ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ เครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตร

The Enviroment Controller for Agricultural Laboratory

ชื่อนักศึกษา

1. นายชูเกียรติ บุญมา รหัสประจำตัว 43035371
2. นายทวีศักดิ์ คำคง รหัสประจำตัว 43035373
3. นายองอาจ ไชยลังกา รหัสประจำตัว 43035397
4. นายนิรุจน์ บัวประทุม รหัสประจำตัว 43035616

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์	**ลายมือชื่อ**
1. ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา	....
2. อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี	....
3. อาจารย์สุชิน อาจหาญ	....
4. อาจารย์ไพบูลย์ พวงวงศ์ตระกูล	....
5. อาจารย์สุระชัย พิมพ์สาลี	....

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2544 เวลา 14.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม..

(ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 3 เดือน ธค. พ.ศ. ๒๕๔๔

<BT4402032>
เครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง_พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

เครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตร
THE ENVIRONMENT CONTROLLER FOR AGRICULTURAL LABORATORY

T043146

นายชูเกียรติ บุญมา
นายทวีศักดิ์ คำคง
นายองอาจ ไชยลังกา
นายนิรุจน์ บัวประทุม

เลขหมู่.......
เลขทะเบียน 43146
วัน, เดือน, ปี 23 ก.ค. 2545
b.......
i.......

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตร

The Environment Controller for Agricultural Laboratory

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในงานควบคุม และวิธีการใช้งานอุปกรณ์ตรวจเช็คอุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มแสง
2. เพื่อออกแบบวงจรส่วนตรวจเช็คอุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มแสง วงจรส่วนแสดงผล วงจรเตือนอุณหภูมิผิดปกติ และวงจรควบคุมแสงสว่างและความชื้น
3. เพื่อสร้างเครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตร
4. เพื่อทดลองประสิทธิภาพของโครงงาน
5. เพื่อนำเครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตรไปใช้งาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในงานควบคุม และการใช้อุปกรณ์ตรวจเช็คอุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มแสง
2. ได้วงจรตรวจเช็คอุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มแสง วงจรส่วนแสดงผล วงจรส่วนเตือนอุณหภูมิผิดปกติ และวงจรควบคุมแสงสว่าง และความชื้น
3. ได้เครื่องต้นแบบของเครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตร
4. ได้ช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้ปฏิบัติการเกษตรในห้องปฏิบัติการเกษตร
5. ได้นำเครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตรไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	เครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตร
นักศึกษา	นายชูเกียรติ บุญมา
	นายทวีศักดิ์ คำคง
	นายองอาจ ไชยลังกา
	นายนิรุจน์ บัวประทุม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชา	อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้กล่าวถึงการออกแบบและการสร้างเครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตร ประกอบด้วย 6 ส่วนคือส่วนประมวลผลและควบคุมและตรวจวัดอุณหภูมิ ส่วนตรวจวัดความเข้มแสง ส่วนตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ ส่วนแสดงผลด้วยเลขเจ็ดส่วน ส่วนแสดงผลด้วยตัวแสดงผลแบบผลึกเหลวและส่วนขับโหลดไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ โดยสามารถวัด อุณหภูมิ ความเข้มแสง และความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งควบคุมและประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51 มีการแสดงผลค่าที่วัดได้ด้วยตัวแสดงผลแบบเลขเจ็ดส่วน ซึ่งผู้ใช้สามารถกำหนดค่าที่ใช้ในการควบคุมได้ด้วยคีย์สวิตช์แบบเมตริกซ์ และแสดงผลด้วยตัวแสดงผลแบบผลึกเหลว โดยค่าที่ต้องกำหนดได้แก่ ค่าสูงสุดและต่ำสุดของอุณหภูมิ ค่าต่ำสุดของแสง ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของความชื้นสัมพัทธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	The Environment Controller for Agricultural Laboratory
Students	Mr.Chookiat Boonma
	Mr.Taweesak Kamkong
	Mr.Ongard Chailungka
	Mr.Nirut Buapratoom
Advisor	Assist.Prof.Dr.Threraphon Thephasadin na ayuthya
Co-Advisor	Mr.Surapong Siripongdee
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education
Program in	Electronics and Computer
Academic Year	2001

ABSTRACT

This thesis presents designing and building the Environment Controller for Agricultural Laboratory.The project consists of six parts : processing and control and measuring temperature unit, measuring light intensity unit, measuring relative humidity unit, 7-Segment unit, LCD display unit and driving load 220 VAC unit.The project can to measure and control temperature, light intensity and relative humidity which controlling and processing by MCS-51 controller (AT89C51).The project can to display value of measuring on 7-Segment.User can to give value of controlling with keypad and display on LCD which value of controlling is maximum and minimum of temperature, minimum of light intensity, maximum and minimum of relative humidity.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ส่วนหนึ่งเกิดจากคำแนะนำ การสนับสนุนจากอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ในภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่าน ตลอดจนการอนุเคราะห์ในด้านงบประมาณในการสร้างชิ้นงาน และอุปกรณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชิ้นงาน จากภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งทางคณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

อนึ่งทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณทางภาควิชาครุศาสตร์เกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อมูลบางส่วนที่มีความจำเป็นในการทำโครงการครั้งนี้ ขอบพระคุณบิดา มารดาที่ได้สนับสนุนด้านการศึกษามาโดยตลอด และสุดท้ายก็คือกำลังใจจากเพื่อนๆ พี่ๆ ทุกท่านที่มีให้เสมอมาโดยเฉพาะ คุณนิคม ภู่สืบพงษ์ คุณพิทยา สุกแก้ว และคุณวรวุฒิ ตั้งนรกุล ที่คอยให้คำปรึกษาที่ดีให้ยืมเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำโครงงานนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บดคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	3
2.1.1 โครงสร้างของ MCS-51	3
2.1.2 การจัดขาต่างๆ ของ MCS-51	5
2.1.3 การเชื่อมต่อกับหน่วยแสดงผล	7
2.2 ส่วนแสดงผลแบบผลึกเหลว	12
2.3 ไอซีตรวจจับอุณหภูมิ DS1820	16
2.3.1 คำสั่งเพื่อควบคุมการทำงานของ DS1820	17
2.4 การแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล	20
2.4.1 ทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง	21
2.4.2 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล	24
2.5 เซลล์การนำพลังแสง	27
2.6 โซลิดสเตทรีเลย์	31
2.7 ความชื้น (Humidity)	32
2.7.1 วิธีวัดความชื้นในอากาศ	34
2.8 แสง	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า

2.8.1 ความเข้มของแสง 36
2.8.2 คุณภาพของแสง 38
2.9 อุณหภูมิ 39
2.9.1 อุณหภูมิของลำต้น และอุณหภูมิของราก 41
2.9.2 พืชกับสภาพอุณหภูมิที่สูงมาก 42
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน 44
3.1 กล่าวนำ 44
3.2 เครื่องมือที่เกี่ยวข้องและอุปกรณ์ที่สำคัญ 45
3.3 ขั้นตอนการออกแบบ 45
3.3.1 วงจรส่วนประมวลผลและควบคุมการทำงาน 45
3.3.2 การตรวจจับอุณหภูมิ 47
3.3.3 การตรวจวัดความเข้มแสง 47
3.3.4 วงจรตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 47
3.3.5 วงจรส่วนแสดงผลด้วย LED 7-Segment 51
3.3.6 วงจรส่วนแสดงผลด้วยผลึกเหลว (LCD) 51
3.3.7 วงจรแสดงสถานะการทำงานของชุดควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า 52
3.3.8 วงจรควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ 52
3.3.9 วงจรภาคจ่ายไฟ 53
3.4 วิธีการสร้าง 54
3.5 การทำงานของวงจร 55
3.5.1 วงจรส่วนประมวลผลและควบคุมการทำงาน 55
3.5.2 วงจรตรวจจับอุณหภูมิ 55
3.5.3 วงจรตรวจจับความเข้มแสง 55
3.5.4 วงจรตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.5.5 วงจรแสดงผลด้วย 7-Segment	56
3.5.6 วงจรส่วนแสดงผลผลึกเหลว	56
3.5.7 วงจรแสดงสถานะการทำงานของชุดควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า	56
3.5.8 วงจรควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์	56
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	57
4.1 การทดลองการทำงานวงจรโซลิดสเตทรีเลย์	57
4.1.1 ลำดับขั้นการทดลอง	57
4.1.2 ผลการทดลอง	57
4.2 การทดลองการทำงานของส่วนแสดงผล 7-Segment	58
4.2.1 ลำดับขั้นการทดลอง	58
4.2.2 ผลการทดลอง	58
4.3 การทดลองการทำงานของวงจรตรวจจับความเข้มแสง	60
4.3.1 ลำดับขั้นการทดลอง	60
4.3.2 ผลการทดลอง	60
4.4 การทดลองการทำงานของวงจรตรวจวัดอุณหภูมิ	61
4.4.1 ลำดับขั้นการทดลอง	61
4.4.2 ผลการทดลอง	61
4.5 การทดลองการทำงานของส่วนแสดงผล LCD	63
4.5.1 ลำดับขั้นการทดลอง	63
4.5.2 ผลการทดลอง	63
4.6 การทดลองการทำงานของวงจรตรวจจับความชื้น	64
4.6.1 ลำดับขั้นการทดลอง	64
4.6.2 ผลการทดลอง	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.7 การทดลองการทำงานของเครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตร	66
4.7.1ลำดับขั้นการทดลอง	66
4.7.2 ผลการทดลอง	66
4.8 สรุปผลการทดลอง	66
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไขและพัฒนา	68
5.1 บทสรุป	68
5.1.1 การควบคุมสภาพแวดล้อมทางอุณหภูมิ	68
5.1.2 การควบคุมสภาพแวดล้อมทางแสง	68
5.1.3 การควบคุมสภาพแวดล้อมทางความชื้นสัมพัทธ์	69
5.2 ปัญหา และแนวทางแก้ไข	69
5.3 แนวทางในการพัฒนา	70
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	71
ภาคผนวก ข วงจรพิมพ์และการลงอุปกรณ์	73
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	82
ภาคผนวก ง ผังการทำงานและโปรแกรม	86
ภาคผนวก จ รายละเอียดแสดงคุณสมบัติของอุปกรณ์	108
ภาคผนวก ฉ คู่มือการใช้งาน	120
บรรณานุกรม	126
ประวัติผู้แต่ง	127

