

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หุ่นยนต์ช่วยเหลือผู้ประสบภัย

Rescue Robot



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 62583  
วัน,เดือน,ปี 19 ส.ค. 2549

b. 11622410  
i.....

ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Rescue Robot**



**BY**

**Mr.Pratya Kruepetch**

**Mr.Wuttichai Petchploy**

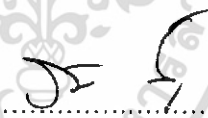
**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULLFILMENT OF  
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2005**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	หุ่นยนต์ช่วยเหลือผู้ประสบภัย
TITLE	Rescue Robot
ชื่อนักศึกษา	นายปรัชญา เกรือเพ็ชร รหัสนักศึกษา 46015629 นายวุฒิชัย เพชรพลอย รหัสนักศึกษา 46015643
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.ปิติเขต สุรักษา ผศ.บุญยชนะ กุระหงษ์
ระดับการศึกษา	ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2548

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง

  
(.....)

(รศ.ดร.ปิติเขต สุรักษา)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

  
(.....)

(ผศ.บุญยชนะ กุระหงษ์)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	หุ่นยนต์ช่วยเหลือผู้ประสบภัย
TITLE	Rescue Robot
ชื่อนักศึกษา	นายปรัชญา      เครือเพชร      รหัสนักศึกษา 46015629
	นายวุฒิชัย      เพชรพลอย      รหัสนักศึกษา 46015643
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.ปิติเขต      ผู้รักษา
	ผศ.บุญยั้งชนะ      ภูระหงษ์
ระดับการศึกษา	ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2548

### บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการพัฒนาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เพื่อมีจุดประสงค์ในการช่วยเหลือผู้ประสบภัย โดยลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่เราต้องการได้อย่างถูกต้องและมีความผิดพลาดที่ยอมรับได้และแสดงภาพออกมาทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ พร้อมทั้งแสดงรายงานการทำงานของหุ่นยนต์เกี่ยวกับรายละเอียดของตัวผู้ประสบภัยได้อย่างถูกต้อง โดยมีการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Visual Basic 6.0 ซึ่งเป็นการควบคุมหุ่นยนต์แบบไร้สาย

<b>THESIS TITLE</b>	Rescue Robot		
<b>STUDENT</b>	Mr.Pratya	Krupetch	No.46015629
	Mr.Wuttichai	Petchploy	No.46015643
<b>ADVISTER</b>	Assoc.Prof.Dr.Pitikhate	Sooraksa	
	Asst.Prof.Boonchana	Poorahong	
<b>COURSE</b>	Bachelor of Information Engineering		
<b>DEPARTMENT</b>	Information Engineering		
<b>YEAR</b>	2005		

### Abstract

This project is development in displaced of robot has to be support some unfortuner people is objective. That is a robot will be moved to our correctly point and we can accept in wrong point to showed on computer also take a report about all details of unfortuner one on robot's worked is truth by robot moving control on computer is Visual Basic 6.0 program. There is RF module wireless robot control.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ซึ่งได้รับคำแนะนำและชี้แนวทางในการศึกษาค้นคว้าข้อมูลรายละเอียด และขอบเขตต่างๆจาก รศ.ดร.ปิติเขต สุวีริษา ผศ.บุญยชนะ ภูระหงษ์ และ ผศ.คตชัย สุขเจริญผล ที่ได้ให้คำแนะนำแก่ผู้จัดทำตลอดมา นอกจากนี้ยังมีคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทความรู้ และให้คำแนะนำแก่ผู้จัดทำ คณะผู้จัดทำขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอบคุณเพื่อนคัมภีร์ น้องเฟริส น้องอาทิตย์ และเพื่อนทุกคนที่ช่วยแนะนำในการทำงาน และเป็นกำลังใจให้กันตลอดมาในการทำปริญญานิพนธ์

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้แก่ผู้จัดทำมาโดยตลอด

นายปรัชญา เครือเพชร  
นายวุฒิชัย เพชรพลอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ประโยชน์ของโครงการ	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	3
2.2 การอินเทอร์รัปต์ (interrupt)	7
2.3 การสื่อสารแบบอนุกรม	11
2.4 SERVO MOTOR	32
บทที่ 3 การออกแบบ	37
3.1 โครงสร้างโดยภาพรวม	37
3.2 การทำงานส่วนของอินพุต	38
3.3 ส่วนของการควบคุม	39
3.4 โครงสร้างตัวโดยรวมหุ่นยนต์	45
บทที่ 4 ผลการทดลอง	47
4.1 การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง	47
4.2 การทดสอบการเคลื่อนที่ไปยังจุดต่างๆ	49
4.3 การบันทึกไฟล์ภาพเคลื่อนไหว	52
4.4 การแสดงรายงานการค้นพบผู้ประสพภัย	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	57
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	57
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้น	57
5.3 แนวทางการพัฒนาโครงการ	58
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	6
รูปที่ 2.2 รูปแบบอย่างง่ายสุดของข้อมูลอนุกรม	11
รูปที่ 2.3 รูปแบบอย่างง่ายสุดของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส	12
รูปที่ 2.4 การจัดขาของเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 ทั้งแบบ DB-9 และ DB-25	15
รูปที่ 2.5 การต่ออุปกรณ์ภายนอกกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ในลักษณะต่างๆ	17
รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบของเซอร์โวมอเตอร์	32
รูปที่ 2.7 การหมุนของเซอร์โวมอเตอร์เมื่อมีสัญญาณพัลส์รูปแบบต่างๆ เข้ามา	34
รูปที่ 2.8 โครงสร้างภายในของเซอร์โวมอเตอร์	35
รูปที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานของหุ่นยนต์โดยภาพรวมทั้งระบบ	37
รูปที่ 3.2 แสดงหน้าจอโปรแกรม Interface ที่ใช้งาน	38
รูปที่ 3.3 วงจรควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เสริม	39
รูปที่ 3.4 วงจรควบคุมมอเตอร์ด้านซ้าย	40
รูปที่ 3.5 วงจรควบคุมมอเตอร์ด้านขวา	40
รูปที่ 3.6 วงจรรับ-ส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม	41
รูปที่ 3.7 Flow Chart การควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์กู้ภัย	42
รูปที่ 3.8 Flow Chart การควบคุมการทำงานของกล้อง	43
รูปที่ 3.9 Flow Chart การควบคุมการทำงานของการพิมพ์รายงาน	44
รูปที่ 3.10 รูปโครงสร้างหุ่นยนต์ด้านหน้า	45
รูปที่ 3.11 รูปโครงสร้างหุ่นยนต์ด้านข้าง	45
รูปที่ 3.12 รูปโครงสร้างหุ่นยนต์ด้านหลัง	46
รูปที่ 3.13 รูปโครงสร้างหุ่นยนต์กู้ภัยด้านบน	46
รูปที่ 4.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ	47
รูปที่ 4.2 User Interface ของการทดสอบการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง	48
รูปที่ 4.3 แผนที่ในการทดสอบการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ	50
รูปที่ 4.4 User Interface ของการทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในตำแหน่งต่างๆ	50
รูปที่ 4.5 User Interface ของส่วนของการบังคับกล้อง	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.6 User Interface ของไดร์เวอร์ (Driver) ตัวกล้อง	52
รูปที่ 4.7 User Interface ของการ โชว์กล้อง	53
รูปที่ 4.8 ภาพจากกล้อง	53
รูปที่ 4.9 User Interface ของส่วนของการบันทึกกล้อง	53
รูปที่ 4.10 User Interface ของส่วนของการบันทึกไฟล์ของกล้องเป็นนามสกุล AVI	54
รูปที่ 4.11 แสดงไฟล์ภาพวิดีโอนามสกุล AVI ที่บันทึกจากตัวกล้อง	54
รูปที่ 4.12 User Interface ส่วนของการแสดงรายงานการค้นพบผู้ประสบภัย	55
รูปที่ 4.13 User Interface ส่วนการกรอกข้อมูลแสดงรายงานการค้นพบผู้ประสบภัย	55
รูปที่ 4.14 ตัวอย่างส่วนของการแสดงรายงานการค้นพบผู้ประสบภัย	56

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงบิตพาร์ติชันของข้อมูล	14
ตารางที่ 2.2 ตารางเปรียบเทียบขาของคอนเน็กเตอร์ DB-9 กับคอนเน็กเตอร์ DB-25	16
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงของหุ่นยนต์	48-49
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ	51-52



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาของโครงการ

โครงการนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาระบบไร้สายของหุ่นยนต์กู้ภัย เนื่องจากปัญหาในปัจจุบันการกู้ภัยของหน่วยกู้ภัยมีการทำงานที่มีอัตราเสี่ยงอันตรายมากเกินไป ดังนั้นการนำเอาเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบันเข้ามาช่วยในการทำงานแทนหรือเป็นผู้ช่วยของมนุษย์ ก็จะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดอันตรายในการปฏิบัติงานลงได้

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1 เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบไร้สายของหุ่นยนต์กู้ภัย
- 2 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ตำแหน่งสิ่งที่เกิดขวางและตำแหน่งผู้ประสบภัย เพื่อนำไปใช้ช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุได้
- 3 นำข้อมูลที่ได้เกี่ยวกับตัวผู้ประสบภัยและสถานที่ของที่เกิดเหตุ มาสร้างเป็นรายงานแสดงผลได้อย่างถูกต้อง
- 4 สามารถที่จะบันทึกภาพเคลื่อนไหวจากกล้องของตัวหุ่นยนต์ได้ เพื่อที่จะได้ทราบละเอียดของสถานที่และผู้ประสบภัย จะได้เข้าไปช่วยเหลือได้อย่างถูกต้อง

### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1 สามารถควบคุมหุ่นยนต์โดยการควบคุมหุ่นยนต์เป็นแบบไร้สาย ให้ไปในทิศทางที่ถูกต้อง แม่นยำและมีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด
- 2 ควบคุมกล้องและสามารถแสดงภาพไปยังหน้าจอได้อย่างถูกต้อง
- 3 แสดงพิกัดและตำแหน่งของหุ่นยนต์ที่อยู่หน้าจอได้อย่างถูกต้อง
- 4 สามารถแสดงรายงานเป็นเอกสารตำแหน่งและรายละเอียดของตัวผู้ประสบภัย
- 5 สามารถบันทึกไฟล์ภาพเคลื่อนไหวจากตัวกล้องของหุ่นยนต์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.4 ประโยชน์ของโครงการ

สามารถที่นำโครงการนี้ไปประยุกต์ใช้ในการช่วยเหลือและในการค้นหา บอกรตำแหน่งของผู้ประสบภัย ในสถานที่ที่คนเราเข้าไปไม่ถึงหรือในสถานที่ที่เสี่ยงอันตรายกับบุคคลที่จะเข้าไปช่วยเหลือผู้ประสบภัย

## 1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.ศึกษาการใช้งานของโปรแกรมและอุปกรณ์ต่างๆ เช่น โปรแกรม Visual Basic 6.0 Microcontroller , ชุดรับ-ส่งแบบไร้ สาย(RF module), วงจรต่างๆ เป็นต้น
- 2.ออกแบบตัวหุ่นยนต์ โดยยึดหลักความคล่องตัว และทนทาน
- 3.ออกแบบวงจรที่ใช้ในการควบคุม
- 4.ออกแบบและเขียน โปรแกรม
- 5.วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นของตัวรถ วงจร และตัว โปรแกรม
- 6.ทำการทดสอบและหาข้อบกพร่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้หลายครั้ง สามารถรับข้อมูลในรูปสัญญาณดิจิทัลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิทัลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์หรืออาจจะเรียกได้ว่าไมโครโพรเซสเซอร์ชิปเดี่ยว (Single-Chip Microprocessor) เป็นไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessors) ชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนาแยกออกมาภายหลังเพื่อนำไปใช้ในวงจรทางด้านงานควบคุม คือ แทนที่ในการใช้งานจะต้องต่อวงจรภายนอกต่าง ๆ เพิ่มเติม เช่นเดียวกับไมโครโพรเซสเซอร์ ก็จะทำการรวมวงจรที่จำเป็น เช่น หน่วยความจำ, ส่วนอินพุต/เอาต์พุต บางส่วนเข้าไปในตัวไอซีเดียวกัน และเพิ่มวงจรบางอย่างเข้าไปด้วยเพื่อให้มีความสามารถเหมาะสมกับการใช้งานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา วงจรการสื่อสารอนุกรม เป็นต้น ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถจะทำงานได้เสมือนกับเป็นคอมพิวเตอร์เล็ก ๆ เครื่องหนึ่ง กล่าวโดยสรุปคือ

$$\text{Microcontroller} = \text{Microprocessor} + \text{Memory} + \text{I/O}$$

ปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวาง โดยมักจะเป็นการนำไปประยุกต์ใช้ในระบบร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ (Embedded Systems) เพื่อใช้ควบคุมการทำงานบางอย่าง เช่น ใช้ในรถยนต์, เครื่องปรับอากาศ, เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เป็นต้น เพราะไมโครคอนโทรลเลอร์มีข้อดีเหมาะสมต่อการใช้งานควบคุมหลายประการ เช่น

- ไอซี และระบบที่ได้มีขนาดเล็ก
- ระบบที่ได้มีราคาถูกกว่าการใช้ชิปไมโครโพรเซสเซอร์
- วงจรที่ได้จะมีความซับซ้อนน้อย ช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการต่อวงจร
- มีคุณสมบัติเพิ่มเติมสำหรับงานควบคุมโดยเฉพาะซึ่งใช้งานได้ง่าย
- ช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาระบบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลายยี่ห้อ หลายตระกูล และหลายเบอร์ด้วยกัน ซึ่งแต่ละเบอร์ก็จะมีโครงสร้างภายในและความสามารถในการทำงานที่แตกต่างกัน ทำให้เลือกใช้งานได้อย่างเหมาะสม

### 2.1.1 คุณสมบัติที่สำคัญของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีด้วยกันหลายเบอร์ขึ้นกับโครงสร้างภายในของมัน บางเบอร์จะมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบ ROM บางเบอร์เป็นแบบ EPROM บางเบอร์มี RAM ภายใน 128 ไบต์ บางเบอร์มี 256 ไบต์ เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดสามารถศึกษาได้จากคู่มือได้โดยตรง และลักษณะของขาต่าง ๆ จะเหมือนกัน

คุณสมบัติที่สำคัญของ MCS-51 มีดังนี้

- มีหน่วยความจำ ROM 4 Kbytes, 8 Kbytes, 20 Kbytes
- มีหน่วยความจำ RAM 128 byte
- มีพอร์ท I/O ขนาด 8 บิต 4 พอร์ท
- มี Timer 16 บิต 2 ตัว
- สามารถอินเตอร์รัปต์ได้ 5 แหล่ง
- มีวงจรรอสซิงเกิลเตอร์และวงจรรักษาไฟกานชีพ
- มีพอร์ทอนุกรมที่สามารถรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex ด้วยความเร็วสูง
- อ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 64K
- อ้างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64K
- สามารถประมวลผลทีละบิตได้
- สามารถอ้างหน่วยความจำแบบบิตได้ 210 ตำแหน่ง
- หนึ่งวัฏจักรคำสั่งกินเวลาประมาณ 1 ไมโครวินาที ขณะทำงานด้วย Clock 11.0592 MHz

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะมีชุดคำสั่ง (Instruction Set) อยู่จำนวนหนึ่ง สำหรับสั่งงานให้ทำงานต่าง ๆ และเนื่องจาก MCS-51 จะประมวลผลแบบ 8 บิต รหัสภาษาเครื่องจะมีขนาด 8 บิตด้วย ซึ่งชุดคำสั่งจะมีได้จำนวนสูงสุด  $2^8 = 256$  ชุดคำสั่ง คำสั่งแต่ละคำสั่งอาจมีขนาด 1, 2 หรือ 3 ไบต์

MCS-51 มีโหมดการอ้างแอดเดรส (Addressing Modes) เพื่อติดต่อกับหน่วยความจำซึ่งอาจจะเป็นการอ่านข้อมูลออกมาหรือเขียนข้อมูลเข้าไปได้ทั้งหมด 8 โหมดคือ Register, Direct, Indirect, Immediate, Relative, Absolute และ Index

ใน MCS-51 จะแบ่งชุดของคำสั่งออกได้ 5 ประเภท ได้แก่

1. Arithmetic Instructions เป็นกลุ่มคำสั่งที่ทำงานด้านคณิตศาสตร์ เช่น ADD, SUBB, INC, DIV เป็นต้น
2. Logical Instructions มีลักษณะการทำงานคล้ายกับ Boolean Operation ซึ่งสามารถกระทำแบบไบนารีต่อไบนารี หรือ บิตต่อบิตได้ เช่น ANL, ORL เป็นต้น
3. Data Transfer Instructions เป็นกลุ่มคำสั่งที่ใช้ในการเคลื่อนย้าย กัดลอกข้อมูลซึ่งสามารถติดต่อกับหน่วยความจำได้หลายแบบ เช่น MOV, XCH, XCHD เป็นต้น
4. Boolean Instructions เช่น ANL, ORL, CLR, SETB เป็นต้น
5. Program Branching เป็นกลุ่มคำสั่งสำหรับสั่งให้โปรแกรมกระโดดไปทำงานในตำแหน่งที่ต้องการ แบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้ 2 กลุ่มคือ กระโดดแบบไม่มีเงื่อนไข เช่น AJMP, LJMP, SJMP กับกระโดดแบบมีเงื่อนไข เช่น JZ, JNZ, CJNE, DJNZ เป็นต้น

### 2.1.2 ลักษณะการจัดขานอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ลักษณะการจัดขานอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 การจัดขานอกตามลักษณะภายนอกของชิป MCS-51 จะมีการแบ่งกลุ่มการจัดขานอกเป็น 4 กลุ่มด้วยกัน คือ

- กลุ่มขาแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง และสัญญาณนาฬิกา
- กลุ่มขาสำหรับการอ้างแอดเดรสและรับส่งข้อมูล
- กลุ่มขาที่ใช้ในการควบคุม
- กลุ่มขาพอร์ตใช้งานแบบขนานและอนุกรม

8052	T2	P1.0	1	40	Vcc	
only T2EX		P1.1	2	39	P0.0 AD0	
		P1.2	3	38	P0.1 AD1	
		P1.3	4	37	P0.2 AD2	
		P1.4	5	36	P0.3 AD3	
		P1.5	6	35	P0.4 AD4	
		P1.6	7	34	P0.5 AD5	
		P1.7	8	33	P0.6 AD6	
		RST	9	32	P0.7 AD7	
		RXD	P3.0	10	31	EA' Vpp
		TXD	P3.1	11	30	ALE PROG'
		INT0'	P3.2	12	29	PSEN'
		INT1'	P3.3	13	28	P2.7 A15
		T0	P3.4	14	27	P2.6 A14
		T1	P3.5	15	26	P2.5 A13
		WR'	P3.6	16	25	P2.4 A12
		RD'	P3.7	17	24	P2.3 A11
		XTAL2	18	23	P2.2 A10	
		XTAL1	19	22	P2.1 A9	
		Vss	20	21	P2.0 A8	

รูปที่ 2.1 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

### 2.1.3 ขาที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์

1. ขา Vcc เป็นขารับแรงดันไฟกระแสตรง +5 VDC
2. ขา GND เป็นขากราวด์
3. พอร์ต 0 (P0.0-P0.7) เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งาน
4. พอร์ต 1 (P1.0-P1.7) เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป
5. พอร์ต 2 (P2.0-P2.7) เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป
6. พอร์ต 3 (P3.0-P3.7) เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป
7. ขารีเซต (RST) ใช้สำหรับการรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยขารีเซตจะต้องคงสถานะ high อย่างน้อยนาน 2 Machine cycle ในขณะที่ออสซิลเลเตอร์กำลังทำงานอยู่
8. ขา ALE/PROG เป็นขาสัญญาณเพื่อทำหน้าที่ควบคุมการแล็ช (Latch) ค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำ (Address Latch Enable)
9. ขา PSEN (Program Store Enable) ทำหน้าที่เป็นสัญญาณสโตปเพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก ขานี้จะส่งสัญญาณสโตปจำนวน 2 ครั้งในแต่ละ Machine cycle แต่ในขณะที่ติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะไม่มีกรส่งสัญญาณสโตปแต่อย่างใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.ขา EA / Vcc (External Access Enable / Vcc) เป็นขาสำหรับการเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือภายนอก โดยมีสถานะเป็น 0 และ 1 และขานี้ยังทำหน้าที่รับแรงดันไฟสำหรับโปรแกรม (Vcc) ขนาด 12 โวลต์ เพื่อใช้ในระหว่างการโปรแกรมหน่วยความจำโปรแกรม (EPROM)

11.ขา XTAL1 และขา XTAL2 เป็นขาใช้งานของวงจรอินเวอร์ตติ้งออสซิลเลเตอร์แอมพลิไฟเออร์ (Inverting Oscillator Amplifier) สำหรับใช้คู่ร่วมกับคริสตัลภายนอก

## 2.2 การอินเทอร์รัปต์ (Interrupt)

การอินเทอร์รัปต์ (interrupt) เป็นชื่อเรียกกระบวนการที่เข้ามาขัดจังหวะการทำงานโดยปกติของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถตอบสนองการอินเทอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นได้จาก 5 แหล่งกำเนิดสำหรับ AT89C51 ประกอบด้วยการรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ภายนอกผ่านทางขา INT10 และ INT1 สัญญาณอินเทอร์รัปต์จากไทเมอร์/เคาน์เตอร์ T0 และ T1 และสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx สามารถตอบสนองการอินเทอร์รัปต์ได้จาก 6 แหล่งกำเนิด โดยเพิ่มการรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 อีกแหล่งกำเนิด

### 2.2.1 การจัดการอินเทอร์รัปต์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เมื่อมีการอินเทอร์รัปต์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เกิดขึ้น และมีการอินทิเนลการตอบสนองการอินเทอร์รัปต์ไว้ กระบวนการหลังจากนั้นซีพียูจะทำการกระโดดไปยังแอดเดรสในหน่วยความจำที่กำหนดไว้เรียกตำแหน่งแอดเดรสนี้ว่า แอดเดรสอินเทอร์รัปต์เวกเตอร์ (interrupt vector address) ดังนั้นจะต้องมีการเขียน โปรแกรมย่อยการบริการอินเทอร์รัปต์ไว้ที่แอดเดรสอินเทอร์รัปต์เวกเตอร์นี้ โดยค่าของแอดเดรสอินเทอร์รัปต์เวกเตอร์จะแตกต่างกันไปในการอินเทอร์รัปต์แบบต่างๆ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

การอินเทอร์รัปต์ภายนอกที่ขา INT0 มีค่าแอดเดรสอินเทอร์รัปต์เวกเตอร์อยู่ที่ 0003H

การอินเทอร์รัปต์จากไทเมอร์ 0 มีค่าแอดเดรสอินเทอร์รัปต์เวกเตอร์อยู่ที่ 000BH

การอินเทอร์รัปต์ภายนอกที่ขา INT1 มีค่าแอดเดรสอินเทอร์รัปต์เวกเตอร์อยู่ที่ 0013H

การอินเทอร์รัปต์จากไทเมอร์ 1 มีค่าแอดเดรสอินเทอร์รัปต์เวกเตอร์อยู่ที่ 001BH

การอินเทอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรม มีค่าแอดเดรสอินเทอร์รัปต์เวกเตอร์อยู่ที่ 0023H

การอินเทอร์รัปต์จากไทเมอร์ 2 มีค่าแอดเดรสอินเทอร์รัปต์เวกเตอร์อยู่ที่ 002BH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.2 การเขียนโปรแกรมย่อยอินเตอร์รัปต์

มีหลักการโดยทั่วไปดังนี้

1. ต้องเริ่มต้นด้วยแอดเดรสอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์เสมอเพื่อให้การตรวจสอบการทำงานทำได้ง่ายและแยกส่วนของโปรแกรมย่อยนี้ออกจากโปรแกรมหลักหรือโปรแกรมย่อยอื่นๆอย่างชัดเจน ด้วยคำสั่ง ORG xxxxH (ค่าแอดเดรสอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์)

2. เมื่อเข้าสู่โปรแกรมย่อย ควรเก็บค่าของรีจิสเตอร์หรือแฟล็กที่ใช้แสดงสถานะต่างๆซึ่งต้องมีการใช้งานในโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์นี้ไว้ในสแต็กเสียก่อน เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นต่อการทำงานของทั้งโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์นี้และโปรแกรมหลัก ด้วยคำสั่ง PUSH

3. เมื่อเขียนโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์เรียบร้อยแล้ว ให้ทำการคืนค่าของรีจิสเตอร์ที่นำมาใช้ในโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ด้วยคำสั่ง POP ยกเว้นรีจิสเตอร์ที่ต้องการนำผลการกระทำในโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์นี้ไปใช้งาน ซึ่งในทางปฏิบัติจริง ไม่พบมากนักและไม่แนะนำให้เขียนโปรแกรมในลักษณะนี้

4. ปิดท้ายโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์ด้วยคำสั่ง RETI เสมอ

### 2.2.3 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการอินเตอร์รัปต์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

1. รีจิสเตอร์ IE (Interrupt Enable) ใช้ในการกำหนดว่าจะยอมให้อินเตอร์รัปต์จากแหล่งใดได้บ้าง โดยรายละเอียดแต่ละบิตเป็นดังนี้

บิต 7							บิต 0
EA	X	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

EA ถ้าเป็นลอจิก “1” หมายความว่าให้อินเตอร์รัปต์ได้

ET2 ถ้าเป็นลอจิก “1” จะอีนาเปิด Timer 2 (ใช้กับเบอร์ที่มี Timer 2)

ES ถ้าเป็นลอจิก “1” จะอีนาเปิดอินเตอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรม

ET1 ถ้าเป็นลอจิก “1” จะอีนาเปิด Timer 1

EX1 ถ้าเป็นลอจิก “1” จะอีนาเปิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกที่เข้ามาทางขา INT1

ET0 ถ้าเป็นลอจิก “1” จะอีนาเปิด Timer 0

EX0 ถ้าเป็นลอจิก “1” จะอีนาเปิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกที่เข้ามาทางขา INTO

2.รีจิสเตอร์ IP (Interrupt Priority) ใช้กำหนดลำดับของการอินเทอร์รัปต์ กรณีที่เกิดการอินเทอร์รัปต์จากหลายแหล่งพร้อมๆกัน

3.รีจิสเตอร์ TCON (Timer Control) รีจิสเตอร์ตัวนี้นอกจากจะใช้ควบคุม ไทเมอร์แล้ว ยังใช้ในการอินเทอร์รัปต์อีกด้วย โดยมีรายละเอียดดังนี้

บิต 7	บิต 0						
TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

TF1 เป็นบิตโอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์ 1 จะเป็นลอจิก “1” เมื่อไทเมอร์เกิดโอเวอร์โฟลว์ และบิตนี้สามารถอินเทอร์รัปต์ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ เมื่อทำโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัปต์จบ บิต TF1 นี้จะกลับมาเป็นลอจิก “0”

TR1 ใช้ปิดเปิดไทเมอร์ 1

TF0 เหมือนกับ TF1 แต่ใช้กับไทเมอร์ 0

TR0 ใช้ปิดเปิดไทเมอร์ 0

IE1 เป็นบิตแสดงการอินเทอร์รัปต์ทางฮาร์ดแวร์ที่เข้ามาทางขา INT1

IT1 ใช้ในการกำหนดรูปแบบสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกที่เข้ามาทางขา INT1 ว่ามีลักษณะใด ถ้าเป็น “1” หมายความว่า จะเกิดการอินเทอร์รัปต์เมื่อมีสัญญาณขอบขาสูงเข้ามา ถ้าเป็นลอจิก “0” หมายความว่า จะเกิดการอินเทอร์รัปต์เมื่อมีระดับลอจิก “0”

IE0 ใช้งานเหมือน IE1 แต่จะใช้กับ INTO

IT0 ใช้งานเหมือน IT1 แต่จะใช้กับ INTO

## 2.2.4 แหล่งกำเนิดสัญญาณอินเทอร์รัปต์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

### 2.2.4.1 สัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอก

เป็นการตรวจสอบสัญญาณที่เข้ามายังขา INTO และ INT1 หากตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดก็จะทำให้เกิดการอินเทอร์รัปต์ขึ้น โดยการเอ็นเอเบิลการอินเทอร์รัปต์แบบนี้สามารถกระทำได้โดยการกำหนดค่าในรีจิสเตอร์ IE ที่บิต EX0 สำหรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ที่ขา INTO และบิต EX1 สำหรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ที่ขา INT1 และทำการเลือกเงื่อนไขของการตรวจสอบสัญญาณในรีจิสเตอร์ TCON ที่บิต IE0 สำหรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ที่ขา INTO และบิต IE1 สำหรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ที่ขา INT1

เงื่อนไขการตรวจสอบสัญญาณอินเทอร์รัปต์ที่ขา INTO และ INT1 มีด้วยกัน 2 ลักษณะคือ

1. ตรวจสอบระดับลอจิก ถ้าหากบิต IEx ในรีจิสเตอร์ TCON เป็น “0” จะเกิดการอินเทอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา INTO หรือ INT1 ได้ต่อเมื่อตรวจพบระดับลอจิกต่ำหรือ “0” เมื่อเกิดการอินเทอร์รัปต์แล้วให้ดำเนินการทำให้สัญญาณที่ขาอินเทอร์รัปต์กลับสู่ระดับลอจิก “1” ก่อนที่การบริการอินเทอร์รัปต์เสร็จสิ้นเพื่อป้องกันการเกิดอินเทอร์รัปต์ซ้อน

2. ตรวจสอบขอบขาของสัญญาณ ถ้าหากบิต IEx ในรีจิสเตอร์ TCON เป็น “1” จะเกิดการอินเทอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา INTO หรือ INT1 ได้ก็ต่อเมื่อตรวจพบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่ขา INTO หรือ INT1 จาก “1” เป็น “0” หรือตรวจสอบพบขอบขาลงของสัญญาณที่ป้อนมายังขา INTO หรือ INT1 และต้องมีการรักษาสถานะลอจิก “0” นี้เป็นเวลาอย่างน้อย 1 เมกไซคล์จึงถือว่าเกิดการอินเทอร์รัปต์อย่างสมบูรณ์

เมื่อเกิดการอินเทอร์รัปต์ขึ้นที่พินภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะกระโดดไปยังแอดเดรส 0003H สำหรับการอินเทอร์รัปต์ที่ขา INTO และ 0013H สำหรับการอินเทอร์รัปต์ที่ขา INT1

#### 2.2.4.2 การอินเทอร์รัปต์จากไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 และ 1

แหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์นี้จัดเป็นแหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์ภายในแบบหนึ่ง โดยการใช้การเกิดโอเวอร์โฟลว์ จากการนับค่าในไทเมอร์/เคาน์เตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เมื่อไทเมอร์ 0 เกิดการโอเวอร์โฟลว์ ก็จะทำการเซตบิต TFO ในรีจิสเตอร์ TCON และถ้าไทเมอร์ 1 เกิดการโอเวอร์โฟลว์ บิต TF1 ในรีจิสเตอร์ TCON จะได้รับการเซตเช่นเดียวกัน

ค่าแอดเดรสอินเทอร์รัปต์แวกเตอร์ของการอินเทอร์รัปต์แบบนี้อยู่ที่ 000BH สำหรับไทเมอร์ 0 และ 001BH สำหรับไทเมอร์ 1

อย่างไรก็ตามการอินเทอร์รัปต์แบบนี้จะเกิดขึ้นหรือมีการตอบสนองก็ต่อเมื่อมีการเอ็นเอเบิลการอินเทอร์รัปต์ โดยการเซตบิต EA, ET0 และ ET1 ในรีจิสเตอร์ IE

#### 2.2.4.3 การอินเทอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรม

แหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์นี้จัดเป็นแหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์ภายในแบบหนึ่ง เมื่อวงจรพอร์ตอนุกรมส่งหรือรับข้อมูลเสร็จสมบูรณ์ก็จะกำเนิดสัญญาณอินเทอร์รัปต์ขึ้น โดยการเซตบิต RI ในกรณีรับข้อมูลและบิต TI ในกรณีส่งข้อมูลบิต RI และ TI อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON

ค่าแอดเดรสอินเทอร์รัปต์แวกเตอร์ของการอินเทอร์รัปต์แบบนี้อยู่ที่ 0023H การอินเทอร์รัปต์ในแบบนี้สามารถแทนได้ด้วยการออร์กันของบิต RI และ TI

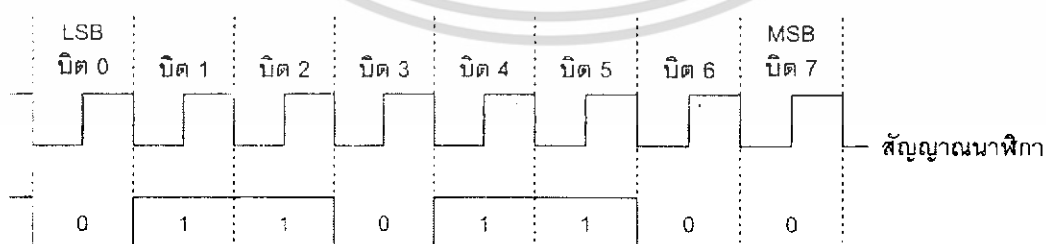
#### 2.2.4.4 การอินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์/คาน์เตอร์ 2

แหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์นี้จัดเป็นแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ภายในแบบหนึ่ง โดยการใช้การเกิดโอเวอร์โฟลว์ จากการนับค่าในไทเมอร์/คาน์เตอร์ 2 หรือการแคปเจอร์หรือการตรวจจับสัญญาณที่ขา T2EX ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51เบอร์AT89C52 และในอนุกรมAT89Sxx เมื่อเกิดการโอเวอร์โฟลว์ ก็จะทำการเซตบิต TF2 ในรีจิสเตอร์ TCONและถ้าไทเมอร์2สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงจากระดับ “1” เป็น “0” ที่ขา T2EX ได้ และบิต EXEN2 ในรีจิสเตอร์T2CONได้รับการเซตไว้ ก็จะทำให้บิต EXF2ในรีจิสเตอร์T2CON เซต เป็นการแจ้งว่าเกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการแคปเจอร์ที่ไทเมอร์ 2 ค่าแอดเดรสอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์ของการอินเตอร์รัปต์แบบนี้อยู่ที่ 002BH การอินเตอร์รัปต์ในแบบนี้สามารถแทนได้ด้วยการออร์กันของบิต TF2 และ EXF2

อย่างไรก็ตามการอินเตอร์รัปต์แบบนี้จะเกิดขึ้นหรือมีการตอบสนองก็ต่อเมื่อมีการเอินเอเบิลการอินเตอร์รัปต์ โดยการเซตบิต EA ในรีจิสเตอร์ IE จะตอบสนองในกรณีเกิดโอเวอร์โฟลว์ เมื่อบิต EXEN2 ในรีจิสเตอร์ T2CONเป็น “0”และตอบสนองในกรณีเกิดแคปเจอร์เมื่อบิต EXEN2ในรีจิสเตอร์ T2CON เป็น “1”

