

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หุ่นยนต์สำรวจเคลื่อนที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

Surveying Mobile Robotic Controlled by Microcomputer

4



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 73188  
วัน,เดือน,ปี..... 10 ต.ค. 2558

b. 11782931  
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์สำรวจเคลื่อนที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอมพิวเตอร์  
Surveying Mobile Robotic Controlled by Microcomputer



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2548

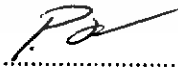
ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง พู้นยนต์สำรวจเคลื่อนที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

ผู้จัดทำ



  
.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
(อาจารย์พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์สำรวจเคลื่อนที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

Surveying Mobile Robotic Controlled by Microcomputer

นาย สุमितร์ โล่ห์เพ็ชร 44010552

โครงการได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมทั้งจะทำการตรวจสอบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หุ่นยนต์สำรวจเคลื่อนที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

ศุมิตร โล่ห์เพ็ชร 44010552

อาจารย์พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษา

### บทคัดย่อ

โครงงานนี้นำเสนอการออกแบบหุ่นยนต์ที่ใช้ในการสำรวจ ควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ โดยจะรับคำสั่งของเส้นทางการเคลื่อนที่จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากนั้นจะส่งผ่านข้อมูลผ่านพอร์ทอนุกรม RS-232C ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ที่อยู่ในตัวหุ่นยนต์ทำให้สามารถเคลื่อนที่ได้และได้มีการติดตั้งกล้องเพื่อสามารถเห็นการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

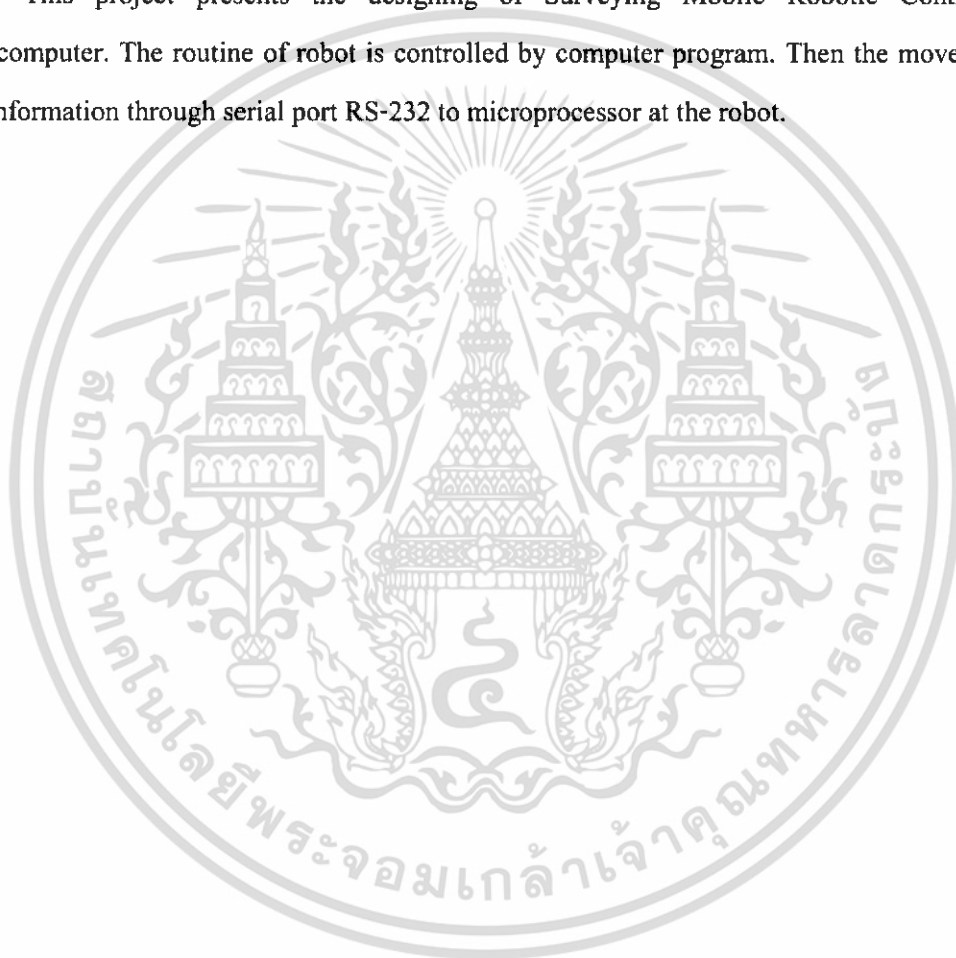
**Surveying Mobile Robotic Controlled by Microcomputer**

Sumit Lophet 44010552

Polsart Lertprasert Advisor

**Abstract**

This project presents the designing of Surveying Mobile Robotic Controlled by Microcomputer. The routine of robot is controlled by computer program. Then the movement will send information through serial port RS-232 to microprocessor at the robot.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ อาจารย์พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณและขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	2
2.1.1 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051	3
2.1.2 พอร์ตอินพุท/เอาต์พุท	5
2.1.3 รีจิสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไปใน MCS-51	5
2.1.4 ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์	6
2.1.5 การอินเตอร์รัプト	7
2.1.6 การรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART) ของ MCS-51	7
2.1.7 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพอร์ตอนุกรม	8
2.1.8 การสื่อสารแบบอนุกรม	8
2.1.9 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส	9
2.1.10 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232	11
2.1.11 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ	11
2.1.12 UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)	14
2.2 สเต็ปป์มอเตอร์ (Stepping Motor)	14
2.3 โมดูลรับ-ส่งสัญญาณ RF	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	18
3.1 การออกแบบทางฮาร์ดแวร์	18
3.1.1 ส่วนควบคุมการทำงานของรถ	18
3.1.2 ส่วนควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง	19
3.1.3 การควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์	19
3.1.4 วงจรภาคส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์	21
3.1.5 การรับส่งภาพ	22
3.2 การออกแบบทางซอฟต์แวร์	23
3.2.1 โปรแกรมที่ทำงานบนคอมพิวเตอร์	23
3.2.2 โปรแกรมที่ทำงานบนไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ตัวรถ	24
บทที่ 4 ผลการทดลอง	25
บทที่ 5 สรุป	33
บรรณานุกรม	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีมีการพัฒนาไปอย่างก้าวหน้าในหลาย ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาทางด้านการสื่อสาร โทรคมนาคม เครื่องจักรกล อินเทอร์เน็ต ฯลฯ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิทยาการทางด้านคอมพิวเตอร์มีความก้าวหน้าเป็นอย่างยิ่ง เป็นส่วนที่สำคัญที่ทำให้วิทยาการของมนุษย์มีการพัฒนาไปได้อย่างรวดเร็ว สามารถนำมาใช้กับชีวิตประจำวันช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่มนุษย์ได้มากขึ้น เรานำคอมพิวเตอร์มาใช้สำหรับควบคุมเครื่องจักรกลทำให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงาน สามารถดัดแปลงและติดต่อกับเครื่องจักร โดยผ่านคอมพิวเตอร์ จึงเป็นเหตุผลที่มาของการศึกษาโครงงานนี้

หุ่นยนต์สำรวจการเคลื่อนที่นี้จะถูกควบคุมผ่านทางคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่รับคำสั่งการเคลื่อนที่ทางเมาส์และคีย์บอร์ด ทำการประมวลผลคำสั่งที่ได้รับ แล้วส่งข้อมูลขนาด 8 ไบต์ผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 มาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์บนตัวหุ่นยนต์ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์นี้จะทำหน้าที่เพียงแต่ควบคุมการขับเคลื่อนที่ใช้บังคับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เท่านั้น ในการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์นี้จะช่วยทำให้ภาระในการประมวลผลของไมโครโปรเซสเซอร์มารวมกันที่คอมพิวเตอร์ และช่วยให้ง่ายต่อการเขียนโปรแกรม, แก้ไขโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ นอกจากนี้รูปแบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในโครงงานนี้ยังนำเสนอในแบบที่ต่างออกไปเพื่อที่จะให้ได้รับความแม่นยำในการเคลื่อนที่มากยิ่งขึ้นในการควบคุม และได้มีการเขียนโปรแกรมรองรับการทำงานเพื่อให้ใช้ประโยชน์ได้หลาย ๆ อย่าง เช่น การเขียนแผนที่ตามเส้นทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ และการควบคุมการนับรอบของมอเตอร์เป็นต้น สำหรับปริญญาโทฉบับนี้จะนำเสนอถึงเรื่องการสร้างและออกแบบหุ่นยนต์สำรวจการเคลื่อนที่ ซึ่งควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งหวังว่าจะสามารถนำมาประยุกต์ใช้โดยติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดียวที่มีข้อดีเมื่อเทียบกับไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 8 บิตตระกูลอื่น ดังนี้

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

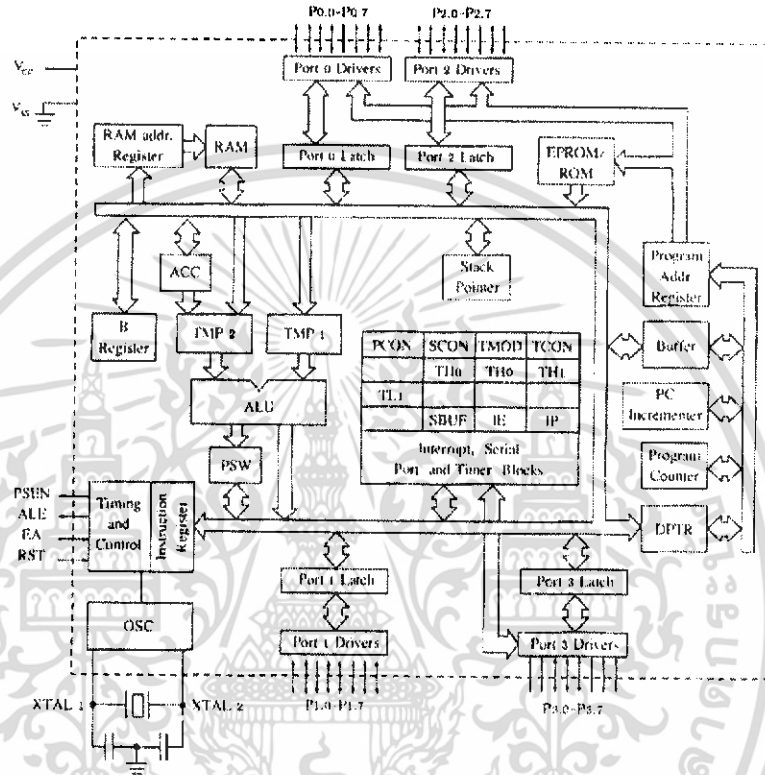
นอกจากนี้ MCS-51 ยังมีคุณสมบัติอื่น ๆ ที่น่าสนใจ คือ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.1 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

โครงสร้างภายในชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 ชิปเดียวแสดงดังรูปที่ 2.1 ซึ่งอธิบายถึงส่วนย่อยๆ ภายใน 8051

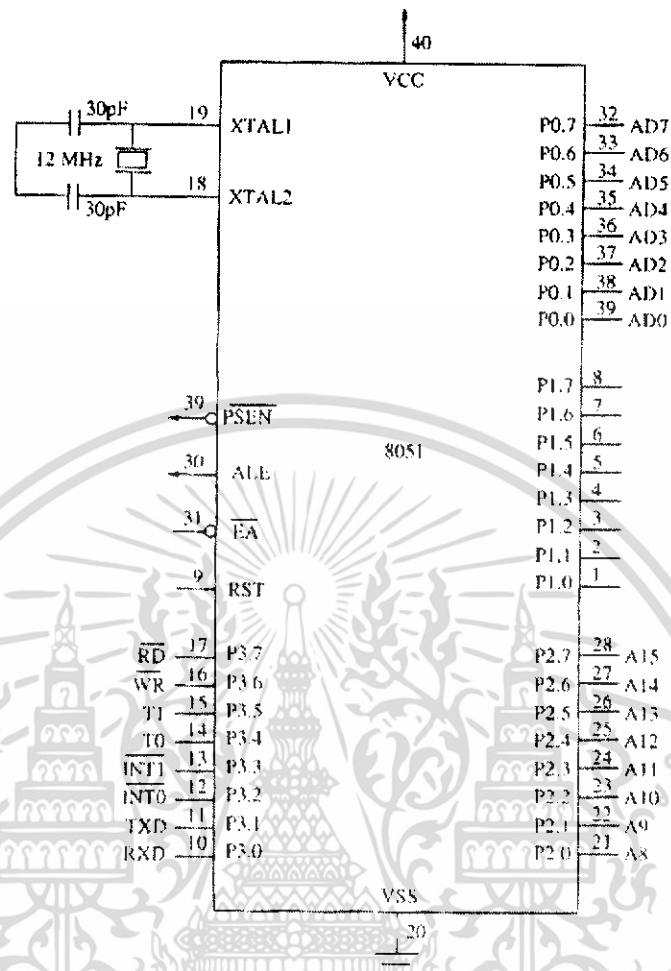


รูปที่ 2.1 โครงสร้างภายในชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

สัญญาณจากภายในจะต่อออกสู่ภายนอกทางขาของ 8051 ที่มีอยู่ 40 ขา ดังรูป 2.2 ซึ่งมีการใช้งานต่าง ๆ ที่สำคัญดังนี้

1. VCC ขา 40 เป็นขาต้องป้อนไฟเลี้ยง +5 โวลต์ เข้าไปเพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้
2. VSS ขา 20 เป็นขาที่ต้องต่อกับกราวด์ของแหล่งจ่ายไฟ
3. RST ขา 9 ขา รีเซ็ตนี้จะรีเซ็ตการทำงานของ 8051 ถ้าป้อนสัญญาณที่มีสถานะลอจิก 1 ที่ขานี้จะเป็นการรีเซ็ตการทำงาน กลับไปเริ่มทำงานจากคำสั่งที่อยู่ในหน่วยความจำตำแหน่ง 0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 โค้ดแกรมของ 8051

1. PSEN ขา 29 ใช้ส่งสัญญาณเพื่ออ่านโปรแกรมซึ่งเก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกชิพ
2. XTAL1 ขา 19 ใช้ต่อคริสตัลภายนอก โดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์
3. XTAL2 ขา 18 ใช้ต่อคริสตัลภายนอก โดยเป็นเอาต์พุตออกจากวงจรออสซิลเลเตอร์

เมื่อเริ่มจ่ายพลังงานจะต้องมีการรีเซ็ตก่อนเสมอการรีเซ็ตในขณะที่เริ่มจ่ายพลังงานจะกระทำโดยอัตโนมัติ โดยการทำงานของวงจรรีเซ็ตคือ เมื่อเริ่มจ่ายพลังงานให้แก่ MCS-51 จะทำให้ขา RTS มีสถานะเป็นหนึ่งในช่วงเวลาหนึ่งซึ่งขึ้นอยู่กับค่าตัวเก็บประจุ ความเร็วในการประจุ เพื่อให้แน่ใจว่าการรีเซ็ตเกิดขึ้นจริง ๆ ในช่วงเวลาเริ่มต้นให้ขา VCC จะต้องให้ขาเรีเซ็ตมีสถานะเป็น 1 นานพอที่จะให้วงจรออสซิลเลเตอร์เริ่มต้นทำงานร่วมกับช่วงเวลา 2 แมกซ์ไซเคิล

ในช่วงเริ่มต้นให้ VCC แก่ MCS-51 (ช่วง power up) VCC ควรมีค่าตามที่กำหนดภายในเวลา 10 วินาที (rise time) โดยช่วงเวลาที่วงจรออสซิลเลเตอร์เริ่มต้นทำงานจะขึ้นอยู่กับความถี่ของ คริสตัลที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 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 บิตล่างถูกส่งออกไปทาง พอร์ต 0 และ 8 บิตบนถูกส่งออกไปทางพอร์ต 2

2. ใช้รับส่งข้อมูลกับ Data Memory หรือใช้รับข้อมูลจาก Program Memory

3. ใช้รับส่งข้อมูลออกจากพอร์ตโดยตรง

PORT 1 เป็นพอร์ตขนานขนาด 8 บิต อยู่ที่ขา 1 ถึง 8 เริ่มจากบิต 0 ถึง บิต 7 ตามลำดับ ใช้ทำหน้าที่เป็นตัวรับส่งข้อมูลเท่านั้น ไม่สามารถส่งตำแหน่งได้

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

1. ใช้ส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอกที่ต้องการติดต่อทำงานร่วมกับพอร์ต 0

2. ใช้เป็นพอร์ตรับส่งข้อมูลภายนอก

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

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 ดังนั้น รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป 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 เมื่อมีการเปลี่ยนสถานะ

ไทม์เมอร์ 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
-------	------	----	----	-------	------	----	----

#### รูปที่ 2.3 รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TMOD

นอกจากจะเลือกการทำงานของรีจิสเตอร์ให้ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ได้แล้วในแต่ละการทำงานยังมีการทำงานย่อยอยู่อีก 4 แบบ ตามความเหมาะสมของการใช้งาน

โหมด 0 จะใช้รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต เป็นตัวนับ โดยมีการเมคค่าครั้งละ 1 ทุกครั้งนับสัญญาณได้ครบ 32 ครั้ง โดยในโหมดนี้มีรีจิสเตอร์ที่ใช้บิตเพียง 13 บิต (8 บิตในรีจิสเตอร์ TLx รวมกับ 5 บิตใน THx)

โหมด 1 การทำงานเหมือนโหมด 0 เว้นแต่ค่าในรีจิสเตอร์ถูกใช้งานครบทั้ง 16 บิต นั่นเองคือไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ในโหมดนี้มีขนาด 16 บิต

โหมด 2 ในโหมดนี้จะกำหนดรีจิสเตอร์ใช้งานในการนับบิตเพียง 8 บิต (จากรีจิสเตอร์ TLx) ที่มีการโหลดค่าด้วยค่าในรีจิสเตอร์ THx การใช้งานโหมดนี้มีไว้เพื่อสร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีคาบเวลาคงที่

โหมด 3 ในโหมดไทม์เมอร์ 1 จะไม่มีการขัดแต่ไทม์เมอร์จะบังคับให้รีจิสเตอร์ TLO ของไทม์เมอร์ 0 ถูกใช้เป็นไทม์เมอร์เพียงอย่างเดียว การทำงานโหมด 3 มีไว้เพื่อใช้งานที่ต้องการไทม์เมอร์หรือเกตเนอร์ขนาด 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	ชื่อสัญญาณ อินเทอร์รัปต์	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

พอร์ตสื่อสารอนุกรมของ MCS-51 มีโครงสร้างการทำงานของการสื่อสารที่เป็นแบบที่เรียกว่า ฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) ในการรับและส่งข้อมูลอนุกรมได้ในเวลาเดียวกัน โดยทางด้านส่งใช้ขา TxD(พอร์ต 3.1) ทางด้านรับใช้ขา RxD (พอร์ต3.0) SBUF ใช้เป็นบัฟเฟอร์สำหรับรับและส่งข้อมูลอนุกรม

พอร์ตสื่อสารอนุกรมของ MCS-51 สามารถโปรแกรมการทำงานได้หลายโหมดด้วยกัน โดยเลือกที่บิต SM1 และ SM0 ซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์ควบคุม (SCON) การทำงานทั้ง 4 โหมดของพอร์ตสื่อสารอนุกรมมีดังนี้

โหมด 0 พอร์ตสื่อสารอนุกรม 8 บิต โดยการส่งจะเลื่อนออกทีละบิต โดยส่งบิต D0 ออกไปก่อนทางขา RxD และไม่มีการส่งบิตเริ่มต้น แต่จะส่งสัญญาณนาฬิกาเลื่อนทางขา TxD

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

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

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

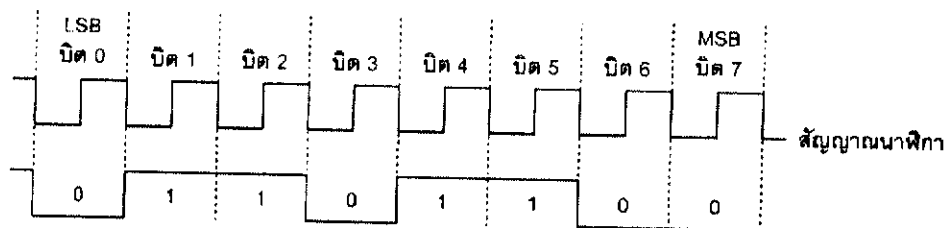
### 2.1.7 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพอร์ทอนุกรม

การเคลื่อนที่ย้ายข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ต่อพ่วงภายนอกหรือคอมพิวเตอร์ด้วยกัน มีด้วยกัน 2 รูปแบบคือ รับส่งข้อมูลแบบขนานและรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม การรับส่งข้อมูลแบบขนานเป็นการรับหรือส่งข้อมูลคราวละ 4 หรือ 8 บิตในเวลาเดียวกันทำให้การรับและส่งข้อมูลมีความเร็วสูง ทว่าจำนวนของรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการถ่ายทอดข้อมูลต้องมีมากเท่ากับจำนวนบิตของข้อมูลที่ทำการถ่ายทอดด้วย นอกจากนี้ยังมีสายที่ใช้สำหรับควบคุมและตรวจสอบการรับส่งข้อมูลด้วย ซึ่งอาจต้องใช้สายมากเป็น 2 เท่าของจำนวนบิตข้อมูลก็ได้ ส่งผลให้ราคาของสายที่ใช้ในการเชื่อมต่อแบบขนานมักจะมีราคาแพง อีกข้อจำกัดหนึ่งของการถ่ายทอดข้อมูลแบบขนานคือ ระยะทางในการถ่ายทอดข้อมูล โดยปกติจะอยู่ที่ประมาณ 10-15 ฟุต

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

### 2.1.8 การสื่อสารแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ การสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัสและการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส การสื่อสารแบบซิงโครนัสจะมีสัญญาณนาฬิกา ร่วมอยู่กับการรับและส่งสัญญาณด้วย ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสก็คือคีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ ซึ่งสายเส้นหนึ่งจะเป็นสายของสัญญาณนาฬิกา ส่วนสายอีกเส้นจะเป็นสายของข้อมูล ดังนั้นการติดต่อกันแบบซิงโครนัสนี้จะต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้น คือ สัญญาณนาฬิกามีข้อมูลและกราวด์ รูปที่ 2.4 แสดงให้เห็น ไตอะแกรมเวลาของการสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส



รูปที่ 2.4 ไคอะแกรมเวลาของการสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส

### 2.1.9 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือการรับส่งข้อมูลโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกาพร้อมด้วย แต่จะใช้การกำหนดค่าอัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูลให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกอัตราเร็วนี้ว่าอัตราบอดหรือบอดเรต (Baud rate) มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bit per second: BPS)

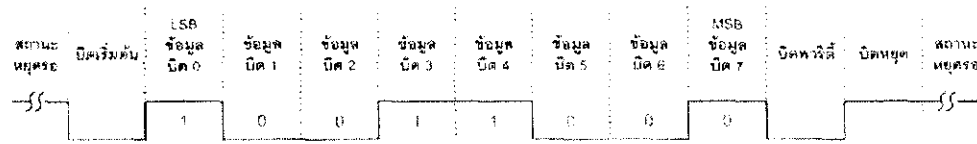
รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

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

รูปที่ 2.5 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส เมื่อไม่มีการส่งข้อมูล ขา DATA จะมีสถานะลอจิก "1" เรียกสถานะนี้ว่า สถานะหยุดรอ (waiting stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้ขา DATA มีลอจิก "0" ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต เรียก 1 บิตนี้ว่าบิตเริ่มต้น (start bit) จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไปโดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุดหรือบิต LSB ก่อนซึ่งข้อมูลที่ต้องการส่งอาจมีจำนวน 5,6,7 หรือ 8 บิตก็ได้ จากนั้นตามด้วยบิตพาริตี (parity bit) ซึ่งใช้ในการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่จะส่งคือ บิตปิดท้ายหรือบิตหยุด โดยเป็นการทำให้ขา DATA มีสถานะลอจิก "1" อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต, 1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว

อัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสหรืออัตราบอดหรือบอดเรตที่ใช้สำหรับพอร์ทอนุกรม RS-232 มีด้วยกันหลายค่า ได้แก่ 110 ,150 ,300 ,600 , 1200 ,2400 ,4800 ,9600 และ 19200 บิตต่อวินาที โดยมีค่าเพิ่มขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ เนื่องจากบอดเรตคือค่าของจำนวนบิตที่สามารถส่งได้ใน 1 วินาที สมมุติว่าข้อมูลอนุกรมมีขนาด 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต ความยาวข้อมูล 1 ไบต์จะมีความยาวเท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้

บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9600 บิตต่อวินาที ก็จะสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที



รูปที่ 2.5 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

การตรวจสอบพาริตีสามารถกำหนดให้เป็นแบบคี่ (Odd) แบบคู่ (Even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตีก็ได้ พาริตีคี่หรือพาริตีคู่แสดงถึงจำนวนลอจิก “1” ทั้งหมดภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์ รวมบิตพาริตีว่าจำนวนเลขคู่หรือเลขคี่ ยกตัวอย่าง ข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 8 บิต มีค่าเท่ากับ 99H หรือ 10011001B จะเห็นว่าข้อมูลในไบต์นี้มีจำนวนลอจิก “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 ทางภาครับจะแสดงข้อผิดพลาดออกมาให้ผู้ใช้ทราบ 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 ระดับแรงดันทีทีแอลจะถูกแปลงเป็นระดับแรงดันที่สูงขึ้นโดยลอจิก “0” จะมีระดับแรงดัน -3V ถึง -12V และลอจิก “1” มีระดับแรงดัน +3V ถึง +12V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

### 2.1.10 มาตรฐานพอร์ทอนุกรมแบบ RS-232

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยมาตรฐาน RS-232 ในอดีตนั้นถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนี้ส่งผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดซึ่งอยู่ห่างไกลกัน โดยสมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics Industries Association: EIA) ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า EIA RS-232 มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเน็กเตอร์เป็นแบบ DB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดของสายสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต มีระดับสัญญาณตั้งแต่ -3V ถึง -12V แสดงว่ามีข้อมูล(mark) และ +3V ถึง +12V แสดงว่าเป็นช่องว่าง(space)

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

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

สำหรับการใช้งานในคอมพิวเตอร์ พอร์ทอนุกรม RS-232 ถูกใช้เพื่อเชื่อมต่อกับ โมเด็ม, เม้าส์ และ เครื่องพิมพ์ที่สามารถติดต่อทางพอร์ทอนุกรมได้

### 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 โดยแสดงรูปร่างและตำแหน่งขาคงรูปที่ 2.6

ขา Data Carrier Detect: DCD หรืออาจเรียกว่า Carrier Detect: CD ขานี้จะแอกทีฟเมื่อมีการส่งสัญญาณพาร์จจากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติ ขานี้จะไม่ได้ถูกใช้งานมากนัก

ขา Receive Data: RD หรือ RxD ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์โดยจะนำข้อมูลที่อ่านได้ไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์

ขา Transmitted: TD หรือ TxD ขานี้ใช้เพื่อส่งข้อมูลอนุกรมออกจากคอมพิวเตอร์ โดยการนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลออกไป

ขา Data Terminal Ready: DTR เป็นขาเอาต์พุตที่ใช้สำหรับส่งสัญญาณออกจากคอมพิวเตอร์ เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่าการติดต่อกับอุปกรณ์ปลายทาง โดยขา DTR นี้จะต้องเชื่อมต่อกับขา DDSR ของอุปกรณ์ปลายทาง และขา DTR ของอุปกรณ์ปลายทางจะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์และถ้าใช้การเชื่อมต่อแบบ 3 สาย ต้องเชื่อมต่อกับขา DTR และ DSR ของพอร์ตอนุกรมเข้าด้วยกัน และจะต้องต่อเชื่อมกับขา DCD ด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณรพาร์

ขา Signal Ground: GND เป็นขากาวัดของสัญญาณ

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

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

ขา Clear To Send: CTS เป็นขาอินพุตทำหน้าที่รอรับสัญญาณที่ส่งเข้ามา เมื่อมีการส่งสัญญาณเข้ามาที่ขานี้ ข้อมูลที่ขา TxD จะถูกส่งออกไป ขานี้ใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่รับข้อมูลแล้วหรือยัง

ขา Ring Indicator: RI ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็มแล้วยังมีความต้องการตรวจสอบสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์

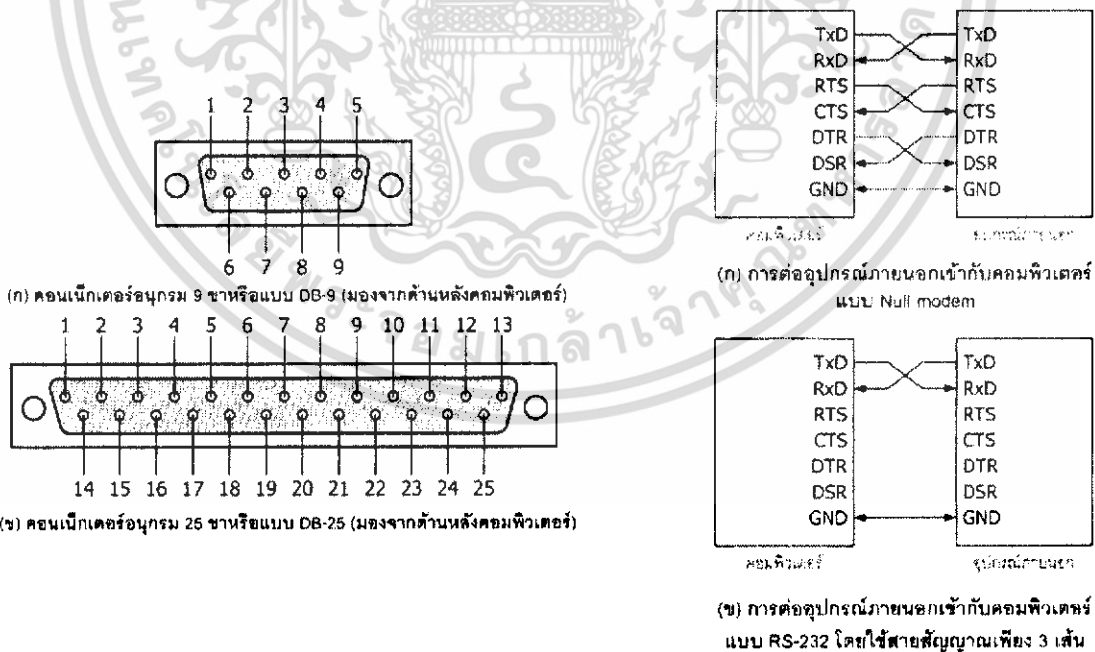
สำหรับการเชื่อมต่อสายระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกแสดงดังรูปที่ 2.6 ถูกสรในรูปแสดงถึงทิศทางของข้อมูล การเชื่อมต่อในรูปที่ 2.6 เป็นการเชื่อมต่อแบบ NULL MODEM หรือการเชื่อมต่อโดยใช้สายสัญญาณน้อยที่สุดเพียง 3 เส้น โดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูล อีกเส้นสำหรับรับข้อมูล และอีกเส้นเป็นกราวด์

ตารางที่ 2.2 การจัดขาสัญญาณของพอร์ตอนุกรมในแบบต่างๆ และหน้าที่การทำงาน

คอนเน็กเตอร์	คอนเน็กเตอร์	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
DB-25	DB-25		
1	8	Data Carrier Detect: DCD	อินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2	3	Received DATA: TxD	อินพุท
3	2	Transmitted Data: TxD	เอาต์พุท
4	20	Data Terminal Ready: DTR	เอาต์พุท
5	7	Signal Ground: GND	-
6	6	Data Set Ready: DSR	อินพุท
7	4	Request To Send: RTS	เอาต์พุท
8	5	Clear To Send: CTS	อินพุท
9	22	Ring Indicator: RI	อินพุท



รูปที่ 2.6 ขาสัญญาณและการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่าน RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 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)

สเต็ปป์มอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่มีลักษณะการทำงานแตกต่างจากมอเตอร์ทั่วไป เพราะจะต้องป้อนสัญญาณเป็นพัลส์ให้แก่ขดลวดมอเตอร์เป็นจังหวะอย่างเหมาะสม และ การหมุนของมอเตอร์ชนิดนี้จะหมุนเป็นจังหวะตามพัลส์ที่ป้อนเข้ามาไม่หมุนต่อเนื่องเหมือนกับมอเตอร์ธรรมดาทำให้ผู้ควบคุมสามารถเลือกตำแหน่งที่ต้องการให้มอเตอร์หยุดหมุนได้ จังหวะการหมุนของสเต็ปป์มอเตอร์เรียกว่า สเต็ป (step) ความละเอียดของมอเตอร์กำหนดองศาต่อสเต็ปมาก หมายความว่า มอเตอร์ตัวนี้มีความละเอียดของการหมุนเท่ากับ 7.5 องศา ต่อสเต็ปป์มอเตอร์นี้มีความละเอียดของการหมุนเท่ากับ 48 ตำแหน่ง แต่ถ้าหากว่าสเต็ปการหมุนเท่ากับ 1.8 องศาต่อสเต็ป ความละเอียดของการหมุนเท่ากับ 200 ตำแหน่ง จะเห็นได้ว่ามอเตอร์จะมีความละเอียดสูง ทำให้การนำไปใช้งานที่ต้องการกำหนดตำแหน่งได้ดีกว่า แม่นยำกว่า พบว่าเข้ากับวงจรขับแบบฮาล์ฟสเต็ป ความละเอียดของการหมุนจะเพิ่มขึ้นอีก 2 เท่า ซึ่งจะทำให้มีความละเอียดของการหมุนกลายเป็น 400 ตำแหน่ง

ขนาดของสเต็ปป์มอเตอร์ที่มีการผลิตและจำหน่ายในท้องตลาด มีตั้งแต่ขนาดแรงดันต่ำ 3V ไปถึง 4V ส่วนขนาดของกระแสมีตั้งแต่ไม่กี่สิบบิลลิแอมป์ซึ่งเป็นสเต็ปป์มอเตอร์ตัวเล็กไปจนถึงเป็น สิบบิลลิแอมป์ซึ่งจะเป็นขนาดใหญ่

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

การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของสเต็ปป์มอเตอร์

การกระตุ้นและควบคุมของมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ไปแต่ละสเต็ปทำได้โดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังขดลวดแต่ละขดบนสเตเตอร์ ซึ่งต้องป้อนเป็นซีควเอนเชียล ในรูปแบบที่ถูกต้องด้วย สามารถแบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ แบบฟูลสเต็ป 1 เฟส (full step 1 phase) แบบฟูลสเต็ป 2 เฟส และแบบฮอลฟ์สเต็ป (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 ในการกระตุ้นรูปแบบนี้จึงมีขดลวดเพียงขดเดียวในเวลาหนึ่งที่ถูกกระตุ้นเท่านั้น วงจรกระตุ้นแบบเวฟจึงมีราคาถูกและหาง่าย ขั้นตอนการทำงานต่างๆแสดงได้ในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงรูปแบบการขับสเต็ปป์มอเตอร์แบบฟูลสเต็ป 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 การกระตุ้นสเต็ปป์มอเตอร์ แบบนี้สามารถเพิ่มแรงบิดได้มากกว่าแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส โรเตอร์จะเคลื่อนที่ด้วยแรงดึงอย่างเต็มแรงจาก 2 ขดขดลวดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน และต่อไปด้วยแรงดึงจากอีก 2 ขดลวดถัดไป แต่ข้อเสียการกระตุ้นต้องใช้กำลังไฟฟ้ามากขึ้น ขั้นตอนการทำงานต่างๆแสดงในตารางที่

ตารางที่ 2.4 แสดงรูปแบบการขับสเต็ปปั๊มมอเตอร์แบบฟูลสเต็ป 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 สำหรับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต้องใช้ขนาดเท่ากับแบบที่ 2 เฟสเป็นอย่างน้อยจึงจะเพียงพอ ขั้นตอนการทำงานต่างๆแสดงในตารางที่ 2.5

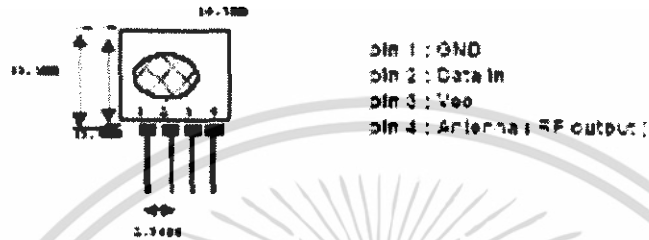
ตารางที่ 2.5 แสดงรูปแบบการขับทำงานแบบฮาล์ฟสเต็ป

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

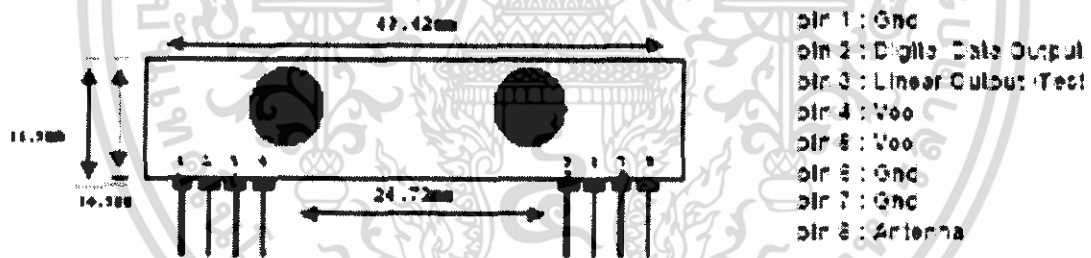
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 โมดูลรับ-ส่งสัญญาณRF

ในการทดลองครั้งนี้ใช้โมดูลรับส่งสัญญาณTLP434(ตัวส่ง) และตัวรับสัญญาณเป็นRLP434ซึ่งเป็นโมดูลที่ใช้ทำงานร่วมกัน โดยTLPและRLPนี้เป็นการมอดูเลตแบบASK



รูปที่ 2.7 ตัวส่งสัญญาณTLP434



รูปที่ 2.8 ตัวรับสัญญาณ RLP434

73188

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

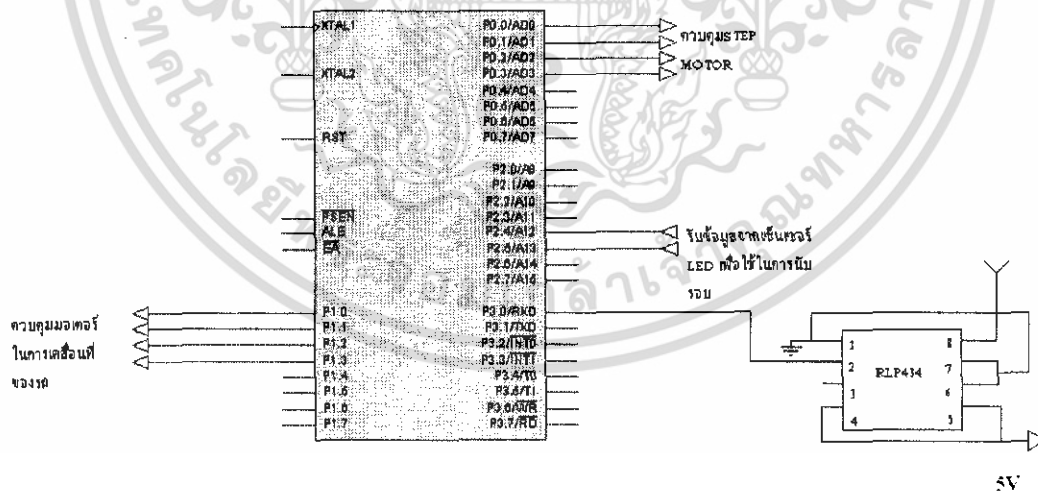
## บทที่ 3

### การออกแบบและการสร้าง

ในขั้นตอนการออกแบบโครงการ ได้แบ่งเป็น 2 ส่วนคือส่วนของฮาร์ดแวร์และส่วนของโปรแกรมควบคุม ส่วนของฮาร์ดแวร์ประกอบด้วยตัวรถสำรวจซึ่งมีวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ที่ติดตั้งกับตัวรถเพื่อส่งสภาพมายังฐานควบคุม ส่วนของภาคอินเทอร์เฟส โดยโครงการนี้เลือกการอินเทอร์เฟสทางพอร์ทอนุกรมโดยใช้คอมไพเลอร์(Compiler)ของ Visual Basic 6 เพราะมีเครื่องมือ (Component) และการเขียนโปรแกรมที่ง่ายในการใช้งาน

#### 3.1 การออกแบบทางฮาร์ดแวร์

##### 3.1.1 ส่วนควบคุมการทำงานของรถ



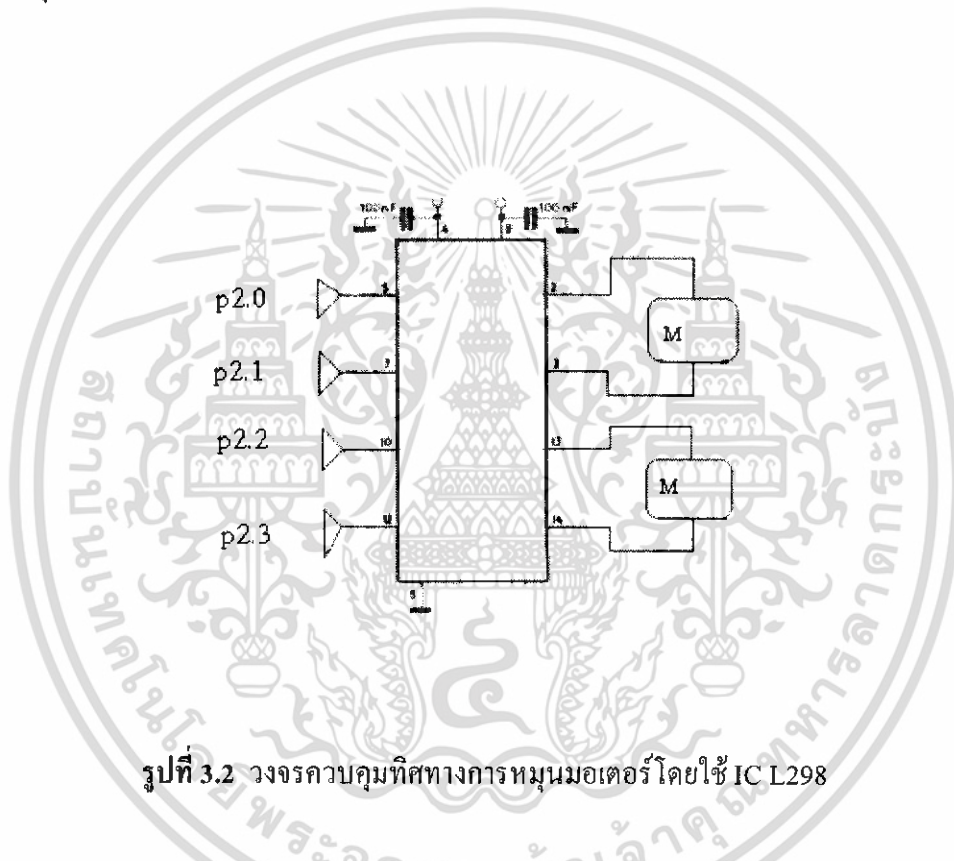
รูปที่ 3.1 วงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1 ซีพียูเบอร์89C51 ทำหน้าที่ควบคุมและกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของรถโดยรับข้อมูลทางพอร์ทอนุกรม จากโมดูล ตรวจจับ (RLP434) ที่ P3.0 และใช้port 1 ในการเคลื่อนที่ของรถ โดยผ่าน P1.0-P1.3 และใช้port0 ในการขับสเต็ปมอเตอร์ โดยผ่านP0.0-P0.3 และรับอินพุตเข้าจากวงจรเปรียบเทียบแรงดันที่ทำหน้าที่เป็นเซ็นเซอร์โดยอินพุตเข้ามาทางport2 โดยใช้ P2.4และP2.5

### 3.1.2 ส่วนควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง

จากการศึกษาทฤษฎี หลักการทำงานของดีซีมอเตอร์กระแสตรงมาแล้วได้ทำการออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของดีซีมอเตอร์ดังนี้

