

**สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง**

**การควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลด้วยกล้องผ่านอินเทอร์เน็ต**

**REMOTE CONTROLLED VISION MACHINE VIA INTERNET**



นายรัฐพฤษภ์ รัตนเหม  
นายคุณฉวี กุณเฝือก  
นายชนกฤต โดมหวัง

๘/๑๐  
๖๖ ๖๔๑/๗  
๒๕๕๐

เลขหาง.....**83180**  
เลขทะเบียน.....  
วัน,เดือน,ปี.....- 6 ส.ค. 2551

b.....119b213b
i.....

**ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม  
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2550**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# REMOTE CONTROLLED VISION MACHINE VIA INTERNET



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

**2007**

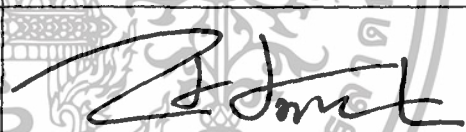
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองปริญญาโท

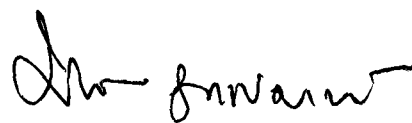
หัวข้อปริญญาโท การควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลด้วยกล้องผ่านอินเทอร์เน็ต  
REMOTE CONTROLLED VISION MACHINE VIA INTERNET

นักศึกษาผู้จัดทำ นายณัฐฤกษ์ รัตนเหม รหัสนักศึกษา 47010227  
นายคุณฎี คุณเผือก รหัสนักศึกษา 47010257  
นายชนกฤต โจมท่วง รหัสนักศึกษา 47010299

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม  
ปีการศึกษา 2550

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท	ลายมือชื่อ
อาจารย์ธนรินทร์ ชรรमारักษ์วัฒน์	

ภาควิชารับรองแล้ว



(รศ.ประภาพร อุดคกิมาทันธุ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลด้วยกล้องผ่านอินเทอร์เน็ต  
 REMOTE CONTROLLED VISION MACHINE VIA INTERNET

นักศึกษาผู้จัดทำ นายณัฐพฤกษ์ รัตนเหม รหัสนักศึกษา 47010227  
 นายคุณฎี คุณเผือก รหัสนักศึกษา 47010257  
 นายธนกฤต โคมห้วง รหัสนักศึกษา 47010299

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ นรินทร์ ธรรมารักษ์วัฒนะ

ปีการศึกษา 2550

**บทคัดย่อ**

โครงการนี้นำเสนอถึงหลักของการทำงานของ การควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลด้วยกล้องผ่านอินเทอร์เน็ต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการควบคุมหรือเข้าถึงอุปกรณ์ต่างๆแบบไร้สายและสามารถแสดงผลการทำงานของอุปกรณ์นั้น ๆ ด้วยกล้องผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต มีประโยชน์คือสะดวกในการใช้งาน ประหยัดเวลา และค่าใช้จ่ายโดยสามารถทำงานได้ทุกที่ทุกเวลาผ่านทางอินเทอร์เน็ต อีกทั้งยังสามารถพัฒนาร่วมกับระบบอื่น ๆ อาทิ ระบบรักษาความปลอดภัย นอกจากนี้การควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลด้วยกล้องผ่านอินเทอร์เน็ตนี้ จะให้ข้อมูลถูกต้องแม่นยำแล้ว ยังสร้างความสะดวกรวดเร็วให้แก่ผู้ใช้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Thesis Title</b>	<b>Remote Controlled Vision Machine Via Internet</b>	
<b>Authors</b>	<b>Mr.Nattaprugk</b>	<b>Rattanahame</b>
	<b>Mr.Dussadee</b>	<b>Khunpoek</b>
	<b>Mr.Thanagrit</b>	<b>Chomhuang</b>
<b>Thesis Advisor</b>	<b>Mr.Narin</b>	<b>Thummarukwattana</b>
<b>Year</b>	<b>2007</b>	

### **ABSTRACT**

The article performs the process of Remote Controlled Vision Machine via internet. Objective of this project is study of directly access though the appliance and display the work with a camera by internet for access sable in any time, any where and easy to use. Also, it can be developed for co operative with another systems, such as security system. This project can be controlled the remote equipment via internet which will give the accurate information and friendly to the user.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เรื่อง การควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลด้วยกล้องผ่านอินเทอร์เน็ต (REMOTE CONTROLLED VISION MACHINE VIA INTERNET) คงไม่อาจสำเร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และความร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่จะต้องกล่าวถึง เพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้โครงการนี้เสร็จลงได้ ก็คือ

อาจารย์ นรินทร์ ธรรมรักษ์วิณะ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการผู้ที่ได้ช่วยเสนอแนะแนวคิด แลกเปลี่ยนทัศนะกันและคอยให้ความช่วยเหลือ เอาใจใส่มาตลอด จนได้โครงการออกมาเป็นรูป เป็นร่างได้อย่างในปัจจุบัน

บุคคลอันเป็นที่รักยิ่ง คือ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ นื่อง ที่ได้ให้ความรักความอบอุ่น และเลี้ยงดูเรามาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ เต็มกำลัง และยังให้กำลังใจเอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้าน ทำให้พวกเราแข็งแรง ทนได้ทุกสภาพ ทุกสภาวะ อีกทั้งตลอดจนสามารถอดทนต่อแรงกดดันต่าง ๆ ให้ผ่านพ้นปัญหานั้นบรือช นับพันมาได้

เทคโนโลยีในปัจจุบันและในอนาคต ที่ทำให้พวกเราได้แนวคิดดี ๆ มาสร้างสรรค์โครงการที่ดีและที่ขาด ไม่ได้ เพื่อนที่ร่วมทำโครงการนี้ ที่คอยช่วยเหลือดูแลซึ่งกันและกันมาตลอด ทำให้การพัฒนาแอปพลิเคชันดำเนินไปได้ด้วยดี

ทั้งนี้ผู้จัดทำโครงการนี้ขอระลึกถึงคุณอันสุดประมาณและขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำ

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 การควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลด้วยกล้องผ่านอินเทอร์เน็ต.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริิญาานิพนธ์.....	1
1.3 โครงสร้างพื้นฐานของระบบ.....	2
1.4 แนวทางการดำเนินการ.....	2
1.5 โครงสร้างของปริิญาานิพนธ์.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎี.....	3
2.1 อินเทอร์เน็ต.....	3
2.1.1 ความหมายของอินเทอร์เน็ต.....	3
2.1.2 ระบบเครือข่าย.....	4
2.1.3 โครงสร้างและองค์ประกอบของเครือข่าย.....	5
2.1.4 การทำงานของอินเทอร์เน็ต.....	6
2.2 พื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....	9
2.2.1 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	9
2.2.2 ส่วนประกอบภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	10
2.2.3 การเรียนรู้การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์.....	10
2.2.4 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	11
2.2.5 ทอร์ตอินพุต/เอาต์พุต.....	12
2.2.6 รีจิสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไปใน MCS-51.....	13
2.2.7 ไทม์เมอร์/คาน์เตอร์.....	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.7.1 ไทม์เมอร์ 0 และ ไทม์เมอร์ 1.....	13
2.2.8 การอินเตอร์รัปต์.....	14
2.2.9 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพอร์ตอนุกรม.....	14
2.2.9.1 การสื่อสารแบบอนุกรม.....	15
2.2.9.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส.....	15
2.2.9.3 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-32.....	16
2.2.9.4 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ท RS-232 และการเชื่อมต่อ.....	17
2.2.9.5 UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter).....	18
2.3 สเต็ปมอเตอร์.....	18
2.3.1 การทำงานของสเต็ปมอเตอร์.....	19
2.3.2 การควบคุม Stepping Motor 4 เฟส.....	20
2.3.2.1 ควบคุมแบบ Full Step 1 เฟสหรือแบบเวฟ(wave).....	20
2.3.2.2 ควบคุมแบบ Full Step 2 เฟสหรือแบบ2เฟส.....	21
2.3.2.3 ควบคุมแบบ Half Step หรือแบบครึ่งเฟส.....	21
2.4 วิศวลเบสิก.....	22
2.4.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวิศวลเบสิก.....	22
2.4.2 MS Winsock Control 6.....	22
2.4.3 Winsock Procedure.....	24
2.4.4 Winsock Properties & Events.....	25
2.4.5 Control VideoCapX.....	26
<b>บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน.....</b>	<b>28</b>
3.1 บทนำ.....	28
3.2 การออกแบบค้ำฮาร์ดแวร์.....	28
3.2.1 วงจรในส่วนของภาคส่ง.....	29
3.2.2 วงจรในส่วนของภาครับ.....	30
3.3 ส่วนควบคุมการทำงานมอเตอร์กระแสตรง.....	31
3.4 การควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์.....	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 วงจรรักษาระดับแรงเคลื่อนไฟฟ้า.....	32
3.6 การออกแบบด้านซอฟต์แวร์.....	32
3.6.1 โปรแกรมควบคุมฝั่งเจฟเวอร์.....	32
3.6.2 โปรแกรมควบคุมฝั่งไคลต์เอนด์.....	33
3.6.3 โปรแกรมแสดงภาพจากกล้อง.....	34
3.6.4 โปรแกรมรับคำสั่งเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์.....	34
3.7 การออกแบบฐานควบคุมการหมุนกล้อง.....	36
3.8 อุปกรณ์แสดงภาพ.....	37
<b>บทที่ 4 การแสดงผล.....</b>	<b>38</b>
4.1 โปรแกรมแสดงภาพผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์.....	38
4.1.1 หน้าจอทางด้านโปรแกรมแม่ข่าย.....	38
4.1.2 ผลการทดลองการใช้งานโปรแกรมแสดงภาพและควบคุมรถ.....	39
4.2 ผลการควบคุมการเคลื่อนไหวของอุปกรณ์ภายใน โปรแกรม.....	40
4.3 แสดงผลโครงการโดยรวม.....	41
4.4 สรุปผลการทดลอง.....	43
<b>บทที่ 5 สรุปผลและวิจารณ์.....</b>	<b>45</b>
<b>บรรณานุกรม.....</b>	<b>46</b>
<b>ภาคผนวก.....</b>	<b>47</b>

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงการทำงานของสเต็มอเตอร์แบบ Full Step 1 เฟส หรือแบบเวฟ (wave).....	21
2.2 แสดงการทำงานของสเต็มอเตอร์แบบ Full Step 2 เฟส หรือแบบ 2 เฟส.....	21
2.3 แสดงการทำงานของสเต็มอเตอร์แบบ Half Step หรือแบบครึ่งสเต็ป.....	22



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 การส่งสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	9
2.2 การเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	10
2.3 คออปร์กราฟภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ RS-232 โดยใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น.....	18
2.4 การเลือก MS Winsock Control 6.....	23
2.5 การเลือก MS Winsock Control 6.....	23
2.6 การกำหนดค่า Winsock Control.....	24
2.7 การเลือกใช้ VideoCapX.....	27
3.1 ผังการทำงานของการควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลด้วยกล้องผ่านอินเทอร์เน็ต.....	28
3.2 ผังการทำงานของการส่งสัญญาณจากคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์.....	29
3.3 วงจรการส่งสัญญาณจากคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์.....	29
3.4 ผังการทำงานของการรับสัญญาณเพื่อควบคุมอุปกรณ์.....	30
3.5 วงจรการรับสัญญาณเพื่อควบคุมอุปกรณ์.....	30
3.6 วงจรการควบคุมการเคลื่อนที่ของรถด้วยดีวีดีมอเตอร์.....	31
3.7 วงจรการควบคุมการเคลื่อนที่ของกล้องด้วยดีวีดีมอเตอร์.....	31
3.8 วงจรรักษาระดับแรงเคลื่อนไฟฟ้า.....	32
3.9 Flowchart แสดงการส่งข้อมูล.....	33
3.10 แสดงการเชื่อมต่อของโคตเอนด์กับเซิร์ฟเวอร์.....	34
3.11 Flowchart การรับสัญญาณเพื่อควบคุมอุปกรณ์.....	35
3.12 แสดงลักษณะโครงสร้างของฐานกล้อง.....	36
3.13 อุปกรณ์แสดงภาพ.....	37
3.14 การ์ดจับภาพ.....	37
4.1 หน้าจอโปรแกรมทางด้านเครื่องแม่ข่าย.....	38
4.2 แสดงการเชื่อมต่อของเครื่องแม่ข่าย.....	39
4.3 แสดงการเชื่อมต่อที่เสร็จสมบูรณ์.....	40
4.4 แสดงผลโครงการโดยรวม.....	41
4.5 แสดงส่วนเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ทางด้านเครื่องแม่ข่าย.....	42
4.6 แสดงตัวรับสัญญาณภาพ.....	42
4.7 แสดงส่วนวงจรควบคุมในส่วนต่างๆ.....	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 การควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลด้วยกล้องผ่านอินเทอร์เน็ต

ปัจจุบันเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมีส่วนสำคัญมากในการสื่อสารอย่างยิ่งเพราะเป็นการสื่อสารที่เชื่อมต่อกันได้จากทุกส่วนของโลก ด้วยเหตุนี้เองโครงการนี้จึงได้นำเอาประโยชน์ของอินเทอร์เน็ตมาประยุกต์เข้ากับการรักษาความปลอดภัย เพื่อไม่ว่าจะอยู่ที่ใดถ้าติดต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตก็จะสามารถควบคุมอุปกรณ์และคุณภาพจากตัวโปรแกรมได้ โดยสัญญาณภาพและสัญญาณควบคุมจะถูกป้อนเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแล้ว และเมื่อคอมพิวเตอร์ปลายทางที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตทำการติดต่อเข้ามา ก็จะส่งข้อมูลผ่านทางอินเทอร์เน็ตไปตลอดระหว่างคอมพิวเตอร์ควบคุมกับคอมพิวเตอร์ปลายทาง โดยคอมพิวเตอร์ปลายทางจะมีโปรแกรมรับสัญญาณและทำการแสดงภาพ นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมการกวาดของกล้องการเคลื่อนที่ของรถผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ได้อีกด้วย

### 1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาการสื่อสารผ่านทาง IP (Internet Protocol)
2. เพื่อศึกษาและออกแบบชุดควบคุมกล้องโดยอาศัยหลักการของ Stepping Motor
3. เพื่อศึกษาการรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์

### 1.3 โครงสร้างพื้นฐานของระบบ

1. ส่วนประมวลผล (Server Process) จะใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) ที่บรรจุโปรแกรมเพื่อทำหน้าที่เป็น Server และสามารถตีความคำร้องขอของ Client ได้ และส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานของส่วนต่างๆ เช่น สเต็ปมอเตอร์ การส่งภาพให้ผู้ใช้งานรวมถึงการจับภาพของกล้อง เป็นต้น

2. ส่วนผู้ใช้งาน (Client Control) จะใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อเข้าสู่ Server จากนั้นรับภาพแล้วทำการแสดงผล รวมถึงทำหน้าที่ในการป้อนสัญญาณเข้าไปควบคุมส่วนต่างๆ

3. ส่วนควบคุมกล้อง (Camera Control Unit) จะเป็นส่วนที่รับคำสั่งควบคุมการทำงานจาก Server แล้วปฏิบัติตามคำสั่งนั้นๆ

4. ส่วนควบคุมรถ (Vibecle Control Unit) จะเป็นส่วนที่ใช้ในการควบคุมรถ โดยรอรับคำสั่งจาก Server

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. กล้องถ่ายภาพ (Camera) ทำหน้าที่รับภาพ แล้วทำการส่งสัญญาณภาพเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์

#### 1.4 แนวทางการดำเนินการ

1. ศึกษาวิธีการใช้งานตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ พร้อมการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก
2. เขียนซอฟต์แวร์ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของ ไมโครคอนโทรลเลอร์และมอเตอร์
3. การออกแบบวงจรที่ทำการเชื่อมต่อของ ไมโครคอนโทรลเลอร์และมอเตอร์
4. ศึกษาการเชื่อมต่อ (Interface) กับคอมพิวเตอร์
5. เขียนโปรแกรมการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์และควบคุมการทำงานของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8951
6. ทดสอบการนำแต่ละส่วนมาทำงานร่วมกัน ระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ และคอมพิวเตอร์
7. สรุป และจัดทำหนังสือโครงการพร้อมทั้งเขียนคู่มือประกอบการใช้งาน

#### 1.5 โครงสร้างของปฏิญญาพันธ

รายงานฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการนำเสนอการสร้างระบบควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลด้วยกล้องผ่านอินเทอร์เน็ตโดย

บทที่ 1 จะกล่าวถึงความสำคัญของโครงสร้างพื้นฐานในการสร้างระบบควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลด้วยกล้องผ่านอินเทอร์เน็ตพร้อมด้วยขอบเขตของการศึกษา และออกแบบสร้างชิ้นงานและโครงสร้างทั้งหมดของโครงการ

บทที่ 2 ได้อธิบายถึงรายละเอียดของทฤษฎีและหลักการที่สำคัญของการควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลด้วยกล้องผ่านอินเทอร์เน็ตไว้โดยละเอียด

บทที่ 3 ได้เสนอขั้นตอนการออกแบบในแต่ละส่วนของการควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลด้วยกล้องผ่านอินเทอร์เน็ตที่ใช้ในการทดลองจริง

บทที่ 4 ได้ทำการแสดงผลของการทดลองในการควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลด้วยกล้องผ่านอินเทอร์เน็ตที่สร้างขึ้นว่ามีประสิทธิภาพตรงกับความต้องการเริ่มต้นหรือไม่

บทที่ 5 ได้แสดงถึงการสรุปและวิจารณ์ถึงผลการทดลองที่เกิดขึ้นในบทที่ 4 และแจกแจงปัญหาหรือจุดบกพร่องต่างๆ ที่พบขณะทำการออกแบบและทดสอบในประเด็นต่างๆ

## บทที่ 2

# ทฤษฎี

### 2.1 อินเทอร์เน็ต (Internet)

#### 2.1.1 ความหมายของอินเทอร์เน็ต

อินเทอร์เน็ต (Internet) คือ เครือข่ายของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ระบบต่าง ๆ ที่เชื่อมโยงกัน มาจากคำว่า Inter Connection Network อินเทอร์เน็ต (Internet) เป็นระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ เครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องทั่วโลก สามารถติดต่อสื่อสารถึงกันได้โดยใช้มาตรฐาน ในการรับส่งข้อมูลที่เป็นหนึ่งเดียว หรือที่เรียกว่าโปรโตคอล (Protocol) ซึ่งโปรโตคอลที่ใช้บนระบบ เครือข่ายอินเทอร์เน็ตมีชื่อว่า ทีซีพี/ไอพี (TCP/IP : Transmission Control Protocol/Internet Protocol) ลักษณะของระบบอินเทอร์เน็ตเป็นเสมือนใยแมงมุมที่ครอบคลุมทั่วโลก ในแต่ละจุดที่ เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตนั้น สามารถสื่อสารกันได้หลายเส้นทางตามความต้องการ โดยไม่กำหนดตายตัว และไม่จำเป็นต้องไปตามเส้นทางโดยตรง อาจจะไปผ่านจุดอื่น ๆ หรือเลือกไปเส้นทางอื่นได้หลาย ๆ เส้นทาง การติดต่อสื่อสารผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนั้นอาจเรียกว่า การติดต่อสื่อสารแบบไร้มิติ หรือ Cyberspace

อินเทอร์เน็ตมีพัฒนาการมาจาก อาร์พานีต (ARPAnet เรียกสั้น ๆ ว่า อาร์พา) ที่ตั้งขึ้นในปี 2512 เป็นเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของกระทรวงกลาโหม สหรัฐอเมริกา ที่ใช้ในงานวิจัยด้านทหาร (ARPA : Advanced Research Project Agency)

มาถึงปี 2515 หลังจากที่เครือข่ายทดลองอาร์พาประสบความสำเร็จอย่างสูงและได้มีการปรับปรุงหน่วยงานจากอาร์พาเป็นคาห์พา (Defense Advanced Research Project Agency : DARPA) และอีกเช่นในปี 2518 อาร์พานีตก็ได้สามารถขึ้นตรงกับหน่วยการสื่อสารของกองทัพ (Defense Communication Agency)

ในปี 2526 อาร์พานีตได้แบ่งออกเป็น 2 เครือข่าย คือเครือข่ายด้านงานวิจัยใช้ชื่อ อาร์พานีตเหมือนเดิม ส่วนเครือข่ายของกองทัพใช้ชื่อว่า มิลเน็ต(MILNET : Military Network) มีการเชื่อมต่อโดยใช้ โพรโตคอล TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) เป็นครั้งแรก

ในปี 2528 มูลนิธิวิทยาศาสตร์แห่งชาติของอเมริกา (NSF) ได้ให้เงินทุนในการสร้างศูนย์ ชูเปอร์คอมพิวเตอร์ 6 แห่ง และใช้ชื่อว่า NSFNET และในปี 2533 อาร์พานีตรองรับภาระที่เป็น กระดูกสันหลัง (Backbone) ของระบบไม่ได้จึงได้ยุติอาร์พานีต และเปลี่ยนไปใช้ NSFNET และ เครือข่ายอื่น ๆ แทนและได้มีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอื่น ๆ จนมาเป็นเครือข่ายขนาดมหึมาจนถึงทุกวันนี้และเรียกเครือข่ายนี้ว่า อินเทอร์เน็ต โดยเครือข่ายส่วนใหญ่จะอยู่ในอเมริกาและปัจจุบันนี้มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครือข่ายย่อยมากถึง 50,000 เครือข่ายที่เขียวและคาดว่าจะภายในปี 2543 จะมีผู้ใช้อินเทอร์เน็ตทั่วโลก ประมาณ 100 ล้านคนหรือใกล้เคียงกับประชากรโลกทั้งหมด

สำหรับประเทศไทยนั้นอินเทอร์เน็ตเริ่มมีบทบาทอย่างมากในช่วงปี 2530-2535 โดยเริ่มจากการเป็นเครือข่ายในระบบคอมพิวเตอร์ระดับมหาวิทยาลัย (Campus Network) แล้วจึงเชื่อมต่อเข้าสู่อินเทอร์เน็ตอย่างสมบูรณ์เมื่อเดือนสิงหาคม 2538 ก็มีการเปิดให้บริการอินเทอร์เน็ตในเชิงพาณิชย์ (รายแรกคือ อินเทอร์เน็ตเคเอสซี) ซึ่งขณะนั้นเว็บไซต์เวิร์ดเว็บกำลังได้รับความนิยมอย่างมากในอเมริกา อย่างไรก็ตามอินเทอร์เน็ตบางครั้งก็มีการเรียกย่อยเป็น เน็ต (Net) หรือ The Net ด้วย เช่นเดียวกันอีกคำหนึ่งที่มาถึงอินเทอร์เน็ตก็คือ เว็บ (Web) และเว็บไซต์เวิร์ดเว็บ(World-Wide-Web)

### 2.1.2 ระบบเครือข่าย

ระบบเครือข่าย คือ การนำคอมพิวเตอร์หลาย ๆ เครื่องมาต่อพ่วงกันเพื่อใช้ในการสื่อสารถึงกันใช้ข้อมูลร่วมกันรวมทั้งใช้อุปกรณ์ร่วมกันทำให้ประหยัดทรัพยากรในการใช้งาน เช่น printer, harddisk เป็นต้นระบบเครือข่ายที่เป็นที่นิยมได้แก่ ระบบเครือข่ายท้องถิ่น (LAN : Local Area Network) NETWORK TOPOLOGY มีหลายแบบ คือ

1. แบบ STAR
2. แบบ RING
3. แบบ BUS
4. แบบ TREE
5. แบบ DUAL RING
6. แบบ STAR SHAPE RING
7. แบบ STAR SHAPE HUB
8. แบบ MESH หรือ FULLY MESH
9. แบบ HIERACHICAL STAR

#### Peer to Peer

ระบบเครือข่ายแบบ Peer to Peer เป็นระบบเครือข่ายขนาดเล็ก เหมาะสำหรับหน่วยงานที่มีคอมพิวเตอร์น้อยกว่า 10 เครื่อง ระบบ Peer to Peer นี้ คอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องสามารถเข้าไปใช้ไฟล์ที่เก็บบนเครื่องไหนก็ได้

ข้อดีของการต่อแบบ Peer to Peer

1. ประหยัดค่าใช้จ่ายเมื่อเทียบกับการต่อ Network แบบอื่น ๆ
2. สามารถแชร์ข้อมูล เครื่องพิมพ์ ของแต่ละเครื่องได้
3. ง่ายในการติดตั้ง และสามารถขยายต่อไปในอนาคตได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Client / Server

ระบบเครือข่ายแบบ Client / Server จะมีคอมพิวเตอร์หลักเรียกว่า File Server (ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการเก็บข้อมูลทำให้สะดวกในการบริหารข้อมูล) File Server นี้จะต้องเปิดทิ้งไว้ห้ามปิดในระหว่างการใช้งานส่วนคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้งานทั่ว ๆ ไปเรียกว่า Work Station

ข้อดีของการต่อแบบ Client / Server

1. สามารถแชร์ข้อมูล เครื่องพิมพ์ ของแต่ละเครื่องได้
2. มีระบบ Security ที่ดีมาก
3. รับส่งข่าวสารในลักษณะของ Email ได้ดี
4. สามารถจัดสรรแบ่งปันการใช้ทรัพยากรได้จากจุดศูนย์กลาง

### 2.1.3 โครงสร้าง และ องค์ประกอบของเครือข่าย Internet

เครือข่าย Internet ย่อซึ่งถูกสร้างขึ้นโดยบริษัทผู้ให้บริการ Internet หรือ ISP ( Internet Service Provider ) และเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัยแห่งต่าง ๆ รวมทั้งเครือข่ายย่อยอื่น เช่น ระบบเครือข่ายหน่วยงาน หนึ่งในภาครัฐนั้น ได้ทำการการเชื่อมต่อกันโดยเครือข่ายขนส่งข้อมูลที่เรียกว่า Backbone Network หรือ Backbone เครือข่าย Backbone อาจดำเนินการโดยบริษัทหรือกลุ่มบริษัทผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต (ISP – operated backbone) หรือจัดตั้งขึ้นและดำเนินการโดยองค์กรร่วม (Consortium) เช่น ไทยสาร (Thaisam) เครือข่าย Backbone ส่วนใหญ่จะใช้สายส่งข้อมูลที่มีความเร็วสูง โดยมีองค์ประกอบหลัก ดังต่อไปนี้

1. บริษัทผู้ให้บริการ Internet (Internet Service Providers) เป็นบริษัทซึ่งเปิดให้บริการเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Internet) สำหรับองค์กรธุรกิจต่าง ๆ สถาบันการศึกษา บุคคลทั่วไป ฯลฯ โดยอาจมีขอบเขตให้บริการลูกค้าในเฉพาะเขตพื้นที่จำกัด เช่น ในระดับจังหวัดหรือภูมิภาคหรืออาจมีขอบเขตให้บริการครอบคลุมในระดับประเทศหรือระดับนานาชาติก็ได้ นอกจากนี้ให้บริการเชื่อมต่อกับเครือข่าย Internet แล้ว บริษัทผู้ให้บริการ Internet มักมีบริการ Internet อื่น ๆ เสริม เช่น ให้เช่า E-mail Box เพื่อใช้เก็บจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (e-Mail)

2. เครือข่าย Backbone ทำหน้าที่เชื่อมต่อเครือข่ายย่อย ๆ เข้าด้วยกัน เครือข่าย Backbone นี้ดำเนินการโดยบริษัทหรือ กลุ่มบริษัทผู้ให้บริการ Internet หรือ ISP – operated backbone หรือโดยองค์กรร่วม(Consortium) หรือบริษัทผู้ให้บริการโทรศัพท์นอกจากนี้เครือข่าย Backbone ยังมี ทั้งที่จัดตั้งขึ้นเพื่อการเชื่อมต่อภายในประเทศ เพื่อการเชื่อมต่อระหว่างประเทศและเพื่อให้บริการในระดับนานาชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 2.1.4 การทำงานของอินเทอร์เน็ต

ปัจจุบันมีผู้ใช้ Internet นับสิบล้านคนทั่วโลกและกำลังมีสมาชิกผู้ใช้เพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ ซึ่งแต่ละคนใช้คอมพิวเตอร์ต่างรุ่นต่างแบบกัน เมื่อเราต้องการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เหล่านี้เข้าด้วยกันจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการกลางเพื่อให้คอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องนั้นสามารถเข้าใจกันได้ ภาษากลางนี้มีชื่อเรียกทางเทคนิคว่า โพรโทคอล (Protocol) โพรโทคอลมาตรฐานที่ใช้ในการสื่อสารบน Internet มีชื่อเรียกว่า TCP/IP

เครื่องคอมพิวเตอร์บนเครือข่าย Internet สื่อสารระหว่างกันโดยใช้ Transmission Control Protocol (TCP) และ Internet Protocol (IP) รวมเรียกว่า TCP/IP ข้อมูลที่ส่งจะถูกแบ่งออกเป็น ส่วน ๆ เรียกว่า Packet แล้วทำหน้าที่ไปยังผู้รับด้วยการกำหนด IP Address เช่น สมมติเราส่ง e-mail ไปหาใครสักคน e-mail ของเราจะถูกแบ่งออกเป็น Packet ขนาดเล็ก ๆ หลาย ๆ Packet ซึ่งแต่ละ Packet จะทำหน้าที่ผู้รับเดียวกัน จากนั้น Packets เหล่านี้ก็จะวิ่งรวมไปกับ Packets ของคนอื่น ๆ ด้วย ทำให้ Packets ของเราอาจจะไม่ได้เรียงติดต่อกันในสายการเดินทางของข้อมูล Packets พวกนี้ก็จะวิ่งผ่าน ชุมทาง (Gateway) ต่าง ๆ โดยตัว Gateway (อาจเรียก Router) จะอ่านที่อยู่ที่อยู่หน้าที่ แล้วจะบอกทิศทางที่ไปปลายทางของแต่ละ Packet ว่าจะวิ่งไปในทิศทางไหนที่ว่างอยู่ Packet ก็จะไปวิ่งไปตามทิศทางนั้น เมื่อไปถึง Gateway ใหม่ก็จะถูกกำหนดเส้นทางให้วิ่งไปยัง Gateway ใหม่ที่อยู่ถัดไปจนกว่าจะถึงเครื่องปลายทาง เช่น เราติดต่อกับเครื่องในอเมริกาอาจจะต้องผ่าน Gateway ถึง ๑๐ แห่ง เมื่อ Packet วิ่งมาถึงปลายทางแล้วเครื่องปลายทางก็จะเอา Packets เหล่านั้นมาเก็บสะสม จนกว่าจะครบจึงจะเรียงต่อกับคืนให้เป็นข้อมูลสมบูรณ์แบบตามความเป็นจริง

