

รถสำรวจความปลอดภัยในอาคาร

Indoor Security Car

3

โดย

นางสาววรรณวิภา บุญรักษา  
นางสาววัลลยู พิมพากรณ์  
นางสาววารุณทิพย์ พิเคราะห์งาม

๑๓๗.  
๗๒๕๙๖  
๒๕๔๙

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 72680  
วัน,เดือน,ปี..... 21 ส.ย. 255๐

b. 1๙๙ 1๒๖๔  
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# รถสำรวจความปลอดภัยในอาคาร

## Indoor Security Car

โดย

นางสาววรรณวิภา บุญรักษา 46010657

นางสาววรัญญา พิมพ์ภรณ์ 46010665

นางสาววารุณทิพย์ พิเคราะห์งาม 46010696

อาจารย์ที่ปรึกษา

ศศ.ดร. ยุทธนา กิจใจเดียว

ปริญญาานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2549

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง รถสำรวจความปลอดภัยในอาคาร (Indoor Security Car)

ผู้จัดทำ

นางสาว วรรณวิภา บุญรักษา

นางสาว วรรณัญ พิมพากรณ์

นางสาว วารุณทิพย์ พิเคราะห์งาม



(ผศ.ดร. ยุทธนา ทิศใจเคียว)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รตสำรวจความปลอดภัยในอาคาร

นางสาว วรรณวิภา บุญรักษา 46010657  
 นางสาว วรรณุญ พิมพากรณ์ 46010665  
 นางสาว วารุณทิพย์ พิเคราะห์งาม 46010696  
 ผศ.ดร. ยุทธนา คิดใจเดียว อาจารย์ที่ปรึกษา  
 ปีการศึกษา 2549

### บทคัดย่อ

โครงการนี้ ได้กล่าวถึงรตสำรวจความปลอดภัยสำหรับในอาคารที่สร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในการตรวจตราและสำรวจความเรียบร้อยภายในอาคารแทนเจ้าหน้าที่ซึ่งทำให้ไม่เป็นการใช้บุคลากรอย่างสิ้นเปลืองและสามารถที่จะใช้รตเข้าไปสำรวจก่อนได้หากเป็นงานที่เสี่ยงต่ออันตราย

โดยการเคลื่อนที่ของรตจะมีทั้งแบบบังคับมือ และแบบอัตโนมัติ คือ ส่วนแบบบังคับมือจะเป็นการสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ที่แสดงภาพจากกล้องไร้สายที่หมุนได้ด้วยเซอร์โวมอเตอร์เพื่อดูสภาพแวดล้อมภายในอาคาร และใช้บังคับทิศทางของล้อที่ใช้การหมุนของมอเตอร์แบบกระแสดตรงรตสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวาง เช่น กำแพง ด้วยการตรวจจับของเซนเซอร์อินฟราเรดจากทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านหน้า ด้านซ้าย และด้านขวา ในส่วนของแบบอัตโนมัติใช้ในการเก็บบันทึกค่าเพื่อให้รตหาเส้นทางกลับมายังจุดเริ่มต้น

## Indoor Security Car

Miss Wanwipa Bunruksa ID. 46010657

Miss Warunyu Pimpaporn ID. 46010665

Miss Waroonthip Pikruangam ID. 46010696

Asst. Prof. Dr. Yutthana Kidjaidure Advisor

Educational Year 2006

### Abstract

This paper represents an indoor security car which invented to safety inspect in the building, not only to save the staffs who stand by for security, but also be useful in dangerous location.

There are two parts on car movement, manual and automatic. Manual movement communicates with computer to received pictures. The pictures are sent from a wireless camera rotated by servo motors and the car can move by DC motors. Also the car can be controlled to avoid obstacles, such as wall, with infrared sensors from 3 directions, front, left, and right. The other part, automatic movement, the car can find the route to the start point by using data storage.

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. บุรณา ทิดใจเดียว อาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ เอื้อเพื่อข้อมูลและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้เกี่ยวกับการทำโครงการครั้งนี้ตลอดมา บิดามารดาที่สนับสนุนกำลังกาย กำลังใจ และกำลังทรัพย์ในการทำโครงการครั้งนี้มาโดยตลอด ขอขอบคุณพี่ๆและเพื่อนๆทุกคนที่ช่วยเหลือโครงการชิ้นนี้

ถ้าหากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อบกพร่องหรือความผิดพลาดประการใด ทางผู้จัดทำขอน้อมรับความผิดทั้งหมดและจะทำการปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องในภายหลัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยนาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
Abstract	ii
กิตติกรรมประกาศ	iii
สารบัญ	iv
สารบัญรูป	vi
สารบัญตาราง	viii
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 หลักการของไมโครคอนโทรลเลอร์	3
2.1 โครงสร้างพื้นฐานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์	3
2.2 หน่วยความจำโปรแกรม	4
2.3 หน่วยความจำข้อมูล	6
2.4 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	7
2.5 ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	7
2.6 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์กับพอร์ตอนุกรม	10
บทที่ 3 ทฤษฎีการสื่อสารและการมอดูเลต	16
3.1 ความหมายของการสื่อสารข้อมูล	17
3.2 โครงสร้างของระบบสื่อสาร	17
3.3 รูปแบบของการส่งสัญญาณข้อมูล	18
3.4 ชนิดของสื่อกลางในการสื่อสารข้อมูล	19
3.5 ประเภทของสัญญาณ	22
3.6 การมอดูเลต	23
3.7 ประเภทของการมอดูเลต	24
3.7.1 การมอดูเลตสัญญาณอนาล็อก	24
3.7.2 การมอดูเลตแบบดิจิทัล	25
บทที่ 4 เซอร์โวมอเตอร์	28
4.1 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 ภาคการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์	30
บทที่ 5 การออกแบบ	32
5.1 ขอบข่ายของโครงการทั้งหมด	32
5.2 การควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์	33
5.3 การประมวลผลและการควบคุมรถ	35
5.4 การเขียนโปรแกรมรับ-ส่งข้อมูล	37
5.5 วงจรเซนเซอร์ตรวจจับสิ่งกีดขวาง	38
5.6 การทำงานแบบอัตโนมัติ	39
5.7 อุปกรณ์และการติดตั้ง	41
บทที่ 6 การทดลอง	45
6.1 การทดลองบังคับรถจากโปรแกรม	45
6.2 การทดลองวัดสัญญาณที่เซนเซอร์ทั้ง 3 ด้าน	46
6.3 การทดลองวัดสัญญาณพัลส์ที่จ่ายให้กับเซอร์โวมอเตอร์	50
6.4 การทดลองวัดสัญญาณเมื่อบังคับการเคลื่อนที่ของรถ	51
บทที่ 7 สรุปและวิจารณ์	54
หนังสืออ้างอิง	55
ภาคผนวก	56

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 ขอบเขตการทำงานของโรงงาน	2
รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์	3
รูปที่ 2.2 แสดงตำแหน่งและหน้าที่ของแต่ละขา ของไมโครคอนโทรลเลอร์	4
รูปที่ 2.3 ภาพแสดงพอร์ตอนุกรม	12
รูปที่ 2.4 รูปคลื่นของสัญญาณที่ส่ง	15
รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างภายในและตำแหน่งขาต่างๆของ Max232	16
รูปที่ 3.1 แบบจำลองการสื่อสาร	17
รูปที่ 3.2 สัญญาณอนาล็อก	22
รูปที่ 3.3 สัญญาณดิจิทัล	23
รูปที่ 3.4 การมอดูเลต	23
รูปที่ 3.5 AM MODULATEWAVE	24
รูปที่ 3.6 รูปสัญญาณแบบ Amplitude – Shift Keying	26
รูปที่ 3.7 รูปสัญญาณแบบ Frequency – Shift Keying	26
รูปที่ 3.8 รูปสัญญาณแบบ Phase – Shift Keying	27
รูปที่ 4.1 แสดงการตอบสนองของเซอร์โวมอเตอร์ ต่อสัญญาณพัลส์ในเวลาที่ต่างกัน	29
รูปที่ 4.2 แสดงภาคการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์	30
รูปที่ 4.3 ส่วนประกอบต่างๆของเซอร์โวมอเตอร์	31
รูปที่ 5.1 แผนผังการทำงานของโรงงานในภาคเรียนที่ 1	32
รูปที่ 5.2 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับพอร์ตอนุกรม	33
รูปที่ 5.3 ผังการทำงานของวงจรประมวลผล	35
รูปที่ 5.4 วงจรติดต่อระหว่างเซนเซอร์-มอเตอร์-Mcs51	36
รูปที่ 5.5 วงจรขับมอเตอร์	36
รูปที่ 5.6 บล็อกไดอะแกรมแสดงลำดับการทำงานของโปรแกรม	37
รูปที่ 5.7 เซนเซอร์ตรวจจับแสงอินฟราเรด	38
รูปที่ 5.8 หลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับแสงอินฟราเรด	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.9 ลักษณะของการตรวจสอบสิ่งกีดขวาง	39
รูปที่ 5.10 บล็อกไคอะแกรมแสดงการเก็บค่าคำสั่ง	40
รูปที่ 5.11 บล็อกไคอะแกรมแสดงการเรียกค่ามาประมวลผล	41
รูปที่ 5.12 DVR Card และ Wireless camera	42
รูปที่ 5.13 ตัวรับและส่งอินฟาเรด	42
รูปที่ 5.14 วงจรภาครับสัญญาณ	43
รูปที่ 5.15 วงจรภาครับสัญญาณที่ต่อกับ Decoder	44
รูปที่ 5.16 วงจรภาคส่งสัญญาณ	44
รูปที่ 6.1 โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อควบคุมการทำงาน	45
รูปที่ 6.2 เซนเซอร์ด้านซ้ายของรถเมื่อไม่มีสิ่งกีดขวาง	46
รูปที่ 6.3 เซนเซอร์ด้านซ้ายของรถเมื่อมีสิ่งกีดขวาง	47
รูปที่ 6.4 เซนเซอร์ด้านขวาของรถเมื่อไม่มีสิ่งกีดขวาง	47
รูปที่ 6.5 เซนเซอร์ด้านขวาของรถเมื่อมีสิ่งกีดขวาง	48
รูปที่ 6.6 เซนเซอร์ด้านหน้าของรถเมื่อไม่มีสิ่งกีดขวาง	48
รูปที่ 6.7 เซนเซอร์ด้านหน้าของรถเมื่อมีสิ่งกีดขวาง	49
รูปที่ 6.8 สัญญาณพัลส์ ที่จ่ายให้ servo motor หมุน 90 องศา	50
รูปที่ 6.9 สัญญาณพัลส์ ที่จ่ายให้ servo motor หมุน 180 องศา	50
รูปที่ 6.10 สัญญาณพัลส์เมื่อไม่มีการกดปุ่ม	51
รูปที่ 6.11 สัญญาณพัลส์เมื่อมีการกดปุ่มเดินหน้า	51
รูปที่ 6.12 สัญญาณพัลส์เมื่อมีการกดปุ่มถอยหลัง	52
รูปที่ 6.13 สัญญาณพัลส์เมื่อมีการกดปุ่มเลี้ยวซ้าย	52
รูปที่ 6.14 สัญญาณพัลส์เมื่อมีการกดปุ่มเลี้ยวขวา	53

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 ขอบเขตการทำงานของโรงงาน	2
รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์	3
รูปที่ 2.2 แสดงตำแหน่งและหน้าที่ของแต่ละขา ของไมโครคอนโทรลเลอร์	4
รูปที่ 2.3 ภาพแสดงพอร์ตอนุกรม	12
รูปที่ 2.4 รูปคลื่นของสัญญาณที่ส่ง	15
รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างภายในและตำแหน่งขาต่างๆของ Max232	16
รูปที่ 3.1 แบบจำลองการสื่อสาร	17
รูปที่ 3.2 สัญญาณอนาล็อก	22
รูปที่ 3.3 สัญญาณดิจิทัล	23
รูปที่ 3.4 การมอดูเลต	23
รูปที่ 3.5 AM MODULATEWAVE	24
รูปที่ 3.6 รูปสัญญาณแบบ Amplitude – Shift Keying	26
รูปที่ 3.7 รูปสัญญาณแบบ Frequency – Shift Keying	26
รูปที่ 3.8 รูปสัญญาณแบบ Phase – Shift Keying	27
รูปที่ 4.1 แสดงการตอบสนองของเซอร์โวมอเตอร์ ต่อสัญญาณพัลส์ในเวลาที่ต่างกัน	29
รูปที่ 4.2 แสดงภาคการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์	30
รูปที่ 4.3 ส่วนประกอบต่างๆของเซอร์โวมอเตอร์	31
รูปที่ 5.1 แผนผังการทำงานของโรงงานในภาคเรียนที่ 1	32
รูปที่ 5.2 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับพอร์ตอนุกรม	33
รูปที่ 5.3 ผังการทำงานของวงจรประมวลผล	35
รูปที่ 5.4 วงจรติดต่อระหว่างเซนเซอร์-มอเตอร์-Mcs51	36
รูปที่ 5.5 วงจรขับมอเตอร์	36
รูปที่ 5.6 บล็อกไดอะแกรมแสดงลำดับการทำงานของโปรแกรม	37
รูปที่ 5.7 เซนเซอร์ตรวจจับแสงอินฟราเรด	38
รูปที่ 5.8 หลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับแสงอินฟราเรด	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.9 ลักษณะของการตรวจสอบสิ่งกีดขวาง	39
รูปที่ 5.10 บล็อกไดอะแกรมแสดงการเก็บค่าคำสั่ง	40
รูปที่ 5.11 บล็อกไดอะแกรมแสดงการเรียกค่ามาประมวลผล	41
รูปที่ 5.12 DVR Card และ Wireless camera	42
รูปที่ 5.13 ตัวรับและส่งอินฟาเรด	42
รูปที่ 5.14 วงจรภาครับสัญญาณ	43
รูปที่ 5.15 วงจรภาครับสัญญาณที่ต่อกับ Decoder	44
รูปที่ 5.16 วงจรภาคส่งสัญญาณ	44
รูปที่ 6.1 โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อควบคุมการทำงาน	45
รูปที่ 6.2 เซนเซอร์ด้านซ้ายของรถเมื่อไม่มีสิ่งกีดขวาง	46
รูปที่ 6.3 เซนเซอร์ด้านซ้ายของรถเมื่อมีสิ่งกีดขวาง	47
รูปที่ 6.4 เซนเซอร์ด้านขวาของรถเมื่อไม่มีสิ่งกีดขวาง	47
รูปที่ 6.5 เซนเซอร์ด้านขวาของรถเมื่อมีสิ่งกีดขวาง	48
รูปที่ 6.6 เซนเซอร์ด้านหน้าของรถเมื่อไม่มีสิ่งกีดขวาง	48
รูปที่ 6.7 เซนเซอร์ด้านหน้าของรถเมื่อมีสิ่งกีดขวาง	49
รูปที่ 6.8 สัญญาณพัลส์ ที่จ่ายให้ servo motor หมุน 90 องศา	50
รูปที่ 6.9 สัญญาณพัลส์ ที่จ่ายให้ servo motor หมุน 180 องศา	50
รูปที่ 6.10 สัญญาณพัลส์เมื่อไม่มีการกดปุ่ม	51
รูปที่ 6.11 สัญญาณพัลส์เมื่อมีการกดปุ่มเดินหน้า	51
รูปที่ 6.12 สัญญาณพัลส์เมื่อมีการกดปุ่มถอยหลัง	52
รูปที่ 6.13 สัญญาณพัลส์เมื่อมีการกดปุ่มเลี้ยวซ้าย	52
รูปที่ 6.14 สัญญาณพัลส์เมื่อมีการกดปุ่มเลี้ยวขวา	53

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงถึงหน้าที่ของขาต่าง ๆ	12
ตารางที่ 2.2 แสดงสัญญาณต่างๆที่ส่งในรูปแบบอนุกรม	13
ตารางที่ 5.1 ตารางรหัสแอสกีที่ใช้ภายในคอมพิวเตอร์	33
ตารางที่ 6.1 แสดงการเปรียบเทียบวัดสัญญาณที่เซนเซอร์ทั้ง 3 ด้าน	45
ตารางที่ 6.2 แสดงอัตราเร็วของรถที่วิ่ง เมื่อจ่ายไฟ 12 volt	49



# บทที่ 1

## บทนำ

### รายละเอียดโดยย่อของโครงการ

ในการสร้างรถสำรวจความปลอดภัยในอาคารนี้ เราได้ออกแบบแต่ละส่วนของวงจรควบคุมโดยประยุกต์การใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีเป้าหมายในการใช้งานควบคุมรถผ่านพอร์ตอนุกรม แล้วทำการออกแบบวงจรและประกอบอุปกรณ์ หลังจากนั้นทำการทดสอบคุณสมบัติต่างๆวงจร จากนั้นทำการปรับปรุงแล้วนำมาประกอบเพื่อทำให้ชิ้นงานสมบูรณ์

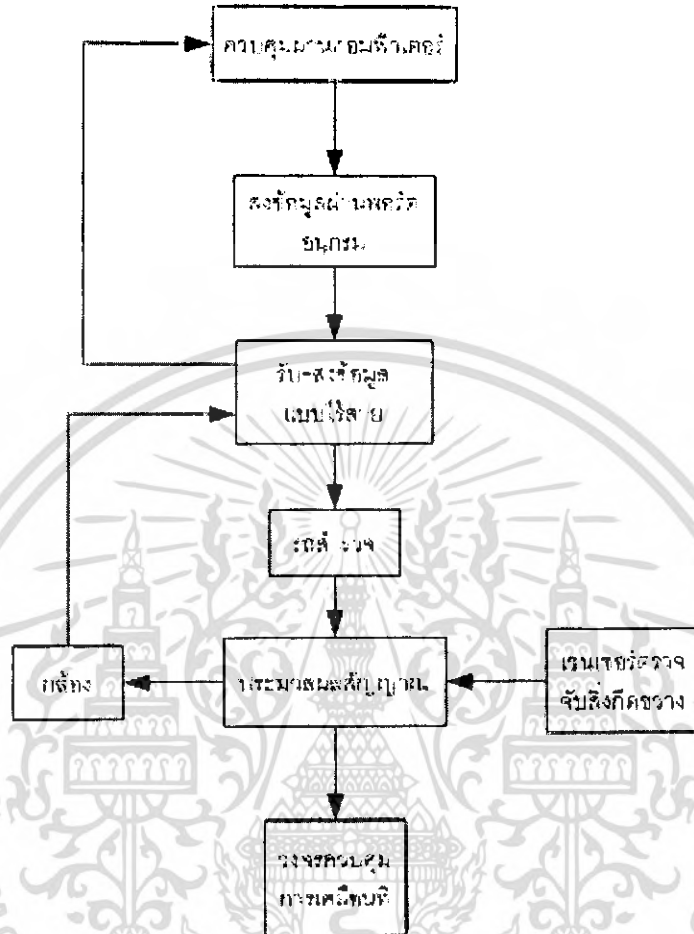
### วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นการศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม
2. เพื่อทำการศึกษาระบบและการทำงานของเซนเซอร์ต่างๆที่มีในปัจจุบันสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้
3. เพื่อเพิ่มทักษะและการออกแบบทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์
4. สามารถนำไปใช้งานได้จริง ซึ่งจะเป็นการใช้บุคลากรอย่างคุ้มค่า

### ขอบเขต

1. ออกแบบรถด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์
2. ควบคุมรถโดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป คือ C++ Builder 6
3. ภาควิทยาส่งสัญญาณผ่านคลื่นความถี่วิทยุไปยังภาครับ ซึ่งสามารถนำไปใช้รับภาพจากกล้องที่ติดอยู่กับตัวรถแล้วนำมาแสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์
4. รถสามารถเคลื่อนที่ได้ 4 ทิศทาง คือ เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวา
5. มีเซนเซอร์เพื่อหลบสิ่งกีดขวางได้ เช่น กำแพง เป็นต้น
6. เมื่ออยู่ในโหมดการทำงานอัตโนมัติ รถสามารถเคลื่อนที่กลับมาในเส้นทางเดิมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 ขอบเขตการทำงานของโครงการ

### ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เพิ่มพูนทักษะในการนำไปใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
2. สามารถประยุกต์การใช้งานของเซนเซอร์
3. สามารถนำชิ้นงานไปใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

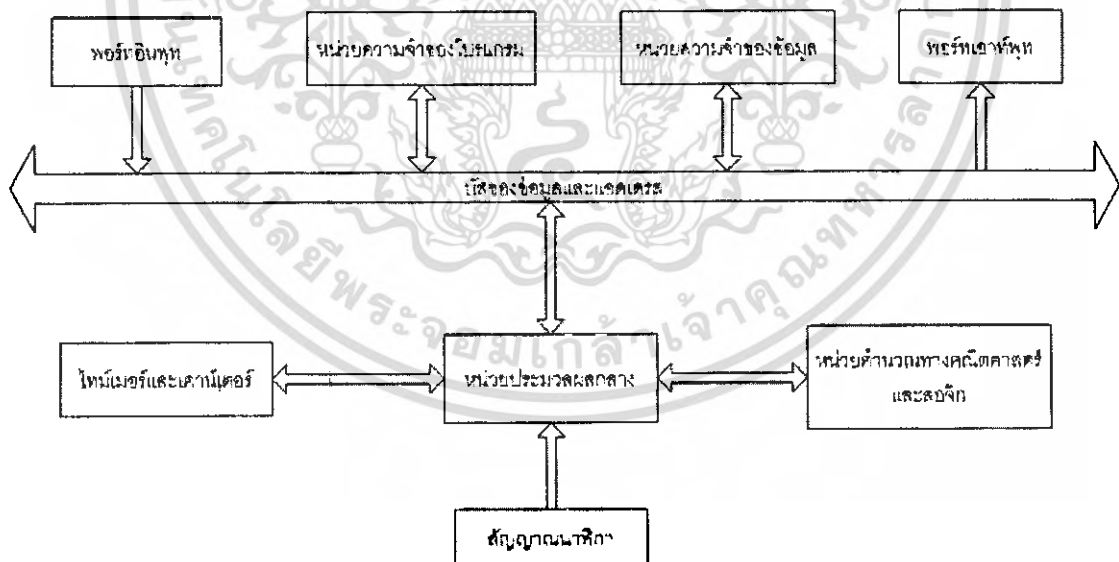
## บทที่ 2

### หลักการของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

#### ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิตที่มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในหลายอย่าง ได้แก่ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ อุปกรณ์รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม เนื่องจากโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในนี้เอง ทำให้การใช้งานง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยไม่ต้องมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติมมากเหมือนกับ ตัวไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไป

#### 2.1 โครงสร้างพื้นฐานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

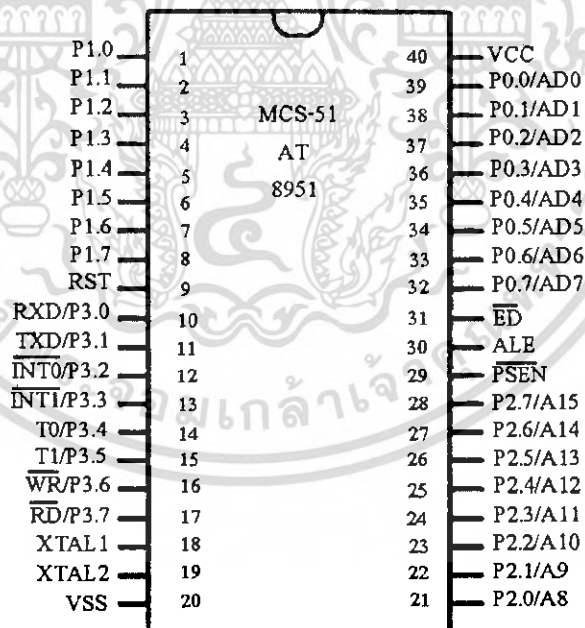


รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

โครงสร้างพื้นฐานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แสดงในรูปที่ 2.1 ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต
- หน่วยประมวลผลสำหรับข้อมูลแบบบิต (BOOLEAN PROCESSOR)
- ความสามารถในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรม 64 กิโลไบต์
- ความสามารถในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูล 64 กิโลไบต์
- หน่วยความจำโปรแกรมภายในขนาด 4 กิโลไบต์ แบบ อิพรอม (เบอร์ 8451)
- หน่วยความจำแบบ แรม ภายในจำนวน 128 ไบต์
- พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบขนานจำนวน 32 เส้น ซึ่งสามารถแยกทำงานได้อย่างอิสระ
- วงจรนับ/จับเวลาขนาด 16 บิต จำนวนสองวงจร
- วงจรสื่อสารแบบอนุกรมแบบดูเพล็กซ์(FULL DUPLEX)
- วงจรควบคุมการอินเตอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณ 6 ประเภท พร้อมการกำหนดลำดับ วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายในซึ่งโครงสร้างการทำงานทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์จะอาศัยหลักการทำงานที่เกี่ยวข้องกัน โดยอาศัยหลักการทำงานที่เป็นไป ตาม โครงสร้างเสมอ



**รูปที่ 2.2** แสดงตำแหน่งและหน้าที่ของแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์

โดยมากแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้มักจะมีรูปร่างของไอซีเป็นแบบขนาด 40 ขา ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งแต่ละขาสัญญาณจะมีหน้าที่ที่ระบุชัดเจนตามสัญลักษณ์ที่อยู่ ที่กำกับในแต่ละเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละขา อย่างไรก็ตามจะมีบางขาสัญญาที่อาจจะมีหน้าที่ได้มากกว่าหนึ่งอย่าง ซึ่งจะไม่สามารถใช้งานในเวลาเดียวกันได้ ตัวอย่างเช่น

ขาสัญญาบิต 0 ของพอร์ต 3 (ใช้ตัวย่อเป็น P3.0) อาจจะใช้เป็นขาสัญญาเอาต์พุต หรือ อินพุตตามปกติ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งประกอบด้วยหน่วยการทำงานต่างๆ ภายในไอซีMCS-51 จำนวนมาก โดยแต่ละบล็อกซึ่งเป็นวงจรควบคุมรีจิสเตอร์ (REGISTER) หรือ หน่วยความจำภายในของไอซี MCS-51 จะถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกันผ่านทางเส้นสัญญาที่เรียกว่า บัสข้อมูลภายใน รีจิสเตอร์และหน่วยความจำเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ระหว่างการประมวลผลคำสั่ง หน้าที่ของ โปรแกรมที่ผู้ใช้สร้างขึ้นมาก็เป็นการควบคุมการรับหรือส่งข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์ เหล่านี้ ซึ่งอาจจะมีการดำเนินการร่วมกับหน่วยการดำเนินงานประมวลผลทางคณิตศาสตร์และ ลอจิก หรือเรียกว่า ARITHMETIC AND LOGIC UNIT :ALU

## 2.2 หน่วยความจำโปรแกรม

หน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นบริเวณหน่วยความจำ สำหรับเก็บข้อมูลและคำสั่งใช้งานต่างๆ ซึ่งแม้ว่าจะไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบข้อมูล เหล่านี้ก็ยังคงอยู่ไม่สูญหายโครงสร้างของหน่วยความจำโปรแกรม มีลักษณะเช่นเดียวกับ หน่วยความจำที่บรรจุอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของหน่วยความจำ ประเภทต่างๆ เช่น หน่วยความจำแบบรอม (READ ONLY MEMORY) หรือ อีพรอม (ERASABLE PROGRAMABLE READ ONLY MEMORY) ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถอ่าน ข้อมูลหน่วยความจำโปรแกรมนี้ได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทของหน่วยความจำ โปรแกรมเป็น 2 ลักษณะ ตามตำแหน่งของหน่วยความจำนั้น คือ หน่วยความจำโปรแกรมภายใน (INTERNAL PROGRAM MEMORY) ซึ่งเป็นหน่วยความจำรอม หรือ อีพรอม ที่อยู่ภายในตัวไอซี ของไมโครคอนโทรลเลอร์เอง และหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (EXTERNAL PROGRAM MEMORY) ซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำมาทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำโปรแกรมของระบบ

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆของตระกูล 8051 นี้ สามารถขยายให้ใช้งานในหน่วย ความจำภายนอกได้ทั้งสิ้น โดยกรณีที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในอยู่แล้ว การอ้างตำแหน่ง แอแอดเดรสที่มีทั้งในหน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอกนั้นจะต้องทำการควบคุมระดับ ลอจิกของสัญญา ในขณะที่นั้นด้วย ขนาดหน่วยความจำโปรแกรมภายในของ ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆ ภายในตระกูล 8051 จะแตกต่างกันออกไป เพื่อความเหมาะสม กับการนำไปใช้งานลักษณะต่างๆ

-8051 และ 8052 มีหน่วยความจำแบบรอม 4 และ 8 กิโลไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-8751 มีหน่วยความจำแบบ อิพรอม ขนาด 4 กิโลไบต์ ข้อมูลที่จัดเก็บภายในนี้ ซึ่งสามารถใช้แสงอุลตราไวโอเลตลบและนำกลับไปบรรจุโปรแกรมใหม่ได้อีกครั้งหนึ่ง

-8031 และ 8032 ไม่มีหน่วยความจำโปรแกรมอยู่ในตัวไอซี ดังนั้นในการนำไปใช้งานจึงจำเป็นต้องอาศัยหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเสมอ

## 2.3 หน่วยความจำข้อมูล

หน่วยความจำข้อมูล (DATA MEMORY) ซึ่งโดยพื้นฐานแล้วเป็นหน่วยความจำแรมสามารถเขียนหรืออ่านข้อมูลได้ (READ OR WRITE MEMORY) ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือตัวแปรที่เกิดขึ้นในขณะที่กำลังประมวลผลโปรแกรมไว้เป็นการชั่วคราว ซึ่งโดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูลจัดเป็นหน่วยความจำแรมแบบสแตติกดังนั้นเมื่อไม่มีการจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบก็จะมีผลทำให้ข้อมูลที่จัดเก็บไว้ภายในหน่วยความจำนี้สูญไป พื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทออกเป็นสองลักษณะตามตำแหน่งที่ตั้งของหน่วยความจำนั้น ตามลักษณะของหน่วยความจำโปรแกรมภายในซึ่งก็เป็นแรมที่อยู่ภายในตัวไอซีในตระกูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ และหน่วยความจำข้อมูลภายนอกซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำแรมมาเพิ่มเติมเข้าไปในวงจรลักษณะเดียวกับ การนำไอซีอิพรอมมาใช้งานเป็นหน่วยความจำโปรแกรมนั่นเอง

โดยที่หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 นี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ในส่วนที่เป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในไอซี และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกๆ เบอร์จะมีหน่วยความจำเก็บข้อมูลทั่วๆ ไปภายในไอซีอย่างน้อยคือ 128 ไบต์ ไปจนถึง 256 ไบต์ทั้งนี้ ขึ้นกับเบอร์ของไอซี หน่วยความจำสำหรับเก็บ ข้อมูลภายในไอซีในบริเวณ 128 ไบต์เรียกว่า LOWER 128 และในบริเวณ 128 ไบต์หลัง ที่มีเพิ่มในบางเบอร์มีชื่อเรียกว่า UPPER

## 2.4 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

รีจิสเตอร์ในกลุ่มนี้จะเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิตที่ใช้ทำงานเพื่อเก็บข้อมูลของตัวแอดเดรสเป็นสำคัญ โดยค่าที่อยู่ภายในแอดเดรสนี้จะนำไปเป็นค่าของข้อมูลที่ส่งออกไปทางบัสแอดเดรส ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อบอกตำแหน่งที่ต้องการติดต่อ รีจิสเตอร์ที่จัดในกลุ่มนี้ประกอบด้วย รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป (GENERAL-PURPOSE REGISTERS) รีจิสเตอร์ในกลุ่มนี้จัดเป็นพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้ในการสนับสนุนในการประมวลผล การทำงานจากหน่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU) เพื่อให้สามารถจัดการข้อมูลให้เร็วที่สุด นอกจากนี้โปรแกรมที่ไม่ได้ใช้คำสั่งเหล่านี้ก็ยังใช้เป็นการเก็บข้อมูลตัวแปรภายใน โปรแกรม จะเห็นได้ว่าชื่อของรีจิสเตอร์ไม่ว่าจะอยู่ในรีจิสเตอร์แบงก์ใด ก็จะมีชื่อว่า R0 ถึง R7 เหมือนกันทั้งสิ้น ดังนั้นในการใช้งานผู้ใช้จะต้องให้ความระมัดระวังว่า ต้องการรีจิสเตอร์นั้นๆ จากแบงก์ใดๆ ซึ่งการกำหนดเลือกแต่ละกลุ่มของรีจิสเตอร์นี้ก็ทำได้ง่าย เพียงการกำหนดค่าของบิตที่อยู่ภายในแฟลช (PSW) เท่านั้น อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปก็มักจะมีการใช้งานรีจิสเตอร์ R0 ถึง R7 เฉพาะในแบงก์ 0 เท่านั้น ดังนั้นพื้นที่ของแบงก์อื่นๆ ที่เหลือก็สามารถนำมาใช้ในลักษณะของหน่วยความจำแรม

- **รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ** เป็นรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (SFR) เป็นรีจิสเตอร์สำหรับ การควบคุมหน้าที่ และการทำงานของอุปกรณ์หรือพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทั้งหมด ตำแหน่งของรีจิสเตอร์เหล่านี้จะจัดอยู่ในบริเวณแอดเดรส 80H - FFH การใช้งานรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้สามารถทำได้ทั้งการระบุชื่อของรีจิสเตอร์ หรือตำแหน่งแอดเดรส ที่เป็นของรีจิสเตอร์นั้นก็ได้ การจัดพื้นที่หน่วยความจำสำหรับรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้ โดยมีข้อสังเกตว่ารีจิสเตอร์ที่อยู่ในตำแหน่งแอดเดรสที่มีจำนวนเป็นทวีคูณของค่า 8 จะสามารถเข้าถึงในระดับบิตได้ด้วย (นั่นคือแอดเดรส 80H 88H 90H A0H A8H B0H B8H D0H E0H และ F0H)

- **แอกคิวมูเลเตอร์ (ACCUMULATOR) หรือ ACC** เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลที่จะส่งให้กับหน่วยทำงานภายในหน่วยประมวลผลกลาง และเก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานเท่านั้น การทำงานของรีจิสเตอร์นี้มีลักษณะเช่นเดียวกับตัวแอกคิวมูเลเตอร์ของโปรเซสเซอร์ทั่วไป การใช้งานในโปรแกรมซึ่งใช้เรียกเป็น รีจิสเตอร์ A

## 2.5 ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ประกอบด้วยคำสั่งทั้งหมดจำนวนมาก ซึ่งสามารถจะจัดกลุ่มคำสั่งเหล่านี้ตามลักษณะและหน้าที่การทำงานที่คล้ายคลึงกัน เพื่อความสะดวกต่อการศึกษา ทำความเข้าใจและใช้งาน ดังนี้

**1. กลุ่มการถ่ายเทข้อมูล** คือ กลุ่มคำสั่งในการ โอนย้ายข้อมูล ทำหน้าที่ใน โอนย้ายข้อมูล ระหว่างรีจิสเตอร์ หรือหน่วยความจำภายในแรม โดยมีรายละเอียดดังนี้ ชุดคำสั่งในการถ่ายเทแรม ภายในนั้น ซึ่งเวลาที่ใช้ในหนึ่งคำสั่งนั้น จะเป็นเวลาเมื่อขณะที่ความถี่ในการทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง ที่ความถี่ 12 เมกะเฮิร์ตซ์ และรายละเอียดของแต่ละคำสั่งมีดังนี้ MOV :จะทำงาน ในลักษณะเป็นการถ่ายเทข้อมูลที่มีขนาดเป็น ไบต์ หรือ บิตก็ได้ จากแหล่งกำเนิดเข้าสู่ตัวรับข้อมูล ในฟิลด์โอเปอร์เรนด์ PUSH:จะทำงาน โดยเพิ่มค่ารีจิสเตอร์ SP ก่อนแล้วจึงทำการถ่ายเทข้อมูล 1 ไบต์จากแหล่งกำเนิดไปบริเวณสแต็กตามตำแหน่งที่รีจิสเตอร์ SP กำหนด POP:การถ่ายเทข้อมูล ขนาด 1 ไบต์จากบริเวณตำแหน่งที่รีจิสเตอร์ SP กำหนดไปยังรีจิสเตอร์ที่โอเปอร์เรนด์ กำหนดและ หลังจากนั้นรีจิสเตอร์ SP จะลดค่าลง XCH:คำสั่งแลกเปลี่ยน ไบต์ระหว่างแหล่งกำเนิด โอเปอร์เรนด์ กับรีจิสเตอร์ AXCHD คำสั่งในการแลกเปลี่ยนขนาดนิบเบิ้ลทางอันดับต่ำของแหล่งกำเนิด โอเปอร์เรนด์กับนิบเบิ้ลอันดับต่ำของแอกคิวมูลเตอร์ ตัวอย่างเช่นทำการเลื่อนข้อมูลไป 2 ไบต์ทาง ขวามือซึ่งจะมี 2 วิธีคือใช้คำสั่ง MOV หรือใช้คำสั่ง XCH รายละเอียดการใช้คำสั่งทั้ง 2 แบบ

**2. กลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์** เช่น การบวก ลบ คูณ และหารข้อมูลภายในตัว รีจิสเตอร์ ต่างๆ ช่วงเวลาการทำงาน ของแต่ละคำสั่งนั้นจะกำหนดที่ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ 12 เมกะเฮิร์ตซ์ คำสั่งทางคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่ใช้เวลา 1 ms ยกเว้นคำสั่ง INC DPTR ซึ่งใช้เวลา 2 ms โดยที่คำสั่งการคูณและหารใช้เวลา 4 ms โดยมีรายละเอียดการใช้คำสั่งมีดังนี้ INC:เป็นการบวก หนึ่งกับโอเปอร์เรนด์และใส่ค่าใหม่กลับเข้าที่ตัว โอเปอร์เรนด์นั้นๆ DEC:เป็นการลบออกจากตัว เลขที่อยู่ในแหล่งกำเนิด โอเปอร์เรนด์ และนำผลลัพธ์ที่ได้มาเก็บไว้ที่ตัวโอเปอร์เรนด์นั้น ADD: เป็นการบวกในแอกคิวมูลเตอร์เข้ากับค่าในแหล่งกำเนิด โอเปอร์เรนด์ ADDC:เป็นการบวกค่า ต่างๆ ในแอกคิวมูลเตอร์เข้ากับค่าในแหล่งกำเนิดโอเปอร์เรนด์และบวกกับบิตทดด้วย SUBB:เป็น การนำเลขที่แหล่งกำเนิด โอเปอร์เรนด์ ลบออกจากตัวเลขใน A และนำค่าบิตตัวทดมาลบออกอีก และผลลัพธ์ที่ได้นำมาใส่ลงในแอกคิวมูลเตอร์ A MUL:เป็นการคูณแบบไม่คิดตัวเครื่องหมายของ ตัวเลขที่อยู่ใน แอกคิวมูลเตอร์กับเลขใน รีจิสเตอร์ B แล้วได้ผลลัพธ์ 2 ไบต์ นำมาเก็บไว้ที่ AB โดย A จะรับอันดับต่ำส่วน B จะรับอันดับสูง DIV:เป็นคำสั่งในการหารแบบไม่คิดเครื่องหมายที่อยู่ใน แอกคิวมูลเตอร์แล้วหารตัวเลขในรีจิสเตอร์ B แล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บในแอกคิวมูลเตอร์และเศษ ของการหารตัวเลข จะเก็บ ไว้ในรีจิสเตอร์ B DA:สำหรับการบวกกันทางตัวเลข BCD เป็นการปรับ ค่ารวม ซึ่งเป็นผลมาจากการบวกกันทางไบนารีของระบบตัวเลข BCD ขนาด 2 หลักสองจำนวน การปรับค่าตัวเลขผลรวมด้วยการใช้คำสั่ง DA จะได้ผลลัพธ์กลับมาที่แอกคิวมูลเตอร์ รายละเอียด การใช้คำสั่ง

**3. กลุ่มคำสั่งทางตรรกศาสตร์หรือ แบบลอจิก** ทำหน้าที่เกี่ยวกับการประมวลผลแบบ ลอจิก ต่างๆ เช่น การ AND OR หรือ EX-OR ระหว่างข้อมูลในรีจิสเตอร์ A นั่นเอง โดยมีการใช้คำสั่งดังนี้ CPL:เป็นการใช้คำสั่งกลับค่าหรือคอมพลิเมนต์ ข้อมูลในแอกคิวมูลเตอร์จะไม่มีผลใดๆ ค่าของ แฟล็ก หรือการอ้างถึงตำแหน่งแอดเดรสนั้นตามบิตนั้นๆ RL, RLC, RR, RRC, SWAP:ทั้ง 5 คำสั่งนี้ เป็นคำสั่งในการทำงานการวนบิตบนตัวของแอกคิวมูลเตอร์ซึ่ง RL เป็นการวนบิตทางขวา, RLC เป็นการทำการวนทางซ้ายผ่านบิตทด, RRC เป็นการวนขวาผ่านบิตทด และ SWAP เป็นการวนซ้าย สี่ครั้ง ANL:เป็นการ ADD กันทางตรรกศาสตร์ ระหว่างแหล่งกำเนิดสองโอเปอร์เรนด์ ซึ่งจะสั่งให้ ทำงานในรูปแบบของตรรกศาสตร์ทางข้อมูลขนาดเป็น ไบต์หรือบิต กลุ่มคำสั่งแบบบูลีนหรือแบบ บิต ซึ่งเป็นความสามารถของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่จะดำเนินการประมวลผลแบบบิต แทนที่จะเป็นข้อมูลทั้งไบต์เช่นปกติ โดยมีชุดคำสั่งที่จัดการโดยตรง ทุกคำสั่งจะเข้าถึงข้อมูล โดยตรงในระดับบิต โดยมีการบิตแอดเดรสได้ตั้งแต่ 00H - 7FH ในพื้นที่ 128 บิต หน่วยความจำ ข้อมูลภายในและบิตแอดเดรส 80H - FFH ในบริเวณกลุ่มรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (SFR)

**4. กลุ่มคำสั่งในการกระโดดไปยังตำแหน่งต่างๆภายในโปรแกรม** ซึ่งจะเปลี่ยนลำดับของ การประมวลผลภายใน โปรแกรมไปยังส่วนต่างๆแทนที่จะดำเนินการไปเป็นลำดับ ต่อเนื่อง โดยที่ คำสั่ง JMP จะแบ่งเป็น 3 ลักษณะ คือ SJMP, LJMP, AJMP ซึ่งในแต่ละคำสั่ง จะมีข้อแตกต่างของ การกระโดดไปยังแอดเดรสไกลสุดที่ต่างกัน คำสั่ง JMP ซึ่งเป็นแบบ โมนิซิก ที่สามารถจะใช้ได้โดย มีรายละเอียดการใช้งานของคำสั่งดังต่อไปนี้ SMP:จะเป็นการกระโดดแบบการย้ายอันดับตำแหน่ง ของแอดเดรสตำแหน่งเดิมซึ่งจะสามารถกระโดดได้ -128 ถึง +127 ไบต์ AJMP:ลักษณะแบบนี้จะ สามารถกระโดดได้ไกลสุดประมาณ 2 กิโลไบต์ ซึ่งจะใช้หน่วยความจำเพียง 2 ไบต์เท่านั้นในการ กำหนด LJMP:ลักษณะแบบนี้จะสามารถกระโดดได้ไกลสุดประมาณ 64 กิโลไบต์ ซึ่งจะใช้ หน่วยความจำเพียง 3 ไบต์เท่านั้นในการกำหนด JMP @A+DPTR:เป็นการควบคุมการกระโดดไป ยังโปรแกรมที่ต้องการเฉพาะภายในส่วนต่างๆ

**5. โครงสร้างการอินเทอร์รัปต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51** จากแผนภาพโครงสร้าง ระบบอินเทอร์รัปต์ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สัญญาณที่เข้ามาทำการอินเทอร์รัปต์ MCS-51 นั้นเกิดขึ้นได้รลักษณะตามตารางข้อมูล ในรูปที่ 2.6 โดยจะเห็นได้ว่าสามารถที่จะกำหนดเลือก เพื่ออินยอม (หรืออีนาเบิล : ENABLE) และห้าม (หรือดิสเอเบิล : DISABLE) ไม่ให้มีการอินเตอร์รัปต์แต่ละประเภทได้ โดยการกำหนดบิตของข้อมูลที่เกี่ยวข้องซึ่งมักจะอยู่ในรีจิสเตอร์ TCON และ SCON นอกจากนี้ยังมีตำแหน่งบิตภายในรีจิสเตอร์ IE (INTERRUPT ENABLE REGISTER) ซึ่งทำหน้าที่เสมือนกับเป็นสวิตช์หลักที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ทั้งหมด หากว่ากำหนด ไม่ให้เกิดการอินเทอร์รัปต์แล้วการกำหนดบิตเพื่อห้ามหรืออินยอมของแต่ละอินเทอร์รัปต์ก็จะไม่มี

ผลใดๆเกิดขึ้น ยังแสดงให้เห็นว่าสัญญาณอินเตอร์รัปต์แต่ละประเภทยังสามารถกำหนดระดับความสำคัญ (PRIORITY) ของการอินเตอร์รัปต์ได้สองลักษณะ คือ ระดับความสำคัญสูงหรือต่ำ (HIGH OR LOW PRIORITY) กล่าวคือขณะที่กำลังประมวลผลอยู่ภายในส่วนของโปรแกรมน้อยบริการอินเตอร์รัปต์ของสัญญาณที่มีระดับความสำคัญต่ำอยู่ ก็อาจจะถูกขัดจังหวะให้ไปประมวลผลของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีระดับความสำคัญสูงกว่า แต่หากว่าเป็นสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีระดับความสำคัญต่ำเช่นเดียวกันแล้ว ก็ต้องรอให้เสร็จสิ้นการประมวลผลที่ ดำเนินการอยู่ก่อน

**6. การรีเซต** โดยความหมายของการรีเซตเป็นการบังคับให้มีการเริ่มต้นใหม่อีกครั้งหนึ่ง ซึ่ง มักจะกระทำโดยการกำหนดสถานะของสัญญาณที่ขารีเซตของไอซี MCS-51 ให้เป็นระดับลอจิก ที่เหมาะสมเท่านั้น การรีเซตด้วยวิธีนี้ถือว่าการอินเตอร์รัปต์อย่างหนึ่งได้ แต่จะมีลักษณะต่างออกไปจากการอินเตอร์รัปต์ของสัญญาณนี้ได้ ซึ่งมีศัพท์เฉพาะเรียกว่า NON-MASKABLE INTERRUPT นอกจากนี้การดำเนินการของโปรแกรมก็แตกต่างออกไปด้วย โดยจะ ไม่มีการเก็บค่าของคำสั่งที่กำลังจะไปทำในลำดับต่อไปภายในรีจิสเตอร์ PC เมื่อมีการรีเซตเกิดขึ้น โปรแกรม จะถูกส่งให้กระโดดไปยังแอดเดรส 0000 ทันทันที ซึ่งตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งเริ่มต้นของการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้กับระบบเมื่อใดก็ตามที่มีการรีเซตเกิดขึ้นค่าสถานะต่างๆ ภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกกำหนดกลับไปเป็นค่าเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง

## 2.6 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์กับพอร์ตอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

**2.1 การสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous)** จะมีสัญญาณนาฬิกา ร่วมอยู่กับการรับและส่งสัญญาณด้วย ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสก็คือคีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ซึ่งสายหนึ่งจะเป็นสายของสัญญาณนาฬิกา และอีกสายหนึ่งเป็นของสัญญาณข้อมูล ดังนั้นการติดต่อแบบซิงโครนัสนี้จะต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้นคือ สัญญาณนาฬิกา, ข้อมูล และกราวนด์

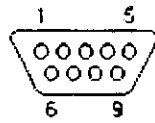
**2.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)** เป็นการรับส่งข้อมูลไปในสาย โดยไม่จำเป็นต้องมีการใช้สัญญาณนาฬิกา ร่วมด้วย แต่จะใช้การกำหนดสัญญาณภาครับและภาคส่งให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดค่าให้ภาครับและภาคส่งนี้ว่า อัตราการถ่ายข้อมูล หรือ บอเดอเรต (Baud rate) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (Bit Per Second: bps)

### ข้อดีของพอร์ตอนุกรม

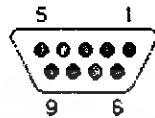
- 1) ระยะของสายอนุกรมสามารถมีความยาวได้มากกว่าสายของขนานมาก ทั้งนี้เพราะสัญญาณของพอร์ตอนุกรม ซึ่งส่วนใหญ่ใช้มาตรฐาน RS-232C จะมีค่า  $-3\text{Volt}$  ถึง  $-15\text{Volt}$  สำหรับ Logic "1" หรือ "Mark" และมีค่า  $+3\text{Volt}$  ถึง  $+15\text{Volt}$  สำหรับ Logic "0" หรือ "Space" (สำหรับช่วง  $+3\text{Volt}$  ถึง  $-3\text{Volt}$  เป็นช่วง Undefined) ส่วนสัญญาณของสายขนานนั้น Logic "1" จะมีค่า  $+5\text{Volt}$  และ logic "0" จะมีค่า  $0\text{Volt}$  ทำให้สัญญาณของสายอนุกรมสามารถรับการสูญเสียของสาย (Cable loss) ได้มากกว่าสัญญาณของสายขนาน ปกติสายขนานจะไปได้เพียง 5 ฟุต ส่วนสาย RS-232 จะไปได้ถึง 50 ฟุตที่ความเร็วสูงสุดของมัน
- 2) สายอนุกรมจะใช้จำนวนสายไฟน้อยกว่าสายขนานถ้าต่อในลักษณะ Null Modem จะใช้สายเพียง 3 เส้น ขณะที่แบบขนาน จะต้องใช้สาย 19 ถึง 25 เส้น
- 3) การสื่อสารแบบไร้สายเช่นการใช้ Infra Red การส่งพร้อมกันทีละ 8 บิต แบบขนาน จะทำให้ไม่สามารถแยกแยะได้ว่า Bit ใดเป็น Bit0 หรือ Bit1 ... เป็นต้น ปัจจุบันอุปกรณ์ IrDA มีความเร็วไม่ต่ำกว่า 115.2K Baud แต่มี Pulse length เพียง 3/16 ของ RS-232 เพื่อประหยัดพลังงาน เพราะส่วนมากใช้ในอุปกรณ์แบบพกพาเช่น Laptop หรือ Palmtop
- 4) ปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์ มักมีการผนวกพอร์ตการสื่อสารแบบอนุกรมไว้ด้วย เพราะใช้จำนวนขาน้อยกว่าแบบขนาน

การสื่อสารของอุปกรณ์ที่ต่อกับพอร์ตอนุกรมจะถูกเปลี่ยน (Convert) เป็น สัญญาณแบบขนาน แล้วจึงนำไปประมวลผลต่อ ซึ่งจะใช้ Universal Asynchronous Receiver / Transmitter (UART) เป็นตัวทำหน้าที่ส่วนทางด้านโปรแกรม ก็มีรีจิสเตอร์ที่ต้องจัดการมากกว่า Standard Parallel Port (SPP) อีกหลายตัว

RS-232C กำหนด Baud rate ไว้ไม่เกิน 20K Baud ปัจจุบันได้แก้ไขให้รองรับเทคโนโลยีใหม่ได้ จึงมีการปรับปรุงถึง RS-232E ซึ่งมีรายละเอียดอีกหลายอย่าง



(Male at the computer side)



(Female at the cable side)

รูปที่ 2.3 ภาพแสดงพอร์ตอนุกรม

Pin	Name	RS232	V.24	Dir	Description
1	CD	CF	109	←	Carrier Detect
2	RXD	BB	104	←	Receive Data
3	TXD	BA	103	→	Transmit Data
4	DTR	CD	108.2	→	Data Terminal Ready
5	GND	AB	102	—	Signal Ground
6	DSR	CC	107	←	Data Set Ready
7	RTS	CA	105	→	Request to Send
8	CTS	CB	106	←	Clear to Send
9	RI	CE	125	←	Ring Indicator

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงถึงหน้าที่ของขาต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abbreviation	Full Name	Originator	Function
TD	Transmit Data	DTE	Serial data output (TXD) from DTE.
RD	Receive Data	DCE	Serial data input (RXD) to DTE.
CTS	Clear To Send	DCE	Tell DTE that DCE is ready to exchange data.
(D)CD	(Data) Carrier Detect	DCE	Carrier from remote DCE is detected.
DSR	Data Set Ready	DCE	Tell DTE that DCE is ready to establish a link.
DTR	Data Terminal Ready	DTE	Tell DCE that DTE is ready to establish a link.
RTS	Ready To Send	DTE	Tell DCE that DTE is ready to exchange data.
RI	Ring Indicator	DCE	Ringling signal from the phone line is detected.