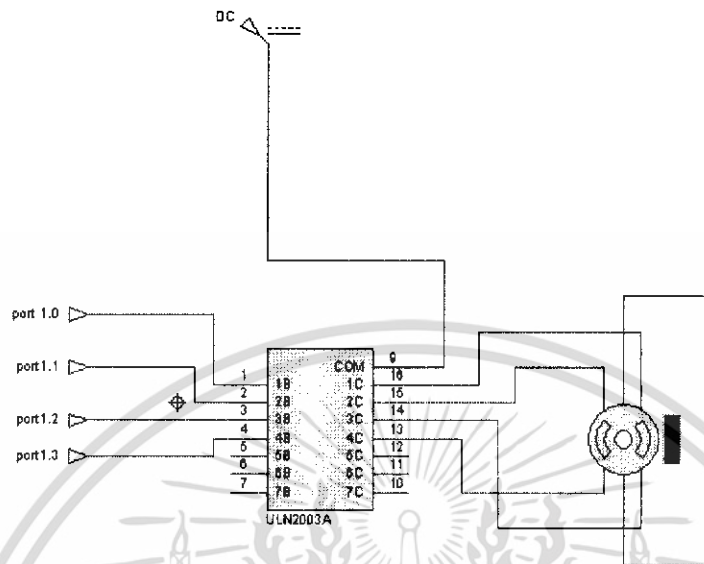


รูปที่ 3.2 วงจรควบคุมทิศทางการหมุนมอเตอร์ โดยใช้ IC L298

จากวงจรเมื่อ p2.1 และ p2.3 เป็น high จะทำให้รถเดินไปข้างหน้า แต่ถ้า p2.0และp2.2เป็น high จะเกิดการกลับทิศของกระแสซึ่งจะทำให้รถถอยหลัง และเมื่อ p2.3เป็น high จะทำให้รถเลี้ยวซ้าย แต่ถ้า p2.1 เป็นhigh จะทำให้รถเลี้ยวขวา

### 3.1.3 การควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์

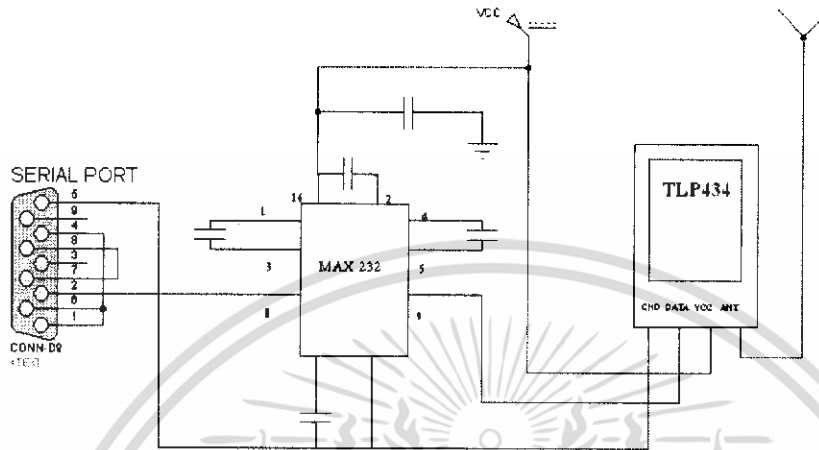
จากการศึกษาทฤษฎี หลักการทำงานของสเต็ปมอเตอร์มาแล้วได้ทำการออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์ได้ดังนี้



รูปที่ 3.3 วงจรควบคุมสเต็ปมอเตอร์

เป็นส่วนควบคุมการหมุนของกลองโดยใช้สเต็ปมอเตอร์แบบ 6 สาย ตัวขับใช้ไอซี ULN 2003 ซึ่งต่อใช้งานแสดงไว้ในรูปที่ 3.3 การขับสเต็ปมอเตอร์ใช้การขับแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส คือ การจ่ายไฟไปกระตุ้นเฟสของสเต็ปมอเตอร์ให้เป็นไปตามซีเคิวน์ที่ถูกต้องสเต็ปมอเตอร์จึงจะทำงาน ซึ่งสัญญาณอินพุตกระตุ้นได้มาจากพอร์ต 1 บิตที่ 0 ถึง 3 ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นบิตควบคุมการหมุนของสเต็ปมอเตอร์ซึ่งทิศทางการหมุนนั้นสามารถกำหนดทิศทางการหมุนได้ 2 ทิศทาง คือ หมุนซ้าย หรือ หมุนขวา โดยการกำหนดลำดับการกระตุ้นเฟสให้กลับกัน การหมุนซ้ายจะกระตุ้นเป็นลำดับจากเฟสที่ 1 ไปยัง 2,3,4 และวนกลับไปยังเฟสที่ 1 เป็นเช่นนี้เรื่อยไป ส่วนการหมุนขวานั้น จะเริ่มกระตุ้นเป็นลำดับจากเฟสที่ 4 ไปยัง 3,2,1 และ วนกลับไปยังเฟส 4 อีกครั้งหนึ่งการทำงาน เมื่อมีคำสั่งหมุนกลองเพื่อการสำรวจ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณกระตุ้นเฟสไปยังสเต็ปมอเตอร์เป็นซีเคิวน์อย่างต่อเนื่อง จึงทำให้สเต็ปมอเตอร์หมุนได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งทำให้กลองเกิดการหมุนตามไปในทิศทางนั้นด้วย

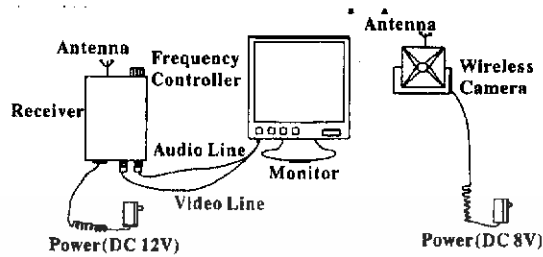
### 3.1.4 วงจรภาคส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.4 วงจรส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์

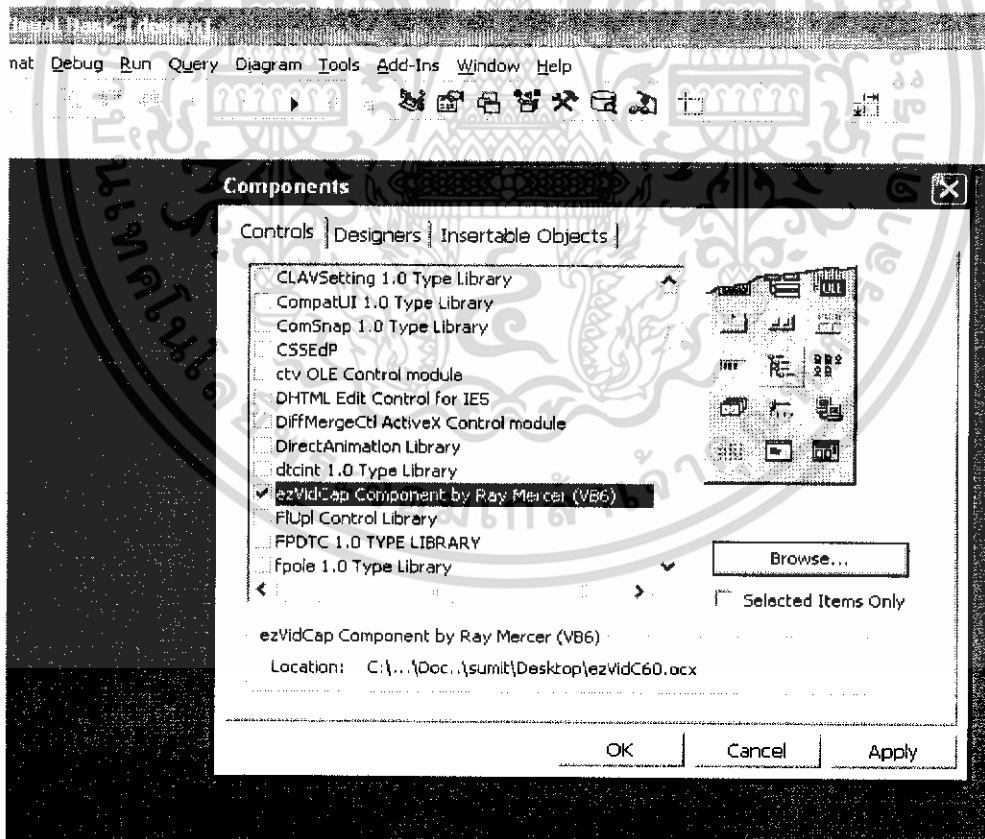
จากวงจรเมื่อส่งข้อมูลผ่านทาง SERIAL PORT จะต้องทำการแปลงสัญญาณโดยใช้ IC MAX232 เพื่อเปลี่ยนสัญญาณเสียก่อนจึงจะสามารถส่งได้โดย IC MAX232 นั้นจะเปลี่ยนสัญญาณของ SERIAL PORT ซึ่งมีระดับตั้งแต่ -12V ถึง +12V ให้เป็นสัญญาณอยู่ที่ระดับ TTL โดย IC MAX232 จะเปลี่ยนแรงดัน +12V ที่ออกจาก RS232 ไปเป็นสัญญาณ TTL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

### 3.1.5 การรับส่งภาพ



รูปที่ 3.5 เครื่องรับ - ส่ง ภาพ

ในการทำงานในขณะที่เราบังคับการเคลื่อนที่ของรถ เราก็จะสามารถเห็นภาพที่อยู่ข้างหน้ารถด้วย โดยตัวกล้องนี้ก็จะมีการรับส่งภาพในด้วยเราจึงนำสัญญาณภาพที่ได้นำมาขึ้นโปรแกรมในvisual basic ได้เลย แต่เราต้องหา component ที่ชื่อ ezVidC60.ocx ดังรูปมาก็คจะสามารถ นำภาพที่ได้ขึ้นหน้าจอได้



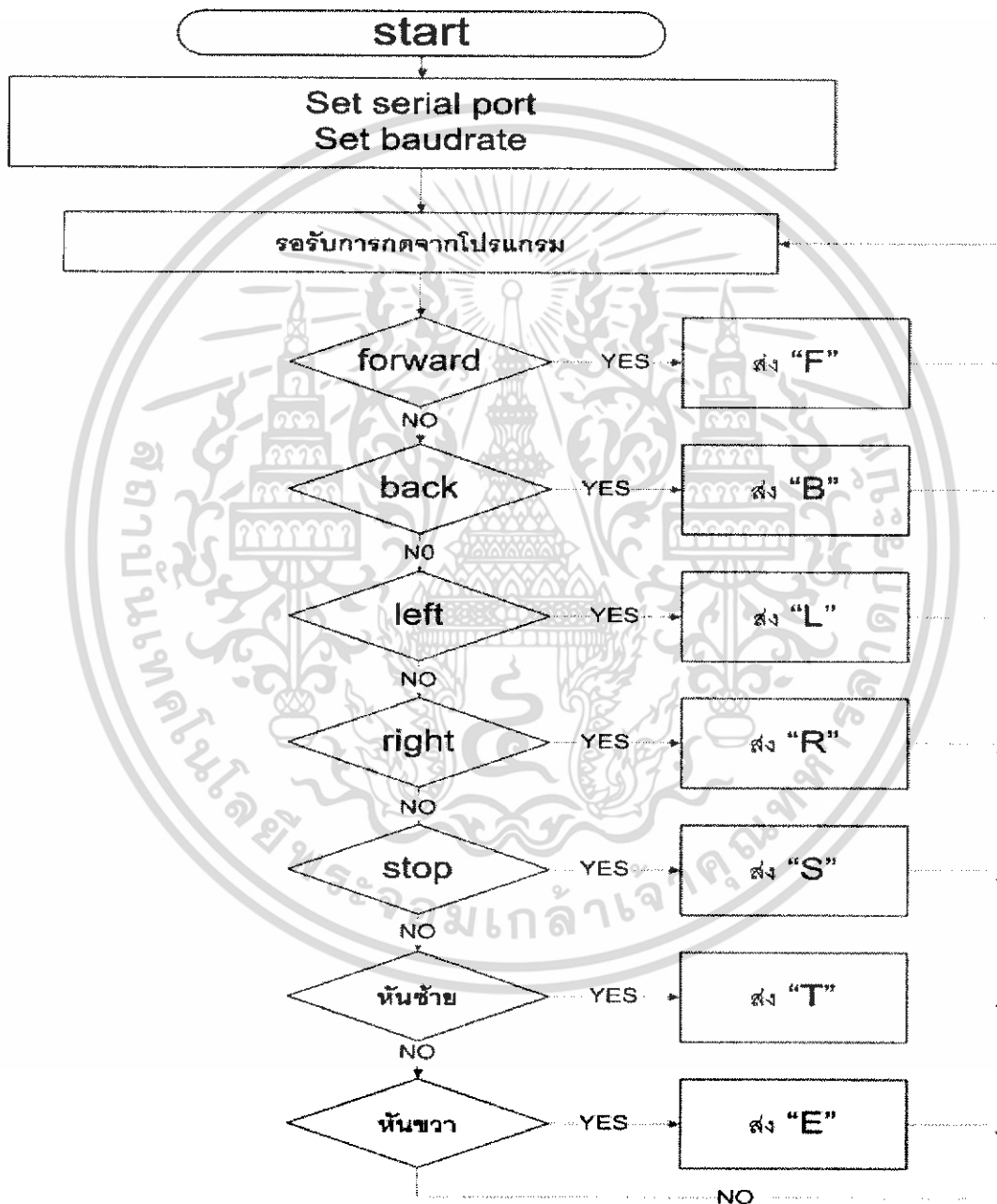
รูปที่ 3.6 รูปโปรแกรม visual basic เพื่อเลือก ezvidcap

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 การออกแบบทางซอฟต์แวร์

#### 3.2.1 โปรแกรมที่ทำงานบนคอมพิวเตอร์

เป็นหลักการทำงานของ โปรแกรม Visual basic ที่เราใช้ในการควบคุม ให้อุ่นยนต์รถเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่างๆ โดยมี Flow chart ในการทำงานดังนี้

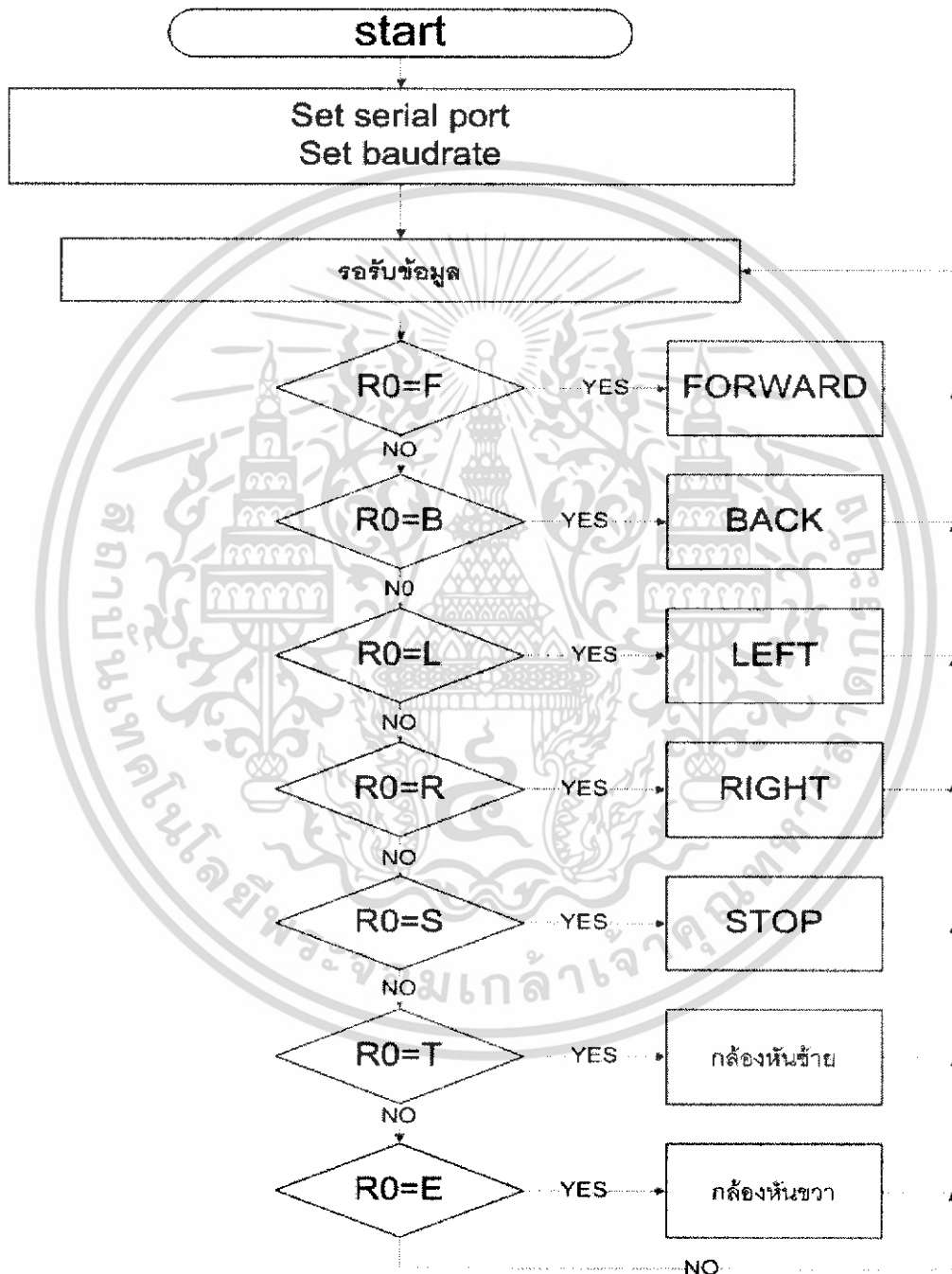


รูปที่ 3.7 โพรลซาร์จโปรแกรมVisual basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2 โปรแกรมที่ทำงานบนไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ตัวรถ

เป็นหลักการทำงานของ โปรแกรม MCS-51ที่อยู่บนรถ โดยจะรอรับคำสั่งจาก โปรแกรม Visual basic ถ้าได้รับคำสั่งแล้วจะมีลักษณะการทำงานดัง Flow chart ต่อไปนี้



รูปที่ 3.8 ไฟล์ซาร์จโปรแกรม MCS51 ตัวรับ

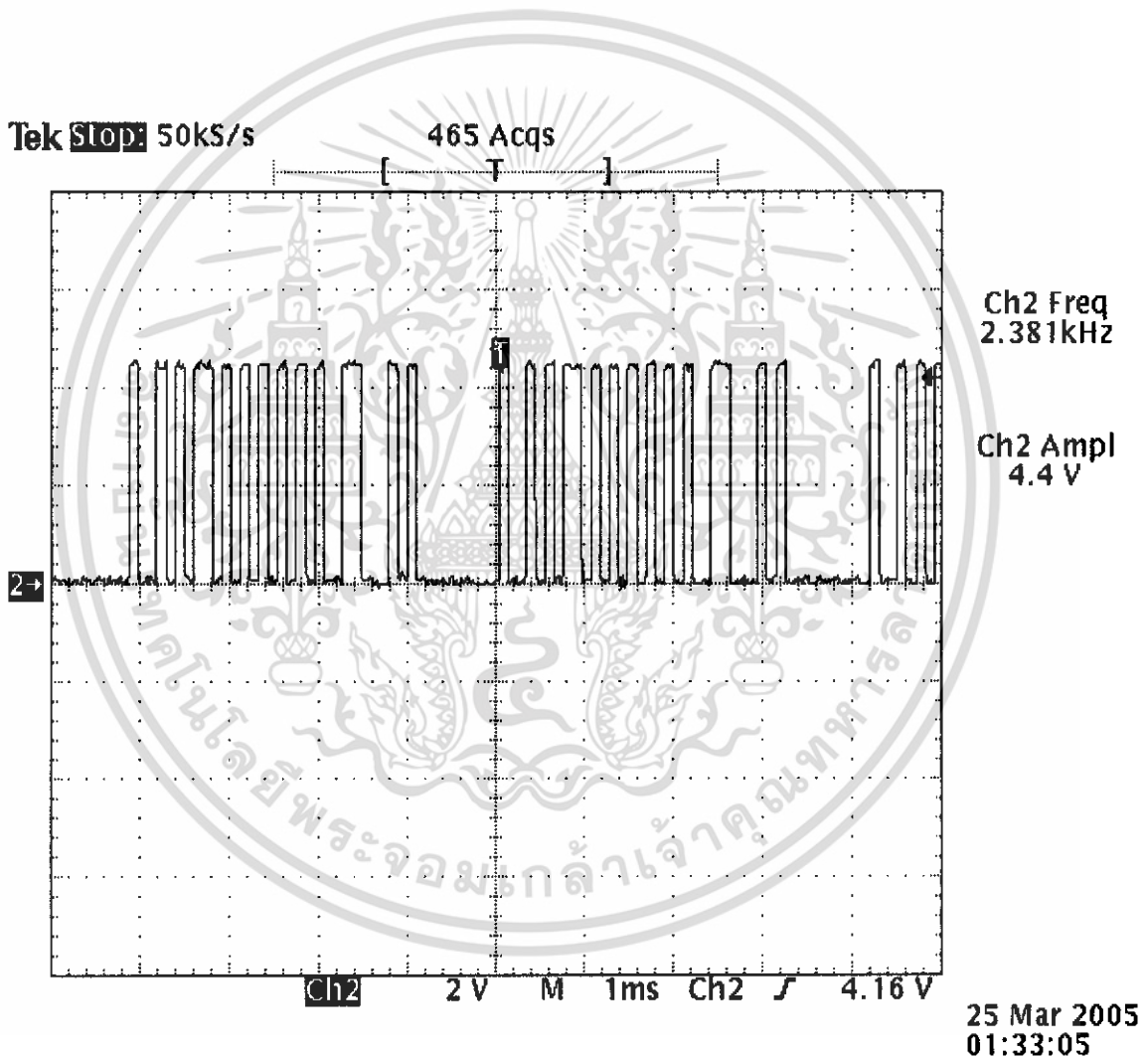
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

การวัดสัญญาณของสัญญาณตัวรับและตัวส่งสัญญาณ TLP434 และตัวรับสัญญาณ RLP434

1. ขณะที่ส่งสัญญาณเพื่อเข้าสู่โหมด เคลื่อนที่ forward ส่งตัว F วัดสัญญาณที่ TLP434



