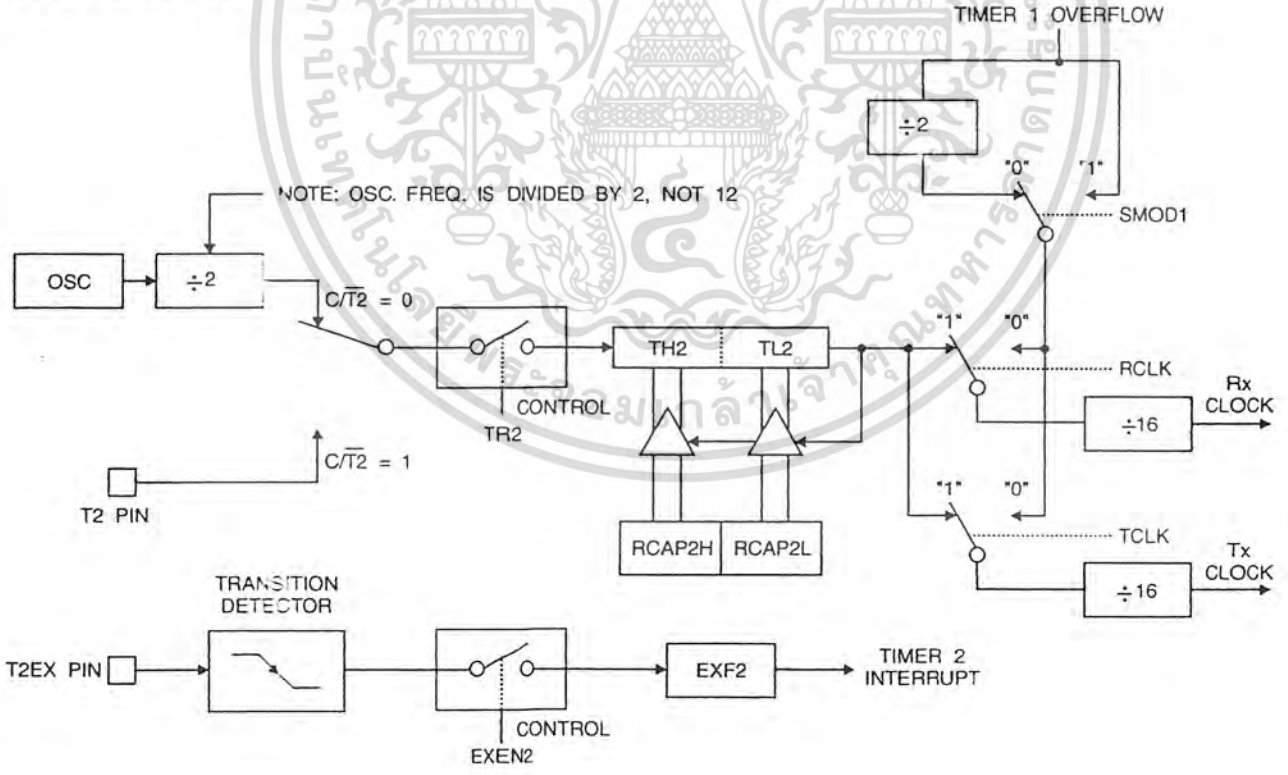


Figure 4. Timer 2 in Baud Rate Generator Mode



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Baud Rate Generator

Timer 2 is selected as the baud rate generator by setting TCLK and/or RCLK in T2CON (Table 2). Note that the baud rates for transmit and receive can be different if Timer 2 is used for the receiver or transmitter and Timer 1 is used for the other function. Setting RCLK and/or TCLK puts Timer 2 into its baud rate generator mode, as shown in Figure 4.

The baud rate generator mode is similar to the auto-reload mode, in that a rollover in TH2 causes the Timer 2 registers to be reloaded with the 16 bit value in registers RCAP2H and RCAP2L, which are preset by software.

The baud rates in Modes 1 and 3 are determined by Timer 2's overflow rate according to the following equation.

$$\text{Modes 1 and 3 Baud Rates} = \frac{\text{Timer 2 Overflow Rate}}{16}$$

The Timer can be configured for either timer or counter operation. In most applications, it is configured for timer operation ($C/\overline{T2} = 0$). The timer operation is different for Timer 2 when it is used as a baud rate generator. Normally, as a timer, it increments every machine cycle (at 1/12 the oscillator frequency). As a baud rate generator, however, it increments every state time (at 1/2 the oscillator frequency). The baud rate formula is given below.

$$\frac{\text{Modes 1 and 3}}{\text{Baud Rate}} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{32 \times [65536 - (\text{RCAP2H,RCAP2L})]}$$

where (RCAP2H, RCAP2L) is the content of RCAP2H and RCAP2L taken as a 16 bit unsigned integer.

Timer 2 as a baud rate generator is shown in Figure 4. This figure is valid only if RCLK or TCLK = 1 in T2CON. Note that a rollover in TH2 does not set TF2 and will not generate an interrupt. Note too, that if EXEN2 is set, a 1-to-0 transition in T2EX will set EXF2 but will not cause a reload from (RCAP2H, RCAP2L) to (TH2, TL2). Thus when Timer 2 is in use as a baud rate generator, T2EX can be used as an extra external interrupt.

Note that when Timer 2 is running (TR2 = 1) as a timer in the baud rate generator mode, TH2 or TL2 should not be read from or written to. Under these conditions, the Timer is incremented every state time, and the results of a read or write may not be accurate. The RCAP2 registers may be read but should not be written to, because a write might overlap a reload and cause write and/or reload errors. The timer should be turned off (clear TR2) before accessing the Timer 2 or RCAP2 registers.

Programmable Clock Out

A 50% duty cycle clock can be programmed to come out on P1.0, as shown in Figure 5. This pin, besides being a regular I/O pin, has two alternate functions. It can be programmed to input the external clock for Timer/Counter 2 or to output a 50% duty cycle clock ranging from 61 Hz to 4 MHz at a 16 MHz operating frequency.

To configure the Timer/Counter 2 as a clock generator, bit $C/\overline{T2}$ (T2CON.1) must be cleared and bit T2OE (T2MOD.1) must be set. Bit TR2 (T2CON.2) starts and stops the timer.

The clock-out frequency depends on the oscillator frequency and the reload value of Timer 2 capture registers (RCAP2H, RCAP2L), as shown in the following equation.

$$\text{Clock Out Frequency} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{4 \times [65536 - (\text{RCAP2H,RCAP2L})]}$$

In the clock-out mode, Timer 2 rollovers will not generate an interrupt. This behavior is similar to when Timer 2 is used as a baud-rate generator. It is possible to use Timer 2 as a baud-rate generator and a clock generator simultaneously. Note, however, that the baud-rate and clock-out frequencies cannot be determined independently from one another since they both use RCAP2H and RCAP2L.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 5. Timer 2 in Clock-out Mode

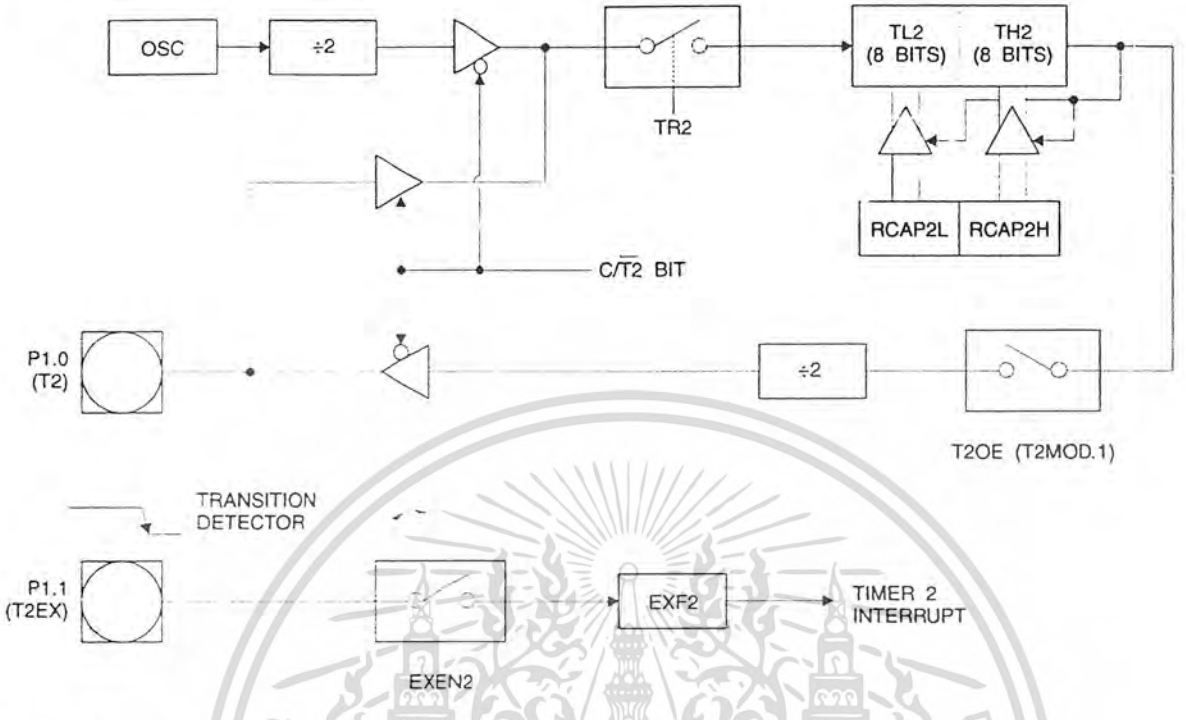
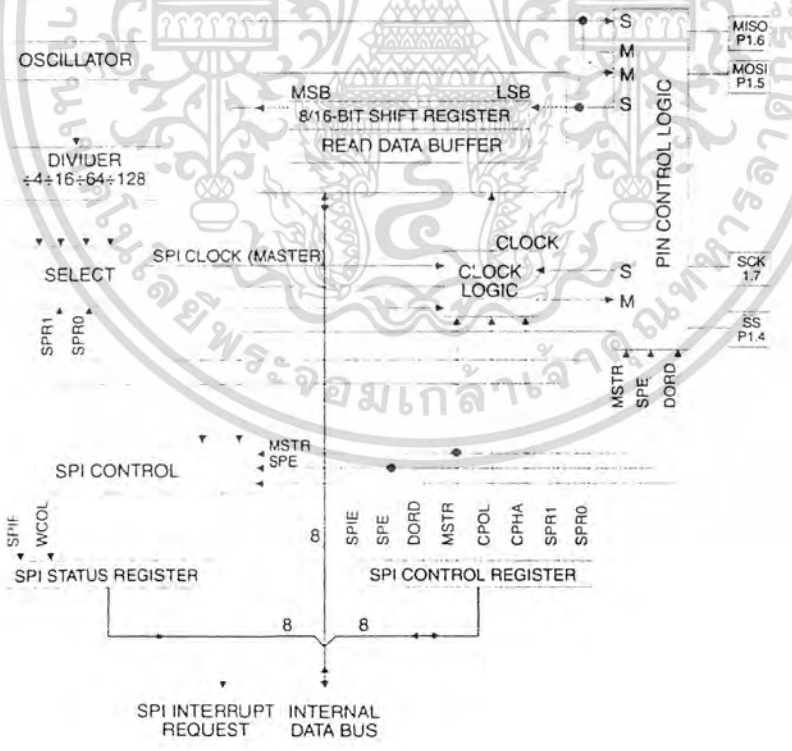


Figure 6. SPI Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UART

The UART in the AT89S8252 operates the same way as the UART in the AT89C51, AT89C52 and AT89C55. For further information, see the October 1995 Microcontroller Data Book, page 2-49, section titled, "Serial Interface."

Serial Peripheral Interface

The serial peripheral interface (SPI) allows high-speed synchronous data transfer between the AT89S8252 and peripheral devices or between several AT89S8252 devices. The AT89S8252 SPI features include the following:

- Full-Duplex, 3-Wire Synchronous Data Transfer
- Master or Slave Operation
- 1.5 MHz Bit Frequency (max.)
- LSB First or MSB First Data Transfer
- Four Programmable Bit Rates
- End of Transmission Interrupt Flag
- Write Collision Flag Protection
- Wakeup from Idle Mode (Slave Mode Only)

The interconnection between master and slave CPUs with SPI is shown in the following figure. The SCK pin is the clock output in the master mode but is the clock input in the slave mode. Writing to the SPI data register of the master CPU starts the SPI clock generator, and the data written shifts out of the MOSI pin and into the MOSI pin of the slave CPU. After shifting one byte, the SPI clock generator stops, setting the end of transmission flag (SPIF). If both the SPI interrupt enable bit (SPIE) and the serial port interrupt enable bit (ES) are set, an interrupt is requested.

