

เครื่องตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นหลายตำแหน่งในเวลาเดียวกัน

TEMPERATURE AND HUMIDITY

DETECTOR BASE ON RS 485



T119239

นางสาวชนิวรรณ

ตั้งข์ทอง

นางสาวชาลินี

วรรณจำ

นายณัฐพล

กุลสุตร

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **119239**
วัน,เดือน,ปี - **6 S.A. 2554**

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2553
 ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์
 คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 เรื่อง เครื่องตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นหลายตำแหน่งในเวลาเดียวกัน
 (TEMPERATURE AND HUMIDITY DETECTOR BASE ON RS 485)

จัดทำโดย	นางสาวชโนวรรณ	สังข์ทอง	รหัสนักศึกษา	50010307
	นางสาวชาลินี	วรรณขำ	รหัสนักศึกษา	50010375
	นายณัฐพล	กุลสูตร	รหัสนักศึกษา	50010481

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์



รายงานฉบับนี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์)

วันที่ 21/3/54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2553
 ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์
 คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 เรื่อง เครื่องตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นหลายตำแหน่งในเวลาเดียวกัน
 (TEMPERATURE AND HUMIDITY DETECTOR BASE ON RS 485)

จัดทำโดย	นางสาวชโนวรรณ	สังข์ทอง	รหัสนักศึกษา	50010307
	นางสาวชาลินี	วรรณขำ	รหัสนักศึกษา	50010375
	นายณัฐพล	กุลสุตร	รหัสนักศึกษา	50010481

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์



ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์)

วันที่ 21/3/54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นหลายตำแหน่งในเวลาเดียวกัน

น.ส.ชโนวรรณ	สังข์ทอง	50010307
น.ส.ชาลินี	วรรณขำ	50010375
นายณัฐพล	กุลสูตร	50010481
รศ.ดร.ชูชาติ	ปิ่นทวิรุจน์ (อาจารย์ที่ปรึกษา)	
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553		

บทคัดย่อ

เนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นแต่ละจุดในแต่ละบริเวณมีค่าที่ไม่เท่ากันซึ่งมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมต่อการอยู่อาศัยในที่ต่างๆของผู้อยู่อาศัย ในการทำโครงการนี้ต้องการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นในแต่ละจุดเพื่อเปรียบเทียบและตรวจสอบว่าสภาพอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ ณ เวลาต่าง ๆ นั้นเป็นอย่างไร โดยใช้เซนเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิทำการวัดค่า ณ จุดต่างๆที่ต้องการวัดโดยอาศัยการรับส่งผ่านทาง RS485 แล้วนำข้อมูลที่ได้แสดงผล ณ คอมพิวเตอร์และทำการเก็บข้อมูลนั้น ข้อมูลที่ได้อาจจะนำมาวิเคราะห์ต่อไปได้เช่น ความสบายของการอยู่อาศัยในที่พัก เป็นต้น

TEMPERATURE AND HUMIDITY DETECTOR BASE ON RS 485

Miss. Chanowan Sangtohong 50010307

Miss. Chalinee Wannakham 50010375

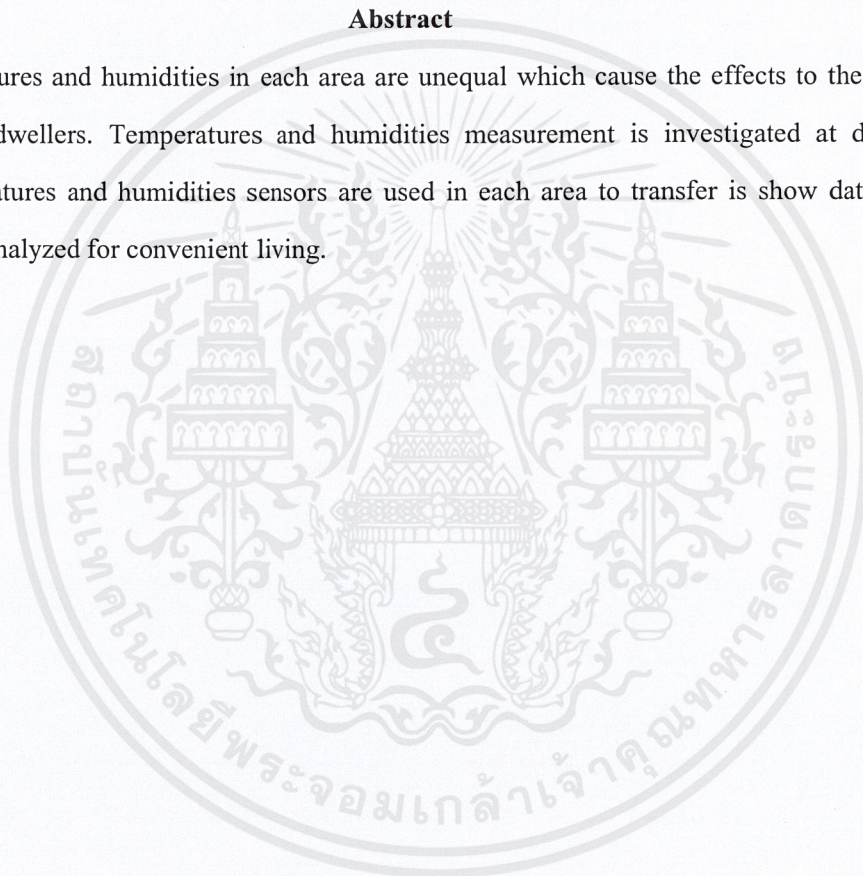
Mr. Nuttapon Kulssut 50010481

Assoc.Prof.Dr. Choochat Pintavirud (Advisor)

Educational Year 2010

Abstract

Temperatures and humidities in each area are unequal which cause the effects to the environment for dwelling of dwellers. Temperatures and humidities measurement is investigated at different time instance. Temperatures and humidities sensors are used in each area to transfer is show data to RS 485. The data will be analyzed for convenient living.



กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการนี้ สำเร็จลุล่วงได้ดีก็เพราะว่า ได้รับคำปรึกษาทุกอย่างเป็นอย่างดีจาก รศ.ดร.มนัส ตั้งวรศิลป์ และ รศ.ดร.ชชาติ พิณฑวิรุจน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการในการทำรายงาน และโครงการ จึงขอขอบคุณอาจารย์ที่กรุณาสละเวลา พร้อมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และขอขอบคุณ คุณทวี ป๊อกฝ้าย นักศึกษาปริญญาโท ที่คอยช่วยเหลือและให้คำแนะนำทั้งในเรื่องของ software และ hardware ได้เป็นอย่างดีมาโดยตลอด จึงขอขอบคุณที่สละเวลามาช่วยเหลือน้องๆ รวมทั้งพี่ๆและเพื่อนๆในภาคทุกคน
จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

จิ๋ววรรณธิดา อังชัชทอง
.....
(นางสาวจิ๋ววรรณธิดา ตั้งชัชทอง)

ราลีณี วรรณช่า
.....
(นางสาวราลีณี วรรณช่า)

ณัฐพล กุลสุตร
.....
(นายณัฐพล กุลสุตร)

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อไทย	i
บทคัดย่ออังกฤษ	ii
กิตติกรรมประกาศ	iii
สารบัญ	iv
สารบัญ(ต่อ)	v
สารบัญรูปและกราฟ	vi
สารบัญรูปและกราฟ	vii
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขั้นตอนการทำงาน	1
1.4 ขอบเขตของโครงการงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นและการแก้ไข	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีทางด้าน Hardware	3
2.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	3
2.1.2 PIC (Programmable Integrated Circuit)	4
2.1.3 SHT15	6
2.1.4 Relay	8
2.2 ทฤษฎีทางด้าน Software	9
2.2.1 ภาษาที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์	9
2.2.2 ภาษาที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์	11
2.3 ทฤษฎีพื้นฐานการสื่อสารแบบอนุกรม	13
2.3.1 มาตรฐาน RS232	14
2.3.2 มาตรฐาน RS-232-C	14
2.3.3 มาตรฐาน RS-422 หรือ RS-422-A	15
2.3.2 มาตรฐาน RS-485	15
บทที่ 3 การออกแบบ	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.1 การออกแบบด้าน Hardware	16
3.1.1 RS232/RS485	16
3.1.2 วงจรสร้างแรงดันไฟตรง	16
3.1.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์	16
3.2 การออกแบบด้านSoftware	18
3.2.1 โปรแกรมที่ใช้ในไมโครคอนโทรลเลอร์	18
3.2.2 โปรแกรมที่ใช้บนคอมพิวเตอร์	20
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	23
4.1 การทดลอง	23
4.2 ขั้นตอนการทดลอง	24
ตารางแสดงผลการทดสอบของ SHT 15 ณ ตำแหน่งหน้าห้อง	24
ตารางแสดงผลการทดสอบของ SHT 15 ณ ตำแหน่งกลางห้อง	26
ตารางแสดงผลการทดสอบของ SHT 15 ณ ตำแหน่งหลังห้อง	29
ตารางผลการทดสอบของ SHT 15 ณ ตำแหน่งบนดินใต้ต้นไม้บริเวณหน้าห้อง 224	31
ตารางผลการทดสอบของ SHT 15 ณ ตำแหน่ง บนพื้นซีเมนต์บริเวณหน้าห้อง 224	34
ตารางผลการทดสอบของ SHT 15 ณ ตำแหน่งบนดินใต้ต้นไม้บริเวณหน้าห้อง 224	36
การตรวจสอบอุณหภูมิของเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นที่ได้มาตรฐาน	39
การตรวจสอบความเป็นเชิงเส้นของอุณหภูมิ	41
ตารางแสดงผลการทดสอบของอุณหภูมิ	41
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	42
บรรณานุกรม	43
ภาคผนวก	

สารบัญรูปภาพ และกราฟ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 2	
รูปที่ 1 ผังการทำงานภายในไมโครคอนโทรลเลอร์	3
รูปที่ 2 SHT15	6
รูปที่ 3 แสดงขา SHT 15	7
รูปที่ 4 การทำงานของเซนเซอร์	7
รูปที่ 5 Relay 3V	8
รูปที่ 6 สัญลักษณ์ของรีเลย์	8
รูปที่ 7 ตำแหน่งขาของรีเลย์แบบ 5 ขา	9
รูปที่ 8 แสดงการบอกสิ่งต่างๆที่อยู่บนรีเลย์	9
รูปที่ 9 การส่งสัญญาณแบบซิงโครนัส (Synchronous)	13
รูปที่ 10 การส่งสัญญาณแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)	14
บทที่ 3	
รูปที่ 11 วงจรเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และบอร์ดควบคุมและความชื้น (RS232/RS485)	16
รูปที่ 12 วงจรสร้างแรงดันไฟตรง 5 โวลต์	17
รูปที่ 13 วงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์	18
รูปที่ 14 โพล์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	19
รูปที่ 15 รูปแบบของตัวโปรแกรม	20-21
รูปที่ 16 โพล์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษา Visual Basic	21
บทที่ 4	
รูปที่ 17 การจำลองการติดตั้งเครื่องตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น	23
รูปที่ 18 การจำลองการติดตั้งเครื่องตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น	23
รูปที่ 19 กราฟ Real Time แสดงผลการทดสอบอุณหภูมิและความชื้นในตำแหน่งหน้าห้อง	26
รูปที่ 20 กราฟ Real Time แสดงผลการทดสอบอุณหภูมิและความชื้นในตำแหน่งกลางห้อง	29
รูปที่ 21 กราฟ Real Time แสดงผลการทดสอบอุณหภูมิและความชื้นในตำแหน่งหลังห้อง	31
รูปที่ 22 กราฟ Real Time แสดงผลการทดสอบอุณหภูมิและความชื้นในตำแหน่งบนดินใต้ต้นไม้พากหนึ่ง 33	
รูปที่ 23 กราฟ Real Time แสดงผลการทดสอบอุณหภูมิและความชื้นในตำแหน่งบนพื้นซีเมนต์	36
รูปที่ 24 กราฟ Real Time แสดงผลการทดสอบอุณหภูมิและความชื้นในตำแหน่งบนดินใต้ต้นไม้พาก38	
รูปที่ 25 เทอร์โมมิเตอร์	39
รูปที่ 26 เครื่องตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น เครื่องที่ 1	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ และกราฟ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 27 เครื่องตรวจจับอนุหภูมิและความชื้น เครื่องที่ 2	40
รูปที่ 28 เครื่องตรวจจับอนุหภูมิและความชื้น เครื่องที่ 3	40
รูปที่ 29 กราฟแสดงความเป็น linear ของอนุหภูมิ	41



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

เนื่องจากในโรงงานอุตสาหกรรม ขั้นตอนการผลิตบางขั้นตอนจำเป็นต้องมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล ซึ่งอุณหภูมิและความชื้นในแต่ละจุดมีค่าไม่เท่ากัน ส่งผลต่อกระบวนการผลิต ดังนั้น โครงการนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อต้องการวัดอุณหภูมิและความชื้นในแต่ละจุดเพื่อเปรียบเทียบและตรวจสอบ ณ เวลาต่างๆ โดยใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น ณ จุดต่างๆ โดยอาศัยการรับส่งผ่านทาง RS485 แล้วนำข้อมูลที่ได้แสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์และจัดเก็บข้อมูล เพื่อนำไปวิเคราะห์ในขั้นต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเขียน โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และ visual basic
2. เพื่อศึกษาการวัดอุณหภูมิในแต่ละจุดในเวลาเดียวกัน
3. เพื่อศึกษาการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้วยพอร์ตอนุกรม
4. เพื่อนำมาประยุกต์การใช้งานได้จริงในชีวิตประจำวัน

1.3 ขั้นตอนการทำงาน

ในส่วนของคอมพิวเตอร์

1. ศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผล
2. เขียนโปรแกรมในการประมวลผล
3. ทดลองโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผล
4. ทดลองร่วมกันในทุกๆส่วน

ในส่วนของ RS 232/RS 485

1. ศึกษาการทำงานของ RS 232/RS 485
2. ศึกษาการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้ RS 232/RS 485
3. ทำในส่วน hardware ของ RS 232/RS 485

ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์และSHT 15

1. ศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์และSHT 15
2. เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์และSHT 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทดลองโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์และSHT 15
4. ทำในส่วน hardware ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์และSHT 15
5. ทดลองร่วมกันในทุกๆส่วน

1.4 ขอบเขตของโครงการ

ขอบเขตของโครงการนี้แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนคือในส่วนแรกจะเป็นส่วนของคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะใช้ในการประมวลผลและแสดงข้อมูลที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์และSHT 15 ในส่วนที่สองจะเป็นส่วนของ RS 232 และ RS 485 ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์และSHT 15 ซึ่ง RS 232 จะเป็นตัวที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วน RS 485 จะเป็นตัวที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และSHT 15 และส่วนที่สามจะเป็นส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์และ SHT15 ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิและความชื้น

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบหลักการการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้วยพอร์ตอนุกรม
2. ฝึกทักษะในการเขียนโปรแกรม
3. ได้รับความรู้และทักษะในการทำงาน
4. สามารถนำไปใช้งานได้จริง
5. ได้รู้จักการทำงานร่วมกันและสร้างสามัคคีในหมู่คณะ

1.6 ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นและการแก้ไข

1. ความไม่ระมัดระวังในขณะที่ทำการทดลอง ทำให้อุปกรณ์เกิดความเสียหาย ควรระมัดระวังในการทำงานให้มากยิ่งขึ้น
2. ต้องทำการศึกษาโปรแกรมและภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม ใหม่ทั้งหมดทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน ควรศึกษาโปรแกรมไว้ก่อนการทำงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

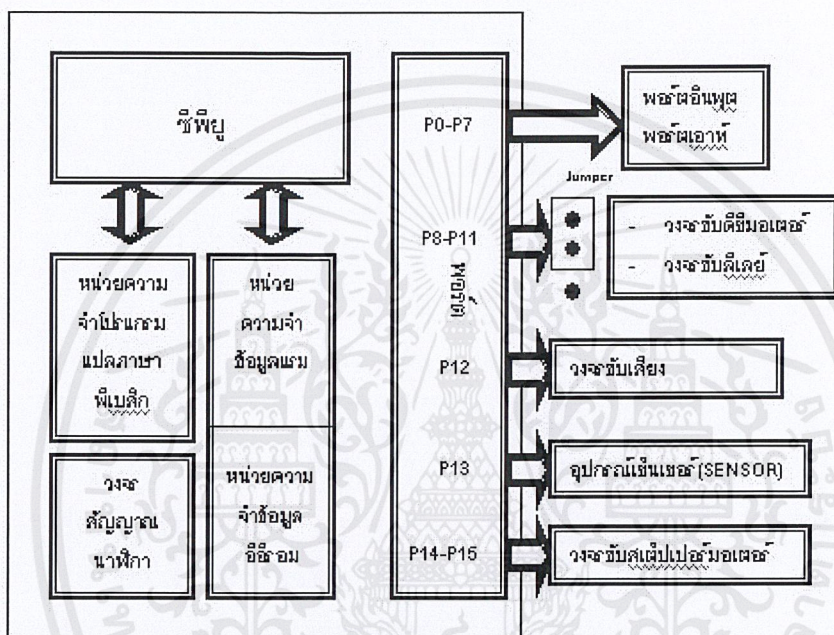
บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีทางด้าน Hardware

2.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

หลักการการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 1 ฟังก์ชันการทำงานภายในไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นอุปกรณ์หลักในการควบคุมและประมวลผล โดยใน ส่วนนี้จะบรรจุโปรแกรมควบคุมที่ผู้ใช้งานเขียนขึ้น ลงในหน่วยความจำและสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ โดยส่วนควบคุมนี้จะมีส่วนเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input port) และพอร์ต เอาท์พุต (Output port) โดยมีจุดเชื่อมต่อดังนี้

P0 – P7 เป็นจุดเชื่อมต่อที่เป็นได้ทั้ง อินพุต และ เอาท์พุต

P8 – P11 เป็นจุดเชื่อมต่อเอาท์พุตที่เป็นอุปกรณ์ประเภท ดีซีมอเตอร์ (DC Motor) หรือ รีเลย์ (Relay) โดยมีจัมเปอร์ (Jumper) เป็นสวิตช์เลือก

P12 เป็นจุดเชื่อมต่อวงจรเสียง (Sound) ที่เป็นลำโพงชนิดเปียโซซึ่งอยู่บนแผงวงจร

P13 เป็นจุดเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อินพุตประเภทเซ็นเซอร์ (Sensor)

P14 – P15 เป็นจุดเชื่อมต่อเอาท์พุตที่เป็นกับอุปกรณ์ประเภทสเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Stepper motor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 PIC (Programmable Integrated Circuit)

PIC คือ microcontroller อีกตระกูลหนึ่ง ย่อมาจากคำว่า Peripheral Interface Controller ซึ่ง concept ของเจ้า microcontroller ตระกูลนี้ก็คือ พยายามรวมเอาทุกอย่างเอาไว้ในตัวของมันไม่ว่าจะเป็น PROGRAM MEMORY, RAM, EEPROM, SERIAL, I2C, PWM, A/D ฯลฯ โดยไม่จำเป็นต้องต่ออุปกรณ์เสริมจากภายนอก ในตัวของ PIC จะมีฟังก์ชันที่ใช้ในการประมวลผล รวมทั้งหน่วยความจำ ซึ่งทำให้มันเหมือนกับ CPU ตัวหนึ่งเลยทีเดียว

ความเร็วของ PIC

ภาคของความถี่สัญญาณนาฬิกา ปัจจุบันสามารถทำสัญญาณนาฬิกาได้ที่ 20 MHz ซึ่งทำให้หนึ่งคำสั่งของ PIC ใช้เวลาเพียง 0.25 uSec แต่อย่างไรก็ตามได้มีบริษัทอื่นได้ซื้อลิขสิทธิ์ PIC จาก microchip และได้สร้าง chip ที่มีความเร็วได้มากกว่าเดิมขึ้นไปอีก

หน่วยความจำของ PIC

ในอดีตหน่วยความจำของ PIC จะค่อนข้างน้อย คืออยู่ระหว่าง 512 words ถึง 4K words แต่ในปัจจุบัน บริษัท microchip ซึ่งเป็นเจ้าของ PIC ได้พัฒนาจนทำให้ memory ของ PIC มีขนาดเป็นหลายสิบกิโลไบต์ และมีที่ท่าว่าจะขยายได้ใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ในเรื่องของขนาดของหน่วยความจำของ PIC จะนับไม่เหมือนปกติ โดยที่หนึ่งคำสั่งของ PIC จะมีขนาด 14 bits ดังนั้นเราจะเรียกว่า 1 word ของ PIC จะมีขนาด 14 bits เช่น PIC16F84A ระบุว่าหน่วยความจำ 1 K (ซึ่งหมายถึง 1 Kword ถ้าคำนวณให้เป็นแบบ 1 byte = 8 bit จะได้ว่า $1 \times 1,024 \times 14 = 14,336$ bits ดังนั้นก็คือ $14,336 / (8 \times 1,024) = 1.75K$ bytes นั่นเอง

สถาปัตยกรรมของ PIC

ตอนนี้มี 3 สายหลักๆ สมัยก่อนมีแค่สอง คือขึ้นต้นด้วย 16xxx, 17xxx และใหม่ล่าสุดคือ 18xxx ถ้าพูดถึง คุณสมบัติที่เหนือกว่าเรียงจากน้อยสุดไปมากที่สุดก็คือ 16 -> 17 -> 18 คำสั่ง assembly ของ 17 และมี 18 จะมีมากกว่า 16 ทำให้เขียนโปรแกรมได้ง่ายกว่า ราคา ก็จะสูงกว่าด้วย แต่ที่เป็นที่นิยมก็คือตระกูล 16xxx

สรุป Concept สถาปัตยกรรมของ PIC

PIC จะยึดถือการออกแบบที่ว่ารวมทุกอย่างไว้ใน chip ตัวเดียวโดยไม่ต้องต่ออุปกรณ์ใดๆ เพิ่มเติม ผลที่ตามมาก็คือแผ่นวงจรจะมีขนาดเล็ก และอุปกรณ์ที่ใช้จะไม่มาก บางงานอาจจะใช้แค่ PIC เพียงตัวเดียว โดยไม่ต้องใช้ chip อื่นมาเพิ่มเติมเลย นี่ก็คือคุณสมบัติพิเศษของ PIC ครับ ซึ่งปัจจุบันหลายบริษัทที่ผลิต microcontroller ก็เริ่มจะหันมาเลียนแบบแนวทางนี้ครับ แต่ทุกอย่างย่อมมีข้อเสีย เนื่องจาก concept ที่จะรวมทุกอย่างไว้ใน chip เดียว ทำให้ program memory และ data memory ไม่สามารถขยายโดยใช้กับ memory ภายนอกได้ (ในทางทฤษฎี นะครับ ของจริงนี้ทำได้ แต่ต้องใช้เทคนิคนิดหน่อยครับ ซึ่งไม่นิยม ต้องบอกกัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไว้ก่อน) PIC จึงเหมาะสำหรับงานเล็กๆ ไม่ใช่งานใหญ่ๆ ที่ต้องใช้การคำนวณ และ memory เยอะๆ สำหรับผม PIC ก็คือมดครับ แมลงที่สามารถยกของที่มีน้ำหนักมากกว่ามันได้หลายสิบเท่า ครับ

PIC ชนิดต่างๆ

MCU ในตระกูล PIC ถ้าแบ่งออกตามชนิดของ PROGRAM MEMORY แบ่งได้เป็น 3 แบบคือ

1. OTP (one time programmable)
2. EPROM (erasable programmable ROM)
3. EEPROM / Flash (electronically erasable programmable ROM)

1. OTP เป็น chip ที่มีราคาถูกที่สุดในสามประเภท สาเหตุก็มาจากว่า chip แบบ OTP จะสามารถทำการโปรแกรมได้แค่ครั้งเดียวเท่านั้น หลังจาก chip ได้ถูกโปรแกรมไปแล้วจะไม่สามารถโปรแกรมเข้าไปใหม่ได้อีก ดังนั้น chip ประเภทนี้จะนิยมใช้หลังจากได้พัฒนาโปรแกรมจนกระทั่งจุดบกพร่องต่างๆ ในโปรแกรม ไม่มีอีกแล้ว เพราะจะมีต้นทุนต่ำเมื่อเทียบตัว memory ประเภทอื่น จะมีตัวอักษร C แสดงบนตัว chip เช่น 16C84, 16C74



40-LEAD PDIP
"P" OR "PL"

2. EPROM เป็น chip ที่มี program memory ที่เมื่อเขียนโปรแกรมเข้าไปแล้วสามารถโปรแกรมใหม่ด้วยการลบโปรแกรมเดิมโดยให้แสง uV (ultra Violet) ส่องผ่านเข้าไปยัง chip ประมาณ 5-10 นาที ดังนั้นที่ด้านบนของ chip จะมีกรอบกระจกเพื่อให้แสง uV สามารถส่องผ่านเข้าไปในตัว chip ได้ แต่ก็มีจำนวนครั้งในการลบโปรแกรมเช่นกัน เมื่อลบโปรแกรมด้วยแสง uV มากๆ เข้าก็จะเกิดอาการด้าน คือโปรแกรมไม่เข้านั่นเอง จะมีตัวอักษร JW หรือว่าดูเอาว่ามีกรอบกระจกอยู่บน chip หรือไม่



40-LEAD CERDIP
"JW"

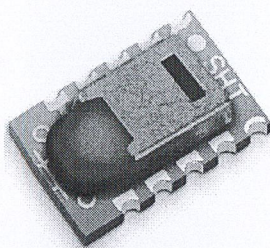
3. EEPROM / Flash เป็น chip ที่ออกมาไม่กี่ปีนี่เอง ส่วนของ program memory สามารถอ่านหรือเขียนด้วยสัญญาณทางไฟฟ้า ใช้เวลาในการ ลบข้อมูลไม่กี่วินาที และสามารถลบ และเขียนใหม่ได้หลายพันครั้ง ทำให้เป็นที่นิยมที่สุดใน 3 ประเภท มีตัวอักษร F เป็นตัวบอก เช่น 16F84, 16F877



40-LEAD PDIP
"P" OR "PL"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 SHT15



รูปที่ 2 SHT15

คุณลักษณะเฉพาะของไอซี และบอร์ดวัด/ควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์

- ตัวถังแบบ PDIP 28 ขา เป็น 8 bits AVR microcontroller เบอร์ ATmega8
- ความต้องการไฟเลี้ยง 4.5-5.5V
- เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ SHT15 จาก sensation ซึ่งมีคุณสมบัติเบื้องต้น ดังนี้
 - มี 2 เซ็นเซอร์ภายใน สำหรับวัดความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ
 - วัดความชื้นสัมพัทธ์ ได้ตั้งแต่ 0 - 100% RH โดยมี Absol. RH accuracy: +/- 2% RH (10...90% RH)
 - วัดอุณหภูมิ โดยมี Temp. accuracy: +/- 0.3°C @ 25°C
 - วัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -40 ถึง 123.8 °C
- มีรีเลย์จำนวน 4 ตัว แต่ละตัวสามารถตั้งให้ทำงานเพื่อควบคุมอุณหภูมิ หรือความชื้นสัมพัทธ์ได้แบบอิสระจากกัน
- อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล 2,400
- ควบคุมการทำงานได้ทั้งจากปุ่มกดบนบอร์ด หรือควบคุมผ่านทางพอร์ตอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์ พร้อมจุดต่อ สำหรับการขยายระบบ
- สามารถเชื่อมต่อบอร์ดตั้งแต่สอง หรือจำนวนมากกว่านั้น เข้าด้วยกัน เพื่อขยายจำนวนอินพุต/เอาต์พุต ให้ได้จำนวนตามความต้องการ โดยตั้งหมายเลขประจำตัวของบอร์ด (ID) ตั้งแต่หมายเลข 0 ถึงหมายเลข 255
- มีแอลอีดีแสดงผลการทำงานของบอร์ดที่กำลัง active, แสดงการทำงานของรีเลย์แต่ละตัว และแสดงการส่งข้อมูล
- มีสวิทช์กด เพื่อควบคุมการทำงานของบอร์ด 4 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แสดงผลทางจอแอลซีดี 2 บรรทัด 16 ตัวอักษรต่อบรรทัด(ตัดออกได้ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อ และแสดงผลกับคอมพิวเตอร์)

การนำไปใช้

- การเก็บข้อมูลอุณหภูมิ/ความชื้น
- ยานยนต์ และการควบคุม
- การควบคุมสถานะในอาคาร, ระบบควบคุมอุณหภูมิ/ความชื้น, ระบบระบายอากาศ
- ควบคุม และการวัด
- การแพทย์ และอื่นๆ

Pin	Name	Comment	
1	GND	Ground	NC
2	DATA	Serial Data, bidirectional	1
3	SCK	Serial Clock, input only	2
4	VDD	Source Voltage	3
NC	NC	Must be left unconnected	4

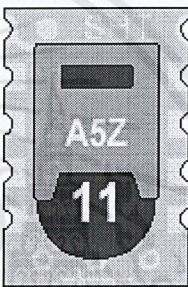
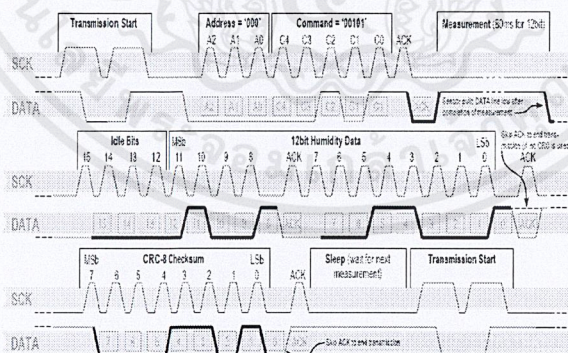


Table 1: SHT1x pin assignment, NC remain floating.