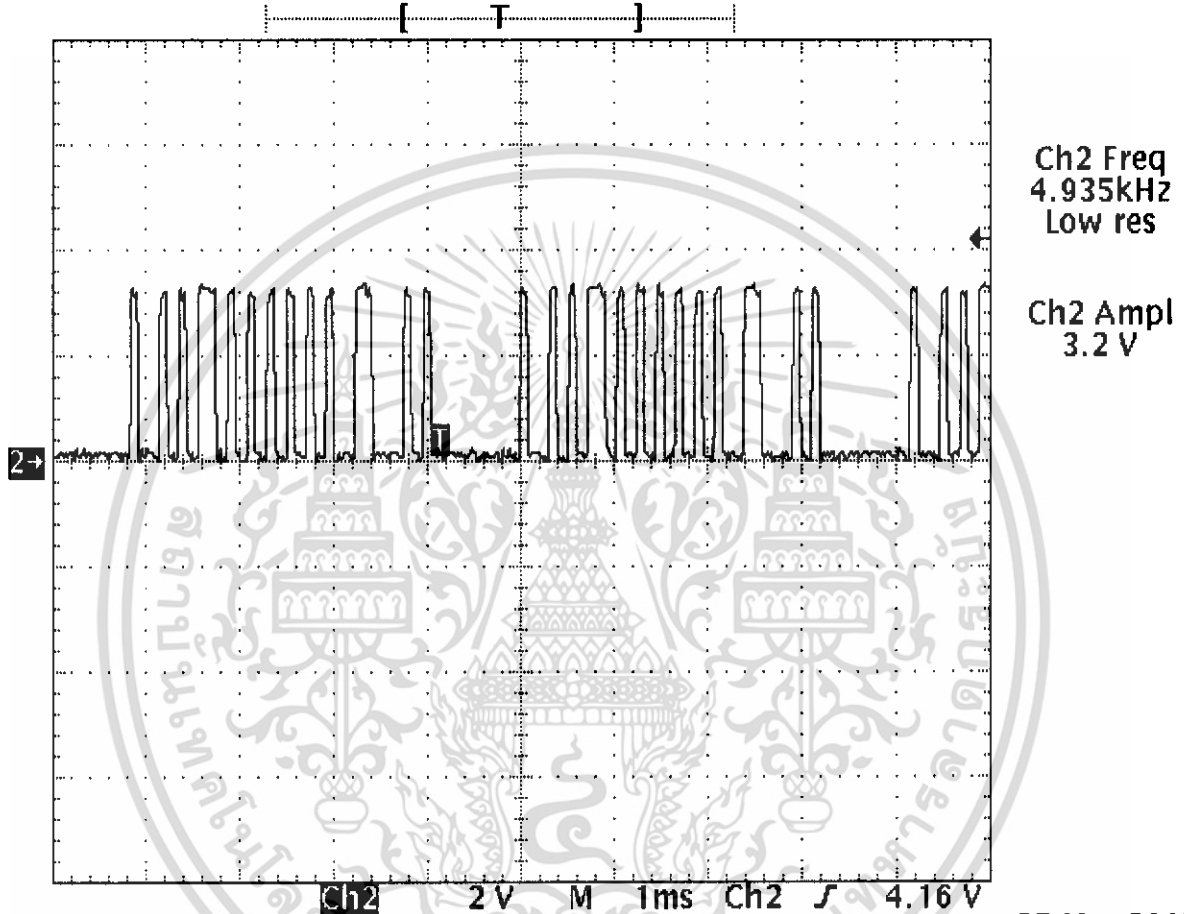
รูปที่ 4.1 ส่งสัญญาณ forward

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดที่ตัวรับ RLP ในโหมดสัญญาณให้เคลื่อนที่เดินหน้า

Tek **Stop** 50kS/s

49 Acqs

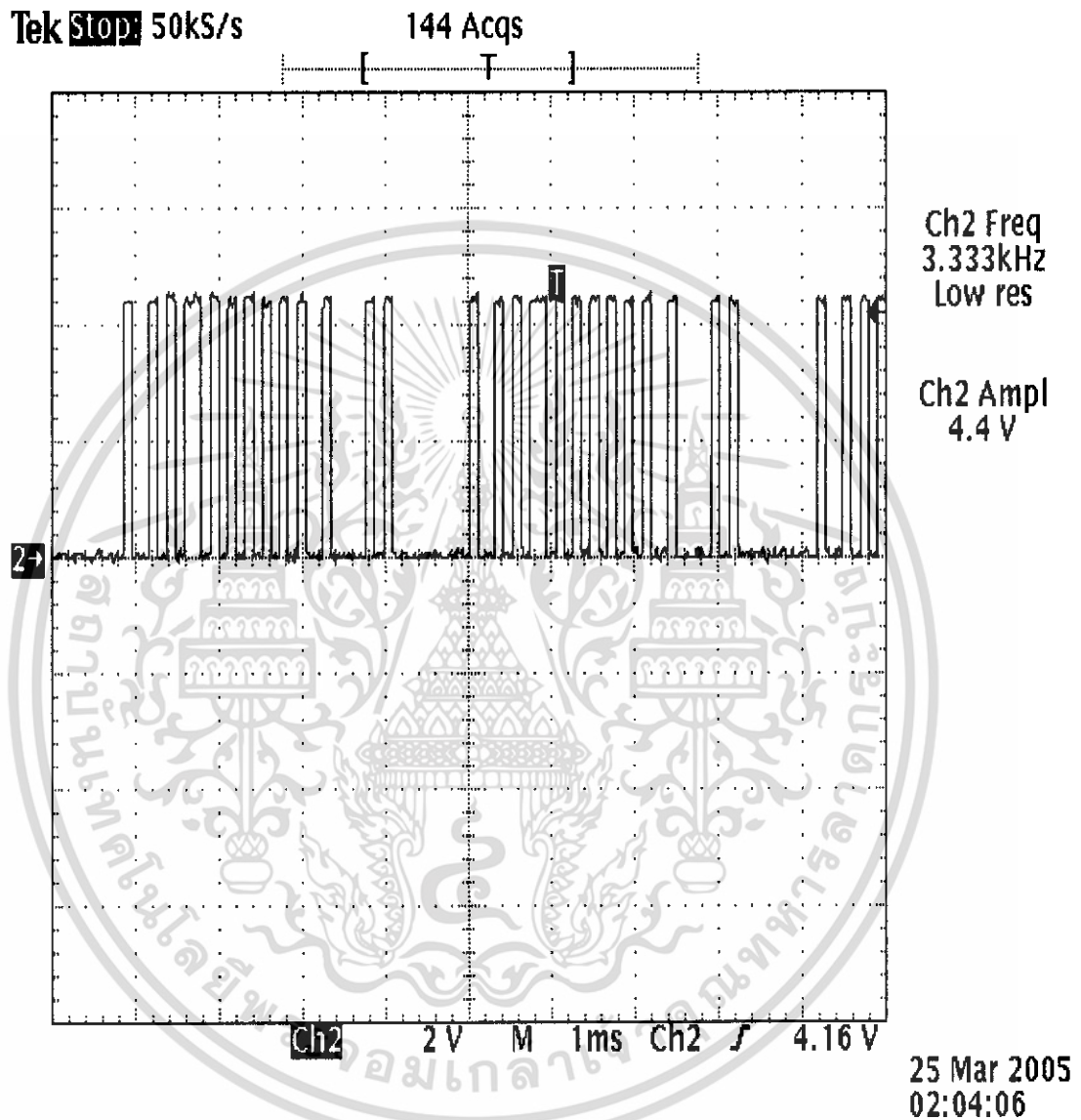


25 Mar 2005  
01:27:19

รูปที่ 4.2 รับสัญญาณ forward

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

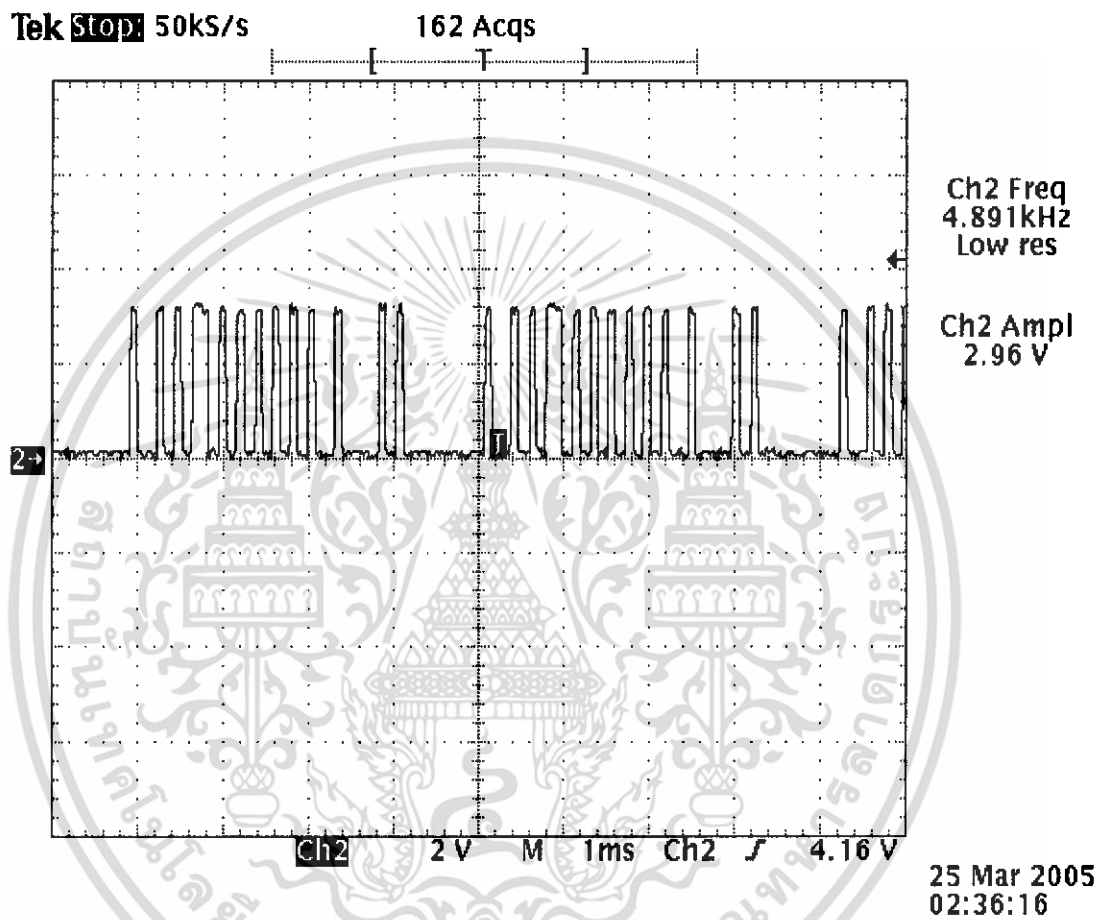
2. ขณะที่ส่งสัญญาณเพื่อเข้าสู่โหมด เคลื่อนที่ back ส่งตัวB วัดสัญญาณที่TLP434



รูปที่ 4.3 ส่งสัญญาณ backward

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

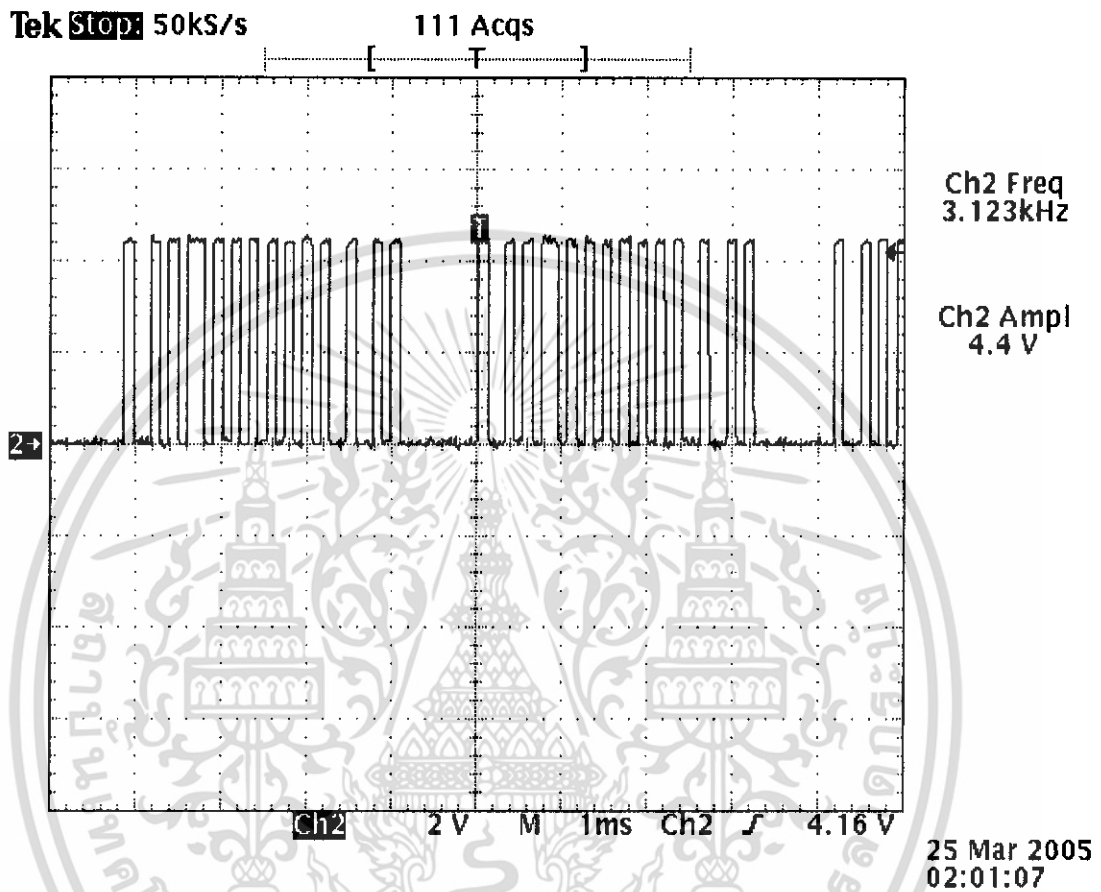
วัดที่ตัวรับ RLP ในโหมดสัญญาณให้เคลื่อนที่ถอยหลัง



รูปที่ 4.4 รับสัญญาณ back ward

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

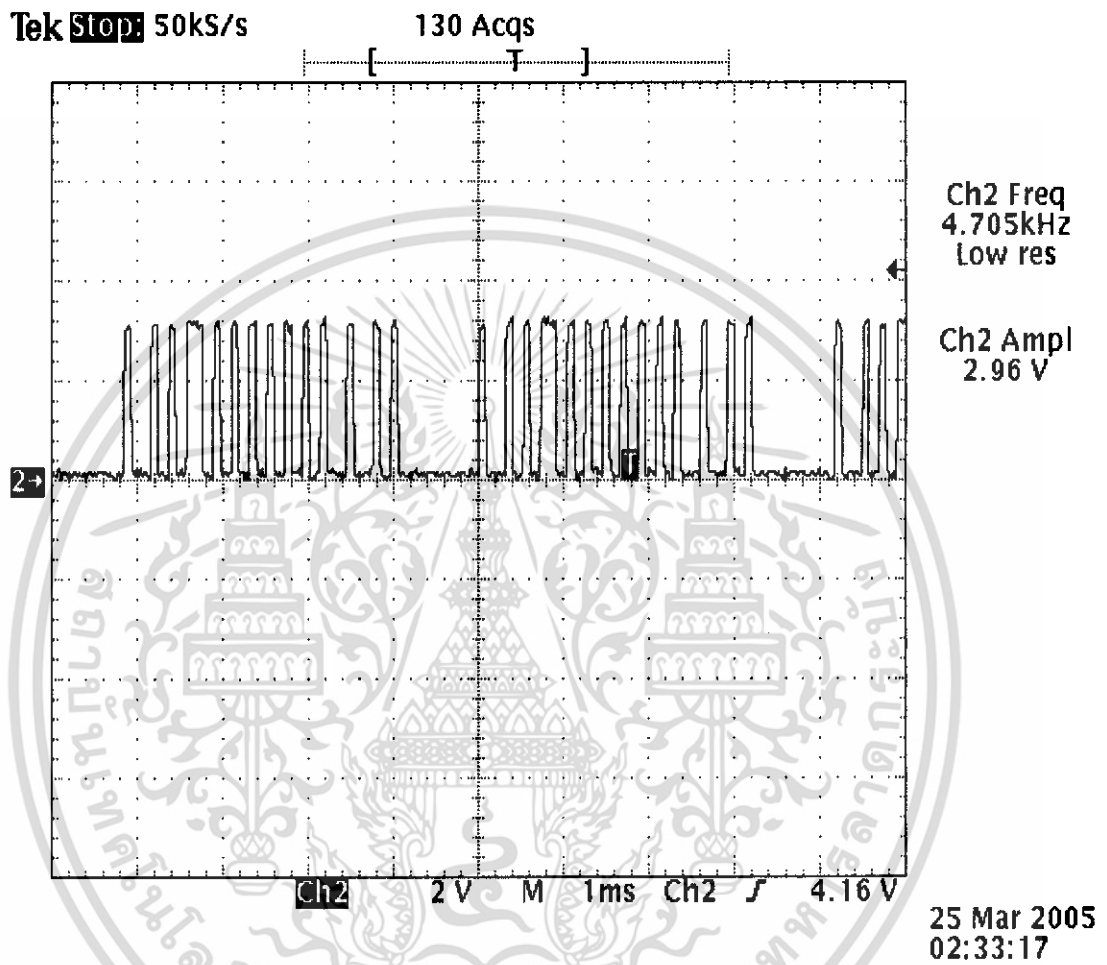
3. ขณะที่ส่งสัญญาณเพื่อเข้าสู่โหมด เคลื่อนที่ right ส่งตัว R วัดสัญญาณที่TLP434



รูปที่ 4.5 ส่งสัญญาณ เคลื่อนที่ right

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

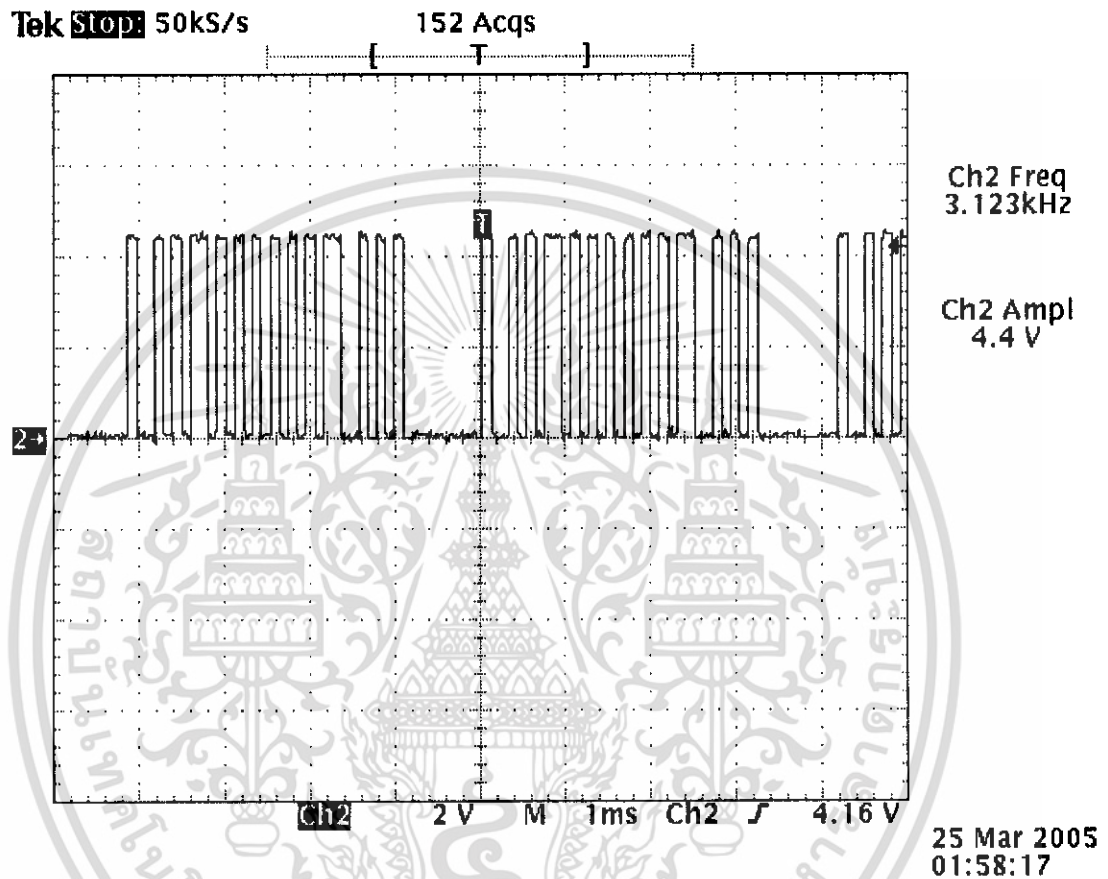
วัดที่ตัวรับ RLP ใน โหมดสัญญาณ ให้เคลื่อนที่ไปด้านขวา



รูปที่ 4.6 รับสัญญาณ เคลื่อนที่ right

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

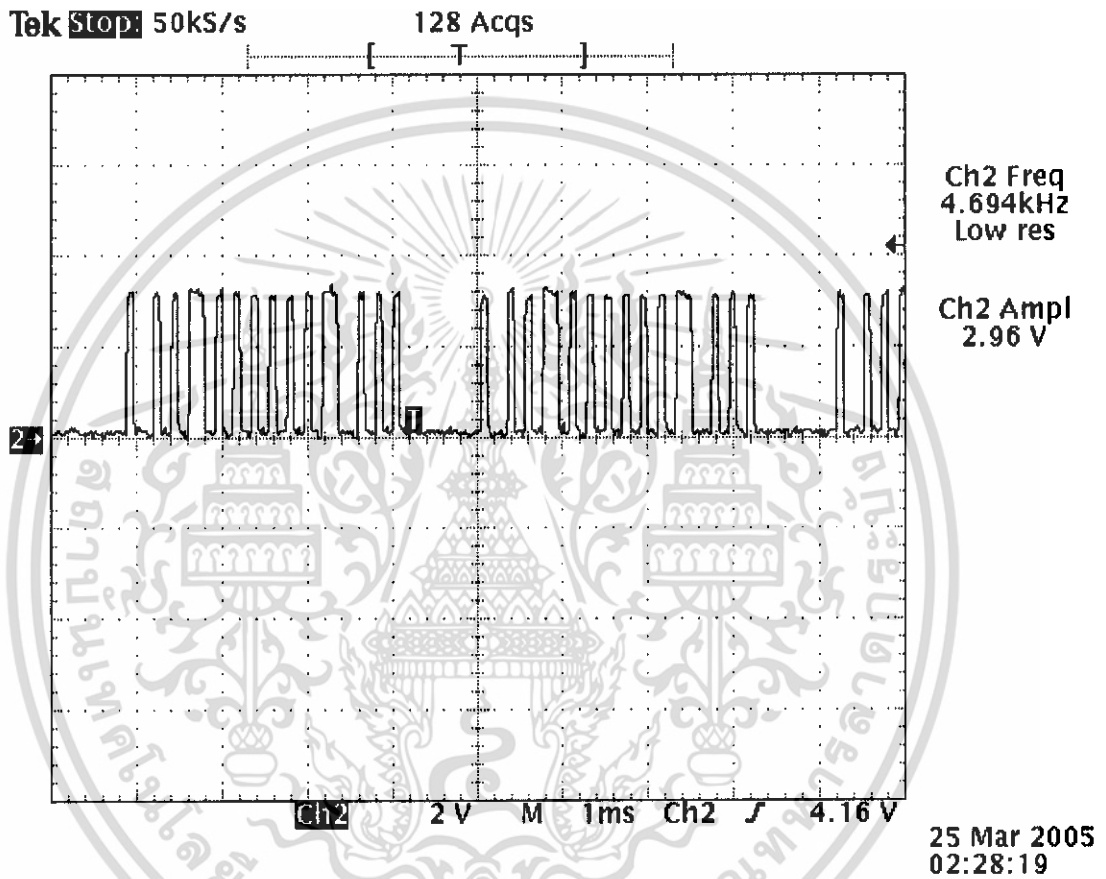
4. ขณะที่ส่งสัญญาณเพื่อเข้าสู่โหมด เคลื่อนที่ stop ส่งตัว S วัตสัญญาณที่TLP434