The Slave Select input, $\overline{SS}$/P1.4, is set low to select an individual SPI device as a slave. When $\overline{SS}$/P1.4 is set high, the SPI port is deactivated and the MOSI/P1.5 pin can be used as an input.

There are four combinations of SCK phase and polarity with respect to serial data, which are determined by control bits CPHA and CPOL. The SPI data transfer formats are shown in Figure 8 and Figure 9.

Figure 7. SPI Master-slave Interconnection

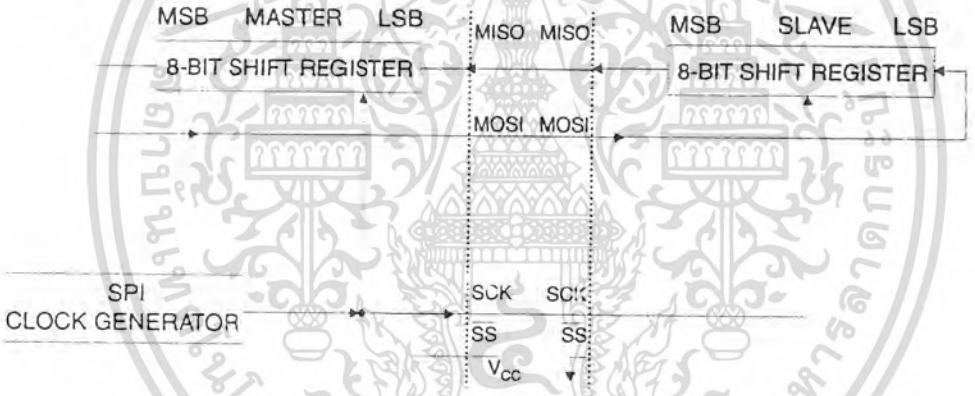
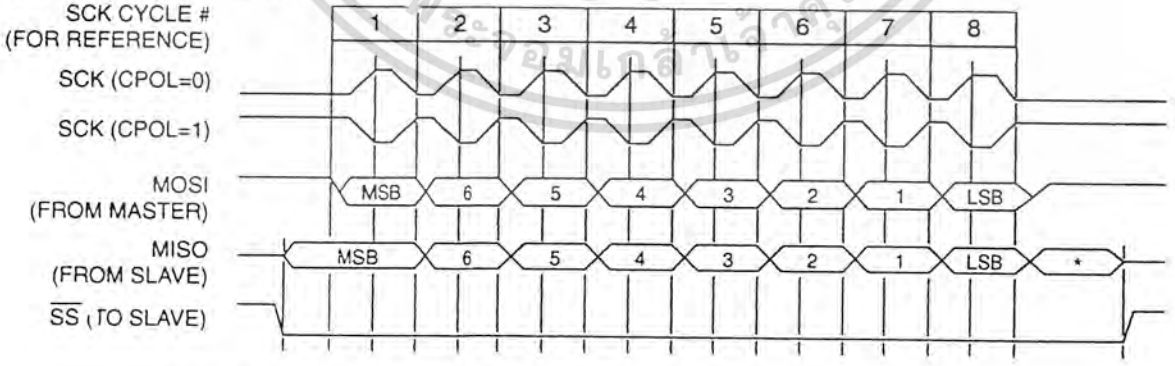


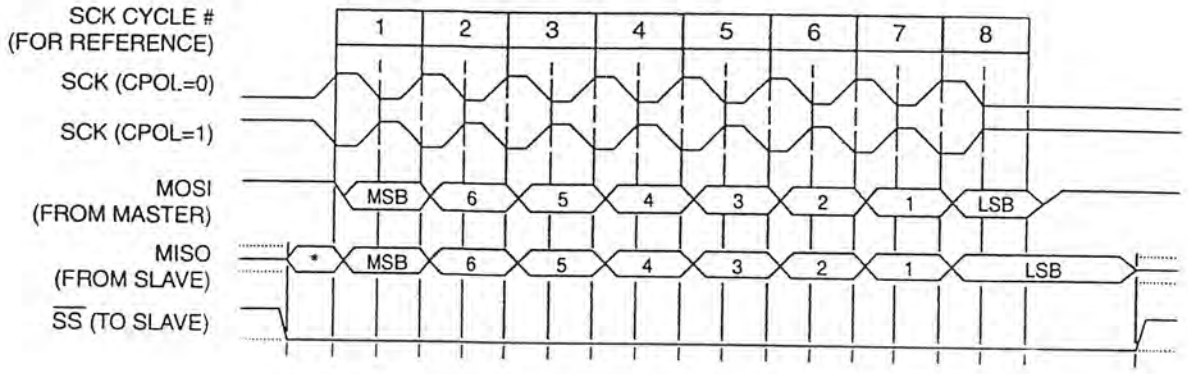
Figure 8. SPI transfer Format with CPHA = 0



*Not defined but normally MSB of character just received

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 9. SPI Transfer Format with CPHA = 1



*Not defined but normally LSB of previously transmitted character

Interrupts

The AT89S8252 has a total of six interrupt vectors: two external interrupts ($\overline{INT0}$ and $\overline{INT1}$), three timer interrupts (Timers 0, 1, and 2), and the serial port interrupt. These interrupts are all shown in Figure 10.

Each of these interrupt sources can be individually enabled or disabled by setting or clearing a bit in Special Function Register IE. IE also contains a global disable bit, EA, which disables all interrupts at once.

Note that Table 10 shows that bit position IE.6 is unimplemented. In the AT89C51, bit position IE.5 is also unimplemented. User software should not write 1s to these bit positions, since they may be used in future AT89 products.

Timer 2 interrupt is generated by the logical OR of bits TF2 and EXF2 in register T2CON. Neither of these flags is cleared by hardware when the service routine is vectored to. In fact, the service routine may have to determine whether it was TF2 or EXF2 that generated the interrupt, and that bit will have to be cleared in software.

The Timer 0 and Timer 1 flags, TF0 and TF1, are set at S5P2 of the cycle in which the timers overflow. The values are then polled by the circuitry in the next cycle. However, the Timer 2 flag, TF2, is set at S2P2 and is polled in the same cycle in which the timer overflows.

Table 10. Interrupt Enable (IE) Register

(MSB)(LSB)

EA	–	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

Enable Bit = 1 enables the interrupt.

Enable Bit = 0 disables the interrupt.

Symbol	Position	Function
EA	IE.7	Disables all interrupts. If EA = 0, no interrupt is acknowledged. If EA = 1, each interrupt source is individually enabled or disabled by setting or clearing its enable bit.
–	IE.6	Reserved.
ET2	IE.5	Timer 2 interrupt enable bit.
ES	IE.4	SPI and UART interrupt enable bit.
ET1	IE.3	Timer 1 interrupt enable bit.
EX1	IE.2	External interrupt 1 enable bit.
ET0	IE.1	Timer 0 interrupt enable bit.
EX0	IE.0	External interrupt 0 enable bit.

User software should never write 1s to unimplemented bits, because they may be used in future AT89 products.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 10. Interrupt Sources

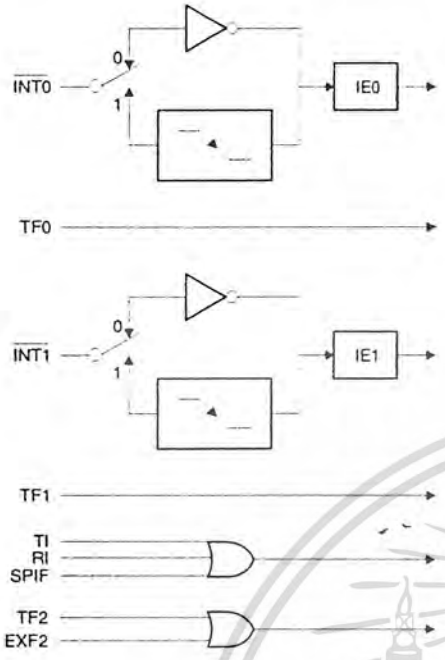
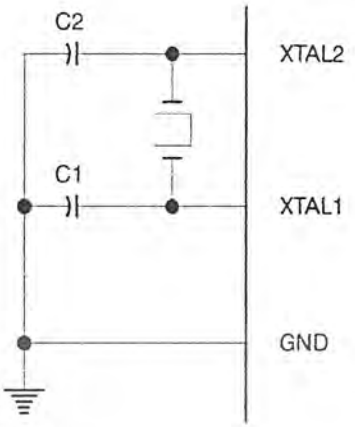
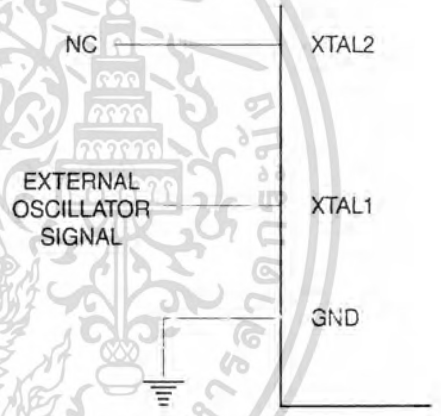


Figure 11. Oscillator Connections



Note: Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 12. External Clock Drive Configuration



Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 11. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven, as shown in Figure 12. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature	-55°C to +125°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage	6.6V
DC Output Current	15.0 mA

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

DC Characteristics

The values shown in this table are valid for T_A = -40°C to 85°C and V_{CC} = 5.0V ± 20%, unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low-voltage	(Except $\overline{EA}$)	-0.5	0.2 V_{CC} - 0.1	V
V_{IL1}	Input Low-voltage ($\overline{EA}$)		-0.5	0.2 V_{CC} - 0.3	V
V_{IH}	Input Hifh-voltage	(Except XTAL1, RST)	0.2 V_{CC} + 0.9	V_{CC} + 0.5	V
V_{IH1}	Input Hifh-voltage	(XTAL1, RST)	0.7 V_{CC}	V_{CC} + 0.5	V
V_{OL}	Output Low-voltage [1] (Ports 1,2,3)	I_{OL} = 1.6 mA		0.5	V
V_{OL1}	Output Low-voltage [1] (Port 0, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OL} = 3.2 mA		0.5	V
V_{OH}	Output Hifh-voltage (Ports 1,2,3, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OH} = -60 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -25 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -10 µA	0.9 V_{CC}		V
V_{OH1}	Output Hifh-voltage (Port 0 in External Bus Mode)	I_{OH} = -800 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -300 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -80 µA	0.9 V_{CC}		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 0.45V		-50	µA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 2V, V_{CC} = 5V ± 10%		-650	µA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port 0, $\overline{EA}$)	0.45 < V_{IN} < V_{CC}		±10	µA
RRST	Reset Pull-down Resistor		50	300	KΩ
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, T_A = 25°C		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		25	mA
		Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA
	Power-down Mode [2]	V_{CC} = 6V		100	µA
		V_{CC} = 3V		40	µA

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA
Maximum I_{OL} per 8-bit port:
Port 0: 26 mA
Ports 1, 2, 3: 15 mA
Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA
If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.
2. Minimum V_{CC} for Power-down is 2V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Characteristics

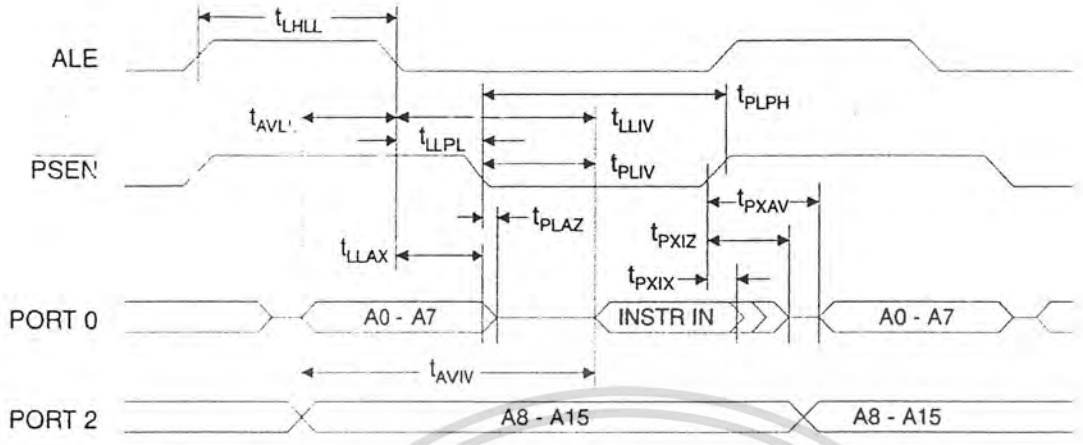
Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/$\overline{PROG}$, and $\overline{PSEN}$ = 100 pF; load capacitance for all other outputs = 80 pF.

