



การควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

MICROCONTROLLER-BASED ORCHID WATERING CONTROL



นายชัยรัตน์ ทัดเศษ รหัส 50360784

นายฐนันทร ยาคคล้าย รหัส 50364522

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 1/1 ส.ค. 2555
เลขทะเบียน..... 10729191
เลขเรียกหนังสือ..... นร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ๖4240

2557

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดัตุตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร


ปีการศึกษา 2553

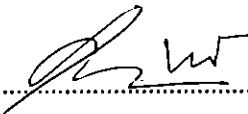


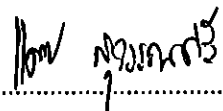
## ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ การควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์  
ผู้ดำเนินโครงการ นายชัชรัตน์ ทัดเศษ รหัส 50360784  
นายฐนันทร ยากกล้วย รหัส 50364522  
ที่ปรึกษาโครงการ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์  
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า  
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์  
ปีการศึกษา 2553

.....  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

  
.....ที่ปรึกษาโครงการ  
(ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์)

  
.....กรรมการ  
(ดร. สุทวารณ พลพิทักษ์ชัย)

  
.....กรรมการ  
(ดร. แคทรียา สุวรรณศรี)

ชื่อหัวข้อโครงการ	การควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์	
ผู้ดำเนินโครงการ	นายชัยรัตน์ ทัดเศษ	รหัส 50360784
	นายฐนันทร ยากสัย	รหัส 50364522
ที่ปรึกษาโครงการ	ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า	
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์	
ปีการศึกษา	2553	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอโครงการเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้ แนวคิดในการดำเนินโครงการมาจากการความนิยมของเกษตรกรในการเพาะปลูกกล้วยไม้เป็นอาชีพ ซึ่งกล้วยไม้เป็นพืชที่ต้องการการดูแลเป็นอย่างดีและต้องการน้ำปริมาณมาก จึงทำให้เกษตรกรเสียเวลาและค่าใช้จ่ายไปกับการรดน้ำกล้วยไม้ โครงการนี้ได้สร้างชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้โดยใช้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและเวลาเป็นเงื่อนไขการรดน้ำ ในที่นี้ได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลและควบคุมการทำงานของรีเลย์เพื่อเปิดปิด วาล์วโซลินอยด์สำหรับการรดน้ำผ่านทางสปริงเกอร์ ส่งผลให้การรดน้ำเป็นไปอย่างอัตโนมัติและเหมาะสมกับสภาพอากาศในแต่ละฤดูกาล จึงช่วยอำนวยความสะดวกและลดค่าใช้จ่ายให้แก่เกษตรกร

**Project title**                      Microcontroller-Based Orchid Watering Control

**Name**                                Mr. Chairat    Tudses                      ID. 50360784

   Mr. Tanandon   Yaklay                      ID. 50364522

**Project advisor**                      Mr. Niphat Jantharamin, Ph.D.

**Major**                                    Electrical Engineering

**Department**                          Electrical and Computer Engineering

**Academic year**                      2010

---

### Abstract

This thesis presents an application of microcontroller for orchid watering control. The idea of carrying out this project arose from the fact that people are increasingly interested to do orchid business for a living. Since orchids need good care and demand much water, people spend a lot of time and money on orchid watering. In this project, a orchid watering controller is developed, in which the watering process is dictated by the relative humidity and time. Hereby, a microcontroller controls a relay that operates a solenoid valve for watering via a sprinkler. This automatic watering control could be suitable for the climate in each season, and therefore offers comfort as well as a time and money saving.

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ และให้ความกรุณาในการตรวจทานปริญญาานิพนธ์ คณะผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอระลึกถึงความกรุณาของท่านไว้ตลอดไป

นอกจากนี้ยังต้องขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ยืมอุปกรณ์และเครื่องมือวัดมาใช้งาน จนทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

ขอขอบคุณ คุณนงนุช เต็งโล่ง ที่ให้ยืมเครื่องมือวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ TFA Dostmann ECO Solar เพื่อนำมาทดสอบการอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศของชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้

เหนือสิ่งอื่นใด คณะผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ผู้มอบความรัก ความเมตตา สติปัญญา รวมทั้งเป็นผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างตั้งแต่วัยเยาว์จนถึงปัจจุบัน คอยเป็นกำลังใจทำให้ประสบความสำเร็จอย่างทุกวันนี้ และขอขอบคุณทุกๆคนในครอบครัวของคณะผู้ดำเนินโครงการที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายชัยรัตน์ ทัดเศษ

นายฐนันทร ยากล้าย

# สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	1
1.4 ขั้นตอนและแผนดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ.....	2
1.6 งบประมาณ.....	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....	4
2.1 กล้วยไม้อากาศ.....	4
2.1.1 กล้วยไม้สกุลช้าง.....	4
2.2 การปลูกกล้วยไม้ภายในโรงเรือน.....	5
2.3 ปัจจัยธรรมชาติที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้.....	5
2.3.1 ความชื้นที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้.....	6
2.3.2 อุณหภูมิที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้.....	6
2.3.3 ฤดูกาลที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้.....	6
2.3.4 เวลาที่เหมาะสมในการรดน้ำกล้วยไม้.....	7
2.4 สภาพอากาศของประเทศไทยในแต่ละฤดูกาล.....	7
2.4.1 ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศของประเทศไทยในแต่ละฤดูกาล.....	7
2.4.2 อุณหภูมิของประเทศไทยในแต่ละฤดูกาล.....	9

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.3 เวลาดวงอาทิตย์ขึ้นของประเทศไทยในแต่ละฤดูกาล .....	10
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	10
2.5.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR.....	11
2.5.2 ขาพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต .....	12
2.6 อุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	14
2.6.1 โมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและอุณหภูมิ.....	14
2.6.2 วาล์วโซลินอยด์ .....	16
2.6.3 รีเลย์ควบคุม .....	17
2.6.4 ไอซีฐานเวลาจริง .....	17
2.7 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมการสั่งงานในไมโครคอนโทรลเลอร์.....	19
2.7.1 ภาษาสั่งงานคอมพิวเตอร์.....	19
2.7.2 ภาษาซีกับไมโครคอนโทรลเลอร์ .....	20
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินการโครงงาน .....</b>	<b>21</b>
3.1 แผนผังการดำเนินงาน.....	21
3.1.1 การทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ .....	21
3.1.2 หลักการทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ .....	22
3.2 ระบบชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ .....	23
3.2.1 ระบบประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ATMEGA32 .....	25
3.2.2 วงจรคุมค่าแรงดัน.....	26
3.2.3 ระบบส่งผ่านข้อมูล.....	27
3.2.4 ระบบการอ่านข้อมูลของโมดูลวัดความชื้นและอุณหภูมิ.....	28
3.2.5 ระบบการอ่านข้อมูลไอซีฐานเวลาจริง.....	28
3.2.6 ระบบสวิตช์เปิดปิดโดยใช้รีเลย์ .....	29
3.3 โครงสร้างชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ .....	30
3.4 การเขียนโปรแกรมฐานเวลาจริงและโมดูลวัดความชื้น.....	31
3.4.1 การเขียนโปรแกรมฐานเวลาจริง.....	31
3.4.2 การเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อโมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ .....	33

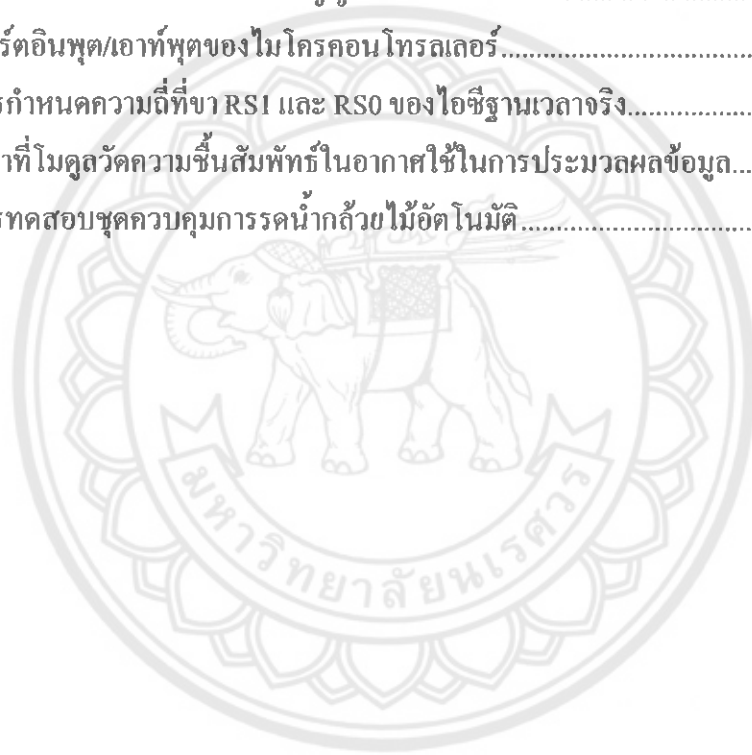
## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4.3 ขั้นตอนการนำโปรแกรมลงบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ .....	35
บทที่ 4 ผลการทดสอบ.....	38
4.1 การอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศของโมดูล.....	38
4.2 ความสามารถในการทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ.....	40
4.2.1 การติดตั้งแบบจำลองการรดน้ำกล้วยไม้ในโรงเรือน .....	41
4.2.2 การทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ .....	42
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	47
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ.....	47
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข .....	48
5.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป.....	48
เอกสารอ้างอิง.....	50
ภาคผนวก ก รหัสต้นฉบับของ โปรแกรมควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้.....	51
ภาคผนวก ข รายละเอียดของไอซีหมายเลข ATMEGA32.....	63
ภาคผนวก ค รายละเอียดของ โมดูลวัดความชื้นและอุณหภูมิ SHT11.....	69
ภาคผนวก ง รายละเอียดของไอซีฐานเวลาจริง.....	81
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ .....	94



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สถิติความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของประเทศไทยในแต่ละฤดูกาล .....	8
2.3 สถิติอุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) ของประเทศไทยในแต่ละฤดูกาล .....	10
2.4 สถิติเวลาดวงอาทิตย์ขึ้นสูงสุดของประเทศไทยในแต่ละฤดูกาล.....	10
2.5 ข้อมูลของโมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ.....	15
2.6 รายละเอียดการจัดการของขาสัญญาณ.....	19
3.1 พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	26
3.2 การกำหนดความถี่ที่ขา RSI และ RSO ของไอซีฐานเวลาจริง.....	32
3.3 เวลาที่โมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศใช้ในการประมวลผลข้อมูล.....	34
4.1 การทดสอบชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ.....	46



## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 กราฟความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของประเทศไทย .....	9
2.3 แผนภาพกรอบไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ATMEGA32.....	11
2.4 ขาพอร์ตไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ATMEGA32 .....	13
2.5 โครงสร้างของโมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและอุณหภูมิ .....	14
2.6 วาล์วโซลินอยด์ยี่ห้อ FUDI รุ่น FCD .....	16
2.7 สถานะการทำงานของรีเลย์ .....	17
2.8 ลักษณะภายนอกของไอซีฐานเวลาจริง.....	18
2.9 ขาคือใช้งานของไอซีฐานเวลาจริง.....	18
3.1 แผนผังระบบชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ.....	21
3.2 แผนผังหลักการทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำ.....	22
3.3 ระบบชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ .....	24
3.4 ระบบประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ .....	25
3.5 ตัวคุมค่าแรงดันของไมโครคอนโทรลเลอร์ .....	26
3.6 ระบบส่งผ่านข้อมูลแบบ RS 232 ผ่านทางไอซี MAX232 .....	27
3.7 ระบบการอ่านข้อมูลของ โมดูลวัดความชื้นและอุณหภูมิ .....	28
3.8 ระบบไอซีฐานเวลาจริง.....	29
3.9 ระบบสวิทช์เปิดปิดโดยใช้รีเลย์.....	29
3.10 ส่วนประกอบของชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ .....	30
3.11 ตำแหน่งของนาฬิกาและหน่วยความจำของไอซีฐานเวลาจริง .....	31
3.12 โครงสร้างหน่วยความจำภายในของไอซีฐานเวลาจริง .....	32
3.13 แผนภาพกรอบการเขียนข้อมูลลงไอซีฐานเวลาจริง.....	33
3.14 แผนภาพกรอบการอ่านข้อมูลลงไอซีฐานเวลาจริง .....	33
3.15 หน้าต่างโปรแกรม Codevision AVR .....	36
3.16 การตรวจสอบข้อผิดพลาดในตัวโปรแกรม.....	36
4.1 การอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ของโมดูลในช่วงความชื้นเพิ่มขึ้น .....	39
4.2 การอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ของ โมดูลในช่วงความชื้นลดลง.....	39
4.3 การติดตั้งชุดทดลองการรดน้ำกล้วยไม้ในโรงเรือน.....	41
4.4 การทดสอบช่วงเข้าที่ความชื้น 60-74 เปอร์เซ็นต์.....	42

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 การทดสอบช่วงเช้าที่ความชื้นน้อยกว่า 60 เปอร์เซ็นต์.....	43
4.6 การทดสอบช่วงเช้าที่ความชื้นมากกว่า 74 เปอร์เซ็นต์.....	44
4.7 การทดสอบช่วงบ่ายที่ความชื้นน้อยกว่า 55 เปอร์เซ็นต์.....	45
4.8 การทดสอบช่วงบ่ายที่ความชื้นมากกว่าหรือเท่ากับ 55 เปอร์เซ็นต์.....	45



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันความนิยมของเกษตรกรในการเพาะปลูกกล้วยไม้เป็นอาชีพมีสูงขึ้น แต่เนื่องจากกล้วยไม้เป็นพืชที่ต้องการน้ำสูงและต้องมีการดูแลเป็นอย่างดี และเกษตรกรส่วนใหญ่ได้เลือกใช้วิธีการรดน้ำกล้วยไม้จากสายยางและใช้สปริงเกอร์ (Sprinkler) ซึ่งต้องใช้เวลาและแรงงานคน จึงทำให้เสียเวลาในการเลี้ยงดูกล้วยไม้ ดังนั้นการเปิดปิดระบบรดน้ำกล้วยไม้โดยอัตโนมัติจะช่วยให้เกษตรกรไม่ต้องเสียเวลากับการรดน้ำกล้วยไม้ และช่วยลดปริมาณการใช้น้ำในโรงเรือนกล้วยไม้ จากการศึกษาพบว่าปัจจัยสำคัญในการดูแลกล้วยไม้คือความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและช่วงเวลาในการรดน้ำ ดังนั้นการควบคุมการรดน้ำโดยขึ้นอยู่กับค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและเวลาจึงเป็นแนวคิดในการพัฒนาชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้

ดังนั้นในโครงการนี้จึงได้สร้างชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้โดยใช้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและเวลาเป็นเงื่อนไขการรดน้ำ ในที่นี่ได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลและควบคุมการทำงานของรีเลย์เพื่อเปิดปิดวาล์วโซลินอยด์สำหรับการรดน้ำผ่านทางสปริงเกอร์ให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่เหมาะสมแก่กล้วยไม้ ส่งผลให้การรดน้ำเป็นไปอย่างอัตโนมัติและเหมาะสมกับสภาพอากาศในแต่ละฤดูกาล เพื่ออำนวยความสะดวกและลดค่าใช้จ่ายให้แก่เกษตรกร

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและเวลาเป็นเงื่อนไขในการเปิดปิดน้ำ

### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1) สร้างชุดควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของรีเลย์เพื่อเปิดปิดวาล์วโซลินอยด์สำหรับการรดน้ำผ่านทางสปริงเกอร์
- 2) ใช้ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและเวลาเป็นเงื่อนไขในการรดน้ำ
- 3) ทดสอบการทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำที่สร้างขึ้น

#### 1.4 ขั้นตอนและแผนดำเนินงาน

รายละเอียด	ปี 2553							ปี 2554		
	มี.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1) ศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	■	■								
2) ศึกษาและเลือกอุปกรณ์เพื่อใช้ในโครงการ			■	■						
3) ออกแบบและจัดทำชิ้นงาน					■	■				
4) เขียนโปรแกรมในการเปิดปิดน้ำของเครื่องรดน้ำอัตโนมัติ					■	■				
5) ทดสอบและปรับปรุงวงจร							■	■		
6) สรุปผลและจัดทำรูปเล่มปฏิญานิพนธ์								■	■	■

#### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

ชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้ที่สร้างขึ้นในโครงการนี้เพิ่มความสะดวกสบายในการดูแลกล้วยไม้ให้กับเกษตรกรหรือผู้ที่ชื่นชอบการเลี้ยงดูกล้วยไม้ การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการรดน้ำช่วยลดค่าแรงงานในการดูแลกล้วยไม้ ในขณะที่การใช้จ่ายความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและเวลาที่เหมาะสมเป็นเงื่อนไขในการรดน้ำส่งผลให้ประหยัดน้ำ นอกจากนี้เกษตรกรยังสามารถใช้เวลาว่างจากการรดน้ำกล้วยไม้ไปทำกิจกรรมอื่น ๆ เพิ่มขึ้นได้

## 1.6 งบประมาณ

1) โมดูล SHT11 วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์	700 บาท
2) ไอซีฐานเวลาจริง DS1307	100 บาท
3) อุปกรณ์สร้างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์	300 บาท
4) วาล์วโซลินอยด์	200 บาท
5) สปริงเกอร์และสายยาง	100 บาท
6) อุปกรณ์สร้างบอร์ดรีเลย์	200 บาท
7) ค่าถ่ายเอกสารและเช่าเล่มปริญญาบัตร	500 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (สองพันหนึ่งร้อยบาทถ้วน)	<u>2,100</u> บาท
หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ	



## บทที่ 2

### หลักการและทฤษฎี

ในบทนี้ทางผู้ดำเนิน โครงการงาน ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการเป็นอยู่ของกล้วยไม้แต่ละชนิด เราจึงได้แบ่งกลุ่มของกล้วยไม้โดยอาศัยการเจริญเติบโตอยู่ในธรรมชาติของกล้วยไม้ ซึ่งมีอยู่ 2 ประเภทคือ กล้วยไม้อากาศ (Epiphyte orchid) และกล้วยไม้ดิน (Terrestrial orchid) ในโครงการงานนี้เราได้เลือกกล้วยไม้อากาศนำมาเป็นกล้วยไม้ที่เราใช้ในการทดลองและกล้วยไม้ประเภทนี้ ยังเป็นที่นิยมของตลาด โครงการงานนี้ได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้ในการรดน้ำกล้วยไม้โดยใช้ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและเวลาเป็นตัวกำหนดการเปิดปิดของวาล์วน้ำ จึงได้เสนอหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ พร้อมทั้งหลักการของภาษาซี ซึ่งเป็นภาษาที่เลือกมาใช้เขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ

#### 2.1 กล้วยไม้อากาศ

กล้วยไม้อากาศคือ กล้วยไม้ที่เกาะอาศัยอยู่บนต้นไม้อื่น ๆ โดยมีรากเกาะติดกับกิ่งไม้หรือลำต้น กล้วยไม้อากาศได้รับอาหารจากสารอินทรีย์วัตถุ รากกล้วยไม้อากาศชอบการถ่ายเทอากาศและการระบายน้ำที่ดี ผิวนอกของรากมีสารคล้ายฟองน้ำห่อหุ้มอยู่ซึ่งเรียกว่า “Velamen” ทำหน้าที่อุ้มน้ำจากน้ำฝนและน้ำค้างเก็บไว้เพื่อป้องกันการขาดน้ำ ป้องกันเนื้อเยื่อภายในได้รับบาดเจ็บและช่วยยึดเกาะติดกับต้นไม้ นอกจากนี้รากกล้วยไม้มีคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) จึงสามารถสังเคราะห์แสงได้ กล้วยไม้อากาศชนิดที่ต้องการแสงแดดที่มีความเข้มสูงจะเจริญอยู่บริเวณยอดและกิ่งบนของต้นไม้ที่เกาะอยู่ ส่วนกล้วยไม้อากาศชนิดที่ต้องการแสงแดดความเข้มต่ำรวมทั้งพวกที่ไม่สามารถทนต่อสภาพแล้งก็จะเจริญอยู่ส่วนล่างของต้นไม้ที่มันเกาะอยู่นอกจากนี้กล้วยไม้อากาศบางชนิดพบขึ้นอยู่บนหน้าผา ซอกหิน หรือท่อนไม้ซุง

กล้วยไม้อากาศมีอยู่หลายสกุลแต่ในโครงการงานนี้เราได้เลือกกล้วยไม้สกุลช้างมาทำการทดลอง เนื่องจากเป็นกล้วยไม้ที่มีราคาถูก ดูแลรักษาง่ายและยังเป็นที่ต้องการของตลาด

##### 2.1.1 กล้วยไม้สกุลช้าง

กล้วยไม้ช้างมีถิ่นกำเนิดในประเทศไทย พม่า ทางตอนใต้ของจีน ประเทศในแถบอินโดจีน อินโดนีเซียและหมู่เกาะทะเลจีนใต้ สำหรับในประเทศไทยพบการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติในแถบภาคเหนือ เช่น เชียงใหม่ เชียงราย เป็นต้น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น หนองคาย

มุกดาหาร สกลนคร เลย นครราชสีมา เป็นต้น ต่ำลงมาจนถึงตอนเหนือของภาคกลาง เช่น นครสวรรค์ ชัยนาท เป็นต้น และภาคตะวันออก เช่น ปราจีนบุรี กาญจนบุรี เป็นต้น พบการกระจายทั่วไปในป่าที่มีระดับความสูงประมาณ 260-350 เมตรจากระดับน้ำทะเล

กล้วยไม้สกุลช้าง เป็นกล้วยไม้ที่มีการซื้อขายผลผลิตตลาดในประเทศสูง หากส่งเสริมให้ใช้กล้วยไม้สกุลช้างในโอกาสต่าง ๆ กันมากขึ้น เช่น งานวันสำคัญทางศาสนา งานเทศกาลที่ใช้เป็นพืชมงคล ประดับสถานที่ในบริเวณงาน ใช้เป็นเครื่องประดับของสตรีที่ไปร่วมงานเทศกาล การตกแต่งภายในอาคาร เช่น โต๊ะทำงาน โต๊ะรับแขก โต๊ะประชุม โต๊ะอาหาร เป็นต้น จะทำให้มีสีสันและความสดชื่นให้แก่อาคารและผู้ที่อยู่ในอาคาร ซ่อดอกกล้วยไม้สกุลช้างอาจตัดมาปักแจกันหรือวัสดุตกแต่งให้เป็นของขวัญ ของที่ระลึก มีค่าเหมาะสำหรับเป็นของขวัญในงานใหญ่ ๆ

กล้วยไม้สกุลช้างจะเจริญเติบโตได้ดีในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศประมาณ 60-80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนบริเวณรากควรมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศแต่ไม่เปียกและไม่ควรรดน้ำบ่อยเกินไปจนรากไม่มีโอกาสที่จะแห้ง กล้วยไม้ที่ได้รับความชื้นมากเกินไปมีโอกาสตายได้มากกว่ากล้วยไม้ที่ขาดน้ำ กล้วยไม้สกุลช้างจะเจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิประมาณ 25-35 องศาเซลเซียส

## 2.2 การปลูกกล้วยไม้ภายในโรงเรือน

การสร้างโรงเรือนสำหรับปลูกกล้วยไม้ไม่ควรมีขนาดเล็กจนเกินไป เนื่องจากโรงเรือนมีขนาดเล็กจะทำงานได้ไม่สะดวก อับทึบ อากาศไม่ถ่ายเท ต้นและดอกจะอยู่ใกล้กันและแน่นจนเกินไป ยากแก่การดูแลรักษาและช่วยส่งเสริมการแพร่กระจายของโรคและแมลง

สำหรับโรงเรือนที่มีการปลูกกล้วยไม้แบบใช้ลวดแขวนจะใช้เสาปูนขนาด 4 x 4 นิ้วยาว 2.5 เมตร โดยฝังเสาลึกประมาณ 50 เซนติเมตร ใช้ท่อขนาด 1 นิ้ว วางพาดระหว่างหัวเสาซึ่งมีความสูง 1.80 เมตร แล้ววางท่อน้ำเพื่อใช้แขวนต้นไม้ซึ่งกล้วยไม้จะอยู่ในระดับ 1.5 เมตร

## 2.3 ปัจจัยธรรมชาติที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้

เมื่อเราได้ศึกษาการเป็นอยู่ของกล้วยไม้สกุลที่เรานำมาทำการทดลองแล้ว สิ่งที่เราต้องศึกษาอีกประเภทหนึ่งคือ ปัจจัยธรรมชาติที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ ซึ่งมีปัจจัยดังต่อไปนี้



### 2.3.1 ความชื้นที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้

กล้วยไม้เจริญเติบโตได้ดีในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศประมาณ 60-80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนบริเวณรากควรมีความชื้นแต่ไม่เปียกและ กล้วยไม้ไทยหลายชนิดต้องผ่านความแห้งแล้งในช่วงฤดูหนาว (พ.ย.-ก.พ.) จึงจะออกดอกในช่วงฤดูร้อนถึงต้นฤดูฝน (มี.ค.-ก.ค.) ดังนั้นบริเวณที่ปลูกจึงต้องให้ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงพอสมควร โดยการป้องกันลมโกรกและพื้นทางเดินควรจะอุ้มน้ำได้ นอกจากนี้พื้นที่ปลูกต้องโปร่งเพื่อให้มีการระบายน้ำที่ดีและควรรดน้ำเพียงครั้งละ 5-10 นาที ไม่ควรรดน้ำบ่อยเกินไปจนรากไม่มีโอกาสที่จะแห้งกล้วยไม้ที่ได้รับความชื้นมากเกินไปมีโอกาสตายได้มากกว่ากล้วยไม้ที่ขาดน้ำ

### 2.3.2 อุณหภูมิที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้

กล้วยไม้เขตร้อนเจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิประมาณ 25-35 องศาเซลเซียส ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิของประเทศไทยไม่ค่อยเป็นอุปสรรคมากนักในการปลูกเลี้ยงกล้วยไม้ เนื่องจากความแตกต่างของระดับอุณหภูมิในแต่ละพื้นที่มีไม่แตกต่างกัน ซึ่งความแตกต่างของอุณหภูมิเป็นผลมาจากความเข้มของแสงแดด ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและลมที่พัดผ่านในบริเวณนั้น

### 2.3.3 ฤดูกาลที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้

ธรรมชาติของกล้วยไม้จะเจริญเติบโตและผลิตดอกได้ดีในช่วงปลายฤดูร้อนถึงต้นฤดูหนาว จากนั้นจะเจริญเติบโตช้าลง เมื่อเข้าสู่ฤดูร้อนอีกครั้งจึงจะเติบโตได้ มีเทคนิคดูแลกล้วยไม้ให้งอกงามที่ทำได้ดังนี้

