# อีพรอมอีมูเลเตอร์

# EPROM EMULATOR


โดย

นางสาวนิราภรณ์ คะยอม

นางสาวนุชรัตน์ ไชยโยธา



วัน เดือน ปี 22 ก.ค. 2541

เลขทะเบียน 039117

เลขเรียกหนังสือ TJ1035 N651 อ


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเ

# อีพรอมอีมูเลเตอร์

# EPROM EMULATOR


โดย

นางสาวนีราภรณ์ คะยอม 37014208

นางสาวนุชรัตน์ ไชยโยธา 37014209

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.ไกรสิน ส่งวัฒนา


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2540

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง อีพรอมอีมูเลเตอร์

EPROM EMULATOR


ผู้จัดทำ 1.นางสาวนีราภรณ์ คะยอม 37014208

2.นางสาวนุชรัตน์ ไชยโยธา 37014209


.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.ไกรสิน ส่งวัฒนา)


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# อีพรอมอีมูเลเตอร์

# EPROM EMULATOR

โดย นางสาวนีราภรณ์ กะยอม 37014208
นางสาวนุชรัตน์ ไชยโยชา 37014209

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ไกรสิน ส่งวัฒนา

**บทคัดย่อ**

อีพรอมอีมูเลเตอร์เป็นบอร์ดที่ทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวอีพรอมเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการแก้ไขและพัฒนาก่อนที่จะทำใช้อีพรอมตัวจริงให้กับบอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ บอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์ใช้การติดต่อกับคอมพิวเตอร์ทางพอร์ตอนุกรม RS232 โดยใช้สายในการเชื่อมต่อและโหลดโปรแกรมเพียงสองเส้นแล้วทำการแปลงข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม RS232 มาเป็นข้อมูลแบบขนานอีกครั้งหนึ่ง ภายในบอร์ดใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 เป็นตัวควบคุม

**ABSTRACT**

This thesis is a design concerning about the EPROM EMULATOR board that it is designed to improve and develop the programs. Normally, before we are using actual EPROM to microprocesser board. This board connected to computer by serial port (RS-232). This inside board use microcontroller 8051 control other part.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | | หน้า |
|---|---|---|
| บทคัดย่อ | | |
| บทที่ 1 | บทนำ | 1 |
| บทที่ 2 | ทฤษฎีและหลักการทำงาน | 3 |
| | 2.1 โครงสร้างของ MCS-51 | 3 |
| | 2.2 การจัดการหน่วยความจำ | 7 |
| | 2.3 วงจรนาฬิกาใน MCS-51 | 11 |
| | 2.4 การทำงานของ EPROM | 15 |
| | 2.5 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม | 16 |
| | 2.6 โครงสร้างของไฟล์ข้อมูลที่ใช้ดาวน์โหลด | 18 |
| บทที่ 3 | การคำนวณและการสร้าง | 20 |
| | 3.1 หลักการทำงานของบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์ | 21 |
| | 3.2 การใช้งานบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์ | 22 |
| | 3.3 รูปผังงานและวงจรการทำงานของบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์ | 23 |
| บทที่ 4 | การทดลองและผลการทดลอง | 29 |
| บทที่ 5 | บทวิจารณ์และบทสรุป | 35 |
| ภาคผนวก | | |
| หนังสืออ้างอิง | | |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ

หน้า


รูปที่ 1.1 แสดงหลักการเชื่อมต่อระบบกับอีพรอมอีมูเลเตอร์ 1

รูปที่ 2.1 แสดงตำแหน่งขาของ MCS - 51 4

รูปที่ 2.2 แสดงการต่อขารีเซ็ตให้กับ 8051 6

รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างภายใน MCS - 51 6

รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างหน่วยความจำทั้งหมดของ MCS - 51 8

รูปที่ 2.5 แสดงแผนภาพหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป 9

รูปที่ 2.6 แสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปทั้งสองส่วน 9

รูปที่ 2.7 แสดงถึงแผนที่การกำหนดตำแหน่งบิต 10

รูปที่ 2.8 แสดงวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา 12

รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างแมชชีนไซเกิล MCS - 51 13

รูปที่ 2.10 แสดงผังเวลาการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก 14

รูปที่ 2.11 แสดงสัญญาณของพอร์ต RS232 และการต่อสาย 17

รูปที่ 2.12 แสดงถึงแนวการเปลี่ยนสัญญาณ TTL ไปเป็นระดับสัญญาณแบบ RS-232 และการแปลงระดับสัญญาณแบบ RS-232 ไปเป็นระดับสัญญาณแบบ TTL 18

รูปที่ 3.1 แสดงผังงานการทำงานของบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์ 20

รูปที่ 3.2 แสดงการทำงานช่วงที่เขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำ 20

รูปที่ 3.3 แสดงการทำงานช่วงที่บอร์ดเป้าหมายเข้ามาใช้ข้อมูล 21

รูปที่ 3.4 แสดงหลักการเลือกดิพสวิตซ์ 21

รูปที่ 3.5 แสดงการต่อสายพอร์ตอนุกรม 22

รูปที่ 3.6 แสดงผังงานของส่วนโปรแกรมทั้งหมด 24

รูปที่ 3.7 แสดงส่วนของวงจรการทำงาน 26

รูปที่ 3.8 แสดงส่วนของ DIP - JUMPER 28 ขา 28

รูปที่ 4.1 แสดงบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์ 29

รูปที่ 4.2 แสดงการจ่ายไฟเลี้ยงให้กับบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์ 30

รูปที่ 4.3 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบโปรแกรมที่ 1 31

รูปที่ 4.4 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบโปรแกรมที่ 2 32



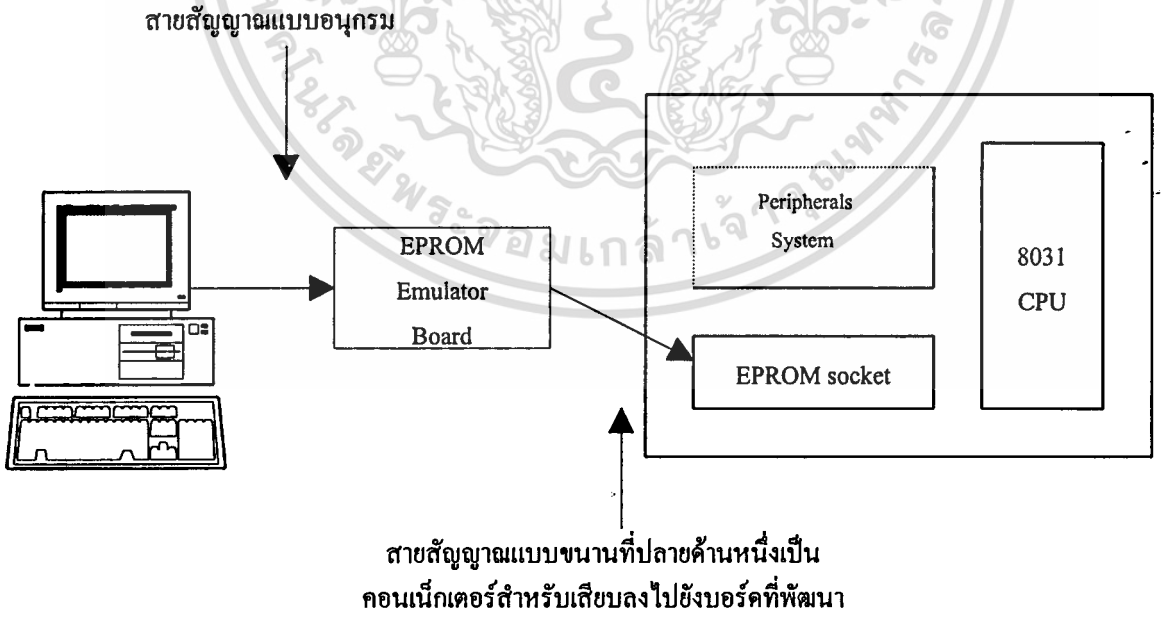
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

ในระบบไมโครคอมพิวเตอร์หรือระบบของคอมพิวเตอร์ระดับใหญ่ขึ้นไป นอกจากจะมีฮาร์ดแวร์ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญแล้ว ยังต้องมีซอฟแวร์ใช้ควบคุมการทำงานฮาร์ดแวร์ให้ทำงานตามที่เราต้องการ ซึ่งซอฟแวร์ในที่นี้หมายถึง ตัวโปรแกรม หรือข้อมูลต่างๆที่นำมาใช้ประโยชน์ได้ และแน่นอนเมื่อมีซอฟแวร์แล้วก็จำเป็นต้องมีอุปกรณ์เก็บซอฟแวร์ด้วย ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ก็แตกต่างกันไป เช่น Floppy Disk, Hard Disk, Magnetic Tape, และ EPROM

EPROM ( Erasable Programmable Read - Only Memory ) เป็นไอซีหน่วยความจำประเภทถาวรชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติเด่นคือ ผู้ใช้งานสามารถโปรแกรมได้เองหรือลบข้อมูลเก่าออกแล้วทำการโปรแกรมใหม่ได้ การลบข้อมูลทำได้โดยการฉายรังสีอุลตราไวโอเลตลงบนช่องกระจกกลมๆ ซึ่งอยู่ข้างบนตัว EPROM

โดยปกติแล้ว เมื่อเราได้สร้างและพัฒนาโปรแกรมเสร็จสิ้นแล้วก็มักจะต้องนำไปบรรจุในไอซีหน่วยความจำ EPROM และนำไปเสียบต่อยังส่วนของหน่วยความจำโปรแกรมของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อต้องการแก้ไขหรือปรับปรุงโปรแกรมก็จะต้องนำ EPROM นี้มาลบด้วยแสงอุลตราไวโอเลตและนำมาบรรจุโปรแกรมใหม่อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะเห็นว่าหากมีการแก้ไขโปรแกรมบ่อยครั้งจะต้องสิ้นเปลืองเวลามาก ดังนั้นจึงได้มีการสร้างแผงวงจรอีพรอมอีมูเลเตอร์ขึ้นเพื่อทำหน้าที่แทนตัวไอซี EPROM หรือ RAM จริง ซึ่งจะทำให้การพัฒนาระบบหรือการเขียนทดสอบโปรแกรมเป็นไปอย่างสะดวกมากขึ้น การใช้งานโดยจะต่อจากพอร์ตอนุกรม RS232 ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง ซึ่งลักษณะการใช้งานอีพรอมอีมูเลเตอร์แสดงได้ดังนี้




**รูปที่ 1.1 แผนภาพแสดงหลักการเชื่อมต่อระบบกับอีพรอมอีมูเลเตอร์**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยด้านหนึ่งของแผงวงจรเป็นสายนำสัญญาณขนาดเท่ากับ EPROM ที่จะนำไปแทนที่และอีกด้านหนึ่งจะเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทางช่องสื่อสารแบบอนุกรม การใช้งานก็เพียงแต่ส่งโปรแกรมรหัสข้อมูลที่ได้ภายหลังจากการแอสแซมเบลอร์ออกมาทางช่องสื่อสารเท่านั้น วงจรที่อยู่ภายในแผงวงจรอีพรอมอีมูเลเตอร์นี้ต่อไปให้อยู่ในลักษณะที่เหมือนกับการบรรจุข้อมูลลงในไอซี EPROM

**คุณสมบัติของบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์**

1. ใช้ไมโครคอลโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นตัวประมวลผล ซึ่งทำงานที่ความถี่ 11.0592 เมกะเฮิร์ต ทำให้สะดวกต่อการใช้งาน เพราะมีพอร์ตอนุกรมอยู่ในตัว
2. ความเร็วในการสื่อสารทางพอร์ตอนุกรม คือ 9600 bps
3. ไฟล์ที่ใช้ในการโหลดข้อมูลใช้ไฟล์มาตรฐานแบบ Intel - Hex File มีระบบตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลทุกครั้งที่มีการดาวน์โหลด
4. มีคลิปหนีบสำหรับเป็นสัญญาณรีเซ็ตให้กับบอร์ดเป้าหมาย สามารถเลือกได้ทั้งแบบ Active Low และ Active High
5. ทำงานร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและหลักการทำงาน

## 2.1 โครงสร้างของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล MCS-51นี้ผลิตโดยบริษัทอินเทลมีอยู่ด้วยกันหลายเบอร์ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่2.1

| Device | ROMless Version | EPROM Version | ROM Bytes | RAM Bytes | 8-bit I/O Ports | 16-bit Timer/ Counters | Programmable Counter Array (PCA) | UART | Serail Expansion Port (SEP) | Global Serail Channel (GSC) | DMA Channels | A/D Channels | Interrupt Sources/ Vectors | Power Down and Idle Modes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8051 | 8031 | _ | 4K | 128 | 4 | 2 | | ✓ | | | | | 6/5 | ✓ |
| 8051AH | 8031AH | 8751H 8751BH | 4K | 128 | 4 | 2 | | ✓ | | | | | 6/5 | ✓ |
| 8052AH | 8032AH | 8752BH | 8K | 256 | 4 | 3 | | ✓ | | | | | 8/6 | ✓ |
| 80C51BH | 80C31BH | 87C51 | 4K | 128 | 4 | 2 | | ✓ | | | | | 6/5 | ✓ |
| 80C52 | 80C32 | _ | 8K | 256 | 4 | 3 | | ✓ | | | | | 8/6 | ✓ |
| 83C51FA | 80C51FA | 87C51FA | 8K | 256 | 4 | 3 | ✓ | ✓ | | | | | 14/7 | ✓ |
| 83C51FB | 80C51FB | 87C51FB | 16K | 256 | 4 | 3 | ✓ | ✓ | | | | | 14/7 | ✓ |
| 83C152JA | 80C152JA | _ | 8K | 256 | 5 | 2 | | ✓ | | ✓ | 2 | | 19/11 | ✓ |
| _ | 80C152JB | _ | _ | 256 | 7 | 2 | | ✓ | | ✓ | 2 | | 19/11 | ✓ |
| 83C152JC | 80C152JC | _ | 8K | 256 | 5 | 2 | | ✓ | | ✓ | 2 | | 19/11 | ✓ |
| _ | 80C152JD | _ | _ | 256 | 7 | 2 | | ✓ | | ✓ | 2 | | 19/11 | ✓ |
| 83C452 | 80C452 | 87C452P | 8K | 256 | 5 | 2 | | ✓ | | | | | 9/8 | ✓ |

ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดไมโครโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล MCS - 51

### 2.1.1 คุณสมบัติของ MCS-51

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลท์ เพียงชุดเดียว
- มีหน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์สำหรับเบอร์ 8051 และ 8031 8032 ไม่มีหน่วยความจำชุดนี้ ส่วน 8052 มีหน่วยความจำถึง 8 กิโลไบต์
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปอยู่ภายชิปจำนวน 128 ไบต์ สำหรับ 8052 มีถึง 256 ไบต์
- สามารถใช้หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิปได้อย่างละ 64 กิโลไบต์ แยกจากกัน
- คำสั่งส่วนใหญ่ใช้เวลาเพียง 1 ไมโครวินาที เมื่อใช้คริสตอลความถี่ 12 เมกะเฮิร์ต
- มีพอร์ตที่สามารถรับและส่งข้อมูลได้ 2 ทิศทาง จำนวน 4 พอร์ตๆละ 8 บิต หรือสามารถใช้งานเป็นพอร์ตขนาด 1 บิต แยกจากกัน ทำให้เสมือนมีพอร์ตขนาด 1 บิต ใช้งานรวมทั้งสิ้น 32 พอร์ต
- รับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้ในตัว โดยสามารถกำหนดอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล (Baud Rate) ได้ตั้งแต่ 300 ถึง 375 กิโลบิตต่อวินาที
- จัดลำดับความสำคัญของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้ 2 ระดับ
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในบางส่วนสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทั้งระดับไบต์และระดับบิต

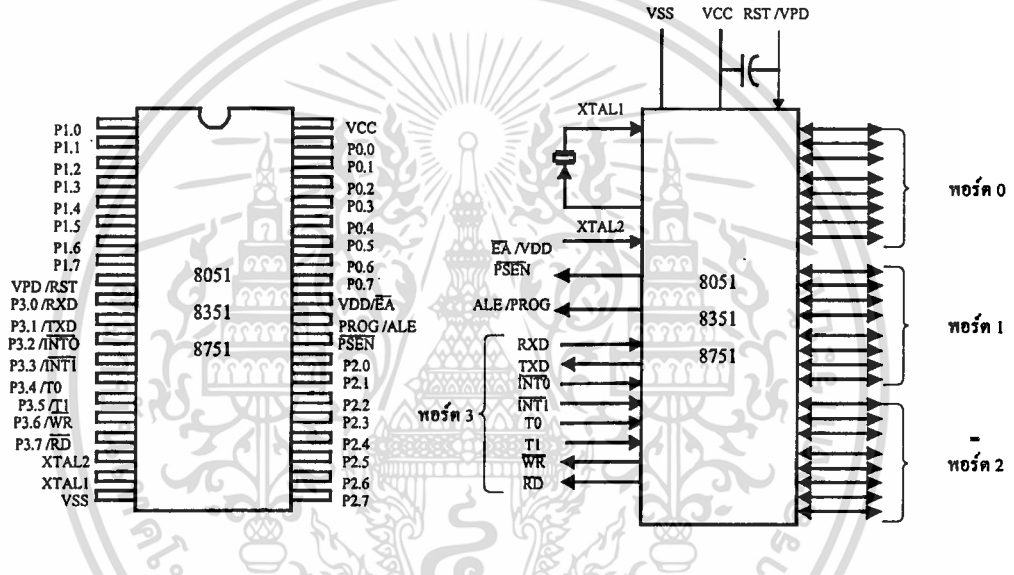
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อให้การออกแบบโปรแกรมและการควบคุมระบบทำงานง่ายขึ้น

- มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้งานเป็นไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์เพื่อนับสัญญาณนาฬิกาภายในชิป หรือนับการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณภายนอกขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว เพื่อใช้สำหรับนับจำนวนพัลส์ วัดความกว้างของพัลส์หรือใช้สำหรับวัดช่วงเวลา
- มีคำสั่งคูณและหารเลขขนาด 8 บิต ในตัวเอง
- สามารถประมวลผลแบบบูลีนเพื่อใช้งานควบคุมโดยเฉพาะ

**2.1.2 ตำแหน่งขาของ MCS-51**

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์จะมีตำแหน่งขาพื้นฐานที่เหมือนกันดังรูปที่ 2.1




รูปที่ 2.1 แสดงตำแหน่งขาของ MCS-51

หน้าที่การใช้งานขาแต่ละขา มีดังนี้

- ขา Vss (ขา 20) สำหรับต่อลงกราวด์
- ขา Vcc (ขา 40 ) สำหรับต่อแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรงขนาด 5 โวลต์
- ขาพอร์ต 0 (ขา32-39) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 0 ขนาด 8 บิต(P0.0 - P0.7) พอร์ตนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปได้ โดยหากใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในสถานะปล่อยลอย นอกจากนี้แล้วพอร์ต 0 ยังใช้ในการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลภายนอกชิปด้วยโดยส่งค่าแอดเดรสไบต์ต่ำ (A0-A7) และมัลติเพล็กซ์กับการรับส่งข้อมูล (D0 - D7) จากหน่วยความจำภายนอกในระหว่างการอ่านหรือเขียนข้อมูลโดยมีวงจรพูลอัพภายใน
- ขาพอร์ต 1 (ขา 1-8) มี 8 ขาใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 1 (P1.0 - P1.7) สามารถใช้งานเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปได้ หากต้องการใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ตนี้ เพื่อให้มีสถานะเป็น High Impedance โดยมีวงจรพูลอัพภายใน

- ขาพอร์ต 2 (ขา 21 - 28) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 2 (P2.0 - P2.7) ขนาด 8 บิต พอร์ตนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปได้ โดยหากใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ พอร์ต 2 ยังใช้ในการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลภายนอกด้วย โดยใช้สำหรับส่งค่าแอดเดรสบัสไบต์สูง(A8 - A15) และมีวงจรพูลอัพภายใน
- ขาพอร์ต 3 (ขา 10 - 17) มีทั้งหมด 8 บิต คือขา (P3.0 - P3.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ต 1 พอร์ตนี้ทำหน้าที่คือเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตทั่วไป หากต้องการใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ นอกจากนี้ยังใช้งานหน้าที่พิเศษดังนี้

  -ขา P3.0/ RXD เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม

  - ขา P3.1/ TXD เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

  - ขา P3.2/ $\overline{\text{INT0}}$ ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอกชนิดที่ 0

  - ขา P3.3/ $\overline{\text{INT1}}$ ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอกชนิดที่ 1

  - ขา P3.4/ T0 สัญญาณอินพุตให้เคาน์เตอร์ของไทเมอร์ 0

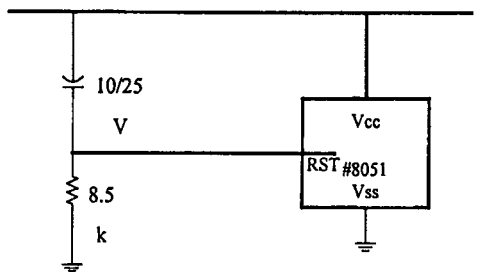
  - ขา P3.5/ T1 สัญญาณอินพุตให้เคาน์เตอร์ของไทเมอร์ 1

  - ขา P3.6/ $\overline{\text{WR}}$ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป

  - ขา P3.7/ $\overline{\text{RD}}$ ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป

- ขา ALE (ขา30) เป็นขาส่งสโตรบสำหรับใช้ในการแลตช์แอดเดรสไบต์ต่ำที่ส่งออกมาจากพอร์ต 0 สัญญาณนี้จะแอดทีฟทุกๆ 2 ครั้ง ใน 1 แมชชีนไซเคิล
- $\overline{\text{PSEN}}$ (ขา29) เป็นขาที่ใช้ส่งสโตรบสำหรับอ่านข้อมูลจาก Program Memory ภายนอก สัญญาณนี้จะส่งออกมา 2 ครั้งในแต่ละแมชชีนไซเคิล แต่ถ้าเป็นการอ่าน Internal Program Memory จะไม่มีสัญญาณออกที่ขานี้
- $\overline{\text{EA}}$ (ขา30) ถ้าป้อนลอจิก 0 เข้าที่ขานี้ซีพียูจะอ่านค่าจาก Program Memory ภายนอกชิปเท่านั้น แต่ถ้าป้อนด้วยลอจิก 1 ก็จะอ่านโปรแกรมภายในชิป
- RST (ขา 9) เป็นขารีเซ็ตซีพียูจะรีเซ็ตได้ก็ต่อเมื่อป้อนลอจิก 1 เข้าที่ขานี้นานอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล
- XTAL1 (ขา19) ใช้ต่อคริสตอลภายนอกโดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์ XTAL2 (ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอกโดยเป็นเอาต์พุตของวงจรออสซิลเลเตอร์

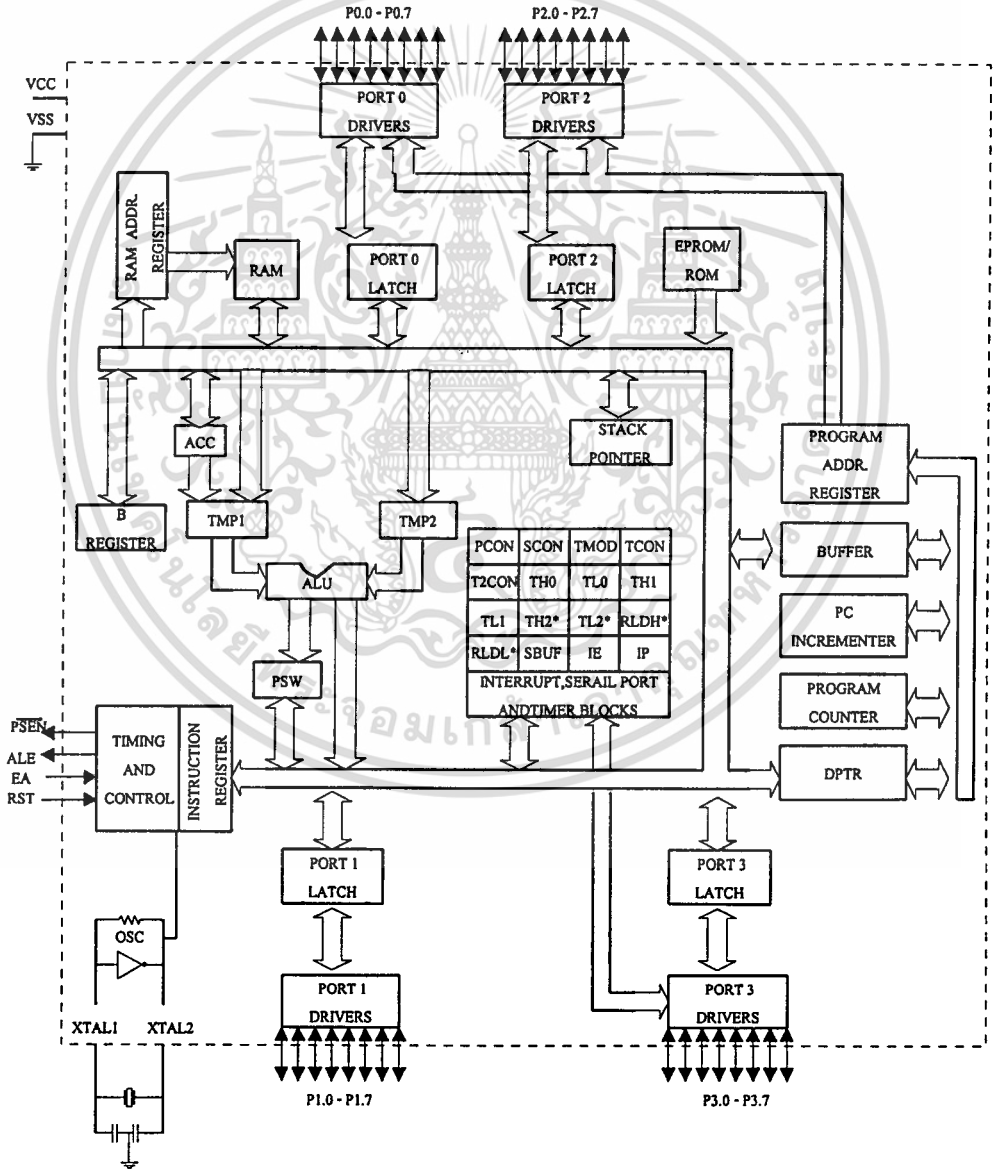
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.2 การต่อขารีเซ็ตให้กับ 8051