รูปที่ 4.7 ส่งสัญญาณ stop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดที่ตัวรับ RLP ใน โหมดสัญญาณให้หยุดการเคลื่อนที่



รูปที่ 4.8 รับสัญญาณ stop

จากการทดลองจะเห็นว่าสามารถรับส่งสัญญาณได้ถูกต้องระหว่าง TLP434 และ RLP434 ซึ่งเรานำไปใช้ในการประมวลผลได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ ๖

### สรุปผล

จากการทดสอบควบคุมให้หุ่นยนต์สำรวจทำตามคำสั่งต่างๆ ซึ่งแก่ การควบคุมการเคลื่อนที่ เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา และการสั่งให้ สเต็ปปีงมอเตอร์หมุนเพื่อให้ตำแหน่งกล้องอยู่ในที่ต้องการ ซึ่งหุ่นสำรวจสามารถปฏิบัติตามคำสั่งได้ถูกต้อง แต่มีข้อจำกัด ในเรื่องของระยะเวลาการควบคุม ถ้าหุ่นสำรวจออกนอกรัศมีของการทำงานของเครื่องรับเครื่องส่ง จะทำให้หุ่นยนต์สำรวจทำงานผิดพลาดหรือไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจากข้อมูลที่เข้ามานั้น ไม่ใช่ข้อมูลที่ส่งมาจากระบบคอมพิวเตอร์ แต่เป็นสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงไม่สามารถทำตามคำสั่งได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

1. อภิชาติ ภูพลับ, เริ่มต้นเขียนโปรแกรมติดต่อและควบคุมฮาร์ดแวร์ด้วย Visual Basic.นนทบุรี:อินโฟเพรส,2546
2. วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุลม ,เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช ฉบับ Atmel
3. ชัยวุฒิ จันมา , การเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic6. กรุงเทพฯ :ซีเอ็ดยูเคชั่น,2538



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



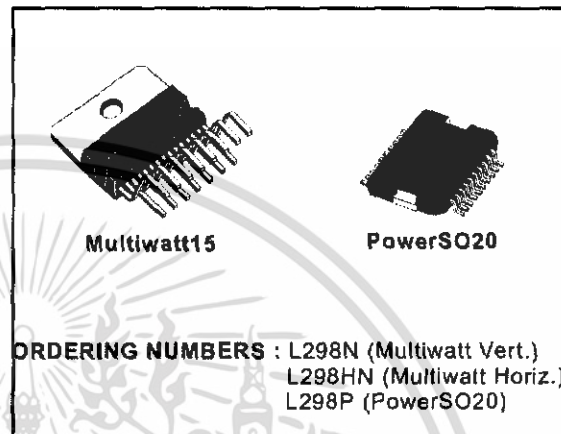
L298

## DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

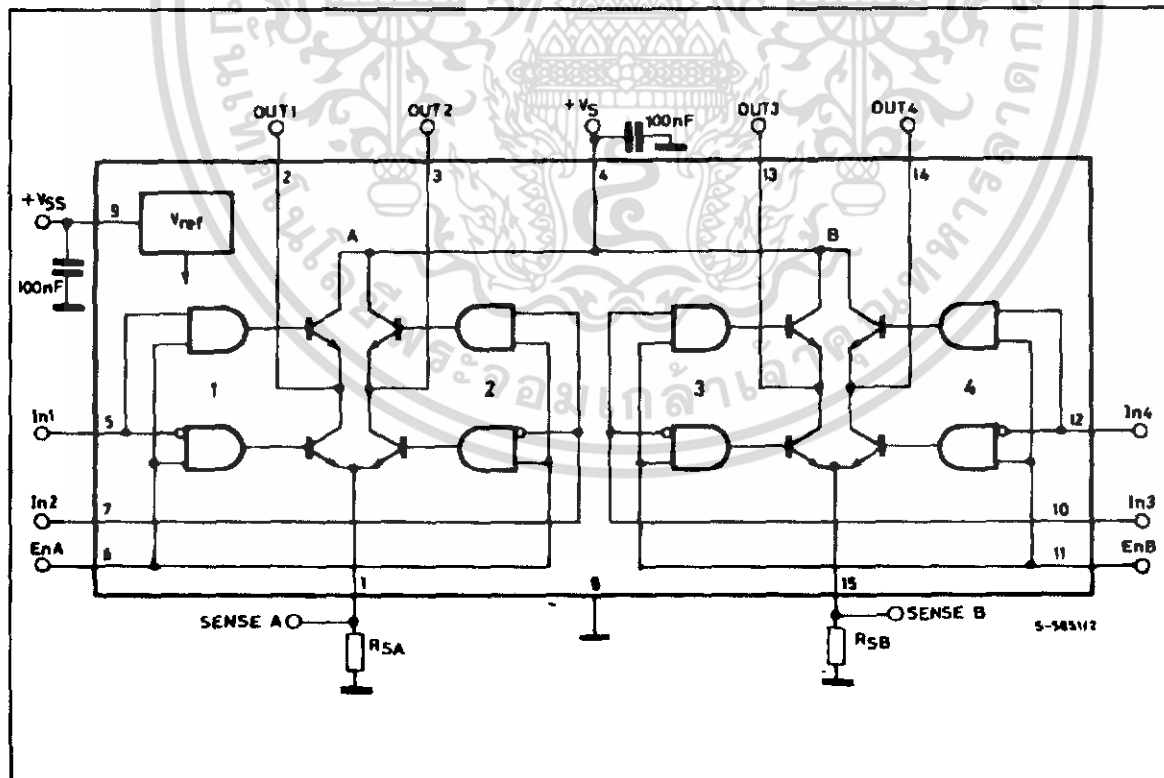
### DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the con-



nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

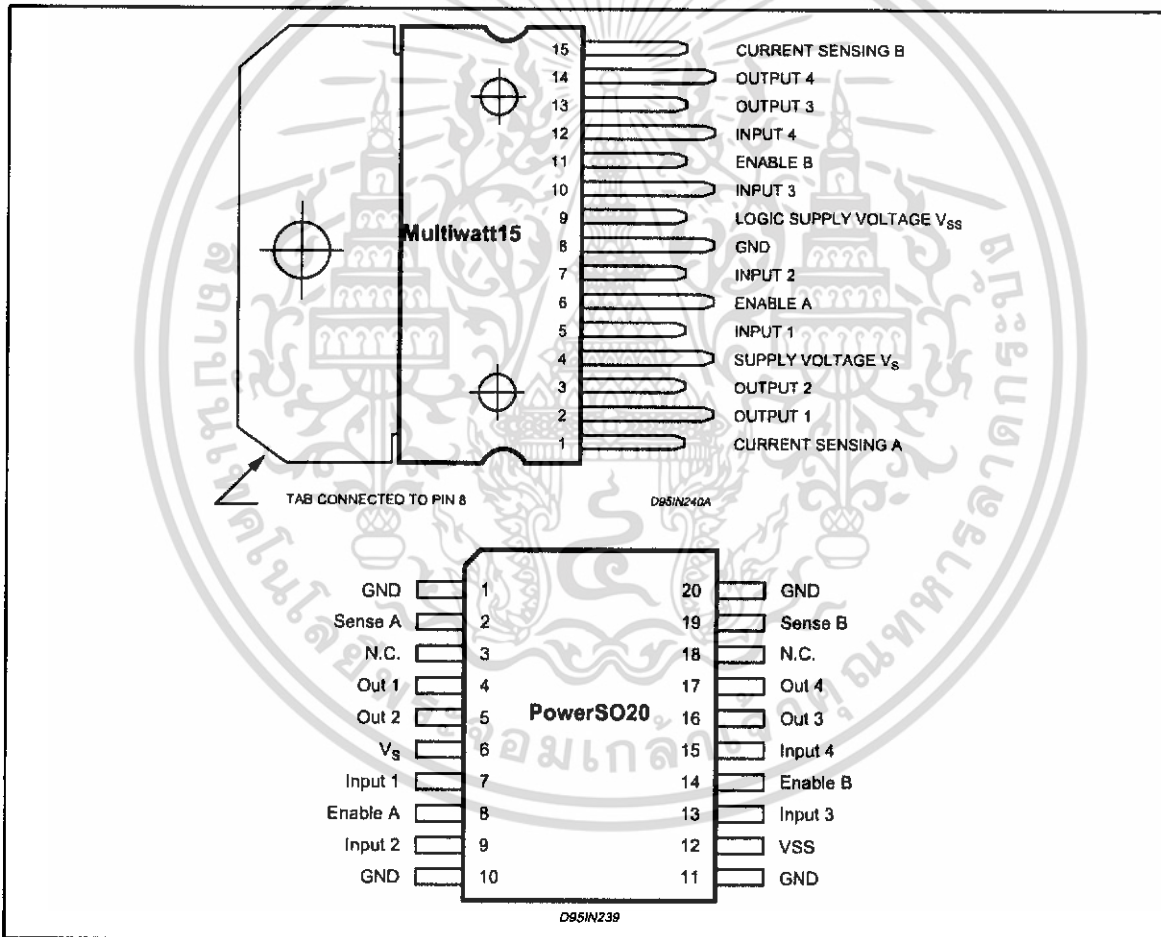
### BLOCK DIAGRAM



**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS**

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_S$	Power Supply	50	V
$V_{SS}$	Logic Supply Voltage	7	V
$V_i, V_{en}$	Input and Enable Voltage	-0.3 to 7	V
$I_o$	Peak Output Current (each Channel)		
	- Non Repetitive ( $t = 100\mu s$ )	3	A
	- Repetitive (80% on -20% off; $t_{on} = 10ms$ )	2.5	A
	-DC Operation	2	A
$V_{sens}$	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
$P_{tot}$	Total Power Dissipation ( $T_{case} = 75^\circ C$ )	25	W
$T_{op}$	Junction Operating Temperature	-25 to 130	$^\circ C$
$T_{stg}, T_j$	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	$^\circ C$

**PIN CONNECTIONS (top view)**



**THERMAL DATA**

Symbol	Parameter	PowerSO20	Multiwatt15	Unit
$R_{th\ j-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max. -	3	$^\circ C/W$
$R_{th\ j-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max. 13 (*)	35	$^\circ C/W$

(\*) Mounted on aluminum substrate



**PIN FUNCTIONS** (refer to the block diagram)

MW.15	PowerSO	Name	Function
1;15	2;19	Sense A; Sense B	Between this pin and ground is connected the sense resistor to control the current of the load.
2;3	4;5	Out 1; Out 2	Outputs of the Bridge A; the current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 1.
4	6	V <sub>s</sub>	Supply Voltage for the Power Output Stages. A non-inductive 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
5;7	7;9	Input 1; Input 2	TTL Compatible Inputs of the Bridge A.
6;11	8;14	Enable A; Enable B	TTL Compatible Enable Input: the L state disables the bridge A (enable A) and/or the bridge B (enable B).
8	1,10,11,20	GND	Ground.
9	12	VSS	Supply Voltage for the Logic Blocks. A 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
10; 12	13;15	Input 3; Input 4	TTL Compatible Inputs of the Bridge B.
13; 14	16;17	Out 3; Out 4	Outputs of the Bridge B. The current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 15.
–	3;18	N.C.	Not Connected

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** (V<sub>s</sub> = 42V; V<sub>SS</sub> = 5V, T<sub>j</sub> = 25°C; unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V <sub>s</sub>	Supply Voltage (pin 4)	Operative Condition	V <sub>IH</sub> +2.5		46	V
V <sub>SS</sub>	Logic Supply Voltage (pin 9)		4.5	5	7	V
I <sub>s</sub>	Quiescent Supply Current (pin 4)	V <sub>en</sub> = H; I <sub>L</sub> = 0 V <sub>i</sub> = L V <sub>i</sub> = H		13 50	22 70	mA mA
		V <sub>en</sub> = L V <sub>i</sub> = X			4	mA
I <sub>SS</sub>	Quiescent Current from V <sub>SS</sub> (pin 9)	V <sub>en</sub> = H; I <sub>L</sub> = 0 V <sub>i</sub> = L V <sub>i</sub> = H		24 7	36 12	mA mA
		V <sub>en</sub> = L V <sub>i</sub> = X			6	mA
V <sub>L</sub>	Input Low Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		-0.3		1.5	V
V <sub>IH</sub>	Input High Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		2.3		V <sub>SS</sub>	V
I <sub>L</sub>	Low Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V <sub>i</sub> = L			-10	μA
I <sub>H</sub>	High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V <sub>i</sub> = H ≤ V <sub>SS</sub> - 0.6V		30	100	μA
V <sub>en</sub> = L	Enable Low Voltage (pins 6, 11)		-0.3		1.5	V
V <sub>en</sub> = H	Enable High Voltage (pins 6, 11)		2.3		V <sub>SS</sub>	V
I <sub>en</sub> = L	Low Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V <sub>en</sub> = L			-10	μA
I <sub>en</sub> = H	High Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V <sub>en</sub> = H ≤ V <sub>SS</sub> - 0.6V		30	100	μA
V <sub>CEsat(H)</sub>	Source Saturation Voltage	I <sub>L</sub> = 1A I <sub>L</sub> = 2A	0.95	1.35 2	1.7 2.7	V V
V <sub>CEsat(L)</sub>	Sink Saturation Voltage	I <sub>L</sub> = 1A (5) I <sub>L</sub> = 2A (5)	0.85	1.2 1.7	1.6 2.3	V V
V <sub>CEsat</sub>	Total Drop	I <sub>L</sub> = 1A (5) I <sub>L</sub> = 2A (5)	1.80		3.2 4.9	V V
V <sub>sens</sub>	Sensing Voltage (pins 1, 15)		-1 (1)		2	V



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
T <sub>1</sub> (V <sub>i</sub> )	Source Current Turn-off Delay	0.5 V <sub>i</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (2); (4)		1.5		μs
T <sub>2</sub> (V <sub>i</sub> )	Source Current Fall Time	0.9 I <sub>L</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (2); (4)		0.2		μs
T <sub>3</sub> (V <sub>i</sub> )	Source Current Turn-on Delay	0.5 V <sub>i</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (2); (4)		2		μs
T <sub>4</sub> (V <sub>i</sub> )	Source Current Rise Time	0.1 I <sub>L</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (2); (4)		0.7		μs
T <sub>5</sub> (V <sub>i</sub> )	Sink Current Turn-off Delay	0.5 V <sub>i</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)		0.7		μs
T <sub>6</sub> (V <sub>i</sub> )	Sink Current Fall Time	0.9 I <sub>L</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (3); (4)		0.25		μs
T <sub>7</sub> (V <sub>i</sub> )	Sink Current Turn-on Delay	0.5 V <sub>i</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)		1.6		μs
T <sub>8</sub> (V <sub>i</sub> )	Sink Current Rise Time	0.1 I <sub>L</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)		0.2		μs
f <sub>c</sub> (V <sub>i</sub> )	Commutation Frequency	I <sub>L</sub> = 2A		25	40	KHz
T <sub>1</sub> (V <sub>en</sub> )	Source Current Turn-off Delay	0.5 V <sub>en</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (2); (4)		3		μs
T <sub>2</sub> (V <sub>en</sub> )	Source Current Fall Time	0.9 I <sub>L</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (2); (4)		1		μs
T <sub>3</sub> (V <sub>en</sub> )	Source Current Turn-on Delay	0.5 V <sub>en</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (2); (4)		0.3		μs
T <sub>4</sub> (V <sub>en</sub> )	Source Current Rise Time	0.1 I <sub>L</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (2); (4)		0.4		μs
T <sub>5</sub> (V <sub>en</sub> )	Sink Current Turn-off Delay	0.5 V <sub>en</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)		2.2		μs
T <sub>6</sub> (V <sub>en</sub> )	Sink Current Fall Time	0.9 I <sub>L</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (3); (4)		0.35		μs
T <sub>7</sub> (V <sub>en</sub> )	Sink Current Turn-on Delay	0.5 V <sub>en</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)		0.25		μs
T <sub>8</sub> (V <sub>en</sub> )	Sink Current Rise Time	0.1 I <sub>L</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)		0.1		μs

- 1) Sensing voltage can be -1 V for t ≤ 50 μsec; in steady state V<sub>sense</sub> min ≥ -0.5 V.
- 2) See fig. 2.
- 3) See fig. 4.
- 4) The load must be a pure resistor.

Figure 1 : Typical Saturation Voltage vs. Output Current.

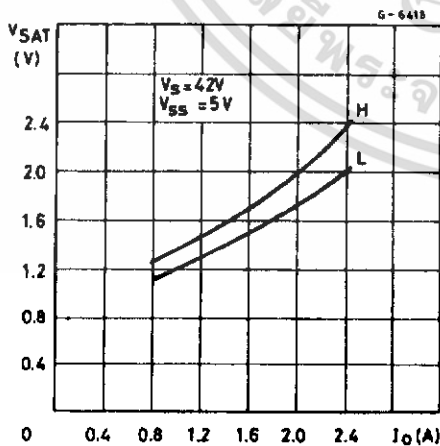
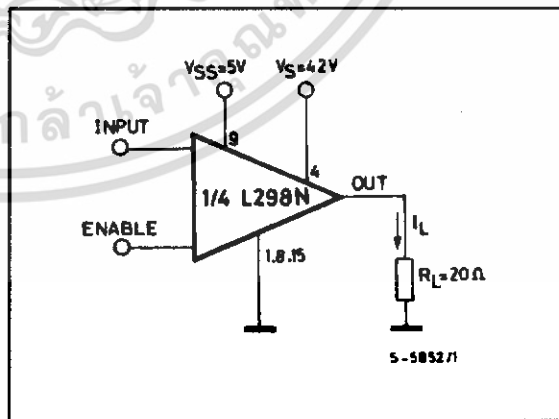


Figure 2 : Switching Times Test Circuits.



Note : For INPUT Switching, set EN = H  
For ENABLE Switching, set IN = H



Figure 3 : Source Current Delay Times vs. Input or Enable Switching.

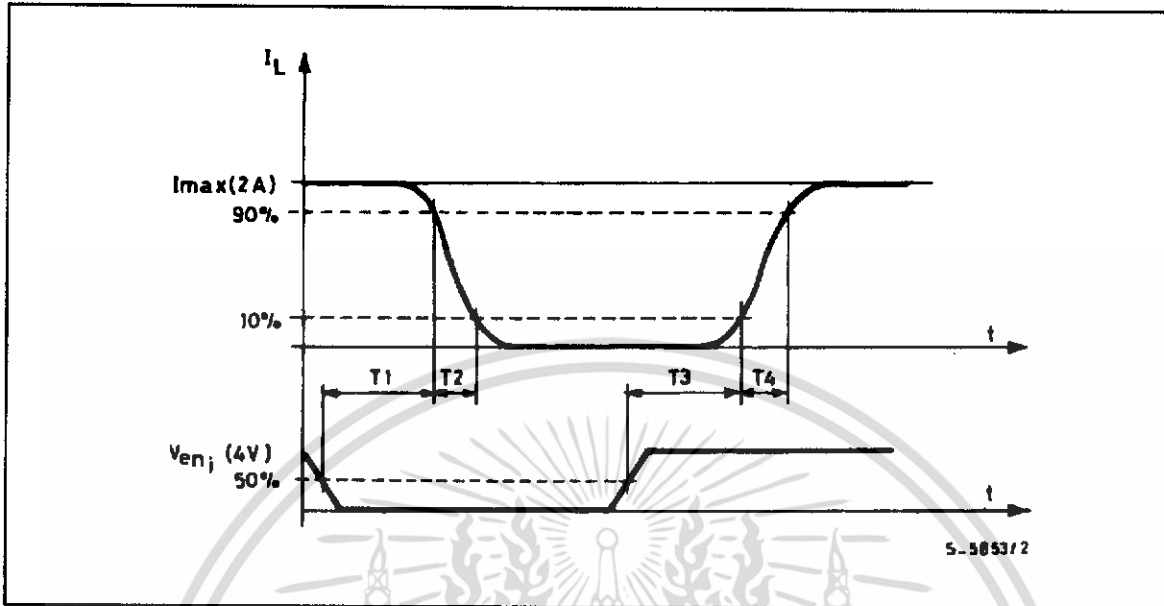
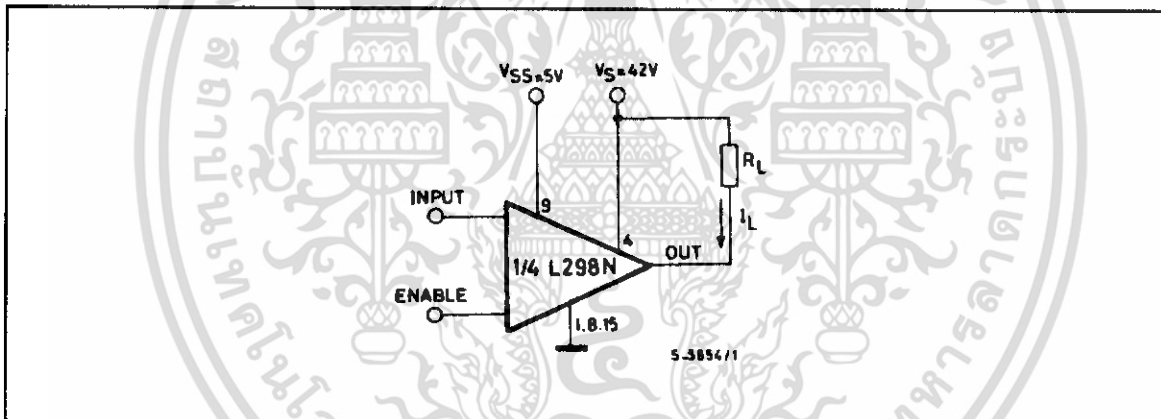


Figure 4 : Switching Times Test Circuits.



