

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชุดควบคุมอุณหภูมิแบบตั้งโปรแกรม

PROGRAMMABLE TEMPERATURE CONTROLLER



นายศักดิ์ กุศลพูนจิต 41012024

นายสุขสันต์ การทิพย์ 41012028



เลขที่.....
เลขทะเบียน..... 36843
วัน, เดือน, ปี..... 29 ส.ค. 2542

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาบัตร	ชุดควบคุมอนุมัติแบบตั้งโปรแกรม
โดย	นายศักดิ์ กุศลพูนจิต
	นายสุขสันต์ การทิพย์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2542

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังอนุมัติให้
 นับปริญญาบัตรฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญาบัตร

.....ประธานกรรมการ

(.....)

.....กรรมการ

(.....)

.....กรรมการ

(.....)

.....กรรมการ

(.....)

.....กรรมการ

(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROJECT REPORT

PROGRAMMABLE TEMPERATURE CONTROL

BY

MR. SAKDAR GUSONPOONJIT

MR. SUKSON KARNTIP

DEPARTMENT OF

INDUSTRIAL TECHNOLOGY

ADVISER

ASST.PROF. PRADIT VACHRAPIBOOL

ACCEPTED BY THE FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S
INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENT FOR THE BACHELOR'S DEGREE.

PROJECT REPORT COMMITTEE

..... Chairman
(.....)

..... Committee
(.....)

..... Committee
(.....)

..... Committee
(.....)

..... Committee
(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดควบคุมอุณหภูมิแบบตั้งโปรแกรม

โดย นายศักดิ์ กุศลพูนจิต เลขประจำตัว 41012024
นายสุขสันต์ การทิพย์ เลขประจำตัว 41012028

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์
ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

ในปริญญานิพนธ์นี้กล่าวถึงชุดควบคุมอุณหภูมิแบบตั้งโปรแกรมซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C51 เป็นตัวควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น เครื่องปรับอากาศ หรือเครื่องทำความร้อน ในย่านอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ถึง 120 องศาเซลเซียส โดยใช้ไอซี ต่างๆ ที่ใช้ประกอบในงานควบคุมให้มีประสิทธิภาพสูง โดยเน้นที่การลดขนาดของวงจรให้เล็กลง แม้ว่าส่วนของโปรแกรมจะมีความซับซ้อนมากขึ้นแต่ก็เพื่อเป็นการพัฒนาทักษะในการเขียนโปรแกรมใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROGRAMMABLE TEMPERATURE CONTROL

BY MR. SAKDAR GUSONPOONJIT 41012024
MR. SUKSON KARNTIP 41012028

ADVISOR ASST.PROF. PRADIT VACHRAPIBOOL
ACADEMIC YEAR 1999

ABSTRACT

This Programmable Temperature Controller Project using the MCS-51 family Microprocessor to control the electric equipment such as air-conditioner or heater. The control range of temperature is 0 °c to 120 °c. The circuits in this control system is used a highest efficiency integrated circuit to decrease number of the parts. This project enhances the program writing skill for more complicated and efficient control system.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ประคิษฐ์ วัชรพิบูลย์ ที่ให้คำแนะนำในการทำโครงการนี้ตลอดจนเป็นที่ปรึกษาจนทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอกล่าวขอบคุณเพื่อนๆ รวมทั้งผู้ให้ความร่วมมือทุกท่านที่ช่วยอำนวยความสะดวกและให้คำแนะนำไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณอย่างสูง
คณะผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
บทคัดย่ออังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	จ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีการทำงานของตัวอุปกรณ์	3
2.1 ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ AT89C51	3
2.2 ทฤษฎี DS1820	8
2.3 ทฤษฎี DOT MATRIX LCD MODULE	16
บทที่ 3 การออกแบบ	25
3.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์	25
3.2 การออกแบบซอฟต์แวร์	28
บทที่ 4 การทดลอง	33
บทที่ 5 สรุปผล	36
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก	
- ภาคผนวก ก. วงจร, ลายปริ้นซ์, การลงอุปกรณ์	
- ภาคผนวก ข. รายละเอียดโปรแกรม	
- ภาคผนวก ค. การใช้งานเครื่อง	
- ภาคผนวก ง. DATA SHEET	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของชุดควบคุมอุณหภูมิแบบตั้ง โปรแกรม	1
รูปที่ 2.1 การเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอก	4
รูปที่ 2.2 การจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอก	4
รูปที่ 2.3 การจัดแบ่งหน่วยความจำข้อมูลภายในตำแหน่งที่ 00-7FH	5
รูปที่ 2.4 ลักษณะตัวดึงบรรจุและการจัดขาของ DS1820	9
รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมภายใน DS1820	11
รูปที่ 2.6 บล็อกไดอะแกรมการวัดค่าอุณหภูมิ	12
รูปที่ 2.7 แสดงการแบ่งส่วนในหน่วยความจำรวม 64 บิต	14
รูปที่ 2.8 แสดงการจัดการแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับ DS1820 ในบัส 1-Wire	14
รูปที่ 2.9 แสดงการจัดการแหล่งจ่ายไฟภายนอกและการอินเทอร์เฟสร่วม DS1820 หลายตัวบนบัส1-Wire	15
รูปที่ 2.10 แสดงคำสั่ง CLEAR DISPLAY	17
รูปที่ 2.11 แสดงคำสั่ง RETURN HOME	17
รูปที่ 2.12 แสดงคำสั่ง ENTRY HOME	17
รูปที่ 2.13 แสดงคำสั่ง DISPLAY ON/OFF CONTROL	18
รูปที่ 2.14 แสดงคำสั่ง CURSOR OR DISPLAY SHIFT	18
รูปที่ 2.15 แสดงคำสั่ง FUNCTION SET	19
รูปที่ 2.16 แสดงคำสั่ง SET CG RAM ADDRESS	19
รูปที่ 2.17 แสดงคำสั่ง SET DD RAM ADDRESS	20
รูปที่ 2.18 แสดงคำสั่ง READ BUSY FLAG AND ADDRESS	20
รูปที่ 2.19 แสดงคำสั่ง WRITE DATA TO CG หรือ DD RAM	20
รูปที่ 2.20 แสดงคำสั่ง READ DATA FROM CG OR DD RAM	21
รูปที่ 2.21 แสดงตำแหน่งขาของ LCD MODULE	22
รูปที่ 3.1 แสดงปุ่มกดและค่าของปุ่มกดต่างๆ	27
รูปที่ 3.2 โพลวชาร์ทของโปรแกรมโดยรวม	28
รูปที่ 3.3 โพลวชาร์ทของโปรแกรมหลัก	29
รูปที่ 4.1 แสดงหน้าจอแสดงผลอุณหภูมิ	33
รูปที่ 4.2 แสดงหน้าจอเมื่อตั้งค่าเสร็จแล้ว	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
รูปที่ 4.3 แสดงหน้าจอเมื่อตั้งค่าเสร็จแล้ว	35
ภาคผนวก	
รูปที่ 1 วงจรควบคุมหลัก	40
รูปที่ 2 วงจร Power Supply	41
รูปที่ 3 วงจร Keypad 4x4	41
รูปที่ 4 วงจรควบคุมรีเลย์	41
รูปที่ 5 แสดงลายปริ้นซ์ด้านบนของวงจรควบคุมหลัก	42
รูปที่ 6 แสดงลายปริ้นซ์ด้านล่างของวงจรควบคุมหลัก	43
รูปที่ 7 แสดงการลงอุปกรณ์ของวงจรควบคุมหลัก	44
รูปที่ 8 แสดงลายปริ้นซ์และการลงอุปกรณ์ของวงจรควบคุมรีเลย์	45
รูปที่ 9 แสดงลายปริ้นซ์และการลงอุปกรณ์ของวงจร Power Supply	46
รูปที่ 10 แสดงปุ่มกดต่างๆ	63
รูปที่ 11 แสดงหน้าจอแบบที่ 1	64
รูปที่ 12 แสดงหน้าจอแบบที่ 2	64
รูปที่ 13 แสดงหน้าจอแบบที่ 3	65
รูปที่ 14 แสดงหน้าจอแบบที่ 4	66
รูปที่ 15 แสดงหน้าจอแบบที่ 4 เมื่อเอาต์พุตตัดวงจร	67

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตำแหน่งใช้งานของรีจิสเตอร์ R0-R7 ในแต่ละแบงก์	6
ตารางที่ 2.2 ตำแหน่งใช้งานของรีจิสเตอร์ R0-R7 ในแต่ละแบงก์	7
ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ DS1820	10
ตารางที่ 2.4 ความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิกับข้อมูลดิจิตอลเอาต์พุต	13
ตารางที่ 2.5 แสดงค่าการเลื่อน CURSOR ไปแต่ละตำแหน่ง	18
ตารางที่ 2.6 แสดงรายละเอียดย่อยของคำสั่ง FUNCTION SET	19
ตารางที่ 2.7 แสดงค่า REGISTER SECTION	21
ตารางที่ 2.8 แสดง PIN CONNECTION	22
ตารางที่ 2.9 แสดงตารางชุดคำสั่งพื้นฐานควบคุมการทำงานของคอนโทรลเลอร์ ภายใน LCD โมดูล	23
ตารางที่ 3.1 แสดงค่าเอาต์พุตของ 74C922	26

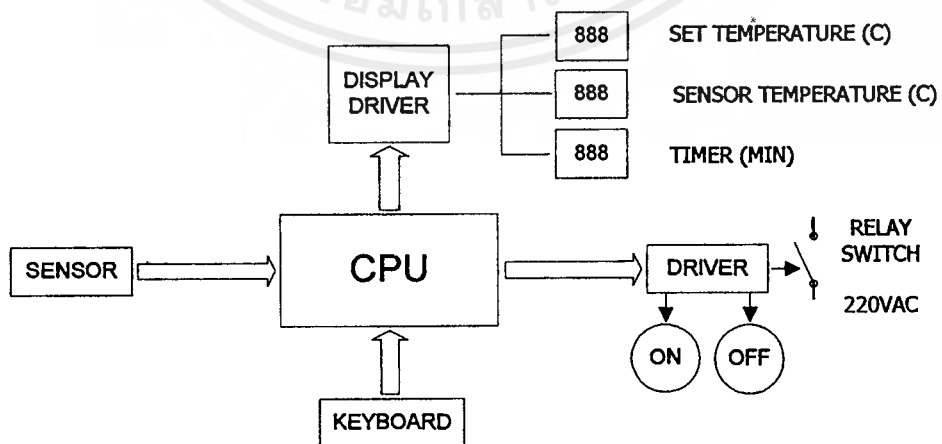
บทที่ 1

บทนำ

ปริญญาบัตรฉบับนี้มีชื่อว่า “ชุดควบคุมอุณหภูมิแบบตั้งโปรแกรม” เนื่องจากการควบคุมอุณหภูมิทางเทอร์โมสตัทเป็นการควบคุมทางกล ทำให้ค่าอุณหภูมิที่วัดได้มีค่าความคลาดเคลื่อนสูง แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากในวงการอุตสาหกรรม จึงได้ทำการปรับปรุงและพัฒนาอุปกรณ์ที่ช่วยในการวัดค่าอุณหภูมิให้มีความแม่นยำสูงขึ้นมา โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ AT89C51 มาใช้ทำการควบคุมร่วมกับตัวอุปกรณ์อื่นๆ ซึ่งเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบตั้งโปรแกรมเครื่องนี้จะมีอินพุตหนึ่งตัวโดยใช้ไอซี เบอร์ DS1820 เป็นตัวตรวจจับอุณหภูมิที่ให้ค่าออกมาเป็นแบบดิจิตอลส่งค่าไปยัง CPU พร้อมกับการโชว์ค่าอุณหภูมิที่วัดได้บนจอ LCD มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส นอกจากค่าอุณหภูมิแล้วยังบอกสถานะการทำงานของเครื่อง ค่าอุณหภูมิที่ต้องการจะตั้งและค่าเวลาที่จะให้เครื่องเริ่มทำงานมีหน่วยเป็นนาทีโดยการตั้งงานผ่าน KEYPAD 4x4 ส่วนทางด้านเอาต์พุตจะมีเอาต์พุตหนึ่งตัวโดยใช้รีเลย์สวิตช์เป็นตัวควบคุมกระแสไฟสลับให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่จะทำการควบคุมอุณหภูมิ

1.1 ขอบเขตของโครงการ

1. สามารถใช้ในการวัดอุณหภูมิทั่วไปได้ 0 องศาเซลเซียส ถึง 125 องศาเซลเซียส
2. สามารถใช้ทั้งในการควบคุมอุปกรณ์ทำความร้อนและอุปกรณ์ทำความเย็นได้
3. สามารถกำหนดเวลาการทำงานได้ โดยกำหนดได้สูงสุด 255 นาที (4 ชั่วโมง 15 นาที)



รูปที่ 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของชุดควบคุมอุณหภูมิแบบตั้งโปรแกรม

1.2 ส่วนประกอบต่างๆ ของบล็อกไดอะแกรม

1. CPU เป็นตัวประเมินผลและควบคุมการทำงานทั้งระบบ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม ในที่นี้จะเลือกใช้ เบอร์ AT89C51 ของบริษัท ATMEL มีหน่วยความจำ FLASH MEMORY จำนวน 4 Kbytes จึงไม่ต้องต่อหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติม

2. SENSOR เป็นตัววัดอุณหภูมิ ในที่นี้จะเลือกใช้ เบอร์ DS1820 ซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิออกมาเป็นดิจิตอลแบบอนุกรม โดยไม่ต้องใช้วงจรแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอล(A/D) สามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วง -55 องศาเซลเซียส ถึง 125 องศาเซลเซียส

3. DISPLAY DRIVER จะใช้แสดงสถานะการทำงานของเครื่อง ค่าอุณหภูมิที่วัดได้ ค่าอุณหภูมิที่ต้องการจะตั้งและค่าเวลาในการเริ่มทำงานของเครื่อง

4. KEYBOARD ทำหน้าที่รับการตั้งค่า ในที่นี้ใช้แบบ 4x4 KEYPAD

5. DRIVER เป็นตัวควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยใช้รีเลย์ควบคุม

1.3 เนื้อหาของแต่ละบท

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและขอบเขตของโครงการ

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีการทำงานของตัวอุปกรณ์ต่างๆ

บทที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบโครงการ

บทที่ 4 กล่าวถึงการทดลอง

บทที่ 5 สรุปผล

ภาคผนวก

ในภาคผนวกจะประกอบไปด้วย

- ภาคผนวก ก. วงจร, ลายปริ้นซ์, การลงอุปกรณ์
- ภาคผนวก ข. รายละเอียดโปรแกรม
- ภาคผนวก ค. การใช้งานเครื่อง
- ภาคผนวก ง. DATA SHEET

บทที่ 2

ทฤษฎีการใช้งานของตัวอุปกรณ์ต่างๆ

2.1 ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ AT89C51

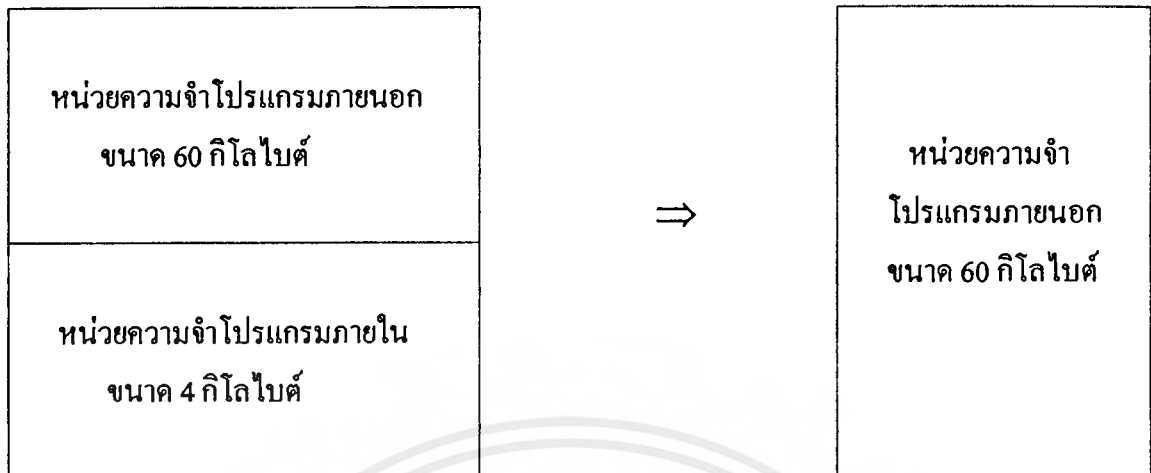
ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 จะมีการจัดหน่วยความจำแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory) หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory) และรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เฉพาะ (Special Function Register)

2.1.1 หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมจะเป็นที่เก็บชุดคำสั่งต่างๆ และข้อมูลที่โปรแกรมใช้งาน ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมอยู่ตั้งแต่ 1 กิโลไบต์ จนถึง 8 กิโลไบต์ ซึ่งหน่วยความจำนี้จะเป็นลักษณะของ EPROM ชนิดแฟลชเมมโมรี (Flash Memory) ที่สามารถโปรแกรมซ้ำได้ถึง 1000 ครั้ง ในการใช้งานเราสามารถเก็บโปรแกรมเข้าในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ ซึ่งช่วยให้ประหยัดการใช้หน่วยความจำภายนอก

ในกรณีที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมที่เก็บอยู่ภายนอก เช่นเบอร์ AT89C51 และ AT89C52 ซึ่งทั้งสองเบอร์นี้สามารถใช้งานติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกได้ ดังนั้นการเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51/52 สามารถเลือกใช้งานได้ 2 ลักษณะคือ เลือกใช้หน่วยความจำในไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีอยู่เดิมกับหน่วยความจำภายนอก หรือเลือกใช้หน่วยความจำภายนอกทั้งหมดก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 เป็นการจัดหน่วยความจำโปรแกรม ได้จำนวนตำแหน่งทั้งหมดคือ 64 กิโลไบต์(ตำแหน่ง 0000 ถึง FFFFH) หน่วยความจำตำแหน่งมีอยู่ 4 กิโลไบต์(ตำแหน่ง 0000 ถึง 0FFFH)

ในการใช้งานเรากำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือภายนอกได้ โดยการควบคุมที่ขา \overline{EA} (External Access) มีแค่เฉพาะเบอร์ AT89C51/52 หากขา \overline{EA} เป็น "1" จะเป็นการเลือกใช้หน่วยความจำภายในหรือหากใช้ขา \overline{EA} เป็น "0" จะเป็นการใช้หน่วยความจำภายนอก การเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมจะทำให้เฉพาะหน่วยความจำในตำแหน่ง 0000-0FFFH ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ซ้อนกันระหว่างหน่วยความจำในกับหน่วยความจำนอกเท่านั้น หากโปรแกรมอยู่ในตำแหน่งที่เกินกว่า 0FFFH ขึ้นไปไมโครคอนโทรลเลอร์จะติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกอัตโนมัติไม่ว่าสัญญาณที่ขา \overline{EA} จะเป็น "0" หรือ "1" ก็ตาม การจัดหน่วยความจำโปรแกรมจะเป็นดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 การเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอก

2.1.2 การเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51/52 สามารถเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์โดยใช้พอร์ต P0 และ P2 เป็นสัญญาณแอดเดรส(Address) และพอร์ต P0 เป็นข้อมูล(Data) ซึ่งพอร์ต P0 จะทำงานในลักษณะของการมัลติเพล็กซ์ระหว่าง Address และ Data ส่วนพอร์ต P2 จะทำหน้าที่เป็น Address อย่างเดียวโดยมีสัญญาณที่ใช้ ควบคุมการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมดังนี้ \overline{EA} , ALE, \overline{PSEN}

หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก	FFFFH
	1000H

หน่วยความจำโปรแกรมภายใน $\overline{EA} = "1"$
--

หน่วยความจำข้อมูลภายนอก $\overline{EA} = "0"$	OFFFH
	0000H

รูปที่ 2.2 การจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอก

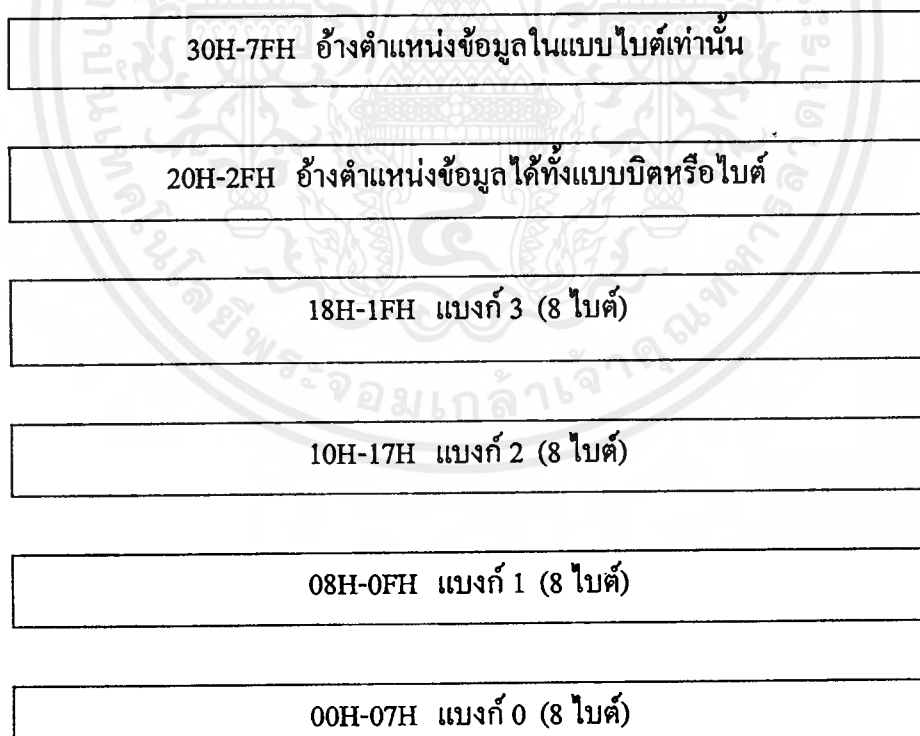
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 หน่วยความจำข้อมูล

หน่วยความจำข้อมูลทำหน้าที่เก็บข้อมูลต่างๆ ในขณะที่โปรแกรมทำงานและทำหน้าที่เป็นแอสตคบางส่วน ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบ่งหน่วยความจำข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำข้อมูลภายใน (Internal Data Memory) และหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (External Data Memory)

2.1.4 หน่วยความจำข้อมูลภายใน

จากตัวอย่างเบอร์ AT89C51 มีหน่วยความจำข้อมูลภายใน 128 ไบต์ ส่วนเบอร์ AT89C52 มีหน่วยความจำข้อมูลภายในทั้งหมด 256 ไบต์ ซึ่งหน่วยความจำ 126 ไบต์แรกเป็นหน่วยความจำที่ใช้ทั่วไปในตำแหน่ง 00-7FH ส่วนหน่วยความจำที่อยู่สูงขึ้นไป (ตำแหน่ง 80-FFH) จะมีส่วนที่ซ้อนทับกันอยู่ระหว่างหน่วยความจำกับรีจิสเตอร์เฉพาะ พื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในตำแหน่ง 00-7FH ยังสามารถแบ่งออกเป็นส่วนย่อยได้อีกซึ่ง เป็นการจัดแบ่งหน่วยความจำข้อมูลภายในออกเป็นส่วนพื้นที่ต่างๆ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การจัดแบ่งหน่วยความจำข้อมูลภายในตำแหน่งที่ 00-7FH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พื้นที่ในตำแหน่ง 00-1FH

จำนวน 32 ไบต์จะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มที่เรียกว่าแบงก์(Bank) ในแต่ละแบงก์มี 8 ตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.3 พื้นที่ในแต่ละแบงก์ถูกใช้เป็นที่รีจิสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป(รีจิสเตอร์ R0-R7) โดย R0 อยู่ในตำแหน่งแรกของแบงก์ และ R7 อยู่ในตำแหน่งสุดท้ายของแบงก์ ในการใช้งานจะมีรีจิสเตอร์ R0-R7 อยู่ชุดเดียวแต่เราสามารถกำหนดการเลือกใช้พื้นที่ของรีจิสเตอร์ R0-R7 อยู่ชุดเดียวแต่เราสามารถกำหนดการเลือกใช้พื้นที่ของรีจิสเตอร์ R0-R7 ในแบงก์ต่างๆ ได้ดังแสดงในตารางที่ 2.1 เป็นการเลือกตำแหน่งที่ใช้งานรีจิสเตอร์ R0-R7 จะกำหนดจากบิต RS0 และ RS1 ที่อยู่ในรีจิสเตอร์ PSW ซึ่งจะได้อธิบายในตอนต่อไป

- พื้นที่ในตำแหน่ง 20H-2FH

เป็นส่วนที่เราสามารถใช้งานในลักษณะไบต์หรือบิตได้ คือเราสามารถอ้างตำแหน่งแบบบิตได้โดยตรงซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 128 บิต ตำแหน่งของบิตคือ 00-7FH โดยบิตต่ำสุดของตำแหน่ง 20H คือตำแหน่งของบิต 00 และบิตสูงสุดของตำแหน่ง 2FH คือตำแหน่งของบิต 7FH การอ้างตำแหน่งแบบบิตจะทำให้การทำงานรวดเร็วขึ้น ซึ่งเป็นคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่ถูกออกแบบมาเพื่องานควบคุมโดยเฉพาะในตารางที่ 2.2 เป็นการแสดงตำแหน่งต่างๆ ของหน่วยความจำแบบที่อ้างตำแหน่งแบบบิตได้

รีจิสเตอร์แบงก์	รีจิสเตอร์	ตำแหน่ง
0	R0-R7	00-07
1	R0-R7	08-0F
2	R0-R7	10-17
3	R0-R7	18-1F

ตารางที่ 2.1 ตำแหน่งใช้งานของรีจิสเตอร์ R0-R7 ในแต่ละแบงก์

ตำแหน่ง RAM	บิตสูง (MSB)						บิตต่ำ (MSB)	
	2FH	7FH	7EH	7DH	7CH	7BH	7AH	79H
2EH	77H	76H	75H	74H	73H	72H	71H	70H
2DH	6FH	6EH	6DH	6CH	6BH	6AH	69H	68H
2CH	67H	66H	65H	64H	63H	62H	61H	60H
2BH	5FH	5EH	5DH	5CH	5BH	5AH	59H	58H
2AH	57H	56H	55H	54H	53H	52H	51H	50H
29H	4FH	4EH	4DH	4CH	4BH	4AH	49H	48H
28H	47H	46H	45H	44H	43H	42H	41H	40H
27H	3FH	3EH	3DH	3CH	3BH	3AH	39H	38H
26H	37H	36H	35H	34H	33H	32H	31H	30H
25H	2FH	2EH	2DH	2CH	2BH	2AH	29H	28H
24H	27H	26H	25H	24H	23H	22H	21H	20H
23H	1FH	1EH	1DH	1CH	1BH	1AH	19H	18H
22H	17H	16H	15H	14H	13H	12H	11H	10H
21H	0FH	0EH	0DH	0CH	0BH	0AH	09H	08H
20H	07H	06H	05H	04H	03H	02H	01H	00H

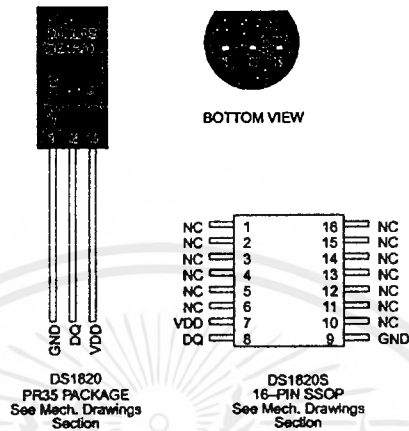
ตารางที่ 2.2 ตำแหน่งใช้งานของรีจิสเตอร์ R0-R7 ในแต่ละแบงก์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎี DS1820

อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เซ็นเซอร์ขนาดเล็กและให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาจากสายสัญญาณเส้นเดียวมีอยู่มากมายหลายเบอร์และหลายรูปแบบแต่ส่วนมากแล้วอุปกรณ์เซ็นเซอร์อุณหภูมิเหล่านั้นมักจะให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นแบบอนาลอก และอาจเป็นผลดีในแง่การใช้งานที่ไม่ต้องการควบคุมการทำงานมากนัก คือให้เอาต์พุตออกมาเพื่อการแสดงผลเป็นหลัก และให้วงจรอนาลอกภายนอกต่อใช้งานร่วม แต่ถ้าหากอุปกรณ์ดังกล่าวให้สัญญาณเซ็นเซอร์อุณหภูมิออกมาเป็นแบบดิจิตอลแล้วการใช้งานจะสามารถกระทำได้มากกว่าการแสดงผล เพราะสัญญาณดิจิตอลที่ออกมาจะถูกประมวลผลด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ทำให้สามารถที่จะกำหนดค่าการทำงานและควบคุมจุดตรวจจับอุณหภูมิของแต่ละตัวเซ็นเซอร์ได้ รวมไปถึงการเซตตัวแสดงผลของอุณหภูมิในหลายๆ จุดได้พร้อมๆ กันและอื่นๆ อีกมากมาย ที่ไมโครโปรเซสเซอร์จะทำงานได้

DS1820 สามารถทำงานได้มากกว่านั้น เพราะนอกจากจะให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นแบบดิจิตอลแล้ว ยังสามารถที่จะทำการโปรแกรมเข้าไปยังส่วนหน่วยความจำและควบคุมฟังก์ชันภายในไอซีได้อีกด้วย ซึ่งมีหน่วยความจำ ROM ขนาด 64 บิตแบบเลเซอร์รอม ดังนั้นจึงสามารถที่จะทำการอ่านและเขียนข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับหน้าที่ในการทำงานเกี่ยวกับการตรวจจับอุณหภูมิได้อย่างมากมายตามการประมวลผลของไมโครโปรเซสเซอร์ นอกจากนั้นแล้วยังสามารถติดตั้ง DS1820 เพื่อการตรวจวัดอุณหภูมิได้ในหลายลักษณะและหลายสถานที่ ตำแหน่งการติดตั้งที่มีความแตกต่างอย่างมากกับอุปกรณ์ทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นการติดตั้งภายในอาคาร, อุปกรณ์เครื่องใช้ต่างๆ หรือภายในเครื่องจักรก็สามารถติดตั้งได้ และเอาต์พุตที่เป็นอนุกรมตัวเลขของ DS1820 นี้จึงสามารถต่อเอาต์พุตบนสายสัญญาณเพียงเส้นเดียวได้หลายๆ จุดโดยไม่สับสนข้อมูลซึ่งกันและกัน



PIN DESCRIPTION

GND	-	Ground
DQ	-	Data In/Out
V _{DD}	-	Optional V _{DD}
NC	-	No Connect

รูปที่ 2.4 ลักษณะตัวถังบรรจุและการจัดขาของ DS1820

2.2.1 บล็อกไดอะแกรมภายใน

ในรูปที่ 2.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมส่วนประกอบของการทำงานต่างๆ ภายในตัว DS1820 จะเห็นว่ามีส่วนประกอบหลักๆ อยู่ 3 ส่วนด้วยกันคือ หน่วยความจำเลเซอร์รอมขนาด 64 บิต, ส่วนเซนเซอร์อุณหภูมิและส่วนกระตุ้นเตือนอุณหภูมิแบบ non-volatile (TH และ TL) โดยอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมินี้จะถูกควบคุมสภาวะการเพาเวอร์ออนและเพาเวอร์ออฟจากไลน์ข้อมูลเพียง 1 สายข้อมูลจากการเก็บรักษากำลังงานสำรองไว้ในตัวเก็บประจุภายใน ในช่วงระหว่างคาบเวลาเมื่อสัญญาณภายในไลน์มีสถานะเป็น high และจะทำงานต่อเนื่องไปเรื่อยๆ และการหยุดการทำงานก็จะเกิดขึ้นจากการหยุดจ่ายแหล่งจ่ายในช่วงระหว่างค่านั้นเป็น low ของไลน์ข้อมูลและจะหยุดอยู่เช่นนั้นจนกว่าขาไลน์ข้อมูลจะกลับมาเป็น high อีกครั้งจึงจะเกิดการการทำงานที่ DS1820 และแหล่งจ่ายไฟหลักให้กับไอซีนี้ก็จะได้จากแหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์ภายนอก

การติดต่อข้อมูลกับ DS1820 จะติดต่อผ่านพอร์ตเพียงพอร์ตเดียวคือ 1-Wire port ภายในพอร์ต 1-Wire นี้ในส่วนของหน่วยความจำและควบคุมฟังก์ชันจะยังไม่รับรู้ข้อมูลใดๆ ทั้งสิ้นก่อนที่ฟังก์ชันโปรโตคอลของ ROM จะถูกทำการเซตค่าเสียก่อน ในส่วนสำคัญของการทำงานฟังก์ชันอันดับแรกซึ่งเป็นหนึ่งในห้าอันดับของการสั่งการฟังก์ชันใน ROM ก็คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. อ่านหน่วยความจำ ROM
2. ทำการแมตซ์ ROM
3. ค้นหา ROM
4. กระโดดข้าม ROM, เตือนการค้นหา

ซึ่งการทำงานของระบบการสั่งการนี้จะทำงานบนพื้นที่หน่วยความจำเลขเซอรรวมขนาด 64 บิต ผ่านพอร์ตของไอซีแต่ละตัวและสามารถให้เอาต์พุตเดียว เพื่อกำหนดคุณสมบัติของอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมินี้หลายๆ ตัวก็ทำได้ โดยสั่งการผ่านไลน์ข้อมูล 1-Wire นี้ หลังจากที่ฟังก์ชันใน ROM ถูกลำดับการทำงานแล้วก็พร้อมที่จะถูกใช้งานหรือเริ่มต้นการทำงานได้แล้ว และสามารถที่จะเข้าถึงการทำงานภายในตัวไอซีได้ทั้งหมด หน่วยความจำและส่วนควบคุมฟังก์ชันก็จะถูกเข้าถึงการทำงานได้และส่วนจัดเก็บค่าที่เซตไว้สามารถหรืออาจจะถูกเก็บไว้ในพื้นที่ 1 ส่วนจากทั้งหมด 6 ส่วนของหน่วยความจำและส่วนควบคุมฟังก์ชันการสั่งการ

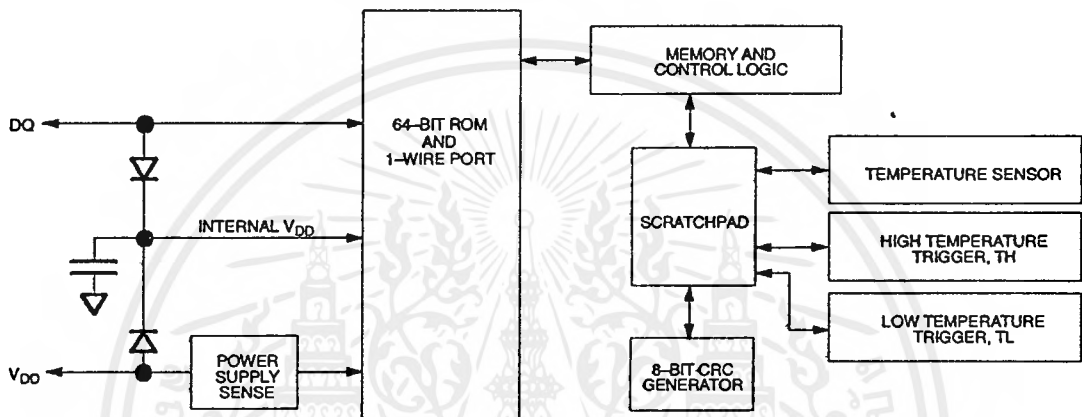
พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
แรงดันไฟเลี้ยง	VDD	2.2 ถึง 5.5	โวลต์
แรงดันขาข้อมูล	I/O	-0.5 ถึง +5.5	โวลต์
ความผิดพลาดของการวัดอุณหภูมิ	TERR	+ -0.5	องศาเซลเซียส
กระแสชิ่งค์	IL	-0.4	มิลลิแอมป์
กระแสขณะสแตนด์บาย	IQ	200-350	นาโนแอมป์
กระแสขณะทำงาน	IDD	1-1.5	มิลลิแอมป์
กระแสไหลลดทางอินพุต	IL	5	ไมโครแอมป์
ค่าเวลาการแปลงอุณหภูมิ	TCONV	200-500	มิลลิวินาที
ค่าเวลาไทม์สล็อต	TSLOT	60-120	ไมโครวินาที
ค่าความจุ I/O	C IN/OUT	25	พิโกฟารัด
เวลาการอ่านข้อมูล	TRDV	15	ไมโครวินาที
ย่านอุณหภูมิทำงาน	To	-55 ถึง +125	องศาเซลเซียส

ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ DS1820

ส่วนควบคุมฟังก์ชันการสั่งการหนึ่งส่วนจะถูกกำหนดคุณสมบัติของ DS1820 ให้อยู่ในรูปแบบของการวัดค่าของอุณหภูมิซึ่งผลของการวัดนี้จะถูกบรรทัดไว้ใน DS1820 ในส่วนของหน่วยความจำส่วนหนึ่ง (scratchpad) และบางครั้งก็จะอ่านออกมาได้จากตารางสารบัญของหน่วยความจำ

ฟังก์ชันการสั่งการซึ่งเป็นการสั่งการเฉพาะหัวข้อที่ถูกบันทึกไว้ในหน่วยความจำ scratchpad เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณกระตุ้นเตือนค่าอุณหภูมิสูงเกินและต่ำเกิน (TH และ TL) จะประกอบด้วย 1 ไบต์ EEPROM ถ้าสัญญาณเตือนการค้นหาไม่ถูกจ่ายเข้าไปยัง DS1820 รีจิสเตอร์เหล่านี้บางครั้ง จะถูกใช้ได้อย่างทั่วๆ ไปจากหน่วยความจำที่ผู้ใช้งานกำหนดได้และการเขียนเข้าไปในส่วนของการเตือน TH และ TL จะไม่ใช่หน่วยความจำฟังก์ชันตั้งงานและการอ่านเข้าไปถึงรีจิสเตอร์นี้จะอ่านผ่านหน่วย ความจำ scratchpad และข้อมูลอื่นๆ ที่ต้องการอ่านและเขียนจะกระทำได้ในบิตแรกของ LSB



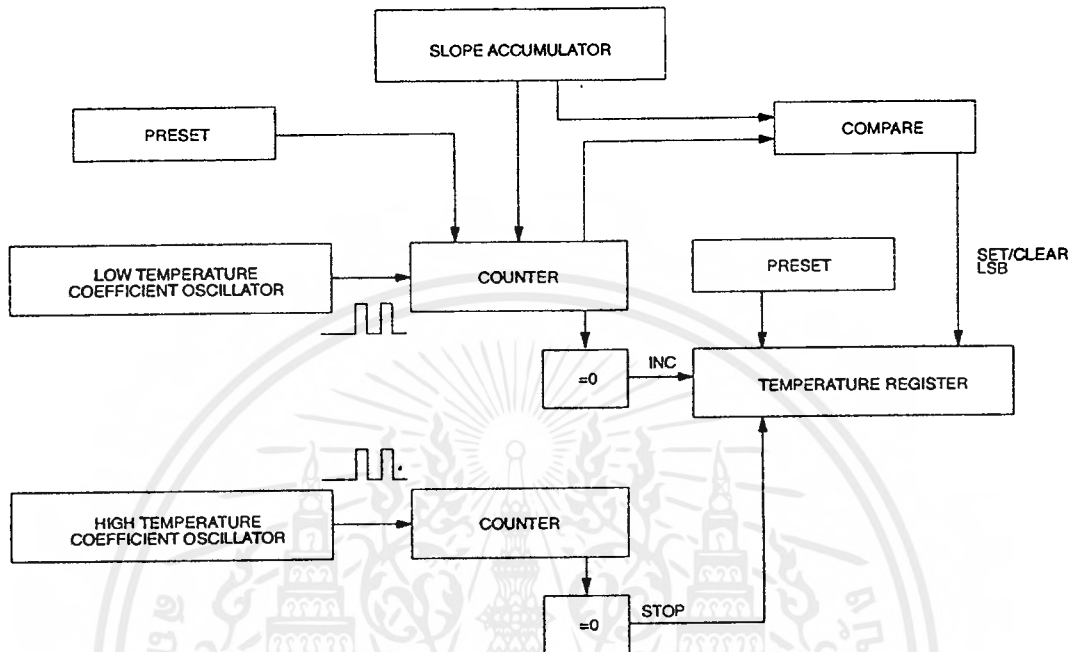
รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมภายใน DS1820