- 1) ฤดูร้อน แสงแดดร้อนจัด ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำ ระวังอย่าให้กล้วยไม้ได้รับแสงแดดจัดเกินไป หมั่นรดน้ำช่วงเช้าพร้อมใส่ปุ๋ยและพ่นละอองในช่วงบ่ายเพื่อลดอุณหภูมิในอากาศ กล้วยไม้จะเติบโตและออกดอกได้
- 2) ฤดูฝน แสงแดดน้อย ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงและ โรคแมลงศัตรูมากถ้าฝนตกติดต่อกันควรงดการรดน้ำ ปรับพื้นที่ให้ได้รับแสงแดดและมีการถ่ายเทอากาศมากขึ้น เปลี่ยนวัสดุปลูกที่เก่าหมดยุและหมั่นฉีดพ่นสารป้องกันกำจัด โรคและแมลงอยู่เสมอ
- 3) ฤดูหนาว แสงแดดจัด ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศน้อยทำให้วัสดุปลูกแห้งเร็วควรหมั่นรดน้ำในช่วงเช้า พร้อมกับให้ปุ๋ยบ้างเล็กน้อยก็จะเติบโตและจะทำให้กล้วยไม้ ออกดอกได้ตามปกติ

### 2.3.4 เวลาที่เหมาะสมในการรดน้ำกล้วยไม้

การรดน้ำกล้วยไม้ปกติควรรดวันละครั้ง ยกเว้นวันที่ฝนตกหรือกระถางและเครื่องปลูกยังมีความชุ่มชื้นอยู่ การรดน้ำกล้วยไม้ควรรดในเวลาแดดไม่ร้อนจัด เวลาที่เหมาะสมคือตอนเช้าเวลาประมาณ 6:00-9:00 น. เพราะมีช่วงเวลาที่แสงแดดอ่อนยาวนาน กล้วยไม้จำเป็นต้องใช้แสงแดดไปช่วยในการปรุงอาหารเพื่อไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ฉะนั้นช่วงเวลากลางวันจึงเป็นเวลาทีกล้วยไม้ต้องใช้รากดูดความชื้นและนำอาหารไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ มากที่สุดการรดน้ำในเวลาเช้าจึงได้รับประโยชน์มากที่สุด ส่วนในช่วงเย็นควรรดน้ำประมาณเวลา 16:00-17:00 น. เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีค่าต่ำกว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่เหมาะสมของกล้วยไม้

ในการรดน้ำกล้วยไม้ควรรดให้เปียก เพื่อเป็นการชะล้างเศษปุ๋ยที่หลือตกค้างซึ่งส่งผลเสียแก่กล้วยไม้ ไม่ควรรดน้ำแรง ๆ หรือรดน้ำอยู่กับที่นานควรรดแบบผ่านไปมาหลาย ๆ ครั้งจนเปียก ทั้งนี้เพื่อให้กระถางและเครื่องปลูกมีโอกาสดูดซึมน้ำไว้เต็มที่

ปริมาณการให้น้ำในแต่ละครั้งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น การอุ้มน้ำของวัสดุปลูก ชนิดและขนาดของภาชนะปลูก ความชื้นรอบ ๆ บริเวณที่ปลูกเลี้ยง แสงแดด อุณหภูมิและการเคลื่อนที่ของอากาศ โดยปกติเราควรรดน้ำเป็นเวลา 5-10 นาที เพื่อให้ความชุ่มชื้นแก่กล้วยไม้ อีกทั้งยังเป็นการชำระล้างสิ่งสกปรกให้แก่กล้วยไม้ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเสมอคือ ต้นกล้วยไม้มีโอกาสตายและชะงักการเจริญเติบโตได้ง่ายเมื่อน้ำมากเกินไป การไม่รดน้ำต้นกล้วยไม้นานถึง 1 สัปดาห์ ต้นกล้วยไม้ก็ยังคงเจริญเติบโตต่อไปได้ ดังนั้นควรรดน้ำให้เครื่องปลูกชื้นแต่ไม่แฉะและควรมีช่วงที่รากแห้ง เนื่องจากต้นกล้วยไม้ที่ปลูกเลี้ยงส่วนใหญ่เป็นชนิดรากอากาศและกิ่งอากาศ [1]

## 2.4 สภาพอากาศของประเทศไทยในแต่ละฤดูกาล

ในแต่ละฤดูกาลปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิและเวลาควอากาศที่ขยับขึ้นของประเทศไทยมีความแตกต่างกันจึงได้นำข้อมูลจากสถิติที่ผ่านมาในอดีต เพื่อนำค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิและเวลาควอากาศที่ขยับขึ้นของประเทศไทยในแต่ละฤดูกาลมาเป็นข้อมูลในการทำโครงการครั้งนี้

### 2.4.1 ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศของประเทศไทยในแต่ละฤดูกาล

ความชื้น (Humidity) หมายถึง ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ เมื่อน้ำได้รับความร้อน น้ำจะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ เรียกว่า การระเหย ซึ่งความร้อนที่ใช้ในการทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอนี้ เรียกว่า ความร้อนแฝง (Latent heat) เมื่ออากาศเย็นตัวลงไอน้ำจะเริ่มกลั่นตัว

เป็นละอองและคายความร้อนแฝงออกมาด้วย อากาศจะได้รับไอน้ำมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ดังนั้นอุณหภูมิจึงเป็นตัวกำหนดปริมาณไอน้ำในอากาศ อากาศที่มีอุณหภูมิสูงจะได้รับไอน้ำมากกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำถ้าอากาศไม่สามารถรับไอน้ำได้เรียกว่าไอน้ำอิ่มตัว (Saturate steam)

หน่วยที่นิยมใช้ในการวัดระดับความชื้นในอากาศ ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity, RH) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของไอน้ำที่มีอยู่จริงที่อุณหภูมิและความกดดันหนึ่งต่อน้ำหนักของไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิและความกดดันนั้นคิดเป็นร้อยละ ตัวอย่าง เช่น อากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร เมื่ออุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีไอน้ำอยู่ 9 กรัม และในอุณหภูมินั้นอากาศอิ่มตัวมีไอน้ำอยู่ 30 กรัม ความชื้นสัมพัทธ์ =  $100 \times 9/30$  เท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์ การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ จะไม่ทำให้ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศเปลี่ยนแปลงแต่อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงและถ้าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะเปลี่ยนแปลงไป

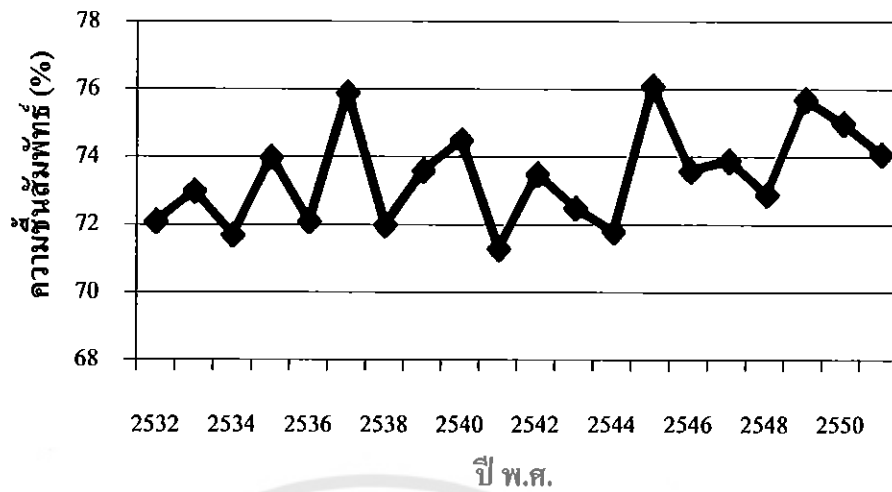
ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อน จึงมีอากาศร้อนชื้นปกคลุมเกือบตลอดปี ตั้งแต่ภาคกลางขึ้นไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะลดลงในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน โดยเฉพาะฤดูร้อนจะเป็นช่วงที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศลดลงต่ำสุดในรอบปี แสดงดังในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สถิติความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของประเทศไทยในแต่ละฤดูกาล [2]

ภาค	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	เฉลี่ยตลอดปี
เหนือ	73	62	81	74
ตะวันออกเฉียงเหนือ	69	65	80	72
กลาง	71	69	79	73
ตะวันออก	71	74	81	76
ใต้ฝั่งตะวันออก	81	77	78	79
ใต้ฝั่งตะวันตก	77	76	84	70

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในคาบ 20 ปี (พ.ศ. 2532 -2551)

เนื่องจากทางผู้ดำเนินโครงการได้นำค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมาเป็นตัวกำหนดในการเปิดปิดน้ำ จึงได้ทำการศึกษาข้อมูลสถิติแนวโน้มการเพิ่มขึ้นและลดลงของค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศของประเทศไทยในรอบ 20 ปี ดังแสดงในรูปที่ 2.1 [3]



รูปที่ 2.1 กราฟความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของประเทศไทย

จากรูปที่ 2.1 แสดงถึงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นและลดลงของค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศของประเทศไทยในรอบ 20 ปี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 74 เปอร์เซ็นต์

#### 2.4.2 อุณหภูมิของประเทศไทยในแต่ละฤดูกาล

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนสภาวะอากาศโดยทั่วไปจึงร้อนอบอ้าวอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีของประเทศไทยมีค่าประมาณ 27 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในแต่ละพื้นที่และฤดูกาลจึงมีความแตกต่างกัน พื้นที่ที่แผ่นดินบริเวณตั้งแต่ภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือขึ้นไปจนถึงภาคเหนือจะมีอุณหภูมิแตกต่างกันมาก ระหว่างฤดูร้อนกับฤดูหนาวและระหว่างช่วงเวลากลางวันกลางคืน โดยในช่วงฤดูร้อน (มี.ค.-พ.ค.) อุณหภูมิสูงสุดในตอนบ่ายมักจะอยู่ในช่วง 38-42 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะเดือนเมษายนจะเป็นเดือนที่มีอากาศร้อนจัดที่สุดในรอบปี ส่วนฤดูหนาวอุณหภูมิต่ำสุดในตอนเช้ามืดจะลดลงทำให้อุณหภูมิลดลงถึงหนาวจัด โดยเฉพาะเดือนธันวาคมถึงมกราคมเป็นช่วงที่มีอากาศหนาวที่สุดในรอบปี ซึ่งในช่วงดังกล่าวอุณหภูมิมักจะลดลงต่ำกว่าจุดเยือกแข็งได้ในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือบริเวณพื้นที่ซึ่งเป็นเทือกเขาหรือบนยอดเขาสูง สำหรับพื้นที่ซึ่งอยู่ติดทะเลอุณหภูมิในช่วงฤดูกาลจะน้อยกว่า โดยฤดูร้อนอากาศไม่ร้อนจัดและฤดูหนาวอากาศไม่หนาวจัด แสดงดังในตารางที่ 2.2 [2]

ตารางที่ 2.2 สถิติอุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) ของประเทศไทยในแต่ละฤดูกาล [2]

ภาค	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
เหนือ	23.1	28.0	27.3
ตะวันออกเฉียงเหนือ	23.9	28.5	27.7
กลาง	26.1	29.6	28.3
ตะวันออก	26.4	28.9	28.1
ใต้ฝั่งตะวันออก	26.3	28.1	27.7
ใต้ฝั่งตะวันตก	26.8	28.3	27.4

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในคาบ 20 ปี (พ.ศ. 2532 -2551)

#### 2.4.3 เวลาดวงอาทิตย์ขึ้นของประเทศไทยในแต่ละฤดูกาล

เนื่องจากประเทศไทยมีเวลาดวงอาทิตย์ขึ้นที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และแต่ละฤดูกาล จึงได้นำข้อมูลจากสถิติที่ผ่านมาในอดีต เพื่อนำเวลาดวงอาทิตย์ขึ้นมาเป็นข้อมูลในการดำเนินโครงการครั้งนี้ แสดงดังในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 สถิติเวลาดวงอาทิตย์ขึ้นเข้าสู่สุดของประเทศไทยในแต่ละฤดูกาล [4]

ภาค	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
เหนือ	07:05 น.	06:48 น.	06:28 น.
ตะวันออกเฉียงเหนือ	06:48 น.	06:33 น.	06:12 น.
กลาง	06:50 น.	06:37 น.	06:16 น.
ตะวันออก	06:44 น.	06:33 น.	06:10 น.
ใต้ฝั่งตะวันออก	06:46 น.	06:36 น.	06:13 น.
ใต้ฝั่งตะวันตก	06:48 น.	06:40 น.	06:16 น.

หมายเหตุ: กรมอุตุนิยมวิทยาปี พ.ศ. 2552

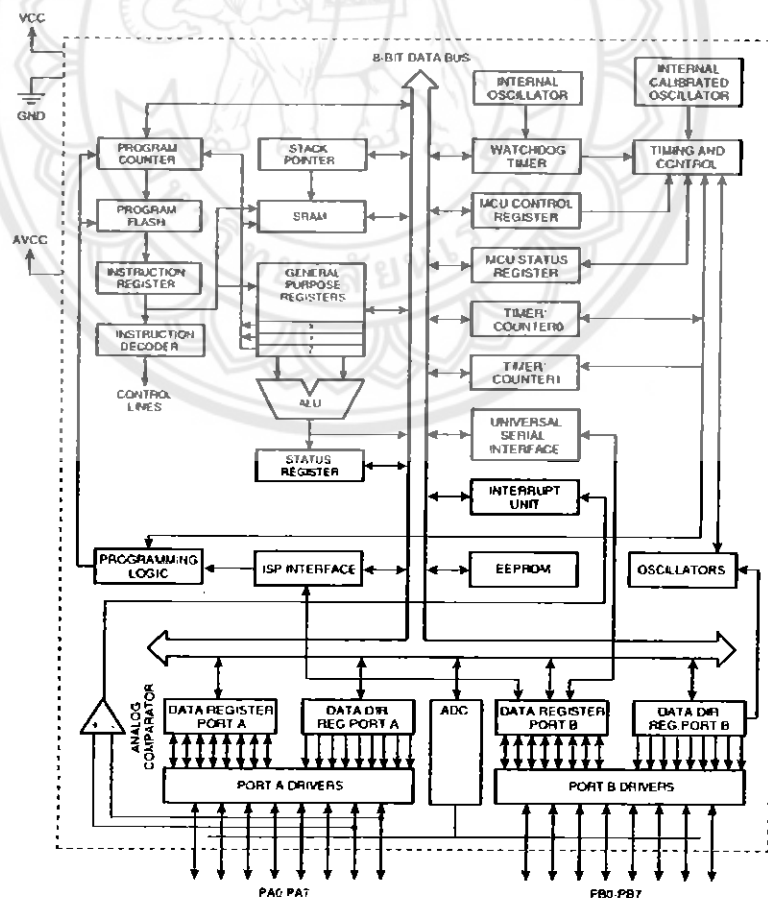
#### 2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์

เมื่อได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของกล้วยไม้แล้ว ผู้ดำเนินโครงการจึงต้องศึกษาโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้เป็นตัวประมวลผลในการควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้ ซึ่ง

ไมโครคอนโทรลเลอร์คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ที่ได้บรรจุความสามารถทำหน้าที่เสมือนกับระบบคอมพิวเตอร์ไว้ นั่นคือ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของระบบคอมพิวเตอร์ไว้ด้วยกัน โดยที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบทำงานและควบคุมได้อย่างอิสระตามที่ต้องการ ในโครงการนี้ได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR มาใช้ในการออกแบบควบคุมระบบ เนื่องจากเป็นรุ่นที่มีการนำมาประยุกต์ใช้ได้หลายแบบและเป็นรุ่นที่นิยมอย่างมากและยังมีราคาที่ไม่แพง

### 2.5.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR จัดเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลใหม่ เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีประสิทธิภาพและความสามารถสูง แบ่งออกเป็นหลายพอร์ตต่ออนุกรมในแต่ละพอร์ตต่ออนุกรมแบ่งออกเป็นพอร์ตย่อยเพื่อรองรับความต้องการที่แตกต่างของผู้ใช้งานในขณะที่ยังคงความประสิทธิภาพที่เท่ากัน รายละเอียดและคุณสมบัติภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ATMEGA32 ดังแสดงในรูปที่ 2.2



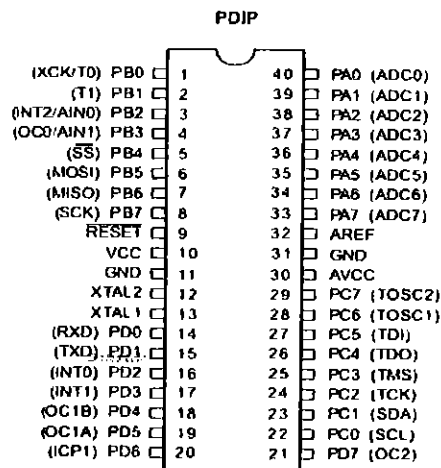
รูปที่ 2.2 แผนภาพกรอบไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ATMEGA32 [5]

### คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ATMEGA32

- 1) คำสั่งควบคุมการทำงานมากกว่า 100 คำสั่ง โดยมีความเร็วในการประมวลผล 1 คำสั่งต่อ 1 สัญญาณนาฬิกา
- 2) มีรีจิสเตอร์ทั่วไปขนาด 8 บิต จำนวน 32 ตัว
- 3) หน่วยความจำรวมแบบแฟลชขนาด 16 กิโลไบต์
- 4) หน่วยความจำข้อมูลแบบอีอีพรอมขนาด 512 ไบต์
- 5) หน่วยความจำข้อมูลแบบอีอีพรอมขนาด 512 ไบต์
- 6) หน่วยความจำข้อมูลแบบเอสแรม (SRAM) 1 กิโลไบต์
- 7) ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ทั้งแบบ 8 บิต และ 16 บิต
- 8) มีระบบตรวจสอบความผิดพลาดในการทำงานของซอฟต์แวร์
- 9) โมดูลสร้างสัญญาณความกว้างของพัลส์โดยการนำเอาสองสัญญาณมาเปรียบเทียบกัน (PWM)
- 10) มีโมดูลแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล (Analog to digital converter) ขนาด 10 บิต มากถึง 8 ช่อง
- 11) โมดูลเปรียบเทียบแรงดันแอนะล็อก
- 12) การสื่อสารข้อมูลอนุกรมมีทั้งแบบสื่อสารข้อมูลอนุกรมผ่านโมดูล (UART) หรือแบบเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรม (SPI) และการเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรมด้วยสายสองเส้น (I<sup>2</sup>C) เป็นต้น
- 13) พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตขึ้นอยู่กับรุ่นของ AVR ที่เลือกใช้งาน มีตั้งแต่ 8 ขา จนถึง 100 ขาพอร์ต
- 14) แรงดันไฟเลี้ยงและความเร็วในการทำงานขึ้นอยู่กับรุ่นของ AVR ที่เลือกใช้งาน

#### 2.5.2 ขาพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต

ขาพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVR รุ่น ATMEGA32 มีจำนวนขา 40 ขา โดยแบ่งเป็น ขาพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตอิสระ จำนวน 32 ขา ประกอบไปด้วย PA, PB, PC, PD ขนาด 8 บิต และขาพอร์ตที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณแอนะล็อกจำนวน 2 ขาพอร์ต รายละเอียดคุณสมบัติของขาพอร์ต ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ขาพอร์ตไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ATMEGA32 [5]

จากรูปที่ 2.3 แสดงรายละเอียดในแต่ละขาพอร์ตมีดังต่อไปนี้

- 1) VCC ขาแรงดันไฟตรง
- 2) GND ขากราวด์
- 3) พอร์ต A (PA0-PA7) ขาพอร์ตเป็นอินพุต/เอาต์พุตดิจิทัลและสามารถกำหนดใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตสัญญาณแอนะล็อกได้
- 4) พอร์ต B (PB0-PB7) เป็นขาพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตดิจิทัลและเป็นขาพอร์ตหน้าที่พิเศษอีกด้วย เช่น ขาสัญญาณการโปรแกรมชีพ ขาป้องกันสัญญาณนาฬิกาภายนอก
- 5) พอร์ต C (PC0-PC7) นอกจากจะเป็นขาพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตดิจิทัลและเป็นขาพอร์ตหน้าที่พิเศษ
- 6) พอร์ต D (PD0-PD7) เป็นขาพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตดิจิทัลและขาพอร์ตทำหน้าที่พิเศษ เช่น ขาเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรม ขาขัดจังหวะ (Interrupt) เนื่องจากสัญญาณภายนอก เป็นต้น
- 7) RESET ขารีเซตวงจร
- 8) XTAL1 ขาต่อคริสตัลอสซิลเลเตอร์ ช่องที่ 1 ด้านอินพุต
- 9) XTAL2 ขาต่อคริสตัลอสซิลเลเตอร์ ช่องที่ 2 ด้านเอาต์พุต
- 10) AVCC ขาแรงดันสำหรับพอร์ต A และ โมดูลแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล
- 11) AREF ขาแรงดันแอนะล็อกอ้างอิงสำหรับ โมดูลแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล



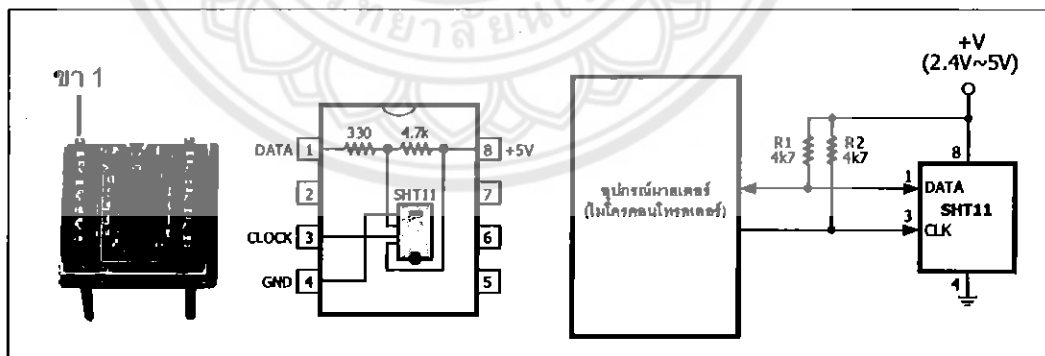
## 2.6 อุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์

เมื่อเราได้ทำการคัดเลือกและศึกษาหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์แล้ว ส่วนประกอบที่สำคัญในการรคน้ำกล้วด้วยไม้อัดโนมัติมี 4 ระบบคือ โมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและวัดอุณหภูมิ วาล์วโซลินอยด์ รีเลย์ควบคุมและไอซีฐานเวลาจริง (DS1307)

### 2.6.1 โมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและอุณหภูมิ

เป็น โมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและอุณหภูมิที่มีขนาดเล็กและเพื่อความสะดวกในการใช้งานจึงได้ติดตั้งลงบนแผ่นวงจรพิมพ์และขาเชื่อมต่อ 8 ขา เพื่อให้สามารถติดตั้งลงบนแผงต่อวงจร รวมไปถึงการนำไปประยุกต์ใช้งานจริงด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.4 คุณสมบัติที่สำคัญของโมดูลมีดังต่อไปนี้

- 1) ทำหน้าที่วัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและอุณหภูมิภายในตัวเดียวกัน
- 2) สามารถกำหนดความละเอียดของย่านการวัดได้
- 3) มีขนาดเล็กและกินพลังงานต่ำ ทำงานในย่านแรงดันไฟเลี้ยง +2.4 ถึง +2.5 โวลต์
- 4) เสถียรภาพในการทำงานสูง
- 5) ค่าความแม่นยำในการอ่านอุณหภูมิเท่ากับ  $\pm 0.4$  องศาเซลเซียส
- 6) ค่าความแม่นยำในการอ่านความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเท่ากับ  $\pm 3$  เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของโมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและอุณหภูมิ [2]

จากรูปที่ 2.4 แสดงรายละเอียดขาสัญญาณสำหรับสื่อสารข้อมูลของโมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและอุณหภูมิ โดยรายละเอียดของแต่ละขามีดังต่อไปนี้

- 1) ขาสัญญาณนาฬิกา (SCK) ทำหน้าที่รับสัญญาณนาฬิกาเพื่อกำหนดจังหวะในการสื่อสารข้อมูล
- 2) ขาสัญญาณรับ/ส่งข้อมูล (DATA) เป็นขาสัญญาณรับ/ส่งข้อมูล ในการใช้งานควรต่อตัวต้านทาน 4.7 กิโลโอห์ม ถึง 10 กิโลโอห์ม

ตำแหน่งขาสัญญาณ โมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสำหรับติดต่อสื่อสารข้อมูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ATMEGA32 แสดงดังในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ข้อมูลของโมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ [2]

Terminal	Content
Pin1	Data
Pin3	Clock
Pin4	GND
Pin8	Power Source 5V DC

รูปแบบการสื่อสารข้อมูลของโมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

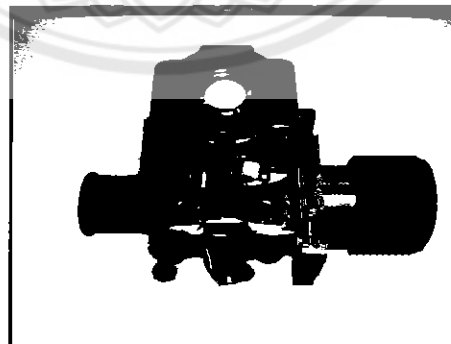
- 1) การส่งคำสั่ง (Sending a command) ในสภาวะเริ่มต้นก่อนการส่งข้อมูลคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังโมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ จำเป็นจะต้องสร้างรูปแบบสัญญาณกระตุ้นผ่านขาสัญญาณนาฬิกาและขาสัญญาณรับ/ส่งข้อมูล เพื่อให้ตรงกับเงื่อนไขที่เรียกว่า เริ่มต้นการส่งสัญญาณ (Transmission start) นั่นคือ ขารับส่งข้อมูลต้องถูกทำให้เป็นลอจิก “0” นานอย่างน้อย 1 ไซเคิลของสัญญาณนาฬิกา หลังจากนั้นโมดูลจะทราบได้ทันทีว่า ข้อมูลต่อจากนี้คือคำสั่ง
- 2) รีเซตการเชื่อมต่อ (Connection reset sequence) เมื่อต้องการเริ่มต้นการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับโมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ต้องสร้างสัญญาณรีเซตขึ้นก่อน โดยทำให้ขารับส่งข้อมูลมีสถานะลอจิกเป็น “1” นานเท่ากับช่วงเวลาที่ป้อนสัญญาณนาฬิกาที่ขา 9 ลูก ติดต่อกันแล้วตามด้วยการสร้างภาวะเริ่มต้นการส่งสัญญาณ [2]

## 2.6.2 วาล์วโซลินอยด์

วาล์วโซลินอยด์ (Solenoid valve) คือ วาล์วควบคุมชนิดกลไกนำโดยใช้ไฟฟ้าและวาล์วจะปิดในเวลาทำงานปกติ วาล์วโซลินอยด์จะใช้ของเหลวในระบบเป็นตัวช่วยในการเปิดปิด ภายใต้สถานะความดันที่ถูกต้อง เมื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับคอยล์จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นบริเวณส่วนบนสุดของก้านวาล์ว พลังแม่เหล็กจะดึงก้านวาล์วและลิ้นวาล์วขึ้น ของเหลวที่อยู่ด้านบนไคอะเฟรมจะถูกขับออกผ่านทางรูระบายเล็ก ๆ (Orifice) ไปยังทางออกของท่อหลัก ในขณะที่เดียวกันความดันทางเข้าบริเวณส่วนล่างของไคอะเฟรมจะยกขึ้นและเมื่อเปิดลิ้นวาล์วหลักแล้วของเหลวก็จะไหลเข้าตลอดแนวทางเดินของวาล์ว