การแบ่งข้อมูลที่ส่งเป็นส่วนย่อย ๆ สามารถช่วยป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในการติดต่อสื่อสารได้ เช่น ข้อมูลที่หายไปนั้นจะเป็นข้อมูลเพียงส่วนเล็ก ๆ เท่านั้นซึ่งคอมพิวเตอร์ปลายทางที่รอรับข้อมูลสามารถตรวจสอบได้ว่าข้อมูลส่วนใดที่หายไปและติดต่อให้แก่คอมพิวเตอร์ต้นทางส่งเฉพาะข้อมูลชิ้นที่หายไปเข้ามาใหม่ได้

1. SLIP/PPP : ช่วยในการสื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ในการส่งข้อมูลในระบบ Internet นั้น จำเป็นต้องส่งผ่านทั้งในระบบสายสัญญาณสายในระบบ LAN ( Local Area Network ) และระบบสายโทรศัพท์ประกอบกันดังนั้นเพื่อให้การสื่อสารเป็นไปได้อย่างราบรื่นจึงต้องมี Protocol เพิ่มเติมขึ้นอีก ได้แก่

1.1 SLIP : Serial Line Internet Protocol Protocol SLIP นี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้ TCP/IP สามารถสื่อสารผ่านสายโทรศัพท์เพื่อส่งถ่ายข้อมูลระหว่างระบบ LAN กับระบบ WAN ( Wide Area Network ) ได้ซึ่งก็ได้รับความนิยมและเป็นที่ใช้กันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะในระบบ UNIX ได้นำ Protocol นี้ติดตั้งไว้เป็นส่วนหนึ่งของระบบนั้นหมายความว่าทุกเครื่องที่ใช้ระบบ UNIX จะมีโปรโตคอล SLIP นี้อยู่ในตัวและสามารถใช้งานได้ทันที

1.2 PPP : Point-to-Point Protocol เนื่องจากต่อมาพบว่า Protocol SLIP ไม่สามารถเข้ากันกับ Protocol บางตัวที่ระบบ LAN นั้น ๆ ใช้อยู่เดิม จึงมีการพัฒนา Protocol ขึ้นมาใหม่ในชื่อ PPP เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ดังนั้น PPP สามารถใช้ร่วมกับ Protocol อื่นๆ ได้ดี อีกทั้งยังเพิ่มระบบการตรวจสอบข้อมูลการรักษาความปลอดภัยและการบีบอัดข้อมูล

1.3 IP Address : หมายเลขประจำเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องที่อยู่ในระบบ Internet จะต้องมีหมายเลขประจำเครื่องที่ไม่ซ้ำกันเลข เรียกว่ามี IP Address หรือ Internet Protocol Address เพื่อใช้เป็นเครื่องชี้เอกลักษณ์เมื่อมีการติดต่อสื่อสารภาษาสื่อสาร TCP/IP จะกำหนดหมายเลข IP Address ของเครื่องต้นทางและปลายทางกำกับ Packets ข้อมูลที่ถูกส่งผ่านเข้าไปในระบบเพื่อที่จะให้สามารถส่งไปยังที่หมายได้อย่างถูกต้องรวดเร็ว ดังนั้นหากเปรียบเทียบเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นบ้านแต่ละหลัง IP Address ก็คือบ้านเลขที่ของบ้านแต่ละหลังนั่นเอง IP Address ประกอบด้วยข้อมูลจำนวน 32 บิต โดยแยกออกเป็น 4 ส่วน ๆ ละ 8 บิต โดยแต่ละส่วนจะค้นด้วยเครื่องหมายจุดดังนี้

XXXX.XXXX.XXXX.XXXX

ข้อมูล 8 บิตของแต่ละส่วนจะสามารถแทนด้วยค่าตัวเลข 256 ค่า ( $2^8$ ) จาก 0 ถึง 255 และเนื่องจาก IP Address เป็นข้อมูลแบบ 32 บิต จึงสามารถให้ค่าตัวเลขที่แตกต่างกันได้ถึง  $2^{32}$  หรือเท่ากับ 4,294,967,296 หมายเลขทีเดียว

อนึ่งเพื่อให้ IP Address ของแต่ละเครื่องไม่ซ้ำกันจึงมีการจัดตั้งหน่วยงานที่จะดูแลจัดสรรและควบคุมการใช้ IP Address หน่วยงานนี้มีชื่อว่า InterNIC ( Internet Network Information Center ) ดังนั้นทุกเครื่องที่ต่อตรงเข้ากับระบบ Internet จะต้องทำการขอยืมเลข IP Address จากหน่วยงานนี้

อีเมล ( E-mail ) ย่อมาจากคำว่า Electronics Mail ซึ่งก็แปลเป็นไทยได้ว่า ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์นั่นเอง อีเมลเป็นสิ่งที่ส่งระหว่างผู้หนึ่ง ไปถึงผู้หนึ่งในเครือข่ายคอมพิวเตอร์โดยใช้เวลาเดินทางถึงผู้รับในเวลาไม่กี่นาทีซึ่งเร็วกว่าการส่งจดหมายแบบปกตินับพันนับหมื่นเท่าจึงน่าจะเป็นวิธีการสื่อสารที่แทนการส่งจดหมายได้อย่างดี จากสถิติของประเทศไทยพบว่าอีเมลมีผลทำให้การส่งไปรษณีย์ระหว่างประเทศลดลงถึง 50 % ภายในเวลา 5 ปีที่ผ่านมาคงพอจะเห็นอิทธิพลของอีเมลว่าน่าจะทดแทนการส่งจดหมายในอนาคตได้ไม่ยากนัก อีเมลไม่ใช่ส่งได้แค่ข้อความเท่านั้น แต่ยังส่งไฟล์ ( Attach File ) ไปได้ด้วยทำให้สามารถส่งภาพและเสียงไปพร้อมกับอีเมลได้แต่ทุก ๆ อย่างต้องอยู่ในรูปไฟล์ของคอมพิวเตอร์เท่านั้นเนื่องจากระบบอีเมลเป็นการส่งระหว่างคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่ง ไปยังคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่ง นอกจากนี้อีเมลยังสามารถจะส่งบนเครือข่าย

ภายในองค์กร (หรือที่นิยมเรียกกันว่า LAN ) หรือ จะส่งผ่าน Internet ก็ได้แต่อีเมลที่จะกล่าวถึงนี้เป็นอีเมลที่ส่งกันใน Internet ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมแพร่หลายอย่างมาก

E-mail Address เป็นข้อความสั้น ๆ ที่แสดงที่อยู่ของผู้รับจดหมายซึ่งจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1. ชื่อของผู้รับจดหมายซึ่งมักจะพบว่าส่วนนี้เป็นชื่อของผู้รับจดหมายหรือบางคน ก็ใช้เป็นนามสกุลหรือบางคนก็ชอบใช้เป็นชื่อเล่นหรือชื่อย่อ

2. เครื่องหมาย @ หรือนิยมเรียกว่า แอ็ด เนื่องจากเสียงอ่านจะไปพ้องเสียงกับคำว่า At ซึ่งแปลว่าที่เครื่องหมายนี้ใช้คั่นระหว่างชื่อผู้รับจดหมายกับที่อยู่

3. ที่อยู่ของผู้รับนั้นซึ่งมักจะเป็นส่วนหนึ่งของโดเมนเนมหรืออาจจะมีชื่ออื่น ๆ ปนมาด้วยก็ได้แล้วแต่ว่าผู้รับจะไปสมัครสมาชิกอีเมลไว้ที่ใดก็ได้ที่ผู้เขียนเป็นสมาชิกอีเมล

ประเภทของ E-mail สามารถแบ่งวิธีการใช้อีเมล ได้เป็น ๒ ระบบ

1. Webmail หมายถึง การเข้าสู่โฮมเพจที่ให้บริการอีเมลฟรีวิธีการนี้มีข้อดีคือ สามารถขออีเมลแอดเดรสจากโฮมเพจเหล่านั้นได้และเมื่อต้องการใช้อีเมลก็กลับไปยังโฮมเพจนั้นเพื่ออ่านและเขียนเมล ( Compose Mail ) ได้ง่าย ๆ การใช้อีเมลด้วยวิธีนี้ไม่ต้องติดตั้งโปรแกรมอะไรเพิ่มเพราะเราทำทุกอย่างผ่านโปรแกรมบราวเซอร์ดังนั้นถ้าคุณมีโปรแกรม Internet Explorer , Netscape Navigator หรือ Opera ก็สามารถใช้งานได้ทันทีการรับส่งอีเมลโดยผ่านโปรแกรมบราวเซอร์นั้นลำดับแรกจะต้องเข้าไปสมัครสมาชิกอีเมลที่ Website ที่ให้บริการจากนั้นแล้วจึงเข้าไปใช้งานซึ่งต้องทำในโปรแกรมบราวเซอร์ทุกอย่างที่เหมือนกับกรท่องเว็บธรรมดาแต่ก็สามารถรับส่งอีเมลได้ง่าย ๆ จึงสามารถใช้ Webmail ได้ทุกที่ที่มี WWW ไม่ว่าจะเป็นที่บ้าน ที่ทำงาน หรือ Internet Café ทั่วโลก โดยไม่ต้องปรับแต่งหรือติดตั้งอะไรลงในคอมพิวเตอร์เลย

2. POP Mail เป็นชื่อที่เรียกกันอย่างไม่เป็นทางการของระบบการรับส่งอีเมลแบบที่ไม่ต้องเชื่อมต่อ Internet อยู่ตลอดเวลาในการอ่านอีเมลและแต่งอีเมลจึงเป็นทางเลือกหนึ่งของการใช้อีเมลซึ่งมีข้อดีข้อเสียต่างจาก Webmail มากพอสมควรคือ จะต้องมีโปรแกรมที่ใช้ในการส่งอีเมล เช่น Outlook Express และ Eudora วิธีการนี้มีจุดเด่นตรงที่ไม่ต้องเชื่อมต่อ Internet ในขณะที่อ่านหรือแต่งจดหมาย เรียกวิธีการนี้ว่าการแต่งเมลแบบ Offline นอกจากนี้สามารถ Download จดหมายและเก็บจดหมายไว้ในเครื่องเพื่อที่จะอ่านสิ่งที่คุณต้องจัดเตรียมในการส่งอีเมลแบบนี้คือ E-mail Address และ Address ของ Server ที่ทำหน้าที่รับส่งอีเมลซึ่งอาจจะเป็นของ ISP หรืออาจจะเป็น Server ของ Webmail บางแห่งที่ให้บริการส่งเมลแบบนี้

**เครือข่ายเสมือนเฉพาะภายในองค์กร (Virtual Private Network: VPN)**

VPN ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงระหว่างเทอร์มินอลต่าง ๆ ภายในเครือข่ายขององค์กรที่ผ่านอินเทอร์เน็ตหรือเครือข่ายสาธารณะ โดยมีการสร้างช่องทางพิเศษสำหรับการสื่อสารภายในเครือข่ายขององค์กรได้เสมือนมีเครือข่ายส่วนตัวได้โดยจะไม่ต้องเช่าวงจรเฉพาะทำให้ประหยัดการเช่าวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉพาะลงได้เป็นอย่างมากและเครือข่ายยังมี Reliability สูง การประยุกต์ใช้งานประเภทนี้จึงเหมาะสำหรับองค์กรที่ต้องการเครือข่ายส่วนตัวที่มีความปลอดภัยของข้อมูลในระดับเทียบเท่าการใช้วงจรเช่าส่วนตัวโดยไม่ต้องเช่าวงจรเฉพาะ

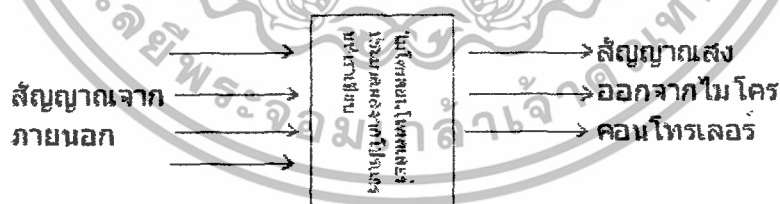
## 2.2 พื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

### 2.2.1 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สามารถทำงานตามเงื่อนไขต่าง ๆ ตามที่เราเขียนหรือตั้งโปรแกรมไว้โดยตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เอง สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ทันที (แล้วแต่เบอร์และคุณสมบัติของเบอร์นั้นๆ) เราจึงนำไมโครคอนโทรลเลอร์ไปประยุกต์ใช้ในงานการควบคุมต่าง ๆ มากมาย เช่น การควบคุมมอเตอร์ การควบคุมหลอดไฟ หรือการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์เป็นต้นแต่หลายคนคงเคยได้ยินคำว่าไมโครโปรเซสเซอร์หรือ โปรเซสเซอร์มาแล้ว แต่ไมโครโปรเซสเซอร์โดยทั่วไปจะทำหน้าที่ประมวลผลและทำงานเร็วมากแต่ไม่เหมาะนำมาทำงานในลักษณะการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ (สามารถทำได้แต่ต้องใช้อุปกรณ์รอบข้างเสริมค่อนข้างมากเช่น เบอร์ Z80 เป็นต้น) ดังนั้นในงานควบคุมขนาดเล็กที่เรามักนิยมใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ามาใช้งานมากกว่าด้วยสาเหตุ

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลายค่าหลายเบอร์ให้เลือกใช้งาน
2. ไมโครคอนโทรลเลอร์มีขนาดเล็ก และราคาถูก

ไมโครคอนโทรลเลอร์ปัจจุบันสามารถเขียนโปรแกรมได้หลายภาษา เช่น C เป็นต้น ทำให้เรียนรู้ได้เร็ว มีเครื่องมือสนับสนุนในการทำงานมากมาย



ภาพที่ 2.1 การส่งสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์

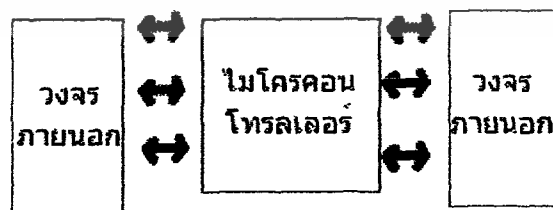
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.2 ส่วนประกอบภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์

ภายในตัวของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เองจะโครงสร้างต่าง ๆ ดังนี้ ส่วนประมวลผล (Processing unit) ทำหน้าที่คำนวณทางคณิตศาสตร์และการตัดสินใจแบบเงื่อนไข (Logic) ส่วนเก็บข้อมูล (Memory) ทำหน้าที่เก็บข้อมูลต่างๆซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น เก็บแบบชั่วคราว (RAM) จะเก็บได้เมื่อมีไฟเลี้ยงอยู่และเมื่อไม่มีไฟเลี้ยงข้อมูลจะสูญหายเก็บแบบถาวร (EPROM) จะใช้ในการเก็บ code เป็นส่วนใหญ่ที่ข้อมูลไม่หายเมื่อไม่มีไฟเลี้ยงส่วนเชื่อมต่อหรือ port ต่าง ๆ ซึ่งจะทำหน้าที่รับส่งสัญญาณให้กับอุปกรณ์ภายนอกได้ ในส่วนของการกำเนิดสัญญาณนาฬิกาโดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะสามารถทำงานได้เมื่อมีสัญญาณนาฬิกาส่วนมากนั้นเราจะใช้คริสตัล (X-TAL) มาเป็นตัวกำเนิดสัญญาณจากภายนอกก่อนส่งไปภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

## 2.2.3 การเรียนรู้การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์

การใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นเราไม่อาจจะนำเอาตัวไอซีชนิดนี้ไปใช้งานเดี่ยว ๆ ได้แต่มีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายนอกต้องร่วมด้วยเสมอ ดังนั้นการที่จะใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ดีนั้นจำเป็นต้องมีพื้นฐานของการใช้งานวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยเช่นเดียวกัน นอกจากความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์แล้วยังต้องมีความเข้าใจในลักษณะสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้น ๆ รวมทั้งการมีเครื่องมือในการทดลองและทดสอบการเขียนโปรแกรม ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ปัจจุบันนี้มีตัวคอมไพเลอร์ภาษาต่าง ๆ ให้เลือกใช้เช่น ภาษาแอสเซมบลี ภาษา C ภาษาเบสิก เป็นต้น ส่วนจะเลือกใช้ภาษาไหนก็แล้วแต่ตามใจชอบ ภาษาแอสเซมบลี เป็นภาษาที่มีความสามารถสูงแต่ใช้เวลาศึกษานานเป็นภาษาแรก ๆ ในการใช้งานสมัยก่อนหน้านี้ภาษาเบสิกเป็นภาษาที่เขียนได้ง่ายใช้เวลาเรียนรู้ได้เร็ว ภาษา ซี เช่นเดียวกับภาษาเบสิกคือเขียนง่ายมีความสามารถใกล้เคียงกับแอสเซมบลีและสามารถเรียนรู้ได้เร็ว เนื่องจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลายมีหลายตระกูลและหลายเบอร์แต่ละเบอร์ก็จะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปดังนั้นหากต้องการศึกษาเบอร์ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ใดสามารถศึกษาได้จาก datasheet ของเบอร์นั้น ๆ



ภาพที่ 2.2 การเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวที่มีข้อดีเมื่อเทียบกับไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 8 บิตตระกูลอื่นดังนี้

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

นอกจากนี้ MCS-51 ยังมีคุณสมบัติอื่น ๆ ที่น่าสนใจ คือ

1. ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์เพียงชุดเดียว
2. มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานอยู่ภายในชิพ
3. สามารถใช้หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิพได้อย่างละ 64 กิโลไบต์
4. มีคำสั่งคูณและหารเลขขนาด 8 บิตในตัวเอง
5. จัดลำดับความสำคัญของสัญญาณอินเทอร์รัปต์ได้ 2 ระดับ
6. รับและส่งข้อมูลอนุกรมได้ในตัวโดยสามารถกำหนดอัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูลได้ตั้งแต่ 300 ถึง 375 กิโลบิตต่อวินาที
7. สามารถประมวลผลแบบบูลีนเพื่อใช้ในงานควบคุมโดยเฉพาะ
8. มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้งานที่เป็นไทม์เมอร์หรือเคาเตอร์ เพื่อที่นับจำนวนสัญญาณนาฬิกาภายในชิพหรือนับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสัญญาณภายนอกขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว เพื่อใช้สำหรับนับจำนวนพัลส์ วัดความกว้างของพัลส์หรือใช้วัดช่วงเวลา
9. หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในบางส่วนสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทั้งระดับไบต์และระดับบิตเพื่อให้การออกแบบโปรแกรมและการควบคุมระบบงานทำได้ง่ายขึ้น

#### 2.2.4 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์

สัญญาณจากภายในที่จะต่อออกสู่ภายนอกทางขาของ 8051 ที่มีอยู่ 40 ขา ซึ่งมีการใช้งานต่าง ๆ ที่สำคัญดังนี้

1. VCC ขา 40 เป็นขาต้องป้อนไฟเลี้ยง +5 โวลต์ เข้าไปเพื่อให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้
2. VSS ขา 20 เป็นขาที่ต้องต่อกับกราวด์ของแหล่งจ่ายไฟ
3. RST ขา 9 ขา รีเซตนี้จะรีเซตการทำงานของ 8051 ถ้าป้อนสัญญาณที่มีสถานะลอจิก 1 ที่ขา นี้จะเป็นการรีเซตการทำงานกลับไปเริ่มทำงานจากคำสั่งที่อยู่ในหน่วยความจำตำแหน่ง 0000
4. PSEN ขา 29 ใช้ส่งสัญญาณเพื่ออ่านโปรแกรมซึ่งเก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกชิพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. XTAL1 ขา 19 ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นอินพุทเข้าสู่วงจรรอสซิงเลเตอร์

6. XTAL2 ขา 18 ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นเอาต์พุทออกจากวงจรรอสซิงเลเตอร์

เมื่อเริ่มจ่ายพลังงานจะต้องมีการรีเซ็ตก่อนเสมอการรีเซ็ตในขณะที่เริ่มจ่ายพลังงานจะกระทำโดยอัตโนมัติ โดยการทำงานของวงจรรีเซ็ตคือ เมื่อเริ่มจ่ายพลังงานให้แก่ MCS-51 จะทำให้ขา RTS มีสถานะเป็นหนึ่งในช่วงเวลาหนึ่งซึ่งขึ้นอยู่กับค่าตัวเก็บประจุ ความเร็วในการประจุ เพื่อให้แน่ใจว่ามีการรีเซ็ตเกิดขึ้นจริง ๆ ในช่วงเวลาเริ่มต้นให้ขา VCC จะต้องให้ขาเรเซ็ตมีสถานะเป็น 1 นานพอที่จะให้วงจรรอสซิงเลเตอร์เริ่มต้นทำงานร่วมกับช่วงเวลา 2 แมกซ์ไซเคิล ในช่วงเริ่มต้นให้ VCC แก่ MCS-51 (ช่วง power up) VCC ควรมีค่าตามที่กำหนดภายในเวลา 10 วินาที (rest time) โดยช่วงเวลาที่ออสซิลเลเตอร์เริ่มต้นทำงานจะขึ้นอยู่กับความถี่ของคริสตอลที่ใช้

### 2.2.5 พอร์ตอินพุท/เอาต์พุท

PORT 0 เป็นพอร์ตขนานขนาด 8 บิต อยู่ที่ขา 39 ถึง 32 เริ่มจากบิต 0 ถึง บิต 7 ตามลำดับ พอร์ต 0 นี้ยังใช้ได้ทั้งรับส่งตำแหน่งและข้อมูลกับหน่วยความจำหรือใช้รับส่งข้อมูลก็ได้ นอกจากนี้ยังใช้งานได้หลายอย่าง ดังนี้

1. ใช้สำหรับส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำที่ต้องการจะติดต่อกับ โดย 8 บิต ล่างถูกส่งไปที่ พอร์ต 0 และ 8 บิตบนถูกส่งออกจากพอร์ต 2
2. ใช้รับส่งข้อมูลกับ Data memory หรือใช้รับข้อมูลจาก Program Memory
3. ใช้รับส่งข้อมูลออกจากพอร์ตโดยตรง

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

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

1. ใช้ส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอกที่ต้องการติดต่อทำงานร่วมกับพอร์ต 0
2. ใช้เป็นพอร์ตรับส่งข้อมูลภายนอก

PORT 3 เป็นพอร์ตขนานขนาด 8 บิต อยู่ที่ขา 10 ถึง 17 เริ่มจากบิต 0 ถึงบิต 7 ตามลำดับ นอกจากนี้ใช้งานเหมือนพอร์ตอื่นๆแล้วยังใช้งานอื่น โดยใช้คำสั่งควบคุม ดังนี้

- P3.0 (RxD) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม
- P3.1 (TxD) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม
- P3.2 (INT0) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก
- P3.3 (INT1) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายใน
- P3.4 (TO) ใช้เป็นขาจับสัญญาณให้เคาเตอร์ของไทม์เมอร์ 0
- P3.5 (TI) ใช้เป็นขาจับสัญญาณให้เคาเตอร์ของไทม์เมอร์ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P3.6 (WR) ใช้เป็นขาสัญญาควบคุมการเขียนข้อมูลยังหน่วยความจำ สำหรับข้อมูล

ภายนอก

P3.7 (RD) ใช้เป็นขาสัญญาควบคุมการอ่านข้อมูลยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก

## 2.2.6 รีจิสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไปใน MCS-51

รีจิสเตอร์ A, B และรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ซึ่งอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิพบริเวณ 128 ไบต์แรก รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0 - R7 ใน MCS - 51 มีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 4 กลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มประกอบด้วย รีจิสเตอร์จำนวน 8 ตัว ( R0-R7) ซึ่งมีชื่อเรียกเหมือนกัน ดังนั้นรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ใน MCS-51

จึงมีทั้งหมด 32 ตัว ในการทำงานขณะใด ๆ รีจิสเตอร์ทั้ง 4 กลุ่ม ( R0-R7) จะถูกเลือกใช้งานเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น การเลือกใช้งานรีจิสเตอร์ R0-R7 กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งใน 4 กลุ่ม กระทำโดยการเซตหรือเคลียร์บิต RS0,RS1 ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PSW

## 2.2.7 ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล 8051 ซึ่งจะมีรีจิสเตอร์พิเศษที่สามารถเลือกใช้งานเป็น ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์อย่างใดอย่างหนึ่ง รีจิสเตอร์ประเภทนี้มีอยู่ด้วยกัน 2 ตัว แต่ละตัวขนาด 16 บิต เรียก ไทม์เมอร์ 0 และ ไทม์เมอร์ 1 ตามลำดับ ไทม์เมอร์นั้นค่าในรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็น ไทม์เมอร์ที่ถูกเลือกใช้งานจะถูกเพิ่มขึ้นทุกแมกซ์ซินไซเคิล

เคาน์เตอร์นั้นค่าในรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นเคาน์เตอร์ที่ถูกเลือกใช้งานจะถูกเพิ่มค่าทีละ 1 เมื่อมีการเปลี่ยนสถานะ

### 2.2.7.1 ไทม์เมอร์ 0 และ ไทม์เมอร์ 1

จะสามารถเลือกทำงานให้เป็น ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ได้โดยการกำหนดให้ค่าบิตในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (ไทม์เมอร์ 0 ใช้บิต 2 ส่วน ไทม์เมอร์ 1 ใช้บิต 6) โดยหากบิตนี้มีค่าเป็น 0 หมายถึงเลือกใช้งานเป็น ไทม์เมอร์ถ้าบิตนี้มีค่าเป็น 1 หมายถึงเลือกใช้งานเป็นเคาน์เตอร์นอกจากจะเลือกการทำงานของรีจิสเตอร์ให้ ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ได้แล้วในแต่ละการทำงานยังมีการทำงานย่อยอยู่อีก 4 แบบ ตามความเหมาะสมของการทำงาน

โหมด 0 จะใช้รีจิสเตอร์ที่มีขนาด 8 บิต เป็นตัวนับโดยจะมีการกำหนดค่าครั้งละ 1 ทุกครั้งนับสัญญาณ ได้ครบ 32 ครั้ง โดยใน โหมดนี้มีรีจิสเตอร์ที่ใช้นับเพียง 13 บิต (8บิตในรีจิสเตอร์ TLx รวมกับ 5 บิตใน THx )

โหมด 1 การทำงานเหมือนโหมด 0 เว้นแต่ค่าในรีจิสเตอร์ถูกใช้งานครบทั้ง 16 บิตนั่นเอง คือ ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ในโหมดนี้มีขนาด 16 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

โหมด 3 ในโหมดไทม์เมอร์ 1 จะไม่มีการนับแต่ไทม์เมอร์จะบังคับให้รีจิสเตอร์ TLO ของไทม์เมอร์ 0 ถูกใช้เป็นไทม์เมอร์ เพียงอย่างเดียว การทำงานโหมด 3 มีไว้เพื่อใช้งานที่ต้องการไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ขนาด 8 บิต

### 2.2.8 การอินเตอร์รัปต์

คือ การขัดจังหวะโปรแกรมชั่วคราวแล้วมาทำโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ (Interrupt Service Routine : ISR ) อินเตอร์รัปต์ของ MCS-51 ได้มาจาก 8 แหล่ง แต่มีเพียง 6 เวกเตอร์ ( TI และ RI ใช้ตำแหน่งเดียวกัน) ตำแหน่งของอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์

พอร์ทสื่อสารอนุกรมของ MCS-51 สามารถโปรแกรมการทำงานได้หลายโหมดด้วยกัน โดยเลือกที่บิต SM1 และ SM0 ซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์ควบคุม (SCON) การทำงานทั้งสี่โหมดของพอร์ทสื่อสารอนุกรม มีดังนี้

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

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

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

โหมด 3 พอร์ทสื่อสารอนุกรม 11 บิต UART โดยส่งข้อมูล 9 บิต 1 บิตเริ่มต้น และ 1 บิตหยุดอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลที่ไทม์เมอร์ 1,2 และ SMOD

### 2.2.9 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพอร์ทอนุกรม

โดยการเคลื่อนที่ย้ายข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ต่อพ่วงภายนอกหรือคอมพิวเตอร์ด้วยกัน มีด้วยกัน 2 รูปแบบคือ รับส่งข้อมูลแบบขนานและรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม การรับส่งข้อมูลแบบขนานเป็นการรับส่งข้อมูลคราวละ 4 หรือ 8 บิต ในเวลาเดียวกันทำให้การรับส่งข้อมูลมีความเร็วสูง ทว่าจำนวนของรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการถ่ายทอดข้อมูล จะต้องมีมากเท่ากับจำนวนบิตของข้อมูลที่จะทำการถ่ายทอดด้วย นอกจากนี้ยังมีสายที่ใช้สำหรับควบคุมและตรวจสอบการรับส่งข้อมูลด้วย ซึ่งอาจต้องใช้สายมากเป็นสองเท่าของจำนวนบิตของข้อมูลได้ ส่งผลให้ราคาของสายที่ใช้ในการเชื่อมต่อแบบขนานมักมีราคาแพง โดยอีกข้อจำกัดหนึ่งของการถ่ายทอดข้อมูลแบบขนานคือ