External Program and Data Memory Characteristics

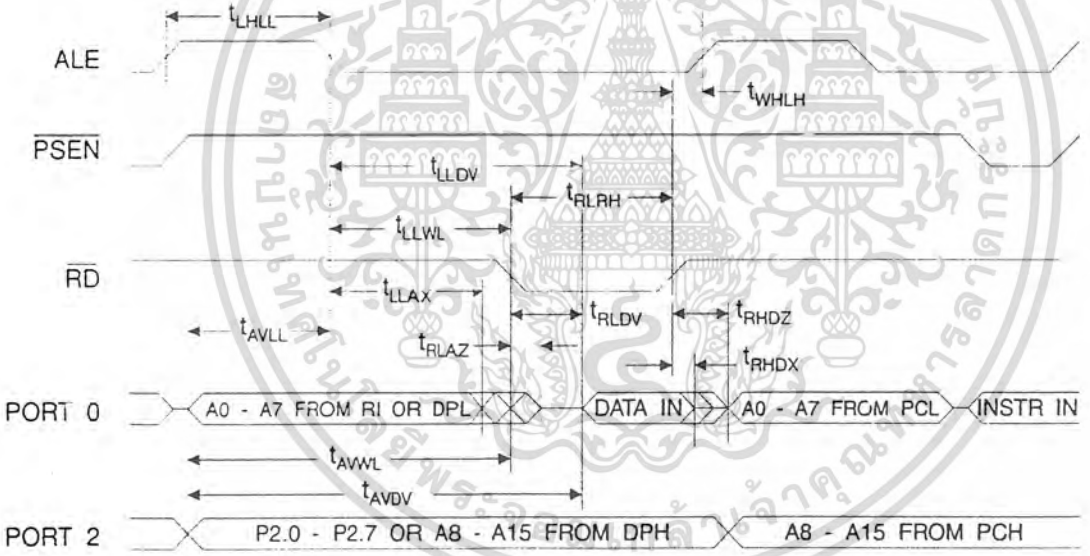
Symbol	Parameter	Variable Oscillator		Units
		Min	Max	
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	24	MHz
t_{LHLL}	ALE Pulse Width	$2t_{CLCL} - 40$		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	$t_{CLCL} - 13$		ns
t_{LLAX}	Address Hold after ALE Low	$t_{CLCL} - 20$		ns
t_{LLIV}	ALE Low to Valid Instruction In		$4t_{CLCL} - 65$	ns
t_{LLPL}	ALE Low to $\overline{PSEN}$ Low	$t_{CLCL} - 13$		ns
t_{PLPH}	$\overline{PSEN}$ Pulse Width	$3t_{CLCL} - 20$		ns
t_{PLIV}	$\overline{PSEN}$ Low to Valid Instruction In		$3t_{CLCL} - 45$	ns
t_{PXIX}	Input Instruction Hold after $\overline{PSEN}$	0		ns
t_{PXIZ}	Input Instruction Float after $\overline{PSEN}$		$t_{CLCL} - 10$	ns
t_{PXAV}	$\overline{PSEN}$ to Address Valid	$t_{CLCL} - 8$		ns
t_{AVIV}	Address to Valid Instruction In		$5t_{CLCL} - 55$	ns
t_{PLAZ}	$\overline{PSEN}$ Low to Address Float		10	ns
t_{RLRH}	$\overline{RD}$ Pulse Width	$6t_{CLCL} - 100$		ns
t_{WLWH}	$\overline{WR}$ Pulse Width	$6t_{CLCL} - 100$		ns
t_{RLDV}	$\overline{RD}$ Low to Valid Data In		$5t_{CLCL} - 90$	ns
t_{RHDX}	Data Hold after $\overline{RD}$	0		ns
t_{RHDZ}	Data Float after $\overline{RD}$		$2t_{CLCL} - 28$	ns
t_{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		$8t_{CLCL} - 150$	ns
t_{AVDV}	Address to Valid Data In		$9t_{CLCL} - 165$	ns
t_{LLWL}	ALE Low to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	$3t_{CLCL} - 50$	$3t_{CLCL} + 50$	ns
t_{AVWL}	Address to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	$4t_{CLCL} - 75$		ns
t_{QVWX}	Data Valid to $\overline{WR}$ Transition	$t_{CLCL} - 20$		ns
t_{QVWH}	Data Valid to $\overline{WR}$ High	$7t_{CLCL} - 120$		ns
t_{WHQX}	Data Hold after $\overline{WR}$	$t_{CLCL} - 20$		ns
t_{RLAZ}	$\overline{RD}$ Low to Address Float		0	ns
t_{WHLH}	$\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ High to ALE High	$t_{CLCL} - 20$	$t_{CLCL} + 25$	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Program Memory Read Cycle

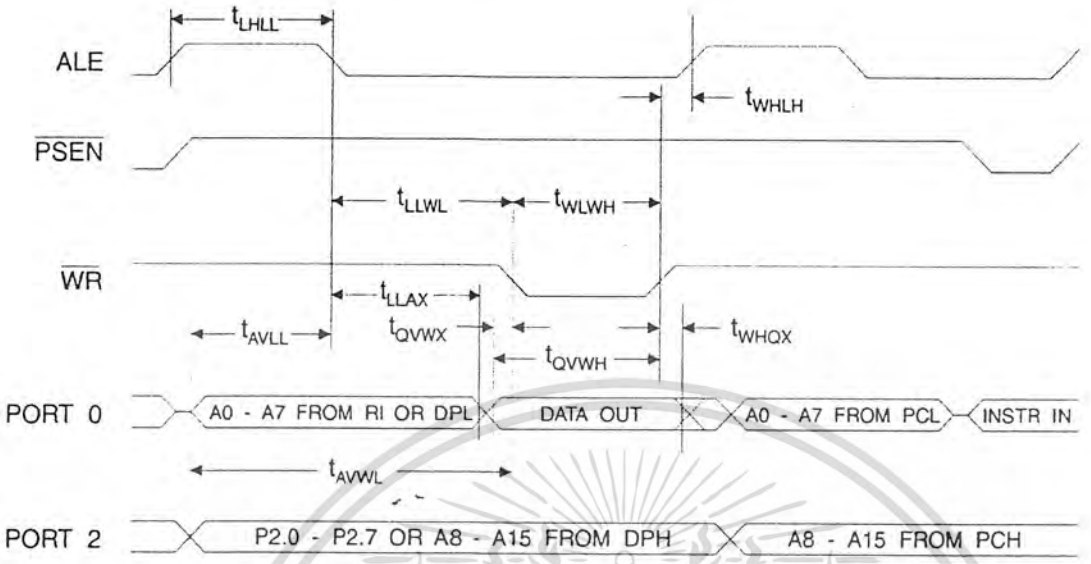


External Data Memory Read Cycle

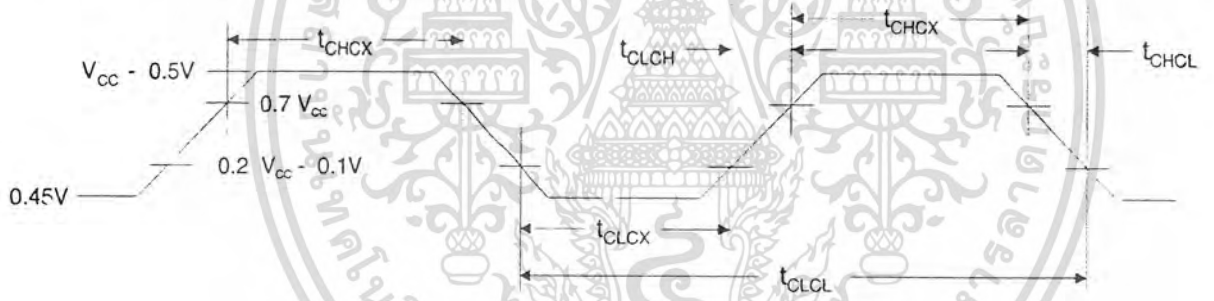


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Symbol	Parameter	V_{CC} = 4.0V to 6.0V		Units
		Min	Max	
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	24	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	41.6		ns
t_{CHCX}	High Time	15		ns
t_{CLCX}	Low Time	15		ns
t_{CLCH}	Rise Time		20	ns
t_{CHCL}	Fall Time		20	ns

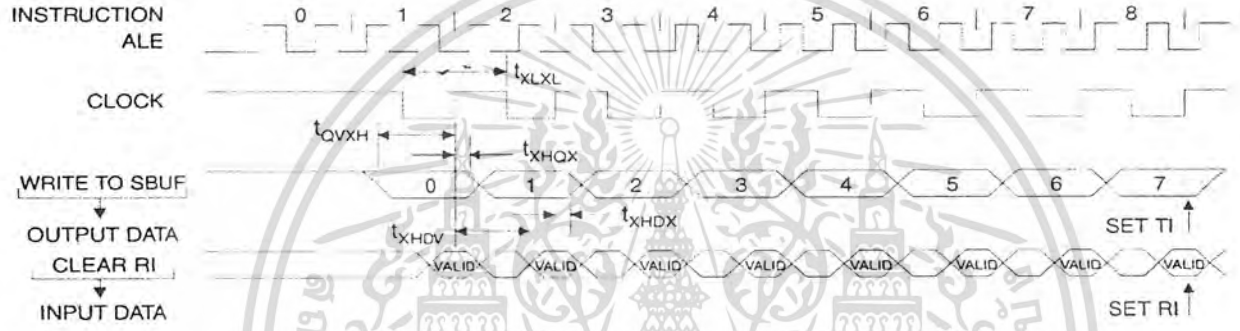
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

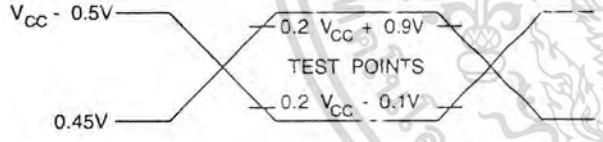
The values in this table are valid for V_{CC} = 4.0V to 6V and Load Capacitance = 80 pF.

Symbol	Parameter	Variable Oscillator		Units
		Min	Max	
t_{XLXL}	Serial Port Clock Cycle Time	$12t_{CLCL}$		µs
t_{QVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	$10t_{CLCL}$ - 133		ns
t_{XHQX}	Output Data Hold after Clock Rising Edge	$2t_{CLCL}$ - 117		ns
t_{XHDX}	Input Data Hold after Clock Rising Edge	0		ns
t_{XHDV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		$10t_{CLCL}$ - 133	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms

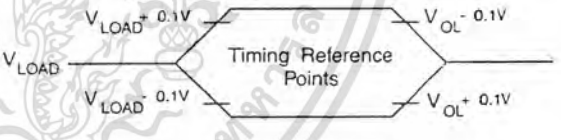


AC Testing Input/Output Waveforms[1]



Notes: 1. AC Inputs during testing are driven at V_{CC} - 0.5V for a logic 1 and 0.45V for a logic 0. Timing measurements are made at V_{IH} min. for a logic 1 and V_{IL} max. for a logic 0.