2.2.2 การทำงานในการวัดอุณหภูมิ

DS1820 จะทำการวัดค่าอุณหภูมิโดยอาศัยเทคนิคการวัดแบบอนบอร์ดพิเศษ ซึ่งเป็นเทคนิคการวัดอุณหภูมิโดยเฉพาะของอุปกรณ์ชนิดนี้ ในรูปที่ 2.6 แสดงบล็อกไดอะแกรมการวัดค่าอุณหภูมิของ DS1820 ซึ่งจะอาศัยการวัดอุณหภูมิโดยการวัดจำนวนรอบของสัญญาณนาฬิกาที่ออสซิลเลเตอร์ผลิตขึ้นมา ช่วงค่าเวลาเกิดของสัญญาณนาฬิกาที่ออสซิลเลเตอร์ผลิตขึ้นมาจะเป็นการกำหนดได้จากเวลาที่ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิต่ำ ไปจนถึงสัมประสิทธิ์อุณหภูมิสูง ซึ่งจะมีค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาที่ไม่เท่ากัน โดยที่ค่าการนับตัวเลขจะเริ่มนับที่อุณหภูมิต่ำสุดพื้นฐาน คือ -55 องศาเซลเซียส ถ้าการนับสัญญาณนาฬิกาไปถึงค่าศูนย์ก่อนที่ค่าเวลาเกิดจะเกินมา รีจิสเตอร์อุณหภูมิก็จะแสดงผลที่ค่า -55 องศาเซลเซียส ถ้าหากค่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น การแสดงผลของอุณหภูมิขณะนั้นก็จะสูงกว่า -55 องศาเซลเซียส

ในการทำงานเดียวกันนี้ การตั้งค่าของการนับจะกำหนดได้จากการเพิ่มความลาดลงของวงจรมับ ซึ่งวงจรมับนี้ต้องการการชดเชยสำหรับการแสดงคุณสมบัติของส่วนโค้งของออสซิลเลเตอร์ที่

อุณหภูมิมีค่าเกินมา วงจรนับก็จะนับสัญญาณนาฬิกาอีกครั้งจนกว่ามันจะได้ค่าเป็นศูนย์ ถ้าคาบเวลาเกิดอยู่ในสถานะสงบนิ่ง ไม่มีการปรับแต่งก็จะเกิดการประมวลผลใหม่อีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 2.6 บล็อกไดอะแกรมการวัดค่าอุณหภูมิ

การคำนวณค่าภายใน DS18B20 จะให้ค่าความละเอียด 0.5 องศาเซลเซียสต่อสแต็ปของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ การอ่านค่าของอุณหภูมิจะถูกกำหนดไว้ภายใน 16 บิต โดยมีนัยสำคัญของตัวเลขสองส่วนประกอบการอ่าน ในตารางที่ 2 แสดงคุณลักษณะรายละเอียดความสัมพันธ์ของข้อมูลทางเอาต์พุตกับการจัดอุณหภูมิ ข้อมูลจะถูกส่งออกมาเป็นอนุกรมบนการอินเตอร์เฟสกับสายข้อมูล 1-Wire ซึ่ง DS18B20 สามารถทำการวัดค่าอุณหภูมิได้เกินย่านตั้งแต่ -55 ถึง +125 องศาเซลเซียสที่ 0.5 องศาต่อสแต็ป ค่าอุณหภูมิที่ถูกทำการปรับตั้งไว้ใน DS18B20 ในเทอมของ 0.5 องศาเซลเซียส LSB ซึ่งจะเป็นไปตามแบบของข้อมูล 9 บิต

ที่ MSB บิตเป็นคู่เปรียบเทียบกับทุกบิตใน MSB สูงสุดของรีจิสเตอร์อุณหภูมิขนาด 2 ไบต์ ในหน่วยความจำซึ่งการอ่านค่าอุณหภูมิแบบ 16 บิต ในลักษณะสำคัญต่างๆ ก็แสดงไว้ในตารางที่ 2 แล้ว

ค่าอุณหภูมิ	ดิจิตอลเอาต์พุต (Binary)	ดิจิตอลเอาต์พุต (Hex)
+125 C	00000000 11111010	00FAh
+25 C	00000000 00110010	0032h
+1/2 C	00000000 00000001	0001h
+0 C	00000000 00000000	0000h
-1/2 C	11111111 11111111	FFFFh
-25 C	11111111 11001110	FFCEh
-55 C	11111111 10010010	FF92h

ตารางที่ 2.4 ความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิกับข้อมูลดิจิตอลเอาต์พุต

2.2.3 การทำงานของสัญญาณเตือน

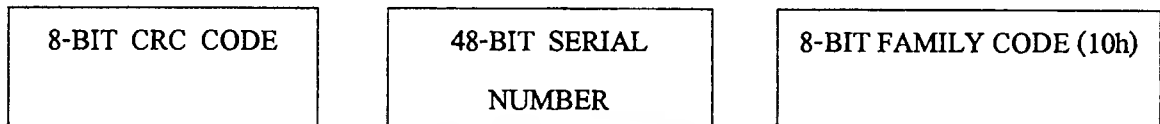
หลังจากที่ DS1820 มีการตรวจวัดอุณหภูมิเกิดขึ้นแล้วค่าของอุณหภูมิก็จะทำการเปรียบเทียบเพื่อทำเป็นสัญญาณกระตุ้น การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิจะเปรียบเทียบกับค่าที่ถูกบันทึกหรือกำหนดไว้ของค่าอุณหภูมิสูงสุด (TH) และค่าอุณหภูมิต่ำสุด (TL) ตลอดย่านอุณหภูมิที่วัดได้ โดยที่จะใช้พื้นที่รีจิสเตอร์ 8 บิตสำหรับการทำงานนี้ ใน MSB ของ TH หรือ TL ที่ตรงกันก็จะถูกส่งไปยัง SB ของรีจิสเตอร์อุณหภูมิขนาด 16 บิต ถ้าผลของการวัดอุณหภูมิมีค่าสูงเกินกว่า TH หรือต่ำกว่า TL ลำดับสัญญาณเตือนภายในก็จะถูกเซต ซึ่งลำดับของสัญญาณเตือนนี้จะถูกอัปเดตทุกครั้งที่มีการวัดค่าอุณหภูมิ เมื่อลำดับของสัญญาณเตือนถูกเซต DS1820 จะมีการตอบสนองนำไปสู่การค้นหาสัญญาณเตือนการสั่งการและจะยอมให้ทำการต่อ DS1820 ในลักษณะขนานกันหลายตัวได้ เพื่อทำการจำลองการวัดค่าอุณหภูมิแล้วนำมาเฉลี่ยค่าของการวัดในครั้งนั้นอีกขั้นตอนหนึ่ง

2.2.4 64 บิตเลเซอร์รอม

ใน DS1820 นั้นจะประกอบด้วยส่วนของรหัสหน่วยความจำรอมที่มีความยาวถึง 64 บิต โดยใน 8 บิตแรกจะเป็นรหัสตระกูล (family code) 1-Wire ของ DS1820 (DS1820 มีรหัสเป็น 10h) และอีก 48 บิตต่อมาเป็นส่วนระบุนุกรมตัวเลข (serial number) และอีก 8 บิต สุดท้ายคือส่วนบันทึก CRC ของ 56บิตแรก ดังแสดงการแบ่งส่วนไว้ในรูปที่ 2.7 หน่วยความจำรอมขนาด 64 บิตและส่วนควบคุมฟังก์ชันรอมนี้จะยอมให้ DS1820 สามารถทำเป็นอุปกรณ์อินเตอร์เฟซแบบ 1-Wire ได้ และมีรายละเอียดตามโปรโตคอลของระบบบัส 1-Wire ซึ่งฟังก์ชันและส่วนควบคุมต่างๆ ใน DS1820 จะยังไม่สามารถทำงานหรือเข้าถึงได้จนกว่าจะมีการเซตอัปเดตโปรโตคอลฟังก์ชันในหน่วยความจำรอมเสียก่อน โดยในการอินเตอร์เฟซในส่วนหลักของฟังก์ชันการสั่งการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

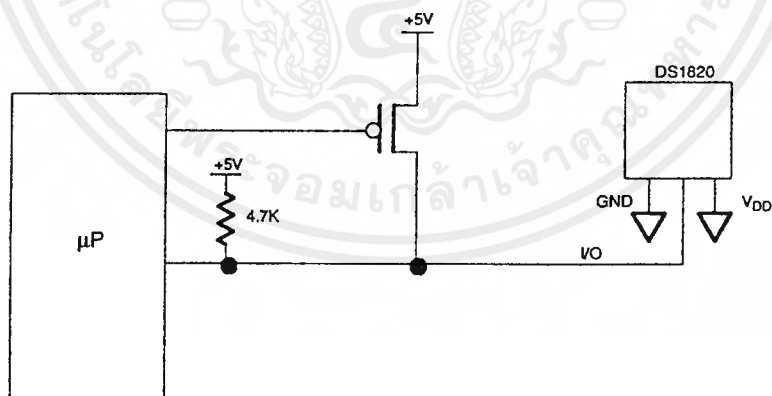
ในหน่วยความจำรวมจะต้องมีการลำดับฟังก์ชันดังนี้คือ 1.อ่านรวม 2.แมตซ์รวม 3.ค้นหา 4.กระโดดข้ามรวม 5.เตือนการค้นหา หลังจากที่มีการเซตลำดับฟังก์ชันรวมดังกล่าวข้างต้นเสร็จแล้ว ฟังก์ชันต่างๆ ของ DS1820 ก็จะสามารถเข้าถึงได้



รูปที่ 2.7 แสดงการแบ่งส่วนในหน่วยความจำรวม 64 บิต

2.2.5 การจัดหาแหล่งจ่ายไฟ

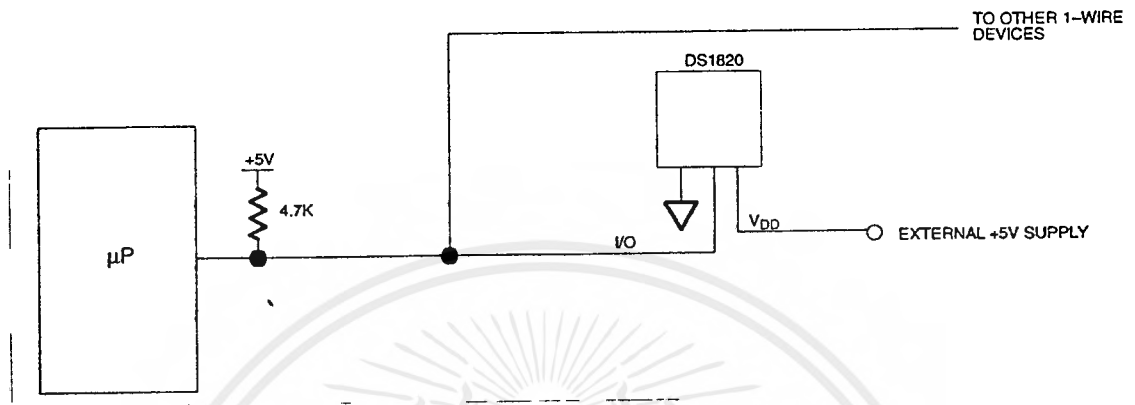
ในรูปที่ 2.8 เป็นการต่อ DS1820 ร่วมกับไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อการควบคุมจากระยะไกล จะสังเกตว่าที่ขารับไฟเลี้ยง VDD ของ DS1820 นั้นจะถูกต่อไว้กับกราวด์ แต่จะได้รับไฟเลี้ยงมาจากขา I/O ข้อมูลในแบบ 1-Wire จากระบบควบคุมหลักไมโครโปรเซสเซอร์แทน ซึ่งวิธีนี้จะใช้สำหรับการควบคุมจากระยะไกลและไม่ต้องจัดหาแหล่งจ่ายไฟภายนอกให้กับ DS1820 ให้อย่างยาก เพราะในการอินเตอร์เฟสแบบ 1-Wire นี้จะสามารถทำการกำหนดการทำงาน (power on) ของไอซีได้จากคำสั่งของไมโครโปรเซสเซอร์จึงไม่สิ้นเปลืองกำลังและจะเป็นในลักษณะการกระตุ้นแหล่งจ่ายไฟสำรองที่เป็นตัวเก็บประจุภายในไอซีให้จ่ายไฟเลี้ยงวงจรภายในตัวไอซีแทน



รูปที่ 2.8 แสดงการจัดหาแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับ DS1820 ในบัส 1-Wire

ส่วนในรูปที่ 2.9 เป็นการจัดแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงภายนอกให้กับ DS1820 ณ จุดที่ติดตั้งใช้งาน และการสั่งการจากไมโครโปรเซสเซอร์ก็ยังสามารถทำงานได้เหมือนเดิมและสามารถที่จะต่อ DS1820

ขนานกันโดยใช้การอินเทอร์เฟสผ่านบัส 1-Wire เดียวกันได้หลายตัวเลขที่เดียว จึงเหมาะกับการตรวจวัดอุณหภูมิหลายจุดที่ควบคุมได้จากกระยะไกลผ่านระบบไมโครโปรเซส



รูปที่ 2.9 แสดงการจัดแหล่งจ่ายไฟภายนอกและการอินเทอร์เฟสร่วม DS18B20 หลายตัวบนบัส 1-Wire

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎี DOT MATRIX LCD MODULE

อุปกรณ์ในปัจจุบันนี้ในส่วนแสดงผลนั้นจะใช้ LCD เสียเป็นส่วนใหญ่ไม่ว่าจะเป็นเครื่องเล่น VEDIO. เครื่องถ่ายเอกสาร, เครื่องมือวัดคุมต่างๆ, เครื่องคอมพิวเตอร์ เราพอจะแบ่ง DOT MATRIX LCD MODULE นี้ออกได้เป็นพวกๆดังนี้

1. CHARACTER LCD MODULE
2. GRAPHIC LCD MODULE
3. SEGMENT DISPLAY TYPE LCD MODULE

โดยในแต่ละแบบนี้ก็จะมีส่วนประกอบใหญ่ๆแบ่งได้เป็น

1. DOT MATRIX LCD เป็นตัวแสดงผลให้เรามองเห็นในลักษณะการปิดและเปิดตัวเองกับแสงก็คือส่วนของที่เป็นตัวกระจกบรรจุผลึก
2. DRIVER เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับผลึก LCD อีกทีหนึ่ง โดยมีเบอร์ที่นิยมใช้ใน LCD MODULE เช่น HD44100H, MSM5259
3. CONTROLLER เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาและจัดการควบคุม LCD MODULE ให้ทำงานแสดงผลต่างๆเช่น การลบจอภาพ, การเกิดตัวอักษร เป็นต้น โดยมีเบอร์ IC ที่นิยมใช้กันคือ HD4478 ซึ่งจะใช้แบบ CHARACTER LCD MODULE เป็นส่วนใหญ่และ เบอร์ IC HD61830 จะใช้ในแบบ GRAPHIC LCD MODULE

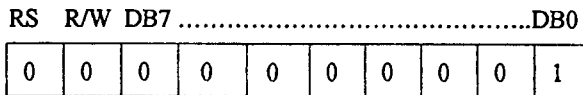
ในการศึกษาการทำงานและใช้งาน LCD MODULE นั้นไม่ใช่เรื่องยากเลยถ้าเราสามารถทำความเข้าใจในส่วนของ CONTROLLER ได้ก็เพียงพอแล้วและโดยมาก LCD MODULE ในแต่ละบริษัทแล้วจะใช้ตัว CONTROLLER ที่มีหลักการทำงานเหมือนกันเป็นส่วนใหญ่และใน LCD MODULE แต่ละขนาดจำนวนตัวอักษรหรือจำนวนบรรทัดก็มีหลักการทำงานแบบเดียวกันทั้งหมด IC ที่นิยมใช้เป็น CONTROLLER LCD คือเบอร์ HD4470 จะใช้แบบ CHARACTER LCD MODULE เป็นส่วนใหญ่ และเบอร์ IC HD61830 จะใช้ในแบบ GRAPHIC LCD MODULE

HD44780 เป็นไอซี LSI ตัวหนึ่งใช้ควบคุม LCD โดยแสดงผลในรูปตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ต่างๆ ตัวมันเอง สามารถต่อใช้งานแบบ 4 BIT หรือ 8 BIT ก็ได้ โดยถ้าเราต่อแบบ 4 BIT จะต่อใช้งานที่ DB7-DB4 เท่านั้นโดยข้อมูลครั้งแรกที่ส่งนั้น HD44780 จะถือเป็นข้อมูล 4 BIT บน และข้อมูลที่ส่งต่อมานั้นเป็นข้อมูล 4 BIT ล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 รายละเอียดของคำสั่ง HD44780

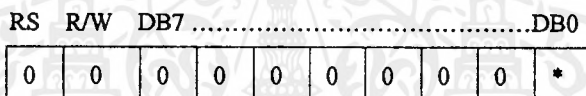
1. CLEAR DISPLAY



รูปที่ 2.10 แสดงคำสั่ง CLEAR DISPLAY

คำสั่งนี้จะเป็นการเขียนช่องว่างหรือ SPACE (ASCII 20H) เข้าไปใน DD RAM ทั้งหมดและทำการ SET DD RAM ADDRESSER เป็นศูนย์ ตัว CURSOR จะกลับไปอยู่ ตำแหน่งบนสุดซ้ายมือของจอภาพ SET I/D = 1 และ S ไม่มีการเปลี่ยน

2. RETURN HOME

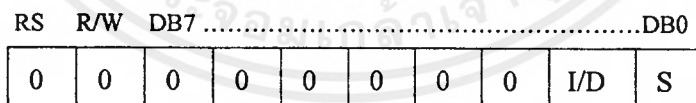


* No effect

รูปที่ 2.11 แสดงคำสั่ง RETURN HOME

คำสั่งนี้จะทำการ SET DD RAM ADDRESSER เป็นศูนย์ ตัว CURSOR จะกลับไปอยู่ตำแหน่งบนสุดซ้ายมือของจอภาพข้อมูลในจอภาพไม่เปลี่ยน

3. ENTRY MODE SET



รูปที่ 2.12 แสดงคำสั่ง ENTRY HOME

BIT I/D : โดยจะเป็นตัวกำหนดให้ว่าเมื่อเขียนหรืออ่านข้อมูลแล้วจะทำให้ DD RAM ADDRESS เพิ่มขึ้นหนึ่งหรือลดลงหนึ่งโดย 1 = เพิ่ม และ 0 = ลดลงหนึ่ง

BIT S : เป็นการกำหนดแสดงผลโดยถ้า

S = 1 จะเป็นการใส่ข้อมูลแล้วตัว CURSOR อยู่ที่ข้อมูลจะถูกดันไปทางซ้าย ถ้า

S = 0 ข้อมูลจะ อยู่ที่ตัว CURSOR จะถูกดันไปทางขวามือ

4. DISPLAY ON/OFF CONTROL

RS	R/W	DB7	DB0					
0	0	0	0	0	0	1	D	C	B

รูปที่ 2.13 แสดงคำสั่ง DISPLAY ON/OFF CONTROL

BIT D: เป็น BIT ให้เปิดปิดหน้าจอภาพโดยถ้า

D = 1 จะ ON

D = 0 จะ OFF

BIT C: จะให้แสดง CURSOR ให้ BIT C=1 และถ้าไม่ต้องการแสดง CURSOR BIT C=0 โดยตัว CURSOR จะอยู่ที่ LINE 8 ในแบบ 5X7 DOT และจะอยู่ LINE 11 ในแบบ 5X10 DOT

BIT B: เป็น BIT SET การกระพริบของ CURSOR โดย B=1 จะกระพริบ B=0 ไม่กระพริบ โดยมีระยะเวลาการกระพริบประมาณ 379.2 ms

5. CURSOR OR DISPLAY SHIFT

RS	R/W	DB7	DB0					
0	0	0	0	0	1	S/c	R/L	*	*

* No effect

รูปที่ 2.14 แสดงคำสั่ง CURSOR OR DISPLAY SHIFT

เป็นคำสั่งกำหนดให้ตำแหน่ง CURSOR หรือข้อมูลไปเกิดทางซ้ายหรือขวาโดยไม่ต้องใช้คำสั่งเขียนหรืออ่านโดย

S/C	R/L	
0	0	ทำการย้าย cursor ไปจากตำแหน่งเดิมไปทางซ้ายมือ 1 ตำแหน่ง
0	1	ทำการย้าย cursor ไปจากตำแหน่งเดิมไปทางขวามือ 1 ตำแหน่ง
1	0	เป็นการค้นตัวอักษรที่เกิดไปทางซ้าย
1	1	เป็นการค้นตัวอักษรที่เกิดไปทางขวา

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าการเลื่อน CURSOR ไปแต่ละตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. FUNCTION SET

RS R/W DB7.....DB0

0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*
---	---	---	---	---	----	---	---	---	---

* No effect

รูปที่ 2.15 แสดงคำสั่ง FUNCTION SET

BIT DL: เป็นการ SET การติดต่อกว่าจะให้เป็นแบบ 8 BIT หรือ 4 BIT โดยถ้าต้องการ 4 BIT

DL=1

N : เป็นการ SET บรรทัดการแสดงผล N=0 แสดง 1 บรรทัด

N = 1 แสดง 2 บรรทัด ในกรณีมากกว่า 2 บรรทัด ก็ให้ SET N = 1

F : เป็นการ SET ขนาด DOT การแสดงผล 5X7 หรือ 5X10 โดย

F = 0 เป็นแบบ 5X7 และ F=1 เป็นแบบ 5X10

N	F	No. of display line	Character Front	Duty factor	Remarks
0	0	1	5x7 dots	1/8	
0	1	1	5x10 dots	1/11	
1	*	2	5x7 dots	1/16	Cannot display 2 line With 5x10 dot character font

* No effect

ตารางที่ 2.6 แสดงรายละเอียดย่อยของคำสั่ง FUNCTION SET

7. SET CG RAM ADDRESS

RS R/W DB7DB0

0	0	0	1	A	A	A	A	A	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

← Higher Order Bit

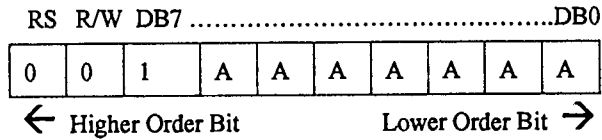
Lower Order Bit →

รูปที่ 2.16 แสดงคำสั่ง SET CG RAM ADDRESS

ใน HD44780 นั้นจะมีหน่วยความจำอยู่ 2 ชุดคือ DISPLAY DATA RAM (DD RAM) จำนวน 80X8 BIT และ CHARACTER GENERATOR ROM CG RAM จำนวน 512 BIT และ 7200 BIT คำสั่งนี้จะเป็นการ SET ADDRESS ใน CG RAM โดยต้องทำการ SET ADDRESS ก่อนเขียนหรืออ่านข้อมูลจาก CG RAM ด้วย

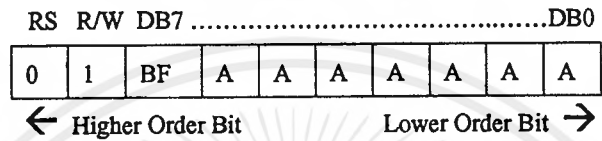
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. SET DD RAM ADDRESS



รูปที่ 2.17 แสดงคำสั่ง SET DD RAM ADDRESS

9. READ BUSY FLAG AND ADDRESS



รูปที่ 2.18 แสดงคำสั่ง READ BUSY FLAG AND ADDRESS

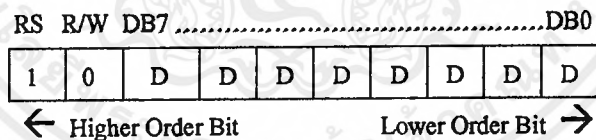
เป็นคำสั่งอ่านค่า BUSY FLAG ซึ่งจะเป็นตัวบอกว่าตัว HD44780 นี้อยู่ในขบวนการทำงานภายในอยู่ หรืออยู่ในสภาพพร้อมจะรับข้อมูล โดย

BF=1 หรืออยู่ในขบวนการทำงานภายใน ไม่พร้อมจะรับข้อมูลหรือคำสั่ง

BF=0 พร้อมจะรับข้อมูลหรือคำสั่งได้

และนอกจากนี้ยังเป็นคำสั่งอ่านข้อมูล ADDRESS ของ CG RAM หรือ DD RAM ด้วย

10. WRITE DATA TO CG หรือ DD RAM



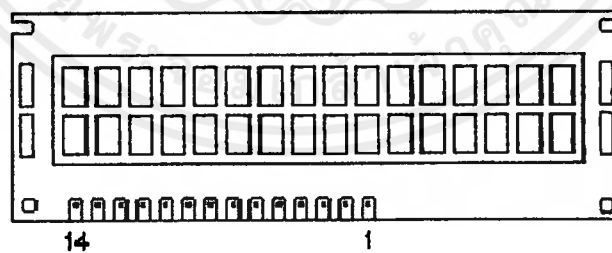
รูปที่ 2.19 แสดงคำสั่ง WRITE DATA TO CG หรือ DD RAM

เป็นคำสั่งเขียนข้อมูลเข้าไปใน CG หรือ DD RAM โดยเมื่อเขียนข้อมูลและ ADDRESS จะเพิ่มหรือ ถดโดยอัตโนมัติตามคำสั่งที่ SET ใน ENTRY MODE ข้อกำหนดที่จะรู้ว่าเป็น การเขียนข้อมูลของ CG RAM หรือ DD RAM ทำได้โดยการ SET ADDRESS ของ CG RAM หรือ DD RAM ขึ้นมาก่อนจะเขียนข้อมูล

PIN CONNECTION

Pin No.	Symbol	Level	Function
1	Vss	--	0V
2	VDD	--	+5V
3	Vo	--	--
4	RS	H/L	L : Instruction code input H : Data input
5	R/W	H/L	H : Data read (LCD module MPU) L : Data write (LCD module MPU)
6	E	H H L	Enable signal
7	DB0	H/L	Data bus line
8	DB1	H/L	
9	DB2	H/L	
10	DB3	H/L	
11	DB4	H/L	
12	DB5	H/L	
13	DB6	H/L	
14	DB7	H/L	

ตารางที่ 2.8 แสดง PIN CONNECTION



รูปที่ 2.21 แสดงตำแหน่งขาของ LCD MODULE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 แสดงตารางชุดคำสั่งพื้นฐานควบคุมการทำงานของคอนโทรลเลอร์ภายใน LCD โมดูล

คำสั่ง	รหัสควบคุม										คำอธิบาย	ช่วงเวลาในการประมวลผล	
เคิลิ์รจอแสดงผล	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	เคิลิ์รหน้าจอแสดงผลและตั้งเคิลิ์รเซอร์ไปยังตำแหน่งเริ่มต้น	82 μ s – 1.64 ms
เคิลิ์รเซอร์ไปยังตำแหน่งเริ่มต้น	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*	ริเชคเคิลิ์รเซอร์ให้ข้อมูลที่จุดเริ่มต้นและริเชคคำสั่งเลื่อนข้อมูลที่ผ่านมาแล้วโดยที่ข้อมูลใน DD RAM ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	40 μ s – 1.6 ms
กำหนดโหมดป้อนข้อมูล	0	0	0	0	0	0	0	1	LD	S	กำหนดทิศทาง การเลื่อนของเคิลิ์รเซอร์และตัวอักษร คำสั่งนี้มีผลเมื่อมีการอ่านหรือเขียนข้อมูลไปยัง LCD โมดูล	40 μ s	
ควบคุมการแสดงผล	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	ควบคุมให้จอแสดงผลปิดหรือเปิด (D) ควบคุมให้เคิลิ์รเซอร์ปิดหรือเปิด (C) และให้เคิลิ์รเซอร์กระพริบด้วยหรือไม่ (B)	40 μ s	
ควบคุมการเลื่อนเคิลิ์รเซอร์และตัวอักษร	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*	ควบคุมการเลื่อนของเคิลิ์รเซอร์และตัวอักษรโดยที่ข้อมูลใน DD RAM ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	40 μ s	
รชดทังก์รัน	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*	กำหนดโหมดอินเตอร์เฟส(DL), จำนวนของบรรทัดที่แสดงผล(N) และความละเอียด(F)	40 μ s	
เซตแอดเดรสใน CG-RAM	0	0	0	1	ACG					กำหนดตำแหน่งแอดเดรสใน CG-RAM	40 μ s		
เซตแอดเดรสใน DD-RAM	0	0	1	ADD					กำหนดตำแหน่งแอดเดรสใน DD-RAM	40 μ s			
อ่านแฟลทบิวชี	0	1	BF	AC					อ่านสถานะของแฟลทบิวชีและตำแหน่งแอดเดรสเคิลิ์รเซอร์	1 μ s			
เขียนข้อมูลไปยัง CG หรือ DD-RAM	1	0	ข้อมูลที่ต้องการเขียน								เขียนข้อมูลไปยัง CG หรือ DD-RAM ที่กำหนดตำแหน่งแอดเดรสไว้แล้ว	40 μ s	
อ่านข้อมูลจาก CG หรือ DD-RAM	1	1	ข้อมูลที่ใ้จากการอ่าน								อ่านข้อมูลจาก CG หรือ DD-RAM ที่กำหนดตำแหน่งแอดเดรสไว้แล้ว	40 μ s	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I/D = 1: เพิ่มค่าขึ้น	I/D = 0: ลดค่าลง	DD-RAM : Display data RAM
S = 1: ตัวอักษรจะถูกลี้น		CG-RAM : Character generator RAM
S/C = 1: ตัวอักษรจะถูกเลื่อน	S/C = 0: เคอร์เซอร์ถูกเลื่อน	ACG : CG RAM address
R/L = 1: เลื่อนไปทางขวา		ADD : DD RAM address
R/L = 0: เลื่อนไปทางซ้าย		AC : Address counter
DL = 1: 8 บิต	D/L = 0: 4 บิต	
N = 1: 2 บรรทัด	N = 0: 1 บรรทัด	
F = 1: 5x10 จุด	F = 0: 5x7 จุด	
BF = 1: การทำงานภายในยังไม่เสร็จสิ้น		
BF = 0: สามารถรับคำสั่งใหม่ได้		

ตารางที่ 2.9 แสดงตารางชุดคำสั่งพื้นฐานควบคุมการทำงานของคอนโทรลเลอร์ภายใน LCD โมดูล (ต่อ)

บทที่ 3 การออกแบบ

ในการออกแบบโครงการนี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

3.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์

ในการออกแบบฮาร์ดแวร์จะแบ่งเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

3.1.1 การออกแบบวงจรส่วนควบคุมหลัก

- ส่วนประมวลผล ในส่วนนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51 ของบริษัท ATMEL มีหน่วยความจำ FLASH MEMORY จำนวน 4 Kbytes จึงไม่ต้องต่อหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติม และมีพอร์ตใช้งาน 4 พอร์ต คือ P0, P1, P2 และ P3 โดยรายละเอียดการต่อพอร์ตใช้งานมีดังนี้

พอร์ต 0 (Port 0) ใช้เป็นพอร์ตแสดงผล (LCD) โดยมีบัฟเฟอร์เบอร์ 74HC541 ต่ออยู่เพื่อเพิ่มค่ากระแสให้กับพอร์ต

พอร์ต 1 (Port 1) ใช้เป็นเอาต์พุตพอร์ต โดยมีบัฟเฟอร์เบอร์ 74HC541 ต่ออยู่เพื่อเพิ่มค่ากระแสให้กับพอร์ต และเป็นการป้องกันไฟย้อนเข้าหาพอร์ต เมื่อวงจรที่ต่อร่วมเกิดการช็อต และในโครงการนี้จะใช้เพียง พอร์ต 1.0 (P1.0) นำไปควบคุมรีเลย์ ส่วนพอร์ตที่เหลือจะต่อคอนเนคเตอร์ไว้เพื่อจะนำไปใช้งานอื่นในอนาคต

พอร์ต 2 (Port 2) ใช้เป็นอินพุตพอร์ต โดยต่อร่วมกับไอซี 74C922 และ DS1820 ซึ่งใช้พอร์ต 2.0 ถึง พอร์ต 2.3 เป็นตัวรับค่าที่กดเข้ามา และใช้ พอร์ต 2.6 เป็นตัวตรวจสอบการกดคีย์ และใช้พอร์ต 2.7 เป็นตัวติดต่อกับ DS1820

พอร์ต 3 (Port 3) ใช้เป็นพอร์ตควบคุมการทำงาน โดยใช้พอร์ต 3.2 (INT0) เป็นพอร์ตที่ใช้ตรวจสอบการอินเตอร์รัปต์เพื่อให้สามารถป้อนข้อมูลได้ ใช้พอร์ต 3.6 ต่อร่วมกับขา RS (Register Selection) ของ LCD เพื่อเป็นตัวเซตการทำงานการทำงานภายใน LCD ใช้พอร์ต 3.7 ต่อร่วมกับขา E (Enable) ของ LCD เพื่อเป็นตัวกำหนดสถานะการรับเขียนอ่านข้อมูล ส่วนพอร์ต 3.0 (RXD) และพอร์ต 3.1 (TXD) จะคอนเนคเตอร์ไว้เพื่อที่จะต่อกับวงจรติดต่อกับคอมพิวเตอร์ต่อไป

- ส่วนรับค่าคีย์ ในส่วนนี้จะใช้ไอซี 74C922 ซึ่งเป็นไอซีที่ทำหน้าที่ในการสแกนค่าคีย์จากคีย์แพด 4 คูณ 4 โดยมีเอาต์พุตออกมาเป็นไบนารี 4 บิต (ขา 14-15) ซึ่งการต่อวงจรคีย์แพดจะแสดงอยู่ดังรูปที่ 3 ของภาคผนวกโดยค่าคีย์ต่างๆ แสดงในตาราง 3.1 และใช้ขา 12 เป็นตัวส่งสัญญาณในการตรวจสอบการกดคีย์

ตำแหน่งคีย์	Output
	D C B A
R0,C0	0 0 0 0
R0,C1	0 0 0 1
R0,C2	0 0 1 0
R0,C3	0 0 1 1
R1,C0	0 1 0 0
R1,C1	0 1 0 1
R1,C2	0 1 1 0
R1,C3	0 1 1 1
R2,C0	1 0 0 0
R2,C1	1 0 0 1
R2,C2	1 0 1 0
R2,C3	1 0 1 1
R3,C0	1 1 0 0
R3,C1	1 1 0 1
R3,C2	1 1 1 0
R3,C3	1 1 1 1

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าเอาต์พุตของ 74C922

- ส่วนแสดงผล เลือกใช้ LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัดแสดงผล (16x2) ใช้คอนโทรลเลอร์เบอร์ HD44780 เป็นตัวควบคุมการทำงาน โดยต่อขา R/W ลงกราวด์ ขา E ต่อเข้ากับพอร์ต 3.7 ของ AT89C51 และ ขา RS ต่อเข้ากับพอร์ต 3.6 ของ AT89C51 ส่วนขาเดาต์ของ LCD เข้ากับพอร์ต 0 ของ AT89C51 ที่ผ่านการต่อบัฟเฟอร์เบอร์ 74HC541 แล้วเพื่อให้สามารถควบคุม LCD ได้

ซึ่งการต่อวงจรส่วนควบคุมหลักจะแสดงดังรูปที่ 1 ของภาคผนวก

ESC	7	8	9
Set Temp	4	5	6
Set Timer	1	2	3
CON	CLR	0	ENT

03	02	01	00
07	06	05	04
0B	0A	09	08
0F	0E	0D	0C

รูปที่ 3.1 แสดงปุ่มกดและค่าของปุ่มกดต่างๆ

3.1.2 การออกแบบวงจรแหล่งจ่ายไฟ

ในที่นี้จะเลือกใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์ 7805 เพื่อใช้จ่ายไฟ 5 โวลต์ให้กับวงจรควบคุมหลักและให้กับไอซี 7404 ของวงจรควบคุมรีเลย์ และใช้เบอร์ 7812 เพื่อจ่ายไฟ 12 โวลต์ ให้กับวงจรควบคุมรีเลย์ ซึ่งการต่อวงจรแหล่งจ่ายไฟจะแสดงดังรูปที่ 2 ของภาคผนวก

3.1.3 การออกแบบวงจรควบคุมรีเลย์

ในที่นี้เลือกใช้รีเลย์ 12 โวลต์ 20 แอมป์ ต่อเข้าขาคอลเลกเตอร์ (C) กับทรานซิสเตอร์เบอร์ BC337 โดยต่อร่วมกับไดโอด 1N4005 เพื่อกันกระแส และต่อ LED กับตัวต้านทานเพื่อไว้แสดงสถานะ ส่วนที่ขาเบส (B) จะต่อร่วมกับไดโอด 1N4148 เพื่อกันกระแย้อนกลับ กับตัวต้านทานเพื่อไบอัส และต่อ NOT เกท เพื่อกลับสถานะที่จะควบคุมรีเลย์ เพราะว่าเมื่อกรีเซตเครื่อง ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51 จะส่งค่า 0FFH ออกทุกๆ พอร์ตซึ่งถ้าเราไม่ต่อ NOT เกท ก็จะทำให้รีเลย์ต่อวงจรได้ เราจึงจำเป็นต้องต่อ NOT เกท เพื่อไม่ให้รีเลย์ต่อวงจรได้ ซึ่งการต่อวงจรควบคุมรีเลย์จะแสดงดังรูปที่ 4 ของภาคผนวก

3.2 การออกแบบซอฟต์แวร์

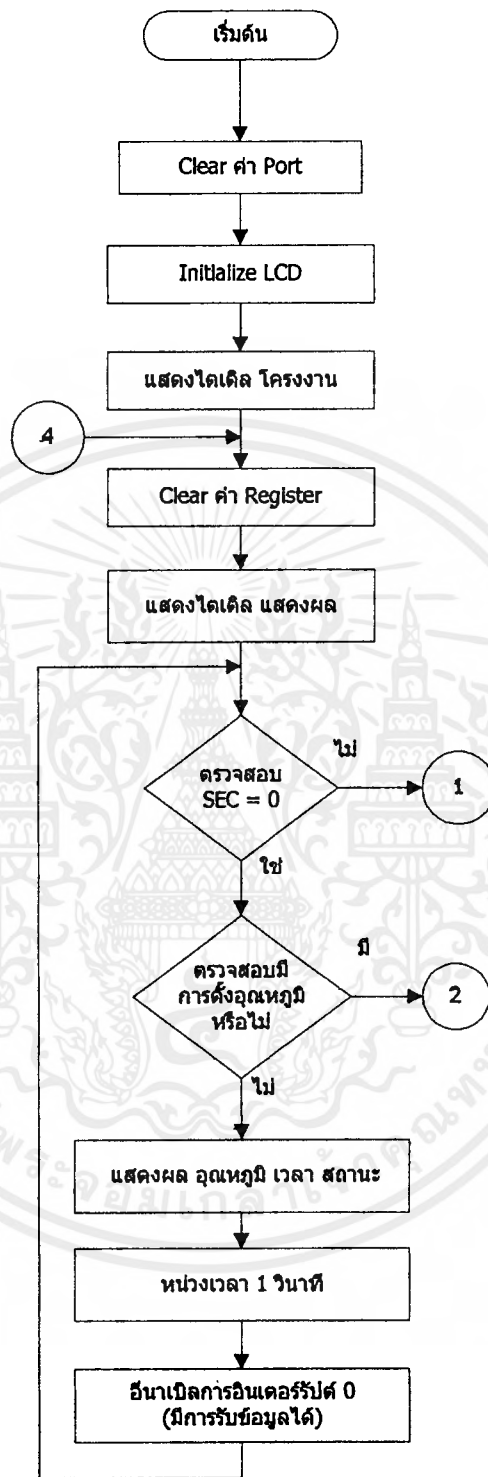
ในการออกแบบซอฟต์แวร์ เราจะใช้โฟลวชาร์ทดังรูปที่ 3.2 เป็นหลักในการออกแบบซอฟต์แวร์ โดยมีลักษณะการทำงานคือ จะเริ่มเคลียร์พอร์ตทุกพอร์ต จากนั้นก็ให้ตั้งค่าเริ่มต้นของการแสดงผล ต่อมาก็อ่านค่าอุณหภูมิเข้ามาแล้วทำการแสดงผลที่ส่วนแสดงผล ต่อไปก็ทำการตรวจสอบว่ามีมีการป้อนข้อมูลเข้ามาหรือไม่ ถ้าไม่มีให้ไปอ่านค่าอุณหภูมิ และตรวจสอบใหม่ ถ้ามีก็ให้นำค่าไปเก็บที่หน่วยความจำที่กำหนดไว้ และนำค่านั้นไปประมวลผลต่อไป



