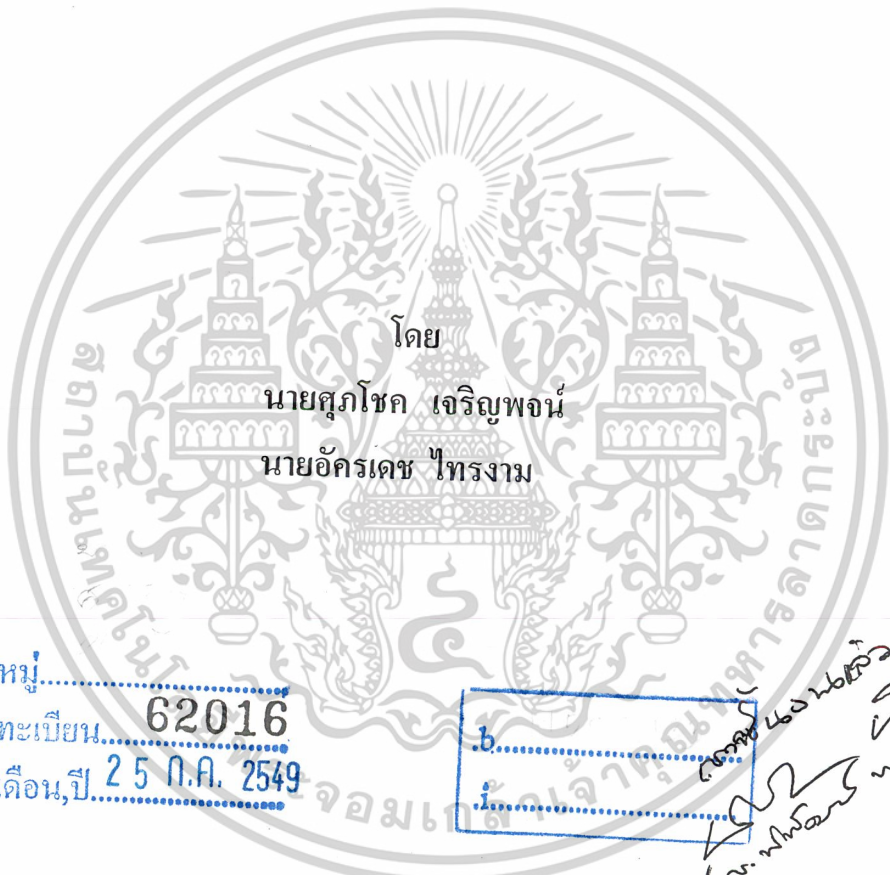




ระบบควบคุมและแสดงผลเครื่องปรับอากาศในอาคารเรียน
Control & Monitoring System for Air-Condition in Class Room Building



โดย
นายสุภโชค เจริญพจน์
นายอักรเดช ไทรงาม

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 62016
วัน,เดือน,ปี 25 ก.ค. 2549

b.....
i.....
(ล. นพรัตน์ นนทว)

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

HW
ภาควิชา
วิศวกรรมโทรคมนาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมและแสดงผลเครื่องปรับอากาศในอาคารเรียน
Control & Monitoring System for Air-Condition in Class Room Building



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโท ปีการศึกษา 2547

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมและแสดงผลเครื่องปรับอากาศในอาคารเรียน

Control & Monitoring System for Air-Condition in Class Room Building

ผู้จัดทำ

1. นายศุภโชค เจริญพจน์ 45015036

2. นายอักรเดช ไตรงาม 45015087

น. น.

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. สมยศ จุลณะปิยะ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมและแสดงผลเครื่องปรับอากาศในอาคารเรียน

Control & Monitoring System for Air-Condition in Class Room Building

โดย นายศุภโชค เจริญพจน์ 45015036

นาย อัครเดช ไทรงาม 45015087

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. สมยศ จุณณะปิยะ

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการนำเสนอระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศของห้องต่างๆภายในอาคารเรียน ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางคอมพิวเตอร์จากส่วนกลางโดยสามารถสั่งงานให้เครื่องปรับอากาศเปิด ปิดตามตารางการเรียนการสอน สามารถตรวจสอบสถานะของเครื่องปรับอากาศและอุณหภูมิของห้องผ่านทางจอมอนิเตอร์ได้

Abstract

This project is presented the air-condition control & monitoring system in the classroom by using microcontroller via computer center. It can control air-condition depend on time schedule. This system can be showed status and temperature by computer display.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 เป้าหมายของโครงการ	2
1.4 ขอบเขตของโครงการ	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 พื้นฐานหลักการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศ	3
2.1.1 ชนิดของระบบเครื่องปรับอากาศ	3
2.1.2 ส่วนประกอบของระบบเครื่องปรับอากาศ	3
2.1.3 การทำงานของเครื่องปรับอากาศ	4
2.2 ไมโครโปรเซสเซอร์	4
2.2.1 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมของ MCS-51	4
2.2.2 Serial Port Control Register	5
2.2.3 เครื่องขยายไมโครคอนโทรลเลอร์	6
2.3 การสื่อสารข้อมูล	7
2.3.1 รูปแบบของการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก	7
2.3.2 รูปแบบการสื่อสารข้อมูล	10
2.3.3 การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส	11
2.3.4 บิตเริ่มต้นและบิตสุดท้าย	11
2.3.5 อัตราการรับส่งข้อมูล	12
2.4 ลักษณะของการสื่อสารตามมาตรฐาน	12
2.4.1 ลักษณะการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-232	13
2.4.2 ลักษณะการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-423	14
2.4.3 ลักษณะการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-422	14
2.4.4 ลักษณะการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-485	15
2.5 การเชื่อมต่อแบบ I ² C	18
2.5.1 ระบบการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบหนึ่งสาย	18
2.5.2 คุณสมบัติทางเทคนิคของระบบบัสหนึ่งสาย	18
2.5.3 คุณสมบัติของไทม์สล็อต	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.5.4 ไข่มุกส์ลือตการรีเซตและตอบสนอง	20
2.5.5 ไข่มุกส์ลือตการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์และการเขียน ข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟ	21
2.5.6 ไข่มุกส์ลือตการเขียนข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์	21
2.5.7 รูปแบบของการสื่อสารข้อมูลแบบหนึ่งสาย	23
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	24
3.1 โครงสร้างการทำงานของโรงงาน	24
3.2 การออกแบบส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่	24
3.2.1 การติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่กับคอมพิวเตอร์	26
3.2.2 การติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่กับไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูก	28
3.3 การออกแบบส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูก	31
3.3.1 การเชื่อมต่อ DS1820 ไอซีตรวจสอบอุณหภูมิกับไมโครคอนโทรลเลอร์	32
3.3.2 การควบคุมการเปิดปิด	35
3.4 โปรแกรมควบคุมและแสดงผลทางคอมพิวเตอร์	37
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	39
4.1 การทดลองการติดต่อสื่อสารไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ ผ่านพอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232	39
4.2 การทดลองการส่งสัญญาณติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม	40
4.3 การทดลองวงจรตรวจสอบอุณหภูมิ	43
4.4 การทดลองวงจรเปิดปิดรีเลย์	43
4.5 การแสดงผลการทำงานและอุณหภูมิห้องบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์	44
บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป	46
ภาคผนวก	
บรรณานุกรม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงการรับส่งข้อมูลรีจิสเตอร์กับบัสภายใน	5
รูปที่ 2.2 แสดงการสื่อสารแบบมัลติโปรเซสเซอร์	7
รูปที่ 2.3 รูปแบบการส่งข้อมูลที่เป็นแอดเดรสและค่าไบนารี	7
รูปที่ 2.4 แสดงการสื่อสารแบบขนาน	8
รูปที่ 2.5 แสดงการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม	9
รูปที่ 2.6 การรับส่งข้อมูลแบบ Simplex, Half Duplex และ Full Duplex	11
รูปที่ 2.7 แสดงเฟรมรหัส ASCII ของ “B”	12
รูปที่ 2.8 แสดงระดับแรงดันตามมาตรฐาน RS-232	13
รูปที่ 2.9 แสดงวงจรขับและรับสัญญาณที่ใช้กับมาตรฐาน RS-423	14
รูปที่ 2.10 แสดงวงจรขับและรับสัญญาณที่ใช้มาตรฐาน RS-422	15
รูปที่ 2.11 แสดงวงจรขับและรับสัญญาณที่ใช้มาตรฐาน RS-485	16
รูปที่ 2.12 แสดงการเชื่อมต่อเครือข่ายตามมาตรฐาน RS-485	16
รูปที่ 2.13 แสดงช่วงของกระแสและแรงดันในการทำงาน (Loading Curve of a Full UL)	16
รูปที่ 2.14 แสดงเครือข่ายที่สัมพันธ์กันตามมาตรฐาน RS-485	17
รูปที่ 2.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางและอัตราการส่งข้อมูล	18
รูปที่ 2.16 การเชื่อมต่อบนบัสหนึ่งสาย	19
รูปที่ 2.17 ไทม์สล็อตการรีเซตและการตอบรับของอุปกรณ์บนระบบบัสหนึ่งสาย	20
รูปที่ 2.18 ไทม์สล็อตการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์ซึ่งตรงกับไทม์สล็อตการเขียนข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟ	21
รูปที่ 2.19 ไทม์สล็อตการเขียนข้อมูล “1” ของอุปกรณ์มาสเตอร์ ซึ่งตรงกับไทม์สล็อตการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟ	22
รูปที่ 2.20 ไทม์สล็อตการเขียนข้อมูล “0” ของอุปกรณ์มาสเตอร์	22
รูปที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานของระบบการควบคุมเครื่องปรับอากาศ	24
รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่	25
รูปที่ 3.3 แสดงขั้วต่อแบบ DB-9	26
รูปที่ 3.4 แสดงการจัดวางขาและโครงสร้างภายในของ ไอซี MAX232	27
รูปที่ 3.5 แสดงวงจรการสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232	28
รูปที่ 3.6 แสดงการจัดวางขาและโครงสร้างภายในของ ไอซี MAX485	28
รูปที่ 3.7 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างไอซี MAX485	29
รูปที่ 3.8 แสดงวงจรชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.9 แผนผังการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูก	31
รูปที่ 3.10 การจัดขาของ DS1820	32
รูปที่ 3.11 โครงสร้างการทำงานภายในของไอซีตรวจจับอุณหภูมิ	33
รูปที่ 3.12 การจัดสรรพื้นที่ของสแควร์แพคใน DS1820	33
รูปที่ 3.13 แสดงวงจรการเชื่อมต่อ DS1820 กับไมโครคอนโทรลเลอร์	35
รูปที่ 3.14 แสดงวงจรส่วนการควบคุมการเปิดปิด	35
รูปที่ 3.15 แสดงวงจรชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูก	36
รูปที่ 3.16 แสดงแผนผังโปรแกรมคอมพิวเตอร์สั่งงานเปิดปิดเครื่องปรับอากาศ	37
รูปที่ 3.17 แสดงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมและแสดงผล	38
รูปที่ 3.18 แสดงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ส่วนของการแสดงตารางเวลา	38
รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมที่ยังไม่ผ่าน ไอซี MAX232	39
รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมเมื่อผ่าน ไอซี MAX232	40
รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมเป็นแอดเดรสไบต์ 01H โดย TB8 = 1	41
รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมเป็นแอดเดรสไบต์ 08H โดย TB8 = 1	41
รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมเป็นดาต้าไบต์ 01H โดย TB8 = 0	42
รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมเป็นดาต้าไบต์ 08H โดย TB8 = 0	42
รูปที่ 4.7 แสดงการทดลองการตรวจสอบอุณหภูมิ	43
รูปที่ 4.8 แสดงทดลองวงจรเปิดปิดรีเลย์	44
รูปที่ 4.8 แสดงการแสดงผลการทำงานบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์	44
รูปที่ 4.9 แสดงการแสดงตารางเวลาของห้อง A201 บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบการทำงานระหว่างการสื่อสารข้อมูลแบบขนานและแบบอนุกรม	10
ตารางที่ 3.1 รายละเอียดการต่อคอนเน็กเตอร์ แบบ DB-9 มาตรฐาน RS-232	26
ตารางที่ 3.2 แสดงสถานะของขาเอาต์พุตที่สัมพันธ์กับขาอินพุตต่างๆของ MAX485 ในส่วนภาคส่งข้อมูล	29
ตารางที่ 3.3 แสดงสถานะของขาเอาต์พุตที่สัมพันธ์กับขาอินพุตต่างๆ ของ MAX485 ในส่วนภาครับข้อมูล	29
ตารางที่ 3.4 สรุปขั้นตอนการติดต่อกับ DS1820 โดยอุปกรณ์มาสเตอร์ คือไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51	34



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีมีความเจริญก้าวหน้าไปอย่างมาก มีการส่งเสริมบุคลากรเพื่อการศึกษาและวิจัยสร้างสิ่งประดิษฐ์ในด้านต่างๆอย่างมากมาย สิ่งประดิษฐ์เหล่านี้ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการอำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์เราเป็นอย่างมาก เราจะเห็นได้ว่าในปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพและความสามารถที่สูงขึ้น และในขณะเดียวกันคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ก็ได้เข้ามามีส่วนสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ จะเห็นได้จากการนำเอาคอมพิวเตอร์มาควบคุมระบบไฟฟ้าหรือเครื่องจักรกลในโรงงานอุตสาหกรรม หรือแม้กระทั่งการใช้คอมพิวเตอร์กับกิจกรรมภายในบ้านและสำนักงาน เช่น การจัดทำเอกสาร การออกแบบหรือเขียนโปรแกรม และการใช้อินเตอร์เน็ต เป็นต้น

เนื่องจากอุณหภูมิของอากาศในปัจจุบันมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นจึงทำให้มีการนิยมนำเครื่องปรับอากาศมาใช้ช่วยลดอุณหภูมิในสถานที่ต่างๆรวมทั้งในอาคารเรียนที่มีห้องเรียนจำนวนมาก จึงต้องใช้เครื่องปรับอากาศเป็นจำนวนมากตามไปด้วย ในการควบคุมการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศมักจะเป็นการควบคุมโดยผู้ที่เข้ามาใช้ห้องเรียน จึงเป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งเมื่อเกิดกรณีที่ผู้ใช้ห้องเรียนไม่ได้ทำการปิดเครื่องปรับอากาศหลังจากหมดเวลาเรียน ส่งผลให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาดังกล่าว ซึ่งปัญหานี้เกิดขึ้นได้เสมอหากผู้ใช้งานขาดความรับผิดชอบบ่อยครั้ง จากปัญหาที่พบจึงเกิดแนวคิดในการนำเอาคอมพิวเตอร์และเครือข่ายไมโครคอนโทรลเลอร์ มาควบคุมการเปิดปิดและแสดงผลการทำงานของเครื่องปรับอากาศของแต่ละห้องในอาคารเรียน

ในโครงการนี้จะเป็นการนำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มาประยุกต์ใช้งานในการควบคุมเครื่องปรับอากาศของห้องต่างๆภายในอาคารเรียน โดยใช้การติดต่อสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยกัน ในรูปแบบมัลติโปรเซสเซอร์ซึ่งจะมีไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่เป็นตัวติดต่อและควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูกที่ทำหน้าที่ควบคุมเครื่องปรับอากาศในแต่ละห้อง การทำงานควบคุมจะเป็นการอินเทอร์รัปต์กันผ่านทางพอร์ตสื่อสารอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ และอีกส่วนจะเป็นการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่กับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการแสดงผลและควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูกอีกทีหนึ่ง โดยส่วนควบคุมและแสดงผลนั้นจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถตรวจสอบสถานะเครื่องปรับอากาศ อุณหภูมิห้องของแต่ละห้องได้ สามารถสั่งงานให้เครื่องปรับอากาศเปิดปิดตามตารางการเรียนการสอน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

การนำเอาคอมพิวเตอร์และเครือข่ายไมโครคอนโทรลเลอร์ มาประยุกต์ใช้งานควบคุมการเปิดปิดและแสดงผลการทำงานของเครื่องปรับอากาศของแต่ละห้องในอาคารเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 เป้าหมายของโครงการ

โครงการระบบควบคุมและแสดงผลเครื่องปรับอากาศในอาคารเรียน สามารถทำงานได้ดังนี้

- 1.3.1 สามารถใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการเปิดปิดและแสดงผลการทำงานของเครื่องปรับอากาศของแต่ละห้องในอาคารเรียน
- 1.3.2 สามารถทำการติดต่อสื่อสารกันระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ด้วยการใช้มาตรฐานในการเชื่อมต่อแบบ RS-232
- 1.3.3 สามารถทำการติดต่อสื่อสารกันระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ในรูปแบบมัลติโปรเซสเซอร์โดยใช้มาตรฐานในการเชื่อมต่อแบบ RS-485
- 1.3.4 สามารถทำการตรวจสอบอุณหภูมิของแต่ละห้อง

1.4 ขอบเขตของโครงการ

โครงการระบบควบคุมและแสดงผลเครื่องปรับอากาศในอาคารเรียน มีขอบเขตทำงานดังนี้

- 1.4.1 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่มีการเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 เพื่อใช้สำหรับติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์
- 1.4.2 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูก มีการเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-485 เพื่อใช้สำหรับติดต่อสื่อสารกับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่เป็นส่วนควบคุมการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศและตรวจสอบอุณหภูมิห้อง
- 1.4.3 โปรแกรมคอมพิวเตอร์สั่งงานควบคุมการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศของแต่ละห้องในอาคารเรียน และแสดงผลต่างๆ เช่น สถานะเปิดปิดของเครื่องปรับอากาศ เวลาเปิดปิดตามตารางเรียนของแต่ละห้อง และอุณหภูมิห้อง เป็นต้น

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาระบบควบคุม และแสดงผลเครื่องปรับอากาศในอาคารเรียน
- 1.5.2 เมื่อนำโครงการไปประยุกต์ใช้งานจะช่วยให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้า และเกิดความสะดวกในการควบคุมการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศในอาคารเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 พื้นฐานหลักการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศ (Air Condition System)

2.1.1 ชนิดของระบบเครื่องปรับอากาศ

1. แบบกล่อง (Package Unit) เป็นเครื่องปรับอากาศที่อุปกรณ์ต่างๆรวมในกล่อง (Package) เดียวกัน ทั้งคอนเดนซิ่งยูนิต (Condensing Unit) และ คูลลิ่งยูนิต (Cooling Unit) แยกได้เป็น 2 ชนิดคือ

1.1 แบบติดหน้าต่าง (Window Type) เป็นเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กตั้งแต่ประมาณ 6000 BTU/hr ถึง 30000 BTU/hr (1 ตัน = 12000 BTU/hr) ชนิดนี้ง่ายต่อการติดตั้ง แต่มีข้อเสียคือจะมีเสียงดังและเกิดความรำคาญต่อผู้ใช้

1.2 แบบวางตั้งบนพื้น (Big Package Type) เป็นเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ตั้งแต่ 2-15 ตัน เป็นลักษณะที่ต้องวางนอกตัวอาคาร และติดท่อลม (Duct) เข้าไปในห้อง

2. แบบแยกระบบ (Split System) เป็นระบบที่แยกเอาระบบคอนเดนซิ่งยูนิตออกไว้ภายนอกอาคาร และเอาระบบความเย็น (Evaporating Unit) และพัดลมไว้ภายในอาคารระบบนี้จึงแยกส่วนเป็นสองส่วน คือ

2.1 คอนเดนซิ่งยูนิตจะประกอบด้วย คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ และพัดลมเครื่องควบแน่น (Condensing Fan) ส่วนนี้จะติดตั้งอยู่ภายนอกอาคาร

2.2 อีวาพอเรเตอร์ยูนิตจะประกอบด้วยอีวาพอเรเตอร์และพัดลม หรือเราเรียกว่าคูลลิ่งยูนิต จะติดตั้งในห้องที่ต้องการความเย็น

3. แบบเป่าตรง (Direct Expansion System) เป็นเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ ตั้งแต่ 30 ตันขึ้นไป ส่วนมากใช้ Condenser แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Condenser)

4. แบบชิลเลอร์ (Chiller Water System) เป็นระบบที่ใช้น้ำผ่านเข้าไปใน Evaporator เพื่อให้ น้ำมีอุณหภูมิต่ำประมาณ 45-50 °F แล้วเอาน้ำเย็นนี้ส่งผ่านท่อออกไปยังห้องที่ต้องการความเย็น แล้วเอาน้ำเย็นนี้ผ่านท่อขดเย็น แล้วใช้พัดลมเป่าให้อากาศภายในห้องผ่านท่อขดเย็นอีกครั้งหนึ่ง

จากชนิดต่างๆ ซึ่งจะถูกแบ่งตามลักษณะของระบบและขนาด (BTU/hr) ซึ่งส่วนใหญ่ขนาดหรือแบบที่นิยมใช้กันมากในอาคารเรียน คือแบบ Split Type ซึ่งแบบนี้สามารถเรียกได้อื่นๆ อีกตามลักษณะระบบการติดตั้ง เช่น ติดข้างฝา ตั้งพื้น และแบบขนาน

2.1.2 ส่วนประกอบของระบบเครื่องปรับอากาศ

1. คอนเดนซิ่งยูนิต (Condensing Unit) หรือ ฝ้าคอรียูนิต (Outdoor Unit) ประกอบด้วย

- คอมเพรสเซอร์มอเตอร์ (Compressor Motor) เป็นหัวใจสำคัญของระบบเครื่องปรับอากาศ มีหน้าที่ดูดน้ำยาที่เป็นแก๊สแรงดันต่ำ และอัดให้มีแรงดันสูง

- แฟนมอเตอร์ (Fan Motor) มีหน้าที่ระบายความร้อนของแผงคอยล์ เพื่อลดปริมาณความร้อนของแรงดันสูง (High Presser)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คาปาซิเตอร์ (Capacitor) จะอยู่กับทั้งวงจร แผงมอเตอร์ และคอมเพรสเซอร์มอเตอร์ จะต่ออนุกรมกับขดสตาร์ทของมอเตอร์

- อินเทอร์เนอลโอเวอร์โวลต์โปรเทกเตอร์ จะอยู่ภายในของแผงมอเตอร์ และคอมเพรสเซอร์มอเตอร์ เพื่อป้องกันเกิดการลัดวงจรของขดลวดภายในมอเตอร์

- คอนเดนเซอร์ (Condenser) ส่วนที่ต้องการระบายความร้อน เพื่อลดปริมาณความร้อนลง และทำการเปลี่ยนสถานะน้ำยา ซึ่งเป็นแก๊สของเหลวที่ถูกคอมเพรสเซอร์มอเตอร์อัดส่งทำให้น้ำยาที่ออกจากคอนเดนเซอร์เป็นของเหลว

2. กูลลิ่ง ยูนิต (Cooling Unit) หรือเรียกว่า อินเตอร์ ยูนิต เป็นส่วนอยู่ในห้องหรือในอาคารที่เราควบคุมอุณหภูมิ ประกอบด้วย

- อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) ทำหน้าที่ให้ความเย็น ซึ่งน้ำยาภายในท่อส่วนนี้ถูกเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นแก๊ส

- เอกซ์แพนชันวาล์ว เป็นตัวควบคุมน้ำยา และขณะเดียวกันน้ำยาภายในท่อถูกเปลี่ยนสถานะตรงจุดนี้ด้วยจากของเหลวเป็นแก๊ส

- แผงมอเตอร์ จะเป็นตัวระบายความเย็นที่อีวาพอเรเตอร์ เพื่อให้ความเย็นกระจายออกมา

- เทอร์โมสแตท (Thermostat) เป็นตัวตัดต่อให้วงจรคอมเพรสเซอร์มอเตอร์ทำงานหรือหยุด เมื่ออุณหภูมิภายในห้องเย็นถึงค่าที่ตั้งไว้

2.1.3 การทำงานของเครื่องปรับอากาศ

การทำงานเบื้องต้นของเครื่องปรับอากาศ เริ่มต้นเมื่อจ่ายไฟฟ้า 220 โวลต์ ให้กับคอมเพรสเซอร์ทำงานดูดน้ำยาที่เป็นแก๊ส และอัดส่งทางออกภายในท่อซึ่งมีอุณหภูมิและแรงดันสูงผ่านคอนเดนเซอร์ซึ่งจะมีลมพัดระบายคอนเดนเซอร์ ทำให้น้ำยาที่สถานะเป็นแก๊สกลายเป็นน้ำยาที่เปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว ซึ่งใช้หลักการของการควบแน่นส่งผ่านไปเข้าเอกซ์แพนชันวาล์ว น้ำยาจะลดแรงดันลงแล้วฉีดเข้าไปในอีวาพอเรเตอร์โดยใช้หลักการของความร้อนแฝง เมื่ออีวาพอเรเตอร์เย็นจะมีพัดลมพัดระบายผ่านอีวาพอเรเตอร์ให้ความเย็นกระจายออก

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2.1 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมของ MCS-51

การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 นั้นภายในชิพ MCS-51 จะมี UART อยู่ในตัว ซึ่งเป็นข้อดีของไมโครคอนโทรลเลอร์

พอร์ตอนุกรมของ MCS-51 จะใช้ขา RxD และ TxD ในการรับส่งข้อมูลโดยขาทั้งสองจะอยู่ในพอร์ต 3 คือ P3.0 ขา10 เป็น RxD และ P3.1 ขา11 เป็น TxD พอร์ตอนุกรมของ MCS-51 สามารถทำงานแบบ Full Duplex ได้คือ สามารถรับส่งข้อมูลในเวลาเดียวกันได้ โดยในการรับส่งจะมีบัฟเฟอร์สำหรับเก็บข้อมูลให้ใช้

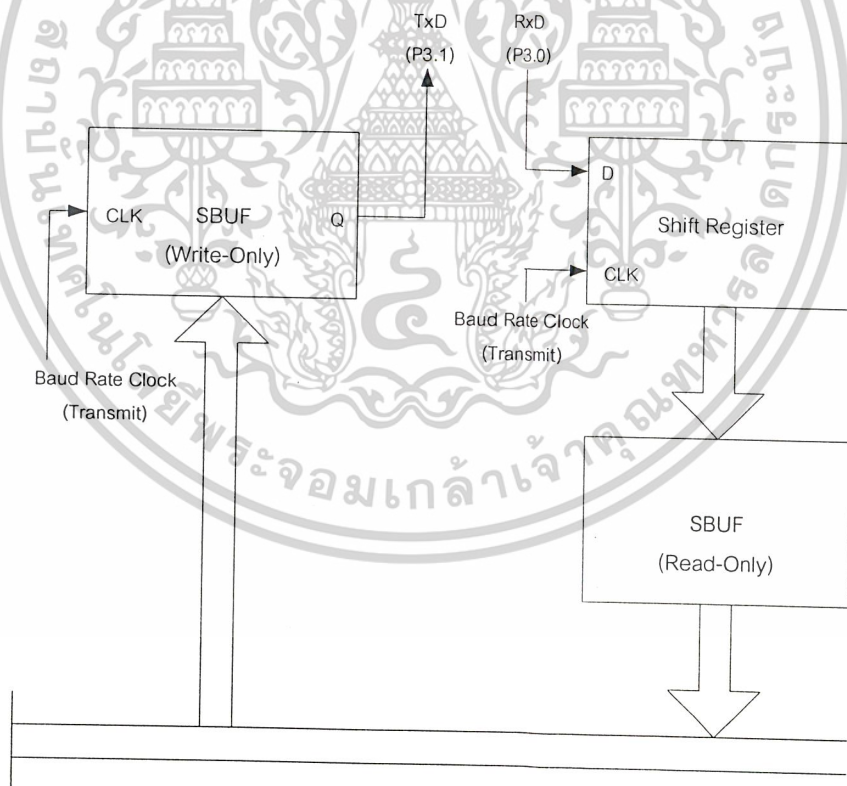
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ที่สำคัญในการรับส่งข้อมูลคือ SBUF และ SCON ซึ่งเป็นรีจิสเตอร์ที่อยู่ใน Special Function Register โดยรีจิสเตอร์ Serial Port Buffer (SBUF) จะอยู่ในตำแหน่ง 99H ถ้าเขียนข้อมูลไปที่ตำแหน่งนี้จะเป็นการส่งข้อมูลออกทางพอร์ตอนุกรม ถ้าอ่านข้อมูลจากตำแหน่งนี้จะเป็นการรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม

สำหรับ Serial Port Control Register (SCON) อยู่ที่ตำแหน่ง 98H จะเป็นรีจิสเตอร์ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ ทำหน้าที่ควบคุมและบอกสถานะต่างๆของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม โดยแฟลกซ์ TI ซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์ SCON จะถูก SET ให้มีค่าเป็นลอจิก 1 เมื่อทำการส่งข้อมูลเสร็จ 1 ไบต์ก่อนส่งไบต์ต่อไปจะต้องทำการเคลียร์แฟลกซ์นี้เสียก่อนโดยใช้คำสั่ง CLR TI

2.2.2 Serial Port Control Register

MCS-51 มีโหมดการทำงานที่สามารถกำหนดการทำงานของพอร์ตอนุกรมหลายโหมด ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมให้ทำงานในโหมดต่างๆได้ตามต้องการ เช่น โหมด SCON, TMOD, TCON และยังมีอีกหลายโหมดที่ยังมิได้กล่าวถึง และจะได้นำเสนอรายละเอียดของโหมดต่างๆที่จำเป็นในส่วนของการออกแบบต่อไป



รูปที่ 2.1 แสดงการรับส่งข้อมูลรีจิสเตอร์กับบัสภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ตสื่อสารอนุกรมของ 8051 สามารถโปรแกรมการทำงานได้หลายโหมดด้วยกันโดยเลือกที่แฟลช SM1 และ SM0 ซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์ควบคุม SCON การทำงานทั้ง 4 โหมดของพอร์ตสื่อสารอนุกรมนี้นี้

โหมด 0

ขา RxD (พอร์ต 3.0) จะถูกใช้เป็นพอร์รับและส่งข้อมูลที่ละบิตเริ่มที่บิต D0 ก่อนเสมอ

ขา TxD (พอร์ต 3.1) จะถูกใช้เป็น Synchronizing Clock (Shift Clock) ส่งข้อมูลด้วยความเร็ว (1/12) เท่าของขา CPU Clock

โหมด 1

พอร์ตสื่อสารอนุกรม 10 บิต ประกอบด้วยข้อมูล 8 บิต Start bit 1 บิต และ Stop bit 1 บิตและสามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วในการส่งข้อมูลได้โดยขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON และอัตราโอเวอร์โพล์ของ Timer 1

โหมด 2

พอร์ตสื่อสารอนุกรม 11 บิต ใช้ข้อมูล 9 บิต 1 Start bit (TB8 มักนิยมนำมาใช้ส่ง Parity bit) ความเร็วในการรับส่งข้อมูลเท่ากับ (1/32) และ (1/64) ของ CPU Clock โดยขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON

Baud Rate (Mode 2) = (1/32) CPU OSC เมื่อ SMODE = 1

Baud Rate (Mode 2) = (1/64) CPU OSC เมื่อ SMODE = 0

โหมด 3

พอร์ตสื่อสารอนุกรมแบบ 11 บิต UART โดยส่งข้อมูล 9 บิต Start bit 1 บิต และ Stop bit 1 บิตเหมือนในโหมด 2 ยกเว้นอัตราความเร็วจะขึ้นอยู่กับบิต SMOD ใน PCON และอัตราโอเวอร์โพล์ของ Timer 1 สำหรับ 8051

ในการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART) มีอยู่ 2 โหมดด้วยกัน

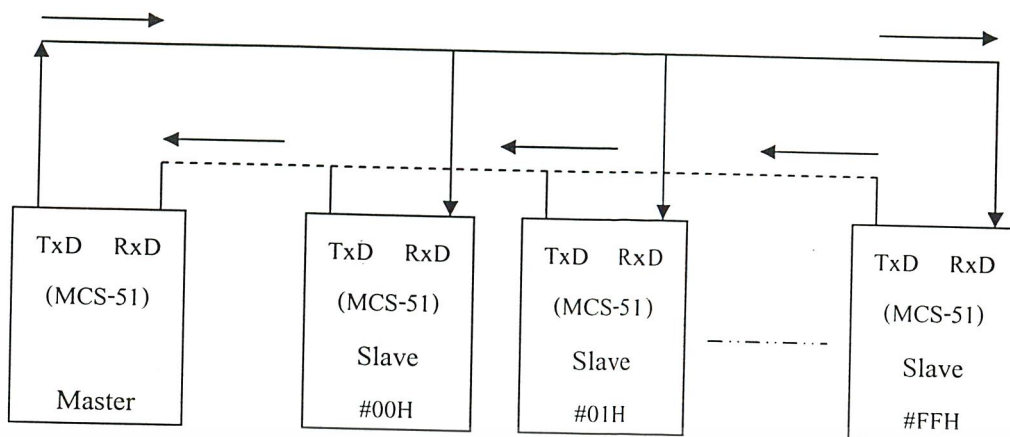
- Single Processor Mode ในโหมดนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 ตัวเชื่อมเข้าหากัน
- Multi Processor Mode ในโหมดนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 1 ตัวเป็นตัวแม่ (Master) และอีก

256 ตัวเป็นตัวลูก (Slave) โดยใช้รีจิสเตอร์ SCON ในการควบคุมการรับส่งข้อมูล

2.2.3 เครือข่ายไมโครคอนโทรลเลอร์

ในส่วนนี้จะกล่าวถึง การต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เป็นลักษณะการติดต่อหลายๆตัว ที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวหนึ่งเป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อการต่อในลักษณะนี้ เรียกว่าการต่อแบบมัลติโปรเซสเซอร์ (Multiprocessor) หรือจะเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเครือข่ายไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งการต่อแบบนี้จะมีตัวแม่ (Master) และตัวลูก (Slave) ข้อดีของการต่อแบบนี้ก็คือ ตัวแม่เพียง 1 ตัว ส่งข้อมูลให้ตัวลูกได้สูงสุด 256 ตัว และเช่นกันตัวลูกเองก็สามารถส่งข้อมูลกลับมายังตัวแม่ได้