### 2.3 การสื่อสารแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัสและการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส การสื่อสารแบบซิงโครนัสจะมีสัญญาณนาฬิกา ร่วมอยู่กับการรับส่งสัญญาณด้วย ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสก็คือคีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ ซึ่งสายเส้นหนึ่งจะเป็นสายของนาฬิกา ส่วนสายอีกเส้นหนึ่งจะเป็นสายข้อมูล ดังนั้นการติดต่อกันแบบซิงโครนัสนี้จะต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้น คือ สัญญาณนาฬิกา, ข้อมูลและกราวด์ รูปที่ 2.2 แสดงให้เห็นถึงไทม์มิงไดอะแกรมของการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส



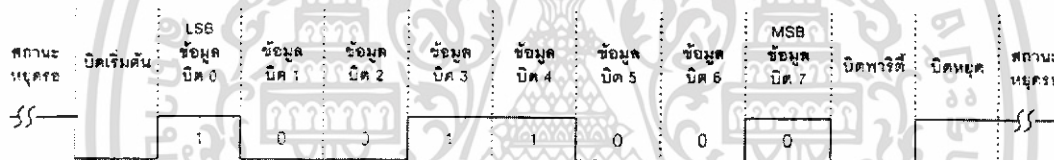
รูปที่ 2.2 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.1 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือการรับและส่งข้อมูลไปในสายโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกาพร้อมด้วยเหมือนกับการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส แต่จะใช้การกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาทั้งภาครับและภาคส่งให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดค่าให้ภาครับและภาคส่งนี้ว่า อัตราการถ่ายทอข้อมูล หรือ บอดเรต (Baudrate) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bit per secone : bps) รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วน ด้วยกันคือ

1. บิตเริ่มต้น (Start Bit) ซึ่งจะมีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรมจะมีขนาด 5,6,7 หรือ 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี (Parity Bit) จะมีขนาด 1 บิต หรือ ไม่มี
4. บิตปิดท้าย (Stop Bit) จะมีขนาด 1,1.5 หรือ 2 บิต



รูปที่ 2.3 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

รูปที่ 2.3 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส เมื่อไม่มีข้อมูลที่จะส่งหา DATA จะมีสถานะลอจิก "1" ซึ่งเรียกสถานะนี้ว่าสถานะหยุดรอ (Waiting Stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้หา DATA มีลอจิก "0" ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต เรียกบิตนี้ว่า บิตเริ่มต้น จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไป โดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (LSB) ก่อน ซึ่งข้อมูลในไบต์ที่จะส่งอาจจะมีจำนวนบิต 5,6,7 หรือ 8 บิตก็ได้ จากนั้นตามด้วย บิตพาริตี ซึ่งใช้เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่ส่งคือ บิตปิดท้าย ซึ่งจะให้หา DATA มีสถานะลอจิก "1" อีกครั้งด้วยระยะเวลา น้อย 1 บิต, 1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว

อุปกรณ์พิเศษที่ได้รับการออกแบบมาสำหรับการรับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสเรียกว่า Universal Asynchronous Receiver/Transmitter หรือ UART อัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือ ค่าบอดเรต ซึ่งก็คือค่าจำนวนบิตต่อวินาทีที่ใช้ในการรับและส่งข้อมูล บอดเรตมาตรฐานที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232 ได้แก่ 110,150,300,600,1200,2400,4800,9600

และ 19200 บิตต่อวินาที และมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ ซึ่งการรับส่งแบบอนุกรม โดยไม่ผ่านโมเด็มอาจจะสามารถกำหนดค่าบอดเรตได้สูงถึง 115200 บิตต่อวินาที เนื่องจากบอดเรตคือ จำนวนบิตของข้อมูลที่สามารถถ่ายทอดได้ภายใน 1 วินาที ตัวอย่าง ข้อมูลอนุกรมถูกส่งในลักษณะ 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิตความยาวของข้อมูลที่ได้รับส่งนี้เท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9600 บิตต่อวินาที ก็จะสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที และถ้ามีการใช้พาริตีความเร็วในการรับส่งข้อมูลจะเหลือเป็น 872 ไบต์ต่อวินาที

การตรวจสอบพาริตีสามารถกำหนดให้เป็นแบบคี่,แบบคู่ หรือ ไม่มีการตรวจสอบพาริตีก็ได้ การตรวจสอบพาริตีเป็นการตรวจสอบจำนวนรวมของบิตที่เป็นลอจิก "1" ภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์ ว่าจำนวนรวมเป็นเลขคู่หรือเลขคี่โดยต้องรวมบิตพาริตีเข้าไปด้วย ยกตัวอย่าง ข้อมูลที่จะทำการส่งมี ขนาด 8 บิตและมีค่าเท่ากับ 99 ฐานสิบหก หรือ 10011001 ฐานสอง จะเห็นได้ว่าข้อมูลในไบต์นี้มี จำนวนลอจิก "1" จำนวน 4 ตัวซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้นถ้ากำหนดค่าพาริตีเป็นคู่ ค่าพาริตี จะต้องมีลอจิกเป็น 0 แต่ถ้าพาริตีเป็นคี่ ค่าที่บิตพาริตีจะต้องเป็น "1" เพื่อให้ข้อมูล 1 ไบต์รวมทั้งบิตพาริตีมีจำนวนบิตที่เป็น ลอจิก "1" รวมกันเป็นเลขคี่ ในตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างของบิตพาริตีในการรับส่งข้อมูลอนุกรม

บิตพาริตีถูกสร้างขึ้นจากภาคส่งข้อมูลของ UART โดยภาครับจะต้องกำหนดคุณสมบัติการ ตรวจสอบพาริตีให้ตรงกันว่า จะตรวจสอบพาริตีคี่หรือคู่ จากนั้นภาครับของ UART จะตรวจสอบค่าพาริตีที่เกิดขึ้นว่าเป็นคู่หรือเป็นคี่ โดยการนับจำนวนลอจิก "1" ทั้งหมดรวมทั้งบิตพาริตีด้วย ถ้ากำหนดพาริตีไว้เป็นคู่แต่อ่านตัวเลขในการนับออกมาได้ตัวเลขเป็นคี่ ทางภาครับจะแจ้งข้อผิดพลาดให้ผู้ใช้ รับทราบ นับเป็นการตรวจสอบความผิดพลาดของการถ่ายทอดข้อมูลทั้งายที่สุด แต่จะเชื่อถือได้เมื่อมี บิตข้อมูลที่ทำการส่งผิดพลาดเพียงบิตเดียวเท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ส่งมีบิตที่ผิดพลาดมากกว่า 1 บิต การ ตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะไม่ได้ผล สำหรับการตั้งพาริตีบิตเป็น None ทั้งภาครับและภาคส่ง จะไม่มีการ ตรวจสอบพาริตี

ข้อมูล	บิตพาริตีคู่	บิตพาริตีคี่
00000000	0	1
00000001	1	0
00000010	1	0
00000011	0	1
00000100	1	0
11111110	1	0
11111111	0	1

ตารางที่ 2.1 แสดงบิตพาริตีของข้อมูล

คอมพิวเตอร์ในรุ่น AT เกือบทั้งหมดจะใช้ UART เบอร์ 16450 และ 16550 ส่วนคอมพิวเตอร์ในรุ่น XT ใช้เบอร์ UART เบอร์ 8250 UART ชิพเหล่านี้มีระดับแรงดันเป็นแบบทีทีแอล (0 และ +5V) เพื่อให้มีแรงดันเป็นไปตามมาตรฐาน RS-232 และเพื่อให้การรับส่งข้อมูลสามารถทำได้ทีละระยะไกลมากขึ้น ระดับแรงดันทีทีแอลจะถูกแปลงเป็นระดับแรงดันที่สูงขึ้น โดยลอจิก “0” มีระดับแรงดัน +3V ถึง +12V ในขณะที่ลอจิก “1” มีระดับแรงดัน -3V ถึง -12V

### 2.3.2มาตรฐานพอร์คอนุกรมแบบ RS-232

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยมาตรฐาน RS-232 ในอดีตนั้นถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนี้สื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดหนึ่งซึ่งอยู่ห่างไกลกัน โดยคณะกรรมการที่เรียกว่า สมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association : EIA) ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า EIA RS-232 มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเน็กเตอร์เป็นแบบ DB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดของสายสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต มีระดับสัญญาณตั้งแต่ -3V ถึง -12V แสดงว่ามีข้อมูล (Mark) และ +3V ถึง +12V แสดงว่าเป็นช่องว่าง (Space)

มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment : DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data Circuit Terminating :DCE) ไว้ว่าอุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลในตัวเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

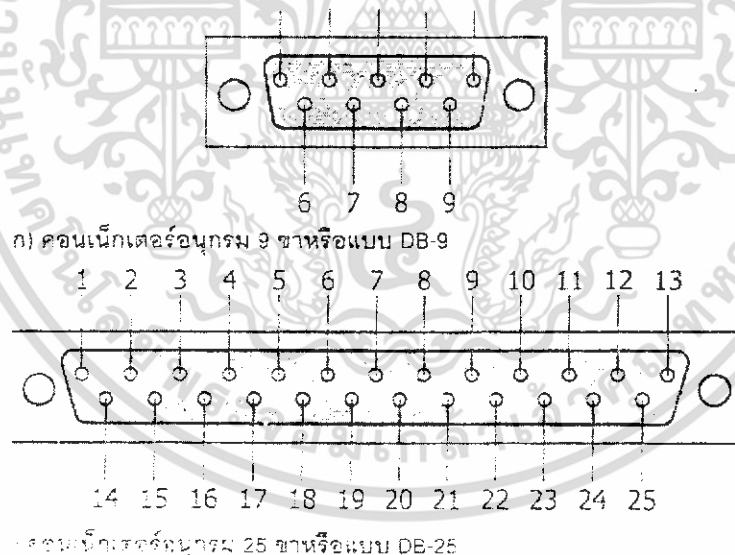
ในการสร้างข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่านมาตรฐาน RS-232

ข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE อย่างหนึ่งที่เราเห็นได้ชัดคือ คอนเน็กเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็กเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเน็กเตอร์ที่อยู่ในโมเด็มจะเป็นแบบ DCE

สำหรับการใช้งานบนคอมพิวเตอร์ พอร์ตอนุกรม RS-232 มักถูกใช้เชื่อมต่อกับ โมเด็มหรือ เมาส์ โดยสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความยาวของสายสัญญาณสูงสุดถึง 20 เมตร

### 2.3.3 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 จะใช้คอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 ตัวผู้หรือ DB-9 ตัวผู้ซึ่งคอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้นเช่นเดียวกับคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่นๆที่เคยใช้งานในอดีต ปัจจุบันมีการใช้งานไม่มากนัก จึงถูกยกเลิกไป โดยแสดงรูปร่างและตำแหน่งขาในรูป 2.4



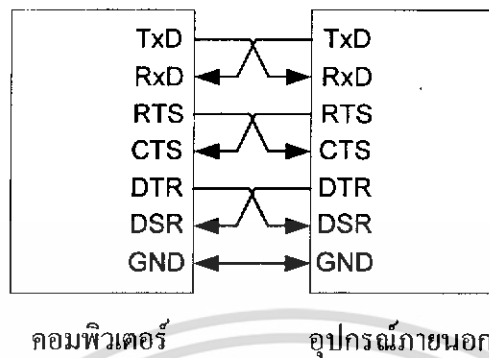
รูปที่ 2.4 การจัดขาคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 ทั้งแบบ DB-9 และ DB-25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

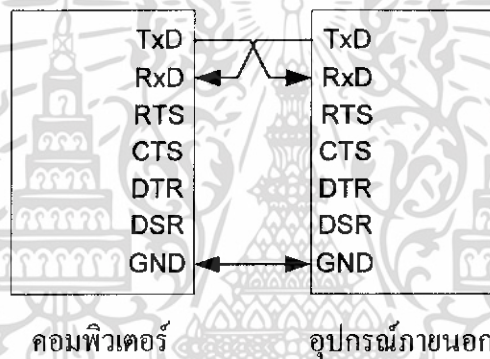
คอนเน็กเตอร์ DB-9	คอนเน็กเตอร์ DB-25	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
1	8	Data Carrier Detect : DCD	อินพุต
2	3	Received Data : RxD	อินพุต
3	2	Transmitted Data : TxD	เอาต์พุต
4	20	Data Terminal Ready : DTR	เอาต์พุต
5	7	Signal Ground : GND	-
6	6	Data Set Ready : DSR	อินพุต
7	4	Request To Send : RTS	เอาต์พุต
8	5	Clear To Send : CTS	อินพุต
9	22	Ring Indicator : RI	อินพุต

ตารางที่ 2.2 ตารางเปรียบเทียบขาของคอนเน็กเตอร์ DB-9 กับคอนเน็กเตอร์ DB-25

สำหรับการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกแสดงดังรูปที่ 2.5 ถูกสรในรูปแสดงถึงทิศทางของข้อมูล ในรูป 2.5 (ก) เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null modem หรือการเชื่อมต่อโดยไม่ต้องผ่านโมเด็ม โดยมีการตรวจสอบหรือแฮนด์เช็กเต็มรูปแบบ ส่วนในรูปที่ 2.5 (ข) เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null modem ในลักษณะที่ใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น โดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูล อีกเส้นสำหรับรับข้อมูล และเส้นสุดท้ายเป็นกราวด์ สำหรับรายละเอียดหน้าที่การทำงานในแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม RS-232 มีดังนี้



(ก) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ Null Modem



(ข) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ RS-232

โดยใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น

รูปที่ 2.5 การต่ออุปกรณ์ภายนอกกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ในลักษณะต่างๆ

-Data Carrier Detect : DCD หรืออาจเรียกว่า Carrier Detect :CD ขานี้จะแอกติฟเมื่อมีการส่งสัญญาณพาห้จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลเช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติ ขานี้จะไม่ได้ถูกใช้งานมากนัก

-Receive Data:RD หรือ RxD ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่อ่านได้มาเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ บัฟเฟอร์

-Transmitted Data :TD หรือ TxD ใช้ส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลออกไป

-Data Terminal Ready :DTR เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่า ต้องการติดต่อด้วย โดยขา DTR นี้ต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของอุปกรณ์ปลายทาง และ

ขา DTR ของอุปกรณ์ปลายทางต้องเชื่อมกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์ด้วย ถ้าใช้การเชื่อมต่อแบบ Null Modem ซึ่งใช้สายในการเชื่อมต่อเพียง 3 เส้น จะต้องต่อขา DTR และ DSR ของตัวมันเองเข้าด้วยกันและต้องต่อขา DCD ด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณพาห์

-Signal Ground : GND กราวด์ระบบ

-Data Set Ready :DSR ขานี้จะใช้คู่กับขา DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งขา DSR นี้จะเป็นขาสำหรับรับข้อมูลจากภายนอกซึ่งถูกส่งมาจากขา DTR

-Request To Send :RTS เป็นขาสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS ก็คือขา CTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ Null modem 3 สาย จะต้องเชื่อมต่อขา RTS และ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน เพื่อจะให้การรับและส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา

-Clear To Send :CTS ขานี้จะคอยรับสัญญาณจากขา RTS เมื่อรับสัญญาณได้ข้อมูลที่ขา TxD จะถูกส่งออกไป ดังนั้นขานี้จึงถูกใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่

-Ring Indicator :RI ใช้แสดงสถานะเรียกจากสายโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับ โมเด็มและ โปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณนี้เท่านั้น

### 2.3.4 UART

UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) หมายถึง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั่นเอง สำหรับการสื่อสารอนุกรมบนคอมพิวเตอร์แล้ว UART ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการสื่อสารอนุกรม

หน้าที่หลักของ UART คือ ทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัส แล้วส่งออกไป และทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายัง UART ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าสู่คอมพิวเตอร์ ซึ่งนอกจาก UART จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แล้ว ยังแจ้งข้อมูลอื่นๆให้คอมพิวเตอร์รับทราบด้วย เช่น อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล (บอดเรต),รูปแบบการส่งข้อมูล,ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล (ผิดพลาดจากพาริตี,เฟรมข้อมูล,โอเวอร์รัน) เป็นต้น

ภายใน UART จะมีส่วนของวงจรสร้างบอดเรตแบบโปรแกรมได้ โดยการกำหนดค่าตัวหารให้กับสัญญาณนาฬิกาของ UART โดยตัวหารนี้มีขนาด 16 บิต ดังนั้นจึงสามารถกำหนดตัวหารอยู่

ในช่วง 1-65,535 UART สามารถรับส่งข้อมูลได้ทั้งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half duplex) และฟูลดูเพล็กซ์ (Full duplex) โดยการส่งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half duplex) เป็นการส่งทิศทางเดียว ส่วนการส่งแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full duplex) นั้นสามารถรับส่งข้อมูลได้ในคราวเดียวกัน

#### ชนิดของ UART

ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปมี UART ที่ใช้งานกันอยู่ 2 เบอร์คือ 8250 ซึ่งเป็น UART มาตรฐานที่มีการใช้มายาวนาน UART เบอร์นี้จะมียุทเพอร์สำหรับรับและส่งข้อมูลตำแหน่งเดียวกัน ทำให้การรับและส่งข้อมูลถูกจำกัดความเร็วอยู่ที่ 57.6 กิโลบิตต่อวินาทีเท่านั้น แต่ UART เบอร์นี้ก็ถือว่าเป็นต้นแบบของ UART ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์ทุกรุ่นจะต้องสนับสนุนการทำงานตามรูปแบบของ UART เบอร์นี้

UART อีกเบอร์หนึ่งคือ 16450 มีความสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 115,200 บิตต่อวินาที และเพิ่มรีจิสเตอร์สำหรับพักข้อมูลสำหรับ UART นอกจากนี้ยังเพิ่มส่วนของชิพรีจิสเตอร์ (Chip Register) แบบ FIFO (First In First Out) ขนาด 16 ไบต์เข้าไป ทำให้สามารถสนับสนุนความเร็วในการรับส่งข้อมูลถึง 256 กิโลบิตต่อวินาทีได้ โดยคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันใช้ UART เบอร์นี้หรือใหม่กว่า เช่น เบอร์ TL16C750 ซึ่งมีรีจิสเตอร์ (Register) แบบ FIFO ขนาด 64 ไบต์ ทำงานได้ที่ระดับแรงดัน +5V และ +3V มีโหมดประหยัดพลังงาน สามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 1 เมกะบิตต่อวินาที เมื่อใช้สัญญาณนาฬิกา 16 MHz

อย่างไรก็ตาม ความเร็วในการส่งข้อมูลที่มากมายของ UART เบอร์ใหม่ๆ ก็ไม่ได้ช่วยให้การรับส่งข้อมูลของคอมพิวเตอร์เร็วขึ้น เนื่องจากว่าคอมพิวเตอร์ยังใช้ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาในการแปลงข้อมูลเพียง 1.8432 MHz เท่านั้น

#### 2.3.5 วงจรภายในและรีจิสเตอร์ของพอร์ตอนุกรม RS-232

เครื่องคอมพิวเตอร์โดยทั่วไปสามารถต่อพอร์ตอนุกรมสูงสุดได้ 4 พอร์ต มีชื่อเรียกเป็น COM1, COM2, COM3, COM4 ซึ่งพอร์ตอนุกรมแต่ละตัวต่างก็ใช้งาน UART ภายในคอมพิวเตอร์ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก การทำงานภายในของพอร์ตอนุกรมประกอบด้วยรีจิสเตอร์ 8 บิต 8 ตัว ที่ใช้งานร่วมกับ UART แอคเคสของรีจิสเตอร์ภายในพอร์ตอนุกรมสามารถคำนวณได้จากค่ารีจิสเตอร์พื้นฐานของพอร์ตอนุกรม ยกตัวอย่างเช่น พอร์ตอนุกรม COM1 มีแอสเซสอยู่ที่ 3F8H ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ต่างๆจะเป็นตำแหน่งที่บวกเข้าไปกับค่า 3F8H โดยรีจิสเตอร์ที่ใช้งานกับพอร์ตอนุกรมมีดังนี้ 00H เป็นรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับเก็บข้อมูลที่รับเข้ามาหรือเตรียมข้อมูลก่อนที่จะส่งออกไป

- 01H รีจิสเตอร์เอ็นเอเบิลการอินเทอร์รัปต์ ใช้เซต โหมดการอินเทอร์รัปต์ของพอร์ตอนุกรม
- 02H รีจิสเตอร์แสดง โหมดการอินเทอร์รัปต์ ใช้เพื่อตรวจสอบ โหมดของการอินเทอร์รัปต์
- 03H รีจิสเตอร์กำหนดรูปแบบของข้อมูล
- 04H รีจิสเตอร์ควบคุมโมเด็ม ใช้ตรวจสอบบิตสำหรับติดต่อกับ โมเด็ม เช่น RTS หรือ DTR
- 05H รีจิสเตอร์แสดงสถานะการรับและการส่งข้อมูลแบบอนุกรม
- 06H รีจิสเตอร์แสดงสถานะของ โมเด็ม ซึ่งจะแสดงสถานะของขา DCD,RI,DSRและCTS
- 07H รีจิสเตอร์สำหรับการเก็บข้อมูลชั่วคราว

#### รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 00H : รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์

เป็นรีจิสเตอร์เก็บข้อมูลที่รับเข้ามาและส่งออก โดยการติดต่อกับรีจิสเตอร์นี้เพื่อเก็บข้อมูล จะต้องกำหนดให้บิต DLAB ในรีจิสเตอร์กำหนดรูปแบบข้อมูล(03H) มีสถานะเป็น “0” ซึ่งการเขียนข้อมูลมายังแอดเดรสนี้ เป็นการส่งข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์ส่งข้อมูลและข้อมูลจะถูกส่งออกไปแบบอนุกรม สำหรับการรับข้อมูล เมื่อรับเข้ามาแล้ว จะส่งต่อไปยังรีจิสเตอร์เก็บข้อมูล หลังจากอ่านค่าจากรีจิสเตอร์นี้ออกไป รีจิสเตอร์นี้จะถูกเคลียร์ และเตรียมพร้อมสำหรับรับข้อมูลในไบต์ต่อไป

#### รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 01H : รีจิสเตอร์เอ็นเอเบิลการอินเทอร์รัปต์

เป็นรีจิสเตอร์สำหรับการเอ็นเอเบิลการอินเทอร์รัปต์ ซึ่งเป็นการกำหนดให้ UART สร้างสัญญาณอินเทอร์รัปต์ขึ้นมา ฟังก์ชันการทำงานในแต่ละบิตของรีจิสเตอร์มีดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	0	SINP	ERBK	TBE	RxRD

บิต 4-7            บิตเหล่านี้ไม่ถูกนำมาใช้งาน กำหนดให้เท่ากับ “0”

SINP            เอ็นเอเบิลการอินเทอร์รัปต์เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนสถานะที่ขาอินพุต CTS,DSR,DCD หรือขา RI

ERBK            เอ็นเอเบิลการอินเทอร์รัปต์เนื่องจากเกิดความผิดพลาดขึ้นด้วยสาเหตุจาก พาริตี, โอเวอร์ซัน,เฟรมข้อมูลหรือการเบรกข้อมูล

“1” เอ็นเอเบิลการอินเทอร์รัปต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	“0” คิสเอเบิลการอินเทอร์รัปต์
TBE	เอ็นเอเบิลการอินเทอร์รัปต์เมื่อรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลว่าง
	“1” เอ็นเอเบิลการอินเทอร์รัปต์
	“0” คิสเอเบิลการอินเทอร์รัปต์
RxRD	เอ็นเอเบิลการอินเทอร์รัปต์เนื่องจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ได้รับข้อมูลแล้ว
	“1” เอ็นเอเบิลการอินเทอร์รัปต์
	“0” คิสเอเบิลการอินเทอร์รัปต์

รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 02H : รีจิสเตอร์แสดงโหมดและสถานการณ์อินเทอร์รัปต์  
มีรายละเอียดของแต่ละบิตดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	0	0	ID1	ID0	PND

บิต 3-7	บิตเหล่านี้ไม่ถูกนำมาใช้งาน กำหนดให้เท่ากับ “0”
ID1, ID0	ใช้งานร่วมกันเพื่อแจ้งสาเหตุของการเกิดอินเทอร์รัปต์
	“00” เกิดการอินเทอร์รัปต์เนื่องจากการเปลี่ยนของขาอินพุตขึ้น
	เกิดการอินเทอร์รัปต์แบบนี้มีนัยสำคัญเป็นอันดับ 4
	“01” เกิดการอินเทอร์รัปต์เนื่องจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ส่งข้อมูล
	ว่างขึ้นเกิดการอินเทอร์รัปต์แบบนี้มีนัยสำคัญเป็นอันดับ 3
	“10” เกิดการอินเทอร์รัปต์เนื่องจากข้อมูลถูกเก็บลงในรีจิสเตอร์
	บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว การเกิดอินเทอร์
	รัปต์แบบนี้มีนัยสำคัญเป็นอันดับ 2
	“11” เกิดการอินเทอร์รัปต์เนื่องจากความผิดพลาดในการถ่าย
	ทอดข้อมูลหรืออาร์เบรก (Break : เกิดการหยุดถ่ายทอด
	ข้อมูลกะทันหัน) การเกิดอินเทอร์รัปต์แบบนี้มีนัย
	สำคัญเป็นอันดับ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PND ใช้แสดงสถานะของการเกิดอินเตอร์รัปต์

“1” แสดงว่าไม่มีการอินเตอร์รัปต์

“0” แสดงว่ามีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้น

เมื่อมีการสร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์ขึ้น จะต้องมีการเคลียร์ค่าก่อนที่จะให้เกิดอินเตอร์รัปต์ครั้งต่อไป โดยสามารถทำได้ดังนี้คือ

-ถ้าเกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของขาอินพุตจะต้องอ่านค่าจากรีจิสเตอร์แสดงสถานะของโมเด็ม (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 06H) เพื่อเคลียร์ค่าการอินเตอร์รัปต์

-ถ้าเกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากบัฟเฟอร์ส่งข้อมูลว่าง จะต้องเขียนข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ส่งข้อมูล (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 00H) หรืออ่านค่ารีจิสเตอร์แสดงสถานะอินเตอร์รัปต์ (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 02H) เพื่อเคลียร์ค่าการอินเตอร์รัปต์

-ถ้าเกิดอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการเก็บข้อมูลลงในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูลเรียบร้อยแล้วจะต้องเคลียร์ค่าอินเตอร์รัปต์ จะต้องเคลียร์ค่าอินเตอร์รัปต์โดยการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์

-ถ้าเกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูลหรือเกิดการเบรก จะต้องเคลียร์ค่าอินเตอร์รัปต์โดยการอ่านค่ารีจิสเตอร์แสดงสถานะการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 03H : รีจิสเตอร์กำหนดรูปแบบของข้อมูล

มีรายละเอียดหน้าที่ของแต่ละบิตดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
DLAB	BRK	PAR2	PAR1	PAR0	STOP	DAB1	DAB0

DLAB ใช้ในการกำหนดหน้าที่การทำงานของรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ (00H)

“1” เป็นการเข้าสู่โหมดการหารค่าบอดเรต

“0” เป็นการเข้าถึงรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 00H)

และ รีจิสเตอร์ สำหรับการเอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์

(รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 01H) เมื่อบิต DLAB เป็น “1” รีจิสเตอร์

บัฟเฟอร์ (00H) และรีจิสเตอร์เอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์

(01H) จะใช้สำหรับ โหลดค่าการหารความถี่สำหรับ  
กำหนดค่าบอดเรต โดยรีจิสเตอร์ 00H เก็บค่าตัวหารไบต์ต่ำ  
ส่วนรีจิสเตอร์ 01H ใช้เก็บค่าตัวหารไบต์สูง การหาค่าบอดเรต  
สามารถเขียนได้เป็นสมการดังนี้

$$\text{บอดเรต} = 115200 / \text{ค่าตัวหาร 16 บิต}$$

ค่าตัวเลข 115200 มาจากความถี่ของคริสตอลในวงจร UART  
ภายใน เครื่องคอมพิวเตอร์ โดยคริสตอลที่ใช้มีความถี่ 1.8432 MHz  
วงจรภายใน UART จะหารค่าความถี่นี้ด้วย 16 ทำให้ได้ค่าความถี่  
115200 Hz ออกมา

ค่าตัวหาร 16 บิต = ข้อมูลในรีจิสเตอร์ 00H + (256 x ข้อมูลใน  
รีจิสเตอร์ 01H) ถ้าต้องการบอดเรตเท่ากับ 9600 ค่าตัวหารที่ใช้จะต้อง  
มีค่าเท่ากับ 12 ซึ่ง ค่านี้จะถูกเขียนลงในรีจิสเตอร์ 00H และเขียนค่า  
0 ลงไปในรีจิสเตอร์ 01H ค่าตัวหารที่ทำให้เกิดค่าบอดเรตสูงสุดที่  
115200 บิตต่อวินาที คือค่า 0001 นั่นคือรีจิสเตอร์ 00H มีค่าเท่ากับ 1  
และรีจิสเตอร์ 01H ที่ค่าเท่ากับ 0

BRK

ใช้ควบคุมการหยุดถ่ายถอดข้อมูล

“1” สามารถหยุดหรือเบรกข้อมูลได้

“0” ไม่สามารถหยุดหรือเบรกข้อมูลได้

PAR2,PAR1,PAR0 ใช้เพื่อกำหนดบิตพาริตี

“000” ไม่ใช่บิตพาริตี

“001” กำหนดพาริตีคู่

“011” กำหนดบิตพาริตีคู่

“101” มาร์ก(mark)

“111” ช่องว่าง (space)

STOP

ใช้กำหนดจำนวนบิตปิดท้าย

“1” มีบิตปิดท้าย 2 บิต

“0” มีบิตปิดท้าย 1 บิต

DAB1,DAB0

ใช้ร่วมกันในการกำหนดจำนวนบิตของข้อมูลที่ต้องการถ่ายถอด

“00” จำนวนบิตข้อมูลเท่ากับ 5 บิต

“01” จำนวนบิตข้อมูลเท่ากับ 6 บิต

“10” จำนวนบิตข้อมูลเท่ากับ 7 บิต

“11” จำนวนบิตข้อมูลเท่ากับ 8 บิต

รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 04H : รีจิสเตอร์ควบคุม โมเด็ม

มีรายละเอียดหน้าที่ของแต่ละบิตดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	LOOP	OUT2	OUT1	RTS	DTR

บิต 5-7      บิตเหล่านี้ไม่ถูกนำมาใช้งาน กำหนดให้เท่ากับ “0”

LOOP      “1” เอ็นเอเบิลการส่งค่ากลับ

            “0” ดิสเอเบิลการส่งค่ากลับ

OUT1,OUT2      “1” เอ็นเอเบิลการใช้งานภายใน

            “0” ดิสเอเบิลการใช้งานภายใน

RTS      ใช้ควบคุมการทำงานของขา RTS(Ready To Send)

            “1” เอ็นเอเบิล

            “0” ดิสเอเบิล

DTR      ใช้ควบคุมการทำงานของขา DTR (Data Terminal Ready)

            “1” เอ็นเอเบิล

            “0” ดิสเอเบิล

รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 05H : รีจิสเตอร์แสดงสถานะการรับและส่งข้อมูลอนุกรมของ UART ใช้งานร่วมกับรีจิสเตอร์แสดงโหมดและสถานะของการอินเตอร์รัปต์ (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 02H) เพื่อแสดงสาเหตุของการเกิดอินเตอร์รัปต์ มีรายละเอียดหน้าที่ของแต่ละบิตดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	TXE	TBE	BREK	FRME	PARE	OVFE	RxRD

TXE (Transmitter Empty)

“1” แสดงว่ารีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลว่าง

“0” แสดงว่ายังคงมีข้อมูล 1 ไบต์เก็บอยู่ในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล

TBE (Transmitter Buffer Empty)

“1” แสดงว่ารีจิสเตอร์สำหรับส่งข้อมูลว่าง

“0” แสดงว่ายังคงมีข้อมูล 1 ไบต์เก็บอยู่ในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล

BREAK (Break)

“1” UART ตรวจพบการเบรก

“0” ไม่มีการเบรก

FRME (Frame Error)

“1” UART ตรวจพบความผิดพลาดด้านเฟรมข้อมูล

“0” ไม่พบความผิดพลาดด้านเฟรมข้อมูล

PARE (Parity Error)

“1” UART ตรวจพบความผิดพลาดทางพาริตี

“0” ไม่พบความผิดพลาดทางพาริตี

OVRE (Overrun Error)

“1” UART ตรวจพบความผิดพลาดแบบ โอเวอร์รัน

“0” ไม่พบความผิดพลาดแบบ โอเวอร์รัน

RxRD (Received Data Ready)

“1” มีการรับข้อมูลเข้ามาเก็บไว้ในบัฟเฟอร์

“0” ไม่มีข้อมูล

รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 06H : รีจิสเตอร์แสดงสถานะ โมเด็ม

ใช้เพื่อกำหนดสถานะสัญญาณอินพุต ของพอร์ตอนุกรม RS-232 ซึ่งได้แก่ สัญญาณ DCD,DSR,CTS และ RI สำหรับการเชื่อมต่อใช้งานแบบอนุกรม ประสงค์ ดังมีรายละเอียดหน้าที่ของแต่ละบิตต่อไปนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
DCD	RI	DSR	CTS	DDCD	DRI	DDSR	DCTS

DCD	ใช้แสดงสถานะของขา DCD “1” แสดงว่าที่ขา DCD เป็นลอกลจิก “1” “0” แสดงว่าที่ขา DCD เป็นลอกลจิก “0”
RI	ใช้แสดงสถานะของขา RI “1” แสดงว่าที่ขา RI เป็นลอกลจิก “1” “0” แสดงว่าที่ขา RI เป็นลอกลจิก “0”
DSR	ใช้แสดงสถานะของขา DSR “1” แสดงว่าที่ขา DSR เป็นลอกลจิก “1” “0” แสดงว่าที่ขา DSR เป็นลอกลจิก “0”
DCTS (Delta Clear To Send)	ใช้แจ้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของบิต CTS “1” แสดงว่าบิต CTS (Clear TO Send) เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบจากการอ่านครั้งที่แล้ว “0” แสดงว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับการอ่านครั้งที่แล้ว
DDSR (Delta Data Set Ready)	ใช้แจ้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของบิต DSR “1” แสดงว่าบิต DSR (Data Set Ready) เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบจากการอ่านครั้งที่แล้ว “0” แสดงว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับการอ่านครั้งที่แล้ว
DRI (Delta Ring Indicator)	ใช้แจ้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของบิต RI “1” แสดงว่าบิต RI (Ring Indicator) เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบจากการอ่านครั้งที่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

“0” แสดงว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับการอ่านครั้งที่แล้ว  
 DDCD (Delta Data Carrier Detect) ใช้แจ้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของบิต DDCD  
 “1” แสดงว่าบิต CTS (Clear To Send) เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบ  
 จากการอ่านครั้งที่แล้ว  
 “0” แสดงว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับการอ่านครั้งที่แล้ว  
 DCTS (Delta Clear To Send) ใช้แสดงสถานะของขา CTS  
 “1” แสดงว่าที่ขา CTS เป็นลอกลจิก “1”  
 “0” แสดงว่าที่ขา CTS เป็นลอกลจิก “0”

รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 07H : รีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลชั่วคราว  
 ทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำแรมขนาด 1 ไบต์ การอ่านและเขียนข้อมูลที่รีจิสเตอร์ตัวนี้ไม่ส่งผล  
 ใดๆต่อการใช้งาน UART

### 2.3.6 ลักษณะสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของพอร์ต RS-232

สัญญาณเอาต์พุตที่ใช้ควบคุม (RTS และ DTR) และสัญญาณแสดงสถานะอินพุต (CTS , DSR และ DCD) ของพอร์ตอนุกรม RS-232 จะถูกกลับสถานะภายในตัว UART ส่วนสัญญาณข้อมูลทั้ง  
 ภาควางส่งและภาควางรับจะไม่ถูกกลับสถานะ UART จะให้ระดับสัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นแบบทีทีแอล  
 เท่านั้น ดังนั้นเมื่อสัญญาณถูกส่งออกมาจาก UART จึงต้องส่งเข้าวงจรขับเพื่อปรับระดับแรงดันให้ได้  
 ระดับสัญญาณเป็นไปตามมาตรฐาน RS-232 ก่อนส่งออกไปจากคอมพิวเตอร์ สำหรับอุปกรณ์ต่อเชื่อม  
 ปลายทางก็จะต้องมีวงจรขับในลักษณะนี้เช่นเดียวกัน เพื่อให้ได้ระดับสัญญาณในระดับเดียวกัน แต่  
 วงจรที่ขับที่ใช้ทั้งภายในคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางนั้นจะถูกกลับสถานะ  
 แอควอเรสของพอร์ตอนุกรม

แอควอเรสพื้นฐานของพอร์ตอนุกรมมี 4 ตำแหน่งดังนี้ คือ

COM1 : 3F8H

COM2 : 2F8H

COM3 : 3E8H

COM4 : 2E8H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเริ่มเปิดเครื่องเพื่อใช้งานคอมพิวเตอร์ ไบออสภายในคอมพิวเตอร์จะทำการตรวจสอบแอดเดรสของพอร์ตอนุกรมทั้งหมด ถ้าไบออสตรวจพบแอดเดรสของพอร์ตอนุกรม ไบออสจะนำแอดเดรสที่ตรวจพบไปเก็บไว้ในหน่วยความจำขนาด 2 ไบต์ สำหรับพอร์ตอนุกรม COM1 จะเก็บไว้ที่แอดเดรส 0000:0400H และ 0000:0401H ส่วนตำแหน่งอื่นๆมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

COM2 = 0000:0402H - 0000:0403H

COM3 = 0000:0404H - 0000:0405H

COM4 = 0000:0406H - 0000:0407H

นอกจากนี้ที่หน่วยความจำแอดเดรส 0000:0411H ยังใช้สำหรับแสดงจำนวนของพอร์ตอนุกรมที่มีใช้อยู่ในคอมพิวเตอร์อีกด้วย

### 2.3.7 การเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งานพอร์ตอนุกรม โดยผ่านโปรแกรม Visual Basic 6.0

เราจะทำการติดต่อพอร์ตอนุกรมโดยผ่านโปรแกรม Visual Basic 6.0 โดยผ่านการใช้คอนโทรล MSCOMM32.OCX

#### คอนโทรล MSComm

MSComm จัดเตรียมทางเลือกเอาไว้ 2 ทาง เพื่อความสะดวกในการสื่อสารข้อมูล ทางแรกคือการสื่อสารข้อมูลที่กระตุ้นด้วยเหตุการณ์ เป็นรูปแบบการใช้งานที่มีประสิทธิภาพมากสำหรับการตอบสนองแบบทันทีทันใด ส่วนทางเลือกที่สองเป็นการคอยตรวจสอบค่าเหตุการณ์และความผิดพลาดที่เกิดขึ้นด้วยการดูค่าที่เปลี่ยนแปลงภายในคุณสมบัติ CommEvent หลังจากให้โปรแกรมทำงานในฟังก์ชันต่างๆ ไปเรียบร้อยแล้ว ซึ่งวิธีนี้ใช้งานได้ดีในกรณีที่โปรแกรมมีขนาดเล็ก

คอนโทรล MSComm1 ตัวสามารถควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรมได้ 1 พอร์ต ถ้าในโปรแกรมที่ใช้งานต้องการติดต่อกับพอร์ตอนุกรมมากกว่า 1 พอร์ตจะต้องใช้คอนโทรล MSComm มากกว่า 1 ตัวเพื่อควบคุมพอร์ตอนุกรมในแต่ละพอร์ต

Property ของ MSComm ที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

#### CommPort

ใช้ในการกำหนดและอ่านค่าพอร์ตอนุกรมที่ติดต่อยู่ (COM1,COM2,COM3,COM4)

รูปแบบการใช้งาน

Object.CommPort[= value]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย Value เป็นค่าของพอร์ตอนุกรม ชนิดของข้อมูลเป็น Integer ค่า Value สามารถกำหนดได้ ในช่วง 1-16 (ค่าเริ่มต้นกำหนดไว้ที่ 1) เมื่อมีการกำหนดค่าแล้วทำการเปิดพอร์ตโดยใช้คุณสมบัติ Portopen แต่ว่าพอร์ตนั้นไม่มีอยู่ในระบบ MSComm จะสร้างสัญญาณแสดงข้อผิดพลาด error ขึ้นมา ซึ่งหมายถึง อุปกรณ์ตัวนี้ไม่มีอยู่ในระบบ ดังนั้นการเขียน โปรแกรมจึงจำเป็นต้องกำหนดตำแหน่งของ พอร์ตอนุกรมก่อนที่ใช้คำสั่ง OpenPort

### Setting

ใช้ในการกำหนดและอ่านค่าอัตราบอด,พาริตี,จำนวนของบิตข้อมูล,จำนวนของบิตปิดท้าย รูปแบบการใช้งาน

Object.Setting [= value]

ค่า Value มีชนิดข้อมูลเป็นแบบ String มีรูปแบบเป็น “BBBB,P,D,S” โดย BBBB เป็นค่าอัตรา บอด, P เป็นค่าพาริตี,D เป็นจำนวนของบิตข้อมูลและ S เป็นจำนวนของบิตปิดท้าย ปกติค่านี้ถูกกำหนด ไว้เป็น “9600,N,8,1”

ค่าบอดเรตมาตรฐานที่ใช้กับ MSComm มีดังนี้

110	บิตต่อวินาที
300	บิตต่อวินาที
600	บิตต่อวินาที
1200	บิตต่อวินาที
2400	บิตต่อวินาที
9600	บิตต่อวินาที (ค่าปกติ)
14,400	บิตต่อวินาที
19,200	บิตต่อวินาที
28,800	บิตต่อวินาที
38,400	บิตต่อวินาที (สงวน)
56,000	บิตต่อวินาที (สงวน)
128,000	บิตต่อวินาที (สงวน)
256,000	บิตต่อวินาที (สงวน)

สำหรับค่ามาตรฐานในการกำหนดค่าพาริตีมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E	พาริตีคู่ (Even)
M	ลอจิก "1" (MARK)
N	ไม่ใช่ (ค่าปกติ)
O	พาริตีคี่ (Odd)
S	ลอจิก "0" (Space)

ค่าที่ใช้ในการกำหนดจำนวนบิตมี 5 ค่า คือ 4,5,6,7 และ 8 (เป็นค่าปกติ)

ค่าที่ระบุจำนวนบิตปิดท้ายมี 3 ค่า คือ 1 (เป็นค่าปกติ), 1.5 และ 2

ตัวอย่างการใช้งานคำสั่ง Setting โดยจะเป็นการกำหนดค่าบอดเรตเท่ากับ 9600 ไม่มีพาริตี จำนวนบิตข้อมูล 8 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต สามารถเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

```
MSComm1.Setting = "9600,N,8,1"
```

### PortOpen

ใช้ในการกำหนดและอ่านค่าสถานะของพอร์ตอนุกรม เพื่อเปิดและปิดพอร์ตอนุกรม

รูปแบบการใช้งาน

```
Object.PortOpen [= value]
```

ค่า value มีชนิดข้อมูลเป็นแบบบูลีนคือ True กับ False โดย True หมายถึง การเปิดพอร์ตอนุกรมและ False หมายถึงการปิดพอร์ตอนุกรม สำหรับการปิดพอร์ตนั้นจะมีการเคลียร์บัฟเฟอร์รับข้อมูลและบัฟเฟอร์ส่งข้อมูลด้วย คอนโทรล MSComm จะปิดพอร์ตอนุกรมโดยอัตโนมัติ เมื่อออกจากโปรแกรม ก่อนที่จะใช้คุณสมบัติ PortOpen ต้องตรวจสอบให้แน่ใจก่อนว่าคุณสมบัติ CommPort นั้นได้ทำการกำหนดตำแหน่งของพอร์ตอนุกรมไว้ถูกต้องหรือไม่ มิเช่นนั้น MSComm จะแสดงข้อผิดพลาด Error 68 แจ้งแก่ผู้ใช้งาน หรือถ้าพอร์ตอนุกรมนั้นถูกเปิดเอาไว้แล้ว โปรแกรมก็จะแจ้งข้อผิดพลาดออกมาเช่นเดียวกัน

ถ้าคุณสมบัติ DTREnable หรือ RTSEnable ถูกกำหนดเป็น True ก่อนที่จะทำการเปิดพอร์ต ค่าคุณสมบัตินี้ของ DTREnable หรือ RTSEnable จะถูกเซตเป็น False หลังจากปิดพอร์ต แต่ถ้าเซตเป็น False หลังจากปิดโปรแกรมแล้ว ค่าที่กำหนดไว้จะเป็นค่าเดิม

ตัวอย่างการใช้งานคำสั่งเปิดพอร์ต เพื่อติดต่อสื่อสารกับพอร์ตอนุกรม COM1 และมีบอดเรต 9600 บิตต่อวินาที ไม่มีพาริตี จำนวนบิตข้อมูล 8 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิตดังนี้

```
MSComm1.Setting = "9600,n,8,1"
```

```
MSComm1.ComPort = 1
```

```
MSComm1.PortOpen=True
```

## Output

ใช้ในการส่งขบวนของข้อมูลไปยังบัฟเฟอร์ส่งข้อมูล

รูปแบบการใช้งาน

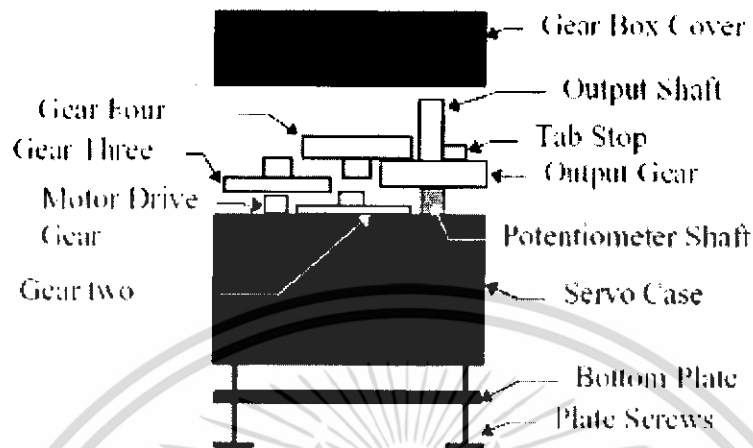
```
Object.Output [= value]
```

ค่า value เป็นค่าของตัวอักษรที่เขียนไปยังบัฟเฟอร์ส่งข้อมูล คุณสมบัติ Output สามารถใช้ในการส่งข้อมูลตัวอักษรหรือข้อมูลไบนารีก็ได้ โดยการส่งข้อมูลเป็นรูปแบบตัวอักษรจะต้องกำหนดข้อมูลเป็นแบบ Variant และมีข้อมูลภายในเป็นแบบ String สำหรับการส่งข้อมูลไบนารีจะต้องกำหนดชนิดของข้อมูลเป็นแบบ Variant และมีข้อมูลภายในเป็นแบบ Byte

## 2.4 SERVO MOTOR

เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC MOTOR) ที่ถูกประกอบรวมกับ ชุดเกียร์ และส่วนควบคุมต่าง ๆ ไว้ในโมดูลเดียวกัน โดยมอเตอร์ชนิดนี้จะมีสายต่อใช้งานเพียง 3 เส้นเท่านั้นคือ VCC,GND และสายสัญญาณควบคุม(Control Line) ซึ่งสามารถควบคุมให้มอเตอร์หมุนซ้ายหรือขวาได้จากสายสัญญาณเพียงเส้นเดียว โดยสัญญาณที่ใช้ควบคุมนี้จะเป็นสัญญาณพัลส์วีดมอด (PWM) แบบ TTL Level ระดับแรงดันที่จ่ายให้มอเตอร์นี้จะอยู่ในช่วงประมาณ 4 ถึง 6 โวลต์ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมอเตอร์แต่ละตัว ข้อดีของมอเตอร์ชนิดนี้ก็คือ จะมีขนาดเล็กน้ำหนักเบา ให้แรงบิดสูง กินพลังงานน้อย และสามารถควบคุมด้วยแรงดันลอจิกที่เป็น TTL ได้โดยตรงไม่จำเป็นต้องต่อวงจรขับ (Driver) อื่นๆ เพราะ มอเตอร์ชนิดนี้จะมีวงจรควบคุมบรรจุไว้ภายในอยู่แล้ว ซึ่งมอเตอร์ชนิดนี้สามารถควบคุมให้หมุนไปในตำแหน่ง หรือ ทิศทางองศาที่ต้องการได้ โดยอาศัยสัญญาณความกว้างพัลส์ที่ป้อนให้มอเตอร์ แต่เซอร์โวมอเตอร์นี้จะหมุนได้แค่เพียงในช่วงประมาณ 180° หรือ ครึ่งรอบเท่านั้น และจะไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้เนื่องจาก โครงสร้างภายในจะประกอบด้วย ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ (VR) ที่ทำหน้าที่ตรวจสอบตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์ และ ตัวต้านทานนี้จะถูกยึดติดกับแกนหมุนของมอเตอร์ เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับตัวต้านทานปรับค่าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบของเซอร์โวมอเตอร์

#### 2.4.1 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

การควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ ทำได้โดยการป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ให้กับมอเตอร์ ซึ่งตำแหน่งและทิศทางการหมุนของมอเตอร์นี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของความกว้างของพัลส์นั้นๆ โดยทั่วไปแล้วความกว้างของสัญญาณพัลส์จะมีจุดที่อ้างอิง 3 จุด ดังรูป คือ

- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1.5 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม 0 องศา หรือจุดกึ่งกลางของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

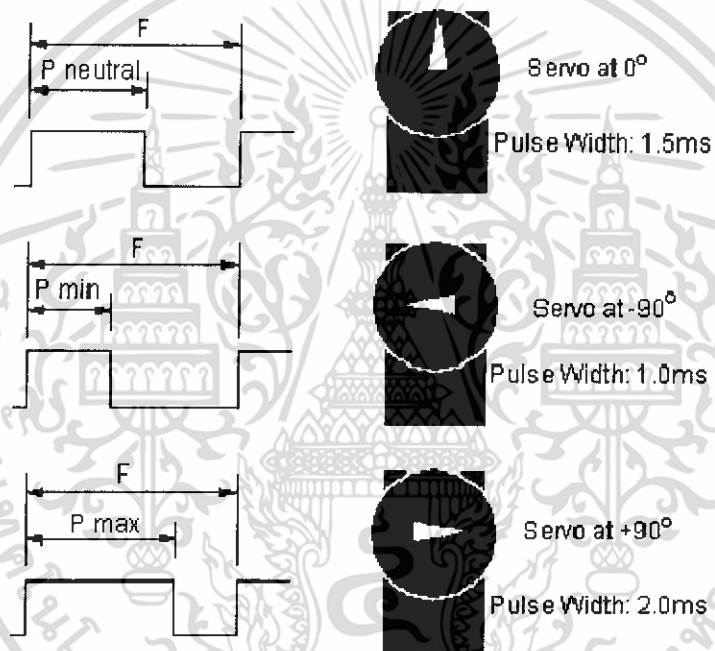
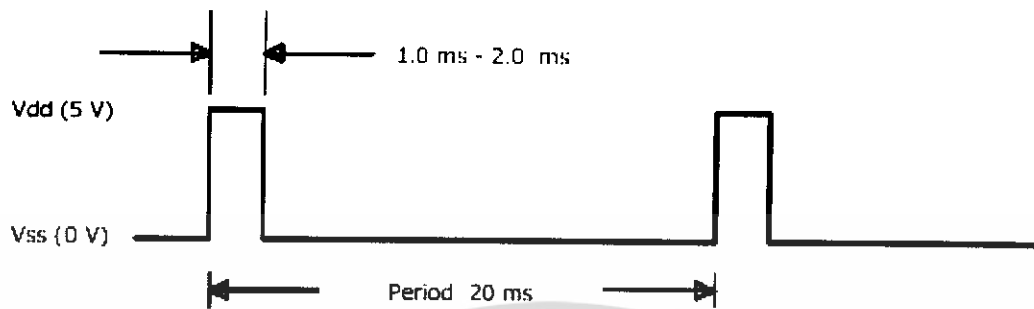
- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม -90 องศา หรือในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 2 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม +90 องศา หรือในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

ส่วนการที่จะควบคุมให้มอเตอร์หมุนเป็นมุมอื่นๆ นั้นก็สามารถทำได้โดยเริ่มต้นการป้อนสัญญาณพัลส์เป็นระดับความกว้างต่าง ๆ โดยอ้างอิงจากจุดทั้ง 3 จุดที่กล่าวมานี้ ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการให้หมุนไปที่มุม -45 องศา เราก็ต้องป้อนสัญญาณที่มีความกว้าง 1.25 ms เป็นต้น และสัญญาณนี้จะต้องจ่ายให้มอเตอร์ทุกๆ 20 ms (Period) เพื่อรักษาสภาพตำแหน่งของมอเตอร์ไว้

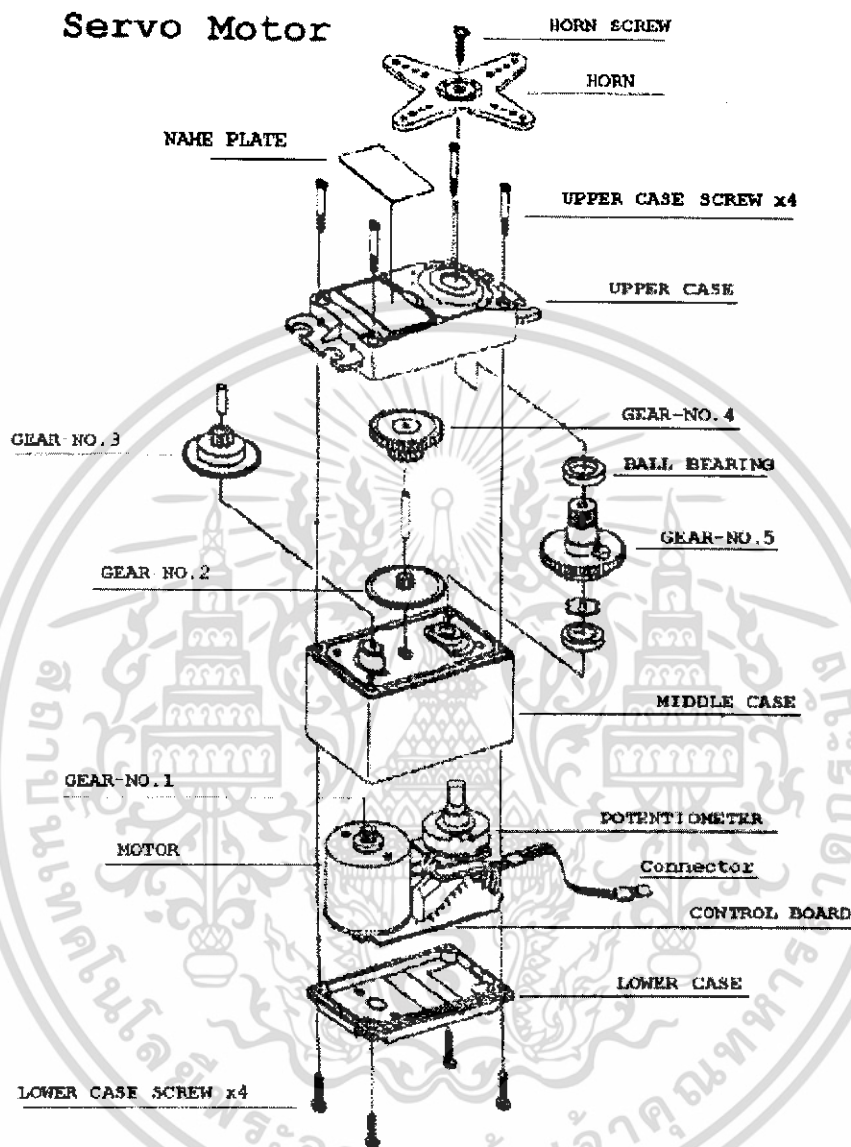


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 การหมุนของเซอร์โวมอเตอร์เมื่อมีสัญญาณพัลส์รูปแบบต่างๆ เข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 โครงสร้างภายในของเซอร์โวมอเตอร์

โดยหลักการก็คือ จะอาศัยการเปรียบเทียบช่วงเวลาของความกว้างพัลส์ที่จ่ายให้กับมอเตอร์ทางขาสัญญาณควบคุมกับค่าเวลาของวงจร RC ภายในบอร์ดควบคุมในตัวของมอเตอร์ ซึ่งค่าเวลาของ RC นี้จะมีการเปลี่ยนแปลงตามการหมุนของมอเตอร์ เนื่องจากตัวต้านทานปรับค่าจะถูกยึดติดอยู่กับแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมุนของมอเตอร์ ซึ่งการหมุนของมอเตอร์จะทำให้ค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่า (VR) เปลี่ยนแปลงไป เป็นผลทำให้ค่าเวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย โดยในขณะที่เราป้อน สัญญาณความกว้างพัลส์ให้กับมอเตอร์ทางขาสัญญาณควบคุม สัญญาณนี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่า เวลาของวงจร RC หากค่าทั้ง 2 ไม่เท่ากันมอเตอร์ก็จะหมุนทำให้ค่าเวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลง จนกระทั่งค่าเวลาความกว้างพัลส์ของวงจร RC เปลี่ยนแปลงจนเท่ากับสัญญาณพัลส์ทางขาควบคุม (Control Line) มอเตอร์จึงหยุดหมุน



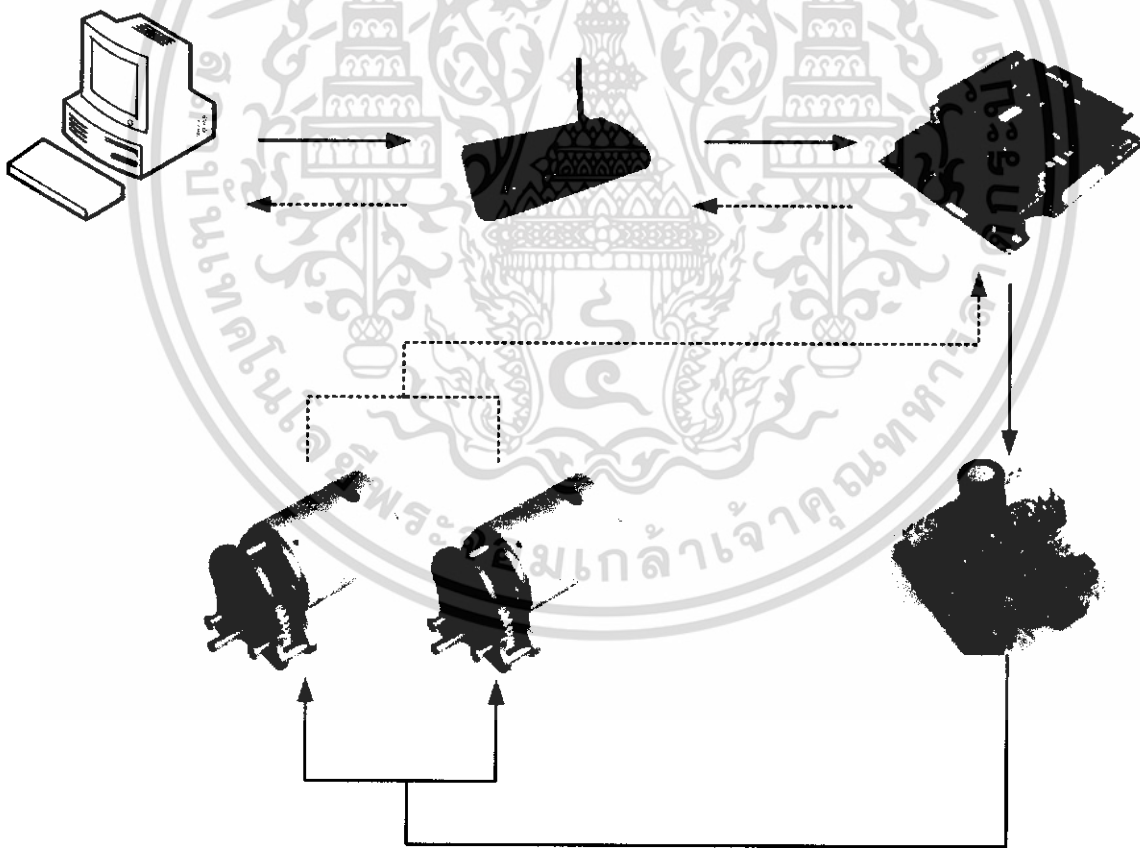
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### การออกแบบ

#### 3.1 โครงสร้างโดยภาพรวม

การทำงานของรถนั้นจะเริ่มต้นจากการสั่งงานทั้งหมดจากคอมพิวเตอร์ โดยผู้ใช้จะทำการบังคับรถให้ไปในตำแหน่งที่ต้องการ ข้อมูลจะถูกส่งผ่านมายังชุดรับ-ส่งข้อมูลแบบ ไร้สาย(RF Module) ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับข้อมูลนั้นมาทำการสร้างสัญญาณพัลส์ตามข้อมูลที่ได้รับมา จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งข้อมูลไปควบคุมยังล้อต่างๆตามข้อมูลที่ได้ส่งมา จากนั้นก็จะส่งค่ากลับมายังเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อบอกตำแหน่งที่ตัวรถอยู่และรูปภาพที่เห็นจากสถานที่เกิดเหตุจริง โครงสร้างโดยภาพรวมของระบบแสดงได้ดังรูป



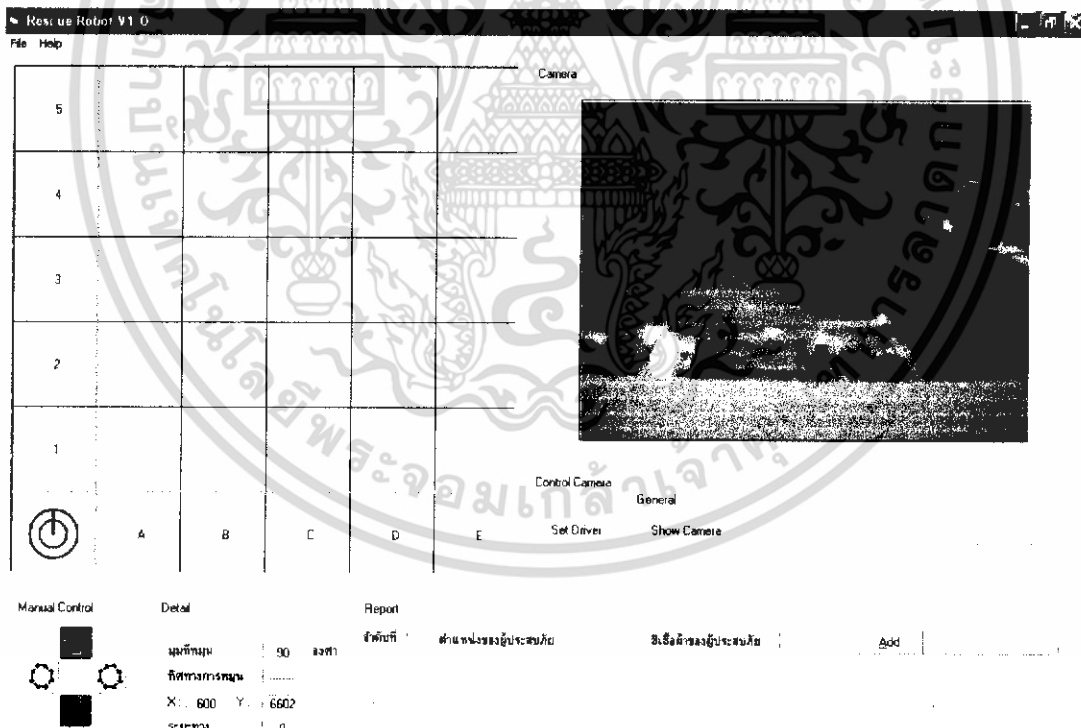
รูปที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานของหุ่นยนต์โดยภาพรวมทั้งระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 การทำงานส่วนของอินพุต

ในส่วนนี้การทำงานจะทำบนหน้าจอคอมพิวเตอร์โดยสร้างหน้าจอติดต่อกับผู้ใช้งานขึ้นมา (User Interface) เพื่อสั่งการทำงานของระบบ โดยใช้โปรแกรม Visual Basic 6.0 ในการเขียนโปรแกรมติดต่อกับฮาร์ดแวร์ (Hardware) โดยโปรแกรมจะทำหน้าที่หลัก ๆ ดังนี้ คือ

- ส่งข้อมูลให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการกำหนดระยะเวลาทาง
- แสดงการเคลื่อนที่ของรถ
- แสดงระยะเวลาและตำแหน่งของรถ
- ควบคุมการเคลื่อนที่ของรถในโหมด Manual
- แสดงภาพที่ได้จากกล้อง
- แสดงมุมของการหมุนกล้องและการหมุนของหุ่นยนต์
- ควบคุมการหมุนของ servo camera
- สร้างรายงานแสดงผลการพบเหยื่อเคราะห์ร้าย

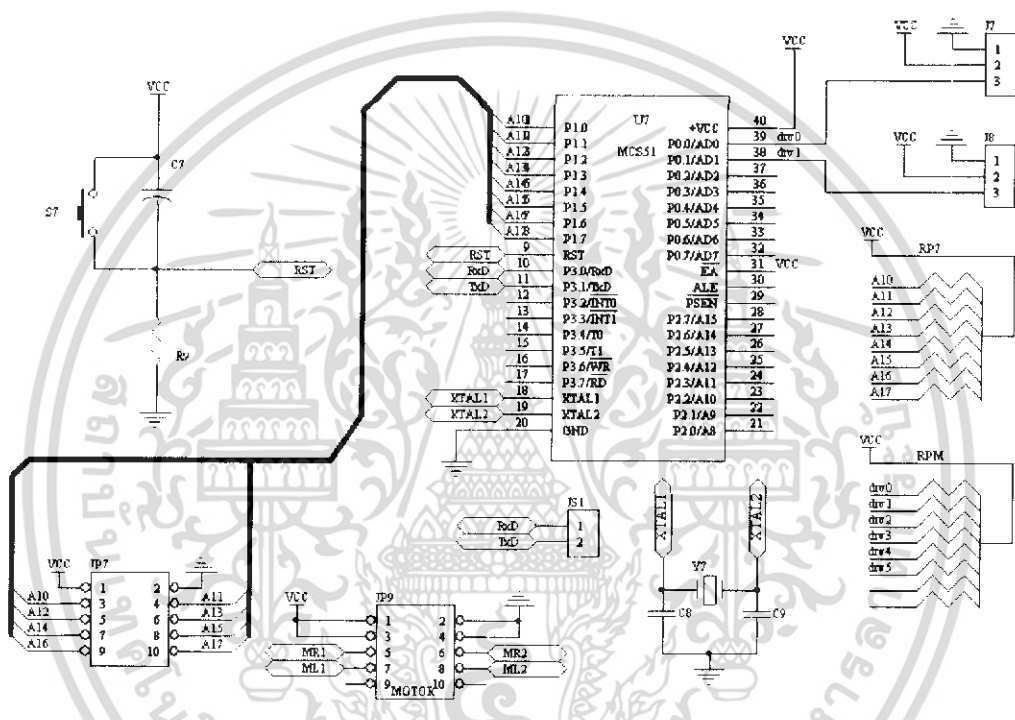


รูปที่ 3.2 แสดงหน้าจอโปรแกรม Interface ที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

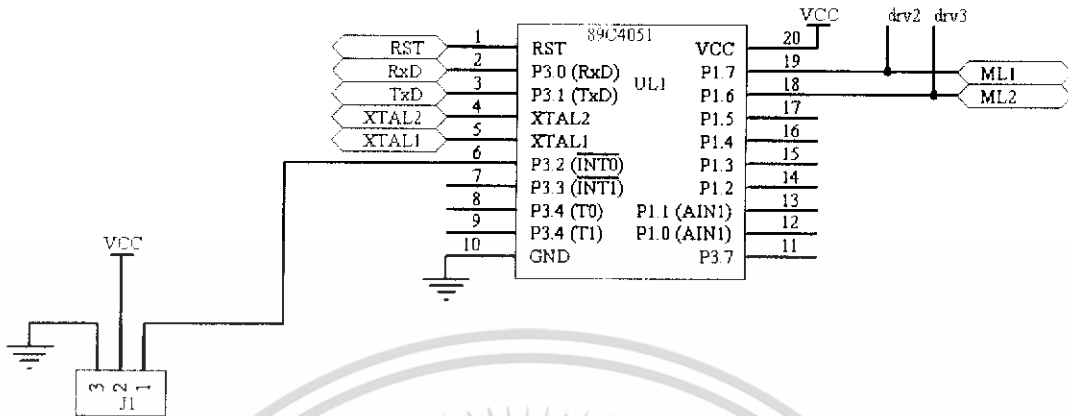
### 3.3 ส่วนของการควบคุม

3.3.1. วงจรควบคุม ประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งหมด 2 ตัวและอุปกรณ์ต่าง ๆ วงจรที่ใช้ในการควบคุมแสดงดังรูป

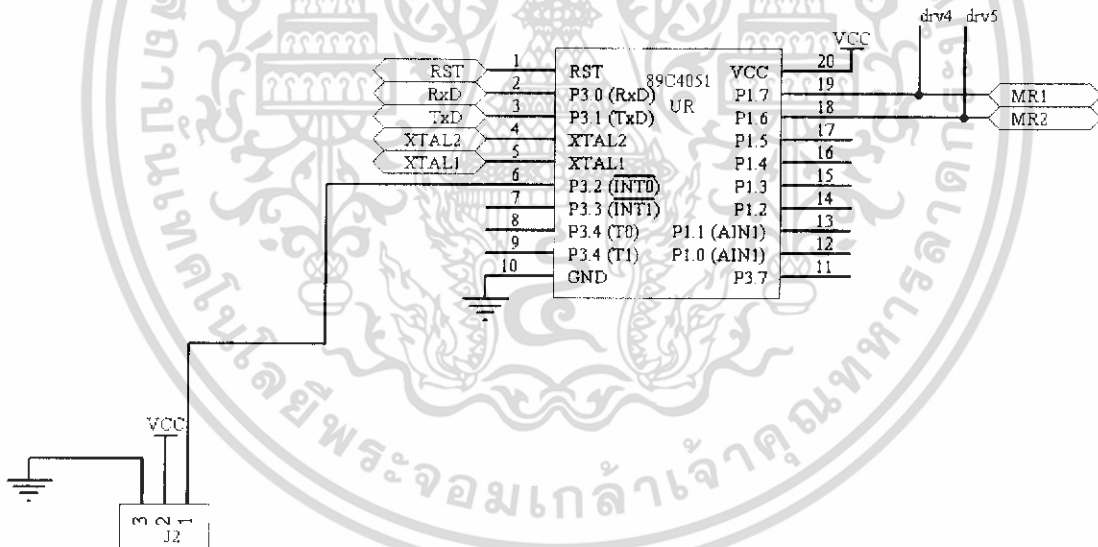


รูปที่ 3.3 วงจรควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เสริม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

