สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การควบคุมอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

TEMPERATURE CONTROLLED BY MICROCOMPUTER

โดย

นาย สุรเชษฐ เอี่ยมรัศมี

นาย อาทิตย์ รัตนพร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 36905
วัน, เดือน, ปี 29 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

TEMPERATURE CONTROLLED BY MICROCOMPUTER

โดย

นาย สุรเชษฐ เอี่ยมรัศมี 40013236

นาย อาทิตย์ รัตนพร 40013239

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. สุชาติ คูณทวีเทพ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2542

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

ผู้จัดทำ

1.นายสุรเชษฐ เอี่ยมรัศมี รหัส 40013236

2.นายอาทิตย์ รัตนพร รหัส 40013239

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.สุชาติ คุณทวีเทพ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศด้วย ไมโครคอมพิวเตอร์

นาย สุรเชษฐ เอี่ยมรัศมี
นาย อาทิตย์ รัตนพร
ผศ. สุชาติ คูณทวีเทพ (อาจารย์ที่ปรึกษา)
ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

การนำไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessors) มาใช้ในการควบคุมเครื่องปรับอากาศนั้น ทำให้เครื่องปรับอากาศสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และประหยัดพลังงานได้อีกด้วย ในโครงงานนี้ได้นำเอาไมโครโปรเซสเซอร์ Z80 มาทำการประมวลผล ตัดสินใจในการควบคุมคอมเพรสเซอร์ (Compressor) และ พัดลมภายใน (Indoor Fan) ของเครื่องปรับอากาศ โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างของอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิที่ผู้ใช้ต้องการ ซึ่งสามารถควบคุมจากตัวเครื่องเองและยังสามารถควบคุมจาก PC (Personal Computer) โดยติดต่อกันทางพอร์ตอนุกรม ด้วยมาตราฐาน RS232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEMPERATURE CONTROLLED BY MICROCOMPUTER

Mr. Surachest Aimrusmee

Mr. Artit Ruttananporn

Assist. Prof. Suchart Khuntaweetep

Educational Year 1999

ABTSRACT

By to using the Microprocessor for controlling air-condition system, the air-condition can be operated with more efficiency and save more energy too. This project which uses the Z80 Microprocessor to be the CPU (Central Processing Unit), the function of it is refer to processing and decision in order to control the compressor and indoor fan of air-condition system by the difference of real temperature and user setting temperature. We can control this operation from this project and control from a personal computer (PC) by the serial communication with RS232 standard.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำปรึกษาในการเริ่มต้นทำโครงงานชิ้นนี้ตลอดจนข้อคิดเห็นและแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ จนสามารถสำเร็จมาได้ด้วยดี และอาจารย์ในภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ที่ให้คำแนะนำในการปฏิบัติงานต่าง ๆ รวมถึงการเรียนการสอนในวิชา ไมโครโปรเซสเซอร์ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2541 ที่ได้ให้ความรู้ในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับโครงงานชิ้นนี้ โดยผู้จัดทำรายงานได้นำความรู้ที่เรียนผ่านมา นำมาประยุกต์ใช้และนำมาแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากทำให้สามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ สำเร็จได้ด้วยดี ซึ่งถ้าขาดบุคคลดังที่กล่าวมาแล้วผู้จัดทำรายงานก็คงไม่สามารถที่จะทำงานให้สำเร็จลงได้

โดยผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ได้นำความรู้ที่ได้รับมา นำมาใช้อ้างอิงเป็นเนื้อหาของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ โดยสุดท้ายนี้ผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ใคร่ขอขอบคุณบุคคลที่ได้กล่าวถึงเป็นอย่างสูง ผู้จัดทำขอระลึกถึงด้วยความขอบคุณยิ่ง

สุรเชษฐ เอี่ยมรัศมี

(นายสุรเชษฐ เอี่ยมรัศมี)

(นายอาทิตย์ รัตนพร)

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 รายละเอียดและการใช้งาน	2
2.1 รายละเอียด และ รูปร่างของเครื่อง MASTER	2
2.2 รายละเอียด และ รูปร่างของตัวลูกข่าย	4
2.3 การติดตั้ง และ รูปแบบการติดต่อสื่อสาร	5
2.4 การใช้งาน DELPHI ควบคุมเครื่อง MASTER จากเครื่อง PC	6
บทที่ 3 การวัดอุณหภูมิ	8
3.1 ลักษณะสำคัญ (Features)	8
3.2 การอ่านอุณหภูมิ	9
3.3 การควบคุมการทำงานแบบเทอร์โมสแตท	10
3.4 การทำงานและควบคุม	11
3.5 การสื่อสารแบบ สามสาย (3-Wire Communication)	12
บทที่ 4 การออกแบบ และ การทำงานของวงจร	16
บทที่ 5 ผังการทำงานของโปรแกรม	23
บทที่ 6 ผลการทดลอง	29
บทที่ 7 สรุปผลและวิจารณ์	32
หนังสืออ้างอิง	
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 เป็นรูปด้านหน้าของเครื่อง MASTER และรายละเอียดปุ่มต่างๆ	2
รูปที่ 2.2 แสดงภาพด้านหลังของเครื่อง MASTER และรายละเอียดต่างๆ	3
รูปที่ 2.3 ภาพแสดงรูปร่างตัวลูกข่าย	4
รูปที่ 2.4 รูปการติดต่อสื่อสารทั้งหมดระหว่างเครื่อง MASTER และ เครื่อง PC	5
รูปที่ 2.5 เป็นภาพแสดงการ RUN โปรแกรม DELPHI	6
รูปที่ 3.1 ตำแหน่งขาของ DS 1620	8
รูปที่ 3.2 BLOCK DIAGRAM ของ DS 1620	9
รูปที่ 3.3 THERMOSTAT OUTPUT OPERATION	10
รูปที่ 3.4 CONFIGURATION / STAUS REGISTER	11
รูปที่ 4.1 MEMORY MAP	16
รูปที่ 4.2 วงจรสวิตช์	20
รูปที่ 4.3 วงจรการทำงานของตัวลูกข่าย	20
รูปที่ 4.4 วงจรรวมทั้งหมด	22
รูปที่ 5.1 ผังการทำงานของ MAIN PROGRAM	23
รูปที่ 5.2 ผังการทำงานของ FANS SPEED SUB PROGRAM	24
รูปที่ 5.3 ผังการทำงานของ SET TEMPERATURE SUB PROGRAM	25
รูปที่ 5.4 ผังการทำงานของ AUTO MODE SUB PROGRAM	26
รูปที่ 5.5 ผังการทำงานการรับอุณหภูมิของ DS 1620	27
รูปที่ 5.6 ผังการรับส่งข้อมูลระหว่าง COMPUTER กับ เครื่อง MASTER	28
รูปที่ 6.1 แผนภูมิแสดงค่าผิดพลาดระหว่างเทอร์โมมิเตอร์ กับ DS 1620	30
รูปที่ 6.2 แผนภูมิแสดงค่าผิดพลาดอุณหภูมิเทียบกับเครื่องปรับอากาศ	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.5 ตารางคำสั่ง 13
ตารางที่ 3.5.1 ตารางชุดคำสั่ง 15
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลตำแหน่งขาของ LCD Module 19
ตารางที่ 6.1 ตารางผลการทดลองเทียบค่าอุณหภูมิกับเทอร์โมมิเตอร์ 29
ตารางที่ 6.2 ตารางผลการทดลองเทียบค่าอุณหภูมิกับเครื่องปรับอากาศ 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในหลักสูตรการศึกษาของนักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ภาควิชา ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (ต่อเนื่อง) นั้น การศึกษาวิชาโครงงานมีความสำคัญต่อนักศึกษาเพื่อที่จะเป็นแนวทางปฏิบัติตามทฤษฎีที่ได้ศึกษา มาสร้างและแก้ไขปัญหาได้ทั้งยังจะเป็นประสบการณ์ในสถานประกอบการต่าง ๆ ต่อไป

จากการที่เคยได้ศึกษาทฤษฎีของ Microprocessor ตระกูล Z80 พบว่าการนำ Z80 มาประยุกต์ใช้งานนั้นสามารถทำได้หลายหลากและยังกำหนดการทำงานได้ง่าย ด้วยซอฟท์แวร์ รวมถึงการแก้ไขในภายหลังยังสามารถแก้ไขที่ซอฟท์แวร์ได้โดยตรง ซึ่งถ้างานที่ทำนั้นสร้างจากวงจรที่ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ถ้าต้องการจะเปลี่ยนแปลงการทำงานก็จะต้องแก้ไขทางฮาร์ดแวร์โดยตรง ซึ่งจะทำได้ยากและไม่สะดวก จึงเป็นแนวคิดที่จะนำ Z80 มาสร้างเป็นอุปกรณ์ควบคุมเครื่องปรับอากาศในวิชาโครงงาน และเนื่องจากในปัจจุบัน PC (Personal Computer) ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์อย่างมาก ซึ่งถ้าเป็นอาคารหรือโรงงานขนาดใหญ่ที่ทันสมัยนั้น ระบบต่าง ๆ เช่น ระบบปรับอากาศ, น้ำ, ไฟฟ้า, แสงสว่าง, ความปลอดภัย และ ฯลฯ เหล่านี้ล้วนควบคุมด้วย PC แทบทั้งสิ้น จึงได้เพิ่มความสามารถในการติดต่อกันระหว่าง Z80 กับ PC โดยใช้การสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมโดยมาตราฐาน RS232 ซึ่งจะทำให้การใช้มีขอบเขตที่กว้างขึ้น และอาจจะเพิ่มจำนวนเครื่องปรับอากาศที่ควบคุมให้มากขึ้น เพื่อใช้ในระบบที่ใหญ่ขึ้นดังที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น

วัตถุประสงค์ในโครงงานนี้ก็เพื่อศึกษาวิธีการทำงานและการประยุกต์ใช้งานของ Z80 และยังรวมไปถึง PC ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากสถานประกอบการในปัจจุบันจะเน้นความสามารถในการใช้ฮาร์ดแวร์ประกอบกับซอฟท์แวร์เป็นส่วนใหญ่ จึงเป็นข้อได้เปรียบถ้าเคยได้ผ่าน หรือมีความสามารถในงานประเภทนี้ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญ และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานระดับอื่น ๆ ที่สูงขึ้นไป

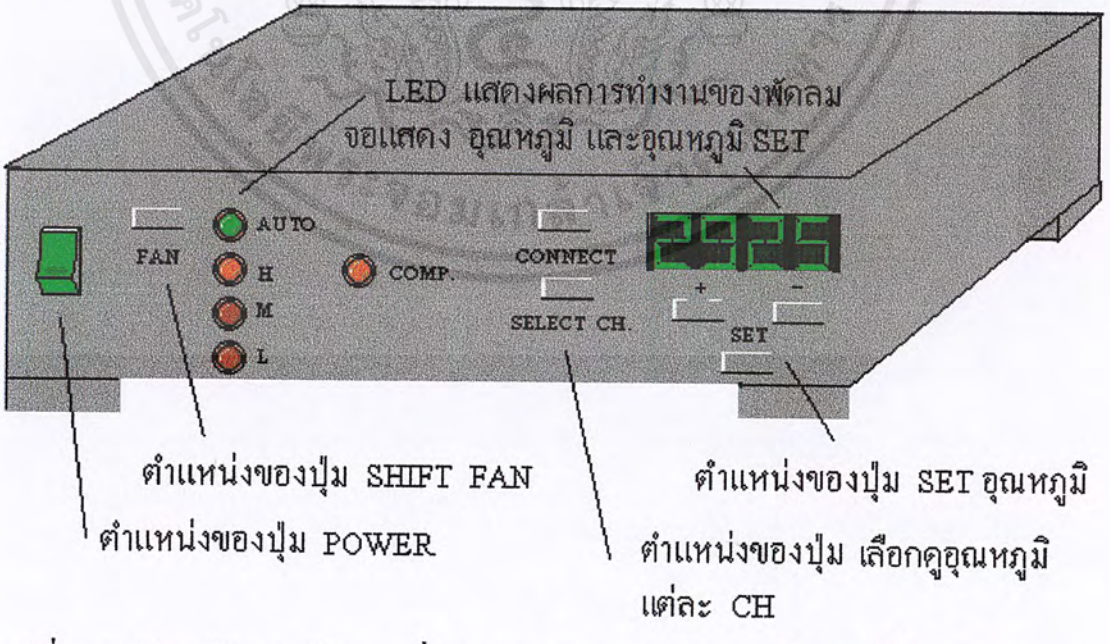
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
รายละเอียดและการใช้งาน

เราจะพูดถึงรายละเอียดของเครื่อง MASTER และ ตัวลูกข่ายทั้ง 4 ตัว ร่วมถึงการติดตั้งระหว่างเครื่อง MASTER กับ ตัวลูกข่ายทั้ง 4 ตัว ที่แต่ละตัวจะมีตัววัดอุณหภูมินั้นก็คือ ตัว DS 1620 ซึ่งจะทำหน้าที่วัดอุณหภูมิแล้วส่งค่ากับไปยังเครื่อง MASTER เพื่อแสดงผล ตัวลูกข่ายแต่ละตัวจะมีหน้าที่การทำงานที่เป็นอิสระต่อกัน ร่วมถึงการติดต่อกับเครื่อง PC เพื่อใช้ในการแสดงผล และ การควบคุมการทำงานของเครื่อง MASTER จากเครื่อง PC อีกด้วย

2.1 รายละเอียดและรูปร่างของเครื่อง MASTER

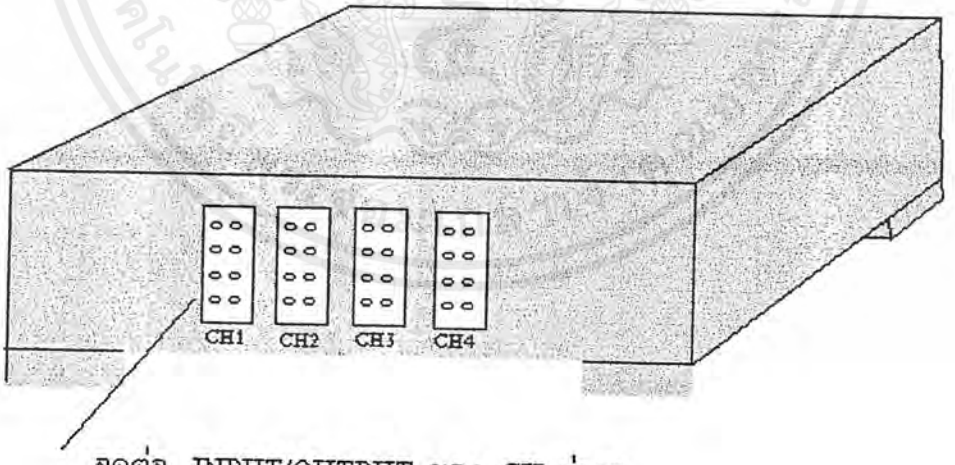
ตัวเครื่อง MASTER จะเป็นตัวศูนย์กลางในการควบคุมการทำงานของตัวลูกข่ายทั้ง 4 ตัว ซึ่งจะเป็นการทำงานแบบ CENTRALIZED หรือ เป็นการติดต่อโดยมีศูนย์กลางในการควบคุม จะทำการส่งรับข้อมูลกันกับตัวลูกข่ายแต่ละตัว และ รูปที่ 2.1 จะเป็นรายละเอียดและหน้าตาของเรื่อง MASTER



รูปที่ 2.1 เป็นรูปด้านหน้าของเครื่อง MASTER และรายละเอียดหน้าที่ของปุ่มต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหน้าปัดของตัวเครื่อง MASTER จะประกอบไปด้วย ปุ่ม POWER ซึ่งจะทำหน้าที่การเปิดปิดเครื่อง คือก่อนจะใช้ก็ต้องเปิดเครื่องก่อนหน้าที่ในโปรแกรมก็คือการ ติดต่อกับเครื่องวัดอุณหภูมิซึ่งจะเริ่มทำการรับส่งข้อมูลกัน ต่อไปก็คือ ปุ่ม FAT หน้าที่ของมันก็คือทำการปรับระดับ พัดลม ซึ่งมี 3 ระดับ HIGHT MEDIUM LOW และ จะสามารถปรับไป ระดับ AUTO ซึ่งจะทำการปรับระดับพัดลมโดยอัตโนมัติ โดยจะทำการเอาอุณหภูมิจริงลบด้วยอุณหภูมิ SET แล้วเปรียบเทียบตามโปรแกรมที่ได้เขียนไว้ ปุ่ม SET อุณหภูมิ หน้าที่ของมันก็คือ ทำการ SET อุณหภูมิที่เราต้องการได้และจะไม่สามารถทำการลด หรือ เพิ่มอุณหภูมิที่ SET ได้ ถ้าไม่ทำการกดปุ่ม SET ก่อนและเมื่อเราปรับอุณหภูมิที่เราต้องการได้แล้วก็ต้องทำการกดปุ่ม SET อีกครั้งเพื่อบันทึกอุณหภูมิที่เราต้องการแล้วทำการส่งข้อมูลออกไปที่ เครื่อง ลูกข่ายตัวที่เราต้องการส่ง ส่วนแสดงผล ไม่ว่าจะเป็น LED ที่แสดงสภาวะการทำงานของพัดลมซึ่งมีทั้งหมด 3 ดวง แล้วมี LED แสดงการทำงานของ COMP. 1 ดวง และ LED อีก 1 ดวง ที่แสดงสภาวะการทำงานในหมวด AUTO ยังจะมีจอแสดงอุณหภูมิ แสดง CH ของข้อมูลที่ปรากฏอยู่ และ จอแสดงอุณหภูมิที่ SET ยังมี ปุ่ม SHIFT CH ซึ่งเมื่อมีการเลือก CH ที่ต้องการก็จะแสดงสภาวะข้อมูลของ CH นั้นขึ้นบนหน้าปัดของเครื่อง MASTER รูปที่ 2.2 ด้านล่างนี้จะแสดงรายละเอียดของเครื่อง MASTER ด้านหลัง



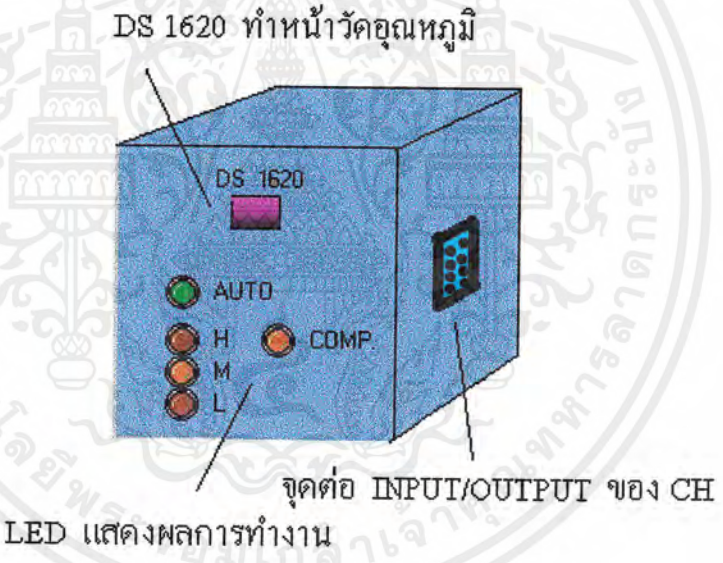
รูปที่ 2.2 แสดงภาพด้านหลังของเครื่อง MASTER และ รายละเอียดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพด้านหลังของ เครื่อง MASTER จะประกอบไปด้วย PORT ของ CH ต่างๆ ซึ่งจะใช้สำหรับการต่อสายรับส่งข้อมูลระหว่าง ตัวลูกข่ายแต่ละตัว ซึ่งจะเป็นการต่อ STAR

2.2 รายละเอียด และรูปร่างของตัวลูกข่าย

ตัวลูกข่ายแต่ละตัวจะมีรูปร่างเหมือนกันทั้ง 4 ตัว ซึ่งแต่ละตัวจะมีตัว DS 1620 ไว้สำหรับทำการวัด อุณหภูมิและส่งค่ากลับไปให้ยังเครื่อง MASTER และ มีส่วนแสดงผลการทำงานของพัดลม ประจำของแต่ละตัว และมี PORT INPUT/OUTPUT ของ CH ที่ไว้สำหรับการรับส่งข้อมูลกับเครื่อง MASTER รูปด้านล่างเป็นภาพของตัวลูกข่าย



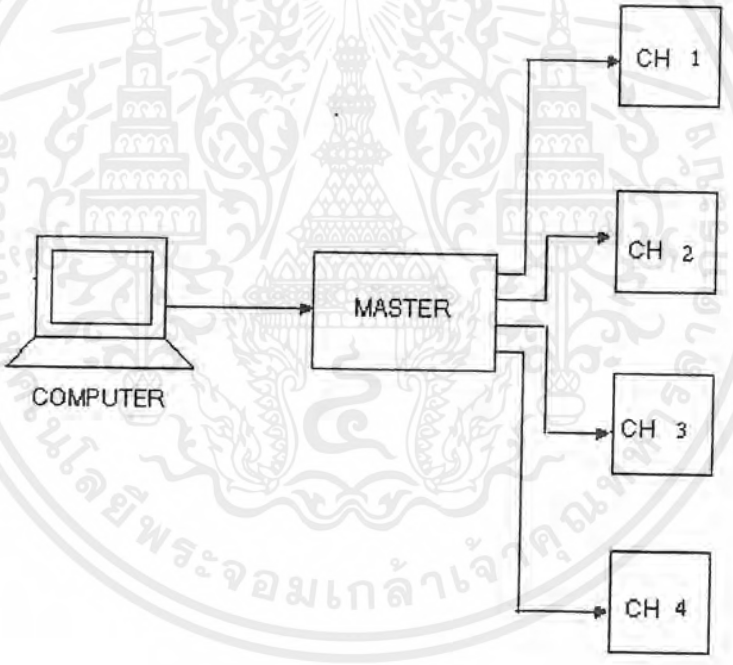
รูปที่ 2.3 ภาพแสดงรูปร่างของตัวลูกข่าย

ตัวลูกแต่ละตัวจะถูกต่อกันในรูปแบบ การต่อแบบ STAR โดยใช้สายทั้งหมด 8 เส้น ที่ใช้สำหรับในการรับส่งข้อมูล ซึ่งข้อมูลจะประกอบไปด้วยข้อมูลอุณหภูมิที่ ตัว DS 1620 ทำการอ่านแล้วส่งข้อมูลกับมาให้ยัง เครื่อง MASTER และ เครื่อง MASTER ยังมีหน้าส่งสถานะของพัดลมไปยัง CH แต่ละตัวที่เราต้องการได้โดยการกด ปุ่ม SHIFT CH ที่ต้องการจะเปลี่ยนสถานะการทำงานของพัดลมตามที่เราต้องการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การติดตั้งและรูปแบบการติดต่อสื่อสาร

รูปแบบการติดตั้งและการต่อกับเครื่องลูกข่าย โดยเครื่อง MASTER จะเป็นศูนย์ในการรับส่งข้อมูล โดยเครื่อง MASTER จะต่อกับ เครื่องลูกข่ายในรูปแบบการต่อแบบ STAR โดยผ่าน PORT INPUT/OUTPUT ของเครื่อง MASTER โดยผ่านสายทั้งหมด 8 เส้น ไปยัง PORT INPUT/OUTPUT ของตัวลูกข่ายแต่ละตัว ซึ่งจะมีตัว DS 1620 ทำหน้าวัดอุณหภูมิแล้วส่งของมูลผ่านสายมายัง เครื่อง MASTER และ เครื่อง MASTER ก็มีหน้าที่ส่งข้อมูล สถานะของพัดลม โดยผ่านสายไปยัง ตัวลูกข่ายแต่ละตัว รูปด้านล่างเป็น รูปการติดต่อสื่อสารทั้งหมดระหว่างเครื่อง PC เครื่อง MASTER และ เครื่องลูกข่าย ในรูปแบบการต่อแบบ STAR



รูปที่ 2.4 รูปการติดต่อสื่อสารทั้งหมดระหว่างเครื่อง PC เครื่อง MASTER และเครื่องลูกข่ายในรูปแบบการต่อแบบ STAR

ในกรณีการติดต่อสื่อสาร กับ เครื่อง PC โดยผ่านสาย RS 232 ซึ่งเป็นสายส่งข้อมูลอนุกรมการที่เราเชื่อมต่อกับเครื่อง PC ก็สามารถแสดงผลทางหน้าจอได้ และ ยังสามารถควบคุมเครื่อง MASTER จากเครื่อง PC โดยผ่านสาย RS232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การใช้ DELPHI ควบคุมเครื่อง MASTER จากเครื่อง PC

การนำคอมพิวเตอร์ไปใช้ในระบบควบคุมติอต่อกับอุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์ภายนอก ซึ่งเป็นการนำซอฟท์แวร์เข้าไปควบคุมการทำงาน เมื่อคอมไพเลอร์พัฒนามากขึ้นระบบควบคุมทางอุตสาหกรรมก็พัฒนาตามขึ้นมาด้วย ทำให้สามารถนำระบบการแสดงผลที่เป็นกราฟฟิกมาจำลองการทำงานในระบบต่างๆได้ง่ายและรวดเร็วตามวิวัฒนาการของคอมไฟเลอร์