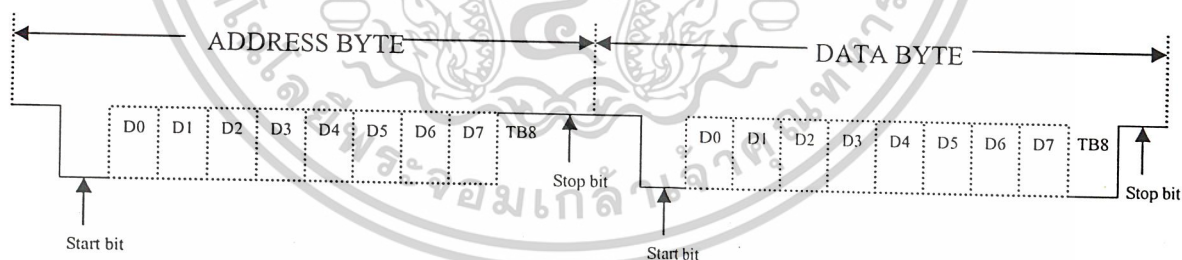
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงการสื่อสารแบบมัลติโปรเซสเซอร์

เมื่อเริ่มต้นการสื่อสารในแต่ละครั้ง มาสเตอร์จะค้นหาสลาฟที่ต้องการติดต่อด้วย โดยส่งแอดเดรสลงในบิตข้อมูล เช่น (00H, 01H, 02H, ..., FFH) สลาฟทุกตัวก็จะรับข้อมูลแอดเดรส แล้วทำการเปรียบเทียบว่าตรงกับแอดเดรสของตัวเองหรือไม่ ถ้าตรงก็จะตอบสนองกับมาสเตอร์ในการรับส่งข้อมูลต่อไป ส่วนสลาฟตัวอื่นๆที่แอดเดรสไม่ตรงก็จะไม่ตอบสนอง เมื่อตัวลู่ก็มีแอดเดรสที่ตรงกับตัวเองแล้ว จากนั้นก็จะทำการรับคำสั่งจากตัวแม่ที่ส่งมาซึ่งคำสั่งจะมีก็ไปตั้งก็ได้ ในตัวลู่จะทราบว่าข้อมูลที่รับมาเป็นแอดเดรส หรือคำสั่งจะมีบิตข้อมูลบิตหนึ่งคือ TB8 จะเป็นบิตที่บอกว่าเป็นแอดเดรสหรือคำสั่ง โดยถ้า TB8 = 1 หมายถึง แอดเดรสไบต์ และ TB8 = 0 หมายถึง คำสั่งไบต์

การส่งข้อมูลโหมด 2 และ 3 เท่านั้นที่มีการส่งค่าในบิต TB8 และค่าในบิต TB8 จะไปปรากฏในบิต RB8 ทางฝ่ายรับ



รูปที่ 2.3 รูปแบบการส่งข้อมูลที่เป็นแอดเดรสและคำสั่งไบต์

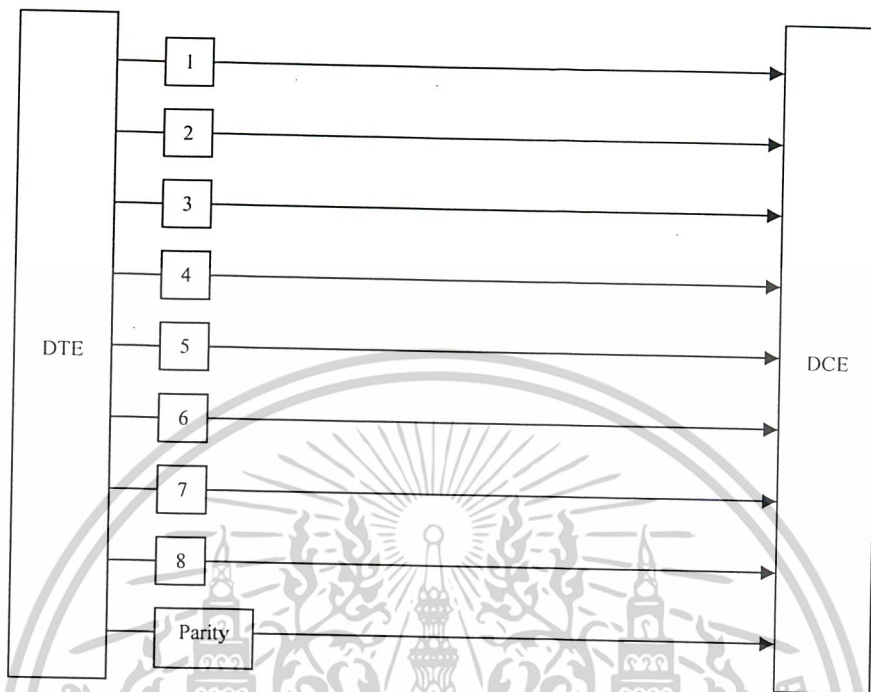
2.3 การสื่อสารข้อมูล

2.3.1 รูปแบบของการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

การสื่อสารแบบขนานจะมีรูปแบบการส่งข้อมูลครั้งละ 1 ไบต์ คือจะทำการส่งข้อมูลครั้งละ 8 บิต ซึ่งในการส่งต้องใช้สายไฟในการส่งข้อมูล 8 เส้น แล้วยังต้องใช้สายไฟอีก 1 เส้นในการควบคุม เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พาริตีบิต หรืออาจจะมียามากกว่านั้นเพื่อใช้ในการควบคุมการโต้ตอบของการทำงาน (Hand-shake) ดังนั้น การสื่อสารแบบขนานนี้ต้องใช้สายอย่างน้อย 9 เส้น



DTE: Data Terminal Equipment (อุปกรณ์รับส่งปลายทาง)
DCE: Data Communications Equipment (อุปกรณ์สื่อสารข้อมูล)

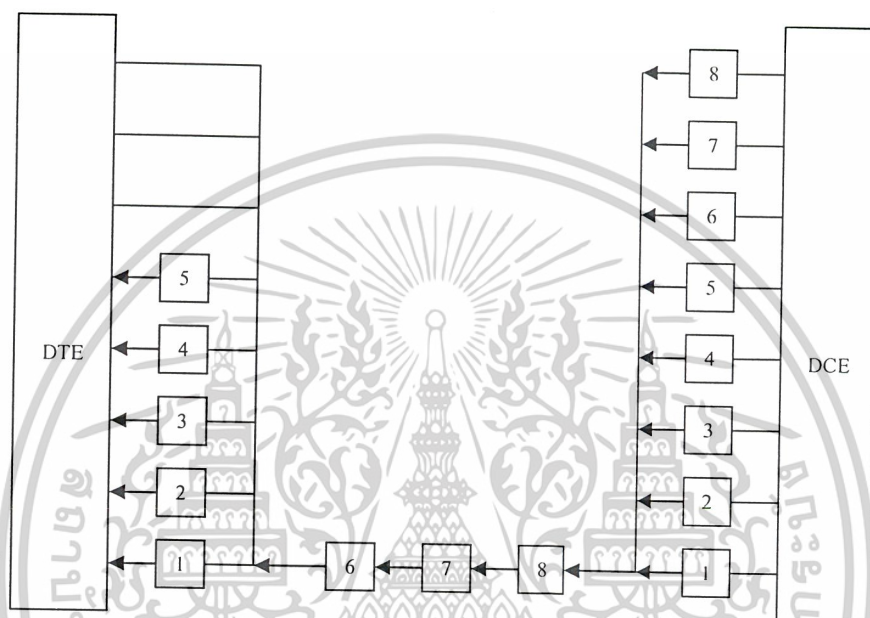
รูปที่ 2.4 แสดงการสื่อสารแบบขนาน

ในการใช้งานนั้นการส่งข้อมูลที่ละ 1 ไบต์นั้นทำให้ข้อมูลทั้ง 8 บิตถึงปลายทางพร้อมกัน ทำให้ได้ความเร็วในการส่งสูงมาก แต่ก็ยังมีปัญหาเกี่ยวกับการส่งข้อมูลแบบขนานคือ คุณสมบัติของบิตกับแรงดันเวลาที่บิตหรือแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากหนึ่งเป็นศูนย์นั้นสั้นมาก เป็นระดับนาโนวินาที การเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วนี้เป็นส่วนที่สำคัญมากต่อการส่งข้อมูล เพราะการเปลี่ยนแปลงระหว่างศูนย์และหนึ่งอย่างช้า ๆ จะไม่ถูกอ่านข้อมูลเลย และเมื่อสายไฟที่ใช้ส่งข้อมูลยาวขึ้น คุณสมบัติทางไฟฟ้าของสายไฟ เช่น ความจุไฟฟ้าและค่าความเหนี่ยวนำจะจำกัดความเร็วในการเปลี่ยนแปลงระหว่างศูนย์และหนึ่งของบิต ซึ่งจะทำให้ข้อมูลอาจสูญหายหรือทำให้ข้อมูลล้นไหลได้ ดังนั้นการส่งข้อมูลบนสายยาวอาจจะเป็นปัญหาได้หากใช้วิธีการสื่อสารแบบขนาน

จากข้อเสียของการส่งข้อมูลแบบขนานสองอย่างคือค่าใช้จ่ายที่สูงและการสูญหายของข้อมูล ทำให้การใช้งานของมันถูกจำกัดอยู่กับอุปกรณ์เพียงไม่กี่ชนิด เช่น เครื่องพิมพ์ที่มีมักจะอยู่ใกล้กับเครื่องคอมพิวเตอร์และต้องทำงานที่ความเร็วสูง การส่งข้อมูลแบบขนานนี้ยังใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์เนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้สายไฟขนาดยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสื่อสารแบบอนุกรมเป็นการส่งข้อมูลที่ละบิตและข้อมูลจะถูกต่อรวมเข้าเป็นไบนารีใหม่ ด้วยวิธีการส่งข้อมูลที่ละบิตนี้ทำให้สามารถใช้สายไฟเพียงสองเส้นในการส่งข้อมูล ซึ่งช่วยเราประหยัดค่าสายไฟไปได้มาก แต่ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลงด้วย เพราะการส่งข้อมูลวิธีนี้ต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นอย่างน้อยแปดเท่าของการส่งข้อมูลแบบขนาน แต่ความเร็วที่ลดลงนี้ยังไม่ถือเป็นข้อจำกัดที่สำคัญทางการใช้งานนัก เพราะถ้าพิจารณาที่อุปกรณ์ทั่วไป จะพบว่าอุปกรณ์ส่วนใหญ่ทำงานช้ามากเมื่อเทียบกับความเร็วในการทำงานภายในไมโครโปรเซสเซอร์ อุปกรณ์แต่ละตัวมีขั้นตอนการทำงานที่กินเวลานาน



รูปที่ 2.5 แสดงการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

ซึ่งโดยทั่วไปมักจะเป็นกระบวนการทางกลไก ที่เป็นตัวจำกัดความเร็วของเครื่องลงเป็นอย่างมาก ตัวอย่างเช่น ความเร็วของเครื่องพิมพ์ถูกจำกัดที่ความเร็วของหัวพิมพ์ ความเร็วของโมเด็มถูกจำกัดโดยขีดจำกัดความถี่ของสายโทรศัพท์ และความเร็วของดิสก์ไดรฟ์ถูกจำกัด โดยอัตราการหมุนของไดรฟ์ ดังนั้นความเร็วที่ได้มาจากการส่งข้อมูลแบบขนานจะเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ แม้ว่าอัตราเร็วการส่งข้อมูลจะลดลงแต่ก็ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ประเภทนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อเสียจากความเร็วที่ลดลงไปไม่อาจเทียบได้จากคุณภาพการส่งและระยะทางการส่งข้อมูลที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งาน	แบบขนาน	แบบอนุกรม
1. ระยะทาง	จะใช้งานได้ในระยะไม่เกิน 100 ฟุต	จะสามารถใช้งานได้ตั้งแต่ในระยะใกล้ๆ ไปจนถึงระยะทางที่มาก ๆ จนถึงหลักไมล์
2. ความเร็ว	อัตราความเร็วสูงมากในระยะที่ไม่ไกลมากนักกำหนดได้เป็นจำนวนบิตต่อวินาที	อัตราความเร็วของข้อมูลที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะอยู่ในช่วง 0 – 2 ล้านบิตต่อวินาที
3. ระดับของสัญญาณ	ในการอินเตอร์เฟซจะใช้ระดับของสัญญาณที่ใช้กับอุปกรณ์ TTL คือสัญญาณลอจิก 1 และ 0 จะแทนด้วยระดับแรงดัน +5V และ 0V	ในมาตรฐาน EIA – RS232C ระบุว่า มีระดับสัญญาณไฟฟ้าขนาด 12 V หรือใช้มาตรฐาน 20 mA current loop
4. ความผิดพลาดของสัญญาณ	ในการใช้งานระยะไกลๆ ความผิดพลาดของข้อมูลจะเกิดขึ้นได้ง่าย	การใช้งานจะเกิดการผิดพลาดของสัญญาณจะมีน้อยมาก
5. ค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่ายสูงมากเพราะจะต้องใช้สายส่งสัญญาณหลายเส้น โดยเฉพาะการส่งในระยะทางไกลๆ	สิ้นเปลืองน้อยกว่ามาก

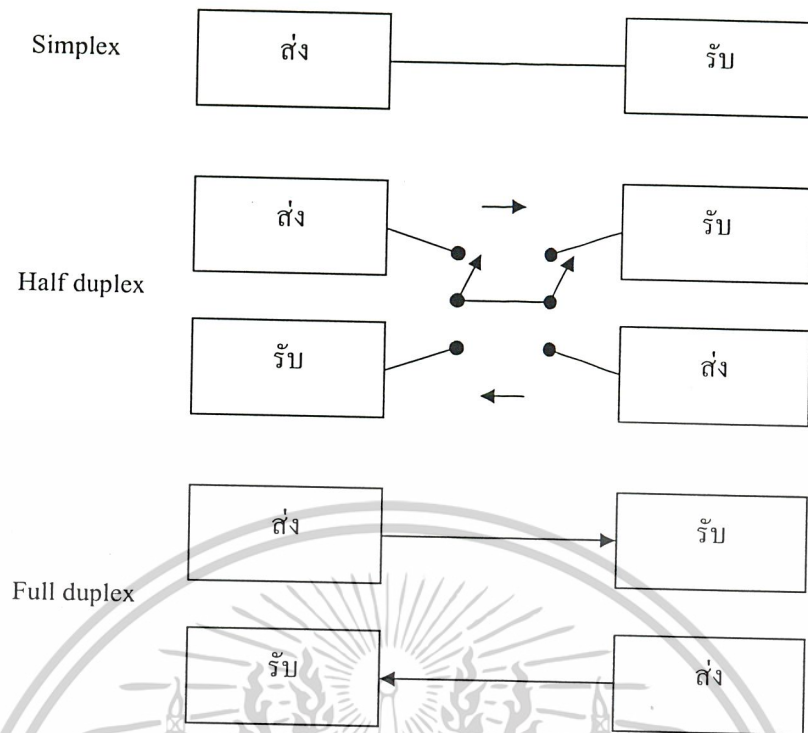
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบการทำงานระหว่างการสื่อสารข้อมูลแบบขนานและแบบอนุกรม

2.3.2 รูปแบบการสื่อสารข้อมูล

การสื่อสารข้อมูลระหว่างตัวรับและตัวส่งมีหลายวิธี ถ้าเป็นส่งหรือรับอย่างเดียวจะเรียกว่าการสื่อสารแบบซิมเพล็กซ์ (Simplex) เช่นการส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์ แต่ถ้าหากตัวรับและตัวส่งสามารถรับและส่งข้อมูลได้ในเวลาต่างกันเรียกว่า การสื่อสารแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half Duplex) เช่น การสื่อสารการสื่อสารแบบเครื่องอินเตอร์คอม แต่ถ้าตัวรับและตัวส่งสามารถรับส่งข้อมูลได้สองทิศทางในเวลาเดียวกันจะเรียกว่าเป็นการสื่อสารข้อมูลแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) จะแสดงการสื่อสารแต่ละแบบดังรูปที่ 2.6

สำหรับวิธีในการส่งข้อมูลแบบอนุกรมมีสองวิธีคือ การรับส่งแบบเข้าจังหวะเวลา (Synchronous) และ การรับส่งแบบไม่เข้าจังหวะเวลา (Asynchronous) โดยการส่งแบบเข้าจังหวะเวลาจะต้องมีการส่งสัญญาณนาฬิกาไปด้วยเพื่อควบคุมการรับส่งข้อมูล แต่การรับส่งแบบไม่เข้าจังหวะเวลา จะไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกาไปด้วย แต่จะใช้การกำหนดอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลให้มีค่าเท่ากันที่เรียกว่า อัตราบอดเรต (Baud Rate) ซึ่งมีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bit per second: bps)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การรับส่งข้อมูลแบบ Simplex, Half Duplex และ Full Duplex

2.3.3 การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส

เมื่ออุปกรณ์สองตัวจะสื่อสารข้อมูลซึ่งกันและกัน จะต้องกำหนดรูปแบบกฎเกณฑ์การสื่อสารเพื่อให้เข้าใจกันได้ รูปแบบการสื่อสารข้อมูลนี้เรียกว่าโพรโตคอล (Protocol) ซึ่งจะเป็นตัวบอกลักษณะของข้อมูล การเริ่มต้นข้อมูล การสิ้นสุดข้อมูลในการรับส่ง เป็นต้น

การรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสจะประกอบด้วย 4 ส่วนดังนี้

1. บิตเริ่มต้น
2. ข้อมูลอนุกรม
3. บิตตรวจสอบความถูกต้อง
4. บิตสุดท้าย (Stop Bit)

2.3.4 บิตเริ่มต้นและบิตสุดท้าย

การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส จะส่งข้อมูลออกไปเป็นชุดเรียกว่าเฟรม (Framing) ภายในเฟรมจะประกอบด้วยข้อมูลหรือรหัส ASCII ก็ได้ ในแต่ละเฟรมจะเริ่มต้นด้วยบิตเริ่มต้น (Start Bit) ที่เป็นตัวบอกว่าบิตที่ตามมาเป็นข้อมูล และจะจบข้อมูลด้วยบิตสุดท้าย (Stop Bit) ที่เป็นตัวบอกว่าข้อมูลในเฟรมนั้นสิ้นสุดแล้วในการส่งข้อมูลแบบนี้ถ้าหากยังไม่มีการส่งข้อมูลระดับลอจิกที่สายส่งจะเป็นลอจิก "1" เรียกว่าสภาวะรอ (Waiting Stage) ถ้าหากมีข้อมูลส่ง สัญญาณจะเป็นลอจิก "0" ในช่วงเวลาหนึ่งบิตข้อมูลนี้เรียกว่าบิตเริ่มต้น จากนั้นจะตามด้วยข้อมูล จะยกตัวอย่างการส่งข้อมูลรหัส ASCII ของตัว B โดยการส่ง

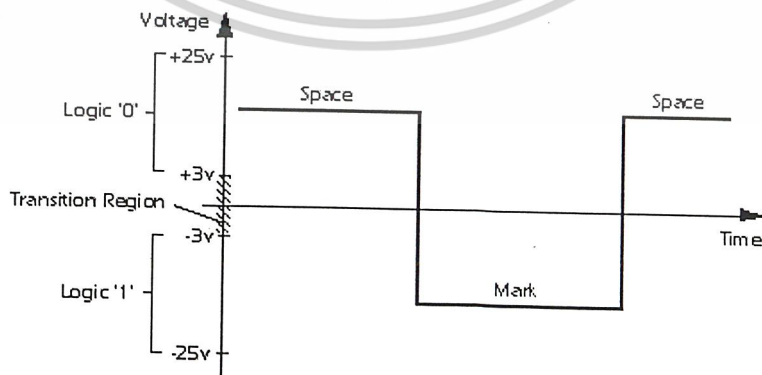
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปัจจุบันสัญญาณที่ใช้ในการสื่อสารส่วนใหญ่จะใช้สัญญาณดิจิทัล (Digital Signal) เป็นหลัก และสัญญาณที่ใช้ในการสื่อสารส่วนมากจะเป็นสัญญาณดิจิทัลที่มีระดับสัญญาณแบบ TTL ซึ่งถ้าทำการติดต่อสื่อสารในลักษณะของระดับสัญญาณแบบ TTL แล้วจะสามารถทำการติดต่อสื่อสารได้โดยตรง แต่ในหลายกรณีที่มีความจำเป็นที่จะต้องสื่อสารด้วยสัญญาณในระดับอื่น ที่ไม่ใช่ระดับสัญญาณแบบ TTL หรือไม่ได้เป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาในการสื่อสาร แต่ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยอาศัยการแปลงสัญญาณที่ต้องการสื่อสารให้เป็นสัญญาณตามมาตรฐาน โดยที่แต่ละมาตรฐานจะมีข้อกำหนดที่แตกต่างกันไป ในที่นี้จะกล่าวถึงมาตรฐานสำคัญๆที่ใช้ในการสื่อสารดังนี้

2.4.1 ลักษณะการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-232

RS-232 หรือ V.24 เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์รับส่งปลายทาง (Data Terminal Equipment หรือ DTE) กับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล(Data Communications Equipment หรือ DCE) เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลไปนารีแบบอนุกรม โดยที่ RS-232 เป็นมาตรฐานที่กำหนดขึ้นจากสมาคมอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม (Electronic Industries Association: EIA) ในปี 1960 ซึ่งเป็นการร่วมมือกันระหว่างบริษัท Bell และบรรดาผู้ผลิตอุปกรณ์สื่อสาร ต่อมาได้มีการแก้ไขมาตรฐานในปี 1963, 1965 และ 1969 เรียกว่า RS-232-A, RS-232-B และ RS-232-C ตามลำดับในปัจจุบันมีถึงมาตรฐาน RS-232-D แล้ว ตัวอักษรภาษาอังกฤษของคำว่า “RS” ย่อมาจาก “Recommended Standard” แล้วตามด้วยเลข 3 ตัว และปิดท้ายด้วยตัวเลขทั้ง 4 ตัว ด้วยภาษาอังกฤษ A, B, C และ D เป็นการแสดงถึงรุ่นที่ได้รับการพัฒนามาตรฐาน RS-232 ที่สร้างขึ้นโดยสมาคมอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรมจะเทียบเท่ากับมาตรฐาน V. ที่สร้างขึ้นโดยองค์การสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (Consultative Committee on International Telephone and Telegraph หรือ CCITT)

ระดับแรงดันของลอจิกที่ใช้ในการสื่อสารRS-232 นั้นลอจิก “1” แทนด้วยแรงดัน -3 ถึง -25 โวลต์ ส่วนลอจิก “0” แทนด้วยแรงดัน +3 ถึง +25 โวลต์ แรงดันในช่วง +3 โวลต์ จะไม่ถูกกำหนดใช้งาน ซึ่งจะเห็นว่าแรงดันดังกล่าวไม่สามารถใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ได้ ระดับสัญญาณตั้งแต่ -3 ถึง -25 โวลต์ แสดงว่ามีข้อมูล(Mark)และ +3 ถึง +25 โวลต์ แสดงว่าเป็นช่องว่าง (Space)



รูปที่ 2.8 แสดงระดับแรงดันตามมาตรฐาน RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

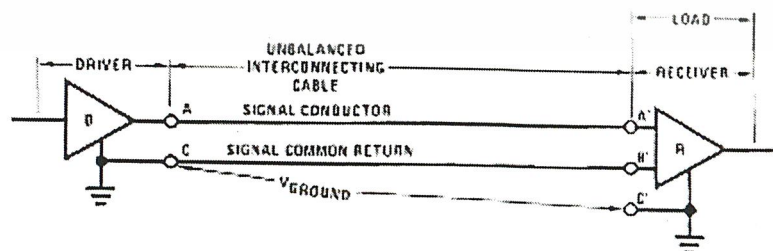
มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์รับส่งปลายทางกับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลไว้ว่า อุปกรณ์รับส่งปลายทางจะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัว เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือ ไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลจะทำหน้าที่เพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจากอุปกรณ์รับส่งปลายทางเท่านั้น โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่านมาตรฐาน RS-232

2.4.2 ลักษณะการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-423

มาตรฐาน RS-423 เป็นมาตรฐานที่ได้รับการพัฒนาจากมาตรฐาน RS-232 ให้มีประสิทธิภาพ ภาพในการสื่อสารเพิ่มมากขึ้น โดยมีการพัฒนาให้ตัวรับข้อมูลมีความสามารถในการรับข้อมูลสูงมากขึ้นและอัตราเร็วในการส่งข้อมูลได้ถูกพัฒนาให้มีอัตราเร็วสูงกว่าอัตราการส่งข้อมูลตามมาตรฐาน RS-232 ซึ่งอุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นมาใหม่ๆ มักจะใช้การเชื่อมต่อแบบนี้ โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่ต้องการให้อัตราเร็วในการส่งข้อมูลมีค่าสูงขึ้นกว่าเดิม

ลักษณะการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-423 นั้น จะใช้สายสัญญาณเพียงคู่เดียวในการส่งสัญญาณ โดยสามารถส่งสัญญาณไปได้ทิศทางเดียว อัตราเร็วสูงสุดในการส่งข้อมูลมีค่าเท่ากับ 100 kbps ที่ระยะห่าง 40 ฟุต ตัวรับข้อมูลเป็นแบบ Balanced-I ดังนั้นตัวรับข้อมูลจึงรับข้อมูลแบบขยายความแตกต่างของสัญญาณระหว่างสายกราวด์และตัวขับสัญญาณ การทำเช่นนี้ช่วยแก้ปัญหาในกรณีที่เกิดความแตกต่างระหว่างแรงดันที่กราวด์ของตัวรับข้อมูลกับตัวขับสัญญาณ สำหรับการส่งข้อมูลจะใช้ระดับแรงดันแทนค่าทางตรรกะของข้อมูลโดยระดับแรงดันที่มีค่าอยู่ระหว่าง -4 โวลต์ ถึง -6 โวลต์ จะแทนค่าสถานะ 0 และระดับแรงดันที่มีค่าอยู่ระหว่าง +4 โวลต์ ถึง +6 โวลต์ จะแทนค่าสถานะ 1 ส่วนในช่วงระดับแรงดันที่มีค่าอยู่ระหว่าง -4 โวลต์ ถึง +4 โวลต์ นั้นจะใช้ในการแบ่งแยกระดับสถานะของสัญญาณระหว่างสถานะ 0 และสถานะ 1

ตัวอย่างของวงจรที่ใช้ในการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-423 จะแสดงให้เห็นได้ดังรูปที่ 2.9 โดยจะมีการแปลงระดับสัญญาณแบบ TTL ไปเป็นระดับแรงดันสัญญาณตามที่กำหนดในมาตรฐาน RS-423 แล้วส่งไปตามสายสัญญาณและแปลงกลับจากระดับแรงดันสัญญาณในมาตรฐาน RS-423 ไปเป็นระดับสัญญาณแบบ TTL



รูปที่ 2.9 แสดงวงจรขับและรับสัญญาณที่ใช้กับมาตรฐาน RS-423

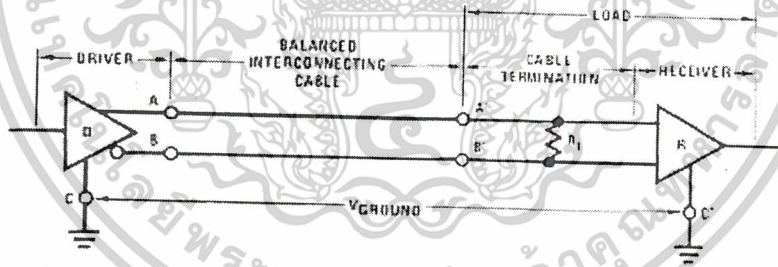
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 ลักษณะการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-422

มาตรฐาน RS-422 เป็นมาตรฐานที่ได้รับการพัฒนาจากมาตรฐาน RS-423 ให้มีประสิทธิภาพในการสื่อสารเพิ่มมากขึ้น โดยมีการพัฒนาให้อัตราเร็วในการส่งข้อมูลมีค่าสูงกว่าในมาตรฐาน RS-423 และระยะทางที่ใช้ในการส่งข้อมูลระหว่างตัวส่งและตัวรับก็มากกว่ามาตรฐาน RS-423 นอกจากนี้ยังมีความไวต่อสัญญาณมากกว่าในมาตรฐาน RS-423 อีกด้วย

ลักษณะการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-422 นั้น จะใช้สายสัญญาณเพียงคู่เดียวในการส่งสัญญาณ โดยสามารถส่งสัญญาณไปได้ทิศทางเดียวในลักษณะของ One-Way Balanced-Line อัตราเร็วสูงสุดในการส่งข้อมูลมีค่าเท่ากับ 10 Mbps โดยระยะห่างที่ใช้ในการส่งข้อมูลสามารถขยายได้ถึง 4000 ฟุต สำหรับการส่งข้อมูลจะใช้ระดับแรงดันแทนค่าทางตรรกะของข้อมูล โดยระดับแรงดันที่มีค่าอยู่ระหว่าง -2 โวลต์ ถึง -6 โวลต์ จะแทนค่าสถานะ 0 และระดับแรงดันที่มีค่าอยู่ระหว่าง +2 โวลต์ถึง +6 โวลต์ จะแทนค่าสถานะ 1 ส่วนในช่วงระดับแรงดันที่มีค่าอยู่ระหว่าง -2 โวลต์ ถึง +2 โวลต์ นั้นจะใช้ในการแบ่งแยกระดับสถานะของสัญญาณระหว่างสถานะ 0 และสถานะ 1 นอกจากนี้ตัวรับสัญญาณยังสามารถจับสัญญาณที่มีระดับแรงดันต่ำกว่า 200 mV ได้อีกด้วยทำให้มีความไวต่อสัญญาณเพิ่มมากขึ้น

ตัวอย่างของวงจรที่ใช้ในการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-422 จะแสดงให้เห็นได้ดังรูปที่ 2.10 โดยจะมีการแปลงระดับสัญญาณแบบ TTL ไปเป็นระดับแรงดันสัญญาณตามที่กำหนดในมาตรฐาน RS-422 แล้วส่งไปตามสายสัญญาณและแปลงกลับจากระดับสัญญาณในมาตรฐาน RS-422 ไปเป็นระดับสัญญาณแบบ TTL

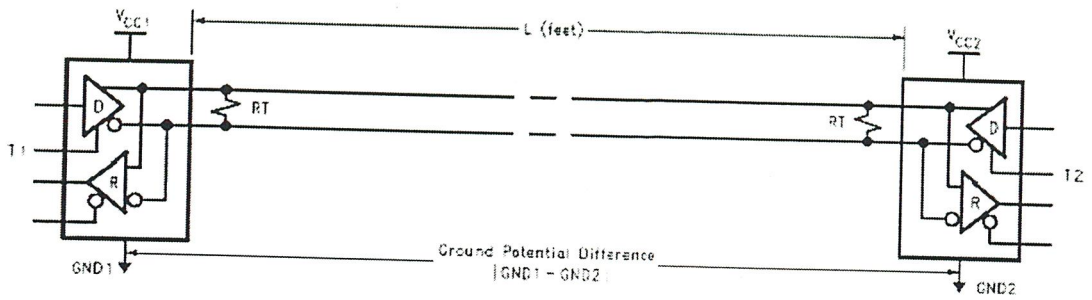


รูปที่ 2.10 แสดงวงจรขับและรับสัญญาณที่ใช้มาตรฐาน RS-422

2.4.4 ลักษณะการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-485

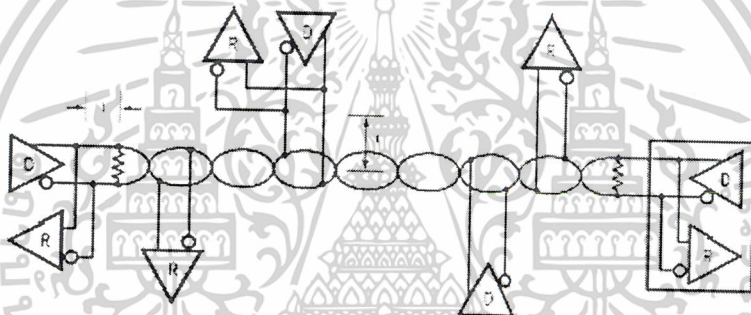
มาตรฐาน RS-485 เป็นมาตรฐานที่ได้รับการพัฒนาจากมาตรฐาน RS-422 ให้มีประสิทธิภาพในการสื่อสารเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก โดยมีการพัฒนาให้วงจรของตัวขับสัญญาณเป็นแบบ 3 สถานะ (Tri State) ทำให้สามารถส่งข้อมูลได้สองทิศทางบนสายคู่เดียวและสามารถต่อเครือข่ายแบบ Multidrop ซึ่งอุปกรณ์หลายๆ ตัวสามารถรับและส่งข้อมูลแบบ Half-Duplex บนสายสัญญาณคู่เดียวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



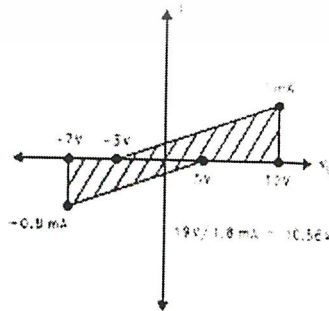
รูปที่ 2.11 แสดงวงจรขับและรับสัญญาณที่ใช้มาตรฐาน RS-485