ระยะทางในการถ่ายทอดข้อมูล โดยปกติจะอยู่ที่ประมาณ 10-15 ฟุตในขณะที่การรับส่งข้อมูลแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุกรมจะเป็นการรับส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต โดยมีรูปแบบการรับเป็นมาตรฐานต้องมีการตรวจสอบความพร้อมการรับส่งข้อมูลของตัวรับและตัวส่งการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะมีข้อดีในเรื่องของจำนวนสายสัญญาณที่น้อยมากและไม่แปรผันตามจำนวนบิตของข้อมูลระยะทางรับส่งสูงกว่าแบบขนานมาก โดยปกติถ้าเป็นพอร์ทอนุกรมแบบ RS-323 จะสามารถต่อสายได้ยาว 50 ฟุตโดยประมาณ

### 2.2.9.1 การสื่อสารแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ การสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส และการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส การสื่อสารแบบซิงโครนัสจะมีสัญญาณนาฬิกาพร้อมอยู่กับการรับและส่งสัญญาณด้วย ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสก็คือคีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ซึ่งสายเส้นหนึ่งจะเป็นสายของสัญญาณนาฬิกา ส่วนสายอีกเส้นจะเป็นสายของข้อมูล ดังนั้นการติดต่อกันแบบซิงโครนัสนี้จะต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้นคือ สัญญาณนาฬิกา มีข้อมูลและกราวด์

### 2.2.9.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

ในการสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั้นคือ การรับส่งข้อมูลโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกาพร้อมด้วย แต่จะใช้การกำหนดค่าอัตราเร็วในการรับข้อมูลและส่งข้อมูลให้มีค่าเท่ากันซึ่งเรียกอัตราเร็วนี้ว่า อัตราเร็วบอดหรือบอดเรต (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) มีขนาด 1 บิตหรือ ไม่มี
4. บิตปิดท้ายหรือบิตหยุด (Stop bit) มีขนาด 1,1.5 หรือ 2 บิต

รูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัสคือเมื่อไม่มีการส่งข้อมูล ขา DATA จะมีสถานะลอจิก "1" เรียกสถานะนี้ว่า สถานะรอหยุด (waiting stage) การเริ่มต้นการส่งข้อมูลจะเริ่มจากการ ให้ขา DATA มีลอจิก "0" ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต เรียก 1 บิตนี้ว่าบิตเริ่มต้น (start bit) จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไปเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุดหรือบิต LSB ก่อนซึ่งข้อมูลที่ส่งออกไปจะถูกส่งออกมีจำนวน 5,6,7 หรือ 8 บิตก็ได้ จากนั้นตามด้วยบิตพาริตี (parity bit) ซึ่งใช้ในการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล

อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสหรืออัตราบอดหรือบอดเรตที่ใช้สำหรับพอร์ทอนุกรม RS-232 มีด้วยกันหลายค่า ได้แก่ 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 และ 19200 บิตต่อวินาที โดยมีค่าเพิ่มขึ้นตามเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เนื่องจากบอดเรต คือค่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของจำนวนบิตที่สามารถส่งได้ใน 1 วินาที สมมติว่าข้อมูลอนุกรมมีขนาด 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบ พาริตีมีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต ความยาวข้อมูล 1 ไบต์จะมีความยาวเท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9600 บิตต่อวินาที ก็สามารถรับส่งข้อมูล ได้ด้วยความเร็ว

การตรวจสอบพาริตีสามารถกำหนดให้เป็นแบบคี่ (Odd) แบบคู่ (Even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตีก็ได้ พาริตีคี่หรือพาริตีคู่แสดงถึงจำนวนลอจิก “1” ทั้งหมดภายในที่ส่งไป 1 ไบต์ รวมบิตพาริตีว่าจำนวนเลขคู่หรือเลขคี่ ยกตัวอย่างข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 8 บิต มีค่าเท่ากับ 99H หรือ 10011001B จะเห็นว่าข้อมูลในไบต์นี้มีจำนวนลอจิก “1” จำนวน 4 ตัวซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้น ถ้ากำหนดค่าพาริตีเป็นคู่ค่าของพาริตีจะต้องมีลอจิกเป็น “0” แต่ถ้ากำหนดพาริตีเป็นคี่ ค่าของพาริตีจะต้องเป็น “1” เพื่อให้ข้อมูล 1 ไบต์รวมทั้งพาริตีเป็นคี่

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

### 2.2.9.3 มาตรฐานเทอร์มินัลอนุกรมแบบ RS-232

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232 นี้ได้เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยมาตรฐาน RS-232 ในอดีตนั้น ถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจาก โมเด็มนี้ส่งผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดซึ่งอยู่ห่างไกลกัน 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 นี้ได้ถูกใช้ในการกำหนดรูปแบบการสื่อสารข้อมูลกันระหว่าง อุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data terminal: DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data Circuit Terminating: DCE) อุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่ประมวลผลในตัว เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือ ไมโครคอมพิวเตอร์ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลแบบอนุกรมได้ส่วนอุปกรณ์ DCE นั้น ทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น

โดยข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE อย่างหนึ่งที่จะเห็นได้ชัดก็คือ คอนเน็กเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็กเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมียซึ่งพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเน็กเตอร์ที่อยู่โมเด็มจะเป็นแบบ DCE สำหรับการใช้งานในคอมพิวเตอร์พอร์ทอนุกรม RS-232 ถูกใช้เพื่อเชื่อมกับ โมเด็ม, เมาส์ และ เครื่องพิมพ์ที่สามารถติดต่อทางพอร์ทอนุกรมได้

#### 2.2.9.4 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ท RS-232 และการเชื่อมต่อ

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 จะใช้คอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 ตัวผู้ หรือ DB-9 ตัวผู้ซึ่งคอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อการใช้งาน เพียง 9 เส้นเช่นเดียวกับคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่น ๆ ที่เคยมีการใช้งานมาในอดีตแต่ไม่ค่อยมีความสำคัญมากนักจึงถูกยกเลิกไป

ขา Data Carrier Detect: DCD หรืออาจเรียกว่า Carrier Detect: CD ขานี้จะ แอกติฟเมื่อมีการส่งสัญญาณพาร์จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เช่น โมเด็มสำหรับการใช้งานปกติ ขานี้ จะไม่ได้ถูกใช้งานมากนัก

ขา Receive Data: RD หรือ RxD ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายัง คอมพิวเตอร์โดยจะนำข้อมูลที่อ่านไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์

ขา Transmitted: TD หรือ TxD ขานี้ใช้เพื่อส่งข้อมูลอนุกรมออกจากคอมพิวเตอร์ โดยการนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลออกไป

ขา Data Terminal Read DTR เป็นขาเอาต์พุตที่ใช้สำหรับส่งสัญญาณออกจาก คอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่าการติดต่อกับอุปกรณ์ปลายทาง โดยขา DTR นี้ จะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของอุปกรณ์ปลายทาง และขา DTR ของอุปกรณ์ปลายทางจะต้อง เชื่อมต่อกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์และถ้าใช้การเชื่อมต่อแบบ 3 สาย ต้องเชื่อมต่อกับขา DTR และ DSR ของพอร์ทอนุกรมเข้าด้วยกัน และจะต้องต่อเชื่อมต่อกับขา DCD ด้วยในกรณีที่โปรแกรม ของสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณพาร์

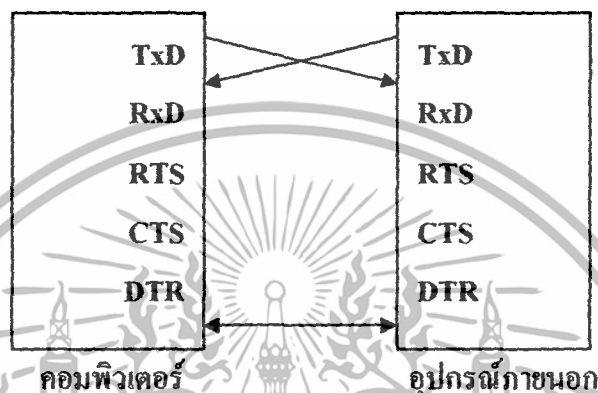
ขา Signal Ground: GND เป็นขากาวด์ของสัญญาณ

ขา Data Set Read: DSR ขานี้จะใช้ควบคุม DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกัน ระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งขา DSR นี้จะเป็นขาสำหรับข้อมูลจากภายนอก

ขา Request To Send: RST เป็นขาเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้กับ อุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลมาให้กับคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS ก็คือ ขาCTS ซึ่งใน กรณีที่มีการเชื่อมต่อแบบ 3 สายจะต้องเชื่อมต่อกับขา RTS และ CTS เข้าด้วยกันนั้น เพื่อให้การ รับส่งข้อมูลเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา

ขา Clear To send: CTS เป็นขาอินพุททำหน้าที่รอรับสัญญาณที่ส่งเข้ามา เมื่อมีการส่งสัญญาณเข้ามาที่ขานี้ ข้อมูลที่ขา TxD จะถูกส่งออกไป ขานี้ใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่รับข้อมูลแล้วหรือยัง

ขา Ring Indicator: RI ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์ปกติในการสื่อสาร โดยทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็มแล้วยังมีความต้องการตรวจสอบสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์



ภาพที่ 2.3 การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ RS-232 โดยใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น

สำหรับการเชื่อมต่อสายระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกแสดงดังรูป คือ การเชื่อมต่อโดยใช้สายสัญญาณน้อยที่สุดเพียง 3 เส้น โดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูล อีกเส้นหนึ่งสำหรับรับข้อมูลและอีกเส้นเป็นกราวด์

#### 2.2.9.5 UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)

UART มาจากคำว่า Universal Asynchronous Receiver Transmitter ซึ่งหมายถึง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั่นเองสำหรับการสื่อสารอนุกรมบนคอมพิวเตอร์แล้ว UART ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการสื่อสารอนุกรม

หน้าที่หลักของ UART นั่นคือแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากซีพียูให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัส แล้วทำการส่งออกไป และได้ทำการแปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามาซึ่ง UART ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าซีพียูซึ่งนอกจาก UART จะส่งข้อมูลไปยังซีพียูแล้ว ยังแจ้งรายละเอียดอื่น ๆ ของข้อมูลให้คอมพิวเตอร์ทราบอีกด้วย อาทิ อัตราเร็วในการรับ - ส่งข้อมูล หรือบอกระยะ, รูปแบบการส่งข้อมูล, ความผิดพลาดที่เกิดระหว่างการส่งข้อมูล เช่น ผิดพลาดจากพาริตี, เฟรมข้อมูล, โอเวอร์รัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายใน UART จะมีวงจรสร้างบอดเรตโปรแกรมได้ (Programmable Baudrate Generator) โดยกำหนดค่าหารให้กับสัญญาณนาฬิกาของ UART โดยตัวหารนี้มีขนาด 16 บิต ดังนั้นจะสามารถกำหนดตัวหารอยู่ในช่วง 1 – 65,535

## 2.3 สเต็ปมอเตอร์

### 2.3.1 การทำงานของสเต็ปมอเตอร์

สเต็ปมอเตอร์มีความแตกต่างจากมอเตอร์ทั่ว ๆ ไป โดยเมื่อป้อนกำลังไฟฟ้าให้กับมันจะหมุนเพียงเล็กน้อยตามเส้นรอบวงและหยุดในขณะที่มอเตอร์ทั่ว ๆ ไป จะหมุนทันทีและตลอดเวลา คราวเท่าที่ยังมีพลังงานจะจ่ายให้แก่ตัวมอเตอร์สเต็ปมอเตอร์สามารถกำหนดตำแหน่งของการหมุนได้อย่างละเอียดและจัดเก็บตัวเลขข้อมูลของการหมุนเหล่านั้นไว้

สเต็ปมอเตอร์สามารถใช้งานในระบบเปิด (Open system) นั่นคือ สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องมีการป้อนกลับ แต่ในการกำหนดตำแหน่งให้ถูกต้องจำเป็นต้องมีการป้อนกลับข้อมูลกลับไปยังระบบควบคุมให้รับรู้เพื่อตรวจสอบว่าตำแหน่งถูกต้องหรือผิดพลาด โดยปกติในวงจรในวงจรควบคุมจะมีการกำหนดจุดอ้างอิงไว้ด้วยเพื่อให้การทำงานไม่ผิดพลาด ตัวอย่าง เช่น ถ้าเริ่มจ่ายไฟฟ้าให้กับฟลอปปีดิสก์ไดรฟ์ก็จะได้ยินเสียงของมอเตอร์ที่กำลังเคลื่อนที่เพื่อจะหาจุดอ้างอิงที่กำหนด หลังจากนั้นวงจรไดรฟ์คอนโทรลเลอร์จะเริ่มทำงานได้ โดยมันจะทราบถึงทุก ๆ สเต็ปที่มันทำการขับเคลื่อนหัวอ่านเขียนไปยังแต่ละแทร็กบนดิสก์ เช่นเดียวกับมอเตอร์ทั่วไป การที่จะทำให้เกิดการหมุนของโรเตอร์ (rotor) ได้มันจะต้องมีการกระทำของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นระหว่างโรเตอร์และสเตเตอร์ (stator) : ซึ่งขึ้นอยู่กับการจัดวางขั้วแม่เหล็ก (pole) การหมุนทำได้ต่อเนื่องและกลับทิศทางไปมาโดยกระบวนการทางไฟฟ้าสถิต, การจัดวางแปรงถ่าน, การจัดแยกคอมมิวเตเตอร์ และจะทำการสวิตซ์พลังงานไฟฟ้าซึ่งเพื่อให้เกิดแรงดึงดูดของแม่เหล็กที่ขั้วแม่เหล็กสร้างและหยุดสลับกัน ผลก็คือ เกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นบนสเตเตอร์ โดยต้องการจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ละคู่ของขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้ามไปตลอดเวลา และเมื่อต้องการให้หยุดหมุนทำได้โดยหยุดการเกิดขั้วแม่เหล็กที่จุดหนึ่ง โดยการที่จะหยุดการสวิตซ์ในลำดับต่อไปเสียการหมุนกลับทิศทางก็ทำได้ เช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว เพียงแต่ทำการสวิตซ์กำลังไฟฟ้าให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนในทิศทางที่กลับกันหรือกลับลำดับการสวิตซ์ของมัน โครงสร้างของขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ ประกอบขึ้นจากแผ่นเหล็กวงแหวนที่มีซี่ยื่นออกมา โดยแต่ละซี่เหล่านั้นจะมีขั้วแม่เหล็กอยู่คั่นกันเมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าผ่านขั้วแม่เหล็กจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นด้านตรงข้ามแต่ละขั้วแม่เหล็กจะได้รับกระแสไฟฟ้าในเวลาเดียวกันแล้วจะไหลวนในทิศทางตรงกันข้ามที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในทิศทางตรงกันข้ามขึ้น ดังนั้น ถ้าเพิ่มจำนวนของขั้วแม่เหล็ก มากขึ้นจะเป็นการเพิ่มจำนวนของสเต็ปต่อรอบมากขึ้นตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามก็ยังสามารถเพิ่มจำนวนของสเต็ปได้อีกวิธีหนึ่งโดยไม่ต้องทำการปรับเปลี่ยนโครงสร้างภายใน โดยทำการจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังขั้วแม่เหล็ก 2 ขั้วที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะทำให้โรเตอร์อยู่ที่ระหว่างกลางของ 2 ขั้วแม่เหล็กนั้นหรือเคลื่อนที่ไปครึ่งสเต็ปเท่านั้นและวิธีการนี้ยังช่วยให้เกิดแรงบิดมากขึ้นด้วย

สเต็ปมอเตอร์โดยทั่วไปมีจำนวนของขั้วแม่เหล็กหรือจำนวนสเต็ปต่อรอบเป็นจำนวนมาก ปกติอยู่ที่ประมาณ 100-400 สเต็ปต่อรอบ การมีจำนวนสเต็ปมาก ๆ นี้ไม่ได้เพิ่มที่จำนวนขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าที่สเตเตอร์แต่ทำโดยการเพิ่มจำนวนขั้วแม่เหล็กที่โรเตอร์ จำนวนสเต็ปต่อรอบทั้งหมดจะ ได้จากการคูณจำนวนขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์และจำนวนขั้วที่โรเตอร์เช่น ถ้ามีขั้วแม่เหล็ก 3 ขั้วบนสเตเตอร์ และ 8 ขั้วแม่เหล็กบนโรเตอร์สเต็ปมอเตอร์ตัวนี้จะ ได้มีการทำงานที่ 24 สเต็ปต่อรอบหรือหมุนเป็นมุมเท่ากับ  $360/24 = 15$  องศาต่อสเต็ป

### 2.3.2 การควบคุม Stepping Motor แบบ 4 เฟส

ในการควบคุมการทำงานของ Stepping Motor สามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 รูปแบบ คือ

1. ควบคุมแบบ Full Step 1 เฟส หรือแบบเวฟ (wave)
2. ควบคุมแบบ Full Step 2 เฟส หรือแบบ 2 เฟส
3. ควบคุมแบบ Half Step หรือแบบครึ่งสเต็ป

#### 2.3.2.1 ควบคุมแบบ Full Step 1 เฟส หรือแบบเวฟ (wave)

ในการควบคุมการหมุนของ Stepping แบบ 4 เฟสนั้นเราจะต้องกระตุ้นให้มอเตอร์หมุนไปแต่ละ Step โดยจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับ Stepping ทีละเฟสตามลำดับ หลักการคือเริ่มจากจ่ายกระแสให้กับขดลวด Stator เฟสที่ 1 จากนั้นกระตุ้นเฟสที่ 2 และ เฟสที่ 3 ไปเรื่อย ๆ ตามลำดับ จากนั้นก็วนกลับมาที่ขดลวด Stator เฟสที่ 1 อีกครั้งและวน Loop ไปเรื่อยๆ ก็จะทำให้ Stepping Motor หมุนและในทางกลับกันถ้าต้องการให้ Stepping Motor หมุนกลับทางก็ต้องการกระตุ้นขดลวด Stator เฟส 4 เฟส 3 เฟส 2 และ เฟส 1 ตามลำดับได้โดยสามารถเขียนขั้นตอนของการทำงานเป็นตารางออกมาได้ ดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงการทำงานของสเต็ปมอเตอร์แบบ Full Step 1 เฟส หรือแบบเวฟ (wave)

Step	เฟส 1	เฟส 2	เฟส 3	เฟส 4
Step 1	ON	OFF	OFF	OFF
Step 2	OFF	ON	OFF	OFF
Step 3	OFF	OFF	ON	OFF
Step 4	OFF	OFF	OFF	ON
Step 5	ย้อนกลับ Step ที่ 1			
.....	.....			

### 2.3.2.2 ควบคุมแบบ Full Step 2 เฟส หรือแบบ 2 เฟส

ในการควบคุม Stepping Motor แบบ 2 เฟสนั้นเราจะต้องจ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อกระตุ้นขดลวดของมอเตอร์ทีละ 2 เฟสในเวลาเดียวกันและเรียงกันไปตามลำดับซึ่งได้แสดงดังตารางด้านล่างโดย Stepping Motor จะหมุนเหมือนกับการควบคุมแบบเวฟแต่ในการควบคุมแบบ 2 เฟสจะให้แรงบิดที่สูงกว่าแบบเวฟ

ตารางที่ 2.2 แสดงการทำงานของสเต็ปมอเตอร์แบบ Full Step 2 เฟส หรือแบบ 2 เฟส

Step	เฟส 1	เฟส 2	เฟส 3	เฟส 4
Step 1	ON	ON	OFF	OFF
Step 2	OFF	ON	ON	OFF
Step 3	OFF	OFF	ON	ON
Step 4	ON	OFF	OFF	ON
Step 5	ย้อนกลับ Step ที่ 1			
.....	.....			

### 2.3.2.3 ควบคุมแบบ Half Step หรือแบบครึ่งสเต็ป

การควบคุม Stepping Motor แบบครึ่งสเต็ปจะทำให้เราสามารถเพิ่มความละเอียดในการควบคุมการหมุนของ Stepping Motor ได้แม่นยำมากขึ้นซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่างการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมแบบเวฟและแบบ Full Step 2 เฟสเข้าด้วยกัน ลักษณะการจ่ายกระแสไฟเพื่อกระตุ้นขดลวด จะแสดงดังตารางด้านล่าง

ตารางที่ 2.3 แสดงการทำงานของสเต็ปมอเตอร์แบบ Half Step หรือแบบครึ่งสเต็ป

Step	เฟส 1	เฟส 2	เฟส 3	เฟส 4
Step 1	ON	ON	OFF	OFF
Step 2	ON	ON	OFF	OFF
Step 3	OFF	ON	OFF	OFF
Step 4	OFF	ON	ON	OFF
Step 5	OFF	OFF	ON	OFF
Step 6	OFF	OFF	ON	ON
Step 7	OFF	OFF	OFF	ON
Step 8	ON	OFF	OFF	ON
Step 9	ย้อนกลับ Step ที่ 1			

## 2.4 วิชาวลเบสิก

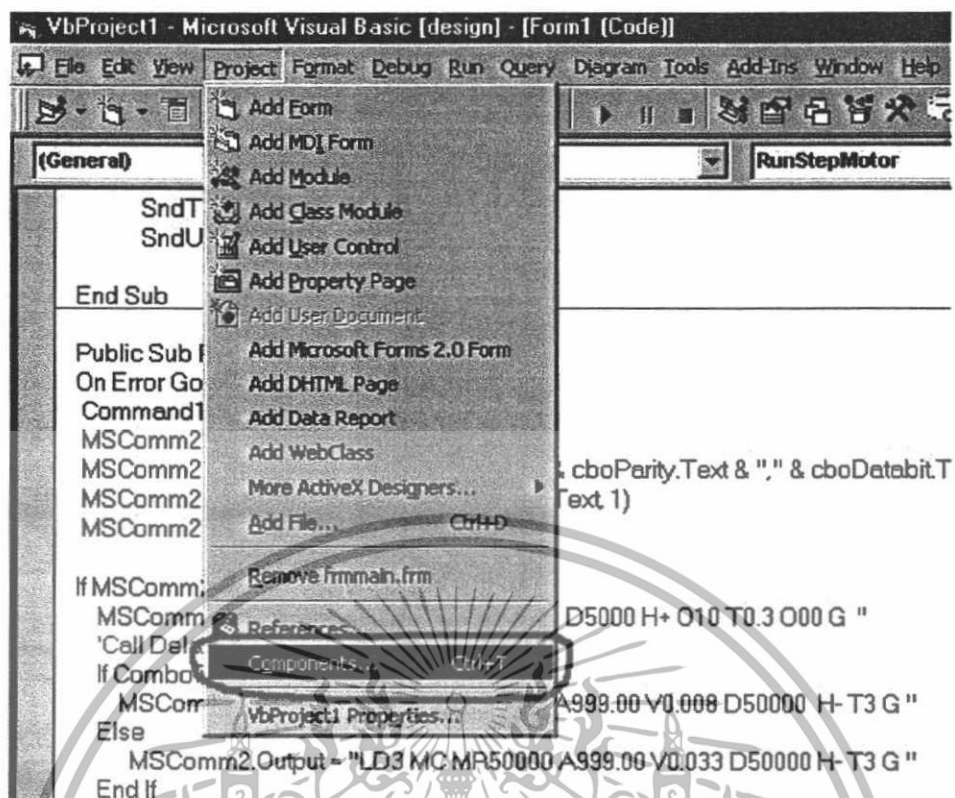
### 2.4.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวิชาวลเบสิก

วิชาวลเบสิก (Visual Basic) หรือ VB เป็นภาษาโปรแกรมแบบ GUI สร้างโดยบริษัท ไมโครซอฟท์ ภาษานี้เป็นหนึ่งในภาษาโปรแกรมยอดนิยมโดยพัฒนามาจากภาษาเบสิกและยังได้พัฒนาต่อเป็นภาษาVB.NET อีกด้วย วิชาวลเบสิกสนับสนุน Rapid Application Development (RAD) ทั้งด้านการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์แบบ graphical user interface (GUI), การเข้าถึงฐานข้อมูลซึ่งโดยการเชื่อมต่อแบบ DAO, RDO, หรือ ADO, และการสร้าง ActiveX control จุดเด่นอีกอย่างหนึ่งของวิชาวลเบสิกคือนักเขียนโปรแกรมสามารถนำโปรแกรมประยุกต์หลาย ๆ โปรแกรมมารวมกันในโปรแกรมเดียว และยังสามารถประยุกต์ใช้คอมโพเนนต์ของวิชาวลเบสิกที่มีเตรียมไว้ให้แล้วได้ อีกด้วย

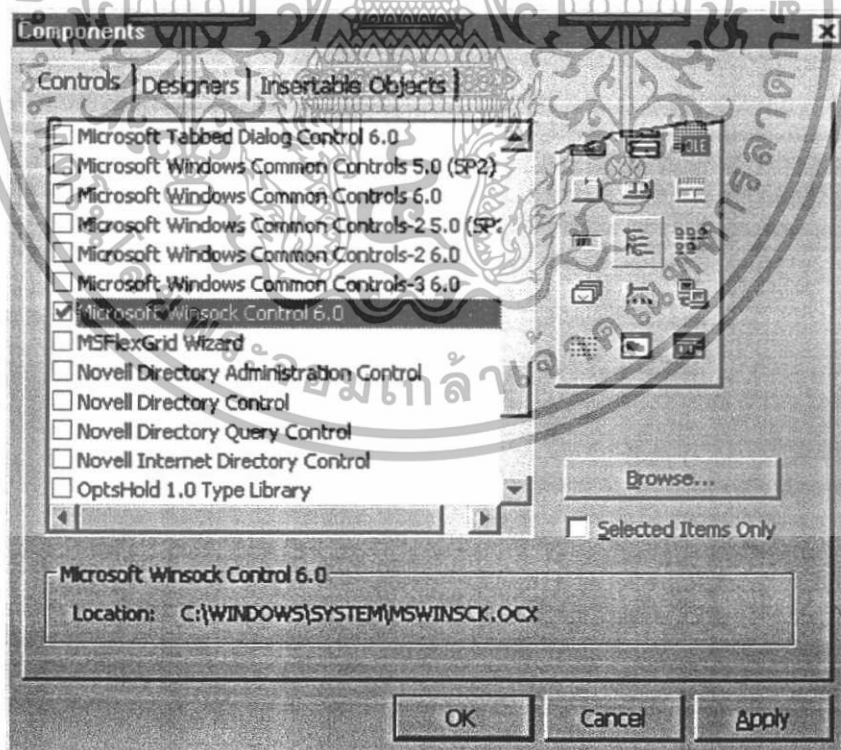
### 2.4.2 MS Winsock Control 6

MS Winsock Control 6 เป็นเครื่องมือที่อำนวยความสะดวกสำหรับการเขียนโปรแกรมติดต่อกับระบบเครือข่าย โดยไปโอดคอลล TCP/IP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 การเลือก MS Winsock Control 6



ภาพที่ 2.5 การเลือกใช้ Winsock Control 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 การกำหนดค่า Winsock Control

2.4.3 Winsock Procedure

ในส่วนของ Windows Code Object --> Winsock มี Procedure สำหรับกระทำการติดต่อสื่อสารทั้งทางฝ่าย Server และ Client มีค่าดัง ดังนี้

Close คือ เหตุการณ์เมื่อมีหยุดหรือยกเลิกการติดต่อสื่อสารของฝ่าย Server หรือ Client โดย Function Winsock.Close ซึ่งจะเราสามารถจะใช้ตรวจสอบฝ่ายตรงข้ามที่มีการติดต่ออยู่หรือไม่ โดยอาจจะใส่ Message เตือนเป็นต้น

Connect เป็นเหตุการณ์ที่ฝ่าย Client มีการส่งสัญญาณติดต่อกับมายัง Sever ส่งผลให้ Procedure นี้ของฝ่าย Server ก็เลยทำงานขึ้นมาเหมือนเดิมเราสามารถนำ Code Message ไปใส่เพื่อตรวจสอบได้เช่นกัน

ConnectionRequest เป็นเหตุการณ์เมื่อฝ่าย Client ส่งสัญญาณติดต่อกับมายัง Server Procedure ส่วนนี้ก็จะทำงานพร้อมกับค่า requestID As Long ซึ่งเป็นหมายที่ Gen ขึ้นมาในระบบค่านั้นจะไม่เหมือนเดิม โดยจะให้ฝ่าย Server รับรู้ว่าใช้ ID จากคอนโทรลตัวใดเพื่อจะได้สื่อสาร

DataArrival เหตุการณ์นี้เกิดขึ้นเมื่อมีการส่งข้อมูลระหว่าง Server และ Client Procedure นี้ก็จะทำงานขึ้นมา พร้อมกับค่าจำนวน bytesTotal As Long ที่รับเข้ามา

Error เหตุการณ์ที่เกิดความผิดพลาดระหว่างการติดต่อสื่อสารระหว่าง Server และ Client โดยจะส่งค่า Number As Integer มาให้ว่าเป็นหมายเลขใดพร้อมทั้งรายละเอียดของการผิดพลาดในเหตุการณ์นั้นๆ คือ Description As String

SendProgress จะเกิดขึ้นในขณะที่มีการส่งข้อมูลอยู่เหตุการณ์นี้ก็จะทำงาน เมื่อส่งข้อมูลหมดแล้วก็จะส่งผลทำให้เกิด Event SendComplete

SendComplete เหตุการณ์เมื่อมีการส่งข้อมูลออกไปยังฝ่ายตรงข้ามเสร็จเรียบร้อยแล้ว

#### 2.4.4 Winsock Properties & Events

Accept (requestID) คือ การตกลงกันระหว่าง Server และ Client ในการเลือกหมายเลข ID Control ให้ตรงกันเพื่อสามารถสื่อสารได้ถูกต้อง

Close เป็นการส่งสัญญาณยกเลิกการติดต่อระหว่างกัน จะเป็นฝ่าย Server หรือ Client ก็ได้ที่จะใช้ Function นี้ จากนั้นจะทำให้ Procedure close ในฝ่ายตรงข้ามทำงาน