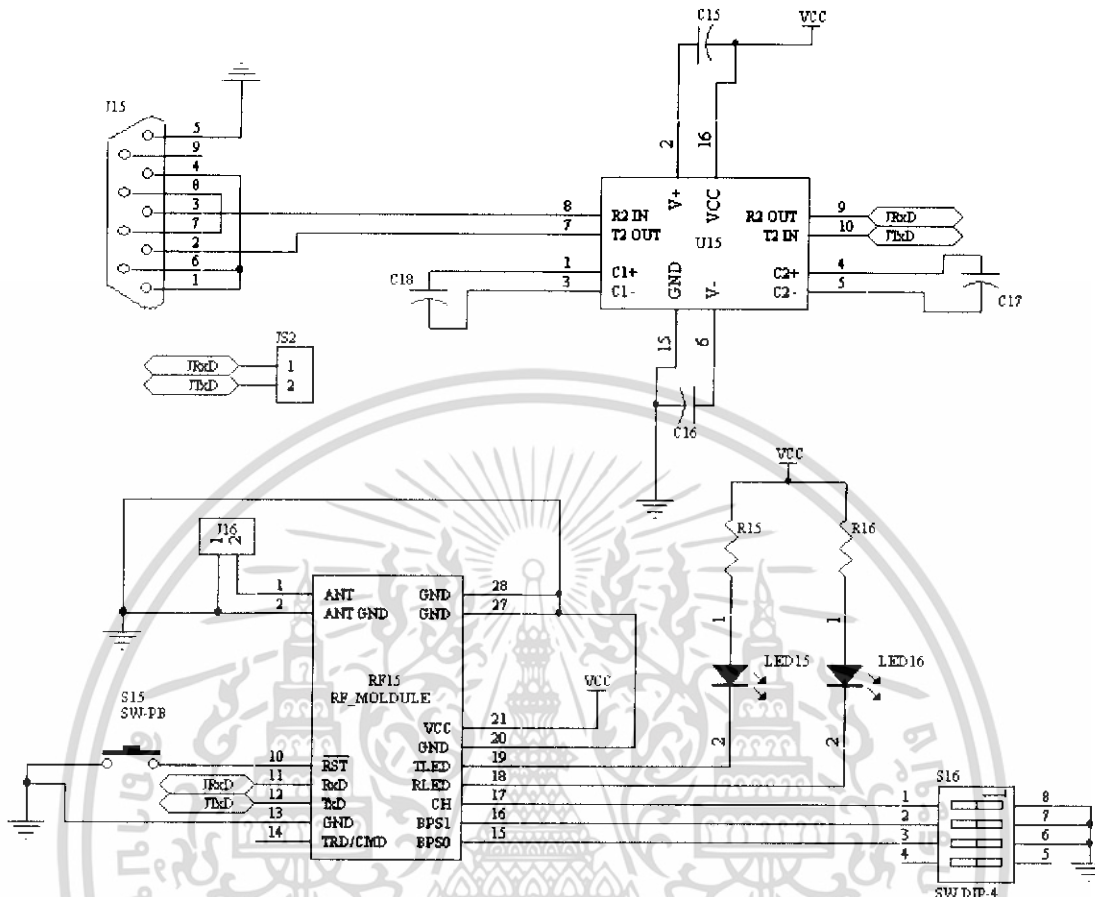


รูปที่ 3.4 วงจรควบคุมมอเตอร์ด้านซ้าย



รูปที่ 3.5 วงจรควบคุมมอเตอร์ด้านขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



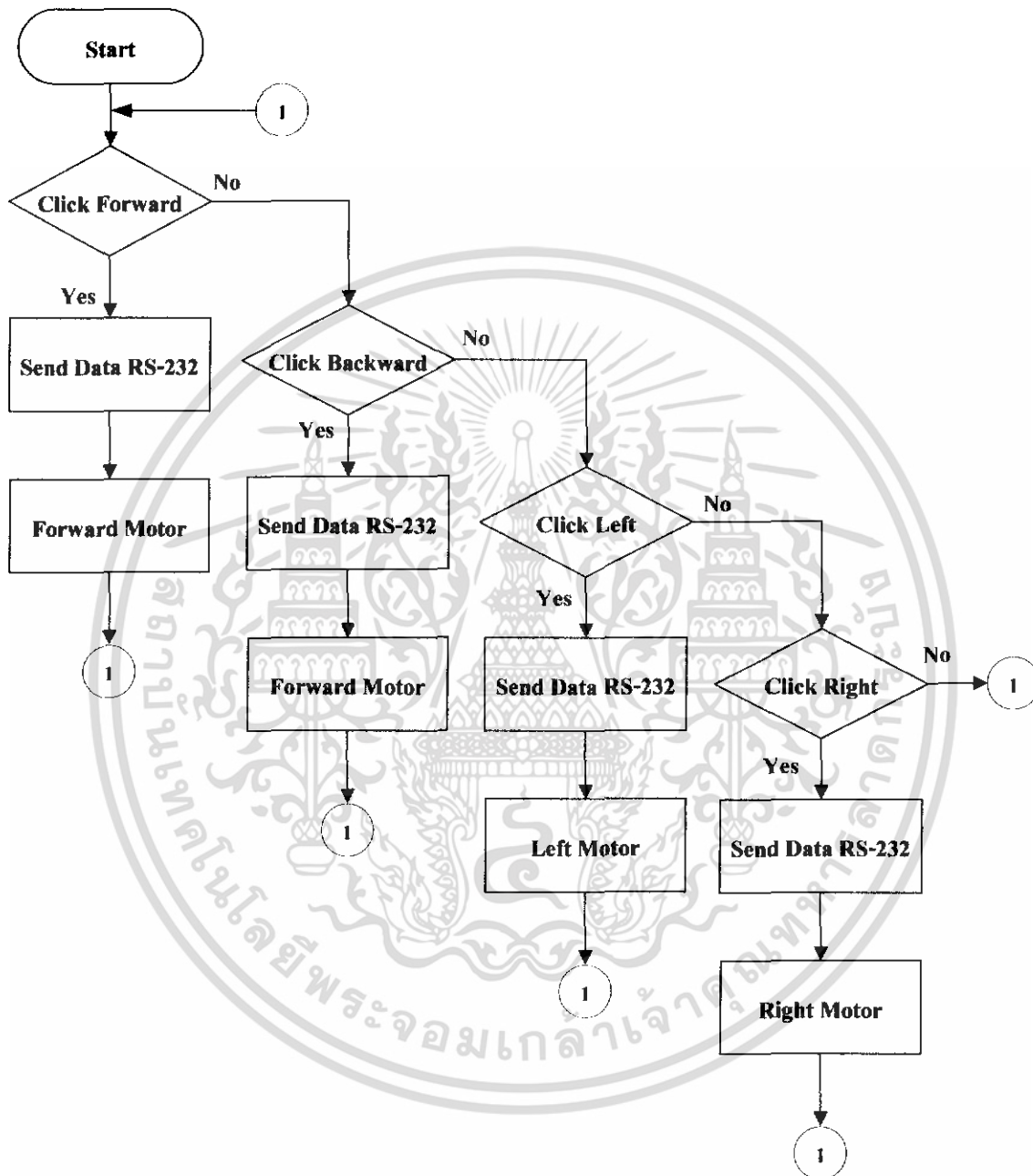
รูปที่ 3.6 วงจรรับ-ส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม

จากรูปที่ 3.3 , 3.4 และ 3.5 แสดงการต่อวงจรควบคุมซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงานทั้งหมด 3 ตัว โดยแบ่งออกเป็น ชุดควบคุมวงจรถับเคลื่อนมอเตอร์ล้อ 2 ตัว ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C4051 ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้ง 2 ตัวนี้จะทำงานเป็นอิสระต่อกัน สาเหตุที่ต้องใช้ถึง 2 ตัวก็เพราะว่าง่ายต่อการตรวจเช็ควงจรเมื่อเกิดปัญหาและแยกการควบคุมล้อทั้ง 2 ข้างได้อย่างอิสระต่อกันซึ่งทำให้ง่ายในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51 นั้นไว้ควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น servo camera

ส่วนรูปที่ 3.6 เป็นชุดวงจรสำเร็จรูปซึ่งมีรูปแบบการต่อวงจรตามคู่มือ (Datasheet) โดยสามารถเลือกความถี่ที่ใช้งานและอัตราความเร็วของการส่งข้อมูลได้

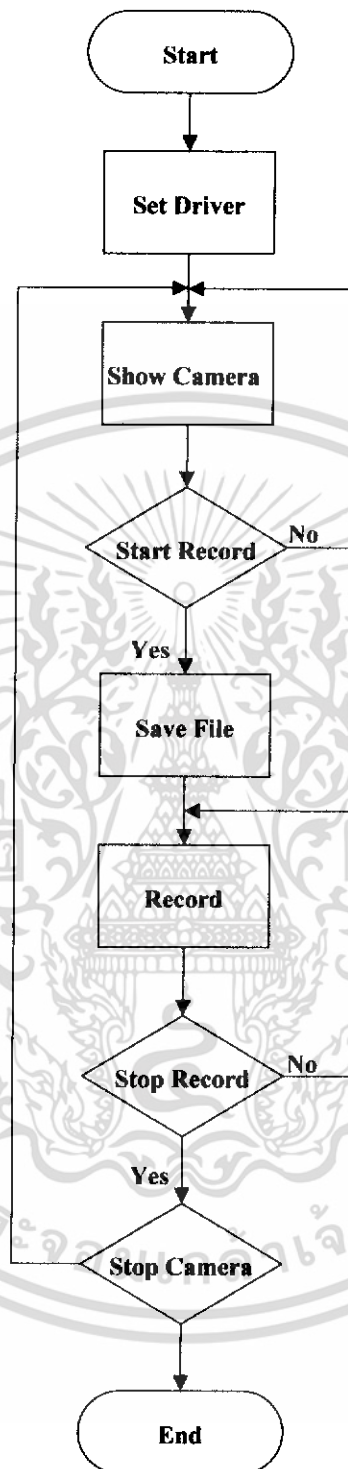
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.2 ส่วนของโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์



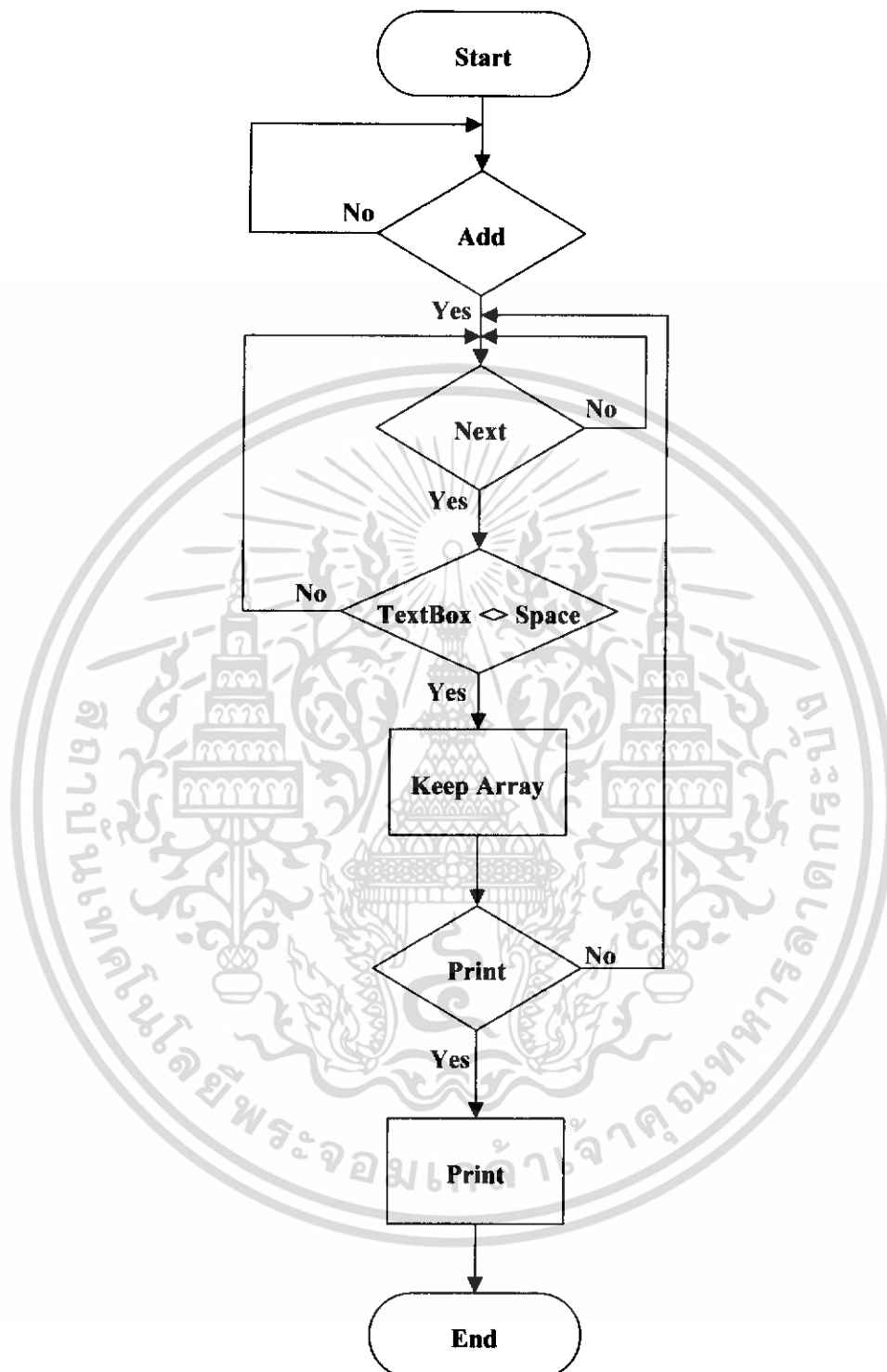
รูปที่ 3.7 Flow Chart การควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์กู้ภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 Flow Chart การควบคุมการทำงานของกล้อง

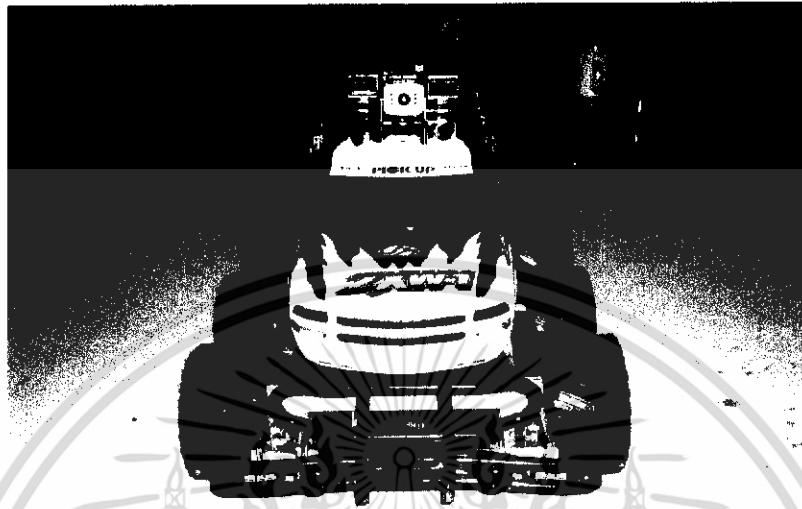
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



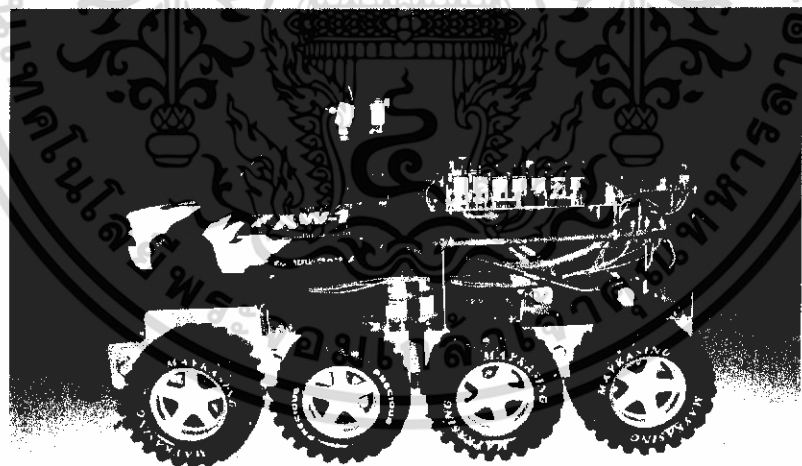
รูปที่ 3.9 Flow Chart การควบคุมการทำงานของกรพิมพ์รายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 โครงสร้างตัวโดยรวมหุ่นยนต์

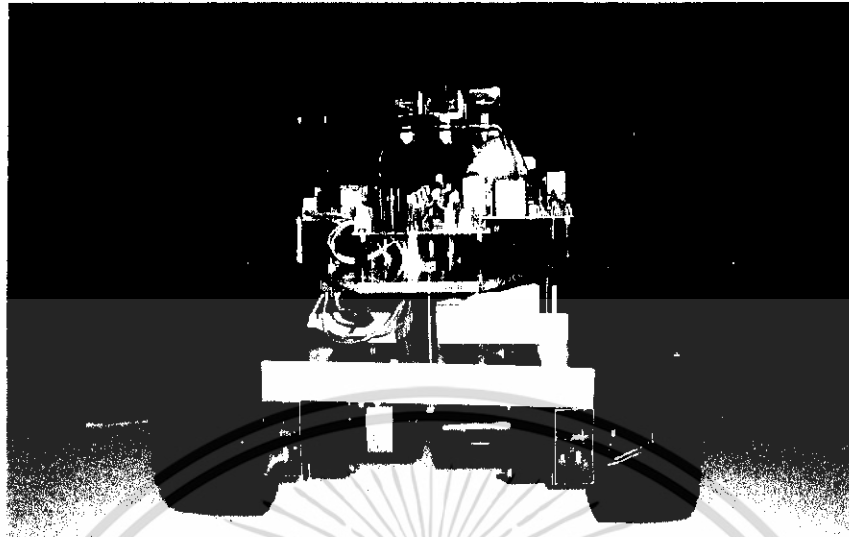


รูปที่ 3.10 รูปโครงสร้างหุ่นยนต์กัญญ์ด้านหน้า

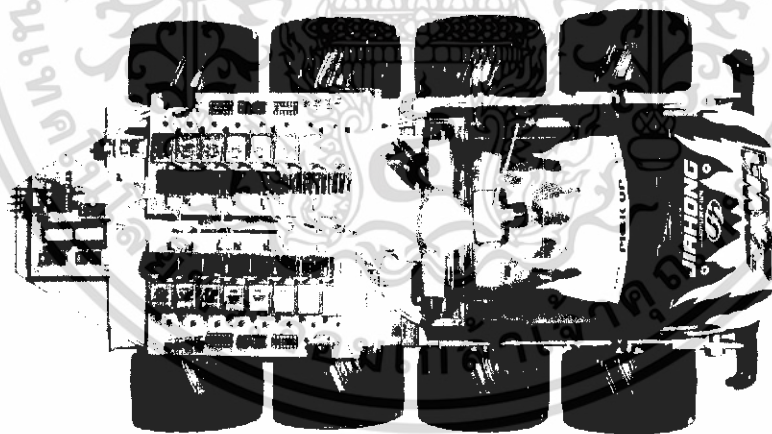


รูปที่ 3.11 รูปโครงสร้างหุ่นยนต์กัญญ์ด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 รูปโครงสร้างหุ่นยนต์กู้ภัยด้านหลัง



รูปที่ 3.13 รูปโครงสร้างหุ่นยนต์กู้ภัยด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

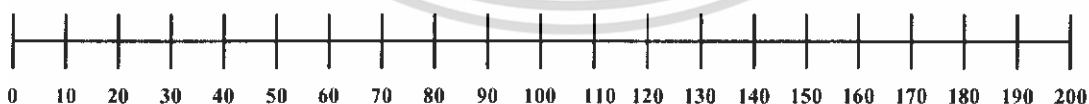
ลักษณะการใช้งานในโครงการนี้ เราจะแบ่งการเคลื่อนที่ออกได้เป็น 4 ส่วนตามลักษณะการใช้งาน คือ

1. การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง
2. การเคลื่อนที่ไปยังจุดต่างๆ
3. การบันทึกไฟล์ภาพเคลื่อนไหว
4. การแสดงรายงานการค้นพบผู้ประสพภัย

ดังนั้นในการส่วนทดลองของตัวหุ่นยนต์จึงได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามลักษณะของการเคลื่อนที่ที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น โดยในส่วนแรกจะเป็นการเคลื่อนที่ของตัวหุ่นยนต์ไปตามระยะทางที่เรากำหนดขึ้นมา และส่วนที่สองคือจะเป็นการทดสอบการเคลื่อนที่ของตัวหุ่นยนต์ไปยังตำแหน่งต่างๆที่เราได้กำหนดไว้ โดยในส่วนที่สองนี้จะมีการเลี้ยวซ้ายและขวาของตัวหุ่นยนต์ด้วย ส่วนสามคือการเก็บไฟล์ภาพเป็นนามสกุล AVI จากตัวกล้องของหุ่นยนต์ และส่วนที่สี่จะเป็นการแสดงรายงานเกี่ยวกับตำแหน่งของผู้ประสพภัย รายละเอียดเกี่ยวกับตัวผู้ประสพภัย

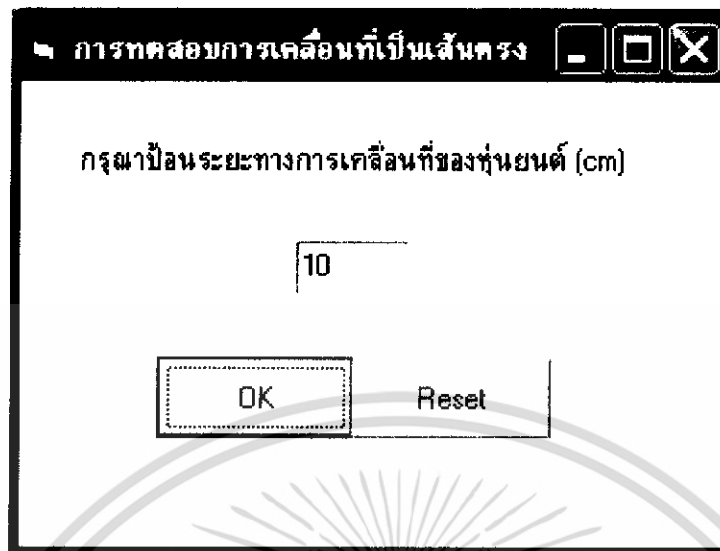
#### 4.1 การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง

การทดสอบการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงนี้ จะทำการขีดเส้นตรงไว้โดยแบ่งสเกลให้มีระยะห่างกัน 10 เซนติเมตร แล้วทำการทดลองป้อนค่าระยะทางลงใน TextBox ของโปรแกรม Visual Basic 6.0 ที่เราได้สร้างขึ้นมาเพื่อทดสอบการเคลื่อนที่



รูปที่ 4.1 ระยะทางที่ใช้ในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 User Interface ของการทดสอบการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง

#### 4.1.1 ตารางบันทึกผลการทดลองการทดสอบการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง

ระยะทาง (cm)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าผิดพลาด (%)
10	9.5	12	11	10.833	0.108
20	18.9	19	18	18.633	0.186
30	29.5	31	28.7	29.733	0.297
40	37.7	41	39.8	39.500	0.395
50	48.6	51.2	49.1	49.633	0.496
60	62.3	61	58.5	60.600	0.606
70	69.7	71.5	73.5	71.567	0.716
80	81.3	77.9	79.4	79.533	0.795
90	86.9	92.5	90.3	89.900	0.899
100	102	101.6	99.9	101.167	1.012


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะทาง (cm)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าผิดพลาด (%)
110	111.3	109.7	112	111.000	1.110
120	119.5	121.6	122	121.033	1.210
130	131.6	133.2	129.9	131.567	1.316
140	138.9	141.6	139.5	140.000	1.400
150	151.3	149.9	152	151.067	1.511
160	159.3	162	161.6	160.967	1.610
170	172	170.3	169.5	170.600	1.706
180	182	179.9	178	179.967	1.800
190	191.9	189.6	192.5	191.333	1.913
200	200.4	198.9	201	200.100	2.001

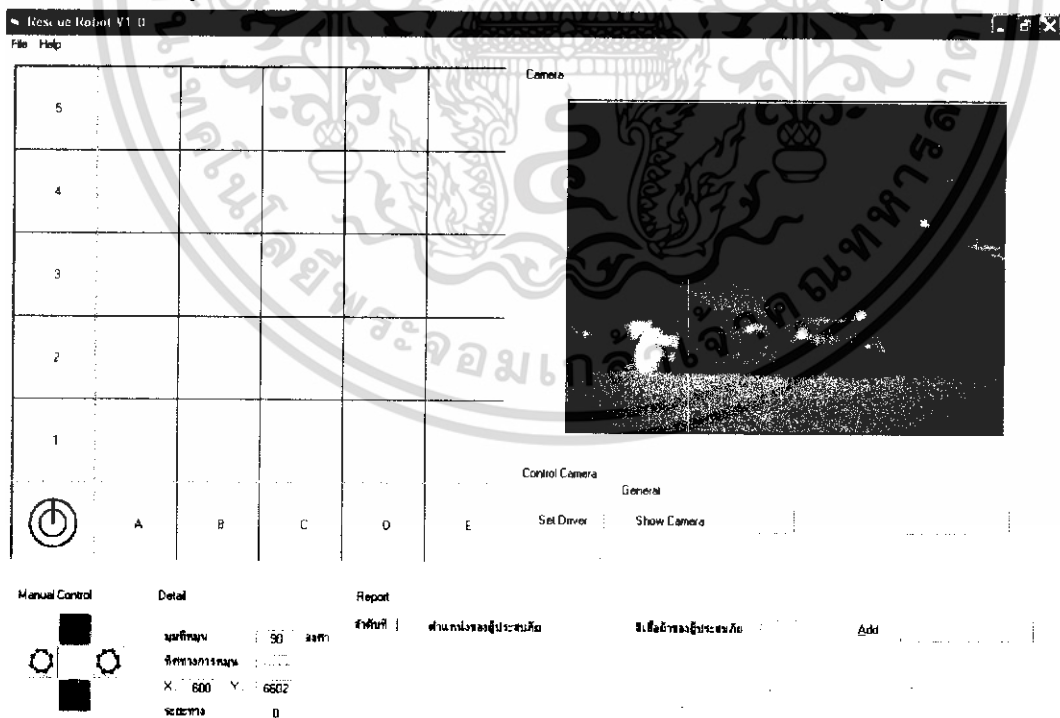
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงของหุ่นยนต์

#### 4.2 การทดสอบการเคลื่อนที่ไปยังจุดต่างๆ

การทดสอบในส่วนนี้จะทำการตีตารางขนาด 6 x 6 โดยตำแหน่งเริ่มต้นของตัวหุ่นยนต์เริ่มต้นที่มุมซ้ายล่าง ดังแสดงในรูป

5	A5	B5	C5	D5	E5
4	A4	B4	C4	D4	E4
3	A3	B3	C3	D3	E3
2	A2	B2	C2	D2	E2
1	A1	B1	C1	D1	E1
	A	B	C	D	E

รูปที่ 4.3 แผนที่ในการทดสอบการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ



รูปที่ 4.4 User Interface ของการทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในตำแหน่งต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 ตารางบันทึกผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไปยังตำแหน่งต่างๆ

ตำแหน่ง	การเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมาย
A1	แม่นยำ
A2	แม่นยำ
A3	แม่นยำ
A4	แม่นยำ
A5	แม่นยำ
B1	แม่นยำ
B2	คลาดเคลื่อนเล็กน้อย
B3	แม่นยำ
B4	แม่นยำ
B5	คลาดเคลื่อนเล็กน้อย
C1	แม่นยำ
C2	คลาดเคลื่อนเล็กน้อย
C3	แม่นยำ
C4	แม่นยำ
C5	แม่นยำ
D1	แม่นยำ
D2	แม่นยำ
D3	แม่นยำ
D4	แม่นยำ
D5	แม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่ง	การเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมาย
E1	แม่นยำ
E2	แม่นยำ
E3	แม่นยำ
E4	คลาดเคลื่อนเล็กน้อย
E5	คลาดเคลื่อนเล็กน้อย

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ

#### 4.3 การบันทึกไฟล์ภาพเคลื่อนไหว

หลังจากที่ทำการคลิกที่ปุ่ม Set driver แล้วเลือก Show Camera จะมีปุ่ม Start Record เพื่อทำการบันทึกไฟล์ภาพเคลื่อนไหว โดยไฟล์ภาพนี้จะมีนามสกุลเป็น AVI



รูปที่ 4.5 User Interface ของส่วนของการบังคับกล้อง



รูปที่ 4.6 User Interface ของไดร์เวอร์ (Driver) ตัวกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 User Interface ของการไขว้กล้อง

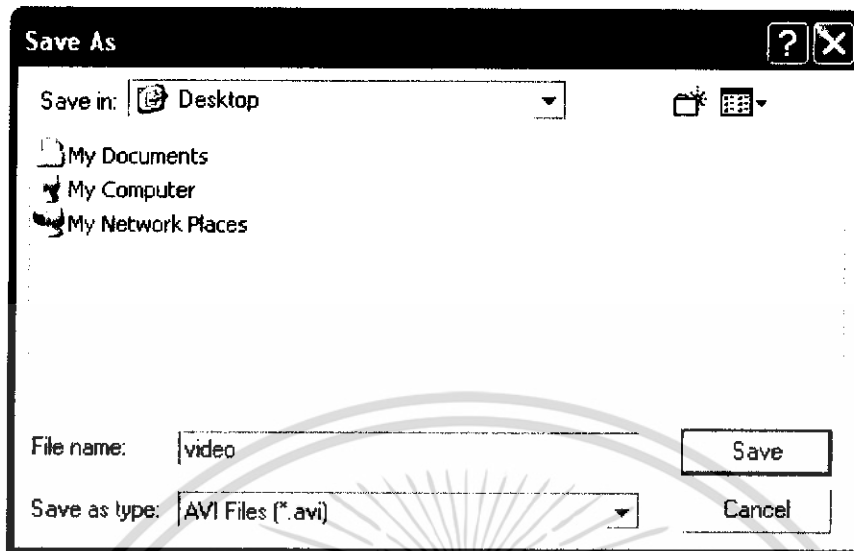


รูปที่ 4.8 ภาพจากกล้อง



รูปที่ 4.9 User Interface ของส่วนของการบันทึกกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 User Interface ของส่วนของการบันทึกไฟล์ของกล้องเป็นนามสกุล AVI



รูปที่ 4.11 แสดงไฟล์ภาพวิดีโอนามสกุล AVI ที่บันทึกจากตัวกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 การแสดงรายงานการค้นพบผู้ประสบภัย

ส่วนรายงานนี้เป็นการทำรายงานออกมาจากภาพที่เห็นจากกล้อง โดยการเก็บรายละเอียดของผู้ประสบภัย และเมื่อมีการเก็บข้อมูลแล้วสามารถสั่งพิมพ์รายงานได้

Report						
จำนวนที่	ตำแหน่งของผู้ประสบภัย	ชื่อผู้ประสบภัย	Add	Print	Reset	
เสียงของกล้องโทรทัศน์วงจรปิด		การเคลื่อนไหวของกล้องโทรทัศน์วงจรปิด		จุดทศนิยมของกล้องโทรทัศน์วงจรปิด		
<input type="radio"/> ไม่มีเสียง <input type="radio"/> มีเสียง		<input type="radio"/> ไม่มีการเคลื่อนไหว <input type="radio"/> มีการเคลื่อนไหว		<input type="radio"/> จุดทศนิยมร่างกายผิดปกติ <input type="radio"/> จุดทศนิยมร่างกายปกติ		

รูปที่ 4.12 User Interface ส่วนของการแสดงรายงานการค้นพบผู้ประสบภัย

Report						
จำนวนที่	ตำแหน่งของผู้ประสบภัย	D3	ชื่อผู้ประสบภัย	มีน	Next	Print
เสียงของกล้องโทรทัศน์วงจรปิด		การเคลื่อนไหวของกล้องโทรทัศน์วงจรปิด		จุดทศนิยมของกล้องโทรทัศน์วงจรปิด		
<input type="radio"/> ไม่มีเสียง <input checked="" type="radio"/> มีเสียง		<input checked="" type="radio"/> ไม่มีการเคลื่อนไหว <input type="radio"/> มีการเคลื่อนไหว		<input checked="" type="radio"/> จุดทศนิยมร่างกายผิดปกติ <input type="radio"/> จุดทศนิยมร่างกายปกติ		

รูปที่ 4.13 User Interface ส่วนการกรอกข้อมูลแสดงรายงานการค้นพบผู้ประสบภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Rescue Robot

### รายงานรายละเอียดการค้นพบผู้ประสบภัย

วันที่ 15 มีนาคม 2549

เวลา 02.15 น.

