

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง  
หุ่นยนต์รถควบคุมโดย VISUAL BASIC  
ROBOTIC CAR CONTROL BY VISUAL BASIC



รฟ.  
๑๑๑๓  
๒๕๔๙

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 72111  
วัน,เดือน,ปี..... ๘ ส.ย. ๒๕๕๐

b..... 117 63528
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม  
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา ๒๕๔๙

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# **ROBOTIC CAR CONTROL BY VISUAL BASIC**



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

**2006**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองปริญญาโท

หัวข้อปริญญาโท หุ่นยนต์รถควบคุม โดย VISUAL BASIC  
ROBOTIC CAR CONTROL BY VISUAL BASIC  
นักศึกษาผู้จัดทำ นาย โอฬาร ภูวนารักษ์ รหัสนักศึกษา 45010998  
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม  
ปีการศึกษา 2549

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท	ลายมือชื่อ
รศ. ประภาส อุดกสิมาพันธุ์	

ภาควิชารับรองแล้ว



(รศ.ประภาส อุดกสิมาพันธุ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**หัวข้อวิทยานิพนธ์** หุ่นยนต์รถควบคุมโดย VISUAL BASIC  
ROBOTIC CAR CONTROL BY VISUAL BASIC  
**นักศึกษาผู้จัดทำ** นาย โอพาร ภูวนารักษ์ รหัสนักศึกษา 45010998  
**อาจารย์ที่ปรึกษา** รศ. ประภาส อุคคกิมพันธ์  
**ปีการศึกษา** 2549

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน หุ่นยนต์ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กันอย่างกว้างขวางในวงการอุตสาหกรรม ทางด้านวิทยาศาสตร์ งานสำรวจ หรือ งานเสี่ยงภัยแทนมนุษย์ ดังนั้น วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึง นำเสนอแนวความคิดในการศึกษา ออกแบบและสร้างหุ่นยนต์สำรวจที่ควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ แบบไร้สาย โดยใช้ โปรแกรม VISUAL BASIC เพื่อลดปัญหาที่เกิดจากการควบคุมแบบมีสาย โดย จะอาศัยภาพจากกล้อง CCD เป็นตัวช่วยในการควบคุมการเคลื่อนที่ โดยจะรับคำสั่งของเส้นทางการเคลื่อนที่จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมโดย VISUAL BASIC จากนั้นจะส่งข้อมูลผ่าน พอร์ตอนุกรม RS-232 ไปยังไมโคร โปรเซสเซอร์ที่ตัวหุ่นยนต์รถ เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่



# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับการ  
ดำเนินการศึกษาและวิจัยจาก รศ.ประภาส อุกคศิมาพันธ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาบัตร  
ผู้วิจัยผู้ศึกษาซึ่งในความอนุเคราะห์จากท่าน และขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบัน  
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกๆ ท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาให้กับ  
ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม สถาบันเทคโนโลยีพระ  
จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ให้คำแนะนำต่างๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ชมรมพัฒนาจริยธรรมและคุณธรรม สถาบันเทคโนโลยี  
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่คอยให้กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ที่สั่งสอนและอบรมให้เป็นคนดี รวมทั้ง  
เป็นผู้สนับสนุนทุนทรัพย์ในการศึกษาของข้าพเจ้า และให้กำลังใจตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จสมความ  
ตั้งใจ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญาบัตรฉบับนี้ ผู้วิจัยขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ผู้จัดทำ

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความสำคัญของปริญญาโท.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาโท.....	1
1.3 ขอบเขตของปริญญาโท.....	2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....</b>	<b>3</b>
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....	3
2.1.1 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....	4
2.1.2 พอร์ตอินพุต/เอาต์พุต.....	6
2.1.3 รีจิสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไปใน MCS-51.....	7
2.1.4 ไทม์เมอร์/เคาเตอร์.....	7
2.1.5 อินเตอร์รัพท์.....	8
2.1.6 การรับส่งข้อมูลอนุกรม(UART).....	8
2.1.7 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพอร์ตอนุกรม.....	9
2.1.8 การสื่อสารแบบอนุกรม.....	9
2.1.9 การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส.....	10

# สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.1.10 มาตรฐานพอร์ทอนุกรมแบบRS-232 .....	11
2.1.11 คอนเนคเตอร์สำหรับพอร์ทRS-232และการเชื่อมต่อ.....	12
2.1.12 UART .....	14
2.2 สเต็ปป์มอเตอร์(Stepping Motor).....	15
2.2.1 การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของสเต็ปป์มอเตอร์ .....	15
2.3 โมดูลรับ-ส่งสัญญาณRF.....	17
2.4 ระบบรับและแสดงภาพ.....	18
2.4.1 หลักการพื้นฐานของกล้องโทรทัศน์.....	18
2.5 Sensor.....	22
2.5.1 การสะท้อนของคลื่น.....	23
2.5.2 LED อินฟราเรด และ LED ทัวไป.....	23
2.5.3 โฟโตไดโอด (Photo Diode).....	25
2.5.4 แอลอีดี (Light Emitting Diode ; LED).....	26
<b>บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง.....</b>	<b>27</b>
3.1 ส่วนควบคุมการทำงานของรถ.....	28
3.2 ส่วนควบคุมการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์.....	28
3.2.1 การประมวลผลและการควบคุมรถ.....	28
3.2.2 การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข (Digital Image Processing).....	29
3.2.2.1 โปรแกรมควบคุมการรับภาพและแสดงผล.....	29
3.2.2.2 โปรแกรมติดต่อพอร์ทอนุกรม.....	29
3.3 การควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์.....	30
3.3.1 ส่วนควบคุมการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์.....	30
3.4 กล้องรับภาพ.....	30
3.5 การ์ดรับภาพ.....	31

# สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
<b>บทที่ 4 ผลการทดลอง .....</b>	<b>32</b>
<b>บทที่ 5 สรุปผล ปัญหาและข้อเสนอแนะ .....</b>	<b>34</b>
5.1 สรุปผล.....	34
5.2 ปัญหา.....	34
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	34
<b>บรรณานุกรม.....</b>	<b>35</b>
<b>ภาคผนวก.....</b>	<b>36</b>



# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงลำดับความสำคัญของการอินเทอร์เน็ต.....	8
2.2 การจัดหาสัญญาณของพอร์ทอเนกรมในแบบต่างๆ และหน้าที่การทำงาน.....	13
2.3 แสดงรูปแบบการจับสเค็ปปิ้งมอเตอร์แบบฟูลสเค็ปป 1 เฟส.....	16
2.4 แสดงรูปแบบการจับสเค็ปปิ้งมอเตอร์แบบฟูลสเค็ปป 2 เฟส.....	16
2.5 แสดงรูปแบบการจับทำงานแบบฮาล์ฟสเค็ปป.....	17
4.1 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 1.....	32
4.2 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 2.....	33



# สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างภายในชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051.....	4
2.2 โค้ดแอสเซมบลีของ 8051.....	5
2.3 รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TMOD .....	7
2.4 โค้ดแอสเซมบลีของการสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส.....	10
2.5 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส.....	11
2.6 ขาสัญญาณและการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่าน RS-232 .....	14
2.7 ตัวส่งสัญญาณTLP434.....	17
2.8 ตัวรับสัญญาณ RLP434.....	17
2.9 CCD(charge coupled device).....	18
2.10 CMOS(complementary metal oxide semiconductor).....	18
2.11 ภายในCCD .....	19
2.12 ภายในCMOS.....	20
2.13 รูปที่ได้จากกล้อง CMOS .....	21
2.14 รูปที่ได้จากกล้อง CCD .....	22
2.15 แสดงลักษณะเส้นทางของแสงที่ตกกระทบและสะท้อน.....	23
2.16 แสดงโครงสร้างภายในของไดโอดชนิดเปล่งแสงได้ .....	24
2.17 ลักษณะแถบพลังงานของไดโอดเปล่งแสงขณะได้รับแรงดันไบอัสไบอัสตรง.....	25
2.18 สัญลักษณ์และผลิตภัณฑ์ โฟโตไดโอด ที่มีในปัจจุบัน .....	26
3.1 แผนผังการทำงานของโครงการทั้งหมด .....	27
3.2 วงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของรถ.....	28
3.3 โพล์ทชาร์ทของโปรแกรมประมวลผลในคอมพิวเตอร์ .....	29
3.4 วงจรภาคส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ .....	30

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญของปัญญาประดิษฐ์

ในปัจจุบันเทคโนโลยีมีการพัฒนาไปอย่างก้าวหน้าในหลาย ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาทางด้าน การสื่อสาร โทรคมนาคม เครื่องจักรกล อินเทอร์เน็ต ฯลฯ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิทยาการทางด้านคอมพิวเตอร์มีความก้าวหน้าเป็นอย่างยิ่ง เป็นส่วนที่สำคัญที่ทำให้วิทยาการของมนุษย์มีการพัฒนาไปได้อย่างรวดเร็ว สามารถนำมาใช้กับชีวิตประจำวันช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่มนุษย์ได้มากขึ้น เรานำคอมพิวเตอร์มาใช้สำหรับควบคุมเครื่องจักรกลทำให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงาน สามารถตัดแปลงและติดต่อกับเครื่องจักร โดยผ่านคอมพิวเตอร์ จึงเป็นเหตุผลที่มาของการศึกษาโครงการนี้

หุ่นยนต์สำรวจการเคลื่อนที่นี้จะถูกควบคุมผ่านทางคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่รับคำสั่งการเคลื่อนที่ทางเมาส์และคีย์บอร์ด ทำการประมวลผลคำสั่งที่ได้รับ แล้วส่งข้อมูลขนาด 8 บิต ผ่านพอร์ทอนุกรม RS-232 มาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์บนตัวหุ่นยนต์ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์นี้จะทำหน้าที่เพียงแต่ควบคุมการขับเคลื่อนที่ใช้บังคับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เท่านั้น ในการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์นี้จะช่วยทำให้ภาระในการประมวลผลของไมโครโปรเซสเซอร์มารวมกันที่คอมพิวเตอร์ และช่วยให้ง่ายต่อการเขียนโปรแกรม, แก้ไขโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ นอกจากนี้รูปแบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในโครงการนี้ยังนำเสนอในแบบที่ต่างออกไปเพื่อที่จะให้ได้รับความแม่นยำในการเคลื่อนที่มากยิ่งขึ้นในการควบคุม และได้มีการเขียนโปรแกรมรองรับการทำงานเพื่อให้ใช้ประโยชน์ได้หลาย ๆ อย่าง เช่น การเขียนแผนที่ตามเส้นทางเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ และการควบคุมการนับรอบของมอเตอร์ เป็นต้น สำหรับรายงานฉบับนี้จะนำเสนอถึงเรื่องการสร้างและออกแบบหุ่นยนต์สำรวจการเคลื่อนที่ ซึ่งควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งหวังว่าจะสามารถนำมาประยุกต์ใช้โดยติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 1.2 วัตถุประสงค์ของปัญญาประดิษฐ์

1. เพื่อศึกษาถึงโครงสร้างและการทำงานของ MCS-51
2. ศึกษาการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานและสามารถเขียนโปรแกรมประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ
3. เป็นการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ที่เป็นเทคโนโลยีใหม่ๆ ภายใต้งบประมาณที่ค่อนข้างต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 ขอบเขตของปริญญาโท

1. เขียนโปรแกรม Visual Basic ติดต่อกับ Mcs-51 ได้ โดยสามารถบังคับควบคุมหุ่นยนต์ให้เดินหน้า,ถอยหลัง,เลี้ยวซ้าย,เลี้ยวขวาได้
2. เขียนโปรแกรม Visual Basic ติดต่อกับกล้องได้ โดยสามารถรับภาพจากตัวกล้องมายังคอมพิวเตอร์ได้
3. ออกแบบตัวรับ ตัวส่งสัญญาณระบบ RF

### 1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาการทำงานของ Mcs-51
2. ศึกษาการเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic
3. ศึกษาการเขียนโปรแกรม ติดต่อระหว่าง Visual Basic กับ Mcs-51
4. ศึกษาการเขียนโปรแกรม ติดต่อระหว่าง Visual Basic กับ กล้อง
5. ศึกษาการทำงานของโมดูล ตัวรับ ตัวส่ง ระบบ RF
6. ศึกษาการทำงานของกล้องรับ ส่งภาพ
7. ศึกษาการทำงานของการ์ดจอแปลงภาพ
8. ศึกษาการทำงานของพอร์ทอนุกรม Rs-232

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

MCS-51 เป็น ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวที่มีข้อดีเมื่อเทียบกับไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 8 บิตตระกูลอื่น ดังนี้

1. มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไป (RAM) บรรจุไว้ภายใน 128 –256 ไบต์
2. มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานอยู่ภายในจำนวน 4 กิโลไบต์
3. มีวงจรตั้งเวลาวางจรรยาบรรณขนาด 16 บิต 2 ตัว อยู่ภายใน
4. มีวงจรรับส่งข้อมูลอนุกรมได้ 2 ทิศทาง
5. มีสัญญาณนาฬิกาภายในตัว
6. มีพอร์ตที่สามารถรับหรือส่งข้อมูลได้ 2 ทิศทางจำนวน 4 พอร์ต พอร์ตละ 8 บิต

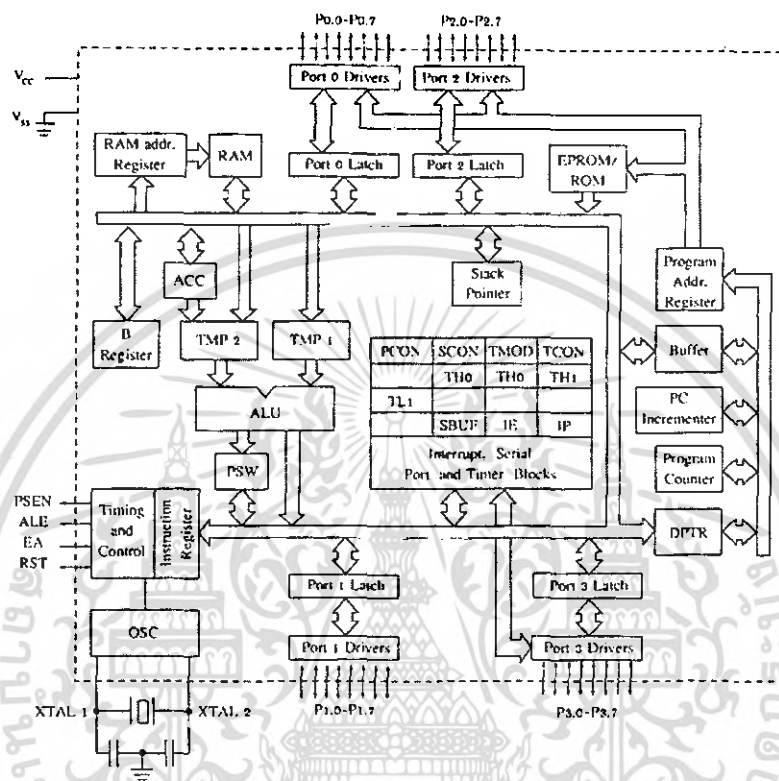
นอกจากนี้ MCS-51 ยังมีคุณสมบัติอื่น ๆ ที่น่าสนใจ คือ

1. ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์เพียงชุดเดียว
2. มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานอยู่ภายในชิพ
3. สามารถใช้หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิพได้อย่าง ละ 64 กิโลไบต์
4. มีคำสั่งคูณและหารเลขขนาด 8 บิตในตัวเอง
5. จัดลำดับความสำคัญของสัญญาณอินเทอร์รัปต์ได้ 2 ระดับ
6. รับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้ในตัว โดยสามารถกำหนดอัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูลได้ตั้งแต่ 300 ถึง 375 กิโลบิตต่อวินาที
7. สามารถประมวลผลแบบบูลีนเพื่อใช้ในการควบคุม โดยเฉพาะ
8. มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้งานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์เพื่อนับจำนวนสัญญาณนาฬิกาภายในชิพ หรือนับการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณภายนอกขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว เพื่อใช้สำหรับนับจำนวนพัลส์ วัดความกว้างของพัลส์หรือใช้วัดช่วงเวลา
9. หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในบางส่วนสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทั้งระดับไบต์และระดับบิตเพื่อให้การออกแบบโปรแกรมและการควบคุมระบบงานทำได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.1.1 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

โครงสร้างภายในชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 ชิปเดี่ยวแสดงดังรูปที่ 2.1 ซึ่งอธิบายถึงส่วนย่อยๆ ภายใน 8051

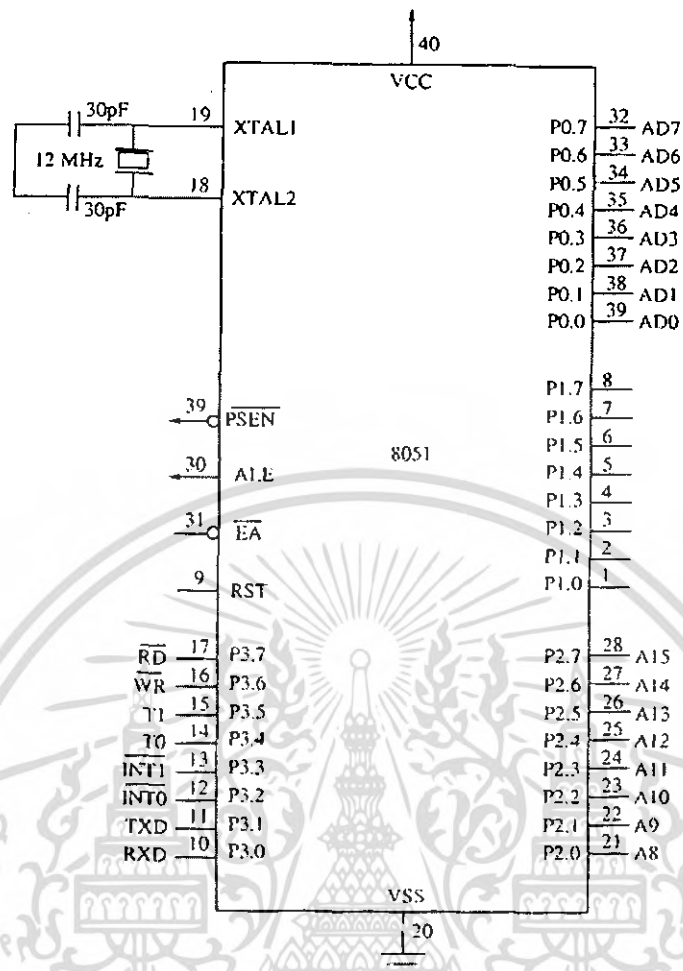


ภาพที่ 2.1 โครงสร้างภายในชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

สัญญาณภายในจะต่อออกสู่ภายนอกทางขาของ 8051 ที่มีอยู่ 40 ขา ดังรูป 2.2 ซึ่งมีการใช้งานต่างๆ ที่สำคัญดังนี้

1. VCC ขา 40 เป็นขาต้องป้อนไฟเลี้ยง +5 โวลต์ เข้าไปเพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้
2. VSS ขา 20 เป็นขาที่ต้องต่อกับกราวด์ของแหล่งจ่ายไฟ
3. RST ขา 9 ขา รีเซตนี้จะรีเซตการทำงานของ 8051 ถ้าป้อนสัญญาณที่มีสภาวะลอจิก 1 ที่ขานี้จะเป็นการรีเซตการทำงาน กลับไปเริ่มทำงานจากคำสั่งที่อยู่ในหน่วยความจำตำแหน่ง 0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 โค้ดแอมของ 8051

1. PSEN ขา 29 ใช้ส่งสัญญาณเพื่ออ่าน โปรแกรมซึ่งเก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกชิพ
2. XTAL1 ขา 19 ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรรอสซซิลเลเตอร์
3. XTAL2 ขา 18 ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นเอาต์พุตออกจากวงจรรอสซซิลเลเตอร์

เมื่อเริ่มจ่ายพลังงานจะต้องมีการรีเซตก่อนเสมอการรีเซตในขณะที่เริ่มจ่ายพลังงานจะกระทำโดยอัตโนมัติ โดยการทำงานของวงจรรีเซตคือ เมื่อเริ่มจ่ายพลังงานให้แก่ MCS-51 จะทำให้ขา RTS มีสถานะเป็นหนึ่งในช่วงเวลาหนึ่งซึ่งขึ้นอยู่กับค่าตัวเก็บประจุ ความเร็วในการประจุ เพื่อให้แน่ใจว่ามีการรีเซตเกิดขึ้นจริงๆ ในช่วงเวลาเริ่มต้นให้ขา VCC จะต้องให้ขา รีเซตมีสถานะเป็น 1 นานพอที่จะให้วงจรรอสซซิลเลเตอร์เริ่มต้นทำงานร่วมกับช่วงเวลา 2 แมกซิมัซเกิด

ในช่วงเริ่มต้นให้ VCCแก่ MCS-5 (ช่วง power up) VCC ควรมีค่าตามที่กำหนดภายในเวลา 10วินาที (risetime) โดยช่วงเวลาที่วงจรรอสัญญาณเริ่มต้นทำงานจะขึ้นอยู่กับความถี่ของ คริสตอล ที่ใช้

