

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องเก็บข้อมูลและเส้นทางการใช้ยานพาหนะ

AUTOMATIC ROUTE RECORDER



โดย
นายรัฐวุฒิ อำพันธ์
นายปดิธาน โพธิ์หัง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขหม.....

เลขทะเบียน 36966

วัน, เดือน, ปี 29 ต.ค. 2542

ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการ

เครื่องเก็บข้อมูลและเส้นทางการใช้งานพาหนะ

AUTOMATIC ROUTE RECORDER

จัดทำโดย

นาย ณัฐวุฒิ อัมพันธ์ รหัส 40013291

นาย ปณิธาน โปธิหัง รหัส 40013297

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ บุญยชนะ ภูระหงษ์

อาจารย์ มยุรี เลิศเวชกุล

ภาควิชา

เทคนิคอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา

2542

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังอนุมัติให้
ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(.....)

.....กรรมการ

(.....)

.....กรรมการ

(.....)

.....กรรมการ

(.....)

.....กรรมการ

(.....)

.....กรรมการ

(.....)

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการ	เครื่องเก็บข้อมูลและเส้นทางการใช้ยานพาหนะ
โดย	นาย ณัฐวุฒิ อัมพันธ์ รหัส 40013291 นาย ปณิธาน โปธิหัง รหัส 40013297
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ บุญยัชนะ ภูระหงษ์ อาจารย์ มยุรี เลศเวชกุล
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2542

บทคัดย่อ

เครื่องเก็บข้อมูลและการใช้ยานพาหนะได้ถูกออกแบบและสร้างขึ้นมาเพื่อใช้เก็บข้อมูลเส้นทางของยานพาหนะของรถแต่ละคัน โดยมีส่วนประกอบหลักดังนี้

- 1) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ใช้สำหรับเก็บข้อมูลและส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์
- 2) ชุดเข็มทิศพร้อมติดตั้งตัวเซ็นเซอร์จำนวน 12 ตัว เพื่อที่จะบันทึกทิศทาง
- 3) ชุดเซ็นเซอร์วัดระยะทางสำหรับนำไปติดตั้งที่ไมล์วัดระยะทางของรถยนต์
- 4) คอมพิวเตอร์ใช้เก็บข้อมูลและแสดงผลเส้นทาง เครื่องเก็บข้อมูลนี้จะติดตั้งอยู่ที่ยานพาหนะ โดยการทำงานของเครื่องจะเก็บข้อมูลของเส้นทางเป็นเส้นทาง โดยแต่ละเส้นทางจะเก็บข้อมูลทิศของเส้นทางนั้นและระยะทาง และเมื่อนำยานพาหนะเข้าไปเก็บยังโรงเก็บก็จะทำการถ่ายข้อมูลจากเครื่องเก็บข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ โดยผ่านทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS-232 จากนั้นคอมพิวเตอร์ก็จะแสดงผลออกมาเป็นเส้นทางที่ยานพาหนะได้เดินทางมา

Project Title	Automatic Route Recorder		
Mane	Mr. Nattawut	Ampin	40013291
	Mr. Panithan	Phothihang	40013297
Project Advisors	Mr.Boonchana	Poorahong	
	Mrs.Mayuree	Lersvechakul	
Department	Industrial of Technology		
Academic Year	1999		

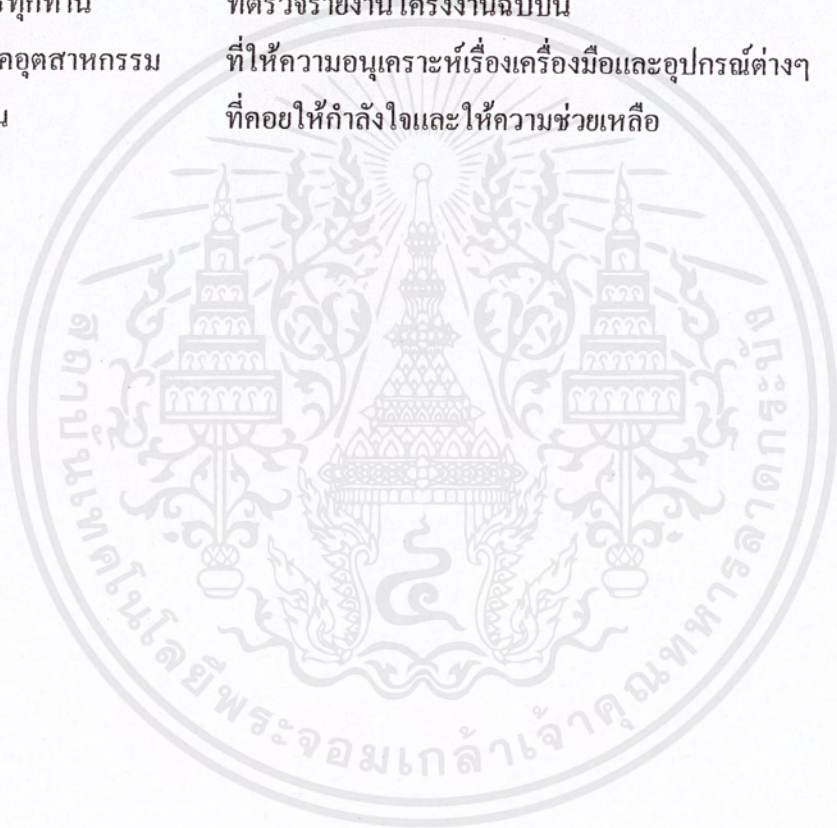
Abstract

The Automobile Route Recorder has been designed and built for storage of the route. Main circuit consists of 1)MCS-51 controller board uses for storage and sent data to the computer. 2)The compass with 12 infrared sensors installed for recording the direction. 3)Distance sensor which installed at mile of the car. 4)Computerus used for storage and display route. Install this tool in the car. It works by recording distance and direction. When the car is back to the base center it going to send all data to the computer by serial port RS-232. Then the computer will show distance and direction to monitor which the car had been used.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สามารถเสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลต่างๆ ดังนี้

บุพการี	ที่ให้การอุปการะในทุกๆ ด้านในระหว่างการทำโครงการ
อาจารย์ บุญยชนะ ภูระหงษ์	ที่คอยให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาการทำโครงการ
อาจารย์ มยุรี เลิศเวชกุล	ที่คอยให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาการทำโครงการ
คณะกรรมการทุกท่าน	ที่ตรวจรายงาน โครงการฉบับนี้
ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม	ที่ให้ความอนุเคราะห์เรื่องเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ
เพื่อนๆ ทุกคน	ที่คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 คำนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตโครงการ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการทำงานของวงจร	
2.1 หลอด LED อินฟราเรด	2
2.2 ไมโครโปรเซสเซอร์ 8051	5
2.3 การติดต่อสื่อสารข้อมูลอนุกรม	9
บทที่ 3 การสร้างและการทำงาน	
3.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องเก็บข้อมูลและเส้นทางการใช้ยานพาหนะ	11
3.2 หน่วยบอกทิศทาง	12
3.3 หน่วยวัดระยะทาง	14
3.4 หน่วยความจำเก็บโปรแกรม(ROM)	15
3.5 หน่วยความจำเก็บข้อมูล(RAM)	15
3.6 FORMAT ของข้อมูลที่ใช้เก็บบนเครื่องเก็บข้อมูล	16
3.7 หน่วยประมวลผล CPU	17
3.8 หน่วยติดต่อสื่อสาร	19
3.9 คอมพิวเตอร์	20
3.10 การเขียนโปรแกรม	20

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	
4.1 วงจร รับ-ส่ง อินฟราเรด	26
4.2 ทดลองวงจรที่ประกอบลงปรี้นเอนกประสงค์	27
4.3 นำเข็มทิศมาติดตั้งกับตัวรับอินฟราเรด	27
4.4 ทดลองเข็มทิศขณะติดตั้งบนยานพาหนะ	28
4.5 ติดตั้งตัวส่งอินฟราเรด	29
4.6 แก้ไขข้อผิดพลาดการติดตั้งตัวส่งอินฟราเรด	29
4.7 ทดสอบวงจรหน่วยความจำด้วยการเขียน โปรแกรม	30
4.8 วงจรวัดระยะทาง	34
4.9 ประกอบวงจรทั้งหมดใช้งานร่วมกัน	34
4.10 ทดลองใช้งานจริง	
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์	
5.1 สรุป	37
5.2 วิจารณ์	37
เอกสารอ้างอิง	38
ภาคผนวก	
โปรแกรมภาษาแอสเซมบลี	
DATA SHEET	

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 2.1 การส่งข้อมูลออกทางพอร์ต	8
ตาราง 2.2 การรับข้อมูลเข้าทางพอร์ต	8
ตาราง 2.3 แสดงคำสั่งที่ทำงานเกี่ยวกับบิต	9
ตาราง 2.4 แสดงคำสั่งกระโดดแบบมีเงื่อนไข	9



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 การส่งข้อมูล เข้า-ออก ทางพอร์ต	5
รูปที่ 3.1 แสดงการเจาะรูบนตัวเข็มทิศ	12
รูปที่ 3.2 วงจรเซ็นเซอร์ที่ใช้งานจริง	13
รูปที่ 3.3 เฟืองและการติดตั้งหัวเซ็นเซอร์	14
รูปที่ 3.5 วงจรเซ็นเซอร์ที่ใช้งานจริง	15
รูปที่ 3.6 แสดงการส่งข้อมูลแบบอนุกรมในโหมด 1	19
รูปที่ 3.7 FLOWCHART แสดงการเขียนโปรแกรมแอสเซมบลี	21
รูปที่ 3.8 FLOWCHART แสดงการเขียนโปรแกรม Visual Basic	24
รูปที่ 4.1 แสดงวงจร รับ-ส่ง อินฟราเรด	26
รูปที่ 4.2 แสดงการเจาะรูเข็มทิศ	27
รูปที่ 4.3 แสดงการติดตั้งตัว รับ-ส่ง อินฟราเรด	29
รูปที่ 4.4 การติดแผ่นพลาสติกกันแสง	30
รูปที่ 4.5 รูปผลการทดลองที่ทดลองด้วยมือ	35
รูปที่ 4.6 รูปแสดงผลการทดลองจากการติดตั้งบนรถ	36

บทที่ 1

บทนำ

1.1 คำนำ

เนื่องจากการใช้รถของหน่วยงานต่างๆ ซึ่งเป็นรถของทางหน่วยงานนั้นๆ ได้มีการนำไปใช้งานส่วนตัวทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณของทางหน่วยงาน เช่น ค่าน้ำมัน จึงได้มีแนวความคิดที่จะสร้างเครื่องเก็บข้อมูลของรถแต่ละคันขึ้นมา ปริญญาณิพนธ์ฉบับนี้ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการสร้าง เครื่องเก็บข้อมูลและเส้นทางการใช้งานพาหนะ โดยการเก็บข้อมูลนั้นจะเก็บเป็นเส้นทางซึ่งสามารถที่จะนำไปแสดงผลออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ เพื่อที่จะตรวจสอบได้ว่ารถแต่ละคันนั้นได้เดินทางไปในเส้นทางใด ถูกต้องหรือไม่

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อใช้เก็บข้อมูลของเส้นทางขอรถแต่ละคันที่ได้ติดตั้งอุปกรณ์นี้ไว้ และสามารถนำข้อมูลนั้นมาตรวจสอบได้ภายหลังว่ารถคันนี้ได้มีการเดินทางได้ถูกต้องหรือไม่

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. เครื่องเก็บข้อมูล 1 เครื่อง สามารถเก็บข้อมูลเส้นทางรถได้เพียง 1 คัน
2. ใช้หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลได้เพียง 32 กิโลไบต์
3. ในหนึ่งเส้นทางใช้เนื้อที่หน่วยความจำ 3 ไบต์ เก็บทิศทาง 1 ไบต์ เก็บระยะทาง 2 ไบต์ ดังนั้นสามารถเก็บข้อมูลได้เป็นระยะทางสูงสุดประมาณ 71,578,419 กิโลเมตร

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการทำงานของวงจร

2.1 หลอด LED อินฟราเรด

2.1.1 คุณสมบัติของ LED อินฟราเรด

แรงดันตกคร่อมที่รอยต่อ PN ของไดโอด ต้องมีค่ามากกว่าแรงดัน Threshold จึงจะสามารถทำให้ไดโอดนำกระแสได้ สำหรับซิลิกอนไดโอดแรงดันทำงานมีค่าประมาณ 0.6V ส่วน LED ที่ให้แสงในย่านมองเห็นได้ ถ้าทำจากสาร GaP ซึ่งให้แสงสีเขียวจะมีค่าแรงดันทำงานประมาณ 2.1–2.8V ถ้าเป็น LED ที่ทำจาก AlGaAs ให้แสงสีแดงมีแรงดันทำงาน 1.75-2.5V ส่วน LED ที่ให้แสงใกล้ย่านอินฟราเรดทำจากสาร GaAs มีแรงดันทำงาน 1.5V โดยให้แสงที่มีความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร และถ้าทำจาก AlGaAs จะได้แสงความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร ที่แรงดัน 1.75 โวลต์

พลังงานที่ได้จากการเปล่งแสงของ LED หาได้จากกระแสไบอัสตรงของไดโอดและต้องระมัดระวังไม่ให้กระแสส่วนนี้มีค่าสูงจนเกิดความร้อนจะทำอันตรายต่อชิปไดโอด

สิ่งสำคัญที่สุดของ LED อินฟราเรดกำลังสูงคือ ชิปสาร AlGaAs ที่ให้ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร และสาร GaAs ซิลิกอนไดโอดที่ให้แสงความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร

ซิลิกอน LED ที่ทำจาก GaAs ให้กำลังงานประมาณ 5 มิลลิวัตต์ ที่กระแสไบอัสตรง 100 มิลลิแอมป์ LED ที่ทำจาก AlGaAs จะให้กำลังงานเป็น 2 เท่าเมื่อให้กระแสตรงค่าเดียวกัน ข้อที่ดีกว่าอีกประการหนึ่งของ LED ชนิด AlGaAs คือมี rise time และ fall time ที่เร็วกว่าคือประมาณ 0.5 ไมโครวินาที ในขณะที่ GaAs ซิลิกอนไดโอดมีค่า 1.5 ไมโครต่อวินาที ข้อดีอีกประการหนึ่งคือการเปล่งแสงของ LED ที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร (AsGaAs) จะใกล้เคียงกับความยาวคลื่นที่ซิลิกอนโฟโตรีซิสเตอร์มีความไวสูงสุดจึงเป็นการเหมาะที่จะใช้ LED ที่มีความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร

นอกจากนั้น LED ที่ให้ความยาวคลื่นแสง 880 นาโนเมตร ยังไม่ถูกดูดกลืนโดยละอองน้ำเหมือน LED ที่ให้ความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร จึงสามารถนำไปใช้ในการตรวจจับไอน้ำในอากาศ LED ชนิด 940 นาโนเมตร ไม่เหมาะกับการสื่อสารด้วยแสงภายนอกเพราะจุดอ่อนเรื่องการถูกดูดกลืนด้วยไอน้ำในอากาศนั่นเอง ส่วน LED ชนิดซิลิกอนที่ทำจาก GaAs มักจะใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงย่านอินฟราเรด

2.1.2 การแผ่รังสีจาก LED อินฟราเรด

การใช้งาน LED อินฟราเรดกำลังสูง อาจพบความยุ่งยากที่ไม่อาจเห็นการแผ่รังสีย่านที่ตาสามารถมองเห็นได้ของอุปกรณ์ชนิดนี้ จึงเป็นการยากที่จะจัดเลนส์โฟกัส และยากต่อการทำรูปแบบการกระจายของรังสี

ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการนำการ์ดเคลือบฟอสเฟอร์ชนิดพิเศษมาใช้ในการเปลี่ยนรังสีย่านใกล้อินฟราเรดเป็นรูปแบบของแสงที่มองเห็นได้

ตอนแรกจะนำการ์ดนี้ไปถูกแสงสว่างก่อน เช่น แสงในห้อง ก็จะทำให้พื้นผิวของการ์ดกลายเป็นสีเข้ม เมื่อการ์ดรับแสงจาก LED อินฟราเรด ก็จะเปลี่ยนเป็นสีส้มหรือสีเขียว

การเปล่งแสงที่มีความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร ของ LED อินฟราเรด กำลังสูงมองเห็นเป็นสีแดงมัว ๆ เพราะการรับรู้ด้วยตาของมนุษย์จำกัดไว้ที่ 880 นาโนเมตรพอดี แต่สิ่งที่แสดงไว้ในรูปที่ 2 LED อินฟราเรด AlGaAs มีการเปล่งแสงที่มีความยาวคลื่นต่ำลง เช่น 750 นาโนเมตร ไโคโอดที่ให้แสงส่วนที่ให้แสงความยาวคลื่นต่ำนี้ได้

LED อินฟราเรดสามารถนำไปประยุกต์งานอย่างกว้างขวาง ทั้งในโรงงานอุตสาหกรรม และระบบตรวจจับสมัยใหม่นับเป็นเซนเซอร์ที่เก่งอีกตัวหนึ่ง

2.1.3 LED กำลังสูง ที่ให้แสงย่านใกล้อินฟราเรด

รอยต่อ PN ของ LED เป็นแหล่งกำเนิดโฟตอนยอดเยี่ยมมาก สมัยแรก ๆ ได้มีการค้นพบว่ารอยต่อของแกลเลียมอาร์เซไนด์ ซึ่งให้แสงย่านใกล้อินฟราเรด ทำให้เกิดโฟตอน 88 ตัวต่ออิเล็กตรอน 100 ตัว เป็นประสิทธิภาพควอนตัมที่น่าทึ่งไม่น้อยทีเดียว

แต่เนื่องจากโฟตอนที่ปล่อยมาจากรอยต่อ ส่วนหนึ่งถูกสกัดกั้นโดยรอบของชั้นสารเอาท์พุทจริง ๆ จึงน้อยกว่า 88 เปอร์เซ็นต์

อีกส่วนหนึ่งของการแผ่รังสีจากรอยต่อ ก็ถูกดูดกลืนไปโดยตัวไโคโอดเองและยังมีการแผ่รังสีบางส่วนที่กระทบผิวไโคโอดด้วยมุมที่มากกว่ามุมวิกฤติ (critical angle) จึงถูกสะท้อนกลับไปยังไโคโอดทำให้เกิดการสูญเสียเช่นกัน

ปัญหาเรื่องมุมวิกฤติ เป็นปัญหาสำคัญประการหนึ่ง ซึ่งอธิบายได้ดังนี้ อากาศมีดัชนีของการหักเหเท่ากับ 1 (หรือ 1.0003 เมื่อเทียบกับสุญญากาศ) ดัชนีการหักเหของเพชรคือ 2.42 ในขณะที่ GaAs มีดัชนีหักเหของเพชรคือ 2.42 ในขณะที่ GaAs มีดัชนีหักเหของแสงเท่ากับ 3.5 ซึ่งเป็นหนึ่งในสสารเพียงไม่กี่ชนิดที่มีดัชนีของการหักเหมากกว่าเพชร ความแตกต่างของดัชนีการหักเหนี้ ทำให้การแผ่รังสีของแสงที่เกิดขึ้นภายในชั้นสาร GaAs เมื่อกระทบผิวที่ติดต่อกับอากาศภายนอกมีมุมวิกฤติ 16 องศา หากมุมตกกระทบที่รอยต่อของผิวมากกว่า 16 องศาแสงนั้นจะถูก

สะท้อนกลับมายังชั้นสาร ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า ปรากฏการณ์สะท้อนกลับภายใน (total internal reflection)

วิธีลดความไม่สมดุลระหว่างดัชนีการหักเหของแสงมีอยู่หลายวิธี วิธีหนึ่งเป็นของเท็กซัสอินสตรูเมนต์คือ ทำผิวหน้าของชั้นไดโอดเป็นรูปโดม ทำให้แสงจากภายในมาถึงผิวต่อระหว่างอากาศและ GaAs ด้วยมุมที่ไม่เกิน 16 องศา วิธีนี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้สูงกว่าชั้นไดโอดแบบแบนราบประมาณ 10 เท่า

การผลิตไดโอดแบบนี้มีราคาค่อนข้างแพง แล้วยังต้องการสาร GaAs มากกว่าแบบแบนราบด้วย จึงมีการใช้อิพ็อกซีเคลือบไดโอด เพื่อทำให้ดัชนีการหักเหของแสงสมดุลดัชนีการหักเหของสารเคลือบนี้มีค่าตั้งแต่ 1.4 ถึง 1.8 แม้ว่าจะไม่เท่ากับดัชนีการหักเหของ GaAs ก็ตาม แต่ก็มีค่าใกล้เคียงมากกว่าอากาศ

ส่วน LED ที่ทำจากแกลเลียมฟอสไฟด์ ที่ให้แสงสีเขียวและมีมุมวิกฤต 7.7 องศา การเคลือบไดโอดด้วยอิพ็อกซีที่มีดัชนีหักเห 1.66 ทำให้เพิ่มมุมวิกฤตเป็น 30.3 องศา และทำให้การเปล่งแสงจากไดโอดเพิ่มขึ้นอีก 2.5 เท่า

พิจารณาถึงแสงที่ปล่อยออกมาจากขอบของสารที่ใช้ในการสร้าง LED ในสมัยแรก ๆ นั้นแสงส่วนนี้จะสูญเสียไปถ้าชั้นสารที่ถูกลำแสงไว้ในตัวสะท้อน (reflector) ตัวเล็ก ๆ ตัวสะท้อนนี้จะสะท้อนแสงที่เปล่งจากขอบของชั้นสารออกมาสู่ภายนอก

2.1.4 เทคโนโลยีฮิเตอร์โวจังก์ชัน

ในระยะต่อมาของการพัฒนา LED ได้มีการค้นพบว่าสามารถสร้าง LED ที่ให้แสงย่านใกล้อินฟราเรดที่มีประสิทธิภาพสูงได้โดยใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า ฮิเตอร์โวจังก์ชัน (heterojunction)

เทคโนโลยีแบบนี้ ไดโอดจะมีสภาพเหมือนแขนวิชของสารกึ่งตัวนำที่มีคุณสมบัติทางแสงและทางไฟฟ้าต่างกันอยู่เล็กน้อย การทำชั้นสารหลาย ๆ ชั้นในรูปแบบของฮิเตอร์โวจังก์ชันเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการเปล่งแสงของไดโอด เนื่องจากการใช้เทคโนโลยีแบบนี้ทำให้ลดพื้นที่บริเวณรอยต่อ PN ลง ชั้นนอกสุดของฮิเตอร์โวจังก์ชันมีความโปร่งใส่ที่ให้แสงผ่านได้มากกว่ารอยต่อ PN ของไดโอดที่ใช้เทคโนโลยีแบบโฮโมจังก์ชัน (homojunction) ทำให้พลังงานแสงที่ได้จึงมากกว่า 2 เท่า

ด้วยเทคโนโลยีแบบฮิเตอร์โวจังก์ชันทำให้สามารถผลิตเลเซอร์ไดโอดที่ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ณ อุณหภูมิห้องและผลิตเลเซอร์ไดโอดที่ให้แสงในย่านที่ตามนุษย์สามารถมองเห็น

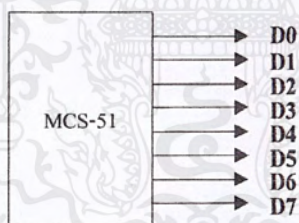
ได้ ต่อมาเทคโนโลยีแบบฮาร์ดแวร์โรจันท์ชันก็ได้นำมาใช้ในการผลิต LED ที่ให้แสงในย่านที่มองเห็นได้และนำอลูมิเนียมแกลเลียมอาร์เซไนด์ มาใช้ผลิต LED แสงสีแดงที่มีความสว่างสูง

2.2 ไมโครโปรเซสเซอร์ 8051

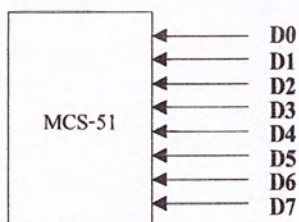
2.2.1 พอร์ตอินพุตและเอาต์พุต

พอร์ต มีความหมายถึงแอดเดรสหนึ่งที่ได้รับกรกำหนดไว้เพื่อการโอนย้ายข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก การกำหนดประเภทของการติดต่อขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของข้อมูล เมื่อพิจารณาจากไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลัก (ดูรูปที่ 2.1) ดังนั้นการนำเข้าข้อมูลจากวงจรมานอกจึงเรียกว่า การอินพุต (Input) และในกรณีตรงกันข้ามเพื่อส่งออกข้อมูลก็จะเรียกว่า การเอาต์พุต (Output)

เมื่อพิจารณาถึงวิธีการส่งข้อมูลภายในพอร์ตก็จะสามารถแยกประเภทของพอร์ตออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ พอร์ตแบบขนาน (Parallel port) ซึ่งทำการส่งจำนวนบิตข้อมูลทั้งหมดออกมา หรือนำเข้าไปพร้อมกันในคราวเดียวและพอร์ตอนุกรม (Serial port) ซึ่งทำการโอนย้ายข้อมูลคราวละบิต ๆ จนครบจำนวน



รูปที่ 2.1 (a) แผนภาพแสดงการส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตเอาต์พุตซึ่งเป็นเส้นสัญญาณจำนวน 8 เส้นสำหรับส่งข้อมูลจากระบบออกไปให้กับอุปกรณ์ภายนอก



รูปที่ 2.1 (b) แผนภาพแสดงการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกเข้ามาพอร์ตอินพุตของระบบซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นสัญญาณจำนวน 8 เส้น

2.2.2 พอร์ตแบบขนานของ 8051

8051 มีโครงสร้างของพอร์ตที่สามารถใช้งานแบบขนานได้จำนวนทั้งหมดสี่พอร์ต เรียกชื่อเรียงตามลำดับว่า พอร์ต 0, 1, 2 และ 3 และเป็นพอร์ตขนาด 8 บิตทั้งหมด การใช้งานพอร์ตสามารถทำได้ทั้งในลักษณะของเส้นสัญญาณเดี่ยวๆ หรือกลุ่มของสัญญาณได้ นอกจากนี้พอร์ต 0, 2 และ 3 ยังสามารถนำไปใช้ในงานอื่นๆ ที่ไม่ใช่เป็นพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตได้โดยพอร์ต 0 จะทำหน้าที่มัลติเพล็กซ์ระหว่างบัสแอดเดรสไบต์ต่ำ และบัสข้อมูลสำหรับการติดต่อกับวงจรประกอบด้วยข้อมูลบัสแอดเดรสไบต์สูงซึ่งจะส่งออกมาทางพอร์ต 2 สำหรับพอร์ต 3 นั้น นอกเหนือจากความสามารถเช่นพอร์ตปกติแล้ว สามารถนำไปเป็นขาสัญญาณของการอินเตอร์รัปต์ต่างๆ ซึ่งรวมทั้งการสร้างสัญญาณควบคุม RD และ WR เพื่อทำหน้าที่อ่านหรือเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอกด้วย การใช้งานพอร์ตลักษณะงานแบบอื่นๆ ที่ไม่ใช่เป็นพอร์ตแบบอินพุต/เอาต์พุตนี้จะดำเนินการโดย 8051 เองโดยอัตโนมัติ

2.2.3 โครงสร้างการทำงานของพอร์ต 8051

จากลักษณะโครงสร้างของแต่ละบิตภายในพอร์ตทั้งหมดของ 8051 ซึ่งได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.12 นั้นจะเห็นว่ามีความคล้ายคลึงกันตามลักษณะโครงสร้างที่เรียกว่า Quasi-bidirectional port ยกเว้นพอร์ต 0 ซึ่งเพียงแต่ไม่มีตัวต้านทานทำหน้าที่ Pull-up สัญญาณไว้ภายในเท่านั้น วงจรประกอบอื่นภายในยังมีฟลิปฟล็อปแบบ D ซึ่งมีผลทำให้พอร์ตสามารถแลตช์หรือค้างสถานะของสัญญาณได้ นอกจากนี้ในส่วนของเอาต์พุตของฟลิปฟล็อปเฉพาะของพอร์ต 0 และพอร์ต 2 จะมีโครงสร้างที่ทำหน้าที่คล้ายกับสวิตช์เพิ่มเติมขึ้น เพื่อควบคุมให้อเอาต์พุตนี้ต่อสำหรับบัฟเฟอร์จำนวนสองตัวของทุกบิตในพอร์ตนั้นมีการทำงานแยกกันโดยอิสระ โดยตัวที่อยู่ทางด้านบนจะยอมให้สัญญาณผ่านได้ก็ต่อเมื่อมีการอ่านค่าข้อมูลที่ค้างไว้ ส่วนอีกตัวหนึ่งซึ่งอยู่ทางด้านล่างจะถูกใช้งานเฉพาะเมื่อได้มีการอ่านสถานะของขาสัญญาณเท่านั้น