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รายชื่อผู้ทำการค้นหา : 1. นายปรัชญา เครือเพชร  
2. นายวุฒิชัย เพชรพลอย

รายงานการพบเหยื่อเคราะห์ร้าย ลำดับที่ 1 :

ตำแหน่งของเหยื่อเคราะห์ร้าย	คือ B4
สีเสื้อผ้าของเหยื่อเคราะห์ร้าย	คือ เขียว
เสียงของเหยื่อเคราะห์ร้าย	คือ ไม่มีเสียง
การเคลื่อนไหวของเหยื่อเคราะห์ร้าย	คือ ไม่มีการเคลื่อนไหวของเหยื่อเคราะห์ร้าย
อุปกรณ์ของเหยื่อเคราะห์ร้าย	คือ อุปกรณ์ร่างกายผิดปกติ

รายงานการพบเหยื่อเคราะห์ร้าย ลำดับที่ 2 :

ตำแหน่งของเหยื่อเคราะห์ร้าย	คือ E2
สีเสื้อผ้าของเหยื่อเคราะห์ร้าย	คือ ส้ม
เสียงของเหยื่อเคราะห์ร้าย	คือ ไม่มีเสียง
การเคลื่อนไหวของเหยื่อเคราะห์ร้าย	คือ มีการเคลื่อนไหวของเหยื่อเคราะห์ร้าย
อุปกรณ์ของเหยื่อเคราะห์ร้าย	คือ อุปกรณ์ร่างกายผิดปกติ

รายงานการพบเหยื่อเคราะห์ร้าย ลำดับที่ 3 :

ตำแหน่งของเหยื่อเคราะห์ร้าย	คือ A4
สีเสื้อผ้าของเหยื่อเคราะห์ร้าย	คือ ขาว
เสียงของเหยื่อเคราะห์ร้าย	คือ ไม่มีเสียง
การเคลื่อนไหวของเหยื่อเคราะห์ร้าย	คือ มีการเคลื่อนไหวของเหยื่อเคราะห์ร้าย
อุปกรณ์ของเหยื่อเคราะห์ร้าย	คือ อุปกรณ์ร่างกายปกติ

รายงานการพบเหยื่อเคราะห์ร้าย ลำดับที่ 4 :

ตำแหน่งของเหยื่อเคราะห์ร้าย	คือ D5
สีเสื้อผ้าของเหยื่อเคราะห์ร้าย	คือ เหลือง
เสียงของเหยื่อเคราะห์ร้าย	คือ ไม่มีเสียง
การเคลื่อนไหวของเหยื่อเคราะห์ร้าย	คือ มีการเคลื่อนไหวของเหยื่อเคราะห์ร้าย
อุปกรณ์ของเหยื่อเคราะห์ร้าย	คือ อุปกรณ์ร่างกายผิดปกติ

รายงานการพบเหยื่อเคราะห์ร้าย ลำดับที่ 5 :

ตำแหน่งของเหยื่อเคราะห์ร้าย	คือ B4
สีเสื้อผ้าของเหยื่อเคราะห์ร้าย	คือ ดำ
เสียงของเหยื่อเคราะห์ร้าย	คือ ไม่มีเสียง
การเคลื่อนไหวของเหยื่อเคราะห์ร้าย	คือ มีการเคลื่อนไหวของเหยื่อเคราะห์ร้าย
อุปกรณ์ของเหยื่อเคราะห์ร้าย	คือ อุปกรณ์ร่างกายปกติ

รูปที่ 4.14 ตัวอย่างส่วนของการแสดงรายงานการค้นพบผู้ประสบภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาสามารถสรุปการทำงานได้ดังนี้

##### 5.1.1 ส่วนของอินพุต

- ศึกษาการใช้โปรแกรม Visual Basic 6.0 เพื่อติดต่อและควบคุม Hardware และใช้ในการเขียนหน้าจออินเตอร์เฟซ (Interface)

##### 5.2.2 ส่วนตัวควบคุม

- ศึกษาและออกแบบวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์
- ศึกษาการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

##### 5.2.3 ส่วนของเอาท์พุต

- ศึกษาตัวมอเตอร์ควบคุม
- ออกแบบวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์
- ศึกษาการทำงานของ IC เมอร์ L298
- ศึกษาการทำงานของทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า (POWER MOSFET)

#### 5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้น

##### 5.2.1 ส่วนของอินพุต

ปัญหาที่เกิดขึ้น และพบบ่อยที่สุด คือ อัตราความเร็วของการส่งข้อมูลเนื่องจากถ้าหากส่งข้อมูลด้วยอัตราความเร็วที่สูงเกินไปจะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับข้อมูลที่ส่งมาไม่ทัน

##### 5.2.2 ส่วนตัวควบคุม

ปัญหา คือ เมื่อ Load เยอะทำให้มอเตอร์ไม่หมุน เป็นผลให้วงจรควบคุมมีระดับกระแสเลี้ยงวงจรไม่พอ ทำให้วงจรเกิดสภาวะ Error ขึ้น

สำหรับส่วนของโปรแกรมนั้นเนื่องจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ค่าตัวเลขที่ได้ค่อนข้างแม่นยำ แต่เมื่อส่งข้อมูลออกจาก RS-232 แล้ว เกิดการเคลื่อนที่ขึ้นมา ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้น อันเนื่องมาจากตัวมอเตอร์ของตัวหุ่นยนต์

### 5.2.3 ส่วนของเอาท์พุท

ปัญหาที่พบจะเป็นเรื่องของการหาอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้เป็นวงจรจับมอเตอร์ที่สามารถทนกระแสได้สูง ๆ เนื่องจากมอเตอร์ที่เลือกใช้นั้นค่อนข้างกินกระแสสูง และภาพที่ได้จากกล้องมีความละเอียดค่อนข้างต่ำ ทำให้ภาพที่ได้ไม่ค่อยมีความคมชัด เมื่อทำการบันทึกเป็นไฟล์ภาพเคลื่อนไหวแล้ว จะไม่ทำให้ภาพที่ได้ไม่ชัดเช่นกัน และปัญหาอีกอย่างของตัวกล้องคือ สัญญาณคลื่นจะถูกรบกวนกัน ทำให้ได้ภาพที่ไม่ชัดเจน

### 5.3 แนวทางการพัฒนาโครงการ

1. เปลี่ยนมอเตอร์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
2. ปรับเปลี่ยน Body ของหุ่นยนต์ให้มีความแข็งแรงมากขึ้น
3. ปรับเปลี่ยนตัวกล้องให้มีประสิทธิภาพกว่าเดิม
4. ติดตั้งอุปกรณ์เสริมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับหุ่นยนต์
5. สามารถปรับเปลี่ยนให้เป็นระบบอัตโนมัติได้อย่างเต็มรูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# CD54HC08, CD54HCT08, CD74HC08, CD74HCT08

August 1997

High Speed CMOS Logic

## Features

- Buffered Inputs
- Typical Propagation Delay: 7ns at  $V_{CC} = 5V$ ,  $C_L = 15pF$ ,  $T_A = 25^\circ C$
- Fanout (Over Temperature Range)
  - Standard Outputs . . . . . 10 LSTTL Loads
  - Bus Driver Outputs . . . . . 15 LSTTL Loads
- Wide Operating Temperature Range . . .  $-55^\circ C$  to  $125^\circ C$
- Balanced Propagation Delay and Transition Times
- Significant Power Reduction Compared to LSTTL Logic ICs
- HC Types
  - 2V to 6V Operation
  - High Noise Immunity:  $N_{IL} = 30\%$ ,  $N_{IH} = 30\%$  of  $V_{CC}$  at  $V_{CC} = 5V$
- HCT Types
  - 4.5V to 5.5V Operation
  - Direct LSTTL Input Logic Compatibility,  $V_{IL} = 0.8V$  (Max),  $V_{IH} = 2V$  (Min)
- CMOS Input Compatibility,  $I_I \leq 1\mu A$  at  $V_{OL}$ ,  $V_{OH}$

## Description

The Harris CD54HC08, CD54HCT08, CD74HC08 and CD74HCT08 logic gates utilize silicon gate CMOS technology to achieve operating speeds similar to LSTTL gates with the low power consumption of standard CMOS integrated circuits. All devices have the ability to drive 10 LSTTL loads. The 74HCT logic family is functionally pin compatible with the standard 74LS logic family.

## Ordering Information

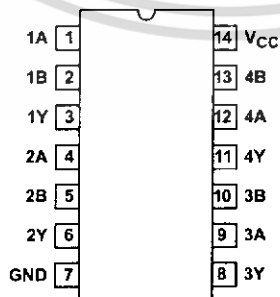
PART NUMBER	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE	PKG. NO.
CD74HC08E	-55 to 125	14 Ld PDIP	E14.3
CD74HCT08E	-55 to 125	14 Ld PDIP	E14.3
CD74HC08M	-55 to 125	14 Ld SOIC	M14.15
CD74HCT08M	-55 to 125	14 Ld SOIC	M14.15
CD54HC08F	-55 to 125	14 Ld CERDIP	F14.3
CD54HCT08F	-55 to 125	14 Ld CERDIP	F14.3
CD54HC08W	-55 to 125	Wafer	
CD54HCT08W	-55 to 125	Wafer	
CD54HC08H	-55 to 125	Die	
CD54HCT80H	-55 to 125	Die	

### NOTE:

1. When ordering, use the entire part number. Add the suffix 96 to obtain the variant in the tape and reel.

## Pinout

CD54HC08, CD54HCT08, CD74HC08, CD74HCT08  
(PDIP, CERDIP, SOIC)  
TOP VIEW



CAUTION: These devices are sensitive to electrostatic discharge. Users should follow proper IC Handling Procedures.

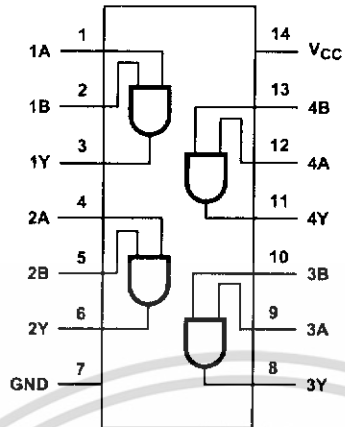
File Number 1549.1

Copyright © Harris Corporation 1997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CD54HC08, CD54HCT08, CD74HC08, CD74HCT08

Functional Diagram



TRUTH TABLE

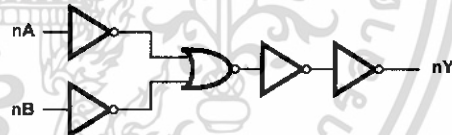
INPUTS		OUTPUT
nA	nB	nY
L	L	L
L	H	L
H	L	L
H	H	H

NOTE: H = High Voltage Level, L = Low Voltage Level

HC Logic Symbol



HCT Logic Symbol



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน<sup>2</sup>เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## CD54HC08, CD54HCT08, CD74HC08, CD74HCT08

### Absolute Maximum Ratings

DC Supply Voltage, $V_{CC}$	-0.5V to 7V
DC Input Diode Current, $I_{IK}$	
For $V_I < -0.5V$ or $V_I > V_{CC} + 0.5V$	$\pm 20mA$
DC Output Diode Current, $I_{OK}$	
For $V_O < -0.5V$ or $V_O > V_{CC} + 0.5V$	$\pm 20mA$
DC Output Source or Sink Current per Output Pin, $I_O$	
For $V_O > -0.5V$ or $V_O < V_{CC} + 0.5V$	$\pm 25mA$
DC $V_{CC}$ or Ground Current, $I_{CC}$ or $I_{GND}$	$\pm 50mA$

### Thermal Information

Thermal Resistance (Typical, Note 2)	$\theta_{JA}$ ( $^{\circ}C/W$ )	$\theta_{JC}$ ( $^{\circ}C/W$ )
PDIP Package	100	N/A
CERDIP Package	130	55
SOIC Package	180	N/A
Maximum Junction Temperature (Hermetic Package or Die)	175 $^{\circ}C$	
Maximum Junction Temperature (Plastic Package)	150 $^{\circ}C$	
Maximum Storage Temperature Range	-65 $^{\circ}C$ to 150 $^{\circ}C$	
Maximum Lead Temperature (Soldering 10s)	300 $^{\circ}C$ (SOIC - Lead Tips Only)	

### Operating Conditions

Temperature Range ( $T_A$ )	-55 $^{\circ}C$ to 125 $^{\circ}C$
Supply Voltage Range, $V_{CC}$	
HC Types	2V to 6V
HCT Types	4.5V to 5.5V
DC Input or Output Voltage, $V_I$ , $V_O$	0V to $V_{CC}$
Input Rise and Fall Time	
2V	1000ns (Max)
4.5V	500ns (Max)
6V	400ns (Max)

**CAUTION:** Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

#### NOTE:

- $\theta_{JA}$  is measured with the component mounted on an evaluation PC board in free air.

### DC Electrical Specifications

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS		25 $^{\circ}C$			-40 $^{\circ}C$ TO 85 $^{\circ}C$		-55 $^{\circ}C$ TO 125 $^{\circ}C$		UNITS	
		$V_I$ (V)	$I_O$ (mA)	$V_{CC}$ (V)	MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	MIN		MAX
<b>HC TYPES</b>												
High Level Input Voltage	$V_{IH}$	-	-	2	1.5	-	-	1.5	-	1.5	-	V
				4.5	3.15	-	-	3.15	-	3.15	-	V
				6	4.2	-	-	4.2	-	4.2	-	V
Low Level Input Voltage	$V_{IL}$	-	-	2	-	-	0.5	-	0.5	-	0.5	V
				4.5	-	-	1.35	-	1.35	-	1.35	V
				6	-	-	1.8	-	1.8	-	1.8	V
High Level Output Voltage CMOS Loads	$V_{OH}$	$V_{IH}$ or $V_{IL}$	-0.02	2	1.9	-	-	1.9	-	1.9	-	V
			-0.02	4.5	4.4	-	-	4.4	-	4.4	-	V
			-0.02	6	5.9	-	-	5.9	-	5.9	-	V
High Level Output Voltage TTL Loads	$V_{OH}$	$V_{IH}$ or $V_{IL}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	V
			-4	4.5	3.98	-	-	3.84	-	3.7	-	V
			-5.2	6	5.48	-	-	5.34	-	5.2	-	V
Low Level Output Voltage CMOS Loads	$V_{OL}$	$V_{IH}$ or $V_{IL}$	0.02	2	-	-	0.1	-	0.1	-	0.1	V
			0.02	4.5	-	-	0.1	-	0.1	-	0.1	V
			0.02	6	-	-	0.1	-	0.1	-	0.1	V
Low Level Output Voltage TTL Loads	$V_{OL}$	$V_{IH}$ or $V_{IL}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	V
			4	4.5	-	-	0.26	-	0.33	-	0.4	V
			5.2	6	-	-	0.26	-	0.33	-	0.4	V
Input Leakage Current	$I_I$	$V_{CC}$ or GND	-	6	-	-	$\pm 0.1$	-	$\pm 1$	-	$\pm 1$	$\mu A$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน<sup>3</sup>เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**CD54HC08, CD54HCT08, CD74HC08, CD74HCT08**

**DC Electrical Specifications (Continued)**

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS		V <sub>CC</sub> (V)	25°C			-40°C TO 85°C		-55°C TO 125°C		UNITS
		V <sub>I</sub> (V)	I <sub>O</sub> (mA)		MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
Quiescent Device Current	I <sub>CC</sub>	V <sub>CC</sub> or GND	0	6	-	-	2	-	20	-	40	μA
<b>HCT TYPES</b>												
High Level Input Voltage	V <sub>IH</sub>	-	-	4.5 to 5.5	2	-	-	2	-	2	-	V
Low Level Input Voltage	V <sub>IL</sub>	-	-	4.5 to 5.5	-	-	0.8	-	0.8	-	0.8	V
High Level Output Voltage CMOS Loads	V <sub>OH</sub>	V <sub>IH</sub> or V <sub>IL</sub>	-0.02	4.5	4.4	-	-	4.4	-	4.4	-	V
High Level Output Voltage TTL Loads			-4	4.5	3.98	-	-	3.84	-	3.7	-	V
Low Level Output Voltage CMOS Loads	V <sub>OL</sub>	V <sub>IH</sub> or V <sub>IL</sub>	0.02	4.5	-	-	0.1	-	0.1	-	0.1	V
Low Level Output Voltage TTL Loads			4	4.5	-	-	0.26	-	0.33	-	0.4	V
Input Leakage Current	I <sub>I</sub>	V <sub>CC</sub> and GND	0	5.5	-	-	±0.1	-	±1	-	±1	μA
Quiescent Device Current	I <sub>CC</sub>	V <sub>CC</sub> or GND	0	5.5	-	-	2	-	20	-	40	μA
Additional Quiescent Device Current Per Input Pin: 1 Unit Load (Note)	ΔI <sub>CC</sub>	V <sub>CC</sub> - 2.1	-	4.5 to 5.5	-	100	360	-	450	-	490	μA

NOTE: For dual-supply systems theoretical worst case (V<sub>I</sub> = 2.4V, V<sub>CC</sub> = 5.5V) specification is 1.8mA.

**HCT Input Loading Table**

INPUT	UNIT LOADS
All	0.6

NOTE: Unit Load is ΔI<sub>CC</sub> limit specified in DC Electrical Specifications table, e.g. 360μA max at 25°C.

**Switching Specifications** Input t<sub>r</sub>, t<sub>f</sub> = 6ns

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	V <sub>CC</sub> (V)	25°C			-40°C to 85°C		-55°C to 125°C		UNITS
				MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
<b>HC TYPES</b>											
Propagation Delay, Input to Output (Figure 1)	t <sub>PLH</sub> , t <sub>PHL</sub>	C <sub>L</sub> = 50pF	2	-	-	90	-	115	-	135	ns
			4.5	-	-	18	-	23	-	27	ns
			6	-	-	15	-	20	-	23	ns
Propagation Delay, Data Input to Output Y	t <sub>PLH</sub> , t <sub>PHL</sub>	C <sub>L</sub> = 15pF	5	-	7	-	-	-	-	ns	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน 4 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**CD54HC08, CD54HCT08, CD74HC08, CD74HCT08**

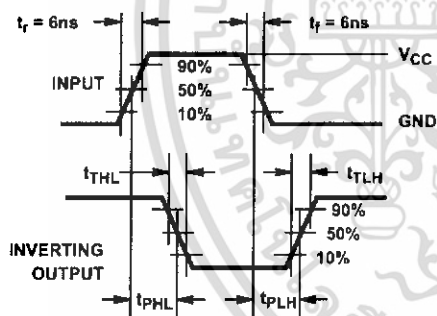
**Switching Specifications** Input  $t_r, t_f = 6\text{ns}$  (Continued)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	$V_{CC}$ (V)	25°C			-40°C to 85°C		-55°C to 125°C		UNITS
				MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
Transition Times (Figure 1)	$t_{TLH}, t_{THL}$	$C_L = 50\text{pF}$	2	-	-	75	-	95	-	110	ns
			4.5	-	-	15	-	19	-	22	ns
			6	-	-	13	-	16	-	19	ns
Input Capacitance	$C_I$	-	-	-	10	-	10	-	10	pF	
Power Dissipation Capacitance (Note 3, 4)	$C_{PD}$	-	5	-	37	-	-	-	-	pF	
<b>HCT TYPES</b>											
Propagation Delay, Input to Output Y (Figure 2)	$t_{PLH}, t_{PLH}$	$C_L = 50\text{pF}$	4.5	-	-	25	-	31	-	38	ns
Propagation Delay, Data Input to Output Y	$t_{PLH}, t_{PLH}$	$C_L = 15\text{pF}$	5	-	10	-	-	-	-	-	ns
Transition Times (Figure 2)	$t_{TLH}, t_{THL}$	$C_L = 50\text{pF}$	4.5	-	-	15	-	19	-	22	ns
Input Capacitance	$C_I$	$C_L = 50\text{pF}$	-	-	-	10	-	10	-	10	pF
Power Dissipation Capacitance (Notes 3, 4)	$C_{PD}$	-	5	-	51	-	-	-	-	-	pF

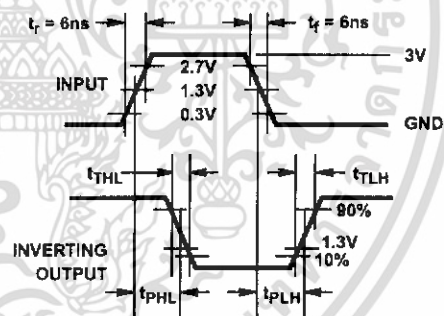
**NOTES:**

- $C_{PD}$  is used to determine the dynamic power consumption, per gate.
- $P_D = V_{CC}^2 f_i (C_{PD} + C_L)$  where  $f_i$  = input frequency,  $C_L$  = output load capacitance,  $V_{CC}$  = supply voltage.

**Test Circuits and Waveforms**



**FIGURE 1. HC and HCU TRANSITION TIMES AND PROPAGATION DELAY TIMES, COMBINATION LOGIC**

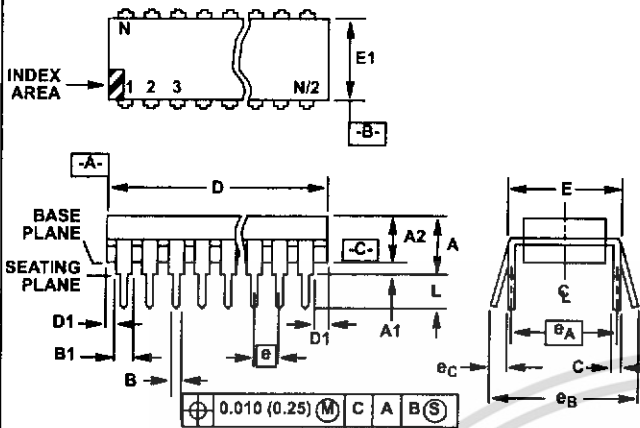


**FIGURE 2. HCT TRANSITION TIMES AND PROPAGATION DELAY TIMES, COMBINATION LOGIC**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน 5 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CD54HC08, CD54HCT08, CD74HC08, CD74HCT08

Dual-In-Line Plastic Packages (PDIP)



E14.3 (JEDEC MS-001-AA ISSUE D)  
14 LEAD DUAL-IN-LINE PLASTIC PACKAGE

SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS		NOTES
	MIN	MAX	MIN	MAX	
A	-	0.210	-	5.33	4
A1	0.015	-	0.39	-	4
A2	0.115	0.195	2.93	4.95	-
B	0.014	0.022	0.356	0.558	-
B1	0.045	0.070	1.15	1.77	8
C	0.008	0.014	0.204	0.355	-
D	0.735	0.775	18.66	19.68	5
D1	0.005	-	0.13	-	5
E	0.300	0.325	7.62	8.25	6
E1	0.240	0.280	6.10	7.11	5
e	0.100 BSC		2.54 BSC		-
eA	0.300 BSC		7.62 BSC		6
eB	-	0.430	-	10.92	7
L	0.115	0.150	2.93	3.81	4
N	14		14		9

NOTES:

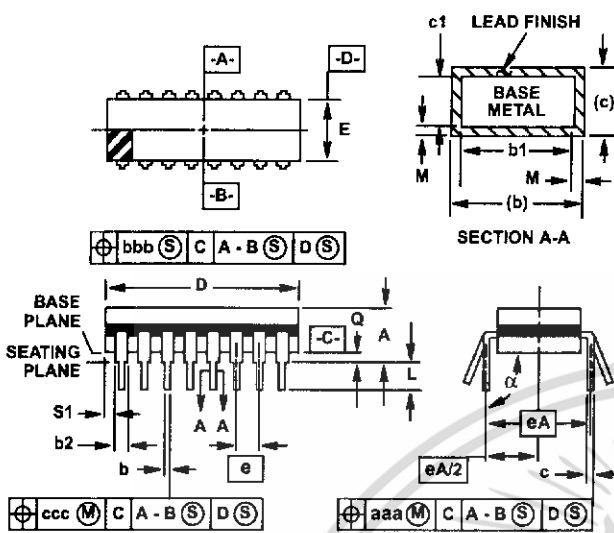
- Controlling Dimensions: INCH. In case of conflict between English and Metric dimensions, the inch dimensions control.
- Dimensioning and tolerancing per ANSI Y14.5M-1982.
- Symbols are defined in the "MO Series Symbol List" in Section 2.2 of Publication No. 95.
- Dimensions A, A1 and L are measured with the package seated in JEDEC seating plane gauge GS-3.
- D, D1, and E1 dimensions do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.010 inch (0.25mm).
- E and e<sub>A</sub> are measured with the leads constrained to be perpendicular to datum -C-.
- e<sub>B</sub> and e<sub>C</sub> are measured at the lead tips with the leads unconstrained. e<sub>C</sub> must be zero or greater.
- B1 maximum dimensions do not include dambar protrusions. Dambar protrusions shall not exceed 0.010 inch (0.25mm).
- N is the maximum number of terminal positions.
- Corner leads (1, N, N/2 and N/2 + 1) for E8.3, E16.3, E18.3, E28.3, E42.6 will have a B1 dimension of 0.030 - 0.045 inch (0.76 - 1.14mm).

Rev. 0 12/93

CD54HC08, CD54HCT08, CD74HC08, CD74HCT08

Ceramic Dual-In-Line Frit Seal Packages (CERDIP)

F14.3 MIL-STD-1835 GDIP1-T14 (D-1, CONFIGURATION A)  
14 LEAD CERAMIC DUAL-IN-LINE FRIT SEAL PACKAGE



SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS		NOTES
	MIN	MAX	MIN	MAX	
A	-	0.200	-	5.08	-
b	0.014	0.026	0.36	0.66	2
b1	0.014	0.023	0.36	0.58	3
b2	0.045	0.065	1.14	1.65	-
b3	0.023	0.045	0.58	1.14	4
c	0.008	0.018	0.20	0.46	2
c1	0.008	0.015	0.20	0.38	3
D	-	0.785	-	19.94	5
E	0.220	0.310	5.59	7.87	5
e	0.100 BSC		2.54 BSC		-
eA	0.300 BSC		7.62 BSC		-
eA/2	0.150 BSC		3.81 BSC		-
L	0.125	0.200	3.18	5.08	-
Q	0.015	0.060	0.38	1.52	6
S1	0.005	-	0.13	-	7
$\alpha$	90°	105° <sup>D</sup>	90°	105°	-
aaa	-	0.015	-	0.38	-
bbb	-	0.030	-	0.76	-
ccc	-	0.010	-	0.25	-
M	-	0.0015	-	0.038	2, 3
N	14		14		8

Rev. 0 4/94

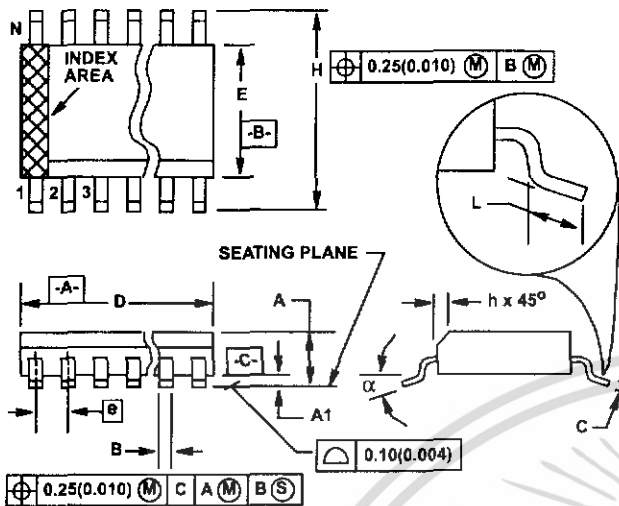
NOTES:

1. Index area: A notch or a pin one identification mark shall be located adjacent to pin one and shall be located within the shaded area shown. The manufacturer's identification shall not be used as a pin one identification mark.
2. The maximum limits of lead dimensions b and c or M shall be measured at the centroid of the finished lead surfaces, when solder dip or tin plate lead finish is applied.
3. Dimensions b1 and c1 apply to lead base metal only. Dimension M applies to lead plating and finish thickness.
4. Corner leads (1, N, N/2, and N/2+1) may be configured with a partial lead paddle. For this configuration dimension b3 replaces dimension b2.
5. This dimension allows for off-center lid, meniscus, and glass overrun.
6. Dimension Q shall be measured from the seating plane to the base plane.
7. Measure dimension S1 at all four corners.
8. N is the maximum number of terminal positions.
9. Dimensioning and tolerancing per ANSI Y14.5M - 1982.
10. Controlling dimension: INCH.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CD54HC08, CD54HCT08, CD74HC08, CD74HCT08

Small Outline Plastic Packages (SOIC)



M14.15 (JEDEC MS-012-AB ISSUE C)  
14 LEAD NARROW BODY SMALL OUTLINE PLASTIC PACKAGE

SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS		NOTES
	MIN	MAX	MIN	MAX	
A	0.0532	0.0688	1.35	1.75	-
A1	0.0040	0.0098	0.10	0.25	-
B	0.013	0.020	0.33	0.51	9
C	0.0075	0.0098	0.19	0.25	-
D	0.3367	0.3444	8.55	8.75	3
E	0.1497	0.1574	3.80	4.00	4
e	0.050 BSC		1.27 BSC		-
H	0.2284	0.2440	5.80	6.20	-
h	0.0099	0.0196	0.25	0.50	5
L	0.016	0.050	0.40	1.27	6
N	14		14		7
$\alpha$	0°	8°	0°	8°	-

NOTES:

- Symbols are defined in the "MO Series Symbol List" in Section 2.2 of Publication Number 95.
- Dimensioning and tolerancing per ANSI Y14.5M-1982.
- Dimension "D" does not include mold flash, protrusions or gate burrs. Mold flash, protrusion and gate burrs shall not exceed 0.15mm (0.006 inch) per side.
- Dimension "E" does not include interlead flash or protrusions. Interlead flash and protrusions shall not exceed 0.25mm (0.010 inch) per side.
- The chamfer on the body is optional. If it is not present, a visual index feature must be located within the crosshatched area.
- "L" is the length of terminal for soldering to a substrate.
- "N" is the number of terminal positions.
- Terminal numbers are shown for reference only.
- The lead width "B", as measured 0.36mm (0.014 inch) or greater above the seating plane, shall not exceed a maximum value of 0.61mm (0.024 inch).
- Controlling dimension: MILLIMETER. Converted inch dimensions are not necessarily exact.

Rev. 0 12/93

All Harris Semiconductor products are manufactured, assembled and tested under ISO9000 quality systems certification.

Harris Semiconductor products are sold by description only. Harris Semiconductor reserves the right to make changes in circuit design and/or specifications at any time without notice. Accordingly, the reader is cautioned to verify that data sheets are current before placing orders. Information furnished by Harris is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Harris or its subsidiaries for its use; nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Harris or its subsidiaries.

Sales Office Headquarters

For general information regarding Harris Semiconductor and its products, call 1-800-4-HARRIS

NORTH AMERICA

Harris Semiconductor  
P. O. Box 883, Mail Stop 53-210  
Melbourne, FL 32902  
TEL: 1-800-442-7747  
(407) 729-4984  
FAX: (407) 729-5321

EUROPE

Harris Semiconductor  
Mercure Center  
100, Rue de la Fusee  
1130 Brussels, Belgium  
TEL: (32) 2.724.2111  
FAX: (32) 2.724.22.05

ASIA

Harris Semiconductor PTE Ltd.  
No. 1 Tannery Road  
Cencon 1, #09-01  
Singapore 1334  
TEL: (65) 748-4200  
FAX: (65) 748-0400



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน 8 การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2V TO 37V VOLTAGE REGULATOR

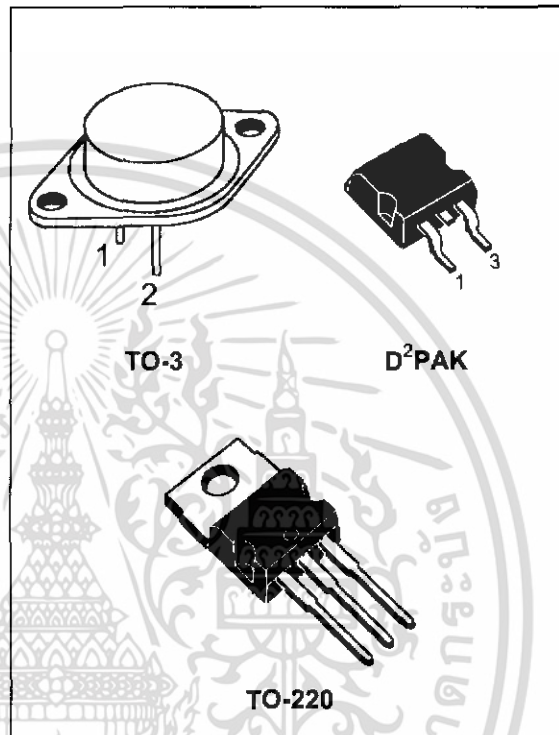
- OUTPUT VOLTAGE RANGE : 1.2 TO 37V
- OUTPUT CURRENT IN EXCESS OF 1.5A
- 0.1% LINE AND LOAD REGULATION
- FLOATING OPERATION FOR HIGH VOLTAGES
- COMPLETE SERIES OF PROTECTIONS :  
CURRENT LIMITING, THERMAL SHUTDOWN AND SOA CONTROL

### DESCRIPTION

The LM117/LM217/LM317 are monolithic integrated circuit in TO-220 TO-3 and D<sup>2</sup>PAK packages intended for use as positive adjustable voltage regulators.

They are designed to supply more than 1.5A of load current with an output voltage adjustable over a 1.2 to 37V range.

The nominal output voltage is selected by means of only a resistive divider, making the device exceptionally easy to use and eliminating the stocking of many fixed regulators.