### 2.1.2 พอร์ตอินพุท/เอาต์พุท

PORT 0 เป็นพอร์ตขนานขนาด 8 บิต อยู่ที่ขา 39 ถึง 32 เริ่มจากบิต 0 ถึงบิต 7 ตามลำดับ พอร์ต 0 นี้ยังใช้ได้ทั้งการรับส่งตำแหน่งและข้อมูลกับหน่วยความจำหรือใช้รับส่งข้อมูลก็ได้ นอกจากนี้ยังใช้งานได้หลายอย่างดังนี้

1. ใช้สำหรับส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อด้วย โดย 8 บิตล่างถูกส่งออกไปทางพอร์ต 0 และ 8 บิตบนถูกส่งออกทางพอร์ต 2

2. ใช้รับส่งข้อมูลกับ Data Memory หรือใช้รับข้อมูลจาก Program Memory

3. ใช้รับส่งข้อมูลออกจากพอร์ตโดยตรง

PORT 1 เป็นพอร์ตขนานขนาด 8 บิต อยู่ที่ขา 1 ถึง 8 เริ่มจากบิต 0 ถึง บิต 7 ตามลำดับใช้ทำหน้าที่เป็นตัวรับส่งข้อมูลเท่านั้น ไม่สามารถส่งตำแหน่งได้

PORT 2 เป็นพอร์ตขนานขนาด 8 บิต อยู่ที่ขา 21 ถึง 28 เริ่มจากบิต 0 ถึง บิต 7 ตามลำดับใช้งานเพียง 2 ลักษณะคือ

1. ใช้ส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอกที่ต้องการติดต่อทำงานร่วมกับพอร์ต 0

2. ใช้เป็นพอร์ตรับส่งข้อมูลภายนอก

PORT 3 เป็นพอร์ตขนานขนาด 8 บิตอยู่ที่ขา 10 ถึง 17 เริ่มจากบิต 0 ถึงบิต 7 ตามลำดับ นอกจากจะใช้งานเหมือนพอร์ตอื่นๆแล้วยังใช้งานอื่น โดยใช้คำสั่งควบคุมดังนี้

P3.0 (RxD) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม

P3.1 (TxD) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม

P3.2 (INT0) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.3 (INT1) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายใน

P3.4 (T0) ใช้เป็นขารับสัญญาณให้เคาเตอร์ของไทม์เมอร์ 0

P3.5 (T1) ใช้เป็นขารับสัญญาณให้เคาเตอร์ของไทม์เมอร์ 1

P3.6(WR)ใช้เป็นขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก

P3.7(RD)ใช้เป็นขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก

### 2.1.3 รีจิสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไปใน MCS-51

รีจิสเตอร์ A, B และ รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ซึ่งอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิพบริเวณ 128 ไบต์แรก รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ใน MCS-51 มีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 4 กลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบด้วยรีจิสเตอร์จำนวน 8 ตัว (R0-R7) ซึ่งมีชื่อเรียกเหมือนกัน ดังนั้นรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ใน MCS-51 จึงมีทั้งหมด 32 ตัว ในการทำงานขณะใด ๆ รีจิสเตอร์ทั้ง 4 กลุ่ม (R0-R7) จะถูกเลือกใช้งานเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น การเลือกใช้งานรีจิสเตอร์ R0-R7 กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งใน 4 กลุ่ม กระทำโดยการเซตหรือเคลียร์บิต RS0, RS1 ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PSW

### 2.1.4 ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล 8051 มีรีจิสเตอร์พิเศษที่สามารถเลือกใช้งานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์อย่างใดอย่างหนึ่ง รีจิสเตอร์ประเภทนี้มีอยู่ด้วยกัน 2 ตัว แต่ละตัวขนาด 16 บิต เรียกไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1 ตามลำดับ

ไทม์เมอร์นั้นค่าในรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์ที่ถูกเลือกใช้งานจะถูกเพิ่มขึ้นทุกเมกซ์ซินไซเคิล

เคาน์เตอร์นั้นค่าในรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นเคาน์เตอร์ที่ถูกเลือกใช้งานจะถูกเพิ่มค่าทีละ 1 เมื่อมีการเปลี่ยนสถานะไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1

สามารถเลือกการทำงานให้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ได้โดยการกำหนดค่าบิต ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ ดังรูปที่ 2.3 (ไทม์เมอร์ 0 ใช้บิต 2 ส่วนไทม์เมอร์ 1 ใช้บิต 6) โดยหากบิตนี้มีค่าเป็น 0 หมายถึงเลือกใช้งานเป็นไทม์เมอร์ถ้าบิตนี้มีค่าเป็น 1 หมายถึงเลือกใช้งานเป็นเคาน์เตอร์

GATE1	C/T1	M1	M0	GATE0	C/T0	M1	M0
-------	------	----	----	-------	------	----	----

ภาพที่ 2.3 รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TMOD

นอกจากจะเลือกการทำงานของรีจิสเตอร์ให้ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ได้แล้วในแต่ละการทำงานยังมีการทำงานย่อยอยู่อีก 4 แบบ ตามความเหมาะสมของการใช้งาน

โหมด 0 จะใช้รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต เป็นตัวนับ โดยมีการเมค่าครั้งละ 1 ทุกครั้งนับสัญญาณได้ครบ 32 ครั้ง โดยในโหมดนี้มีรีจิสเตอร์ที่ใช้ นับเพียง 13 บิต (8 บิตในรีจิสเตอร์ TLx รวมกับ 5 บิตใน THx)

โหมด 1 การทำงานเหมือนโหมด 0 เว้นแต่ค่าในรีจิสเตอร์ถูกใช้งานครบทั้ง 16 บิต นั่นเอง คือ ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ใน โหมดนี้มีขนาด 16 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมด 2 ในโหมดนี้จะกำหนดตรีจิสเตอร์ใช้งานในการนับบิตเพียง 8 บิต (จากตรีจิสเตอร์ TLx) ที่มีการโหลดค่าด้วยค่าในตรีจิสเตอร์ THx การใช้งานโหมดนี้มีไว้เพื่อสร้างสัญญาณอินเทอร์รัปต์ที่มีคาบเวลาคงที่

โหมด 3 ในโหมดไทม์เมอร์ 1 จะไม่มีการยับยั้งไทม์เมอร์จะบังคับให้ตรีจิสเตอร์ TLO ของไทม์เมอร์ 0 ถูกใช้เป็นไทม์เมอร์เพียงอย่างเดียว การทำงานโหมด 3 มีไว้เพื่อใช้งานที่ต้องการไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ขนาด 8 บิตเพิ่มขึ้น

### 2.1.5 การอินเทอร์รัปต์

คือการขัดจังหวะโปรแกรมชั่วคราวแล้วมาทำโปรแกรมบริการอินเทอร์รัปต์ (Interrupt Service Routine : ISR) อินเทอร์รัปต์ของ MCS-51 ได้มาจาก 8 แหล่ง แต่มีเพียง 6 เวกเตอร์ (TI และ RI ใช้ตำแหน่งเดียวกัน) ตำแหน่งของอินเทอร์รัปต์เวกเตอร์แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงลำดับความสำคัญของการอินเทอร์รัปต์

ลำดับ	ชื่อสัญญาณอินเทอร์รัปต์	Vector Address	Priority
1	INT0	003H	Highest ↑ ↓ Lowest
2	TF0	000BH	
3	INT1	0013H	
4	TF1	001BH	
5	TI+RI	0023H	
6	TF2+EXF2	002BH	

### 2.1.6 การรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART) ของ MCS-51

พอร์ทสื่อสารอนุกรมของ MCS-51 มีโครงสร้างการทำงานของการสื่อสารที่เป็นแบบที่เรียกว่า ฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) ในการรับและส่งข้อมูลอนุกรมได้ในเวลาเดียวกัน โดยทางด้านส่งใช้ขา TxD(พอร์ท 3.1) ทางด้านรับใช้ขา RxD (พอร์ท3.0) SBUF ใช้เป็นบัฟเฟอร์สำหรับรับและส่งข้อมูลอนุกรม

พอร์ทสื่อสารอนุกรมของ MCS-51 สามารถโปรแกรมการทำงานได้หลายโหมดด้วยกัน โดยเลือกที่บิต SM1 และ SM0 ซึ่งอยู่ในตรีจิสเตอร์ควบคุม (SCON) การทำงานทั้ง 4 โหมดของพอร์ทสื่อสารอนุกรมมีดังนี้

โหมด 0 พอร์ทสื่อสารอนุกรม 8 บิต โดยการส่งจะเลื่อนออกทีละบิต โดยส่งบิต D0 ออกไปก่อนทางขา RxD และ ไม่มีการส่งบิตเริ่มต้น แต่จะส่งสัญญาณนาฬิกาเลื่อนทางขา TxD

โหมด 1 พอร์ทสื่อสารอนุกรม 10 บิต ข้อมูล 8 บิต 1 บิตเริ่มต้น และ 1 บิตหยุด และสามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วในการส่งข้อมูลได้ โดยขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON และอัตราโอเวอร์โพล์ของไมโครเมอร์

โหมด 2 พอร์ทสื่อสารอนุกรม 11 บิต ข้อมูล 9 บิต 1 บิตเริ่มต้น และ 1 บิตหยุด

โหมด 3 พอร์ทสื่อสารอนุกรม 11 บิต UART โดยส่งข้อมูล 9 บิต 1 บิตเริ่มต้น และ 1 บิตหยุด อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลที่ ไมโครเมอร์ 1,2 และ SMOD

### 2.1.7 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพอร์ทอนุกรม

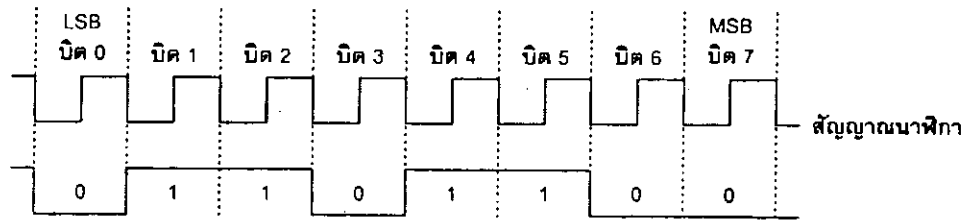
การเคลื่อนที่ย้ายข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ต่อพ่วงภายนอกหรือคอมพิวเตอร์ด้วยกัน มีด้วยกัน 2 รูปแบบคือ รับส่งข้อมูลแบบขนานและรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

การรับส่งข้อมูลแบบขนานเป็นการรับหรือส่งข้อมูลคราวละ 4 หรือ 8 บิตในเวลาเดียวกัน ทำให้การรับและส่งข้อมูลมีความเร็วสูง ทว่าจำนวนของรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการถ่ายถอดข้อมูลต้องมามากเท่ากับจำนวนบิตของข้อมูลที่ทำการถ่ายถอดด้วย นอกจากนี้ยังมีสายที่ใช้สำหรับควบคุมและตรวจสอบการรับส่งข้อมูลด้วย ซึ่งอาจต้องใช้สายมากเป็น 2 เท่าของจำนวนบิตข้อมูลก็ได้ ส่งผลให้ราคาของสายที่ใช้ในการเชื่อมต่อแบบขนานมักจะมีราคาแพง อีกข้อจำกัดหนึ่งของการถ่ายถอดข้อมูลแบบขนานคือ ระยะทางในการถ่ายถอดข้อมูล โดยปกติจะอยู่ที่ประมาณ 10-15 ฟุต

ในขณะที่การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะเป็นการรับส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต โดยมีรูปแบบการรับเป็นมาตรฐาน ต้องมีการตรวจสอบความพร้อมในการรับส่งข้อมูลของตัวรับและตัวส่ง การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมนั้นจะมีข้อดีในเรื่องของจำนวนสายสัญญาณที่น้อยมากและไม่แปรผันตามจำนวนบิตของข้อมูล ระยะทางการรับส่งสูงกว่าแบบขนานมาก โดยปกติถ้าเป็นพอร์ทอนุกรมแบบ RS-232 จะสามารถต่อสายได้ยาว 50 ฟุตโดยประมาณ

### 2.1.8 การสื่อสารแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมแบ่งได้เป็น 2 แบบคือการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัสและการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัสการสื่อสารแบบซิงโครนัสจะมีสัญญาณนาฬิกาพร้อมอยู่กับการรับและส่งสัญญาณด้วย ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสก็คือคีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ซึ่งสายเส้นหนึ่งจะเป็นสายของสัญญาณนาฬิกา ส่วนสายอีกเส้นจะเป็นสายของข้อมูล ดังนั้นการติดต่อกันแบบซิงโครนัสนี้จะต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้น คือ สัญญาณนาฬิกามีข้อมูลและกราวด์ ภาพที่ 2.4 แสดงให้เห็นไทม์ไลน์ของการสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส



ภาพที่ 2.4 โดอะแกรมเวลาของการสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส

### 2.1.9 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

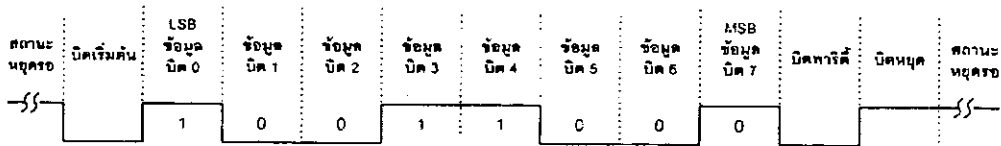
การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือการรับส่งข้อมูลโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกา ร่วมด้วย แต่จะใช้การกำหนดค่าอัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูลให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกอัตราเร็วนี้ว่า อัตราบอดหรือบอดเรต (Baud rate) มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bit per second: BPS)

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

1. บิตเริ่มต้น (Start bit) มีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรม มีขนาด 5,6,7 หรือ 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี (Parity bit) มีขนาด 1 บิตหรือไม่มี
4. บิตปิดท้ายหรือบิตหยุด (Stop bit) มีขนาด 1,1.5 หรือ 2 บิต

ภาพที่ 2.5 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส เมื่อไม่มีการส่งข้อมูล ขา DATA จะมีสถานะลอจิก "1" เรียกสถานะนี้ว่า สถานะหยุดรอ (waiting stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูล จะเริ่มจากการ ให้ขา DATA มีลอจิก "0" ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต เรียก 1 บิตนี้ว่าบิตเริ่มต้น (start bit) จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไปโดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุดหรือบิต LSB ก่อนซึ่งข้อมูลที่ ต้องการส่งอาจมีจำนวน 5,6,7 หรือ 8 บิตก็ได้ จากนั้นตามด้วยบิตพาริตี (parity bit) ซึ่งใช้ในการ ตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่จะส่งคือ บิตปิดท้ายหรือบิตหยุด โดยเป็นการทำให้ขา DATA มีสถานะลอจิก "1" อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต,1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว

อัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสหรืออัตราบอด หรือบอดเรตที่ใช้สำหรับพอร์ทอนุกรม RS-232 มีด้วยกันหลายค่า ได้แก่ 110 ,150 ,300 ,600 ,1200 ,2400 ,4800 ,9600 และ 19200 บิตต่อวินาที โดยมีค่าเพิ่มขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ เนื่องจากบอดเรต คือค่าของจำนวนบิตที่สามารถส่งได้ใน 1 วินาที สมมุติว่าข้อมูลอนุกรมมีขนาด 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต ความยาวข้อมูล 1 ไบต์จะมีความยาวเท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9600 บิตต่อวินาที ก็จะสามารถรับส่ง ข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที



ภาพที่ 2.5 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

การตรวจสอบพาริตีสามารถกำหนดให้เป็นแบบคี่ (Odd) แบบคู่ (Even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตีก็ได้ พาริตีคี่หรือพาริตีคู่แสดงถึงจำนวนลอจิก “1” ทั้งหมดภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์ รวมบิตพาริตีว่าจำนวนเลขคู่หรือเลขคี่ ยกตัวอย่าง ข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 8 บิต มีค่าเท่ากับ 99H หรือ 10011001B จะเห็นว่าข้อมูลใน ไบต์นี้มีจำนวนลอจิก “1” จำนวน 4 ตัวซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้น ถ้ากำหนดค่าพาริตีเป็นคู่ ค่าของพาริตีจะต้องมีลอจิกเป็น “0” แต่ถ้ากำหนดพาริตีเป็นคี่ ค่าของบิตพาริตีจะต้องเป็น “1” เพื่อให้ข้อมูล 1 ไบต์รวมทั้งพาริตีเป็นคี่

บิตพาริตีถูกสร้างขึ้นจากภาคส่งข้อมูลของ UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter: เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลอนุกรม ซึ่งจะกล่าวถึงในรายละเอียดภายหลัง) ซึ่งทางภาครับจะต้องกำหนดคุณสมบัติการตรวจสอบพาริตีที่ตรงกันไว้ว่าจะตรวจสอบพาริตีคี่หรือพาริตีคู่ จากนั้นภาครับของ UART จะทำการตรวจสอบค่าพาริตีที่เกิดขึ้นว่าเป็นคู่หรือคี่โดยการนับจำนวนลอจิก “1” ทั้งหมดรวมทั้งบิตพาริตีด้วย ถ้ากำหนดพาริตีไว้เป็นคู่แต่อ่านค่าในการนับตัวเลขออกมาเป็นคี่ ทางภาครับจะแสดงข้อผิดพลาดออกมาให้ผู้ใช้งานทราบ กระบวนการดังกล่าวเป็นวิธีการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการรับส่งข้อมูลที่ง่ายที่สุด แต่มันสามารถตรวจได้เมื่อมีบิตข้อมูลที่ทำการรับส่งผิดพลาดเพียงบิตเดียวเท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ทำการส่งมีบิตที่ผิดพลาดมากกว่า 1 บิต การตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะไม่ได้ผล สำหรับการตั้งพาริตีบิตเป็น NONE นั้นทั้งภาครับและภาคส่ง จะไม่มีการตรวจสอบพาริตี

คอมพิวเตอร์ในรุ่น AT เกือบทั้งหมดจะใช้ไอซี UART เบอร์ 16450 และ 16550 ส่วนคอมพิวเตอร์ในรุ่น XT ใช้ไอซี UART เบอร์ 8250 ไอซี UART เหล่านี้มีระดับแรงดันของลอจิกเป็นแบบทีทีแอล (+5V) แต่เพื่อให้มีแรงดันเป็นไปตามมาตรฐาน RS-232 และเพื่อให้การรับส่งข้อมูลสามารถทำได้ในระยะทางไกลมากขึ้น ระดับแรงดันทีทีแอลจะถูกแปลงเป็นระดับแรงดันที่สูงขึ้น โดยลอจิก “0” จะมีระดับแรงดัน -3V ถึง -12V และลอจิก “1” มีระดับแรงดัน +3V ถึง +12V

### 2.1.10 มาตรฐานพอร์ทอนุกรมแบบ RS-232

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยมาตรฐาน RS-232 ในอดีตนั้นถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดซึ่งอยู่ห่างไกลกัน โดยสมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า EIA RS-232 มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเน็กเตอร์เป็นแบบ DB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดของสายสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต มีระดับสัญญาณตั้งแต่ -3V ถึง -12V แสดงว่ามีข้อมูล(mark) และ +3V ถึง +12V แสดงว่าเป็นช่องว่าง (space)

มาตรฐาน RS-232 ถูกใช้ในการกำหนดรูปแบบการสื่อสารข้อมูลกันระหว่างอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment: DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data Circuit Terminating: DCE) อุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัว เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือ ไมโครคอมพิวเตอร์ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE ทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น

ข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE อย่างหนึ่งที่เราเห็นได้ชัดคือ คอนเน็กเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็กเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเน็กเตอร์ที่อยู่ทีโมเด็มจะเป็นแบบ DCE

สำหรับการใช้งานในคอมพิวเตอร์ พอร์ทอนุกรม RS-232 ถูกใช้เพื่อเชื่อมต่อกับโมเด็ม, เม้าส์ และเครื่องพิมพ์ที่สามารถติดต่อทางพอร์ทอนุกรมได้

### 2.1.11 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ท RS-232 และการเชื่อมต่อ

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 จะใช้คอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 ตัวผู้ หรือ DB-9 ตัวผู้ ซึ่งคอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งาน เพียง 9 เส้นเช่นเดียวกับคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่น ๆ ที่เคยมีการใช้งานมาในอดีตไม่ค่อยมีความสำคัญมากนักจึงถูกยกเลิกไป โดยแสดงรูปร่างและตำแหน่งขาดังรูปที่ 2.6

ขา Data Carrier Detect: DCD หรืออาจเรียกว่า Carrier Detect: CD ขานี้จะแอกติฟเมื่อมีการส่งสัญญาณพาร์จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลเช่น โมเด็ม

ขา Receive Data: RD หรือ RxD ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์ โดยจะนำข้อมูลที่อ่านได้ไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์

ขา Transmitted: TD หรือ TxD ขานี้ใช้เพื่อส่งข้อมูลอนุกรมออกจากคอมพิวเตอร์ โดยการนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลออกไป

ขา Data Terminal Ready: DTR เป็นขาเอาท์พุทที่ใช้สำหรับส่งสัญญาณออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่าการติดต่อกับอุปกรณ์ปลายทาง โดยขา DTR นี้จะต้องเชื่อมต่อกับขา DSDR ของอุปกรณ์ปลายทาง และขา DTR ของอุปกรณ์ปลายทางจะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์และถ้าใช้การเชื่อมต่อแบบ 3 สาย ต้องเชื่อมต่อกับขา DTR และ DSR ของพอร์ทอนุกรมเข้าด้วยกัน และจะต้องต่อเชื่อมกับขา DCD ด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณพาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา Signal Ground: GND เป็นขาราวด์ของสัญญาณ