### 2.1.3 โครงสร้างภายในของ MCS-51

โครงสร้างภายในของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แสดงดังรูปที่ 2.3




**รูปที่ 2.3 โครงสร้างภายในของ MCS-51**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ[illegible]ญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.2 การจัดการหน่วยความจำ**

MCS-51 แบ่งตามพื้นฐานหน่วยความจำของการกำหนดเลขที่อยู่แอดเดรส ได้เป็น 3 ส่วนที่ประกอบด้วยเนื้อที่

- 64 กิโลไบต์หน่วยความจำโปรแกรม
- 64 กิโลไบต์หน่วยความจำข้อมูลภายนอก
- 256 ไบต์ เป็นหน่วยความจำข้อมูลภายใน ส่วนเบอร์ 8032/8052 มีขนาด 384 ไบต์

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมจะใช้เก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานของชิป MCS - 51 บางเบอร์จะมีหน่วยความจำส่วนนี้อยู่ภายในชิป แต่บางเบอร์จะไม่มี ทำให้เก็บโปรแกรมไว้ในหน่วยความจำภายนอกทั้งหมด ส่วนหน่วยความจำส่วนที่สองนี้ คือหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล ซึ่งใช้สำหรับเก็บข้อมูลระหว่างการทำงาน MCS - 51 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำส่วนนี้อยู่ภายในชิปจำนวนหนึ่ง แต่จะมีมากน้อยก็ขึ้นอยู่กับเบอร์ของชิป ดังแสดงในรูปที่ 2.4

**2.2.1 โครงสร้างหน่วยความจำภายใน MCS-51 จะแบ่งหน่วยความจำออกเป็น 2 ส่วนคือ**

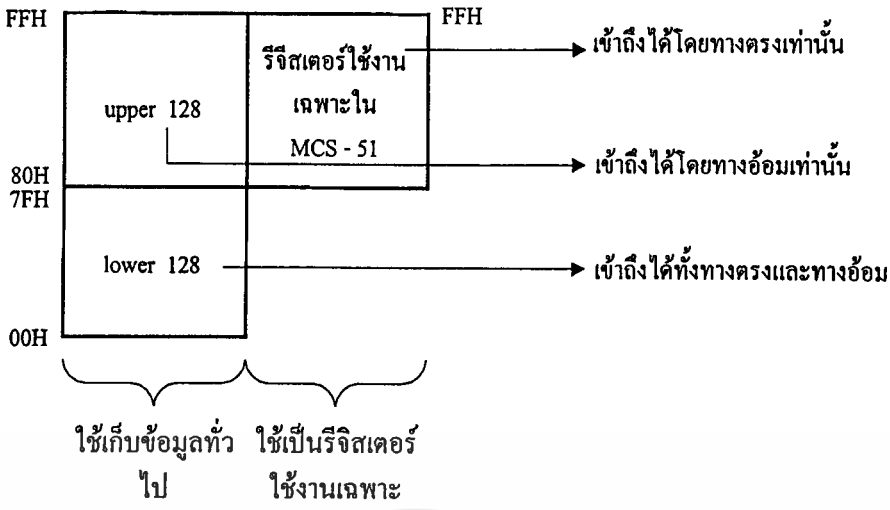
- หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory)
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory)

- หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม จะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป และหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอกชิป ขนาดของหน่วยความจำเก็บโปรแกรมภายในชิปมีตั้งแต่ 0 ,4 , 8 ,16 ขึ้นอยู่กับเบอร์ของชิป ถ้าขา EA มีสถานะสูง MCS-51 จะบริการโปรแกรมภายใน โดยโปรแกรมจะต้องมีความยาวไม่เกิน 0FFF(4K) หรือ 1FFF(8K) สำหรับตัว8052 และจะแฟตช์ข้อมูลภายนอกตำแหน่งตั้งแต่ 1000H ถึง 0FFFFH (หรือ 2000H-0FFFFH สำหรับ 8052 ) และถ้าขา EA มีสถานะต่ำ MCS-51 จะแฟตช์ข้อมูลโปรแกรมภายนอกทั้งหมดในทุกกรณีตัวนับโปรแกรมขนาด 16 บิตจะเป็นตัวกำหนดเลขที่อยู่โปรแกรมตำแหน่ง 03 ถึง 23H (หรือ 03 ถึง 2BH สำหรับเบอร์ 8032/8052) ในหน่วยความจำโปรแกรมจะสำรองไว้ สำหรับใช้บริการการอินเตอร์รัพต์
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล จะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปยังแบ่งออกเป็นสองส่วนย่อยๆคือ
  - ส่วนที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลทั่วไป ( Internal RAM )
  - ส่วนที่เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ ( Special Function Register )

หน่วยความจำส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปี เป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่มีอยู่ภายใน MCS - 51 หน่วยความจำส่วนนี้มีไว้สำหรับเก็บข้อมูลภายในขณะทำงาน ส่วนหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปที่เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายใน MCS - 51 ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะเพื่อควบคุมการทำงานและบอกสถานะของซีพียู แผนภาพแสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปทั้งสองบริเวณมีดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างหน่วยความจำทั้งหมดของ MCS - 51



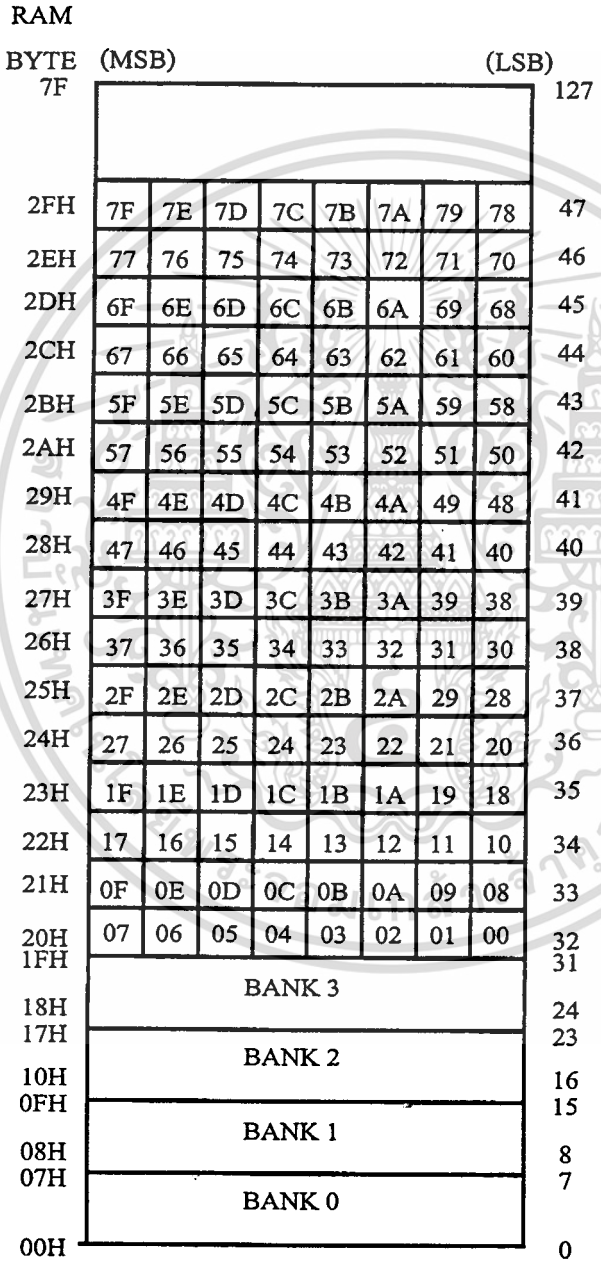

รูปที่ 2.5 แผนภาพแสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปบริเวณ 128 ไบต์หลัง ( ตำแหน่ง 80H ขึ้นไป ) จะมีตำแหน่งตรงกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปที่ใช้เป็น รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ ( ตำแหน่ง 80H ขึ้นไปเช่นกัน ) โดยมีวิธีการเข้าถึงข้อมูลในหน่วยความจำทั้งสองส่วนไม่เหมือนกัน

**รูปที่ 2.6 แสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปทั้งสองส่วน**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.7 แสดงถึงแผนที่ของหน่วยความจำข้อมูล โดยแบ่งเป็น 4 แบงค์ ในแต่ละแบงค์ มีรีจิสเตอร์ 8 ตัว มีตำแหน่งตั้งแต่ 0 ถึง 31 ในบริเวณล่างของแรม แบงค์เหล่านี้จะถูกเรียกใช้ให้อินาเบิ้ลได้คราวละหนึ่งแบงค์เท่านั้นด้วยการกำหนดเริ่มแรกภายใน 2 บิตของรีจิสเตอร์ PSW ว่าจะเลือกใช้ในแบงค์ใดภายใน 4 แบงค์ และบริเวณตำแหน่งตั้งแต่ 20H ถึง 2FH จำนวน 16 ตำแหน่งๆละ 1 ไบต์ สามารถที่จะกำหนดเลขที่อยู่ของแต่ละบิตได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.7 เป็นบิตแรมแอดเดรสจะได้พื้นที่ 128 บิตแอดเดรส เนื้อที่รีจิสเตอร์ SFR สามารถที่จะกำหนดตำแหน่งได้เช่นกัน




รูปที่ 2.7 แสดงถึงแผนที่ของการกำหนดตำแหน่งบิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดการกับข้อมูลในการเข้าถึงตัวซีพียู หน่วยความจำ หน่วยพอร์ตอินพุตเอาต์พุตต่างๆ หน่วยตัวจับเวลาและตัวนับ หน่วยควบคุมการขัดจังหวะ (Interrupt) หน่วยการจัดการแปลงสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีลักษณะการใช้คำสั่งที่แตกต่างจากไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วๆไปโดยลักษณะทางสถาปัตยกรรม ซึ่งการเข้าถึงข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์จะเร็วกว่า เนื่องจากคำสั่งการกำหนดตำแหน่งจะเรียกตำแหน่งที่อยู่จริงไม่ว่าจะเข้าถึงที่หน่วยใดของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งทุกหน่วยที่อยู่ภายในชิปตัวเดียวจะถือเป็นการกำหนดตำแหน่งนั้นโดยตรง หรือเป็นค่าตำแหน่งของรีจิสเตอร์หนึ่งในหลายๆรีจิสเตอร์ของสถาปัตยกรรมตัวชิปนั้นๆ นอกจากถ้าต้องการกำหนดก็จะมีการเข้าถึงข้อมูลลักษณะนี้ได้เช่นกัน

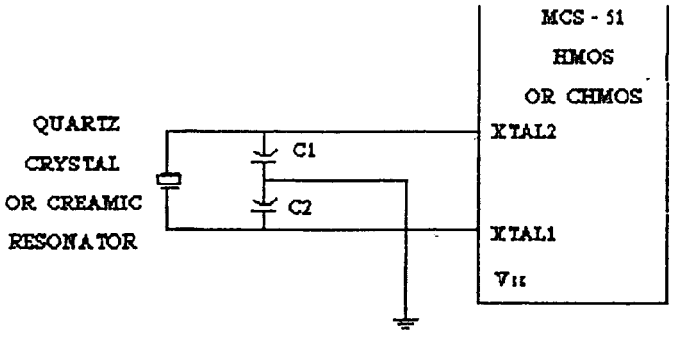
การเข้าถึงของข้อมูลในรูปของคำสั่งไมโครคอนโทรลเลอร์ จะแบ่งเป็นลักษณะงานได้ดังนี้

1. การกำหนดตำแหน่งที่อยู่โดยรีจิสเตอร์
2. การกำหนดตำแหน่งที่อยู่โดยตรง
3. การกำหนดตำแหน่งที่อยู่โดยอ้อมด้วยรีจิสเตอร์
4. การกำหนดตำแหน่งที่อยู่โดยทันที
5. การกำหนดตำแหน่งที่อยู่โดยอ้อมด้วยตัวรีจิสเตอร์ เป็นฐานร่วมกับค่ารีจิสเตอร์ดรรชนี

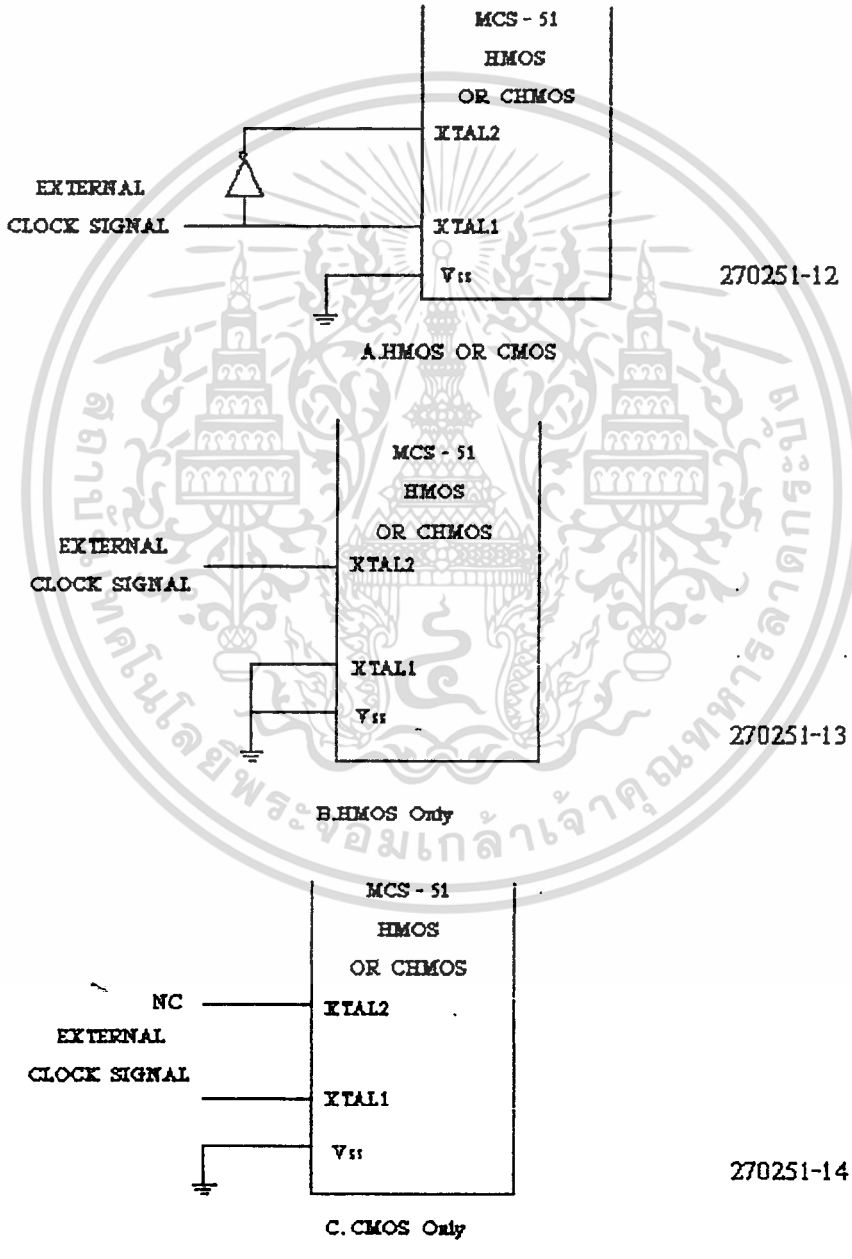
**2.3 วงจรนาฬิกาใน MCS - 51**

การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครโปรเซสเซอร์โดยทั่วไปจำเป็นต้องพึ่งสัญญาณนาฬิกาเป็นตัวกำหนดจังหวะการทำงานภายในทั้งหมด การต่อมีอยู่สองแบบคือ แบบสัญญาณนาฬิกาภายในและสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกมีรูปแบบดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




(a) Using the on-chip Oscillator



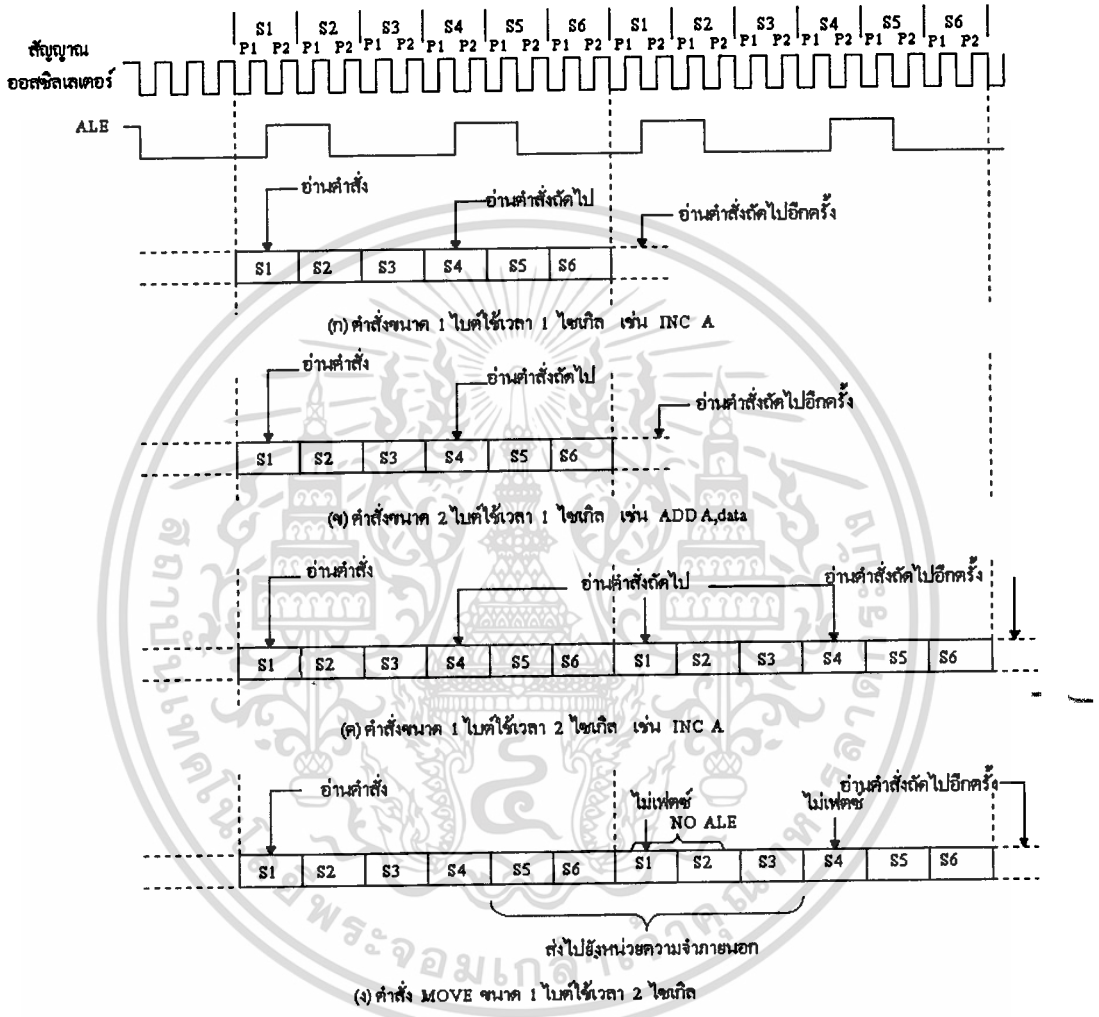

(b) Using the External Clock

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 2.8 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา**

**2.3.1 แมชชีนไซเกิล**

ในหนึ่งแมชชีนไซเกิลประกอบไปด้วย 6 สเตท คือ สเตท 1 ถึง สเตท 6 แต่ละสเตทใช้เวลา 2 คาบสัญญาณออสซิลเลเตอร์ ดังนั้นในหนึ่งแมชชีนไซเกิลจะใช้เวลา 12 คาบสัญญาณออสซิลเลเตอร์ นั่นคือ หากใช้ความถี่ออสซิลเลเตอร์ 12 เมกะเฮิร์ตจะได้ว่าใน 1 แมชชีนไซเกิลใช้เวลา 1 ไมโครวินาที แมชชีนไซเกิลมีโครงสร้างดังรูปที่ 2.9



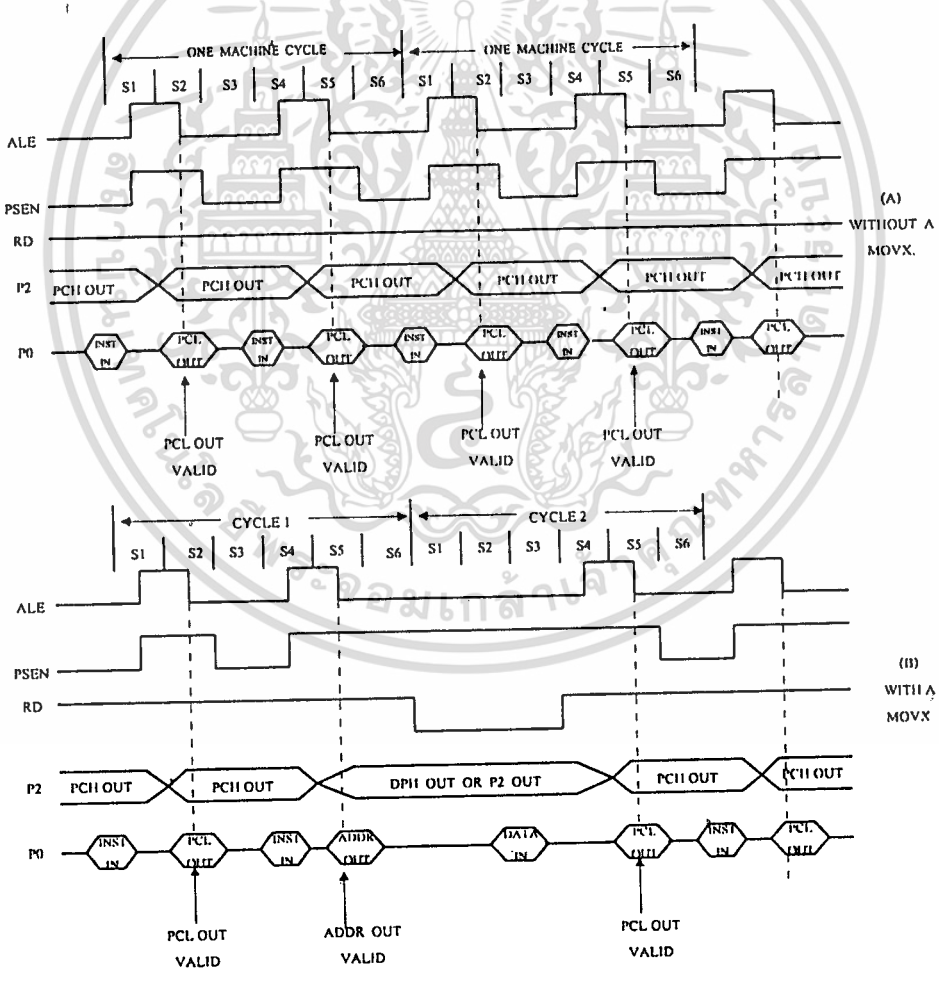

รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างแมชชีนไซเกิลใน MCS - 51

แต่ละสเตทใน 1 แมชชีนไซเกิลจะถูกแบ่งเป็นเฟส 1 และเฟส 2 ดังรูป โดยจะแสดงขบวนการเฟตช์คำสั่ง ( นำคำสั่งจากโปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำมาทำงาน ) และปฏิบัติคำสั่งโดยแสดงถึงแต่ละสเตท และเฟสของคำสั่งหลายชนิด โดยปกติ MCS - 51 จะเฟตช์คำสั่งสองครั้งในแต่ละแมชชีนไซเกิล ถึงแม้ว่าคำสั่งที่กำลังทำงานจะไม่ต้องการการเฟตช์คำสั่งที่เกินเข้ามาและค่าในรีจิสเตอร์ PC (Program Count) จะไม่ถูกเพิ่มค่าแต่อย่างใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำคำสั่งที่ใช้เวลาทำงาน 1 ไซเกิล จะเริ่มที่ระหว่างสเตท 1 ของแมชชีนไซเกิล เมื่อรหัสคำสั่งถูกแลตช์เข้าไปใน instruction register การเฟตช์ครั้งที่สอง จะเริ่มที่ระหว่างสเตท 4 ของแมชชีนไซเกิลเดียวกัน การทำคำสั่งจะเสร็จสมบูรณ์ขณะสิ้นสุดสเตทที่ 6 ของแมชชีนไซเกิลนี้