รูปที่ 3.2 โฟลวชาร์ทของโปรแกรมโดยรวม

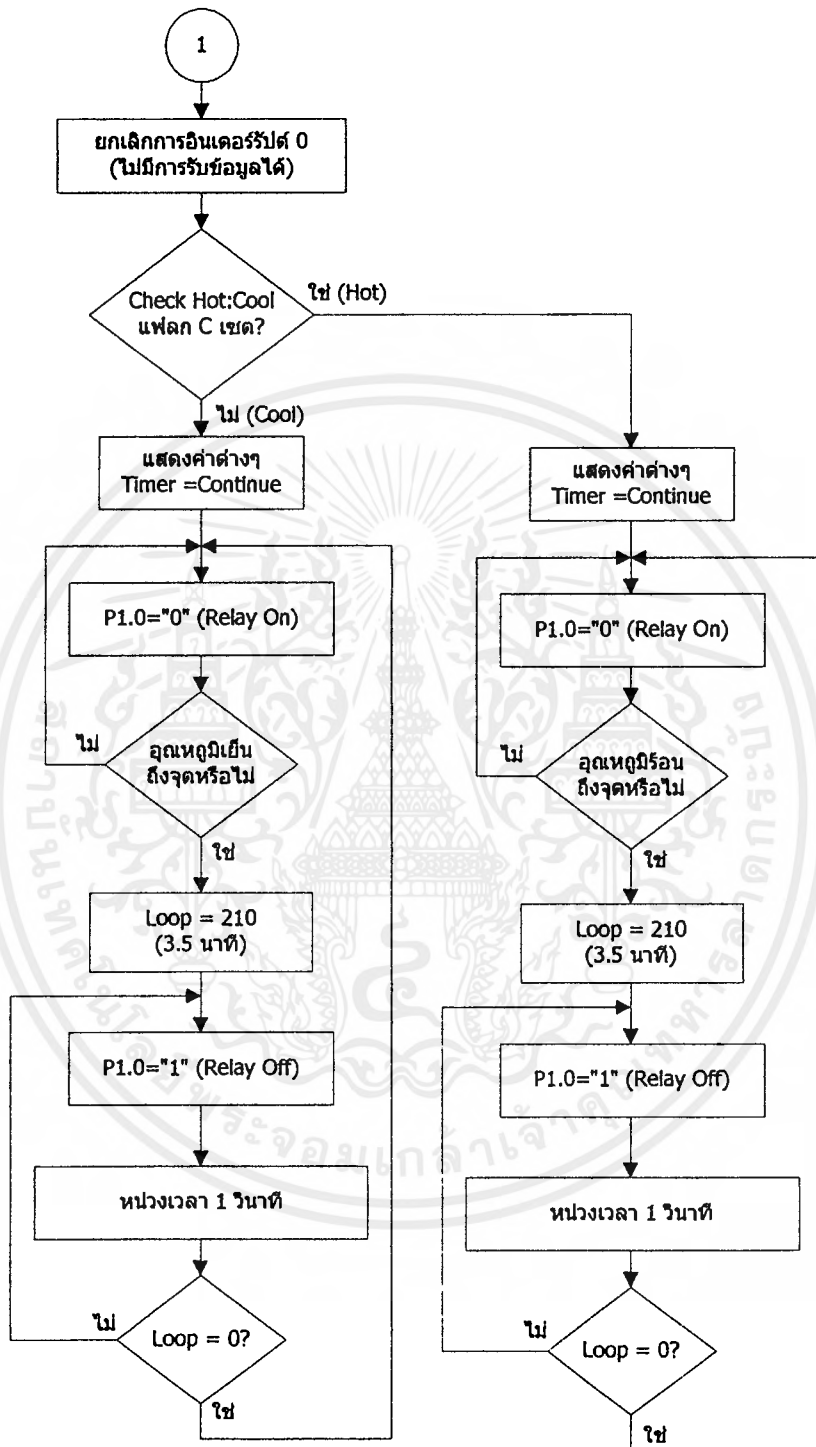
ซึ่งจากหลักการดังกล่าวเราก็จะได้โปรแกรมการทำงานหลักดังโฟลวชาร์ทรูปที่ 3.3 ส่วนโปรแกรมย่อยต่างๆ ขอให้ศึกษากับรายละเอียดของโปรแกรมในภาคผนวก ส่วนโปรแกรมการติดต่อกับ LCD และ DS1820 ให้ศึกษาเพิ่มเติมได้ในหนังสือเรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของบริษัท อินโนไวต์ส อีเกอริเม้นต์ จำกัด เรื่องการทดลองที่ 15 และ 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



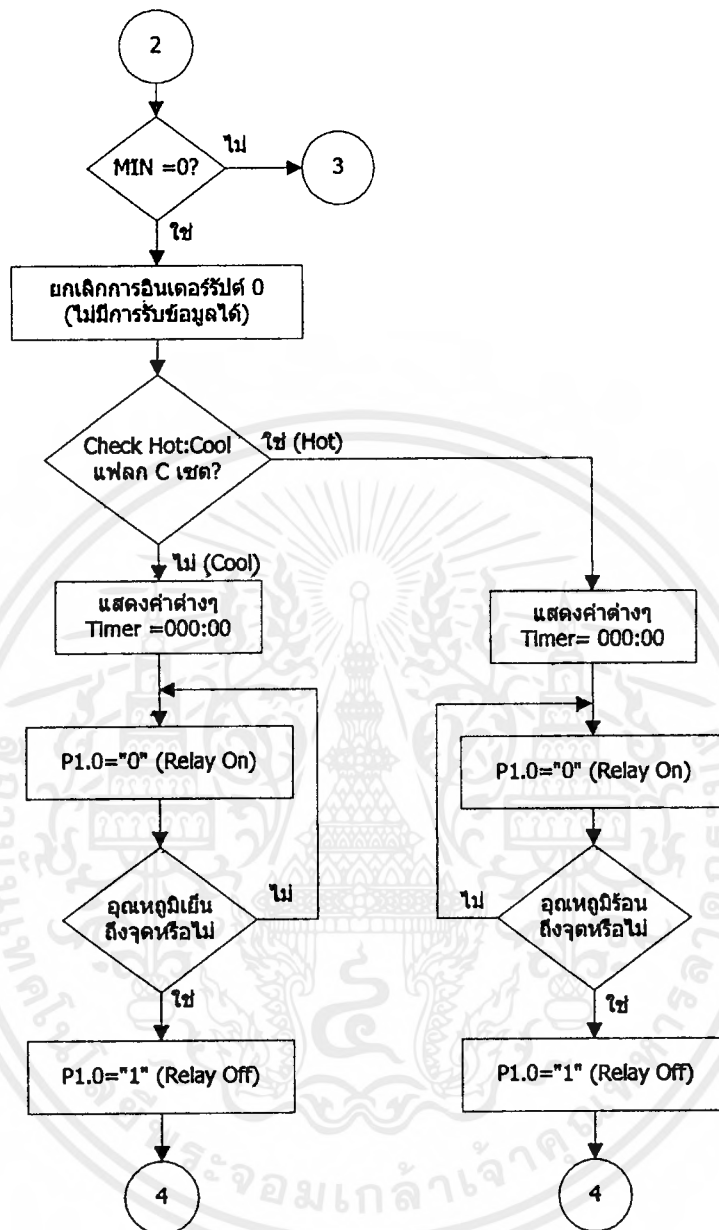
รูปที่ 3.3 โฟลวชาร์ทของโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 โฟลวชาร์ทของ โปรแกรมหลัก (ต่อ)

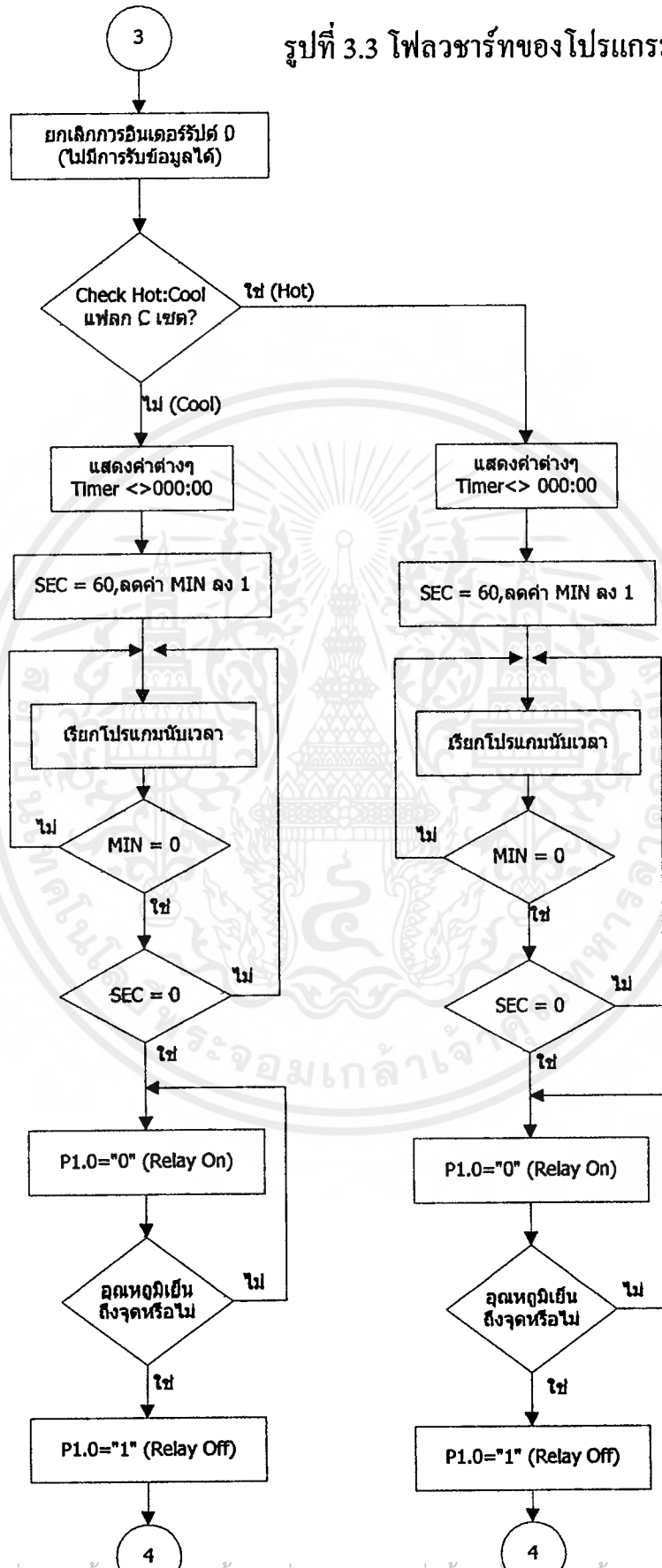
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ไฟลวซาร์ทของโปรแกรมหลัก (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 โฟลวชาร์ทของโปรแกรมหลัก (ต่อ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลอง

ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อคือ

1. การทดลองวัดอุณหภูมิทั่วไป
2. การทดลองควบคุมอุณหภูมิ
3. การทดลองไทเมอร์

ในการทดลองแต่ละหัวข้อ เราต้องทำการจ่ายไฟให้กับตัวเครื่อง แล้วทำการเปิดสวิทซ์ เครื่องจะเริ่มทำงาน โดยแสดง ไตเติลโปรแกรมเป็นข้อความดังนี้ PROGRAMMABLE, TEMPERATURE, CONTROLLER, By S.KARNTIP, S.GUSONPOONJIT ซึ่งใช้เวลาประมาณ 4 วินาที และจะเข้าสู่หน้าจอแสดงผลอุณหภูมิ ดังรูปที่ 4.1 เครื่องก็จะพร้อมที่จะทดลอง

Sensor Temp.	Output Status
029.0°C	OFF
000°C	000:00
Set Temp.	Timer (Min)

รูปที่ 4.1 แสดงหน้าจอแสดงผลอุณหภูมิ

4.1 การทดลองวัดอุณหภูมิทั่วไป

ในการทดลองนี้ส่วนที่เปลี่ยนแปลงจะมี Sensor Temp. อย่างเดียว โดยทำการวัดค่าอุณหภูมิว่าสามารถวัดได้ตั้งแต่ 0 องศาเซลเซียส ถึง 125 องศาเซลเซียส หรือไม่

- วัดว่าได้ 0 องศาเซลเซียส หรือไม่ โดยนำตัวเซนเซอร์ ไปไว้ในห้องแช่แข็งของตู้เย็น เมื่อทำการวัด ค่าอุณหภูมิจะลดลง ลงไปเรื่อยๆจนถึง 0 องศาเซลเซียสค่าที่แสดงออกมายังถูกต้องอยู่ แต่เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส ค่าที่แสดงจะแสดงเป็น 127 องศาเซลเซียส แทนและค่าจะลดลงเรื่อยๆ เพราะว่าตัวเซนเซอร์ยังสามารถวัดได้อยู่

- วัดว่าได้ 125 องศาเซลเซียส หรือไม่ โดยนำตัวเซนเซอร์ ไปทนไฟแช่ (ต้องทนห่างๆ และระวังตัวเซนเซอร์ไหม้ไฟด้วย) โดยทำการวัดค่าอุณหภูมิใดๆ เพราะไฟแช่มีอุณหภูมิสูงกว่า

125 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงค่า 125 องศาเซลเซียส ก็จะคงที่ เพราะว่าตัวเซนเซอร์สามารถวัดได้สูงสุดที่ 125 องศาเซลเซียส

4.2 การทดลองควบคุมอุณหภูมิ

ในการทดลองนี้เราจะทำการทดลองว่าเครื่องสามารถควบคุมอุณหภูมิของอุปกรณ์ไฟฟ้าได้หรือไม่ โดยเราใช้ที่เป่าผมมาเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งที่เป่าผมนั้นจะทำอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 60 องศาเซลเซียส

ขั้นแรกเสียบปลั๊กที่เป่าผมเข้า Control AC. และทำการตั้งค่าอุณหภูมิไว้ที่ 53 องศาเซลเซียส โดยไม่ต้องตั้งค่า Timer แล้วกดปุ่ม ENT หน้าจอแสดงผลก็จะเปลี่ยนเป็นดังรูปที่ 4.2

Sensor Temp.	Output Status
029.0°C	ON
053°C	000:00
Set Temp.	Timer (Min)

รูปที่ 4.2 แสดงหน้าจอเมื่อตั้งค่าเสร็จแล้ว

ตอนนี้เอาคัตพุทจะต่อวงจร (Relay On) ไฟแสดงเอาคัตพุทจะติด ซึ่งก็คือไฟได้เข้าที่เป่าผมแล้ว นำที่เป่าผมไปจ่อที่ตัวเซนเซอร์ เปิดสวิทช์ที่เป่าผม ที่เป่าผมจะทำงานและค่าอุณหภูมิที่วัดจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกว่าค่าอุณหภูมิที่วัดสูงกว่าค่าอุณหภูมิที่ตั้งก็คือค่า 53.5 องศาเซลเซียสขึ้นไป ซึ่งก็เป็นดังที่โปรแกรมไว้ คือเมื่อค่าอุณหภูมิที่วัดสูงกว่าค่าอุณหภูมิที่ตั้ง เอาคัตพุทจะตัดวงจร (Relay Off) ไฟแสดงเอาคัตพุทจะดับที่เป่าผมจะหยุดทำงาน หน้าจอแสดงผลจะกลับไปแสดงผลแบบรูปที่ 4.1

4.3 การทดลองไทเมอร์

ในการทดลองนี้เราจะทำการทดลองว่าเครื่องสามารถนับเวลาลอยหลังได้หรือไม่ โดยนำการทดลองที่ 2 มาทำการทดลอง โดยเราทำการตั้งค่า Timer ไว้ที่ 30 นาที เมื่อป้อนค่าเสร็จหน้าจอแสดงผลจะเปลี่ยนเป็นดังรูปที่ 4.3 โดย เอาคัตพุทจะตัดวงจรอยู่ แต่ค่าเวลาจะนับลอยหลังลงมา ที่ละ 1 วินาที จนเป็น 000:00 หน้าจอแสดงผลก็จะเปลี่ยนเป็นรูปที่ 4.2 และการทำงานขั้นต่อไปจะเหมือนการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sensor Temp.	Output Status
029.0°C	TIMER
053°C	030:00
Set Temp.	Timer (Min)

รูปที่ 4.3 แสดงหน้าจอเมื่อตั้งค่าเสร็จแล้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปผล

จากการนำเครื่องที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์แล้ว ไปทดลองการทำงานส่วนต่างๆ จะเห็นว่าผลการทดลองเป็นไปตามที่โปรแกรมไว้ โดยจะมีส่วนที่เพี้ยนหรือทำงานผิดพลาดดังนี้

1. การวัดค่าอุณหภูมิ เมื่อนำค่าที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท ค่าจะต่ำกว่าอยู่ 1 องศาเซลเซียส ทุกค่าที่ค่าที่วัดคงที่แล้ว และต่ำกว่าเทอร์โมมิเตอร์แบบแอลกอฮอล์ประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส หรือเกือบจะเท่ากันบ้างบางค่า สาเหตุอาจจะมาจากตัวเซนเซอร์เองที่โรงงานผลิตออกให้มีค่าแบบนี้ ตัวโปรแกรมไม่น่าเกี่ยวข้อง ถ้าต้องการให้ค่าอุณหภูมิมิมีค่าเท่ากับเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท จะต้องไปบวกค่าเพิ่มที่โปรแกรมย่อยการอ่านค่าจาก DS1820 เข้าไป 02H ก่อนทำการเก็บค่าเข้ารีจิสเตอร์เพื่อนำไปใช้งานต่อไป เพราะว่าค่าอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เท่ากับ 02H และ 0.5 องศาเซลเซียส เท่ากับ 01H ค่าที่ได้ถึงจะเท่ากัน แต่จะทำให้ได้ค่าไม่ตรงตามคุณสมบัติของ DS1820

2. การใช้งานไทมเมอร์ จากการทดลองเราตั้งค่าไว้ที่ 30 นาที และให้ทำงานโดยนำเวลาจริงมาเปรียบเทียบ ผลออกมาว่าไทมเมอร์ทำงานช้าไปประมาณ 2 นาที 18 วินาที หรือประมาณวินาทีละ 0.076 วินาที (76 มิลลิวินาที) อาจมีสาเหตุมาจากคริสตัลที่ใช้คือ 11.0592 MHz ซึ่งจะทำให้ 1 เมกเฮิรตซ์ที่ใช้ในการทำงาน 1 คำสั่งมีค่าเท่ากับ 1.0850694 ไมโครวินาที ซึ่งจะทำให้โปรแกรมย่อยหน่วงเวลา 1 วินาที อาจจะหน่วงเวลาเกิน 1 วินาทีได้ หรือมีสาเหตุมาจากการทำงานหลายคำสั่งในหนึ่งโปรแกรมย่อย หรือหนึ่งลูปโปรแกรม ก็อาจจะทำหน่วงเวลาเกินหนึ่งวินาทีได้

ส่วนการทำงานอื่นๆ ทำงานปกติไม่มีส่วนที่ทำงานผิดพลาด

เอกสารอ้างอิง

- 1.รัชวัฒน์ ลิ้มพรจิตวิไลมถ,วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล,เรียนรู้และปฏิบัติการ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51,อินโนเวตีฟ เอกซ์เพอริเมนต์ จำกัด,2542
- 2.ธีรวัฒน์ ประกอบผล,การประยุกต์ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์,สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น),2541
- 3.สมยศ จุณณะปิยะ,การประยุกต์ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2543
- 4.ชวลิต ขุนราม,เรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ AT89C51/52,Hobby Electronics ฉบับที่ 96 กุมภาพันธ์ 2543,50-54



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

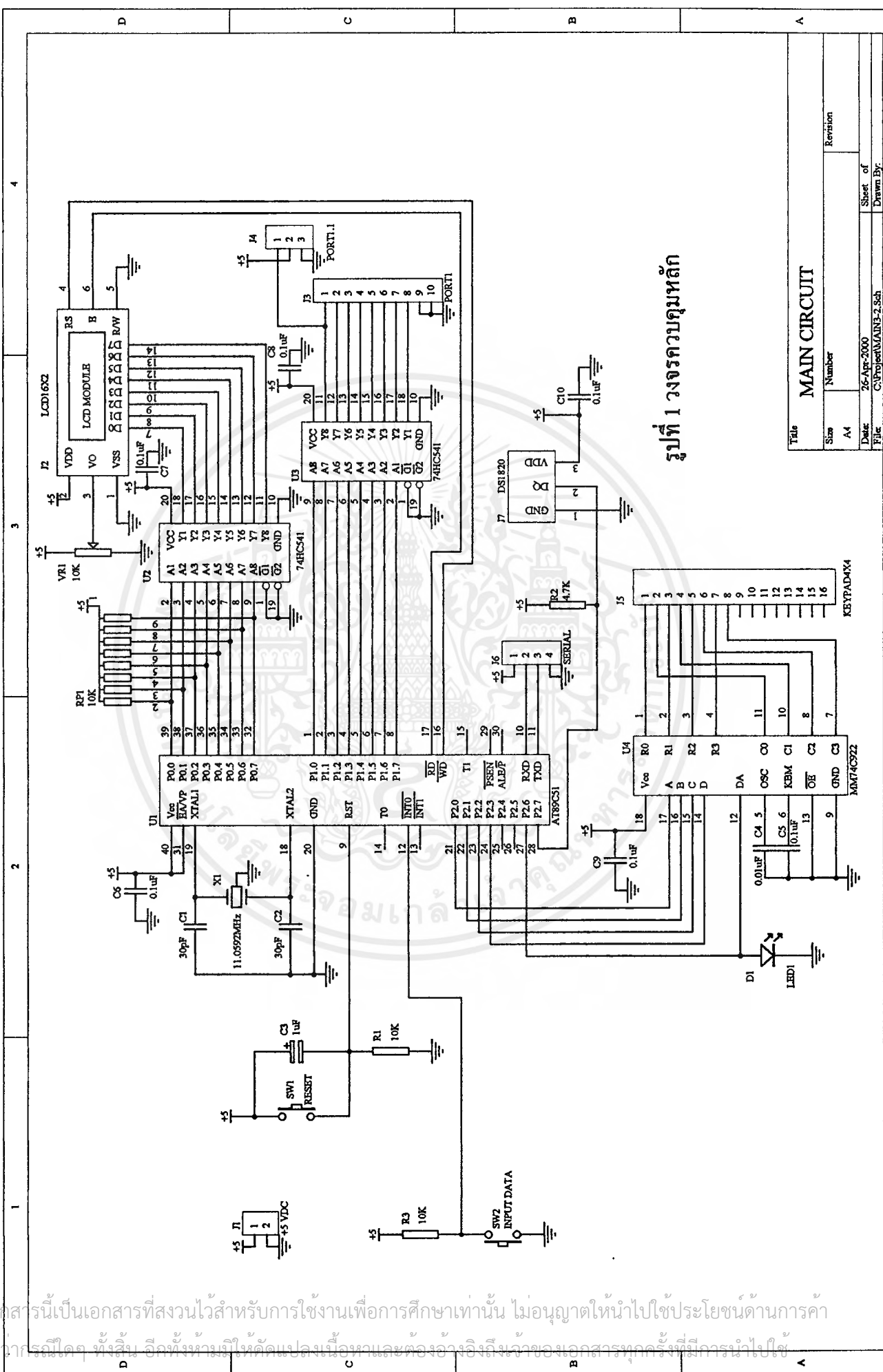


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
วงจร, ลายปรินซ์และการลงอุปรกรณ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

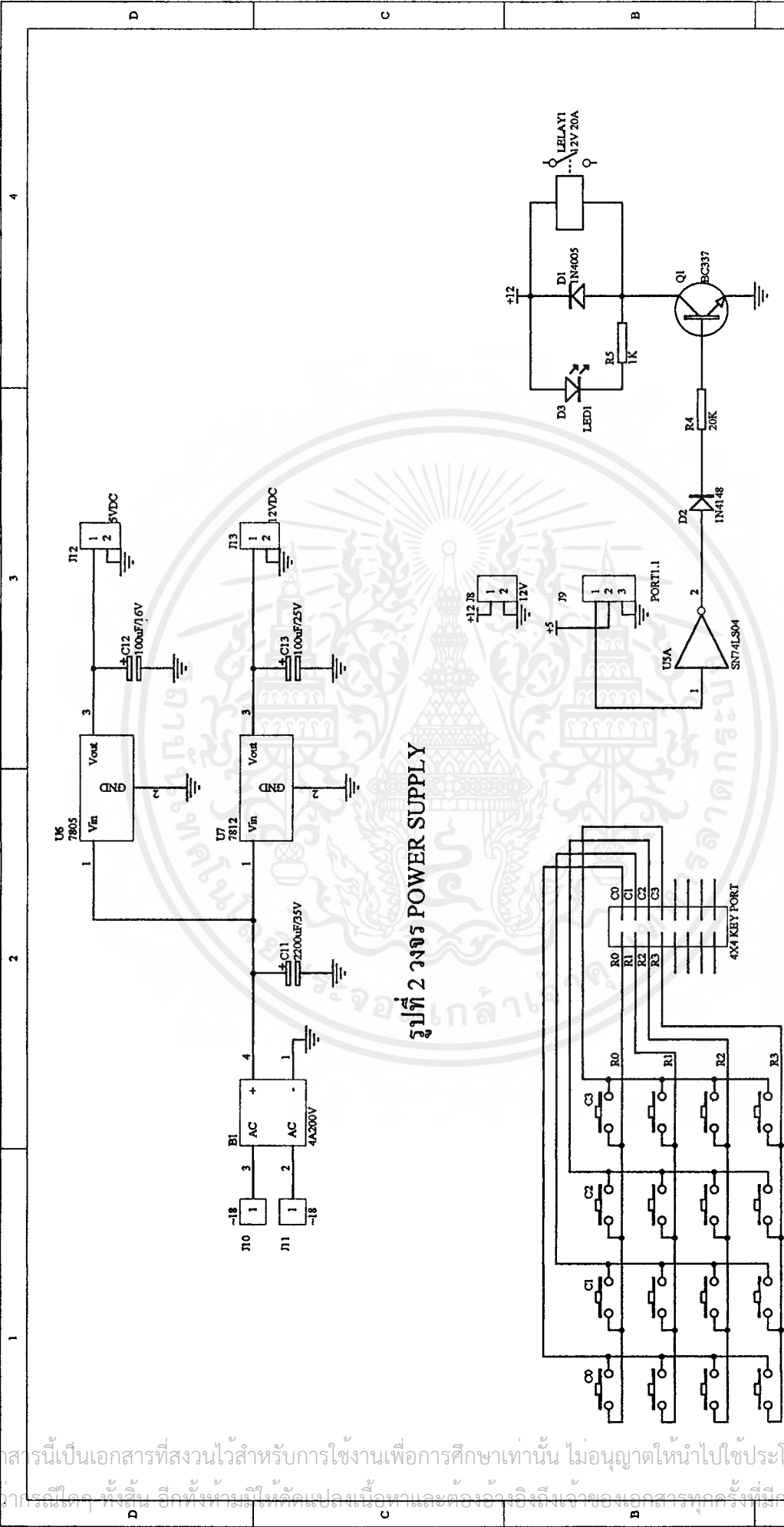


รูปที่ 1 วงจรควบคุมหลัก

MAIN CIRCUIT

Title	Size	Number	Revision
	A4		
Date	26-Apr-2000	Sheet of	
File	C:\Project\MAIN3-2.Sch	Drawn By:	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่สามารถแก้ไขใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



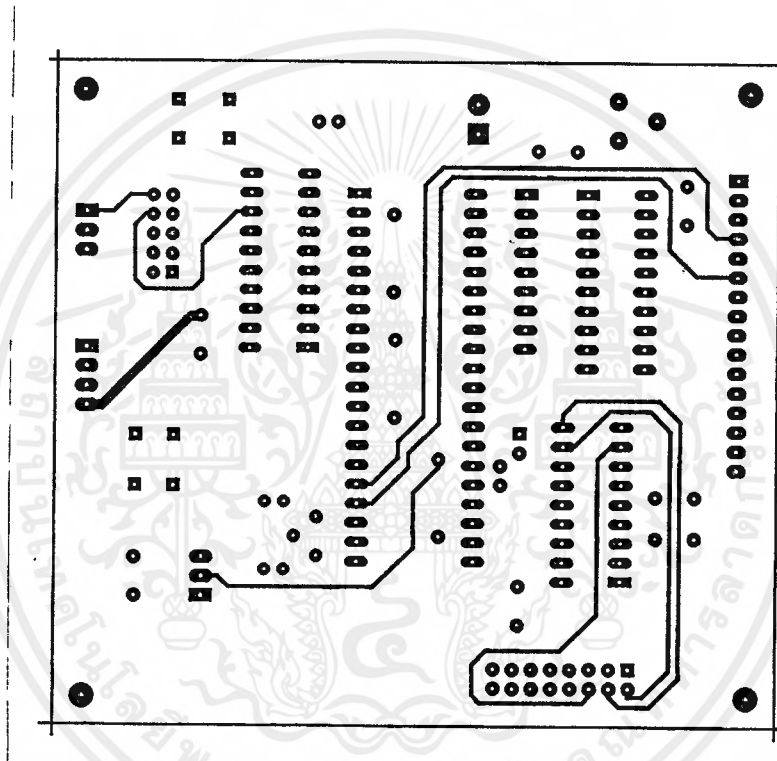
รูปที่ 2 วงจร POWER SUPPLY

รูปที่ 4 วงจรควบคุมรีเลย์

รูปที่ 3 วงจร KEYPAD 4X4

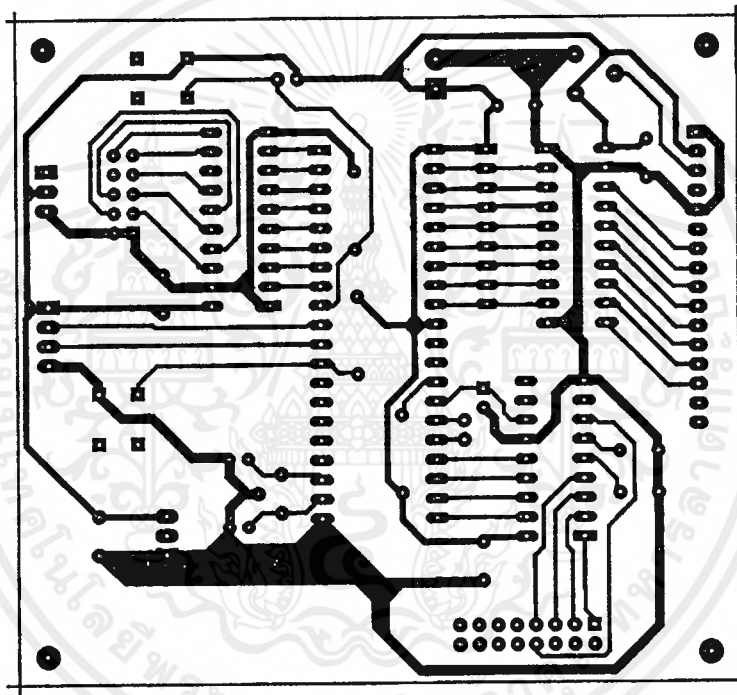
Title	
Size	Number
A4	Revision
Date	Sheet of
26-Apr-2000	4
File	Drawn By:
C:\Project\111.Sch	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



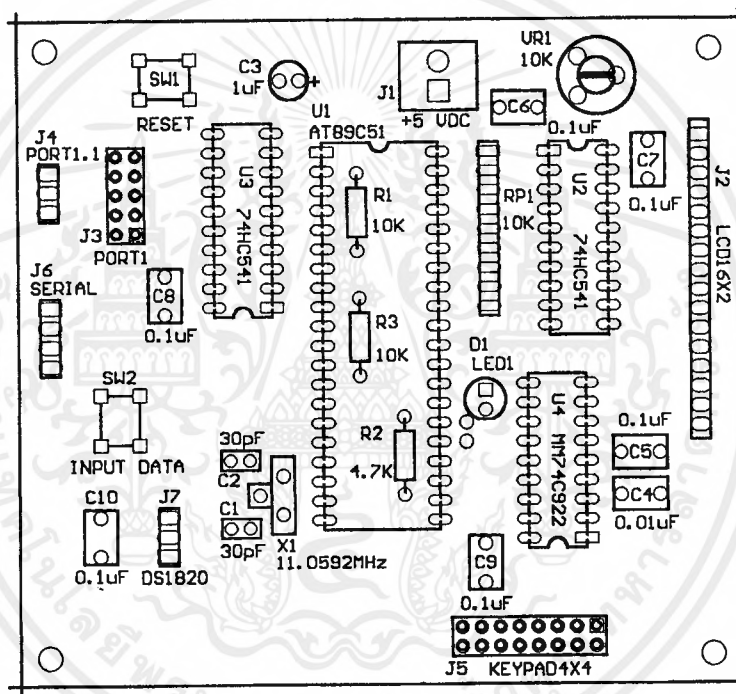
รูปที่ 5 แสดงลายปริ้นซ์ด้านบนของวงจรควบคุมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



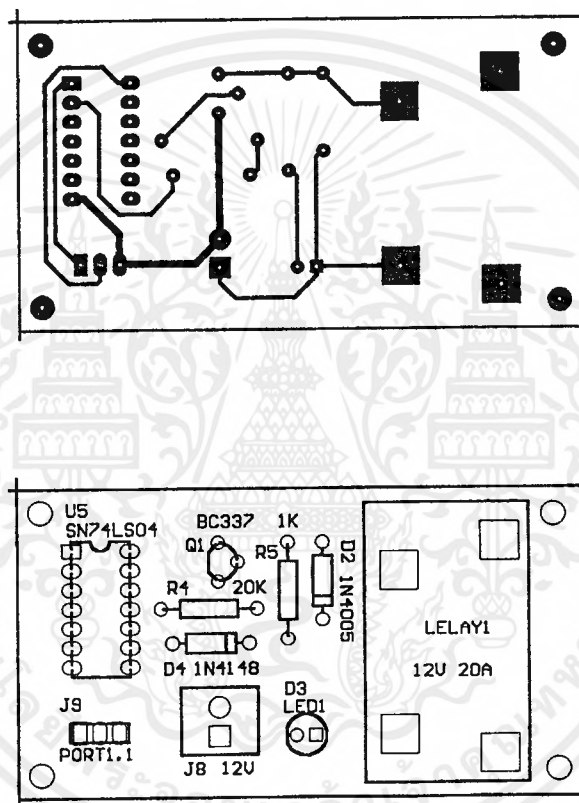
รูปที่ 6 แสดงลายปริ้นซ์ด้านต่างของวงจรควบคุมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



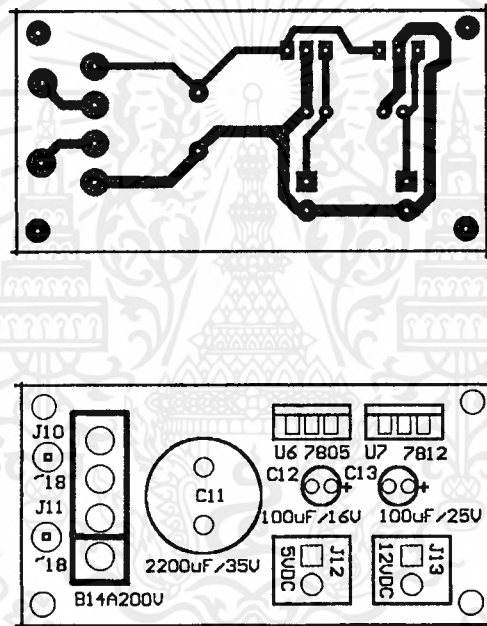
รูปที่ 7 แสดงการลงอุปกรณ์ของวงจรควบคุมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8 แสดงลายปริ้นซ์และการลงอุปกรณ์ของวงจรควบคุมรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 แสดงลายปริ้นซ์และการลงอุปกรณ์ของวงจร Power Supply