รูปที่ 3 แสดงขา SHT 15



รูปที่ 4 การทำงานของเซนเซอร์

การทำงานของ SHT15 จะเริ่มทำงานได้ก็ต่อเมื่อมีการส่ง Transmission Start ออกมาหลังจากนั้นจะมีการส่งคำสั่งออกมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำการวัดอุณหภูมิและความชื้น เมื่อรับคำสั่งแล้ว SHT15 จะทำการวัดและส่งผลการวัดที่ได้ออกมาในรูปสัญญาณ Digital กลับไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์และรอรับคำสั่งให้ทำการวัดต่อไป

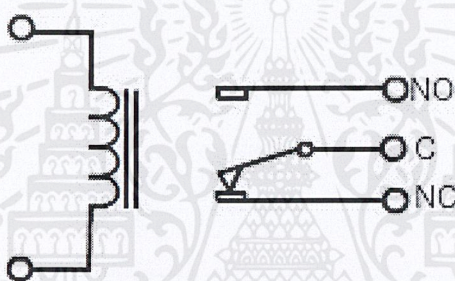
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 Relay



รูปที่ 5 Relay 3V

อุปกรณ์ไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์ทำหน้าที่ตัดต่อวงจร แบบเดียวกับสวิตช์ และจะทำงานโดยอาศัยการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับขดลวดรีเลย์นั้นมียุคหลายประเภท เช่น รีเลย์ขนาดเล็ก ที่ใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ หรือ รีเลย์ขนาดใหญ่ที่ใช้ในงานทางไฟฟ้ากำลัง เป็นต้น โดยมีรูปร่าง หน้าตาแตกต่างกันไปบ้าง แต่หลักการทำงานนั้นจะคล้ายกัน แต่ในที่นี้จะขอกล่าวหลักการรีเลย์ขนาดเล็กที่พบเห็นในงานอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป



รูปที่ 6 สัญลักษณ์ของรีเลย์

ส่วนประกอบของรีเลย์

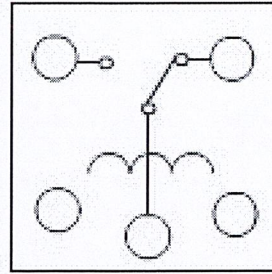
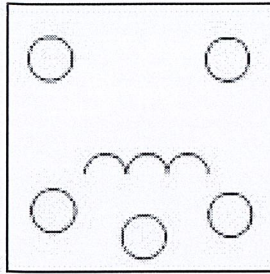
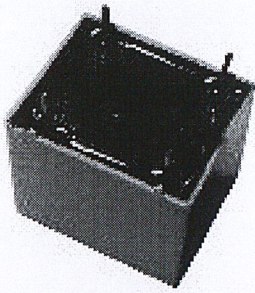
1. ขาคอยล์ 2 ขาที่ต่อกับขดลวดภายใน
2. ขา คอมมอน 1 ขา (COM) ต่อกับหน้าสัมผัสที่สามารถเคลื่อนย้ายได้
3. ขา ปกติปิด 1 ขา (Normal Close : NC) ต่อกับหน้าสัมผัสที่ขาคอมมอนจะแตะอยู่ในตอนแรก
4. ขา ปกติเปิด 1 ขา (Normal Open : NO) ต่อกับหน้าสัมผัสที่ขาคอมมอนจะแตะเมื่อมีสนามแม่เหล็กมาดึง แต่รีเลย์บางแบบอาจมีขามากกว่านี้ก็ได้ขึ้นอยู่กับกรออกแบบ เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน

หลักการทำงานของรีเลย์

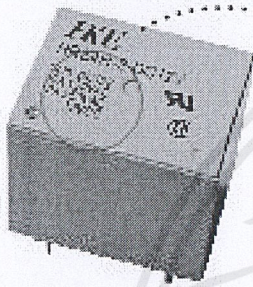
ใช้หลักการของการเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า คือ นำขดลวดมาขดไว้เป็นเกลียว เมื่อมีกระแสไฟฟ้าวิ่งผ่านขดลวด จะทำให้แกนเหล็กนั้นมีสภาพเป็นแม่เหล็ก เราจึงใช้หลักการของเรื่องนี้มาทำให้แม่เหล็กที่พันรอบด้วยขดลวด กลายสภาพเป็นแม่เหล็ก แล้วนำแม่เหล็กนั้น ไปดึงหน้าสัมผัสของรีเลย์ขาคอมมอน ที่แตะอยู่กับขาปกติปิด NC ในตอนแรกให้ย้ายมาอยู่ติดกับขาปกติเปิด NO ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ในตอนแรกเคลื่อนที่จาก ขาคอมมอน ไปยังขาปกติปิดเปลี่ยนไปยังขาปกติเปิดแทน และเมื่อหยุดป้อนกระแสไฟฟ้า ขดลวดจะหยุดสร้างสนามแม่เหล็ก หน้าสัมผัสก็จะกลับมาสัมผัสด้านเดิม แต่ขณะหยุดป้อนกระแสไฟฟ้า สนามแม่เหล็กที่ยังค้างอยู่จะเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น (Back EMF) ไหลผ่านในขดลวดในทิศทางที่เสริมกับทิศทางไหลของกระแสเดิม ทำให้แรงดันที่ขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ได้รับนั้น มีค่าสูงขึ้น จึงอาจเกิดความเสียหายที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์เสียหาย ดังนั้นเราจึงต่อ ไดโอดคร่อมที่ขดลวดไว้ เพื่อจำกัดขนาดแรงดันที่เหนี่ยวนำให้มีค่าไม่เกิน 0.7 V เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดแรงดันที่ขาของทรานซิสเตอร์มากจนเกินไปจนเกิดความเสียหายได้ ตัวต้านทานเป็นตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านทานเพื่อจำกัดกระแสที่มากกระตุ้นที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ ส่วนตัวเก็บประจุนั้นมีไว้เพื่อกรองกระแสไฟฟ้าที่มีความถี่สูงออก (ซึ่งสามารถทำอันตรายแก่วงจร หรือ ทำให้วงจรทำงานไม่ถูกต้องได้)



รูปที่ 7 ตำแหน่งขาของรีเลย์แบบ 5 ขา



COLE DC12V = ขดลวดรับแรงดันได้ 12VDC
 10A 120VAC = หน้าสัมผัสรับได้ 10A ที่ 120 VAC
 10A 250VAC = หน้าสัมผัสรับได้ 10A ที่ 250 VAC
 12VDC หรือที่ 12 VDC

รูปที่ 8 แสดงการบอกถึงต่างๆที่อยู่บนรีเลย์

2.2 ทฤษฎีทางด้าน Software

2.2.1 ภาษาที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์

ในการทำโครงงานชิ้นนี้ ต้องมีการใช้คอมพิวเตอร์ในการรับ – ส่งข้อมูล และแสดงผล ดังนั้นจึงต้องมีการเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ขึ้นมา เพื่อใช้ในการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม โดยในการโครงงานครั้งนี้ได้เลือกโปรแกรม Visual Basic

ประวัติความเป็นมาของ Visual Basic

Visual Basic เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ (Programming Language) ที่พัฒนาโดยบริษัทไมโครซอฟท์ ซึ่งเป็นบริษัทยักษ์ใหญ่ที่สร้างระบบปฏิบัติการ Windows 95/98 และ Windows NT ที่เราใช้กันอยู่ในปัจจุบัน โดยตัวภาษาเองมีรากฐานมาจากภาษา Basic ซึ่งย่อมาจาก Beginner's All Purpose Symbolic Instruction ถ้าแปลให้ได้ตามความหมายก็คือ “ชุดคำสั่งหรือภาษาคอมพิวเตอร์สำหรับผู้เริ่มต้น” ภาษา Basic มีจุดเด่นคือ ผู้ที่ไม่มีพื้นฐานเรื่องการเขียนโปรแกรมเลขก็สามารถเรียนรู้ และนำไปใช้งานได้โดยง่ายและรวดเร็ว เมื่อเทียบกับการเรียนภาษาคอมพิวเตอร์อื่นๆ เช่น ภาษาซี (C), ปาสคาส (Pascal), ฟอรัทเธน (Fortian) หรือ แอสเซมบลี (Assembler)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครซอฟท์ที่ได้พัฒนาโปรแกรมภาษา Basic มานานนับสิบปี ตั้งแต่ภาษา MBASIC (Microsoft Basic). BASICA (Basic Advanced): GWBASIC และ QuickBasic ซึ่งได้ติดตั้งมาพร้อมกับระบบปฏิบัติการ Ms DOS ในที่สุดโดยใช้ชื่อว่า QBASIC โดยแต่ละเวอร์ชันที่ออกมานั้น ได้มีการพัฒนาและเพิ่มเติมคำสั่งต่างๆเข้าไป โดยตลอด ในอดีตโปรแกรมภาษาเหล่านี้ส่วนทำงานใน Text Mode คือเป็นตัวอักษรล้วนๆ ไม่มีภาพกราฟฟิกสวยงามแบบระบบ Windows อย่างในปัจจุบัน จนกระทั่งเมื่อระบบปฏิบัติการ Windows ได้รับความนิยมอย่างสูงและเข้ามาแทนที่ DOS ไมโครซอฟท์ก็เล็งเห็นว่าโปรแกรมภาษาใน Text Mode นั้นคงถึงกาลที่หมดสมัย จึงได้พัฒนาปรับปรุงโปรแกรมภาษา Basic ของตนออกมาใหม่เพื่อสนับสนุนการทำงานในระบบ Windows ทำให้ Visual Basic ถือกำเนิดขึ้นมาตั้งแต่บัดนั้น

Visual Basic เวอร์ชันแรกคือเวอร์ชัน 1.0 ออกสู่สายตาประชาชนตั้งแต่ปี 1991 โดยในช่วงแรกนั้น ยังไม่มีความสามารถต่างจากภาษา GBASIC มากนัก แต่จะเน้นเรื่องเครื่องมือที่ช่วยในการเขียนโปรแกรม วินโดว์ซึ่งปรากฏว่า Visual Basic ได้รับความนิยมและประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี ไมโครซอฟท์จึงพัฒนา Visual Basic ให้ดีขึ้นเรื่อยๆ ทั้งในด้านประสิทธิภาพ ความสามารถ และเครื่องมือต่างๆเช่น เครื่องมือตรวจสอบแก้ไขโปรแกรม (debugger) สภาพแวดล้อมของการพัฒนาโปรแกรม การเขียนโปรแกรมแบบหลายวินโดว์ย่อย (MDI) และอื่นๆ อีกมากมาย

สำหรับ Visual Basic ในปัจจุบันคือ Visual Basic 2008 ซึ่งออกมาในปี 2008 ได้เพิ่มความสามารถในการเขียนโปรแกรมติดต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต การเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูล รวมทั้งปรับปรุงเครื่องมือและการเขียนโปรแกรมซึ่งวัตถุ (Object Oriented Programming) ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นพร้อมทั้งเพิ่มเครื่องมือต่างๆอีกมากมายที่ทำให้ใช้งาน และสะดวกขึ้นกว่าเดิม โดยเราจะค่อยๆมาเรียนรู้ส่วนประกอบและเครื่องมือต่างๆอีกมากมายที่ทำให้ใช้งาน และสะดวกขึ้นกว่าเดิม

ข้อดีของการเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic

สาเหตุที่ Visual Basic เป็นภาษาที่เหมาะสมสำหรับการเรียนรู้ในการเขียนโปรแกรมนั้นเนื่องจาก Visual Basic มีข้อดีหลายประการคือ

1. ง่ายต่อการเรียนรู้เหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น ทั้งในเรื่องไวยากรณ์ของภาษาเองและเครื่องมือการใช้งาน
2. ได้รับความนิยมของตัวภาษา โดยอาจกล่าวได้ว่าภาษา Basic นั้นเป็นภาษาที่คนเรียนรู้และใช้งานมากที่สุดในประวัติศาสตร์ของคอมพิวเตอร์
3. การพัฒนาอย่างต่อเนื่อง การปรับปรุงประสิทธิภาพในด้านของตัวภาษาและความเร็วของการประมวลผล และในเรื่องของความสามารถใหม่ๆ เช่น การติดต่อกับระบบฐานข้อมูล การเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผู้พัฒนาสำคัญของ Visual Basic คือบริษัท ไมโครซอฟท์ซึ่งจัดว่าเป็นยักษ์ใหญ่ของวงการคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน เราจึงสามารถมั่นใจได้ว่า Visual Basic จะยังมีการพัฒนา ปรับปรุงและคงอยู่ไปอีกรุ่น

นอกจาก Visual Basic มาตรฐานแล้วยังมีภาษาที่เป็นแบบเดียวกันอีก 2 แบบคือ

1. Visual Basic for Application Edition (VBA) ที่มาพร้อมกับชุด Microsoft Office และผลิตภัณฑ์อื่นๆ อีกมากมายบน Windows เพื่อเพิ่มความสามารถในการเขียน โปรแกรมให้กับแอปพลิเคชันเหล่านั้น
2. VB Script Edition ที่มีการเขียน โปรแกรมเหมือนกับภาษา Visual Basic แทบทุกประเภทแต่มีการเขียนเป็น Script หรือเป็นชุดคำสั่ง (คล้ายกับ Batch File ใน Dos) ปัจจุบัน VB Script มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในการสร้างโฮมเพจในอินเทอร์เน็ต หรือในโปรแกรมประยุกต์ที่มีการติดต่อกับระบบฐานข้อมูล และระบบเครือข่าย

ภาษา VBA นี้จะทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้ภาษา Visual Basic เพื่อปรับปรุงการทำงานของโปรแกรมให้ตรงความต้องการและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น โปรแกรม Word Excel หรือ PowerPoint ได้เตรียมภาษา VBA มาให้ผู้ใช้งาน ซึ่งการเขียน โปรแกรมแทบจะเหมือนกับภาษา Visual Basic ทุกประการทำให้ผู้ใช้งานสามารถปรับแต่งการทำงานของซีทค่านวน Excel ได้หรือแม้กระทั่งเชื่อมต่อการทำงานระหว่างโปรแกรม เช่น เชื่อมข้อมูลระหว่าง Excel PowerPoint และ Word ให้ทำงานร่วมกันอย่างอัตโนมัติ

2.2.2 ภาษาที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์

โดยในการทำโครงงานครั้งนี้ได้เลือกใช้ภาษาซีในการเขียน โปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพราะภาษาซีเป็นภาษาที่เขียนง่าย และนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย

ประวัติภาษาซี

ภาษาซีเป็นภาษาที่ถือว่าเป็นทั้งภาษาระดับสูงและระดับต่ำ ถูกพัฒนาโดยเดนนิส ริตช์ (Dennis Ritchie) แห่งห้องทดลองเบลล์ (Bell laboratories) ที่เมอร์ริลด์ มลรัฐนิวเจอร์ซีย์ โดยเดนนิสได้ใช้หลักการของภาษาบีซีพีแอล (BCPL : Basic Combine Programming Language) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยเคน ทอมสัน (Ken Thomson) การออกแบบและพัฒนาภาษาซีของเดนนิส ริตช์ มีจุดมุ่งหมายให้เป็นภาษาสำหรับใช้เขียนโปรแกรมปฏิบัติการระบบยูนิกซ์ และได้ตั้งชื่อว่า ซี (C) เพราะเห็นว่า ซี (C) เป็นตัวอักษรต่อจากบี (B) ของภาษา BCPL ภาษาซีถือว่าเป็นภาษาระดับสูงและภาษาระดับต่ำ ทั้งนี้เพราะ ภาษาซีมีวิธีใช้ข้อมูลและมีโครงสร้างการควบคุมการทำงานของโปรแกรมเป็นอย่างเดียวกับภาษาของโปรแกรมระดับสูงอื่นๆ จึงถือว่าเป็นภาษาระดับสูง ในด้านที่ถือว่าภาษาซีเป็นภาษาระดับต่ำ เพราะภาษาซีมีวิธีการเข้าถึงในระดับต่ำที่สุดของฮาร์ดแวร์ ความสามารถทั้งสองด้านของภาษานี้เป็นสิ่งที่เกื้อหนุนซึ่งกันและกัน ความสามารถระดับต่ำทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาษาซีสามารถใช้เฉพาะเครื่องได้ และความสามารถระดับสูง ทำให้ภาษาซีเป็นอิสระจากฮาร์ดแวร์ ภาษาซีสามารถสร้างรหัสภาษาเครื่องซึ่งตรงกับชนิดของข้อมูลนั้นได้เอง ทำให้โปรแกรมที่เขียนด้วยภาษาซีที่เขียนบนเครื่องหนึ่ง สามารถนำไปใช้กับอีกเครื่องหนึ่งได้ ประกอบกับการใช้พอยน์เตอร์ในภาษาซี นับได้ว่าเป็นตัวอย่างที่ดีของการเป็นอิสระจากฮาร์ดแวร์

ภาษาซีเป็นภาษาที่มีลักษณะเด่นพอสรุปได้ดังนี้

- เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่มีการพัฒนาขึ้นใช้งานเพื่อเป็นภาษามาตรฐานที่ไม่ขึ้นกับโปรแกรมจัดระบบงานและไม่ขึ้นกับฮาร์ดแวร์
- เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่อาศัยหลักการที่เรียกว่า "โปรแกรมโครงสร้าง" จึงเป็นภาษาที่เหมาะสมกับการพัฒนาโปรแกรมระบบ
- เป็นคอมไพเลอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง ให้รหัสออบเจกต์สั้น ทำงานได้รวดเร็ว เหมาะกับงานที่ต้องการ ความรวดเร็วเป็นสำคัญ
- มีความคล่องตัวคล้ายภาษาแอสเซมบลี ภาษาซีสามารถเขียนแทนภาษาแอสเซมบลีได้ดี ค้นหาที่ผิดหรือ แก้โปรแกรมได้ง่าย ภาษาซีจึงเป็นภาษาระดับสูงที่ทำงานเหมือนภาษาระดับต่ำ
- มีความคล่องตัวที่จะประยุกต์เข้ากับงานต่างๆ ได้เป็นอย่างดี การพัฒนาโปรแกรม เช่น เวิร์ด โพรเซสซิ่ง สเปรดชีต ดาตาเบส ฯลฯ มักใช้ภาษาซีเป็นภาษาสำหรับการพัฒนา
- เป็นภาษาที่มีอยู่บนเกือบทุกโปรแกรมจัดระบบงาน มีในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ 8 บิต ไปจนถึง 32 บิต เครื่องมินิคอมพิวเตอร์ และเมนเฟรม
- เป็นภาษาที่รวมข้อดีเด่นในเรื่องการพัฒนา จนทำให้เป็นภาษาที่มีผู้สนใจมากมายที่จะเรียนรู้หลักการของภาษา และวิธีการเขียนโปรแกรม ตลอดจนการพัฒนางานบนภาษานี้

ข้อดีของภาษา C

1. ภาษา C ใช้ได้ในไมโครคอมพิวเตอร์ ตั้งแต่ขนาด 8 บิต 16 บิต 32 บิต มินิคอมพิวเตอร์ หรือคอมพิวเตอร์ระดับเมนเฟรม มีการพัฒนาการใช้งาน เพื่อให้เป็นมาตรฐาน ไม่ขึ้นกับโปรแกรมจัดระบบงาน หรือ อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ (ฮาร์ดแวร์)
2. ภาษา C มีหลายรุ่น มีผู้ผลิตต่างบริษัท แต่มีโครงสร้างคล้ายกัน และสามารถใช้ร่วมกันได้
3. ภาษา C มีความอ่อนตัว สามารถเจาะลงระดับลึกให้เข้ากับฮาร์ดแวร์ ทำงานได้รวดเร็ว และที่สำคัญ ภาษา C เป็นคอมไพเลอร์
4. ภาษา C เป็นภาษาที่มีโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎีพื้นฐานการสื่อสารแบบอนุกรม

ในการสื่อสารแบบอนุกรมในเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นจะมีความเร็วในการสื่อสารช้ากว่าแบบขนาน เป็นเพราะว่าการเคลื่อนย้ายข้อมูลแบบอนุกรมนั้นเป็นการส่งข้อมูลที่ละ 1 บิต แต่พอร์ตขนานนั้นสามารถส่งข้อมูลได้ครั้งละหลายๆบิตพร้อมกัน ดังนั้นจึงทำให้การสื่อสารข้อมูลได้ระยะทางไกลกว่าแบบขนาน และอีกทั้งสัญญาณก็มีน้อยกว่าการส่งข้อมูลแบบขนานอีกด้วย การรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมยังแบ่งออกเป็นลักษณะการใช้งานได้ 3 แบบคือ

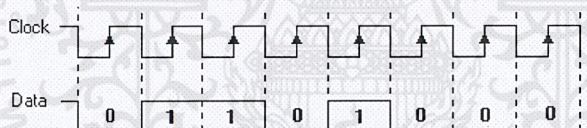
- 3 แบบซิมเพลกซ์ (Simplex) เป็นการส่ง หรือรับข้อมูล แบบทิศทางเดียว เท่านั้น
- 4 แบบฮาล์ฟดูเพลกซ์ (Half Duplex) เป็นการส่งและรับข้อมูลแบบสลับกัน คือ เมื่อด้านหนึ่งส่ง อีกด้านหนึ่ง เป็นฝ่ายรับ สลับกัน ไม่สามารถรับ-ส่งในเวลาเดียวกันได้
- 5 แบบฟูลดูเพลกซ์ (Full Duplex) สามารถรับ-ส่งข้อมูลในเวลาเดียวกันได้

รูปแบบการสื่อสารแบบอนุกรม

มีด้วยกันอยู่ 2 แบบ คือแบบซิงโครนัส (Synchronous) และแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)

การสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous)

-การรับส่งข้อมูล จะมีสัญญาณนาฬิกา ซึ่งเป็นตัวกำหนด จังหวะเวลา การส่งข้อมูล ร่วมอยู่ด้วยอีกเส้นหนึ่ง ใช้คู่กับสัญญาณข้อมูล ตัวอย่างเช่น การส่งสัญญาณจากคีย์บอร์ด



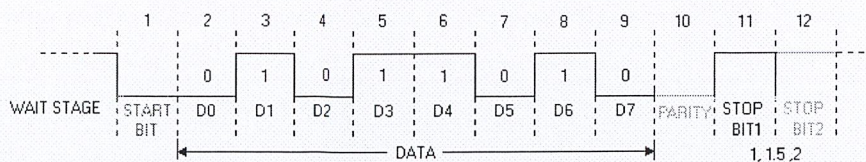
รูปที่ 9 การส่งสัญญาณแบบซิงโครนัส (Synchronous)

การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)

- การรับส่งข้อมูล โดยที่ไม่จำเป็นต้อง มีสัญญาณนาฬิกา ร่วมด้วย แต่จะใช้ให้ตัวส่ง และตัวรับ มีอัตราส่งข้อมูล ที่เท่ากัน

รูปแบบข้อมูลแบบอะซิงโครนัส ประกอบด้วย 4 ส่วนคือ

1. บิตเริ่มต้น (Start bit) มีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูล (Data) มีขนาด 5,6,7 หรือ 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี (Parity bit) มีขนาด 1 บิตหรือไม่มี
4. บิตหยุด (Stop bit) มีขนาด 1, 1.5, 2 บิต



รูปที่ 10 การส่งสัญญาณแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)

- เมื่อไม่มีการส่งข้อมูล ขา data จะมีสถานะเป็น โลจิก "1" หรือ สถานะหยุดรอ (Waiting stage)
- เมื่อเริ่มต้นส่งข้อมูลจะให้ขา data เป็น โลจิก "0" เป็นจำนวน 1 บิต เรียกว่าบิตเริ่มต้น (Start bit)
- จากนั้นก็จะเริ่มต้นส่งข้อมูล โดยส่งบิตต่ำไปก่อน (LSB)
- แล้วตามด้วยพาริตีบิต (จะมีหรือไม่มีก็ได้ ขึ้นอยู่กับการติดตั้งค่า ของทั้งสองฝ่าย)
- สุดท้ายตามด้วยโลจิก "1" อย่างน้อย 1 บิต (มีขนาด 1, 1.5, หรือ 2 บิต) เพื่อแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูล

2.3.1 มาตรฐาน RS232

RS-232 เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อข้อมูลแบบอนุกรมที่มีคนนิยมใช้มากที่สุด กำหนดโดย EIA (Electronics Industry Association) หรือสมาคมผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ของอเมริกา ตั้งแต่ปี 1969 โดยมีจุดเริ่มต้นจากความต้องการที่จะกำหนดมาตรฐานการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับโมเด็มในสมัยนั้น ตัวมาตรฐานจะกำหนดสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมต่อนี้ด้วยกันทั้งหมด 4 หัวข้อหลักๆด้วยกันคือ

1. คุณสมบัติทางไฟฟ้าของสัญญาณ
2. คุณสมบัติทางกลของการเชื่อมต่อ ซึ่งหมายถึงตัวคอนเน็คเตอร์นั่นเอง
3. หน้าที่การทำงานของวงจรสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูล
4. มาตรฐานการเชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารเฉพาะอย่าง

2.3.2 มาตรฐาน RS-232-C

RS-232-C เป็นมาตรฐาน RS-232 ที่มีการปรับปรุงแก้ไขจากมาตรฐานเดิม ซึ่งเราอาจคุ้นเคยกับชื่อนี้มากกว่า RS-232-A หรือ RS-232-B อันที่จริงแล้วยังมีมาตรฐาน RS-232-D ที่ใหม่กว่า RS-232-C โดยที่มีการเพิ่มข้อกำหนดของคอนเน็คเตอร์แบบ DB เข้าไปด้วย เช่น DB-25 ซึ่งในขณะนั้นสิทธิบัตรของตัวคอนเน็คเตอร์แบบนี้ได้หมดอายุลงพอดี จึงสามารถรวมข้อกำหนดเข้าไว้ได้

ลักษณะโดยทั่วไปของการเชื่อมต่อข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 คือเป็นการสื่อสารข้อมูลแบบจุดต่อจุด ซึ่งเดิมทีเป็นการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับโมเด็ม ซึ่งจริงๆแล้วทั้งสองฝั่งจะเป็นอะไรก็ได้ การสื่อสารเป็นแบบสองทางพร้อมกัน (Full-duplex) โดยอาจใช้สายสัญญาณอื่นร่วมเพื่อทำแฮนด์เชก (Hand-shake) หรือไม่มีก็ได้ มาตรฐาน RS-232 จำกัดความยาวสายไว้ที่ 50 ฟุต (หรือประมาณ 15

เมตร) สำหรับการส่งสัญญาณที่ความเร็ว 19,200 บิตต่อวินาที โดยที่ความยาวสายจะต้องสั้นลงถ้าต้องการสื่อสารที่ความเร็วสูงขึ้น และถ้ามีสัญญาณรบกวนมากๆ เช่นในโรงงาน หรือบริเวณใกล้เครื่องจักรที่เป็นแบบมีการสวิตซ์สัญญาณไฟฟ้าที่กระแสสูงๆ ก็จะทำให้ต้องมีการลดความเร็วในการส่งสัญญาณลงหรือใช้สายที่สั้นลง

2.3.3 มาตรฐาน RS-422 หรือ RS-422-A

RS-422 หรือ RS-422-A ถูกกำหนดขึ้นโดยสมาคมผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์หรือ EIA เช่นเดียวกับกับมาตรฐาน RS-232 โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะแก้ปัญหาเรื่องความยาวของสายสื่อสารโดยใช้การส่งสัญญาณแบบผลต่าง (Differential) แทนที่จะใช้การส่งสัญญาณแบบอ้างอิงกับจุดกราวนด์ (หรือสายดิน) เช่นเดียวกับกับ RS-232 การส่งสัญญาณแบบ Differential นี้ช่วยลดปัญหาสัญญาณรบกวนจาก 2 ปัจจัยด้วยกัน ได้แก่ ปัญหาแรงดันกราวนด์ 2 ฝั่งสายไม่เท่ากัน อันเกิดจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลในสายกราวนด์ที่ยาวมากๆ ก่อให้เกิดความต่างศักย์ และปัญหาสัญญาณรบกวนที่เกิดจากแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำในสาย โดยหากสายไฟที่ใช้ถูกตีเกลียวและวางไว้ใกล้กัน เมื่อมีแรงดันเหนี่ยวนำจะปรากฏแรงดันรบกวนบนสายทั้งสองเท่าๆ กันเป็นผลให้ ตัวรับที่อ่านความต่างศักย์ระหว่างสายอ่านข้อมูลได้เช่นเดิม ทั้งสองปัจจัยนี้เองเป็นสาเหตุที่ทำให้ความต้านทานต่อสัญญาณรบกวนของการสื่อสารแบบ RS-232 คือต่ำกว่า RS-422) ตามมาตรฐาน RS-422 นี้จะใช้สายสัญญาณทั้งหมด 4 เส้น (2 เส้นสำหรับการส่งสัญญาณ และอีก 2 เส้นสำหรับรับสัญญาณ) และสามารถใช้ความยาวสายสัญญาณได้ถึง 4,000 ฟุต (หรือ 1.2 กม.) ที่ความเร็ว 100,000 บิตต่อวินาที และการสื่อสารเป็นแบบ 2 ทางพร้อมกัน (Full Duplex)

2.3.2 มาตรฐาน RS-485

RS-485 กำหนดโดยสมาคมผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์หรือ EIA เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อสัญญาณแบบอนุกรม (Serial Communication) มีลักษณะการเชื่อมต่อเป็นแบบหลายจุด (Multi-point) หรือ Multi-drop สายสัญญาณที่ใช้มีทั้งแบบที่เป็น 2 สายและแบบที่เป็น 4 สาย การต่อแบบหลายจุดนี้ทำให้สามารถมองสายสัญญาณเป็นบัสสัญญาณได้ (Signal Bus) จำนวนคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ที่สามารถอยู่บน RS-485 บัสหนึ่งถูกกำหนดไว้ที่ 32 ตัว ในกรณีที่ต้องการเพิ่มจะต้องมีตัวทวนสัญญาณ (Signal Repeater) หรือใช้ตัวส่ง-รับสัญญาณที่มีอิมพีแดนซ์ (ความต้านทานเสมือน) สูงขึ้น ซึ่งเราอาจเพิ่มจำนวนจุดเชื่อมต่อขึ้นได้ถึง 128 จุด ความยาวของสายสัญญาณตามมาตรฐาน RS-485 นี้สามารถยาวได้ถึง 1.2 กม เช่นเดียวกับมาตรฐาน RS-422 แต่การสื่อสารจะเป็นแบบสองทางไม่พร้อมกัน (Half Duplex) มีเพียงคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ตัวเดียวเท่านั้นที่สามารถส่งสัญญาณออกได้ ณ เวลาหนึ่งๆ ส่วนที่เหลือจะเป็นผู้รับสัญญาณ หรือผู้ฟัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

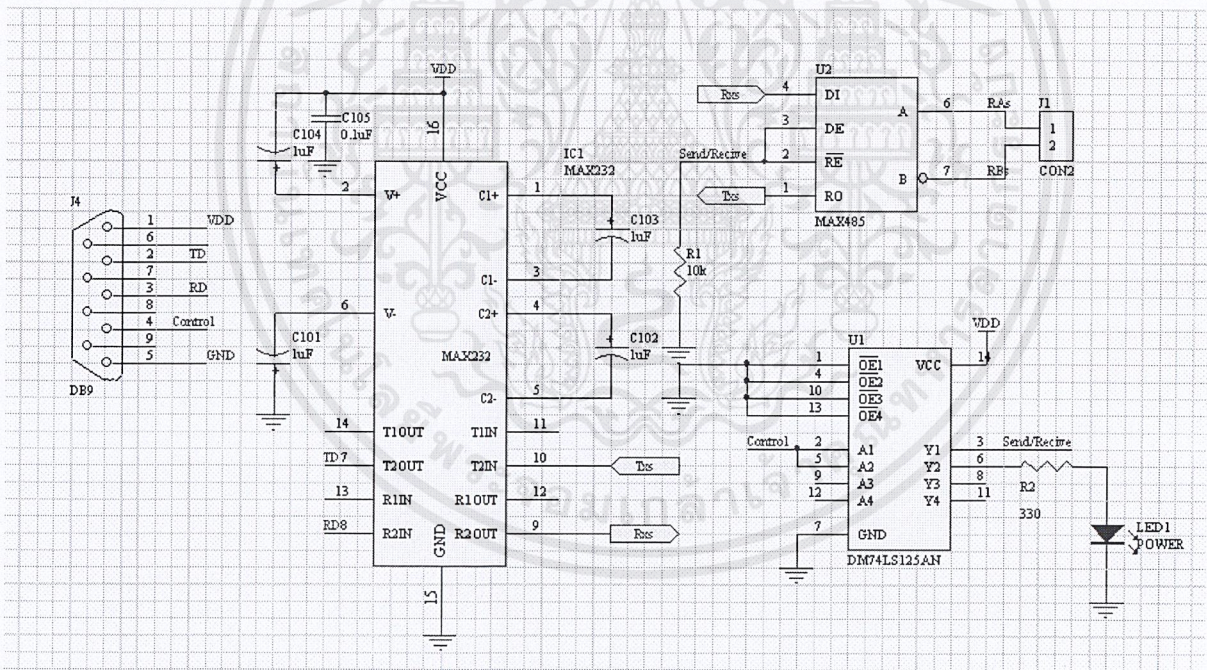
การออกแบบ

3.1 การออกแบบด้าน Hardware

โครงสร้างของวงจรประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆคือ ส่วนของการประมวลผลและแสดงผล (คอมพิวเตอร์) ส่วนของการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และบอร์ดวัดอุณหภูมิและความชื้น (RS232/RS485) ซึ่งทั้งสองเชื่อมต่อกันด้วยพอร์ตอนุกรมและส่วนสุดท้ายคือบอร์ดวัดอุณหภูมิและความชื้น (SHT15)