ขา Data Set Ready: DSR ขานี้จะใช้ควบคู่ DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งขา DSR นี้จะเป็นขาสำหรับข้อมูลจากภายนอก

ขา Request To Send: RTS เป็นขาเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้อุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลมาให้คอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS ก็คือขา CTS ซึ่งในกรณีที่มีการเชื่อมต่อแบบ 3 สาย จะต้องเชื่อมต่อขา RTS และ CTS เข้าด้วยกัน เพื่อให้การรับและส่งข้อมูลเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา

ขา Clear To Send: CTS เป็น ขาอินพุตทำหน้าที่ที่รอรับสัญญาณที่ส่งเข้ามา เมื่อมีการส่งสัญญาณเข้ามาที่ขานี้ ข้อมูลที่ขา TxD จะถูกส่งออกไป ขานี้ใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่รับข้อมูลแล้วหรือยัง

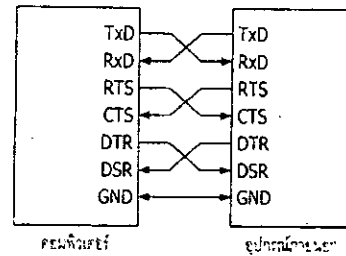
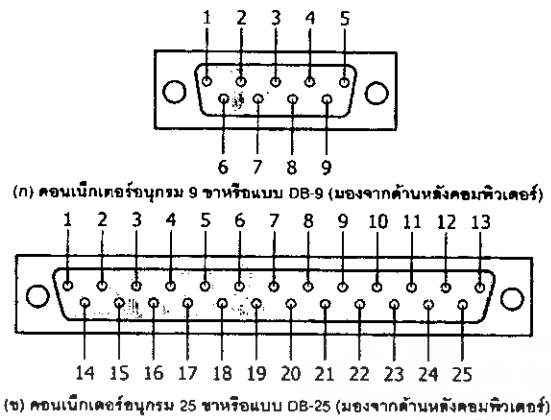
ขา Ring Indicator: RI ใช้แสดงสถานะ สัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งาน ก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับ โมเด็มแล้ว ยังมีความต้องการตรวจสอบสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์

สำหรับการเชื่อมต่อสายระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกแสดงดังรูปที่ 2.6 ลูกศรในรูปแสดงถึงทิศทางของข้อมูล การเชื่อมต่อในรูปที่ 2.6 เป็นการเชื่อมต่อแบบ NULL MODEM หรือการเชื่อมต่อโดยใช้สายสัญญาณน้อยที่สุดเพียง 3 เส้น โดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูล อีกเส้นสำหรับรับข้อมูลและอีกเส้นเป็นกราวด์

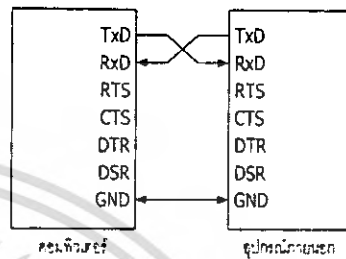
## ตารางที่ 2.2 การจัดขาสัญญาณของพอร์ทอนุกรมในแบบต่างๆ และหน้าที่การทำงาน

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ Null modem



(ข) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ RS-232 โดยใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น

**ภาพที่ 2.6** ขาสัญญาณและการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่าน RS-232

**2.1.12 UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)**

UART มาจากคำว่า Universal Asynchronous Receiver Transmitter ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั่นเอง สำหรับการสื่อสารอนุกรมบนคอมพิวเตอร์แล้ว UART ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการสื่อสารอนุกรม

หน้าที่หลักของ UART คือแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากซีพียูให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัส แล้วทำการส่งออกไป และแปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายัง UART ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าซีพียู ซึ่งนอกจาก UART จะส่งข้อมูลไปยังซีพียูแล้ว ยังแจ้งรายละเอียดอื่น ๆ ของข้อมูลให้คอมพิวเตอร์รับทราบอีกด้วย อาทิ อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลหรือบอดเรต, รูปแบบการส่งข้อมูล, ความผิดพลาดที่เกิดระหว่างการส่งข้อมูล เช่น ผิดพลาดจากพาริตี, เฟรมข้อมูล, โอเวอร์รัน เป็นต้น

ภายใน UART จะมีวงจรสร้างบอดเรตโปรแกรมได้ (Programmable Baudrate Generator) โดยกำหนดค่าตัวหารให้กับสัญญาณนาฬิกาของของ UART โดยตัวหารนี้จะมีขนาด 16 บิต ดังนั้นจะสามารถกำหนดตัวหารอยู่ในช่วง 1-65,535

## 2.2 สเต็ปป์มอเตอร์ (Stepping Motor)

สเต็ปป์มอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่มีลักษณะการทำงานแตกต่างจากมอเตอร์ทั่วไปเพราะจะต้องป้อนสัญญาณเป็นพัลส์ให้แก่ขดลวดมอเตอร์เป็นจังหวะอย่างเหมาะสม และการหมุนของมอเตอร์ชนิดนี้จะหมุนเป็นจังหวะตามพัลส์ที่ป้อนเข้ามาไม่หมุนต่อเนื่องเหมือนกับมอเตอร์ธรรมดา ทำให้ผู้ควบคุมสามารถเลือกตำแหน่งที่ต้องการให้มอเตอร์หยุดหมุนได้ จังหวะการหมุนของสเต็ปป์มอเตอร์เรียกว่า สเต็ป (step) ความละเอียดของมอเตอร์กำหนดองศาต่อสเต็ปมาก หมายความว่ามอเตอร์ตัวนี้มีความละเอียดของการหมุนเท่ากับ 7.5 องศา ต่อสเต็ปป์มอเตอร์นี้มีความละเอียดของการหมุนเท่ากับ 48 ตำแหน่ง แต่ถ้าหากว่าสเต็ปป์การหมุนเท่ากับ 1.8 องศาต่อสเต็ป ความละเอียดของการหมุนเท่ากับ 200 ตำแหน่ง จะเห็นได้ว่ามอเตอร์จะมีความละเอียดสูง ทำให้การนำไปใช้งานที่ต้องการกำหนดตำแหน่งได้ดีกว่า แม่นยำกว่า ผนวกเข้ากับวงจรขับแบบฮาล์ฟสเต็ป ความละเอียดของการหมุนจะเพิ่มขึ้นอีก 2 เท่า ซึ่งจะทำให้มีความละเอียดของการหมุนกลายเป็น 400 ตำแหน่ง

ขนาดของสเต็ปป์มอเตอร์ที่มีการผลิตและจำหน่ายในท้องตลาด มีตั้งแต่ขนาดแรงดันต่ำ 3V ไปถึง 4V ส่วนขนาดของกระแสมีตั้งแต่ไม่กี่สิบลิลลิแอมป์ซึ่งเป็นสเต็ปป์มอเตอร์ตัวเล็กไปจนถึงเป็น สิบลแอมป์ซึ่งจะเป็นขนาดใหญ่

สเต็ปป์มอเตอร์ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จนในปัจจุบันสเต็ปป์มอเตอร์ที่ได้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุด และหาซื้อได้ง่าย คือ สเต็ปป์มอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ (uni-polar stepper motor)

สเต็ปป์มอเตอร์แบบนี้มีการพันขดลวด 2 ขดบนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ แต่ละขดลวดแบ่งเป็น 2 เฟส รวมมอเตอร์ทั้งตัวจะมี 4 เฟส คือ เฟส 1,2,3 และ 4 มีการต่อสายออกมาจากขดลวดแต่ละขดเพื่อจ่ายไฟเลี้ยง ทำให้สเต็ปป์มอเตอร์แบบนี้มีทั้งแบบ 5 สาย และ 6 สาย

### 2.2.1 การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของสเต็ปป์มอเตอร์

การกระตุ้นและควบคุมของมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ไปแต่ละสเต็ปทำได้ โดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังขดลวดแต่ละขดบนสเตเตอร์ ซึ่งต้องป้อนเป็นซีแควนเชียล ในรูปแบบที่ถูกต้องด้วย สามารถแบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ แบบฟูลสเต็ป 1 เฟส (full step 1 phase) แบบฟูลสเต็ป 2 เฟส และแบบฮาล์ฟสเต็ป (half step) แบบฟูลสเต็ป 1 เฟส เป็นการกระตุ้นที่มีรูปแบบง่ายที่สุด โดยทำการกระตุ้นขดลวดทีละขดในเวลาหนึ่งไล่เรียงถัดกันไป เช่น เริ่มต้นที่ขด 1,2,3,4 แล้ววนกลับมาขดที่ 1 วนไปเรื่อยๆ หรือเริ่มที่ ขดที่ 1 แล้วย้อนไปยังขดที่ 4,3,2 แล้วกลับมาขดที่ 1 อีกครั้ง ซึ่งทำให้ทิศทางการหมุนสวนกัน ในการกระตุ้นรูปแบบนี้จึงมีขดลวดเพียงขดเดียวในเวลาหนึ่งที่ถูกระตุ้นเท่านั้นวงจรกระตุ้นแบบเวฟจึงมีราคาถูกและหาง่ายขั้นตอนการทำงานต่างๆแสดงได้ใน ตารางที่2.3

### ตารางที่ 2.3 แสดงรูปแบบการจับสเต็ปปั๊มมอเตอร์แบบฟูลสเต็ป 1 เฟส

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	-	-	-
2	-	ทำงาน	-	-
3	-	-	ทำงาน	-
4	-	-	-	ทำงาน

แบบฟูลสเต็ป 2 เฟส เป็นการกระตุ้นซึ่งคล้ายกับแบบ 1 เฟส แต่การกระตุ้นแบบนี้จะทำการกระตุ้นแบบนี้จะทำการกระตุ้นโดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปที่ขด 2 ขด ที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกัน และเรียงถัดกันไป เช่นเดียวกับแบบเวฟ ดังตัวอย่าง ขดลวดชุดแรกที่ถูกกระตุ้นจะเป็นขดที่ 1 และ 2 ตามด้วยการกระตุ้นขดที่ 2 และ 3 ต่อไปเป็นขดที่ 3 และ 4 ถัดไปเป็นขดที่ 4 และ 1 แล้วกลับมาที่ขดที่ 1 และ 2 วนไปตามลำดับเช่นนี้ หรือ เริ่มขดที่ 1 และ 4 ทิศทางการหมุนจะสวนทางกัน การกระตุ้นสเต็ปปั๊มมอเตอร์ แบบนี้สามารถเพิ่มแรงบิดได้มากกว่าแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส โรเตอร์จะเคลื่อนที่ด้วยแรงดึงอย่างเต็มแรงจาก 2 ขด ขดลวดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน และต่อไปด้วยแรงดึงจากอีก 2 ขดลวดถัดไป แต่ข้อเสียการกระตุ้นต้องใช้กำลังไฟฟ้ามามากขึ้น ขั้นตอนการทำงานต่างๆแสดงในตารางที่ 2.4

### ตารางที่ 2.4 แสดงรูปแบบการจับสเต็ปปั๊มมอเตอร์แบบฟูลสเต็ป 2 เฟส

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	ทำงาน	-	-
2	-	ทำงาน	ทำงาน	-
3	-	-	ทำงาน	ทำงาน
4	ทำงาน	-	-	ทำงาน

แบบฮาล์ฟสเต็ปเป็นรูปแบบที่ผสมผสานระหว่างการกระตุ้นแบบฟูลสเต็ป 1 และ 2 เฟส เพื่อเพิ่มจำนวนของสเต็ปต่อรอบอีกเท่าตัวหนึ่ง ในระบบนี้จะทำการกระตุ้นขดลวดเรียงกันไปเป็นลำดับ ดังนี้ เริ่มจากขดลวดที่ 1,1 และ 2,2,2 และ 3,3,3 และ 4,4,4 และ 1 และวนกลับมายังขดลวดที่ 1 แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นแบบนี้จะเพิ่มมากขึ้นอีก เพราะช่วงสเต็ปมีระยะสั้นลง แต่ละสเต็ปเกิดแรงดึงจากขดลวด 2 ขดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน ความถูกต้องของตำแหน่งมีเพิ่มมากขึ้น แต่ต้องพึงระวังไว้อีกประการหนึ่งว่าเมื่อถูกกระตุ้นให้ทำงานในรูปแบบนี้จะต้องใช้การหมุนถึง 2 สเต็ป จึงจะได้เท่ากับระยะทางเท่ากับ 1 สเต็ปเต็มของการควบคุมใน 2 แบบแรก สำหรับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องใช้ขนาดเท่ากับแบบที่ 2 เฟสเป็นอย่างน้อยจึงจะเพียงพอ ขั้นตอนการทำงานต่างๆแสดงในตารางที่ 2.5

**ตารางที่ 2.5** แสดงรูปแบบการทำงานแบบฮาล์ฟสเต็ป

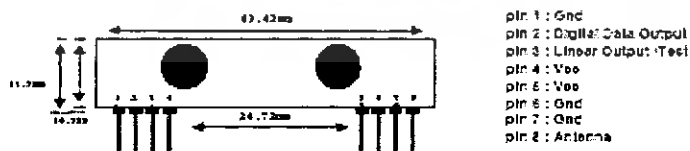
สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	-	-	-
2	ทำงาน	ทำงาน	-	-
3	-	ทำงาน	-	-
4	-	ทำงาน	ทำงาน	-
5	-	-	ทำงาน	-
6	-	-	ทำงาน	ทำงาน
7	-	-	-	ทำงาน
8	ทำงาน	-	-	ทำงาน

**2.3 โมดูลรับ-ส่งสัญญาณRF**

ในการทดลองครั้งนี้ใช้โมดูลรับส่งสัญญาณTLP434 (ตัวส่ง) และตัวรับสัญญาณเป็น RLP434 ซึ่งเป็นโมดูลที่ใช้งานร่วมกัน โดยTLPและ RLPนี้เป็นการมอดูเลตแบบ ASK



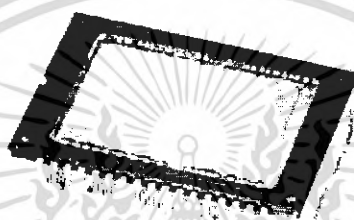
ภาพที่ 2.7 ตัวส่งสัญญาณTLP434



ภาพที่ 2.8 ตัวรับสัญญาณ RLP434

## 2.4 ระบบรับและแสดงภาพ

ในส่วนประกอบของระบบการรับและแสดงภาพนั้นส่วนที่ขาดไม่ได้ นั่นคือ กล้องโทรทัศน์คิจิตอล และเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการแสดงผลภาพ ดังนั้นจึงควรทำความเข้าใจกับหลักการพื้นฐานของกล้องโทรทัศน์คิจิตอล (Charge Coupled Device หรือเรียกสั้นๆว่า CCD) ส่วนในการนำสัญญาณภาพโทรทัศน์จากกล้องคิจิตอลมาแสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์นั้นต้องอาศัยซอฟต์แวร์ในการติดต่อ สัญญาณจากกล้องให้ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ได้แล้วจึงนำภาพมาแสดงได้ ดังนั้นหลักการพื้นฐานของระบบรับและแสดงภาพสามารถที่จะแบ่งได้เป็นสองอย่าง คือ การทำงานของกล้องโทรทัศน์คิจิตอล และ การทำงานทางซอฟต์แวร์ที่ใช้แสดงผลภาพโทรทัศน์



ภาพที่ 2.9 CCD(charge coupled device)



ภาพที่ 2.10 CMOS(complementary metal oxide semiconductor)

### 2.4.1 หลักการพื้นฐานของกล้องโทรทัศน์

CCD หรืออุปกรณ์ Charge Couple Device ก็คือ VLSI (Very Large Scale IC) ที่บรรจุด้วยจุดรับภาพมากกว่า 250,000 จุด อยู่บนแผ่นตรวจจับแสงในพื้นที่ขนาดเล็กเพียง 8.8 \* 6.6 ตารางมิลลิเมตร เป็นผลจากการพัฒนาของเทคโนโลยีทางด้านอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ CCD จะให้อิเล็กตรอนเมื่อมีแสงสว่างตกกระทบตัวมันปริมาณอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนแปลงตามสัดส่วนกับความเข้มของแสงที่ได้รับ โดยแบ่งการทำงานภายในของ CCD เป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

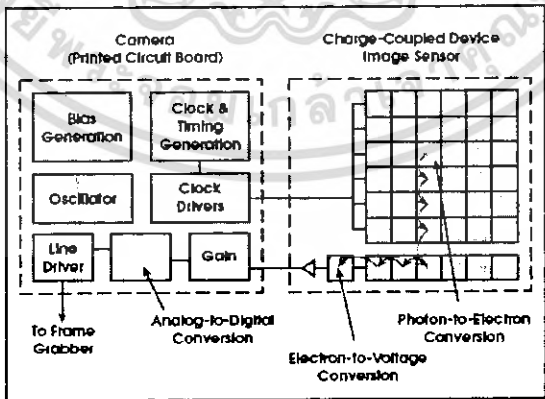
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กำเนิดอิเล็กตรอนจากแสงที่ได้รับ(Detect Incident Light)จุดรับภาพแต่ละจุดจะให้กำเนิดอิเล็กตรอนตามความเข้มของแสงที่ได้รับ ซึ่คืออะลูมิเนียมของจุดรับภาพ จะทำหน้าที่บังแสงไม่ให้ตกไปยังส่วนอื่นๆกเว้นบริเวณตัวตรวจจับแสง

- เก็บรักษาอิเล็กตรอน (Store Induct Charge) ค่าความต่างศักย์ จะอยู่ภายในของจุดรับภาพแต่ละจุด อิเล็กตรอนที่ถูกเก็บอยู่ในตัวจับแสงจำนวนมากจะ ไหลลงสู่ OFD (Over Flow Drain)และขจัดปัญหาการเกิดหางภาพ (Becoming)ซึ่งเกิดขึ้นเสมอสำหรับกล้องชนิดหลอด ด้วยวิธีนี้จะสามารถรักษาระดับสูงสุดของจำนวนอิเล็กตรอนให้คงที่แม้ว่าจะมีแสงสว่างมากเกินไป

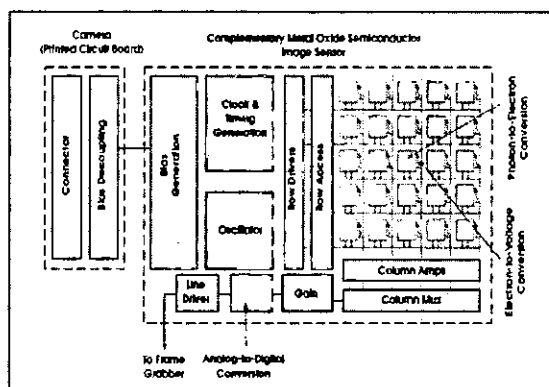
- ถ่ายเทอิเล็กตรอนขณะที่มีแรงดันป้อนให้กับอิเล็กโตรดของจุดรับภาพส่วนลึกของแต่ละแรงดันภายใต้อิเล็กโตรดจะเพิ่มขึ้นอิเล็กตรอนที่ถูกเก็บสะสมไว้จะเริ่มถ่ายเทลงมาให้กับรีจิสเตอร์ในแนวตั้งซึ่งเปรียบเสมือนประตูเขื่อนถูกเปิดออกขณะที่อิเล็กตรอนถูกถ่ายความลึกของแต่ละแรงดันจุดน้อยลงและกลับคืนค่ามาเหมือนเดิม การถ่ายเทอิเล็กตรอนจากโฟโต้เซ็นเซอร์ไปสู่รีจิสเตอร์ในแนวตั้งได้สิ้นสุดลง ในระหว่างการถ่ายเทอิเล็กตรอนภายในอยู่จะยังไม่มีการกำเนิดอิเล็กตรอนใหม่ ถึงแม้ว่าตัวตรวจจับแสงกำลังรับแสงอยู่ก็ตามเป็นเพราะว่าความเร็วในการถ่ายเทนั้นสูงกว่าการเกิดอิเล็กตรอนการถ่ายเทอิเล็กตรอนของCCDนี้สามารถตัดปัญหาการเผาไหม้และภาพที่มีลักษณะเป็นคาวหางได้

ทั้ง3ขั้นตอนนี้เป็นหลักการทำงานพื้นฐานของตัวรับตัวรับภาพแบบ CCD (CCD Image Sensor)คือขั้นตอนแรกรับแสงและกำเนิดอิเล็กตรอนและเก็บมันเอาไว้ และขั้นตอนสุดท้ายอิเล็กตรอนที่ถูกเก็บไว้นั้นจะถูกถ่ายเทผ่านรีจิสเตอร์ในแนวตั้ง(VerticalShiftRegister)และรีจิสเตอร์ในแนวระดับ (HoriZontal Shift Register) แล้วส่งไปวงจรเอาท์พุทที่เรียกว่า อินเตอร์ไลน์ ทรานสเฟอร์ ซีซีดี อิมเมจเซนเซอร์ (Intering Transter CCD Image Sensor)



ภาพที่ 2.11 ภายใน CCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.12 ภายใน CMOS