เมื่อหยุดจ่ายไฟฟ้าให้กับคอยล์ สปริงภายในตัวโซลินอยด์ (ไม่ได้สัมผัสกับของเหลว) จะผลักให้ก้านวาล์วและลิ้นปิดช่องทางเดินของวาล์วน้ำ ซึ่งจะทำให้ความดันเริ่มสะสมบริเวณด้านบนของตัวไคอะเฟรมมากขึ้นจนผลักดัน ไคอะเฟรมเลื่อนลงเปิดวาล์วหลัก

ด้วยหลักการดังกล่าววาล์วโซลินอยด์ จึงนับว่ามีความสำคัญกับการรดน้ำอัตโนมัติเป็นอย่างมากและถ้าเรามีงานวนจุดใช้งานหลายจุด การที่เราจะเดินไปเปิดปิดวาล์วน้ำด้วยตัวเองทุกครั้งที่เราต้องการใช้งานสปริงเกอร์คงลำบากและเสียเวลา แต่ถ้าเราติดตั้งระบบจ่ายน้ำอัตโนมัติ วาล์วโซลินอยด์ไฟฟ้าจะเข้ามามีบทบาทกับการใช้งานเป็นอย่างมาก แต่วาล์วโซลินอยด์ก็มีหลายแบบทำจากวัสดุที่แตกต่างกัน ทั้งที่ทำจากทองเหลือง สแตนเลสและพลาสติก ในการควบคุมการเปิดปิดวาล์วด้วยมือ ลมหรือไฟฟ้า ทั้งนี้การเลือกใช้งานก็ต้องเลือกตามความเหมาะสมด้วย แต่ที่นิยมใช้ในระบบรดน้ำคือ วาล์วโซลินอยด์แบบไฟฟ้าที่ทำจากพลาสติกหรือทองเหลือง ดังแสดงในรูปที่ 2.5

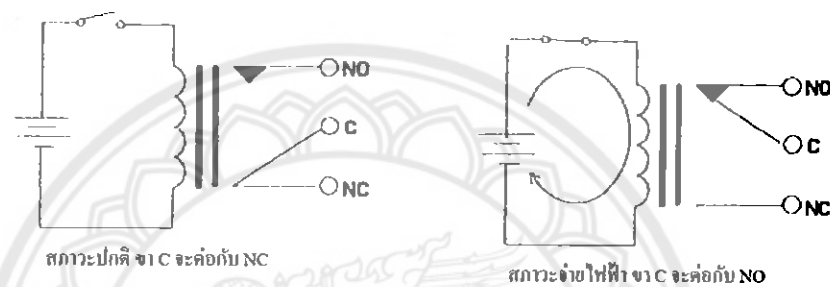


รูปที่ 2.5 วาล์วโซลินอยด์ยี่ห้อ FUDI รุ่น FCD

### 2.6.3 รีเลย์ควบคุม

รีเลย์ควบคุม (Control relay) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เชิงกลชนิดหนึ่งซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิทช์เปิดปิดวงจร แต่การทำงานของรีเลย์นั้นถูกควบคุมด้วยกระแสไฟฟ้า

การทำงานของรีเลย์คือ เมื่อมีการปล่อยกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านขดลวดจะทำให้ขดลวดเกิดสนามแม่เหล็กไปดึงแผ่นหน้าสัมผัสให้ดึงลงมาและหน้าสัมผัสอีกอันทำให้มีกระแสไหลผ่านหน้าสัมผัสไปได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 สภาวะการทำงานของรีเลย์

จากรูปที่ 2.6 แสดงการทำงานของรีเลย์ โดยภายในรีเลย์จะประกอบไปด้วยตำแหน่งหน้าสัมผัสต่าง ๆ ดังนี้

- 1) ขา NO (Normally opened หรือ ปกติเปิด) โดยปกติขานี้จะเปิดเอาไว้ จะทำงานเมื่อเราป้อนแรงดันให้รีเลย์
- 2) ขา NC (Normally closed หรือ ปกติปิด) โดยปกติขานี้จะต่อกับขา C ในกรณีที่เราไม่ได้จ่ายแรงดัน หน้าสัมผัสของ C และ NC จะต่อกัน
- 3) ขาคอมมอนหรือ C (COM) จะเป็นขาคู่ระหว่าง NO และ NC

### 2.6.4 ไอซีฐานเวลาจริง

ในโครงการนี้ทางผู้ดำเนินโครงการได้นำไอซีฐานเวลาจริงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างฐานเวลาจริงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้สายสัญญาณในการติดต่อสองเส้นให้ข้อมูลเกี่ยวกับเวลาอย่างครบถ้วน เช่น วันที่ เดือน ปี รวมไปถึงเวลาแสดงค่าเป็น วินาที นาทีและชั่วโมง ทั้งแบบ 24 ชั่วโมง และแบบ 12 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังมีหน่วยความจำแบบนอนโวลไทล์ (Nonvolatile RAM) อีก 56 ไบต์ ซึ่งสามารถทำการเขียนโปรแกรมโดยลักษณะภายนอก ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ลักษณะภายนอกของไอซีฐานเวลาจริง

### คุณสมบัติของไอซีฐานเวลาจริง

การจัดการของไอซีฐานเวลาจริง มีการจัดการแบบระบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรม ด้วยสายสองเส้นโดยทำงานเป็นอุปกรณ์สเลฟ (Slave) เสมอ ส่วนประกอบหลักที่สำคัญคือ วงจรออสซิลเลเตอร์มีการเก็บค่าของเวลาไว้ในหน่วยความจำอนโวลตาไทล์แรมซึ่งมีขนาดรวม 64 ไบต์ วงจรควบคุมพลังงานไฟฟ้าจะคอยตรวจสอบสถานะของไฟเลี้ยงไอซีประมาณ 3.75 โวลต์ ก็จะควบคุมให้ไอซีฐานเวลาจริงได้ ดังนั้นในการใช้งานต้องระมัดระวังอย่างให้ไฟเลี้ยงต่ำกว่า 3.75 โวลต์ ถ้าหากไฟเลี้ยงมีค่าต่ำกว่า 3.75 โวลต์ ไอซีฐานเวลาจริง จะเข้าสู่โหมดสำรองข้อมูล กระแสต่ำทันที แต่วงจรสร้างฐานเวลายังคงทำงานเพื่อให้ค่าของเวลาเดินไปอย่างไม่ผิดพลาด โดยรายละเอียดของขาต่อใช้งานได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.8 [6]

X1	1	8	V <sub>CC</sub>
X2	2	7	SQW/OUT
V <sub>EXT</sub>	3	6	SCL
GND	4	5	SDA

รูปที่ 2.8 ขาต่อใช้งานของไอซีฐานเวลาจริง [6]

ตำแหน่งและรายละเอียดของขาสัญญาณ ไอซีฐานเวลาจริงสำหรับติดต่อสื่อสารข้อมูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ATMEGA32 แสดงดังในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 รายละเอียดการจัดการของขาสัญญาณ [6]

ตำแหน่ง	สัญลักษณ์	รายละเอียด
1	X1	ขาต่อคริสตอล 32.768 กิโลเฮิร์ตซ์
2	X2	ขาต่อคริสตอล 32.768 กิโลเฮิร์ตซ์
3	V <sub>BAT</sub>	ขาต่อแบตเตอรี่ 3 โวลต์
4	GND	ขาต่อกราวด์
5	SDA	สัญลักษณ์สัญญาณข้อมูลแบบอนุกรม
6	SCL	สัญลักษณ์สัญญาณนาฬิกาแบบอนุกรม
7	SQW/OUT	สัญญาณเอาต์พุตเป็นแบบสี่เหลี่ยมหรือเป็นลอจิก
8	V <sub>CC</sub>	ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ

## 2.7 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมการสั่งงานในไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก แต่ในอุปกรณ์ควบคุมที่มีขนาดเล็กนี้ ได้บรรลุความสามารถที่ทำหน้าที่เสมือนกับระบบคอมพิวเตอร์เอาไว้ นั่นคือ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาชิพยู หน่วยความจำและพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของระบบคอมพิวเตอร์ไว้ด้วยกัน โดยการที่จะทำให้อุปกรณ์แต่ละชนิดเชื่อมต่อกันได้นั้นต้องมีการเขียนโปรแกรมหรือป้อนโปรแกรมในการสั่งการเพื่อให้อุปกรณ์แต่ละชิ้นนั้นทำงานตามที่เราต้องการได้ โดยการเขียนโปรแกรมจะมีภาษาที่ใช้ในการเขียนอยู่ 3 ระดับคือ ภาษาชั้นสูง ภาษาชั้นกลางและภาษาชั้นต่ำ โดยภาษาที่จะนำมาใช้ในการเขียนโปรแกรมในชิ้นงานนี้จะเป็นภาษาชั้นกลาง โดยจะใช้ภาษาซีในการเขียนโปรแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

### 2.7.1 ภาษาสั่งงานคอมพิวเตอร์

เนื่องจากชิพยูจะถูกสั่งงานด้วยเลขฐานสองเท่านั้นแต่การสั่งด้วยเลขฐานสองเป็นเรื่องที่ยาก ดังนั้นจึงมีการแปลงภาษาสั่งงานให้อยู่ในรูปของเลขฐานสอง ทำให้ผู้สั่งงานเขียนคำสั่งในรูปที่ทำความเข้าใจได้ง่าย แล้วตัวกลางจะแปลงคำสั่งในรูปของเลขฐานสองให้คอมพิวเตอร์เข้าใจ ซึ่งการแปลงภาษาจะมี 2 แบบคือ

- 1) การแปลโปรแกรม (Compilation) จะมีตัวแปลภาษาคือ ตัวแปลโปรแกรม (Compiler) ทำหน้าที่แปลรหัสต้นฉบับ (Source code) ให้เป็นรหัสเครื่อง (Machine code) ประมวลผลการทำงานมีขนาดเล็กและทำงานได้เร็ว เนื่องจากตัวแปลถูกแยกกระทำ

ก่อนที่โปรแกรมจะทำงานและตัวแปลสามารถวิเคราะห์โปรแกรมทั้ง โปรแกรมก่อน  
ถึงจะสร้างรหัสเครื่อง เช่น ภาษาซีและภาษาปาสคาล เป็นต้น

- 2) การแปลความหมาย (Interpretation) จะมีตัวแปลภาษาคือ ตัวแปลคำสั่ง (Interpreter) ทำหน้าที่อ่านรหัสต้นฉบับที่ละบรรทัดและแปลบรรทัดนั้นรหัสเครื่องและทำงานทันที ต่อจากนั้นจะอ่านรหัสต้นฉบับในบรรทัดต่อไปแล้วทำเช่นเดิมจนจบโปรแกรม การกระทำดังกล่าวเรียก แปลคำสั่งเป็นวิธีที่แปลภาษาและ โปรแกรมทำงานเกิดขึ้น สลับกันไป โปรแกรมจึงทำงานช้ากว่าตัวแปลโปรแกรมแต่การแปลภาษาระหว่าง โปรแกรมทำงานจะทำให้ได้ภาษาที่มีความยืดหยุ่นในการเขียน โปรแกรมมากกว่า

การจำแนกภาษาสั่งงาน ภาษาสั่งงานคอมพิวเตอร์สามารถแยกได้เป็นหลายแบบตาม ลักษณะงาน แต่ในโครงงานนี้ เราได้ใช้ภาษาซีเป็นภาษาที่ใช้ในการเขียน โปรแกรมเนื่องจาก ภาษาซีเป็นภาษาระดับสูงที่มีความใกล้เคียงกับภาษามนุษย์ ทำให้ทำความเข้าใจได้ง่าย นอกจากนั้น แล้ว การเขียน โปรแกรมภาษาซีก็ไม่ต้องจำเป็นเข้าใจโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ อย่างละเอียด เพียงแต่เข้าใจการเขียน โปรแกรมแบบ โครงสร้างก็เพียงพอ ภาษาซีสามารถใช้ในการ เข้าถึง โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง ทำให้โปรแกรมที่เขียนขึ้นทำงาน ได้ รวดเร็ว ดังนั้นภาษาซีจึงเป็นที่นิยมแพร่หลายในการเขียน โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

### 2.7.2 ภาษาซีกับไมโครคอนโทรลเลอร์

การพัฒนาโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็มีลำดับการพัฒนาภาษาสำหรับการ เขียน โปรแกรมเช่นเดียวกับคอมพิวเตอร์คือ ภาษาแอสเซมบลี ภาษาเบสิกและภาษาซีโดยจะเห็นได้ อย่างชัดเจนว่า ภาษาซีนั้นค่อนข้างที่จะได้รับความนิยมสูง ซึ่งสังเกตได้จากมีบริษัทผลิตซอฟต์แวร์ ต่าง ๆ ที่พัฒนาตัวแปลโปรแกรมภาษาซีเพื่อรองรับการใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ต่าง ๆ แต่สิ่งสำคัญของการพัฒนา โปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ก็คือ ผู้พัฒนาโปรแกรมยัง มีความจำเป็น ที่จะต้องศึกษาถึง โครงสร้างและคุณสมบัติต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ ต้องการออกแบบ เช่น ขนาดของหน่วยความจำโปรแกรม (RAM) ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นต้น ซึ่งจะสามารถใช้งานคุณสมบัติต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และทราบถึงข้อจำกัดต่าง ๆ ที่สามารถใช้งานได้ [5]

### บทที่ 3

## วิธีดำเนินโครงการ

จากบทที่ 2 ทำให้เราทราบถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินโครงการ ซึ่งบทนี้จะพูดถึงขั้นตอนการดำเนินงานและการออกแบบชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติโดยจะมีเนื้อหารายละเอียดดังนี้

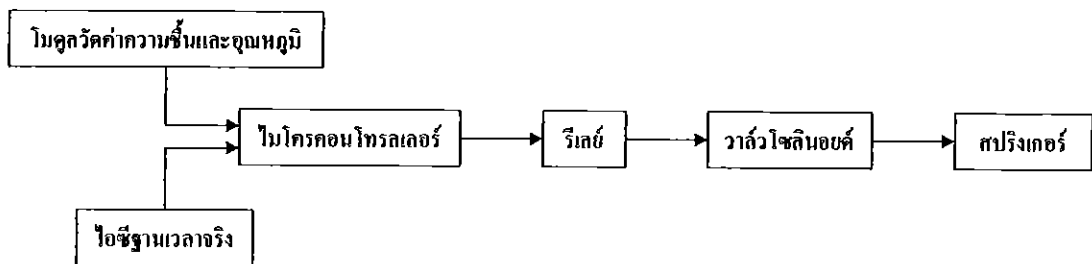
- 1) แผนผังการดำเนินงาน
- 2) ระบบชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ
- 3) โครงสร้างชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ
- 4) การเขียนโปรแกรมฐานเวลาจริงและโมดูลวัดความชื้น

### 3.1 แผนผังการดำเนินงาน

เพื่อเป็นการวางแผนการจัดการที่มีระบบ เราจำเป็นต้องทำการออกแบบระบบชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ ซึ่งจะทำให้ผู้ดำเนินโครงการทราบถึงระบบต่าง ๆ ในชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติเพื่อความสะดวกและเกิดความรวดเร็วในการสร้างชิ้นงาน

#### 3.1.1 การทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ

ผู้ดำเนินโครงการ ได้ทำการออกแบบระบบต่าง ๆ ของชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ ซึ่งประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ รีเลย์ วาล์วโซลินอยด์และสปริงเกอร์ ไอซีฐานเวลาจริง รีเลย์ วาล์วโซลินอยด์และสปริงเกอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.1



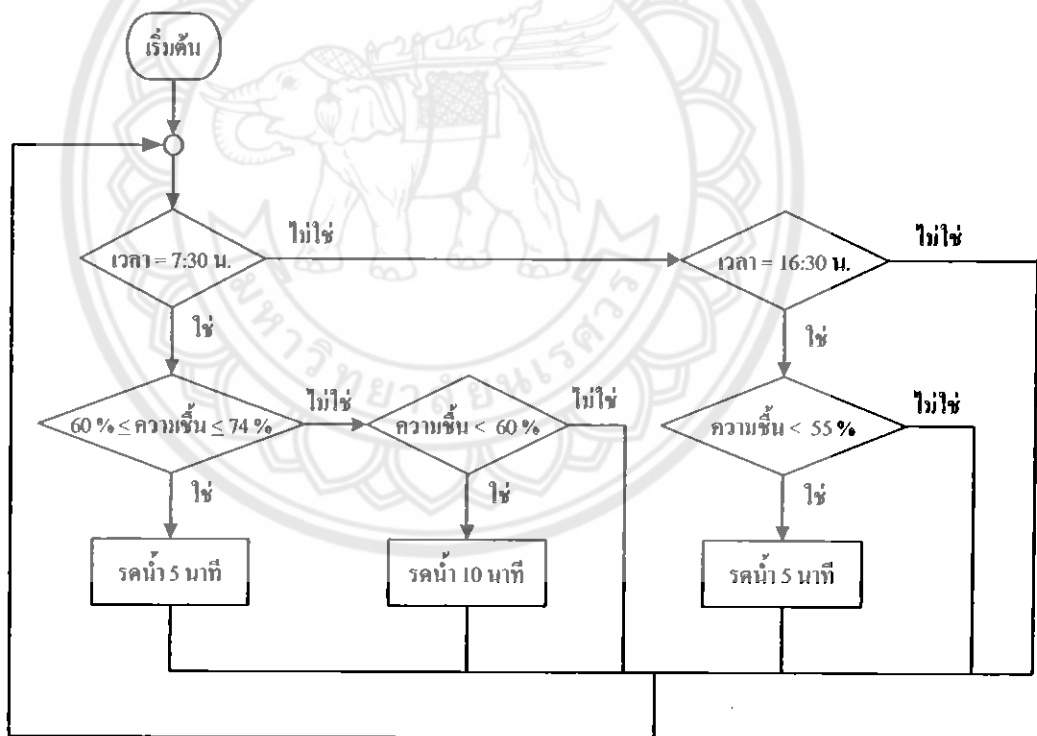
รูปที่ 3.1 แผนผังระบบชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ



จากรูปที่ 3.1 เป็นการออกแบบระบบของชุดควบคุมการรดน้ำด้วยไม้อัดโนมติโดยที่ชุดควบคุมการรดน้ำด้วยไม้อัดโนมติจะทำการรับข้อมูลจาก โมดูลวัดค่าความชื้นและอุณหภูมิและไอซีฐานเวลาจริงไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลซึ่งจะทำให้รีเลย์ทำงานเป็นสวิตซ์เปิดปิด รีเลย์จะส่งสัญญาณไปให้วาล์วโซลินอยด์ทำงานซึ่งจะทำให้น้ำไหลผ่านสปริงเกอร์และทำการรดน้ำด้วยไม้อัดเมื่อครบเวลาที่กำหนด ระบบจะสั่งให้วาล์วโซลินอยด์หยุดการทำงานและวนกลับไปประมวลผลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป

**3.1.2 หลักการทำงานชุดควบคุมการรดน้ำด้วยไม้อัดโนมติ**

เมื่อได้ทำการออกแบบระบบชุดควบคุมการรดน้ำด้วยไม้อัดโนมติ ในหัวข้อนี้ผู้ดำเนินโครงการได้ทำการกำหนดเงื่อนไขหลักการทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำด้วยไม้อัดโนมติโดยจะมีลักษณะการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.2



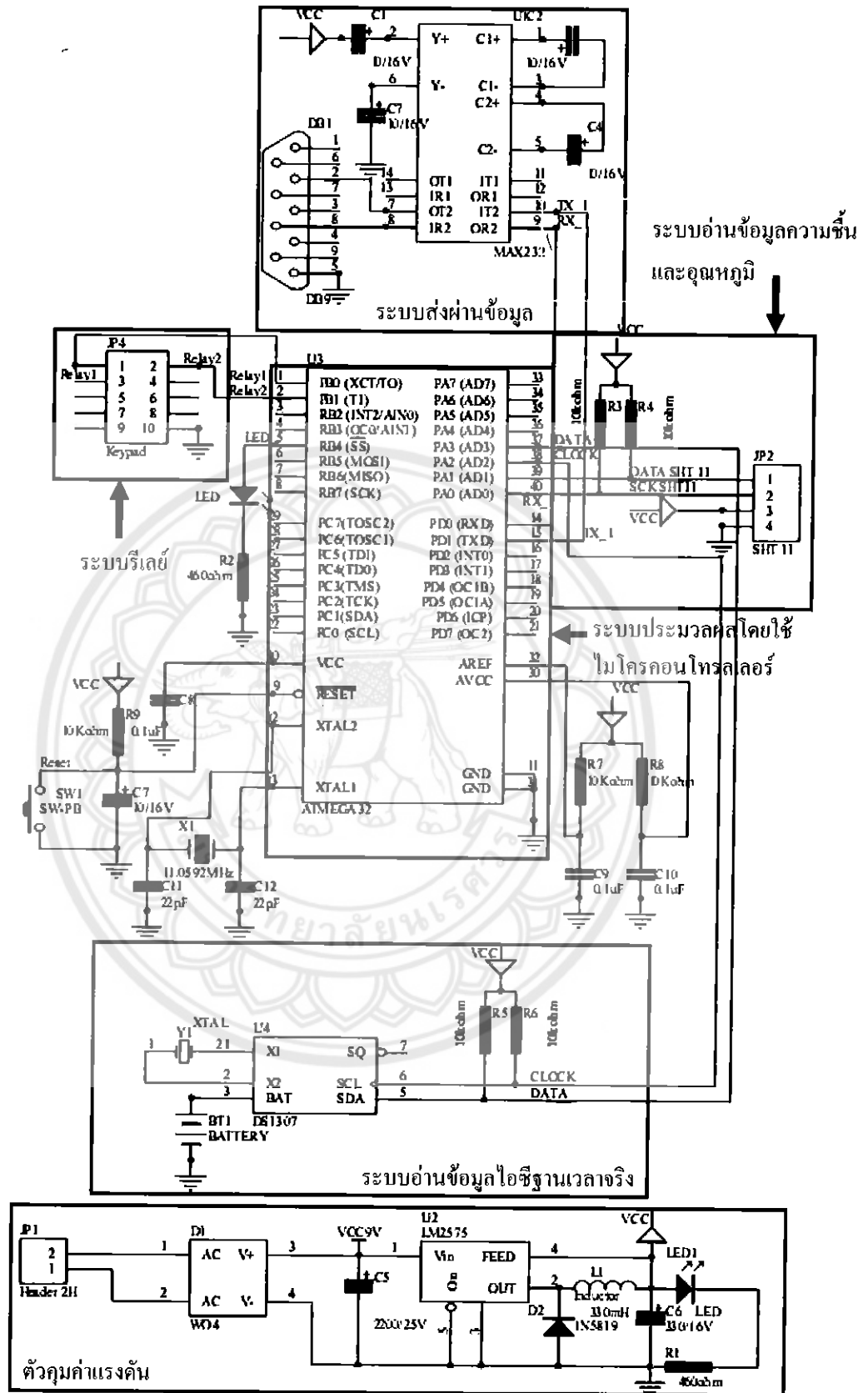
**รูปที่ 3.2** แผนผังหลักการทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำ

จากรูปที่ 3.2 เป็นแผนผังการทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำด้วยไม้อัดโนมติซึ่งมีหลักการทำงานดังต่อไปนี้

- 1) ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการตรวจสอบเวลาว่า เวลาขณะนั้นมีค่าเท่ากับ 7:30 น. หรือไม่ ถ้าใช่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการตรวจสอบค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่อไป ถ้าไม่ใช่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะตรวจสอบเวลาว่า เวลาขณะนั้นมีค่าเท่ากับ 16:30 น.หรือไม่ ถ้าใช่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการตรวจสอบค่าความชื้นสัมพัทธ์
- 2) เมื่อถึงเวลา 7:30 น. ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการตรวจสอบค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 60-74 เปอร์เซ็นต์ หรือไม่ ถ้าใช่จะทำการรดน้ำเป็นเวลา 5 นาที ถ้าไม่ใช่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการตรวจสอบค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีค่าน้อยกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ หรือไม่ ถ้าใช่จะทำการรดน้ำเป็นเวลา 10 นาที และถ้าไม่ใช่จะไม่มีการรดน้ำ
- 3) เมื่อถึงเวลา 16.30 น. ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการตรวจสอบค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศว่ามีค่าน้อยกว่า 55 เปอร์เซ็นต์ หรือไม่ ถ้าใช่จะทำการรดน้ำเป็นเวลา 5 นาที ถ้าไม่ใช่จะไม่มีการรดน้ำ
- 4) เมื่อทำการรดน้ำครบตามเวลาที่กำหนดไว้หรือไม่ได้ทำการรดน้ำ ชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้ก็จะวนกลับไปตรวจสอบเวลาและค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่อไป

### 3.2 ระบบชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ

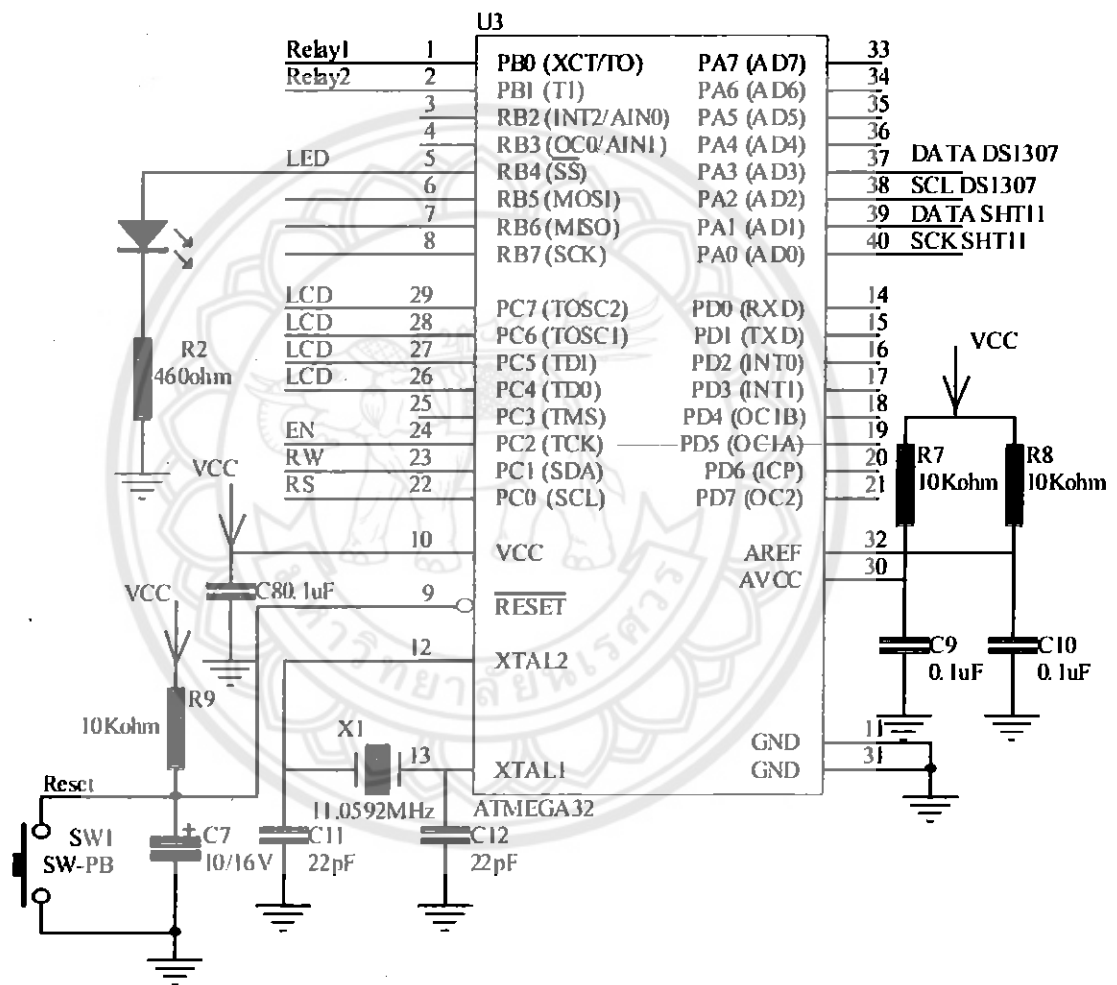
เพื่อช่วยให้ประหยัดเวลาในการสร้างชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ เราควรออกแบบระบบชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ เพื่อเป็นการเช็คว่าชิ้นงานที่เราจะทำการสร้างนั้นมีโครงสร้าง ส่วนประกอบและยังสามารถตรวจสอบข้อผิดพลาดในการออกแบบก่อนการลงมือปฏิบัติสร้างชิ้นงานจริง โดยเราได้ออกแบบระบบออกเป็น 6 ระบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ระบบชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ

3.2.1 ระบบประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ATMEGA32

ส่วนประกอบภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ATMEGA32 ประกอบด้วยขาทั้งหมด 40 ขา โดยมีพอร์ต PA-PD ซึ่งสามารถเป็นได้ทั้งขาอินพุต/เอาต์พุต โดยที่มีการใช้ค่าคริสตอลเท่ากับ 11.0592 กิโลเฮิร์ตซ์ หลอดแอลอีดีแสดงสถานะการทำงานของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์และจอแสดงผลแอลซีดี ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ระบบประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

ตำแหน่งและรายละเอียดของพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตสำหรับติดต่อสื่อสารข้อมูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ATMEGA32 แสดงดังในตารางที่ 3.1

157291a1

นส.