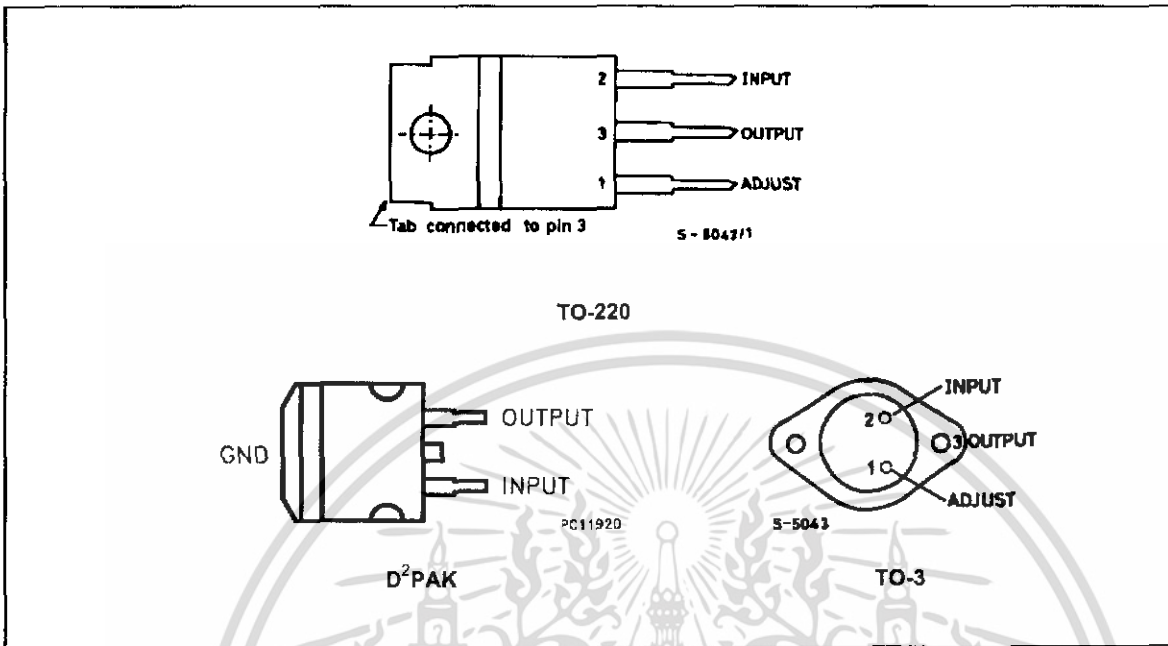
### ABSOLUTE MAXIMUM RATING

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_{i-o}$	Input-output Differential Voltage	40	V
$I_o$	Output Current	Internally Limited	
$T_{op}$	Operating Junction Temperature for: LM117 LM217 LM317	-55 to 150 -25 to 150 0 to 125	°C °C °C
$P_{tot}$	Power Dissipation	Internally Limited	
$T_{sig}$	Storage Temperature	- 65 to 150	°C

### THERMAL DATA

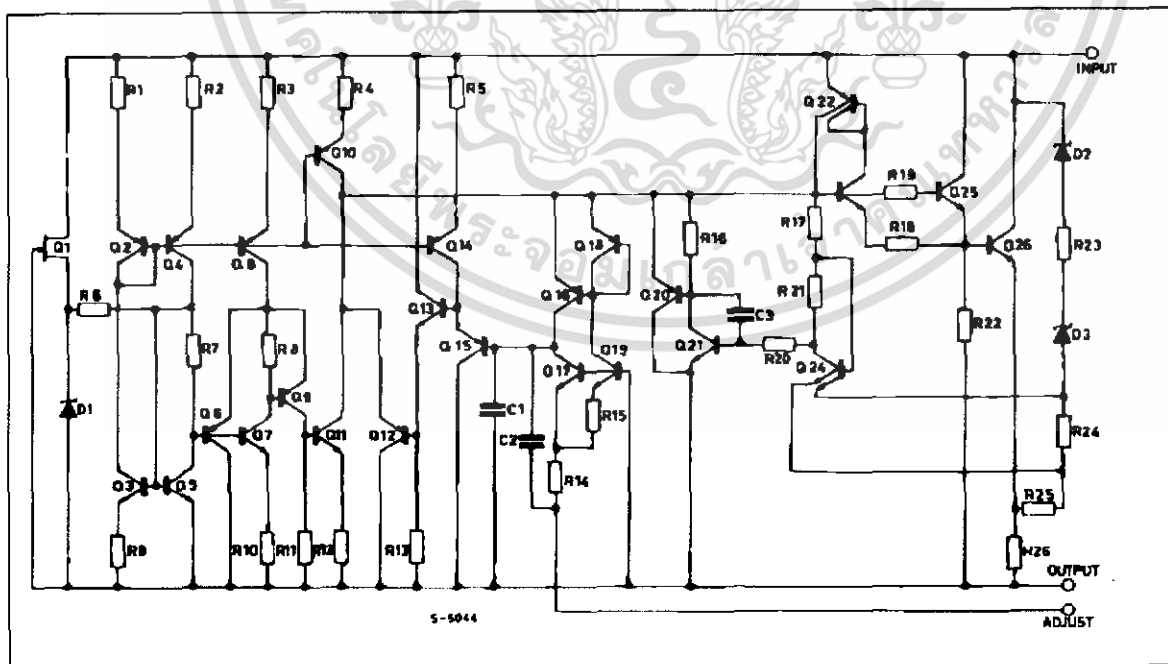
Symbol	Parameter		TO-3	TO-220	D <sup>2</sup> PAK	Unit
$R_{thj-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	4	3	3	°C/W
$R_{thj-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max	35	50	62.5	°C/W

CONNECTION DIAGRAM AND ORDERING NUMBERS (top view)

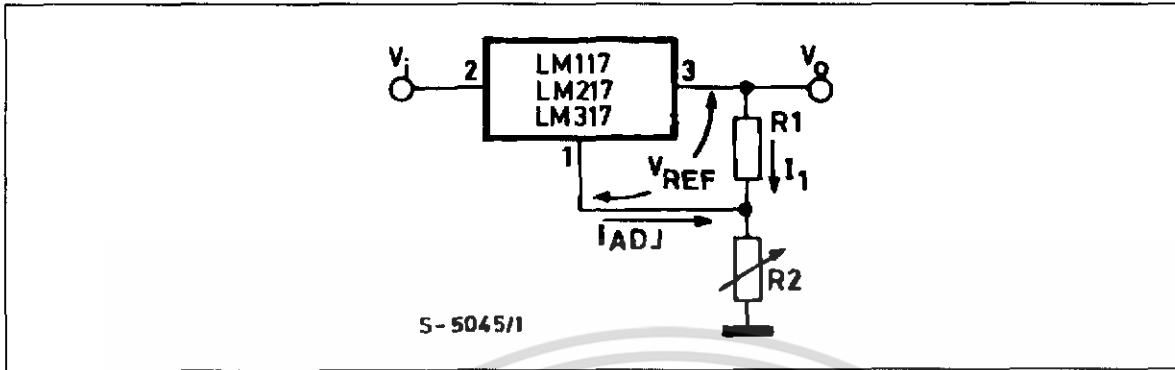


Type	TO-3	TO-220	D <sup>2</sup> PAK
LM117	LM117K		
LM217	LM217K	LM217T	LM217D2T
LM317	LM317K	LM317T	LM317D2T

SCHEMATIC DIAGRAM



**BASIC ADJUSTABLE REGULATOR**



**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $V_i - V_o = 5\text{ V}$ ,  $I_o = 500\text{ mA}$ ,  $I_{MAX} = 1.5\text{ A}$  and  $P_{MAX} = 20\text{ W}$ , unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	LM117/LM217			LM317			Unit
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
$\Delta V_o$	Line Regulation	$V_i - V_o = 3\text{ to }40\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$		0.01	0.02		0.01	0.04	%/V
				0.02	0.05		0.02	0.07	%/V
$\Delta V_o$	Load Regulation	$V_o \leq 5\text{ V}$ $I_o = 10\text{ mA to }I_{MAX}$ $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$		5	15		5	25	mV
				20	50		20	70	mV
		$V_o \geq 5\text{ V}$ $I_o = 10\text{ mA to }I_{MAX}$ $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$		0.1	0.3		0.1	0.5	%
				0.3	1		0.3	1.5	%
$I_{ADJ}$	Adjustment Pin Current		50	100		50	100	$\mu\text{A}$	
$\Delta I_{ADJ}$	Adjustment Pin Current	$V_i - V_o = 2.5\text{ to }40\text{ V}$ $I_o = 10\text{ mA to }I_{MAX}$		0.2	5		0.2	5	$\mu\text{A}$
$V_{REF}$	Reference Voltage (between pin 3 and pin 1)	$V_i - V_o = 2.5\text{ to }40\text{ V}$ $I_o = 10\text{ mA to }I_{MAX}$ $P_D \leq P_{MAX}$	1.2	1.25	1.3	1.2	1.25	1.3	V
$\frac{\Delta V_o}{V_o}$	Output Voltage Temperature Stability			1		1		%	
$I_{o(min)}$	Minimum Load Current	$V_i - V_o = 40\text{ V}$		3.5	5		3.5	10	mA
$I_{o(max)}$	Maximum Load Current	$V_i - V_o \leq 15\text{ V}$ $P_D < P_{MAX}$	1.5	2.2		1.5	2.2		A
		$V_i - V_o = 40\text{ V}$ $P_D < P_{MAX}$ $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$		0.4		0.4			A
$e_n$	Output Noise Voltage (percentage of $V_o$ )	$B = 10\text{ Hz to }10\text{ KHz}$ $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$		0.003		0.003			%
SVR	Supply Voltage Rejection (*)	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ $f = 120\text{ Hz}$	$C_{ADJ} = 0$		65		65		dB
			$C_{ADJ} = 10\text{ }\mu\text{F}$	66	80		66	80	dB

(\*)  $C_{ADJ}$  is connected between pin 1 and ground.

**Note:**

(1) Unless otherwise specified the above specs. apply over the following conditions : LM 117  $T_j = -55\text{ to }150\text{ }^\circ\text{C}$ ;  
LM 217  $T_j = -25\text{ to }150\text{ }^\circ\text{C}$  ; LM 317  $T_j = 0\text{ to }125\text{ }^\circ\text{C}$ .

Figure 1 : Output Current vs. Input-output Differential Voltage.

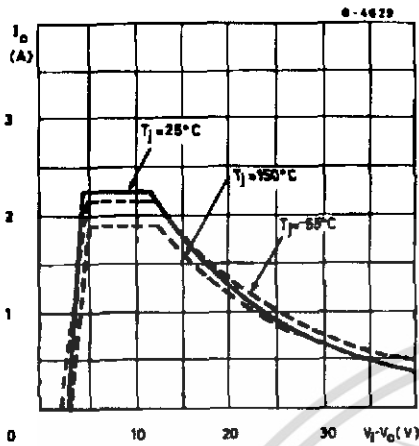
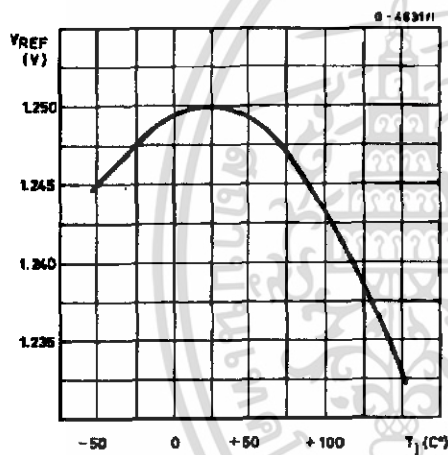


Figure 3 : Reference Voltage vs. Junction



APPLICATION INFORMATION

The LM117/217/317 provides an internal reference voltage of 1.25V between the output and adjustments terminals. This is used to set a constant current flow across an external resistor divider (see fig. 4), giving an output voltage V<sub>O</sub> of:

$$V_O = V_{REF} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + I_{ADJ} R_2$$

The device was designed to minimize the term I<sub>ADJ</sub> (100µA max) and to maintain it very constant with line and load changes. Usually, the error term I<sub>ADJ</sub> · R<sub>2</sub> can be neglected. To obtain the previous requirement, all the regulator quiescent current is returned to the output terminal, imposing a minimum load current condition. If the load is insufficient, the output voltage will rise.

Since the LM117/217/317 is a floating regulator and "sees" only the input-to-output differential

Figure 2 : Dropout Voltage vs. Junction Temperature.

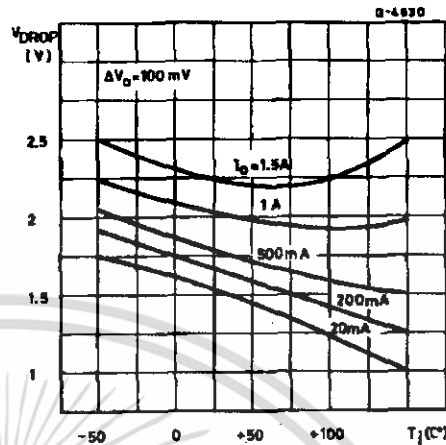
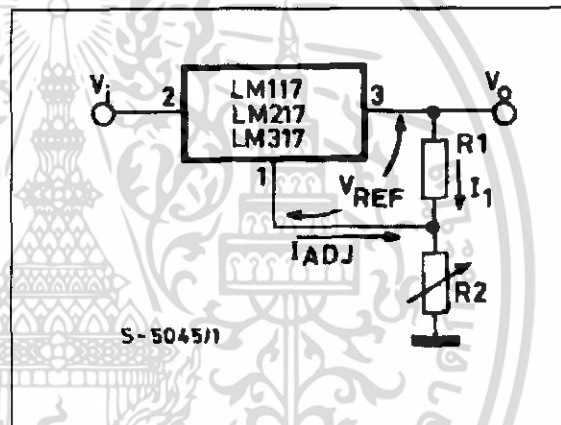


Figure 4 : Basic Adjustable Regulator.



voltage, supplies of very high voltage with respect to ground can be regulated as long as the maximum input-to-output differential is not exceeded. Furthermore, programmable regulator are easily obtainable and, by connecting a fixed resistor between the adjustment and output, the device can be used as a precision current regulator.

In order to optimise the load regulation, the current set resistor R<sub>1</sub> (see fig. 4) should be tied as close as possible to the regulator, while the ground terminal of R<sub>2</sub> should be near the ground of the load to provide remote ground sensing.

No external capacitors are required, but performance may be improved with added capacitance as follow:

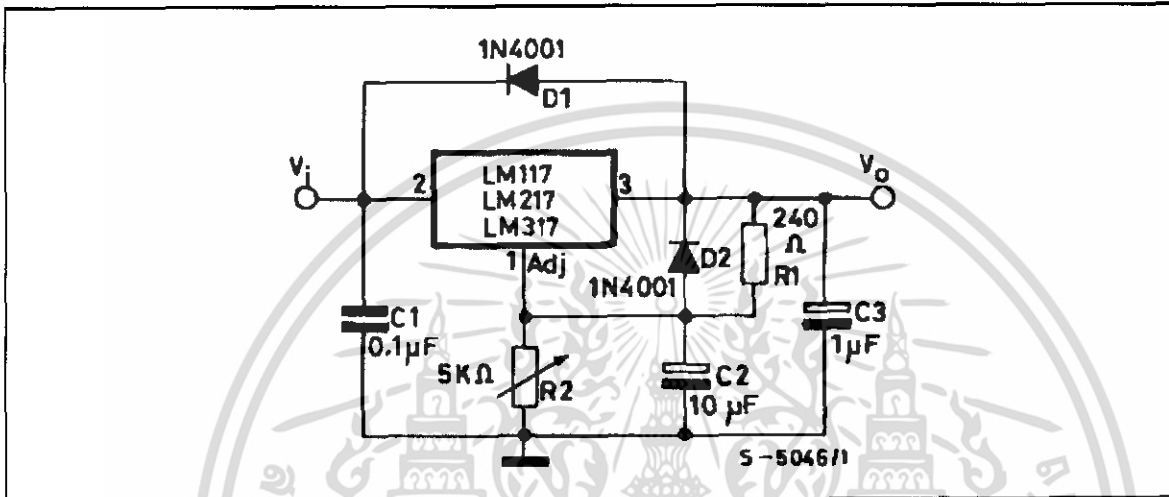
An input bypass capacitor of 0.1 µF

An adjustment terminal to ground 10 mF capacitor to improve the ripple rejection of about 15 dB (C<sub>ADJ</sub>).  
 An 1mF tantalium capacitor on the output to improve transient response.  
 In addition to external capacitors, it is good

practice to add protection diodes, as shown in fig.5.

D1 protect the device against input short circuit, while D2 protect against output short circuit for capacitance discharging.

Figure 5 : Voltage Regulator with Protection Diodes.



D1 protect the device against input short circuit, while D2 protects against output short circuit for capacitors discharging

Figure 6 : Slow Turn-on 15V Regulator.

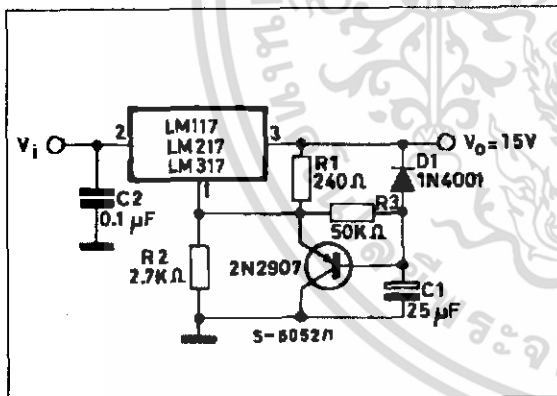


Figure 7 : Current Regulator.

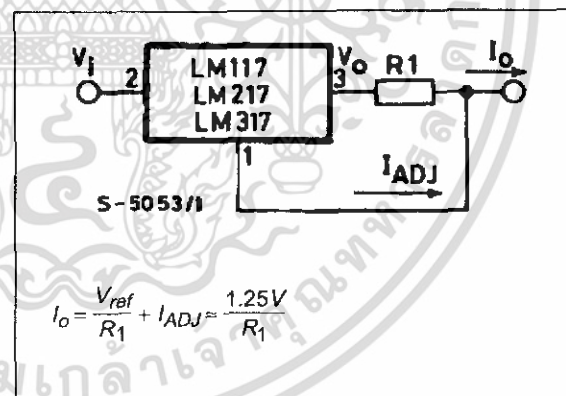


Figure 8 : 5V Electronic Shut-down Regulator

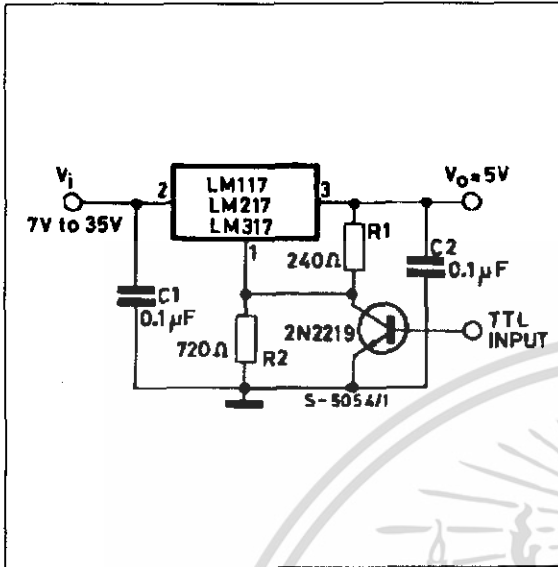


Figure 9 : Digitally Selected Outputs

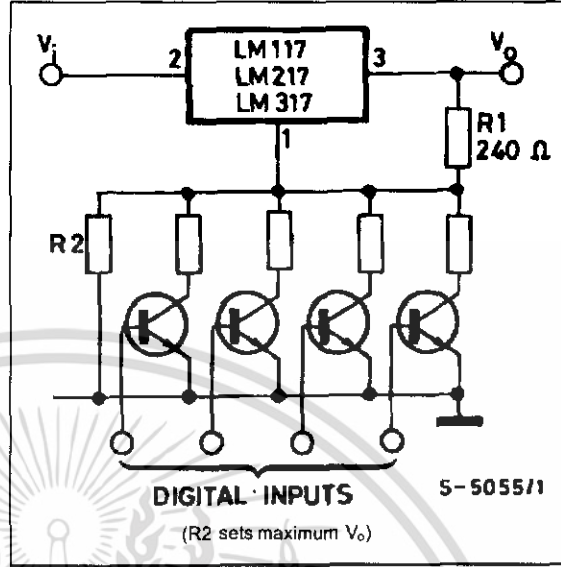


Figure 10 : Battery Charger (12V)

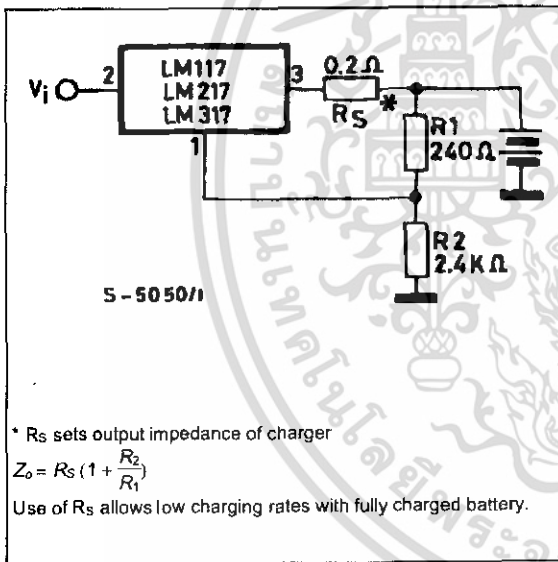
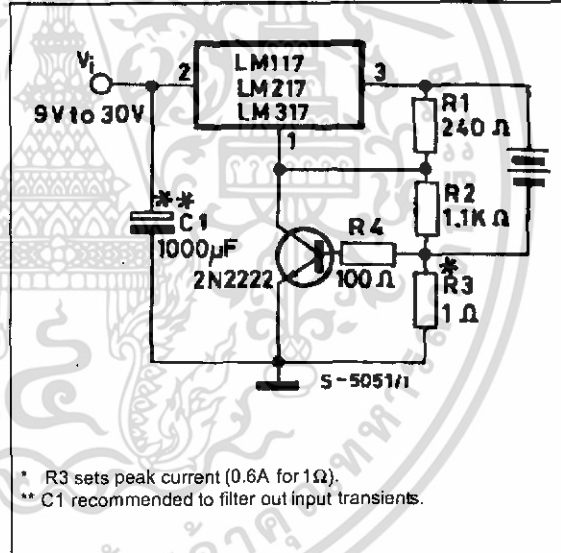
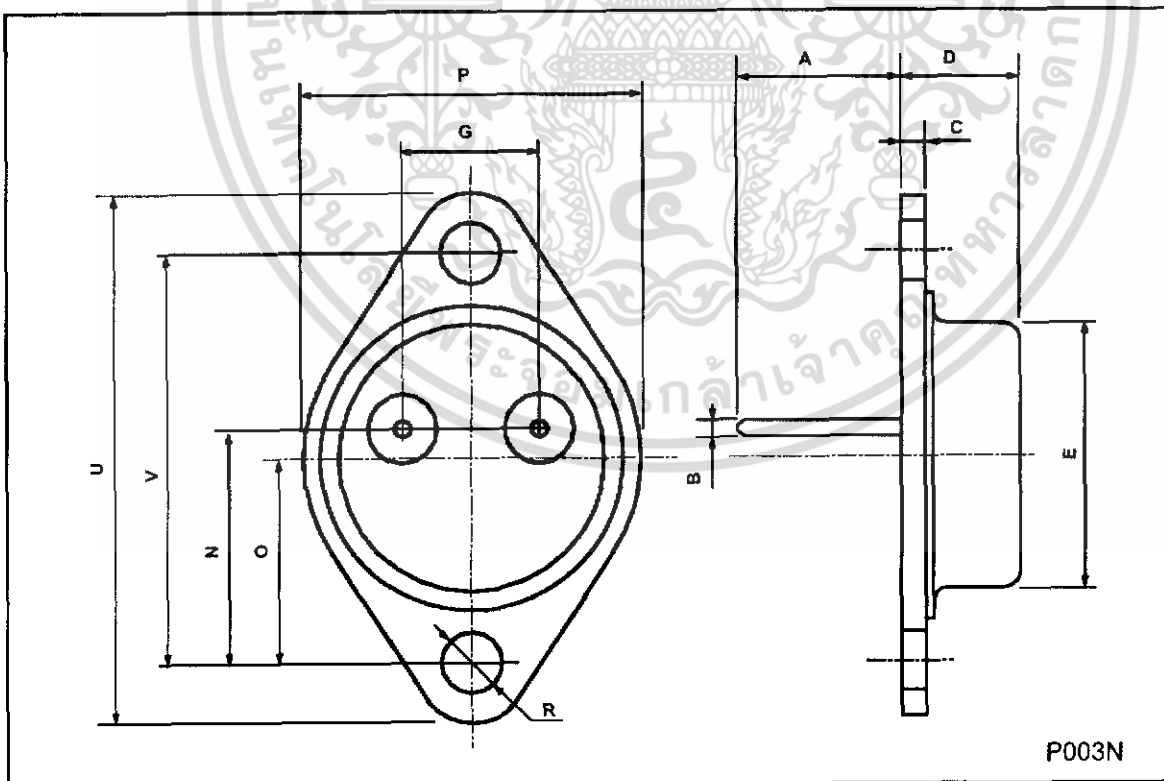


Figure 11 : Current Limited 6V Charger



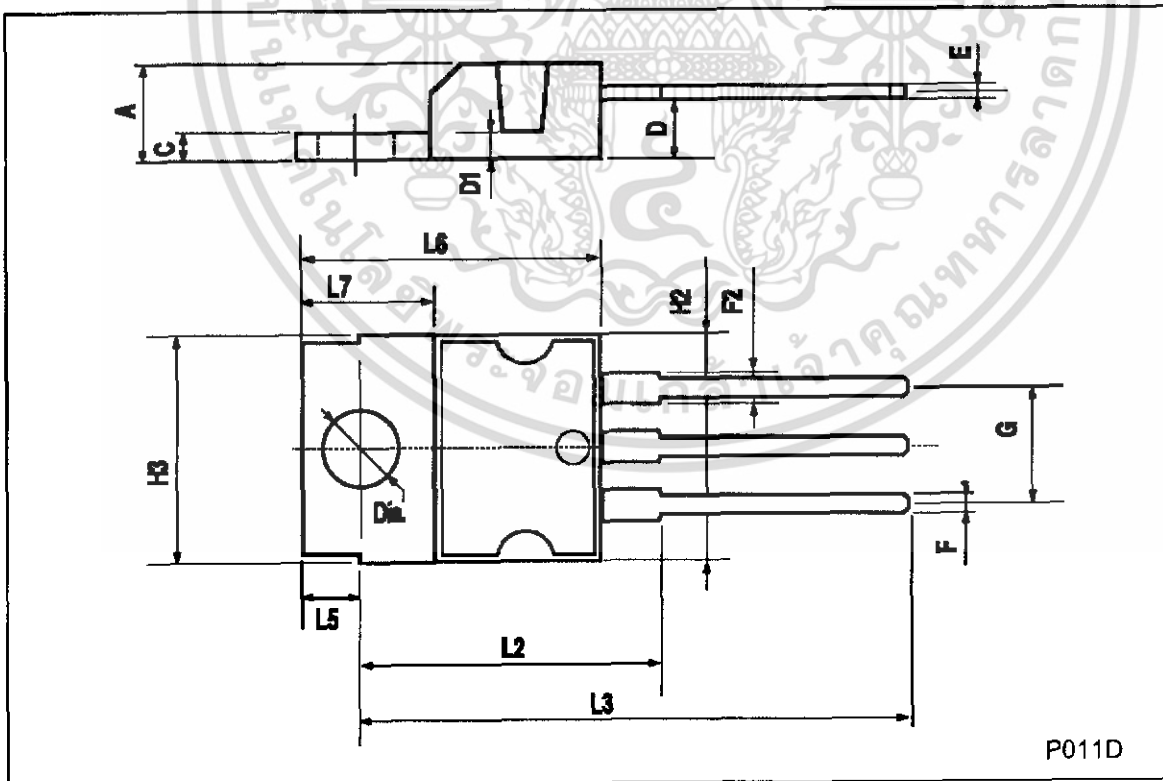
## TO-3 (R) MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A		11.7			0.460	
B	0.96		1.10	0.037		0.043
C			1.70			0.066
D			8.7			0.342
E			20.0			0.787
G		10.9			0.429	
N		16.9			0.665	
P			26.2			1.031
R	3.88		4.09	0.152		0.161
U			39.50			1.555
V		30.10			1.185	



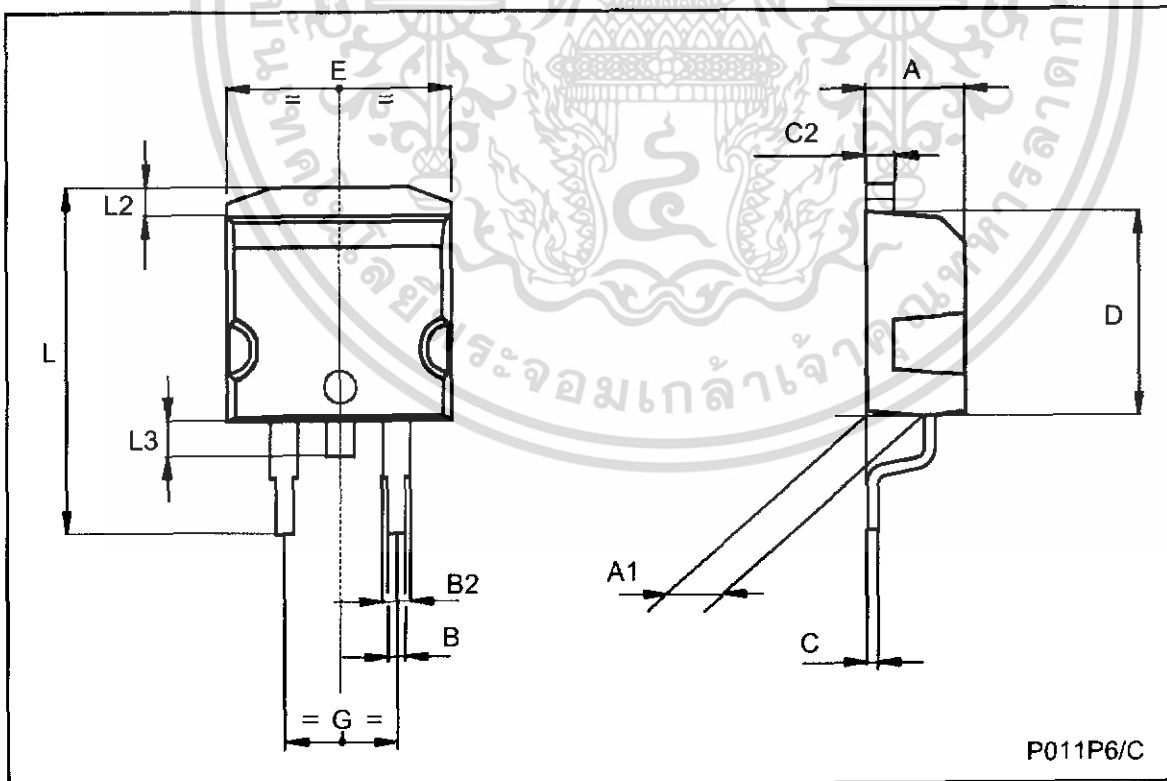
TO-220 MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			4.8			0.189
C			1.37			0.054
D	2.4		2.8	0.094		0.110
D1	1.2		1.35	0.047		0.053
E	0.35		0.55	0.014		0.022
F	0.61		0.94	0.024		0.037
F2	1.15		1.4	0.045		0.055
G	4.95	5.08	5.21	0.195	0.200	0.205
H2			10.4			0.409
H3	10.05		10.4	0.396		0.409
L2		16.2			0.638	
L3	26.3	26.7	27.1	1.035	1.051	1.067
L5	2.6		3	0.102		0.118
L6	15.1		15.8	0.594		0.622
L7	6		6.6	0.236		0.260
Dia.	3.65		3.85	0.144		0.152



TO-263 (D<sup>2</sup>PAK) MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.3		4.6	0.169		0.181
A1	2.49		2.69	0.098		0.106
B	0.7		0.93	0.027		0.036
B2	1.25		1.4	0.049		0.055
C	0.45		0.6	0.017		0.023
C2	1.21		1.36	0.047		0.053
D	8.95		9.35	0.352		0.368
E	10		10.28	0.393		0.404
G	4.88		5.28	0.192		0.208
L	15		15.85	0.590		0.624
L2	1.27		1.4	0.050		0.055
L3	1.4		1.75	0.055		0.068



P011P6/C



Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, SGS-THOMSON Microelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of SGS-THOMSON Microelectronics. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. SGS-THOMSON Microelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of SGS-THOMSON Microelectronics.

© 1997 SGS-THOMSON Microelectronics - Printed in Italy - All Rights Reserved

SGS-THOMSON Microelectronics GROUP OF COMPANIES  
Australia - Brazil - Canada - China - France - Germany - Hong Kong - Italy - Japan - Korea - Malaysia - Malta - Morocco - The Netherlands -  
Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - Taiwan - Thailand - United Kingdom - U.S.A



## ±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

### General Description

The MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E line drivers/receivers are designed for RS-232 and V.28 communications in harsh environments. Each transmitter output and receiver input is protected against ±15kV electrostatic discharge (ESD) shocks, without latching. The various combinations of features are outlined in the *Selection Guide*. The drivers and receivers for all ten devices meet all EIA/TIA-232E and CCITT V.28 specifications at data rates up to 120kbps, when loaded in accordance with the EIA/TIA-232E specification.

The MAX211E/MAX213E/MAX241E are available in 28-pin SO packages, as well as a 28-pin SSOP that uses 60% less board space. The MAX202E/MAX232E come in 16-pin narrow SO, wide SO, and DIP packages. The MAX203E comes in a 20-pin DIP/SO package, and needs no external charge-pump capacitors. The MAX205E comes in a 24-pin wide DIP package, and also eliminates external charge-pump capacitors. The MAX206E/MAX207E/MAX208E come in 24-pin SO, SSOP, and narrow DIP packages. The MAX232E/MAX241E operate with four 1µF capacitors, while the MAX202E/MAX206E/MAX207E/MAX208E/MAX211E/MAX213E operate with four 0.1µF capacitors, further reducing cost and board space.

### Applications

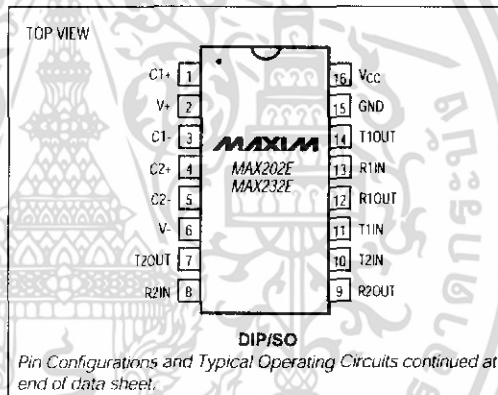
Notebook, Subnotebook, and Palmtop Computers  
 Battery-Powered Equipment  
 Hand-Held Equipment

Ordering information appears at end of data sheet.

### Features

- ♦ ESD Protection for RS-232 I/O Pins:
  - ±15kV—Human Body Model
  - ±8kV—IEC1000-4-2, Contact Discharge
  - ±15kV—IEC1000-4-2, Air-Gap Discharge
- ♦ Latchup Free (unlike bipolar equivalents)
- ♦ Guaranteed 120kbps Data Rate—LapLink™ Compatible
- ♦ Guaranteed 3V/µs Min Slew Rate
- ♦ Operate from a Single +5V Power Supply

### Pin Configurations



### Selection Guide

PART	No. of RS-232 DRIVERS	No. of RS-232 RECEIVERS	RECEIVERS ACTIVE IN SHUTDOWN	No. of EXTERNAL CAPACITORS	LOW-POWER SHUTDOWN	TTL THREE-STATE
MAX202E	2	2	0	4 (0.1µF)	No	No
MAX203E	2	2	0	None	No	No
MAX205E	5	5	0	None	Yes	Yes
MAX206E	4	3	0	4 (0.1µF)	Yes	Yes
MAX207E	5	3	0	4 (0.1µF)	No	No
MAX208E	4	4	0	4 (0.1µF)	No	No
MAX211E	4	5	0	4 (0.1µF)	Yes	Yes
MAX213E	4	5	2	4 (0.1µF)	Yes	Yes
MAX232E	2	2	0	4 (1µF)	No	No
MAX241E	4	5	0	4 (1µF)	Yes	Yes

LapLink is a registered trademark of Traveling Software, Inc.