Connect เป็นการส่งสัญญาณว่าตอนนี้ทำการติดต่อเรียบร้อยแล้ว ซึ่งจะส่งผลให้ Procedure ฝ่ายตรงข้ามทำงาน

GetData เป็นการรับข้อมูลเมื่อฝ่ายตรงข้ามถูกส่งเข้ามา โดยประโยคคำสั่งนี้อยู่ในส่วนของ Procedure DataArrival เนื่องจากเป็นเหตุการณ์ที่การกระทำขณะเมื่อฝ่ายตรงข้ามส่งข้อมูลเข้ามา

Listen การกระทำที่จะคอยตรวจสอบสัญญาณที่ถูกส่งไปว่าฝ่ายตรงข้ามตอบรับการร้องขอการติดต่อ

LocalHostName คำสั่งนี้จะถูกส่ง ในชื่อของ Computername ของเครื่องนั้น ๆ Debug.Print Winsock1.LocalHostName

LocalIP คำสั่งนี้จะทำการส่งหมายเลข IP Address Debug.Print Winsock1.LocalIP

LocalPort คำสั่งที่จะส่งค่าของหมายเลขในการติดต่อ TCP/IP ของเครื่องนั้น Debug.Print Winsock1.LocalPort

RemoteHost กำหนดหรือคืนค่าชื่อของ Computer name ของเครื่องนั้น ๆ ที่ทำการติดต่อ Winsock1.RemoteHost = MyServer

RemoteHostIP จะกำหนดค่าของหมายเลข IP Address ของเครื่องนั้น ๆ ที่จะทำการติดต่อ  
Winsock1. RemoteHostIP = 10.10.0.0

RemoteHostPort กำหนดหมายเลข Port ที่จะใช้ในการติดต่อของเครื่องนั้น ๆ ระหว่างกัน  
Winsock1. RemoteHostIP = 5000

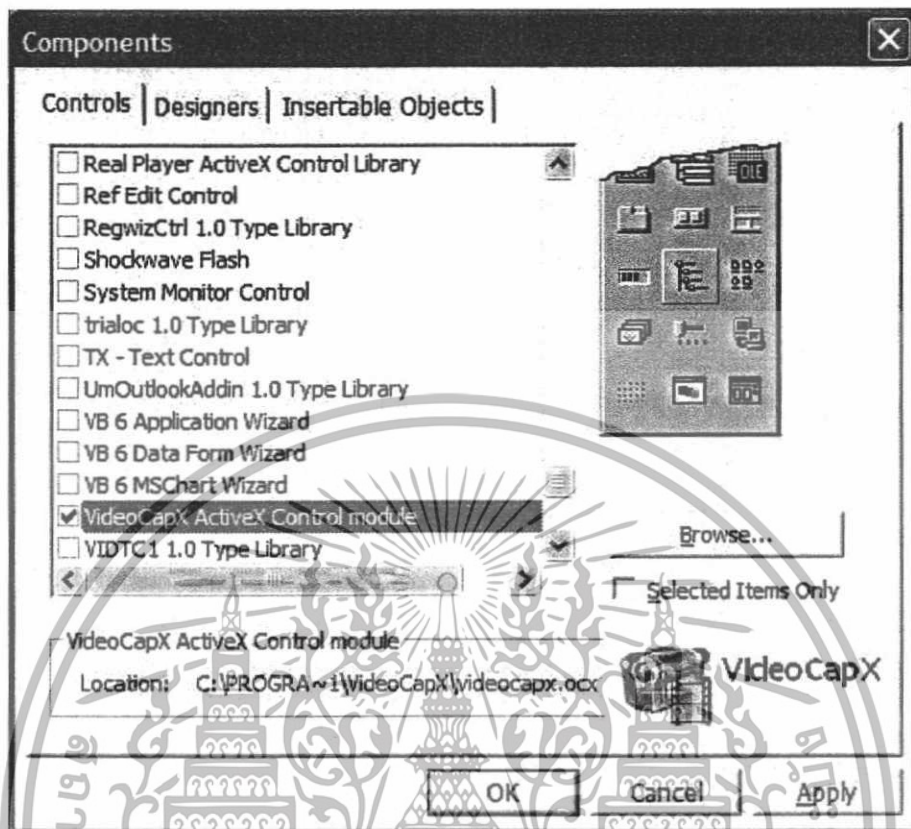
SocketHandle จะคืนค่าของช่องทางที่ใช้ในการติดต่อระหว่างกันซึ่งสามารถเรียกดูได้ดังนี้  
Debug.Print Winsock1.SocketHandle

State จะคืนค่าของสถานะของ Socket ขณะที่ใช้ติดต่อระหว่างอยู่โดยอาจจะใช้ตรวจสอบ  
สถานะ โดยค่าคงที่เหล่านี้เช่น sckClosed (มีค่า=0) Socket ปิดการใช้งาน, sckOpen (มีค่า= 1) Socket  
เปิดใช้งาน หรือ sckError(มีค่า= 9) Socket มีความผิดปกติเกิดขึ้น เป็นต้น

#### 2.4.5 Control VideoCapX

VideoCapX เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของบริษัท Fath so ใน version ที่ใช้ในโปรเจกต์นี้เป็น  
version ทดลองใช้ 30 วัน มีความสามารถในการจัดการการเชื่อมต่อ video นอกจากนี้ยังสามารถทำ  
Broadcast ได้ด้วย

ซึ่งถ้าจะทำการใช้ให้ยาวนานนั้นต้องทำการซื้อสิทธิ์การจดทะเบียนของโปรแกรม  
VedioCapX โดยผ่านทางอินเทอร์เน็ต และถ้าเมื่อทำการซื้อสิทธิ์แล้วจะสามารถใช้งานโปรแกรม  
ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถใช้คุณสมบัติพิเศษที่ทางโปรแกรมมีให้ได้อีกด้วย



ภาพที่ 2.7 การเลือกใช้ VideoCapX

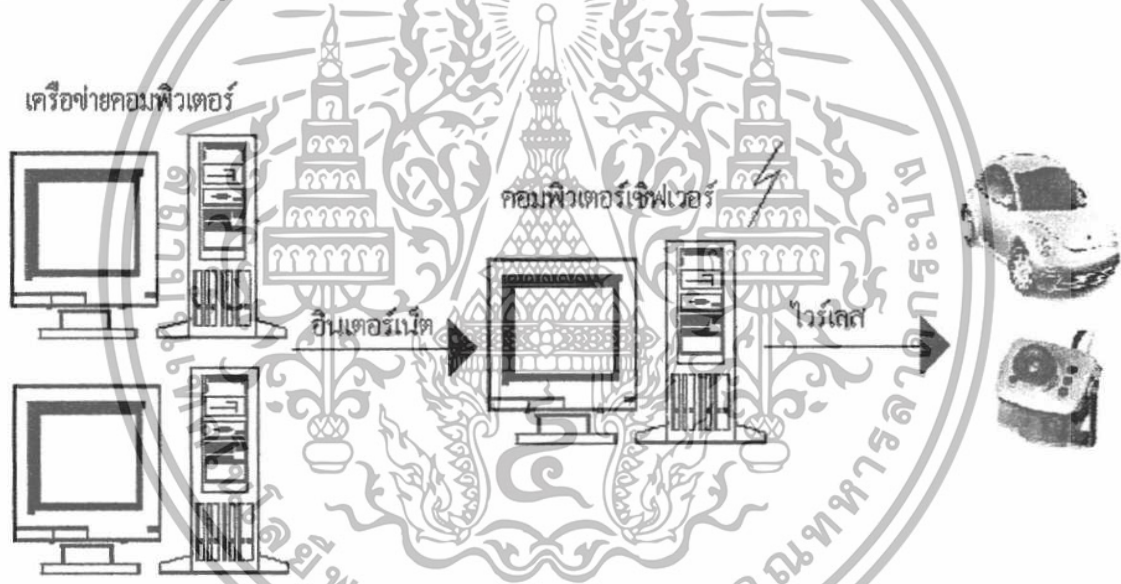
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

## การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

### 3.1 กล่าวนำ

การควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลด้วยกล้องผ่านอินเทอร์เน็ต มีส่วนประกอบหลักอยู่ 2 ส่วนด้วยกันคือ ส่วนของฮาร์ดแวร์และส่วนของซอฟต์แวร์ซึ่งส่วนของฮาร์ดแวร์นั้นจะประกอบด้วยวงจรต่างๆคือ วงจรภาคส่งสัญญาณ วงจรภาครับ วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมอุปกรณ์ วงจรขับดีซีมอเตอร์ และวงจรขับสเต็ปมอเตอร์และส่วนของซอฟต์แวร์ซึ่งประกอบไปด้วยโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ คือ โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์และแสดงภาพผ่านอินเทอร์เน็ตที่ภาคส่งและโปรแกรมบังคับอุปกรณ์และกล้องที่ภาครับ โดยสามารถแสดงการทำงานของระบบผ่านอินเทอร์เน็ต ดังรูปที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ผังการทำงานของการควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลด้วยกล้องผ่านอินเทอร์เน็ต

### 3.2 การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์

การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์ของการควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลด้วยกล้องผ่านอินเทอร์เน็ต แบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ ด้วยกัน คือ วงจรในส่วนของภาคส่ง และวงจรในส่วนของภาครับ

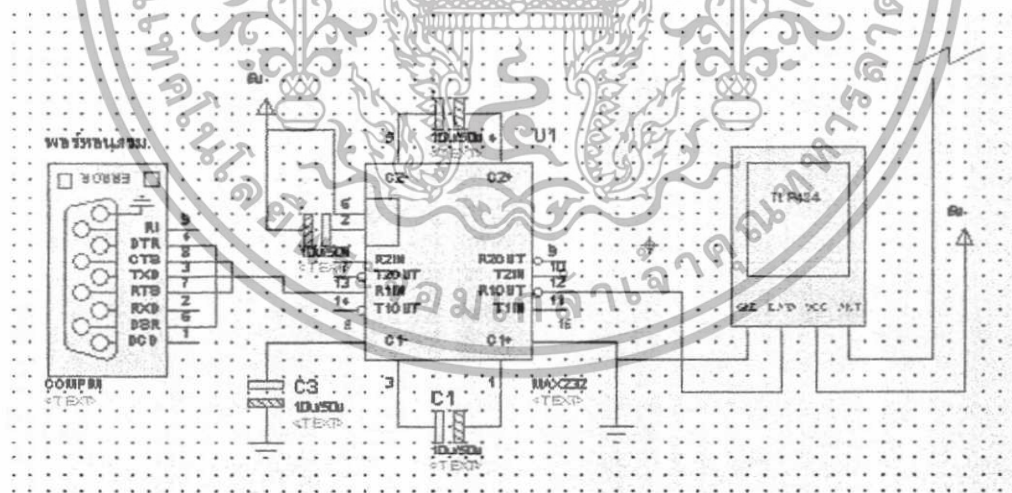
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.1 วงจรในส่วนของภาคส่ง

วงจรในส่วนของภาคส่งจะทำหน้าที่รับคำสั่งจากโดยผู้ใช้งานทางโดยเมื่อส่งข้อมูลผ่านทาง SERIAL PORT จะต้องทำการแปลงสัญญาณ โดยใช้ IC MAX232 เพื่อเปลี่ยนสัญญาณเสียก่อนจึงจะสามารถส่งได้โดย IC MAX232 นั้นจะเปลี่ยนสัญญาณของ SERIAL PORT ซึ่งมีระดับดังตั้งแต่ -12V ถึง +12V ให้เป็นสัญญาณอยู่ที่ระดับ TTL โดย IC MAX232 จะเปลี่ยนแรงดัน +12V ที่ออกจาก RS-232 ไปเป็นสัญญาณ TTL มีค่า 0V และจะเปลี่ยนแรงดันที่ -12V ที่ออกจาก RS-232 ไปเป็นสัญญาณ TTL มีค่า 5V พอแปลงสัญญาณเสร็จก็นำสัญญาณนั้นส่งไปที่ TLP434 ซึ่งเป็นโมดูลส่งสัญญาณ RF เพื่อส่งสัญญาณออกไป



ภาพที่ 3.2 ผังการทำงานของ การส่งสัญญาณจากคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์

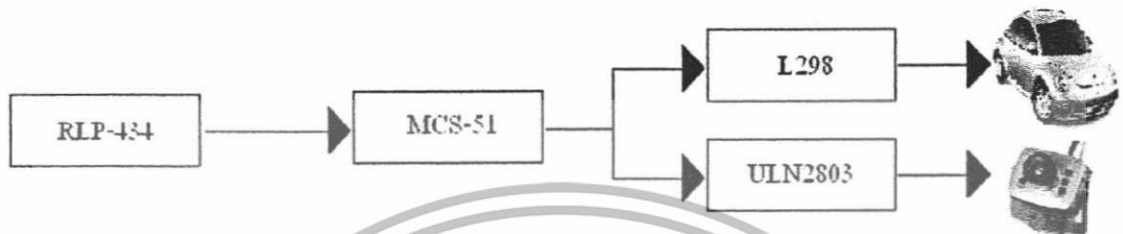


ภาพที่ 3.3 วงจรการส่งสัญญาณจากคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

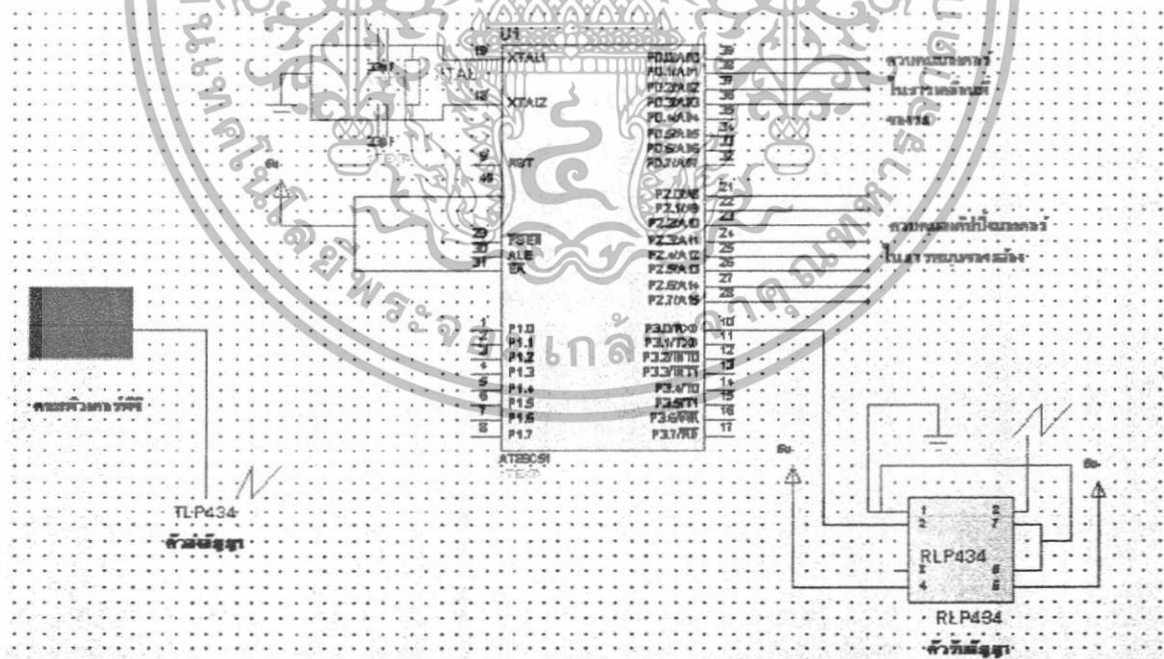
### 3.2.2 วงจรในส่วนของภาครับ

วงจรในส่วนของภาครับ เป็นวงจรหลักในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ ทั้งคือซีโมเตอร์และสเต็ปปีงมอเตอร์โดยเมื่อ RLP434 ซึ่งเป็นโมดูลรับสัญญาณ RF จะไปส่งให้ไมโครคอนโทรเลอร์ mcs-51 ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมด



ภาพที่ 3.4 ฟังก์ชันการทำงานของารับสัญญาณเพื่อควบคุมอุปกรณ์

จากรูปที่ 3.5 ซีพียูเบอร์ 89C51 จะทำหน้าที่ควบคุมและกำหนดทิศทางเคลื่อนที่ของรถ โดยรับข้อมูลทางพอร์ทอนุกรม จากโมดูล รั่ววิทยุ (RLP434) ที่ P3.0 และใช้ port 0 ในการเคลื่อนที่ของรถโดยผ่าน P0.0 – P0.3 และใช้ port 2 ในการขับสเต็ปปีงมอเตอร์ โดยผ่าน P2.0 – P2.7

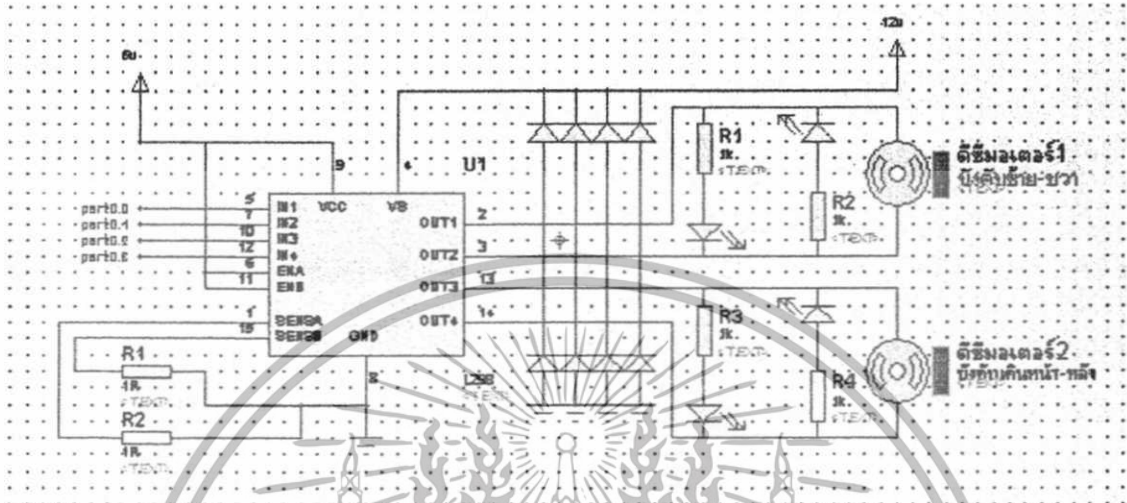


ภาพที่ 3.5 วงจรการรับสัญญาณเพื่อควบคุมอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 ส่วนควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง

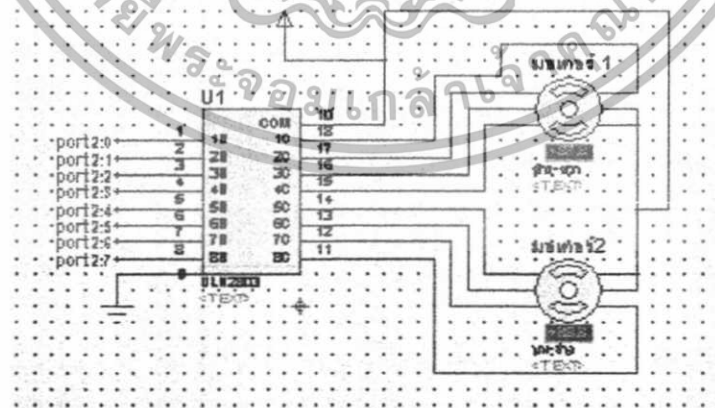
จากการศึกษาทฤษฎีหลักการทำงานของดีซีมอเตอร์กระแสตรงมาแล้วได้ทำการออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของดีซีมอเตอร์ดังนี้



ภาพที่ 3.6 วงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของรถด้วยดีซีมอเตอร์

### 3.4 การควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์

จากการศึกษาทฤษฎีหลักการทำงานของสเต็ปมอเตอร์มาแล้วได้ทำการออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์ได้ดังนี้

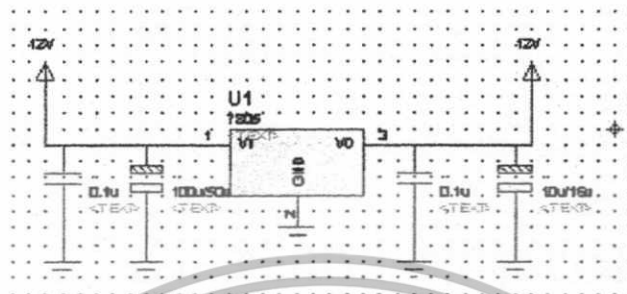


ภาพที่ 3.7 วงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของรถด้วยสเต็ปมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 วงจรรักษาระดับแรงเคลื่อนไฟฟ้า

แรงดันไฟฟ้าที่ต้องการใช้งานส่วนใหญ่ต้องการแรงดัน 5 โวลต์ จึงต้องใช้ไอซีเบอร์ 7805 เพื่อรักษาระดับแรงดันให้เหลือ 5 โวลต์ ตามต้องการ



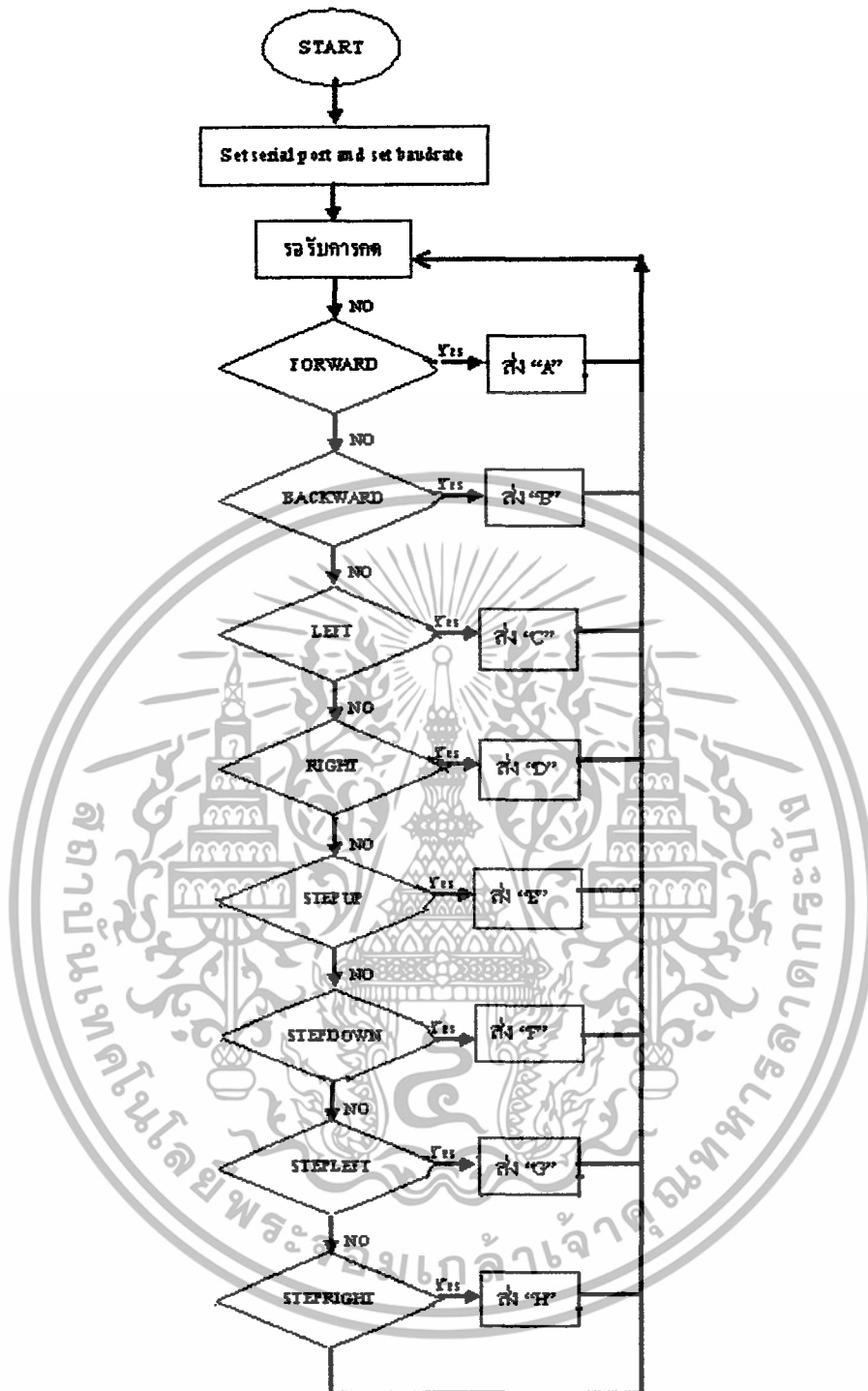
ภาพที่ 3.8 วงจรรักษาระดับแรงเคลื่อนไฟฟ้า

### 3.6 การออกแบบด้านซอฟต์แวร์

ในการออกแบบด้านซอฟต์แวร์ของการควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลด้วยกล้องผ่านอินเทอร์เน็ต แบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ ด้วยกัน คือ โปรแกรมภาษาวิซวลเบสิกเพื่อใช้เป็นตัว Server และ Client ในการควบคุมอุปกรณ์ และแสดงภาพผ่านอินเทอร์เน็ตและโปรแกรมภาษาซีเพื่อที่จะเขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ mc-51 ทำงานตามคำสั่งที่ได้

#### 3.6.1 โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ฝังเซิร์ฟเวอร์

โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ฝังเซิร์ฟเวอร์ มีต้นกำเนิดจากโปรแกรมภาษาวิซวลเบสิก มีหลักการทำงานคือเมื่อต้องการควบคุมให้รถเคลื่อนที่ไปทางหน้า หลัง ซ้าย ขวา และกล้องเคลื่อนที่ขึ้น ลง ซ้าย ขวา โปรแกรมจะส่งค่าออกไปผ่านทางพอร์ตอนุกรมเช่น เมื่อผู้ใช้กดปุ่มคีย์หน้า โปรแกรมจะส่งค่า "A" ออกไปทางพอร์ตอนุกรมผ่าน TLP-434 ซึ่งเป็นโมดูลส่งสัญญาณ RF ไปสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงาน เป็นต้น



ภาพที่ 3.9 Flowchart แสดง การส่ง ข้อมูล

### 3.6.2 โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ฝังไมโครคอนโทรลเลอร์

โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ เขียนขึ้นจากโปรแกรมภาษาวิซวลเบสิกผ่าน

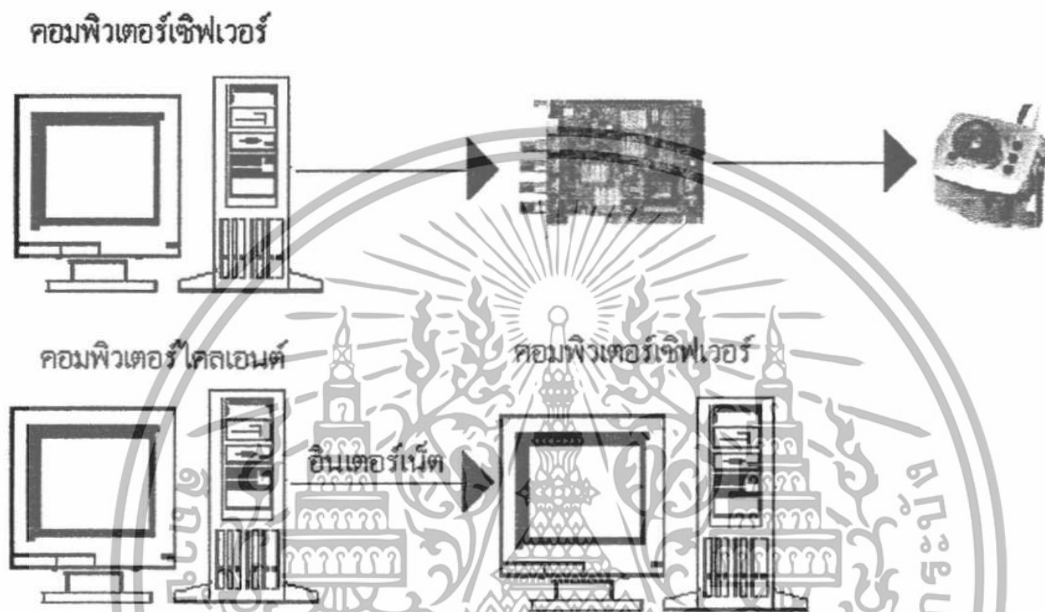
TCP/IP มีหลักการทำงานคือเมื่อต้องการควบคุมให้รถเคลื่อนที่ไปทางหน้า หลัง ซ้าย ขวา

และกดเครื่องที่ขึ้น ลง ซ้าย ขวา โปรแกรมจะส่งค่าออกไปผ่านทางอินเตอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6.3 โปรแกรมแสดงภาพจากกล้อง

