

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบตรวจสอบสภาพดินในเรือนเพาะปลูกแบบไร้สาย

Wireless soil sensor system in agriculture



โดย

นายนพพล

ชีวะเกรียงไกร

นางสาวธรีนทร์

พีระวารสิทธิ์

๒๗.
๒๖/๗๒๖
๒๕๕๐

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 83273
วัน,เดือน,ปี..... 11 ส.ค. 2551

b. 119 66099
.....
.....

ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบตรวจสอบสภาพดินในเรือนเพาะปลูกแบบไร้สาย

Wireless soil sensor system in agriculture



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

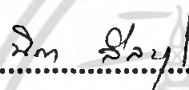
เรื่อง **ระบบตรวจสอบสภาพดินในเรือนเพาะปลูกแบบไร้สาย**

Wireless soil sensor system in agriculture

ผู้จัดทำ

1. นายนพภูฏ ชีวะเกรียงไกร 47010354

2. นางศาว์ธรินทร์ พิระวาราสิริ 47010628


.....
(รศ.นิกา อิศารุจิ)

อาจารย์ที่ปรึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบตรวจสอบสภาพดินในเรือนเพาะปลูกแบบไร้สาย**Wireless soil sensor system in agricultural house****โดย นายนพภูณ ชีวะเกรียงไกร 47010354****นางสาวรัชนีพร พิระวารสิทธิ์ 47010628****อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.นิภา ลีลารุจี****บทคัดย่อ**

โครงการนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างระบบตรวจสอบสภาพดินในเรือนเพาะปลูกแบบไร้สาย เป็นการส่งค่าข้อมูลความชื้นของดิน และค่าอุณหภูมิภายในเรือนเพาะปลูก ซึ่งจะส่งข้อมูลผ่านระบบการมอดูเลชันแบบ FSK (Frequency shift keying) ไปยังเครื่องรับ โดยนำค่าไปประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อบันทึกข้อมูล โดยบันทึกข้อมูลของแต่ละแปลงมาหาค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีการมัลติเพล็กซ์และแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ต DB-9 จากนั้นจะนำค่าที่ได้ไปตรวจสอบสภาพความชื้นดิน รวมถึงอุณหภูมิภายในเรือนเพาะปลูก แล้วทำการปรับสภาพภายในเรือนเพาะปลูกเพื่อให้มีความเหมาะสม เช่น สั่งให้รดน้ำแปลงเพาะปลูก ปรับอุณหภูมิให้เหมาะสม โดยให้พัดลมหมุนระบายอากาศ เป็นต้น

ABSTRACT

This project is designed and constructed wireless soil sensor system in agricultural house. This system is designed for measure and transfer data that compose of humidity and temperature in agricultural house via wireless system. The system will transfer data by using FSK (Frequency shift keying) modulation and data processing unit using microcontroller for control and memory. In summation of information can be average with multiplexer process. The data will display on microcomputer via DB-9 port. After this system will checks and adjust the status of soil in agricultural house such as operate the sprinkle of electric fan.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้สามารถล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลือจากหลายบุคคล โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รศ.ดร. สุรพันธ์ เอื้อไพฑูรย์ ที่คอยให้คำปรึกษา และคำแนะนำ และเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยช่วยในการปฏิบัติงานได้เป็นอย่างดีมาโดยตลอด

จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

ผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
สารบัญ	II
สารบัญรูป	III
สารบัญตาราง	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 การมอดูเลชันแบบดิจิทัล (Digital modulation)	2
2.1.1 การเปลี่ยนความถี่ตามสัญญาณดิจิทัล (Frequency Shift Keying: FSK)	2
2.1.2 การเปลี่ยนความถี่ตามสัญญาณดิจิทัลแบบเกาส์เซียน (Gaussian Frequency shift keying: GFSK)	3
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	5
2.2.1 ไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์	5
2.2.2 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-52 โดยบริษัทอินเทล เบอร์ 89C52	5
2.2.3 หน่วยความจำภายในชิพ	5
2.2.4 พอร์ตของ 8052	7
2.3 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และความชื้น SHT15	10
2.3.1 วิธีการเชื่อมต่อของเซนเซอร์ SHT15	11
2.3.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้า	13
2.4 การสื่อสารแบบอนุกรม	14
2.4.1 การสื่อสารอนุกรมแบบ RS-232	14
2.4.2 รูปแบบการรับส่งข้อมูลแบบอซิงโครนัส	15
2.4.3 อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลแบบอซิงโครนัส	16
2.4.4 คอนเน็คเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ	16
2.4.5 การเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อรับส่งข้อมูลอนุกรม	17
2.4.6 ลักษณะ สัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของพอร์ต RS-232	18
2.4.7 แอคเตสของพอร์ตอนุกรม	18
2.5 ดิน	19
2.5.1 ความสำคัญของดิน	19
2.5.2 องค์ประกอบของดิน (Soil Component)	20
2.5.3 ความชื้นในดิน	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 การออกแบบและการสร้างวงจร	22
3.1 วงจรการส่งและการตั้งการของโมดูลในส่วนเครื่องส่ง	23
3.2 ตัวส่ง (Transmitter)	26
3.2.1 โมดูลรับส่งสัญญาณ (TRW-2.4 G Transceiver modules)	26
3.3 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และความชื้น SHT15	27
3.3.1 การเปลี่ยน Output ให้มีค่าทางกายภาพ	28
3.4 วงจรการรับและการตั้งการของโมดูลในส่วนเครื่องรับ	29
3.5 ส่วนของการแสดงผล ควบคุมและบันทึกข้อมูล (Display Controller and Saving)	32
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	33
4.1 วงจรเครื่องส่ง	33
4.1.1 โมดูลส่งข้อมูล	33
4.1.2 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและการควบคุมเนื่องจากอุณหภูมิ	36
4.2 วงจรเครื่องรับ	39
4.2.1 โมดูลตัวรับ	39
4.2.2 ส่วนการตรวจวัดความชื้นของดินและการควบคุมแอลอีดีเนื่องจากความชื้นของดิน	45
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	47
5.1 สรุปผลการทดลอง	47
5.2 ปัญหาที่พบ	48
5.3 การแก้ปัญหา	48
5.4 แนวทางการนำไปพัฒนาต่อ	49
กิตติกรรมประกาศ	50
หนังสืออ้างอิง	51
ภาคผนวก	52

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงหลักการทำงานของ FSK	2
รูปที่ 2.2 รูปคลื่นของการมอดูเลตแบบ FSK	3
รูปที่ 2.3 รูปการมอดูเลตแอสีมมอดูเลตแบบ GFSK	4
รูปที่ 2.4 โครงสร้างภายใน 8052	6
รูปที่ 2.5 การจัดวางขาของ 8052	7
รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้าง พอร์ต 0 (บิต)	7
รูปที่ 2.7 โครงสร้างของพอร์ต 1 (บิต)	8
รูปที่ 2.8 โครงสร้างของพอร์ต 2 (บิต)	8
รูปที่ 2.9 โครงสร้างของพอร์ต 3 (บิต)	9
รูปที่ 2.10 Block Diagram ภายเซนเซอร์ SHT15	10
รูปที่ 2.11 แสดงวิธีการใช้งานของเซนเซอร์ SHT15 โดยทั่วไป	11
รูปที่ 2.12 ลำดับของข้อมูลที่ส่งคำสั่ง	11
รูปที่ 2.13 แสดงการทำงานลำดับขั้นตอนการวัด	12
รูปที่ 2.14 แสดงรูปสัญญาณการเริ่มต้นการเชื่อมต่อ	12
รูปที่ 2.15 แสดง รูปแบบสัญญาณในการทำงานของเซนเซอร์	12
รูปที่ 2.16 แสดงไทม์มิงไคอะแกรม	13
รูปที่ 2.17 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอซิงโครนัส	15
รูปที่ 2.18 แสดงการจัดขาสัญญาณของ DB-9 ตัวผู้ และ ตัวเมีย และหน้าที่การทำงาน	16
รูปที่ 2.19 การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมในรูปแบบต่างๆ	17
รูปที่ 2.20 การทำงานภายในของขาสัญญาณต่างๆของพอร์ตอนุกรม	18
รูปที่ 2.21 แสดงส่วนประกอบของคินที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก(เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)	20
รูปที่ 3.1 บล็อกไคอะแกรมแสดงส่วนของเครื่องส่ง	22
รูปที่ 3.2 วงจรตัวส่งสัญญาณ	24
รูปที่ 3.3 แผนภูมิ แสดงโปรแกรมควบคุมการทำงานของโมดูลฝั่งส่ง	25
รูปที่ 3.4 ลักษณะภายนอกของโมดูล TRW-2.4G	26
รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะ โครงสร้างที่แยกส่วนของช่องสัญญาณ 2 ช่องในตัวเอง	27
รูปที่ 3.6 บล็อกไคอะแกรมแสดงส่วนของเครื่องรับ	29
รูปที่ 3.7 วงจรส่วนเครื่องรับ	30

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.8 แผนภูมิแสดงโปรแกรมควบคุมการทำงานของโมดูลฝั่งรับ	31
รูปที่ 3.9 แสดงหน้าต่างแสดงสถานะโปรแกรม	32
รูปที่ 4.1 สัญญาณของขา CE ของเครื่องส่ง เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope	33
รูปที่ 4.2 สัญญาณของขา CLK1 ของเครื่องส่ง เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope	34
รูปที่ 4.3 สัญญาณของขา DATE ของเครื่องส่ง เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope	34
รูปที่ 4.4 แสดงรูปภาพที่ได้จากเซ็นเซอร์ครั้งที่ 1	36
รูปที่ 4.5 แสดงรูปภาพที่ได้จากเซ็นเซอร์ครั้งที่ 2	37
รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยที่วัดได้กับค่าอ้างอิงโดยวัดจากเทอร์โมมิเตอร์	39
รูปที่ 4.7 สัญญาณของขา CS ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope	40
รูปที่ 4.8 สัญญาณของขา CE ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope	41
รูปที่ 4.9 สัญญาณของขา CLK1 ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope	41
รูปที่ 4.10 สัญญาณของขา DATE ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope	42
รูปที่ 4.11 สัญญาณของขา DR1 ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope	42
รูปที่ 4.12 สัญญาณของขา CLK2 ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope	43
รูปที่ 4.13 สัญญาณของขา DOUT2 ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope	43
รูปที่ 4.14 สัญญาณของขา DR2 ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope	44
รูปที่ 4.15 แสดงรูปตัวอย่างหน้าจอแสดงผล	46

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้า	13
ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของสัญญาณอินพุทและเอาต์พุท	13
ตารางที่ 2.3 แสดงแอดเดรสฐานและหน่วยความจำที่เก็บแอดเดรสฐานของพอร์ตอนุกรม	19
ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติของเซ็นเซอร์	27
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองวัดอุณหภูมิ ตั้งแต่ 25 – 40 องศาเซลเซียส	37
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองวัดความชื้นในดินที่ได้ค่าจากจอกคอมพิวเตอร์เทียบกับเทนซิโอมิเตอร์	46



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

เนื่องจากประชากรของประเทศส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกร การทำเกษตรกรรมจึงเป็นรากฐานที่สำคัญของประเทศไทย เราสามารถนำเทคโนโลยีไร้สาย ซึ่งเป็นที่นิยมแพร่หลายในงานด้านต่างๆ มาประยุกต์ใช้ ช่วยให้การทำการเกษตรมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทุนเวลา และงบประมาณ นอกจากนี้จะเป็นการใช้ความรู้มาพัฒนาอุปกรณ์ และระบบทางเทคโนโลยีสื่อสารแล้ว ยังเป็นการช่วยพัฒนาประเทศได้อีกวิธีหนึ่ง ซึ่งเป็นที่มาของโครงการเครื่องตรวจสอบสภาพดินในเรือนเพาะปลูกแบบไร้สาย

ข้อมูลคุณภาพดินนั้นจะได้อาจจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ประกอบด้วยเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ สภาพแวดล้อมภายในเรือนเพาะปลูก และเซ็นเซอร์วัดความชื้นของดิน

ในโครงการนี้ผู้พัฒนาได้เลือกใช้MSC-51 เป็นอุปกรณ์ประมวลผล ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีประสิทธิภาพ และราคาเหมาะสม รวมทั้งมีหน่วยความจำโปรแกรมภายในแบบแฟลช ที่สามารถลบและเขียนใหม่ได้หลายพันครั้ง ทำให้สะดวกต่อการพัฒนา โดยผู้พัฒนาใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการเขียนและควบคุมการทำงานของระบบต่างๆ รวมไปถึงควบคุมในส่วนของการแสดงผลและควบคุมระบบทางหน้าจอคอมพิวเตอร์อีกด้วย

การรับส่งสัญญาณแบบไร้สาย ในโครงการนี้จะใช้วิธีการส่งสัญญาณมอดูเลต แบบFSK (Frequency Shift Keying) โดยจะใช้โมดูลเป็นตัวส่งสัญญาณ โดยจะทำงานแทนสัญญาณดิจิทัลซึ่งมีค่า 0 กับ 1 โดยในตัวโมดูลจะทำการส่งข้อมูลโดยการจัดข้อมูลที่ได้อาจจากการมอดูเลตให้เป็นเฟรมเพื่อส่งออกไปเป็นแพ็คเกจด้วยความเร็วที่เราสามารถโปรแกรมได้คือ 250 kbps หรือ 1 Mbps ซึ่งผู้ทำโครงการได้เลือกที่จะโปรแกรมให้มีความเร็วเท่ากับ 250 kbps เพื่อใช้ในโครงการนี้ เนื่องจากสามารถส่งข้อมูลได้ไกลกว่าความเร็ว 1 Mbps โดยจะเหมาะกับลักษณะงานที่จะนำโครงการนี้ไปใช้

ดังนั้นปริญญาบัตรฉบับนี้จะนำเสนอภาพรวมวิธีการออกแบบและการคำนวณเครื่องตรวจสอบสภาพดินในเรือนเพาะปลูกแบบไร้สาย

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

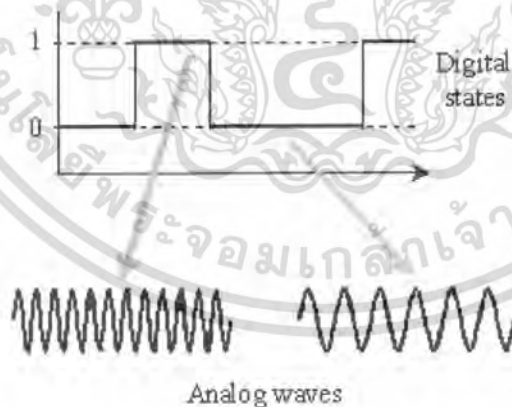
2.1 การมอดูเลชันแบบดิจิตอล (Digital modulation)

คำนำ

การสื่อสารในปัจจุบันได้นิยมนำเอา การมอดูเลตสัญญาณแบบดิจิตอลมอดูเลชัน (Digital Modulation) มาใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากระบบดิจิตอลให้ค่าความแน่นอนน่าเชื่อถือสูงกว่าระบบอนาล็อก (Analog System) และมีการรบกวนจากสัญญาณรบกวน (Noise) ต่ำ ซึ่งในปัจจุบัน อุปกรณ์ด้านระบบดิจิตอลได้มีการพัฒนาก้าวหน้าไปมาก ทำให้ต้นทุนในการผลิตลดต่ำลง นอกจากนี้ แบบดิจิตอลยังสามารถทำการเข้ารหัส (Encoder) ก่อนทำการมอดูเลตแล้วทำการถอดรหัส (Decoder) หลังการมอดูเลตทำให้การส่งข้อมูลมีการผิดพลาดน้อยลง ในการมอดูเลตสัญญาณดิจิตอล ที่นิยมใช้กันชนิดหนึ่งก็คือ การเปลี่ยนแปลงความถี่ของสัญญาณดิจิตอล(Frequency Shift Keying:FSK)

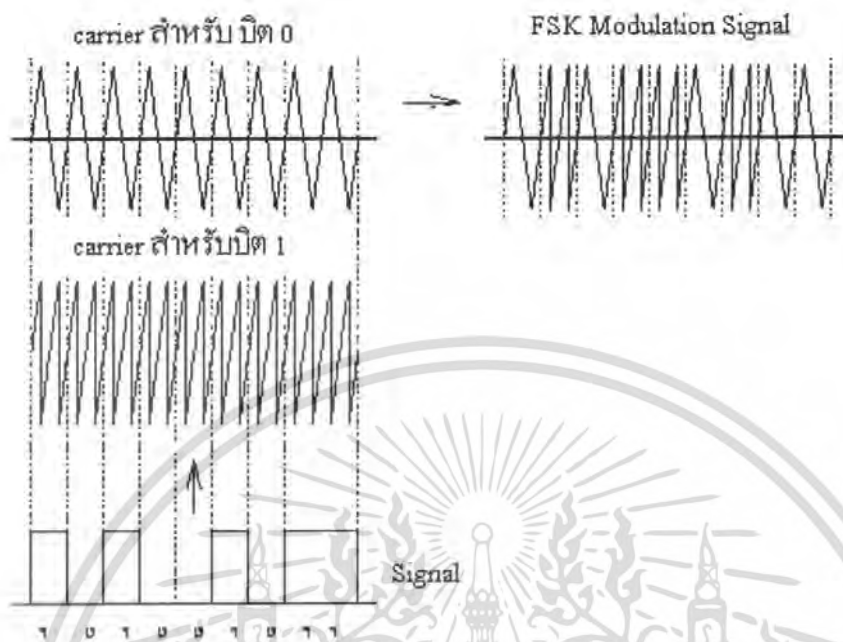
2.1.1 การเปลี่ยนความถี่ตามสัญญาณดิจิตอล (Frequency Shift Keying: FSK)

วิธีการ FSK นี้คือใช้ความถี่ของเสียงสองความถี่สำหรับแทนสัญญาณ ลอจิก "1" และลอจิก "0" ฝ่ายรับก็พยายามจับเอาสองความถี่ที่ว่านี้มาแปลงเป็นสัญญาณลอจิกกลับคืน ความถี่ของเสียงทั้งสองเสียงต้องห่างกันพอที่จะแยกออกจากกันได้โดยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และก็จะต้องมีห่างเกินจนตกขอบของความสามารถของตัวกลางที่จะนำพาไปได้ ดังรูปที่ 2.1 แสดงหลักการทำงานของ FSK



รูปที่ 2.1 แสดงหลักการทำงานของ FSK

รูปคลื่นสัญญาณที่ได้จากวิธีการสัญญาณดิจิตอลจะควบคุมความถี่ของสัญญาณที่ได้จากรวมมอดูเลชัน โดยรูปคลื่นจะมีความถี่สูงเมื่อระดับสัญญาณดิจิตอลเป็น "1" และมีความถี่ต่ำเมื่อระดับสัญญาณเป็น "0" ซึ่งมีอัตราการส่งข้อมูลต่ำเท่ากับวิธีการASK มีข้อดีเหมือนกัน แต่ทนทานต่อสัญญาณรบกวนได้สูงกว่า นี่เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 รูปคลื่นของการมอดูเลตแบบ FSK

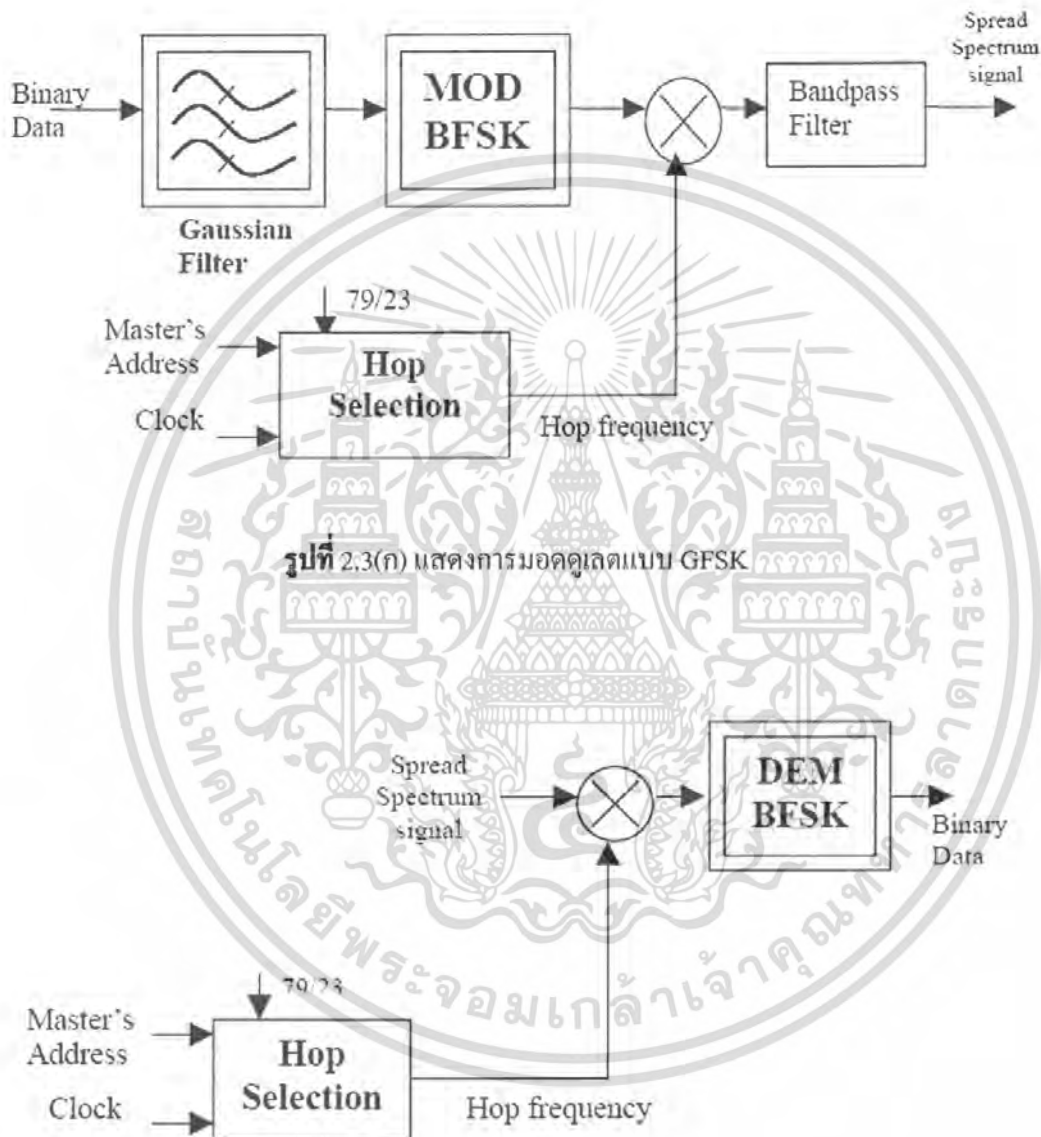
เนื่องจากแถบความถี่คลื่นที่สายโทรศัพท์ยอมให้ผ่านไปได้อยู่ในช่วง 300 เฮิรตซ์ ถึง 3400 เฮิรตซ์ จึงสามารถแบ่งความถี่ในย่านนั้นออกเป็น 4 คลื่นเสียงที่สำคัญ สำหรับสถานีส่งสองเสียง สถานีรับสองเสียง เนื่องจากต้องการให้การติดต่อเป็นแบบพูลดูเพล็กซ์ คือ ทั้งรับและส่งได้ในเวลาเดียวกันจำเป็นต้องแยกสถานีออกเป็นสองฝ่าย ออริจินหรือฝ่ายเริ่มการติดต่อ และอีกฝ่ายเรียกว่า คำตอบ (Answer) จะต้องใช้ความถี่อีกสองความถี่ที่แตกต่างไปจากฝ่ายส่ง (เพื่อป้องกันการรบกวนกันเอง) สำหรับแทนสัญญาณลอจิก "0" และ "1" เช่นเดียวกันจะได้รับและส่งในเวลาเดียวกันเป็นพูลดูเพล็กซ์ได้

2.1.2 การเปลี่ยนความถี่ตามสัญญาณดิจิทัลแบบเกาส์เซียน(Gaussian Frequency shift keying: GFSK)

GFSK พัฒนามาจากเทคนิคการมอดูเลตแบบ FSK เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้แบนด์วิดท์ โดยข้อเสีย ของการมอดูเลชัน แบบ FSK ก็คือ ในขณะที่ข้อมูลเปลี่ยน จาก 0 เป็น 1 หรือ 1 เป็น 0 จะเกิดการเปลี่ยนเฟสของสัญญาณคลื่นพาห์อย่างรวดเร็ว อาจจะสูงขึ้นหรือต่ำลง ซึ่งก็มีผลทำให้ความถี่คลื่นพาห์จริงสูงกว่า หรือ ต่ำกว่า f_0 หรือ f_1 ที่กำหนดไว้ นั่นก็คือจะทำให้ bandwidth ที่ได้กว้างขึ้นทำให้ได้ช่องสัญญาณในการส่งที่น้อย

ดังนั้นจึงลดปัญหาดังกล่าวคือการนำเอาสัญญาณข้อมูลที่จะไปทำการมอดูเลตแบบ FSK มาผ่านวงจรกรองแบบเกาส์(Gaussian Filter)ก่อน ซึ่งจะทำให้การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณข้อมูล เป็นแบบค่อยๆขึ้นลง ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้น หรือ ค่อยๆ ลง โดยมีความโค้งเป็นแบบ Gaussian pulse จากนั้นจึงค่อยนำไปมอดูเลตแบบ FSK ก็ทำให้ bandwidth ที่ได้แคบลงเมื่อเทียบกับการมอดูเลตแบบ FSK และจะทำให้ได้อัตราการส่งข้อมูลสูงขึ้น โดยมีสัญญาณดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3(ข) แสดงการดีมอดูเลตแบบ GFSK