เราจะทำการใช้ DELPHI ติดต่อกับเครื่อง MASTER โดยผ่าน PORT RS232 ซึ่งเป็น PORT อนุกรม ซึ่งเป็น COM1 ของเครื่อง PC โดยการที่ใช้การติดต่อแบบอนุกรมก็เพื่อที่ต้องการประหยัดสาย เราได้ทำการเขียนโปรแกรมโดยการแสดงผลที่เป็นกราฟฟิกมาจำลองหน้าจอการทำงานของเครื่องวัดอุณหภูมิ เมื่อเราทำการ RUN โปรแกรม DELPHI จะได้รูปแบบการแสดงผลตาม FORM ข้างล่างนี้

รูปที่ 2.5 เป็นภาพแสดงการ RUN โปรแกรม DELPHI จะได้รูปแบบการแสดงผลตาม FORM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่เห็นเป็นการใช้ คอมโพเนนท์ ต่างๆมาเขียนโปรแกรมเชื่อมโยงกันการใช้งานบน โปรแกรมจะเหมือนกับการใช้งานบนตัวเครื่องทุกประการ เพราะโปรแกรมการทำงานกับตัวเครื่องจะรับส่งข้อมูลกันตลอด ซึ่งรูปแบบ FORM จะแสดงการจำลองการใช้งานควบคุมเครื่องปรับอากาศในห้องประชุมซึ่งจะทำการควบคุมเครื่องปรับอากาศถึง 4 ตัว โดยมีเครื่อง MASTER เป็นศูนย์กลางในการควบคุมสถานะการทำงานของเครื่องปรับอากาศ แต่ละตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

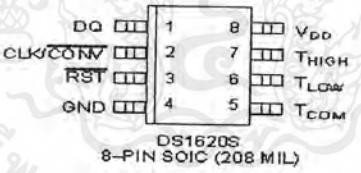
บทที่ 3
การวัดอุณหภูมิ

การวัดอุณหภูมิในโครงงานนี้ จะใช้วงจรรวม (IC : Integrated Circuit) เพื่อทำการแปลงค่าอุณหภูมิให้เป็นข้อมูลดิจิตอล โดยใช้ IC หมายเลข DS 1620 ซึ่งผลิตโดยบริษัท " DALLAS SEMICONDUCTOR " ซึ่งเป็น Digital Thermometer and Thermostat ซึ่งมีลักษณะต่าง ๆ และการใช้งานดังนี้

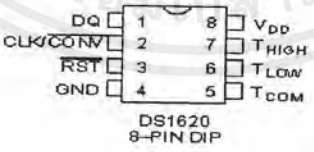
3.1 ลักษณะสำคัญ (Features)

- ไม่ต้องการอุปกรณ์ต่อร่วมภายนอก
- วัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -55°C ถึง 125°C โดยเพิ่มขั้นละ 0.5°C
  (-67°F ถึง 257°F เพิ่มขั้นละ 0.5°F)
- ให้ค่าอุณหภูมิที่แปลงแล้วเป็นดิจิตอล 9 บิต
- แปลงอุณหภูมิหนึ่งค่าใช้เวลา 200 mS โดยประมาณ
- สามารถตั้งอุณหภูมิในการใช้เป็นเทอร์โมสแตทได้และยังคงค่าไว้แม้จะตัดไฟเลี้ยง
- รับและส่งข้อมูลโดยใช้การติดต่อแบบสามสาย (CLK ,DQ ,RST)

PIN ASSIGNMENT



DS1620S
8-PIN SOIC (208 MIL)



DS1620
8-PIN DIP

PIN DESCRIPTION

DQ	–	3-Wire Input/Output
CLK/$\overline{\text{CONV}}$	–	3-Wire Clock Input and Standalone Convert Input
$\overline{\text{RST}}$	–	3-Wire Reset Input
GND	–	Ground
T_{HIGH}	–	High Temperature Trigger
T_{LOW}	–	Low Temperature Trigger
T_{COM}	–	High/Low Combination Trigger
V_{DD}	–	Power Supply Voltage (+5V)

รูปที่ 3.1 ตำแหน่งขาของ DS 1620

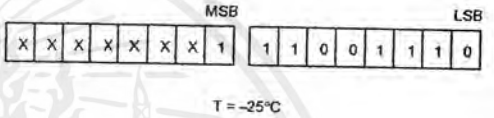
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การอ่านอุณหภูมิ

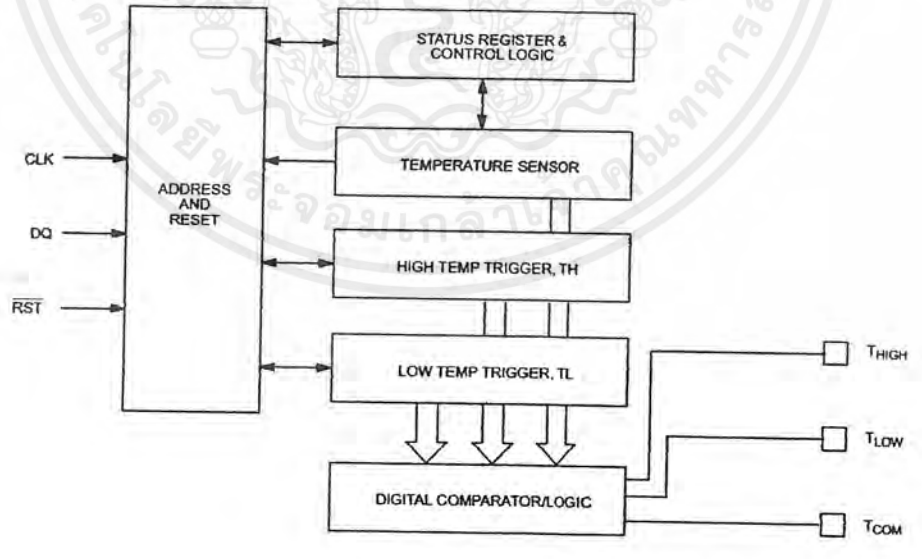
ในการอ่านอุณหภูมินั้นจะได้เป็นข้อมูล 9 บิต ซึ่งเป็นอุณหภูมิของตัวถังขณะนั้นและเป็นแบบ 2's Complement ซึ่งตารางที่ 1 เป็นตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกับอุณหภูมิ ข้อมูลจะถูกส่งโดยทางการติดต่อแบบสามสาย โดยจะมี LSB เป็นบิตแรก DS 1620 จะให้ความต่างอุณหภูมิขั้นละ 0.5°C หรือขั้นละ 1 LSB

TEMPERATURE/DATA RELATIONSHIPS Table 1

TEMP	DIGITAL OUTPUT (Binary)	DIGITAL OUTPUT (Hex)
+125°C	0 11111010	00FA
+25°C	0 00110010	0032h
$^1/_2$°C	0 00000001	0001h
0°C	0 00000000	0000h
–$^1/_2$°C	1 11111111	01FFh
–25°C	1 11001110	01CEh
–55°C	1 10010010	0192h



DS1620 FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM Figure 1



รูปที่ 3.2 BLOCK DIAGRAM

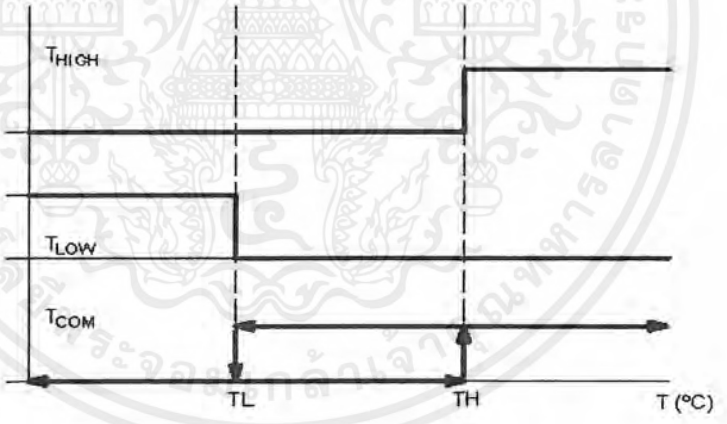
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การควบคุมการทำงานแบบเทอร์โมสแตท

ขา T high , T low , T com จะจำเป็นมากเมื่อ DS 1620 ถูกใช้งานในโหมดของเทอร์โมสแตทดังแสดงในรูปที่สองเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าหรือเท่ากับอุณหภูมิที่ตั้งไว้ในรีจิสเตอร์ที่เก็บอุณหภูมิสูงสุด (T high) ขา T high และ T com จะให้เอาท์พุตเป็น " 1 " และจะคงสภาวะไว้จนกว่าอุณหภูมิจริงจะลดลงต่ำกว่าค่าในรีจิสเตอร์ T high ที่ขาT high จะให้เอาท์พุตเป็น " 0 " แต่ขา T com ยังคงเป็น " 1 " อยู่จนกว่าอุณหภูมิจริงจะลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ในรีจิสเตอร์ที่เก็บอุณหภูมิต่ำสุด ขา T com จะกลายเป็น " 0 "แต่ขา T low จะกลายเป็น " 1 " และจะคงสภาวะไว้จนกว่าอุณหภูมิจริงจะสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ในรีจิสเตอร์ T low

ขา T high , T low , T com นี้สามารถจะใช้แสดงถึงอุณหภูมิสูงสุดหรือต่ำสุดที่ต้องการหรือนำไปใช้ปิดเปิดเครื่องปรับอากาศ,เครื่องทำความร้อน เมื่อเข้าสู่อุณหภูมิที่ตั้งไว้

THERMOSTAT OUTPUT OPERATION Figure 2



รูปที่ 3.3 THERMOSTAT OUTPUT OPERATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การทำงานและควบคุม

DS 1620 ควรจะมีข้อมูลรีจิสเตอร์ T high และ T low สำหรับการทำงานในโหมดเทอร์โมสแตท

Configuration/Staus Register จะใช้เก็บค่าที่แสดงถึงการทำงานของ DS 1620 ซึ่งจะอธิบายได้ดังนี้

DONE	THF	TLF	NVB	1	0	CPU	1 SHOT

DONE : ถ้าเป็น " 1 " คือแปลงอุณหภูมิเสร็จแล้ว
ถ้าเป็น " 0 " คือกำลังแปลงอุณหภูมิอยู่

THF : (Temp high flag) จะเป็น " 1 " เมื่อ อุณหภูมิจริงมากกว่าหรือเท่ากับอุณหภูมิในรีจิสเตอร์ T high และจะเป็น " 0 " ได้เมื่อตัดไฟเลี้ยงหรือเขียน " 0 " ทับลงไปในตำแหน่งนี้

THL : (Temp low flag) จะเป็น " 1 " เมื่อ อุณหภูมิจริงน้อยกว่าหรือเท่ากับอุณหภูมิในรีจิสเตอร์ T low และจะเป็น " 0 " ได้เมื่อตัดไฟเลี้ยงหรือเขียน " 0 " ทับลงไปในตำแหน่งนี้

NVB : (Nonvolatire Memory busy flag) จะเป็น " 1 " เมื่อ E^2 Memory กำลังถูกเขียนอยู่ และจะเป็น " 0 " เมื่อไม่ถูกใช้งาน

CPU : ถ้าเป็น " 0 " แสดงว่าขา CLK/CONV จะถูกใช้เป็นขาที่สั่งให้เริ่มแปลงอุณหภูมิ ถ้าเป็น " 1 " แสดงว่าขา CLK/CONV จะใช้เป็นขา Clock ธรรมดา โดยใช้งานร่วมกับขา DQ และ RST ในการสื่อสารแบบสามสาย สำหรับบิตนี้สามารถเก็บแบบไม่ต้องการแรงดันในการรักษาข้อมูลไว้

1 SHOT : ถ้าเป็น " 1 " จะเป็นการแปลงอุณหภูมิครั้งเดียวเมื่อได้รับคำสั่ง (Protocol) ถ้าเป็น " 0 " จะเป็นการแปลงอุณหภูมิแบบต่อเนื่อง

ในการใช้ DS 1620 เป็นเทอร์โมสแตท จะเป็นการแปลงอุณหภูมิแบบต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามสำหรับการใช้งานที่ต้องอ่านทีละครั้งในขณะที่ต้องการ และยังต้องการทีจะประหยัดพลังงานควรจะใช้งานในโหมด 1 SHOT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การสื่อสารแบบสามสาย (3 - WIRE COMMUNICATION)

BUS 3 สายนี้จะเป็นสัญญาณสามลักษณะ คือ RST (reset) signal, CLK (clock) signal, DQ (data) signal การสื่อสารทั้งหมดจะเริ่มขึ้นได้เมื่อขา RST ได้รับลอจิก " 1 "ถ้าเป็น " 0 " จะเป็นการตัดการสื่อสาร สัญญาณ CLK คือสัญญาณนาฬิกาที่มีขอบขาลงแล้วตามด้วยขอบขาขึ้น และสำหรับสัญญาณ Data ที่จะสื่อสารนั้น ควรจะมีระดับแรงดันของแต่ละบิตตรงกับขอบขาขึ้นของสัญญาณ Clock และในขณะที่ขา CLK เป็น " 1 "จะทำให้ขา DQ เป็นสภาวะ High Impedance

เมื่อขา RST เป็น " 0 " จะเป็นการตัดการสื่อสารทั้งหมดและขา DQ จะมีสภาวะเป็น High Impedance

ในการสื่อสารแบบสามสายนี้จะใช้ LSB เป็นบิตแรก คำสั่งที่ใช้ในการติดต่อแบบสามสายจะให้มาในตารางที่ 3 ซึ่งควรจะใช้คำสั่งเหล่านี้เท่านั้นที่จะเขียนลงไปในDS 1620 ถ้าเป็นคำสั่งอื่นๆ อาจจะทำให้ DS 1620 เสียหายได้ ซึ่งคำสั่งต่างๆ จะอธิบายได้ดังนี้

Read Temperature [AAh]

เป็นคำสั่งที่จะอ่านข้อมูลอุณหภูมิที่แปลงแล้ว โดยหลังจากใส่คำสั่งนี้ จะได้ค่าอุณหภูมิ 9 บิตจากรีจิสเตอร์ออกมา

Write TH [01h]

เป็นการสั่งให้เขียนค่าลงใน TH register โดยหลังจากใส่คำสั่งนี้แล้ว 9 บิตต่อมาจะถูกตั้งเป็นค่าที่ใช้จำกัดอุณหภูมิสูงสุดของ O/P T high

Write TL [02h]

เป็นการสั่งให้เขียนค่าลงใน TL register โดยหลังจากใส่คำสั่งนี้แล้ว 9 บิตต่อมาจะถูกตั้งเป็นค่าที่ใช้จำกัดอุณหภูมิต่ำสุดของ O/P T low

Read TH [A1h]

เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านค่าใน TH register โดยหลังจากใส่คำสั่งนี้เข้าไป จะได้ข้อมูล 9 บิตที่เป็นค่าอุณหภูมิสูงสุดในการทำงานของ T high O/P

Read TL [A2h]

เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านค่าใน TL register โดยหลังจากใส่คำสั่งนี้เข้าไป จะได้ข้อมูล 9 บิตที่เป็นค่าอุณหภูมิต่ำสุดในการทำงานของ T low O/P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Start Convert [EEh]

เป็นคำสั่งที่ใช้ให้เริ่มการแปลงอุณหภูมิ โดยในโหมด 1 shot นั้น DS1620 จะทำการแปลงอุณหภูมิค่าเดียวและเข้าสู่สภาวะนิ่ง ส่วนในโหมดต่อเนื่องจะเป็นการสั่งให้เริ่มแปลงอุณหภูมิไปเรื่อยๆ

Stop Convert [22h]

เป็นคำสั่งให้หยุดการแปลงอุณหภูมิในโหมดต่อเนื่อง หลังจากใส่คำสั่งนี้จะแปลงอุณหภูมิค่าสุดท้ายในขณะนั้นให้เสร็จแล้วจะเข้าสู่สภาวะนิ่ง จนกว่าจะได้รับคำสั่ง Start Convert จึงจะเริ่มแปลงค่าอุณหภูมิอย่างต่อเนื่องต่อไป

Write Config [0Ch]

เป็นคำสั่งที่ใช้เพื่อจะเขียนค่าเงื่อนไขการทำงานลงใน Config register หลังจากใส่คำสั่งนี้แล้ว 8 บิตต่อจากคำสั่งจะต้องเป็นค่า Config ที่ต้องการเขียนในลงไป

Read Config [ACh]

เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านค่าจาก Config register โดยหลังจากใส่คำสั่งนี้แล้วจะได้ข้อมูล 8 บิตออกมา ซึ่งเป็นใน Config register

INSTRUCTION	DESCRIPTION	PROTOCOL	3–WIRE BUS DATA AFTER ISSUING PROTOCOL	NOTES
TEMPERATURE CONVERSION COMMANDS				
Read Temperature	Reads last converted temperature value from temperature register.	AAh	<read data>	
Start Convert T	Initiates temperature conversion.	EEh	idle	1
Stop Convert T	Halts temperature conversion.	22h	idle	1
THERMOSTAT COMMANDS				
Write TH	Writes high temperature limit value into TH register.	01h	<write data>	2
Write TL	Writes low temperature limit value into TL register.	02h	<write data>	2
Read TH	Reads stored value of high temperature limit from TH register.	A1h	<read data>	2
Read TL	Reads stored value of low temperature limit from TL register.	A2h	<read data>	2
Write Config	Writes configuration data to configuration register.	0Ch	<write data>	2
Read Config	Reads configuration data from configuration register.	ACh	<read data>	2

รูปที่ 3.5 ตารางคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการใช้งานต่างๆที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น โหมดที่จะนำมาใช้ในโครงงานนี้จะเป็นโหมด 1 shot เพื่อง่ายต่อการนำข้อมูลมาเปรียบเทียบตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้โดยจะมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. เขียนค่า Config ลงใน Config register เพื่อกำหนดให้เป็นการทำงานในโหมด 1 shot และให้ขา CLK/CONV เป็นขาที่ต้องการสัญญาณนาฬิกาธรรมดาโดยข้อมูลที่จะใส่ใน Config register คือ 0Bh โดยในข้อนี้จะทำเพียงครั้งแรกในการเริ่มใช้งานแค่ครั้ง เดียวเท่านั้นเพราะ Config register จะเป็น E^2PROM และจำกัดการเขียนไว้ประมาณ50,000 ครั้ง จึงไม่จำเป็นต้องเขียนทุกครั้งที่ใช้งาน

2. เมื่อต้องการค่าอุณหภูมิมาใช้งาน ก็ต้องใส่คำสั่งให้ DS 1620 เริ่มแปลงอุณหภูมิ

3. การที่จะทราบว่าการแปลงอุณหภูมิเสร็จหรือยังนั้น เราจะตรวจสอบได้จาก DONE BIT ของ Configuration/Status Register ว่าเป็น " 1 " หรือยังโดยใช้คำสั่งในการอ่าน Config ป้อนเข้าไปแล้วรอรับข้อมูลที่ได้ แล้วตรวจสอบ DONE BIT ว่าเป็น " 1 " หรือยังถ้ายังก็ทำซ้ำข้อ 3 อีกครั้งถ้าเป็น " 1 " แล้วก็ให้ทำขั้นตอนต่อไป

4. เมื่อแปลงอุณหภูมิเสร็จแล้วให้ใส่คำสั่งอ่านอุณหภูมิเข้าไป และรอรับข้อมูลอุณหภูมิที่ DS 1620 ส่งออกมา เมื่อได้ค่าอุณหภูมิแล้ว DS 1620 จะเข้าสู่สภาวะนิ่งและถ้าต้องการอ่านอุณหภูมิอีกก็ย้อนไปทำตั้งแต่ข้อ 2 อีกครั้งหนึ่งและในการใช้งานจริงนั้นจะต้องใช้ชุดคำสั่งดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อ	CPU MODE	DS 1620 MODE (3-WIRE)	DATA (SB FIRST)	COMMENTS
1.	TX	RX	0Ch	CPU ส่ง Write Config Command
	TX	RX	02h	CPU ตั้ง DS 1620 เป็นโหมดต่อเนื่อง
	TX	RX	Toggle RST	CPU Reset DS 1620
2.	TX	RX	EEh	CPU ส่ง Start Convertion Command
	TX	RX	Toggle RST	CPU Reset DS 1620
3.	TX	RX	ACh	CPU ส่ง Read Config Command
	RX	TX	0Bh	CPU รับข้อมูลจาก DS 1620
	TX	RX	Toggle RST	CPU Reset DS 1620
	TX	RX	ACh	CPU ส่ง Read Config Command
	RX	TX	8Bh	CPU รับข้อมูลจาก DS 1620
	TX	RX	Toggle RST	CPU Reset DS 1620
4.	TX	RX	AAh	CPU ส่ง Read Temperature Command
	RX	TX	- - h	CPU รับค่าอุณหภูมิจาก DS 1620
	TX	RX	Toggle RST	CPU Reset DS 1620

รูปที่ 3.5.1 ตารางชุดคำสั่ง

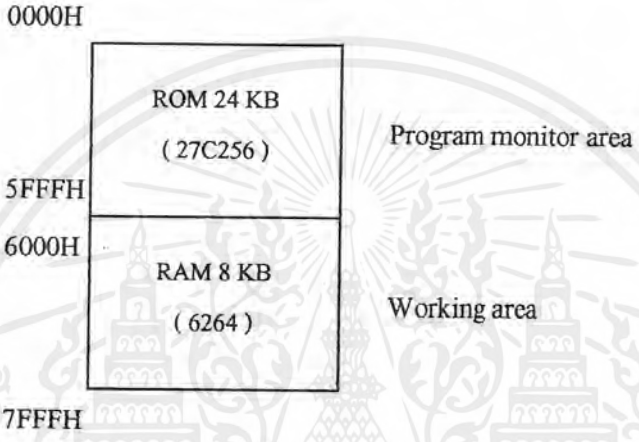
และถ้าต้องการค่าอุณหภูมิอีก ก็ให้ย้อนไปทำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2 อีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

วงจรการทำงาน

หัวใจของวงจรคือ CPU – Z80 โดยจะใช้งานที่สัญญาณนาฬิกา 4Mhz โดยใช้ Crystal 4Mhz เป็นตัวกำหนดสัญญาณนาฬิกา โดยจะต่อกับขา CLK ของ Z80 ในโครงงานนี้ไม่ได้ใช้การ Interupt ดังนั้น ขา /NMI และ /INT จะถูกต่อกับ Vcc และรวมไปถึงขา /BUSAK และ /WAIT ซึ่งไม่ได้ใช้งานเช่นกัน จากนั้นส่วนสำคัญคือ หน่วยความจำซึ่งจะมี Memory Map ดังนี้



รูปที่ 4.1 Memory Map

คือจะใช้เป็นส่วนที่เป็นโปรแกรมการทำงานของ Z80 (Program Monitor) อยู่ 24 KB จากตำแหน่ง 0000H – 5FFFH และส่วนที่ใช้กับค่าการคำนวณ หรือพื้นที่เก็บข้อมูลการทำงาน (RAM) ขนาด 8 KB จากตำแหน่ง 6000 – 7FFFH รวมทั้งหมดเป็น 32KB นั่นคือเราจะใช้ขา Address ของ Z80 จาก A0 – A14

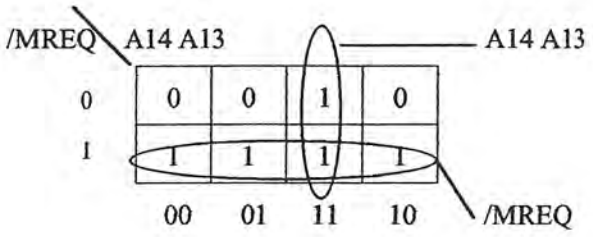
ในส่วนของ ROM จะใช้ 27C256 ซึ่งมีขนาด 32KB แต่ใช้เพียง 24KB (0000H – 5FFFH) นั่นคือ ตั้งแต่ 6000H ขึ้นไปสัญญาณ /CE ของ 27C256 จะเป็นลอจิก " 1 " โดยสัญญาณ /CE จะใช้ดังนี้

	AI5	AI4	AI3	AI2	AI1 - A0
6000H	0	1	1	0	0 - 0
7FFFH	0	1	1	1	1 - 1

นั่นคือถ้ามีสัญญาณจาก /MREQ กับสัญญาณจากขา Address ตั้งแต่ 6000H ขึ้นไปถึง 7FFFFH /CE ของ 27C256 ต้องเป็นลอจิก " 1 "

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

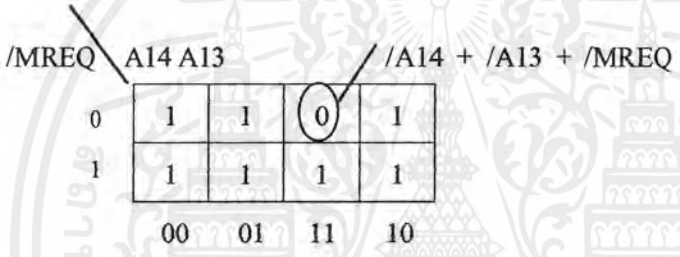
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



= A14A13 + /MREQ

และในส่วนของ 6264 (8K) /CE1 จะได้ลอจิก " 0 " เมื่อ Address ตั้งแต่ 6000H ขึ้นไปถึง 7FFFH