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 ไมโครโปรเซสเซอร์ ตระกูล MCS-51 เบอร์ต่างๆ	4
ตารางที่ 2.2 ค่าต่างๆ ของ LED	8
ตารางที่ 2.3 ตำแหน่งขาที่จะต่อกับพอร์ต	10
ตารางที่ 2.4 ข้อมูลที่ส่งให้ LED 7 ส่วน แสดงเป็นรูปต่างๆ	11
ตารางที่ 2.5 ตำแหน่งขาต่างๆ ที่ใช้เชื่อมต่อกับ LCD	13
ตารางที่ 2.6 การจัดสรรพื้นที่ของสแครตซ์แพดใน DS1820	18
ตารางที่ 2.7 สรุปขั้นตอนการติดต่อกับกับ DS1820	19
ตารางที่ 2.7 (ต่อ) สรุปขั้นตอนการติดต่อกับกับ DS1820	20
ตารางที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอินพุตที่เป็นแอนะลอกกับเอาต์พุตที่เป็นดิจิตอล	26
ตารางที่ 2.9 การแก้ไขความเข้มแสงที่เหมาะสมกับพืช	39
ตารางที่ 2.10 การแก้ไขอุณหภูมิที่เหมาะสมกับพืช	43
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวงจรโซลิดสเตทรีเลย์	57
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการทำงานของส่วนแสดงผล	59
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองวงจรตรวจจับความเข้มแสง	60
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองวงจรส่วนควบคุมอุณหภูมิ	62
ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการทำงานของส่วนแสดงผล LCD	63
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองวงจรตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ	65
ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการทำงานของเครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตร	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป หน้า

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างการใช้งาน MCS - 51 เป็น NAND GATE 3

รูปที่ 2.2 โครงสร้างภายในของ MCS -51 5

รูปที่ 2.3 ขาต่างๆ ของ MCS-51 6

รูปที่ 2.4 สัญลักษณ์ของแต่ละ Segment 10

รูปที่ 2.5 การจัดขาของ DS1820 17

รูปที่ 2.6 โครงสร้างการทำงานภายในของ DS1820 17

รูปที่ 2.7 การเชื่อมต่อ DS1820 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51 19

รูปที่ 2.8 วิธีการพื้นฐานของการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล 21

รูปที่ 2.9 ทรานสเฟอร์ฟังก์ชั่นของคอมพาราเตอร์ 21

รูปที่ 2.10 ค่าผิดพลาดจากการวัดใน Ampurture Time 22

รูปที่ 2.11 สเปกตรัมของสัญญาณแอนะลอกที่จะถูกสุ่ม 23

รูปที่ 2.12 หลังจากการถูกสุ่ม Frequuency Folding 23

รูปที่ 2.13 การเกิด Alias Frequency จากการสุ่มด้วยความถี่ต่ำกว่า สองเท่าของสัญญาณแอนะลอก 23

รูปที่ 2.14 การต่อวงจร Parallel Comparator A/D Convertor 26

รูปที่ 2.15 โครงสร้างของตัวต้านทานพลังแสง 28

รูปที่ 2.16 ผลการตอบสนองต่อแสงของสารที่ใช้ทำ LDR 29

รูปที่ 2.17 ปรากฏการณ์นำเนื่องจากพลังแสง 29

รูปที่ 2.18 วงจรตัวแบ่งแรงดันที่ใช้ LDR 30

รูปที่ 2.19 การใช้อุปกรณ์ที่ใช้ทางภาคอินพุต 32

รูปที่ 3.1 วงจรส่วนประมวลผลและควบคุมการทำงาน 46

รูปที่ 3.2 วงจรตรวจจับอุณหภูมิ 47

รูปที่ 3.3 วงจรตรวจจับความเข้มแสง 48

รูปที่ 3.4 วงจรตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 49

รูปที่ 3.4 (ต่อ) วงจรตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 50

รูปที่ 3.5 วงจรส่วนแสดงผลด้วย LCD, 7-Segment 51

รูปที่ 3.6 วงจรส่วนแสดงผลแบบผลึกเหลว 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 3.7 วงจรแสดงสถานะการทำงานของชุดควบคุมปิดเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า	52
รูปที่ 3.8 วงจรควบคุมการปิดเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์	53
รูปที่ 3.9 วงจรภาคจ่ายไฟ	54
รูปที่ 4.1 การทดลองวงจรโซลิดสเตทรีเลย์	58
รูปที่ 4.2 ผลการทดลองวงจรส่วนแสดงผลส่วน 7-Segment	59
รูปที่ 4.3 ผลการทดลองวงจรตรวจจับความเข้มแสง	61
รูปที่ 4.4 ผลการทดลองวงจรส่วนควบคุมอุณหภูมิ	62
รูปที่ 4.5 ผลการทดลองวงจรส่วนแสดงผล LCD	64
รูปที่ 4.6 ผลการทดลองวงจรตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ	65
รูปที่ ก.1 เครื่องต้นแบบของเครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตร	72
รูปที่ ข.1วงจรพิมพ์ของบอร์ดควบคุม	74
รูปที่ ข.2 วงจรพิมพ์ส่วนแสดงผลด้วย 7-Segment	74
รูปที่ ข.3 วงจรพิมพ์ตรวจจับความชื้นส่วนกำเนิดสัญญาณ	75
รูปที่ ข.4 วงจรพิมพ์ตรวจจับความชื้นส่วนแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล	75
รูปที่ ข.5 วงจรพิมพ์ของโซลิดสเตทรีเลย์จำนวน 8 ช่อง	76
รูปที่ ข.6 วงจรพิมพ์ของวงจรตรวจจับความเข้มของแสง	76
รูปที่ ข.7 การลงอุปกรณ์ด้านบนของบอร์ดควบคุม	77
รูปที่ ข.8 การลงอุปกรณ์วงจรแสดงผลด้วย 7-Segment	78
รูปที่ ข.9 การลงอุปกรณ์วงจรแสดงผลความชื้นส่วนแปลงสัญญาณแอนะลอก เป็นดิจิตอล	79
รูปที่ ข.10 การลงอุปกรณ์วงจรตรวจจับความชื้นส่วนกำเนิดสัญญาณ	79
รูปที่ ข.11 การลงอุปกรณ์วงจรโซลิดสเตทรีเลย์	80
รูปที่ ข.12 การลงอุปกรณ์วงจรตรวจจับความเข้มแสง	81
รูปที่ ง.1 ผังการทำงานโปรแกรมหลัก	87
รูปที่ ง.2 ผังการทำงานโปรแกรมรับค่าอุณหภูมิ	88
รูปที่ ง.3 ผังการทำงานโปรแกรมรับค่าแสง	89
รูปที่ ง.4 ผังการทำงานโปรแกรมรับค่าความชื้น	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ ง.4 (ต่อ) ผังการทำงานโปรแกรมรับค่าแสง	91
รูปที่ ง.5 โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตร	92
รูปที่ ฉ.1 หน้าจอแอลซีดีเพื่อป้อนค่าอุณหภูมิสูงสุด	122
รูปที่ ฉ.2 หน้าจอแอลซีดีเพื่อป้อนค่าอุณหภูมิต่ำสุด	122
รูปที่ ฉ.3 หน้าจอแอลซีดีเพื่อป้อนค่าความเข้มแสง	122
รูปที่ ฉ.4 หน้าจอแอลซีดีเพื่อป้อนค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด	122
รูปที่ ฉ.5 หน้าจอแอลซีดีเพื่อป้อนค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด	122
รูปที่ ฉ.6 ตำแหน่งอุปกรณ์ด้านหน้าของเครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตร	123
รูปที่ ฉ.7 ตำแหน่งอุปกรณ์ด้านหลังของเครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตร	124

พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในสภาพปัจจุบันการปลูกพืชพันธุ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการเกษตรนั้นจำเป็นที่จะต้องมีผู้ที่คอยดูแลอยู่เป็นประจำอย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้เพราะต้องมีการควบคุมค่าของตัวแปรต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่างภายในห้องให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งเกษตรกรจะต้องเสียเวลาในการควบคุมดูแลพันธุ์พืชเหล่านี้มาก กว่าที่พืชพันธุ์เหล่านี้จะเจริญเติบโตเต็มที่

ดังนั้นจึงได้เกิดแนวความคิดที่จะนำเอาเทคโนโลยีทางอิเล็กทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้งานในการที่จะควบคุมตัวแปรต่างๆ ภายในห้องปฏิบัติการเกษตร ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรเสียเวลาในการดูแลพืชพันธุ์ที่ปลูกน้อยลงไปได้มาก และยังจะทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีกว่าเดิมด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์

1) เพื่อศึกษาถึงหลักการใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ในการควบคุมและหลักการใช้งานอุปกรณ์ตรวจเช็คอุณหภูมิ ความชื้นและความเข้มของแสง

2) เพื่อออกแบบวงจรตรวจเช็ค อุณหภูมิ ความชื้นภายในห้องปฏิบัติการเกษตร ความเข้มของแสง วงจรส่วนแสดงผล วงจรควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นและความเข้มของแสง

3) เพื่อสร้างเครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตร

4) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโครงงาน

5) เพื่อนำเครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตรไปใช้งาน

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

ในปริญญานิพนธ์นี้ประกอบด้วยรายละเอียดต่าง ๆ ซึ่งมีหัวข้อดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ กล่าวถึง ทฤษฎีและหลักการใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทฤษฎีและการใช้งานไอซีตรวจเช็คอุณหภูมิเบอร์ DS1820 หลักการใช้งาน LCD Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน กล่าวถึง ผังการทำงานของเครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตร การออกแบบวงจรและการสร้างวงจรต่างๆ ของโครงงาน

บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง กล่าวถึง การทดลอง และผลการทดลองที่ได้จากวงจรต่างๆ ของโครงงาน

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และการพัฒนา กล่าวถึง บทสรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะต่างๆ ซึ่งเป็นการสรุปเกี่ยวกับประสิทธิภาพการทำงาน การใช้งานของเครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตร พร้อมทั้งกล่าวถึงปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำโครงงาน รวมถึงวิธีการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ยังได้เสนอแนะแนวทางการพัฒนา นำไปประยุกต์ ใช้งานอย่างกว้างขวาง และปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ

ภาคผนวก ข วงจรพิมพ์และการลงอุปกรณ์

ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์

ภาคผนวก ง ผังการทำงาน และ โปรแกรม

ภาคผนวก จ รายละเอียดแสดงคุณสมบัติของอุปกรณ์

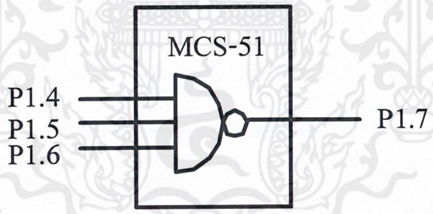
ภาคผนวก ฉ คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ถ้าหากนำ CPU เบอร์ Z-80 มาประกอบเป็นคอมพิวเตอร์จะต้องนำไอซี หน่วยความจำ และพอร์ตมาประกอบเป็นระบบ แต่ถ้าเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ภายในชิพไอซีจะมีหน่วยความจำ พอร์ตประกอบอยู่ในไอซีเพียงตัวเดียวซึ่งอาจจะเรียกได้ว่า เป็นคอมพิวเตอร์ชิพเดี่ยวหรืออาจมองง่ายๆ ว่าถ้ามีไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เราสามารถสร้างเป็นระบบคอมพิวเตอร์ได้เลยเพียงแต่ป้อนแหล่งจ่ายไฟ และสัญญาณนาฬิกาเข้าไปเท่านั้น ถ้าพิจารณาไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เราสามารถลองใช้งานง่ายๆ ได้ เช่น ถ้าจะนำไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ตระกูล MCS-51 สร้างเป็น NAND เกต 3 อินพุต ดังรูปที่ 2.1 โดยอ่านค่าจากพอร์ตอินพุตเข้ามา 3 บิตถ้าทุกบิตเป็น “1” หมดให้เอาต์พุตบิต P1.7 เป็นลอจิก “0” เราสามารถใช้ MCS-51 เป็นพอร์ตได้เลย เพราะมีพอร์ตในตัวอยู่แล้ว จากรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างการใช้งาน MCS-51 เป็น NAND เกต

2.1.1 โครงสร้างของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีด้วยกันหลายเบอร์ขึ้นกับโครงสร้างภายในของมัน บางเบอร์จะมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบรอม บางเบอร์เป็นแบบอีพรอม บางเบอร์มีแรมภายใน 128 ไบต์ บางเบอร์มี 256 ไบต์ เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดจะศึกษาได้จากคู่มือของมันโดยตรง และลักษณะของขาต่างๆ จะเหมือนกัน คุณสมบัติที่สำคัญของ MCS-51 มีดังนี้

- มีหน่วยความจำรอม 4 กิโลไบต์
- มีหน่วยความจำแรม 128 ไบต์
- มีพอร์ต I/O ขนาด 8 บิต 4 พอร์ต

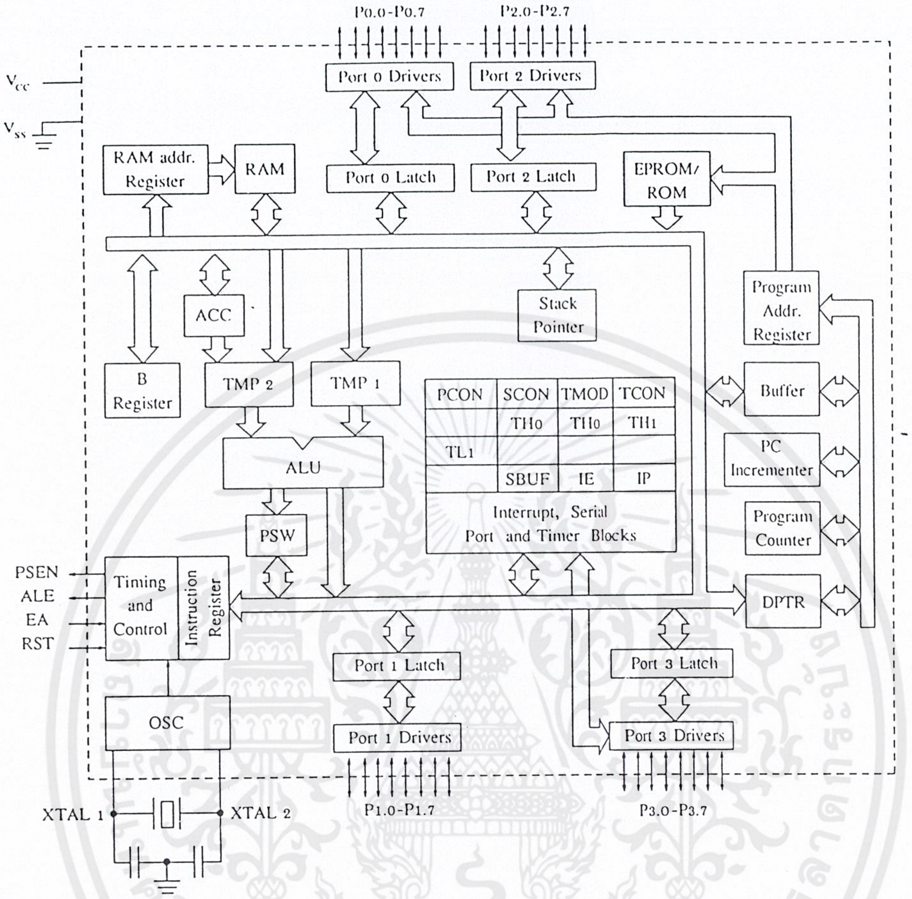
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มี Timer 16 บิต 2 ตัว
- สามารถอินเทอร์รัพท์ได้ 5 แหล่ง
- มีวงจรกำเนิดความถี่และวงจรนาฬิกาบนชิพ
- มีพอร์ตอนุกรมที่สามารถรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex ความเร็วสูง
- อ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 64 กิโลไบต์
- อ้างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64 กิโลไบต์
- สามารถประมวลผลทีละบิตได้
- สามารถอ้างหน่วยความจำแบบบิตได้ 210 ตำแหน่ง
- หนึ่งวัฏจักรคำสั่งใช้เวลาประมาณ 1 ไมโครวินาที ขณะทำงานด้วย สัญญาณนาฬิกา 11.059 เมกะเฮิรตซ์