รูปที่ 2.3 รูปการมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ GFSK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในงานด้านต่างๆเช่น

- เครื่องใช้ในบ้าน เช่น เครื่องซักผ้า เตารอบไมโครเวฟ กล้องถ่ายรูป
- ในสถานที่ทำงานเช่น แฟกซ์, เลเซอร์, พรินเตอร์
- ในรถยนต์ เช่น ถุงลมนิรภัย(Air Bag) , เอ บี เอส และกล่องควบคุมหัวฉีด

2.2.1 ไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครโปรเซสเซอร์ หมายถึง จุดประสงค์ทั่วไปของไมโครโปรเซสเซอร์ (General-Purpose Microprocessor) เช่น Z-801,8086,80286,80486 และ เพนเทียม ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมาแล้วนี้ภายในชิปไม่มีแรม (Random Access Memory : RAM),รอม (Read Only Memory : RAM), พอร์ตอินพุตและเอาต์พุต (I/O Port), ไทม์เมอร์, พอร์ตอนุกรม (Serial Port)

จึงเกิดไมโครคอนโทรลเลอร์ คือการนำเอา แรม, รอม, พอร์ตอินพุตและเอาต์พุต, ไทม์เมอร์, พอร์ตอนุกรม มาใส่เข้าไปในชิป ทำให้ขนาดเล็กลงมากมีผู้ผลิตออกมาหลายราย เช่น อินเทล, แอดเมล, ฟิลิปส์, ซิเมนต, คัลลัส เซมิคอนดักเตอร์

2.2.2 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-52 โดยบริษัทอินเทลเบอร์ 89C52

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory) ขนาด 128 ไบต์
- หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลแยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบต์
- มีไทม์เมอร์ และเคาน์เตอร์ ขนาด 16 บิต 2 ชุด (สำหรับ 8052 มี 3 ชุด) ทำงานได้ 4 โหมค
- รับอินเตอร์รัพท์ได้ 6 แหล่ง 5 เวกเตอร์ สำหรับเบอร์ 8052 ขึ้นไปมี 8 แหล่ง 6 เวกเตอร์
- มีพอร์ตรับส่งข้อมูลอนุกรม(UART) 2 พอร์ตแบบ ฟูลดูเพล็กซ์ เลือกรูปแบบได้ 4 โหมค
- มีคำสั่งในการทำ AND, OR หรือ Complement ได้ทั้งแบบ 8 บิต และ 1 บิต

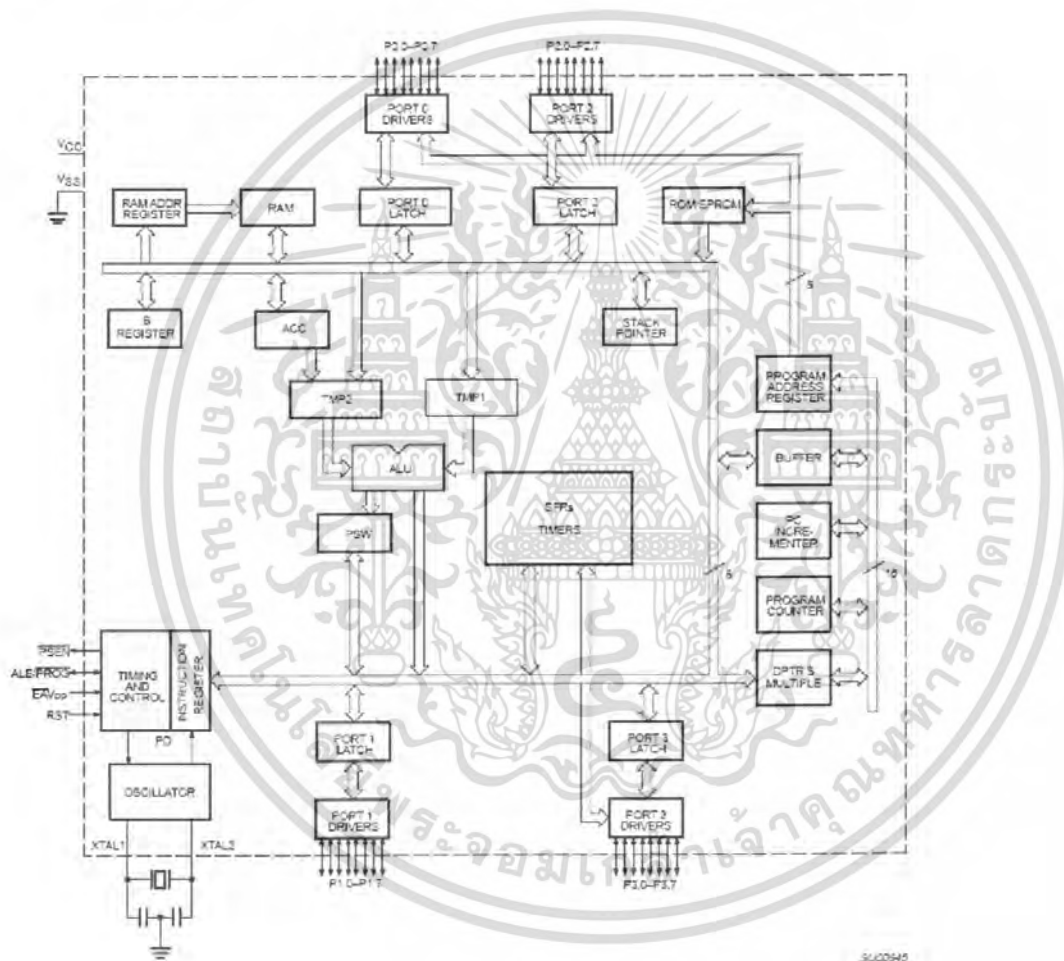
2.2.3 หน่วยความจำภายในชิป

แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

- หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม
- หน่วยความจำข้อมูล 128 ไบต์

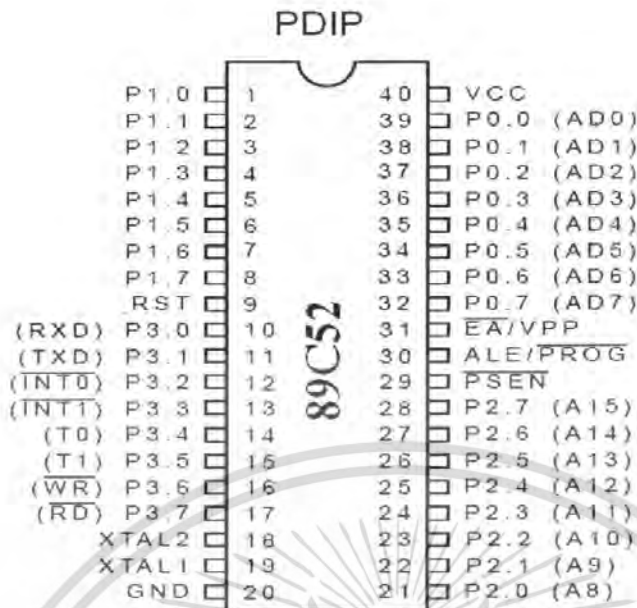
ข้อดีของ 89C52 คือเปลี่ยนจาก รอมภายในชิปเป็น 4 กิโลไบต์ สำหรับ พีอีรอม สามารถลบและโปรแกรมใหม่ได้พันครั้ง

โครงสร้างภายในของ 8052 ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 โครงสร้างภายใน 8052

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



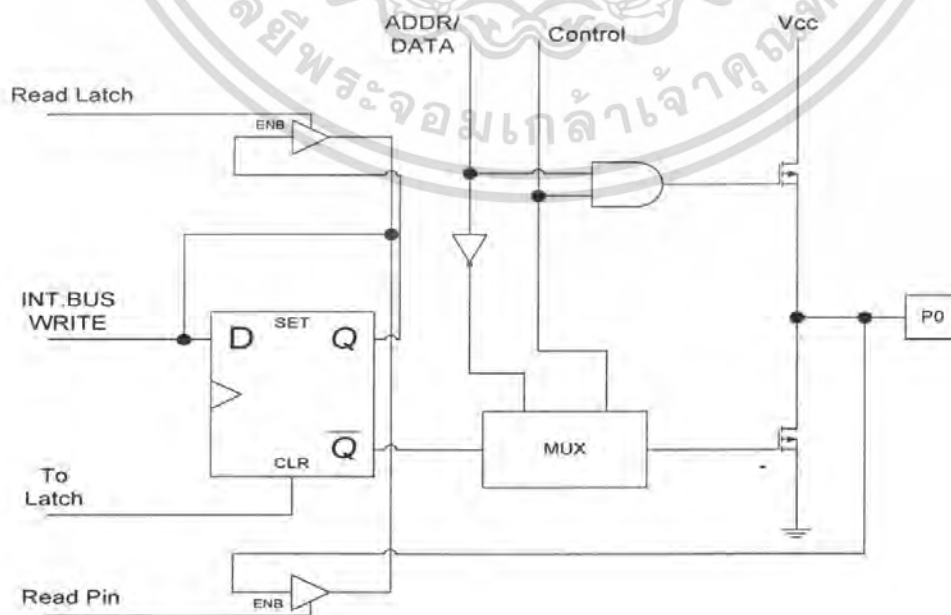
รูปที่ 2.5 การจัดวางขาของ 8052

2.2.4 พอร์ตของ 8052

8051 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 40 ขา ซึ่งมีขาต่างๆดังนี้

- Vcc (ขา 40) ต่อกับ + 5 โวลต์
- Vss (ขา 20) เป็นขา GND
- พอร์ต 0 (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.7-P0.0) มีโครงสร้างแบบ โอเพ่น-เดรน

สองทิศทาง (Open-Drain Bi-directional) ไม่มีความต้านทานภายในพูล์อัพภายในดังแสดงในรูปที่ 2.6

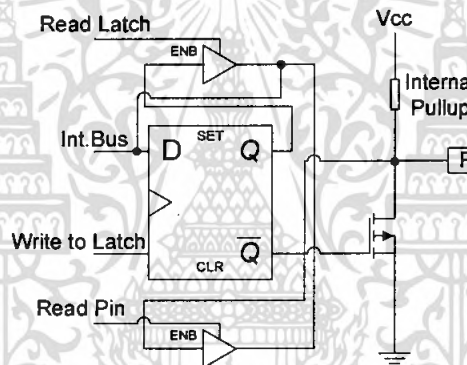


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้าง พอร์ต 0 (บิต)
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

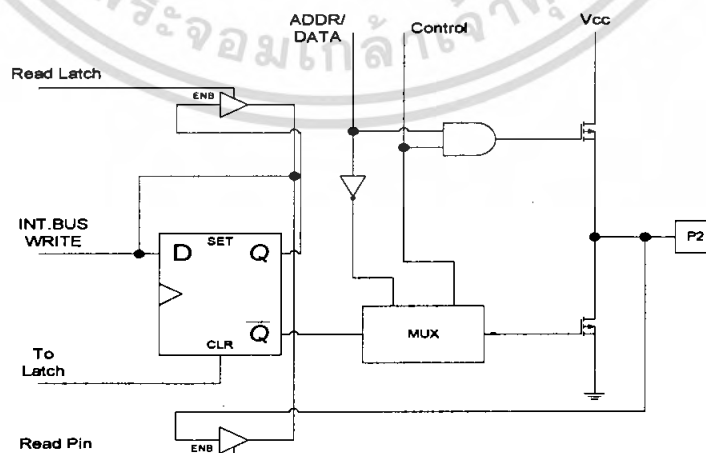
- **พอร์ต 0 (ขา 32-39)** มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.7-P0.0) ใช้งานได้ 2 หน้าที่ คือเป็นทางผ่านของแอดเดรสบัสเมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกหรือเป็นไอโอพอร์ต ถ้าต้องการให้ทำงานเป็นอินพุทพอร์ตต้องส่งลอจิก “1” ไปยังพอร์ตนี้ จะมีผลให้ \bar{Q} ของ คีเอฟเอพ เป็น “0” ทำให้ เฟท ตัวล่างมีสถานะ ออฟสัญญาณที่ใช้อ่านอินพุทพอร์ตแลตช์โดยส่งสัญญาณ รีดแลตช์ ไปกระตุ้นที่ ไดรสเจก บัพเฟอร์ ตัวบนและการอ่าน พอร์ต (พิน) จะใช้สัญญาณ รีด (พิน) พอร์ตนี้ไม่มีความต้านทานพูลอัพภายใน (Internal Pull-up Resister)

- **พอร์ต 1 (ขา 1-8)** มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P1.0-P1.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ต 0 แต่จะใช้ความต้านทานพูลอัพภายในแทน มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.7

- **พอร์ต 2(ขา 21-28)** มีทั้งหมด 8 บิต คือขา (P2.7-P2.0) มีโครงสร้างคล้าย พอร์ต 0 โดยมี เฟท ตัวล่างตัวเดียวส่วนด้านบนใช้ความต้านทานพูลอัพ Internal pull up) แทน (พอร์ตนี้ทำงาน 2 หน้าที่คือสามารถใช้เป็นแอดเดรสบัสขนาด 8 บิต (A15-A8) และเป็นไอโอพอร์ตใช้งานทั่วไปเมื่อจะใช้งานเป็นอินพุทพอร์ตต้องส่งลอจิก “1” มาที่พอร์ตนี้ก่อน เพื่อบังคับให้ เฟท อยู่ในสภาวะ ออฟ ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.7 โครงสร้างของพอร์ต 1 (บิต)



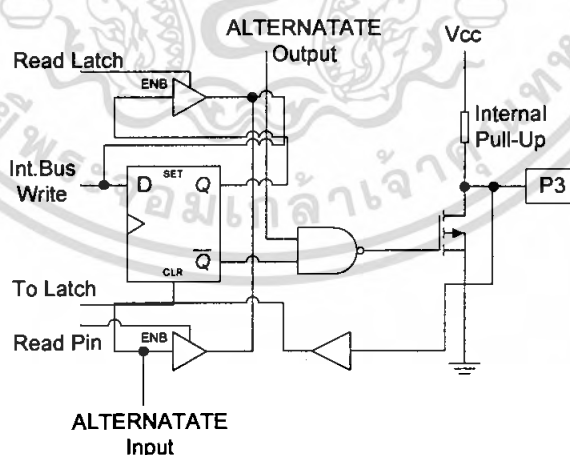
รูปที่ 2.8 โครงสร้างของพอร์ต 2 (บิต)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **พอร์ต 3 (ขา 10-17)** มีทั้งหมด 8 บิต คือ ขา (P3.7- P3.0) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ต 1 ทำงานได้ 2 หน้าที่คือเป็นไอโอพอร์ต ถ้าจะโปรแกรมให้เป็นอินพุทพอร์ตต้องส่งลอจิก “1” มาที่พอร์ตนี้ก่อน และอีกหน้าที่หนึ่งก็คือใช้ส่งสัญญาณควบคุมออกมา และรับสัญญาณเข้าไปสัญญาณต่างๆมีดังนี้

P3.0 /RXD (Serial Input Port)	เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม (UART)
P3.1 /TXD (Serial Output Port)	เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม (UART)
P3.2 / $\overline{INT0}$ (External Interrupt)	ใช้รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 0
P3.3 / $\overline{INT1}$ (External Interrupt)	ใช้รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 1
P3.4 / T0 (Counter 0 External Input)	ขารับสัญญาณพัลส์อินพุตเข้าไปยังวงจร เคาน์เตอร์ 0 (เป็นอินพุทโหมดเคาน์เตอร์)
P3.5 / T1 (Counter 1 External Input)	ขารับสัญญาณพัลส์อินพุตเข้าไปยังวงจร เคาน์เตอร์ 1 (เป็นอินพุทโหมดเคาน์เตอร์)
P3.6 / \overline{WR} (External Data Memory Write Strobe)	ขาสัญญาณใช้ในการเขียนข้อมูลลง หน่วยความจำข้อมูลภายนอก
P3.7 / \overline{RD} (External Data Memory Read Strobe)	ขาสัญญาณใช้ในการอ่านข้อมูลจากหน่วย ความจำข้อมูลภายนอก

โครงสร้างของ (พอร์ต 3) ดังแสดงในรูปที่ 2.9



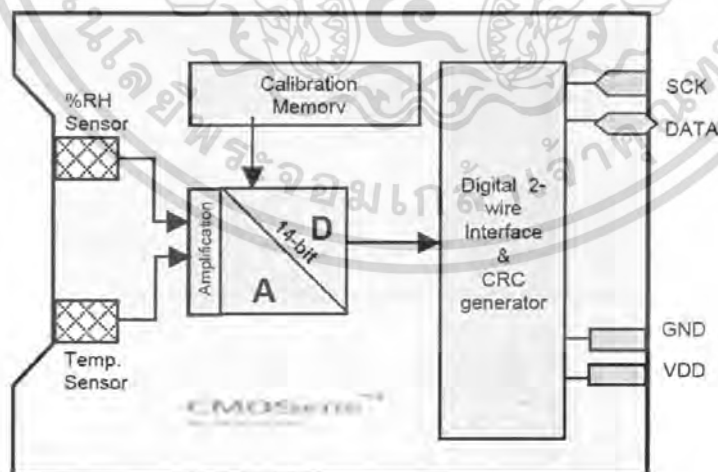
รูปที่ 2.9 โครงสร้างของพอร์ต 3 (บิต)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ALE (ขา 30) เป็นขาส่งสไตรบสำหรับใช้ในการแลตช์แอดเดรสไบต์ต่ำ (A7- A0) ที่ส่งออกมาจาก (พอร์ต 0) สัญญาณนี้จะแอกทีฟทุกๆ 2 ครั้ง ใน 1 แมกซ์ซินไซเคิล
- \overline{PSEN} (ขา 29) เป็นขาสไตรบที่ใช้สำหรับอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม ภายนอกสัญญาณนี้จะส่งออกมา 2 ครั้งในแต่ละแมกซ์ซินไซเคิล แต่ถ้าเป็นการอ่าน โปรแกรมหน่วยความจำภายในจะไม่มีสัญญาณออก
- \overline{EA} (ขา 31) ใช้เลือกหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก
 ป้อน "0" จะอ่านโปรแกรมจากภายนอกชิพ
 ป้อน "1" จะอ่านโปรแกรมจากภายในชิพ
- RST (ขา 9) ขารีเซ็ตจะรีเซ็ตได้ก็ต่อเมื่อป้อนลอจิก "1" เข้าที่ขานี้ นานอย่างน้อย 2 แมกซ์ซินไซเคิล
- XTAL 1(ขา 19) ใช้ต่อคริสตัลภายนอกโดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรรอสซซิลเลเตอร์ภายใน
- XTAL 2(ขา 18) ใช้ต่อคริสตัลภายนอกโดยเป็นเอาต์พุตของวงจรรอสซซิลเลเตอร์ภายใน

2.3 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และความชื้น SHT15

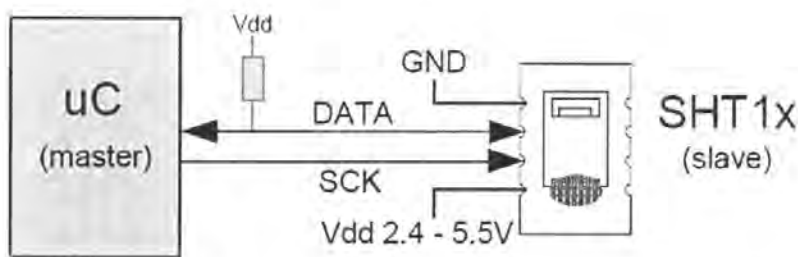
SHT15 เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิ และความชื้น ได้ภายในตัวเดียวโดยให้ผลการวัดออกมาในรูปของสัญญาณดิจิทัล มีความเที่ยงตรงสูง และมีความเสถียรภาพยาวนาน ภายในประกอบด้วย เซนเซอร์แบบตัวเก็บประจุโพลิเมอร์เพื่อวัดความชื้น และตัววัดอุณหภูมิแบบใช้ช่องว่าง สัญญาณที่ได้จาก เซนเซอร์จะยากแก่การถูกรบกวนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และให้ผลการตอบสนองการวัดที่ไว



รูปที่ 2.10 Block Diagram ภายในเซนเซอร์ SHT15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 วิธีการเชื่อมต่อของเซนเซอร์ SHT15



รูปที่ 2.11 แสดงวิธีการใช้งานของเซนเซอร์ SHT15 โดยทั่วไป

2.3.1.1 ไฟเลี้ยง SHT15 ต้องการไฟเลี้ยงมีค่าอยู่ระหว่าง 2.4 ถึง 5.5 โวลต์ หลังจากจ่ายไฟต้องการ 11ms ในการเข้าสู่โหมด "Sleep" จะไม่มีการส่งคำสั่งใดๆทั้งสิ้นในช่วงก่อนหน้านั้น

2.3.1.2 การติดต่อแบบอนุกรม

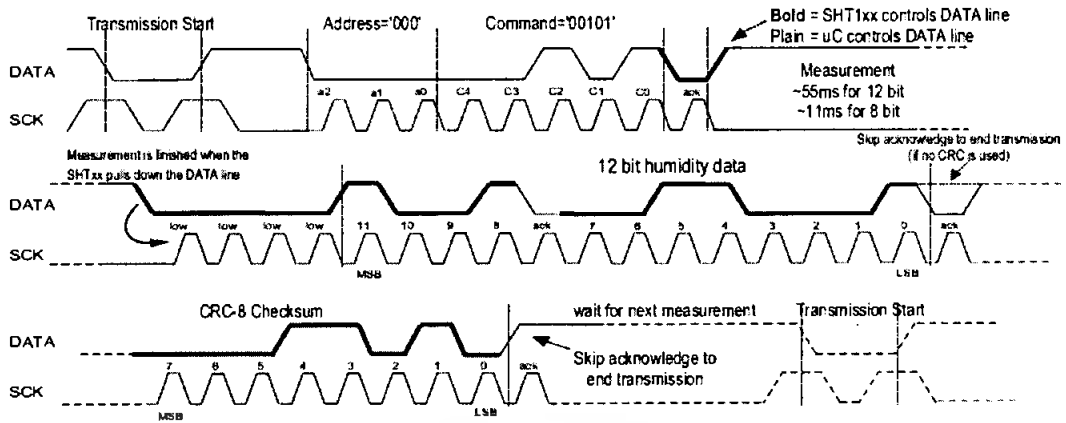
- สัญญาณควบคุม ขา SCK เป็นขาที่ใช้ควบคุมการติดต่อกันของไมโครคอนโทรลเลอร์ กับ เซ็นเซอร์ SHT15
- สัญญาณข้อมูล ขา DATA เป็นขาที่ใช้ในการส่งข้อมูลเข้า-ออก โดยข้อมูลจะเปลี่ยนแปลงเมื่อถึงขอบขาลง และจะสมบูรณ์เมื่อถึงขอบขาขึ้นของสัญญาณกล็อก SCK ในระหว่างการส่งผ่านข้อมูล ข้อมูลต้องมีความเสถียรในขณะที่ สัญญาณ SCK มีค่าเป็น 1
- การส่งคำสั่ง จะส่งคำสั่งในขณะที่สัญญาณควบคุม SCK มีค่า 1



รูปที่ 2.12 ลำดับของข้อมูลที่ส่งคำสั่ง

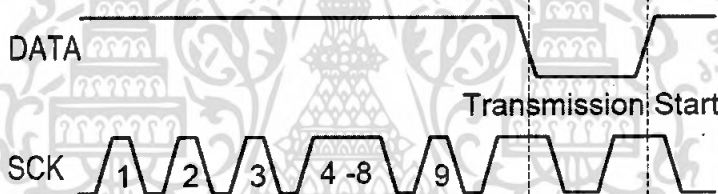
- ในการส่งคำสั่งหนึ่งๆ จะประกอบไปด้วย Address 3 bit และ คำสั่ง 5 bit ในการวัดจะมีการบอกรหัสคำสั่งในการวัดออกมา ('00000101' สำหรับ RH และ '00000011' สำหรับอุณหภูมิ) โดยที่ตัวคอนโทรลจะต้องรอให้มีการวัดเสร็จ ซึ่งเมื่อสัญญาณวัดเสร็จ ตัวเซนเซอร์จะทำให้ DATA ลดลง ซึ่งตัวคอนโทรลต้องรอให้ DATA พร้อมก่อน ก่อนที่จะมีการ toggle SCK อีกครั้ง ดังรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



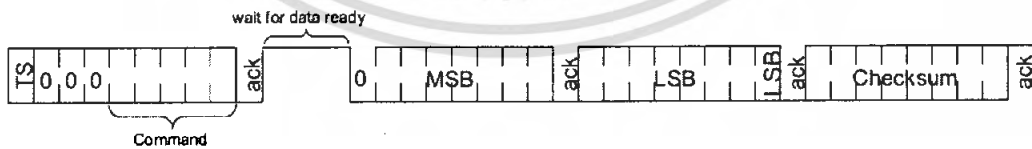
รูปที่ 2.13 แสดงการทำงานลำดับขั้นตอนการวัด