3.1.1 ส่วนของการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และบอร์ดวัดอุณหภูมิและความชื้น (RS232/RS485)

วงจรรับส่งข้อมูลจะประกอบไปด้วย RS232 และ RS485 ซึ่งในส่วนนี้จะทำหน้าที่รับชุดคำสั่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ ส่งไปควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ทั้งยังรับผลของการวัดอุณหภูมิและความชื้นส่งมายังคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผลทางหน้าจออีกด้วย

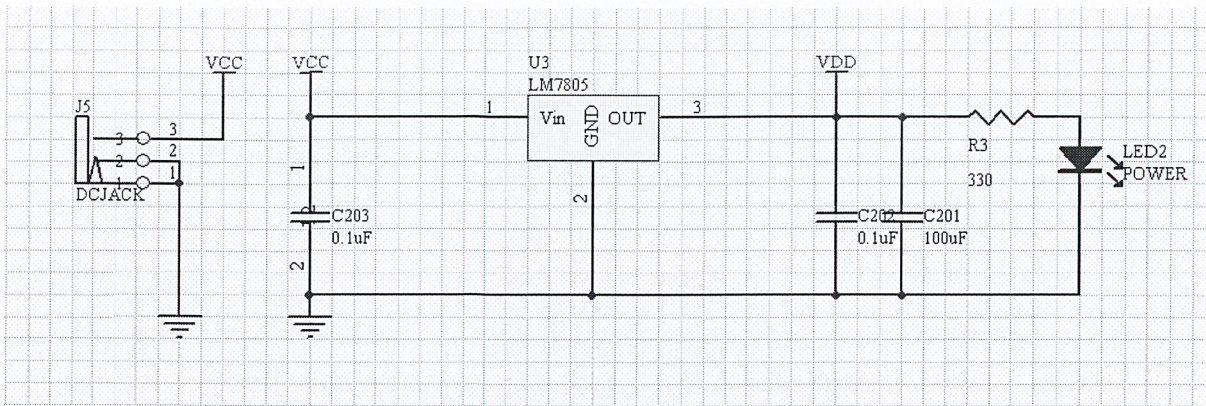


รูปที่ 11 วงจรเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และบอร์ดวัดอุณหภูมิและความชื้น (RS232/RS485)

3.1.2 วงจรสร้างแรงดันไฟตรง

เนื่องจากโครงงานชิ้นนี้ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งใช้แรงดันอินพุท 5 โวลต์โดยใช้วงจร Regulator เป็น IC เบอร์ 7805 ในการสร้างแรงดัน

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 12 วงจรสร้างแรงดันไฟตรง 5 โวลต์

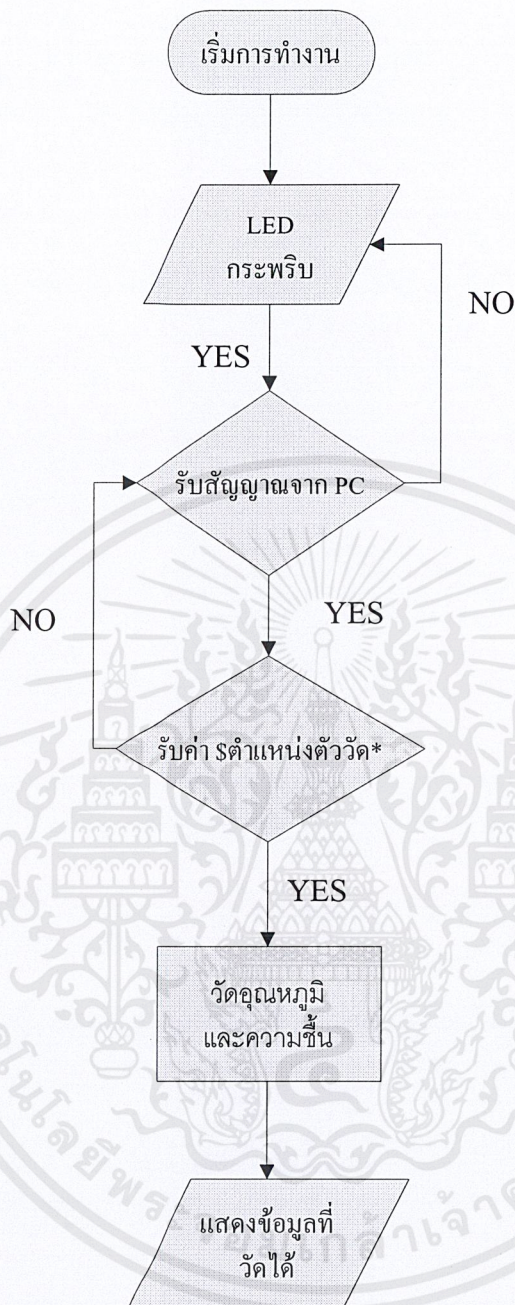
3.1.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

เลือกใช้ PIC เบอร์ 16F877 ประกอบเข้ากับเซ็นเซอร์ โดยเลือกใช้เซ็นเซอร์เบอร์ SHT15 ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์ที่มีคุณสมบัติวัดอุณหภูมิและความชื้น PICเบอร์ 16F877 มีคุณสมบัติดังนี้

1. มีคำสั่งให้ใช้งาน 35 คำสั่ง
2. มีระบบ USART สำหรับต่อกับ การสื่อสารแบบ RS232 หรือดีกว่า
3. มี RAM ขนาด 368 ไบต์ ให้เราใช้งาน
4. มี EEPROM ขนาด 256 ไบต์
5. มีโหมดประหยัดพลังงาน
6. ทำงานที่ไฟเลี้ยง 2VDC ถึง 5.5VDC
7. ทำงานได้สูงสุดที่ 20MHz

119239

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



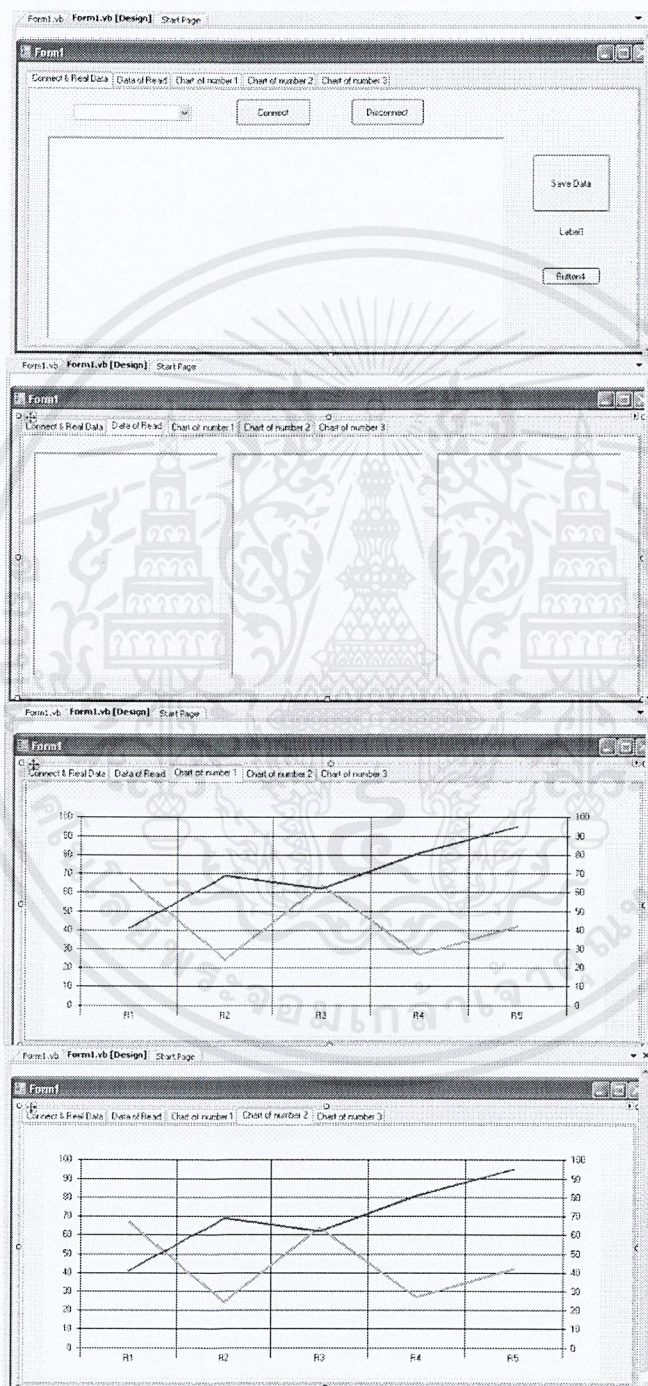
รูปที่ 14 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

หลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์คือ เมื่อมีการจ่ายแรงดัน 5 โวลต์ให้กับวงจร LED จะกระพริบเพื่อบอกว่าวงจรพร้อมใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรอคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ซึ่งถ้าหากมีคำสั่ง \$ตำแหน่งของตัววัด* ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเปิดการทำงานของ SHT15 ให้ทำการวัดอุณหภูมิและความชื้นผลที่ได้จะถูกส่งกลับไปให้คอมพิวเตอร์เพื่อแปลงค่าอุณหภูมิให้เป็นองศาเซลเซียสและความชื้นให้เป็น %RH ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงานวนรอบไปเรื่อยๆจนกว่าจะหยุดการเชื่อมต่อโดยการถอดแหล่งจ่ายแรงดันหรือมีคำสั่งหยุดจากคอมพิวเตอร์

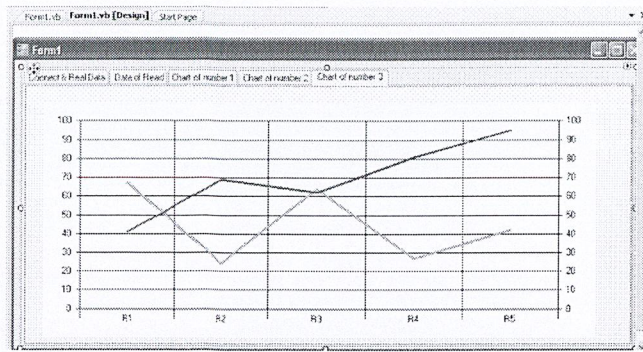
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 โปรแกรมที่ใช้บนคอมพิวเตอร์

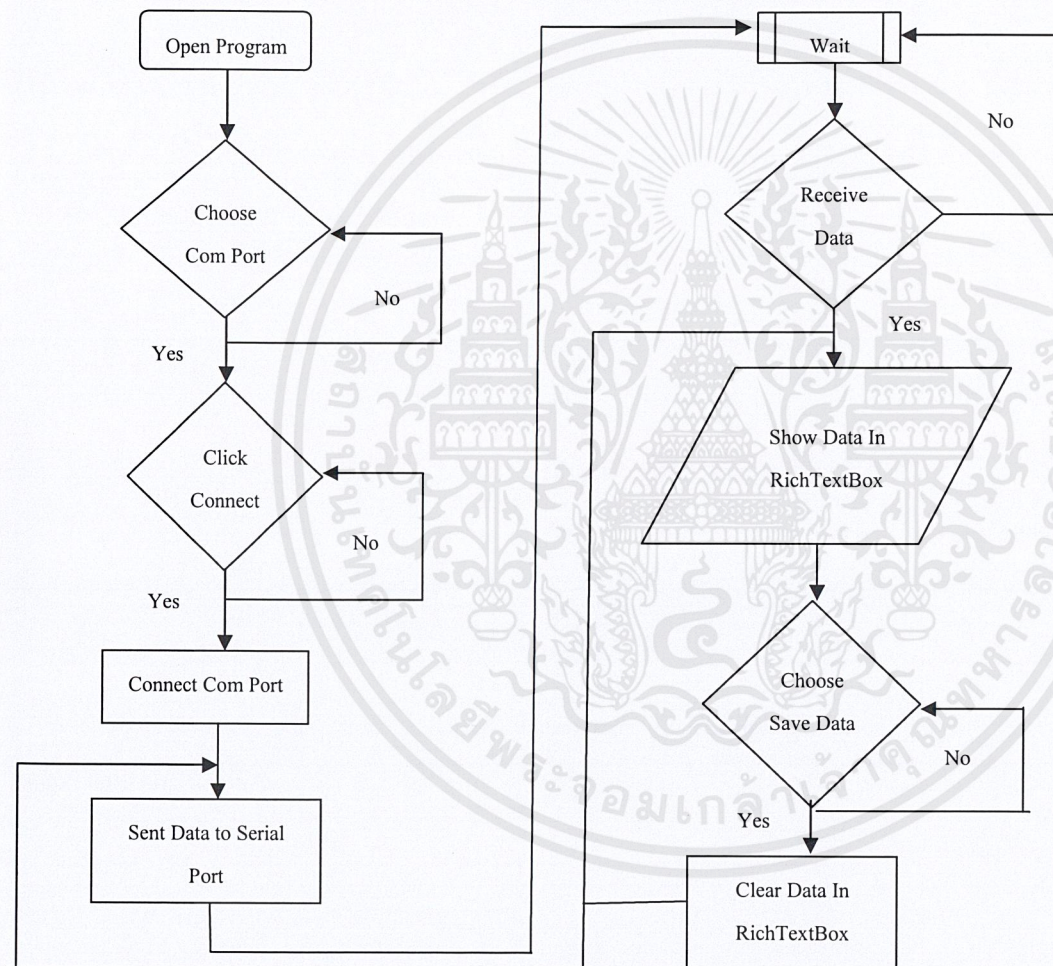
ในโครงการนี้ได้เลือกใช้ภาษา Visual Basic ในการเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถติดต่อสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ โดยมีรูปแบบและไฟล์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมได้ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 15 รูปแบบของตัวโปรแกรม



รูปที่ 16 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษา Visual Basic

จากโฟลว์ชาร์ตสามารถอธิบายการทำงานอย่างคร่าวๆ ได้ดังนี้

1. เลือกพอร์ตที่จะนำมาใช้งาน
2. คลิกปุ่ม Start เพื่อเริ่มการทำงาน และส่งสัญญาณออกมาเพื่อกระตุ้นให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. รอรับข้อมูลที่ส่งกลับมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์
4. โชว์ค่าที่รับมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ใน Text box
5. คลิกปุ่ม Save Data เพื่อเก็บข้อมูลไว้ในไฟล์และชื่อไฟล์ที่เราตั้งไว้



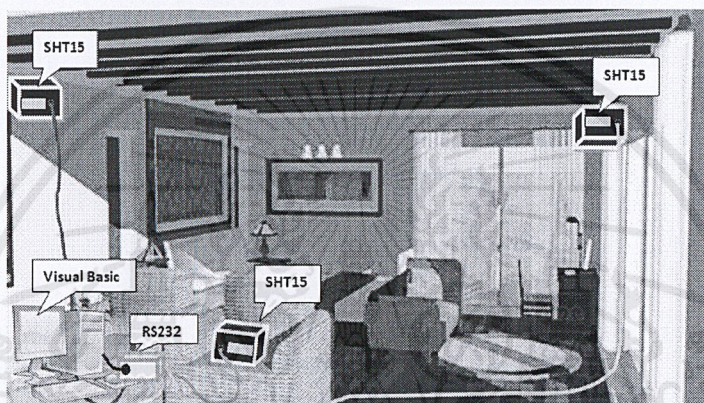
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดสอบและผลการทดสอบ

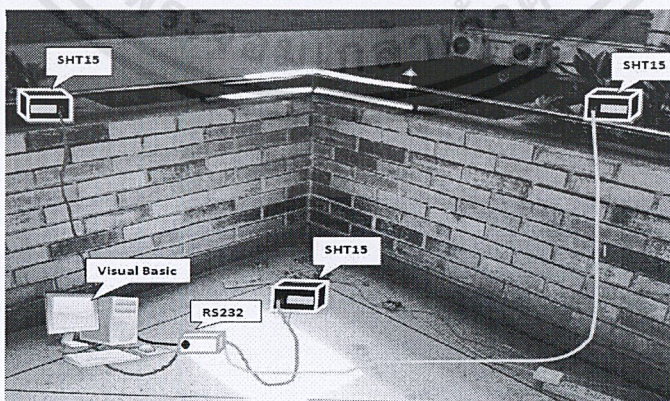
4.1 การทดสอบ

การทดสอบที่ 1 นี้ทดสอบในห้องที่มีขนาด ประมาณ 4×6 ตารางเมตร ซึ่งทำการแบ่งห้องออกเป็น 3 ส่วนคือ หน้าห้อง กลางห้อง หลังห้อง ทำการติดตั้งบอร์ดวัดอุณหภูมิและความชื้นไว้ที่จุดดังกล่าว เมื่อมีการจ่ายไฟให้กับวงจร คอมพิวเตอร์จะทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลาต่อเนื่องประมาณ 10 - 15 นาที ข้อมูลที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ในขั้นต่อไป



รูปที่ 17 การจำลองการติดตั้งเครื่องตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น

การทดสอบที่ 2 นี้ได้ทำการทดสอบบริเวณหน้าห้อง 224 ซึ่งทำการแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ บริเวณที่ปลูกต้นไม้ทั้งสองฝั่ง และบริเวณพื้นซีเมนต์ ทำการติดตั้งบอร์ดวัดอุณหภูมิและความชื้นไว้ที่จุดดังกล่าว เมื่อมีการจ่ายไฟให้กับวงจร คอมพิวเตอร์จะทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลาต่อเนื่องประมาณ 10 - 15 นาที ข้อมูลที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ในขั้นต่อไป



รูปที่ 18 การจำลองการติดตั้งเครื่องตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนการทดสอบ 4.2.1

- 4.2.1.1 นำวงจรวัดอุณหภูมิและความชื้น ไปติดตั้งยังตำแหน่งต่างๆที่ได้กำหนดไว้ตามรูปที่ 9
- 4.2.1.2 จ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจร Master และ slave
- 4.2.1.3 เปิดโปรแกรมที่ใช้ส่งคำสั่งและทำการแสดงผลข้อมูล
- 4.2.1.4 ทำการบันทึกข้อมูล

ขั้นตอนการทดสอบ 4.2.2

- 4.2.2.1 นำวงจรวัดอุณหภูมิและความชื้น ไปติดตั้งยังตำแหน่งต่างๆที่ได้กำหนดไว้ตามรูปที่ 10
- 4.2.2.2 จ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจร Master และ slave
- 4.2.2.3 เปิดโปรแกรมที่ใช้ส่งคำสั่งและทำการแสดงผลข้อมูล
- 4.2.2.4 ทำการบันทึกข้อมูล

ผลการทดลองการวัดอุณหภูมิและความชื้นตามตำแหน่งต่างๆ จะได้ผลการทดลองเป็นไปตามตารางผลการทดลอง ดังนี้

ตารางแสดงผลการทดลองของ SHT 15 ณ ตำแหน่งหน้าห้อง

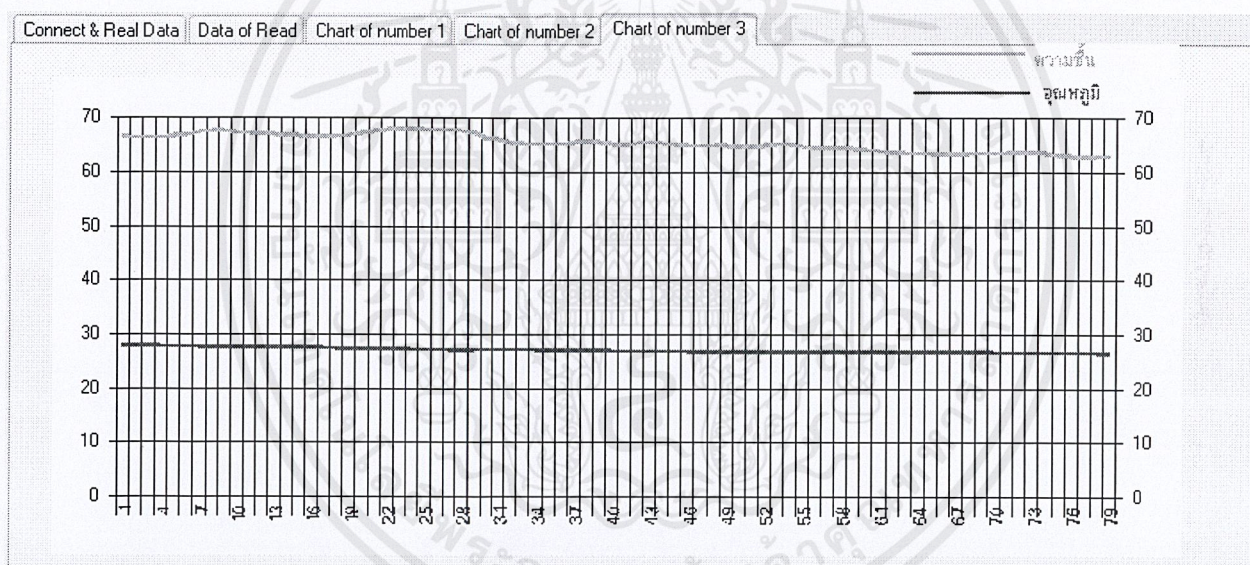
อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)
26.39	63.27%	25.59	63.23%
26.28	63.51%	25.58	62.98%
26.28	63.75%	25.61	62.74%
26.22	63.75%	25.65	62.82%
26.22	63.67%	25.68	62.42%
26.15	63.67%	25.64	62.29%
26.11	63.71%	25.65	62.29%
26.11	63.87%	25.65	62.33%
26.08	64.04%	25.66	62.17%
26.04	64.12%	25.65	62.01%
25.97	64.12%	25.69	61.93%
25.96	64.16%	25.71	61.93%
25.97	63.75%	25.72	61.89%
25.96	63.59%	25.68	61.81%
25.96	63.43%	25.69	61.69%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)
25.75	63.47%	25.86	63.23%
25.78	63.59%	25.83	63.06%
25.78	63.75%	25.73	63.79%
25.75	63.75%	25.75	63.47%
25.71	63.87%	25.78	63.59%
25.72	63.63%	25.78	63.75%
25.75	63.23%	25.75	63.75%
25.73	63.18%	25.71	63.87%
25.65	63.63%	25.72	63.63%
25.65	63.63%	25.75	63.23%
25.65	63.63%	25.73	63.18%
25.66	63.27%	25.65	63.63%
25.68	63.47%	25.65	63.63%
25.68	63.18%	25.65	63.63%
25.64	62.90%	25.66	63.27%
25.73	63.79%	25.41	62.50%
26	63.10%	25.62	61.85%
26.03	62.98%	25.55	62.25%
26.01	62.94%	25.55	62.66%
26.05	62.82%	25.57	62.29%
26.04	62.74%	25.61	62.13%
25.98	62.58%	25.53	62.33%
26	62.54%	25.54	62.17%
25.98	62.58%	25.48	62.42%
25.91	62.66%	25.48	62.42%
26.01	63.51%	25.65	61.52%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)
25.93	62.86%	25.43	62.50%
25.9	63.02%	25.43	62.58%
25.87	63.06%	25.43	62.78%
25.86	63.43%	25.4	62.82%
25.82	63.39%	25.4	62.86%
25.86	63.23%	25.4	62.66%
25.83	63.06%	25.4	62.50%



รูปที่ 19 กราฟ Real Time แสดงผลการทดสอบอุณหภูมิและความชื้นในตำแหน่งหน้าห้อง

ตารางแสดงผลการทดลองของ SHT 15 ณ ตำแหน่งกลางห้อง

อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)
28.65	73.71%	28.5	76.23%
28.64	73.67%	28.5	76.27%
28.62	74.40%	28.53	76.14%
28.61	74.52%	28.5	76.27%

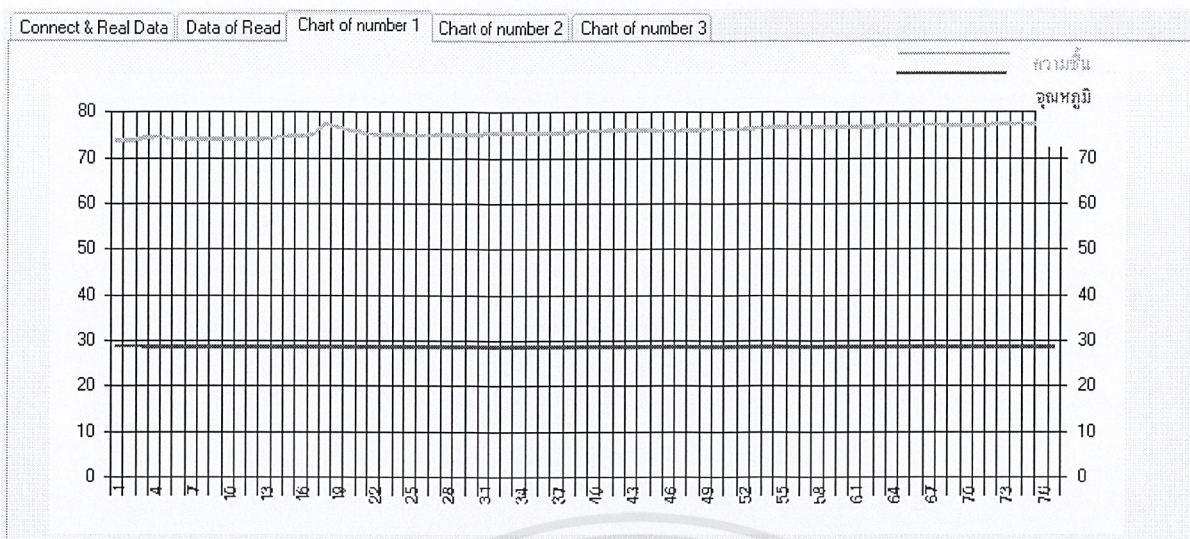
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)
28.48	75.42%	28.54	75.78%
28.54	75.42%	28.54	75.90%
28.51	75.46%	28.53	75.82%
28.51	75.33%	28.54	75.94%
28.54	75.78%	28.51	75.94%
28.54	75.90%	28.51	76.06%
28.53	75.82%	28.5	75.98%
28.54	75.94%	28.51	75.98%
28.51	75.94%	28.5	75.90%
28.51	76.06%	28.48	75.94%
28.5	75.98%	28.48	76.10%
28.51	75.98%	28.5	76.23%
28.5	75.90%	28.5	76.27%
28.48	75.94%	28.53	76.14%
28.48	76.10%	28.5	76.27%
28.51	74.85%	28.53	77.52%
28.54	74.97%	28.51	77.48%
28.54	74.97%	28.51	77.36%
28.51	74.97%	28.5	77.52%
28.51	75.01%	28.48	77.52%
28.51	75.29%	28.54	75.42%
28.53	75.29%	28.51	75.46%
28.53	75.25%	28.51	75.33%
28.61	74.24%	28.46	76.71%
28.59	74.04%	28.51	76.75%
28.58	74%	28.48	76.71%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)
28.58	73.96%	28.51	76.71%
28.58	73.96%	28.51	76.59%
28.57	74.04%	28.53	76.67%
28.57	74.12%	28.5	76.75%
28.55	74.24%	28.51	76.71%
28.57	74.57%	28.5	76.63%
28.55	74.69%	28.51	77%
28.55	74.77%	28.54	77%
28.54	75.29%	28.51	77.04%
28.55	77.64%	28.54	77.16%
28.55	76.83%	28.54	77.28%
28.54	76.19%	28.51	77.12%
28.55	75.70%	28.5	77%
28.55	75.25%	28.5	77%
28.53	74.97%	28.51	77.08%
28.54	74.93%	28.54	77.24%
28.54	74.97%	28.51	77.36%
28.59	74.52%	28.5	76.47%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 20 กราฟ Real Time แสดงผลการทดสอบอุณหภูมิและความชื้นในตำแหน่งกลางห้อง

ตารางแสดงผลการทดลองของ SHT 15 ณ ตำแหน่งหลังห้อง

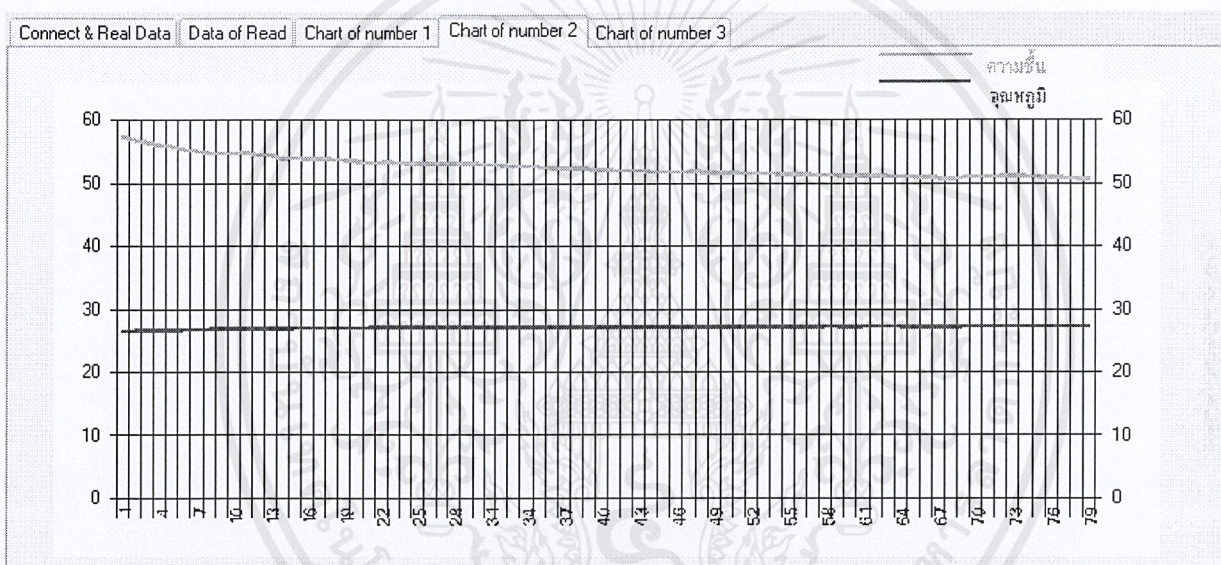
อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)
27.15	50.35%	27.18	49.37%
27.15	50.35%	27.18	49.37%
27.16	50.51%	27.22	49.33%
27.16	50.51%	27.18	49.41%
27.18	50.27%	27.19	49.29%
27.18	50.43%	27.18	49.37%
27.19	50.27%	27.18	49.29%
27.19	50.10%	27.15	49.37%
27.18	50.18%	27.15	49.25%
27.18	50.02%	27.18	49.37%
27.18	49.90%	27.18	49.21%
27.15	50.06%	27.16	49.21%
27.15	50.02%	27.18	49.29%
27.16	49.98%	27.15	49.21%
27.18	49.70%	27.18	49.29%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)
27.18	49.21%	27.16	49.86%
27.18	49.33%	27.16	49.86%
27.19	49.25%	27.18	49.86%
27.19	49.13%	27.18	50.22%
27.18	49.33%	27.18	50.14%
27.18	49.25%	27.18	50.06%
27.18	49.21%	27.19	49.98%
27.19	49.37%	27.19	50.14%
27.15	49.17%	27.18	49.98%
27.19	49.21%	27.22	49.94%
27.22	49.25%	27.22	49.82%
27.18	49.21%	27.19	49.94%
27.18	49.29%	27.22	49.74%
27.19	49.41%	27.18	49.90%
27.16	49.86%	27.18	49.21%
27.16	49.86%	27.15	49.09%
27.18	49.86%	27.16	49.21%
27.18	50.22%	27.15	49.05%
27.18	50.14%	27.15	49.05%
27.18	50.06%	27.16	49.09%
27.19	49.98%	27.16	50.51%
27.19	50.14%	27.16	50.51%
27.18	49.98%	27.18	50.27%
27.22	49.94%	27.18	50.43%
27.22	49.82%	27.19	50.27%
27.19	49.94%	27.19	50.10%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)
27.22	49.74%	27.18	50.18%
27.18	49.90%	27.18	50.02%
27.21	49.66%	27.18	49.90%
27.19	49.54%	27.15	50.06%
27.15	49.37%	27.15	50.02%
27.18	49.37%	27.16	49.98%
27.18	49.74%	27.18	49.70%