เนื่องจากตัวรับและตัวส่งตามมาตรฐาน RS-485 ถูกออกแบบให้เป็นแบบ 3 สถานะ (Tri-State) จึงสามารถทำการสื่อสารได้สองทิศทางบนสายสัญญาณเพียงคู่เดียว (Bidirectional) ซึ่งมีข้อดีคือทำให้สะดวกและประหยัดต่อการใช้งาน



รูปที่ 2.12 แสดงการเชื่อมต่อเครือข่ายตามมาตรฐาน RS-485

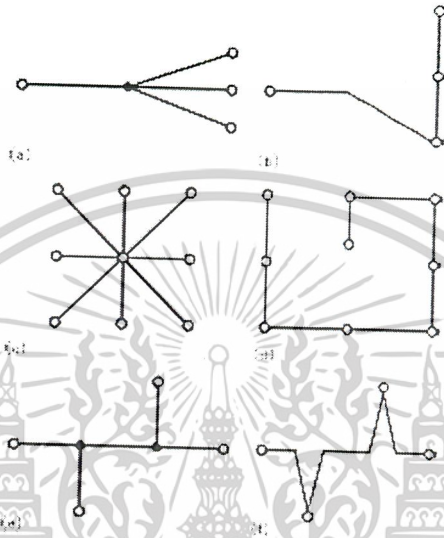
นอกจากนี้ตามมาตรฐาน RS-485 นั้นยังสามารถที่จะเชื่อมต่อเป็นเครือข่ายได้มากถึง 32 จุด (Unit Loads: ULs) บนสายสัญญาณคู่เดียว ซึ่งช่วงของกระแสและแรงดันในการทำงานเมื่อเชื่อมต่อทั้ง 32 จุดจะแสดงให้เห็นได้ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แสดงช่วงของกระแสและแรงดันในการทำงาน (Loading Curve of a Full UL)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามมาตรฐาน RS-485 นั้น เครื่องข่ายสามารถเชื่อมต่อได้หลายจุดบนสายสัญญาณเพียงคู่เดียว (Multiple Transceivers) และการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-485 นั้นจะมีพื้นฐานอยู่บนการเชื่อมต่อเครื่องข่ายแบบบัส (Bus-Type Network) ซึ่งสามารถเชื่อมต่อได้หลายแบบโดยอาศัยการแปลงให้เป็นเครื่องข่ายเสมือนเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงาน ดังรูปที่ 2.14 เครื่องข่ายทางขวามือจะเป็นเครื่องข่ายเสมือนของเครื่องข่ายทางซ้ายมือ

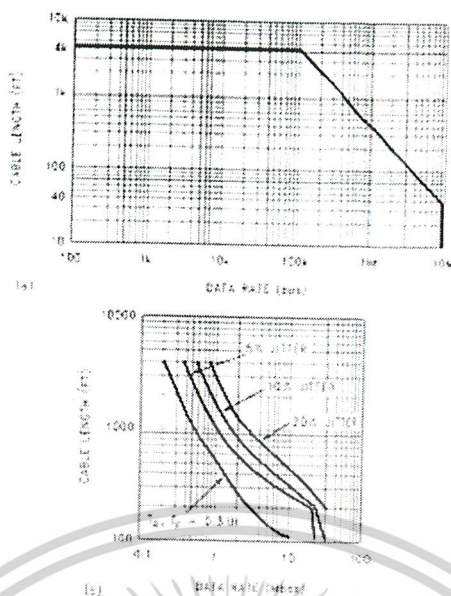


รูปที่ 2.14 แสดงเครื่องข่ายที่สมมูลกันตามมาตรฐาน RS-485

สายสัญญาณที่ใช้ตามมาตรฐาน RS-485 นั้นสามารถใช้สายเกลียวคู่ (Twist Pair) ซึ่งเป็นสายสัญญาณโทรศัพท์ที่ใช้งานโดยทั่วไปได้โดยไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการสื่อสารที่สูงขึ้นอาจใช้สายสัญญาณที่มีคุณภาพดีกว่าสายเกลียวคู่ เช่น สายโคแอกเชียล (Coaxial) เป็นสายสัญญาณในการสื่อสารแทนได้

ในการส่งข้อมูลตามมาตรฐาน RS-485 นั้น สามารถที่จะส่งข้อมูลได้ด้วยอัตราเร็วสูงสุด 10 Mbps และส่งข้อมูลได้ไกลที่สุดถึง 4000 ฟุต (1200 เมตร) โดยความสัมพันธ์ของอัตราเร็วในการส่งข้อมูลและระยะทางในการส่งข้อมูลจะแสดงให้เห็นได้ดังรูปที่ 2.15

สัญญาณรบกวนจะมีผลต่อการสื่อสารตามมาตรฐาน RS-485 น้อยมาก ถ้าเลือกอัตราเร็วและระยะทางในการส่งข้อมูลให้เหมาะสม เนื่องจากตามมาตรฐาน RS-485 นั้น การสื่อสารจะเป็นแบบ Current Loop และใช้ความต่างศักย์ของคู่สายสัญญาณในการส่งข้อมูล ทำให้สามารถทนต่อสัญญาณรบกวนได้ดีโดยเฉพาะสัญญาณรบกวนในลักษณะของ Common-mode noise



รูปที่ 2.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางและอัตราการส่งข้อมูล

2.5 การเชื่อมต่อแบบ I²C

2.5.1 ระบบการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบหนึ่งสาย (1-Wire Serial Bus)

ระบบการสื่อสารข้อมูลแบบนี้ผู้คิดค้นคือ ดัลลัสเซมิคอนดักเตอร์ ดังนั้นในบางครั้งจึงเรียกระบบการสื่อสารแบบนี้ว่า ระบบสื่อสารข้อมูลดัลลัสหนึ่งสาย (The Dallas 1-Wire Bus) ระบบการสื่อสารข้อมูลแบบนี้เป็นระบบที่มีความชาญฉลาด และใช้จำนวนสายสัญญาณเพียงหนึ่งเส้นเท่านั้น โดยไม่ต้องมีสายสัญญาณนาฬิกาควบคุมจังหวะการถ่ายทอดข้อมูล เหมือนกับระบบการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบอื่นๆ เนื่องจากข้อมูลสายข้อมูลที่จะทำหน้าที่เสมือนหนึ่งเป็นสายสัญญาณนาฬิกาในตัวส่วนข้อมูลนั้นจะพิจารณาจากลักษณะของรูปสัญญาณที่ปรากฏบนสายสัญญาณ ในแต่ละช่องของเวลาหรือต่อไปนี้จะขอเรียกว่า ไทม์สล็อต (Time slot) โดยคาบเวลาดำสุดและสูงสุดของสถานะต่างๆ ในการสื่อสารข้อมูลแต่ละไทม์สล็อตมีการกำหนดขอบเขตไว้อย่างชัดเจน การถ่ายทอดข้อมูลจะเกิดขึ้นในแต่ละไทม์สล็อตนั้นรูปแบบ การถ่ายทอดข้อมูลจะเป็นแบบอะซิงโครนัสในระดับบิต ไม่มีการกำหนดความยาวของข้อมูลเป็นระดับไบต์ระบบสื่อสารข้อมูลแบบนี้เหมาะที่จะใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างไอซี บนแผงวงจรเดียวกัน หรือสร้างเป็นข่ายสื่อสารแบบทวิสต์แพร์ก็ได้

2.5.2 คุณสมบัติทางเทคนิคของระบบบัสหนึ่งสาย

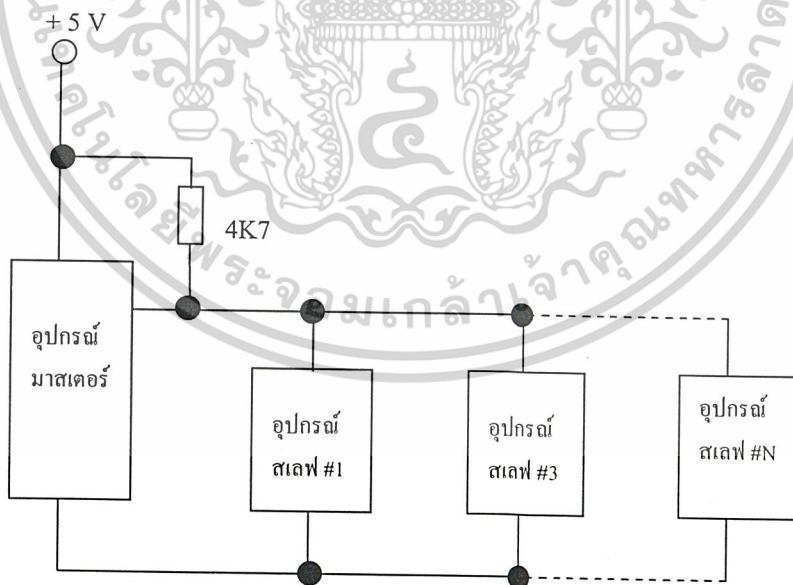
สายสัญญาณบนระบบบัสแบบหนึ่งสายนี้ จะเป็นสายสัญญาณแบบสองทิศทางแต่ข้อมูลจะสามารถเดินทางได้ในทิศทางเดียวภายในช่วงเวลาหนึ่งๆ นั่นคือมีลักษณะคล้ายกับระบบสื่อสารแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half Duplex) ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดคือ การใช้งานวิทยุสมัครเล่นอุปกรณ์บนระบบบัสต้องมีการระบอบอย่างชัดเจนว่าตัวใดเป็นอุปกรณ์มาสเตอร์ ตัวใดเป็นอุปกรณ์สเลฟ โดยส่วนใหญ่อุปกรณ์มาสเตอร์คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนอุปกรณ์สเลฟได้แก่ ไอซีตรวจจับอุณหภูมิ ไอซีหน่วยความจำแรม เป็นต้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์มาสเตอร์จะเป็นตัวจัดเตรียมความพร้อมของสายสัญญาณ และควบคุมการถ่ายโอนข้อมูลบนสายสัญญาณนั้น ข้อมูลทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นข้อมูลควบคุมหรือข้อมูลใช้งานจะถูกส่งลงบนสายนำสัญญาณที่มีอยู่เส้นเดียวนี้ทั้งหมดในระหว่างการทำงานอุปกรณ์มาสเตอร์ และสลาฟสามารถเป็นได้ทั้งตัวส่งและตัวรับ ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของการทำงานในขณะนั้นยกตัวอย่างเช่น หากมีการเขียนข้อมูลจากอุปกรณ์มาสเตอร์ไปยังอุปกรณ์สเลฟ ตัวส่งคืออุปกรณ์มาสเตอร์ ตัวรับคืออุปกรณ์สเลฟ ในทางตรงกันข้าม หากเป็นการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์สเลฟ ตัวส่งจะกลายเป็นสเลฟ และตัวรับคืออุปกรณ์มาสเตอร์ในระบบหนึ่งระบบต้องมีอุปกรณ์มาสเตอร์เพียงตัวเดียวเท่านั้น

สายสัญญาณของระบบบัสนี้ต้องกำหนดสถานะปกติไว้ที่ลอจิกสูง สามารถทำได้โดยการต่อตัวต้านทานค่าประมาณ $4.7 \text{ k}\Omega$ พูลอัพกับไฟเลี้ยง + 5 โวลต์ ดังนั้นอุปกรณ์ที่นำมาต่อบนระบบบัสนี้จึงต้องออกแบบให้ภาคเอาต์พุตที่ต้องต่อกับสายสัญญาณมีลักษณะเป็นคอลเล็กเตอร์หรือเดรนเปิด ในรูปที่ 2.16 แสดงไดอะแกรมการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบหนึ่งสายเบื้องต้น

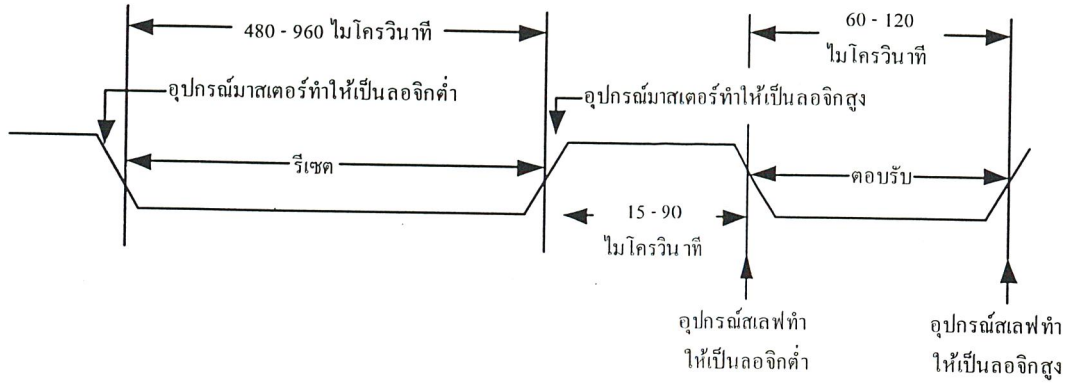
2.5.3 คุณสมบัติของไทม์สล็อต

อุปกรณ์มาสเตอร์จะเป็นอุปกรณ์เพียงตัวเดียวบนระบบบัสหนึ่งสายนี้ ที่สามารถทำการอินิเชียนสายสัญญาณได้ โดยอุปกรณ์มาสเตอร์จะกำเนิดจุดเริ่มต้นของไทม์สล็อตด้วยการทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำในช่วงเวลาหนึ่งแล้ว จากนั้นก็ให้กลับมาเป็นลอจิกสูง หากอุปกรณ์สเลฟต้องการส่งข้อมูลมายังอุปกรณ์มาสเตอร์อุปกรณ์สเลฟจะเป็นตัวควบคุมสถานะของสายสัญญาณต่อไป จนเสร็จสิ้นกระบวนการ แต่หากอุปกรณ์มาสเตอร์ต้องการส่งข้อมูลก็สามารถดำเนินการต่อไปได้เลย



รูปที่ 2.16 การเชื่อมต่อบนบัสหนึ่งสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 ไทม์สลอตการรีเซตและการตอบรับของอุปกรณ์ระบบบัสหนึ่งสาย

ฟังก์ชันของไทม์สลอตที่กำหนดโดยอุปกรณ์มาสเตอร์มีด้วยกัน 4 ฟังก์ชัน คือไทม์สลอตของการรีเซต (Reset) การอ่านข้อมูล (Read Data) การเขียนข้อมูล (Write Data) การเขียนข้อมูล “1” (Write One) และการเขียนข้อมูล “0” (Write Zero) ไทม์สลอตรีเซตใช้ในการเริ่มต้นติดต่อกับอุปกรณ์สเลฟในขณะที่ไทม์สลอตการอ่านจะทำการอ่านข้อมูลที่ส่งมาจากอุปกรณ์สเลฟ ส่วนไทม์สลอตการเขียนข้อมูล “1” และ “0” ใช้สำหรับเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์สเลฟผ่านสายสัญญาณของระบบ

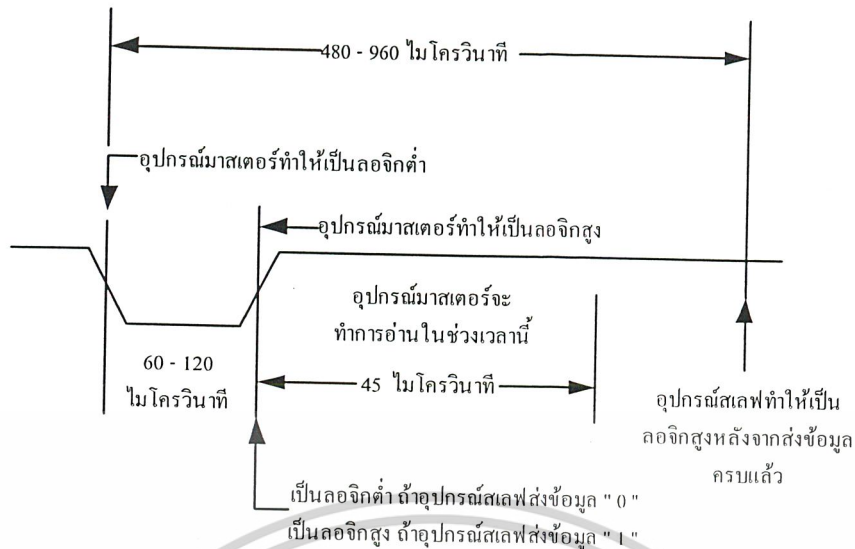
ทางด้านอุปกรณ์สเลฟมีฟังก์ชันของไทม์สลอตอยู่ทั้งสิ้น 3 ฟังก์ชัน คือ ไทม์สลอตของการตอบสนอง (Presence) การเขียนข้อมูล “1” (Write One) และการเขียนข้อมูล “0” (Write Zero) ไทม์สลอตของการตอบสนองใช้สำหรับตอบสนองการติดต่อจากอุปกรณ์มาสเตอร์ โดยอุปกรณ์สเลฟที่ถูกเลือกจากอุปกรณ์มาสเตอร์จะต้องส่งสัญญาณตอบสนองลงบนสายสัญญาณ เพื่อแจ้งให้อุปกรณ์มาสเตอร์ทราบว่าขณะนี้สามารถติดต่อกันได้แล้วส่วนไทม์สลอตการเขียนข้อมูล “1” และ “0” ใช้สำหรับส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์มาสเตอร์ผ่านสายสัญญาณของระบบซึ่งจะสัมพันธ์กับไทม์สลอตการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์

การแยกแยะฟังก์ชันของแต่ละไทม์สลอตจะใช้ความยาวของคาบเวลา และลักษณะของสัญญาณเป็นตัวกำหนด และที่ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงฟังก์ชัน ต้องทำให้สายสัญญาณอยู่ในสภาวะว่างเสมอ ซึ่งก็คือการทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกสูงอย่างน้อยเป็นเวลา 1 ไมโครวินาที

2.5.4 ไทม์สลอตการรีเซตและตอบสนอง

อุปกรณ์มาสเตอร์ทำให้เกิดการรีเซตบนสายสัญญาณเพื่อแจ้งแก่อุปกรณ์สเลฟ โดยการทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำต่อเนื่องอย่างน้อย 480 ไมโครวินาที และต้องทำให้สายสัญญาณกลับมาเป็นลอจิกสูงภายใน 480 ไมโครวินาทีหลังจากนั้น ถ้าหากมีอุปกรณ์สเลฟต่ออยู่บนสายสัญญาณ จะมีการตอบสนองสัญญาณรีเซตนั้นด้วยสัญญาณ จะมีการตอบสนองสัญญาณรีเซตด้วยสัญญาณตอบสนอง (Presence) โดยการทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำต่อเนื่องนานประมาณ 60 – 240 ไมโครวินาที หลังจากสัญญาณรีเซตปรากฏประมาณ 15 – 60 ไมโครวินาที ดังในรูปที่ 2.17 แสดงไทม์สลอตของการรีเซตและตอบสนอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



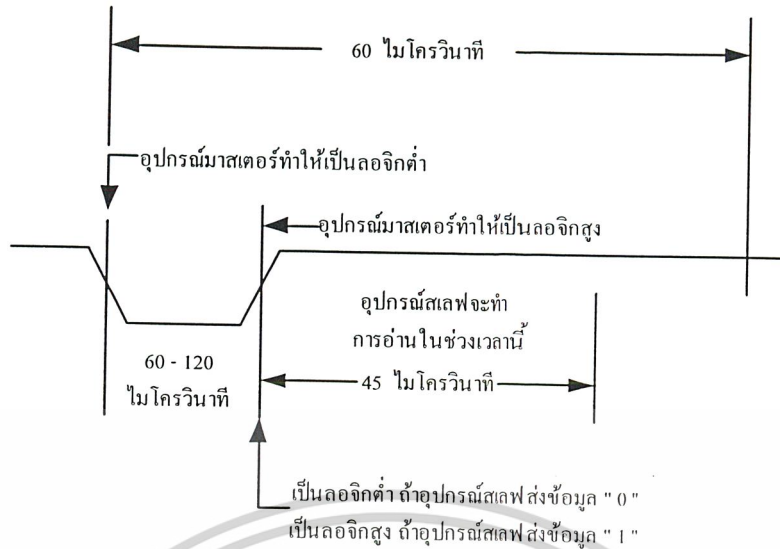
รูปที่ 2.18 ไทม์สล็อตการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์มาตรฐานซึ่งตรงกับไทม์สล็อตการเขียนข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟ

2.5.5 ไทม์สล็อตการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์มาตรฐานและการเขียนข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟ

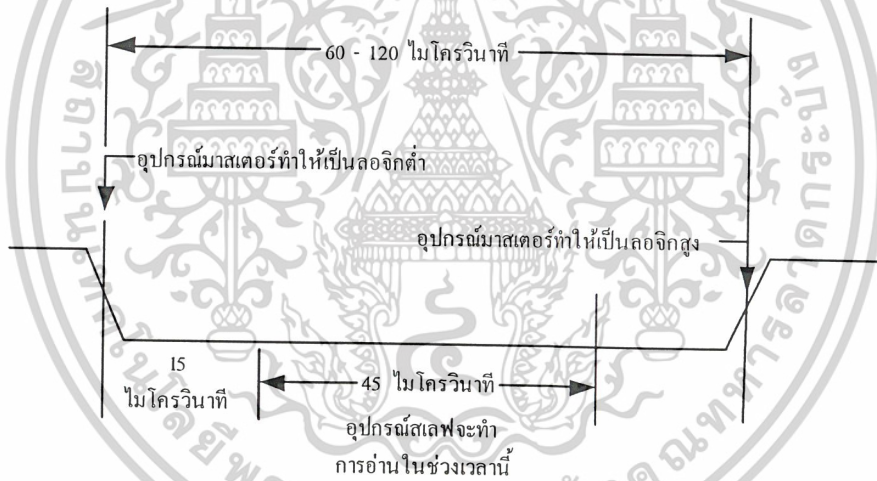
เมื่อต้องการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์มาตรฐานจะทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำ ประมาณ 1 - 15 ไมโครวินาที จากนั้นต้องทำให้สถานะของสายกลับมาเป็นลอจิกสูง อุปกรณ์สเลฟจะส่งข้อมูลมาให้ อุปกรณ์มาตรฐานโดยถ้าเป็น "0" อุปกรณ์สเลฟจะทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำประมาณ 45 ไมโครวินาที แล้วทำให้สายสัญญาณกลับมาสู่สถานะลอจิกสูงอีกครั้ง แต่ถ้าเป็นข้อมูล "1" อุปกรณ์สเลฟจะทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกสูงต่อเนื่องไปอีก 45 ไมโครวินาที รวมเวลาทั้งหมดในไทม์สล็อตนี้ประมาณ 60 - 120 ไมโครวินาที นั่นคือในไทม์สล็อตนี้ต้องใช้เวลารวมไม่เกิน 120 ไมโครวินาที ในขณะที่อุปกรณ์มาตรฐานจะใช้เวลาในการอ่านข้อมูลอยู่ระหว่าง 15 และ 60 ไมโครวินาที หลังจากเริ่มต้นไทม์สล็อตนี้ ในรูปที่ 2.18 แสดงรูปสัญญาณของไทม์สล็อตการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์มาตรฐาน ซึ่งก็จะมีลักษณะเหมือนกับการเขียนข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟ และไทม์สล็อตทั้งสองจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกันกล่าวคือ เมื่ออุปกรณ์มาตรฐานอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์สเลฟก็ต้องทำการเขียนข้อมูล

2.5.6 ไทม์สล็อตการเขียนข้อมูลของอุปกรณ์มาตรฐาน

เมื่ออุปกรณ์มาตรฐานต้องการเขียนข้อมูล อุปกรณ์มาตรฐานจะทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำ ประมาณ 1 - 15 ไมโครวินาที จากนั้นต้องทำให้สถานะของสายกลับมาเป็นลอจิกสูงแล้วดำเนินการเขียนข้อมูลทันที ถ้าข้อมูลที่ต้องการเขียนไปยังอุปกรณ์เป็น "0" อุปกรณ์มาตรฐาน



รูปที่ 2.19 ไทม์สล็อตการเขียนข้อมูล "1" ของอุปกรณ์มาสเตอร์ ซึ่งตรงกับไทม์สล็อตการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟ



รูปที่ 2.20 ไทม์สล็อตการเขียนข้อมูล "0" ของอุปกรณ์มาสเตอร์

จะทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำนานประมาณ 45 ไมโครวินาที แล้วทำให้สายสัญญาณกลับมาสู่สภาวะลอจิกสูงอีกครั้ง แต่ถ้าต้องการเขียนข้อมูล "1" อุปกรณ์มาสเตอร์จะทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกสูงต่อเนื่องไปอีก 45 ไมโครวินาที รวมเวลาทั้งหมดในไทม์สล็อตนี้ประมาณ 60 - 120 ไมโครวินาที ในรูปที่ 2.19 แสดงรูปสัญญาณของไทม์สล็อตการเขียนข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์ ซึ่งก็จะมีลักษณะเหมือนกับการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟและไทม์สล็อตทั้งสองจะเกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน กล่าวคือเมื่ออุปกรณ์มาสเตอร์เขียนข้อมูล อุปกรณ์สเลฟก็จะต้องทำการอ่านข้อมูล

2.5.7 รูปแบบของการสื่อสารข้อมูลแบบหนึ่งสาย (1-Wire communication protocol)

ในการติดต่อสื่อสารข้อมูลในระบบบัสหนึ่งสายอุปกรณ์มาสเตอร์ จะสามารถติดต่อกับอุปกรณ์สลาฟได้ครั้งละหนึ่งตัวเท่านั้น ดังนั้นอุปกรณ์สเลฟแต่ละตัวต้องมีข้อมูลกำหนดแอดเดรสเฉพาะตัว โดยจะเก็บไว้ในหน่วยความจำรวมภายในตัวอุปกรณ์ตัวนั้นๆ โดยปกติอุปกรณ์สเลฟในระบบบัสหนึ่งสายของดัลลัสนี่จะมีหน่วยความจำขนาด 64 บิตหรือ 8 ไบต์ สำหรับเก็บข้อมูลต่างๆที่สำคัญของอุปกรณ์แต่ละตัว ซึ่งประกอบด้วย รหัสของตระกูล จำนวน 8 บิต เลขหมายประจำตัว (Serial Number) จำนวน 48 บิต และรหัสตรวจสอบความผิดพลาด (CRC: Cyclical Redundancy Check) จำนวน 8 บิต

ผู้ใช้งานสามารถอ่านข้อมูลประจำตัวของอุปกรณ์สเลฟได้ด้วย การใช้คำสั่งอ่านหน่วยความจำรวม (Read ROM) ในกรณีที่บนสายมีอุปกรณ์สเลฟเพียงตัวเดียวไม่จำเป็นต้องอ้างแอดเดรสในการติดต่อ

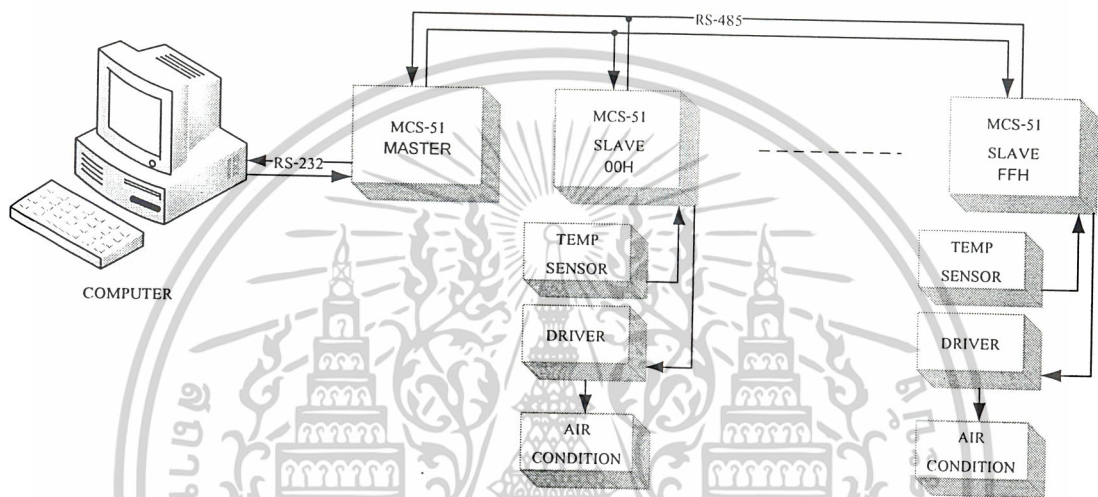
รูปแบบการติดต่อบนระบบบัสหนึ่งสายจะเริ่มต้นขึ้น เมื่ออุปกรณ์มาสเตอร์ทำการรีเซตและกำหนดแอดเดรสของอุปกรณ์ที่ทำการติดต่อ ถ้าหากมีอุปกรณ์สเลฟตัวเดียวสามารถข้ามขั้นตอนการติดต่อกับหน่วยความจำไปได้ จะเรียกรูปแบบนี้ว่าการไม่ติดต่อกับหน่วยความจำรวม หรือสกีปรอม (Skip ROM) จากนั้นรอการตอบรับจากอุปกรณ์สเลฟ เมื่อการตอบรับสมบูรณ์ก็จะสามารถเริ่มต้นขั้นตอนการอ่านหรือเขียนข้อมูลต่อไป



บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง

3.1 โครงสร้างการทำงานของโครงการ

ในการออกแบบจะนำเอาระบบมัลติโปรเซสเซอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการควบคุมเครื่องปรับอากาศ สามารถแสดงผลและสั่งการผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์จากส่วนกลาง โดยโครงสร้างการทำงานแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานของระบบการควบคุมเครื่องปรับอากาศ

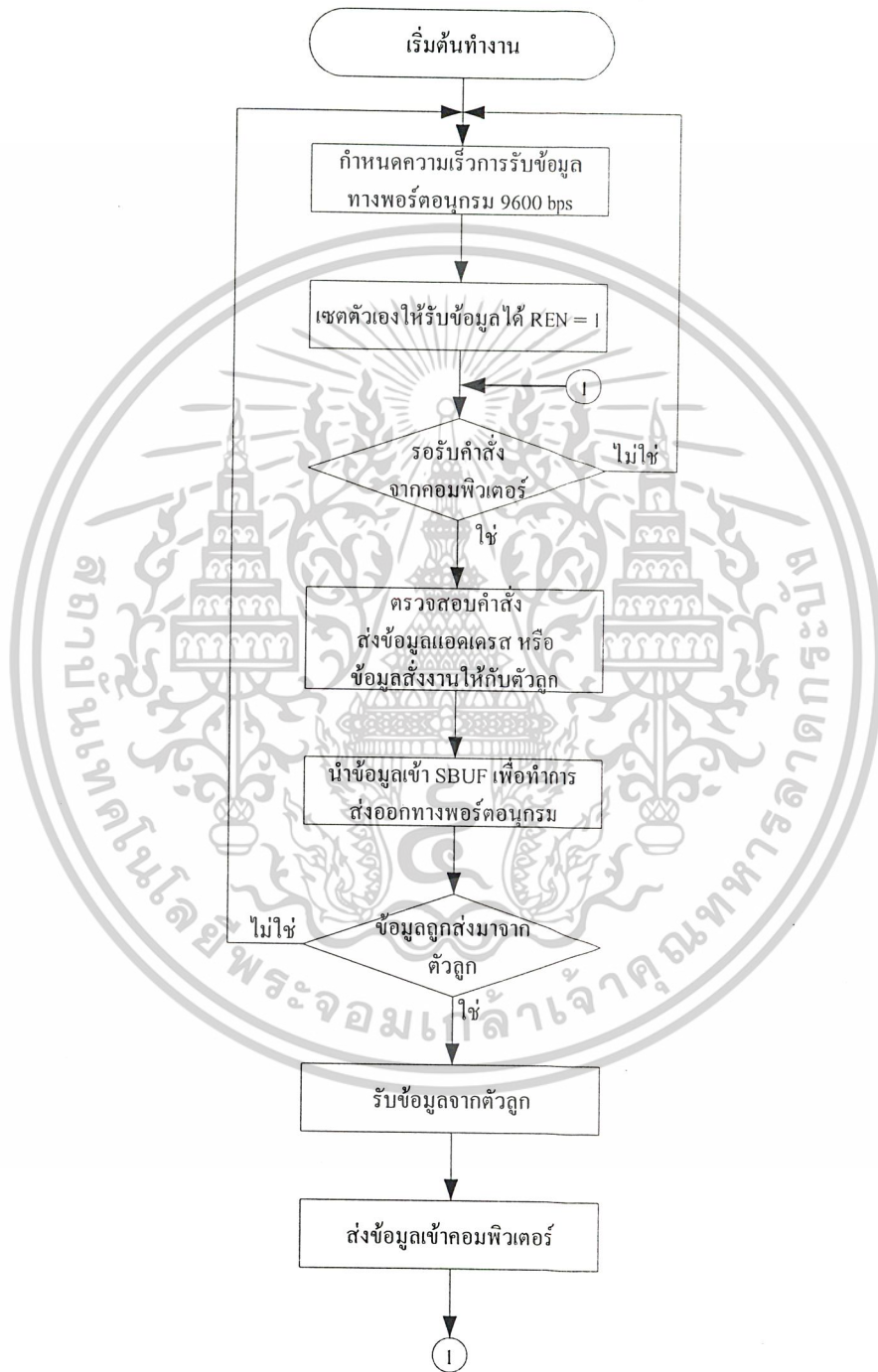
จากรูปที่ 3.1 จะเห็นว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่ทำหน้าที่ในการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูกแต่ละตัว ด้วยมาตรฐาน RS-485 และติดต่อกับคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมและแสดงผล ด้วยมาตรฐาน RS-232 โดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูกจะรับคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่มาทำการประมวลผลออกไปควบคุม DRIVER ให้ทำการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศ และทำการรับอินพุตมาจากชุดตรวจสอบอุณหภูมิเพื่อส่งไปแสดงผลยังคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่