Maxim Integrated Products 1

For free samples & the latest literature: <http://www.maxim-ic.com>, or phone 1-800-998-8800

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V <sub>CC</sub> .....	-0.3V to +6V	20-Pin SO (derate 10.00mW/°C above +70°C) .....	800mW
V <sub>+</sub> .....	(V <sub>CC</sub> - 0.3V) to +14V	24-Pin Narrow Plastic DIP	
V <sub>-</sub> .....	-14V to -0.3V	(derate 13.33mW/°C above +70°C) .....	1.07W
Input Voltages		24-Pin Wide Plastic DIP	
T <sub>IN</sub> .....	-0.3V to (V <sub>+</sub> + 0.3V)	(derate 14.29mW/°C above +70°C) .....	1.14W
R <sub>IN</sub> .....	±30V	24-Pin SO (derate 11.76mW/°C above +70°C) .....	941mW
Output Voltages		24-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C) .....	640mW
T <sub>OUT</sub> .....	(V <sub>-</sub> - 0.3V) to (V <sub>+</sub> + 0.3V)	28-Pin SO (derate 12.50mW/°C above +70°C) .....	1W
R <sub>OUT</sub> .....	-0.3V to (V <sub>CC</sub> + 0.3V)	28-Pin SSOP (derate 9.52mW/°C above +70°C) .....	762mW
Short-Circuit Duration, T <sub>OUT</sub> .....	Continuous	Operating Temperature Ranges	
Continuous Power Dissipation (T <sub>A</sub> = +70°C)		MAX2 <sub>XX</sub> EC .....	0°C to +70°C
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) ..		MAX2 <sub>XX</sub> EE .....	-40°C to +85°C
16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C) ..		Storage Temperature Range .....	-65°C to +165°C
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) .....		Lead Temperature (soldering, 10sec) .....	+300°C
20-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°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

(V<sub>CC</sub> = +5V ±10% for MAX202E/206E/208E/211E/213E/232E/241E; V<sub>CC</sub> = +5V ±5% for MAX203E/205E/207E; C1-C4 = 0.1µF for MAX202E/206E/207E/208E/211E/213E; C1-C4 = 1µF for MAX232E/241E; T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>; unless otherwise noted. Typical values are at T<sub>A</sub> = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>DC CHARACTERISTICS</b>						
V <sub>CC</sub> Supply Current	I <sub>CC</sub>	No load, T <sub>A</sub> = +25°C	MAX202E/203E	8	15	mA
			MAX205E-208E	11	20	
			MAX211E/213E	14	20	
			MAX232E	5	10	
			MAX241E	7	15	
Shutdown Supply Current		T <sub>A</sub> = +25°C, Figure 1	MAX205E/206E	1	10	µA
			MAX211E/241E	1	10	
			MAX213E	15	50	
<b>LOGIC</b>						
Input Pull-Up Current		T <sub>IN</sub> = 0V (MAX205E-208E/211E/213E/241E)		15	200	µA
Input Leakage Current		T <sub>IN</sub> = 0V to V <sub>CC</sub> (MAX202E/203E/232E)			±10	µA
Input Threshold Low	V <sub>IL</sub>	T <sub>IN</sub> ; EN, SHDN (MAX213E) or EN, SHDN (MAX205E-208E/211E/241E)			0.8	V
Input Threshold High	V <sub>IH</sub>	T <sub>IN</sub>		2.0		V
		EN, SHDN (MAX213E) or EN, SHDN (MAX205E-208E/211E/241E)		2.4		
Output Voltage Low	V <sub>OL</sub>	R <sub>OUT</sub> ; I <sub>OUT</sub> = 3.2mA (MAX202E/203E/232E) or I <sub>OUT</sub> = 1.6mA (MAX205E/208E/211E/213E/241E)			0.4	V
Output Voltage High	V <sub>OH</sub>	R <sub>OUT</sub> ; I <sub>OUT</sub> = -1.0mA	3.5	V <sub>CC</sub> - 0.4		V
Output Leakage Current		EN = V <sub>CC</sub> ; EN = 0V, 0V ≤ R <sub>OUT</sub> ≤ V <sub>CC</sub> ; MAX205E-208E/211E/213E/241E outputs disabled		±0.05	±10	µA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V<sub>CC</sub> = +5V ±10% for MAX202E/206E/208E/211E/213E/232E/241E; V<sub>CC</sub> = +5V ±5% for MAX203E/205E/207E; C1-C4 = 0.1µF for MAX202E/206E/207E/208E/211E/213E; C1-C4 = 1µF for MAX232E/241E; T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>; unless otherwise noted. Typical values are at T<sub>A</sub> = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>EIA/TIA-232E RECEIVER INPUTS</b>						
Input Voltage Range			-30		30	V
Input Threshold Low		T <sub>A</sub> = +25°C, V <sub>CC</sub> = 5V	All parts, normal operation	0.8	1.2	V
			MAX213E (R4, R5), SHDN = 0V, EN = V <sub>CC</sub>	0.6	1.5	
Input Threshold High		T <sub>A</sub> = +25°C, V <sub>CC</sub> = 5V	All parts, normal operation	1.7	2.4	V
			MAX213E (R4, R5), SHDN = 0V, EN = V <sub>CC</sub>	1.5	2.4	
Input Hysteresis		V <sub>CC</sub> = 5V, no hysteresis in shutdown	0.2	0.5	1.0	V
Input Resistance		T <sub>A</sub> = +25°C, V <sub>CC</sub> = 5V	3	5	7	kΩ
<b>EIA/TIA-232E TRANSMITTER OUTPUTS</b>						
Output Voltage Swing		All drivers loaded with 3kΩ to ground (Note 1)	±5	±9		V
Output Resistance		V <sub>CC</sub> = V <sub>+</sub> = V <sub>-</sub> = 0V, V <sub>OUT</sub> = ±2V	300			Ω
Output Short-Circuit Current				±10	±60	mA
<b>TIMING CHARACTERISTICS</b>						
Maximum Data Rate		R <sub>L</sub> = 3kΩ to 7kΩ, C <sub>L</sub> = 50pF to 1000pF, one transmitter switching	120			kbps
Receiver Propagation Delay	t <sub>PLHR</sub> , t <sub>PHLR</sub>	C <sub>L</sub> = 150pF	All parts, normal operation	0.5	10	µs
			MAX213E (R4, R5), SHDN = 0V, EN = V <sub>CC</sub>	4	40	
Receiver Output Enable Time		MAX205E/206E/211E/213E/241E normal operation, Figure 2		600		ns
Receiver Output Disable Time		MAX205E/206E/211E/213E/241E normal operation, Figure 2		200		ns
Transmitter Propagation Delay	t <sub>PLHT</sub> , t <sub>PHLT</sub>	R <sub>L</sub> = 3kΩ, C <sub>L</sub> = 2500pF, all transmitters loaded		2		µs
Transition-Region Slew Rate		T <sub>A</sub> = +25°C, V <sub>CC</sub> = 5V, R <sub>L</sub> = 3kΩ to /kΩ, C <sub>L</sub> = 50pF to 1000pF, measured from -3V to +3V or +3V to -3V, Figure 3	3	6	30	V/µs
<b>ESD PERFORMANCE: TRANSMITTER OUTPUTS, RECEIVER INPUTS</b>						
ESD-Protection Voltage		Human Body Model		±15		kV
		IEC1000-4-2, Contact Discharge		±8		
		IEC1000-4-2, Air-Gap Discharge		±15		

Note 1: MAX211EE\_ tested with V<sub>CC</sub> = +5V ±5%.

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

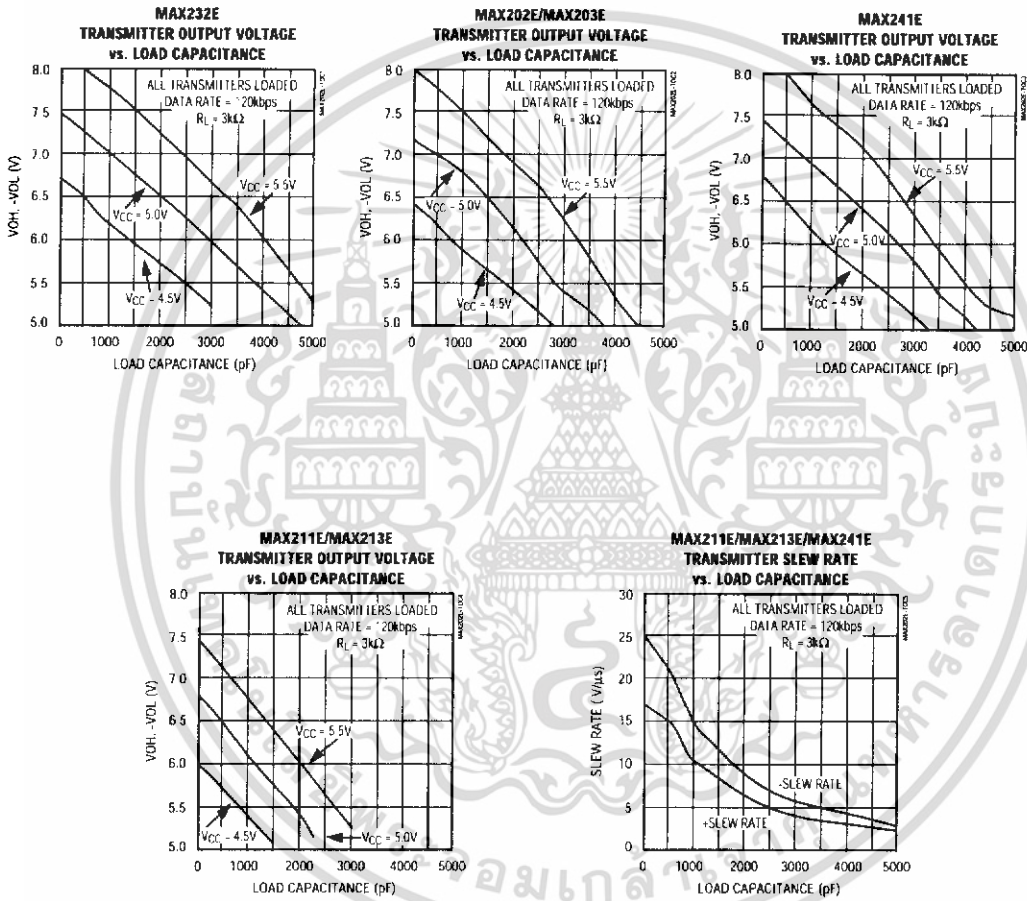
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

## Typical Operating Characteristics

(Typical Operating Circuits,  $V_{CC} = +5V$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)



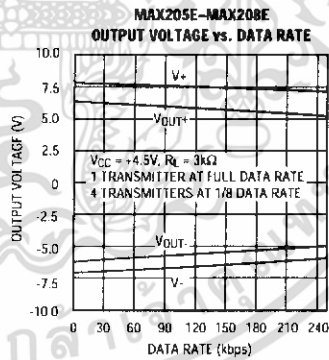
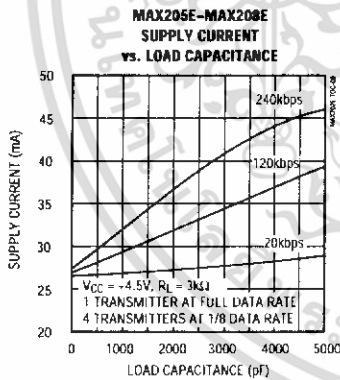
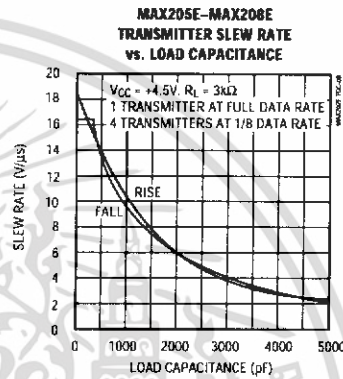
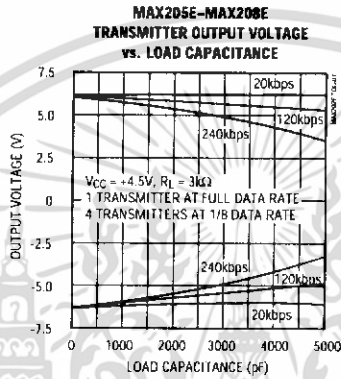
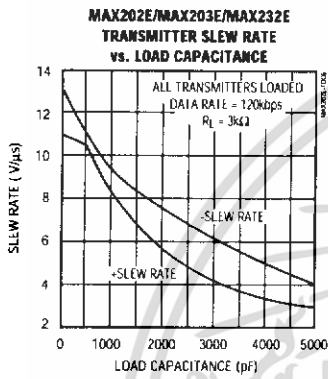
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

## Typical Operating Characteristics (continued)

(Typical Operating Circuits,  $V_{CC} = +5V$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)

MAX202E-MAX213E, MAX232E-MAX241E



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

### Pin Descriptions

#### MAX202E/MAX232E

PIN		NAME	FUNCTION
DIP/SO	LCC		
1, 3	2, 4	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
2	3	V+	+2V <sub>CC</sub> voltage generated by the charge pump
4, 5	5, 7	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
6	8	V-	-2V <sub>CC</sub> voltage generated by the charge pump
7, 14	9, 18	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
8, 13	10, 17	R_IN	RS-232 Receiver Outputs
9, 12	12, 15	R_OUT	RS-232 Receiver Outputs
10, 11	13, 14	T_IN	RS-232 Driver Inputs
15	19	GND	Ground
16	20	V <sub>CC</sub>	+4.5V to +5.5V Supply-Voltage Input
—	1, 6, 11, 16	N.C.	No Connect—not internally connected

#### MAX203E

PIN		NAME	FUNCTION
DIP	SO		
1, 2	1, 2	T_IN	RS-232 Driver Inputs
3, 20	3, 20	R_OUT	RS-232 Receiver Outputs
4, 19	4, 19	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
5, 18	5, 18	T_OUT	RS-232 Transmitter Outputs
6, 9	6, 9	GND	Ground
7	7	V <sub>CC</sub>	+4.5V to +5.5V Supply-Voltage Input
8	13	C1+	Make no connection to this pin.
10, 16	11, 16	C2-	Connect pins together
12, 17	10, 17	V-	-2V <sub>CC</sub> voltage generated by the charge pump. Connect pins together.
13	14	C1-	Make no connection to this pin.
14	8	V+	+2V <sub>CC</sub> voltage generated by the charge pump
11, 15	12, 15	C2+	Connect pins together.

#### MAX205E

PIN	NAME	FUNCTION
1–4, 19	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
5, 10, 13, 18, 24	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
6, 9, 14, 17, 23	R_OUT	TTL/CMOS Receiver Outputs. All receivers are inactive in shutdown.
7, 8, 15, 16, 22	T_IN	TTL/CMOS Driver Inputs. Internal pull-ups to V <sub>CC</sub> .
11	GND	Ground
12	V <sub>CC</sub>	-4.75V to +5.25V Supply Voltage
20	EN	Receiver Enable—active low
21	SHDN	Shutdown Control—active high

## ±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

### Pin Descriptions (continued)

#### MAX206E

PIN	NAME	FUNCTION
1, 2, 3, 24	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
4, 16, 23	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
5, 17, 22	R_OUT	TTL/CMOS Receiver Outputs. All receivers are inactive in shutdown.
6, 7, 18, 19	T_IN	TTL/CMOS Driver Inputs. Internal pull-ups to V <sub>CC</sub> .
8	GND	Ground
9	V <sub>CC</sub>	+4.5V to +5.5V Supply Voltage
10, 12	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
11	V+	+2V <sub>CC</sub> generated by the charge pump
13, 14	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
15	V-	-2V <sub>CC</sub> generated by the charge pump
20	EN	Receiver Enable—active low
21	SHDN	Shutdown Control—active high

#### MAX207E

PIN	NAME	FUNCTION
1, 2, 3, 20, 24	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
4, 16, 23	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
5, 17, 22	R_OUT	TTL/CMOS Receiver Outputs. All receivers are inactive in shutdown.
6, 7, 18, 19, 21	T_IN	TTL/CMOS Driver Inputs. Internal pull-ups to V <sub>CC</sub> .
8	GND	Ground
9	V <sub>CC</sub>	+4.75V to +5.25V Supply Voltage
10, 12	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
11	V+	+2V <sub>CC</sub> generated by the charge pump
13, 14	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
15	V-	-2V <sub>CC</sub> generated by the charge pump

#### MAX208E

PIN	NAME	FUNCTION
1, 2, 20, 24	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
3, 7, 16, 23	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
4, 6, 17, 22	R_OUT	TTL/CMOS Receiver Outputs. All receivers are inactive in shutdown.
5, 18, 19, 21	T_IN	TTL/CMOS Driver Inputs. Internal pull-ups to V <sub>CC</sub> .
8	GND	Ground
9	V <sub>CC</sub>	+4.5V to +5.5V Supply Voltage
10, 12	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
11	V+	+2V <sub>CC</sub> generated by the charge pump
13, 14	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
15	V-	-2V <sub>CC</sub> generated by the charge pump

MAX202E-MAX213E, MAX232EMAX241E

# ±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

## Pin Descriptions (continued)

### MAX211E/MAX213E/MAX241E

PIN	NAME	FUNCTION
1, 2, 3, 28	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
4, 9, 18, 23, 27	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
5, 8, 19, 22, 26	R_OUT	TTL/CMOS Receiver Outputs. For the MAX213E, receivers R4 and R5 are active in shutdown mode when EN = 1. For the MAX211E and MAX241E, all receivers are inactive in shutdown.
6, 7, 20, 21	T_IN	TTL/CMOS Driver Inputs. Only the MAX211E, MAX213E, and MAX241E have internal pull-ups to V <sub>CC</sub> .
10	GND	Ground
11	V <sub>CC</sub>	+4.5V to +5.5V Supply Voltage
12, 14	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
13	V+	+2V <sub>CC</sub> voltage generated by the charge pump
15, 16	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
17	V-	-2V <sub>CC</sub> voltage generated by the charge pump
24	$\overline{\text{EN}}$	Receiver Enable—active low (MAX211E, MAX241E)
	EN	Receiver Enable—active high (MAX213E)
25	SHDN	Shutdown Control—active high (MAX211E, MAX241E)
	$\overline{\text{SHDN}}$	Shutdown Control—active low (MAX213E)

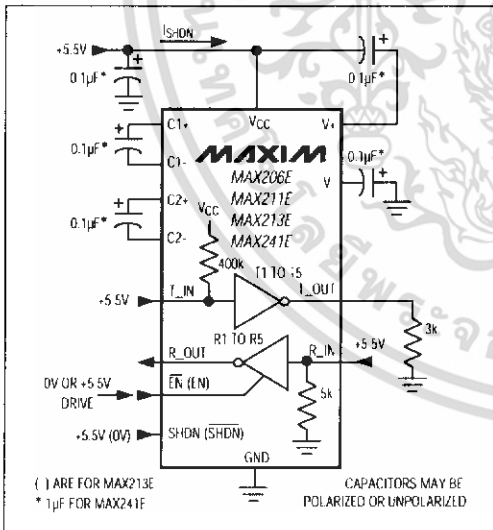


Figure 1. Shutdown-Current Test Circuit (MAX206E, MAX211E/MAX213E/MAX241E)

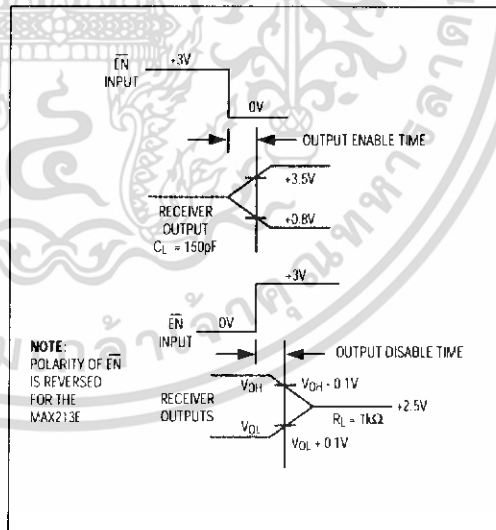


Figure 2. Receiver Output Enable and Disable Timing (MAX205E/MAX206E/MAX211E/MAX213E/MAX241E)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

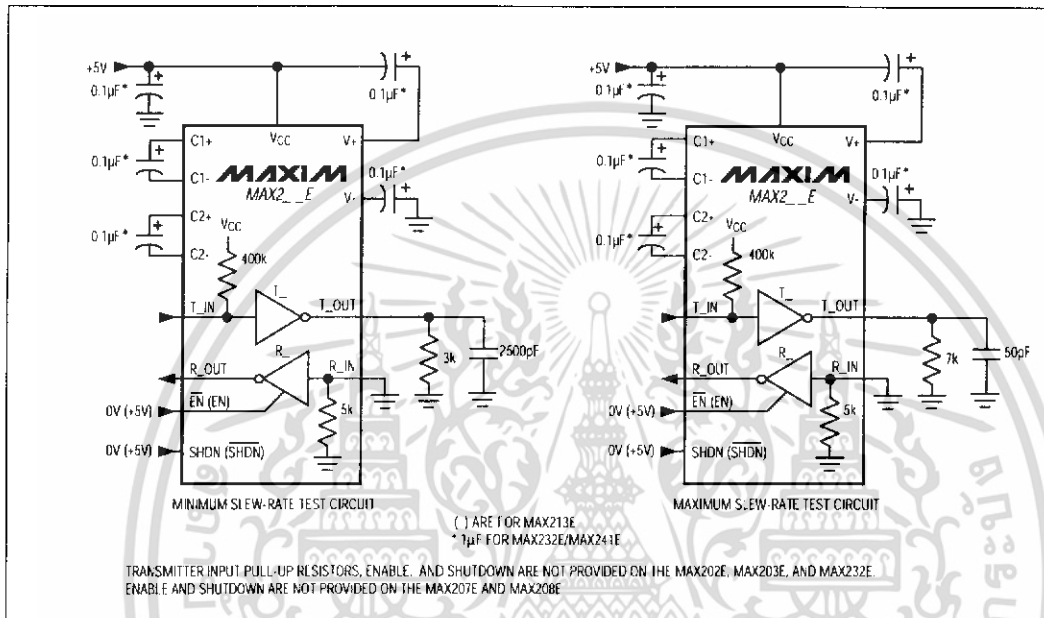


Figure 3. Transition Slew-Rate Circuit

### Detailed Description

The MAX202E–MAX213E, MAX232E/MAX241E consist of three sections: charge-pump voltage converters, drivers (transmitters), and receivers. These E versions provide extra protection against ESD. They survive +15kV discharges to the RS-232 inputs and outputs, tested using the Human Body Model. When tested according to IEC1000-4-2, they survive ±8kV contact-discharges and ±15kV air-gap discharges. The rugged E versions are intended for use in harsh environments or applications where the RS-232 connection is frequently changed (such as notebook computers). The standard (non-“E”) MAX202, MAX203, MAX205–MAX208, MAX211, MAX213, MAX232, and MAX241 are recommended for applications where cost is critical.

#### +5V to ±10V Dual Charge-Pump Voltage Converter

The +5V to ±10V conversion is performed by dual charge-pump voltage converters (Figure 4). The first charge-pump converter uses capacitor C1 to double the +5V into +10V, storing the +10V on the output filter capacitor, C3. The second uses C2 to invert the +10V

into -10V, storing the -10V on the V- output filter capacitor, C4.

In shutdown mode, V+ is internally connected to VCC by a 1kΩ pull-down resistor, and V- is internally connected to ground by a 1kΩ pull-up resistor.

#### RS-232 Drivers

With VCC = 5V, the typical driver output voltage swing is ±8V when loaded with a nominal 5kΩ RS-232 receiver. The output swing is guaranteed to meet EIA/TIA-232E and V.28 specifications that call for ±5V minimum output levels under worst-case conditions. These include a 3kΩ load, minimum VCC, and maximum operating temperature. The open-circuit output voltage swings from (V+ - 0.6V) to V-.

Input thresholds are CMOS/TTL compatible. The unused drivers' inputs on the MAX205E–MAX208E, MAX211E, MAX213E, and MAX241E can be left unconnected because 400kΩ pull-up resistors to VCC are included on-chip. Since all drivers invert, the pull-up resistors force the unused drivers' outputs low. The MAX202E, MAX203E, and MAX232E do not have pull-up resistors on the transmitter inputs.

## ±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

When in low-power shutdown mode, the MAX205E/MAX206E/MAX211E/MAX213E/MAX241E driver outputs are turned off and draw only leakage currents—even if they are back-driven with voltages between 0V and 12V. Below -0.5V in shutdown, the transmitter output is diode-clamped to ground with a 1kΩ series impedance.

### RS-232 Receivers

The receivers convert the RS-232 signals to CMOS-logic output levels. The guaranteed 0.8V and 2.4V receiver input thresholds are significantly tighter than the ±3V thresholds required by the EIA/TIA-232E specification. This allows the receiver inputs to respond to TTL/CMOS-logic levels, as well as RS-232 levels.

The guaranteed 0.8V input low threshold ensures that receivers shorted to ground have a logic 1 output. The 5kΩ input resistance to ground ensures that a receiver with its input left open will also have a logic 1 output.

Receiver inputs have approximately 0.5V hysteresis. This provides clean output transitions, even with slow rise/fall-time signals with moderate amounts of noise and ringing.

In shutdown, the MAX213E's R4 and R5 receivers have no hysteresis.

### Shutdown and Enable Control (MAX205E/MAX206E/MAX211E/ MAX213E/MAX241E)

In shutdown mode, the charge pumps are turned off, V+ is pulled down to VCC, V- is pulled to ground, and the transmitter outputs are disabled. This reduces supply current typically to 1μA (15μA for the MAX213E). The time required to exit shutdown is under 1ms, as shown in Figure 5.

### Receivers

All MAX213E receivers, except R4 and R5, are put into a high-impedance state in shutdown mode (see Tables 1a and 1b). The MAX213E's R4 and R5 receivers still function in shutdown mode. These two awake-in-shutdown receivers can monitor external activity while maintaining minimal power consumption.

The enable control is used to put the receiver outputs into a high-impedance state, to allow wire-OR connection of two EIA/TIA-232E ports (or ports of different types) at the UART. It has no effect on the RS-232 drivers or the charge pumps.

**Note:** The enable control pin is active low for the MAX211E/MAX241E (EN), but is active high for the MAX213E (EN). The shutdown control pin is active high for the MAX205E/MAX206E/MAX211E/MAX241E (SHDN), but is active low for the MAX213E (SHDN).

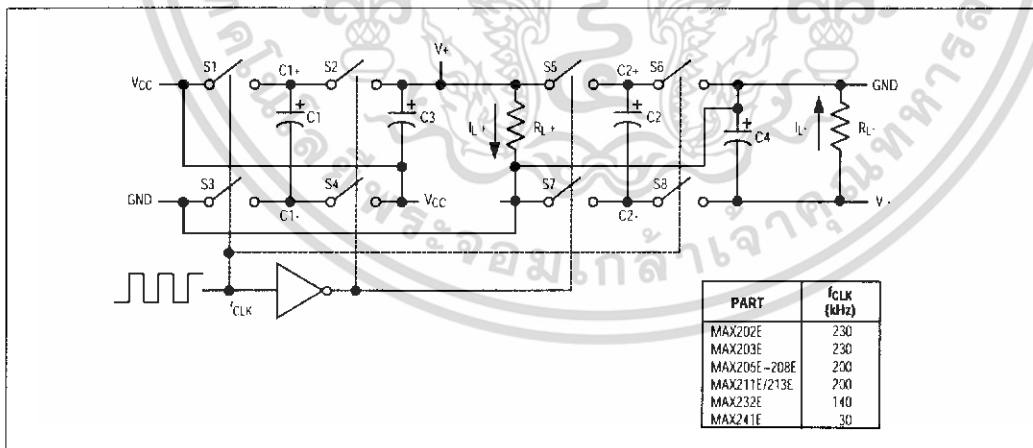


Figure 4. Charge-Pump Diagram

## ±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

The MAX213E's receiver propagation delay is typically 0.5µs in normal operation. In shutdown mode, propagation delay increases to 4µs for both rising and falling transitions. The MAX213E's receiver inputs have approximately 0.5V hysteresis, except in shutdown, when receivers R4 and R5 have no hysteresis.

When entering shutdown with receivers active, R4 and R5 are not valid until 80µs after SHDN is driven low. When coming out of shutdown, all receiver outputs are invalid until the charge pumps reach nominal voltage levels (less than 2ms when using 0.1µF capacitors).

### ±15kV ESD Protection

As with all Maxim devices, ESD-protection structures are incorporated on all pins to protect against electrostatic discharges encountered during handling and assembly. The driver outputs and receiver inputs have extra protection against static electricity. Maxim's engineers developed state-of-the-art structures to protect these pins against ESD of ±15kV without damage. The ESD structures withstand high ESD in all states: normal operation, shutdown, and powered down. After an ESD event, Maxim's E versions keep working without latching, whereas competing RS-232 products can latch and must be powered down to remove latching.

ESD protection can be tested in various ways; the transmitter outputs and receiver inputs of this product family are characterized for protection to the following limits:

- 1) ±15kV using the Human Body Model
- 2) +8kV using the contact-discharge method specified in IEC1000-4-2
- 3) ±15kV using IEC1000-4-2's air-gap method.

### ESD Test Conditions

ESD performance depends on a variety of conditions. Contact Maxim for a reliability report that documents test set-up, test methodology, and test results.

### Human Body Model

Figure 6a shows the Human Body Model, and Figure 6b shows the current waveform it generates when discharged into a low impedance. This model consists of a 100pF capacitor charged to the ESD voltage of interest, which is then discharged into the test device through a 1.5kΩ resistor.

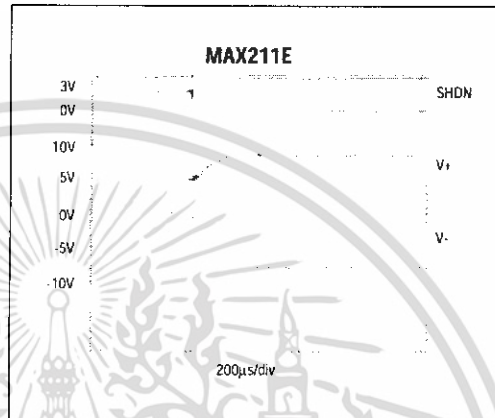


Figure 5. MAX211E V+ and V- when Exiting Shutdown (0.1µF capacitors)

Table 1a. MAX205E/MAX206E/MAX211E/MAX241E Control Pin Configurations

SHDN	EN	OPERATION STATUS	Tx	Rx
0	0	Normal Operation	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All High-Z
1	X	Shutdown	All High-Z	All High-Z

X - Don't Care

Table 1b. MAX213E Control Pin Configurations

SHDN	EN	OPERATION STATUS	Tx 1-4	Rx	
				1-3	4, 5
0	0	Shutdown	All High-Z	High-Z	High-Z
0	1	Shutdown	All High-Z	High-Z	Active*
1	0	Normal Operation	All Active	High-Z	High-Z
1	1	Normal Operation	All Active	Active	Active

\*Active = active with reduced performance

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

## ±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

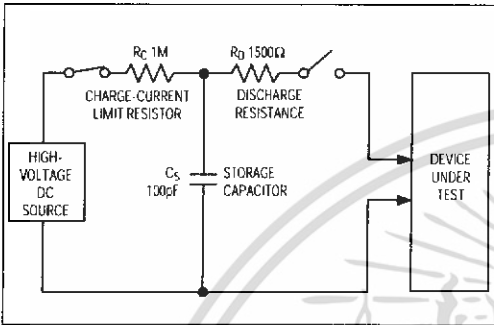


Figure 6a. Human Body ESD Test Model

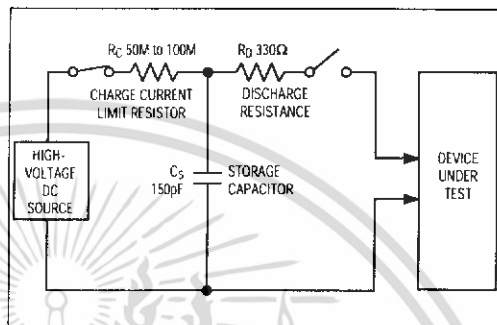


Figure 7a. IEC1000-4-2 ESD Test Model

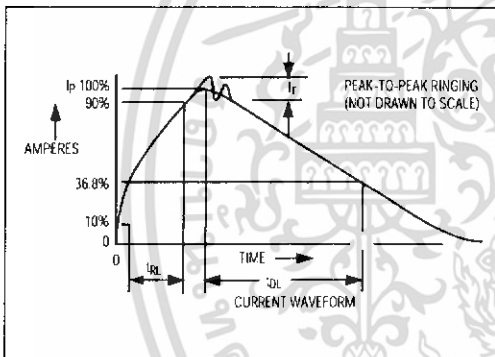


Figure 6b. Human Body Model Current Waveform

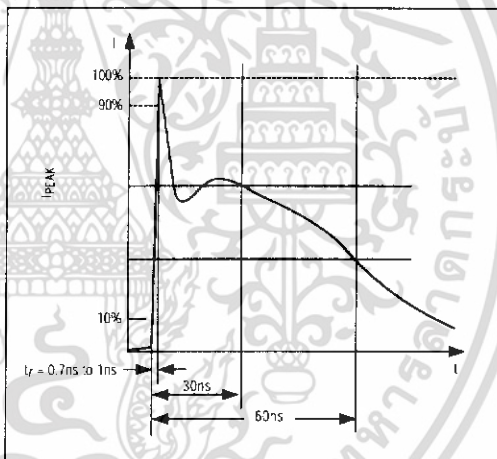


Figure 7b. IEC1000-4-2 ESD Generator Current Waveform

### IEC1000-4-2

The IEC1000-4-2 standard covers ESD testing and performance of finished equipment; it does not specifically refer to integrated circuits. The MAX202E/MAX203E-MAX213E, MAX232E/MAX241E help you design equipment that meets level 4 (the highest level) of IEC1000-4-2, without the need for additional ESD-protection components.

The major difference between tests done using the Human Body Model and IEC1000-4-2 is higher peak current in IEC1000-4-2, because series resistance is lower in the IEC1000-4-2 model. Hence, the ESD withstand voltage measured to IEC1000-4-2 is generally lower than that measured using the Human Body Model. Figure 7b shows the current waveform for the 8kV IEC1000-4-2 level-four ESD contact-discharge test.

The air-gap test involves approaching the device with a charged probe. The contact-discharge method connects the probe to the device before the probe is energized.

### Machine Model

The Machine Model for ESD tests all pins using a 200pF storage capacitor and zero discharge resistance. Its objective is to emulate the stress caused by contact that occurs with handling and assembly during manufacturing. Of course, all pins require this protection during manufacturing, not just RS-232 inputs and outputs. Therefore, after PC board assembly, the Machine Model is less relevant to I/O ports.

# ±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

## Applications Information

### Capacitor Selection

The capacitor type used for C1-C4 is not critical for proper operation. The MAX202E, MAX206-MAX208E, MAX211E, and MAX213E require 0.1µF capacitors, and the MAX232E and MAX241E require 1µF capacitors, although in all cases capacitors up to 10µF can be used without harm. Ceramic, aluminum-electrolytic, or tantalum capacitors are suggested for the 1µF capacitors, and ceramic dielectrics are suggested for the 0.1µF capacitors. When using the minimum recommended capacitor values, make sure the capacitance value does not degrade excessively as the operating temperature varies. If in doubt, use capacitors with a larger (e.g., 2x) nominal value. The capacitors' effective series resistance (ESR), which usually rises at low temperatures, influences the amount of ripple on V+ and V-.

Use larger capacitors (up to 10µF) to reduce the output impedance at V+ and V-. This can be useful when "stealing" power from V+ or from V-. The MAX203E and MAX205E have internal charge-pump capacitors.

Bypass VCC to ground with at least 0.1µF. In applications sensitive to power-supply noise generated by the charge pumps, decouple VCC to ground with a

capacitor the same size as (or larger than) the charge-pump capacitors (C1-C4).

### V+ and V- as Power Supplies

A small amount of power can be drawn from V+ and V-, although this will reduce both driver output swing and noise margins. Increasing the value of the charge-pump capacitors (up to 10µF) helps maintain performance when power is drawn from V+ or V-.

### Driving Multiple Receivers

Each transmitter is designed to drive a single receiver. Transmitters can be paralleled to drive multiple receivers.

### Driver Outputs when Exiting Shutdown

The driver outputs display no ringing or undesirable transients as they come out of shutdown.

### High Data Rates

These transceivers maintain the RS-232 ±5.0V minimum driver output voltages at data rates of over 120kbps. For data rates above 120kbps, refer to the Transmitter Output Voltage vs. Load Capacitance graphs in the *Typical Operating Characteristics*. Communication at these high rates is easier if the capacitive loads on the transmitters are small; i.e., short cables are best.