	A15	A14	A13	A12	A11 - A0	
6000H		0	1	1	0	0 - 0
7FFFH		0	1	1	1	1 - 1



ในส่วนของ I/O Port นั้น จะใช้ 8255 เป็นแขนขาให้ Z80 ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก โดยใช้อยู่ 3 ตัวด้วยกัน ซึ่งจะมี Address ดังนี้

8255 ตัวที่หนึ่ง จะเป็น 00H , 01H , 02H , (I/O) และ 03H (Control)
8255 ตัวที่สอง จะเป็น 10H , 11H , 12H , (I/O) และ 13H (Control)
8255 ตัวที่สาม จะเป็น 20H , 21H , 22H , (I/O) และ 23H (Control)

โดย 8255 จะใช้ขา A0 , A1 ต่อกันทุกตัวดังนั้นจึงต้องใช้ความต่างของ A4 – A7 มาเป็น /CS ให้ 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
36905

ตัวที่หนึ่ง

A7	A6	A5	A4
0	0	0	0

/IORQ = " 0 "

A5A4 \ A7A6	00	01	11	10
00	0	1	1	1
01	1	1	1	1
11	1	1	1	1
10	1	1	1	1

= A7 + A6 + A5 + A4 + /IORQ

ตัวที่สอง

A7	A6	A5	A4
0	0	0	1

/IORQ = " 0 "

A5A4 \ A7A6	00	01	11	10
00	1	1	1	1
01	0	1	1	1
11	1	1	1	1
10	1	1	1	1

= A7 + A6 + A5 + /A4 + /IORQ

ตัวที่สาม

A7	A6	A5	A4
0	0	1	0

/IORQ = " 0 "

A5A4 \ A7A6	00	01	11	10
00	1	1	1	1
01	1	1	1	1
11	1	1	1	1
10	0	1	1	1

= A7 + A6 + /A5 + A4 + /IORQ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนการ RESET ระบบนั้นเราจะใช้ IC MAX 1232 ซึ่งเป็น IC Monitor ที่จะ RESET ระบบนั้นตอนปิดและเปิดเครื่อง เพื่อป้องกันการรวนของระบบและยังสามารถ RESET ได้จากสวิตซ์อีกด้วย

ในการติดต่อกับ PC นั้น จะใช้การติดต่อผ่าน Serial Port โดยใช้การสื่อสารในมาตรฐานของ RS232 ซึ่ง Z80 นั้นไม่มีขาสัญญาณในการติดต่อแบบอนุกรม เราจึงต้องจำลองให้ 8255 ซึ่งเป็น Pararell Port ทำตัวเป็น Serial Port โดย ซอฟท์แวร์ และได้ใช้ IC MAX 232 ในการขับสัญญาณให้เข้ากับมาตรฐาน RS232 I/O Port ของ 8255 แต่ละตัวถูกใช้งานดังนี้

ตัวที่หนึ่ง ใช้เป็น Serial Port และ LCD Module

ตัวที่สอง ใช้ต่อเป็นสวิตซ์ควบคุมต่าง ๆ

ตัวที่สาม ใช้ต่อกับตัวลูกข่ายวัดอุณหภูมิและแสดงผล

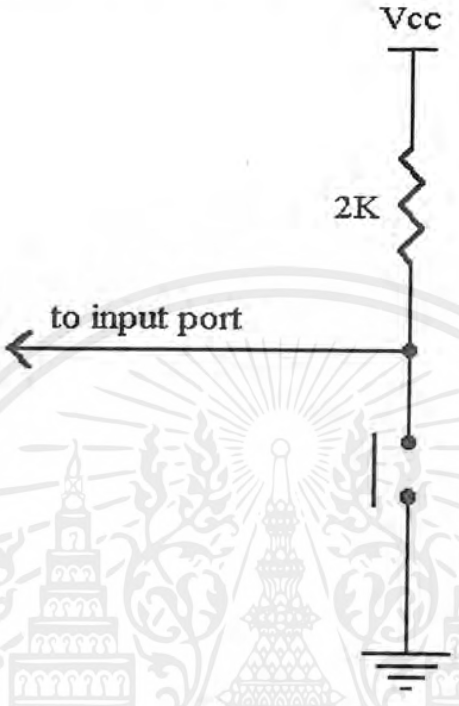
-โดย LCD Module จะมีลักษณะขาสัญญาณดังนี้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลตำแหน่งขาของ LCD MODULE

PIN	SYMBOL	LEVEL	FUNCTION
1	Vss	-	0 V GND
2	Vcc	-	+5 V Power Supply
3	Vee	-	+V For Liquid Crystal Drive
4	RS	H/L	Register Select H: Data Input L: Instruction Input
5	R/W	H/L	H: Data Read L: Data Write
6	E	H	Enable Signal (L➔H)
7 - 14	DB0 – DB7	H/L	Data Bus Bit 0 – Bit 7

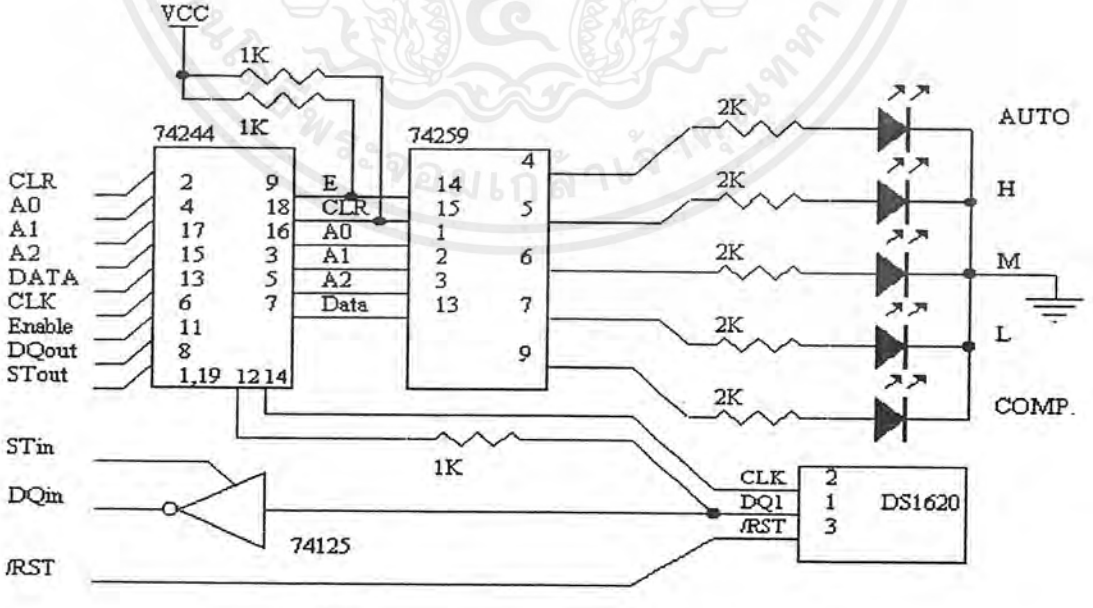
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สวิตซ์ควบคุมต่าง ๆ จะมีลักษณะแบบกดติดปล่อยดับ ซึ่งในภาวะปกติจะต่อกับไฟบวกโดยมีความต้านทานจำกัดกระแสอยู่ แต่เมื่อกดสวิตซ์จะต่อกับ Ground มีลักษณะวงจรดังนี้



รูปที่ 4.2 วงจรสวิตช์

- สำหรับตัวลูกข่ายมีทั้งหมด 4 ชุด (4 Channel) ซึ่งมีลักษณะวงจรดังนี้

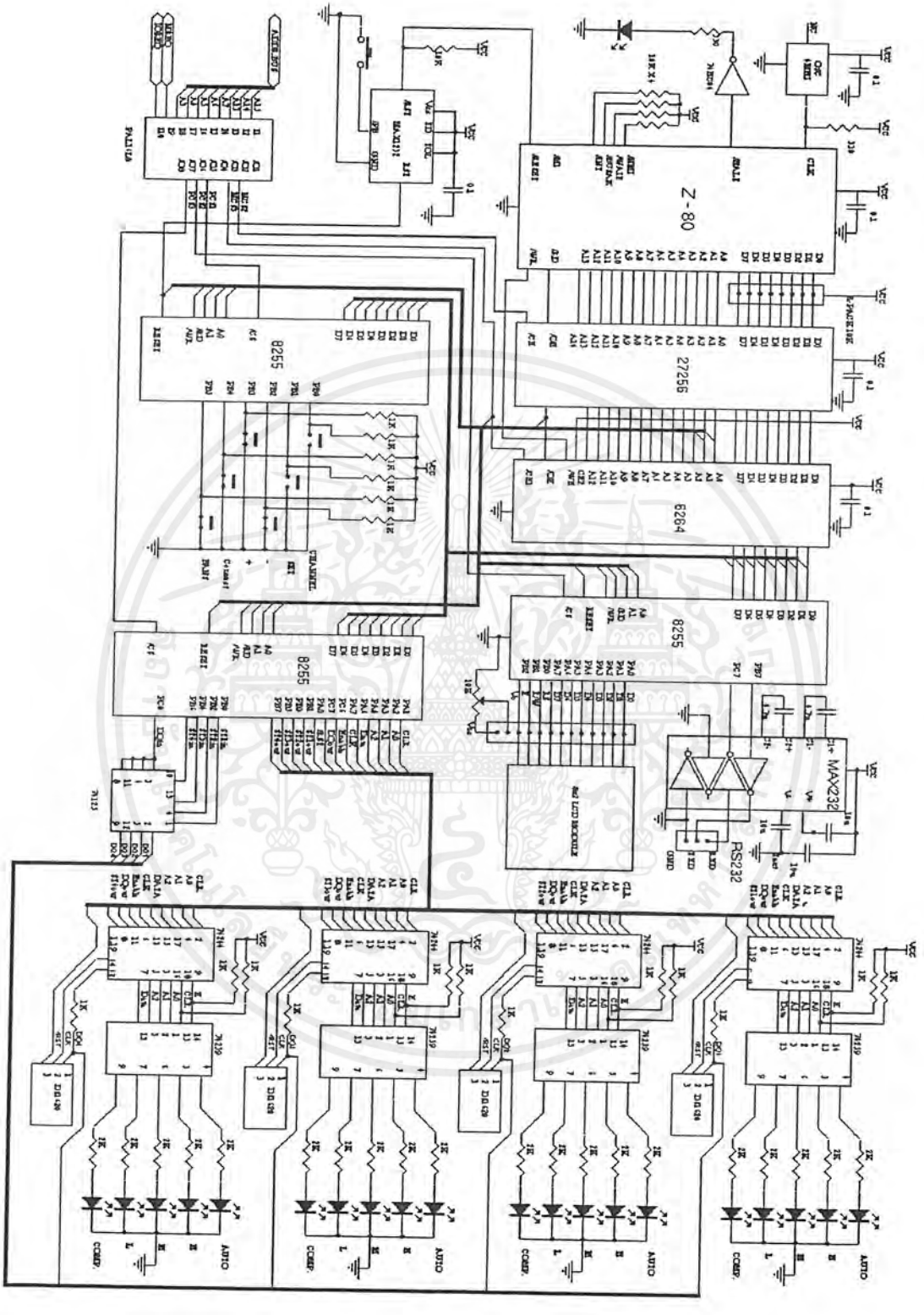


รูปที่ 4.3 วงจรการทำงานของตัวลูกข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมี IC 74244 เป็น Tri-State Buffer แบบมี Enable เป็นตัวแยกแต่ละช่อง (Channel) ออกจากกัน ควบคุมโดยสัญญาณ STout คือเมื่อ 74244 ของช่องใดได้รับสัญญาณ Stout ก็จะต่อสัญญาณจาก CPU ไปยังแต่ละตัวลูกข่าย ซึ่งในหนึ่งรอบการทำงานแต่ละช่องจะทำงานเพียงครั้งเดียว และครั้งละช่องเดียวแต่ไล่ตามลำดับกันไป โดย IC 74259 เป็น Address Latch เมื่อขา E ทำงานและมีสัญญาณ CLK ที่ขา CLK แล้ว IC จะนำ Data ที่ขา Data ออกไปยัง Output ตามที่ขา Address ได้ถูกส่งค่า และจะยังคงข้อมูลไว้แม้ว่าขา E จะไม่ทำงานแล้ว แต่ทุกขา Output จะถูก Clear เมื่อขา Clear ได้รับสัญญาณ CLK ดังนั้น แม้ว่า Strobe การทำงานจะอยู่ที่ช่องอื่นค่า Output ก็ยังจะคงแสดงไว้ ทำให้ CPU ไม่ต้องใช้ความเร็วสูงในการทำงานให้ครบทุกช่องสัญญาณ ส่วนค่าอุณหภูมิจะอ่านได้จาก IC DS1620 ซึ่งในการอ่านค่าเข้ามาจะอ่านค่าแยกแต่ละช่องโดยใช้ IC 74125 ซึ่งเป็น Tri-State Buffer เช่นเดียวกับ IC 74244 แต่ทุกตัว Buffer จะมีขา Enable แยกกันจึง
ใช้แยกค่าที่เข้าสู่ CPU ตามค่า STin ของแต่ละช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

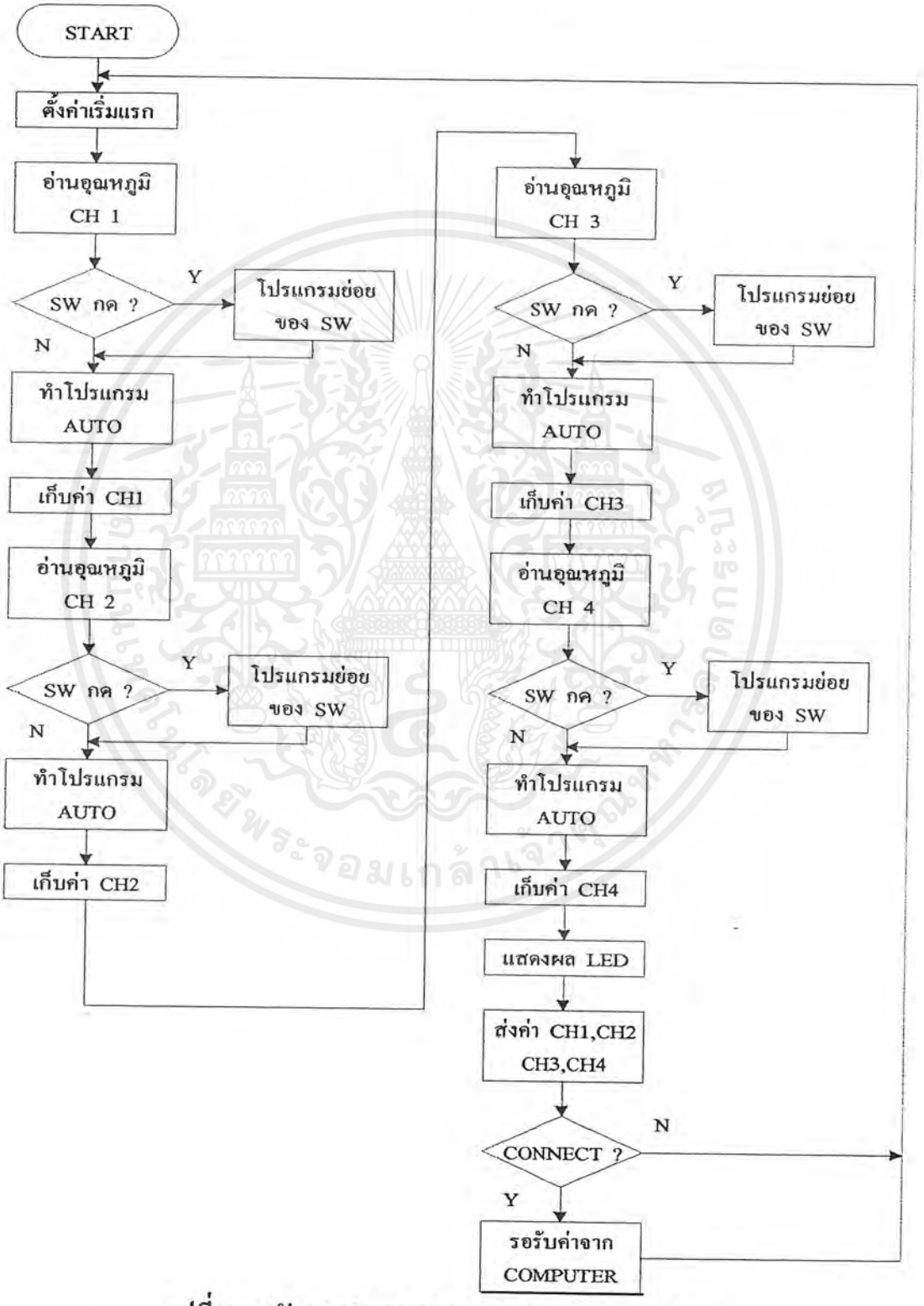


รูปที่ 4.4 วงจรรวมทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

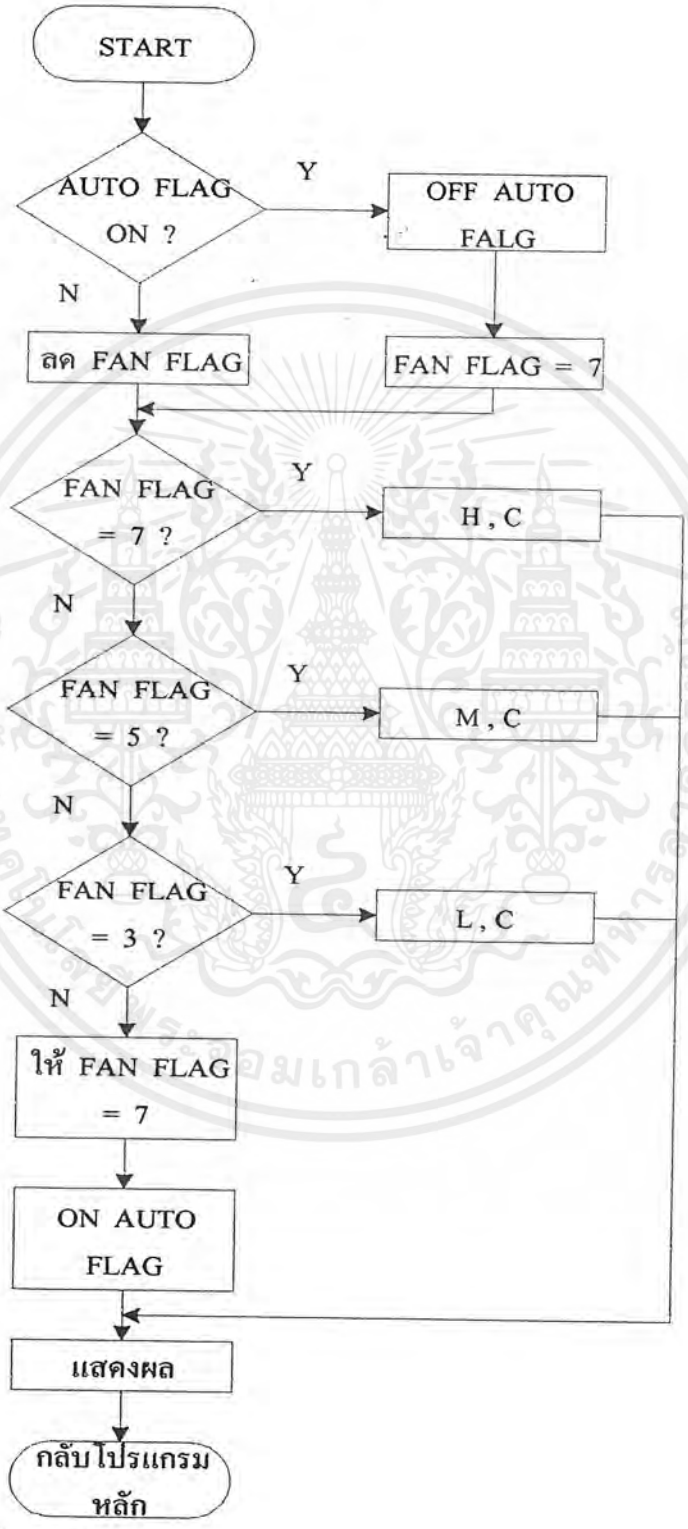
ผังการทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 5.1 ผังการทำงานของ MAIN PROGRAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

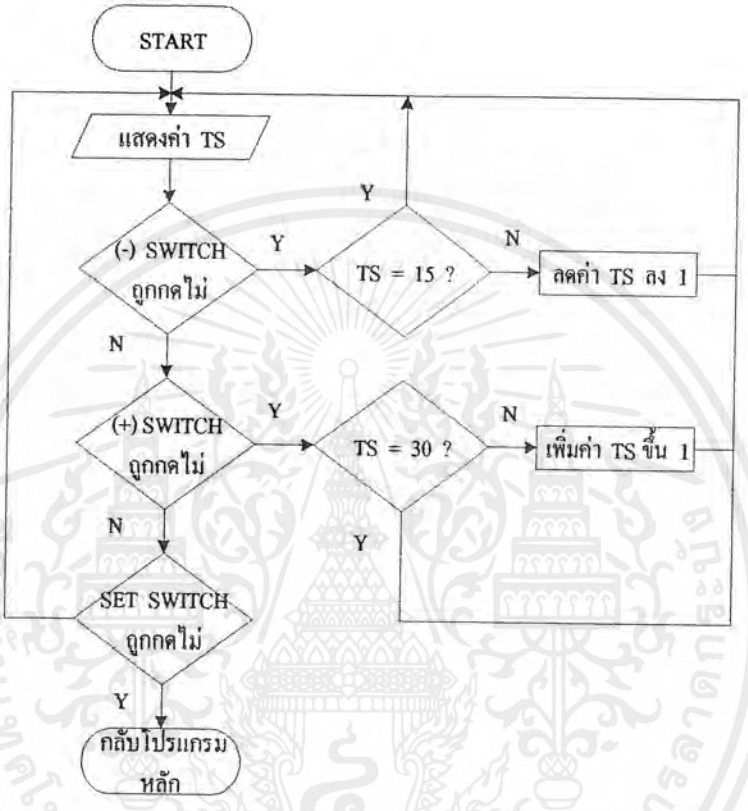
เป็นผังโปรแกรมการทำงานหลักของ เครื่อง MASTER เป็นการตรวจสอบว่ามีการกด สวิตช์ และ จะต้องใช้โปรแกรมย่อยอันไหน



รูปที่ 5.2 ผังการทำงานของ FANS SPEED SUB PROGRAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

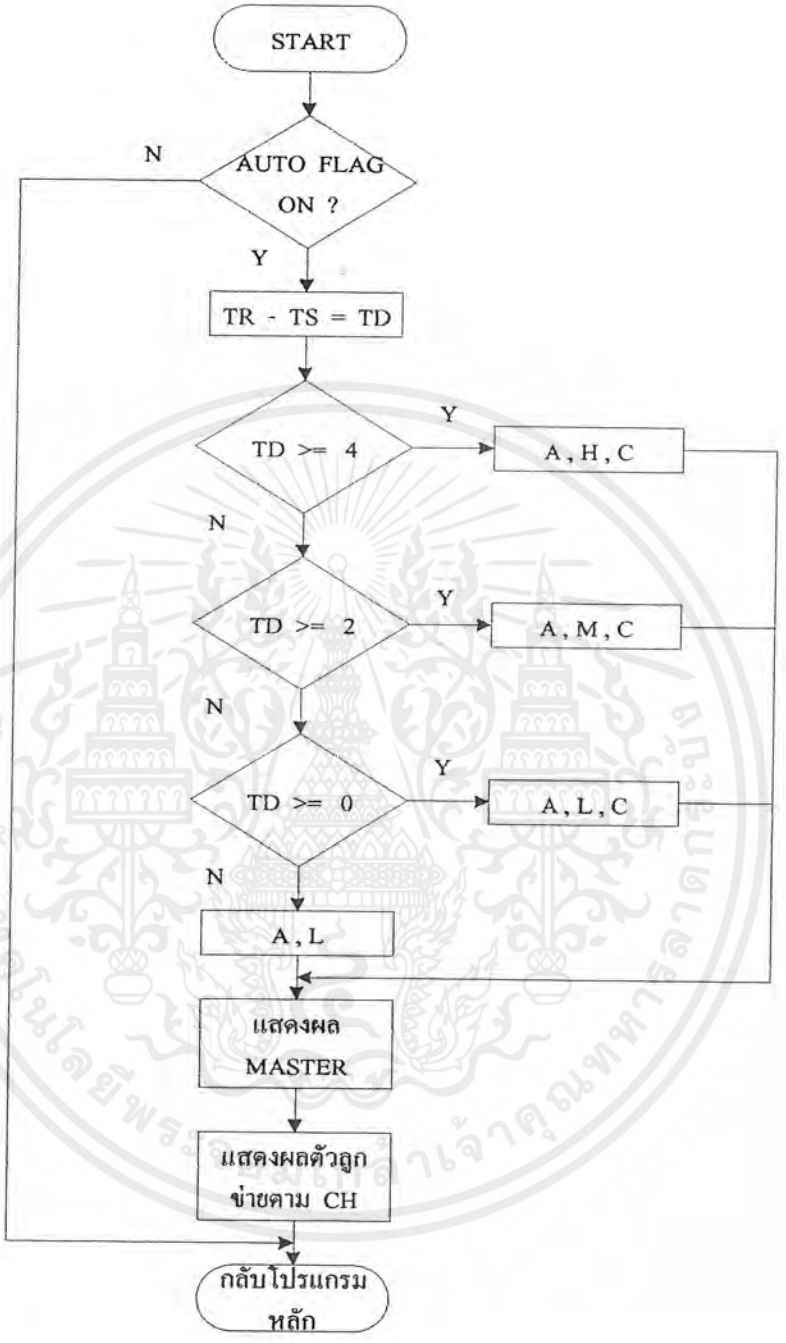
เป็นการตั้งความเร็วพัดลมตามที่ผู้ใช้ต้องการ โดยแต่ละครั้งที่กดปุ่ม Fans ในครั้งแรกจะออกจาก Auto Mode และพัดลมอยู่ที่ H และจะเป็น M , L ตามลำดับ และจะกลับเข้าสู่ Auto Mode อีกครั้ง