Float Waveforms[1]

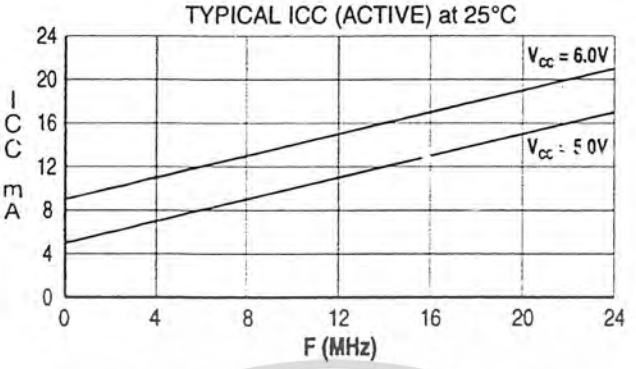


Notes: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when a 100 mV change from the loaded V_{OH}/V_{OL} level occurs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

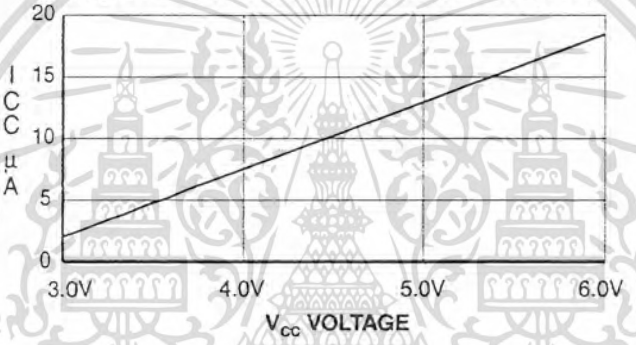
AT89S8252

TYPICAL ICC (ACTIVE) at 25°C



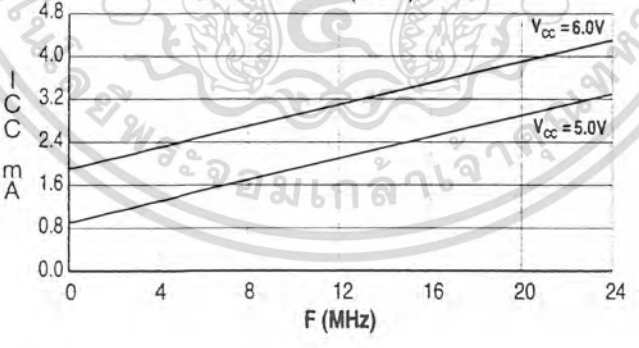
AT89S8252

TYPICAL ICC vs. VOLTAGE - POWER DOWN (85°C)



AT89S8252

TYPICAL ICC (IDLE) at 25°C



Notes: 1. XTAL1 tied to GND for Icc (power-down)
2. Lock bits programmed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
24	4.0V to 6.0V	AT89S8252-24AC AT89S8252-24JC AT89S8252-24PC AT89S8252-24QC	44A 44J 40P6 44Q	Commercial (0°C to 70°C)
	4.0V to 6.0V	AT89S8252-24AI AT89S8252-24JI AT89S8252-24PI AT89S8252-24QI	44A 44J 40P6 44Q	Industrial (-40°C to 85°C)
33	4.5V to 5.5V	AT89S8252-33AC AT89S8252-33JC AT89S8252-33PC AT89S8252-33QC	44A 44J 40P6 44Q	Commercial (0°C to 70°C)

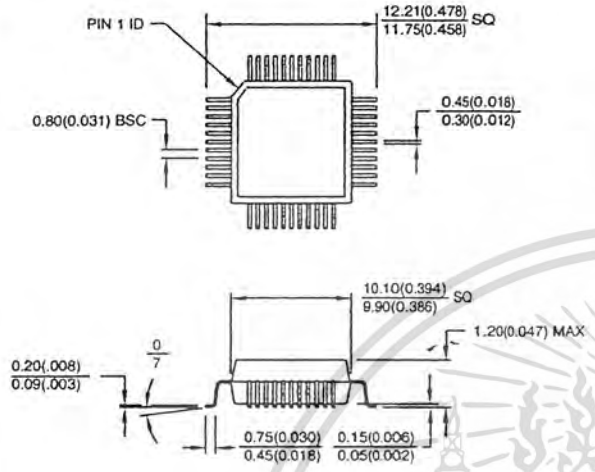
= Preliminary Information

Package Type	
44A	44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44J	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
40P6	40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44Q	44-lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)

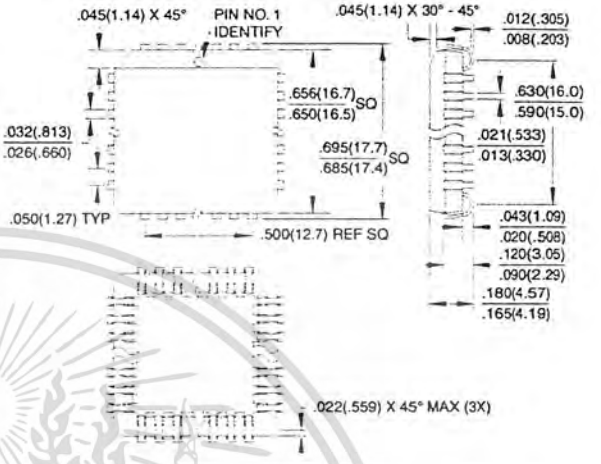
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Packaging Information

44A, 44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
Dimensions in Millimeters and (Inches)*
JEDEC STANDARD MS-026 ACB

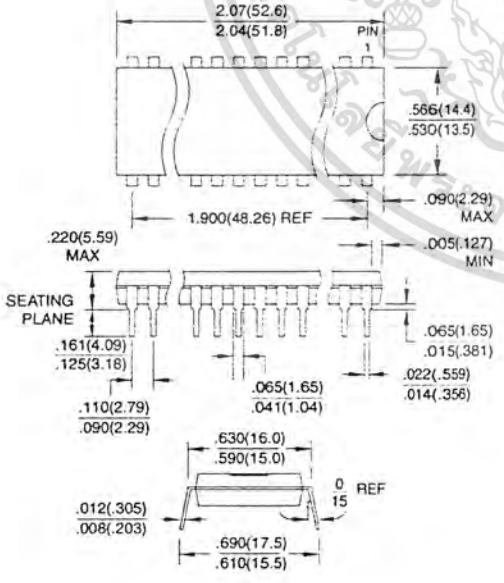


44J, 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
Dimensions in Inches and (Millimeters)
JEDEC STANDARD MS-018 AC

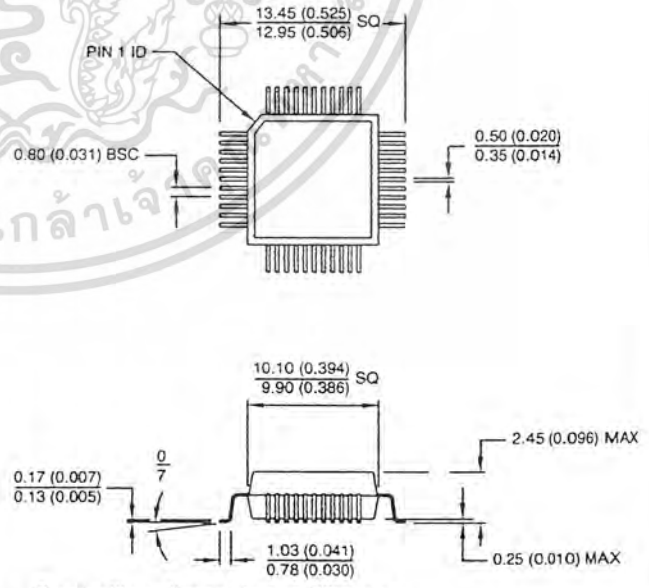


Controlling dimension: millimeters

40P6, 40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
Dimensions in Inches and (Millimeters)



44Q, 44-lead, Plastic Quad Flat Package (PQFP)
Dimensions in Millimeters and (Inches)*
JEDEC STANDARD MS-022 AB



Controlling dimension: millimeters

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Atmel Headquarters

Corporate Headquarters
2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131
TEL (408) 441-0311
FAX (408) 487-2600

Europe
Atmel U.K., Ltd.
Coliseum Business Centre
Riverside Way
Camberley, Surrey GU15 3YL
England
TEL (44) 1276-686-677
FAX (44) 1276-686-697

Asia
Atmel Asia, Ltd.
Room 1219
Chinachem Golden Plaza
77 Mody Road Tsimhatsui
East Kowloon
Hong Kong
TEL (852) 2721-9778
FAX (852) 2722-1369

Japan
Atmel Japan K.K.
9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.
1-24-8 Shinkawa
Chuo-ku, Tokyo 104-0033
Japan
TEL (81) 3-3523-3551
FAX (81) 3-3523-7581

Atmel Operations

Atmel Colorado Springs
1150 E. Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906
TEL (719) 576-3300
FAX (719) 540-1759

Atmel Rousset
Zone Industrielle
13106 Rousset Cedex
France
TEL (33) 4-4253-6000
FAX (33) 4-4253-6001

Fax-on-Demand
North America:
1-(800) 292-8635
International:
1-(408) 441-0732

e-mail
literature@atmel.com

Web Site
http://www.atmel.com

BBS
1-(408) 436-4309

© Atmel Corporation 2000.
Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard warranty which is detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for any errors which may appear in this document, reserves the right to change devices or specifications detailed herein at any time without notice, and does not make any commitment to update the information contained herein. No licenses to patents or other intellectual property of Atmel are granted by the Company in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems.

Marks bearing ® and/or ™ are registered trademarks and trademarks of Atmel Corporation.

Terms and product names in this document may be trademarks of others.

Printed on recycled paper.

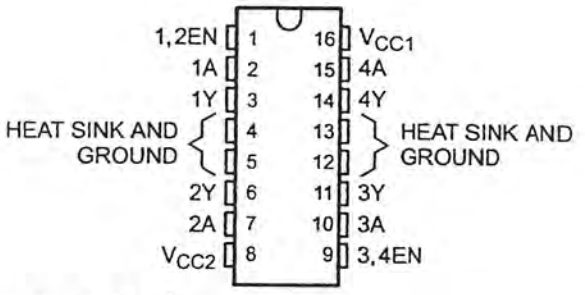
0401E–02/00/xM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SLRS008A – SEPTEMBER 1986 – REVISED MAY 1990

- 600-mA Output Current Capability Per Driver
- Pulsed Current 1.2-A Per Driver
- Output Clamp Diodes for Inductive Transient Suppression
- Wide Supply Voltage Range 4.5 V to 36 V
- Separate Input-Logic Supply
- Thermal Shutdown
- Internal ESD Protection
- High-Noise-Immunity Inputs
- Functional Replacement for SGS L293D

NE PACKAGE
(TOP VIEW)



description

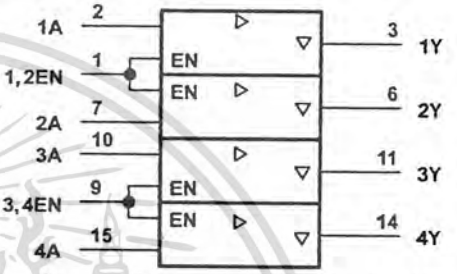
The L293D is a quadruple high-current half-H driver designed to provide bidirectional drive currents of up to 600-mA at voltages from 4.5 V to 36 V. It is designed to drive inductive loads such as relays, solenoids, dc and bipolar stepping motors, as well as other high-current/high-voltage loads in positive-supply applications.

All inputs are TTL-compatible. Each output is a complete totem-pole drive circuit with a Darlington transistor sink and a pseudo-Darlington source. Drivers are enabled in pairs with drivers 1 and 2 enabled by 1,2EN and drivers 3 and 4 enabled by 3,4EN. When an enable input is high, the associated drivers are enabled, and their outputs are active and in phase with their inputs. External high-speed output clamp diodes should be used for inductive transient suppression. When the enable input is low, those drivers are disabled, and their outputs are off and in a high-impedance state. With the proper data inputs, each pair of drivers form a full-H (or bridge) reversible drive suitable for solenoid or motor applications.

A V_{CC1} terminal, separate from V_{CC2}, is provided for the logic inputs to minimize device power dissipation.