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
รายละเอียดโปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8051 Cross-Assembler (1.3) (C) 1987, 1989 Binary Technology
P6.ASM

```

1      ;-----
2      ;Define Port&Pin Name
3      ;-----
00A6=  4      P_KEY   BIT P2.6      ; Check push Key
00A7=  5      ONEWIRE BIT P2.7      ; 1-Wire Interface (DS1820
                                ; Temp Sensor)
00B6=  6      LCD_RS   BIT P3.6      ; LCD Register Select
00B7=  7      LCD_EN   BIT P3.7      ; LCD Enable (Active High
                                ; Level)
0090=  8      RELAY   BIT P1.0      ; Output Control
9      ;-----
10     ;Define Flag
11     ;-----
002F=  12     FLAG    EQU    02FH    ; User Flag
0078=  13     BUSY    BIT    FLAG.0
14     ;-----
15     ;Define Register Control
16     ;-----
0030=  17     LCD_ADDR EQU 030H    ; For Keep LCD Address
0031=  18     LCD_DATA EQU 031H    ; For Keep LCD Data
0032=  19     ONEWIRE_DATA EQU 032H ; For Keep Onewire Data
0033=  20     TEMP     EQU 033H    ; For Keep Temp Data (Temp
                                ; L Only)
0034=  21     KEY_DATA EQU 034H    ; For Keep Key Data
0035=  22     SEC      EQU 035H    ; For Keep Seconds
0036=  23     MIN      EQU 036H    ; For Keep Minutes
0037=  24     S_TEMP   EQU 037H    ; For Keep Set Temp.
0038=  25     S_TEMP_X_2 EQU 038H  ; For Keep Set Temp. x2
26     ;-----
27     ;Define Buffer
28     ;-----
0040=  29     S_TEMP1   EQU 040H    ; For Keep Set Temp. x100
0041=  30     S_TEMP2   EQU 041H    ; For Keep Set Temp. x10
0042=  31     S_TEMP3   EQU 042H    ; For Keep Set Temp. x1
0043=  32     S_TIME1   EQU 043H    ; For Keep Set Timer x100
0044=  33     S_TIME2   EQU 044H    ; For Keep Set Timer x10
0045=  34     S_TIME3   EQU 045H    ; For Keep Set Timer x1
0046=  35     TEMP_TEMP EQU 046H    ; Temp for Set Temp.
0047=  36     TEMP_MIN  EQU 047H    ; Temp for Set MIN
37     ;-----
38     ;START PROGRAM
39     ;-----
0000   40     ORG 0000H    ; Reset Vector
0000 0106 41     AJMP INITIAL ; Jump Pass Interrupt
                                ; Service
42     ;-----
43     ;EXTERNAL INTERRUPT 0
44     ;-----
0003   45     ORG 0003H    ; IE0 Vector
0003 020256 46     LJMP INT_0    ; Jump To Interrupt
                                ; Service Program
47     ;-----
48     ;Initialize Port Register
49     ;-----
0006 758000 50     INITIAL: MOV P0,#00000000B ; Clear Data Bus
0009 7590EF 51     MOV P1,#11101111B ; Clear Status All Device
000C 75A0FF 52     MOV P2,#11111111B ; Clear Status Address Bus
000F 75B01F 53     MOV P3,#00011111B ; Clear Status Port3
54     ;-----
55     ;Show Title
56     ;-----
0012 B10E   57     START: ACALL INIT_LCD ; Initialize LCD
0014 753000 58     MOV LCD_ADDR,#00H ; Show Title Project
0017 B15A   59     ACALL SET_ADDR_LCD
0019 90060C 60     MOV DPTR,#TITLE1
001C B16F   61     ACALL WRLINE_LCD
001E B1C8   62     ACALL DELAY_1s
63
0020 753000 64     MOV LCD_ADDR,#00H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0023 B15A      65      ACALL SET_ADDR_LCD
0025 90061C   66      MOV  DPTR,#TITLE2
0028 B16F     67      ACALL WRLINE_LCD
002A B1C8     68      ACALL DELAY_1s
              69
002C 753000   70      MOV  LCD_ADDR,#00H
002F B15A     71      ACALL SET_ADDR_LCD
0031 90062C   72      MOV  DPTR,#TITLE3
0034 B16F     73      ACALL WRLINE_LCD
0036 B1C8     74      ACALL DELAY_1s
              75
0038 B129     76      ACALL LCD_CLR
              77
003A 753000   78      MOV  LCD_ADDR,#00H
003D B15A     79      ACALL SET_ADDR_LCD
003F 90063C   80      MOV  DPTR,#TITLE4
0042 B16F     81      ACALL WRLINE_LCD
0044 753040   82      MOV  LCD_ADDR,#40H
0047 B15A     83      ACALL SET_ADDR_LCD
0049 90064C   84      MOV  DPTR,#TITLE5
004C B16F     85      ACALL WRLINE_LCD
004E B1C8     86      ACALL DELAY_1s
              87
0050 B129     88      ACALL LCD_CLR
              89
              ;-----
              ;Main Program
              ;-----
0052 753600   92      MAIN:MOV  MIN,#00H      ; Clear Register
0055 753500   93      MOV  SEC,#00H
0058 753700   94      MOV  S_TEMP,#00H
005B 753800   95      MOV  S_TEMP_X_2,#00H
              96
005E 753000   97      MOV  LCD_ADDR,#00H      ; Show Title Temp.
0061 B15A     98      ACALL SET_ADDR_LCD
0063 9005D0   99      MOV  DPTR,#TITLE_1
0066 B16F    100      ACALL WRLINE_LCD
              101
0068 753040   102      MOV  LCD_ADDR,#040H      ; Show Title Set Data
006B B15A    103      ACALL SET_ADDR_LCD
006D 9005E0   104      MOV  DPTR,#TITLE_2
0070 B16F    105      ACALL WRLINE_LCD
              106
0072 E535    107      LOOP: MOV  A,SEC
0074 B40026   108      CJNE  A,#00H,CONTINUE ; Check Set Time?
0077 E537    109      MOV  A,S_TEMP
0079 B5461F   110      CJNE  A,TEMP_TEMP,CONTROL1
007C 753040   111      MOV  LCD_ADDR,#040H
007F B15A    112      ACALL SET_ADDR_LCD
0081 9005E0   113      MOV  DPTR,#TITLE_2
0084 B16F    114      ACALL WRLINE_LCD
              115
0086 753040   116      MOV  LCD_ADDR,#040H
0089 B15A    117      ACALL SET_ADDR_LCD
008B 853731   118      MOV  LCD_DATA,S_TEMP
008E 9191    119      ACALL HEX2LCD3
              120
0090 915C    121      ACALL TIME_SHOW
              122
0092 71E8    123      ACALL DS1820
              124
0094 B1C8    125      ACALL DELAY_1s
0096 75A881   126      MOV  IE,#10000001B      ; Enable INTO
0099 0172    127      AJMP LOOP
              128
009B 212C    129      CONTROL1: AJMP TEMP_CON_1
              130
              ;-----CONTINUE LOOP-----
009D 75A800   132      CONTINUE: MOV IE,#00000000B ; Disable INTO
00A0 E532    133      MOV  A,ONEWIRE_DATA
00A2 A838    134      MOV  R0,S_TEMP_X_2
00A4 5153    135      ACALL SUB_A_R0
00A6 4042    136      JC   CONTI_HOT          ; Check Hot<>Cool
00A8 753040   137      MOV  LCD_ADDR,#040H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

00AB B15A      138      ACALL SET_ADDR_LCD
00AD 853731    139      MOV LCD_DATA,S_TEMP
00B0 9191      140      ACALL HEX2LCD3
141
00B2 753048    142      MOV LCD_ADDR,#048H
00B5 B15A      143      ACALL SET_ADDR_LCD
00B7 9005F0    144      MOV DPTR,#KEY_CON
00BA B16F      145      ACALL WRLINE_LCD
146
00BC 71E8      147      ACALL DS1820
148
00BE C290      149      CONTI_COOL: CLR RELAY ; Relay On
00C0 75300B    150      MOV LCD_ADDR,#00BH
00C3 B15A      151      ACALL SET_ADDR_LCD
00C5 9005F8    152      MOV DPTR,#RELAY_ON
00C8 B16F      153      ACALL WRLINE_LCD
00CA 71E8      154      ACALL DS1820
00CC E538      155      MOV A,S_TEMP_X_2
00CE A832      156      MOV R0,ONEWIRE_DATA
00D0 5153      157      ACALL SUB_A_R0
00D2 40EA      158      JC CONTI_COOL ; ONEWIRE_DATA > S_TEMP
00D4 79D2      159      MOV R1,#210
160
00D6 D290      161      CONTI_COOL1: SETB RELAY ; Relay Off
00D8 75300B    162      MOV LCD_ADDR,#00BH
00DB B15A      163      ACALL SET_ADDR_LCD
00DD 9005FD    164      MOV DPTR,#RELAY_OFF
00E0 B16F      165      ACALL WRLINE_LCD
00E2 71E8      166      ACALL DS1820
00E4 B1C8      167      ACALL DELAY_1s
00E6 D9EE      168      DJNZ R1,CONTI_COOL1 ; R1 = 0?
00E8 01BE      169      AJMP CONTI_COOL
170
00EA 753040    171      CONTI_HOT: MOV LCD_ADDR,#040H ; Show Set Temp.
00ED B15A      172      ACALL SET_ADDR_LCD
00EF 853731    173      MOV LCD_DATA,S_TEMP
00F2 9191      174      ACALL HEX2LCD3
175
00F4 753048    176      MOV LCD_ADDR,#048H ; Show Continue
00F7 B15A      177      ACALL SET_ADDR_LCD
00F9 9005F0    178      MOV DPTR,#KEY_CON
00FC B16F      179      ACALL WRLINE_LCD
180
00FE 71E8      181      ACALL DS1820 ; Show Temp.
182
0100 C290      183      CONTI_HOT1: CLR RELAY ; Relay On
0102 75300B    184      MOV LCD_ADDR,#00BH
0105 B15A      185      ACALL SET_ADDR_LCD
0107 9005F8    186      MOV DPTR,#RELAY_ON
010A B16F      187      ACALL WRLINE_LCD
010C 71E8      188      ACALL DS1820
010E E532      189      MOV A,ONEWIRE_DATA
0110 A838      190      MOV R0,S_TEMP_X_2
0112 5153      191      ACALL SUB_A_R0
0114 40EA      192      JC CONTI_HOT1 ; S_TEMP > ONEWIRE_DATA
0116 79D2      193      MOV R1,#210
194
0118 D290      195      CONTI_HOT2: SETB RELAY ; Relay Off
011A 75300B    196      MOV LCD_ADDR,#00BH
011D B15A      197      ACALL SET_ADDR_LCD
011F 9005FD    198      MOV DPTR,#RELAY_OFF
0122 B16F      199      ACALL WRLINE_LCD
0124 71E8      200      ACALL DS1820
0126 B1C8      201      ACALL DELAY_1s
0128 D9EE      202      DJNZ R1,CONTI_HOT2
012A 2100      203      AJMP CONTI_HOT1
204
205      ;-----SET TIME = 000:00-----;Time 000:00
012C 75A800    206      TEMP_CON_1: MOV IE,#00000000B ; Disable INTO
012F A936      207      MOV R1,MIN
0131 B90072    208      CJNE R1,#00H,TEMP_CON_2 ; Check Set Time?
0134 E532      209      MOV A,ONEWIRE_DATA
0136 A838      210      MOV R0,S_TEMP_X_2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0138 5153      211      ACALL SUB_A_R0
013A 4035      212      JC     LOOP1_HOT      ; Check Hot<>Cool
                                213
013C 753040    214      MOV    LCD_ADDR,#040H
013F B15A      215      ACALL SET_ADDR_LCD
0141 853731    216      MOV    LCD_DATA,S_TEMP
0144 9191      217      ACALL HEX2LCD3
0146 753500    218      MOV    SEC,#00H
                                219
0149 915C      220      ACALL TIME_SHOW
                                221
014B 71E8      222      ACALL DS1820
                                223
014D C290      224      LOOP1_COOL: CLR RELAY      ; Relay On
014F 75300B    225      MOV    LCD_ADDR,#00BH ; Show Status On
0152 B15A      226      ACALL SET_ADDR_LCD
0154 9005F8    227      MOV    DPTR,#RELAY_ON
0157 B16F      228      ACALL WRLINE_LCD
0159 71E8      229      ACALL DS1820
015B E538      230      MOV    A,S_TEMP_X_2
015D A832      231      MOV    R0,ONEWIRE_DATA
015F 5153      232      ACALL SUB_A_R0
0161 40EA      233      JC     LOOP1_COOL      ; ONEWIRE_DATA > S_TEMP
0163 D290      234      SETB   RELAY          ; Relay Off
0165 75300B    235      MOV    LCD_ADDR,#00BH ; Show Status Off
0168 B15A      236      ACALL SET_ADDR_LCD
016A 9005FD    237      MOV    DPTR,#RELAY_OFF
016D B16F      238      ACALL WRLINE_LCD
016F 0152      239      AJMP  MAIN
                                240
0171 753040    241      LOOP1_HOT: MOV LCD_ADDR,#040H
0174 B15A      242      ACALL SET_ADDR_LCD
0176 853731    243      MOV    LCD_DATA,S_TEMP
0179 9191      244      ACALL HEX2LCD3
017B 753500    245      MOV    SEC,#00H
                                246
017E 915C      247      ACALL TIME_SHOW
                                248
0180 71E8      249      ACALL DS1820
                                250
0182 C290      251      LOOP1_HOT1: CLR RELAY     ; Relay On
0184 75300B    252      MOV    LCD_ADDR,#00BH ; Show Status On
0187 B15A      253      ACALL SET_ADDR_LCD
0189 9005F8    254      MOV    DPTR,#RELAY_ON
018C B16F      255      ACALL WRLINE_LCD
018E 71E8      256      ACALL DS1820
0190 E532      257      MOV    A,ONEWIRE_DATA
0192 A838      258      MOV    R0,S_TEMP_X_2
0194 5153      259      ACALL SUB_A_R0
0196 40EA      260      JC     LOOP1_HOT1      ; S_TEMP > ONEWIRE_DATA
0198 D290      261      SETB   RELAY          ; Relay Off
019A 75300B    262      MOV    LCD_ADDR,#00BH ; Show Status Off
019D B15A      263      ACALL SET_ADDR_LCD
019F 9005FD    264      MOV    DPTR,#RELAY_OFF
01A2 B16F      265      ACALL WRLINE_LCD
01A4 0152      266      AJMP  MAIN
                                267
                                268      ;-----TIMER-----;Time <> 000:00
01A6 75A800    269      TEMP_CON_2: MOV IE,#0000000B ; Disable INTO
01A9 E532      270      MOV    A,ONEWIRE_DATA
01AB A838      271      MOV    R0,S_TEMP_X_2
01AD 5153      272      ACALL SUB_A_R0
01AF 4051      273      JC     LOOP2_HOT      ; Check Hot<>Cool
                                274
01B1 75300B    275      MOV    LCD_ADDR,#00BH
01B4 B15A      276      ACALL SET_ADDR_LCD
01B6 900602    277      MOV    DPTR,#TIMER_ON
01B9 B16F      278      ACALL WRLINE_LCD
01BB 753040    279      MOV    LCD_ADDR,#040H
01BE B15A      280      ACALL SET_ADDR_LCD
01C0 853731    281      MOV    LCD_DATA,S_TEMP
01C3 9191      282      ACALL HEX2LCD3
                                283

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

01C5 915C      284      ACALL TIME_SHOW
                                285
01C7 71E8      286      ACALL DS1820
                                287
01C9 75353C    288      MOV   SEC,#60
01CC 1536      289      DEC   MIN
                                290
01CE 913C      291      LOOP4: ACALL TIME_COUNT
01D0 71E8      292      ACALL DS1820
01D2 915C      293      ACALL TIME_SHOW
01D4 A936      294      MOV   R1,MIN
01D6 B900F5    295      CJNE  R1,#00H,LOOP4
01D9 A935      296      MOV   R1,SEC
01DB B900F0    297      CJNE  R1,#00H,LOOP4
01DE C290      298      LOOP2_COOL: CLR RELAY      ; Relay On
01E0 75300B    299      MOV   LCD_ADDR,#00BH ; Show Status On
01E3 B15A      300      ACALL SET_ADDR_LCD
01E5 9005F8    301      MOV   DPTR,#RELAY_ON
01E8 B16F      302      ACALL WRLINE_LCD
01EA 71E8      303      ACALL DS1820
01EC E538      304      MOV   A,S_TEMP_X_2
01EE A832      305      MOV   R0,ONEWIRE_DATA
01F0 5153      306      ACALL SUB_A_R0
01F2 40EA      307      JC    LOOP2_COOL      ; ONEWIRE_DATA > S_TEMP
01F4 D290      308      SETB  RELAY          ; Relay Off
01F6 75300B    309      MOV   LCD_ADDR,#00BH ; Show Status Off
01F9 B15A      310      ACALL SET_ADDR_LCD
01FB 9005FD    311      MOV   DPTR,#RELAY_OFF
01FE B16F      312      ACALL WRLINE_LCD
0200 0152      313      AJMP  MAIN
                                314
0202 753040    315      LOOP2_HOT:MOV LCD_ADDR,#040H
0205 B15A      316      ACALL SET_ADDR_LCD
0207 853731    317      MOV   LCD_DATA,S_TEMP
020A 9191      318      ACALL HEX2LCD3
020C 75300B    319      MOV   LCD_ADDR,#00BH
020F B15A      320      ACALL SET_ADDR_LCD
0211 900602    321      MOV   DPTR,#TIMER_ON
0214 B16F      322      ACALL WRLINE_LCD
                                323
0216 915C      324      ACALL TIME_SHOW
                                325
0218 71E8      326      ACALL DS1820      ; Show TEMP.
                                327
021A 75353C    328      MOV   SEC,#60      ; Start SEC = 60
021D 1536      329      DEC   MIN
                                330
021F 913C      331      LOOP4_1: ACALL TIME_COUNT ; Timer
0221 71E8      332      ACALL DS1820
0223 915C      333      ACALL TIME_SHOW
0225 A936      334      MOV   R1,MIN
0227 B900F5    335      CJNE  R1,#00H,LOOP4_1 ; MIN = 0?
022A A935      336      MOV   R1,SEC
022C B900F0    337      CJNE  R1,#00H,LOOP4_1 ; SEC = 0?
022F C290      338      LOOP2_HOT1: CLR RELAY    ; Relay On
0231 75300B    339      MOV   LCD_ADDR,#00BH ; Show Status On
0234 B15A      340      ACALL SET_ADDR_LCD
0236 9005F8    341      MOV   DPTR,#RELAY_ON
0239 B16F      342      ACALL WRLINE_LCD
023B 71E8      343      ACALL DS1820
023D E532      344      MOV   A,ONEWIRE_DATA
023F A838      345      MOV   R0,S_TEMP_X_2
0241 5153      346      ACALL SUB_A_R0
0243 40EA      347      JC    LOOP2_HOT1      ; S_TEMP > ONEWIRE_DATA
0245 D290      348      SETB  RELAY          ; Relay Off
0247 75300B    349      MOV   LCD_ADDR,#00BH ; Show Status Off
024A B15A      350      ACALL SET_ADDR_LCD
024C 9005FD    351      MOV   DPTR,#RELAY_OFF
024F B16F      352      ACALL WRLINE_LCD
0251 0152      353      AJMP  MAIN
                                354
                                ;-----
                                355
                                ;A-R0
                                356

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0253 C3      357      SUB_A_R0: CLR C           ; Clear Carry Flag
0254 98      358      SUBB A,R0             ; A - R0 No Carry Flag
0255 22      359      RET
                                ;-----
                                ;SCAN KEYPAD
                                ;-----
0256 C0E0    363      INT_0: PUSH ACC
0258 75A800  364      MOV IE,#0000000B ; Disable INTO
025B 853647  365      MOV TEMP_MIN,MIN ; Save MIN to temp
025E 853746  366      MOV TEMP_TEMP,S_TEMP ; Save Set Temp. to temp
0261 75300B  367      MOV LCD_ADDR,#00BH ; Show Title Input Key
0264 B15A    368      ACALL SET_ADDR_LCD
0266 900607  369      MOV DPTR,#INPUT_KEY
0269 B16F    370      ACALL WRLINE_LCD
                                371
026B 753040  372      MOV LCD_ADDR,#040H
026E B15A    373      ACALL SET_ADDR_LCD
0270 9005E0  374      MOV DPTR,#TITLE_2
0273 B16F    375      ACALL WRLINE_LCD
                                376
0275 753040  377      MOV LCD_ADDR,#040H
0278 B15A    378      ACALL SET_ADDR_LCD
027A 853731  379      MOV LCD_DATA,S_TEMP
027D 9191    380      ACALL HEX2LCD3
                                381
027F 915C    382      ACALL TIME_SHOW
                                383
0281 51F9    384      READ_KEY: ACALL GET_KEY ; Check Push KEY DATA
0283 B40321  385      CJNE A,#03H,GET_KEY_1 ; ESC KEY
0286 854736  386      MOV MIN,TEMP_MIN
0289 854637  387      MOV S_TEMP,TEMP_TEMP
028C 753500  388      MOV SEC,#00H
028F 753040  389      MOV LCD_ADDR,#040H
0292 B15A    390      ACALL SET_ADDR_LCD
0294 9005E0  391      MOV DPTR,#TITLE_2
0297 B16F    392      ACALL WRLINE_LCD
                                393
0299 753040  394      MOV LCD_ADDR,#040H
029C B15A    395      ACALL SET_ADDR_LCD
029E 853731  396      MOV LCD_DATA,S_TEMP
02A1 9191    397      ACALL HEX2LCD3
                                398
02A3 915C    399      ACALL TIME_SHOW
02A5 41F6    400      AJMP WR_KEY           ; Exit Input KEY DATA
                                401
02A7 B40E24  402      GET_KEY_1: CJNE A,#00EH,GET_KEY_2 ; CLR KEY
02AA 753600  403      MOV MIN,#00H         ; Clear Minute
02AD 753700  404      MOV S_TEMP,#00H     ; Clear Set Temperature
02B0 753500  405      MOV SEC,#00H        ; Clear Second
02B3 753800  406      MOV S_TEMP_X_2,#00H ; Clear Set Temp.x2
                                407
02B6 753040  408      MOV LCD_ADDR,#040H
02B9 B15A    409      ACALL SET_ADDR_LCD
02BB 9005E0  410      MOV DPTR,#TITLE_2
02BE B16F    411      ACALL WRLINE_LCD
                                412
02C0 753040  413      MOV LCD_ADDR,#040H
02C3 B15A    414      ACALL SET_ADDR_LCD
02C5 853731  415      MOV LCD_DATA,S_TEMP
02C8 9191    416      ACALL HEX2LCD3
02CA 915C    417      ACALL TIME_SHOW
02CC 4181    418      AJMP READ_KEY
                                419
02CE B40704  420      GET_KEY_2: CJNE A,#07H,GET_KEY_3 ; SET TEMP KEY
02D1 7158    421      ACALL SET_TEMP
02D3 4181    422      AJMP READ_KEY
                                423
02D5 B40B0C  424      GET_KEY_3: CJNE A,#00BH,GET_KEY_4 ; SET TIME KEY
02D8 71A3    425      ACALL SET_TIME
02DA 753500  426      MOV SEC,#00
02DD 4181    427      AJMP READ_KEY
                                428
02DF B40C9F  429      GET_KEY_5: CJNE A,#00CH,READ_KEY ; ENTER KEY

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

02E2 41F6      430          AJMP  WR_KEY          ; Exit Input KEY DATA
02E4 B40FF8    431  GET_KEY 4: CJNE A,#00FH,GET_KEY_5 ; TIME Continue
02E7 753048    432          MOV   LCD_ADDR,#048H
02EA B15A      433          ACALL SET_ADDR_LCD
02EC 9005F0    434          MOV   DPTR,#KEY_CON
02EF B16F      435          ACALL WRLINE_LCD
02F1 7535FF    436          MOV   SEC,#0FFH
02F4 4181      437          AJMP  READ_KEY
02F6 D0E0      438  WR_KEY: POP ACC      ; Exit Input KEY DATA
02F8 32        439          RETI
          440          ;-----
          441          ;Check Push KEY DATA
          442          ;-----
02F9 B1BB      443  GET_KEY: ACALL DELAY_100ms ; Delay
02FB 20A6FD    444  GET_KEY1: JB P_KEY,GET_KEY1 ; Check Push KEY
02FE 30A6FD    445  GET_KEY_NX: JNB P_KEY,GET_KEY_NX
0301 85FFA0    446          MOV   P2,0FFH        ; P2 = Input Port
0304 E5A0      447          MOV   A,P2          ; Keep Data
0306 540F      448          ANL  A,#00001111B   ; Lower Byte
0308 22        449          RET
          450          ;-----
          451          ;GET KEY DATA 0-9
          452          ;-----
0309 B40005    453  GET_KEY 0_9: CJNE A,#00H,KEY_NX1 ; Key Number 9
030C 753409    454          MOV   KEY_DATA,#09H
030F 8046      455          SJMP  END_KEY
0311 B40105    456  KEY_NX1: CJNE A,#01H,KEY_NX2 ; Key Number 8
0314 753408    457          MOV   KEY_DATA,#08H
0317 803E      458          SJMP  END_KEY
0319 B40205    459  KEY_NX2: CJNE A,#02H,KEY_NX3 ; Key Number 7
031C 753407    460          MOV   KEY_DATA,#07H
031F 8036      461          SJMP  END_KEY
0321 B40405    462  KEY_NX3: CJNE A,#04H,KEY_NX4 ; Key Number 6
0324 753406    463          MOV   KEY_DATA,#06H
0327 802E      464          SJMP  END_KEY
0329 B40505    465  KEY_NX4: CJNE A,#05H,KEY_NX5 ; Key Number 5
032C 753405    466          MOV   KEY_DATA,#05H
032F 8026      467          SJMP  END_KEY
0331 B40605    468  KEY_NX5: CJNE A,#06H,KEY_NX6 ; Key Number 4
0334 753404    469          MOV   KEY_DATA,#04H
0337 801E      470          SJMP  END_KEY
0339 B40805    471  KEY_NX6: CJNE A,#08H,KEY_NX7 ; Key Number 3
033C 753403    472          MOV   KEY_DATA,#03H
033F 8016      473          SJMP  END_KEY
0341 B40905    474  KEY_NX7: CJNE A,#09H,KEY_NX8 ; Key Number 2
0344 753402    475          MOV   KEY_DATA,#02H
0347 800E      476          SJMP  END_KEY
0349 B40A05    477  KEY_NX8: CJNE A,#00AH,KEY_NX9 ; Key Number 1
034C 753401    478          MOV   KEY_DATA,#01H
034F 8006      479          SJMP  END_KEY
0351 B40D03    480  KEY_NX9: CJNE A,#00DH,END_KEY ; Key Number 0
0354 753400    481          MOV   KEY_DATA,#00H
0357 22        482  END_KEY:RET
          483          ;-----
          484          ;Set Temperature
          485          ;-----
0358 753040    486  SET_TEMP: MOV LCD_ADDR,#040H ; Set address
035B B15A      487          ACALL SET_ADDR_LCD
035D B152      488          ACALL LCD_BLINK    ; Cursor On
035F 51F9      489          ACALL GET_KEY      ; Get Key
0361 7109      490          ACALL GET_KEY_0_9  ; Check key 0-9
0363 853440    491          MOV   S_TEMP1,KEY_DATA
0366 E534      492          MOV   A,KEY_DATA
0368 9171      493          ACALL HEX2LCD1    ; Write to LCD
036A E540      494          MOV   A,S_TEMP1
036C 75F064    495          MOV   B,#100
036F A4        496          MUL  AB
0370 F540      497          MOV   S_TEMP1,A    ; Keep the hundreds
0372 B152      498          ACALL LCD_BLINK    ; Cursor On
0374 51F9      499          ACALL GET_KEY
0376 7109      500          ACALL GET_KEY_0_9
0378 853441    501          MOV   S_TEMP2,KEY_DATA
037B E534      502          MOV   A,KEY_DATA

```

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การใช้งานเพื่อการศึกษาสามารถทำได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย กรุณาแจ้งให้ทราบล่วงหน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

037D 9171      503      ACALL HEX2LCD1
037F E541      504      MOV   A,S_TEMP2
0381 75F00A    505      MOV   B,#10
0384 A4        506      MUL   AB
0385 F541      507      MOV   S_TEMP2,A      ; Keep the tens
0387 B152      508      ACALL LCD_BLINK      ; Cursor On
0389 51F9      509      ACALL GET_KEY
038B 7109      510      ACALL GET_KEY_0_9
038D 853442    511      MOV   S_TEMP3,KEY_DATA
0390 E534      512      MOV   A,KEY_DATA
0392 9171      513      ACALL HEX2LCD1
0394 E542      514      MOV   A,S_TEMP3
0396 2540      515      ADD   A,S_TEMP1
0398 2541      516      ADD   A,S_TEMP2
039A F537      517      MOV   S_TEMP,A      ; Keep Set TEMP. to S_TEMP
                    518
039C 75F002    519      MOV   B,#2
039F A4        520      MUL   AB      ; Set TEMP. x2
03A0 F538      521      MOV   S_TEMP_X_2,A
03A2 22        522      RET
                    523
                    ;-----
                    ;Set Time
                    ;-----
03A3 75304A    526      SET_TIME: MOV LCD_ADDR,#04AH ; MIN
03A6 B15A      527      ACALL SET_ADDR_LCD
03A8 B152      528      ACALL LCD_BLINK      ; Cursor On
03AA 51F9      529      ACALL GET_KEY      ; Get Key
03AC 7109      530      ACALL GET_KEY_0_9    ; Check key 0-9
03AE 853443    531      MOV   S_TIME1,KEY_DATA
03B1 E534      532      MOV   A,KEY_DATA
03B3 9171      533      ACALL HEX2LCD1      ; Write to LCD
03B5 E543      534      MOV   A,S_TIME1
03B7 75F064    535      MOV   B,#100
03BA A4        536      MUL   AB      ; x100
03BB F543      537      MOV   S_TIME1,A      ; Keep the hundreds
03BD B152      538      ACALL LCD_BLINK      ; Cursor On
03BF 51F9      539      ACALL GET_KEY
03C1 7109      540      ACALL GET_KEY_0_9
03C3 853444    541      MOV   S_TIME2,KEY_DATA
03C6 E534      542      MOV   A,KEY_DATA
03C8 9171      543      ACALL HEX2LCD1
03CA E544      544      MOV   A,S_TIME2
03CC 75F00A    545      MOV   B,#10
03CF A4        546      MUL   AB      ; x10
03D0 F544      547      MOV   S_TIME2,A      ; Keep the tens
03D2 B152      548      ACALL LCD_BLINK      ; Cursor On
03D4 51F9      549      ACALL GET_KEY
03D6 7109      550      ACALL GET_KEY_0_9
03D8 853445    551      MOV   S_TIME3,KEY_DATA
03DB E534      552      MOV   A,KEY_DATA
03DD 9171      553      ACALL HEX2LCD1
03DF E545      554      MOV   A,S_TIME3
03E1 2543      555      ADD   A,S_TIME1      ; Add A for The hundreds
03E3 2544      556      ADD   A,S_TIME2      ; Add A For The tens
03E5 F536      557      MOV   MIN,A      ; Keep Set Time to MIN
03E7 22        558      RET
                    559
                    ;-----
                    ;DS1820 Show Temperture
                    ;-----
03E8 91ED      562      DS1820: ACALL DS1820_RST ; DS1820 Reset
03EA 91F8      563      ACALL DS1820 PRES      ; DS1820 Presence
03EC 7532CC    564      MOV   ONEWIRE_DATA,#0CCH ; Write Skip ROM
03EF 91CD      565      ACALL DS1820_WR
03F1 753244    566      MOV   ONEWIRE_DATA,#044H ; Write Convert
                                Command
03F4 91CD      567      ACALL DS1820_WR
                    568
03F6 D278      569      SETB BUSY      ; Set bit Busy
03F8 91ED      570      PRES_CHK_LOOP: ACALL DS1820_RST ; DS1820 Reset
03FA 91F8      571      ACALL DS1820 PRES      ; DS1820 Presence
03FC 2078F9    572      JB   BUSY,PRES_CHK_LOOP ; Wait for Busy
03FF 00        573      NOP      ; Delay
0400 00        574      NOP

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0401 00      575      NOP
0402 00      576      NOP
0403 91ED    577      ACALL DS1820_RST      ; DS1820 Reset
0405 91F8    578      ACALL DS1820_PRES    ; DS1820 Presence
0407 7532CC  579      MOV   ONEWIRE_DATA,#0CCH ; Write Skip ROM
040A 91CD    580      ACALL DS1820_WR
040C 7532BE  581      MOV   ONEWIRE_DATA,#0BEH ; Write Read
                                Scratchpad Command
040F 91CD    582      ACALL DS1820_WR
                                583
0411 91B6    584      ACALL DS1820_RD      ; Read DS1820
0413 853233  585      MOV   TEMP,ONEWIRE_DATA ; Get First Byte AS
                                TEMP (L)
                                586
0416 91ED    587      ACALL DS1820_RST      ; DS1820 Reset
0418 91F8    588      ACALL DS1820_PRES    ; DS1820 Presence
                                589
041A 753000  590      MOV   LCD_ADDR,#000H ; Set Address LCD
041D B15A    591      ACALL SET_ADDR_LCD
041F E533    592      MOV   A,TEMP          ; Get Temp. Data
0421 C3      593      CLR   C                ; Clear Carry Flag
0422 13      594      RRC   A                ; Rotate ACC
0423 F531    595      MOV   LCD_DATA,A      ; Write in 3 Digi
0425 9191    596      ACALL HEX2LCD3
                                597
0427 753004  598      MOV   LCD_ADDR,#004H
042A B15A    599      ACALL SET_ADDR_LCD
042C E533    600      MOV   A,TEMP
042E 30E005  601      JNB   ACC.0,WRITE_0C ; Check LSB was set
0431 753135  602      MOV   LCD_DATA,'#5'  ; set => write '5'
0434 8139    603      AJMP  WRITE_NEXT
0436 753130  604      WRITE_0C: MOV LCD_DATA,'#0' ; No set => write '0'
0439 B165    605      WRITE_NEXT: ACALL WRCHAR_LCD
043B 22      606      RET
                                607
                                ;-----
                                608      ;Time Counter
                                ;-----
                                609
043C C0E0    610      TIME_COUNT: PUSH ACC
043E B1C8    611      ACALL DELAY_1s      ; Delay 1s
                                612
                                ;-----SEC-----
0440 E535    613      MOV   A,SEC
0442 14      614      DEC   A
0443 F535    615      MOV   SEC,A
0445 B40011  616      CJNE  A,#00,FINISH  ; SEC = 0?
0448 E536    617      MOV   A,MIN
044A 600A    618      JZ    MIN_1          ; MIN = 0?
044C 75353B  619      MOV   SEC,#59
                                620
                                ;-----MIN-----
044F E536    621      MOV   A,MIN
0451 6003    622      JZ    MIN_1          ; MIN = 0?
0453 14      623      DEC   A
0454 F536    624      MOV   MIN,A
0456 B40000  625      MIN_1: CJNE A,#00,FINISH ; MIN = 0?
0459 D0E0    626      FINISH: POP ACC     ; Exit
045B 22      627      RET
                                628
                                ;-----
                                629      ;Show time to LCD
                                ;-----
                                630
045C 75304A  631      TIME_SHOW: MOV LCD_ADDR,#04AH ; Set Address MIN
045F B15A    632      ACALL SET_ADDR_LCD
0461 853631  633      MOV   LCD_DATA,MIN
0464 9191    634      ACALL HEX2LCD3
                                635
0466 75304E  636      MOV   LCD_ADDR,#04EH ; Set Address SEC
0469 B15A    637      ACALL SET_ADDR_LCD
046B 853531  638      MOV   LCD_DATA,SEC
046E 9178    639      ACALL HEX2LCD2
0470 22      640      RET
                                641
                                ;-----
                                642      ;HEX Code to Show LCD 1 Digi
                                ;-----
                                643
0471 2430    644      HEX2LCD1: ADD A,#030H ; Convert to ASCII
0473 F531    645      MOV   LCD_DATA,A

```

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0475 B165      646      ACALL WRCHAR_LCD      ; Wirte Charecter
0477 22        647      RET
648
649      ;-----
650      ;HEX Code to Show LCD 2 Digi
651      ;-----
0478 C0E0      651      HEX2LCD2: PUSH ACC      ; Push ACC.
047A E531      652      MOV     A,LCD_DATA
047C 75F00A    653      MOV     B,#10
047F 84        654      DIV     AB              ; Divide by 10
0480 2430      655      ADD     A,#030H        ; Convert to ASCII
0482 F531      656      MOV     LCD_DATA,A
0484 B165      657      ACALL  WRCHAR_LCD      ; Write x10
0486 E5F0      658      MOV     A,B              ; Get Remainder x1
0488 2430      659      ADD     A,#030H        ; Convert to ASCII
048A F531      660      MOV     LCD_DATA,A
048C B165      661      ACALL  WRCHAR_LCD      ; Write Lower HEX Code
048E D0E0      662      POP     ACC              ; POP ACC.
0490 22        663      RET
664
665      ;-----
666      ;HEX Code to Show LCD 3 Digi
667      ;-----
0491 C0E0      667      HEX2LCD3: PUSH ACC      ; Push ACC.
0493 E531      668      MOV     A,LCD_DATA      ; Get Data
0495 75F064    669      MOV     B,#100
0498 84        670      DIV     AB              ; Divide by 100
0499 2430      671      ADD     A,#030H        ; Convert to ASCII
049B F531      672      MOV     LCD_DATA,A
049D B165      673      ACALL  WRCHAR_LCD      ; Write x100
049F E5F0      674      MOV     A,B
04A1 75F00A    675      MOV     B,#10
04A4 84        676      DIV     AB              ; Divide by 10
04A5 2430      677      ADD     A,#030H        ; Convert to ASCII
04A7 F531      678      MOV     LCD_DATA,A
04A9 B165      679      ACALL  WRCHAR_LCD      ; Write x10
04AB E5F0      680      MOV     A,B              ; Get Remainder x1
04AD 2430      681      ADD     A,#030H        ; Convert to ASCII
04AF F531      682      MOV     LCD_DATA,A
04B1 B165      683      ACALL  WRCHAR_LCD      ; Write Lower HEX Code
04B3 D0E0      684      POP     ACC              ; POP ACC.
04B5 22        685      RET
686
687      ;-----
688      ;DS1820 Data Read
689      ;-----
04B6 7C08      689      DS1820_RD: MOV R4,#8    ; Set Loop 8 Times
04B8 E4        690      CLR     A              ; Clear ACC
04B9 C2A7      691      DS1820_RD_LOOP: CLR ONEWIRE ; Clear ONEWIRE
04BB 00        692      NOP
04BC 00        693      NOP
04BD D2A7      694      SETB   ONEWIRE        ; Set ONEWIRE
04BF 00        695      NOP
04C0 00        696      NOP
04C1 00        697      NOP
04C2 00        698      NOP
04C3 A2A7      699      MOV     C,ONEWIRE      ; Get ONEWIRE To Carry
648      Flag
04C5 B181      700      ACALL  ONEWIRE_DELAY   ; Delay 75 us
04C7 13        701      RRC     A              ; Rotate Right ACC With
648      Carry
04C8 DCEF      702      DJNZ   R4,DS1820_RD_LOOP ; Do Until 8 Times
04CA F532      703      MOV     ONEWIRE_DATA,A ; Move ACC To ONEWIRE_DATA
04CC 22        704      RET
705
706      ;-----
707      ;DS1820 Data Write
708      ;-----
04CD 7C08      708      DS1820_WR: MOV R4,#8    ; Set Loop 8 Times
04CF E532      709      MOV     A,ONEWIRE_DATA ; Get ONEWIRE_DATA
04D1 13        710      DS1820_WR_LOOP: RRC A    ; Rotate Right ACC With
648      Carry
04D2 500C      711      JNC     DS1820_WR_L     ; Carry Flag Was Set?
04D4 C2A7      712      CLR     ONEWIRE        ; Set => TX High
04D6 00        713      NOP              ; Delay
04D7 00        714      NOP
04D8 00        715      NOP

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

04D9 00          716          NOP
04DA D2A7       717          SETB  ONEWIRE          ; Set ONEWIRE
04DC B181       718          ACALL ONEWIRE_DELAY  ; Delay 75 us
04DE 81EA       719          AJMP  DS1820_WR_NX   ; Jump To Next Write
04E0 C2A7       720          DS1820_WR_L: CLR ONEWIRE ; Clear => TX Low
04E2 B181       721          ACALL ONEWIRE_DELAY  ; Delay 75 us
04E4 D2A7       722          SETB  ONEWIRE          ; Set ONEWIRE
04E6 00         723          NOP                   ; Delay
04E7 00         724          NOP
04E8 00         725          NOP
04E9 00         726          NOP
04EA DCE5       727          DS1820_WR_NX:DJNZ R4,DS1820_WR_LOOP ; Do Until 8
                                           Times
04EC 22         728          RET
                                           ;-----
                                           ;DS1820 Reset
                                           ;-----
04ED C2A7       732          DS1820_RST: CLR ONEWIRE ; Clear ONEWIRE
04EF B1A6       733          ACALL DELAY_1ms      ; Delay
04F1 D2A7       734          SETB  ONEWIRE          ; Set ONEWIRE
04F3 7C08       735          MOV   R4,#8           ; Delay
04F5 DCFE       736          DJNZ  R4,$
04F7 22         737          RET
                                           ;-----
                                           ;DS1820 Receive Presence Pulse
                                           ;-----
04F8 7C08       741          DS1820_PRES: MOV R4,#8 ; Set Loop Wait 1
04FA 7B00       742          DS1820_PRES_1: MOV R3,#0 ; Set Loop Wait 2
04FC 30A705     743          DS1820_PRES_2: JNB ONEWIRE,DS1820_PRES_3 ; Check
                                           ONEWIRE Was Clear?
04FF DBFB       744          DJNZ  R3,DS1820_PRES_2 ; Wait Loop Check 2
0501 DCF7       745          DJNZ  R4,DS1820_PRES_1 ; Wait Loop Check 1
0503 22         746          RET
0504 30A7FD     747          DS1820_PRES_3: JNB ONEWIRE,$ ; Wait Until ONEWIRE Set
0507 7C08       748          MOV   R4,#8           ; Delay
0509 DCFE       749          DJNZ  R4,$
050B C278       750          CLR   BUSY            ; Clear BUSY Flag
050D 22         751          RET
                                           ;-----
                                           ;LCD Initialize
                                           ;-----
050E B1BB       755          INIT_LCD: ACALL DELAY_100ms ;Delay
0510 C2B6       756          CLR   LCD_RS          ; Clear LCD_RS Pin
0512 758038     757          MOV   P0,#00111000B  ; 8 bit Mode
0515 B141       758          ACALL LCD_CLK         ; Pulse LCD Clock
0517 B1AE       759          ACALL DELAY_10ms     ; Delay
0519 758038     760          MOV   P0,#00111000B  ; 8 bit Mode
051C B141       761          ACALL LCD_CLK         ; ; Pulse LCD Clock
051E B139       762          ACALL LCD_OFF        ; Display Off
0520 B129       763          ACALL LCD_CLR        ; Clear Display
0522 758006     764          MOV   P0,#00000110B  ; Entry Mode
0525 B141       765          ACALL LCD_CLK         ; Pulse LCD Clock
0527 B131       766          ACALL LCD_HOME       ; Return Home Display
                                           ;-----
                                           ;LCD Clear Display
                                           ;-----
0529 C2B6       770          LCD_CLR: CLR LCD_RS  ; Clear LCD_RS Pin
052B 758001     771          MOV   P0,#00000001B  ; DDisplay Clear
052E B141       772          ACALL LCD_CLK         ; Pulse LCD Clock
0530 22         773          RET
                                           ;-----
                                           ;LCD Return Home
                                           ;-----
0531 C2B6       777          LCD_HOME: CLR LCD_RS ; Clear LCD_RS Pin
0533 758002     778          MOV   P0,#00000010B  ; Return Home
0536 B141       779          ACALL LCD_CLK         ; Pulse LCD Clock
0538 22         780          RET
                                           ;-----
                                           ;LCD Display Off
                                           ;-----
0539 C2B6       784          LCD_OFF: CLR LCD_RS  ; Clear LCD_RS Pin
053B 758008     785          MOV   P0,#00001000B  ; Display Off
053E B141       786          ACALL LCD_CLK         ; Pulse LCD Clock

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพียงครั้งเดียวเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0540 22      787      RET
              788      ;-----
              789      ;LCD CLK
              790      ;-----
0541 D2B7    791      LCD_CLK: SETB LCD_EN      ; Pulse Clock to LCD_EN
0543 B189    792      ACALL LCD_DELAY
0545 C2B7    793      CLR LCD_EN
0547 B189    794      ACALL LCD_DELAY
0549 22      795      RET
              796      ;-----
              797      ;LCD Display On
              798      ;-----
054A C2B6    799      LCD_ON: CLR LCD_RS      ; Clear LCD_RS Pin
054C 75800C  800      MOV P0,#00001100B      ; Display On
054F B141    801      ACALL LCD_CLK      ; Pulse LCD Clock
0551 22      802      RET
              803      ;-----
              804      ;LCD Cursor On
              805      ;-----
0552 C2B6    806      LCD_BLINK: CLR LCD_RS  ; Clear LCD_RS Pin
0554 75800F  807      MOV P0,#00001111B  ; Display Cursor and Blink
0557 B141    808      ACALL LCD_CLK      ; Pulse LCD Clock
0559 22      809      RET
              810      ;-----
              811      ;Set LCD Address
              812      ;-----
055A C2B6    813      SET_ADDR_LCD: CLR LCD_RS ; Clear LCD_RS Pin
055C E530    814      MOV A,LCD_ADDR      ; Move LCD_ADDR to ACC.
055E D2E7    815      SETB ACC.7          ; Set Bit ACC.7
0560 F580    816      MOV P0,A            ; Move to DATABUS
0562 B141    817      ACALL LCD_CLK      ; Pulse LCD Clock
0564 22      818      RET
              819      ;-----
              820      ;Write Character to show LCD
              821      ;-----
0565 D2B6    822      WRCHAR_LCD: SETB LCD_RS ; Set LCD_RS Pin
0567 853180  823      MOV P0,LCD_DATA      ; Move LCD_DATA to DATABUS
056A B141    824      ACALL LCD_CLK      ; Pulse LCD Clock
056C B14A    825      ACALL LCD_ON      ; Display On
056E 22      826      RET
              827      ;-----
              828      ;Write Line of 16 Character from ROM
              829      ;-----
056F 7800    830      WRLINE_LCD: MOV R0,#0   ; Clear Loop counter
0571 D2B6    831      WRLINE_LCD_1: SETB LCD_RS ; Set LCD_RS Pin
0573 E4      832      CLR A              ; CClesr ACC.
0574 93      833      MOVC A,@A+DPTR      ; Move data from @DPTR
                                to ACC.
0575 F580    834      MOV P0,A            ; Move ACC. to DATABUS
0577 B141    835      ACALL LCD_CLK      ; Pulse LCD Clock
0579 A3      836      INC DPTR          ; Increase Pointer
057A 08      837      INC R0            ; Increase Loop counter
057B B810F3  838      CJNE R0,#16,WRLINE_LCD_1 ; Do until 8 times
057E B14A    839      ACALL LCD_ON      ; Display On
0580 22      840      RET
              841      ;-----
              842      ;Sub Delay
              843      ;-----
0581 750612  844      ONEWIRE_DELAY: MOV 6,#012H ; Each Loop = 75 us
0584 00      845      ONEWIRE_DELAY_1: NOP
0585 00      846      NOP
0586 DEFC    847      DJNZ R6,ONEWIRE_DELAY_1
0588 22      848      RET
              849      ;-----
0589 750702  850      LCD_DELAY: MOV 7,#002     ; Do 2 times
058C 7506E6  851      LCD_DELAY_1: MOV 6,#0E6H  ; Each Loop = 1 ms
058F 00      852      LCD_DELAY_2: NOP
0590 00      853      NOP
0591 DEFC    854      DJNZ R6,LCD_DELAY_2
0593 DFF7    855      DJNZ R7,LCD_DELAY_1
0595 22      856      RET
              857      ;-----
0596 75060C  858      DELAY_50us: MOV 6,#00CH ; Each Loop = 50 us

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0599 00      859      DELAY_50us_1: NOP
059A 00      860      NOP
059B DEFC    861      DJNZ R6,DELAY_50us_1
059D 22      862      RET
              863
059E 750617  864      DELAY_100us: MOV 6,#017H ; Each Loop = 100 us
05A1 00      865      DELAY_100us_1: NOP
05A2 00      866      NOP
05A3 DEFC    867      DJNZ R6,DELAY_100us_1
05A5 22      868      RET
              869
05A6 7506E6  870      DELAY_1ms: MOV 6,#0E6H ; Each Loop = 1 ms
05A9 00      871      DELAY_1ms_1: NOP
05AA 00      872      NOP
05AB DEFC    873      DJNZ R6,DELAY_1ms_1
05AD 22      874      RET
              875
05AE 75070A  876      DELAY_10ms: MOV 7,#010 ; Do 10 times
05B1 7506E6  877      DELAY_10ms_1: MOV 6,#0E6H ; Each Loop = 1 ms
05B4 00      878      DELAY_10ms_2: NOP
05B5 00      879      NOP
05B6 DEFC    880      DJNZ R6,DELAY_10ms_2
05B8 DFF7    881      DJNZ R7,DELAY_10ms_1
05BA 22      882      RET
              883
05BB 750764  884      DELAY_100ms: MOV 7,#100 ; Do 100 times
05BE 7506E6  885      DELAY_100ms_1: MOV 6,#0E6H ; Each Loop = 1 ms
05C1 00      886      DELAY_100ms_2: NOP
05C2 00      887      NOP
05C3 DEFC    888      DJNZ R6,DELAY_100ms_2
05C5 DFF7    889      DJNZ R7,DELAY_100ms_1
05C7 22      890      RET
              891
05C8 750564  892      DELAY_1s: MOV 5,#100 ; Do 100 times
05CB B1AE    893      DELAY_1s_1: ACALL DELAY_10ms
05CD DDFC    894      DJNZ R5,DELAY_1s_1
05CF 22      895      RET
              896
              897
05D0 20202E  898      TITLE_1: DB ' . ',0DFH,'C OFF'
05D4 20DF4320
05D8 20202020
05DC 204F4646
05E0 202020DF 899      TITLE_2: DB ' ',0DFH,'C : '
05E4 43202020
05E8 20202020
05EC 203A2020
05F0 436F6E74 900      KEY_CON: DB 'Continue'
05F4 696E7565
05F8 2020204F 901      RELAY_ON: DB ' ON'
05FC 4E
05FD 20204F46 902      RELAY_OFF: DB ' OFF'
0601 46
0602 54494D45 903      TIMER_ON: DB 'TIMER'
0606 52
0607 494E5055 904      INPUT_KEY: DB 'INPUT'
060B 54
              905
              0123456789ABCDEF
060C 2050524F 906      TITLE1: DB ' PROGRAMMABLE '
0610 4752414D
0614 4D41424C
0618 45202020
061C 2054454D 907      TITLE2: DB ' TEMPERATURE '
0620 50455241
0624 54555245
0628 20202020
062C 20434F4E 908      TITLE3: DB ' CONTROLLER '
0630 54524F4C
0634 4C455220
0638 20202020
063C 20204279 909      TITLE4: DB ' By S.KARNTIP '
0640 20532E4B
0644 41524E54

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0648 49502020
064C 20532E47 910 TITLE5: DB ' S.GUSONPOONJIT '
0650 55534F4E
0654 504F4F4E
0658 4A495420
0000= 911 ;-----
912 END
```