คำสั่ง MOVX ใช้เวลา 2 แมชชีนไซเกิลในการทำคำสั่ง ไม่มีการเฟตช์คำสั่งเกิดขึ้นในไซเกิลที่สองของคำสั่ง MOVX ซึ่งเป็นเวลาเดียวที่การเฟตช์คำสั่งถูกข้ามไป ลำดับการเฟตช์และกระทำคำสั่งของคำสั่ง MOVX แสดงดังรูป กระบวนการเฟตช์คำสั่งจะเหมือนกันไม่ว่าหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมจะอยู่ในชิปหรืออยู่นอกชิป โดยซีพียูจะใช้ช่วงเวลาในการทำงานเท่ากันเสมอ หากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมอยู่ภายนอก สัญญาณการอ่านคำสั่งจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอก จะถูกแอคทีฟ 2 ครั้ง ต่อ 1 แมชชีนไซเกิลดังรูป ถ้ามีการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป สัญญาณ $\overline{\text{PSEN}}$ จำนวนสองลูกจะถูกข้ามไปเพราะว่าแอดเดรสบัสและดาต้าบัสกำลังถูกใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป สังเกตว่าในช่วงติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป จะใช้เวลาเป็น 2 เท่าของช่วงติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม




รูปที่ 2.10 แสดงผังเวลาติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.10(A) เป็นผังเวลาของสัญญาณซึ่งเกี่ยวข้องกับเฟตช์เมื่อส่วนของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมอยู่ภายนอก ดังนั้น สัญญาณที่จะนำไปอ่าน OP-Code จากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมก็คือ $\overline{PSEN}$ ซึ่งจะแอคทีฟ 2 ครั้งใน 1 แมชชีนไซเกิล ดังนั้น สัญญาณที่ใช้ในการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมก็คือ $\overline{PSEN}$

จากรูปที่ 2.10(B) เป็นผังเวลาของสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับการอ่านข้อมูลจาก Data Memory สัญญาณ $\overline{PSEN}$ จะมีเพียง 1 ลูก เพราะช่วงเวลาถัดมาจะเป็นช่วงเวลาในการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล โดยใช้สัญญาณ $\overline{RD}$

**2.4 การทำงานของ EPROM**

EPROM เป็นไอซี หน่วยความจำชนิดกึ่งถาวรชนิดหนึ่งโดยผู้ใช้สามารถทำการเขียนข้อมูล หรือโปรแกรมต่างๆเข้าไปบรรจุใน EPROM เองได้ และสามารถลบข้อมูล เพื่อที่จะทำการเขียนข้อมูลหรือโปรแกรมเข้าไปใหม่ได้ด้วยการฉายรังสีอุลตราไวโอเลตลงบนช่องกระจกเล็กๆ การใช้งานของอีพรอมโดยทั่วไปจะทำงานในโหมดการอ่าน ข้อมูลที่บรรจุไว้ภายในออกมาใช้งานเท่านั้น แต่ความจริงแล้วมันสามารถทำงานที่โหมดต่างๆได้ถึง 4 โหมดสำคัญดังนี้

1. โหมดการเตรียมพร้อม ( Standby Mode )

เป็นโหมดที่จะเตรียมตัวทำงานในโหมดอื่นๆ การที่จำเป็นที่จะต้องมีโหมดนี้เนื่องจากว่า ในการทำงานของอีพรอมในโหมดอื่นๆ จะต้องใช้กำลังไฟฟ้าสูงกว่าเมื่ออีพรอมทำงานอยู่ในโหมด Standby ถึง 75% คือในขณะที่อีพรอมทำงานอยู่ในโหมดอื่นๆ จะใช้กำลังไฟถึง 525 มิลลิวัตต์ ในขณะที่เมื่ออยู่ในโหมดการเตรียมพร้อมจะใช้กำลังไฟฟ้าเพียง 132 มิลลิวัตต์ อีพรอมจะทำงานในโหมดนี้ เมื่อแรงดันที่ขาต่างๆมีขนาดดังนี้

- แรงดันที่ขา Vcc มีค่าเท่ากับ 5 โวลต์
- แรงดันที่ขา Vpp มีค่าเท่ากับ 5 โวลต์
- แรงดันที่ขา CE และ OE มีค่าเท่ากับ 5 โวลต์

2. โหมดการอ่าน ( Read Mode )

เป็นโหมดที่ใช้งานมากที่สุดในการใช้งานทั่วไป เพราะส่วนใหญ่ผู้ใช้มักจะทำการโปรแกรมเพียงครั้งหรือสองครั้งเท่านั้น หลังจากนั้นก็จะใช้เพียงแต่อ่านข้อมูลหรือโปรแกรมเข้ามาใช้งานเท่านั้น การอ่านจะเป็นต้องมีลำดับในการอ่าน ระดับลอจิก และเวลาที่เหมาะสมเท่านั้น ข้อมูลภายในอีพรอมจึงจะปรากฏออกมาที่ขาข้อมูลได้

3. โหมดการโปรแกรม ( Programming Mode )

เป็นโหมดในการเขียนข้อมูลลงบนอีพรอม ซึ่งจะขอยกตัวอย่างการโปรแกรม EPROM เบอร์ 2716 ซึ่งมีขนาด 2048 x 8 บิต

การโปรแกรมคือ การทำให้บิตใดบิตหนึ่งของอีพรอมเปลี่ยนค่าจากลอจิก 1 ไปเป็นลอจิก 0 การโปรแกรมจำเป็นจะต้องมีลำดับการทำงานคล้ายๆกับโหมดการอ่าน แต่ค่อนข้างยุ่งยากสลับซับซ้อนมากกว่า การโปรแกรมนั้นจำเป็นต้องเลือกระดับแรงดันในการโปรแกรมให้เหมาะสม เนื่องจากระดับแรงดันในการโปรแกรมจะแตกต่างกันออกไป สำหรับอีพรอมเบอร์ต่างๆสามารถดูได้ในภาคผนวก การโปรแกรมสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำได้โดยการส่งค่าแอดเดรสที่ต้องการจะโปรแกรมเข้าไปยังขาแอดเดรสของอีพรอม หลังจากนั้นก็ทำการส่งข้อมูลเข้าไปที่ขาข้อมูล และเพิ่มแรงดันในการโปรแกรมให้มีค่าแรงดัน 25 โวลต์ ( สำหรับเบอร์อื่นๆ จะมีค่าแรงดันในการโปรแกรมต่างกัน)

เมื่อป้อนค่าแรงดันครบทุกขาแล้ว ก็ทำการส่งพัลส์ในการโปรแกรมเข้าไป ข้อมูลจะถูกโปรแกรมเข้าไป ข้อมูลจะถูกเก็บลงบนอีพรอมนั้นอย่างถาวร หลังจากป้อนพัลส์โปรแกรมแล้วจะเข้าสู่โหมดการตรวจสอบโปรแกรม

4. โหมดการตรวจสอบโปรแกรม ( Verify Mode )

โหมดนี้เป็นโหมดที่ทำงานหลังการโปรแกรม เพื่อตรวจสอบว่าการโปรแกรมถูกต้องหรือไม่ ซึ่งการทำงานในโหมดต่างๆ สามารถสรุปได้เป็นตารางดังนี้

| | CE | OE | Vpp | Vcc | Dout |
|---|---|---|---|---|---|
| Read Mode | $V_{IL}$ | $V_{IL}$ | +5V | +5V | Dout |
| Standby Mode | $V_{IH}$ | X | +5V | +5V | High Z |
| Programming Mode | Pulse | $V_{IH}$ | Vpp | +5V | Din |
| Verify Mode | $V_{IL}$ | $V_{IH}$ | Vpp | +5V | Dout |

หมายเหตุ

$V_{IH}$ คือ ระดับ TTL High Level ( ลอจิก )

$V_{IL}$ คือ ระดับ TTL Low Level ( ลอจิก 0 )

Vpp คือ ระดับแรงดันในการโปรแกรม

Pulse คือ พัลส์ในการโปรแกรมซึ่งอาจเป็นพัลส์บวกหรือพัลส์ลบขึ้นอยู่กับเบอร์อีพรอม

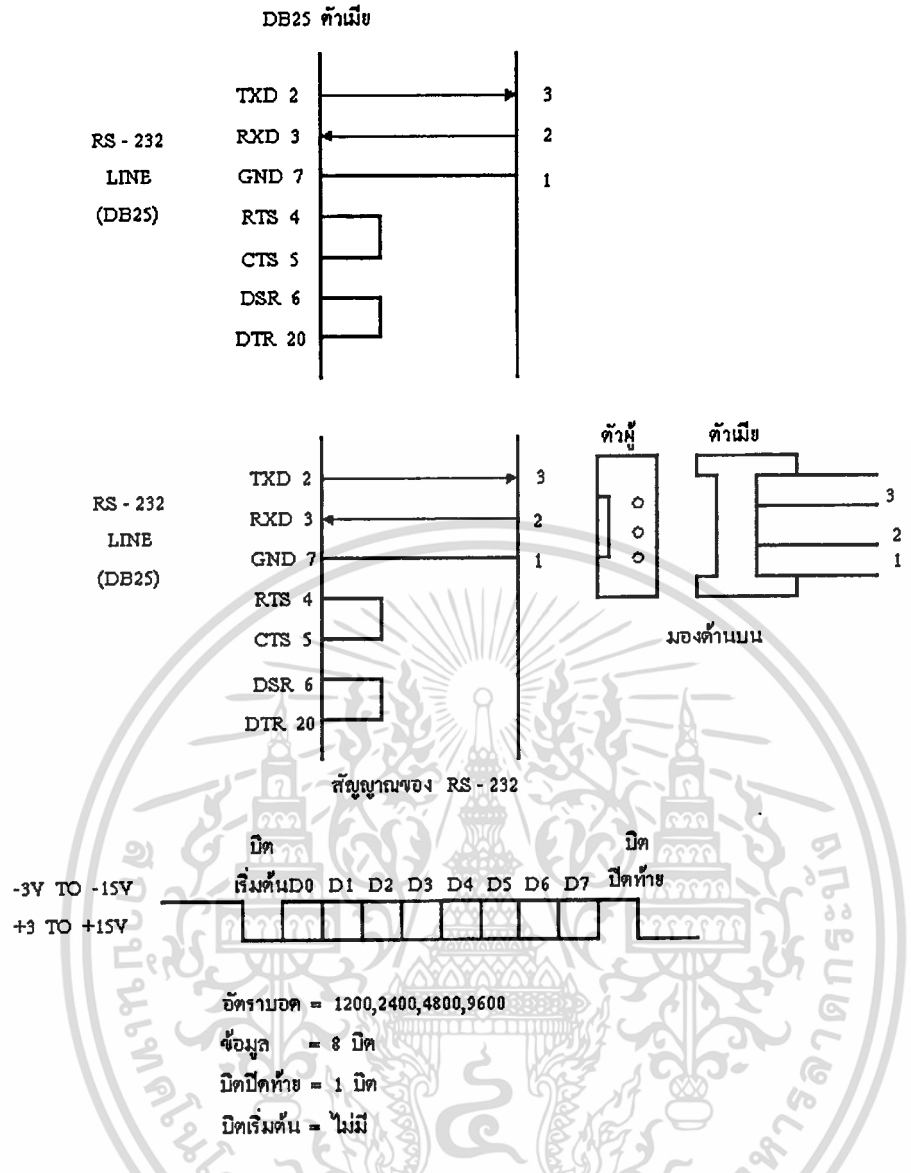
ตารางที่ 2.2 แสดงขนาดแรงดันที่ขาสัญญาณในแต่ละโหมดการทำงานของอีพรอม

## 2.5 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

MCS-51 มีพอร์ตสำหรับสื่อสารแบบอนุกรมที่สามารถรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้ ซึ่งจะทำงานแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) คือ สามารถที่จะทำการรับและส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน โดยการรับข้อมูลจะมีการบัฟเฟอร์ข้อมูลให้ด้วย ทำให้สามารถกำหนดการ รับข้อมูลไบต์ที่สองซึ่งถูกส่งตามเข้ามาก่อนที่ไบต์แรกที่ได้รับเข้ามาจะถูกอ่านจากรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะที่ใช้สำหรับรับข้อมูลเพื่อนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำต่อไป (หากไบต์แรกยังไม่ถูกอ่านเมื่อได้รับไบต์ที่สองเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลจะหายไปหนึ่งไบต์)

การสื่อสารแบบอนุกรมจะถูกต่อผ่านการ์ดอินเตอร์เฟสมาตรฐาน เช่น RS232 ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



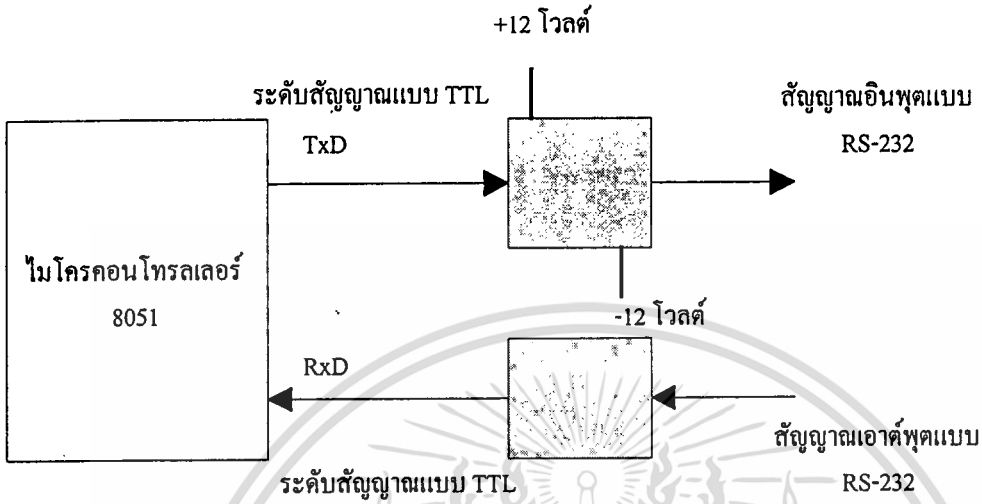

รูปที่ 2.11 แสดงสัญญาณของพอร์ต RS232 และการต่อสาย

**2.5.1 การเชื่อมต่อแบบมาตรฐาน RS-232C**

ในการเชื่อมต่อแบบอนุกรมเข้ากับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์ เทเลกซ์ หรือโทรพิมพ์ เป็นต้น มักจะกำหนดใช้การเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-232C ทั้งนี้เพื่อให้มีการใช้งานเส้นสัญญาณหรือรูปแบบของตัวเชื่อมต่อที่สอดคล้องกัน จะได้ลดปัญหาการเข้ากันไม่ได้ระหว่างสัญญาณของอุปกรณ์ที่มาเชื่อมต่อกันทั้งสองด้านให้น้อยลง เนื่องจากระดับโวลต์เตจที่ใช้และการแทนความหมายของระดับลอจิกตามมาตรฐานนี้แตกต่างไปจากที่ใช้งานกันในระบบดิจิตอลทั่วไป โดยระดับสัญญาณของ RS-232C เป็นแบบไบโพลาร์ (Bipolar) ระดับโวลต์เตจทางด้านลบช่วง -3V ถึง -20V แทนค่าลอจิก 1 และโวลต์เตจทางด้านบวกช่วง +3V ถึง +20V แทนค่าลอจิก 0 ดังนั้นจะเห็นได้ว่ามีความจำเป็นต้องเพิ่มเติมอุปกรณ์หรือวงจรพิเศษเข้าไป เพื่อเปลี่ยนระดับโวลต์เตจจากระบบ 0V ถึง +5V จากขาสัญญาณของ 8051 เป็นระดับโวลต์เตจ

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สูงกว่าค่า +3.0V หรือต่ำกว่า -3.0V ดังแสดงในรูปที่ 2.12 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระดับสัญญาณแบบ TTL จากขาสัญญาณ TxD และ RxD ของ 8051 จะต้องถูกปรับเปลี่ยนไปเป็นระดับสัญญาณ RS-232 ก่อนที่จะทำการส่งข้อมูลออกไปในสายนำสัญญาณต่อไป




รูปที่ 2.12 แผนภาพแสดงให้เห็นถึงแนวการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณแบบ TTL จากไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 ไปเป็นระดับสัญญาณแบบ RS-232 และการแปลงระดับสัญญาณอินพุตแบบ RS-232 ไปเป็นระดับสัญญาณแบบ TTL ก่อนที่จะได้เชื่อมต่อกับขาสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

โดยทั่วไปรูปแบบของวงจรก็สามารถทำได้ในหลายลักษณะ ทั้งการออกแบบสร้างวงจรเปลี่ยนระดับสัญญาณโดยการใช้ทรานซิสเตอร์หรือใช้วงจรรวม สำหรับโครงงานนี้จะใช้ MAX232 ซึ่งเป็นวงจรไอซีรวมที่ประกอบด้วยวงจรรับและส่งแบบ RS-232 อยู่ภายในตัว และต้องการไฟเลี้ยงขนาด +5V เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากมีวงจรเปลี่ยนระดับโวลต์เตจ ( DC-TO-DC Converter ) อยู่ภายในไอซีโดยครบถ้วน ซึ่งทำให้การสร้างวงจรรับส่งข้อมูลตามมาตรฐาน RS-232C กระทำได้ง่ายและสะดวกมากยิ่งขึ้น

**2.6 โครงสร้างของไฟล์ข้อมูลที่ใช้ดาวน์โหลด**

ในการออกแบบฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์จำเป็นที่จะต้องรู้เกี่ยวกับข้อมูลที่ถูกนำไปเก็บในหน่วยความจำ (Data Buffer) เพื่อที่จะเปลี่ยนให้เป็นไฟล์ข้อมูลที่อยู่ในรูป Binary File ซึ่งพร้อมที่จะนำข้อมูลดาวน์โหลดลดลงหน่วยความจำเพื่อใช้งานต่อไป

สำหรับโครงงานนี้จะใช้ไฟล์ข้อมูลแบบ Intel -Hex File Format ซึ่งเป็นไฟล์มาตรฐานอันหนึ่งที่นิยมใช้กันมาก ซึ่งสังเกตได้จากโปรแกรมคอมไพเลอร์หรือแอสแซมเบลอร์ต่างๆ มักจะถูกกำหนดให้เลือกเอาต์พุตที่ต้องการเป็นแบบอินเทลเฮ็กไฟล์ได้ ทั้งนี้เนื่องจากมีรูปแบบที่เหมาะสมหลายประการ กล่าวคือ มีระบบเป็นแบบเช็คซัม ( Checksum) ซึ่งสามารถตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในแต่ละบรรทัด รวมทั้งมีการกำหนดแอดเดรสของข้อมูลได้ และที่สำคัญคือเป็นไฟล์แบบแอสกี้ คือสามารถใช้ในการส่งออกทางพอร์ตสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างๆได้ และยังสามารถใช้กับโปรแกรมเอดิเตอร์ทั่วๆไปเพื่อการแก้ไขได้ ( ไฟล์ที่จะใช้ส่งออกทางพอร์ตสื่อสารจะต้องเป็นไฟล์แบบแอสกี้เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากว่าการสื่อสารจำเป็นที่จะต้องมีรหัสเพื่อการสื่อสารเองอยู่แล้วจึงไม่สามารถใช้ไฟล์แบบอ๊อบเจ็กได้ เพราะข้อมูลอาจจะไปซ้ำกับรหัสการสื่อสารได้ รายละเอียดของอินเทลเฮ็กไฟล์ในแต่ละบรรทัดเป็นดังนี้

ในแต่ละเรคคอร์ดจะประกอบไปด้วย ตัวอักษร 9 ตัว ตามด้วยข้อมูลแต่ละไบต์เรียงกัน และปิดท้ายด้วยตัวอักษร 2 ตัว มีรูปแบบดังนี้

<:><BC><AAAA><TT><HHH.....HH><CC>

โดยที่

: คือ ตัวอักษรเริ่มต้นของข้อมูลในแต่ละบรรทัด( Start Character )

BC คือ จำนวนไบต์ของข้อมูลในบรรทัดมีค่าเป็นเลขฐาน 16 ถ้า BC = 0 จะเป็นจุดสิ้นสุดของไฟล์เรคคอร์ด (End Of File Record )

AAAA คือ แอดเดรสของข้อมูลในไบต์แรก

TT คือ ชนิดของข้อมูลในบรรทัดนั้นๆ
ถ้า TT = 0 จะเป็นการบันทึกข้อมูล (Data Record)
TT = 1 จะเป็นจุดสิ้นสุดของไฟล์เรคคอร์ด

HH คือ ข้อมูลแต่ละไบต์

CC คือ ค่าเช็คซัมของบรรทัดนั้นๆ โดยจะเป็นค่าทูคอมพลีเมนต์ของผลบวกของข้อมูลทุกไบต์ในแต่ละบรรทัด ซึ่งรวมทั้งจำนวนไบต์ข้อมูล( BC),แอดเดรส( AAAA )และชนิดของเรคคอร์ด( TT ) ด้วย

ตัวอย่างรูปแบบของ Intel - Hex File Format

```
:10000000740F78F0760775F00379807709758003AF
:1000100075070975 0F0190010128250F26240F3956
:1000200035F137340B9995F1969400409050707C6
:10003000141915071A375F004A4FAABF075F002B4
:0400400084FCADF09F
:00000001FF
```

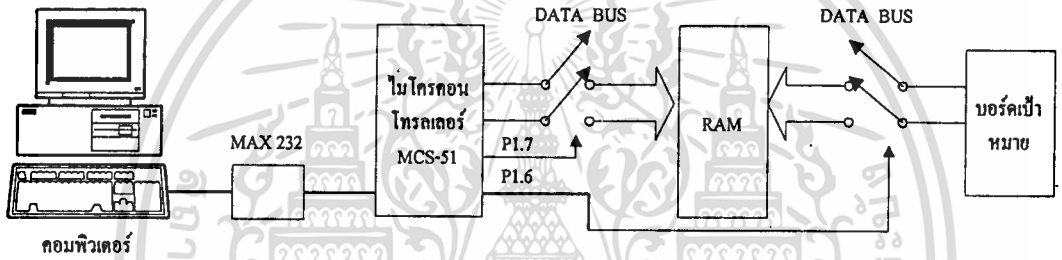
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# การคำนวณและการสร้าง

## 3.1 หลักการทำงานของบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์ (EPROM EMULATOR)

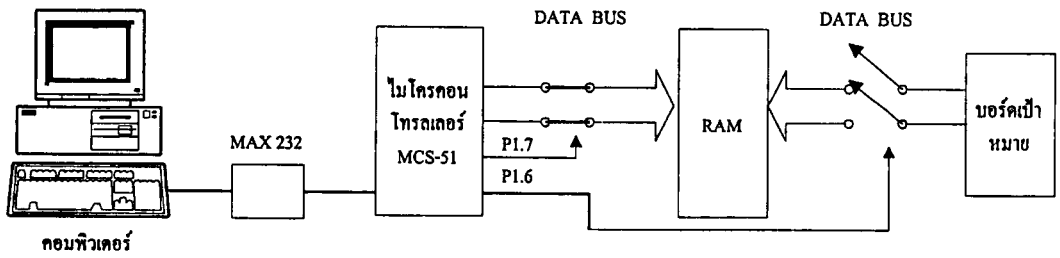
สำหรับการออกแบบนั้นจะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของฮาร์ดแวร์ (Hardware) และ ส่วนของโปรแกรม (Software) ซึ่งในส่วนของโปรแกรมที่เราสร้างขึ้นมาเพื่อควบคุมบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์นั้นจะถูกบันทึกเก็บไว้ในอีพรอม เบอร์ 2764

ส่วนในด้านการพัฒนาใช้งานกับบอร์ดเป้าหมาย (Target Broad) นั้น โปรแกรมที่ส่งไปควบคุมบอร์ดเป้าหมายจะถูกคอมไพล์ให้อยู่ในรูปของ Intel - Hex file format หลังจากนั้นไฟล์ที่เป็น Hex file จะถูกส่งจากเครื่องคอมพิวเตอร์มายังบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์โดยผ่านทางการ์ดอินเตอร์เฟส RS232 ของเครื่องคอมพิวเตอร์ เมื่อได้รับข้อมูลไมโครโปรเซสเซอร์ที่อยู่ในอีพรอมอีมูเลเตอร์จะนำข้อมูลไปเก็บไว้ในหน่วยความจำ (RAM)




รูปที่ 3.1 แสดงแผนผังการทำงานของบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์

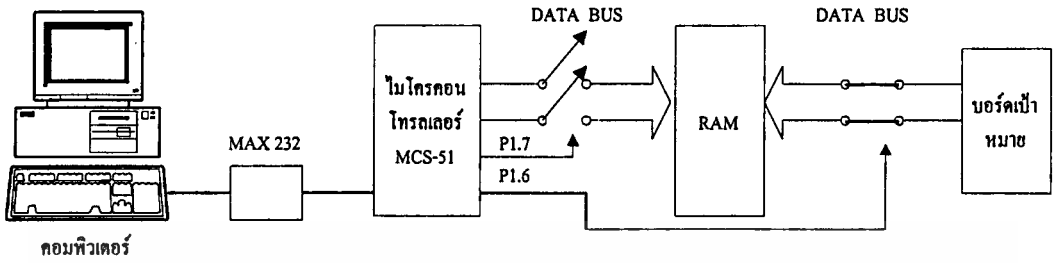
ในช่วงระหว่างที่เขียนข้อมูลลงไปเก็บไว้ในหน่วยความจำ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะเชื่อมต่อบัสข้อมูล (Data Bus) ไปยังหน่วยความจำจากขาพอร์ต 1 บิต 7 (P1.7) ของ MCS-51 ซึ่งในขณะนี้บัสข้อมูลจากบอร์ดเป้าหมายจะถูกตัดออกไปจากระบบ เพื่อไม่ให้มารบกวนการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำของ MCS-51 ซึ่งจะมีผลทำให้ข้อมูลที่เขียนลงไปนั้นเกิดการผิดพลาดได้ถ้าหากว่าไม่ตัดบัสข้อมูลของบอร์ดเป้าหมายออกไปซึ่งจะแสดงได้ดังรูปที่ 3.2