รูปที่ 5.3 ผังการทำงานของ SET TEMPERATURE SUB PROGRAM

เป็นการตั้งอุณหภูมิที่ต้องการ และนำไปใช้ใน Auto Mode โดยถ้าสวิตช์บวกถูกกดก็จะเพิ่ม TS ขึ้น 1°C และถ้ากดสวิตช์ลบก็จะลด TS ลง 1°C จากนั้นก็กดปุ่ม SET อีกครั้งเพื่อทำการบันทึกอุณหภูมิ SET ที่เลือกเอาไว้จากนั้นก็ออกจากโปรแกรมย่อยไปสู่โปรแกรมหลัก

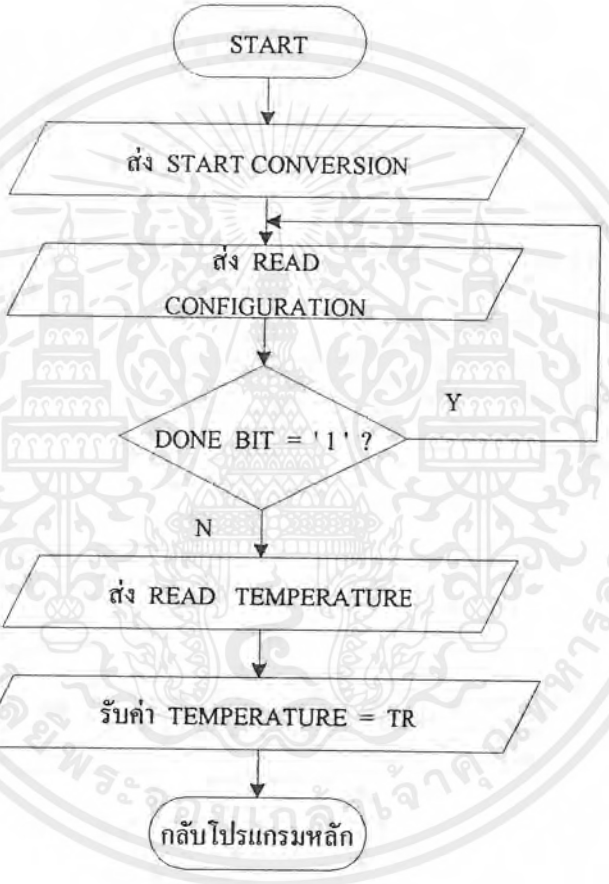
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 ผังการทำงานของ AUTO MODE SUB PROGRAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

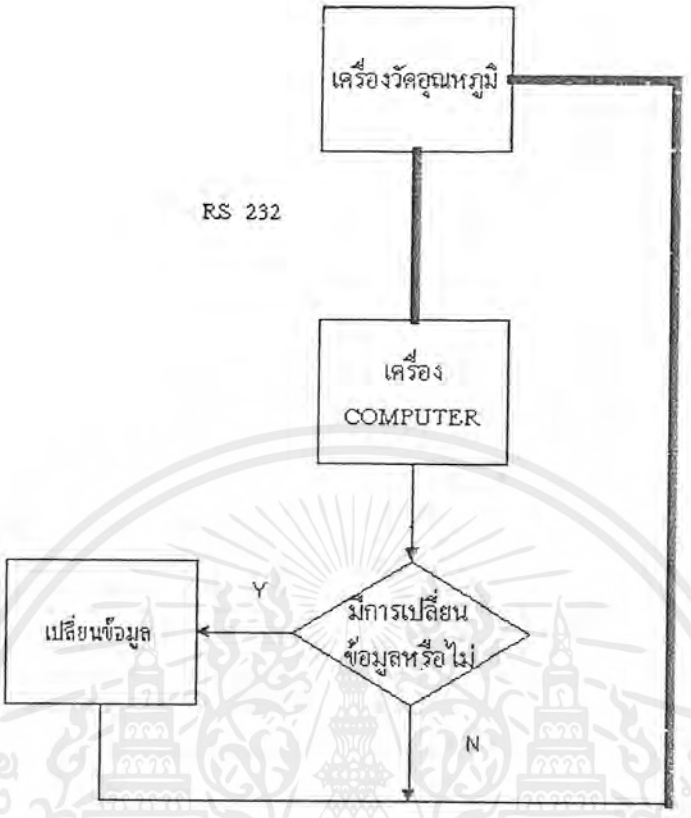
เป็นการปรับความเร็วพัดลมโดยอัตโนมัติ โดยขึ้นกับค่าความต่าง (TD) ของอุณหภูมิจริง (TR) กับอุณหภูมิที่ตั้งไว้ (TS) โดยถ้า TD มากกว่า 4 พัดลมจะเป็น High ถ้า TD มากกว่า 2 แต่น้อยกว่า 4 พัดลมจะเป็น Medium และถ้า TD มากกว่า 0 แต่น้อยกว่า 2 พัดลมจะเป็น Low และถ้า TD น้อยกว่า 0 พัดลมจะเป็น Low และ Compressor จะไม่ทำงาน โดยทุกกรณีจะอยู่ในโหมด Auto (ไฟ Auto ติด)



รูปที่ 5.5 ผังการทำงานการรับอุณหภูมิของ DS 1620

เป็นการรับอุณหภูมิที่แปลงเป็นดิจิตอลแล้วจาก DS 1620 โดยจะส่งคำสั่งให้แปลงอุณหภูมิไปก่อนและรอตรวจสอบว่าทำการแปลงอุณหภูมิเสร็จหรือยังเมื่อแปลงอุณหภูมิเสร็จแล้ว ก็จะรับค่ากลับมาและแปลงเป็นค่าอุณหภูมิในเลขฐานสิบหกเพื่อให้โปรแกรมอื่นๆใช้งานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 ผังการรับส่งข้อมูลระหว่าง COMPUTER กับ เครื่องวัดอุณหภูมิ

เป็นการติดต่อโดยใช้สาย RS232 ระหว่าง COMPUTER กับ เครื่องวัดอุณหภูมิ โดยที่เมื่อเครื่องวัดอุณหภูมิส่งข้อมูลมา COMPUTER จะตรวจสอบว่าข้อมูลในส่วนของ COMPUTER มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงก็จะเปลี่ยนแปลงข้อมูลแล้วก็ส่งกลับไป แต่ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลก็จะส่งกลับไปเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

ผลการทดลอง

6.1 การทดลองเทียบค่าอุณหภูมิกับเทอร์โมมิเตอร์

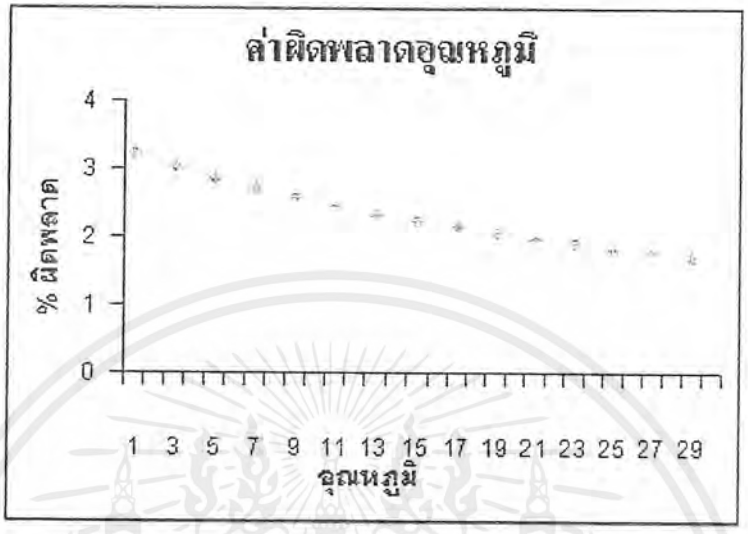
โดยการอ่านอุณหภูมิจากโครงงานเทียบกับค่าอุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท และใช้น้ำแข็งกับน้ำร้อนในการทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ได้ผลดังนี้

ตารางผลการทดลองที่ 6.1

Termometer (°C)	CH 1 (°C)	CH1 ERROR (%)	CH 2 (°C)	CH2 ERROR (%)	CH 3 (°C)	CH3 ERROR (%)	CH 4 (°C)	CH4 ERROR (%)
15	15	0	15	0	15	0	15	0
15.5	15	3.26	15	3.26	15	3.26	15	3.26
16	16	0	16	0	16	0	16	0
16.5	16	3.03	16	3.03	16	3.03	16	3.03
17	17	0	17	0	17	0	17	0
17.5	17	2.86	17	2.86	17	2.86	17	2.86
18	18	0	18	0	18	0	18	0
18.5	18	2.7	18	2.7	18	2.7	18	2.7
19	19	0	19	0	19	0	19	0
19.5	19	2.56	19	2.56	19	2.56	19	2.56
20	20	0	20	0	20	0	20	0
20.5	20	2.44	20	2.44	20	2.44	20	2.44
21	21	0	21	0	21	0	21	0
21.5	21	2.36	21	2.36	21	2.36	21	2.36
22	22	0	22	0	22	0	22	0
22.5	22	2.22	22	2.22	22	2.22	22	2.22
23	23	0	23	0	23	0	23	0
23.5	23	2.13	23	2.13	23	2.13	23	2.13
24	24	0	24	0	24	0	24	0
24.5	24	2.04	24	2.04	24	2.04	24	2.04
25	25	0	25	0	25	0	25	0
25.5	25	1.96	25	1.96	25	1.96	25	1.96
26	26	0	26	0	26	0	26	0
26.5	26	1.89	26	1.89	26	1.89	26	1.89
27	27	0	27	0	27	0	27	0
27.5	27	1.82	27	1.82	27	1.82	27	1.82
28	28	0	28	0	28	0	28	0
28.5	28	1.75	28	1.75	28	1.75	28	1.75
29	29	0	29	0	29	0	29	0
29.5	29	1.69	29	1.69	29	1.69	29	1.69
30	30	0	30	0	30	0	30	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางเป็นการเทียบค่าตัวต่อตัวของเทอร์โมมิเตอร์กับ DS1620 จึงให้ค่าผิดพลาดที่เหมือนกันทุกตัว ซึ่งค่าผิดพลาดที่เกิดมาจากการปัดจุดทศนิยมในการวัดอุณหภูมิ และจากการอ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์โดยประมาณ



รูปที่ 6.1 แผนภูมิแสดงค่าผิดพลาดระหว่างเทอร์โมมิเตอร์กับ DS1620

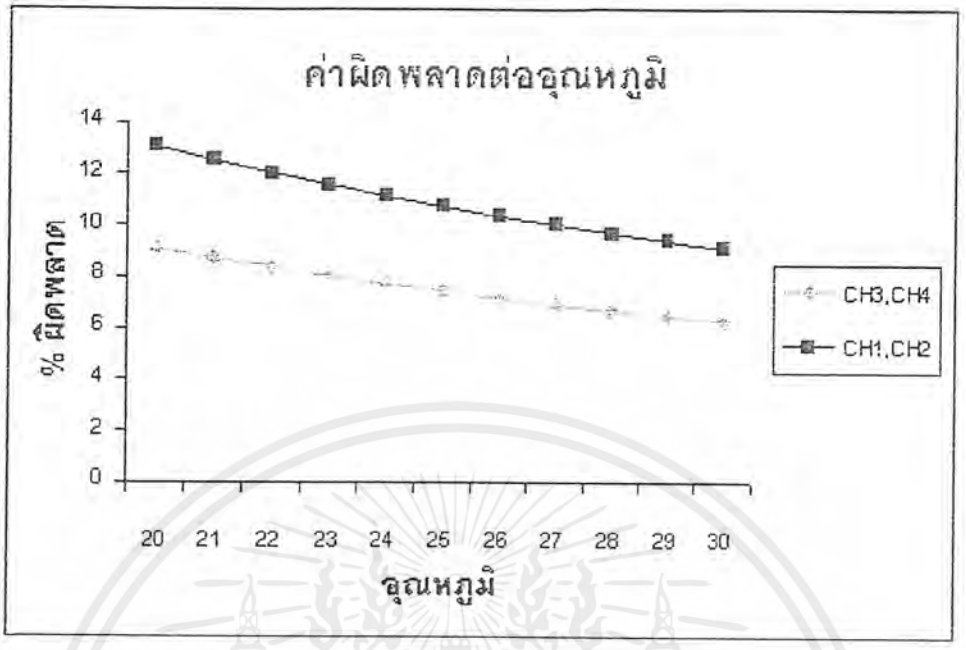
6.2 การทดลองวัดอุณหภูมิเทียบกับตัวเลขจากเครื่องปรับอากาศที่มีการใช้งานจริง

การทดลองนี้ไม่สามารถวัดได้ตลอดย่านการใช้งานของเครื่องควบคุมได้ (15°C - 30°C) ซึ่งสามารถวัดได้เพียง 20°C - 30°C เท่านั้นเนื่องจากเครื่องปรับอากาศที่ใช้เปรียบเทียบสามารถทำความเย็นต่ำสุดได้เพียง 20°C และจะได้ผลดังนี้

ตารางผลการทดลองที่ 6.2

Thermometer (°C)	CH 1 (°C)	CH1 ERROR (%)	CH 2 (°C)	CH2 ERROR (%)	CH 3 (°C)	CH3 ERROR (%)	CH 4 (°C)	CH4 ERROR (%)
20	23	13.04	23	13.04	22	9.1	22	9.1
21	24	12.5	24	12.5	23	8.7	23	8.7
22	25	12	25	12	24	8.33	24	8.33
23	26	11.54	26	11.54	25	8	25	8
24	27	11.11	27	11.11	26	7.7	26	7.7
25	28	10.71	28	10.71	27	7.41	27	7.41
26	29	10.34	29	10.34	28	7.14	28	7.14
27	30	10	30	10	29	6.89	29	6.89
28	31	9.68	31	9.68	30	6.67	30	6.67
29	32	9.38	32	9.38	31	6.45	31	6.45
30	33	9.1	33	9.1	32	6.25	32	6.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.2 แผนภูมิแสดงค่าผิดพลาดต่ออุณหภูมิเทียบกับเครื่องปรับอากาศ

ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นมาจากการวางตัวตรวจจับอุณหภูมิห่างจากเครื่องปรับอากาศและ ตัวลูกข่ายที่ 1 กับ 2 อยู่ในแนวเดียวกันจึงมีค่าอุณหภูมิที่เท่ากัน และตัวลูกข่ายที่ 3 กับ 4 อยู่ในแนวเดียวกันก็มีอุณหภูมิเท่ากัน แต่ห่างจากเครื่องปรับอากาศไม่เท่ากับตัวลูกข่ายที่ 1 กับ 2 จึงไม่เท่ากัน และอีกองค์ประกอบที่ทำให้อุณหภูมิไม่เท่ากันคือวางไว้ใกล้อุปกรณ์ใด ๆ ที่แผ่ความร้อนออกมาได้ หรือแม้แต่ร่างกายผู้ทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปผลและวิจารณ์

จากการที่ได้สร้างโครงงานอุปกรณ์ควบคุมเครื่องปรับอากาศโดยใช้ CPU Z80 นี้ ปัญหาส่วนใหญ่ที่พบ คือการเขียนโปรแกรมที่ต้องควบคุมอุปกรณ์ภายนอก ส่วนเรื่องการเปรียบเทียบค่าหรือการคำนวณต่างๆ ในตัว CPU นั้นไม่มีปัญหามากเท่าใด อุปกรณ์ภายนอกที่สำคัญที่สุดคือ DS1620 ซึ่งจะต้องเขียนโปรแกรมติดต่อแบบ Serial ต้องรับและส่งทีละบิต ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมเพื่อส่งคำสั่ง และรับค่าอุณหภูมิค่อนข้างยุ่งยากแต่ความโชคดีอย่างหนึ่งคือ โดยทั่วไปแล้วการติดต่อระหว่าง CPU กับอุปกรณ์ภายนอกจะต้องมีการหน่วงเวลาเพื่อรอให้อุปกรณ์ภายนอกทำงานทันแต่ DS 1620 นี้มีการทำงานที่เร็วกว่า Z80 จึงไม่ต้องกังวลเรื่องความพอดีในการรับส่งข้อมูลระดับบิต หรือขอบขาขึ้นและลงของสัญญาณและข้อมูลต่างๆ และในส่วนของการควบคุมลูกข่ายทั้ง 4 ตัวก็ต้องมีการเก็บค่าของลูกข่ายแต่ละชุดให้แน่นอนมิฉะนั้นจะเกิดการนำข้อมูลข้ามชุดมาเปรียบเทียบจนเกิดการผิดพลาด

และในการติดต่อกับ Computer ก็ค่อนข้างจะสับสนในช่วงแรกเนื่องจากในการติดต่อนั้น PC จะมองทุกข้อมูลเป็นค่า ASCII ทั้งหมด (ข้อมูลตัวอักษรที่มีค่าเป็นฐานสิบหก) ทำให้ต้องมีโปรแกรมเปลี่ยนค่าเลขจำนวนจริงเป็นค่าเป็นตามรหัส ASCII แล้วจึงจะสามารถทำการติดต่อได้ แต่ค่าที่ PC สั่งมานั้น Z80 สามารถนำมาใช้เป็นจำนวนจริงได้ทันที จึงไม่มีปัญหาเท่าใด และในการทดสอบครั้งแรกจะส่งเพียงครั้งละ 3 – 4 ตัวอักษรจึงไม่มีปัญหา แต่เมื่อครบจำนวน คือ 24 ตัวอักษรและมีการตอบรับกันจะเกิดการผิดพลาดของข้อมูลซึ่งจะทำให้การทำงานหยุดชะงัก จึงต้องมีการหน่วงเวลาให้ตรงกันและจัดส่งข้อมูลครั้งละ 6 ตัวอักษรจึงจะสามารถทำงานได้