ตารางที่ 2.2 แสดงสัญญาณต่างๆที่ส่งในรูปแบบอนุกรม

### หน้าที่ของสัญญาณต่าง ๆ มีดังนี้

**Protective ground** เป็นจุดที่ต่อกับตัวเปลือกของอุปกรณ์ และไม่ต่อกับสัญญาณใด ๆ ในระบบเพื่อใช้ต่อลงดิน เป็นการป้องกันอันตรายจากไฟลัดวงจร และใช้เป็น Shield ป้องกันการรบกวน

**Signal ground หรือ Common return** เป็นจุดสำคัญที่สุดที่ต้องมีในระบบ RS-232 เพราะเป็นจุดอ้างอิงของทุกสัญญาณ ยกเว้น Protective ground

**Transmit data** เป็นสัญญาณข้อมูลที่ส่งจาก DTE ไปยัง DCE ในขณะที่ไม่ได้ส่งข้อมูลมันจะมีสถานะเป็น Logic "1" หรือ "Mark" หรือ "Off" หรือ -5V ถึง -15V ที่ด้านส่ง (DTE) หรือ -3V ถึง -

15V ที่ด้านรับ (DCE) การส่งข้อมูลจะเกิดขึ้นได้ต้องมีสัญญาณควบคุมที่เกี่ยวข้อง "On" ก่อนคือ สัญญาณ RTS, CTS, (D)CD, DTR และ DSR

**Receive data** เป็นสัญญาณข้อมูลจาก DCE มายัง DTE ในขณะที่ไม่ได้ส่งข้อมูลมันจะมีสถานะเป็น Logic "1" หรือ "Mark" หรือ "Off" หรือ -5V ถึง -15V ที่ด้านส่งหรือ -3V ถึง -15V ที่ด้านรับ ในขณะที่ไม่ได้ส่งข้อมูลมันจะมีสถานะเป็น Logic "1" หรือ "Mark" หรือ "Off" หรือ -5V ถึง -15V ที่ด้านส่ง (DCE) หรือ -3V ถึง -15V ที่ด้านรับ (DTE) กรณีที่เป็นการสื่อสารแบบ Half-duplex สัญญาณ RD จะอยู่สถานะ "Off" ขณะที่สัญญาณ RTS อยู่ในสถานะ "On" และสัญญาณ RD จะยังคงอยู่ในสถานะ "Off" อีกชั่วระยะเวลาหนึ่งหลังจากที่สัญญาณ RTS เปลี่ยนจากสถานะ "On" มาเป็น "Off" แล้วเพื่อให้การรับ-ส่งข้อมูลเสร็จสมบูรณ์

**Request to send** เป็นสัญญาณจาก DTE ส่งไปให้ DCE เพื่อขอส่งข้อมูลไป ปรกติจะอยู่ในสถานะ "Off" เมื่อต้องการส่งข้อมูลจะเปลี่ยนเป็นสถานะ "On" จนกว่าการส่งเสร็จสิ้นจึงเปลี่ยนกลับไปที่สถานะ "Off" ตามเดิม ทั้งนี้ทาง DTE ต้องได้รับสัญญาณ CTS จึงจะสามารถส่งข้อมูล TD ไปยัง DCE ได้ และสัญญาณ RTS ที่กลับสู่สถานะ "Off" จะไม่สามารถเปลี่ยนเป็น "On" ใหม่ขณะที่สัญญาณ CTS อยู่ในสถานะ "On" ต้องรอจนกว่าสัญญาณ CTS เปลี่ยนมาอยู่ในสถานะ "Off" ก่อนเพื่อป้องกันการเกิด Overrun

**Clear to send** เป็นสัญญาณที่ DCE ส่งให้ DTE เพื่อแจ้งว่าพร้อมรับการส่งข้อมูลจาก DTE

**Data set ready** เป็นสัญญาณที่ DCE ส่งให้ DTE เพื่อแจ้งว่า DCE สามารถเชื่อมโยงไปยังปลายทางและพร้อมที่จะติดต่อแล้ว

**Data Terminal ready** เป็นสัญญาณที่ DTE ส่งให้ DCE เพื่อแจ้งว่า DTE พร้อมหรือต้องการจะติดต่อสื่อสาร ซึ่งสัญญาณ DTR นี้ต้องเกิดก่อนทาง DCE จึงจะทำการติดต่อไปยังปลายทางและเมื่อติดต่อได้แล้วจึงส่งสัญญาณ DSR มายัง DTE เพื่อแจ้งให้รู้ว่าพร้อมรับการสื่อสารแล้ว และถ้า DTR เปลี่ยนเป็น Off แปลว่า DTE ไม่ต้องการติดต่อสื่อสารแล้วทาง DCE ก็จะปิดช่องสื่อสารและเปลี่ยนสัญญาณ DSR เป็น Off ทันที คู่สัญญาณระหว่าง RTS กับ CTS เป็นเรื่องของความพร้อมเกี่ยวกับช่องสื่อสารระหว่าง DTE กับ DCE ส่วนคู่สัญญาณ DTR กับ DSR เป็นเรื่องของความพร้อมเกี่ยวกับตัวอุปกรณ์ DTE กับ DCE

**Data carrier detect** เป็นสัญญาณที่ DCE ส่งให้ DTE เพื่อแจ้งว่าได้รับสัญญาณพาหะจาก DCE ที่อยู่อีกด้านหนึ่งของการสื่อสาร ซึ่งหมายความว่า ช่องการสื่อสารระหว่าง DCE ทั้ง 2 ไม่ขาดตอนพร้อมที่จะทำการสื่อสารได้ ซึ่งอุปกรณ์ DTE หรือ โปรแกรมที่ควบคุมการสื่อสารมักจะตรวจสัญญาณนี้ ถ้าไม่อยู่ที่ On แสดงว่าช่องการสื่อสารขาด ก็จะไม่ทำการรับหรือส่งข้อมูล

**Ring Indicator** เป็นสัญญาณจาก DCE แจ้งให้ DTE รู้ว่ามีการเรียกจาก DCE ที่อยู่อีกด้านหนึ่งของการสื่อสาร ซึ่งมักจะใช้ในระบบ automatic answering

### รูปคลื่น สัญญาณ RS-232

การสื่อสาร โดย RS-232 เป็นการสื่อสารแบบ Asynchronous หมายความว่าสัญญาณ clock ที่ใช้ควบคุมจังหวะไม่ได้ส่งไปพร้อมกับ Data แต่จะใช้ start bit เป็นตัว sync. ในแต่ละ word ของการสื่อสารและใช้สัญญาณ clock ภายในของแต่ละด้านเป็นตัวให้จังหวะเอง



**รูปที่ 2.4** รูปคลื่นของสัญญาณที่ส่ง

แสดงลักษณะของสัญญาณจาก UART เมื่อใช้ format แบบ 8N1 คือ 8 data bits ไม่มี parity bit และมี 1 stop bit ขณะที่ idle จะอยู่ในสถานะ “Mark” หรือ logic “1” การส่งจะเริ่มจากการส่ง start bit คือ logic “0” และตามด้วย LSB bit จนหมด data bits และถ้ามี parity bit ก็จะส่งที่จุดนี้แล้วลงท้ายด้วย stop bit ซึ่งมีค่าเป็น logic “1” ในรูปได้แสดง bit ที่ต่อถัดจาก stop bit ซึ่งมีค่าเป็น logic “0” หมายความว่า เป็น start bit ของ การส่ง word ถัดไป แต่ถ้ายังไม่มีการส่ง word ถัดไป ก็ต้องอยู่ในสถานะของ logic “1” ซึ่งเป็นสถานะของ idle และถ้าสายอยู่ในสถานะของ logic “0” นานกว่าเวลาของการส่ง 1 full word ระบบจะถือว่าเป็นสัญญาณ “Break” เพื่อหยุดการสื่อสาร ดังนั้นต้องไม่ลืมที่จะส่งในสายกลับสู่สถานะ idle เมื่อสิ้นสุดการส่ง

การรับ-ส่งข้อมูลในลักษณะนี้เรียกว่าแบบ Frame คือมีกรอบปิดล้อมข้อมูลไว้ด้วย start bit และ stop bit

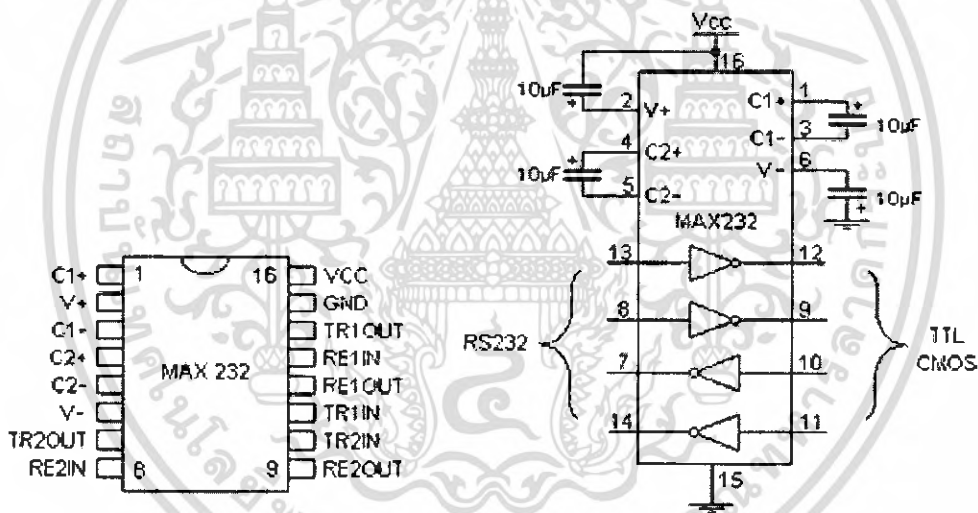
### ตัวแปลงสัญญาณ RS-232

สัญญาณ RS-232 มีค่าแรงไฟต่างจากที่ใช้ใน UART ดังนั้นจึงต้องมีตัวแปลงสัญญาณ เพื่อแปลงระดับสัญญาณให้เหมาะสมก่อนที่จะเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรม หรือ RS-232 port ของคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณ RS-232 นั้น logic "0" จะมีค่า +3 V ถึง +25 V และ logic "1" จะมีค่า -3 V ถึง -25 V ส่วนค่าระหว่าง -3 V ถึง +3 V เป็นค่า undefined ระดับสัญญาณนี้ใช้กับทุกสัญญาณไม่ใช่เฉพาะสัญญาณรับ-ส่งข้อมูลเท่านั้นแต่ยังรวมถึงสัญญาณควบคุมต่าง ๆ เช่น DTR, RTS, CTS เป็นต้น

IC ที่ใช้มักจะเป็นเบอร์ 1488 (RS-232 Driver) และ 1489 (RS-232 Receiver) โดยภายในแต่ละตัวจะประกอบด้วย inverter 4 ตัวและต้องการไฟเลี้ยง 2 ชุดคือ +7.5 V ถึง +15 V และ -7.5 V ถึง -15 V ซึ่งอาจจะมีปัญหาในเครื่องที่มีไฟเลี้ยง +5 V เพียงชุดเดียว แต่ก็ยังมี IC อีกตัวหนึ่งคือเบอร์ MAX-232 ซึ่งมีวงจร charge pump สามารถสร้างไฟ +10 V และ -10 V จากไฟ +5 V ได้ พร้อมทั้งมี 2 Tx และ 2 Rx อยู่ใน package เดียวกัน และรองรับ baud rate ได้ถึง 120 Kbps จึงสะดวกมากเพราะใช้ IC เพียงตัวเดียว รูปข้างล่างคือ MAX-232



รูปที่ 2.5 แสดง โครงสร้างภายในและตำแหน่งขาต่างๆของ Max232

ส่วนการที่เราจะนำข้อมูลมาใช้งานก็ต้องแปลงเป็น Parallel ก่อนซึ่งเป็นหน้าที่ของ UART ซึ่งปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์มักจะมี Serial Communication Interface (SCI) อยู่ในตัว แต่อาจจะมีงานบางอย่างที่ไม่ได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และต้องการประมวลผลข้อมูลกับพอร์ตอนุกรม เช่น ต่อ ADC เข้ากับ UART หรือต่อ LCD display เข้ากับ Serial comm. ก็ต้องใช้ UART ช่วย เช่นเบอร์ 8250 หรือ 16550A หรือเบอร์อื่น ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่มี UART อีกพวกหนึ่งที่แยก Tx bus กับ Rx bus ออกจากกัน ทำให้มีความคล่องตัวมากขึ้น

## สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

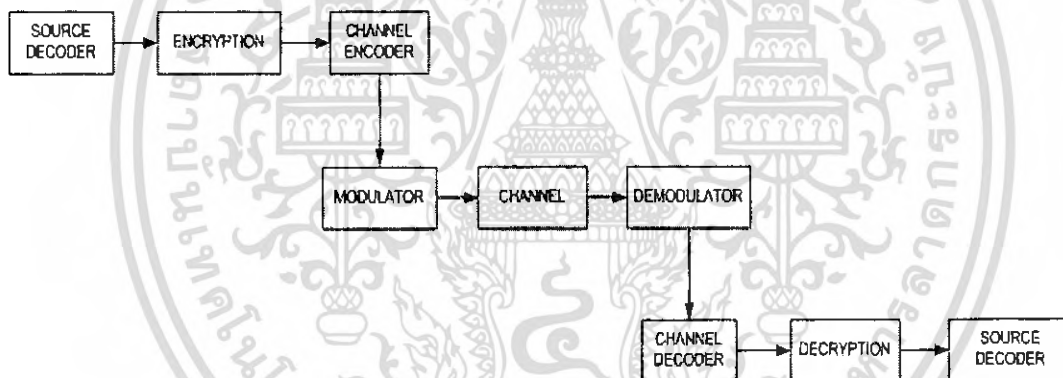
### บทที่ 3

## ทฤษฎีการสื่อสารและการมอดูเลต

### 3.1 ความหมายของการสื่อสารข้อมูล

การสื่อสารข้อมูลก็คือ การแลกเปลี่ยนข้อมูล ไม่ว่าจะเป็นรูปภาพ เสียง ข้อความหรืออื่น ๆ ระหว่างต้นทาง และปลายทางโดยใช้อุปกรณ์ทาง อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเชื่อมต่อกัน หรือกระบวนการ ถ่ายทอดข้อมูลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยผ่านสื่อชนิดต่าง

### 3.2 โครงสร้างของระบบสื่อสาร



รูปที่ 3.1 แบบจำลองการสื่อสาร

โดยทั่วไปเราสามารถแสดงแบบจำลองของระบบการสื่อสารในรูปของแผนภาพบล็อกได้ ดังรูปที่ 3.1 พิจารณาเริ่มจากทางซ้ายมือ ข้อมูลที่ป้อนเข้ามามีได้หลายรูปแบบทั้งที่เป็นสัญญาณ อนุภาคหรือดิจิทัล เช่น เสียง คนตรี อุณหภูมิ ภาพ เป็นต้น สัญญาณเหล่านี้จะถูกแปลงให้อยู่ใน รูปสัญญาณที่เหมาะสมในการส่งผ่านระบบสื่อสาร โดยอาศัยอุปกรณ์ที่เป็นตัวถอดรหัสจาก แหล่งข้อมูล (Source Decoder) เพื่อไปสู่ช่องการสื่อสารเข้ารหัส (Channel Encoder) ซึ่งช่องการ สื่อสารนี้จะทำให้ข้อมูลอยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมกับช่องสื่อสารที่จะส่งออกไปยังตัวมอดูเลต (Demodulator) ส่วนถัดมาของแบบจำลองคือช่องสื่อสาร (Channel) ในส่วนนี้คือสื่อนำสัญญาณที่ พาข่าวสารจากแหล่งกำเนิดไปสู่ปลายทางที่จะต้องผ่านตัวมอดูเลต (Demodulator) เสียก่อน

จากนั้นจึงนำข้อมูลไปที่ช่องการถอดรหัส (Channel decoder) และเมื่อถึงปลายทางที่ตัวรับก็จะถอดรหัส (Source decoder) อีกครั้งเป็นอันสิ้นสุดขั้นตอน

### 3.3 รูปแบบของการส่งสัญญาณข้อมูล

ในกระบวนการส่งสัญญาณข้อมูล จากเครื่องผู้ส่ง ไปยังเครื่องผู้รับนั้นเราสามารถแบ่งรูปแบบการส่งสัญญาณข้อมูลออกเป็น 4 รูปแบบ ดังนี้

#### 3.3.1. แบบทิศทางเดียว หรือ ซิมเพล็กซ์ (One Way OR Simplex)

การส่งสัญญาณประเภทนี้จะเป็นการส่ง ไปในทิศทางเดียวกันเท่านั้น และตลอดเวลา ยกตัวอย่างเช่นการส่งสัญญาณกระจายเสียงของวิทยุหรือการแพร่ภาพทางโทรทัศน์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าทางสถานีได้ส่งสัญญาณเสียงหรือสัญญาณภาพ มายังเครื่องรับที่เป็นวิทยุ หรือโทรทัศน์ แต่ในขณะเดียวกันทางเครื่องรับนั้นๆ ไม่สามารถที่จะส่งสัญญาณหรือข้อมูลกลับมายังสถานีได้เลย

#### 3.3.2. แบบกึ่งทางคู่ หรือ ครึ่งดูเพล็กซ์ (Either – way of Two Ways OR Half Duplex)

สำหรับการส่ง สัญญาณในรูปแบบกึ่งทางคู่นี้ จะเป็นลักษณะเช่นเดียวกับวิทยุสื่อสาร กล่าวคือรูปแบบของการส่งสัญญาณ ในลักษณะนี้จะเป็นแบบต้องผลัดกันส่งสัญญาณ และรับสัญญาณ ยกตัวอย่างเช่นวิทยุสื่อสารของตำรวจ หรือทหารที่ต้องผลัดกันพูดบางครั้งเรามักเรียกการส่งสัญญาณแบบนี้ว่าการสื่อสารสายคู่ หรือ TWO – WIRE LINE

#### 3.3.3. แบบทางคู่ หรือ ดูเพล็กซ์เต็ม (Both – way OR Full Duplex)

การสื่อสารแบบทางคู่ นั้น ลักษณะการ สื่อสารนั้นจะสามารถส่งข้อมูลได้พร้อม ๆ กันทั้งสองทาง เหมือนกับการพูดคุยสนทนากัน หรือการใช้ โทรศัพท์ ซึ่งโดยปกติแล้วลักษณะการพูดคุยจะสลับกัน แต่การสนทนา หรือการพูดโทรศัพท์นั้นจะกลายเป็น การสื่อสารแบบทางทางคู่ ได้นั้น ในกรณีที่ถึง หรือทะเลาะกัน จะเห็นได้ว่าทั้ง 2 ฝ่ายนั้นสามารถพูด พร้อมกันได้ ซึ่งการสื่อสารแบบนี้บางครั้ง เราเรียกการสื่อสารแบบนี้ว่าการสื่อสาร 4 สาย หรือ FOUR – WIRE LINE

#### 3.3.4. แบบสะท้อนสัญญาณ หรือ เอคโคเพล็กซ์ (Echo – Plex)

การสื่อสารแบบนี้จะเป็นการรวมการสื่อสาร แบบครึ่งดูเพล็กซ์ หรือดูเพล็กซ์เต็ม เข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งการทำงานจะเป็นลักษณะสะท้อนแสดงให้เห็นภาพ ในขณะที่ยังทำงานควบคู่ไปด้วย ยกตัวอย่างเช่น การใช้เครื่อง ATM (Auto Teller Machine) ที่เมื่อผู้ใช้ป้อนคำสั่งผ่าน Keyboard เพื่อสั่งให้ Host Computer ทำงาน ขณะเดียวกันหน้าจอก็จะ แสดงคำสั่งที่ผู้ใช้สั่งป้อนเข้าไป (การทำงานนี้จะเป็นลักษณะของ Full Duplex)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 ชนิดของสื่อกลางในการสื่อสารข้อมูล

สื่อกลางในการสื่อสารข้อมูล หรือตัวกลางนั้น เราสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 กรณีดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ว่าประกอบไปด้วย แบบมีสาย และแบบไร้สาย ซึ่ง แบบมีสายจะเป็นพวกที่ใช้สายสื่อสาร เป็นสื่อกลาง กล่าวคือสามารถกำหนดค่าให้ข้อมูล ไปยังทิศทางใด และแบบไร้สาย การส่งสัญญาณจะเป็นลักษณะเช่นเดียวกับการแพร่กระจายการเลือกใช้ว่าจะให้ระบบเครือข่ายใช้ตัวกลางหรือสื่อชนิดใดจำเป็นต้องขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายอย่าง ยกตัวอย่างเช่น ราคา อัตราค่าบริการ ความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูล ภูมิประเทศ รวมถึงเทคโนโลยีที่มีอยู่ด้วย ต่อจากนี้เราจะแบ่งอธิบายชนิดของสื่อกลางในการสื่อสารออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

#### 3.4.1 สื่อกลางที่สามารถกำหนดเส้นทางได้

- สายคู่ตีเกลียว (Twisted Pair Cable)
- สายโคแอกเชียล (Coaxial Cable)
- สายใยแก้วนำแสง (Fiber - Optic Cable)

#### 3.4.2 สื่อกลางที่ไม่สามารถกำหนดเส้นทางได้

เป็นสื่อกลางที่เป็นลักษณะของการกระจายคลื่น ซึ่งไม่มีลักษณะทางกายภาพ สื่อประเภทกระจายคลื่น (Radiated Media) เรียกอีกอย่างว่า สื่อประเภทไร้สาย (Wireless Media) ซึ่งสามารถส่งข้อมูล ผ่านได้ทั้งทางอากาศ น้ำ หรือแม้แต่ในสุญญากาศได้ รูปแบบของการสื่อแบบไร้สายนี้ที่รู้จักกันมีอยู่มากมาย อาทิเช่น คลื่นวิทยุ สัญญาณไมโครเวฟ ทั้งแบบภาคพื้น และแบบดาวเทียม วิทยุ เซลลูลาร์ สัญญาณอินฟราเรด ซึ่งสัญญาณแต่ละชนิดมีความถี่แตกต่างกัน ซึ่งสัญญาณบางตัวอาจจะมี ความถี่ใกล้เคียงกันทำให้เกิดปัญหา สัญญาณทับซ้อนกันได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีองค์กรทำหน้าที่ควบคุมและอนุญาตในการใช้คลื่นสัญญาณที่ต้องการใช้

- **คลื่นวิทยุ (Broadcast Radio)** คลื่นวิทยุนี้เป็นคลื่นที่นิยมใช้กันทั่วไป ข้อดีของการใช้คลื่นวิทยุจะอยู่ที่มีการเชื่อมโยง และติดต่อได้ง่าย ซึ่งทำเพียงแค่ต่ออุปกรณ์รับ - ส่งวิทยุเข้ากับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ก็สามารถติดต่อสื่อสารข้อมูลได้ทั้งภายใน และภายนอกองค์กรได้ การส่งสัญญาณคลื่นวิทยุ นั้น จะทำโดยการ แพร่กระจายคลื่นไปยังทุกทิศทาง ดังนั้นตัวรับสัญญาณ หรือเสารับสัญญาณ จึงไม่จำเป็นต้องชี้มายังจุดที่ส่งสัญญาณแต่อย่างใด

- **คลื่นไมโครเวฟ (Microwave)** การเดินทางของสัญญาณไมโครเวฟจะเดินทางเป็นลักษณะเส้นตรง จึงเรียกได้ว่าเป็นสัญญาณทิศทางเดียว และเป็นการส่งข้อมูลแบบรับช่วงต่อ ๆ กันเป็นสถานีซึ่งความห่างของแต่ละสถานีจะห่างกัน ประมาณ 40-48 กิโลเมตร และอาจจะไกลถึง 88 กิโลเมตรได้ ถ้าสถานีอยู่สูงห่างจากพื้นดินมาก ๆ นั่นก็แสดงให้เห็นว่ายิ่งสถานีมีความสูงมาก การส่งสัญญาณก็สามารถส่ง ได้ไกลขึ้น ประกอบกับการถ่ายทอดสัญญาณจะมีความถี่สูงมากทำให้สามารถส่งข้อมูลด้วยอัตราความเร็ว ที่สูงมาเช่นเดียวกัน ในการวางตำแหน่งจำเป็นต้องคำนึงถึงทิศทางของเสาอากาศ รวมถึงสภาพดินฟ้า อากาศอีกด้วย ดังรูปที่ 10 ปัจจุบันสื่อกลางไมโครเวฟเป็นที่นิยมใช้กันมากขึ้น เนื่องจากมีราคาถูกกว่าการซื้อสายใยแก้วนำแสง หรือดาวเทียม แต่ให้ประสิทธิภาพในการรับ - ส่งข้อมูลรวดเร็วเท่านั้นเอง

- **ดาวเทียม (Satellite)** ดาวเทียมถือเป็นคลื่นไมโครเวฟชนิดหนึ่ง หรือก็คือสถานีไมโครเวฟลอยฟ้า นั่นเอง การทำงานจะประกอบไปด้วยสถานีภาคพื้นดินตั้งแต่ 2 สถานีขึ้นไป การทำงานจะทำการทบทวน และขยายสัญญาณข้อมูล รับ-ส่งสัญญาณข้อมูลไปยังดาวเทียม ซึ่งการส่งสัญญาณจากภาคพื้นดิน ไปยัง ดาวเทียม เราเรียกว่า สัญญาณอัป-ลิงก์ (Uplink) ในทางกลับกันถ้าส่งสัญญาณจากดาวเทียมมายัง พื้นดิน เราเรียกว่า สัญญาณดาว์-ลิงก์ (Downlink) ข้อเสียของการใช้สัญญาณดาวเทียมจะอยู่ตรงที่สัญญาณข้อมูล อาจจะถูกรบกวนจากสัญญาณภาคพื้นอื่น ๆ ได้ รวมถึงจะมีเวลาประวิง ( Delay Time ) ในการส่งสัญญาณ ยกตัวอย่างเช่นการรับสัญญาณโทรทัศน์จากดาวเทียม และจากเสาอากาศ จะเห็นได้ ชัดเจนว่าเครื่องที่ รับสัญญาณ โทรทัศน์จากดาวเทียมจะแพร่ภาพช้ากว่า เครื่องที่รับสัญญาณจากเสาอากาศนั่นเอง ซึ่งทำให้ระบบการส่งสัญญาณดาวเทียมไม่เหมาะสำหรับการสื่อสารข้อมูลแบบ On-Line หรือแบบ Real Time และที่สำคัญคือมีการลงทุนในการติดตั้งสูงการสื่อสารข้อมูลโดยผ่านทางดาวเทียม นั้นที่นิยมใช้ใน ปัจจุบัน ได้แก่ การใช้ระบบเครือข่ายสถานีดาวเทียมขนาดเล็ก หรือเครือข่ายวีแซท ( VSAT : Very Small Aperture Terminal ) ซึ่งการติดตั้งและเคลื่อนย้ายทำได้โดยง่ายและเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการลงทุนทำเครือข่ายดาวเทียมเองมาก

- **แสงอินฟราเรด (Infrared)** ถ้าแสงอินฟราเรดเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่ระหว่าง แสงที่ตามองเห็น กับ คลื่นสัญญาณวิทยุ การสื่อสารข้อมูลโดยอินฟราเรดนั้นจริง ๆ เรามักคุ้นเคยกันเป็นอย่างดีในชีวิตประจำวัน เช่น การใช้รีโมทคอนโทรลกับเครื่องรับโทรทัศน์ การส่งสัญญาณอินฟราเรดนั้นสามารถ ส่งด้วยอัตราความเร็ว สูงสุด ประมาณ 4 Mbps ดังนั้นการใช้แสงอินฟราเรดจึงเหมาะกับงานที่ไม่เน้นการส่งข้อมูลปริมาณมาก ๆ นอกจากนั้นข้อจำกัดของการใช้อุปกรณ์แสง

อินฟราเรดคือต้องไม่มีสิ่งกีดขวางทางเดินของแสง และระยะ การส่งก็ได้ไม่ไกลนัก จึงเหมาะกับการใช้อุปกรณ์ภายในห้องเดียวกัน

- **วิทยุเซลลูลาร์ (Cellular Radio)** ถ้าจะกล่าวถึงการส่งสัญญาณด้วยวิทยุเซลลูลาร์อาจจะดูไม่คุ้นเคยนัก แต่ถ้าเรียกเสียใหม่ว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ โทรศัพท์มือถือ คงจะคุ้นเคยมากกว่า ซึ่งการทำงานของวิทยุเซลลูลาร์นี้จะใช้สื่อประเภทคลื่นสัญญาณวิทยุ ซึ่งการรับส่ง สัญญาณจะต้องอยู่ในพื้นที่หนึ่งๆที่เรียกว่า Cell ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปร่างการทำงานหรือการรับส่งสัญญาณ ในแต่ละเซลล์นั้นจะมีเสาอากาศเป็นของตัวเอง และใช้คลื่นสัญญาณที่มีพลังงานต่ำเพื่อป้องกันการรบกวน ระหว่างกัน การใช้งานจะเป็นลักษณะการติดต่อระหว่างเสาอากาศของแต่ละเซลล์ กับเครื่องโทรศัพท์มือถือ ซึ่งจะมีการ Roaming หรือการ โอนติดต่อบetween Cell ที่มีพื้นที่อยู่ติดกันไม่สามารถใช้ คลื่นความถี่ ในสัญญาณ อันเดียวกันได้ เพราะจะทำให้เกิดสัญญาณ รบกวน แต่ใน Cell ที่มีพื้นที่ไม่ติดกันนั้นสามารถ ใช้ความถี่เดียวกัน ได้ ยกตัวอย่างเช่น Cell A ติดกับ Cell B จะไม่สามารถใช้ความถี่อันเดียวกัน แต่สำหรับ Cell C สามารถใช้คลื่นความถี่อันเดียวกันกับ Cell A ได้เนื่องจากว่ามีพื้นที่ๆ ไม่ติดกัน

- **วิทยุแบบสเปกตรัมแผ่กระจาย (Spread Spectrum Radio)** วิทยุแบบสเปกตรัมแผ่กระจาย นี้จะใช้วิธีการส่ง สัญญาณออกไปหลายคลื่นความถี่พร้อม ๆ กัน ภายในแถบคลื่นที่กำหนด แรกทีเดียวเทคนิคแบบนี้ ได้รับการพัฒนาขึ้น เพื่อใช้ในกิจการทางทหารซึ่งต้องการ ความเชื่อถือได้ในระดับสูงมาก ในระหว่างการรบ ซึ่งระบบนี้จะทำสัญญาณให้ถูกส่งออกไปในหลายความถี่พร้อมกันทำให้การดักฟังได้ยากขึ้นรวมทั้งการ รบกวนการสื่อสารก็ยากมากขึ้นด้วยเพราะต้องค้นหาความถี่ทั้งหมดให้ได้ ปัจจุบันได้นำเทคนิคแบบนี้มาใช้

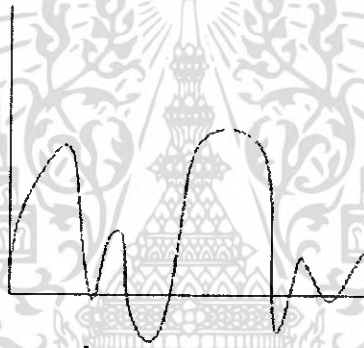
ในการส่งสัญญาณข้อมูลข่าวสารนั้นจะสำเร็จได้ต้องขึ้นอยู่กับคุณภาพของสัญญาณ และคุณลักษณะของ สายสื่อสาร ซึ่งสัญญาณที่จะส่งนั้นจะมีอยู่ 2 ลักษณะคือ สัญญาณอนาล็อก (Analog) และ สัญญาณดิจิทัล (Digital) โดยการส่งสัญญาณไม่ว่าจะเป็น Analog หรือ Digital นั้นสามารถใช้ส่งสัญญาณได้เหมือนกัน เพียงแต่ต้องมีการแปรรูปแบบสัญญาณให้สมบูรณ์เสียก่อนที่จะเข้าไปในระบบสื่อสารด้วยวิธีการที่เรียกว่า “การมอดูเลตสัญญาณ”

### 3.5 ประเภทของสัญญาณ

สัญญาณที่ใช้ในระบบสื่อสารนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น

#### 3.5.1 สัญญาณอนาลอก (Analog)

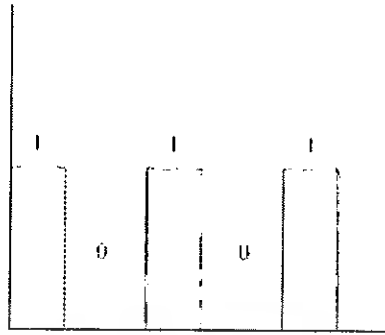
ลักษณะของการส่งสัญญาณที่ออกไปนี้มีความต่อเนื่องกันตลอดเวลาจากนี้จะไม่สนใจสิ่งที่ยังรวมอยู่ในสัญญาณ และเมื่อส่งสัญญาณออกไปเรื่อย ๆ นั้น ความเข้มข้นของ สัญญาณจะอ่อนลงไป ทำให้ต้องมีอุปกรณ์ช่วยในการทวนสัญญาณระหว่างการส่ง ซึ่งเรียกว่า Amplifier แต่ในการใช้เครื่องขยายสัญญาณนั้นมีข้อเสียอยู่ตรงที่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนขึ้น ดังนั้นในการส่งข้อมูลแบบ Analog นั้นจึงต้องมี Filter หรือตัวกรองสัญญาณรบกวนประกอบอีกด้วย



รูปที่ 3.2 สัญญาณอนาลอก

#### 3.5.2. สัญญาณดิจิทัล (Digital)

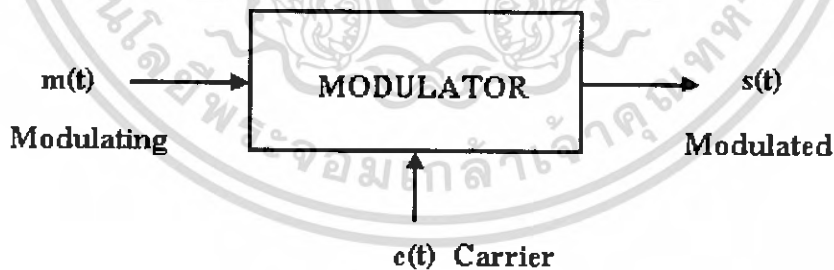
ในการส่งสัญญาณแบบ Digital นั้นจะสนใจทุกสิ่งทุกอย่างที่บรรจุมา ในสัญญาณ และประกอบขึ้นมาจากระดับสัญญาณเพียง 2 ค่า คือค่าสูงสุด และต่ำสุด (1 หรือ 0) นอกจากนี้ ในการส่งสัญญาณนั้นจะต้องมีอุปกรณ์ทวนสัญญาณที่เรียกว่า Repeater เพื่อ Recover สัญญาณ ให้เป็น 1 หรือ 0 เสียก่อน แล้วค่อยทำการส่งสัญญาณที่ Recover แล้วไปใหม่อีกครั้ง



รูปที่ 3.3 สัญญาณดิจิทัล

### 3.6 การมอดูเลต

ในการส่งสัญญาณเสียง หรือสัญญาณข้อมูลผ่านช่องทางการสื่อสารนั้น พหุ หรือตัวนำสัญญาณในการเคลื่อนย้ายข้อมูลต้องอาศัยพลังงานไฟฟ้าเป็นตัวนำ ซึ่งขั้นตอนในการเพิ่มพลังงานไฟฟ้าเรียกว่า Modulation หรือการกล้ำสัญญาณที่เป็นสัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่สูง และคงที่ รวมถึงมีแอมพลิจูดที่ขนาดสูงขึ้นด้วย เราเรียกว่า Signal Carrier หรือสัญญาณคลื่นพาห้ ขั้นตอนการทำงานจะเริ่มโดยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ Modulator จะสร้าง Signal Carrier เพื่อให้สัญญาณมีความเข้มขึ้นพอที่จะส่ง และเมื่อถึงปลายทาง ก็จะมีอุปกรณ์ที่แยกสัญญาณ Carrier ออกให้เหลือแต่สัญญาณข้อมูล ซึ่งการแยกนี้เราเรียกว่า Demodulation



รูปที่ 3.4 การมอดูเลต

การมอดูเลต คือ

1. ทำให้สัญญาณมีกำลังสูงสามารถเดินไปที่ไกลๆได้
2. ทำให้สัญญาณมีความถี่สูงขึ้น ซึ่งเหมาะสำหรับการรับส่งสัญญาณมากขึ้นเพราะใช้เสาอากาศที่สั้นลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สามารถแบ่งความถี่ให้หลายๆสัญญาณส่งพร้อมกันภายใต้คลื่นพาห์ตัวเดียวกันได้ เรียกว่า มัลติเพลกซิ่ง (Multiplexing)
4. ทำให้สัญญาณมีความต้านทานการรบกวนของสัญญาณรบกวนได้ดีขึ้น

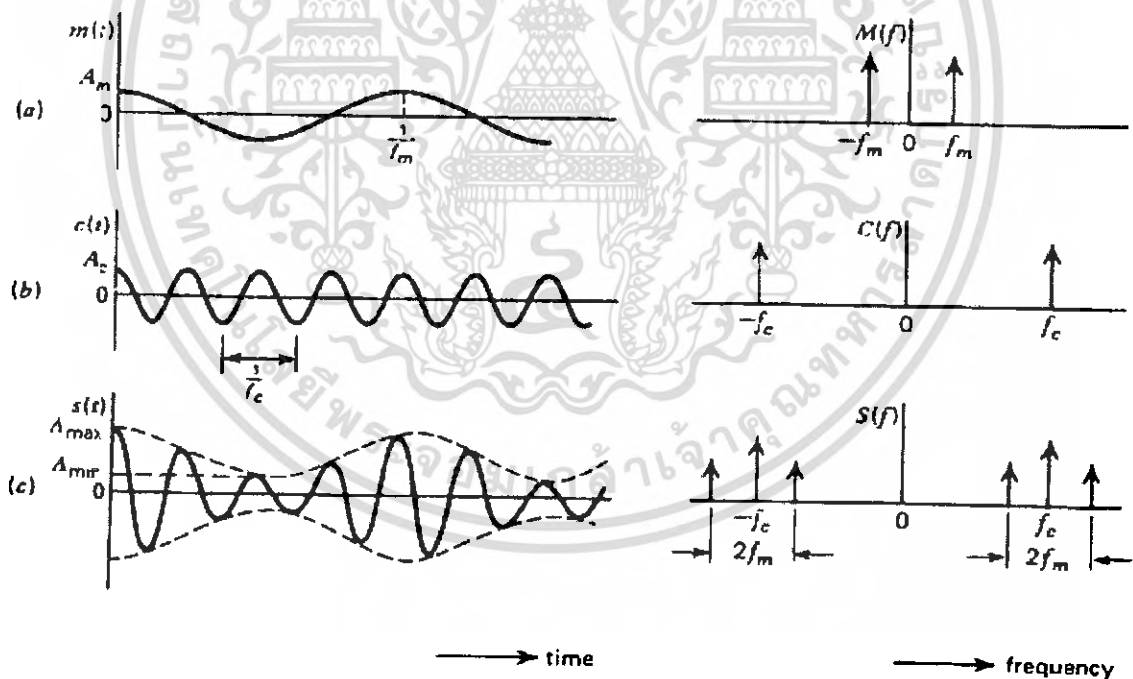
### 3.7 ประเภทของการมอดูเลต

สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

#### 3.7.1 การมอดูเลตสัญญาณอนาล็อก สามารถแบ่งได้ 3 แบบ คือ

##### 1) Amplitude Modulation: AM

วิธีนี้เป็นวิธีการที่ดั้งเดิม และสะดวกสบายที่สุด เนื่องจากว่าความถี่ของ สัญญาณคลื่นพาห์ จะคงที่และสูงกว่าความถี่ของสัญญาณข้อมูล แต่วิธีการนี้ก็มีข้อเสียอยู่ตรงที่ว่า แบนด์วิดท์ของ สัญญาณ AM นั้นเป็นย่านความถี่ที่ไม่ค่อยสูงนัก ทำให้เกิด Noise เข้ามารบกวนได้โดยง่าย นอกจากนี้ยังสิ้นเปลืองพลังงานในการส่งสูงอีกด้วย



รูปที่ 3.5 AM MODULATE WAVE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2) Frequency Modulation: FM

เป็นวิธีการที่ตรงกันข้ามกับ AM ในการ Modulation แบบ FM นี้จะมี Amplitude คงที่ แต่ความถี่ของสัญญาณจะไม่คงที่เปลี่ยนไปตามความถี่ของสัญญาณข้อมูล แต่ข้อเสียของสัญญาณ FM นี้จะอยู่ที่ว่า มีการใช้แบนด์วิดท์ที่มีขนาดกว้าง เนื่องจากสัญญาณข้อมูลมีหลาย ความถี่ ทำให้ต้องการสายสื่อสารที่มี แบนด์วิดท์กว้าง และทำให้ราคาของสายสูงขึ้นตามไปด้วย คุณภาพของสัญญาณ FM นั้นจะดีกว่าแบบ AM แต่ระบบการทำงานจะซับซ้อนมากกว่า ปัจจุบันมีการเพิ่มวงจร Phase-Lock-Loop เข้าไปในระบบเพื่อปรับความถี่ และเฟสของสัญญาณ ทำให้สัญญาณมีคุณภาพ และถูกต้องยิ่งขึ้น

## 3) Phase Modulation: PM

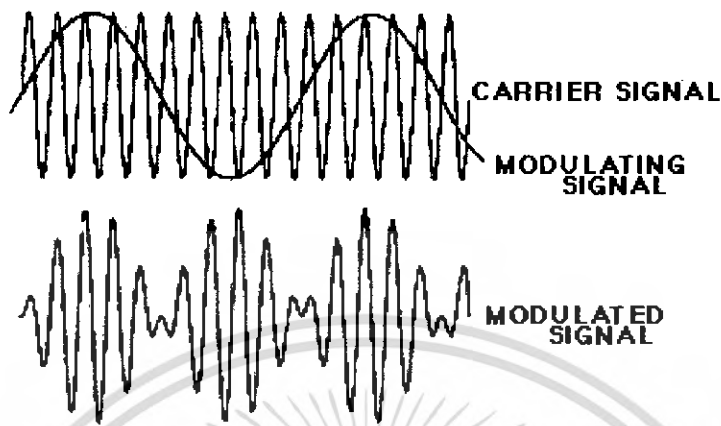
วิธีการมอดูเลตแบบ AM และ FM นิยมใช้ในการกระจายเสียง ของวิทยุ แต่แบบ PM กลับนิยมใช้ในการแพร่ภาพทางโทรทัศน์ ซึ่งวิธีการ PM นี้สามารถเปลี่ยนแปลง เฟสของสัญญาณ ได้ดีกว่าแบบ FM แต่เป็นวิธีที่มีวงจรค่อนข้างซับซ้อนมากกว่าจึงไม่ค่อยเป็นที่นิยม ในการส่งข้อมูลแบบ Analog ในการ Modulation แบบ PM นี้ให้ครึ่งรอบของสัญญาณเป็นมุมเฟสเท่ากับ 180 องศา และเมื่อครบ 1 รอบ ก็เท่ากับ 360 องศา โดยเมื่อสัญญาณ Modulate จะมีการเปลี่ยนกลับมุม เฟส ทุกครั้งที่สัญญาณคลื่นพาห์ เท่ากับ 180 องศา

### 3.7.2 การมอดูเลตแบบดิจิทัล

ในการส่งสัญญาณ Digital โดยผ่านช่องทางสื่อสารของ Analog ที่เรารู้กันแค่กันได้แก่ การส่งข้อมูล คอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ ซึ่งอาศัยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณ Digital ให้เป็น สัญญาณ Analog ย่านความถี่เสียงโทรศัพท์ใช้ย่านความถี่เสียงประมาณ 300-3400 MHz ที่เรียกว่า MODEM: Modulator-Demodulator ซึ่งเทคนิคในการ Modulate สัญญาณ Digital ให้เป็น Analog มีอยู่ด้วยกัน 3 วิธี คือ

#### 1) Amplitude – Shift Keying: ASK

การ Modulate เิงเลขทาง แอมพลิจูดนี้ ความถี่ของสัญญาณ คลื่นพาห์จะคงที่ โดยเมื่อค่าสัญญาณ Digital เป็น 1 Carrier Wave จะสูงขึ้นกว่าปกติ และเมื่อค่าบิตเป็น 0 Carrier Wave จะตกลงกว่าปกติ แต่วิธีการนี้จะไม่ค่อยได้รับความนิยม เนื่องจากว่าถูกรบกวนจาก สัญญาณอื่นได้ง่าย