๕๒๕๗

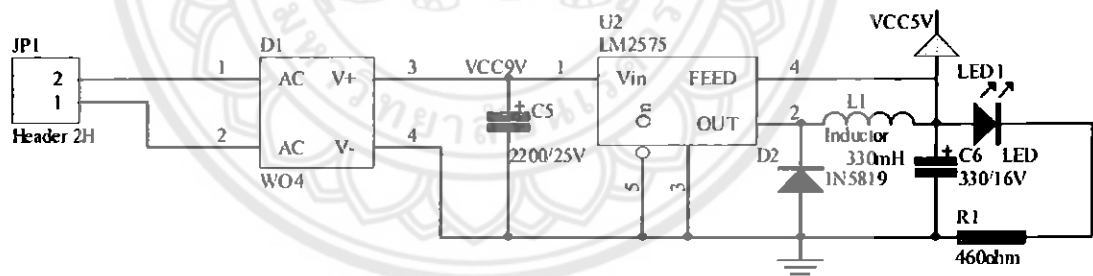
๒๕๕๓

ตารางที่ 3.1 พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์

พอร์ต	ลักษณะการทำงาน
PB0	สั่งงานให้รีเลย์ตัวที่1ทำงาน
PB1	สั่งงานให้รีเลย์ตัวที่2ทำงาน
PA0	ขาสัญญาณนาฬิกาของโมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ
PA1	ขาสัญญาณการรับ/ส่งข้อมูลของ โมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ
PA2	ขาสัญญาณนาฬิกาของ ไอซีฐานเวลาจริง
PA3	ขาสัญญาณการรับ/ส่งข้อมูลของ ไอซีฐานเวลาจริง
PC0-PC3	ใช้อ่าน/เขียนข้อมูลออกหน้าจอแอลซีดี

### 3.2.2 วงจรคุมค่าแรงดัน

ในส่วนนี้การทำงานเริ่มต้นจากรับแรงดันจากหม้อแปลงไฟกระแสสลับ 9 โวลต์ จากแหล่งจ่ายไฟมาผ่านวงจรเรียงกระแสเพื่อเปลี่ยนจากไฟกระแสสลับเป็นไฟกระแสตรง แล้วลดระดับแรงดันลงเหลือ 5 โวลต์ โดยผ่านไอซี LM2575 เมื่อได้ไฟกระแสตรง 5 โวลต์ จึงนำไปใช้กับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3.5



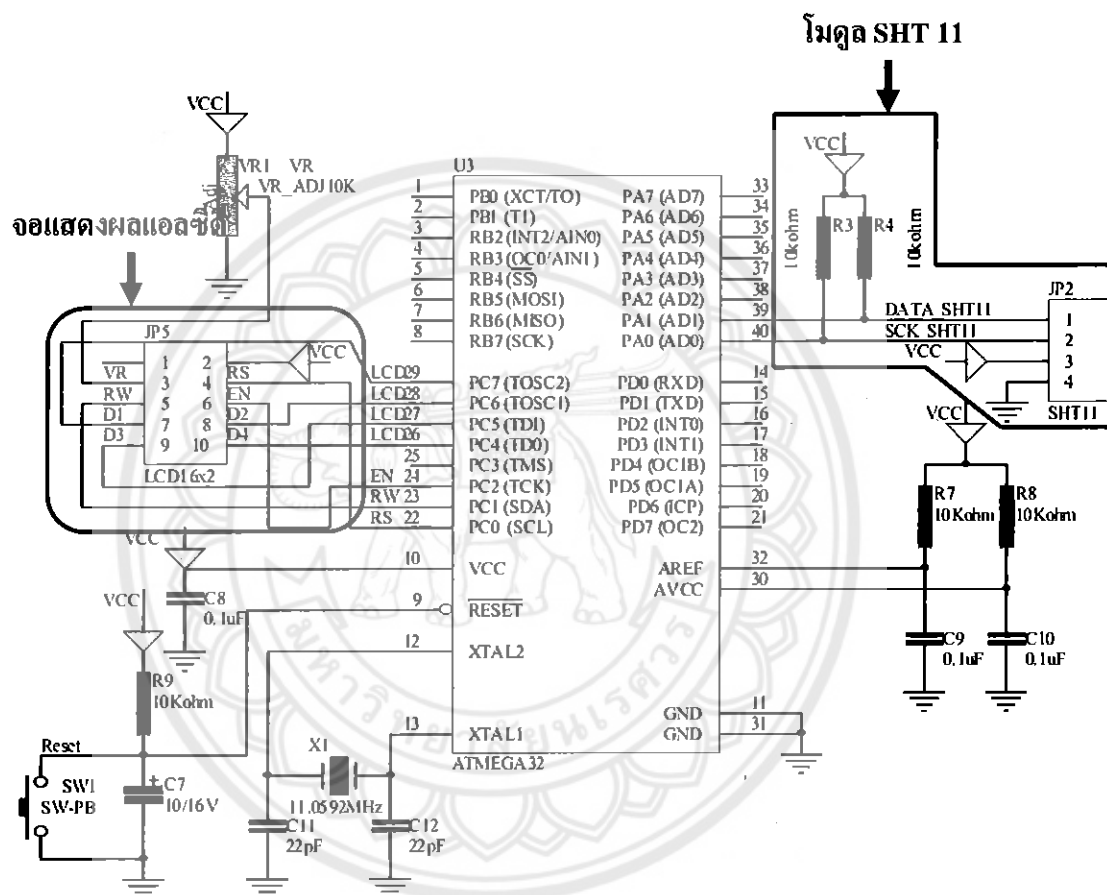
รูปที่ 3.5 ตัวคุมค่าแรงดันของไมโครคอนโทรลเลอร์

จากรูปที่ 3.5 เป็นวงจรคุมค่าแรงดันและเป็นวงจรแปลงไฟกระแสสลับให้เป็นไฟกระแสตรง โดยมีหลักการทำงานคือ เมื่อรับไฟกระแสสลับ 9 โวลต์ จากแหล่งจ่ายผ่านวงจรบริดจ์ จะทำหน้าที่เป็นตัวเรียงกระแส (Rectifier) โดยเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง และกลับขั้วไฟให้ถูกต้อง ตัวเก็บประจุ C5 จะทำหน้าที่กรองแรงดัน เพราะในการเปลี่ยนแรงดันไฟกระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟกระแสตรง จะยังมีการกระเพื่อมของแรงดันไฟตรงซึ่งเรียกว่าความพลัว (Ripple) ดังนั้นเราจึงใช้ตัวเก็บประจุเพื่อลดค่าความพลัวของแรงดัน โดยการเก็บค่าประจุไว้เมื่อช่วงแรงดันสูงและจะจ่ายประจุให้กับโหลดเมื่อมีการกระเพื่อมทางด้านต่ำ ดังนั้น โหลดจะได้



### 3.2.4 ระบบการอ่านข้อมูลของโมดูลวัดความชื้นและอุณหภูมิ

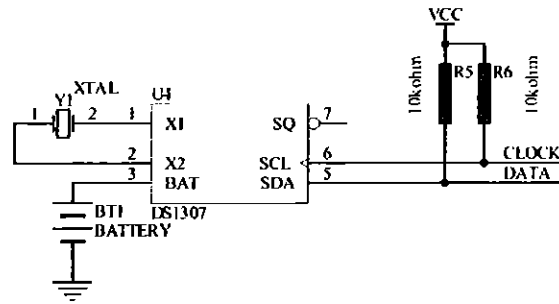
ในโครงงานชิ้นนี้เราจะใช้โมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและอุณหภูมิที่มีชื่อว่า SHT11 ในการวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและอุณหภูมิซึ่งหลักการทำงานของโมดูลจะทำงานแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรมด้วยสายสองเส้น ซึ่งจะมีขาสัญญาณนาฬิกาและขาสัญญาณรับ/ส่งข้อมูลซึ่งจะนำมาต่อเข้ากับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำมากำหนดเงื่อนไขที่เราต้องการและได้แสดงค่าที่วัดได้ผ่านทางหน้าจอแอลซีดี ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ระบบการอ่านข้อมูลของโมดูลวัดความชื้นและอุณหภูมิ

### 3.2.5 ระบบการอ่านข้อมูลไอซีฐานเวลาจริง

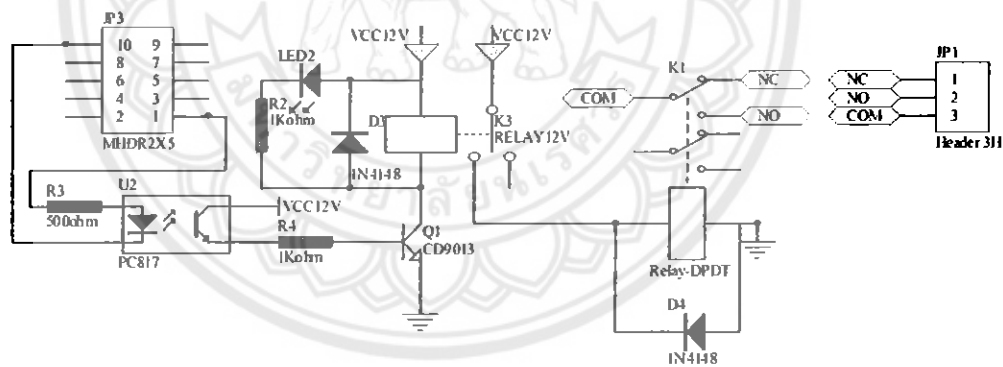
โครงงานนี้เราจะใช้ไอซีฐานเวลาจริงในการสร้างฐานเวลาจริงเพื่อนำมาเป็นตัวกำหนดเงื่อนไขซึ่งภายในระบบจะประกอบด้วย คริสตอลและแบตเตอรี่ขนาด 3 โวลต์ ซึ่งหลักการทำงานของไอซีจะทำงานแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรมด้วยสายสองเส้น ซึ่งจะมีขาสัญญาณนาฬิกาและขาสัญญาณรับ/ส่งข้อมูลซึ่งจะนำมาต่อเข้ากับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำมากำหนดเงื่อนไขที่เราต้องการและได้แสดงค่าที่วัดได้ผ่านทางหน้าจอแอลซีดี ดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ระบบไอซีฐานเวลาจริง

### 3.2.6 ระบบสวิตช์เปิดปิดโดยใช้รีเลย์

เป็นส่วนควบคุมการเปิดปิดวงจรที่จ่ายให้กับวาล์วโซลินอยด์ซึ่งภายในประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ ไคโอด หลอดแอลอีดีและระบบควบคุมแรงดันซึ่งแรงดันที่จ่ายให้กับรีเลย์นั้นจะใช้แรงดันขนาด 12 โวลต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ระบบสวิตช์เปิดปิดโดยใช้รีเลย์

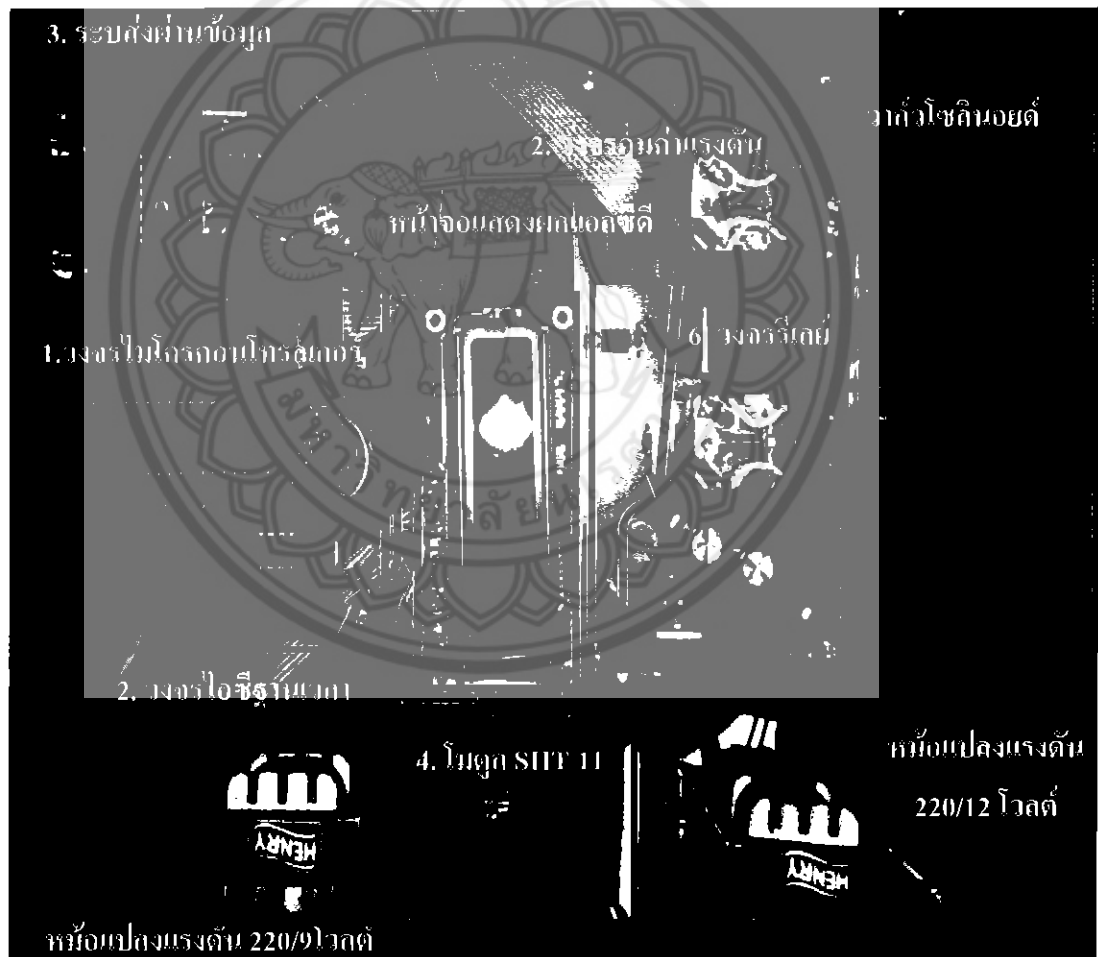
จากรูปที่ 3.9 เป็นระบบสวิตช์เปิดปิดโดยใช้รีเลย์ โดยจะได้รับสัญญาณมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเป็นค่าแรงดันไฟเมื่อผ่านตัวต้านทาน R3 จะทำหน้าที่จำกัดกระแสที่ป้อนให้กับไอซี PC817 ซึ่งเป็นไอซีออปโตคัปเปิลเลอร์ (Optocoupler) มีคุณสมบัติแบ่งแรงดันไฟสูงออกจากแรงดันไฟต่ำถ้าเกิดส่วนใดส่วนหนึ่งเกิดการลัดวงจร จะไม่ทำให้เกิดความเสียหายกับวงจรที่เหลือ โดยแรงดันไฟที่ได้เมื่อไหลผ่านตัวต้านทาน R4 จะทำหน้าที่จำกัดกระแสที่ป้อนให้กับทรานซิสเตอร์ CD9013 ทำหน้าที่ขยายแรงดันไฟเพื่อป้อนให้กับรีเลย์ มีไคโอด D3 ทำหน้าที่ป้องกันแรงดันไหลย้อนกลับ มีตัวต้านทาน R2 ทำหน้าที่จำกัดกระแสที่ป้อนให้กับหลอดแอลอีดี



และรีเลย์จะมีการเปลี่ยนสถานะจากหน้าสัมผัสเปิดเป็นหน้าสัมผัสปิดทำให้มีการส่งสัญญาณ ไปให้ วาล์วโซลินอยด์ต่อไป

### 3.3 โครงสร้างชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ

ในหัวข้อนี้เป็นการแนะนำโครงสร้างชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ โดยได้ออกแบบโครงสร้างและมีส่วนประกอบ ซึ่งประกอบด้วย วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรไอซีฐานเวลาจริง โมดูลวัดความชื้นและอุณหภูมิ วงจรรีเลย์ หน้าจอแสดงผลแอลซีดี หม้อแปลงแรงดันขนาด 220/12 โวลต์และ 220/9 โวลต์ วาล์วโซลินอยด์ ดังแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ส่วนประกอบของชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ

### 3.4 การเขียนโปรแกรมฐานเวลาจริงและโมดูลวัดความชื้น

เมื่อทำการสร้างชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติทางผู้ดำเนินโครงการได้ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติโดยมีการกำหนดเงื่อนไขจากโมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและเวลาในวงจร ไอซีฐานเวลาจริง โดยได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ATMEGA32 เป็นตัวประมวลผล ซึ่งการประมวลผลในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นต้องอาศัยการเขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อสื่อสารตัวไมโครคอนโทรลเลอร์กับโมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและเวลาในวงจร ไอซีฐานเวลาจริงเพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด

#### 3.4.1 การเขียนโปรแกรมฐานเวลาจริง

ไอซีฐานเวลาจริงมีการสื่อสารข้อมูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยผ่านทาง การเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรมด้วยสายสองเส้นคือ สายสัญญาณรับ/ส่งข้อมูลและสายสัญญาณนาฬิกาซึ่งการเก็บข้อมูลของไอซีฐานเวลาจริงจะมีการกำหนดตำแหน่งการเก็บข้อมูลที่ชัดเจนและหน่วยความจำของไอซีฐานเวลาจริงโดยตำแหน่งของนาฬิกาอยู่ที่ 00H ถึง 07H ตำแหน่งของหน่วยความจำอยู่ที่ตำแหน่ง 08H ถึง 3FH เมื่อมีการเข้าถึงหน่วยความจำแบบหลายไบต์ (Multi-byte) ถ้าการเข้าถึงหน่วยความจำถึง 3FH และจะกลับไปอยู่ที่ 00H ซึ่งเป็นตำแหน่งเริ่มต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.11

00H	SECONDS
	MINUTES
	HOURS
	DAY
	DATE
	MONTH
	YEAR
07H	CONTROL
08H	RAM
3FH	56 x 8

รูปที่ 3.11 ตำแหน่งของนาฬิกาและหน่วยความจำของไอซีฐานเวลาจริง [6]

การจัดสรรหน่วยความจำภายในของไอซีฐานเวลาจริงที่ใช้เก็บข้อมูลวันเวลาจะมีจำนวน 7 ไบต์ โดยตำแหน่ง 00H จะเก็บเวลาเป็นวินาที ตำแหน่ง 01 เก็บเวลาเป็นนาฬิกาโดยข้อมูลที่จัดเก็บจะอยู่ในรูปของรหัส BCD ดังแสดงในรูปที่ 3.12

		BIT7								BIT0	
00H	CH	10 SECONDS			SECONDS				00-59		
	0	10 MINUTES			MINUTES				00-59		
	0	12 24	10 HR A/P	10 HR	HOURS				01-12 00-23		
	0	0	0	0	0	DAY				1-7	
	0	0	10 DATE		DATE				01-28/29 01-30 01-31		
	0	0	0	10 MONTH	MONTH				01-12		
	10 YEAR			YEAR				00-99			
07H	OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0			

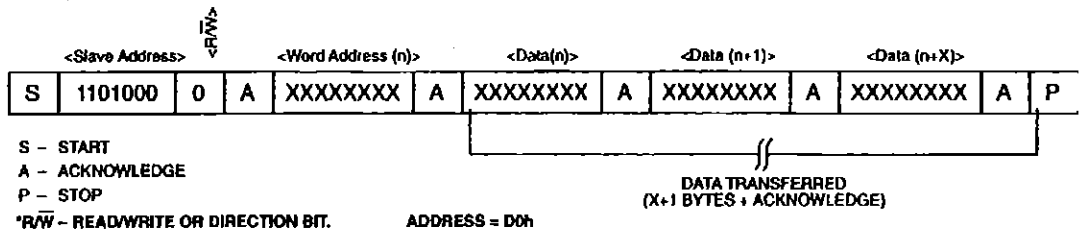
รูปที่ 3.12 โครงสร้างหน่วยความจำภายในของไอซีฐานเวลาจริง [6]

เราสามารถควบคุมเอาต์พุต ได้จากการกำหนดความถี่ที่ขา RS1 และ RS0 ของไอซีฐานเวลาจริงโดยเลือกค่าความถี่ที่เหมาะสมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงดังในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การกำหนดความถี่ที่ขา RS1 และ RS0 ของไอซีฐานเวลาจริง [6]

RS1	RS0	SQW OUTPUT FREQUENCY
0	0	1 เฮิร์ตซ์
0	1	4.096 กิโลเฮิร์ตซ์
1	0	8.192 กิโลเฮิร์ตซ์
1	1	32.768 กิโลเฮิร์ตซ์

โดยการเขียนข้อมูลลงในไอซีฐานเวลาจริงจะถูกนำมาใช้เมื่อต้องการตั้งเวลาการกำหนดให้สัญญาณพัลส์ออกที่ขา SQW/OUT หรือแม้กระทั่งการเขียนเข้าไปเก็บไว้ในหน่วยความจำส่วนความจำที่อยู่ภายในไอซีฐานเวลาจริงแนวการเขียนข้อมูลเข้าในไอซีฐานเวลาจริงนั้นจะใช้หลักการของการสื่อสารข้อมูลแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรมด้วยสายสองเส้นคือการเขียนจะต้องเริ่มต้นจากที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งเงื่อนไขเริ่มต้นไปให้กับไอซีฐานเวลาจริงแล้วจึงส่งข้อมูลต่อไปอีก 1 ไบต์ โดยข้อมูลไบต์นี้ใช้เก็บที่อยู่และบิตที่ใช้อ่าน/เขียน ดังแสดงในรูปที่ 3.13

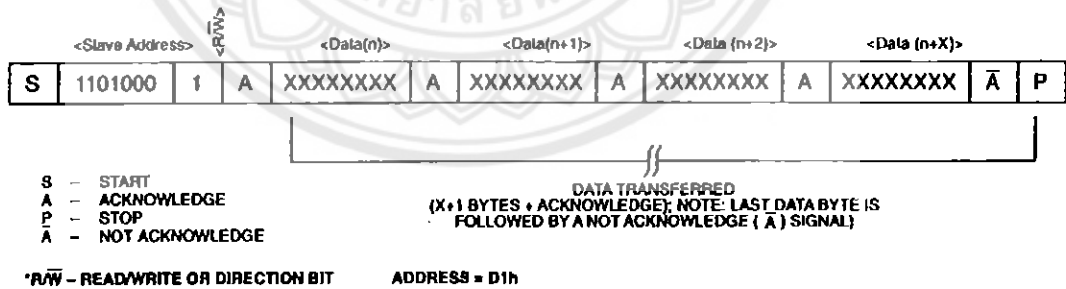


รูปที่ 3.13 แผนภาพกรอบการเขียนข้อมูลลงไอซีฐานเวลาจริง [6]

ไอซีฐานเวลาจริงถูกกำหนดให้มีตำแหน่งที่อยู่ 110100B (ขนาด 7 บิต) ซึ่งในการเขียนข้อมูลจะต้องกำหนดให้บิตอ่าน/เขียนเป็น 0 เพราะฉะนั้นเมื่อรวมที่อยู่ขนาด 7 บิต เข้ากับบิตอ่าน/เขียนจะได้ข้อมูลไบต์ที่ต้องส่งเป็น 1101000B

ถ้าต้องการเขียนข้อมูลในตำแหน่งที่เรียงกัน ไปสามารถทำได้โดยส่งข้อมูลต่อไปเรื่อย ๆ จนครบแล้วจึงส่งเงื่อนไขหยุดเพื่อหยุดการทำงาน แต่ถ้าหากต้องการเปลี่ยนตำแหน่งที่จะติดต่อหรือไม่ทราบว่าตัวชี้ตำแหน่งของ ไอซีฐานเวลาจริงที่อยู่ตำแหน่งใดก็สามารถทำได้โดยการส่งตำแหน่งใหม่ให้กับ ไอซีฐานเวลาจริง

การอ่านข้อมูลของ ไอซีฐานเวลาจริงจะมีลักษณะคล้ายกับการเขียนข้อมูลให้กับ ไอซีฐานเวลาจริง โดยจะต้องให้บิตอ่าน/เขียนเป็น 1 เพราะฉะนั้นข้อมูลไบต์ที่อยู่จะมีค่าเป็น 11010001B ดังแสดงในรูปที่ 3.14 [6]



รูปที่ 3.14 แผนภาพกรอบการอ่านข้อมูลลงไอซีฐานเวลาจริง [6]

### 3.4.2 การเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อโมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