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 แสดงการทำงานช่วงที่เขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำ

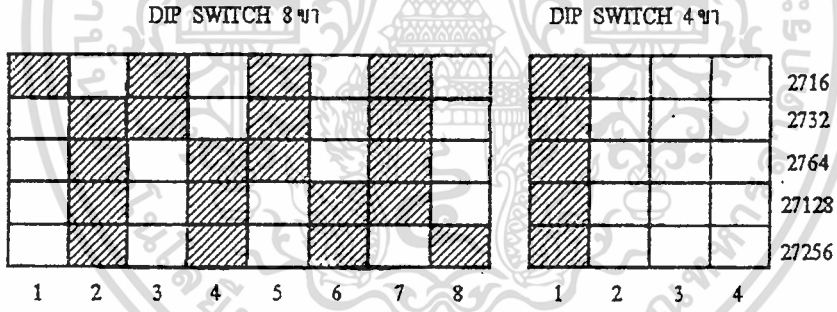
เมื่อเขียนข้อมูลไบท์สุดท้ายลงไปเก็บในหน่วยความจำแล้วก็จะทำการตัดบัสข้อมูลของบอร์ดเป้าหมาย โดยการควบคุมจากขาพอร์ต 1 บิต 6 (P1.6) ของ MCS-51 ในช่วงนี้ไมโครโปรเซสเซอร์ของบอร์ดเป้าหมายสามารถเข้ามาใช้ข้อมูลในหน่วยความจำได้ดังแสดงในรูปที่ 3.3




รูปที่ 3.3 แสดงการทำงานช่วงที่บอร์ดเป้าหมายเข้ามาใช้ข้อมูล

### 3.1.1 การตั้งเบอร์ EPROM

เบอร์ของอีพรอมที่จะทำการอีมูเลต (Emulate) สามารถเลือกได้ 5 เบอร์ คือ 2716(2K), 2732(4K), 2764(8K), 27128(16K), 27256(32K) โดยใช้ดิพสวิตซ์ซึ่งมีหลักการดังนี้




รูปที่ 3.4 แสดงหลักเลือกดิพสวิตซ์

### 3.1.2 การตั้งความเร็วในการสื่อสาร

ความเร็วในการสื่อสาร คือ ความเร็วของพอร์ตอนุกรมที่ต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการโหลดข้อมูล โดยให้เลือกความเร็วที่ 9600 bps ซึ่งจะใช้คำสั่ง

C > MODE COM1:96,N,8,1,P

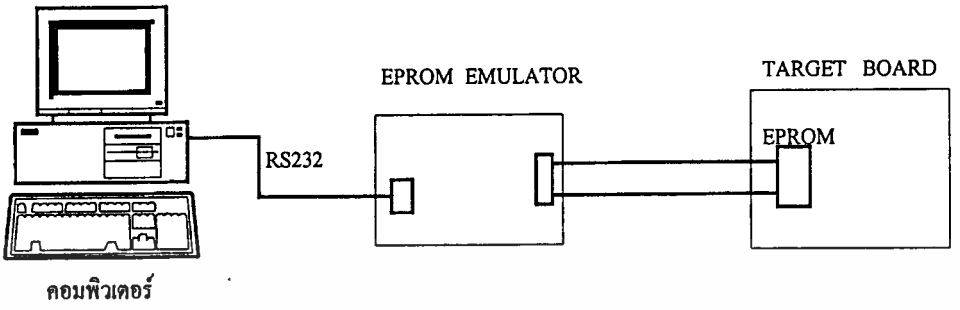
### 3.1.3 การตั้งสัญญาณรีเซ็ต (RESET)

การตั้งสัญญาณรีเซ็ตของบอร์ดเป้าหมายสามารถทำได้โดยการใช้คลิปหนีบที่พ่วงมากับ DIP - JUMPER 28 ขา การตั้ง สัญญาณรีเซ็ตทำได้ 2 แบบ คือ Active Low และ Active High ขึ้นอยู่กับวงจรในบอร์ดเป้าหมายว่าต้องการการใช้งานแบบไหน ซึ่งจะทำได้โดยการใช้ Jumper ตั้งให้ตรงขา Low หรือ ขา High ตามต้องการ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.4 การต่อสายพอร์ตอนุกรม

การต่อบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ เราจะใช้พอร์ตอนุกรม RS232 โดยใช้สายที่มีขั้วแบบ DB25 หรือ DB9 ก็ได้ตามต้องการวิ่งจะแสดงการต่อใช้งานดังรูปที่ 3.5




รูปที่ 3.5 แสดงการต่อสายพอร์ตอนุกรม

## 3.2 การใช้งานบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์

1. เลือกเบอร์อีพรอมจากดิพสวิตช์ในบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์ ซึ่งสามรถจำรองเป็นอีพรอมได้ 5 เบอร์ คือ 2716 (2K), 2732(4K), 2764(8K), 27128((16K), 27256(32K)
2. เลือกสัญญาณรีเซ็ตให้กับบอร์ดเป้าหมาย ซึ่งให้เป็น Low หรือ High ตามต้องการโดยใช้ Jumper
3. เสียบ EPROM DIP - JUMPER 28 PIN ไปยังบอร์ดเป้าหมาย
4. ต่อสาย RS-232 จากเครื่องคอมพิวเตอร์เข้ากับบอร์ดอีพรอมอีมูเลแตอร์
5. จ่ายไฟเลี้ยงเข้ากับบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์ (+5V) ซึ่งจะทำให้ LED มีการทำงาน 4 สถานะ คือ
   - เมื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้ LED จะติดค้างอยู่
   - ก่อนจะทำการโหลด Hex File จากเครื่องคอมพิวเตอร์ลงบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์ต้องรีเซ็ต LED ให้ดับก่อน เมื่อ LED ดับแล้วก็แสดงถึงภาวะที่พร้อมรับข้อมูลแล้ว
   - ขณะทำการโหลด Hex File LED จะกระพริบตามข้อมูลที่กำลังโหลด
   - เมื่อทำการโหลดข้อมูลเสร็จแล้ว LED จะติดค้างอยู่ตลอด ทำให้บอร์ดเป้าหมายอ่านข้อมูลจากบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์ได้
6. โหลดไฟล์ข้อมูลที่อยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์ลงบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์ โดยการใช้คำสั่ง COPY ธรรมดา โดยกำหนดคุณสมบัติของพอร์ตอนุกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ก่อนด้วย

คำสั่ง C>MODE COM1:96,N8,1,P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่ง COM1 คือ พอร์ตอนุกรมหมายเลข 1 ซึ่งบางทีผู้ใช้อาจจะใช้เป็น COM2 ก็ได้ ส่วน 96 คือ ความเร็วในการสื่อสารที่ 9600 bps และในส่วนอื่นๆที่เหลือจะเป็นการกำหนดจำนวนบิต และบิต Stop ตามลำดับ

ส่วนการ COPY ใช้คำสั่งดังนี้

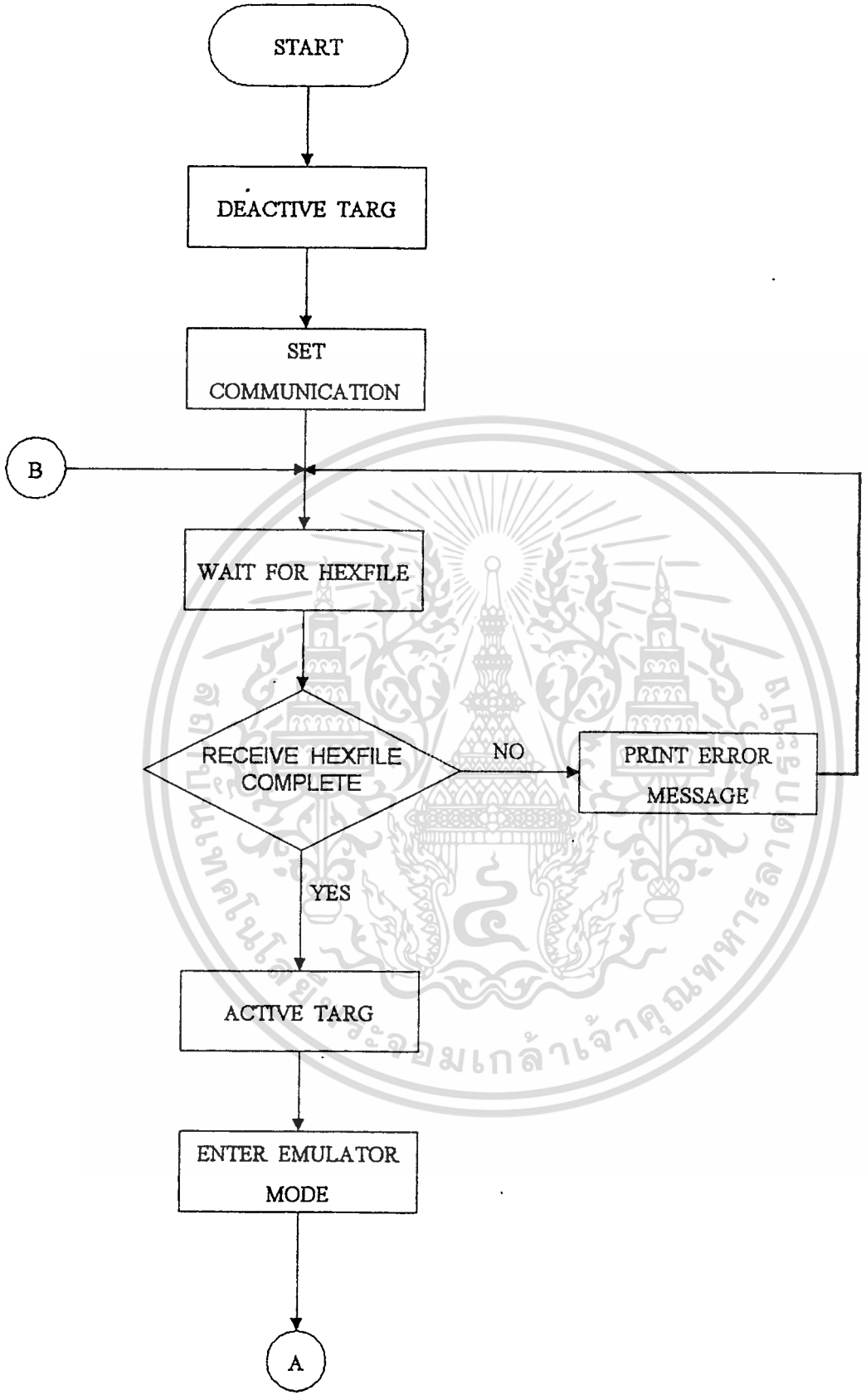
C>COPY FILENAME.HEX COM1

**3.3 รูปผังงานและวงจรการทำงานของบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์**

ในการออกแบบซอฟแวร์นั้นสามารถแสดงรายละเอียดการทำงานของบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์ได้ตามรูปผังงานที่ 3.6 และส่วนของวงจรการทำงานจะแสดงในรูปที่ 3.7 และ รูปที่ 3.8 ตามลำดับดังต่อไปนี้

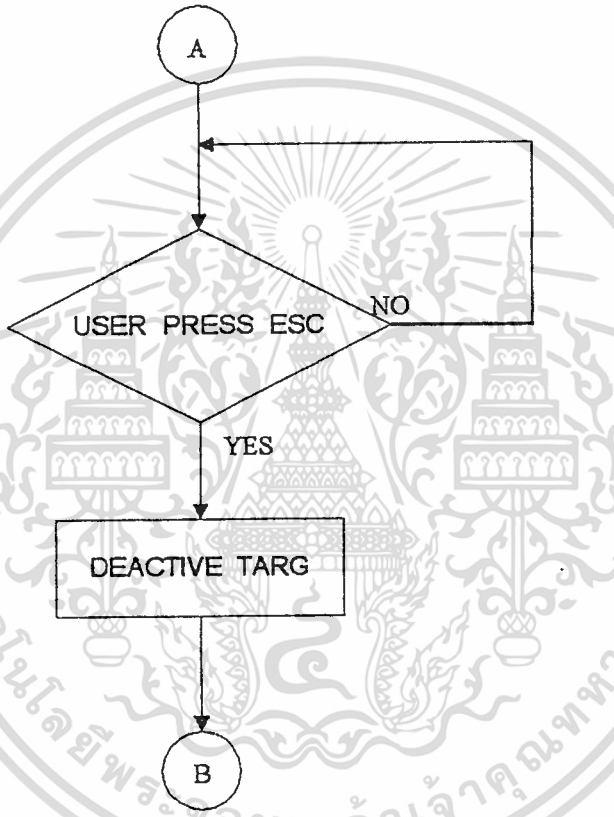
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



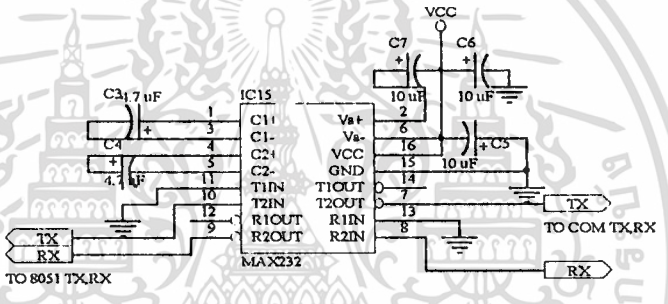

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 3.6 แสดงผังงานของส่วนโปรแกรมทั้งหมด**

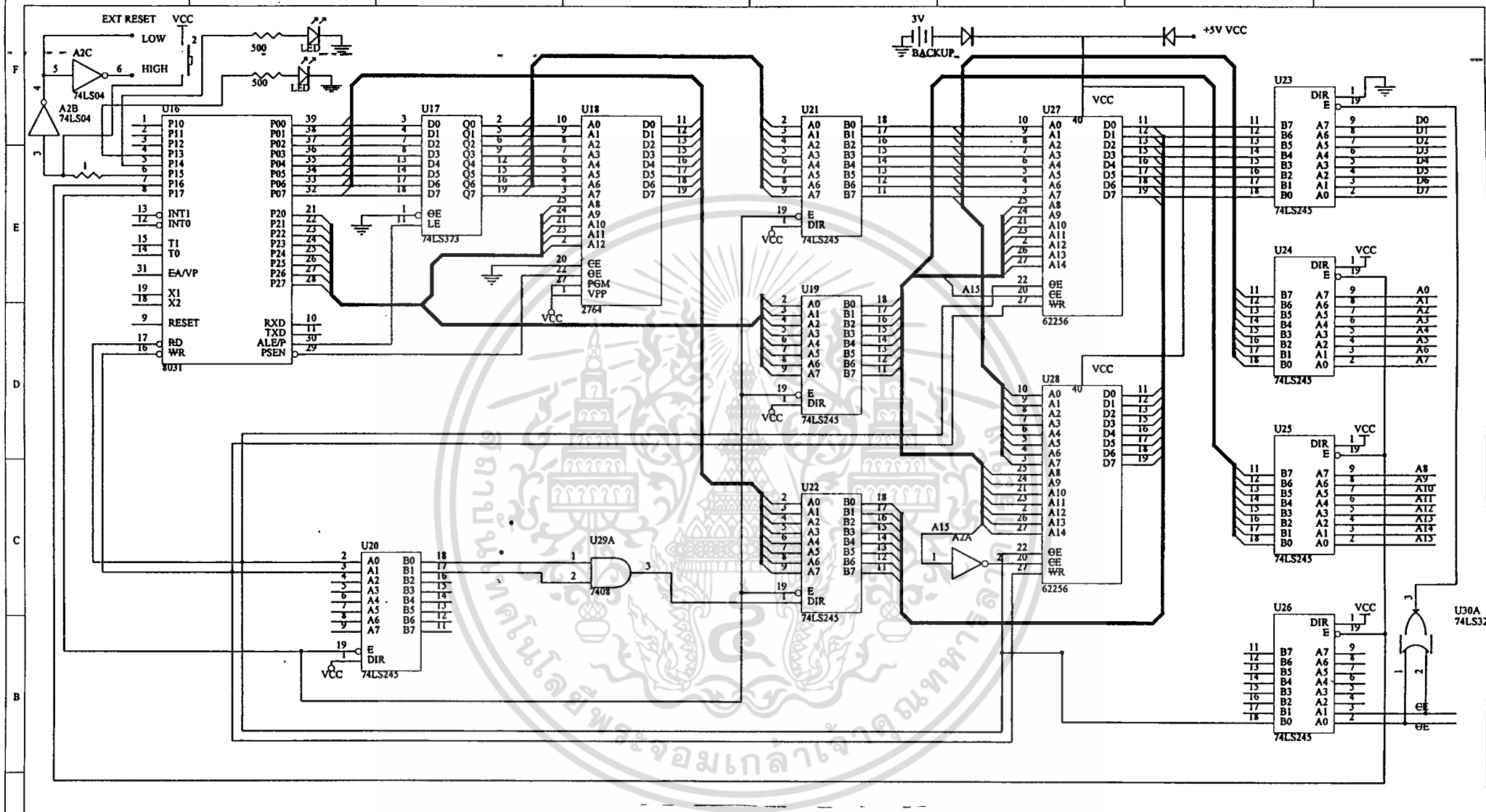



รูปที่ 3.6 แสดงผังงานของส่วนโปรแกรมทั้งหมด (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.7 แสดงส่วนของวงจรการทำงาน




รูปที่ 3.7 แสดงส่วนของวงจรการทำงาน (ต่อ)

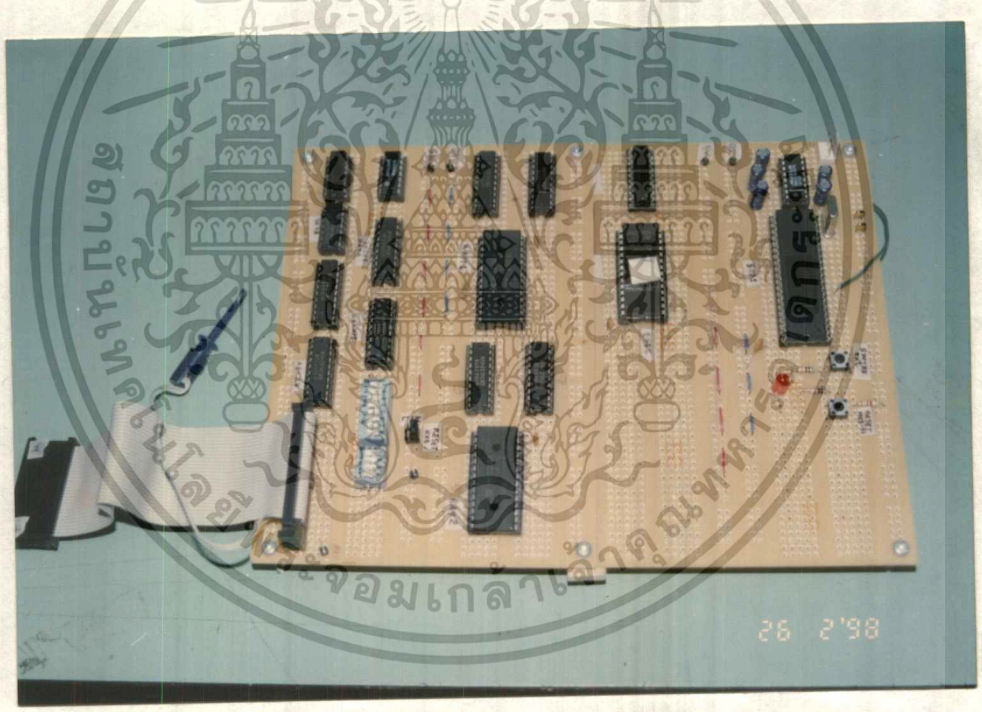
| | | |
|---|---|---|
| Title | | |
| Size: B | Number | Revision |
| Date: 8-Apr-1998 | | Sheet of |
| File: A:\PART3.SCH | | Drawn By: |

รูปที่ 3.8 แสดงส่วนของ DIP JUMPER 28 ขา

| | | |
|---|---|---|
| Title | | |
| Size A4 | Number | Revision |
| Date: 27-Feb-1998 | | Sheet of |
| File: A:\PART2.SCH | | Drawn By: |

# บทที่ 4
## การทดลองและผลการทดลอง

เมื่อได้ทำการออกแบบในส่วนของฮาร์ดแวร์เสร็จแล้ว เราก็จะทำการทดสอบฮาร์ดแวร์นั้นว่าในส่วนต่างๆสามารถทำงานได้จริง ก่อนที่จะทำการอัดโปรแกรมลงในอีพรอมของบอร์ด ซึ่งในการทดสอบบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์นั้นทำได้โดยการต่อวงจรตามรูปที่ 3.7 .และรูปที่ 3.8 เข้ากับบอร์ดเป้าหมาย เพื่อตรวจสอบดูว่าบอร์ดที่เราสร้างขึ้นมานั้นสามารถทำงานได้จริงหรือไม่ แล้วทำการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมให้บอร์ดเป้าหมายทำงานโดยโหลดข้อมูลผ่านบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์ ถ้าบอร์ดเป้าหมายทำงานได้ก็แสดงว่าบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์สามารถทำงานได้จริง ส่วนรูปที่ 4.1 จะแสดงรูปบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์ที่ได้ทำการออกแบบ

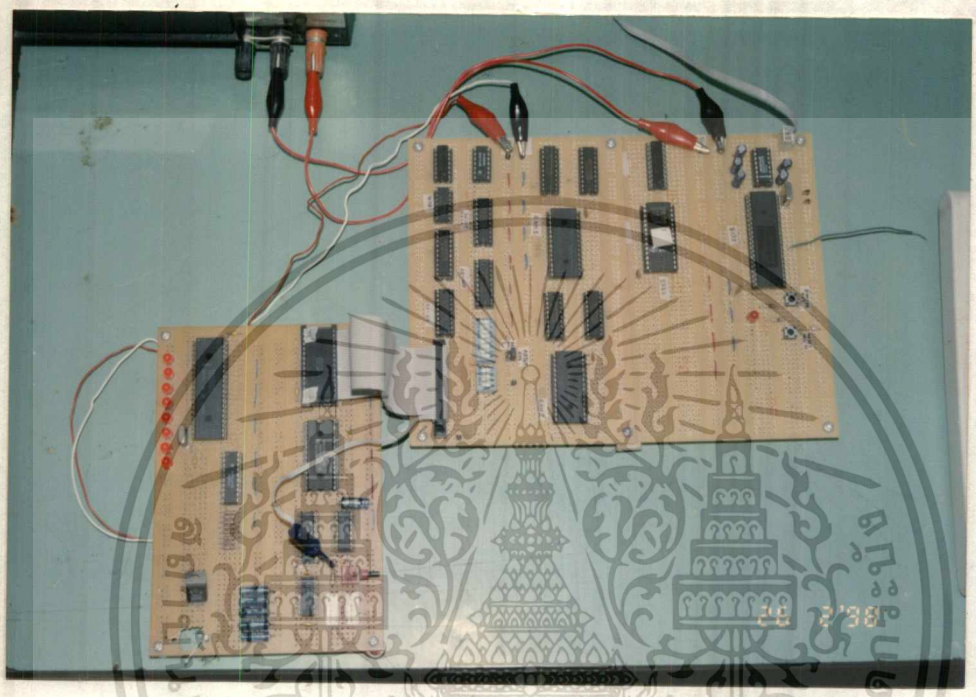



รูปที่ 4.1 แสดงบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การทดลองและผลการทดลอง**

เมื่อทำการจ่ายไฟเลี้ยงให้กับบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์ LED ที่บอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์จะติดหมดซึ่งจะบอกว่าบอร์ดอีพรอมออีมูเลเตอร์นั้นพร้อมที่จะทำงาน แสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงสถานะของ LED ที่บอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์เมื่อจ่ายไฟเลี้ยง

เมื่อจะทำการโหลดข้อมูลต้องกดรีเซ็ตทุกครั้ง ซึ่งมีผลทำให้ LED ดับจะเป็นการเตรียมพร้อมที่จะรับข้อมูล เมื่อกดสวิตซ์รีเซ็ตจากตัวบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์ก็จะสามารถรีเซ็ตบอร์ดเป้าหมายได้ และส่วนของโปรแกรมที่จะใช้ในการทดสอบวงจรจะเรียงลำดับและผลดังนี้