รูปที่ 3.6 รูปสัญญาณแบบ Amplitude – Shift Keying

## 2) Frequency – Shift Keying: FSK

การมอดูเลตเชิงเลขทาง ความถี่ ขนาดของคลื่นพาห้ Carrier Wave จะไม่เปลี่ยนแต่ความถี่ของคลื่นจะเปลี่ยนแปลง โดยเมื่อบิตมีค่าเป็น 1 ความถี่จะสูงกว่าปกติ และเมื่อบิตมีค่าเป็น 0 ความถี่ของคลื่นจะต่ำกว่าปกติ

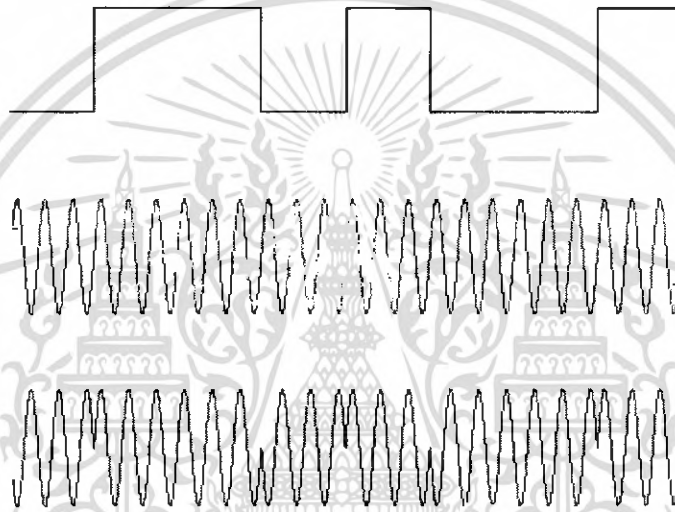


รูปที่ 3.7 รูปสัญญาณแบบ Frequency – Shift Keying

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3) Phase – Shift Keying: PSK

การ Modulate เชิงเลขทางเฟส คือค่าของขนาด และความถี่ของ คลื่นพาห้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่เฟสของสัญญาณจะเป็นตัวเปลี่ยนแปลง กล่าวคือเมื่อสถานะของบิตเป็น 0 หรือ เป็น 1 เฟสของคลื่นจะเปลี่ยน (Shift) ไป 180 องศาด้วย ซึ่งวิธีนี้จะมีสัญญาณรบกวน เกิดขึ้นน้อยที่สุด ทำให้ได้สัญญาณที่มีคุณภาพดีที่สุด แต่ว่าจริงในการทำงานจะซับซ้อน กว่า และราคาอุปกรณ์ ก็แพงกว่าปกติ อีกด้วย



รูปที่ 3.8 รูปสัญญาณแบบ Phase – Shift Keying

## บทที่ 4

### เซอร์โวมอเตอร์

#### 4.1 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

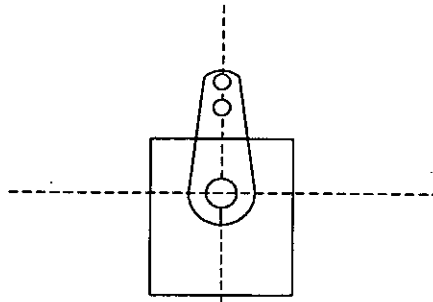
เซอร์โวมอเตอร์ ประกอบด้วย มอเตอร์ความเร็วสูง ภายในมีเฟืองทดรอบ ให้หมุนช้าลง เพื่อจะได้มีกำลังแรงบิดที่สูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีวงจรควบคุมมอเตอร์ ซึ่งวงจรมีหน้าที่นำค่าแรงดันเฉลี่ยของพัลส์รูปสี่เหลี่ยม เข้าไปเปรียบเทียบกับค่าแรงดันค่าหนึ่งที่มีอยู่ในวงจร ถ้าค่าต่างกันในวงจรควบคุมจะสั่งให้มอเตอร์หมุนไปตามทิศทาง ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดความกว้างพัลส์ โดยที่แกนเฟืองทดรอบจะถูกพ่วงไปขับแกนของตัวต้านทานปรับค่าได้ ซึ่งอยู่ในวงจรควบคุมมอเตอร์ ในขณะที่มอเตอร์หมุนตัวต้านทานปรับค่าได้จะถูกปรับค่าทำให้ค่าแรงดันเปรียบเทียบของวงจรควบคุมมอเตอร์เปลี่ยนไปด้วย จนกระทั่งค่าเฉลี่ยของพัลส์ในวงจรควบคุมมอเตอร์ เท่ากับค่าเฉลี่ยของพัลส์ที่เข้ามา จึงทำให้มอเตอร์หยุดหมุนได้

เซอร์โวมอเตอร์จะมีสายไฟ 3 เส้นคือ สายไฟเลี้ยง สายกราวด์ และสายสัญญาณพัลส์ควบคุม ซึ่งลักษณะของสัญญาณ พัลส์ที่ใช้ควบคุมตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ จะเป็นการส่งพัลส์ที่มีความกว้างต่างกัน เพื่อควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์ หมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยที่มีความกว้างของพัลส์ จะเป็นตัวกำหนดขนาด และทิศทางของการหมุนแกนเซอร์โวมอเตอร์สำหรับคาบเวลา หรือระยะเวลาห่างระหว่างพัลส์แต่ละลูก จะเป็นตัวกำหนดแรงบิดของมอเตอร์

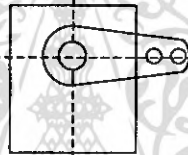
ถ้ากำหนดให้ในสถานะปกติ เมื่อป้อนพัลส์ สี่เหลี่ยม ที่มีความกว้างขนาด 1.5 ms ให้กับเซอร์โวมอเตอร์ แกนของเซอร์โวมอเตอร์จะอยู่ตำแหน่งกลาง

เมื่อป้อนพัลส์ สี่เหลี่ยม ที่มีความกว้างขนาด 2 ms ให้กับเซอร์โวมอเตอร์ แกนของเซอร์โวมอเตอร์จะหมุนตามเข็มนาฬิกา

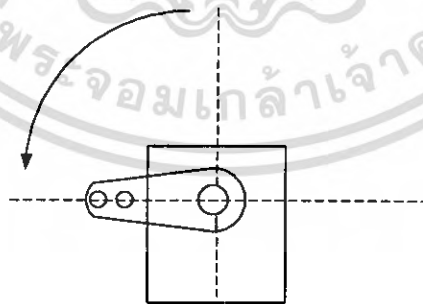
เมื่อป้อนพัลส์ สี่เหลี่ยม ที่มีความกว้างขนาด 1 ms ให้กับเซอร์โวมอเตอร์ แกนของเซอร์โวมอเตอร์จะหมุนทวนเข็มนาฬิกา ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.1 ดังต่อไปนี้



ก. แสดงการตอบสนองของเซอร์โวเมื่อจ่ายพัลส์ขนาด 1.5 ms



ข. แสดงการตอบสนองของเซอร์โวเมื่อจ่ายพัลส์ขนาด 2 ms



ค. แสดงการตอบสนองของเซอร์โวเมื่อจ่ายพัลส์ขนาด 1 ms

**รูปที่ 4.1** แสดงการตอบสนองของเซอร์โวมอเตอร์คือสัญญาณพัลส์ในเวลาที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นถ้าจ่ายสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างมากหรือน้อยกว่าความกว้างของพัลส์ 1.5 ms ก็จะทำให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนต่างทิศกัน ทั้งตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา โดยตำแหน่งของแกนหมุน เซอร์โวมอเตอร์จะเบี่ยงเบนออกจากจุดกึ่งกลางเป็นสัดส่วนกับความกว้างของพัลส์ที่จ่ายให้

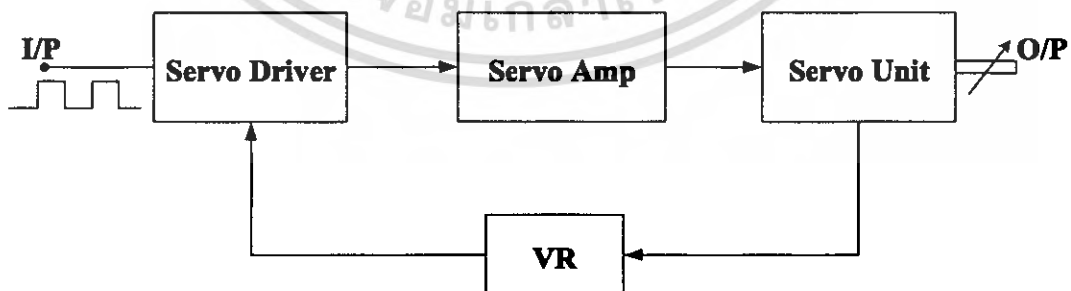
## 4.2 ภาการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

ในเซอร์โวมอเตอร์หนึ่งตัวจะประกอบไปด้วย 3 ภาการทำงานแต่ละภาคมีหน้าที่และการทำงานดังนี้คือ

ภาคขับเซอร์โว ประกอบด้วย วงจรสร้างสัญญาณพัลส์ และวงจรเปรียบเทียบสัญญาณพัลส์ที่สร้างขึ้น กับสัญญาณพัลส์อินพุทที่รับเข้ามา

ภาคขยายเซอร์โว ประกอบด้วย วงจร RC Network ที่ช่วยหน่วงสัญญาณให้เซอร์โวสามารถทำงานได้ตลอดช่วงคาบเวลาจนกระทั่งมีสัญญาณลูกค่อไปมารวมถึงวงจรกลับขั้วแรงดันไฟฟ้าควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์

หน่วยเซอร์โว ประกอบด้วย มอเตอร์ความเร็วสูง เฟืองทดรอบ แกนหมุน อุปกรณ์ต่าง ๆ และ VR (ตัวต้านทานปรับค่าได้) ทำหน้าที่ป้อนกลับตำแหน่ง (Position Feedback) ซึ่งในขณะที่มอเตอร์หมุน VR จะถูกปรับค่า Feedback กลับมาปรับและเปรียบเทียบค่าความกว้างของพัลส์ที่ภาคขับเซอร์โว เมื่อขนาดความกว้างของพัลส์ มีค่าแรงดันเฉลี่ยเท่ากับมอเตอร์จะหยุดหมุนทันที ซึ่งรูปที่ 4.2 ได้แสดงภาการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตามที่ได้อธิบายไว้ในข้างต้น และได้แสดงไว้ด้วยรูปต่อไปนี้



รูปที่ 4.2 แสดงภาการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์



รูปที่ 4.3 ส่วนประกอบต่างๆของเซอร์โวมอเตอร์



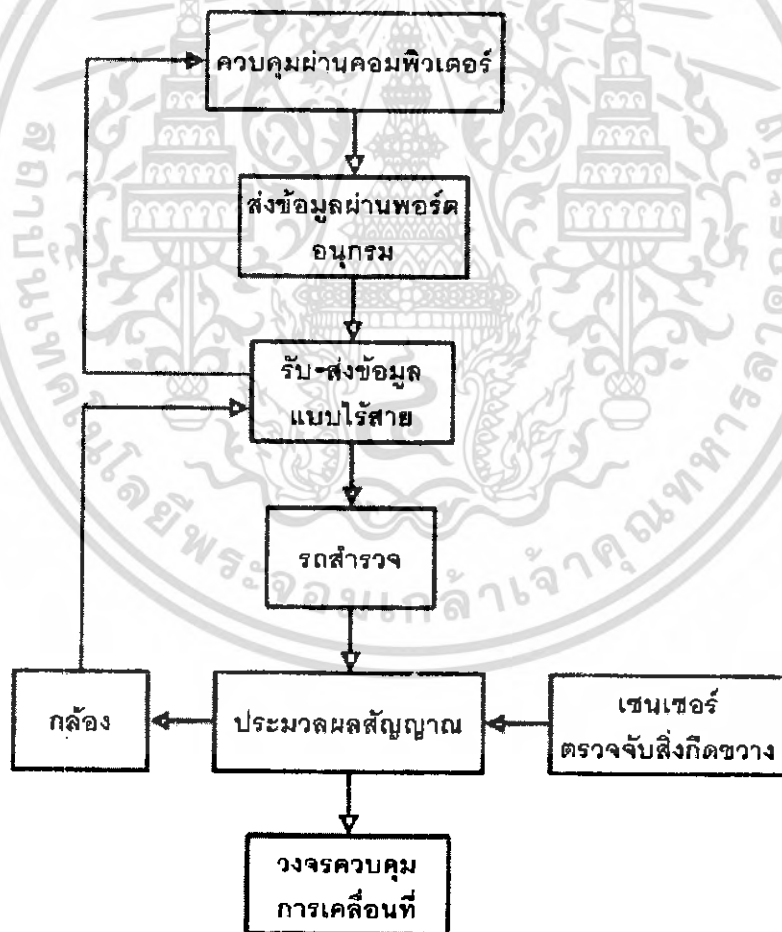
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### การออกแบบ

#### 5.1 ขอบข่ายของโครงการทั้งหมด

เป้าหมายในการทำโครงการชิ้นนี้คือการสร้างรถสำรวจที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ในระบบไร้สายซึ่งจะมีกล้องติดตั้งอยู่กับตัวรถเพื่อส่งภาพที่ได้มาให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยในส่วนของตัวรถนั้นจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆซึ่งประกอบด้วยมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ของรถ กล้องรับภาพ และเซนเซอร์ตรวจสอบสิ่งกีดขวางเพื่อหลบหลีก



รูปที่ 5.1 แผนผังการทำงานของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 การควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์

จะใช้การส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 ได้ทำการสร้าง พอร์ตการสื่อสารแบบอนุกรมจัดเตรียมไว้ภายในตัวเองแล้ว ดังนั้นการส่งข้อมูลและการรับข้อมูลแบบอนุกรม สามารถที่จะส่งและรับข้อมูลแบบอนุกรม โดยการเขียน โปรแกรมควบคุม MCS-51

โดยจะรับข้อมูลจากแป้นคีย์บอร์ดแล้วส่งข้อมูลที่ได้รับไปยังพอร์ตอนุกรม เป็นข้อมูล 8 บิต อัตราบอดเท่ากับ 2400 บิตต่อวินาที ซึ่งเป็นรูปแบบมาตรฐานที่ใช้กับคอมพิวเตอร์

Dec	Hx	Oct	Char	Dec	Hx	Oct	Html	Chr	Dec	Hx	Oct	Html	Chr	Dec	Hx	Oct	Html	Chr
0	0	000	NUL (null)	32	20	040	#32;	Space	64	40	100	#64;	@	96	60	140	#96;	`
1	1	001	SOH (start of heading)	33	21	041	#33;	!	65	41	101	#65;	A	97	61	141	#97;	a
2	2	002	STX (start of text)	34	22	042	#34;	"	66	42	102	#66;	B	98	62	142	#98;	b
3	3	003	ETX (end of text)	35	23	043	#35;	#	67	43	103	#67;	C	99	63	143	#99;	c
4	4	004	EOT (end of transmission)	36	24	044	#36;	\$	68	44	104	#68;	D	100	64	144	#100;	d
5	5	005	ENQ (enquiry)	37	25	045	#37;	%	69	45	105	#69;	E	101	65	145	#101;	e
6	6	006	ACK (acknowledge)	38	26	046	#38;	&	70	46	106	#70;	F	102	66	146	#102;	f
7	7	007	BEL (bell)	39	27	047	#39;	'	71	47	107	#71;	G	103	67	147	#103;	g
8	8	010	BS (backspace)	40	28	050	#40;	(	72	48	110	#72;	H	104	68	150	#104;	h
9	9	011	TAB (horizontal tab)	41	29	051	#41;	)	73	49	111	#73;	I	105	69	151	#105;	i
10	A	012	LF (NL line feed, new line)	42	2A	052	#42;	*	74	4A	112	#74;	J	106	6A	152	#106;	j
11	B	013	VT (vertical tab)	43	2B	053	#43;	+	75	4B	113	#75;	K	107	6B	153	#107;	k
12	C	014	FF (NP form feed, new page)	44	2C	054	#44;	,	76	4C	114	#76;	L	108	6C	154	#108;	l
13	D	015	CR (carriage return)	45	2D	055	#45;	-	77	4D	115	#77;	M	109	6D	155	#109;	m
14	E	016	SO (shift out)	46	2E	056	#46;	.	78	4E	116	#78;	N	110	6E	156	#110;	n
15	F	017	SI (shift in)	47	2F	057	#47;	/	79	4F	117	#79;	O	111	6F	157	#111;	o
16	10	020	DLE (data link escape)	48	30	060	#48;	0	80	50	120	#80;	P	112	70	160	#112;	p
17	11	021	DC1 (device control 1)	49	31	061	#49;	1	81	51	121	#81;	Q	113	71	161	#113;	q
18	12	022	DC2 (device control 2)	50	32	062	#50;	2	82	52	122	#82;	R	114	72	162	#114;	r
19	13	023	DC3 (device control 3)	51	33	063	#51;	3	83	53	123	#83;	S	115	73	163	#115;	s
20	14	024	DC4 (device control 4)	52	34	064	#52;	4	84	54	124	#84;	T	116	74	164	#116;	t
21	15	025	NAK (negative acknowledge)	53	35	065	#53;	5	85	55	125	#85;	U	117	75	165	#117;	u
22	16	026	SYN (synchronous idle)	54	36	066	#54;	6	86	56	126	#86;	V	118	76	166	#118;	v
23	17	027	ETB (end of trans. block)	55	37	067	#55;	7	87	57	127	#87;	W	119	77	167	#119;	w
24	18	030	CAN (cancel)	56	38	070	#56;	8	88	58	130	#88;	X	120	78	170	#120;	x
25	19	031	EH (end of medium)	57	39	071	#57;	9	89	59	131	#89;	Y	121	79	171	#121;	y
26	1A	032	SUB (substitute)	58	3A	072	#58;	:	90	5A	132	#90;	Z	122	7A	172	#122;	z
27	1B	033	ESC (escape)	59	3B	073	#59;	;	91	5B	133	#91;	[	123	7B	173	#123;	{
28	1C	034	FS (file separator)	60	3C	074	#60;	<	92	5C	134	#92;	\	124	7C	174	#124;	
29	1D	035	GS (group separator)	61	3D	075	#61;	=	93	5D	135	#93;	]	125	7D	175	#125;	}
30	1E	036	RS (record separator)	62	3E	076	#62;	>	94	5E	136	#94;	^	126	7E	176	#126;	~
31	1F	037	US (unit separator)	63	3F	077	#63;	?	95	5F	137	#95;	_	127	7F	177	#127;	DEL

Source: www.LookupTables.com

### ตารางที่ 5.1 ตารางรหัสแอสกีที่ใช้ภายในคอมพิวเตอร์

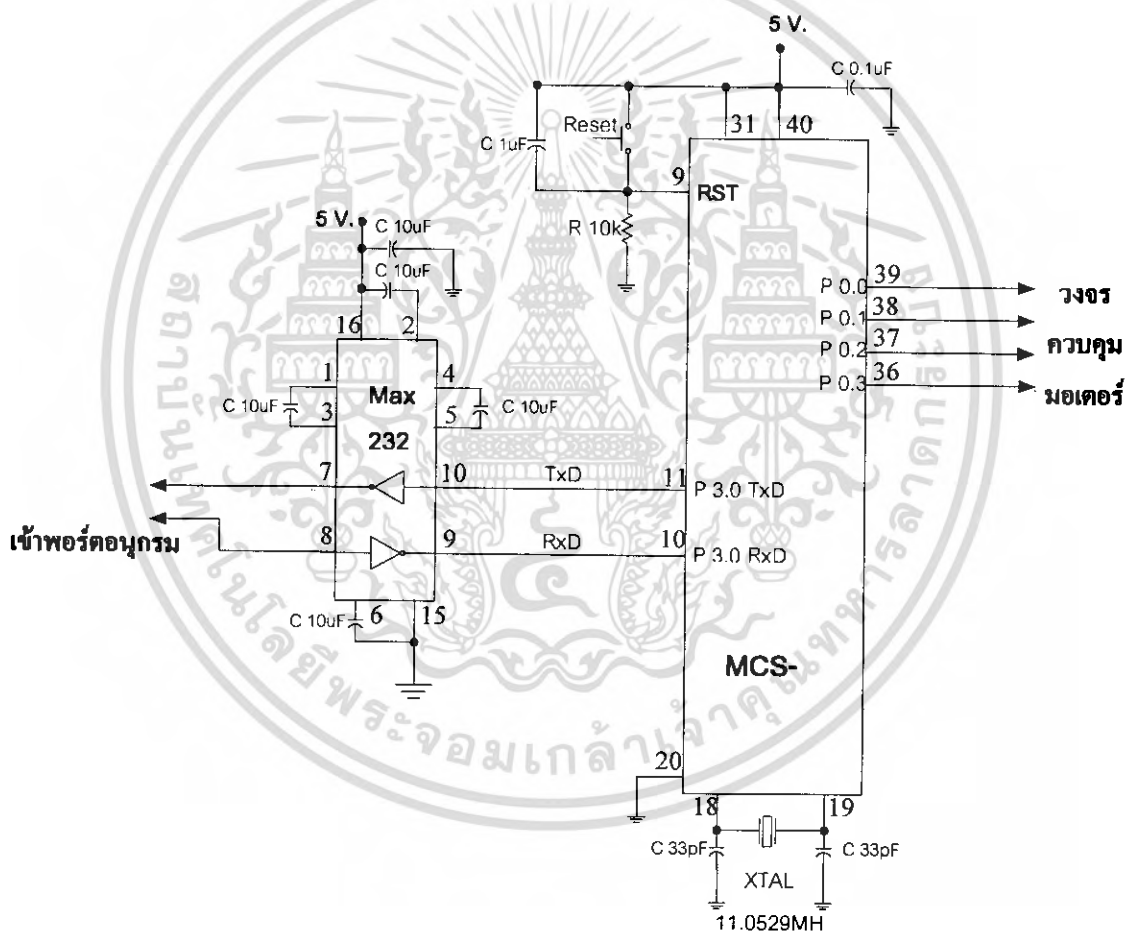
#### การรับ-ส่ง ข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม

คอมพิวเตอร์ทำการส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม ตามมาตรฐาน RS-232 โดยการต่อวงจร ไมโครคอนโทรลเลอร์ดังรูป โดยต่อเข้ากับไอซี MAX232 จากวงจรนี้เมื่อคอมพิวเตอร์ส่งข้อมูล ข้อมูลที่อยู่ในรูปของรหัส ASCII ไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะเซตการทำงานให้ทำงานในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่รับข้อมูล และแปลข้อมูลที่ได้เป็นคำสั่งและไปสั่งงานให้ตัวรถทำงานต่อไป

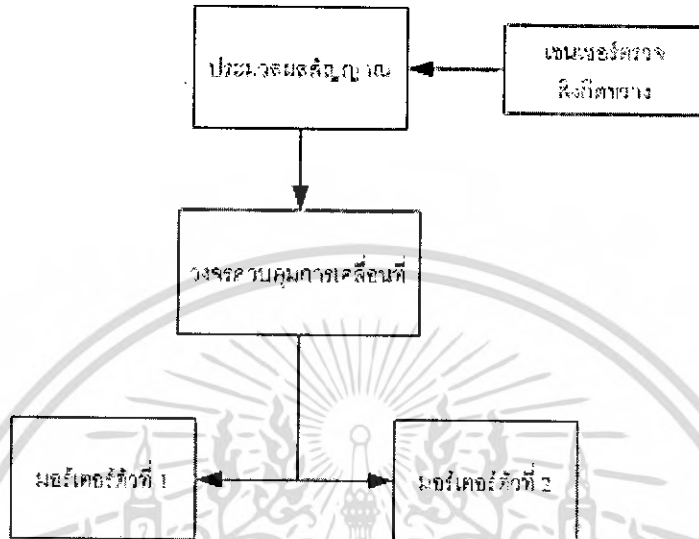
สิ่งที่สำคัญในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ในโครงการนี้คือความเร็วของอัตรารับส่งข้อมูลที่จะต้องเท่ากันระหว่างคอมพิวเตอร์กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เนื่องจากการทำงานที่เป็นแบบอะซิงโครนัสจึงต้องกำหนดอัตราความเร็วที่เท่ากัน โดยในโครงการนี้เราให้ความเร็วที่ 2400 บิตต่อวินาที ซึ่งเราต้องโปรแกรมลงไปที่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานที่อัตราความเร็วที่เท่ากันด้วย โดยการกำหนดในส่วนต้นของโปรแกรม



**รูปที่ 5.2** การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับพอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

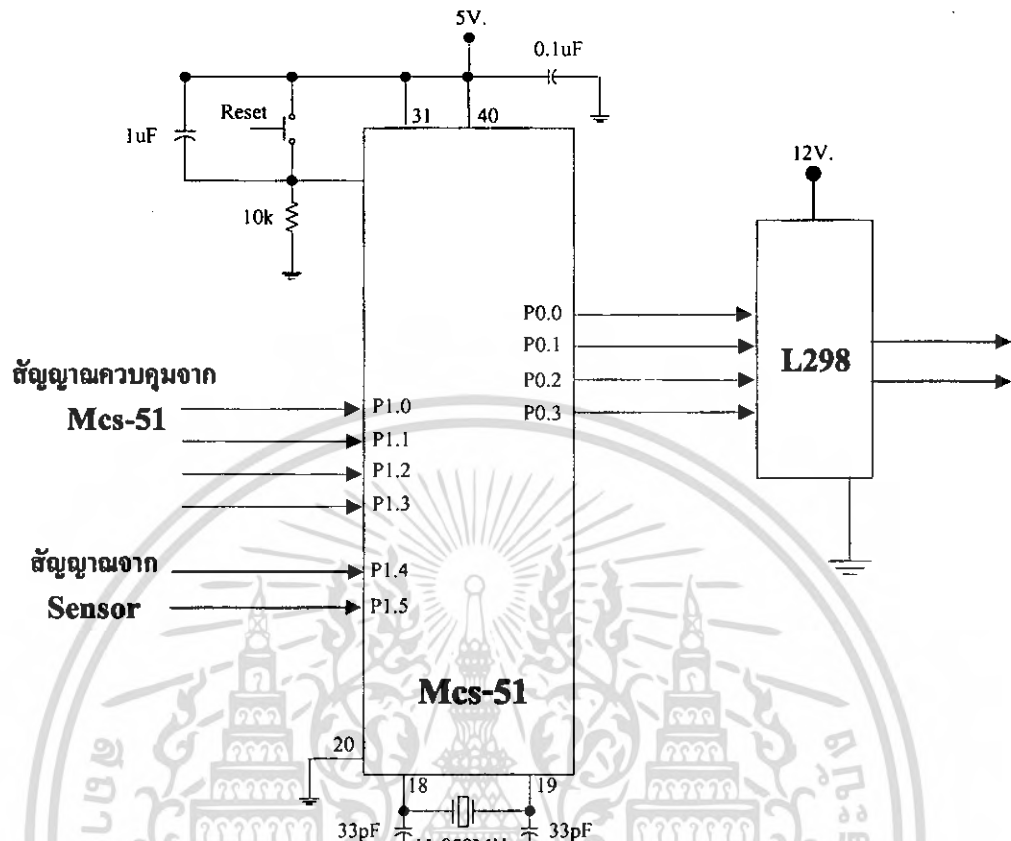
### 5.3 การประมวลผลและการควบคุมรถ



**รูปที่ 5.3** ผังการทำงานของวงจรประมวลผล

หลังจากที่ได้รับสัญญาณการควบคุมจากคอมพิวเตอร์แล้ว เราจะนำมาประมวลผลเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ต่างๆของรถโดยในการทำงานนั้นจะทำงานโดยจะประมวลสัญญาณที่ได้เปรียบเทียบกับสัญญาณจากเซนเซอร์ว่าสามารถเคลื่อนที่ไปได้หรือไม่ แล้วจึงทำการควบคุมมอเตอร์ให้เข้าไปในทิศทางที่เหมาะสมโดยจะมีมอเตอร์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่ 2 ตัว

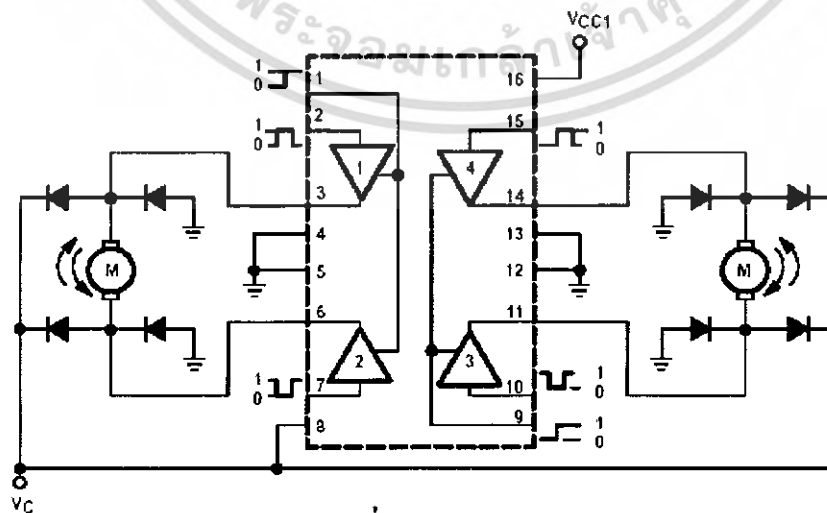
การประมวลผลสัญญาณจะทำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์โดยอาศัยการเขียนโปรแกรมภายในอุปกรณ์เพื่อประมวลผลซึ่งในส่วนของโปรแกรมที่ใช้นั้นจะกล่าวถึงในส่วนถัดไป



รูปที่ 5.4 วงจรติดต่อระหว่างเซนเซอร์-มอเตอร์-MCS 51

**วงจรขับมอเตอร์**

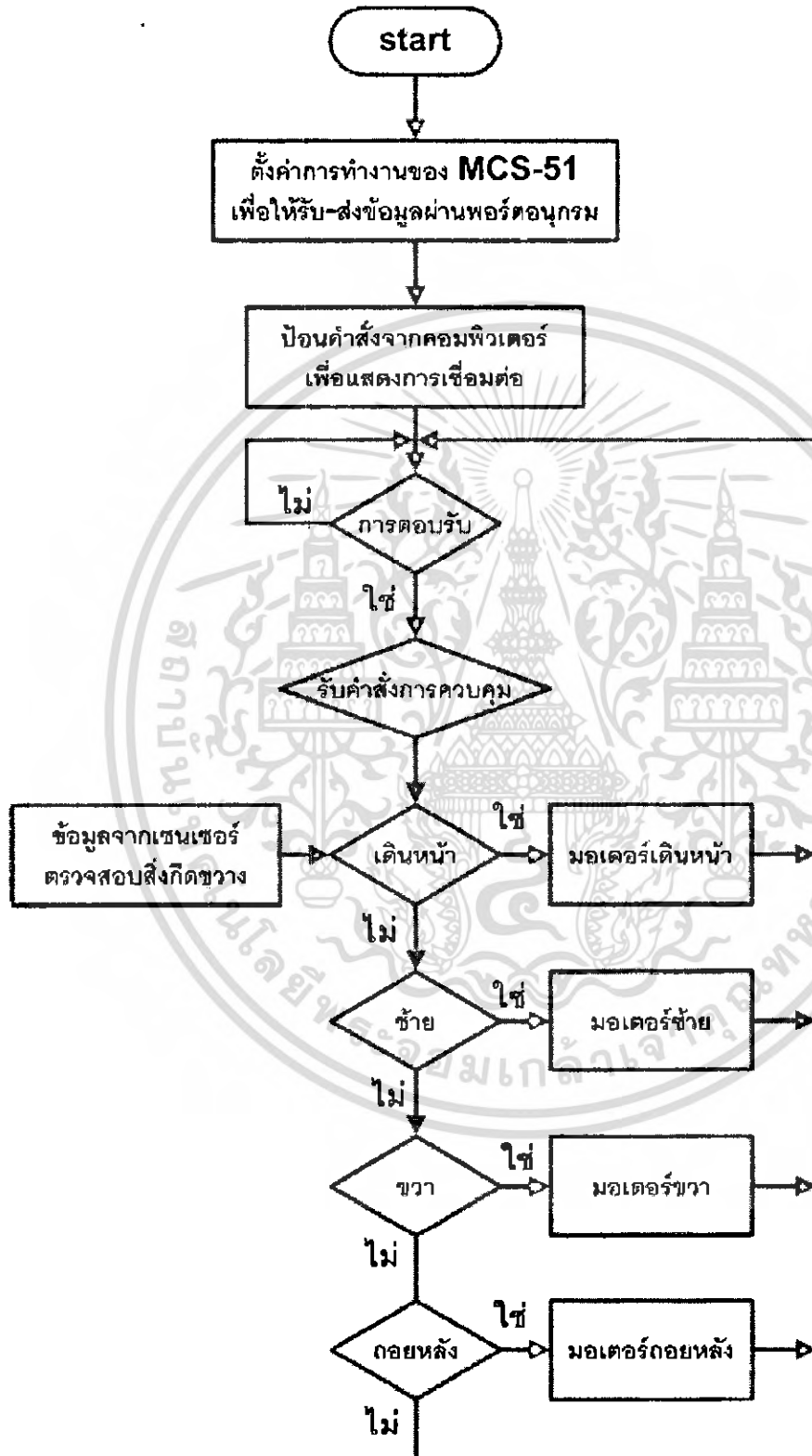
เราใช้ไอซีสำเร็จรูปในการขับกระแส (L298) ซึ่งสามารถควบคุมมอเตอร์ 2 ทิศทางได้ 2 ตัวพร้อมกัน โดยใช้ลอจิกในการควบคุม



รูปที่ 5.5 วงจรขับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 5.4 การเขียนโปรแกรมรับ-ส่งข้อมูล

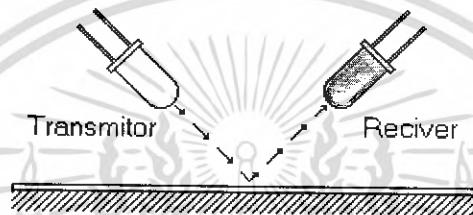


รูปที่ 5.6 บล็อกไดอะแกรมแสดงลำดับการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของโปรแกรมที่ใช้ในไมโครคอนโทรลเลอร์ มีด้วยกันสองส่วนคือส่วนที่รับข้อมูลคำสั่งจากคอมพิวเตอร์และส่งคำสั่งไปที่รถกับส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมรถ ที่ต้องใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ถึง 2 ตัวเนื่องจากเพื่อความสะดวกในอนาคตที่จะนำตัวรับและตัวส่งสัญญาณวิทยุมาใช้ในการติดต่อควบคุมซึ่งต้องใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 ตัวในการประมวลผล

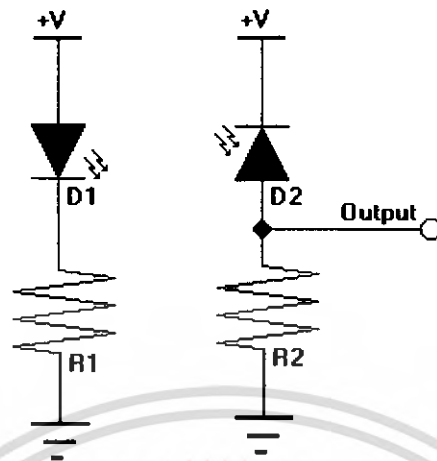
## 5.5 วงจรเซนเซอร์ตรวจจับสิ่งกีดขวาง



รูปที่ 5.7 เซนเซอร์ตรวจจับแสงอินฟราเรด

เนื่องจากการตรวจจับสิ่งกีดขวางนั้นเราต้องการความไกลในการตรวจจับ เพื่อป้องกันรถพุ่งเข้าชนสิ่งกีดขวางจึงจำเป็นต้องใช้วงจรเซนเซอร์ตรวจจับที่มีตัวส่งอินฟราเรดคอยตรวจจับว่ามีสิ่งกีดขวางอยู่ใกล้บริเวณนั้นหรือไม่ หากมีสิ่งกีดขวางอยู่ ตัวส่งจะส่งสัญญาณไปให้ตัวรับอินฟราเรดเพื่อนำเอาข้อมูลที่ได้ออกไปประมวลผลตามคำสั่งที่เราโปรแกรมไว้

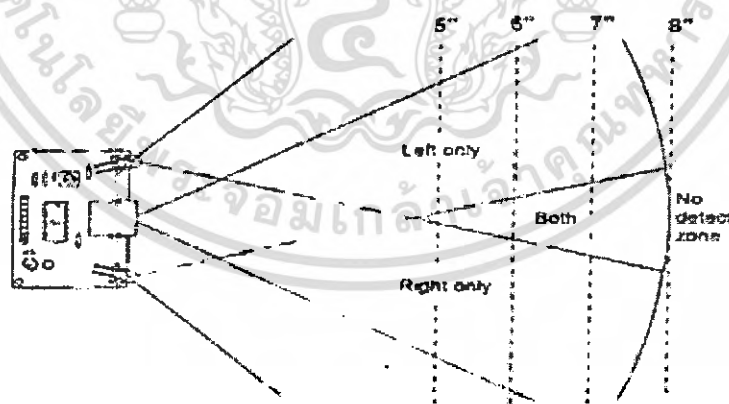
แสงอินฟราเรด คือแสงที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่าแสงสีแดงลงไป ดังนั้นจึงไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยสายตา ของมนุษย์ ซึ่งคุณสมบัตินี้เอง จึงทำให้ เซนเซอร์ชนิดที่ใช้แสงอินฟราเรด เป็นที่นิยมนำมาใช้กันมาก โดยจะอาศัยหลักการของการสะท้อนของแสง กล่าวคือ ใช้อุปกรณ์ส่งแสงเป็นแหล่งกำเนิด ปล่อยแสงออกไป และเมื่อแสงกระทบกับวัตถุด้านหน้า มันก็จะสะท้อนแสงกลับมา เข้าที่ตัวรับแสง ส่วนอัตราของการสะท้อนกลับนั้น ขึ้นอยู่กับสี และสภาพความมัน ของวัตถุที่สะท้อน เช่น สีดำ จะมีอัตราการสะท้อนกลับ น้อยกว่าสีขาว หรือสภาพพื้นผิวที่มีความราบเรียบ เป็นมันวาว จะสามารถสะท้อนแสงได้ดีกว่า พื้นผิวที่มีลักษณะด้าน และขรุขระ เป็นต้น ขอบเขตยาวของการตรวจสอบได้ไกลประมาณ 5-8 นิ้วและได้ไกลที่สุดประมาณ 20 นิ้ว



**รูปที่ 5.8** หลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับแสงอินฟราเรด

วงจรภาคส่ง จะประกอบไปด้วย LED infrared ตัวส่ง D1 ทำงานร่วมกับค่าความต้านทาน R1 ที่มีหน้าที่จำกัดกระแสให้กับ LED ตัวส่ง ไม่ให้เสียหาย

วงจรภาครับ จะประกอบด้วย LED infrared ตัวรับ D2 และค่าความต้านทาน R2 สำหรับการใช้งาน LED ตัวรับ ให้นำกระแส เราจะต้องต่อแบบ Reverse เมื่อไม่มีแสงมาตกกระทบที่ตัวมัน จะมีค่าความต้านทานเป็นอนันต์ จึงไม่สามารถนำกระแสได้ แต่เมื่อมีแสงมาตกกระทบ ค่าความต้านทานจะลดลง จนสามารถนำกระแสได้



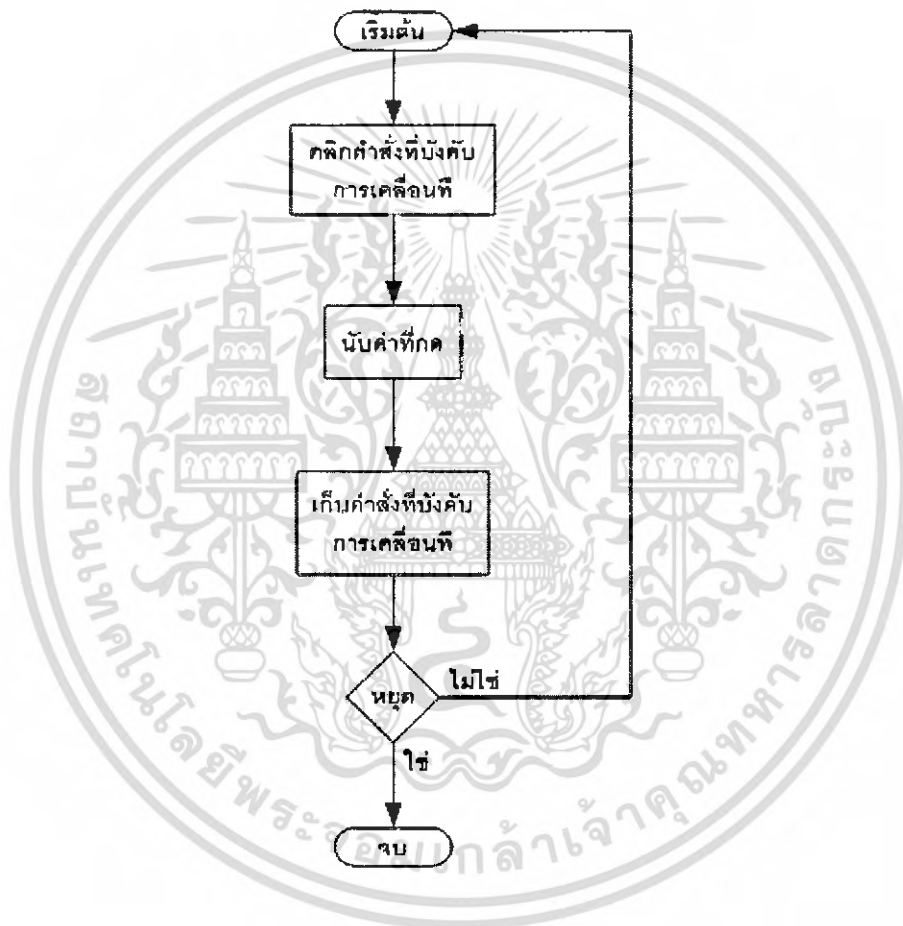
**รูปที่ 5.9** ลักษณะของการตรวจสอบสิ่งกีดขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.6 การทำงานแบบอัตโนมัติ

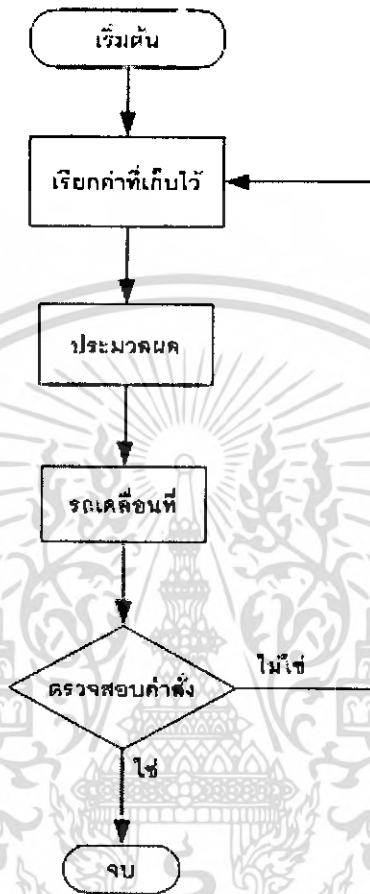
ในส่วนอัตโนมัติสามารถทำงานได้โดยเมื่อบังคับการเคลื่อนที่แล้วต้องการให้รถกลับมายังจุดเดิมได้โดยไม่ต้องบังคับนั้น สามารถอธิบายด้วยบล็อกไดอะแกรม 2 ส่วน ดังนี้

### 5.6.1 การเก็บค่าทุกคำสั่งที่บังคับเคลื่อนที่



รูปที่ 5.10 บล็อกไดอะแกรมแสดงการเก็บค่าคำสั่ง

### 5.6.2 เรียกค่าที่เก็บไว้เพื่อนำมาใช้ในการขับเคลื่อนแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 5.11 บล็อกไดอะแกรมแสดงการเรียกค่ามาประมวลผล

### 5.7 อุปกรณ์และการติดตั้ง

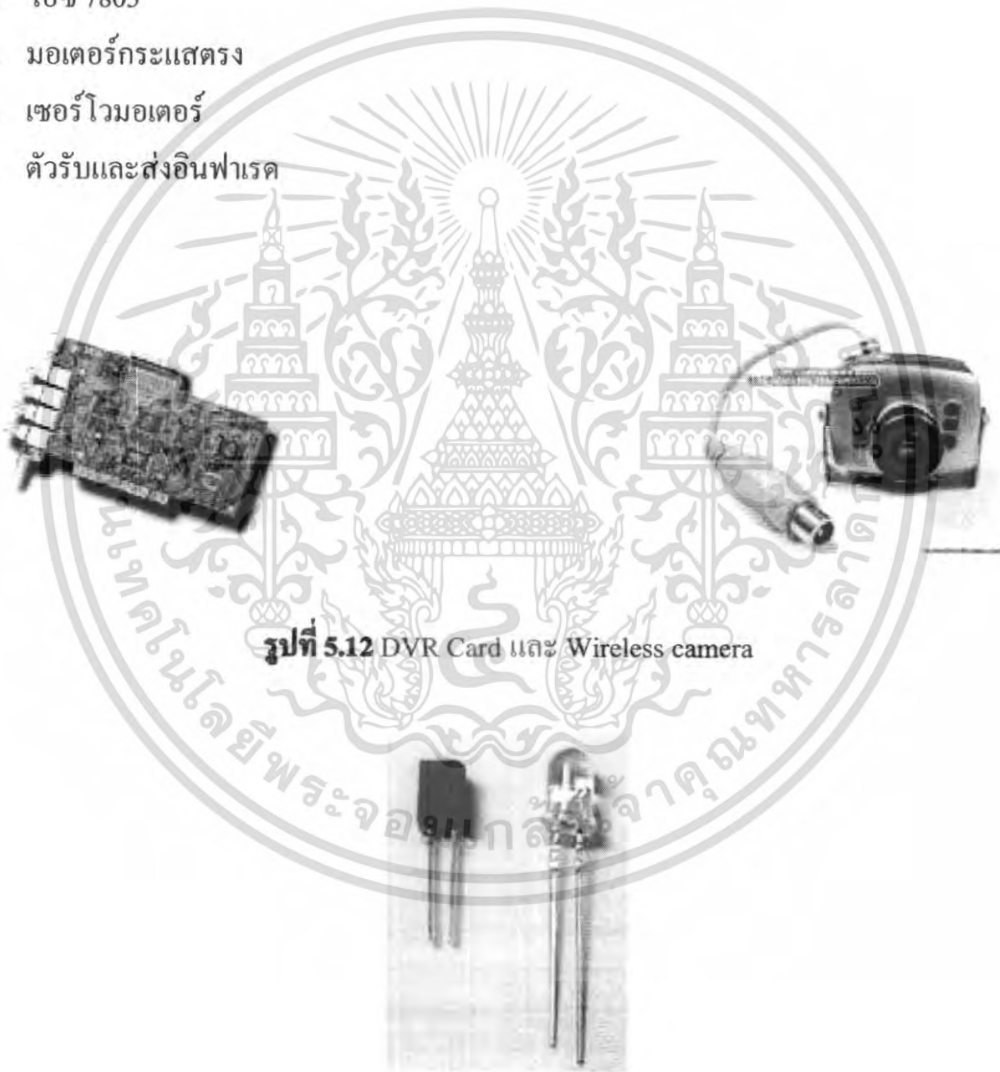
#### อุปกรณ์หลักที่ภาคส่ง

1. โมดูลตัวส่ง TLP 434 1 ตัว
2. สายนำสัญญาณและขั้วต่อ DB9
3. ไอซีอินเตอร์เฟส MAX 232
4. ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51
5. สายอากาศ
6. เครื่องคอมพิวเตอร์
7. ดีวีอาร์การ์ด (Digital Video Recorder Monitoring and Controlling Card)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### อุปกรณ์หลักที่ภาครับ

1. โมดูลตัวรับ RLP 434 1 ตัว
2. เซอร์โวมอเตอร์จำนวน 1 ตัว
3. กล้องวิดีโอไร้สาย
4. ตัวขับมอเตอร์ L298
5. ไอซี LM324
6. ไอซี 7805
7. มอเตอร์กระแสตรง
8. เซอร์โวมอเตอร์
9. ตัวรับและส่งอินฟราเรด