การอ่านข้อมูลของอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศนั้นทำได้ภายหลังจากการสร้างสถานะเริ่มต้นที่เรียกว่า การเริ่มต้นส่งสัญญาณ (Transmission start) แล้วตามด้วยการส่งข้อมูลคำสั่งอ่านอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอย่างใดอย่างหนึ่งไปยัง โมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์

ในอากาศโดยที่โมดูลต้องใช้เวลาในการประมวลผลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการซึ่งจะใช้เวลามากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับความละเอียดของข้อมูลที่ต้องการอ่านค่า แสดงดังในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 เวลาที่โมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศใช้ในการประมวลผลข้อมูล [2]

ความละเอียดของข้อมูลที่ประมวลผล	เวลาที่โมดูล SHT11 ใช้ประมวลผล ( $\pm 15\%$ )
14 บิต	210 มิลลิวินาที
12 บิต	55 มิลลิวินาที
8 บิต	11 มิลลิวินาที

การยกเลิกการสื่อสารข้อมูลเกิดขึ้นเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณรับรู้หลังจากได้ข้อมูลบิตสุดท้ายของการตรวจสอบข้อมูลแต่ละบิตแล้ว สำหรับกรณีที่ไม่ต้องการตรวจสอบข้อมูลทำโดยการยกเลิกการเชื่อมต่อทำได้โดยการไม่ส่งสัญญาณรับรู้ (Acknowledge) หลังจากรับข้อมูลในไบต์ที่ 2 แล้วหลังจากนั้นเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานของโมดูลจะเข้าสู่โหมดเตรียมพร้อม

การคำนวณค่าอุณหภูมิจากโมดูลทางผู้ดำเนินโครงการสามารถเลือกความละเอียดในการอ่านได้แบบ 14 บิต หรือ 12 บิต โดยที่ความละเอียด 14 บิต เป็นค่าตั้งต้น โดยที่ผู้ดำเนินโครงการจำเป็นต้องอ่านข้อมูลจากโมดูลเข้ามาก่อน จากนั้นจึงใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ค่าอุณหภูมิออกมา [2] โดยคำนวณได้จากสมการที่กำหนดมาจากทางผู้ผลิต โมดูลดังนี้

$$T_1 = d_1 + (d_2 \times T_2) \quad (3.1)$$

โดยที่

$T_1$  คือ ค่าอุณหภูมิที่แสดงผลออกทางหน้าจอแอลซีดี

$d_1$  คือ ค่าคงที่ (= -40 สำหรับค่าคงที่ที่ป้อนไฟ 5 โวลต์ให้กับโมดูล)

$d_2$  คือ ค่าคงที่ (= 0.01 สำหรับความละเอียดที่ต้องการอ่านค่า 14 บิต)

$T_2$  คือ ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากโมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

การคำนวณค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจากโมดูลสามารถเลือกความละเอียดในการอ่านได้ในแบบ 12 บิต หรือ 8 บิต โดยทางผู้ดำเนินโครงการได้เลือกความละเอียด 12 บิตเป็นค่าที่นำมาคำนวณ ผู้ดำเนินโครงการจำเป็นต้องอ่านข้อมูลจากโมดูลเข้ามาก่อน จากนั้นจึงใช้

กระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศออกมา โดยคำนวณได้จากสมการที่กำหนดมาจากทางผู้ผลิต โมดูลดังนี้

$$RH_1 = (T - 25) \times [t1 + (t2 \times RH_3)] + RH_2 \quad (3.2)$$

$$RH_2 = c1 + (c2 \times RH_3) + [c3 \times (RH_3)^2] \quad (3.3)$$

โดยที่

T คือ ค่าอุณหภูมิที่คำนวณได้จากสมการที่ (3.1)

RH<sub>1</sub> คือ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่แสดงผลออกทางหน้าจอแอลซีดี

RH<sub>2</sub> คือ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้จากการคำนวณ

RH<sub>3</sub> คือ ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จาก โมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

t1 คือ ค่าคงที่ (= 0.01 สำหรับความละเอียดที่ต้องการอ่านค่า 12 บิต)

t2 คือ ค่าคงที่ (= 0.00008 สำหรับความละเอียดที่ต้องการอ่านค่า 12 บิต)

c1 คือ ค่าคงที่ (= -4 สำหรับความละเอียดที่ต้องการอ่านค่า 12 บิต)

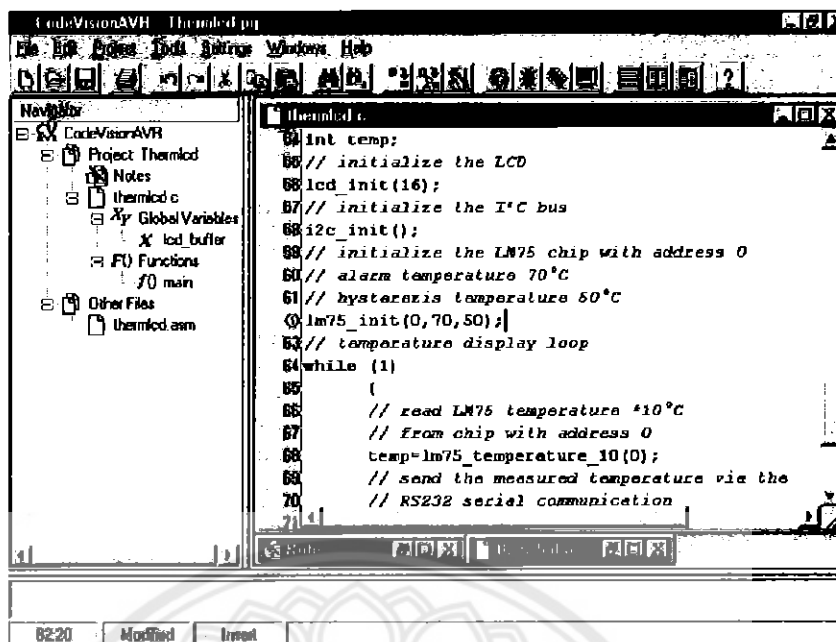
c2 คือ ค่าคงที่ (= 0.0405 สำหรับความละเอียดที่ต้องการอ่านค่า 12 บิต)

c3 คือ ค่าคงที่ (=  $-2.8 \times 10^{-6}$  สำหรับความละเอียดที่ต้องการอ่านค่า 12 บิต)

### 3.4.3 ขั้นตอนการนำโปรแกรมลงบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

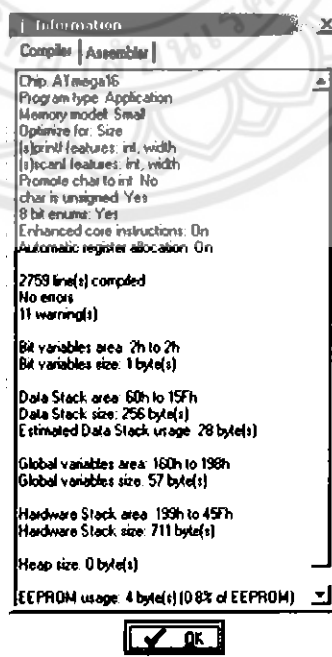
ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR จะเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์อีกหนึ่งตระกูลที่มีผู้นิยมใช้เป็นจำนวนมาก ในการเขียนโปรแกรมสามารถเขียนได้หลายภาษาเช่น ภาษาซี ภาษาแอสเซมบลี เป็นต้น โดยทางผู้ดำเนินโครงการนำโปรแกรม Codevision AVR เป็นโปรแกรมที่ใช้ทำการเขียนภาษาซี เพื่อนำมาทำการ โปรแกรมลงบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ATMEGA32 ดังแสดงในรูปที่ 3.15

จากรูปที่ 3.15 เป็นการแสดงหน้าต่างของโปรแกรม Codevision AVR ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมการทำงานของระบบในโครงการนี้ซึ่งจะประกอบด้วยระบบไอซีฐานเวลาจริง ระบบการอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศของโมดูล การแสดงผลออกทางหน้าจอแอลซีดีและระบบการควบคุมการเปิดปิดของรีเลย์



รูปที่ 3.15 หน้าต่างโปรแกรม Codevision AVR

ในการนำโปรแกรมที่ทางผู้ดำเนินโครงการได้ทำการเขียนขึ้นมาโปรแกรมลงบอร์ดนั้น จำเป็นต้องมีการแปลโปรแกรมจากภาษาซีเป็นภาษาเครื่อง โดยการแปลโปรแกรมนั้นจะทำให้ทราบว่าโปรแกรมที่เราเขียนขึ้นนั้นมีข้อผิดพลาดหรือไม่ ซึ่งถ้าไม่มีข้อผิดพลาดจะทำให้ได้ไฟล์เฮกซ์ (.HEX) ดังแสดงในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 การตรวจสอบข้อผิดพลาดในตัวโปรแกรม

เมื่อเขียน โปรแกรมเสร็จแล้วให้กด Shift+F9 เพื่อแปลโปรแกรมที่เราเขียนขึ้น ถ้าไม่มีข้อผิดพลาดจะเห็นหน้าต่างขึ้นมาดังในรูปที่ 3.16 เพื่อให้ทราบว่าโปรแกรมที่เราเขียนขึ้นมานั้นเกิดข้อผิดพลาดตรงตำแหน่งใดหรือไม่ ถ้าไม่เกิดข้อผิดพลาดจะได้ไฟล์เฮกซ์ที่ได้จากการแปลโปรแกรม ซึ่งจะอยู่ในไฟล์เตอร์โครงการที่เราเซฟไว้หลังจากนั้นนำไฟล์เฮกซ์ไปทำการโปรแกรมใส่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ATMEGA32





## บทที่ 4

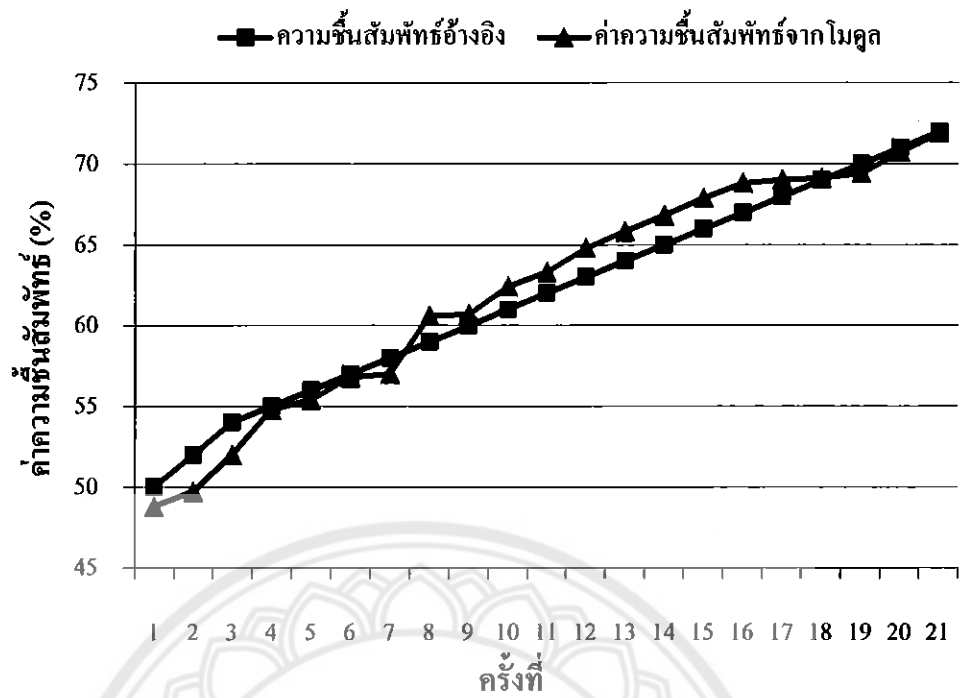
### ผลการทดสอบ

หลังจากที่ได้สร้างตัวควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการเปิดปิดของน้ำ ผู้ดำเนินโครงการได้ทำการทดสอบการอ่านค่าของชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติเพื่อวัดความสามารถในการอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศโดยเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความชื้นที่ได้รับมาตรฐานและความสามารถในการทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการเปิดปิดน้ำแบบอัตโนมัติ โดยการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

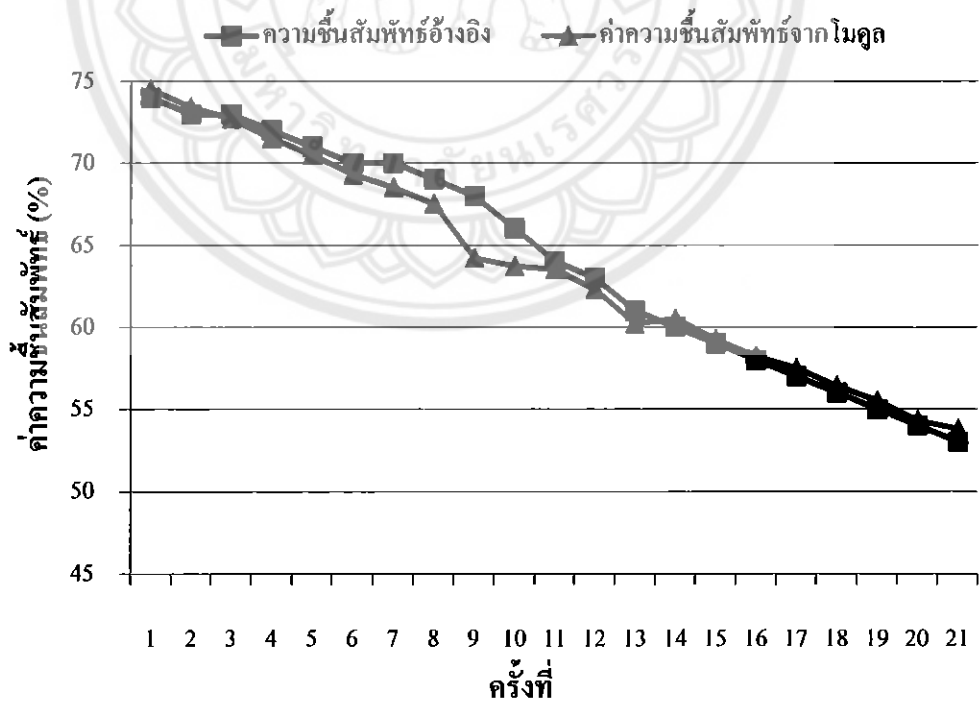
- 1) ทดสอบการอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศของโมดูล
- 2) ทดสอบความสามารถในการทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการเปิดปิดน้ำแบบอัตโนมัติว่าเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้หรือไม่

#### 4.1 การอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศของโมดูล

ในการใช้งานโดยทั่วไปของโมดูลวัดความชื้นคือ วัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ แต่ในโครงการนี้ได้นำโมดูลดังกล่าวมาประยุกต์การใช้งานกับการวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศในโรงเรือนเพาะเลี้ยงกล้วยไม้จึงอาจจะทำให้เกิดข้อผิดพลาด เนื่องจากละอองน้ำ สภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในโรงเรือนและ ยังมีการสร้างกล่องเพื่อป้องกันไม่ให้โมดูลเกิดการชำรุดจากละอองน้ำในโรงเรือน ซึ่งอาจส่งผลให้การอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีความคลาดเคลื่อน ดังนั้นผู้ดำเนินโครงการจึงทำการทดสอบการอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศของตัวโมดูลขึ้น โดยได้อ้างอิงจากค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจากเครื่องมือวัดที่ได้รับมาตรฐาน โดยเลือกใช้อุปกรณ์วัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ TFA Dostmann ECO Solar ของประเทศเยอรมันมาเปรียบเทียบความถูกต้องของค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ผลการทดสอบการอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศในช่วงค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มขึ้นจากค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเริ่มต้น ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และผลการทดสอบการอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศในช่วงค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศลดลงจากค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเริ่มต้น ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 การอ่านค่าความขึ้นสัมพัทธ์ของโมดูลที่ช่วงความขึ้นเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.2 การอ่านค่าความขึ้นสัมพัทธ์ของโมดูลที่ช่วงความขึ้นลดลง

จากผลทดสอบรูปที่ 4.1 โดยเปรียบเทียบอุณหภูมิอ้างอิง โดยอุปกรณ์วัดความชื้นสัมพัทธ์ ในอากาศ TFA Dostmann ECO Solar ของประเทศเยอรมันกับ โมดูลวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ใน อากาศที่สร้างขึ้น มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.98203 ซึ่งได้จากสมการที่ (4.1) และผลการ ทดสอบจากรูปที่ 4.2 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.987016 บ่งบอกว่าข้อมูลทั้งสองมีค่า ใกล้เคียงกันนั่นคือเครื่องตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่สร้างขึ้นมีความแม่นยำและเชื่อถือได้ เพราะหากพิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศของเครื่องนั้น ส่งผลต่อค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศของโรงเรือนกล้วยไม้ไม่น้อยมาก

$$r_{x,y} = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (4.1)$$

โดยที่

- $r_{x,y}$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์  
 $x$  คือ ความชื้นสัมพัทธ์อ้างอิง  
 $y$  คือ ความชื้นสัมพัทธ์จาก โมดูล  
 $n$  คือ จำนวนครั้งที่ทำการวัดค่า

#### 4.2 ความสามารถในการทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ

กล้วยไม้เขตร้อนเจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิประมาณ 25-35 องศาเซลเซียสความชื้น สัมพัทธ์ในอากาศประมาณ 60-80 เปอร์เซ็นต์ เวลาที่เหมาะสมในการรดน้ำกล้วยไม้ ช่วงเช้าเวลา ประมาณ 6:00-9:00 น.และในช่วงเย็นเวลาประมาณ 16:00-17:00 น. ดังนั้นในการทดสอบนี้ ผู้ดำเนินโครงการได้ทดสอบความสามารถในการทำงานเปิดปิดชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้ อัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการเปิดปิดน้ำ โดยในการทดสอบ ผู้ดำเนินโครงการได้กำหนดให้ทดสอบการใช้งานในช่วงเช้าและช่วงเย็นว่าเป็นไปตามเงื่อนไขที่เรา กำหนดไว้หรือไม่ ถ้าเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดจะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งการให้รีเลย์ ทำงานซึ่งจะทำให้วาล์วโซลินอยด์ทำงานและสปริงเกอร์ทำงาน

#### 4.2.1 การติดตั้งแบบจำลองการรดน้ำกล้วยไม้ในโรงเรือน

ในการทดสอบการทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้ ทางผู้ดำเนินโครงการได้ทำการสร้างแบบจำลองการติดตั้งชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ เพื่อเป็นต้นแบบในการนำไปใช้ในโรงเรือน ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การติดตั้งชุดทดลองการรดน้ำกล้วยไม้ในโรงเรือน

#### 4.2.2 การทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ

ในหัวข้อนี้ทางผู้ดำเนินโครงการได้ทำการกำหนดเงื่อนไขในการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ โดยแบ่งเงื่อนไขในการตรวจสอบการทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติออกเป็น 2 ช่วงเวลาคือ ช่วงเช้าและช่วงเย็น

การทดสอบความสามารถในการทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติในช่วงเวลาเช้าแบ่งออกได้เป็น 3 กรณีดังนี้

- 1) เมื่อถึงเวลา 07:30 น. ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ได้จาก โมดูลวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ณ เวลานั้นมีค่าอยู่ระหว่าง 60-74 เปอร์เซ็นต์หรือไม่ ถ้าเป็นไปตามเงื่อนไขไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้รีเลย์ทำงาน วาล์วโซลินอยด์ทำงานและสปริงเกอร์ทำการรดน้ำกล้วยไม้เป็นเวลา 5 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนดไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้รีเลย์หยุดการทำงาน ทำให้วาล์วโซลินอยด์และสปริงเกอร์หยุดการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.4



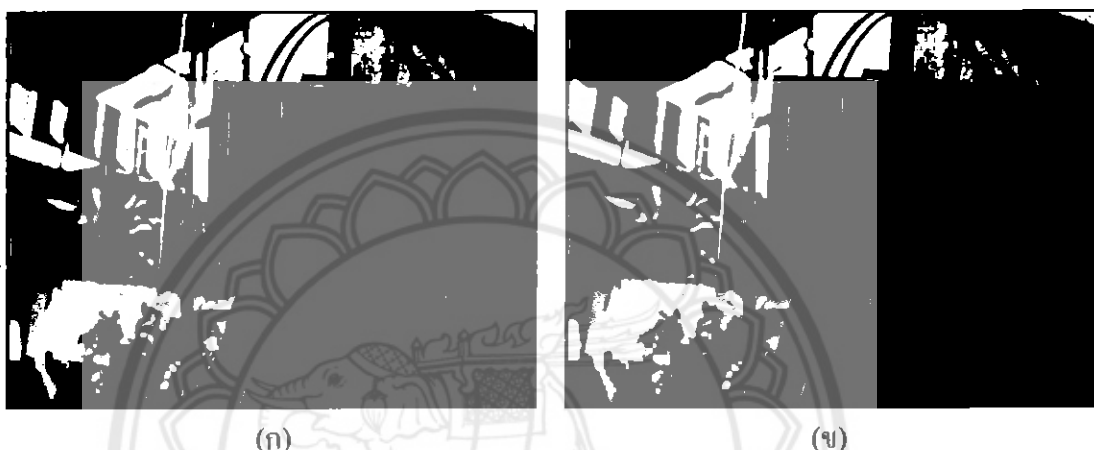
(ก)

(ข)

รูปที่ 4.4 การทดสอบช่วงเช้าที่ความชื้น 60-74 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.4 (ก) เป็นการแสดงสถานะรีเลย์ไม่ทำงาน (หลอดแอลอีดีดับ) เนื่องจากยังไม่ตรงเงื่อนไขที่กำหนดไว้คือ เวลา 7:30 น. จากรูปที่ 4.4 (ข) เป็นการแสดงสถานะการทำงานของรีเลย์ (หลอดแอลอีดีสว่าง) เนื่องจากตรงกับเงื่อนไขที่กำหนดไว้คือ เวลา 7:30 น. และมีความชื้นอยู่ระหว่าง 60-74 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะทำให้วาล์วโซลินอยด์ทำงานและสปริงเกอร์ทำการรดน้ำกล้วยไม้เป็นเวลา 5 นาที

- 2) เมื่อถึงเวลา 07:30 น. ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ได้จาก โมดูลว่ามีค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ณ เวลานั้นมีค่าน้อยกว่า 60 เปอร์เซ็นต์หรือไม่ ถ้าเป็นไปตามเงื่อนไขไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้รีเลย์ทำงาน วาล์วโซลินอยด์ทำงานและสปริงเกอร์ทำการรดน้ำกล้วยไม้เป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนดไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้รีเลย์หยุดการทำงาน ทำให้วาล์วโซลินอยด์และสปริงเกอร์หยุดการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การทดสอบช่วงเช้าที่ความชื้นน้อยกว่า 60 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.5 (ก) เป็นการแสดงสภาวะรีเลย์ไม่ทำงาน (หลอดแอลอีดีดับ) เนื่องจากยังไม่ตรงเงื่อนไขที่กำหนดไว้คือ เวลา 7:30 น. จากรูปที่ 4.5 (ข) เป็นการแสดงสภาวะการทำงานของรีเลย์ (หลอดแอลอีดีสว่าง) เนื่องจากตรงกับเงื่อนไขที่กำหนดไว้คือ เวลา 7:30 น. และมีความชื้นน้อยกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะทำให้วาล์วโซลินอยด์ทำงานและสปริงเกอร์ทำการรดน้ำกล้วยไม้เป็นเวลา 10 นาที

- 3) เมื่อถึงเวลา 07:30 น. ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ได้จาก โมดูลว่ามีค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ณ เวลานั้นมีค่าสูงกว่า 74 เปอร์เซ็นต์หรือไม่ ถ้าเป็นไปตามเงื่อนไขไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งการให้รีเลย์ไม่ทำงาน วาล์วโซลินอยด์ไม่ทำงานและสปริงเกอร์ไม่ทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.6



(ก)

(ข)

รูปที่ 4.6 การทดสอบช่วงเช้าที่ความชื้นมากกว่า 74 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.6 (ก) เป็นการแสดงสภาวะรีเลย์ไม่ทำงาน (หลอดแอลอีดีดับ) เนื่องจากยังไม่ตรงเงื่อนไขที่กำหนดไว้คือ เวลา 7:30 น. จากรูปที่ 4.6 (ข) เป็นการแสดงสภาวะการรีเลย์ไม่ทำงาน (หลอดแอลอีดีดับ) เนื่องจากตรงกับเงื่อนไขที่กำหนดไว้คือ มีค่าความชื้นมากกว่า 74 เปอร์เซ็นต์ซึ่งจะทำให้รีเลย์ไม่ทำงาน

การทดสอบความสามารถในการทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติในช่วงเวลาเย็นแบ่งออกได้เป็น 2 กรณีดังนี้

- 1) เมื่อถึงเวลา 16:30 น. ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ได้จากโมดูลว่ามีค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ณ เวลานั้นมีค่าน้อยกว่า 55 เปอร์เซ็นต์หรือไม่ ถ้าเป็นไปตามเงื่อนไขไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้รีเลย์ทำงาน วาล์วโซลินอยด์ทำงานและสปริงเกอร์ทำการรดน้ำกล้วยไม้เป็นเวลา 5 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนดไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้รีเลย์หยุดการทำงาน ทำให้วาล์วโซลินอยด์และสปริงเกอร์หยุดการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.7



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.7 การทดสอบช่วงบ่ายที่ความชื้นน้อยกว่า 55 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.7 (ก) เป็นการแสดงสภาวะรีเลย์ไม่ทำงาน (หลอดแอลอีดีดับ) เนื่องจากยังไม่ตรงเงื่อนไขที่กำหนดไว้คือ เวลา 16:30 น. จากรูปที่ 4.7 (ข) เป็นการแสดงสภาวะการทำงานของรีเลย์ (หลอดแอลอีดีสว่าง) เนื่องจากตรงกับเงื่อนไขที่กำหนดไว้คือ เวลา 16:30 น. และมีความชื้นน้อยกว่า 55 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะทำให้วาล์วโซลินอยด์ทำงานและสปริงเกอร์ทำการรดน้ำกล้วยไม้เป็นเวลา 5 นาที

- 2) เมื่อถึงเวลา 16:30 น. ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ได้จากโมดูลวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ณ เวลานั้นมีค่าสูงกว่า 55 เปอร์เซ็นต์หรือไม่ ถ้าเป็นไปตามเงื่อนไข ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งการให้รีเลย์ไม่ทำงาน วาล์วโซลินอยด์ไม่ทำงานและสปริงเกอร์ไม่ทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.8



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.8 การทดสอบช่วงบ่ายที่ความชื้นมากกว่าหรือเท่ากับ 55 เปอร์เซ็นต์



จากรูปที่ 4.8 (ก) เป็นการแสดงสภาวะริเลย์ไม่ทำงาน (หลุดแอลอีดีดับ) เนื่องจากยังไม่ตรงเงื่อนไขที่กำหนดไว้คือ เวลา 16:30 น. จากรูปที่ 4.8 (ข) เป็นการแสดงสภาวะการริเลย์ไม่ทำงาน (หลุดแอลอีดีดับ) เนื่องจากตรงกับเงื่อนไขที่กำหนดไว้คือ มีค่าความชื้นมากกว่าหรือเท่ากับ 55 เปอร์เซ็นต์ซึ่งจะทำให้ริเลย์ไม่ทำงาน

จากการทดสอบชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติทำให้ทราบถึงความสามารถในการทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขที่ทางผู้ดำเนินโครงการได้กำหนดไว้ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การทดสอบชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติ

เวลา	ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ	สภาวะการทำงาน
7:30 น.	< 60 เปอร์เซ็นต์	รดน้ำ 10 นาที
7:30 น.	60-74 เปอร์เซ็นต์	รดน้ำ 5 นาที
7:30 น.	> 74 เปอร์เซ็นต์	ไม่รดน้ำ
16:30 น.	< 55 เปอร์เซ็นต์	รดน้ำ 5 นาที
16:30 น.	≥ 55 เปอร์เซ็นต์	ไม่รดน้ำ

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินโครงการสามารถสรุปผล ซึ่งแจ้งปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินงาน รวมทั้งเสนอแนวทางแก้ปัญหา พร้อมให้ข้อเสนอแนะในการนำโครงการไปพัฒนาต่อไป

#### 5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

ผู้ดำเนินโครงการ ได้ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการเลี้ยงดูกล้วยไม้ รวมถึงความเหมาะสมในการรดน้ำกล้วยไม้ ในโครงการนี้ผู้ดำเนินโครงการได้สร้างชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับประมวลผลและควบคุมการเปิดปิดวาล์วโซลินอยด์ โดยใช้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและเวลาเป็นเงื่อนไขในการรดน้ำ ผู้ดำเนินโครงการได้ทดสอบความแม่นยำของโมดูล SHT11 ที่นำมาใช้ในการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศโดยมีความละเอียดในการอ่านค่าอยู่ที่ 0.1 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับเครื่องวัดความชื้น TFA Dostmann ECO Solar ของประเทศเยอรมันซึ่งมีความละเอียดในการอ่านค่าอยู่ที่ 1 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้จะเห็นว่าความละเอียดในการอ่านค่าของโมดูล SHT11 มีค่าสูงกว่า ผลการทดสอบชี้ให้เห็นว่าแม้จะมีความแตกต่างกันของความละเอียดในการอ่านค่าแต่เมื่อวิเคราะห์จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบชุดข้อมูลค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้จากอุปกรณ์ทั้งสองข้างต้นพบว่ามีความสูงกว่า 0.98 จึงสรุปได้ว่าโมดูล SHT11 สามารถวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้อย่างแม่นยำและเชื่อถือได้

ผู้ดำเนินโครงการได้ทดสอบการทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำกล้วยไม้ว่าเป็นไปตามเงื่อนไขที่เรากำหนดคือ เมื่อถึงเวลา 07:30 น. มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอยู่ระหว่าง 60-74 เปอร์เซ็นต์ จะทำการรดน้ำเป็นเวลา 5 นาที ถ้ามีค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศน้อยกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ จะทำการรดน้ำเป็นเวลา 10 นาที และมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมากกว่า 74 เปอร์เซ็นต์ จะไม่ทำการรดน้ำ เมื่อถึงเวลา 16:30 น. มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศน้อยกว่า 55 เปอร์เซ็นต์ จะทำการรดน้ำเป็นเวลา 5 นาที และมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมากกว่าหรือเท่ากับ 55 เปอร์เซ็นต์ จะไม่ทำการรดน้ำ

## 5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

- 1) การทดสอบความสามารถในการทำงานของชุดควบคุมการรคน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติได้มีการตั้งเวลาการรคน้ำกล้วยไม้เป็นเวลา 5 นาที และ 10 นาที แต่จากผลการทดสอบชุดควบคุมการรคน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติพบว่า ชุดควบคุมการรคน้ำกล้วยไม้ได้หยุดทำการรคน้ำกล้วยไม้ก่อนเวลาหรือหลังเวลาที่ตั้งเงื่อนไขไว้มีค่าเท่ากับ  $\pm 10$  วินาที ซึ่งเกิดจากการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์คือ ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการรคน้ำกล้วยไม้เราได้ทำการใช้ฟังก์ชันไทม์เมอร์ในการตั้งเวลาการรคน้ำกล้วยไม้ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์นับค่าเวลาไม่ตรงกับเวลาที่เกิดขึ้นจากไอซีฐานเวลาจริง โดยการนับเวลาบนฟังก์ชันไทม์เมอร์มีการหน่วงเวลามากกว่าหรือน้อยกว่าเวลาที่เกิดขึ้นบนไอซีฐานเวลาจริงทำให้เวลาในการหยุดรคน้ำกล้วยไม้เกิดก่อนหรือหลังเวลาที่ตั้งเงื่อนไขไว้ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $\pm 10$  วินาที แนวทางแก้ไขคือ สามารถเปลี่ยนตระกูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ความสามารถของชุดควบคุมการรคน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติมีความแม่นยำในการทำงานสูงขึ้น แต่ความคลาดเคลื่อนดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อการดูแลกล้วยไม้ ชุดควบคุมการรคน้ำกล้วยไม้อัตโนมัติจึงเป็นที่ยอมรับและน่าเชื่อถือได้
- 2) การทดสอบการทำงานของชุดควบคุมการรคน้ำกล้วยไม้ผู้ดำเนินโครงการได้สร้างแบบจำลองขนาด  $2 \times 2$  เมตร ซึ่งประกอบด้วยโมดูลวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ SHT11 1 ตัว สปริงเกอร์ 1 ตัว โดยมีความสามารถในการรคน้ำกล้วยไม้ได้ 2 กระถาง ถ้าเกษตรกรต้องการนำแบบจำลองไปใช้ในเรือนกล้วยไม้สามารถทำได้โดยเพิ่มสปริงเกอร์และเพิ่มโมดูลวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ SHT11 โดยสปริงเกอร์จะติดตั้งห่างกัน 1 เมตร ต่อ 1 ตัว ส่วนโมดูลวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ SHT11 จะติดตั้งห่างกัน 20 เมตร ต่อ 1 ตัว จะทำให้การรคน้ำกล้วยไม้มีความสามารถในการทำงานเพิ่มขึ้น

## 5.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป

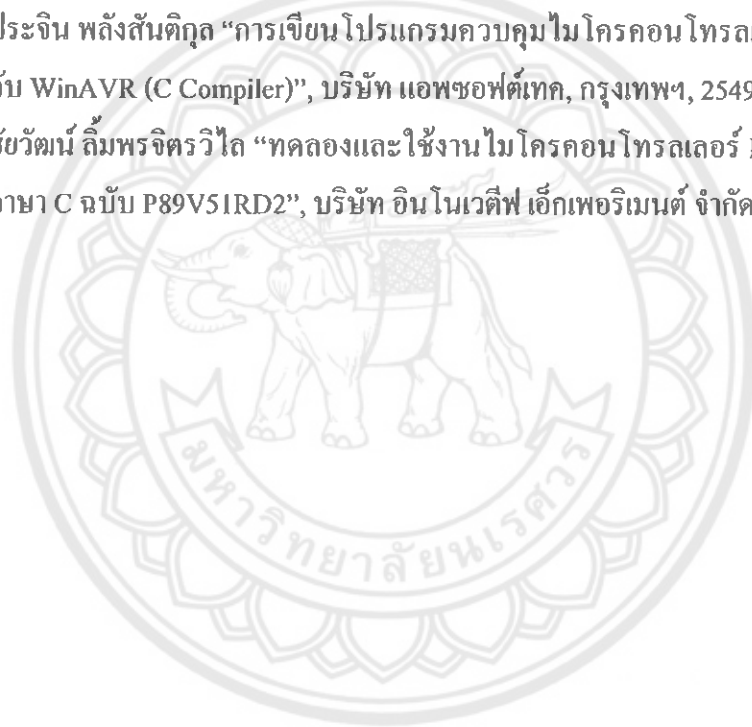
ในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR นั้นยังมีฟังก์ชันที่น่าสนใจอีกหลายฟังก์ชันและนำไปพัฒนาเพิ่มเติมโครงการนี้คือ การที่สามารถตั้งเวลา ตั้งค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและค่าอุณหภูมิจากการกำหนดเองของผู้ใช้ โดยการเพิ่มปุ่มกดเพื่อสามารถป้อนค่าเวลา ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและค่าอุณหภูมิตามความต้องการของผู้ใช้งาน ซึ่งจะช่วยให้ชุดควบคุมมีความสามารถในการทำงานเพิ่มขึ้นและโครงการนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ ได้อีก

มากมาย เช่น การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและอุณหภูมิใน โรงเพาะเห็ด ซึ่งโรงเพาะเห็ด จะต้องการค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอยู่ที่ 55-65 เปอร์เซ็นต์ และค่าอุณหภูมิอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส เมื่อโรงเพาะเห็ดมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำกว่า 55 เปอร์เซ็นต์ หรือมีค่าอุณหภูมิ สูงกว่า 25 องศาเซลเซียส ก็จะทำการพ่นน้ำเพื่อลดอุณหภูมิใน โรงเรือนเพาะเห็ดและเป็นการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอีกด้วย



## เอกสารอ้างอิง

- [1] วรรณชิต ธรรมศิริ “เทคโนโลยีการผลิตกล้วยไม้”, บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ, 2547
- [2] [http://www.sensirion.com/en/pdf/product\\_information/Datasheet-humidity-sensor-SHT1x.pdf](http://www.sensirion.com/en/pdf/product_information/Datasheet-humidity-sensor-SHT1x.pdf) datasheet sht11/, สืบค้นเมื่อ ธันวาคม 2553
- [3] <http://www.tmd.go.th/thailand.php/>, สืบค้นเมื่อ มีนาคม 2554
- [4] <http://www.navy.mi.th/hydro/sun52.htm/>, สืบค้นเมื่อ เมษายน 2554
- [5] ประจัน พลังสันติกุล “การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ด้วยภาษา C กับ WinAVR (C Compiler)”, บริษัท แอพซอพต์เทค, กรุงเทพฯ, 2549
- [6] ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล “ทดลองและใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยโปรแกรมภาษา C ฉบับ P89V51RD2”, บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, กรุงเทพฯ, 2547





รหัสต้นฉบับของโปรแกรมควบคุมการรดน้ำด้วยไม้

```

#include <mega32.h>
#include <string.h>
#include <stdio.h>
#include <delay.h>
#include <stdlib.h> //CHAR TO INT
#include "shtxx.h"

define Relay1 PORTB.0
#define Relay2 PORTB.1
#define LED PORTB.4
#define ON 1
#define OFF 0
int hour,min_,sec;
int sec_off,min_off,sec_old;
int start1,start2;
char LCD[16];
//////////////////////////////////// SHT15 //////////////////////////////////////
value humi_val,temp_val;
float dew_point;
unsigned char error,checksum;
unsigned int i;
int humi;

// I2C Bus functions
#asm
.equ __i2c_port=0x1B ;PORTA
.equ __sda_bit=3
.equ __scl_bit=2
#endasm
#include <i2c.h>
// DS1307 Real Time Clock functions
#include <ds1307.h>

```

```

// Alphanumeric LCD Module functions
#asm
.equ __lcd_port=0x15 ;PORTC
#endasm
#include <lcd.h>
#define RXB8 1
#define TXB8 0
#define UPE 2
#define OVR 3
#define FE 4
#define UDRE 5
#define RXC 7
#define FRAMING_ERROR (1<<FE)
#define PARITY_ERROR (1<<UPE)
#define DATA_OVERRUN (1<<OVR)
#define DATA_REGISTER_EMPTY (1<<UDRE)
#define RX_COMPLETE (1<<RXC)
// USART Receiver buffer
#define RX_BUFFER_SIZE 8
char rx_buffer[RX_BUFFER_SIZE];
#if RX_BUFFER_SIZE<256
unsigned char rx_wr_index,rx_rd_index,rx_counter;
#else
unsigned int rx_wr_index,rx_rd_index,rx_counter;
#endif
// This flag is set on USART Receiver buffer overflow
bit rx_buffer_overflow;
// USART Receiver interrupt service routine
interrupt [USART_RXC] void usart_rx_isr(void)
{
char status,data;
status=UCSRA;

```



```

data=UDR;
if ((status & (FRAMING_ERROR | PARITY_ERROR | DATA_OVERRUN))==0)
{
    rx_buffer[rx_wr_index]=data;
    if (++rx_wr_index == RX_BUFFER_SIZE) rx_wr_index=0;
    if (++rx_counter == RX_BUFFER_SIZE)
    {
        rx_counter=0;
        rx_buffer_overflow=1;
    };
};
}
#ifdef _DEBUG_TERMINAL_IO_
// Get a character from the USART Receiver buffer
#define _ALTERNATE_GETCHAR_
#pragma used+
char getchar(void)
{
    char data;
    while (rx_counter-->0);
    data=rx_buffer[rx_rd_index];
    if (++rx_rd_index == RX_BUFFER_SIZE) rx_rd_index=0;
    #asm("cli")
    --rx_counter;
    #asm("sei")
    return data;
}
#pragma used-
#endif
// USART Transmitter buffer
#define TX_BUFFER_SIZE 8
char tx_buffer[TX_BUFFER_SIZE];

```

```

#if TX_BUFFER_SIZE<256
unsigned char tx_wr_index,tx_rd_index,tx_counter;
#else
unsigned int tx_wr_index,tx_rd_index,tx_counter;
#endif

// USART Transmitter interrupt service routine
interrupt [USART_TXC] void usart_tx_isr(void)
{
if (tx_counter)
{
--tx_counter;
UDR=tx_buffer[tx_rd_index];
if (++tx_rd_index == TX_BUFFER_SIZE) tx_rd_index=0;
};
}
#ifdef _DEBUG_TERMINAL_IO_
// Write a character to the USART Transmitter buffer
#define _ALTERNATE_PUTCHAR_
#pragma used+
void putchar(char c)
{
while (tx_counter == TX_BUFFER_SIZE);
#asm("cli")
if (tx_counter || ((UCSRA & DATA_REGISTER_EMPTY)==0))
{
tx_buffer[tx_wr_index]=c;
if (++tx_wr_index == TX_BUFFER_SIZE) tx_wr_index=0;
++tx_counter;
}
else
UDR=c;
#asm("sei")

```

```

}

#pragma used-
#endif

// Standard Input/Output functions
#include <stdio.h>

// Declare your global variables here
void main(void)
{
// Declare your local variables here
// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTA=0x00;
DDRA=0x00;
// Port B initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTB=0x00;
DDRB=0xFF;
// Port C initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTC=0x00;
DDRC=0x00;
// Port D initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTD=0x00;
DDRD=0x00;
// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock

```

```
// Clock value: Timer 0 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC0 output: Disconnected
TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;
// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 1 Stopped
// Mode: Normal top=FFFFh
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer 1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;
// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 2 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
```

```
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x00;

// USART initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART Receiver: On
// USART Transmitter: On
// USART Mode: Asynchronous
// USART Baud rate: 9600
UCSRA=0x00;
UCSRB=0xD8;
UCSRC=0x86;
UBRRH=0x00;
UBRRL=0x47;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// I2C Bus initialization
i2c_init();

// DS1307 Real Time Clock initialization
```

```

// Square wave output on pin SQW/OUT: Off
// SQW/OUT pin state: 0
rtc_init(0,0,0);
// LCD module initialization
lcd_init(16);
// Global enable interrupts
#pragma asm("sei")
sec = rtc_read(0);
rtc_write(0,sec & 0x7f);
//rtc_set_time(22,41,40);
lcd_clear();
lcd_gotoxy(0,0);
sprintf(LCD," SHT11_Ds1307 ");
lcd_puts(LCD);
lcd_gotoxy(0,1);
sprintf(LCD,"ATMEGA 32 Relay");
lcd_puts(LCD);
delay_ms(1000);
//start = 1;
//Relay1 = 1;
DDRA.0 = 1;
PORTA.0 = 1;
DDRA.1 = 1;
PORTA.1 = 1; // Global enable interrupts
while (1)
{
// Place your code here
error=0;
error+=s_measure(&humi_val.i,&checksum,1); //measure humidity
error+=s_measure(&temp_val.i,&checksum,2); //measure temperature
if(error != 0)
{

```

```

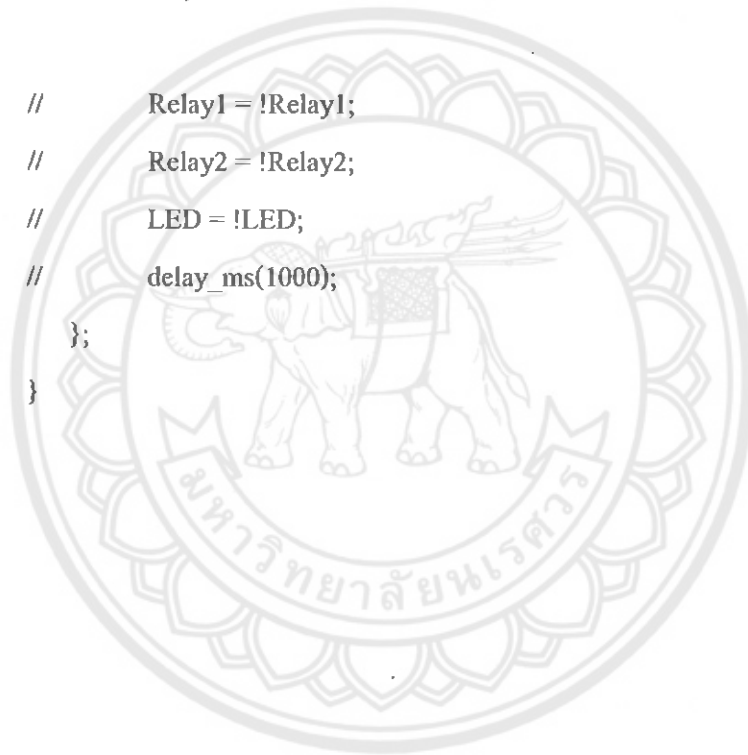
printf("connection reset\r\n");
s_connectionreset(); //in case of an error: connection reset
}
else
{
humi_val.f=(float)humi_val.i; //converts integer to float
temp_val.f=(float)temp_val.i; //converts integer to float
calc_sth11(&humi_val.f,&temp_val.f); //calculate humidity,temperature
dew_point=calc_dewpoint(humi_val.f,temp_val.f); //calculate dew point
//printf("temp:%5.1fChumi:%5.1f%%dewpoint:%5.1fC\r\n",temp_val.f,humi_val.f,
dew_point);
//printf(" temp:%iC humi: %i%%\r\n",(int)(temp_val.f*10),(int)(humi_val.f*10
/*
lcd_clear();
lcd_gotoxy(0,0);
sprintf(LCD,"temp:%5.1fC",temp_val.f);
lcd_puts(LCD);
lcd_gotoxy(0,1);
sprintf(LCD,"humi:%5.1f%%",humi_val.f);
lcd_puts(LCD);
*/
}
rtc_get_time(&hour,&min_,&sec);
// lcd_clear();
lcd_gotoxy(0,0);
sprintf(LCD,"Time %02i:%02i:%02i ",hour,min_,sec);
//sprintf(LCD,"%02i:%02i:%02i %02i:%02i",hour,min_,sec,min_off,sec_off);
lcd_puts(LCD);
lcd_gotoxy(0,1);
sprintf(LCD,"H:%2.1f%% T:%2.1fC ",humi_val.f,temp_val.f);
lcd_puts(LCD);
if((hour == 7)&&(30 <= min_ <= 35)&&(60 < humi_val.f < 74))

```

```
{
    Relay1 = ON;
    start1 = 1;
    sec_off = 0;
    min_off = 0;
}
else if((hour == 7)&&(30 <= min_ <= 35)&&(60 < humi_val.f))
{
    Relay1 = ON;
    start2 = 1;
    sec_off = 0;
    min_off = 0;
}
else if((hour == 16)&&(30 <= min_ <= 35)&&(humi_val.f < 55))
{
    Relay1 = ON;
    start2 = 1;
    sec_off = 0;
    min_off = 0;
}
if( sec_old != sec )
{
    sec_old = sec;
    sec_off++;
    if(sec_off >= 60)
    {
        sec_off = 0;
        min_off++;
    }
    if(min_off >= 60) min_off = 0;
}
if((start1 == 1)&&(sec_off == 0)&&(min_off == 10))
```



```
{  
    Relay1 = OFF;  
    start1 = 0;  
}  
if((start2 == 1)&&(sec_off == 0)&&(min_off == 5))  
{  
    Relay1 = OFF;  
    start2 = 0;  
}  
  
// Relay1 = !Relay1;  
// Relay2 = !Relay2;  
// LED = !LED;  
// delay_ms(1000);  
};  
}
```





## Features

- High-performance, Low-power Atmel® AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16 MIPS Throughput at 16MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
  - 32Kbytes of In-System Self-programmable Flash program memory
  - 1024Bytes EEPROM
  - 2Kbytes Internal SRAM
  - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C<sup>(1)</sup>
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
  - In-System Programming by On-chip Boot Program
  - True Read-While-Write Operation
  - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
  - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
  - Extensive On-chip Debug Support
  - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Four PWM Channels
  - 8-channel, 10-bit ADC
    - 8 Single-ended Channels
    - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
    - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
  - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
  - Programmable Serial USART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated RC Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
  - 32 Programmable I/O Lines
  - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
  - 2.7V - 5.5V for ATmega32L
  - 4.5V - 5.5V for ATmega32
- Speed Grades
  - 0 - 8MHz for ATmega32L
  - 0 - 16MHz for ATmega32
- Power Consumption at 1MHz, 3V, 25°C
  - Active: 1.1mA
  - Idle Mode: 0.35mA
  - Power-down Mode: < 1µA



**8-bit AVR<sup>®</sup>  
Microcontroller  
with 32KBytes  
In-System  
Programmable  
Flash**

**ATmega32  
ATmega32L**

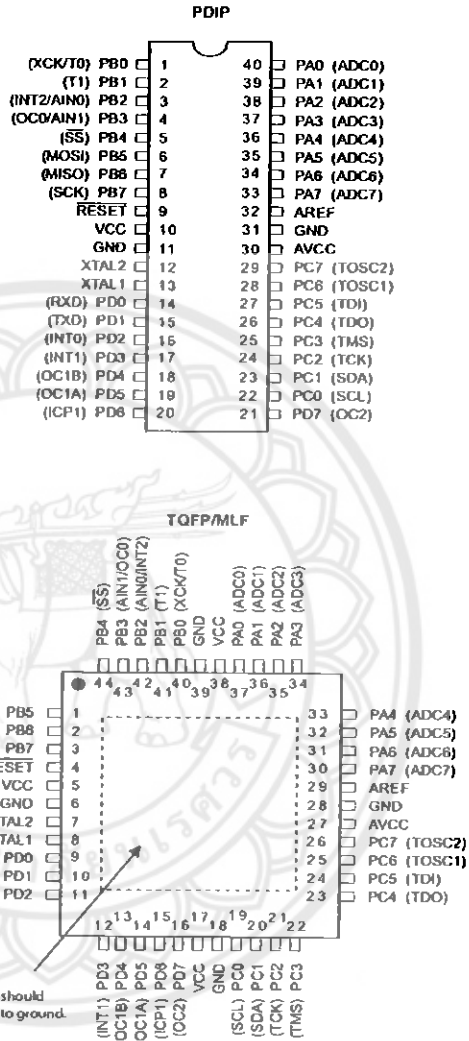
25030-AVR-02/11



# ATmega32(L)

## Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega32



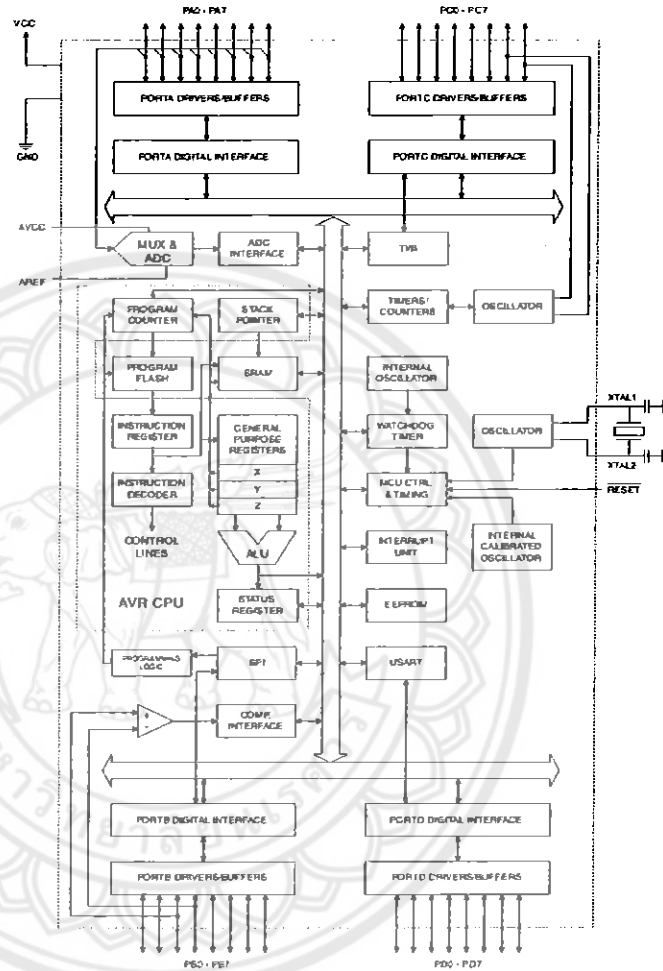
# ATmega32(L)

## Overview

The Atmel®AVR®ATmega32 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful Instructions in a single clock cycle, the ATmega32 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

## Block Diagram

Figure 2. Block Diagram



## ATmega32(L)

The Atmel®AVR®AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega32 provides the following features: 32Kbytes of In-System Programmable Flash Program memory with Read-While-Write capabilities, 1024bytes EEPROM, 2Kbyte SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, a JTAG interface for Boundary-scan, On-chip Debugging support and programming, three flexible Timer/Counters with compare modes, Internal and External Interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain (TQFP package only), a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the USART, Two-wire interface, A/D Converter, SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next External Interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the Asynchronous Timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except Asynchronous Timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the Asynchronous Timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega32 is a powerful microcontroller that provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The Atmel AVR ATmega32 is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, in-circuit emulators, and evaluation kits.

### Pin Descriptions

VCC	Digital supply voltage.
GND	Ground.
Port A (PA7..PA0)	Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.

Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

## ATmega32(L)

<b>Port B (PB7..PB0)</b>	<p>Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port B also serves the functions of various special features of the ATmega32 as listed on page 57.</p>
<b>Port C (PC7..PC0)</b>	<p>Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. If the JTAG interface is enabled, the pull-up resistors on pins PC5(TDI), PC3(TMS) and PC2(TCK) will be activated even if a reset occurs.</p> <p>The TDO pin is tri-stated unless TAP states that shift out data are entered.</p> <p>Port C also serves the functions of the JTAG interface and other special features of the ATmega32 as listed on page 60.</p>
<b>Port D (PD7..PD0)</b>	<p>Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port D also serves the functions of various special features of the ATmega32 as listed on page 62.</p>
<b>RESET</b>	<p>Reset Input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 37. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.</p>
<b>XTAL1</b>	<p>Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.</p>
<b>XTAL2</b>	<p>Output from the inverting Oscillator amplifier.</p>
<b>AVCC</b>	<p>AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to <math>V_{CC}</math>, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to <math>V_{CC}</math> through a low-pass filter.</p>
<b>AREF</b>	<p>AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.</p>



ภาคผนวก ค  
รายละเอียดของโมดูลวัดความชื้นและอุณหภูมิ SHT11



**SENSIRION**  
THE SENSOR COMPANY

## Datasheet SHT1x (SHT10, SHT11, SHT15) Humidity and Temperature Sensor

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



### Product Summary

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

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

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

### Dimensions

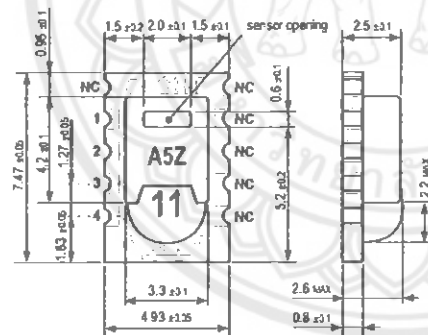


Figure 1: Drawing of SHT1x sensor packaging, dimensions in mm (1mm = 0.039inch). Sensor label gives "11" for SHT11 as an example. Contacts are assigned as follows: 1:GND, 2:DATA, 3:SCK, 4:VDD.

### Sensor Chip

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

### Material Contents

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

### Evaluation Kits

For sensor trial measurements, for qualification of the sensor or even experimental application (data logging) of the sensor there is an evaluation kit *EK-H4* available including SHT71 (same sensor chip as SHT1x) and 4 sensor channels, hard and software to interface with a computer. For other evaluation kits please check [www.sensirion.com/humidity](http://www.sensirion.com/humidity).

## Sensor Performance

### Relative Humidity

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution <sup>1</sup>		0.4	0.05	0.05	%RH
		8	12	12	bit
Accuracy <sup>2</sup> SHT10	typical		±4.5		%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy <sup>2</sup> SHT11	typical		±3.0		%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy <sup>2</sup> SHT15	typical		±2.0		%RH
	maximal	see Figure 2			
Repeatability			±0.1		%RH
Hysteresis			±1		%RH
Non-linearity	linearized		<<1		%RH
Response time <sup>3</sup> $\tau$ (63%)			8		s
Operating Range		0		100	%RH
Long term drift <sup>4</sup>	normal		< 0.5		%RH/yr

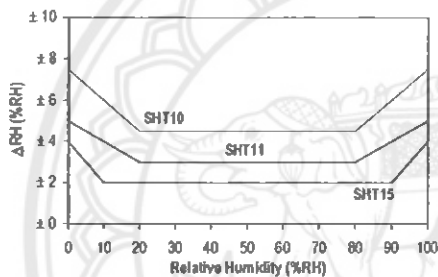


Figure 2: Maximal RH-tolerance at 25°C per sensor type.

### Temperature

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

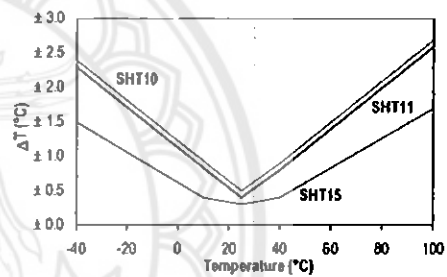


Figure 3: Maximal T-tolerance per sensor type.

### Electrical and General Items

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Source Voltage		2.4	3.3	5.5	V
Power Consumption <sup>5</sup>	sleep		2	5	μW
	measuring		3		mW
	average		90		μW
Communication	digital 2-wire interface, see Communication				
Storage	10 – 50°C (0 – 125°C peak), 20 – 60%RH				

### Packaging Information

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

This datasheet is subject to change and may be amended without prior notice.

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

<sup>2</sup> Accuracies are tested at Outgoing Quality Control at 25°C (77°F) and 3.3V. Values exclude hysteresis and are applicable to non-condensing environments only.

<sup>3</sup> Time for reaching 63% of a step function. Value at 25°C and 1 m/s airflow.

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

<sup>5</sup> Values for VDD=3.3V at 25°C, average value at one 12bit measurement per second.

<sup>6</sup> Response time depends on heat capacity of and thermal resistance to sensor substrate.

## Users Guide SHT1x

### 1 Application Information

#### 1.1 Operating Conditions

Sensor works stable within recommended normal range – see Figure 4. Long term exposures to conditions outside normal range, especially at humidity >80%RH, may temporarily offset the RH signal (+3 %RH after 60h). After return to normal range it will slowly return towards calibration state by itself. See Section 1.4 "Reconditioning Procedure" to accelerate eliminating the offset. Prolonged exposure to extreme conditions may accelerate ageing.

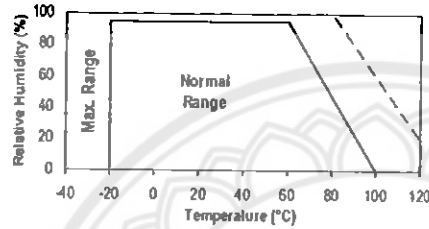


Figure 4: Operating Conditions

#### 1.2 Soldering Instructions

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

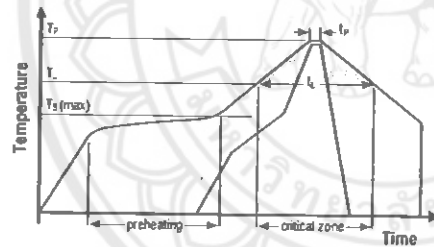


Figure 5: Soldering profile according to JEDEC standard:  $T_p \leq 260^\circ\text{C}$  and  $t_p < 40\text{sec}$  for Pb-free assembly.  $T_i < 220^\circ\text{C}$  and  $t_c < 150\text{sec}$ . Ramp-up/down speeds shall be  $< 5^\circ\text{C}/\text{sec}$ .

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

<sup>1</sup>  $233^\circ\text{C} = 451^\circ\text{F}$ ,  $260^\circ\text{C} = 500^\circ\text{F}$ ,  $350^\circ\text{C} = 662^\circ\text{F}$

**IMPORTANT:** After soldering the devices should be stored at >75%RH for at least 12h to allow the polymer to re-hydrate. Otherwise the sensor may read an offset that slowly disappears if exposed to ambient conditions. Alternatively the re-hydration process may be performed at ambient conditions (>40%RH) during more than 5 days.

In no case, neither after manual nor reflow soldering, a board wash shall be applied. Therefore it is strongly recommended to use "no-clean" solder paste. In case of application with exposure of the sensor to corrosive gases or condensed water (i.e. environments with high relative humidity) the soldering pads shall be sealed (e.g. conformal coating) to prevent loose contacts or short cuts.

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

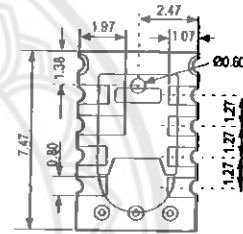


Figure 6: Rear side electrodes of sensor, view from top side.

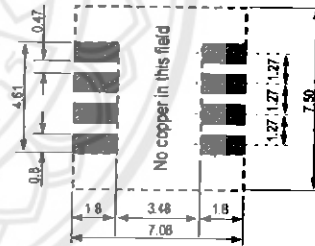


Figure 7: Recommended footprint for SHT1x. Values in mm.

#### 1.3 Storage Conditions and Handling Instructions

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

For these reasons it is recommended to store the sensors in original packaging including the sealed ESD bag at

following conditions: Temperature shall be in the range of 10°C – 50°C (0 – 125°C for limited time) and humidity at 20 – 60%RH (sensors that are not stored in ESD bags). For sensors that have been removed from the original packaging we recommend to store them in ESD bags made of metal-in-PE-HD<sup>2</sup>.

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

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

#### 1.4 Reconditioning Procedure

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

Baking: 100 – 105°C at < 5%RH for 10h  
 Re-Hydration: 20 – 30°C at ~ 75%RH for 12h<sup>3</sup>.

#### 1.5 Temperature Effects

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

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

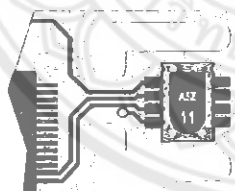


Figure 8: Top view of example of mounted SHT1x with slits milled into PCB to minimize heat transfer.

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

#### 1.6 Light

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

#### 1.7 Membranes

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

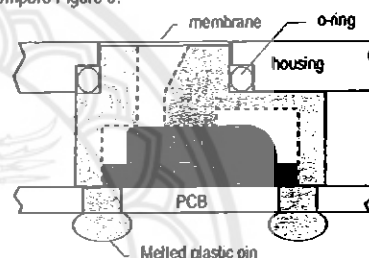


Figure 9: Side view of SF1 filter cap mounted between PCB and housing wall. Volume below membrane is kept minimal.

#### 1.8 Materials Used for Sealing / Mounting

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

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

#### 1.9 Wiring Considerations and Signal Integrity

Carrying the SCK and DATA signal parallel and in close proximity (e.g. in wires) for more than 10cm may result in cross talk and loss of communication. This may be

<sup>2</sup> For example: 3M antistatic bag, product "1910" with zipper.

<sup>3</sup> 75%RH can conveniently be generated with saturated NaCl solution  
 100 – 105°C correspond to 212 – 221°F. 20 – 30°C correspond to 68 – 86°F

resolved by routing VDD and/or GND between the two data signals and/or using shielded cables. Furthermore, slowing down SCK frequency will possibly improve signal integrity. Power supply pins (VDD, GND) must be decoupled with a 100nF capacitor if wires are used. Capacitor should be placed as close to the sensor as possible. Please see the Application Note "ESD, Latch-up and EMC" for more information.

### 1.10 ESD (Electrostatic Discharge)

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

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

## 2 Interface Specifications

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




Table 1: SHT1x pin assignment, NC remain floating.

### 2.1 Power Pins (VDD, GND)

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

The serial interface of the SHT1x is optimized for sensor readout and effective power consumption. The sensor cannot be addressed by I<sup>2</sup>C protocol; however, the sensor can be connected to an I<sup>2</sup>C bus without interference with other devices connected to the bus. The controller must switch between the protocols.

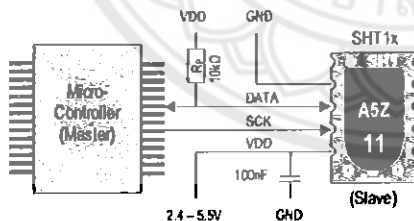


Figure 10: Typical application circuit, including pull up resistor  $R_p$  and decoupling of VDD and GND by a capacitor.

### 2.2 Serial clock input (SCK)

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

### 2.3 Serial data (DATA)

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

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

### 2.4 Electrical Characteristics

The electrical characteristics such as power consumption, low and high level input and output voltages depend on the supply voltage. Table 2 gives electrical characteristics of SHT1x with the assumption of 5V supply voltage if not stated otherwise.

Parameter	Conditions	min	typ	max	Units
Power supply DC <sup>12</sup>		2.4	3.3	5.5	V
Supply current	measuring		0.55	1	mA
	average <sup>11</sup>	2	28		$\mu\text{A}$
	sleep		0.3	1.5	$\mu\text{A}$
Low level output voltage	$I_{OL} < 4$ mA	0		250	mV
High level output voltage	$R_p < 25$ k $\Omega$	90%		100%	VDD
Low level input voltage	Negative going	0%		20%	VDD
High level input voltage	Positive going	80%		100%	VDD
Input current on pads				1	$\mu\text{A}$
	Output current	on		4	mA
	Tri-stated (off)		10	20	$\mu\text{A}$

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

<sup>12</sup> Recommended voltage supply for highest accuracy is 3.3V, due to sensor calibration

<sup>11</sup> Minimum value with one measurement of 8bit resolution without OTP reload per second. Typical value with one measurement of 12bit resolution per second

Absolute maximum ratings for VDD versus GND are +7V and -0.3V. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect the sensor reliability (e.g. hot carrier degradation, oxide breakdown). For proper communication with the sensor it is essential to make sure that signal design is strictly within the limits given in Table 3 and Figure 11.

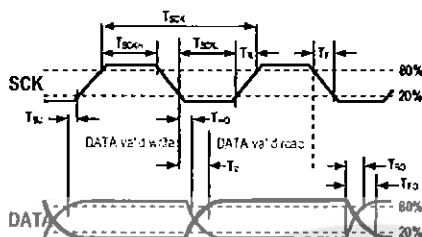


Figure 11: Timing Diagram, abbreviations are explained in Table 3. Bold DATA line is controlled by the sensor, plain DATA line is controlled by the micro-controller. Note that DATA valid read time is triggered by falling edge of anterior toggle.

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

\*  $T_{R,max} + T_{F,max} = (F_{SCK})^{-1} - T_{SCKH} - T_{SCKL}$   
 \*\* T<sub>R</sub> is determined by the R<sub>D</sub>C<sub>D</sub> time-constant at DATA line  
 \*\*\* T<sub>V,max</sub> and T<sub>SU,max</sub> depend on external pull-up resistor (R<sub>U</sub>) and total bus line capacitance (C<sub>bus</sub>) at DATA line  
 \*\*\*\* T<sub>HO,max</sub> < T<sub>V</sub> - max(T<sub>RO</sub>, T<sub>R</sub>)

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

### 3 Communication with Sensor

#### 3.1 Start up Sensor

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

#### 3.2 Sending a Command

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

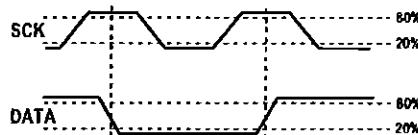


Figure 12: "Transmission Start" sequence

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

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

Table 4: SHT1x list of commands

#### 3.3 Measurement of RH and T

After issuing a measurement command ('0000101' for relative humidity, '0000011' for temperature) the controller has to wait for the measurement to complete. This takes a maximum of 20/80/320 ms for a 8/12/14bit measurement. The time varies with the speed of the internal oscillator and can be lower by up to 30%. To signal the completion of a measurement, the SHT1x pulls data line low and enters Idle Mode. The controller must wait for this Data Ready signal before restarting SCK to readout the data. Measurement data is stored until readout, therefore the controller can continue with other tasks and readout at its convenience.

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

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

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

**3.4 Connection reset sequence**

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

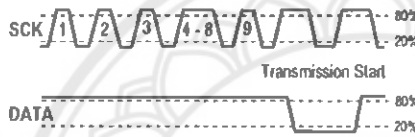


Figure 13: Connection Reset Sequence

**3.5 CRC Checksum calculation**

The whole digital transmission is secured by an 8bit checksum. It ensures that any wrong data can be detected and eliminated. As described above this is an additional feature of which may be used or abandoned. Please consult Application Note "CRC Checksum" for information on how to calculate the CRC.

**3.6 Status Register**

Some of the advanced functions of the SHT1x such as selecting measurement resolution, end-of-battery notice, use of OTP reload or using the heater may be activated by sending a command to the status register. The following section gives a brief overview of these features.

After the command Status Register Read or Status Register Write – see Table 4 – the content of 8 bits of the status register may be read out or written. For the communication compare Figure 14 and Figure 15 – the assignment of the bits is displayed in Table 5.

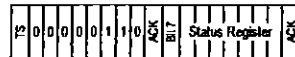


Figure 14: Status Register Write



Figure 15: Status Register Read

Examples of full communication cycle are displayed in Figure 16 and Figure 17.

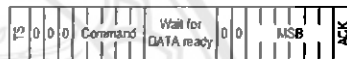


Figure 16: Overview of Measurement Sequence. TS = Transmission Start, MSB = Most Significant Byte, LSB = Last Significant Byte, LSb = Last Significant Bit.

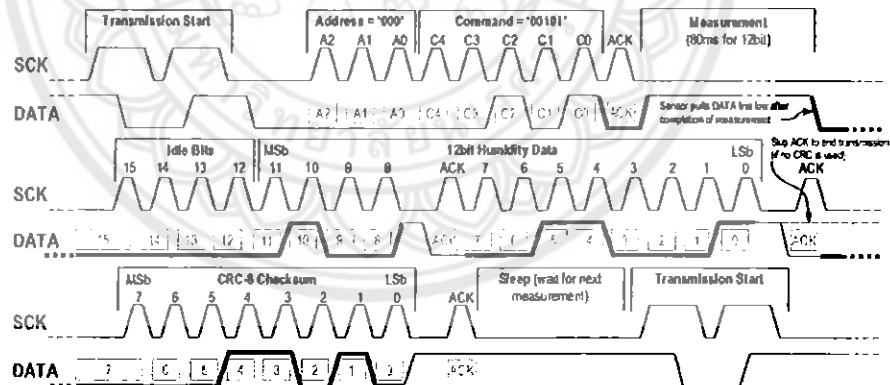


Figure 17: Example RH measurement sequence for value '0000'0100'0011'0001' = 1073 = 35.50%RH (without temperature compensation). DATA valid times are given and referenced in boxes on DATA line. Bold DATA lines are controlled by sensor while plain lines are controlled by the micro-controller.

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	RW	Heater	0 off
1	RW	no reload from OTP	0 reload
0	RW	'1' = 8bit RH / 12bit Temp. resolution '0' = 12bit RH / 14bit Temp. resolution	0 12bit RH 14bit Temp.

Table 5: Status Register Bits

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

**End of Battery** function detects and notifies VDD voltages below 2.47V. Accuracy is  $\pm 0.05V$ .

**Heater:** An on chip heating element can be addressed by writing a command into status register. The heater may increase the temperature of the sensor by  $5 - 10^{\circ}C^{12}$  beyond ambient temperature. The heater draws roughly 8mA @ 5V supply voltage.

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

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

**OTP reload:** With this operation the calibration data is uploaded to the register before each measurement. This may be deactivated for reducing measurement time by about 10ms.

## 4 Conversion of Signal Output

### 4.1 Relative Humidity

For compensating non-linearity of the humidity sensor – see Figure 18 – and for obtaining the full accuracy of the sensor it is recommended to convert the humidity readout

<sup>12</sup> Corresponds to 9 – 18°F

( $SO_{RH}$ ) with the following formula with coefficients given in Table 6:

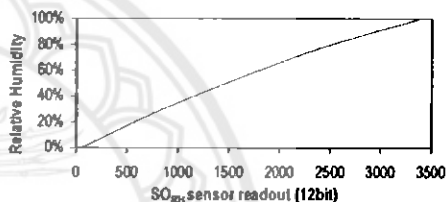
$$RH_{true} = C_1 + C_2 \cdot SO_{RH} + C_3 \cdot SO_{RH}^2 \quad (\%RH)$$

$SO_{RH}$	$C_1$	$C_2$	$C_3$
12 bit	-2.0468	0.0367	-1.5955E-6
8 bit	-2.0468	0.5872	-4.0845E-4

Table 6: V4 humidity conversion coefficients

The values given in Table 6 are optimized coefficients for V4 sensors. The parameter set for V3 sensors, which has been proposed in earlier datasheets, still applies and is provided by Sensirion upon request.

Values higher than 99% RH indicate fully saturated air and must be processed and displayed as 100%RH<sup>13</sup>. Please note that the humidity sensor has no significant voltage dependency.

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

### 4.2 Temperature compensation of Humidity Signal

For temperatures significantly different from  $25^{\circ}C$  ( $\sim 77^{\circ}F$ ) the humidity signal requires temperature compensation. The temperature correction corresponds roughly to  $0.12\%RH/^{\circ}C$  @ 50%RH. Coefficients for the temperature compensation are given in Table 7.

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

$SO_{RH}$	$t_1$	$t_2$
12 bit	0.01	0.00008
8 bit	0.01	0.00128

Table 7: Temperature compensation coefficients<sup>14</sup>

### 4.3 Temperature

The band-gap PTAT (Proportional To Absolute Temperature) temperature sensor is very linear by design.

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

<sup>14</sup> Coefficients apply both to V3 as well as to V4 sensors.



## Datasheet SHT1x

**SENSIRION**  
THE SENSOR COMPANY

Use the following formula to convert digital readout ( $SO_T$ ) to temperature value, with coefficients given in Table 8:

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

VDD	$d_1$ (°C)	$d_1$ (°F)	$SO_T$	$d_2$ (°C)	$d_2$ (°F)
5V	-40.1	-40.2	14bit	0.01	0.018
4V	-39.8	-39.6	12bit	0.04	0.072
3.5V	-39.7	-39.5			
3V	-39.6	-39.3			
2.5V	-39.4	-38.9			

Table 8: Temperature conversion coefficients<sup>15</sup>.

#### 4.4 Dew Point

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

For dew point ( $T_d$ ) calculations there are various formulas to be applied, most of them quite complicated. For the temperature range of -40 - 50°C the following approximation provides good accuracy with parameters given in Table 9:

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

Temperature Range	$T_n$ (°C)	$m$
Above water, 0 - 50°C	243.12	17.62
Above ice, -40 - 0°C	272.62	22.46

Table 9: Parameters for dew point ( $T_d$ ) calculation.

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

For more information on dew point calculation see Application Note "Introduction to Humidity".

## 5 Environmental Stability

If sensors are qualified for assemblies or devices, please make sure that they experience same conditions as the reference sensor. It should be taken into account that response times in assemblies may be longer, hence

enough dwell time for the measurement shall be granted. For detailed information please consult Application Note "Qualification Guide".

The SHT1x sensor series were tested according to AEC-Q100 Rev. G qualification test method. Sensor specifications are tested to prevail under the AEC-Q100 temperature grade 2 test conditions listed in Table 10<sup>16</sup>. Sensor performance under other test conditions cannot be guaranteed and is not part of the sensor specifications. Especially, no guarantee can be given for sensor performance in the field or for customer's specific application.

Please contact Sensirion for detailed information.

Environment	Standard	Results <sup>17</sup>
HTSL	125°C, 1000 hours	Within specifications
TC	-50°C - 125°C, 1000 cycles Acc. JESD22-A104-C	Within specifications
UHST	130°C / 85%RH / =2.3bar, 96h	Within specifications
THU	85°C / 85%RH, 1000h	Within specifications
ESD immunity	MIL-STD 883E, method 3015 (Human Body Model at ±2kV)	Qualified
Latch-up	force current of ±100mA with $T_{pk} = 80^\circ\text{C}$ , acc. JEDEC 17	Qualified

Table 10: Qualification tests: HTSL = High Temperature Storage Lifetime, TC = Temperature Cycles, UHST = Unbiased Highly accelerated Stress Test, THB = Temperature Humidity Unbiased

## 6 Packaging

### 6.1 Packaging type

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

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

### 6.2 Traceability Information

All SHT1x are marked with an alphanumeric, three digit code on the chip cap (for reference: V3 sensors were labeled with numeric codes) – see "A5Z" on Figure 1. The lot numbers allow full traceability through production.

<sup>15</sup> Temperature coefficients have slightly been adjusted compared to datasheet SHT1x version 3.01. Coefficients apply to V3 as well as V4 sensors.

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

<sup>17</sup> According to accuracy and long term drift specification given on Page 2.

calibration and testing. No information can be derived from the code directly; respective data is stored at Sensirion and is provided upon request.

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

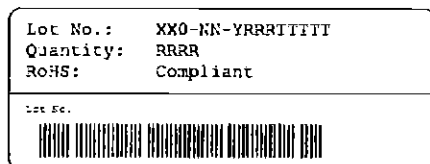


Figure 19: First label on reel: XX = Sensor Type (11 for SHT11), NN = Chip Version (04 for V4), Y = last digit of year, RRR = number of sensors on reel divided by 10 (200 for 2000 units), TTTTT = Traceability Code.

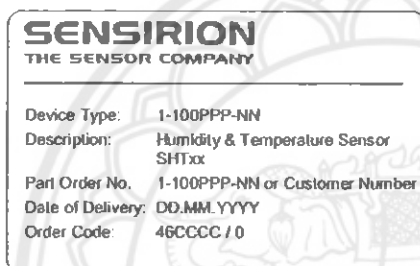


Figure 20: Second label on reel: For Device Type and Part Order Number please refer to Table 12, Delivery Date (also Date Code) is date of packaging of sensors (DD = day, MM = month, YYYY = year), CCCC = Sensirion order number.

**6.3 Shipping Package**

SHT1x are shipped in 12mm tape at 100pcs, 400pcs and 2000pcs – for details see Figure 21 and Table 11. Reels are individually labeled with barcode and human readable labels.

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

Table 11: Packaging types per sensor type.

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

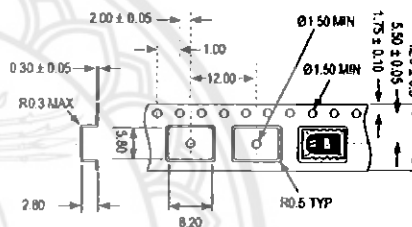


Figure 21: Tape configuration and unit orientation within tape, dimensions in mm (1mm = 0.039inch). The leader tape is at the right side of the figure while the trailer tape is to the left (direction of unreeling).

Datasheet SHT1x

**SENSIRION**  
 THE SENSOR COMPANY

### Revision History

Date	Version	Page(s)	Changes
July 2008	4.0	1 - 11	New release, rework of datasheet
September 2008	4.1	3, 4	Adjustment of normal operating range and recommendation for antistatic bag
April 2009	4.2	2, 7	Amended foot note 2, communication diagram updated (Figure 17).
May 2010	4.3	1 - 11	Various errors corrected and additional information given (ask for change protocol).

### Important Notices

#### Warning, Personal Injury

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

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

#### ESD Precautions

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

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

#### Warranty

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

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

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

This warranty does not apply to any equipment which has not been installed and used within the specifications recommended by SENSIRION for the intended and proper use of the equipment. EXCEPT FOR THE WARRANTIES EXPRESSLY SET FORTH HEREIN, SENSIRION MAKES NO WARRANTIES, EITHER EXPRESS OR IMPLIED, WITH RESPECT TO THE PRODUCT. ANY AND ALL WARRANTIES, INCLUDING WITHOUT LIMITATION, WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, ARE EXPRESSLY EXCLUDED AND DECLINED. SENSIRION is only liable for defects of this product arising under the conditions of operation provided for in the data sheet and proper use of the goods. SENSIRION explicitly disclaims all warranties, express or implied, for any period during which the goods are operated or stored not in accordance with the technical specifications.

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

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

Copyright © 2009, SENSIRION.  
 CMOsers<sup>®</sup> is a trademark of Sensirion.  
 All rights reserved.