- ขั้นตอนการ reset เมื่ออุปกรณ์ขาดการติดต่อหรือไม่มีสัญญาณ จะทำการ reset Serial interface ดังรูปที่ 2.14 เมื่อ Data อยู่ที่ขอบขาขึ้น ที่ขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกาอยู่ที่ 9 หรือเวลามากกว่านั้น จะอยู่ในช่วง transmission start ในคำสั่งต่อไป



รูปที่ 2.14 แสดงรูปสัญญาณการเริ่มต้นการเชื่อมต่อ

- CRC 8 Checksum ในการส่งจะใช้ 8 bit สำหรับ checksum เพื่อประกันความผิดพลาดทาง data และสามารถดักจับและทำลายได้



รูปที่ 2.15 แสดง รูปแบบสัญญาณในการทำงานของเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

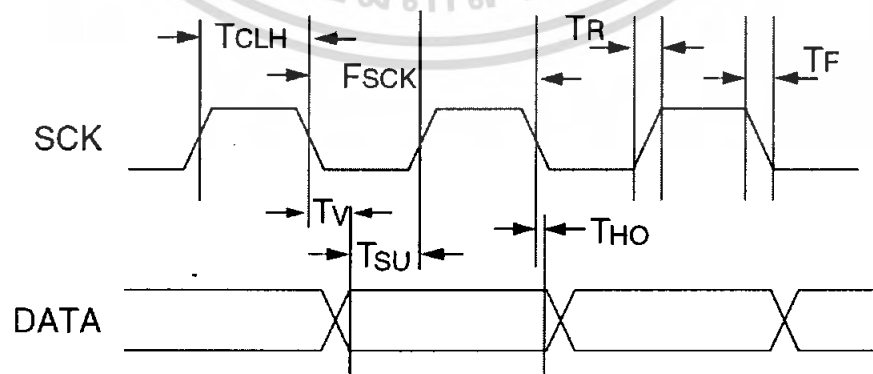
2.3.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้า

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้า

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Power supply DC		2.4	5	5.5	V
Supply current	measuring		550		μ A
	average	2 ⁽²⁾	28 ⁽³⁾		μ A
	sleep		0.3	1	μ A
Low level output voltage		0		20%	V _{dd}
High level output voltage		75%		100%	V _{dd}
Low level input voltage	Negative going	0		20%	V _{dd}
High level input voltage	Positive going	80%		100%	V _{dd}
Input current on pads				1	μ A
Output peak current	on			4	mA
	Tristated (off)		10		μ A

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต

	Parameter	Conditions	Min	Typ.	Max.	Unit
F _{SCK}	SCK frequency	V _{DD} > 4.5 V			10	MHz
		V _{DD} < 4.5 V			1	MHz
T _{RFO}	DATA fall time	Output load 5 pF	3.5	10	20	ns
		Output load 100 pF	30	40	200	ns
T _{CLx}	SCK hi/low time		100			ns
T _V	DATA valid time			250		ns
T _{SU}	DATA set up time		100			ns
T _{HO}	DATA hold time		0	10		ns
T _R /T _F	SCK rise/fall time			200		ns



รูปที่ 2.16 แสดงไทม์มิ่งไคอะแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การสื่อสารแบบอนุกรม

การสื่อสารมีด้วยกัน 2 รูปแบบคือ การสื่อสารแบบขนานและการสื่อสารแบบอนุกรม การสื่อสารแบบขนาน เป็นการรับหรือส่งข้อมูลคราวละมากกว่า 1 บิตในเวลาเดียวกัน ทำให้การรับและส่งข้อมูลมีความเร็วสูง แต่จำนวนของสายสัญญาณที่ใช้ ในการส่งผ่านข้อมูลต้อง มีมากตามจำนวนบิต ของข้อมูลที่ทำการส่งนอกจากนั้นยังมีสายที่ใช้สำหรับควบคุม และตรวจสอบการรับส่งข้อมูลด้วยซึ่งอาจต้องใช้สายมากเป็น 2 เท่าของจำนวนบิตข้อมูลก็ได้ ในขณะที่การรับส่งข้อมูลต้องมียามากตามจำนวนบิตของข้อมูลที่ทำการส่ง นอกจากนั้นยังมีสายที่ใช้สำหรับควบคุมและตรวจสอบการรับส่งข้อมูลด้วย ซึ่งอาจต้องใช้สายมากเป็น 2 เท่าของจำนวนบิตข้อมูลก็ได้ ในขณะที่การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะเป็นการรับส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมจึงมีข้อดีในเรื่องของจำนวนสายสัญญาณที่น้อยมากและไม่แปรตามจำนวนบิตของข้อมูล แต่ความเร็วในการสื่อสารจะลดลงและ โปรแกรมควบคุมจะมีความซับซ้อนมากกว่า

การสื่อสารแบบอนุกรมยังแบ่งได้เป็น 2 แบบคือการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส (Synchronous) และการสื่อสารอนุกรมแบบอซิงโครนัส (Asynchronous) การสื่อสารแบบซิงโครนัสจะมีสัญญาณนาฬิกา ร่วมกับการรับและส่งสัญญาณด้วย ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสคือคีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ หรือ บัสแบบ I^2C ซึ่งสายเส้นหนึ่งเป็นสายของสัญญาณนาฬิกา ส่วนสายอีกเส้นเป็นสายของข้อมูล ดังนั้นการติดต่อกันแบบซิงโครนัสนี้จะต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้นคือ สัญญาณนาฬิกา, ข้อมูล และกราวด์

การสื่อสารอนุกรมแบบอซิงโครนัสรับและส่งข้อมูลโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกา ร่วมด้วย แต่จะใช้การกำหนดค่าอัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกอัตรารวดเร็วว่า อัตราบอดเรต (Baud rate) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (Bit per Second: BPS)

2.4.1 การสื่อสารอนุกรมแบบ RS-232

สมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association : EIA) ได้วางมาตรฐาน ที่มีชื่อว่า EIA RS-232 เป็นมาตรฐานการสื่อสารอนุกรมแบบอซิงโครนัส 2 ทิศทาง มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเน็คเตอร์เป็นแบบ DB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดของสายสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต ระดับสัญญาณตั้งแต่ -3 โวลต์ จนถึง -12 โวลต์ แสดงว่ามีข้อมูล (Mark) หรือเทียบเท่าลอจิกหนึ่งและ +3 โวลต์ ถึง + 12 โวลต์ แสดงว่าเป็นช่องว่าง (Space) หรือลอจิกศูนย์

มาตรฐาน RS-232 กำหนดรูปแบบการสื่อสารข้อมูลกันระหว่างอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment: DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data Circuit Terminating: DEC) อุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัว เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DEC ทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น

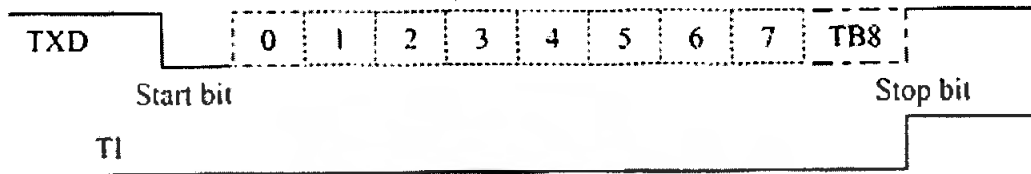
ปัจจุบันมาตรฐานนี้ได้พัฒนาถึงเวอร์ชัน C สำหรับการใช้งานในคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่พอร์ต อนุกรม RS-232 ถูกใช้เพื่อเชื่อมต่อกับ โมเด็ม (Modem) หรือเมาส์ (Mouse)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 รูปแบบการรับส่งข้อมูลแบบอซิงโครนัส

สัญญาณที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบอซิงโครนัส ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

- บิตเริ่มต้น (Start bit) 1 บิต
- บิตข้อมูลแบบอนุกรม 5,6,7 หรือ 8 บิต
- บิตปิดท้ายหรือบิตหยุด (Stop bit) 1,1.5 หรือ 2 บิต



รูปที่ 2.17 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอซิงโครนัส

รูปที่ 2.17 แสดงรูปแบบการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอซิงโครนัส เมื่อไม่มีการส่งข้อมูล ขาข้อมูลจะมีสถานะลอจิกหนึ่งเรียกสถานะนี้ว่า สถานะหยุดรอ (Waiting stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้ขาข้อมูล มีลอจิกศูนย์ ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต เรียกบิตนี้ว่า บิตเริ่มต้น (Start bit) จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไปโดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (Least Significant Bit : LSB) ตามด้วยบิตพริตี้ (Parity bit) ซึ่งในการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล มีสถานะลอจิกหนึ่งอีกครั้งด้วยระยะเวลา 1 บิต, 1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดไบต์ข้อมูลแล้ว

การตรวจสอบพริตี้สามารถกำหนดให้เป็นพริตี้คี่ (Odd Parity), พริตี้คู่ (Even Parity) หรือไม่มีการตรวจสอบพริตี้ก็ได้พริตี้คี่ หรือพริตี้คู่แสดงถึงจำนวนลอจิกหนึ่งทั้งหมดภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์ รวมบิตพริตี้ว่ามีจำนวนเป็นเลขคู่หรือเลขคี่ ยกตัวอย่าง ข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 8 บิต มีค่า 1011001B จะเห็นว่าข้อมูลในไบต์นี้มีจำนวนลอจิกหนึ่ง จำนวน 4 ตัว ซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้นถ้ากำหนดค่าเป็นพริตี้คู่ ค่าของบิตพริตี้จะต้องมีลอจิกศูนย์ แต่ถ้ากำหนดเป็นพริตี้คี่ค่าของบิตพริตี้จะต้องเป็นหนึ่ง เพื่อให้จำนวนบิตที่เป็นหนึ่งรวมบิตพริตี้มีค่าเป็นคี่

บิตพริตี้ถูกสร้างขึ้นจากภาคส่งข้อมูล ซึ่งทางภาครับจะต้องกำหนดคุณสมบัติการตรวจสอบพริตี้ที่ตรงกันไว้ด้วย หากเกิดความผิดพลาดหากการส่งสัญญาณ ทางภาครับจะแสดงข้อผิดพลาดให้ผู้ใช้งานกระบวนการดังกล่าว เป็นวิธีการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ในการรับส่งข้อมูลที่ง่ายที่สุดแต่สามารถตรวจสอบได้เมื่อบิตของข้อมูลที่ทำการรับส่งผิดพลาดเพียงบิตเดียวเท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ทำการส่งมีบิตที่ผิดพลาดมากกว่า 1 บิต การตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะไม่ได้ผล สำหรับการตั้งพริตี้บิตเป็น None นั้นทั้งภาครับและภาคส่ง จะไม่มีการตรวจสอบพริตี้

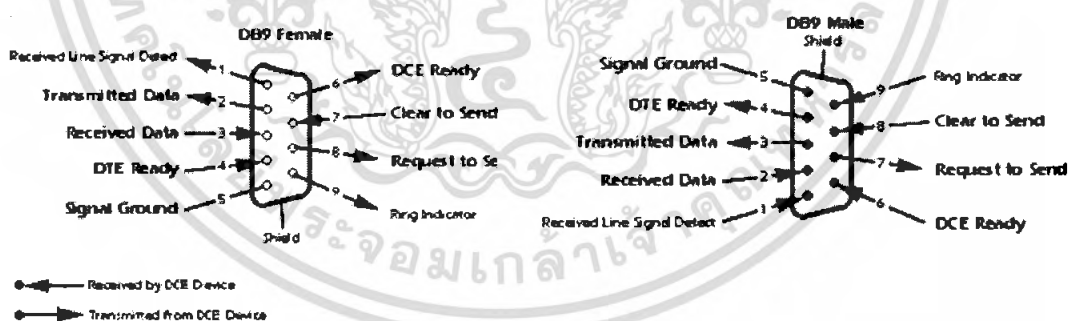
2.4.3 อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลแบบอซิงโครนัส

อัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอซิงโครนัสหรืออัตราบอด หรือ บอดเรตที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232 มีหลายค่า ได้แก่ 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 และ 19200 บิตต่อวินาที โดยมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์เนื่องจากบอดเรต คือค่าของจำนวนบิตที่สามารถส่งได้ใน 1 วินาที สมมติว่า ข้อมูลอนุกรมมีขนาด 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต ความยาวของข้อมูล 1 ไบท์จะเท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9,600 บิตต่อวินาที ก็จะสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที

2.4.4 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 จะใช้คอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 หรือ DB-9 ซึ่งคอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้นเช่นเดียวกับคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่นๆ ที่เคยมีการใช้งานในอดีตไม่ค่อยมีความสำคัญมากนักจึงถูกยกเลิกไป โดยแสดงรูปร่างและตำแหน่งขาในรูปแบบที่ 2.18

- **Receive Data : RD หรือ RxD** ขานี้ใช้เพื่อรับข้อมูลอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์ โดยจะนำข้อมูลที่อ่านได้ไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์
- **Transmitted Data : TD หรือ TxD** ขานี้ใช้เพื่อส่งข้อมูลอนุกรมออกจากคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลส่งออกไป
- **Signal Ground : GND** เป็นขากราวด์ของสัญญาณ

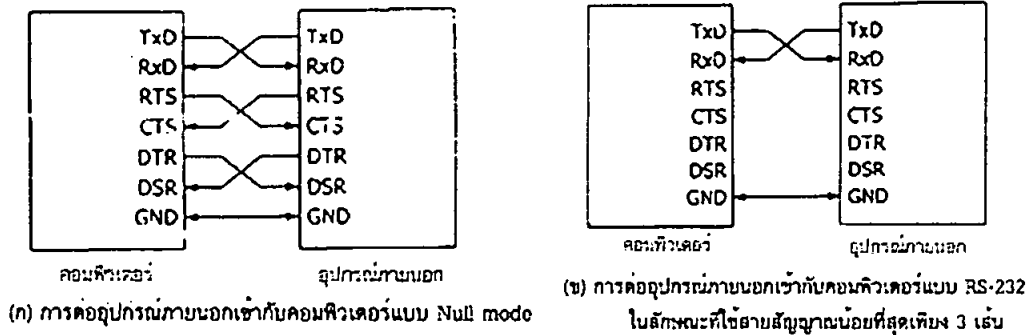


รูปที่ 2.18 แสดงการจัดขาสัญญาณของ DB-9 ตัวผู้ และ ตัวเมีย และหน้าที่การทำงาน

สำหรับการเชื่อมต่อสายระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกแสดงดังรูปที่ 2.19 ลูกศรในรูปแสดงถึงทิศทางของข้อมูล การเชื่อมต่อในรูปที่ 2.19 (ก) เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null Modem ส่วนการเชื่อมต่อในรูปที่ 2.19(ข) เป็นการเชื่อมต่อโดยใช้สายสัญญาณน้อยที่สุดเพียง 3 เส้น โดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูลอีกเส้นหนึ่งสำหรับรับข้อมูล และเส้นสุดท้ายเป็นกราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานท่อกอสมุดกลาง ทรระอมกถำลัดกระนำ



รูปที่ 2.19 การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมในรูปแบบต่างๆ

2.4.5 การเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อรับส่งข้อมูลอนุกรม

(Universal Asynchronous Receiver Transmitter: UART)

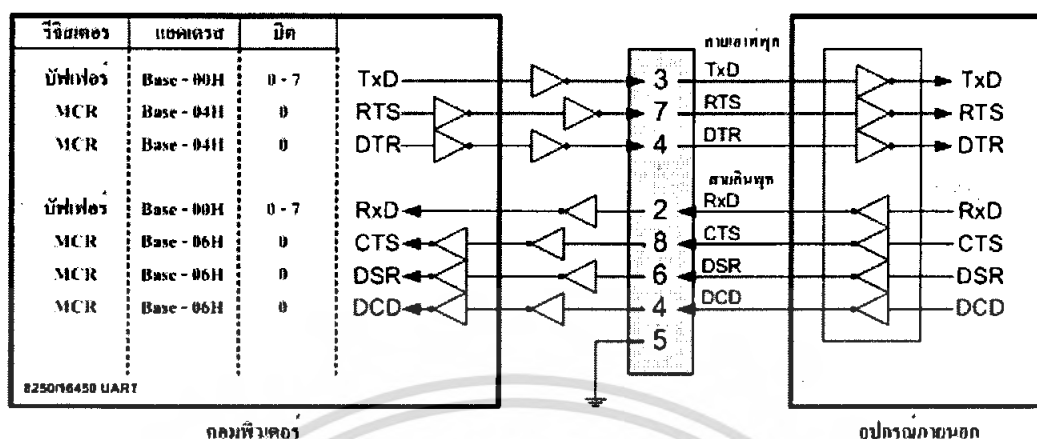
UART หมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอซิงโครนัส หน้าที่หลักของ UART คือ แปลงสัญญาณข้อมูลแบบขนานที่ส่งมาจากหน่วยประมวลผลกลางให้เป็นสัญญาณอนุกรมแบบอซิงโครนัส แล้วทำการส่งออกไปและแปลงสัญญาณอนุกรมแบบอซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายัง UART ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าสู่หน่วยประมวลผลกลาง ซึ่งนอกจาก UART จะทำหน้าที่แปลงรูปแบบของข้อมูลแล้ว ยังแจ้งรายละเอียดอื่นๆของข้อมูลให้คอมพิวเตอร์รับทราบด้วย อาทิ อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลหรือบอดเรต, รูปแบบการส่งข้อมูล, ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการส่งข้อมูล

ภายใน UART จะมีวงจรสร้างบอดเรตที่โปรแกรมได้ (Programmable Baud rate Generator) โดยกำหนดค่าตัวหารให้กับสัญญาณนาฬิกาของ UART โดยตัวหารนี้จะมีขนาด 16 บิต ทำให้สามารถกำหนดตัวหารอยู่ในช่วง 1 ถึง 65,535

ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปจะมี UART ที่ใช้งานกันอยู่ 2 เบอร์คือ เบอร์ 8250 และ 16550 สำหรับ UART เบอร์ 8250 เป็น UART มาตรฐานที่มีใช้ในคอมพิวเตอร์รุ่น XT โดย UART เบอร์นี้มีบัฟเฟอร์สำหรับรับและส่งข้อมูลเป็นตำแหน่งเดียวกัน ทำให้การรับและส่งข้อมูลถูกจำกัดความเร็วอยู่ที่ 57.6 กิโลบิตต่อวินาที สำหรับ UART เบอร์ 16550 ถูกใช้ในคอมพิวเตอร์รุ่น AT จะเพิ่มส่วนของชิพรีจิสเตอร์แบบ FIFO (First in First Out) ขนาด 16 ไบท์เข้าไป ทำให้สามารถสนับสนุนความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่ระดับ 256 กิโลบิตต่อวินาทีได้

ไอซี UART เหล่านี้มีระดับแรงดันของลอจิกเป็นแบบทีทีแอล (TTL) แต่เพื่อห้ามการรับส่งข้อมูลสามารถทำได้ที่ระยะทางมากขึ้น ระดับแรงดันทีทีแอลจะถูกแปลงเป็นระดับแรงดันที่สูงขึ้น โดยลอจิกศูนย์จะมีระดับแรงดัน -3 โวลต์ ถึง -12 โวลต์และลอจิกหนึ่งมีระดับแรงดัน + 3 โวลต์ จนถึง +12 โวลต์

2.4.6 ลักษณะสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของพอร์ต RS-232



รูปที่ 2.20 การทำงานภายในของขาสัญญาณต่างๆของพอร์ตอนุกรม

สัญญาณเอาต์พุต RTS และ DTR รวมทั้งสัญญาณแสดงสถานะอินพุต CTS, DSR และ DCD จะถูกกลับสถานะภายในตัว UART ส่วนสัญญาณข้อมูลทั้ง RxD และ TxD จะไม่ถูกกลับสถานะ UART จะให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นแบบทีทีแอล ดังนั้นสัญญาณที่ส่งออกมา จาก UART จะเข้าสู่วงจรขับเพื่อแปลงระดับสัญญาณให้เป็นไปตามมาตรฐาน RS 232 ก่อนส่งออกจากคอมพิวเตอร์ สำหรับอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางก็จะต้องมีวงจรขับในลักษณะนี้เช่นเดียวกันเพื่อให้ได้สัญญาณในระดับเดียวกัน แต่วงจรขับที่ใช้ภายในคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางนั้นจะกลับสถานะสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 2.20

2.4.7 แอดเดรสของพอร์ตอนุกรม

แอดเดรสฐาน (Base) ของพอร์ตอนุกรมในคอมพิวเตอร์มี 4 ตำแหน่ง เมื่อเริ่มเปิดเครื่องเพื่อใช้งานคอมพิวเตอร์ ไบออส (BIOS) จะทำการตรวจสอบแอดเดรสของพอร์ตอนุกรมทั้งหมด ถ้าไบออสตรวจพบแอดเดรสของพอร์ตอนุกรม ไบออสจะนำแอดเดรสที่ตรวจพบไปเก็บไว้ในหน่วยความจำขนาด 2 ไบต์ นอกจากนั้นบิตที่ 3 ถึง 1 ของหน่วยความจำตำแหน่ง 0000 : 0411H ยังใช้เพื่อแสดงจำนวนของพอร์ตอนุกรมที่มีอยู่ในคอมพิวเตอร์อีกด้วย

ตารางที่ 2.3 แสดงแอคเครตฐานและหน่วยความจำที่เก็บแอคเครตฐานของพอร์คอนุกรม

พอร์ต	แอคเครตฐาน	หน่วยความจำที่เก็บแอคเครตฐาน
COM 1	3F8H	0000:0400Hถึง0000:0401H
COM 2	2F8H	0000:0402Hถึง0000:0403H
COM 3	3E8H	0000:0404Hถึง0000:0405H
COM 4	2E8H	0000:0406Hถึง0000:0407H

2.5 ดิน (Soil)

ในแนวความคิดของเกษตรกรนั้น เกษตรกรถือว่าดินเป็นตัวกลางที่ใช้ในการปลูกพืชดินที่ให้ผลผลิตสูงถือว่าเป็นดินที่ดี ในทางตรงกันข้ามดินที่ให้ผลผลิตต่ำถือว่าเป็นดินที่เลว แต่ในแนวความคิดของนักปฐพีวิทยา เมื่อศึกษาโดยมีความมุ่งหมายเพื่อการใช้ประโยชน์ของดินในด้านวิทยาศาสตร์ประยุกต์ (Edaphological Approach) ซึ่งเป็นทักษะของการศึกษาดินที่มุ่งไปในทางที่จะใช้ดินให้เป็นประโยชน์ต่อการเพาะปลูก ความหมายของดินในด้านนี้ “ดิน คือ เทหวัตถุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติรวมตัวเป็นชั้นๆ เป็นผลมาจากการสลายตัวผุพังของหินและแร่ธาตุต่างๆผสมกับอินทรีวัตถุ ซึ่งห่อหุ้มผิวโลกเป็นชั้นบางๆ และเมื่อมีน้ำและอากาศในปริมาณที่เหมาะสมก็จะช่วยคำนวณในการยังชีพและการเจริญเติบโตของพืช”

2.5.1 ความสำคัญของดิน

สิ่งมีชีวิตทั้งหลายจำเป็นต้องอาศัยดินทั้งทางตรงและทางอ้อมในการยังชีพและการเจริญเติบโต ซึ่งถ้าปราศจากดินแล้วก็อาจจะไม่มีสิ่งที่มีชีวิตเหลืออยู่ในโลกนี้ได้เลย

2.5.1.1 ความสำคัญของดินที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

ดินและพืชมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องซึ่งกันและกัน ในการเจริญเติบโตของพืชนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ดินเป็นปัจจัยที่สำคัญมากอย่างหนึ่งโดยทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการเจริญเติบโตของพืช พืชต้องอาศัยดินในการเจริญเติบโตตั้งแต่เริ่มงอกออกจากเมล็ดจนกระทั่งโตให้ดอกออกผล

2.5.1.2 หน้าที่ของดินต่อการเจริญเติบโตของพืช

ดินมีหน้าที่ที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนี้

1. ดินทำหน้าที่เป็นที่ยึดเหนี่ยวของรากพืช เพื่อยึดลำต้นให้แน่นไม่ให้ล้มเอียง
2. ดินทำหน้าที่เป็นที่กักเก็บน้ำเพื่อให้พืชสามารถนำไปใช้ได้โดยการดูดน้ำเข้าราก
3. ดินทำหน้าที่เป็นที่กักเก็บอากาศเพื่อให้พืชนำไปใช้ในการหายใจ
4. ดินทำหน้าที่เป็นแหล่งธาตุอาหารแก่พืช เพื่อการเจริญเติบโตและความทนทานต่อโรค แมลง

และภัยธรรมชาติอื่นๆ

2.5.2 องค์ประกอบของดิน (Soil Component)

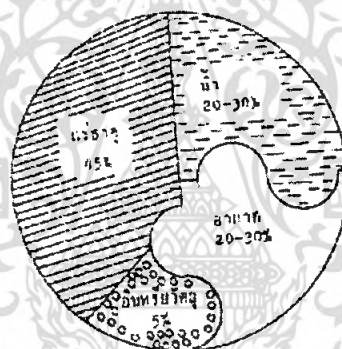
องค์ประกอบของดิน หมายถึง ส่วนประกอบต่างๆของดินโดยทั่วไปประกอบไปด้วย ส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