2.2.4 การใช้งานพอร์ตเป็นการอินพุต

การใช้งานพอร์ตเป็นการอินพุตข้อมูลจะต้องเริ่มด้วยการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 ออกมาทางบิตของพอร์ตนั้นก่อนเป็นลำดับแรก เพื่อหยุดการทำงานของทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาต์พุตของบิตนั้น ทำให้ขาสัญญาณของบิตถูกต่อเข้ากับตัวต้านทานซึ่งทำหน้าที่ Pull-up ภายใน ซึ่งมีผลให้บิตนั้นๆ ของพอร์ต 1, 2 และ 3 เป็นสถานะของลอจิกสูง ตัวต้านทานนี้มีค่าประมาณ 50 K โอห์ม ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก และทำให้อุปกรณ์ภายนอกสามารถขับสัญญาณของพอร์ตเหล่านี้เป็นลอจิกต่ำได้ง่าย สำหรับบิตของพอร์ต 0 นั้น แม้ว่าจะมีหลักการทำงานที่

คล้ายคลึงกันกับบิตของพอร์ตอื่น ๆ แต่เนื่องจากการที่ไม่มีตัวต้านทานทำหน้าที่ Pull-up ภายในไว้ ทำให้เมื่อทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาต์พุตนั้นหยุดการทำงาน ก็จะเป็นผลให้ขาสัญญาณนี้อยู่ในสภาวะอิมพีแดนซ์สูงแทน

2.2.5 การใช้งานพอร์ตเป็นการเอาต์พุต

เมื่อมีการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 0 ให้กับแต่ละบิตของพอร์ตทุกพอร์ต ข้อมูลนี้จะถูกส่งให้กับฟลิปฟล็อป ซึ่งจะค้างค่านี้ไว้ และมีผลทำให้ทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาต์พุตนั้นทำงาน ดังนั้นขาสัญญาณก็จะมีสภาวะลอจิกเป็นลอจิกต่ำด้วย

ส่วนการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 ออกมานั้น ในกรณีที่เป็นการทำงานในแต่ละบิตของพอร์ต 1,2 หรือ 3 จะทำให้ทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาต์พุตนั้นหยุดการทำงาน มีผลทำให้ขาของสัญญาณเป็นลอจิกสูงด้วยตัวต้านทานที่ Pull-up อยู่ภายในนั้น แต่สำหรับการทำงานในแต่ละบิตทางพอร์ต 0 นั้น จะมีผลที่แตกต่างออกไป โดยขาสัญญาณจะเป็นสภาวะอิมพีแดนซ์สูงแทน เนื่องจากไม่มีตัวต้านทานภายในเชื่อมต่ออยู่นั่นเอง ดังนั้นในการใช้งานพอร์ต 0 เป็นการเอาต์พุตข้อมูล จึงจำเป็นต้องใช้ตัวต้านทานภายนอก Pull-up สัญญาณไว้กับลอจิกสูงแทน

ความสามารถอีกประการหนึ่งเกี่ยวกับพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตของ 8051 เป็นวิธีการอ่านค่าลอจิกจากพอร์ตซึ่งมีได้สองวิธี คือ การอ่านค่าลอจิกที่ขาสัญญาณ (Port pin) และการอ่านค่าลอจิกของการแลตช์ที่พอร์ต (Port latch) วิธีการอ่านค่าจากพอร์ตทั้งสองแบบนี้จะช่วยให้ระบบทำงานได้ด้วยความสะดวกมากยิ่งขึ้น ยกตัวอย่างเช่น หากว่าพอร์ตถูกนำไปต่อกับขาเบสของทรานซิสเตอร์แบบ NPN และขาอิมิตเตอร์ต่อกับกราวด์ของระบบ เมื่อมีการส่งค่า 1 ออกไปจะมีผลทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน ในขณะที่ถ้าซีพียูมีการอ่านค่าลอจิกจากขาสัญญาณของพอร์ตนี้ ก็จะได้ค่าลอจิกต่ำ เนื่องจากมองเห็นค่าศักย์ไฟฟ้าระหว่างขาเบสและขาอิมิตเตอร์ซึ่งมีค่าประมาณ 0.6 โวลต์แทน ดังนั้นในกรณีเช่นนี้หากว่าเป็นการอ่านค่าจากลอจิกของการแลตช์ ก็จะได้รับระดับลอจิกสูงซึ่งเป็นค่าที่ถูกต้องตามสภาพที่เป็นจริง

2.2.6 ลักษณะสมบัติของพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต

ดังได้กล่าวแล้วว่าพอร์ต 1,2 และ 3 ของ 8051 มีตัวต้านทาน (ซึ่งสร้างขึ้นจาก FET) ทำหน้าที่ Pull-up ขาสัญญาณไว้และมีค่าประมาณ 50 Kโอห์ม ซึ่งถือว่ามีค่าที่สูงมาก เป็นผลให้การเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณลอจิกจากสูงไปต่ำทำได้อย่างรวดเร็ว แต่ในกรณีตรงข้ามจะใช้เวลาการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณนานกว่ามาก ทั้งนี้เนื่องจากว่ากระแสจะไหลผ่านตัวต้านทานนี้ได้้น้อยมาก ดังนั้นในการแก้ปัญหาจึงได้มีการออกแบบตัวต้านทานเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งตัวขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไว้ โดยมีค่าประมาณ 1 กิโลโอห์ม เรียกว่า Speed-up resistor ซึ่งยอมให้กระแสไหลผ่านได้มากขึ้นประมาณ 50-100 เท่า และจะมีการเชื่อมต่อตัวต้านทานที่เพิ่มขึ้นนี้เฉพาะเมื่อมีการเปลี่ยนระดับสัญญาณจากลอจิกต่ำไปเป็นลอจิกสูงเท่านั้น โดยใช้เวลาประมาณ 2 คล็อกไซเคิล

2.2.7 คำสั่งการใช้งานพอร์ทอินพุต/เอาต์พุต

เนื่องจาก 8051 ใช้หลักการที่เรียกว่า Memory mapped system กล่าวคือ การอ้างถึงพอร์ทรีจิสเตอร์หรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในระบบ จะเป็นการติดต่อกับหน่วยความจำตำแหน่งหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นในการดำเนินการเพื่อนำเข้าหรือส่งออกข้อมูลกับพอร์ท จึงใช้คำสั่งการอ่านค่าจากหน่วยความจำ ซึ่งถูกออกแบบให้เป็นตำแหน่งของพอร์ทหรือคำสั่งการเขียนค่าข้อมูลไปยังตำแหน่งตำแหน่งหน่วยความจำนั้นแทน ดังนั้นจะสังเกตเห็นได้ว่าในตารางชุดคำสั่งของ 8051 จะไม่มีคำสั่งที่เกี่ยวกับการทำงานของพอร์ทแต่ละประการใด เช่นคำสั่ง IN (นำเข้าข้อมูลจากพอร์ท) หรือคำสั่ง OUT (ส่งข้อมูลออกจากพอร์ท) เป็นต้น

คำสั่ง	ความหมาย
MOV P0,A	นำค่าภายในรีจิสเตอร์ A ส่งออกไปยังพอร์ท 0
MOV P1,#00000101B	ส่งค่าของข้อมูลไปยังพอร์ท 1 โดยตรง
MOV P1,#05H	ส่งค่าข้อมูลที่มีค่าเช่นเดียวกับบรรทัดที่ผ่านมาเพียงแต่กำหนดค่าของข้อมูลเป็นเลขฐานสิบหก

ตารางที่ 2.1 แสดงรูปแบบการส่งข้อมูลออกทางพอร์ท

คำสั่ง	ความหมาย
MOV A,P1	อ่านข้อมูลเข้ามาจากพอร์ท 1 และนำไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ A
MOV R0,P2	อ่านข้อมูลเข้ามาจากพอร์ท 2 และนำไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ R0

ตารางที่ 2.2 แสดงรูปแบบการรับข้อมูลเข้าทางพอร์ท

คำสั่ง	ความหมาย
CLR P2.0	รีเซ็ตพอร์ต 2 บิต 0 ให้เป็นค่าศูนย์
SETB P2.0	เซตพอร์ต 2 บิต 0 ให้เป็นค่าหนึ่ง
CPL P1.2	เปลี่ยนสถานะลอจิกของพอร์ต 1 บิต 2 ให้เป็นสภาวะตรงกันข้าม
MOV C,P1.0	อ่านค่าสถานะจากพอร์ต 1 บิต 0 และนำไปเก็บไว้ในแฟล็กทค

ตารางที่ 2.3 แสดงคำสั่งที่ทำงานเกี่ยวกับบิต

นอกจากนี้ 8051 ยังมีชุดคำสั่งที่จัดการข้อมูลแบบบิตได้โดยตรง (Single-bit Operation) ดังนั้นเราสามารถที่จะใช้คำสั่งเหล่านี้จัดการพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตทั้งหมดแบบเส้นสัญญาณเดี่ยวได้ โดยการใช้คำสั่ง SETB เพื่อกำหนดค่าเป็น 1 หรือคำสั่ง CLR เพื่อทำให้บิตมีค่าเป็น 0 คำสั่งเหล่านี้มีประโยชน์มากและทำให้ลดความซับซ้อนในการใช้คำสั่งภายในโปรแกรมลงได้มาก

คำสั่ง	ความหมาย
JB P2.0,<location>	ทดสอบการมีค่าเป็น 1 ของพอร์ต 2 บิต 0 และกระโดดไปยังตำแหน่ง location ถ้าเงื่อนไขเป็นจริง
JNB P2.0,<location>	ทดสอบการมีค่าเป็น 0 ของพอร์ต 2 บิต 0 และกระโดดไปยังตำแหน่ง location ถ้าเงื่อนไขเป็นจริง

ตารางที่ 2.4 แสดงคำสั่งกระโดดแบบมีเงื่อนไข

การพิจารณาตรวจสอบค่าบิตของแต่ละพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตนั้น ก็สามารถใช้ชุดคำสั่งในการทดสอบบิตของพอร์ตได้โดยตรง โดยไม่ต้องมีการย้ายค่าของพอร์ตไปยังรีจิสเตอร์ก่อนแต่ประการใด

2.3 การติดต่อสื่อสารข้อมูลอนุกรม

พอร์ตอนุกรมที่สามารถส่งงานให้ทำงานได้หลายโหมคอยู่ภายในชิพ การทำงานเป็นแบบฟูลดูเพลก (full duplex) หมายถึงสามารถรับและส่งข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกันได้ มีรีจิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ ทางด้านรับข้อมูลช่วยให้ตัวอักษรที่รับได้เรียบร้อยแล้วถูกนำมาเก็บไว้ในบัฟเฟอร์ในขณะที่กำลังรับตัวอักษรตัวที่สอง ด้วยเหตุนี้ถ้าซีพียูอ่านตัวอักษรตัวแรกออกไปก่อนที่การรับตัวอักษรตัวที่สองจะรับเสร็จข้อมูลจะไม่สูญหาย บัฟเฟอร์อีกตัวหนึ่งใช้สำหรับเก็บข้อมูลก่อนที่จะส่งออกไป

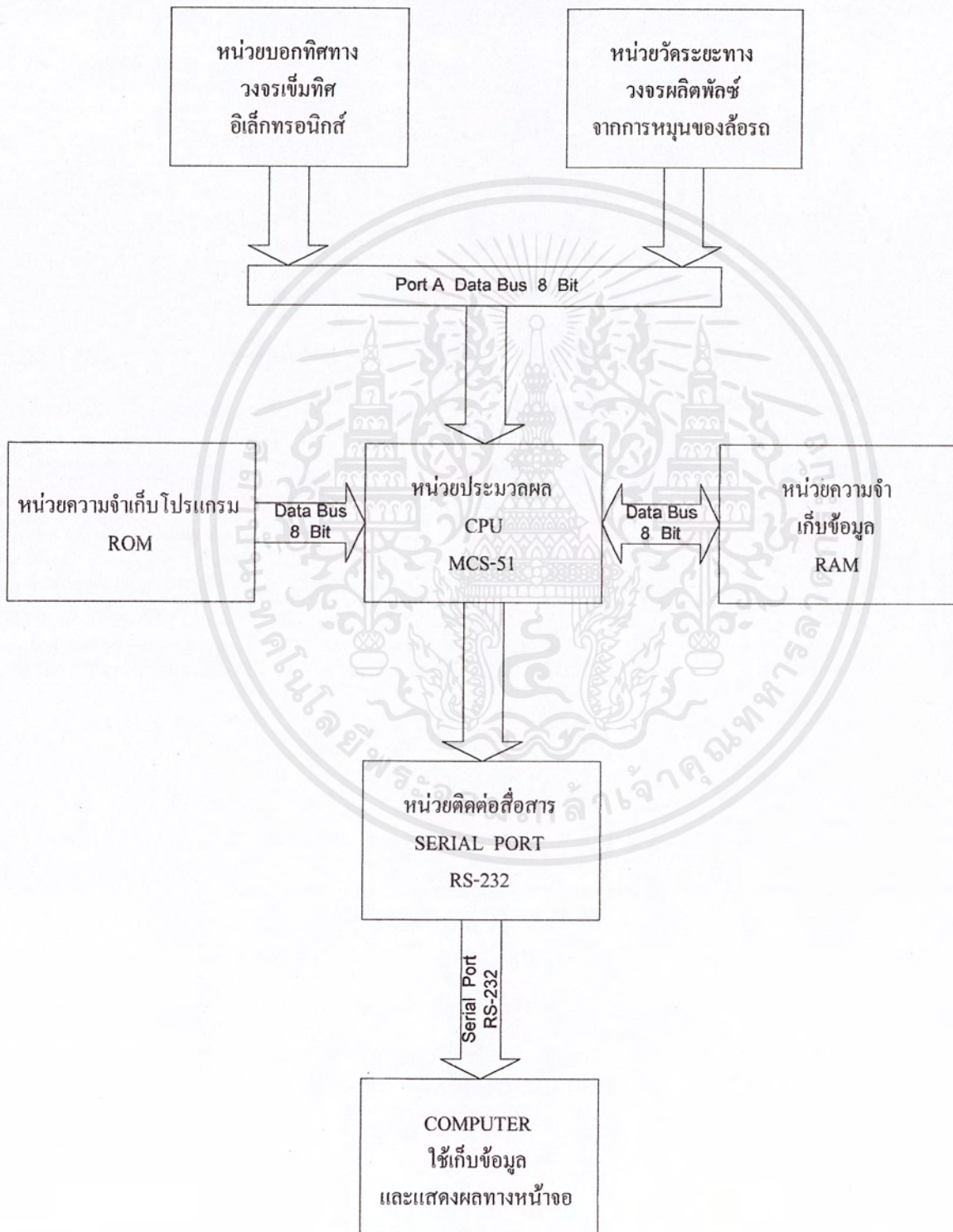
2.3.1 การเชื่อมต่อแบบมาตรฐาน RS-232C

ในการเชื่อมต่อแบบอนุกรมเข้ากับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่าง ๆ เช่น คอมพิวเตอร์ เทเลกซ์ หรือ โทรพิมพ์ เป็นต้น มักจะกำหนดใช้การเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-232C ทั้งนี้เพื่อให้มีการใช้งานเส้นสัญญาณหรือรูปแบบของตัวเชื่อมต่อที่สอดคล้องกัน จะได้ลดปัญหาการเข้ากันไม่ได้ระหว่างสัญญาณของอุปกรณ์ที่นำมาเชื่อมต่อกันทั้งสองด้านให้น้อยลง เนื่องจากระดับโวลเตจที่ใช้และการแทนความหมายของระดับลอจิกตามมาตรฐานนี้แตกต่างไปจากที่ใช้งานกันในระบบดิจิทัลทั่วไปโดยระดับสัญญาณของ RS-232C เป็นแบบไบโพลาร์ (Bipolar) ระดับโวลเตจทางด้านลบช่วง $-3V$ ถึง $-20V$ แทนค่าลอจิก 1 และโวลเตจทางด้านบวกช่วง $+3V$ ถึง $+20V$ แทนค่าลอจิก 0 ดังนั้นจะเห็นว่ามีความจำเป็นต้องเพิ่มเติมอุปกรณ์หรือวงตรพิเศษเข้าไป เพื่อเปลี่ยนระดับโวลเตจจากระบบ $0V$ ถึง $+5V$ จากขาสัญญาณของ 8051 เป็นระดับโวลเตจที่สูงกว่าค่า $+3.0V$ หรือต่ำกว่า $-3.0V$ ดังในรูปที่ 8.17 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระดับสัญญาณแบบ TTL จากขาสัญญาณ TxD และ RxD ของ 8051 จะต้องถูกปรับเปลี่ยนไปเป็นระดับสัญญาณ RS-232C ก่อนที่จะทำการส่งออกไปในสายนำสัญญาณต่อไป

บทที่ 3

การสร้างและการทำงาน

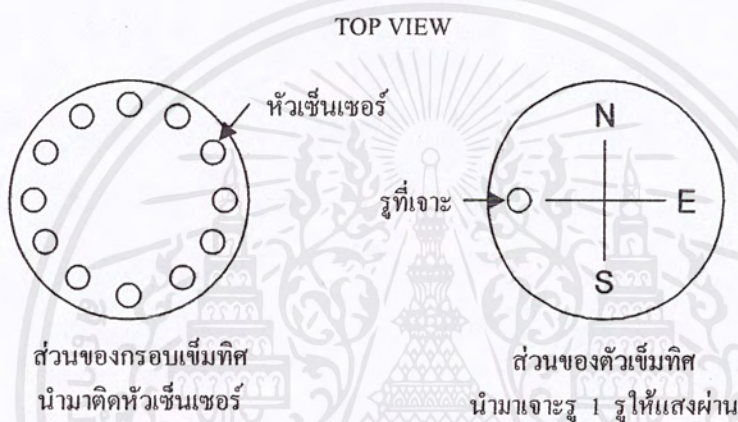
3.1 บล็อกไดอะแกรม ของ เครื่องเก็บข้อมูลและเส้นทางการใช้ยานพาหนะ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 หน่วยบอกทิศทาง

ในการเก็บข้อมูลเส้นทาง จะต้องทราบถึงทิศทางและในหน่วยบอกทิศทางนี้ก็จะใช้เข็มทิศมาเป็นตัวชี้ตำแหน่งของทิศว่าในขณะที่รถของท่านอยู่ที่ทิศใด สามารถทำได้โดยนำเข็มทิศมาติดตัวเซ็นเซอร์เข้าไปก็จะได้สัญญาณออกมาแต่ละทิศ ซึ่งหัวเซ็นเซอร์ที่ใช้จะใช้เป็นเซ็นเซอร์แสง INFRARED เพราะแสงธรรมดาจะไม่มีผลกับเซ็นเซอร์ชนิดนี้ โดยจะติดหัวเซ็นเซอร์เข้าไป 12 ตัวก็จะสามารถบอกทิศทางได้ 12 ทิศ



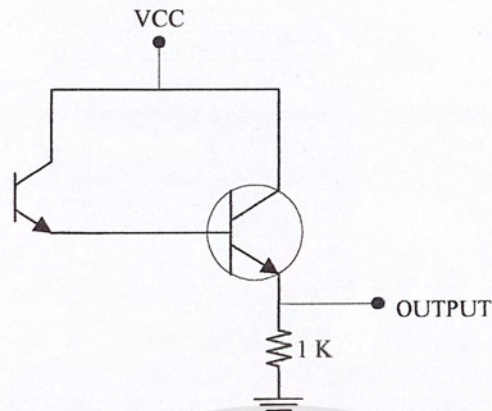
รูปที่ 3.1 แสดงการเจาะรูบนตัวเข็มทิศ

3.2.1 การติดตั้งหัวเซ็นเซอร์ INFRARED

หัวเซ็นเซอร์ INFRARED จะมีทั้งตัวรับและตัวส่ง โดยตัวส่งจะติดตั้งไว้ทางด้านบนของตัวเข็มทิศ ทางด้านตัวรับจะติดตั้งไว้ด้านล่างใต้ของเข็มทิศ เมื่อแสง INFRARED ผ่านรูที่เจาะไว้ที่เข็มทิศมายังตัวรับ ตัวรับตัวใดเซ็นเซอร์ได้ก็จะบอกทิศทางนั้น

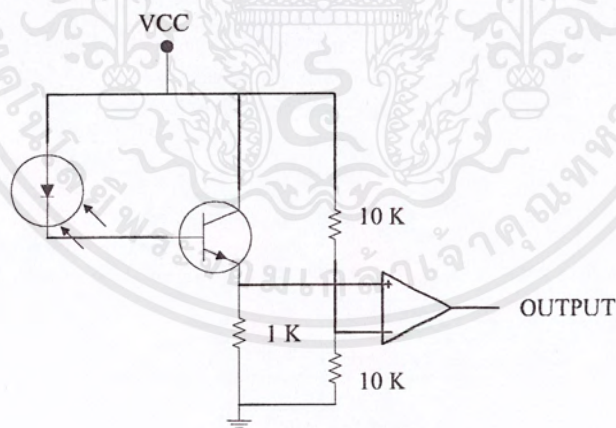
3.2.2 วงจรขยายสัญญาณเพื่อส่งไปยังหน่วยประมวลผล CPU

เนื่องจากหัวเซ็นเซอร์ INFRARED นำกระแสมาไม่ได้อาจจะทำให้เสียหายได้จึงต้องมีวงจรขยายกระแสเพิ่มเข้ามา และโครงสร้างของตัวรับ INFRARED จะเป็นเหมือนกับทรานซิสเตอร์ชนิด NPN การไปอัสใช้แสง INFRARED การขยายกระแสทำได้โดยใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN นำมาต่อแบบคาร์ลิงตัน ก็จะได้กระแสเพิ่มขึ้นมา



รูปที่ 3.2 วงจรขยายกระแสแบบคาร์ถึงตัน

การนำข้อมูลไปใช้ ข้อมูลนั้นที่จะต้องใช้นั้นจะต้องเป็นสัญญาณดิจิทัล ดังนั้นจะต้องนำสัญญาณเข้าที่พุดที่ได้มาผ่านวงจรหมิตทริกเกอร์เพื่อให้ได้สัญญาณออกมาเป็นดิจิทัล ในที่นี้จะใช้วงจร COMPARATOR มาเปรียบเทียบระดับสัญญาณ โดยจะใช้ไอซีเบอร์ LM339 ซึ่งจะเป็น COMPARATOR Opamp จะได้เข้าที่พุดออกมาเป็น โลจิก “0” และ “1” ส่งต่อไปยังหน่วยประมวลผล CPU



รูปที่ 3.2 วงจรเซ็นเซอร์ที่ใช้งานจริง

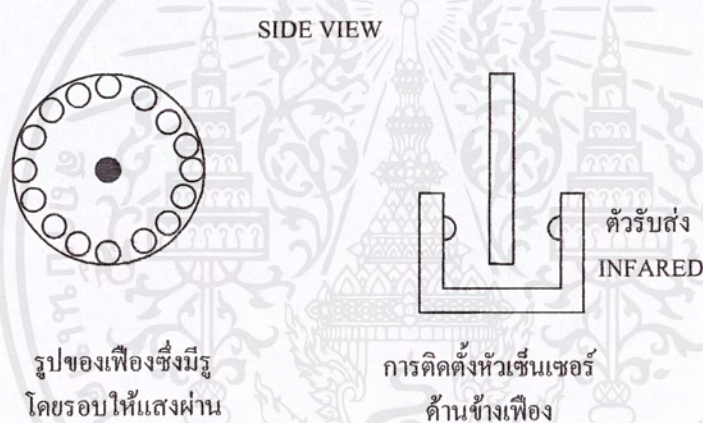
สร้างวงจรเซ็นเซอร์ทั้งหมด 12 ชุด จะได้สัญญาณออกมาเป็นดิจิทัล 12 บิต ส่งผ่านไปยังหน่วยประมวลผล CPU

3.3 หน่วยวัดระยะทาง

การวัดระยะทางทำได้โดยการติดตั้งหัวเซ็นเซอร์ไว้ที่สายไมล์ (สายวัดระยะทางรถยนต์ซึ่งต่อมาจากล้อรถยนต์) โดยจะใช้วิธีนับพัลส์ที่ได้จากหัวเซ็นเซอร์ ส่งไปยัง CPU ประมวลผลออกมาเป็นระยะทางแล้วนำไปบันทึกข้อมูล

3.3.1 การติดตั้งหัวเซ็นเซอร์

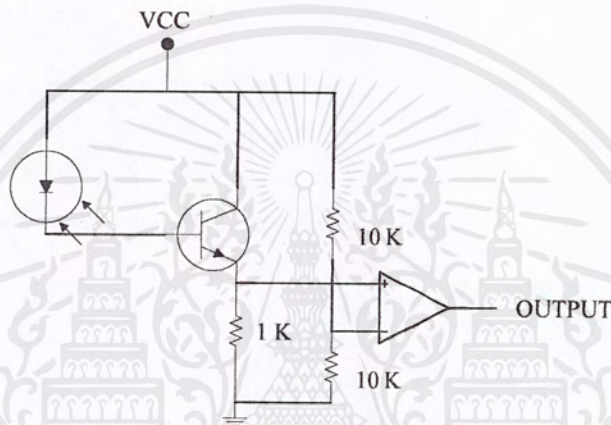
หัวเซ็นเซอร์จะใช้เป็นหัวเซ็นเซอร์ INFRARED เช่นเดียวกับที่ใช้ติดตั้งบนเข็มทิศ โดยนำไปติดตั้งกับเฟืองที่ต่อกับสายไมล์รถยนต์ ซึ่งหัวเซ็นเซอร์ทั้งรับและส่งจะติดอยู่ข้างๆ เฟืองทั้ง 2 ด้าน เมื่อเฟืองหมุนก็จะตัดลำแสง INFRARED ทางด้านตัวรับก็จะได้รับแสง ติด-ดับ สลับกันไปเรื่อยๆ ก็จะได้มาเป็นพัลส์



รูปที่ 3.3 เฟืองและการติดตั้งหัวเซ็นเซอร์

3.3.2 วงจรเซ็นเซอร์

วงจรเซ็นเซอร์ใช้วงจรเดียวกันกับที่ใช้เซ็นเซอร์ในเข็มทิศ แต่จะแตกต่างกันตรงที่ตัวรับ INFRARED นั้นจะมีเพียง 2 ชุด ซึ่งจะผลิตพัลส์ออกมาเฟสต่างกัน ทำให้สามารถรู้ได้ว่าขณะนี้รถเดินหน้าหรือถอยหลัง สัญญาณพัลส์ที่ได้ออกมาจะส่งไปยังหน่วยประมวลผล CPU นำไปคำนวณออกมาเป็นระยะทาง



รูปที่ 3.5 วงจรเซ็นเซอร์ที่ใช้งานจริง

3.4 หน่วยความจำเก็บโปรแกรม(ROM)

เป็นหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมที่สั่งให้ CPU(MCS-51) ทำงานต่างๆ ดังนี้

1. โปรแกรมรับข้อมูลจากเข็มทิศแล้วนำมาคำนวณว่ารถหันไปทางทิศใด
2. โปรแกรมนับจำนวนพัลส์ที่ได้จากล้อรถแล้วนำมาคำนวณ
3. โปรแกรมเก็บข้อมูลทิศทางและระยะทาง
4. โปรแกรมติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์

3.5 หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล(RAM)

เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลของทิศทางการเคลื่อนที่ของรถ ในขณะที่รถกำลังเคลื่อนที่อยู่ซึ่งจะเป็นหน่วยความจำสำรอง แล้วนำข้อมูลที่เก็บไว้นั้นส่งไปเก็บไว้ยังคอมพิวเตอร์ หน่วยความจำในส่วนนี้ มีจำนวน 32 กิโลไบต์ เป็นหน่วยความจำชนิด SRAM

3.6 FORMAT ของข้อมูลที่ใช้เก็บบนเครื่องเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลบนเครื่องเก็บข้อมูลนั้นจะเก็บเป็นทิศทางและระยะทางดังนั้นข้อมูลหนึ่งชุดจะใช้หน่วยความจำจำนวน 2-3 ไบต์ โดย 1 ไบต์ใช้เก็บค่าทิศทาง ซึ่งค่าทิศทางนี้มีทั้งหมด 12 ทิศ ก็จะใช้ค่า 01H-0CH โดยเก็บเป็นรหัสดังนี้

- 01 H = ทิศเหนือ
- 02 H = ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ 60 องศา
- 03 H = ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ 30 องศา
- 04 H = ทิศตะวันตก
- 05 H = ทิศตะวันตกเฉียงใต้ 30 องศา
- 06 H = ทิศตะวันตกเฉียงใต้ 60 องศา
- 07 H = ทิศใต้
- 08 H = ทิศตะวันออกเฉียงใต้ 60 องศา
- 09 H = ทิศตะวันออกเฉียงใต้ 30 องศา
- 0A H = ทิศตะวันออก
- 0B H = ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ 30 องศา
- 0C H = ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ 60 องศา

และการเก็บค่าระยะทางนั้น จะใช้ 1-2 ไบต์ คือ ถ้าค่าระยะทางนั้นไม่เกิน 25.6 กิโลเมตร ก็จะใช้หน่วยความจำเพียงแค่หนึ่งไบต์หรือ 8 บิต คือ 00 H- FF H แต่ถ้าค่าระยะทางที่เป็นทางตรงนี้เกินกว่า 25.6 กิโลเมตร ก็จะใช้หน่วยความจำในการเก็บข้อมูลเพิ่มขึ้นเป็นสองไบต์ หรือรวมเป็น 16 บิต คือ 0000 H-FFFF H ซึ่งสามารถที่จะบอกค่าระยะทางได้สูงสุดถึง 6,553.6 กิโลเมตร