3.2 การออกแบบส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่

ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่จะทำหน้าที่เป็นตัวติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูกและคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมโดยรูปแบบของการทำงานจะเป็นดังรูปที่ 3.2

เมื่ออุปกรณ์เริ่มทำงาน ในขั้นแรกจะต้องทำการตั้งค่าเริ่มต้นเสียก่อน เพื่อกำหนดการทำงานของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่ให้ทำการจัดรูปแบบการส่งข้อมูลอนุกรมให้อยู่ในโหมด 3 และไทม์เมอร์อยู่ในโหมด 2 (8 Bit Automatic Reload) ความเร็วในการรับส่งข้อมูล 9600 bps และตั้งบิต SM2 ให้เป็น 1 ซึ่งเป็นการส่งข้อมูลทั้งหมด 11 บิต เมื่อทำการตั้งค่าเริ่มต้นเรียบร้อยแล้ว เซตค่า REN = 1 เพื่อให้สามารถรับข้อมูลได้ ทำการรอข้อมูลคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ เมื่อได้รับข้อมูลเรียบร้อยแล้วทำการตรวจสอบว่าเป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิฉะนั้นผู้ใดเห็นจำเป็นต้องแจ้งให้ทราบค่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลแอดเดรสของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูก หรือเป็นข้อมูลสั่งงานให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูก แล้วจึงนำข้อมูลเข้าไปเก็บไว้ใน SBUF เพื่อส่งออกทางพอร์ตอนุกรม เมื่อทำการส่งเรียบร้อยแล้วก็จะกลับไปทำงานตั้งแต่เริ่มต้นใหม่อีกครั้ง แต่ถ้ามีการส่งข้อมูลมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูก ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่ก็จะทำการตรวจสอบแอดเดรสของตัวลูกแล้วส่งข้อมูลไปแสดงผลที่คอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

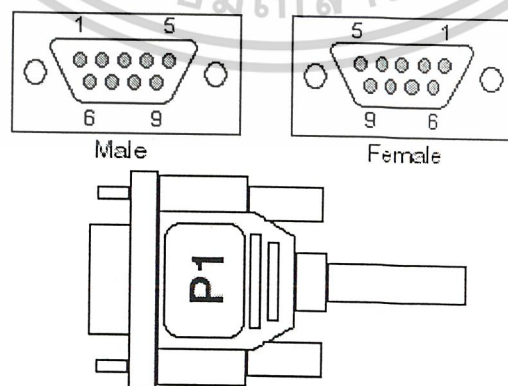
3.2.1 การติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่กับคอมพิวเตอร์

การต่อพอร์ตอนุกรมของ MCS-51 กับมาตรฐาน RS-232 แต่เนื่องจากระดับสัญญาณของการสื่อสาร RS-232 ไม่เป็นไปตามมาตรฐานแรงดัน TTL ดังนั้นจึงนำอุปกรณ์ตัวหนึ่งมาทำการเชื่อมต่อคือ ไอซี MAX232 มาช่วยปรับระดับแรงดันให้กับ MCS-51 ได้

พอร์ตที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมของ MCS-51 จะรับส่งออกมาทางขา RxD และ TxD ซึ่งอยู่ในพอร์ต 3 (P3.0 และ P3.1) โดย RxD จะเป็นขาที่ 9 และ TxD จะเป็นขาที่ 10 การรับส่งข้อมูลกับมาตรฐาน RS-232 เราจะต้องติดต่อผ่านทั้งสองขานี้โดยนำไอซีมาเชื่อมต่อ ไอซีตัวนี้ใช้ไฟเลี้ยงเท่ากับไฟเลี้ยงของไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่สามารถยกระดับแรงดันตั้งแต่ -25 ถึง +25 โวลท์ ได้โดยไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟแบบคู่ (Dual Power Supplies) โดยในการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์จะใช้หัวต่อแบบ DB-9

หมายเลขขาสัญญาณ	ชื่อของสายสัญญาณ
1	Data Carrier Detect
2	Received Data
3	Transmitted Data
4	Data Terminal Ready
5	Signal Common
6	Data Set Ready
7	Request To Send
8	Clear To Send
9	Ring Indicator

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดการต่อคอนเน็กเตอร์ แบบ DB-9 มาตรฐาน RS-232



รูปที่ 3.3 แสดงหัวต่อแบบ DB-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนนี้จะขอกล่าวรายละเอียดหน้าที่การทำงาน ในแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม RS-232 ที่ใช้คอนเน็กเตอร์ แบบ DB-9 เป็นดังนี้

- Data Carrier Detect หรือ Carrier Detect: DCD ขานี้แอกติฟเมื่อมีการส่งสัญญาณพาห้จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติขานี้ไม่ได้ถูกใช้งานมากนัก

- Received Data: RD หรือ RxD ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณข้อมูลเข้ามายังคอมพิวเตอร์ โดยจะนำเอาข้อมูลที่อ่านได้เก็บไว้ในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์

- Transmitted Data: TD หรือ TxD ขานี้ใช้เพื่อส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์ โดยจะนำเอาข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลออกไป

- Data Terminal Ready: DTR เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่าการติดต่อด้วย โดยขา DTR นี้จะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของอุปกรณ์ปลายทางและขา DTR ของอุปกรณ์ปลายทางจะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์ ถ้าใช้การเชื่อมต่อเป็นแบบ Null Modem ซึ่งสายในการเชื่อมต่อเพียง 3 เส้น จะต้องต่อขา DTR และ DSR ของตัวมันเองเข้าด้วยกันและต้องต่อขา ด้วยในกรณีที่ใช้โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณพาห้

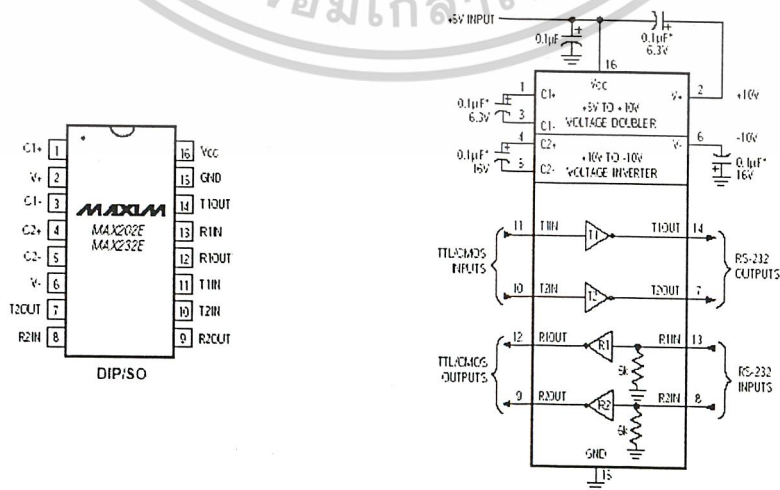
- Signal Ground: GND เป็นขาราวด์ของระบบ

- Data Set Ready: DSR ขานี้จะใช้คู่กับขา DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งขานี้จะเป็นขาที่รับข้อมูลภายนอกซึ่งถูกส่งมาจากขา DTR

- Request To Send: RTS เป็นขาสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ โดยที่ขารับสัญญาณ RTS ก็คือขา CTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ Null Modem 3 สาย จะต้องเชื่อมต่อกับขา RTS และ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน เพื่อให้การรับและการส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา

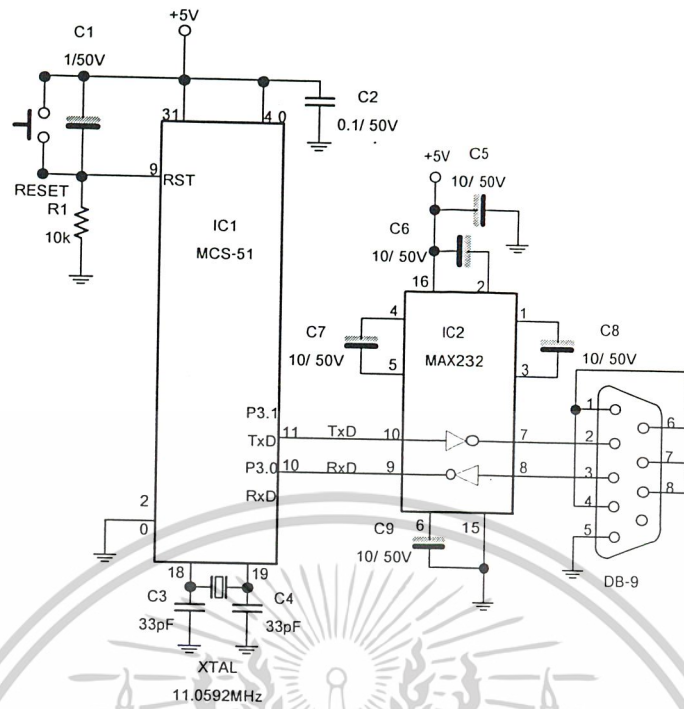
- Clear To Send: CTS ขานี้จะคอยรับสัญญาณจากขา RTS เมื่อรับสัญญาณได้ ข้อมูลที่ขา TxD จะถูกส่งออกไป เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่

- Ring Indicator: RI ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์ โดยทั่วไปแล้วขานี้ไม่ถูกใช้งาน จะใช้เมื่อโปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณนี้เท่านั้น



รูปที่ 3.4 แสดงการจัดวางขาและ โครงสร้างภายในของ ไอซี MAX232

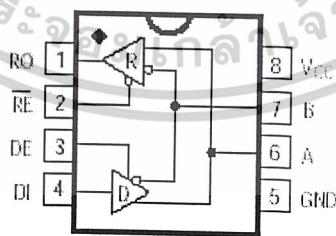
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรการสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232

3.2.2 การติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่กับไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูก

เนื่องจากการติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่กับไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูก มีระยะทางที่ไกลจึงจำเป็นต้องใช้ลักษณะการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-485 ดังนั้นจึงนำอุปกรณ์ตัวหนึ่งมาทำการเชื่อมต่อคือไอซี MAX485 เป็นไอซีขับสัญญาณข้อมูลรองรับมาตรฐาน RS-485 สามารถรับและส่งข้อมูลแบบ Half-Duplex บนสายสัญญาณคู่เดียวได้ มีระบบป้องกันความเสียหายโดยหยุดทำงานหากเกิดสถานะอุณหภูมิสูงเกินไป (Thermal Shutdown Protection)



รูปที่ 3.6 แสดงการจัดวางขาและโครงสร้างภายในของ ไอซี MAX485

ไอซี MAX485 มีขาทั้งหมด 8 ขา ประกอบด้วยขาปรับแรงดันเลี้ยงวงจรและขากราวด์ ขาที่ต่อกับบัสข้อมูลคือ A และ B และขาสัญญาณอินพุตเอาต์พุตที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 4 ขาคือ ขา DI (Driver Input) ส่งข้อมูล จากไมโครคอนโทรลเลอร์ลงไปบนบัสข้อมูล ขา RO (Receiver Output) รับข้อมูล เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากบัสข้อมูลขึ้นมาให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ขา DE (Driver Output Enable) กำหนดว่าจะอนุญาตให้มีการส่งข้อมูลจากขา DI ลงไปในบัสข้อมูลได้หรือไม่ ขา \overline{RE} (Receiver Output Enable) กำหนดว่าจะอนุญาตให้มีการรับข้อมูลจากบัสข้อมูลขึ้นมาให้กับขา RO ได้หรือไม่

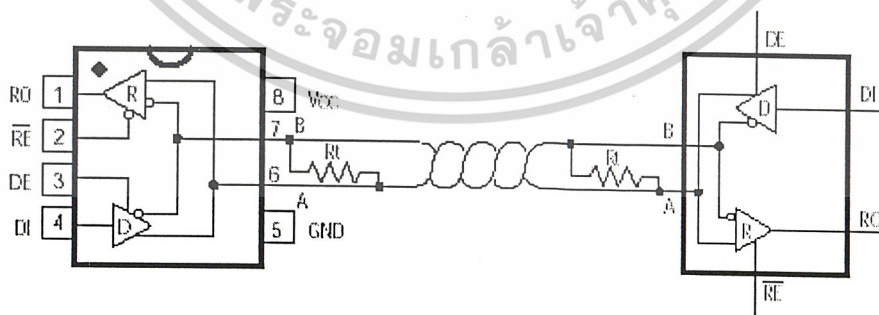
INPUT DI	ENABLE DE	OUTPUT	
		A	B
H	H	H	L
L	H	L	H
X	L	Z	Z

H = high level, L = low level, ? = indeterminate, X = irrelevant, Z = high impedance (off)

ตารางที่ 3.2 แสดงสถานะของขาเอาต์พุตที่สัมพันธ์กับขาอินพุตต่างๆ ของ MAX485 ในส่วนภาคส่งข้อมูล

DIFFERENTIAL INPUT A - B	ENABLE \overline{RE}	OUTPUT RO
$V_{in} \geq 0.2V$	L	H
$-0.2V < V_{in} < 0.2V$	L	?
$V_{in} \leq -0.2V$	L	L
X	H	Z
Open	L	H

ตารางที่ 3.3 แสดงสถานะของขาเอาต์พุตที่สัมพันธ์กับขาอินพุตต่างๆ ของ MAX485 ในส่วนภาครับข้อมูล

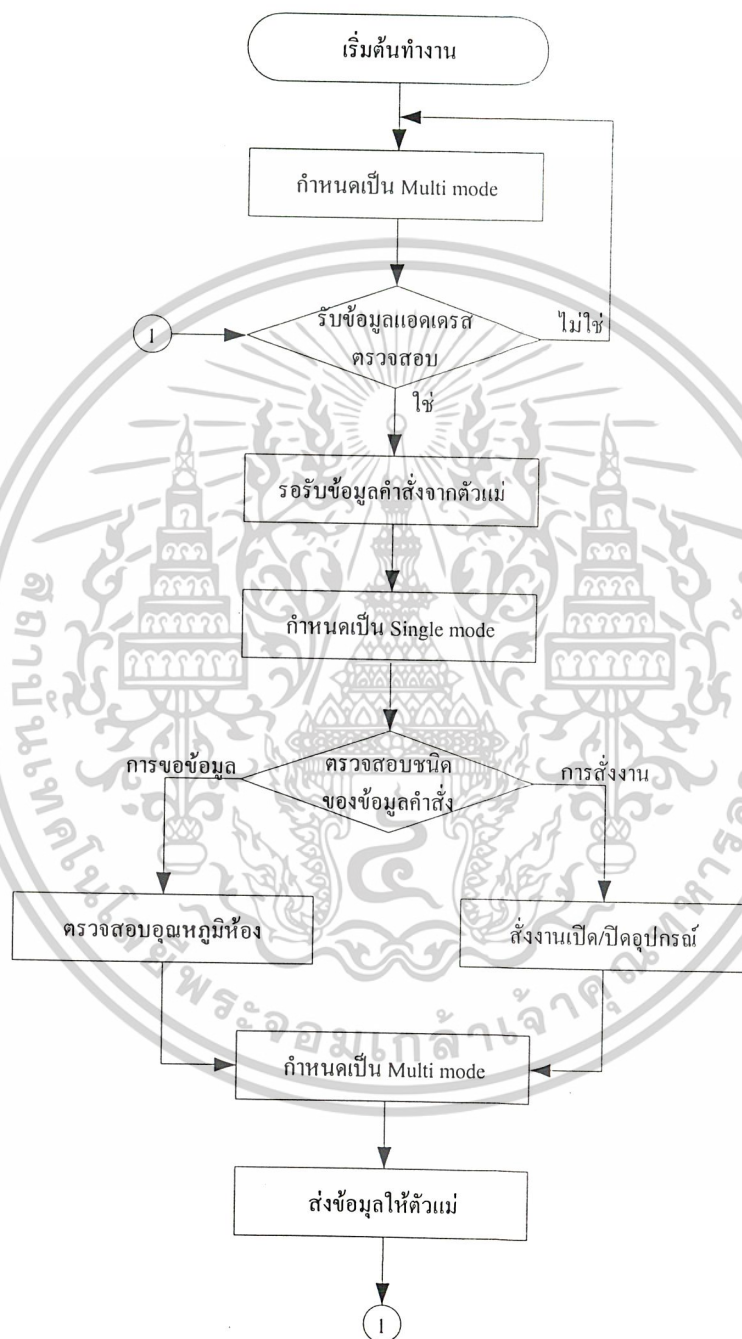


รูปที่ 3.7 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างไอซี MAX485

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูก

ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูกจะทำหน้าที่เป็นตัวติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่ ตัวตรวจสอบอุณหภูมิ และส่วนการควบคุมการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศ โดยรูปแบบของการทำงานจะเป็นดังรูปที่ 3.9



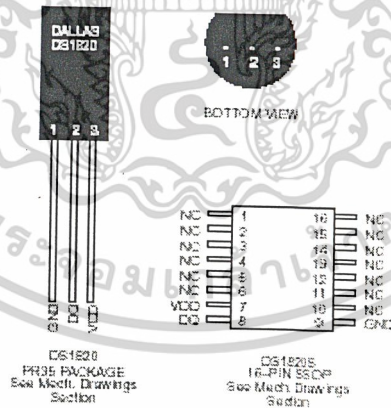
รูปที่ 3.9 แผนผังการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่ออุปกรณ์เริ่มทำงาน ในขั้นแรกจะต้องทำการตั้งค่าเริ่มต้นเสียก่อน เพื่อกำหนดการทำงานของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่ให้ทำการจัดรูปแบบการส่งข้อมูลอนุกรมให้อยู่ในโหมด 3 และไทม์เมอร์อยู่ในโหมด 2 (8 Bit Automatic Reload) ความเร็วในการรับส่งข้อมูล 9600 bps และทำการกำหนดค่าให้เป็น Multi Mode โดยการตั้งบิต SM2 ให้เป็น 1 ซึ่งเป็นการส่งข้อมูลทั้งหมด 11 บิต เมื่อมีการส่งข้อมูลมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่ จะทำการตรวจสอบว่าข้อมูลที่เข้ามาในตอนนี้จะเป็นค่าแอดเดรสหรือข้อมูลคำสั่งโดยจะแตกต่างกันที่บิตที่ 9 ที่รับเข้ามา ถ้าบิตที่ 9 เป็น 1 แสดงว่าข้อมูลที่เข้ามาเป็นแอดเดรส ถ้าบิตที่ 9 เป็น 0 แสดงว่าข้อมูลที่เข้ามาเป็นข่าวสาร เมื่อพบว่ามิแอดเดรสเข้ามาแล้วก็จะทำการตรวจสอบว่าเป็นแอดเดรสของตนเองหรือไม่ ถ้าพบว่าเป็นแอดเดรสของตัวเองก็จะรอรับคำสั่งที่เข้ามาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่แล้วทำการกำหนดค่า SM2 ให้เป็น 0 เพื่อเปลี่ยนไปเป็น Single Mode แล้วตรวจสอบชนิดของข้อมูลคำสั่งที่รับมา ถ้าเป็นคำสั่งขอข้อมูลอุณหภูมิจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูกก็จะตรวจสอบอุณหภูมิแล้วทำการกำหนดค่า SM2 ให้เป็น 1 เพื่อเปลี่ยนกลับไปเป็น Multi Mode จึงจะทำการส่งข้อมูลไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่ ถ้าเป็นคำสั่งให้ทำการเปิดปิดเมื่อเปิดปิดเสร็จแล้วก็จะทำการส่งสถานะการทำงานของเครื่องปรับอากาศกลับไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่

3.3.1 การเชื่อมต่อ DS1820 ไอซีตรวจสอบอุณหภูมิกับไมโครคอนโทรลเลอร์

สำหรับการเชื่อมต่อกับ DS1820 เป็นไอซีตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้การติดต่อแบบบัสหนึ่งสาย มีขาต่อใช้งานเพียง 3 ขาคือ DQ ซึ่งเป็นขาเชื่อมต่อกับระบบบัส ขาต่อไฟเลี้ยงจากภายนอก และขากราวด์ ดังแสดงการจัดขาของไอซี DS1820 ในรูปที่ 3.10 และมีโครงสร้างการทำงานภายในแสดงในรูปที่ 3.11

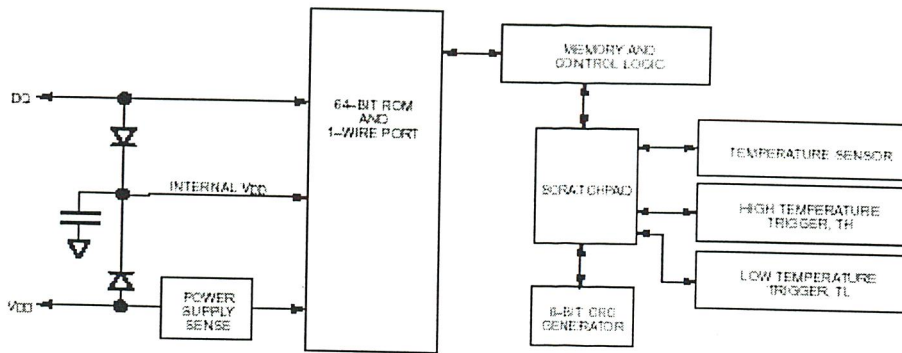


PIN DESCRIPTION

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

รูปที่ 3.10 การจัดขาของ DS1820

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 โครงสร้างการทำงานภายในของไอซีตรวจจับอุณหภูมิ

หัวใจสำคัญของ DS1820 อยู่ที่ตรวจจับอุณหภูมิและหน่วยความจำความเร็วสูงที่เรียกว่า สแครตช์แพด (Scratchpad) ซึ่งมีขนาด 9 ไบต์ มีการจัดสรรหน่วยความจำส่วนนี้ดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 การจัดสรรพื้นที่ของสแครตช์แพดใน DS1820

เมื่อวัดอุณหภูมิได้ก็จะนำค่าที่วัดได้นี้มาเก็บไว้ในสแครตช์แพดที่ไบต์ 0 และ ไบต์ 1 ทั้งนี้เนื่องจากไอซี DS1820 สามารถให้ข้อมูลของอุณหภูมิได้ถึง 0.5 องศาเซลเซียส และ 0.9 องศาฟาเรนไฮต์ โดยมีย่านวัดอุณหภูมิ -55 ถึง +125 องศาเซลเซียส -67 ถึง +257 องศาฟาเรนไฮต์ โดยค่าขององศาฟาเรนไฮต์ต้องทำการแปลงหน่วยมาช่วยใช้เวลาในการแปลงค่าอุณหภูมิเป็นข้อมูลดิจิทัล ประมาณ 200 มิลิวินาที สามารถกำหนดขอบเขตของอุณหภูมิที่ทำการวัดได้ และให้แจ้งเตือนเมื่อค่าของอุณหภูมิสูงขึ้นหรือต่ำลงถึงค่าที่กำหนด โดยค่าอุณหภูมิที่กำหนดนี้จะเก็บไว้ในที่สแครตช์แพดในไบต์ 2 และ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งเพื่อควบคุมการทำงานของ DS1820 ในการติดต่อกับไอซี DS1820 จะมีคำสั่งที่ใช้กันมากที่สุด 3 คำสั่งด้วยกัน 3 คำสั่งดังนี้

1. คำสั่งไม่ติดต่อกับหน่วยความจำรวมหรือสคิปรอม (Skip ROM) เนื่องจากในการใช้งานไอซี DS1820 โดยปกติแล้วจะมี DS1820 อยู่บนสายสัญญาณเพียงตัวเดียวจึงไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลกำหนดแอดเดรส ดังนั้นจึงไม่ต้องติดต่อกับหน่วยความจำรวมเพื่ออ่านข้อมูล ข้อมูลของคำสั่งสคิปรอมที่ต้องส่งให้ DS1820 คือ 0CCH

2. คำสั่งแปลงอุณหภูมิ (Convert T) มีค่าเท่ากับ 44H เมื่อส่งคำสั่งนี้ให้ DS1820 จะต้องทำการวนลูปรอนาน้อย 200 มิลิวินาที เพื่อให้ DS1820 ได้ใช้เวลาในการแปลงค่าอุณหภูมิเป็นข้อมูลดิจิทัลมาเก็บไว้ในสแครตช์แพด

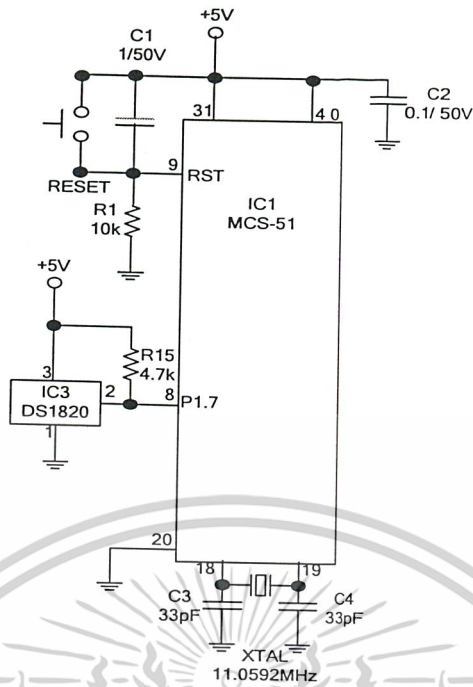
3. คำสั่งอ่านข้อมูลจากสแครตช์แพด (Read Scratchpad) มีค่าเท่ากับ 0BEH เมื่อส่งคำสั่งนี้ DS1820 จะทยอยส่งข้อมูลอุณหภูมิออกมาทั้งหมด 9 ไบต์

ขั้นตอนที่	อุปกรณ์มาสเตอร์	ข้อมูลหรือสถานะ	รายละเอียด
1	ตัวส่ง	รีเซต	สร้างสัญญาณรีเซต
2	ตัวรับ	ตอบรับ	รอการตอบรับจาก DS1820
3	ตัวส่ง	0CCH	คำสั่ง Skip ROM
4	ตัวส่ง	44H	คำสั่งแปลงอุณหภูมิ
5	ตัวรับ	ข้อมูล 1 ไบต์	อ่านแฟล็ก Busy 8 ครั้ง
6	ตัวส่ง	รีเซต	สร้างสัญญาณรีเซต
7	ตัวรับ	ตอบรับ	รอการตอบรับจาก DS1820
8	ตัวส่ง	0CCH	คำสั่ง Skip ROM
9	ตัวส่ง	0BEH	คำสั่งอ่านค่าจากสแครตช์แพด
10	ตัวรับ	ข้อมูล 9 ไบต์	อ่านอุณหภูมิจากสแครตช์แพด
11	ตัวส่ง	รีเซต	สร้างสัญญาณรีเซต
12	ตัวรับ	ตอบรับ	รอการตอบรับจาก DS1820
13	-	-	ทำการคำนวณค่าที่ได้จาก DS1820 แล้วนำไปแสดงผลหรือใช้งานอื่นต่อไป

ตารางที่ 3.4 สรุปขั้นตอนการติดต่อกับ DS1820 โดยอุปกรณ์มาสเตอร์คือไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

สำหรับการเชื่อมต่อกับ DS1820 ใช้ขาพอร์ตเพียง 1 ขาเท่านั้น โดยต้องมีตัวต้านทานค่า 4.7 K Ω ต่อพูลอัพกับไฟเลี้ยง +5V วงจรการเชื่อมต่อ DS1820 กับไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงดังรูปที่ 3.13

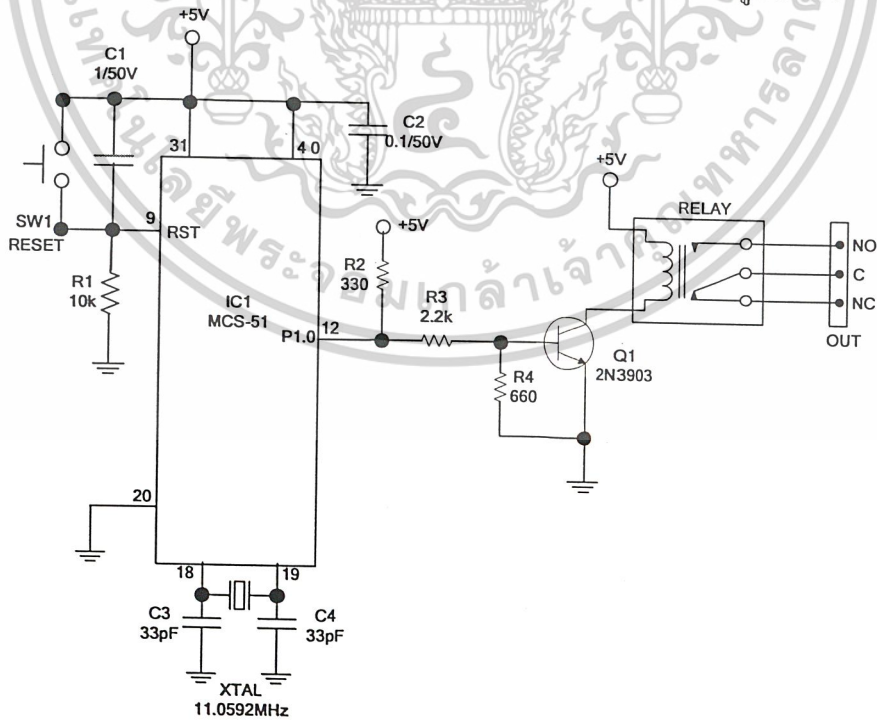
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 แสดงวงจรการเชื่อมต่อ DS1820 กับไมโครคอนโทรลเลอร์

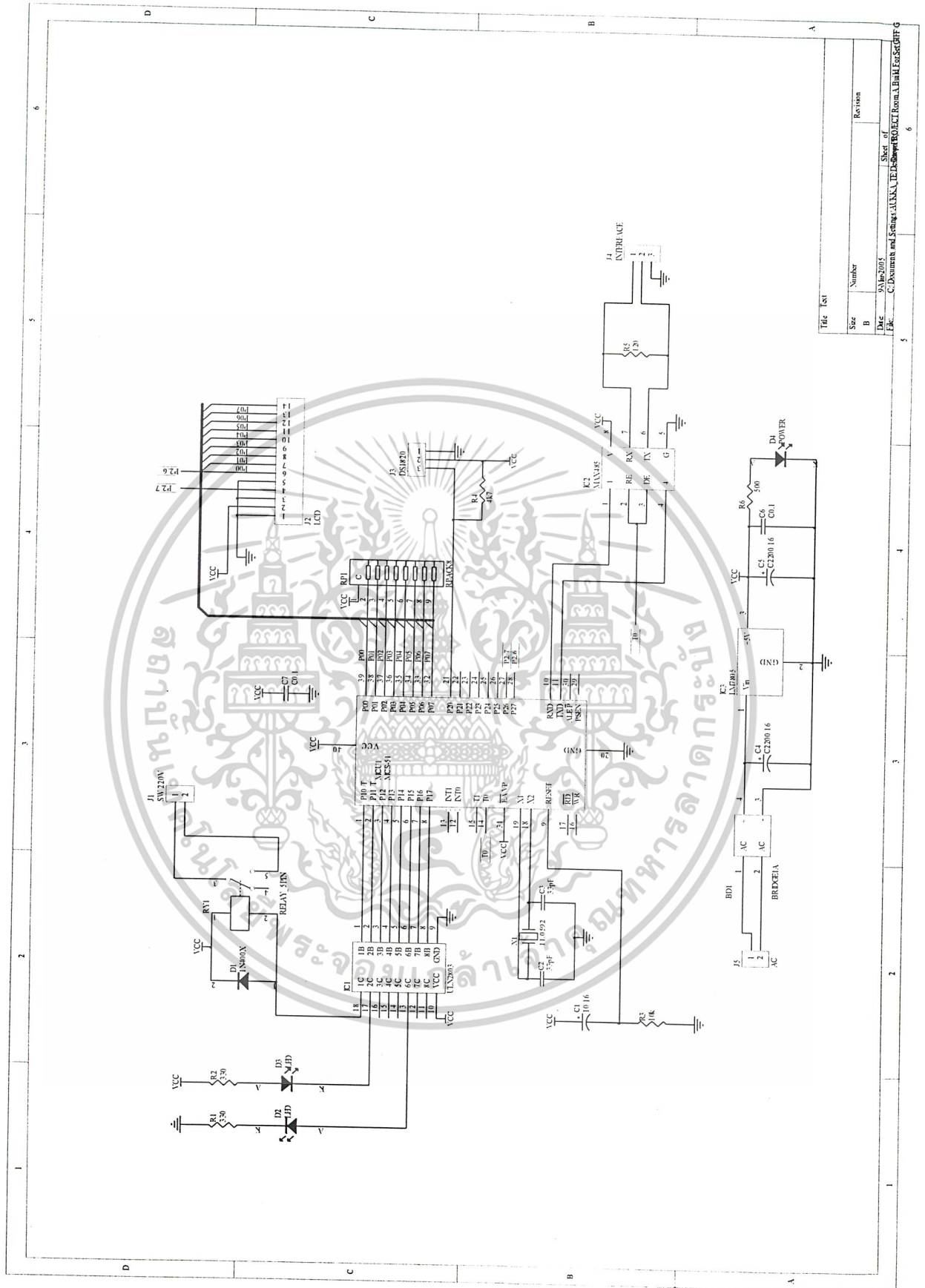
3.3.2 การควบคุมการเปิดปิด

ในส่วนของวงจรถวลคุมการเปิดปิดจะใช้รีเลย์เป็นตัวเปิดปิดให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปยังเครื่องปรับอากาศโดยการควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์โดยวงจรจะแสดงดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 แสดงวงจรส่วนการควบคุมการเปิดปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