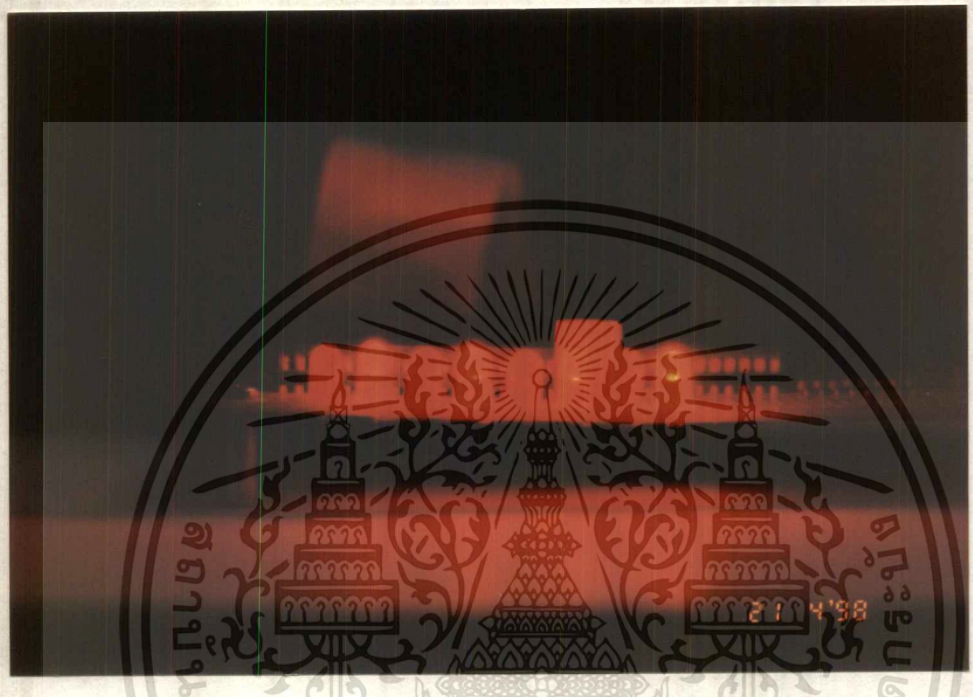
โปรแกรมที่ 1

```
        ORG 0000H
MAIN    MOV A,#0AAH
        MOV P1,A
        SJMP MAIN
        END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบโปรแกรม

การทดสอบนี้เราจะทำการส่งข้อมูลเป็น 10101010 ไปยังบอร์ดเป้าหมาย และเมื่อทำการส่งข้อมูลไปเสร็จแล้ว LED ที่บอร์ดเป้าหมายก็จะติดและดับสลับกัน ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงสถานะของ LED ที่ได้จากการทดสอบโปรแกรมที่ 1

โปรแกรมที่ 2

```
        ORG 0000H
MAIN    MOV A,#0F2H
        MOV DPTR,#0002H
        MOVX @DPTR,A
        CLR A
        MOVX A,@DPTR
        MOV P1,A
        SJMP MAIN
        END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบโปรแกรม

การทดสอบโปรแกรมที่ 2 นี้จะส่งข้อมูลเป็น 11110010 ไปยังบอร์ดเป้าหมาย ซึ่งจะมีผลให้ LED ที่บอร์ดเป้าหมายติดตามค่าของข้อมูลที่ส่งมาคือ ถ้าค่าเป็น 1 LED จะติด และถ้าค่าเป็น 0 LED จะดับ แสดงได้ดังรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.4 แสดงสถานะของ LED ที่ได้จากการทดสอบโปรแกรมที่ 2

โปรแกรมที่ 3

```
        ORG 0000H
MAIN:   MOV A,#07H
LOOP:   RL A
        MOV P1,A
        CALL DELAY
        CJNE A,#0E0H,LOOP1
        MOV A,#0FFH
        MOV P1,A
        CALL DELAY
        CLR A
        MOV A,#0E0H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
NEXT:    RR A
         MOV P1,A
         CALL DELAY
         CJNE A,#07H,NEXT1
         MOV A,#0FFH
         MOV P1,A
         CALL DELAY
         CLR A
         JMP MAIN
NEXT1:   JMP NEXT
LOOP1:   JMP LOOP
DELAY:   MOV R0,#0FFH
DL1:     MOV R1,#0FFH
         DJNZ R1,$
         DJNZ R0,DL1
         RET
         END
```

ซึ่งผลการทดสอบโปรแกรมที่ 3 นี้ จะได้ว่าเมื่อส่งข้อมูลเป็น 0000 0111 ไปยังบอร์ดเป้าหมายทำให้สัญญาณไฟที่ LED ในบอร์ดเป้าหมายติด 3 ดวงติดกัน และจะเลื่อน 1 บิตไปทางซ้ายทีละบิตจนกระทั่งถึงบิตสุดท้ายสัญญาณไฟก็จะติดพร้อมกันหมดแล้วจึงวนกลับมาเริ่มต้นใหม่ แต่ผลการทดลองไม่สามารถทำการแสดงให้ดูได้

โปรแกรมที่ 4

```
         ORG 0000H
         MOV DPTR,#TAB
LOOP:    CLR A
         MOVC A,@A+DPTR
         MOV P1,A
         CALL DELAY
         CJNE A,#0FFH,LOOP2
         MOV DPTR,#TAB
         JMP LOOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LOOP2:    INC DPTR
          JMP LOOP
DELAY:    MOV R0,#0FFH
D1:       MOV R1,#0FFH
          DJNZ R1,$
          NOP
          NOP
          NOP
          NOP
          DJNZ R0,D1
          RET
TAB:      DB 00,81H,42H,24H,18H
          DB 24H,42H,81H,00,0FFH
          END
```

ผลการทดลองของโปรแกรม

เมื่อทำการส่งข้อมูลไปยังบอร์ดเป้าหมายตามโปรแกรมที่ 4 นี้ สัญญาณไฟที่ LED ในบอร์ดเป้าหมายจะติดพร้อมกันที่บิต 0 และบิต 7 จากนั้นบิต 0 จะเลื่อนไปทางซ้ายและบิต 7 จะเลื่อนไปทางขวาจนกระทั่งสัญญาณไฟที่บิต 3 และบิต 4 ติดพร้อมกันแล้วจึงเลื่อนกลับที่เดิม เมื่อถึงตำแหน่งเริ่มต้นแล้ว LED จะติดหมดทุกดวงแล้วจึงกลับไปเริ่มต้นใหม่ ซึ่งผลการทดลองไม่สามารถแสดงให้เห็นภาพได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# บทวิจารณ์ และบทสรุป

จากผลการปฏิบัติงานที่ทำใน Project I ได้ทำการศึกษาและค้นคว้าทฤษฎีข้อมูลที่มีความจำเป็นในการออกแบบฮาร์ดแวร์ และซอฟแวร์ ซึ่งได้ทำการออกแบบบล็อกไดอะแกรมและวงจรการทำงานในส่วนต่างๆ ไปแล้ว ในส่วนของ Project II ได้ทำการทดสอบส่วนของฮาร์ดแวร์ที่ได้ทำการออกแบบไว้แล้วนั้น เพื่อที่จะได้ทำการทดสอบส่วนของซอฟแวร์ได้

จากผลการทดลองบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์ที่ได้สร้างขึ้นนั้น บอร์ดสามารถทำงานได้จริงเมื่อต่อเข้ากับบอร์ดเป้าหมาย แล้วทำการทดลองเขียนโปรแกรมควบคุมบอร์ดเป้าหมายให้ LED ติดตามโปรแกรมที่เขียนขึ้น โดยโหลดข้อมูลผ่านบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์

แนวทางในการพัฒนาบอร์ด ในการพัฒนาบอร์ดอีพรอมอีมูเลเตอร์นี้เราสามารถเพิ่มฟังก์ชั่นในการทำงานได้โดยทำการออกแบบซอฟแวร์ให้มีรูปแบบการใช้งานเพิ่มมากขึ้น

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก

## แสดงรายละเอียดโปรแกรมควบคุมระบบของเครื่องอีพรอมอีมูเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            ORG 0000H
;*********************************
;DEFINE :CONSTANT.
;*********************************
      BEL   EQU   7
      BS    EQU   8
      CR    EQU   13
      LF    EQU   10
      DEL   EQU   07FH
      PCON  EQU   87H
;*********************************
START:      JMP   0100H       ;JUMP OVER INTER ROUTINE

            ORG   0100H

            CALL  INIT_COMM.
LOOP:       CALL  DEACTIVETARG
            MOV   DPTR,#TITL_MSG
            CALL  PRN_TXT
            CALL  GET_HEX_FILE
            CALL  ACTIVETARG  ;ACTIVE TARGET BOARD (CLEAR RESET).
            CALL  EMUMODE     ;ENTER EMULATER MODE.
            CALL  DEACTIVETARG
            JMP   LOOP

TITL_MSG:   DB    CR,LF       ;this is title massage
            DB    'EPROM EMULATOR'
            DB    CR,LF
            DB    'TELECOMMUNICATION PROJECT VERSION'
            DB    CR,LF,0

WAIT_HEX_TXT:
            DB    'Please send hex file format (intel hex format)'
            DB    CR,LF,0
ILCMD:      DB    '!  Illegal command error !'
            DB    CR,LF,0
ILHXDG:     DB    '!  Illegal hex digit error !'
            DB    CR,LF,0
CHSUER:     DB    '!  Checksum error !'
            DB    CR,LF,0
UNEPCH:     DB    '!  Unexpected character error !'
            DB    CR,LF,0
ILRCID:     DB    '!  Illegal record ID !'
            DB    CR,LF,0

DEACTIVETARG:
            SETB  P1.5        ;RETSET = HIGH.
            SETB  P1.6        ;DISCONNECT RAM FROM TARGET.
            CLR   P1.7        ;CONNECT RAM TO MY SELF.
            CLR   P1.4        ;LED OFF.
            RET

ACTIVETARG: SETB  P1.7        ;DISCONNECT RAM FROM MY BUS.
            CLR   P1.6        ;CONNECT RAM TO TARGET.
            CLR   P1.5        ;CLEAR RESET.
            SETB  P1.4        ;LED ON.
            RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
EMUMODE:     ;WAIT FOR USER PRESS ESC.
             MOV   DPTR,#EMUMODEMSG
             CALL  PRN_TXT
EMU1:        CALL  GET_SERIAL
             CJNE  A,#27,EMU1  ;IS A = ESC ?
             RET
EMUMODEMSG:  DB    CR,LF,'Emulating ........'
             DB    CR,LF,'Press ESC to retransmitt HEX file'
             DB    CR,LF,CR,LF,0

INIT_COMM:   CALL  INIT_BG      ;INIT BOAD RATE GEN (TIMER 1).
             CALL  INIT_SERIAL ;INIT SERIAL PROT WITH 9600 B.
             RET

INIT_BG:     MOV   TMOD,#22H   ;TIMER 1 MODE 2 ,8BIT AUTO RELOAD.
             MOV   PCON,#70H   ;SMOD = 0.
             MOV   TH1,#0FDH
             MOV   TL1,#0FDH
             SETB  TR1         ;ACTIVE TIMER1
             CLR   EA
             RET

INIT_SERIAL:
             MOV   SCON,#52H   ;MODE 1 8BIT REN=1 TI=1 RI=0
             RET

PRN_TXT:     CLR   A
             MOVC  A,@A+DPTR
             JZ    TXTRET
             CALL  PRN_CHAR
             INC   DPL
             JMP   PRN_TXT
TXTRET:      RET

PRN_CHAR:    JNB   TI,PRN_CHAR
             CLR   TI
             MOV   SBUF,A
             RET

GET_HEX_FILE:     ;READ AN INTEL-HEX FILE FORM SERIAL AND LOADS IT TO
             ;ITS START
             ;ADDRESS IN THE EXTERNAL RAM.
             ;GET_HEX_FILE ONLY CHANGES REGISTERS
             ;A,B,DPTR,R0,R1,R2,AND R7.
             ;R0 = NUMBER OF DATA BYTE.
             ;R1 = CHECKSUM.
             ;R2 = RECORD ID.

             CLR   P1.3
GHF0:        MOV   DPTR,#WAIT_HEX_TXT
             CALL  PRN_TXT
GHF1:        CALL  GET_SERIAL
             CJNE  A,#':',GHF1 ;INTEL HEX START WITH ":".
             CPL   P1.4        ;LED ON/OFF.
GHF2:        MOV   R1,#0       ;EACH ONE LINE OF HEX ,R1 = 0.
             CALL  NEXTB       ;GET NUMBER OF DATA BYTE.
             JC    GHFERR4     ;IF ERROR.
             MOV   R0,A        ;SAVE NUMBER OF DATA BYTE.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL  NEXTB       ;GET HEIGH BYTE OF ADDRESS.
                          ;NEXTB CONVERT NEXT 2 CHAR TO A BYTE.
                          ;NEXTB ALSO CALCULATE CHECKSUM AND SAVE.
                          ;IN R1,DON'T FORGET.
        JC    GHFERR5     ;IF CAN'T GET HEX DIGIT ,ERROR.
        MOV   DPH,A       ;SAVE AS ADDRESS HIGH
        CALL  NEXTB
        JC    GHFERR5
        MOV   DPL,A       ;SAVE AS ADDRESS LOW.
        CALL  NEXTB       ;GET RECORD ID.
        JC    GHFERR6
        MOV   R2,A        ;SAVE ID RECORD
        JNZ   GHF3        ;IF <> 0 THEN END OF HEX RECORD.
                          ;IF = 0 THEN GET DATY BYTE.
GHF4:   CALL  NEXTB       ;GET DATA BYTE UNTIL END ONE LINE OF HEX
        JC    GHFERR1
        MOVX  @DPTR,A
        INC   DPTR
        DJNZ  R0,GHF4     ;IF R0 <> 0 THEN GET NEXT DATA BYTE.
        CALL  NEXTB       ;CHECKSUM
                          ;R1= CHECKSUM. (AFTER XCH).
        MOV   A,R1
        JNZ   GHFERR3
        CLR   C

        JMP   GHF1

GHF3:   CJNE  A,#1,GHFERR6
        MOV   DPTR,#GFCM
        CALL  PRN_TXT
        CLR   P1.4
        CLR   P1.3
        RET               ;GET HEX COMPLETE.


GHFERR1:MOV   DPTR,#ILHXDG;IF ERROR
        JMP   GHF6
GHFERR2:MOV   DPTR,#ILRCID
        JMP   GHF6
GHFERR3:MOV   DPTR,#CHSUER
        JMP   GHF6
GHFERR4:MOV   DPTR,#NBER
        JMP   GHF6
GHFERR5:MOV   DPTR,#ADER
        JMP   GHF6
GHFERR6:MOV   DPTR,#IDER
        JMP   GHF6
GHF6:   CALL  PRN_TXT
        SETB  P1.3
        CALL  DELAY
        CALL  DELAY
        CLR   P1.4
        JMP   GHF0        ;THEN LOAD AGAIN.

NBER:   DB    'NUMBER OF DATA ERROR. ',CR,LF,0
ADER:   DB    'ADDRESSS ERROR.',CR,LF,0
IDER:   DB    'RECORD ID ERROR.',CR,LF,0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
GFCM:       DB    'HEX FILE RECEIVED COMPLETE.',CR,LF,0


GET_SERIAL: ;READ SBUF AND RETURN IN ACC
            JNB   RI,GET_SERIAL
            MOV   A,SBUF
            CLR   RI
            ANL   A,#07FH      ;IF IT HAS PARITY CLEAR IT.
            RET                ;NOW ACC CONTENT SBUF.


NEXTB:      ;READS ONE BYTE IN ASCII-REPRESENTATION FROM SERIAL
            ;AND RETURN THE BINARY IN ACC.
            ;THE CHECKSUM IN R1 IS UPDATED.
            ;IN CASE OF ERROR THE CARRY FLAG IS SET.
            ;NEXTB CHANG ONLY REGISTERS A,B,R1,AND R7.

            CALL  GET_SERIAL   ;READ FIRST CHAR.
            CALL  NIBBLE       ;CONVERT TO BINARY.
            JC    NXBERR       ;IF ERROR RETRUN.
            SWAP  A            ;CONVERT TO HIGH NIBBLE.
            MOV   R7,A         ;SAVE IN R7.
            CALL  GET_SERIAL   ;READ SECOND CHAR.
            CALL  NIBBLE
            JC    NXBERR
            ORL   A,R7         ;JOIN BOTH NIBBLES.
            XCH   A,R1         ;R1 = CHECKSUM.
            ADD   A,R1         ;CALCULAT CHECKSUM.
            XCH   A,R1         ;SAVE CHECKSUM.
            CLR   C            ;NO ERROR.
NXBERR:     RET                ;IF ERROR ,CARY FLAG = SET.

NIBBLE:     ;CONVERT ASCII IN A TO BINRAY.
            ;RETURNED IN A.IF CONTENT IN A NOT HEX DIGIT CARRY
            ;FLAG IS SET.
            ;NIBBLE ONLY CHANG REGISTER A AND B.
            CALL  UPCASE       ;TO BE SURE,CONVERT HEX DIGIT TO UPCAS
            MOV   B,A          ;SAVE A
            CLR   C
            SUBB  A,#'0'       ;IS CHAR < 0 ?
            JC    NIB1         ;YES ERROR
            MOV   A,#'F'
            SUBB  A,B          ;IS CHAR < F ?
            JC    NIB1         ;YES,ERROR TOO
            MOV   A,B
            SUBB  A,#('9'+1)   ;IS CHAR <= 9 ?
            JC    NIB2         ;YES,IT IS 0..9
            MOV   A,B
            SUBB  A,#'A'       ;IS CHAR < A ?
            JC    NIB1         ;YES,ERROR
NIB2:       ADD   A,#10
            CLR   C

NIB1:       RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
UPCASE:     ;IF CHAR IN A IS LOWERCASE LETTER,IT IS CONVERTED IN TO
            ;UPPER CASE AND AND RETURNED IN A.
            ;OTHERWISE IT WILL BE LEFT UNCHANGED (a,b,..z will
            ;changed).
            ;UPCASE ONLY CHANGES REGISTERS A AND B
            MOV   B,A          ;SAVE A
            CLR   C
            SUBB  A,#'a'       ;IS CHAR < a ?
            JC    UPC1         ;YES ,LEAVE IT UNCHANGED.
            MOV   A,B
            SUBB  A,#('z'+1)   ;IS CHAR > z (A,B,...) ?
            JNC   UPC1         ;YES LEAVE IT UNCHANBED.
            ADDC  A,#'Z'       ;A =[ A -('z'+1)+Z+C ]
            MOV   B,A
UPC1:       MOV   A,B          ;RETURN RESULT IN A
            RET


DELAY:      PUSH  00           ;push R0
            PUSH  01           ;push R1
            MOV   R0,#0FFH
D1:         MOV   R1,#0FFH
            DJNZ  R1,$
            DJNZ  R0,D1
            POP   01
            POP   02
            RET

            END   ;END OF FILE "PROJECT.ASM"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 27C64/87C64
# 64K (8K x 8) CHMOS PRODUCTION AND UV ERASABLE PROMS

- CHMOS Microcontroller and Microprocessor Compatible
  - 87C64-Integrated Address Latch
  - Universal 28 Pin Memory Site, 2-line Control
- Low Power Consumption
  - 100 μA Maximum Standby Current
- Noise Immunity Features
  - ±10% $V_{CC}$ Tolerance
  - Maximum Latch-up Immunity Through EPI Processing
- High Performance Speeds
  - 150 ns Maximum Access Time
- New Quick-Pulse Programming™ Algorithm (1 second programming)
- Available in 28-Pin Cerdip and Plastic DIP Package and 32-Lead PLCC Package.

(See Packaging Spec, Order #231369)

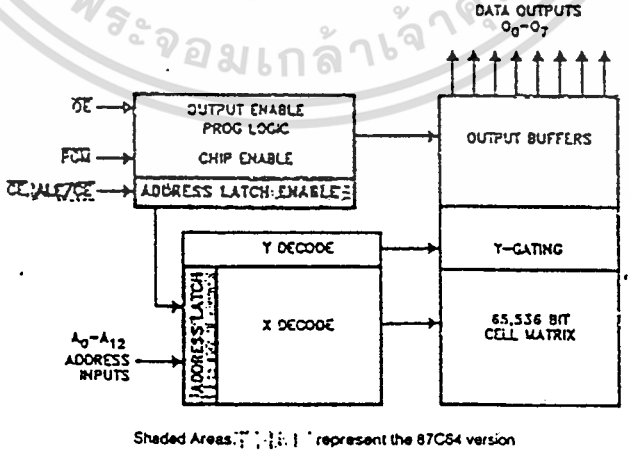
Intel's 27C64 and 87C64 CHMOS EPROMs are 64K bit 5V only memories organized as 8192 words of 8 bits. They employ advanced CHMOS*II-E circuitry for systems requiring low power, high performance speeds, and immunity to noise. The 87C64 has been optimized for multiplexed bus microcontroller and microprocessor compatibility while the 27C64 has a non-multiplexed addressing interface and is plug compatible with the standard Intel 2764A (HMOS II-E).

The 27C64 and 87C64 are offered in both a ceramic DIP, Plastic DIP, and Plastic Leaded Chip Carrier (PLCC) Packages. Cerdip packages provide flexibility in prototyping and R&D environments, whereas Plastic DIP and PLCC EPROMs provide optimum cost effectiveness in production environments. A new Quick-Pulse Programming™ Algorithm is employed which can speed up programming by as much as one hundred times.

The 87C64 incorporates an address latch on the address pins to minimize chip count in multiplexed bus systems. Designers can eliminate an external address latch by tieing address and data pins of the 87C64 directly to the processor's multiplexed address/data pins. On the falling edge of the ALE input (ALE/$\overline{CE}$), address information at the address inputs ($A_0$–$A_{12}$) of the 87C64 is latched internally. The address inputs are then ignored as data information is passed on the same bus.

The highest degree of protection against latch-up is achieved through Intel's unique EPI processing. Prevention of latch-up is provided for stresses up to 100 mA on address and data pins from −1V to $V_{CC}$ + 1V.

*HMOS and CHMOS are patented processes of Intel Corporation.




Shaded Areas: [illegible] represent the 87C64 version

290000-1

Figure 1. Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Extended Temperature (Express) EPROMs

The Intel EXPRESS EPROM family is a series of electrically programmable read only memories which have received additional processing to enhance product characteristics. EXPRESS processing is available for several densities of EPROM, allowing the choice of appropriate memory size to match system applications.

EXPRESS EPROM products are available with 168 ±8 hour, 125°C dynamic burn-in using Intel's standard bias configuration. This process exceeds or meets most industry specifications of burn-in. The standard EXPRESS EPROM operating temperature range is 0°C to 70°C. Extended operating temperature range (−40°C to +85°C) EXPRESS products are available along with automotive temperature range (−40°C to +125°C) products. Like all Intel EPROMs, the EXPRESS EPROM family is inspected to 0.1% electrical AQL. This may allow the user to reduce or eliminate incoming inspection testing.

## EXPRESS EPROM Product Family

PRODUCT DEFINITIONS

| Type | Operating Temperature (°C) | Burn-in 125°C (hr) |
|---|---|---|
| Q | 0 to +70 | 168 ±8 |
| T | −40 to +85 | NONE |
| L | −40 to +85 | 168 ±8 |
| A | −40 to +125 | NONE |
| B | −40 to +125 | 168 ±8 |

## EXPRESS Options

27C64/87C64 Versions

| Speed Versions | Packaging Options | | |
|---|---|---|---|
| | Cerdip | PLCC | Plastic DIP |
| −1 | T, L, Q | T | T |
| −15 | T, L, Q | T | T |
| −2 | T, L, Q, A, B | T, A | T, A |
| −20 | T, L, Q, A | T | T |
| −STD | T, L, Q, A, B | T, A | T, A |
| −25 | T, L, Q, A | T | T |
| −3 | T, L, Q, A, B | T, A | T, A |
| −30 | T, L, Q, A | T | T |

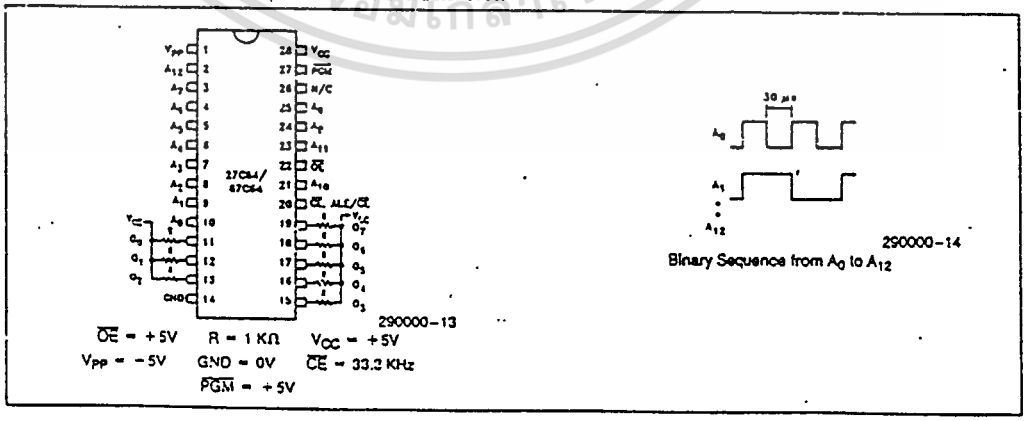
## READ OPERATION

## D.C. CHARACTERISTICS

Electrical Parameters of EXPRESS EPROM products are identical to standard EPROM parameters except for:

| Symbol | Parameter | | 27C64 87C64 Min | 27C64 87C64 Max | Test Conditions |
|---|---|---|---|---|---|
| $I_{SB}$ | $V_{CC}$ Standby Current (mA) | CMOS | | 0.1 | $\overline{CE} = V_{CC}$, $\overline{OE} = V_{IL}$ |
| | | TTL | | 1.0 | $\overline{CE} = V_{IH}$, $\overline{OE} = V_{IL}$ |
| $I_{CC1}$(1) | $V_{CC}$ Active Current (mA) | TTL | | 20, 30 | $\overline{OE} = \overline{CE} = V_{IL}$ |
| | $V_{CC}$ Active Current at High Temperature | TTL | | 20, 30 | $\overline{OE} = \overline{CE} = V_{IL}$ $V_{PP} = V_{CC}$, $T_{ambient} = 85°C$ |

NOTE:
1. See notes 4 and 6 of Read Operation D.C. Characteristics.