ตารางที่ 2.1 ไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ต่างๆ

เบอร์	หน่วยความจำโปรแกรมบนชิพ	หน่วยความจำข้อมูลบนชิพ	TIMERS
8051	4k ROM	128 ไบต์	2
8031	-	128 ไบต์	2
8751	4k EPROM	128 ไบต์	2
8052	8k ROM	256 ไบต์	3
8032	-	256 ไบต์	3
8752	8k EPROM	256 ไบต์	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

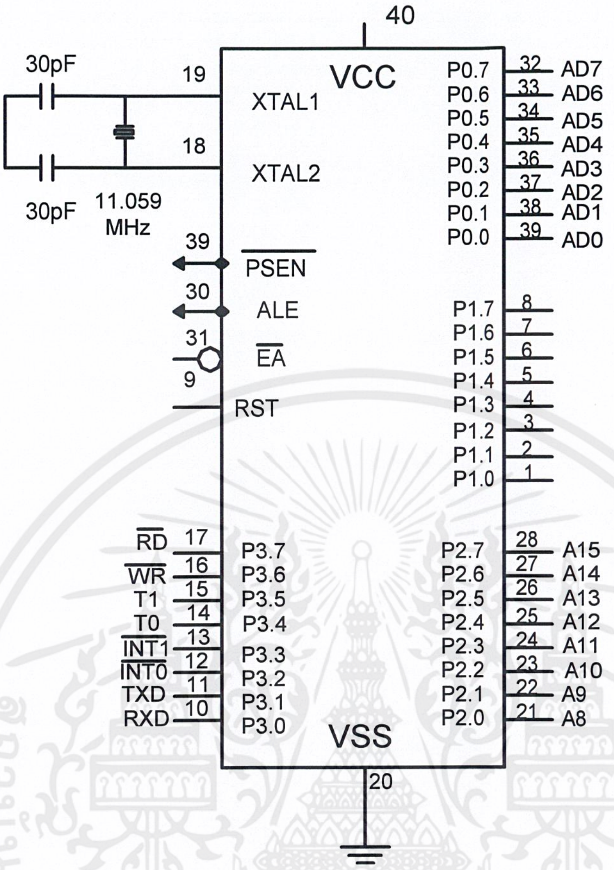


รูปที่ 2.2 โครงสร้างภายในของ MCS-51

2.1.2 การจัดขาต่างๆ ของ MCS-51

ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โครงสร้าง IC เป็นแบบ DIP มีขาทั้งหมด 40 ขาโดยขาต่างๆ จะใช้เป็นขาพอร์ตอินพุต เอาต์พุต ขาสัญญาณควบคุม ขาตำแหน่งหน่วยความจำ และขาข้อมูลดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ขาต่างๆ ของ MCS-51

1) ความหมายของขาต่างๆ ดังนี้

1.1) พอร์ต 0 (Port 0)

พอร์ต 0 ได้แก่ขาที่ 32-39 ของ MCS-51 สามารถใช้เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตได้นอกจากนี้ ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกยังใช้เป็นขา Address Bus และ Data Bus อีกด้วย

1.2) พอร์ต 1 (Port 1)

พอร์ต 1 ได้แก่ ขาที่ 1-8 เป็นพอร์ต 8 บิต สามารถอ้างทีละบิตได้ คือ P1.0 ถึง P1.7

1.3) พอร์ต 2 (Port 2)

พอร์ต 2 ได้แก่ขาที่ 21-28 จะใช้งานสองหน้าที่ คือใช้เป็นพอร์ต 8 บิต กับใช้เป็นขาอ้างตำแหน่ง 8 บิต ในการอ้างหน่วยความจำภายนอก

1.4) พอร์ต3 (port 3)

พอร์ต 3 ได้แก่ขาที่ 10-17 จะใช้งานอยู่สองหน้าที่คือ เป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุต และใช้เป็นขาควบคุมต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5) $\overline{\text{PSEN}}$ (Program Store Enable)

ขา $\overline{\text{PSEN}}$ เป็นขาที่ส่งสัญญาณออก คือ ขา 29 ขานี้จะแอคทีฟ เมื่อ MCS-51 ต้องการอ่านโปรแกรมภายนอก โดยปกติขา $\overline{\text{PSEN}}$ จะต่อกับขา $\overline{\text{OE}}$ ของหน่วยความจำภายนอก

1.6) ALE (Address Latch Enable)

ขา ALE ได้แก่ ขา 30 ขานี้จะใช้มัลติเพล็กซ์สัญญาณ Adress Bus ของพอร์ต 0

1.7 $\overline{\text{EA}}$ (External Access)

ขา $\overline{\text{EA}}$ ได้แก่ ขาที่ 31 ถ้าขานี้เป็นลอจิก “1” จะใช้กับเบอร์ 8051/8052 เพื่อบอกว่าให้อ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำโปรแกรมภายใน และถ้าเป็นลอจิก “0” จะบอกให้ว่า MCS-51 ทำโปรแกรมโดยอ่านจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (ถ้าขา $\overline{\text{EA}}$ เป็น “0” ขา $\overline{\text{PSEN}}$ จะแอคทีฟ) ถ้าหากเป็นเบอร์ 8031 หรือ 8032 ขา $\overline{\text{EA}}$ จะเป็น “0” เสมอเพราะว่าไม่มีโปรแกรมหน่วยความจำภายใน แต่ถ้าใช้เบอร์ 8051/8052 ซึ่งมีหน่วยความจำโปรแกรมภายในและให้ขา $\overline{\text{EA}}$ เป็น “0” ซึ่งจะ Disabled รอม ภายในและจะอ่านโปรแกรมจาก อีพรอมภายนอกแทน

1.8) RST (Reset)

ขา RST ได้แก่ ขา 9 จะใช้ในการรีเซ็ต MCS-51 โดยจะต้องให้ขานี้เป็นลอจิก “1” อย่างน้อย 2 Machine Cycles จึงจะรีเซ็ตได้

2) ความถี่สัญญาณนาฬิกาบนชิพ (ON-Chip Oscillator Input)

เป็นวงจรกำเนิดความถี่บนชิพ ได้แก่ ขา 18-19 โดยต่อ Crystal เข้ากับขานี้โดยปกติจะใช้ Crytal ความถี่ 11.059 เมกะเฮิรตซ์ กับตัวเก็บประจุหรือใช้สัญญาณนาฬิกาจาก TTL Clock Source ต่อกับ XTAL1 และ XTAL2

3) P ower Connections

ใน MCS-51 จะใช้แหล่งจ่าย 5 โวลต์ต่อเข้ากับขา Vcc (ขา40) ส่วนขา Vss (ขา20) จะต่อลง Ground

2.1.3 การเชื่อมต่อกับหน่วยแสดงผล

เมื่อต้องการให้ตัว MCS-51 หรือคอมพิวเตอร์ทั่วไปแสดงผลข้อมูลสามารถทำได้หลายวิธี ตัวอย่าง เช่น ถ้าต้องการแสดงลอจิก “0” หรือ “1” อาจใช้หลอด LED ในการแสดงผลแบบติดดับถ้าต้องการแสดงเป็นตัวเลขอาจใช้หลอด LED แบบ 7 ส่วน (7-Segment) หากต้องการแสดงเป็นภาพอาจต้องใช้ LED แบบ Dot Matrix เป็นต้น ในบทนี้จะแสดงการเชื่อมต่อพอร์ตกับอุปกรณ์แสดงผลพื้นฐาน

การเชื่อมต่อกับไดโอดเปล่งแสง ไดโอดเปล่งแสงหรือ LED (Light Emitting Diode) สามารถนำมาเชื่อมต่อกับพอร์ตขนานของ MCS-51 ได้เนื่องจาก LED เป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถแสดงผลจากไมโครคอมพิวเตอร์ได้คุณสมบัติต่างๆ ของ LED นั้นจะ Compatible กับระดับสัญญาณของ TLL Logic และยังกินกระแสต่ำเหมาะกับระบบที่ใช้จาก Battery อีกด้วย คุณสมบัติต่างๆ ของ LED แสดงได้ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่าต่างๆของ LED