### Headquarter and Sales Offices

Head quarter  
 SENSIRION AG  
 Leuhäuserstr. 50  
 CH-8712 Staefa ZH  
 Switzerland

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

Sales Office USA:  
 SENSIRION Inc.  
 2801 Towngate Rd., Suite 204  
 Westlake Village, CA 91361  
 USA

Phone: +1 805 409 4800  
 Fax: +1 805 435 0467  
[marketing@sensirion.com](mailto:marketing@sensirion.com)  
<http://www.sensirion.com/>

Sales Office Japan:  
 SENSIRION JAPAN Co. Ltd.  
 Postal Code: 106-0074  
 Shinjogawa Station Bldg. 7F,  
 4-23-5, Takanawa, Minato-ku  
 Tokyo, Japan

Phone: +81 3 3444 4940  
 Fax: +81 3 3444 4809  
[info@sensirion.co.jp](mailto:info@sensirion.co.jp)  
<http://www.sensirion.co.jp>

#### Sales Office Korea:

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

Phone: +82 31 440 9925-27  
 Fax: +82 31 440 9927  
[info@sensirion.co.kr](mailto:info@sensirion.co.kr)  
<http://www.sensirion.co.kr>

Sales Office China:  
 Sensirion China Co. Ltd.  
 Room 2411, Ailan Tower  
 Jin Zhong Huan Business Building,  
 Futian District, Shenzhen.  
 Postal Code 518048  
 PR China

phone: +86 755 8252 1501  
 fax: +86 755 8252 1580  
[info@sensirion.com.cn](mailto:info@sensirion.com.cn)  
[www.sensirion.com.cn](http://www.sensirion.com.cn)

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





## DS1307 64 x 8 Serial Real-Time Clock

www.maxim-ic.com

### FEATURES

- Real-time clock (RTC) counts seconds, minutes, hours, date of the month, month, day of the week, and year with leap-year compensation valid up to 2100
- 56-byte, battery-backed, nonvolatile (NV) RAM for data storage
- Two-wire serial interface
- Programmable squarewave output signal
- Automatic power-fail detect and switch circuitry
- Consumes less than 500nA in battery backup mode with oscillator running
- Optional industrial temperature range: -40°C to +85°C
- Available in 8-pin DIP or SOIC
- Underwriters Laboratory (UL) recognized

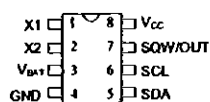
### ORDERING INFORMATION

DS1307	8-Pin DIP (300-mil)
DS1307Z	8-Pin SOIC (150-mil)
DS1307N	8-Pin DIP (Industrial)
DS1307ZN	8-Pin SOIC (Industrial)

### DESCRIPTION

The DS1307 Serial Real-Time Clock is a low-power, full binary-coded decimal (BCD) clock/calendar plus 56 bytes of NV SRAM. Address and data are transferred serially via a 2-wire, bi-directional bus. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with AM/PM indicator. The DS1307 has a built-in power sense circuit that detects power failures and automatically switches to the battery supply.

### PIN ASSIGNMENT



DS1307 8-Pin DIP (300-mil)

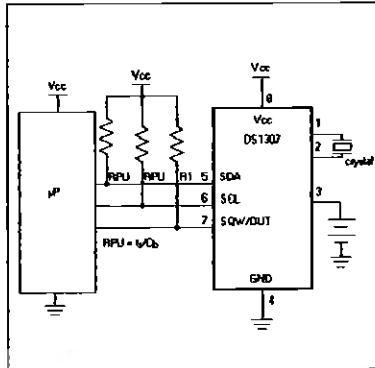


DS1307 8-Pin SOIC (150-mil)

### PIN DESCRIPTION

V <sub>CC</sub>	- Primary Power Supply
X1, X2	- 32.768kHz Crystal Connection
V <sub>BAT</sub>	- +3V Battery Input
GND	- Ground
SDA	- Serial Data
SCL	- Serial Clock
SQW/OUT	- Square Wave/Output Driver

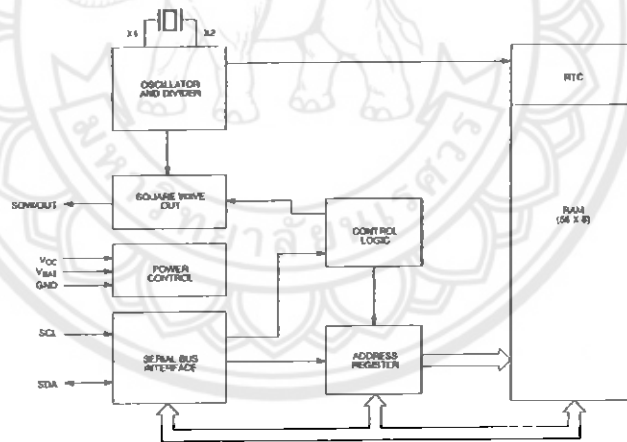
**TYPICAL OPERATING CIRCUIT**



**OPERATION**

The DS1307 operates as a slave device on the serial bus. Access is obtained by implementing a START condition and providing a device identification code followed by a register address. Subsequent registers can be accessed sequentially until a STOP condition is executed. When  $V_{CC}$  falls below  $1.25 \times V_{BAT}$  the device terminates an access in progress and resets the device address counter. Inputs to the device will not be recognized at this time to prevent erroneous data from being written to the device from an out of tolerance system. When  $V_{CC}$  falls below  $V_{BAT}$  the device switches into a low-current battery backup mode. Upon power-up, the device switches from battery to  $V_{CC}$  when  $V_{CC}$  is greater than  $V_{BAT} + 0.2V$  and recognizes inputs when  $V_{CC}$  is greater than  $1.25 \times V_{BAT}$ . The block diagram in Figure 1 shows the main elements of the serial RTC.

**DS1307 BLOCK DIAGRAM Figure 1**



### SIGNAL DESCRIPTIONS

**V<sub>CC</sub>, GND** – DC power is provided to the device on these pins. V<sub>CC</sub> is the +5V input. When 5V is applied within normal limits, the device is fully accessible and data can be written and read. When a 3V battery is connected to the device and V<sub>CC</sub> is below 1.25 x V<sub>BAT</sub>, reads and writes are inhibited. However, the timekeeping function continues unaffected by the lower input voltage. As V<sub>CC</sub> falls below V<sub>BAT</sub> the RAM and timekeeper are switched over to the external power supply (nominal 3.0V DC) at V<sub>BAT</sub>.

**V<sub>BAT</sub>** – Battery input for any standard 3V lithium cell or other energy source. Battery voltage must be held between 2.0V and 3.5V for proper operation. The nominal write protect trip point voltage at which access to the RTC and user RAM is denied is set by the internal circuitry as 1.25 x V<sub>BAT</sub> nominal. A lithium battery with 48mAh or greater will back up the DS1307 for more than 10 years in the absence of power at 25°C. UL recognized to ensure against reverse charging current when used in conjunction with a lithium battery.

See "Conditions of Acceptability" at <http://www.maxim-ic.com/TechSupport/QA/ntrl.htm>.

**SCL (Serial Clock Input)** – SCL is used to synchronize data movement on the serial interface.

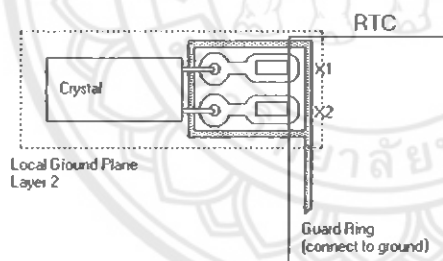
**SDA (Serial Data Input/Output)** – SDA is the input/output pin for the 2-wire serial interface. The SDA pin is open drain which requires an external pullup resistor.

**SQW/OUT (Square Wave/Output Driver)** – When enabled, the SQWE bit set to 1, the SQW/OUT pin outputs one of four square wave frequencies (1Hz, 4kHz, 8kHz, 32kHz). The SQW/OUT pin is open drain and requires an external pull-up resistor. SQW/OUT will operate with either V<sub>cc</sub> or V<sub>bat</sub> applied.

**X1, X2** – Connections for a standard 32.768kHz quartz crystal. The internal oscillator circuitry is designed for operation with a crystal having a specified load capacitance (CL) of 12.5pF.

For more information on crystal selection and crystal layout considerations, please consult Application Note 58, "Crystal Considerations with Dallas Real-Time Clocks." The DS1307 can also be driven by an external 32.768kHz oscillator. In this configuration, the X1 pin is connected to the external oscillator signal and the X2 pin is floated.

### RECOMMENDED LAYOUT FOR CRYSTAL



### CLOCK ACCURACY

The accuracy of the clock is dependent upon the accuracy of the crystal and the accuracy of the match between the capacitive load of the oscillator circuit and the capacitive load for which the crystal was trimmed. Additional error will be added by crystal frequency drift caused by temperature shifts. External circuit noise coupled into the oscillator circuit may result in the clock running fast. See Application Note 58, "Crystal Considerations with Dallas Real-Time Clocks" for detailed information.

Please review Application Note 95, "Interfacing the DS1307 with a 8051-Compatible Microcontroller" for additional information.

### RTC AND RAM ADDRESS MAP

The address map for the RTC and RAM registers of the DS1307 is shown in Figure 2. The RTC registers are located in address locations 00h to 07h. The RAM registers are located in address locations 08h to 3Fh. During a multi-byte access, when the address pointer reaches 3Fh, the end of RAM space, it wraps around to location 00h, the beginning of the clock space.

DS1307 ADDRESS MAP Figure 2

00H	SECONDS
	MINUTES
	HOURS
	DAY
	DATE
	MONTH
	YEAR
07H	CONTROL
08H	RAM
3FH	56 x 8

### CLOCK AND CALENDAR

The time and calendar information is obtained by reading the appropriate register bytes. The RTC registers are illustrated in Figure 3. The time and calendar are set or initialized by writing the appropriate register bytes. The contents of the time and calendar registers are in the BCD format. Bit 7 of register 0 is the clock halt (CH) bit. When this bit is set to a 1, the oscillator is disabled. When cleared to a 0, the oscillator is enabled.

Please note that the initial power-on state of all registers is not defined. Therefore, it is important to enable the oscillator (CH bit = 0) during initial configuration.

The DS1307 can be run in either 12-hour or 24-hour mode. Bit 6 of the hours register is defined as the 12- or 24-hour mode select bit. When high, the 12-hour mode is selected. In the 12-hour mode, bit 5 is the AM/PM bit with logic high being PM. In the 24-hour mode, bit 5 is the second 10 hour bit (20-23 hours).

On a 2-wire START, the current time is transferred to a second set of registers. The time information is read from these secondary registers, while the clock may continue to run. This eliminates the need to re-read the registers in case of an update of the main registers during a read.



DS1307 TIMEKEEPER REGISTERS Figure 3

BIT 7										BIT 0	
00H	CH	10 SECONDS				SECONDS		00-59			
	e	10 MINUTES				MINUTES		00-59			
	c	12 24	10 HR AP	10 HR		HOURS		01-32 00-23			
	c	e	c	c	c	DAY		1-7			
	0	c	10 DATE		DATE		01-20/29 01-30 01-31				
	0	c	c	10 MONTH		MONTH		01-12			
	10 YEAR				YEAR		00-99				
07H	OUT	e	e	SQWE	e	c	RS1	RS0			

### CONTROL REGISTER

The DS1307 control register is used to control the operation of the SQW/OUT pin.

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0

**OUT (Output control):** This bit controls the output level of the SQW/OUT pin when the square wave output is disabled. If SQWE = 0, the logic level on the SQW/OUT pin is 1 if OUT = 1 and is 0 if OUT = 0.

**SQWE (Square Wave Enable):** This bit, when set to a logic 1, will enable the oscillator output. The frequency of the square wave output depends upon the value of the RS0 and RS1 bits. With the square wave output set to 1Hz, the clock registers update on the falling edge of the square wave.

**RS (Rate Select):** These bits control the frequency of the square wave output when the square wave output has been enabled. Table 1 lists the square wave frequencies that can be selected with the RS bits.

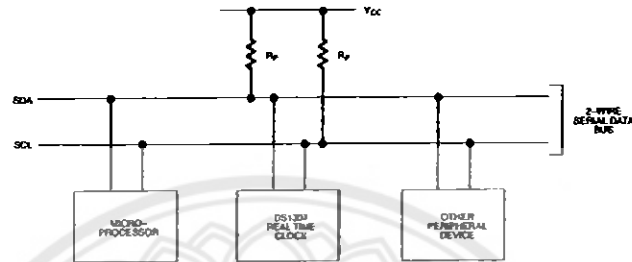
### SQUAREWAVE OUTPUT FREQUENCY Table 1

RS1	RS0	SQW OUTPUT FREQUENCY
0	0	1Hz
0	1	4.096kHz
1	0	8.192kHz
1	1	32.768kHz

## 2-WIRE SERIAL DATA BUS

The DS1307 supports a bi-directional, 2-wire bus and data transmission protocol. A device that sends data onto the bus is defined as a transmitter and a device receiving data as a receiver. The device that controls the message is called a master. The devices that are controlled by the master are referred to as slaves. The bus must be controlled by a master device that generates the serial clock (SCL), controls the bus access, and generates the START and STOP conditions. The DS1307 operates as a slave on the 2-wire bus. A typical bus configuration using this 2-wire protocol is shown in Figure 4.

TYPICAL 2-WIRE BUS CONFIGURATION Figure 4



Figures 5, 6, and 7 detail how data is transferred on the 2-wire bus.

- Data transfer may be initiated only when the bus is not busy.
- During data transfer, the data line must remain stable whenever the clock line is HIGH. Changes in the data line while the clock line is high will be interpreted as control signals.

Accordingly, the following bus conditions have been defined:

**Bus not busy:** Both data and clock lines remain HIGH.

**Start data transfer:** A change in the state of the data line, from HIGH to LOW, while the clock is HIGH, defines a START condition.

**Stop data transfer:** A change in the state of the data line, from LOW to HIGH, while the clock line is HIGH, defines the STOP condition.

**Data valid:** The state of the data line represents valid data when, after a START condition, the data line is stable for the duration of the HIGH period of the clock signal. The data on the line must be changed during the LOW period of the clock signal. There is one clock pulse per bit of data.

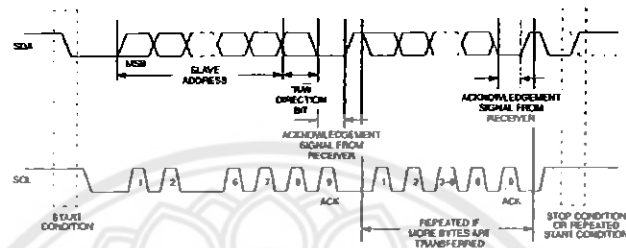
Each data transfer is initiated with a START condition and terminated with a STOP condition. The number of data bytes transferred between START and STOP conditions is not limited, and is determined by the master device. The information is transferred byte-wise and each receiver acknowledges with a ninth bit. Within the 2-wire bus specifications a regular mode (100kHz clock rate) and a fast mode (400kHz clock rate) are defined. The DS1307 operates in the regular mode (100kHz) only.

DS1307

**Acknowledge:** Each receiving device, when addressed, is obliged to generate an acknowledge after the reception of each byte. The master device must generate an extra clock pulse which is associated with this acknowledge bit.

A device that acknowledges must pull down the SDA line during the acknowledge clock pulse in such a way that the SDA line is stable LOW during the HIGH period of the acknowledge related clock pulse. Of course, setup and hold times must be taken into account. A master must signal an end of data to the slave by not generating an acknowledge bit on the last byte that has been clocked out of the slave. In this case, the slave must leave the data line HIGH to enable the master to generate the STOP condition.

#### DATA TRANSFER ON 2-WIRE SERIAL BUS Figure 5



Depending upon the state of the R/W bit, two types of data transfer are possible:

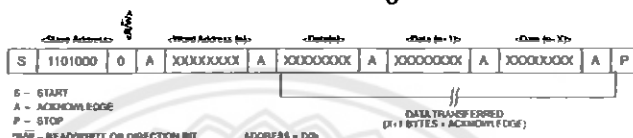
1. Data transfer from a master transmitter to a slave receiver. The first byte transmitted by the master is the slave address. Next follows a number of data bytes. The slave returns an acknowledge bit after each received byte. Data is transferred with the most significant bit (MSB) first.
2. Data transfer from a slave transmitter to a master receiver. The first byte (the slave address) is transmitted by the master. The slave then returns an acknowledge bit. This is followed by the slave transmitting a number of data bytes. The master returns an acknowledge bit after all received bytes other than the last byte. At the end of the last received byte, a "not acknowledge" is returned.

The master device generates all of the serial clock pulses and the START and STOP conditions. A transfer is ended with a STOP condition or with a repeated START condition. Since a repeated START condition is also the beginning of the next serial transfer, the bus will not be released. Data is transferred with the most significant bit (MSB) first.

The DS1307 may operate in the following two modes:

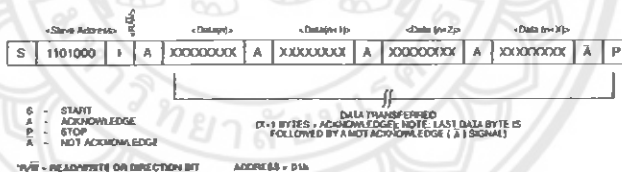
1. **Slave receiver mode (DS1307 write mode):** Serial data and clock are received through SDA and SCL. After each byte is received an acknowledge bit is transmitted. START and STOP conditions are recognized as the beginning and end of a serial transfer. Address recognition is performed by hardware after reception of the slave address and \*direction bit (See Figure 6). The address byte is the first byte received after the start condition is generated by the master. The address byte contains the 7 bit DS1307 address, which is 1101000, followed by the \*direction bit (R/w) which, for a write, is a 0. After receiving and decoding the address byte the device outputs an acknowledge on the SDA line. After the DS1307 acknowledges the slave address + write bit, the master transmits a register address to the DS1307. This will set the register pointer on the DS1307. The master will then begin transmitting each byte of data with the DS1307 acknowledging each byte received. The master will generate a stop condition to terminate the data write.

**DATA WRITE – SLAVE RECEIVER MODE Figure 6**



2. **Slave transmitter mode (DS1307 read mode):** The first byte is received and handled as in the slave receiver mode. However, in this mode, the \*direction bit will indicate that the transfer direction is reversed. Serial data is transmitted on SDA by the DS1307 while the serial clock is input on SCL. START and STOP conditions are recognized as the beginning and end of a serial transfer (See Figure 7). The address byte is the first byte received after the start condition is generated by the master. The address byte contains the 7-bit DS1307 address, which is 1101000, followed by the \*direction bit (R/w) which, for a read, is a 1. After receiving and decoding the address byte the device inputs an acknowledge on the SDA line. The DS1307 then begins to transmit data starting with the register address pointed to by the register pointer. If the register pointer is not written to before the initiation of a read mode the first address that is read is the last one stored in the register pointer. The DS1307 must receive a "not acknowledge" to end a read.

**DATA READ – SLAVE TRANSMITTER MODE Figure 7**



DS1307

**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS\***

Voltage on Any Pin Relative to Ground	-0.5V to +7.0V
Storage Temperature	-55°C to +125°C
Soldering Temperature	260°C for 10 seconds DIP See JPC/JEDEC Standard J-STD-020A for Surface Mount Devices

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

Range	Temperature	V <sub>CC</sub>
Commercial	0°C to +70°C	4.5V to 5.5V V <sub>CC1</sub>
Industrial	-40°C to +85°C	4.5V to 5.5V V <sub>CC1</sub>

**RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS**

(Over the operating range\*)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>	4.5	5.0	5.5	V	
Logic 1	V <sub>IH</sub>	2.2		V <sub>CC</sub> + 0.3	V	
Logic 0	V <sub>IL</sub>	-0.5		+0.8	V	
V <sub>BAT</sub> Battery Voltage	V <sub>BAT</sub>	2.0		3.5	V	

\*Unless otherwise specified.

**DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS**

(Over the operating range\*)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Input Leakage (SCL)	I <sub>I1</sub>			1	μA	
I/O Leakage (SDA & SQW/OUT)	I <sub>I0</sub>			1	μA	
Logic 0 Output (I <sub>OL</sub> = 5mA)	V <sub>OL</sub>			0.4	V	
Active Supply Current	I <sub>CCA</sub>			1.5	mA	7
Standby Current	I <sub>CCS</sub>			200	μA	1
Battery Current (OSC ON); SQW/OUT OFF	I <sub>BAT1</sub>		300	500	nA	2
Battery Current (OSC ON); SQW/OUT ON (32kHz)	I <sub>BAT2</sub>		480	800	nA	
Power-Fail Voltage	V <sub>PF</sub>	1.216 x V <sub>BAT</sub>	1.25 x V <sub>BAT</sub>	1.284 x V <sub>BAT</sub>	V	8

\*Unless otherwise specified.

**AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS**

(Over the operating range\*)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
SCL Clock Frequency	$f_{SCL}$	0		100	kHz	
Bus Free Time Between a STOP and START Condition	$t_{BUF}$	4.7			$\mu$ s	
Hold Time (Repeated) START Condition	$t_{HDSTA}$	4.0			$\mu$ s	3
LOW Period of SCL Clock	$t_{LOW}$	4.7			$\mu$ s	
HIGH Period of SCL Clock	$t_{HIGH}$	4.0			$\mu$ s	
Set-up Time for a Repeated START Condition	$t_{SU,STA}$	4.7			$\mu$ s	
Data Hold Time	$t_{HD,DAT}$	0			$\mu$ s	4,5
Data Set-up Time	$t_{SU,DAT}$	250			ns	
Rise Time of Both SDA and SCL Signals	$t_R$			1000	ns	
Fall Time of Both SDA and SCL Signals	$t_F$			300	ns	
Set-up Time for STOP Condition	$t_{SU,STO}$	4.7			$\mu$ s	
Capacitive Load for each Bus Line	$C_B$			400	pF	6
I/O Capacitance ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ )	$C_{I/O}$		10		pF	
Crystal Specified Load Capacitance ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ )			12.5		pF	

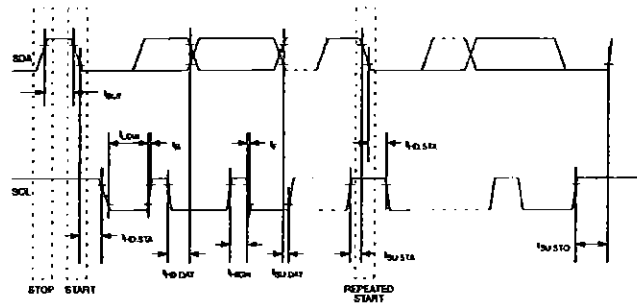
\*Unless otherwise specified.

**NOTES:**

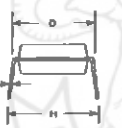
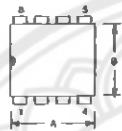
1.  $I_{CCS}$  specified with  $V_{CC} = 5.0\text{V}$  and SDA, SCL = 5.0V.
2.  $V_{CC} = 0\text{V}$ ,  $V_{BAT} = 3\text{V}$ .
3. After this period, the first clock pulse is generated.
4. A device must internally provide a hold time of at least 300ns for the SDA signal (referred to the  $V_{IHMIN}$  of the SCL signal) in order to bridge the undefined region of the falling edge of SCL.
5. The maximum  $t_{HD,DAT}$  has only to be met if the device does not stretch the LOW period ( $t_{LOW}$ ) of the SCL signal.
6.  $C_B$  = Total capacitance of one bus line in pF.
7.  $I_{CCA}$  – SCL clocking at max frequency = 100kHz.
8.  $V_{PF}$  measured at  $V_{BAT} = 3.0\text{V}$ .

DS1307

**TIMING DIAGRAM Figure 8**

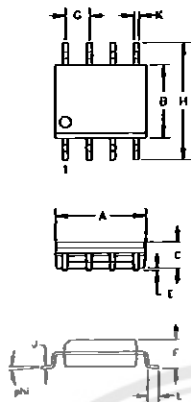


**DS1307 64 X 8 SERIAL REAL-TIME CLOCK  
8-PIN DIP MECHANICAL DIMENSIONS**



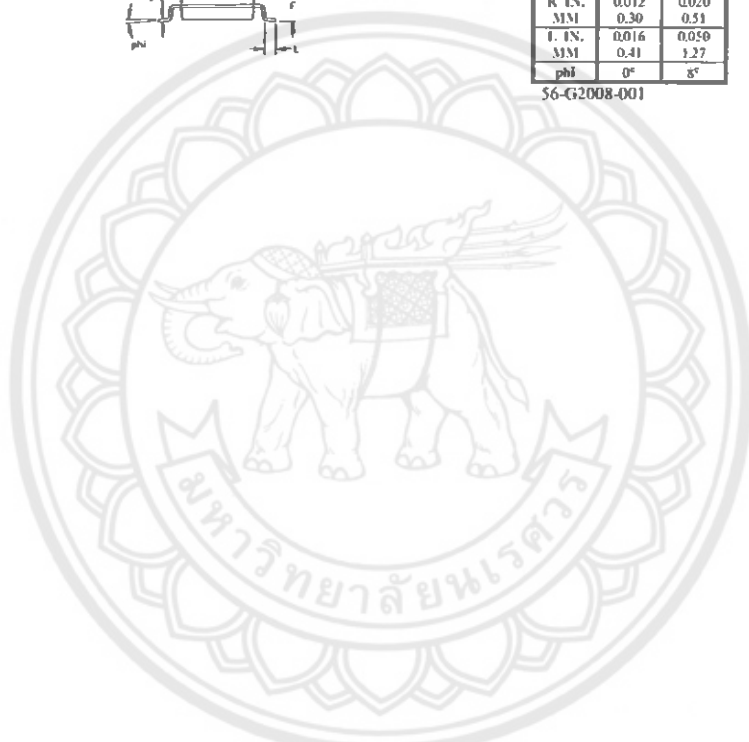
PKG DIM	8-PIN	
	MIN	MAX
A IN.	0.360	0.400
MM	9.14	10.16
B IN.	0.240	0.260
MM	6.10	6.60
C IN.	0.120	0.140
MM	3.05	3.56
D IN.	0.300	0.325
MM	7.62	8.26
E IN.	0.013	0.040
MM	0.38	1.02
F IN.	0.120	0.140
MM	3.04	3.56
G IN.	0.090	0.110
MM	2.29	2.79
H IN.	0.320	0.370
MM	8.13	9.40
J IN.	0.008	0.012
MM	0.20	0.30
K IN.	0.015	0.021
MM	0.38	0.53

**DS1307Z 64 X 8 SERIAL REAL-TIME CLOCK  
8-PIN SOIC (150-MIL) MECHANICAL DIMENSIONS**



PKG	8-PIN (150 MIL)	
	MIN	MAX
A IN.	0.188	0.196
MM	4.78	4.98
B IN.	0.150	0.158
MM	3.81	4.01
C IN.	0.048	0.062
MM	1.22	1.57
E IN.	0.004	0.010
MM	0.10	0.25
F IN.	0.053	0.069
MM	1.35	1.75
G IN.	0.050 BSC	
MM	1.27 BSC	
H IN.	0.230	0.244
MM	5.84	6.20
J IN.	0.007	0.011
MM	0.18	0.28
K IN.	0.012	0.020
MM	0.30	0.51
L IN.	0.016	0.050
MM	0.41	1.27
phi	0°	8°

56-G2008-001





## ประวัติผู้ดำเนินโครงการ



ชื่อ นายชัชรัตน์ ทัดเศษ  
 ภูมิลำเนา 11 หมู่ 2 ต.หนองบัว อ.ภูเรือ จ.เลย  
 ประวัติการศึกษา  
 — จบระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม  
 จ.พิษณุโลก  
 — ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4  
 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์  
 มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: frankula\_@hotmail.com



ชื่อ นายธนนันดร ชาคคล้าย  
 ภูมิลำเนา 155/1 หมู่ 1 ต.วัดพริก อ.เมือง จ.พิษณุโลก  
 ประวัติการศึกษา  
 — จบระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม  
 จ.พิษณุโลก  
 — ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4  
 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์  
 มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: tanandonyaklay@hotmail.com