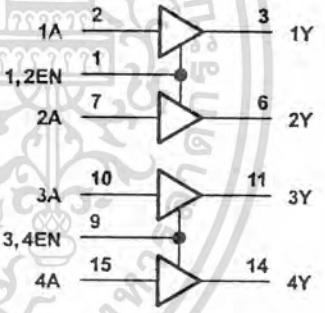
The L293D is designed for operation from 0°C to 70°C.

logic symbol†



† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.

logic diagram



FUNCTION TABLE
(each driver)

INPUTS‡		OUTPUT
A	EN	Y
H	H	H
L	H	L
X	L	Z

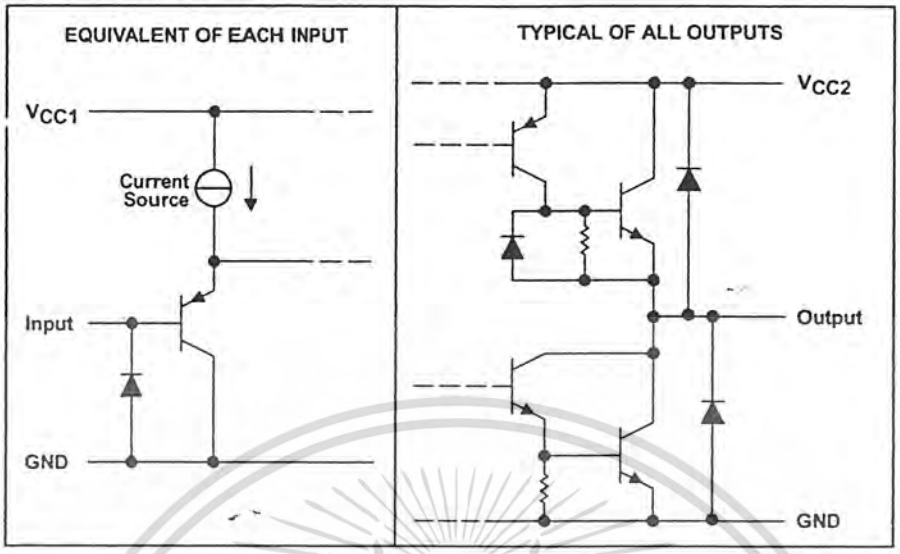
H = high-level, L = low level,
X = irrelevant, Z = high-impedance (off)
‡ In the thermal shutdown mode, the output is in the high-impedance state regardless of the input levels.

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

Copyright © 1990, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

schematics of inputs and outputs



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

Logic supply voltage range, V_{CC1} (see Note 1) ..... 36 V
Output supply voltage range, V_{CC2} ..... 36 V
Input voltage range, V_I ..... 7 V
Output voltage range, V_O ..... −3 V to V_{CC2} + 3 V
Peak output current (nonrepetitive, $t \leq 100\ \mu s$) ..... ±1.2 A
Continuous output current, I_O ..... ±600 mA
Continuous total dissipation at (or below) 25°C free-air temperature (see Notes 2 and 3) ..... 2075 mW
Continuous total dissipation at 80°C case temperature (see Note 3) ..... 5000 mW
Operating case or virtual junction temperature range, T_J ..... −40°C to 150°C
Storage temperature range, T_{stg} ..... −65°C to 150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds ..... 260°C

NOTES: 1. All voltage values are with respect to the network ground terminal.
2. For operation above 25°C free-air temperature, derate linearly at the rate of 16.6 mW/°C.
3. For operation above 25°C case temperature, derate linearly at the rate of 71.4 mW/°C. Due to variations in individual device electrical characteristics and thermal resistance, the built-in thermal overload protection may be activated at power levels slightly above or below the rated dissipation.

recommended operating conditions

		MIN	MAX	UNIT
Logic supply voltage, V_{CC1}		4.5	7	V
Output supply voltage, V_{CC2}		V_{CC1}	36	V
High-level input voltage, V_{IH}	$V_{CC1} \leq 7$ V	2.3	V_{CC1}	V
	$V_{CC1} \geq 7$ V	2.3	7	
Low-level input voltage, V_{IL}		−0.3†	1.5	V
Operating free-air temperature, T_A		0	70	°C

† The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

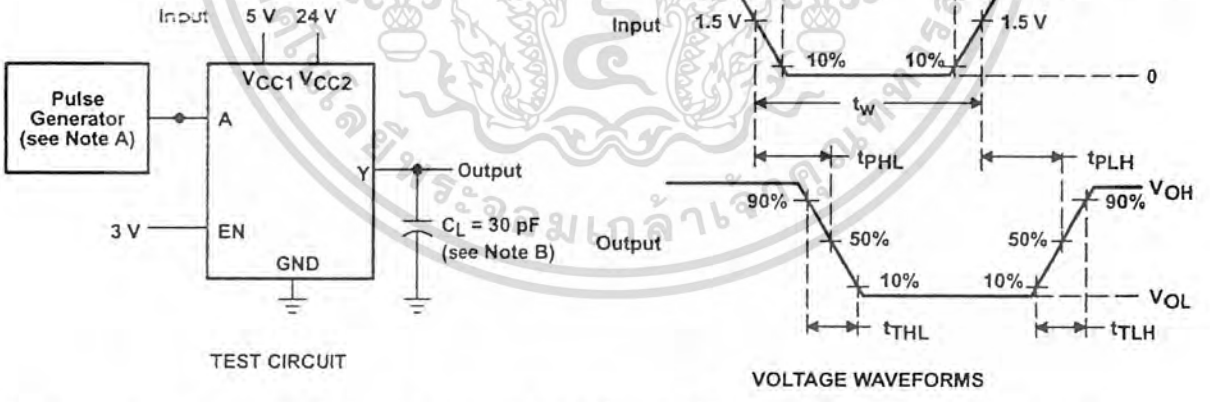
electrical characteristics, V_{CC1} = 5 V, V_{CC2} = 24 V, T_A = 25°C

PARAMETER			TEST CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNIT
V_{OH}	High-level output voltage		I_{OH} = −0.6 A		V_{CC2}−1.8	V_{CC2}−1.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage		I_{OL} = 0.6 A			1.2	1.8	V
V_{OKH}	High-level output clamp voltage		I_{OK} = −0.6 A			V_{CC2}+1.3		V
V_{OKL}	Low-level output clamp voltage		I_{OK} = −0.6 A			1.3		V
I_{IH}	High-level input current	A	V_I = 7 V			0.2	100	μA
		EN				0.2	±10	
I_{IL}	Low-level input current	A	V_I = 0			−3	−10	μA
		EN				−2	−100	
I_{CC1}	Logic supply current		I_O = 0	All outputs at high level		13	22	mA
				All outputs at low level		35	60	
				All outputs at high impedance		8	24	
I_{CC2}	Output supply current		I_O = 0	All outputs at high level		14	24	mA
				All outputs at low level		2	6	
				All outputs at high impedance		2	4	

switching characteristics, V_{CC1} = 5 V, V_{CC2} = 24 V, T_A = 25°C

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output from A input	C_L = 30 pF, See Figure 1		800		ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output from A input			400		ns
t_{TLH}	Transition time, low-to-high-level output			300		ns
t_{THL}	Transition time, high-to-low-level output			300		ns

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: $t_r \le 10$ ns, $t_f \le 10$ ns, t_w = 10 μs, PRR = 5 kHz, Z_O = 50 Ω.
B. C_L includes probe and jig capacitance.

Figure 1. Test Circuit and Voltage Waveforms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION

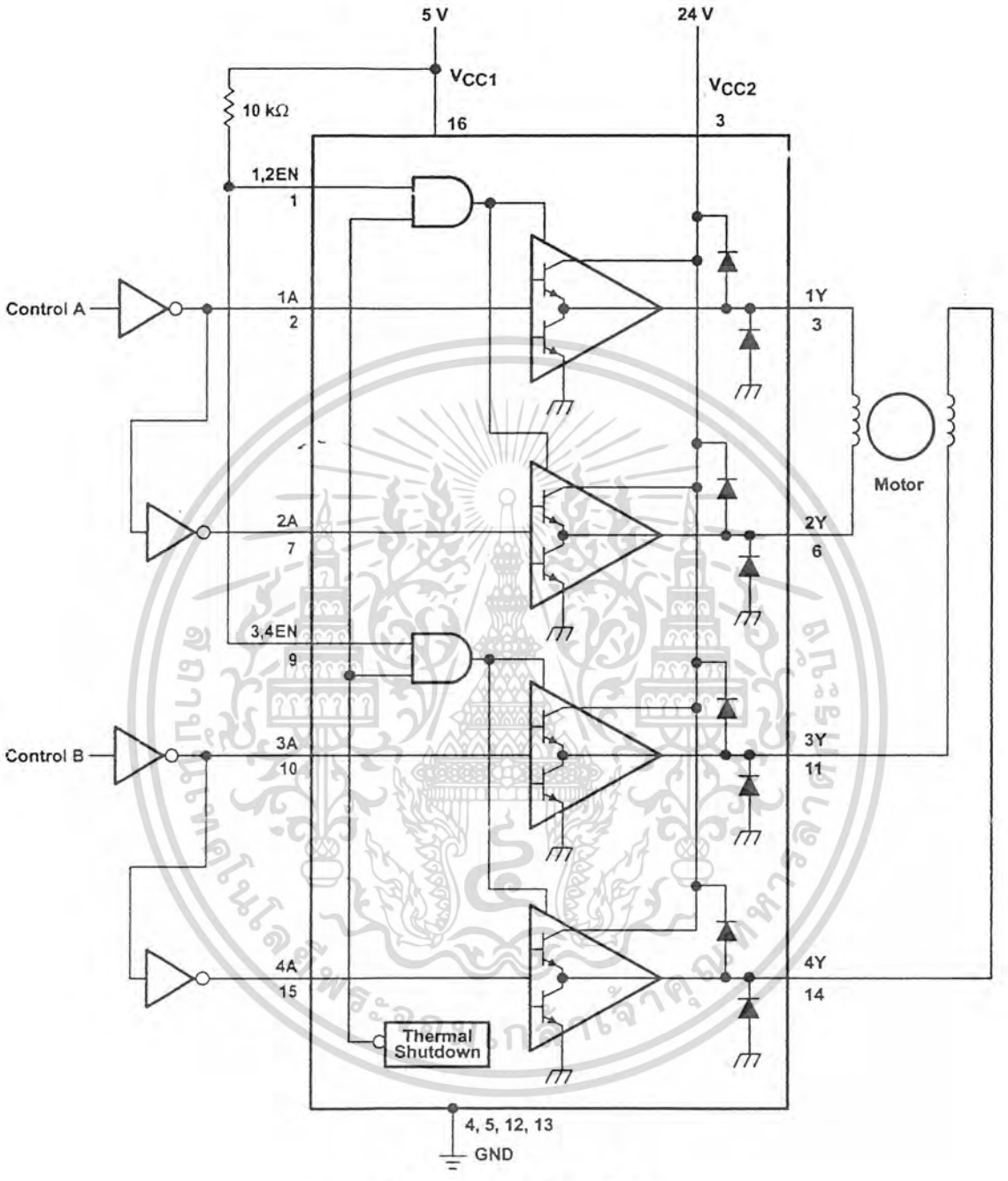


Figure 2. Two-Phase Motor Driver

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments and its subsidiaries (TI) reserve the right to make changes to their products or to discontinue any product or service without notice, and advise customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that information being relied on is current and complete. All products are sold subject to the terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgement, including those pertaining to warranty, patent infringement, and limitation of liability.

TI warrants performance of its semiconductor products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

CERTAIN APPLICATIONS USING SEMICONDUCTOR PRODUCTS MAY INVOLVE POTENTIAL RISKS OF DEATH, PERSONAL INJURY, OR SEVERE PROPERTY OR ENVIRONMENTAL DAMAGE ("CRITICAL APPLICATIONS"). TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS. INCLUSION OF TI PRODUCTS IN SUCH APPLICATIONS IS UNDERSTOOD TO BE FULLY AT THE CUSTOMER'S RISK.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards must be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used. TI's publication of information regarding any third party's products or services does not constitute TI's approval, warranty or endorsement thereof.