Table 2. Summary of EIA/TIA-232E, V.28 Specifications

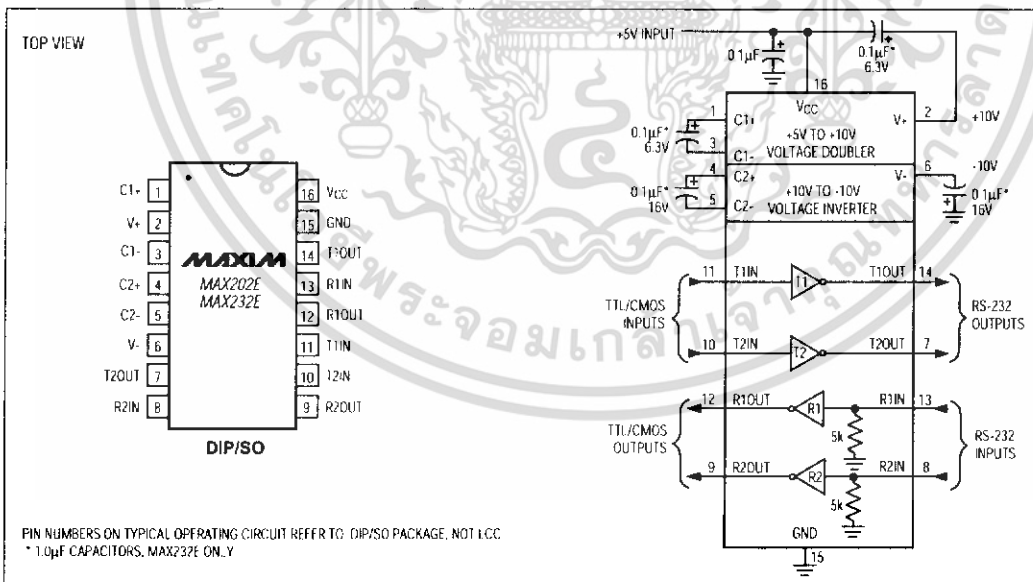
PARAMETER		CONDITIONS	EIA/TIA-232E, V.28 SPECIFICATIONS
Driver Output Voltage	0 Level	3kΩ to 7kΩ load	+5V to +15V
	1 Level	3kΩ to 7kΩ load	-5V to -15V
Driver Output Level, Max		No load	±25V
Data Rate		3kΩ ≤ R <sub>L</sub> ≤ 7kΩ, C <sub>L</sub> ≤ 2500pF	Up to 20kbps
Receiver Input Voltage	0 Level		+3V to +15V
	1 Level		-3V to -15V
Receiver Input Level			±25V
Instantaneous Slew Rate, Max		3kΩ ≤ R <sub>L</sub> ≤ 7kΩ, C <sub>L</sub> ≤ 2500pF	30V/µs
Driver Output Short-Circuit Current, Max			100mA
Transition Rate on Driver Output		V.28	1ms or 3% of the period
		EIA/TIA-232F	4% of the period
Driver Output Resistance		-2V < V <sub>OUT</sub> < +2V	300Ω

## ±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

**Table 3. DB9 Cable Connections  
Commonly Used for EIA/TIAE-232E and  
V.24 Asynchronous Interfaces**

PIN	CONNECTION	
1	Received Line Signal Detector (sometimes called Carrier Detect, DCD)	Handshake from DCE
2	Receive Data (RD)	Data from DCE
3	Transmit Data (TD)	Data from DTE
4	Data Terminal Ready	Handshake from DTE
5	Signal Ground	Reference point for signals
6	Data Set Ready (DSR)	Handshake from DCE
7	Request to Send (RTS)	Handshake from DTE
8	Clear to Send (CTS)	Handshake from DCE
9	Ring Indicator	Handshake from DCE

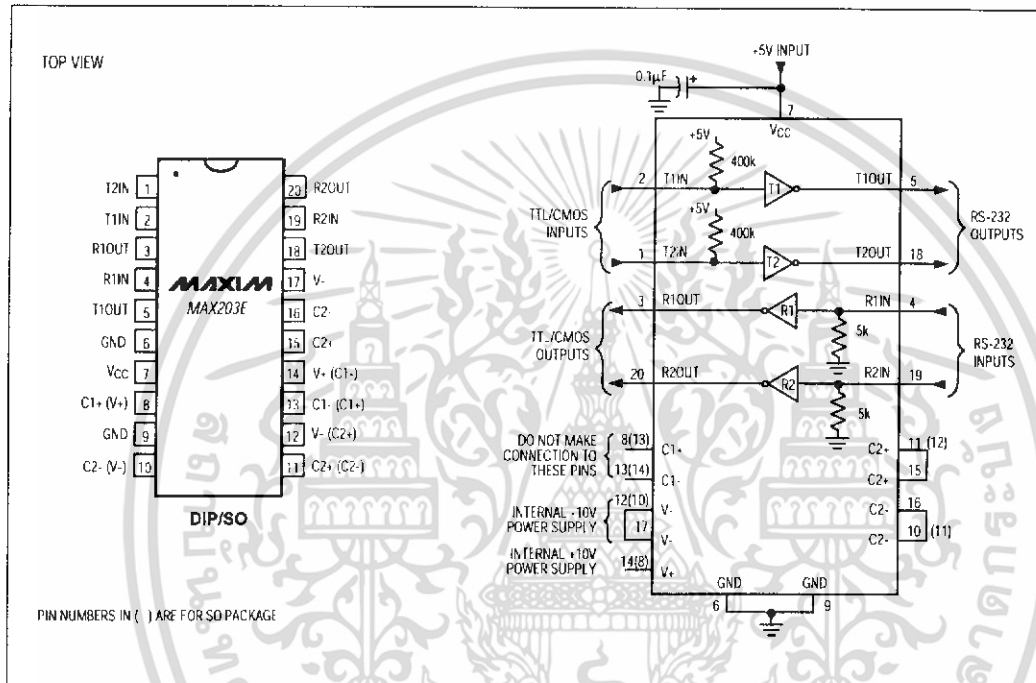
### Pin Configurations and Typical Operating Circuits (continued)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

### Pin Configurations and Typical Operating Circuits (continued)



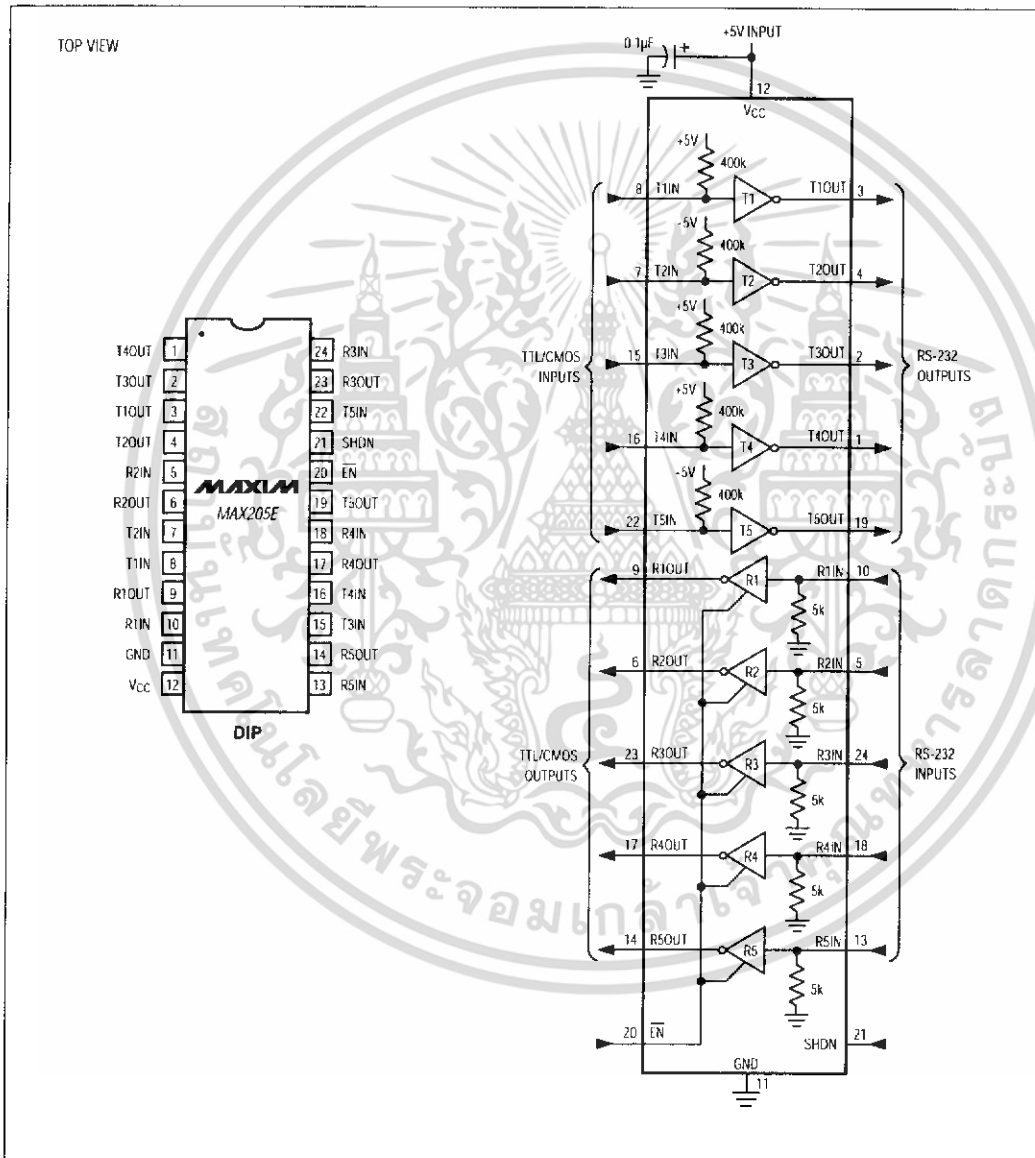
MAX202E-MAX213E, MAX232EMAX241E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

### Pin Configurations and Typical Operating Circuits (continued)

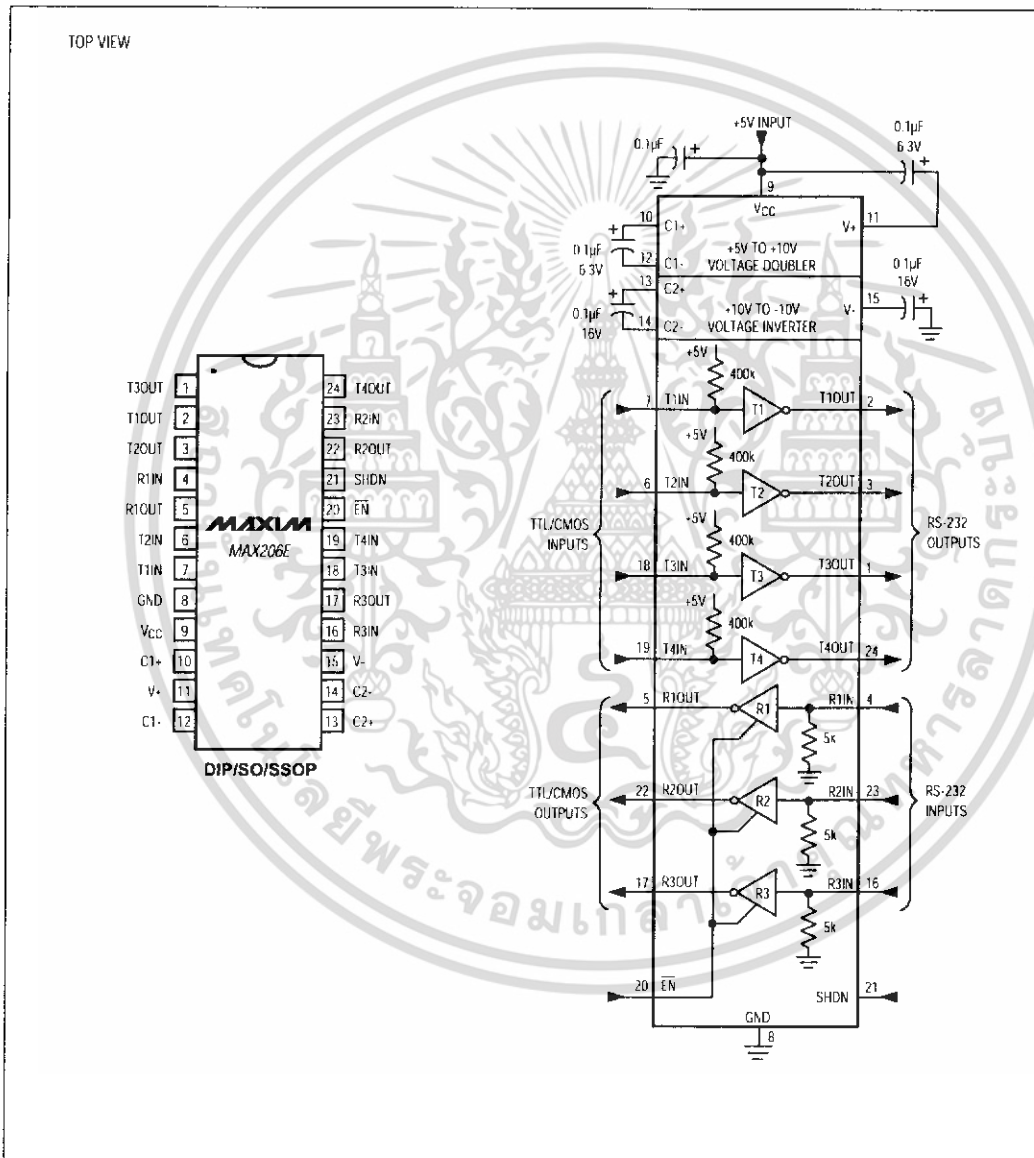


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

## Pin Configurations and Typical Operating Circuits (continued)

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

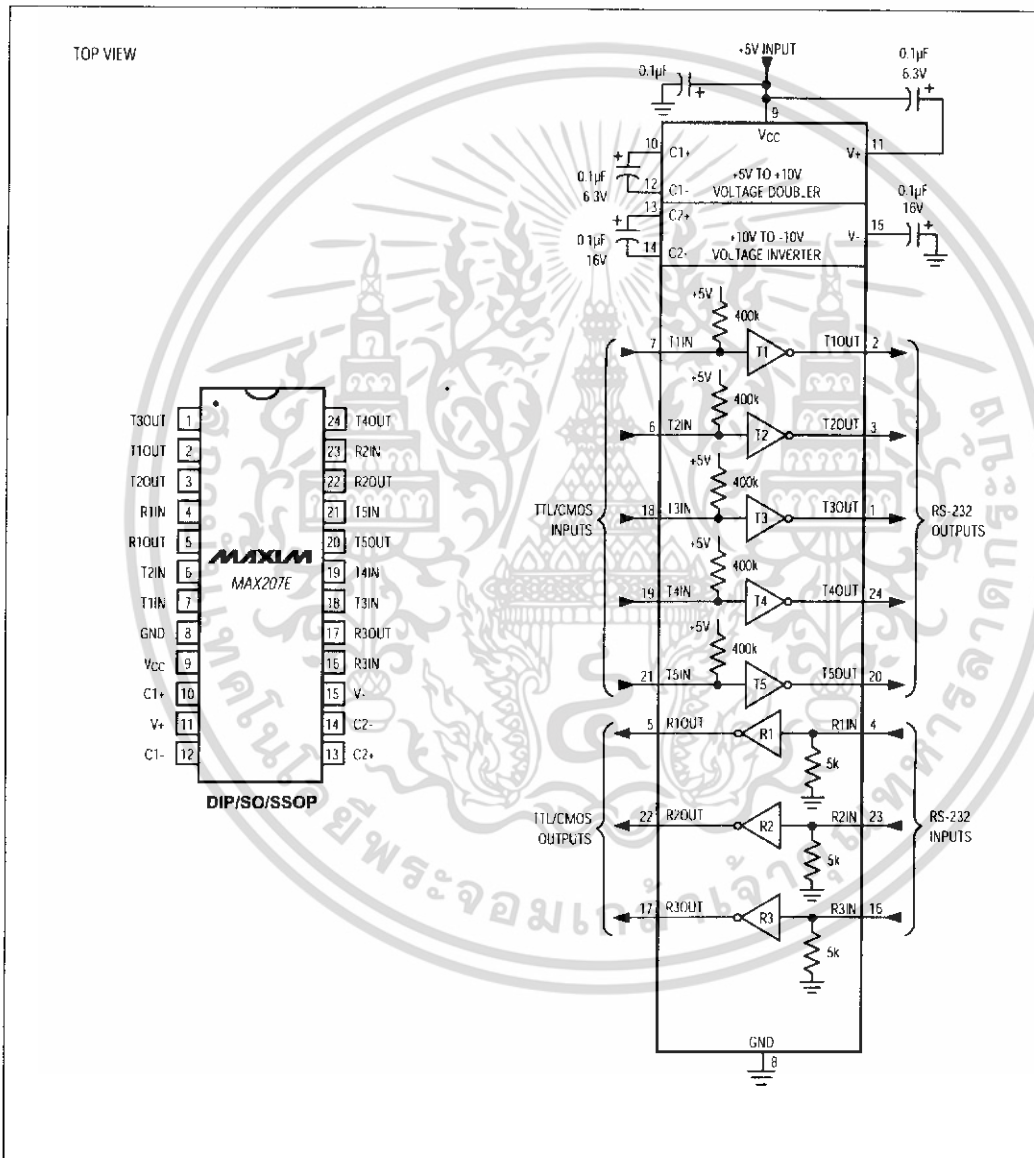


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

### Pin Configurations and Typical Operating Circuits (continued)

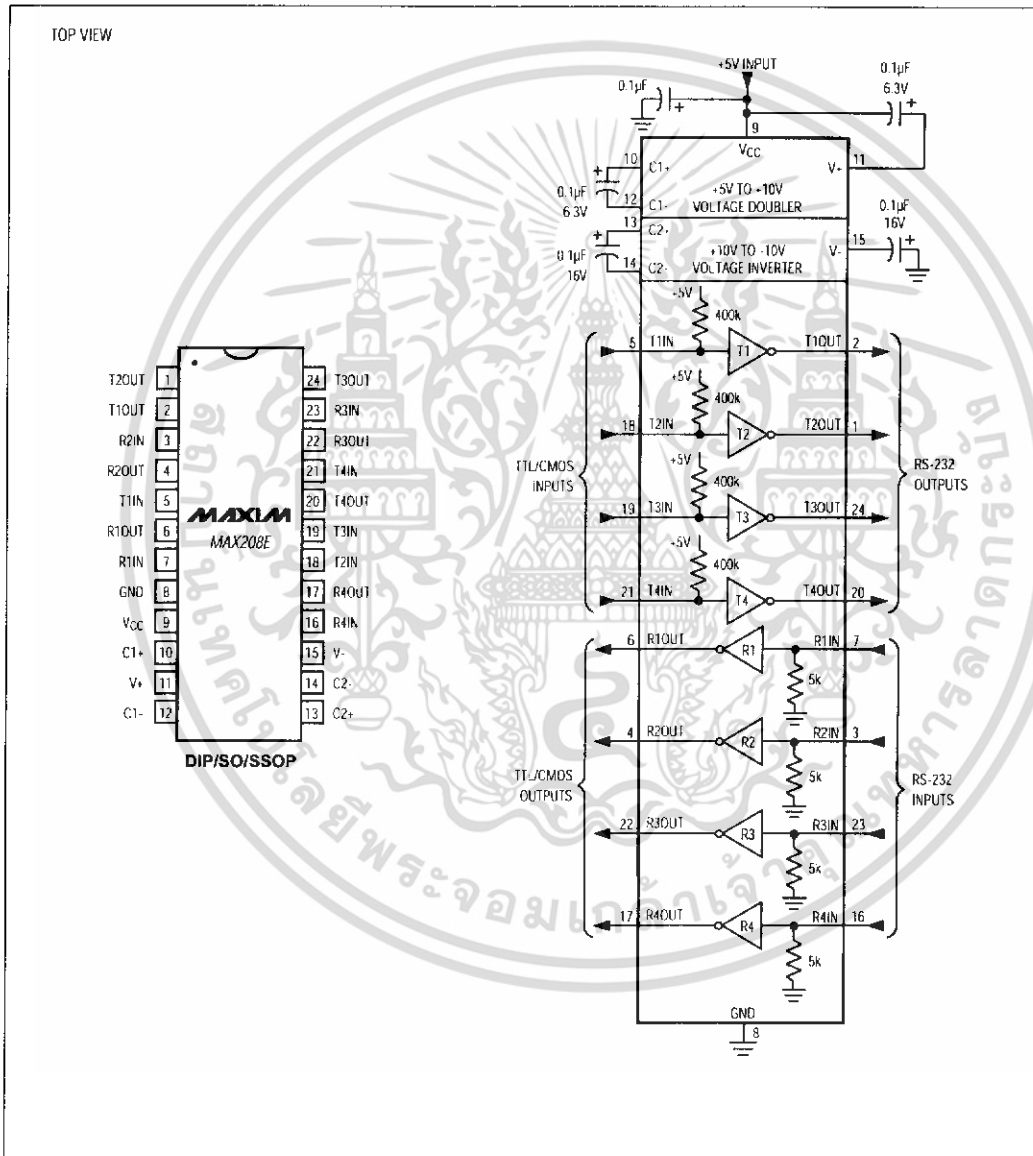


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

## Pin Configurations and Typical Operating Circuits (continued)

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

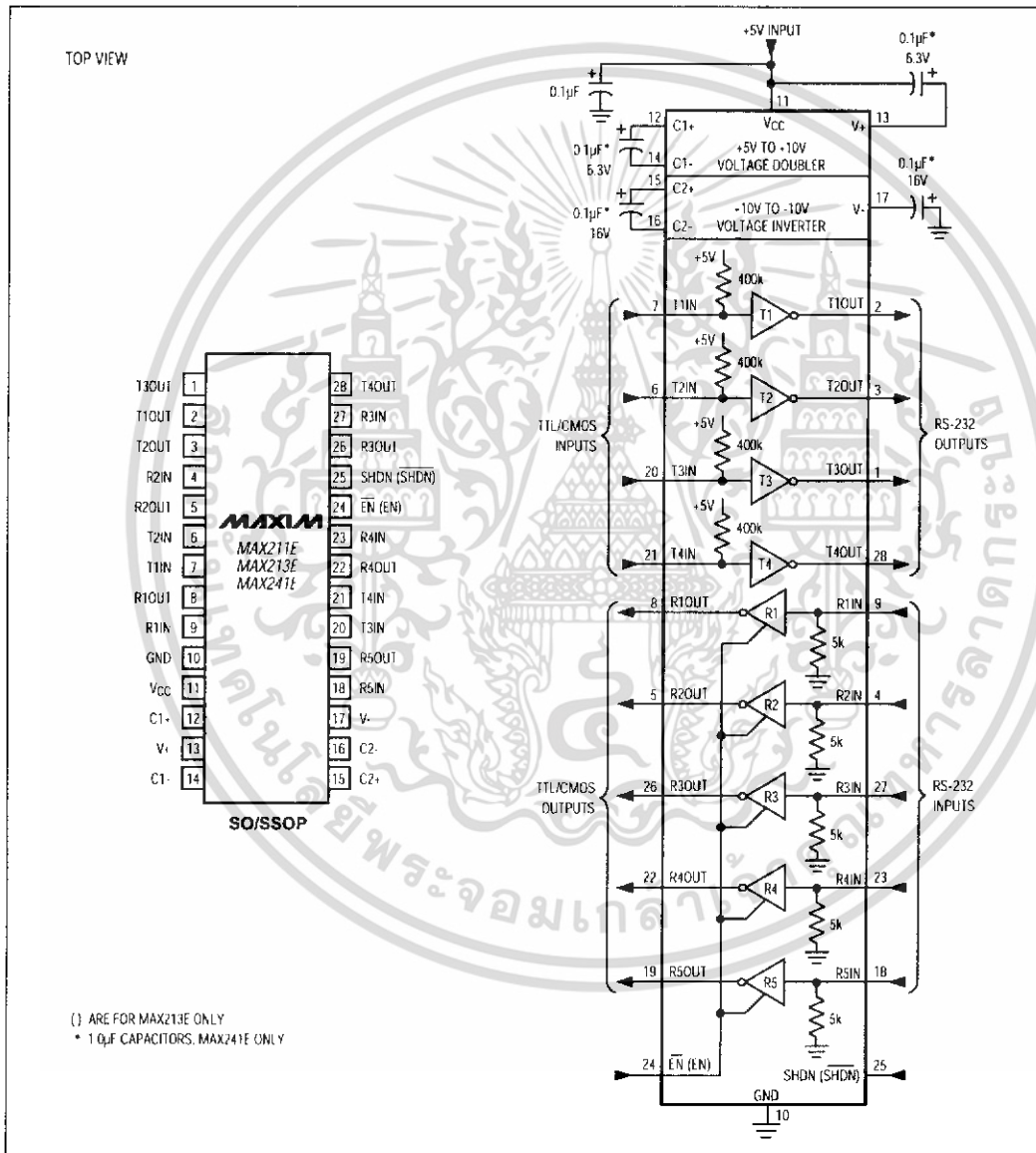


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

### Pin Configurations and Typical Operating Circuits (continued)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

### Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX202ECPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX202ECSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX202ECWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX202EC/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX202EEPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX202EESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX202EEWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX203ECPP	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX203ECWP	0°C to +70°C	20 SO
MAX203EEPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX203EEWP	-40°C to +85°C	20 SO
MAX205ECPG	0°C to +70°C	24 Wide Plastic DIP
MAX205EEPG	-40°C to +85°C	24 Wide Plastic DIP
MAX206ECNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX206ECWG	0°C to +70°C	24 SO
MAX206ECAG	0°C to +70°C	24 SSOP
MAX206EENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX206EEWG	-40°C to +85°C	24 SO
MAX206EEAG	-40°C to +85°C	24 SSOP
MAX207ECNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX207ECWG	0°C to +70°C	24 SO
MAX207ECAG	0°C to +70°C	24 SSOP
MAX207EENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX207EEWG	-40°C to +85°C	24 SO
MAX207EEAG	-40°C to +85°C	24 SSOP

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX208ECNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX208ECWG	0°C to +70°C	24 SO
MAX208ECAG	0°C to +70°C	24 SSOP
MAX208EENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX208EEWG	-40°C to +85°C	24 SO
MAX208EEAG	-40°C to +85°C	24 SSOP
MAX211ECWI	0°C to +70°C	28 SO
MAX211ECAI	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX211EEWI	-40°C to +85°C	28 SO
MAX211EEAI	-40°C to +85°C	28 SSOP
MAX213ECWI	0°C to +70°C	28 SO
MAX213ECAI	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX213EEWI	-40°C to +85°C	28 SO
MAX213EEAI	-40°C to +85°C	28 SSOP
MAX232ECPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX232ECSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX232ECWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX232EC/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX232EEPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX232EESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX232EEWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX241ECWI	0°C to +70°C	28 SO
MAX241ECAI	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX241EEWI	-40°C to +85°C	28 SO
MAX241EEAI	-40°C to +85°C	28 SSOP

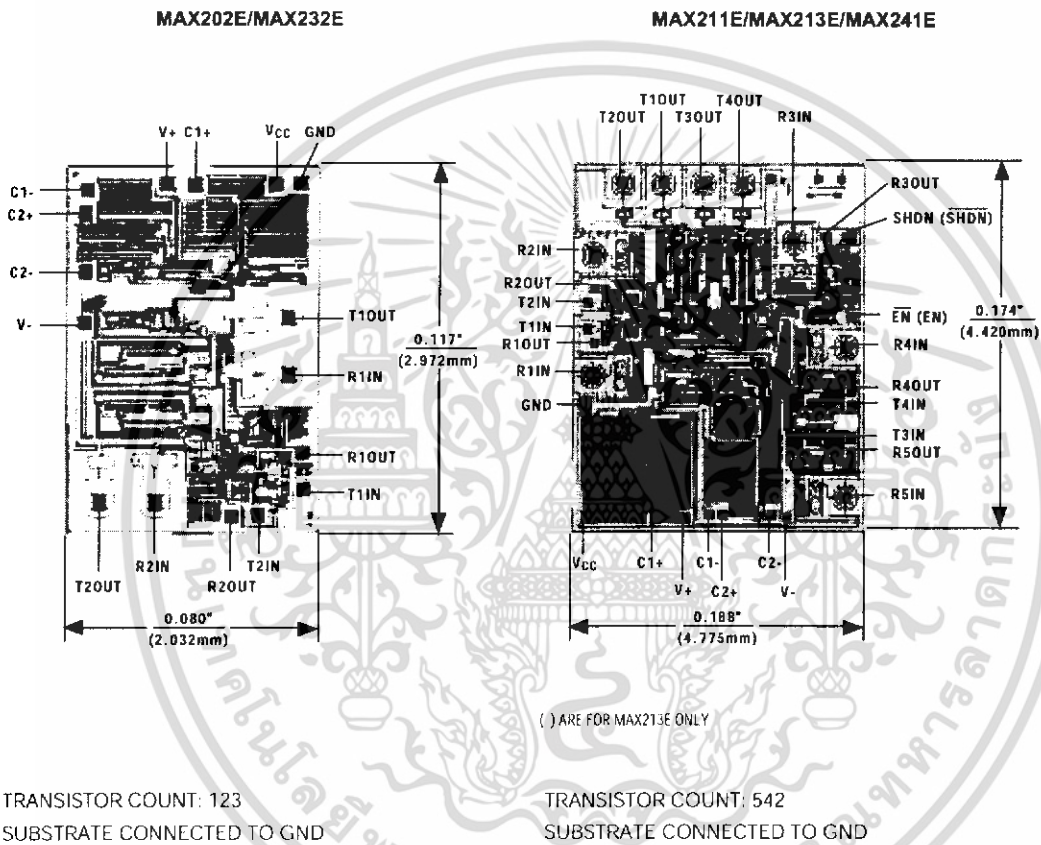
\*Dice are specified at  $T_A = +25^\circ\text{C}$ .

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

## ±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

### Chip Topographies

**MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E**



### Chip Information

**MAX205E/MAX206E/MAX207E/MAX208E**

TRANSISTOR COUNT: 328

SUBSTRATE CONNECTED TO GND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

## Package Information

MAX202E-MAX213E, MAX232EMAX241E

**Plastic DIP  
PLASTIC  
DUAL-IN-LINE  
PACKAGE  
(0.300 in.)**

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	—	0.200	—	5.08
A1	0.015	—	0.38	—
A2	0.125	0.175	3.18	4.45
A3	0.055	0.080	1.40	2.03
B	0.016	0.022	0.41	0.56
B1	0.045	0.065	1.14	1.65
C	0.008	0.012	0.20	0.30
D1	0.005	0.080	0.13	2.03
E	0.300	0.325	7.62	8.26
E1	0.240	0.310	6.10	7.87
e	0.100	—	2.54	—
eA	0.300	—	7.62	—
eB	—	0.400	—	10.16
L	0.115	0.150	2.92	3.81

PKG.	DIM	PINS	INCHES		MILLIMETERS	
			MIN	MAX	MIN	MAX
P	D	8	0.348	0.390	8.84	9.91
P	D	14	0.735	0.765	18.67	19.43
P	D	16	0.745	0.765	18.92	19.43
P	D	18	0.885	0.915	22.48	23.24
P	D	20	1.015	1.045	25.78	26.54
N	D	24	1.14	1.265	28.96	32.13

21-0043A

**SSOP  
SHRINK  
SMALL-OUTLINE  
PACKAGE**

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.068	0.078	1.73	1.99
A1	0.002	0.008	0.05	0.21
B	0.010	0.015	0.25	0.38
C	0.004	0.008	0.09	0.20
D	SEE VARIATIONS			
E	0.205	0.209	5.20	5.38
e	0.0256 BSC	—	0.65 BSC	—
H	0.301	0.311	7.65	7.90
L	0.025	0.037	0.63	0.95
α	0°	8°	0°	8°

DIM	PINS	INCHES		MILLIMETERS	
		MIN	MAX	MIN	MAX
D	14	0.239	0.249	6.07	6.33
D	16	0.239	0.249	6.07	6.33
D	20	0.276	0.289	7.07	7.33
D	24	0.317	0.328	8.07	8.33
D	28	0.397	0.407	10.07	10.33

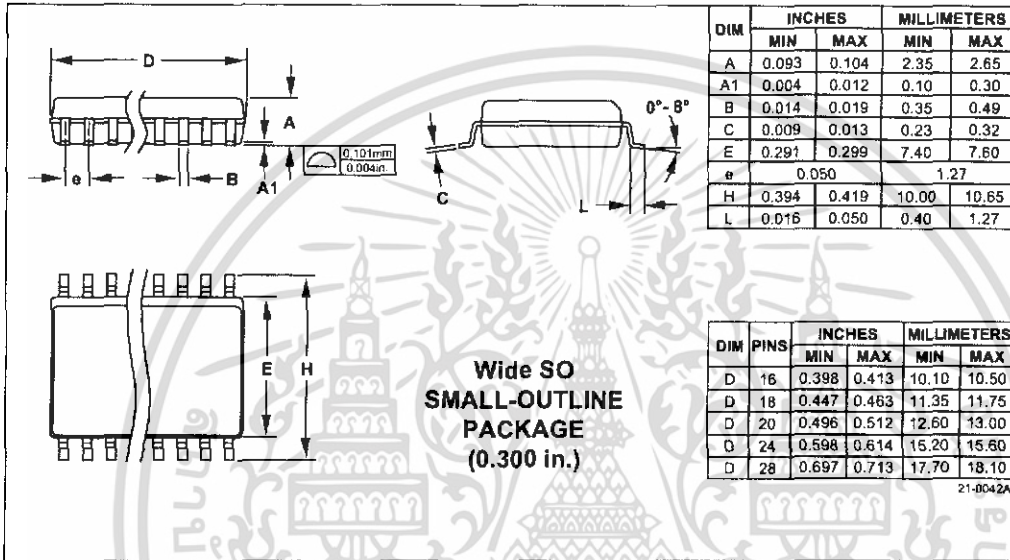
21-0056A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

**±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers**

**Package Information (continued)**



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.

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

© 1996 Maxim Integrated Products Printed USA MAXIM is a registered trademark of Maxim Integrated Products.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- [1] ชีรบูลย์ หล่อวิเชียรรุ่ง, นคร ภัคดีชาติ, ชัยวัฒน์ สัมพรจิตวิไล, **“ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยโปรแกรมภาษา C”**, บริษัท อิน โนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, 2521
- [2] ผศ.ธีรวัฒน์ ประกอบผล, **“การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษาซี”**, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2545
- [3] สัจจะ จรัสรุ่งรวีธรรม, **“คู่มือการเขียนโปรแกรมและใช้งาน Visual Basic 6.0”**, อินโฟเพรส, 2544
- [4] อภิชาติ ภู่วลัฒ, **“เริ่มต้นเขียนโปรแกรมติดต่อและควบคุมฮาร์ดแวร์ด้วย Visual Basic”**, อินโฟเพรส, 2546
- [5] ศิวะ หงษ์นภา, **“หลักการและการประยุกต์ใช้งานดีซีไครฟ”**, บริษัท กู๊ดวิลส์ไดเร็คชั่น จำกัด, 2547
- [6] วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, ชัยวัฒน์ สัมพรจิตวิไล, **“เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช”**, บริษัท อิน โนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, 2521

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้