ภาคผนวก ก.
การใช้งานเครื่อง



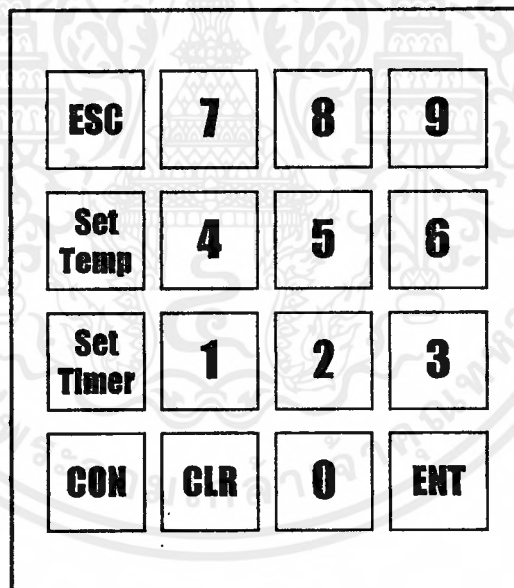
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานเครื่อง

ในการใช้งานเครื่องเราต้องทราบก่อนว่าเราจะควบคุมอะไร ถ้าควบคุมเครื่องทำความร้อน ต้องตั้งค่าให้อุณหภูมิสูงกว่าค่าที่วัดอยู่ขณะนั้น และถ้าควบคุมเครื่องทำความเย็นต้องตั้งค่าให้อุณหภูมิต่ำกว่าค่าที่วัดอยู่ขณะนั้น ไม่เช่นนั้นเครื่องจะทำงานผิดพลาด

การใช้งานเครื่องแบ่งออกเป็น 4 แบบ ดังนี้

1. ใช้เป็นตัววัดอุณหภูมิทั่วไป
2. ใช้เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิแบบทำงานครั้งเดียว ไม่มีการตั้ง Timer
3. ใช้เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิแบบทำงานครั้งเดียว มีการตั้ง Timer
4. ใช้เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิแบบทำงานต่อเนื่อง (Continue)



รูปที่ 10 แสดงปุ่มกดต่างๆ

แบบที่ 1 ใช้เป็นตัววัดอุณหภูมิทั่วไป

Sensor Temp.	Output Status
029.0°C	OFF
000°C	000:00
Set Temp.	Timer (Min)

รูปที่ 11 แสดงหน้าจอแบบที่ 1

การใช้งานใช้เป็นตัววัดอุณหภูมิ สามารถทำการวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0 องศาเซลเซียส ถึง 125 องศาเซลเซียส โดยเราไม่ต้องป้อนข้อมูลใดๆ ให้กับเครื่อง

แบบที่ 2 ใช้เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิแบบทำงานครั้งเดียว ไม่มีการตั้ง Timer

ในแบบนี้เราสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 1 องศาเซลเซียส ถึง 120 องศาเซลเซียส โดยต้องป้อนข้อมูลให้กับเครื่องเสียก่อน ซึ่งค่าที่เราจะป้อนลงมีเพียงค่าอุณหภูมิที่เราจะควบคุมเท่านั้น โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. เมื่อเครื่องแสดงหน้าจอเป็นแบบใช้เป็นตัววัดอุณหภูมิทั่วไป ให้เรากดปุ่ม Input Data ตรง Output Status จะเปลี่ยนเป็น INPUT เครื่องพร้อมที่จะรับข้อมูลแล้ว
2. กดปุ่ม Set Temp. เครื่องจะปรากฏที่หลักกร้อยของ Set Temp. ให้เราป้อนค่าลงไป 3 หลัก เช่นต้องการอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ให้กดปุ่ม 0 , 1 , 0
3. ให้กดปุ่ม ENT (Enter) เมื่อกดเสร็จแล้วหน้าจอจะแสดงดังรูป 12

Sensor Temp.	Output Status
029.0°C	ON
010°C	000:00
Set Temp.	Timer (Min)

รูปที่ 12 แสดงหน้าจอแบบที่ 2

เมื่อเราป้อนข้อมูลเสร็จ เอาดัฟุจะต่อวงจรเครื่องก็จะเริ่มทำงาน ขณะนี้เราไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ ถ้าต้องการเปลี่ยนค่าต้องรีเซ็ตเครื่องให้เครื่องเริ่มทำงานใหม่ เมื่อเครื่องที่เราควบคุมทำงานเกินอุณหภูมิที่เราตั้งไว้เอาดัฟุจะตัดวงจร เครื่องจะหยุดทำงานเอง และจะไปเริ่มต้นใหม่ในแบบที่ 1 เราสามารถป้อนข้อมูลใหม่ได้

แบบที่ 3 ใช้เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิแบบทำงานครั้งเดียว มีการตั้ง Timer

ในแบบนี้เราสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 1 องศาเซลเซียส ถึง 120 องศาเซลเซียส และสามารถตั้งเวลา (Timer) ว่าจะให้อีกกี่นาทีจะทำงาน โดยสามารถตั้งเวลาได้ตั้งแต่ 1 นาที ถึง 255 นาที (4 ชั่วโมง 15 นาที) เมื่อเรากดค่าเสร็จ จอแสดงผลก็จะเปลี่ยนเป็นรูปที่ 13 เวลาที่จะเริ่มลดลงทีละ 1 วินาที จนถึงศูนย์จอแสดงผลก็จะเปลี่ยนไปเป็นรูปที่ 12 เอาดัฟุจะต่อวงจรเครื่องก็จะเริ่มทำงาน และเราไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ ถ้าต้องการเปลี่ยนค่าต้องรีเซ็ตเครื่องให้เครื่องเริ่มทำงานใหม่ เมื่อเครื่องที่เราควบคุมทำงานเกินอุณหภูมิที่เราตั้งไว้เอาดัฟุจะตัดวงจร เครื่องจะหยุดทำงานเอง และจะไปเริ่มต้นใหม่ในแบบที่ 1 เราสามารถป้อนข้อมูลใหม่ได้

Sensor Temp.	Output Status
029.0°C	TIMER
110°C	045:00

Set Temp. Timer (Min)

รูปที่ 13 แสดงหน้าจอแบบที่ 3

โดยขั้นตอนป้อนข้อมูลมีดังนี้

1. เมื่อเครื่องแสดงหน้าจอเป็นแบบใช้เป็นตัววัดอุณหภูมิทั่วไป ให้เรากดปุ่ม Input Data ตรง Output Status จะเปลี่ยนเป็น INPUT เครื่องพร้อมที่จะรับข้อมูลแล้ว
2. กดปุ่ม Set Temp. หรือ Set Timer ก่อนก็ได้เคอร์เซอร์จะปรากฏที่หลักร้อยของ Set Temp. หรือ Timer ให้เราป้อนค่าลงไป 3 หลัก เช่นต้องการอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ให้กดปุ่ม 1, 1, 0 และต้องการตั้ง Timer ให้อีก 45 นาที ทำงาน ก็ให้กดปุ่ม 0, 4, 5
3. ให้กดปุ่ม ENT (Enter) เมื่อกดเสร็จแล้วหน้าจอจะแสดงดังรูป 13

แบบที่ 4 ใช้เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิแบบทำงานต่อเนื่อง (Continue)

ในแบบนี้เราสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0 องศาเซลเซียส ถึง 120 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเป็นการทำงานแบบต่อเนื่องไม่การหยุดคือ ถ้าอุณหภูมิเกินกว่าที่เราตั้งไว้เอาต์พุตก็จะตัดวงจรเครื่องที่จะควบคุมก็จะหยุดทำงาน และเครื่องจะหน่วงเวลาไปประมาณ 3 นาที 30 วินาที และเมื่อครบเวลาที่หน่วงไปเครื่องจะทำการตรวจสอบอุณหภูมิว่ายังเกินอยู่หรือไม่ ถ้าเกินอยู่เครื่องจะกลับไปทำงานแบบขั้นต้น แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำหรือสูงกว่า เอาต์พุตก็จะตัดวงจรเครื่องที่จะควบคุมก็จะเริ่มทำงาน และเมื่ออุณหภูมิเกินเครื่องก็จะไปทำงานแบบขั้นต้น และจะทำงานซ้ำไปแบบนี้ตลอดจนกว่าจะมีการรีเซ็ตเครื่องให้เครื่องกลับมาทำงานใหม่ ถ้าต้องการจะเปลี่ยนแปลงข้อมูลใหม่ต้องรีเซ็ตเครื่องอย่างเดียวโดยเมื่อป้อนข้อมูลเสร็จ จอแสดงผลจะเปลี่ยนไปเป็นรูปที่ 14

Sensor Temp.	Output Status
029.0°C	ON
010°C	Continue

Set Temp.	Timer (Min)

รูปที่ 14 แสดงหน้าจอแบบที่ 4

โดยขั้นตอนป้อนข้อมูลมีดังนี้

1. เมื่อเครื่องแสดงหน้าจอเป็นแบบใช้เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิทั่วไป ให้เรากดปุ่ม Input Data ตรง Output Status จะเปลี่ยนเป็น INPUT เครื่องพร้อมที่จะรับข้อมูลแล้ว
2. กดปุ่ม Set Temp. เคอร์เซอร์จะปรากฏที่หลักร้อยของ Set Temp. ให้เราป้อนค่าลงไป 3 หลัก เช่นต้องการอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ให้กดปุ่ม 0 , 1 , 0
3. กดปุ่ม CON (Continue) ที่ตรงส่วน Timer จะขึ้นข้อความ Continue
4. ให้กดปุ่ม ENT (Enter) เมื่อกดเสร็จแล้วหน้าจอจะแสดงดังรูป 14

Sensor Temp.	Output Status
029.0°C	OFF
010°C	Continue

Set Temp.	Timer (Min)
-----------	-------------

รูปที่ 15 แสดงหน้าจอแบบที่ 4 เมื่อเอาต์พุตตัดวงจร

หมายเหตุ ถ้าเราป้อนข้อมูลผิด เช่น ต้องการเลข 045 แต่เรากด 4 , 5 ซึ่งผิดเราต้องกด 0, 4, 5 ให้เรากดไปให้ครบ 3 หลัก แล้วทำการป้อนข้อมูลใหม่ ปุ่ม CLR (Clear) ไว้ทำการเคลียร์ค่าที่เราตั้งเมื่อเรากดค่าแล้วเราไม่ต้องการค่าที่ป้อนไป ส่วนปุ่ม ESC ใช้ยกเลิกการป้อนข้อมูลเมื่อกดปุ่มนี้ โปรแกรมจะคืนค่า Set Temp. และ Set Timer ก่อนหน้าที่เราจะเข้ามาป้อนข้อมูล และจะออกไปเริ่มต้นใหม่ และอีกอย่างหนึ่งค่าอุณหภูมิที่อยู่ใกล้ 0 องศาเซลเซียส และใกล้ 120 องศาเซลเซียส ที่จะใช้ควบคุมต้องไม่เปลี่ยนแปลงเร็วมาก ต้องค่อยๆ เข้าใกล้เครื่องถึงจะทำงานได้สมบูรณ์

ภาคผนวก ง.

DATA SHEET

- **AT89C51**
- **DS1820**
- **MM74C922**
- **CD74HC541**
- **LCD 16x2**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

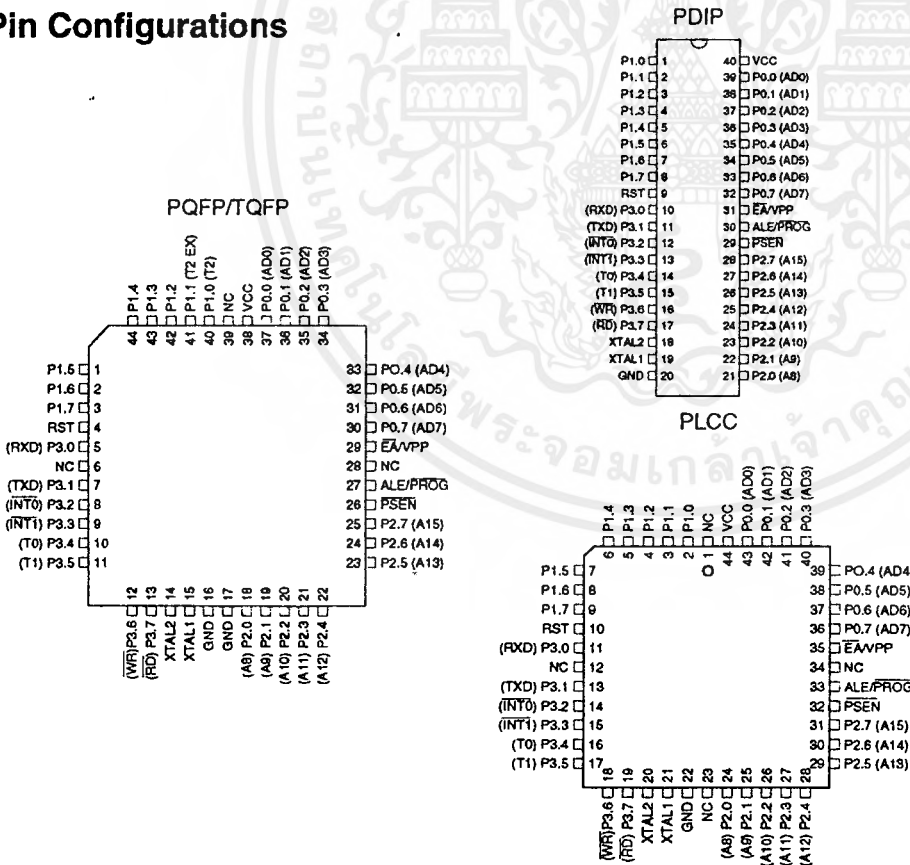
Features

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

Description

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

Pin Configurations



8-bit Microcontroller with 4K Bytes Flash

AT89C51

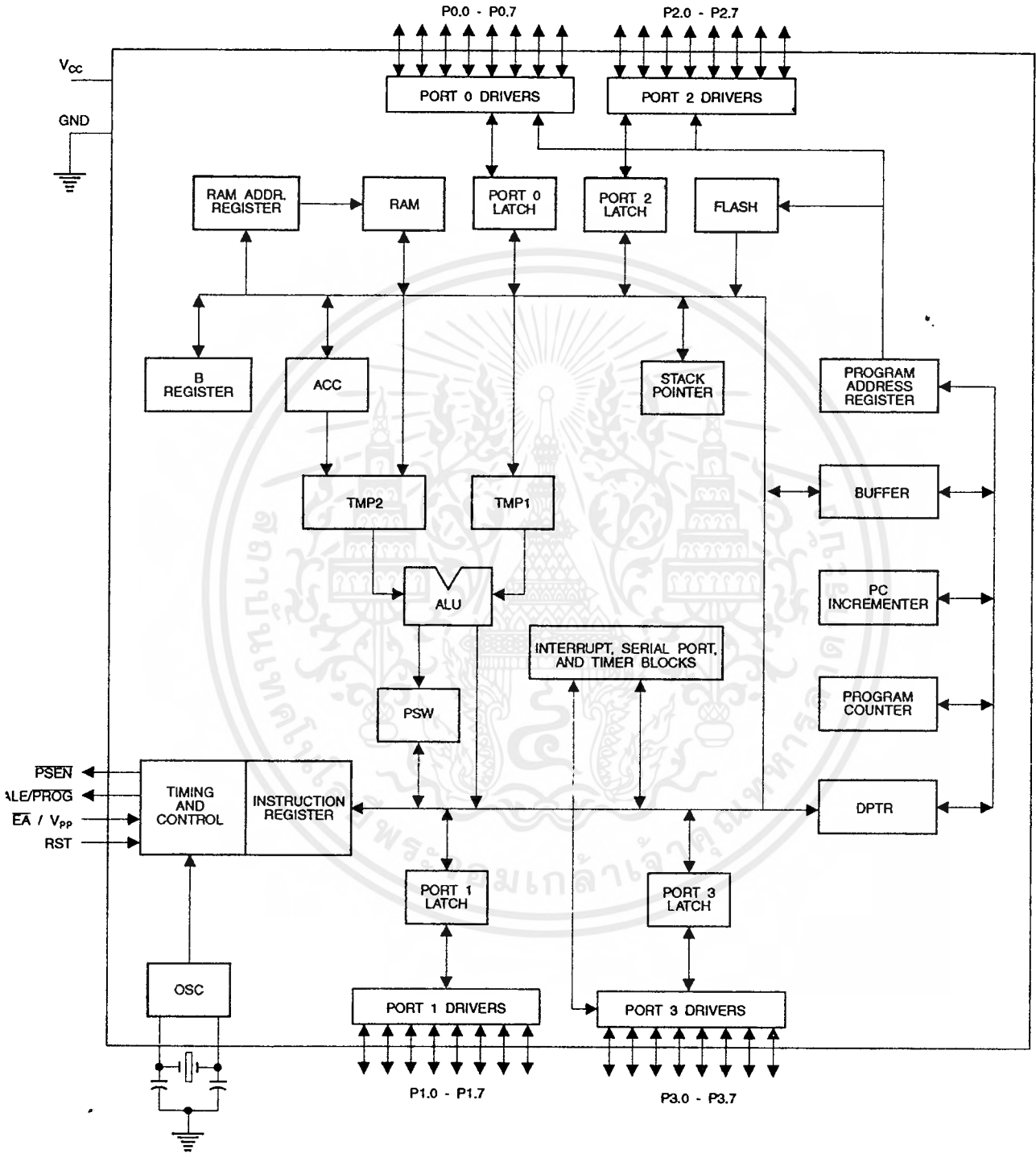
Rev. 0265G-02/00



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT89C51

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

Pin Description

VCC

Supply voltage.

GND

Ground.

Port 0

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

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

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

Port 1

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

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

Port 2

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

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

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

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

Port 3

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

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

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

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

RST

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

ALE/ \overline{PROG}

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

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





pulse is skipped during each access to external Data Memory.

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

PSEN

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

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

EA/VPP

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

EA should be strapped to VCC for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (Vpp) during Flash programming, for parts that require 12-volt Vpp.

XTAL1

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

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Oscillator Characteristics

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

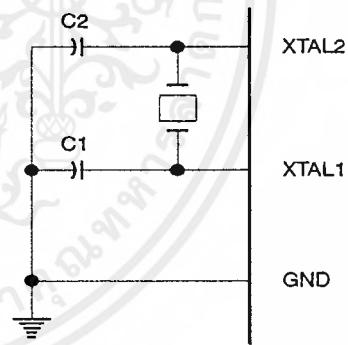
unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Idle Mode

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

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

Figure 1. Oscillator Connections



Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

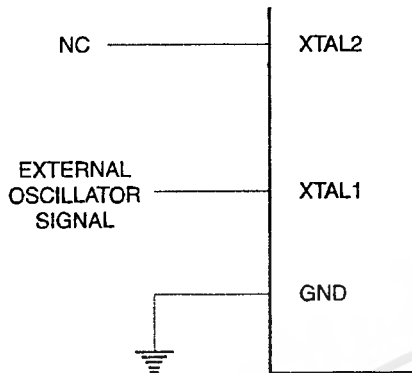
Status of External Pins During Idle and Power-down Modes

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT89C51

Figure 2. External Clock Drive Configuration



Power-down Mode

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

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

Program Memory Lock Bits

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

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

Lock Bit Protection Modes

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





Programming the Flash

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

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

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

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

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

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise \overline{EAV}_{PP} to 12V for the high-voltage programming mode.
5. Pulse ALE/ \overline{PROG} once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 1.5 ms. Repeat steps 1 through 5, changing the address

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

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

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

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

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

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

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

Programming Interface

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

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

AT89C51

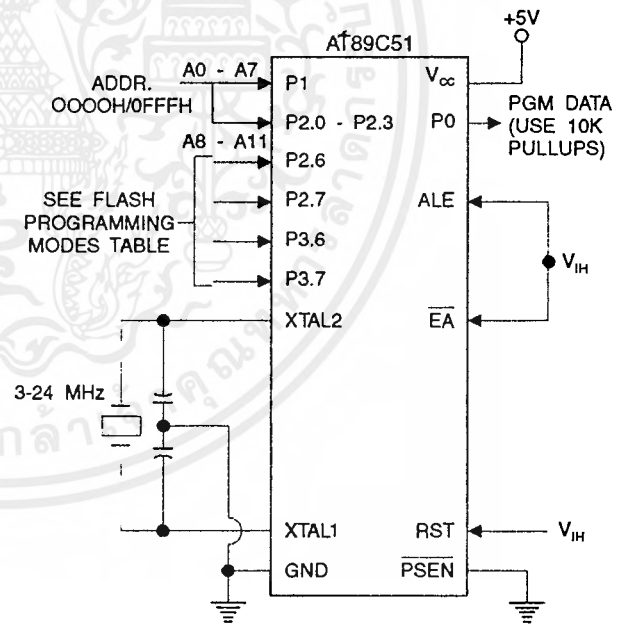
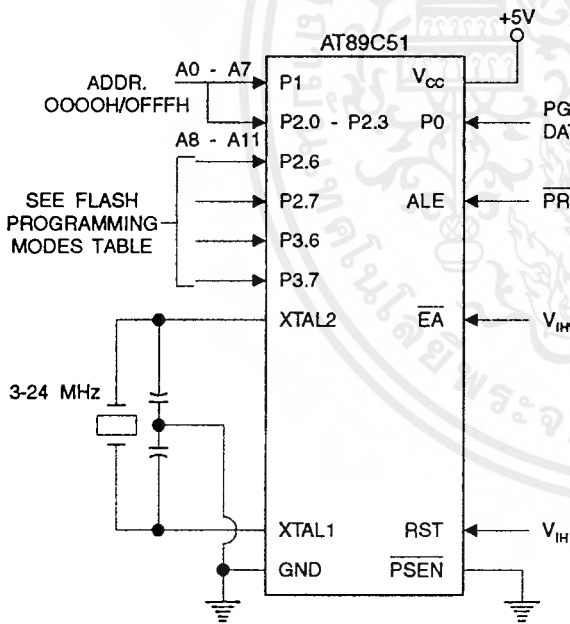
Flash Programming Modes

Mode	RST	PSEN	ALE/PROG	EA/V _{pp}	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7
Write Code Data	H	L		H/12V	L	H	H	H
Read Code Data	H	L	H	H	L	L	H	H
Write Lock	H	L		H/12V	H	H	H	H
				H/12V	H	H	L	L
				H/12V	H	L	H	L
Chip Erase	H	L	(1)	H/12V	H	L	L	L
Read Signature Byte	H	L	H	H	L	L	L	L

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

Figure 3. Programming the Flash

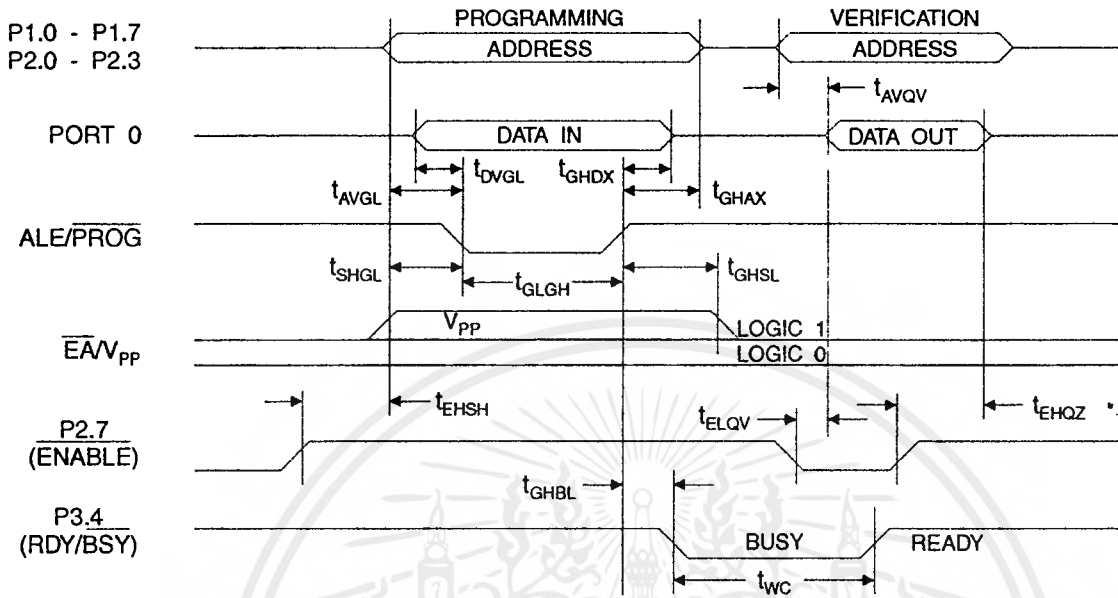
Figure 4. Verifying the Flash



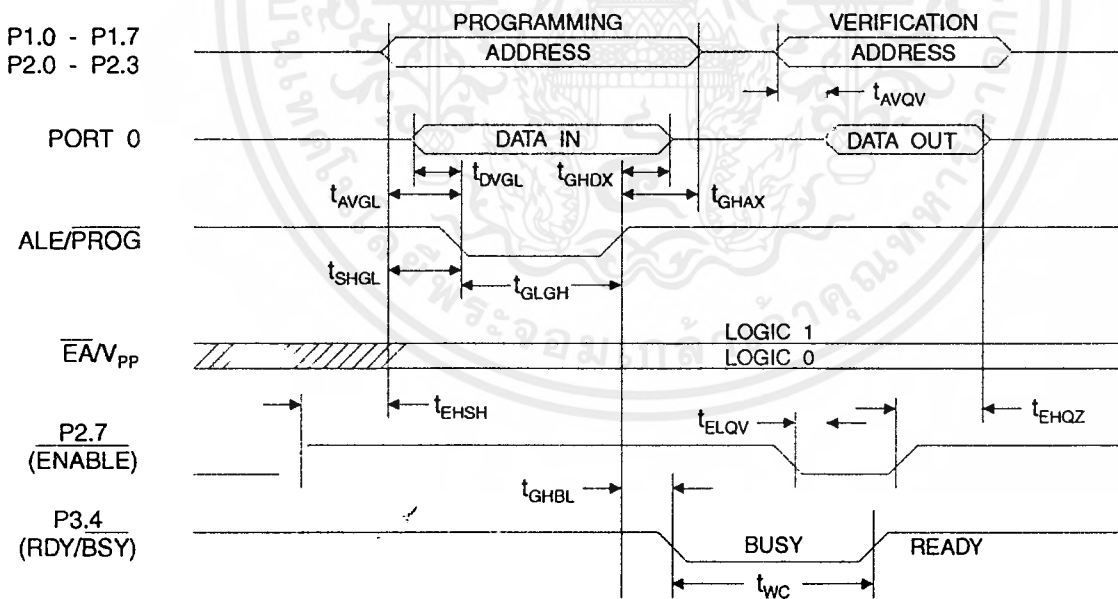
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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



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



AT89C51

Flash Programming and Verification Characteristics

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

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$V_{PP}^{(1)}$	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
$I_{PP}^{(1)}$	Programming Enable Current		1.0	mA
$f_{A_{CLCL}}$	Oscillator Frequency	3	24	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHAX}	Address Hold After $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHDX}	Data Hold After $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
t_{EHS}	P2.7 ($\overline{\text{ENABLE}}$) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		μs
$t_{GHSL}^{(1)}$	V_{PP} Hold After $\overline{\text{PROG}}$	10		μs
t_{GLGH}	$\overline{\text{PROG}}$ Width	1	110	μs
t_{AVQV}	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{ELQV}	$\overline{\text{ENABLE}}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{EHOZ}	Data Float After $\overline{\text{ENABLE}}$	0	$48t_{CLCL}$	
t_{GHBL}	$\overline{\text{PROG}}$ High to $\overline{\text{BUSY}}$ Low		1.0	μs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

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





Absolute Maximum Ratings*

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

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

DC Characteristics

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

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low-voltage	(Except \overline{EA})	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
V_{IL1}	Input Low-voltage (\overline{EA})		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
V_{IH}	Input High-voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{IH1}	Input High-voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{OL}	Output Low-voltage ⁽¹⁾ (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OL1}	Output Low-voltage ⁽¹⁾ (Port 0, ALE, \overline{PSEN})	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OH}	Output High-voltage (Ports 1,2,3, ALE, \overline{PSEN})	$I_{OH} = -60 \mu\text{A}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -25 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -10 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
V_{OH1}	Output High-voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = -800 \mu\text{A}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -300 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -80 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	μA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-650	μA
I_{L1}	Input Leakage Current (Port 0, \overline{EA})	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		± 10	μA
RRST	Reset Pull-down Resistor		50	300	$\text{K}\Omega$
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		20	mA
		Idle Mode, 12 MHz		5	mA
	Power-down Mode ⁽²⁾	$V_{CC} = 6\text{V}$		100	μA
		$V_{CC} = 3\text{V}$		40	μA

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:

Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA

Maximum I_{OL} per 8-bit port: Port 0: 26 mA

Ports 1, 2, 3: 15 mA

Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA

If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.

2. Minimum V_{CC} for Power-down is 2V.

AT89C51

AC Characteristics

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

External Program and Data Memory Characteristics

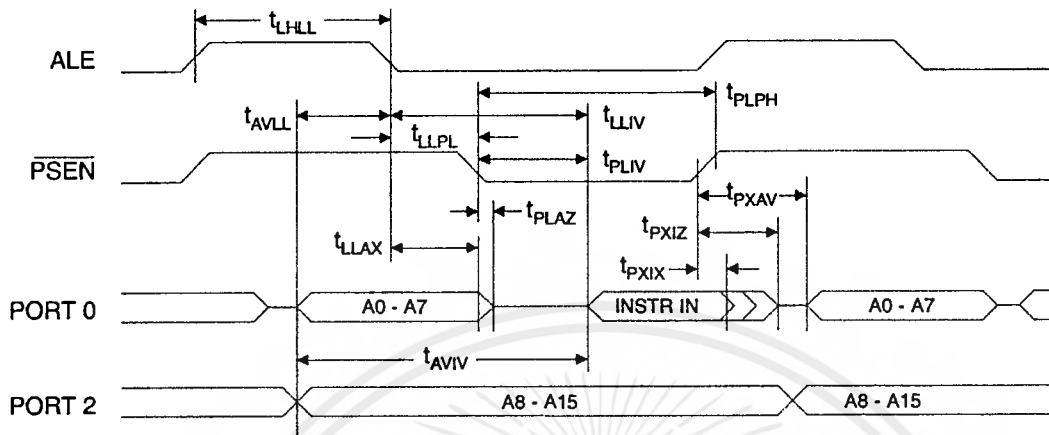
Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		16 to 24 MHz Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{\text{CLCL}}$	Oscillator Frequency			0	24	MHz
t_{LHLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{\text{CLCL}}-40$		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	43		$t_{\text{CLCL}}-13$		ns
t_{LLAX}	Address Hold After ALE Low	48		$t_{\text{CLCL}}-20$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



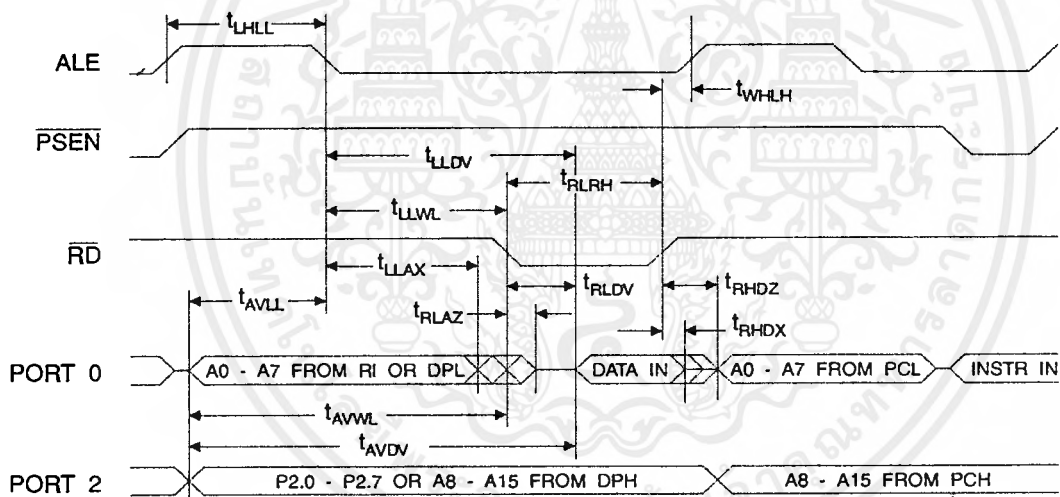
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



External Program Memory Read Cycle

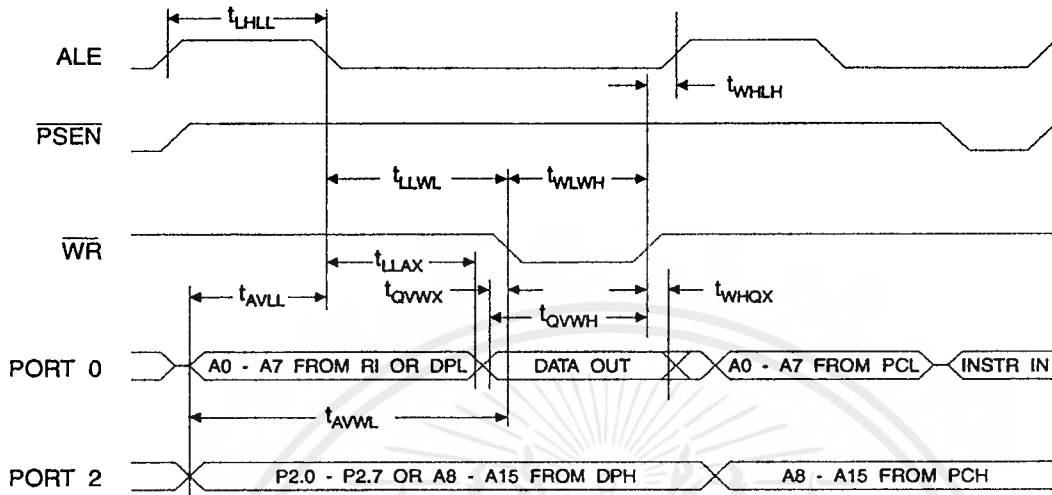


External Data Memory Read Cycle

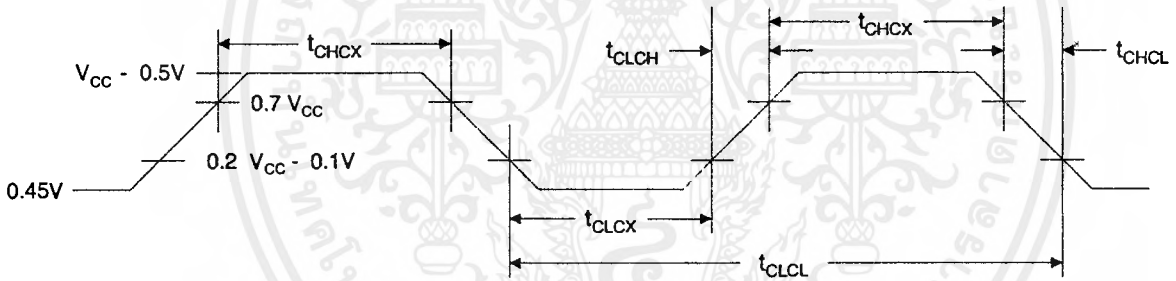


AT89C51

External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

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



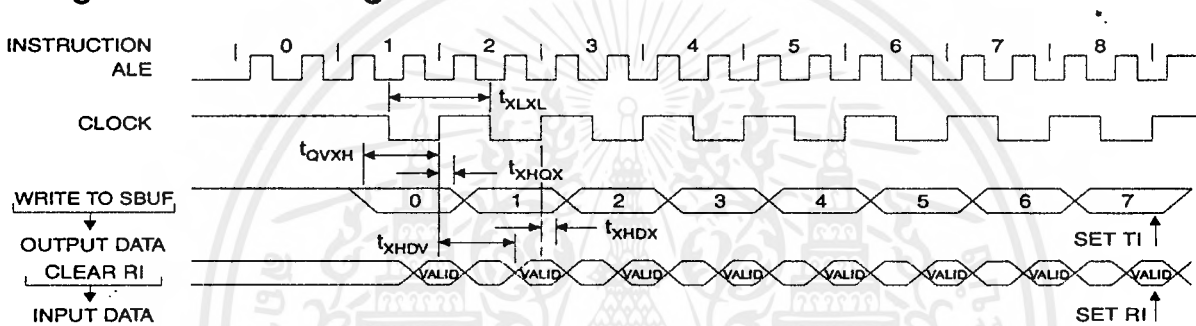


Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

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

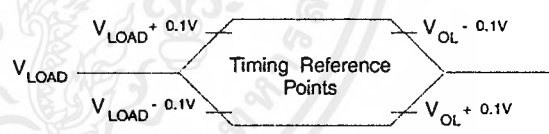
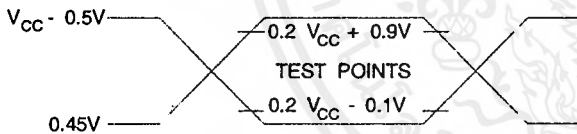
Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t_{XLXL}	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		μs
t_{QVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}-133$		ns
t_{XHGX}	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}-117$		ns
t_{XHDX}	Input Data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

Shift Register Mode Timing Waveforms



AC Testing Input/Output Waveforms⁽¹⁾

Float Waveforms⁽¹⁾



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

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

AT89C51

Ordering Information

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

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

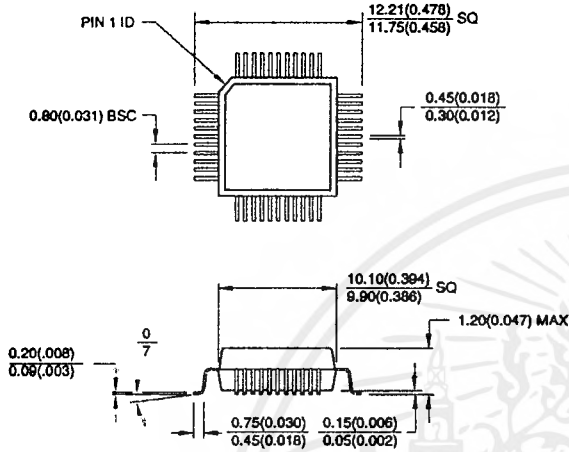


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



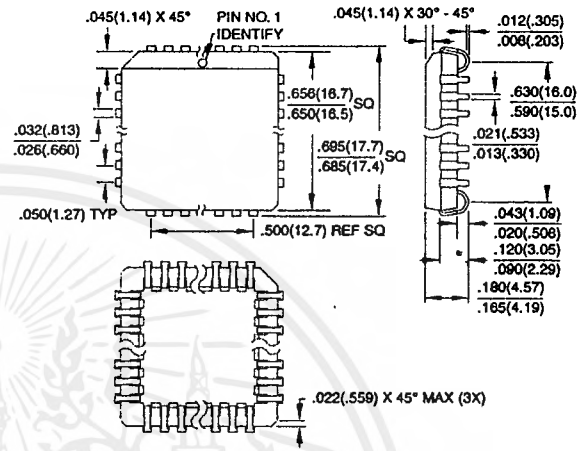
Packaging Information

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

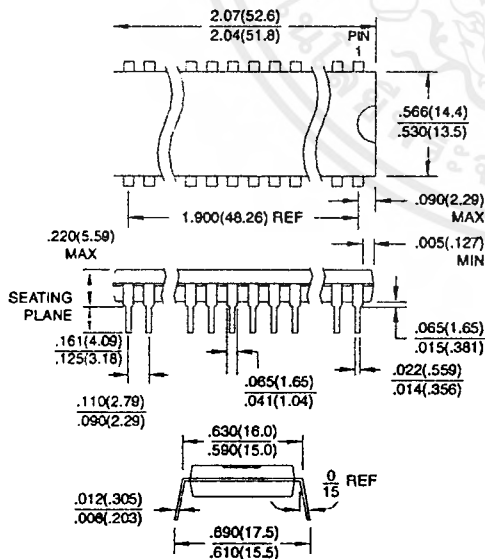


Controlling dimension: millimeters

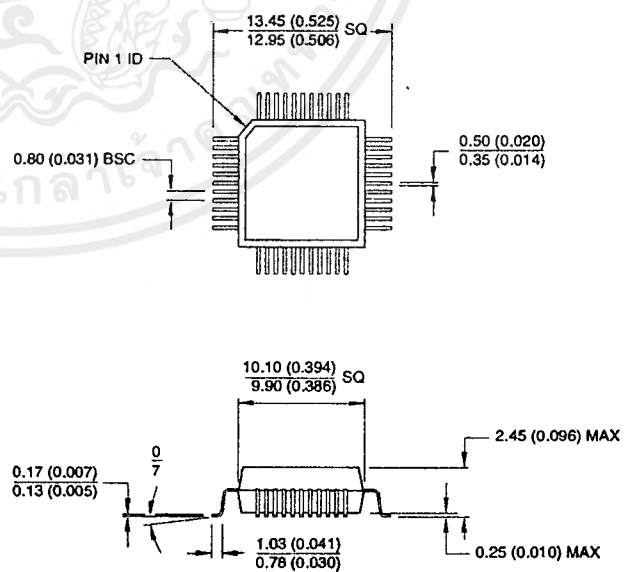
44J, 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
 Dimensions in Inches and (Millimeters)
 JEDEC STANDARD MS-018 AC



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



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



Controlling dimension: millimeters



Atmel Headquarters

Corporate Headquarters

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

Europe

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

Asia

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

Japan

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

Atmel Operations

Atmel Colorado Springs

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

Atmel Rousset

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

Fax-on-Demand

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

e-mail

literature@atmel.com

Web Site

<http://www.atmel.com>

BBS

1-(408) 436-4309

© Atmel Corporation 2000.