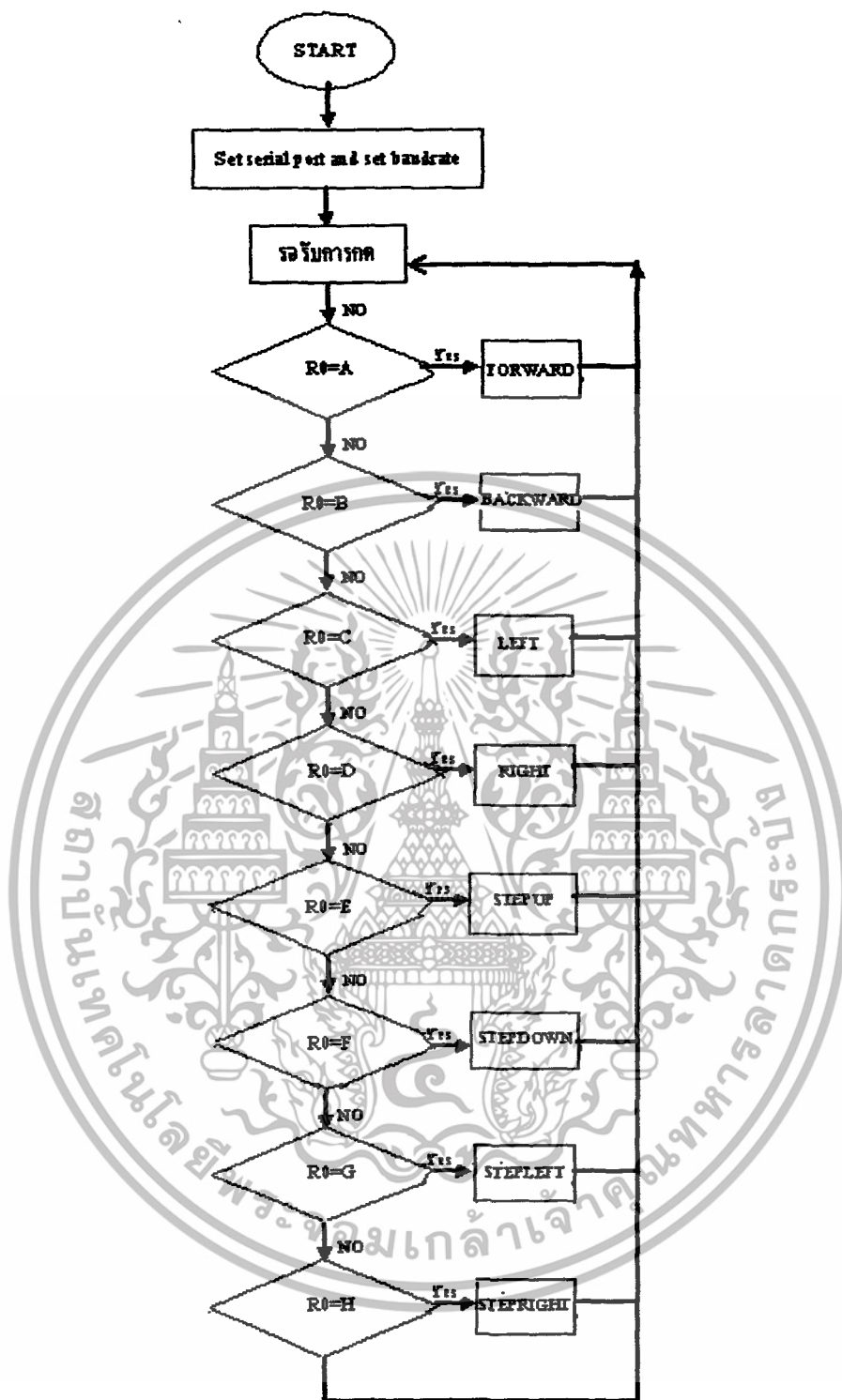
โปรแกรมแสดงภาพจากกล้อง จะแบ่งเป็น ฟังก์ชันเฟรมเวิร์กและฟังก์ชันไคลเอนต์โดยทางฟังก์ชันเฟรมเวิร์กจะต้องลงไคร์เวอร์ก่อนเพื่อเรียกดูภาพจาก Card capture ส่วนฟังก์ชันไคลเอนต์สามารถเรียกดูภาพจากฟังก์ชันเฟรมเวิร์กโดยไม่จำเป็นต้องลงไคร์เวอร์ โดยภาพที่ได้อาจมีความคมชัดต่ำกว่าบ้างเล็กน้อย



ภาพที่ 3.10 แสดงการเชื่อมต่อของไคลเอนต์กับเซิร์ฟเวอร์

### 3.6.4 โปรแกรมรับค่าเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์

โปรแกรมรับค่าเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เขียนขึ้นจากภาษาซี มีหลักการทำงานคือเมื่อรับค่าจาก RLP434 ซึ่งเป็นโมดูลรับสัญญาณ RF จะไปสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ mcs-51 ทำงานเช่น เมื่อรับค่า "A" จะสั่งให้ดีซีมอเตอร์ตัวแรกหมุนเพื่อเคลื่อนรถไปยังหน้าเป็นต้น



ภาพที่ 3.11 Flowchart การรับสัญญาณเพื่อควบคุมอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.7 การออกแบบฐานควบคุมการหมุนกลิ้ง

การออกแบบการหมุนของกล้องถูกออกแบบให้มีทิศทางการหมุนใน 2 ลักษณะ คือ ทิศทางการหมุนซ้าย-ขวา และทิศทางการหมุนขึ้น-ลง โดยใช้สเต็ปปีงมอเตอร์ 2 ตัวในการสร้างทิศทางการหมุน

- ตัวแรกเป็นตัวฐานล่างใช้ในการกำหนดทิศทางการหมุนซ้าย-ขวา
- ตัวที่สองเป็นตัวที่ถูกยึดติดกับแกนหมุนสเต็ปปีงมอเตอร์ตัวฐานล่างซึ่งใช้ในการควบคุมกล้องหมุนขึ้น - ลง ส่วนตัวกล้องจะถูกยึดติดกับแกนหมุนสเต็ปปีงมอเตอร์ตัวบน เพื่อใช้ในการจับภาพ



ภาพที่ 3.12 แสดงลักษณะ โครงสร้างของฐานกล้อง

### 3.8 อุปกรณ์แสดงภาพ

ในส่วนของกล้องและตัวรับสัญญาณใช้ของบริษัท TCTCOM รุ่น 208CWA และ RC100A ดังรูป



ภาพที่ 3.13 อุปกรณ์แสดงภาพ

กล้องเป็นแบบ CMOS ใช้แรงดัน 8 V 200 mA มีตัวส่งสัญญาณอยู่ภายใน ตัวรับสัญญาณใช้แรงดัน 12 V 500 mA ในการใช้งานจะต่อสัญญาณ Video Out เข้ากับอินพุตของการ์ดจับภาพ  
 การ์ดจับภาพ ใช้ PCI CARD PICO2000 25FR บริษัทเดียวกัน การ์ดสามารถรับกล้องได้ 4 ตัวที่ 25 fr ในการใช้งานต้อง Download Driver มาติดตั้งด้วย



ภาพที่ 3.14 การ์ดจับภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

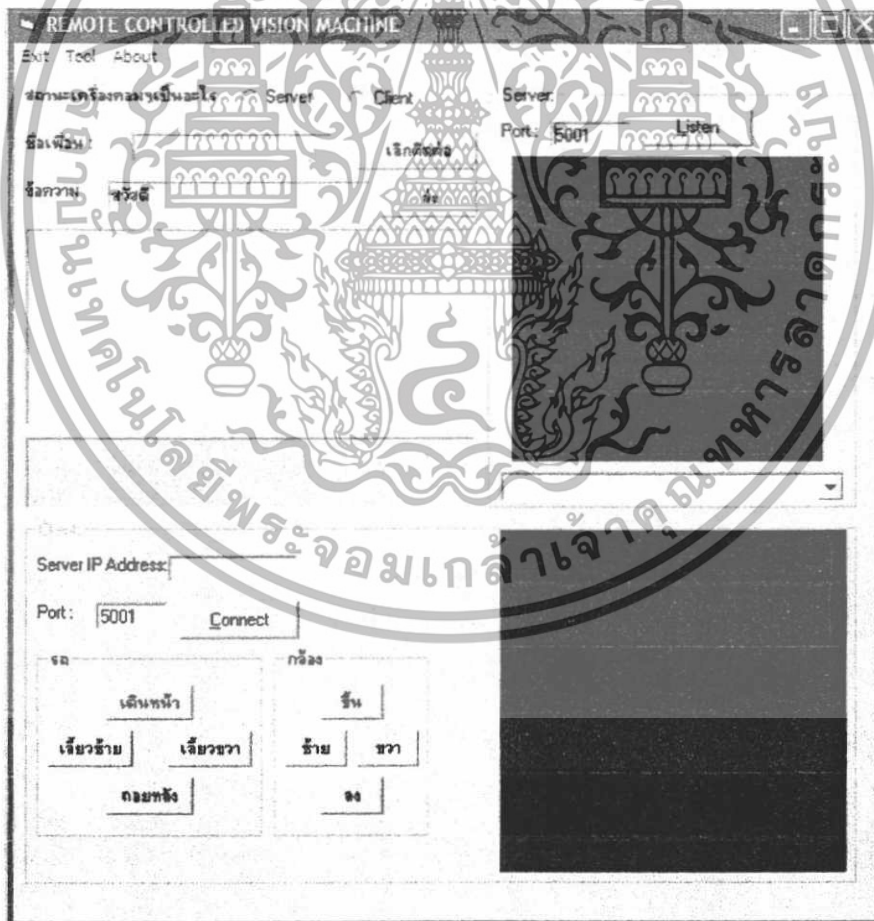
### การแสดงผล

ในบทนี้จะเป็นส่วนหนึ่งของการแสดงผลการทดลองที่เกิดขึ้นจริงของการควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลด้วยกล้องผ่านอินเทอร์เน็ตที่จะสร้างขึ้นเพื่อเป็นการเปรียบเทียบว่ามีประสิทธิภาพตรงกับความต้องการเริ่มต้นหรือไม่

#### 4.1 โปรแกรมแสดงภาพผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

##### 4.1.1 หน้าจอโปรแกรมทางด้านแม่ข่าย

ในส่วนนี้จะเป็นส่วนของการแสดงภาพผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ทางด้านเครื่องแม่ข่าย ดังรูปที่ 4.1



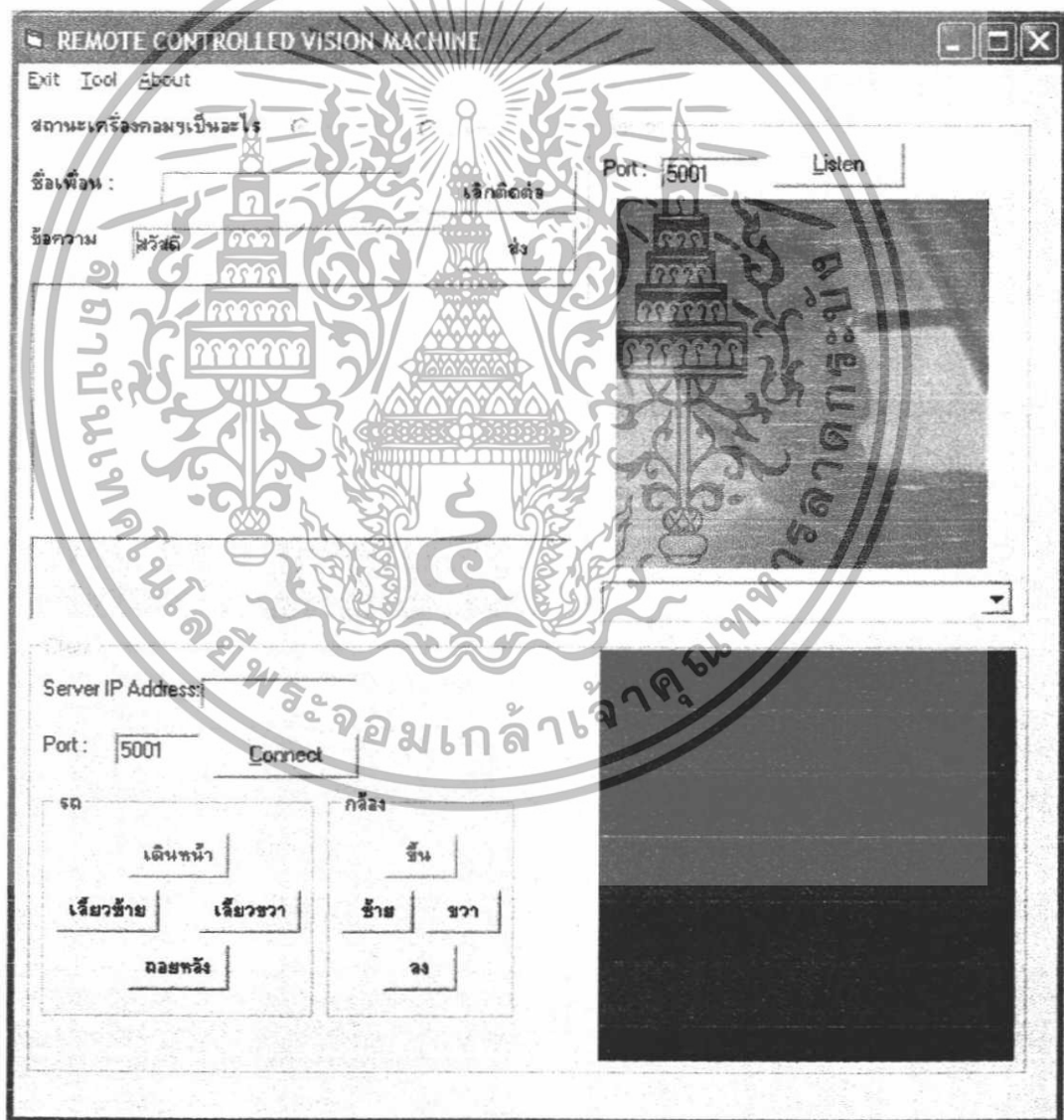
ภาพที่ 4.1 หน้าจอโปรแกรมทางด้านเครื่องแม่ข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเป็นการนำภาพในขณะนั้นมาแสดงผลผ่านทางโปรแกรมที่ได้เขียนขึ้น เพื่อให้สามารถแสดงภาพจากกล้องได้เมื่อเปิดโปรแกรม จะแสดงหน้าจอหลักทางด้านเครื่องแม่ข่าย ส่วนทางด้านเครื่องลูกข่ายนั้น (Client) ก็จะแสดงผลในหน้าเดียวกันดังเช่นในรูปที่ 1 แต่จะอยู่ทางด้านล่าง

#### 4.1.2 ผลการทดลองการใช้งานโปรแกรมแสดงผลภาพและควบคุมรถ

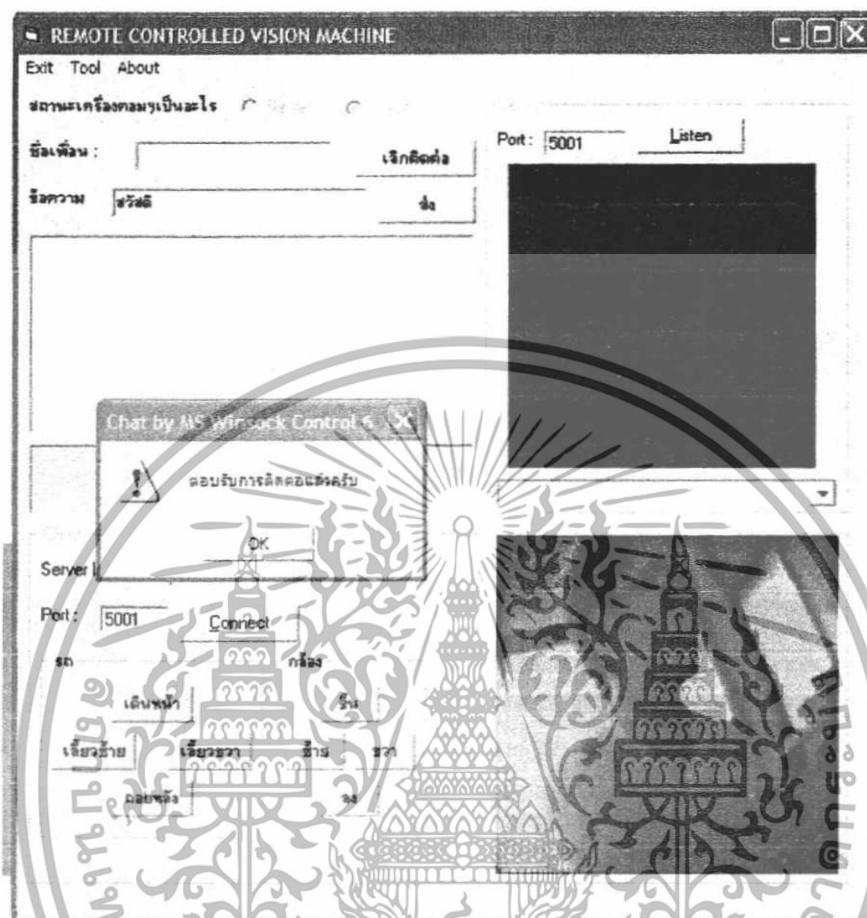
เมื่อทำการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เครื่องแม่ข่ายกับอินเทอร์เน็ตและทำการเปิดโปรแกรมแสดงผลภาพและควบคุมจากเครื่องลูกข่าย (Client) แล้ว จึงทำการใส่ค่า IP ADDRESS ของเครื่องแม่ข่ายเพื่อทำการเชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่าย จากนั้นทำการกด Connect



ภาพที่ 4.2 แสดงการเชื่อมต่อของเครื่องแม่ข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีการเชื่อมต่อกันเสร็จสมบูรณ์แล้วก็จะปรากฏภาพที่มาจากกล้องบนบอร์ดที่เราต้องการเห็นภาพและควบคุมรถ ดังในภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 แสดงการเชื่อมต่อที่เสร็จสมบูรณ์

#### 4.2 ผลการควบคุมการเคลื่อนไหวของอุปกรณ์ภายในโปรแกรม

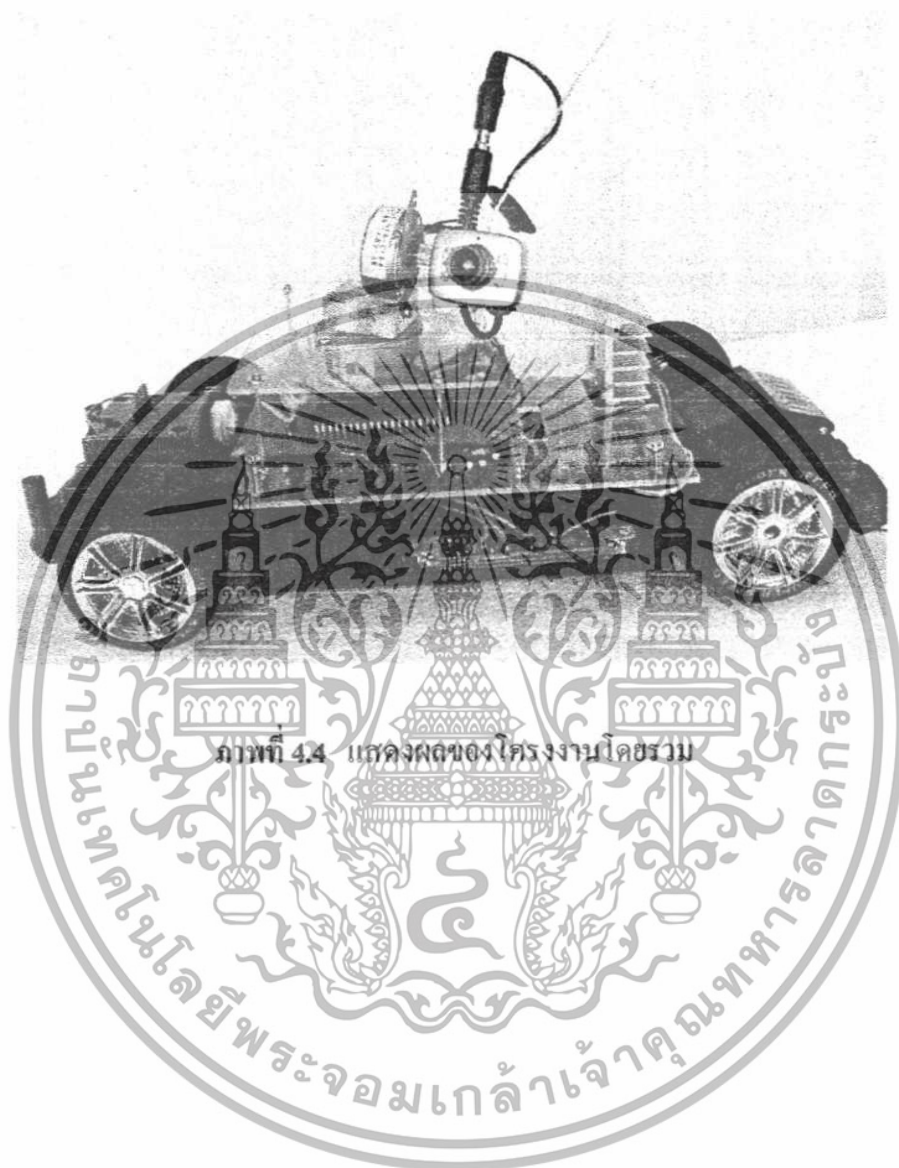
การควบคุมกลไกนั้นจะมีชุดคำสั่ง โดยเมื่อทำการกดปุ่มควบคุมการเคลื่อนที่จากโปรแกรม โปรแกรมจะทำการส่งรหัสซึ่งทางไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าใจออกไป โดยโปรแกรมนี้อาจใช้รหัสแอสกี (ASCII) เป็นตัวกลาง โดยส่งผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS-232 โดยปุ่มต่าง ๆ แทนรหัสแอสกี ดังนี้

ปุ่ม ขึ้น	ใช้รหัสแอสกี 'A' แทนด้วย 0x41
ปุ่ม ลง	ใช้รหัสแอสกี 'B' แทนด้วย 0x42
ปุ่ม ซ้าย	ใช้รหัสแอสกี 'C' แทนด้วย 0x43
ปุ่ม ขวา	ใช้รหัสแอสกี 'D' แทนด้วย 0x44

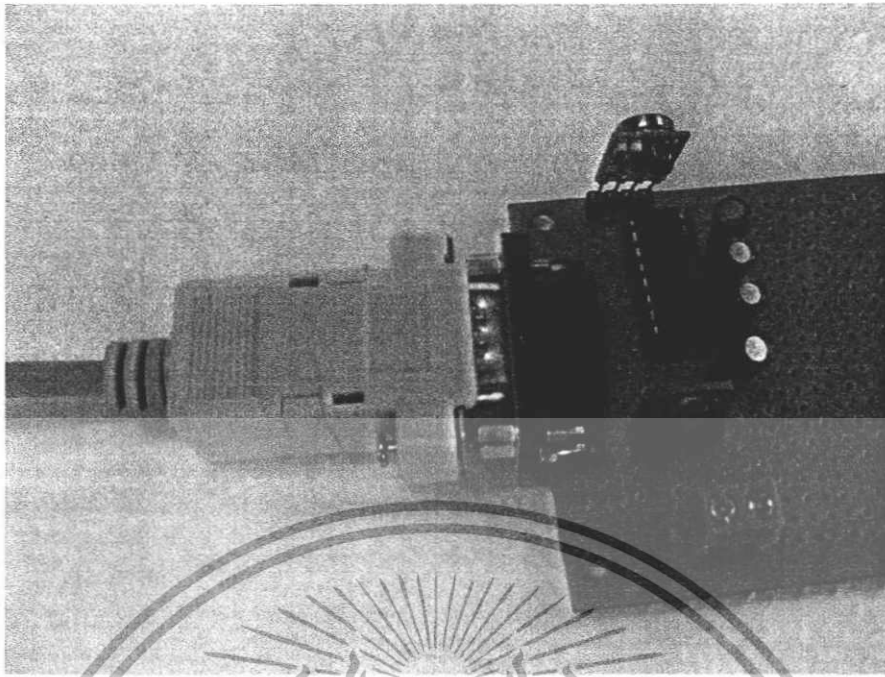
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 แสดงผลโครงการโดยรวม

เมื่อทำการรวมอุปกรณ์ด้านต่างๆ รวมทั้งชุดควบคุมการเคลื่อนไหวยของรถ การเคลื่อนไหวของกล้อง และการแสดงภาพนั้น ดังเช่นภาพที่ 4.4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

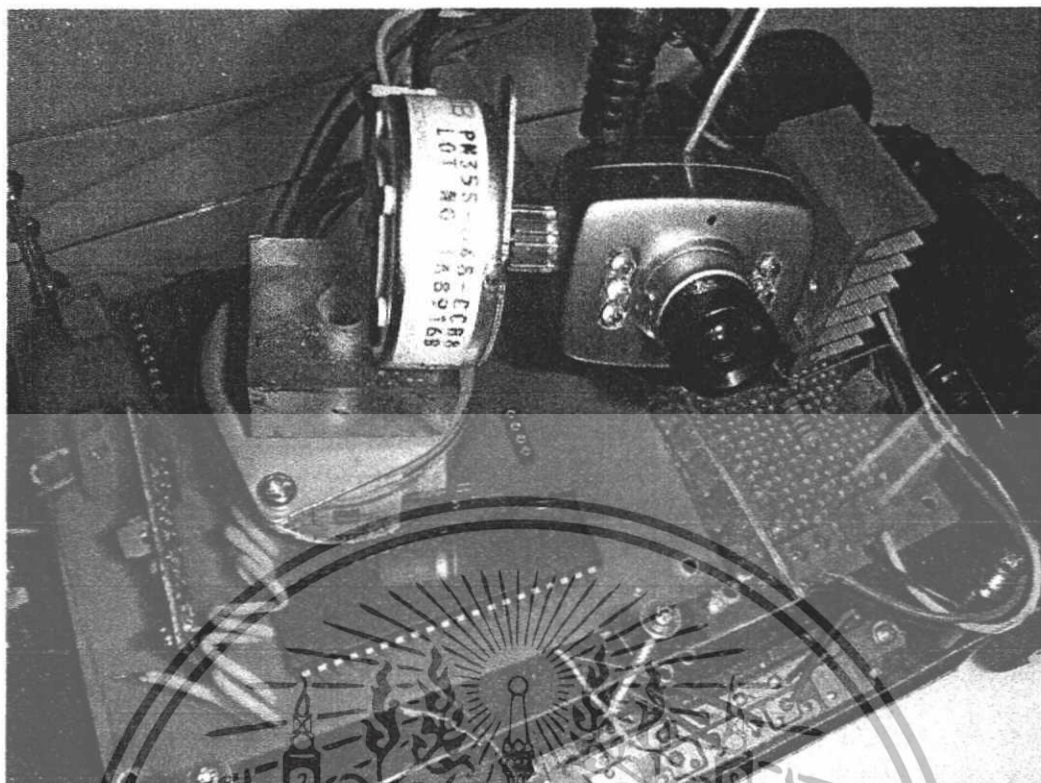


ภาพที่ 4.5 แสดงส่วนเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ทางด้านเครื่องแม่ข่าย



ภาพที่ 4.6 แสดงตัวรับสัญญาณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 แสดงส่วนวงจรควบคุมในส่วนต่างๆ

#### 4.4 สรุปผลการทดลอง

โครงการการควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลด้วยกล้องผ่านอินเทอร์เน็ต (Remote Controlled Vision Machine) เป็นการนำเอาความรู้ในเรื่องของการเขียนโปรแกรมวิซวลเบสิกเวอร์ชัน 6.0 (Visual Basic 6.0) และการประมวลผลภาพ (Image Processing) มาประยุกต์ใช้ในการเขียนโปรแกรมที่ใช้ติดต่อสื่อสารกับส่วนของฮาร์ดแวร์ที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นส่วนควบคุมสเต็ปมอเตอร์เพื่อให้ทำงานได้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะให้สามารถบังคับรถและทำการควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้องได้ผ่านทางอินเทอร์เน็ต เพื่อความสะดวกสบายในการทำงานที่ในระยะไกล ทั้งยังสามารถนำไปต่อยอดในการพัฒนาใช้กับงานต่างๆเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุด

โดยในการควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้องนั้นจะสามารถเคลื่อนที่ไป ซ้าย ขวา ขึ้นลง เป็นจังหวะ ตามหลักการทำงานของสเต็ปมอเตอร์และในการควบคุมรถนั้นก็จะเป็นไปตามมอเตอร์ที่ได้ติดตั้งไว้

ในส่วนของตัวโปรแกรม เมื่อทำการติดต่อระหว่างเครื่องแม่ข่าย และเครื่องลูกข่ายแล้ว เครื่องลูกข่ายจะสามารถบังคับอุปกรณ์ และรับสัญญาณภาพจากเครื่องแม่ข่ายได้

จากการทดลองทำให้ทราบได้ว่า ในการควบคุมรถ การเคลื่อนไหวของกล้อง รวมทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ นั้น ต้องทำการควบคุมอย่างมีแบบแผนล่วงหน้า ถ้าไม่มีการวางแผนจะทำให้การควบคุมนั้นเป็นไปได้ลำบากดังเช่นในโครงการนี้ ถ้าทำการควบคุมและก่อสร้างอย่างไม่มีแบบแผน ก็จะทำให้เกิดผลการใช้งานที่ไม่ได้คุณภาพสูงสุด เป็นต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# สรุปผลและวิจารณ์

ในการทำโครงการนี้ ต้องใช้ความรู้ในหลายๆด้านเข้ามารวมกัน เช่น โปรแกรมวิซวลเบสิก การควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ การรับและส่งข้อมูลแบบไร้สาย การควบคุมมอเตอร์ การออกแบบโครงสร้างของรถ การรับสัญญาณภาพวิดีโอ ซึ่งในการหาข้อมูลและทำการทดลอง ก่อนที่จะนำมาทำเป็นผลงานจริง ๆ นั้น ใช้เวลานานทำให้ผลงานที่ออกมาอาจไม่ตรงกับที่คิดไว้ เนื่องจากไม่เหลือเวลาในการปรับปรุง ควรปรับปรุงโดยการวางแผนเวลาล่วงหน้า

การรับและส่งข้อมูลในระยะใกล้ ๆ ในระยะประมาณ 10 เมตรเป็นไปอย่างถูกต้องแต่เมื่อไกลจากนี้จะเริ่มมีสัญญาณรบกวนมากขึ้นจะทำให้มีความผิดพลาดมากขึ้น โดยซึ่งสามารถเพิ่มระยะทางการรับและส่งข้อมูลโดยการเปลี่ยนกล้องให้มีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้นในทางเดียวกันงบประมาณก็ต้องเพิ่มขึ้นตามคุณภาพ

โครงสร้างของรถไม่อาจทำให้เคลื่อนที่ในพื้นที่ขรุขระมากได้ อาจแก้ไขให้ยกตัวรถสูงขึ้นเพิ่มเข้าไปอีก หรือทำล้อดินตะขามเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการเคลื่อนที่