ข้อมูลแสดงค่าต่าง ๆของ LED	
ความต่างศักย์ (V)	1.5 - 3
กระแส (mA)	5 - 25
ความสว่าง (nf)	10^2
สี	แดง เหลือง เขียว
อายุ (hour)	10^5

หลอด LED สร้างจากสารกึ่งตัวนำซึ่งสามารถให้แสงในย่านอุลตราไวโอเลต ถึงอินฟราเรดได้ แต่ในที่นี้เราสนใจในย่าน Visible Spectrum หรือ LED ที่ให้แสงในย่านที่ตามองเห็น โดยสีแดงจะสร้างจาก GaAsP สีเหลืองสร้างจาก GaAsD บน GaP สีเขียวสร้างจาก GaP โครงสร้าง LED โครงสร้างของ LED จะประกอบด้วยชิพเล็กๆ ถูกปิดด้วย Epoxyed มีขาสองขาคือ Cathode และ Anode และมีช่องพลาสติกให้แสงเข้ามา LED อาจเป็นแบบตัวเดี่ยวๆ อย่างที่เห็นทั่วๆ ไปหรืออาจเป็นแบบแสดงผลตัวเลขที่เรียกว่า 7-Segment Display (ซึ่งประกอบด้วย LED 7 ดวง) โดยปกติ LED หนึ่งดวงหรือ 1 เซกเมนต์ จะต้องการกระแสประมาณ 20mA ถ้ามากกว่านี้อาจเสียหายได้ ซึ่งกระแสระดับนี้สามารถใช้กระแส Source หรือกระแส Sink จากไอซี TLL ได้ กระแสที่ไหลผ่าน LED จะถูกกำหนดจากความต้านทานภายในของ LED พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสที่ไหลผ่าน LED กับค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมที่ตกคร่อม LED ซึ่ง LED จะให้แสงออกมาได้ เมื่อค่าความต่างศักย์ตกคร่อมจะต้องมากกว่าค่าแรงดัน “Turn-On” (คล้ายกับไดโอดทั่วไป) จะเห็นได้ว่าจะมีความต้านเล็กๆ ต่ออยู่กับไดโอดเปล่งแสง ดังนั้นวงจรสมมูลของ LED เมื่อ LED สว่างอาจมองได้เป็น V Turn-On ต่ออนุกรมกับ Rd ดังนั้นแรงดันตกคร่อม LED เมื่อเปล่งแสงจะมีค่าเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_d = V_{turn\ on} + (R_d) \times (I_d) \tag{2.1}$$

ตัวอย่างต่อไปนี้จะเป็นการเชื่อมต่อ LED กับพอร์ตเอาต์พุตที่สร้างจากไอซี 74LS138 โดยให้แสงสว่างเมื่อเอาต์พุตมีลอจิก “0” โดย 74LS138 นี้มีกระแส Sink 24 มิลลิแอมป์ ต่อกับ LED แบบ High Efficiency Red ซึ่งมีกระแสไหลผ่าน 20 มิลลิแอมป์

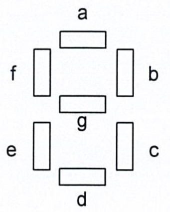
$$5V - (V_{ol})_{max} = V_{turn\ on} + (R_d + R)I_d$$

$$5V - 0.4V = 1.55V + (21 + R)(20mA)$$

$$R = 130 \quad \Omega$$

การเชื่อมต่อหลอด LED ตัว MCS-51 และเอาต์พุตของมันไม่สามารถขับหลอด LED ได้แต่ถ้าฝืนเอาไปต่อก็อาจใช้ได้แต่อาจทำให้ชิพพัง เพราะไอซีเหล่านั้นขับกระแสได้ไม่พอ แต่หลอด LED สามารถต่อกับไอซี TLL บางเบอร์ เช่น ไอซี 74LS373 ได้โดยการต่อจะต้องมีตัวต้านทานต่ออนุกรมเพื่อให้ได้กระแสในย่านที่ต้องการสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ หลอด LED 2 สี (Bi-Color LEDs) ที่ใช้กันจะประกอบด้วย สีแดงและสีเขียวในหลอดเดียวกันโดยโครงสร้างภายในเป็นโครงสร้างของหลอด LED สองหลอดมีขาต่อรวมกันอยู่การทำให้สว่างสีใด สีหนึ่งทำได้โดยการต่อไบอัสให้หลอด LED สว่างทีละหลอดแบบคาโทดร่วมโดยจะมีขา ควบคุมสองขา คือ A และ B และขาร่วมอีกขาหนึ่งรวมเป็น 3 ขา จะเป็นแบบขาควบคุม 2 ขา การให้ หลอด LED สว่างสีต่างๆ ทำได้โดยการสลับการไบอัสระหว่างขาทั้งสอง สำหรับการต่อ LED 2 สี แบบคาโทดร่วม โดยมีการอินเวอร์เตอร์ต่อร่วมด้วย ถ้าขาอินพุตเป็น “0” จะทำให้สีเขียวสว่าง ถ้าขาอินพุตเป็นลอจิก “1” จะทำให้สีแดงสว่าง สำหรับการใช้หลอด LED แบบขนาน ถ้าอินพุตเป็นลอจิก “1” จะทำให้สีแดงสว่าง ถ้าเป็นลอจิก “0” สีเขียวสว่าง ส่วนการเชื่อมต่อกับ LED ที่แสดงผลแบบตัวเลขได้ที่เรียกว่า LED 7 ส่วน (7-Segment Display) ซึ่งมีทั้งแบบคาโทดร่วม (Common Cathode) และแบบอาโนดร่วม (Common Anode) LED 7 ส่วนนี้จะเป็นการรวม LED 7 หลอดประกอบกันให้สามารถแสดง เป็นตัวเลขได้ ถ้าเป็นชนิดที่นำขาคาโทดของหลอด LED ทุกตัวมารวมกันเรียกว่าแบบคาโทดร่วม แบบอาโนดร่วมก็ทำนองเดียวกัน แต่ละเซกเมนต์จะมีชื่อขาดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 สัญลักษณ์ของแต่ละเซกเมนต์

การเชื่อมต่อขากับบัสข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแต่ละบิตจะต่อกับขาของหลอด LED 7 ส่วนดังตารางที่ 2.3 ถ้าหากต้องการให้ LED 7 ส่วนแสดงตัวเลขและตัวอักษรต่างๆ เราจะต้องส่งข้อมูลให้แต่ละเซกเมนต์สว่างหรือดับให้ประกอบเป็นอักษรต่างๆ ดังนั้นข้อมูลที่ส่งออกไปที่พอร์ตจะเป็นตัวกำหนดตัวอักษรที่จะแสดงบน LED 7 ส่วน

ตารางที่ 2.3 ตำแหน่งขาที่จะต่อกับพอร์ต

ตำแหน่งบิต	ตำแหน่งเซกเมนต์
7	-
6	g
5	f
4	e
3	d
2	c
1	b
0	a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ข้อมูลที่ส่งให้ LED 7 ส่วนแสดงเป็นเลขต่างๆ

แสดงผล	อาโนดร่วม	คาโทดร่วม	แสดงผล	อาโนดร่วม	คาโทดร่วม
0	C0	3F	J	E1	1E
1	F9	06	L	C7	38
2	A4	5B	O	C0	3F
3	B0	4F	P	8C	73
4	99	66	U	C1	3E
5	92	6D	Y	99	66
6	82	7D	b	83	7C
7	F8	07	c	A7	58
8	80	7F	d	A1	5E
9	98	67	h	8B	74
A	88	77	n	AB	54
C	C6	39	o	A3	5C
E	86	79	r	AF	50
F	8E	71	u	E3	1C
G	82	70	-	BF	40
H	89	76	?	AC	53
I	F9	06	BLANK	FF	00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ส่วนแสดงผลแบบผลึกเหลว (LCD Module)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการแสดงผลที่คุ้นเคยและรู้จักกันดีนั้น LED และ 7-Segment จัดเป็นอุปกรณ์แสดงผลที่อยู่ในระดับแนวหน้าแต่อุปกรณ์แสดงผลดังกล่าวจะไม่สามารถแสดงผลในลักษณะของสัญลักษณ์หรือตัวอักษรพิเศษนอกเหนือไปจากคุณสมบัติเฉพาะตัวของมันเองได้ อุปกรณ์แสดงผลที่สามารถแสดงสัญลักษณ์ตัวอักษรหรือรูปแบบต่างๆ ตามที่เราต้องการได้นั้นจะอยู่ในรูปแบบของอุปกรณ์แสดงผลประเภท LCD (Liquid Crystal Display) ซึ่งงานที่นำ MCU มาใช้นั้น อุปกรณ์แสดงผลที่นิยมนำมาใช้ร่วมก็คือ LCD นั่นเอง