Note : For INPUT Switching, set EN = H  
For ENABLE Switching, set IN = L

Figure 5 : Sink Current Delay Times vs. Input 0 V Enable Switching.

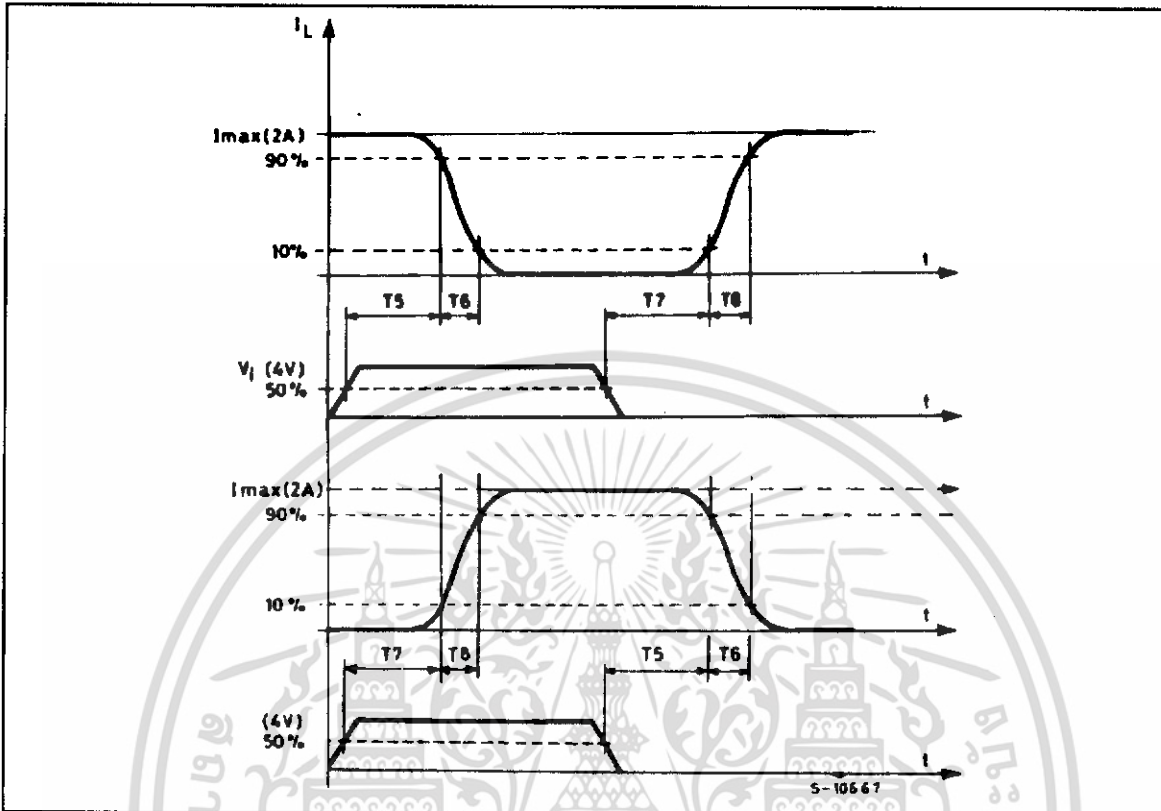
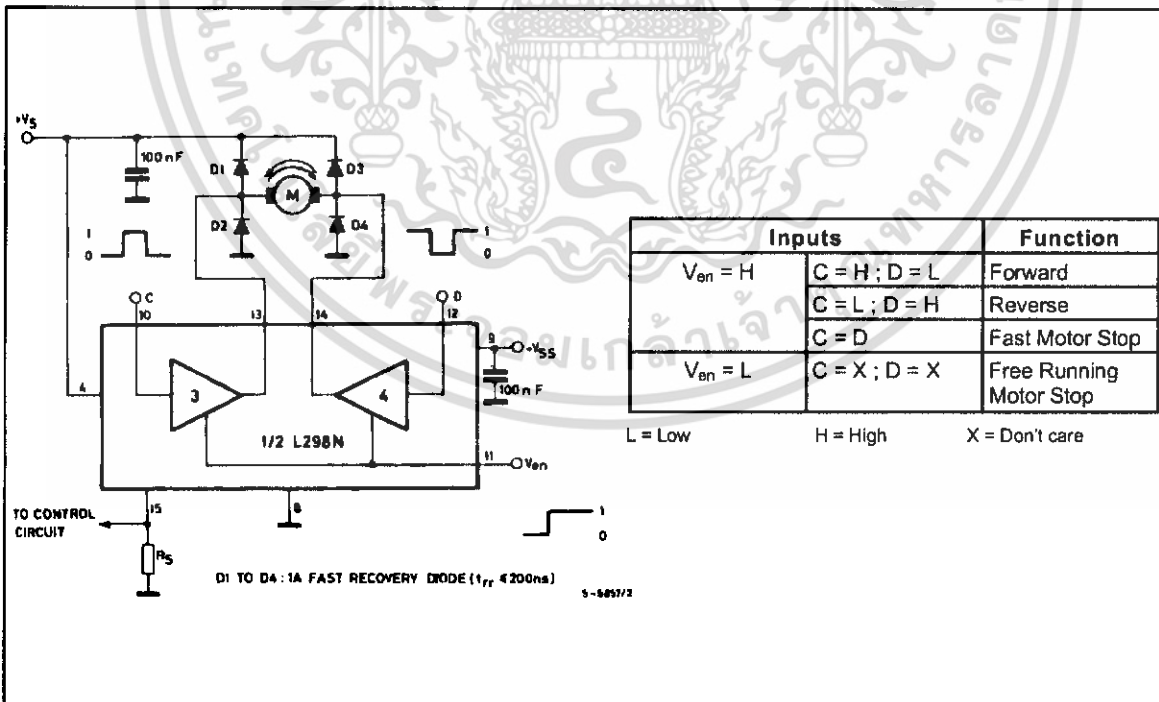
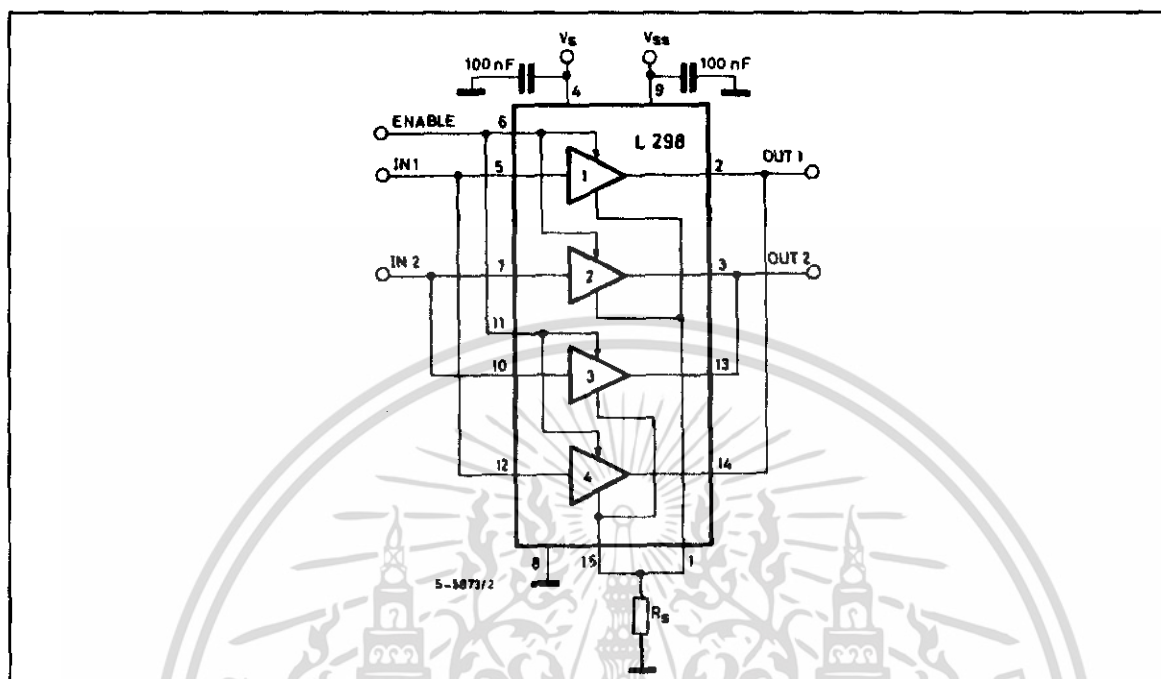


Figure 6 : Bidirectional DC Motor Control.



**Figure 7 :** For higher currents, outputs can be paralleled. Take care to parallel channel 1 with channel 4 and channel 2 with channel 3.



## APPLICATION INFORMATION (Refer to the block diagram)

### 1.1. POWER OUTPUT STAGE

The L298 integrates two power output stages (A ; B). The power output stage is a bridge configuration and its outputs can drive an inductive load in common or differenzial mode, depending on the state of the inputs. The current that flows through the load comes out from the bridge at the sense output : an external resistor ( $R_{SA}$  ;  $R_{SB}$ .) allows to detect the intensity of this current.

### 1.2. INPUT STAGE

Each bridge is driven by means of four gates the input of which are In1 ; In2 ; EnA and In3 ; In4 ; EnB. The In inputs set the bridge state when The En input is high ; a low state of the En input inhibits the bridge. All the inputs are TTL compatible.

## 2. SUGGESTIONS

A non inductive capacitor, usually of 100 nF, must be foreseen between both  $V_s$  and  $V_{ss}$ , to ground, as near as possible to GND pin. When the large capacitor of the power supply is too far from the IC, a second smaller one must be foreseen near the L298.

The sense resistor, not of a wire wound type, must be grounded near the negative pole of  $V_s$  that must be near the GND pin of the I.C.

Each input must be connected to the source of the driving signals by means of a very short path.

Turn-On and Turn-Off : Before to Turn-ON the Supply Voltage and before to Turn it OFF, the Enable input must be driven to the Low state.

## 3. APPLICATIONS

Fig 6 shows a bidirectional DC motor control Schematic Diagram for which only one bridge is needed. The external bridge of diodes D1 to D4 is made by four fast recovery elements ( $t_{rr} \leq 200$  nsec) that must be chosen of a VF as low as possible at the worst case of the load current.

The sense output voltage can be used to control the current amplitude by chopping the inputs, or to provide overcurrent protection by switching low the enable input.

The brake function (Fast motor stop) requires that the Absolute Maximum Rating of 2 Amps must never be overcome.

When the repetitive peak current needed from the load is higher than 2 Amps, a paralleled configuration can be chosen (See Fig.7).

An external bridge of diodes are required when inductive loads are driven and when the inputs of the IC are chopped ; Shottky diodes would be preferred.

## L298

This solution can drive until 3 Amps In DC operation and until 3.5 Amps of a repetitive peak current.

On Fig 8 it is shown the driving of a two phase bipolar stepper motor ; the needed signals to drive the inputs of the L298 are generated, in this example, from the IC L297.

Fig 9 shows an example of P.C.B. designed for the application of Fig 8.

**Figure 8 :** Two Phase Bipolar Stepper Motor Circuit.

This circuit drives bipolar stepper motors with winding currents up to 2 A. The diodes are fast 2 A types.

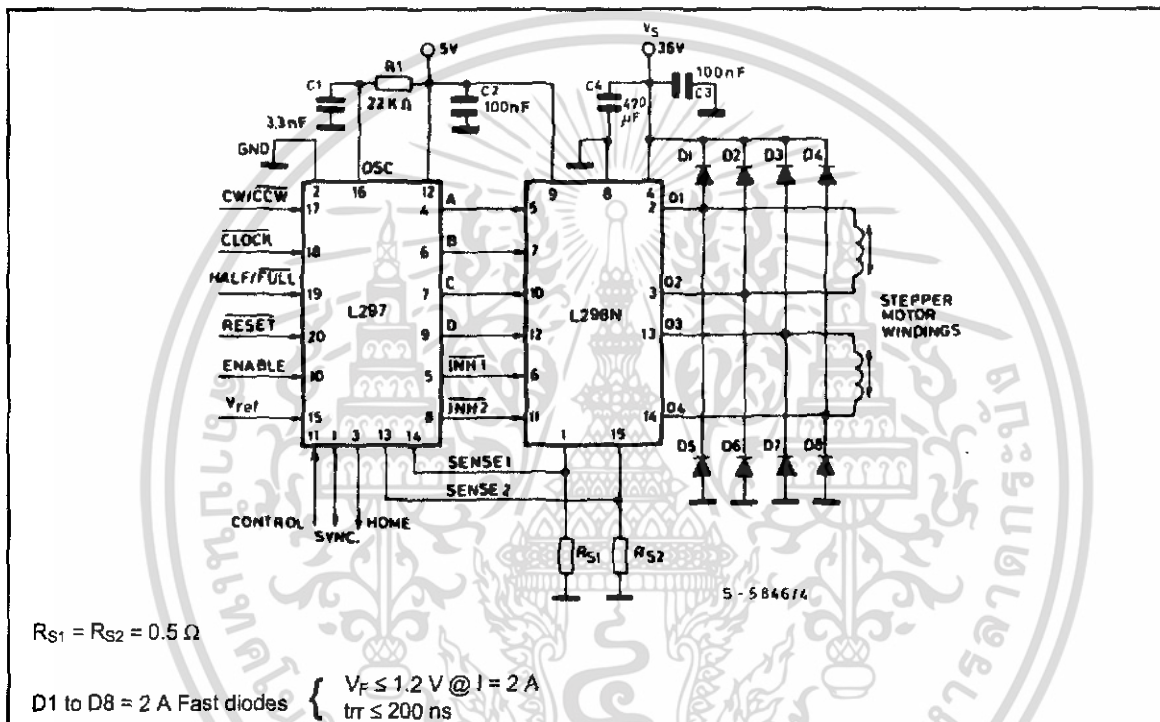


Fig 10 shows a second two phase bipolar stepper motor control circuit where the current is controlled by the I.C. L6506.

Figure 9 : Suggested Printed Circuit Board Layout for the Circuit of fig. 8 (1:1 scale).

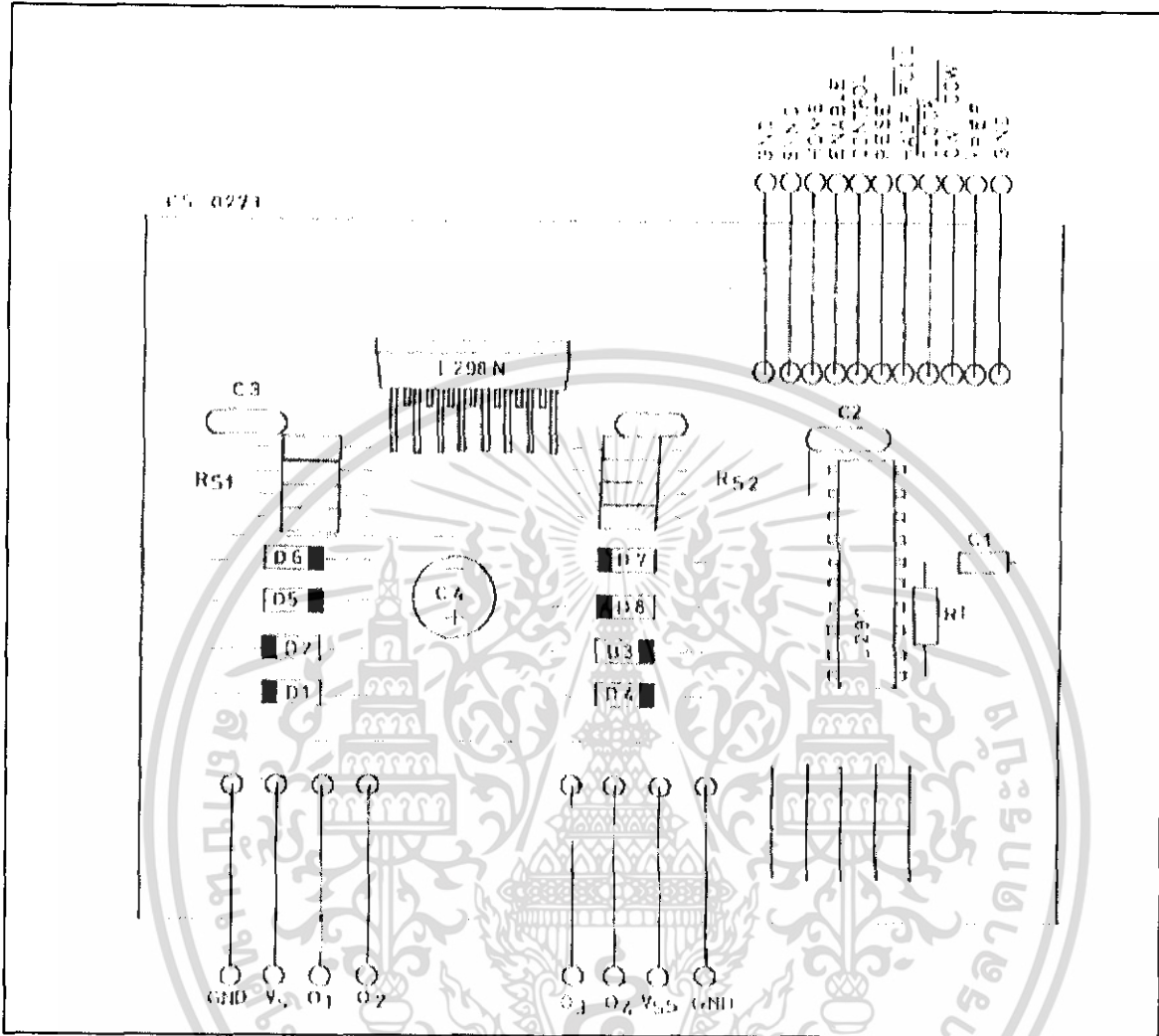
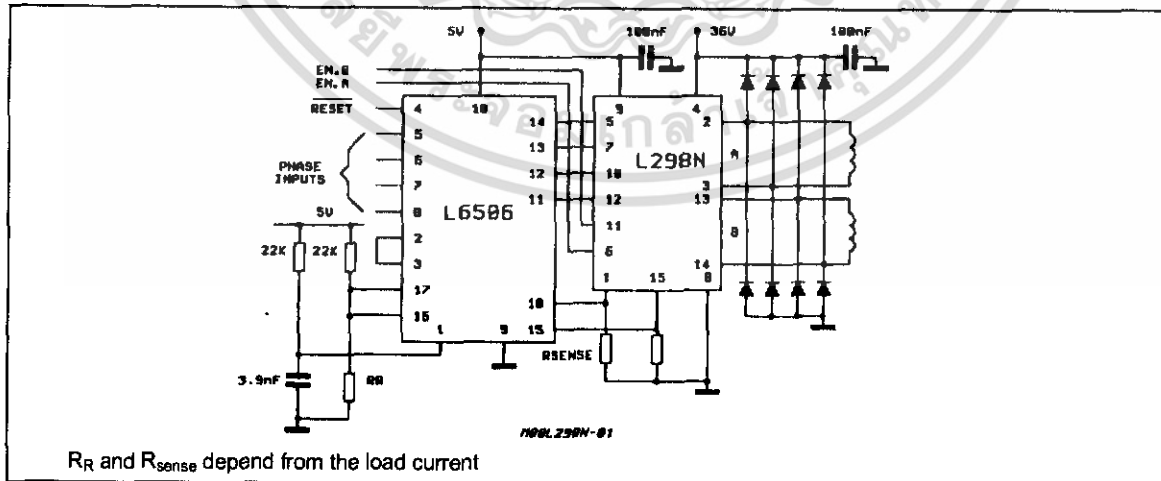


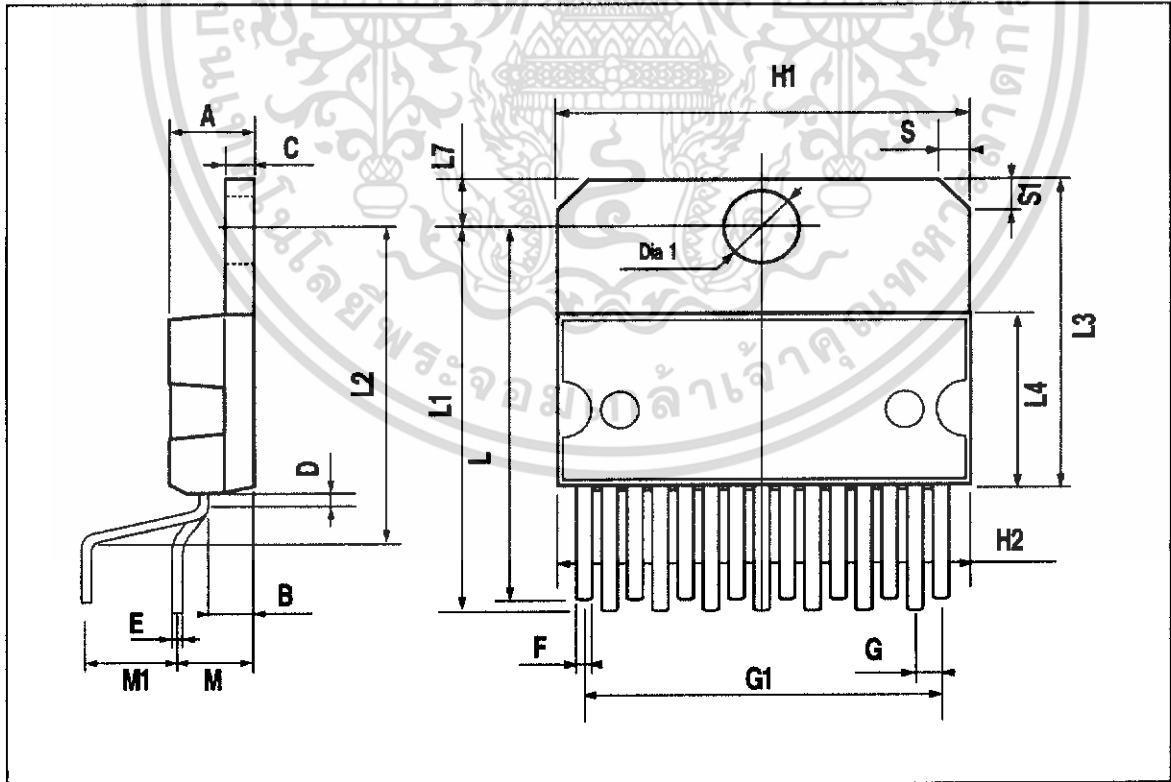
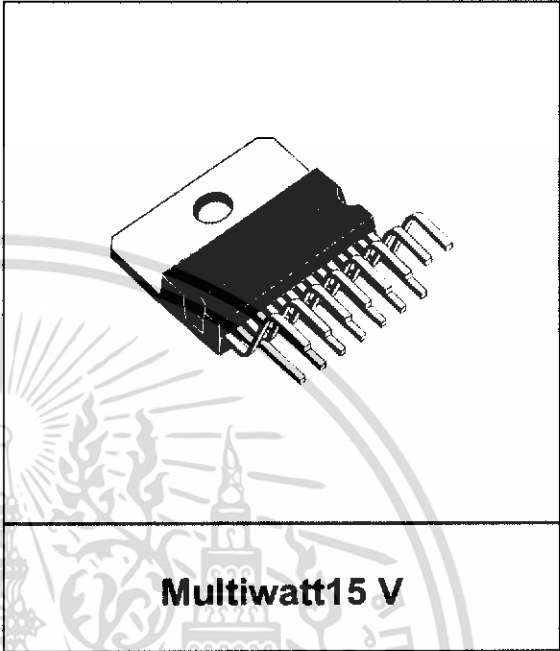
Figure 10 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Control Circuit by Using the Current Controller L6506.