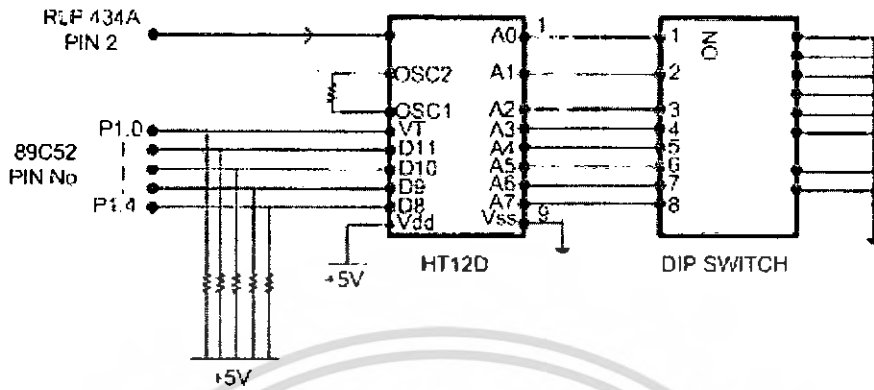


รูปที่ 5.12 DVR Card และ Wireless camera

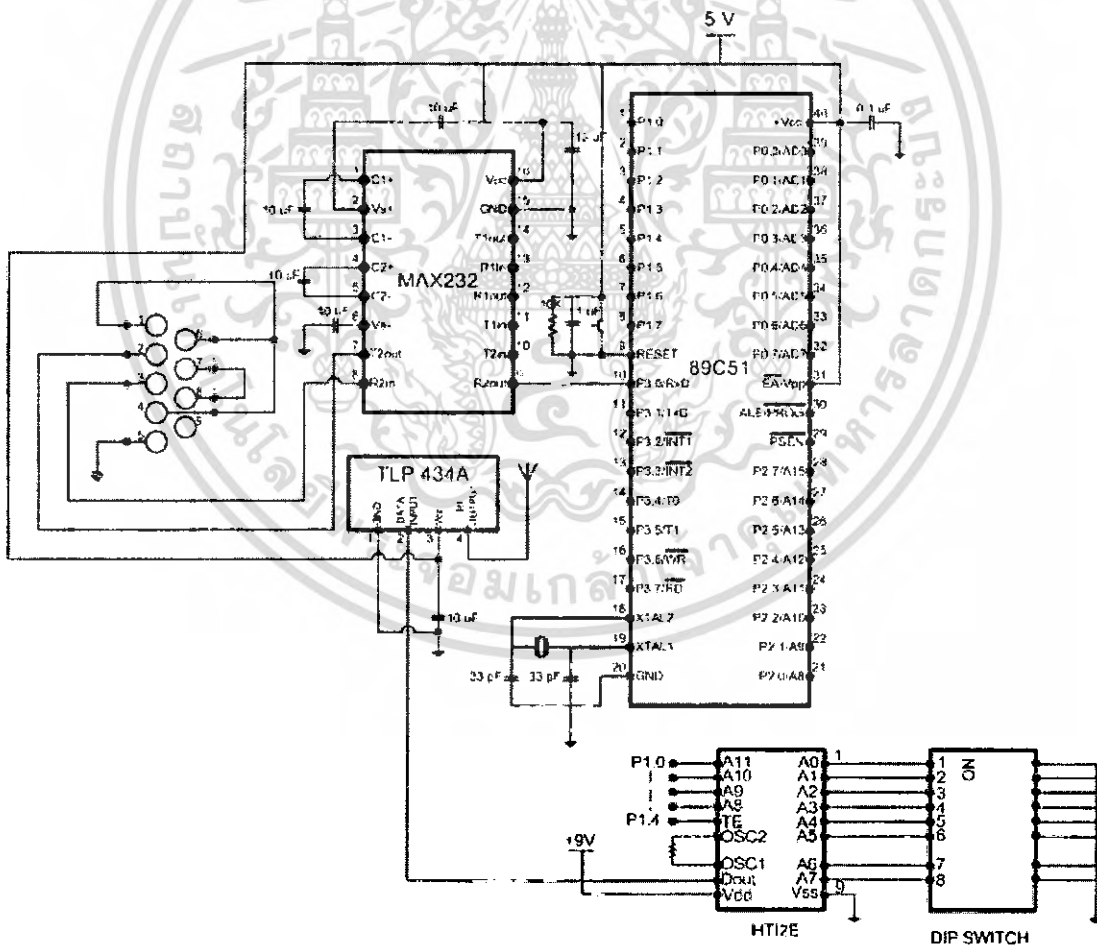
รูปที่ 5.13 ตัวรับและส่งอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 5.15 วงจรภาครับสัญญาณที่ต่อกับ Decoder



รูปที่ 5.16 วงจรภาคส่งสัญญาณ

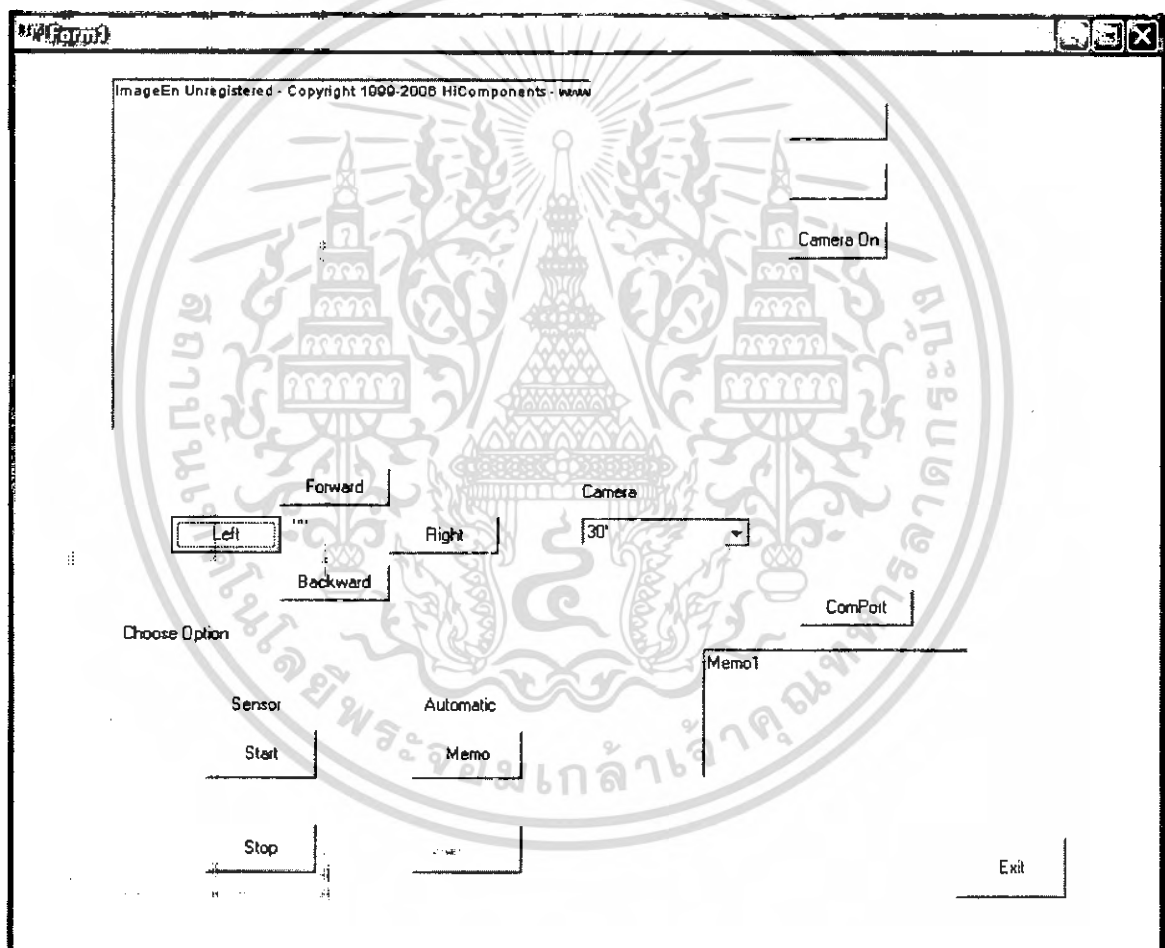
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### การทดลอง

#### 6.1 การทดลองบังคับรถจากโปรแกรม

การบังคับในการเคลื่อนที่ของรถสามารถบังคับได้จากการคลิกที่ปุ่มคำสั่ง



รูปที่ 6.1 โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อควบคุมการทำงาน

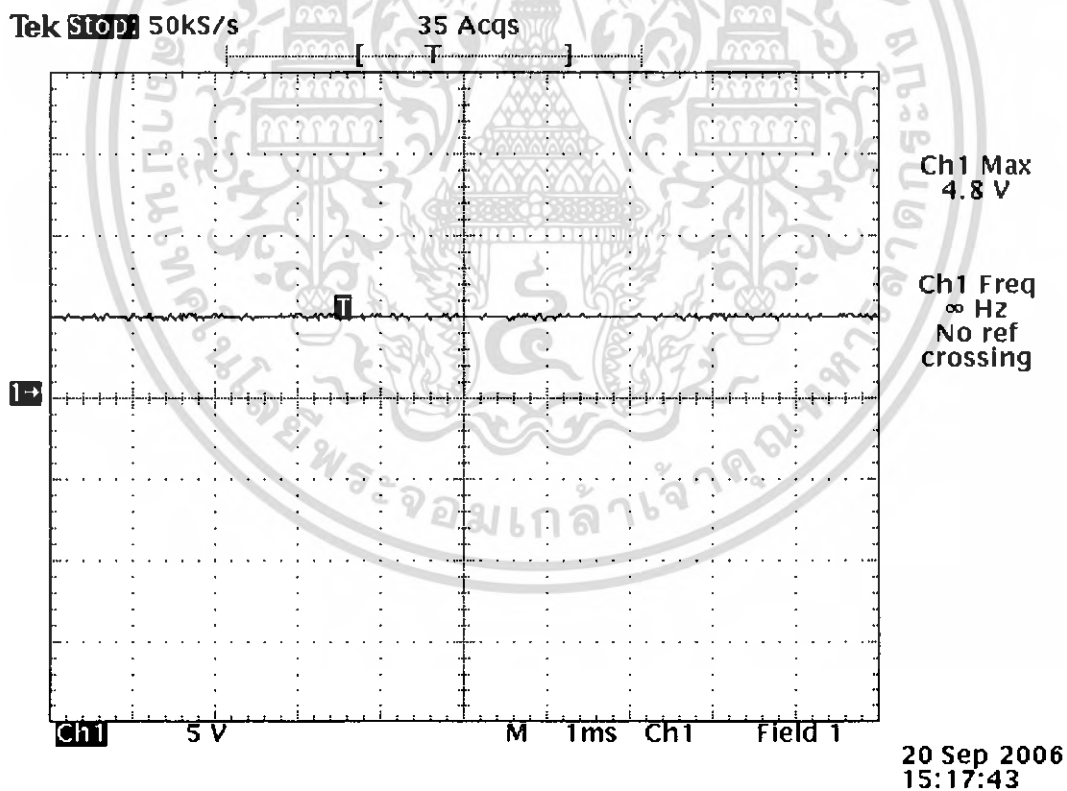
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6.2 การทดลองวัดสัญญาณที่เซนเซอร์ทั้ง 3 ด้าน

เนื่องจากการตรวจสอบว่ามีการกีดขวางหรือไม่ จึงใช้ LM324 มาต่อเป็นวงจรเปรียบเทียบ (Comparator) พบว่า เมื่อเปรียบเทียบกันแรงดันระหว่างเมื่อมีสิ่งกีดขวางกับไม่มีสิ่งกีดขวางจะเปรียบเทียบได้เหมือนกับ High กับ Low

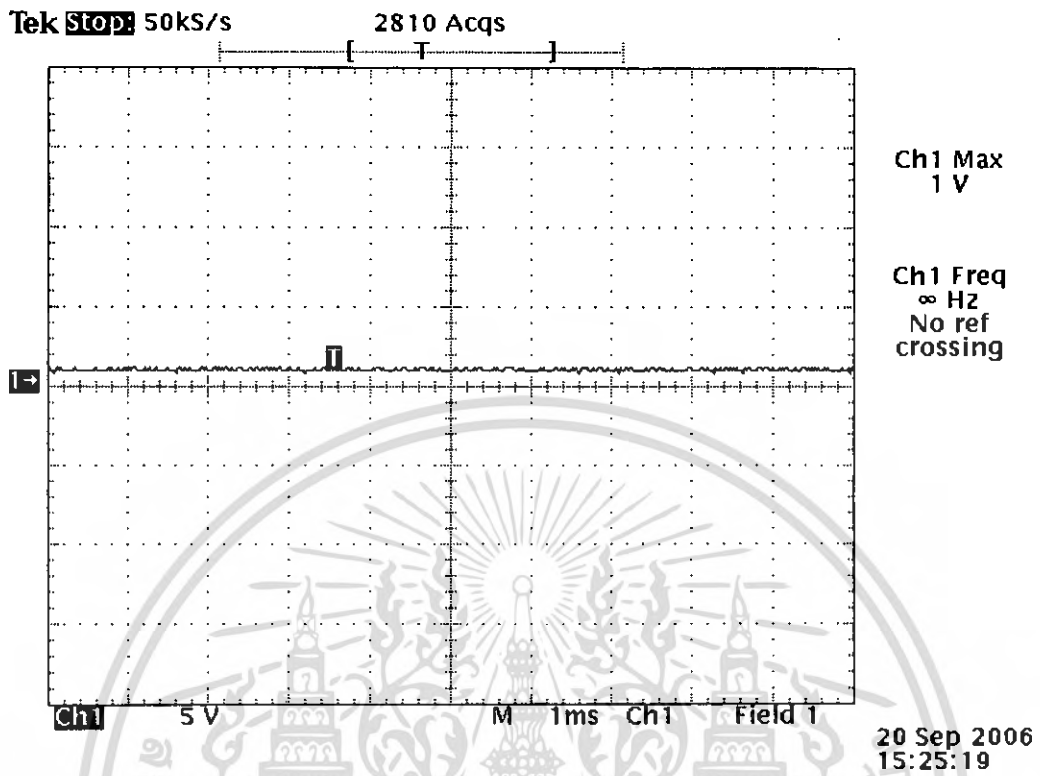
เซนเซอร์ที่รอด	ไม่มีสิ่งกีดขวาง (Volt)	มีสิ่งกีดขวาง(Volt)
ข้างซ้าย	4.8	0.5
ข้างขวา	5.0	0.5
ข้างหน้า	5.2	0.5

ตารางที่ 6.1 แสดงการเปรียบเทียบวัดสัญญาณที่เซนเซอร์ทั้ง 3 ด้าน

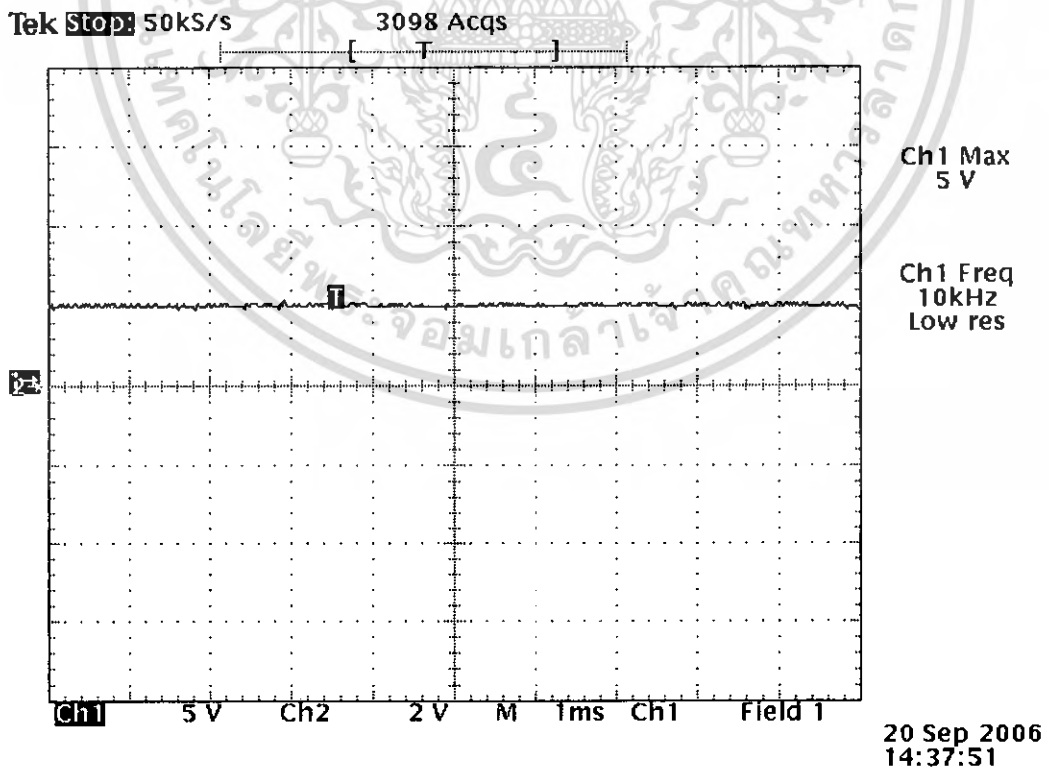


รูปที่ 6.2 เซนเซอร์ด้านซ้ายของรถเมื่อไม่มีสิ่งกีดขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

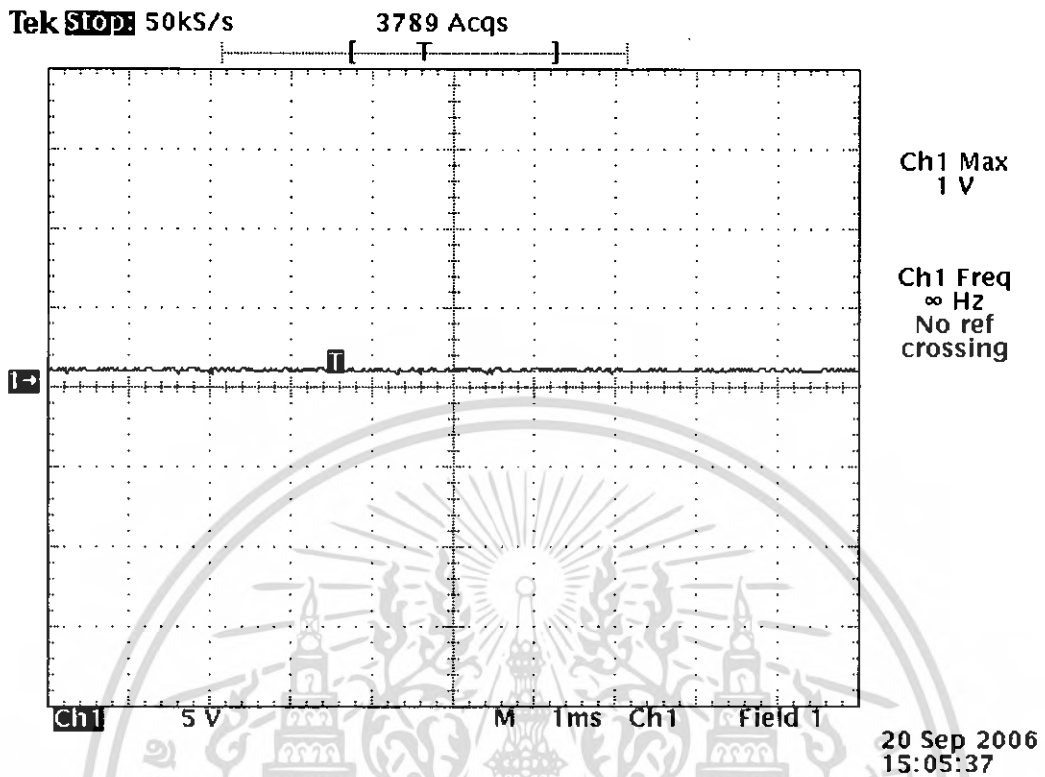


รูปที่ 6.3 เซนเซอร์ด้านซ้ายของรถเมื่อมีสิ่งกีดขวาง

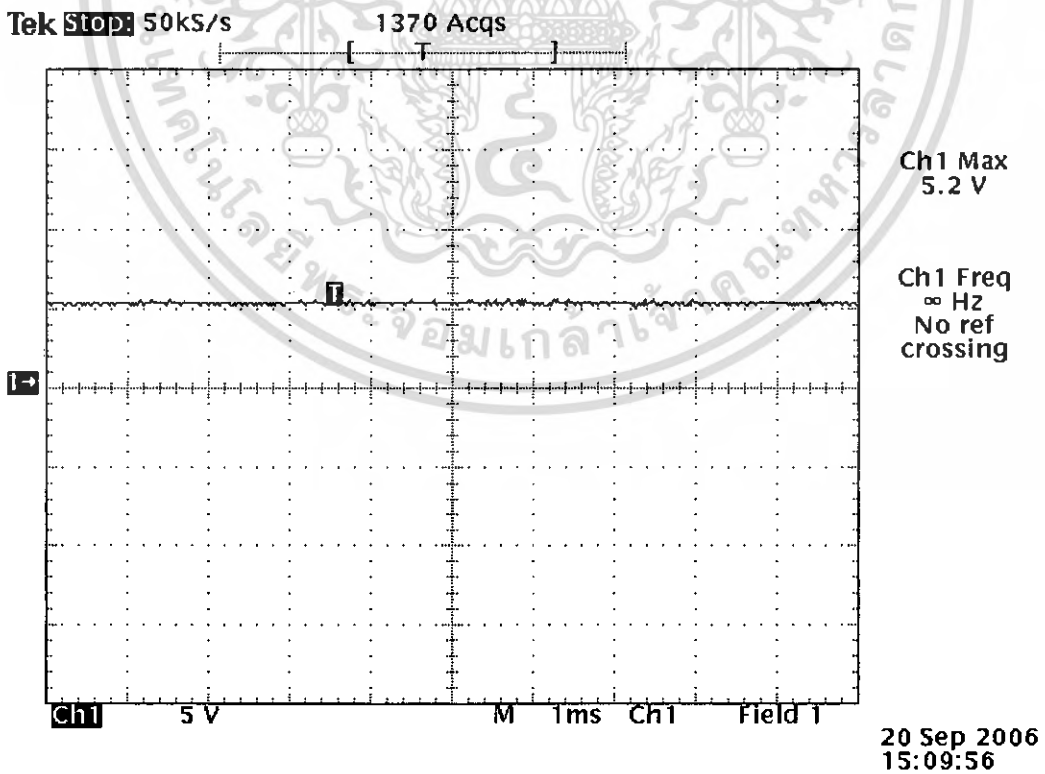


รูปที่ 6.4 เซนเซอร์ด้านขวาของรถเมื่อไม่มีสิ่งกีดขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

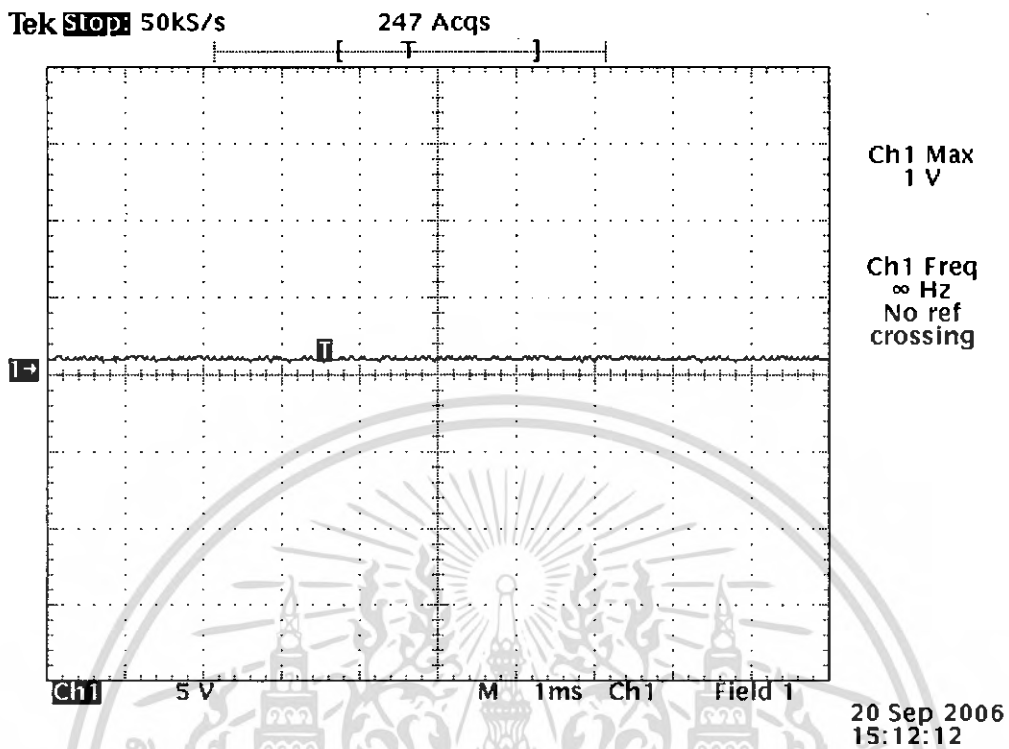


รูปที่ 6.5 เซนเซอร์ด้านขวาของรถเมื่อมีสิ่งกีดขวาง



รูปที่ 6.6 เซนเซอร์ด้านหน้าของรถเมื่อไม่มีสิ่งกีดขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



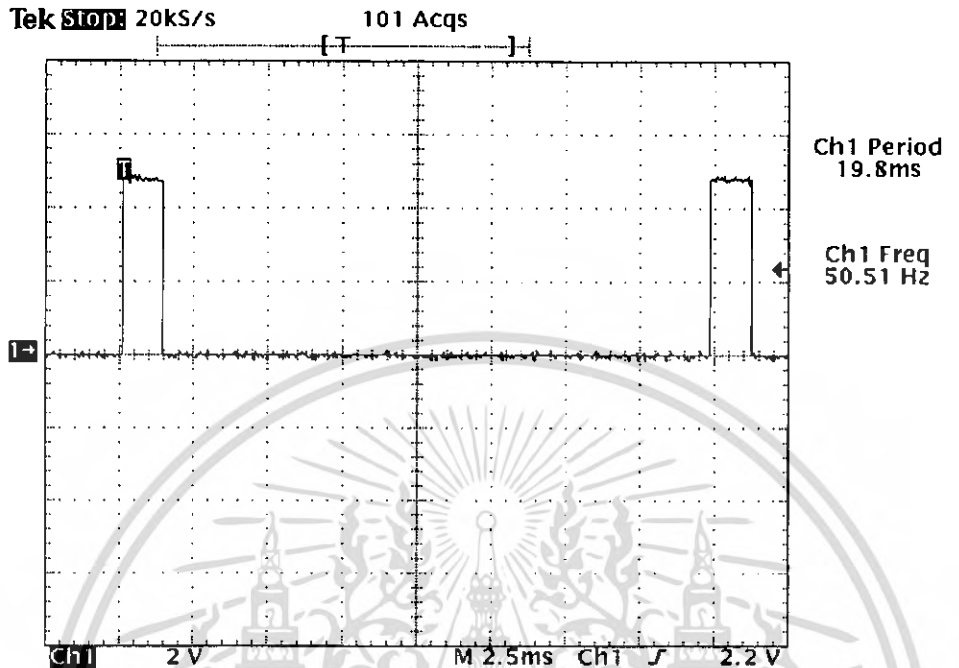
รูปที่ 6.7 เซนเซอร์ด้านหน้าของรถเมื่อมีสิ่งกีดขวาง

ครั้งที่	ระยะทาง (cm)	เวลา (sec)	อัตราเร็ว (cm/s)
1	213.75	5.200	41.10
2	225.00	5.175	43.50
3	225.00	5.000	45.00
4	202.50	4.745	42.67
5	247.50	5.302	46.68
		<b>อัตราเร็วเฉลี่ย</b>	43.79

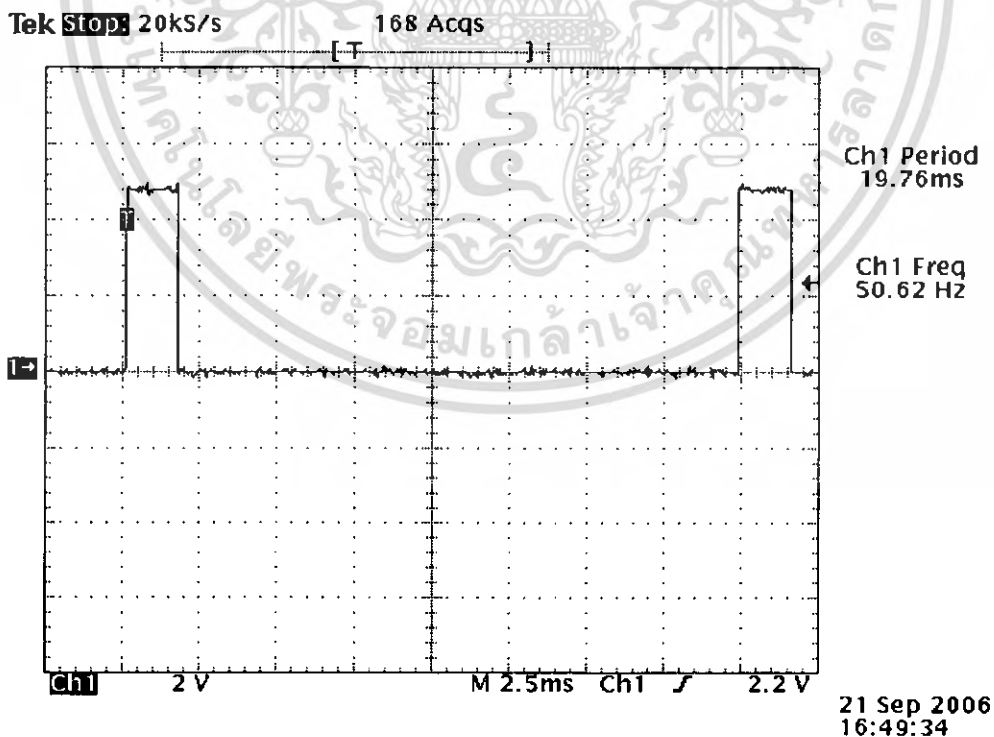
ตารางที่ 6.2 แสดงอัตราเร็วของรถที่วิ่ง เมื่อจ่ายไฟ 12 Volt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 6.3 การทดลองวัดสัญญาณพัลส์ที่จ่ายให้กับเซอร์โวมอเตอร์



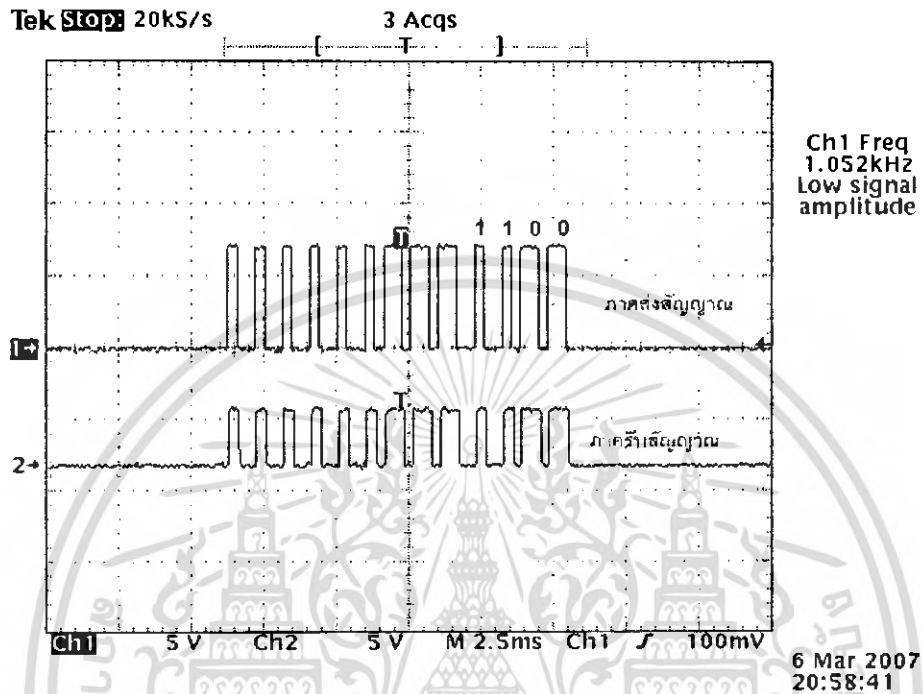
รูปที่ 6.8 สัญญาณพัลส์ ที่จ่ายให้ servo motor หมุน 90 องศา



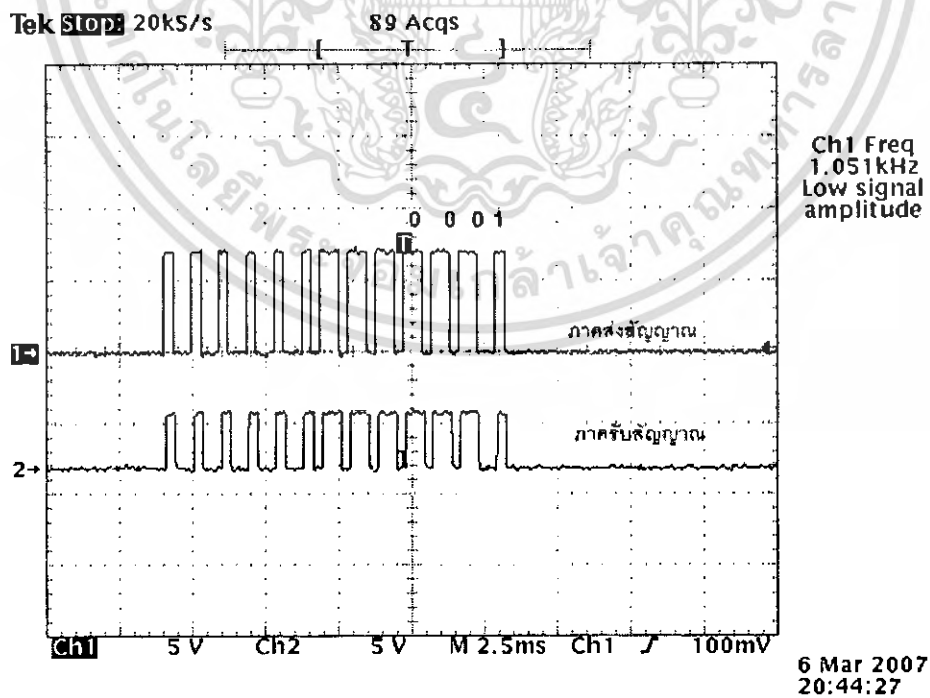
รูปที่ 6.9 สัญญาณพัลส์ ที่จ่ายให้ servo motor หมุน 180 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6.4 การทดลองวัดสัญญาณเมื่อบังคับการเคลื่อนที่ของรถ

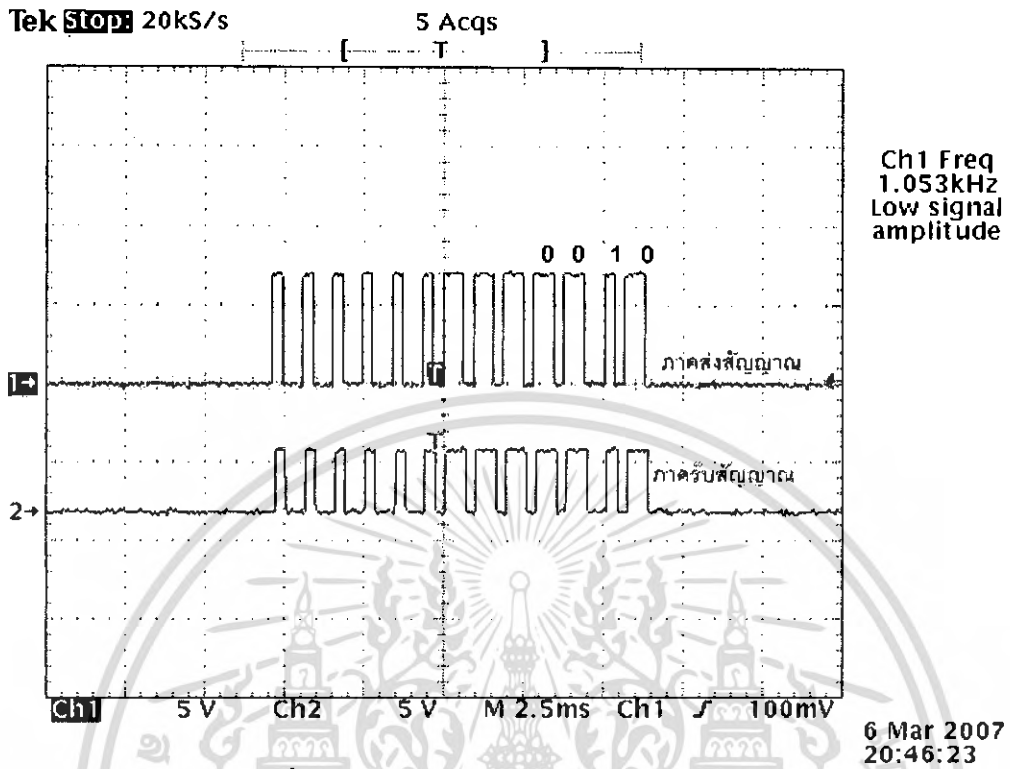


รูปที่ 6.10 สัญญาณพัลส์เมื่อไม่มีการกดปุ่ม

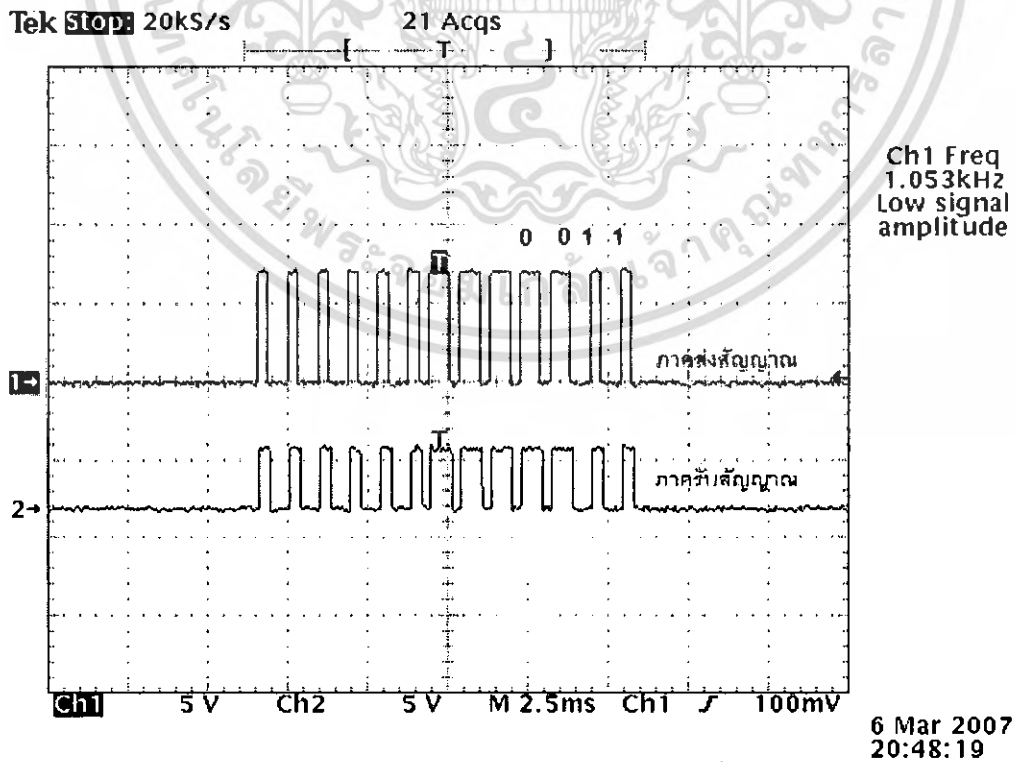


รูปที่ 6.11 สัญญาณพัลส์เมื่อมีการกดปุ่มเดิหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

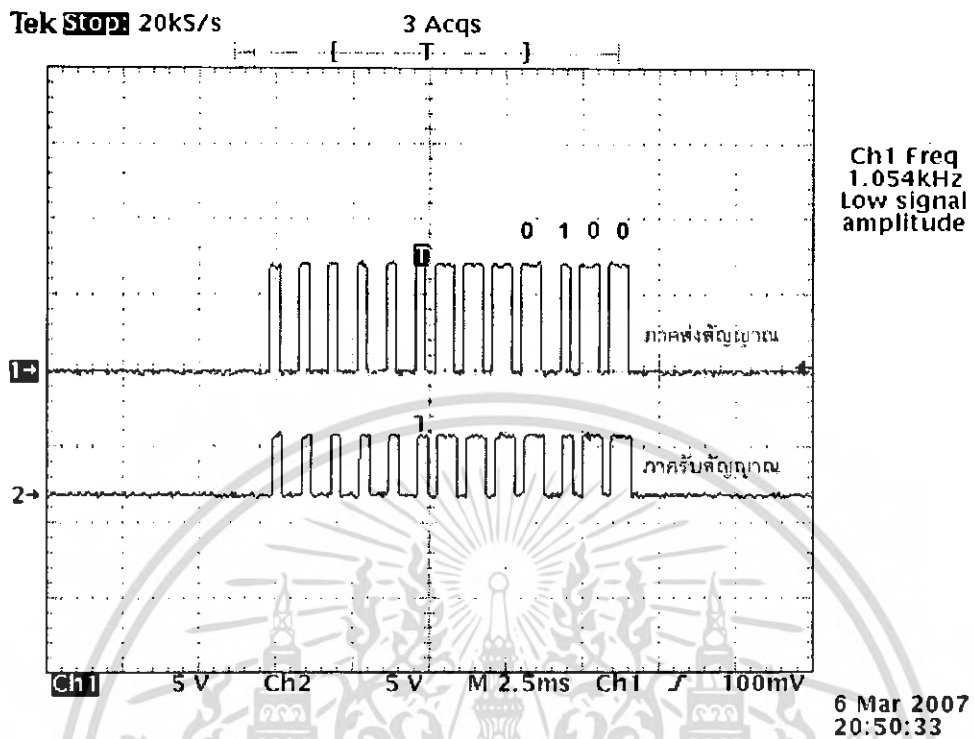


รูปที่ 6.12 สัญญาณพัลส์เมื่อมีการกดปุ่มถอยหลัง



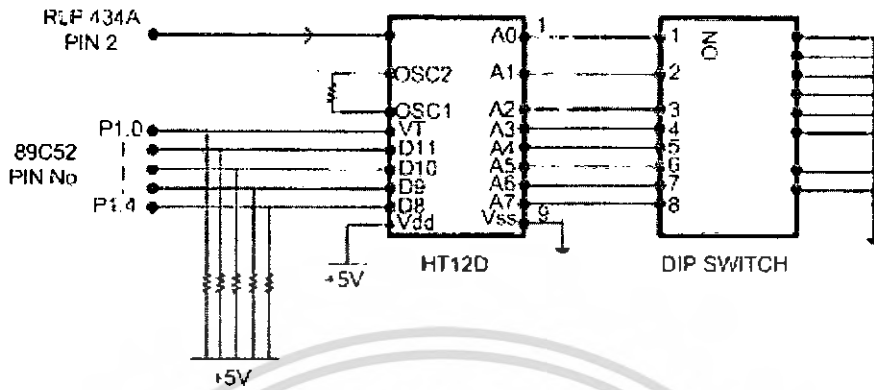
รูปที่ 6.13 สัญญาณพัลส์เมื่อมีการกดปุ่มเขียวซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

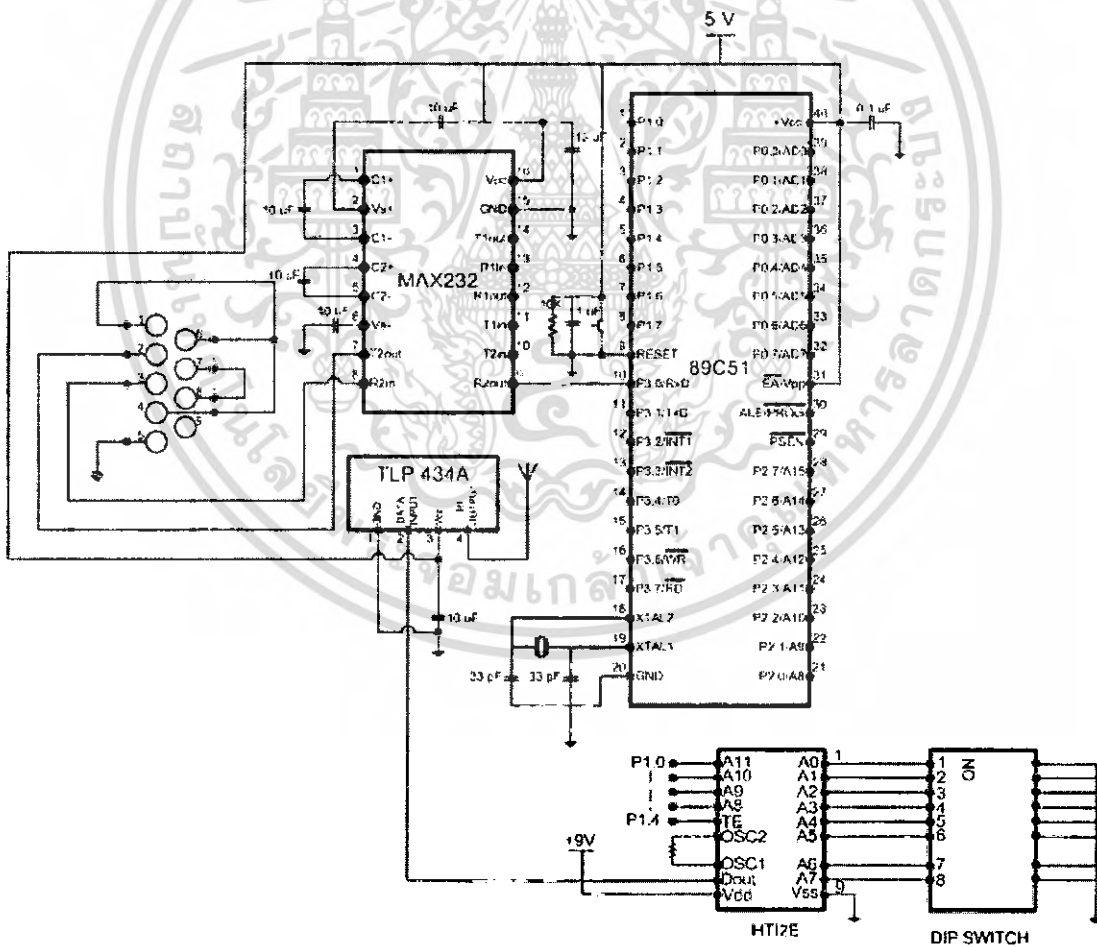


รูปที่ 6.14 สัญญาณพัลส์เมื่อมีการกดปุ่มเดียวขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.15 วงจรภาครับสัญญาณที่ต่อกับ Decoder



รูปที่ 5.16 วงจรภาคส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หนังสืออ้างอิง

1. ผศ.ธีรวัฒน์ ประกอบผล, “การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์”, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, 196 หน้า, 2545.
2. เดชฤทธิ์ มณีธรรม, “คัมภีร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51”, เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์, 296 หน้า, 2548.
3. ชูคม รานอก, “ภาษาซีสำหรับควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51”, ไอดีซี อินโฟร์คิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์, 296 หน้า, 2548.
4. ประเสริฐ, “รวมการสร้างหุ่นยนต์ด้วย 8051”, 2548.
5. อภิชาติ ภู่วัฒน์, “เริ่มต้นเขียนโปรแกรมติดต่อและควบคุมฮาร์ดแวร์ด้วย Visual Basic”, อินโฟพรส, 240 หน้า, 2546.
6. ชาริน สิทธิธรรมชารี, “สร้างโปรแกรมบน Windows ด้วย Visual Basic Version 6.0”, ซีเอ็ดดูเคชั่น, 543 หน้า, 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