Copyright © 1998, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

TQM™

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

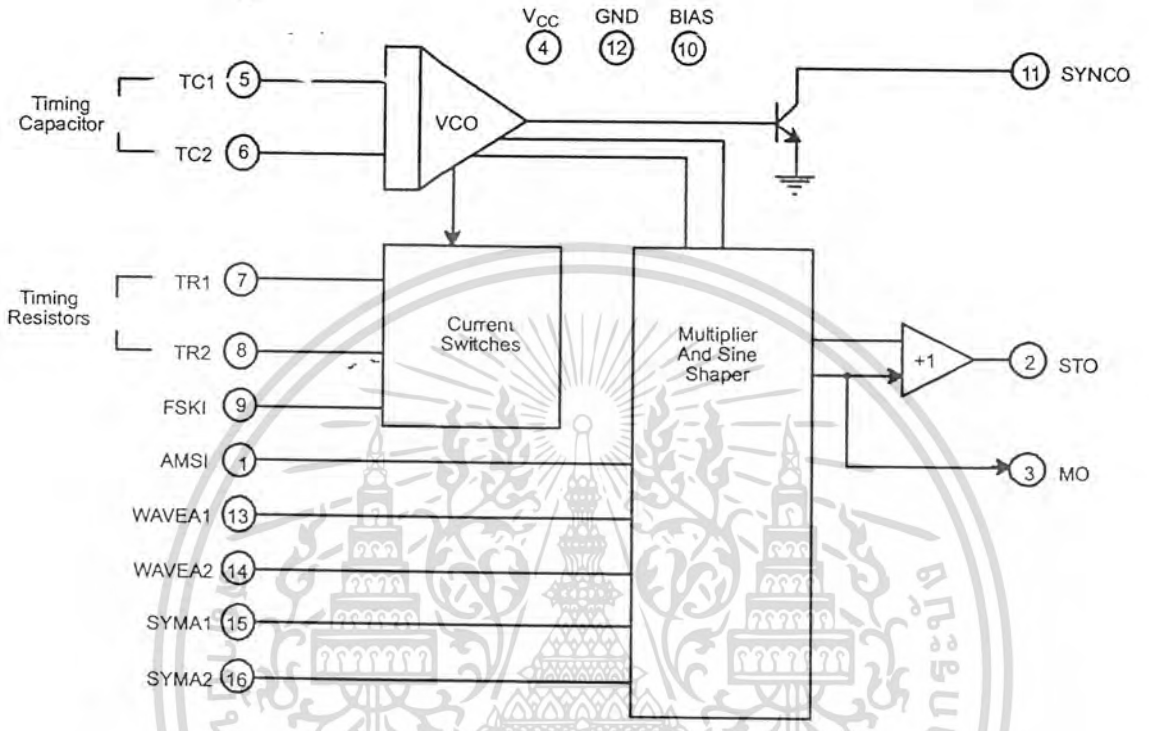
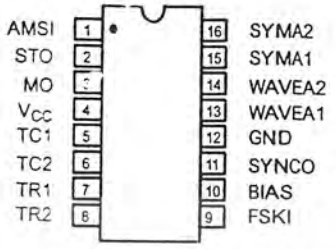
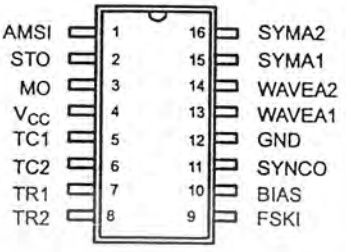


Figure 1. XR-2206 Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

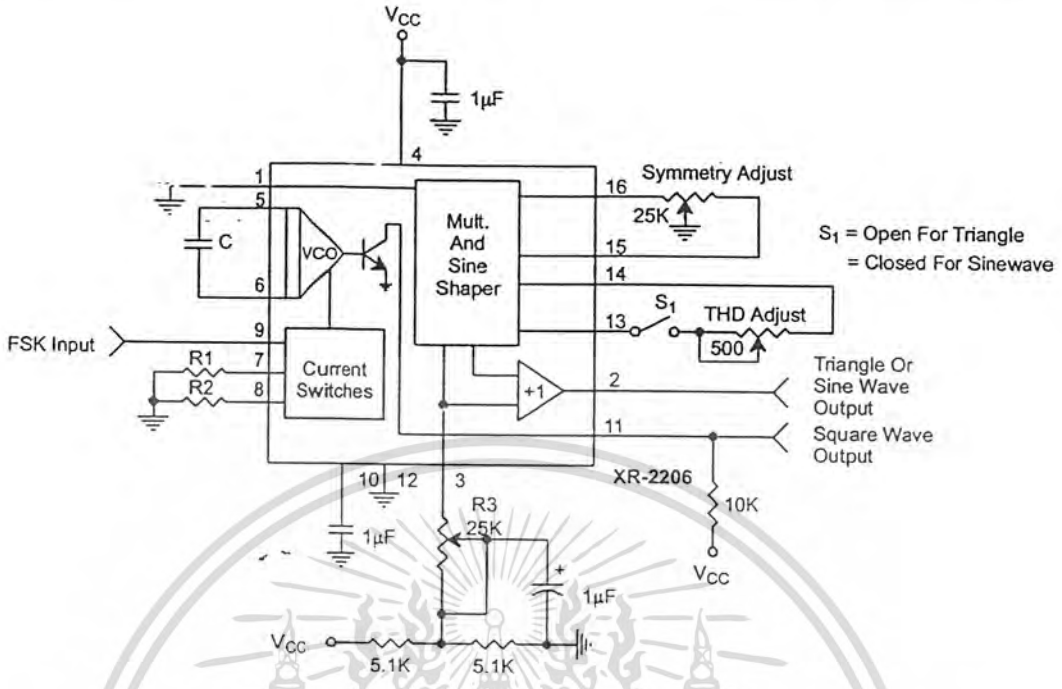


Figure 2. Basic Test Circuit

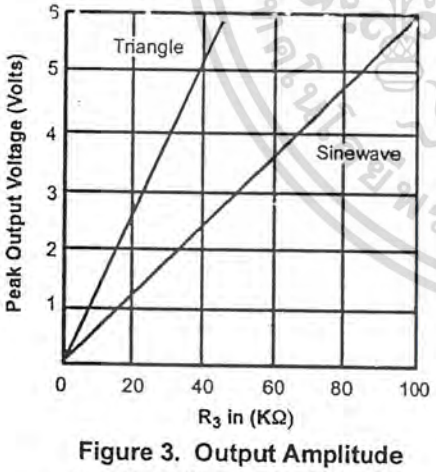


Figure 3. Output Amplitude as a Function of the Resistor, R3, at Pin 3

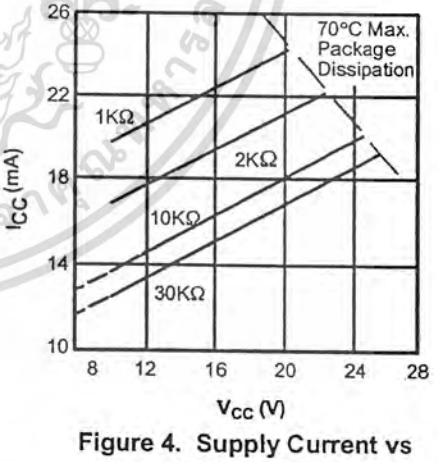


Figure 4. Supply Current vs Supply Voltage, Timing, R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

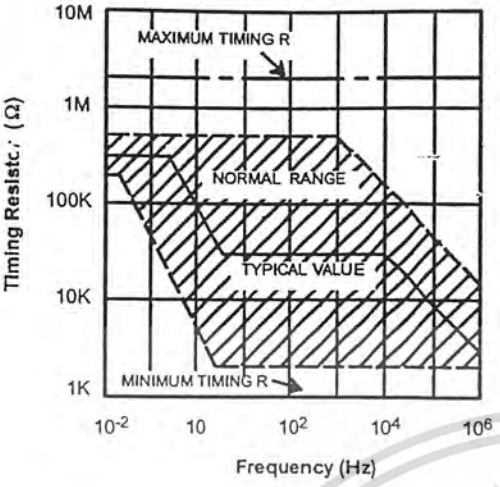


Figure 5. R versus Oscillation Frequency.

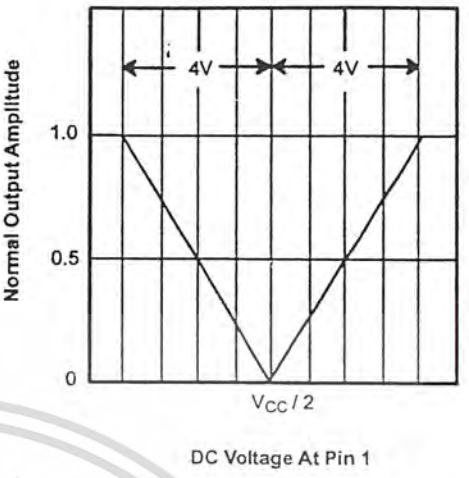


Figure 6. Normalized Output Amplitude versus DC Bias at AM Input (Pin 1)

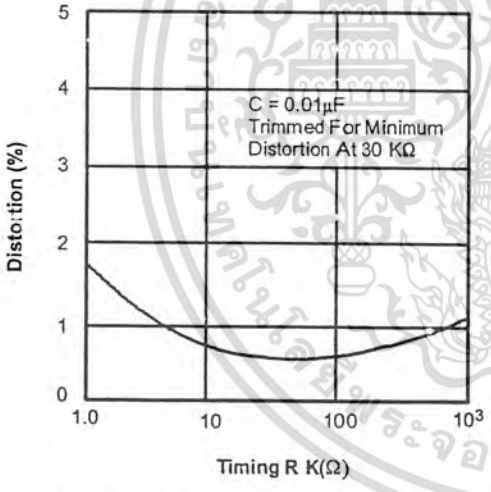


Figure 7. Trimmed Distortion versus Timing Resistor.

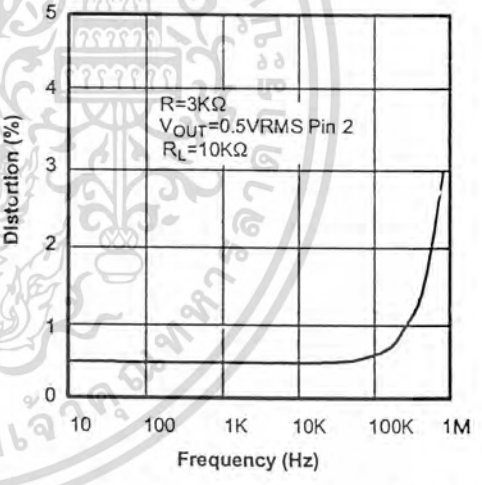


Figure 8. Sine Wave Distortion versus Operating Frequency with Timing Capacitors Varied.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

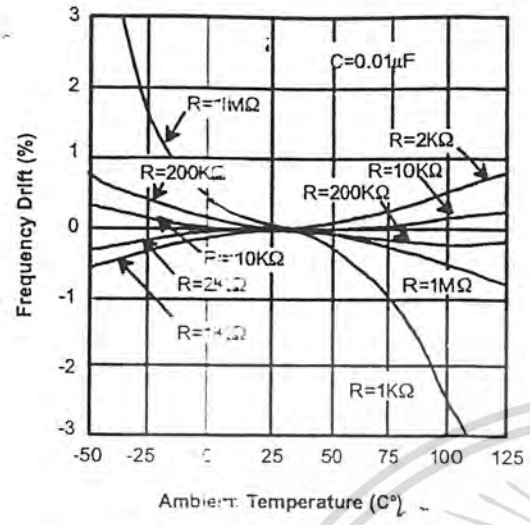


Figure 9. Frequency Drift versus Temperature.

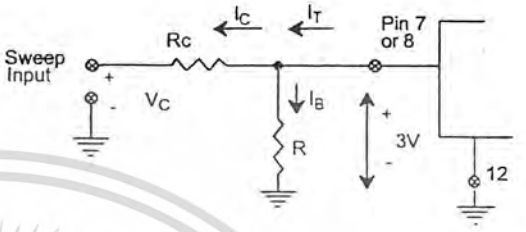


Figure 10. Circuit Connection for Frequency Sweep.