## บรรณานุกรม

- [1] อภิชาติ ภูพลับ. เขียนโปรแกรม Hardware Interface ด้วย VB6 , กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์Dev Book, 2548
- [2] อุดม รานอก. ภาษาC สำหรับงานควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย MCS51 , กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์INFO PRESS, 2548



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

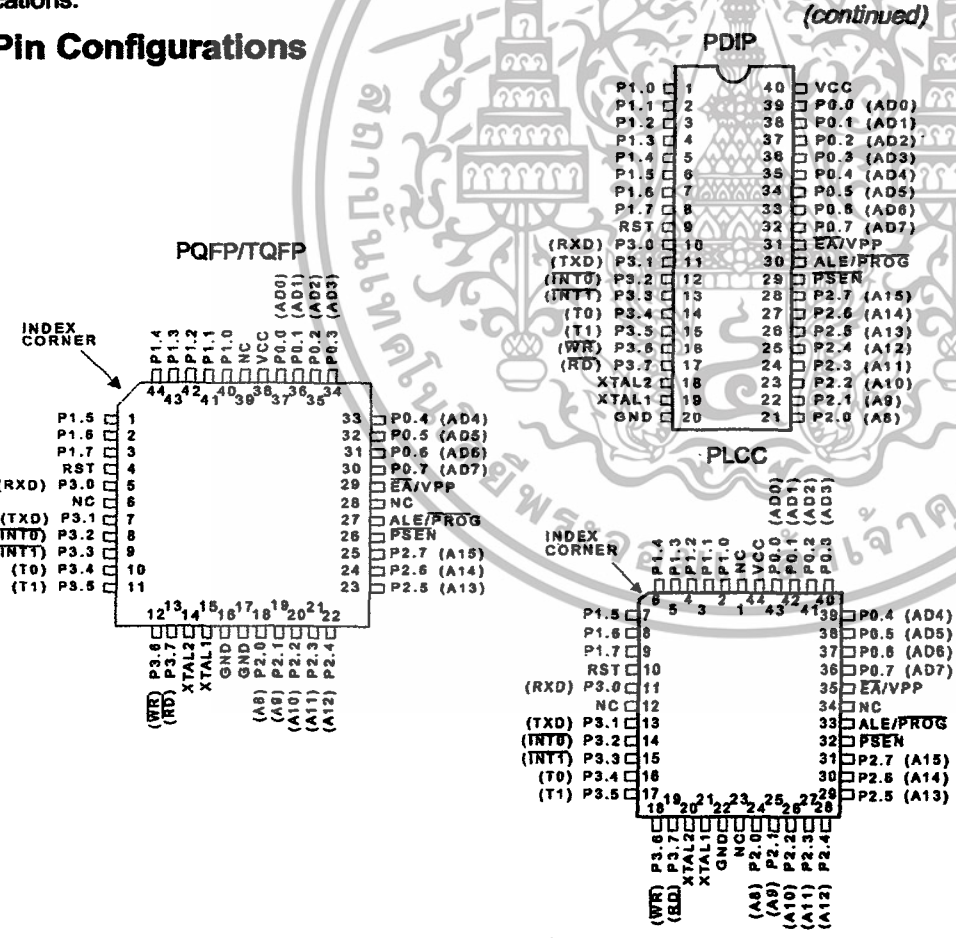
**Features**

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

**Description**

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

**Pin Configurations**

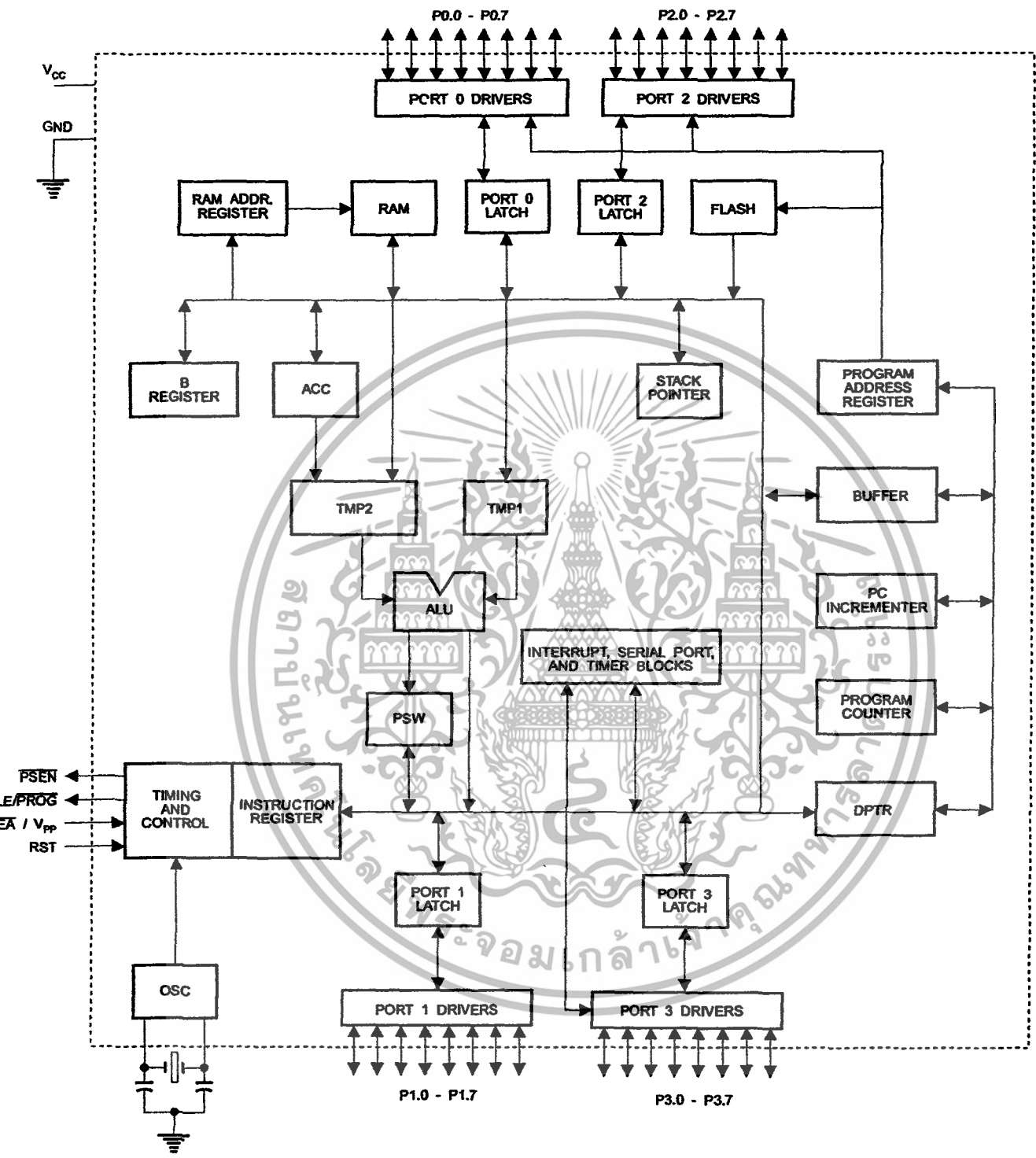
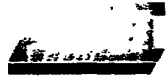


0265F-A-12/97



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น 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

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

**GND**  
Ground.

**Port 0**  
Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional 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 bidirectional 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 bidirectional 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 bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current ( $I_{IL}$ ) because of the pullups.

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

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

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

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

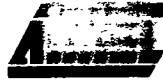
**ALE/PROG**  
Address Latch Enable output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input (PROG) during Flash programming.

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.

**$\overline{PSEN}$**   
Program Store Enable is the read strobe to external program memory.





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

**$\overline{EA}/V_{PP}$**

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

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

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

**XTAL1**

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

**XTAL2**

Output from the inverting oscillator amplifier.

**Oscillator Characteristics**

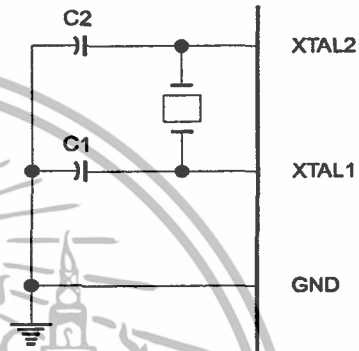
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected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

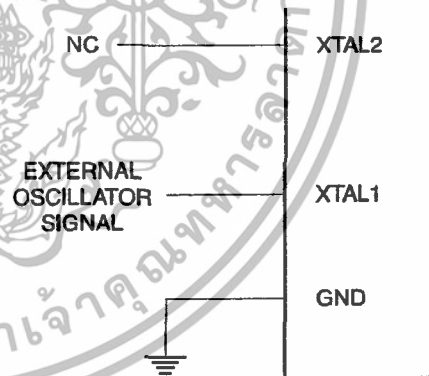
It should be noted that when idle is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port 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 ± 10 pF for Crystals  
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

**Figure 2. External Clock Drive Configuration**



**Status of External Pins During Idle and Power Down Modes**

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

## Power Down Mode

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

## Lock Bit Protection Modes

Program Lock Bits				Protection Type
	LB1	LB2	LB3	
1	U	U	U	No program lock features.
2	P	U	U	MOV <sub>C</sub> 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.

## 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.

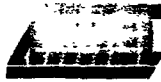
**Programming Algorithm:** Before programming the AT89C51, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figures 3 and 4. To program the AT89C51, take the following steps.

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 ALE/PROG once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 1.5 ms. Repeat steps 1 through 5, changing the address and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

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

**Ready/Busy:** The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/ $\overline{BSY}$  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 at the address and data lines for verification. The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

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

**Reading the Signature Bytes:** The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of

030H, 031H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled up to a logic high. 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	$\bar{E}A/V_{PP}$	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7
Write Code Data	H	L		H/12V	L	H	H	H
Read Code Data	H	L	H	H	L	L	H	H
Write Lock	Bit - 1	L		H/12V	H	H	H	H
	Bit - 2	H		H/12V	H	H	L	L
	Bit - 3	H		H/12V	H	L	H	L
Chip Erase	H	L	(1)	H/12V	H	L	L	L
Read Signature Byte	H	L	H	H	L	L	L	L

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

## AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3. Programming the Flash

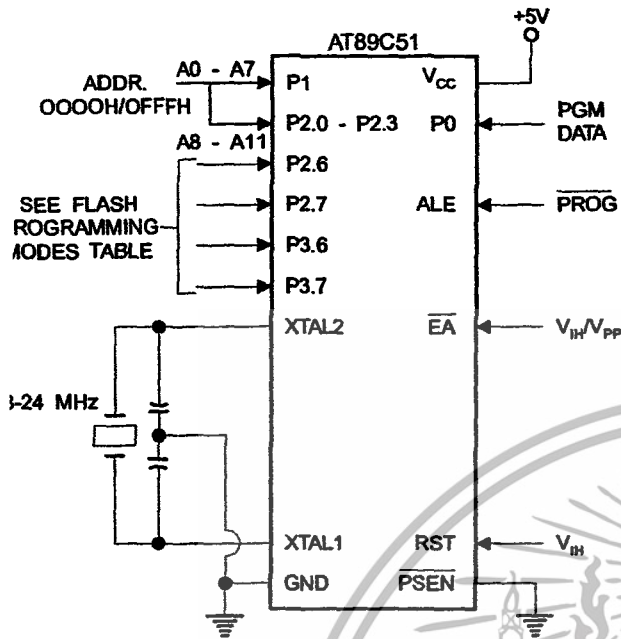
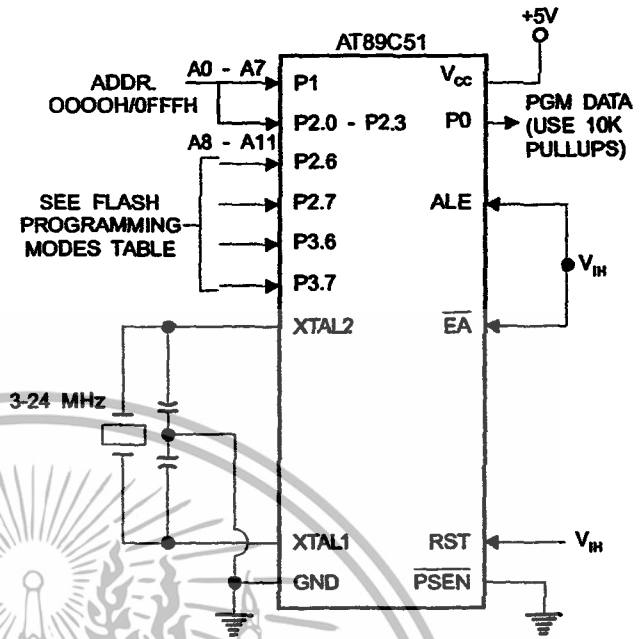


Figure 4. Verifying the Flash



## Flash Programming and Verification Characteristics

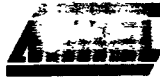
$T = 0^{\circ}\text{C}$  to  $70^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5.0 \pm 10\%$

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
$f_{CLCL}$	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 $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
$t_{EHSH}$	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	$\mu\text{s}$
$t_{AVQV}$	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
$t_{ELQV}$	$\overline{\text{ENABLE}}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
$t_{EHQZ}$	Data Float After $\overline{\text{ENABLE}}$	0	$48t_{CLCL}$	
$t_{GHBL}$	$\overline{\text{PROG}}$ High to $\text{BUSY}$ Low		1.0	$\mu\text{s}$
$t_{WC}$	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

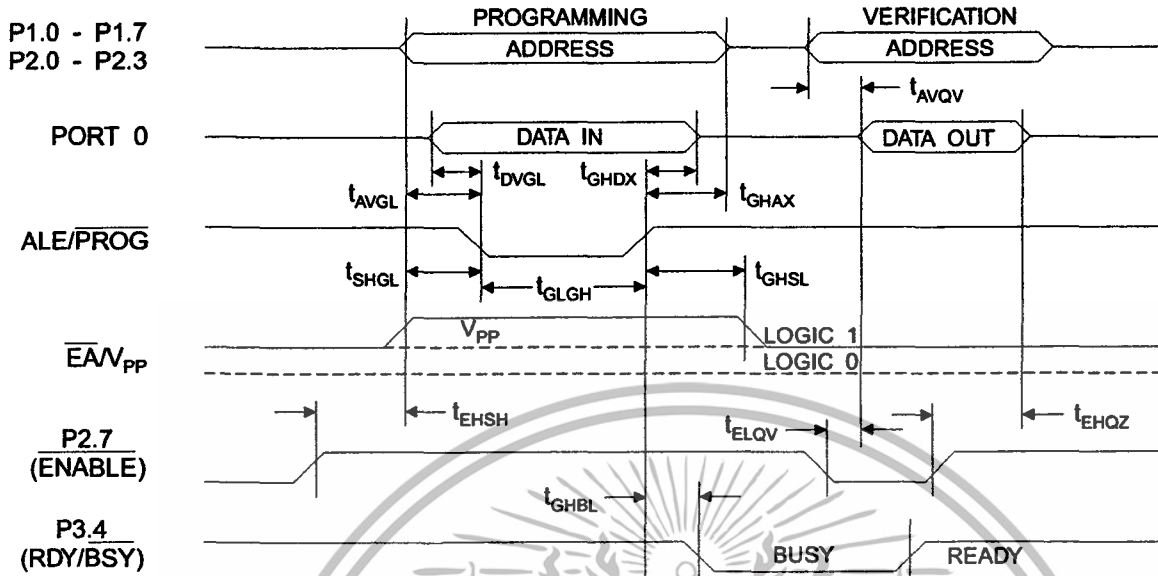
Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.



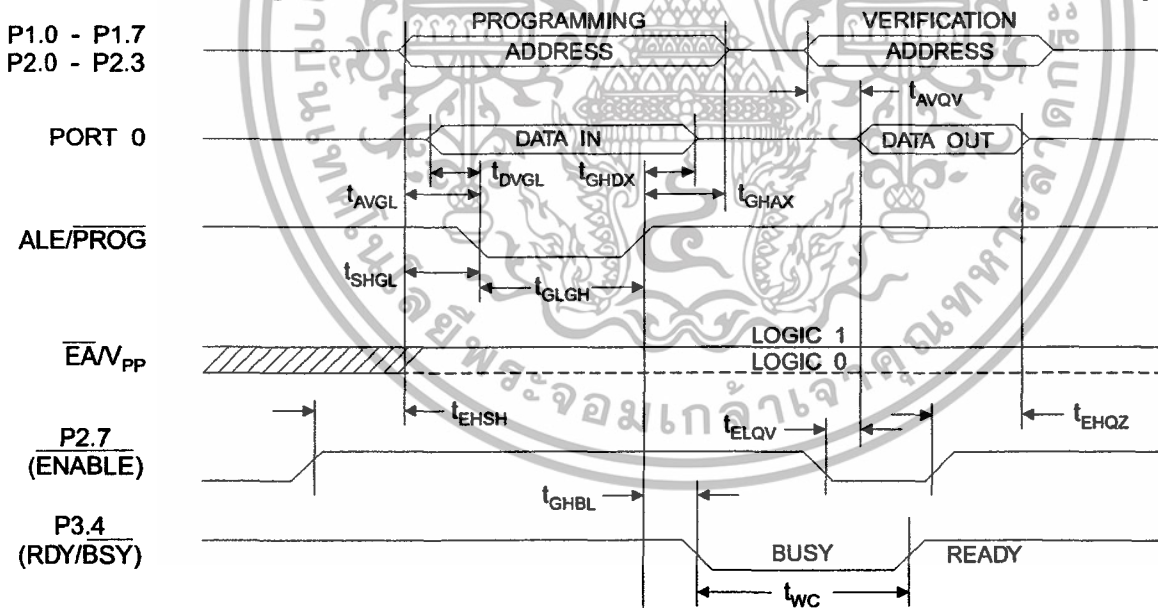
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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



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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น 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<sub>A</sub> = -40°C to 85°C, V<sub>CC</sub> = 5.0V ± 20% (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V <sub>IL</sub>	Input Low Voltage	(Except $\overline{EA}$ )	-0.5	0.2 V <sub>CC</sub> - 0.1	V
V <sub>IL1</sub>	Input Low Voltage ( $\overline{EA}$ )		-0.5	0.2 V <sub>CC</sub> - 0.3	V
V <sub>IH</sub>	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	0.2 V <sub>CC</sub> + 0.9	V <sub>CC</sub> + 0.5	V
V <sub>IH1</sub>	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	0.7 V <sub>CC</sub>	V <sub>CC</sub> + 0.5	V
V <sub>OL</sub>	Output Low Voltage <sup>(1)</sup> (Ports 1,2,3)	I <sub>OL</sub> = 1.6 mA		0.45	V
V <sub>OL1</sub>	Output Low Voltage <sup>(1)</sup> (Port 0, ALE, $\overline{PSEN}$ )	I <sub>OL</sub> = 3.2 mA		0.45	V
V <sub>OH</sub>	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, $\overline{PSEN}$ )	I <sub>OH</sub> = -60 μA, V <sub>CC</sub> = 5V ± 10%	2.4		V
		I <sub>OH</sub> = -25 μA	0.75 V <sub>CC</sub>		V
		I <sub>OH</sub> = -10 μA	0.9 V <sub>CC</sub>		V
V <sub>OH1</sub>	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	I <sub>OH</sub> = -800 μA, V <sub>CC</sub> = 5V ± 10%	2.4		V
		I <sub>OH</sub> = -300 μA	0.75 V <sub>CC</sub>		V
		I <sub>OH</sub> = -80 μA	0.9 V <sub>CC</sub>		V
I <sub>IL</sub>	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	V <sub>IN</sub> = 0.45V		-50	μA
I <sub>TL</sub>	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	V <sub>IN</sub> = 2V, V <sub>CC</sub> = 5V ± 10%		-650	μA
I <sub>I</sub>	Input Leakage Current (Port 0, $\overline{EA}$ )	0.45 < V <sub>IN</sub> < V <sub>CC</sub>		±10	μA
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	KΩ
C <sub>IO</sub>	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, T <sub>A</sub> = 25°C		10	pF
I <sub>CC</sub>	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		20	mA
		Idle Mode, 12 MHz		5	mA
	Power Down Mode <sup>(2)</sup>	V <sub>CC</sub> = 6V		100	μA
		V <sub>CC</sub> = 3V		40	μA

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I<sub>OL</sub> must be externally limited as follows:

Maximum I<sub>OL</sub> per port pin: 10 mA

Maximum I<sub>OL</sub> per 8-bit port: Port 0: 26 mA

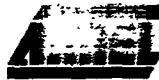
Ports 1, 2, 3: 15 mA

Maximum total I<sub>OL</sub> for all output pins: 71 mA

If I<sub>OL</sub> exceeds the test condition, V<sub>OL</sub> may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.

2. Minimum V<sub>CC</sub> for Power Down is 2V.





## AC Characteristics

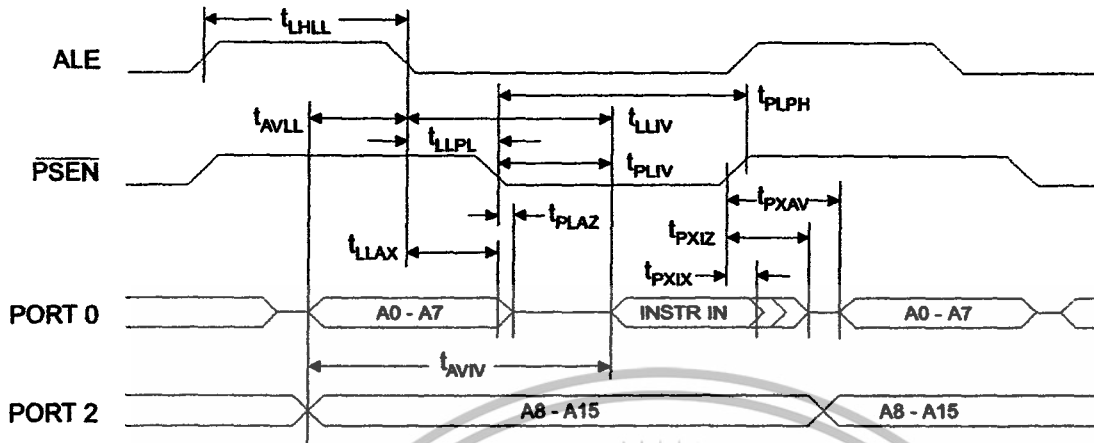
Under Operating Conditions; Load Capacitance for Port 0, ALE/ $\overline{\text{PROG}}$ , and  $\overline{\text{PSEN}}$  = 100 pF; Load Capacitance for all other outputs = 80 pF)

## External Program and Data Memory Characteristics

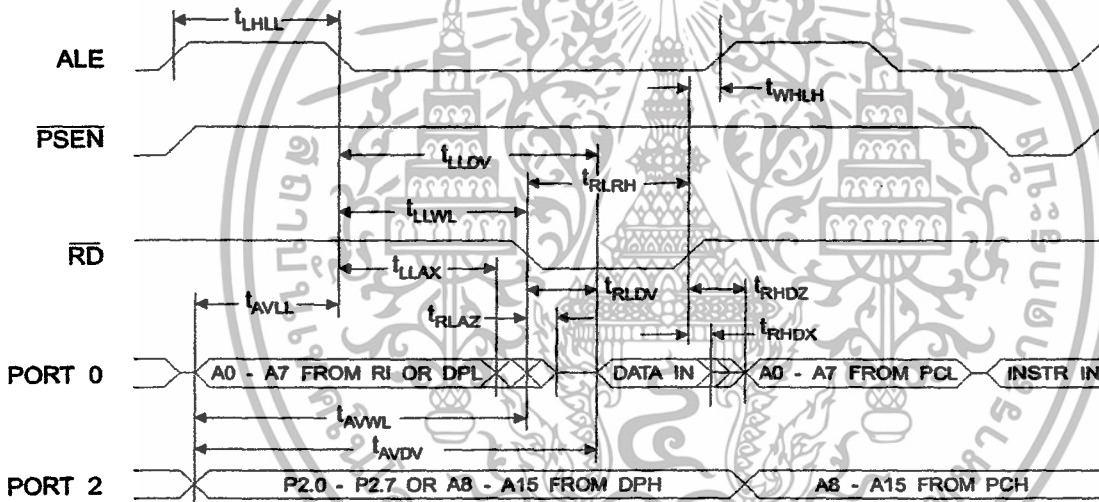
Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		16 to 24 MHz Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{\text{CLCL}}$	Oscillator Frequency			0	24	MHz
$t_{\text{LHL}}$	ALE Pulse Width	127		$2t_{\text{CLCL}}-40$		ns
$t_{\text{AVLL}}$	Address Valid to ALE Low	43		$t_{\text{CLCL}}-13$		ns
$t_{\text{LLAX}}$	Address Hold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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Program Memory Read Cycle

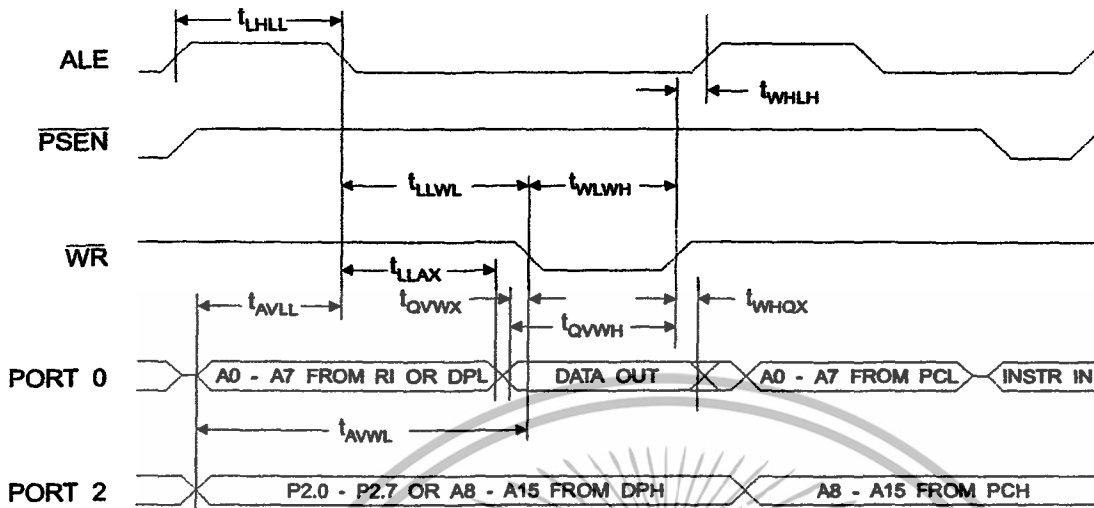


External Data Memory Read Cycle

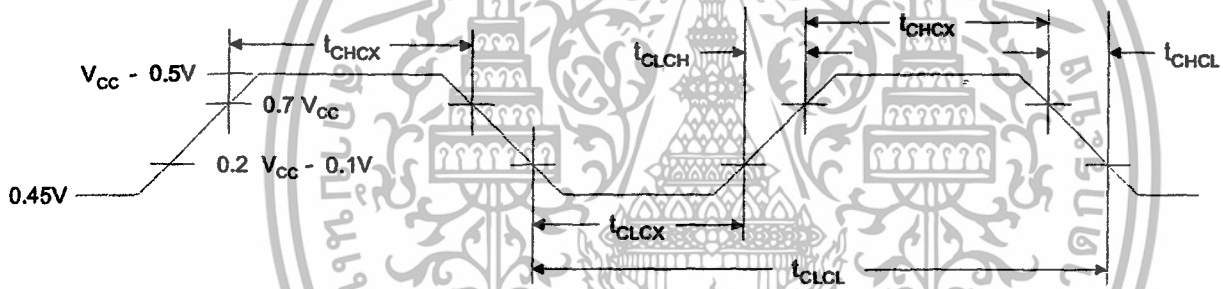


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## External Data Memory Write Cycle



## External Clock Drive Waveforms



## External Clock Drive

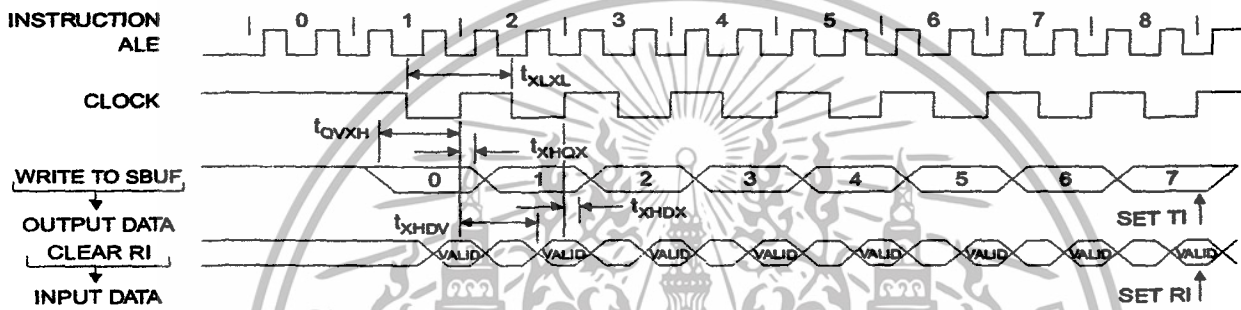
Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	24	MHz
$t_{CLCL}$	Clock Period	41.6		ns
$t_{CHCX}$	High Time	15		ns
$t_{CLCX}$	Low Time	15		ns
$t_{CLCH}$	Rise Time		20	ns
$t_{CHCL}$	Fall Time		20	ns

## 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	
$t_{LXL}$	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		$\mu\text{s}$
$t_{OVXH}$	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}-133$		ns
$t_{HOX}$	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}-117$		ns
$t_{HDX}$	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
$t_{HDV}$	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}-133$	ns

## Shift Register Mode Timing Waveforms



## AC Testing Input/Output Waveforms (1) Float Waveforms (1)



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	
			AT89C51-12AA	44A	Automotive (-40°C to 105°C)
			AT89C51-12JA	44J	
			AT89C51-12PA	40P6	
			AT89C51-12QA	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	
			AT89C51-16AA	44A	Automotive (-40°C to 105°C)
			AT89C51-16JA	44J	
			AT89C51-16PA	40P6	
			AT89C51-16QA	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	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Ordering Information

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



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



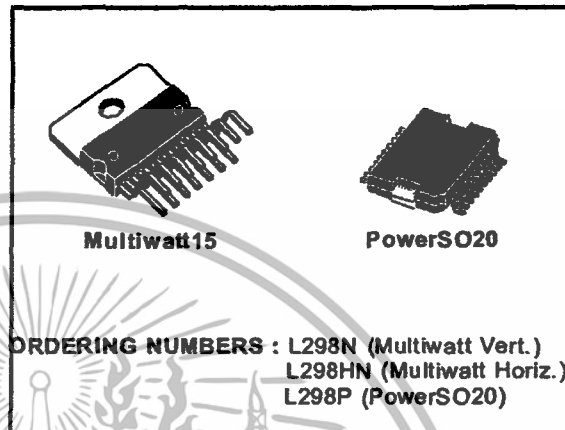
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 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)

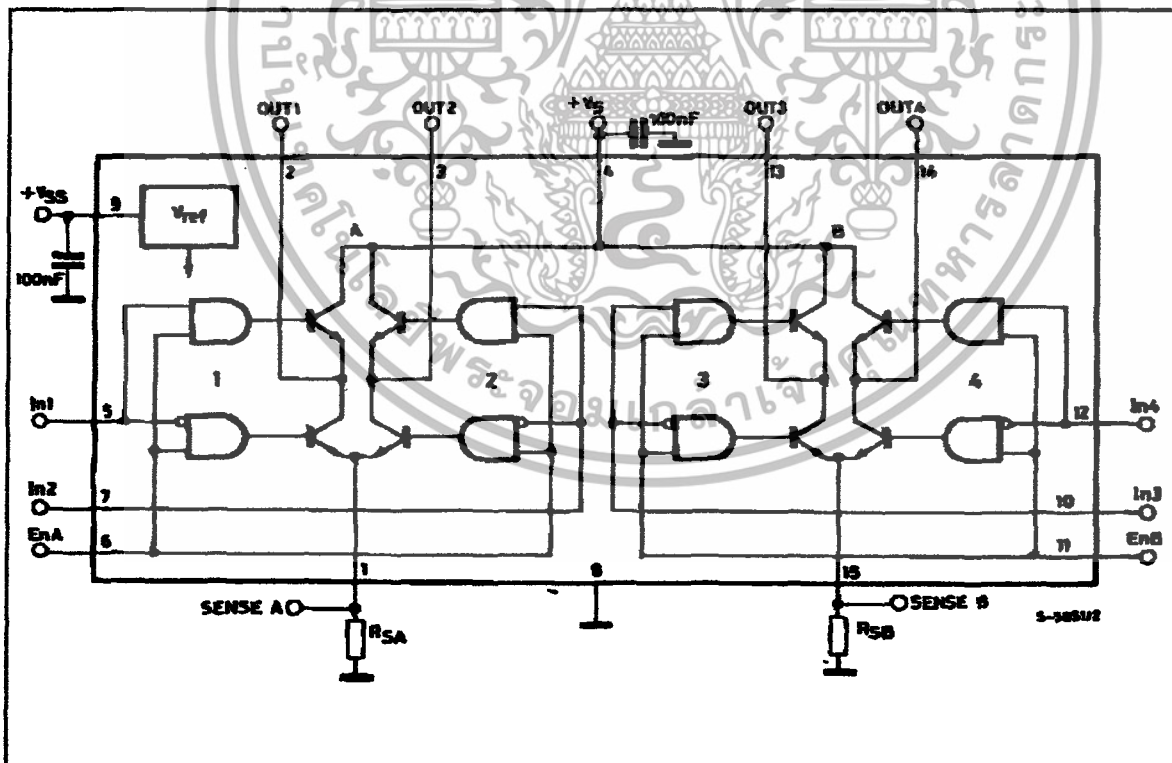
### DESCRIPTION

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.