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

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

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



Printed on recycled paper.

0265G-02/00/xM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

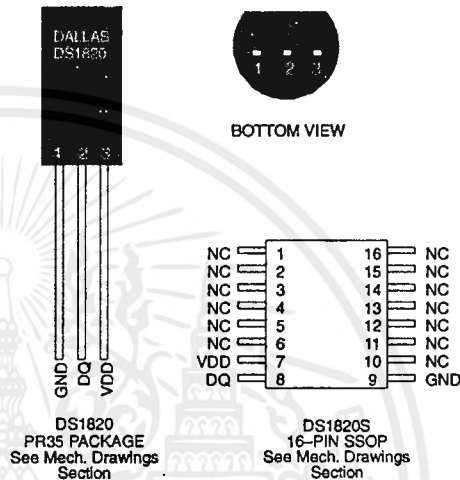
DALLAS SEMICONDUCTOR

DS1820 1-Wire™ Digital Thermometer

FEATURES

- Unique 1-Wire™ interface requires only one port pin for communication
- Multidrop capability simplifies distributed temperature sensing applications
- Requires no external components
- Can be powered from data line
- Zero standby power required
- Measures temperatures from -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ in 0.5°C increments. Fahrenheit equivalent is -67°F to $+257^{\circ}\text{F}$ in 0.9°F increments
- Temperature is read as a 9-bit digital value.
- Converts temperature to digital word in 200 ms (typ.)
- User-definable, nonvolatile temperature alarm settings
- Alarm search command identifies and addresses devices whose temperature is outside of programmed limits (temperature alarm condition)
- Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system

PIN ASSIGNMENT



PIN DESCRIPTION

GND	- Ground
DQ	- Data In/Out
V _{DD}	- Optional V _{DD}
NC	- No Connect

DESCRIPTION

The DS1820 Digital Thermometer provides 9-bit temperature readings which indicate the temperature of the device.

Information is sent to/from the DS1820 over a 1-Wire interface, so that only one wire (and ground) needs to be connected from a central microprocessor to a DS1820. Power for reading, writing, and performing temperature conversions can be derived from the data line itself with no need for an external power source.

Because each DS1820 contains a unique silicon serial number, multiple DS1820s can exist on the same 1-Wire bus. This allows for placing temperature sensors in many different places. Applications where this feature is useful include HVAC environmental controls, sensing temperatures inside buildings, equipment or machinery, and in process monitoring and control.

DETAILED PIN DESCRIPTION

PIN 16-PIN SSOP	PIN PR35	SYMBOL	DESCRIPTION
9	1	GND	Ground.
8	2	DQ	Data Input/Output pin. For 1-Wire operation: Open drain. (See "Parasite Power" section.)
7	3	V _{DD}	Optional V _{DD} pin. See "Parasite Power" section for details of connection.

DS1820S (16-pin SSOP): All pins not specified in this table are not to be connected.

OVERVIEW

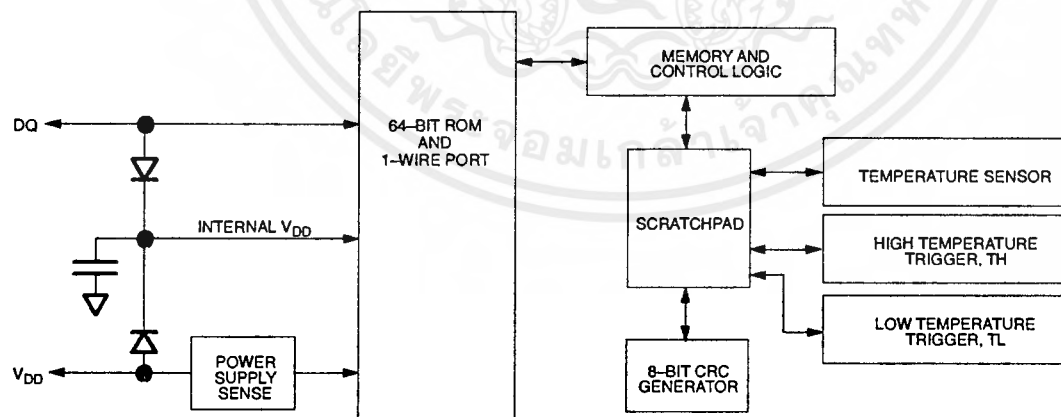
The block diagram of Figure 1 shows the major components of the DS1820. The DS1820 has three main data components: 1) 64-bit lasered ROM, 2) temperature sensor, and 3) nonvolatile temperature alarm triggers TH and TL. The device derives its power from the 1-Wire communication line by storing energy on an internal capacitor during periods of time when the signal line is high and continues to operate off this power source during the low times of the 1-Wire line until it returns high to replenish the parasite (capacitor) supply. As an alternative, the DS1820 may also be powered from an external 5 volts supply.

Communication to the DS1820 is via a 1-Wire port. With the 1-Wire port, the memory and control functions will not be available before the ROM function protocol has been established. The master must first provide one of five ROM function commands: 1) Read ROM, 2) Match ROM, 3) Search ROM, 4) Skip ROM, or 5) Alarm Search. These commands operate on the 64-bit lasered ROM portion of each device and can single out

a specific device if many are present on the 1-Wire line as well as indicate to the Bus Master how many and what types of devices are present. After a ROM function sequence has been successfully executed, the memory and control functions are accessible and the master may then provide any one of the six memory and control function commands.

One control function command instructs the DS1820 to perform a temperature measurement. The result of this measurement will be placed in the DS1820's scratchpad memory, and may be read by issuing a memory function command which reads the contents of the scratchpad memory. The temperature alarm triggers TH and TL consist of one byte EEPROM each. If the alarm search command is not applied to the DS1820, these registers may be used as general purpose user memory. Writing TH and TL is done using a memory function command. Read access to these registers is through the scratchpad. All data is read and written least significant bit first.

DS1820 BLOCK DIAGRAM Figure 1



PARASITE POWER

The block diagram (Figure 1) shows the parasite powered circuitry. This circuitry "steals" power whenever the I/O or V_{DD} pins are high. I/O will provide sufficient power as long as the specified timing and voltage requirements are met (see the section titled "1-Wire Bus System"). The advantages of parasite power are two-fold: 1) by parasiting off this pin, no local power source is needed for remote sensing of temperature, and 2) the ROM may be read in absence of normal power.

In order for the DS1820 to be able to perform accurate temperature conversions, sufficient power must be provided over the I/O line when a temperature conversion is taking place. Since the operating current of the DS1820 is up to 1 mA, the I/O line will not have sufficient drive due to the 5K pull-up resistor. This problem is particularly acute if several DS1820's are on the same I/O and attempting to convert simultaneously.

There are two ways to assure that the DS1820 has sufficient supply current during its active conversion cycle. The first is to provide a strong pull-up on the I/O line whenever temperature conversions or copies to the E^2 memory are taking place. This may be accomplished by using a MOSFET to pull the I/O line directly to the power supply as shown in Figure 2. The I/O line must be switched over to the strong pull-up within 10 μ s maximum after issuing any protocol that involves copying to the E^2 memory or initiates temperature conversions. When using the parasite power mode, the V_{DD} pin must be tied to ground.

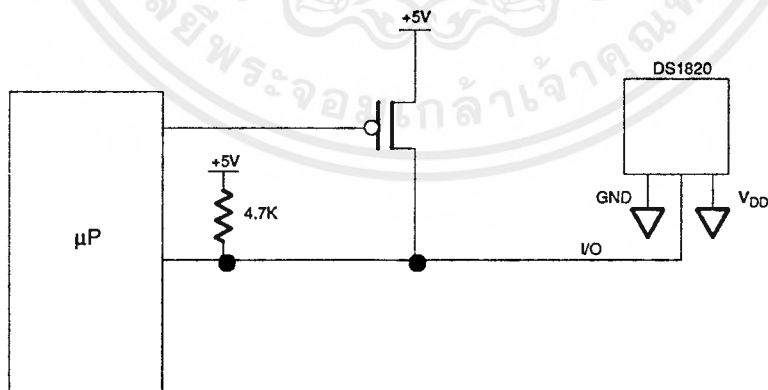
Another method of supplying current to the DS1820 is through the use of an external power supply tied to the

V_{DD} pin, as shown in Figure 3. The advantage to this is that the strong pull-up is not required on the I/O line, and the bus master need not be tied up holding that line high during temperature conversions. This allows other data traffic on the 1-Wire bus during the conversion time. In addition, any number of DS1820's may be placed on the 1-Wire bus, and if they all use external power, they may all simultaneously perform temperature conversions by issuing the Skip ROM command and then issuing the Convert T command. Note that as long as the external power supply is active, the GND pin may not be floating.

The use of parasite power is not recommended above 100°C, since it may not be able to sustain communications given the higher leakage currents the DS1820 exhibits at these temperatures. For applications in which such temperatures are likely, it is strongly recommended that V_{DD} be applied to the DS1820.

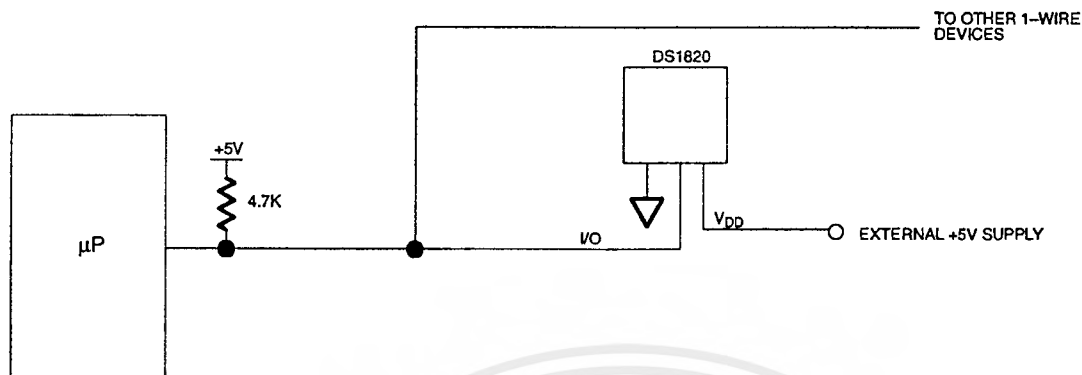
For situations where the bus master does not know whether the DS1820's on the bus are parasite powered or supplied with external V_{DD} , a provision is made in the DS1820 to signal the power supply scheme used. The bus master can determine if any DS1820's are on the bus which require the strong pull-up by sending a Skip ROM protocol, then issuing the read power supply command. After this command is issued, the master then issues read time slots. The DS1820 will send back "0" on the 1-Wire bus if it is parasite powered; it will send back a "1" if it is powered from the V_{DD} pin. If the master receives a "0", it knows that it must supply the strong pull-up on the I/O line during temperature conversions. See "Memory Command Functions" section for more detail on this command protocol.

STRONG PULL-UP FOR SUPPLYING DS1820 DURING TEMPERATURE CONVERSION Figure 2



030596 3/27

USING V_{DD} TO SUPPLY TEMPERATURE CONVERSION CURRENT Figure 3



OPERATION – MEASURING TEMPERATURE

The DS1820 measures temperature through the use of an on-board proprietary temperature measurement technique. A block diagram of the temperature measurement circuitry is shown in Figure 4.

The DS1820 measures temperature by counting the number of clock cycles that an oscillator with a low temperature coefficient goes through during a gate period determined by a high temperature coefficient oscillator. The counter is preset with a base count that corresponds to -55°C . If the counter reaches zero before the gate period is over, the temperature register, which is also preset to the -55°C value, is incremented, indicating that the temperature is higher than -55°C .

At the same time, the counter is then preset with a value determined by the slope accumulator circuitry. This circuitry is needed to compensate for the parabolic behavior of the oscillators over temperature. The counter is then clocked again until it reaches zero. If the gate period is still not finished, then this process repeats.

The slope accumulator is used to compensate for the non-linear behavior of the oscillators over temperature, yielding a high resolution temperature measurement. This is done by changing the number of counts necessary for the counter to go through for each incremental degree in temperature. To obtain the desired resolution, therefore, both the value of the counter and the number of counts per degree C (the value of the slope accumulator) at a given temperature must be known.

Internally, this calculation is done inside the DS1820 to provide 0.5°C resolution. The temperature reading is

provided in a 16-bit, sign-extended two's complement reading. Table 1 describes the exact relationship of output data to measured temperature. The data is transmitted serially over the 1-Wire interface. The DS1820 can measure temperature over the range of -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ in 0.5°C increments. For Fahrenheit usage, a lookup table or conversion factor must be used.

Note that temperature is represented in the DS1820 in terms of a $1/2^{\circ}\text{C}$ LSB, yielding the following 9-bit format:

MSB								LSB
1	1	1	0	0	1	1	1	0

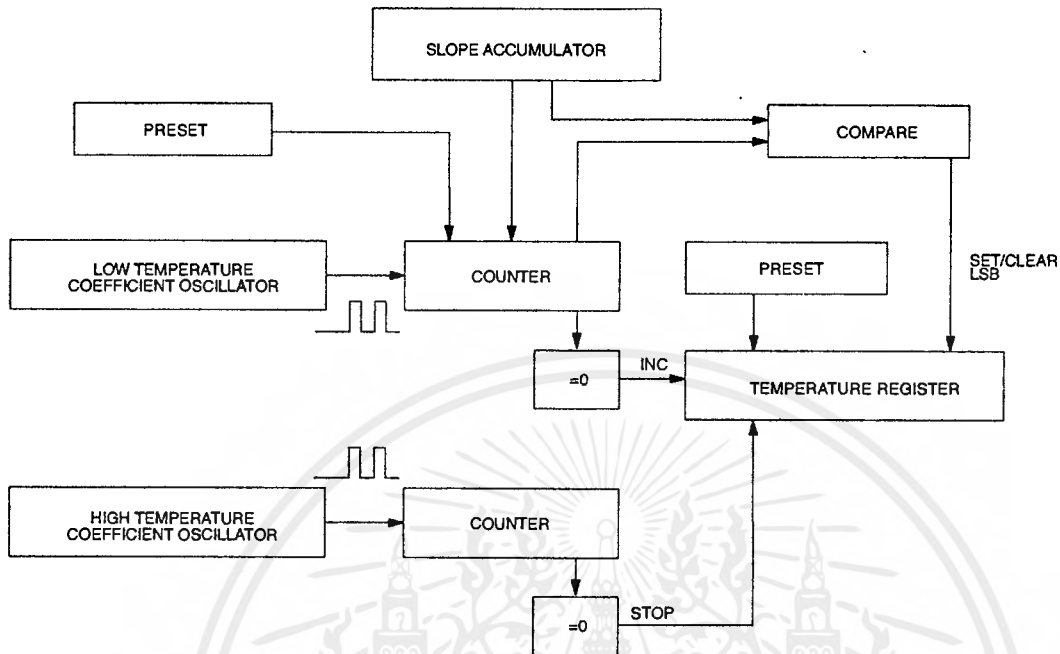
= -25°C

The most significant (sign) bit is duplicated into all of the bits in the upper MSB of the two-byte temperature register in memory. This "sign-extension" yields the 16-bit temperature readings as shown in Table 1.

Higher resolutions may be obtained by the following procedure. First, read the temperature, and truncate the 0.5°C bit (the LSB) from the read value. This value is TEMP_READ. The value left in the counter may then be read. This value is the count remaining (COUNT_REMAIN) after the gate period has ceased. The last value needed is the number of counts per degree C (COUNT_PER_C) at that temperature. The actual temperature may be then be calculated by the user using the following:

$$\text{TEMPERATURE} = \text{TEMP_READ} - 0.25 + \frac{(\text{COUNT_PER_C} - \text{COUNT_REMAIN})}{\text{COUNT_PER_C}}$$

TEMPERATURE MEASURING CIRCUITRY Figure 4



TEMPERATURE/DATA RELATIONSHIPS Table 1

TEMPERATURE	DIGITAL OUTPUT (Binary)	DIGITAL OUTPUT (Hex)
+125°C	00000000 11111010	00FA
+25°C	00000000 00110010	0032h
+1/2°C	00000000 00000001	0001h
+0°C	00000000 00000000	0000h
-1/2°C	11111111 11111111	FFFFh
-25°C	11111111 11001110	FFCEh
-55°C	11111111 10010010	FF92h

OPERATION – ALARM SIGNALING

After the DS1820 has performed a temperature conversion, the temperature value is compared to the trigger values stored in TH and TL. Since these registers are 8-bit only, the 0.5°C bit is ignored for comparison. The most significant bit of TH or TL directly corresponds to the sign bit of the 16-bit temperature register. If the result of a temperature measurement is higher than TH or lower than TL, an alarm flag inside the device is set.

This flag is updated with every temperature measurement. As long as the alarm flag is set, the DS1820 will respond to the alarm search command. This allows many DS1820s to be connected in parallel doing simultaneous temperature measurements. If somewhere the temperature exceeds the limits, the alarming device(s) can be identified and read immediately without having to read non-alarming devices.

64-BIT LASERED ROM

Each DS1820 contains a unique ROM code that is 64-bits long. The first eight bits are a 1-Wire family code (DS1820 code is 10h). The next 48 bits are a unique serial number. The last eight bits are a CRC of the first 56 bits. (See Figure 5.) The 64-bit ROM and ROM Function Control section allow the DS1820 to operate as a 1-Wire device and follow the 1-Wire protocol detailed in the section "1-Wire Bus System". The functions required to control sections of the DS1820 are not accessible until the ROM function protocol has been satisfied. This protocol is described in the ROM function protocol flowchart (Figure 6). The 1-Wire bus master must first provide one of five ROM function commands: 1) Read ROM, 2) Match ROM, 3) Search ROM, 4) Skip ROM, or 5) Alarm Search. After a ROM functions sequence has been successfully executed, the functions specific to the DS1820 are accessible and the bus master may then provide one of the six memory and control function commands.

CRC GENERATION

The DS1820 has an 8-bit CRC stored in the most significant byte of the 64-bit ROM. The bus master can compute a CRC value from the first 56-bits of the 64-bit ROM and compare it to the value stored within the DS1820 to determine if the ROM data has been received error-free by the bus master. The equivalent polynomial function of this CRC is:

$$\text{CRC} = X^8 + X^5 + X^4 + 1$$

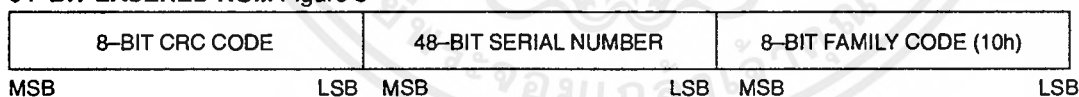
The DS1820 also generates an 8-bit CRC value using the same polynomial function shown above and pro-

vides this value to the bus master to validate the transfer of data bytes. In each case where a CRC is used for data transfer validation, the bus master must calculate a CRC value using the polynomial function given above and compare the calculated value to either the 8-bit CRC value stored in the 64-bit ROM portion of the DS1820 (for ROM reads) or the 8-bit CRC value computed within the DS1820 (which is read as a ninth byte when the scratchpad is read). The comparison of CRC values and decision to continue with an operation are determined entirely by the bus master. There is no circuitry inside the DS1820 that prevents a command sequence from proceeding if the CRC stored in or calculated by the DS1820 does not match the value generated by the bus master.

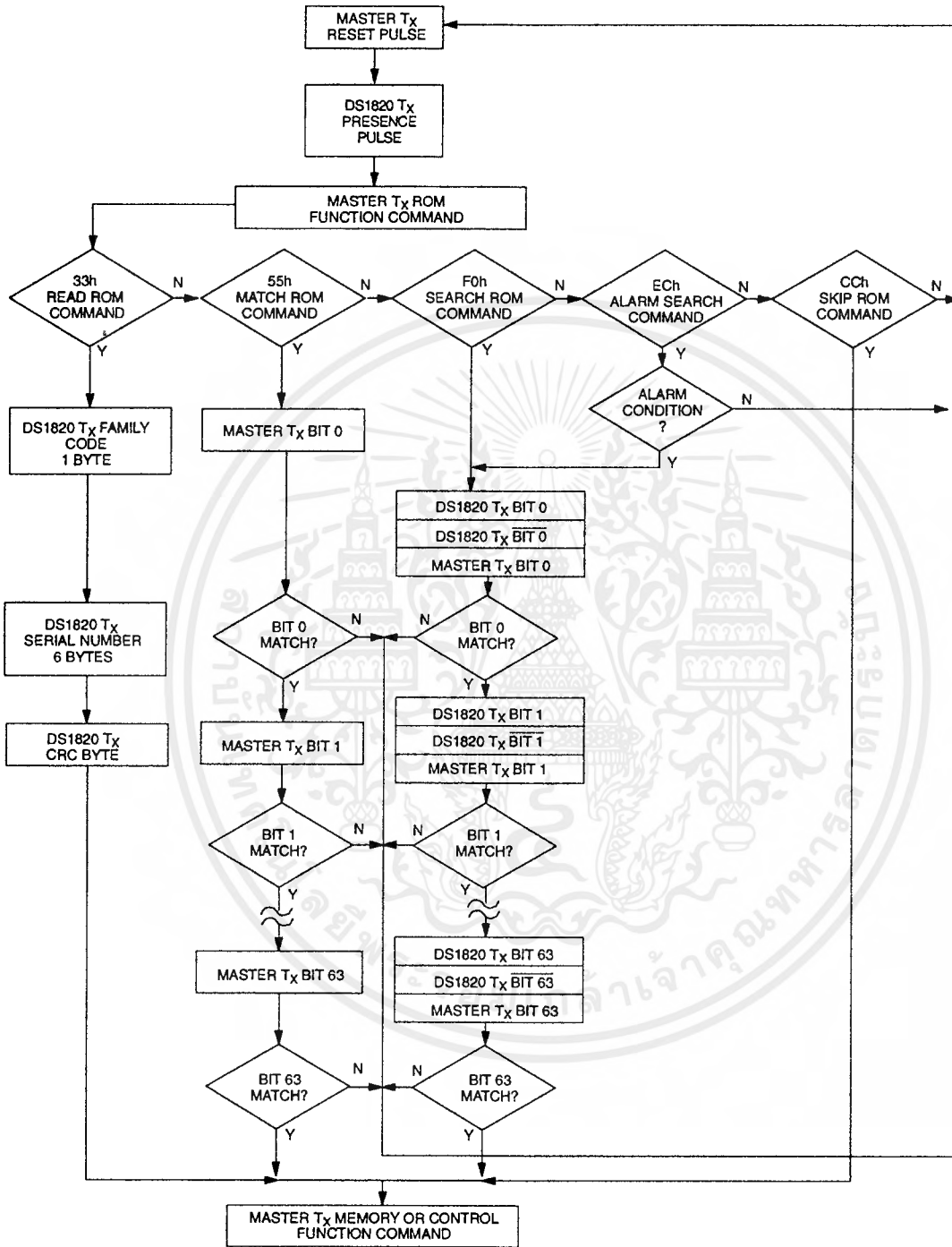
The 1-Wire CRC can be generated using a polynomial generator consisting of a shift register and XOR gates as shown in Figure 7. Additional information about the Dallas 1-Wire Cyclic Redundancy Check is available in Application Note 27 entitled "Understanding and Using Cyclic Redundancy Checks with Dallas Semiconductor Touch Memory Products".

The shift register bits are initialized to zero. Then starting with the least significant bit of the family code, one bit at a time is shifted in. After the 8th bit of the family code has been entered, then the serial number is entered. After the 48th bit of the serial number has been entered, the shift register contains the CRC value. Shifting in the eight bits of CRC should return the shift register to all zeros.

64-BIT LASERED ROM Figure 5

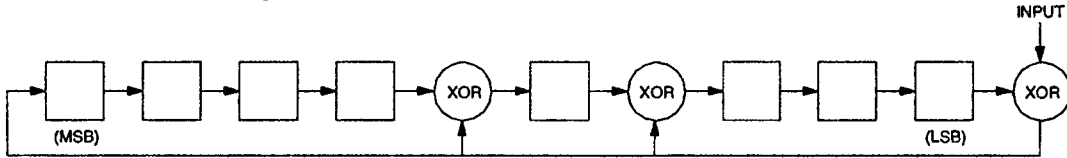


ROM FUNCTIONS FLOW CHART Figure 6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1-WIRE CRC CODE Figure 7



MEMORY

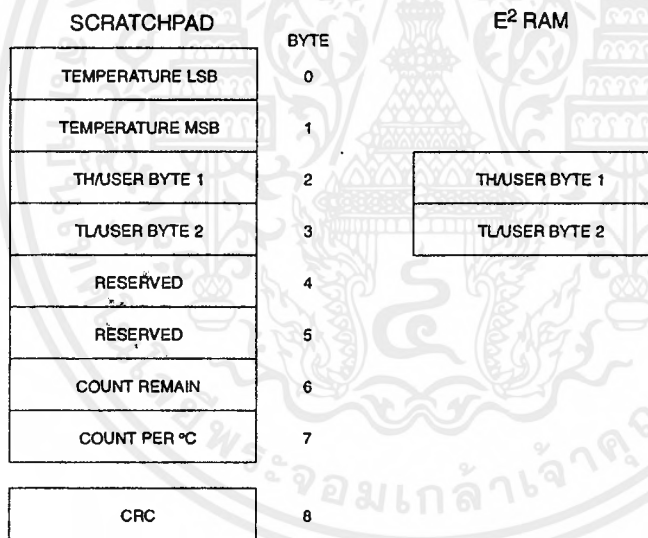
The DS1820's memory is organized as shown in Figure 8. The memory consists of a scratchpad RAM and a nonvolatile, electrically erasable (E²) RAM, which stores the high and low temperature triggers TH and TL. The scratchpad helps insure data integrity when communicating over the 1-Wire bus. Data is first written to the scratchpad where it can be read back. After the data has been verified, a copy scratchpad command will transfer the data to the nonvolatile (E²) RAM. This process insures data integrity when modifying the memory.

The scratchpad is organized as eight bytes of memory. The first two bytes contain the measured temperature

information. The third and fourth bytes are volatile copies of TH and TL and are refreshed with every power-on reset. The next two bytes are not used; upon reading back, however, they will appear as all logic 1's. The seventh and eighth bytes are count registers, which may be used in obtaining higher temperature resolution (see "Operation-measuring Temperature" section).

There is a ninth byte which may be read with a Read Scratchpad command. This byte contains a cyclic redundancy check (CRC) byte which is the CRC over all of the eight previous bytes. This CRC is implemented in the fashion described in the section titled "CRC Generation".

DS1820 MEMORY MAP Figure 8



1-WIRE BUS SYSTEM

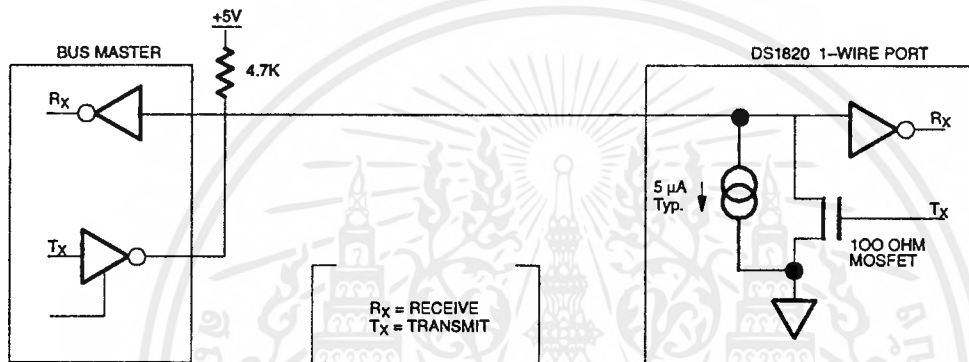
The 1-Wire bus is a system which has a single bus master and one or more slaves. The DS1820 behaves as a slave. The discussion of this bus system is broken down into three topics: hardware configuration, transaction sequence, and 1-Wire signaling (signal types and timing).

HARDWARE CONFIGURATION

The 1-Wire bus has only a single line by definition; it is important that each device on the bus be able to drive it

at the appropriate time. To facilitate this, each device attached to the 1-Wire bus must have open drain or 3-state outputs. The 1-Wire port of the DS1820 (I/O pin) is open drain with an internal circuit equivalent to that shown in Figure 9. A multidrop bus consists of a 1-Wire bus with multiple slaves attached. The 1-Wire bus requires a pullup resistor of approximately 5K Ω .

HARDWARE CONFIGURATION Figure 9



The idle state for the 1-Wire bus is high. If for any reason a transaction needs to be suspended, the bus MUST be left in the idle state if the transaction is to resume. Infinite recovery time can occur between bits so long as the 1-Wire bus is in the inactive (high) state during the recovery period. If this does not occur and the bus is left low for more than 480 μ s, all components on the bus will be reset.

TRANSACTION SEQUENCE

The protocol for accessing the DS1820 via the 1-Wire port is as follows:

- Initialization
- ROM Function Command
- Memory Function Command
- Transaction/Data

INITIALIZATION

All transactions on the 1-Wire bus begin with an initialization sequence. The initialization sequence consists of a reset pulse transmitted by the bus master followed by presence pulse(s) transmitted by the slave(s).

The presence pulse lets the bus master know that the DS1820 is on the bus and is ready to operate. For more details, see the "1-Wire Signaling" section.

ROM FUNCTION COMMANDS

Once the bus master has detected a presence, it can issue one of the five ROM function commands. All ROM function commands are 8-bits long. A list of these commands follows (refer to flowchart in Figure 6):

Read ROM [33h]

This command allows the bus master to read the DS1820's 8-bit family code, unique 48-bit serial number, and 8-bit CRC. This command can only be used if there is a single DS1820 on the bus. If more than one slave is present on the bus, a data collision will occur when all slaves try to transmit at the same time (open drain will produce a wired AND result).

Match ROM [55h]

The match ROM command, followed by a 64-bit ROM sequence, allows the bus master to address a specific DS1820 on a multidrop bus. Only the DS1820 that exactly matches the 64-bit ROM sequence will respond to the following memory function command. All slaves that do not match the 64-bit ROM sequence will wait for a reset pulse. This command can be used with a single or multiple devices on the bus.

Skip ROM [CCh]

This command can save time in a single drop bus system by allowing the bus master to access the memory functions without providing the 64-bit ROM code. If more than one slave is present on the bus and a read command is issued following the Skip ROM command, data collision will occur on the bus as multiple slaves transmit simultaneously (open drain pulldowns will produce a wired AND result).

Search ROM [F0h]

When a system is initially brought up, the bus master might not know the number of devices on the 1-Wire bus or their 64-bit ROM codes. The search ROM command allows the bus master to use a process of elimination to identify the 64-bit ROM codes of all slave devices on the bus.

Alarm Search [ECh]

The flowchart of this command is identical to the Search ROM command. However, the DS1820 will respond to this command only if an alarm condition has been encountered at the last temperature measurement. An alarm condition is defined as a temperature higher than TH or lower than TL. The alarm condition remains set as long as the DS1820 is powered up, or until another temperature measurement reveals a non-alarming value. For alarming, the trigger values stored in EEPROM are taken into account. If an alarm condition exists and the TH or TL settings are changed, another temperature

conversion should be done to validate any alarm conditions.

Example of a ROM Search

The ROM search process is the repetition of a simple 3-step routine: read a bit, read the complement of the bit, then write the desired value of that bit. The bus master performs this simple, 3-step routine on each bit of the ROM. After one complete pass, the bus master knows the contents of the ROM in one device. The remaining number of devices and their ROM codes may be identified by additional passes.

The following example of the ROM search process assumes four different devices are connected to the same 1-Wire bus. The ROM data of the four devices is as shown:

```
ROM1  00110101...
ROM2  10101010...
ROM3  11110101...
ROM4  00010001...
```

The search process is as follows:

1. The bus master begins the initialization sequence by issuing a reset pulse. The slave devices respond by issuing simultaneous presence pulses.
2. The bus master will then issue the Search ROM command on the 1-Wire bus.
3. The bus master reads a bit from the 1-Wire bus. Each device will respond by placing the value of the first bit of their respective ROM data onto the 1-Wire bus. ROM1 and ROM4 will place a 0 onto the 1-Wire bus, i.e., pull it low. ROM2 and ROM3 will place a 1 onto the 1-Wire bus by allowing the line to stay high. The result is the logical AND of all devices on the line, therefore the bus master sees a 0. The bus master reads another bit. Since the Search ROM data command is being executed, all of the devices on the 1-Wire bus respond to this second read by placing the complement of the first bit of their respective ROM data onto the 1-Wire bus. ROM1 and ROM4 will place a 1 onto the 1-Wire, allowing the line to stay high. ROM2 and ROM3 will place a 0 onto the 1-Wire, thus it will be pulled low. The bus master again observes a 0 for the complement of the first ROM data bit. The bus master has determined that there are some devices on the 1-Wire bus that have a 0 in the first position and others that have a 1.

The data obtained from the two reads of the 3-step routine have the following interpretations:

- 00 There are still devices attached which have conflicting bits in this position.
 - 01 All devices still coupled have a 0-bit in this bit position.
 - 10 All devices still coupled have a 1-bit in this bit position.
 - 11 There are no devices attached to the 1-Wire bus.
4. The bus master writes a 0. This deselects ROM2 and ROM3 for the remainder of this search pass, leaving only ROM1 and ROM4 connected to the 1-Wire bus.
 5. The bus master performs two more reads and receives a 0-bit followed by a 1-bit. This indicates that all devices still coupled to the bus have 0's as their second ROM data bit.
 6. The bus master then writes a 0 to keep both ROM1 and ROM4 coupled.
 7. The bus master executes two reads and receives two 0-bits. This indicates that both 1-bits and 0-bits exist as the third bit of the ROM data of the attached devices.
 8. The bus master writes a 0-bit. This deselects ROM1 leaving ROM4 as the only device still connected.
 9. The bus master reads the remainder of the ROM bits for ROM4 and continues to access the part if desired. This completes the first pass and uniquely identifies one part on the 1-Wire bus.
 10. The bus master starts a new ROM search sequence by repeating steps 1 through 7.
 11. The bus master writes a 1-bit. This decouples ROM4, leaving only ROM1 still coupled.
 12. The bus master reads the remainder of the ROM bits for ROM1 and communicates to the underlying logic if desired. This completes the second ROM search pass, in which another of the ROMs was found.
 13. The bus master starts a new ROM search by repeating steps 1 through 3.
 14. The bus master writes a 1-bit. This deselects ROM1 and ROM4 for the remainder of this search pass, leaving only ROM2 and ROM3 coupled to the system.

15. The bus master executes two read time slots and receives two zeros.

16. The bus master writes a 0-bit. This decouples ROM3, and leaving only ROM2.

17. The bus master reads the remainder of the ROM bits for ROM2 and communicates to the underlying logic if desired. This completes the third ROM search pass, in which another of the ROMs was found.

18. The bus master starts a new ROM search by repeating steps 13 through 15.

19. The bus master writes a 1-bit. This decouples ROM2, leaving only ROM3.

20. The bus master reads the remainder of the ROM bits for ROM3 and communicates to the underlying logic if desired. This completes the fourth ROM search pass, in which another of the ROMs was found.

Note the following:

The bus master learns the unique ID number (ROM data pattern) of one 1-Wire device on each ROM Search operation. The time required to derive the part's unique ROM code is:

$$960 \mu\text{s} + (8 + 3 \times 64) 61 \mu\text{s} = 13.16 \text{ ms}$$

The bus master is therefore capable of identifying 75 different 1-Wire devices per second.

I/O SIGNALING

The DS1820 requires strict protocols to insure data integrity. The protocol consists of several types of signaling on one line: reset pulse, presence pulse, write 0, write 1, read 0, and read 1. All of these signals, with the exception of the presence pulse, are initiated by the bus master.

The initialization sequence required to begin any communication with the DS1820 is shown in Figure 11. A reset pulse followed by a presence pulse indicates the DS1820 is ready to send or receive data given the correct ROM command and memory function command.

The bus master transmits (TX) a reset pulse (a low signal for a minimum of 480 μs). The bus master then releases the line and goes into a receive mode (RX). The 1-Wire bus is pulled to a high state via the 5K pull-up resistor. After detecting the rising edge on the

I/O pin, the DS1820 waits 15–60 μs and then transmits the presence pulse (a low signal for 60–240 μs).

MEMORY COMMAND FUNCTIONS

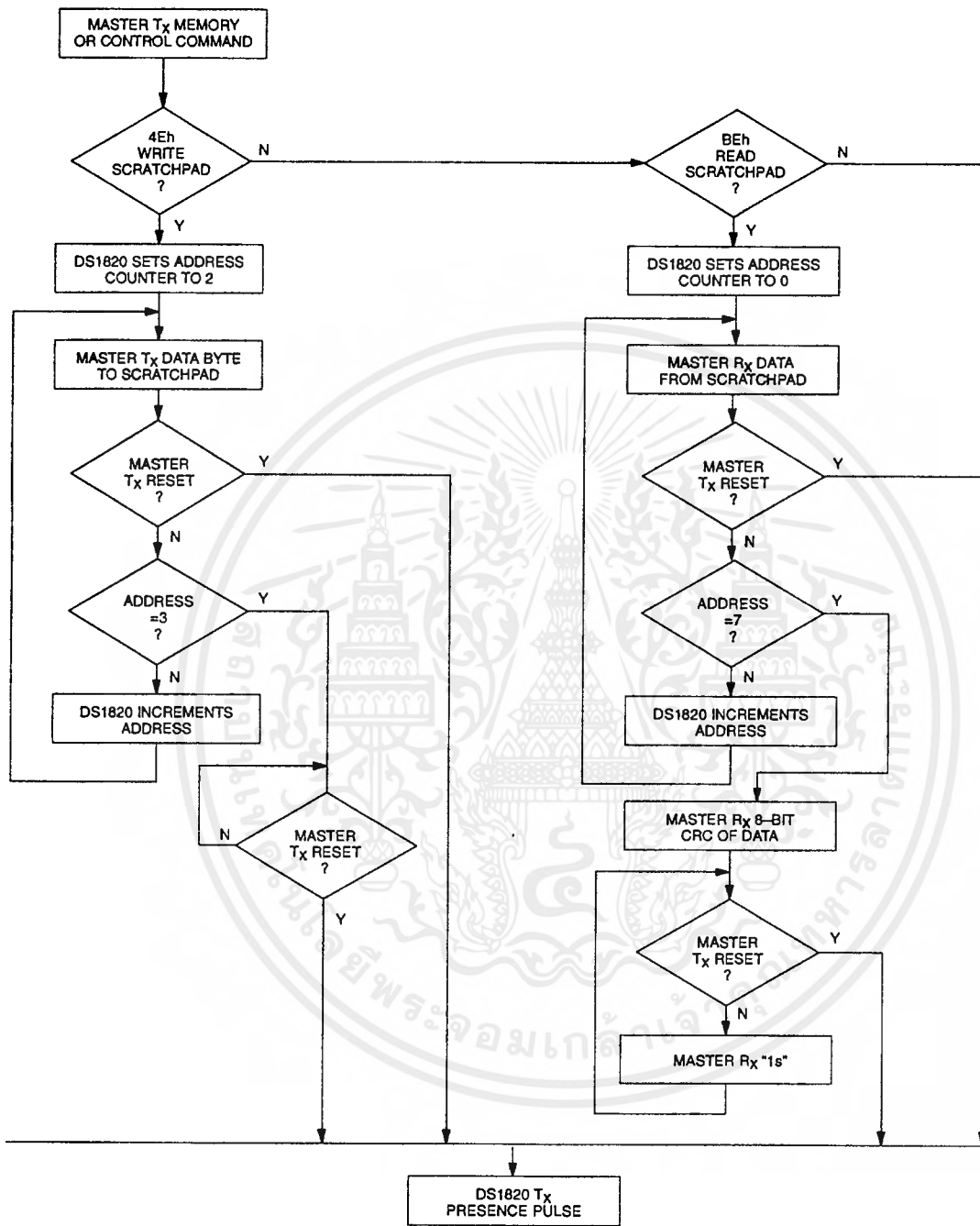
The following command protocols are summarized in Table 2, and by the flowchart of Figure 10.