2.5.2.1. ของแข็ง (Solids) ส่วนที่เป็นของแข็งของดินนี้จะประกอบไปด้วย

- แร่ธาตุ (Mineral Matter) เป็นอนินทรียสารที่ได้จากการสลายตัวศพของแร่และหินต่างๆ
- อินทรีย์วัตถุ (Organic Matter) เป็นส่วนที่เกิดจากการสลายตัวศพของซากพืชและสัตว์ที่ตายทับถมลงในดิน

2.5.2.2 ของเหลว (Liquid) ได้แก่ น้ำหรือความชื้นในดินเป็นส่วนประกอบที่อยู่รอบๆอนุภาคดิน และในช่องว่างระหว่างอนุภาคดิน

2.5.2.3 แก๊ส (Gaseous) ได้แก่ อากาศในดินเป็นส่วนประกอบของดินที่ประกอบไปด้วยออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน และก๊าซเฉื่อย ซึ่งจะอยู่ในช่องว่างระหว่างก้อนดินและช่องว่างระหว่างอนุภาคดินโดยอยู่ร่วมกับน้ำหรือความชื้นในดิน ถ้าช่องว่างในดินมีน้ำอยู่มากก็จะมีอากาศอยู่น้อยแต่ถ้าช่องว่างนี้มีน้ำน้อยก็จะทำให้มีอากาศอยู่มาก



รูปที่ 2.21 แสดงส่วนประกอบของดินที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก(เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)

ปริมาตรของแต่ละส่วนประกอบของดินที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก แสดงดังรูปที่ 2.21 โดยทั่วไปแล้วจะมีส่วนประกอบที่เป็นของแข็งประมาณ 50% โดยปริมาตร (ซึ่งมีแร่ธาตุประมาณ 45% โดยปริมาตร และอินทรีย์วัตถุประมาณ 5% โดยปริมาตร) และส่วนประกอบที่เป็นช่องว่างและน้ำประมาณ 50% โดยปริมาตร (ซึ่งมีอากาศและน้ำประมาณอย่างละ 20-30% โดยปริมาตร)

2.5.3 ความชื้นในดิน

ความชื้น เป็นสารที่ปรากฏเสมอในดินธรรมชาติ และเป็นสารที่มีผลกระทบต่อสมบัติต่างๆ ทั้งทางฟิสิกส์ ทางเคมีและทางชีววิทยาของดินเป็นอย่างมาก ความชื้นของดินจึงมีความสัมพันธ์ทั้งโดยตรง และโดยอ้อมเป็นอย่างมากกับความเป็นอยู่ของพืชที่ขึ้นอยู่บนดินและของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดิน เพื่อให้การใช้ดินเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ โดยเฉพาะเพื่อการผลิตพืชได้ผลดีที่สุดภายใต้สภาพการณ์หนึ่งๆ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องคำนึงถึงเรื่องความชื้นของดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3.1 ความหมายของความชื้น

ความชื้นหมายถึงไอน้ำ หรือน้ำที่รวมอยู่ หรือผสมปะปนอยู่ในสารสสาร หรือวัตถุต่างๆ ตัวอย่างเช่น ความชื้นในอากาศหมายถึงไอน้ำที่ปนอยู่ในอากาศผสมปะปนอยู่กับก๊าซ หรือความชื้นของต้นไม้ก็คือน้ำที่มีอยู่ในต้นไม้ ฯลฯ

ในด้านของสิ่งมีชีวิต ความชื้นนับว่ามีความสำคัญต่อชีวิตทุกชีวิตในโลก นับตั้งแต่สัตว์หรือพืชชั้นต่ำจนถึงพืชหรือสัตว์ที่มีวิวัฒนาการซับซ้อน ความชื้นจะเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของชีวิตโดยมีอยู่ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทุกชีวิตมากน้อยแตกต่างกัน ความชื้นในสิ่งมีชีวิตมีความจำเป็นสำหรับขบวนการเมตาบอลิซึม(Metabolism) จำเป็นสำหรับขบวนการหายใจ การคายน้ำและการสังเคราะห์แสง ความชื้นมีผลทำให้ชีวิตมีความว่องไวกระฉับกระเฉง ความชื้นที่มีอิทธิพลต่อการเกษตรแบ่งออกเป็นสองประเภท คือ ความชื้นในอากาศและความชื้นในดิน

2.5.3.2 ความหมายของความชื้นในดิน

ความชื้นในดิน หมายถึง ปริมาณน้ำและไอน้ำที่มีอยู่ในดินภาคดินอยู่และที่อยู่ระหว่างช่องว่างของอนุภาคดิน(Soil pore)

ความชื้นของดินจะมีผลโดยตรงต่อพืชที่ขึ้นอยู่บนดินนั้น ทั้งนี้เพราะความชื้นในดินจะเป็นแหล่งน้ำแหล่งเดียวของพืชที่ขึ้นอยู่ในดินนั้นจะสามารถดูดและนำไปใช้ได้ และความชื้นในดินจะมีผลโดยทางอ้อมต่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในโลกและต่อสภาพแวดล้อม

2.5.3.3 ความสำคัญของความชื้นในดินที่มีต่อการเกษตร

1. จะควบคุมการระเหยน้ำของดิน
2. จะควบคุมการระเหยน้ำจากต้นพืชและควบคุมอุณหภูมิภายในต้นพืช
3. ควบคุมการแพร่กระจายและการหยั่งรากของพืช
4. ควบคุมปริมาณน้ำในต้นพืช
5. ความชื้นในดินจำเป็นต่อการงอกของเมล็ดพืชในดิน
6. ความชื้นในดินจะเป็นตัวทำลายธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อต้นพืช
7. ช่วยให้อินทรีย์วัตถุในดินเน่าเปื่อยเหมาะต่อการเติบโตของจุลินทรีย์

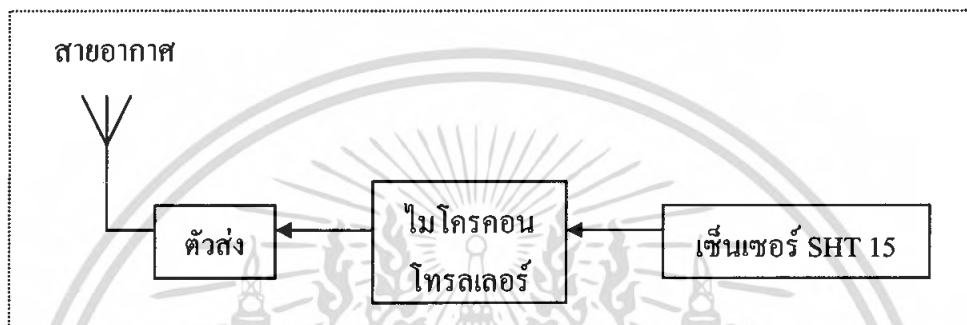
บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

ระบบตรวจสอบสภาพดินแบบไร้สาย แบ่งการทำงานออกเป็นสามส่วนประกอบทั้งหมด 3 ส่วน

- ส่วนเครื่องส่ง
- ส่วนเครื่องรับ
- ตัวตรวจวัด

โดยจะแสดงถึงส่วนการทำงานต่างๆของระบบได้ดังนี้



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนของเครื่องส่ง

จากรูปที่ 3.1 การทำงานจะแบ่งเป็น 3 ส่วนในส่วนแรกจะเป็นส่วนของตัวตรวจวัด โดยค่าที่ได้จากตัวตรวจวัดจะส่งไปทำการประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นทำการส่งข้อมูลที่ได้ไปยังตัวส่งเพื่อทำการส่งออกอากาศไปยังเครื่องรับ โดยเครื่องส่ง มีหลักการทำงาน ในส่วนของข้อมูลนั้น จะเป็นข้อมูลที่มีค่าเป็นอนาล็อกเพราะฉะนั้นจะต้องทำการเปลี่ยนข้อมูลจากอนาล็อกเป็นดิจิทัลก่อนส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1 วงจรการส่งและการสังเคราะห์ของโมดูลในส่วนเครื่องส่ง

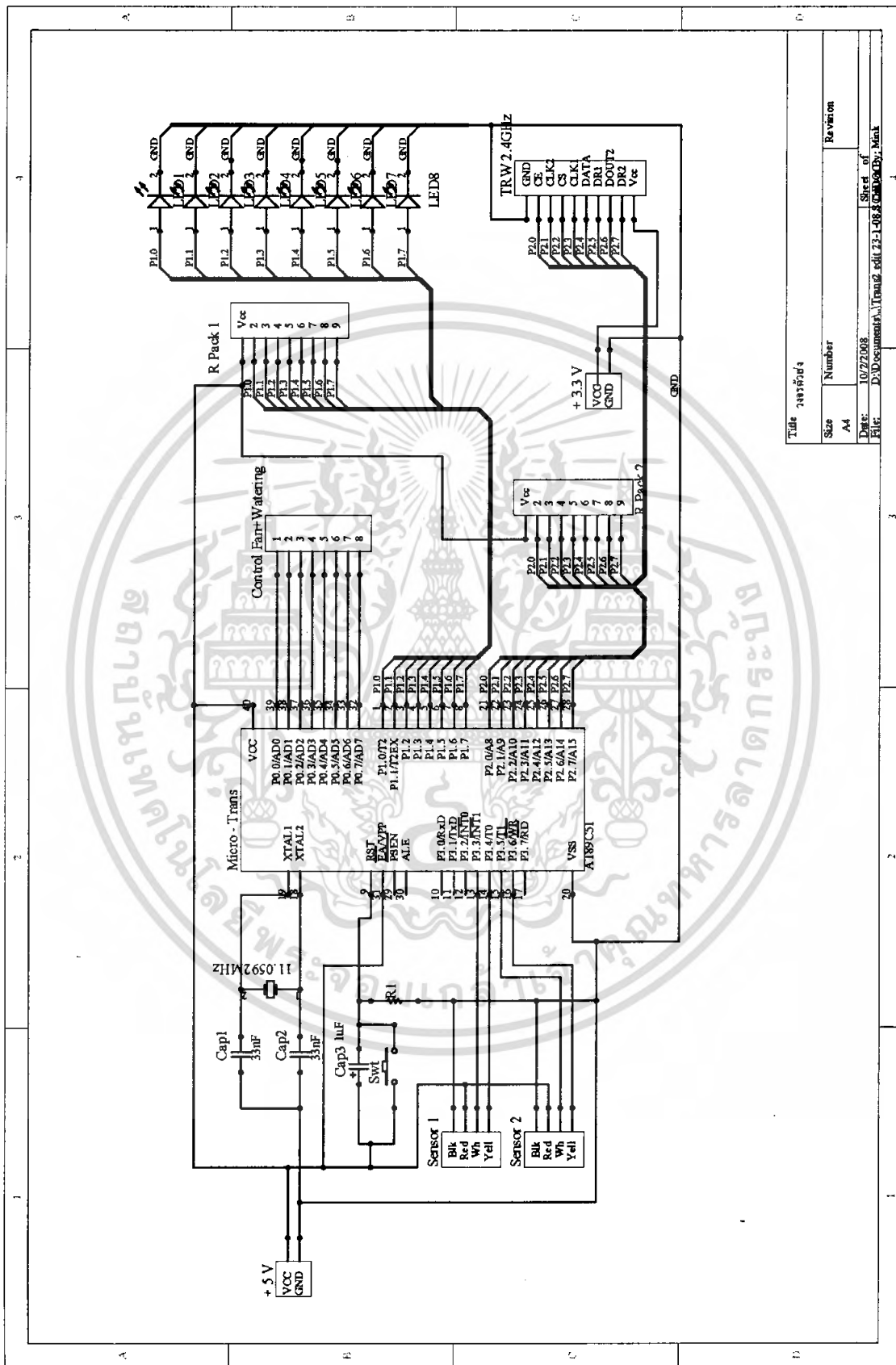
วงจรการส่งข้อมูลและการสังเคราะห์แคว้นรูปที่ 3.2 และการทำงานในส่วนนี้จะเป็นส่วนของการส่งข้อมูล ซึ่งรับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยผ่านพอร์ตของ AT89C51 เพื่อใช้ในการติดต่อสังเคราะห์ตัวโมดูล ซึ่งจะมีลักษณะของวงจรดังรูป

ส่วนของวงจรการส่งข้อมูลดังรูปที่ 3.2 เป็นส่วนของเครื่องส่ง โดยเครื่องส่งจะมี 2 ตัวซึ่งทั้งสองจะมีวงจรและการทำงานเหมือนกัน แต่จะต่างกันตรงข้อมูลที่ส่ง ตัวของโมดูลจะถูกกำหนดให้ทำงานแบบต่างๆ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการควบคุมสังเคราะห์ ซึ่งในส่วนของภาคนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะกำหนดให้ตัวโมดูลอยู่ในสถานะเป็นตัวส่ง

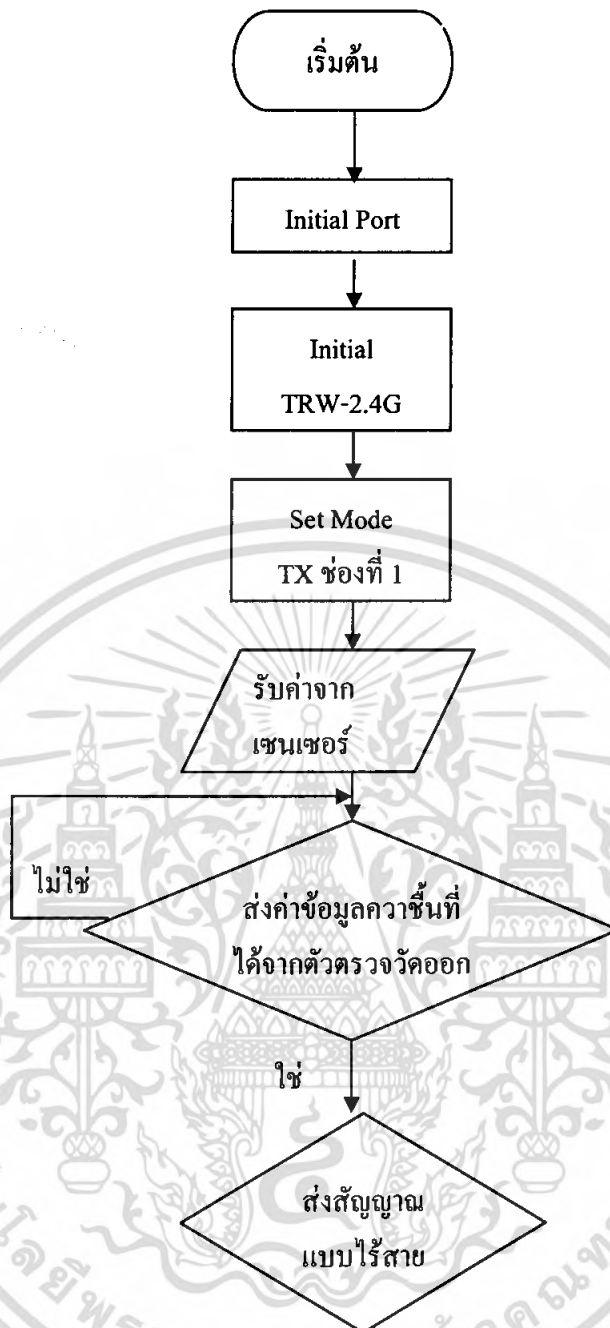
โดยตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะกำหนดข้อมูล และส่งข้อมูลเข้าไปที่ตัวโมดูล เมื่อรับข้อมูลโมดูลจะส่งข้อมูลออกไปยังตัวรับต่อไป

ในส่วนของโปรแกรมควบคุมการทำงานของโมดูล จะแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ ตามลักษณะการทำงานภายในของโมดูล โดยสามารถแสดงได้ตามแผนภูมิดังรูปที่ 3.3





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้รูปที่ 3.2 วงจรตัวส่งสัญญาณ เอนูญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

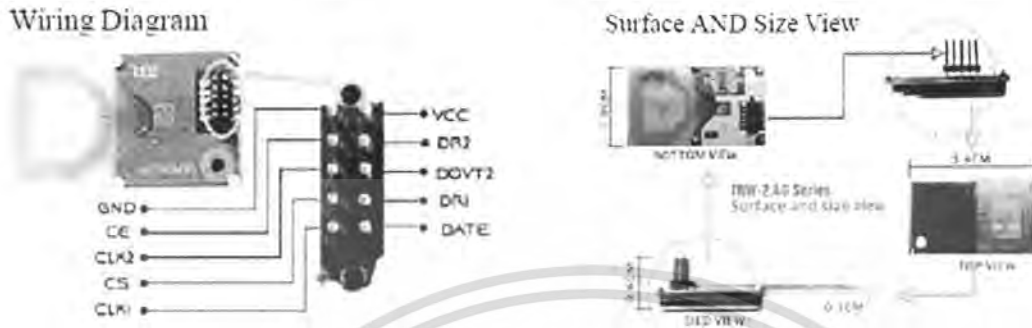


รูปที่ 3.3 แผนภูมิ แสดงโปรแกรมควบคุมการทำงานของโมดูลฝังส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ตัวส่ง (Transmitter)

ในส่วนของตัวส่งนั้นจะใช้ตัวโมดูล TRW-2.4G ซึ่งมีลักษณะดังนี้



รูปที่ 3.4 ลักษณะภายนอกของโมดูล TRW-2.4G

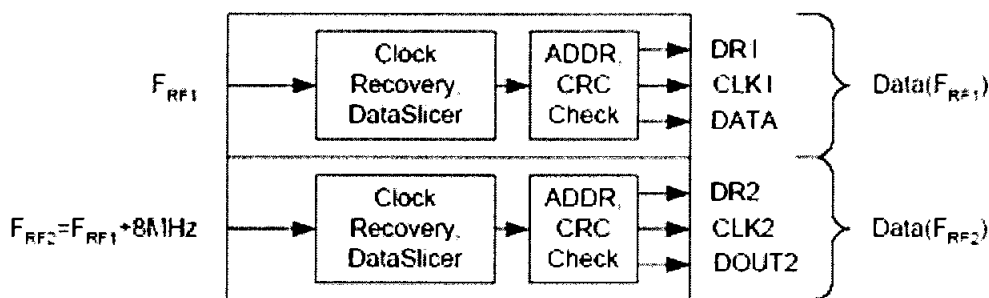
โดยมีรายละเอียดของขาต่างๆคือ

- ขาที่ 1 กราวด์
- ขาที่ 2 CE ขาเลือกสถานะของโหมดในโมดูล
- ขาที่ 3 CLK2 ขานาฬิกาของช่องที่ 2
- ขาที่ 4 CS ขากำหนดค่าต่างๆของโมดูล
- ขาที่ 5 CLK1 ขานาฬิกาของช่องที่ 1
- ขาที่ 6 DATE ขาข้อมูลของช่องที่ 1
- ขาที่ 7 DR1 ขาแสดงสถานะของช่องที่ 1
- ขาที่ 8 DOVT2 ขาข้อมูลของช่องที่ 2
- ขาที่ 9 DR2 ขาแสดงสถานะของช่องที่ 2
- ขาที่ 10 ขาไฟเลี้ยง

3.2.1 โมดูลรับส่งสัญญาณ (TRW-2.4 G Transceiver modules)

โมดูลรับส่งสัญญาณ ตัวนี้ง่ายต่อการใช้งานในการรับส่งข้อมูลโดยจะใช้ย่านความถี่ 2.4 GHz และมี 2 ช่องสัญญาณในตัวซึ่งแสดงดังในรูปที่ 3.5 ซึ่งในตัวโมดูลจะประกอบด้วยเสาอากาศ วงจรสังเคราะห์ความถี่ ภาคขยายสัญญาณ ภาคกำเนิดความถี่ และภาคมอดูเลเตอร์ โดยเราสามารถโปรแกรมเลือกความถี่และช่องสัญญาณได้ง่ายรวมถึงการเชื่อมต่อแบบอนุกรมโดยใช้สาย 3 เส้นมีการใช้กระแสต่ำ โดยที่กำลังส่งทางเอาท์พุท -5dBm จะใช้กระแส 10 มิลลิแอมป์ ขณะที่ใช้กระแส 18 มิลลิแอมป์ในทางด้านรับ โดยโมดูลได้ทำการออกแบบให้ใช้กำลังงานที่ต่ำ เพื่อประหยัดพลังงานในการใช้ตัวโมดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะ โครงสร้างที่แยกส่วนของช่องสัญญาณ 2 ช่องในตัวเอง

3.3 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และความชื้น SHT15

SHT15 เป็นเซนเซอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิ และความชื้นได้ภายในตัวเดียวโดยให้ผลการวัดออกมาในรูปของสัญญาณดิจิทัล มีความเที่ยงตรงสูง และมีความเสถียรภาพยาวนาน ภายในประกอบด้วยเซนเซอร์แบบตัวเก็บประจุโพลิเมอร์เพื่อวัดความชื้น และตัววัดอุณหภูมิแบบใช้ช่องว่าง สัญญาณที่ได้จากเซนเซอร์จะยากแก่การถูกรบกวนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และให้ผลการตอบสนองการวัดที่ไว

การเปลี่ยน Output ให้มีค่าทางกายภาพ

ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติของเซนเซอร์

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Humidity					
Resolution ⁽²⁾		0.5	0.03	0.03	%RH
		8	12	12	bit
Repeatability			±0.1		%RH
Accuracy ⁽¹⁾	linearized	see figure 1			
Uncertainty					
Interchangeability		Fully interchangeable			
Nonlinearity	raw data		±3		%RH
	linearized		<<1		%RH
Range		0		100	%RH
Response time	1/e (63%) slowly moving air		4		s
Hysteresis			±1		%RH
Long term stability	typical		< 1		%RH/yr
Temperature					
Resolution ⁽²⁾		0.04	0.01	0.01	°C
		0.07	0.02	0.02	°F
		12	14	14	bit
Repeatability			±0.1		°C
			±0.2		°F
Accuracy		see figure 1			
Range		-40		123.8	°C
		-40		254.9	°F
Response Time	1/e (63%)	5		30	s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 การเปลี่ยน Output ให้มีค่าทางกายภาพ

3.3.1.1 ค่าความชื้น เพื่อให้เป็น linear

$$RH_{linear} = c_1 + c_2 \times SO_{RH} = c_3 \times SO_{RH}^2$$

เมื่อ

SO _{RH}	c ₁	c ₂	c ₃
12 bit	-4	0.0405	-2.8 * 10 ⁻⁸
8 bit	-4	0.648	-7.2 * 10 ⁻⁴

เมื่ออุณหภูมิต่างกัน 25 C ค่าคงที่อุณหภูมิ ควร ใช้สูตรนี้

$$RH_{true} (T_{oc} - 25) \times (t_1 + t_2 \times SO_{RH}) + RH_{linear}$$

เมื่อ

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

3.3.1.2 อุณหภูมิ เพื่อเปลี่ยนค่า digital ให้เป็นค่าอุณหภูมิ จะใช้

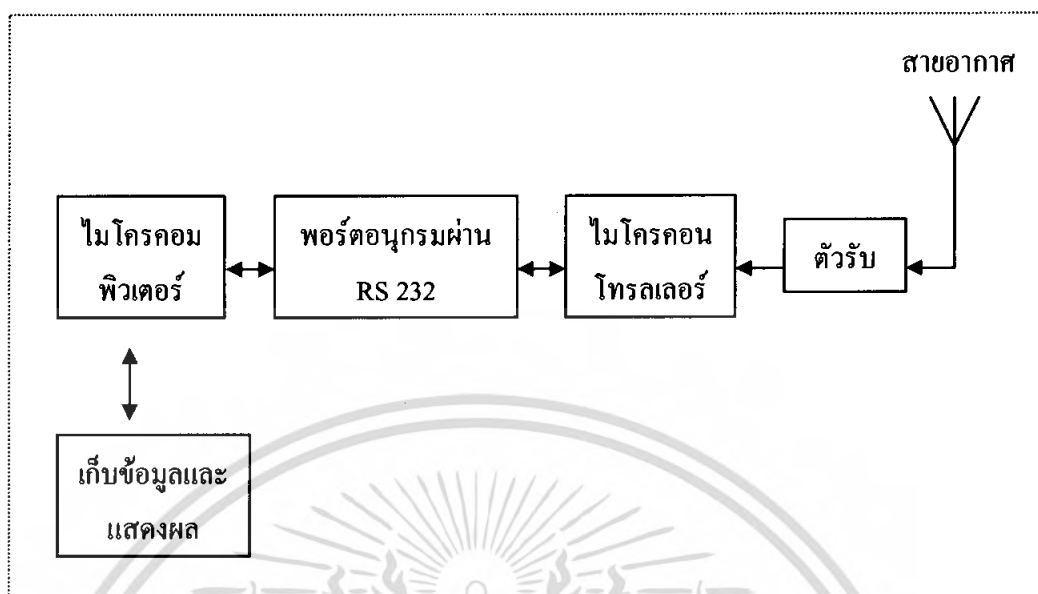
$$Temperature = d_1 + d_2 \times SO_T$$

เมื่อ

VDD	d ₁ [°C]	d ₁ [°F]	SO _T	d ₂ [°C]	d ₂ [°F]
5V	-40.00	-40.00	14bit	0.01	0.018
4V	-39.75	-39.50	12bit	0.04	0.072
3.5V	-39.66	-39.35			
3V	-39.60	-39.28			
2.5V	-39.55	-39.23			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