รูปที่ 21 กราฟ Real Time แสดงผลการทดสอบอุณหภูมิและความชื้นในตำแหน่งหลังห้อง

ตารางผลการทดสอบของตำแหน่งบนดินใต้ต้นไม้บริเวณหน้าห้อง 224

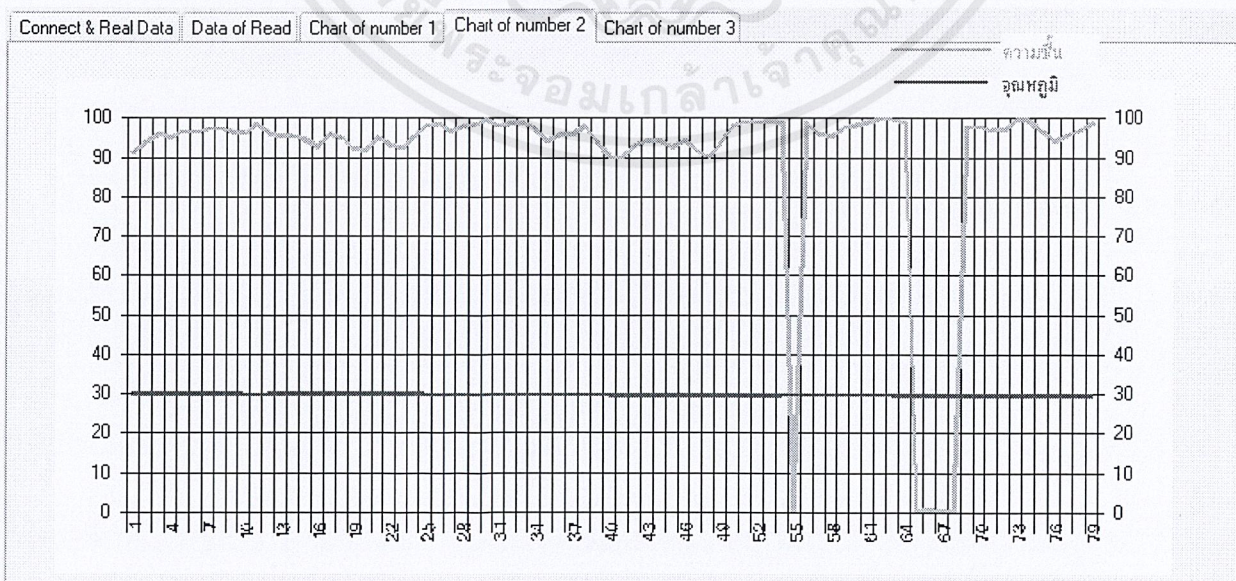
อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)
29.78	91.45%	29.57	93.80%
29.76	94.05%	29.55	98.26%
29.76	96.15%	29.58	99.31%
29.76	95.18%	29.57	98.99%
29.76	96.84%	29.58	99.47%
29.76	96.48%	29.61	98.74%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)
29.75	96.19%	29.62	95.50%
29.72	98.54%	29.61	97.69%
29.73	96.27%	29.59	98.34%
29.76	95.42%	29.61	99.23%
29.76	95.67%	29.59	99.96%
29.73	94.61%	29.59	99.72%
29.75	92.75%	29.58	99.07%
29.78	96.31%	29.58	0.28%
29.79	95.06%	29.57	0.97%
29.82	92.47%	29.57	0.44%
29.82	91.82%	29.55	0.20%
29.83	95.26%	29.55	97.73%
29.86	93.32%	29.58	98.06%
29.82	92.51%	29.58	96.96%
29.78	95.26%	29.58	97.20%
29.76	98.14%	29.58	99.63%
29.72	98.82%	29.61	99.47%
29.72	96.80%	29.58	96.80%
29.71	97.89%	29.61	94.13%
29.72	98.46%	29.58	95.71%
29.68	99.80%	29.58	96.92%
29.68	98.10%	29.58	98.82%
29.65	98.66%	29.54	99.47%
29.61	99.23%	29.55	0.04%
29.68	97.81%	29.51	0.69%
29.65	94.41%	29.53	0.93%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)
29.66	95.91%	29.54	99.59%
29.65	95.87%	29.57	89.87%
29.64	98.26%	29.54	93.03%
29.65	93.84%	29.54	94.33%
29.64	90.16%	29.54	94.53%
29.57	89.87%	29.54	92.51%
29.54	93.03%	29.54	94.45%
29.54	94.33%	29.55	91.78%
29.54	94.53%	29.54	90%
29.54	92.51%	29.57	93.80%
29.54	94.45%	29.55	98.26%
29.55	91.78%	29.58	99.31%
29.54	90%	29.57	98.99%
29.75	97.33%	29.59	0.12%
29.75	97.73%	29.61	98.82%
29.76	96.60%	29.61	96.23%



รูปที่ 22 กราฟ Real Time แสดงผลการทดสอบอุณหภูมิและความชื้นในตำแหน่งบนดินใต้ต้นไม้พากหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

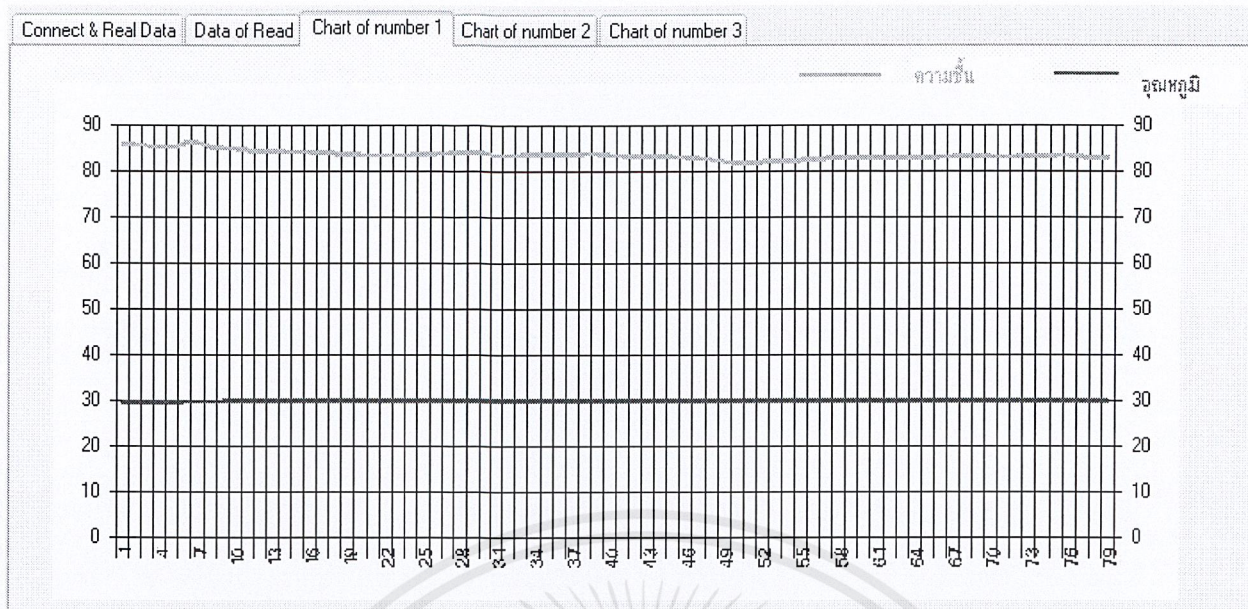
ตารางผลการทดสอบของตำแหน่ง บนพื้นซีเมนต์บริเวณหน้าห้อง 224

อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)
29.82	83.03%	29.82	81.98%
29.79	83.07%	29.8	81.98%
29.79	83.15%	29.8	81.94%
29.79	83.19%	29.83	81.86%
29.79	83.35%	29.83	81.61%
29.79	83.31%	29.82	81.57%
29.78	83.35%	29.8	81.69%
29.8	83.39%	29.78	81.73%
29.8	83.27%	29.79	81.81%
29.83	83.03%	29.79	81.94%
29.83	82.95%	29.83	81.98%
29.82	82.87%	29.82	82.14%
29.8	82.91%	29.82	82.30%
29.83	82.71%	29.8	82.34%
29.82	82.79%	29.8	82.42%
29.82	82.87%	29.83	82.22%
29.8	82.95%	29.83	82.14%
29.79	83.15%	29.82	82.06%
29.79	83.19%	29.8	82.02%
29.78	83.27%	29.78	81.94%
29.8	83.35%	29.79	81.77%
29.76	83.43%	29.79	81.94%
29.76	83.48%	29.8	81.86%
29.79	83.48%	29.79	81.61%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)
29.76	82.79%	29.79	82.54%
29.79	82.79%	29.78	82.46%
29.76	82.71%	29.79	82.54%
29.79	82.62%	29.78	82.22%
29.79	82.62%	29.8	82.18%
29.78	82.54%	29.82	81.98%
29.79	82.46%	29.83	81.98%
29.78	82.54%	29.79	81.94%
29.8	82.22%	29.79	81.86%
29.82	82.18%	29.79	81.61%
29.83	81.98%	29.8	81.57%
29.82	81.98%	29.78	81.69%
29.79	83.48%	29.79	81.57%
29.76	83.52%	29.79	81.69%
29.76	83.52%	29.82	81.73%
29.78	83.43%	29.82	81.81%
29.78	83.52%	29.82	81.94%
29.76	83.35%	29.8	81.98%
29.79	83.39%	29.8	82.14%
29.79	83.35%	29.72	82.30%
29.79	83.07%	29.76	82.79%
29.8	82.87%	29.79	82.71%
29.78	82.79%	29.76	82.62%
29.72	82.79%	29.79	82.62%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 23 กราฟ Real Time แสดงผลการทดสอบอุณหภูมิและความชื้นในตำแหน่งบนพื้นชั้นเมนต์

ตารางผลการทดสอบของตำแหน่งบนดินใต้ต้นไม้บริเวณหน้าห้อง 224

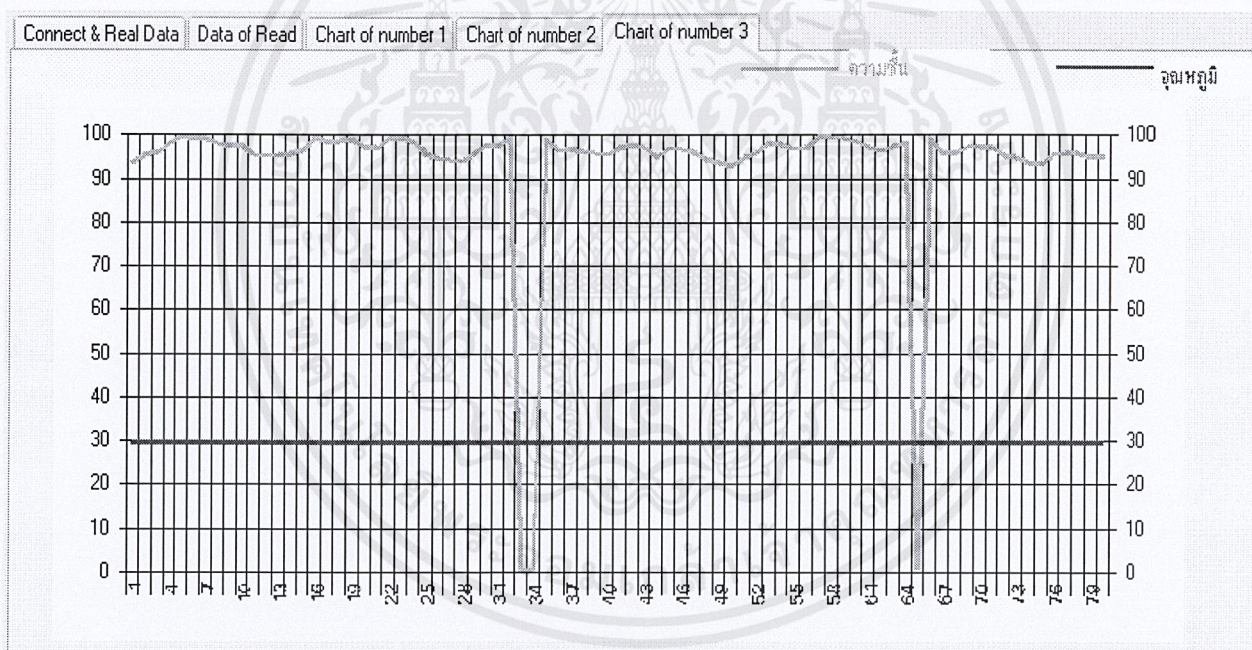
อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)
29.44	93.76%	29.43	93.84%
29.44	95.38%	29.41	93.11%
29.44	96.15%	29.43	94.98%
29.46	98.01%	29.46	96.15%
29.46	99.80%	29.44	98.26%
29.46	99.27%	29.44	98.01%
29.44	99.15%	29.44	94.61%
29.43	98.18%	29.44	94.37%
29.47	97.61%	29.43	94.01%
29.47	97.45%	29.41	96.07%
29.46	95.71%	29.43	98.01%
29.47	95.18%	29.44	97.45%
29.47	95.34%	29.43	99.23%
29.47	95.79%	29.43	0.32%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)
29.41	96.35%	29.4	95.10%
29.43	95.99%	29.41	97.29%
29.44	95.71%	29.43	96.84%
29.43	97.12%	29.41	96.31%
29.43	97.89%	29.43	94.69%
29.41	97.25%	29.46	93.84%
29.4	95.10%	29.44	93.11%
29.4	97.29%	29.44	94.98%
29.41	96.84%	29.43	96.15%
29.4	96.31%	29.41	98.26%
29.41	94.69%	29.4	98.01%
29.47	96.56%	29.44	0.85%
29.44	99.39%	29.41	98.82%
29.44	98.42%	29.43	96.44%
29.44	98.62%	29.43	97%
29.44	99.07%	29.41	96.35%
29.44	97.37%	29.43	95.99%
29.44	96.96%	29.44	95.71%
29.47	99.23%	29.43	98.18%
29.46	99.55%	29.47	97.61%
29.43	98.38%	29.47	97.45%
29.46	95.91%	29.46	95.71%
29.44	94.61%	29.47	95.18%
29.44	94.37%	29.47	95.34%
29.43	94.01%	29.47	95.79%
29.41	96.07%	29.47	96.56%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(%)
29.43	98.01%	29.44	99.39%
29.44	97.45%	29.44	98.42%
29.43	99.23%	29.44	98.62%
29.43	0.32%	29.44	99.07%
29.44	0.85%	29.44	97.37%
29.41	98.82%	29.44	96.96%
29.43	96.44%	29.4	97.89%
29.43	97%	29.41	97.25%



รูปที่ 24 กราฟ Real Time แสดงผลการทดสอบอุณหภูมิและความชื้นในตำแหน่งบนดินใต้ต้นไม้อีกฟาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

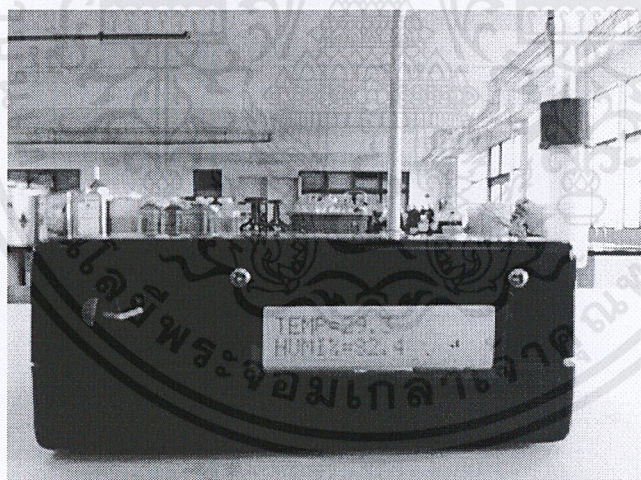
การตรวจสอบอุณหภูมิของเครื่องเป็นอุณหภูมิที่ได้มาตรฐาน

ผู้จัดทำได้ทำการนำเครื่องตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นไปวัดอุณหภูมิเทียบกับอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ ซึ่งเป็นไปตามดังนี้

อุณหภูมิ
30 °C

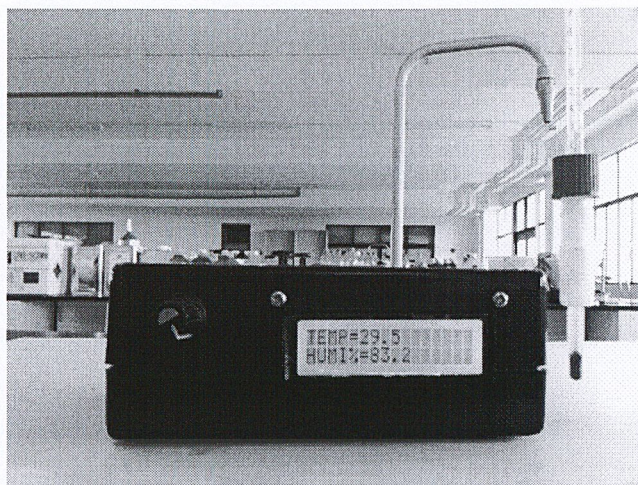


รูปที่ 25 เทอร์โมมิเตอร์

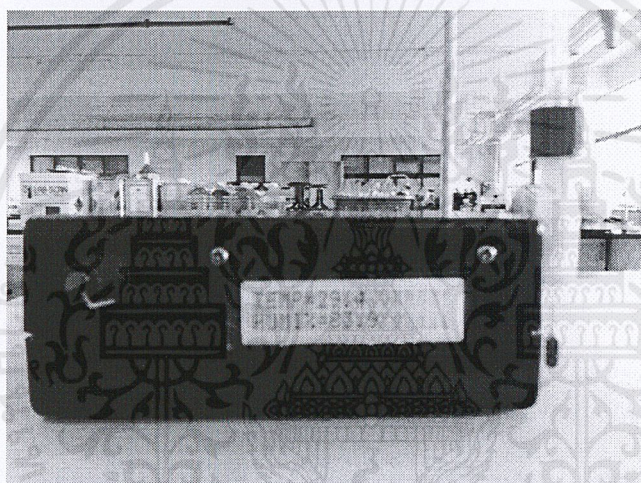


รูปที่ 26 เครื่องตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น เครื่องที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 27 เครื่องตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น เครื่องที่ 2



รูปที่ 28 เครื่องตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น เครื่องที่ 3

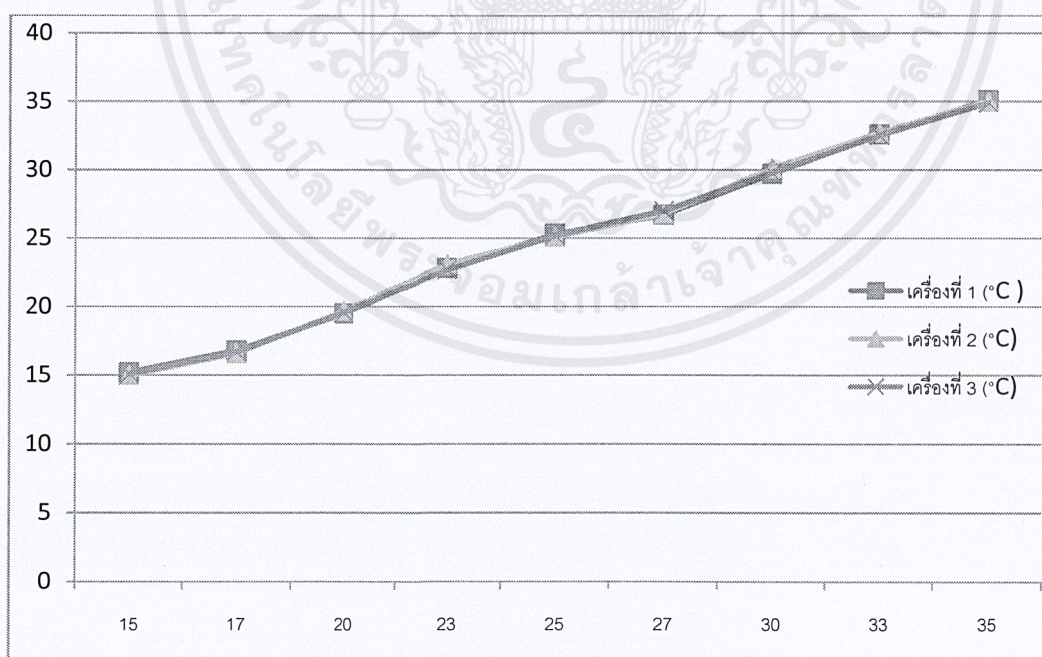
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบความเป็น Linear ของอุณหภูมิ

ผู้จัดทำได้ทำการตรวจสอบความเป็น Linear ของอุณหภูมิ โดยการนำเครื่องจับอุณหภูมิและความชื้นของแต่ละเครื่องไปวัดอุณหภูมิเทียบกับอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ แล้วนำอุณหภูมิที่ได้มาพล็อตกราฟ ซึ่งผลที่ได้เป็นไปดังนี้

ตารางแสดงผลการทดสอบของอุณหภูมิ

เทอร์โมมิเตอร์ (°C)	เครื่องที่ 1 (°C)	เครื่องที่ 2 (°C)	เครื่องที่ 3 (°C)
15	15.2	15	15.1
17	16.8	16.6	16.7
20	19.5	19.7	19.6
23	22.8	23.1	22.7
25	25.3	25.1	25.2
27	26.7	26.8	27
30	29.7	30.1	29.8
33	32.6	32.7	32.5
35	35.1	35	34.9



รูปที่ 29 กราฟแสดงความเป็น linear ของอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดสอบ

โครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาการเขียน โปรแกรม ซึ่งเป็นการเขียนเกี่ยวกับการวัดอุณหภูมิและความชื้น ณ จุดต่างๆ ซึ่งแต่ละจุดนั้นจะมีค่าของอุณหภูมิและความชื้นที่ต่างกัน ซึ่งสามารถนำมาเฉลี่ยและวิเคราะห์ต่อไปได้ จะเห็นว่าการทำงานโครงการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ เพราะอุณหภูมิและความชื้นถือเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในกระบวนการผลิตบางอุตสาหกรรมและสามารถนำไปใช้งานได้ในชีวิตจริง เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมยา เป็นต้น

โดยในโครงการนี้ใช้ PIC เบอร์ 16F877 เป็น ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ประมวลผลและควบคุมการทำงาน และใช้โปรแกรม Visual Basic ในการเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผล และติดต่อสื่อสารกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมด้วยมาตรฐาน Rs 232

เมื่อมีการจ่ายแรงดันให้กับวงจรและทำการเปิดโปรแกรม Visual Basic แล้วทำการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับบอร์ดวัดอุณหภูมิและความชื้นด้วย Serial Port หลังจากนั้น โปรแกรมก็จะเริ่มทำงาน โดยการวัดอุณหภูมิและความชื้น แล้วนำมาแสดงผลออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยข้อมูลจะแสดงผลออกมาอย่างต่อเนื่องและจะหยุดการทำงานก็ต่อเมื่อมีการกดปุ่มคำสั่ง disconnect (หยุดการเชื่อมต่อ

การทดสอบที่ 1 นี้เป็นการทดสอบเพื่อศึกษาการวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องแต่ละจุดว่าเท่ากันหรือไม่ ซึ่งจากการทดลองการวัดอุณหภูมิและความชื้น พบว่า อุณหภูมิต่างกันเล็กน้อย แต่ความชื้นบริเวณหน้าห้องและกลางห้องจะสูงกว่าบริเวณหลังห้องเล็กน้อยเนื่องจากบริเวณกลางห้องเป็นบริเวณที่แอร์ตกพอดิและบริเวณหน้าห้องมีขวดน้ำตั้งอยู่จึงทำให้ความชื้นของทั้งสองบริเวณนี้มีค่าสูง ซึ่งสังเกตได้ว่าอุณหภูมิและความชื้นแปรผันตามกัน

การทดสอบที่ 2 เป็นการทดสอบวัดอุณหภูมิและความชื้นที่ได้ต้นไม้อายุ 2 จุดและพื้นปูนซีเมนต์ 1 จุดบริเวณด้านหน้าห้อง 224 ตึกอิเล็กทรอนิกส์ เป็นการทดสอบเพื่อการประยุกต์ใช้งานเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นกับสถานที่ต่างๆ ซึ่งผลการทดสอบพบว่าอุณหภูมิของทั้งสามที่ไม่แตกต่างกันแต่ความชื้นบริเวณใต้ต้นไม้อายุทั้งสองที่จะมีค่าสูงกว่าบริเวณพื้นห้องซึ่งเป็นผลมาจากการคายน้ำของต้นไม้จึงทำให้ความชื้นบริเวณนี้สูง

จากผลการตรวจสอบอุณหภูมิของเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นที่เทียบกับอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นแต่ละเครื่องเป็นไปตามอุณหภูมิมาตรฐาน

จากผลการตรวจสอบความเป็น linear ของอุณหภูมิ โดยนำผลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงอุณหภูมิของแต่ละเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นเทียบกับอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ กราฟที่ได้จากการตรวจสอบเป็นเส้นตรงแสดงว่าเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นมีความเป็น linear

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

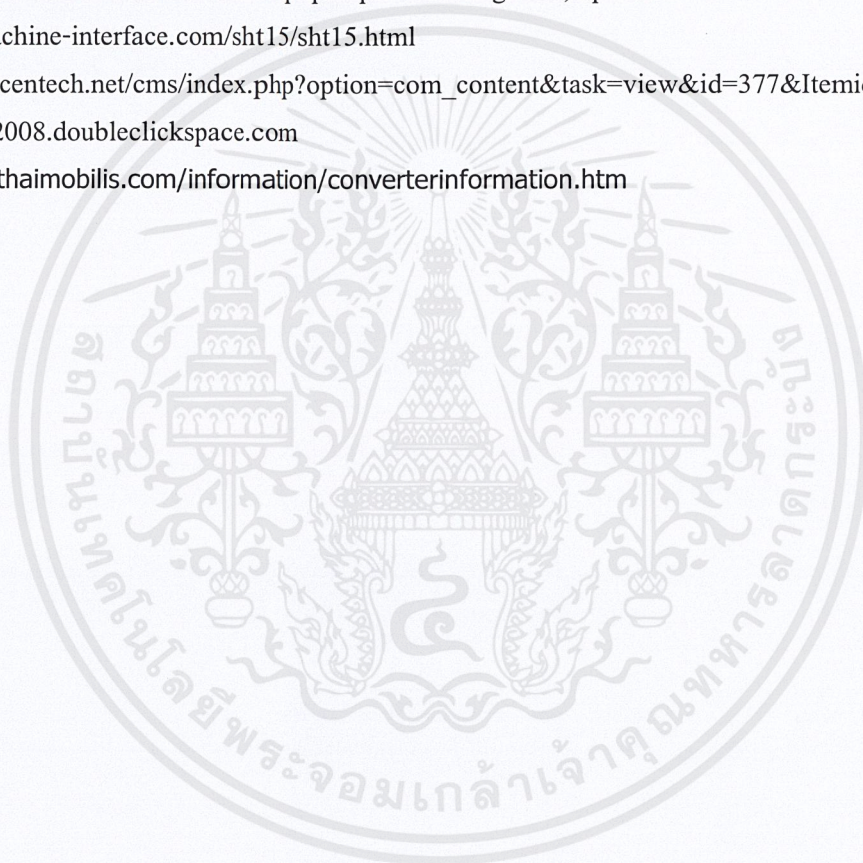
โครงการนี้สามารถพัฒนาไปได้อีกในอนาคต และเปลี่ยนการสื่อสารผ่านทางพอร์ตอนุกรมจากระบบ RS 232 เป็นการสื่อสารแบบไร้สาย ซึ่งเป็นข้อดีที่เอื้ออำนวยให้สามารถพัฒนาขีดความสามารถของโครงการนี้ให้สูงขึ้นไปอีก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] ชาริน สิทธิธรรมชารี “Visual Basic 2005” , พิมพ์ครั้งที่ 1 , บริษัท ชัคเซส มีเดีย จำกัด 2549
- [2] กิตตินันท์ พลสวัสดิ์ “ เริ่มต้น Visual Basic 2008 ฉบับโปรแกรมเมอร์” , พิมพ์ครั้งที่ 1 บริษัท ไอดีซี อินโฟ ดิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์ จำกัด 2552
- [3] ประจัน พลังสันติกุล “ เรียนรู้การใช้งาน CCS C คอมไพเลอร์ เขียนโปรแกรมภาษา C ควบคุม ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC” ,
- [4] <http://code.function.in.th/vb6/string>
- [5] <http://www.etteam.com/article/pic/pic009.html>
- [6] <http://www.vecthai.com/forums/index.php?topic=518.msg1483;topicseen>
- [7] <http://manmachine-interface.com/sht15/sht15.html>
- [8] http://www.acentech.net/cms/index.php?option=com_content&task=view&id=377&Itemid=205
- [9] <http://vbasic2008.doubleclickspace.com>
- [10] <http://www.thaimobilis.com/information/converterinformation.htm>





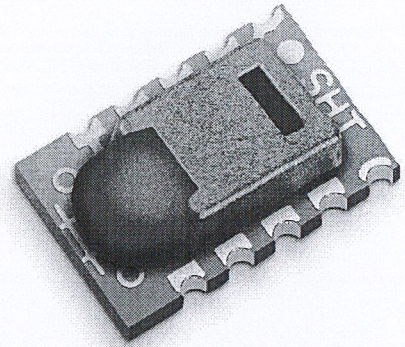
ภาคผนวก
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับตัวอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Datasheet SHT1x (SHT10, SHT11, SHT15)

Humidity and Temperature Sensor

- Fully calibrated
- Digital output
- Low power consumption
- Excellent long term stability
- SMD type package – reflow solderable



Product Summary

SHT1x (including SHT10, SHT11 and SHT15) is Sensirion's family of surface mountable relative humidity and temperature sensors. The sensors integrate sensor elements plus signal processing on a tiny foot print and provide a fully calibrated digital output. A unique capacitive sensor element is used for measuring relative humidity while temperature is measured by a band-gap sensor. The applied CMOSens® technology guarantees excellent reliability and long term stability. Both sensors are seamlessly coupled to a 14bit analog to digital converter and a serial interface circuit. This results in superior signal quality, a fast response time and insensitivity to external disturbances (EMC).