Write Scratchpad [4Eh]

This command writes to the scratchpad of the DS1820, starting at address 2. The next two bytes written will be saved in scratchpad memory, at address locations 2 and 3. Writing may be terminated at any point by issuing a reset.

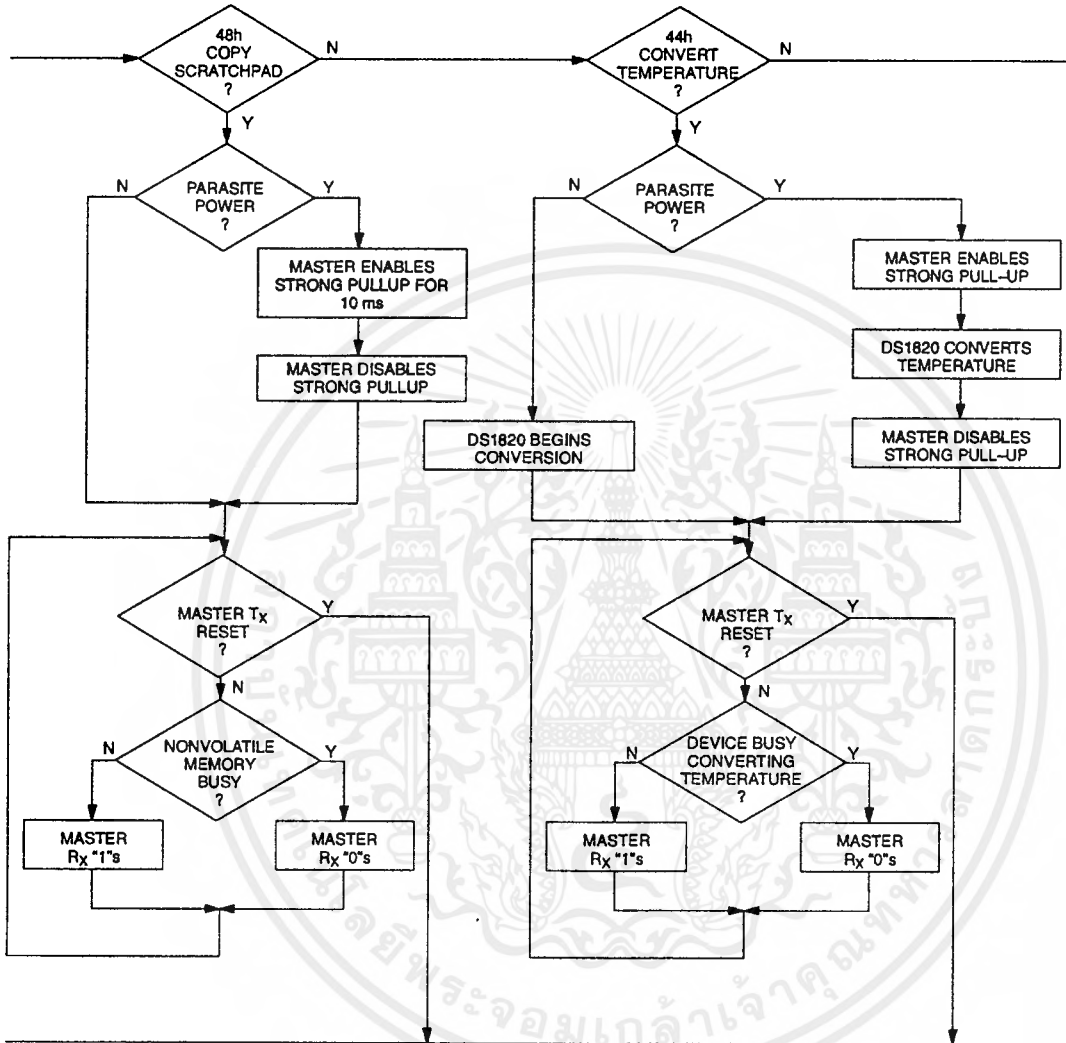


MEMORY FUNCTIONS FLOW CHART Figure 10



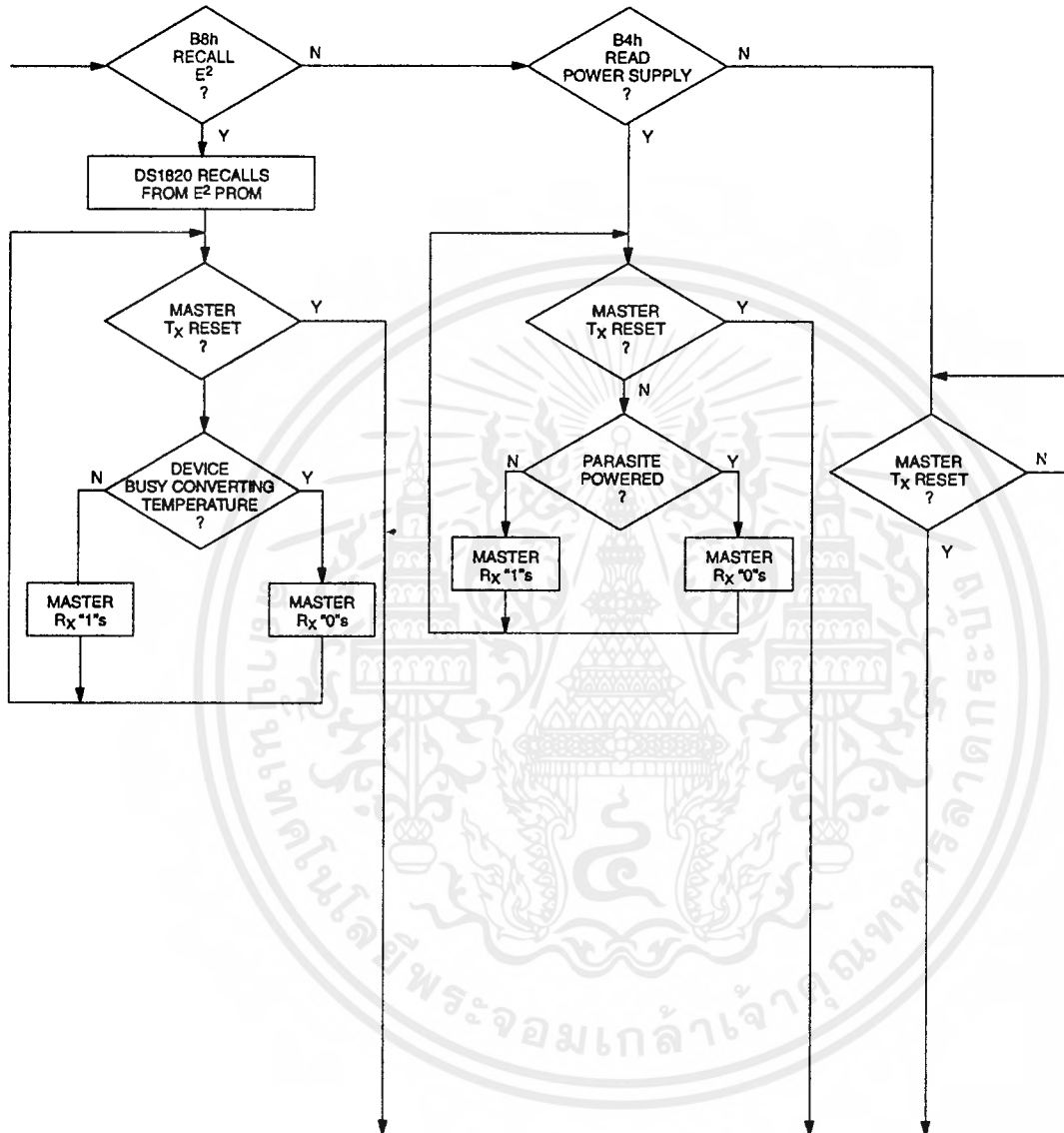
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MEMORY FUNCTIONS FLOW CHART Figure 10 (cont'd)



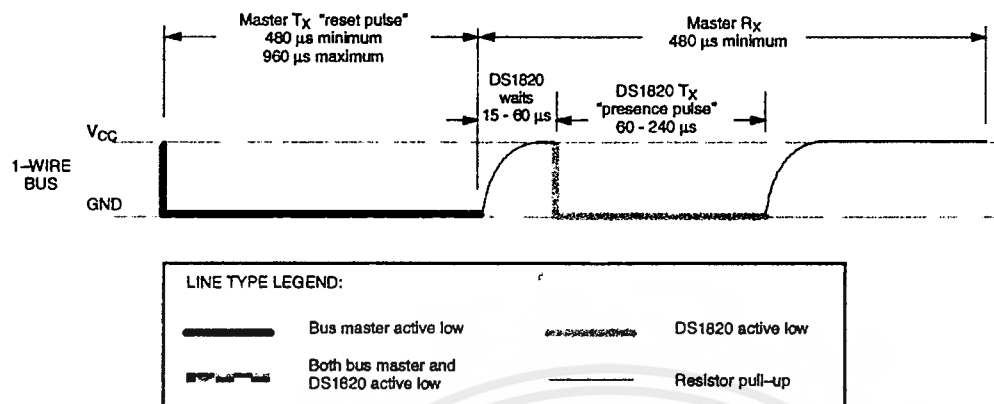
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MEMORY FUNCTIONS FLOW CHART Figure 10 (cont'd)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INITIALIZATION PROCEDURE "RESET AND PRESENCE PULSES" Figure 11



DS1820 COMMAND SET Table 2

INSTRUCTION	DESCRIPTION	PROTOCOL	1-WIRE BUS AFTER ISSUING PROTOCOL	NOTES
TEMPERATURE CONVERSION COMMANDS				
Convert T	Initiates temperature conversion.	44h	<read temperature busy status>	1
MEMORY COMMANDS				
Read Scratchpad	Reads bytes from scratchpad and reads CRC byte.	BEh	<read data up to 9 bytes>	
Write Scratchpad	Writes bytes into scratchpad at addresses 2 and 3 (TH and TL temperature triggers).	4Eh	<write data into 2 bytes at addr. 2 and addr. 3>	
Copy Scratchpad	Copies scratchpad into nonvolatile memory (addresses 2 and 3 only).	48h	<read copy status>	2
Recall E ²	Recalls values stored in nonvolatile memory into scratchpad (temperature triggers).	B8h	<read temperature busy status>	
Read Power Supply	Signals the mode of DS1820 power supply to the master.	B4h	<read supply status>	

NOTES:

- Temperature conversion takes up to 500 ms. After receiving the Convert T protocol, if the part does not receive power from the V_{DD} pin, the I/O line for the DS1820 must be held high for at least 500 ms to provide power during the conversion process. As such, no other activity may take place on the 1-Wire bus for at least this period after a Convert T command has been issued.
- After receiving the Copy Scratchpad protocol, if the part does not receive power from the V_{DD} pin, the I/O line for the DS1820 must be held high for at least 10 ms to provide power during the copy process. As such, no other activity may take place on the 1-Wire bus for at least this period after a Copy Scratchpad command has been issued.

Read Scratchpad [BEh]

This command reads the contents of the scratchpad. Reading will commence at byte 0, and will continue through the scratchpad until the 9th (byte-8, CRC) byte is read. If not all locations are to be read, the master may issue a reset to terminate reading at any time.

Copy Scratchpad [48h]

This command copies the scratchpad into the E² memory of the DS1820, storing the temperature trigger bytes in nonvolatile memory. If the bus master issues read time slots following this command, the DS1820 will output "0" on the bus as long as it is busy copying the scratchpad to E²; it will return a "1" when the copy process is complete. If parasite powered, the bus master has to enable a strong pull-up for at least 10 ms immediately after issuing this command.

Convert T [44h]

This command begins a temperature conversion. No further data is required. The temperature conversion will be performed and then the DS1820 will remain idle. If the bus master issues read time slots following this command, the DS1820 will output "0" on the bus as long as it is busy making a temperature conversion; it will return a "1" when the temperature conversion is complete. If parasite powered, the bus master has to enable a strong pullup for 500 ms immediately after issuing this command.

Recall E2 [B8h]

This command recalls the temperature trigger values stored in E² to the scratchpad. This recall operation happens automatically upon power-up to the DS1820 as well, so valid data is available in the scratchpad as soon as the device has power applied. With every read data time slot issued after this command has been sent, the device will output its temperature converter busy flag "0"=busy, "1"=ready.

Read Power Supply [B4h]

With every read data time slot issued after this command has been sent to the DS1820, the device will signal its power mode: "0"=parasite power, "1"=external power supply provided.

READ/WRITE TIME SLOTS

DS1820 data is read and written through the use of time slots to manipulate bits and a command word to specify the transaction.

Write Time Slots

A write time slot is initiated when the host pulls the data line from a high logic level to a low logic level. There are two types of write time slots: Write One time slots and Write Zero time slots. All write time slots must be a minimum of 60 μ s in duration with a minimum of a one μ s recovery time between individual write cycles.

The DS1820 samples the I/O line in a window of 15 μ s to 60 μ s after the I/O line falls. If the line is high, a Write One occurs. If the line is low, a Write Zero occurs (see Figure 12).

For the host to generate a Write One time slot, the data line must be pulled to a logic low level and then released, allowing the data line to pull up to a high level within 15 μ s after the start of the write time slot.

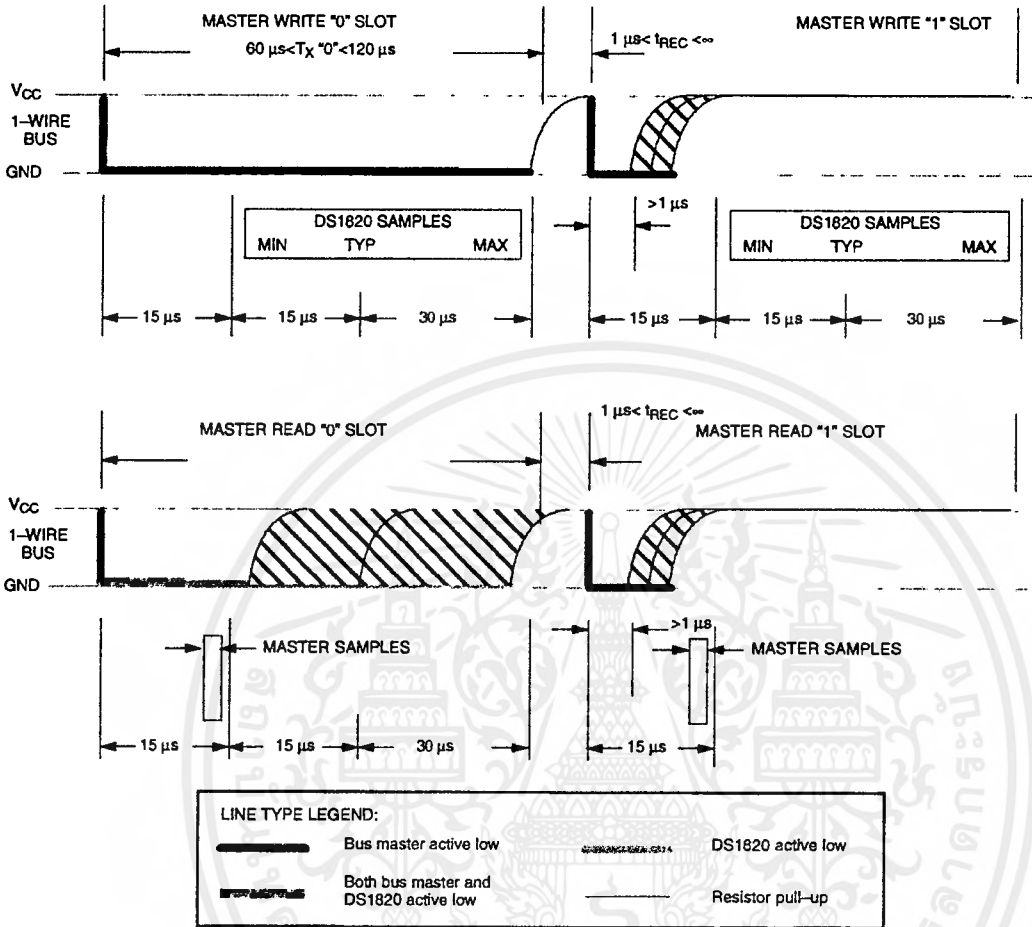
For the host to generate a Write Zero time slot, the data line must be pulled to a logic low level and remain low for 60 μ s.

Read Time Slots

The host generates read time slots when data is to be read from the DS1820. A read time slot is initiated when the host pulls the data line from a logic high level to logic low level. The data line must remain at a low logic level for a minimum of one μ s; output data from the DS1820 is valid for 15 μ s after the falling edge of the read time slot. The host therefore must stop driving the I/O pin low in order to read its state 15 μ s from the start of the read slot (see Figure 12). By the end of the read time slot, the I/O pin will pull back high via the external pull-up resistor. All read time slots must be a minimum of 60 μ s in duration with a minimum of a one μ s recovery time between individual read slots.

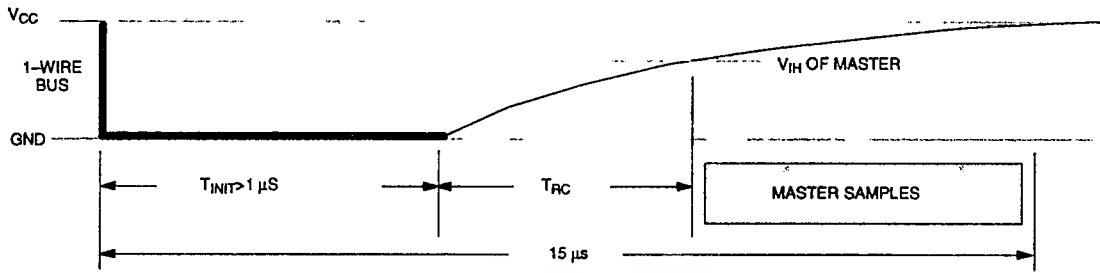
Figure 13 shows that the sum of T_{INIT} , T_{RC} , and T_{SAMPLE} must be less than 15 μ s. Figure 14 shows that system timing margin is maximized by keeping T_{INIT} and T_{RC} as small as possible and by locating the master sample time towards the end of the 15 μ s period.

READ/WRITE TIMING DIAGRAM Figure 12

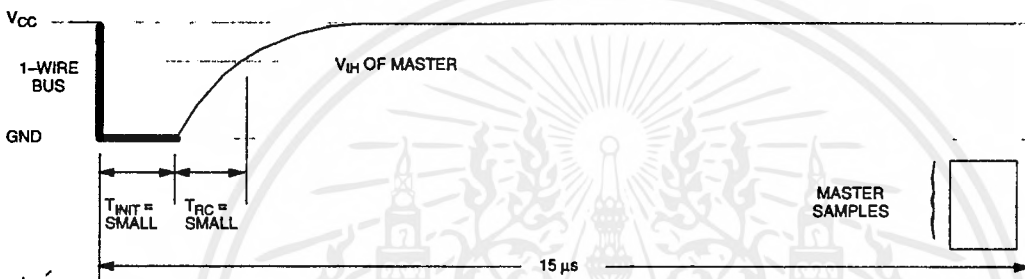


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DETAILED MASTER READ "1" TIMING Figure 13



RECOMMENDED MASTER READ "1" TIMING Figure 14



LINE TYPE LEGEND:	
	Bus master active low
	DS1820 active low
	Both bus master and DS1820 active low
	Resistor pull-up

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Related Application Notes

The following Application Notes can be applied to the DS1820. These notes can be obtained from the Dallas

Semiconductor "Application Note Book", via our website at <http://www.dalsemi.com/>, or through our faxback service at (214) 450-0441.

Application Note 27: "Understanding and Using Cyclic Redundancy Checks with Dallas Semiconductor Touch Memory Product"

Application Note 55: "Extending the Contact Range of Touch Memories"

Application Note 74: "Reading and Writing Touch Memories via Serial Interfaces"

Application Note 104: "Minimalist Temperature Control Demo"

Application Note 105: "High Resolution Temperature Measurement with Dallas Direct-to-Direct Temperature Sensors"

Application Note 106: "Complex MicroLANs"

Application Note 108: "MicroLAN – In the Long Run"

Sample 1-Wire subroutines that can be used in conjunction with AN74 can be downloaded from the website or our Anonymous FTP Site.



MEMORY FUNCTION EXAMPLE Table 3

Example: Bus Master initiates temperature conversion, then reads temperature (parasite power assumed).

MASTER MODE	DATA (LSB FIRST)	COMMENTS
TX	Reset	Reset pulse (480–960 μ s).
RX	Presence	Presence pulse.
TX	55h	Issue "Match ROM" command.
TX	<64-bit ROM code>	Issue address for DS1820.
TX	44h	Issue "Convert T" command.
TX	<I/O LINE HIGH>	I/O line is held high for at least 500 ms by bus master to allow conversion to complete.
TX	Reset	Reset pulse.
RX	Presence	Presence pulse.
TX	55h	Issue "Match ROM" command.
TX	<64-bit ROM code>	Issue address for DS1820.
TX	BEh	Issue "Read Scratchpad" command.
RX	<9 data bytes>	Read entire scratchpad plus CRC; the master now recalculates the CRC of the eight data bytes received from the scratchpad, compares the CRC calculated and the CRC read. If they match, the master continues; if not, this read operation is repeated.
TX	Reset	Reset Pulse.
RX	Presence	Presence pulse, done.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MEMORY FUNCTION EXAMPLE Table 4

Example: Bus Master writes memory (parasite power and only one DS1820 assumed).

MASTER MODE	DATA (LSB FIRST)	COMMENTS
TX	Reset	Reset pulse.
RX	Presence	Presence pulse.
TX	CCh	Skip ROM command.
TX	4Eh	Write Scratchpad command.
TX	<2 data bytes>	Writes two bytes to scratchpad (TH and TL).
TX	Reset	Reset pulse.
RX	Presence	Presence pulse.
TX	CCh	Skip ROM command.
TX	BEh	Read Scratchpad command.
RX	<9 data bytes>	Read entire scratchpad plus CRC. The master now recalculates the CRC of the eight data bytes received from the scratchpad, compares the CRC and the two other bytes read back from the scratchpad. If data match, the master continues; if not, repeat the sequence.
TX	Reset	Reset pulse.
RX	Presence	Presence pulse.
TX	CCh	Skip ROM command.
TX	48h	Copy Scratchpad command; after issuing this command, the master must wait 6 ms for copy operation to complete.
TX	Reset	Reset pulse.
RX	Presence	Presence pulse, done.

MEMORY FUNCTION EXAMPLE Table 5

Example: Temperature conversion and interpolation (external power supply and only one DS1820 assumed).

MASTER MODE	DATA (LSB FIRST)	COMMENTS
TX	Reset	Reset pulse.
TR	Presence	Presence pulse.
TX	CCh	Skip ROM command.
TX	44h	Convert T command.
RX	<1 data byte>	Read busy flag eight times. The master continues reading one byte (or bit) after another until the data is FFh (all bits 1).
TX	Reset	Reset pulse.
RX	Presence	Presence pulse.
TX	CCh	Skip ROM command.
TX	BEh	Read Scratchpad command.
RX	<9 data bytes>	Read entire scratchpad plus CRC. The master now recalculates the CRC of the eight data bytes received from the scratchpad and compares both CRCs. If the CRCs match, the data is valid. The master saves the temperature value and stores the contents of the count register and count per °C register as COUNT_REMAIN and COUNT_PER_C, respectively.
TX	Reset	Reset pulse.
RX	Presence	Presence pulse, done.
-	-	CPU calculates temperature as described in the data sheet for higher resolution.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Voltage on Any Pin Relative to Ground	-0.5V to +7.0V
Operating Temperature	-55°C to +125°C
Storage Temperature	-55°C to +125°C
Soldering Temperature	260°C for 10 seconds

* This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Supply Voltage	V _{DD}	I/O Functions	2.8	5.0	5.5	V	1, 2
		±1/2°C Accurate Temperature Conversions	4.3		5.5		
Data Pin	I/O		-0.5		+5.5	V	2
Logic 1	V _{IH}		2.0		V _{CC} +0.3	V	2, 3
Logic 0	V _{IL}		-0.3		+0.8	V	2, 4

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS(-55°C to +125°C; V_{DD}=3.6V to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Thermometer Error	t _{ERR}	-0°C to +70°C			±1/2	°C	1, 9, 10
		-55°C to 0°C and +70°C to +125°C			See Typical Curve		
Input Logic High	V _{IH}		2.2		5.5	V	2, 3
Input Logic Low	V _{IL}		-0.3		+0.8	V	2, 4
Sink Current	I _L	V _{I/O} =0.4V	-4.0			mA	2
Standby Current	I _Q			200	350	nA	8
Active Current	I _{DD}			1	1.5	mA	5, 6
Input Load Current	I _L			5		μA	7

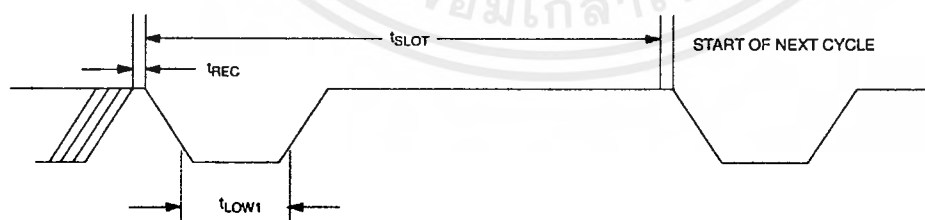
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

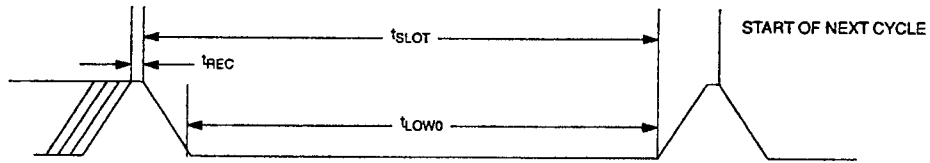
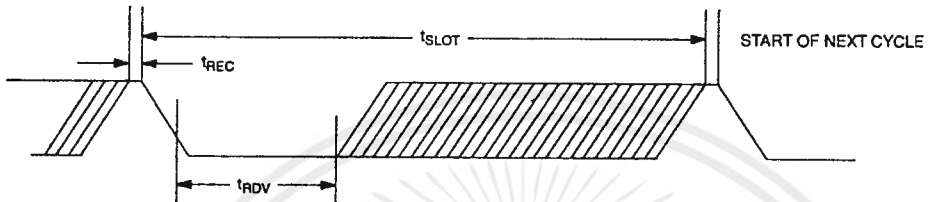
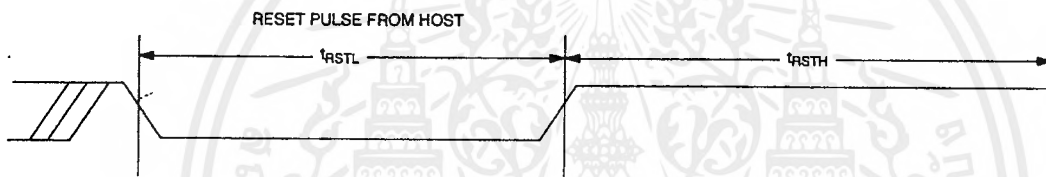
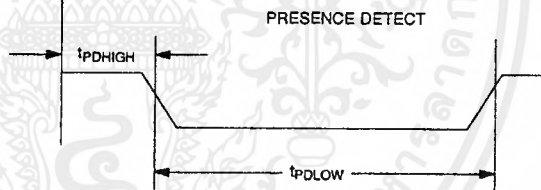
AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS:(-55°C to +125°C; $V_{DD}=3.6V$ to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Temperature Conversion Time	t_{CONV}		200	500	ms	
Time Slot	t_{SLOT}	60		120	μs	
Recovery Time	t_{REC}	1			μs	
Write 0 Low Time	t_{LOW0}	60		120	μs	
Write 1 Low Time	t_{LOW1}	1		15	μs	
Read Data Valid	t_{RDV}			15	μs	
Reset Time High	t_{RSTH}	480			μs	
Reset Time Low	t_{RSTL}	480		4800	μs	
Presence Detect High	t_{PDHIGH}	15		60	μs	
Presence Detect Low	t_{PDLow}	60		240	μs	
Capacitance	$C_{IN/OUT}$			25	pF	

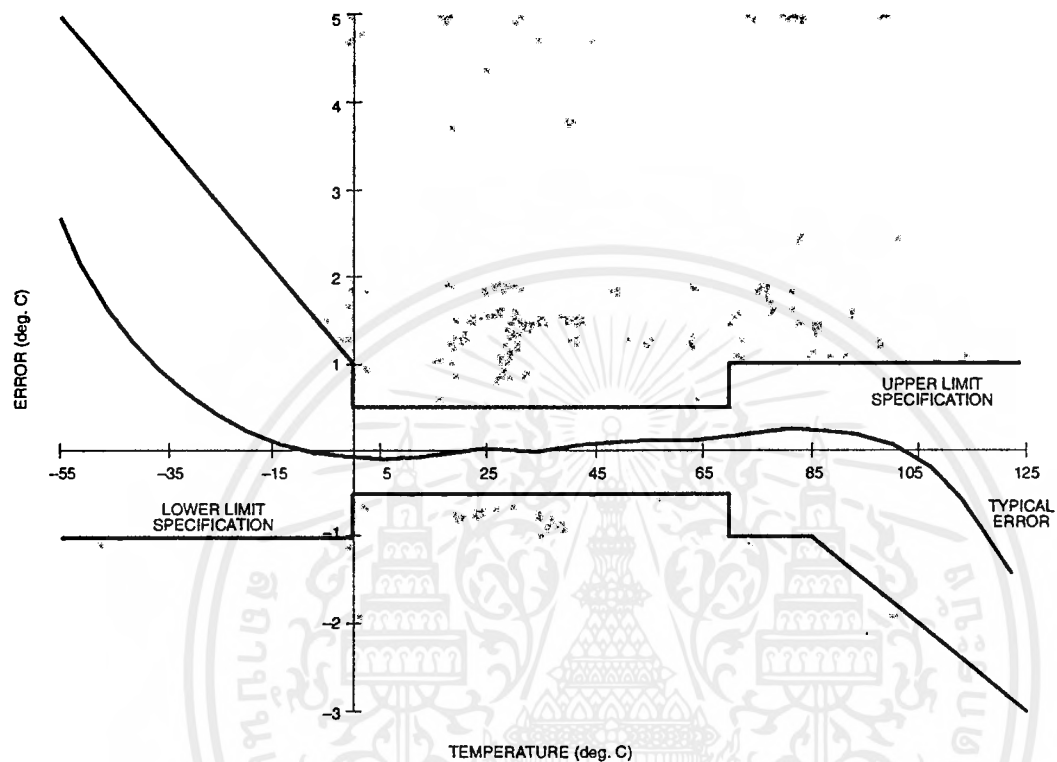
NOTES:

- Temperature conversion will work with $\pm 2^\circ C$ accuracy down to $V_{DD} = 3.4$ volts.
- All voltages are referenced to ground.
- Logic one voltages are specified at a source current of 1 mA.
- Logic zero voltages are specified at a sink current of 4 mA.
- I_{DD} specified with V_{CC} at 5.0 volts.
- Active current refers to either temperature conversion or writing to the E^2 memory. Writing to E^2 memory consumes approximately 200 μA for up to 10 ms.
- Input load is to ground.
- Standby current specified up to 70°C. Standby current typically is 5 μA at 125°C.
- See Typical Curve for specification limits outside the 0°C to 70°C range. Thermometer error reflects sensor accuracy as tested during calibration.
- Typical accuracy curve valid for $4.3V \leq V_{DD} \leq 5.5V$.

1-WIRE WRITE ONE TIME SLOT

1-WIRE WRITE ZERO TIME SLOT**1-WIRE READ ZERO TIME SLOT****1-WIRE RESET PULSE****1-WIRE PRESENCE DETECT**

TYPICAL PERFORMANCE CURVE

DS1820 DIGITAL THERMOMETER AND THERMOSTAT
TEMPERATURE READING ERROR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



October 1987
Revised January 1999

MM74C922 • MM74C923 16-Key Encoder • 20-Key Encoder

General Description

The MM74C922 and MM74C923 CMOS key encoders provide all the necessary logic to fully encode an array of SPST switches. The keyboard scan can be implemented by either an external clock or external capacitor. These encoders also have on-chip pull-up devices which permit switches with up to 50 kΩ on resistance to be used. No diodes in the switch array are needed to eliminate ghost switches. The internal debounce circuit needs only a single external capacitor and can be defeated by omitting the capacitor. A Data Available output goes to a high level when a valid keyboard entry has been made. The Data Available output returns to a low level when the entered key is released, even if another key is depressed. The Data Available will return high to indicate acceptance of the new key after a normal debounce period; this two-key roll-over is provided between any two switches.

An internal register remembers the last key pressed even after the key is released. The 3-STATE outputs provide for easy expansion and bus operation and are LPTTL compatible.

Features

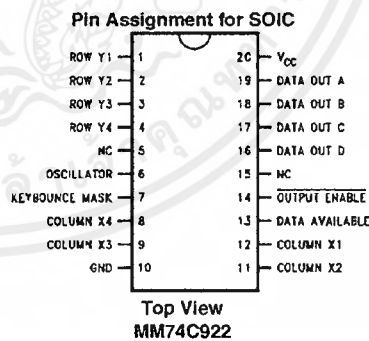
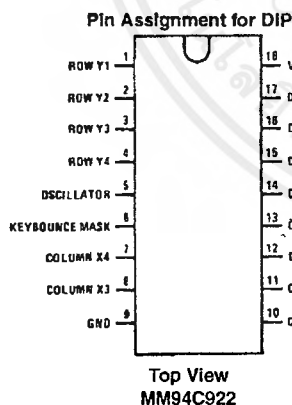
- 50 kΩ maximum switch on resistance
- On or off chip clock
- On-chip row pull-up devices
- 2 key roll-over
- Keybounce elimination with single capacitor
- Last key register at outputs
- 3-STATE output LPTTL compatible
- Wide supply range: 3V to 15V
- Low power consumption

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
MM74C922N	N18A	18-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide
MM74C922WM	M20B	20-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-013, 0.300" Wide
MM74C923WM	M20B	20-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-013, 0.300" Wide
MM74C923N	N20A	20-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

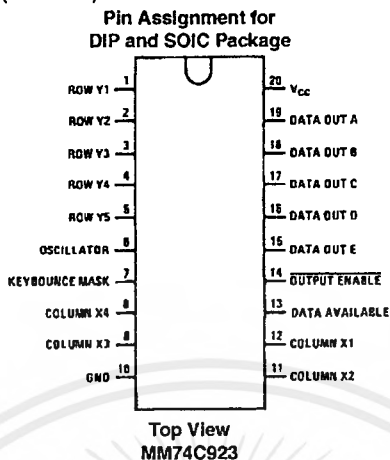
Device also available in Tape and Reel. Specify by appending suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagrams



MM74C922 • MM74C923 16-Key Encoder • 20-Key Encoder

Connection Diagrams (Continued)



Truth Tables

(Pins 0 through 11)

Switch Position	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Y1,X1	Y1,X2	Y1,X3	Y1,X4	Y2,X1	Y2,X2	Y2,X3	Y2,X4	Y3,X1	Y3,X2	Y3,X3	Y3,X4
D												
A A	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
T B	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
A C	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
O D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
U E (Note 1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T												

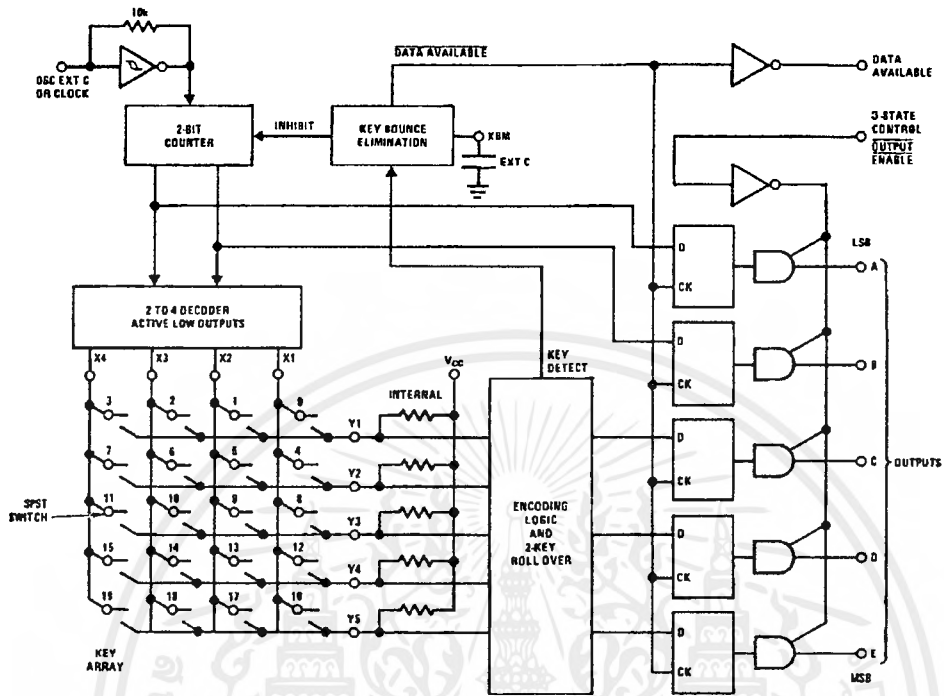
(Pins 12 through 19)

Switch Position	12	13	14	15	16	17	18	19
	Y4,X1	Y4,X2	Y4,X3	Y4,X4	Y5(Note 1), X1	Y5 (Note 1), X2	Y5 (Note 1), X3	Y5 (Note 1), X4
D								
A A	0	1	0	1	0	1	0	1
T B	0	0	1	1	0	0	1	1
A C	1	1	1	1	0	0	0	0
O D	1	1	1	1	0	0	0	0
U E (Note 1)	0	0	0	0	1	1	1	1
T								

Note 1: Omit for MM74C922

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 2)		Operating V_{CC} Range	3V to 15V
Voltage at Any Pin	$V_{CC} - 0.3V$ to $V_{CC} + 0.3V$	V_{CC}	18V
Operating Temperature Range		Lead Temperature	
MM74C922, MM74C923	-40°C to +85°C	(Soldering, 10 seconds)	260°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C		
Power Dissipation (P_D)			
Dual-In-Line	700 mW		
Small Outline	500 mW		

Note 2: "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. Except for "Operating Temperature Range" they are not meant to imply that the devices should be operated at these limits. The table of "Electrical Characteristics" provides conditions for actual device operation.