**L298**

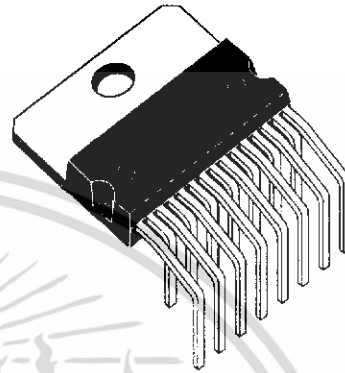
DIM.	mm			Inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
D		1			0.039	
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.66		0.75	0.026		0.030
G	1.02	1.27	1.52	0.040	0.050	0.060
G1	17.53	17.78	18.03	0.690	0.700	0.710
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L	21.9	22.2	22.5	0.862	0.874	0.886
L1	21.7	22.1	22.5	0.854	0.870	0.886
L2	17.65		18.1	0.695		0.713
L3	17.25	17.5	17.75	0.679	0.689	0.699
L4	10.3	10.7	10.9	0.406	0.421	0.429
L7	2.65		2.9	0.104		0.114
M	4.25	4.55	4.85	0.167	0.179	0.191
M1	4.63	5.08	5.53	0.182	0.200	0.218
S	1.9		2.6	0.075		0.102
S1	1.9		2.6	0.075		0.102
Dia1	3.65		3.85	0.144		0.152

**OUTLINE AND MECHANICAL DATA**

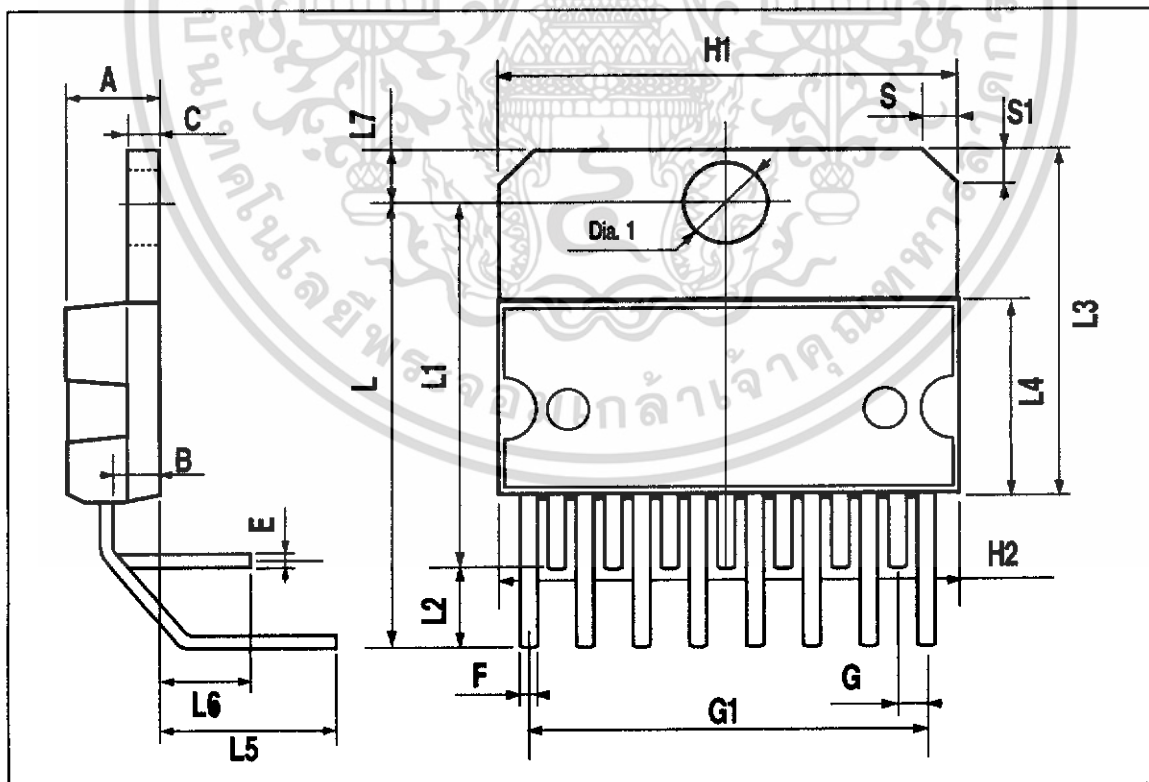


DIM.	mm			Inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.66		0.75	0.026		0.030
G	1.14	1.27	1.4	0.045	0.050	0.055
G1	17.57	17.78	17.91	0.692	0.700	0.705
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L		20.57			0.810	
L1		18.03			0.710	
L2		2.54			0.100	
L3	17.25	17.5	17.75	0.679	0.689	0.699
L4	10.3	10.7	10.9	0.406	0.421	0.429
L5		5.28			0.208	
L6		2.38			0.094	
L7	2.65		2.9	0.104		0.114
S	1.9		2.6	0.075		0.102
S1	1.9		2.6	0.075		0.102
Dia1	3.65		3.85	0.144		0.152

### OUTLINE AND MECHANICAL DATA



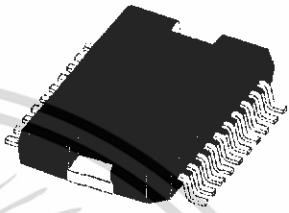
**Multiwatt15 H**



DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			3.6			0.142
a1	0.1		0.3	0.004		0.012
a2			3.3			0.130
a3	0		0.1	0.000		0.004
b	0.4		0.53	0.016		0.021
c	0.23		0.32	0.009		0.013
D (1)	15.8		16	0.622		0.630
D1	9.4		9.8	0.370		0.386
E	13.9		14.5	0.547		0.570
e		1.27			0.050	
e3		11.43			0.450	
E1 (1)	10.9		11.1	0.429		0.437
E2			2.9			0.114
E3	5.8		6.2	0.228		0.244
G	0		0.1	0.000		0.004
H	15.5		15.9	0.610		0.626
h			1.1			0.043
L	0.8		1.1	0.031		0.043
N	10° (max.)					
S	8° (max.)					
T		10			0.394	

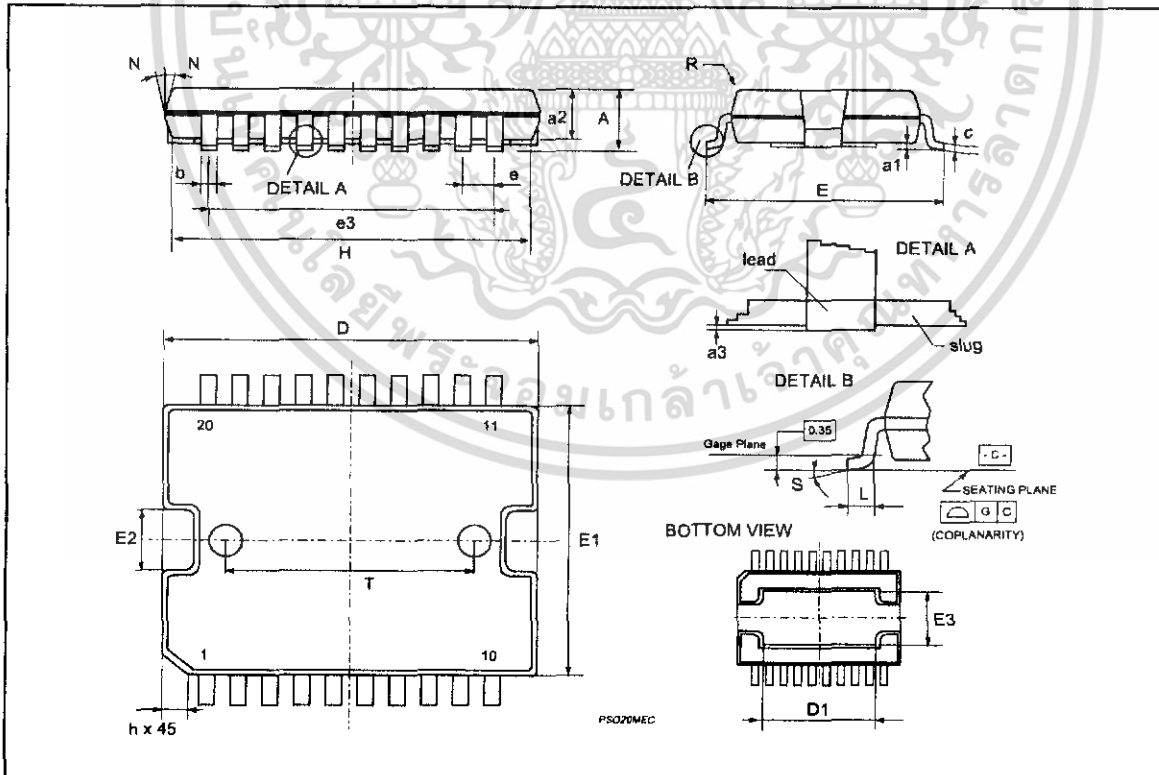
(1) "D and F" do not include mold flash or protrusions.  
 - Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15 mm (0.006").  
 - Critical dimensions: "E", "G" and "a3"

### OUTLINE AND MECHANICAL DATA



**JEDEC MO-166**

**PowerSO20**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics  
 © 2000 STMicroelectronics – Printed in Italy – All Rights Reserved  
 STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco -  
 Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - U.S.A.  
<http://www.st.com>



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

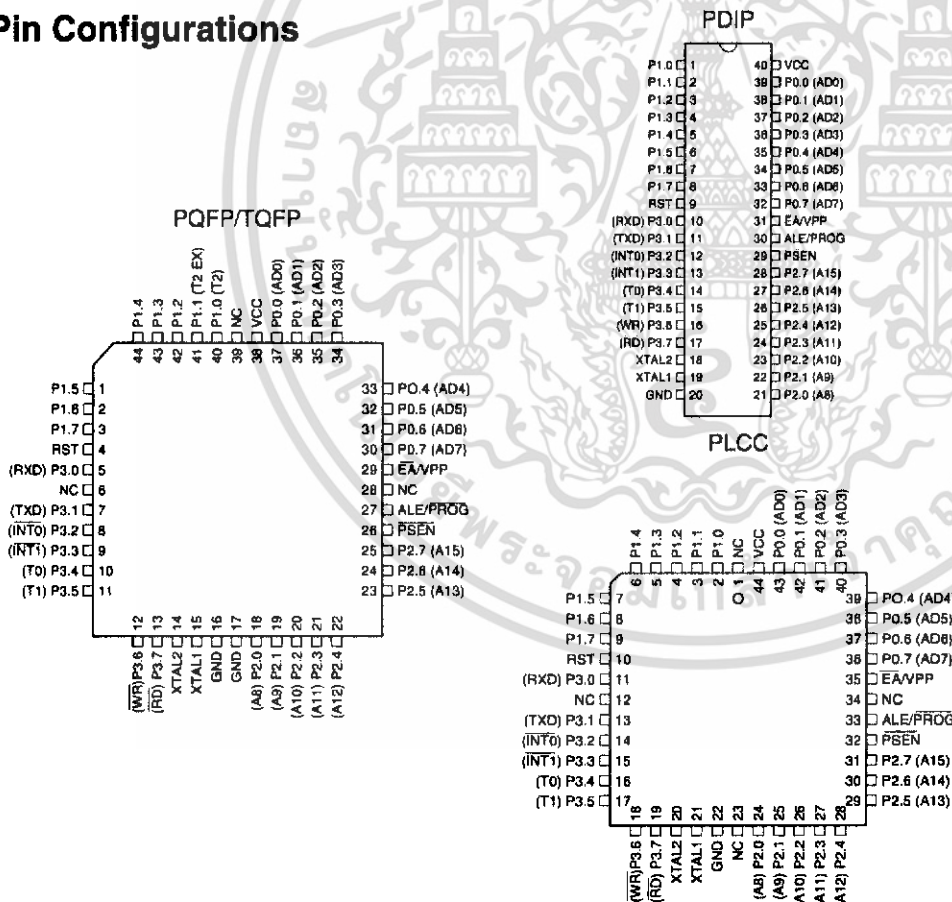
The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4K bytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard MCS-51 instruction set and 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.



## 8-bit Microcontroller with 4K Bytes Flash

### AT89C51

## Pin Configurations

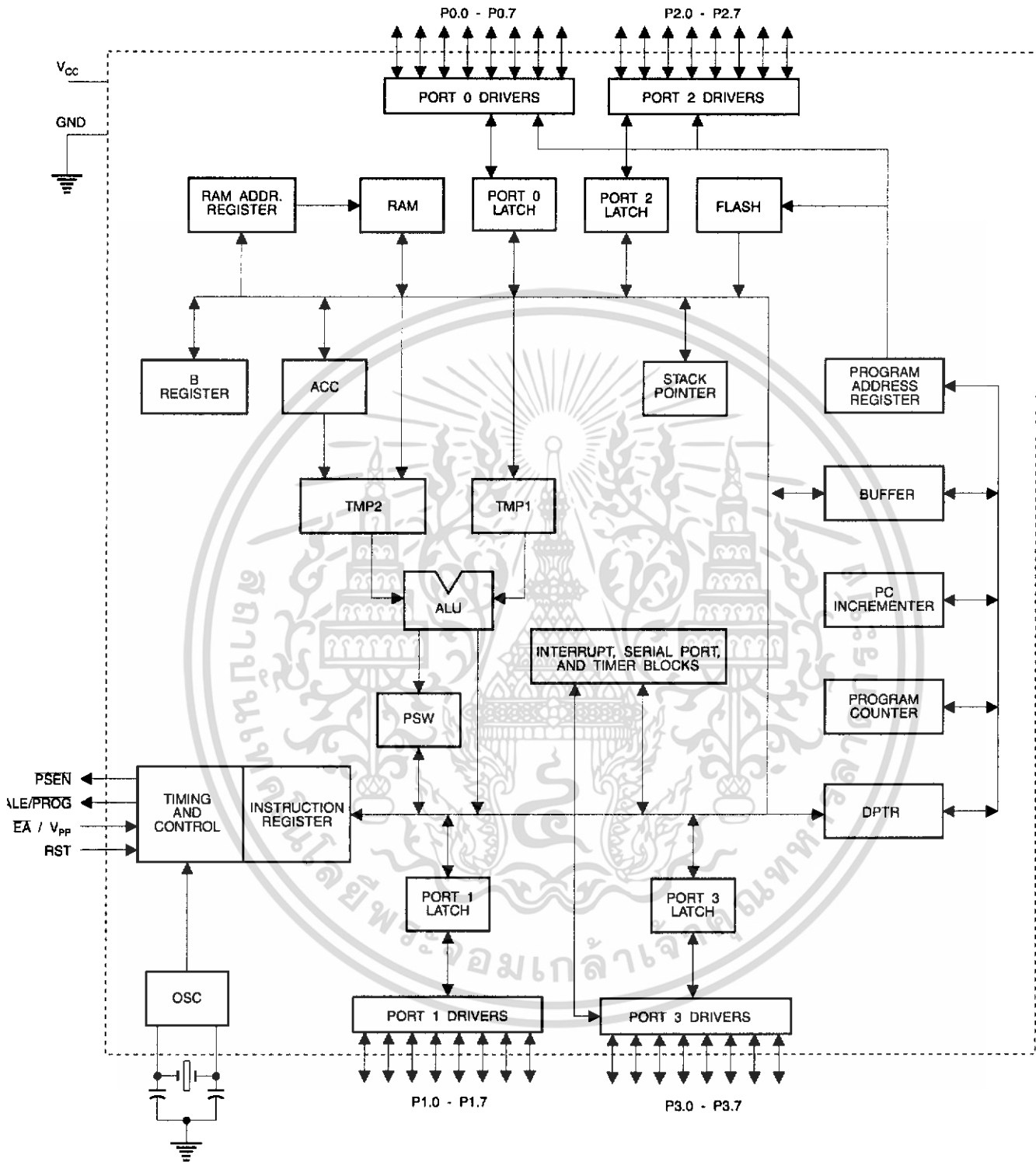


Rev. 0265G-02/00



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 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, a 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

### VCC

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 the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current ( $I_{IL}$ ) because of the internal pullups.

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

### Port 2

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

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

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, 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	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	$\overline{WR}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{RD}$ (external data memory read strobe)

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/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



pulse is skipped during each access to external Data Memory.

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

### PSEN

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

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

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

External Access Enable.  $\overline{\text{EA}}$  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,  $\overline{\text{EA}}$  will be internally latched on reset.

$\overline{\text{EA}}$  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

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal 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

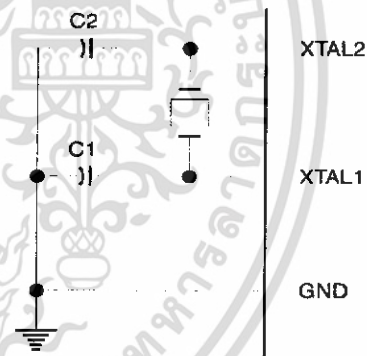
unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

## 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

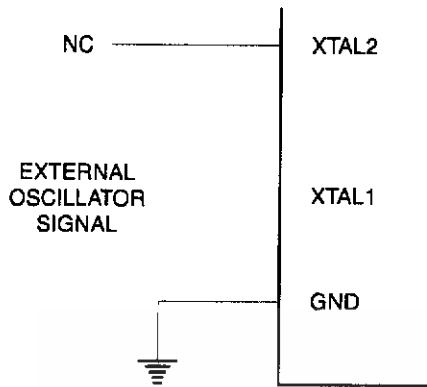


Note: C1, C2 = 30 pF  $\pm$  10 pF for Crystals  
= 40 pF  $\pm$  10 pF for Ceramic Resonators

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

Mode	Program Memory	ALE	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 Regis-

### Lock Bit Protection Modes

Program Lock Bits				Protection Type
	LB1	LB2	LB3	
1	U	U	U	No program lock features
2	P	U	U	MOVC 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 top-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.

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise  $\overline{EA}/V_{PP}$  to 12V for the high-voltage programming mode.
5. Pulse  $\overline{ALE}/\overline{PROG}$  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  $\overline{Data}$  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.  $\overline{Data}$  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  $\overline{ALE}/\overline{PROG}$  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.

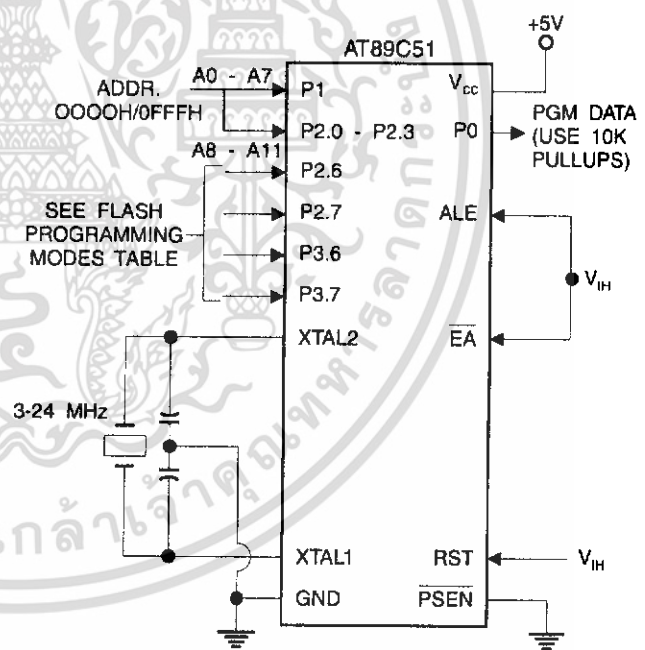
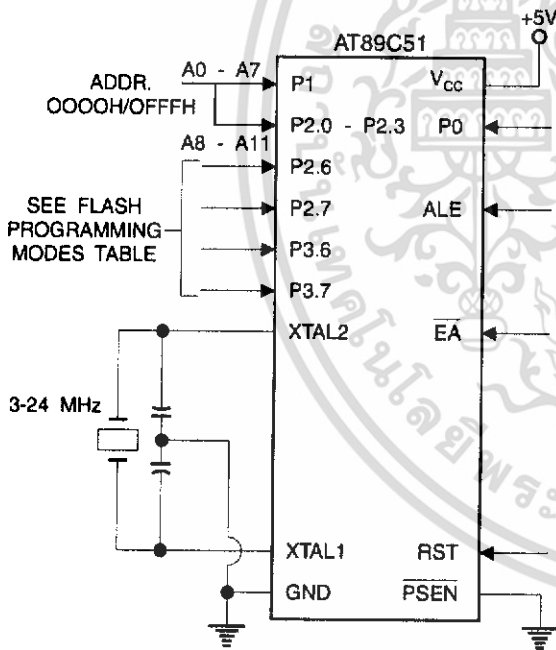
## Flash Programming Modes

Mode	RST	PSEN	ALE/PROG	EA/V <sub>pp</sub>	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	H	L		H/12V	H	H	H	H
Chip Erase	H	L	(1)	H/12V	H	L	L	L
Read Signature Byte	H	L	H	H	L	L	L	L

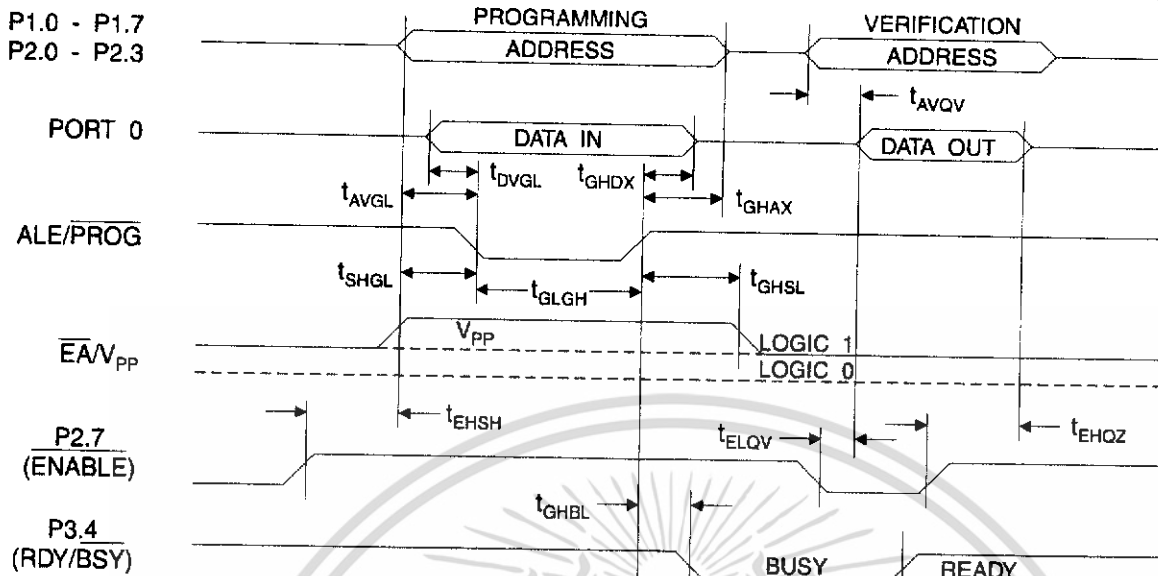
Note: 1. Chip Erase requires a 10 ms PROG pulse.