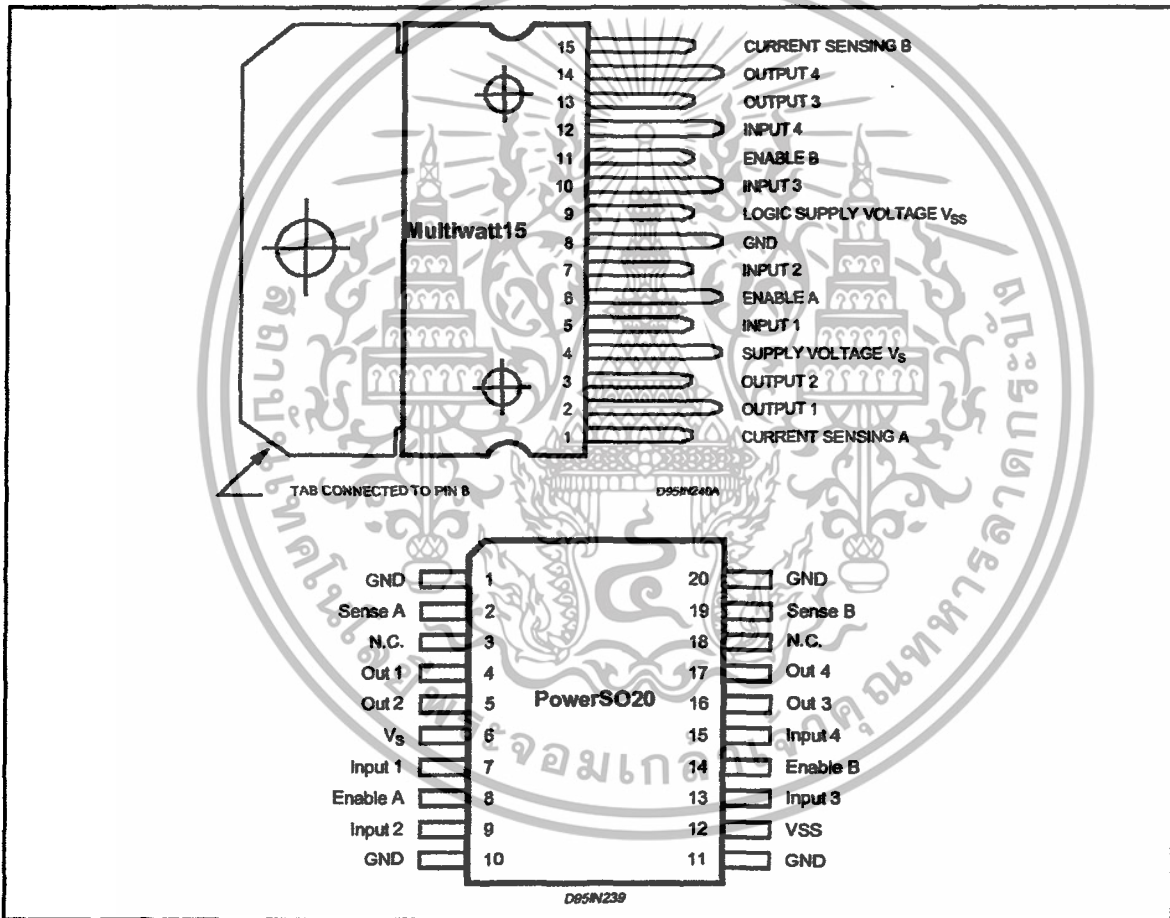
### BLOCK DIAGRAM



**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS**

Symbol	Parameter	Value	Unit
V <sub>S</sub>	Power Supply	50	V
V <sub>SS</sub>	Logic Supply Voltage	7	V
V <sub>I</sub> , V <sub>En</sub>	Input and Enable Voltage	-0.3 to 7	V
I <sub>O</sub>	Peak Output Current (each Channel) - Non Repetitive (t = 100μs) - Repetitive (80% on -20% off; t <sub>on</sub> = 10ms) - DC Operation	3 2.5 2	A A A
V <sub>sens</sub>	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
P <sub>tot</sub>	Total Power Dissipation (T <sub>case</sub> = 75°C)	25	W
T <sub>op</sub>	Junction Operating Temperature	-25 to 130	°C
T <sub>stg</sub> , T <sub>J</sub>	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	°C

**PIN CONNECTIONS (top view)**



**THERMAL DATA**

Symbol	Parameter	PowerSO20	Multiwatt15	Unit
R <sub>th j-case</sub>	Thermal Resistance Junction-case	Max. -	3	°C/W
R <sub>th j-amb</sub>	Thermal Resistance Junction-ambient	Max. 13 (*)	35	°C/W

(\*) Mounted on aluminum substrate



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 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	V <sub>SS</sub>	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
I <sub>SS</sub>	Quiescent Current from V <sub>SS</sub> (pin 9)	V <sub>en</sub> = L; I <sub>L</sub> = 0 V <sub>i</sub> = L V <sub>i</sub> = H V <sub>i</sub> = X		24 7	36 12	mA mA
V <sub>IL</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>IL</sub>	Low Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V <sub>i</sub> = L			-10	μA
I <sub>IH</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  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 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>sens</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.

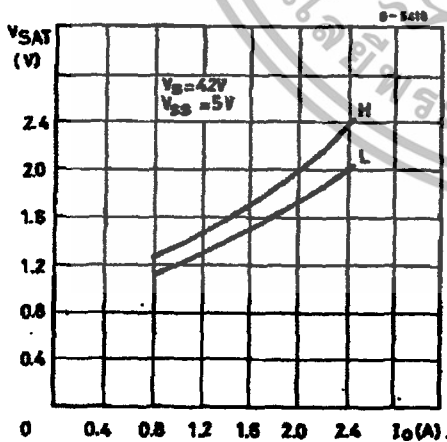
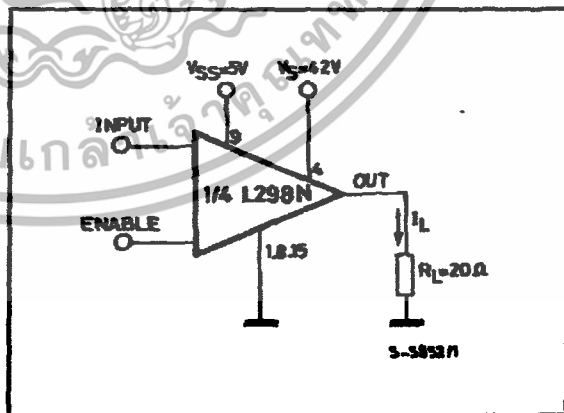


Figure 2 : Switching Times Test Circuits.



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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

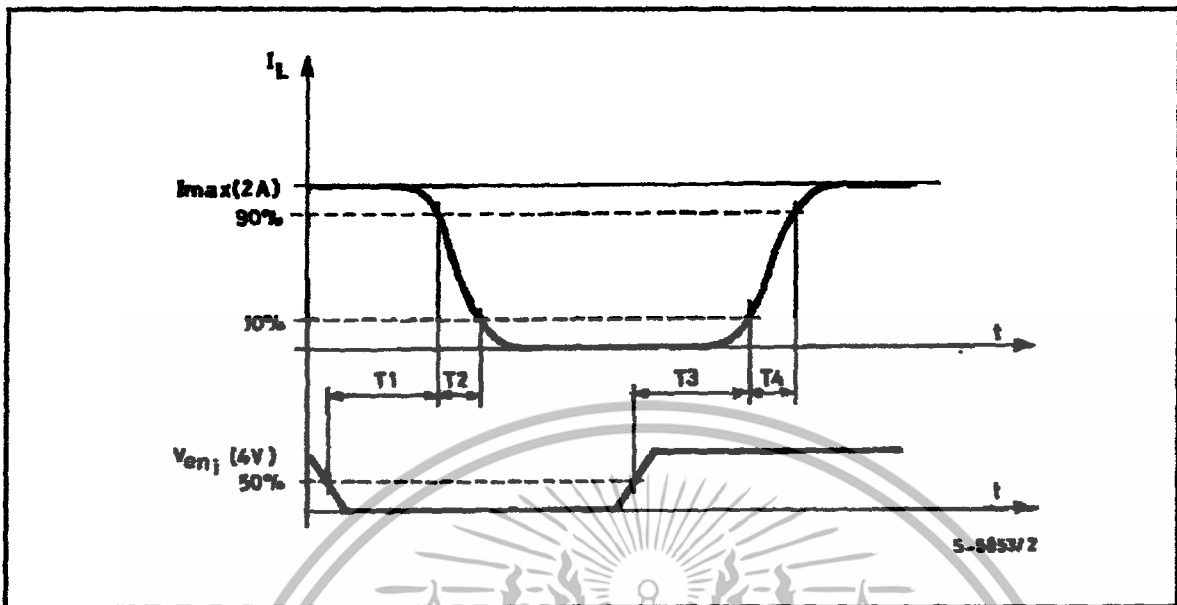
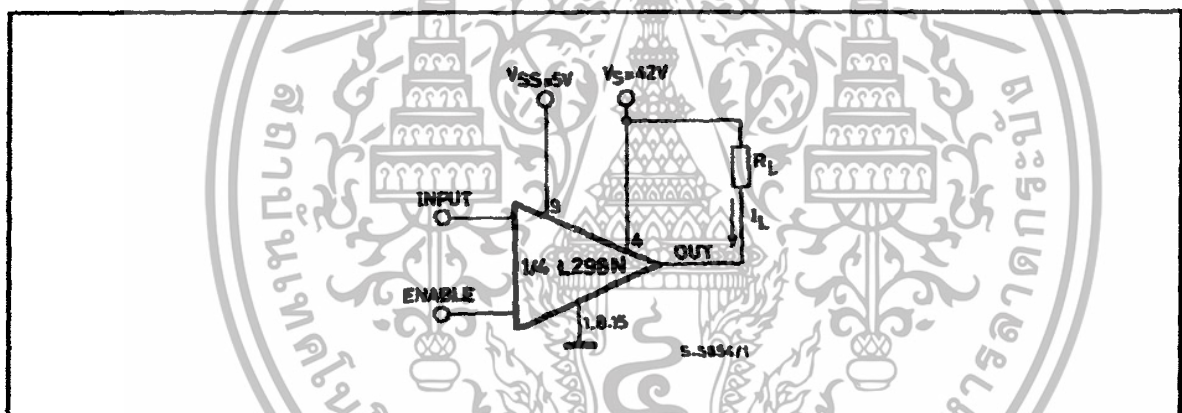


Figure 4 : Switching Times Test Circuits.



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

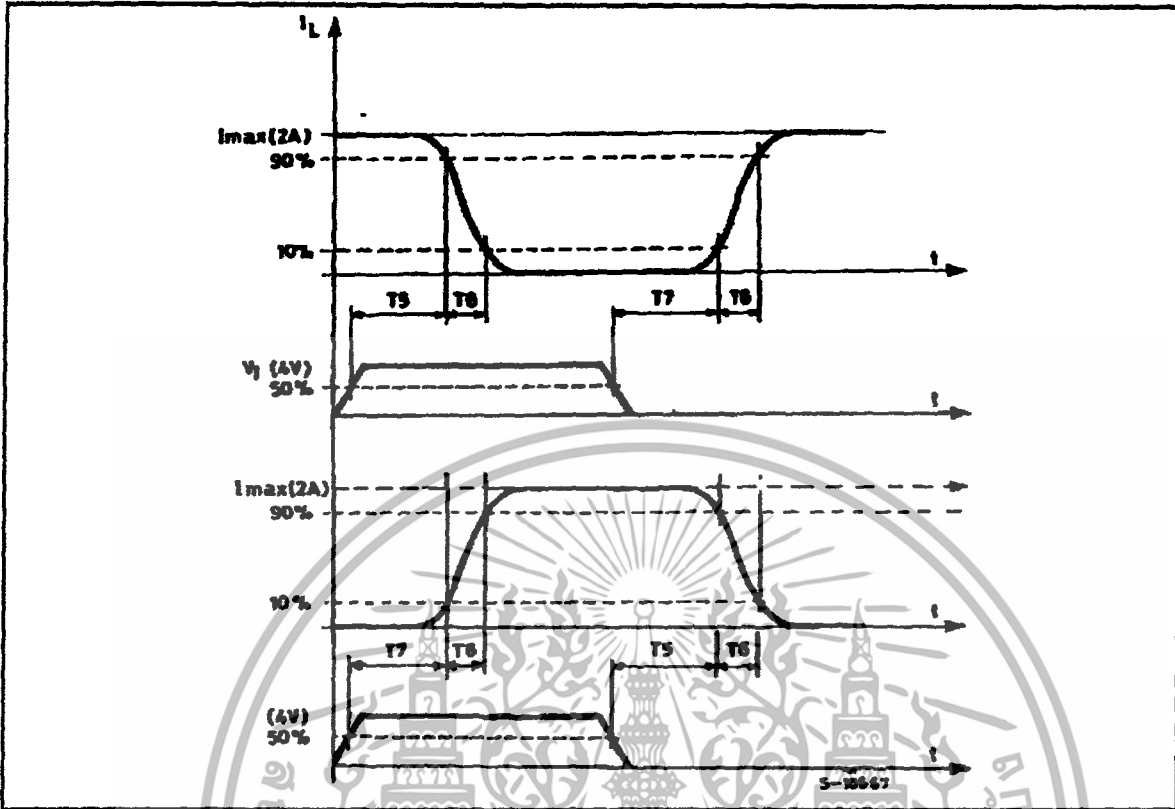
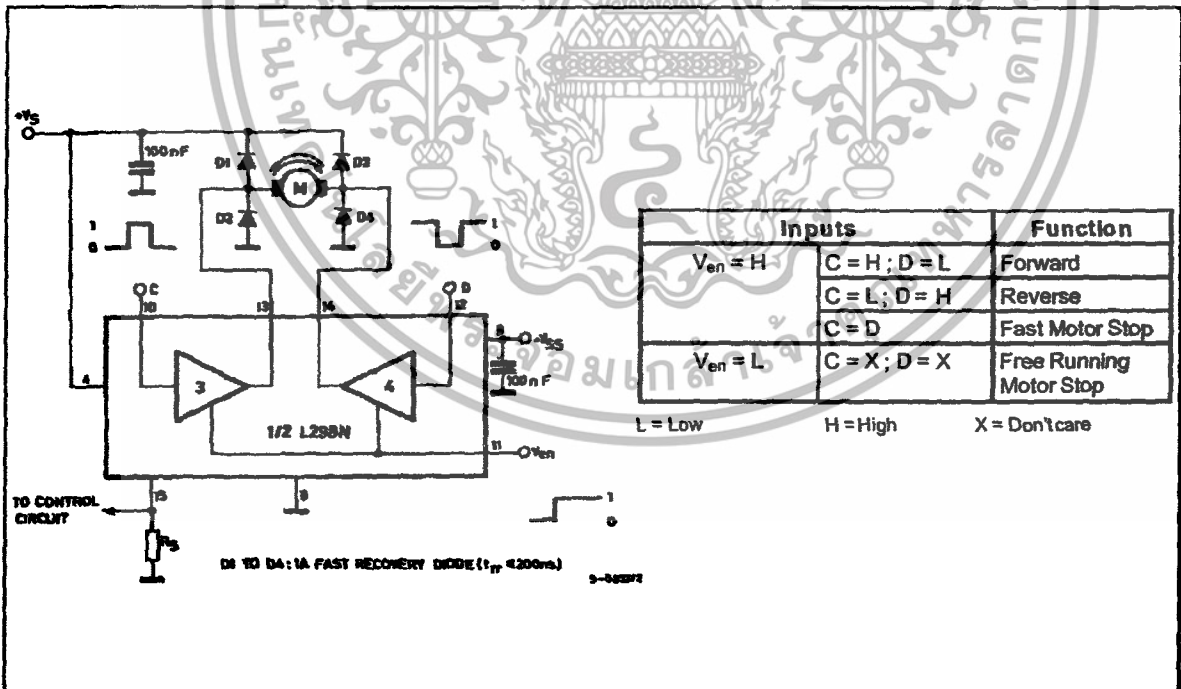
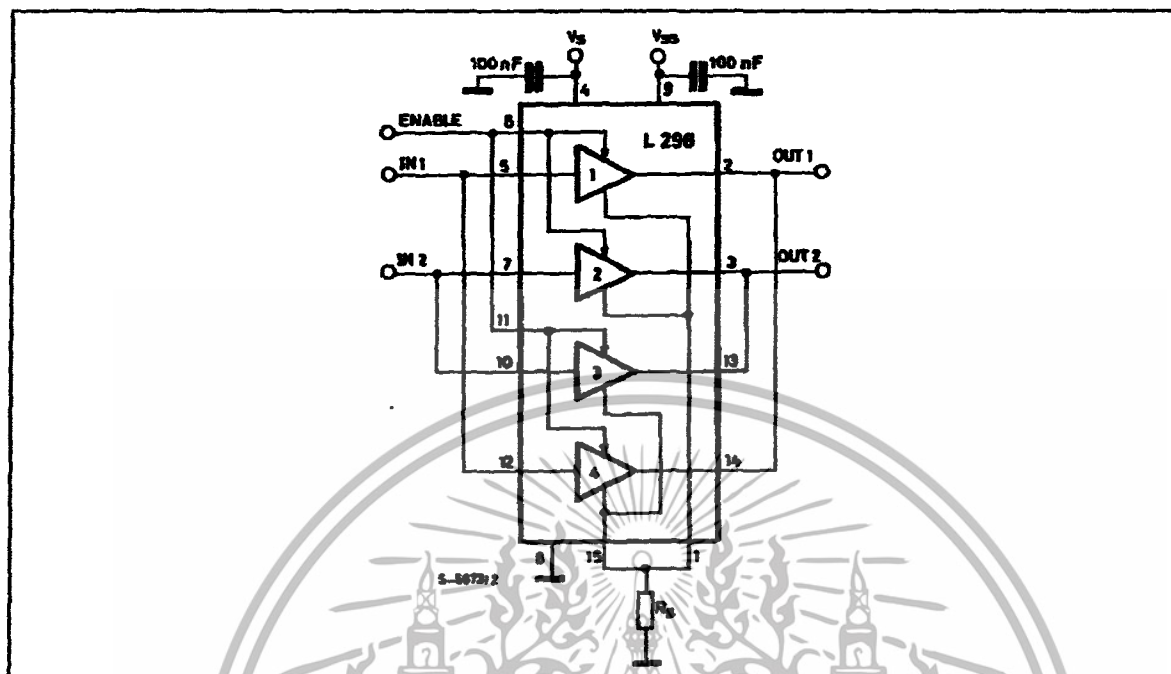


Figure 6 : Bidirectional DC Motor Control.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 differential 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 ( $t_{tr} \leq 200$  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; Schottky diodes would be preferred.

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.

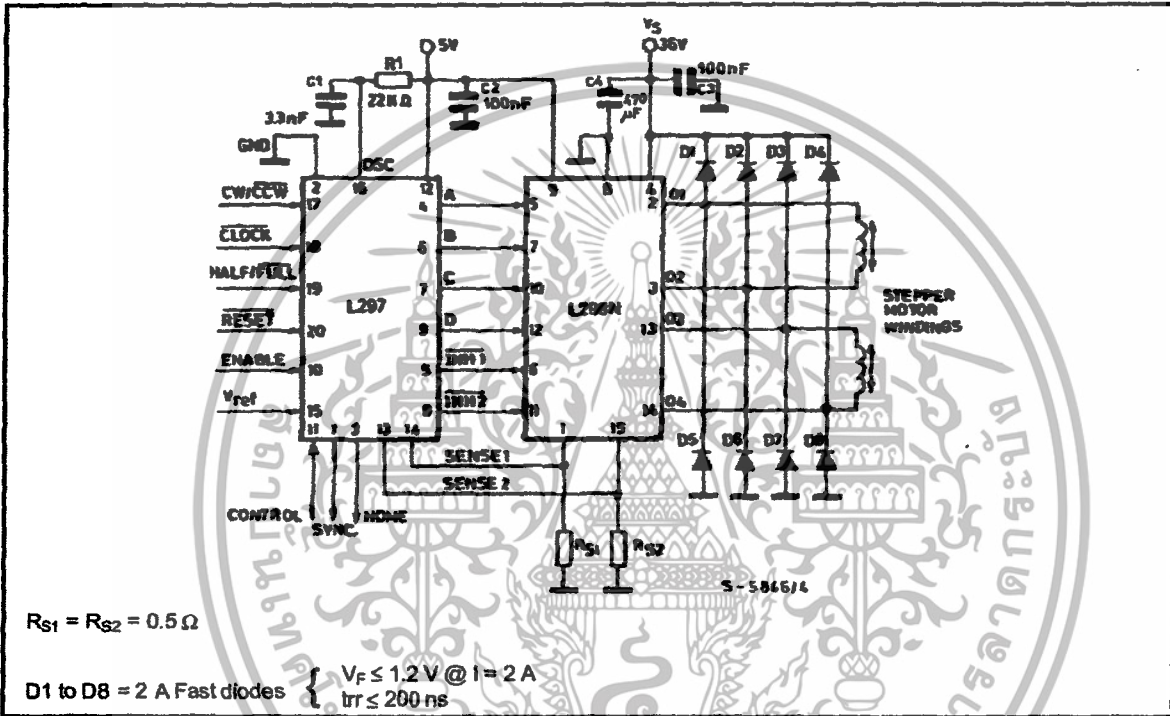


Fig 10 shows a second two phase bipolar stepper motor control circuit where the current is controlled by the I.C. L6506.