ปัญหาที่สำคัญที่สุดของโครงงานนี้คือการที่ไม่สามารถนำไปทดลองกับเครื่องปรับอากาศจริงๆ ได้ เนื่องจากอาจจะเกิดอันตรายกับการใช้กระแสไฟสูง ๆ เพื่อควบคุม Compresser กับพัดลมเครื่องปรับอากาศ และอาจสร้างความเสียหายให้กับ เครื่องปรับอากาศได้ แต่จากการทดลองแล้วการใช้งานต่างๆ ก็เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. Barden, William, Jr. **The Z80 Microcomputer Hand Book.** Indianapolis, Ind. : Howard W. Sams, 1978.
2. Coffron, James W. **Z80 Application.** Berkely, Calif. : Sybex, 1983.
3. Leventhal, Lance A., and Saville, Winthrop. **Z80 Assembly Language** Subroutine. Berkeley, Calif. : Osborne/McGraw-Hill, 1982.
4. Zaks, Rodnay. **Programming the Z80.** 3rd ed. Berkely, Calif. : Sybex, 1980.
5. บุญเลิศ เอี่ยมทัศนา , " Delphi " , ซีเอ็ดยูเคชั่น , 345 หน้า , 2539
6. จารุวรรณ ระวิภักตร์ , " Borland Delphi " , เฟิสท์ แปซิฟิก มีเดีย (ไทยแลนด์), 296หน้า,2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมการทำงานของ Z-80

```
                ORG 6100H
;+++++++++DATA&DISPLAY EQU++++++++++
        DATA_L      EQU 7620H
        B01         EQU 7622H
        IN          EQU 7624H
        TR          EQU 7625H
        ST          EQU 7626H
        ODATA       EQU 7627H
        CH          EQU 7628H
        LIF         EQU 7629H
        AUTOS       EQU 762AH
        AUTOC       EQU 762BH
        TDD         EQU 762CH
        TDD1        EQU 762DH
        TDD2        EQU 762EH
        TDD3        EQU 762FH
        TDD4        EQU 7630H
        AUTO1       EQU 7631H
        AUTO2       EQU 7632H
        AUTO3       EQU 7633H
        AUTO4       EQU 7634H
        PORTA       EQU  00H        ;8255 ON BOARD
        PORTB       EQU  01H
        PORTC       EQU  02H
        PORTX       EQU  03H
        LCDS        EQU 7590H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LCDBUF          EQU 7600H
        LCDBUF1         EQU 7670H
        LCDBUF2         EQU 7580H
        CHAR            EQU 784FH

;++++++++++DS EQU++++++++++++++++++++
        SETP            EQU 023H
        PA              EQU 020H
        PB              EQU 021H
        PC              EQU 022H
        PORTB           EQU 01H
        PORTC           EQU 02H
        BUAD            EQU 015H
;++++++++++AUTO EQU++++++++++++++++++
        TS              EQU 761EH
        TD              EQU 761FH
        TS1             EQU 7618H
        TS2             EQU 7619H
        TS3             EQU 761AH
        TS4             EQU 761BH
        TST             EQU 761DH
        TSDEC           EQU 761CH
        LO              EQU 021H
        COU             EQU 761EH

;++++++++++++SET 8255++++++++++++
            LD A,81H
            OUT (SETP),A
            LD A,82H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
OUT (13H),A
LD A,89H
OUT (PORTX),A
LD A,01H
LD (CH),A
LD (AUTOS),A
LD (AUTO1),A
LD (AUTO2),A
LD (AUTO3),A
LD (AUTO4),A
LD (AUTOC),A
LD A,05H
LD (TDD),A
LD (TDD1),A
LD (TDD2),A
LD (TDD3),A
LD (TDD4),A
LD A,19H
LD (TS),A
LD (TS1),A
LD (TS2),A
LD (TS3),A
LD (TS4),A
LD A,1DH
LD (TR),A
LD A,0FFH
LD (ST),A
OUT (PB),A
LD A,022H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LD (ODATA),A

;************** SET LCD ****************

                LD    D,00111000B
                CALL  LCDWI
                LD    D,00001110B
                CALL  LCDWI
                LD    D,01H
                CALL  LCDWI
                CALL  DELAY

;********** MAIN ***************
    MAIN:       IN  A,(PORTB)
                SET 7,A
                OUT (PORTB),A     ;STOP BIT (1) INVERSE
                LD A,00H
                LD (LCDS),A
                LD (LIF),A
                CALL CSW
      CH1:      LD A,0FCH
                LD (ST),A
                OUT (PB),A  ;TEST
                CALL DSS
                LD A,(TS1)
                LD (TS),A
                CALL TTL
                LD A,(7585H)
                LD (7603H),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LD A,(7586H)
        LD (7604H),A
        LD A,(AUTO1)
        LD (AUTOS),A
        LD A,(TDD1)
        LD (TD),A
        LD A,(TR)
        LD (IN),A
        CALL HD
        CALL LCD
        CALL AUTO    ;TEST
        LD A,0FFH    ;TEST
        OUT (PB), A  ;TEST
CH2:    LD A,0F3H
        LD (ST),A
        OUT (PB),A   ;TEST
        CALL SDS
        CALL DSS
        LD A,(TS2)
        LD (TS),A
        CALL TTL
        LD A,(7585H)
        LD (7609H),A
        LD A,(7586H)
        LD (760AH),A
        LD A,(AUTO2)
        LD (AUTOS),A
        LD A,(TDD2)
        LD (TD),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LD A,(TR)
        LD (IN),A
        CALL HD
        CALL LCD
        CALL AUTO    ;TEST
        LD A,0FFH    ;TEST
        OUT (PB),A   ;TEST
CH3:    LD A,0CFH
        LD (ST),A
        OUT (PB),A   ;TEST
        CALL DSS
        LD A,(TS3)
        LD (TS),A
        CALL TTL
        LD A,(7585H)
        LD (760FH),A
        LD A,(7586H)
        LD (7610H),A
        LD A,(AUTO3)
        LD (AUTOS),A
        LD A,(TDD3)
        LD (TD),A
        LD A,(TR)
        LD (IN),A
        CALL HD
        CALL LCD
        CALL AUTO    ;TEST
        LD A,0FFH    ;TEST
        OUT (PB),A   ;TEST
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CH4:    LD A,03FH
        LD (ST),A
        OUT (PB),A   ;TEST
        CALL DSS
        LD A,(TS4)
        LD (TS),A
        CALL TTL
        LD A,(7585H)
        LD (7615H),A
        LD A,(7586H)
        LD (7616H),A
        LD A,(AUTO4)
        LD (AUTOS),A
        LD A,(TDD4)
        LD (TD),A
        LD A,(TR)
        LD (IN),A
        CALL HD
        CALL LCD
        CALL AUTO    ;TEST
        LD A,0FFH    ;TEST
        OUT (PB),A   ;TEST
        CALL CPI
        CALL CP3
DLCD:   LD DE,LCDBUF2
        LD A,(HL)
        LD (DE),A
        INC DE
        INC HL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LD A,(HL)
LD (DE),A
CALL  LCDLD
CALL  DELAY
CALL  DELAY
CALL  DELAY
LD A,(TDD1)
LD (TDD),A
LD A,(AUTO1)
CALL ATC
LD (7605H),A
LD A,(TDD2)
LD (TDD),A
LD A,(AUTO2)
CALL ATC
LD (760BH),A
LD A,(TDD3)
LD (TDD),A
LD A,(AUTO3)
CALL ATC
LD (7611H),A
LD A,(TDD4)
LD (TDD),A
LD A,(AUTO4)
CALL ATC
LD (7617H),A
IN A,(PORTB)
SET 7,A
OUT (PORTB),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LD A,04H
        LD (COU),A
        LD HL,LCDBUF
SLC:    LD B,06H
SLCD:   LD A,(HL)
        LD D,A
        CALL SBYTE
        INC HL
        DJNZ SLCD
        CALL DELAY1
        LD A,(COU)
        DEC A
        LD (COU),A
        CP A,00H
        JP NZ,SLC
WAIT:   IN A,(011H)
        BIT 1,A
        JP Z,MAIN
        CALL RBYTE
        IN A,(011H)
        BIT 1,A
        JP Z,MAIN
        LD A,D
        LD (TS1),A
        CALL RBYTE
        LD (TDD1),A
        CALL CA
        LD (AUTO1),A
        CALL RBYTE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LD (TS2),A
                CALL RBYTE
                LD (TDD2),A
                CALL CA
                LD (AUTO2),A
                CALL RBYTE
                LD (TS3),A
                CALL RBYTE
                LD (TDD3),A
                CALL CA
                LD (AUTO3),A
                CALL RBYTE
                LD (TS4),A
                CALL RBYTE
                LD (TDD4),A
                CALL CA
                LD (AUTO4),A
                JP MAIN

;************ COM-AUTO ******************
        CA:     CP A,07H
                JP NZ,CAR
                LD A,01H
                RET
        CAR:    LD A,00H
                RET
;************ AUTO TO  COM ***************
        ATC:    CP A,01H
                JR Z,ATCA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LD A,(TDD)
        CALL ATA
        RET
ATCA:   LD A,"7"
        RET

ATA:    CP A,05H
        JP NZ,ATA2
        LD A,"5"
        RET
ATA2:   LD A,(TDD)
        CP A,03H
        JP NZ,ATA3
        LD A,"3"
        RET
ATA3:   LD A,"1"
        RET

;********** TS TO LCD *****************
TTL:    LD (IN),A
        CALL HD
        LD A,(DATA_L)
        LD (TSDEC),A
        CALL TSTA
        RET

;********** COMPARE CHANNEL ***********
CP3:    LD A,(CH)
        CP A,04H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JP NZ,CP2
        LD A,(TS)
        LD (TS4),A
        LD (IN),A
        CALL HD
        LD A,(DATA_L)
        LD (TSDEC),A
        CALL TSTA
        LD A,"4"
        LD (7672H),A
        LD HL,7613H
        RET
CP2:    LD A,(CH)
        CP A,03H
        JP NZ,CP1
        LD A,(TS)
        LD (TS3),A
        LD (IN),A
        CALL HD
        LD A,(DATA_L)
        LD (TSDEC),A
        CALL TSTA
        LD A,"3"
        LD (7672H),A
        LD HL,760DH
        RET
CP1:    LD A,(CH)
        CP A,02H
        JP NZ,CP0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LD A,(TS)
        LD (TS2),A
        LD (IN),A
        CALL HD
        LD A,(DATA_L)
        LD (TSDEC),A
        CALL TSTA
        LD A,"2"
        LD (7672H),A
        LD HL,7607H
        RET
CP0:    LD A,(TS)
        LD (TS1),A
        LD (IN),A
        CALL HD
        LD A,(DATA_L)
        LD (TSDEC),A
        CALL TSTA
        LD HL,7601H
        LD A,"1"
        LD (7672H),A
        RET

;********** TS TO ASCII **********
TSTA:       LD A,(TSDEC)
        AND A,0F0H
        RRA
        RRA
        RRA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        RRA
        LD B,A
        LD HL,CHAR
        INC B
HTS:    INC HL
        DJNZ HTS
        LD A,(HL)
        LD (7585H),A
        LD A,(TSDEC)
        AND A,0FH
        LD B,A
        LD HL,CHAR
        INC B
LTS:    INC HL
        DJNZ LTS
        LD A,(HL)
        LD (7586H),A
        RET
;************ SET DS ***************
SDS:    LD C,0CH
        CALL CCLK
        CALL SRST
        CALL TX
        LD C,03H
        CALL TX
        CALL CRST
        CALL DELAY1
        RET
;++++++++++++DSS++++++++++++++++++++
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DSS:  LD A,(ODATA)
      LD E,A
      LD C,0EEH
      CALL CCLK
      CALL SRST
      CALL TX
      CALL CRST
DSS1: LD C,0ACH
      CALL CCLK
      CALL SRST
      CALL TX
      CALL RX
      CALL CRST
      LD A,D
      BIT 7,A
      JR NZ,DSS2
      CALL CSW
      JP DSS1
DSS2: LD C,0AAH
      CALL CCLK
      CALL SRST
      CALL TX
      CALL RX
      CALL CRST
      LD A,D
      RRA
      AND A,07FH
      LD (TR),A
      LD (IN),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            CALL HD
BACK:       RET

;*************** CHECK SWITCH *********
CSW:        IN A,(011H)
            BIT 5,A
            JP Z,SWSET
            CALL CHS
SWSET:      IN A,(011H)
            BIT 4,A
            JP NZ,SWFAN
            CALL SETT
SWFAN:      IN A,(011H)
            BIT 0,A
            JP NZ,SWRET
            CALL FAN
SWRET:      RET

;++++++++++++++++++TX+++++++++++++++++
TX:         LD B,08H
TX1:        RRC C
            RRA
            SET 5,A
            SET 6,A
            OUT (PC),A
            CALL SCLK
            CALL CCLK
            DJNZ TX1
            RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;++++++++++++++++++RX++++++++++++++++
RX:     LD D,00H
        LD B,08H
RX1:    IN A,(PC)
        RRC A
        RR D
        CALL SCLK
        CALL CCLK
        DJNZ RX1
        RET
;++++++++++++++++++CRST++++++++++++++++++
CRST:   PUSH AF
        LD A,0FEH
        AND E
        SET 1,A
        LD E,A
        OUT (PA),A
        POP AF
        RET
;++++++++++++++++++SRST++++++++++++++++++
SRST:   PUSH AF
        LD A,01H
        OR E
        SET 1,A
        LD E,A
        OUT (PA),A
        POP AF
        RET
;++++++++++++++++++CCLK++++++++++++++++++
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CCLK:  PUSH AF
       LD A,07FH
       AND E
       SET 1,A
       LD E,A
       OUT (PA),A
       POP AF
       RET
;++++++++++++++++++++SCLK++++++++++++++++++++
SCLK:  PUSH AF
       LD A,080H
       OR E
       SET 1,A
       LD E,A
       OUT (PA),A
       POP AF
       RET

;++++++++++++HEX-DEC++++++++++++++++++
HD:    LD (IN),A
       LD B,00H
       LD A,(IN)
       LD C,00001010B
       SUB C
       JR C,ANS
PPPP:  INC B
       LD (B01),A
       SUB C
       JR NC,PPPP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LD A,B
        RLC A
        RLC A
        RLC A
        RLC A
        LD E,A
        LD A,(B01)
        LD B,A
        LD A,E
        ADD A,B
ANS:    LD (DATA_L),A
        RET

;+++++++++++++++++AUTO+++++++++++++++++++

AUTO:  CALL LIDI
        LD A,(ODATA)
        RES 1,A
        OUT (PA),A
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        SET 1,A
        OUT (PA),A
AUTOI: LD A,(AUTOS)
        BIT 0,A
        JP Z,T4
        LD A,(ODATA)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SET 6,A
        CALL LOUT
        LD A,(TS)
        LD B,A
        LD A,(TR)
        SUB B
        LD (TD),A
T4:     LD A,(TD)
        LD B,04H
        SUB B
        JP M,T2
        LD A,044H
        CALL LOUT
        JR LSHOW
T2:     LD A,(TD)
        LD B,02H
        SUB B
        JP M,T0
        LD A,048H
        CALL LOUT
        JR LSHOW
T0:     LD A,(TD)
        LD B,00H
        SUB B
        JP M,UNCOM
        LD A,04CH
        CALL LOUT
        JR LSHOW
UNCOM:  LD A,04CH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            CALL LOUT
            LD A,010H
            CALL LOUT
            JP ARET
LSHOW:  LD A,050H
            CALL LOUT
ARET:   LD A,00H
            LD (LIF),A
            RET

;********** LED ON THE DISPLAY **************
LIDI:   LD A,(CH)
LDI4:   CP A,04H
            JR NZ,LDI3
            LD A,(ST)
            CP A,03FH
            JR NZ,LIDRET
            CALL CLR
            LD A,01H
            LD (LIF),A
            RET
LDI3:   LD A,(CH)
            CP A,03H
            JR NZ,LDI2
            LD A,(ST)
            CP A,0CFH
            JR NZ,LIDRET
            CALL CLR
            LD A,01H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LD (LIF),A
        RET
LDI2:   LD A,(CH)
        CP A,02H
        JR NZ,LDI1
        LD A,(ST)
        CP A,0F3H
        JR NZ,LIDRET
        CALL CLR
        LD A,01H
        LD (LIF),A
        RET
LDI1:   LD A,(ST)
        CP A,0FCH
        JR NZ,LIDRET
        CALL CLR
        LD A,01H
        LD (LIF),A
LIDRET: RET

CLR:    LD A,(ODATA)
        RES 5,A
        OUT (PA),A
        NOP
        NOP
        SET 5,A
        OUT (PA),A
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;******************** LIGHT OUT ***************
      LOUT:  LD D,A
             LD A,(ODATA)
             OR A,D
             OUT (PA),A
             LD A,(LIF)
             LD B,040H
             CP A,02H
             JR Z,LO1
             LD A,(LIF)
             LD B,020H
             CP A,01H
             JR NZ,LO1
             LD B,00H
       LO1:  LD A,B
             OUT (PC),A
             NOP
             NOP
             NOP
             NOP
             LD A,060H
             OUT (PC),A
             RET

; ************ MAIN LCD *************
       LCD:  LD A,(DATA_L)
             AND A,0F0H
             RRA
             RRA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        RRA
        RRA
        LD B,A
        LD HL,CHAR
        INC B
CHAR1:  INC HL
        DJNZ CHAR1
        LD A,(HL)
        LD B,A
        LD H,076H
        LD A,(LCDS)
        LD L,A
        LD A,B
        INC HL
        LD (HL),A
        LD A,L
        LD (LCDS),A
        LD A,(DATA_L)
        AND A,0FH
        LD B,A
        LD HL,CHAR
        INC B
CHAR2:  INC HL
        DJNZ CHAR2
        LD A,(HL)
        LD B,A
        LD H,076H
        LD A,(LCDS)
        LD L,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                INC HL
                LD A,B
                LD (HL),A
                INC HL
                INC HL
                INC HL
                INC HL
                LD A,L
                LD (LCDS),A
                RET

; ********** LCDWI SUB **********
; LCD WRITE INSTRUCTION (RS=0)
; IN  = D
; REG = AD

        LCDWI:  IN    A,(PORTB)
                RES   0,A           ;RS=0
                RES   1,A           ;R/W=0 (WRITE)
                OUT   (PORTB),A
                LD    A,D
                OUT   (PORTA),A     ;INSTRUCTION
                IN    A,(PORTB)     ;OUT E HIGH PLUSE
                SET   2,A
                OUT   (PORTB),A
                NOP
                NOP
                RES   2,A
                OUT   (PORTB),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            XOR   A             ;DELAY
LCDWI2:     DEC   A
            JR    NZ,LCDWI2
            RET

; ********** LCDWD SUB **********
; LCD WRITE DATA (RS=1)
; IN  = D
; REG = AD

LCDWD:      IN    A,(PORTB)
            SET   0,A           ;RS=1
            RES   1,A           ;R/W=0 (WRITE)
            OUT   (PORTB),A
            LD    A,D
            OUT   (PORTA),A     ;INSTRUCTION
            IN    A,(PORTB)     ;OUT E HIGH PLUSE
            SET   2,A
            OUT   (PORTB),A
            NOP
            NOP
            RES   2,A
            OUT   (PORTB),A
            XOR   A             ;DELAY
LCDWD2:     DEC   A
            JR    NZ,LCDWD2
            RET

; ********** LCDLD SUB **********
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
; LCD LOAD LCDBUF TO LCD MODULE (DMC202)
; IN  = LCDBUF
; REG = ABDHL

LCDLD:  LD    HL,LCDBUF2
LCDLX:  LD    D,0C0H          ;SET ADDRESS LINE 1
        LD    B,08H
        CALL  LCDLDS
        LD    D,080H
        LD    B,08H
        LD    HL,LCDBUF1
        CALL  LCDLDS
        CALL  DELAY
        CALL  DELAY
        CALL  DELAY
        RET
LCDLDS: CALL  LCDWI           ;LOAD ONE LINE SUB
LCDLDS1: LD   D,(HL)
        CALL  LCDWD
        INC   HL
        DJNZ  LCDLDS1
        RET

;*************** TIME ********************
TIME    EQU 01FH              ;2F
TIME1   EQU 010H              ;04

ELAY:   PUSH HL               ; 11 T
        LD  H,TIME1           ; 7  T
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SUB1:   LD  L,TIME      ; 7  T
 SUB:   PUSH IY         ; 15 T
        POP  IY         ; 14 T
        DEC  L          ; 4  T
        JP   NZ,SUB     ; 10 T
        DEC H           ; 4  T
        JP NZ,SUB1      ; 10 T
        POP  HL         ; 10 T
        RET

;**************** TIME ********************
    TIME2   EQU  01FH       ;2F
    TIME21  EQU  037H       ;04

    DELAY1: PUSH HL         ; 11 T
            LD   H,TIME21   ; 7  T
    SUB11:  LD   L,TIME2    ; 7  T
    SUB21:  PUSH IY         ; 15 T
            POP  IY         ; 14 T
            DEC  L          ; 4  T
            JP   NZ,SUB21   ; 10 T
            DEC H           ; 4  T
            JP NZ,SUB11     ; 10 T
            POP  HL         ; 10 T
            RET

; ********** SBYTE SUB **********
; SEND ONE BYTE TO RS232
; IN  = D
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
; REG = A

SBYTE:  PUSH DE
        IN   A,(PORTB)     ;START BIT (0)
        RES  7,A
        OUT  (PORTB),A
        CALL TXDLY
        PUSH BC
        LD   B,8
SBYTE11: IN  A,(PORTB)     ;8 BIT DATA LOOP
        AND  07FH
        RLA
        RRC  D
        RRA
        OUT  (PORTB),A
        CALL TXDLY
        DJNZ SBYTE11
        POP  BC
        IN   A,(PORTB)
        SET  7,A
        OUT  (PORTB),A     ;STOP BIT (1) INVERSE
        CALL TXDLY
        POP  DE
        RET

TXDLY:  LD   A,BUAD    ;BAUD RATE DELAY
TXDLY1: DEC  A
        JR   NZ,TXDLY1
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
; ********** RBYTE SUB **********
; RECEIVE ONE BYTE FROM RS232
; OUT = D DATA (A=D)
; REG = AD

RBYTE:IN A,(011H)
      BIT 1,A
      JP Z,JUMP
      IN  A,(PORTC)    ;CHECK OLD SIGNAL
      BIT 7,A
      JR  Z,RBYTE
RBYTE1: IN A,(011H)
      BIT 1,A
      JP Z,JUMP
      IN  A,(PORTC)    ;WAIT FOR START BIT
      BIT 7,A
      JR  NZ,RBYTE1
      NOP
      NOP
      NOP
      NOP
      CALL RXDLY
      PUSH BC
      LD  D,0          ;8 BIT DATA
      LD  B,8
RBYTE11: IN  A,(PORTC)
      RLA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            RR  D
            CALL RXDLY
            DJNZ RBYTE11
            POP  BC
            LD   A,D
JUMP:       RET
RXDLY:      LD   A,BUAD    ;ONE BIT DELAY
            ADD  A,2
RXDLY1:     DEC  A
            JR   NZ,RXDLY1
            RET

; ********** RBYTE SUB **********
; RECEIVE ONE BYTE FROM RS232
; OUT = D DATA (A=D)
; REG = AD


RBYTES:     IN   A,(PORTC)    ;CHECK OLD SIGNAL
            BIT  7,A
            JR   Z,RBYTES
RBYTE1S:    IN   A,(PORTC)    ;WAIT FOR START BIT
            BIT  7,A
            JR   NZ,RBYTE1S
            NOP
            NOP
            NOP
            NOP
            CALL RXDLYS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            PUSH BC
            LD  D,0         ;8 BIT DATA
            LD  B,8
RBYTE11S:   IN  A,(PORTC)
            RLA
            RR  D
            CALL RXDLYS
            DJNZ RBYTE11S
            POP  BC
            LD  A,D
            RET
RXDLYS:     LD  A,BUAD    ;ONE BIT DELAY
            ADD A,2
RXDLY1S:    DEC A
            JR  NZ,RXDLY1S
            RET

;**********CHANNEL CHANGE*******************
CHS:        IN A,(011H)
            BIT 5,A
            JP NZ,CHS
            LD A,(CH)
            INC A
            CP 05H
            JR NZ,CON
            LD A,01H
CON:        LD (CH),A
BDSS:       RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************** SET TEMP **********************
SETT:  CALL DELAY
       CALL DELAY
       CALL DELAY
       IN A,(011H)
       BIT 4,A
       JP Z,SETT
       CALL CPI
       CALL CP3
       LD A,"-"
       LD (7584H),A
       LD (7587H),A
DSW:   CALL LCDLD
       IN A,(011H)
       BIT 3,A
       JR NZ,USW
       CALL DTS
       JP DSW
USW:   IN A,(011H)
       BIT 2,A
       JR NZ,SSW
       CALL UTS
       JP DSW
SSW:   IN A,(011H)
       BIT 4,A
       JP NZ,DSW
SSWB:  CALL DELAY
       CALL DELAY
       CALL DELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        IN A,(011H)
        BIT 4,A
        JP Z,SSWB
        LD A,' '
        LD (7584H),A
        LD (7587H),A
        CALL CP3
        CALL LCDLD
        RET
DTS:    CALL DELAY
        CALL DELAY
        CALL DELAY
        IN A,(011H)
        BIT 3,A
        JP Z,DTS
        LD A,(TS)
        CP A,0FH
        JP Z,DTSF
        DEC A
        LD (TS),A
        LD (IN),A
        CALL HD
        LD A,(DATA_L)
        LD (TSDEC),A
        CALL TSTA
DTSF:   RET
UTS:    CALL DELAY
        CALL DELAY
        CALL DELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        IN A,(011H)
        BIT 2,A
        JP Z,UTS
        LD A,(TS)
        CP A,01EH
        JP Z,UTSF
        INC A
        LD (TS),A
        LD (IN),A
        CALL HD
        LD A,(DATA_L)
        LD (TSDEC),A
        CALL TSTA
UTSF:   RET

;********** COMPARE  CHANNEL IN **********
CPI:    LD A,(CH)
        CP A,04
        JP NZ,CPI3
        LD A,(TS4)
        LD (TS),A
        LD A,(AUTO4)
        LD (AUTOS),A
        LD A,(TDD4)
        LD (TD),A
        LD (TDD),A
        JP CPIRET
CPI3:   LD A,(CH)
        CP A,03
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JP NZ,CPI2
        LD A,(TS3)
        LD (TS),A
        LD A,(AUTO3)
        LD (AUTOS),A
        LD A,(TDD3)
        LD (TD),A
        LD (TDD),A
        JP CPIRET
CPI2:   LD A,(CH)
        CP A,02
        JP NZ,CPI1
        LD A,(TS2)
        LD (TS),A
        LD A,(AUTO2)
        LD (AUTOS),A
        LD A,(TDD2)
        LD (TD),A
        LD (TDD),A
        JP CPIRET
CPI1:   LD A,(TS1)
        LD (TS),A
        LD A,(AUTO1)
        LD (AUTOS),A
        LD A,(TDD1)
        LD (TD),A
        LD (TDD),A
CPIRET: RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;********** SHIFT FAN **********
FAN:    CALL DELAY
        IN A,(011H)
        BIT 0,A
        JP Z,FAN
        CALL CPI
        LD A,02H
        LD (LIF),A
        LD A,(AUTOS)
        BIT 0,A
        JP Z,FAN1
        RES 0,A
        LD (AUTOS),A
        LD A,05H
        JP FANR
FAN1:   LD A,(TDD)
        CP A,05H
        JP NZ,FAN2
        LD A,03H
        JP FANR
FAN2:   LD A,(TDD)
        CP A,03H
        JP NZ,FAN3
        LD A,01H
        JP FANR
FAN3:   LD A,01H
        LD (AUTOS),A
FANR:   LD (TDD),A
        LD (TD),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL CLR
        CALL AUTOI
        CALL FANS
        CALL CPI
        RET

;************** FAN SAVE **********************
FANS:   LD A,(CH)
        CP A,04H
        JR NZ,FANS3
        LD A,(AUTOS)
        LD (AUTO4),A
        LD A,(TDD)
        LD (TDD4),A
        RET
FANS3:  LD A,(CH)
        CP A,03H
        JR NZ,FANS2
        LD A,(AUTOS)
        LD (AUTO3),A
        LD A,(TDD)
        LD (TDD3),A
        RET
FANS2:  LD A,(CH)
        CP A,02H
        JR NZ,FANS1
        LD A,(AUTOS)
        LD (AUTO2),A
        LD A,(TDD)
```

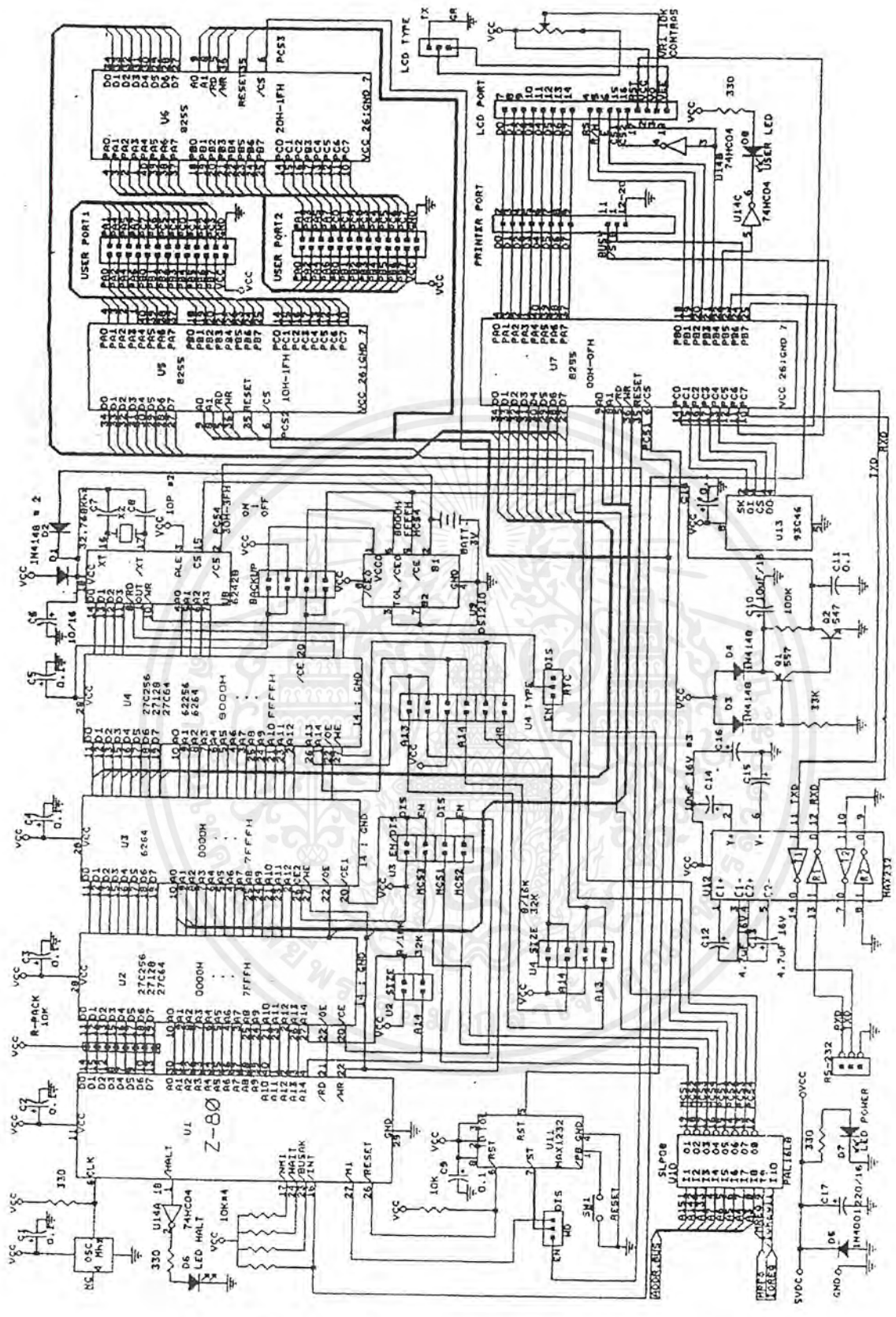
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LD (TDD2),A
        RET
FANS1:  LD A,(AUTOS)
        LD (AUTO1),A
        LD A,(TDD)
        LD (TDD1),A
        RET

;*****************************************
        ORG 7701H
        DB 3FH,06H,5BH,4FH,66H
        DB 6DH,7DH,07H,7FH,6FH
        ORG 7801H
        DB 30H,31H,32H,33H,34H
        DB 35H,36H,37H,38H,39H
        ORG 7850H
        DB"01234567890"
        ORG 7670H
        DB"CH  SET"
        ORG 7580H
        DB"    "
        ORG 7600H
        DB"1   2   3   4   "

            END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพแสดงรายละเอียดของ Z-80 EMBEDDED CONTROLLER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

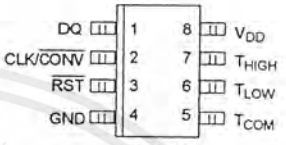
DALLAS SEMICONDUCTOR

DS1620
Digital Thermometer and Thermostat

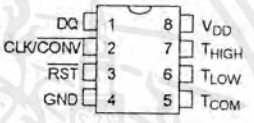
FEATURES

- Requires no external components
- Measures temperatures from –55°C to +125°C in 0.5°C increments. Fahrenheit equivalent is –67°F to 257°F in 0.9°F increments
- Temperature is read as a 9–bit value
- Converts temperature to digital word in 200 ms, typical
- Thermostatic settings are user–definable and non–volatile
- Data is read from/written via a 3–wire serial interface (CLK, DQ, $\overline{RST}$)
- Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system
- 8–pin DIP or SOIC package

PIN ASSIGNMENT



DS1620S
8–PIN SOIC (208 MIL)



DS1620
8–PIN DIP

PIN DESCRIPTION

DQ	– 3–Wire Input/Output
CLK/$\overline{CONV}$	– 3–Wire Clock Input and Standalone Convert Input
$\overline{RST}$	– 3–Wire Reset Input
GND	– Ground
T_{HIGH}	– High Temperature Trigger
T_{LOW}	– Low Temperature Trigger
T_{COM}	– High/Low Combination Trigger
V_{DD}	– Power Supply Voltage (+5V)

DESCRIPTION

The DS1620 Digital Thermometer and Thermostat provides 9–bit temperature readings which indicate the temperature of the device. With three thermal alarm outputs, the DS1620 can also act as a thermostat. T_{HIGH} is driven high if the DS1620's temperature is greater than or equal to a user–defined temperature TH. T_{LOW} is driven high if the DS1620's temperature is less than or equal to a user–defined temperature TL. T_{COM} is driven high when the temperature exceeds TH and stays high until the temperature falls below that of TL.