Burn-in Bias and Timing Diagrams

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Names

| | |
|---|---|
| $A_0$-$A_{12}$ | ADDRESSES |
| $O_0$-$O_7$ | OUTPUTS |
| $\overline{OE}$ | OUTPUT ENABLE |
| $\overline{CE}$ | CHIP ENABLE |
| ALE/$\overline{CE}$ | ADDRESS LATCH ENABLE /CHIP ENABLE |
| PGM | PROGRAM STROBE |
| N.C. | NO CONNECT |
| D.U. | DON'T USE |

27C64/87C64
P27C64/P87C64

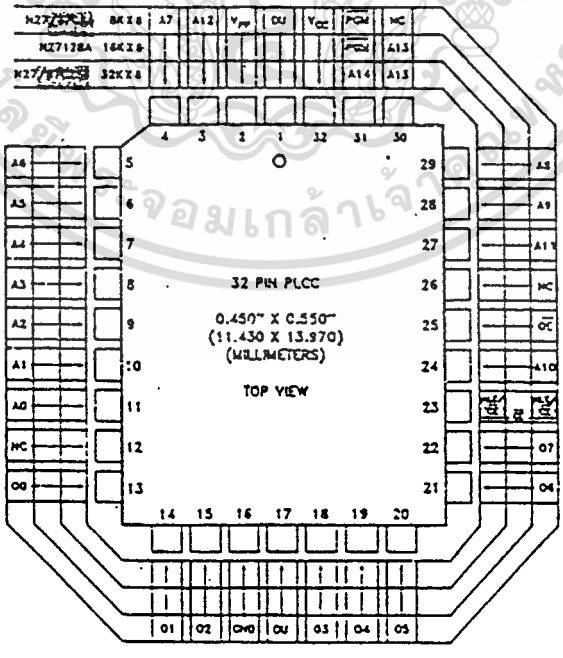
| 27256 | 27128 | 2732A | 2716 |
|---|---|---|---|
| $V_{PP}$ | $V_{PP}$ | | |
| $A_{12}$ | $A_{12}$ | | |
| $A_7$ | $A_7$ | $A_7$ | $A_7$ |
| $A_6$ | $A_6$ | $A_6$ | $A_6$ |
| $A_5$ | $A_5$ | $A_5$ | $A_5$ |
| $A_4$ | $A_4$ | $A_4$ | $A_4$ |
| $A_3$ | $A_3$ | $A_3$ | $A_3$ |
| $A_2$ | $A_2$ | $A_2$ | $A_2$ |
| $A_1$ | $A_1$ | $A_1$ | $A_1$ |
| $A_0$ | $A_0$ | $A_0$ | $A_0$ |
| $O_0$ | $O_0$ | $O_0$ | $O_0$ |
| $O_1$ | $O_1$ | $O_1$ | $O_1$ |
| $O_2$ | $O_2$ | $O_2$ | $O_2$ |
| Gnd | Gnd | Gnd | Gnd |

| 2716 | 2732A | 27128 | 27256 |
|---|---|---|---|
| | | $V_{CC}$ | $V_{CC}$ |
| | | PGM | $A_{14}$ |
| $V_{CC}$ | $V_{CC}$ | $A_{13}$ | $A_{13}$ |
| $A_8$ | $A_8$ | $A_8$ | $A_8$ |
| $A_9$ | $A_9$ | $A_9$ | $A_9$ |
| $V_{PP}$ | $A_{11}$ | $A_{11}$ | $A_{11}$ |
| $\overline{OE}$ | $\overline{OE}/V_{PP}$ | $\overline{OE}$ | $\overline{OE}$ |
| $A_{10}$ | $A_{10}$ | $A_{10}$ | $A_{10}$ |
| $\overline{CE}$ | $\overline{CE}$ | $\overline{CE}$ | $\overline{CE}$ |
| $O_7$ | $O_7$ | $O_7$ | $O_7$ |
| $O_6$ | $O_6$ | $O_6$ | $O_6$ |
| $O_5$ | $O_5$ | $O_5$ | $O_5$ |
| $O_4$ | $O_4$ | $O_4$ | $O_4$ |
| $O_3$ | $O_3$ | $O_3$ | $O_3$ |

290000-2

NOTE:
Intel "Universal Site" Compatible EPROM Pin Configurations are shown in the adjacent blocks to 27C64 Pins.
Shaded Areas represent the 87C64 version

Figure 2. Pin Configuration

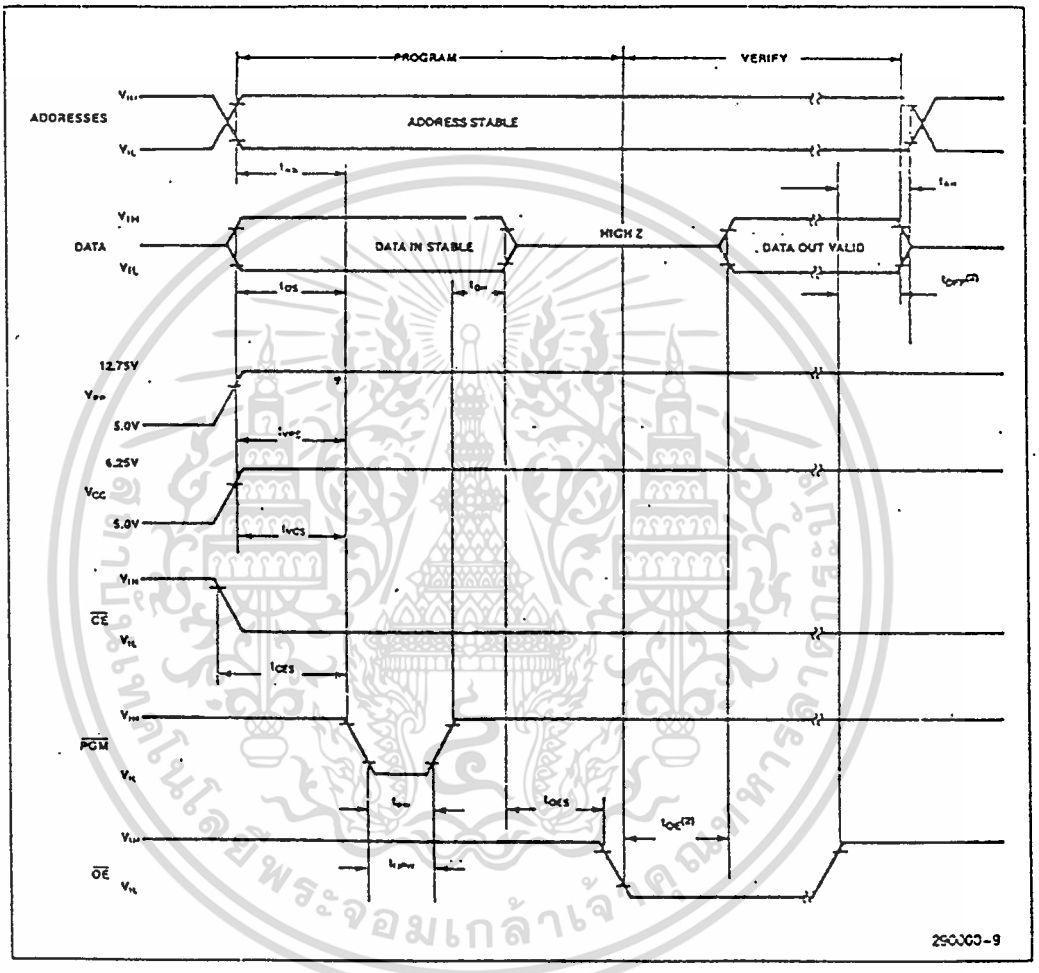



290000-11

Figure 3. PLCC(N) Lead Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## PROGRAMMING WAVEFORMS 27C64




NOTES:
1. The Input Timing Reference Level is 0.8V for $V_{IL}$ and 2V for a $V_{IH}$.
2. $t_{OE}$ and $t_{DFP}$ are characteristics of the device but must be accommodated by the programmer.
3. When programming the 27C64, a 0.1 µF capacitor is required across $V_{PP}$ and ground to suppress spurious voltage transients which can damage the device.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

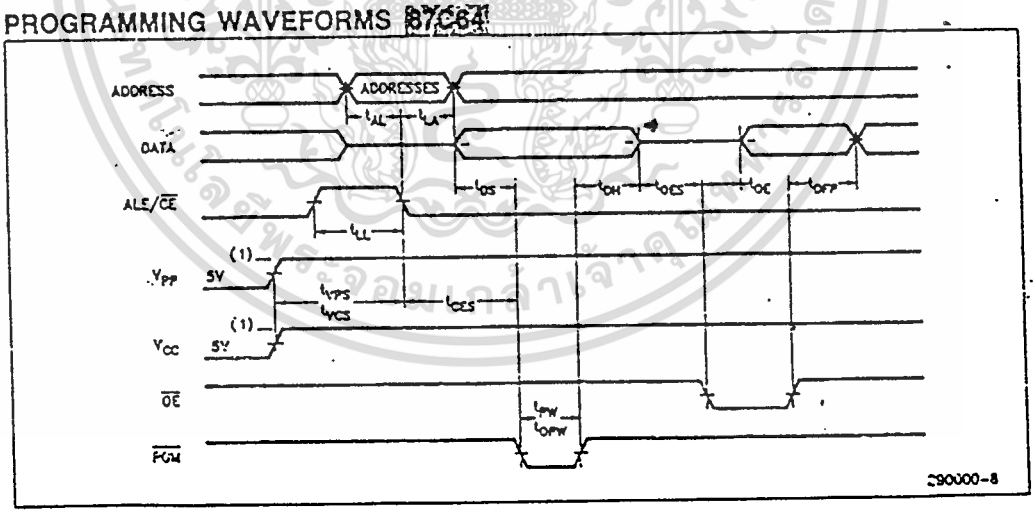
## A.C. PROGRAMMING CHARACTERISTICS 87C64

$T_A$ = 25°C ±5°C, See Table 2 for $V_{CC}$ and $V_{PP}$ Voltages.

| Symbol | Parameter | Limits | | | Unit | Conditions |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Min | Typ | Max | | |
| $t_{VPS}$ | $V_{PP}$ Setup Time | 2 | | | µs | |
| $t_{VCS}$ | $V_{CC}$ Setup Time | 2 | | | µs | |
| $t_{LL}$ | Chip Deselect Width | 2 | | | µs | |
| $t_{AL}$ | Address to Chip Select Setup | 1 | | | µs | |
| $t_{LA}$ | Address Hold from Chip Select | 1 | | | µs | |
| $t_{PW}$ | $\overline{PGM}$ Pulse Width | 95 | 100 | 105 | µs | Quick-Pulse |
| $t_{DS}$ | Data Setup Time | 2 | | | µs | |
| $t_{DFP}$ | $\overline{OE}$ High to Data Float | 0 | | 130 | ns | |
| $t_{OES}$ | Output Enable Setup Time | 2 | | | µs | |
| $t_{OE}$ | Data Valid from Output Enable | | | 150 | ns | |
| $t_{DH}$ | Data Hold Time | 2 | | | µs | |
| $t_{CES}$ | $\overline{CE}$ Setup Time | 2 | | | µs | |

NOTE:
1. Programming tolerances and test conditions are the same as 27C64.

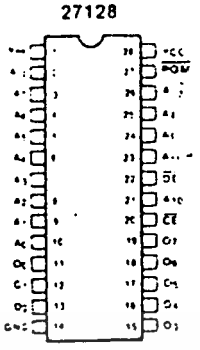
## PROGRAMMING WAVEFORMS 87C64




NOTE:
1. 12.75V $V_{PP}$ & 6.25V $V_{CC}$ for Quick-Pulse Programming Algorithm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EPROM 27128 and 27128A



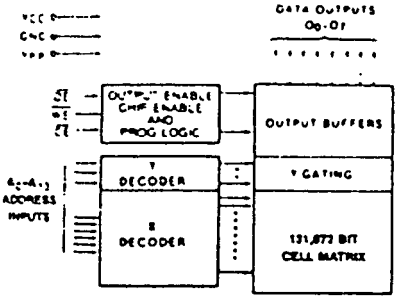
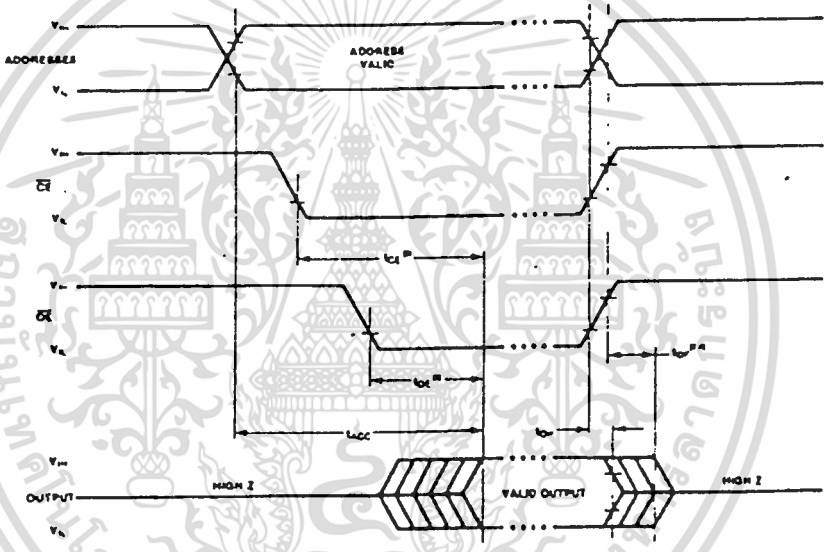
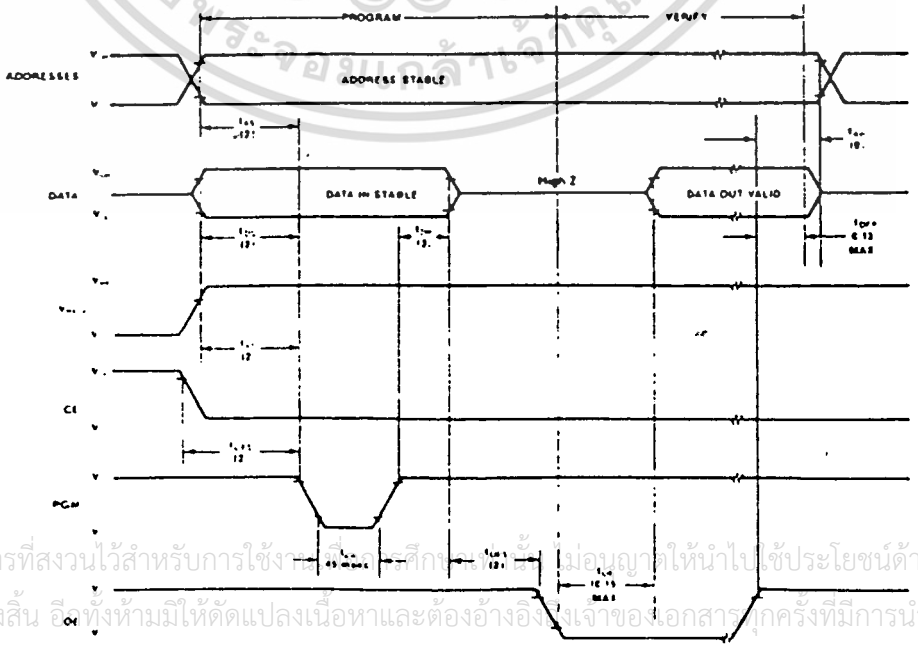




Figure 1. Block Diagram




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

seeq

# 27C256
# 256K CMOS EPROM

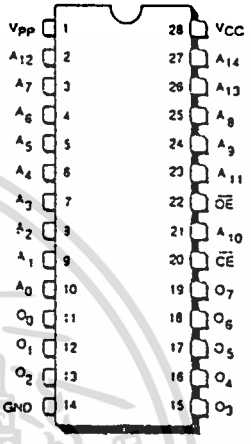
November 1989

## Features

- 256K (32K x 8) CMOS EPROM
- Ultra Low Power
  - 100 µA Max. $V_{CC}$ Standby Current
  - 40 mA Max. Active Current
- Programmed Using Intelligent Algorithm
  - 12.5 V $V_{PP}$
- 200 ns Access Times
  - 5V ± 10% $V_{CC}$
  - 0° to 70°C Temperature Range
- Minimum 10 Year Data Retention
- JEDEC Approved Bytewide Pin Configuration
- Silicon Signature®
- Military and Extended Temperature Range Available.

## Pin Configuration

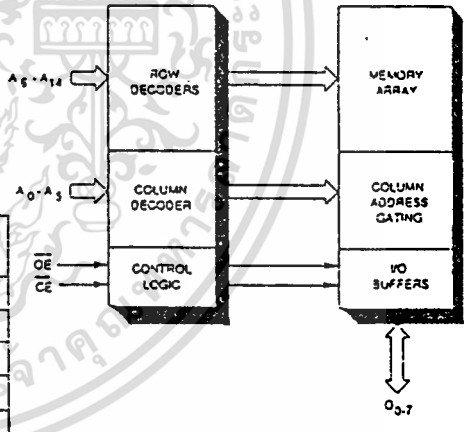
27C256




## Description

SEEQ's 27C256 is the industry's first 256K CMOS EPROM. It has a 32K x 8 organization and has very low power dissipation. Its 40 mA active current is less than one half the active power of n-channel EPROMs. In addition the 100 µA $V_{CC}$ standby current is orders of magnitude lower than those same EPROMs. Consequently, system memory sizes can be substantially increased at a very small increase in power. Low active and standby power is

## Block Diagram




## Mode Selection

| MODE \ PINS | CE (20) | OE (22) | $V_{PP}$ (1) | $V_{CC}$ (28) | Outputs (11-13, 15-19) |
|---|---|---|---|---|---|
| Read | $V_{IL}$ | $V_{IL}$ | $V_{CC}$ | $V_{CC}$ | $D_{OUT}$ |
| Output Disable | X | $V_{IH}$ | $V_{CC}$ | $V_{CC}$ | High Z |
| Standby | $V_{IH}$ | X | $V_{CC}$ | $V_{CC}$ | High Z |
| Program | $V_{IL}$ | $V_{IH}$ | $V_{PP}$ | $V_{CC}$ | $D_{IN}$ |
| Program Verify | $V_{IH}$ | $V_{IL}$ | $V_{PP}$ | $V_{CC}$ | $D_{OUT}$ |
| Program Inhibit | $V_{IH}$ | $V_{IH}$ | $V_{PP}$ | $V_{CC}$ | High Z |
| Silicon Signature* | $V_{IL}$ | $V_{IL}$ | $V_{CC}$ | $V_{CC}$ | Encoded Data |

X can be either $V_{IL}$ or $V_{IH}$.
*For Silicon Signature: $A_9$ is toggled, $A_9$ = 12V, and all other addresses are at a TTL low.

Silicon Signature is a registered trademark of SEEQ Technology.

## Pin Names

| | |
|---|---|
| $A_0 - A_5$ | ADDRESSES – COLUMN (LSB) |
| $A_5 - A_{14}$ | ADDRESSES – ROW |
| $\overline{CE}$ | CHIP ENABLE |
| $\overline{OE}$ | OUTPUT ENABLE |
| $O_0 - O_7$ | OUTPUTS |




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Input supply voltage range, $V_{CC}$ (see Note 1) ..... −0.3 V to 6 V
Positive output supply voltage range, $V_{S+}$ ..... $V_{CC}$ −0.3 V to 15 V
Negative output supply voltage range, $V_{S-}$ ..... −0.3 V to −15 V
Input voltage range, $V_I$: Driver ..... −0.3 V to $V_{CC}$ + 0.3 V
Receiver ..... ±30 V
Output voltage range, $V_O$: T1OUT, T2OUT ..... $V_{S-}$ −0.3 V to $V_{S+}$ + 0.3 V
R1OUT, R2OUT ..... −0.3 V to $V_{CC}$ + 0.3 V
Short-circuit duration: T1OUT, T2OUT ..... unlimited
Operating free-air temperature range, $T_A$: MAX232 ..... 0°C to 70°C
MAX232I ..... −40°C to 85°C
Storage temperature range, $T_{stg}$ ..... −65°C to 150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds ..... 260°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTE 1: All voltage values are with respect to network ground terminal.

## recommended operating conditions

| | MIN | NOM | MAX | UNIT |
|---|---|---|---|---|
| Supply voltage, $V_{CC}$ | 4.5 | 5 | 5.5 | V |
| High-level input voltage, $V_{IH}$ (T1IN,T2IN) | 2 | | | V |
| Low-level input voltage, $V_{IL}$ (T1IN, T2IN) | | | 0.8 | V |
| Receiver input voltage, R1IN, R2IN | | | ±30 | V |
| Operating free-air temperature, $T_A$ | 0 | | 70 | °C |

## electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

| PARAMETER | | | TEST CONDITIONS | | MIN | TYP† | MAX | UNIT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_{OH}$ | High-level output voltage | T1OUT, T2OUT | $R_L$ = 3 kΩ to GND | | 5 | 7 | | V |
| | | R1OUT, R2OUT | $I_{OH}$ = −1 mA | | 3.5 | | | |
| $V_{OL}$ | Low-level output voltage‡ | T1OUT, T2OUT | $R_L$ = 3 kΩ to GND | | | −7 | −5 | V |
| | | R1OUT, R2OUT | $I_{OL}$ = 3.2 mA | | | | 0.4 | |
| $V_{IT+}$ | Receiver positive-going input threshold voltage | R1IN, R2IN | $V_{CC}$ = 5 V, | $T_A$ = 25°C | | 1.7 | 2.4 | V |
| $V_{IT-}$ | Receiver negative-going input threshold voltage | R1IN, R2IN | $V_{CC}$ = 5 V, | $T_A$ = 25°C | 0.8 | 1.2 | | V |
| $V_{hys}$ | Input hysteresis voltage | R1IN, R2IN | $V_{CC}$ = 5 V | | 0.2 | 0.5 | 1 | V |
| $r_i$ | Receiver input resistance | R1IN, R2IN | $V_{CC}$ = 5, | $T_A$ = 25°C | 3 | 5 | 7 | kΩ |
| $r_o$ | Output resistance | T1OUT, T2OUT | $V_{S+}$ = $V_{S-}$ = 0, | $V_O$ = ± 2 V | 300 | | | Ω |
| $I_{OS}$§ | Short-circuit output current | T1OUT, T2OUT | $V_{CC}$ = 5.5 V, | $V_O$ = 0 | | ±10 | | mA |
| $I_{IS}$ | Short-circuit input current | T1IN, T2IN | $V_I$ = 0 | | | | 200 | µA |
| $I_{CC}$ | Supply current | | $V_{CC}$ = 5.5 V, $T_A$ = 25°C | All outputs open, | | 8 | 10 | mA |

† All typical values are at $V_{CC}$ = 5 V, $T_A$ = 25°C.

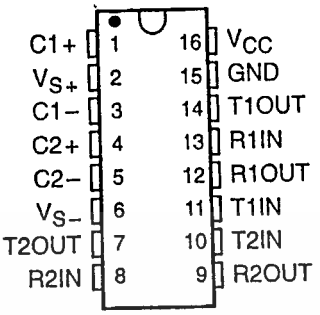
‡ The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.

§ Not more than one output should be shorted at a time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

- Operates With Single 5-V Power Supply
- LinBiCMOS™ Process Technology
- Two Drivers and Two Receivers
- ±30-V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typ
- Meets or Exceeds ANSI EIA/TIA-232-E and ITU Recommendation V.28
- Designed to be Interchangeable With Maxim MAX232
- Applications
  - EIA/TIA-232-E
  - Battery-Powered Systems
  - Terminals
  - Modems
  - Computers
- ESD Protection Exceeds 2000 V Per MIL-STD-883, Method 3015

DW OR N PACKAGE
(TOP VIEW)

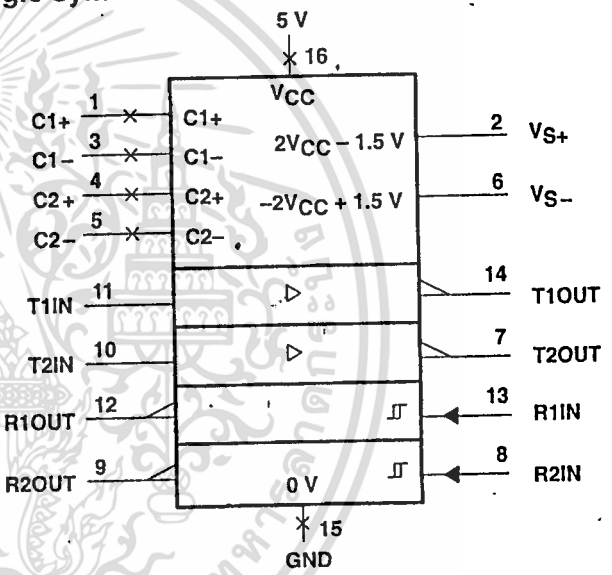



## description

The MAX232 is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply EIA/TIA-232-E voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts EIA/TIA-232-E inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V and a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept ±30-V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into EIA/TIA-232-E levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

The MAX232 is characterized for operation from 0°C to 70°C. The MAX232I is characterized for operation from −40°C to 85°C.