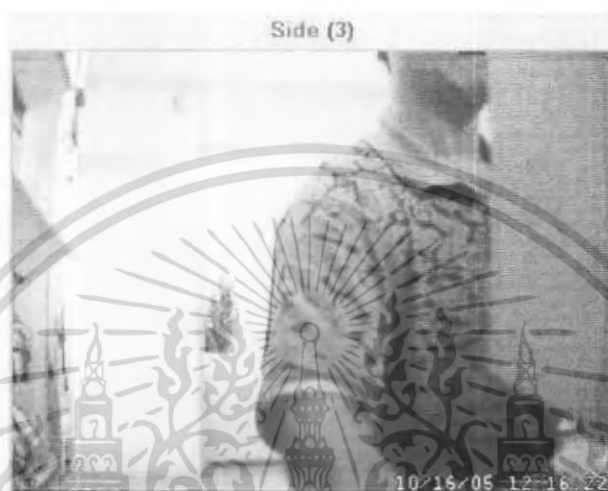
บริษัทโซนี่ได้ทำการอินเตอร์ไลน์ทรานสเฟอร์ให้กับตัวรับภาพ CCD เพื่อให้เห็นการฉายแสงลงบนพื้นที่ CCD นั้นเหมือนกับปรากฏบนจอโทรทัศน์ รีจิสเตอร์ในแนวตั้งและ OFD ได้เชื่อมต่อประสานกับรีจิสเตอร์ในแนวระดับ ข้อพิเศษทางเทคนิคของโครงสร้าง CCD แบบนี้ก็คือลดอาการของภาพที่มีสีเลอะ (Smear) หรือเป็นหิมะที่เกิดขึ้นถูกถ่ายเทไปยังรีจิสเตอร์ซึ่งเวอร์ติคอลลีไฟต์รีจิสเตอร์และฮอริซอนตอลรีจิสเตอร์เหมือนกับถนนและอิเล็กทรอนิกส์ถูกถ่ายเทก็เหมือนรถที่วิ่งผ่านถนนเคลื่อนที่ไปอย่างมีลำดับต่อเนื่องกันตลอด อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบระหว่างอินเตอร์ไลน์ทรานสเฟอร์ CCD อิมเมจเซ็นเซอร์มีโครงสร้างที่ง่ายกว่า แต่มีข้อเสียอยู่หลายประการดังนี้

1. มีขนาดใหญ่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง
2. เนื่องจากการถ่ายเทอิเล็กทรอนิกส์ระหว่างโฟโตเซ็นซึ่ง กับ สดอเรียงเป็นไปด้วยความรวดเร็วดังนั้นจึงทำให้รายละเอียดทางด้านแนวตั้ง (Vertical) ลดลงซึ่งเปรียบเสมือนกับคนที่หัวน้ำเต็มถึงแล้ววิ่งด้วยความเร็ว น้ำขอมจะมีการกระชกออกไปบ้าง ทำให้ประสิทธิภาพที่ได้เสียไป
3. ในระหว่างการถ่ายเทอิเล็กทรอนิกส์ โฟโตเซ็น ซึ่งรับหน้าที่เป็น รีจิสเตอร์ แบบกลไก (Mechanical Shutter) ใช้ตัดแสงในช่วงการถ่ายเทอิเล็กทรอนิกส์ มิฉะนั้นภาพจะเลอะเลื่อน อย่างไรก็ตามชัตเตอร์แบบกลไกทำให้เกิดปัญหาหลายประการ เช่นทำให้การผลิตยากขึ้น ความแน่นอนในการทำงานต่ำลงและเกิดรอยขีดเป็นต้น ข้อได้เปรียบระหว่างกล้อง CCD แบบ 3 ชิบเหนือกว่ากล้อง 3 หลอด ในเรื่องความไวแสงและภาพเกิดรอยไหม้ (Image Burning) น้อย ใช้กำลังไฟน้อยและมีความทนทานแต่กล้อง 3 หลอดก็มีข้อดีตรงที่มีความชัดเจนสูงกว่าดังนั้นกล้อง CCD แบบ 3 ชิบจึงเหมาะกับงานประเภทงานถ่ายภาพนอกสถานที่ ซึ่งต้องการกล้องที่มีความต้านต่อการเผาไหม้สูงมีความไวและความทนทานแข็งแรง เป็นต้น ส่วนกล้อง 3 หลอด CCD นั้นจะใช้เมื่อต้องการคุณภาพของภาพเท่านั้น

จะเห็นว่า เทคโนโลยี CMOS จะมีจุดเด่นที่มีราคาถูก ใช้พลังงานต่ำ และทำให้มีขนาดเล็กได้ง่ายกว่า ยิ่งถ้าหากใช้เทคโนโลยีล่าสุดมาใช้ในการผลิตก็สามารถลดสัญญาณรบกวนได้มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในอดีต แต่สำหรับกล้อง CMOS ที่อยู่ในตลาดกล้องวงจรปิด โดยเฉพาะหากผลิตมาจากประเทศจีน คงคาดหวัง “latter technology” ได้ยาก การใช้งานจึงต้องเน้นรองรับการใช้งานแบบ “พอดูได้” ว่ามีคนหรือวัตถุอยู่ตรงหน้ากล้องเท่านั้น หากต้องลงรายละเอียดมากก็คงไม่ได้ รวมทั้งการเดินสายยาวๆ ก็จะไม่เหมาะสมทั้งกำลังของสัญญาณที่ต่ำกว่าและการถูกรบกวนของสัญญาณที่ถูกรบกวนได้ง่ายกว่า



ภาพที่ 2.13 รูปที่ได้จากกล้อง CMOS

ส่วนกรณีของ CCD พบว่ามีจุดเด่นที่ มีคุณภาพแสงสูงกว่า สัญญาณรบกวนต่ำกว่า และมีช่วงกว้างในการรับแสงที่กว้างกว่า คือตั้งแต่ UV จนถึง IR ได้เลยทีเดียว ซึ่งเป็นคุณสมบัติหลัก ใหญ่ใจความ ที่อุปกรณ์รับแสงในกล้องพึงจะมี การใช้งานจึงให้ภาพที่สว่างใสกว่า ให้รายละเอียด มีดีมากกว่า และสามารถเดินสายไกลได้ยาวกว่ากล้อง CMOS แต่ราคาของกล้อง CCD ก็สูงกว่า ด้วยเช่นกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.14 รูปที่ได้จากกล้อง CCD Sharp Chip และ CCD Panasonic Chip

ครั้งนี้เองผู้ผลิตชิปรับภาพรายใหญ่ ไม่ว่าจะเป็น Sony, Panasonic, Sharp หรือ Samsung ต่างก็ผลิตชิปภายใต้เทคโนโลยีแบบ CCD ทั้งสิ้น ในขณะที่ CMOS กลายเป็นชิปในตลาดล่างที่โรงงานห้องแถวที่ใหม่ก็สามารถซื้อหามาผลิตกล้องขายได้เช่นกัน

ส่วนเรื่องอายุการใช้งาน แม้ว่ากล้อง CMOS จะมีการสะสมความร้อนที่ต่ำกว่า แต่ด้วยมาตรฐานการผลิตที่สูงกว่า ของ CCD ทำให้อายุการใช้งานของกล้อง CCD ที่ผลิตจากโรงงานที่น่าเชื่อถือ สามารถใช้งานได้ยาวนานกว่าเช่นกัน

## 2.5 Sensor

คือ ตัววัดสภาพสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความเข้มแสง ความดังหรือความถี่ของเสียง แบบสัมผัส ความชื้น หรือ ความเอียง เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันนี้มีให้เลือกมากมายขึ้นอยู่กับความต้องการว่าต้องการความแม่นยำ ความถูกต้อง ราคา หรือความพอใจเป็นสำคัญ

ในปัจจุบันนี้มี sensor หลายชนิดด้วยกันที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้เรียนรู้และค้นหาวัตถุต่างๆที่อยู่รอบๆตัว ไม่ว่าจะเป็นแบบ contact switch หรืออาจจะใช้คลื่นแสงและเสียงในการค้นหา เป็นต้น

จากการที่เราต้องการ sensor ที่ใช้ในการเรียนรู้และค้นหาสิ่งกีดขวางนั้น เราไม่ต้องการที่จะให้หุ่นยนต์ต้องทำการวิ่งชนสิ่งกีดขวาง ซึ่งอาจจะเกิดอุบัติเหตุที่ทำให้ตัวหุ่นยนต์เกิดการเสียหายได้ อีกทั้งไม่ต้องการ sensor ที่มีการทำงานที่ก่อให้เกิดความรำคาญในขณะที่กำลังทำงาน ดังนั้นเราจึงสนใจ sensor ประเภทที่ใช้แสงและเป็นแสงชนิด infrared ซึ่งเป็นแสงที่มนุษย์มองไม่เห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

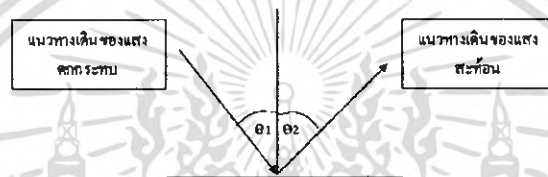
เนื่องจากการมองเห็นวัตถุสิ่งของต่างๆของมนุษย์ส่วนใหญ่ก็เกิดจากการที่แสงตกกระทบวัตถุแล้วสะท้อนเข้าตา ดังนั้นเราสามารถนำคุณสมบัติการสะท้อนของแสงมาพัฒนาเพื่อใช้ค้นหาวัตถุได้

### 2.5.1 การสะท้อนของคลื่น

เมื่อแสงมีการตกกระทบกับวัตถุที่เป็นวัสดุทึบแสงหรือวัตถุที่มีลักษณะโปร่งแสง แสงจะมีการสะท้อนกลับออกมาตามกฎการสะท้อน คือ

$$\text{มุมตกกระทบ} (?1) = \text{มุมสะท้อน} (?2)$$

โดยมีแนวแกนเส้นตรงที่ตั้งฉากกับพื้นผิววัตถุเป็นแนวแกนสมมาตร



ภาพที่ 2.15 รูปแสดงลักษณะเส้นทางของแสงที่ตกกระทบและสะท้อน

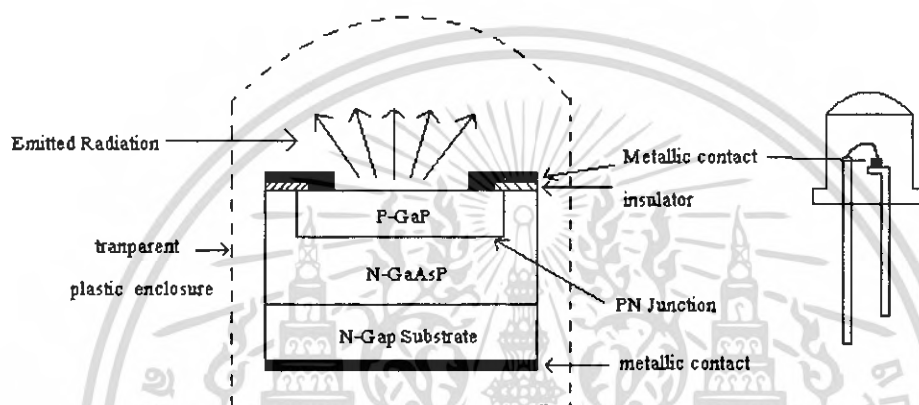
ซึ่งเราจะนำหลักการนี้มาประยุกต์ใช้ในการค้นหาสิ่งกีดขวางต่อไป โดยเราจำเป็นต้องหาอุปกรณ์ที่จะมาทำหน้าที่คล้ายๆตาของมนุษย์เพื่อใช้ในการรับแสงที่สะท้อนกลับมา ซึ่งในปัจจุบันนี้ ก็มีอุปกรณ์ประเภทนี้ด้วยกันหลายแบบด้วยกัน เช่น กล้องวิดีโอ กล้องถ่ายรูป หรือ Photo Diode เป็นต้น

### 2.5.2 LED อินฟราเรด และ LED ทั่วไป

ไดโอดเปล่งแสงหรือ LED เป็นสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำชนิดหนึ่ง ที่สามารถแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสง การเปล่งแสงของไดโอดเกิดขึ้นเมื่อพาหะ เช่น อิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำคายหรือปลดปล่อยพลังงานออกมาเพื่อลดลงไปอยู่ในระดับพลังงานที่ต่ำกว่า เช่น อิเล็กตรอนจากแถบนำไฟฟ้า (Conduction Band) ลดระดับลงไปอยู่ที่แถบวาเลนซ์ กรณีนี้อิเล็กตรอนจะปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และเมื่อโฟตอนของคลื่นนี้มีความยาวคลื่นในช่วงที่สายตาเรามองเห็นได้ เราก็เห็นว่าไดโอดสามารถเปล่งแสงออกมาได้ ความยาวคลื่นของโฟตอนจะถูกกำหนดด้วยขนาดของ  $E_g$  ของสารกึ่งตัวนำ การปลดปล่อยพลังงานของอิเล็กตรอนเช่นนี้เรียกว่า “Band to band Transition” จะมีโอกาสเกิดได้สูงในกรณีที่สารกึ่งตัวนำตัวนั้นเป็น สารกึ่งตัวนำชนิด “Direct Band Gap” เช่น GaAs สำหรับสารกึ่งตัวนำอีกกลุ่มหนึ่งได้แก่ ซิลิกอน เฮอร์มันเนียม ซึ่ง

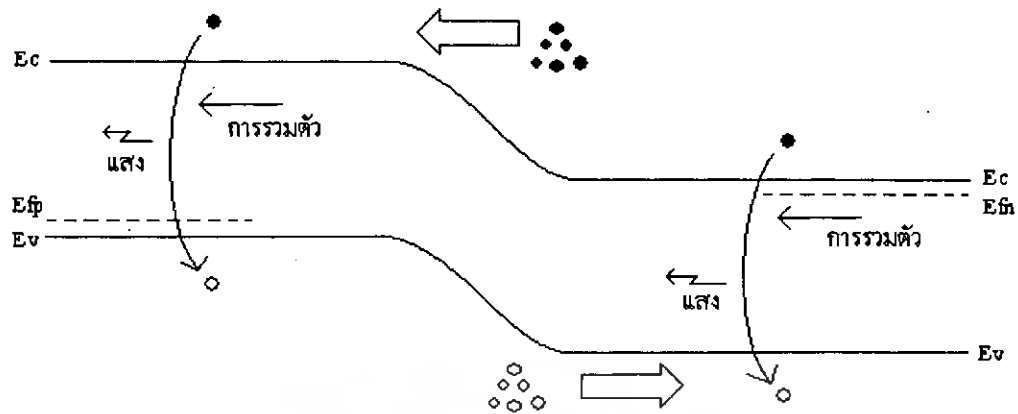
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสารกึ่งตัวนำชนิด “Indirect Band Gap” การเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอนจะเป็นไปในลักษณะที่เรียกว่า “Indirect Transition” กล่าวคืออิเล็กตรอนจากแถบนำไฟฟ้าจะลดระดับพลังงานไปอยู่ที่แถบวาเลนซ์โดยผ่านระดับพลังงานที่เป็นระดับ Trap หรือ ระดับ R-G ที่มีอยู่ในช่องว่างพลังงาน  $E_G$  ซึ่งกรณีนี้อิเล็กตรอนจะปล่อยพลังงานออกมาในรูปของความร้อน ซึ่งเราไม่สามารถมองเห็นได้ ลักษณะโครงสร้างและรูปร่างของไดโอดเปล่งแสงแสดงดังในรูป ซึ่งเป็นโครงสร้างภายในง่าย ๆ ของรอยต่อ PN ของ GaAs



ภาพที่ 2.16 แสดงโครงสร้างภายในของไดโอดชนิดเปล่งแสงได้

เมื่อไดโอดถูกให้แรงดันไบอัสตรง จะมีอิเล็กตรอนและโฮล ถูกฉีดเข้ามารอยต่อเข้าไปยังด้านตรงข้าม การฉีดของพาหะดังกล่าวนี้จะทำให้เกิดกระบวนการรวมตัวใหม่(Recombination) ระหว่างอิเล็กตรอน และโฮลขึ้นในบริเวณปลอดพาหะ และบริเวณใกล้เคียง หากเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด “Direct Band Gap Semiconductor” การรวมตัวของพาหะจะเป็นแบบ Band to band หรือเรียกว่า Direct Transition ทำให้มีการปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของคลื่นแสงได้ และปรากฏการณ์นี้ถูกเรียกว่า “Injection Electroluminescence” ผลที่ตามมาก็คือ ไดโอดชนิดนี้สามารถเปล่งแสงได้เมื่อได้รับแรงดันไบอัสตรง และเราเรียกไดโอดชนิดนี้ว่า “ไดโอดเปล่งแสง” หรือ Light Emitting Diode (LED) ลักษณะแถบพลังงานไดโอดเปล่งแสงขณะได้รับแรงดัน ไบอัสตรงแสดงดังในภาพ



ภาพที่ 2.17 ลักษณะแถบพลังงานของไดโอดเปล่งแสงขณะได้รับแรงดันไบอัสไบอัสตรง

จากการวิเคราะห์พบว่าเงื่อนไขที่สำคัญของสารกึ่งตัวนำ ที่จะทำให้ไดโอดนั้นสามารถเปล่งแสงในย่านที่สายตาเราสามารถมองเห็นได้ มี 3 ประการ คือ

1. ต้องเป็นสารกึ่งตัวนำประเภท Direct band gap
2. ขนาดของ  $E_g$  จะต้องอยู่ระหว่าง  $1.77\text{eV}-3.10\text{eV}$ .
3. สามารถทำเป็นโครงสร้างรอยต่อพี-เอ็นได้

สารกึ่งตัวนำมีคุณสมบัติครบทั้ง 3 ประการนี้ มีจำนวนน้อยมาก และทั้ง Si กับ Ge ต่างก็ไม่มีคุณสมบัติตรงกับเงื่อนไขใดๆเลย สำหรับ GaAs มีคุณสมบัติครบทั้ง 3 เงื่อนไข แต่ขนาดของ  $E_g$  มีค่าน้อยเกินไป ส่วนสารกึ่งตัวนำประเภทสารประกอบอื่นๆเช่น GaP และ AlAs รวมทั้ง SiC มีขนาด  $E_g$  ที่เหมาะสมแต่เป็นสารกึ่งตัวนำแบบ Indirect Band Gap

สำหรับไดโอดเปล่งแสงที่จำหน่ายตามท้องตลาด มักสร้างจากสารกึ่งตัวนำประเภทอัลลอย โดยการนำสารกึ่งตัวนำประเภทสารประกอบมารวมกัน เพื่อให้ได้แสงสีต่างๆและมีคุณสมบัติตามต้องการ เช่นการรวมของสารแบบ Direct band gap สองชนิด คือ GaAs และ GaP ที่มีขนาดของ EG เท่ากับ  $1.43\text{ eV}-2.26\text{eV}$  ตามลำดับ มาเป็นสารอัลลอย(Alloy) คือ Ga(As,P) หรือ GaAs<sub>1-X</sub>P<sub>X</sub> ซึ่งมีขนาด EG ได้ระหว่าง  $1.43\text{eV}-2.26\text{eV}$ . โดยค่าของ X ที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง  $0.28 \leq X \leq 0.45$

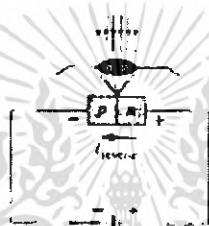
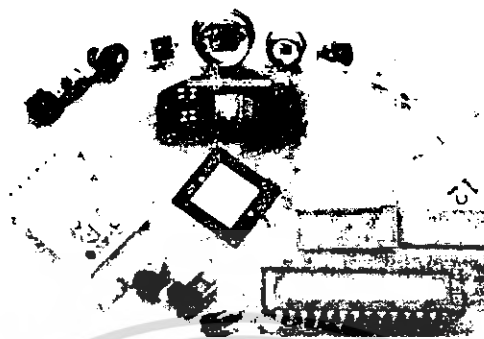
### 2.5.3 โฟโตไดโอด (Photo Diode)

โฟโตไดโอด เป็นไดโอดที่อาศัยแสงจากภายนอกผ่านเลนส์ ซึ่งฝังตัวอยู่ระหว่างรอยต่อ p-n เพื่อกระตุ้นให้ไดโอดทำงาน

การต่อโฟโตไดโอดเพื่อใช้งานจะเป็นแบบไบอัสกลับ ทั้งนี้เพราะไม่ต้องการให้โฟโตไดโอดทำงานในทันทีทันใด แต่ต้องการให้ไดโอดทำงานเฉพาะเมื่อมีปริมาณแสงสว่างมากพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามที่กำหนดเสียก่อน กล่าวคือ เมื่อเลนซ์ของโฟโตไดโอดได้รับแสงสว่างจะเกิดกระแสรั่วไหล ปริมาณกระแสรั่วไหลนี้เพิ่มขึ้นตามความเข้มของแสง มีสัญลักษณ์ ดังภาพที่ 2.18



**ภาพที่ 2.18** สัญลักษณ์และผลิตภัณฑ์ โฟโตไดโอด ที่มีในปัจจุบัน

และแหล่งกำเนิดแสงที่เป็นชนิด infrared นั้นเราสามารถที่จะนำ Light Emitting Diode หรือ LED มาใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงได้