### Source code สำหรับภาคส่ง

```

#include<reg51.h>

#define LED P2

sbit forward = P2^7;
sbit reward = P2^6;
sbit left = P2^5;
sbit right = P2^4;
sbit sensor = P2^3;
sbit camera = P2^2;
sbit stop = P2^1;
sbit status = P2^0;
unsigned char dat;
void delay(unsigned char time)
{
    unsigned int i,j;
    for(i=0;i<time;i++)
        for(j=0;j<500;j++);
}
/*void send_data(unsigned char dat1)
{
    //camera = 0;
    SBUF = dat1;
    while(~TI);
    TI = 0 ;
    /*delay(20);
    camera = 1;
}*/

void Init_Serial(void)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    if(RI)
    {
        RI = 0;
        dat = SBUF;
    }
    switch(dat)
    {
        case '1': {
            //send_data(0x51);
            P1=0x01;
            delay(20);
            forward = 0;
            delay(20);
            forward = 1; break; // forward
        }
        case '2':
        {
            //send_data(0x52);
            P1=0x02;
            delay(20);
            reward = 0;
            delay(20);
            reward = 1; break; // reward
        }
        case '3': {
            //send_data(0x53);
            P1=0x03;
            delay(20);
            left = 0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        delay(20);
        left = 1;           break; // left
    }

    case '4': {
        //send_data(0x54);
        P1=0x04;
        delay(20);

        right = 0;
        delay(20);
        right = 1;           break; // right
    }

    case '5': {
        //send_data(0x55);
        P1=0x05;
        delay(20);
        camera = 0;
        delay(20);
        camera = 1;           break; // 30 degree
    }

    case '6': {
        //send_data(0x56);
        P1=0x06;
        delay(20);

        camera = 0;

        delay(20);
        camera = 1;           break; // 60 degree
    }

    case '7': {
        //send_data(0x57);

        P1=0x07;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

delay(20);

                                camera = 0;

delay(20);
camera = 1;                                break; // 90 degree
}

case '8': {

                                //send_data(0x58);
P1=0x08;
delay(20);

                                camera = 0;

delay(20);
camera = 1;                                break; // 120 degree
}

case '9': {
                                //send_data(0x59);
P1=0x09;
delay(20);

                                camera = 0;

delay(20);
camera = 1;                                break; // 150 degree
}

case 'a': {

                                //send_data(0x5A);

P1=0x0A;
delay(20);

                                sensor = 0;

delay(20);
sensor = 1;                                break; // sensor
}

case 'b': {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        //send_data(0x5B);
    P1=0x0B;
    delay(20);
    sensor = 1;                break; // stop sensor
    }

    case '0': {
        //send_data(0x50);
    P1=0x0C;
    delay(20);
        stop = 0;
    delay(20);
    stop = 1;                break; // stop, exit
    }
}
}

void InitSerial()
{
    TMOD = 0x20; // TIMER1 MODE2
    SCON = 0x50; // Serial Port TX/RX data
    TH1 = 0xF4; // 2400 bps
    TI = 0; // Clear bit flag TX
    ET1 = 0;
    TR1 = 1; // Start TIMER1
    ES = 0;
    EA = 0;
}

void main()
{
    InitSerial();
    dat = '0';

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
P2 = 0xFF;  
while(1)  
{  
    status = 0;  
    Init_Serial();  
}  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Source code สำหรับภาครับ

```

#include<reg52.h>
#define TIMEOUT          3000
sbit led = P1^7;
sbit reward1 = P2^0; //5
sbit forward1 = P2^2; //7
sbit reward2 = P2^1; //10
sbit forward2 = P2^3; //12
sbit LEDforward = P1^3;
sbit LEDreward = P1^4;
sbit LEDleft = P1^5;
sbit LEDright = P1^6;
sbit en1 = P2^4; //6
sbit en2 = P2^5; //11
sbit out = P2^7;
sbit sen_front = P1^1;
sbit sen_left = P1^2;
sbit sen_right = P1^0;
sbit VT = P0^4;
#define dat P0//unsigned char dat1;
/*unsigned char content[2];
char ii = 0;*/

void sensor();
void delay_led(unsigned char time)
{
    unsigned int i,j;
    for(i=0;i<time;i++)
        for(j=0;j<500;j++);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

void delay(unsigned char count)
{
    unsigned int i;
    while(count)
    {
        i = 1000; while(i>0)i--;
        count--;
    }
}

////////////////////////////////////ADJUST DUTY CYCLE////////////////////////////////////

void on_m(unsigned char on)
{
    en1 = 1;
    en2 = 1;
    delay(on);
    en1 = 0;
    en2 = 0;
}

void off_m(unsigned char off)
{
    en1 = 0;
    en2 = 0;
    delay(off);
}

void normal_speed()           // 50% Duty Cycle
{
    on_m(5);
    off_m(5);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

/*void slow_speed()          // 20% Duty Cycle
{
    on_m(2);
    off_m(8);
}*/

void fast_speed()           // 80% Duty Cycle
{
    on_m(8);
    off_m(2);
}

////////////////////////////////////CONTROL CAR////////////////////////////////////

void ready()
{
    en1 = 0;
    en2 = 0;
    LEDforward = 1;
    LEDreward = 1;
    LEDleft = 1;
    LEDright = 1;
}

void forward()
{
    forward1 = 0; forward2 = 0;
    reward1 = 1; reward2 = 1;
    normal_speed();
    LEDforward = 0;
    delay_led(10);
    ready();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void reward()
{
    forward1 = 1; forward2 = 1;
    reward1 = 0; reward2 = 0;
    normal_speed();
    LEDreward = 0;
    delay_led(10);
    ready();
}

void left()
{
    forward1 = 1; forward2 = 0;
    reward1 = 0; reward2 = 1;
    fast_speed();
    LEDleft = 0;
    delay_led(10);
    ready();
}

void right()
{
    forward1 = 0; forward2 = 1;
    reward1 = 1; reward2 = 0;

    fast_speed();
    LEDright = 0;
    delay_led(10);
    ready();
}

////////////////////////////////////CAMERA////////////////////////////////////

void eam(unsigned char i,j)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
//   TMOD=0x21;
      TH0=0xB7;
      TL0=0xFF;
//   TR0=1;
      while(TF0!=1);
          TH0=i;
          TL0=j;
          TF0=0;
          out=1;
          while(TF0!=1);
              TF0=0;
              TH0=0xB7;
              TL0=0xFF;
              out=0;
}
/*bit WaitTimeOut()
{
  unsigned int i;
  i = TIMEOUT;
  do
  {
    if (RI)
      return 1;
  }
  while (i--);
  return 0;
}*/
void GetPacket()
{ // $ dat1 dat2 chksum 0x0D 0x0A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/*unsigned char bytecount;, chksum;
bytecount = 0;
//chksum = 5;
do
{
if (WaitTimeOut())
{
content[bytecount++]= SBUF;
RI = 0;
}
else
return ;
}
while ((content[1]!=0x0D));
bytecount = 0;
if (content[1]==0x0D)//( chksum = (content[0] + content[1]))
{
dat1 = content[0];*/
/*if(RI)
{
RI = 0;
dat1 = SBUF;
}*/
if(VT==1)
{
switch(dat)
{
case 0xFC: ready();          break;
case 0xF1: forward();       break;
case 0xF2: reward();        break;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        case 0xF3: left();                break;
        case 0xF4: right();              break;
        case 0xF5: cam(0xFB,0xCC);       break;        // 30 degree
        case 0xF6: cam(0xFB,0x33);       break;        // 60 degree
        case 0xF7: cam(0xFA,0x9A);       break;        // 90 degree
        case 0xF8: cam(0xFA,0x00);       break;        // 120 degree
        case 0xF9: cam(0xF9,0x67);       break;        // 150 degree
        case 0xFA: sensor();              break;        // Sensor
        case 0xFB: sensor();              break;        // Stop Sensor
    }
}
else
    ready();
    /*for(ii = 0; ii <2; ii++)
    {
        content[ii] = 0;
    }
    */
}
////////////////////////////////////Detect Object////////////////////////////////////
void sensor()
{
    unsigned char q;
    if(dat==0xFA)
    {
        if((P1&0x07)==0x07)    // Cannot detect
        {
            forward();
        }
        else if((P1&0x07)==0x02) // left&right

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    {
        forward();
    }
    else if((P1&0x07)==0x01)    // front&left
    {
reward();
for(q=0;q<3;q++)
    right();
/* delay(100);
if(sen_front==1)
forward();
else
right();*/
}
    else if((P1&0x07)==0x04)    // front&right
    {
reward();
for(q=0;q<3;q++)
    left();
/* delay(100);
if(sen_front==1)
forward();
else
left();*/
}
    else if((P1&0x07)==0x00)    // 3 side
    {
reward();
for(q=0;q<3;q++)
    left();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
    else if((P1&0x07)==0x05)    // front only
    {
for(q=0;q<20;q++)
        left();
/*if(sen_left==1)
{
    left();
    delay(100);
    if((P1&0x07)==0x06)
        forward();
}
else
    left();*/
}
else if((P1&0x07)==0x06) // right only
{
    forward();
}
else if((P1&0x07)==0x03) // left only
{
    forward();
}

    else

        ready();

}

else
{

    GetPacket() ;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
}
/////////////////////////////////SERIAL PORT/////////////////////////////////
/*void Init_Ser()
{
    TMOD = 0x20;          // TIMER1 MODE2
    SCON = 0x50;          // Serial Port TX/RX
    TH1 = 0xF4;           // 2400 bps
    RI = 0;               // Clear RI flag
    TI = 0;               // Clear TI flag
    TR1 = 1;
}*/
void main()
{
    //Init_Ser();
    ready();
    TMOD=0x21;            // Set camera 90 degrees
    TH0=0xB7;
    TL0=0xFF;
    TR0=1;
    while(TF0!=1);
        TH0=0xFA;
        TL0=0x9A;

        TF0=0;
        out=1;
    while(TF0!=1);
        TF0=0;
        TH0=0xB7;
        TL0=0xFF;
        out=0;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

led = 1;
while(1)
{
    led = 0;
    GetPacket();
}
}

```

### Source code C++ Builder

```

//-----
#include <vcl.h>
#pragma hdrstop
#include "frm_tm.h"
#include "frm_tm_xx.h"
//-----

#pragma package(smart_init)
#pragma link "hvideocap"
#pragma link "ievect"
#pragma link "ieview"
#pragma link "imageenvview"
#pragma link "CPort"
#pragma resource "*.dfm"

TForm1 *Form1;
int k = 0;

//-----

__fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner)
    : TForm(Owner)
{
    num = 0;
    i = 0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Rccf = 0;
}
//-----
void __fastcall TForm1::FormCreate(TObject *Sender)
{
    // Add View styles and constants to the Combo Box
    ComboBox1->Items->AddObject("30", (TObject *)vsIcon);
    ComboBox1->Items->AddObject("60", (TObject *)vsList);
    ComboBox1->Items->AddObject("90", (TObject *)vsReport);
    ComboBox1->Items->AddObject("120", (TObject *)vsSmallIcon);
    ComboBox1->Items->AddObject("150", (TObject *)vsSmallIcon);
    ComboBox1->ItemIndex = 0;
    mem = 0;
    Rccf = 0;
    Rccfl = 0;
}
//-----
void __fastcall TForm1::ComboBox1Click(TObject *Sender)
{
    ComPort1->Open();
    if(ComboBox1->ItemIndex == 0){
        S1 = "5";
        for(int kk = 0; kk<30; kk++){
            ComPort1->WriteStr(S1);
            ComPort1->ReadStr(Str1,1);////////////////////
            Memo1->Lines->Add(IntToStr(kk)+"\t"+Str1);////////////////
        }
        ComPort1->Close();
    }
    else if(ComboBox1->ItemIndex == 1){

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

S1 = "6";
for(int kk = 0; kk<30; kk++){
    ComPort1->WriteStr(S1);
    ComPort1->ReadStr(Str1,1);////////////////////////////////////
    Memo1->Lines->Add(IntToStr(kk)+"\t"+Str1);////////////////////////////////
}
ComPort1->Close();
}
else if(ComboBox1->ItemIndex == 2){
    S1 = "7";
    for(int kk = 0; kk<30; kk++){
        ComPort1->WriteStr(S1);
        ComPort1->ReadStr(Str1,1); //////////////////////////////////
        Memo1->Lines->Add(IntToStr(kk)+"\t"+Str1);////////////////////////////////
    }
    ComPort1->Close();
}
else if(ComboBox1->ItemIndex == 3){
    S1 = "8";
    for(int kk = 0; kk<30; kk++){
        ComPort1->WriteStr(S1);
        ComPort1->ReadStr(Str1,1);////////////////////////////////////
        Memo1->Lines->Add(IntToStr(kk)+"\t"+Str1);////////////////////////////////
    }
    ComPort1->Close();
}
else{
    S1 = "9";
    for(int kk = 0; kk<30; kk++){
        ComPort1->WriteStr(S1);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ComPort1->ReadStr(Str1,1);////////////////////////////////////
Memo1->Lines->Add(IntToStr(kk)+"\t"+Str1);////////////////////////////////
}
ComPort1->Close();
}
//Label1->Caption = ComboBox1->ItemIndex;
//ComPort1->ShowSetupDialog();
}
//-----
void __fastcall TForm1::Button12Click(TObject *Sender)
{
if(!ImageEnVideoView1->ShowVideo){
Button12->Caption = "Camera Off";
ImageEnVideoView1->DoConfigureSource();
ImageEnVideoView1->DoConfigureFormat();
//ImageEnVideoView1->DoConfigureSource();
r = ImageEnVideoView1->GetVideoSize();
ImageEnVideoView1->Height = r.Height();
ImageEnVideoView1->Width = r.Width();
ImageEnVideoView1->ShowVideo = true;
Button1->Enabled = true;
}
else{
Button12->Caption = "Camera On";
ImageEnVideoView1->ShowVideo = false;
Button1->Enabled = false;}
}
//-----
void __fastcall TForm1::Button7Click(TObject *Sender)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Close();
}
//-----
void __fastcall TForm1::Button4MouseDown(TObject *Sender,
    TMouseButton Button, TShiftState Shift, int X, int Y)
{
ComPort1->Open();
S1 = "1";
Timer1->Enabled=True;
Timer2->Enabled=True;
/*Memo1->Lines->Add("s"); */
}
//-----
void __fastcall TForm1::Button6MouseDown(TObject *Sender,
    TMouseButton Button, TShiftState Shift, int X, int Y)
{
ComPort1->Open();
S1 = "4";
Timer1->Enabled=True;
Timer2->Enabled=True;
}
//-----
void __fastcall TForm1::Timer1Timer(TObject *Sender)
{
i = i+1;
if(mem == 1)
Label1->Caption = IntToStr(i);
}
//-----
void __fastcall TForm1::Button6MouseUp(TObject *Sender,

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    TMouseButton Button, TShiftState Shift, int X, int Y)
{
    Timer1->Enabled=false;
    Timer2->Enabled=false;
    S1 = "0";
    for(int kk = 0; kk<30; kk++){
        ComPort1->WriteStr(S1);
        ComPort1->ReadStr(Str1,1);////////////////////
        Memo1->Lines->Add(IntToStr(kk)+"\t"+Str1);////////////////
    }
    ComPort1->Close();
    if(mem == 1){
        data1[num] = 22;
        data2[num] = i;
        num += 1;
        i = 0;
    }
}

//-----
void __fastcall TForm1::Button4MouseUp(TObject *Sender,
    TMouseButton Button, TShiftState Shift, int X, int Y)
{
    Timer1->Enabled=false;
    Timer2->Enabled=false;
    S1 = "0";
    for(int kk = 0; kk<30; kk++){
        ComPort1->WriteStr(S1);
        ComPort1->ReadStr(Str1,1); //////////////////
        Memo1->Lines->Add(IntToStr(kk)+"\t"+Str1);////////////////
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ComPort1->Close();
if(mem == 1){
data1[num] = 11;
data2[num] = i;
num += 1;
i = 0;
}
}
//-----
void __fastcall TForm1::Button5MouseDown(TObject *Sender,
    TMouseButton Button, TShiftState Shift, int X, int Y)
{
ComPort1->Open();
S1 = "2";
Timer1->Enabled=True;
Timer2->Enabled=True;
}
//-----
void __fastcall TForm1::Button5MouseUp(TObject *Sender,
    TMouseButton Button, TShiftState Shift, int X, int Y)
{
Timer1->Enabled=false;
Timer2->Enabled=false;
S1 = "0";
for(int kk = 0; kk<30; kk++){
    ComPort1->WriteStr(S1);
    ComPort1->ReadStr(Str1,1);////////////////////
    Memo1->Lines->Add(IntToStr(kk)+"\t"+Str1);////////////////
}
ComPort1->Close();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(mem == 1){
data1[num] = 33;
data2[num] = i;
num += 1;
i = 0;
}
}
//-----
void __fastcall TForm1::Button3MouseDown(TObject *Sender,
    TMouseButton Button, TShiftState Shift, int X, int Y)
{
ComPort1->Open();
S1 = "3";
Timer1->Enabled=True;
Timer2->Enabled=True;
}
//-----
void __fastcall TForm1::Button3MouseUp(TObject *Sender,
    TMouseButton Button, TShiftState Shift, int X, int Y)
{
Timer1->Enabled=false;
Timer2->Enabled=false;
S1 = "0";
for(int kk = 0; kk<30; kk++){
    ComPort1->WriteStr(S1);
    ComPort1->ReadStr(Str1,1);////////////////////
    Memo1->Lines->Add(IntToStr(kk)+"\t"+Str1);//////////
}
ComPort1->Close();
if(mem == 1){

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

data1[num] = 44;
data2[num] = i;
num += 1;
i = 0;
}
}
//-----

void __fastcall TForm1::Button11Click(TObject *Sender)
{
if(data1[0] != 0)
xx *MyThread1 = new xx(False);
}
//-----

void __fastcall TForm1::Timer2Timer(TObject *Sender)
{
ComPort1->WriteStr(S1);
ComPort1->ReadStr(Str1,1);////////////////////
Memo1->Lines->Add(IntToStr(k)+"\t"+Str1); //////////////////
k++;
}
//-----

void __fastcall TForm1::Button13Click(TObject *Sender)
{
ComPort1->ShowSetupDialog();
Memo1->Clear();////////////////////
}
//-----

void __fastcall TForm1::Button10Click(TObject *Sender)
{
if(mem==0){

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

mem = 1;
i = 0;
Button11->Enabled = true;
}
else{
mem = 0;
num = 0;
i = 0;
for(int kk = 0; kk<200; kk++){
data1[kk] = 0;
data2[kk] = 0;
}
Button11->Enabled = false;
}
}
//-----
void __fastcall TForm1::Button1Click(TObject *Sender)
{
if(SaveDialog1->Execute()){
ImageEnVideoView1->RecFileName = SaveDialog1->FileName; //"C://Capture.avi";
ImageEnVideoView1->RecAudio = true;
ImageEnVideoView1->RecFrameRate = 30;
ImageEnVideoView1->StartRecord();
Button1->Enabled = false;
Button14->Enabled = true;
}
}
//-----
void __fastcall TForm1::Button14Click(TObject *Sender)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ImageEnVideoView1->StopRecord();
Button1->Enabled = true;
Button14->Enabled = false;
}
//-----
void __fastcall TForm1::Button8MouseDown(TObject *Sender,
    TMouseButton Button, TShiftState Shift, int X, int Y)
{
ComPort1->Open();
S1 = "a";
for(int kk = 0; kk<30; kk++){
    ComPort1->WriteStr(S1);
    ComPort1->ReadStr(Str1,1);////////////////////
    Memo1->Lines->Add(IntToStr(kk)+"\t"+Str1);////////////////////
}
Timer2->Enabled=True;
}
//-----
void __fastcall TForm1::Button8MouseUp(TObject *Sender,
    TMouseButton Button, TShiftState Shift, int X, int Y)
{
Timer2->Enabled = false;
ComPort1->Close();
}
//-----

void __fastcall TForm1::Button9MouseDown(TObject *Sender,
    TMouseButton Button, TShiftState Shift, int X, int Y)
{
ComPort1->Open();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

S1 = "b";
for(int kk = 0; kk<30; kk++){
    ComPort1->WriteStr(S1);
    ComPort1->ReadStr(Str1,1); ////////////////
    Memo1->Lines->Add(IntToStr(kk)+"\t"+Str1);//////////
}

```

```

Timer2->Enabled=True;

```

```

}

```

```

//-----

```

```

void __fastcall TForm1::Button9MouseUp(TObject *Sender,
    TMouseButton Button, TShiftState Shift, int X, int Y)

```

```

{

```

```

    Timer2->Enabled = false;

```

```

    ComPort1->Close();

```

```

}

```

```

//-----

```

```

#include <vcl.h>

```

```

#pragma hdrstop

```

```

#include "frm_tm_xx.h"

```

```

#include "frm_tm.h"

```

```

#pragma package(smart_init)

```

```

void __fastcall xx::Execute()

```

```

{

```

```

    //---- Place thread code here ----

```

```

    Form1->ComPort1->Open();

```

```

    //////////////////////////////////////

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Form1->Timer1->Enabled=True;
while(Form1->i != 429)////Edit here na ja honey(time(ms))
{
Form1->ComPort1->WriteStr("3");
Form1->ComPort1->ReadStr(Form1->Str1,1);////////////////////
Form1->Memo1->Lines->Add(IntToStr(Form1->i)+"\t"+Form1->Str1);////////
}
Form1->Timer1->Enabled=false;
Form1->i = 0;
////////////////////////////////////
for (int kk = 0; kk < ((Form1->num)); kk++){
if (Form1->data1[kk] == 11){
//Down = True
Form1->Timer1->Enabled=True;
//Form1->Label2->Caption = "11";
while(Form1->i != Form1->data2[kk])
{
Form1->ComPort1->WriteStr("1");
Form1->ComPort1->ReadStr(Form1->Str1,1);////////////////////
Form1->Memo1->Lines->Add(IntToStr(Form1->i)+"\t"+Form1->Str1);////////
}
Form1->Timer1->Enabled=false;
Form1->i = 0;
}
if (Form1->data1[kk] == 22){
//Left_H = True
Form1->Timer1->Enabled=True;
//Form1->Label2->Caption = "22";
while(Form1->i != Form1->data2[kk])
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Form1->ComPort1->WriteStr("3");
Form1->ComPort1->ReadStr(Form1->Str1,1);////////////////////
Form1->Memo1->Lines->Add(IntToStr(Form1->i)+"\t"+Form1->Str1);////////
}

Form1->Timer1->Enabled=false;
Form1->i = 0;
}

if (Form1->data1[kk] == 33){
//Up = True
Form1->Timer1->Enabled=True;
//Form1->Label2->Caption = "33";
while(Form1->i != Form1->data2[kk])
{
Form1->ComPort1->WriteStr("2");
Form1->ComPort1->ReadStr(Form1->Str1,1);////////////////////
Form1->Memo1->Lines->Add(IntToStr(Form1->i)+"\t"+Form1->Str1);////////
}
Form1->Timer1->Enabled=false;
Form1->i = 0;
}

if (Form1->data1[kk] == 44){
//Right_H = True
Form1->Timer1->Enabled=True;
//Form1->Label2->Caption = "44";
while(Form1->i != Form1->data2[kk])
{
Form1->ComPort1->WriteStr("4");
Form1->ComPort1->ReadStr(Form1->Str1,1);////////////////////
Form1->Memo1->Lines->Add(IntToStr(Form1->i)+"\t"+Form1->Str1);////////
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

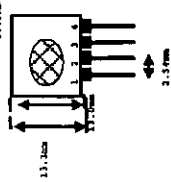
Form1->Timer1->Enabled=false;
Form1->j = 0;
}
}