โดย LCD ที่นิยมนำมาใช้งานแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1) Character LCD Module

2) Graphic LCD Module

โดยองค์ประกอบสำคัญของ LCD ทั้งสองประเภทก็จะแยกได้ 3 ส่วน ส่วนแรกเรียกว่า Dot Matrix Display จะเป็นสัญลักษณ์ของชั้นของผลึกแก้วที่มีสารเป็นของเหลวพิเศษอยู่ระหว่างชั้นของผลึกแก้วโดยจะถูกแบ่งแยกออกเป็น Dot เล็กๆ จำนวนมากเรียกว่า Dot Matrix Display ของเหลวที่ว่าจะมีลักษณะทึบแสง เมื่อมีแรงดันตกคร่อมตัวมันหรือ Dot นั้นๆ จากคุณสมบัตินี้จึงถูกนำมาใช้ในการแสงผล และส่วนที่สอง คือ ส่วนของ Driver ที่ใช้ในการขับ Dot Matrix Display ให้ทึบแสงหรือโปร่งแสงตามสัญญาณที่ได้รับมาจากส่วนที่สาม คือ ส่วนของ Controller ซึ่งเป็นหัวใจหลักในการควบคุมการทำงานที่มาจากส่วนต่างๆ รวมกันทั้งหมดจึงถูกเรียกว่า LCD Moduleโดยบางรุ่นอาจจะมีส่วนของแหล่งกำเนิดแสงสว่างที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแสดงผล หรือที่เรียกกันว่าแบคไลต์ (Black Light) เป็นอุปกรณ์เพิ่มเติมขึ้นมา

โดยในการใช้งาน LCD Module นั้นไม่ว่าจะเป็นประเภทใดจำเป็นที่จะต้องศึกษาหรือเข้าใจการทำงานของของอุปกรณ์ควบคุม LCD Module ซึ่งก็คือ ส่วนของ Controller นั่นเองโดย Controller ที่กล่าวถึงนี้จะเป็น IC เบอร์ HD44780 ของบริษัท Hitachi Semiconductor เป็นส่วนควบคุมการแสดงผลให้กับ LCD Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ตำแหน่งขาต่างๆ ที่ใช้เชื่อมต่อกับ LCD

ขา	สัญลักษณ์	การทำงาน
1	GND	กราวด์
2	Vcc	+5 โวลต์
3	Vo	สามารถปรับความเข้มด้วยแรงดัน 0-5 โวลต์
4	Rs	เลือกรีจิสเตอร์ (0 = รีจิสเตอร์ คำสั่งหรือแฟล็กแสดงสภาวะการทำงานและตัวนับแอดเดรส;1 = รีจิสเตอร์ดาต้า)
5	R/W	เลือกการอ่านหรือเขียน โดยมีความหมายดังนี้ "0" หมายถึงการเขียน และ "1" หมายถึง การอ่าน
6	E	ใช้สำหรับเลือกว่าให้ LCD ทำงานหรือไม่ ทั้งการอ่านและการเขียน
7	D0	ดาต้าอินพุต/เอาต์พุตบิตต่ำ
8	D1	ดาต้าอินพุต/เอาต์พุตบิตที่ 2
9	D2	ดาต้าอินพุต/เอาต์พุตบิตที่ 3
10	D3	ดาต้าอินพุต/เอาต์พุตบิตที่ 4
11	D4	ดาต้าอินพุต/เอาต์พุตบิตที่ 5
12	D5	ดาต้าอินพุต/เอาต์พุตบิตที่ 6
13	D6	ดาต้าอินพุต/เอาต์พุตบิตที่ 7
14	D7	ดาต้าอินพุต/เอาต์พุตบิตสูงสุด

IC HD44780 นั้นจะประกอบด้วยหน่วยความจำภายในตัว 2 ชนิด คือ

1) Character Generator Rom หรือ (CGROM)

2) Character Generator Ram หรือ (CGRAM)

โดยทาง ซีจีรอมนั้นถูกทางบริษัทผู้ผลิตโปรแกรมสัญลักษณ์ตัวอักษรที่เป็นมาตราฐานเอาไว้ภายใน เช่น ภาษาอังกฤษ, ตัวเลข สัญลักษณ์มาตรฐานต่างๆ เอาไว้เป็นที่ทราบกันแล้วว่า รอมที่เกิดจากการโปรแกรมจากทางบริษัทผู้ผลิตนั้นไม่สามารถที่จะทำการแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงใดๆ ได้

ในส่วนของ ซีจีแรมนั้นจะเป็นส่วนที่สามารถให้ผู้ใช้ทำการโปรแกรมควบคุม และสร้างสัญลักษณ์ต่างๆ ลงไปได้ตามต้องการแต่จะสูญหายไปเมื่อ Power Off ซึ่งการใช้งาน ซีจีแรมนี้จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องมีการเรียกข้อมูลขึ้นมาใหม่ทุกครั้งเมื่อมีการจ่ายไฟเลี้ยงให้กับ LCD (Power On) สุดท้ายที่จะต้องมีการคำนึงถึงเสมอเมื่อมีการใช้งาน LCD Module โดยในที่นี้จะกล่าวถึงการใช้ IC HD44780 เป็น Controller โดยการส่งข้อมูลหรือคำสั่งต่างๆ ไปยังตัว Controller จะกระทำได้ต่อเมื่อ Controller ได้ทำคำสั่งก่อนหน้านั้นเสร็จสิ้นแล้วเท่านั้น จึงจะรับข้อมูลหรือ คำสั่งใหม่ที่เข้ามาต่อไปซึ่งเราจะสามารถตรวจสอบหรือทราบได้ว่าตัว Controller พร้อมที่จะรับข้อมูลหรือคำสั่งได้ 2 วิธี

1) ใช้การตรวจเช็คแฟล็กว่าง (BF) ของ Controller

โดยวิธีนี้จะมีข้อเสียคือ เมื่อใช้งานกับ MCU ที่มีความเร็วมากๆ จะเกิดการผิดพลาดขึ้นในการตรวจเช็ค และขั้นตอนในการเขียนโปรแกรมการตรวจเช็คก็ค่อนข้างยุ่งยากแต่มีความแน่นอนสูงในการทำงาน

2) ใช้การหน่วงเวลา

โดยวิธีนี้เนื่องจาก Controller จะใช้เวลาในการรับคำสั่ง และประมวลผลมีค่าเวลาประมาณ ไม่เกิน 2 มิลลิวินาที (ที่ความถี่ 11.059 เมกะเฮิรตซ์ซึ่งเป็นฐานเวลาภายในตัว Controller) ซึ่งเป็นค่าเวลาสูงสุดในการทำงานของ Controller ต่อ 1 คำสั่ง ดังนั้นเมื่อมีการหน่วงเวลาที่ครอบคลุมช่วงเวลานี้จะไม่เกิดการผิดพลาดในการรับส่งข้อมูลหรือคำสั่งไปยัง Controller เลย วิธีนี้จึงนิยมใช้กันมากเนื่องจากเขียนโปรแกรมการใช้งานได้ง่ายกว่าวิธีแรก

สามารถสรุปชุดคำสั่งในการควบคุม LCD Module ที่สำคัญในการใช้งาน LCD Module ในเบื้องต้นได้ดังนี้

Clear Display

DB7							DB0
0	0	0	0	0	0	0	1

คำสั่งนี้เป็นคำสั่งที่ใช้ในการเคลียร์หน้าจอแสดงผลและยังจะทำให้เคอเซอร์ถูกเซ็ตให้อยู่ตำแหน่งเริ่มต้น

Return Home

DB7							DB0
0	0	0	0	0	0	1	*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งนี้มีผลทำให้เคอเซอร์กลับจะไปอยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้นใหม่โดยที่สัญลักษณ์ต่างๆ บนหน้าจอแสดงผลจะยังคงเหมือนเดิมไม่เปลี่ยนแปลง

Entry Code Set

DB7							DB0
0	0	0	0	0	0	I/D	S

คำสั่งนี้ใช้ในการเซ็ตทิศทางการเลื่อนของเคอเซอร์ซึ่งคำสั่งนี้มีผลทำให้การอ่านหรือการเขียนข้อมูลกับ LCD Module โดยบิต I/D (Increase/Decrease Bit) จะทำหน้าที่กำหนดการเพิ่ม (I/D = 1) หรือลด (I/D = 0) ค่าตำแหน่งแอดเดรสอัตโนมัติและบิต S (Shift Bit) เป็นบิตที่ใช้กำหนดสัญลักษณ์การเลื่อนของสัญลักษณ์หรือเคอเซอร์โดยถ้าบิต S = 1 สามารถเลื่อนสัญลักษณ์ได้ถ้าหากบิต S = 0 เคอเซอร์จะถูกเลื่อนไปทางขวาหลังจากการ แสดงผลของสัญลักษณ์