User–defined temperature settings are stored in non–volatile memory, so parts can be programmed prior to insertion in a system, as well as used in standalone applications without a CPU. Temperature settings and temperature readings are all communicated to/from the DS1620 over a simple 3–wire interface.

©Copyright 1995 by Dallas Semiconductor Corporation.
All Rights Reserved. For important information regarding patents and other intellectual property rights, please refer to Dallas Semiconductor data books.

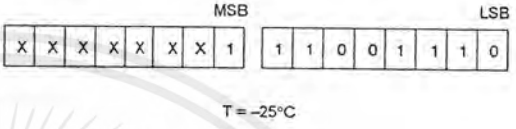
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPERATION–READING TEMPERATURE

The DS1620 measures temperatures through the use of an onboard, proprietary temperature measurement technique. The temperature reading is provided in a 9–bit, two's complement format. Table 1 describes the exact relationship of output data to measured temperature. The data is transmitted serially through the 3–wire serial interface, LSB first. The DS1620 can measure temperature over the range of –55°C to +125°C in 0.5°C increments. For Fahrenheit usage, a lookup table or conversion factor must be used.

Since data is transmitted over the 3–wire bus LSB first, temperature data can be written to/read from the DS1620 as either a 9–bit word (taking $\overline{RST}$ low after the 9th (MSB) bit), or as two transfers of 8–bit words, with the most significant 7 bits being ignored or set to zero, as illustrated in Table 1. After the MSB, the DS1620 will output 0's.

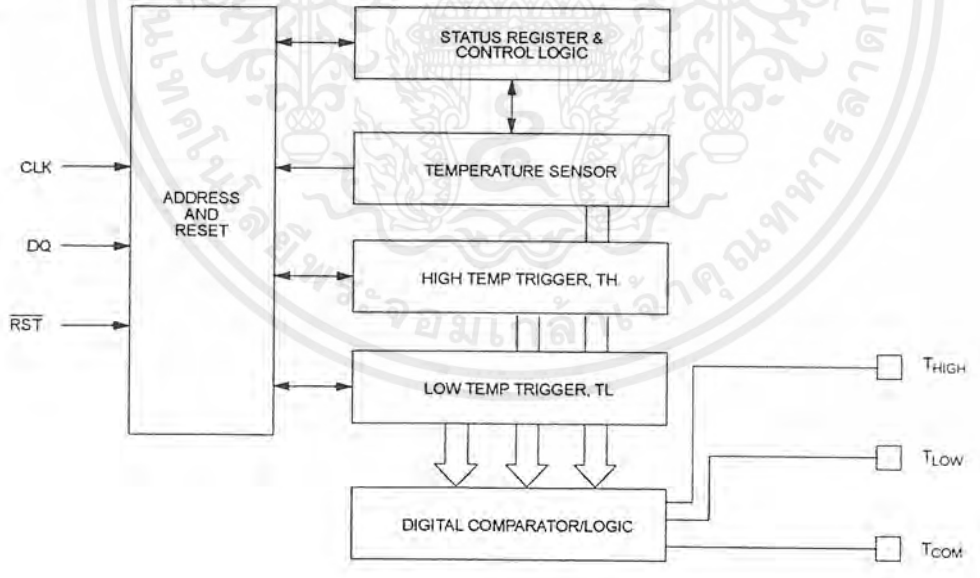
Note that temperature is represented in the DS1620 in terms of a $^1/_2$°C LSB, yielding the following 9–bit format:



TEMPERATURE/DATA RELATIONSHIPS Table 1

TEMP	DIGITAL OUTPUT (Binary)	DIGITAL OUTPUT (Hex)
+125°C	0 11111010	00FA
+25°C	0 00110010	0032h
$^1/_2$°C	0 00000001	0001h
0°C	0 00000000	0000h
–$^1/_2$°C	1 11111111	01FFh
–25°C	1 11001110	01CEh
–55°C	1 10010010	0192h

DS1620 FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM Figure 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DETAILED PIN DESCRIPTION Table 2

PIN	SYMBOL	DESCRIPTION
1	DQ	**Data Input/Output pin** for 3–wire communication port.
2	CLK/$\overline{CONV}$	**Clock input pin** for 3–wire communication port. When the DS1620 is used in a standalone application with no 3–wire port, this pin can be used as a convert pin. Temperature conversion will begin on the falling edge of $\overline{CONV}$.
3	$\overline{RST}$	**Reset input pin** for 3–wire communication port.
4	GND	**Ground pin.**
5	T_{COM}	**High/Low Combination Trigger.** Goes high when temperature exceeds TH; will reset to low when temperature falls below TL.
6	T_{LOW}	**Low Temperature Trigger.** Goes high when temperature falls below TL.
7	T_{HIGH}	**High Temperature Trigger.** Goes high when temperature exceeds TH.
8	V_{DD}	**Supply Voltage.** 5V input power pin.

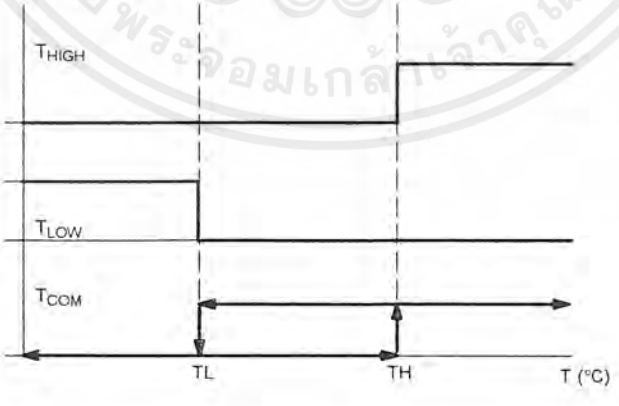
OPERATION–THERMOSTAT CONTROLS

Three thermally triggered outputs, T_{HIGH}, T_{LOW}, and T_{COM}, are provided to allow the DS1620 to be used as a thermostat, as shown in Figure 2. When the DS1620's temperature meets or exceeds the value stored in the high temperature trip register, the output T_{HIGH} becomes active (high) and remains active until the DS1620's measured temperature becomes less than the stored value in the high temperature register, TH. The T_{HIGH} output can be used to indicate that a high temperature tolerance boundary has been met or exceeded, or as part of a closed loop system can be used to activate a cooling system and to deactivate it when the system temperature returns to tolerance.

The T_{LOW} output functions similarly to the T_{HIGH} output. When the DS1620's measured temperature equals or falls below the value stored in the low temperature register, the T_{LOW} output becomes active. T_{LOW} remains active until the DS1620's temperature becomes greater than the value stored in the low temperature register, TL. The T_{LOW} output can be used to indicate that a low temperature tolerance boundary has been met or exceeded, or as part of a closed loop system, can be used to activate a heating system and to deactivate it when the system temperature returns to tolerance.

The T_{COM} output goes high when the measured temperature meets or exceeds TH, and will stay high until the temperature equals or falls below TL. In this way, any amount of hysteresis can be obtained.

THERMOSTAT OUTPUT OPERATION Figure 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPERATION AND CONTROL

The DS1620 must have temperature settings resident in the TH and TL registers for thermostatic operation. A configuration/status register is also used to determine the method of operation that the DS1620 will use in a particular application, as well as indicating the status of the temperature conversion operation. The configuration register is defined as follows:

CONFIGURATION/STATUS REGISTER

DONE	THF	TLF	NVB	1	0	CPU	1SHOT

where

DONE = Conversion Done bit. 1=conversion complete, 0=conversion in progress.

THF = Temperature High Flag. This bit will be set to 1 when the temperature is greater than or equal to the value of TH. It will remain 1 until reset by writing 0 into this location or by removing power from the device. This feature provides a method of determining if the DS1620 has ever been subjected to temperatures above TH while power has been applied.

TLF = Temperature Low Flag. This bit will be set to 1 when the temperature is less than or equal to the value of TL. It will remain 1 until reset by writing 0 into this location or by removing power from the device. This feature provides a method of determining if the DS1620 has ever been subjected to temperatures below TL while power has been applied.

NVB = Nonvolatile Memory Busy Flag. 1=write to an E^2 memory cell in progress. 0=nonvolatile memory is not busy. A write to E^2 may take up to 10 ms.

CPU = CPU use bit. If CPU=0, the CLK/$\overline{\text{CONV}}$ pin acts as a conversion start control, when $\overline{\text{RST}}$ is low. If CPU is 1, the DS1620 will be used with a CPU communicating to it over the 3–wire port, and the operation of the CLK/$\overline{\text{CONV}}$ pin is as a normal clock in concert with DQ and $\overline{\text{RST}}$. This bit is stored in nonvolatile E^2 memory, capable of at least 50,000 writes.

1SHOT = One–Shot Mode. If 1SHOT is 1, the DS1620 will perform one temperature conversion upon reception of the Start Convert T protocol. If 1SHOT is 0, the DS1620 will continuously perform temperature conversion. This bit is stored in nonvolatile E^2 memory, capable of at least 50,000 writes.

For typical thermostat operation, the DS1620 will operate in continuous mode. However, for applications where only one reading is needed at certain times, and to conserve power, the one–shot mode may be used. Note that the thermostat outputs (T_{HIGH}, T_{LOW}, T_{COM}) will remain in the state they were in after the last valid temperature conversion cycle when operating in one–shot mode.

OPERATION IN STANDALONE MODE

In applications where the DS1620 is used as a simple thermostat, no CPU is required. Since the temperature limits are nonvolatile, the DS1620 can be programmed prior to insertion in the system. In order to facilitate operation without a CPU, the CLK/$\overline{\text{CONV}}$ pin (pin 2) can be used to initiate conversions. Note that the CPU bit must be set to 0 in the configuration register to use this mode of operation.

To use the CLK/$\overline{\text{CONV}}$ pin to initiate conversions, $\overline{\text{RST}}$ must be low and CLK/$\overline{\text{CONV}}$ must be high. If CLK/$\overline{\text{CONV}}$ is driven low and then brought high in less than 10 ms, one temperature conversion will be performed and then the DS1620 will return to an idle state. If CLK/$\overline{\text{CONV}}$ is driven low and remains low, continuous conversions will take place until CLK/$\overline{\text{CONV}}$ is brought high again. With the CPU bit set to 0, the CLK/$\overline{\text{CONV}}$ will override the 1–shot bit if it is equal to 1. This means that even if the part is set for one–shot mode, driving CLK/$\overline{\text{CONV}}$ low will initiate conversions.

3–WIRE COMMUNICATIONS

The 3–wire bus is comprised of three signals. These are the $\overline{\text{RST}}$ (reset) signal, the CLK (clock) signal, and the DQ (data) signal. All data transfers are initiated by driving the $\overline{\text{RST}}$ input high. Driving the $\overline{\text{RST}}$ input low terminates communication. (See Figures 3 and 4.) A clock cycle is a sequence of a falling edge followed by a rising edge. For data inputs, the data must be valid during the rising edge of a clock cycle. Data bits are output on the falling edge of the clock, and remain valid through the rising edge.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

When reading data from the DS1620, the DQ pin goes to a high impedance state while the clock is high. Taking $\overline{RST}$ low will terminate any communication and cause the DQ pin to go to a high impedance state.

Data over the 3–wire interface is communicated LSB first. The command set for the 3–wire interface as shown in Table 3 is as follows; only these protocols should be written to the DS1620, as writing other protocols to the device may result in permanent damage to the part.

Read Temperature [AAh]
This command reads the contents of the register which contains the last temperature conversion result. The next nine clock cycles will output the contents of this register.

Write TH [01h]
This command writes to the TH (HIGH TEMPERATURE) register. After issuing this command, the next nine clock cycles clock in the 9–bit temperature limit which will set the threshold for operation of the T_{HIGH} output.

Write TL [02h]
This command writes to the TL (LOW TEMPERATURE) register. After issuing this command, the next nine clock cycles clock in the 9–bit temperature limit which will set the threshold for operation of the T_{LOW} output.

Read TH [A1h]
This command reads the value of the TH (HIGH TEMPERATURE) register. After issuing this command, the next nine clock cycles clock out the 9–bit temperature limit which sets the threshold for operation of the T_{HIGH} output.

Read TL [A2h]
This command reads the value of the TL (LOW TEMPERATURE) register. After issuing this command, the next nine clock cycles clock out the 9–bit temperature limit which sets the threshold for operation of the T_{LOW} output.

Start Convert T [EEh]
This command begins a temperature conversion. No further data is required. In one–shot mode, the temperature conversion will be performed and then the DS1620 will remain idle. In continuous mode, this command will initiate continuous conversions.

Stop Convert T [22h]
This command stops temperature conversion. No further data is required. This command may be used to halt a DS1620 in continuous conversion mode. After issuing this command, the current temperature measurement will be completed, and then the DS1620 will remain idle until a Start Convert T is issued to resume continuous operation.

Write Config [0Ch]
This command writes to the configuration register. After issuing this command, the next eight clock cycles clock in the value of the configuration register.

Read Config [ACh]
This command reads the value in the configuration register. After issuing this command, the next eight clock cycles output the value of the configuration register.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DS1620 COMMAND SET Table 3

INSTRUCTION	DESCRIPTION	PROTOCOL	3–WIRE BUS DATA AFTER ISSUING PROTOCOL	NOTES
TEMPERATURE CONVERSION COMMANDS				
Read Temperature	Reads last converted temperature value from temperature register.	AAh	<read data>	
Start Convert T	Initiates temperature conversion.	EEh	idle	1
Stop Convert T	Halts temperature conversion.	22h	idle	1
THERMOSTAT COMMANDS				
Write TH	Writes high temperature limit value into TH register.	01h	<write data>	2
Write TL	Writes low temperature limit value into TL register.	02h	<write data>	2
Read TH	Reads stored value of high temperature limit from TH register.	A1h	<read data>	2
Read TL	Reads stored value of low temperature limit from TL register.	A2h	<read data>	2
Write Config	Writes configuration data to configuration register.	0Ch	<write data>	2
Read Config	Reads configuration data from configuration register.	ACh	<read data>	2

NOTES:

1. In continuous conversion mode, a Stop Convert T command will halt continuous conversion. To restart, the Start Convert T command must be issued. In one–shot mode, a Start Convert T command must be issued for every temperature reading desired.
2. Writing to the E^2 typically requires 10 ms at room temperature. After issuing a write command, no further writes should be requested for at least 10 ms.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

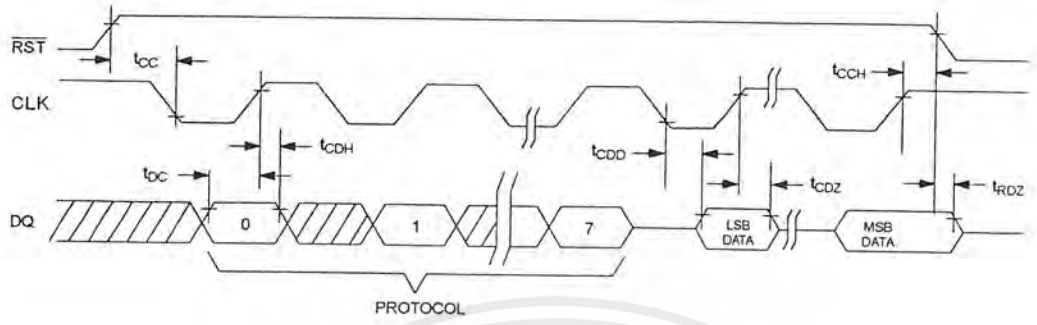
FUNCTION EXAMPLE

Example: CPU sets up DS1620 for continuous conversion and thermostatic function.

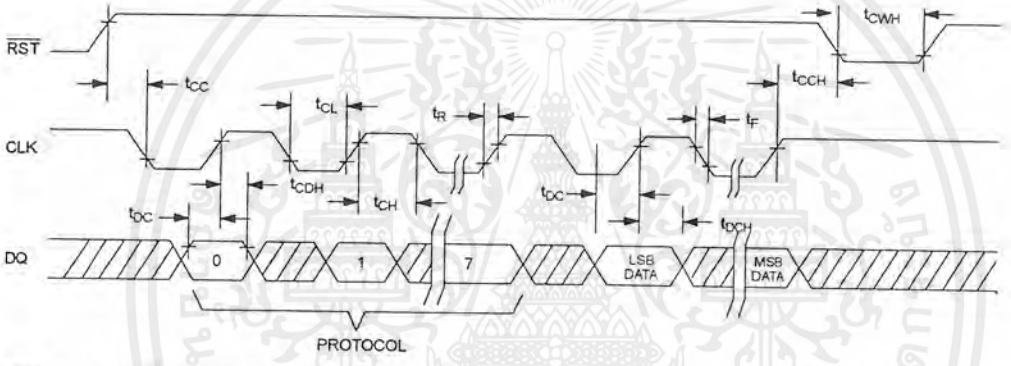
CPU MODE	DS1620 MODE (3–WIRE)	DATA (LSB FIRST)	COMMENTS
TX	RX	0Ch	CPU issues Write Config command.
TX	RX	02h	CPU sets DS1620 up for continuous conversion.
TX	RX	Toggle $\overline{RST}$	CPU issues Reset to DS1620.
TX	RX	01h	CPU issues Write TH command.
TX	RX	0050h	CPU sends data for TH limit of +40°C.
TX	RX	Toggle $\overline{RST}$	CPU issues Reset to DS1620.
TX	RX	02h	CPU issues Write TL command.
TX	RX	0014h	CPU sends data for TL limit of +10°C.
TX	RX	Toggle $\overline{RST}$	CPU issues Reset to DS1620.
TX	RX	A1h	CPU issues Read TH command.
RX	TX	0050h	DS1620 sends back stored value of TH for CPU to verify.
TX	RX	Toggle $\overline{RST}$	CPU issues Reset to DS1620.
TX	RX	A2h	CPU issues Read TL command.
RX	TX	0014h	DS1620 sends back stored value of TL for CPU to verify.
TX	RX	Toggle $\overline{RST}$	CPU issues Reset to DS1620.
TX	RX	EEh	CPU issues Start Convert T command.
TX	RX	Toggle $\overline{RST}$	CPU issues Reset to DS1620.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

READ DATA TRANSFER Figure 3



WRITE DATA TRANSFER Figure 4



NOTE: t_{CL}, t_{CH}, t_R, and t_F apply to both read and write data transfer.

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

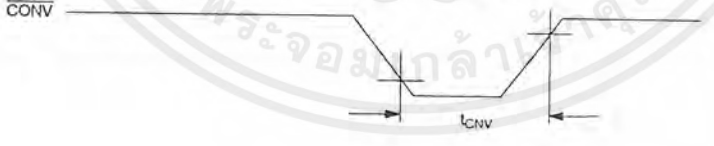
PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Supply	V_{DD}	4.5	5.0	5.5	V	1
Logic 1	V_{IH}	2.0		V_{CC}+0.3	V	1
Logic 0	V_{IL}	–0.3		+0.8	V	1

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(–55°C to +125°C; V_{DD}=4.5V to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Thermometer Error	T_{ERR}	0°C to +70°C			±0.5	°C	10, 11
		–55°C to +0°C and 70°C to 125°C		See Typical Curve			
Long-term Stability		105°C, 1000 hours		±0.1		°C	
Logic 0 Output	V_{OL}				0.4	V	3
Logic 1 Output	V_{OH}		2.4			V	2
Input Resistance	R_I	DQ, $\overline{RST}$ to GND, CLK to V_{DD}	1 1			MΩ MΩ	
Active Supply Current	I_{CC}	0°C to +70°C			1	mA	4, 5
Standby Supply Current	I_{STBY}	0°C to +70°C			1	µA	4, 5

SINGLE CONVERT TIMING DIAGRAM (STAND–ALONE MODE)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(–55°C to +125°C; V_{DD}=4.5V to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Temperature Conversion Time	T_{TC}		200	500	ms	
Data to CLK Setup	t_{DC}	35			ns	6
CLK to Data Hold	t_{CDH}	40			ns	6
CLK to Data Delay	t_{CDD}			100	ns	6, 7, 8
CLK Low Time	t_{CL}	285			ns	6
CLK High Time	t_{CH}	285			ns	6
CLK Frequency	f_{CLK}	DC		1.75	MHz	6
CLK Rise and Fall	t_R, t_F			500	ns	
$\overline{RST}$ to CLK Setup	t_{CC}	100			ns	6
CLK to $\overline{RST}$ Hold	t_{CCH}	40			ns	6
$\overline{RST}$ Inactive Time	t_{CWH}	125			ns	6, 9
CLK High to I/O High Z	t_{CDZ}			50	ns	6
$\overline{RST}$ Low to I/O High Z	t_{RDZ}			50	ns	6
Convert Pulse Width	t_{CNV}	250 ns		500 ms		
NV Write Cycle Time	t_{WR}		10	50	ms	

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(–55°C to +125°C; V_{DD}=4.5V to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Input Capacitance	C_I		5		pF	
I/O Capacitance	$C_{I/O}$		10		pF	

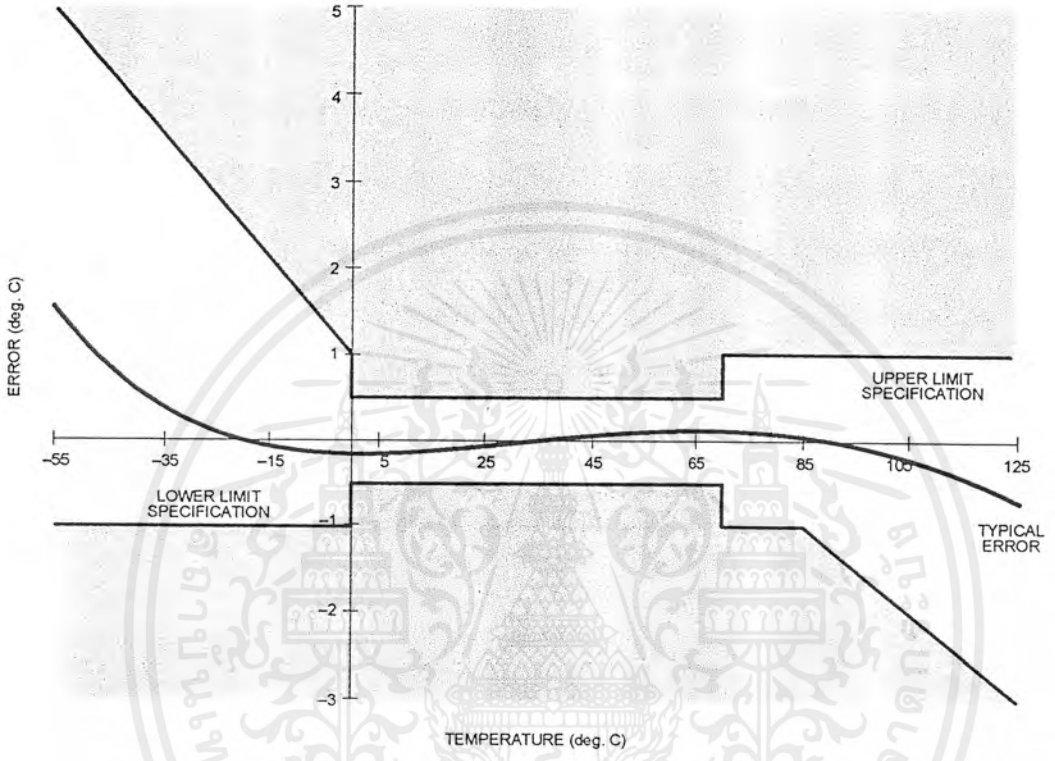
NOTES:

1. All voltages are referenced to ground.
2. Logic one voltages are specified at a source current of 1 mA.
3. Logic zero voltages are specified at a sink current of 4 mA.
4. I_{CC} specified with DQ pin open.
5. I_{CC} specified with V_{CC} at 5.0V and $\overline{RST}$=GND.
6. Measured at V_{IH} = 2.0V or V_{IL} = 0.8V.
7. Measured at V_{OH} = 2.4V or V_{OL} = 0.4V.
8. Load capacitance = 50 pF.
9. t_{CWH} must be 10 ms minimum following any write command that involves the E^2 memory.
10. See Figure 5 for specification limits outside 0°C to 70°C range.
11. Thermometer error reflects temperature accuracy as tested during calibration.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PERFORMANCE CURVE Figure 5

DS1620 DIGITAL THERMOMETER AND THERMOSTAT
TEMPERATURE READING ERROR



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19-3893; Rev 1; 2/01

MAXIM

MAX1232 Microprocessor Monitor

General Description

The MAX1232 microprocessor (µP) supervisory circuit provides µP "housekeeping" and power-supply supervisor functions while consuming only 1/10th the power of the DS1232. The MAX1232 enhances circuit reliability in µP systems by monitoring the power supply, monitoring software execution, and providing a debounced manual reset input. The MAX1232 is a plug-in upgrade of the Dallas DS1232.