Form1->S1 = "0";
for(int kk = 0; kk<30; kk++){
    Form1->ComPort1->WriteStr(Form1->S1);
    Form1->ComPort1->ReadStr(Form1->Str1,1);////////////////////
    Form1->Memo1->Lines->Add(IntToStr(kk)+"\t"+Form1->Str1);////////
}
Form1->ComPort1->Close();
}
//-----

```



# TLP434A Ultra Small Transmitter



- pin 1 : GND
- pin 2 : Data In
- pin 3 : Vcc
- pin 4 : Antenna ( RF output )

**Frequency 315, 418 and 433.92 Mhz**

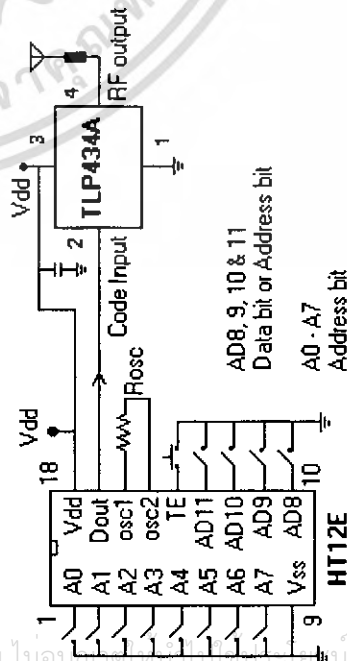
Modulation : ASK  
Operation Voltage : 2 - 12 VDC

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Vcc	Operating supply voltage		2.0	-	12.0	V
Icc 1	Peak Current (2V)		-	-	1.64	mA
Icc 2	Peak Current (12V)		-	-	19.4	mA
I <sub>data</sub>	Input High Voltage	I <sub>data</sub> = 100uA (High)	Vcc-0.5	Vcc	Vcc+0.5	V
I <sub>data</sub>	Input Low Voltage	I <sub>data</sub> = 0 uA (Low)	-	-	0.3	V
F <sub>0</sub>	Absolute Frequency	315Mhz module	314.8	315	315.2	MHz
P <sub>0</sub>	RF Output Power- 50ohm	Vcc = 9V-12V	-	16	-	dBm
P <sub>0</sub>	RF Output Power- 50ohm	Vcc = 5V-6V	-	14	-	dBm
DR	Data Rate	External Encoding	512	4.8K	200K	bps

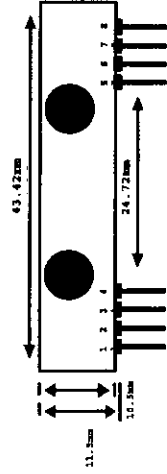
Notes : ( Case Temperature = 25°C ± 2°C , Test Load Impedance = 50 ohm )

### Application Circuit :

Typical Key-chain Transmitter using HT12E-18DIP, a Binary 12 bit Encoder from Holtek Semiconductor Inc.



# RLP434A SAW Based Receiver



- pin 1 : Gnd
- pin 2 : Digital Data Output
- pin 3 : Linear Output /Tast
- pin 4 : Vcc
- pin 5 : Vcc
- pin 6 : Gnd
- pin 7 : Gnd
- pin 8 : Antenna

Modulation : ASK  
Supply Voltage : 3.3 - 6.0 VDC  
Output : Digital & Linear

**Frequency 315, 418 and 433.92 Mhz**

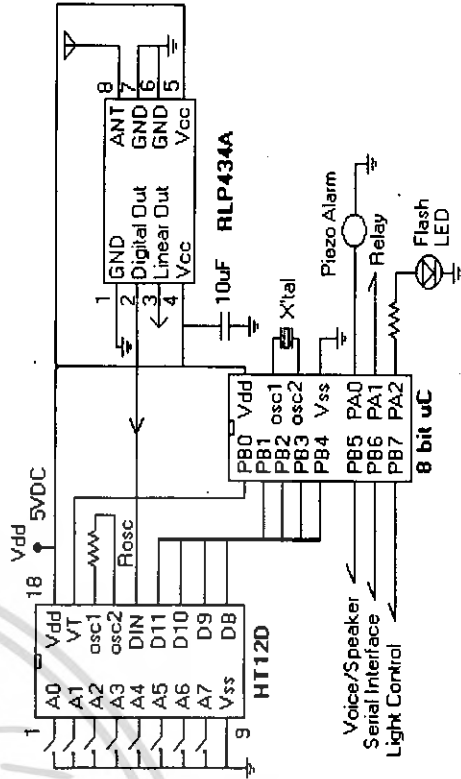
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Vcc	Operating supply voltage		3.3	5.0V	6.0	V
I <sub>tot</sub>	Operating Current		-	4.5	-	mA
V <sub>data</sub>	Data Out	I <sub>data</sub> = +200 uA ( High ) I <sub>data</sub> = -10 uA ( Low )	Vcc-0.5	-	Vcc	V

Electrical Characteristics					
Characteristics	SYM	Min	Typ	Max	Unit
Operation Radio Frequency	FC	315, 418 and 433.92			MHz
Sensitivity	Pref	-110			dBm
Channel Width		+500			KhZ
Noise Equivalent BW		4			KhZ
Receiver Turn On Time	Top	5			ms
Operation Temperature	Top	-20		80	C
Baseband Data Rate		4.8			KhZ

### Application Circuit :

Typical RF Receiver using HT12D-18DIP, a Binary 12 bit Decoder with 8 bit uC IT48RXX from Holtek Semiconductor Inc.



## Laipac Technology, Inc.

105 West Beaver Creek Rd. Unit 207 Richmond Hill Ontario L4B 1C6 Canada  
Tel: (905)762-1228 Fax: (905)763-1737 e-mail: info@laipac.com



# LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

## Single Supply Quad Operational Amplifiers

The LM324 series are low-cost, quad operational amplifiers with true differential inputs. They have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. The quad amplifier can operate at supply voltages as low as 3.0 V or as high as 32 V with quiescent currents about one-fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

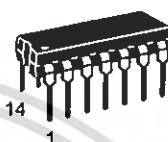
### Features

- Short Circuited Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V
- Low Input Bias Currents: 100 nA Maximum (LM324A)
- Four Amplifiers Per Package
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Industry Standard Pinouts
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness without Affecting Device Operation
- Pb-Free Packages are Available\*
- NCV Prefix for Automotive and Other Applications Requiring Site and Control Changes

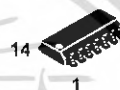


**ON Semiconductor®**

<http://onsemi.com>



**PDIP-14**  
**N SUFFIX**  
**CASE 646**

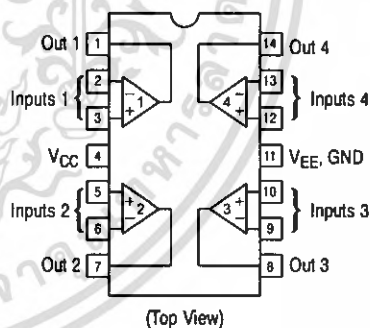


**SOIC-14**  
**D SUFFIX**  
**CASE 751A**



**TSSOP-14**  
**DTB SUFFIX**  
**CASE 948G**

### PIN CONNECTIONS



### ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 10 of this data sheet.

### DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 12 of this data sheet.

\*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

## LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

**MAXIMUM RATINGS** ( $T_A = +25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltages Single Supply Split Supplies	$V_{CC}$ $V_{CC}, V_{EE}$	32 $\pm 16$	Vdc
Input Differential Voltage Range (Note 1)	$V_{IDR}$	$\pm 32$	Vdc
Input Common Mode Voltage Range	$V_{ICR}$	-0.3 to 32	Vdc
Output Short Circuit Duration	$t_{SC}$	Continuous	
Junction Temperature (Note 2)	$T_J$	150	$^\circ\text{C}$
Thermal Resistance, Junction-to-Air (Note 3)	$R_{\theta JA}$	Case 646 118 Case 751A 156 Case 948G 190	$^\circ\text{C/W}$
Storage Temperature Range	$T_{stg}$	-65 to +150	$^\circ\text{C}$
ESD Protection at any Pin Human Body Model Machine Model	$V_{esd}$	2000 200	V
Operating Ambient Temperature Range	$T_A$	LM224 -25 to +85 LM324, 324A 0 to +70 LM2902 -40 to +105 LM2902V, NCV2902 (Note 4) -40 to +125	$^\circ\text{C}$

Maximum ratings are those values beyond which device damage can occur. Maximum ratings applied to the device are individual stress limit values (not normal operating conditions) and are not valid simultaneously. If these limits are exceeded, device functional operation is not implied, damage may occur and reliability may be affected.

1. Split Power Supplies.
2. For supply voltages less than 32 V, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.
3. All  $R_{\theta JA}$  measurements made on evaluation board with 1 oz. copper traces of minimum pad size. All device outputs were active.
4. NCV2902 is qualified for automotive use.

<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ , $V_{EE} = \text{GND}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	LM224			LM324A			LM324			LM2902			LM2902V/NCV2902			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ to $30\text{ V}$ $V_{ICR} = 0\text{ V}$ to $V_{CC} - 1.7\text{ V}$ , $V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 0\ \Omega$ $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{high}}$ (Note 5) $T_A = T_{\text{low}}$ (Note 5)	$V_{IO}$	-	2.0	5.0	-	2.0	3.0	-	2.0	7.0	-	2.0	7.0	-	2.0	7.0	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ (Notes 5 and 7)	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	-	7.0	-	-	7.0	30	-	7.0	-	-	7.0	-	-	7.0	-	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ (Note 5)	$I_{IO}$	-	3.0	30	-	5.0	30	-	5.0	50	-	5.0	50	-	5.0	50	nA
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ (Notes 5 and 7)	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	-	10	-	-	10	300	-	10	-	-	10	-	-	10	-	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ (Note 5)	$I_{IB}$	-	-90	-150	-	-45	-100	-	-90	-250	-	-90	-250	-	-90	-250	nA
Input Common Mode Voltage Range (Note 6) $V_{CC} = 30\text{ V}$ $T_A = +25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ (Note 5)	$V_{ICR}$	0	-	28.3	0	-	28.3	0	-	28.3	0	-	24.3	0	-	24.3	V
Differential Input Voltage Range	$V_{IDR}$	-	-	$V_{CC}$	-	-	$V_{CC}$	-	-	$V_{CC}$	-	-	$V_{CC}$	-	-	$V_{CC}$	V
Large Signal Open Loop Voltage Gain $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$ , $V_{CC} = 15\text{ V}$ , for Large $V_O$ Swing $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ (Note 5)	$A_{VOL}$	50	100	-	25	100	-	25	100	-	25	100	-	25	100	-	V/mV
Channel Separation 10 kHz $\leq f \leq 20\text{ kHz}$ , Input Referenced	CS	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	dB
Common Mode Rejection, $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$	CMR	70	85	-	65	70	-	65	70	-	50	70	-	50	70	-	dB
Power Supply Rejection	PSR	65	100	-	65	100	-	65	100	-	50	100	-	50	100	-	dB

5. LM224:  $T_{\text{low}} = -25^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{high}} = +85^\circ\text{C}$   
 LM324/LM324A:  $T_{\text{low}} = 0^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{high}} = +70^\circ\text{C}$   
 LM2902:  $T_{\text{low}} = -40^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{high}} = +105^\circ\text{C}$   
 LM2902V & NCV2902:  $T_{\text{low}} = -40^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{high}} = +125^\circ\text{C}$   
 NCV2902 is qualified for automotive use.

6. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is  $V_{CC} - 1.7\text{ V}$ , but either or both inputs can go to  $+32\text{ V}$  without damage, independent of the magnitude of  $V_{CC}$ .
7. Guaranteed by design.

<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ ,  $V_{EE} = \text{GND}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	LM224			LM324A			LM324			LM2902			LM2902V/NCV2902			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage – High Limit ( $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ ) (Note 8) $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ , $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_{CC} = 30\text{ V}$ , $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$ $V_{CC} = 30\text{ V}$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	$V_{OH}$	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	V
Output Voltage – Low Limit, $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$ , $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ (Note 8)	$V_{OL}$	-	5.0	20	-	5.0	20	-	5.0	20	-	5.0	100	-	5.0	100	mV
Output Source Current ( $V_{ID} = +1.0\text{ V}$ , $V_{CC} = 15\text{ V}$ ) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ (Note 8)	$I_{O+}$	20	40	-	20	40	-	20	40	-	20	40	-	20	40	-	mA
Output Sink Current ( $V_{ID} = -1.0\text{ V}$ , $V_{CC} = 15\text{ V}$ ) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ (Note 8) $V_{ID} = -1.0\text{ V}$ , $V_O = 200\text{ mV}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$	$I_{O-}$	10	20	-	10	20	-	10	20	-	10	20	-	10	20	-	mA
Output Short Circuit to Ground (Note 9)	$I_{SC}$	-	40	60	-	40	60	-	40	60	-	40	60	-	40	60	mA
Power Supply Current ( $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ ) (Note 8) $V_{CC} = 30\text{ V}$ , $V_O = 0\text{ V}$ , $R_L = \infty$ $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ , $V_O = 0\text{ V}$ , $R_L = \infty$	$I_{CC}$	-	-	3.0	-	1.4	3.0	-	-	3.0	-	-	3.0	-	-	3.0	mA

8. LM224:  $T_{\text{low}} = -25^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{high}} = +85^\circ\text{C}$   
 LM324/LM324A:  $T_{\text{low}} = 0^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{high}} = +70^\circ\text{C}$   
 LM2902:  $T_{\text{low}} = -40^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{high}} = +105^\circ\text{C}$   
 LM2902V & NCV2902:  $T_{\text{low}} = -40^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{high}} = +125^\circ\text{C}$   
 NCV2902 is qualified for automotive use.

9. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is  $V_{CC} - 1.7\text{ V}$ , but either or both inputs can go to +32 V without damage, independent of the magnitude of  $V_{CC}$ .

<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

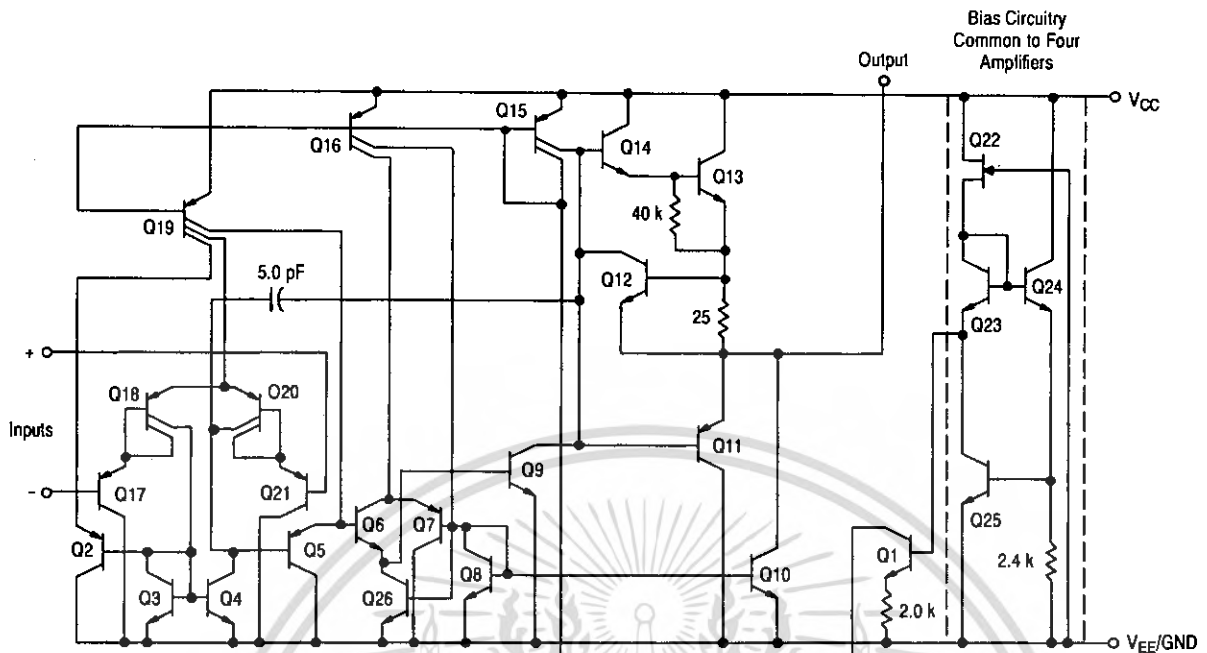


Figure 1. Representative Circuit Diagram  
(One-Fourth of Circuit Shown)

# LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

## CIRCUIT DESCRIPTION

The LM324 series is made using four internally compensated, two-stage operational amplifiers. The first stage of each consists of differential input devices Q20 and Q18 with input buffer transistors Q21 and Q17 and the differential to single ended converter Q3 and Q4. The first stage performs not only the first stage gain function but also performs the level shifting and transconductance reduction functions. By reducing the transconductance, a smaller compensation capacitor (only 5.0 pF) can be employed, thus saving chip area. The transconductance reduction is accomplished by splitting the collectors of Q20 and Q18. Another feature of this input stage is that the input common mode range can include the negative supply or ground, in single supply operation, without saturating either the input devices or the differential to single-ended converter. The second stage consists of a standard current source load amplifier stage.

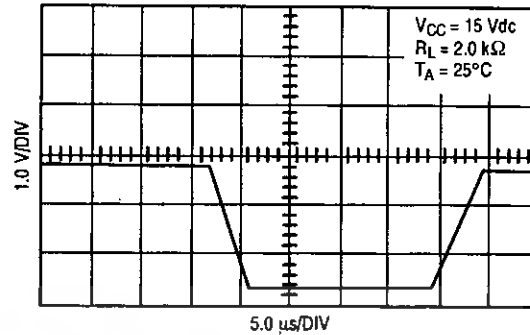


Figure 2. Large Signal Voltage Follower Response

Each amplifier is biased from an internal-voltage regulator which has a low temperature coefficient thus giving each amplifier good temperature characteristics as well as excellent power supply rejection.



Figure 3.

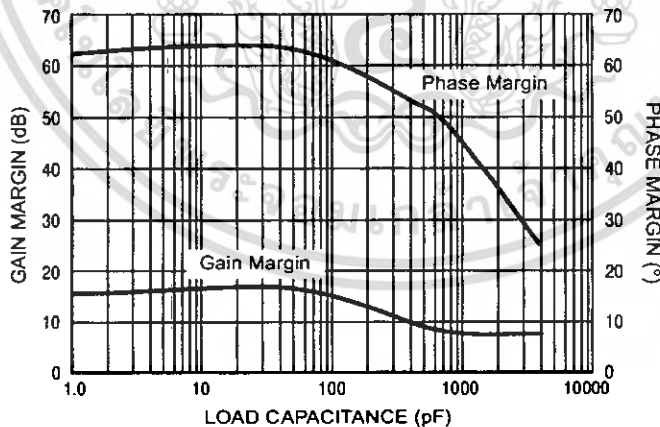


Figure 4. Gain and Phase Margin

<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

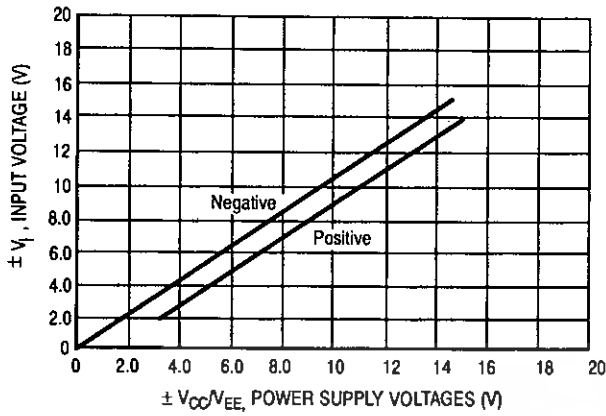


Figure 5. Input Voltage Range

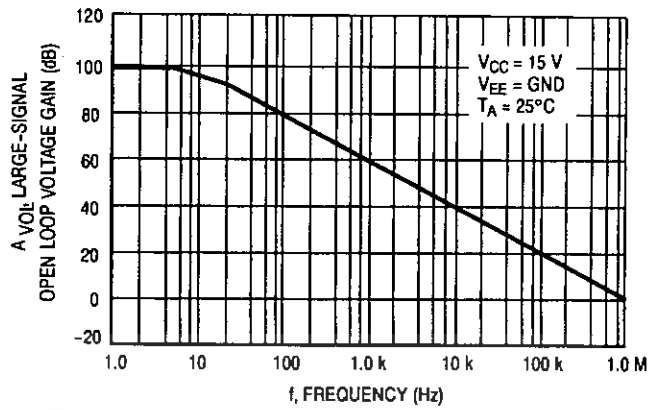


Figure 6. Open Loop Frequency

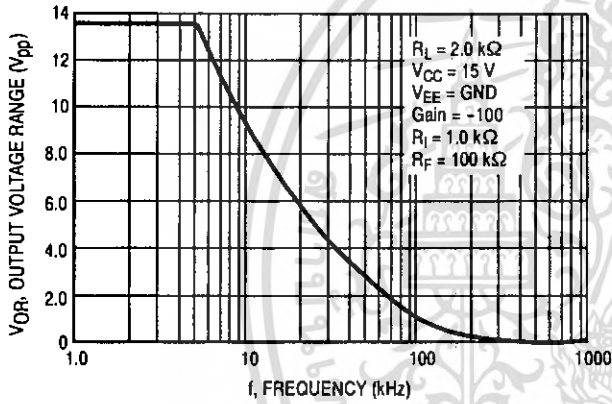


Figure 7. Large-Signal Frequency Response

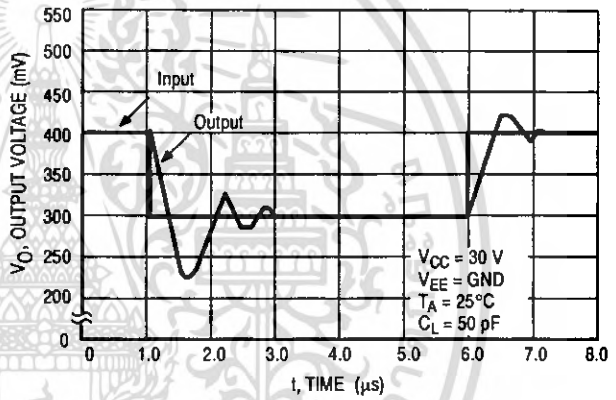


Figure 8. Small-Signal Voltage Follower Pulse Response (Noninverting)

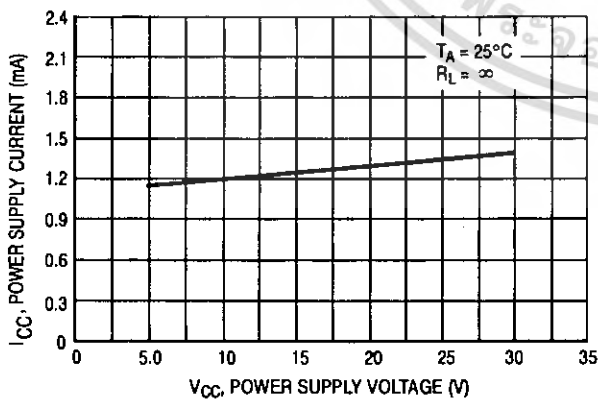


Figure 9. Power Supply Current versus Power Supply Voltage

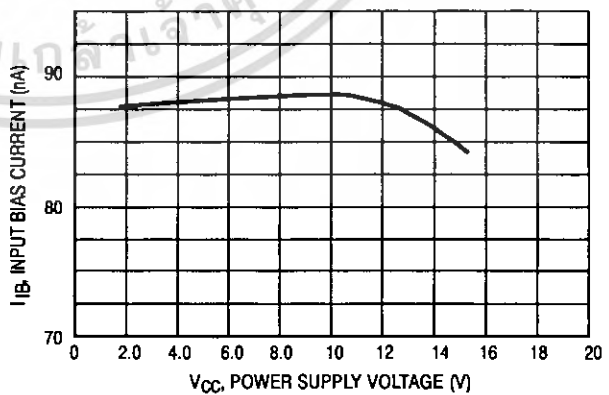
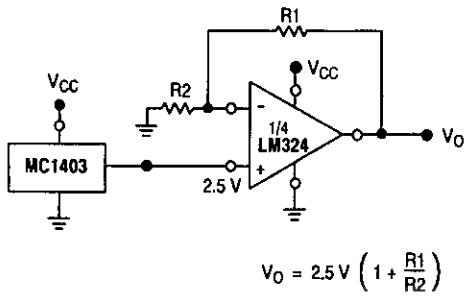


Figure 10. Input Bias Current versus Power Supply Voltage

<http://onsemi.com>

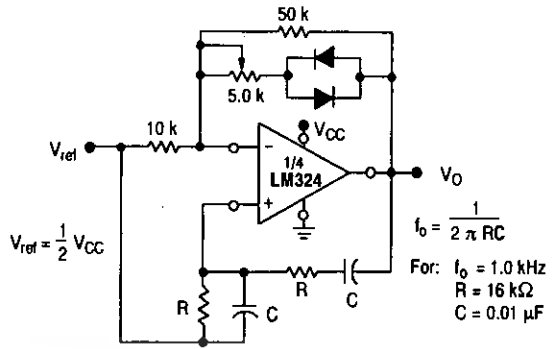
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902



$$V_0 = 2.5V \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

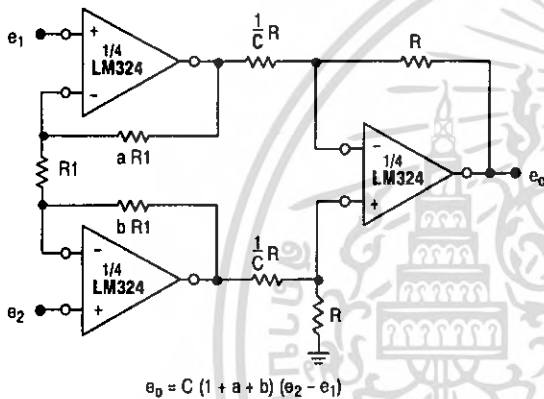
Figure 11. Voltage Reference



$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

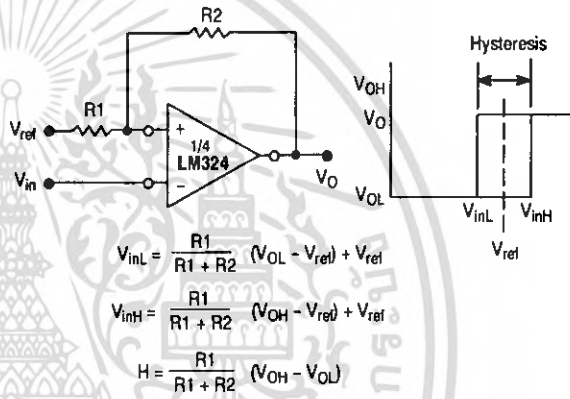
For:  $f_0 = 1.0 \text{ kHz}$   
 $R = 16 \text{ k}\Omega$   
 $C = 0.01 \mu\text{F}$

Figure 12. Wien Bridge Oscillator



$$e_0 = C(1 + a + b)(e_2 - e_1)$$

Figure 13. High Impedance Differential Amplifier

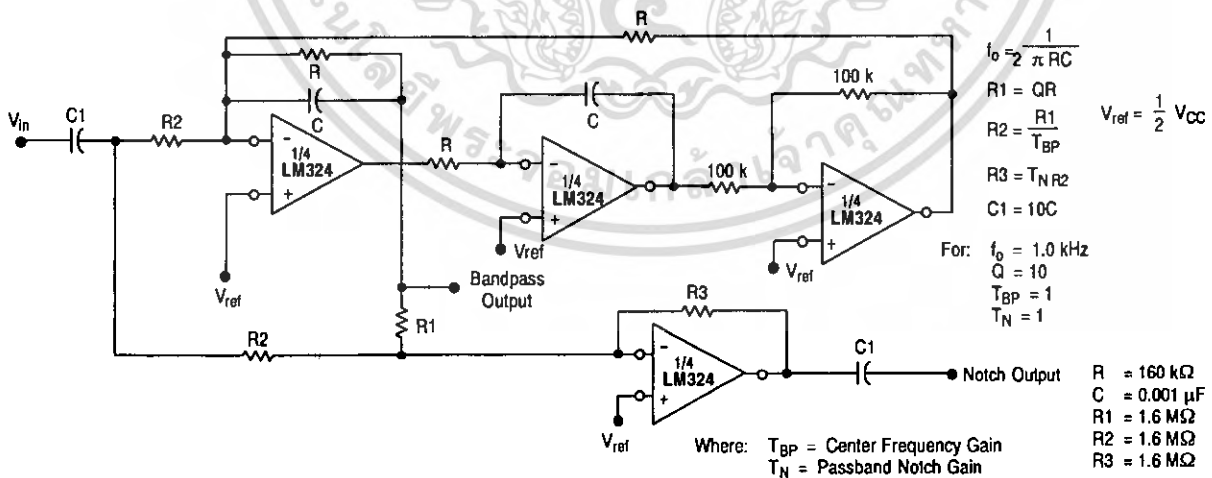


$$V_{inL} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_{OL} - V_{ref}) + V_{ref}$$

$$V_{inH} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_{OH} - V_{ref}) + V_{ref}$$

$$H = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_{OH} - V_{OL})$$

Figure 14. Comparator with Hysteresis



$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$V_{ref} = \frac{1}{2} V_{CC}$$

For:  $f_0 = 1.0 \text{ kHz}$   
 $Q = 10$   
 $T_{BP} = 1$   
 $T_N = 1$

$R = 160 \text{ k}\Omega$   
 $C = 0.001 \mu\text{F}$   
 $R_1 = 1.6 \text{ M}\Omega$   
 $R_2 = 1.6 \text{ M}\Omega$   
 $R_3 = 1.6 \text{ M}\Omega$

Figure 15. Bi-Quad Filter

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

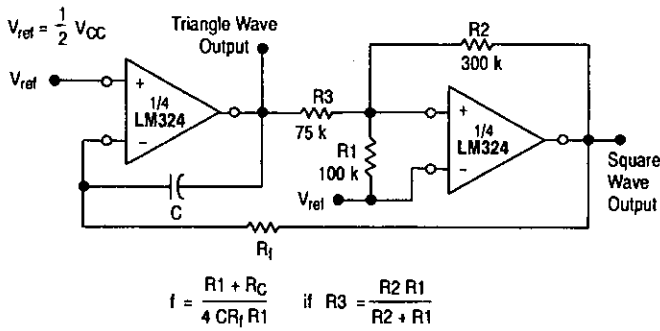


Figure 16. Function Generator

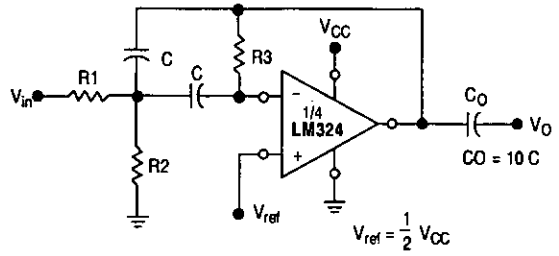


Figure 17. Multiple Feedback Bandpass Filter

Given:  $f_0$  = center frequency  
 $A(f_0)$  = gain at center frequency

Choose value  $f_0, C$

Then:  $R3 = \frac{Q}{\pi f_0 C}$

$R1 = \frac{R3}{2 A(f_0)}$

$R2 = \frac{R1 R3}{4Q^2 R1 - R3}$

For less than 10% error from operational amplifier,  $\frac{Q_0 f_0}{BW} < 0.1$

where  $f_0$  and BW are expressed in Hz.

If source impedance varies, filter may be preceded with voltage follower buffer to stabilize filter parameters.

## LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

### ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package	Shipping†	
LM224D	-25°C to +85°C	SOIC-14	55 Units/Rail	
LM224DG		SOIC-14 (Pb-Free)	55 Units/Rail	
LM224DR2		SOIC-14	2500 Tape & Reel	
LM224DR2G		SOIC-14 (Pb-Free)	2500 Tape & Reel	
LM224DTB		TSSOP-14*	96 Units/Rail	
LM224DTBG		TSSOP-14*	96 Units/Rail	
LM224DTBR2		TSSOP-14*	2500 Tape & Reel	
LM224DTBR2G		TSSOP-14*	2500 Tape & Reel	
LM224N		PDIP-14	25 Units/Rail	
LM224NG		PDIP-14 (Pb-Free)	25 Units/Rail	
LM324D		0°C to +70°C	SOIC-14	55 Units/Rail
LM324DG			SOIC-14 (Pb-Free)	55 Units/Rail
LM324DR2			SOIC-14	2500 Tape & Reel
LM324DR2G			SOIC-14 (Pb-Free)	2500 Tape & Reel
LM324DTB	TSSOP-14*		96 Units/Rail	
LM324DTBG	TSSOP-14*		96 Units/Rail	
LM324DTBR2	TSSOP-14*		2500 Tape & Reel	
LM324DTBR2G	TSSOP-14*		2500 Tape & Reel	
LM324N	PDIP-14		25 Units/Rail	
LM324NG	PDIP-14 (Pb-Free)		25 Units/Rail	
LM324AD	SOIC-14		55 Units/Rail	
LM324ADG	SOIC-14 (Pb-Free)		55 Units/Rail	
LM324ADR2	SOIC-14		2500 Tape & Reel	
LM324ADR2G	SOIC-14 (Pb-Free)		2500 Tape & Reel	
LM324ADTB	TSSOP-14*		96 Units/Rail	
LM324ADTBG	TSSOP-14*		96 Units/Rail	
LM324ADTBR2	TSSOP-14*		2500 Tape & Reel	
LM324ADTBR2G	TSSOP-14*		2500 Tape & Reel	
LM324AN	PDIP-14		25 Units/Rail	
LM324ANG	PDIP-14 (Pb-Free)		25 Units/Rail	

†For information on tape and reel specifications, including part orientation and tape sizes, please refer to our Tape and Reel Packaging Specifications Brochure, BRD8011/D.

\*This package is inherently Pb-Free.

<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

### ORDERING INFORMATION (continued)

Device	Operating Temperature Range	Package	Shipping†	
LM2902D	-40°C to +105°C	SOIC-14	55 Units/Rail	
LM2902DG		SOIC-14 (Pb-Free)	55 Units/Rail	
LM2902DR2		SOIC-14	2500 Tape & Reel	
LM2902DR2G		SOIC-14 (Pb-Free)	2500 Tape & Reel	
LM2902DTB		TSSOP-14*	96 Units/Rail	
LM2902DTBG		TSSOP-14*	96 Units/Rail	
LM2902DTBR2		TSSOP-14*	2500 Tape & Reel	
LM2902DTBR2G		TSSOP-14*	2500 Tape & Reel	
LM2902N		PDIP-14	25 Units/Rail	
LM2902NG		PDIP-14 (Pb-Free)	25 Units/Rail	
LM2902VD		-40°C to +125°C	SOIC-14	55 Units/Rail
LM2902VDG			SOIC-14 (Pb-Free)	55 Units/Rail
LM2902VDR2			SOIC-14	2500 Tape & Reel
LM2902VDR2G			SOIC-14 (Pb-Free)	2500 Tape & Reel
LM2902VDTB	TSSOP-14*		96 Units/Rail	
LM2902VDTBG	TSSOP-14*		96 Units/Rail	
LM2902VDTBR2	TSSOP-14*		2500 Tape & Reel	
LM2902VDTBR2G	TSSOP-14*		2500 Tape & Reel	
LM2902VN	PDIP-14		25 Units/Rail	
LM2902VNG	PDIP-14 (Pb-Free)		25 Units/Rail	
NCV2902DR2	SOIC-14		2500 Tape & Reel	
NCV2902DR2G	SOIC-14 (Pb-Free)		2500 Tape & Reel	
NCV2902DTBR2G	TSSOP-14*		2500 Tape & Reel	

†For information on tape and reel specifications, including part orientation and tape sizes, please refer to our Tape and Reel Packaging Specifications Brochure, BRD8011/D.

\*This package is inherently Pb-Free.

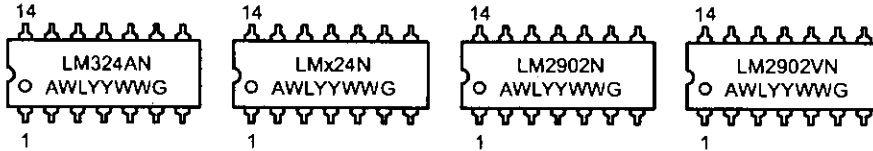
<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

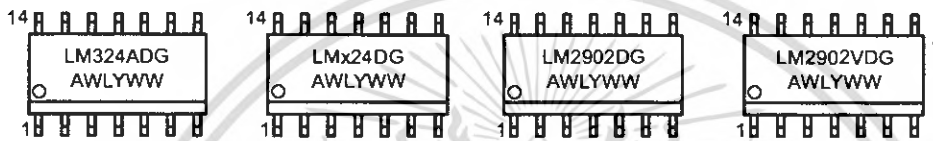
# LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

## MARKING DIAGRAMS

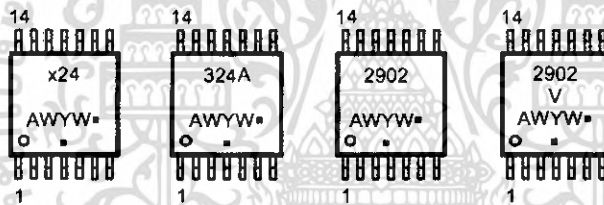
### PDIP-14 N SUFFIX CASE 646



### SOIC-14 D SUFFIX CASE 751A



### TSSOP-14 DTB SUFFIX CASE 948G



\*This marking diagram also applies to NCV2902.

- x = 2 or 3
- A = Assembly Location
- WL = Wafer Lot
- YY, Y = Year
- WW, W = Work Week
- G = Pb-Free Package
- = Pb-Free Package - (Note: Microdot may be in either location)

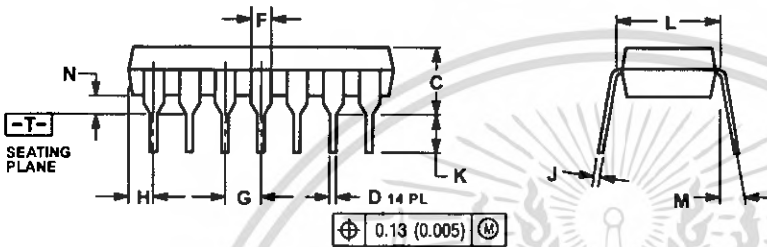
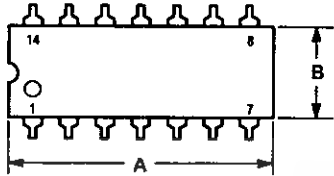
<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

## PACKAGE DIMENSIONS

**PDIP-14**  
**N SUFFIX**  
 CASE 646-06  
 ISSUE N

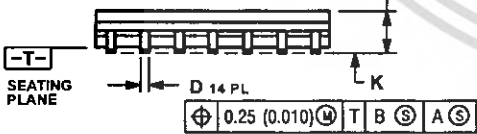
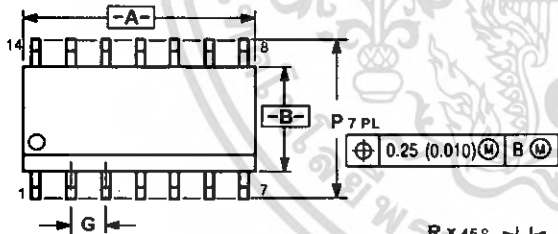


**NOTES:**

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
5. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.715	0.770	18.16	18.80
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.145	0.185	3.69	4.69
D	0.015	0.021	0.38	0.53
F	0.040	0.070	1.02	1.78
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.052	0.095	1.32	2.41
J	0.008	0.015	0.20	0.38
K	0.115	0.135	2.92	3.43
L	0.290	0.310	7.37	7.87
M	---		10°	
N	0.015	0.039	0.38	1.01

**SOIC-14**  
**D SUFFIX**  
 CASE 751A-03  
 ISSUE G



**NOTES:**

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	8.55	8.75	0.337	0.344
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°		7°	
P	5.80	6.20	0.228	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019

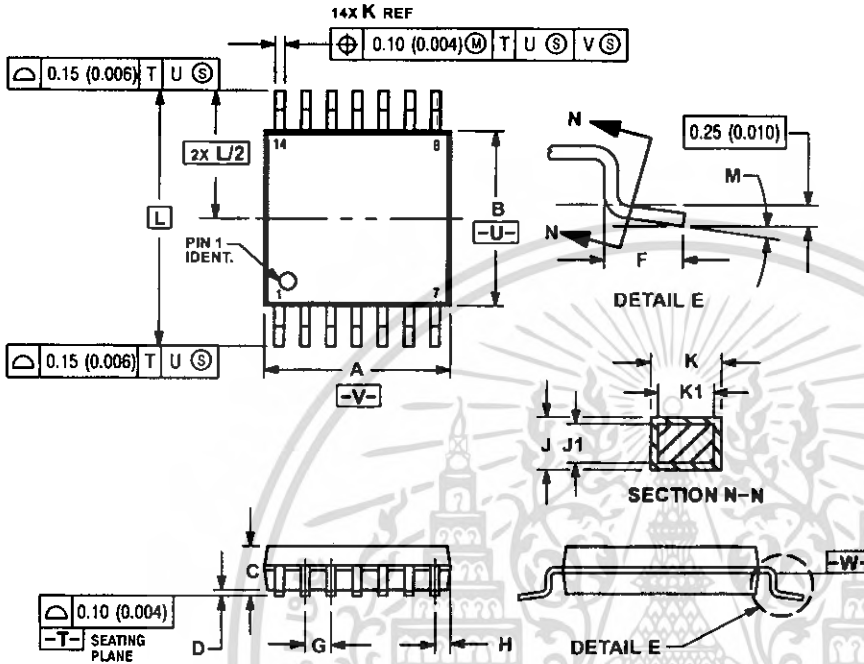
<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเชิงการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

## PACKAGE DIMENSIONS

TSSOP-14  
DTB SUFFIX  
CASE 948G-01  
ISSUE A



### NOTES:

1. DIMENSION AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER. DIMENSION A DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS. MOLD FLASH OR GATE BURRS SHALL NOT EXCEED 0.15 (0.006) PER SIDE.
3. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE INTERLEAD FLASH OR PROTRUSION. INTERLEAD FLASH OR PROTRUSION SHALL NOT EXCEED 0.25 (0.010) PER SIDE.
4. DIMENSION K DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.08 (0.003) TOTAL IN EXCESS OF THE K DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
5. TERMINAL NUMBERS ARE SHOWN FOR REFERENCE ONLY.
6. DIMENSION A AND B ARE TO BE DETERMINED AT DATUM PLANE -W-.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	4.90	5.10	0.193	0.200
B	4.30	4.50	0.169	0.177
C	---	1.20	---	0.047
D	0.05	0.15	0.002	0.006
F	0.50	0.75	0.020	0.030
G	0.65 BSC		0.026 BSC	
H	0.50	0.60	0.020	0.024
J	0.09	0.20	0.004	0.008
J1	0.09	0.16	0.004	0.006
K	0.19	0.30	0.007	0.012
K1	0.19	0.25	0.007	0.010
L	6.40 BSC		0.252 BSC	
M	0°	8°	0°	8°

ON Semiconductor and are registered trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in SCILLC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

### PUBLICATION ORDERING INFORMATION

#### LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor  
P.O. Box 81312, Phoenix, Arizona 85082-1312 USA  
Phone: 480-829-7710 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada  
Fax: 480-829-7709 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada  
Email: [orderlit@onsemi.com](mailto:orderlit@onsemi.com)

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free  
USA/Canada

Japan: ON Semiconductor, Japan Customer Focus Center  
2-9-1 Kamimeguro, Meguro-ku, Tokyo, Japan 153-0051  
Phone: 81-3-5773-3850

ON Semiconductor Website: <http://onsemi.com>

Order Literature: <http://www.onsemi.com/order>

For additional information, please contact your local Sales Representative.

LM324/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# MAXIM

## +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

### General Description

The MAX220-MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, particularly applications where  $\pm 12V$  is not available.

These parts are especially useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than  $5\mu W$ . The MAX225, MAX233, MAX235, and MAX245/MAX246/MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

### Applications

Portable Computers  
Low-Power Modems  
Interface Translation  
Battery-Powered RS-232 Systems  
Multidrop RS-232 Networks

### Features

#### Superior to Bipolar

- ◆ Operate from Single +5V Power Supply (+5V and +12V—MAX231/MAX239)
- ◆ Low-Power Receive Mode in Shutdown (MAX223/MAX242)
- ◆ Meet All EIA/TIA-232E and V.28 Specifications
- ◆ Multiple Drivers and Receivers
- ◆ 3-State Driver and Receiver Outputs
- ◆ Open-Line Detection (MAX243)

### Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX220EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX220MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP

Ordering information continued at end of data sheet.

\*Contact factory for dice specifications.

### Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value ( $\mu F$ )	SHDN & Three-State	Rx Active in SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	0.1	No	—	120	Ultra-low-power, industry-standard pinout