#### **2.5.4 แอลอีดี (Light Emitting Diode ; LED)**

LED เป็นไดโอดที่ใช้สารประเภทแกลเลียมอาร์เซไนด์ฟอสไฟด์ (Gallium Arsenide Phosphide ; GaAsP) หรือสารแกลเลียมฟอสไฟด์ (Gallium Phosphide ; GaP) มาทำเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด p และ n แทนสาร Si และ Ge สารเหล่านี้มีคุณลักษณะพิเศษ คือ สามารถเรืองแสงได้เมื่อได้รับไบอัสตรง การเกิดแสงที่ตัว LED นี้เราเรียกว่า อิเล็กโทรลูมินิเซนซ์ ปัจจุบันนิยมใช้ LED แสดงผลในเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ เช่น เครื่องคิดเลข, นาฬิกา เป็นต้น

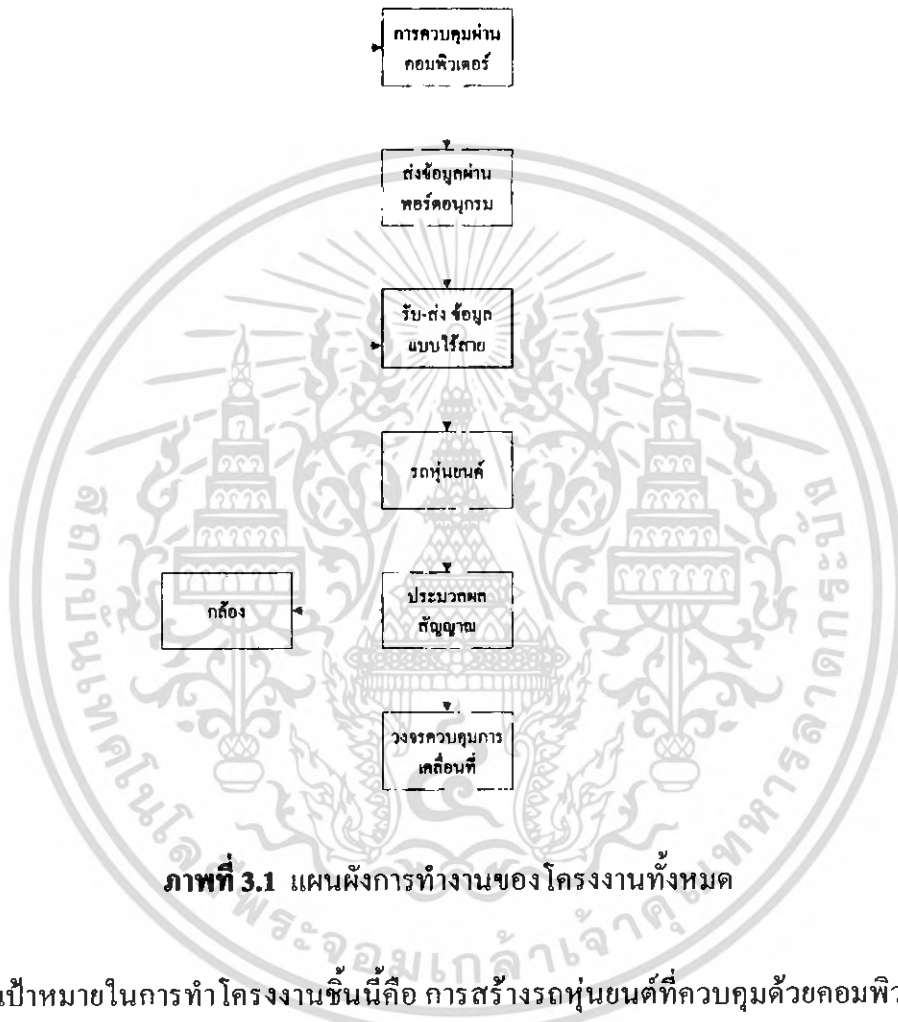
เราสามารถที่จะนำอุปกรณ์ดังกล่าวมาเป็นแหล่งกำเนิดแสง infrared และแหล่งกำเนิดแสงที่จะนำไปติดอยู่บนตัวไมโครแคทอไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

## การออกแบบและการสร้าง

ขอบข่ายของโครงการทั้งหมด



ภาพที่ 3.1 แผนผังการทำงานของโครงการทั้งหมด

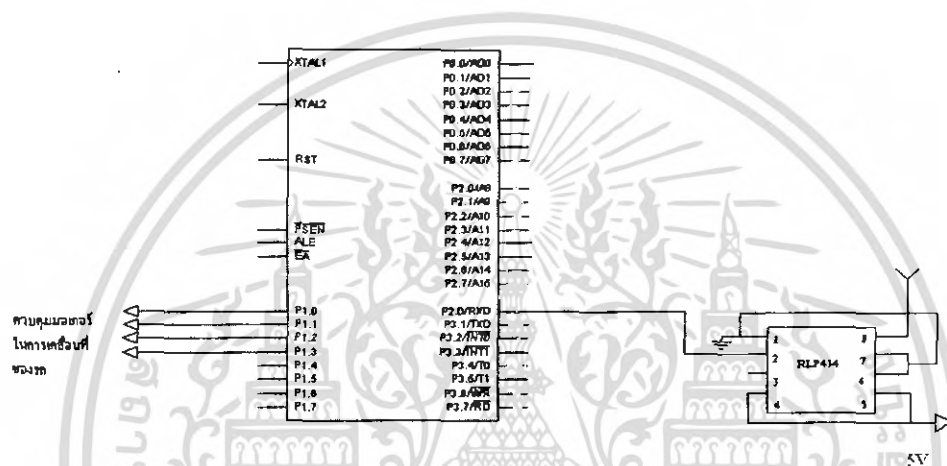
เป้าหมายในการทำโครงการชิ้นนี้คือ การสร้างรถหุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ในระบบไร้สายซึ่งจะมีกล้องติดตั้งอยู่กับตัวรถเพื่อส่งภาพที่ได้มาให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยในส่วนของตัวรถนั้นจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นตัวควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆซึ่งจะประกอบด้วยมอเตอร์ สำหรับการเคลื่อนที่ของรถ กล้องรับภาพ และเซนเซอร์ตรวจสอบสิ่งกีดขวางเพื่อหลบหลีก

ในขั้นตอนการออกแบบโครงการ ได้แบ่งเป็น 2 ส่วนคือส่วนของฮาร์ดแวร์และส่วนของโปรแกรมควบคุม ส่วนของฮาร์ดแวร์ประกอบด้วยตัวรถสำรวจ ส่วนของภาคอินเตอร์เฟส โดยโครงการนี้เลือกใช้อินเตอร์เฟสทางพอร์ทอนุกรม โดยใช้คอมไพเลอร์(Compiler)ของ Visual Basic 6 เพราะมีเครื่องมือ (Component) และการเขียนโปรแกรมที่ง่ายในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขั้นตอนการออกแบบโครงงาน ได้แบ่งเป็น 2 ส่วนคือส่วนของฮาร์ดแวร์และส่วนของโปรแกรมควบคุม ส่วนของฮาร์ดแวร์ประกอบด้วยตัวรถสำรวจ ส่วนของภาคอินเทอร์เฟสโดยโครงงานนี้เลือกการอินเทอร์เฟสทางพอร์ทอนุกรมโดยใช้คอมไพเลอร์(Compiler)ของ Visual Basic 6 เพราะมีเครื่องมือ (Component) และการเขียนโปรแกรมที่ง่ายในการใช้งาน

### 3.1 ส่วนควบคุมการทำงานของรถ



ภาพที่ 3.2 วงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของรถ

จากภาพที่ 3.2 ซีพียูเบอร์ 89C51 ทำหน้าที่ควบคุมและกำหนดทิศทางในการเคลื่อนที่ของรถ โดยรับข้อมูลทางพอร์ทอนุกรม จากโมดูล ตรวจจับ (RLP434) ที่ P3.0 และใช้ port 1 ในการเคลื่อนที่ของรถโดยผ่าน P1.0-P1.3

### 3.2 ส่วนควบคุมการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์

#### 3.2.1 การประมวลผลและการควบคุมรถ

เราได้ออกแบบการควบคุมด้วยการเขียนโปรแกรมด้วยโปรแกรม Visual basic ซึ่งจะใช้ควบคุมและประมวลผลสัญญาณต่างๆด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของรถต่อไปโดยควบคุมแบบ Manual กดผ่านปุ่ม ไอคอน

### 3.2.2 การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข (Digital Image Processing)

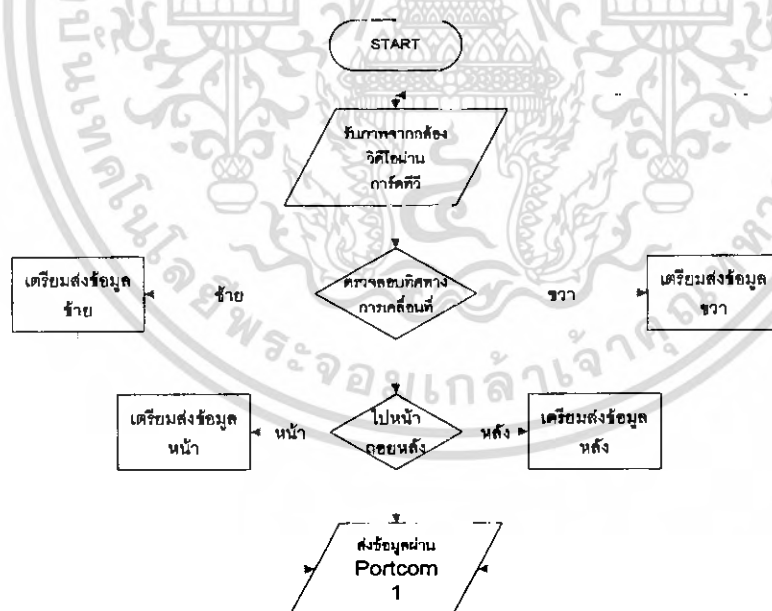
คอมพิวเตอร์จะรับภาพจากกล้องที่ติดอยู่ที่ตัวรถ ซึ่งส่งเข้ามาประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งโปรแกรมแต่ละส่วน จะถูกเขียนขึ้นด้วยการใช้โปรแกรม Visual Basic ซึ่งเราได้ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อประมวลผลภาพที่ได้รับ โดยโปรแกรมจะแบ่งการทำงานออกเป็นส่วนหลักต่างๆดังนี้

#### 3.2.2.1 โปรแกรมควบคุมการรับภาพและแสดงผล

โปรแกรมส่วนรับและแสดงผลนี้เราจะใช้ การทำงานของ โปรแกรม ที่มีชื่อว่า XVIDEO OCX ซึ่งจะทำหน้าที่ดึงภาพจากการ์ดทีวีที่มีสัญญาณภาพที่ส่งมาในรูปแบบสัญญาณ AV ต่ออยู่ มาแสดงผลทางหน้าจอซึ่งจะสามารถทำการจัดเก็บ คมแต่ง ปรับปรุงคุณภาพต่างๆของภาพได้ตามต้องการ

#### 3.2.2.2 โปรแกรมติดต่อพอร์ตอนุกรม

จะส่งข้อมูล ไปยังวงจรรับส่งแบบ ไร้สายกรณีที่ต้องการจะควบคุมการเคลื่อนที่ของรถหุ่นยนต์ ซึ่งจะส่งผ่านพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์



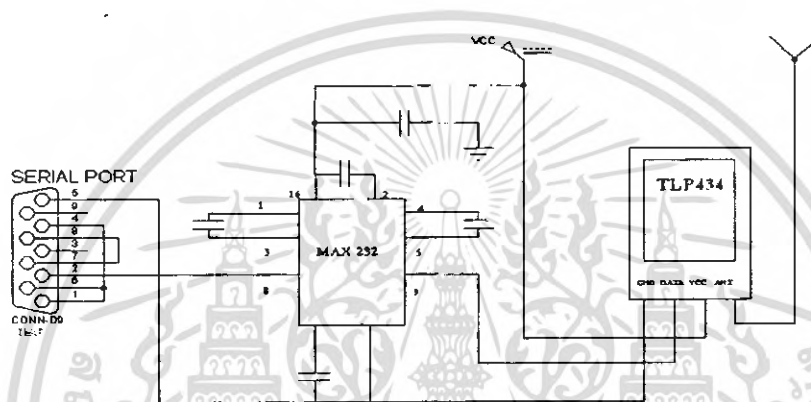
ภาพที่ 3.3 โฟลต์ชาร์ทของ โปรแกรมประมวลผลในคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์

จะใช้การส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม โดย microcontroller ตระกูล MCS-51 ได้ทำการสร้างพอร์ตการสื่อสารแบบอนุกรมจัดเตรียมไว้ภายในตัวเอง แล้วดังนั้นการส่งข้อมูลและการรับข้อมูลแบบอนุกรม สามารถที่จะส่ง และรับข้อมูลแบบอนุกรมโดยการเขียนโปรแกรมควบคุม MCS-51

#### 3.3.1 ส่วนควบคุมการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 3.4 วงจรภาคส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์

จากวงจรเมื่อส่งข้อมูลผ่านทาง SERIAL PORT จะต้องทำการแปลงสัญญาณโดยใช้ IC MAX232 เพื่อเปลี่ยนสัญญาณเสียก่อนจึงจะสามารถส่งได้โดย IC MAX232 นั้นจะเปลี่ยนสัญญาณของ SERIAL PORT ซึ่งมีระดับตั้งแต่ -12V ถึง +12V ให้เป็นสัญญาณอยู่ที่ระดับ TTL โดย IC MAX232 จะเปลี่ยนแรงดัน +12V ที่ออกจาก RS232 ไปเป็นสัญญาณ TTL มีค่า 0V และจะเปลี่ยนแรงดัน -12V ที่ออกจาก RS232 ไปเป็นสัญญาณ TTL มีค่า 5V พอแปลงสัญญาณเสร็จก็นำสัญญาณนั้นส่งไปที่ TLP434 ซึ่งเป็น โมดูลส่งสัญญาณ RF เพื่อส่งสัญญาณออกไป

### 3.4 ถัดจากรับภาพ

ส่วนของการส่งสัญญาณภาพนั้นเราเลือกใช้กล้อง CCD และเครื่องส่งสัญญาณภาพที่เป็นแบบสำเร็จรูป โดยที่ตัวคอมพิวเตอร์จะมีการค้ำเร็จรูปในการรับสัญญาณ TV/VDO อยู่เพื่อทำหน้าที่ในการรับสัญญาณภาพที่ส่งมาจากกล้อง CCD

### 3.5 การ์ดรับภาพ

ในที่นี้ใช้ การ์ด รับภาพ ทำหน้าที่รับสัญญาณภาพจากเครื่องส่งสัญญาณ วิดีโอ ในย่าน UHF นำขึ้นมาแสดงบนหน้าจอ โปรแกรมเมื่อถูกเรียก โปรแกรม ที่ได้มาจากแผ่น Driver ที่มากับการ์ด

การ์ดรุ่นนี้สามารถรับสัญญาณโทรทัศน์(RF)และรับสัญญาณภาพ Video (AV) การ์ดชนิดนี้ ใช้กับสล็อต PCI ของ Mainboard สล็อตสีขาวในเครื่องคอมพิวเตอร์เท่านั้น ดังนั้นเมื่อติดตั้งการ์ด เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์เรียบร้อยแล้วต้องการที่จะรับภาพให้ได้นั้นจำเป็นต้องต่อเสาโทรทัศน์เข้ากับการ์ดที่ช่องต่อเสาโทรทัศน์ ถ้าเสาโทรทัศน์มีประสิทธิภาพในการรับภาพมากเท่าใด ก็จะทำให้ สัญญาณภาพคมชัดมากยิ่งขึ้นเท่านั้น นอกจากนี้การ์ดยังสามารถใช้ในการเก็บบันทึกภาพได้ ไม่ว่าจะ เก็บภาพนิ่งหรือภาพเคลื่อนไหวในรูปแบบ AVI File ได้ และยังใช้กับโปรแกรมอื่นๆที่มากับ Software เพื่อเพิ่มความสามารถของการ์ด อีกทั้งยังสามารถเชื่อมต่อกับระบบเน็ตเวิร์ค อินเทอร์เน็ตได้อีกด้วย



## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

การทดลองควบคุมการเคลื่อนที่ของรถผ่านคอมพิวเตอร์

ในการทดลองนี้จะเป็นการทดสอบ โปรแกรมที่ใช้รับ-ส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ และ อุปกรณ์ผ่านพอร์ตอนุกรมคอมพิวเตอร์ โดยกำหนดการติดต่อสื่อสาร บอร์ดเรต 9600 บิตต่อวินาที

จากโปรแกรม เรากำหนดให้ รถสามารถเคลื่อนที่แบบอิสระ หน้า หลัง ซ้าย ขวา โดยมีระบบป้องกัน โดยจะมีเซนเซอร์ ที่ติดอยู่ด้านหน้าของรถ กรณีที่รถกำลังจะวิ่งชนสิ่งกีดขวาง เซนเซอร์ตรวจจับสิ่งกีดขวางข้างหน้า จะสั่งให้รถหุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่ต่อไปข้างหน้าเพื่อป้องกันไม่ให้รถชนกับวัตถุกีดขวาง แต่เราสามารถควบคุมรถให้วิ่งถอยหลังได้ เมื่อเซนเซอร์ไม่ตรวจพบสิ่งกีดขวาง ก็สามารถเคลื่อนที่ได้ตามปกติจนกว่าจะพบสิ่งกีดขวางอีก

**การทดลองครั้งที่ 1** ควบคุมการเคลื่อนที่แบบปกติ ไม่มีสิ่งกีดขวางในพื้นที่โล่ง  
ผลการทดลอง

**ตารางที่ 4.1** แสดงผลทดลองครั้งที่ 1

ระยะทาง	จำนวนคำสั่ง	จำนวนครั้งที่ ถูกต้อง	จำนวนครั้งที่ ผิดพลาด	อัตราการ ผิดพลาด
1เมตร	100	100	0	0
3เมตร	100	100	0	0
5เมตร	100	94	6	6
7เมตร	100	91	9	9
9เมตร	100	87	13	13

ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับระยะทางของรถกับเครื่องส่ง ซึ่งจะพบว่าในระยะทางไม่เกิน 3-4 เมตรเราสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ได้อย่างแม่นยำ แต่ถ้าไกลกว่านั้นจะเริ่มเกิดความผิดพลาดขึ้นเพราะกำลังส่งของเครื่องส่งไม่เพียงพอและมีคลื่นความถี่รบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การทดลองครั้งที่ 2 ควบคุมการเคลื่อนที่แบบมีสิ่งกีดขวาง

ผลการทดลอง

**ตารางที่ 4.2** แสดงผลการทดลองครั้งที่ 2

ระยะทาง	จำนวนคำสั่ง	จำนวนครั้งที่ ถูกต้อง	จำนวนครั้งที่ ผิดพลาด	อัตราการ ผิดพลาด
1 เมตร	100	100	0	0
3 เมตร	100	94	6	6
5 เมตร	100	87	13	13
7 เมตร	100	80	20	20
9 เมตร	100	73	27	27

ในการทดลองนี้เป็นการวัดความผิดพลาดของการทำงานของกรับส่งข้อมูล ซึ่งจะพบว่าในระยะทางไม่เกิน 4 เมตร จะเกิดความผิดพลาดมากขึ้นเนื่องมาจากการทำงานที่ผิดพลาดของตัวรับส่งข้อมูลที่ไม่สามารถรับส่งข้อมูลได้ถูกต้องเนื่องจากมีสิ่งกีดขวาง และมีคลื่นความถี่รบกวน

## บทที่ 5

# สรุปผล ปัญหาและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผล

จากการทดสอบให้รถหุ่นยนต์ ทำตามคำสั่งต่างๆ ซึ่งได้แก่ การควบคุมการเคลื่อนที่ เดินหน้า , ถอยหลัง , เลี้ยวซ้าย , เลี้ยวขวา , การตรวจจับสิ่งกีดขวาง และการตรวจจับภาพ ปรากฏว่า รถหุ่นยนต์ สามารถปฏิบัติตามคำสั่ง ได้อย่างถูกต้อง แต่มีข้อจำกัดในเรื่องของการระยะควบคุม เมื่อรถหุ่นยนต์ออกนอกรัศมีการทำงานของเครื่องรับส่งจะทำให้รถหุ่นยนต์ ทำงานผิดพลาด หรือไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจากข้อมูลที่เข้ามานั้น ไม่ใช่ข้อมูลที่ส่งออกมาจากคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุม แต่เป็นคลื่นรบกวน

### 5.2 ปัญหา

1. ระยะเวลาการทำงานของรถหุ่นยนต์มีข้อจำกัด เนื่องจากระยะเวลาการทำงานของเครื่องรับส่ง โดยระยะในการรับส่งสัญญาณภายในที่โล่งประมาณ 10 เมตร และในตัวอาคารระยะทางประมาณ 5 เมตร
2. ระยะของการส่งสัญญาณภาพมีระยะจำกัดอยู่ที่ประมาณ 10 เมตร และมีสัญญาณรบกวน อันเนื่องมาจากความถี่รอบข้าง และจากมอเตอร์บนตัวรถหุ่นยนต์เอง
3. ระยะเวลาการทำงานของเครื่องรับส่ง และระยะเวลาส่งสัญญาณภาพไม่เท่ากัน โดยเมื่อรถหุ่นยนต์ออกนอกระยะเวลาการรับสัญญาณการส่งภาพ แต่ยังคงอยู่ในระยะเวลาการทำงานของเครื่องรับส่ง จะทำให้รถหุ่นยนต์ไม่สามารถส่งสัญญาณภาพกลับมาได้ แต่ยังคงสามารถ ทำการควบคุม ตรวจจับสิ่ง กีดขวางกลับมาได้
4. การทำงานยังเป็นการควบคุมโดยคน ยังไม่สามารถทำงานโดยอัตโนมัติได้
5. แหล่งจ่าย Supply ซึ่งเป็นตัวจ่ายไฟให้กับภาคจ่ายไฟ สามารถทำการจ่ายไฟได้ในระยะ ไม่นานเนื่องจากมีโหลดมาก และตัวมันมีกระแสต่ำ