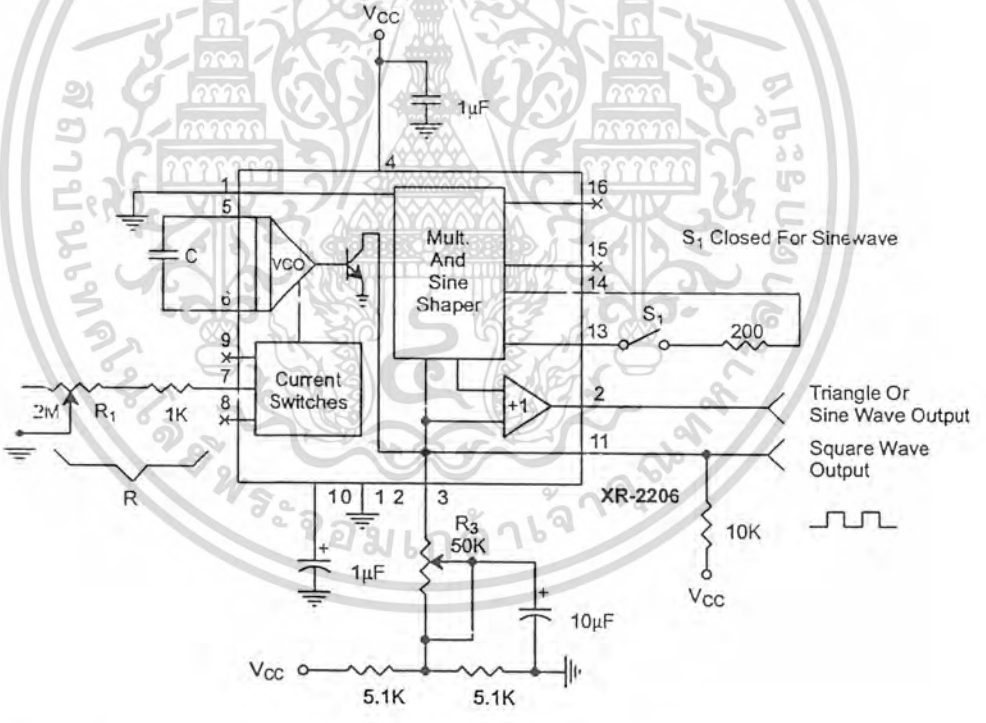


Figure 11. Circuit tor Sine Wave Generation without External Adjustment. (See *Figure 3* for Choice of R_3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

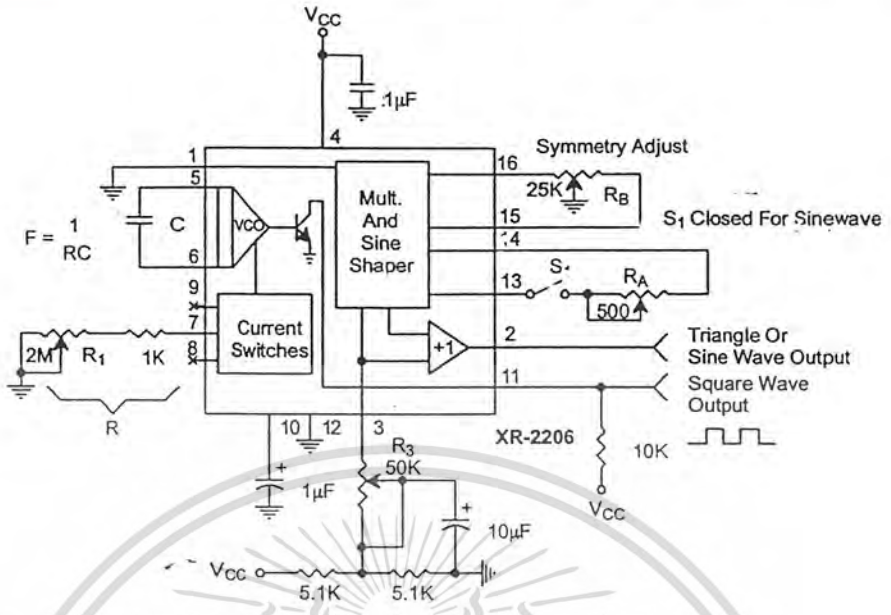


Figure 12. Circuit for Sine Wave Generation with Minimum Harmonic Distortion. (R_3 Determines Output Swing - See *Figure 3*)

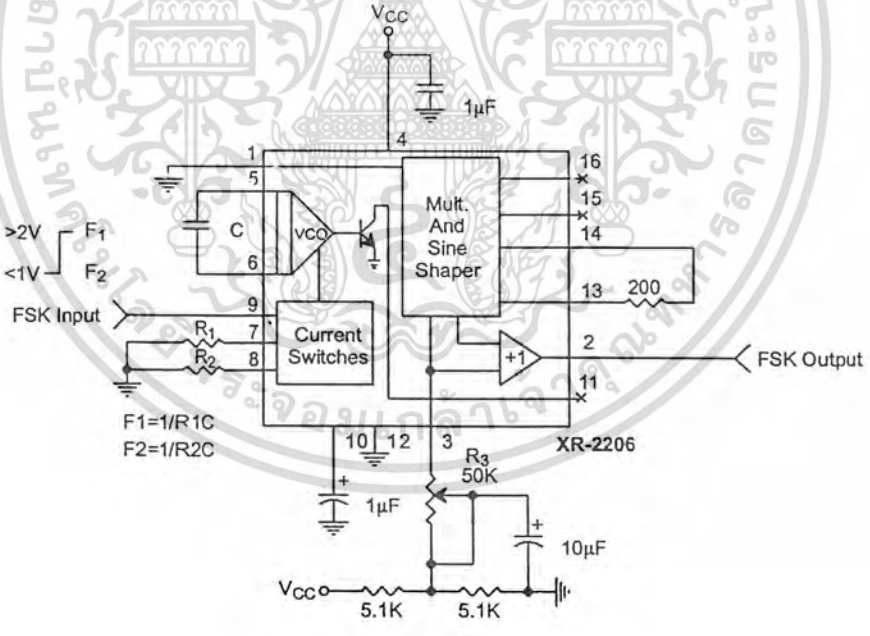


Figure 13. Sinusoidal FSK Generator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

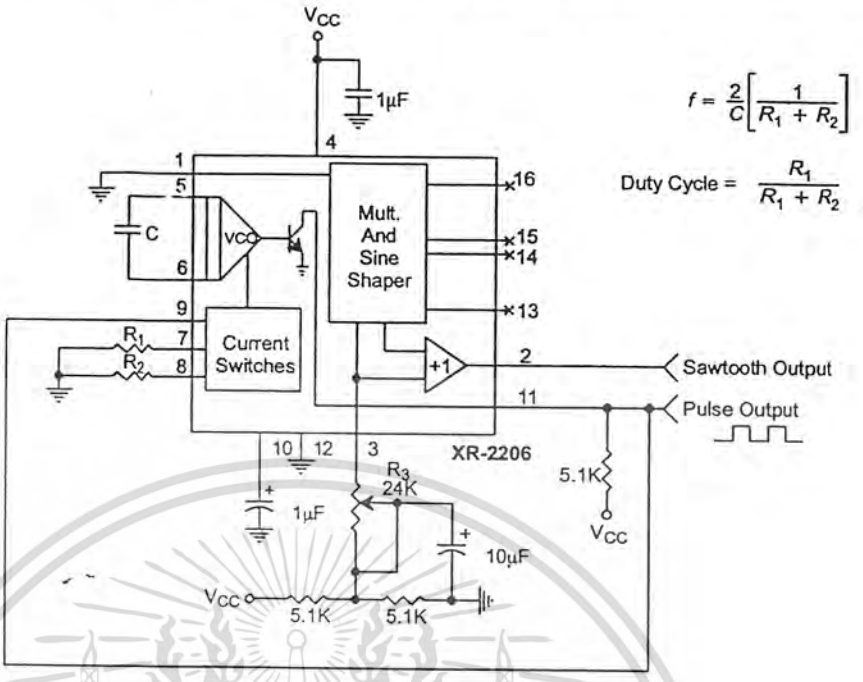


Figure 14. Circuit for Pulse and Ramp Generation.

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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}.

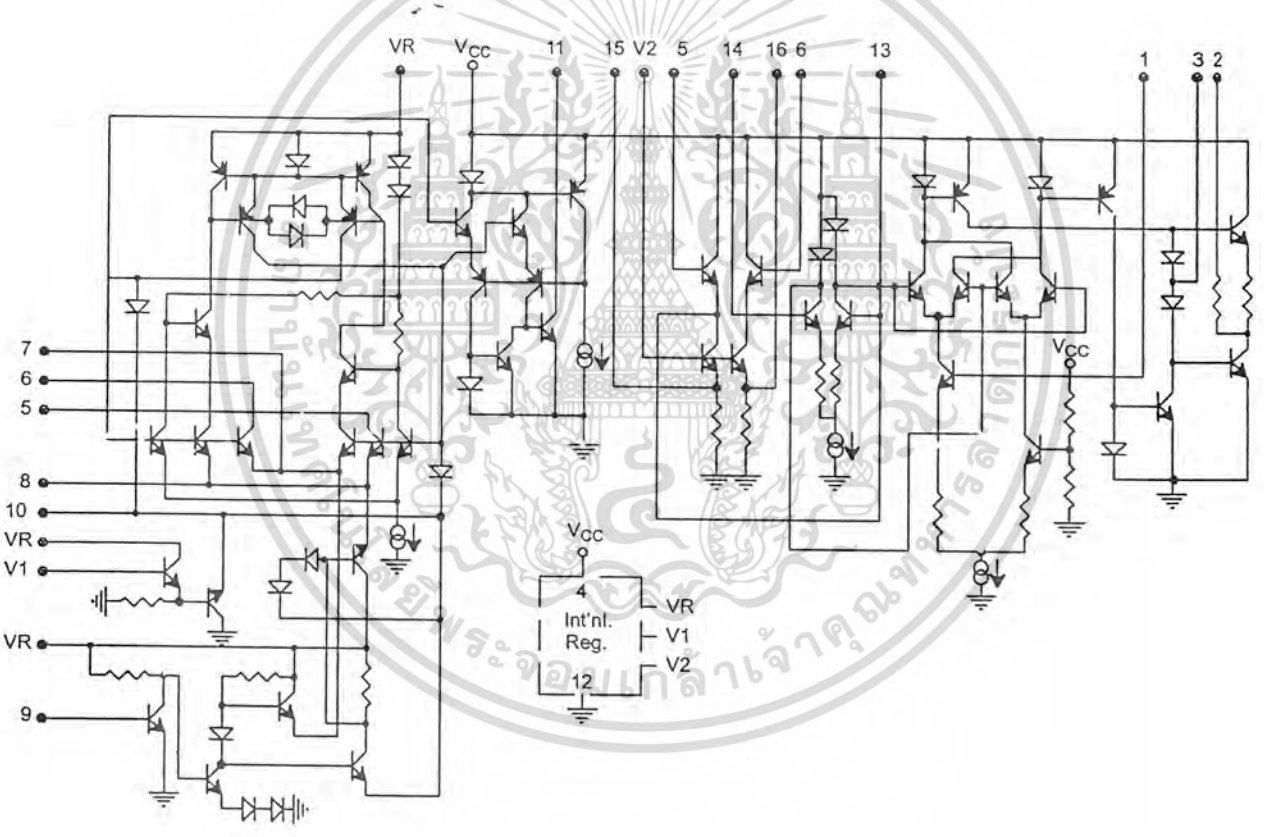


Figure 15. Equivalent Schematic Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BLOCK DIAGRAM