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes	—	200	Low-power shutdown
MAX223 (MAX213)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	✓	120	MAX241 and receivers active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	—	Yes	✓	120	Available in SO
MAX230 (MAX200)	+5	5/0	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	5 drivers with shutdown
MAX231 (MAX201)	+5 and +7.5 to +13.2	2/2	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; same functions as MAX232
MAX232 (MAX202)	+5	2/2	4	1.0 (0.1)	No	—	120 (64)	Industry standard
MAX232A	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Higher slew rate, small caps
MAX233 (MAX203)	+5	2/2	0	—	No	—	120	No external caps
MAX233A	+5	2/2	0	—	No	—	200	No external caps, high slew rate
MAX234 (MAX204)	+5	4/0	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488
MAX235 (MAX205)	+5	5/5	0	—	Yes	—	120	No external caps
MAX236 (MAX206)	+5	4/3	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Shutdown, three state
MAX237 (MAX207)	+5	5/3	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Complements IBM PC serial port
MAX238 (MAX208)	+5	4/4	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488 and 1489
MAX239 (MAX209)	+5 and +7.5 to +13.2	3/5	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; single-package solution for IBM PC serial port
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes	—	120	DIP or flatpack package
MAX241 (MAX211)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Complete IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✓	200	Separate shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Open-line detection simplifies cabling
MAX244	+5	8/10	4	1.0	No	—	120	High slew rate
MAX245	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, two shutdown modes
MAX246	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, three shutdown modes
MAX247	+5	8/9	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, nine operating modes
MAX248	+5	8/8	4	1.0	Yes	✓	120	High slew rate, selective half-chip enables
MAX249	+5	6/10	4	1.0	Yes	✓	120	Available in quad flatpack package

MAXIM

Maxim Integrated Products 1

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at [www.maxim-ic.com](http://www.maxim-ic.com).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX220/222/232A/233A/242/243

Supply Voltage (V <sub>CC</sub> )	-0.3V to +6V	20-Pin Plastic DIP (derate 8.00mW/°C above +70°C)	..440mW
Input Voltages		16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C)	..696mW
T <sub>IN</sub>	-0.3V to (V <sub>CC</sub> - 0.3V)	16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C)	..762mW
R <sub>IN</sub> (Except MAX220)	±30V	18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C)	..762mW
R <sub>IN</sub> (MAX220)	±25V	20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C)	..800mW
T <sub>OUT</sub> (Except MAX220) (Note 1)	±15V	20-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C)	..640mW
T <sub>OUT</sub> (MAX220)	±13.2V	16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C)	..800mW
Output Voltages		18-Pin CERDIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)	..842mW
T <sub>OUT</sub>	±15V	Operating Temperature Ranges	
R <sub>OUT</sub>	-0.3V to (V <sub>CC</sub> + 0.3V)	MAX2_ _AC_ _ , MAX2_ _C_ _	.....0°C to +70°C
Driver/Receiver Output Short Circuited to GND	.....Continuous	MAX2_ _AE_ _ , MAX2_ _E_ _	.....-40°C to +85°C
Continuous Power Dissipation (T <sub>A</sub> = +70°C)		MAX2_ _AM_ _ , MAX2_ _M_ _	.....-55°C to +125°C
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)	.....842mW	Storage Temperature Range	.....-65°C to +160°C
18-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C)	.....889mW	Lead Temperature (soldering, 10s)	.....+300°C

**Note 1:** Input voltage measured with T<sub>OUT</sub> in high-impedance state,  $\overline{\text{SHDN}}$  or V<sub>CC</sub> = 0V.

**Note 2:** For the MAX220, V<sub>+</sub> and V<sub>-</sub> can have a maximum magnitude of 7V, but their absolute difference cannot exceed 13V.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243

(V<sub>CC</sub> = +5V ±10%, C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> = 0.1μF, MAX220, C<sub>1</sub> = 0.047μF, C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub> = 0.33μF, T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>RS-232 TRANSMITTERS</b>						
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND		±5	±8		V
Input Logic Threshold Low				1.4	0.8	V
Input Logic Threshold High	All devices except MAX220		2	1.4		V
	MAX220: V <sub>CC</sub> = 5.0V		2.4			
Logic Pull-Up/Input Current	All except MAX220, normal operation			5	40	μA
	$\overline{\text{SHDN}}$ = 0V, MAX222/242, shutdown, MAX220			±0.01	±1	
Output Leakage Current	V <sub>CC</sub> = 5.5V, $\overline{\text{SHDN}}$ = 0V, V <sub>OUT</sub> = ±15V, MAX222/242			±0.01	±10	μA
	V <sub>CC</sub> = $\overline{\text{SHDN}}$ = 0V, V <sub>OUT</sub> = ±15V			±0.01	±10	
Data Rate				200	116	kbps
Transmitter Output Resistance	V <sub>CC</sub> = V <sub>+</sub> = V <sub>-</sub> = 0V, V <sub>OUT</sub> = ±2V		300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current	V <sub>OUT</sub> = 0V		±7	±22		mA
<b>RS-232 RECEIVERS</b>						
RS-232 Input Voltage Operating Range					±30	V
RS-232 Input Threshold Low	V <sub>CC</sub> = 5V	All except MAX243 R <sub>2IN</sub>	0.8	1.3		V
		MAX243 R <sub>2IN</sub> (Note 2)	-3			
RS-232 Input Threshold High	V <sub>CC</sub> = 5V	All except MAX243 R <sub>2IN</sub>		1.8	2.4	V
		MAX243 R <sub>2IN</sub> (Note 2)		-0.5	-0.1	
RS-232 Input Hysteresis	All except MAX243, V <sub>CC</sub> = 5V, no hysteresis in shdn.		0.2	0.5	1	V
	MAX243			1		
RS-232 Input Resistance			3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I <sub>OUT</sub> = 3.2mA			0.2	0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I <sub>OUT</sub> = -1.0mA		3.5	V <sub>CC</sub> - 0.2		V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V <sub>OUT</sub> = GND		-2	-10		mA
	Shrinking V <sub>OUT</sub> = V <sub>CC</sub>		10	30		

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX220-MAX249**

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

(V<sub>CC</sub> = +5V ±10%, C<sub>1</sub>–C<sub>4</sub> = 0.1µF, MAX220, C<sub>1</sub> = 0.047µF, C<sub>2</sub>–C<sub>4</sub> = 0.33µF, T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
TTL/CMOS Output Leakage Current	SHDN = V <sub>CC</sub> or EN = V <sub>CC</sub> (SHDN = 0V for MAX222), 0V ≤ V <sub>OUT</sub> ≤ V <sub>CC</sub>			±0.05	±10	µA
EN Input Threshold Low	MAX242			1.4	0.8	V
EN Input Threshold High	MAX242		2.0	1.4		V
Operating Supply Voltage			4.5		5.5	V
V <sub>CC</sub> Supply Current (SHDN = V <sub>CC</sub> ), Figures 5, 6, 11, 19	No load	MAX220		0.5	2	mA
		MAX222/232A/233A/242/243		4	10	
	3kΩ load both inputs	MAX220		12		
		MAX222/232A/233A/242/243		15		
Shutdown Supply Current	MAX222/242	T <sub>A</sub> = +25°C		0.1	10	µA
		T <sub>A</sub> = 0°C to +70°C		2	50	
		T <sub>A</sub> = -40°C to +85°C		2	50	
		T <sub>A</sub> = -55°C to +125°C		35	100	
SHDN Input Leakage Current	MAX222/242				±1	µA
SHDN Threshold Low	MAX222/242			1.4	0.8	V
SHDN Threshold High	MAX222/242		2.0	1.4		V
Transition Slew Rate	C <sub>L</sub> = 50pF to 2500pF, R <sub>L</sub> = 3kΩ to 7kΩ, V <sub>CC</sub> = 5V, T <sub>A</sub> = +25°C, measured from +3V to -3V or -3V to +3V	MAX222/232A/233A/242/243	6	12	30	V/µs
		MAX220	1.5	3	30	
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (Normal Operation), Figure 1	t <sub>PHLT</sub>	MAX222/232A/233A/242/243		1.3	3.5	µs
		MAX220		4	10	
	t <sub>PLHT</sub>	MAX222/232A/233A/242/243		1.5	3.5	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (Normal Operation), Figure 2	t <sub>PHLR</sub>	MAX222/232A/233A/242/243		0.5	1	µs
		MAX220		0.6	3	
	t <sub>PLHR</sub>	MAX222/232A/233A/242/243		0.6	1	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (Shutdown), Figure 2	t <sub>PHLS</sub>	MAX242		0.5	10	µs
	t <sub>PLHS</sub>	MAX242		2.5	10	
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	t <sub>ER</sub>	MAX242		125	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	t <sub>DR</sub>	MAX242		160	500	ns
Transmitter-Output Enable Time (SHDN Goes High), Figure 4	t <sub>ET</sub>	MAX222/242, 0.1µF caps (includes charge-pump start-up)		250		µs
Transmitter-Output Disable Time (SHDN Goes Low), Figure 4	t <sub>DT</sub>	MAX222/242, 0.1µF caps		600		ns
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	t <sub>PHLT</sub> - t <sub>PLHT</sub>	MAX222/232A/233A/242/243		300		ns
		MAX220		2000		
Receiver + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	t <sub>PHLR</sub> - t <sub>PLHR</sub>	MAX222/232A/233A/242/243		100		ns
		MAX220		225		

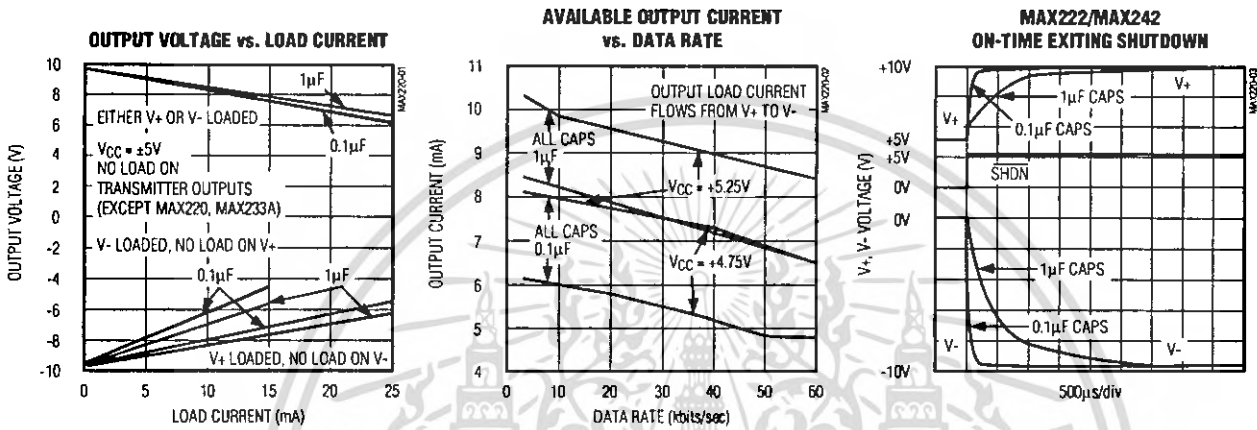
**Note 3:** MAX243 R<sub>2OUT</sub> is guaranteed to be low when R<sub>2IN</sub> is ≥ 0V or is floating.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## Typical Operating Characteristics

### MAX220/MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX220-MAX249**

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX223/MAX230–MAX241

V <sub>CC</sub> .....	-0.3V to +6V	20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C).....	800mW
V <sub>+</sub> .....	(V <sub>CC</sub> - 0.3V) to +14V	24-Pin Wide SO (derate 11.76mW/°C above +70°C).....	941mW
V <sub>-</sub> .....	+0.3V to -14V	28-Pin Wide SO (derate 12.50mW/°C above +70°C).....	1W
<b>Input Voltages</b>			
T <sub>IN</sub> .....	-0.3V to (V <sub>CC</sub> + 0.3V)	44-Pin Plastic FP (derate 11.11mW/°C above +70°C).....	889mW
R <sub>IN</sub> .....	±30V	14-Pin CERDIP (derate 9.09mW/°C above +70°C).....	727mW
<b>Output Voltages</b>			
T <sub>OUT</sub> .....	(V <sub>+</sub> + 0.3V) to (V <sub>-</sub> - 0.3V)	16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C).....	800mW
R <sub>OUT</sub> .....	-0.3V to (V <sub>CC</sub> + 0.3V)	20-Pin CERDIP (derate 11.11mW/°C above +70°C).....	889mW
Short-Circuit Duration, T <sub>OUT</sub> .....	Continuous	24-Pin Narrow CERDIP (derate 12.50mW/°C above +70°C).....	1W
<b>Continuous Power Dissipation (T<sub>A</sub> = +70°C)</b>			
14-Pin Plastic DIP (derate 10.00mW/°C above +70°C).....	800mW	24-Pin Sidebrazed (derate 20.0mW/°C above +70°C).....	1.6W
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C).....	842mW	28-Pin SSOP (derate 9.52mW/°C above +70°C).....	762mW
20-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C).....	889mW	<b>Operating Temperature Ranges</b>	
24-Pin Narrow Plastic DIP (derate 13.33mW/°C above +70°C).....	1.07W	MAX2 ___ C .....	0°C to +70°C
24-Pin Plastic DIP (derate 9.09mW/°C above +70°C).....	500mW	MAX2 ___ E .....	-40°C to +85°C
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C).....	762mW	MAX2 ___ M .....	-55°C to +125°C
		<b>Storage Temperature Range .....</b>	
		-65°C to +160°C	
		<b>Lead Temperature (soldering, 10s) .....</b>	
		+300°C	

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX223/MAX230–MAX241

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241, V<sub>CC</sub> = +5V ±10%; MAX233/MAX235, V<sub>CC</sub> = 5V ±5%, C1–C4 = 1.0μF; MAX231/MAX239, V<sub>CC</sub> = 5V ±10%; V<sub>+</sub> = 7.5V to 13.2V; T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>; unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to ground	±5.0	±7.3		V
V <sub>CC</sub> Power-Supply Current	No load, T <sub>A</sub> = +25°C	MAX223/233	5	10	mA
		MAX223/230/234–238/240/241	7	15	
		MAX231/239	0.4	1	
V <sub>+</sub> Power-Supply Current		MAX231	1.8	5	mA
		MAX239	5	15	
Shutdown Supply Current	T <sub>A</sub> = +25°C	MAX223	15	50	μA
		MAX230/235/236/240/241	1	10	
Input Logic Threshold Low	T <sub>IN</sub> ; EN, SHDN (MAX223); EN, SHDN (MAX230/235–241)			0.8	V
Input Logic Threshold High	T <sub>IN</sub>	2.0			V
	EN, SHDN (MAX223); EN, SHDN (MAX230/235/236/240/241)	2.4			
Logic Pull-Up Current	T <sub>IN</sub> = 0V		1.5	200	μA
Receiver Input Voltage Operating Range		-30		30	V

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX223/MAX230–MAX241 (continued)

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241,  $V_{CC} = +5V \pm 10\%$ ; MAX233/MAX235,  $V_{CC} = 5V \pm 5\%$ ,  $C_1$ – $C_4 = 1.0\mu F$ ; MAX231/MAX239,  $V_{CC} = 5V \pm 10\%$ ;  $V_+ = 7.5V$  to  $13.2V$ ;  $T_A = T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$ ; unless otherwise noted.)

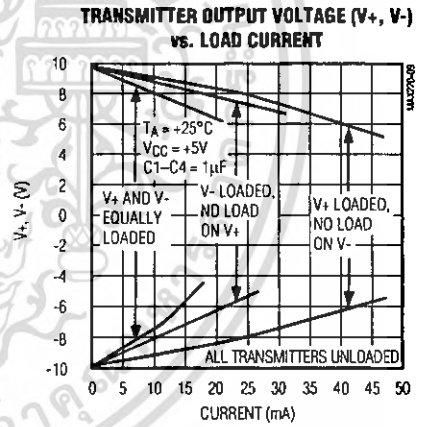
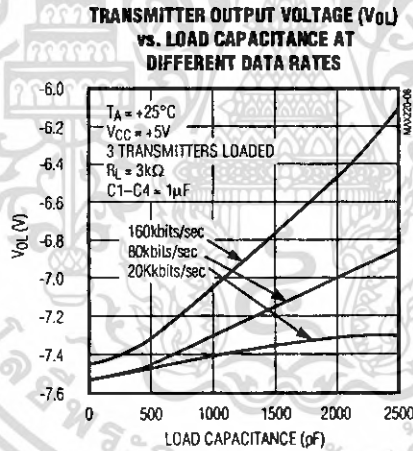
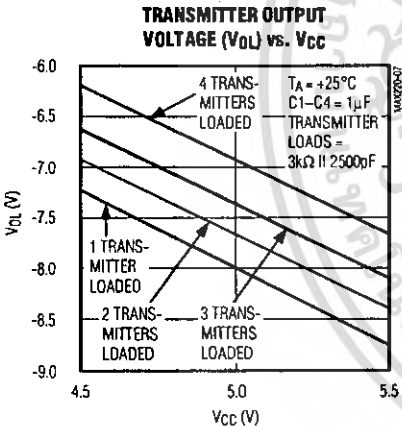
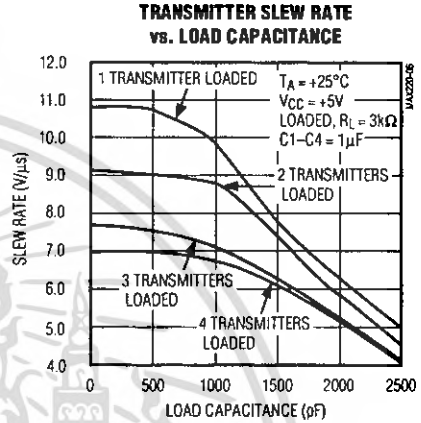
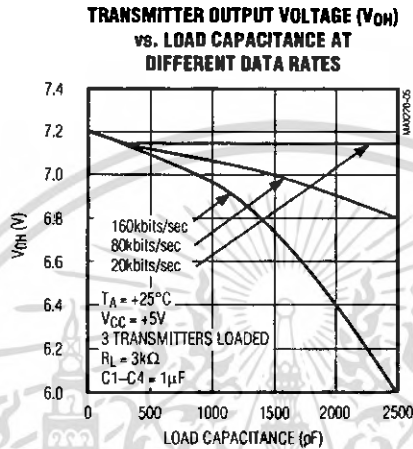
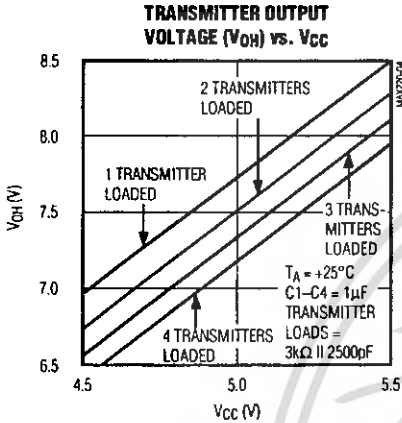
PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 Input Threshold Low	$T_A = +25^\circ C$ , $V_{CC} = 5V$	Normal operation $\overline{SHDN} = 5V$ (MAX223) $SHDN = 0V$ (MAX235/236/240/241)	0.8	1.2		V
		Shutdown (MAX223) $\overline{SHDN} = 0V$ , $EN = 5V$ ( $R_{4IN}$ , $R_{5IN}$ )	0.6	1.5		
RS-232 Input Threshold High	$T_A = +25^\circ C$ , $V_{CC} = 5V$	Normal operation $SHDN = 5V$ (MAX223) $SHDN = 0V$ (MAX235/236/240/241)		1.7	2.4	V
		Shutdown (MAX223) $\overline{SHDN} = 0V$ , $EN = 5V$ ( $R_{4IN}$ , $R_{5IN}$ )		1.5	2.4	
RS-232 Input Hysteresis	$V_{CC} = 5V$ , no hysteresis in shutdown		0.2	0.5	1.0	V
RS-232 Input Resistance	$T_A = +25^\circ C$ , $V_{CC} = 5V$		3	5	7	k $\Omega$
TTL/CMOS Output Voltage Low	$I_{OUT} = 1.6mA$ (MAX231/232/233, $I_{OUT} = 3.2mA$ )				0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	$I_{OUT} = -1mA$		3.5	$V_{CC} - 0.4$		V
TTL/CMOS Output Leakage Current	$0V \leq R_{OUT} \leq V_{CC}$ ; $EN = 0V$ (MAX223); $\overline{EN} = V_{CC}$ (MAX235–241)			0.05	$\pm 10$	$\mu A$
Receiver Output Enable Time	Normal operation	MAX223		600		ns
		MAX235/236/239/240/241		400		
Receiver Output Disable Time	Normal operation	MAX223		900		ns
		MAX235/236/239/240/241		250		
Propagation Delay	RS-232 IN to TTL/CMOS OUT, $C_L = 150pF$	Normal operation		0.5	10	$\mu s$
		$\overline{SHDN} = 0V$ (MAX223)	$I_{PHLS}$	4	40	
			$I_{PLHS}$	6	40	
Transition Region Slew Rate	MAX223/MAX230/MAX234–241, $T_A = +25^\circ C$ , $V_{CC} = 5V$ , $R_L = 3k\Omega$ to $7k\Omega$ , $C_L = 50pF$ to $2500pF$ , measured from $+3V$ to $-3V$ or $-3V$ to $+3V$		3	5.1	30	V/ $\mu s$
	MAX231/MAX232/MAX233, $T_A = +25^\circ C$ , $V_{CC} = 5V$ , $R_L = 3k\Omega$ to $7k\Omega$ , $C_L = 50pF$ to $2500pF$ , measured from $+3V$ to $-3V$ or $-3V$ to $+3V$			4	30	
Transmitter Output Resistance	$V_{CC} = V_+ = V_- = 0V$ , $V_{OUT} = \pm 2V$		300			$\Omega$
Transmitter Output Short-Circuit Current			$\pm 10$			mA

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

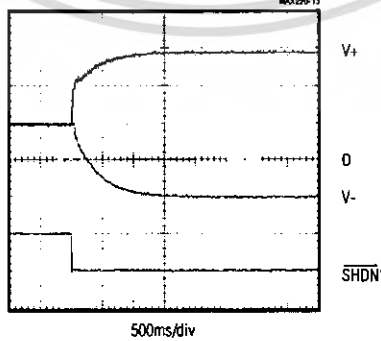
## Typical Operating Characteristics

### MAX223/MAX230-MAX241

MAX220-MAX249



**$V_+$ ,  $V_-$  WHEN EXITING SHUTDOWN (1µF CAPACITORS)**



\*SHUTDOWN POLARITY IS REVERSED FOR NON MAX241 PARTS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX225/MAX244—MAX249

Supply Voltage (VCC) .....	-0.3V to +6V	Continuous Power Dissipation (T <sub>A</sub> = +70°C)
Input Voltages		28-Pin Wide SO (derate 12.50mW/°C above +70°C) .....
T <sub>IN</sub> , ENA, ENB, ENR, ENT, ENRA,		40-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) ...
ENRB, ENTA, ENTB .....	-0.3V to (VCC + 0.3V)	44-Pin PLCC (derate 13.33mW/°C above +70°C) .....
R <sub>IN</sub> .....	±25V	Operating Temperature Ranges
T <sub>OUT</sub> (Note 3) .....	±15V	MAX225C_, MAX24_C_ .....
R <sub>OUT</sub> .....	-0.3V to (VCC + 0.3V)	MAX225E_, MAX24_E_ .....
Short Circuit (one output at a time)		Storage Temperature Range .....
T <sub>OUT</sub> to GND .....	Continuous	Lead Temperature (soldering, 10s) .....
R <sub>OUT</sub> to GND .....	Continuous	

**Note 4:** Input voltage measured with transmitter output in a high-impedance state, shutdown, or VCC = 0V.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX225/MAX244—MAX249

(MAX225, VCC = 5.0V ±5%; MAX244—MAX249, VCC = +5.0V ±10%, external capacitors C1—C4 = 1μF; T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>; unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>RS-232 TRANSMITTERS</b>					
Input Logic Threshold Low			1.4	0.8	V
Input Logic Threshold High		2	1.4		V
Logic Pull-Up/Input Current	Tables 1a-1d	Normal operation		10	50
		Shutdown		±0.01	±1
Data Rate	Tables 1a-1d, normal operation		120	64	kbps
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND	±5	±7.5		V
Output Leakage Current (Shutdown)	Tables 1a-1d	ENA, ENB, ENT, ENTA, ENTB = VCC, VOUT = ±15V		±0.01	±25
		VCC = 0V, VOUT = ±15V		±0.01	±25
Transmitter Output Resistance	VCC = V+ = V- = 0V, VOUT = ±2V (Note 4)	300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current	VOUT = 0V	±7	±30		mA
<b>RS-232 RECEIVERS</b>					
RS-232 Input Voltage Operating Range				±25	V
RS-232 Input Threshold Low	VCC = 5V	0.8	1.3		V
RS-232 Input Threshold High	VCC = 5V		1.8	2.4	V
RS-232 Input Hysteresis	VCC = 5V	0.2	0.5	1.0	V
RS-232 Input Resistance		3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I <sub>OUT</sub> = 3.2mA		0.2	0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I <sub>OUT</sub> = -1.0mA	3.5	VCC - 0.2		V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing VOUT = GND	-2	-10		mA
	Shrinking VOUT = VCC	10	30		
TTL/CMOS Output Leakage Current	Normal operation, outputs disabled, Tables 1a-1d, 0V ≤ VOUT ≤ VCC, ENR_ = VCC		±0.05	±0.10	μA

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX220-MAX249**

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX225/MAX244-MAX249 (continued)

(MAX225,  $V_{CC} = 5.0V \pm 5\%$ ; MAX244-MAX249,  $V_{CC} = +5.0V \pm 10\%$ , external capacitors C1-C4 = 1 $\mu$ F;  $T_A = T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$ ; unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>POWER SUPPLY AND CONTROL LOGIC</b>						
Operating Supply Voltage		MAX225	4.75		5.25	V
		MAX244-MAX249	4.5		5.5	
V <sub>CC</sub> Supply Current (Normal Operation)	No load	MAX225		10	20	mA
		MAX244-MAX249		11	30	
	3k $\Omega$ loads on all outputs	MAX225		40		
		MAX244-MAX249		57		
Shutdown Supply Current	$T_A = +25^\circ\text{C}$			8	25	$\mu$ A
	$T_A = T_{MIN}$ to $T_{MAX}$				50	
Control Input	Leakage current				$\pm 1$	$\mu$ A
	Threshold low			1.4	0.8	V
	Threshold high		2.4	1.4		
<b>AC CHARACTERISTICS</b>						
Transition Slew Rate	$C_L = 50\text{pF}$ to $2500\text{pF}$ , $R_L = 3\text{k}\Omega$ to $7\text{k}\Omega$ , $V_{CC} = 5\text{V}$ , $T_A = +25^\circ\text{C}$ , measured from $+3\text{V}$ to $-3\text{V}$ or $-3\text{V}$ to $+3\text{V}$		5	10	30	V/ $\mu$ s
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (Normal Operation), Figure 1	t <sub>PHLT</sub>			1.3	3.5	$\mu$ s
	t <sub>PLHT</sub>			1.5	3.5	
Receiver Propagation Delay TLL to RS-232 (Normal Operation), Figure 2	t <sub>PHLR</sub>			0.6	1.5	$\mu$ s
	t <sub>PLHR</sub>			0.6	1.5	
Receiver Propagation Delay TLL to RS-232 (Low-Power Mode), Figure 2	t <sub>PHLS</sub>			0.6	10	$\mu$ s
	t <sub>PLHS</sub>			3.0	10	
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	t <sub>PHLT</sub> - t <sub>PLHT</sub>			350		ns
Receiver + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	t <sub>PHLR</sub> - t <sub>PLHR</sub>			350		ns
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	t <sub>ER</sub>			100	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	t <sub>DR</sub>			100	500	ns
Transmitter Enable Time	t <sub>ET</sub>	MAX246-MAX249 (excludes charge-pump startup)		5		$\mu$ s
		MAX225/MAX245-MAX249 (includes charge-pump startup)		10		ms
Transmitter Disable Time, Figure 4	t <sub>DT</sub>			100		ns

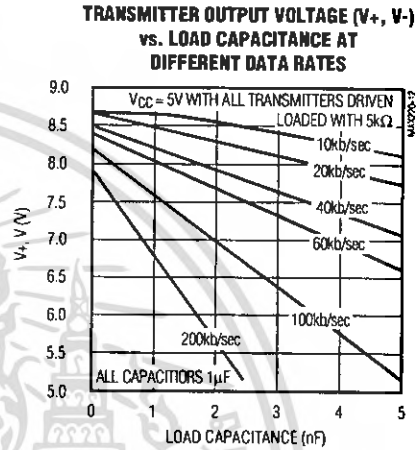
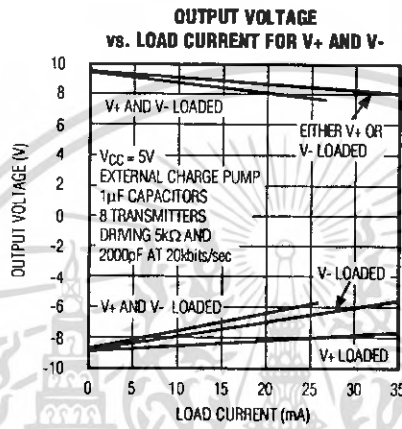
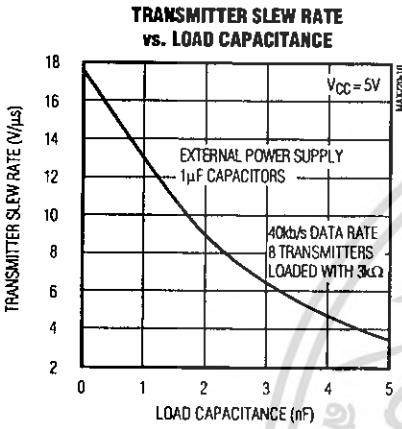
**Note 5:** The 300 $\Omega$  minimum specification complies with EIA/TIA-232E, but the actual resistance when in shutdown mode or  $V_{CC} = 0\text{V}$  is 10M $\Omega$  as is implied by the leakage specification.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## Typical Operating Characteristics

### MAX225/MAX244-MAX249



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

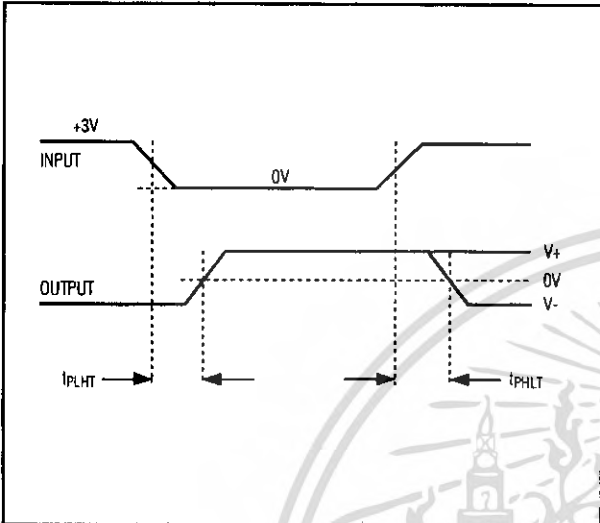


Figure 1. Transmitter Propagation-Delay Timing

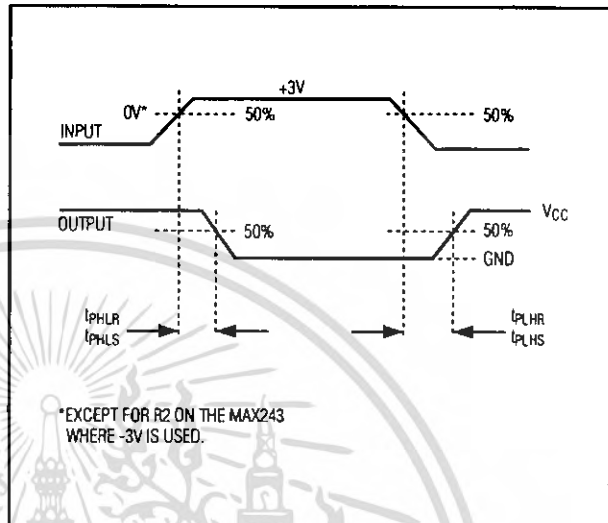


Figure 2. Receiver Propagation-Delay Timing

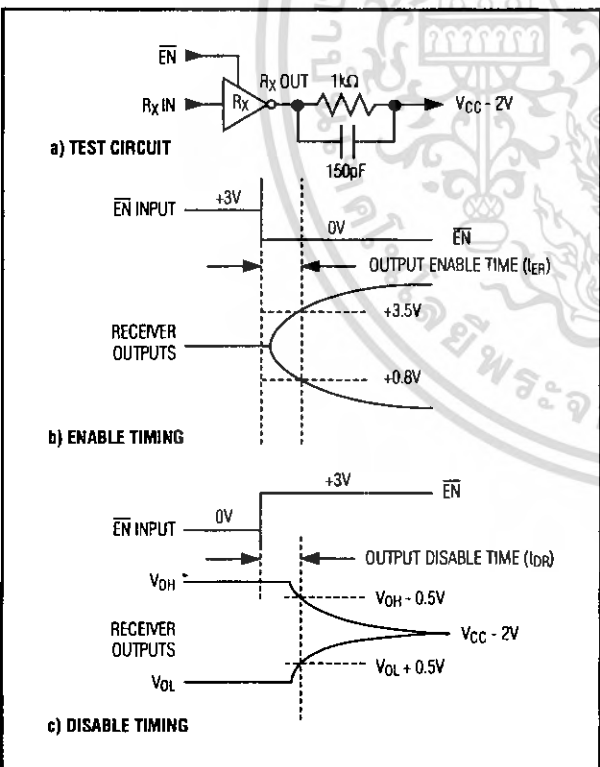


Figure 3. Receiver-Output Enable and Disable Timing

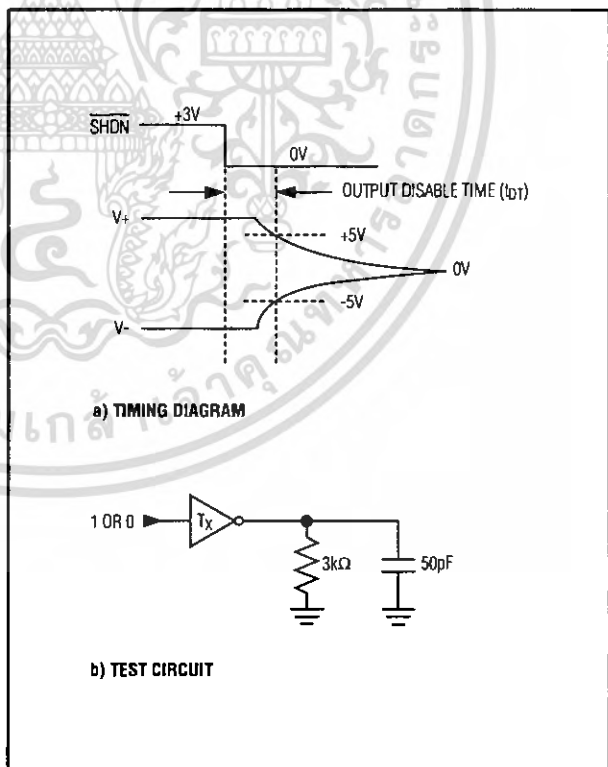


Figure 4. Transmitter-Output Disable Timing

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**Table 1a. MAX245 Control Pin Configurations**

$\overline{\text{ENT}}$	$\overline{\text{ENR}}$	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS	RECEIVERS
0	0	Normal Operation	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All 3-State
1	0	Shutdown	All 3-State	All Low-Power Receive Mode
1	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State

**Table 1b. MAX245 Control Pin Configurations**

$\overline{\text{ENT}}$	$\overline{\text{ENR}}$	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS		RECEIVERS	
			TA1-TA4	TB1-TB4	RA1-RA5	RB1-RB5
0	0	Normal Operation	All Active	All Active	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All Active	RA1-RA4 3-State, RA5 Active	RB1-RB4 3-State, RB5 Active
1	0	Shutdown	All 3-State	All 3-State	All Low-Power Receive Mode	All Low-Power Receive Mode
1	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State	RA1-RA4 3-State, RA5 Low-Power Receive Mode	RB1-RB4 3-State, RB5 Low-Power Receive Mode

**Table 1c. MAX246 Control Pin Configurations**

$\overline{\text{ENA}}$	$\overline{\text{ENB}}$	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS		RECEIVERS	
			TA1-TA4	TB1-TB4	RA1-RA5	RB1-RB5
0	0	Normal Operation	All Active	All Active	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All 3-State	All Active	RB1-RB4 3-State, RB5 Active
1	0	Shutdown	All 3-State	All Active	RA1-RA4 3-State, RA5 Active	All Active
1	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State	RA1-RA4 3-State, RA5 Low-Power Receive Mode	RB1-RB4 3-State, RB5 Low-Power Receive Mode

## +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX220-MAX249**

**Table 1d. MAX247/MAX248/MAX249 Control Pin Configurations**

ENT <sub>A</sub>	ENT <sub>B</sub>	ENR <sub>A</sub>	ENR <sub>B</sub>	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS			RECEIVERS	
					MAX247	TA1-TA4	TB1-TB4	RA1-RA4	RB1-RB5
					MAX248	TA1-TA4	TB1-TB4	RA1-RA4	RB1-RB4
					MAX249	TA1-TA3	TB1-TB3	RA1-RA5	RB1-RB5
0	0	0	0	Normal Operation		All Active	All Active	All Active	All Active
0	0	0	1	Normal Operation		All Active	All Active	All Active	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
0	0	1	0	Normal Operation		All Active	All Active	All 3-State	All Active
0	0	1	1	Normal Operation		All Active	All Active	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
0	1	0	0	Normal Operation		All Active	All 3-State	All Active	All Active
0	1	0	1	Normal Operation		All Active	All 3-State	All Active	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
0	1	1	0	Normal Operation		All Active	All 3-State	All 3-State	All Active