File List

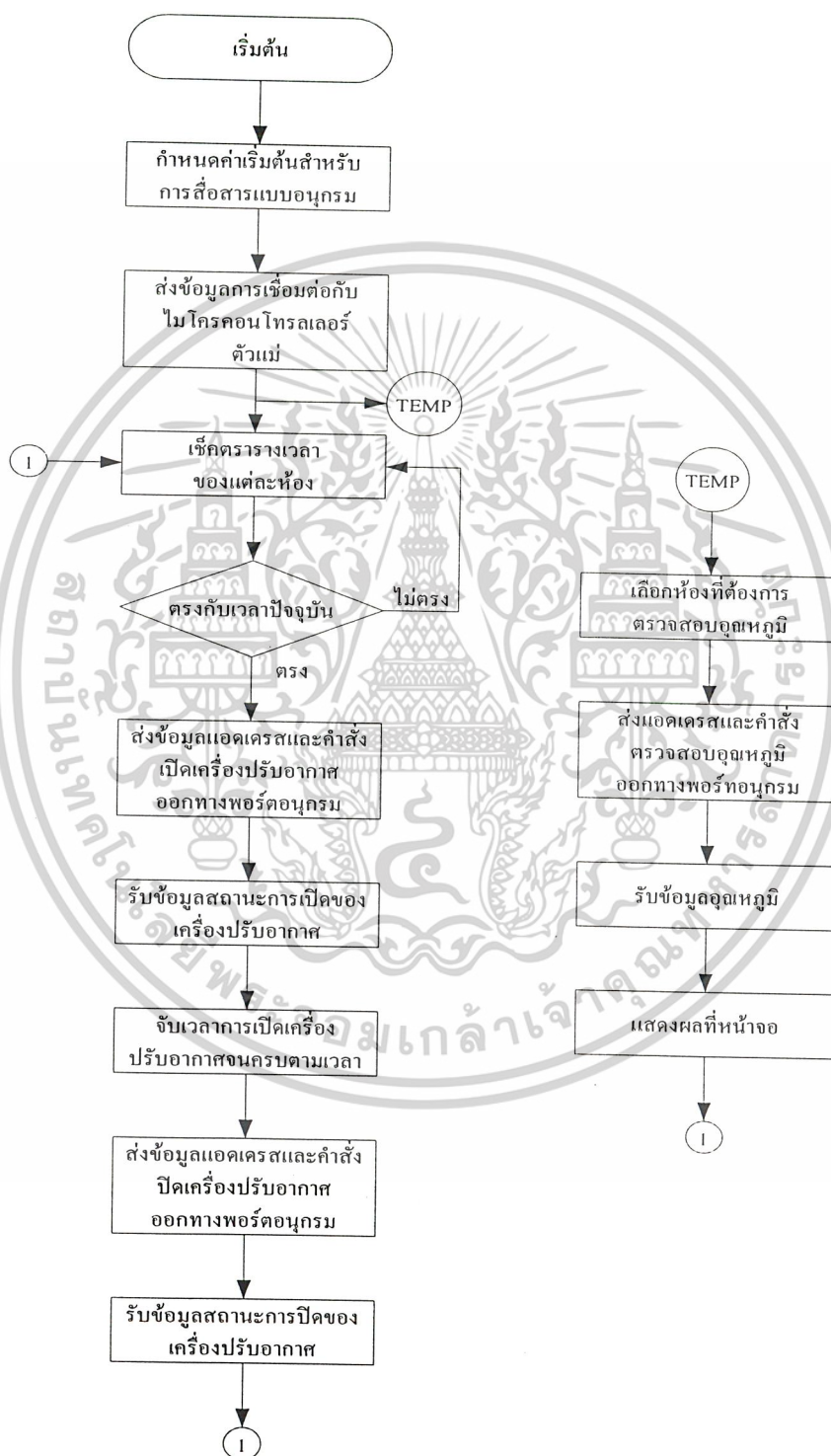
Size	Number	Revision
B		
Date	9/3/2005	Sheet of
File	C:\Documents and Settings\AKKAJ.TED\Sopw\PROJECT Room A\Binh\FacSci\BPF 6	

รูปที่ 3.15 แสดงวงจรชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวถูก

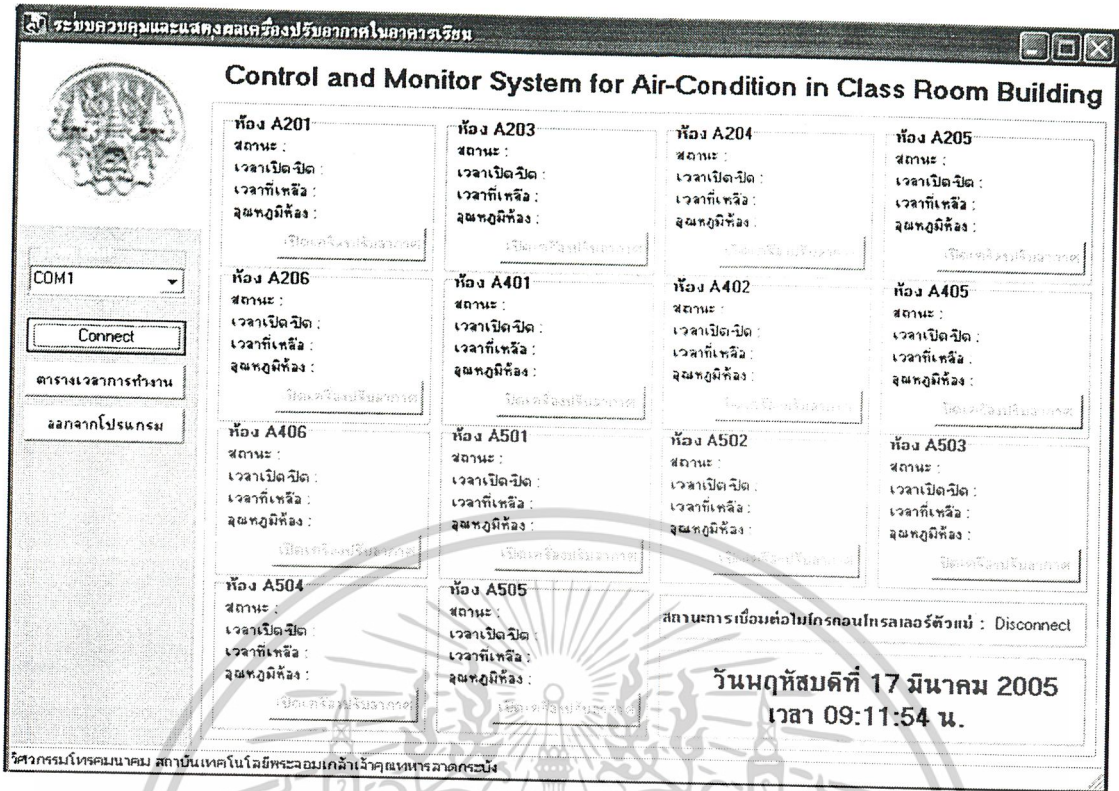
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 โปรแกรมควบคุมและแสดงผลทางคอมพิวเตอร์

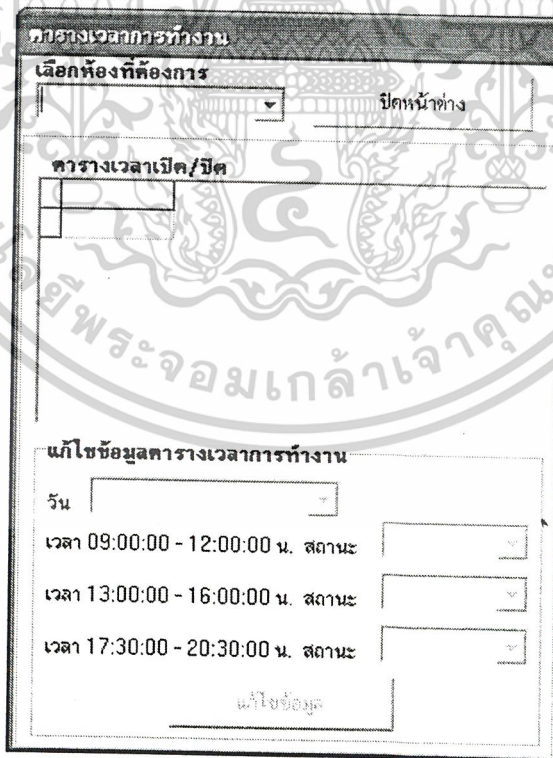
ในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ใช้ในการสั่งงานให้เครื่องปรับอากาศในแต่ละห้องนั้น เปิดปิดทำงานตาม ตารางเวลาการเรียนการสอนและใช้แสดงผลต่างๆ เช่น สถานะของเครื่องปรับอากาศ อุณหภูมิห้องในแต่ละห้อง โดยมีรูปแบบการทำงานดังนี้



รูปที่ 3.16 แสดงแผนผัง โปรแกรมคอมพิวเตอร์สั่งงานเปิดปิดเครื่องปรับอากาศ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต หากมีผู้ใดฝ่าฝืนให้ดำเนินการตามกฎหมายที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 3.17 แสดงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมและแสดงผล



รูปที่ 3.18 แสดงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ส่วนของการแสดงตารางเวลา

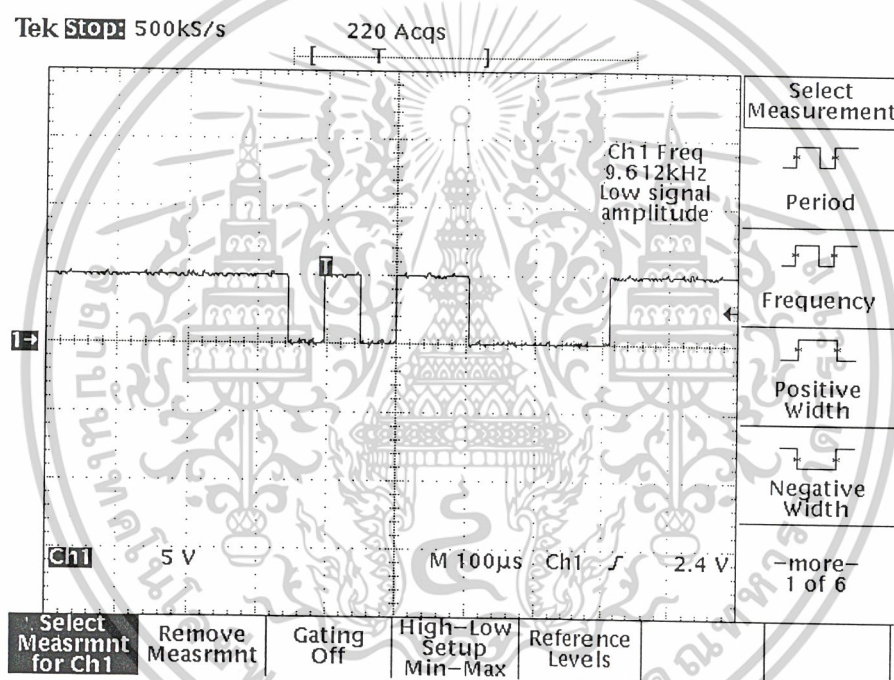
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

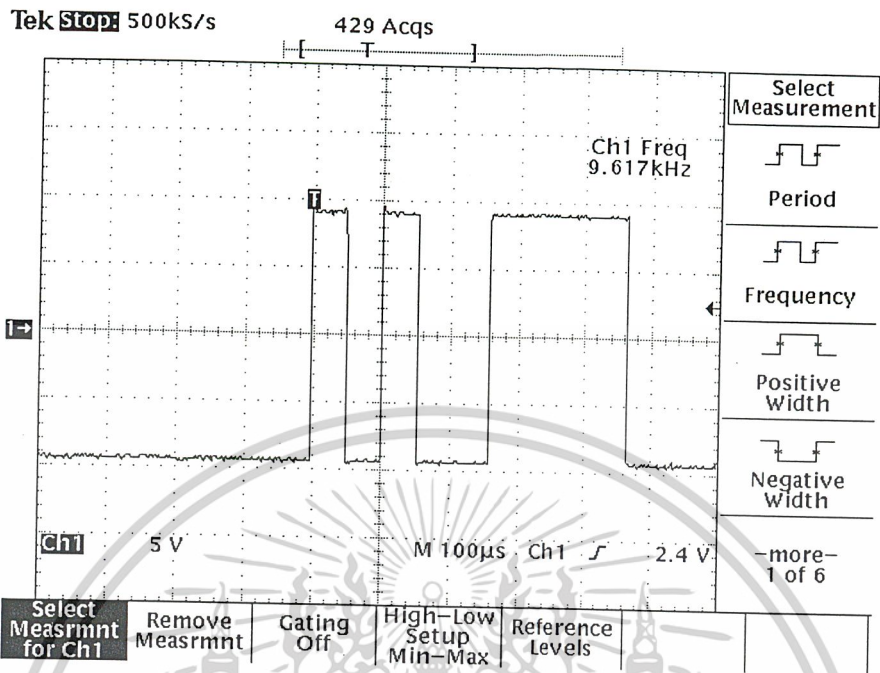
4.1 การทดลองการติดต่อสื่อสารไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232

การทดลองนี้จะเป็นการศึกษารูปแบบการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 โดยจะใช้วงจรในการทดลองดังรูปที่ 3.5 ในการทดลองนี้จะทำการวัดสัญญาณข้อมูลที่ออกมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ทั้งที่ยังไม่ผ่านไอซี MAX232 และเมื่อผ่านไอซี MAX232 แล้ว เพื่อทำการเปรียบเทียบกันโดยสัญญาณที่วัดได้จะแสดงดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมที่ยังไม่ผ่านไอซี MAX232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

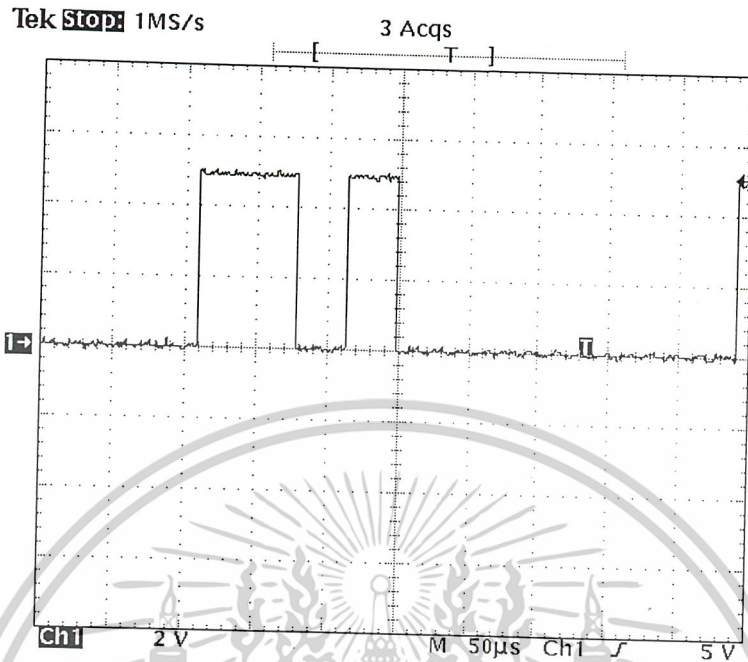


รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมเมื่อผ่านไอซี MAX232

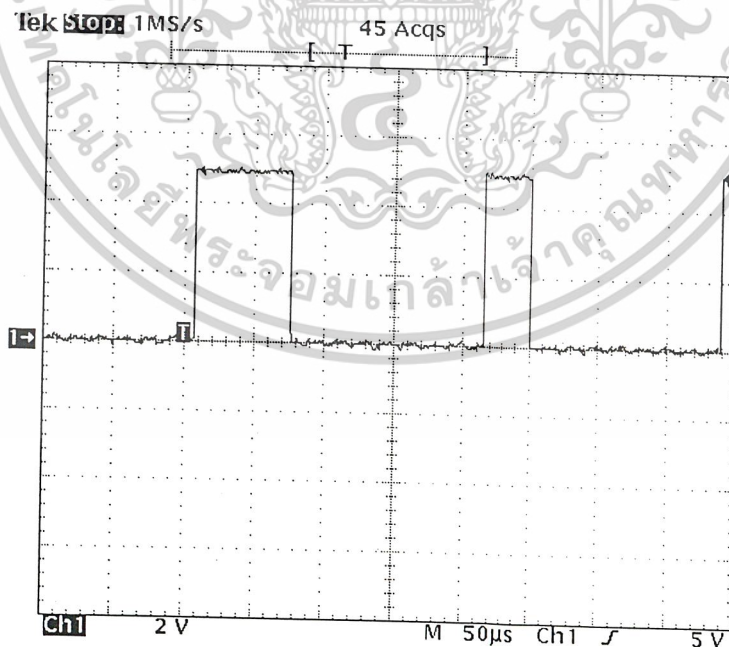
จากผลการทดลองจะเห็นว่าเมื่อสัญญาณผ่านไอซี MAX232 ระดับแรงดันของลอจิกหนึ่งที่เข้ามาจะแทนด้วยแรงดัน -18 โวลต์ ส่วนลอจิกศูนย์แทนด้วยแรงดัน +18 โวลต์ ซึ่งเป็นการปรับแรงดัน TTL ให้เป็นไปตามมาตรฐาน RS-232 เพื่อที่จะสามารถทำการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ได้

4.2 การทดลองการส่งสัญญาณติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม

การทดลองนี้จะเป็นการศึกษารูปแบบการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม ในการทดลองนี้จะทำการวัดสัญญาณข้อมูลที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ในตัวแม่ โดยข้อมูลที่ออกมาจะเป็นแอดเดรสหรือค่าไบนารี จะมีบิตข้อมูลบิตหนึ่งคือ TB8 เป็นบิตที่บอกว่าเป็นแอดเดรสหรือค่าไบนารีโดยถ้า TB8 = 1 หมายถึงแอดเดรสไบต์ และ TB8 = 0 หมายถึง ค่าไบนารี

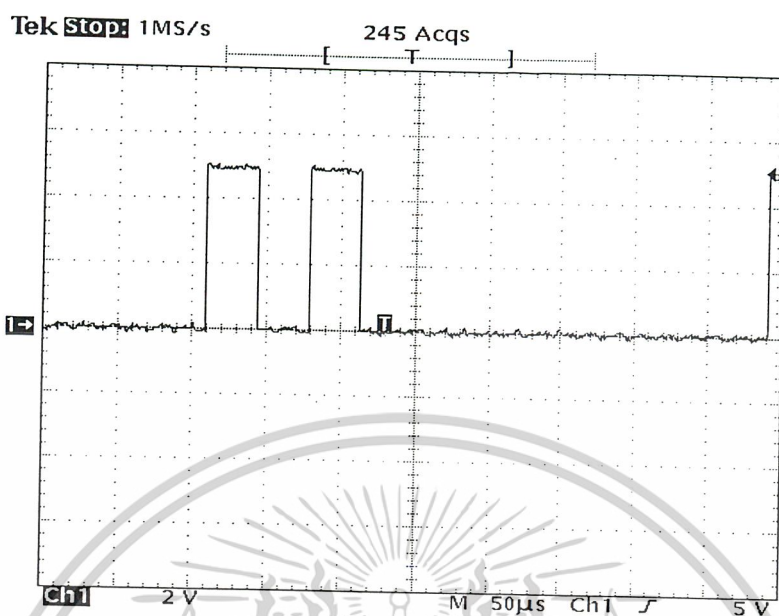


รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมเป็นแอดเดรสไบต์ 01H โดย TB8 = 1

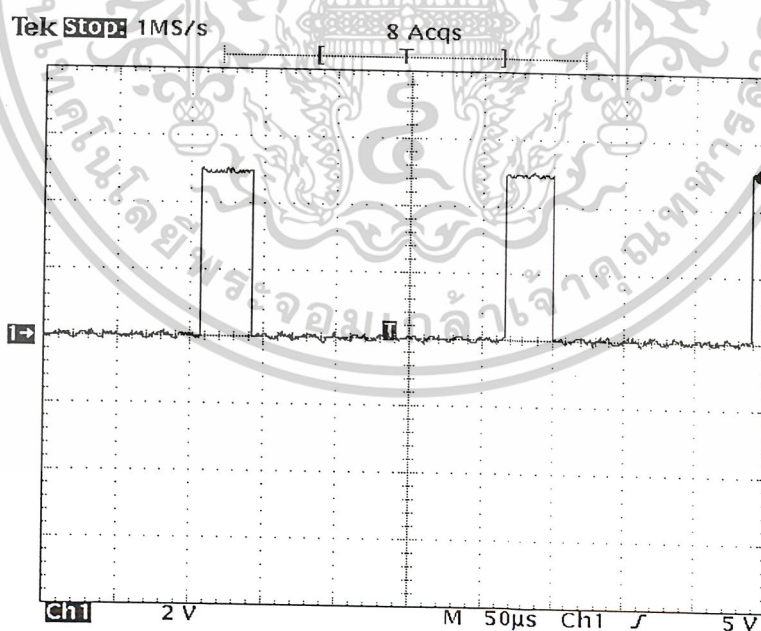


รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมเป็นแอดเดรสไบต์ 08H โดย TB8 = 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมเป็นคาต่าไบต์ 01H โดย TB8 = 0

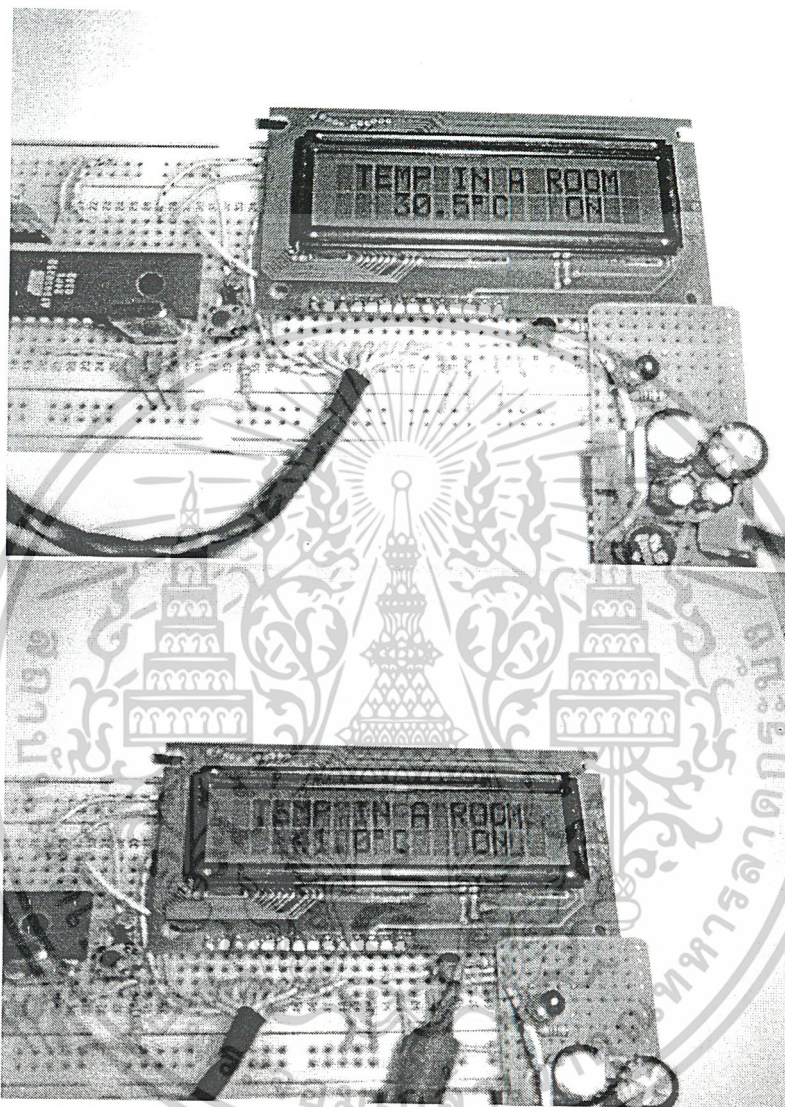


รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมเป็นคาต่าไบต์ 08H โดย TB8 = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองวงจรตรวจสอบอุณหภูมิ

ในส่วนของวงจรตรวจสอบอุณหภูมิจะใช้ไอซี DS18B20 เป็นไอซีตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้การติดต่อแบบบัสหนึ่งสายโดยวงจรในส่วนนี้จะแสดงดังรูปที่ 3.13 โดยการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.7

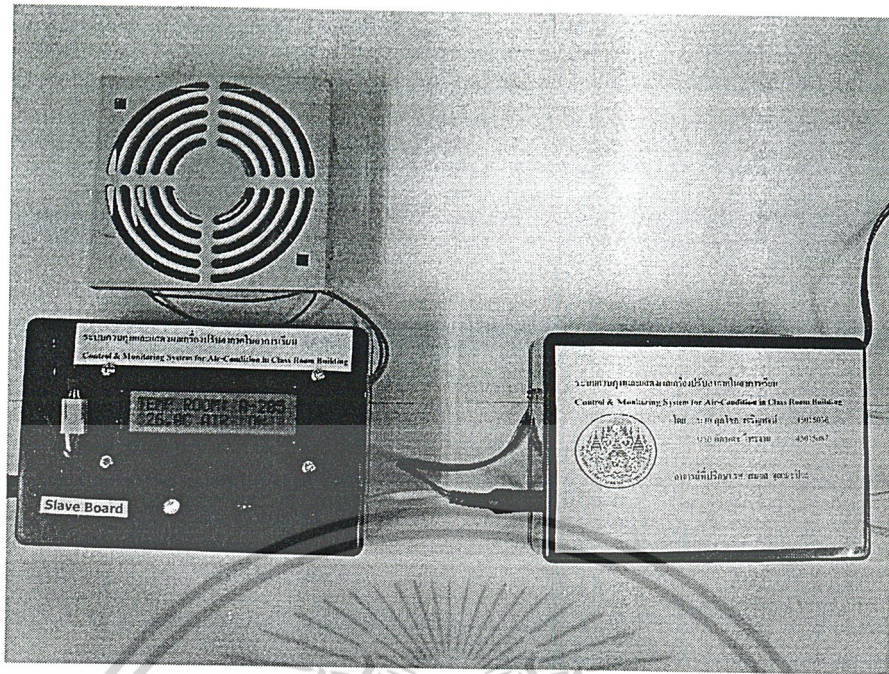


รูปที่ 4.7 แสดงการทดลองการตรวจสอบอุณหภูมิ

4.4 การทดลองวงจรเปิดปิดรีเลย์

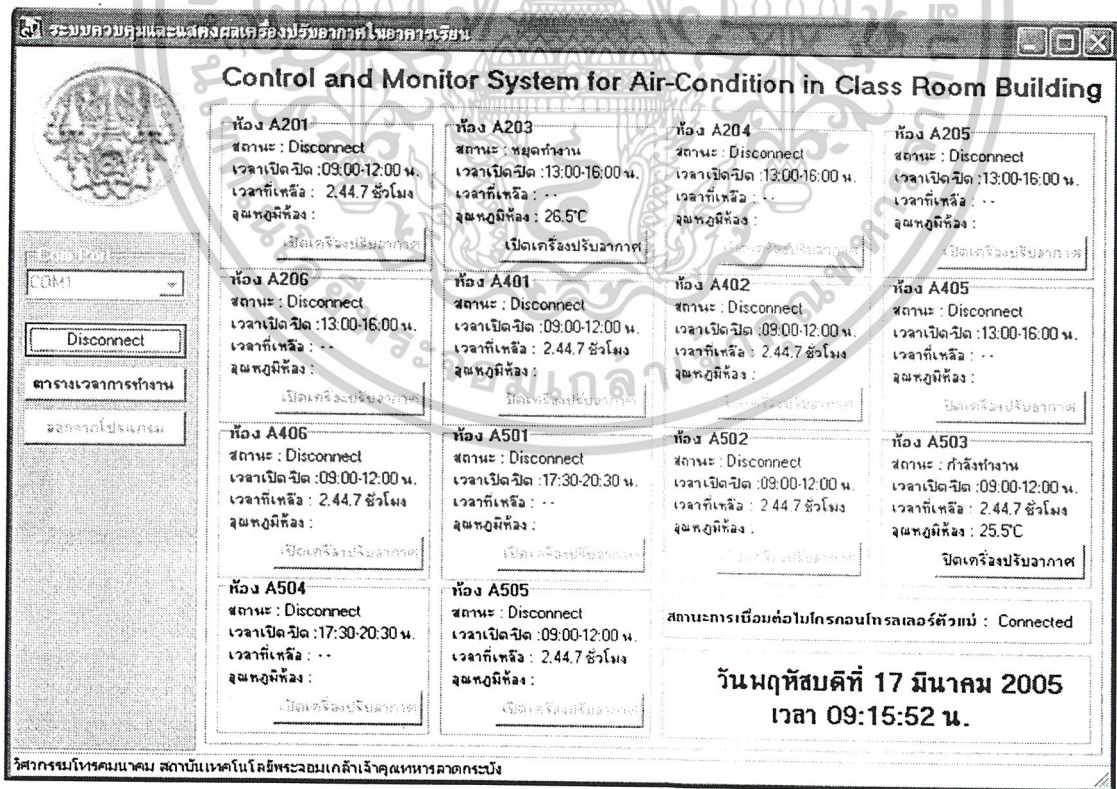
เมื่อทำการส่งสัญญาณลอจิกหนึ่งจากขาพอร์ตควบคุม ผ่านเข้าไปจับกระแสให้กับทรานซิสเตอร์ ทำให้กระแสไหลผ่านขดลวดในรีเลย์มีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของหน้าสัมผัสในรีเลย์เกิดกระแสไหลผ่านโหลดทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานได้ เมื่อทำการส่งสัญญาณลอจิกศูนย์จากขาพอร์ตควบคุมทำให้กระแสหยุดไหลผ่านขดลวดในรีเลย์มีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของหน้าสัมผัสในรีเลย์ กระแสไม่ไหลผ่านโหลดทำให้เครื่องปรับอากาศหยุดทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงทดลองวงจรเปิดปิดรีเลย์

4.5 การแสดงผลการทำงานและอุณหภูมิห้องบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.9 แสดงการแสดงผลการทำงานบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.8 เมื่อคลิกปุ่ม Connect คอมพิวเตอร์จะทำการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่เมื่อทำการเชื่อมต่อได้แล้วจะแสดงสถานะว่า Connected ในส่วนของการแสดงสถานะของแต่ละห้องจะแสดงช่วงเวลาเปิดปิดเวลาทำงานที่เหลือของเครื่องปรับอากาศและอุณหภูมิห้อง ถ้าสถานะที่แสดงเป็น Disconnect แสดงว่าไม่ได้ทำการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูกไว้ หรืออาจเกิดการผิดพลาดในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูก

โปรแกรมสามารถตรวจสอบการทำงานเริ่มต้นได้และเปิดเครื่องปรับอากาศให้ทำงานตามปกติได้ คือกรณีที่ห้องใดห้องหนึ่งเกิดขัดข้องชั่วคราวขณะที่เครื่องไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูกทำงาน ทำให้เครื่องไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูกรีเซ็ตตัวเองไปมีผลให้เครื่องปรับอากาศหยุดทำงานทันที ในกรณีนี้เครื่องไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่จะทำการส่งสัญญาณไปบอกให้โปรแกรมควบคุมบนคอมพิวเตอร์ทราบ จากนั้นโปรแกรมควบคุมจะทำการตรวจสอบว่าเครื่องไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูก ทำงานในช่วงเวลานั้นหรือไม่ ถ้าเกิดว่าทำงานอยู่ก็จะส่งสัญญาณลงมาให้เครื่องไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูกเปิดให้เครื่องปรับอากาศทำงานต่อโดยอัตโนมัติ และโปรแกรมสามารถแสดงเตือนการใช้เครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิต่างๆได้ เช่น อุณหภูมิในห้องต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส จะแสดงสัญญาณเตือนสีน้ำเงินบนแถบแสดงอุณหภูมิในช่องที่แสดงห้องนั้นแล้วส่งสัญญาณออกไปหยุดการทำงานของเครื่องปรับอากาศชั่วคราวจนกว่าอุณหภูมิในห้องจะสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส และตรวจสอบความผิดปกติของห้องได้ ถ้าอุณหภูมิในห้องสูงกว่า 33 องศาเซลเซียสจะแสดงสัญญาณเตือนสีแดงบนแถบแสดงอุณหภูมิในช่องที่แสดงห้องนั้น

ในส่วนของการแสดงตารางเวลาการทำงานของแต่ละห้องนั้น จะแสดงช่วงของการใช้ห้องเรียนทั้งหมด 3 ช่วง คือ 09:00 – 12:00 น. 13:00 – 16:00 น. และ 17:30 – 20:30 น. โดยช่วงที่มีการใช้ห้องเรียนจะแสดงคำว่า True และในช่วงที่ไม่มีการใช้ห้องเรียนจะแสดงคำว่า False โดยแสดงดังรูปที่ 4.9

ตารางเวลาการทำงานห้อง A201

เลือกห้องที่ต้องการ

ตารางเวลาเปิด/ปิดห้อง A201

Day	09:00 - 12:00	13:00 - 16:00	17:30 - 20:30
Monday	True	True	False
Tuesday	True	True	False
Wednesday	False	True	True
Thursday	True	True	True
Friday	True	False	False
Saturday	False	True	False
Sunday	True	True	True

แก้ไขข้อมูลตารางเวลาการทำงานห้อง A201

วัน

เวลา 09:00:00 - 12:00:00 น. สถานะ

เวลา 13:00:00 - 16:00:00 น. สถานะ

เวลา 17:30:00 - 20:30:00 น. สถานะ

รูปที่ 4.10 แสดงการแสดงผลตารางเวลาของห้อง A201 บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป

ในโครงการนี้เป็นการควบคุมใช้เครื่องปรับอากาศของห้องเรียนในอาคารเรียน ให้ตรงตามตารางเวลาเรียน สามารถตรวจสอบอุณหภูมิของห้องพร้อมทั้งยังสามารถป้องกันการลืมหัดเครื่องปรับอากาศหลังจากเลิกใช้ห้องเรียนแล้ว ทั้งนี้จะเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยไม่จำเป็นอีกทางหนึ่ง การทำงานของเครื่องควบคุมจะเป็นการควบคุมจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นส่วนในการตั้งฐานเวลาขึ้นแล้วทำการเซตเพื่อให้ห้องเรียนที่มีการเรียนการสอนในช่วงเวลานั้น สามารถเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศในห้องได้ และเมื่อถึงเวลาปิดเครื่องก็จะทำการปิดสวิทช์ควบคุมการจ่ายไฟฟ้าให้กับเครื่องปรับอากาศ ส่วนวงจรที่ใช้ควบคุมจะใช้เครือข่ายไมโครคอนโทรลเลอร์มาเป็นส่วนเชื่อมต่อการควบคุมในแต่ละห้อง และมีตัวตรวจสอบอุณหภูมิ เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิในห้องนั้นๆ ได้ ในการทดลองได้เรียนรู้ถึงการเชื่อมต่อแบบเครือข่ายของไมโครคอนโทรลเลอร์ในการติดต่อสื่อสารรับส่งข้อมูล และการสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐาน RS-232 และ RS-485

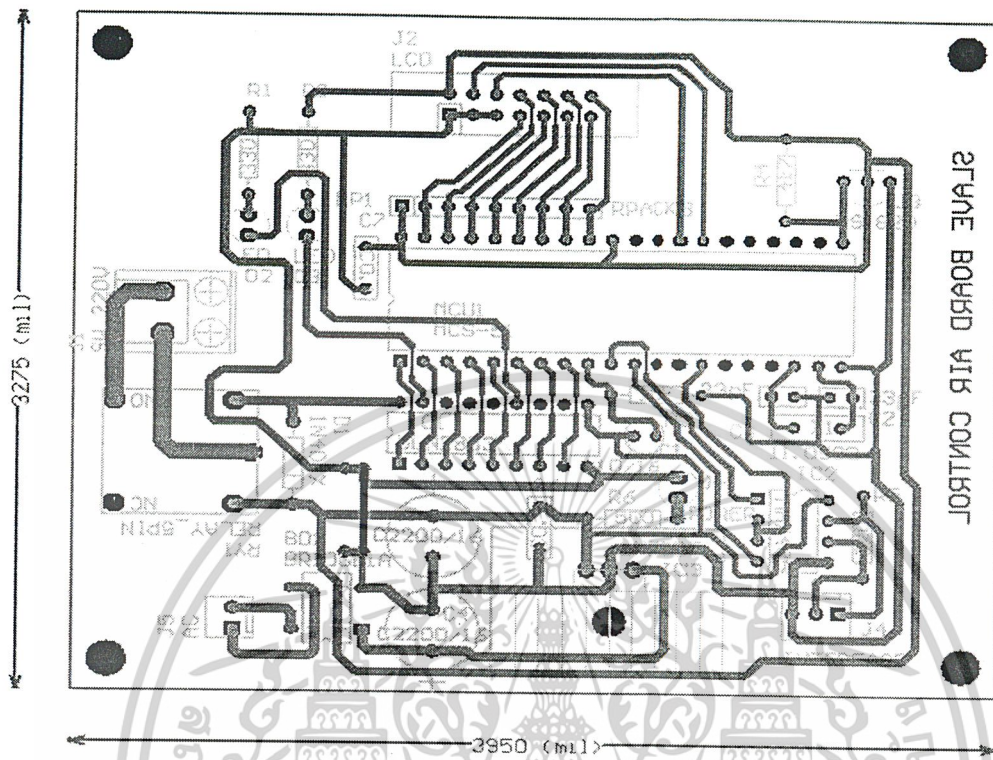
แนวทางในการพัฒนาโครงการคือสามารถควบคุมการสั่งงานต่างๆ ในห้องเรียนผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ตได้จะช่วยให้ผู้ที่มีหน้าที่ดูแลการทำงานสามารถตรวจสอบการทำงานและสั่งการทำงานได้ทุกที่ ทำให้การสั่งงานต่างๆ สะดวกขึ้นโดยไม่ต้องเข้ามาที่ห้องควบคุมในอาคาร และพัฒนาให้สามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิดในห้องเรียนได้ เช่น การควบคุมการเปิดปิดหลอดไฟ การควบคุมการจ่ายไฟให้กับปลั๊กไฟต่างๆ ในห้องเรียนได้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

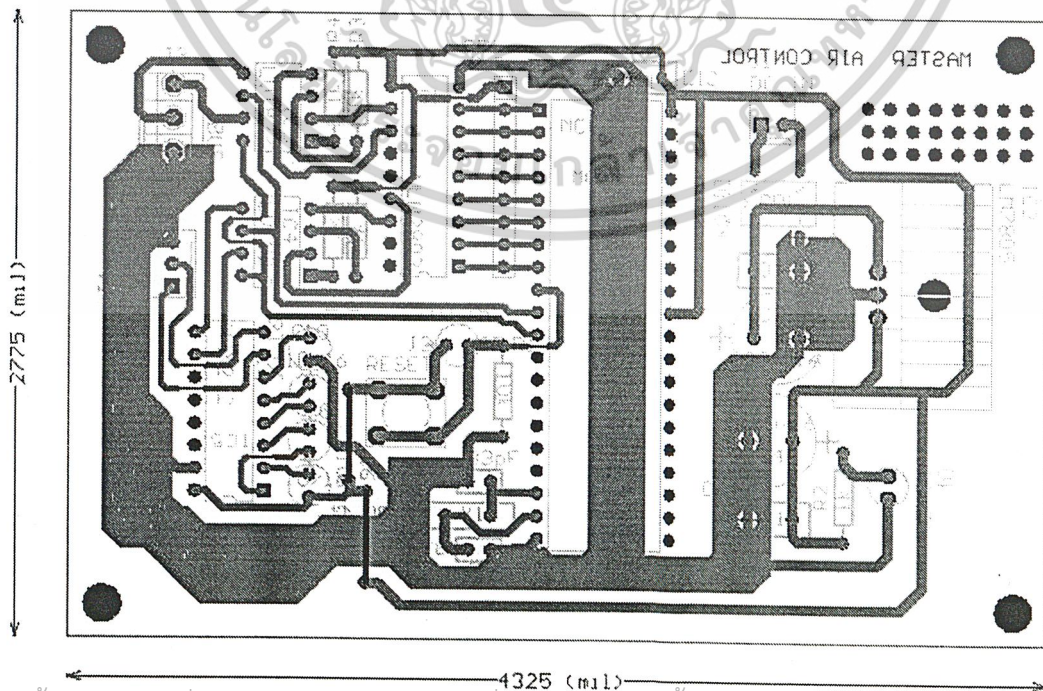


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปลายแผ่นปริ๊นท้วงจรชุดไมโครคอนโทรเลอร์ตัวลูก

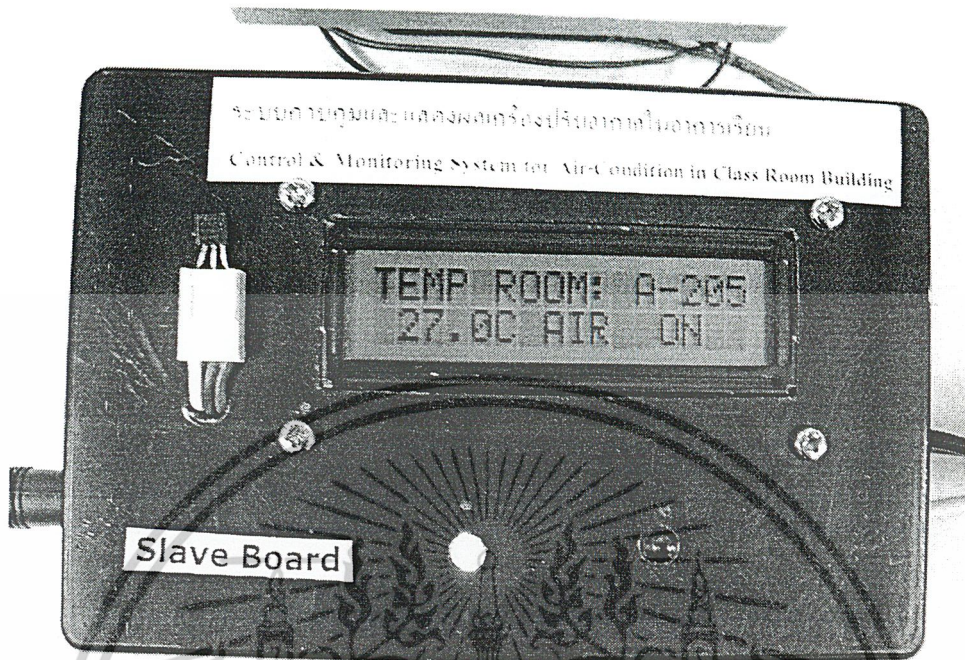


รูปลายแผ่นปริ๊นท้วงจรชุดไมโครคอนโทรเลอร์ตัวแม่

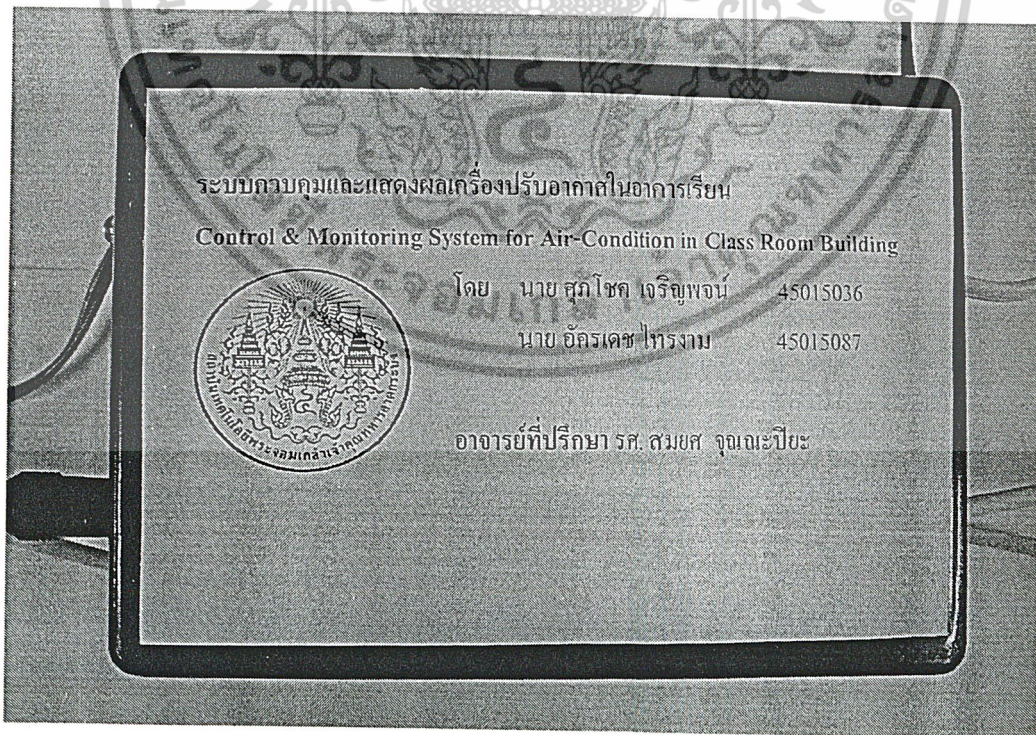


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูก



รูปบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแม่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 8K Bytes of In-System Reprogrammable Downloadable Flash Memory
 - SPI Serial Interface for Program Downloading
 - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- 2K Bytes EEPROM
 - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
- 4V to 6V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 256 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16-bit Timer/Counters
- Nine Interrupt Sources
- Programmable UART Serial Channel
- SPI Serial Interface
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery From Power-down
- Programmable Watchdog Timer
- Dual Data Pointer
- Power-off Flag

Description

The AT89S8252 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 8K bytes of downloadable Flash programmable and erasable read only memory and 2K bytes of EEPROM. The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard 80C51 instruction set and pinout. The on-chip downloadable Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with downloadable Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89S8252 is a powerful microcomputer which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The AT89S8252 provides the following standard features: 8K bytes of downloadable Flash, 2K bytes of EEPROM, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, programmable watchdog timer, two data pointers, three 16-bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89S8252 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or hardware reset.

The downloadable Flash can be changed a single byte at a time and is accessible through the SPI serial interface. Holding RESET active forces the SPI bus into a serial programming interface and allows the program memory to be written to or read from unless Lock Bit 2 has been activated.



**8-bit
Microcontroller
with 8K Bytes
Flash**

AT89S8252

Rev. 0401E-02/00

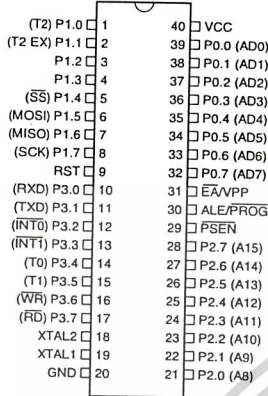


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

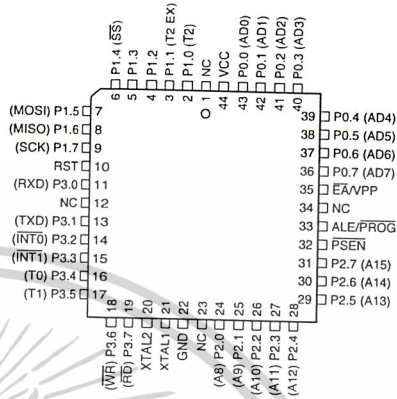


Pin Configurations

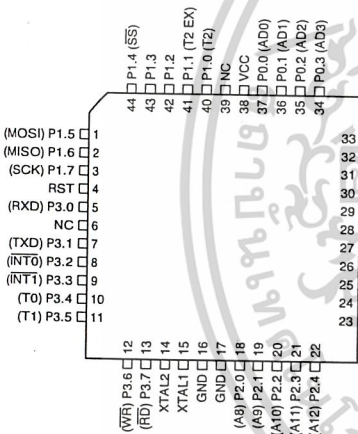
PDIP



PLCC



PQFP/TQFP



Pin Description

- VCC**
Supply voltage.
- GND**
Ground.

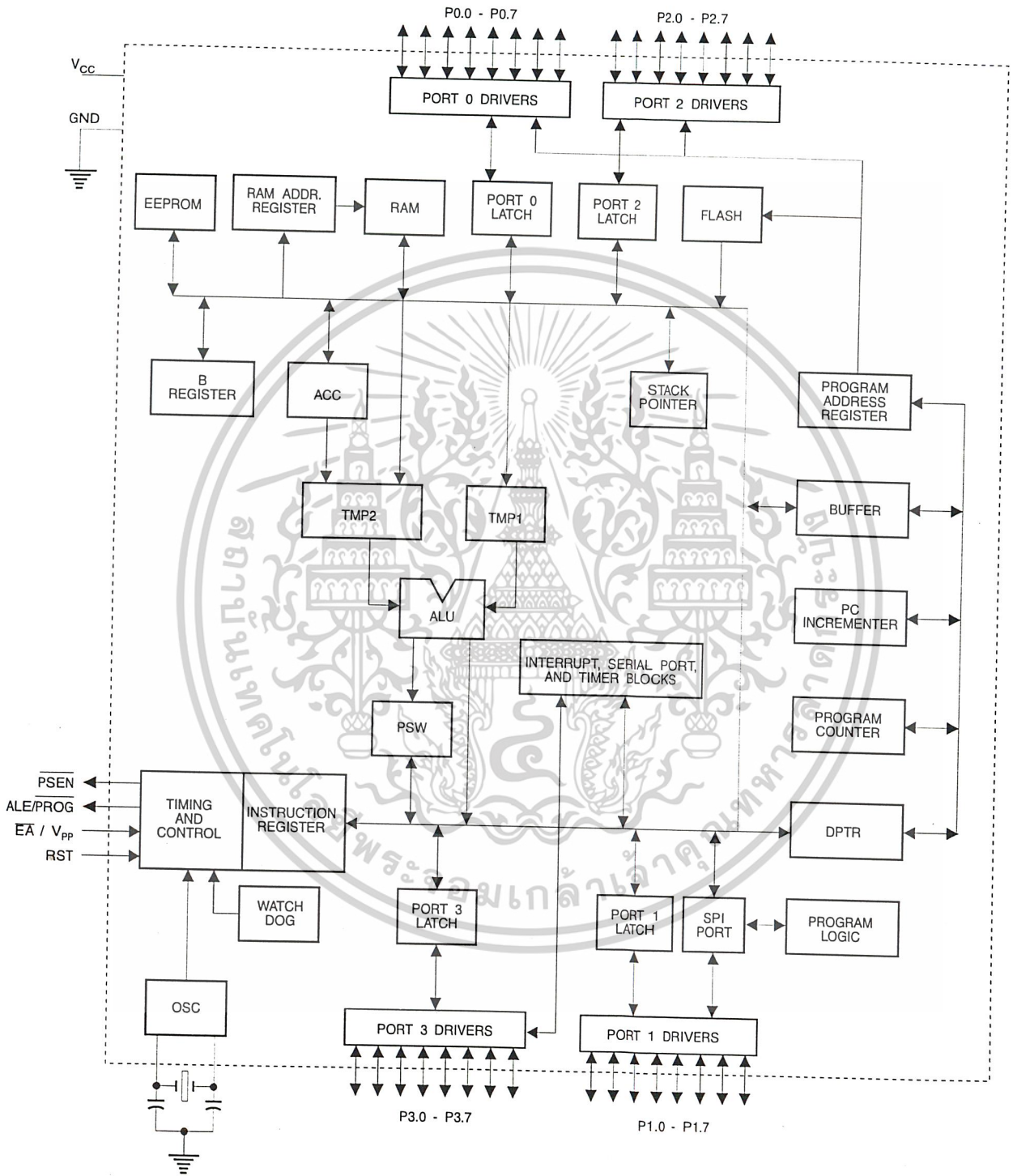
Port 0
Port 0 is an 8-bit open drain bbi-didirectional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.
Port 0 can also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external

program and data memory. In this mode, P0 has internal pullups.
Port 0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram





Some Port 1 pins provide additional functions. P1.0 and P1.1 can be configured to be the timer/counter 2 external count input (P1.0/T2) and the timer/counter 2 trigger input (P1.1/T2EX), respectively.

Pin Description

Furthermore, P1.4, P1.5, P1.6, and P1.7 can be configured as the SPI slave port select, data input/output and shift clock input/output pins as shown in the following table.

Port Pin	Alternate Functions
P1.0	T2 (external count input to Timer/Counter 2), clock-out
P1.1	T2EX (Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control)
P1.4	\overline{SS} (Slave port select input)
P1.5	MOSI (Master data output, slave data input pin for SPI channel)
P1.6	MISO (Master data input, slave data output pin for SPI channel)
P1.7	SCK (Master clock output, slave clock input pin for SPI channel)

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

Port 2

Port 2 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

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

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

Port 3

Port 3 is an 8 bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs,

Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89S8252, as shown in the following table.

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

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

RST

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

ALE/PROG

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

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

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

\overline{PSEN}

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

When the AT89S8252 is executing code from external program memory, \overline{PSEN} is activated twice each machine cycle, except that two \overline{PSEN} activations are skipped during each access to external data memory.

\overline{EA}/VPP

External Access Enable. \overline{EA} must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external pro-

gram memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, EA will be internally latched on reset.

EA should be strapped to V_{CC} for internal program executions. This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming when 12-volt programming is selected.

XTAL1

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

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Table 1. AT89S8252 SFR Map and Reset Values

0F8H									0FFH
0F0H	B 00000000								0F7H
0E8H									0EFH
0E0H	ACC 00000000								0E7H
0D8H									0DFH
0D0H	PSW 00000000					SPCR 000001XX			0D7H
0C8H	T2CON 00000000	T2MOD XXXXXX00	RCAP2L 00000000	RCAP2H 00000000	TL2 00000000	TH2 00000000			0CFH
0C0H									0C7H
0B8H	IP XX000000								0BFH
0B0H	P3 11111111								0B7H
0A8H	IE 0X000000		SPSR 00XXXXXX						0AFH
0A0H	P2 11111111								0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX							9FH
90H	P1 11111111						WMCON 00000010		97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000			8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000	SPDR XXXXXXXX	PCON 0XXX0000	87H



MAXIM

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

General Description

The MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E line drivers/receivers are designed for RS-232 and V.28 communications in harsh environments. Each transmitter output and receiver input is protected against ±15kV electrostatic discharge (ESD) shocks, without latching. The various combinations of features are outlined in the *Selection Guide*. The drivers and receivers for all ten devices meet all EIA/TIA-232E and CCITT V.28 specifications at data rates up to 120kbps, when loaded in accordance with the EIA/TIA-232E specification.

The MAX211E/MAX213E/MAX241E are available in 28-pin SO packages, as well as a 28-pin SSOP that uses 60% less board space. The MAX202E/MAX232E come in 16-pin narrow SO, wide SO, and DIP packages. The MAX203E comes in a 20-pin DIP/SO package, and needs no external charge-pump capacitors. The MAX205E comes in a 24-pin wide DIP package, and also eliminates external charge-pump capacitors. The MAX206E/MAX207E/MAX208E come in 24-pin SO, SSOP, and narrow DIP packages. The MAX232E/MAX241E operate with four 1µF capacitors, while the MAX202E/MAX206E/MAX207E/MAX208E/MAX211E/MAX213E operate with four 0.1µF capacitors, further reducing cost and board space.

Applications

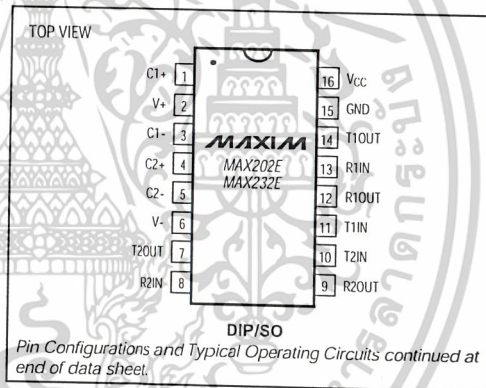
Notebook, Subnotebook, and Palmtop Computers
Battery-Powered Equipment
Hand-Held Equipment

Ordering information appears at end of data sheet.

Features

- ◆ ESD Protection for RS-232 I/O Pins:
 - ±15kV—Human Body Model
 - ±8kV—IEC1000-4-2, Contact Discharge
 - ±15kV—IEC1000-4-2, Air-Gap Discharge
- ◆ Latchup Free (unlike bipolar equivalents)
- ◆ Guaranteed 120kbps Data Rate—LapLink™ Compatible
- ◆ Guaranteed 3V/µs Min Slew Rate
- ◆ Operate from a Single +5V Power Supply

Pin Configurations



Selection Guide

PART	No. of RS-232 DRIVERS	No. of RS-232 RECEIVERS	RECEIVERS ACTIVE IN SHUTDOWN	No. of EXTERNAL CAPACITORS	LOW-POWER SHUTDOWN	TTL THREE-STATE
MAX202E	2	2	0	4 (0.1µF)	No	No
MAX203E	2	2	0	None	No	No
MAX205E	5	5	0	None	Yes	Yes
MAX206E	4	3	0	4 (0.1µF)	Yes	Yes
MAX207E	5	3	0	4 (0.1µF)	No	No
MAX208E	4	4	0	4 (0.1µF)	No	No
MAX211E	4	5	0	4 (0.1µF)	Yes	Yes
MAX213E	4	5	2	4 (0.1µF)	Yes	Yes
MAX232E	2	2	0	4 (1µF)	No	No
MAX241E	4	5	0	4 (1µF)	Yes	Yes

LapLink is a registered trademark of Traveling Software, Inc.

MAXIM

Maxim Integrated Products 1

For free samples & the latest literature: <http://www.maxim-ic.com>, or phone 1-800-998-8800

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V _{CC}	-0.3V to +6V	20-Pin SO (derate 10.00mW/°C above +70°C).....	800mW
V ₊	(V _{CC} - 0.3V) to +14V	24-Pin Narrow Plastic DIP	
V ₋	-14V to +0.3V	(derate 13.33mW/°C above +70°C)	1.07W
Input Voltages		24-Pin Wide Plastic DIP	
T _{IN}	-0.3V to (V ₊ + 0.3V)	(derate 14.29mW/°C above +70°C).....	1.14W
R _{IN}	±30V	24-Pin SO (derate 11.76mW/°C above +70°C).....	941mW
Output Voltages		24-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C).....	640mW
T _{OUT}	(V ₋ - 0.3V) to (V ₊ + 0.3V)	28-Pin SO (derate 12.50mW/°C above +70°C).....	1W
R _{OUT}	-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)	28-Pin SSOP (derate 9.52mW/°C above +70°C).....	762mW
Short-Circuit Duration, T _{OUT}	Continuous	Operating Temperature Ranges	
Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)		MAX2 _{__} EC	0°C to +70°C
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)...	842mW	MAX2 _{__} EE	-40°C to +85°C
16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C)	696mW	Storage Temperature Range	-65°C to +165°C
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C)	762mW	Lead Temperature (soldering, 10sec).....	+300°C
20-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C)...	889mW		

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

(V_{CC} = +5V ±10% for MAX202E/206E/208E/211E/213E/232E/241E; V_{CC} = +5V ±5% for MAX203E/205E/207E; C₁-C₄ = 1µF for MAX232E/241E; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
DC CHARACTERISTICS							
V _{CC} Supply Current	I _{CC}	No load, T _A = +25°C	MAX202E/203E		8	15	mA
			MAX205E-208E		11	20	
			MAX211E/213E		14	20	
			MAX232E		5	10	
			MAX241E		7	15	
Shutdown Supply Current		T _A = +25°C, Figure 1	MAX205E/206E		1	10	µA
			MAX211E/241E		1	10	
			MAX213E		15	50	
LOGIC							
Input Pull-Up Current		T _{IN} = 0V (MAX205E-208E/211E/213E/241E)		15	200	µA	
Input Leakage Current		T _{IN} = 0V to V _{CC} (MAX202E/203E/232E)			±10	µA	
Input Threshold Low	V _{IL}	T _{IN} ; EN, SHDN (MAX213E) or EN, SHDN (MAX205E-208E/211E/241E)			0.8	V	
Input Threshold High	V _{IH}	T _{IN}		2.0		V	
		EN, SHDN (MAX213E) or EN, SHDN (MAX205E-208E/211E/241E)		2.4			
Output Voltage Low	V _{OL}	R _{OUT} ; I _{OUT} = 3.2mA (MAX202E/203E/232E) or I _{OUT} = 1.6mA (MAX205E/208E/211E/213E/241E)			0.4	V	
Output Voltage High	V _{OH}	R _{OUT} ; I _{OUT} = -1.0mA	3.5	V _{CC} - 0.4		V	
Output Leakage Current		EN = V _{CC} . EN = 0V, 0V ≤ R _{OUT} ≤ V _{CC} . MAX205E-208E/211E/213E/241E outputs disabled		±0.05	±10	µA	

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = +5V ±10% for MAX202E/206E/208E/211E/213E/232E/241E; V_{CC} = +5V ±5% for MAX203E/205E/207E; C₁-C₄ = 0.1µF for MAX202E/206E/207E/208E/211E/213E; C₁-C₄ = 1µF for MAX232E/241E; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
EIA/TIA-232E RECEIVER INPUTS						
Input Voltage Range			-30		30	V
Input Threshold Low		T _A = +25°C, V _{CC} = 5V	All parts, normal operation	0.8	1.2	V
			MAX213E, SHDN = 0V, EN = V _{CC}	0.6	1.5	
Input Threshold High		T _A = +25°C, V _{CC} = 5V	All parts, normal operation	1.7	2.4	V
			MAX213E (R4, R5), SHDN = 0V, EN = V _{CC}	1.5	2.4	
Input Hysteresis		V _{CC} = 5V, no hysteresis in shutdown	0.2	0.5	1.0	V
Input Resistance		T _A = +25°C, V _{CC} = 5V	3	5	7	kΩ
EIA/TIA-232E TRANSMITTER OUTPUTS						
Output Voltage Swing		All drivers loaded with 3kΩ to ground (Note 1)	+5	±9		V
Output Resistance		V _{CC} = V ₊ = V ₋ = 0V, V _{OUT} = ±2V	300			Ω
Output Short-Circuit Current				±10	±60	mA
TIMING CHARACTERISTICS						
Maximum Data Rate		R _L = 3kΩ to 7kΩ, C _L = 50pF to 1000pF, one transmitter switching	120			kbps
Receiver Propagation Delay	t _{PLHR} , t _{PHLR}	C _L = 150pF	All parts, normal operation	0.5	10	µs
			MAX213E (R4, R5), SHDN = 0V, EN = V _{CC}	4	40	
Receiver Output Enable Time		MAX205E/206E/211E/213E/241E normal operation, Figure 2		600		ns
Receiver Output Disable Time		MAX205E/206E/211E/213E/241E normal operation, Figure 2		200		ns
Transmitter Propagation Delay	t _{PLHT} , t _{PHLT}	R _L = 3kΩ, C _L = 2500pF, all transmitters loaded		2		µs
Transition-Region Slew Rate		T _A = +25°C, V _{CC} = 5V, R _L = 3kΩ to 7kΩ, C _L = 50pF to 1000pF, measured from -3V to +3V or +3V to -3V, Figure 3	3	6	30	V/µs
ESD PERFORMANCE: TRANSMITTER OUTPUTS, RECEIVER INPUTS						
ESD-Protection Voltage		Human Body Model		±15		kV
		IEC1000-4-2, Contact Discharge		±8		
		IEC1000-4-2, Air-Gap Discharge		±15		

Note 1: MAX211EE_ tested with V_{CC} = +5V ±5%.

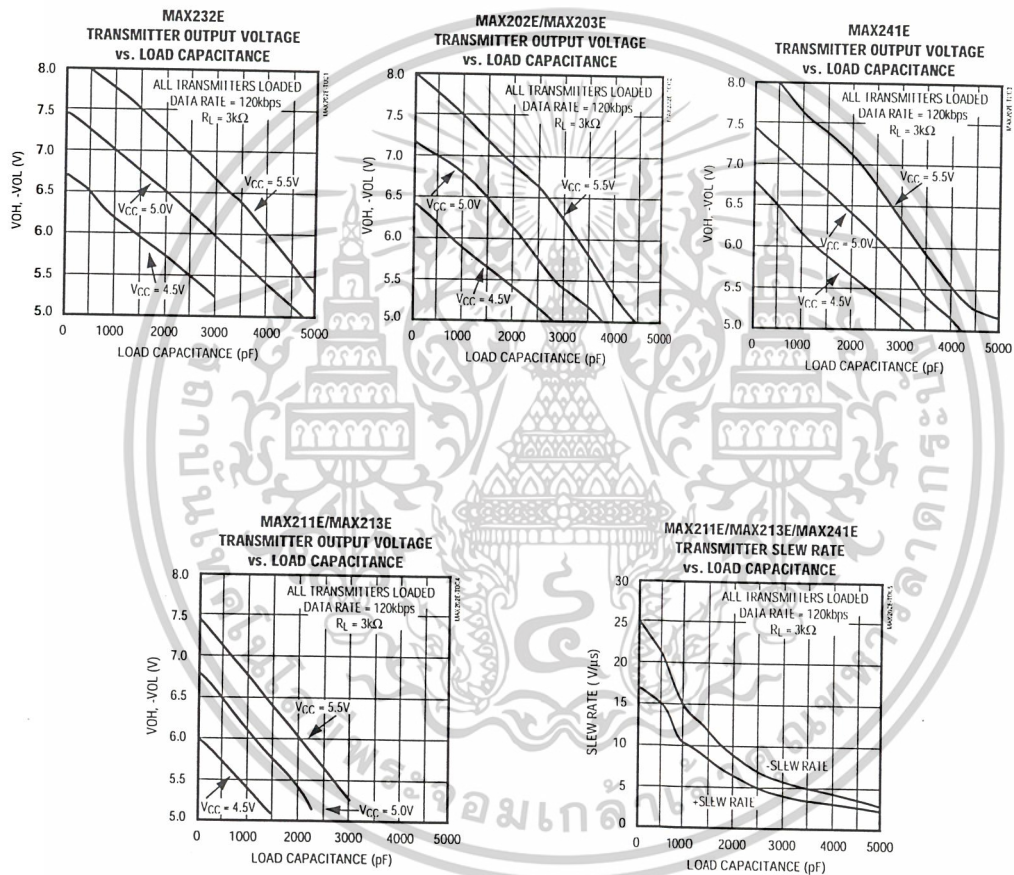
MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

Typical Operating Characteristics

(Typical Operating Circuits, $V_{CC} = +5V$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



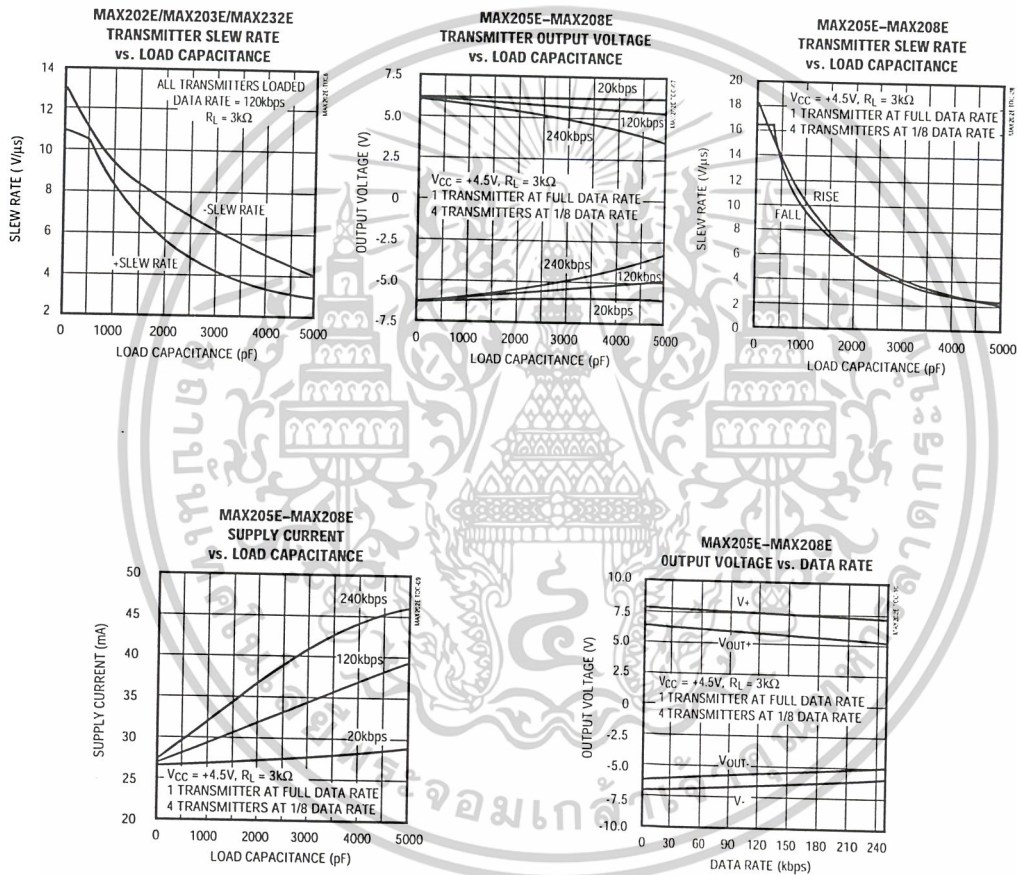
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

Typical Operating Characteristics (continued)

(Typical Operating Circuits, $V_{CC} = +5V$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

Pin Descriptions

MAX202E/MAX232E

PIN		NAME	FUNCTION
DIP/SO	LCC		
1, 3	2, 4	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
2	3	V+	+2V _{CC} voltage generated by the charge pump
4, 5	5, 7	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
6	8	V-	-2V _{CC} voltage generated by the charge pump
7, 14	9, 18	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
8, 13	10, 17	R_IN	RS-232 Receiver Outputs
9, 12	12, 15	R_OUT	RS-232 Receiver Outputs
10, 11	13, 14	T_IN	RS-232 Driver Inputs
15	19	GND	Ground
16	20	V _{CC}	+4.5V to +5.5V Supply-Voltage Input
—	1, 6, 11, 16	N.C.	No Connect—not internally connected.