## logic symbol†




† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## switching characteristics, $V_{CC}$ = 5 V, $T_A$ = 25°C

| | PARAMETER | TEST CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNIT |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $t_{PLH(R)}$ | Receiver propagation delay time, low- to high-level output | See Figure 2 | | 500 | | ns |
| $t_{PHL(R)}$ | Receiver propagation delay time, high- to low-level output | See Figure 2 | | 500 | | ns |
| SR | Driver slew rate | $R_L$ = 3 kΩ to 7 kΩ, See Figure 3 | | | 30 | V/µs |
| SR(tr) | Driver transition region slew rate | See Figure 4 | | 3 | | V/µs |

## APPLICATION INFORMATION

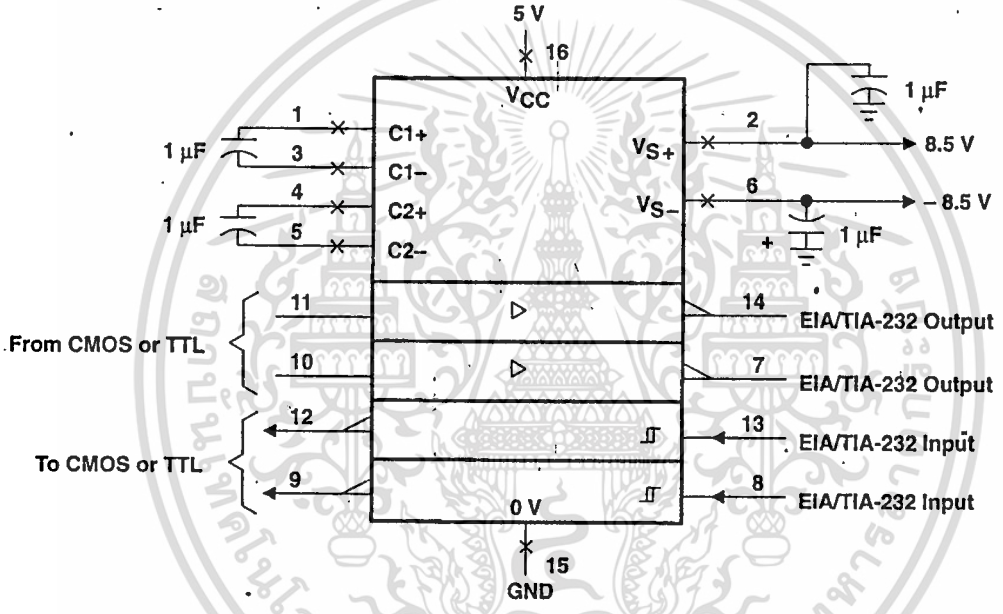
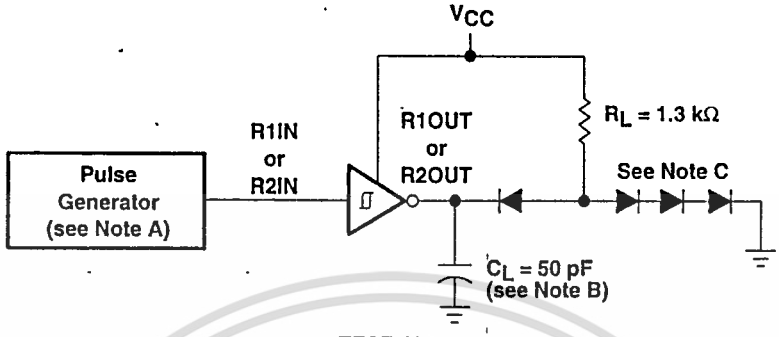


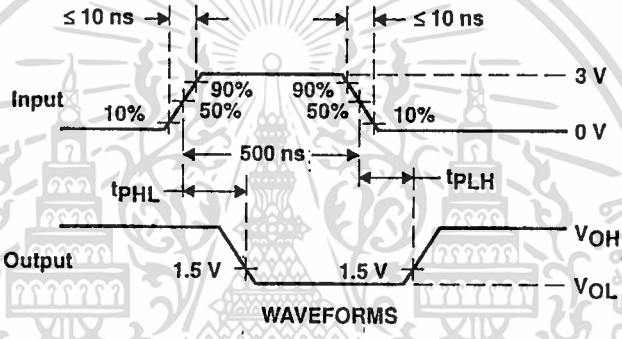

Figure 1. Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION




TEST CIRCUIT



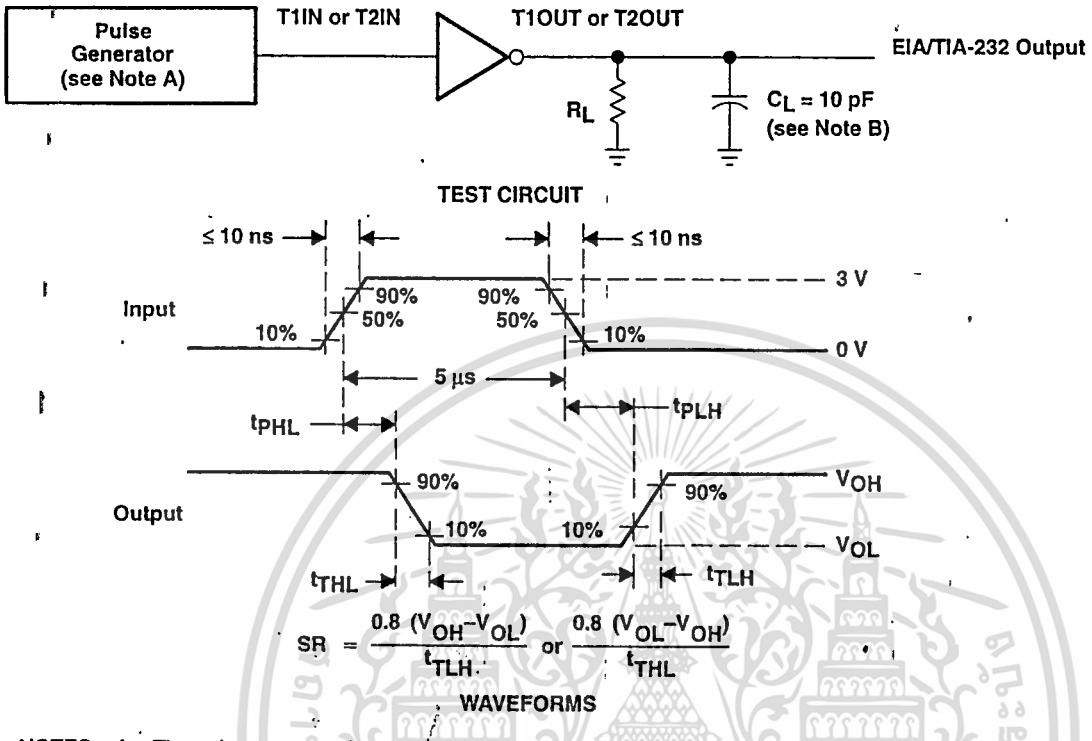

WAVEFORMS

NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: $Z_O$ = 50 Ω, duty cycle ≤ 50%.
B. $C_L$ includes probe and jig capacitance.
C. All diodes are 1N3064 or equivalent.

**Figure 2. Receiver Test Circuit and Waveforms for $t_{PHL}$ and $t_{PLH}$ Measurement**

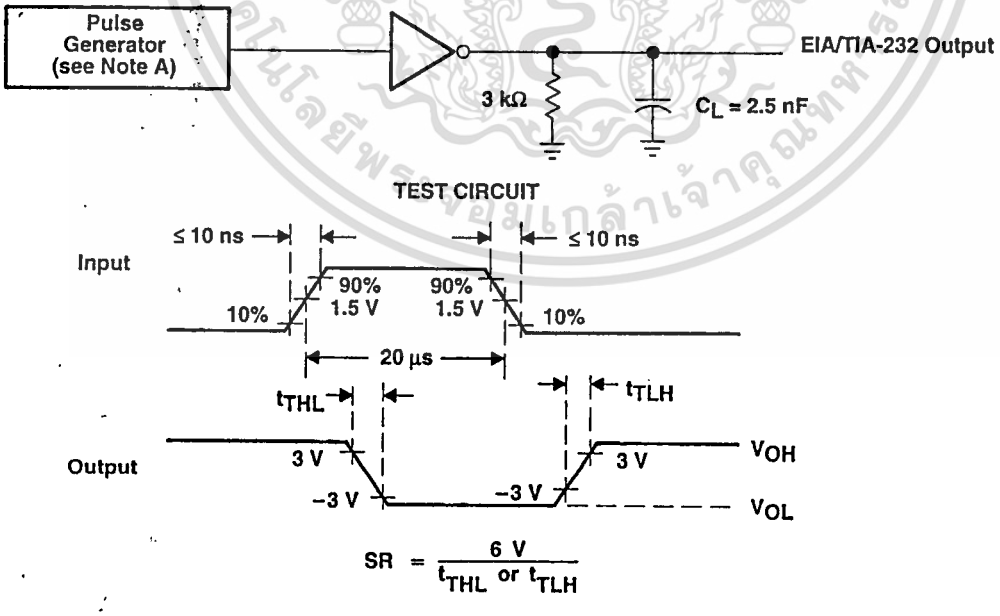
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION




NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: $Z_O$ = 50 Ω, duty cycle ≤ 50%.
B. $C_L$ includes probe and jig capacitance.

**Figure 3. Driver Test Circuit and Waveforms for $t_{PHL}$ and $t_{PLH}$ Measurement (5-µs input)**




NOTE A: The pulse generator has the following characteristics: $Z_O$ = 50 Ω, duty cycle ≤ 50%.

**Figure 4. Test Circuit and Waveforms for $t_{THL}$ and $t_{TLH}$ Measurement (20-µs input)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments (TI) reserves the right to make changes to its products or to discontinue any semiconductor product or service without notice, and advises its customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that the information being relied on is current.

TI warrants performance of its semiconductor products and related software to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

Certain applications using semiconductor products may involve potential risks of death, personal injury, or severe property or environmental damage ("Critical Applications").

TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, INTENDED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT APPLICATIONS, DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS.

Inclusion of TI products in such applications is understood to be fully at the risk of the customer. Use of TI products in such applications requires the written approval of an appropriate TI officer. Questions concerning potential risk applications should be directed to TI through a local SC sales office.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards should be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance, customer product design, software performance, or infringement of patents or services described herein. Nor does TI warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 5402/7402 Quadruple 2-Input Positive-NOR Gate

| | Schottky TTL | | | | | High-Speed TTL | | | | | Low-Power Schottky TTL | | | | | Standard TTL | | | | | Low-Power TTL | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Device Type | Package | | | | Device Type | Package | | | | Device Type | Package | | | | Device Type | Package | | | | Device Type | Package | | | |
| | | C | P | M | CF | | C | P | M | CF | | C | P | M | CF | | C | P | M | CF | | C | P | M | CF |
| T. I. | SN54S02 | J① | | | W① | | | | | | SN54LS02 | J② | | | W① | SN5402 | J① | | | W② | SN54L02 | J① | N① | | T① |
| | SN74S02 | J① | N① | | | | | | | | SN74LS02 | J① | N① | | | SN7402 | J① | N① | | | SN74L02 | J① | N① | | T① |
| FAIRCHILD | FM54S02/FM95S02 | D① | | | F① | | | | | | FM54LS02/FM9LS02 | D① | | | F① | FM5402/FM9N02 | D① | | | F② | | | | | |
| | FC74S02/FC95S02 | D① | P① | | F① | | | | | | FC74LS02/FC9LS02 | D① | P① | | F① | FC7402/FC9N02 | D① | P① | | | | | | | |
| MOTOROLA | | | | | | | | | | | | | | | | MC5402 | L① | | | F② | | | | | |
| | | | | | | | | | | | SN74LS02 | | P① | | | MC7402 | L① | P① | | F② | | | | | |
| N. S. C. | | | | | | | | | | | DM54LS02 | | | | | DM5402 | J① | N① | | W② | DM54L02 | J① | N① | | |
| | | | | | | | | | | | DM74LS02 | | | | | DM7402 | J① | N① | | | DM74L02 | J① | N① | | |
| PHILIPS | N74S02 | | ① | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | N74LS02 | | ① | | | FJH221/7402 | | ① | | | | | | | |
| SIGNETICS | N74S02 | | A① | | | | | | | | | | | | | S5402 | F① | A① | | W② | | | | | |
| | | | | | | | | | | | N74LS02 | | A① | | | N7402 | F① | A① | | | | | | | |
| SIEMENS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FUJITSU | | | | | | | | | | | | | | | | FLH191 | | ① | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 74LS02 | | M① | | | MB417 | ① | M① | | | | | | | |
| HITACHI | HD74S02 | | P① | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | HD74LS02 | | P① | | | HD7402/HD2511 | ① | P① | | | | | | | |
| MITSUBISHI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | M74LS02 | | P① | | | M53202 | | P① | | | | | | | |
| NEC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | μPB232 | D① | C① | | | | | | | |
| TOSHIBA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | TD3402A | | P① | | | | | | | |

## Electrical Characteristics SN54LS02/SN74LS02

**absolute maximum ratings over operating free-air temperature range**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Supply voltage, $V_{CC}$ | 7V | Operating free-air temperature range | SN54LS | −55°C to 125°C |
| Input voltage | 7V | | SN74LS | 0°C to 70°C |
| | | Storage temperature range | | −65°C to 150°C |

**recommended operating conditions**

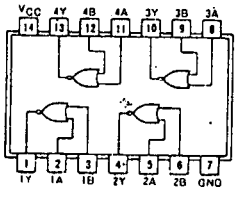
| | SN54LS02 | | | SN74LS02 | | | UNIT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | MIN | NOM | MAX | MIN | NOM | MAX | |
| Supply voltage, $V_{CC}$ | 4.5 | 5 | 5.5 | 4.75 | 5 | 5.25 | V |
| High-level output current, $I_{OH}$ | | | −400 | | | −400 | μA |
| Low-level output current, $I_{OL}$ | | | 4 | | | 8 | mA |
| Operating free-air temperature, $T_A$ | −55 | | 125 | 0 | | 70 | °C |

**electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range**

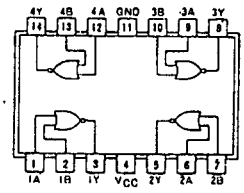
| PARAMTER | | | TEST CONDITIONS† | | MIN | TYP‡ | MAX | UNIT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_{IH}$ | High-level input voltage | | | | 2 | | | V |
| $V_{IL}$ | Low-level input voltage | | | | | | 0.8 | V |
| $V_I$ | Input clamp voltage | | $V_{CC}$=MIN, $I_I$=−18mA | | | | −1.5 | V |
| $V_{OH}$ | High-level output voltage | | $V_{CC}$=MIN, $V_{IL}$=$V_{IL}$ max, $I_{OH}$=MAX | | 2.7 | 3.4 | | V |
| $V_{OL}$ | Low-level output voltage | | $V_{CC}$=MIN, $V_{IH}$=2V, $I_{OL}$=4mA | | | 0.25 | 0.4 | V |
| $I_I$ | Input current at maximum input voltage | | $V_{CC}$=MAX, $V_I$=7V | | | | 0.1 | mA |
| $I_{IH}$ | High-level input current | Data inputs | $V_{CC}$=MAX, $V_{IH}$=2.7V | | | | 20 | μA |
| $I_{IL}$ | Low-level input current | Data inputs | $V_{CC}$=MAX, $V_{IL}$=0.4V | | | | 0.4 | mA |
| $I_{OS}$ | Short-circuit output current◆ | | $V_{CC}$=MAX, | 54LS Family | −20 | | −100 | mA |
| | | | | 74LS Family | −20 | | −100 | |
| $I_{CCH}$ | Supply current | | $V_{CC}$=MAX | Total, outputs high | | 1.6 | 3.2 | mA |
| $I_{CCL}$ | Supply current | | | Total, outputs low | | 2.8 | 5.4 | mA |
| $I_{CC}$ | Supply current | | $V_{CC}$=5V | Average per gate (50% duty cycle) | | 0.55 | | mA |
| $t_{PLH}$ | Propagation delay time, low-to-high-level output | | $V_{CC}$=5V, $C_L$=15pF, | $T_A$=25°C. $R_L$=2kΩ | | 10 | 15 | ns |
| $t_{PHL}$ | Propagation delay time, high-to-low-level output | | | | | 10 | 15 | ns |

## Pin Assignments (Top View)

①



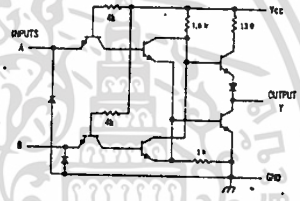

②



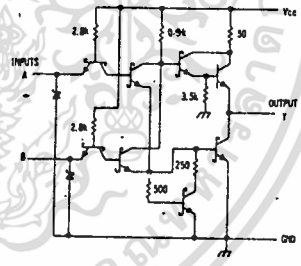

positive logic:
$Y = A + B$

## Schematics (each gate)

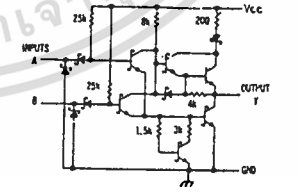
'02 CIRCUIT



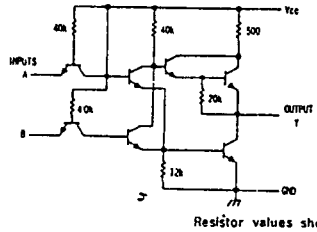

'S02 CIRCUIT




'LS02 CIRCUIT




'L02 CIRCUIT




Resistor values shown are nominal and in ohms.

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡ All typical values are at $V_{CC}$=5V, $T_A$=25°C.
◆ Not more than one output should be shorted at a time, and for SN54S'/SN74S', duration of output short-circuit should not exceed one second.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 5404/7404 Hex Inverter

| | Schottky TTL | | | | | High-Speed TTL | | | | | Low-Power Schottky TTL | | | | | Standard TTL | | | | | Low-Power TTL | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Device Type | Package | | | | Device Type | Package | | | | Device Type | Package | | | | Device Type | Package | | | | Device Type | Package | | | |
| | | C | P | M | CF | | C | P | M | CF | | C | P | M | CF | | C | P | M | CF | | C | P | M | CF |
| T.I. | SN54S04 | J | | | W | SN54H04 | J | | | W | SN54LS04 | J | | | W | SN5404 | J | | | W | SN54L04 | J | N | T | |
| | SN74S04 | J | N | | | SN74H04 | J | N | | | SN74LS04 | J | N | | | SN7404 | J | N | | | SN74L04 | J | N | T | |
| FAIRCHILD | FM54S04/FM9S04 | D | | | | FM54H04/FM9H04 | D | | | F | FM54LS04/FM9LS04 | D | | | F | FM5404/FM9N04 | D | | | F | | | | | |
| | FC74S04/FC9S04 | D | P | | | FC74H04/FC9H04 | D | P | | | FC74LS04/FC9LS04 | D | P | | | FM7404/FC9N04 | D | P | | | | | | | |
| MOTOROLA | | | | | | MC3108 | L | | | F | | | | | | MC5404 | L | | | F | | | | | |
| | | | | | | MC3008 | L | P | | F | SN74LS04 | | P | | | MC7404 | L | P | | | | | | | |
| N.S.C. | | | | | | DM54H04 | J | N | | | DM54LS04 | | | | | DM5404 | J | N | | W | DM54L04 | J | N | | F |
| | DM74S04 | | N | | | DM74H04 | J | N | | | DM74LS04 | | | | | DM7404 | J | N | | | DM74L04 | J | N | | F |
| PHILIPS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | N74S04 | | | | | N74H04 | | | | | N74LS04 | | J | | | FJH241/7404 | | | | | | | | | |
| SIGNETICS | S54S04 | F | A | | W | S54H04 | F | A | | W | | | | | | S5404 | F | A | | W | | | | | |
| | N74S04 | F | A | | W | N74H04 | F | A | | | N74LS04 | | A | | | N7404 | F | A | | | | | | | |
| SIEMENS | | | | | | | | | | | | | | | | FLH211 | | | | | | | | | |
| FUJITSU | | | | | | | | | | | 74LS04 | | M | | | MB418 | | M | | | | | | | |
| HITACHI | HD74S04 | J | F | | | | | | | | HD74LS04 | | P | | | HD7404/HD2522 | | P | | | | | | | |
| MITSUBISHI | M55004 | | P | | | | | | | | M74LS04 | | P | | | M53204 | | P | | | | | | | |
| NEC | 74S04 | | C | | | | | | | | 74LS04 | | C | | | μPB235 | D | | | | | | | | |
| TOSHIBA | | | | | | | | | | | | | | | | TD3404A | | P | | | | | | | |

## Electrical Characteristics SN54LS04/SN74LS04

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Supply voltage, $V_{CC}$ | 7V | Operating free-air temperature range | SN54LS | −55°C to 125°C |
| Input voltage | 7V | | SN74LS | 0°C to 70°C |
| | | Storage temperature range | | −65°C to 150°C |

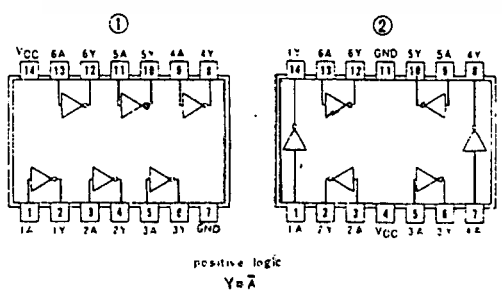
recommended operating conditions

| | SN54LS04 | | | SN74LS04 | | | UNIT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | MIN | NOM | MAX | MIN | NOM | MAX | |
| Supply voltage, $V_{CC}$ | 4.5 | 5 | 5.5 | 4.75 | 5 | 5.25 | V |
| High-level output current $I_{OH}$ | | | −400 | | | −400 | μA |
| Low-level output current $I_{OL}$ | | | 4 | | | 8 | mA |
| Operating free-air temperature, $T_A$ | −55 | | 125 | 0 | | 70 | °C |

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

| PARAMETER | | TEST CONDITIONS † | | MIN | TYP ‡ | MAX | UNIT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_{IH}$ | High-level input voltage | | | 2 | | | V |
| $V_{IL}$ | Low-level input voltage | | | | | 0.8 | V |
| $V_I$ | Input clamp voltage | $V_{CC}$ = MIN, $I_I$ = −18mA | | | | −1.5 | V |
| $V_{OH}$ | High-level output voltage | $V_{CC}$ = MIN, $V_{IL}$ = $V_{IL}$ max, $I_{OH}$ = MAX | | 2.7 | 3.4 | | V |
| $V_{OL}$ | Low-level output voltage | $V_{CC}$ = MIN, $V_{IH}$ = 2V, $I_{OL}$ = 4mA | | | | 0.4 | V |
| $I_I$ | Input current at maximum input voltage | $V_{CC}$ = MAX | $V_I$ = 7V | | | 0.1 | mA |
| $I_{IH}$ | High-level input current | $V_{CC}$ = MAX | $V_{IH}$ = 2.7V | | | 20 | μA |
| $I_{IL}$ | Low-level input current | $V_{CC}$ = MAX, | $V_{IL}$ = 0.4V | | | −0.4 | mA |
| $I_{OS}$ | Short-circuit output current * | $V_{CC}$ = MAX | 54LS Family | −20 | | −100 | mA |
| | | | 74LS Family | −20 | | −100 | |
| $I_{CCH}$ | Supply current | $V_{CC}$ = MAX | Total, outputs high | | 1.2 | 2.4 | mA |
| $I_{CCL}$ | Supply current | | Total, outputs low | | 3.6 | 6.6 | mA |
| $I_{CC}$ | Supply current | $V_{CC}$ = 5V | Average per gate (50% duty cycle) | | 0.4 | | mA |
| $t_{PLH}$ | Propagation delay time, low-to-high-level output | $V_{CC}$ = 5V, $C_L$ = 15PF, | $T_A$ = 25°C, $R_L$ = 2KΩ | | 9 | 15 | ns |
| $t_{PHL}$ | Propagation delay time, high-to-low-level output | | | | 10 | 15 | ns |

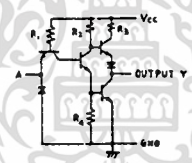
## Pin Assignments (Top View)




positive logic

$Y = \overline{A}$

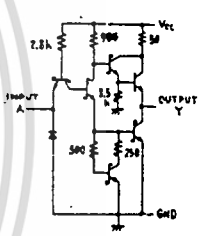
## Schematics (each gate)



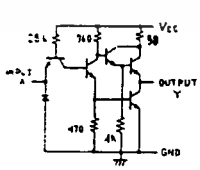

| CIRCUIT | R1 | R2 | R3 | R4 |
|---|---|---|---|---|
| 04 | 4k | 1.6k | 130 | 1k |
| L04 | 40k | 20k | 500 | 12k |

Input clamp diodes not on SN54L/SN74L* circuits.