การบอกว่าในหนึ่งเส้นทางนั้นใช้ข้อมูลสองหรือสามไบต์นั้น ทำได้โดยถ้าเก็บข้อมูลไปสองไบต์ ก็จะใช้ค่า 20 H ไป OR กับค่าทิศทาง ถ้าข้อมูลเป็นสามไบต์ก็จะใช้ค่า 30 H ไป OR กับค่าทิศทางเช่นเดียวกัน เช่น ในเส้นทางหนึ่งรถวิ่งไปทางทิศเหนือเป็นระยะทาง 12 กิโลเมตร การเก็บข้อมูลก็จะใช้สองไบต์ดังนี้ ไบต์แรกเก็บค่า 21 H ไบต์ที่สองเก็บค่า 0C H โดยการเก็บข้อมูลเริ่มที่แอดเดรส 0003 H

แอดเดรส 0000 H ใช้เก็บค่า setup ระยะ 100 เมตร

แอดเดรส 0001 H และ 0002 H ใช้เก็บค่าตัวชี้แอดเดรสคือค่าของรีจิสเตอร์ DPL และ DPH ตามลำดับ

3.7 หน่วยประมวลผล CPU

ในหน่วยประมวลผลจะใช้ CPU ตระกูล MCS-51 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์

3.7.1 คุณสมบัติของ MCS-51

คุณสมบัติที่สำคัญ ๆ ของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีดังนี้

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ เพียงชุดเดียว
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานอยู่ในชิปจำนวน 4 กิโลไบต์ (เบอร์ 8031,8032 ไม่มีหน่วยความจำส่วนนี้ ส่วนเบอร์ 8052 มีหน่วยความจำส่วนนี้ 8 กิโลไบต์ และสำหรับเบอร์ 83C51FB จะมีหน่วยความจำส่วนนี้รวมทั้งสิ้น 16 กิโลไบต์)
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไป (RAM) อยู่ในชิปจำนวน 128 ไบต์ (ใน 8031,8051) หรือ 256 ไบต์ (ในเบอร์ 8032,8052)
- สามารถใช้หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิปได้อย่างละ 64 กิโลไบต์ แยกจากกัน
- คำสั่งส่วนใหญ่ใช้เวลาทำงานเพียง 1 ไมโครวินาที เมื่อใช้คริสตอลความถี่ 12 เมกะเฮิร์ตซ์
- มีพอร์ตที่สามารถรับหรือส่งข้อมูลได้ทั้ง 2 ทิศทาง จำนวน 4 พอร์ต ๆ ละ 8 บิต หรือสามารถใช้งานเป็นพอร์ตขนาด 1 บิตแยกจากกัน ทำให้เสมือนมีพอร์ตขนาด 1 บิตใช้งานรวมทั้งสิ้น 32 พอร์ต
- รับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้ในตัว โดยสามารถกำหนดอัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูล (baud rate) ได้ตั้งแต่ 300 ถึง 375 กิโลบิตต่อวินาที
- จัดลำดับความสำคัญของสัญญาณอินเทอร์รัปต์ได้ 2 ระดับ
- มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้งานเป็น ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์เพื่อนับจำนวนสัญญาณนาฬิกาภายในชิป หรือนับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสัญญาณภายนอกขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว เพื่อใช้สำหรับนับจำนวนพัลส์ วัดความกว้างของพัลส์หรือใช้วัดช่วงเวลา (ในเบอร์ 8052 จะมี 3 ตัว)
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในบางส่วนสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทั้งระดับ ไบต์ และระดับบิตเพื่อให้การออกแบบโปรแกรมและการควบคุมระบบทำได้ง่ายขึ้น
- มีคำสั่งคูณและหารเลขขนาด 8 บิตในตัวเอง
- สามารถประมวลผลแบบบูลีนเพื่อใช้ในงานควบคุมโดยเฉพาะ
- ใช้โปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-48 (upwardly compatible)

ได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ที่จัดว่าเป็นพื้นฐานในตระกูลนี้คือ เบอร์ 8051, 8751 และ 8031 ซึ่งมีจำนวนขาภายนอก 40 ขาเท่ากัน (มีโหม่งมิงโคอะแกรมเหมือนกัน) ใช้แรงดันไฟฟ้าเท่ากัน สิ่งที่แตกต่างกันระหว่างเบอร์ทั้งสามคือ ขนาดของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป (on chip program memory) ซึ่งมีไว้เพื่อตอบสนองความต้องการที่ไม่เหมือนกัน ดังจะกล่าวต่อไปดังนี้

- เบอร์ 8751 มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปเป็น EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์ ทำให้สามารถใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ตในการลบโปรแกรมเก่าที่มีอยู่ และบรรจุโปรแกรมใหม่ลงไปได้ทันที ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการแก้ไขหรือปรับปรุงโปรแกรม ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ 8751 มีไว้ใช้ในงานที่เป็นการพัฒนาเบื้องต้น (prototyping) ซึ่งจำเป็นต้องทดสอบโปรแกรมเพื่อหาข้อผิดพลาด (bugs) และแก้ไขให้เรียบร้อยก่อนทำการผลิตจริง การแก้ไขโดยการใช้อัลตราไวโอเล็ต และการบรรจุโปรแกรมที่แก้ไขใหม่สามารถทำได้ในจำนวนครั้งที่จำกัด ทั้งนี้เพราะหน่วยความจำที่เป็น EPROM เมื่อใช้ไปนาน ๆ จะเกิดการเสื่อมสภาพ ทำให้ไม่สามารถบรรจุโปรแกรมเข้าไปได้

- เบอร์ 8051 หลังจากทดสอบโปรแกรมจนไม่พบข้อผิดพลาดแล้ว จะเป็นช่วงของการผลิตจริง ซึ่งต้องพิจารณาถึงต้นทุนเป็นอันดับแรก ในการผลิตจริงจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051 ซึ่งมีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายใน ROM ขนาด 4 กิโลไบต์แทน เพราะราคาต่ำกว่ามาก แต่มีข้อจำกัดตรงที่ไม่สามารถแก้ไขโปรแกรมที่ได้บรรจุไปแล้วไม่ว่าจะด้วยวิธีใดก็ตาม

- เบอร์ 8031 เบอร์นี้ไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป แต่สามารถใช้หน่วยความจำเพื่อเก็บโปรแกรมที่อยู่ภายนอกได้มากถึง 64 กิโลไบต์ ซึ่งอาจจะเป็น ROM, PROM, EPROM ตามความต้องการของผู้ผลิต เบอร์ 8031 นี้มีไว้ใช้ในกรณีที่โปรแกรมมีขนาดเล็กกว่า 4 กิโลไบต์ หรือมากกว่า 4 กิโลไบต์มาก

ในการเลือก CPU ที่ใช้จะเลือกใช้เบอร์ 8031 นำมาใช้ประมวลผลเพราะไม่มีหน่วยความจำเก็บโปรแกรมภายในจึงจำเป็นต้องใช้หน่วยความจำภายนอกแทน สำหรับหน่วยความจำภายนอกนี้ใช้ชุดคิด RAMPACK (เป็นชุดคิดทำแรมให้เป็นรอม) เพื่อสะดวกแก่การพัฒนาโปรแกรม เพราะถ้าใช้รอมการโปรแกรมอาจจะไม่สามารถทำได้หลายครั้งเหมือนกับการถ่ายข้อมูลลงในแรม ซึ่งจะถ่ายลงก็ครั้งก็ได้

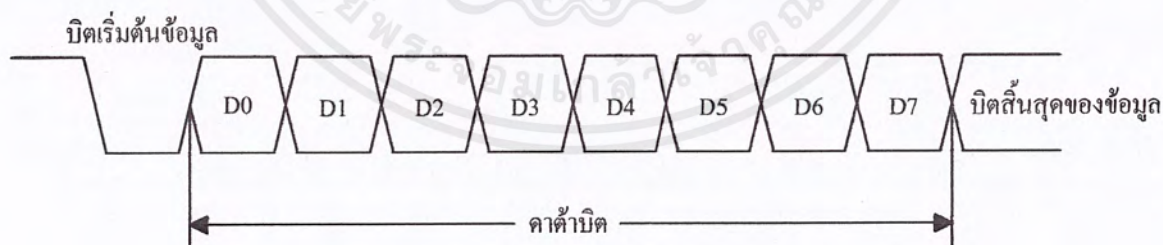
3.8 หน่วยติดต่อสื่อสาร

การติดต่อสื่อสารจะใช้ติดต่อระหว่างเครื่องเก็บข้อมูลเส้นทางการการใช้รดับกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะใช้การสื่อสารผ่าน SERIAL PORT RS-232

MCS-51 มีพอร์ตสำหรับสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมที่สามารถรับและส่งข้อมูลได้โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องต่อชิปที่ทำหน้าที่รับหรือส่งข้อมูลโดยเฉพาะเพิ่มแต่อย่างใดเลย การนำ MCS-51 ไปประยุกต์ใช้งานที่ต้องมีการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมกับวงจรภายนอกอื่นๆ จึงทำได้สะดวกและมีความคล่องตัวสูงมาก

พอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมที่มีใน MCS-51 สามารถทำงานได้แบบ FULL DUPLEX หมายความว่า MCS-51 สามารถรับและส่งข้อมูลได้พร้อมๆ กัน โดยในการรับข้อมูลจะมีบัฟเฟอร์ข้อมูลให้ด้วย จึงทำให้ MCS-51 สามารถกำหนดการรับข้อมูลไบต์ที่สองซึ่งถูกส่งตามเข้ามาก่อนที่จะไบต์แรกที่ได้รับเข้ามาจะถูกอ่านจากรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะที่ใช้สำหรับรับข้อมูล

การทำงานจะเลือกการทำงานในโหมด 1 มีการรับและส่งข้อมูลครั้งละ 10 บิต ข้อมูลจะถูกส่งออกไปภายนอกผ่านทางขา TXD และรับข้อมูลทางขา RXD ข้อมูลทั้ง 10 บิตประกอบด้วยบิตเริ่มต้นข้อมูล 1 บิต (มีค่าเป็น 0 เสมอ) บิตข้อมูล 8 บิต (รับและส่งบิตต่ำสุดก่อน) และบิตสิ้นสุดของข้อมูลอีก 1 บิต (มีค่าเป็น 1 เสมอ) ในขณะที่ทำการรับข้อมูล ค่าในบิตสิ้นสุดของข้อมูลที่รับได้จะไปอยู่ในบิต RB8 ของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SCON อัตราเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมในโหมดนี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้



รูปที่ 3.6 แสดงการส่งข้อมูลแบบอนุกรมในโหมด 1

3.9 คอมพิวเตอร์

คอมพิวเตอร์จะเป็นหน่วยที่ใช้เก็บข้อมูลและแสดงผลการเก็บข้อมูลที่เก็บได้จากเครื่องเก็บข้อมูล โดยจะแสดงออกมาเป็นเส้นทางออกมาทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ การรับข้อมูลรับเข้ามาทางพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ ก็คือทาง COM1 หรือ COM2

การเก็บข้อมูลจะมีการบันทึกเป็นวันเวลา ข้อมูลของรถคันไหน และสามารถที่จะดึงข้อมูลนั้นขึ้นมาดูได้อีกครั้ง โดยการเก็บข้อมูลจริงๆ นั้นจะเก็บไว้บนฮาร์ดดิสก์ของคอมพิวเตอร์

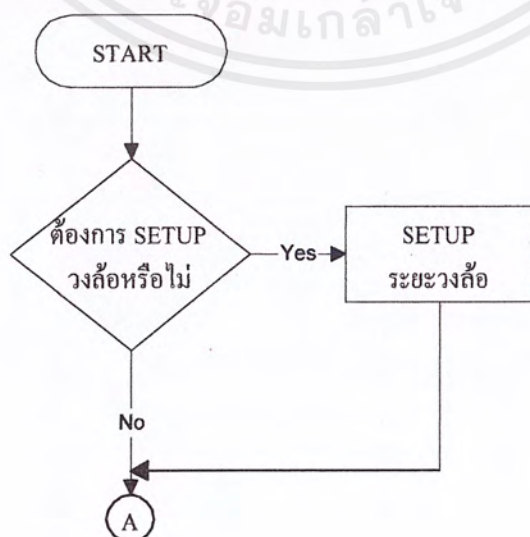
3.10 การเขียนโปรแกรม

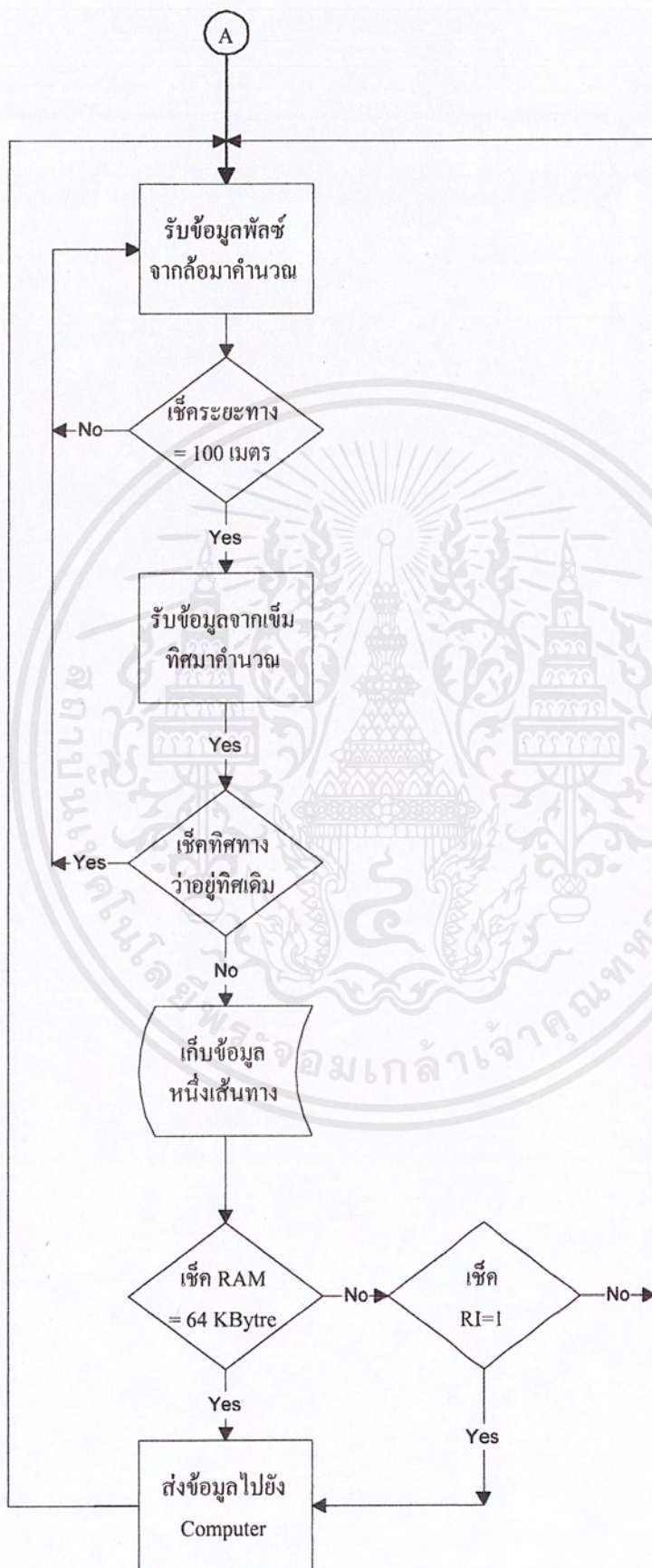
โปรแกรมที่ใช้จะมีด้วยกัน 2 โปรแกรม คือ

1. โปรแกรมภาษาแอสเซมบลี ซึ่งจะเขียนเพื่อนำไปใช้กับ CPU เบอร์ 8031
2. โปรแกรม Visual Basic เขียนใช้กับคอมพิวเตอร์ ใช้สำหรับเก็บข้อมูลและแสดงผลออกทางจอคอมพิวเตอร์

3.10.1 โปรแกรมภาษาแอสเซมบลี

การเขียนจะเขียนบนคอมพิวเตอร์แล้วถ่ายข้อมูลไปเก็บไว้ใน ROM การโปรแกรมให้เก็บข้อมูลจะเก็บแบบจุดต้นทางและจุดปลายของแต่ละเส้นทาง และนำจุดปลายทางของจุดแรกไปเป็นจุดต้นทางของเส้นทางถัดไป เนื่องจาก CPU เบอร์ 8031 สามารถชี้ตำแหน่งหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลได้เพียง 64 กิโลไบต์ ดังนั้นจึงต้องมีการเช็คตำแหน่งของ RAM ว่าครบ 64 กิโลไบต์หรือยัง ถ้าครบแล้วก็ให้ส่งข้อมูลขึ้นไปเก็บบนคอมพิวเตอร์ก่อนแล้วจึงจะเริ่มเก็บข้อมูลใหม่ โดยจะมี Flow Chart การทำงานของโปรแกรมหดังนี้





เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 3.7 FLOWCHART แสดงการเขียนโปรแกรมแอสเซมบลี โดยใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10.2 การทำงานของโปรแกรม ASSAMBLEY

1. เริ่มเปิดเครื่อง โปรแกรมก็จะมีการถามก่อนว่าท่านต้องการเซตอัพ ระยะเวลาถือ เพราะว่าการแต่ละคันนั้นจะมีวงล้อไม่เท่ากัน แต่ถ้าไม่ต้องการเซตอัพก็จะผ่านไปเลยก็ได้
2. การทำงานของโปรแกรมจะเซตระยะทางทุกๆ 100 เมตร เพื่อที่จะเก็บข้อมูล
3. เมื่อครบ 100 เมตรแล้ว โปรแกรมก็จะเซตทิศทาง ถ้ารถยังวิ่งอยู่ในทิศทางเดิม คือไม่มีการเปลี่ยนแปลงเส้นทางหรือมีการเลี้ยวเกิดขึ้นก็จะไม่มีการบันทึกข้อมูล โปรแกรมก็จะวนกลับไปเซตระยะทางและทิศทางอีกครั้งจนกว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงและเริ่มเก็บข้อมูล เมื่อมีการเลี้ยวเกิดขึ้น

4. การเก็บข้อมูล จะมีการเข้ารหัสเพื่อที่จะใช้หน่วยความจำให้น้อยที่สุด โดยจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงของเส้นทางก็จะมีการบันทึกข้อมูลตรงจุดนั้น โดยจะใช้หน่วยความจำเก็บข้อมูลจำนวน 2, 3 ไบต์ ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าระยะทาง ถ้าระยะทางตรงระหว่างจุดเลี้ยว 2 จุด อยู่ห่างกันก็จะใช้หน่วยความจำที่เก็บข้อมูลในแต่ละจุดมากขึ้นตามลำดับ

การเก็บข้อมูลใช้หน่วยความจำ 1 ไบต์ เป็นตัวเก็บทิศทาง ซึ่งสามารถที่จะชี้ได้ถึง 16 ทิศ แต่เข็มทิศสามารถชี้ทิศได้เพียง 12 ทิศเท่านั้น

เราจะใช้ข้อมูล 1 ไบต์ แรกที่ใช้เก็บทิศทางนี้จะเหลือที่เก็บข้อมูลอีก 4 บิต จะนำส่วนที่เหลือนี้มาเก็บข้อมูลว่าจุดนี้ใช้หน่วยความจำไปเป็นจำนวน 2 หรือ 3 ไบต์

ถ้าในเส้นทางนี้ใช้ข้อมูล 2 ไบต์ จะมีที่เก็บข้อมูลระยะทาง 8 บิต ซึ่งสามารถที่จะบอกระยะทางได้ 25.6 กิโลเมตร ถ้าระยะตรงที่เกินกว่านี้ก็จะใช้ข้อมูล 3 ไบต์ จะมีที่เก็บข้อมูลระยะทางเป็น 16 บิต สามารถเก็บค่าระยะทางได้ยาวถึง 6553.6 กิโลเมตรเมตร

ถ้ามีหน่วยความจำ 32 กิโลไบต์

- ถ้าเก็บแบบ 2 ไบต์ ก็จะสามารถเก็บข้อมูลได้ถึง 16,384 จุด
- ถ้าเก็บแบบ 3 ไบต์ ก็จะสามารถเก็บข้อมูลได้ถึง 10,922 จุด

5. การตรวจสอบหน่วยความจำ เมื่อหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลถูกเก็บข้อมูลจนเต็ม ก็จะไม่สามารถที่จะเก็บข้อมูลต่อไปได้ก็จะเตือนให้ส่งข้อมูลขึ้นไปเก็บยังคอมพิวเตอร์

6. การตรวจสอบบิตที่รับข้อมูล RI เมื่อจะเก็บข้อมูลเข้ามาไว้ในคอมพิวเตอร์ ก็จะต้องต่อสายสัญญาณเข้าที่พอร์ตอนุกรม RS-232 และเรียกโปรแกรมที่ใช้เก็บข้อมูลบนคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะส่งสัญญาณมายังเครื่องบันทึกข้อมูล จะทำให้ รีจิดเตอร์ใช้งานเฉพาะ SCON บิต RI จะแอกทีฟ เป็น 1 จากนั้นเครื่องก็จะรู้ว่าคอมพิวเตอร์ต้องการข้อมูลก็จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์

3.10.3 การเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ด้วย Visual Basic

ตัวโปรแกรม Visual Basic จะทำงานบนคอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่เป็น

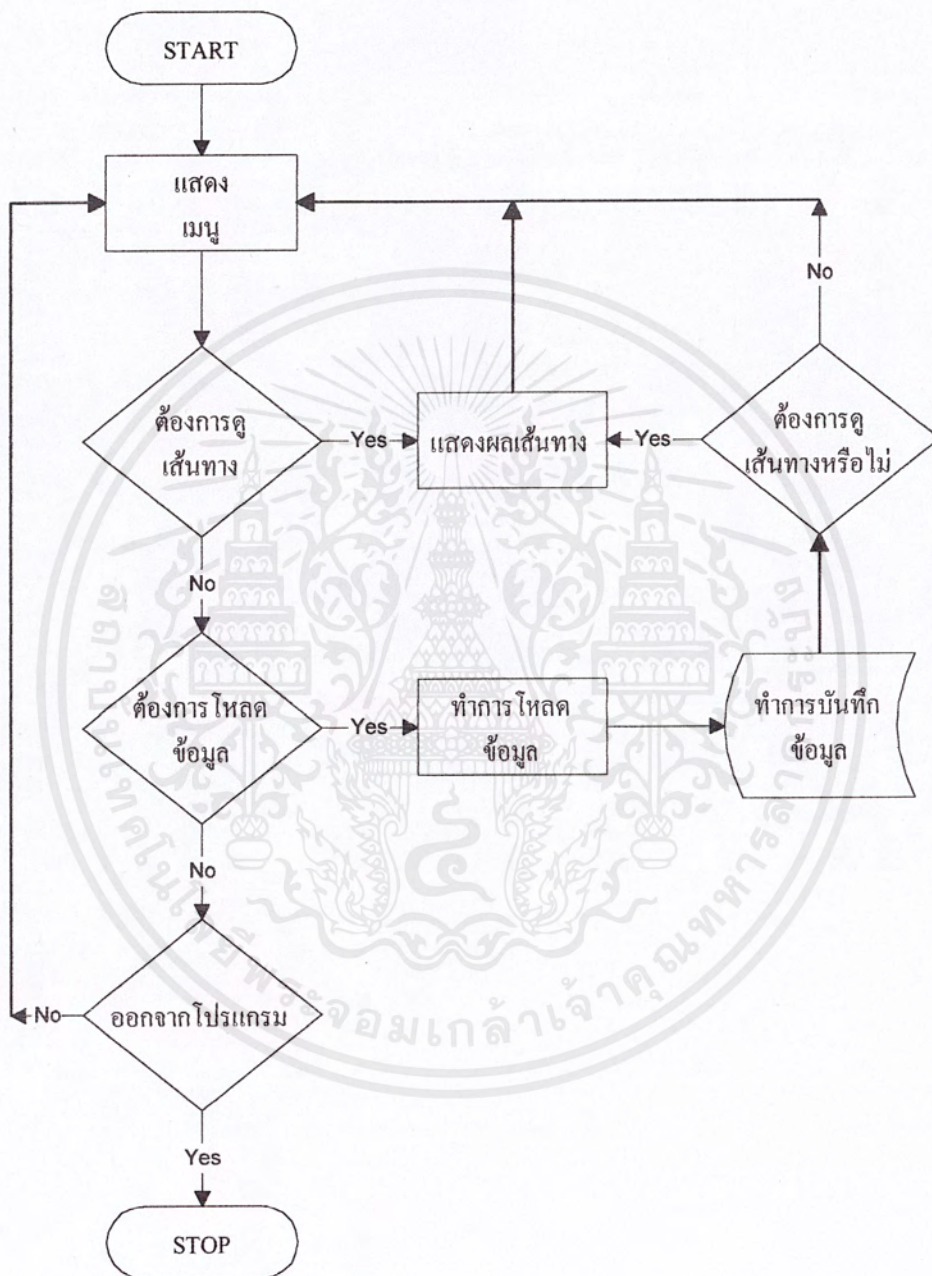
1. โหลดข้อมูลจากเครื่องเก็บข้อมูลมาเก็บบนคอมพิวเตอร์
2. นำข้อมูลที่ได้มามากำหนดและถอดรหัส
3. แสดงผลออกมาเป็นเส้นทางการเดินรถ
4. ติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องเก็บข้อมูลเส้นทางการเดินรถ

การเขียน โปรแกรม Visual Basic จะเขียนขึ้นมาเป็นเมนูให้เลือกซึ่งจะทำให้สะดวกต่อ

การใช้งาน



โดยจะมี Flow Chart การทำงานของโปรแกรมดังนี้



รูปที่ 3.8 FLOWCHART แสดงการเขียนโปรแกรม Visual Basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

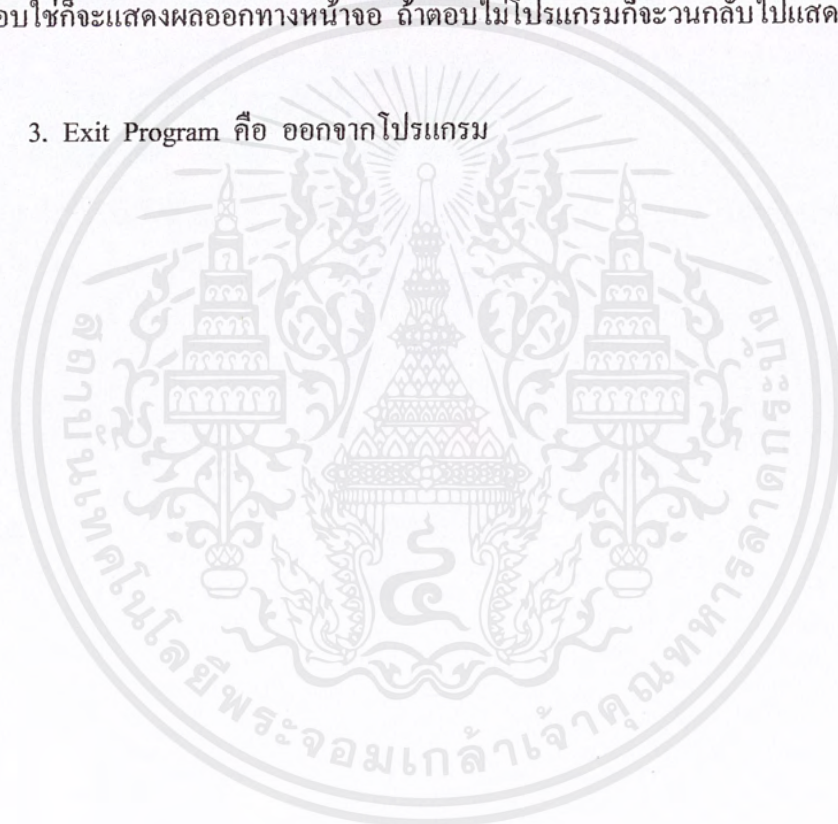
3.10.4 การทำงานของโปรแกรม Visual Basic

เมื่อเริ่มเรียกโปรแกรม โปรแกรมก็จะแสดงเมนูขึ้นมาให้เลือก 3 ตัวเลือก

1. Display Route คือ ให้แสดงเส้นทาง โดยในเมนูนี้โปรแกรมจะให้ระบุวันที่ ที่ต้องการนำมาแสดงผล ซึ่งโปรแกรมจะแสดงเส้นทางของวันที่ ที่ได้ระบุลงไป

2. Load Data คือ ทำการโหลดข้อมูลจากเครื่องเก็บข้อมูลเส้นทางของรถ และจะต้องเสียบสายสัญญาณด้วย เมื่อเสียบสายสัญญาณและเลือกที่เมนูนี้โปรแกรมก็จะทำการโหลดข้อมูลมาบันทึกไว้ยังเครื่องคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมก็จะถามว่าจะให้แสดงเส้นทางของข้อมูลนี้หรือไม่ ถ้าตอบใช่ก็จะแสดงผลออกทางหน้าจอ ถ้าตอบไม่โปรแกรมก็จะวนกลับไปแสดงเมนูใหม่