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

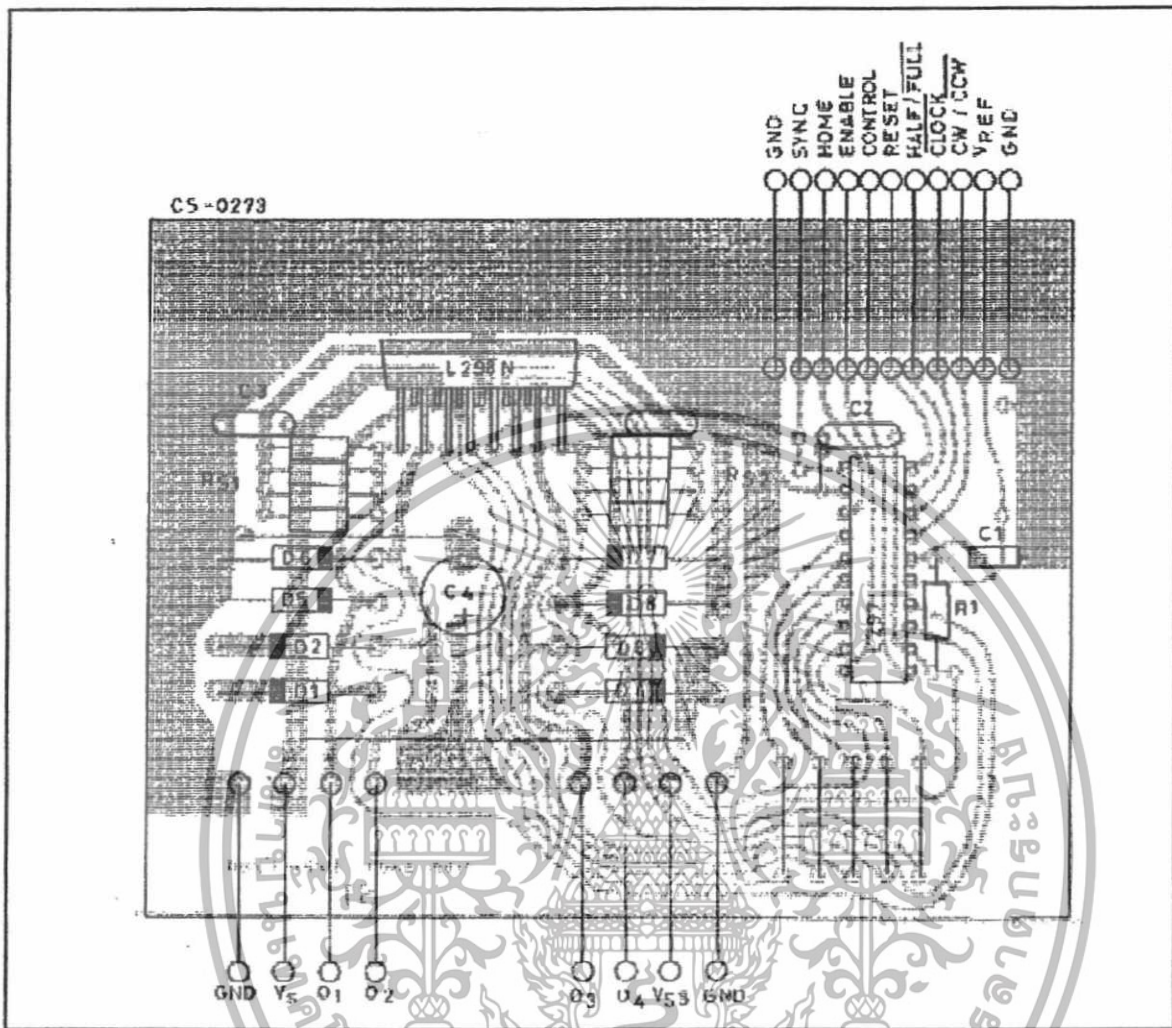
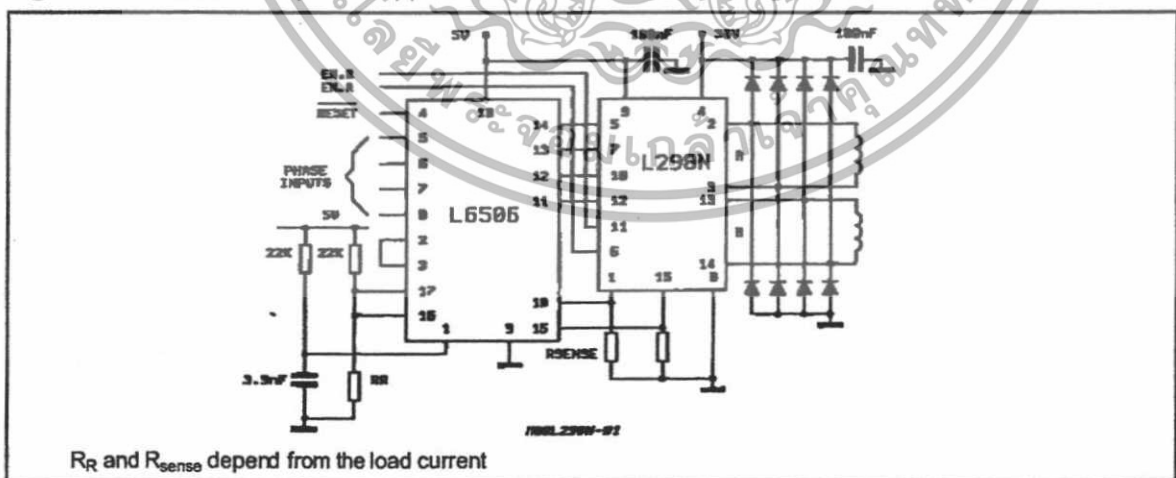
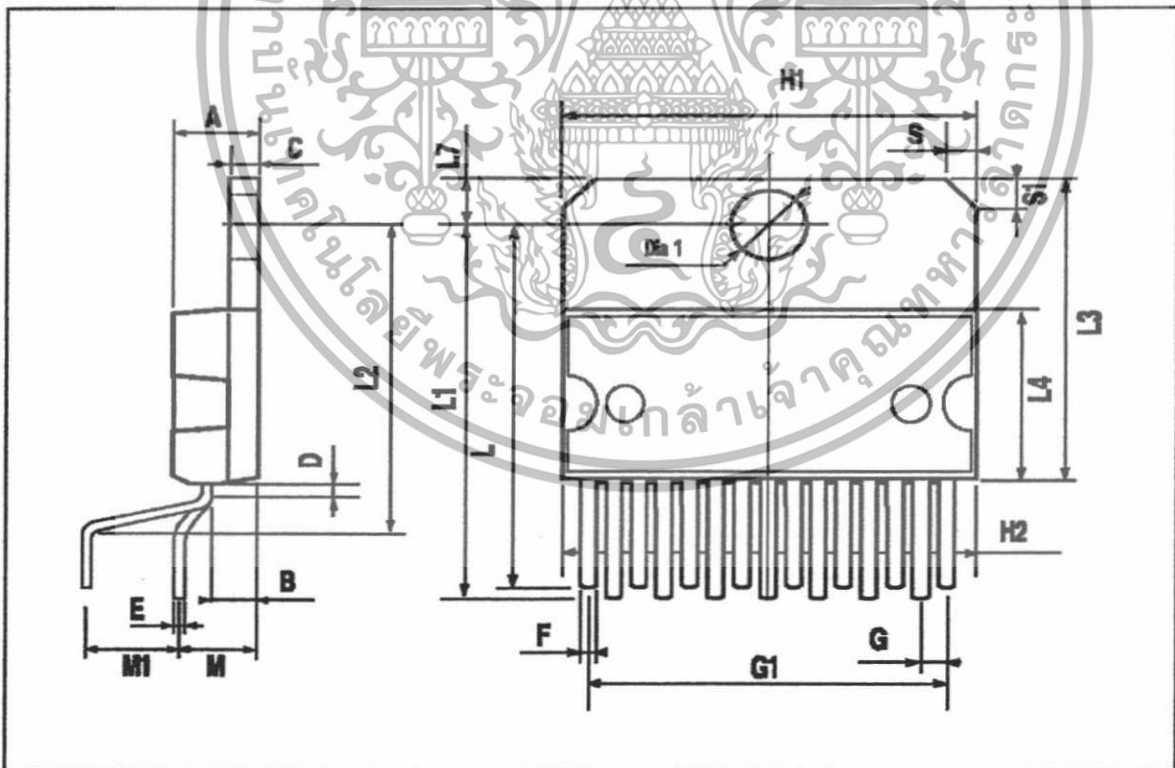
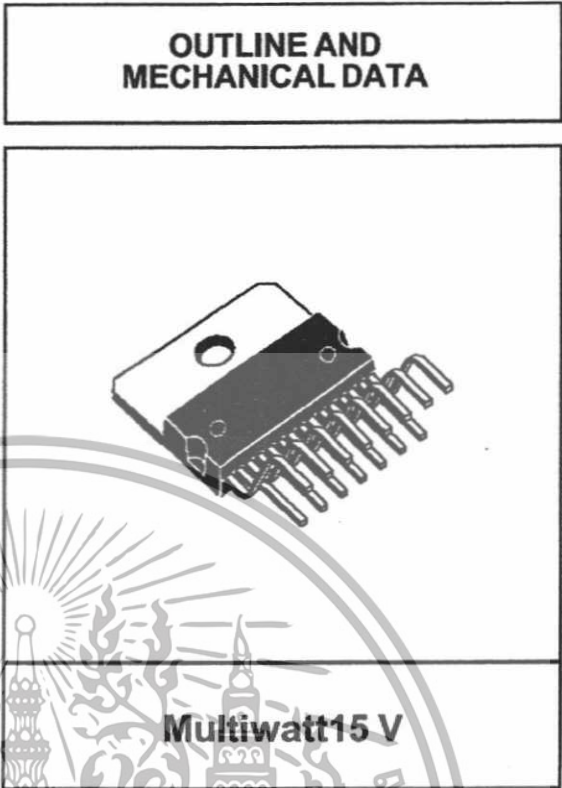


Figure 10 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Control Circuit by Using the Current Controller L6506.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

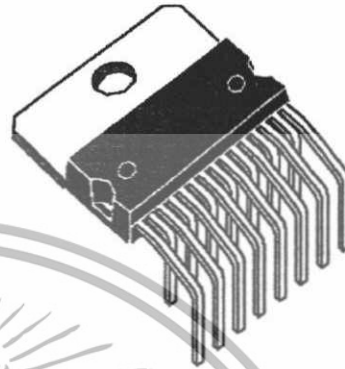
DIM.	mm			Inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
D		1			0.039	
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.66		0.75	0.026		0.030
G	1.02	1.27	1.52	0.040	0.050	0.060
G1	17.53	17.78	18.03	0.690	0.700	0.710
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L	21.9	22.2	22.5	0.862	0.874	0.886
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



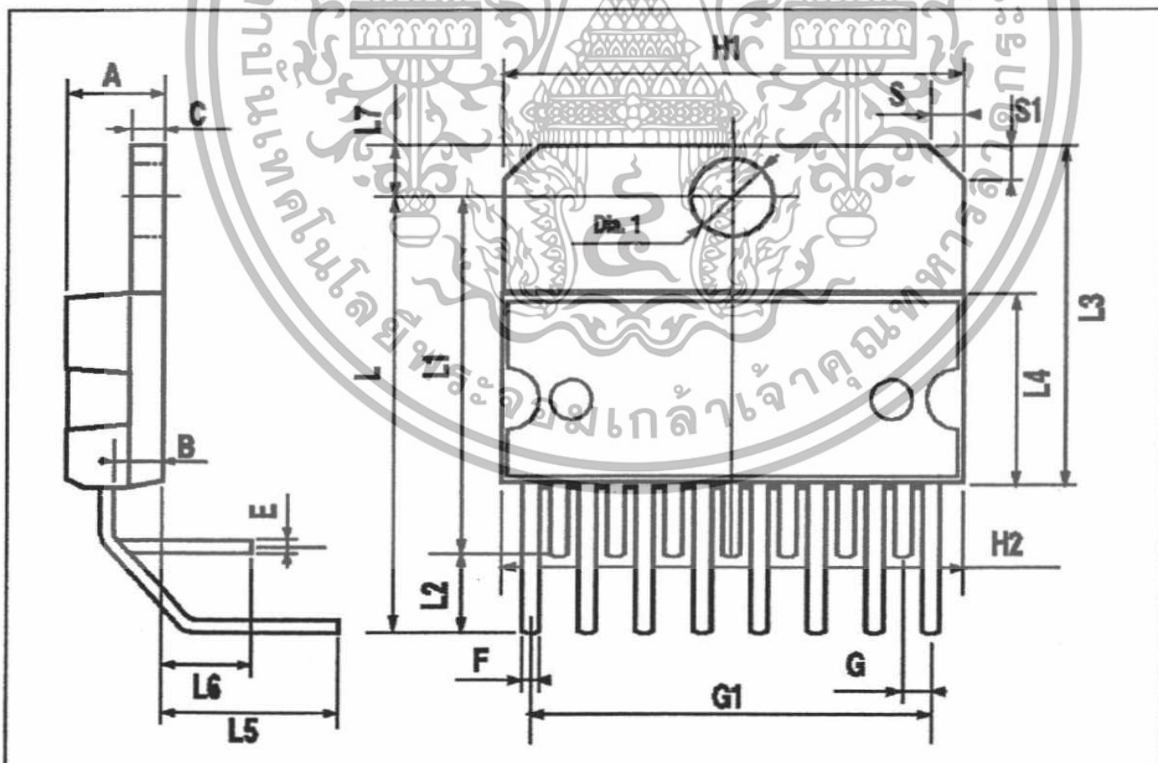
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

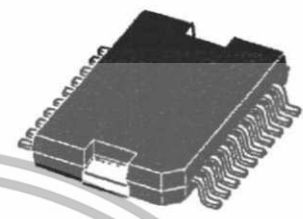


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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	

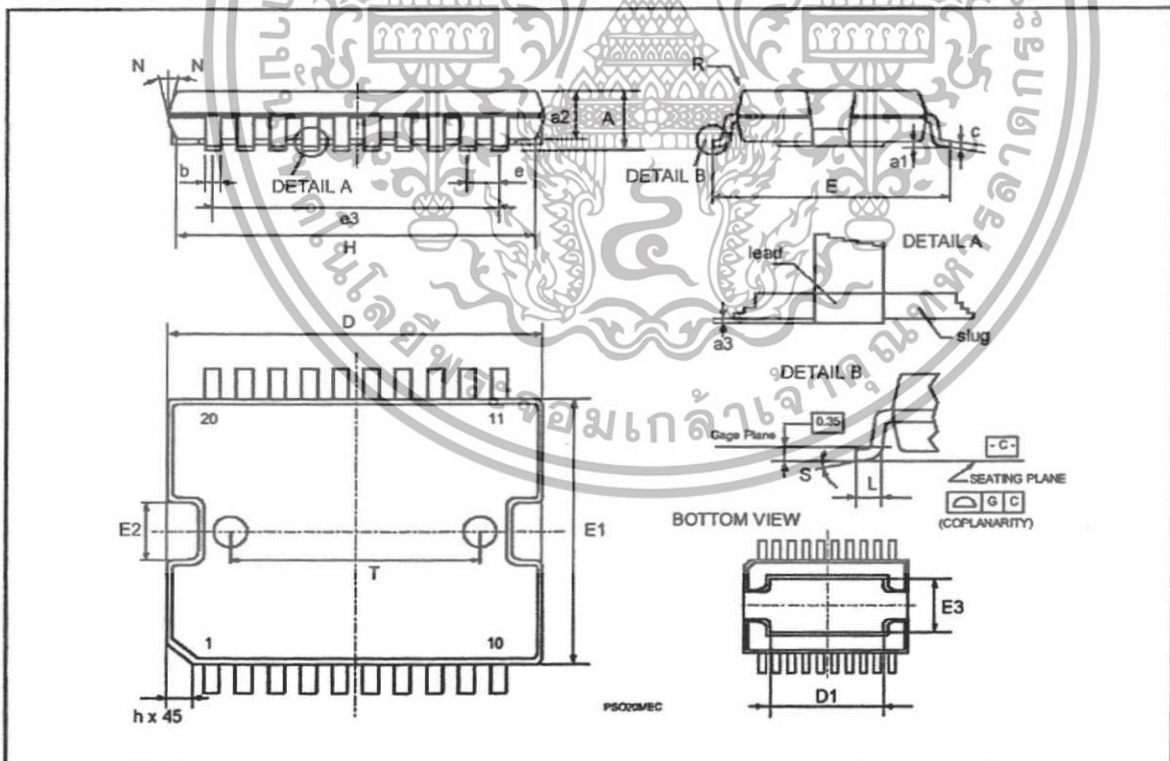
(1) "D and F" do not include mold flash or protrusions.  
 - Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15 mm (0.006").  
 - Critical dimensions "E", "G" and "a3"

### OUTLINE AND MECHANICAL DATA



JEDEC MO-166

**PowerSO20**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น 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>



# Octal High Voltage, High Current Darlington Transistor Arrays

The eight NPN Darlington connected transistors in this family of arrays are ideally suited for interfacing between low logic level digital circuitry (such as TTL, CMOS or PMOS/NMOS) and the higher current/voltage requirements of lamps, relays, printer hammers or other similar loads for a broad range of computer, industrial, and consumer applications. All devices feature open-collector outputs and free wheeling clamp diodes for transient suppression.

The ULN2803 is designed to be compatible with standard TTL families while the ULN2804 is optimized for 6 to 15 volt high level CMOS or PMOS.

## ULN2803 ULN2804

### OCTAL PERIPHERAL DRIVER ARRAYS

#### SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

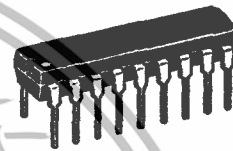
**MAXIMUM RATINGS** ( $T_A = 25^\circ\text{C}$  and rating apply to any one device in the package, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Output Voltage	$V_O$	50	V
Input Voltage (Except ULN2801)	$V_I$	30	V
Collector Current - Continuous	$I_C$	500	mA
Base Current - Continuous	$I_B$	25	mA
Operating Ambient Temperature Range	$T_A$	0 to +70	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	$T_{stg}$	-55 to +150	$^\circ\text{C}$
Junction Temperature	$T_J$	125	$^\circ\text{C}$

$R_{\theta JA} = 55^\circ\text{C/W}$   
Do not exceed maximum current limit per driver.

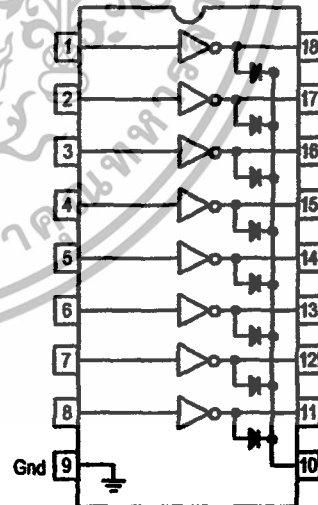
#### ORDERING INFORMATION

Device	Characteristics		
	Input Compatibility	$V_{CE}(\text{Max})/I_C(\text{Max})$	Operating Temperature Range
ULN2803A	TTL, 5.0 V CMOS	50 V/500 mA	$T_A = 0$ to $+70^\circ\text{C}$
ULN2804A	6 to 15 V CMOS, PMOS		



A SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 707

#### PIN CONNECTIONS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ULN2803 ULN2804

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted)

Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Output Leakage Current (Figure 1) ( $V_O = 50\text{ V}$ , $T_A = +70^\circ\text{C}$ ) ( $V_O = 50\text{ V}$ , $T_A = +25^\circ\text{C}$ ) ( $V_O = 50\text{ V}$ , $T_A = +70^\circ\text{C}$ , $V_I = 6.0\text{ V}$ ) ( $V_O = 50\text{ V}$ , $T_A = +70^\circ\text{C}$ , $V_I = 1.0\text{ V}$ )	All Types All Types ULN2802 ULN2804	$I_{CEX}$	- - - -	- - - -	100 50 500 500	$\mu\text{A}$
Collector-Emitter Saturation Voltage (Figure 2) ( $I_C = 350\text{ mA}$ , $I_B = 500\text{ }\mu\text{A}$ ) ( $I_C = 200\text{ mA}$ , $I_B = 350\text{ }\mu\text{A}$ ) ( $I_C = 100\text{ mA}$ , $I_B = 250\text{ }\mu\text{A}$ )	All Types All Types All Types	$V_{CE(sat)}$	- - -	1.1 0.95 0.85	1.6 1.3 1.1	V
Input Current – On Condition (Figure 4) ( $V_I = 17\text{ V}$ ) ( $V_I = 3.85\text{ V}$ ) ( $V_I = 5.0\text{ V}$ ) ( $V_I = 12\text{ V}$ )	ULN2802 ULN2803 ULN2804 ULN2804	$I_{I(on)}$	- - - -	0.82 0.93 0.35 1.0	1.25 1.35 0.5 1.45	mA
Input Voltage – On Condition (Figure 5) ( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 300\text{ mA}$ ) ( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 200\text{ mA}$ ) ( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 250\text{ mA}$ ) ( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 300\text{ mA}$ ) ( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 125\text{ mA}$ ) ( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 200\text{ mA}$ ) ( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 275\text{ mA}$ ) ( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 350\text{ mA}$ )	ULN2802 ULN2803 ULN2803 ULN2803 ULN2804 ULN2804 ULN2804 ULN2804	$V_{I(on)}$	- - - - - - - -	- - - - - - - -	13 2.4 2.7 3.0 5.0 6.0 7.0 8.0	V
Input Current – Off Condition (Figure 3) ( $I_C = 500\text{ }\mu\text{A}$ , $T_A = +70^\circ\text{C}$ )	All Types	$I_{I(off)}$	50	100	-	$\mu\text{A}$
DC Current Gain (Figure 2) ( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 350\text{ mA}$ )	ULN2801	$h_{FE}$	1000	-	-	-
Input Capacitance		$C_I$	-	15	25	pF
Turn-On Delay Time (50% $E_I$ to 50% $E_O$ )		$t_{on}$	-	0.25	1.0	$\mu\text{s}$
Turn-Off Delay Time (50% $E_I$ to 50% $E_O$ )		$t_{off}$	-	0.25	1.0	$\mu\text{s}$
Clamp Diode Leakage Current (Figure 6) ( $V_R = 50\text{ V}$ )	$T_A = +25^\circ\text{C}$ $T_A = +70^\circ\text{C}$	$I_R$	-	-	50 100	$\mu\text{A}$
Clamp Diode Forward Voltage (Figure 7) ( $I_F = 350\text{ mA}$ )		$V_F$	-	1.5	2.0	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ULN2803 ULN2804

## TEST FIGURES

(See Figure Numbers in Electrical Characteristics Table)

Figure 1.

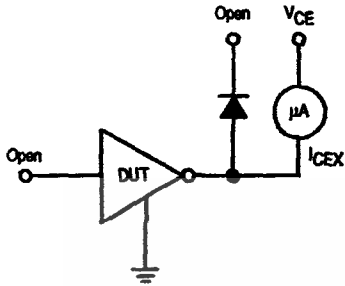


Figure 2.

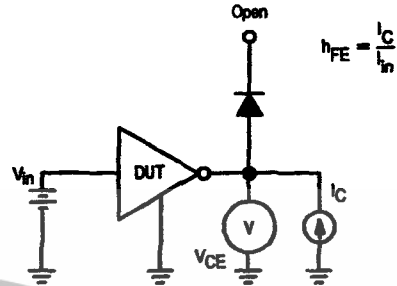


Figure 3.

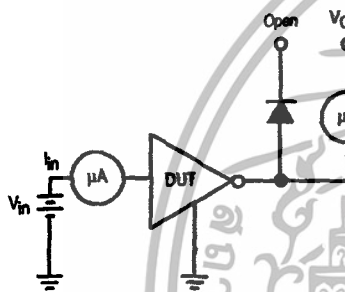


Figure 4.

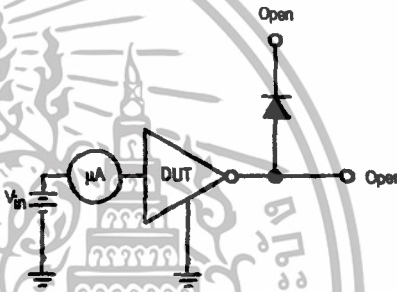


Figure 5.

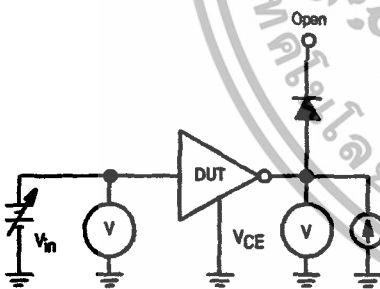


Figure 6.

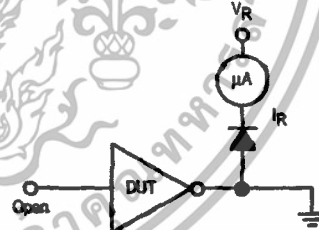
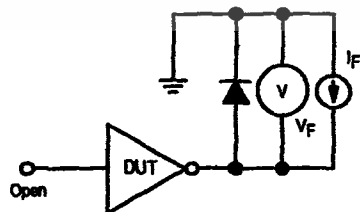


Figure 7.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ULN2803 ULN2804

TYPICAL CHARACTERISTIC CURVES –  $T_A = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted  
Output Characteristics

Figure 8. Output Current versus Saturation Voltage

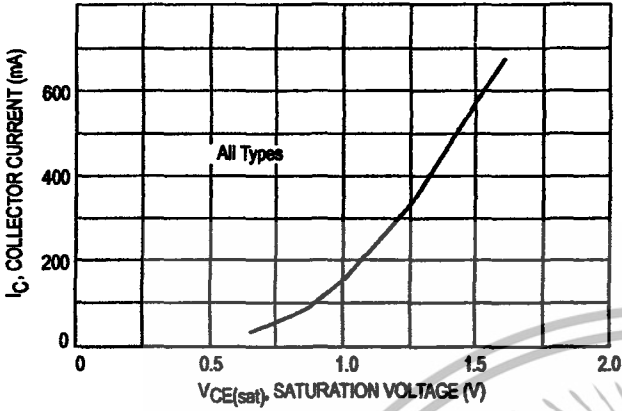
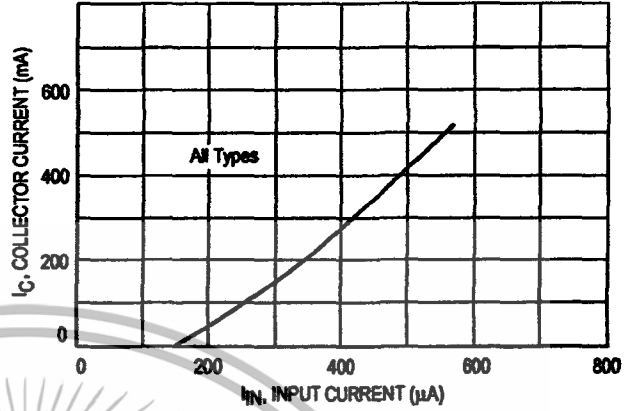


Figure 9. Output Current versus Input Current



## Input Characteristics

Figure 10. ULN2803 Input Current versus Input Voltage

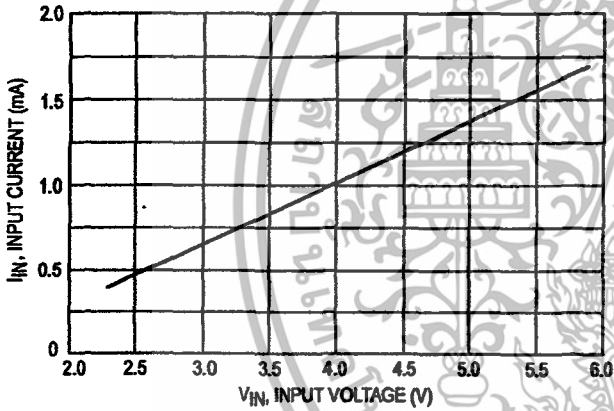


Figure 11. ULN2804 Input Current versus Input Voltage

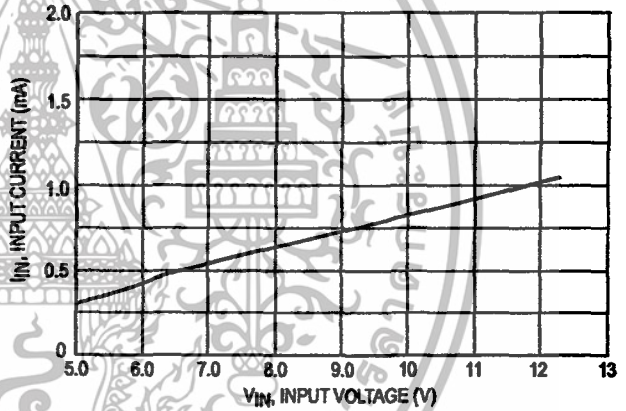
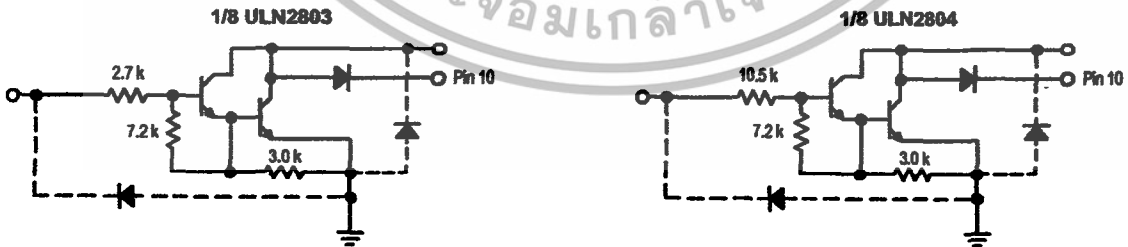


Figure 12. Representative Schematic Diagrams

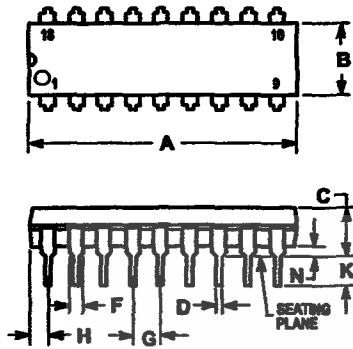


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ULN2803 ULN2804

## OUTLINE DIMENSIONS

A SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 707-02  
ISSUE C



NOTES:


1. POSITIONAL TOLERANCE OF LEADS (D), SHALL BE WITHIN 0.25 (0.010) AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION, IN RELATION TO SEATING PLANE AND EACH OTHER.
2. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
3. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	22.22	23.26	0.875	0.915
B	6.10	6.60	0.240	0.260
C	3.56	4.57	0.140	0.180
D	0.36	0.58	0.014	0.022
F	1.27	1.78	0.050	0.070
E	2.54 BSC		0.100 BSC	
H	1.02	1.52	0.040	0.060
J	0.20	0.30	0.008	0.012
K	2.92	3.43	0.115	0.135
L	7.62 BSC		0.300 BSC	
M	0° 15°		0° 15°	
N	0.51	1.02	0.020	0.040



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

**How to reach us:**

USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Literature Distribution;  
P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1-800-441-2447 or 602-303-5454

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, 6F Seibu-Butsuryu-Center,  
3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 03-81-3521-8315

MFAX: RMFAXD@email.sps.mot.com - TOUCHTONE 802-244-6609  
INTERNET: <http://Design-NET.com>

ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 88 Tai Ping Industrial Park,  
51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629298

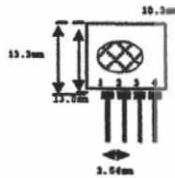
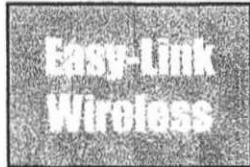


ULN2803/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ซื้อได้เห็นรายละเอียดของเอกสารนี้แล้ว  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**TLP434A Ultra Small Transmitter**

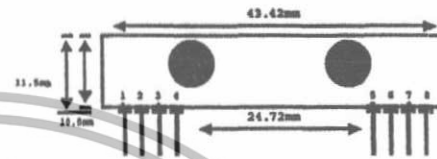
**RLP434A SAW Based Receiver**



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

Frequency 315, 418 and 433.92 Mhz

Modulation : ASK  
Operation Voltage : 2 - 12 VDC



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

Frequency 315, 418 and 433.92 Mhz

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

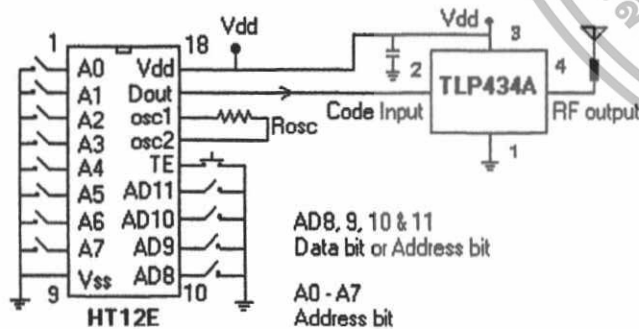
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Vcc	Operating supply voltage		2.0	-	12.0	V
Icc 1	Peak Current (2V)		-	-	1.64	mA
Icc 2	Peak Current (12V)		-	-	19.4	mA
Vh	Input High Voltage	Idata= 100uA (High)	Vcc-0.5	Vcc	Vcc+0.5	V
VI	Input Low Voltage	Idata= 0 uA (Low)	-	-	0.3	V
FO	Absolute Frequency	315Mhz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

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

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Vcc	Operating supply voltage		3.3	5.0V	6.0	V
Icc	Operating Current		-	4.5	-	mA
Vdata	Data Out	Idata = +200 uA ( High )	Vcc-0.5	-	Vcc	V
		Idata = -10 uA ( Low )	-	-	0.3	V
Electrical Characteristics						
Characteristics	SYM	Min	Typ	Max	Unit	
Operation Radio Frequency	FC	315, 418 and 433.92			MHz	
Sensitivity	PreF	-110			dBm	
Channel Width		+500			Khz	
Noise Equivalent BW		4			Khz	
Receiver Turn On Time		5			ms	
Operation Temperature	Top	-20			80	C
Baseboard Data Rate		4.8			KHz	

Application Circuit :

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



AD8, 9, 10 & 11  
Data bit or Address bit  
A0 - A7  
Address bit

Application Circuit :

Typical RF Receiver using HT12D-18DIP, a Binary 12 bit Decoder with 8 bit uC HT48RXX from Holtek Semiconductor Inc.