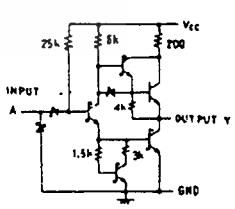
'04, 'L04 CIRCUITS




'S04 CIRCUIT




H04 CIRCUIT




'L304 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 5408/7408 Quadruple 2-Input Positive-AND Gate

| | Schottky TTL | | | | | High-Speed TTL | | | | | Low-Power Schottky TTL | | | | | Standard TTL | | | | | Low-Power TTL | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Device Type | Package | | | | Device Type | Package | | | | Device Type | Package | | | | Device Type | Package | | | | Device Type | Pack | | |
| | | C | P | M | CF | | C | P | M | CF | | C | P | M | CF | | C | P | M | CF | | C | P | M |
| T.I. | SN54S08 | J | | | W | | | | | | SN54LS08 | J | | | W | SN5408 | J | | | W | | | | |
| | SN74S08 | J | N | | | | | | | | SN74LS08 | J | N | | | SN7408 | J | N | | | | | | |
| FAIRCHILD | FM54S08/FM95S08 | D | | | F | FM54H08/FM9H08 | D | | | F | FM54LS08/FM54LS08 | D | | | F | FM5408/FM9N08 | D | | | F | | | | |
| | FC74S08/FC9S08 | D | P | | F | FC74H08/FC9H08 | D | P | | | FC74LS08/FC9LS08 | D | P | | F | FC7408/FC9N08 | D | P | | | | | | |
| MOTOROLA | | | | | | MC3101 | L | | | F | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | MC3001 | L | P | | F | SN74LS08 | | P | | | MC7408 | | P | | | | | | |
| N.S.C. | | | | | | DM54H08 | J | N | | | DM54LS08 | | P | | | DM5408 | J | N | | W | DM54L08 | | | |
| | | | | | | DM74H08 | J | N | | | DM74LS08 | | P | | | DM7408 | J | N | | | DM74L08 | | | |
| PHILIPS | N74S08 | | I | | | N74H08 | | I | | | N74LS08 | | I | | | N7408 | | I | | | | | | |
| SIGNETICS | | | | | | S34H08 | F | A | | W | | | | | | S5408 | F | A | | W | | | | |
| | N74S08 | | A | | | N74H08 | F | A | | | N74LS08 | | A | | | N7408 | F | A | | | | | | |
| SIEMENS | | | | | | | | | | | | | | | | FLH381 | | | | | | | | |
| FUJITSU | | | | | | | | | | | 74LS08 | | M | | | | | | | | | | | |
| HITACHI | | | | | | | | | | | HD74LS08 | | P | | | HD7408/HD2550 | | P | | | | | | |
| MITSUBISHI | | | | | | | | | | | M74LS08 | | P | | | M53208 | | P | | | | | | |
| NEC | | | | | | | | | | | 74LS08 | | C | | | μPB234 | D | | | | | | | |
| TOSHIBA | | | | | | | | | | | | | | | | TD3408 | | P | | | | | | |

## Electrical Characteristics SN54LS08/SN74LS08

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Supply voltage $V_{CC}$ | 7V | Operating free-air temperature range | SN54LS | −55°C to 125°C |
| Input voltage | 7V | | SN74LS | 0°C to 70°C |
| Inter-emitter voltage | 5.5V | Storage temperature range | | −65°C to 150°C |

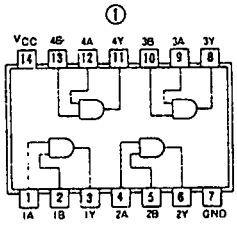
recommended operating conditions

| | SN54LS08 | | | SN74LS08 | | | UNIT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | MIN | NOM | MAX | MIN | NOM | MAX | |
| Supply voltage, $V_{CC}$ | 4.5 | 5 | 5.5 | 4.75 | 5 | 5.25 | V |
| High-level output current, $I_{OH}$ | | | −400 | | | −400 | μA |
| Low-level output current, $I_{OL}$ | | | 4 | | | 8 | mA |
| Operating free-air temperature, $T_A$ | −55 | | 125 | 0 | | 70 | °C |

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

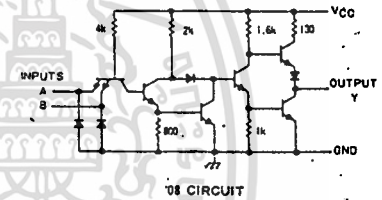
| PARAMETER | | TEST CONDITIONS † | | MIN | TYP ‡ | MAX | UNIT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_{IH}$ | High-level input voltage | | | 2 | | | V |
| $V_{IL}$ | Low-level input voltage | | | | | 0.8 | V |
| $V_I$ | Input clamp voltage | $V_{CC}$=MIN, $I_I$=−18mA | | | | −1.5 | V |
| $V_{OH}$ | High-level output voltage | $V_{CC}$=MIN, $I_{OH}$=MAX | $V_{IH}$=2V, | 2.7 | 3.4 | | V |
| $V_{OL}$ | Low-level output voltage | $V_{CC}$=MIN, $I_{OL}$=4mA | $V_{IH}$=2V | | 0.25 | 0.4 | V |
| $I_I$ | Input current at maximum input voltage | $V_{CC}$=MAX, $V_I$=7V | | | | 0.1 | mA |
| $I_{IH}$ | High-level input current | $V_{CC}$=MAX | $V_{IH}$=2.7V | | | 20 | μA |
| $I_{IL}$ | Low-level input current | $V_{CC}$=MAX | $V_{IL}$=0.4V | | | −0.4 | mA |
| $I_{OS}$ | Short circuit output current ◆ | $V_{CC}$=MAX | 54LS Family | −20 | | −100 | mA |
| | | | 74LS Family | −20 | | −100 | |
| $I_{CCH}$ | Supply current | $V_{CC}$=MAX | Total, outputs high | | 2.4 | 4.8 | mA |
| $I_{CCL}$ | Supply current | | Total, outputs low | | 4.4 | 8.8 | mA |
| $I_{CC}$ | Supply current | $V_{CC}$=5V, | Average per gate (50% duty cycle) | | 0.85 | | mA |
| $t_{PLH}$ | Propagation delay time, low-to-high-level output | $V_{CC}$=5V, $C_L$=15pF, | $T_A$=25°C, $R_L$=2kΩ | | 8 | 15 | ns |
| $t_{PHL}$ | Propagation delay time, high-to-low-level output | | | | 10 | 20 | ns |

## Pin Assignment (Top View)

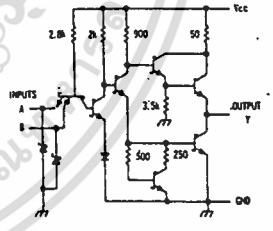



positive logic:
$Y = AB$

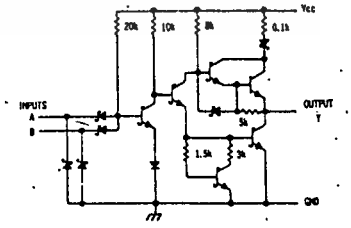
## Schematics (each gate)




'08 CIRCUIT




'S08 CIRCUIT




'LS08 CIRCUIT

*Resistor values shown are nominal and in o

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate values specified under recommended operating conditions.
‡ All typical values are at $V_{CC}$=5V, $T_A$=25°C.
◆ Not more than one output should be shorted at a time, and for SN54S*/SN74S*, duration of output short circuit should not exceed one second.

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 5432/7432 Quadruple 2-Input Positive-OR Gate

| | Schottky TTL | | | | | High-Speed TTL | | | | | Low-Power Schottky TTL | | | | | Standard TTL | | | | | Low-Power TTL | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Device Type | Package C | P | M | CF | Device Type | Package C | P | M | CF | Device Type | Package C | P | M | CF | Device Type | Package C | P | M | CF | Device Type | Package C | P | M | CF |
| T.I. | SN54S32 | J① | | | W① | | | | | | SN54LS32 | J① | | | W① | SN5432 | J① | | | W① | | | | | |
| | SN74S32 | J① | N① | | | | | | | | SN74LS32 | J① | N① | | | SN7432 | J① | N① | | | | | | | |
| FAIRCHILD | FM54S32/FM9S32 | D① | | | F① | | | | | | FM54LS32/FM9LS32 | D① | | | F① | FM5432/FM9N32 | D① | | | F① | | | | | |
| | FC74S32/FC9S32 | D① | P① | | F① | | | | | | FC74LS32/FC9LS32 | D① | P① | | F① | FC7432/FC9N32 | D① | P① | | | | | | | |
| MOTOROLA | | | | | | | | | | | SN74LS32 | | P① | | | | | | | | | | | | |
| N.S.C. | | | | | | | | | | | DM74LS32 | | ① | | | DM5432 | J① | N① | | W① | DM54L32 | | | | |
| | | | | | | | | | | | DM54LS32 | | ① | | | DM74232 | J① | N① | | | DM74L32 | | | | |
| PHILIPS | N74S32 | | ① | | | | | | | | N74LS32 | | ① | | | N7432 | | ① | | | | | | | |
| SIGNETICS | | | | | | | | | | | | | | | | S5432 | F① | A① | | W① | | | | | |
| | | | | | | | | | | | N74LS32 | | A① | | | N7432 | F① | A① | | | | | | | |
| SIEMENS | | | | | | | | | | | | | | | | FLH631 | | ① | | | | | | | |
| FUJITSU | | | | | | | | | | | 74LS32 | | M① | | | | | | | | | | | | |
| HITACHI | | | | | | | | | | | HD74LS32 | | P① | | | HD7432 | ① | P① | | | | | | | |
| MITSUBISHI | | | | | | | | | | | M53LS32 | | P① | | | | | | | | | | | | |
| NEC | | | | | | | | | | | 74LS32 | | C① | | | | | | | | | | | | |
| TOSHIBA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

## Electrical Characteristics SN54LS32/SN74LS32

**absolute maximum ratings over operating free-air temperature range**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Supply voltage, $V_{CC}$ | 7V | Operating free-air temperature range | SN54LS | −55°C to 125°C |
| Input voltage | 7V | | SN74LS | 0°C to 70°C |
| | | Storage temperature range | | −65°C to 150°C |

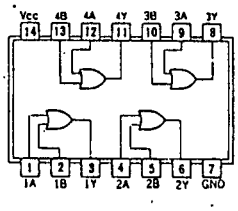
**recommended operating conditions**

| | SN54LS32 MIN | NOM | MAX | SN74LS32 MIN | NOM | MAX | UNIT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Supply voltage, $V_{CC}$ | 4.5 | 5 | 5.5 | 4.75 | 5 | 5.25 | V |
| High-level output current, $I_{OH}$ | | | −400 | | | −400 | μA |
| Low-level output current, $I_{OL}$ | | | 4 | | | 8 | mA |
| Operating free-air temperature, $T_A$ | −55 | | 125 | 0 | | 70 | °C |

**electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range**

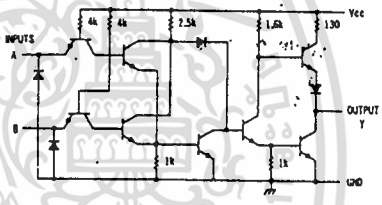
| PARAMETER | | TEST CONDITIONS † | | MIN | TYP ‡ | MAX | UNIT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_{IH}$ | High-level input voltage | | | 2 | | | V |
| $V_{IL}$ | Low-level input voltage | | | | | 0.8 | V |
| $V_I$ | Input clamp voltage | $V_{CC}$=MIN, $I_I$=−18mA | | | | −1.5 | V |
| $V_{OH}$ | High-level output voltage | $V_{CC}$=MIN, $V_{IH}$=2V, $I_{OH}$=MAX | | 2.7 | 3.4 | | V |
| $V_{OL}$ | Low-level output voltage | $V_{CC}$=MIN, $V_{IL}$=$V_{IL}$ max, $I_{OL}$=4mA | | | 0.25 | 0.4 | V |
| $I_I$ | Input current at maximum input voltage | $V_{CC}$=MAX, $V_I$=7V | | | | 0.1 | mA |
| $I_{IH}$ | High-level input current | $V_{CC}$=MAX, $V_{IH}$=2.7V | | | | 20 | μA |
| $I_{IL}$ | Low-level input current | $V_{CC}$=MAX, $V_{IL}$=0.4V | | | | −0.4 | mA |
| $I_{OS}$ | Short-circuit output current ◆ | $V_{CC}$=MAX | 54LS Family | −20 | | −100 | mA |
| | | | 74LS Family | −20 | | −100 | |
| $I_{CCH}$ | Supply current | $V_{CC}$=MAX | Total, outputs high | | 3.1 | 6.2 | mA |
| $I_{CCL}$ | Supply current | | Total, outputs low | | 4.9 | 9.8 | mA |
| $I_{CC}$ | Supply current | $V_{CC}$=5V | Average per gate (50% duty cycle) | | 1.0 | | mA |
| $t_{PLH}$ | Propagation delay time, low-to-high-level output | $V_{CC}$=5V, $T_A$=25°C, $C_L$=15pF, $R_L$=2kΩ | | | 14 | 22 | ns |
| $t_{PHL}$ | Propagation delay time, high-to-low-level output | | | | 14 | 22 | ns |

## Pin Assignment (Top View)

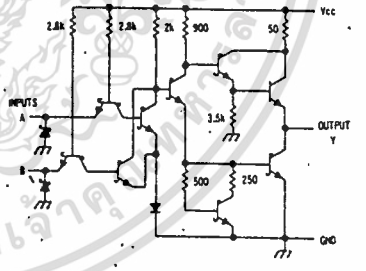



positive logic:
Y = A + B

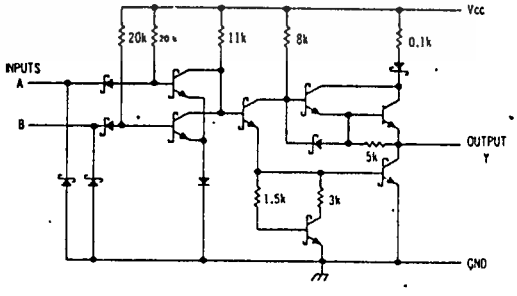
## Schematics (each gate)




'32 CIRCUIT




'S32 CIRCUIT




'LS32 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡ All typical values are at $V_{CC}$=5V, $T_A$=25°C.
◆ Not more than one output should be shorted at a time.

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 54373/74373 Octal D-Type Transparent Latches and Edge-Triggered Flip-Flops

| | Schottky TTL | | | | | High-Speed TTL | | | | | Low-Power Schottky TTL | | | | | Standard TTL | | | | | Low-Power TTL | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Device Type | Package | | | | Device Type | Package | | | | Device Type | Package | | | | Device Type | Package | | | | Device Type | Package | | | |
| | | C | P | M | CF | | C | P | M | CF | | C | P | M | CF | | C | P | M | CF | | C | P | M | CF |
| T.I. | SN54S373 | J | | | | | | | | | SN54LS373 | J | | | | | | | | | | | | | |
| | SN74S373 | J | | | | | | | | | SN74LS373 | J | | | | | | | | | | | | | |
| FAIRCHILD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOTOROLA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N. S. C. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PHILIPS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SIGNETICS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SIEMENS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FUJITSU | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HITACHI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MITSUBISHI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NEC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOSHIBA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

## Electrical Characteristics SN54LS373/SN74LS373

### absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Supply voltage, $V_{CC}$ | 7V | Operating free-air temperature range | SN54LS | −55°C to 125°C |
| Input voltage | 7V | | SN74LS | 0°C to 70°C |
| | | Storage temperature range | | −65°C to 150°C |

### recommend operating conditions

| | SN54LS373 | | | SN74LS373 | | | UNIT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | MIN | NOM | MAX | MIN | NOM | MAX | |
| Supply voltage, $V_{CC}$ | 4.5 | 5 | 5.5 | 4.75 | 5 | 5.25 | V |
| High-level output current, $I_{OH}$ | | | −1 | | | −2.6 | mA |
| High-level output voltage, $V_{OH}$ | | | 5.5 | | | 5.5 | V |
| Pulse width, $t_w$ Clock enable high | 15 | | | 15 | | | ns |
| Pulse width, $t_w$ Clock enable low | 15 | | | 15 | | | ns |
| Setup time, $t_{SUTUP}$ | 0↓ | | | 0↓ | | | ns |
| Hold time, $t_{hold}$ | 10↓ | | | 10↓ | | | ns |
| Operating free-air temperature, $T_A$ | −55 | | 125 | 0 | | 70 | °C |

### electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

| PARAMETER | | TEST CONDITIONS‡ | | MIN | TYP‡ | MAX | UNIT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_{IH}$ | High-level input voltage | | | 2 | | | V |
| $V_{IL}$ | Low-level input voltage | | | | | 0.8 | V |
| $V_{IK}$ | Input clamp voltage | $V_{CC}$ = MIN, $I_I$ = −18mA | | | | −1.5 | V |
| $V_{OH}$ | High-level output voltage | $V_{CC}$ = MIN, $V_{IH}$ = 2V, $V_{IL}$ = $V_{IL}$ max, $I_{OH}$ = MAX | | 2.4 | 3.1 | | V |
| $V_{OL}$ | Low-level output voltage | $V_{CC}$ = MIN, $V_{IH}$ = 2V, $V_{IL}$ = $V_{IL}$ max | $I_{OL}$ = 24mA | | 0.35 | 0.5 | V |
| $I_{OZH}$ | Off-state output current, high-level voltage applied | $V_{CC}$ = MAX, $V_{IH}$ = 2V, $V_O$ = 2.7V | | | | 20 | μA |
| $I_{OZL}$ | Off-state output current, low-level voltage applied | $V_{CC}$ = MAX, $V_{IH}$ = 2V, $V_O$ = 0.4V | | | | −20 | μA |
| $I_I$ | Input current at maximum input voltage | $V_{CC}$ = MAX, $V_I$ = 7V | | | | 0.1 | mA |
| $I_{IH}$ | High-level input current | $V_{CC}$ = MAX, $V_I$ = 2.7V | | | | 20 | μA |
| $I_{IL}$ | Low-level input current | $V_{CC}$ = MAX, $V_I$ = 0.4V | | | | −0.4 | mA |
| $I_{OS}$ | Short-circuit output current § | $V_{CC}$ = MAX | | −30 | | −130 | mA |
| $I_{CC}$ | Supply current | $V_{CC}$ = MAX, Output control at 4.5V | 'LS373 | | 24 | 40 | mA |

### switching characteristics, $V_{CC}$ = 5V, $T_A$ = 25°C

| PARAMETER | FROM (INPUT) | TO (OUTPUT) | TEST CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNIT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $f_{max}$ | | | $C_L$ = 45pF, $R_L$ = 667Ω, See Notes 2 and 3 | | | | MHz |
| $t_{PLH}$ | Data | Any Q | | | 12 | 18 | ns |
| $t_{PHL}$ | | | | | 12 | 18 | |
| $t_{PLH}$ | Clock or enable | Any Q | | | 20 | 30 | ns |
| $t_{PHL}$ | | | | | 18 | 30 | |
| $t_{PZH}$ | Output Control | Any Q | | | 15 | 28 | ns |
| $t_{PZL}$ | | | | | 25 | 36 | |
| $t_{PHZ}$ | Output Control | Any Q | $C_L$ = 5pF, $R_L$ = 667Ω, See Note 3 | | 12 | 20 | ns |
| $t_{PLZ}$ | | | | | 15 | 25 | |

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

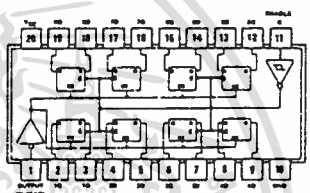
‡ All typical values are at $V_{CC}$ = 5V, $T_A$ = 25°C.

§ Not more than one output should be shorted at a time and duration of the short-circuit should not exceed one second.

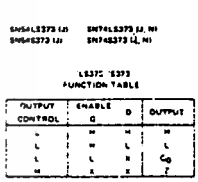
NOTES: 2. Maximum clock frequency is tested with all outputs loaded.
3. See load circuits and waveforms on page 3-11.

$f_{max}$ = maximum clock frequency
$t_{PLH}$ = propagation delay time, low-to-high-level output
$t_{PHL}$ = propagation delay time, high-to-low-level output
$t_{PZH}$ = output enable time to high level
$t_{PZL}$ = output enable time to low level
$t_{PHZ}$ = output disable time from high level
$t_{PLZ}$ = output disable time from low level

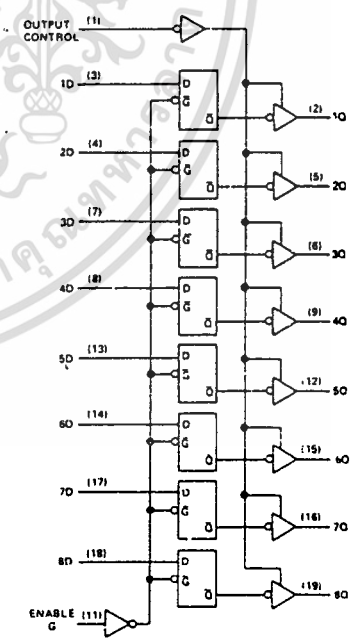
## Pin Assignments (Top View)



SN54LS373 (J) SN74LS373 (J, N)
SN54S373 (J) SN74S373 (J, N)




'LS373, 'S373
TRANSPARENT LATCHES




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 54245/74245 Octal Bus Transceivers with 3-state Outputs

| | Schottky TTL | | | | High-Speed TTL | | | | Low-Power Schottky TTL | | | | Standard TTL | | | | Low-Power TTL | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Device Type | Package C | P | M | CF | Device Type | Package C | P | M | CF | Device Type | Package C | P | M | CF | Device Type | Package C | P | M | CF | Device Type | Package C | P | M | CF |
| TI | | | | | | | | | | | SN54LS245 | J | | W | W | | | | | | | | | |
| FAIRCHILD | | | | | | | | | | | SN74LS245 | J | N | | | | | | | | | | | |
| MOTOROLA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N.S.C. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PHILIPS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SIGNETICS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SIEMENS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FUJITSU | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HITACHI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MITSUBISHI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NEC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOSHIBA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

## Electrical Characteristics SN54LS245/SN74LS245

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Supply voltage, $V_{CC}$ | 7V | Operating free-air temperature range | SN54LS | −55°C to 125°C |
| Input voltage | 7V | | SN74LS | 0°C to 70°C |
| | | Storage temperature range | | 65°C to 150°C |

recommended operating conditions

| | SN54LS245 MIN | NOM | MAX | SN74LS245 MIN | NOM | MAX | UNIT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Supply voltage, $V_{CC}$ | 4.5 | 5 | 5.5 | 4.75 | 5 | 5.25 | V |
| High-level output current, $I_{OH}$ | | | −12 | | | −15 | mA |
| Low-level output current, $I_{OL}$ | | | 12 | | | 24 | mA |
| Operating free-air temperature, $T_A$ | −55 | | 125 | 0 | | 70 | °C |

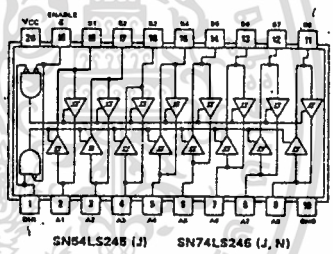
electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

| PARAMETER | TEST CONDITIONS† | | SN74LS245 MIN | TYP‡ | MAX | UNIT |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_{IH}$ High-level input voltage | | | 2 | | | V |
| $V_{IL}$ Low-level input voltage | | | | | 0.8 | V |
| $V_{IK}$ Input clamp voltage | $V_{CC}$=MIN, | $I_I$=−18mA | | | −1.5 | V |
| Hysteresis($V_{T+}$ − $V_{T-}$) A or B input | $V_{CC}$=MIN | | | 0.2 | 0.4 | V |
| $V_{OH}$ High-level output voltage | $V_{CC}$=MIN, $V_{IH}$=2V, $V_{IL}$=$V_{IL}$max | $I_{OH}$=−3mA | 2.4 | 3.4 | | V |
| | | $I_{OH}$=MAX | 2 | | | |
| $V_{OL}$ Low-level output voltage | $V_{CC}$=MIN, $V_{IH}$=2V, $V_{IL}$=$V_{IL}$max | $I_{OL}$=12mA | | | 0.4 | V |
| | | $I_{OL}$=24mA | | | 0.5 | |
| $I_{OZH}$ Off-state output current, high-level voltage applied | $V_{CC}$=MAX, $\overline{G}$ at 2V | $V_O$=2.7 V | | | 10 | μA |
| $I_{OZL}$ Off-state output current, low-level voltage applied | | $V_O$=0.4V | | | −200 | |
| $I_I$ Input current at maximum input voltage | A or B | $V_{CC}$=MAX, | $V_I$=5.5V | | | 0.1 | mA |
| | DIR or $\overline{G}$ | | $V_I$=7V | | | 0.1 | |
| $I_{IH}$ High-level input current | $V_{CC}$=MAX, $V_{IH}$=2.7V | | | | 20 | μA |
| $I_{IL}$ Low-level input current | $V_{CC}$=MAX, $V_{IL}$=0.4V | | | | −0.2 | mA |
| $I_{OS}$ Short-circuit output current | $V_{CC}$=MAX | | −40 | | −225 | mA |
| $I_{CC}$ Supply current | Total, outputs high | $V_{CC}$=MAX, Outputs open | | 48 | 70 | mA |
| | Total, outputs low | | | 62 | 90 | |
| | Outputs at Hi-Z | | | 64 | 95 | |

switching characteristics, $V_{CC}$ 5V, $T_A$ 25°C

| PARAMETER | TEST CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNIT |
|---|---|---|---|---|---|
| $t_{PLH}$ Propagation delay time, low-to-high-level output | $C_L$=45pF, $R_L$=667Ω, See Note 2 | | 8 | 12 | ns |
| $t_{PHL}$ Propagation delay time, high-to-low-level output | | | 8 | 12 | ns |
| $t_{PZL}$ Output enable time to low level | | | 27 | 40 | ns |
| $t_{PZH}$ Output enable time to high level | | | 25 | 40 | ns |
| $t_{PLZ}$ Output disable time from low level | $C_L$=5pF, $R_L$=667Ω, See Note 2 | | 15 | 25 | ns |
| $t_{PHZ}$ Output disable time from high level | | | 15 | 25 | ns |

†For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡All typical values are at $V_{CC}$=5V, $T_A$=25°C.
§Not more than one output should be shorted at a time, and duration of the short-short should not not exceed one second.




SN54LS245 (J) SN74LS246 (J, N)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# หนังสืออ้างอิง


1. ปรเมษฐ์ ประนยานันทน์, ปิยพงศ์ เผ่าวณิช, "คู่มือและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์", ซีเอดยูเคชั่น,หน้า 13 - 26
2. "คู่มือ/เทียบเบอร์ ไอซี TTL",พิมพ์ครั้งที่ 7,เอช เอน การพิมพ์,2532,หน้า 44,246
3. ผศ.สมยศ จุณณะปิยะ, "การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS - 51",พิมพ์ครั้งที่ 1, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2537,หน้า (2-1)-(2-10)
4. KENNETH J. AYALA, "THE 8051 MICROCONTROLLER ARCHITECTURE,PROGRAMMING, AND APPLICATION",USA,WEST PUBLISHING COMPNY 1991
5. สุนทร วิทูสุรพจน์, "การโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051", ซีเอ็ดยูเคชั่น,2537



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้