Display On/Off Control

DB7							DB0
0	0	0	0	1	D	C	B

คำสั่งนี้ใช้สำหรับควบคุมจอแสดงผล (D) On/Off, ควบคุมเคอเซอร์ (C) On/Off และถ้าให้เคอเซอร์กระพริบด้วยหรือไม่ (B) โดยถ้าบิต D = 1 เป็นการเปิดหน้าจอแสดงผลและถ้า D = 0 เป็นการปิดหน้าจอแสดงผลถ้าบิต C = 1 และ 0 เป็นการควบคุมให้เคอเซอร์เปิดหรือปิดตามลำดับ และบิต B จะเป็นบิตในการกำหนดว่าให้เคอเซอร์กระพริบหรือไม่

Cursor Or Display Shift

DB7							DB0
0	0	0	1	S/C	R/L	*	*

คำสั่งนี้ใช้สำหรับควบคุมการเลื่อนของเคอเซอร์และสัญลักษณ์โดยสามารถสรุปการทำงานของ LCD Module เมื่อมีการเซ็ตบิต S/C และ R/L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Function Set

DB7 DB0

0	0	1	DL	N	F	*	*

รายละเอียดของการแสดงผล (F) โดยบิต DL = 1 และ DL = 0 หมายถึงทำงานในโหมดอินเตอร์เฟส 8 บิต และ 4 บิต ตามลำดับ บิต N = 1 และ 0 เซ็ตการแสดงผล 2 บรรทัดหรือมากกว่า และ 1 บรรทัดตามลำดับ บิต F = 1 และ 0 เซ็ตการแสดงผลในโหมดความละเอียด 5 x 10 จุด และ 5 x 7 จุดตามลำดับ

Read Busy Flag & Address

DB7 DB0

BF	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC

คำสั่งนี้ใช้เมื่อต้องการตรวจเช็คสภาวะการทำงานของ LCD Module โดยการเช็คสถานะของบิต BF โดยถ้า BF = 1 จะหมายถึง LCD Module ไม่พร้อมที่จะรับข้อมูลชุดต่อไปเนื่องจากการประมวลผลในคำสั่งที่ผ่านมายังไม่เสร็จสิ้น ถ้า BF = 0 หมายถึง พร้อมที่จะรับคำสั่งใหม่ได้แล้ว

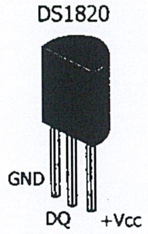
2.3 ไอซีตรวจจับอุณหภูมิ DS1820

สำหรับไอซีเบอร์ DS1820 เป็นไอซีใช้ตรวจจับอุณหภูมิ มีขาต่อใช้งานเพียง 3 ขา คือ ขาที่ 1 (GND) เป็นขากราวด์ ขาที่ 2 (DQ) เป็นขาเชื่อมต่อกับระบบบัส และขาที่ 3 (VCC) เป็นขาต่อไฟเลี้ยง + 5 โวลต์

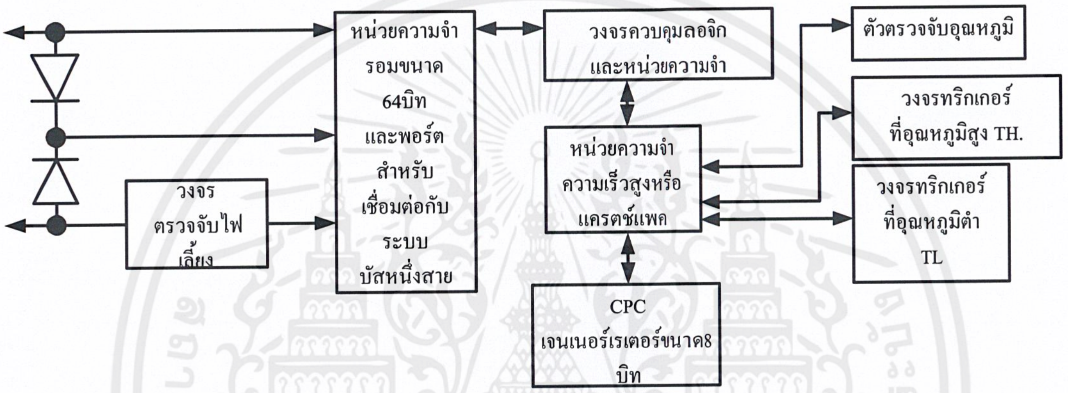
หัวใจสำคัญของไอซีเบอร์ DS1820 คือ ตัวตรวจจับอุณหภูมิ และหน่วยความจำความเร็วสูงที่เรียกว่า สแครตซ์แพด (Scratchpad) ซึ่งมีขนาด 9 ไบต์ มีการจัดขาดังรูป 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.5 การจัดขาของ DS1820



รูปที่ 2.6 โครงสร้างการทำงานภายในของไอซีตรวจจับอุณหภูมิ DS1820

เมื่อทำการวัดอุณหภูมิได้ก็จะนำค่าที่วัดได้มาเก็บไว้ใน สแครตซ์แพด ไบต์ 0 และ 1 ทั้งนี้เนื่องจาก ไอซีเบอร์ DS1820 สามารถนำข้อมูลของอุณหภูมิได้ละเอียดถึง 16 บิต เมื่อนำมาแปลงเป็นเลขฐาน 10 จึงสามารถแสดงถึงรายละเอียดถึง 0.5 องศาเซสเซียสและ 0.9 องศาฟาเรนไฮต์โดยมีย่านวัดอุณหภูมิ –55 ถึง +125 องศาเซสเซียสหรือ – 67 ถึง +257 องศาฟาเรนไฮต์ โดยค่าของ องศาฟาเรนไฮต์ ต้องมีการแปลงหน่วยเข้ามาช่วยใช้เวลาในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นข้อมูลดิจิตอลใช้เวลา 200 มิลลิวินาที สามารถสร้างขอบเขตของอุณหภูมิที่ทำการวัดได้ และแจ้งเตือนเมื่อค่าสูงขึ้นหรือลดลงถึงค่าที่กำหนด โดยค่าของอุณหภูมิสูงขึ้นหรือลดลงตามที่ได้กำหนดโดยค่าอุณหภูมินั้นจะได้เก็บเอาไว้ที่ สแครตซ์แพดในไบต์ที่ 2 และ 3

2.3.1 คำสั่งเพื่อควบคุมการทำงานของ DS1820

ในการติดต่อกับไอซีเบอร์ DS1820 จะต้องมีคำสั่งให้กับไอซีเบอร์ DS1820 เพื่อกำหนดรูปแบบการทำงาน คำสั่งที่ใช้กันมากที่สุดมี 3 คำสั่ง คือ

1) คำสั่งไม่ติดต่อกับหน่วยความจำรอมหรือสคิปรอม (Skip Rom) เนื่องจากการใช้งานไอซีเบอร์ DS1820 โดยที่ปกติไอซีเบอร์ DS1820 จะอยู่บนสายสัญญาณเพียงตัวเดียว จึงไม่จำเป็นต้องใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
43146

ข้อมูลกำหนดแอดเดรส ดังนั้นจึงไม่มีการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมในตัวมันเพื่อที่จะทำการอ่านข้อมูลคำสั่ง สคิปรอม (Skip Rom) ที่ต้องส่งให้ไอซีเบอร์ DS1820 คือ 0CCH

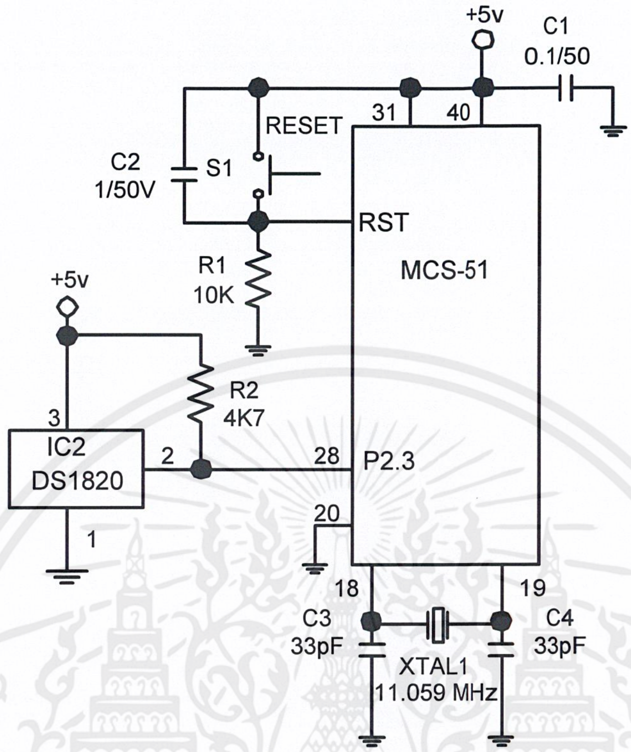
2) คำสั่งแปลงอุณหภูมิ (Convert T) มีค่าเท่ากับ 44H เมื่อส่งคำสั่งนี้ให้ไอซีเบอร์ DS1820 จะต้องทำการวนลูปอย่างน้อย 200 mS เพื่อที่จะให้ไอซีเบอร์ DS1820 ได้ใช้เวลาในการแปลงค่าอุณหภูมิเป็นข้อมูลดิจิตอลมาเก็บไว้ในสแครตซ์แพด