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

1. เรื่องระยะเวลาการทำงานของเครื่องรับส่งสัญญาณควรมีระยะเวลาการทำงานที่ไกลกว่านี้
2. ในระบบการเลี้ยวนั้นควรออกแบบให้มีความแม่นยำมากขึ้น
3. เพิ่มแหล่งจ่ายไฟ ให้สามารถทำงานได้นานขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เพิ่มเซนเซอร์ ให้กับรถหุ่นยนต์และปรับปรุงโปรแกรม การทำงานเพื่อให้รถหุ่นยนต์เคลื่อนที่สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ เช่น ระบบจดจำเส้นทางสำหรับการเคลื่อนที่ในการทำงานซ้ำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- 1) เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 โดย วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล Innovative Experiment
- 2) เรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดย สันติ นุราช , อุกฤษฏ์ ตันทสุทธานนท์
- 3) ภาษาแอสเซมบลี สำหรับ MCS- 51 โดย รศ. ธีรวัฒน์ ประกอบผล
- 4) คู่มือเรียน Visual Basic6 โดย ฉันทวุฒิ พิษผล
- 5) เริ่มต้นเขียนโปรแกรมติดต่อและควบคุมฮาร์ดแวร์ ด้วย Visual Basic อ.อภิชาติ ภู่อภัย



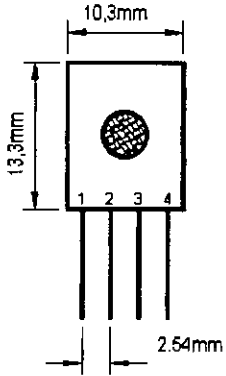
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## TRANSMITTER Ultra Small RT434A

- Modulation ASK
- Operating Voltage : 2 - 12V



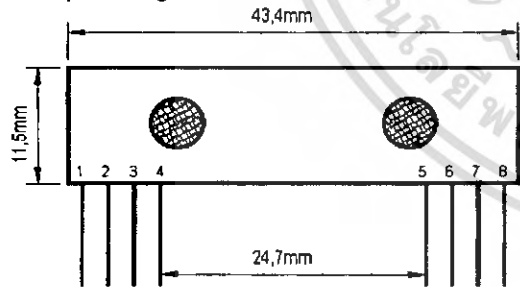
Pin 1 : GND  
 Pin 2 : Data In  
 Pin 3 : Vcc  
 Pin 4 : Antenna ( RF Output )

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Vcc	Operating Supply Voltage		2.0	-	12.0	V
Icc	Peak Current		1,64 (2V)	-	19,4 (12V)	mA
Vh	Input High Voltage	Idata=100µA High	Vcc - 0,5	<b>Vcc</b>	Vcc + 0,5	V
VI	Input Low Voltage	Idata=0µA Low	-	-	0,3	V
Fo	Absolute frequency		433,22	<b>433,92</b>	434,62	MHz
	Relative to 433,92MHz			<b>± 150</b>	± 200	KHz
Po	RF output Power- 50Ohm	Vcc = 9-12V	-	<b>14</b>		dBm
		Vcc = 5-6V	-	<b>16</b>		dBm
Dr	Data Rate		512	<b>4.800</b>	200.000	Bps / Baud

Notes: Case temperature = 25°C ±2°C, test load impedance = 50 Ohm

## RECEIVER SAW Based RR434A

- Modulation ASK
- Supply Voltage : 3,3 - 6 Vdc
- Output : Digital & Linear



Pin 1 : GND  
 Pin 2 : Digital Data Output  
 Pin 3 : Linear Output  
 Pin 4 : Vcc  
 Pin 5 : Vcc  
 Pin 6 : GND  
 Pin 7 : GND  
 Pin 8 : Antenna (30-35cm)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Vcc	Operating Supply Voltage		3,3	<b>5</b>	6	V
Icc	Operating Current		-	<b>4,5</b>		mA
Vdata	Data out	Idata=200µA H / 10µA L	0,3 L		Vcc - 0,5 H	V
Fc	Operating Radio Frequency			<b>433,92</b>		MHz
Pref	Sensitivity			<b>-110</b>		dBm
	Channel width			<b>500</b>		KHz
ton	Receiver turn on time			<b>5</b>		ms
Top	Operating Temperature		- 20		80	°C
Dr	Baseboard Data Rate			<b>4800</b>		KHz

Notes: Case temperature = -20 - 80°C, test load impedance = 50 Ohm

© rompel electronic Berlin <http://www.tec-shop.de>

กรุณาอย่าลืมแจ้งให้ทราบถึงข้อกำหนดและเงื่อนไขการใช้งานทุกครั้งที่มี การนำไปใช้  
 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มี การนำไปใช้

# Dual Full-Bridge Power Driver

## FEATURES

- Operating Supply Voltage up to 46V
- Total Saturation Voltage 3.4V max at 1A
- Overtemperature Protected
- Operates in Switched and L/R Regulation Modes
- 25W Power-Tab Package for Low Installed Cost
- Individual Logic Inputs for Each Driver
- Channel-Enable Logic Inputs for Driver Pairs

## DESCRIPTION

The L298 is a power integrated circuit usable for driving resistive and inductive loads. This device contains four push-pull drivers with separate logic inputs. Two enable inputs are provided for power down and chopping. Each driver is capable of driving loads up to 2A continuously.

Logic inputs to the L298 have high input thresholds (1.85V) and hysteresis to provide trouble-free operation in noisy environments normally associated with motors and inductors. The L298 input currents and thresholds allow the device to be driven by TTL and CMOS systems without buffering or level shifting.

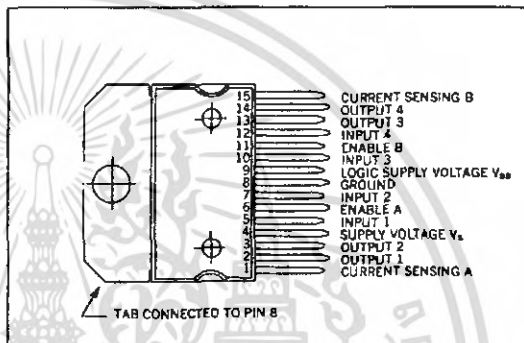
The emitters of the low-side power drivers are separately available for current sensing. Feedback from the emitters can be used to control load current in a switching mode, or can be used to detect load faults.

Separate logic and load supply lines are provided to reduce total IC power consumption. Power consumption is reduced further when the enable inputs are low. This makes the L298 ideal for systems that require low standby current, such as portable or battery-operated equipment.

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Power Supply, $V_{DD}$	50V
Logic Supply Voltage, $V_{SS}$	7V
Input and Inhibit Voltage, $V_i, V_{INHIB}$	-0.3V to +7V
Peak Output Current (each channel), $I_o$	
Non-Repetitive ( $t = 100\mu s$ )	3A
Repetitive (80% on - 20% off; $t_{ON} = 10ms$ )	2.5A
DC Operation	2A
Sensing Voltage, $V_{sense}$	-1V to +2.3V
Total Power Dissipation ( $T_{case} = 75^\circ C$ ), $P_{tot}$	25W
Storage and Junction Temperature, $T_{stg}, T_j$	-40°C to +150°C

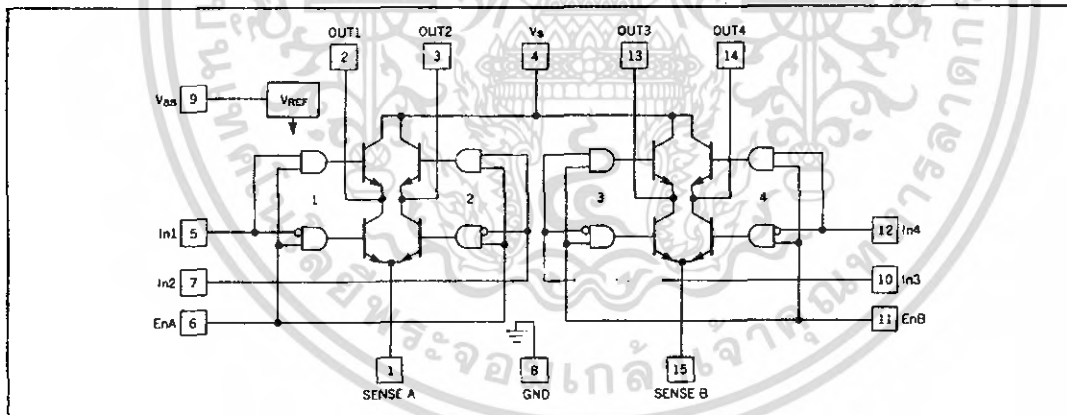
## CONNECTION DIAGRAM



## THERMAL DATA

Thermal Resistance Junction-Case, $R_{th(j-c)}$	3°C/W max.
Thermal Resistance Junction-Ambient, $R_{th(j-a)}$	35°C/W max.

## BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (for each channel,  $V_s = 42V$ ,  $V_{ss} = 5V$ ,  $T_j = 25^\circ C$ )  $T_A = T_J$ 

PARAMETERS	TEST CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNITS
Supply Voltage (Pin 4), $V_s$	Operating Condition	$V_{IH} + 2.5$		46	V
Logic Supply Voltage (Pin 9), $V_{ss}$		4.5		7	V
Quiescent Supply Current (Pin 4), $I_s$ (Per Channel)	$V_{inh.} = H$ $V_i = L$		3	7	mA
	$I_L = 0$ $V_i = H$		15	20	
	$V_{inh.} = L$			1	
Quiescent Current from $V_{ss}$ (Pin 9), $I_{ss}$ (Per Channel)	$V_{inh.} = H$ $V_i = L$		5	10	mA
	$I_L = 0$ $V_i = H$		1.5	3	
	$V_{inh.} = L$		1	1.5	
Input Low Voltage (Pins 5, 7, 10, 12), $V_{iL}$		-0.3		1.5	V
Input High Voltage (Pins 5, 7, 10, 12), $V_{iH}$		2.3		$V_{ss}$	V
Low Voltage Input Current (Pins 5, 7, 10, 12), $I_{iL}$	$V_i = L$			-10	$\mu A$
High Voltage Input Current (Pins 5, 7, 10, 12), $I_{iH}$	$V_i = H$		30	100	$\mu A$
Inhibit Low Voltage (Pins 6, 11), $V_{inh. L}$		-0.3		1.5	V
Inhibit High Voltage (Pins 6, 11), $V_{inh. H}$		2.3		7	V
Low Voltage Inhibit Current (Pins 6, 11), $I_{inh. L}$	$V_{inh.} = L$			-10	$\mu A$
High Voltage Inhibit Current (Pins 6, 11), $I_{inh. H}$	$V_{inh.} = H \leq V_{ss} - 0.6V$		30	100	
Source Saturation Voltage, $V_{CE sat(H)}$	$I_L = 1A$		1.2	1.8	V
	$I_L = 2A$		1.8	2.8	
Sink Saturation Voltage, $V_{CE sat(L)}$	$I_L = 1A$		1.2	1.8	V
	$I_L = 2A$		1.7	2.6	
Total Drop, $V_{CE sat}$	$I_L = 1A$			3.4	V
	$I_L = 2A$			5.2	
Sensing Voltage (Pins 1, 15), $V_{sens}$		-1 <sup>(1)</sup>		2	V
Source Current Turn-Off Delay, $T_1(V_i)$	$0.5 V_i$ to $0.9 I_L$ <sup>(2)</sup>		1.7		$\mu s$
Source Current Fall Time, $T_2(V_i)$	$0.9 I_L$ to $0.1 I_L$ <sup>(2)</sup>		0.2		$\mu s$
Source Current Turn-On Delay, $T_3(V_i)$	$0.5 V_i$ to $0.1 I_L$ <sup>(2)</sup>		2.5		$\mu s$
Source Current Rise Time, $T_4(V_i)$	$0.1 I_L$ to $0.9 I_L$ <sup>(2)</sup>		0.35		$\mu s$
Sink Current Turn-Off Delay, $T_5(V_i)$	$0.5 V_i$ to $0.9 I_L$ <sup>(3)</sup>		0.7		$\mu s$
Sink Current Fall Time, $T_6(V_i)$	$0.9 I_L$ to $0.1 I_L$ <sup>(3)</sup>		0.2		$\mu s$
Sink Current Turn-On Delay, $T_7(V_i)$	$0.5 V_i$ to $0.1 I_L$ <sup>(3)</sup>		1.5		$\mu s$
Sink Current Rise Time, $T_8(V_i)$	$0.1 I_L$ to $0.9 I_L$ <sup>(3)</sup>		0.2		$\mu s$
Commutation Frequency, $f_c$	$I_L = 2A$		25	40	KHz

1) Sensing voltage can be  $-1V$  for  $t \leq 50\mu s$ ; in steady state  $V_{sens} \min \geq -0.5V$ .

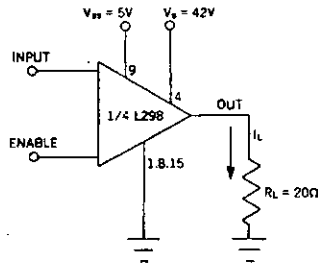
2) See figure 1a.

3) See figure 2a.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

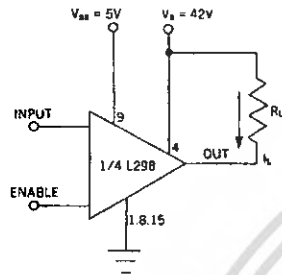
**SWITCHING CHARACTERISTICS**

**Figure 1.** Switching times test circuits.



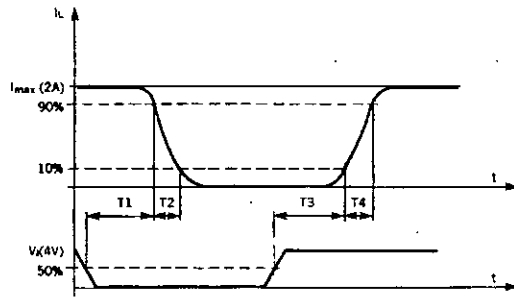
**NOTE:** For INPUT chopper, set EN = H.

**Figure 2.** Switching Times Test Circuits.

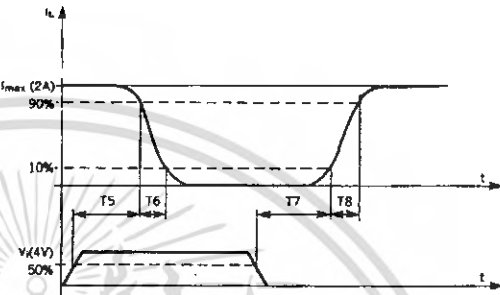


**NOTE:** For INPUT chopper, set EN = H.

**Figure 1a.** Source Current Delay Times vs. Input or Enable Chopper.

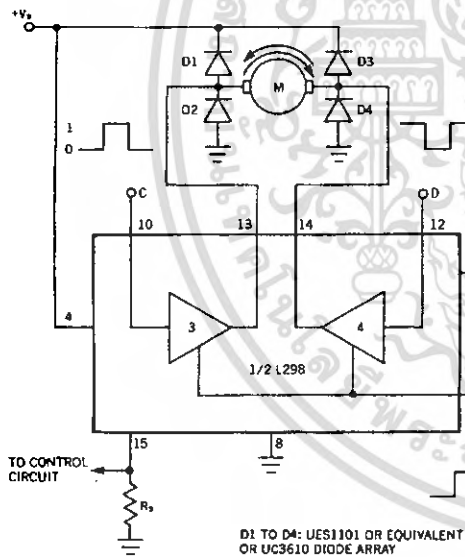


**Figure 2a.** Sink Current Delay Times vs. Input or Enable Chopper.



**APPLICATIONS**

**Figure 3.** Bi-Directional DC Motor Control.



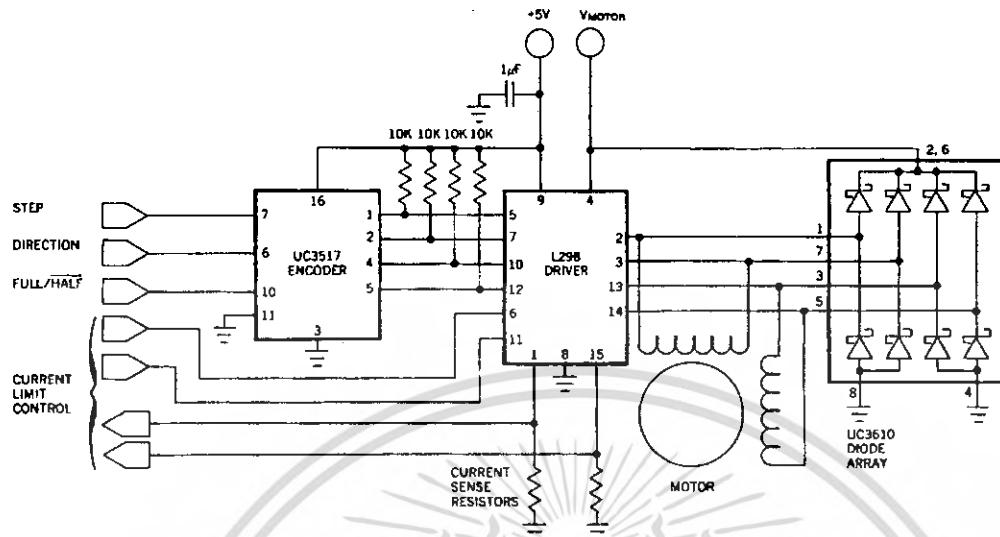
	INPUTS	FUNCTION
V <sub>inh.</sub> = H	C = H; D = L	Turn right
	C = L; D = H	Turn left
V <sub>inh.</sub> = L	C = D	Fast motor stop
	C = X; D = C	Free running motor stop

L = Low  
H = High  
X = Don't Care

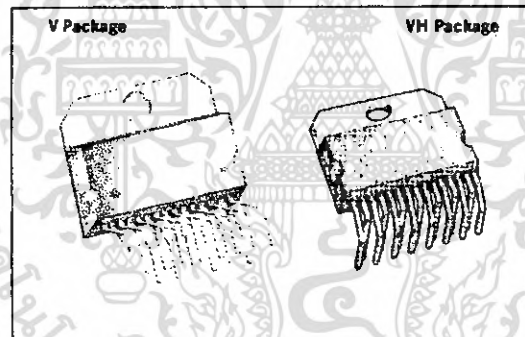
D1 TO D4: UES1101 OR EQUIVALENT OR UC3610 DIGIDE ARRAY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 4. Bipolar Step Motor Driver.