Figure 3. Programming the Flash

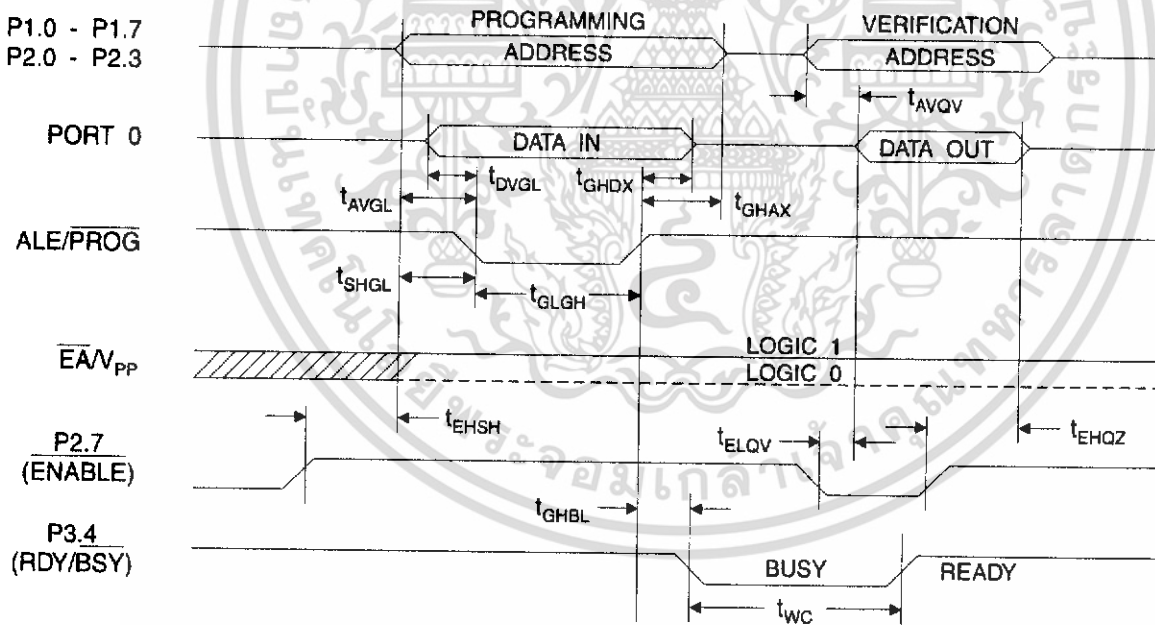
Figure 4. Verifying the Flash



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



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



**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
$t_{AVGL}$	Address Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
$t_{GHAX}$	Address Hold After $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
$t_{DVGL}$	Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
$t_{GHDX}$	Data Hold After $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
$t_{EHS}$	P2.7 ( $\overline{\text{ENABLE}}$ ) High to $V_{PP}$	$48t_{CLCL}$		
$t_{SHGL}$	$V_{PP}$ Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		$\mu\text{s}$
$t_{GHSL}^{(1)}$	$V_{PP}$ Hold After $\overline{\text{PROG}}$	10		$\mu\text{s}$
$t_{GLGH}$	$\overline{\text{PROG}}$ Width	1	110	$\mu\text{s}$
$t_{AVOV}$	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
$t_{ELOV}$	$\overline{\text{ENABLE}}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
$t_{EHQZ}$	Data Float After $\overline{\text{ENABLE}}$	0	$48t_{CLCL}$	
$t_{GHBL}$	$\overline{\text{PROG}}$ High to $\overline{\text{BUSY}}$ Low		1.0	$\mu\text{s}$
$t_{WC}$	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Absolute Maximum Ratings\*

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

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

## DC Characteristics

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

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
$V_{IL}$	Input Low-voltage	(Except $\overline{EA}$ )	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
$V_{IL1}$	Input Low-voltage ( $\overline{EA}$ )		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
$V_{IH}$	Input High-voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
$V_{IH1}$	Input High-voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
$V_{OL}$	Output Low-voltage <sup>(1)</sup> (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
$V_{OL1}$	Output Low-voltage <sup>(1)</sup> (Port 0, ALE, $\overline{PSEN}$ )	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
$V_{OH}$	Output High-voltage (Ports 1,2,3, ALE, $\overline{PSEN}$ )	$I_{OH} = -60 \mu\text{A}$ , $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	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
$V_{OH1}$	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
$I_{IL}$	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	$\mu\text{A}$
$I_{TL}$	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}$ , $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-650	$\mu\text{A}$
$I_{LI}$	Input Leakage Current (Port 0, $\overline{EA}$ )	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		$\pm 10$	$\mu\text{A}$
RRST	Reset Pull-down Resistor		50	300	$\text{K}\Omega$
$C_{IO}$	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
$I_{CC}$	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.

## AC Characteristics

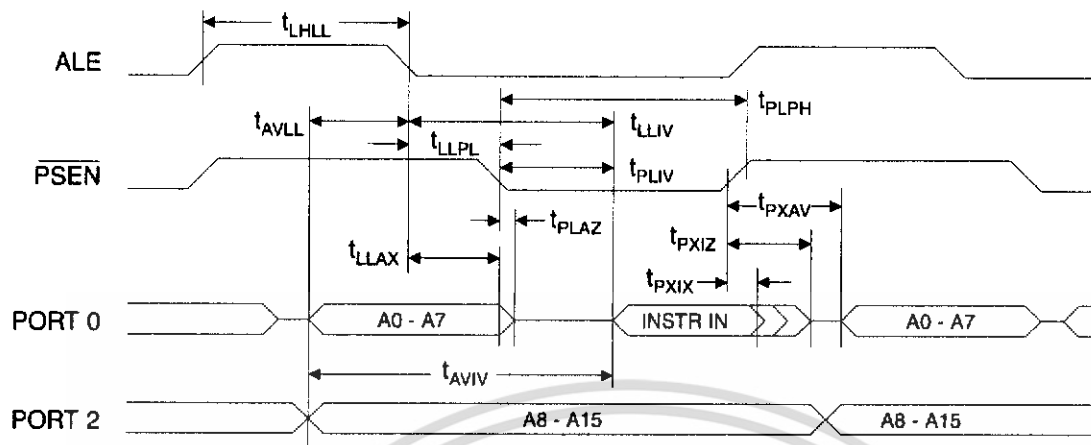
Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/PROG, and PSEN = 100 pF; load capacitance for all other outputs = 80 pF.

## External Program and Data Memory Characteristics

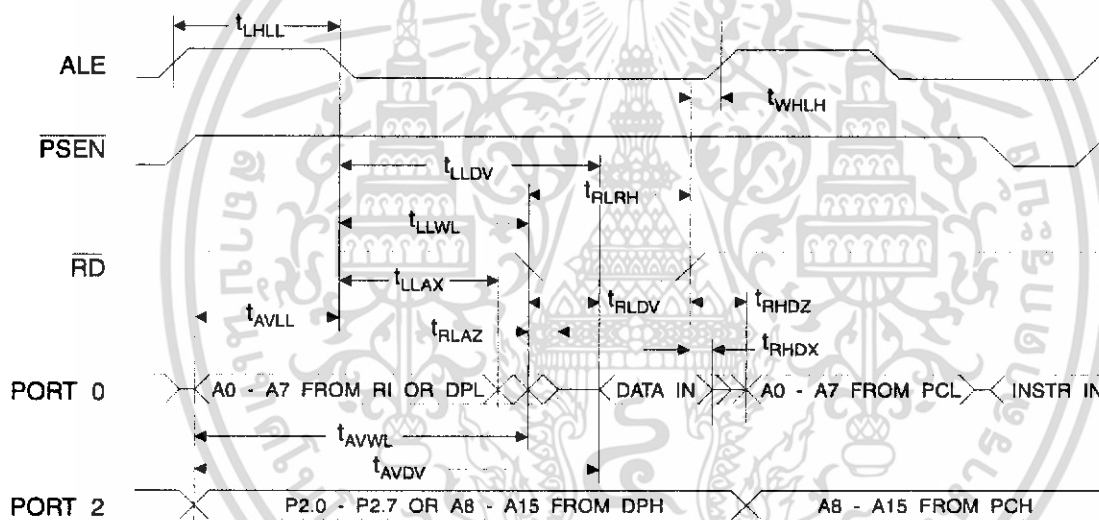
Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		16 to 24 MHz Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency			0	24	MHz
$t_{LHLL}$	ALE Pulse Width	127		$2t_{CLCL}-40$		ns
$t_{AVLL}$	Address Valid to ALE Low	43		$t_{CLCL}-13$		ns
$t_{LLAX}$	Address Hold After ALE Low	48		$t_{CLCL}-20$		ns
$t_{LLIV}$	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{CLCL}-65$	ns
$t_{LLPL}$	ALE Low to PSEN Low	43		$t_{CLCL}-13$		ns
$t_{PLPH}$	PSEN Pulse Width	205		$3t_{CLCL}-20$		ns
$t_{PLIV}$	PSEN Low to Valid Instruction In		145		$3t_{CLCL}-45$	ns
$t_{PXIX}$	Input Instruction Hold After PSEN	0		0		ns
$t_{PXIZ}$	Input Instruction Float After PSEN		59		$t_{CLCL}-10$	ns
$t_{PXAV}$	PSEN to Address Valid	75		$t_{CLCL}-8$		ns
$t_{AVIV}$	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{CLCL}-55$	ns
$t_{PLAZ}$	PSEN Low to Address Float		10		10	ns
$t_{RLRH}$	$\overline{RD}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
$t_{WLWH}$	$\overline{WR}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
$t_{RLDV}$	$\overline{RD}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{CLCL}-90$	ns
$t_{RHDX}$	Data Hold After $\overline{RD}$	0		0		ns
$t_{RHDX}$	Data Float After $\overline{RD}$		97		$2t_{CLCL}-28$	ns
$t_{LLDV}$	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{CLCL}-150$	ns
$t_{AVDV}$	Address to Valid Data In		585		$9t_{CLCL}-165$	ns
$t_{LLWL}$	ALE Low to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	200	300	$3t_{CLCL}-50$	$3t_{CLCL}+50$	ns
$t_{AVWL}$	Address to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	203		$4t_{CLCL}-75$		ns
$t_{QVWX}$	Data Valid to $\overline{WR}$ Transition	23		$t_{CLCL}-20$		ns
$t_{QVWH}$	Data Valid to $\overline{WR}$ High	433		$7t_{CLCL}-120$		ns
$t_{WHQX}$	Data Hold After $\overline{WR}$	33		$t_{CLCL}-20$		ns
$t_{RLAZ}$	$\overline{RD}$ Low to Address Float		0		0	ns
$t_{WHLH}$	$\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ High to ALE High	43	123	$t_{CLCL}-20$	$t_{CLCL}+25$	ns



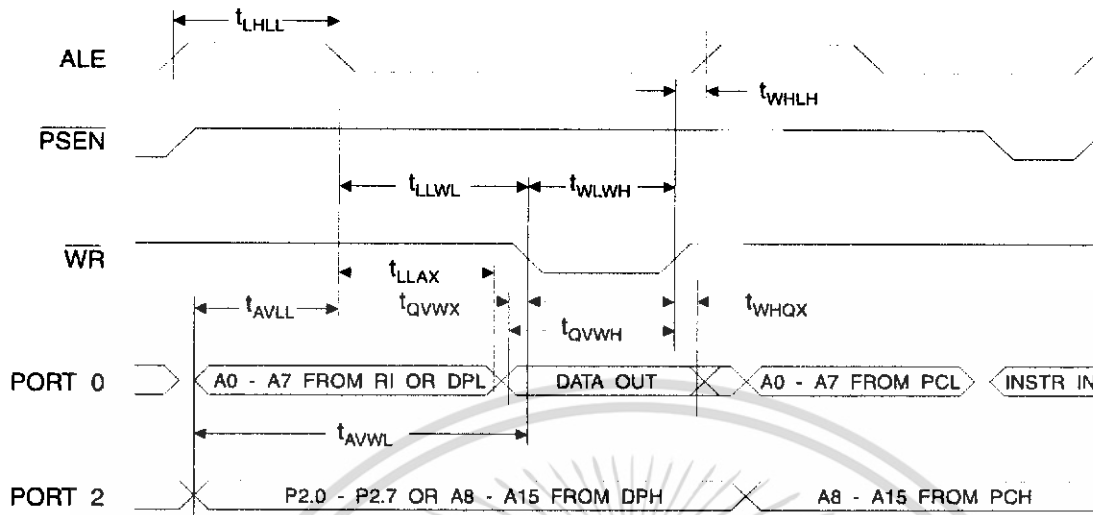
## External Program Memory Read Cycle



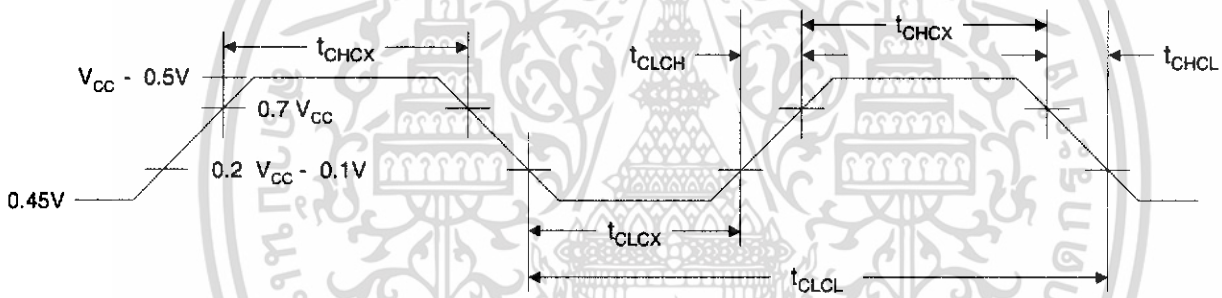
## External Data Memory Read Cycle



External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

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

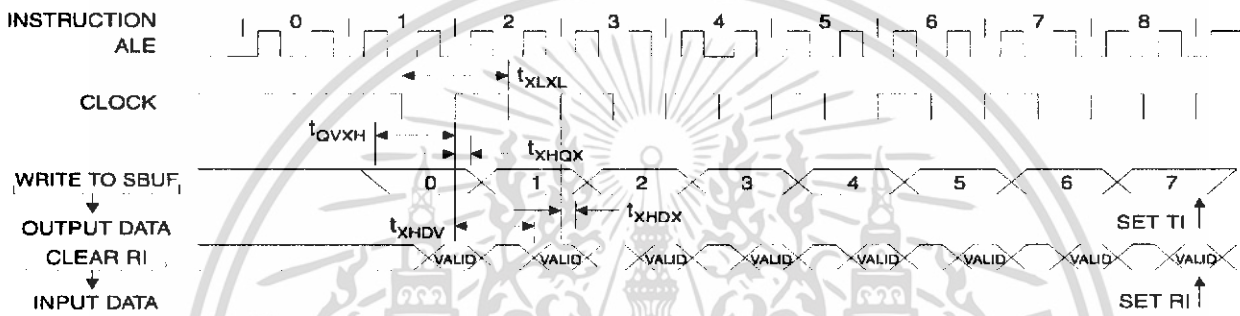


## Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

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

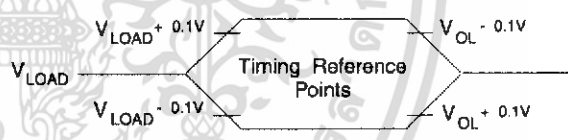
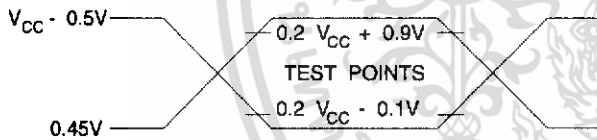
Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$t_{XLXL}$	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		$\mu\text{s}$
$t_{QVXH}$	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}-133$		ns
$t_{XHGX}$	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}-117$		ns
$t_{XHDX}$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

## Shift Register Mode Timing Waveforms



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

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



Note: 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.

## 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	

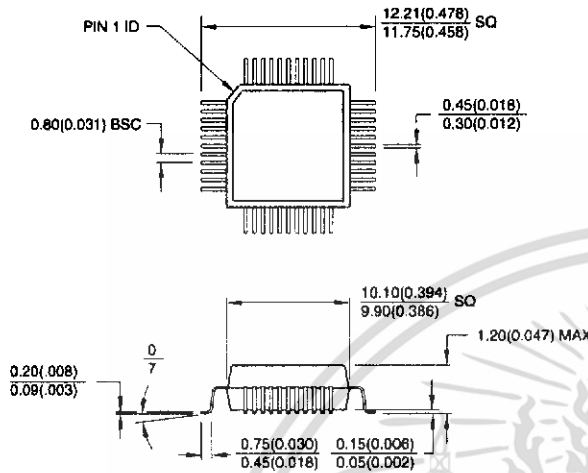
Package Type	
<b>44A</b>	44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
<b>44J</b>	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
<b>40P6</b>	40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
<b>44Q</b>	44-lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

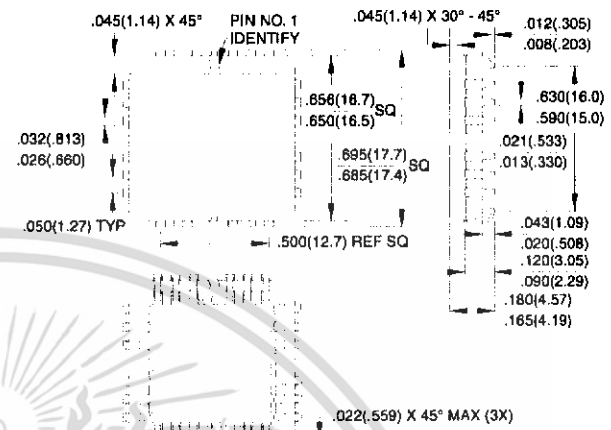
## Packaging Information

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

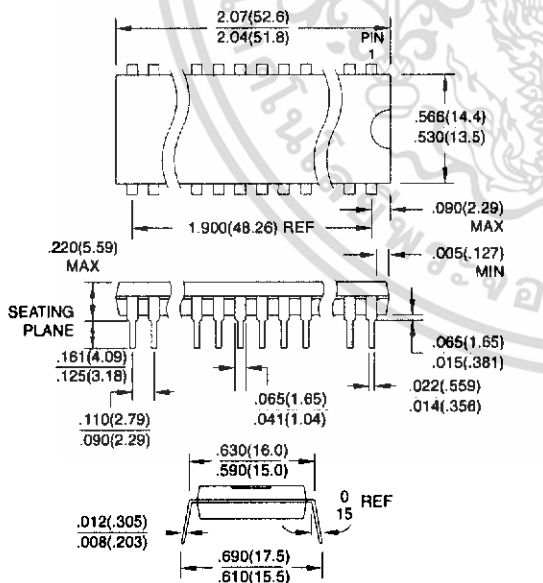


Controlling dimension: millimeters

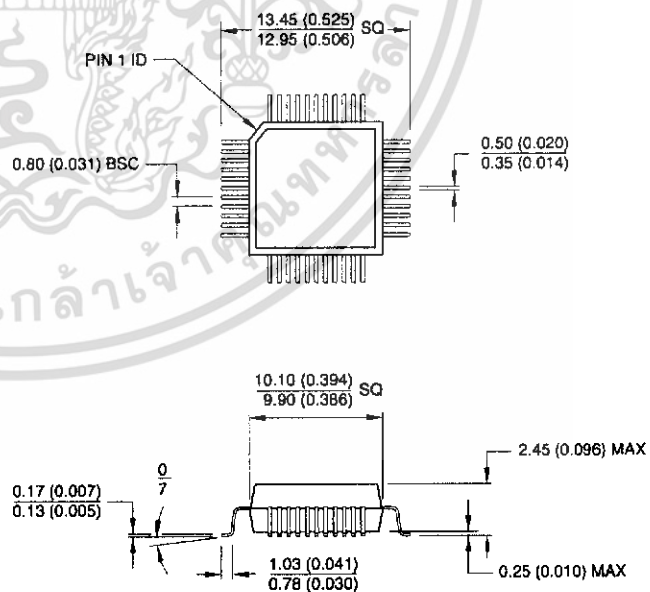
**44J, 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)**  
 Dimensions in Inches and (Millimeters)  
 JEDEC STANDARD MS-018 AC



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



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



Controlling dimension: millimeters



## Atmel Headquarters

### Corporate Headquarters

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

### Europe

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

### Asia

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

### Japan

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

## Atmel Operations

### Atmel Colorado Springs

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

### Atmel Rousset

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

### Fax-on-Demand

North America:  
1-(800) 292-8635

International:  
1-(408) 441-0732

e-mail  
literature@atmel.com

Web Site  
<http://www.atmel.com>

BBS  
1-(408) 436-4309

### © Atmel Corporation 2000.

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

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

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



Printed on recycled paper.

0265G-02/00/xM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้