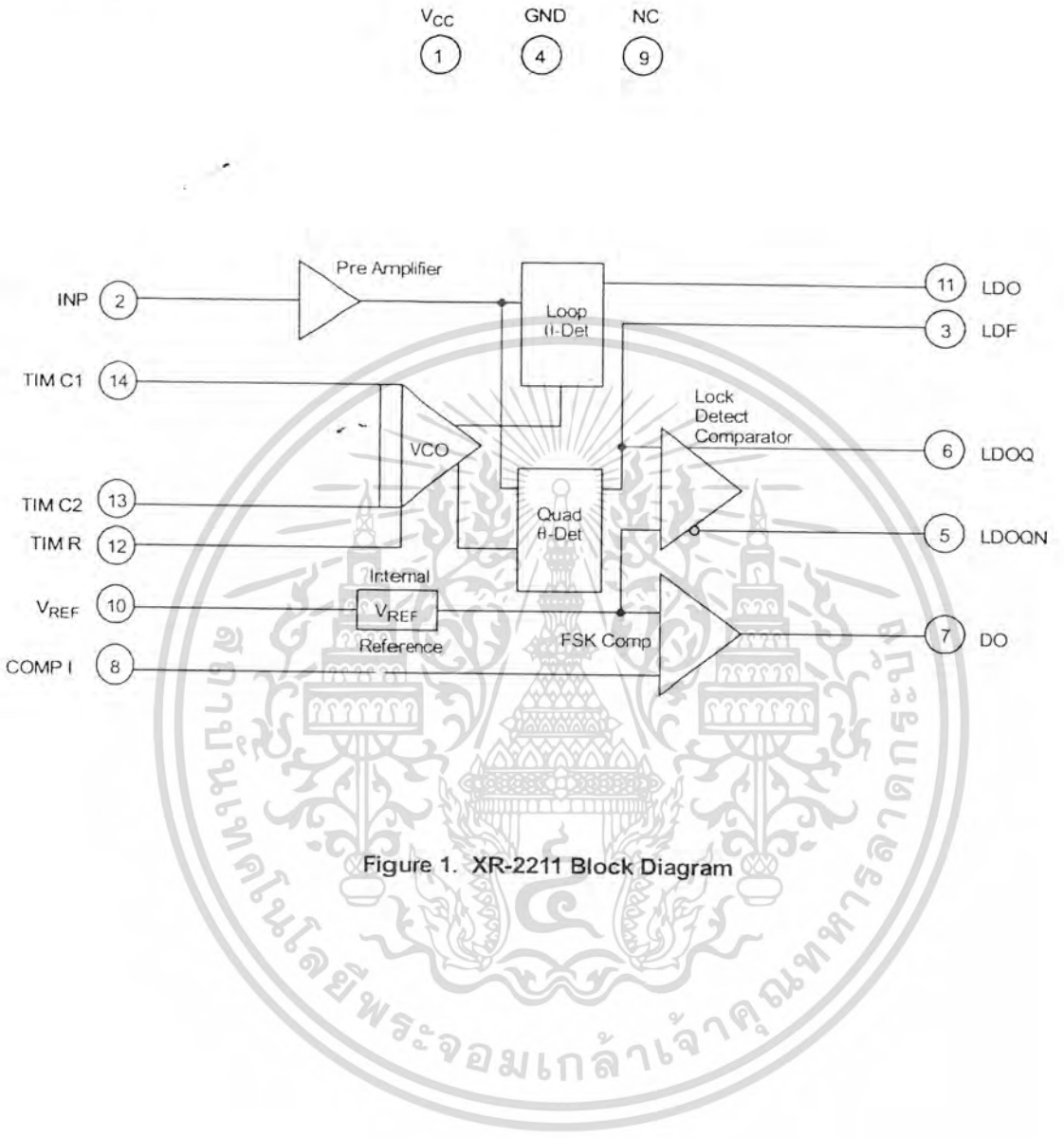
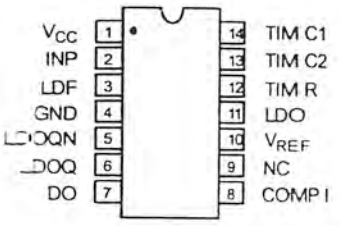


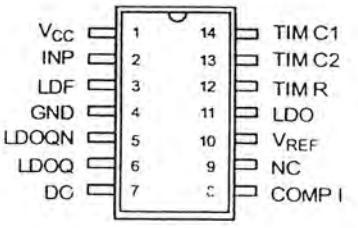
Figure 1. XR-2211 Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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	**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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 x 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 0'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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

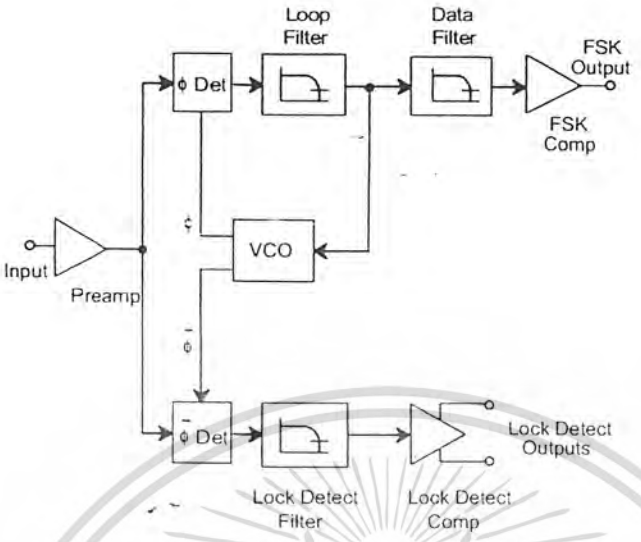


Figure 2. Functional Block Diagram of a Tone and FSK Decoding System Using XR-2211

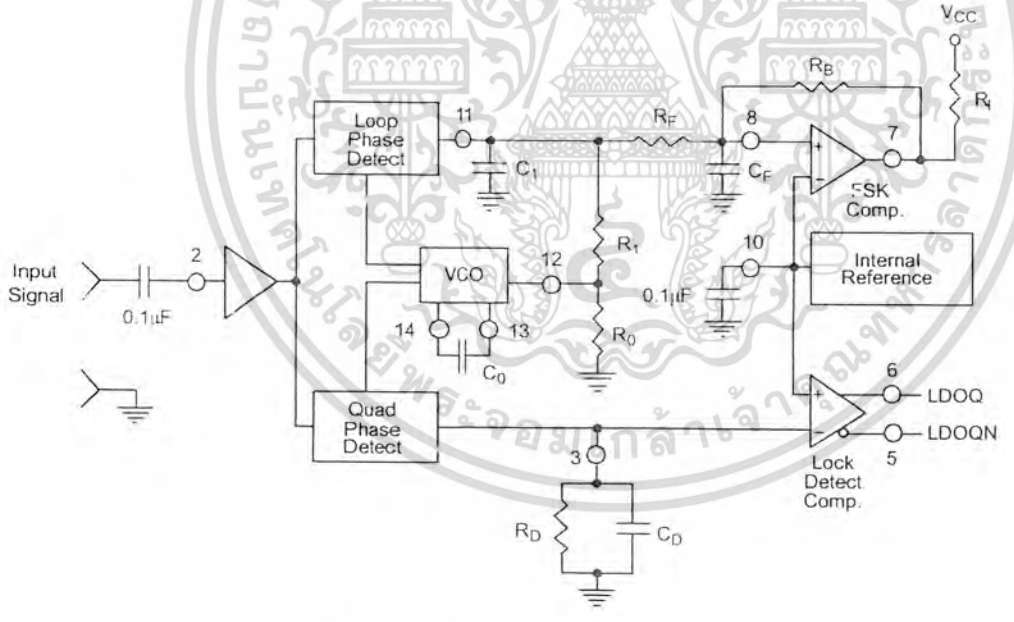


Figure 3. Generalized Circuit Connection for FSK and Tone Detection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 $R_{PP} = R1$

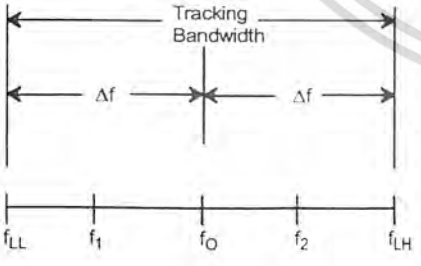
4. Loop Damping, ς:

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

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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:

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

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:

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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_0 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_0:

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

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*:

$$C_o = \frac{1}{R_o \cdot f_o}$$

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

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

e) Calculate C1 to set loop damping. (See design equation 4):

Normally, $\varsigma = 0.5$ is recommended.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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)

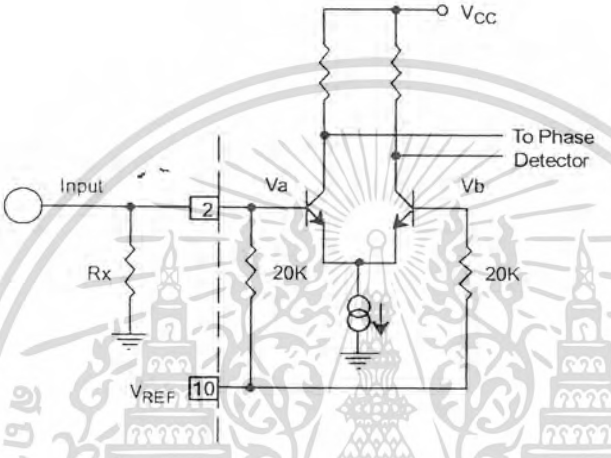


Figure 4. Desensitizing Input Stage

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

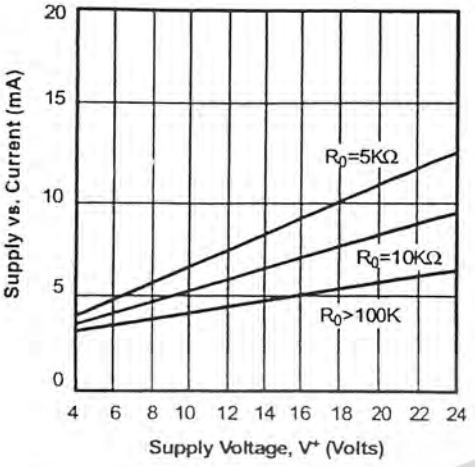


Figure 5. Typical Supply Current vs. V+ (Logic Outputs Open Circuited)

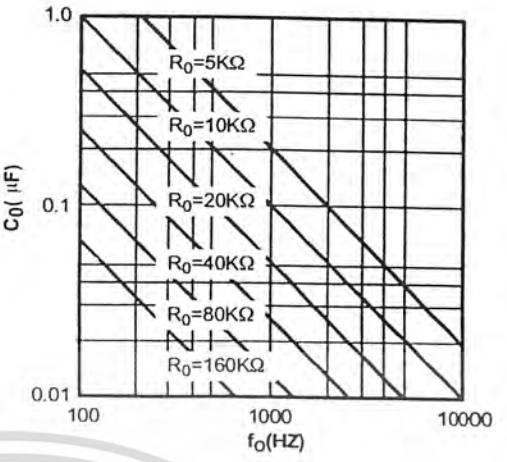


Figure 6. VCO Frequency vs. Timing Resistor

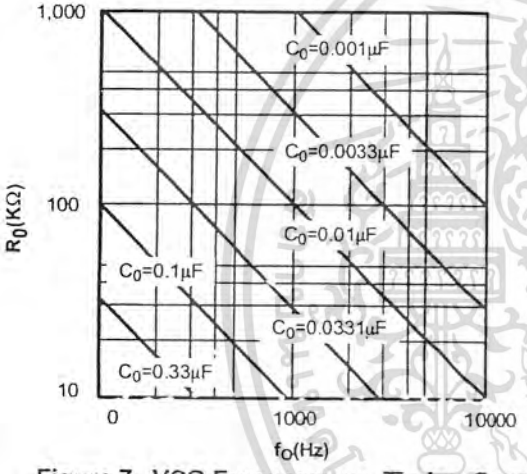


Figure 7. VCO Frequency vs. Timing Capacitor

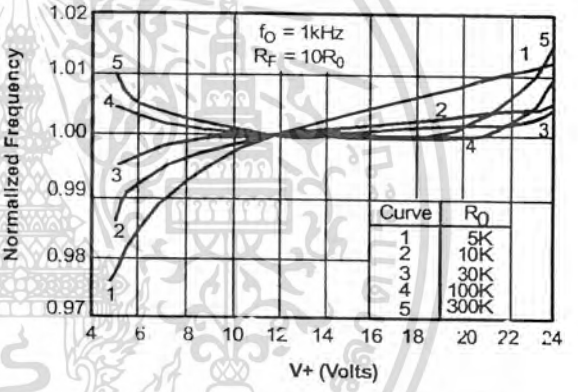


Figure 8. Typical f_O vs. Power Supply Characteristics

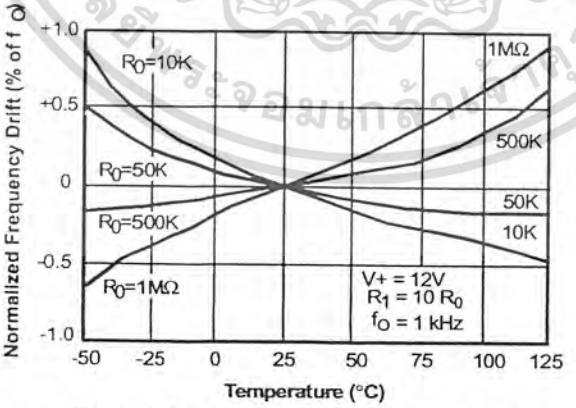


Figure 9. Typical Center Frequency Drift vs. Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้