Each SHT1x is individually calibrated in a precision humidity chamber. The calibration coefficients are programmed into an OTP memory on the chip. These coefficients are used to internally calibrate the signals from the sensors. The 2-wire serial interface and internal voltage regulation allows for easy and fast system integration. The tiny size and low power consumption makes SHT1x the ultimate choice for even the most demanding applications.

SHT1x is supplied in a surface-mountable LCC (Leadless Chip Carrier) which is approved for standard reflow soldering processes. The same sensor is also available with pins (SHT7x) or on flex print (SHTA1).

Dimensions

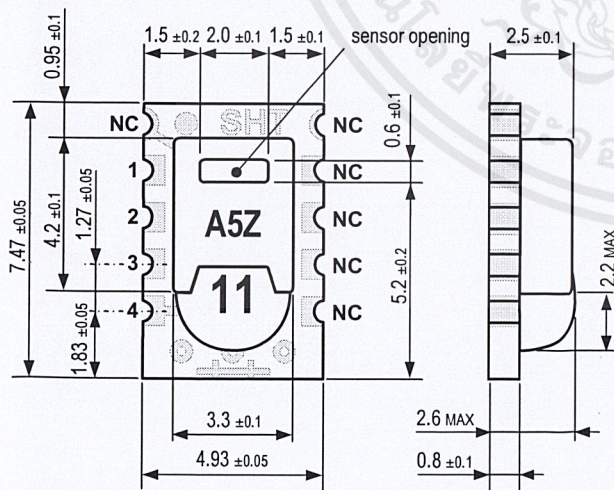


Figure 1: Drawing of SHT1x sensor packaging, dimensions in mm (1mm = 0.039inch). Sensor label gives "11" for SHT11 as an example. Contacts are assigned as follows: 1:GND, 2:DATA, 3:SCK, 4:VDD.

Sensor Chip

SHT1x V4 – for which this datasheet applies – features a version 4 Silicon sensor chip. Besides a humidity and a temperature sensor the chip contains an amplifier, A/D converter, OTP memory and a digital interface. V4 sensors can be identified by the alpha-numeric traceability code on the sensor cap – see example "A5Z" code on Figure 1.

Material Contents

While the sensor is made of a CMOS chip the sensor housing consists of an LCP cap with epoxy glob top on an FR4 substrate. The device is fully RoHS and WEEE compliant, thus it is free of Pb, Cd, Hg, Cr(6+), PBB and PBDE.

Evaluation Kits

For sensor trial measurements, for qualification of the sensor or even experimental application of the sensor there is an evaluation kit *EK-H2* available including sensor, hard and software to interface with a computer.

For more sophisticated and demanding measurements a multi port evaluation kit *EK-H3* is available which allows for parallel application of up to 20 sensors.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ผู้ใช้และผู้จำหน่ายต้องรับผิดชอบต่อการใช้งานที่ไม่ถูกต้อง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sensor Performance

Relative Humidity

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution ¹		0.4	0.05	0.05	%RH
		8	12	12	bit
Accuracy ² SHT10	typical		±4.5		%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy ² SHT11	typical		±3.0		%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy ² SHT15	typical		±2.0		%RH
	maximal	see Figure 2			
Repeatability			±0.1		%RH
Replacement		fully interchangeable			
Hysteresis			±1		%RH
Nonlinearity	raw data		±3		%RH
	linearized		<<1		%RH
Response time ³ τ (63%)			8		s
Operating Range		0		100	%RH
Long term drift ⁴	normal		< 0.5		%RH/yr

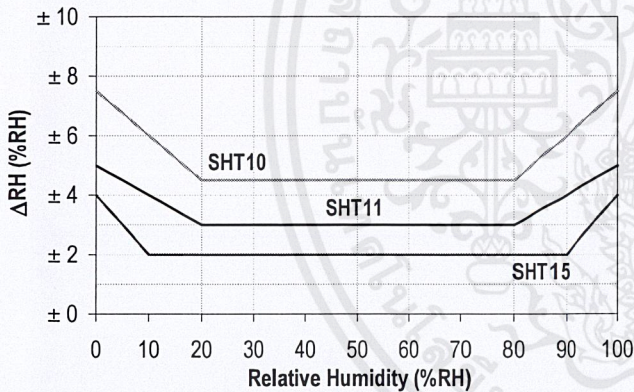


Figure 2: Maximal RH-accuracy at 25°C per sensor type.

Temperature

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution ¹		0.04	0.01	0.01	°C
		12	14	14	bit
Accuracy ² SHT10	typical		±0.5		°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy ² SHT11	typical		±0.4		°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy ² SHT15	typical		±0.3		°C
	maximal	see Figure 3			
Repeatability			±0.1		°C
Replacement		fully interchangeable			
Operating Range		-40		123.8	°C
		-40		254.9	°F
Response Time ⁶ τ (63%)		5		30	s
Long term drift			< 0.04		°C/yr

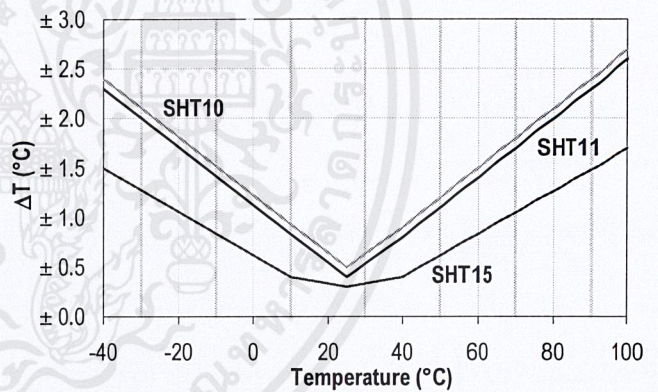


Figure 3: Maximal T-accuracy per sensor type.

Electrical and General Items

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Source Voltage		2.4	3.3	5.5	V
Power Consumption ⁵	sleep		2	5	μW
	measuring		3		mW
	average		150		μW
Communication	digital 2-wire interface, see Communication				
Storage	10 – 50°C (0 – 125°C peak), 20 – 60%RH				

Packaging Information

Sensor Type	Packaging	Quantity	Order Number
SHT10	Tape & Reel	2000	1-100218-04
	Tape & Reel	100	1-100051-04
SHT11	Tape & Reel	400	1-100098-04
	Tape & Reel	2000	1-100524-04
SHT15	Tape & Reel	100	1-100085-04
	Tape & Reel	400	1-100093-04

¹ The default measurement resolution of is 14bit for temperature and 12bit for humidity. It can be reduced to 12/8bit by command to status register.

² Accuracies are tested at Outgoing Quality Control at 25°C (77°F) and 3.3V. Values exclude hysteresis and non-linearity.

³ Time for reaching 63% of a step function, valid at 25°C and 1 m/s airflow.

⁴ Value may be higher in environments with high contents of volatile organic compounds. See Section 1.3 of Users Guide.

⁵ Values for VDD=5.5V at 25°C, average value at one 12bit measurement per second.

⁶ Response time depends on heat capacity of and thermal resistance to sensor substrate.

Users Guide SHT1x

1 Application Information

1.1 Operating Conditions

Sensor works stable within recommended normal range – see Figure 4. Long term exposures to conditions outside normal range may temporarily offset the RH signal (+3 %RH after 60h). After return to normal range it will slowly return towards calibration state by itself. See Section 1.4. “Reconditioning Procedure” to accelerate eliminating the offset. Prolonged exposure to extreme conditions may accelerate ageing.

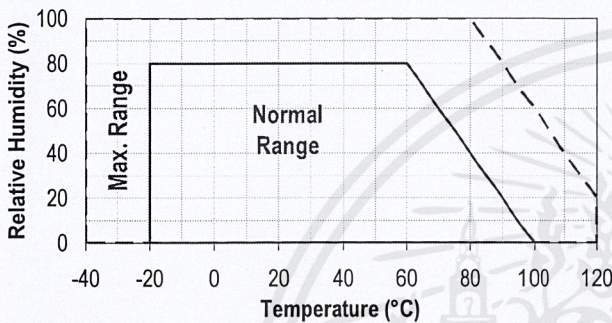


Figure 4: Operating Conditions

1.2 Soldering instructions

For soldering SHT1x standard reflow soldering ovens may be used. The sensor is qualified to withstand soldering profile according to IPC/JEDEC J-STD-020C with peak temperatures at 260°C during up to 40sec including Pb-free assembly in IR/Convection reflow ovens.

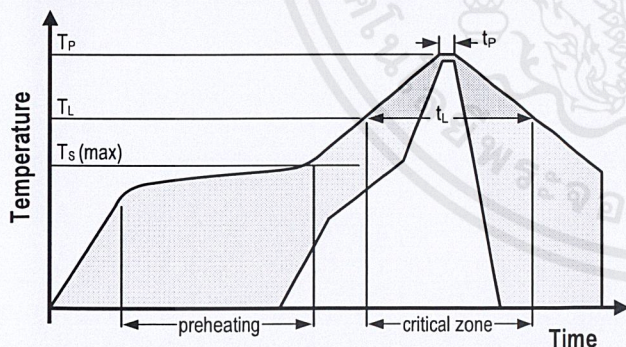


Figure 5: Soldering profile according to JEDEC standard. $T_P \leq 260^\circ\text{C}$ and $t_P < 40\text{sec}$ for Pb-free assembly. $T_L < 220^\circ\text{C}$ and $t_L < 150\text{sec}$. Ramp-up/down speeds shall be $< 5^\circ\text{C}/\text{sec}$.

For soldering in Vapor Phase Reflow (VPR) ovens the peak conditions are limited to $T_P < 233^\circ\text{C}$ during $t_P < 60\text{sec}$ and ramp-up/down speeds shall be limited to $10^\circ\text{C}/\text{sec}$. For manual soldering contact time must be limited to 5 seconds at up to 350°C ⁷.

IMPORTANT: After soldering the devices should be stored at $>75\%RH$ for at least 12h to allow the polymer to re-hydrate. Otherwise the sensor may read an offset that slowly disappears if exposed to ambient conditions.

In no case, neither after manual nor reflow soldering, a board wash shall be applied. Therefore it is strongly recommended to use “no-clean” solder paste. In case of application with exposure of the sensor to corrosive gases the soldering pads shall be sealed to prevent loose contacts or short cuts.

For the design of the SHT1x footprint it is recommended to use dimensions according to Figure 7. Sensor pads are coated with $35\mu\text{m Cu}$, $5\mu\text{m Ni}$ and $0.1\mu\text{m Au}$.

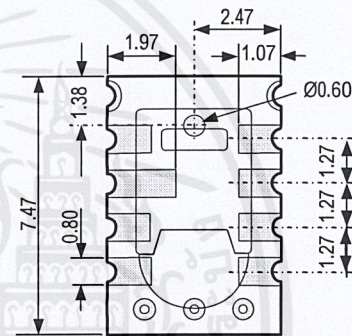


Figure 6: Rear side electrodes of sensor, view from top side.

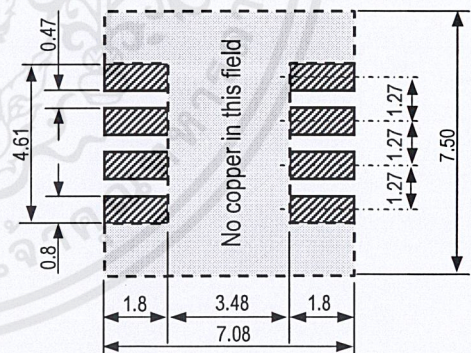


Figure 7: Recommended footprint for SHT1x. Values in mm.

1.3 Storage Conditions and Handling Instructions

It is of great importance to understand that a humidity sensor is not a normal electronic component and needs to be handled with care. Chemical vapors at high concentration in combination with long exposure times may offset the sensor reading.

For these reasons it is recommended to store the sensors in original packaging including the sealed ESD bag at following conditions: Temperature shall be in the range of $10^\circ\text{C} - 50^\circ\text{C}$ ($0 - 125^\circ\text{C}$ for limited time) and humidity at $20 - 60\%RH$ (sensors that are not stored in ESD bags).

⁷ $233^\circ\text{C} = 451^\circ\text{F}$, $260^\circ\text{C} = 500^\circ\text{F}$, $350^\circ\text{C} = 662^\circ\text{F}$ สำหรับการปฏิบัติงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

For sensors that have been removed from the original packaging we recommend to store them in ESD bags made of PE-HD⁸.

In manufacturing and transport the sensors shall be prevented of high concentration of chemical solvents and long exposure times. Out-gassing of glues, adhesive tapes and stickers or out-gassing packaging material such as bubble foils, foams, etc. shall be avoided. Manufacturing area shall be well ventilated.

For more detailed information please consult the document "Handling Instructions" or contact Sensirion.

1.4 Reconditioning Procedure

As stated above extreme conditions or exposure to solvent vapors may offset the sensor. The following reconditioning procedure may bring the sensor back to calibration state:

- Baking: 100 – 105°C at < 5%RH for 10h
- Re-Hydration: 20 – 30°C at ~ 75%RH for 12h⁹.

1.5 Temperature Effects

Relative humidity reading strongly depends on temperature. Therefore, it is essential to keep humidity sensors at the same temperature as the air of which the relative humidity is to be measured. In case of testing or qualification the reference sensor and test sensor must show equal temperature to allow for comparing humidity readings.

If the SHT1x shares a PCB with electronic components that produce heat it should be mounted in a way that prevents heat transfer or keeps it as low as possible. Measures to reduce heat transfer can be ventilation, reduction of copper layers between the SHT1x and the rest of the PCB or milling a slit into the PCB around the sensor (see Figure 8).

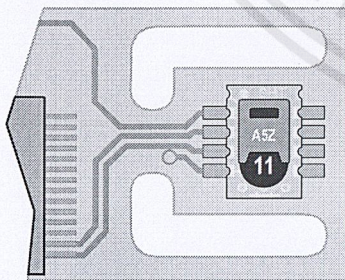


Figure 8: Top view of example of mounted SHT1x with slits milled into PCB to minimize heat transfer.

Furthermore, there are self-heating effects in case the measurement frequency is too high. Please refer to Section 3.3 for detailed information.

1.6 Light

The SHT1x is not light sensitive. Prolonged direct exposure to sunshine or strong UV radiation may age the housing.

1.7 Membranes

SHT1x does not contain a membrane at the sensor opening. However, a membrane may be added to prevent dirt and droplets from entering the housing and to protect the sensor. It will also reduce peak concentrations of chemical vapors. For optimal response times the air volume behind the membrane must be kept minimal. Sensirion recommends and supplies the SF1 filter cap for optimal IP54 protection (for higher protection – i.e. IP67 – SF1 must be sealed to the PCB with epoxy). Please compare Figure 9.

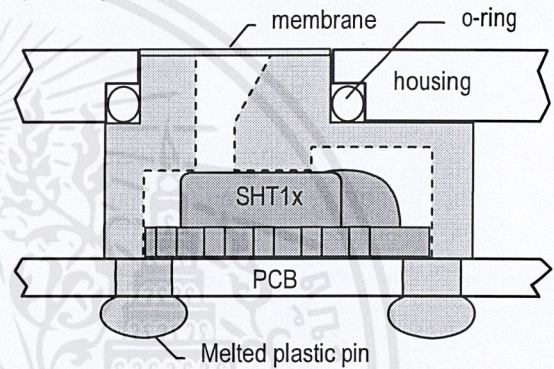


Figure 9: Side view of SF1 filter cap mounted between PCB and housing wall. Volume below membrane is kept minimal.

1.8 Materials Used for Sealing / Mounting

Many materials absorb humidity and will act as a buffer increasing response times and hysteresis. Materials in the vicinity of the sensor must therefore be carefully chosen. Recommended materials are: Any metals, LCP, POM (Delrin), PTFE (Teflon), PE, PEEK, PP, PB, PPS, PSU, PVDF, PVF.

For sealing and gluing (use sparingly): High filled epoxy for electronic packaging (e.g. glob top, underfill), and Silicone. Out-gassing of these materials may also contaminate the SHT1x (see Section 1.3). Therefore try to add the sensor as a last manufacturing step to the assembly, store the assembly well ventilated after manufacturing or bake at >50°C for 24h to outgas contaminants before packing.

1.9 Wiring Considerations and Signal Integrity

Carrying the SCK and DATA signal parallel and in close proximity (e.g. in wires) for more than 10cm may result in cross talk and loss of communication. This may be resolved by routing VDD and/or GND between the two data signals and/or using shielded cables. Furthermore, slowing down SCK frequency will possibly improve signal integrity. Power supply pins (VDD, GND) must be decoupled with a 100nF capacitor if wires are used.

⁸ For example, please check www.sirel.ch

⁹ 75%RH can conveniently be generated with saturated NaCl solution. 100 – 105°C correspond to 212 – 221°F, 20 – 30°C correspond to 68 – 86°F

Capacitor should be placed as close to the sensor as possible. Please see the Application Note "ESD, Latchup and EMC" for more information.

1.10 ESD (Electrostatic Discharge)

ESD immunity is qualified according to MIL STD 883E, method 3015 (Human Body Model at ± 2 kV).

Latch-up immunity is provided at a force current of ± 100 mA with $T_{amb} = 80^\circ\text{C}$ according to JEDEC78A. See Application Note "ESD, Latchup and EMC" for more information.

2 Interface Specifications

Pin	Name	Comment
1	GND	Ground
2	DATA	Serial Data, bidirectional
3	SCK	Serial Clock, input only
4	VDD	Source Voltage
NC	NC	Must be left unconnected

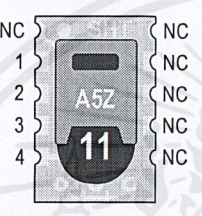


Table 1: SHT1x pin assignment, NC remain floating.

2.1 Power Pins (VDD, GND)

The supply voltage of SHT1x must be in the range of 2.4 – 5.5V, recommended supply voltage is 3.3V. Power supply pins Supply Voltage (VDD) and Ground (GND) must be decoupled with a 100 nF capacitor – see Figure 10.

The serial interface of the SHT1x is optimized for sensor readout and effective power consumption. The sensor cannot be addressed by I²C protocol, however, the sensor can be connected to an I²C bus without interference with other devices connected to the bus. The controller must switch between the protocols.

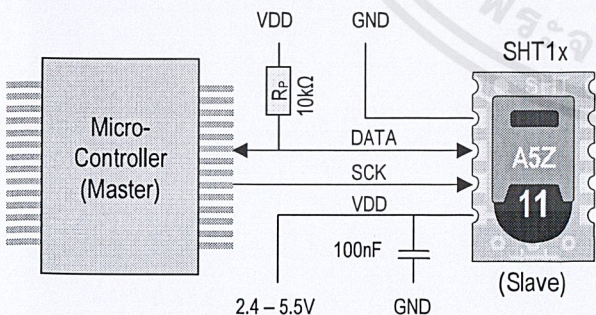


Figure 10: Typical application circuit, including pull up resistor R_p and decoupling of VDD and GND by a capacitor.

2.2 Serial clock input (SCK)

SCK is used to synchronize the communication between microcontroller and SHT1x. Since the interface consists of fully static logic there is no minimum SCK frequency.

2.3 Serial data (DATA)

The DATA tri-state pin is used to transfer data in and out of the sensor. For sending a command to the sensor, DATA is valid on the rising edge of the serial clock (SCK) and must remain stable while SCK is high. After the falling edge of SCK DATA may be changed. For safe communication DATA valid shall be extended T_{SU} and T_{HO} before the rising and after the falling edge of SCK, respectively – see Figure 11. For reading data from the sensor, DATA is valid T_V after SCK has gone low and remains valid until the next falling edge of SCK.

To avoid signal contention the microcontroller must only drive DATA low. An external pull-up resistor (e.g. 10k Ω) is required to pull the signal high – it should be noted that pull-up resistors may be included in I/O circuits of microcontrollers. See Table 2 for detailed I/O characteristic of the sensor.

2.4 Electrical Characteristics

The electrical characteristics such as power consumption, low and high level, input and output voltages depend on the supply voltage. Table 2 gives electrical characteristics of SHT1x with the assumption of 5V supply voltage if not stated otherwise. For proper communication with the sensor it is essential to make sure that signal design is strictly within the limits given in Table 3 and Figure 11.

Parameter	Conditions	min	typ	max	Units
Power supply DC ¹⁰		2.4	3.3	5.5	V
	measuring		0.55	1	mA
Supply current	average ¹¹	2	28		μA
	sleep		0.3	1.5	μA
Low level output voltage	$I_{OL} < 4$ mA	0		250	mV
High level output voltage	$R_P < 25$ k Ω	90%		100%	VDD
Low level input voltage	Negative going	0%		20%	VDD
High level input voltage	Positive going	80%		100%	VDD
Input current on pads				1	μA
Output current	on			4	mA
	Tri-stated (off)		10	20	μA

Table 2: SHT1x DC characteristics. R_P stands for pull up resistor, while I_{OL} is low level output current.

¹⁰ Recommended voltage supply for highest accuracy is 3.3V, due to sensor calibration.

¹¹ Minimum value with one measurement of 8 bit accuracy without OTP reload per second, typical value with one measurement of 12bit accuracy per second.

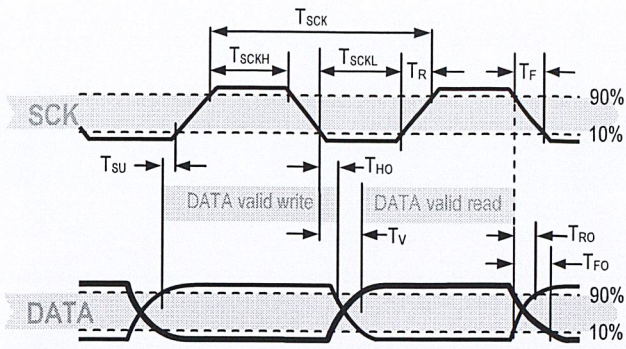


Figure 11: Timing Diagram, abbreviations are explained in Table 3. Bold DATA line is controlled by the sensor, plain DATA line is controlled by the micro-controller. Both valid times refer to the left SCK toggle.

Parameter	Conditions	min	typ	max	Units	
F _{SCK}	SCK Frequency	VDD > 4.5V	0	0.1	5	MHz
		VDD < 4.5V	0	0.1	1	MHz
T _{SCKx}	SCK hi/low time	100			ns	
T _R /T _F	SCK rise/fall time	1	200	*	ns	
T _{FO}	DATA fall time	OL = 5pF	3.5	10	20	ns
		OL = 100pF	30	40	200	ns
T _{RO}	DATA rise time	**	**	**	ns	
T _V	DATA valid time	200	250	***	ns	
T _{SU}	DATA setup time	100	150	***	ns	
T _{HO}	DATA hold time	10	15	****	ns	

* $T_{R,max} + T_{F,max} = (F_{SCK})^{-1} - T_{SCKH} - T_{SCKL}$
 ** T_{RO} is determined by the R_P*C_{bus} time-constant at DATA line
 *** T_{V,max} and T_{SU,max} depend on external pull-up resistor (R_P) and total bus line capacitance (C_{bus}) at DATA line
 **** T_{HO,max} < T_V - max (T_{RO}, T_{FO})

Table 3: SHT1x I/O signal characteristics, OL stands for Output Load, entities are displayed in Figure 11.

3 Communication with Sensor

3.1 Start up Sensor

As a first step the sensor is powered up to chosen supply voltage VDD. The slew rate during power up shall not fall below 1V/ms. After power-up the sensor needs 11ms to get to Sleep State. No commands must be sent before that time.

3.2 Sending a Command

To initiate a transmission, a Transmission Start sequence has to be issued. It consists of a lowering of the DATA line while SCK is high, followed by a low pulse on SCK and raising DATA again while SCK is still high – see Figure 12.

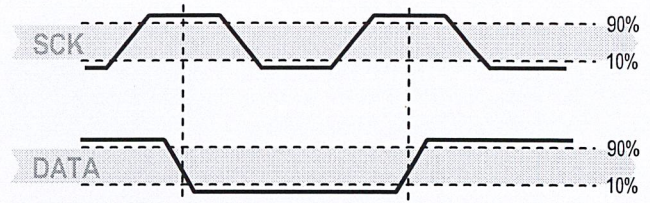


Figure 12: "Transmission Start" sequence

The subsequent command consists of three address bits (only '000' is supported) and five command bits. The SHT1x indicates the proper reception of a command by pulling the DATA pin low (ACK bit) after the falling edge of the 8th SCK clock. The DATA line is released (and goes high) after the falling edge of the 9th SCK clock.

Command	Code
Reserved	0000x
Measure Temperature	00011
Measure Relative Humidity	00101
Read Status Register	00111
Write Status Register	00110
Reserved	0101x-1110x
Soft reset , resets the interface, clears the status register to default values. Wait minimum 11 ms before next command	11110

Table 4: SHT1x list of commands

3.3 Measurement of RH and T

After issuing a measurement command ('00000101' for relative humidity, '00000011' for temperature) the controller has to wait for the measurement to complete. This takes a maximum of 20/80/320 ms for a 8/12/14bit measurement. The time varies with the speed of the internal oscillator and can be lower by up to 30%. To signal the completion of a measurement, the SHT1x pulls data line low and enters Idle Mode. The controller must wait for this Data Ready signal before restarting SCK to readout the data. Measurement data is stored until readout, therefore the controller can continue with other tasks and readout at its convenience.

Two bytes of measurement data and one byte of CRC checksum (optional) will then be transmitted. The micro controller must acknowledge each byte by pulling the DATA line low. All values are MSB first, right justified (e.g. the 5th SCK is MSB for a 12bit value, for a 8bit result the first byte is not used).

Communication terminates after the acknowledge bit of the CRC data. If CRC-8 checksum is not used the controller may terminate the communication after the measurement data LSB by keeping ACK high. The device automatically returns to Sleep Mode after measurement and communication are completed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาตจากฝ่ายขาย

Important: To keep self heating below 0.1°C, SHT1x should not be active for more than 10% of the time – e.g. maximum one measurement per second at 12bit accuracy shall be made.

3.4 Connection reset sequence

If communication with the device is lost the following signal sequence will reset the serial interface: While leaving DATA high, toggle SCK nine or more times – see Figure 13. This must be followed by a Transmission Start sequence preceding the next command. This sequence resets the interface only. The status register preserves its content.

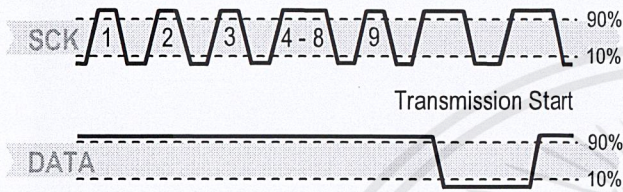


Figure 13: Connection Reset Sequence

3.5 CRC-8 Checksum calculation

The whole digital transmission is secured by an 8bit checksum. It ensures that any wrong data can be detected and eliminated. As described above this is an additional feature of which may be used or abandoned.

Please consult Application Note “CRC-8 Checksum Calculation” for information on how to calculate the CRC.

Status Register

Some of the advanced functions of the SHT1x such as selecting measurement resolution, end of battery notice or using the heater may be activated by sending a command to the status register. The following section gives a brief overview of these features. A more detailed description is available in the Application Note “Status Register”.

After the command Status Register Read or Status Register Write – see Table 4 – the content of 8 bits of the status register may be read out or written. For the communication compare Figures 16 and 17 – the assignment of the bits is displayed in Table 5.

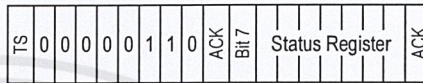


Figure 14: Status Register Write



Figure 15: Status Register Read

Examples of full communication cycle are displayed in Figures 15 and 16.

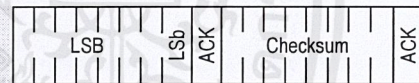
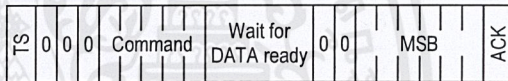


Figure 16: Overview of Measurement Sequence. TS = Transmission Start, MSB = Most Significant Byte, LSB = Last Significant Byte, LSb = Last Significant Bit.

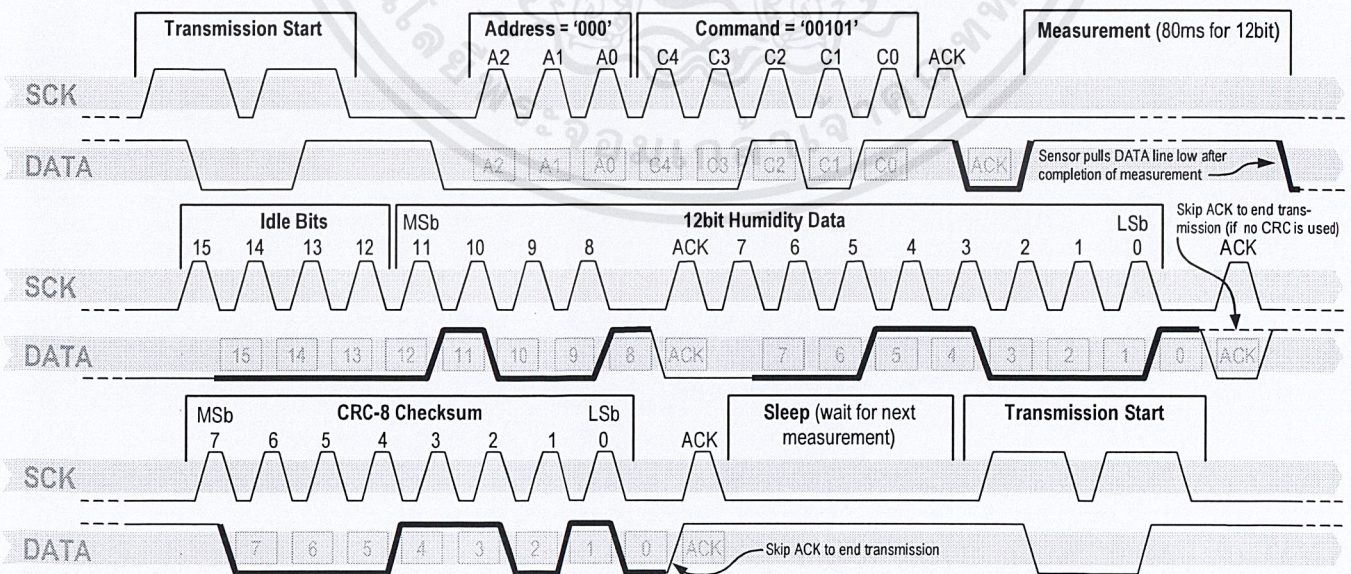


Figure 17: Example RH measurement sequence for value “0000’1001’0011’0001” = 2353 = 75.79 %RH (without temperature compensation). DATA valid times are given and referenced in boxes on DATA line. Bold DATA lines are controlled by sensor while plain lines are controlled by the micro-controller.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Bit	Type	Description	Default	
7		reserved	0	
6	R	End of Battery (low voltage detection) '0' for VDD > 2.47 '1' for VDD < 2.47	X	No default value, bit is only updated after a measurement
5		reserved	0	
4		reserved	0	
3		For Testing only, do not use	0	
2	R/W	Heater	0	off
1	R/W	no reload from OTP	0	reload
0	R/W	'1' = 8bit RH / 12bit Temp. resolution '0' = 12bit RH / 14bit Temp. resolution	0	12bit RH 14bit Temp.