MAX203E

PIN		NAME	FUNCTION
DIP	SO		
1, 2	1, 2	T_IN	RS-232 Driver Inputs
3, 20	3, 20	R_OUT	RS-232 Receiver Outputs
4, 19	4, 19	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
5, 18	5, 18	T_OUT	RS-232 Transmitter Outputs
6, 9	6, 9	GND	Ground
7	7	V _{CC}	+4.5V to +5.5V Supply-Voltage Input
8	13	C1+	Make no connection to this pin.
10, 16	11, 16	C2-	Connect pins together.
12, 17	10, 17	V-	-2V _{CC} voltage generated by the charge pump. Connect pins together.
13	14	C1-	Make no connection to this pin.
14	8	V+	+2V _{CC} voltage generated by the charge pump
11, 15	12, 15	C2+	Connect pins together.

MAX205E

PIN	NAME	FUNCTION
1-4, 19	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
5, 10, 13, 18, 24	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
6, 9, 14, 17, 23	R_OUT	TTL/CMOS Receiver Outputs. All receivers are inactive in shutdown.
7, 8, 15, 16, 22	T_IN	TTL/CMOS Driver Inputs. Internal pull-ups to V _{CC} .
11	GND	Ground
12	V _{CC}	+4.75V to +5.25V Supply Voltage
20	$\overline{\text{EN}}$	Receiver Enable—active low
21	SHDN	Shutdown Control—active high

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

Pin Descriptions (continued)

MAX206E

PIN	NAME	FUNCTION
1, 2, 3, 24	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
4, 16, 23	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
5, 17, 22	R_OUT	TTL/CMOS Receiver Outputs. All receivers are inactive in shutdown.
6, 7, 18, 19	T_IN	TTL/CMOS Driver Inputs. Internal pull-ups to V _{CC} .
8	GND	Ground
9	V _{CC}	+4.5V to +5.5V Supply Voltage
10, 12	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
11	V+	+2V _{CC} generated by the charge pump
13, 14	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
15	V-	-2V _{CC} generated by the charge pump
20	EN	Receiver Enable—active low
21	SHDN	Shutdown Control—active high

MAX207E

PIN	NAME	FUNCTION
1, 2, 3, 20, 24	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
4, 16, 23	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
5, 17, 22	R_OUT	TTL/CMOS Receiver Outputs. All receivers are inactive in shutdown.
6, 7, 18, 19, 21	T_IN	TTL/CMOS Driver Inputs. Internal pull-ups to V _{CC} .
8	GND	Ground
9	V _{CC}	+4.75V to +5.25V Supply Voltage
10, 12	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
11	V+	+2V _{CC} generated by the charge pump
13, 14	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
15	V-	-2V _{CC} generated by the charge pump

MAX208E

PIN	NAME	FUNCTION
1, 2, 20, 24	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
3, 7, 16, 23	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
4, 6, 17, 22	R_OUT	TTL/CMOS Receiver Outputs. All receivers are inactive in shutdown.
5, 18, 19, 21	T_IN	TTL/CMOS Driver Inputs. Internal pull-ups to V _{CC} .
8	GND	Ground
9	V _{CC}	+4.5V to +5.5V Supply Voltage
10, 12	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
11	V+	+2V _{CC} generated by the charge pump
13, 14	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
15	V-	-2V _{CC} generated by the charge pump

MAX202E-MAX213E, MAX232EMAX241E

MAXIM

7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

Pin Descriptions (continued)

MAX211E/MAX213E/MAX241E

PIN	NAME	FUNCTION
1, 2, 3, 28	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
4, 9, 18, 23, 27	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
5, 8, 19, 22, 26	R_OUT	TTL/CMOS Receiver Outputs. For the MAX213E, receivers R4 and R5 are active in shutdown mode when EN = 1. For the MAX211E and MAX241E, all receivers are inactive in shutdown.
6, 7, 20, 21	T_IN	TTL/CMOS Driver Inputs. Only the MAX211E, MAX213E, and MAX241E have internal pull-ups to V _{CC} .
10	GND	Ground
11	V _{CC}	+4.5V to +5.5V Supply Voltage
12, 14	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
13	V+	+2V _{CC} voltage generated by the charge pump
15, 16	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
17	V-	-2V _{CC} voltage generated by the charge pump
24	EN	Receiver Enable—active low (MAX211E, MAX241E)
	EN	Receiver Enable—active high (MAX213E)
25	SHDN	Shutdown Control—active high (MAX211E, MAX241E)
	SHDN	Shutdown Control—active low (MAX213E)

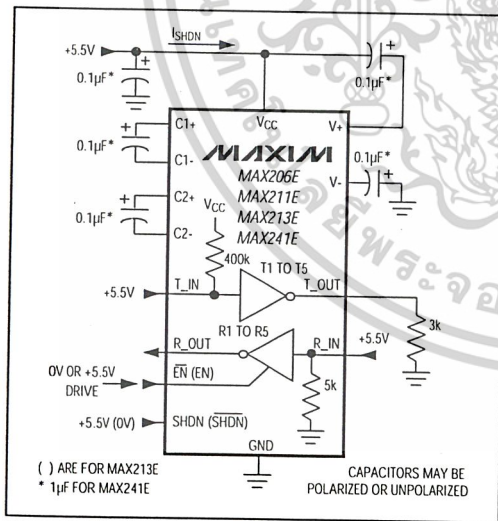


Figure 1. Shutdown-Current Test Circuit (MAX206E, MAX211E/MAX213E/MAX241E)

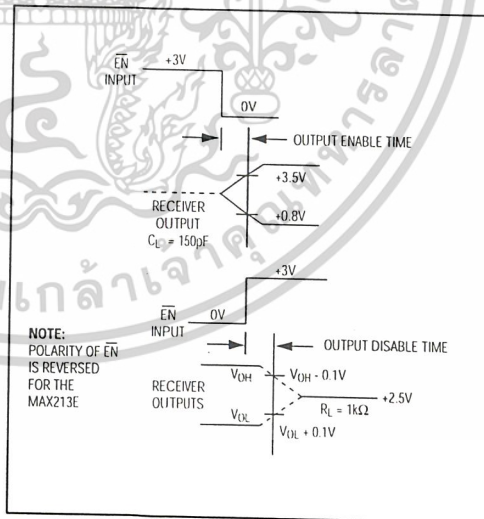


Figure 2. Receiver Output Enable and Disable Timing (MAX205E/MAX206E/MAX211E/MAX213E/MAX241E)

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

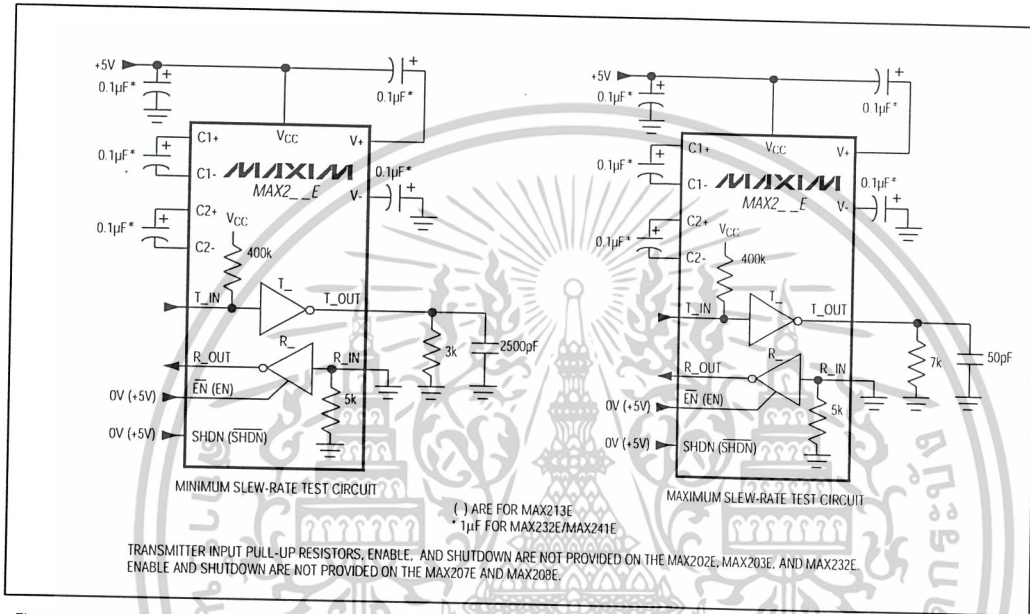


Figure 3. Transition Slew-Rate Circuit

Detailed Description

The MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E consist of three sections: charge-pump voltage converters, drivers (transmitters), and receivers. These E versions provide extra protection against ESD. They survive ±15kV discharges to the RS-232 inputs and outputs, tested using the Human Body Model. When tested according to IEC1000-4-2, they survive ±8kV contact-discharges and ±15kV air-gap discharges. The rugged E versions are intended for use in harsh environments or applications where the RS-232 connection is frequently changed (such as notebook computers). The standard (non-"E") MAX202, MAX203, MAX205-MAX208, MAX211, MAX213, MAX232, and MAX241 are recommended for applications where cost is critical.

+5V to ±10V Dual Charge-Pump Voltage Converter

The +5V to ±10V conversion is performed by dual charge-pump voltage converters (Figure 4). The first charge-pump converter uses capacitor C1 to double the +5V into +10V, storing the +10V on the output filter capacitor, C3. The second uses C2 to invert the +10V

into -10V, storing the -10V on the V₋ output filter capacitor, C4.

In shutdown mode, V₊ is internally connected to V_{CC} by a 1kΩ pull-down resistor, and V₋ is internally connected to ground by a 1kΩ pull-up resistor.

RS-232 Drivers

With V_{CC} = 5V, the typical driver output voltage swing is ±8V when loaded with a nominal 5kΩ RS-232 receiver. The output swing is guaranteed to meet EIA/TIA-232E and V.28 specifications that call for ±5V minimum output levels under worst-case conditions. These include a 3kΩ load, minimum V_{CC}, and maximum operating temperature. The open-circuit output voltage swings from (V₊ - 0.6V) to V₋.

Input thresholds are CMOS/TTL compatible. The unused drivers' inputs on the MAX205E-MAX208E, MAX211E, MAX213E, and MAX241E can be left unconnected because 400kΩ pull-up resistors to V_{CC} are included on-chip. Since all drivers invert, the pull-up resistors force the unused drivers' outputs low. The MAX202E, MAX203E, and MAX232E do not have pull-up resistors on the transmitter inputs.

MAXIM

9

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

When in low-power shutdown mode, the MAX205E/MAX206E/MAX211E/MAX213E/MAX241E driver outputs are turned off and draw only leakage currents—even if they are back-driven with voltages between 0V and 12V. Below -0.5V in shutdown, the transmitter output is diode-clamped to ground with a 1kΩ series impedance.

RS-232 Receivers

The receivers convert the RS-232 signals to CMOS-logic output levels. The guaranteed 0.8V and 2.4V receiver input thresholds are significantly tighter than the ±3V thresholds required by the EIA/TIA-232E specification. This allows the receiver inputs to respond to TTL/CMOS-logic levels, as well as RS-232 levels.

The guaranteed 0.8V input low threshold ensures that receivers shorted to ground have a logic 1 output. The 5kΩ input resistance to ground ensures that a receiver with its input left open will also have a logic 1 output.

Receiver inputs have approximately 0.5V hysteresis. This provides clean output transitions, even with slow rise/fall-time signals with moderate amounts of noise and ringing.

In shutdown, the MAX213E's R4 and R5 receivers have no hysteresis.

Shutdown and Enable Control (MAX205E/MAX206E/MAX211E/ MAX213E/MAX241E)

In shutdown mode, the charge pumps are turned off, V+ is pulled down to VCC, V- is pulled to ground, and the transmitter outputs are disabled. This reduces supply current typically to 1μA (15μA for the MAX213E). The time required to exit shutdown is under 1ms, as shown in Figure 5.

Receivers

All MAX213E receivers, except R4 and R5, are put into a high-impedance state in shutdown mode (see Tables 1a and 1b). The MAX213E's R4 and R5 receivers still function in shutdown mode. These two awake-in-shutdown receivers can monitor external activity while maintaining minimal power consumption.

The enable control is used to put the receiver outputs into a high-impedance state, to allow wire-OR connection of two EIA/TIA-232E ports (or ports of different types) at the UART. It has no effect on the RS-232 drivers or the charge pumps.

Note: The enable control pin is active low for the MAX211E/MAX241E (EN), but is active high for the MAX213E (EN). The shutdown control pin is active high for the MAX205E/MAX206E/MAX211E/MAX241E (SHDN), but is active low for the MAX213E (SHDN).

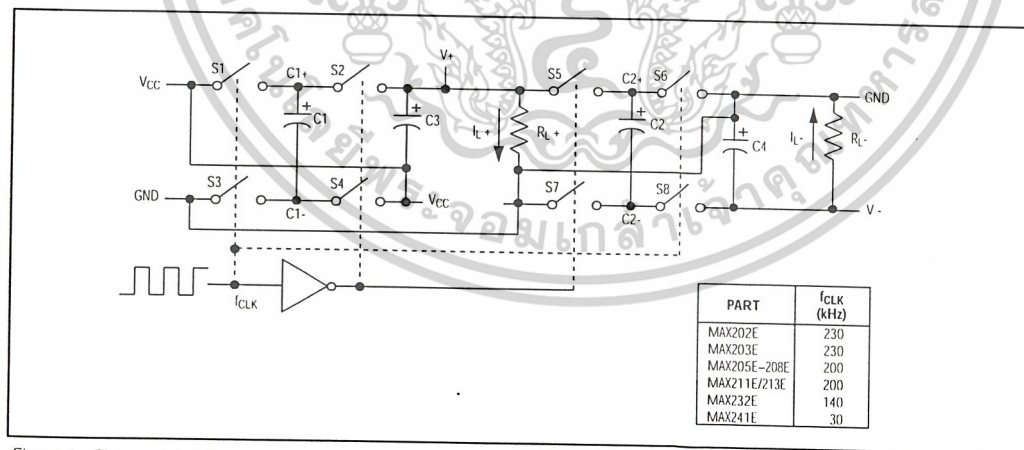


Figure 4. Charge-Pump Diagram

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

The MAX213E's receiver propagation delay is typically 0.5µs in normal operation. In shutdown mode, propagation delay increases to 4µs for both rising and falling transitions. The MAX213E's receiver inputs have approximately 0.5V hysteresis, except in shutdown, when receivers R4 and R5 have no hysteresis.

When entering shutdown with receivers active, R4 and R5 are not valid until 80µs after SHDN is driven low. When coming out of shutdown, all receiver outputs are invalid until the charge pumps reach nominal voltage levels (less than 2ms when using 0.1µF capacitors).

±15kV ESD Protection

As with all Maxim devices, ESD-protection structures are incorporated on all pins to protect against electrostatic discharges encountered during handling and assembly. The driver outputs and receiver inputs have extra protection against static electricity. Maxim's engineers developed state-of-the-art structures to protect these pins against ESD of ±15kV without damage. The ESD structures withstand high ESD in all states: normal operation, shutdown, and powered down. After an ESD event, Maxim's E versions keep working without latchup, whereas competing RS-232 products can latch and must be powered down to remove latchup.

ESD protection can be tested in various ways; the transmitter outputs and receiver inputs of this product family are characterized for protection to the following limits:

- 1) ±15kV using the Human Body Model
- 2) ±8kV using the contact-discharge method specified in IEC1000-4-2
- 3) ±15kV using IEC1000-4-2's air-gap method.

ESD Test Conditions

ESD performance depends on a variety of conditions. Contact Maxim for a reliability report that documents test set-up, test methodology, and test results.

Human Body Model

Figure 6a shows the Human Body Model, and Figure 6b shows the current waveform it generates when discharged into a low impedance. This model consists of a 100pF capacitor charged to the ESD voltage of interest, which is then discharged into the test device through a 1.5kΩ resistor.

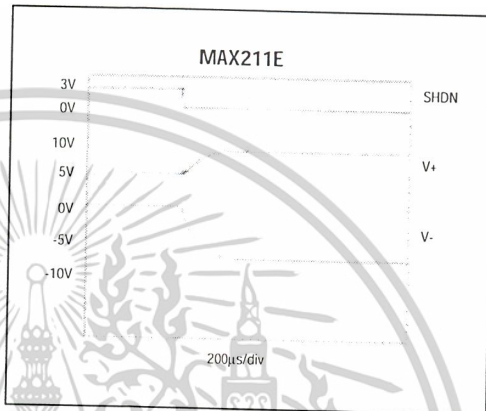


Figure 5. MAX211E V+ and V- when Exiting Shutdown (0.1µF capacitors)

Table 1a. MAX205E/MAX206E/MAX211E/MAX241E Control Pin Configurations

SHDN	EN	OPERATION STATUS	Tx	Rx
0	0	Normal Operation	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All High-Z
1	X	Shutdown	All High-Z	All High-Z

X = Don't Care

Table 1b. MAX213E Control Pin Configurations

SHDN	EN	OPERATION STATUS	Tx 1-4	Rx	
				1-3	4, 5
0	0	Shutdown	All High-Z	High-Z	High-Z
0	1	Shutdown	All High-Z	High-Z	Active*
1	0	Normal Operation	All Active	High-Z	High-Z
1	1	Normal Operation	All Active	Active	Active

*Active = active with reduced performance

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

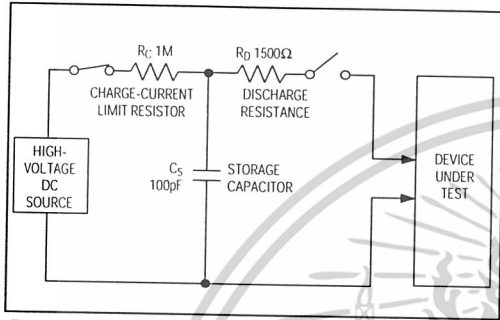


Figure 6a. Human Body ESD Test Model

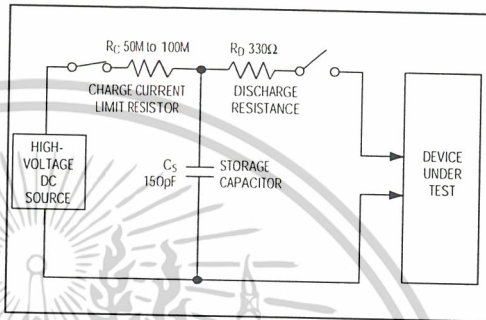


Figure 7a. IEC1000-4-2 ESD Test Model

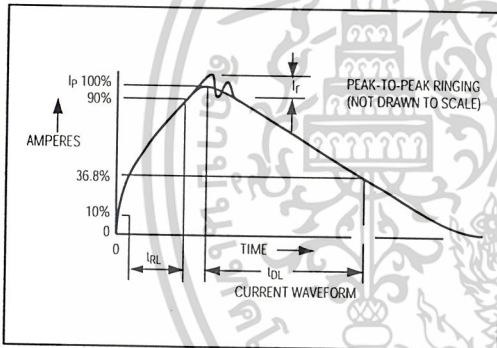


Figure 6b. Human Body Model Current Waveform

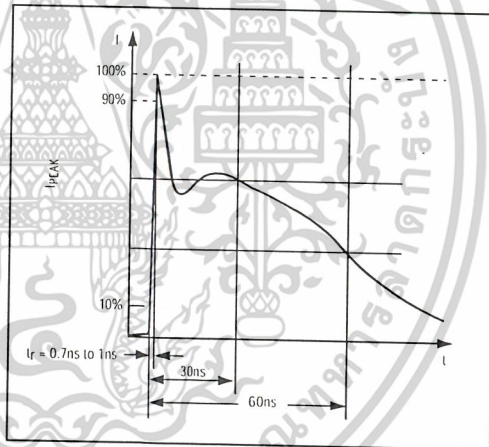


Figure 7b. IEC1000-4-2 ESD Generator Current Waveform

IEC1000-4-2

The IEC1000-4-2 standard covers ESD testing and performance of finished equipment; it does not specifically refer to integrated circuits. The MAX202E/MAX203E-MAX213E, MAX232E/MAX241E help you design equipment that meets level 4 (the highest level) of IEC1000-4-2, without the need for additional ESD-protection components.

The major difference between tests done using the Human Body Model and IEC1000-4-2 is higher peak current in IEC1000-4-2, because series resistance is lower in the IEC1000-4-2 model. Hence, the ESD withstand voltage measured to IEC1000-4-2 is generally lower than that measured using the Human Body Model. Figure 7b shows the current waveform for the 8kV IEC1000-4-2 level-four ESD contact-discharge test.

The air-gap test involves approaching the device with a charged probe. The contact-discharge method connects the probe to the device before the probe is energized.

Machine Model

The Machine Model for ESD tests all pins using a 200pF storage capacitor and zero discharge resistance. Its objective is to emulate the stress caused by contact that occurs with handling and assembly during manufacturing. Of course, all pins require this protection during manufacturing, not just RS-232 inputs and outputs. Therefore, after PC board assembly, the Machine Model is less relevant to I/O ports.

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

Applications Information

Capacitor Selection

The capacitor type used for C1–C4 is not critical for proper operation. The MAX202E, MAX206–MAX208E, MAX211E, and MAX213E require 0.1µF capacitors, and the MAX232E and MAX241E require 1µF capacitors, although in all cases capacitors up to 10µF can be used without harm. Ceramic, aluminum-electrolytic, or tantalum capacitors are suggested for the 1µF capacitors, and ceramic dielectrics are suggested for the 0.1µF capacitors. When using the minimum recommended capacitor values, make sure the capacitance value does not degrade excessively as the operating temperature varies. If in doubt, use capacitors with a larger (e.g., 2x) nominal value. The capacitors' effective series resistance (ESR), which usually rises at low temperatures, influences the amount of ripple on V+ and V-.

Use larger capacitors (up to 10µF) to reduce the output impedance at V+ and V-. This can be useful when "stealing" power from V+ or from V-. The MAX203E and MAX205E have internal charge-pump capacitors.

Bypass VCC to ground with at least 0.1µF. In applications sensitive to power-supply noise generated by the charge pumps, decouple VCC to ground with a

capacitor the same size as (or larger than) the charge-pump capacitors (C1–C4).

V+ and V- as Power Supplies

A small amount of power can be drawn from V+ and V-, although this will reduce both driver output swing and noise margins. Increasing the value of the charge-pump capacitors (up to 10µF) helps maintain performance when power is drawn from V+ or V-.

Driving Multiple Receivers

Each transmitter is designed to drive a single receiver. Transmitters can be paralleled to drive multiple receivers.

Driver Outputs when Exiting Shutdown

The driver outputs display no ringing or undesirable transients as they come out of shutdown.

High Data Rates

These transceivers maintain the RS-232 ±5.0V minimum driver output voltages at data rates of over 120Kbps. For data rates above 120Kbps, refer to the Transmitter Output Voltage vs. Load Capacitance graphs in the *Typical Operating Characteristics*. Communication at these high rates is easier if the capacitive loads on the transmitters are small; i.e., short cables are best.

Table 2. Summary of EIA/TIA-232E, V.28 Specifications

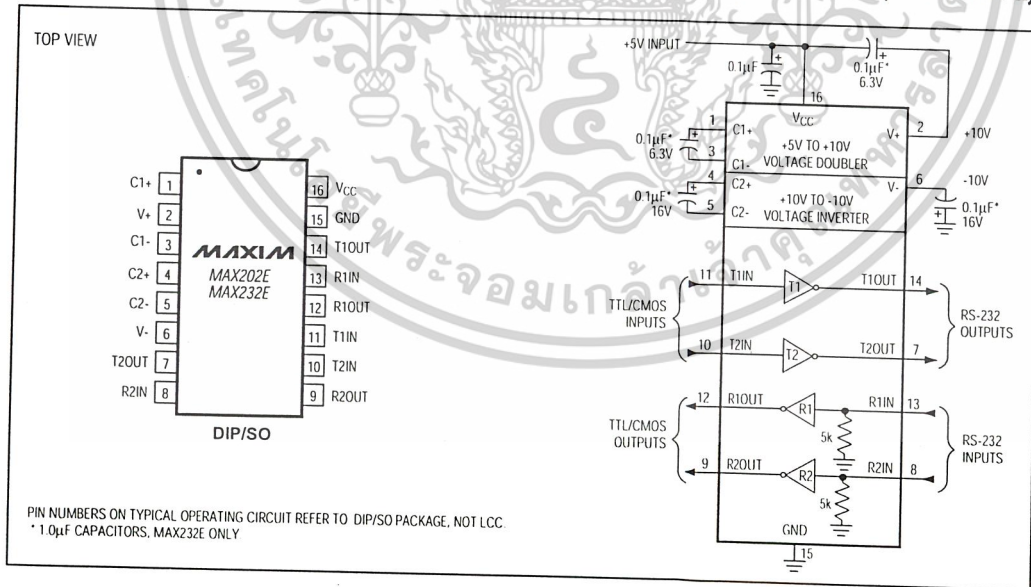
PARAMETER		CONDITIONS	EIA/TIA-232E, V.28 SPECIFICATIONS
Driver Output Voltage	0 Level	3kΩ to 7kΩ load	+5V to +15V
	1 Level	3kΩ to 7kΩ load	-5V to -15V
Driver Output Level, Max		No load	±25V
Data Rate		3kΩ ≤ RL ≤ 7kΩ, CL ≤ 2500pF	Up to 20Kbps
Receiver Input Voltage	0 Level		+3V to +15V
	1 Level		-3V to -15V
Receiver Input Level			±25V
Instantaneous Slew Rate, Max		3kΩ ≤ RL ≤ 7kΩ, CL ≤ 2500pF	30V/µs
Driver Output Short-Circuit Current, Max			100mA
Transition Rate on Driver Output		V.28	1ms or 3% of the period
		EIA/TIA-232E	4% of the period
Driver Output Resistance		-2V < VOUT < +2V	300Ω

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

Table 3. DB9 Cable Connections
Commonly Used for EIA/TIAE-232E and V.24 Asynchronous Interfaces

PIN	CONNECTION	
1	Received Line Signal Detector (sometimes called Carrier Detect, DCD)	Handshake from DCE
2	Receive Data (RD)	Data from DCE
3	Transmit Data (TD)	Data from DTE
4	Data Terminal Ready	Handshake from DTE
5	Signal Ground	Reference point for signals
6	Data Set Ready (DSR)	Handshake from DCE
7	Request to Send (RTS)	Handshake from DTE
8	Clear to Send (CTS)	Handshake from DCE
9	Ring Indicator	Handshake from DCE

Pin Configurations and Typical Operating Circuits (continued)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAXIM

Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

General Description

The MAX481, MAX483, MAX485, MAX487-MAX491, and MAX1487 are low-power transceivers for RS-485 and RS-422 communication. Each part contains one driver and one receiver. The MAX483, MAX487, MAX488, and MAX489 feature reduced slew-rate drivers that minimize EMI and reduce reflections caused by improperly terminated cables, thus allowing error-free data transmission up to 250kbps. The driver slew rates of the MAX481, MAX485, MAX490, MAX491, and MAX1487 are not limited, allowing them to transmit up to 2.5Mbps.

These transceivers draw between 120 μ A and 500 μ A of supply current when unloaded or fully loaded with disabled drivers. Additionally, the MAX481, MAX483, and MAX487 have a low-current shutdown mode in which they consume only 0.1 μ A. All parts operate from a single 5V supply.

Drivers are short-circuit current limited and are protected against excessive power dissipation by thermal shutdown circuitry that places the driver outputs into a high-impedance state. The receiver input has a fail-safe feature that guarantees a logic-high output if the input is open circuit.

The MAX487 and MAX1487 feature quarter-unit-load receiver input impedance, allowing up to 128 MAX487/MAX1487 transceivers on the bus. Full-duplex communications are obtained using the MAX488-MAX491, while the MAX481, MAX483, MAX485, MAX487, and MAX1487 are designed for half-duplex applications.

Applications

Low-Power RS-485 Transceivers
 Low-Power RS-422 Transceivers
 Level Translators
 Transceivers for EMI-Sensitive Applications
 Industrial-Control Local Area Networks

Features

- ◆ In μ MAX Package: Smallest 8-Pin SO
- ◆ Slew-Rate Limited for Error-Free Data Transmission (MAX483/487/488/489)
- ◆ 0.1 μ A Low-Current Shutdown Mode (MAX481/483/487)
- ◆ Low Quiescent Current:
 - 120 μ A (MAX483/487/488/489)
 - 230 μ A (MAX1487)
 - 300 μ A (MAX481/485/490/491)
- ◆ -7V to +12V Common-Mode Input Voltage Range
- ◆ Three-State Outputs
- ◆ 30ns Propagation Delays, 5ns Skew (MAX481/485/490/491/1487)
- ◆ Full-Duplex and Half-Duplex Versions Available
- ◆ Operate from a Single 5V Supply
- ◆ Allows up to 128 Transceivers on the Bus (MAX487/MAX1487)
- ◆ Current-Limiting and Thermal Shutdown for Driver Overload Protection

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX481CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX481CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX481CUA	0°C to +70°C	8 μ MAX
MAX481C/D	0°C to +70°C	Dice*

Ordering Information continued at end of data sheet.

* Contact factory for dice specifications.

Selection Table

PART NUMBER	HALF/FULL DUPLEX	DATA RATE (Mbps)	SLEW-RATE LIMITED	LOW-POWER SHUTDOWN	RECEIVER/ DRIVER ENABLE	QUIESCENT CURRENT (μ A)	NUMBER OF TRANSMITTERS ON BUS	PIN COUNT
MAX481	Half	2.5	No	Yes	Yes	300	32	8
MAX483	Half	0.25	Yes	Yes	Yes	120	32	8
MAX485	Half	2.5	No	No	Yes	300	32	8
MAX487	Half	0.25	Yes	Yes	Yes	120	128	8
MAX488	Full	0.25	Yes	No	No	120	32	8
MAX489	Full	0.25	Yes	No	Yes	120	32	14
MAX490	Full	2.5	No	No	No	300	32	8
MAX491	Full	2.5	No	No	Yes	300	32	14
MAX1487	Half	2.5	No	No	Yes	230	128	8

MAXIM

Maxim Integrated Products 1

For free samples & the latest literature: <http://www.maxim-ic.com>, or phone 1-800-998-8800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAX481/MAX483/MAX485/MAX487-MAX491/MAX1487

MAX481/MAX483/MAX485/MAX487-MAX491/MAX1487

Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage (VCC).....	12V	14-Pin SO (derate 8.33mW/°C above +70°C).....	667mW
Control Input Voltage (RE, DE).....	-0.5V to (VCC + 0.5V)	8-Pin μMAX (derate 4.1mW/°C above +70°C).....	830mW
Driver Input Voltage (DI).....	-0.5V to (VCC + 0.5V)	8-Pin CERDIP (derate 8.00mW/°C above +70°C).....	640mW
Driver Output Voltage (A, B).....	-8V to +12.5V	14-Pin CERDIP (derate 9.09mW/°C above +70°C).....	727mW
Receiver Input Voltage (A, B).....	-8V to +12.5V	Operating Temperature Ranges	
Receiver Output Voltage (RO).....	-0.5V to (VCC + 0.5V)	MAX4_C_/MAX1487C_A.....	0°C to +70°C
Continuous Power Dissipation (TA = +70°C)		MAX4_E_/MAX1487E_A.....	-40°C to +85°C
8-Pin Plastic DIP (derate 9.09mW/°C above +70°C).....	727mW	MAX4_MJ_/MAX1487MJA.....	-55°C to +125°C
14-Pin Plastic DIP (derate 10.00mW/°C above +70°C).....	800mW	Storage Temperature Range.....	-65°C to +160°C
8-Pin SO (derate 5.88mW/°C above +70°C).....	471mW	Lead Temperature (soldering, 10sec).....	+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.