3. Exit Program คือ ออกจากโปรแกรม



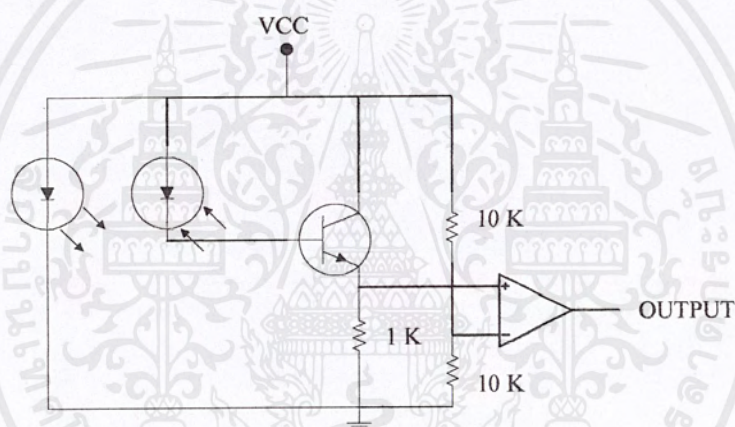
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

โดยการทดลองจะแบ่งออกเป็นส่วนย่อยๆ เพื่อที่จะสามารถทดลองให้แต่ละส่วนสามารถทำงานได้แล้ว จากนั้นก็นำมารวมกันเป็นวงจรสำเร็จ

4.1 วงจร รับ-ส่ง อินฟราเรด

ออกแบบวงจรเซ็นเซอร์อินฟราเรด และทดลองวงจร
ได้วงจรดังรูป



รูปที่ 4.1 แสดงวงจร รับ-ส่ง อินฟราเรด

4.1.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. ประกอบวงจรดังรูปลงบน Photo Board
2. ทดลองจ่ายไฟเลี้ยงให้แก่วงจร
3. นำตัวส่งอินฟราเรดไปส่องที่ตัวรับแล้วดูว่ามีเอ้าท์พุทเกิดขึ้นหรือไม่

4.1.2 ผลการทดลอง

วงจรสามารถทำงานได้ แต่อาจจะมีปัญหาบ้างเมื่อตัวรับถูกแสงอาทิตย์ จะทำให้เอ้าท์พุทที่ไม่ต้องการเกิดขึ้น ทำให้เกิดความผิดพลาดในการแสดงผล

4.2 ทดลองวงจรที่ได้ประกอบลงปริ้นเอนกประสงค์

ประกอบวงจร รับ-ส่ง อินฟราเรดที่ได้ทดลองไว้ลงบนปริ้นเอนกประสงค์ จำนวน 12 ชุด ก็จะได้อุปกรณ์รับ-ส่ง อินฟราเรดจำนวน 12 ตัว

4.2.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. นำตัวส่งอินฟราเรดส่งไปยังตัวรับทีละตัว แล้วสังเกตผลที่เข้าที่พุดเพื่อเช็คว่าวงจรสามารถทำงานได้ครบทั้งหมดหรือไม่
2. ถ้าเข้าที่พุดตัวใดไม่ติดก็ให้ทดลองเปลี่ยนตัวรับอินฟราเรด แล้วทดลองใหม่

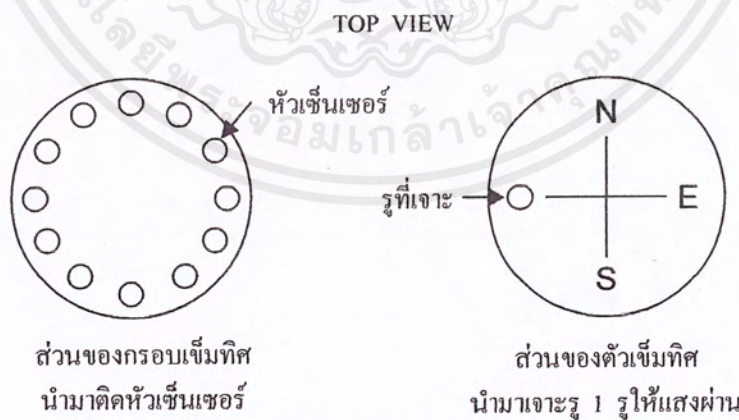
4.2.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองปรากฏว่ามีตัวรับอินฟราเรด 2 ตัว ที่ไม่ทำงาน ต้องจัดหาซื้อมาเปลี่ยนใหม่

4.3 นำเข็มทิศมาติดตั้งกับตัวรับอินฟราเรด

4.3.1 ขั้นตอนการติดตั้งตัวรับอินฟราเรดกับเข็มทิศ

1. นำเข็มทิศมาผ่าเอาฝาครอบออก
2. เจาะรูที่แผ่นแม่เหล็กของเข็มทิศจำนวน 1 รู ให้มีขนาดเล็กดังรูป



รูปที่ 4.2 แสดงการเจาะรูเข็มทิศ

3. เจาะรูที่กรอบล่างของเข็มทิศให้มีขนาดรูเท่ากับตัวรับอินฟราเรดจำนวน 12 รู โดยให้มีระยะห่างเท่าๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำตัวรับอินฟราเรดทั้ง 12 ตัวมาติดตั้งกับกรอบของเข็มทิศ แล้วติดกาวยึดแน่น

4.3.2 ทดลองเข็มทิศ

1. ทดลองตัวรับอินฟราเรดว่าสามารถรับแสงผ่านรูเข็มทิศได้หรือไม่

4.3.3 ผลการทดลอง

1. ตัวรับสามารถรับแสงได้แต่ยังมีปัญหาคือเมื่อส่องแสงไปยังตัวรับตัวใดตัวหนึ่ง ตัวรับที่อยู่ด้านข้างจะรับแสงได้ด้วยจึงทำให้เกิดปัญหาในการบอกทิศทางของเข็มทิศ

4.4 ทดลองเข็มทิศขณะรถวิ่งว่าสามารถชี้ทิศทางได้หรือไม่

การทดลองก็นำเข็มทิศไปติดตั้งบนรถยนต์

4.4.1 ผลการทดลอง

จากการทดลองนำเข็มทิศไปชี้ทิศทางกับรถยนต์ปรากฏว่าสัญญาณไม่สามารถชี้ทิศทางที่แน่นอนได้

4.4.2 การแก้ปัญหา

ต้องเปลี่ยนเข็มทิศเป็นชนิดที่ใส่น้ำมันไว้ข้างใน เพื่อให้เข็มทิศมีความหนืดสามารถที่จะชี้ทิศทางได้แม่นยำ แต่มีราคาแพงกว่าเดิมมาก

เปลี่ยนเข็มทิศเป็นแบบที่ใส่น้ำมันบรรจุไว้ข้างใน และทำการเจาะรูตามแบบเดิม จากนั้นก็นำตัวรับอินฟราเรดมาใส่ในเข็มทิศตัวใหม่และทดสอบใช้งานกับรถยนต์

ทำการทดลองซ้ำแบบเดิมอีกครั้งหนึ่ง

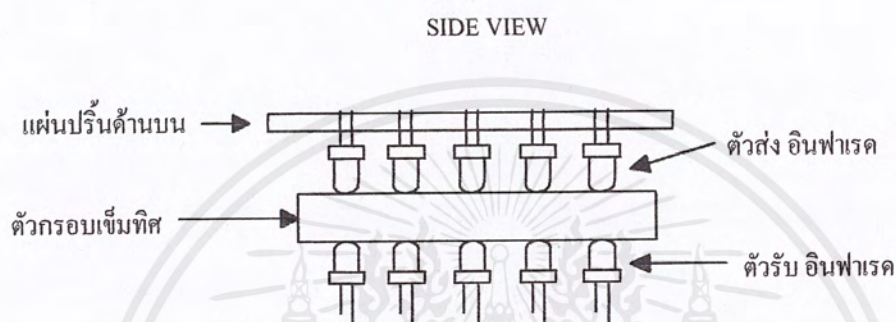
4.4.3 ผลการทดลอง

จากการทดลองปรากฏว่าเข็มทิศไม่สั่นมากสามารถที่จะแสดงผลได้แม่นยำกว่าเดิมมาก

4.5 ติดตั้งตัวส่งอินฟราเรดให้ตรงกับตัวรับทั้ง 12 ตัว และทดลองใช้งาน

4.5.1 ขั้นตอนการติดตั้ง

1. นำตัวส่งอินฟราเรดมาบัดกรีลงบนแผ่นปริ้นเอนกประสงค์ ให้เป็นวงกลมโดยมีตำแหน่งตรงกันกับตัวรับทั้ง 12 ตัว ดังรูป



รูปที่ 4.3 แสดงการติดตั้งตัว รับ-ส่ง อินฟราเรด

2. ทดลองจ่ายไฟให้แก่วงจรแล้วสังเกตผลที่เข้าที่พุด

4.5.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองปรากฏว่าเข้าที่พุดที่แสดงผลด้วยหลอด LED นั้นติดมากกว่าหนึ่งหลอดไม่สามารถระบุทิศทางได้ เนื่องจากแสงอินฟราเรดที่ส่องออกไปไม่เป็นแนวเส้นตรงทำให้ตัวรับที่อยู่ข้าง ๆ นั้นสามารถที่จะรับแสงได้

4.6 แก้ไขข้อผิดพลาดจากการติดตั้งตัวส่งอินฟราเรด

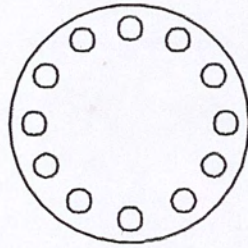
4.6.1 โดยมีวิธีการแก้ไขดังนี้

1. นำแผ่นพลาสติกมาตัดเป็นวงกลมขนาดเท่ากับเข็มทิศ
2. เจาะรูเล็กๆ จำนวน 12 รู โดยมีตำแหน่งตรงกันกับตัวรับอินฟราเรด
3. นำแผ่นพลาสติกที่เจาะรูเสร็จแล้วมาติดไว้ระหว่างตัวส่งอินฟราเรดกับเข็มทิศดัง

รูปที่ 4.4

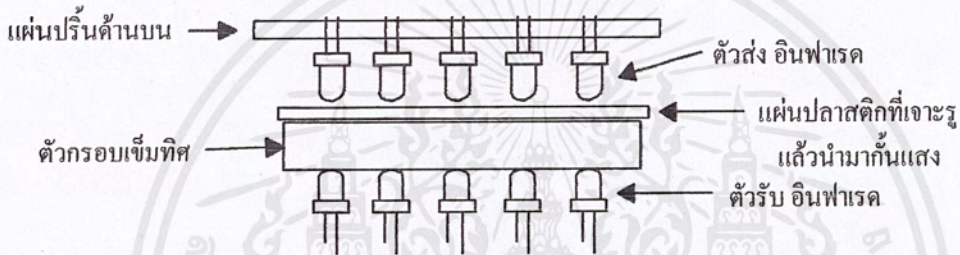
4. ทดลองใช้งาน

TOP VIEW



แผ่นพลาสติกที่นำมาเจาะรู

SIDE VIEW



รูปที่ 4.4 การติดแผ่นพลาสติกกันแสง

4.6.2 ผลการทดลอง

จากการแก้ไขทำให้ได้เข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถชี้ทิศทางได้

4.7 ทดสอบวงจรหน่วยความจำโดยการเขียนโปรแกรมทดสอบโดยใช้โปรแกรมภาษาแอสเซมบลี

4.7.1 หลักการเขียนโปรแกรมทดสอบ

เขียนโปรแกรมให้นำข้อมูล 01H ไปเก็บไว้ที่ตำแหน่ง 0000H และนำข้อมูลนั้นมาแสดงผลออกทางหลอด LED โดยหลอด LED จะ ติด-ดับ สลับกัน ถ้าไม่ติดแสดงว่าวงจรหน่วยความจำไม่สามารถทำงานได้ โดยมีโปรแกรมทดสอบดังนี้

```

CPU "8051.TBL"
HOF "INT8"

ORG 000H
LJMP MAIN
    
```

```
ORG 0003H
```

```
SJMP STEP
```

```

B: EQU 0F0H ;B REGISTER
ACC: EQU 0E0H ;ACCUMULATOR
P3: EQU 0B0H ;PORT 3
P3.2: EQU 0B2H
P2: EQU 0A0H ;PORT 2
SBUF: EQU 99H ;SEND BUFFER
P1: EQU 90H ;PORT 1
P0: EQU 80H ;PORT 0
EA: EQU 0AFH ;ENABLE ALL INTERRUPT
EX1: EQU 0AAH ;ENABLE EXTERNAL 1 INTERR
IE: EQU 0A8H ;ENABLE EXTERNAL 0 INTERR
PORTA: EQU 8000H
PORTB: EQU 8001H
PORTC: EQU 8002H
CONT: EQU 8003H
DPH: EQU 83H ;DATA POINTER HIGH
DPL: EQU 82H ;DATA POINTER LOW

MAIN: MOV IE,#00H ;DISABLE OR ENABLE INTERUPT

MOV DPTR,#0000H
MAIN1: PUSH 83H
PUSH 82H

MOV A,#01H ;WRITE MEMMORY 0000H BY #01H

```

```

MOVX @DPTR,A
MOV A,#02H
MOVX A,@DPTR ;READ MEMMMORY 0000H TO PORT A
MOV B,A

```

```

MOV DPTR,#CONT
MOV A,#80H
MOVX @DPTR,A

```

```

MOV DPTR,#PORTA
MOV A,B
MOVX @DPTR,A
LCALL DELAY
MOV A,#02H
MOV DPTR,#PORTA
MOVX @DPTR,A
LCALL DELAY
POP 82H
POP 82H
INC DPTR
LJMP MAIN1

```

```

DELAY: MOV R0,#0FFH
DELAY1: MOV R1,#0FFH
DELAY2: NOP
        DJNZ R1,DELAY2
        DJNZ R0,DELAY1
RET

```

```
STEP: JNB P3.2,$ ;RUNSTEP BY SWITCH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

JB P3.2,\$

RETI

END

4.7.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. นำสายแพะระหว่างบอร์ดคอนโทรลเลอร์และบอร์ดหน่วยความจำ
2. ถ่ายโปรแกรมข้างบนลง RAM PACK ซึ่งทำหน้าที่เป็นเหมือน ROM
3. ทดลองจ่ายไฟให้แก่วงจรและสังเกตผลที่ได้

4.7.3 ผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อลองจ่ายไฟรัน โปรแกรม ปรากฏว่าหลอด LED ไม่ติดเลย แสดงว่าบอร์ดหน่วยความจำไม่ทำงาน

ตรวจเช็คหาจุดเสียของบอร์ดหน่วยความจำ และทดลองรันโปรแกรม

4.7.4 ขั้นตอนการตรวจเช็ค

1. เขียนโปรแกรมให้รันแบบทีละเสต็ปเพื่อตรวจสอบ
2. ใช้มัลติมิเตอร์วัดสัญญาณที่เอาต์พุต ของ IC 74LS138
3. ใช้มัลติมิเตอร์วัดสัญญาณที่ขา A,B,C ของ IC 74LS138

4.7.5 ผลการตรวจเช็ค

ปรากฏว่าที่ขา A ของ IC 74LS138 จะเป็น “1” ตลอดทำให้การ Decode ผิดพลาด ที่เป็นเช่นนั้นเพราะว่า ขา A ของ IC 74LS138 นั้นต่ออยู่กับขาแอดเดรส ของ CPU คือ ขา A13 ซึ่งขา A13 นี้ต่อกับขาที่ 26 ของ RAM PACK เมื่อดูจากวงจร RAM PACK ตัวนี้แล้ว ขาที่ 26 นี้ต่ออยู่กับไฟบวก 5 โวลท์ จึงทำให้ขา A13 นั้นเป็น “1” ดังตลอดเวลา

4.7.6 การแก้ไขปัญหา

การแก้ไขทำได้โดยการนำ Socket มาเสียบที่ RAM PACK แล้วหักขาที่ 26 นั้น เสียบวงจรก็สามารถทำงานได้ตามโปรแกรม

4.8 สร้างวงจรวัดระยะทางและทดลอง

สำหรับวงจรเซ็นเซอร์ใช้วงจรเดียวกันกับวงจรเซ็นเซอร์เข็มทิศ

4.8.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. นำเซ็นเซอร์ไปติดตั้งกับเฟือง
2. ต่อสายสัญญาณเข้ามายังบอร์ดคอนโทรลเลอร์
3. เขียนโปรแกรมรับข้อมูลแล้วนำค่ามาแสดงผลทางหลอด LED

4.8.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองปรากฏว่าวงจรทำงานได้อย่างไม่มีปัญหาสามารถนับระยะทางได้

4.9 นำวงจรทุกภาคที่ได้ทดลองมาทั้งหมดประกอบใช้งานร่วมกัน

4.9.1 ขั้นตอนการทดลอง

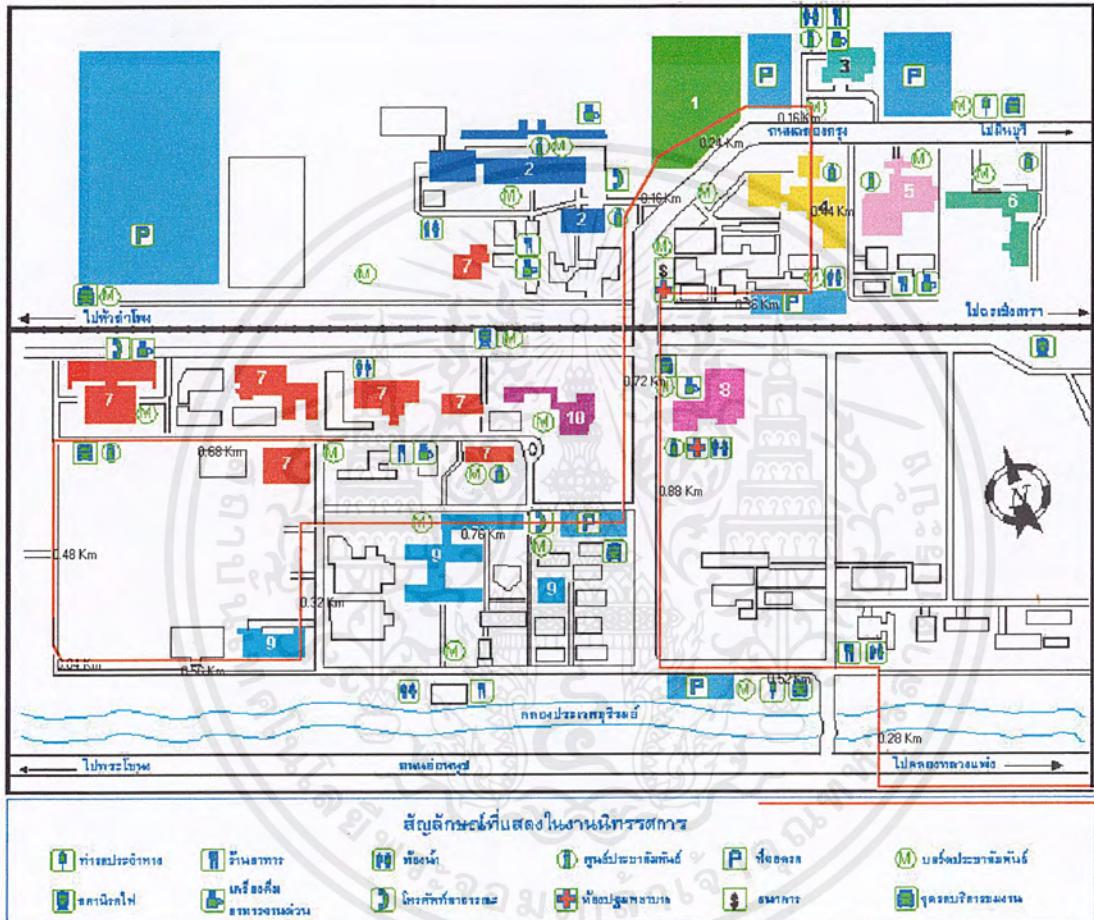
1. นำวงจรทั้งหมดซึ่งจะแบ่งเป็น 3 ภาคใหญ่ มาประกอบเข้าด้วยกัน ซึ่งได้แก่
 1. ภาคคอนโทรลเลอร์และหน่วยความจำ
 2. ภาคเข็มทิศ
 3. ภาควัดระยะทาง
2. เขียนโปรแกรมที่ใช้งานจริงแล้วถ่ายโปรแกรมลง RAMPACK จากนั้นนำ RAMPACK ไปเสียบที่บอร์ดคอนโทรลเลอร์
3. ทดลองรันเครื่องโดยใช้มือก่อนโดยใช้การหมุนตัวเซ็นเซอร์ระยะทางไปข้างหน้าเมื่อได้ระยะหนึ่งให้ลองเปลี่ยนทิศทาง ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ
4. นำสาย RS-232 มาเสียบระหว่างตัวเครื่องและคอมพิวเตอร์
5. รันโปรแกรม Visual Basic บนคอมพิวเตอร์ โปรแกรมจะทำการโหลดข้อมูลจากเครื่องขึ้นไปเก็บไว้บนคอมพิวเตอร์
6. นำข้อมูลที่เก็บไว้ออกมาแสดงผลดู

4.9.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองการแสดงผลที่หน้าจอ สามารถบอกเส้นทางได้แต่ยังมีสเกลที่ไม่แน่นอน ซึ่งจะสามารถแก้ไขได้ด้วยโปรแกรม

4.10.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองได้ผลดังรูปแต่ยังไม่ตรงกับแผนที่มากนัก ทั้งนี้เกิดจากการ error ของเจ็มทิส (เส้นสีแดงคือเส้นทางที่ได้ทำการเก็บข้อมูล)



รูปที่ 4.6 รูปแสดงผลการทดลองจากการติดตั้งบนรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์

5.1 สรุป

ในการทำโครงการชุดนี้ ได้ทำเครื่องเก็บข้อมูลและเส้นทางการใช้ยานพาหนะ ที่สามารถนำข้อมูลที่เก็บได้นั้นขึ้นมาแสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ จึงสามารถที่จะตรวจสอบได้ว่ายานพาหนะแต่ละคันได้เดินทางไปที่ไหนมาบ้าง ซึ่งในการทำโครงการชุดนี้ได้ใช้ชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในการประมวลผลและเก็บข้อมูล ต่อจากนั้นเมื่อนำรถเข้ามาเก็บในโรงเก็บรถก็จะใช้สายสัญญาณต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และเครื่องเก็บข้อมูล เมื่อรันโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะทำการถ่ายข้อมูลจากเครื่องเก็บข้อมูลมาเก็บไว้ยังคอมพิวเตอร์ และนำไปแสดงผลต่อไป

5.2 วิจารณ์

โครงการชุดนี้ยังไม่มีแผนที่ซึ่งเป็นฐานข้อมูลหลักที่สมบูรณ์ ดังนั้นต้องใช้เวลาในการเก็บข้อมูลทำแผนที่ และทิศทางของเข็มทิศยังมีข้อผิดพลาดอยู่บ้าง

เอกสารอ้างอิง

1. คู่มือและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ; ประเมษฐ์ ประณยานันท์ ; ปิยพงศ์ เผ่าวานิช
2. รวมโครงการ เรื่องรีโมตเครื่องควบคุมไร้สาย ; ซีเอ็ดดูเกชั่น 2538
3. การโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ; สุนทร วิฑูรพจน์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

PORTA      EQU  8000H
PORTB      EQU  8001H
PORTC      EQU  8002H
PORTCON    EQU  8003H

```

```

ORG  0000H
LJMP START

```

```

ORG  0023H
LJMP CH_IN ;JUMP TO CHECK SERIAL INTERUPT

```

```

ORG  0030H
START:
LCALL INITIAL_8255
;*****
;INITIAL SERIAL PORT
MOV  PCON,#00H ;SMOD=0
MOV  SCON,#52H ;REN=1 (MODE 1)
MOV  TMOD,#26H ;TIMER-1 AND COUNTER-0 MODE2
MOV  TH1,#0FDH ;BAUD=9600
SETB TR0 ;START COUNTER0
SETB TR1 ;START TIMER-1(SERIAL PORT)
SETB EA ;ENABLE ALL INTERUPT
LJMP MAIN

```

```

;*****INITAIZE 8255*****

```

```

INITIAL_8255:
MOV  DPTR,#PORTCON
MOV  A,#92H ;PA=IN ,PB=IN ,PCL=OUT ,PCH=OUT
MOVX @DPTR,A ;OUT DATA INITAIL 8255

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LCALL DELAY      ;DELAY INITAIL
MOVX @DPTR,A    ;OUT DATA INITAIL 8255
RET

```

```

;*****
;

```

```

;*****FUNCTION DELAY*****
;

```

```

DELAY:

```

```

    PUSH 00H
    PUSH 01H
    MOV R1,#00H    ;DEFINE DELAY HIGH BYTE
    MOV R0,#00H    ;DEFINE DELAY LOW BYTE
DELAY1:
    DJNZ R0,$      ;LOW BYTE = 0?
    DJNZ R1,DELAY1 ;HIGH BYTE = 0?
    POP 01H
    POP 00H
    RET

```

```

;*****
;

```

```

;*****FUNCTION DELAY*****
;

```

```

DELAY_INPUT:

```

```

    PUSH 00H
    MOV R0,#00H    ;DEFINE DELAY LOW BYTE
    DJNZ R0,$      ;LOW BYTE = 0?
    POP 00H
    RET

```

```

;*****
;

```

```
,***** SEND DATA *****
```

```
SEND:
```

```
MOV SBUF,A
JNB TI,$ ;WAIT SEND DATA?
CLR TI ;RESET STATUS SEND
RET
```

```
,*****
```

```
,***** SET 100M*****
```

```
S1:
```

```
MOV A,#0FFH
SUBB A,8AH ;0FFH-(TLO)
MOV TH0,A
RET
```

```
,*****
```

```
,***** IN DATA COMPASS *****
```

```
REC:
```

```
PUSH 02H
PUSH 03H
PUSH 04H
PUSH 82H
PUSH 83H

MOV DPTR,#PORTA
MOVX A,@DPTR
MOV R3,A
MOV DPTR,#PORTB
MOVX A,@DPTR
ANL A,#0FH
MOV R4,A
CJNE R3,#00H,RE1
CJNE R4,#00H,RE1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV A,R6
POP 83H
POP 82H
POP 04H
POP 03H
POP 02H
RET
```

RE1:

```
MOV R6,#00H
MOV R5,#08H
CLR C
MOV A,R3
```

RE2:

```
INC R6
RRC A
JC RE4
DJNZ R5,RE2
MOV R5,#04H
MOV A,R4
```

RE3:

```
INC R6
RRC A
JC RE4
DJNZ R5,RE3
```

RE4:

```
MOV A,R6
POP 83H
POP 82H
POP 04H
POP 03H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

POP 02H

RET

***** RECORD TO MEMERY *****

MEM:

MOV R1,#02H

MOV A,R3 ;CHECH R3 HAS DATA

JZ ME1

INC R1

MOV A,R4 ;CHECH R4 HAS DATA

JZ ME1

INC R1 ;R1=AMOUNT OF DATA

ME1:

MOV A,R1

SWAP A

ORL A,R7

ACALL SHIF ;CALL MEM DATA COMPASS

ACALL CHECK

MOV A,R2 ;MEM R2 LONG DISTANCE

ACALL SHIF

MOV R2,#00H

MOV A,R3

JZ ME2

ACALL SHIF ;MEM R3 LONG DISTANCE

MOV R3,#00H

MOV A,R4

JZ ME2

ACALL SHIF ;MEM R4 LONG DISTANCE

MOV R4,#00H

ME2:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RET

,*****

,***** MEM DATA AND SHIF ADD *****

SHIF:

MOVX @DPTR,A

INC DPTR

RET

,*****

,***** TRAN DATA TO COM *****

TRAN:

CLR ES

CLR RI

MOV R0,82H

MOV R1,83H

MOV DPTR,#0001H

MOV A,SBUF

CJNE A,#'c',L2

acall check

MOV A,#'p'

ACALL SEND

L3:

JNB RI,L3

MOV A,SBUF

CLR RI

CJNE A,#'y',L3

L1:

MOVX A,@DPTR

ACALL CHECK

ACALL SEND

JNB RI,\$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CLR RI
INC DPTR
MOV A,DPL
CJNE A,00H,L1
MOV A,DPH
CJNE A,01H,L1
MOV A,'#e'
ACALL SEND
MOV R2,#00H
MOV R3,#00H
MOV R4,#00H
MOV DPTR,#0003H
L2:
ACALL LIGHT
SETB ES
RETI
;*****
;***** CHECK SERIAL INTERUPT ***
CH_IN:
JNB RI,CH1 ;CHECK FOR TRANSMISSION INTERUPT
ACALL REC
MOV R7,A
ACALL MEM
ACALL REC_DPTR
ACALL TRAN
CH1:
RETI
;*****
;***** RECORD DPTR *****
REC_DPTR:

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

PUSH 82H
PUSH 83H
MOV B,83H
MOV A,DPL
MOV DPTR,#0001H
MOVX @DPTR,A ;RECORD DPL ADD 0000H
INC DPTR
MOV A,B
MOVX @DPTR,A ;RECORD DPH ADD 0001H
POP 83H
POP 82H
RET

```

```

;*****
CHECH:

```

```

PUSH 82H
PUSH 83H
MOV DPTR,#PORTC
MOVX @DPTR,A
POP 83H
POP 82H
RET

```

```

;*****

```

```

LIGHT:

```

```

MOV R2,#02H

```

```

LOOP:

```

```

MOV A,#0FFH
ACALL CHECH
ACALL DELAY
MOV A,#00H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ACALL CHECK
ACALL DELAY
DJNZ R2,LOOP
RET
```

```
;***** MAIN PROGRAM *****
```

```
MAIN:
```

```
CLR P1.7
JNB P1.7,$
ACALL LIGHT
ACALL S1 ;CALL SUB PROGRAM SET 100M
SETB ES ;ENABLE SERIAL INTERUPT
MOV DPTR,#0003H
MOV R2,#00H
MOV R3,#00H
MOV R4,#00H
M1:
ACALL REC ;INPUT COMPASS
MOV R7,A ;R7 = VALUE COMPASS
M3:
JNB TF0,$ ;CHECK DISTANCE 100M
CLR TF0
INC R2 ;IF DISTANCE=100M INC R2
CJNE R2,#0FFH,M2
INC R3 ;IF DISTANCE=25,600M OR R2=256 INC R3
CJNE R3,#0FFH,M2
INC R4
M2:
ACALL REC
MOV A,R6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CLR C

SUBB A,07H ;CHECK COMPASS

JZ M3

ACALL MEM

SJMP M1

END



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



8255A/8255A-5 PROGRAMMABLE PERIPHERAL INTERFACE

- MCS-85™ Compatible 8255A-5
- 24 Programmable I/O Pins
- Completely TTL Compatible
- Fully Compatible with Intel Microprocessor Families
- Improved Timing Characteristics
- Direct Bit Set/Reset Capability Easing Control Application Interface
- Reduces System Package Count
- Improved DC Driving Capability
- Available in EXPRESS
 - Standard Temperature Range
 - Extended Temperature Range
- 40 Pin DIP Package or 44 Lead PLCC
(See Intel Packaging Order Number: 231369)

The Intel 8255A is a general purpose programmable I/O device designed for use with Intel microprocessors. It has 24 I/O pins which may be individually programmed in 2 groups of 12 and used in 3 major modes of operation. In the first mode (MODE 0), each group of 12 I/O pins may be programmed in sets of 4 to be input or output. In MODE 1, the second mode, each group may be programmed to have 8 lines of input or output. Of the remaining 4 pins, 3 are used for handshaking and interrupt control signals. The third mode of operation (MODE 2) is a bidirectional bus mode which uses 8 lines for a bidirectional bus, and 5 lines, borrowing one from the other group, for handshaking.

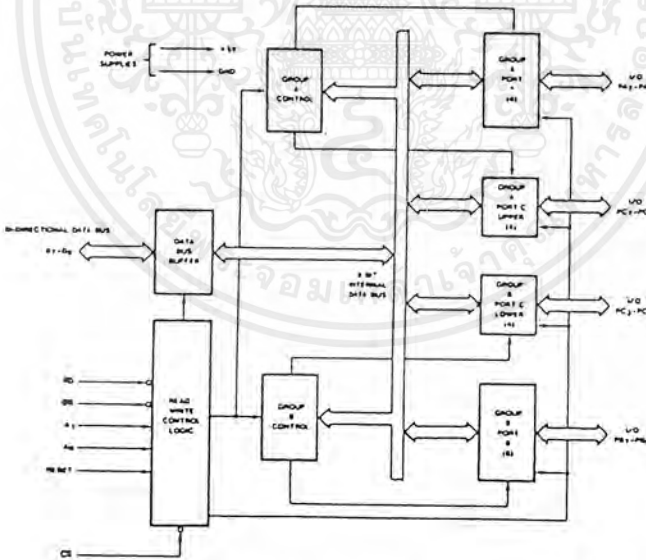


Figure 1. 8255A Block Diagram

231308-1

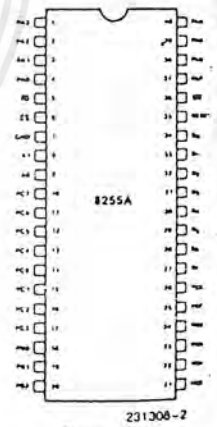


Figure 2. Pin Configuration

September 1987
Order Number: 231306-001

8255A FUNCTIONAL DESCRIPTION

General

The 8255A is a programmable peripheral interface (PPI) device designed for use in Intel microcomputer systems. Its function is that of a general purpose I/O component to interface peripheral equipment to the microcomputer system bus. The functional configuration of the 8255A is programmed by the system software so that normally no external logic is necessary to interface peripheral devices or structures.

Data Bus Buffer

This 3-state bidirectional 8-bit buffer is used to interface the 8255A to the system data bus. Data is transmitted or received by the buffer upon execution of input or output instructions by the CPU. Control words and status information are also transferred through the data bus buffer.

Read/Write and Control Logic

The function of this block is to manage all of the internal and external transfers of both Data and Control or Status words. It accepts inputs from the

CPU Address and Control busses and in turn, issues commands to both of the Control Groups.

(CS)

Chip Select. A "low" on this input pin enables the communication between the 8255A and the CPU.

(RD)

Read. A "low" on this input pin enables the 8255A to send the data or status information to the CPU on the data bus. In essence, it allows the CPU to "read from" the 8255A.

(WR)

Write. A "low" on this input pin enables the CPU to write data or control words into the 8255A.

(A₀ and A₁)

Port Select 0 and Port Select 1. These input signals, in conjunction with the RD and WR inputs, control the selection of one of the three ports or the control word registers. They are normally connected to the least significant bits of the address bus (A₀ and A₁).

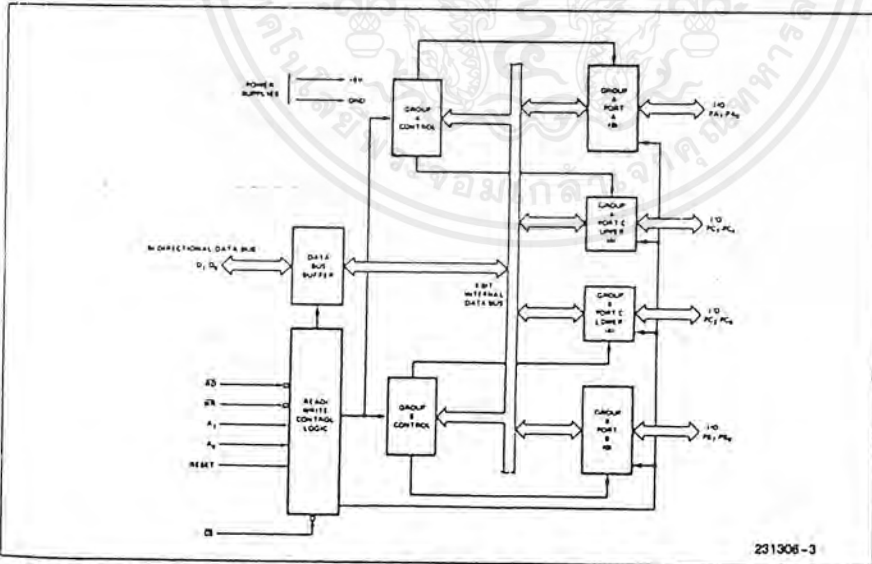


Figure 3. 8255A Block Diagram Showing Data Bus Buffer and Read/Write Control Logic Functions

8255A BASIC OPERATION

A ₁	A ₀	\overline{RD}	WR	\overline{CS}	Input Operation (READ)
0	0	0	1	0	Port A → Data Bus
0	1	0	1	0	Port B → Data Bus
1	0	0	1	0	Port C → Data Bus
					Output Operation (WRITE)
0	0	1	0	0	Data Bus → Port A
0	1	1	0	0	Data Bus → Port B
1	0	1	0	0	Data Bus → Port C
1	1	1	0	0	Data Bus → Control
					Disable Function
X	X	X	X	1	Data Bus → 3-State
1	1	0	1	0	Illegal Condition
X	X	1	1	0	Data Bus → 3-State

(RESET)

Reset. A "high" on this input clears the control register and all ports (A, B, C) are set to the input mode.

Group A and Group B Controls

The functional configuration of each port is programmed by the systems software. In essence, the CPU "outputs" a control word to the 8255A. The control word contains information such as "mode", "bit set", "bit reset", etc., that initializes the functional configuration of the 8255A.

Each of the Control blocks (Group A and Group B) accepts "commands" from the Read/Write Control Logic, receives "control words" from the internal data bus and issues the proper commands to its associated ports.

Control Group A—Port A and Port C upper (C7–C4)
Control Group B—Port B and Port C lower (C3–C0)

The Control Word Register can Only be written into. No Read operation of the Control Word Register is allowed.

Ports A, B, and C

The 8255A contains three 8-bit ports (A, B, and C). All can be configured in a wide variety of functional characteristics by the system software but each has its own special features or "personality" to further enhance the power and flexibility of the 8255A.

Port A. One 8-bit data output latch/buffer and one 8-bit data input latch.

Port B. One 8-bit data input/output latch/buffer and one 8-bit data input buffer.

Port C. One 8-bit data output latch/buffer and one 8-bit data input buffer (no latch for input). This port can be divided into two 4-bit ports under the mode control. Each 4-bit port contains a 4-bit latch and it can be used for the control signal outputs and status signal inputs in conjunction with ports A and B.

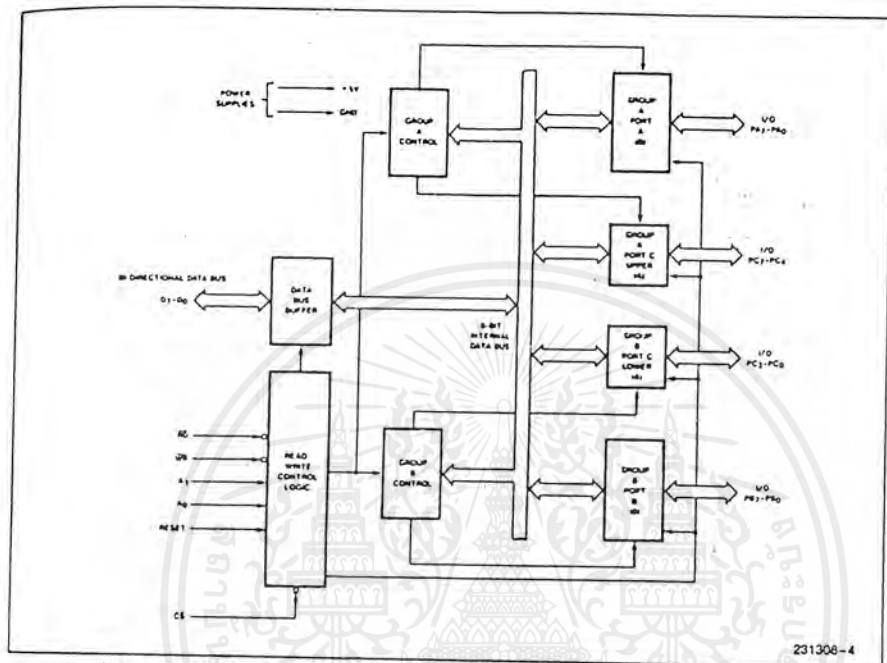
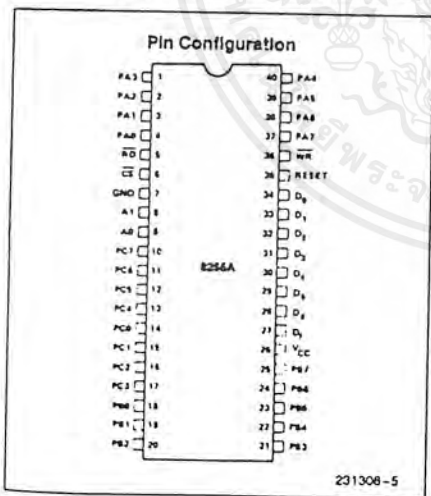


Figure 4. 8255A Block Diagram Showing Group A and Group B Control Functions



Pin Names	
D7-D0	Data Bus (Bi-Directional)
RESET	Reset Input
CS	Chip Select
RD	Read Input
WR	Write Input
A0, A1	Port Address
PA7-PA0	Port A (BIT)
PB7-PB0	Port B (BIT)
PC7-PC0	Port C (BIT)
VCC	+ 5 Volts
GND	0 Volts

8255A OPERATIONAL DESCRIPTION

Mode Selection

There are three basic modes of operation that can be selected by the system software:

Mode 0—Basic Input/Output

Mode 1—Strobed Input/Output

Mode 2—Bi-Directional Bus

When the reset input goes "high" all ports will be set to the input mode (i.e., all 24 lines will be in the high impedance state). After the reset is removed the 8255A can remain in the input mode with no additional initialization required. During the execution of the system program any of the other modes may be selected using a single output instruction. This allows a single 8255A to service a variety of peripheral devices with a simple software maintenance routine.

The modes for Port A and Port B can be separately defined, while Port C is divided into two portions as required by the Port A and Port B definitions. All of the output registers, including the status flip-flops, will be reset whenever the mode is changed. Modes may be combined so that their functional definition can be "tailored" to almost any I/O structure. For instance; Group B can be programmed in Mode 0 to monitor simple switch closings or display computational results, Group A could be programmed in Mode 1 to monitor a keyboard or tape reader on an interrupt-driven basis.

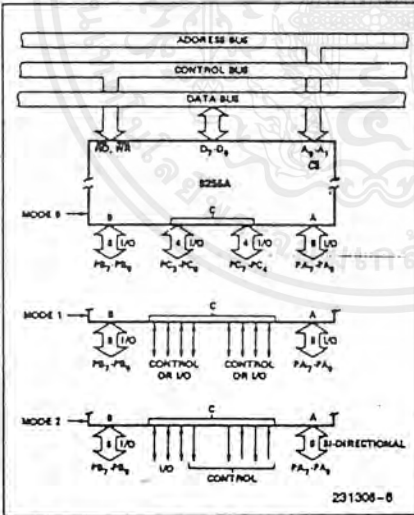


Figure 5. Basic Mode Definitions and Bus Interface

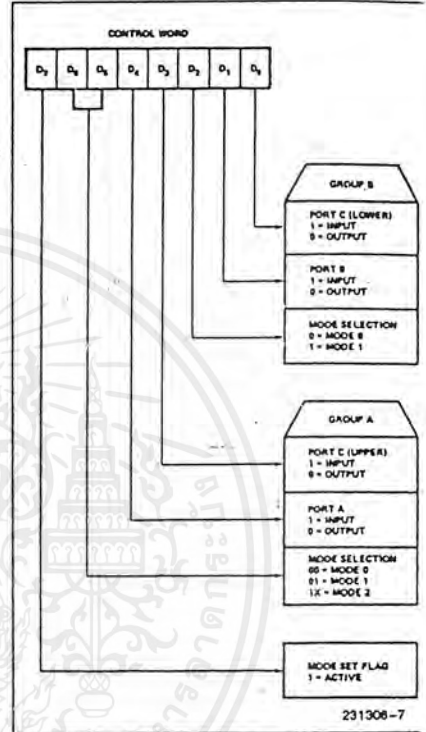


Figure 6. Mode Definition Format

The mode definitions and possible mode combinations may seem confusing at first but after a cursory review of the complete device operation a simple logical I/O approach will surface. The design of the 8255A has taken into account things such as efficient PC board layout, control signal definition vs P layout and complete functional flexibility to support almost any peripheral device with no external logic. Such design represents the maximum use of the available pins.

Single Bit Set/Reset Feature

Any of the eight bits of Port C can be Set or Reset using a single OUTPUT instruction. This feature reduces software requirements in Control-based applications.

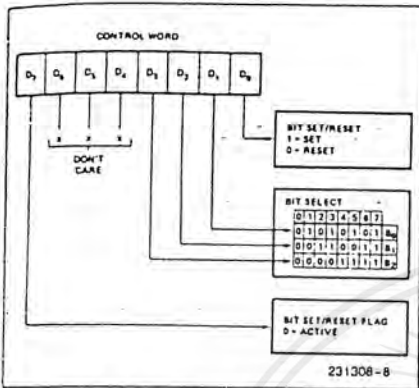


Figure 7. Bit Set/Reset Format

This function allows the Programmer to disallow or allow a specific I/O device to interrupt the CPU without affecting any other device in the interrupt structure.

INTE flip-flop definition:

(BIT-SET)—INTE is set—Interrupt enable

(BIT-RESET)—INTE is RESET—Interrupt disable

NOTE:

All Mask flip-flops are automatically reset during mode selection and device Reset.

Operating Modes

MODE 0 (Basic Input/Output). This functional configuration provides simple input and output operations for each of the three ports. No "handshaking" is required, data is simply written to or read from a specified port.

Mode 0 Basic Functional Definitions:

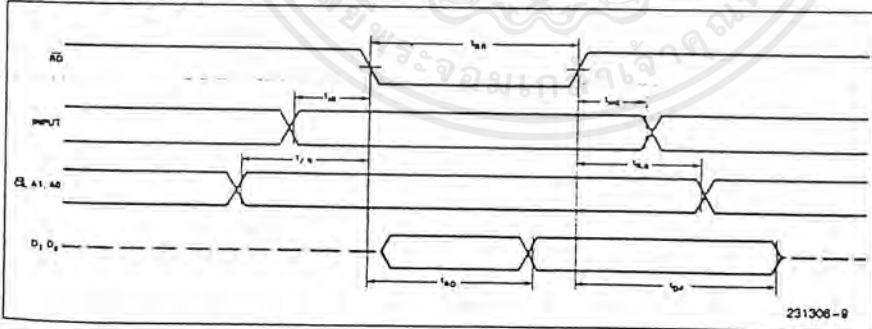
- Two 8-bit ports and two 4-bit ports.
- Any port can be input or output.
- Outputs are latched.
- Inputs are not latched.
- 16 different Input/Output configurations are possible in this Mode.

When Port C is being used as status/control for Port A or B, these bits can be set or reset by using the Bit Set/Reset operation just as if they were data output ports.

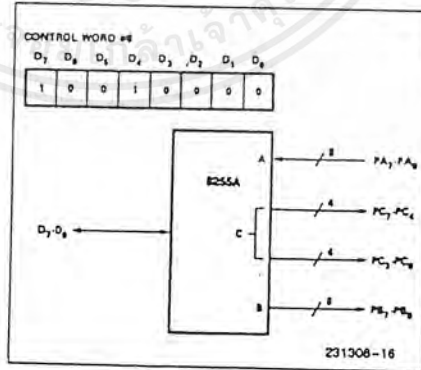
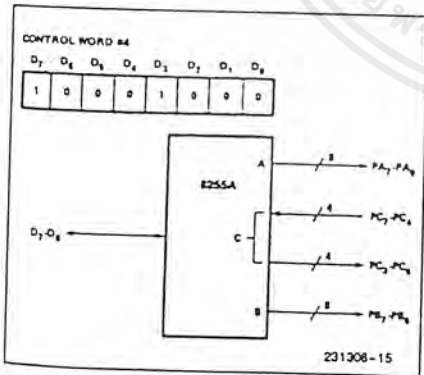
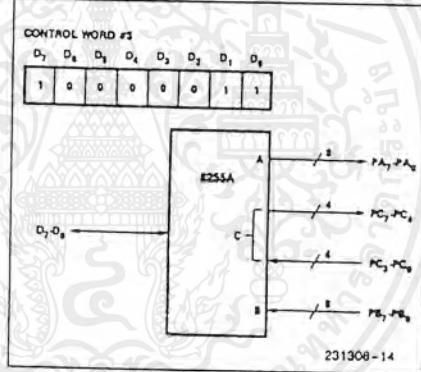
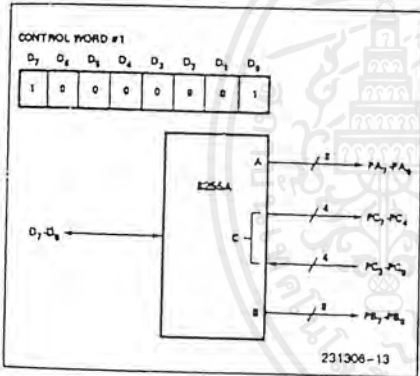
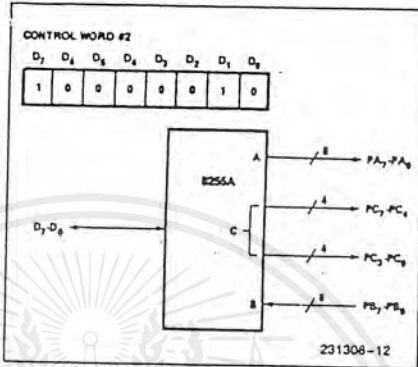
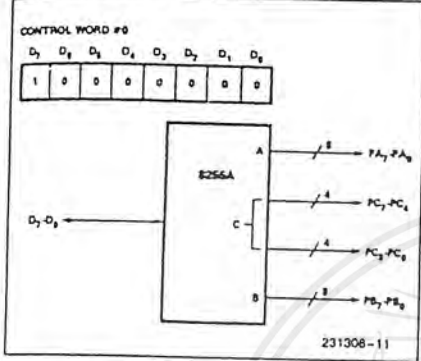
Interrupt Control Functions

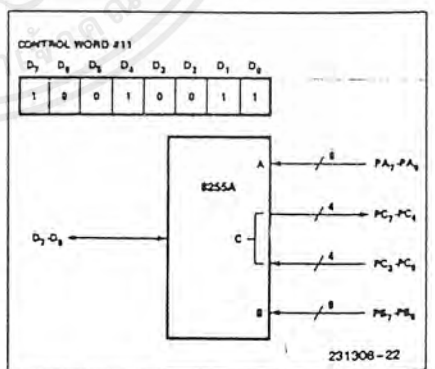
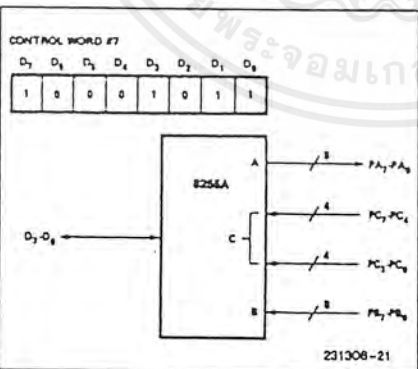
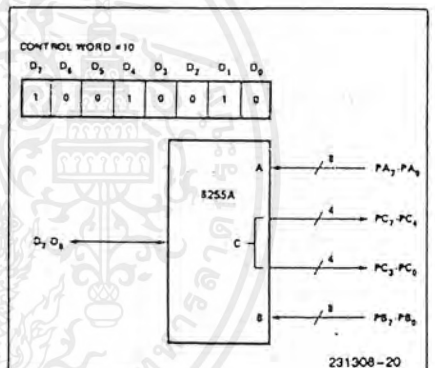
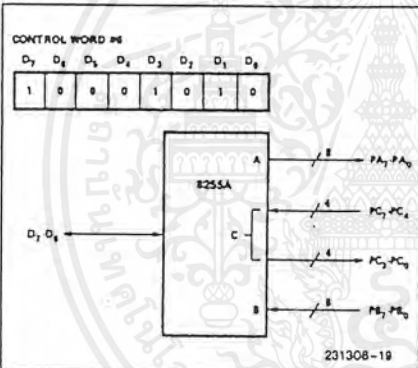
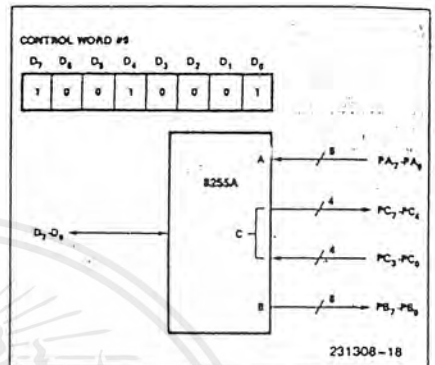
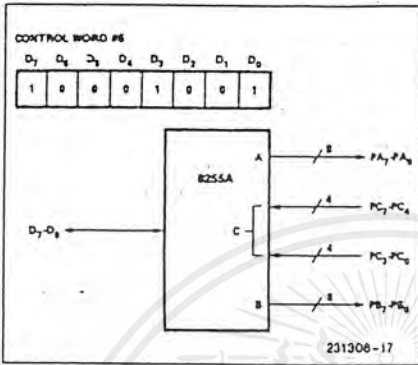
When the 8255A is programmed to operate in mode 1 or mode 2, control signals are provided that can be used as interrupt request inputs to the CPU. The interrupt request signals, generated from port C, can be inhibited or enabled by setting or resetting the associated INTE flip-flop, using the bit set/reset function of port C.

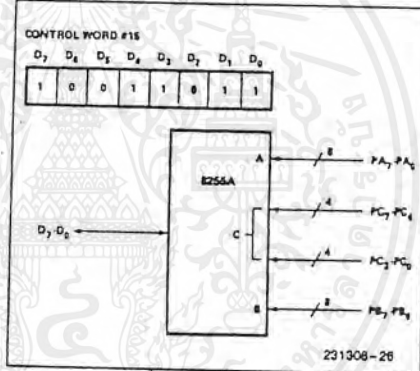
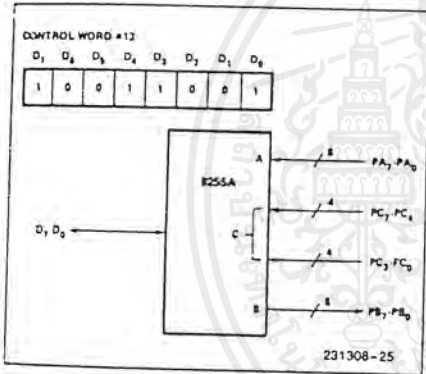
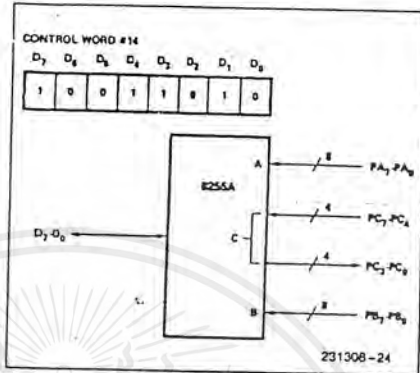
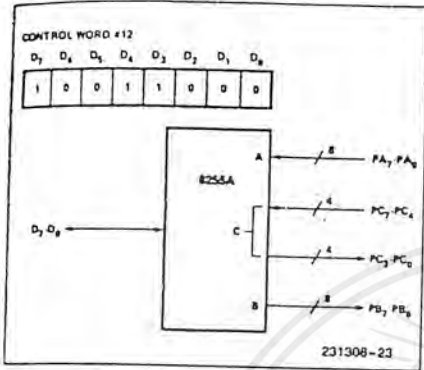
MODE 0 (BASIC INPUT)



MODE CONFIGURATIONS







Operating Modes

MODE 1 (Strobed Input/Output). This functional configuration provides a means for transferring I/O data to or from a specified port in conjunction with strobes or "handshaking" signals. In mode 1, port A and port B use the lines on port C to generate or accept these "handshaking" signals.

Mode 1 Basic Functional Definitions:

- Two Groups (Group A and Group B)
- Each group contains one 8-bit data port and one 4-bit control/data port.
- The 8-bit data port can be either input or output. Both inputs and outputs are latched.
- The 4-bit port is used for control and status of the 8-bit data port.

Input Control Signal Definition

STB (Strobe Input). A "low" on this input loads data into the input latch.

IBF (Input Buffer Full F/F)