Table 5: Status Register Bits

Measurement resolution: The default measurement resolution of 14bit (temperature) and 12bit (humidity) can be reduced to 12 and 8bit. This is especially useful in high speed or extreme low power applications.

End of Battery function detects and notifies VDD voltages below 2.47 V. Accuracy is ±0.05 V.

Heater: An on chip heating element can be addressed by writing a command into status register. The heater may increase the temperature of the sensor by 5 – 10°C¹² beyond ambient temperature. The heater draws roughly 8mA @ 5V supply voltage.

For example the heater can be helpful for functionality analysis: Humidity and temperature readings before and after applying the heater are compared. Temperature shall increase while relative humidity decreases at the same time. Dew point shall remain the same.

Please note: The temperature reading will display the temperature of the heated sensor element and not ambient temperature. Furthermore, the sensor is not qualified for continuous application of the heater.

4 Conversion of Signal Output

4.1 Relative Humidity

For compensating non-linearity of the humidity sensor – see Figure 18 – and for obtaining the full accuracy of the sensor it is recommended to convert the humidity readout (SO_{RH}) with the following formula with coefficients given in Table 6:

$$RH_{linear} = c_1 + c_2 \cdot SO_{RH} + c_3 \cdot SO_{RH}^2 \text{ (%RH)}$$

SO _{RH}	c ₁	c ₂	c ₃
12 bit	-2.0468	0.0367	-1.5955E-6
8 bit	-2.0468	0.5872	-4.0845E-4

Table 6: Optimized V4 humidity conversion coefficients

The values given in Table 6 are newly introduced and provide optimized accuracy for V4 sensors along the full measurement range. The parameter set c_x^{*}, which has been proposed in earlier datasheets, which was optimized for V3 sensors, still applies to V4 sensors and is given in Table 7 for reference.

SO _{RH}	c ₁ [*]	c ₂ [*]	c ₃ [*]
12 bit	-4.0000	0.0405	-2.8000E-6
8 bit	-4.0000	0.6480	-7.2000E-4

Table 7: V3 humidity conversion coefficients, which also apply to V4.

For simplified, less computation intense conversion formulas see Application Note "RH and Temperature Non-Linearity Compensation". Values higher than 99% RH indicate fully saturated air and must be processed and displayed as 100%RH¹³. Please note that the humidity sensor has no significant voltage dependency.

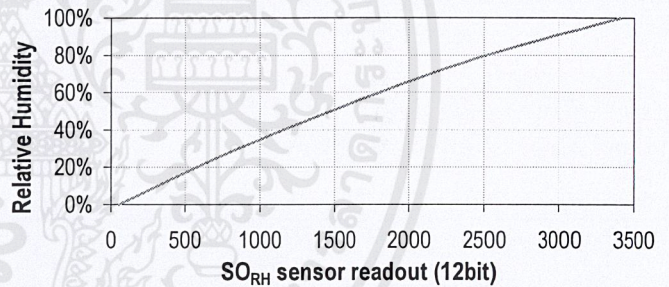


Figure 18: Conversion from SO_{RH} to relative humidity

4.2 Temperature compensation of Humidity Signal

For temperatures significantly different from 25°C (~77°F) the humidity signal requires a temperature compensation. The temperature correction corresponds roughly to 0.12%RH/°C @ 50%RH. Coefficients for the temperature compensation are given in Table 8.

$$RH_{true} = (T_{°C} - 25) \cdot (t_1 + t_2 \cdot SO_{RH}) + RH_{linear}$$

SO _{RH}	t ₁	t ₂
12 bit	0.01	0.00008
8 bit	0.01	0.00128

Table 8: Temperature compensation coefficients¹⁴

¹³ If wetted excessively (strong condensation of water on sensor surface), sensor output signal can drop below 100%RH (even below 0%RH in some cases), but the sensor will recover completely when water droplets evaporate. The sensor is not damaged by water immersion or condensation.

¹⁴ Coefficients apply both to V3 as well as to V4 sensors.

¹² Corresponds to 9 – 18°F

4.3 Temperature

The band-gap PTAT (Proportional To Absolute Temperature) temperature sensor is very linear by design. Use the following formula to convert digital readout (SO_T) to temperature value, with coefficients given in Table 9:

$$T = d_1 + d_2 \cdot SO_T$$

VDD	d ₁ (°C)	d ₁ (°F)	SO _T	d ₂ (°C)	d ₂ (°F)
5V	-40.1	-40.2	14bit	0.01	0.018
4V	-39.8	-39.6	12bit	0.04	0.072
3.5V	-39.7	-39.5			
3V	-39.6	-39.3			
2.5V	-39.4	-38.9			

Table 9: Temperature conversion coefficients¹⁵.

4.4 Dew Point

SHT1x is not measuring dew point directly, however dew point can be derived from humidity and temperature readings. Since humidity and temperature are both measured on the same monolithic chip, the SHT1x allows superb dew point measurements.

For dew point (T_d) calculations there are various formulas to be applied, most of them quite complicated. For the temperature range of -40 – 50°C the following approximation provides good accuracy with parameters given in Table 10:

$$T_d(RH, T) = T_n \cdot \frac{\ln\left(\frac{RH}{100\%}\right) + \frac{m \cdot T}{T_n + T}}{m - \ln\left(\frac{RH}{100\%}\right) - \frac{m \cdot T}{T_n + T}}$$

Temperature Range	T _n (°C)	m
Above water, 0 – 50°C	243.12	17.62
Above ice, -40 – 0°C	272.62	22.46

Table 10: Parameters for dew point (T_d) calculation.

Please note that “ln(...)” denotes the natural logarithm. For RH and T the linearized and compensated values for relative humidity and temperature shall be applied.

For more information on dew point calculation see Application Note “Dew point calculation”.

5 Environmental Stability

If sensors are qualified for assemblies or devices, please make sure that they experience same conditions as the reference sensor. It should be taken into account that response times in assemblies may be longer, hence enough dwell time for the measurement shall be granted. For detailed information please consult Application Note “Qualification Guide”.

The SHT1x sensor series were tested according to AEC-Q100 Rev. F qualification test method. Sensor specifications are tested to prevail under the AEC-Q100 temperature grade 2 test conditions listed in Table 11¹⁶. Sensor performance under other test conditions cannot be guaranteed and is not part of the sensor specifications. Especially, no guarantee can be given for sensor performance in the field or for customer’s specific application.

Please contact Sensirion for detailed information.

Environment	Standard	Results ¹⁷
HTSL	125°C, 1000 hours	Within specifications
TC	-50°C - 125°C, 1000 cycles Acc. JESD22-A104-C	Within specifications
UHST	130°C / 85%RH, 96h	Within specifications
THU	85°C / 85%RH, 1000h	Within specifications
ESD immunity	MIL STD 883E, method 3015 (Human Body Model at ±2kV)	Qualified
Latch-up	force current of ±100mA with T _{amb} = 80°C, acc. JEDEC 17	Qualified

Table 11: Qualification tests: HTSL = High Temperature Storage Lifetime, TC = Temperature Cycles, UHST = Unbiased Highly accelerated temperature and humidity Test, THU = Temperature humidity unbiased

6 Packaging

6.1 Packaging type

SHT1x are supplied in a surface mountable LCC (Leadless Chip Carrier) type package. The sensor housing consists of a Liquid Crystal Polymer (LCP) cap with epoxy glob top on a standard 0.8mm FR4 substrate. The device is fully RoHS and WEEE compliant – it is free of Pb, Cd, Hg, Cr(6+), PBB and PBDE.

¹⁵ Temperature coefficients have slightly been adjusted compared to datasheet SHTxx version 3.01. Coefficients apply to V3 as well as V4 sensors.

¹⁶ Sensor operation temperature range is -40 to 105°C according to AEC-Q100 temperature grade 2.

¹⁷ According to accuracy and long term drift specification given on Page 2.

Device size is 7.47 x 4.93 x 2.5 mm (0.29 x 0.19 x 0.1 inch), see Figure 1, weight is 100 mg.

6.2 Traceability Information

All SHT1x are marked with an alphanumeric, three digit code on the chip cap (for reference: V3 sensors were labeled with numeric codes) – see “A5Z” on Figure 1. The lot numbers allow full traceability through production, calibration and testing. No information can be derived from the code directly, respective data is stored at Sensirion and is provided upon request.

Labels on the reels are displayed in Figures 19 and 20, they both give traceability information.

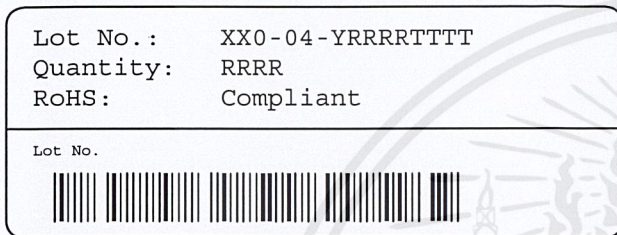


Figure 19: First label on reel: XX = Sensor Type (11 for SHT11), 04 = Chip Version (V4), Y = last digit of year, RRRR = number of sensors on reel, TTTT = Traceability Code.

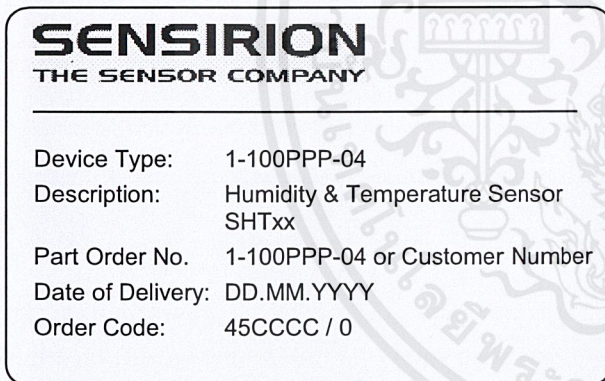


Figure 20: Second label on reel: For Device Type and Part Order Number please refer to Table 12, Delivery Date (also Date Code) is date of packaging of sensors (DD = day, MM = month, YYYY = year), CCCC = Sensirion order number.

6.3 Shipping Package

SHT1x are shipped in 12mm tape at 100pcs, 400pcs and 2000pcs – for details see Figure 21 and Table 12. Reels are individually labeled with barcode and human readable labels.

Sensor Type	Packaging	Quantity	Order Number
SHT10	Tape & Reel	2000	1-100218-04
SHT11	Tape & Reel	100	1-100051-04
	Tape & Reel	400	1-100098-04
	Tape & Reel	2000	1-100524-04
SHT15	Tape & Reel	100	1-100085-04
	Tape & Reel	400	1-100093-04

Table 12: Packaging types per sensor type.

Dimensions of packaging tape is given in Figure 21. All tapes have a minimum of 480mm empty leader tape (first pockets of the tape) and a minimum of 300mm empty trailer tape (last pockets of the tape).

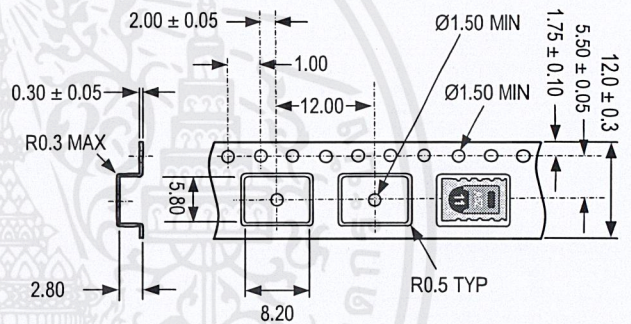


Figure 21: Tape configuration and unit orientation within tape, dimensions in mm (1mm = 0.039inch). The leader tape is at the right side of the figure while the trailer tape is to the left (direction of unreeling).

Revision History

Date	Version	Page(s)	Changes
March 2007	3.0	1 – 10	Data sheet valid for SHTxx-V4 and SHTxx-V3
August 2007	3.01	1 – 10	Electrical characteristics added, measurement time corrected
July 2008	4.0	1 – 10	New release, rework of datasheet

Important Notices

Warning, Personal Injury

Do not use this product as safety or emergency stop devices or in any other application where failure of the product could result in personal injury. Do not use this product for applications other than its intended and authorized use. Before installing, handling, using or servicing this product, please consult the data sheet and application notes. Failure to comply with these instructions could result in death or serious injury.

If the Buyer shall purchase or use SENSIRION products for any unintended or unauthorized application, Buyer shall defend, indemnify and hold harmless SENSIRION and its officers, employees, subsidiaries, affiliates and distributors against all claims, costs, damages and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if SENSIRION shall be allegedly negligent with respect to the design or the manufacture of the product.

ESD Precautions

The inherent design of this component causes it to be sensitive to electrostatic discharge (ESD). To prevent ESD-induced damage and/or degradation, take customary and statutory ESD precautions when handling this product.

See application note "ESD, Latchup and EMC" for more information.

Warranty

SENSIRION warrants solely to the original purchaser of this product for a period of 12 months (one year) from the date of delivery that this product shall be of the quality, material and workmanship defined in SENSIRION's published specifications of the product. Within such period, if proven to be defective, SENSIRION shall repair and/or replace this product, in SENSIRION's discretion, free of charge to the Buyer, provided that:

- notice in writing describing the defects shall be given to SENSIRION within fourteen (14) days after their appearance;

- such defects shall be found, to SENSIRION's reasonable satisfaction, to have arisen from SENSIRION's faulty design, material, or workmanship;
- the defective product shall be returned to SENSIRION's factory at the Buyer's expense; and
- the warranty period for any repaired or replaced product shall be limited to the unexpired portion of the original period.

This warranty does not apply to any equipment which has not been installed and used within the specifications recommended by SENSIRION for the intended and proper use of the equipment. EXCEPT FOR THE WARRANTIES EXPRESSLY SET FORTH HEREIN, SENSIRION MAKES NO WARRANTIES, EITHER EXPRESS OR IMPLIED, WITH RESPECT TO THE PRODUCT. ANY AND ALL WARRANTIES, INCLUDING WITHOUT LIMITATION, WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, ARE EXPRESSLY EXCLUDED AND DECLINED.

SENSIRION is only liable for defects of this product arising under the conditions of operation provided for in the data sheet and proper use of the goods. SENSIRION explicitly disclaims all warranties, express or implied, for any period during which the goods are operated or stored not in accordance with the technical specifications.

SENSIRION does not assume any liability arising out of any application or use of any product or circuit and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. All operating parameters, including without limitation recommended parameters, must be validated for each customer's applications by customer's technical experts. Recommended parameters can and do vary in different applications.

SENSIRION reserves the right, without further notice, (i) to change the product specifications and/or the information in this document and (ii) to improve reliability, functions and design of this product.

Copyright© 2007, SENSIRION.

CMOSens® is a trademark of Sensirion

All rights reserved

Headquarter and Sales Offices

Headquarter

SENSIRION AG
Laubisrietstr. 50
CH-8712 Staefa ZH
Switzerland

Phone: +41 (0)44 306 40 00
Fax: +41 (0)44 306 40 30
info@sensirion.com
<http://www.sensirion.com/>

Sales Office USA:

SENSIRION Inc.
2801 Townsgate Rd., Suite 240
Westlake Village, CA 91361
USA

Phone: 805 409 4900
Fax: 805 435 0467
michael.karst@sensirion.com
<http://www.sensirion.com/>

Sales Office Korea:

SENSIRION KOREA Co. Ltd.
#1414, Anyang Construction Tower B/D,
1112-1, Bisan-dong, Anyang-city
Gyeonggi-Province
South Korea

Phone: 031 440 9925~27
Fax: 031 440 9927
info@sensirion.co.kr
<http://www.sensirion.co.kr>

Sales Office Japan:

SENSIRION JAPAN Co. Ltd.
Postal Code: 108-0074
Shinagawa Station Bldg. 7F,
4-23-5, Takanawa, Minato-ku
Tokyo, Japan

Phone: 03 3444 4940
Fax: 03 3444 4939
info@sensirion.co.jp
<http://www.sensirion.co.jp>

Find your local representative at: <http://www.sensirion.com/reps>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

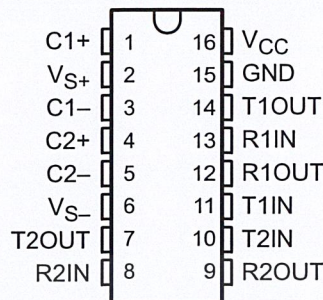
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAX232, MAX2321 DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS0471 – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

- Meet or Exceed TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Operate With Single 5-V Power Supply
- Operate Up to 120 kbit/s
- Two Drivers and Two Receivers
- ± 30 -V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- Designed to be Interchangeable With Maxim MAX232
- ESD Protection Exceeds JESD 22 – 2000-V Human-Body Model (A114-A)
- Applications
 - TIA/EIA-232-F
 - Battery-Powered Systems
 - Terminals
 - Modems
 - Computers

MAX232 . . . D, DW, N, OR NS PACKAGE
MAX2321 . . . D, DW, OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



description/ordering information

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

ORDERING INFORMATION

TA	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP (N)	Tube	MAX232N	MAX232N
		Tube	MAX232D	MAX232
	SOIC (D)	Tape and reel	MAX232DR	
		SOIC (DW)	Tube	MAX232DW	MAX232
	Tape and reel		MAX232DWR	
	SOP (NS)	Tape and reel	MAX232NSR	MAX232
-40°C to 85°C	PDIP (N)	Tube	MAX232IN	MAX232IN
		Tube	MAX232ID	MAX232I
	SOIC (D)	Tape and reel	MAX232IDR	
		SOIC (DW)	Tube	MAX232IDW	MAX232I
	Tape and reel		MAX232IDWR	

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

LinASIC is a trademark of Texas Instruments.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกและต้องจ่ายค่าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS0471 – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

Function Tables

EACH DRIVER

INPUT TIN	OUTPUT TOUT
L	H
H	L

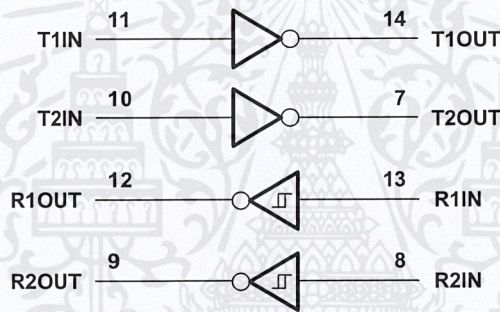
H = high level, L = low level

EACH RECEIVER

INPUT RIN	OUTPUT ROUT
L	H
H	L

H = high level, L = low level

logic diagram (positive logic)



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

Input supply voltage range, V_{CC} (see Note 1)	.....	-0.3 V to 6 V
Positive output supply voltage range, V_{S+}$	.....	V_{CC} - 0.3$ V to 15 V
Negative output supply voltage range, V_{S-}	.....	-0.3 V to -15 V
Input voltage range, V_I : Driver	.....	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Receiver	± 30 V
Output voltage range, V_O : T1OUT, T2OUT	.....	$V_{S-} - 0.3$ V to $V_{S+} + 0.3$ V
R1OUT, R2OUT	.....	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Short-circuit duration: T1OUT, T2OUT	.....	Unlimited
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2): D package	.....	73°C/W
DW package	.....	57°C/W
N package	.....	67°C/W
NS package	.....	64°C/W
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	.....	260°C
Storage temperature range, T_{stg}	.....	-65°C to 150°C

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

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

2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

recommended operating conditions

		MIN	NOM	MAX	UNIT
V_{CC}	Supply voltage	4.5	5	5.5	V
V_{IH}	High-level input voltage (T1IN, T2IN)	2			V
V_{IL}	Low-level input voltage (T1IN, T2IN)			0.8	V
R1IN, R2IN	Receiver input voltage			± 30	V
T_A	Operating free-air temperature	MAX232	0	70	°C
		MAX232I	-40	85	

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted) (see Note 3 and Figure 4)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
I_{CC} Supply current	$V_{CC} = 5.5$ V, All outputs open, $T_A = 25^\circ\text{C}$		8	10	mA

‡ All typical values are at $V_{CC} = 5$ V and $T_A = 25^\circ\text{C}$.

NOTE 3: Test conditions are C1-C4 = 1 μF at $V_{CC} = 5$ V ± 0.5 V.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องจ่ายสิ่งของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAX232, MAX232I

DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS0471 – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

DRIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (see Note 3)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
V _{OH}	High-level output voltage	T1OUT, T2OUT R _L = 3 kΩ to GND	5	7		V
V _{OL}	Low-level output voltage‡	T1OUT, T2OUT R _L = 3 kΩ to GND		-7	-5	V
r _o	Output resistance	T1OUT, T2OUT V _{S+} = V _{S-} = 0, V _O = ±2 V	300			Ω
I _{OS} §	Short-circuit output current	T1OUT, T2OUT V _{CC} = 5.5 V, V _O = 0		±10		mA
I _{IS}	Short-circuit input current	T1IN, T2IN V _I = 0			200	μA

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

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

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

NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see Note 3)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
SR	Driver slew rate	R _L = 3 kΩ to 7 kΩ, See Figure 2			30	V/μs
SR(t)	Driver transition region slew rate	See Figure 3		3		V/μs
	Data rate	One TOUT switching		120		kbit/s

NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

RECEIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (see Note 3)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
V _{OH}	High-level output voltage	R1OUT, R2OUT I _{OH} = -1 mA	3.5			V
V _{OL}	Low-level output voltage‡	R1OUT, R2OUT I _{OL} = 3.2 mA			0.4	V
V _{IT+}	Receiver positive-going input threshold voltage	R1IN, R2IN V _{CC} = 5 V, T _A = 25°C		1.7	2.4	V
V _{IT-}	Receiver negative-going input threshold voltage	R1IN, R2IN V _{CC} = 5 V, T _A = 25°C	0.8	1.2		V
V _{hys}	Input hysteresis voltage	R1IN, R2IN V _{CC} = 5 V	0.2	0.5	1	V
r _i	Receiver input resistance	R1IN, R2IN V _{CC} = 5, T _A = 25°C	3	5	7	kΩ

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

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

NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see Note 3 and Figure 1)

PARAMETER		TYP	UNIT
t _{PLH(R)}	Receiver propagation delay time, low- to high-level output	500	ns
t _{PHL(R)}	Receiver propagation delay time, high- to low-level output	500	ns

NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

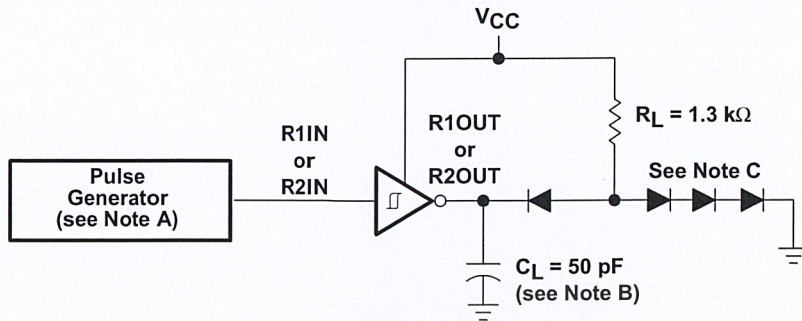


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

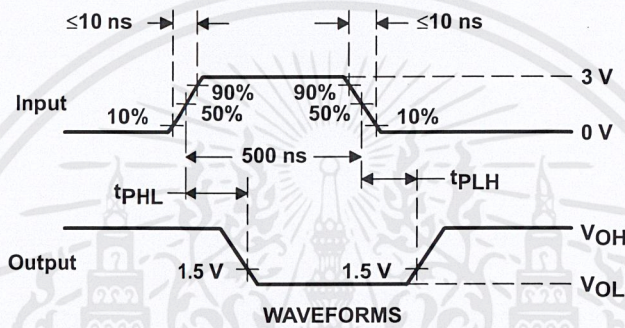
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุที่บ่งชี้และต้องยื่นข้อเท็จจริงของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



TEST CIRCUIT



WAVEFORMS

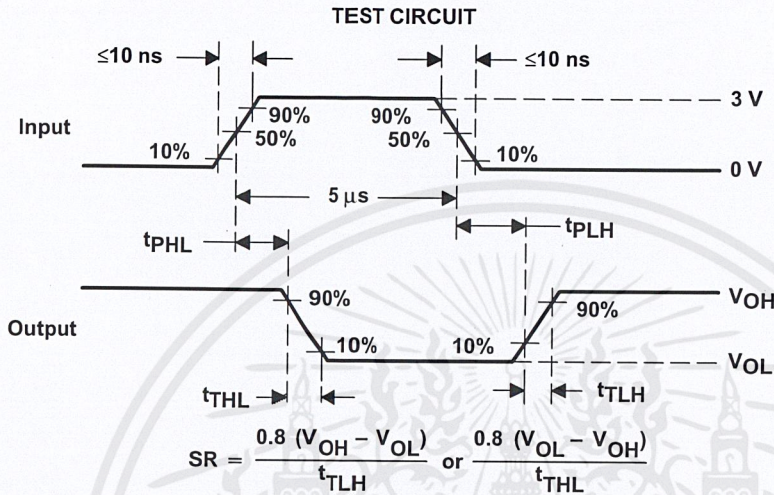
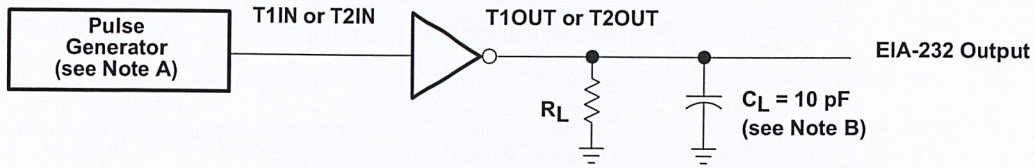
- NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: $Z_O = 50 \Omega$, duty cycle $\leq 50\%$.
 B. C_L includes probe and jig capacitance.
 C. All diodes are 1N3064 or equivalent.

Figure 1. Receiver Test Circuit and Waveforms for t_{PHL} and t_{PLH} Measurements

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS0471 – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

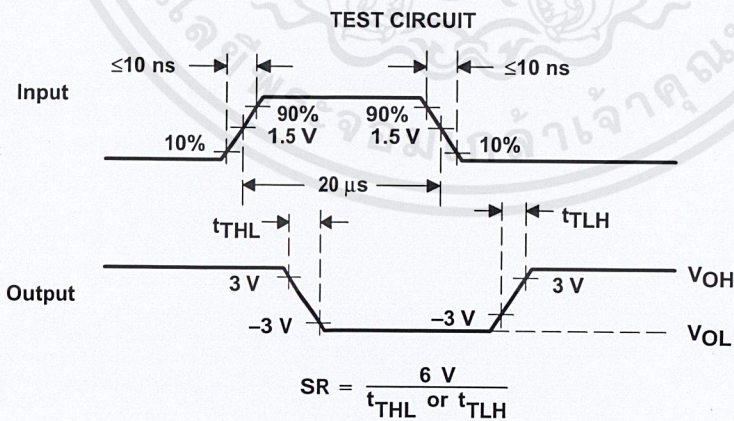
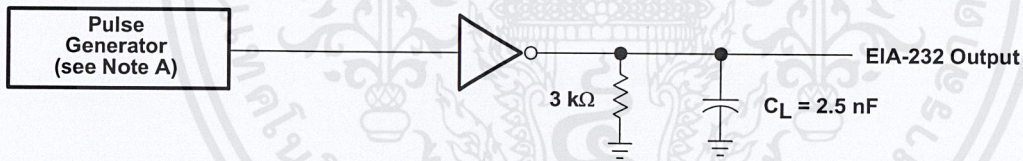
PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



WAVEFORMS

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

Figure 2. Driver Test Circuit and Waveforms for t_{PHL} and t_{PLH} Measurements (5- μ s Input)



WAVEFORMS

- NOTE A: The pulse generator has the following characteristics: $Z_O = 50 \Omega$, duty cycle $\leq 50\%$.

Figure 3. Test Circuit and Waveforms for t_{THL} and t_{TLH} Measurements (20- μ s Input)

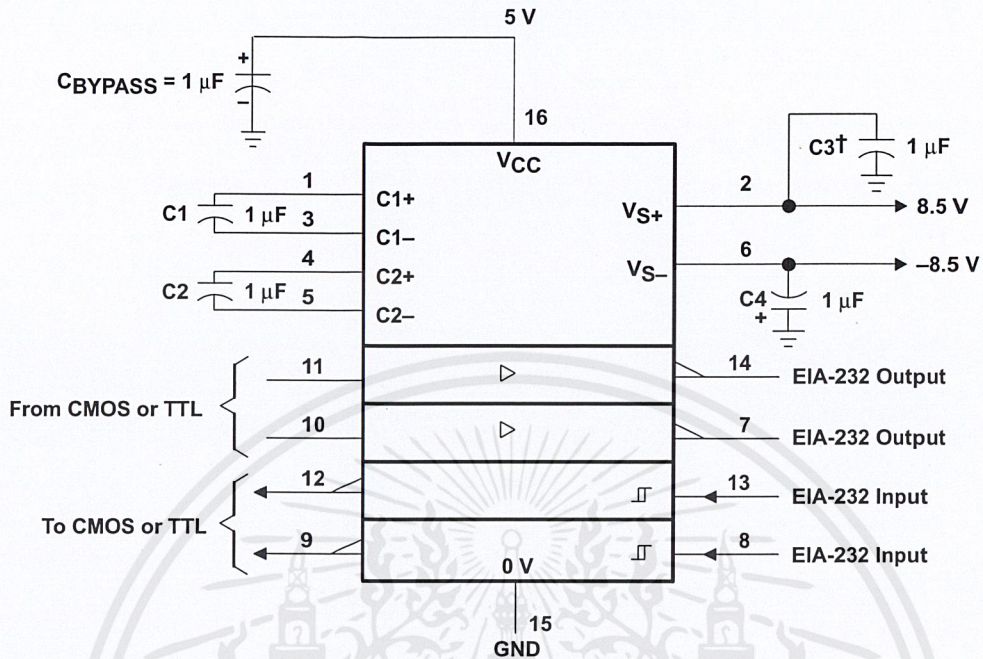


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ... เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION



† C3 can be connected to V_{CC} or GND.