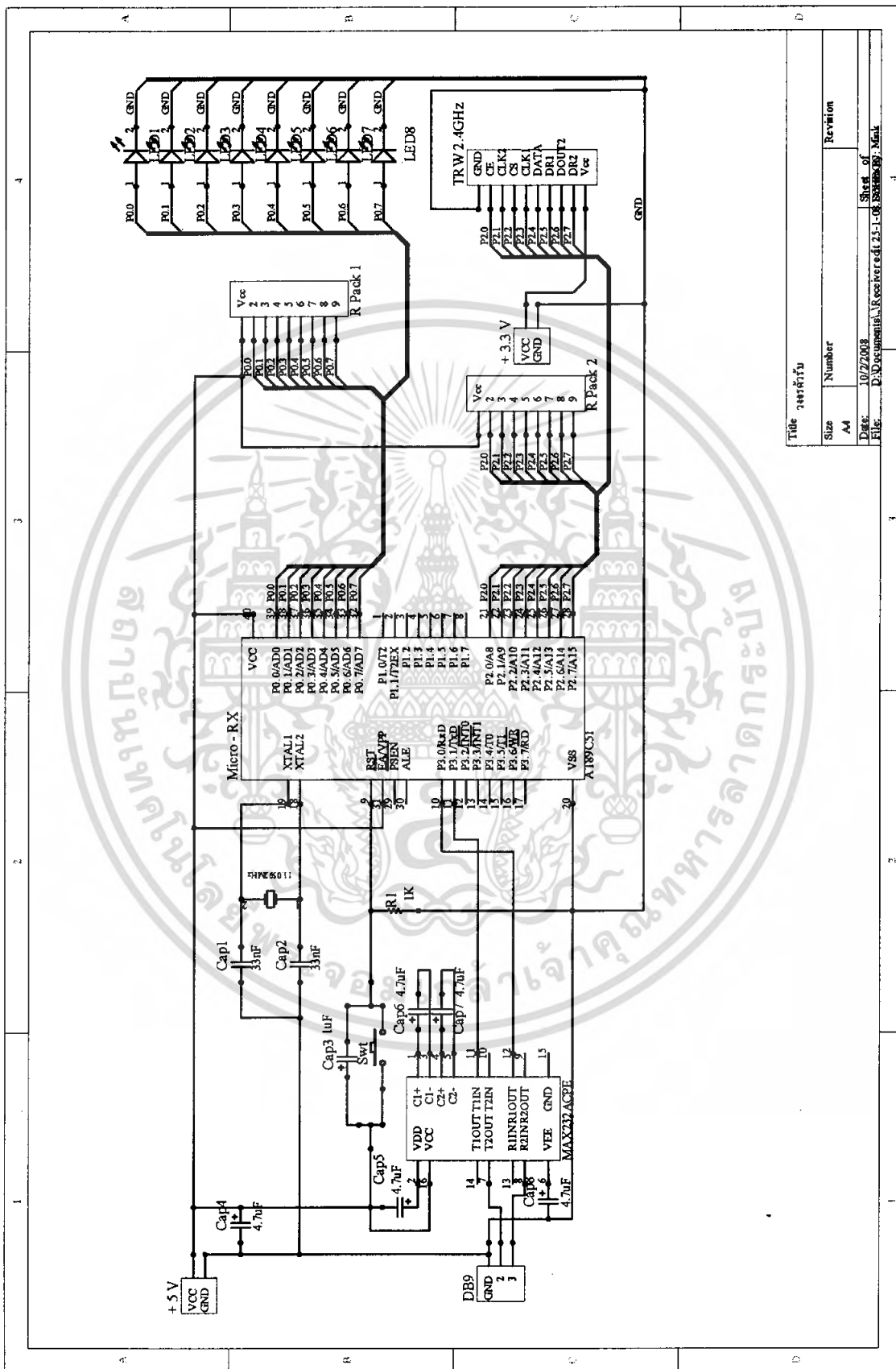
3.4 วงจรการรับและการส่งการของโมดูลในส่วนเครื่องรับ



รูปที่ 3.6 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนของเครื่องรับ

จากรูปที่ 3.6 การทำงานจะแบ่งออกเป็น 5 ส่วนหลักคือ ในส่วนของข้อมูลที่เข้ามาจะรับข้อมูลผ่านทางตัวรับ จากนั้นก็จะส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการประมวลผล และส่งข้อมูลไปยังไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อทำการแสดงผล เก็บข้อมูล และควบคุม ผ่านพอร์ตอนุกรม

วงจรการรับข้อมูลและการส่งการแสดงผลไว้ดังรูปที่ 3.7 และการทำงานในส่วนนี้จะเป็นส่วนของการรับข้อมูล และส่งไปแสดงผล โดยผ่านพอร์ตของ AT89C51 เพื่อใช้ในการติดต่อสั่งการตัวโมดูล ซึ่งจะมีลักษณะของวงจรดังรูปที่ 3.7



ชื่อ วงจรตัวรับ

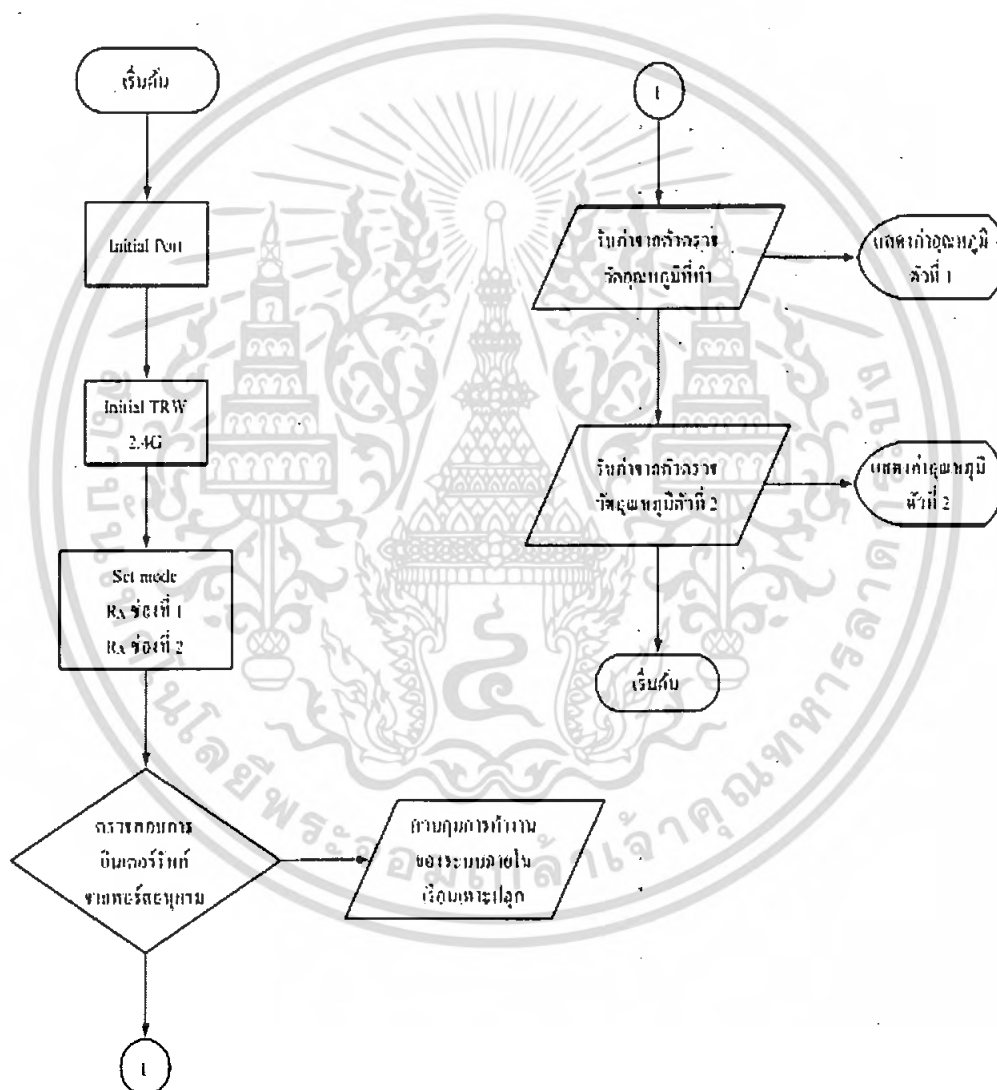
Size	Number	Revision
A4		

Date: 10/2/2008 Sheet of 1
 File: D:\Documental\Receiver\ref 23-L-06\Receiver_30.Msk

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ **รูปที่ 3.7** วงจรส่วนเครื่องรับ เป็นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของวงจรการรับข้อมูลดังรูปที่ 3.7 เป็นส่วนของเครื่องรับ ตัวของโมดูลจะถูกกำหนดให้ทำงานแบบต่างๆ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการควบคุมสั่งการ ซึ่งในส่วนของภาคนี้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะกำหนดให้ตัวโมดูลอยู่ในสถานะเป็นตัวรับ เมื่อได้รับข้อมูลจากทางด้านส่ง ที่ส่งข้อมูลเข้ามา ตัวโมดูลก็จะส่งข้อมูลมายังตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นตัวของไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ ส่วนในโหมดการทำงานการส่งข้อมูลไปคอมพิวเตอร์จะสั่งการผ่านขา TXD ของไมโครคอนโทรลเลอร์ และผ่านพอร์ต DB-9

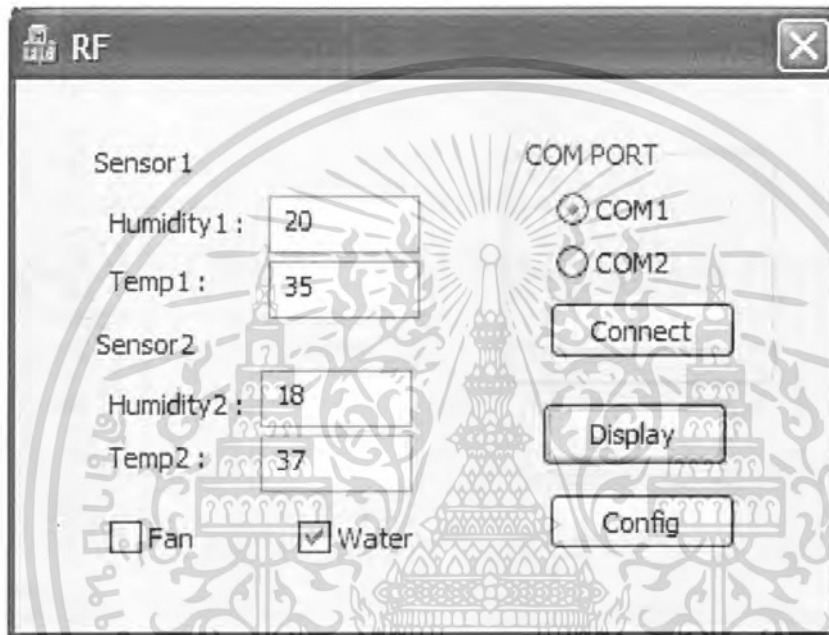
ในส่วนของโปรแกรมควบคุมการทำงานของโมดูล จะแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆตามลักษณะการทำงานภายในของโมดูล โดยสามารถแสดงได้ตามแผนภูมิดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แผนภูมิแสดงโปรแกรมควบคุมการทำงานของโมดูลฝั่งรับ

3.5 ส่วนของการแสดงผล ควบคุมและบันทึกข้อมูล (Display Controller and Saving)

เมื่อเราทำการรับค่าที่ได้มาจากเครื่องส่ง โดยจะผ่านตัวรับส่งมายังไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นจะส่งข้อมูลมายังคอมพิวเตอร์โดยผ่านพอร์ตอนุกรม ซึ่งข้อมูลที่ได้มานั้นเราจะจัดการข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่ได้จัดทำขึ้นมา ในการออกแบบและจัดการข้อมูลซึ่งจะใช้ในการรับข้อมูลที่ได้นั้นมาแสดงผลหน้าจอ รวมทั้งยังใช้ในการควบคุมระบบผ่านหน้าจอ และทำการบันทึกผล ซึ่งหน้าตาของโปรแกรมจะแสดงให้เห็นได้ดังรูป 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงหน้าต่างแสดงสถานะ โปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 วงจรเครื่องส่ง

4.1.1 โมดูลส่งข้อมูล

จุดประสงค์

- เพื่อส่งสัญญาณที่เป็นข้อมูลไปยังเครื่องรับ

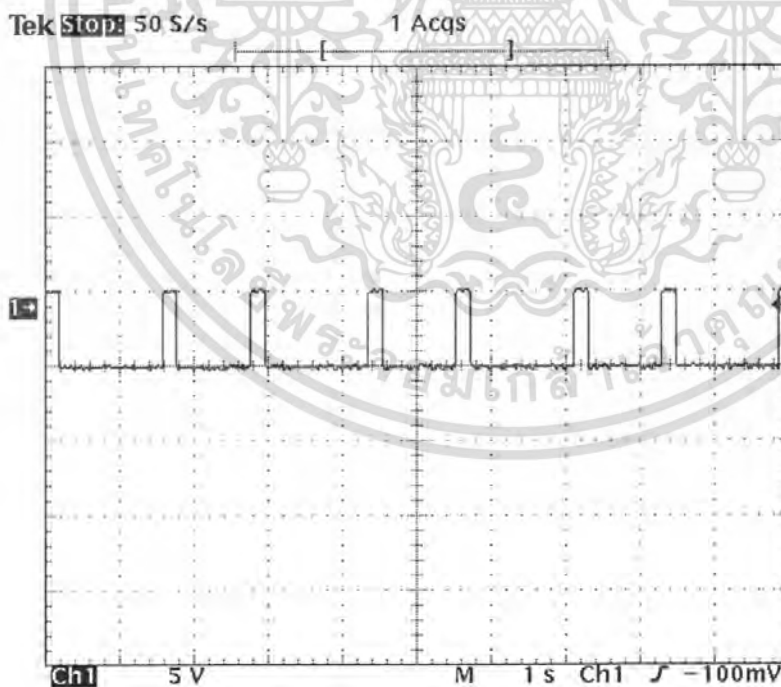
อุปกรณ์

1. Spectrum Analyzer
2. Digital Oscilloscope
3. DC Power Supply

ลำดับขั้นการทดลอง

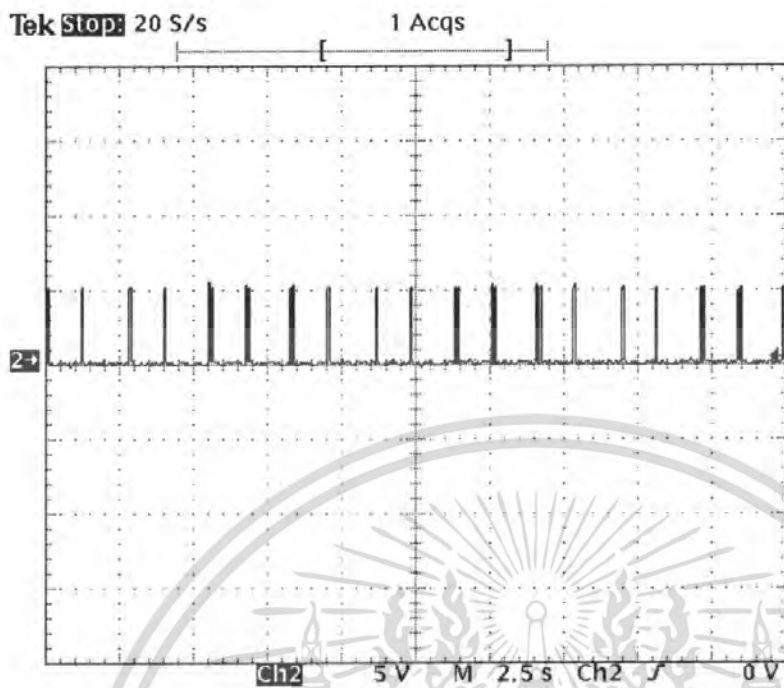
1. ป้อนไฟเลี้ยง +5 โวลต์ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ และป้อน +3.3 โวลต์ให้กับโมดูล TRW-2.4G
2. ใช้ Oscilloscope ตรวจสอบวัดสัญญาณที่ขาต่างๆ ของ โมดูล

ผลการทดลอง

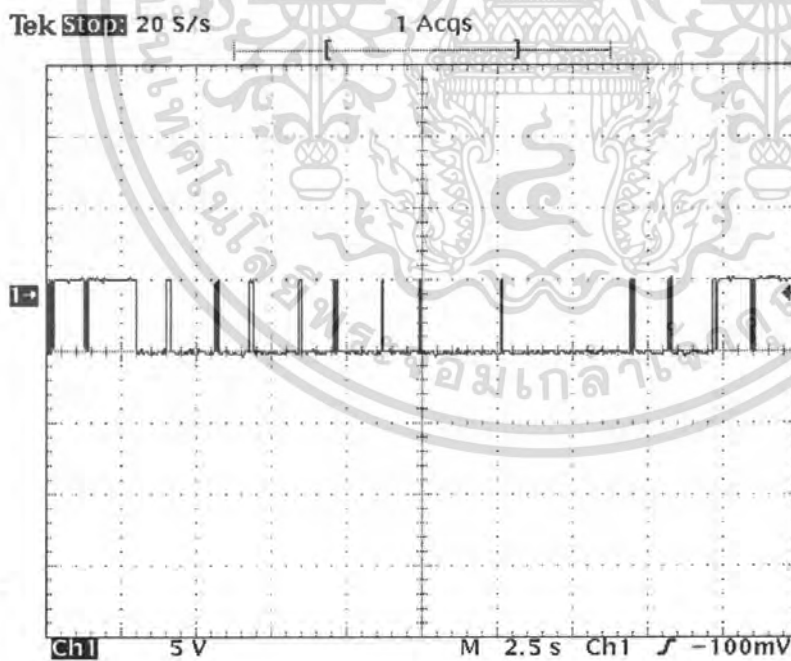


รูปที่ 4.1 สัญญาณของขา CE ของเครื่องส่ง เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 สัญญาณของขา CLK1 ของเครื่องส่ง เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope



รูปที่ 4.3 สัญญาณของขา DATE ของเครื่องส่ง เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.1 เป็นการวัดสัญญาณที่ขา CE ของเครื่องส่งโดยขา CE จะมีหน้าที่ในการกำหนดการทำงานของโหมคต่างๆของตัวโมดูล โดยถ้ามีการกำหนดโหมคจะให้ CE มีสถานะเป็น 1 และเมื่อทำการกำหนดโหมคเสร็จ ก็จะทำให้ CE มีสถานะเป็น 0

จากรูปที่ 4.2 เป็นการวัดสัญญาณที่ขา CLK ของเครื่องส่งโดยขา CLK จะมีหน้าที่ในการกำหนดการทำงานเพื่อกำหนดสถานะต่างๆในการให้จังหวะการทำงานแก่ตัวโมดูล

จากรูปที่ 4.3 เป็นการวัดสัญญาณที่ขา DATE ของเครื่องส่งโดยขา DATE จะเป็นขาที่ทำการส่งข้อมูลของตัวโมดูล โดยลักษณะของสัญญาณจะมีรูปแบบเป็นเฟรมของข้อมูลตาม รูปแบบของเฟรมข้อมูลที่อยู่ในคุณสมบัติของโมดูลนั่นเอง โดยจะประกอบไปด้วยในส่วนหัวข้อมูล ส่วนของตำแหน่งข้อมูล ส่วนของข้อมูล และส่วนของการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล



4.1.2 เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและการควบคุมเนื่องจากอุณหภูมิ

จุดประสงค์

- เพื่อทดสอบการตรวจวัดอุณหภูมิ
- เพื่อทดสอบนำค่าของอุณหภูมิที่ได้ไปทำการควบคุมระบบต่อไป

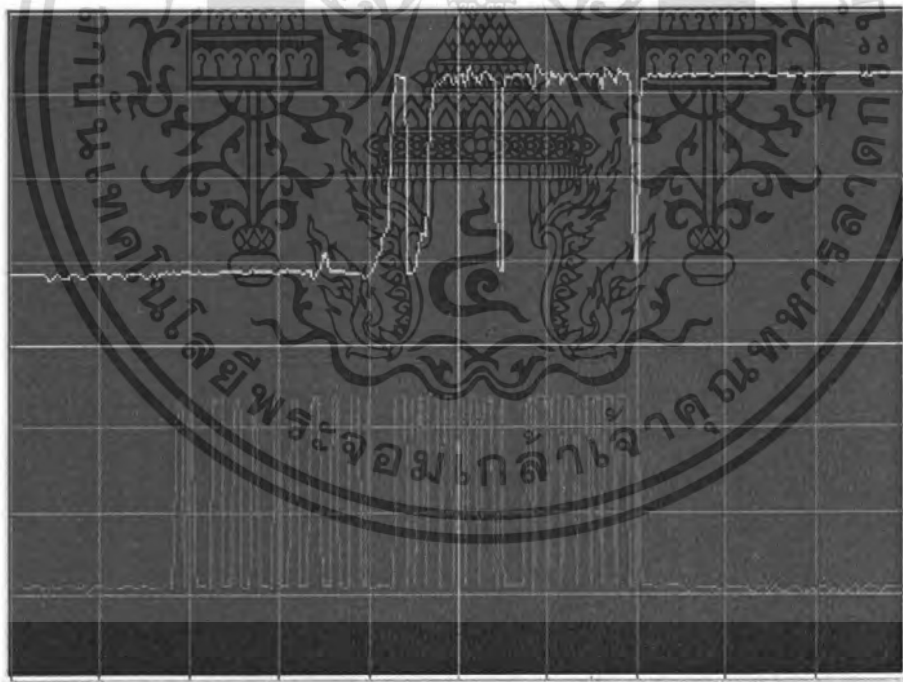
อุปกรณ์

1. เทอร์โมมิเตอร์ดิจิตอล
2. เรือนเพาะปลุกจำลอง
3. เครื่องระบบตรวจสอบสภาพดินในเรือนเพาะปลุกแบบไร้สาย

ลำดับขั้นการทดลอง

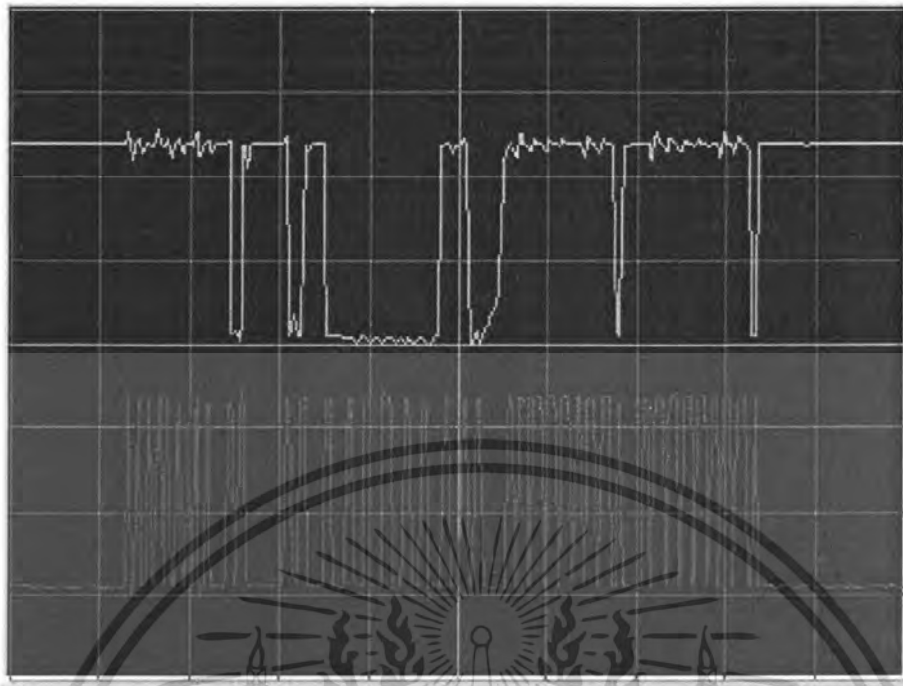
1. ทำการทดลองวัดสัญญาณด้วย oscilloscope
2. ควบคุมอุณหภูมิ แล้วใช้เทอร์โมมิเตอร์กำหนดค่าอ้างอิง
3. ใช้เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ

ผลการทดลอง



รูปที่ 4.4 แสดงรูปภาพที่ได้จากเซ็นเซอร์ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงรูปภาพที่ได้จากเซนเซอร์ครั้งที่ 2