A "high" on this output indicates that the data has been loaded into the input latch; in essence, an acknowledgement. IBF is set by STB input being low and is reset by the rising edge of the RD input.

INTR (Interrupt Request)

A "high" on this output can be used to interrupt the CPU when an input device is requesting service. INTR is set by the STB is a "one", IBF is a "one" and INTE is a "one". It is reset by the falling edge of RD. This procedure allows an input device to request service from the CPU by simply strobing its data into the port.

INTE A

Controlled by bit set/reset of PC₄.

INTE B

Controlled by bit set/reset of PC₂.

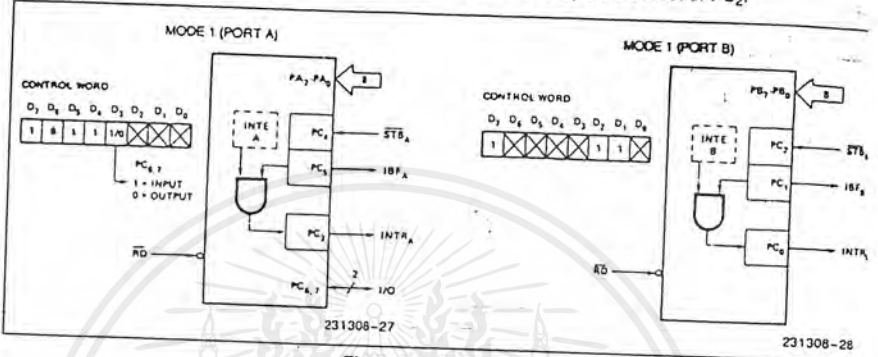


Figure 8. MODE 1 Input

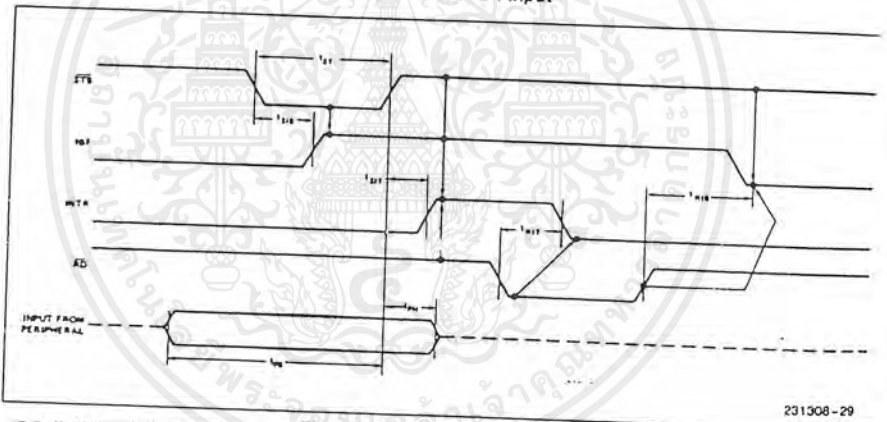


Figure 9. MODE 1 (Strobed Input)

Output Control Signal Definition

\overline{OBF} (Output Buffer Full F/F). The \overline{OBF} output will go "low" to indicate that the CPU has written data out to the specified port. The \overline{OBF} F/F will be set by the rising edge of the \overline{WR} input and reset by \overline{ACK} input being low.

\overline{ACK} (Acknowledge Input). A "low" on this input informs the 8255A that the data from port A or port B has been accepted. In essence, a response from the peripheral device indicating that it has received the data output by the CPU.

INTR (Interrupt Request). A "high" on this output can be used to interrupt the CPU when an output

device has accepted data transmitted by the CPU. INTR is set when \overline{ACK} is a "one", \overline{OBF} is a "one", and INTE is a "one". It is reset by the falling edge of \overline{WR} .

INTE A

Controlled by bit set/reset of PC_6 .

INTE B

Controlled by bit set/reset of PC_2 .

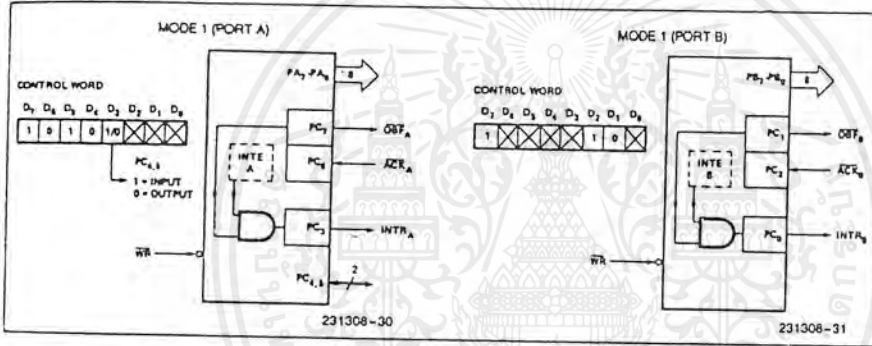


Figure 10. MODE 1 Output

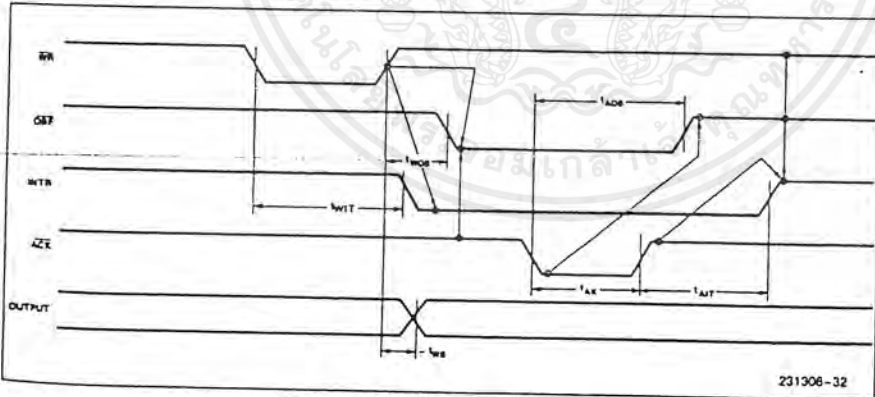


Figure 11. MODE 1 (Strobed Output)

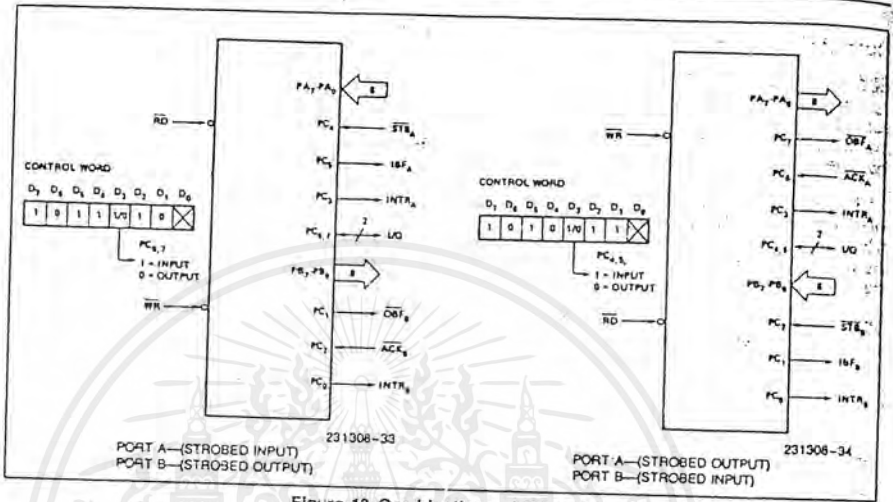


Figure 12. Combinations of MODE 1

Combinations of MODE 1

Port A and Port B can be individually defined as input or output in MODE 1 to support a wide variety of strobed I/O applications.

Operating Modes

MODE 2 (Strobed Bidirectional Bus I/O). This functional configuration provides a means for communicating with a peripheral device or structure on a single 8-bit bus for both transmitting and receiving data (bidirectional bus I/O). "Handshaking" signals are provided to maintain proper bus flow discipline in a similar manner to MODE 1. Interrupt generation and enable/disable functions are also available.

MODE 2 Basic Functional Definitions:

- Used in Group A only.
- One 8-bit, bi-directional bus Port (Port A) and a 5-bit control Port (Port C).
- Both inputs and outputs are latched.
- The 5-bit control port (Port C) is used for control and status for the 8-bit, bi-directional bus port (Port A).

Bidirectional Bus I/O Control Signal Definition

INTR (Interrupt Request). A high on this output can be used to interrupt the CPU for both input or output operations.

Output Operations

ÖBF (Output Buffer Full). The ÖBF output will go "low" to indicate that the CPU has written data out to port A.

ACK (Acknowledge). A "low" on this input enables the tri-state output buffer of port A to send out the data. Otherwise, the output buffer will be in the high impedance state.

INTE 1 (The INTE Flip-Flop Associated with ÖBF). Controlled by bit set/reset of PC6.

Input Operations

STB (Strobe Input). A "low" on this input loads data into the input latch.

IBF (Input Buffer Full F/F). A "high" on this output indicates that data has been loaded into the input latch.

INTE 2 (The INTE Flip-Flop Associated with IBF). Controlled by bit set/reset of PC₄.

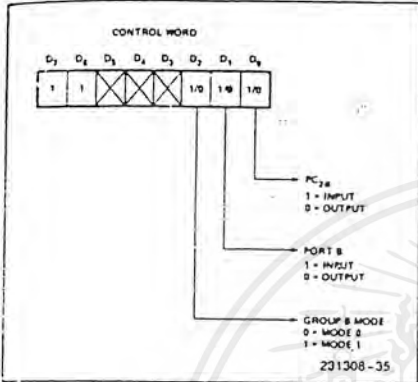


Figure 13. MODE Control Word

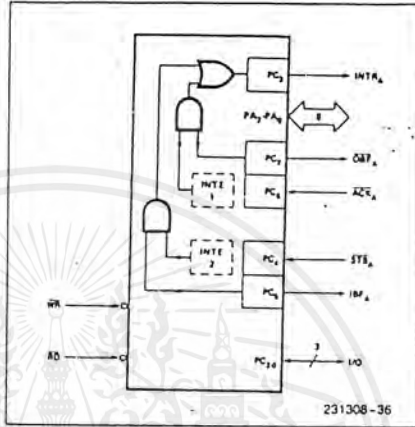
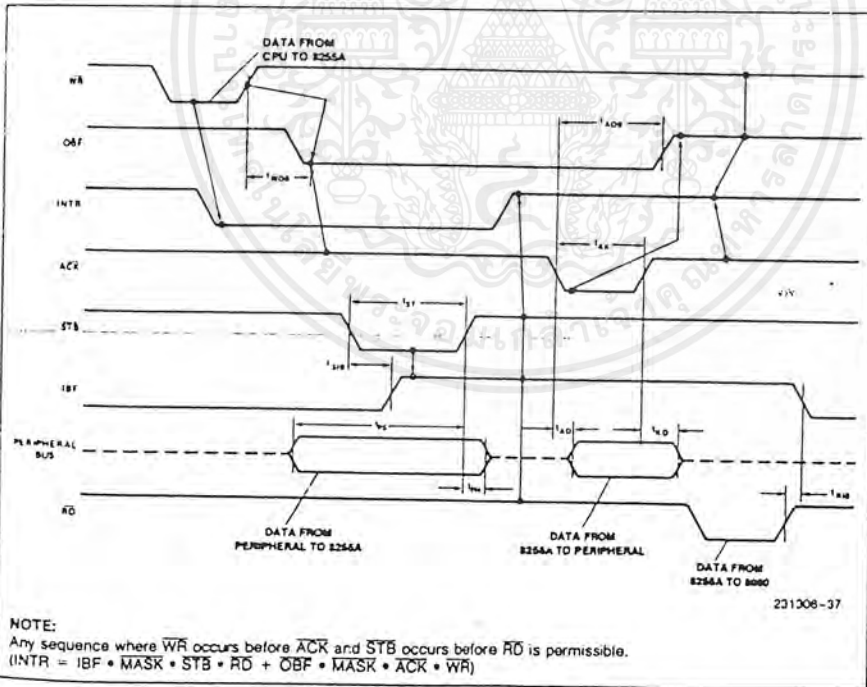


Figure 14. MODE 2



NOTE:
Any sequence where \overline{WR} occurs before \overline{ACK} and \overline{STB} occurs before \overline{RD} is permissible.
($INTR = IBF \cdot \overline{MASK} \cdot \overline{STB} \cdot \overline{RD} + OBF \cdot \overline{MASK} \cdot \overline{ACK} \cdot \overline{WR}$)

Figure 15. MODE 2 (Bidirectional)

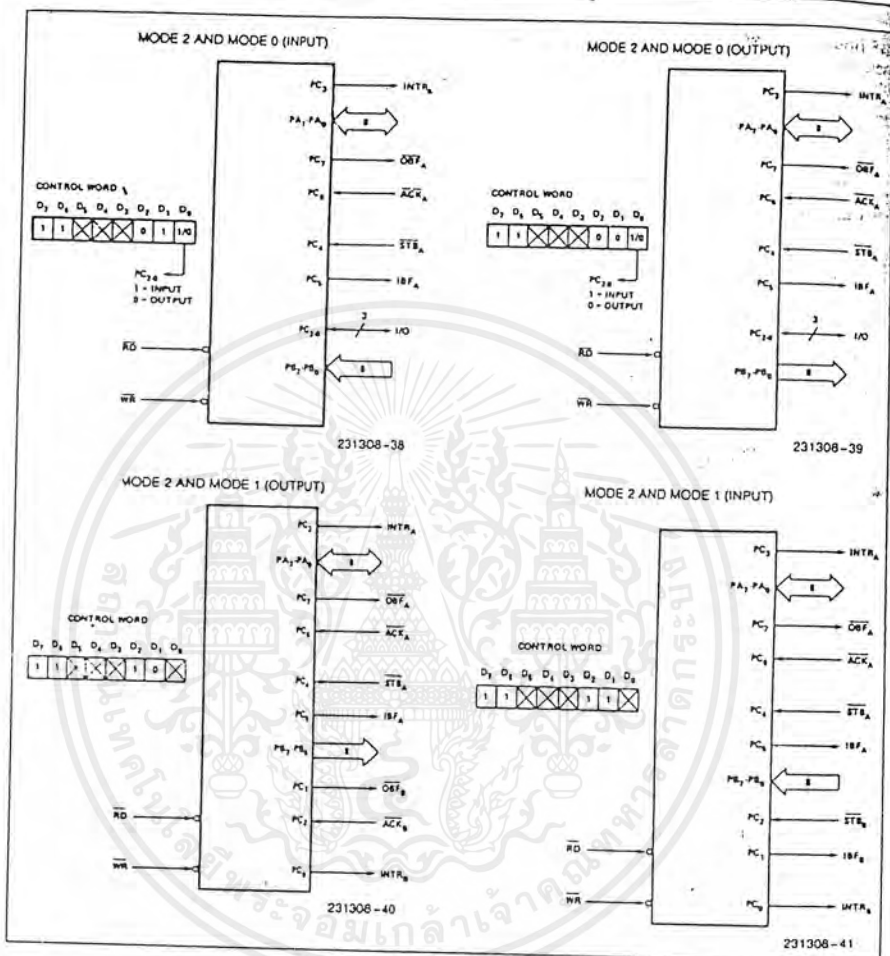


Figure 16. MODE 1/4 Combinations

Mode Definition Summary

	MODE 0		MODE 1		MODE 2
	IN	OUT	IN	OUT	GROUP A ONLY
PA ₀	IN	OUT	IN	OUT	↔
PA ₁	IN	OUT	IN	OUT	↔
PA ₂	IN	OUT	IN	OUT	↔
PA ₃	IN	OUT	IN	OUT	↔
PA ₄	IN	OUT	IN	OUT	↔
PA ₅	IN	OUT	IN	OUT	↔
PA ₆	IN	OUT	IN	OUT	↔
PA ₇	IN	OUT	IN	OUT	↔
PB ₀	IN	OUT	IN	OUT	—
PB ₁	IN	OUT	IN	OUT	—
PB ₂	IN	OUT	IN	OUT	—
PB ₃	IN	OUT	IN	OUT	—
PB ₄	IN	OUT	IN	OUT	—
PB ₅	IN	OUT	IN	OUT	—
PB ₆	IN	OUT	IN	OUT	—
PB ₇	IN	OUT	IN	OUT	—
PC ₀	IN	OUT	INTR _B	INTR _B	I/O
PC ₁	IN	OUT	IBF _B	ÖBF _B	I/O
PC ₂	IN	OUT	STB _B	ACK _B	I/O
PC ₃	IN	OUT	INTR _A	INTR _A	INTR _A
PC ₄	IN	OUT	STB _A	I/O	STB _A
PC ₅	IN	OUT	IBF _A	I/O	IBF _A
PC ₆	IN	OUT	I/O	ACK _A	ACK _A
PC ₇	IN	OUT	I/O	ÖBF _A	ÖBF _A

MODE 0 OR MODE 1 ONLY

Special Mode Combination Considerations

There are several combinations of modes when not all of the bits in Port C are used for control or status. The remaining bits can be used as follows:

If Programmed as Inputs—

All input lines can be accessed during a normal Port C read.

If Programmed as Outputs—

Bits in C upper (PC₇–PC₄) must be individually accessed using the bit set/reset function.

Bits in C lower (PC₃–PC₀) can be accessed using the bit set/reset function or, accessed as a three-some by writing into Port C.

This feature allows the 8255 to directly drive Darlington type drivers and high-voltage displays that require such source current.

Reading Port C Status

In Mode 0, Port C transfers data to or from the peripheral device. When the 8255 is programmed to function in Modes 1 or 2, Port C generates or accepts "hand-shaking" signals with the peripheral device. Reading the contents of Port C allows the programmer to test or verify the "status" of each peripheral device and change the program flow accordingly.

There is no special instruction to read the status information from Port C. A normal read operation of Port C is executed to perform this function.

Source Current Capability on Port B and Port C

Any set of eight output buffers, selected randomly from Ports B and C can source 1 mA at 1.5 volts.

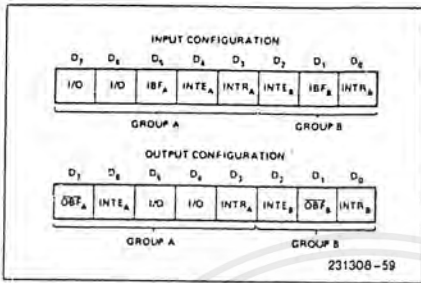


Figure 17. MODE 1 Status Word Format

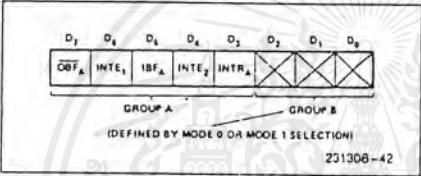


Figure 18. MODE 2 Status Word Format

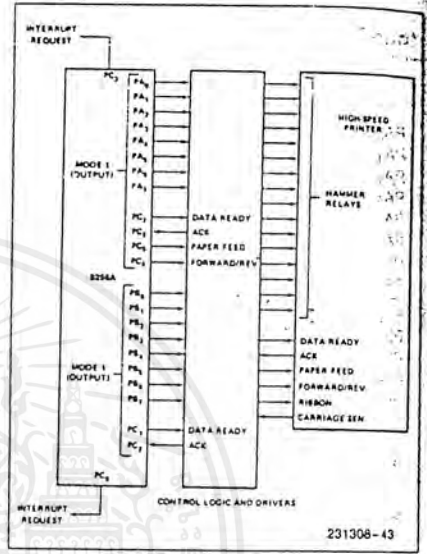


Figure 19. Printer Interface

APPLICATIONS OF THE 8255A

The 8255A is a very powerful tool for interfacing peripheral equipment to the microcomputer system. It represents the optimum use of available pins and is flexible enough to interface almost any I/O device without the need for additional external logic.

Each peripheral device in a microcomputer system usually has a "service routine" associated with it. The routine manages the software interface between the device and the CPU. The functional definition of the 8255A is programmed by the I/O service routine and becomes an extension of the system software. By examining the I/O devices interface characteristics for both data transfer and timing, and matching this information to the examples and tables in the detailed operational description, a control word can easily be developed to initialize the 8255A to exactly "fit" the application. Figures 19 through 25 represent a few examples of typical applications of the 8255A.

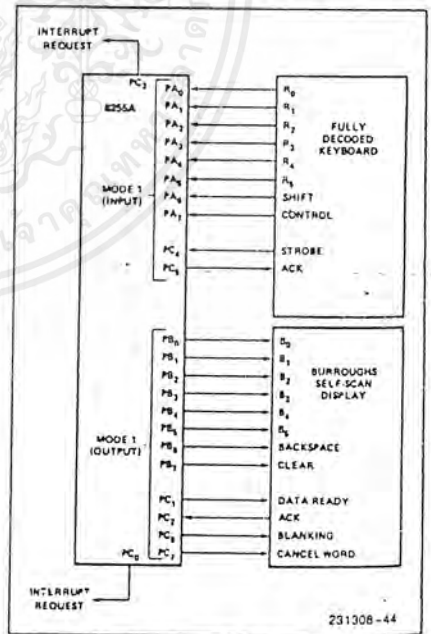


Figure 20. Keyboard and Display Interface

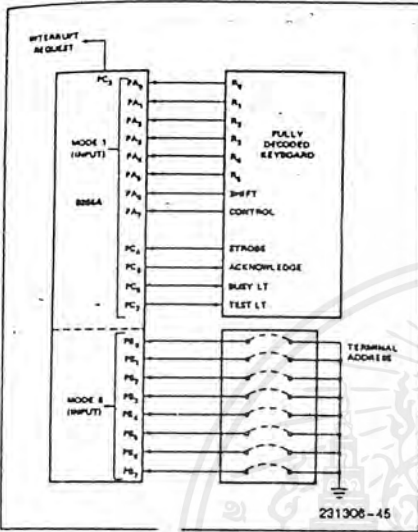


Figure 21. Keyboard and Terminal Address Interface

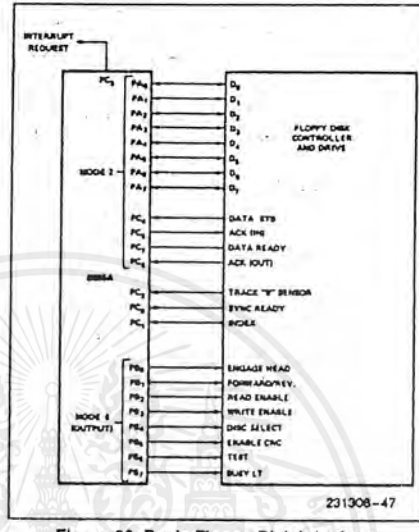


Figure 23. Basic Floppy Disk Interface

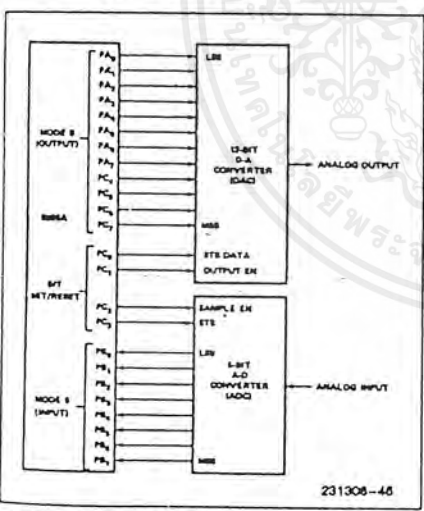


Figure 22. Digital to Analog, Analog to Digital

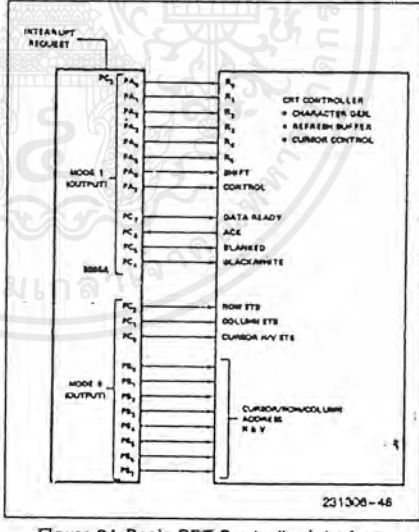
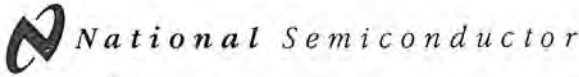


Figure 24. Basic CRT Controller Interface

กรณีนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



LM139/LM239/LM339/LM2901/LM3302 Low Power Low Offset Voltage Quad Comparators

General Description

The LM139 series consists of four independent precision voltage comparators with an offset voltage specification as low as 2 mV max for all four comparators. These were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage. These comparators also have a unique characteristic in that the input common-mode voltage range includes ground, even though operated from a single power supply voltage.

Application areas include limit comparators, simple analog to digital converters; pulse, squarewave and time delay generators; wide range VCO; MOS clock timers; multivibrators and high voltage digital logic gates. The LM139 series was designed to directly interface with TTL and CMOS. When operated from both plus and minus power supplies, they will directly interface with MOS logic—where the low power drain of the LM339 is a distinct advantage over standard comparators.

Advantages

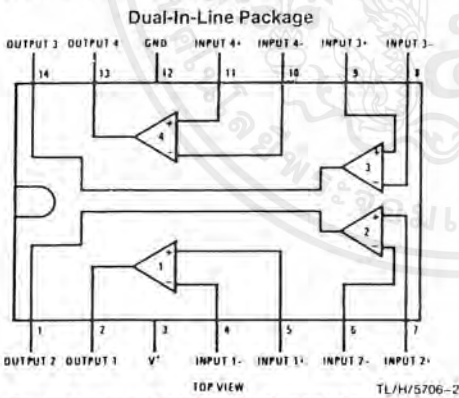
- High precision comparators
- Reduced V_{OS} drift over temperature

- Eliminates need for dual supplies
- Allows sensing near GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

Features

- Wide supply voltage range
LM139 series, $2 V_{DC}$ to $36 V_{DC}$ or $\pm 1 V_{DC}$ to $\pm 18 V_{DC}$
LM139A series, LM2901 $2 V_{DC}$ to $28 V_{DC}$
LM3302 or $\pm 1 V_{DC}$ to $\pm 14 V_{DC}$
- Very low supply current drain (0.8 mA) — independent of supply voltage
- Low input biasing current 25 nA
- Low input offset current ± 5 nA
and offset voltage ± 3 mV
- Input common-mode voltage range includes GND
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Low output saturation voltage 250 mV at 4 mA
- Output voltage compatible with TTL, DTL, ECL, MOS and CMOS logic systems

Connection Diagrams



Order Number LM139J, LM139J/883*, LM139AJ,
LM139AJ/883**, LM239J, LM239AJ, LM339J,
See NS Package Number J14A

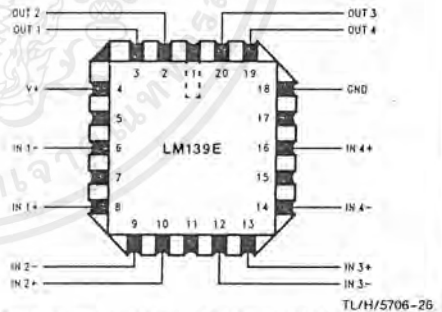
Order Number LM339AM, LM339M or LM2901M
See NS Package Number M14A

Order Number LM339N, LM339AN,
LM2901N or LM3302N

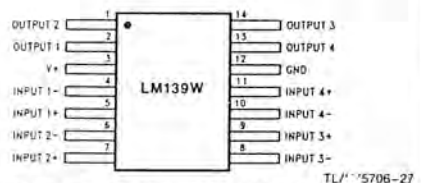
See NS Package Number N14A

*Available per JM38510/11201

**Available per SMD # 5962-8873901



Order Number LM139AE/883 or LM139E/883
See NS Package Number E20A



Order Number LM139AW/883 or LM139W/883*
See NS Package Number W14B

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications. (Note 10)

	LM139/LM239/LM339 LM139A/LM239A/LM339A LM2901	LM3302	LM139/LM239/LM339 LM139A/LM239A/LM339A LM2901
Supply Voltage, V ⁺	36 V _{DC} or ±18 V _{DC}	28 V _{DC} or ±14 V _{DC}	Operating Temperature Range LM339/LM339A LM239/LM239A LM2901 LM139/LM139A
Differential Input Voltage (Note 8)	36 V _{DC}	28 V _{DC}	0°C to +70°C -25°C to +85°C -40°C to +85°C -55°C to +125°C
Input Voltage	-0.3 V _{DC} to +36 V _{DC}	-0.3 V _{DC} to +28 V _{DC}	260°C
Input Current (V _{IN} < -0.3 V _{DC}) (Note 3)	50 mA	50 mA	215°C 220°C
Power Dissipation (Note 1)	1050 mW	1050 mW	600V
Molded DIP	1950 mW	1950 mW	
Cavity DIP	1190 mW	1190 mW	
Small Outline Package	760 mW	760 mW	
Output Short-Circuit to GND, (Note 2)	Continuous	Continuous	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C	
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	260°C	260°C	

Electrical Characteristics (V⁺ = 5 V_{DC}, T_A = 25°C, unless otherwise stated)

Parameter	Conditions	LM139A		LM239A, LM339A		LM139		LM239, LM339		LM2901		LM3302		Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage (Note 9)		1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	5.0	2.0	5.0	2.0	7.0	3	20	mV _{DC}