## STANDARD PACKAGES



Unitrode Integrated Circuits Corporation  
 7 Continental Boulevard • P. O. Box 399 • Merrimack, New Hampshire • 03054-0399  
 Telephone 603-424-2410 • FAX 603-424-3460

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

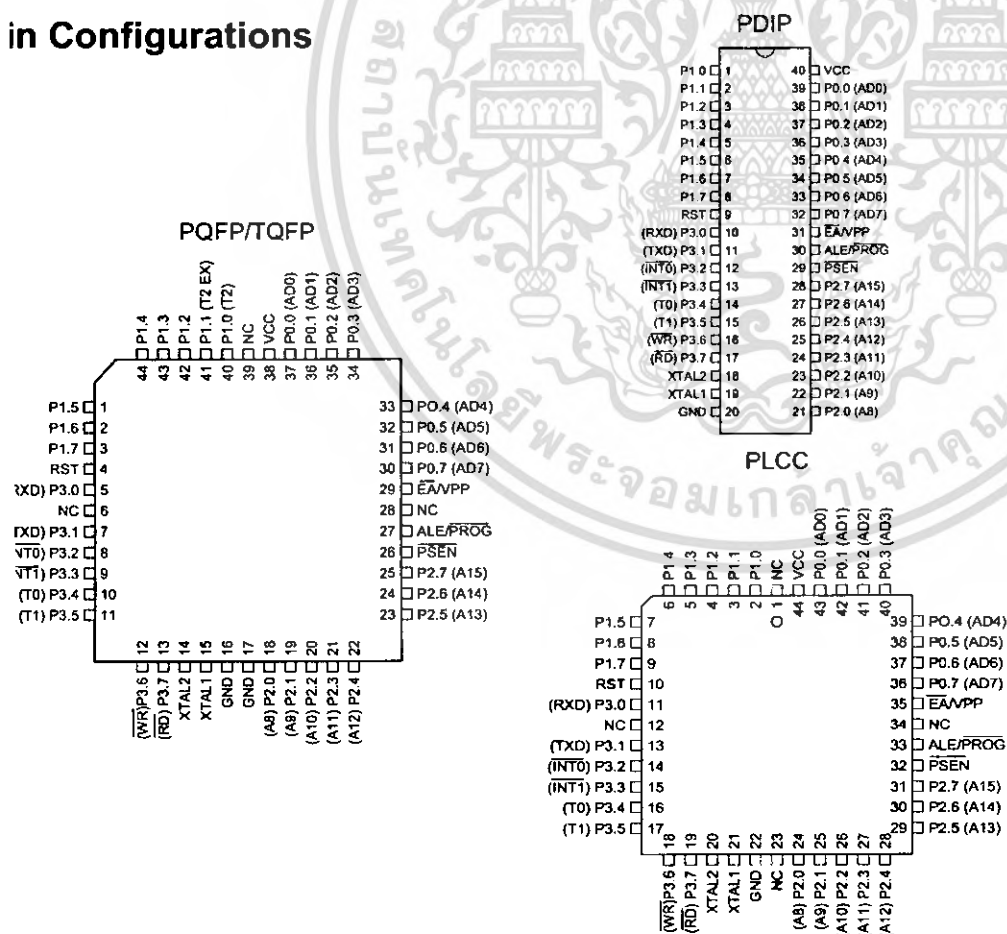
## Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 4K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 128 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes

## Description

The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4K bytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard MCS-51 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C51 is a powerful microcomputer which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

## Pin Configurations



## 8-bit Microcontroller with 4K Bytes Flash

### AT89C51

**Not Recommended  
for New Designs.  
Use AT89S51.**

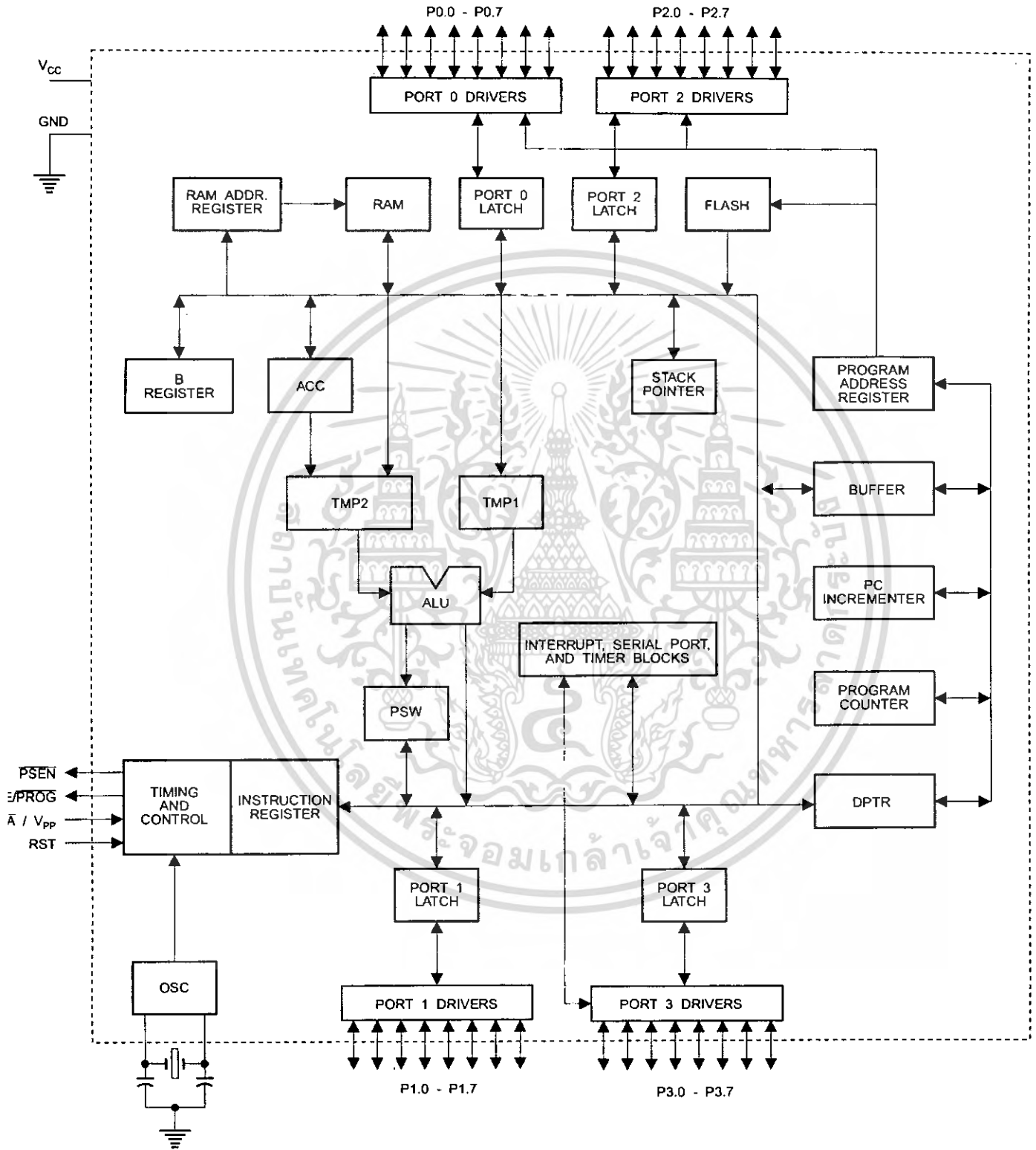
Rev. 0265G-02/00



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# Block Diagram



เอกสารนี้เป็นของ **AT89C51**

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The AT89C51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, full duplex serial port, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C51 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. The Power-down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.

## Pin Description

**V<sub>CC</sub>**  
Supply voltage.

**GND**  
Ground.

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

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

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

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

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

**Port 2**  
Port 2 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins they are pulled high by internal pullups and can be used as inputs. As inputs,

Port 2 pins that are externally being pulled low will source current ( $I_{IL}$ ) because of the internal pullups.

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

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

### Port 3

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

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51 as listed below:

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

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

### RST

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

### ALE/ $\overline{PROG}$

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

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

use is skipped during each access to external Data memory.

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

### $\overline{PSEN}$

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

When the AT89C51 is executing code from external program memory,  $\overline{PSEN}$  is activated twice each machine cycle, except that two  $\overline{PSEN}$  activations are skipped during each access to external data memory.

### $\overline{EA}/VPP$

External Access Enable.  $\overline{EA}$  must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed,  $\overline{EA}$  will be internally latched on reset.

$\overline{EA}$  should be strapped to  $V_{CC}$  for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage ( $V_{PP}$ ) during Flash programming, for parts that require 12-volt  $V_{PP}$ .

### XTAL1

Output to the inverting oscillator amplifier and input to the external clock operating circuit.

### XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

## Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left

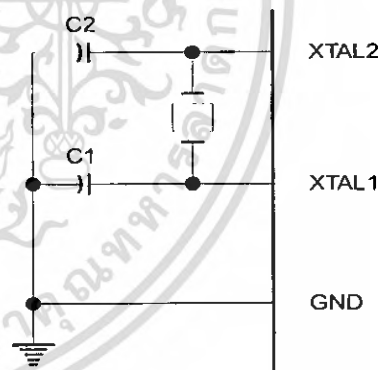
unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

## Idle Mode

In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

It should be noted that when idle is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when Idle is terminated by reset, the instruction following the one that invokes Idle should not be one that writes to a port pin or to external memory.

Figure 1. Oscillator Connections

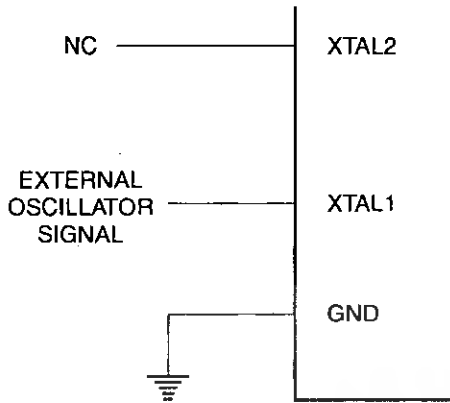


Note: C1, C2 = 30 pF  $\pm$  10 pF for Crystals  
= 40 pF  $\pm$  10 pF for Ceramic Resonators

## Status of External Pins During Idle and Power-down Modes

Mode	Program Memory	ALE	$\overline{PSEN}$	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power-down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power-down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

Figure 2. External Clock Drive Configuration



ters retain their values until the power-down mode is terminated. The only exit from power-down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before  $V_{CC}$  is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

### Program Memory Lock Bits

On the chip are three lock bits which can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the table below.

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the  $\overline{EA}$  pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value, and holds that value until reset is activated. It is necessary that the latched value of  $\overline{EA}$  be in agreement with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

### Power-down Mode

In the power-down mode, the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power-down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers

### Program Lock Bit Protection Modes

Program Lock Bits				Protection Type
	LB1	LB2	LB3	
1	U	U	U	No program lock features
2	P	U	U	MOVX instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, $\overline{EA}$ is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash is disabled
3	P	P	U	Same as mode 2, also verify is disabled
4	P	P	P	Same as mode 3, also external execution is disabled





## Programming the Flash

The AT89C51 is normally shipped with the on-chip Flash memory array in the erased state (that is, contents = FFH) and ready to be programmed. The programming interface accepts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage ( $V_{CC}$ ) program enable signal. The low-voltage programming mode provides a convenient way to program the AT89C51 inside the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third-party Flash or EPROM programmers.

The AT89C51 is shipped with either the high-voltage or low-voltage programming mode enabled. The respective p-side marking and device signature codes are listed in the following table.

	$V_{PP} = 12V$	$V_{PP} = 5V$
Top-side Mark	AT89C51 xxxx yyww	AT89C51 xxxx-5 yyww
Signature	(030H) = 1EH (031H) = 51H (032H) = FFH	(030H) = 1EH (031H) = 51H (032H) = 05H

The AT89C51 code memory array is programmed byte-by-byte in either programming mode. *To program any non-blank byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory must be erased using the Chip Erase Mode.*

**Programming Algorithm:** Before programming the AT89C51, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figure 3 and Figure 4. To program the AT89C51, take the following steps.

Input the desired memory location on the address lines.

Input the appropriate data byte on the data lines.

Activate the correct combination of control signals.

Raise  $\overline{EA}/V_{PP}$  to 12V for the high-voltage programming mode.

Pulse ALE/PROG once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 1.5 ms. Repeat steps 1 through 5, changing the address

and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

**Data Polling:** The AT89C51 features Data Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written datum on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data are valid on all outputs, and the next cycle may begin. Data Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

**Ready/Busy:** The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/BSY output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.4 is pulled high again when programming is done to indicate READY.

**Program Verify:** If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

**Chip Erase:** The entire Flash array is erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding ALE/PROG low for 10 ms. The code array is written with all "1"s. The chip erase operation must be executed before the code memory can be re-programmed.

**Reading the Signature Bytes:** The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H, 031H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

- (030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
- (031H) = 51H indicates 89C51
- (032H) = FFH indicates 12V programming
- (032H) = 05H indicates 5V programming

## Programming Interface

Every code byte in the Flash array can be written and the entire array can be erased by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

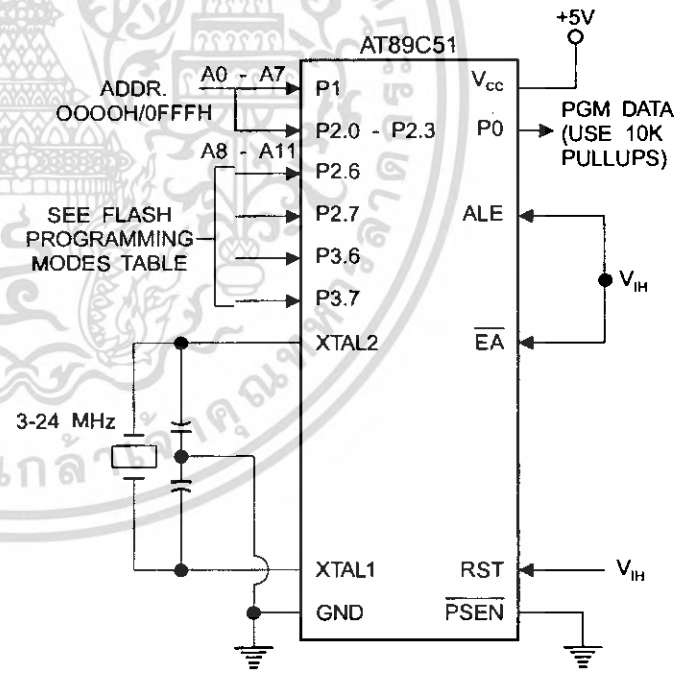
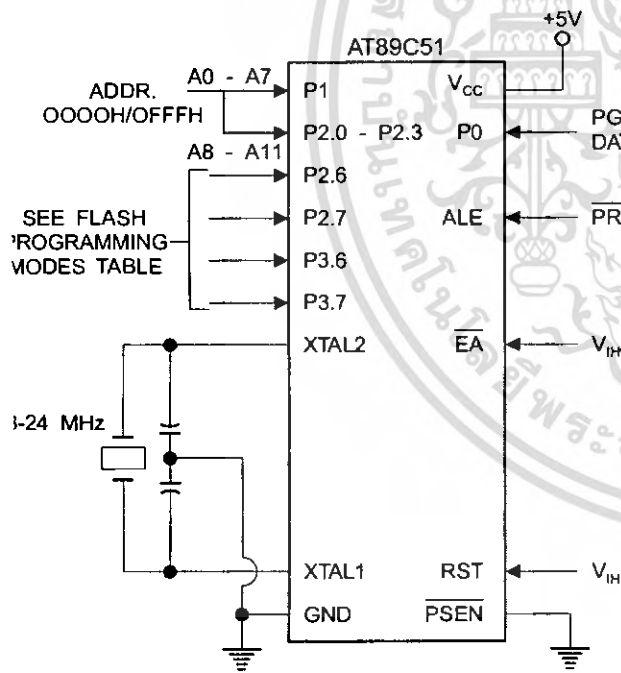
## Flash Programming Modes

Mode	RST	$\overline{\text{PSEN}}$	$\text{ALE}/\overline{\text{PROG}}$	$\overline{\text{EA}}/V_{\text{PP}}$	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7
Write Code Data	H	L		H/12V	L	H	H	H
Read Code Data	H	L	H	H	L	L	H	H
Write Lock	Bit - 1	H	L		H/12V	H	H	H
	Bit - 2	H	L		H/12V	H	H	L
	Bit - 3	H	L		H/12V	H	L	L
Chip Erase	H	L	(1)	H/12V	H	L	L	L
Read Signature Byte	H	L	H	H	L	L	L	L

Note: 1. Chip Erase requires a 10 ms PROG pulse.

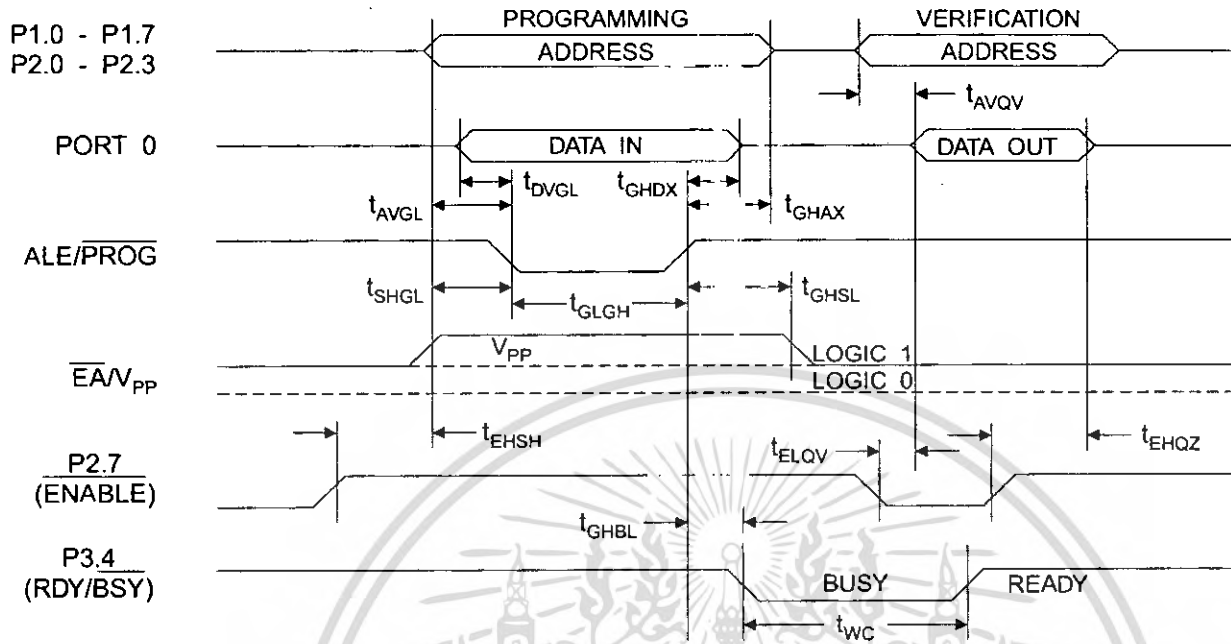
Figure 3. Programming the Flash

Figure 4. Verifying the Flash

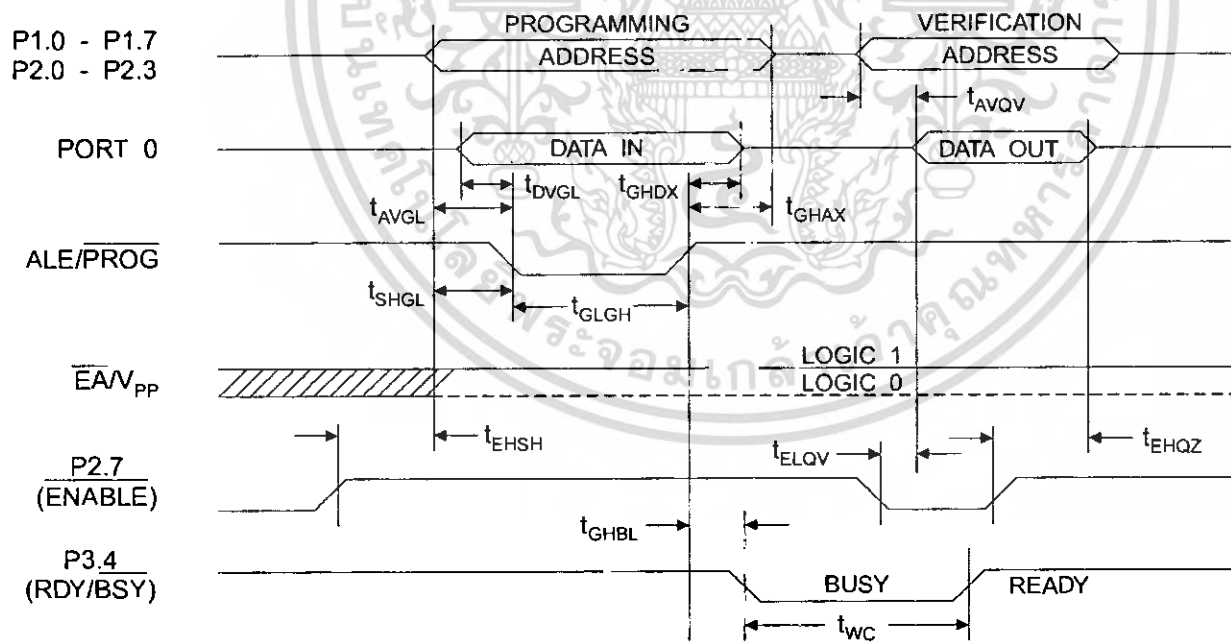




## Flash Programming and Verification Waveforms - High-voltage Mode ( $V_{PP} = 12V$ )



## Flash Programming and Verification Waveforms - Low-voltage Mode ( $V_{PP} = 5V$ )



เอกสารนี้เป็นเอกสารของ **AT89C51**

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Flash Programming and Verification Characteristics

$T_A = 0^\circ\text{C to } 70^\circ\text{C}, V_{CC} = 5.0 \pm 10\%$

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$V_{PP}^{(1)}$	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
$I_{PP}^{(1)}$	Programming Enable Current		1.0	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	24	MHz
AVGL	Address Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
GHAX	Address Hold after $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
DVGL	Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
GHDX	Data Hold after $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
EHSB	P2.7 ( $\overline{\text{ENABLE}}$ ) High to $V_{PP}$	$48t_{CLCL}$		
SHGL	$V_{PP}$ Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		$\mu\text{s}$
SHSL <sup>(1)</sup>	$V_{PP}$ Hold after $\overline{\text{PROG}}$	10		$\mu\text{s}$
PLGH	$\overline{\text{PROG}}$ Width	1	110	$\mu\text{s}$
WQV	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
ELQV	$\overline{\text{ENABLE}}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
HOZ	Data Float after $\overline{\text{ENABLE}}$	0	$48t_{CLCL}$	
SHBL	$\overline{\text{PROG}}$ High to $\overline{\text{BUSY}}$ Low		1.0	$\mu\text{s}$
WC	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.