ผลการทดลองการวัดอุณหภูมิของตัวตรวจวัดอุณหภูมิ

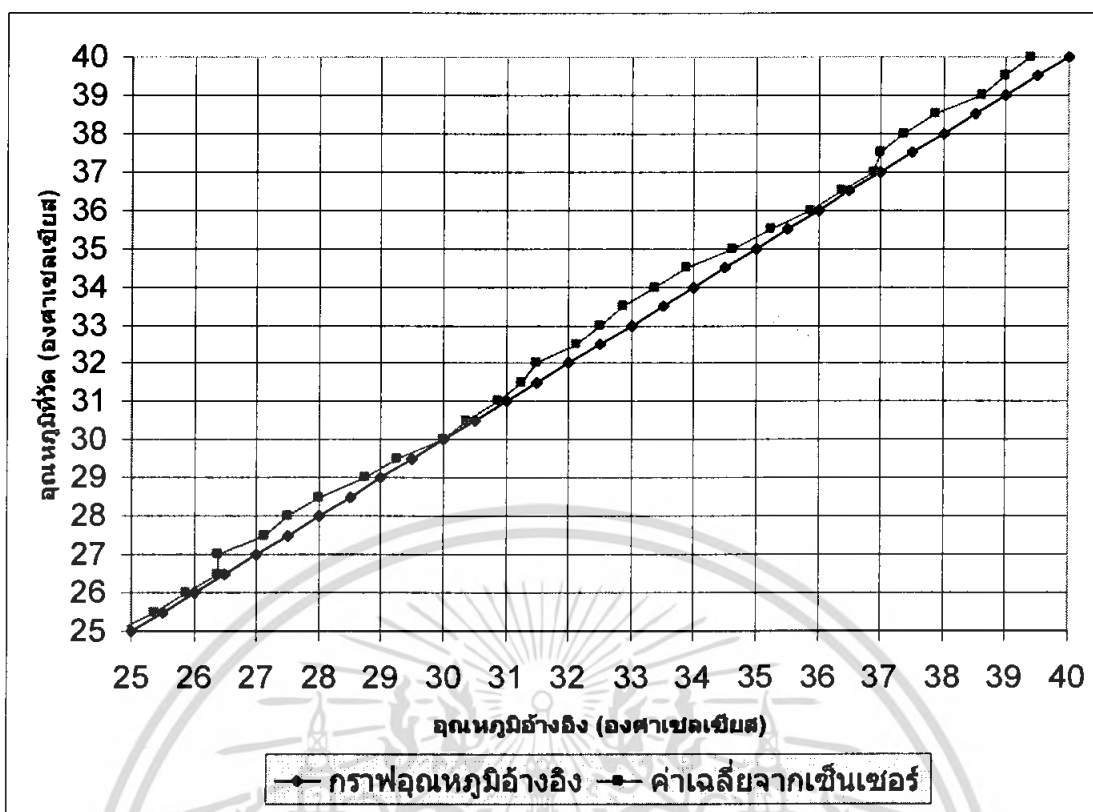
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองวัดอุณหภูมิ ตั้งแต่ 25 – 40 องศาเซลเซียส

ผลที่วัดจากเทอร์มิสเตอร์ (องศาเซลเซียส)	ผลที่ได้จากตัวตรวจวัดตัว ที่ 1 ครั้งที่ 1	ผลที่ได้จากตัวตรวจวัดตัว ที่ 2 ครั้งที่ 1	ผลที่ได้จากตัวตรวจวัดตัว ที่ 1 ครั้งที่ 2	ผลที่ได้จากตัวตรวจวัดตัว ที่ 2 ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	% ความผิดพลาด
25.0	24.5	25.0	25.0	24.5	24.75	1
25.5	25.5	25.5	25.5	25.0	25.375	0.49
26.0	25.5	26.5	25.5	26.0	25.875	0.48
26.5	26.0	26.5	26.5	26.5	26.375	0.47
27.0	26.0	26.5	26.5	26.5	26.375	2.31
27.5	27.5	27.0	27.0	27.0	27.125	1.36
28.0	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	1.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่วัดจากทอริมิเตอร์ (องศาเซลเซียส)	ผลที่ได้จากตัวตรวจวัดตัว ที่ 1 ครั้งที่ 1	ผลที่ได้จากตัวตรวจวัดตัว ที่ 2 ครั้งที่ 1	ผลที่ได้จากตัวตรวจวัดตัว ที่ 1 ครั้งที่ 2	ผลที่ได้จากตัวตรวจวัดตัว ที่ 2 ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	% ความผิดพลาด
28.5	28.0	28.5	28.0	27.5	28	1.75
29.0	29.0	29.0	28.5	28.5	28.75	0.86
29.5	29.5	29.5	29.0	29.0	29.25	0.85
30.0	30.0	30.5	30.0	29.5	30	0
30.5	30.5	30.5	30.5	30.0	30.375	0.41
31.0	31.0	31.0	31.0	30.5	30.875	0.4
31.5	31.0	31.5	31.5	31.0	31.25	0.79
32.0	31.5	31.5	32.0	31.0	31.5	1.56
32.5	32.5	32.0	32.5	31.5	32.125	1.15
33.0	33.0	32.5	32.5	32.0	32.5	1.52
33.5	33.0	33.0	33.0	32.5	32.875	1.87
34.0	33.5	33.5	33.5	33.0	33.375	1.84
34.5	34.0	34.0	33.5	34.0	33.875	1.81
35.0	34.5	35.0	34.5	34.5	34.625	1.07
35.5	35.5	35.5	35.0	35.0	35.25	0.7
36.0	36.0	35.5	36.0	36.0	35.875	0.35
36.5	36.5	36.0	36.5	36.5	36.375	0.34
37.0	36.5	37.0	37.0	37.0	36.875	0.34
37.5	37.0	37.0	37.0	37.0	37	1.33
38.0	37.5	37.0	37.5	37.5	37.375	1.64
38.5	38.0	37.5	38.0	38.0	37.875	1.62
39.0	38.5	39.0	38.5	38.5	38.625	0.96
39.5	39.0	39.0	39.0	39.0	39	1.27
40.0	39.0	39.5	39.5	39.5	39.375	1.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยที่วัดได้กับค่าอ้างอิงโดยวัดจากเทอร์โมมิเตอร์

จากผลการทดลองและดูจากกราฟที่ทำการพล็อตค่าหรือผลที่ได้ค่อนข้างที่จะถูกต้องและแม่นยำมากเมื่อเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์แล้ว และค่าที่ได้เป็นลักษณะของค่าที่เป็นเชิงเส้น

4.2 วงจรเครื่องรับ

4.2.1 โมดูลตัวรับ

จุดประสงค์

1. เพื่อรับสัญญาณที่เป็นข้อมูลจากเครื่องส่ง

อุปกรณ์

1. Spectrum Analyzer
2. Digital Oscilloscope
3. DC Power Supply

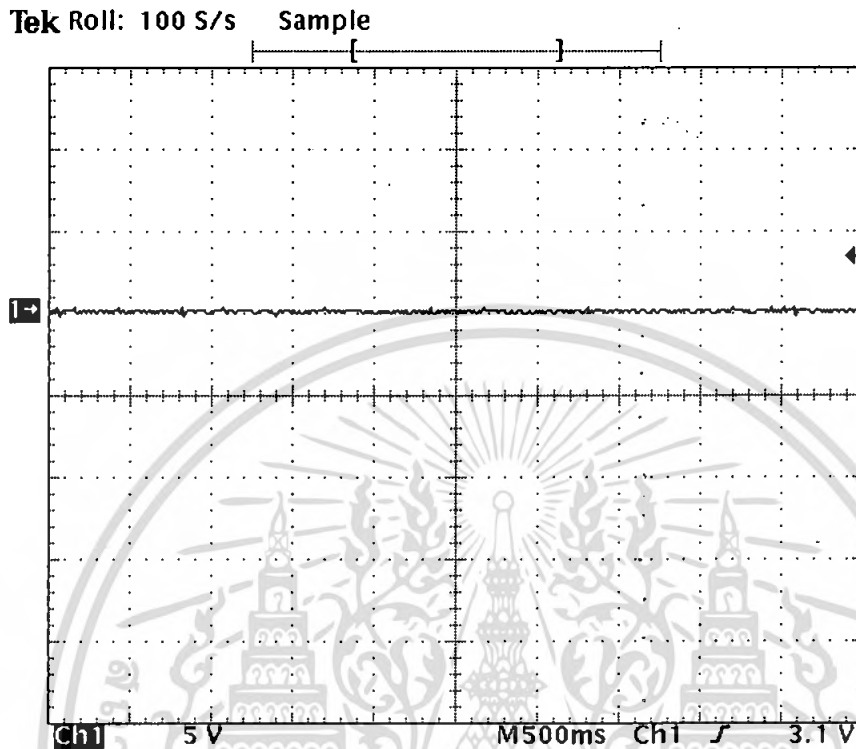
ลำดับขั้นการทดลอง

1. ป้อนไฟเลี้ยง + 5 โวลต์ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ และป้อน +3.3 โวลต์ให้กับโมดูล TRW-2.4G
2. ใช้ Oscilloscope ตรวจสอบสัญญาณที่ขาต่างๆ ของโมดูล
3. ทำการตรวจสอบวัดด้วย Spectrum Analyzer เพื่อดูสัญญาณในแกนความถี่ของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอาท์พุท

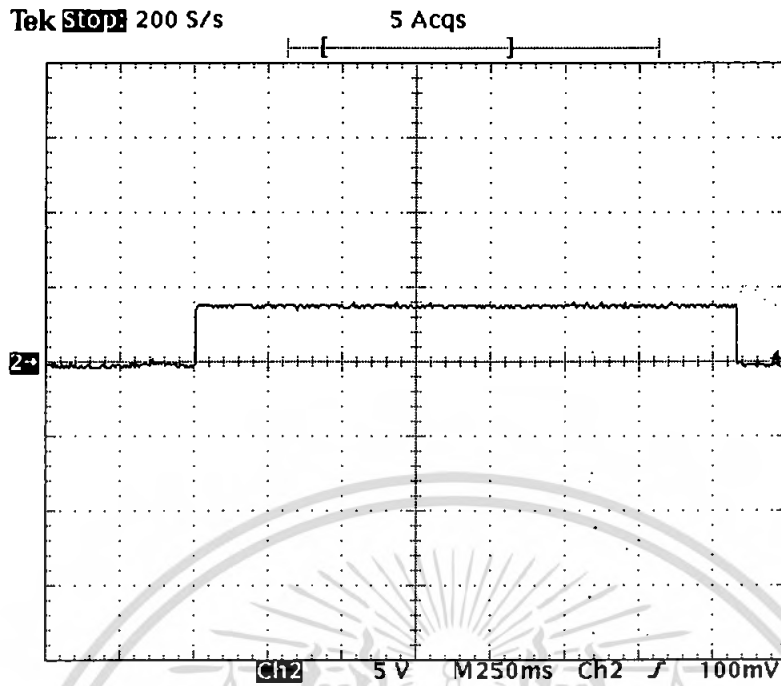
ผลการทดลอง



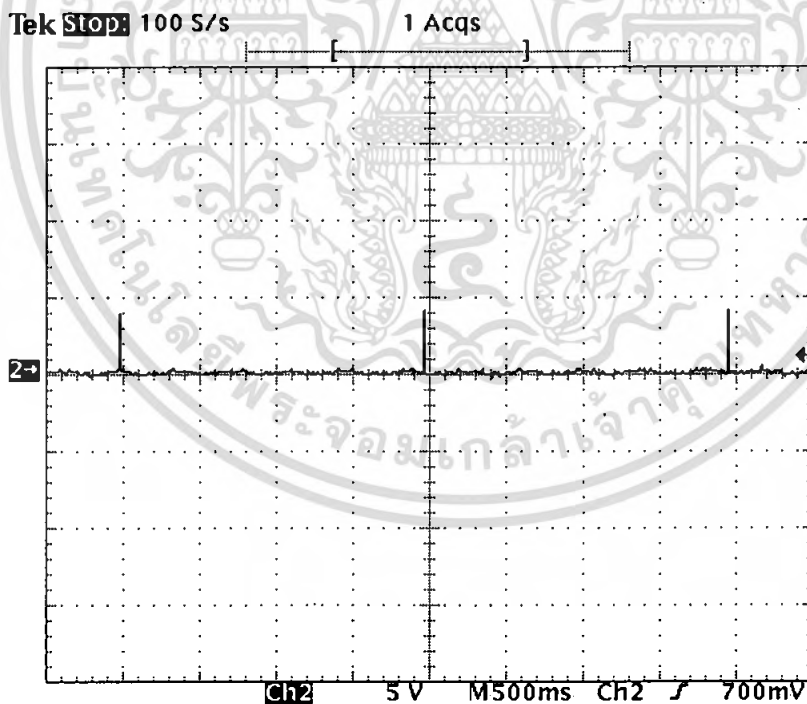
รูปที่ 4.7 สัญญาณของขา CS ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope

จากรูปที่ 4.7 เป็นการวัดสัญญาณที่ขา CS ของเครื่องรับ โดยขา CS จะมีหน้าที่ในการค่าต่างๆ ให้กับโมดูล โดยการทำงานถ้ามีการกำหนดสถานะต่างๆ หรือในขณะนั้น โมดูลมีการทำงาน สัญญาณที่ขา CS ของโมดูลจะมีสถานะเป็น 1 ตลอดจนกว่าจะมีการหยุดการทำงานของโมดูล สัญญาณที่ขา CS ของโมดูลก็จะมีสถานะเป็น 0 ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

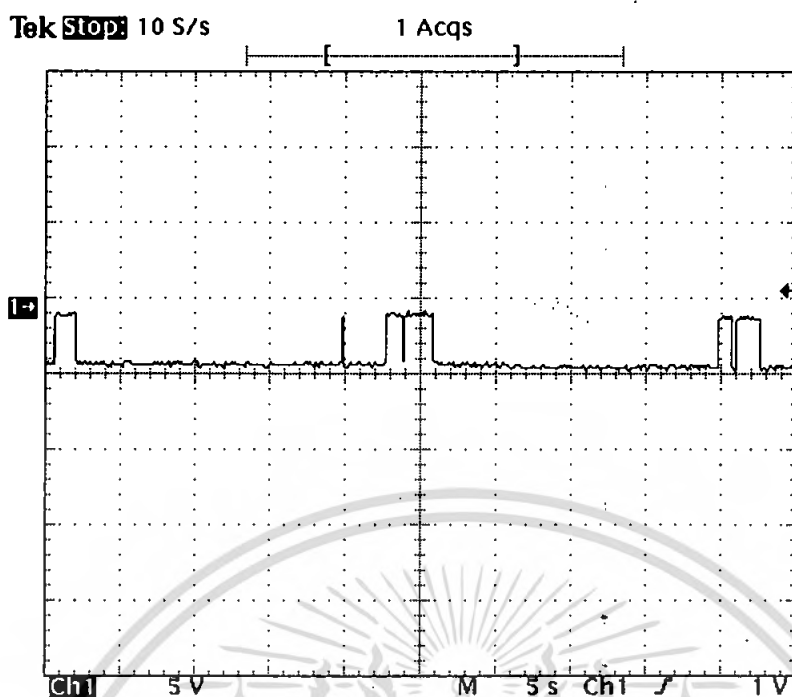


รูปที่ 4.8 สัญญาณของขา CE ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope

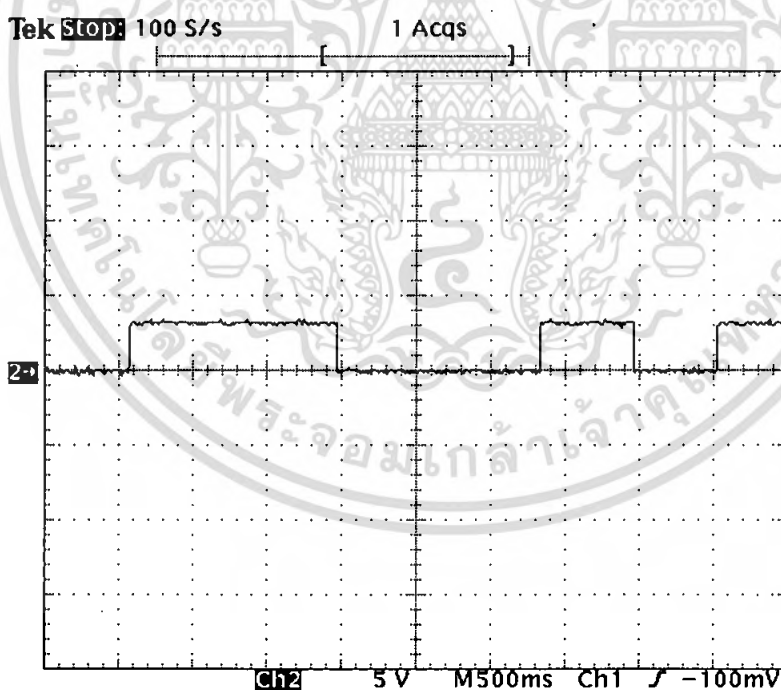


รูปที่ 4.9 สัญญาณของขา CLK1 ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

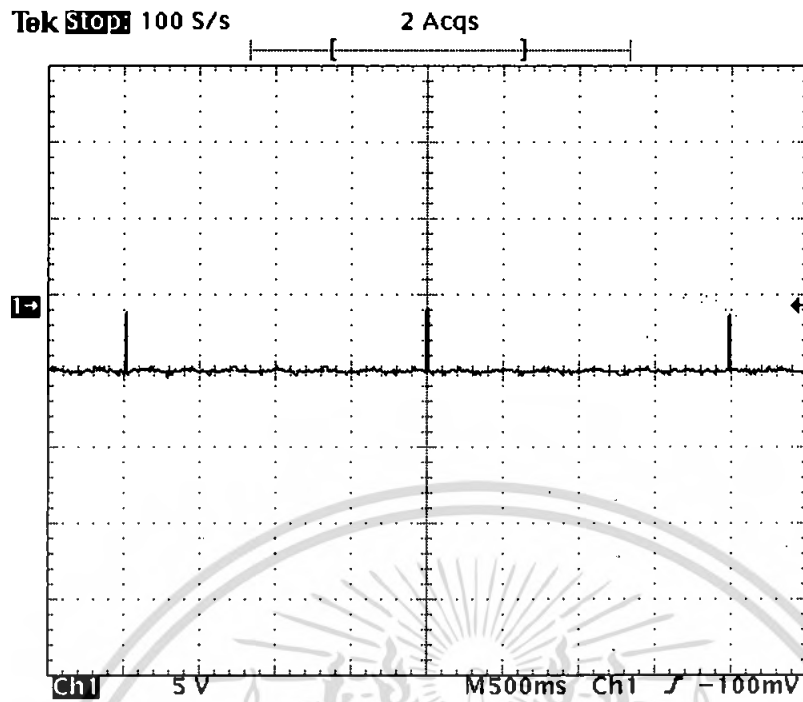


รูปที่ 4.10 สัญญาณของขา DATE ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope

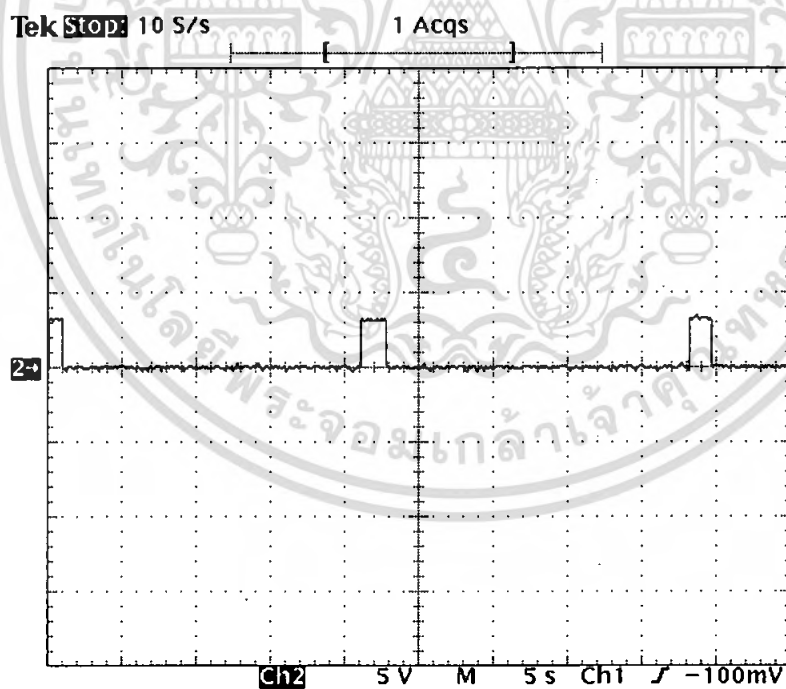


รูปที่ 4.11 สัญญาณของขา DR1 ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

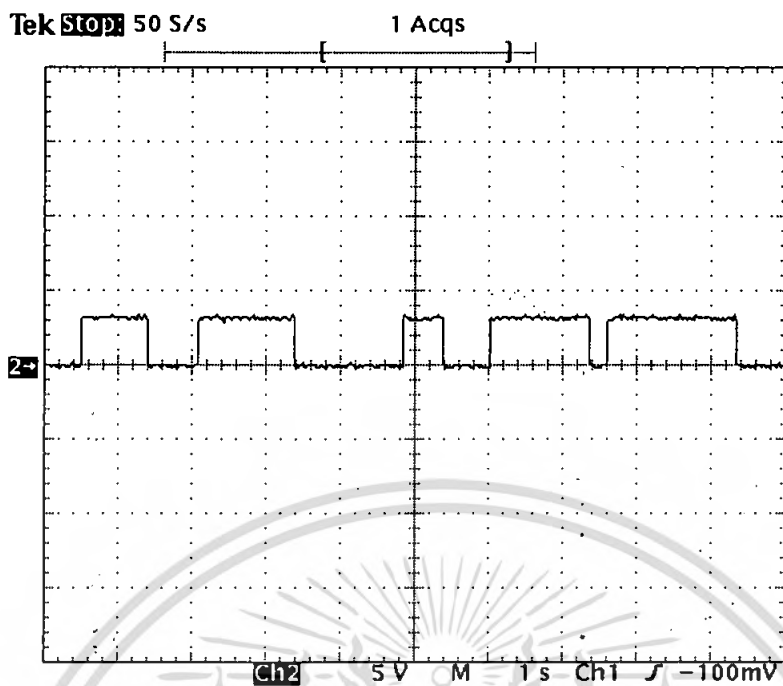


รูปที่ 4.12 สัญญาณของขา CLK2 ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope



รูปที่ 4.13 สัญญาณของขา DOUT2 ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 สัญญาณของขา DR2 ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope

จากรูปที่ 4.8 เป็นการวัดสัญญาณที่ขา CE ของเครื่องรับ โดยขา CE จะมีหน้าที่ในการกำหนดการทำงานของโหมดต่างๆของตัวโมดูล โดยถ้ามีการกำหนดโหมดจะให้ CE มีสถานะเป็น 1 และเมื่อทำการกำหนดโหมดเสร็จ ก็จะทำให้ CE มีสถานะเป็น 0

จากรูปที่ 4.9 เป็นการวัดสัญญาณที่ขา CLK1 ของเครื่องรับ โดยขา CLK1 จะมีหน้าที่ในการกำหนดการทำงานเพื่อกำหนดสถานะต่างๆในการให้จังหวะการทำงานแก่ตัว โมดูลซึ่งจะเป็นสถานะของช่องที่ 1 ของโมดูล

จากรูปที่ 4.10 เป็นการวัดสัญญาณที่ขา DATE ของเครื่องรับ ซึ่งเป็นสถานะของช่องที่ 1 ของโมดูล โดยขา DATE จะเป็นขาที่ทำการส่งข้อมูลของตัว โมดูล โดยลักษณะของสัญญาณจะมีรูปแบบเป็นเฟรมของข้อมูลตาม รูปแบบของเฟรมข้อมูลที่อยู่ในคุณสมบัติของ โมดูลนั่นเอง โดยจะประกอบไปด้วยใน ส่วนหัวข้อมูล ส่วนของตำแหน่งข้อมูล ส่วนของข้อมูล และส่วนของการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล

จากรูปที่ 4.11 สัญญาณของขา DR1 ของเครื่องรับ เป็นสถานะแสดงการรับข้อมูลช่องที่ 1 ของโมดูลโดยถ้าโมดูลมีการรับข้อมูล สถานะสัญญาณของขา DR1 นี้จะมีสถานะเป็น 1 และพอไม่มีการรับข้อมูลสถานะจะเป็น 0

จากรูปที่ 4.12 เป็นการวัดสัญญาณที่ขา CLK1 ของเครื่องรับโดยขา CLK2 จะมีหน้าที่ในการกำหนดการทำงานเพื่อกำหนดสถานะต่างในการให้จังหวะการทำงานแก่ตัว โมดูลซึ่งจะเป็นสถานะของช่องที่ 2 ของโมดูล

จากรูปที่ 4.13 เป็นการวัดสัญญาณที่ขา DOUT2 ของเครื่องรับ ซึ่งเป็นสถานะของช่องที่ 2 ของโมดูลโดยขา DOUT2 จะเป็นขาที่ทำการส่งข้อมูลของตัวโมดูล โดยลักษณะของสัญญาณจะมีรูปแบบเป็นเฟรมของข้อมูลตาม รูปแบบของเฟรมข้อมูลที่อยู่ในคุณสมบัติของโมดูลนั่นเอง โดยจะประกอบไปด้วยในส่วนหัวข้อมูล ส่วนของตำแหน่งข้อมูล ส่วนของข้อมูล และส่วนของการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล

จากรูปที่ 4.14 สัญญาณของขา DR2 ของเครื่องรับ เป็นสถานะแสดงการรับข้อมูลช่องที่ 2 ของโมดูล โดยถ้าโมดูลมีการรับข้อมูล สถานะสัญญาณของขา DR2 นี้จะมีสถานะเป็น 1 และพอไม่มีการรับข้อมูลสถานะจะเป็น 0

4.2.2 ส่วนการตรวจวัดความชื้นของดินและการควบคุมแอดฮีติเนื่องจากความชื้นของดิน

จุดประสงค์

- เพื่อทดสอบการตรวจวัดความชื้นดินบนแปลงเพาะปลูกในเรือนเพาะปลูก
- เพื่อทดสอบนำค่าของความชื้นดินที่ได้ไปทำการควบคุมระบบต่อไป