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(VCC = 5V ±5%, TA = TMIN to TMAX, unless otherwise noted.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Differential Driver Output (no load)	VOD1				5	V
Differential Driver Output (with load)	VOD2	R = 50Ω (RS-422)	2			V
		R = 27Ω (RS-485), Figure 4	1.5		5	
Change in Magnitude of Driver Differential Output Voltage for Complementary Output States	ΔVOD	R = 27Ω or 50Ω, Figure 4			0.2	V
Driver Common-Mode Output Voltage	VOC	R = 27Ω or 50Ω, Figure 4			3	V
Change in Magnitude of Driver Common-Mode Output Voltage for Complementary Output States	ΔVOD	R = 27Ω or 50Ω, Figure 4			0.2	V
Input High Voltage	VIH	DE, DI, RE	2.0			V
Input Low Voltage	UIL	DE, DI, RE			0.8	V
Input Current	IIN1	DE, DI, RE			±2	μA
Input Current (A, B)	IIN2	DE = 0V; VCC = 0V or 5.25V, all devices except MAX487/MAX1487	VIN = 12V		1.0	mA
			VIN = -7V		-0.8	
		MAX487/MAX1487, DE = 0V, VCC = 0V or 5.25V	VIN = 12V		0.25	mA
	VIN = -7V		-0.2			
Receiver Differential Threshold Voltage	VTH	-7V ≤ VCM ≤ 12V	-0.2		0.2	V
Receiver Input Hysteresis	ΔVTH	VCM = 0V		70		mV
Receiver Output High Voltage	VOH	IO = -4mA, VID = 200mV	3.5			V
Receiver Output Low Voltage	VOL	IO = 4mA, VID = -200mV			0.4	V
Three-State (high impedance) Output Current at Receiver	IOZR	0.4V ≤ VO ≤ 2.4V			±1	μA
Receiver Input Resistance	RIN	-7V ≤ VCM ≤ 12V, all devices except MAX487/MAX1487	12			kΩ
		-7V ≤ VCM ≤ 12V, MAX487/MAX1487	48			kΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = 5V ±5%, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
No-Load Supply Current (Note 3)	I _{CC}	MAX488/MAX489, DE, DI, RE = 0V or V _{CC}		120	250	μA
		MAX490/MAX491, DE, DI, RE = 0V or V _{CC}		300	500	
		MAX481/MAX485, RE = 0V or V _{CC}	DE = V _{CC}	500	900	
			DE = 0V	300	500	
		MAX1487, RE = 0V or V _{CC}	DE = V _{CC}	300	500	
			DE = 0V	230	400	
MAX483/MAX487, RE = 0V or V _{CC}	DE = 5V	MAX483	350	650		
		MAX487	250	400		
Supply Current in Shutdown	ISHDN	MAX481/483/487, DE = 0V, RE = V _{CC}		0.1	10	μA
Driver Short-Circuit Current, V _O = High	I _{OSD1}	-7V ≤ V _O ≤ 12V (Note 4)	35		250	mA
Driver Short-Circuit Current, V _O = Low	I _{OSD2}	-7V ≤ V _O ≤ 12V (Note 4)	35		250	mA
Receiver Short-Circuit Current	I _{OSR}	0V ≤ V _O ≤ V _{CC}	7		95	mA

SWITCHING CHARACTERISTICS—MAX481/MAX485, MAX490/MAX491, MAX1487

(V_{CC} = 5V ±5%, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Driver Input to Output	t _{PLH}	Figures 6 and 8, R _{DIFF} = 54Ω	10	30	60	ns	
	t _{PHL}	C _{L1} = C _{L2} = 100pF	10	30	60		
Driver Output Skew to Output	t _{SKEW}	Figures 6 and 8, R _{DIFF} = 54Ω, C _{L1} = C _{L2} = 100pF		5	10	ns	
Driver Rise or Fall Time	t _R , t _F	Figures 6 and 8, R _{DIFF} = 54Ω, C _{L1} = C _{L2} = 100pF	MAX481, MAX485, MAX1487	3	15	40	ns
			MAX490C/E, MAX491C/E	5	15	25	
			MAX490M, MAX491M	3	15	40	
Driver Enable to Output High	t _{ZH}	Figures 7 and 9, C _L = 100pF, S2 closed		40	70	ns	
Driver Enable to Output Low	t _{ZL}	Figures 7 and 9, C _L = 100pF, S1 closed		40	70	ns	
Driver Disable Time from Low	t _{LZ}	Figures 7 and 9, C _L = 15pF, S1 closed		40	70	ns	
Driver Disable Time from High	t _{HZ}	Figures 7 and 9, C _L = 15pF, S2 closed		40	70	ns	
Receiver Input to Output	t _{PLH} , t _{PHL}	Figures 6 and 10, R _{DIFF} = 54Ω, C _{L1} = C _{L2} = 100pF	MAX481, MAX485, MAX1487	20	90	200	ns
			MAX490C/E, MAX491C/E	20	90	150	
			MAX490M, MAX491M	20	90	200	
t _{PLH} - t _{PHL} Differential Receiver Skew	t _{SKD}	Figures 6 and 10, R _{DIFF} = 54Ω, C _{L1} = C _{L2} = 100pF		13		ns	
Receiver Enable to Output Low	t _{ZL}	Figures 5 and 11, C _R L = 15pF, S1 closed		20	50	ns	
Receiver Enable to Output High	t _{ZH}	Figures 5 and 11, C _R L = 15pF, S2 closed		20	50	ns	
Receiver Disable Time from Low	t _{LZ}	Figures 5 and 11, C _R L = 15pF, S1 closed		20	50	ns	
Receiver Disable Time from High	t _{HZ}	Figures 5 and 11, C _R L = 15pF, S2 closed		20	50	ns	
Maximum Data Rate	f _{MAX}		2.5			Mbps	
Time to Shutdown	t _{SHDN}	MAX481 (Note 5)	50	200	600	ns	

MAX481/MAX483/MAX485/MAX487-MAX491/MAX1487

Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

SWITCHING CHARACTERISTICS—MAX481/MAX485, MAX490/MAX491, MAX1487 (continued)

(VCC = 5V ±5%, TA = TMIN to TMAX, unless otherwise noted.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Driver Enable from Shutdown to Output High (MAX481)	tZH(SHDN)	Figures 7 and 9, CL = 100pF, S2 closed		40	100	ns
Driver Enable from Shutdown to Output Low (MAX481)	tZL(SHDN)	Figures 7 and 9, CL = 100pF, S1 closed		40	100	ns
Receiver Enable from Shutdown to Output High (MAX481)	tZH(SHDN)	Figures 5 and 11, CL = 15pF, S2 closed, A - B = 2V		300	1000	ns
Receiver Enable from Shutdown to Output Low (MAX481)	tZL(SHDN)	Figures 5 and 11, CL = 15pF, S1 closed, B - A = 2V		300	1000	ns

SWITCHING CHARACTERISTICS—MAX483, MAX487/MAX488/MAX489

(VCC = 5V ±5%, TA = TMIN to TMAX, unless otherwise noted.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Driver Input to Output	tPLH	Figures 6 and 8, RDIFF = 54Ω, CL1 = CL2 = 100pF	250	800	2000	ns
	tPHL		250	800	2000	
Driver Output Skew to Output	tSKEW	Figures 6 and 8, RDIFF = 54Ω, CL1 = CL2 = 100pF		100	800	ns
Driver Rise or Fall Time	tr, tf	Figures 6 and 8, RDIFF = 54Ω, CL1 = CL2 = 100pF	250		2000	ns
Driver Enable to Output High	tZH	Figures 7 and 9, CL = 100pF, S2 closed	250		2000	ns
Driver Enable to Output Low	tZL	Figures 7 and 9, CL = 100pF, S1 closed	250		2000	ns
Driver Disable Time from Low	tLZ	Figures 7 and 9, CL = 15pF, S1 closed	300		3000	ns
Driver Disable Time from High	tHZ	Figures 7 and 9, CL = 15pF, S2 closed	300		3000	ns
Receiver Input to Output	tPLH	Figures 6 and 10, RDIFF = 54Ω, CL1 = CL2 = 100pF	250		2000	ns
	tPHL		250		2000	
tPLH - tPHL Differential Receiver Skew	tSKD	Figures 6 and 10, RDIFF = 54Ω, CL1 = CL2 = 100pF		100		ns
Receiver Enable to Output Low	tZL	Figures 5 and 11, CRL = 15pF, S1 closed		20	50	ns
Receiver Enable to Output High	tZH	Figures 5 and 11, CRL = 15pF, S2 closed		20	50	ns
Receiver Disable Time from Low	tLZ	Figures 5 and 11, CRL = 15pF, S1 closed		20	50	ns
Receiver Disable Time from High	tHZ	Figures 5 and 11, CRL = 15pF, S2 closed		20	50	ns
Maximum Data Rate	fMAX	tPLH, tPHL < 50% of data period	250			kbps
Time to Shutdown	tSHDN	MAX483/MAX487 (Note 5)	50	200	600	ns
Driver Enable from Shutdown to Output High	tZH(SHDN)	MAX483/MAX487, Figures 7 and 9, CL = 100pF, S2 closed			2000	ns
Driver Enable from Shutdown to Output Low	tZL(SHDN)	MAX483/MAX487, Figures 7 and 9, CL = 100pF, S1 closed			2000	ns
Receiver Enable from Shutdown to Output High	tZH(SHDN)	MAX483/MAX487, Figures 5 and 11, CL = 15pF, S2 closed			2500	ns
Receiver Enable from Shutdown to Output Low	tZL(SHDN)	MAX483/MAX487, Figures 5 and 11, CL = 15pF, S1 closed			2500	ns

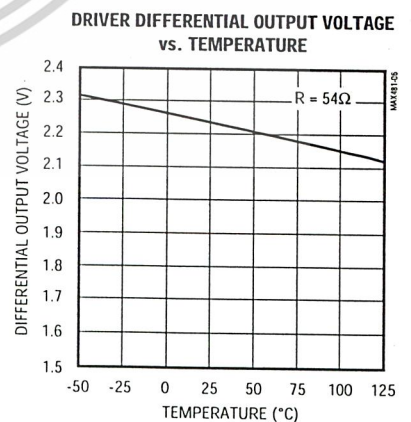
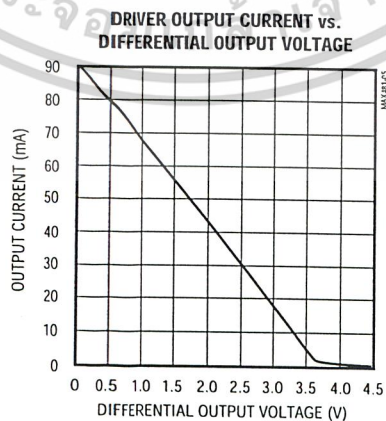
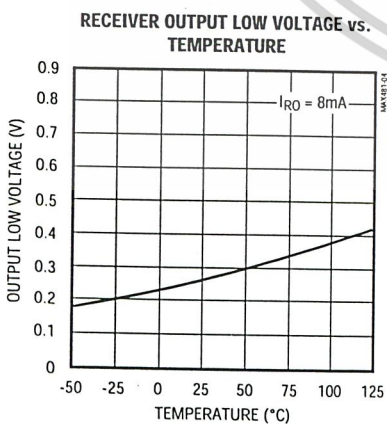
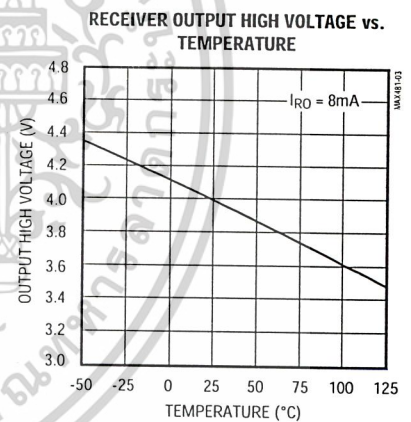
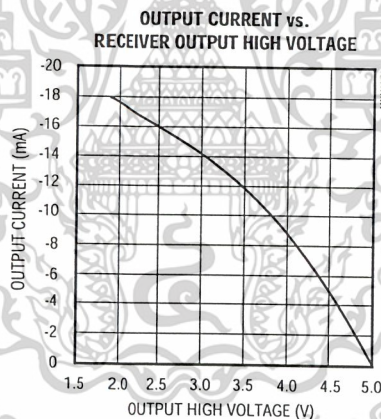
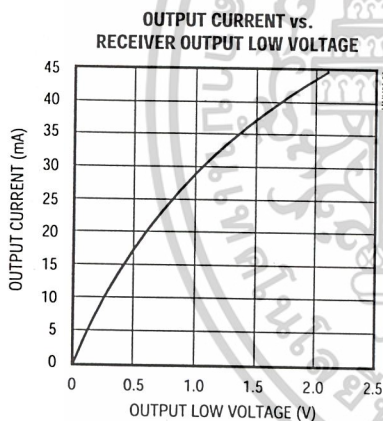
Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

NOTES FOR ELECTRICAL/SWITCHING CHARACTERISTICS

- Note 1:** All currents into device pins are positive; all currents out of device pins are negative. All voltages are referenced to device ground unless otherwise specified.
- Note 2:** All typical specifications are given for $V_{CC} = 5V$ and $T_A = +25^\circ C$.
- Note 3:** Supply current specification is valid for loaded transmitters when $DE = 0V$.
- Note 4:** Applies to peak current. See *Typical Operating Characteristics*.
- Note 5:** The MAX481/MAX483/MAX487 are put into shutdown by bringing \overline{RE} high and DE low. If the inputs are in this state for less than 50ns, the parts are guaranteed not to enter shutdown. If the inputs are in this state for at least 600ns, the parts are guaranteed to have entered shutdown. See *Low-Power Shutdown Mode* section.

Typical Operating Characteristics

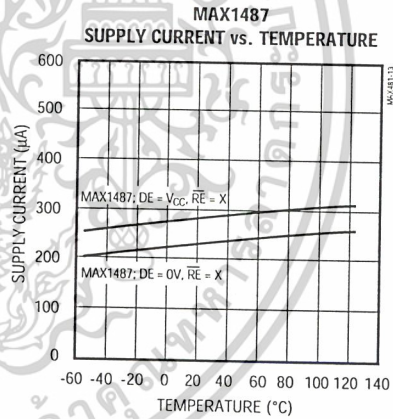
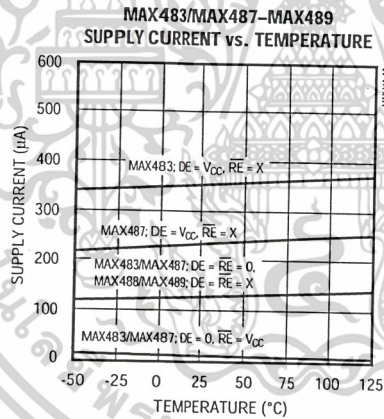
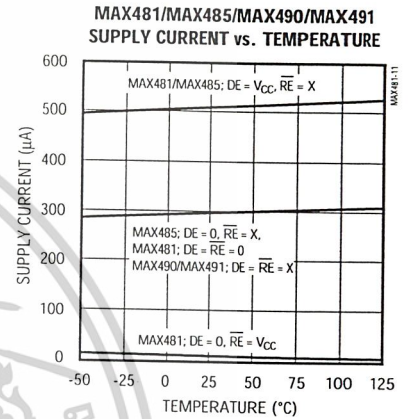
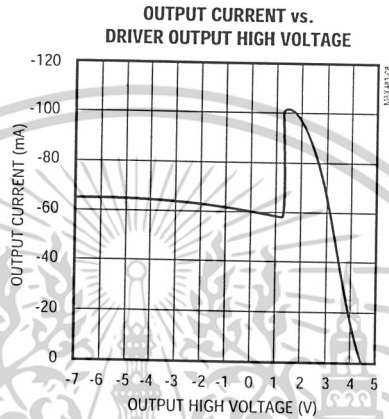
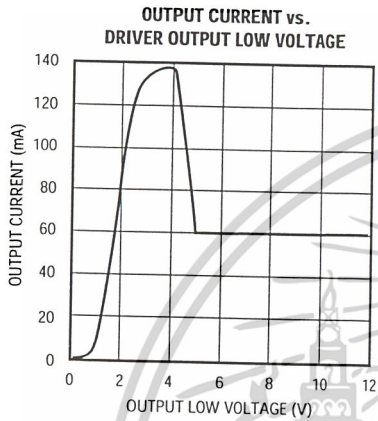
($V_{CC} = 5V$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

Typical Operating Characteristics (continued)

(V_{CC} = 5V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

Pin Description

PIN					NAME	FUNCTION
MAX481/MAX483/ MAX485/MAX487/ MAX1487		MAX488/ MAX490		MAX489/ MAX491		
DIP/SO	μMAX	DIP/SO	μMAX	DIP/SO		
1	3	2	4	2	RO	Receiver Output: If A > B by 200mV, RO will be high; If A < B by 200mV, RO will be low.
2	4	—	—	3	RE	Receiver Output Enable. RO is enabled when RE is low; RO is high impedance when RE is high.
3	5	—	—	4	DE	Driver Output Enable. The driver outputs, Y and Z, are enabled by bringing DE high. They are high impedance when DE is low. If the driver outputs are enabled, the parts function as line drivers. While they are high impedance, they function as line receivers if RE is low.
4	6	3	5	5	DI	Driver Input. A low on DI forces output Y low and output Z high. Similarly, a high on DI forces output Y high and output Z low.
5	7	4	6	6, 7	GND	Ground
—	—	5	7	9	Y	Noninverting Driver Output
—	—	6	8	10	Z	Inverting Driver Output
6	8	—	—	—	A	Noninverting Receiver Input and Noninverting Driver Output
—	—	8	2	12	A	Noninverting Receiver Input
7	1	—	—	—	B	Inverting Receiver Input and Inverting Driver Output
—	—	7	1	11	B	Inverting Receiver Input
8	2	1	3	14	VCC	Positive Supply: $4.75V \leq V_{CC} \leq 5.25V$
—	—	—	—	1, 8, 13	N.C.	No Connect—not internally connected

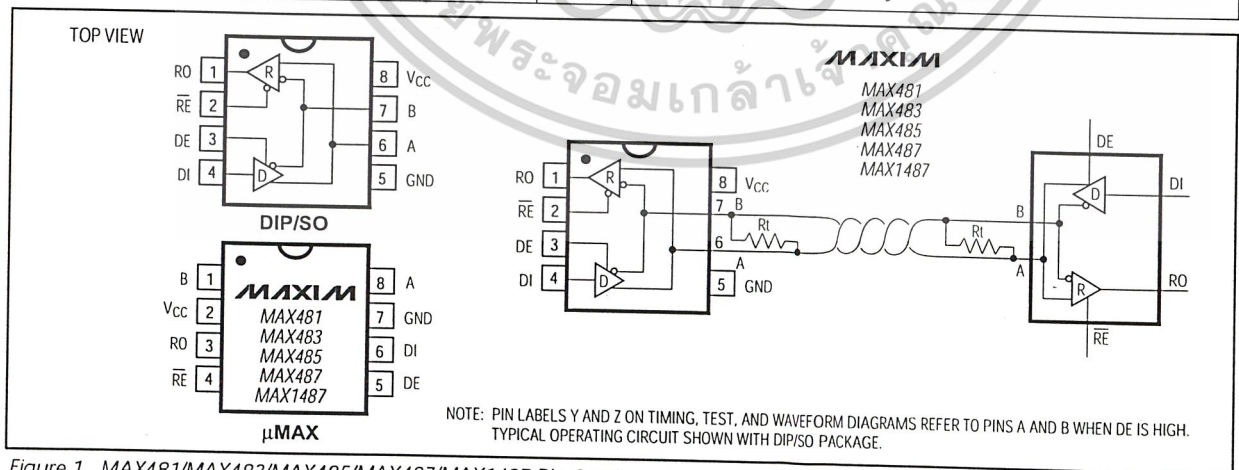


Figure 1. MAX481/MAX483/MAX485/MAX487/MAX1487 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

MAXIM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAX481/MAX483/MAX485/MAX487-MAX491/MAX1487

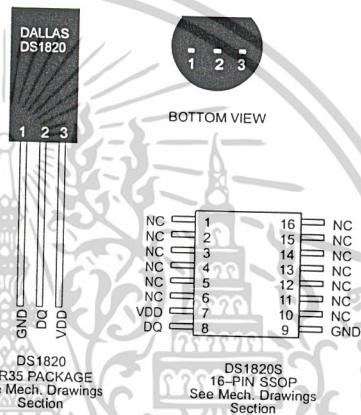
DALLAS
SEMICONDUCTOR

DS1820 1-Wire™ Digital Thermometer

FEATURES

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

PIN ASSIGNMENT



PIN DESCRIPTION

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

DESCRIPTION

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DETAILED PIN DESCRIPTION

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

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

OVERVIEW

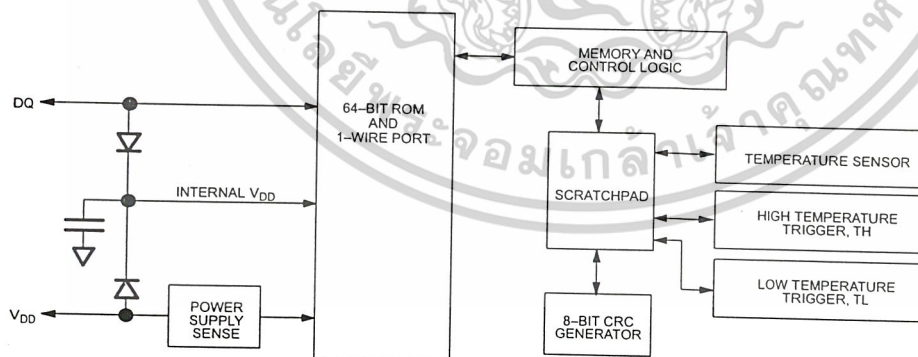
The block diagram of Figure 1 shows the major components of the DS1820. The DS1820 has three main data components: 1) 64-bit lasered ROM, 2) temperature sensor, and 3) nonvolatile temperature alarm triggers TH and TL. The device derives its power from the 1-Wire communication line by storing energy on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

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

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

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

DS1820 BLOCK DIAGRAM Figure 1



PARASITE POWER

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

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

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

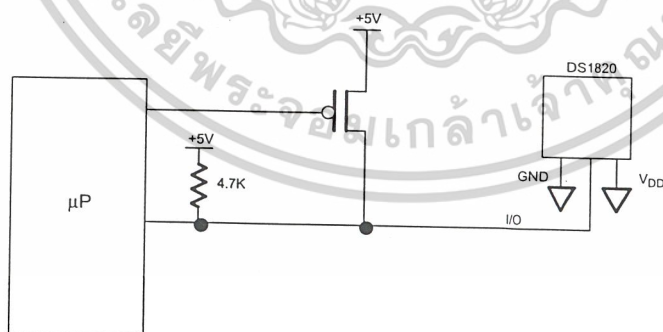
Another method of supplying current to the DS1820 is through the use of an external power supply tied to the

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

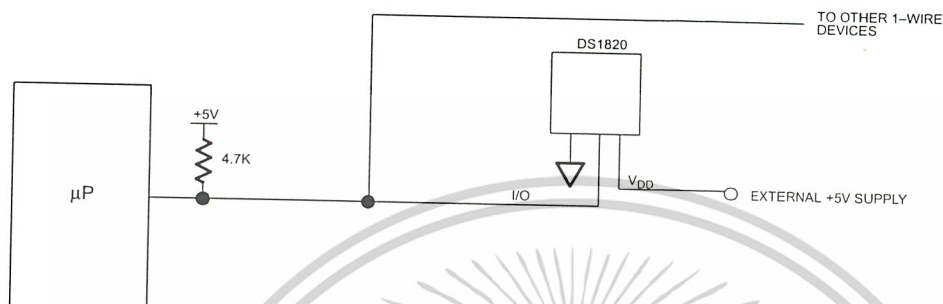
The use of parasite power is not recommended above 100°C, since it may not be able to sustain communications given the higher leakage currents the DS1820 exhibits at these temperatures. For applications in which such temperatures are likely, it is strongly recommended that V_{DD} be applied to the DS1820.

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

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



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



OPERATION – MEASURING TEMPERATURE

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

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

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

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

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

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

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

MSB								LSB
1	1	1	0	0	1	1	1	0

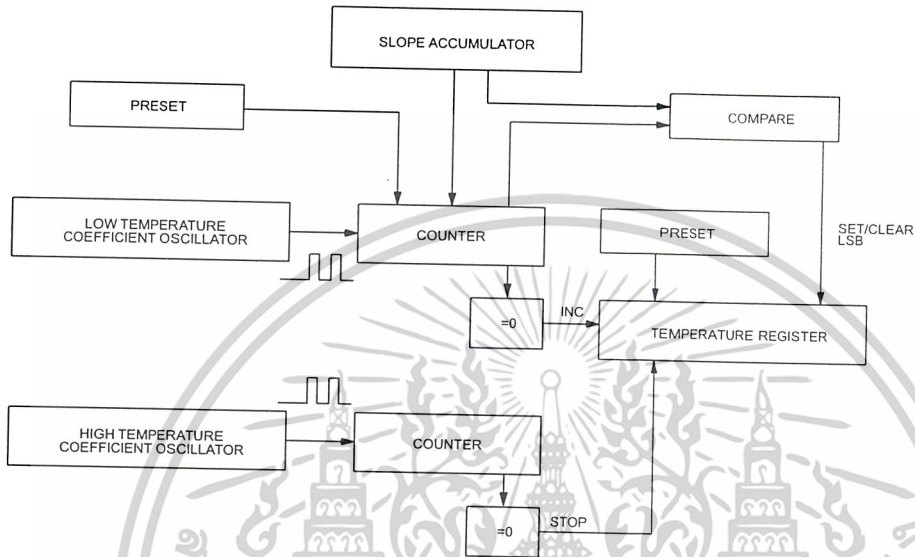
= -25°C

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

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

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

TEMPERATURE MEASURING CIRCUITRY Figure 4



TEMPERATURE/DATA RELATIONSHIPS Table 1

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

OPERATION – ALARM SIGNALING

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

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

64-BIT LASERED ROM

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

CRC GENERATION

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

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

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

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

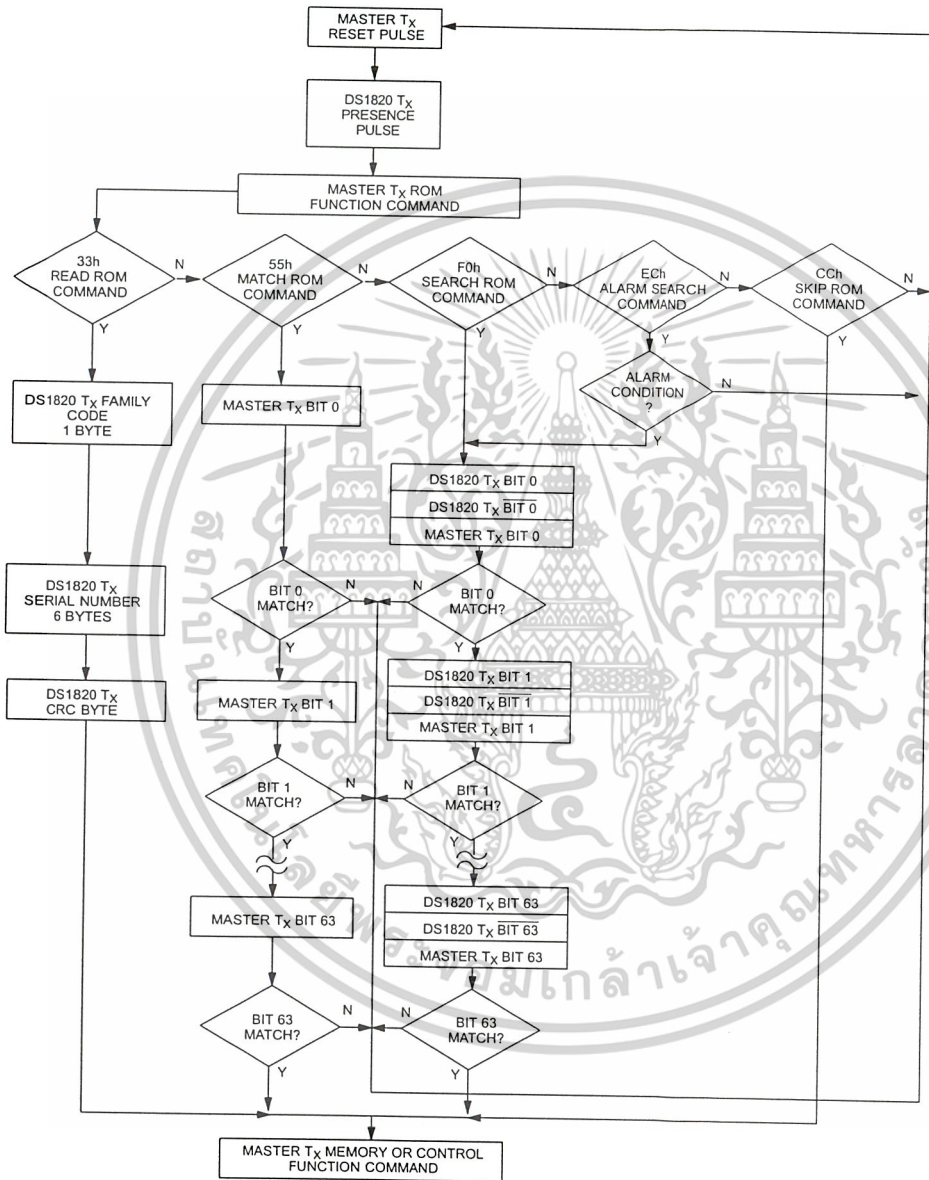
The 1-Wire CRC can be generated using a polynomial generator consisting of a shift register and XOR gates as shown in Figure 7. Additional information about the Dallas 1-Wire Cyclic Redundancy Check is available in Application Note 27 entitled "Understanding and Using Cyclic Redundancy Checks with Dallas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

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

64-BIT LASERED ROM Figure 5

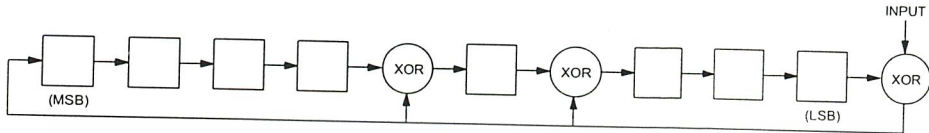
8-BIT CRC CODE		48-BIT SERIAL NUMBER		8-BIT FAMILY CODE (10h)	
MSB	LSB	MSB	LSB	MSB	LSB

ROM FUNCTIONS FLOW CHART Figure 6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1-WIRE CRC CODE Figure 7



MEMORY

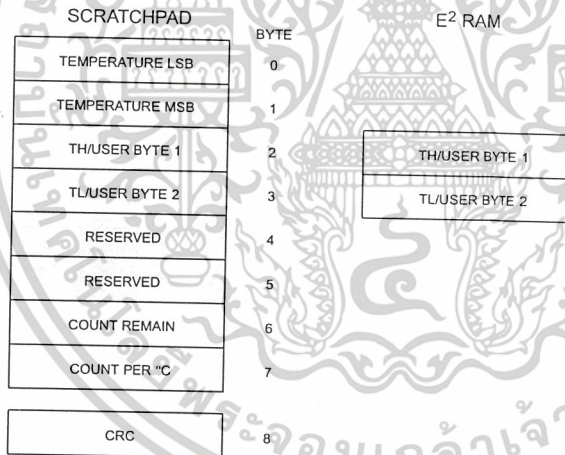
The DS1820's memory is organized as shown in Figure 8. The memory consists of a scratchpad RAM and a nonvolatile, electrically erasable (E²) RAM, which stores the high and low temperature triggers TH and TL. The scratchpad helps insure data integrity when communicating over the 1-Wire bus. Data is first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

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

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

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

DS1820 MEMORY MAP Figure 8



บรรณานุกรม

- [1] จิรศักดิ์ เหลืองอุไร, “การสื่อสารอนุกรมบน PC”, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ, 2538
- [2] ชีรวัฒน์ ประกอบผล, “ภาษาแอสเซมบลีสำหรับ MCS-51”, สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, 2547
- [3] พิพัฒน์ หิรัญย์วิชชากร, “ระบบการสื่อสารข้อมูล และเครือข่ายคอมพิวเตอร์”, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ, 2542
- [4] วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, “สนุกกับไมโครคอนโทรลเลอร์ฉบับ MCS-51”, บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, กรุงเทพฯ, 2546
- [5] สอนง อิมอเม, “เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศรถยนต์”, กรุงเทพฯ, 2532
- [6] สมยศ จุณณะปิยะ, “การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51”, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, 2546
- [7] ตัจจะ จรัสรุ่งรวีวร, “เริ่มต้นอย่างมืออาชีพด้วย Delphi 7 ฉบับสมบูรณ์”, อินโฟเพรส, นนทบุรี, 2546



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้