Input Bias Current	I _{IN(+)} or I _{IN(-)} with Output in Linear Range, (Note 5), V _{CM} = 0V	25	100	25	250	25	100	25	250	25	250	25	500	nADC
Input Offset Current	I _{IN(+)} - I _{IN(-)} , V _{CM} = 0V	3.0	25	5.0	50	3.0	25	5.0	50	5	50	3	100	nADC
Input Common-Mode Voltage Range (Note 6)	V ⁺ = 30 V _{DC} (LM3302), V ⁺ = 28 V _{DC} (Note 6)	0	V ⁺ - 1.5	0	V ⁺ - 1.5	0	V ⁺ - 1.5	0	V ⁺ - 1.5	0	V ⁺ - 1.5	0	V ⁺ - 1.5	V _{DC}
Supply Current	R _L = ∞ on all Comparators, R _L = ∞, V ⁺ = 36V, (LM3302, V ⁺ = 28 V _{DC})	0.8	2.0	0.8	2.0	0.8	2.0	0.8	2.0	0.8	2.0	0.8	2.0	mADC
Voltage Gain	R _L ≥ 15 kΩ, V ⁺ = 15 V _{DC} V _O = 1 V _{DC} to 11 V _{DC}	50	200	50	200	50	200	50	200	25	100	2	30	V/mV
Large Signal Response Time	V _{IN} = TTL Logic Swing, V _{REF} = 1.4 V _{DC} , V _{RL} = 5 V _{DC} , R _L = 5.1 kΩ,	300		300		300		300		300		300		ns
Response Time (Note 7)	V _{RL} = 5 V _{DC} , R _L = 5.1 kΩ,	1.3		1.3		1.3		1.3		1.3		1.3		μs
Output Sink Current	V _{IN(-)} = 1 V _{DC} , V _{IN(+)} = 0, V _O ≤ 1.5 V _{DC}	6.0	16	6.0	16	6.0	16	6.0	16	6.0	16	6.0	16	mADC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics ($V^+ = 5 V_{DC}$, $T_A = 25^\circ C$, unless otherwise stated) (Continued)

Parameter	Conditions	LM139A		LM239A, LM339A		LM139		LM239, LM339		LM2901		LM3302		Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Saturation Voltage	$V_{IN(-)} = 1 V_{DC}$, $V_{IN(+)} = 0$, $I_{SINK} \leq 4 mA$	250	400	250	400	250	400	250	400	250	400	250	500	mV _{DC}
Output Leakage Current	$V_{IN(+)} = 1 V_{DC}$, $V_{IN(-)} = 0$, $V_O = 5 V_{DC}$	0.1		0.1		0.1		0.1		0.1		0.1		nA _{DC}

Electrical Characteristics ($V^+ = 5.0 V_{DC}$, Note 4)

Parameter	Conditions	LM139A		LM239A, LM339A		LM139		LM239, LM339		LM2901		LM3302		Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 9)	4.0		4.0		9.0		9.0		15		40		mV _{DC}
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0V$	100		150		100		150		200		300		nA _{DC}
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$ with Output in Linear Range, $V_{CM} = 0V$ (Note 5)	300		400		300		400		500		1000		nA _{DC}
Input Common-Mode Voltage Range	$V^+ = 30 V_{DC}$ (LM3302, $V^+ = 28 V_{DC}$) (Note 6)	0	$V^+ - 2.0$	0	$V^+ - 2.0$	0	$V^+ - 2.0$	0	$V^+ - 2.0$	0	$V^+ - 2.0$	0	$V^+ - 2.0$	V _{DC}
Saturation Voltage	$V_{IN(-)} = 1 V_{DC}$, $V_{IN(+)} = 0$, $I_{SINK} \leq 4 mA$	700		700		700		700		700		700		mV _{DC}
Output Leakage Current	$V_{IN(+)} = 1 V_{DC}$, $V_{IN(-)} = 0$, $V_O = 30 V_{DC}$ (LM3302, $V_O = 28 V_{DC}$)	1.0		1.0		1.0		1.0		1.0		1.0		μA_{DC}
Differential Input Voltage	Keep all $V_{IN} \geq 0 V_{DC}$ (or V^- if used), (Note 8)	36		36		36		36		36		36		V _{DC}

Note 1: For operating at high temperatures, the LM339/LM339A, LM2901, LM3302 must be derated based on a 125°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 95°C/W, which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM239 and LM139 must be derated based on a 150°C maximum junction temperature. The low bias dissipation and the "ON-OFF" characteristic of the outputs keeps the chip dissipation very small ($P_D \leq 100 mW$), provided the output transistors are allowed to saturate.

Note 2: Short circuits from the output to V^+ can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 20 mA independent of the magnitude of V^+ . clamps, in addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the comparators to go to the V^+ voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than $-0.3 V_{DC}$ (at 25°C).

Note 4: These specifications are limited to $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$, for the LM139/LM139A, and the LM2901, LM3302 temperature range is $-40^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$.

Note 5: The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the reference or input lines.

Note 6: The input common-mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V. The upper end of the common-mode voltage range is $V^+ - 1.5V$ at 25°C, but either or both inputs can go to $+30 V_{DC}$ without damage (25V for LM3302), independent of the magnitude of V^+ .

Note 7: The response time specified is a 100 mV input step with 5 mV overdrive. For larger overdrive signals 300 ns can be obtained, see typical performance characteristics section.

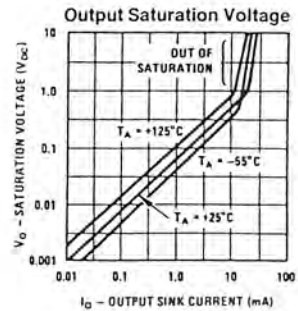
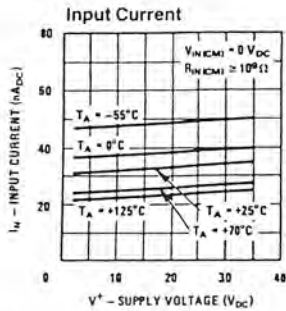
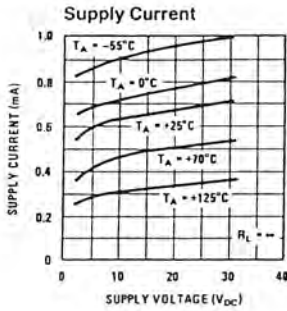
Note 8: Positive excursions of input voltage may exceed the power supply level, as long as the other voltage remains within the common-mode range, the comparator will provide a proper output state. The low input voltage state must not be less than $-0.3 V_{DC}$ (or 0.3 V_{DC} below the magnitude of the negative power supply, if used) (at 25°C).

Note 9: At output switch point, $V_O \approx 1.4 V_{DC}$, $R_g = 0\Omega$, with V^+ from 5 V_{DC} to 30 V_{DC}; and over the full input common-mode range (0 V_{DC} to $V^+ - 1.5 V_{DC}$) at 25°C. For LM3302, V^+ from 5 V_{DC} to 28 V_{DC}.

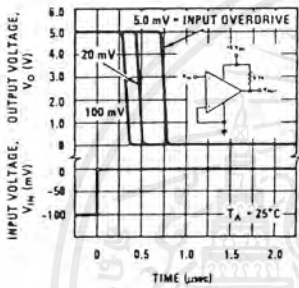
Note 10: Refer to RETS139AX for LM139A military specifications and to RETS139X for LM139 military specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

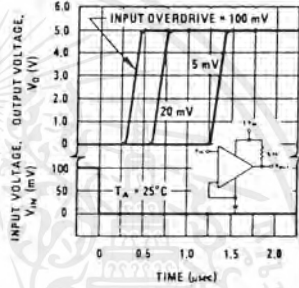
Typical Performance Characteristics LM139/LM239/LM339, LM139A/LM239A/LM339A, LM3302



Response Time for Various Input Overdrives—Negative Transition

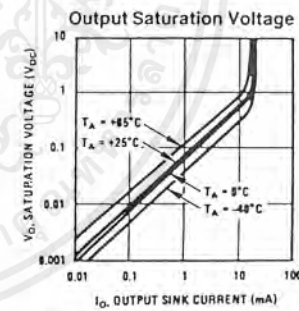
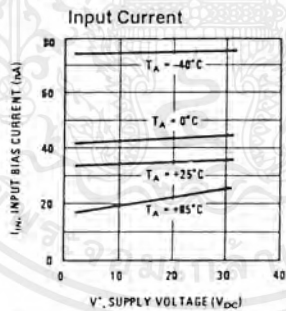
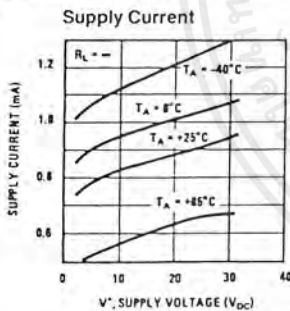


Response Time for Various Input Overdrives—Positive Transition

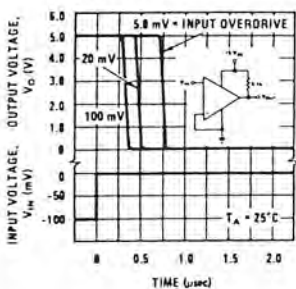


TL/H/5706-B

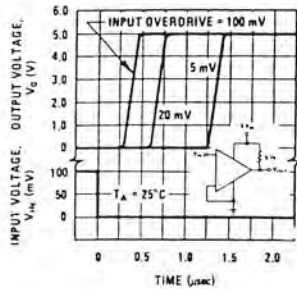
Typical Performance Characteristics LM2901



Response Time for Various Input Overdrives—Negative Transition



Response Time for Various Input Overdrives—Positive Transition



TL/H/5706-7

Application Hints

The LM139 series are high gain, wide bandwidth devices which, like most comparators, can easily oscillate if the output lead is inadvertently allowed to capacitively couple to the inputs via stray capacitance. This shows up only during the output voltage transition intervals as the comparator changes states. Power supply bypassing is not required to solve this problem. Standard PC board layout is helpful as it reduces stray input-output coupling. Reducing this input resistors to $< 10\text{ k}\Omega$ reduces the feedback signal levels and finally, adding even a small amount (1 to 10 mV) of positive feedback (hysteresis) causes such a rapid transition that oscillations due to stray feedback are not possible. Simply socketing the IC and attaching resistors to the pins will cause input-output oscillations during the small transition intervals unless hysteresis is used. If the input signal is a pulse waveform, with relatively fast rise and fall times, hysteresis is not required.

All pins of any unused comparators should be grounded.

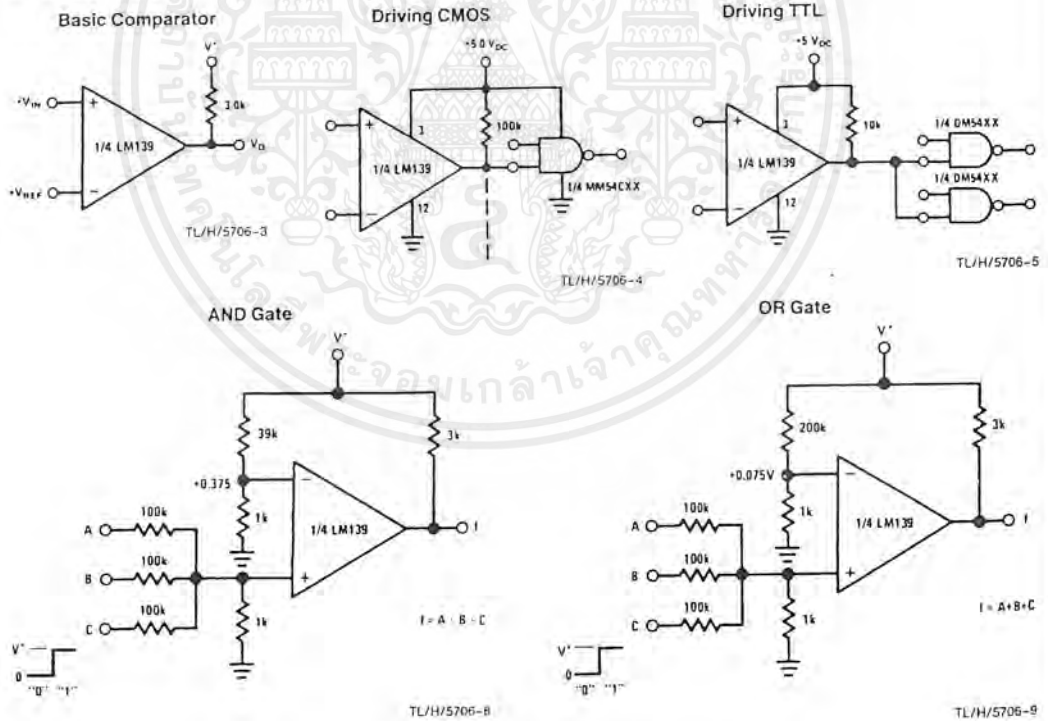
The bias network of the LM139 series establishes a drain current which is independent of the magnitude of the power supply voltage over the range of from 2 V_{DC} to 30 V_{DC} .

It is usually unnecessary to use a bypass capacitor across the power supply line.

The differential input voltage may be larger than V^+ without damaging the device. Protection should be provided to prevent the input voltages from going negative more than -0.3 V_{DC} (at 25°C). An input clamp diode can be used as shown in the applications section.

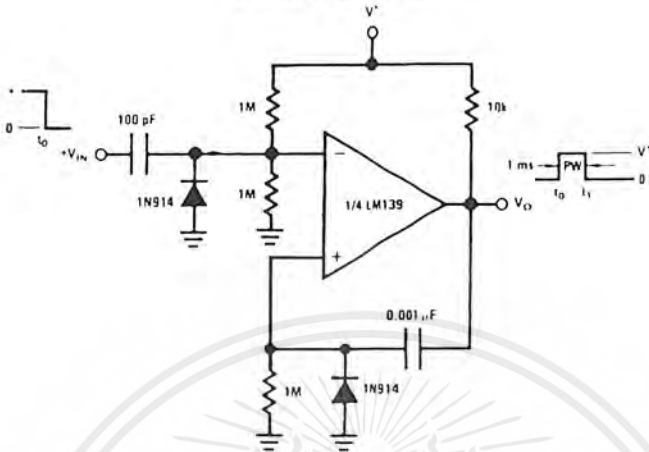
The output of the LM139 series is the uncommitted collector of a grounded-emitter NPN output transistor. Many collectors can be tied together to provide an output OR'ing function. An output pull-up resistor can be connected to any available power supply voltage within the permitted supply voltage range and there is no restriction on this voltage due to the magnitude of the voltage which is applied to the V^+ terminal of the LM139A package. The output can also be used as a simple SPST switch to ground (when a pull-up resistor is not used). The amount of current which the output device can sink is limited by the drive available (which is independent of V^+) and the β of this device. When the maximum current limit is reached (approximately 16 mA), the output transistor will come out of saturation and the output voltage will rise very rapidly. The output saturation voltage is limited by the approximately $60\Omega\text{ R}_{SAT}$ of the output transistor. The low offset voltage of the output transistor (1 mV) allows the output to clamp essentially to ground level for small load currents.

Typical Applications ($V^+ = 5.0\text{ V}_{DC}$)



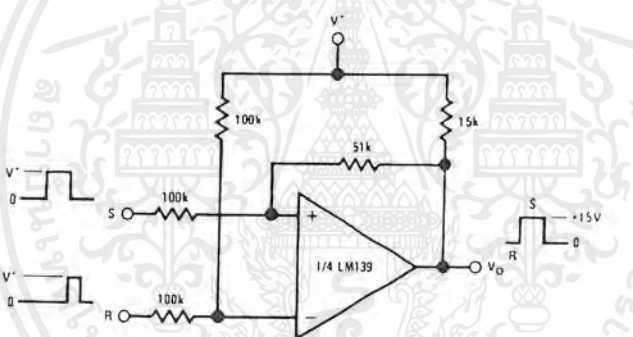
Typical Applications ($V^+ = 15\text{ V}_{DC}$) (Continued)

One-Shot Multivibrator



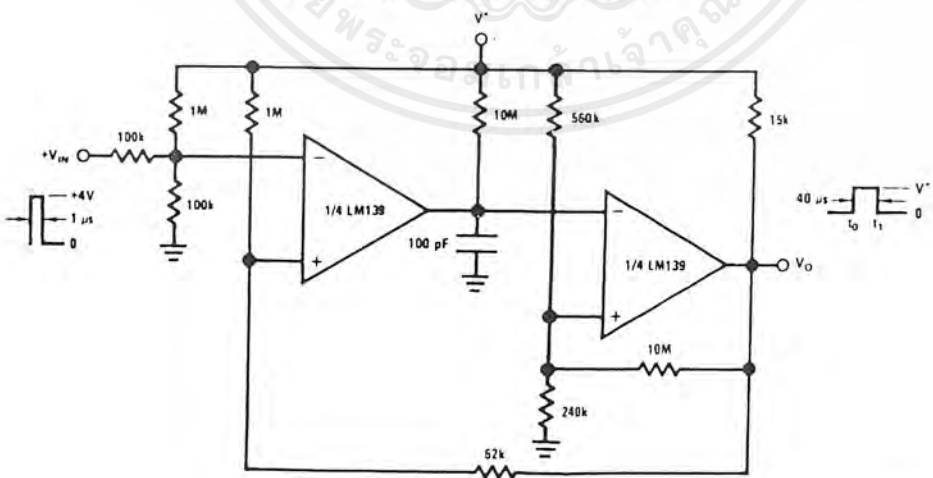
TL/H/5706-10

Bi-Stable Multivibrator



TL/H/5706-11

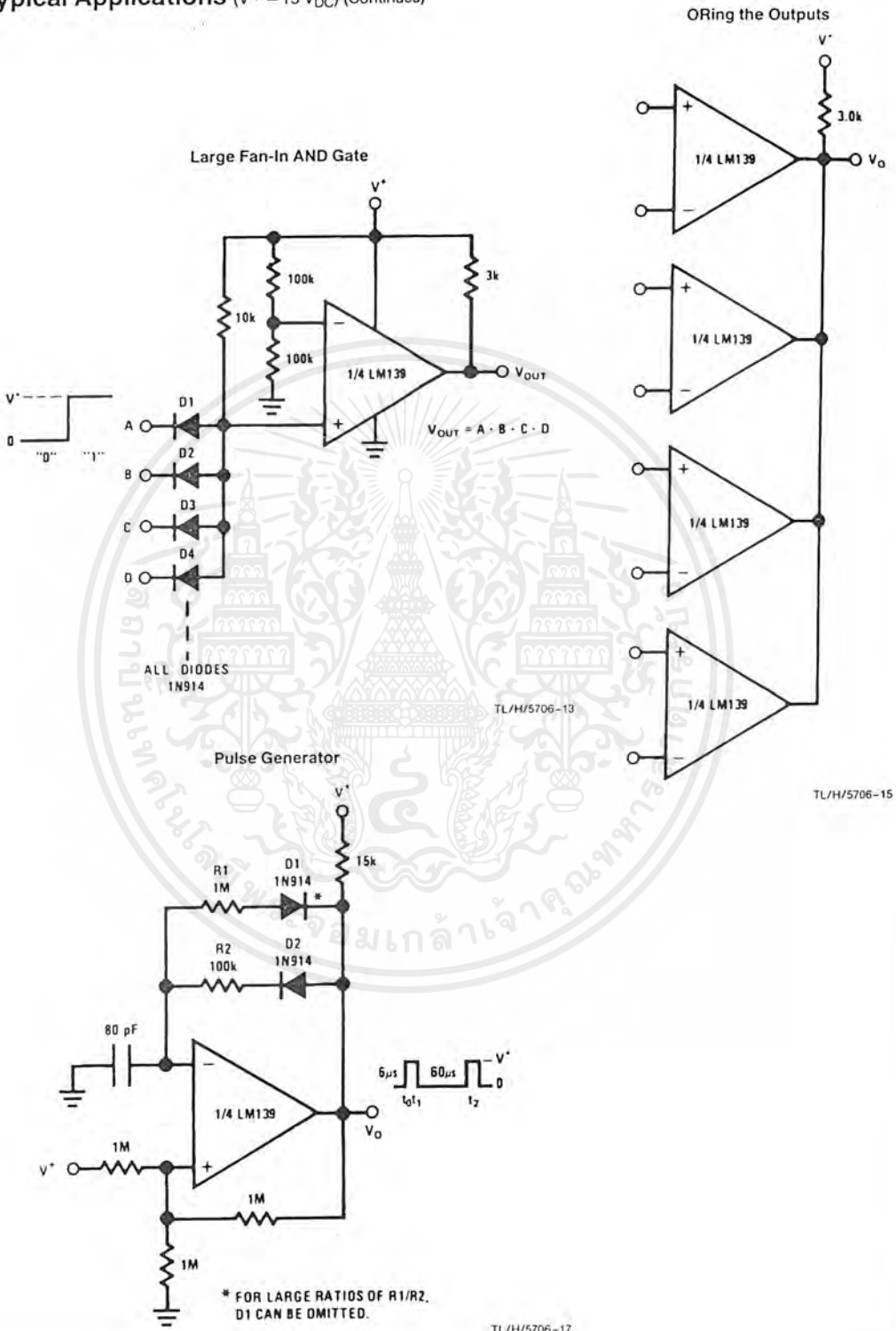
One-Shot Multivibrator with Input Lock Out



TL/H/5706-12

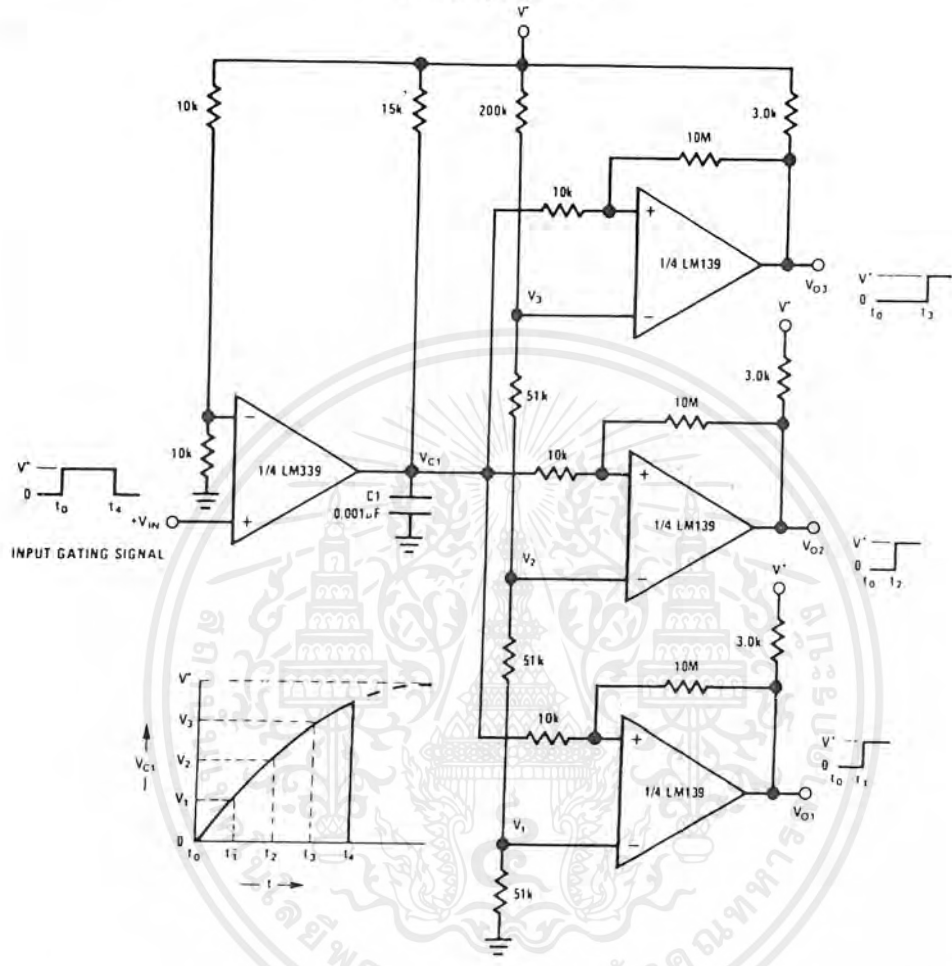
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications ($V^+ = 15 V_{DC}$) (Continued)



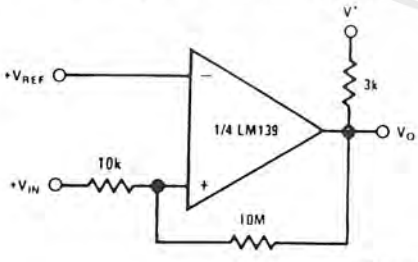
Typical Applications ($V^+ = 15 V_{DC}$) (Continued)

Time Delay Generator



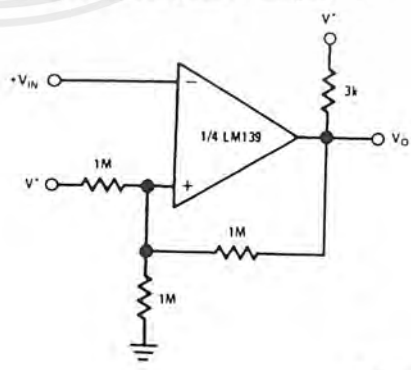
TL/H/5706-14

Non-Inverting Comparator with Hysteresis



TL/H/5706-18

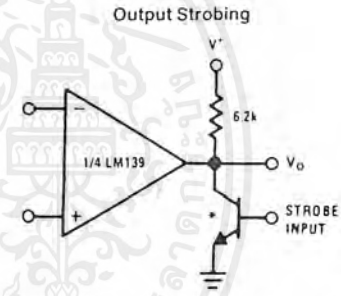
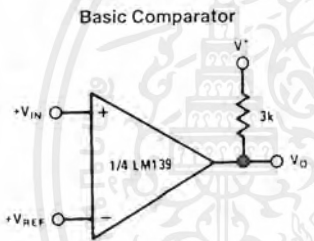
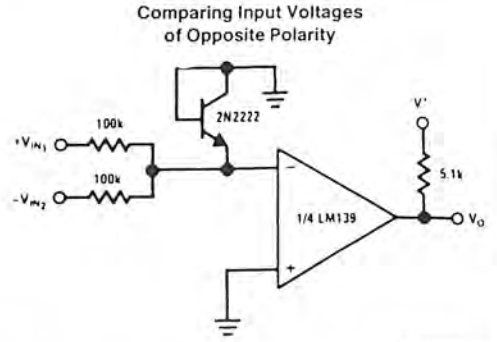
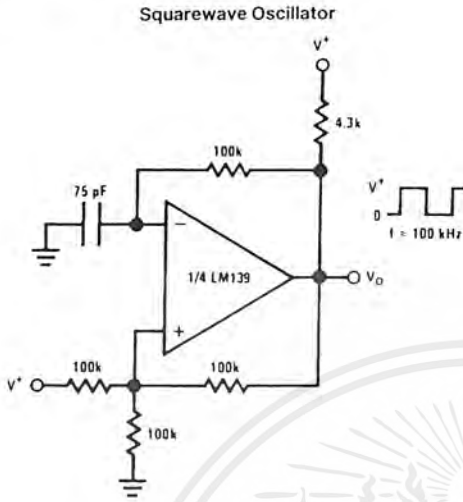
Inverting Comparator with Hysteresis



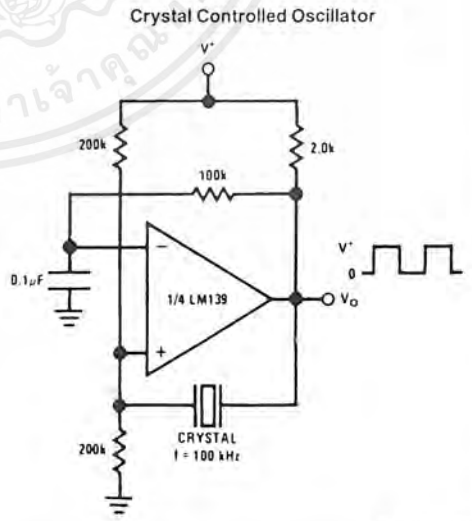
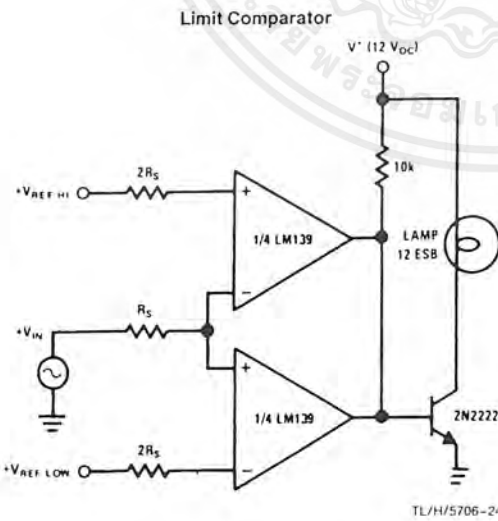
TL/H/5706-19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications ($V^+ = 15 V_{DC}$) (Continued)

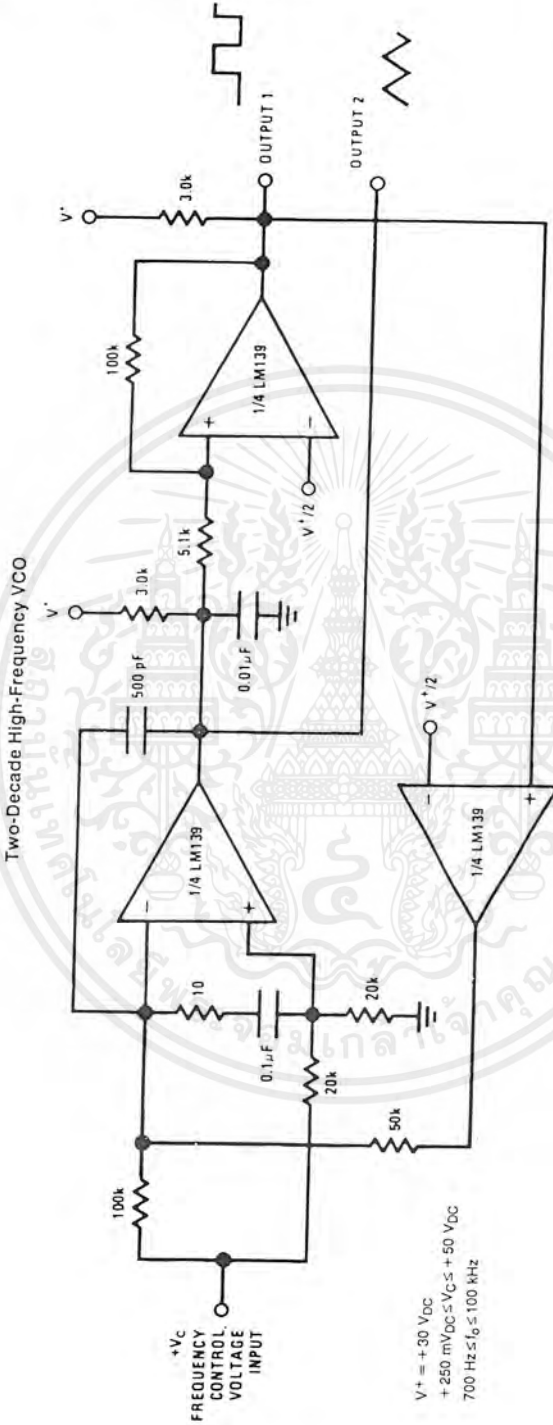


*Or open-collector logic gate without pull-up resistor

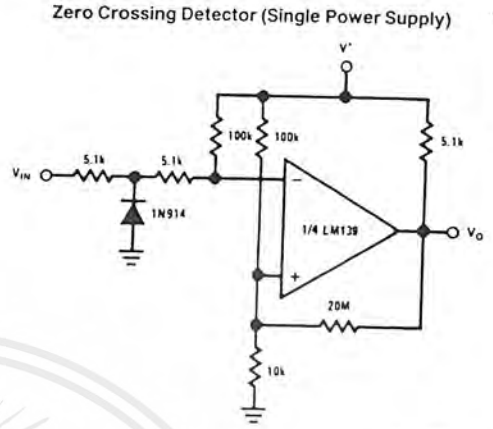
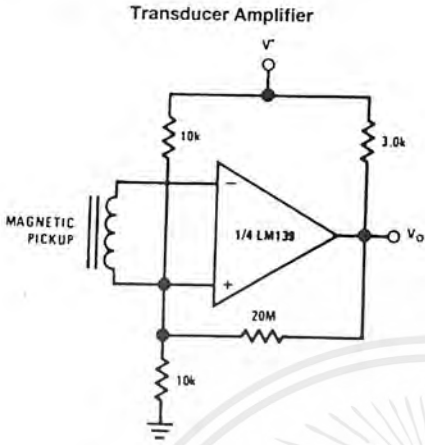


Typical Applications ($V^+ = 15\text{ V}_{DC}$) (Continued)

906-23



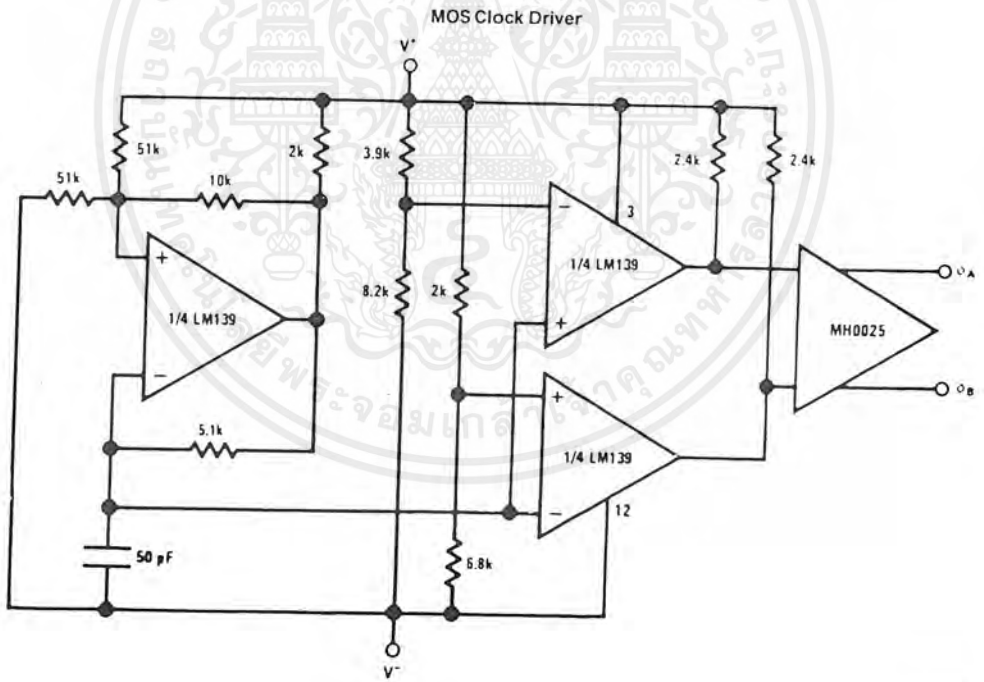
Typical Applications ($V^+ = 5\text{ V}_{DC}$) (Continued)



TL/H/5706-28

TL/H/5706-30

Split-Supply Applications ($V^+ = +15\text{ V}_{DC}$ and $V^- = -15\text{ V}_{DC}$)



TL/H/5706-31

LM193/LM293/LM393/LM2903 Low Power Low Offset Voltage Dual Comparators

General Description

The LM193 series consists of two independent precision voltage comparators with an offset voltage specification as low as 2.0 mV max for two comparators which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage. These comparators also have a unique characteristic in that the input common-mode voltage range includes ground, even though operated from a single power supply voltage.

Application areas include limit comparators, simple analog to digital converters; pulse, squarewave and time delay generators; wide range VCO; MOS clock timers; multivibrators and high voltage digital logic gates. The LM193 series was designed to directly interface with TTL and CMOS. When operated from both plus and minus power supplies, the LM193 series will directly interface with MOS logic where their low power drain is a distinct advantage over standard comparators.

- Eliminates need for dual supplies
- Allows sensing near ground
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

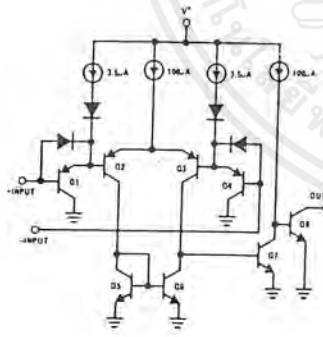
Features

- Wide supply Voltage range
single or dual supplies 2.0V to 36V
±1.0V to ±18V
- Very low supply current drain (0.4 mA) — independent of supply voltage
- Low input biasing current 25 nA
- Low input offset current ±5 nA
and maximum offset voltage ±3 mV