อุปกรณ์

1. เครื่องระบบตรวจสอบสภาพดินในเรือนเพาะปลูกแบบไร้สาย
2. ดินที่ใช้ในการเพาะปลูกจริง
3. เรือนเพาะปลูกจำลอง
4. คอมพิวเตอร์
5. โปรแกรมแสดงผลและควบคุมหน้าจอคอมพิวเตอร์

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อเครื่องระบบตรวจสอบสภาพดินในเรือนเพาะปลูกแบบไร้สายเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต DB-9
2. นำดินที่เตรียมไว้ใส่ขวดทดลอง
3. นำตัวตรวจวัดความชื้นดินที่สร้างขึ้นวัดดินที่เตรียมไว้
4. เปิดโปรแกรมแสดงผลและควบคุมหน้าจอคอมพิวเตอร์

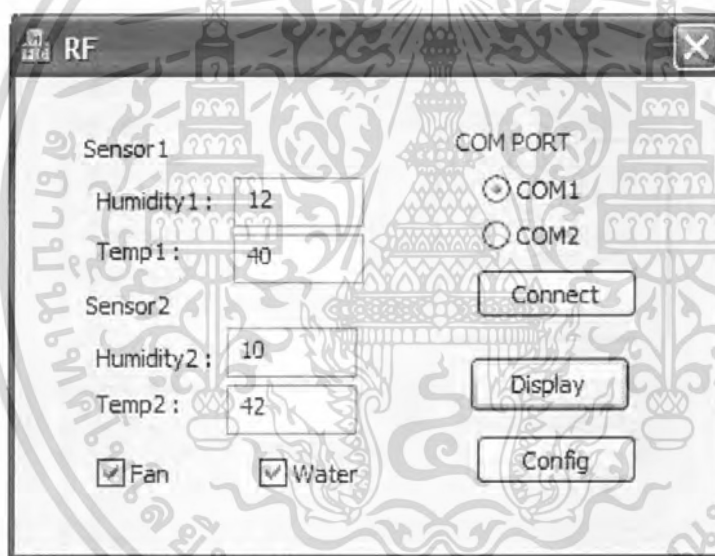
ผลการทดลอง

ผลการทดลองการวัดอุณหภูมิของตัวตรวจวัดความชื้น ในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองวัดความชื้นในดินที่ได้ค่าจากจอยคอมพิวเตอร์เทียบกับเทนซิโอมิเตอร์

ค่าที่วัดได้จากตัว ตรวจวัดตัวที่ 1 ครั้งที่ 1	ค่าที่วัดได้จากตัว ตรวจวัดตัวที่ 2 ครั้งที่ 1	ค่าที่วัดได้จากตัว ตรวจวัดตัวที่ 1 ครั้งที่ 2	ค่าที่วัดได้จากตัว ตรวจวัดตัวที่ 2 ครั้งที่ 2
1	0	2	1
16	15	16	16
22	20	21	21
28	27	26	29
33	34	33	35



รูปที่ 4.15 แสดงรูปตัวอย่างหน้าจอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองที่ผ่านมาดังได้นำเสนอไปแล้วเป็นการทดลอง สร้างในส่วนของตัวรับและตัวส่ง โดยใช้ โมดูลย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ ทั้งในส่วนของตัวรับและตัวส่ง ตัวส่งจะมี 1 ตัว ตัวรับมี 1 ตัว รวมถึงตรวจวัดความขึ้นคิน 2 จุด ซึ่งในโครงการชิ้นนี้ จะทำการออกแบบและมีการทำงานคือสามารถที่จะแสดงผลของความขึ้นคินในเวลาช่วงขณะที่ทำการวัด ซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดได้ดังนี้

เครื่องส่ง

- เครื่องส่งสามารถปรับความถี่ได้ในช่วง 2.4 กิกะเฮิรตซ์
- เครื่องส่งมีอัตราบิตเรต 250 กิโลบิตต่อวินาที
- สามารถส่งข้อมูลโดยใช้การมอดูเลตแบบ GFSK
- ส่งข้อมูลในรูปแบบของเฟรม
- สามารถปรับเปลี่ยนช่องสัญญาณได้โดยแต่ละช่องสัญญาณห่างกัน 8 เมกกะเฮิรตซ์
- เครื่องส่งใช้แรงดัน 3.3 โวลต์
- ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการกำหนดและสั่งการทำงาน
- มีเสาอากาศในตัว

เครื่องรับ

- เครื่องรับมีความไว (Sensitivity) สูงสุด -90 dBm
- เครื่องรับสามารถรับได้ที่ละ 2 ช่องสัญญาณ
- เครื่องรับมีอัตราบิตเรต 250 กิโลบิตต่อวินาที
- เครื่องรับใช้แรงดัน 3.3 โวลต์
- มีเสาอากาศในตัว

ตัวตรวจวัดขึ้น

- ความละเอียด 2 เซนติบาร์
- สามารถวัดความขึ้นได้ตั้งแต่ 0 ถึง 100 เซนติบาร์

ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ

- ความละเอียด 0.4 องศาเซลเซียส
- สามารถวัดอุณหภูมิได้ -40 องศาเซลเซียส ถึง 123.8 องศาเซลเซียส หรือ -40 องศาฟาเรนไฮต์ ถึง 254.9 องศาฟาเรนไฮต์

เซ็นเซอร์ SHT15 ทำการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้น แล้วทำการส่งค่าที่ได้ผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยข้อมูลที่เข้ามานั้นจะถูกส่งต่อให้ตัวโมดูลเพื่อส่งสัญญาณแบบไร้สาย ผ่านอากาศไปเข้าเครื่องรับ เครื่องรับจะรับสัญญาณด้วยโมดูล TRW 2.4GHz แล้วส่งผ่านเข้าตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อที่จะแปลงรหัสแล้วส่งเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ ผลการทดลองสามารถวัดค่าความชื้นและอุณหภูมิจากดิน แล้วส่งข้อมูลผ่านเข้าคอมพิวเตอร์ได้ และเมื่อทำการปรับแต่งเช่นการตั้งเปิดน้ำจากคอมพิวเตอร์ก็สามารถส่งสัญญาณกลับมาให้ออกทางพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยค่าที่ออกเป็นค่า 1 ดังนั้นเราสามารถนำการตอบสนองนั้น ไปเชื่อมต่อกับวงจรคาน้ำเพื่อตั้งรดน้ำ

5.2 ปัญหาที่พบ

1. เนื่องจากตัวส่งเป็นโมดูลที่มีความถี่ในย่านเดียวกับย่านของโครงข่ายไร้สาย ทำให้การส่งในลักษณะสภาพแวดล้อมโดยรอบที่มีโครงข่ายไร้สาย เกิดการรบกวนสัญญาณอย่างมาก
2. ในการรับข้อมูลเกิดการรับข้อมูลไม่ได้ทำให้ในบางครั้งข้อมูลที่ส่งมาเกิดการสูญหาย
3. ในการออกแบบแบบส่วนของเครื่องรับนั้น ส่วนที่ติดต่อกันระหว่างโมดูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นออกแบบให้ใช้พิน 1 จึงทำให้ติดต่อกันไม่ได้
4. ในการแปลงสัญญาณที่ได้จากอนาล็อกเป็นดิจิทัลยังมีปัญหาเรื่องการแกว่งของสัญญาณหรือมีสัญญาณที่ไม่นิ่งอยู่

5.3 การแก้ปัญหา

1. ทำการทดลองโดยใช้สถานที่ที่ไม่มีโครงข่ายไร้สาย เพื่อที่จะตัดการรบกวนออกไป
2. ในการส่งข้อมูลได้ทำการเขียนโปรแกรมให้ส่งข้อมูลเดิมซ้ำกัน 2 ครั้ง เพื่อทางด้านรับจะสามารถรับข้อมูลที่ทางด้านส่งส่งมาได้โดยข้อมูลจะไม่สูญหาย
3. นำเอาตัวความต้านทานมาทำการต่อเป็นตัวความต้านทานพูลอัพเพื่อกำหนดพอร์ตให้เป็นพอร์ตอินพุท
4. ก่อนที่จะทำการส่งข้อมูลผ่านออกพอร์ตอนุกรมไปแสดงยังหน้าจอ แล้วจึงทำการส่งออกไปแสดงผล
5. นำตัวคาปาซิเตอร์มาต่อแหล่งจ่ายในส่วนของวงจรแปลงอนาล็อกเป็นดิจิทัลเพื่อทำให้มีไฟที่เรียบหรือนิ่งขึ้น

5.4 แนวทางการนำไปพัฒนาต่อ

ในส่วนโครงการชิ้นนี้ได้ออกแบบให้สามารถควบคุมให้ระบบของเรือนเพาะปลูกสามารถปรับสภาพอากาศภายในและรดน้ำได้อย่างอัตโนมัติ แต่ในที่นี้เราทำเพียงแค่สามารถส่งและรับสัญญาณแบบไร้สายและแสดงผลที่จอคอมพิวเตอร์ได้เท่านั้น จึงต้องทำการควบคุมการรดน้ำโดยโปรแกรมต่อไปโดยต่อกับอุปกรณ์ตัวรับที่สร้างขึ้นที่ต้องใช้แบตเตอรี่ในการต่อแทนไฟสลับ 220 โวลต์ เพื่อสั่งให้มีการรดน้ำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. รศ.สมยศ จุณณะปิยะ, “การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์”, ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2546
2. อุดม รานอก , “ ภาษา C สำหรับงานควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์” , บริษัท ไอดีซี อินโฟ ดิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์ จำกัด , 2548
3. มานัส สุนันท์, “วงจรพัลส์และสวิตชิง” ,แผนกอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ,2546
4. อ.พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์, “ทฤษฎีเครื่องเสียง” , สำนักพิมพ์ ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ,2545



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม

CE BIT P2.0
CLK2 BIT P2.1
CS BIT P2.2
CLK BIT P2.3
DAT BIT P2.4
DR1 BIT P2.5
DOUT2 BIT P2.6
DR2 BIT P2.7

ORG 0000H

MOV PCON,#80H
MOV SCON,#50H
MOV TMOD,#21H
MOV TH1,#0FDH
CLR TI
CLR RI
SETB TR1

MAIN: MOV P0,#00H
MOV P1,#00H

PRE_1: LCALL RX
LCALL DELAY1
LCALL TX

PRE_2: LCALL RECIVE
MOV P0,A
LCALL KK
JNB RI,AA
MOV ACC,SBUF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CLR RI

A4: CJNE A,#41H,A1
SETB P1.0
SJMP AA

A1: CJNE A,#42H,A2
SETB P1.1
SJMP AA

A2: CJNE A,#43H,A3
CLR P1.0
SJMP AA

A3: CJNE A,#44H,A4
CLR P1.1

AA: LJMP PRE_2

; **Initial for use TRW Channell**

INIT: CALL DELAY2
CLR CE
CLR CS
CLR DAT
CLR CLK
CALL DELAY2
RET

; **Function Config for TRW TX**

SETMODE_TX:

```
CLR CE
SETB CS
CLR A
MOV R1,#18 ;18*8 = 144bit
```

SETMODE_0_TX: MOV DPTR,#CONFIG_TEST_TX ;Set Header

```
PUSH ACC
MOVC A,@A+DPTR
CALL WRITE_TRW24
POP ACC
INC A
DJNZ R1,SETMODE_0_TX
```

```
SETB DAT
SETB DR1
SETB CE
CLR CS
RET
```

```
*****
;
; Function Config for TRW RX
;
*****
```

SETMODE_RX:

```
CLR CE
SETB CS
CLR A
MOV R1,#18 ;18*8 = 144bit
```

SETMODE_0_RX: MOV DPTR,#CONFIG_TEST_RX ;Set Header

```
PUSH ACC
MOVC A,@A+DPTR
CALL WRITE_TRW24
POP ACC
INC A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

DJNZ R1,SETMODE_0_RX
SETB DAT
SETB DR1
SETB CE
CLR CS
RET

```

```

;*****
;           Function Send Address+DATA to Receiver
;*****

```

SEND_TRW:

```

CLR CS
SETB CE
PUSH ACC
CLR A
MOV R1,#5
SEND_TRW_0: MOV DPTR,#CONFIG_ADDR1_TX
PUSH ACC
MOVC A,@A+DPTR
CALL WRITE_TRW24
POP ACC
INC A
DJNZ R1,SEND_TRW_0
POP ACC
CALL WRITE_TRW24
CALL DELAY2
CLR CLK
CLR CE
CLR DAT
RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;*****
;          MAIN RX : Get DATA From TRW and Action
;*****

```

```

RECEIVE:      CALL INIT

              CALL SETMODE_RX

              JNB  DR1,$

              CALL READ_TRW24

              MOV  P0,A

              RET

```

```

;*****
;          READ 8 bit DATA from TRW
;*****

```

```

READ_TRW24:   CLR  A

              MOV  R0,#8

READ_TRW24_0: RL  A

              SETB CLK

              JB   DAT,READ_1

              CLR  ACC.0

              JMP  READ_TRW24_1

READ_1:       SETB ACC.0

READ_TRW24_1: CLR  CLK

              DJNZ R0,READ_TRW24_0

              RET

```

```

;*****
;          Write 8 bit to DATA pin
;*****

```

```

WRITE_TRW24:  MOV  R0,#8

WRITE_TRW24_0: JB  ACC.7,WRITE1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        CLR    DAT
        JMP    WRITE_TRW2
WRITE1:    SETB  DAT
WRITE_TRW2: CALL  CLK_TRW
        RL    A
        DJNZ  R0,WRITE_TRW24_0
        RET

```

```

;*****
;           Function Generate Clock to pin CLK
;*****

```

```

CLK_TRW:  CLR    CLK
          CALL  DELAY_1ms
          SETB  CLK
          CALL  DELAY_1ms
          RET

```

```

;*****

```

```

KK:      MOV    B,#010H
          DIV   AB
          MOV   R1,A
          MOV   R2,B

          MOV   A,R1
          LCALL COMPAR
          CJNE  A,#0FFH,TOR
          RET

```

```

TOR:     LCALL TX
          MOV   A,R2
          LCALL COMPAR

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CJNE A,#0FFH,TOR1

RET

TOR1: LCALL TX

RET

;*****

COMPAR: CJNE A,#00H,CP_1

MOV A,#30H

RET

CP_1: CJNE A,#01H,CP_2

MOV A,#31H

RET

CP_2: CJNE A,#02H,CP_3

MOV A,#32H

RET

CP_3: CJNE A,#03H,CP_4

MOV A,#33H

RET

CP_4: CJNE A,#04H,CP_5

MOV A,#34H

RET

CP_5: CJNE A,#05H,CP_6

MOV A,#35H

RET

CP_6: CJNE A,#06H,CP_7

MOV A,#36H

RET

CP_7: CJNE A,#07H,CP_8

MOV A,#37H

RET

CP_8: CJNE A,#08H,CP_9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV A,#38H
RET
CP_9: CJNE A,#09H,CP_10
MOV A,#39H
RET
CP_10: CJNE A,#0AH,CP_11
MOV A,#41H
RET
CP_11: CJNE A,#0BH,CP_12
MOV A,#42H
RET
CP_12: CJNE A,#0CH,CP_13
MOV A,#43H
RET
CP_13: CJNE A,#0DH,CP_14
MOV A,#44H
RET
CP_14: CJNE A,#0EH,CP_15
MOV A,#45H
RET
CP_15: CJNE A,#0FH,CP_16
MOV A,#46H
RET
CP_16: MOV A,#0FFH
RET
TX: MOV SBUF,ACC
JNB T1,$
CLR T1
RET
RX: JNB RI,$
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOV ACC,SBUF

CLR RI

RET

;*****

;*****

;Delay time 1ms

;*****

DELAY_1ms: MOV R6,#0E6H ; Each loop = 1 ms

DELAY_1ms_1: NOP

NOP

DJNZ R6,DELAY_1ms_1

RET

;*****

;Delay 2ms

;*****

DL_LCD: MOV R6,#0F0H

DEL00: MOV R7,#03H

DEL11: DJNZ R7,DEL11

DJNZ R6,DEL00

RET

;*****

;Delay 10ms

;*****

DELAY1: MOV R6,#0FFH

DEL2: MOV R7,#013H

DEL3: DJNZ R7,DEL3

DJNZ R6,DEL2

RET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

;*****

;Delay 100ms

;*****

DELAY2: MOV R6,#0E6H

DEL4: MOV R7,#0D8H

DEL5: DJNZ R7,DEL5

 DJNZ R6,DEL4

 RET

;*****

;Delay 1s

;*****

DELAY3: MOV R5,#0E0H

LOOP3: MOV R6,#0FFH

LOOP2: MOV R7,#07H

LOOP1: DJNZ R7,LOOP1

 DJNZ R6,LOOP2

 DJNZ R5,LOOP3

 RET

;*****

; Define Config Header TX for TRW

;*****

CONFIG_TEST_TX: DB 8EH,08H,1CH

CONFIG_LEN2_TX: DB 08H

CONFIG_LEN1_TX: DB 08H

CONFIG_ADDR2_TX: DB 0C0H,0AAH,55H,0AAH,55H

CONFIG_ADDR1_TX: DB 0AAH,55H,0AAH,55H,0AAH

CONFIG_NUMADDR_TX: DB 0A3H

CONFIG_RF_TX: DB 6FH

CONFIG_CH_TX: DB 0AH ;TX

;CONFIG_CH: DB 0BH ;RX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
*****  
;  
;           Define Config Header RX for TRW  
*****
```

```
CONFIG_TEST_RX:  DB 8EH,08H,1CH  
CONFIG_LEN2_RX:  DB 08H  
CONFIG_LEN1_RX:  DB 08H  
CONFIG_ADDR2_RX: DB 0C0H,0AAH,55H,0AAH,55H  
CONFIG_ADDR1_RX: DB 0AAH,55H,0AAH,55H,0AAH  
CONFIG_NUMADDR_RX:  DB 0A3H  
CONFIG_RF_RX:      DB 6FH
```

```
;CONFIG_CH:      DB 0AH ;TX  
CONFIG_CH_RX:    DB 0BH ;RX
```

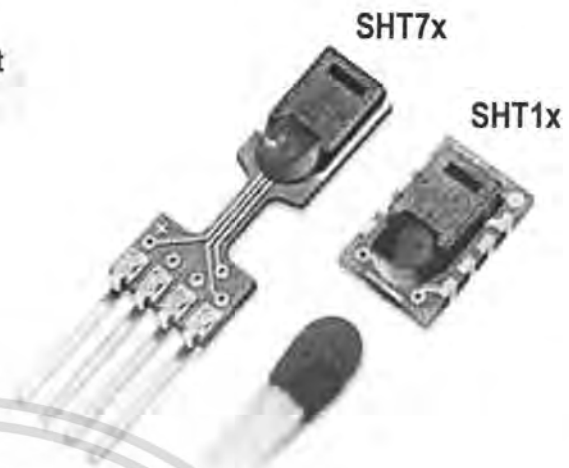


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SHT1x / SHT7x

Humidity & Temperature Sensor

Evaluation Kit Available



- _ Relative humidity and temperature sensors
- _ Dew point
- _ Fully calibrated, digital output
- _ Excellent long-term stability
- _ No external components required
- _ Ultra low power consumption
- _ Surface mountable or 4-pin fully interchangeable
- _ Small size
- _ Automatic power down

SHT1x / SHT7x Product Summary

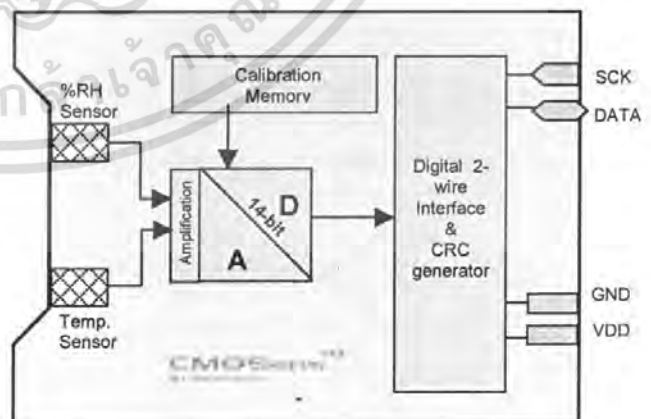
The SHTxx is a single chip relative humidity and temperature multi sensor module comprising a calibrated digital output. Application of industrial CMOS processes with patented micro-machining (CMOSens® technology) ensures highest reliability and excellent long term stability. The device includes a capacitive polymer sensing element for relative humidity and a bandgap temperature sensor. Both are seamlessly coupled to a 14bit analog to digital converter and a serial interface circuit on the same chip. This results in superior signal quality, a fast response time and insensitivity to external disturbances (EMC) at a very competitive price. Each SHTxx is individually calibrated in a precision humidity chamber with a chilled mirror hygrometer as reference. The

calibration coefficients are programmed into the OTP memory. These coefficients are used internally during measurements to calibrate the signals from the sensors. The 2-wire serial interface and internal voltage regulation allows easy and fast system integration. Its tiny size and low power consumption makes it the ultimate choice for even the most demanding applications. The device is supplied in either a surface-mountable LCC (Leadless Chip Carrier) or as a pluggable 4-pin single-in-line type package. Customer specific packaging options may be available on request.

Applications

- _ HVAC
- _ Automotive
- _ Consumer Goods
- _ Weather Stations
- _ (De-) Humidifiers
- _ Test & Measurement
- _ Data Logging
- _ Automation
- _ White Goods
- _ Medical

Block Diagram



Ordering Information

Part Number	Humidity accuracy [%RH]	Temperature accuracy [°C]	Package
SHT11	±3.5	±0.5 @ 25 °C	SMD (LCC)
SHT15	±2.0	±0.4 @ 5-40 °C	SMD (LCC)
SHT71	±3.5	±0.5 @ 25 °C	4-pin single-in-line
SHT75	±2.0	±0.4 @ 5-40 °C	4-pin single-in-line

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

1 Sensor Performance Specifications

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Humidity					
Resolution ⁽²⁾		0.5	0.03	0.03	%RH
		8	12	12	bit
Repeatability			±0.1		%RH
Accuracy ⁽¹⁾ Uncertainty	linearized	see figure 1			
Interchangeability		Fully interchangeable			
Nonlinearity	raw data		±3		%RH
	linearized		<<1		%RH
Range		0		100	%RH
Response time	1/e (63%) slowly moving air		4		s
Hysteresis			±1		%RH
Long term stability	typical		< 1		%RH/yr
Temperature					
Resolution ⁽²⁾		0.04	0.01	0.01	°C
		0.07	0.02	0.02	°F
		12	14	14	bit
Repeatability			±0.1		°C
			±0.2		°F
Accuracy		see figure 1			
Range		-40		123.8	°C
		-40		254.9	°F
Response Time	1/e (63%)	5		30	s

Table 1 Sensor Performance Specifications

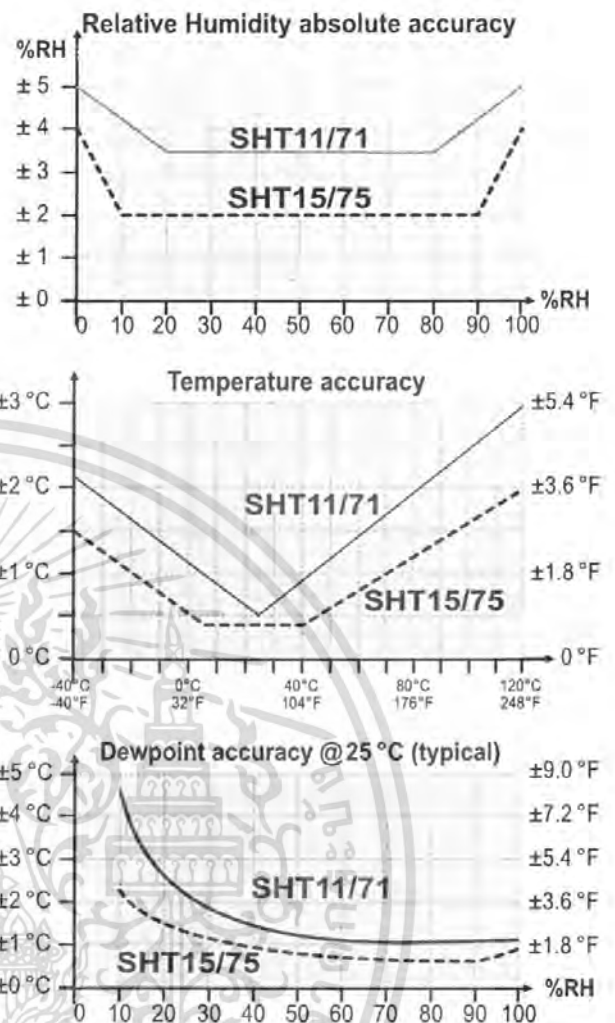


Figure 1 Rel. Humidity, Temperature and Dewpoint accuracies

2 Interface Specifications

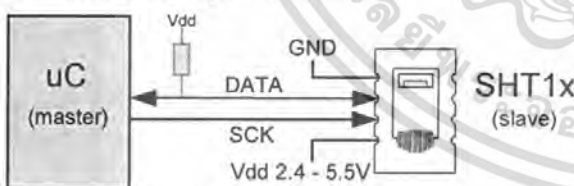


Figure 2 Typical application circuit

2.1 Power Pins

The SHTxx requires a voltage supply between 2.4 and 5.5 V. After powerup the device needs 11ms to reach its "sleep" state. No commands should be sent before that time. Power supply pins (VDD, GND) may be decoupled with a 100 nF capacitor.