Figure 4. Typical Operating Circuit

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, modifications, enhancements, improvements, and other changes to its products and services at any time and to discontinue any product or service without notice. Customers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All products are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

TI warrants performance of its hardware products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by government requirements, testing of all parameters of each product is not necessarily performed.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. Customers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with customer products and applications, customers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any TI patent right, copyright, mask work right, or other TI intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license from TI to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. Reproduction of this information with alteration is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for such altered documentation.

Resale of TI products or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that product or service voids all express and any implied warranties for the associated TI product or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

Mailing Address:

Texas Instruments
Post Office Box 655303
Dallas, Texas 75265

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This datasheet has been download from:

www.datasheetcatalog.com

Datasheets for electronics components.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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 pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com.

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAX481/MAX483/MAX485/MAX487-MAX491/MAX1487

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

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage (V _{CC}).....	12V	14-Pin SO (derate 8.33mW/°C above +70°C).....	667mW
Control Input Voltage (RE, DE).....	-0.5V to (V _{CC} + 0.5V)	8-Pin μMAX (derate 4.1mW/°C above +70°C).....	830mW
Driver Input Voltage (DI).....	-0.5V to (V _{CC} + 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 (V _{CC} + 0.5V)	MAX4_ _C_ _/MAX1487C_ _A	0°C to +70°C
Continuous Power Dissipation (T _A = +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	
8-Pin SO (derate 5.88mW/°C above +70°C).....	471mW	Lead Temperature (soldering, 10sec)	
		-65°C to +160°C	
		+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

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

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Differential Driver Output (no load)	V _{OD1}				5	V
Differential Driver Output (with load)	V _{OD2}	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	ΔV _{OD}	R = 27Ω or 50Ω, Figure 4			0.2	V
Driver Common-Mode Output Voltage	V _{OC}	R = 27Ω or 50Ω, Figure 4			3	V
Change in Magnitude of Driver Common-Mode Output Voltage for Complementary Output States	ΔV _{OC}	R = 27Ω or 50Ω, Figure 4			0.2	V
Input High Voltage	V _{IH}	DE, DI, RE	2.0			V
Input Low Voltage	V _{IL}	DE, DI, RE			0.8	V
Input Current	I _{IN1}	DE, DI, RE			±2	μA
Input Current (A, B)	I _{IN2}	DE = 0V; V _{CC} = 0V or 5.25V, all devices except MAX487/MAX1487	V _{IN} = 12V		1.0	mA
			V _{IN} = -7V		-0.8	
		MAX487/MAX1487, DE = 0V, V _{CC} = 0V or 5.25V	V _{IN} = 12V		0.25	mA
			V _{IN} = -7V		-0.2	
Receiver Differential Threshold Voltage	V _{TH}	-7V ≤ V _{CM} ≤ 12V	-0.2		0.2	V
Receiver Input Hysteresis	ΔV _{TH}	V _{CM} = 0V		70		mV
Receiver Output High Voltage	V _{OH}	I _O = -4mA, V _{ID} = 200mV	3.5			V
Receiver Output Low Voltage	V _{OL}	I _O = 4mA, V _{ID} = -200mV			0.4	V
Three-State (high impedance) Output Current at Receiver	I _{OZR}	0.4V ≤ V _O ≤ 2.4V			±1	μA
Receiver Input Resistance	R _{IN}	-7V ≤ V _{CM} ≤ 12V, all devices except MAX487/MAX1487	12			kΩ
		-7V ≤ V _{CM} ≤ 12V, MAX487/MAX1487	48			kΩ

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, \overline{RE} = 0V or V _{CC}		120	250	μA
		MAX490/MAX491, DE, DI, \overline{RE} = 0V or V _{CC}		300	500	
		MAX481/MAX485, \overline{RE} = 0V or V _{CC}	DE = V _{CC}	500	900	
			DE = 0V	300	500	
		MAX1487, \overline{RE} = 0V or V _{CC}	DE = V _{CC}	300	500	
			DE = 0V	230	400	
MAX483/MAX487, \overline{RE} = 0V or V _{CC}	DE = 5V	MAX483	350	650		
		MAX487	250	400		
		DE = 0V	120	250		
Supply Current in Shutdown	ISHDN	MAX481/483/487, DE = 0V, \overline{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, C _{L1} = C _{L2} = 100pF	10	30	60	ns
	t _{PHL}		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	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}	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 _{RL} = 15pF, S1 closed		20	50	ns
Receiver Enable to Output High	t _{ZH}	Figures 5 and 11, C _{RL} = 15pF, S2 closed		20	50	ns
Receiver Disable Time from Low	t _{LZ}	Figures 5 and 11, C _{RL} = 15pF, S1 closed		20	50	ns
Receiver Disable Time from High	t _{HZ}	Figures 5 and 11, C _{RL} = 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

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

SWITCHING CHARACTERISTICS—MAX481/MAX485, MAX490/MAX491, MAX1487 (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
Driver Enable from Shutdown to Output High (MAX481)	t _{ZH(SHDN)}	Figures 7 and 9, C _L = 100pF, S2 closed		40	100	ns
Driver Enable from Shutdown to Output Low (MAX481)	t _{ZL(SHDN)}	Figures 7 and 9, C _L = 100pF, S1 closed		40	100	ns
Receiver Enable from Shutdown to Output High (MAX481)	t _{ZH(SHDN)}	Figures 5 and 11, C _L = 15pF, S2 closed, A - B = 2V		300	1000	ns
Receiver Enable from Shutdown to Output Low (MAX481)	t _{ZL(SHDN)}	Figures 5 and 11, C _L = 15pF, S1 closed, B - A = 2V		300	1000	ns

SWITCHING CHARACTERISTICS—MAX483, MAX487/MAX488/MAX489

(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, C _{L1} = C _{L2} = 100pF	250	800	2000	ns
	t _{PHL}		250	800	2000	
Driver Output Skew to Output	t _{SKEW}	Figures 6 and 8, R _{DIFF} = 54Ω, C _{L1} = C _{L2} = 100pF		100	800	ns
Driver Rise or Fall Time	t _R , t _F	Figures 6 and 8, R _{DIFF} = 54Ω, C _{L1} = C _{L2} = 100pF	250		2000	ns
Driver Enable to Output High	t _{ZH}	Figures 7 and 9, C _L = 100pF, S2 closed	250		2000	ns
Driver Enable to Output Low	t _{ZL}	Figures 7 and 9, C _L = 100pF, S1 closed	250		2000	ns
Driver Disable Time from Low	t _{LZ}	Figures 7 and 9, C _L = 15pF, S1 closed	300		3000	ns
Driver Disable Time from High	t _{HZ}	Figures 7 and 9, C _L = 15pF, S2 closed	300		3000	ns
Receiver Input to Output	t _{PLH}	Figures 6 and 10, R _{DIFF} = 54Ω, C _{L1} = C _{L2} = 100pF	250		2000	ns
	t _{PHL}		250		2000	
| t _{PLH} - t _{PHL} | Differential Receiver Skew	t _{SKD}	Figures 6 and 10, R _{DIFF} = 54Ω, C _{L1} = C _{L2} = 100pF		100		ns
Receiver Enable to Output Low	t _{ZL}	Figures 5 and 11, C _{RL} = 15pF, S1 closed		20	50	ns
Receiver Enable to Output High	t _{ZH}	Figures 5 and 11, C _{RL} = 15pF, S2 closed		20	50	ns
Receiver Disable Time from Low	t _{LZ}	Figures 5 and 11, C _{RL} = 15pF, S1 closed		20	50	ns
Receiver Disable Time from High	t _{HZ}	Figures 5 and 11, C _{RL} = 15pF, S2 closed		20	50	ns
Maximum Data Rate	f _{MAX}	t _{PLH} , t _{PHL} < 50% of data period	250			kbps
Time to Shutdown	t _{SHDN}	MAX483/MAX487 (Note 5)	50	200	600	ns
Driver Enable from Shutdown to Output High	t _{ZH(SHDN)}	MAX483/MAX487, Figures 7 and 9, C _L = 100pF, S2 closed			2000	ns
Driver Enable from Shutdown to Output Low	t _{ZL(SHDN)}	MAX483/MAX487, Figures 7 and 9, C _L = 100pF, S1 closed			2000	ns
Receiver Enable from Shutdown to Output High	t _{ZH(SHDN)}	MAX483/MAX487, Figures 5 and 11, C _L = 15pF, S2 closed			2500	ns
Receiver Enable from Shutdown to Output Low	t _{ZL(SHDN)}	MAX483/MAX487, Figures 5 and 11, C _L = 15pF, S1 closed			2500	ns

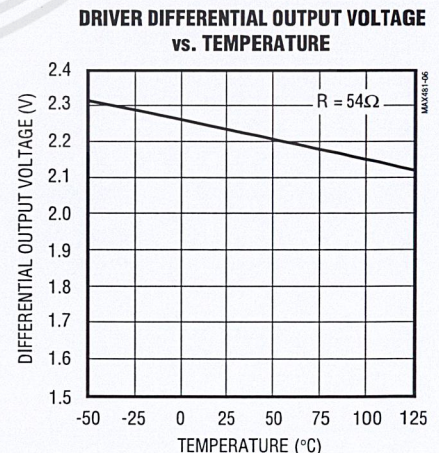
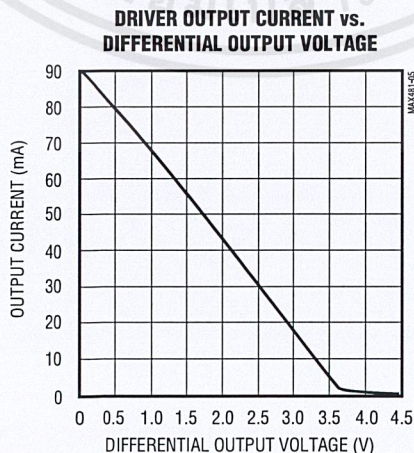
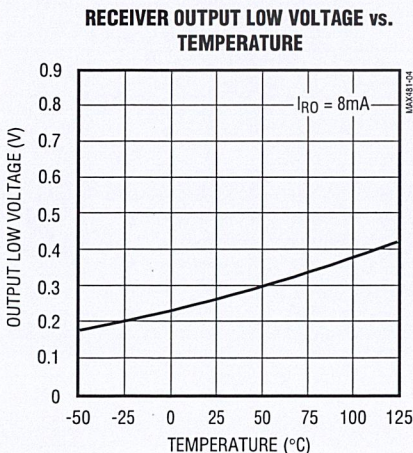
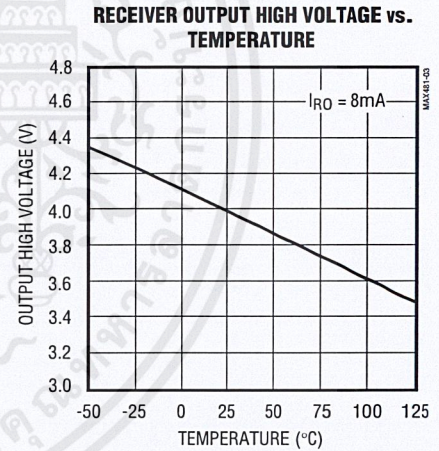
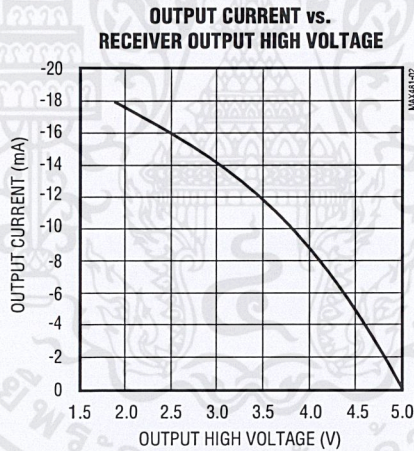
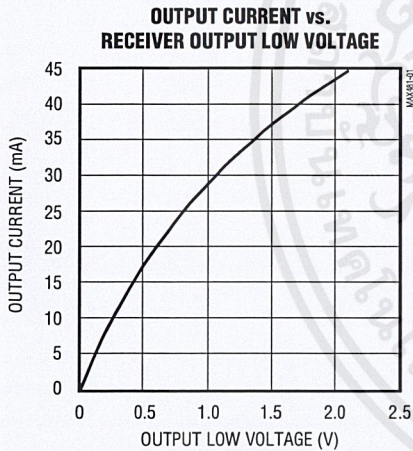
Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

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

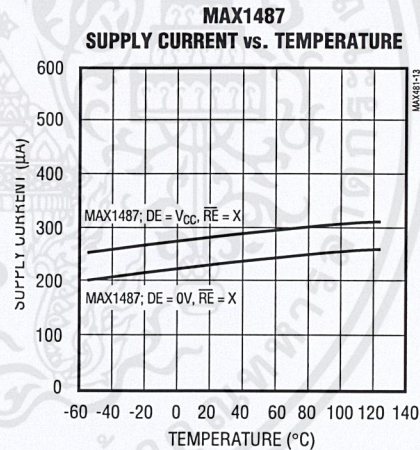
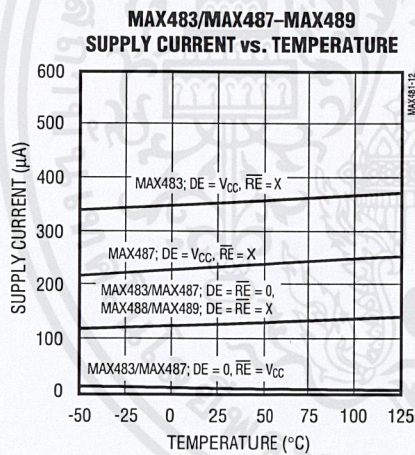
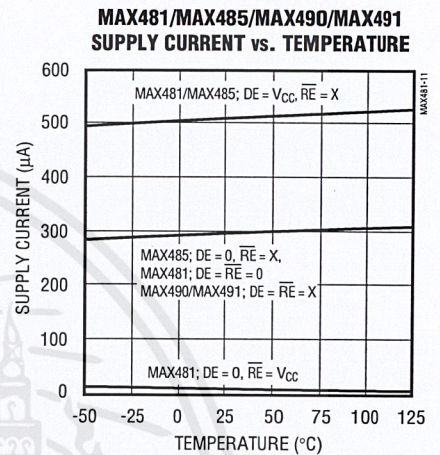
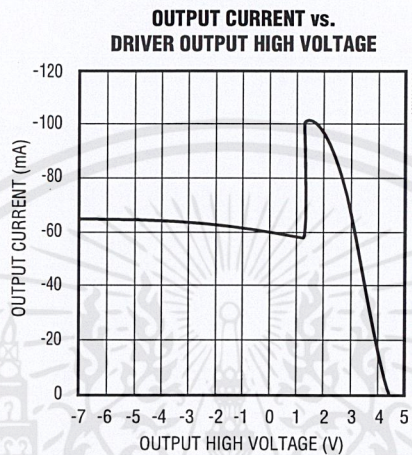
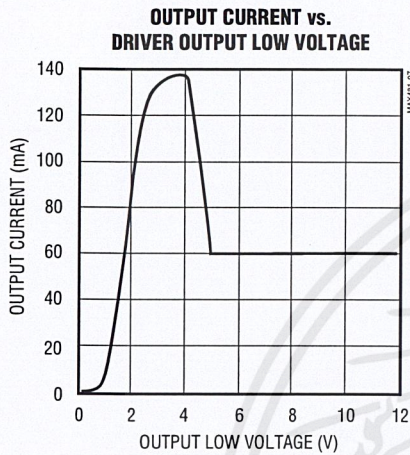
($V_{CC} = 5V$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



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

Typical Operating Characteristics (continued)

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



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	\overline{RE}	Receiver Output Enable. RO is enabled when \overline{RE} is low; RO is high impedance when \overline{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 \overline{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

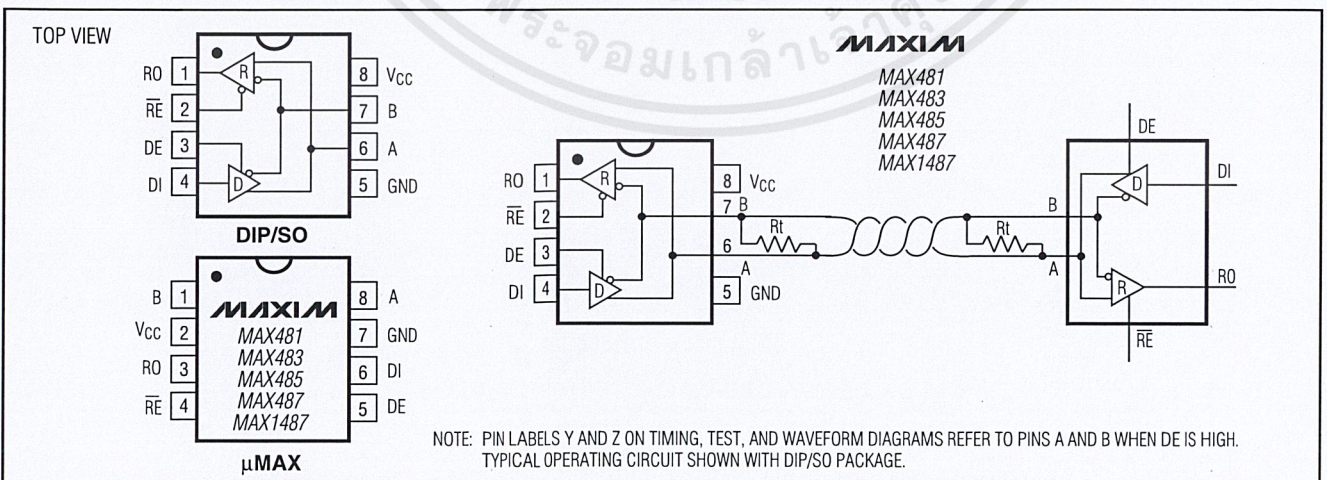


Figure 1. MAX481/MAX483/MAX485/MAX487/MAX1487 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAX481/MAX483/MAX485/MAX487-MAX491/MAX1487

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

MAX481/MAX483/MAX485/MAX487-MAX491/MAX487-MAX491/MAX487-MAX491/MAX487-MAX491

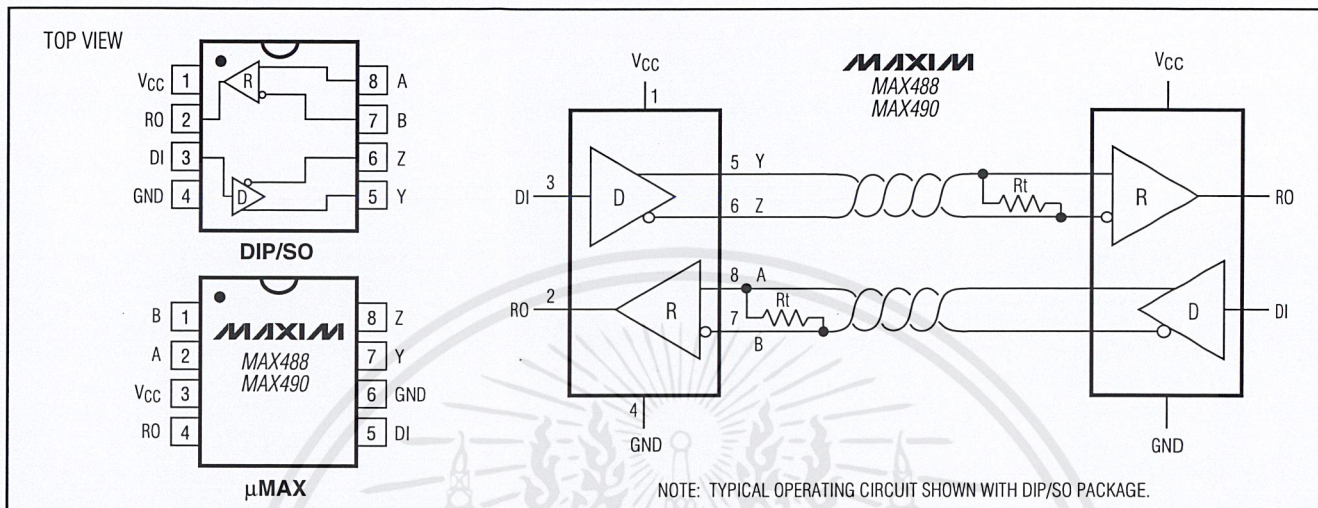


Figure 2. MAX488/MAX490 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

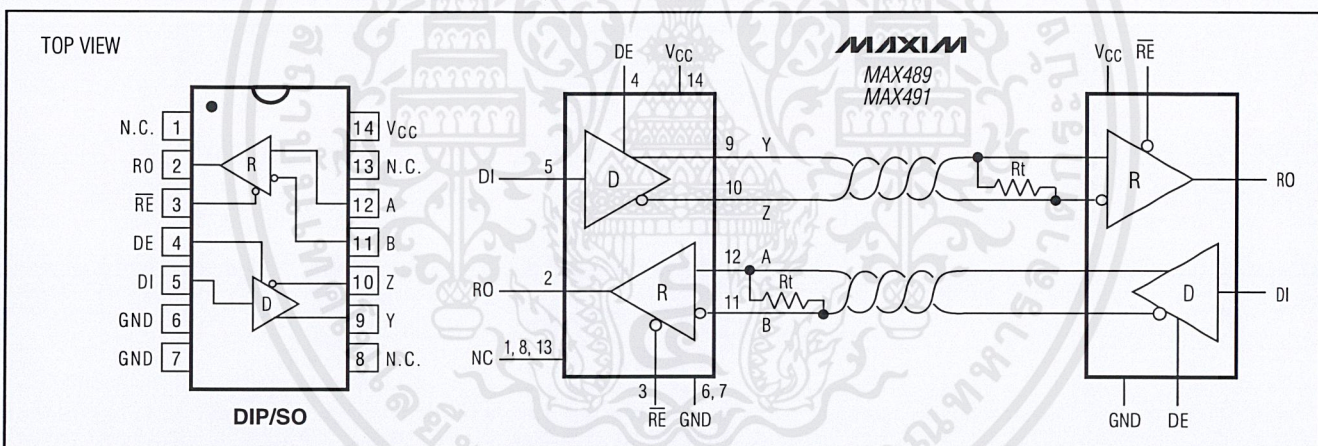


Figure 3. MAX489/MAX491 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

Applications Information

The MAX481/MAX483/MAX485/MAX487-MAX491 and MAX1487 are low-power transceivers for RS-485 and RS-422 communications. The MAX481, MAX485, MAX490, MAX491, and MAX1487 can transmit and receive at data rates up to 2.5Mbps, while the MAX483, MAX487, MAX488, and MAX489 are specified for data rates up to 250kbps. The MAX488-MAX491 are full-duplex transceivers while the MAX481, MAX483, MAX485, MAX487, and MAX1487 are half-duplex. In addition, Driver Enable (DE) and Receiver Enable (RE) pins are included on the MAX481, MAX483, MAX485, MAX487, MAX489, MAX491, and MAX1487. When disabled, the driver and receiver outputs are high impedance.

MAX487/MAX1487: 128 Transceivers on the Bus

The 48kΩ, 1/4-unit-load receiver input impedance of the MAX487 and MAX1487 allows up to 128 transceivers on a bus, compared to the 1-unit load (12kΩ input impedance) of standard RS-485 drivers (32 transceivers maximum). Any combination of MAX487/MAX1487 and other RS-485 transceivers with a total of 32 unit loads or less can be put on the bus. The MAX481/MAX483/MAX485 and MAX488-MAX491 have standard 12kΩ Receiver Input impedance.

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

Test Circuits

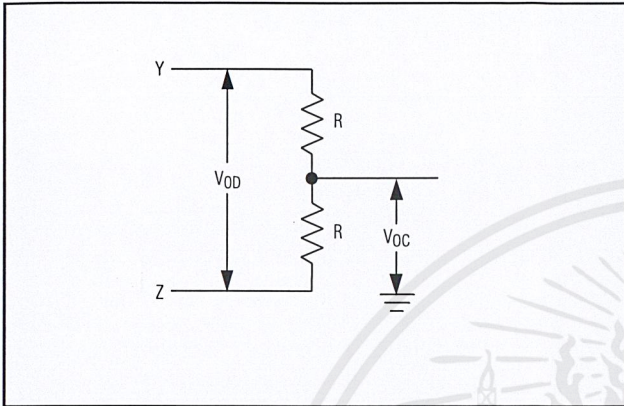


Figure 4. Driver DC Test Load

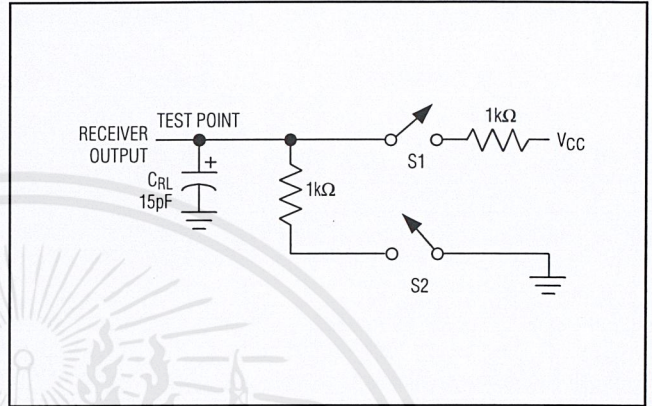


Figure 5. Receiver Timing Test Load

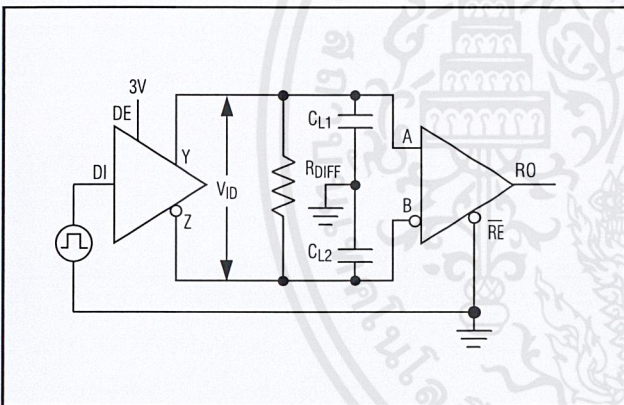


Figure 6. Driver/Receiver Timing Test Circuit

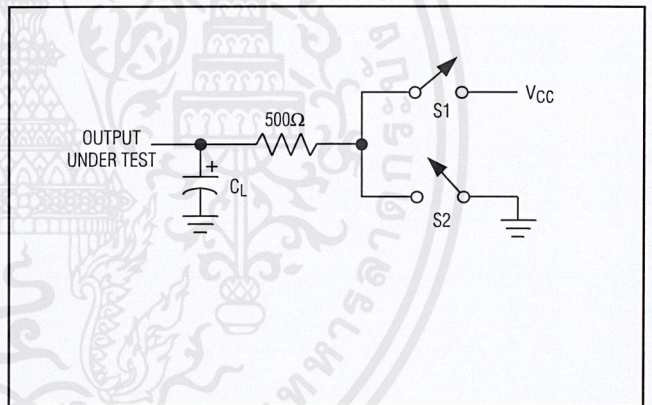


Figure 7. Driver Timing Test Load

MAX483/MAX487/MAX488/MAX489: Reduced EMI and Reflections

The MAX483 and MAX487–MAX489 are slew-rate limited, minimizing EMI and reducing reflections caused by improperly terminated cables. Figure 12 shows the driver output waveform and its Fourier analysis of a 150kHz signal transmitted by a MAX481, MAX485, MAX490, MAX491, or MAX1487. High-frequency har-

monics with large amplitudes are evident. Figure 13 shows the same information displayed for a MAX483, MAX487, MAX488, or MAX489 transmitting under the same conditions. Figure 13's high-frequency harmonics have much lower amplitudes, and the potential for EMI is significantly reduced.

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

Switching Waveforms

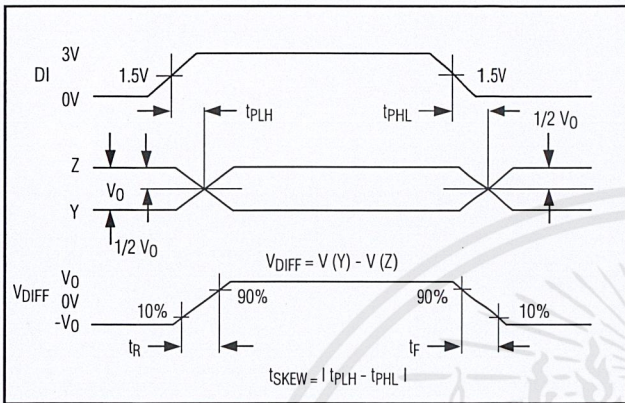


Figure 8. Driver Propagation Delays

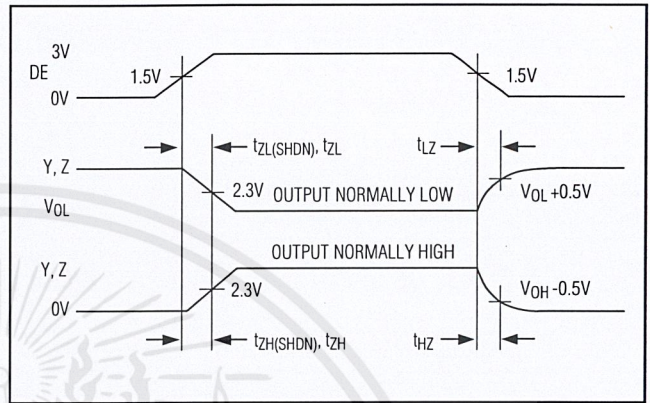


Figure 9. Driver Enable and Disable Times (except MAX488 and MAX490)

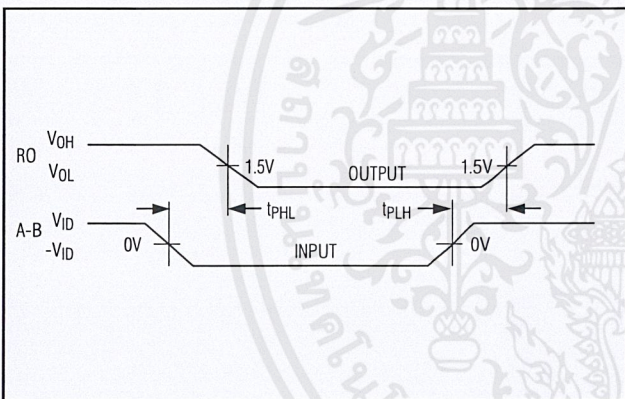


Figure 10. Receiver Propagation Delays

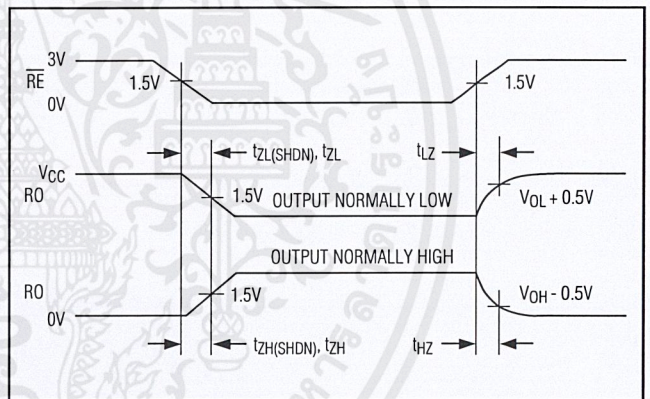


Figure 11. Receiver Enable and Disable Times (except MAX488 and MAX490)

Function Tables (MAX481/MAX483/MAX485/MAX487/MAX1487)

Table 1. Transmitting

INPUTS			OUTPUTS	
\overline{RE}	DE	DI	Z	Y
X	1	1	0	1
X	1	0	1	0
0	0	X	High-Z	High-Z
1	0	X	High-Z*	High-Z*

X = Don't care
High-Z = High impedance
* Shutdown mode for MAX481/MAX483/MAX487

Table 2. Receiving

INPUTS			OUTPUT
\overline{RE}	DE	A-B	RO
0	0	$\geq +0.2V$	1
0	0	$\leq -0.2V$	0
0	0	Inputs open	1
1	0	X	High-Z*

X = Don't care
High-Z = High impedance
* Shutdown mode for MAX481/MAX483/MAX487

MAX481/MAX483/MAX485/MAX487-MAX491/MAX1487

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

MAX481/MAX483/MAX485/MAX487-MAX491/MAX1487

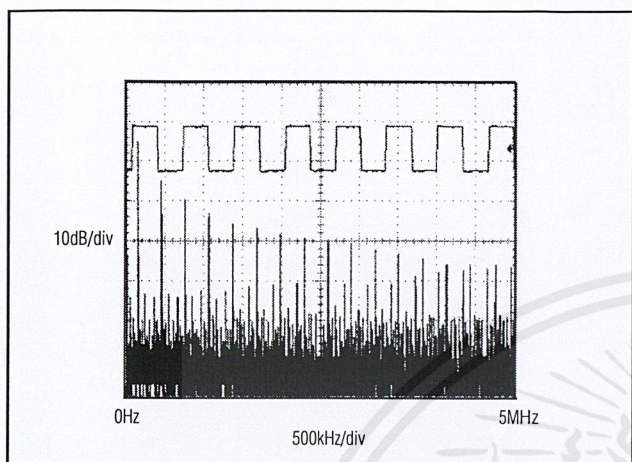


Figure 12. Driver Output Waveform and FFT Plot of MAX481/MAX485/MAX490/MAX491/MAX1487 Transmitting a 150kHz Signal

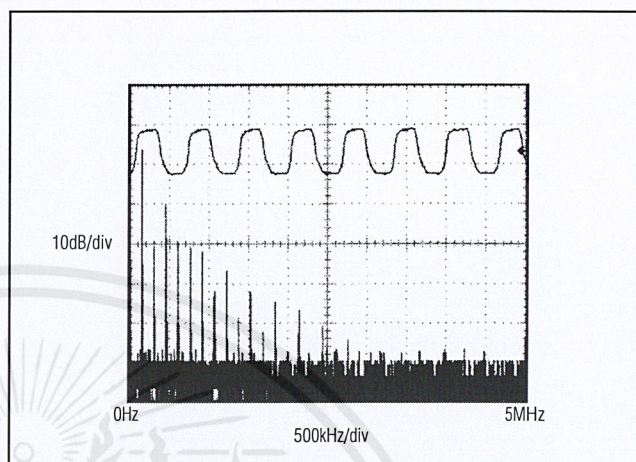


Figure 13. Driver Output Waveform and FFT Plot of MAX483/MAX487-MAX489 Transmitting a 150kHz Signal

Low-Power Shutdown Mode (MAX481/MAX483/MAX487)

A low-power shutdown mode is initiated by bringing both \overline{RE} high and DE low. The devices will not shut down unless both the driver and receiver are disabled. In shutdown, the devices typically draw only 0.1 μ A of supply current.