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Low output saturation voltage, 250 mV at 4 mA
- Output voltage compatible with TTL, DTL, ECL, MOS and CMOS logic systems

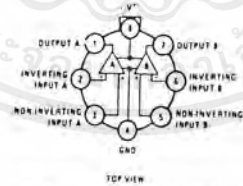
Advantages

- High precision comparators
- Reduced V_{OS} drift over temperature

Schematic and Connection Diagrams

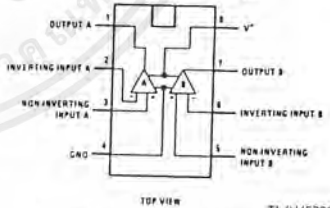


Metal Can Package



Order Number LM193H,
LH193H/883*,
LM193AH, LM193AH/883,
LM293H, LM293AH, LM393H
or LM393AH
See NS Package Number H08C

Dual-In-Line Package



Order Number LM193J/883*,
LM193AJ/883,
LM393J, LM393AJ,
LM393M, LM2903M, LM393N,
LM2903J or LM2903N
See NS Package Number J08A,
M08A or N08E

*Also available per JM38510/11202

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications. (Note 10)

- Supply Voltage, V^+ 36V
- Differential Input Voltage (Note 8) 36V
- Input Voltage $-0.3V$ to $+36V$
- Input Current ($V_{IN} < -0.3V$) (Note 3) 50 mA
- Power Dissipation (Note 1) 780 mW
- Molded DIP 560 mW
- Metal Can 510 mW
- Small Outline Package Continuous
- Output Short-Circuit to Ground (Note 2)

Operating Temperature Range
LM393/LM393A
LM293/LM293A
LM193/LM193A
LM2903

Storage Temperature Range
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)
Soldering Information
Dual-In-Line Package

Soldering (10 seconds)
Small Outline Package
Vapor Phase (60 seconds)
Infrared (15 seconds)

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.
ESD rating (1.5 kΩ in series with 100 pF)
1300V

0°C to +70°C
-25°C to +85°C
-55°C to +125°C
-40°C to +85°C
-65°C to +150°C
+260°C

260°C

215°C
220°C

Electrical Characteristics ($V^+ = 5V, T_A = 25^\circ C$, unless otherwise stated)

Parameter	LM193A		LM293A, LM393A		LM193		LM293, LM393		LM2903		Units
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
Input Offset Voltage (Note 9)	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	5.0	1.0	5.0	2.0	7.0	mV
Input Bias Current $I_{IN}(+)$ or $I_{IN}(-)$ with Output in Linear Range, $V_{CM} = 0V$ (Note 5)	25	100	25	250	25	100	25	250	25	250	nA
Input Offset Current $I_{IN}(+) - I_{IN}(-)$ $V_{CM} = 0V$	3.0	25	5.0	50	3.0	25	5.0	50	5.0	50	nA
Input Common Mode Voltage Range $V^+ = 30V$ (Note 6)	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	V
Supply Current $R_L = \infty$	0.4	1	0.4	1	0.4	1	0.4	1	0.4	1.0	mA
$R_L = 36V$	1	2.5	1	2.5	1	2.5	1	2.5	1	2.5	mA
Voltage Gain $R_L \geq 15 k\Omega, V^+ = 15V, V_O = 1V$ to $11V$	50	200	50	200	50	200	50	200	25	100	V/mV
Large Signal Response Time $V_{IN} = TTL$ Logic Swing, $V_{REF} = 1.4V, V_{RL} = 5V, R_L = 5.1 k\Omega$	300		300		300		300		300		ns
Response Time $V_{RL} = 5V, R_L = 5.1 k\Omega$ (Note 7)	1.3		1.3		1.3		1.3		1.3		μs
Output Sink Current $V_{IN}(-) = 1V, V_{IN}(+) = 0, V_O \leq 1.5V$	6.0	16	6.0	16	6.0	16	6.0	16	6.0	16	mA
Saturation Voltage $V_{IN}(-) = 1V, V_{IN}(+) = 0, I_{SINK} \leq 4 mA$	250	400	250	400	250	400	250	400	250	400	mV
Output Leakage Current $V_{IN}(-) = 0, V_{IN}(+) = 1V, V_O = 5V$	0.1		0.1		0.1		0.1		0.1		nA

Electrical Characteristics ($V^+ = 5V$) (Note 4)

Parameter	Conditions	LM193A		LM293A, LM393A		LM193		LM293, LM393		LM2903		Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	
Input Offset Voltage	(Note 9)			4.0	4.0	9	9	9	9	9	15	mV
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0V$			100	150	100	100	150	150	50	200	nA
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$ with Output in Linear Range, $V_{CM} = 0V$ (Note 5)			300	400	300	300	400	400	200	500	nA
Input Common Mode Voltage Range	$V^+ = 30V$ (Note 6)	0	$V^+ - 2.0$	0	$V^+ - 2.0$	0	$V^+ - 2.0$	0	$V^+ - 2.0$	0	$V^+ - 2.0$	V
Saturation Voltage	$V_{IN(-)} = 1V$, $V_{IN(+)} = 0$, $I_{SINK} \leq 4$ mA			700	700	700	700	700	700	400	700	mV
Output Leakage Current	$V_{IN(-)} = 0$, $V_{IN(+)} = 1V$, $V_O = 30V$			1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	μA
Differential Input Voltage	Keep All V_{IN} 's $\geq 0V$ (or V^- , if Used), (Note 6)			36	36	36	36	36	36	36	36	V

Note 1: For operating at high temperatures, the LM393/LM393A and LM2903 must be derated based on a 125°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 170°C/W which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM193/LM193A/LM293/LM293A must be derated based on a 150°C maximum junction temperature. The low bias dissipation and the "ON-OFF" characteristic of the outputs keeps the chip dissipation very small ($P_D \leq 100$ mW), provided the output transistors are allowed to saturate.

Note 2: Short circuits from the output to V^+ can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 20 mA independent of the magnitude of V^+ . clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode (overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than $-0.3V$.

Note 3: These specifications are limited to $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$, for the LM193/LM193A, and the LM293/LM293A, all temperature specifications are limited to $-25^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$ and the LM393/LM393A temperature specifications are limited to $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$. The LM2903 is limited to $-40^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$.

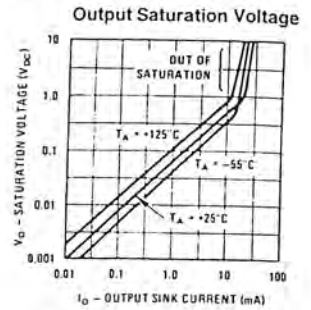
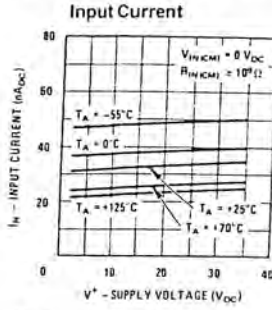
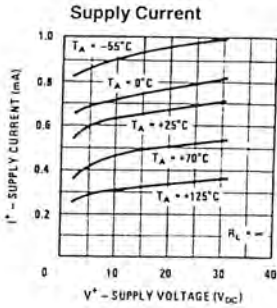
Note 4: The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the reference or input lines. **Note 5:** The input common-mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V. The upper end of the common-mode voltage range is $V^+ - 1.5V$ at 25°C, but either or both inputs can go to 36V without damage, independent of the magnitude of V^+ .

Note 6: The response time specified is for a 100 mV input step with 5 mV overdrive. For larger overdrive signals 300 ns can be obtained, see typical performance characteristics section. **Note 7:** Positive excursions of input voltage may exceed the power supply level. As long as the other voltage remains within the common-mode range, the comparator will provide a proper output state. The low input voltage state must not be less than $-0.3V$ (or 0.3V below the magnitude of the negative power supply, if used).

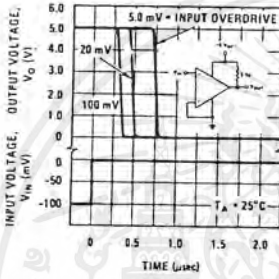
Note 8: At output switch point, $V_O \approx 1.4V$, $R_G = 0\Omega$ with V^+ from 5V to 30V; and over the full input common-mode range (0V to $V^+ - 1.5V$), at 25°C.

Note 9: Refer to RETS193AX for LM193AH military specifications and to RETS193X for LM193 military specifications.

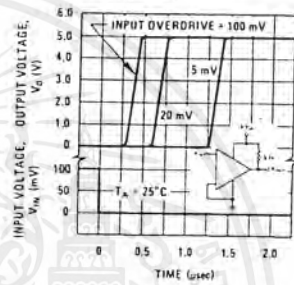
Typical Performance Characteristics LM193/LM293/LM393, LM193A/LM293A/LM393A



Response Time for Various Input Overdrives—Negative Transition

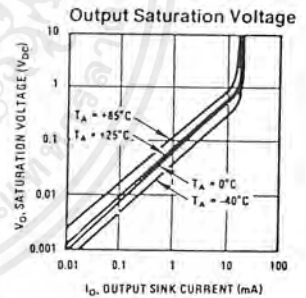
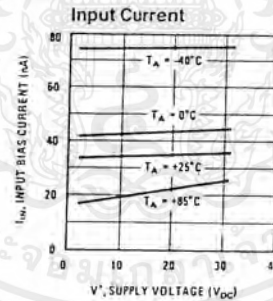
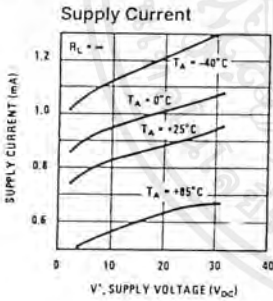


Response Time for Various Input Overdrives—Positive Transition

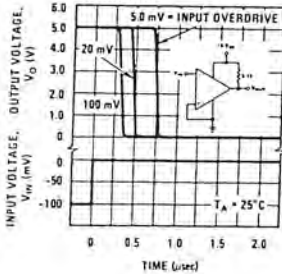


TL/H/5709-3

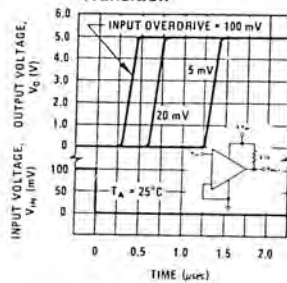
Typical Performance Characteristics LM2903



Response Time for Various Input Overdrives—Negative Transition



Response Time for Various Input Overdrives—Positive Transition



TL/H/5709-4

Application Hints

The LM193 series are high gain, wide bandwidth devices which, like most comparators, can easily oscillate if the output lead is inadvertently allowed to capacitively couple to the inputs via stray capacitance. This shows up only during the output voltage transition intervals as the comparator change states. Power supply bypassing is not required to solve this problem. Standard PC board layout is helpful as it reduces stray input-output coupling. Reducing the input resistors to $< 10\text{ k}\Omega$ reduces the feedback signal levels and finally, adding even a small amount (1.0 to 10 mV) of positive feedback (hysteresis) causes such a rapid transition that oscillations due to stray feedback are not possible. Simply socketing the IC and attaching resistors to the pins will cause input-output oscillations during the small transition intervals unless hysteresis is used. If the input signal is a pulse waveform, with relatively fast rise and fall times, hysteresis is not required.

All pins of any unused comparators should be grounded.

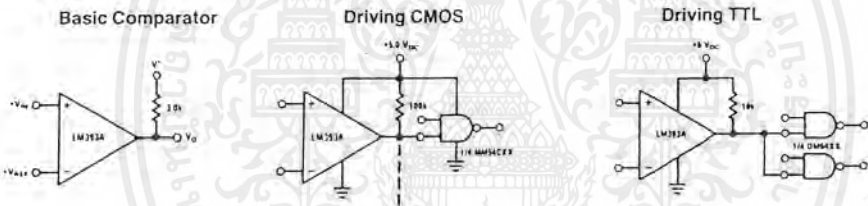
The bias network of the LM193 series establishes a drain current which is independent of the magnitude of the power supply voltage over the range of from 2.0 V_{DC} to 30 V_{DC} .

It is usually unnecessary to use a bypass capacitor across the power supply line.

The differential input voltage may be larger than V^+ without damaging the device (see Note 8). Protection should be provided to prevent the input voltages from going negative more than $-0.3\text{ V}_{\text{DC}}$ (at 25°C). An input clamp diode can be used as shown in the applications section.

The output of the LM193 series is the uncommitted collector of a grounded-emitter NPN output transistor. Many collectors can be tied together to provide an output OR'ing function. An output pull-up resistor can be connected to any available power supply voltage within the permitted supply voltage range and there is no restriction on this voltage due to the magnitude of the voltage which is applied to the V^+ terminal of the LM193 package. The output can also be used as a simple SPST switch to ground (when a pull-up resistor is not used). The amount of current which the output device can sink is limited by the drive available (which is independent of V^+) and the β of this device. When the maximum current limit is reached (approximately 16 mA), the output transistor will come out of saturation and the output voltage will rise very rapidly. The output saturation voltage is limited by the approximately $60\Omega\text{ r}_{\text{SAT}}$ of the output transistor. The low offset voltage of the output transistor (1.0 mV) allows the output to clamp essentially to ground level for small load currents.

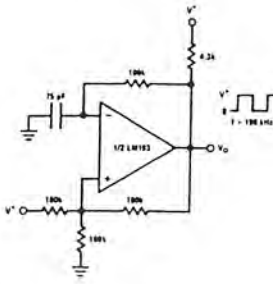
Typical Applications ($V^+ = 5.0\text{ V}_{\text{DC}}$)



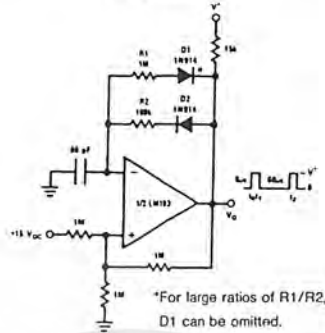
TL/H/5709-2

Typical Applications (Continued)

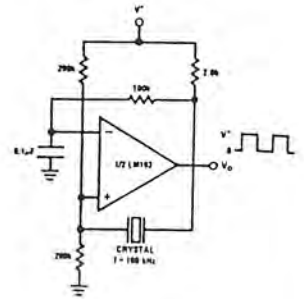
Squarewave Oscillator



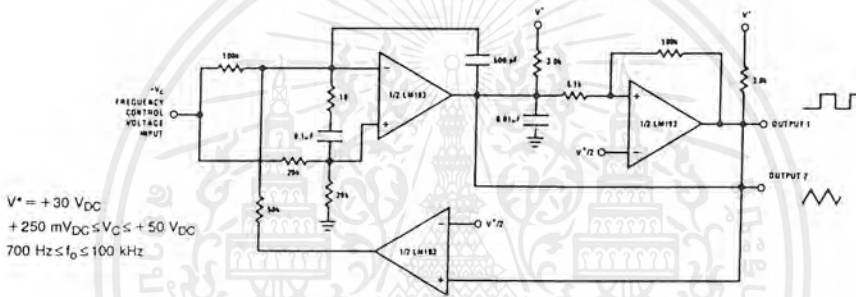
Pulse Generator



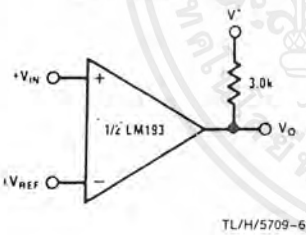
Crystal Controlled Oscillator



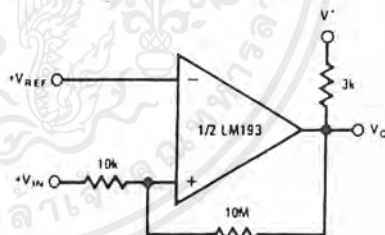
Two-Decade High-Frequency VCO



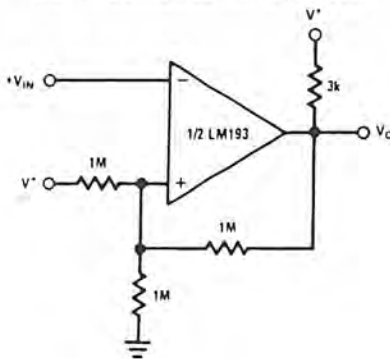
Basic Comparator



Non-Inverting Comparator with Hysteresis



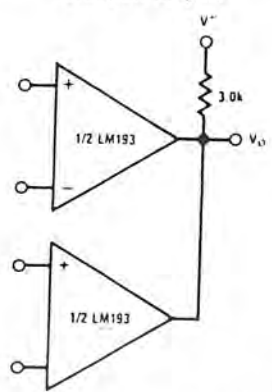
Inverting Comparator with Hysteresis



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

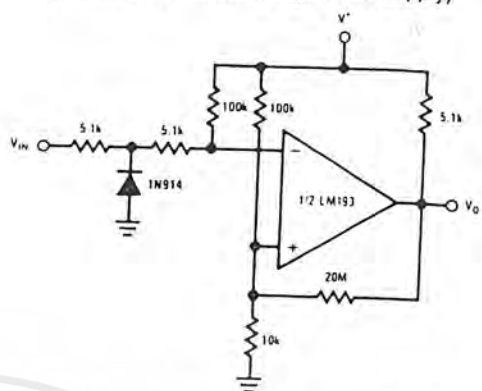
Typical Applications (Continued)

ORing the Outputs



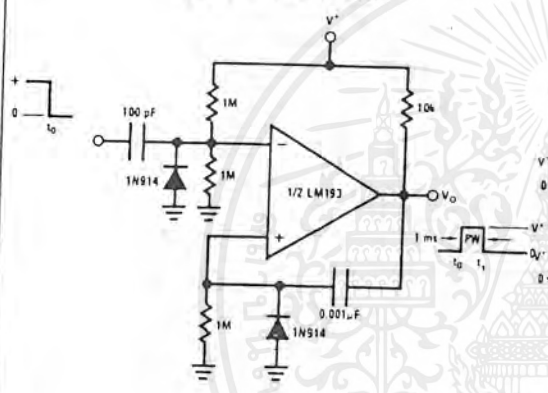
TL/H/5709-17

Zero Crossing Detector (Single Power Supply)



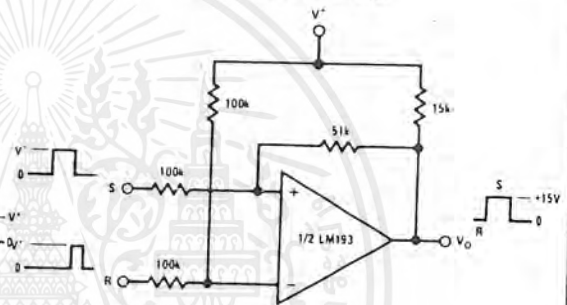
TL/H/5709-21

One-Shot Multivibrator



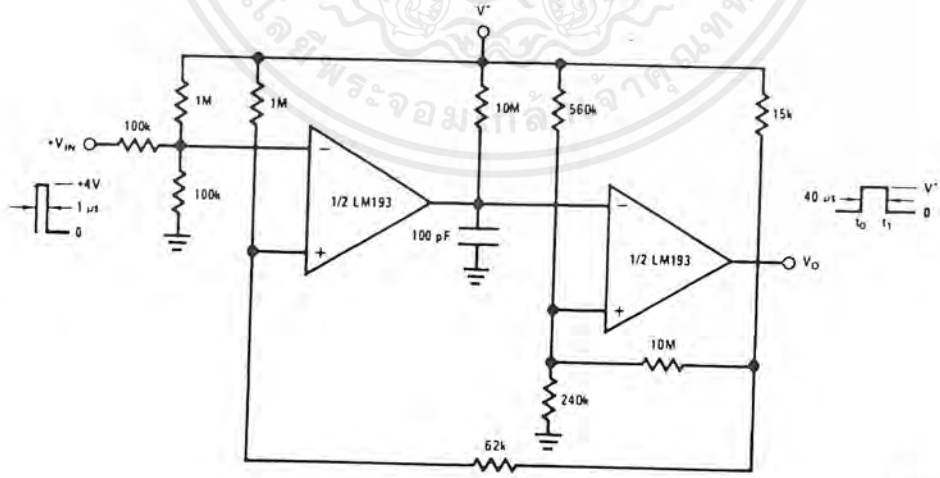
TL/H/5709-22

Bi-Stable Multivibrator



TL/H/5709-24

One-Shot Multivibrator with Input Lock Out

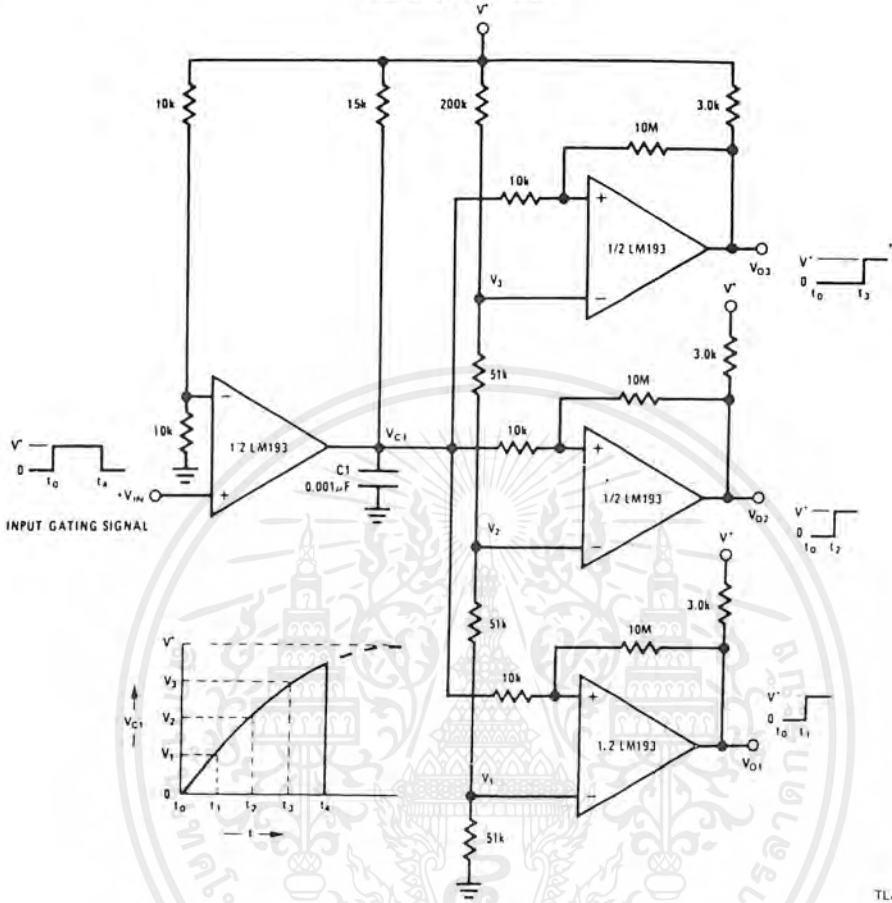


TL/H/5709-23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued) ($V^+ = V_{DC}$)

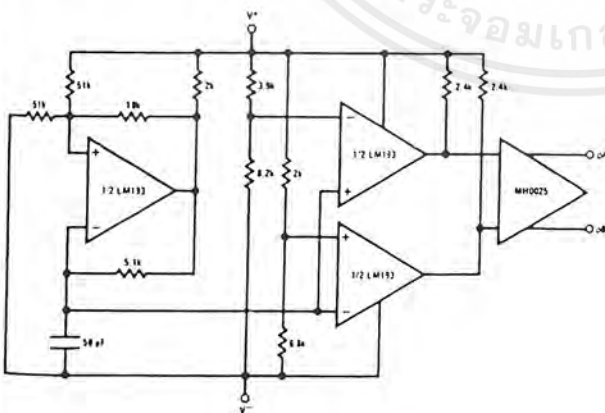
Time Delay Generator



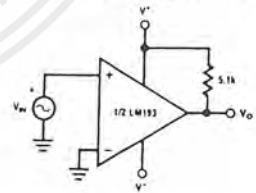
TL/H/5709-7

Split-Supply Applications ($V^+ = +15 V_{DC}$ and $V^- = -15 V_{DC}$)

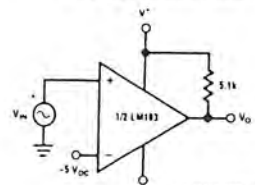
MOS Clock Driver



Zero Crossing Detector



Comparator With a Negative Reference



TL/H/5709-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้