2.2 Serial Interface (Bidirectional 2-wire)

The serial interface of the SHTxx is optimized for sensor readout and power consumption and is not compatible with I²C interfaces, see FAQ for details.

2.2.1 Serial clock input (SCK)

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

2.2.2 Serial data (DATA)

The DATA tristate pin is used to transfer data in and out of the device. DATA **changes after the falling edge** and is **valid on the rising edge** of the serial clock SCK. During transmission the DATA line must remain stable while SCK is high. To avoid signal contention the microcontroller should only drive DATA low. An external pull-up resistor (e.g. 10 kΩ) is required to pull the signal high. (See Figure 2) Pull-up resistors are often included in I/O circuits of microcontrollers. See Table 5 for detailed IO characteristics.

⁽¹⁾ Each SHTxx is tested to be fully within RH accuracy specifications at 25 °C (77 °F) and 48 °C (118.4 °F) ตีให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

⁽²⁾ The default measurement resolution of 14bit (temperature) and 12bit (humidity) can be reduced to 12 and 8 bit through the status register.

2.2.3 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.



Figure 3 "Transmission Start" sequence

The subsequent command consists of three address bits (only "000" is currently supported) and five command bits. The SHTxx 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 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 2 SHTxx list of commands

2.2.4 Measurement sequence (RH and T)

After issuing a measurement command ('00000101' for RH, '00000011' for Temperature) the controller has to wait for the measurement to complete. This takes approximately 11/55/210 ms for a 8/12/14bit measurement. The exact time varies by up to ±15% with the speed of the internal oscillator. To signal the completion of a measurement, the SHTxx pulls down the data line. The controller **must** wait for this "data ready" signal before starting to toggle SCK again.

Two bytes of measurement data and one byte of CRC checksum will then be transmitted. The uC 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 the measurement and communication have ended.

Warning: To keep self heating below 0.1 °C the SHTxx should not be active for more than 15% of the time (e.g. max. 3 measurements / second for 12bit accuracy).

2.2.5 Connection reset sequence

If communication with the device is lost the following signal sequence will reset its serial interface: While leaving DATA high, toggle SCK 9 or more times. 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.

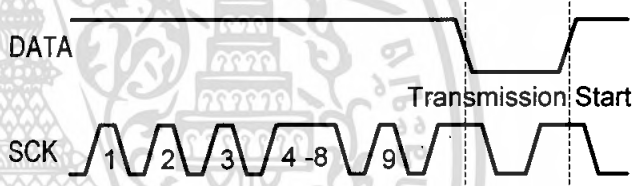


Figure 4 Connection reset sequence

2.2.6 CRC-8 Checksum calculation

The whole digital transmission is secured by a 8 bit checksum. It ensures that any wrong data can be detected and eliminated. Please consult application note "CRC-8 Checksum Calculation" for information on how to calculate the CRC.

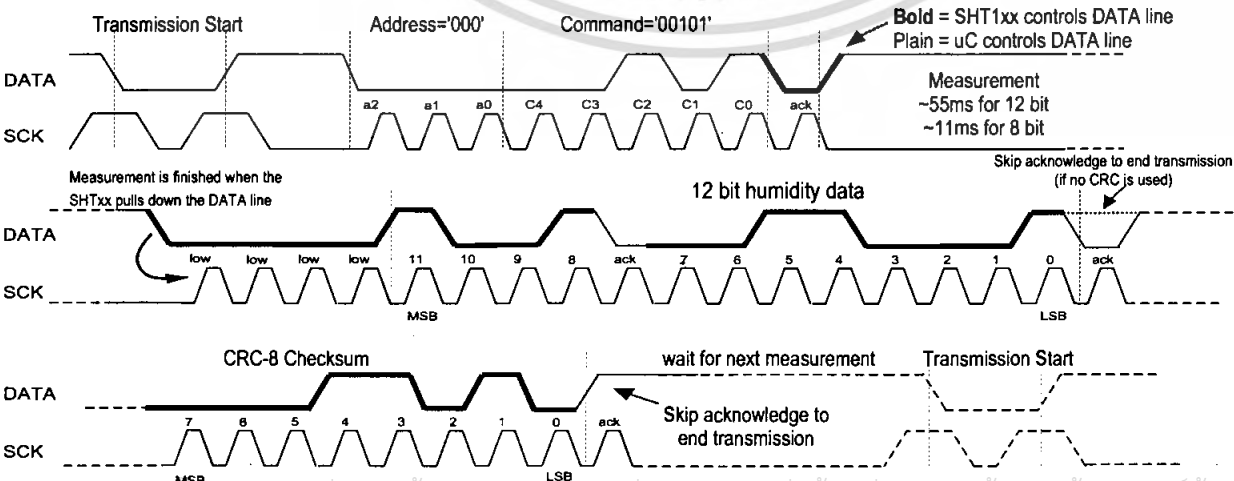


Figure 5 Example RH measurement sequence for value "0000'1001' 0011'0001"= 2353 = 75.79 %RH (without temperature compensation)

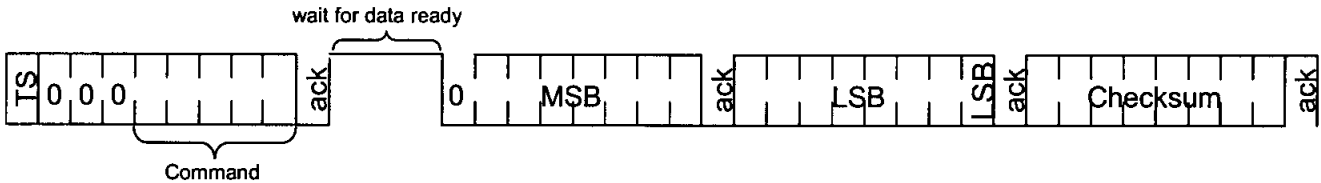


Figure 6 Overview of Measurement Sequence (TS = Transmission Start)

2.3 Status Register

Some of the advanced functions of the SHTxx are available through 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"

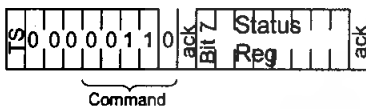


Figure 7 Status Register Write

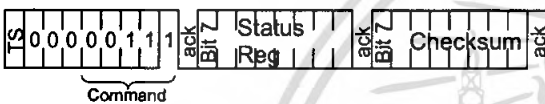


Figure 8 Status Register Read

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 Temperature resolution '0' = 12bit RH / 14bit Temperature resolution	0 12bit RH 14bit Temp.

Table 3 Status Register Bits

2.3.1 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.

2.3.2 End of Battery

The "End of Battery" function detects VDD voltages below 2.47 V. Accuracy is ±0.05 V

2.3.3 Heater

An on chip heating element can be switched on. It will increase the temperature of the sensor by approximately 5°C (9 °F). Power consumption will increase by ~8 mA @ 5 V.

Applications:

By comparing temperature and humidity values before and

after switching on the heater, proper functionality of both sensors can be verified.

- In high (>95 %RH) RH environments heating the sensor element will prevent condensation, improve response time and accuracy

Warning: While heated the SHTxx will show higher temperatures and a lower relative humidity than with no heating.

2.4 Electrical Characteristics⁽¹⁾

VDD=5V, Temperature = 25 °C unless otherwise noted

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Power supply DC		2.4	5	5.5	V
Supply current	measuring		550		µA
	average	2 ⁽²⁾	28 ⁽³⁾		µA
	sleep		0.3	1	µA
Low level output voltage		0		20% Vdd	
High level output voltage		75%		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 peak current	on			4	mA
	Tristated (off)		10		µA

Table 4 SHTxx DC Characteristics

	Parameter	Conditions	Min	Typ.	Max.	Unit
F _{SCK}	SCK frequency	VDD > 4.5 V			10	MHz
		VDD < 4.5 V			1	MHz
T _{RFO}	DATA fall time	Output load 5 pF	3.5	10	20	ns
		Output load 100 pF	30	40	200	ns
T _{CLx}	SCK hi/low time		100			ns
T _v	DATA valid time			250		ns
T _{SU}	DATA set up time		100			ns
T _{HO}	DATA hold time		0	10		ns
T _r /T _f	SCK rise/fall time			200		ns

Table 5 SHTxx I/O Signals Characteristics

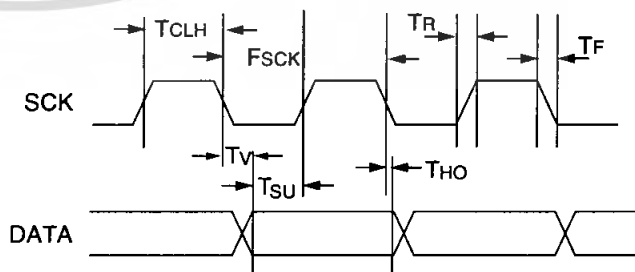


Figure 9 Timing Diagram

¹⁾ Parameters are periodically sampled and not 100% tested
²⁾ With one measurement of 8 bit accuracy without OTP reload per second
³⁾ With one measurement of 12bit accuracy per second

3 Converting Output to Physical Values

3.1 Relative Humidity

To compensate for the non-linearity of the humidity sensor and to obtain the full accuracy it is recommended to convert the readout with the following formula¹:

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

SO _{RH}	c ₁	c ₂	c ₃
12 bit	-4	0.0405	-2.8 * 10 ⁻⁶
8 bit	-4	0.648	-7.2 * 10 ⁻⁴

Table 6 Humidity conversion coefficients

For simplified, less computation intense conversion formulas see application note "RH and Temperature Non-Linearity Compensation".

The humidity sensor has no significant voltage dependency.

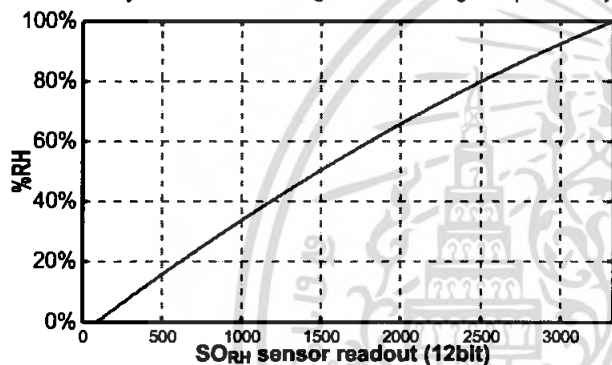


Figure 10 Conversion from SO_{RH} to relative humidity

3.1.1 Compensation of RH/Temperature dependency

For temperatures significantly different from 25 °C (~77 °F) the temperature coefficient of the RH sensor should be considered:

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

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

Table 7 Temperature compensation coefficients

This equals ~0.12 %RH / °C @ 50 %RH

3.2 Temperature

The bandgap PTAT (Proportional To Absolute Temperature) temperature sensor is very linear by design. Use the following formula to convert from digital readout to temperature:

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

VDD	d ₁ [°C]	d ₁ [°f]
5V	-40.00	-40.00
4V	-39.75	-39.50
3.5V	-39.66	-39.35
3V	-39.60	-39.28
2.5V	-39.55	-39.23

SO _T	d ₂ [°C]	d ₂ [°f]
14bit	0.01	0.018
12bit	0.04	0.072

Table 8 Temperature conversion coefficients

For improved accuracies in extreme temperatures with more computation intense conversion formulas see application note "RH and Temperature Non-Linearity Compensation".

3.3 Dewpoint

Since humidity and temperature are both measured on the same monolithic chip, the SHTxx allows superb dewpoint measurements. See application note "Dewpoint calculation" for more.

¹ Where SO_{RH} is the sensor output for relative humidity

4 Applications Information

4.1 Operating and Storage Conditions

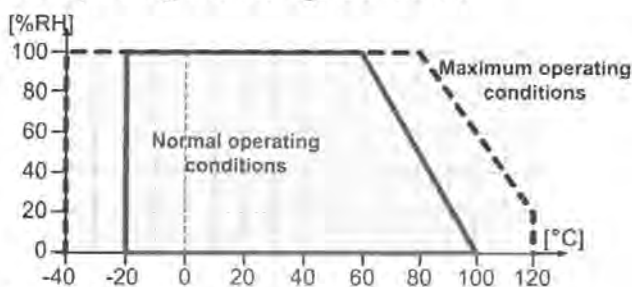


Figure 11 Recommended operating conditions

Conditions outside the recommended range may temporarily offset the RH signal up to ± 3 %RH. After return to normal conditions it will slowly return towards calibration state by itself. See 4.3 "Reconditioning Procedure" to accelerate this process. Prolonged exposure to extreme conditions may accelerate ageing.

4.2 Exposure to Chemicals

Vapors may interfere with the polymer layers used for capacitive humidity sensors. The diffusion of chemicals into the polymer may cause a shift in both offset and sensitivity. In a clean environment the contaminants will slowly outgas. The reconditioning procedure described below will accelerate this process.

High levels of pollutants may cause permanent damage to the sensing polymer.

4.3 Reconditioning Procedure

The following reconditioning procedure will bring the sensor back to calibration state after exposure to extreme conditions or chemical vapors.

80-90 °C (176-194°F) at < 5 %RH for 24h (baking) followed by 20-30 °C (70-90°F) at > 74 %RH for 48h (re-hydration)

4.4 Qualifications

Extensive tests were performed in various environments. Please contact SENSIRION for additional information.

Environment	Norm	Results ⁽¹⁾
Temperature Cycles	JESD22-A104-B -40 °C / 125°C, 1000cy	Within Specifications
HAST Pressure Cooker	JESD22-A110-B 2.3bar 125°C 85%RH	Reversible shift by +2 %RH
Salt Atmosphere	DIN-50021ss	Within Spec.
Condensing Air	-	Within Spec.
Freezing cycles fully submerged	-20 / +90°C, 100cy 30min dwell time	Reversible shift by +2 %RH
Various Automotive Chemicals	DIN 72300-5	Within Specifications
Cigarette smoke	Equivalent to 15years in a mid-size car	Within Specifications

Table 9 Qualification tests (excerpt)

⁽¹⁾ The temperature sensor passed all tests without any detectable drift. Package and electronics also passed 100%

4.5 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 $T_{amb} = 80$ °C according to JEDEC 17.

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

4.6 Temperature Effects

The relative humidity of a gas strongly depends on its temperature. It is therefore essential to keep humidity sensors at the same temperature as the air of which the relative humidity is to be measured.

If the SHTxx shares a PCB with electronic components that give off heat it should be mounted far away and below the heat source and the housing must remain well ventilated.

To reduce heat conduction copper layers between the SHT1x and the rest of the PCB should be minimized and a slit may be milled in between. (See figure 14)

4.7 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:

All 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 are recommended.

4.8 Membranes

A membrane can be used to prevent dirt from entering the housing and to protect the sensor. It will also reduce peak concentrations of chemical vapors. For optimal response times air volume behind the membrane must be kept to a minimum.

4.9 Light

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

4.10 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. Please see the application note "ESD, Latchup and EMC" for more information.

Power supply pins (VDD, GND) should be decoupled with a 100 nF capacitor if wires are used.

5 Package Information

5.1 SHT1x (surface mountable)

Pin	Name	Comment
1	GND	Ground
2	DATA	Serial data, bidirectional
3	SCK	Serial clock, input
4	VDD	Supply 2.4 – 5.5 V
	NC	Remaining pins must be left unconnected

Table 10 SHT1x Pin Description

5.1.1 Package type

The SHT1x is supplied in a surface-mountable LCC (Leadless Chip Carrier) type package. The sensors housing consists of a Liquid Crystal Polymer (LCP) cap with epoxy glob top on a standard 0.8 mm FR4 substrate. The device is free of lead, Cd and Hg.

Device size is 7.42 x 4.88 x 2.5 mm (0.29 x 0.19 x 0.1 inch)
Weight 100 mg

The production date is printed onto the cap in white numbers in the form wwy. e.g. "351" = week 35, 2001.

5.1.2 Delivery Conditions

The SHT1x are shipped in standard IC tubes by 80 units per tube or in 12mm tape. Reels are individually labelled with barcode and human readable labels.

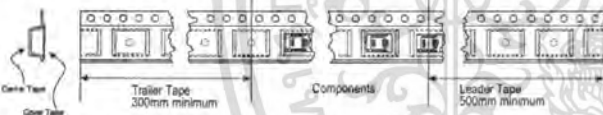


Figure 12 Tape configuration and unit orientation

5.1.3 Mounting Examples

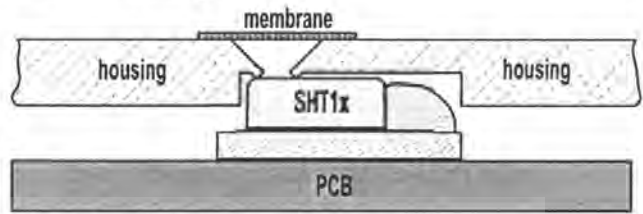


Figure 13 SHT1x housing mounting example

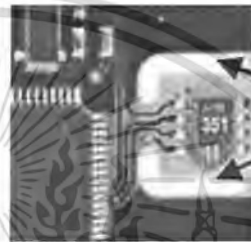


Figure 14 SHT1x PCB Mounting example

5.1.4 Soldering Information

Standard reflow soldering ovens may be used at maximum 235 °C for 20 seconds.

For manual soldering contact time must be limited to 5 seconds at up to 350 °C.

After soldering the devices should be stored at >74 %RH for at least 24h to allow the polymer to rehydrate.

Please consult the application note "Soldering procedure" for more information.

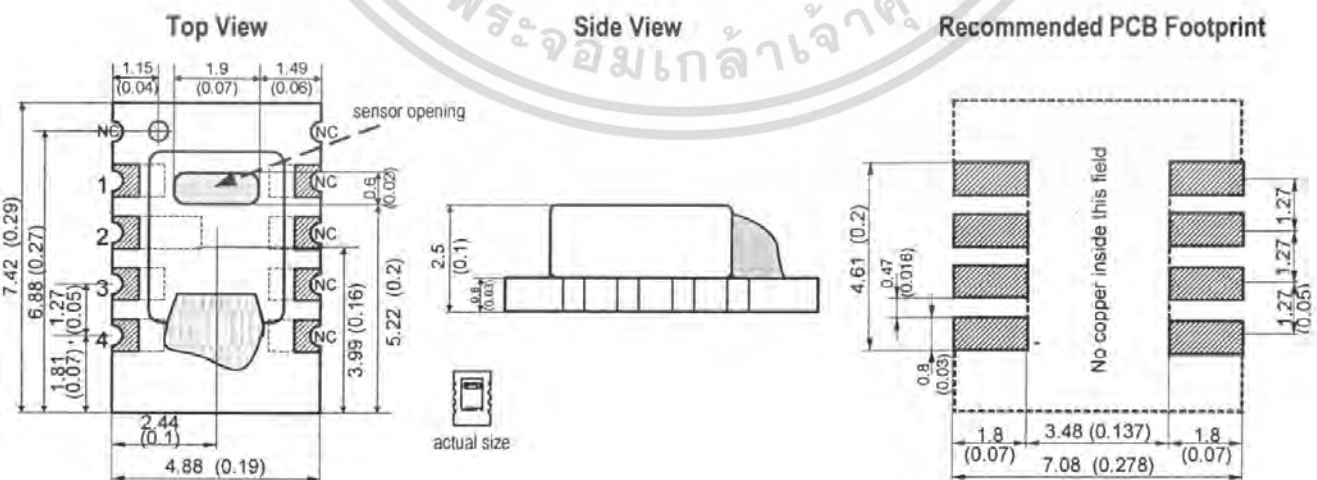


Figure 15 SHT1x drawing and footprint dimensions in mm (inch)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

5.2 SHT7x (4-pin single-in-line)

Pin	Name	Comment
1	SCK	Serial clock input
2	VDD	Supply 2.4 – 5.5 V
3	GND	Ground
4	DATA	Serial data bidirectional

Table 11 SHT7x Pin Description

5.2.1 Package type¹

The device is supplied in a single-in-line pin type package. The sensor housing consists of a Liquid Crystal Polymer (LCP) cap with epoxy glob top on a standard 0.6 mm FR4 substrate. The device is Cd and Hg free.

The sensor head is connected to the pins by a small bridge to minimize heat conduction and response times. The gold plated back side of the sensor head is connected to the GND pin.

A 100nF capacitor is mounted on the back side between VDD and GND.

All pins are gold plated to avoid corrosion. They can be soldered or mate with most 1.27 mm (0.05") sockets e.g.: Preci-dip / Mill-Max 851-93-004-20-001 or similar
Total weight: 168 mg, weight of sensor head: 73 mg

The production date is printed onto the cap in white numbers in the form ww.y. e.g. "351" = week 35, 2001.

5.2.2 Delivery Conditions

The SHT7x are shipped in 32 mm tape. These reeled parts in standard option are shipped with 500 units per 13 inch diameter reel. Reels are individually labelled with barcode and human readable labels.

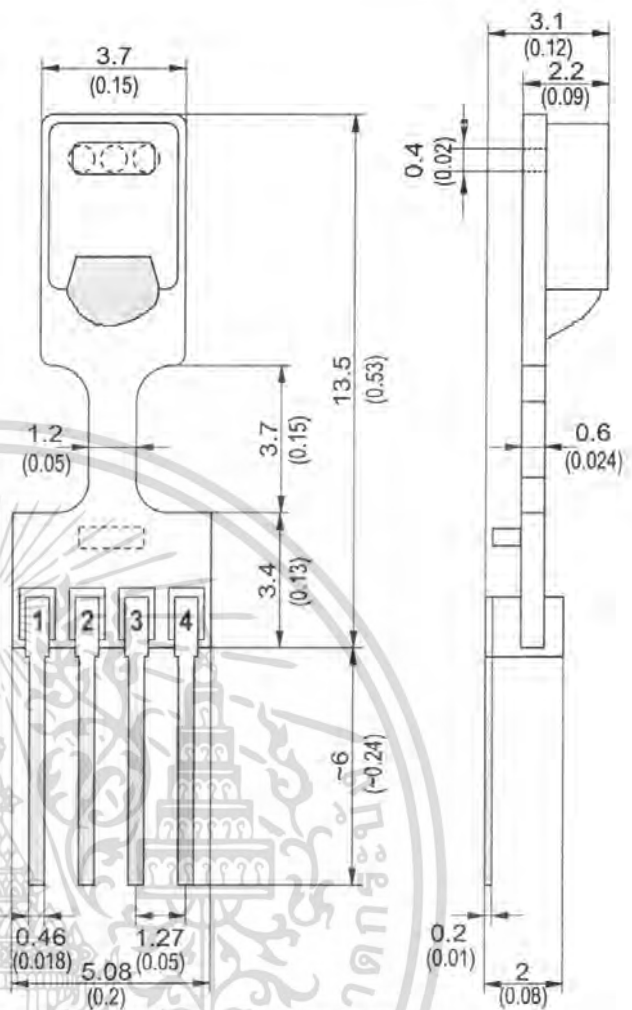


Figure 17 SHT7x dimensions in mm (inch)

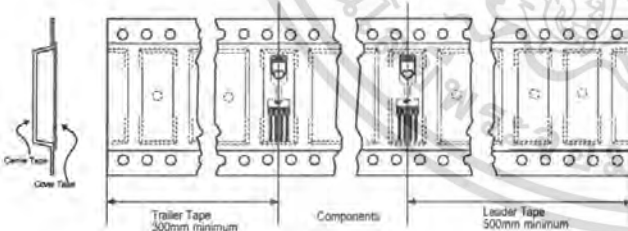


Figure 16 Tape configuration and unit orientation

5.2.3 Soldering Information

Standard wave SHT7x soldering ovens may be used at maximum 235 °C for 20 seconds.

For manual soldering contact time must be limited to 5 seconds at up to 350 °C.

After wave soldering the devices should be stored at >74 %RH for at least 24h to allow the polymer to rehydrate.

Please consult the application note "Soldering procedure" for more information.

¹ Other packaging options may be available on request.

6 Revision history

Date	Version	Page(s)	Changes
February 2002	Preliminary	1-9	First public release
June 2002	Preliminary		Added SHT7x information
March 2003	Final v2.0	1-9	Major remake, added application information etc. Various small modifications

The latest version of this document and all application notes can be found at:
www.sensirion.com/en/download/humiditysensor/SHT11.htm

7 Important Notices

7.1 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. Failure to comply with these instructions could result in death or serious injury.

Should buyer purchase or use SENSIRION AG products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SENSIRION AG and its officers, employees, subsidiaries, affiliates and distributors harmless 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 such claim alleges that SENSIRION AG was negligent regarding the design or manufacture of the part.

7.2 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 normal ESD precautions when handling this product.

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

7.3 Warranty

SENSIRION AG makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its product for any particular purpose, nor does SENSIRION AG assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters can and do vary in different applications. All operating parameters, including "Typical" must be validated for each customer applications by customer's technical experts.

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

Copyright© 2001-2003, SENSIRION AG.
 All rights reserved.

Headquarters and Sales Office

SENSIRION AG
 Eggbühlstr. 14
 P.O. Box
 CH-8052 Zürich
 Switzerland

Phone: + 41 (0)1 306 40 00
 Fax: + 41 (0)1 306 40 30
 e-mail: info@sensirion.com
<http://www.sensirion.com/>

Czujniki temperatury i wilgotności rozprowadza:
 ELEKTRO-SYSTEM s.c.
 99-300 Kutno, ul. Sienkiewicza 25
 tel. +48 (024) 355-05-73 www.elektro-system.pl
 email: mail@elektro-system.pl
 POLSKA
sklep@elektro-system.pl