\overline{RE} and DE may be driven simultaneously; the parts are guaranteed not to enter shutdown if \overline{RE} is high and DE is low for less than 50ns. If the inputs are in this state for at least 600ns, the parts are guaranteed to enter shutdown.

For the MAX481, MAX483, and MAX487, the t_{ZH} and t_{ZL} enable times assume the part was not in the low-power shutdown state (the MAX485/MAX488-MAX491 and MAX1487 can not be shut down). The t_{ZH}(SHDN) and t_{ZL}(SHDN) enable times assume the parts were shut down (see *Electrical Characteristics*).

It takes the drivers and receivers longer to become enabled from the low-power shutdown state (t_{ZH}(SHDN), t_{ZL}(SHDN)) than from the operating mode (t_{ZH}, t_{ZL}). (The parts are in operating mode if the \overline{RE} , DE inputs equal a logical 0,1 or 1,1 or 0, 0.)

Driver Output Protection

Excessive output current and power dissipation caused by faults or by bus contention are prevented by two mechanisms. A foldback current limit on the output stage provides immediate protection against short circuits over the whole common-mode voltage range (see *Typical Operating Characteristics*). In addition, a thermal shutdown circuit forces the driver outputs into a high-impedance state if the die temperature rises excessively.

Propagation Delay

Many digital encoding schemes depend on the difference between the driver and receiver propagation delay times. Typical propagation delays are shown in Figures 15-18 using Figure 14's test circuit.

The difference in receiver delay times, |t_{PLH} - t_{PHL}|, is typically under 13ns for the MAX481, MAX485, MAX490, MAX491, and MAX1487 and is typically less than 100ns for the MAX483 and MAX487-MAX489.

The driver skew times are typically 5ns (10ns max) for the MAX481, MAX485, MAX490, MAX491, and MAX1487, and are typically 100ns (800ns max) for the MAX483 and MAX487-MAX489.

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

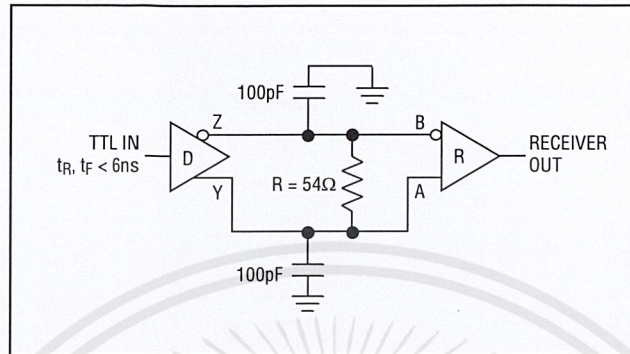


Figure 14. Receiver Propagation Delay Test Circuit

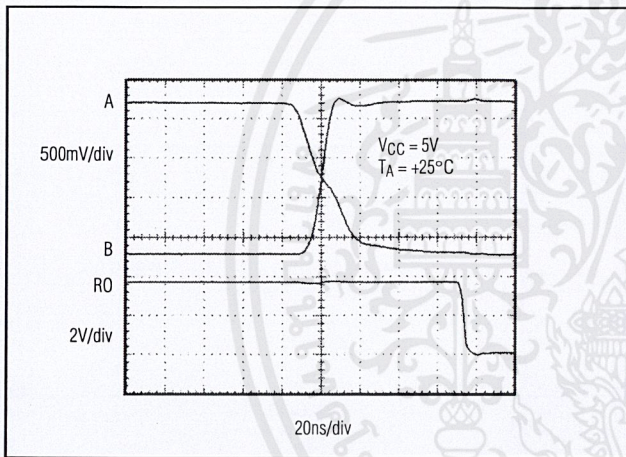


Figure 15. MAX481/MAX485/MAX490/MAX491/MAX1487 Receiver tPHL

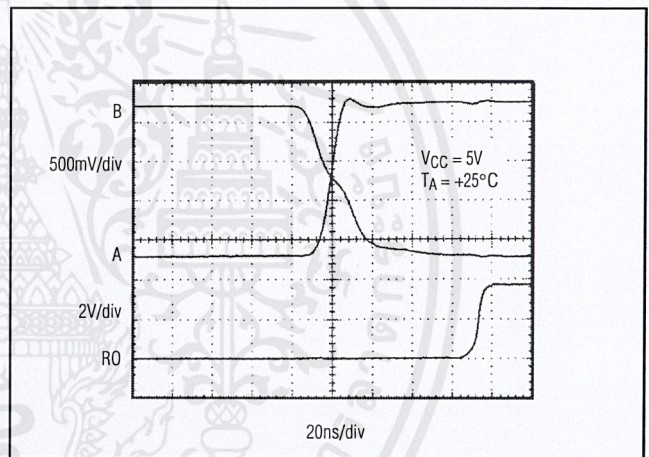


Figure 16. MAX481/MAX485/MAX490/MAX491/MAX1487 Receiver tPLH

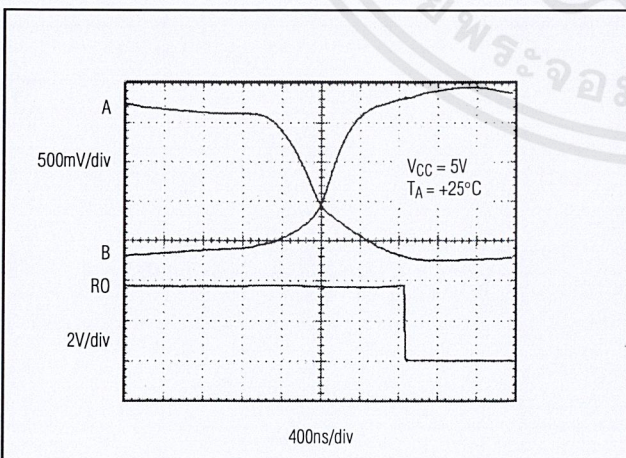


Figure 17. MAX483, MAX487-MAX489 Receiver tPHL

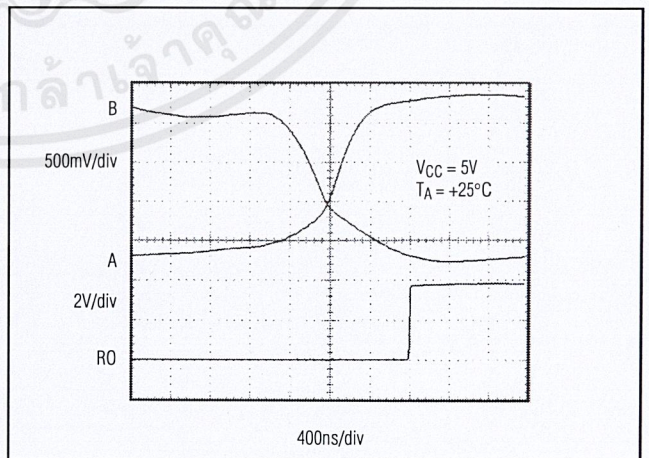


Figure 18. MAX483, MAX487-MAX489 Receiver tPLH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

MAX481/MAX483/MAX485/MAX487-MAX489/MAX491/MAX1487

Line Length vs. Data Rate

The RS-485/RS-422 standard covers line lengths up to 4000 feet. For line lengths greater than 4000 feet, see Figure 23.

Figures 19 and 20 show the system differential voltage for the parts driving 4000 feet of 26AWG twisted-pair wire at 110kHz into 120Ω loads.

Typical Applications

The MAX481, MAX483, MAX485, MAX487-MAX491, and MAX1487 transceivers are designed for bidirectional data communications on multipoint bus transmission lines.

Figures 21 and 22 show typical network applications circuits. These parts can also be used as line repeaters, with cable lengths longer than 4000 feet, as shown in Figure 23.

To minimize reflections, the line should be terminated at both ends in its characteristic impedance, and stub lengths off the main line should be kept as short as possible. The slew-rate-limited MAX483 and MAX487-MAX489 are more tolerant of imperfect termination.

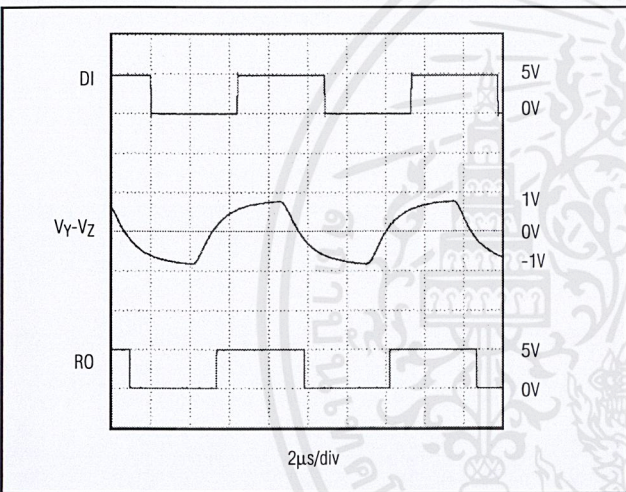


Figure 19. MAX481/MAX485/MAX490/MAX491/MAX1487 System Differential Voltage at 110kHz Driving 4000ft of Cable

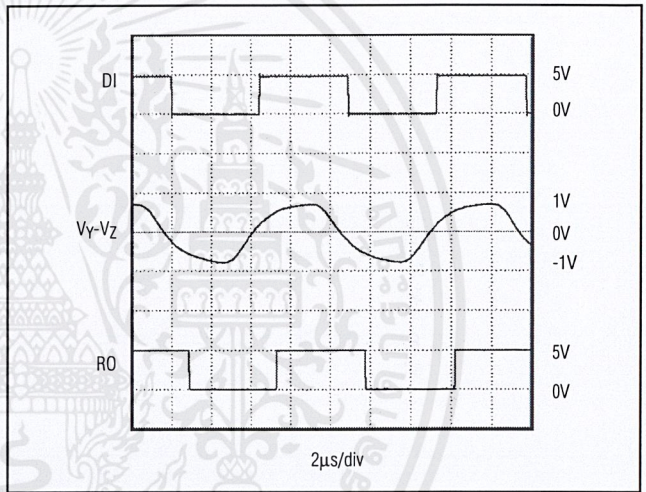


Figure 20. MAX483, MAX487-MAX489 System Differential Voltage at 110kHz Driving 4000ft of Cable

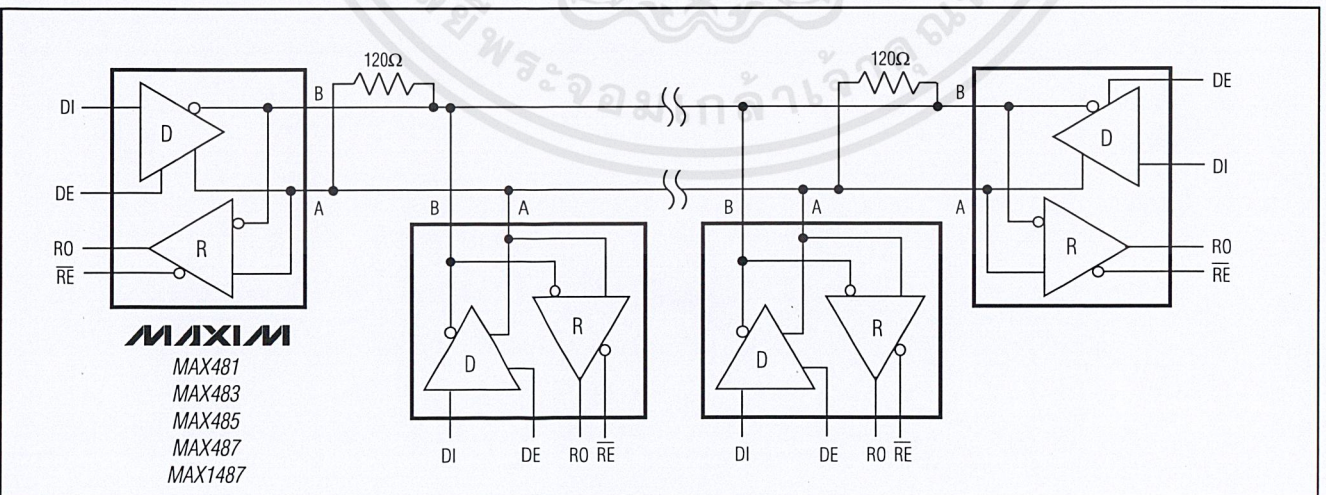


Figure 21. MAX481/MAX483/MAX485/MAX487/MAX1487 Typical Half-Duplex RS-485 Network

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

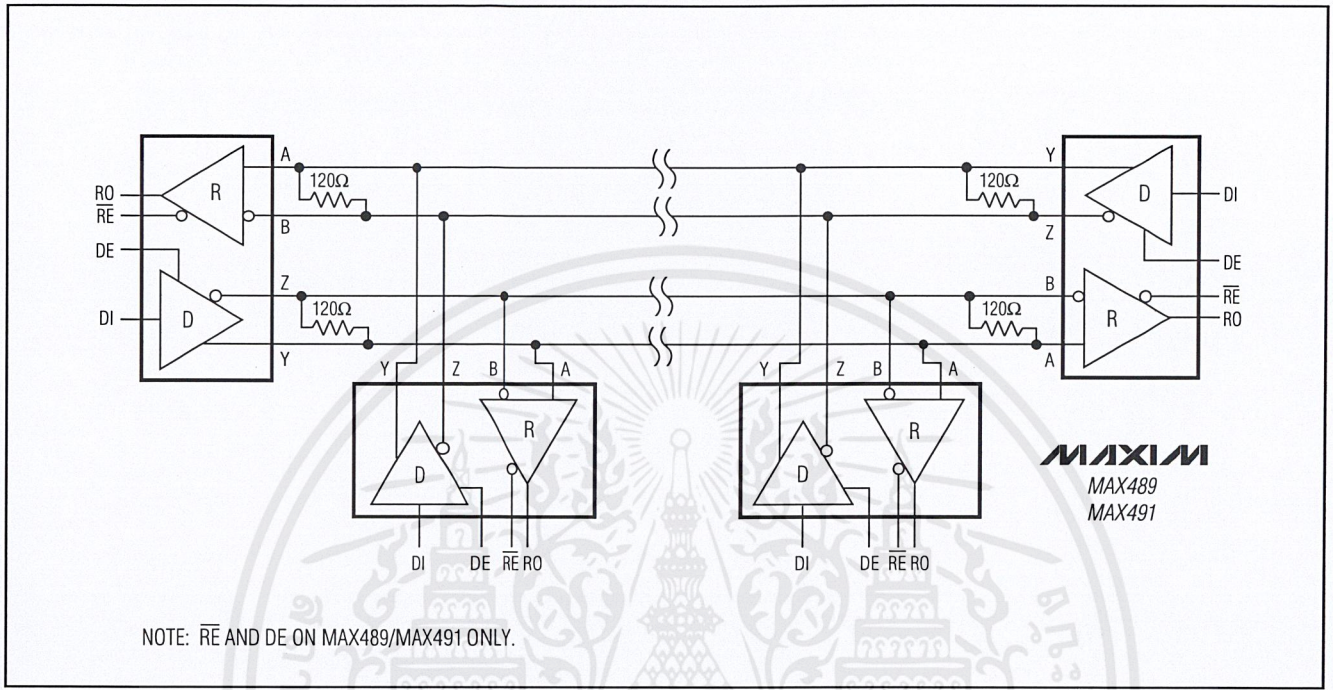


Figure 22. MAX488-MAX491 Full-Duplex RS-485 Network

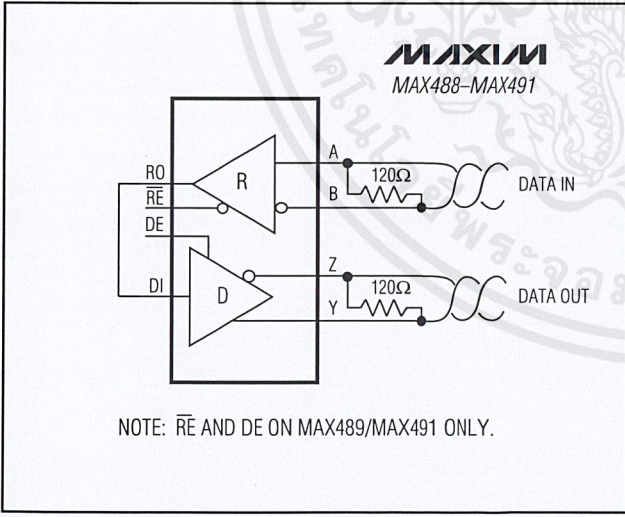


Figure 23. Line Repeater for MAX488-MAX491

Isolated RS-485

For isolated RS-485 applications, see the MAX253 and MAX1480 data sheets.

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

Ordering Information (continued)

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX481EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX481ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX481MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP
MAX483 CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX483CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX483CUA	0°C to +70°C	8 μ MAX
MAX483C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX483EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX483ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX483MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP
MAX485 CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX485CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX485CUA	0°C to +70°C	8 μ MAX
MAX485C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX485EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX485ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX485MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP
MAX487 CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX487CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX487CUA	0°C to +70°C	8 μ MAX
MAX487C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX487EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX487ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX487MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP
MAX488 CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX488CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX488CUA	0°C to +70°C	8 μ MAX
MAX488C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX488EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX488ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX488MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP
MAX489 CPD	0°C to +70°C	14 Plastic DIP
MAX489CSD	0°C to +70°C	14 SO
MAX489C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX489EPD	-40°C to +85°C	14 Plastic DIP
MAX489ESD	-40°C to +85°C	14 SO
MAX489MJD	-55°C to +125°C	14 CERDIP

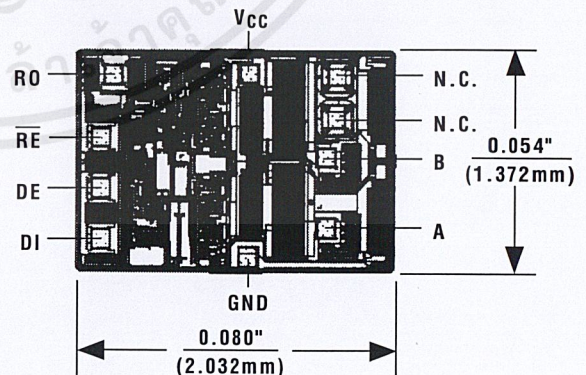
Ordering Information (continued)

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX490 CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX490CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX490CUA	0°C to +70°C	8 μ MAX
MAX490C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX490EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX490ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX490MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP
MAX491 CPD	0°C to +70°C	14 Plastic DIP
MAX491CSD	0°C to +70°C	14 SO
MAX491C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX491EPD	-40°C to +85°C	14 Plastic DIP
MAX491ESD	-40°C to +85°C	14 SO
MAX491MJD	-55°C to +125°C	14 CERDIP
MAX1487 CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX1487CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX1487CUA	0°C to +70°C	8 μ MAX
MAX1487C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX1487EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX1487ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX1487MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP

* Contact factory for dice specifications.

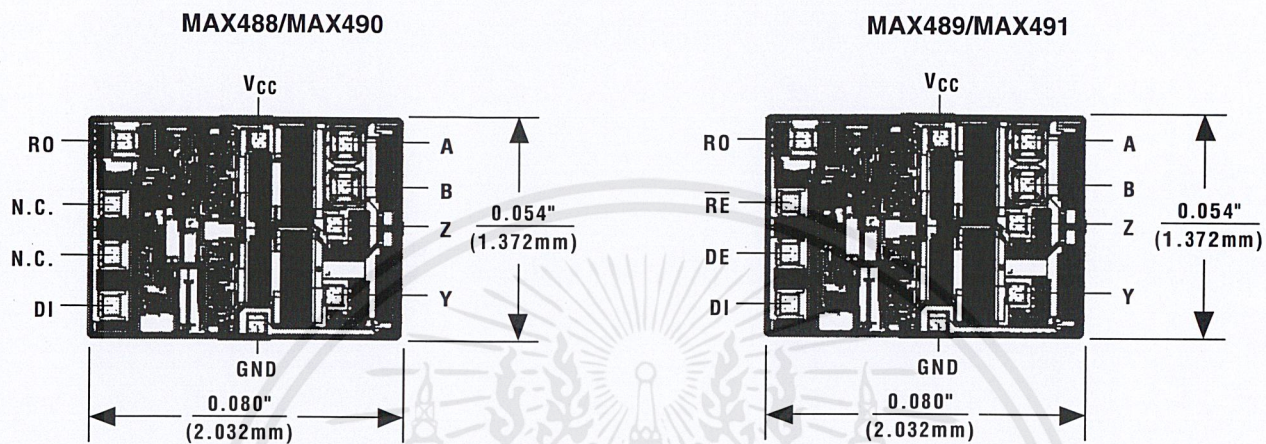
Chip Topographies

MAX481/MAX483/MAX485/MAX487/MAX1487



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

Chip Topographies (continued)



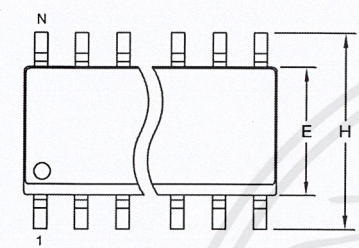
Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers

Package Information

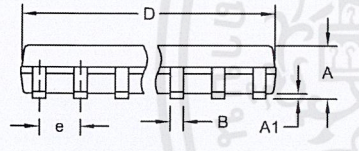
(The package drawing(s) in this data sheet may not reflect the most current specifications. For the latest package outline information go to www.maxim-ic.com/packages.)

MAX481/MAX483/MAX485/MAX487-MAX491/MAX1487

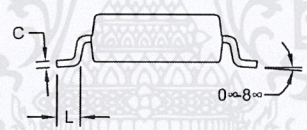
SOIC N, EPS



TOP VIEW



FRONT VIEW



SIDE VIEW

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.053	0.069	1.35	1.75
A1	0.004	0.010	0.10	0.25
B	0.014	0.019	0.35	0.49
C	0.007	0.010	0.19	0.25
e	0.050 BSC		1.27 BSC	
E	0.150	0.157	3.80	4.00
H	0.228	0.244	5.80	6.20
L	0.016	0.050	0.40	1.27

VARIATIONS:

DIM	INCHES		MILLIMETERS		N	MS012
	MIN	MAX	MIN	MAX		
D	0.189	0.197	4.80	5.00	8	AA
D	0.337	0.344	8.55	8.75	14	AB
D	0.386	0.394	9.80	10.00	16	AC

- NOTES:
1. D&E DO NOT INCLUDE MOLD FLASH.
 2. MOLD FLASH OR PROTRUSIONS NOT TO EXCEED 0.15mm (.006").
 3. LEADS TO BE COPLANAR WITHIN 0.10mm (.004").
 4. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETERS.
 5. MEETS JEDEC MS012.
 6. N = NUMBER OF PINS.

<small>PROPRIETARY INFORMATION</small>	
TITLE: PACKAGE OUTLINE, .150" SOIC	
APPROVAL	DOCUMENT CONTROL NO. 21-0041
REV. B	1/1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Package Information (continued)

(The package drawing(s) in this data sheet may not reflect the most current specifications. For the latest package outline information go to www.maxim-ic.com/packages.)

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	-	0.043	-	1.10
A1	0.002	0.006	0.05	0.15
A2	0.030	0.037	0.75	0.95
b	0.010	0.014	0.25	0.36
c	0.005	0.007	0.13	0.18
D	0.116	0.120	2.95	3.05
e	0.0256 BSC		0.65 BSC	
E	0.116	0.120	2.95	3.05
H	0.188	0.198	4.78	5.03
L	0.016	0.026	0.41	0.66
α	0°	6°	0°	6°
S	0.0207 BSC		0.5250 BSC	

NOTES:
 1. D&E DO NOT INCLUDE MOLD FLASH.
 2. MOLD FLASH OR PROTRUSIONS NOT TO EXCEED 0.15MM (.006").
 3. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETERS.
 4. MEETS JEDEC MO-187C-AA.

DALLAS SEMICONDUCTOR **MAXIM**
 PROPRIETARY INFORMATION
 TITLE: PACKAGE OUTLINE, 8L uMAX/uSOP
 APPROVAL: DOCUMENT CONTROL NO. 21-0036 REV. J 1/1

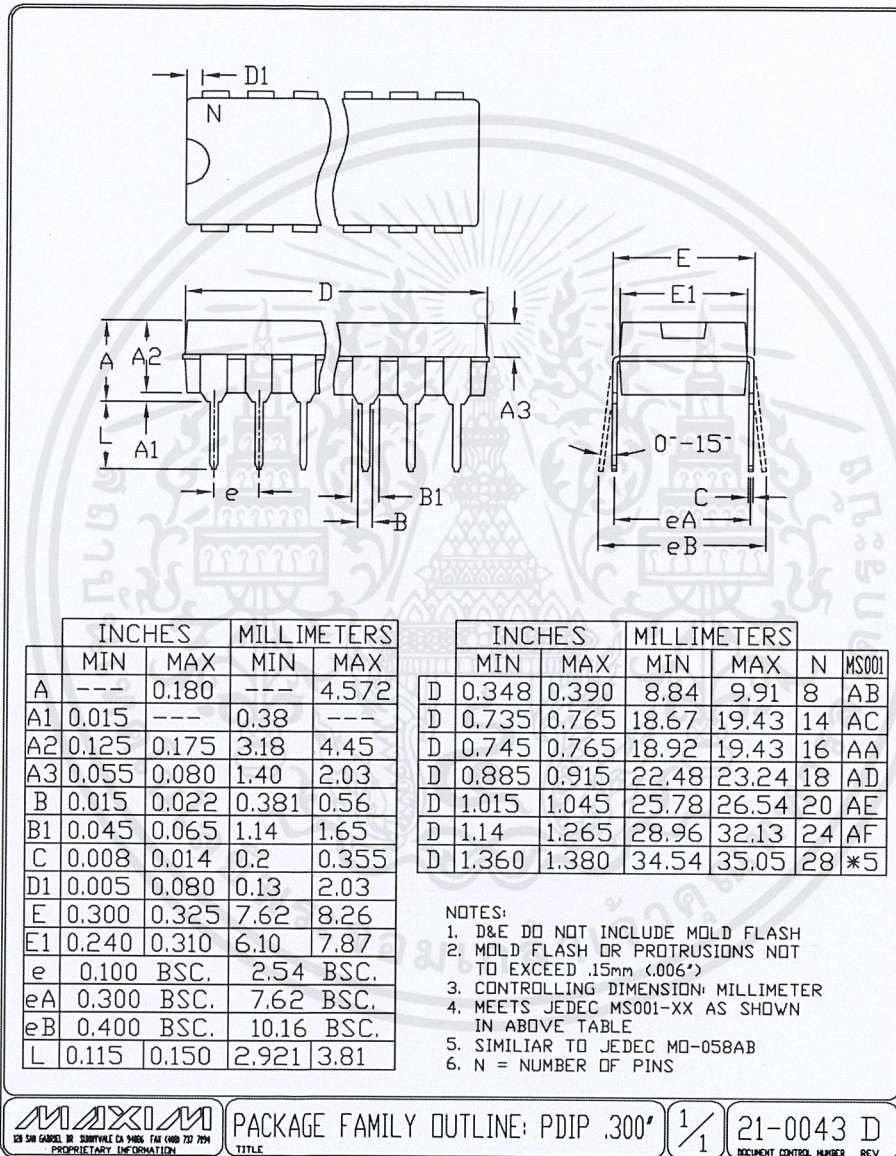
8LUMAXD.EPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Package Information (continued)

(The package drawing(s) in this data sheet may not reflect the most current specifications. For the latest package outline information go to www.maxim-ic.com/packages.)



MAX481/MAX483/MAX485/MAX487-MAX491

MAX481/MAX483/MAX485/MAX487-MAX491

Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600 19

© 2003 Maxim Integrated Products Printed USA MAXIM is a registered trademark of Maxim Integrated Products.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This datasheet has been download from:

www.datasheetcatalog.com

Datasheets for electronics components.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้