DC Electrical Characteristics

Min/Max limits apply across temperature range unless otherwise specified

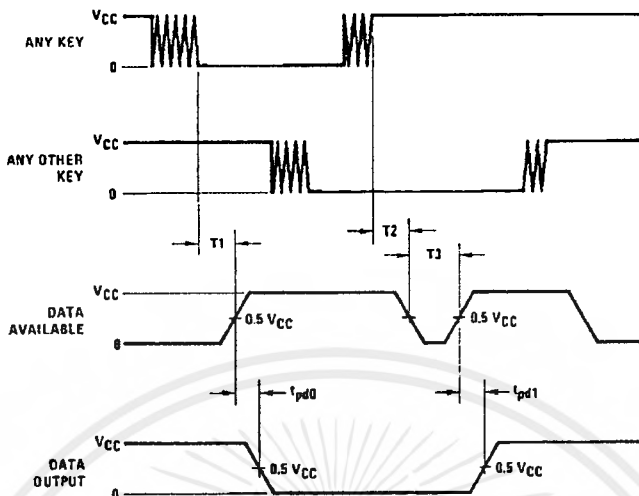
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
CMOS TO CMOS						
V_{T+}	Positive-Going Threshold Voltage at Osc and KBM Inputs	$V_{CC} = 5V, I_{IN} \geq 0.7 \text{ mA}$ $V_{CC} = 10V, I_{IN} \geq 1.4 \text{ mA}$ $V_{CC} = 15V, I_{IN} \geq 2.1 \text{ mA}$	3.0 6.0 9.0	3.6 6.8 10	4.3 8.6 12.9	V V V
V_{T-}	Negative-Going Threshold Voltage at Osc and KBM Inputs	$V_{CC} = 5V, I_{IN} \geq 0.7 \text{ mA}$ $V_{CC} = 10V, I_{IN} \geq 1.4 \text{ mA}$ $V_{CC} = 15V, I_{IN} \geq 2.1 \text{ mA}$	0.7 1.4 2.1	1.4 3.2 5	2.0 4.0 6.0	V V V
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage, Except Osc and KBM Inputs	$V_{CC} = 5V$ $V_{CC} = 10V$ $V_{CC} = 15V$	3.5 8.0 12.5	4.5 9 13.5		V V V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage, Except Osc and KBM Inputs	$V_{CC} = 5V$ $V_{CC} = 10V$ $V_{CC} = 15V$		0.5 1 1.5	1.5 2 2.5	V V V
I_{IP}	Row Pull-Up Current at Y1, Y2, Y3, Y4 and Y5 Inputs	$V_{CC} = 5V, V_{IN} = 0.1 V_{CC}$ $V_{CC} = 10V$ $V_{CC} = 15V$		-2 -10 -22	-5 -20 -45	μA μA μA
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$V_{CC} = 5V, I_O = -10 \mu\text{A}$ $V_{CC} = 10V, I_O = -10 \mu\text{A}$ $V_{CC} = 15V, I_O = -10 \mu\text{A}$	4.5 9 13.5			V V V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	$V_{CC} = 5V, I_O = 10 \mu\text{A}$ $V_{CC} = 10V, I_O = 10 \mu\text{A}$ $V_{CC} = 15V, I_O = 10 \mu\text{A}$			0.5 1 1.5	V V V
R_{ON}	Column "ON" Resistance at X1, X2, X3 and X4 Outputs	$V_{CC} = 5V, V_O = 0.5V$ $V_{CC} = 10V, V_O = 1V$ $V_{CC} = 15V, V_O = 1.5V$		500 300 200	1400 700 500	Ω Ω Ω
I_{CC}	Supply Current Osc at 0V, (one Y low)	$V_{CC} = 5V$ $V_{CC} = 10V$ $V_{CC} = 15V$		0.55 1.1 1.7	1.1 1.9 2.6	mA mA mA
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current at Output Enable	$V_{CC} = 15V, V_{IN} = 15V$		0.005	1.0	μA
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current at Output Enable	$V_{CC} = 15V, V_{IN} = 0V$	-1.0	-0.005		μA
CMOS/LPTTL INTERFACE						
$V_{IN(1)}$	Except Osc and KBM Inputs	$V_{CC} = 4.75V$	$V_{CC} - 1.5$			V
$V_{IN(0)}$	Except Osc and KBM Inputs	$V_{CC} = 4.75V$			0.8	V
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$I_O = -360 \mu\text{A}$ $V_{CC} = 4.75V$ $I_O = -360 \mu\text{A}$	2.4			V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	$I_O = -360 \mu\text{A}$ $V_{CC} = 4.75V$ $I_O = -360 \mu\text{A}$			0.4	V

DC Electrical Characteristics (Continued)						
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
OUTPUT DRIVE (See Family Characteristics Data Sheet) (Short Circuit Current)						
I _{SOURCE}	Output Source Current (P-Channel)	V _{CC} = 5V, V _{OUT} = 0V, T _A = 25°C	-1.75	-3.3		mA
I _{SOURCE}	Output Source Current (P-Channel)	V _{CC} = 10V, V _{OUT} = 0V, T _A = 25°C	-8	-15		mA
I _{SINK}	Output Sink Current (N-Channel)	V _{CC} = 5V, V _{OUT} = V _{CC} , T _A = 25°C	1.75	3.6		mA
I _{SINK}	Output Sink Current (N-Channel)	V _{CC} = 10V, V _{OUT} = V _{CC} , T _A = 25°C	8	16		mA
AC Electrical Characteristics (Note 3)						
T _A = 25°C, C _L = 50 pF, unless otherwise noted						
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t _{pd0} , t _{pd1}	Propagation Delay Time to Logical "0" or Logical "1" from D.A.	C _L = 50 pF (Figure 1) V _{CC} = 5V V _{CC} = 10V V _{CC} = 15V		60 35 25	150 80 60	ns ns ns
t _{OH} , t _{1H}	Propagation Delay Time from Logical "0" or Logical "1" into High Impedance State	R _L = 10k, C _L = 10 pF (Figure 2) V _{CC} = 5V, R _L = 10k V _{CC} = 10V, C _L = 10 pF V _{CC} = 15V		80 65 50	200 150 110	ns ns ns
t _{H0} , t _{H1}	Propagation Delay Time from High Impedance State to a Logical "0" or Logical "1"	R _L = 10k, C _L = 50 pF (Figure 2) V _{CC} = 5V, R _L = 10k V _{CC} = 10V, C _L = 50 pF V _{CC} = 15V		100 55 40	250 125 90	ns ns ns
C _{IN}	Input Capacitance	Any Input (Note 4)		5	7.5	pF
C _{OUT}	3-STATE Output Capacitance	Any Output (Note 4)		10		pF
Note 3: AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.						
Note 4: Capacitance is guaranteed by periodic testing.						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MM74C922 • MM74C923

Switching Time Waveforms



T₁ = T₂ = RC, T₃ = 0.7 RC, where R = 10k and C is external capacitor at KBM input.

FIGURE 1.

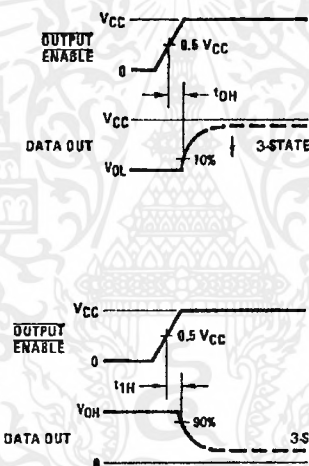
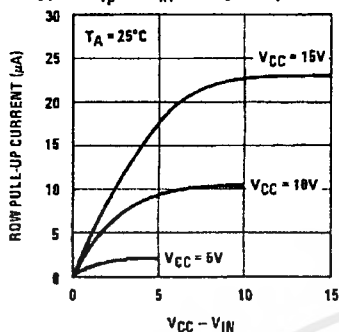


FIGURE 2.

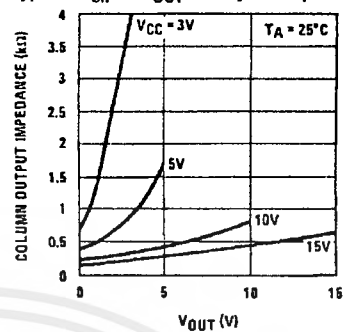
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

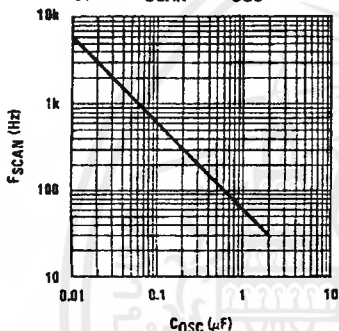
Typical I_{rp} vs V_{IN} at Any Y Input



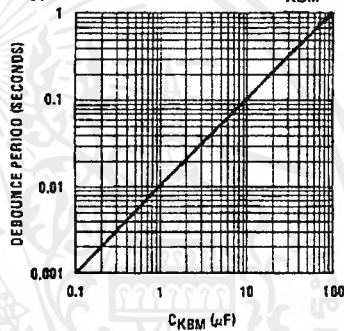
Typical R_{on} vs V_{OUT} at Any X Output



Typical F_{SCAN} vs C_{OSC}

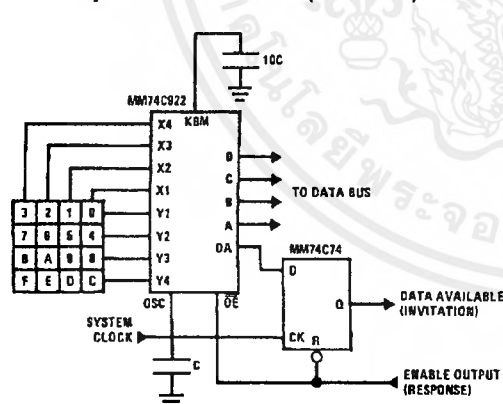


Typical Debounce Period vs C_{KBM}



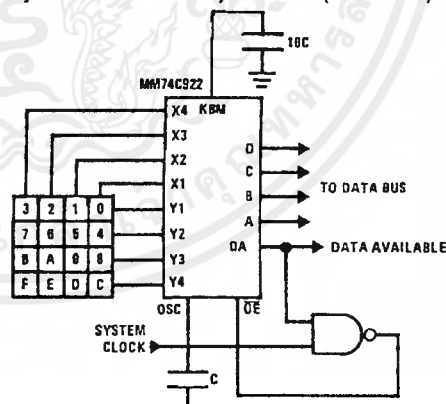
Typical Applications

Synchronous Handshake (MM74C922)



The keyboard may be synchronously scanned by omitting the capacitor at osc. and driving osc. directly if the system clock rate is lower than 10 kHz

Synchronous Data Entry Onto Bus (MM74C922)

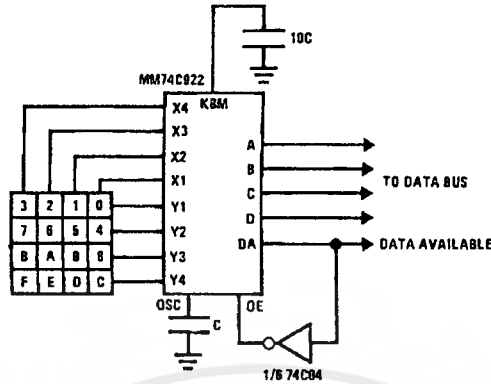


Outputs are enabled when valid entry is made and go into 3-STATE when key is released.

The keyboard may be synchronously scanned by omitting the capacitor at osc. and driving osc. directly if the system clock rate is lower than 10 kHz

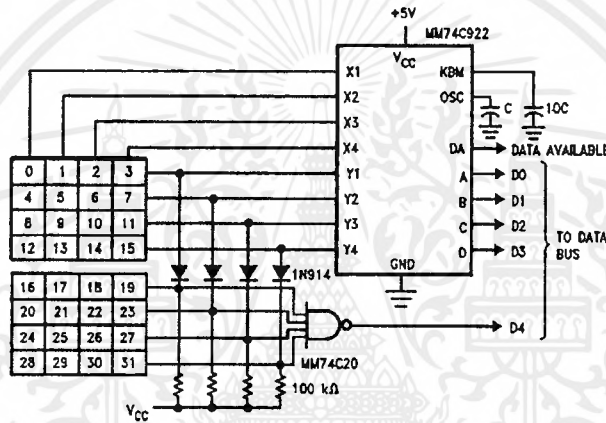
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Asynchronous Data Entry Onto Bus (MM74C922)



Outputs are in 3-STATE until key is pressed, then data is placed on bus. When key is released, outputs return to 3-STATE.

Expansion to 32 Key Encoder (MM74C922)



Theory of Operation

The MM74C922/MM74C923 Keyboard Encoders implement all the logic necessary to interface a 16 or 20 SPST key switch matrix to a digital system. The encoder will convert a key switch closer to a 4(MM74C922) or 5(MM74C923) bit nibble. The designer can control both the keyboard scan rate and the key debounce period by altering the oscillator capacitor, C_{OSC} , and the key bounce mask capacitor, C_{MSK} . Thus, the MM74C922/MM74C923's performance can be optimized for many keyboards.

The keyboard encoders connect to a switch matrix that is 4 rows by 4 columns (MM74C922) or 5 rows by 4 columns (MM74C923). When no keys are depressed, the row inputs are pulled high by internal pull-ups and the column outputs sequentially output a logic "0". These outputs are open drain and are therefore low for 25% of the time and otherwise off. The column scan rate is controlled by the oscillator input, which consists of a Schmitt trigger oscillator, a 2-bit counter, and a 2-4-bit decoder.

When a key is depressed, key 0, for example, nothing will happen when the X1 input is off, since Y1 will remain high. When the X1 column is scanned, X1 goes low and Y1 will go low. This disables the counter and keeps X1 low. Y1

going low also initiates the key bounce circuit timing and locks out the other Y inputs. The key code to be output is a combination of the frozen counter value and the decoded Y inputs. Once the key bounce circuit times out, the data is latched, and the Data Available (DAV) output goes high.

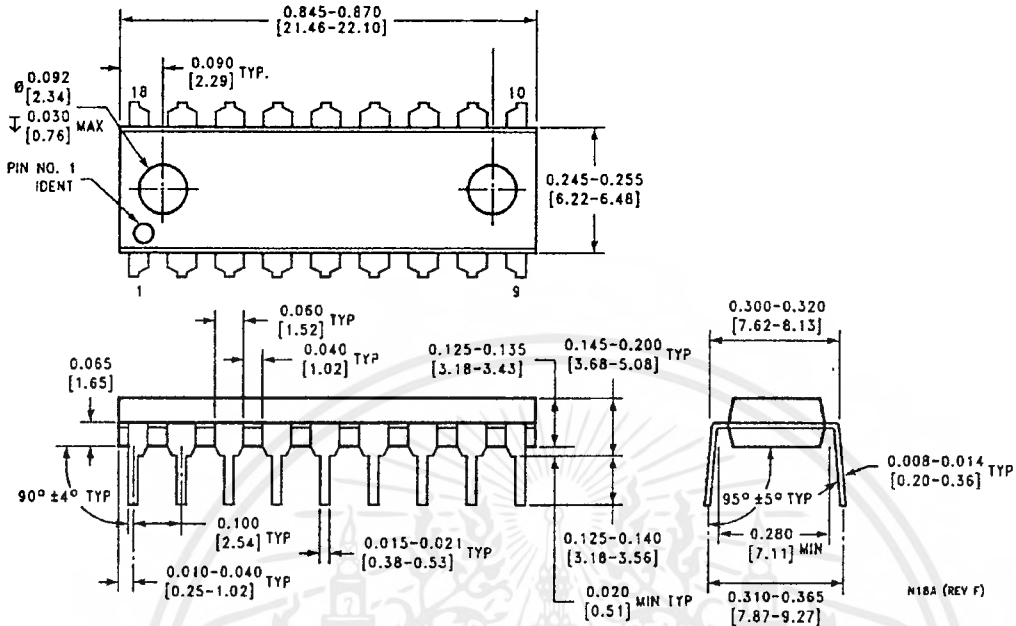
If, during the key closure the switch bounces, Y1 input will go high again, restarting the scan and resetting the key bounce circuitry. The key may bounce several times, but as soon as the switch stays low for a debounce period, the closure is assumed valid and the data is latched.

A key may also bounce when it is released. To ensure that the encoder does not recognize this bounce as another key closure, the debounce circuit must time out before another closure is recognized.

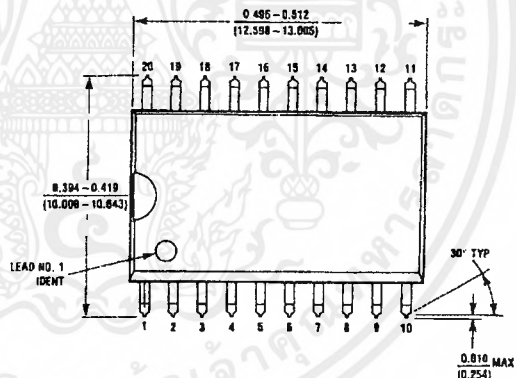
The two-key roll-over feature can be illustrated by assuming a key is depressed, and then a second key is depressed. Since all scanning has stopped, and all other Y inputs are disabled, the second key is not recognized until the first key is lifted and the key bounce circuitry has reset.

The output latches feed 3-STATE, which is enabled when the Output Enable (\overline{OE}) input is taken low.

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



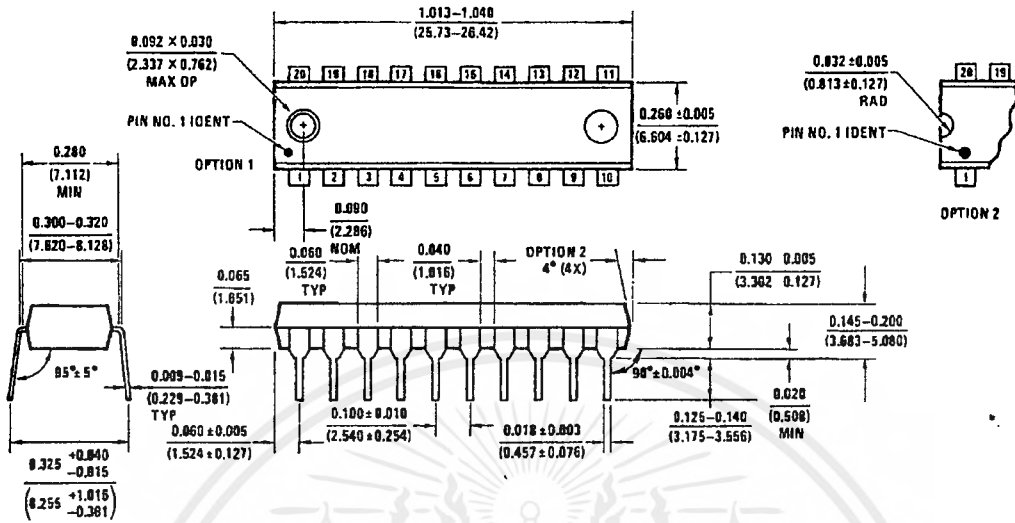
18-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide Package Number N18A



20-Lead Plastic Small Outline I.C. Package (M) Package Number M20B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



20-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide
Package Number N20A

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

www.fairchildsemi.com

Fairchild does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and Fairchild reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.



CD74HC540, CD74HCT540, CD74HC541, CD74HCT541

High Speed CMOS Logic Octal Buffer and Line Drivers, Three-State

January 1998

Features

- CD74HC540, CD74HCT540 Inverting
- CD74HC541, CD74HCT541 Non-Inverting
- Buffered Inputs
- Three-State Outputs
- Bus Line Driving Capability
- Typical Propagation Delay = 9ns at $V_{CC} = 5V$, $C_L = 15pF$, $T_A = 25^\circ C$
- Fanout (Over Temperature Range)
 - Standard Outputs 10 LSTTL Loads
 - Bus Driver Outputs 15 LSTTL Loads
- Wide Operating Temperature Range ... $-55^\circ C$ to $125^\circ C$
- Balanced Propagation Delay and Transition Times
- Significant Power Reduction Compared to LSTTL Logic ICs
- HC Types
 - 2V to 6V Operation
 - High Noise Immunity: $N_{IL} = 30\%$, $N_{IH} = 30\%$ of V_{CC} at $V_{CC} = 5V$
- HCT Types
 - 4.5V to 5.5V Operation
 - Direct LSTTL Input Logic Compatibility, $V_{IL} = 0.8V$ (Max), $V_{IH} = 2V$ (Min)
 - CMOS Input Compatibility, $I_i \leq 1\mu A$ at V_{OL} , V_{OH}

Description

The Harris CD74HC540 and CD74HCT540 are Inverting Octal Buffers and Line Drivers with Three-State Outputs and the capability to drive 15 LSTTL loads. The Harris CD74HC541 and CD74HCT541 are Non-Inverting Octal Buffers and Line Drivers with Three-State Outputs that can drive 15 LSTTL loads. The Output Enables ($\overline{OE1}$) and ($\overline{OE2}$) control the Three-State Outputs. If either $\overline{OE1}$ or $\overline{OE2}$ is HIGH the outputs will be in the high impedance state. For data output $\overline{OE1}$ and $\overline{OE2}$ both must be LOW.

Ordering Information

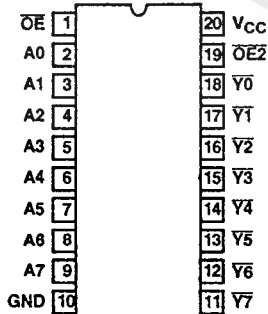
PART NUMBER	TEMP. RANGE ($^\circ C$)	PACKAGE	PKG. NO.
CD74HC540E	-55 to 125	20 Ld PDIP	E20.3
CD74HCT540E	-55 to 125	20 Ld PDIP	E20.3
CD74HC541E	-55 to 125	20 Ld PDIP	E20.3
CD74HCT541E	-55 to 125	20 Ld PDIP	E20.3
CD74HC540M	-55 to 125	20 Ld SOIC	M20.3
CD74HCT540M	-55 to 125	20 Ld SOIC	M20.3
CD74HC541M	-55 to 125	20 Ld SOIC	M20.3
CD74HCT541M	-55 to 125	20 Ld SOIC	M20.3

NOTES:

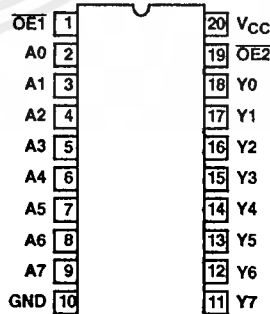
1. When ordering, use the entire part number. Add the suffix 96 to obtain the variant in the tape and reel.
2. Wafer and die for this part number is available which meets all electrical specifications. Please contact your local sales office or Harris customer service for ordering information.

Pinouts

CD74HC540, CD74HCT540
(PDIP, SOIC)
TOP VIEW



CD74HC541, CD74HCT541
(PDIP, SOIC)
TOP VIEW



CAUTION: These devices are sensitive to electrostatic discharge. Users should follow proper IC Handling Procedures.

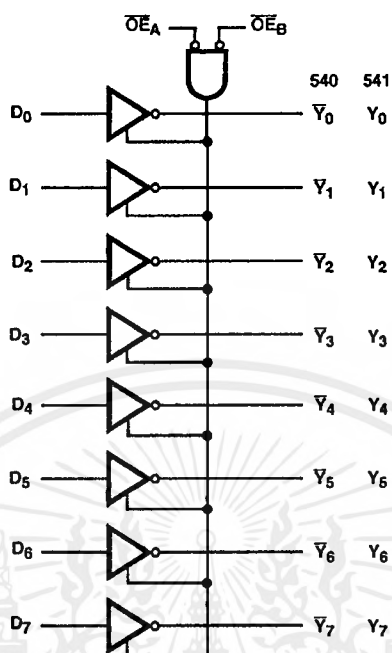
File Number 1659.2

Copyright © Harris Corporation 1998

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CD74HC540, CD74HCT540, CD74HC541, CD74HCT541

Functional Diagram



TRUTH TABLE

INPUTS			OUTPUTS	
$\overline{OE1}$	$\overline{OE2}$	A_n	540	541
L	L	H	L	H
H	X	X	Z	Z
X	H	X	Z	Z
L	L	L	H	L

NOTE:

H = HIGH Voltage Level

L = LOW Voltage Level

X = Don't Care

Z = High Impedance

CD74HC540, CD74HCT540, CD74HC541, CD74HCT541

Absolute Maximum Ratings

DC Supply Voltage, V_{CC}	-0.5V to 7V
DC Input Diode Current, I_{IK} For $V_I < -0.5V$ or $V_I > V_{CC} + 0.5V$	$\pm 20mA$
DC Output Diode Current, I_{OK} For $V_O < -0.5V$ or $V_O > V_{CC} + 0.5V$	$\pm 20mA$
DC Drain Current, per Output, I_O For $-0.5V < V_O < V_{CC} + 0.5V$	$\pm 35mA$
DC Output Source or Sink Current per Output Pin, I_O For $V_O > -0.5V$ or $V_O < V_{CC} + 0.5V$	$\pm 25mA$
DC V_{CC} or Ground Current, I_{CC}	$\pm 50mA$

Thermal Information

Thermal Resistance (Typical, Note 3)	θ_{JA} ($^{\circ}C/W$)
PDIP Package	125
SOIC Package	120
Maximum Junction Temperature	150 $^{\circ}C$
Maximum Storage Temperature Range	-65 $^{\circ}C$ to 150 $^{\circ}C$
Maximum Lead Temperature (Soldering 10s)	300 $^{\circ}C$ (SOIC - Lead Tips Only)

Operating Conditions

Temperature Range, T_A	-55 $^{\circ}C$ to 125 $^{\circ}C$
Supply Voltage Range, V_{CC} HC Types2V to 6V
HCT Types	4.5V to 5.5V
DC Input or Output Voltage, V_I, V_O	0V to V_{CC}
Input Rise and Fall Time 2V	1000ns (Max)
4.5V	500ns (Max)
6V	400ns (Max)

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

NOTE:

3. θ_{JA} is measured with the component mounted on an evaluation PC board in free air.

DC Electrical Specifications

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS		V_{CC} (V)	25 $^{\circ}C$			-40 $^{\circ}C$ TO 85 $^{\circ}C$		-55 $^{\circ}C$ TO 125 $^{\circ}C$		UNITS
		V_I (V)	I_O (mA)		MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
HC TYPES												
High Level Input Voltage	V_{IH}	-	-	2	1.5	-	-	1.5	-	1.5	-	V
				4.5	3.15	-	-	3.15	-	3.15	-	V
				6	4.2	-	-	4.2	-	4.2	-	V
Low Level Input Voltage	V_{IL}	-	-	2	-	-	0.5	-	0.5	-	0.5	V
				4.5	-	-	1.35	-	1.35	-	1.35	V
				6	-	-	1.8	-	1.8	-	1.8	V
High Level Output Voltage CMOS Loads	V_{OH}	V_{IH} or V_{IL}	-0.02	2	1.9	-	-	1.9	-	1.9	-	V
			-0.02	4.5	4.4	-	-	4.4	-	4.4	-	V
			-0.02	6	5.9	-	-	5.9	-	5.9	-	V
High Level Output Voltage TTL Loads	V_{OH}	V_{IH} or V_{IL}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	V
			-6	4.5	3.98	-	-	3.84	-	3.7	-	V
			-7.8	6	5.48	-	-	5.34	-	5.2	-	V
Low Level Output Voltage CMOS Loads	V_{OL}	V_{IH} or V_{IL}	0.02	2	-	-	0.1	-	0.1	-	0.1	V
			0.02	4.5	-	-	0.1	-	0.1	-	0.1	V
			0.02	6	-	-	0.1	-	0.1	-	0.1	V
Low Level Output Voltage TTL Loads	V_{OL}	V_{IH} or V_{IL}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	V
			6	4.5	-	-	0.26	-	0.33	-	0.4	V
			7.8	6	-	-	0.26	-	0.33	-	0.4	V
Input Leakage Current	I_I	V_{CC} or GND	-	6	-	-	± 0.1	-	± 1	-	± 1	μA

CD74HC540, CD74HCT540, CD74HC541, CD74HCT541

DC Electrical Specifications (Continued)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS		V _{CC} (V)	25°C			-40°C TO 85°C		-55°C TO 125°C		UNITS
		V _I (V)	I _O (mA)		MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
Quiescent Device Current	I _{CC}	V _{CC} or GND	0	6	-	-	8	-	80	-	160	μA
Three-State Leakage Current	I _{OZ}	V _{IL} or V _{IH}	V _O = V _{CC} or GND	6	-	-	±0.5	-	±5.0	-	±10	μA
HCT TYPES												
High Level Input Voltage	V _{IH}	-	-	4.5 to 5.5	2	-	-	2	-	2	-	V
Low Level Input Voltage	V _{IL}	-	-	4.5 to 5.5	-	-	0.8	-	0.8	-	0.8	V
High Level Output Voltage CMOS Loads	V _{OH}	V _{IH} or V _{IL}	-0.02	4.5	4.4	-	-	4.4	-	4.4	-	V
High Level Output Voltage TTL Loads			-6	4.5	3.98	-	-	3.84	-	3.7	-	V
Low Level Output Voltage CMOS Loads	V _{OL}	V _{IH} or V _{IL}	0.02	4.5	-	-	0.1	-	0.1	-	0.1	V
Low Level Output Voltage TTL Loads			6	4.5	-	-	0.26	-	0.33	-	0.4	V
Input Leakage Current	I _I	V _{CC} and GND	0	5.5	-	-	±0.1	-	±1	-	±1	μA
Quiescent Device Current	I _{CC}	V _{CC} or GND	0	5.5	-	-	8	-	80	-	160	μA
Three-State Leakage Current	I _{OZ}	V _{IL} or V _{IH}	V _O = V _{CC} or GND	5.5	-	-	±0.5	-	±5.0	-	±10	μA
Additional Quiescent Device Current Per Input Pin: 1 Unit Load	ΔI _{CC}	V _{CC} -2.1	-	4.5 to 5.5	-	100	360	-	450	-	490	μA

NOTE: For dual-supply systems theoretical worst case (V_I = 2.4V, V_{CC} = 5.5V) specification is 1.8mA.

HCT Input Loading Table

INPUT	UNIT LOADS	
	HCT540	HCT541
A0 - A7	1	0.4
$\overline{OE2}$	0.75	0.75
$\overline{OE1}$	1.15	1.15

NOTE: Unit load is ΔI_{CC} limit specific in DC Electrical Specifications Table, e.g., 360μA max. at 25°C.

CD74HC540, CD74HCT540, CD74HC541, CD74HCT541

Switching Specifications $C_L = 50\text{pF}$, Input $t_r, t_f = 6\text{ns}$

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	V_{CC} (V)	25°C			-40°C TO 85°C		-55°C TO 125°C		UNITS
				MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
HC TYPES											
Propagation Delay Data to Outputs (540)	t_{PLH}, t_{PHL}	$C_L = 50\text{pF}$	2	-	-	110	-	140	-	165	ns
			4.5	-	-	22	-	28	-	33	ns
		$C_L = 15\text{pF}$	5	-	9	-	-	-	-	-	ns
		$C_L = 50\text{pF}$	6	-	-	19	-	24	-	28	ns
Data to Outputs (541)	t_{PLZ}, t_{PHZ}	$C_L = 50\text{pF}$	2	-	-	115	-	145	-	175	ns
			4.5	-	-	23	-	29	-	35	ns
		$C_L = 15\text{pF}$	5	-	9	-	-	-	-	-	ns
		$C_L = 50\text{pF}$	6	-	-	20	-	25	-	30	ns
Output Enable and Disable to Outputs (540)	t_{PLZ}, t_{PHZ}	$C_L = 50\text{pF}$	2	-	-	160	-	200	-	240	ns
			4.5	-	-	32	-	40	-	48	ns
		$C_L = 15\text{pF}$	5	-	13	-	-	-	-	-	ns
		$C_L = 50\text{pF}$	6	-	-	27	-	34	-	41	ns
Output Enable and Disable to Outputs (541)	t_{PLZ}, t_{PHZ}	$C_L = 50\text{pF}$	2	-	-	160	-	200	-	240	ns
			4.5	-	-	32	-	40	-	48	ns
		$C_L = 15\text{pF}$	5	-	14	-	-	-	-	-	ns
		$C_L = 50\text{pF}$	6	-	-	23	-	29	-	35	ns
Output Transition Time	t_{TTL}, t_{TLH}	$C_L = 50\text{pF}$	2	-	-	60	-	75	-	90	ns
			4.5	-	-	12	-	15	-	18	ns
			6	-	-	10	-	13	-	15	ns
Input Capacitance	C_I	$C_L = 50\text{pF}$	-	10	-	10	-	10	-	10	pF
Three-State Output Capacitance	C_O	-	-	20	-	20	-	20	-	20	pF
Power Dissipation Capacitance (Notes 4, 5) (540)	C_{PD}	$C_L = 15\text{pF}$	5	-	50	-	-	-	-	-	pF
Power Dissipation Capacitance (Notes 4, 5) (541)	C_{PD}	$C_L = 15\text{pF}$	5	-	48	-	-	-	-	-	pF
HCT TYPES											
Propagation Delay Data to Outputs (540)	t_{PHL}, t_{PLH}	$C_L = 50\text{pF}$	4.5	-	-	24	-	30	-	36	ns
		$C_L = 15\text{pF}$	5	-	9	-	-	-	-	-	ns
Data to Outputs (541)	t_{PHL}, t_{PLH}	$C_L = 50\text{pF}$	4.5	-	-	28	-	35	-	42	ns
		$C_L = 15\text{pF}$	5	-	11	-	-	-	-	-	ns
Output Enable and Disable to Outputs (540, 541)	t_{PLZ}, t_{PHZ}	$C_L = 50\text{pF}$	4.5	-	-	35	-	44	-	53	ns
		$C_L = 15\text{pF}$	5	-	14	-	-	-	-	-	ns
Output Transition Time	t_{TLH}, t_{TTL}	$C_L = 50\text{pF}$	4.5	-	-	12	-	15	-	18	ns
Input Capacitance	C_I	$C_L = 50\text{pF}$	-	10	-	10	-	10	-	10	pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CD74HC540, CD74HCT540, CD74HC541, CD74HCT541

Switching Specifications $C_L = 50\text{pF}$, Input $t_r, t_f = 6\text{ns}$ (Continued)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	V_{CC} (V)	25°C			-40°C TO 85°C		-55°C TO 125°C		UNITS
				MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
Three-State Output Capacitance	C_O	-	-	20	-	20	-	20	-	20	pF
Power Dissipation Capacitance (Notes 4, 5) (540, 541)	C_{PD}	$C_L = 15\text{pF}$	5	-	55	-	-	-	-	-	pF

NOTES:

- C_{PD} is used to determine the dynamic power consumption, per channel.
- $P_D = V_{CC}^2 f_i (C_{PD} + C_L)$ where f_i = Input Frequency, C_L = Output Load Capacitance, V_{CC} = Supply Voltage.

Test Circuits and Waveforms

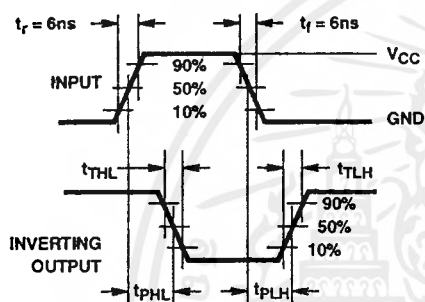


FIGURE 1. HC TRANSITION TIMES AND PROPAGATION DELAY TIMES, COMBINATION LOGIC

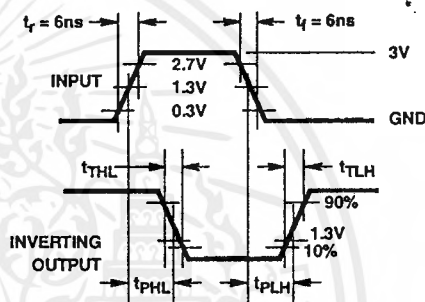


FIGURE 2. HCT TRANSITION TIMES AND PROPAGATION DELAY TIMES, COMBINATION LOGIC

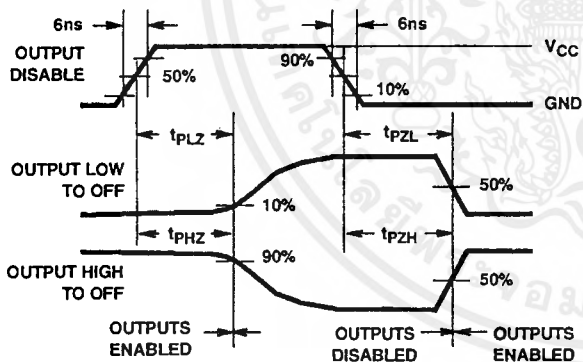


FIGURE 3. HC THREE-STATE PROPAGATION DELAY WAVEFORM

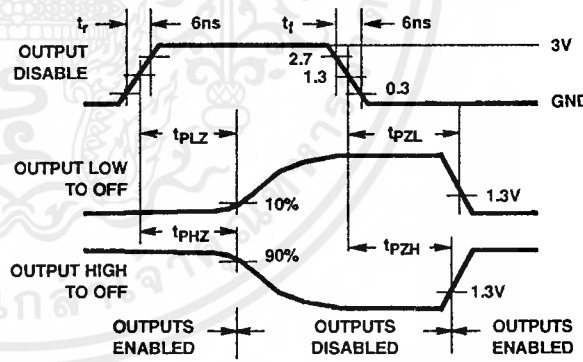
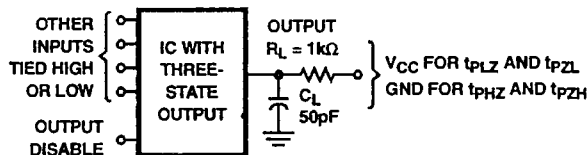


FIGURE 4. HCT THREE-STATE PROPAGATION DELAY WAVEFORM

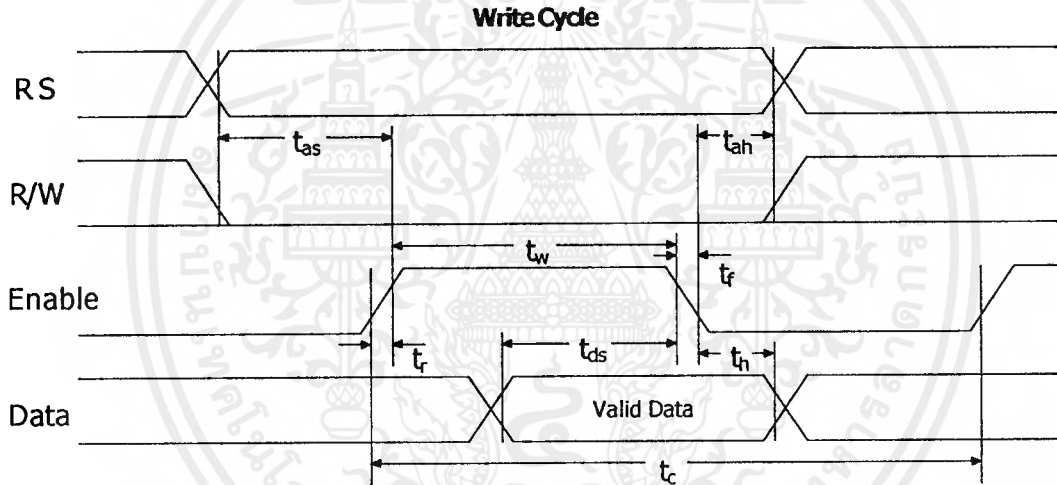


NOTE: Open drain waveforms t_{PLZ} and t_{PZL} are the same as those for three-state shown on the left. The test circuit is Output $R_L = 1\text{k}\Omega$ to V_{CC} , $C_L = 50\text{pF}$.

FIGURE 5. HC AND HCT THREE-STATE PROPAGATION DELAY TEST CIRCUIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

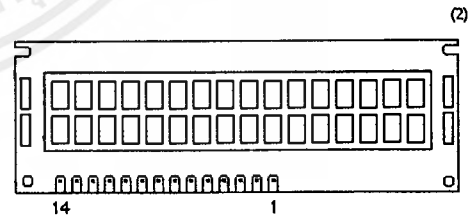
Instruction	RS	RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Description	Clocks
NOP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	No Operation	0
Clear Display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Clears display & sets address counter to zero.	165
Cursor Home	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	Sets address counter to zero, returns shifted display to original position. DDRAM contents remains unchanged.	3
Entry Mode Set	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	Sets cursor move direction, and specifies automatic shift.	3
Display Control	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Turns display (D), cursor on/off (C) or cursor blinking(B).	3
Cursor/display shift	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	0	0	Moves cursor and shift display. DDRAM contents remains unchanged.	3
Function Set	0	0	0	0	1	DL	N	M	G	0	Sets interface data width(DL), number of display lines (N,M) and voltage generator control (G).	3
Set CGRAM Addr	0	0	0	1	Character Generator RAM					Sets CGRAM Address	3	
Set DDRAM Addr	0	0	1	Display Data RAM Address					Sets DDRAM Address	3		
Busy Flag & Addr	0	1	BF	Address Counter					Reads Busy Flag & Address Counter	0		
Read Data	1	0	Read Data					Reads data from CGRAM or DDRAM	3			
Write Data	1	1	Write Data					Writes data from CGRAM or DDRAM	3			



Parameter	Symbol	Min ⁽¹⁾	Typ ⁽²⁾	Max ⁽¹⁾	Unit
Enable Cycle Time	t_c	500	-	-	ns
Enable Pulse Width (High)	t_w	230	-	-	ns
Enable Rise/Fall Time	t_r, t_f	-	-	20	ns
Address Setup Time	t_{as}	40	-	-	ns
Address Hold Time	t_{ah}	10	-	-	ns
Data Setup Time	t_{ds}	80	-	-	ns
Data Hold Time	t_h	10	-	-	ns

Note ¹ The above specifications are a indication only. Timing will vary from manufacturer to manufacturer.

Note ² A 2 line by 16 Character LCD Module is Pictured. Data will work on most 1 line x 16 character, 1 line x 20 character, 2 line x 16 character, 2 line x 20 character, 4 lines x 20 character, 2 lines x 40 character etc. modules compatible with the HD44780 LCD Module.



Pin No	Name	I/O	Description
1	Vss	Power	GND
2	Vdd	Power	+5v
3	Vo	Analog	Contrast Control
4	RS	Input	Register Select
5	R/W	Input	Read/Write
6	E	Input	Enable (Strobe)
7	D0	I/O	Data LSB
8	D1	I/O	Data
9	D2	I/O	Data
10	D3	I/O	Data
11	D4	I/O	Data
12	D5	I/O	Data
13	D6	I/O	Data
14	D7	I/O	Data MSB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้