A reset pulse of at least 250ms duration is supplied on power-up, power-down, and low-voltage brown-out conditions (5% or 10% supply tolerances can be selected digitally). Also featured is a debounced manual reset input that forces the reset outputs to their active states for a minimum of 250ms. A digitally-programmable watchdog timer monitors software execution and can be programmed for timeout settings of 150ms, 600ms, or 1.2sec. The MAX1232 requires no external components.

Applications

Computers
Controllers
Intelligent Instruments
Automotive Systems
Critical µP Power Monitoring

Features

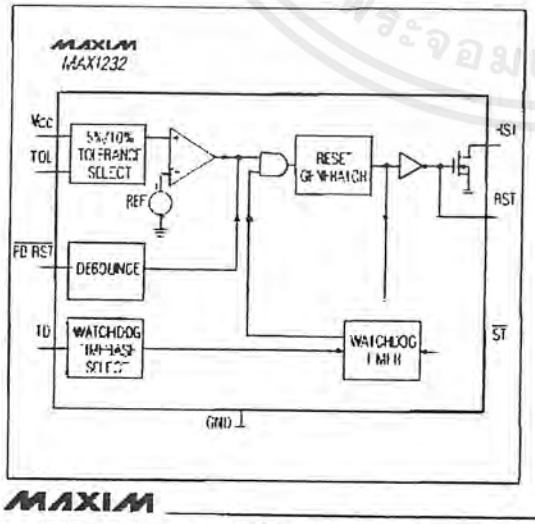
- **Consumes 1/10th the Power of the DS1232**
- **Precision Voltage Monitor - Adjustable +4.5V or +4.75V**
- **Power OK/Reset Pulse Width - 250ms Min**
- **No External Components**
- **Adjustable Watchdog Timer - 150ms, 600ms, or 1.2sec**
- **Debounced Manual Reset Input for External Override**
- **Available in 8-pin DIP/Small Outline and 16-pin Wide Small Outline Packages**

Ordering Information

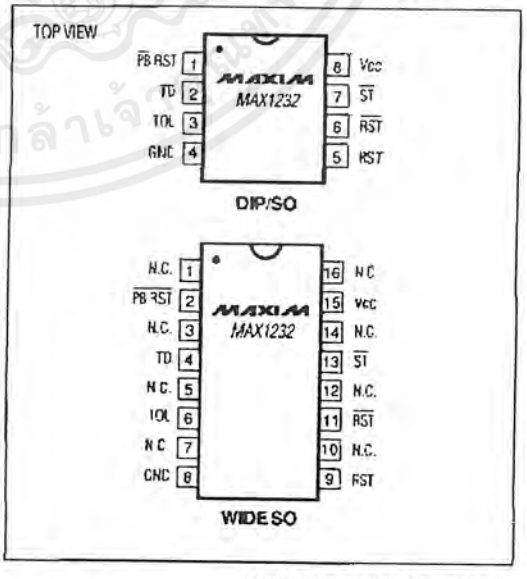
PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX1232CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX1232CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX1232CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX1232C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX1232EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX1232ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX1232EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX1232MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP

*Contact factory for dice specifications.

Block Diagram



Pin Configuration



Call toll free 1-800-998-8800 for free samples or literature.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Voltage on any pin (with respect to GND) ..... -1V to +7V
Operating Temperature Ranges:
MAX1232C_ _ ..... 0°C to +70°C
MAX1232E ..... -40°C to +85°C
MAX1232M_ _ ..... -55°C to +125°C

Storage Temperature Range ..... -65°C to +160°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec.) ..... +300°C

Stresses beyond those listed under 'Absolute Maximum Ratings' may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

RECOMMENDED D.C. OPERATING CONDITIONS

(T_A = T_{MIN} to T_{MAX})

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V_{CC}		4.5	5.0	5.5	V
ST and PB RST Input High Level (Note 1)	V_{IH}		2.0		V_{CC} +0.3	V
ST and PB RST Input Low Level	V_{IL}		-0.3		+0.8	V

D.C. ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; V_{CC} = +4.5V to +5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Leakage ST, TOL	I_L		-1.0		+1.0	µA
Output Current RST	I_{OH}	V_{OH} = 2.4V	-1.0	-12		mA
Output Current RST, $\overline{RST}$	I_{OL}	V_{OL} = 0.4V	2.0	10		mA
Operating Current (Note 2)	I_{CC}			50	200	µA
V_{CC} 5% Trip Point (Note 3)	V_{CCTP}	TOL = GND	4.50	4.62	4.74	V
V_{CC} 10% Trip Point (Note 3)	V_{CCTP}	TOL = V_{CC}	4.25	4.37	4.49	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CAPACITANCE (Note 4)

(T_A = +25°C)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Capacitance ST, TOL	C_{IN}				5	pF
Output Capacitance RST, $\overline{RST}$	C_{OUT}				7	pF

A.C. ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; V_{CC} = +5V to −10%)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
PB $\overline{RST}$ (Note 5)	t_{PB}	Figure 3	20			ms
PB $\overline{RST}$ Delay	t_{PBD}	Figure 3	1	4	20	ms
Reset Active Time	t_{RST}		250	610	1000	ms
$\overline{ST}$ Pulse Width	t_{ST}	Figure 4	75			ns
$\overline{ST}$ Timeout Period	t_{TD}	Figure 4 TD pin = 0V	62.5	150	250	ms
		TD pin = open	250	600	1000	
		TD pin = V_{CC}	500	1200	2000	
V_{CC} Fall Time (Note 4)	t_F	Figure 5	10			µs
V_{CC} Rise Time (Note 4)	t_R	Figure 6	0			µs
V_{CC} Detect to RST High and RST Low	t_{RPD}	Figure 7, V_{CC} falling			100	ns
V_{CC} Detect to RST Low and RST Open (Note 6)	t_{RPU}	Figure 8, V_{CC} rising	250	610	1000	ms

Note 1: $\overline{PB\ RST}$ is internally pulled up to V_{CC} with an internal impedance of typically 40kΩ.
Note 2: Measured with outputs open.
Note 3: All voltages referenced to GND.
Note 4: Guaranteed by design.
Note 5: PB RST must be held low for a minimum of 20ms to guarantee a reset.
Note 6: t_R = 5µs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Description

NAME	FUNCTION
PB $\overline{RST}$	Pushbutton Reset Input. A debounced active-low input that ignores pulses less than 1ms in duration and is guaranteed to recognize inputs of 20ms or greater.
TD	Time Delay Set. The watchdog timebase select input (t_{TD} = 150ms for TD = 0V, t_{TD} = 600ms for TD = open, t_{TD} = 1.2sec for TD = V_{CC}).
TOL	Tolerance Input. Connect to GND for 5% tolerance or to V_{CC} for 10% tolerance.
GND	Ground
RST	Reset Output (Active High) - goes active: 1. If V_{CC} falls below the selected reset voltage threshold 2. If PB $\overline{RST}$ is forced low 3. If $\overline{ST}$ is not strobed within the minimum timeout period 4. During power-up
$\overline{RST}$	Reset Output (Active Low, Open Drain) - see RST.
$\overline{ST}$	Strobe Input. Input for watchdog timer.
V_{CC}	The +5V Power-Supply Input
N.C.	No Connect

Detailed Description

Power Monitor

A voltage detector monitors V_{CC} and holds the reset outputs (RST and $\overline{RST}$) in their active states whenever V_{CC} is below the selected 5% or 10% tolerance (4.62V or 4.37V typically). To select the 5% level, connect TOL to ground. To select the 10% level, connect TOL to V_{CC}. The reset outputs will remain in their active states until V_{CC} has been continuously in-tolerance for a minimum of 250ms (the reset active time) to allow the power supply and µP to stabilize.

The RST output both sinks and sources current, while the $\overline{RST}$ output, an open-drain MOSFET, sinks current only and must be pulled high.

Pushbutton Reset Input

The MAX1232's debounced manual reset input (PB $\overline{RST}$) manually forces the reset outputs into their active states. The reset outputs go active after PB $\overline{RST}$ has been held low for a time t_{PBD}, the pushbutton reset delay time. The reset outputs remain in their active states for a minimum of 250ms after PB $\overline{RST}$ rises above V_{IH} (Figure 3).

A mechanical pushbutton or an active logic signal can drive the PB $\overline{RST}$ input. The debounced input ignores input pulses less than 1ms and is guaranteed to recognize pulses of 20ms or greater. The PB RST input has an internal pull-up to V_{CC} of about 100µA; therefore, an external pull-up resistor is not necessary.

Watchdog Timer

The µP drives the $\overline{ST}$ input with an Input/Output (I/O) line. The µP must toggle the ST input within a set period (as determined by TD) to verify proper software execution. If a hardware or software failure keeps ST from toggling within the minimum timeout period – ST is activated only by falling edges (a high-to-low transition) – the MAX1232 reset outputs are forced to their active states for 250ms (Figure 2). This typically initiates the µP's power-up routine. If the interruption continues, new reset pulses are generated each timeout period until ST is strobed. The timeout period is determined by the TD input connection. This timeout period is typically 150ms with TD connected to GND, 600ms with TD floating, or 1200ms with TD connected to V_{CC}.

The software routine that strobes $\overline{ST}$ is critical. The code must be in a section of software that executes frequently enough so the time between toggles is less than the watchdog timeout period. One common technique controls the µP I/O line from two sections of the program. The software might set the I/O line high while operating in the foreground mode and set it low while in the background or interrupt mode. If both modes do not execute correctly, the watchdog timer issues reset pulses.

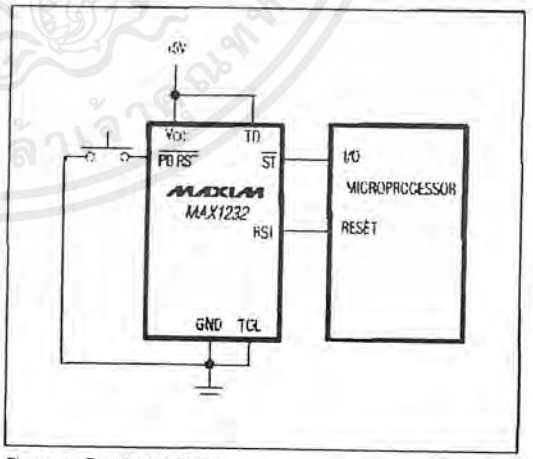


Figure 1. Pushbutton Reset

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

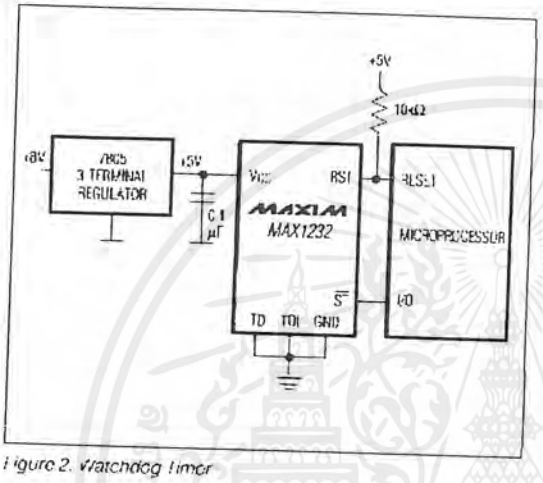


Figure 2. Watchdog Timer

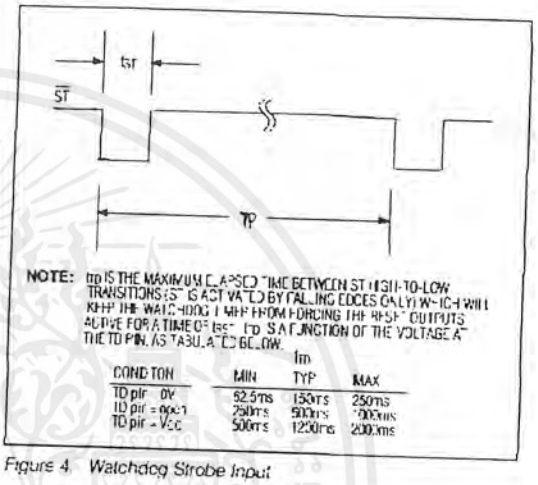


Figure 4. Watchdog Strobe Input

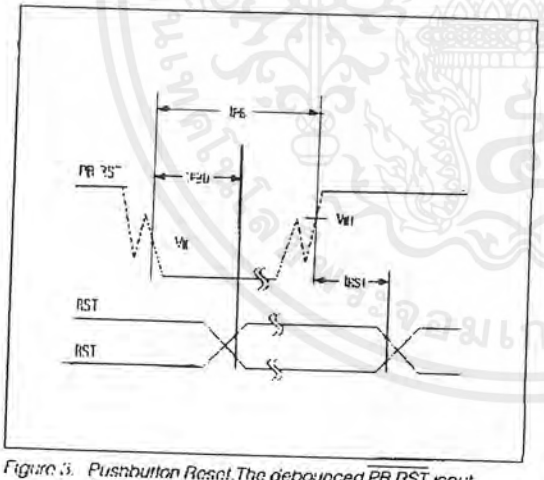


Figure 3. Pushbutton Reset. The debounced PB RST input ignores input pulses less than 1ms and is guaranteed to recognize pulses of 20ms or greater.

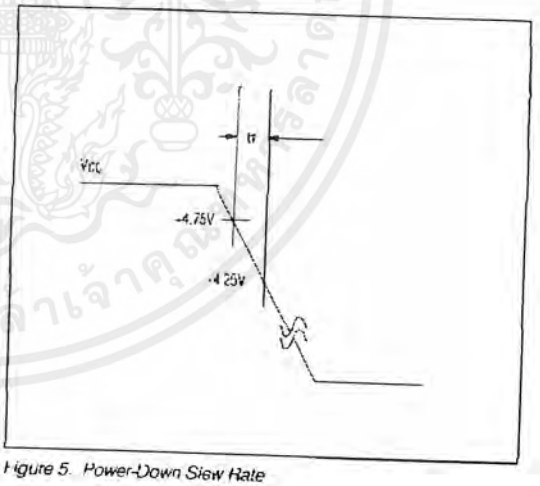


Figure 5. Power-Down Slew Rate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

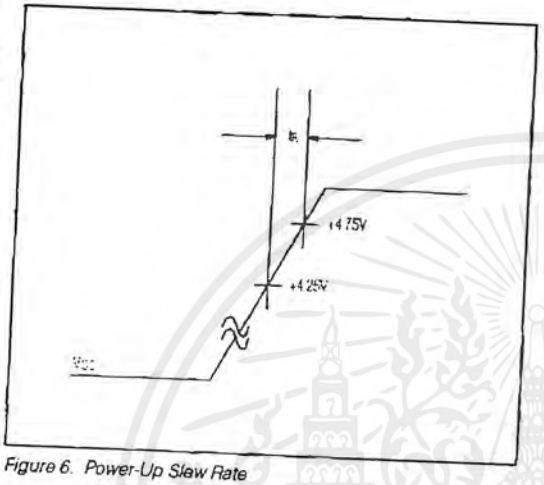


Figure 6. Power-Up Slew Rate

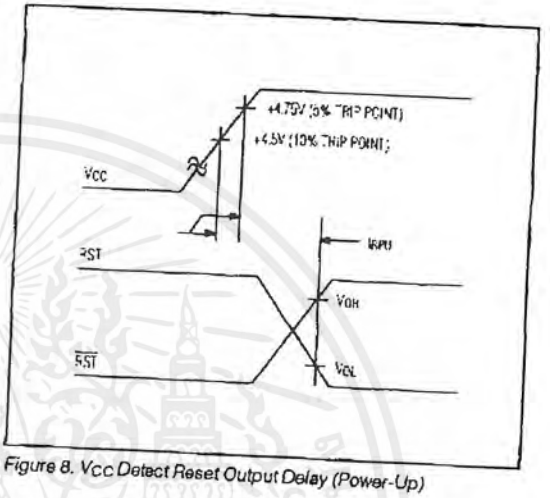


Figure 8. Vcc Detect Reset Output Delay (Power-Up)

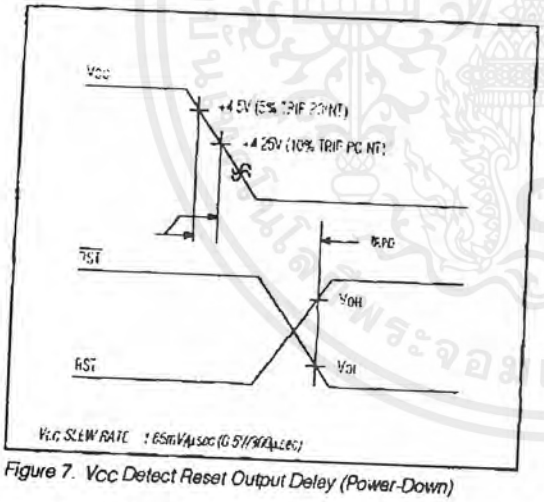
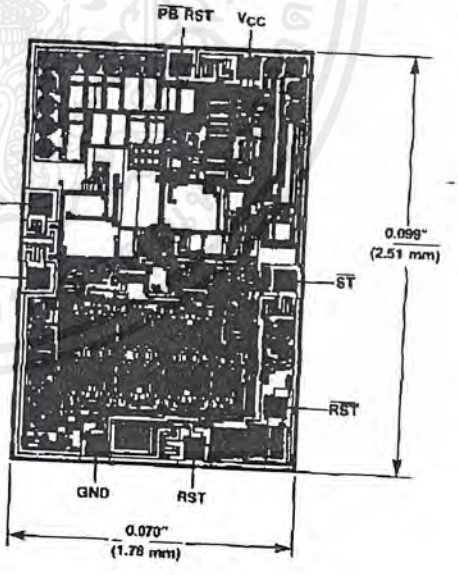


Figure 7. Vcc Detect Reset Output Delay (Power-Down)

Chip Topography



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19-4323; Rev 7b; 11/97

MAXIM

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

General Description

The MAX220–MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, particularly applications where ±12V is not available.

These parts are especially useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than 5µW. The MAX225, MAX233, MAX235, and MAX245/MAX246/MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

Applications

Portable Computers

Low-Power Modems

Interface Translation

Battery-Powered RS-232 Systems

Multi-Drop RS-232 Networks

Features

Superior to Bipolar

- **Operate from Single +5V Power Supply (+5V and +12V—MAX231/MAX239)**
- **Low-Power Receive Mode in Shutdown (MAX223/MAX242)**
- **Meet All EIA/TIA-232E and V.28 Specifications**
- **Multiple Drivers and Receivers**
- **3-State Driver and Receiver Outputs**
- **Open-Line Detection (MAX243)**

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX220EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX220MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP

Ordering Information continued at end of data sheet.

**Contact factory for dice specifications.*

Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value (µF)	SHDN & Three-State	Rx Active in SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	4.7/10	No	—	120	Ultra-low-power, industry-standard pinout
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes	—	200	Low-power shutdown
MAX223 (MAX213)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	✔	120	MAX241 and receivers active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	—	Yes	✔	120	Available in SO
MAX230 (MAX200)	+5	5/0	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	5 drivers with shutdown
MAX231 (MAX201)	+5 and +7.5 to +13.2	2/2	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; same functions as MAX232
MAX232 (MAX202)	+5	2/2	4	1.0 (0.1)	No	—	120 (64)	Industry standard
MAX232A	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Higher slew rate, small caps
MAX233 (MAX203)	+5	2/2	0	—	No	—	120	No external caps
MAX233A	+5	2/2	0	—	No	—	200	No external caps, high slew rate
MAX234 (MAX204)	+5	4/0	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488
MAX235 (MAX205)	+5	5/5	0	—	Yes	—	120	No external caps
MAX236 (MAX206)	+5	4/3	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Shutdown, three state
MAX237 (MAX207)	+5	5/3	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Complements IBM PC serial port
MAX238 (MAX208)	+5	4/4	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488 and 1489
MAX239 (MAX209)	+5 and +7.5 to +13.2	3/5	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; single-package solution for IBM PC serial port
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes	—	120	DIP or flatpack package
MAX241 (MAX211)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Complete IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✔	200	Separate shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Open-line detection simplifies cabling
MAX244	+5	8/10	4	1.0	No	—	120	High slew rate
MAX245	+5	8/10	0	—	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, two shutdown modes
MAX246	+5	8/10	0	—	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, three shutdown modes
MAX247	+5	8/9	0	—	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, nine operating modes
MAX248	+5	8/8	4	1.0	Yes	✔	120	High slew rate, selective half-chip enables
MAX249	+5	6/10	4	1.0	Yes	✔	120	Available in quad flatpack package

For free samples & the latest literature: http://www.maxim-ic.com, or phone 1-800-998-8800.
For small orders, phone 408-737-7600 ext. 3468.

ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ในโปรแกรมการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX220/222/232A/233A/242/243

Supply Voltage (V_{CC}) ..... -0.3V to +6V
Input Voltages
T_{IN} ..... -0.3V to (V_{CC} - 0.3V)
R_{IN} ..... ±30V
T_{OUT} (Note 1) ..... ±15V
Output Voltages
T_{OUT} ..... ±15V
R_{OUT} ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Driver/Receiver Output Short Circuited to GND ..... Continuous
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) 842mW
18-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) 889mW
20-Pin Plastic DIP (derate 8.00mW/°C above +70°C) 440mW
16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C) ...696mW
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C) 800mW
20-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C) 640mW
16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C) 800mW
18-Pin CERDIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) 842mW
Operating Temperature Ranges
MAX2_ _AC_ _, MAX2_ _C_ _ ..... 0°C to +70°C
MAX2_ _AE_ _, MAX2_ _E_ _ ..... -40°C to +85°C
MAX2_ _AM_ _, MAX2_ _M_ _ ..... -55°C to +125°C
Storage Temperature Range ..... -65°C to +160°C
Lead Temperature (soldering, 10sec) ..... +300°C

Note 1: Input voltage measured with T_{OUT} in high-impedance state, $\overline{SHDN}$ or V_{CC} = 0V.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243

(V_{CC} = +5V ±10%, C1–C4 = 0.1µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 TRANSMITTERS						
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND		±5	±8		V
Input Logic Threshold Low				1.4	0.8	V
Input Logic Threshold High			2	1.4		V
Logic Pull-Up/Input Current	Normal operation			5	40	µA
	$\overline{SHDN}$ = 0V, MAX222/242, shutdown			±0.01	±1	
Output Leakage Current	V_{CC} = 5.5V, $\overline{SHDN}$ = 0V, V_{OUT} = ±15V, MAX222/242			±0.01	±10	µA
	V_{CC} = $\overline{SHDN}$ = 0V, V_{OUT} = ±15V			±0.01	±10	
Data Rate	All except MAX220, normal operation			200	116	kbits/ sec
	MAX220			22	20	
Transmitter Output Resistance	V_{CC} = V+ = V- = 0V, V_{OUT} = ±2V		300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current	V_{OUT} = 0V		±7	±22		mA
RS-232 RECEIVERS						
RS-232 Input Voltage Operating Range					±30	V
RS-232 Input Threshold Low	V_{CC} = 5V	All except MAX243 $R2_{IN}$	0.8	1.3		V
		MAX243 $R2_{IN}$ (Note 2)	-3			
RS-232 Input Threshold High	V_{CC} = 5V	All except MAX243 $R2_{IN}$		1.8	2.4	V
		MAX243 $R2_{IN}$ (Note 2)		-0.5	-0.1	
RS-232 Input Hysteresis	All except MAX243, V_{CC} = 5V, no hysteresis in shdn.		0.2	0.5	1	V
	MAX243			1		
RS-232 Input Resistance			3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I_{OUT} = 3.2mA			0.2	0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I_{OUT} = -1.0mA		3.5	V_{CC} - 0.2		V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V_{OUT} = GND		-2	-10		mA
	Shrinking V_{OUT} = V_{CC}		10	30		
TTL/CMOS Output Leakage Current	$\overline{SHDN}$ = V_{CC} or $\overline{EN}$ = V_{CC} ($\overline{SHDN}$ = 0V for MAX222), 0V ≤ V_{OUT} ≤ V_{CC}			±0.05	±10	µA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

(V_{CC} = +5V ±10%, C1–C4 = 0.1µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
$\overline{EN}$ Input Threshold Low	MAX242			1.4	0.8	V
$\overline{EN}$ Input Threshold High	MAX242		2.0	1.4		V
Operating Supply Voltage			4.5		5.5	V
V_{CC} Supply Current ($\overline{SHDN}$ = V_{CC}), Figures 5, 6, 11, 19	No load	MAX220		0.5	2	mA
		MAX222/232/233/242/243		4	10	
	3kΩ load both inputs	MAX220		12		
		MAX222/232/233/242/243		15		
Shutdown Supply Current	MAX222/242	T_A = +25°C		0.1	10	µA
		T_A = 0°C to +70°C		2	50	
		T_A = -40°C to +85°C		2	50	
		T_A = -55°C to +125°C		35	100	
$\overline{SHDN}$ Input Leakage Current	MAX222/242				±1	µA
$\overline{SHDN}$ Threshold Low	MAX222/242			1.4	0.8	V
$\overline{SHDN}$ Threshold High	MAX222/242		2.0	1.4		V
Transition Slew Rate	C_L = 50pF to 2500pF, R_L = 3kΩ to 7kΩ, V_{CC} = 5V, T_A = +25°C, measured from +3V to -3V or -3V to +3V	MAX222/232/233/242/243	6	12	30	V/µs
		MAX220	1.5	3	30	
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (normal operation), Figure 1	t_{PHLT}	MAX222/232/233/242/243		1.3	3.5	µs
		MAX220		4	10	
	t_{PLHT}	MAX222/232/233/242/243		1.5	3.5	
		MAX220		5	10	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (normal operation), Figure 2	t_{PHLR}	MAX222/232/233/242/243		0.5	1	µs
		MAX220		0.6	3	
	t_{PLHR}	MAX222/232/233/242/243		0.6	1	
		MAX220		0.8	3	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (shutdown), Figure 2	t_{PHLS}	MAX242		0.5	10	µs
	t_{PLHS}	MAX242		2.5	10	
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	t_{ER}	MAX242		125	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	t_{DR}	MAX242		160	500	ns
Transmitter-Output Enable Time ($\overline{SHDN}$ goes high), Figure 4	t_{ET}	MAX222/242, 0.1µF caps (includes charge-pump start-up)		250		µs
Transmitter-Output Disable Time ($\overline{SHDN}$ goes low), Figure 4	t_{DT}	MAX222/242, 0.1µF caps		600		ns
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t_{PHLT} - t_{PLHT}	MAX222/232/233/242/243		300		ns
		MAX220		2000		
Receiver + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t_{PHLR} - t_{PLHR}	MAX222/232/233/242/243		100		ns
		MAX220		225		

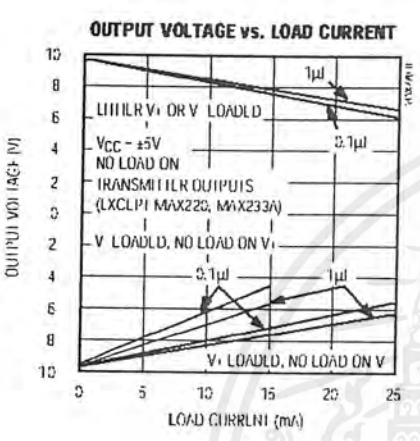
Note 2: MAX243 $R2_{OUT}$ is guaranteed to be low when $R2_{IN}$ is ≥ 0V or is floating.

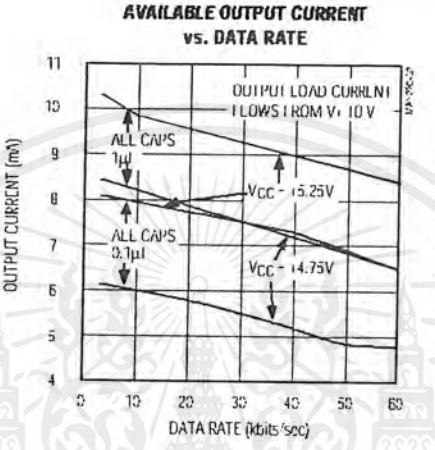
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

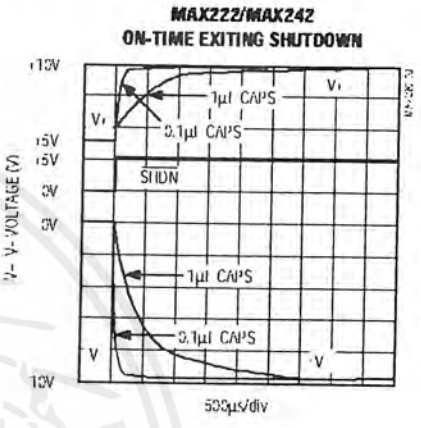
+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

Typical Operating Characteristics

MAX220/MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243







เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX223/MAX230–MAX241 (continued)

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241, V_{CC} = +5V ±10; MAX233/MAX235, V_{CC} = 5V ±5%, C1–C4 = 1.0µF; MAX231/MAX239, V_{CC} = 5V ±10%; V+ = 7.5V to 13.2V; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; unless otherwise noted.)

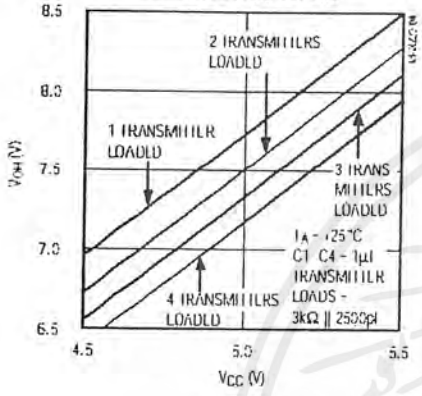
PARAMETER	CONDITIONS			MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 Input Threshold Low	T_A = +25°C, V_{CC} = 5V	Normal operation $\overline{SHDN}$ = 5V (MAX223) SHDN = 0V (MAX235/236/240/241)		0.8	1.2		V
		Shutdown (MAX223) $\overline{SHDN}$ = 0V, EN = 5V ($R4_{IN}$, $R5_{IN}$)		0.6	1.5		
RS-232 Input Threshold High	T_A = +25°C, V_{CC} = 5V	Normal operation $\overline{SHDN}$ = 5V (MAX223) SHDN = 0V (MAX235/236/240/241)			1.7	2.4	V
		Shutdown (MAX223) $\overline{SHDN}$ = 0V, EN = 5V ($R4_{IN}$, $R5_{IN}$)			1.5	2.4	
RS-232 Input Hysteresis	V_{CC} = 5V, no hysteresis in shutdown			0.2	0.5	1.0	V
RS-232 Input Resistance	T_A = +25°C, V_{CC} = 5V			3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I_{OUT} = 1.6mA (MAX231/232/233, I_{OUT} = 3.2mA)					0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I_{OUT} = -1mA			3.5	V_{CC} - 0.4		V
TTL/CMOS Output Leakage Current	0V ≤ R_{OUT} ≤ V_{CC}; EN = 0V (MAX223); $\overline{EN}$ = V_{CC} (MAX235–241)				0.05	±10	µA
Receiver Output Enable Time	Normal operation	MAX223			600		ns
		MAX235/236/239/240/241			400		
Receiver Output Disable Time	Normal operation	MAX223			900		ns
		MAX235/236/239/240/241			250		
Propagation Delay	RS-232 IN to TTL/CMOS OUT, C_L = 150pF	Normal operation			0.5	10	µs
		$\overline{SHDN}$ = 0V (MAX223)	t_{PHLS}		4	40	
			t_{PLHS}		6	40	
Transition Region Slew Rate	MAX223/MAX230/MAX234–241, T_A = +25°C, V_{CC} = 5V, R_L = 3kΩ to 7kΩ, C_L = 50pF to 2500pF, measured from +3V to -3V or -3V to +3V			3	5.1	30	V/µs
	MAX231/MAX232/MAX233, T_A = +25°C, V_{CC} = 5V, R_L = 3kΩ to 7kΩ, C_L = 50pF to 2500pF, measured from +3V to -3V or -3V to +3V				4	30	
Transmitter Output Resistance	V_{CC} = V+ = V- = 0V, V_{OUT} = ±2V			300			Ω
Transmitter Output Short-Circuit Current					±10		mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

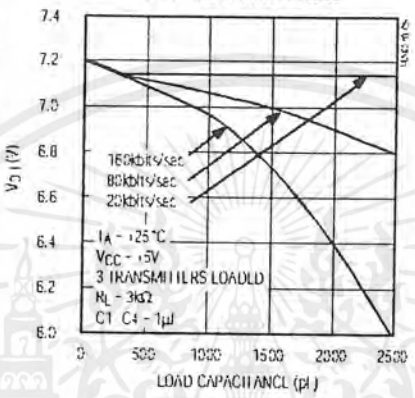
Typical Operating Characteristics

MAX223/MAX230–MAX241

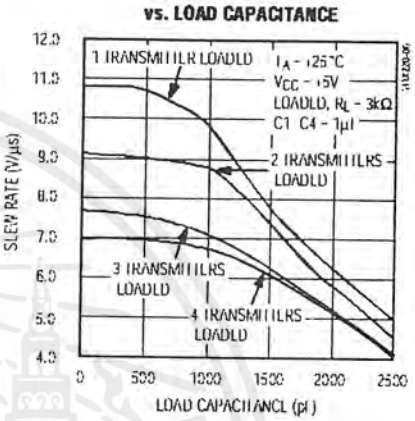
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V_{OH}) vs. V_{CC}



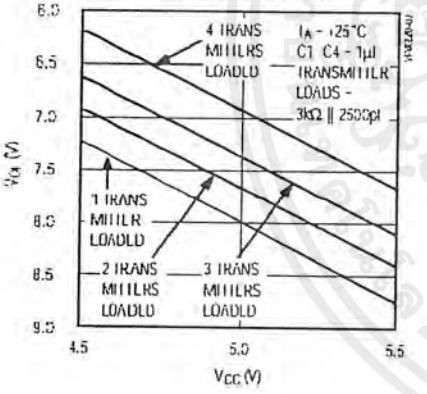
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V_{OH}) vs. LOAD CAPACITANCE AT DIFFERENT DATA RATES



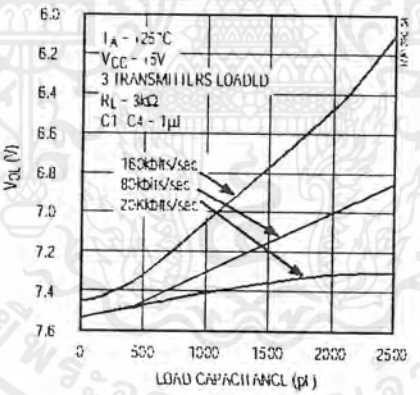
TRANSMITTER SLEW RATE vs. LOAD CAPACITANCE



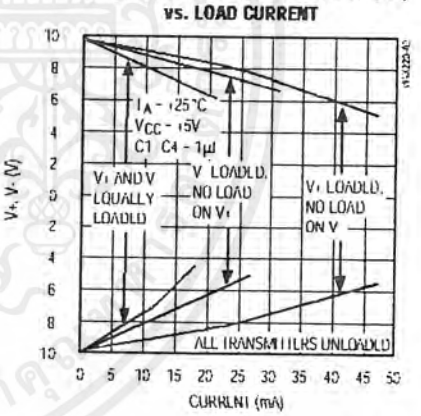
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V_{OL}) vs. V_{CC}



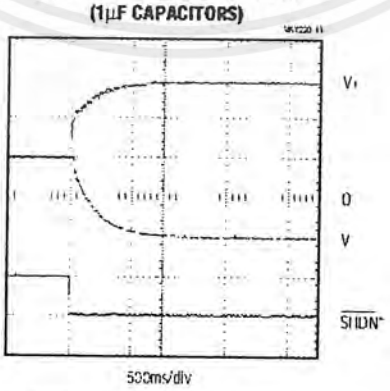
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V_{OL}) vs. LOAD CAPACITANCE AT DIFFERENT DATA RATES



TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V+, V-) vs. LOAD CURRENT



V+, V- WHEN EXITING SHUTDOWN (1µF CAPACITORS)



*SHUTDOWN POLARITY IS REVERSED FOR NON-MAX241 PARTS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

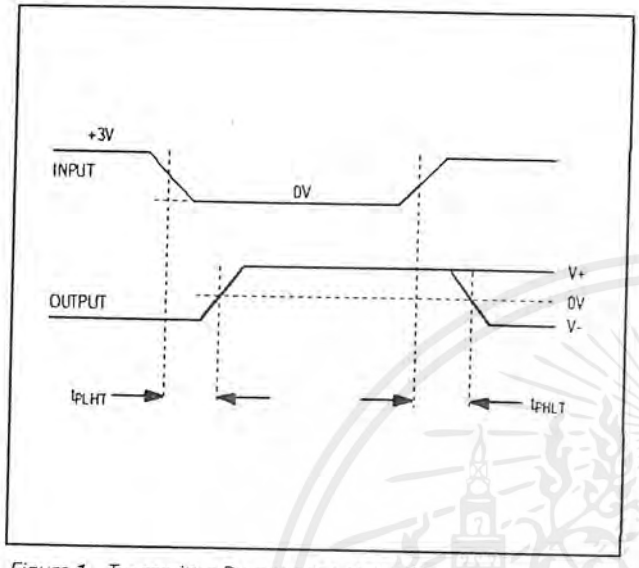


Figure 1. Transmitter Propagation-Delay Timing

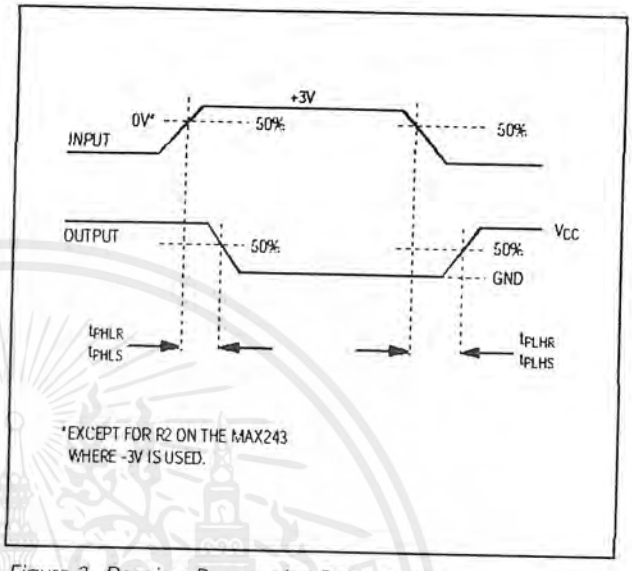


Figure 2. Receiver Propagation-Delay Timing

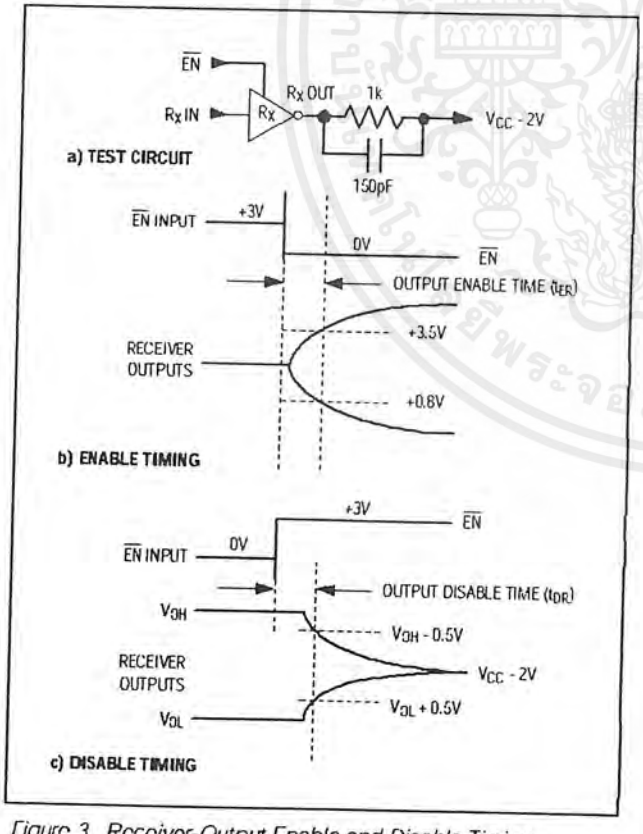


Figure 3. Receiver-Output Enable and Disable Timing

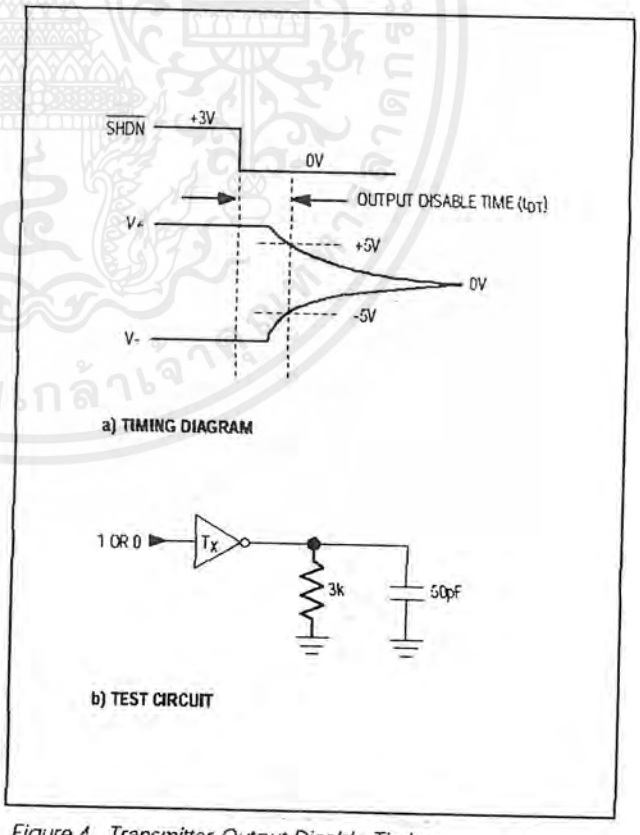
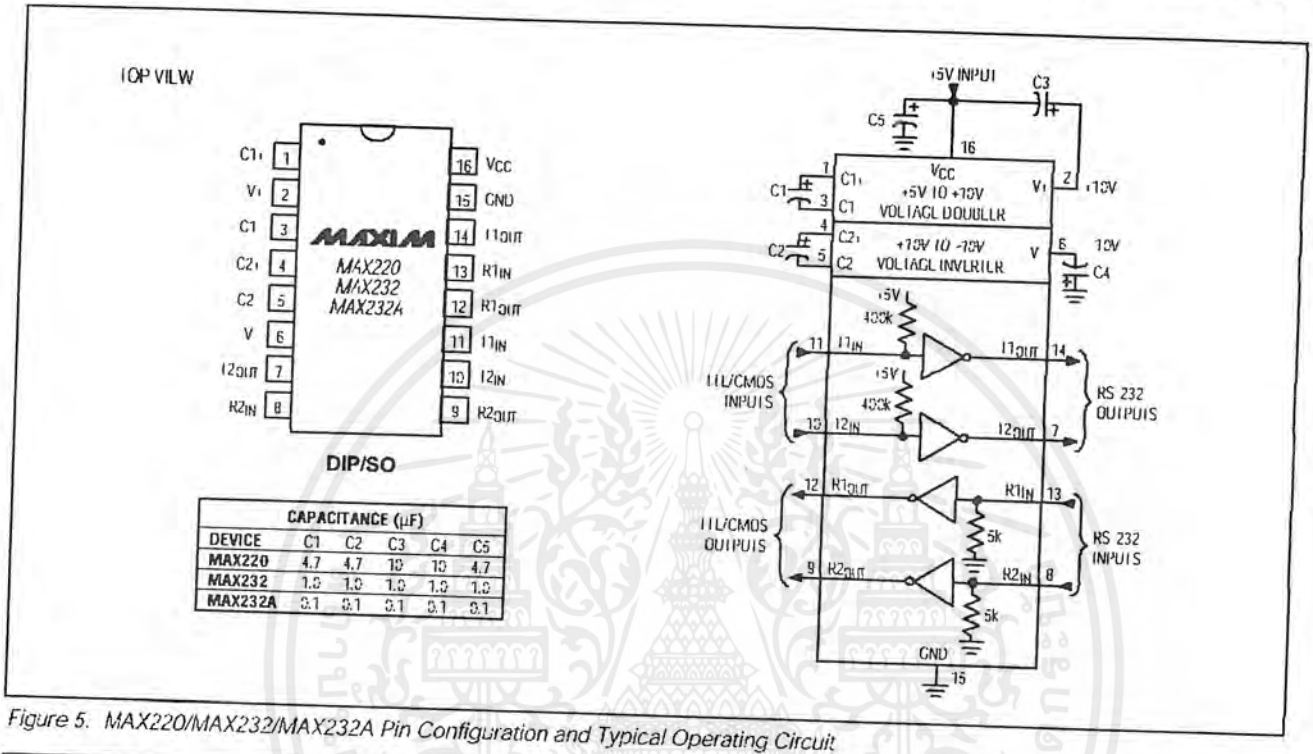


Figure 4. Transmitter-Output Disable Timing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CAPACITANCE (µF)					
DEVICE	C1	C2	C3	C4	C5
MAX220	4.7	4.7	10	10	4.7
MAX232	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
MAX232A	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Figure 5. MAX220/MAX232/MAX232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

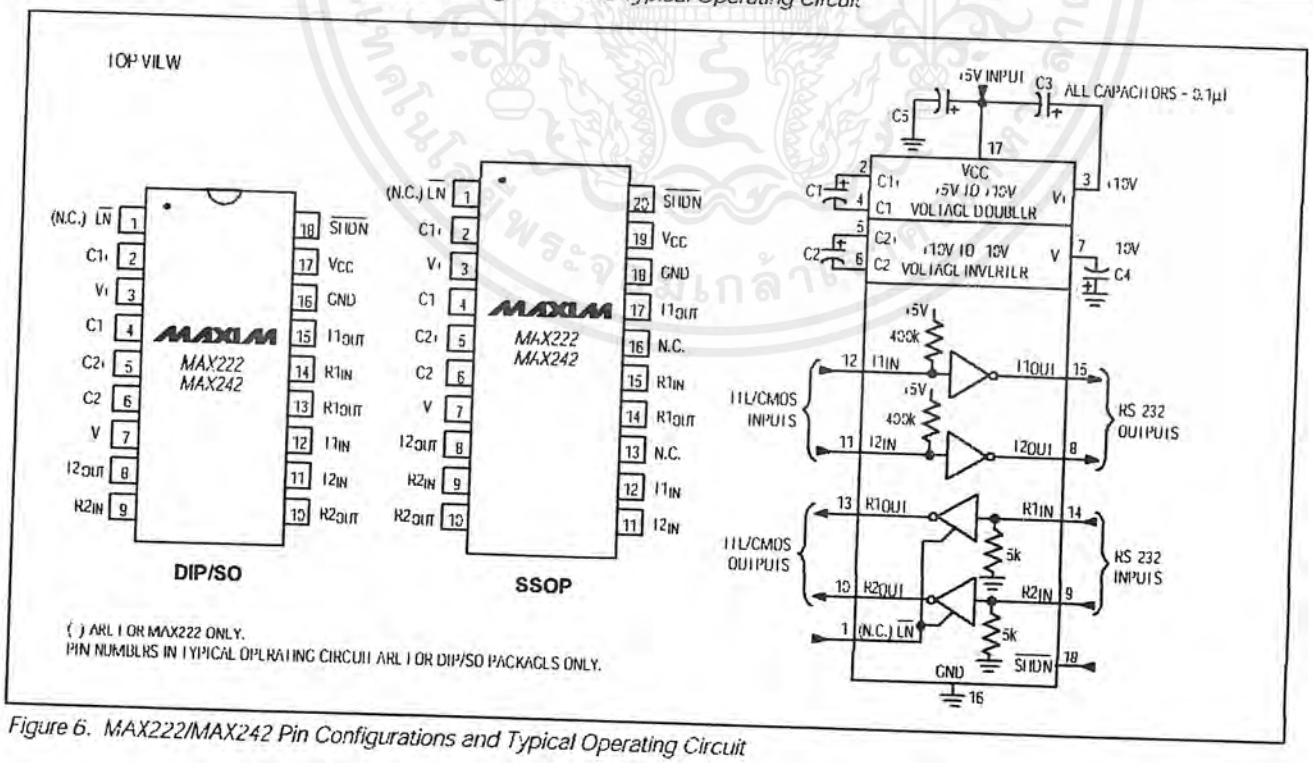


Figure 6. MAX222/MAX242 Pin Configurations and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้