0	1	1	1	Normal Operation		All Active	All 3-State	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	0	0	0	Normal Operation		All 3-State	All Active	All Active	All Active
1	0	0	1	Normal Operation		All 3-State	All Active	All Active	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	0	1	0	Normal Operation		All 3-State	All Active	All 3-State	All Active
1	0	1	1	Normal Operation		All 3-State	All Active	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	1	0	0	Shutdown		All 3-State	All 3-State	Low-Power Receive Mode	Low-Power Receive Mode
1	1	0	1	Shutdown		All 3-State	All 3-State	Low-Power Receive Mode	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	1	1	0	Shutdown		All 3-State	All 3-State	All 3-State	Low-Power Receive Mode
1	1	1	1	Shutdown		All 3-State	All 3-State	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## Detailed Description

The MAX220–MAX249 contain four sections: dual charge-pump DC-DC voltage converters, RS-232 drivers, RS-232 receivers, and receiver and transmitter enable control inputs.

### Dual Charge-Pump Voltage Converter

The MAX220–MAX249 have two internal charge-pumps that convert +5V to ±10V (unloaded) for RS-232 driver operation. The first converter uses capacitor C1 to double the +5V input to +10V on C3 at the V+ output. The second converter uses capacitor C2 to invert +10V to -10V on C4 at the V- output.

A small amount of power may be drawn from the +10V (V+) and -10V (V-) outputs to power external circuitry (see the *Typical Operating Characteristics* section), except on the MAX225 and MAX245–MAX247, where these pins are not available. V+ and V- are not regulated, so the output voltage drops with increasing load current. Do not load V+ and V- to a point that violates the minimum ±5V EIA/TIA-232E driver output voltage when sourcing current from V+ and V- to external circuitry.

When using the shutdown feature in the MAX222, MAX225, MAX230, MAX235, MAX236, MAX240, MAX241, and MAX245–MAX249, avoid using V+ and V- to power external circuitry. When these parts are shut down, V- falls to 0V, and V+ falls to +5V. For applications where a +10V external supply is applied to the V+ pin (instead of using the internal charge pump to generate +10V), the C1 capacitor must not be installed and the SHDN pin must be tied to VCC. This is because V+ is internally connected to VCC in shutdown mode.

### RS-232 Drivers

The typical driver output voltage swing is ±8V when loaded with a nominal 5kΩ RS-232 receiver and VCC = +5V. Output swing is guaranteed to meet the EIA/TIA-232E and V.28 specification, which calls for ±5V minimum driver output levels under worst-case conditions. These include a minimum 3kΩ load, VCC = +4.5V, and maximum operating temperature. Unloaded driver output voltage ranges from (V+ - 1.3V) to (V- + 0.5V).

Input thresholds are both TTL and CMOS compatible. The inputs of unused drivers can be left unconnected since 400kΩ input pull-up resistors to VCC are built in (except for the MAX220). The pull-up resistors force the outputs of unused drivers low because all drivers invert. The internal input pull-up resistors typically source 12μA, except in shutdown mode where the pull-ups are disabled. Driver outputs turn off and enter a high-impedance state—where leakage current is typically microamperes (maximum 25μA)—when in shutdown

mode, in three-state mode, or when device power is removed. Outputs can be driven to ±15V. The power-supply current typically drops to 8μA in shutdown mode. The MAX220 does not have pull-up resistors to force the outputs of the unused drivers low. Connect unused inputs to GND or VCC.

The MAX239 has a receiver three-state control line, and the MAX223, MAX225, MAX235, MAX236, MAX240, and MAX241 have both a receiver three-state control line and a low-power shutdown control. Table 2 shows the effects of the shutdown control and receiver three-state control on the receiver outputs.

The receiver TTL/CMOS outputs are in a high-impedance, three-state mode whenever the three-state enable line is high (for the MAX225/MAX235/MAX236/MAX239–MAX241), and are also high-impedance whenever the shutdown control line is high.

When in low-power shutdown mode, the driver outputs are turned off and their leakage current is less than 1μA with the driver output pulled to ground. The driver output leakage remains less than 1μA, even if the transmitter output is backdriven between 0V and (VCC + 6V). Below -0.5V, the transmitter is diode clamped to ground with 1kΩ series impedance. The transmitter is also zener clamped to approximately VCC + 6V, with a series impedance of 1kΩ.

The driver output slew rate is limited to less than 30V/μs as required by the EIA/TIA-232E and V.28 specifications. Typical slew rates are 24V/μs unloaded and 10V/μs loaded with 3Ω and 2500pF.

### RS-232 Receivers

EIA/TIA-232E and V.28 specifications define a voltage level greater than 3V as a logic 0, so all receivers invert. Input thresholds are set at 0.8V and 2.4V, so receivers respond to TTL level inputs as well as EIA/TIA-232E and V.28 levels.

The receiver inputs withstand an input overvoltage up to ±25V and provide input terminating resistors with

**Table 2. Three-State Control of Receivers**

PART	SHDN	SHDN	EN	EN(R)	RECEIVERS
MAX223	—	Low High High	X Low High	—	High Impedance Active High Impedance
MAX225	—	—	—	Low High	High Impedance Active
MAX235 MAX236 MAX240	Low Low High	—	—	Low High X	High Impedance Active High Impedance

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

nominal 5k $\Omega$  values. The receivers implement Type 1 interpretation of the fault conditions of V.28 and EIA/TIA-232E.

The receiver input hysteresis is typically 0.5V with a guaranteed minimum of 0.2V. This produces clear output transitions with slow-moving input signals, even with moderate amounts of noise and ringing. The receiver propagation delay is typically 600ns and is independent of input swing direction.

## Low-Power Receive Mode

The low-power receive-mode feature of the MAX223, MAX242, and MAX245-MAX249 puts the IC into shutdown mode but still allows it to receive information. This is important for applications where systems are periodically awakened to look for activity. Using low-power receive mode, the system can still receive a signal that will activate it on command and prepare it for communication at faster data rates. This operation conserves system power.

## Negative Threshold—MAX243

The MAX243 is pin compatible with the MAX232A, differing only in that RS-232 cable fault protection is removed on one of the two receiver inputs. This means that control lines such as CTS and RTS can either be driven or left floating without interrupting communication. Different cables are not needed to interface with different pieces of equipment.

The input threshold of the receiver without cable fault protection is -0.8V rather than +1.4V. Its output goes positive only if the input is connected to a control line that is actively driven negative. If not driven, it defaults to the 0 or "OK to send" state. Normally, the MAX243's other receiver (+1.4V threshold) is used for the data line (TD or RD), while the negative threshold receiver is connected to the control line (DTR, DTS, CTS, RTS, etc.).

Other members of the RS-232 family implement the optional cable fault protection as specified by EIA/TIA-232E specifications. This means a receiver output goes high whenever its input is driven negative, left floating, or shorted to ground. The high output tells the serial communications IC to stop sending data. To avoid this, the control lines must either be driven or connected with jumpers to an appropriate positive voltage level.

## Shutdown—MAX222-MAX242

On the MAX222, MAX235, MAX236, MAX240, and MAX241, all receivers are disabled during shutdown. On the MAX223 and MAX242, two receivers continue to operate in a reduced power mode when the chip is in shutdown. Under these conditions, the propagation delay increases to about 2.5 $\mu$ s for a high-to-low input transition. When in shutdown, the receiver acts as a CMOS inverter with no hysteresis. The MAX223 and MAX242 also have a receiver output enable input (EN for the MAX242 and EN for the MAX223) that allows receiver output control independent of SHDN (SHDN for MAX241). With all other devices, SHDN (SHDN for MAX241) also disables the receiver outputs.

The MAX225 provides five transmitters and five receivers, while the MAX245 provides ten receivers and eight transmitters. Both devices have separate receiver and transmitter-enable controls. The charge pumps turn off and the devices shut down when a logic high is applied to the ENT input. In this state, the supply current drops to less than 25 $\mu$ A and the receivers continue to operate in a low-power receive mode. Driver outputs enter a high-impedance state (three-state mode). On the MAX225, all five receivers are controlled by the ENR input. On the MAX245, eight of the receiver outputs are controlled by the ENR input, while the remaining two receivers (RA5 and RB5) are always active. RA1-RA4 and RB1-RB4 are put in a three-state mode when ENR is a logic high.

## Receiver and Transmitter Enable Control Inputs

The MAX225 and MAX245-MAX249 feature transmitter and receiver enable controls.

The receivers have three modes of operation: full-speed receive (normal active), three-state (disabled), and low-power receive (enabled receivers continue to function at lower data rates). The receiver enable inputs control the full-speed receive and three-state modes. The transmitters have two modes of operation: full-speed transmit (normal active) and three-state (disabled). The transmitter enable inputs also control the shutdown mode. The device enters shutdown mode when all transmitters are disabled. Enabled receivers function in the low-power receive mode when in shutdown.

## +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

Tables 1a–1d define the control states. The MAX244 has no control pins and is not included in these tables.

The MAX246 has ten receivers and eight drivers with two control pins, each controlling one side of the device. A logic high at the A-side control input ( $\overline{ENA}$ ) causes the four A-side receivers and drivers to go into a three-state mode. Similarly, the B-side control input ( $\overline{ENB}$ ) causes the four B-side drivers and receivers to go into a three-state mode. As in the MAX245, one A-side and one B-side receiver (RA5 and RB5) remain active at all times. The entire device is put into shutdown mode when both the A and B sides are disabled ( $\overline{ENA} = \overline{ENB} = +5V$ ).

The MAX247 provides nine receivers and eight drivers with four control pins. The  $\overline{ENRA}$  and  $\overline{ENRB}$  receiver enable inputs each control four receiver outputs. The  $\overline{ENTA}$  and  $\overline{ENTB}$  transmitter enable inputs each control four drivers. The ninth receiver (RB5) is always active. The device enters shutdown mode with a logic high on both  $\overline{ENTA}$  and  $\overline{ENTB}$ .

The MAX248 provides eight receivers and eight drivers with four control pins. The  $\overline{ENRA}$  and  $\overline{ENRB}$  receiver enable inputs each control four receiver outputs. The  $\overline{ENTA}$  and  $\overline{ENTB}$  transmitter enable inputs control four drivers each. This part does not have an always-active receiver. The device enters shutdown mode and transmitters go into a three-state mode with a logic high on both  $\overline{ENTA}$  and  $\overline{ENTB}$ .

The MAX249 provides ten receivers and six drivers with four control pins. The  $\overline{ENRA}$  and  $\overline{ENRB}$  receiver enable inputs each control five receiver outputs. The  $\overline{ENTA}$  and  $\overline{ENTB}$  transmitter enable inputs control three drivers each. There is no always-active receiver. The device enters shutdown mode and transmitters go into a three-state mode with a logic high on both  $\overline{ENTA}$  and  $\overline{ENTB}$ . In shutdown mode, active receivers operate in a low-power receive mode at data rates up to 20kbits/sec.

### Applications Information

Figures 5 through 25 show pin configurations and typical operating circuits. In applications that are sensitive to power-supply noise, VCC should be decoupled to ground with a capacitor of the same value as C1 and C2 connected as close as possible to the device.

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX220-MAX249**

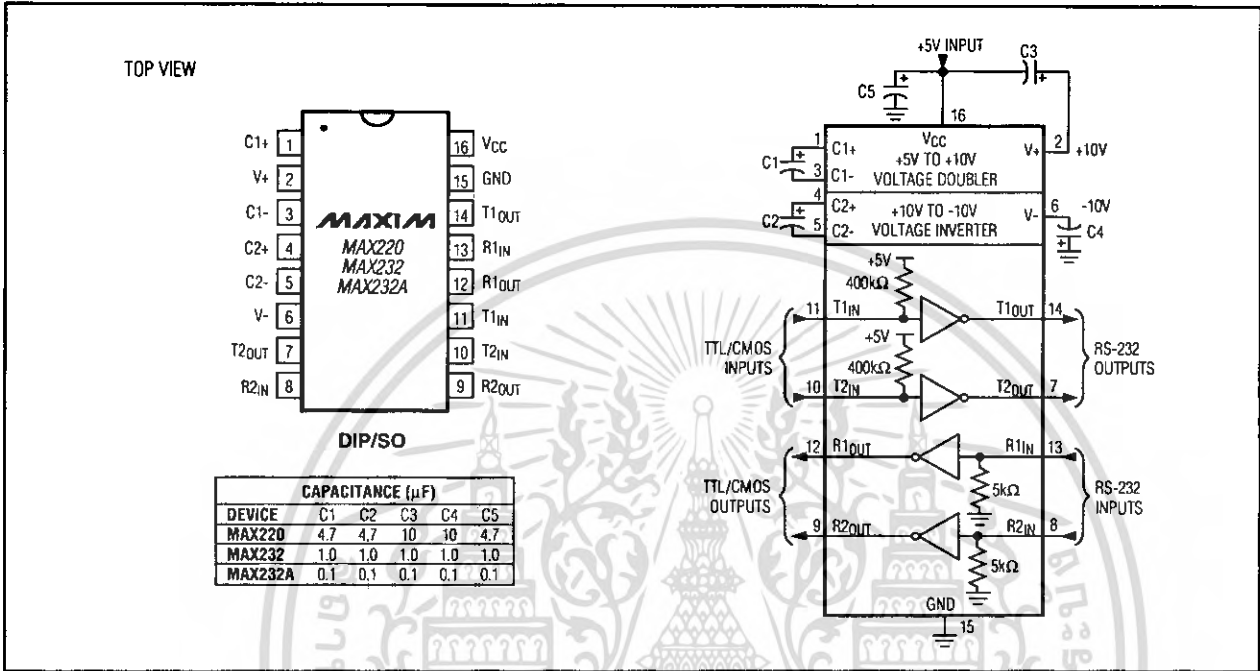


Figure 5. MAX220/MAX232/MAX232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

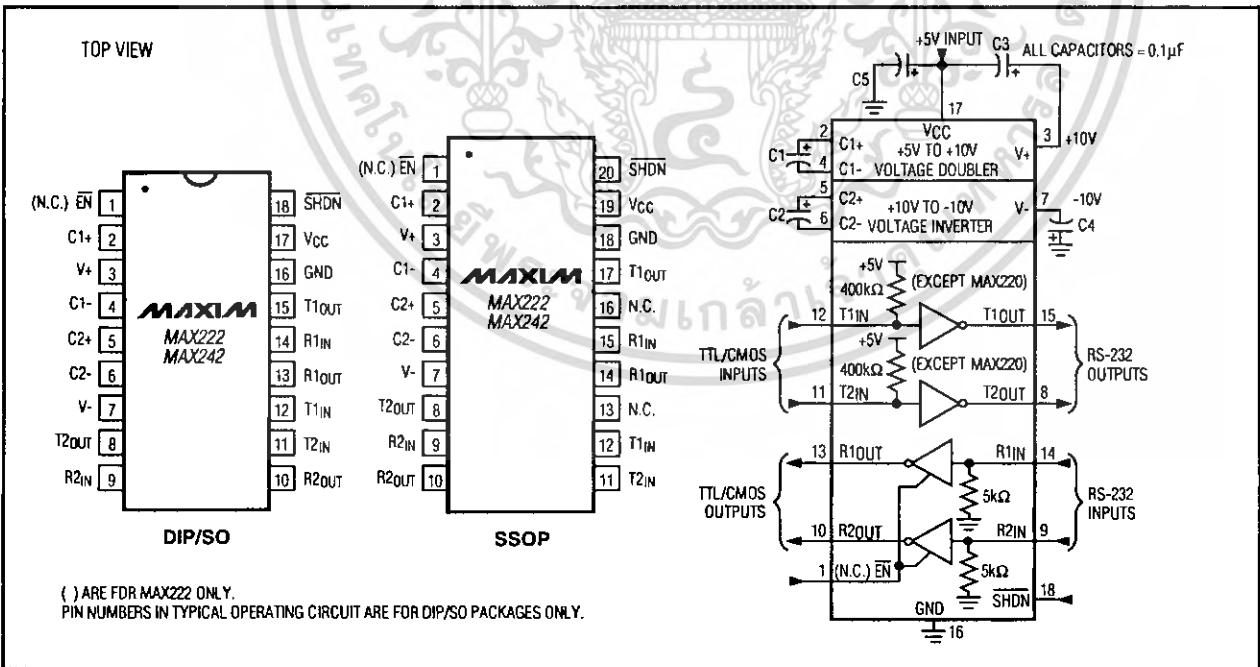


Figure 6. MAX222/MAX242 Pin Configurations and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

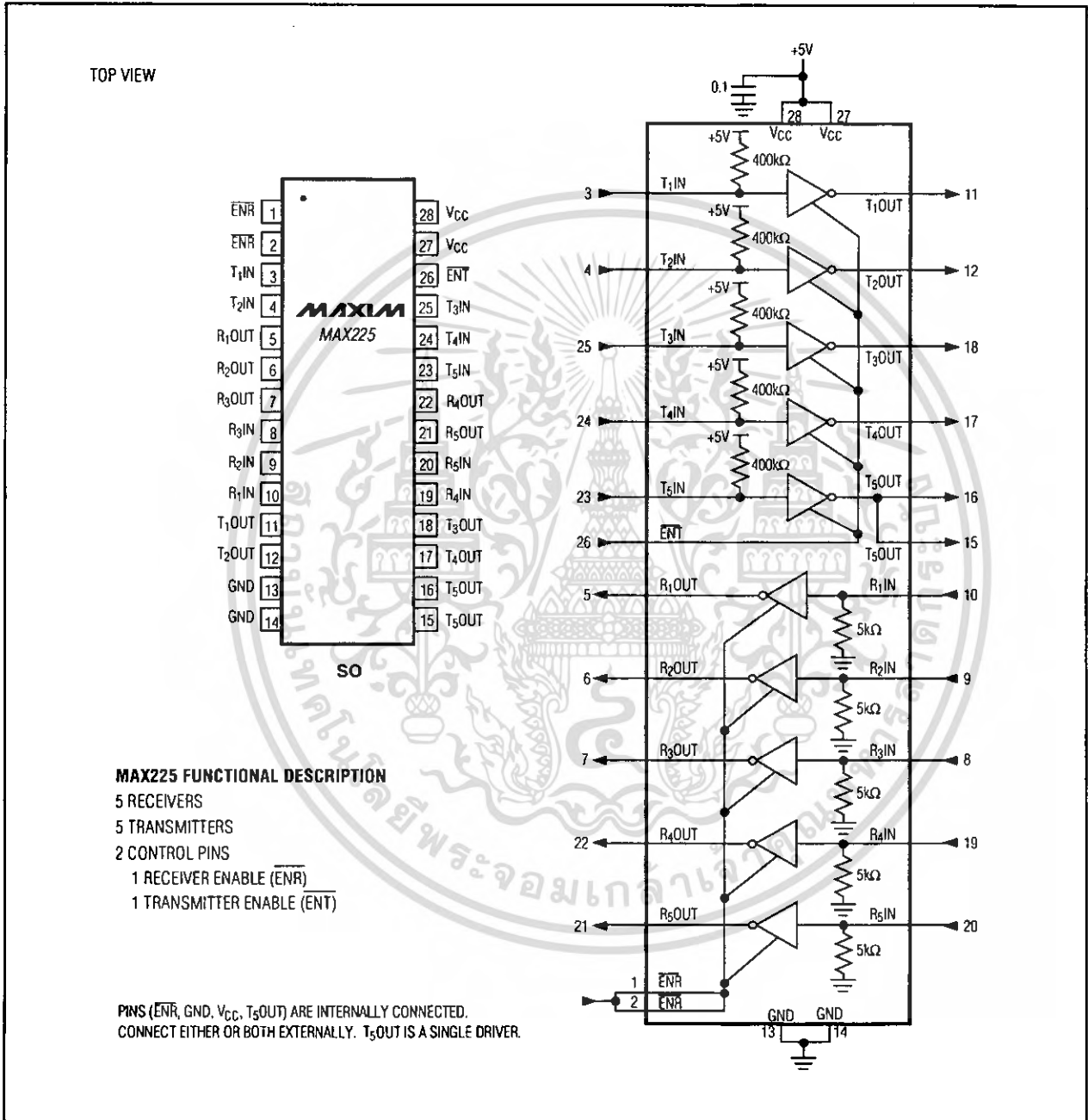


Figure 7. MAX225 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX220-MAX249**

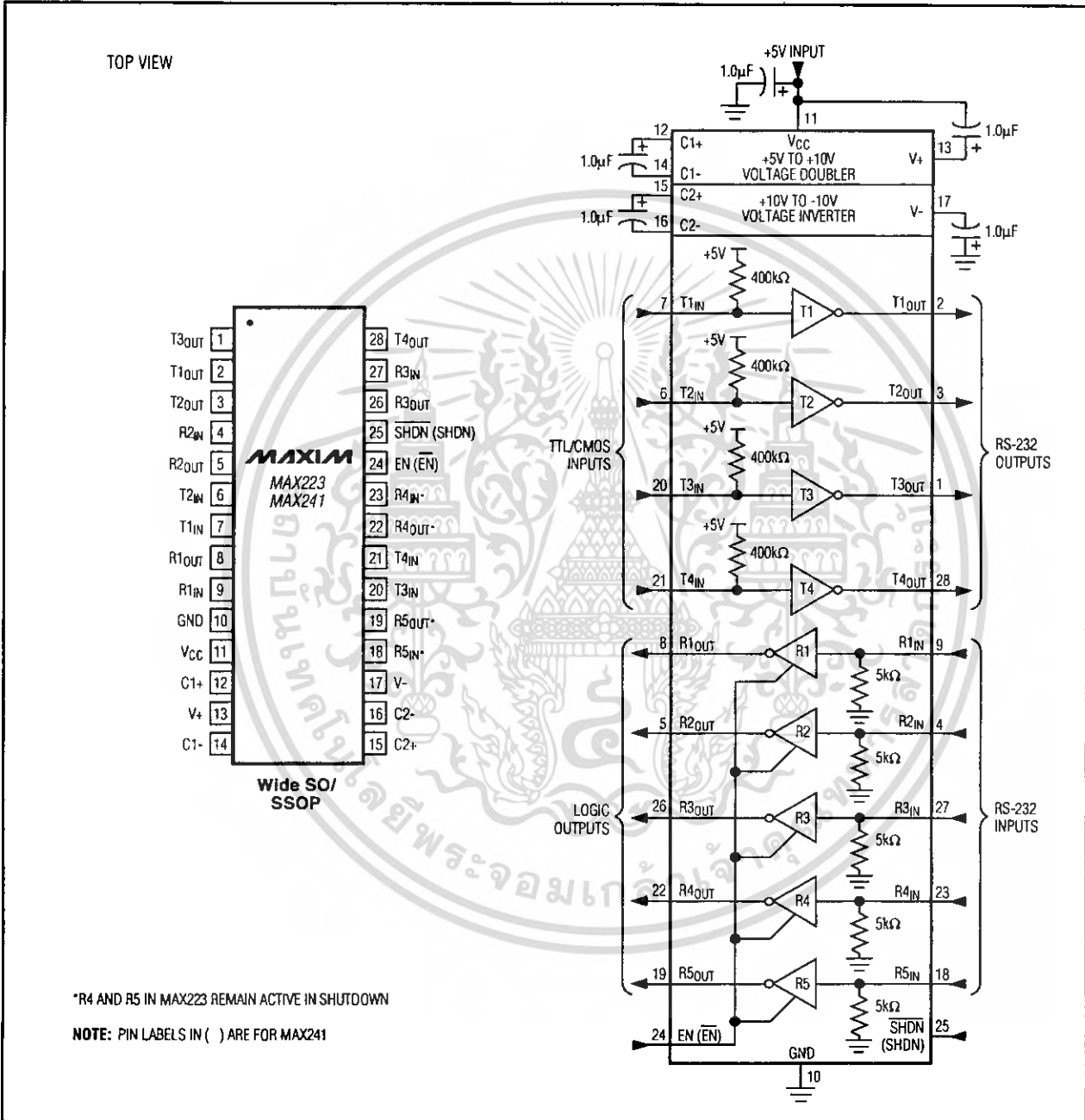


Figure 8. MAX223/MAX241 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

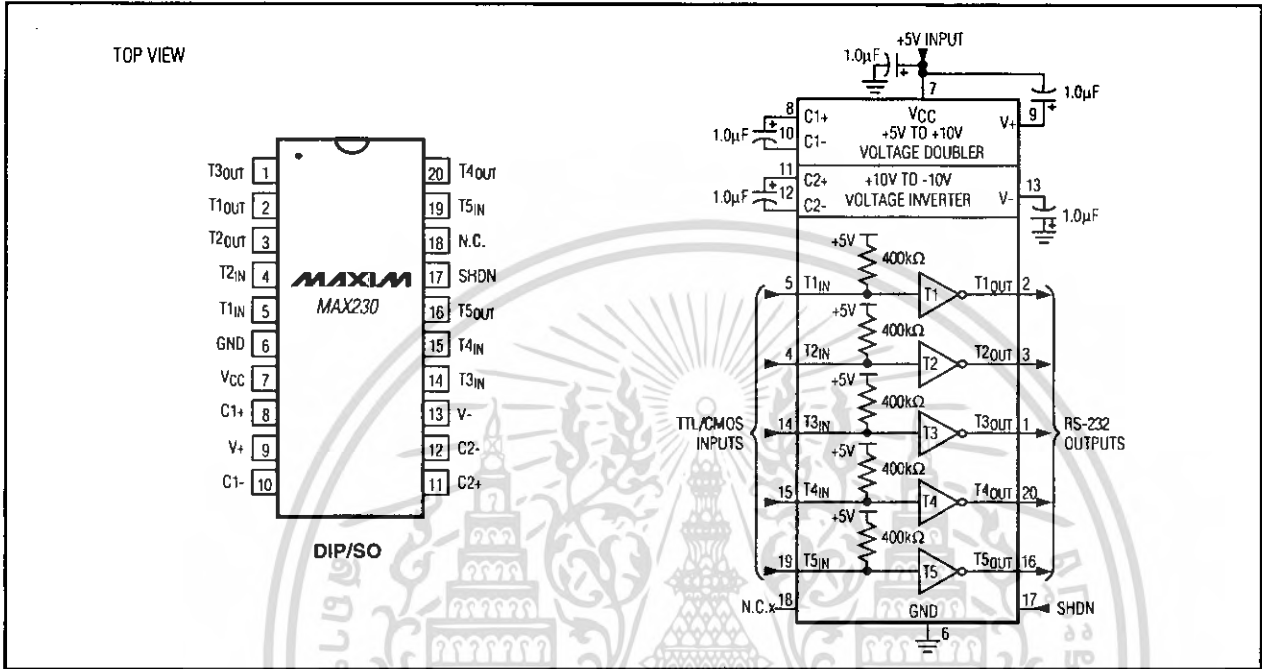


Figure 9. MAX230 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

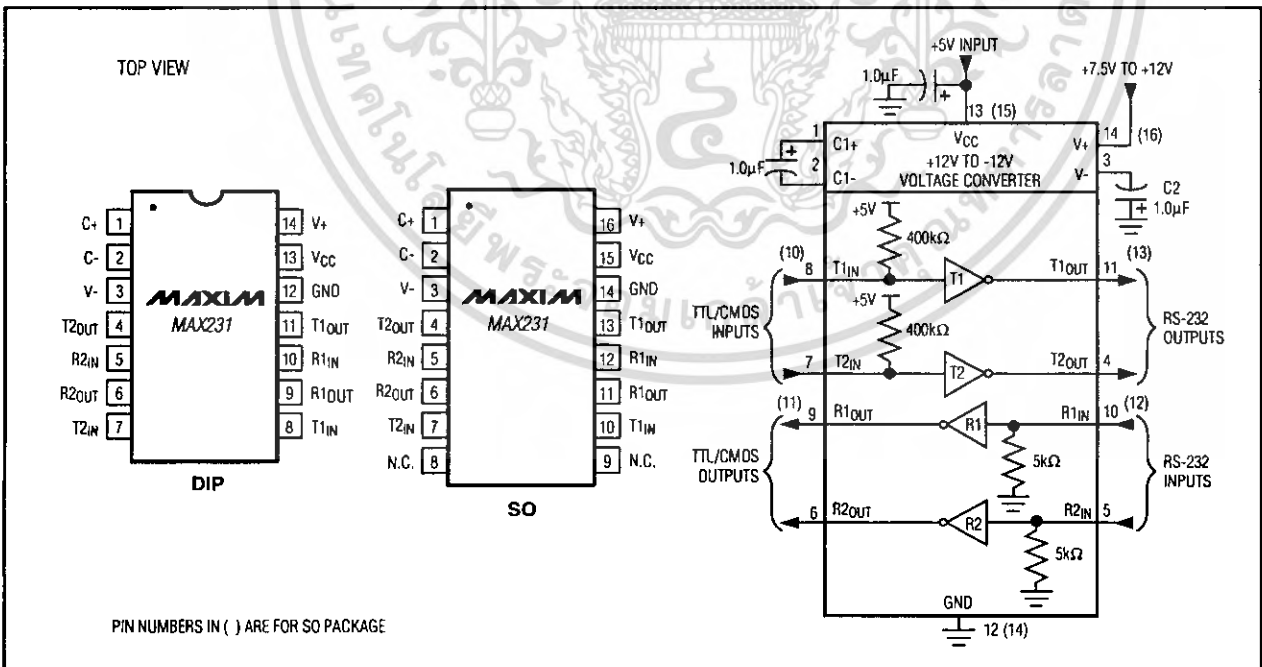


Figure 10. MAX231 Pin Configurations and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX220-MAX249**

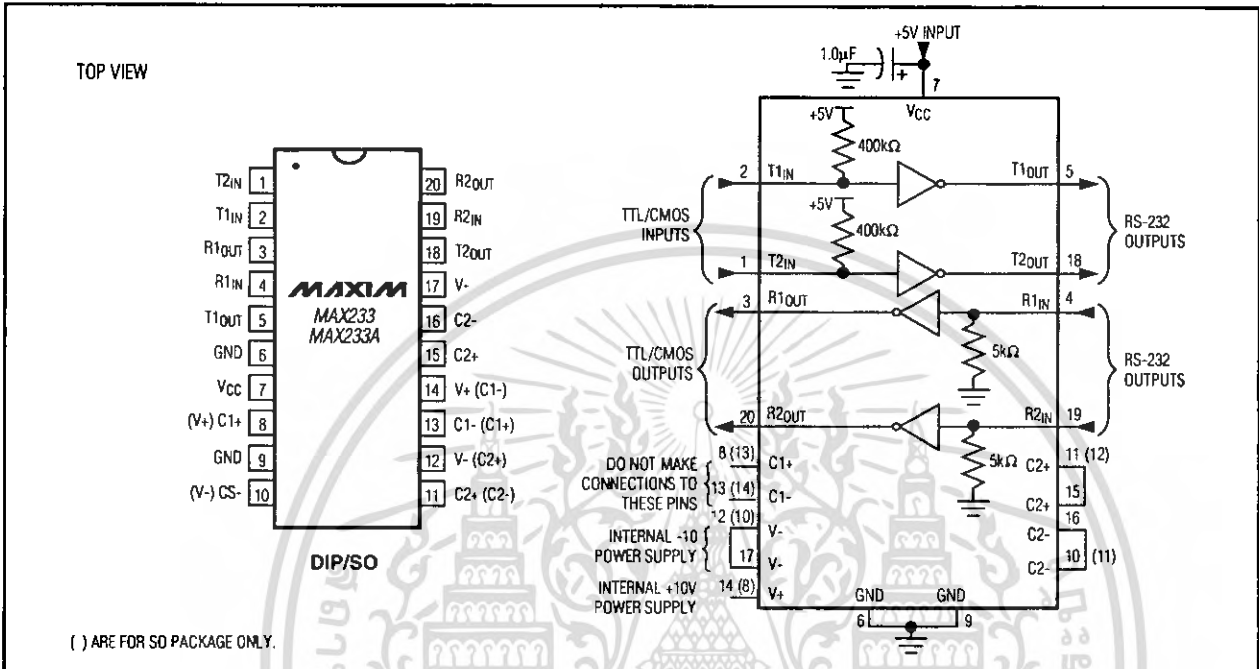


Figure 11. MAX233/MAX233A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

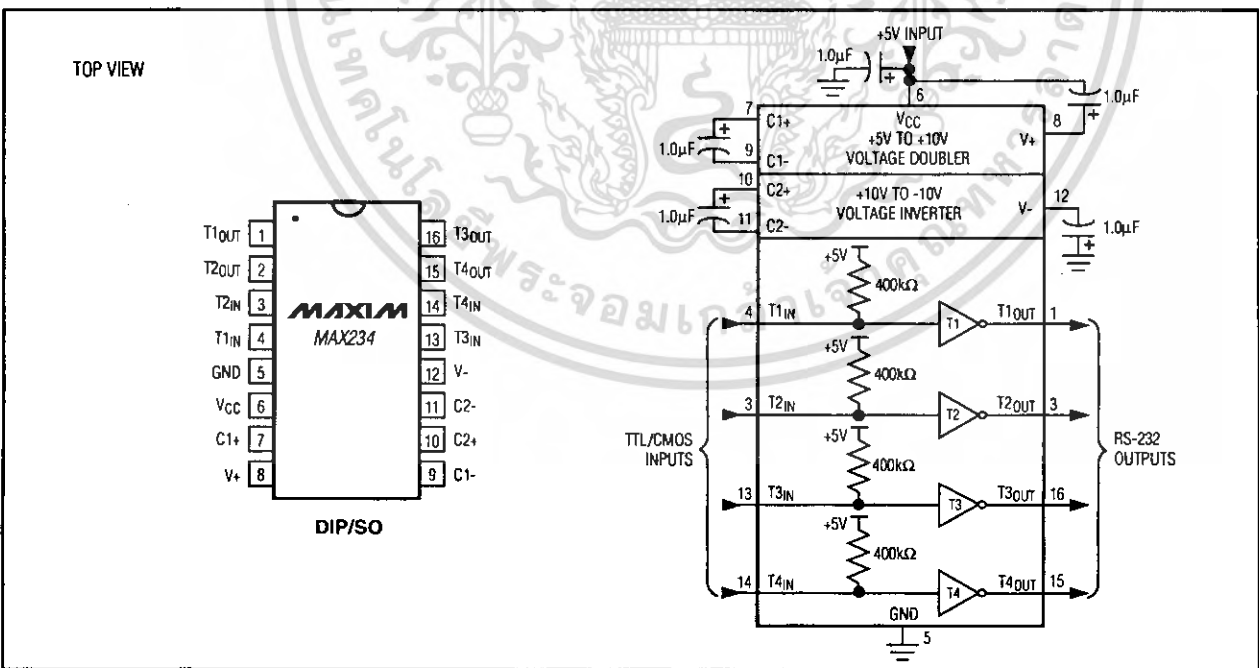


Figure 12. MAX234 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

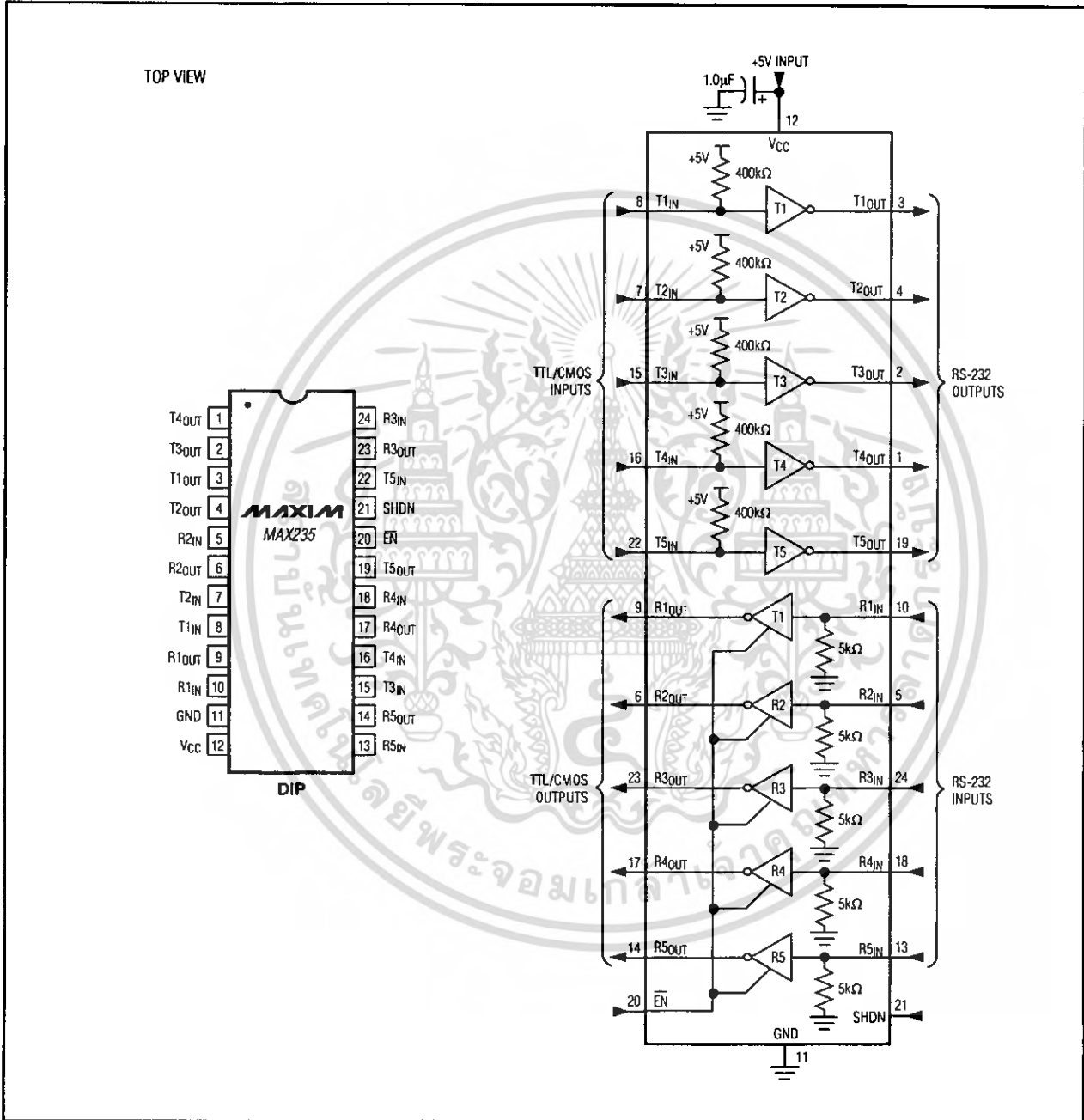


Figure 13. MAX235 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX220-MAX249**

TOP VIEW

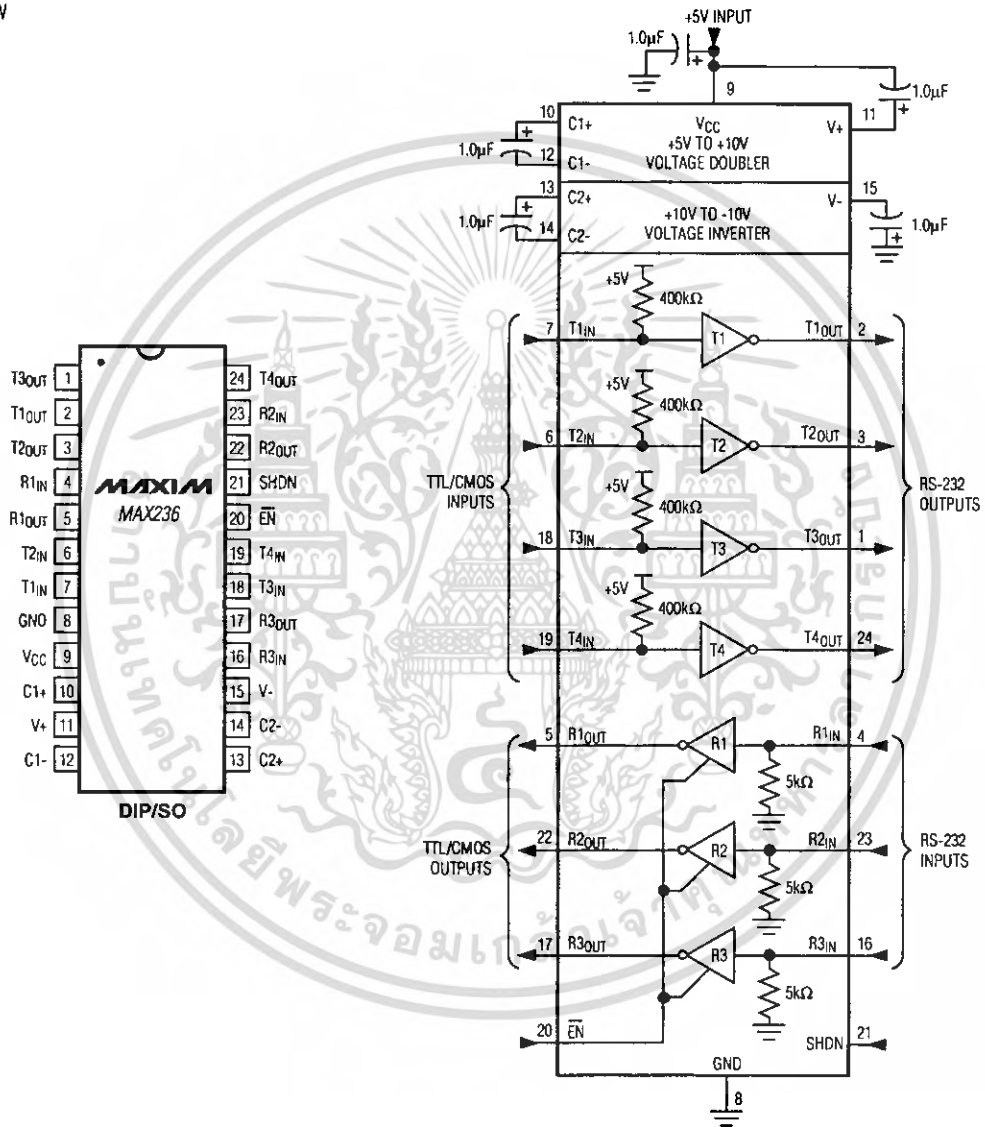


Figure 14. MAX236 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

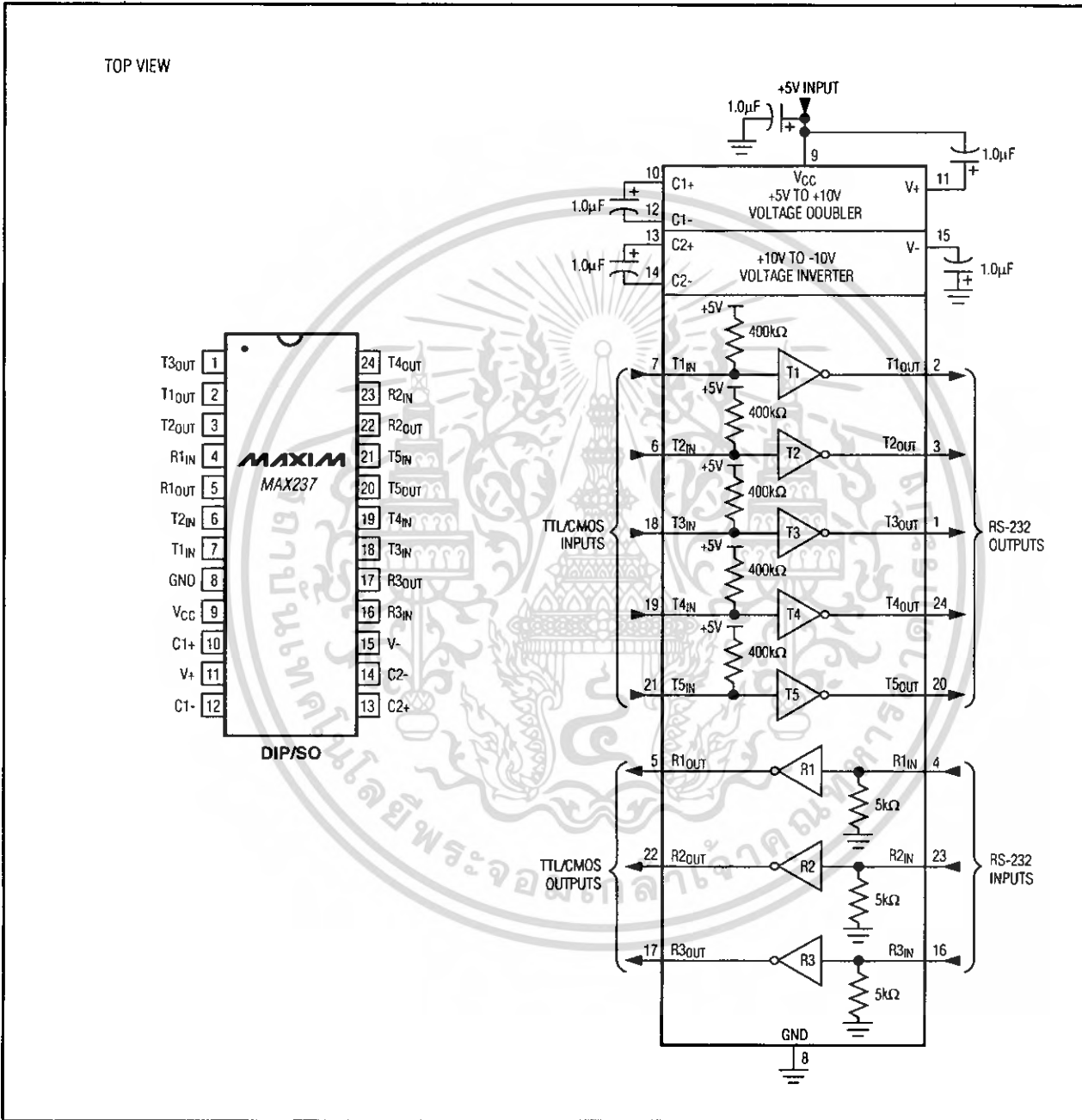


Figure 15. MAX237 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX220-MAX249**

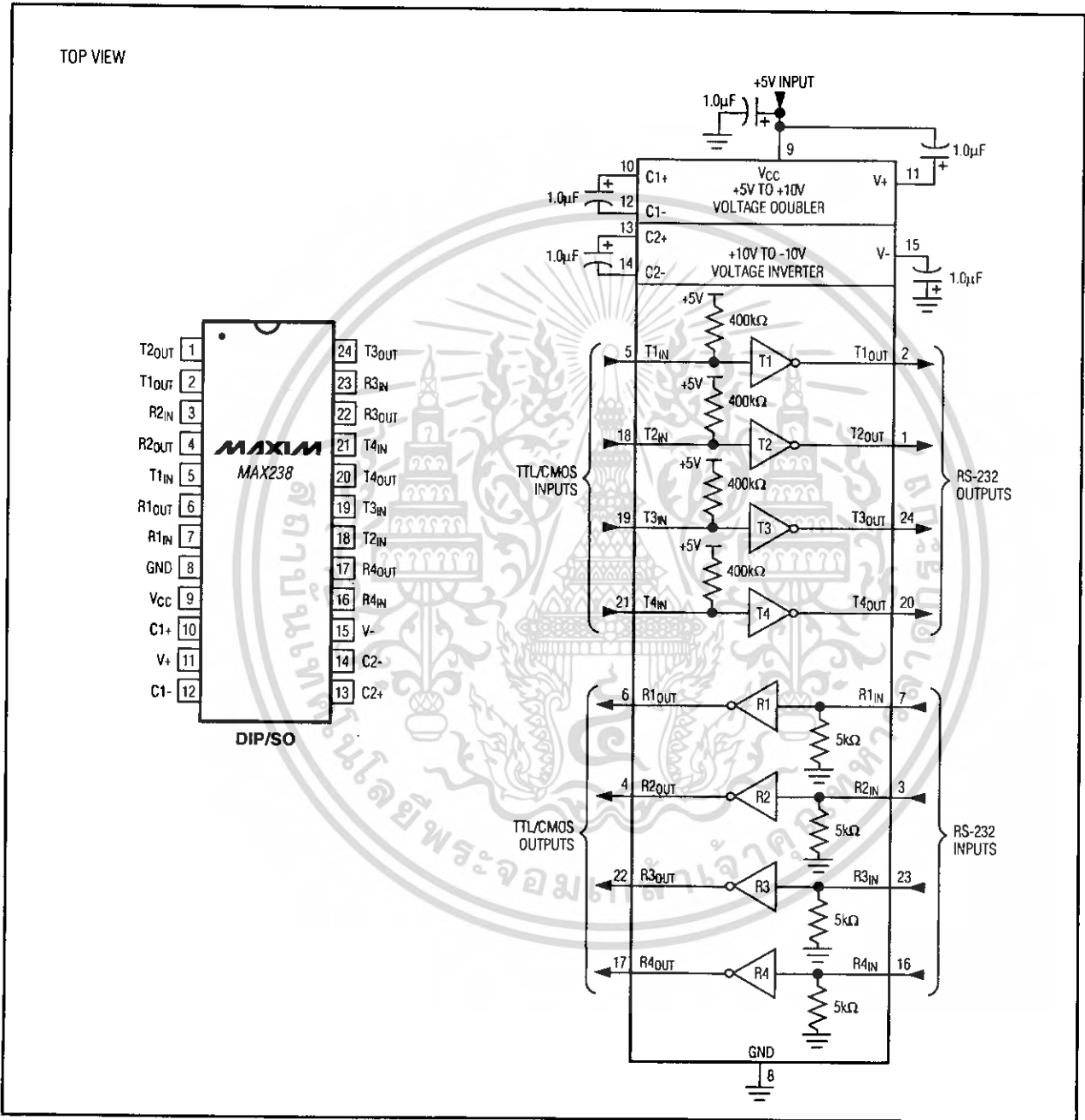
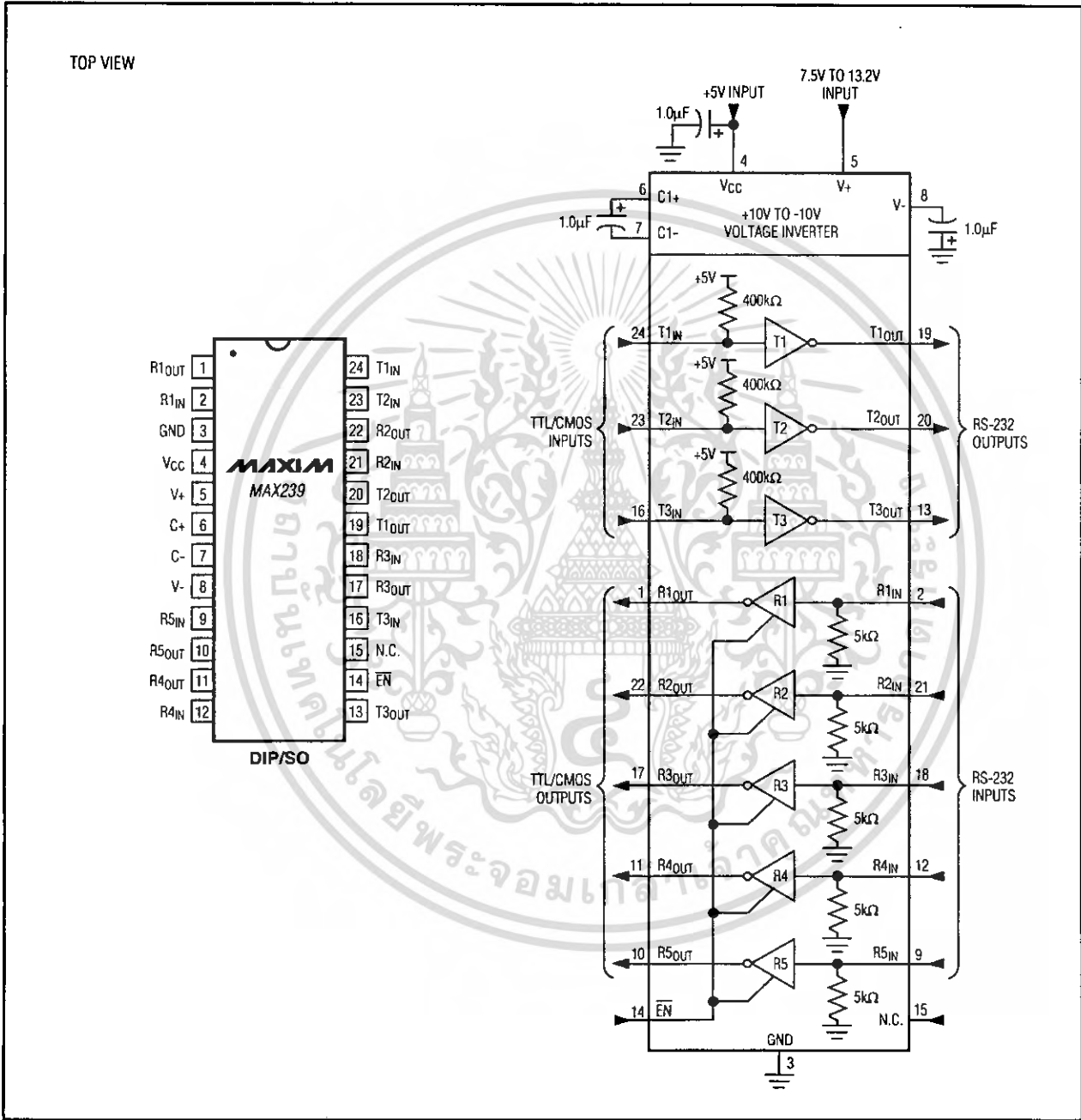


Figure 16. MAX238 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX220-MAX249**

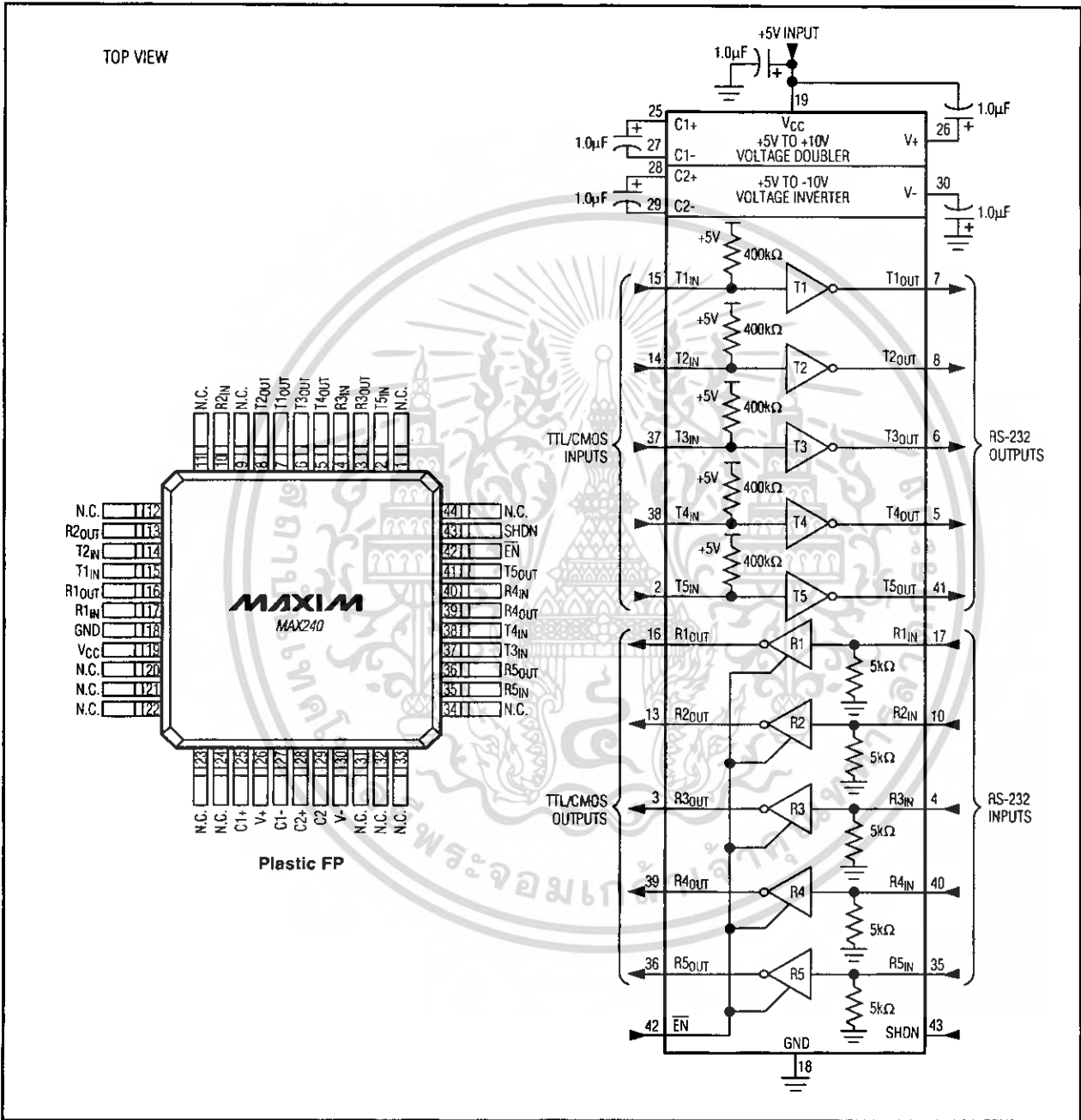


Figure 18. MAX240 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

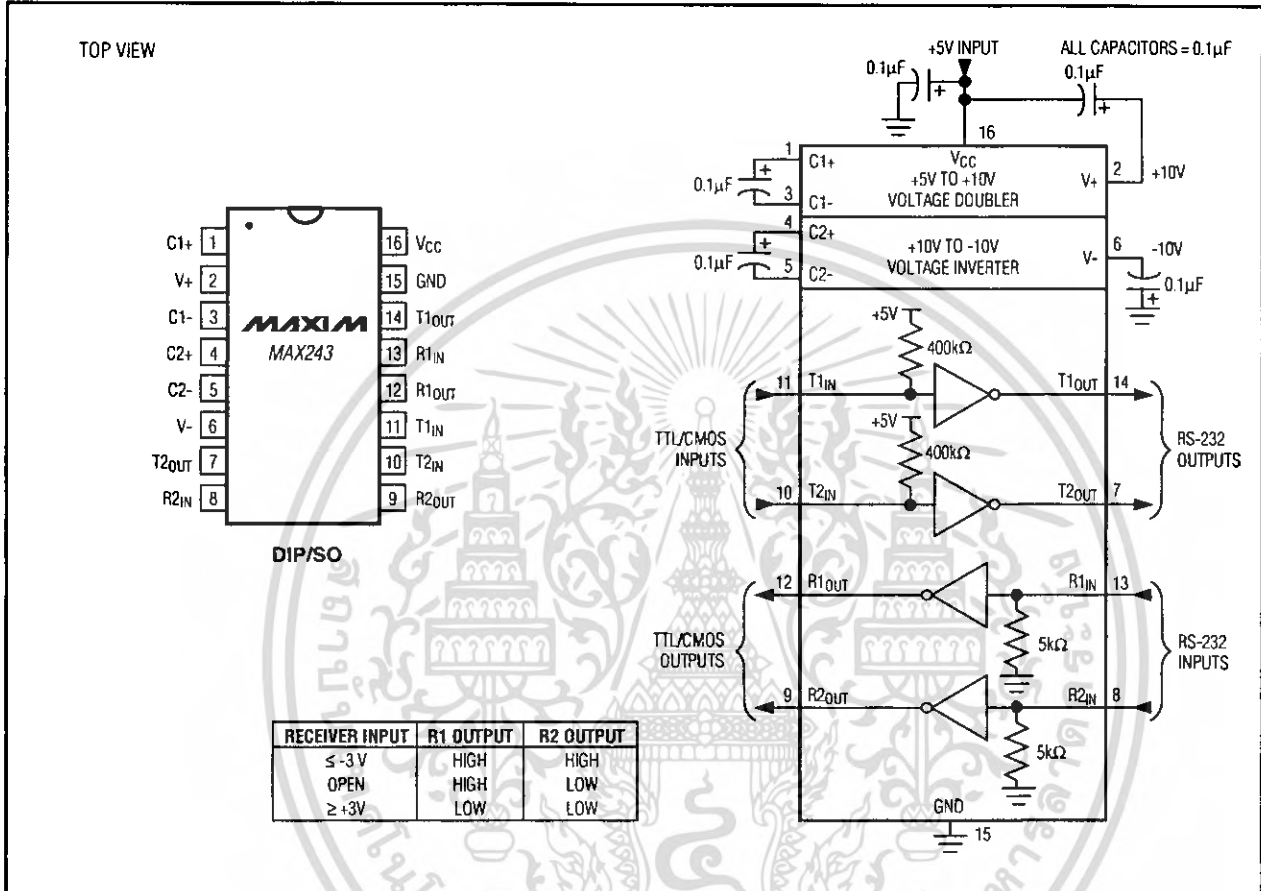


Figure 19. MAX243 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX220-MAX249**

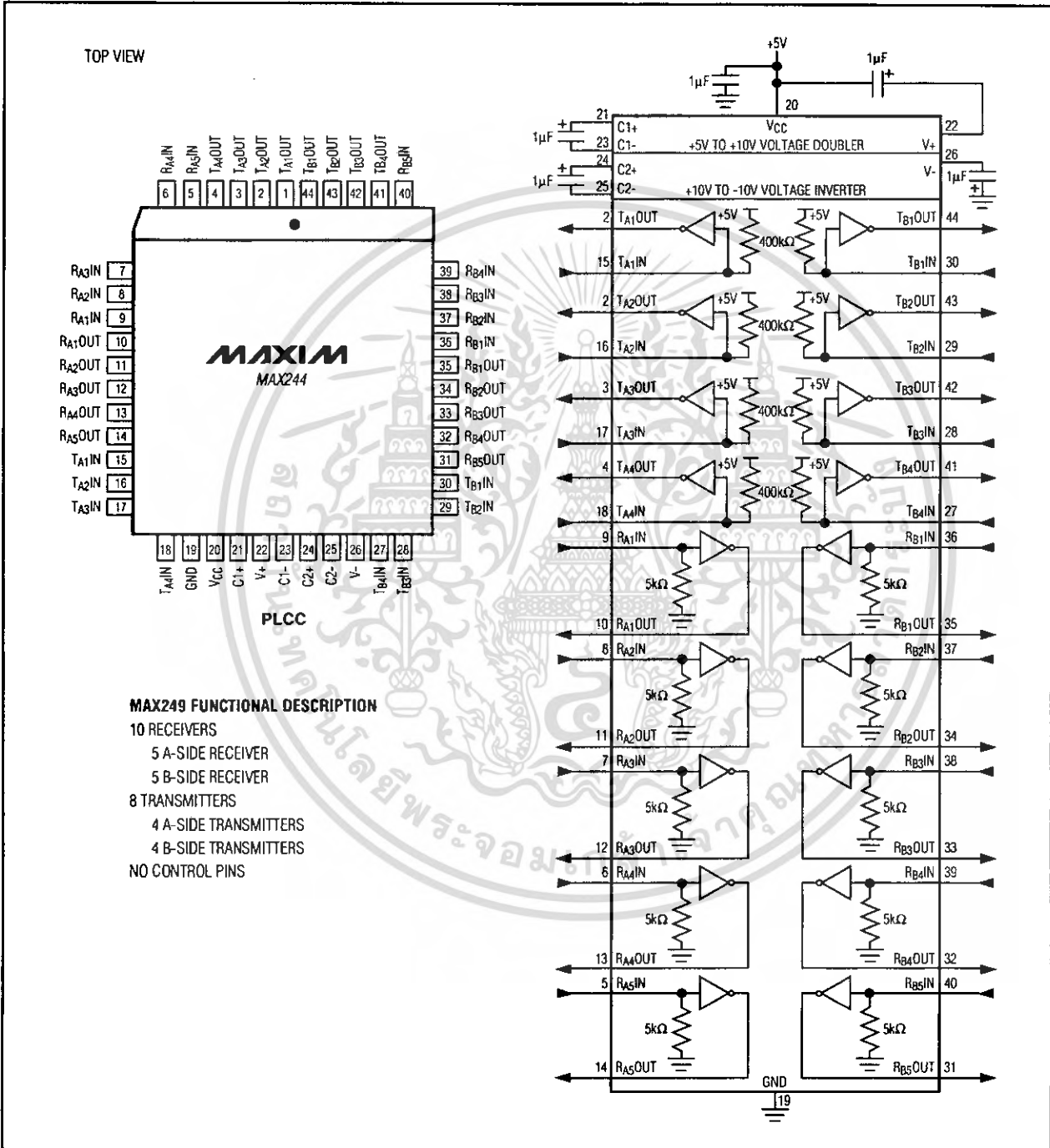


Figure 20. MAX249 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

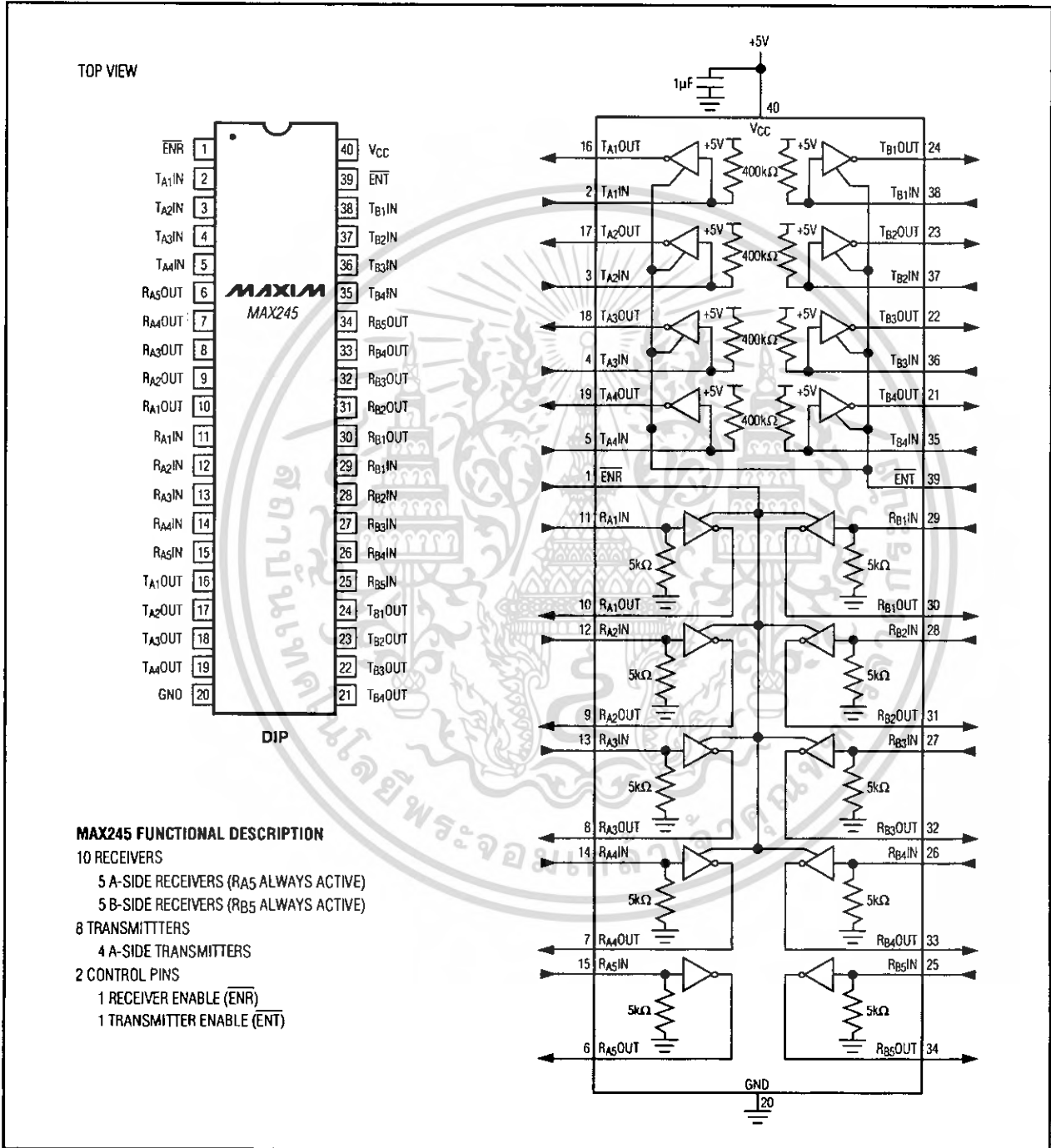


Figure 21. MAX245 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX220-MAX249**

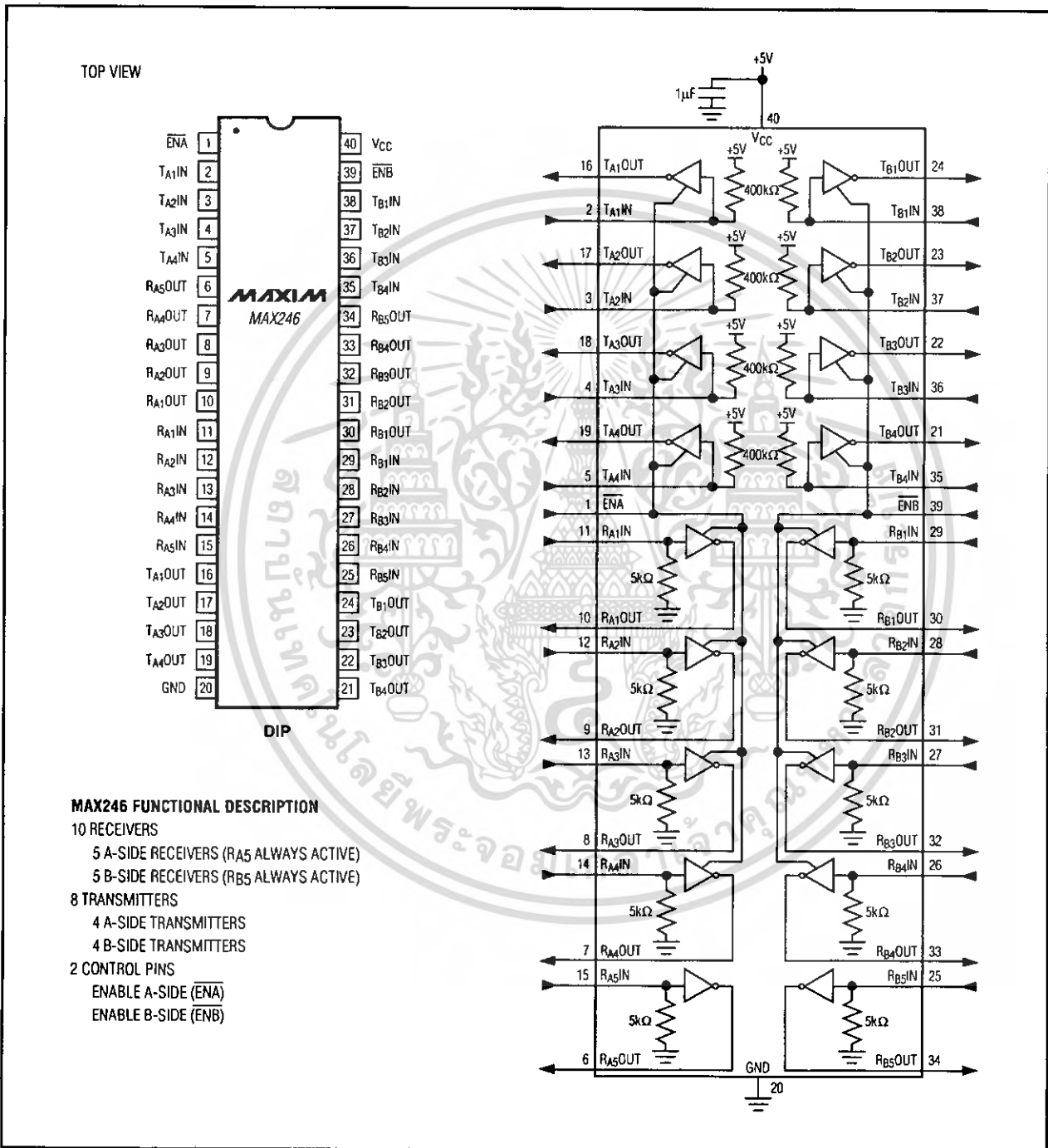


Figure 22. MAX246 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

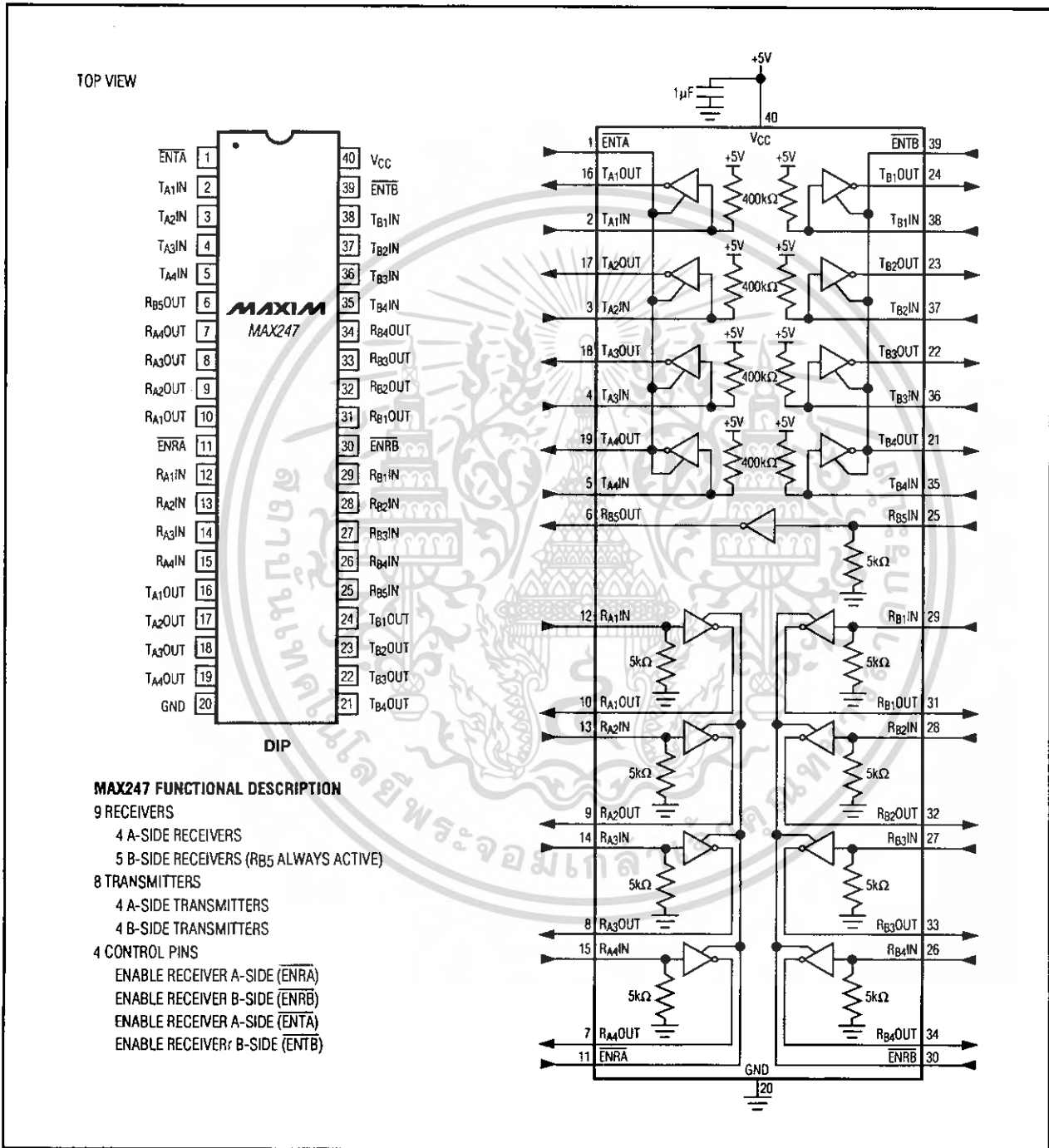


Figure 23. MAX247 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX220-MAX249**

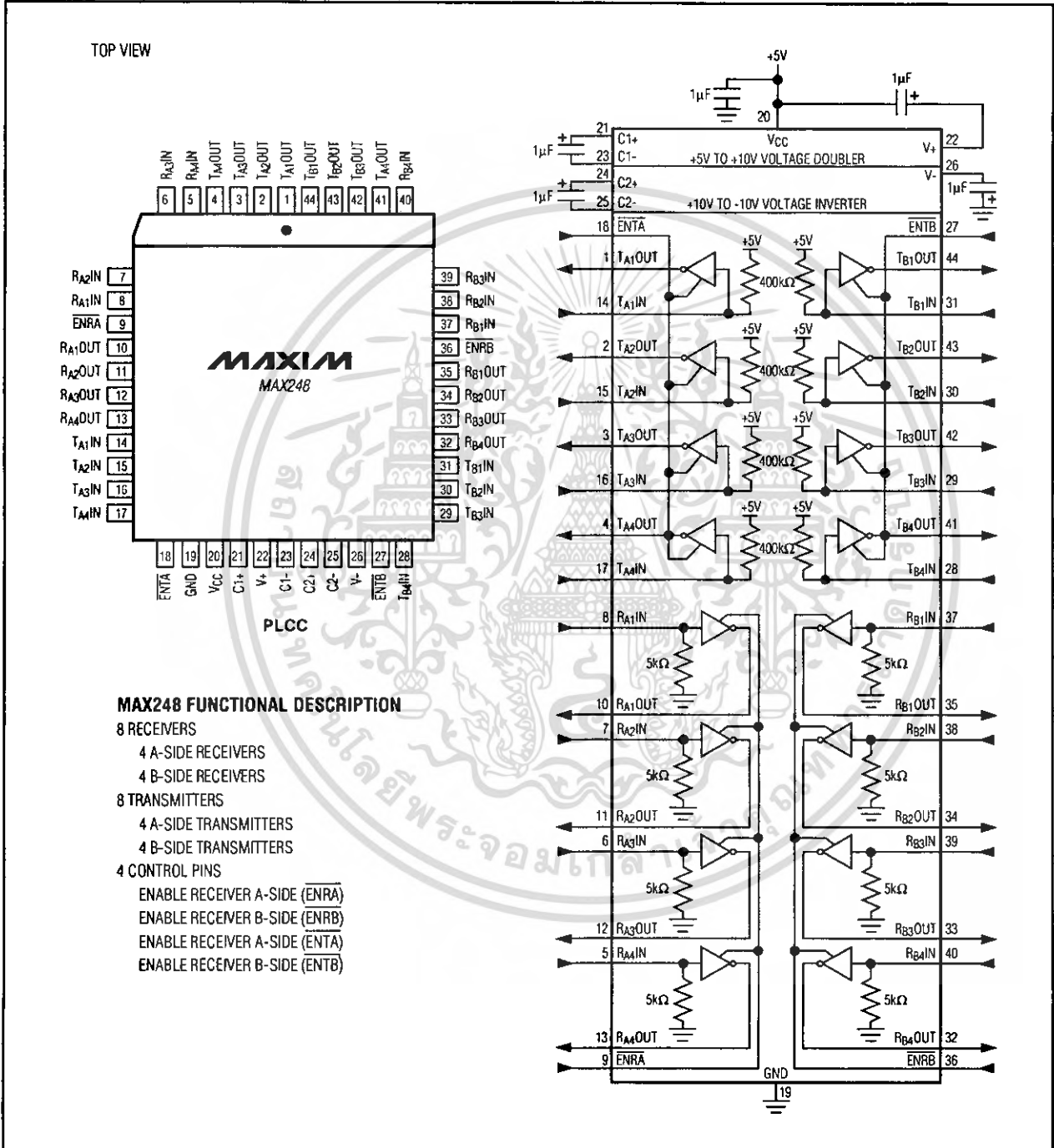


Figure 24. MAX248 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

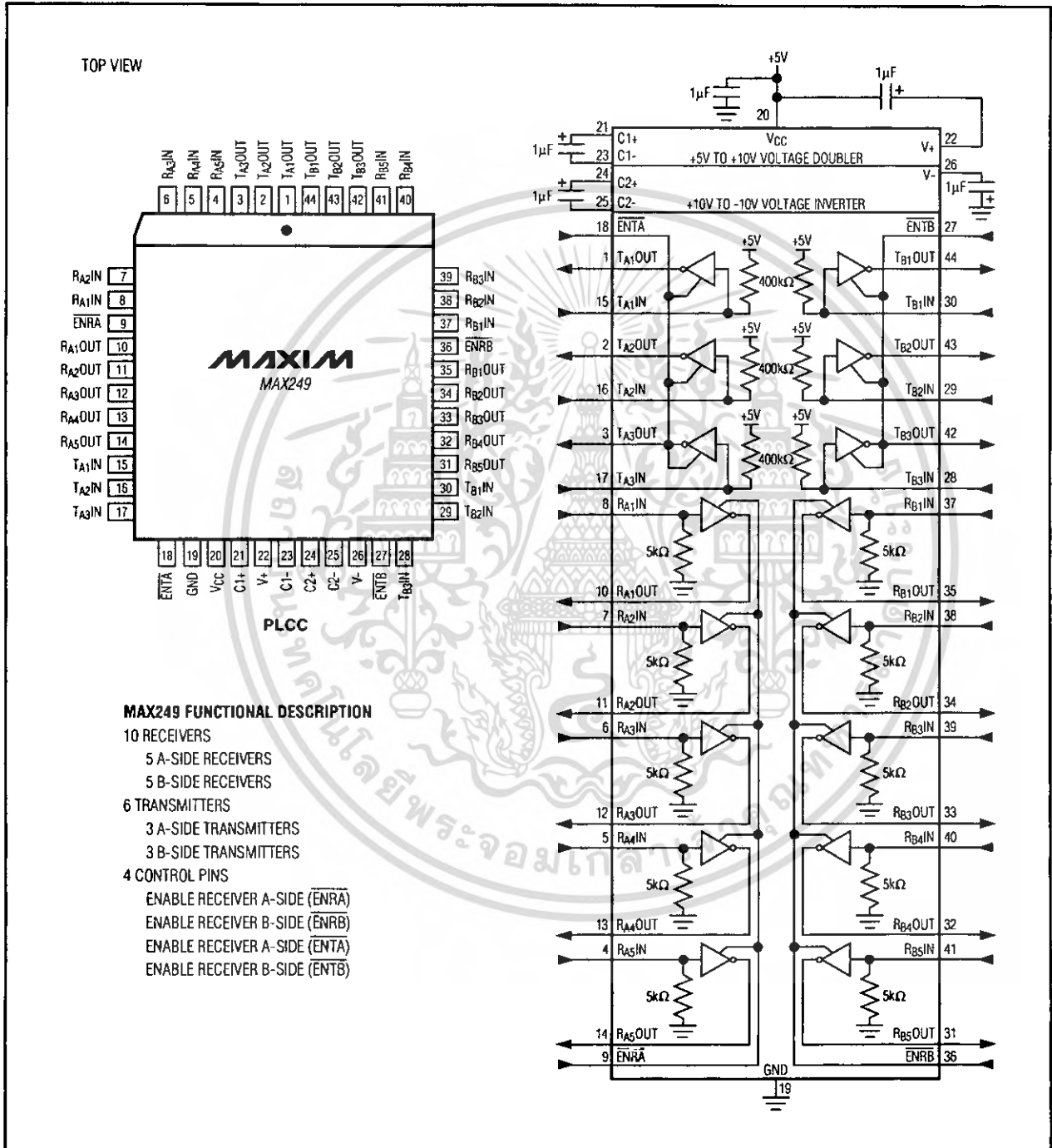


Figure 25. MAX249 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

### Ordering Information (continued)

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX222CPN	0°C to +70°C	18 Plastic DIP
MAX222CWN	0°C to +70°C	18 Wide SO
MAX222C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX222EPN	-40°C to +85°C	18 Plastic DIP
MAX222EWN	-40°C to +85°C	18 Wide SO
MAX222EJN	-40°C to +85°C	18 CERDIP
MAX222MJN	-55°C to +125°C	18 CERDIP
MAX223CAI	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX223CWI	0°C to +70°C	28 Wide SO
MAX223C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX223EAI	-40°C to +85°C	28 SSOP
MAX223EWI	-40°C to +85°C	28 Wide SO
MAX225CWI	0°C to +70°C	28 Wide SO
MAX225EWI	-40°C to +85°C	28 Wide SO
MAX230CPP	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX230CWP	0°C to +70°C	20 Wide SO
MAX230C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX230EPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX230EWP	-40°C to +85°C	20 Wide SO
MAX230EJP	-40°C to +85°C	20 CERDIP
MAX230MJP	-55°C to +125°C	20 CERDIP
MAX231CPD	0°C to +70°C	14 Plastic DIP
MAX231CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX231CJD	0°C to +70°C	14 CERDIP
MAX231C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX231EPD	-40°C to +85°C	14 Plastic DIP
MAX231EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX231EJD	-40°C to +85°C	14 CERDIP
MAX231MJD	-55°C to +125°C	14 CERDIP
MAX232CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX232CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX232CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX232C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX232EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX232ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX232EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX232EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX232MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX232MLP	-55°C to +125°C	20 LCC
MAX232ACPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX232ACSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX232ACWE	0°C to +70°C	16 Wide SO

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX232AC/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX232AEPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX232AESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX232AEWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX232AEJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX232AMJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX232AML	-55°C to +125°C	20 LCC
MAX233CPP	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX233EPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX233ACPP	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX233ACWP	0°C to +70°C	20 Wide SO
MAX233AEPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX233AEWP	-40°C to +85°C	20 Wide SO
MAX234CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX234CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX234C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX234EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX234EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX234EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX234MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX235CPG	0°C to +70°C	24 Wide Plastic DIP
MAX235EPG	-40°C to +85°C	24 Wide Plastic DIP
MAX235EDG	-40°C to +85°C	24 Ceramic SB
MAX235MDG	-55°C to +125°C	24 Ceramic SB
MAX236CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX236CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX236C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX236ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX236EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX236ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX236MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
MAX237CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX237CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX237C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX237ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX237EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX237ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX237MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
MAX238CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX238CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX238C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX238ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP

\* Contact factory for dice specifications.

MAX220-MAX249

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## Ordering Information (continued)

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX238EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX238ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX238MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
<b>MAX239CNG</b>	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
<b>MAX239CWG</b>	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX239C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX239ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX239EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX239ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX239MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
<b>MAX240CMH</b>	0°C to +70°C	44 Plastic FP
MAX240C/D	0°C to +70°C	Dice*
<b>MAX241CAI</b>	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX241CWI	0°C to +70°C	28 Wide SO
MAX241C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX241EAI	-40°C to +85°C	28 SSOP
MAX241EWI	-40°C to +85°C	28 Wide SO
<b>MAX242CAP</b>	0°C to +70°C	20 SSOP
MAX242CPN	0°C to +70°C	18 Plastic DIP
MAX242CWN	0°C to +70°C	18 Wide SQ
MAX242C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX242EPN	-40°C to +85°C	18 Plastic DIP
MAX242EWN	-40°C to +85°C	18 Wide SO
MAX242EJN	-40°C to +85°C	18 CERDIP
MAX242MJN	-55°C to +125°C	18 CERDIP

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
<b>MAX243CPE</b>	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX243CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX243CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX243C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX243EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX243ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX243EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX243EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX243MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
<b>MAX244CQH</b>	0°C to +70°C	44 PLCC
MAX244C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX244EQH	-40°C to +85°C	44 PLCC
<b>MAX245CPL</b>	0°C to +70°C	40 Plastic DIP
MAX245C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX245EPL	-40°C to +85°C	40 Plastic DIP
<b>MAX246CPL</b>	0°C to +70°C	40 Plastic DIP
MAX246C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX246EPL	-40°C to +85°C	40 Plastic DIP
<b>MAX247CPL</b>	0°C to +70°C	40 Plastic DIP
MAX247C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX247EPL	-40°C to +85°C	40 Plastic DIP
<b>MAX248CQH</b>	0°C to +70°C	44 PLCC
MAX248C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX248EQH	-40°C to +85°C	44 PLCC
<b>MAX249CQH</b>	0°C to +70°C	44 PLCC
MAX249EQH	-40°C to +85°C	44 PLCC

\* Contact factory for dice specifications.

## Package Information

For the latest package outline information, go to [www.maxim-ic.com/packages](http://www.maxim-ic.com/packages).

Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

36 **Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 (408) 737-7600**

© 2003 Maxim Integrated Products

Printed USA

**MAXIM** is a registered trademark of Maxim Integrated Products.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This datasheet has been download from:

[www.datasheetcatalog.com](http://www.datasheetcatalog.com)

Datasheets for electronics components.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้