## Absolute Maximum Ratings\*

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

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

## DC Characteristics

$T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5.0\text{V} \pm 20\%$  (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
$I_{IL}$	Input Low-voltage	(Except $\bar{E}A$ )	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
$I_{IL1}$	Input Low-voltage ( $\bar{E}A$ )		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
$I_{IH}$	Input High-voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
$I_{IH1}$	Input High-voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
$I_{OL}$	Output Low-voltage <sup>(1)</sup> (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
$I_{OL1}$	Output Low-voltage <sup>(1)</sup> (Port 0, ALE, PSEN)	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
$I_{OH}$	Output High-voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	$I_{OH} = -60 \mu\text{A}$ , $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -25 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -10 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
$I_{OH1}$	Output High-voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = -800 \mu\text{A}$ , $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -300 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -80 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
$I_{IN0}$	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	$\mu\text{A}$
$I_{IN1}$	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}$ , $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-650	$\mu\text{A}$
$I_{IL1}$	Input Leakage Current (Port 0, $\bar{E}A$ )	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		$\pm 10$	$\mu\text{A}$
RST	Reset Pull-down Resistor		50	300	K $\Omega$
$C_{IO}$	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
c	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		20	mA
		Idle Mode, 12 MHz		5	mA
	Power-down Mode <sup>(2)</sup>	$V_{CC} = 6\text{V}$		100	$\mu\text{A}$
		$V_{CC} = 3\text{V}$		40	$\mu\text{A}$

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

## AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาของบริษัทและใช้เพื่อการทดสอบเท่านั้น เมื่อคุณผู้ใดเห็นเบาะแสหรือข้อผิดพลาดในการตีความหรือการแก้ไขใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## C Characteristics

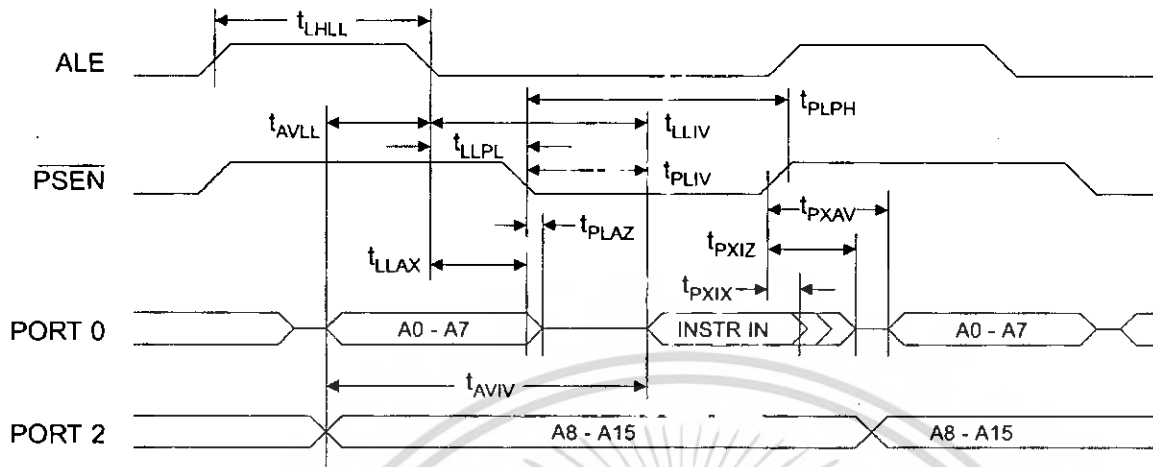
Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/ $\overline{\text{PROG}}$ , and  $\overline{\text{PSEN}}$  = 100 pF; load capacitance for all other inputs = 80 pF.

### External Program and Data Memory Characteristics

Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		16 to 24 MHz Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$f_{\text{CLCL}}$	Oscillator Frequency			0	24	MHz
$t_{\text{HLL}}$	ALE Pulse Width	127		$2t_{\text{CLCL}}-40$		ns
$t_{\text{VLL}}$	Address Valid to ALE Low	43		$t_{\text{CLCL}}-13$		ns
$t_{\text{LAX}}$	Address Hold after ALE Low	48		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
$t_{\text{LV}}$	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{\text{CLCL}}-65$	ns
$t_{\text{LPL}}$	ALE Low to $\overline{\text{PSEN}}$ Low	43		$t_{\text{CLCL}}-13$		ns
$t_{\text{LPH}}$	$\overline{\text{PSEN}}$ Pulse Width	205		$3t_{\text{CLCL}}-20$		ns
$t_{\text{PLV}}$	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Valid Instruction In		145		$3t_{\text{CLCL}}-45$	ns
$t_{\text{PIX}}$	Input Instruction Hold after $\overline{\text{PSEN}}$	0		0		ns
$t_{\text{PIX}}$	Input Instruction Float after $\overline{\text{PSEN}}$		59		$t_{\text{CLCL}}-10$	ns
$t_{\text{XAV}}$	$\overline{\text{PSEN}}$ to Address Valid	75		$t_{\text{CLCL}}-8$		ns
$t_{\text{VIV}}$	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{\text{CLCL}}-55$	ns
$t_{\text{LAZ}}$	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Address Float		10		10	ns
$t_{\text{LRH}}$	$\overline{\text{RD}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
$t_{\text{VLWH}}$	$\overline{\text{WR}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
$t_{\text{LDV}}$	$\overline{\text{RD}}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{\text{CLCL}}-90$	ns
$t_{\text{HDX}}$	Data Hold after $\overline{\text{RD}}$	0		0		ns
$t_{\text{HDZ}}$	Data Float after $\overline{\text{RD}}$		97		$2t_{\text{CLCL}}-28$	ns
$t_{\text{LDV}}$	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{\text{CLCL}}-150$	ns
$t_{\text{VDV}}$	Address to Valid Data In		585		$9t_{\text{CLCL}}-165$	ns
$t_{\text{LWL}}$	ALE Low to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	200	300	$3t_{\text{CLCL}}-50$	$3t_{\text{CLCL}}+50$	ns
$t_{\text{VWL}}$	Address to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	203		$4t_{\text{CLCL}}-75$		ns
$t_{\text{VWX}}$	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ Transition	23		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
$t_{\text{VWH}}$	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ High	433		$7t_{\text{CLCL}}-120$		ns
$t_{\text{HOX}}$	Data Hold after $\overline{\text{WR}}$	33		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
$t_{\text{LAZ}}$	$\overline{\text{RD}}$ Low to Address Float		0		0	ns
$t_{\text{HLH}}$	$\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ High to ALE High	43	123	$t_{\text{CLCL}}-20$	$t_{\text{CLCL}}+25$	ns



## External Program Memory Read Cycle



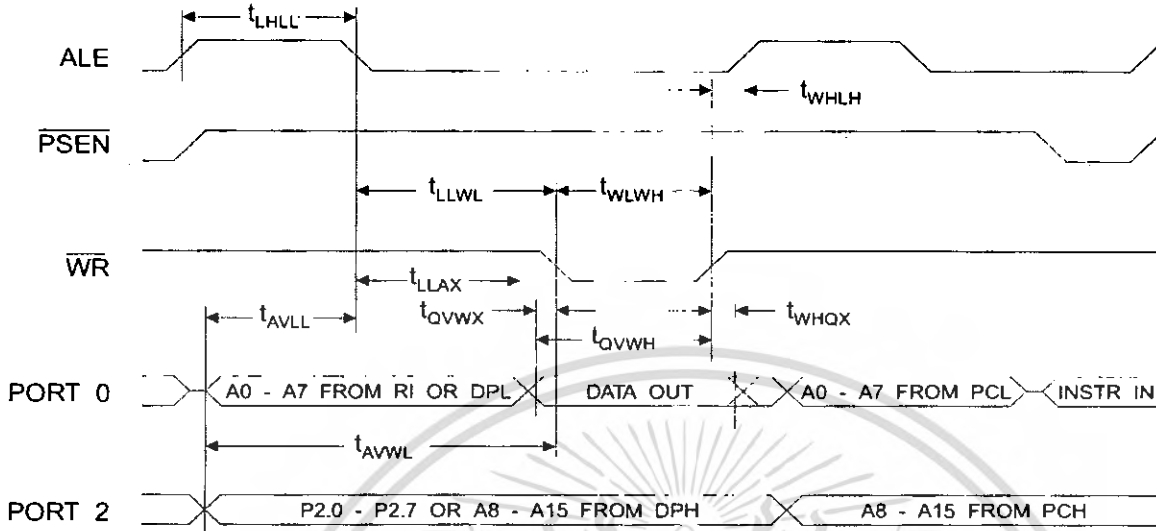
## External Data Memory Read Cycle



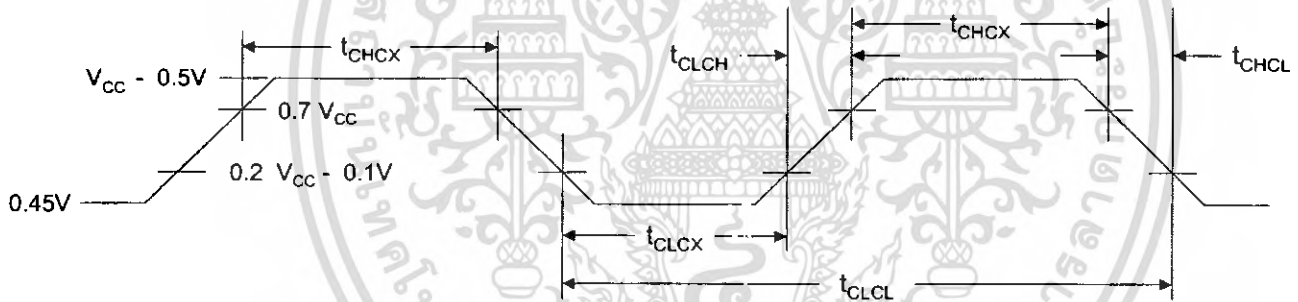
## AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ AT&MEL สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อเผยแพร่ให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	24	MHz
$t_{CLCL}$	Clock Period	41.6		ns
$t_{CHCX}$	High Time	15		ns
$t_{CLCX}$	Low Time	15		ns
$t_{CHCL}$	Rise Time		20	ns
$t_{CLCL}$	Fall Time		20	ns



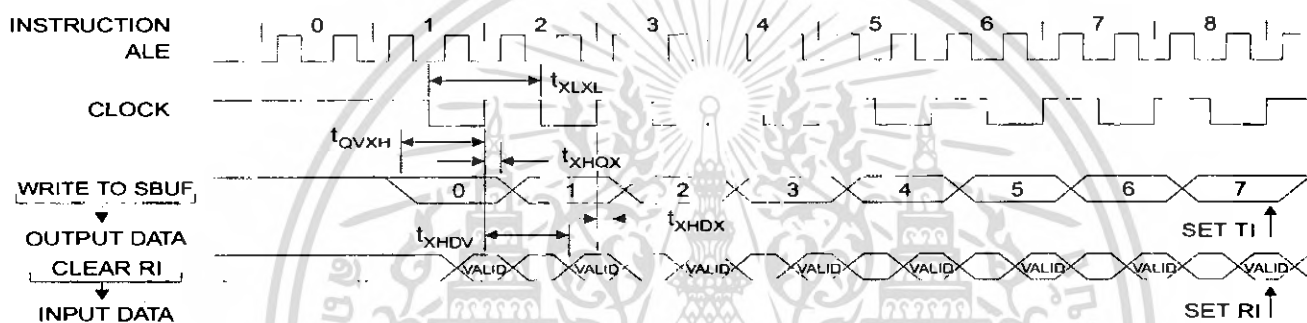


## Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

$V_{CC} = 5.0\text{ V} \pm 20\%$ ; Load Capacitance = 80 pF)

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$t_{XLXL}$	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		$\mu\text{s}$
$t_{QVXH}$	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}-133$		ns
$t_{XHGX}$	Output Data Hold after Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}-117$		ns
$t_{XHDX}$	Input Data Hold after Clock Rising Edge	0		0		ns
$t_{XHVD}$	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}-133$	ns

## Shift Register Mode Timing Waveforms



## C Testing Input/Output Waveforms<sup>(1)</sup>

## Float Waveforms<sup>(1)</sup>



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

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

**AT89C51**

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ AT&MEL. การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจาก AT&MEL เป็นความผิด. กรุณาแจ้ง AT&MEL หากพบการละเมิดลิขสิทธิ์. ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น. อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range	
12	5V ± 20%	AT89C51-12AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)	
		AT89C51-12JC	44J		
		AT89C51-12PC	40P6		
		AT89C51-12QC	44Q		
			AT89C51-12AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
			AT89C51-12JI	44J	
			AT89C51-12PI	40P6	
			AT89C51-12QI	44Q	
16	5V ± 20%	AT89C51-16AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)	
		AT89C51-16JC	44J		
		AT89C51-16PC	40P6		
		AT89C51-16QC	44Q		
			AT89C51-16AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
			AT89C51-16JI	44J	
			AT89C51-16PI	40P6	
			AT89C51-16QI	44Q	
20	5V ± 20%	AT89C51-20AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)	
		AT89C51-20JC	44J		
		AT89C51-20PC	40P6		
		AT89C51-20QC	44Q		
			AT89C51-20AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
			AT89C51-20JI	44J	
			AT89C51-20PI	40P6	
			AT89C51-20QI	44Q	
24	5V ± 20%	AT89C51-24AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)	
		AT89C51-24JC	44J		
		AT89C51-24PC	40P6		
		AT89C51-24QC	44Q		
			AT89C51-24AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
			AT89C51-24JI	44J	
			AT89C51-24PI	40P6	
			AT89C51-24QI	44Q	

### Package Type

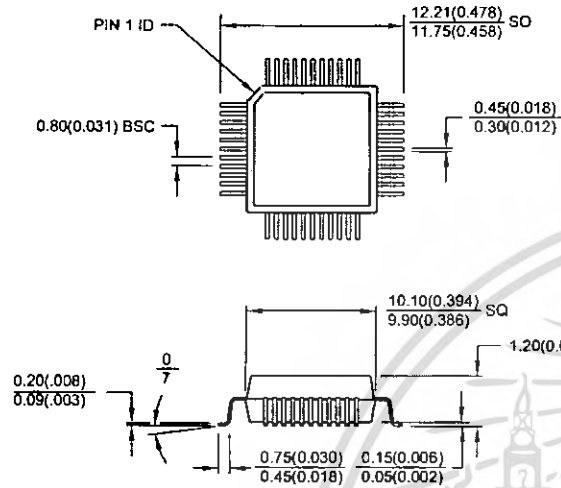
4A	44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
J	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
P6	40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
Q	44-lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)



## ackaging Information

### 44A, 44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)

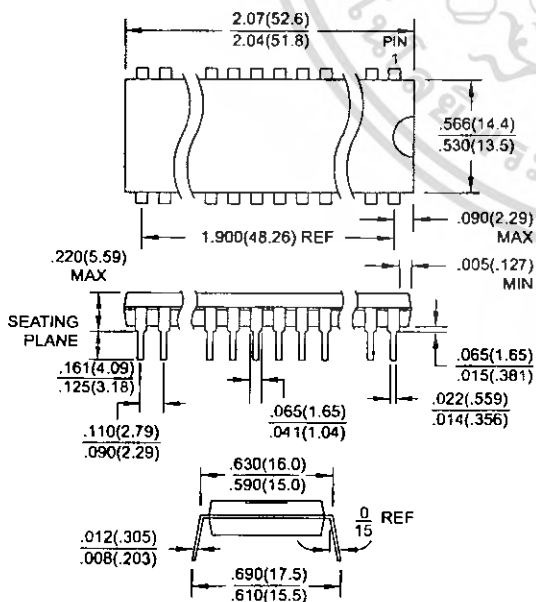
Dimensions in Millimeters and (Inches)\*  
JEDEC STANDARD MS-026 ACB



Controlling dimension: millimeters

### 40P6, 40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)

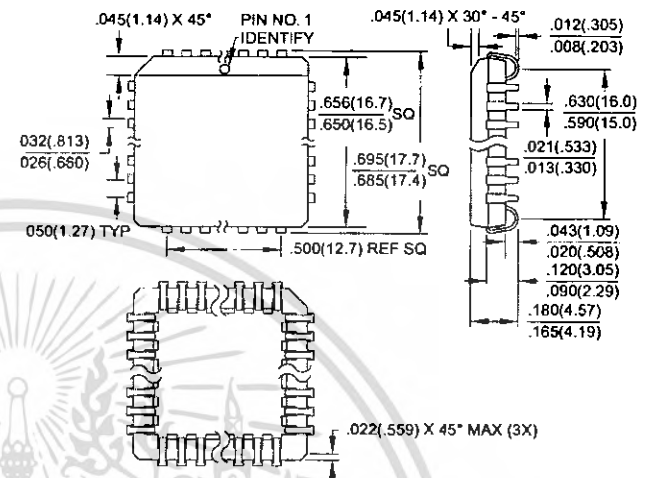
Dimensions in Inches and (Millimeters)



### 44J, 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)

Dimensions in Inches and (Millimeters)

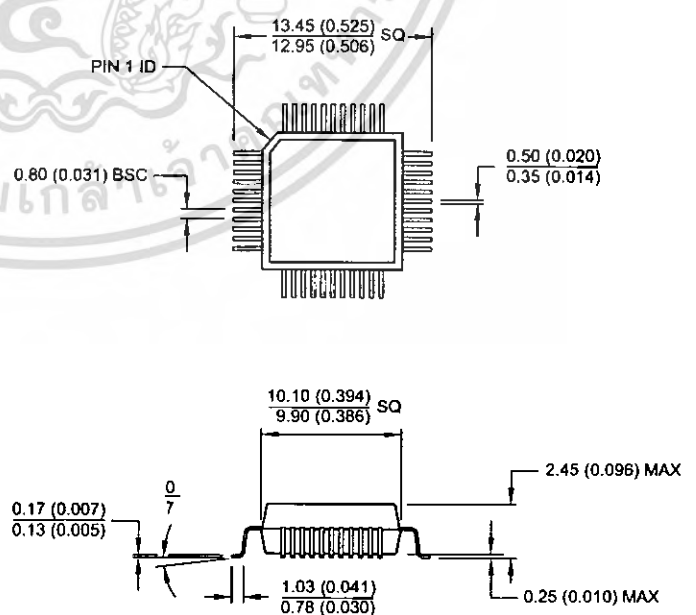
JEDEC STANDARD MS-018 AC



### 44Q, 44-lead, Plastic Quad Flat Package (PQFP)

Dimensions in Millimeters and (Inches)\*

JEDEC STANDARD MS-022 AB



Controlling dimension: millimeters

## AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ บริษัท อินเทล ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด. ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากบริษัทฯ. ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## Atmel Headquarters

### Corporate Headquarters

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

### Europe

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

### Asia

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

### Japan

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

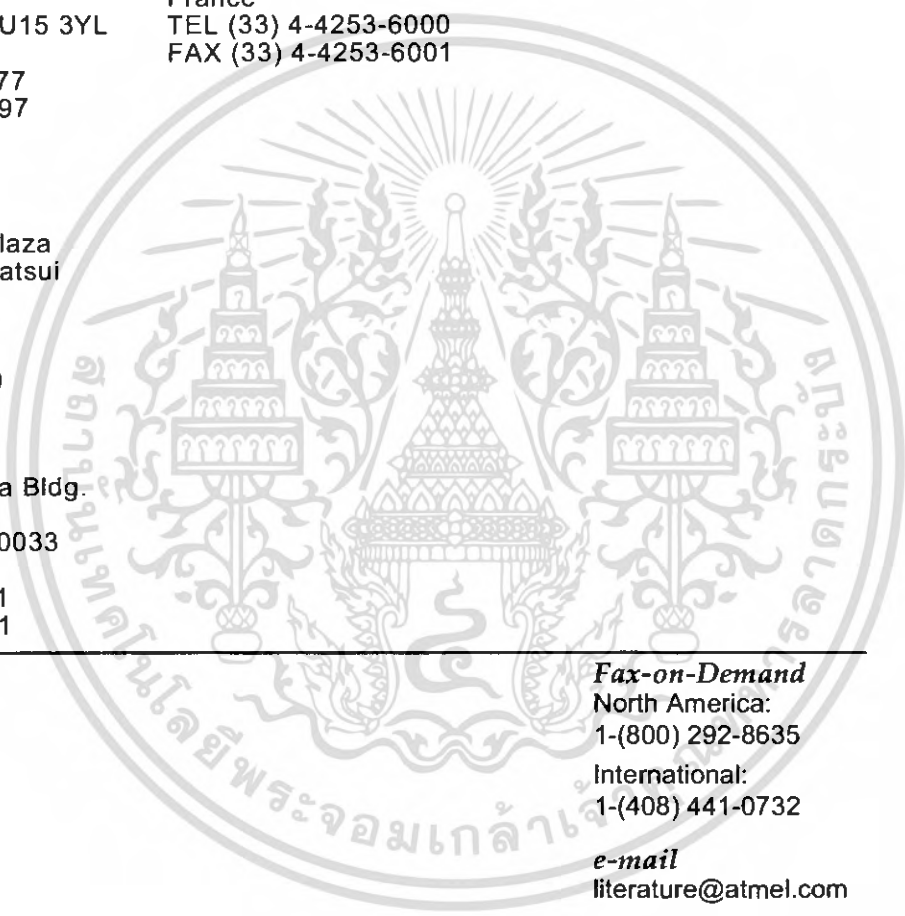
## Atmel Operations

### Atmel Colorado Springs

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

### Atmel Rousset

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



### Fax-on-Demand

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

### e-mail

literature@atmel.com

### Web Site

http://www.atmel.com

### BBS

1-(408) 436-4309

### Atmel Corporation 2000.

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

Atmel, Atmel logo, and/or are registered trademarks and trademarks of Atmel Corporation.

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



Printed on recycled paper.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด 0265G-02/00/xM

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้