3) คำสั่งอ่านข้อมูลจากสแครตซ์แพด (Read Scratchpad) มีค่าท่ากับ 0BEH เมื่อส่งคำสั่งนี้ให้ ไอซีเบอร์ DS1820 จะทำการส่งข้อมูลออกมา 9 ไบต์ ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 การจัดสรรพื้นที่ของสแครตซ์แพดใน DS1820

ข้อมูลในตัว DS1820	ไบต์
ข้อมูลอุณหภูมิไบต์ต่ำ (TL)	1
ข้อมูลอุณหภูมิไบต์สูง	2
ข้อมูลอุณหภูมิค่าสูง	3
ข้อมูลอุณหภูมิค่าต่ำ (TL)	4
สำรองไว้	4
สำรองไว้	5
รีจิสเตอร์สำหรับเก็บหน่วยการนับ	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 การเชื่อมต่อ DS1820 กับไมโครคอนโทลรเลอร์ MCS-51

ตารางที่ 2.7 สรุปขั้นตอนการติดต่อ DS1820 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ขั้นตอนที่	การทำงานของ MCS-51	ข้อมูลหรือสภาวะ	รายละเอียด
1	ตัวส่ง	Reset	สร้างสัญญาณรีเซ็ต
2	ตัวรับ	ตอบรับ	รอการตอบรับจาก DS1820
3	ตัวส่ง	0CCH	คำสั่ง Skip Rom
4	ตัวส่ง	44H	คำสั่งแปลงอุณหภูมิ (Convert T)
5	ตัวรับ	ข้อมูล 1 ไบต์	อ่านค่าแฟล็ก Busy 8 ครั้ง
6	ตัวส่ง	Reset	สร้างสัญญาณรีเซ็ต
7	ตัวรับ	ตอบรับ	รอคำตอบจาก DS1820

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

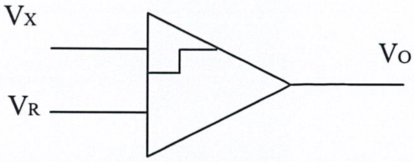
ตารางที่ 2.7 (ต่อ) สรุปขั้นตอนการติดต่อ DS1820 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ขั้นตอนที่	การทำงานของ MCS-51	ข้อมูลหรือสภาวะ	รายละเอียด
8	ตัวส่ง	0CCH	คำสั่ง Skip Rom
9	ตัวส่ง	0BE	คำสั่งอ่านค่าจากสแครตซ์แพด
10	ตัวรับ	ข้อมูล 9 ไบต์	ทำการอ่านค่าอุณหภูมิจากสแครตซ์แพด
11	ตัวส่ง	Reset	สร้างสัญญาณรีเซต
12	ตัวรับ	ตอบรับ	รอการตอบรับจาก DS1820
13	-	-	ทำการคำนวณค่าที่ได้จาก DS1820 เป็นเลขฐาน 10 แล้วนำไปแสดงผลหรือใช้งานอื่นต่อไป

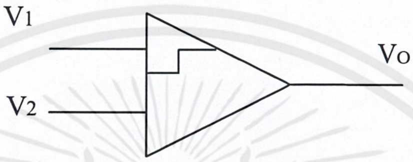
2.4 การแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล

รูปแบบสัญญาณไฟฟ้าที่เราสามารถพบเห็น และคุ้นเคยในชีวิตประจำวันจะอยู่ในรูปแบบของสัญญาณที่ต่อเนื่องกัน หรือเรียกว่าสัญญาณแอนะลอก ซึ่งแต่เดิมการนำสัญญาณไฟฟ้าดังกล่าวมาประมวลผล ใช้ในรูปแบบที่มีประโยชน์จะกระทำในแบบแอนะลอกนั่นเอง แต่เมื่อเทคนิคการประมวลผลสัญญาณเชิงดิจิตอลได้รับการพัฒนาขึ้นมาเนื่องจากพบว่าในรูปแบบของดิจิตอลการประมวลผล เก็บ สื่อสาร และแสดงกระทำได้ง่าย โดยมีประสิทธิภาพมากกว่า ดังนั้นการเปลี่ยนรูปแบบสัญญาณจึงได้มีความจำเป็นขึ้นจากสัญญาณแอนะลอกที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ถูกเปลี่ยนมาเป็นสัญญาณดิจิตอล และถูกประมวลผลโดยตัวประมวลผลทางดิจิตอล เช่น คอมพิวเตอร์ จากนั้นจึงจะถูกนำกลับมาแสดงผล หรือถูกเปลี่ยนกลับมาอยู่ในรูปแบบแอนะลอก และใช้งานได้ง่ายกว่า โดยจะใช้วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก (Digital to Analog Converters) หรือเรียกสั้นๆ ว่า “DAC”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 วิธีการพื้นฐานของการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล



รูปที่ 2.9 ทรานสเฟอร์ฟังก์ชั่นของคอมพาราเตอร์

วิธีการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบง่ายๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.8 โดยใช้หลักการของ วงจรคอมพาราเตอร์ ค่าแรงดันอินพุตที่ไม่ทราบค่า V_X จะต่อเข้ากับขาอินพุตขาหนึ่งของแอนะลอกคอมพาราเตอร์ และแรงดันอ้างอิงที่ขนาดแปรตามเวลา V_R ต่อเข้ากับอินพุตอีกขาหนึ่งของคอมพาราเตอร์ ลักษณะของทรานสเฟอร์ฟังก์ชั่นของคอมพาราเตอร์ แสดงในรูป 2.9 ถ้าแรงดันอินพุต V_1 มากกว่าอินพุต V_2 แล้วแรงดันเอาต์พุตจะเป็น “1” ถ้าอินพุต V_1 มากกว่า V_2 แล้วเอาต์พุตจะได้เป็น “0”

วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลที่มีการใช้งานกันทั่วไปมีหลายชนิด เช่น Counter Type ADC, Integrating ADC, Sucessive Appoximation ADC หรือ Parallel ADC เป็นต้น

2.4.1 ทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง

ในขั้นการดำเนินการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลนั้น วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลจะต้องใช้เวลาช่วงหนึ่งในการจัดการ ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายตัวเช่น

1) ความละเอียดในการเปลี่ยนสัญญาณ

2) เทคนิคของการแปลงสัญญาณ

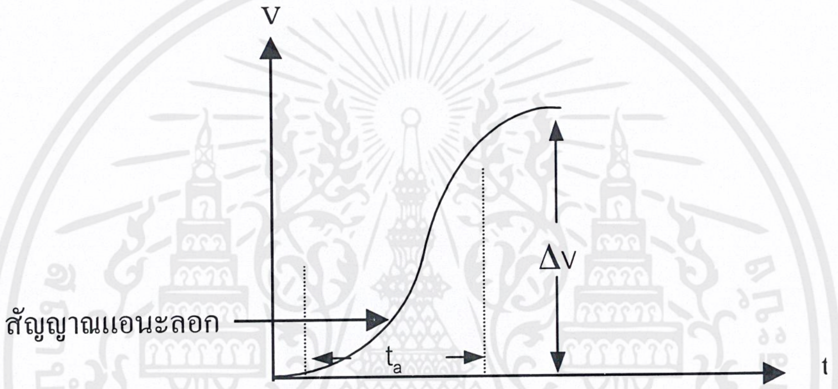
3) ความเร็วในการทำงานของอุปกรณ์อื่นๆ เห็นว่าความเร็วของการแปลงสัญญาณนี้จำเป็นสำหรับการใช้งานเฉพาะอย่างและความแม่นยำที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Aperture Time คือ ช่วงเวลาในการแปลงสัญญาณซึ่งคำว่า Aperture Time โดยทั่วไป หมายถึง ช่วงเวลาที่เกิดความไม่แน่นอนในการวัดและผลก็คือ เกิดความผิดพลาดต่อค่าที่วัดได้

ในรูปที่ 2.10 สัญญาณแอนะลอก V(t) มีอัตราการเปลี่ยน dV/dt ช่วง Aperture Time t_a ดังนั้นช่วงการเปลี่ยนแปลงสัญญาณแอนะลอกจะเท่ากับ V ดังสมการที่ 2.2

$$\Delta V = t_a \frac{dV(t)}{dt} \tag{2.2}$$



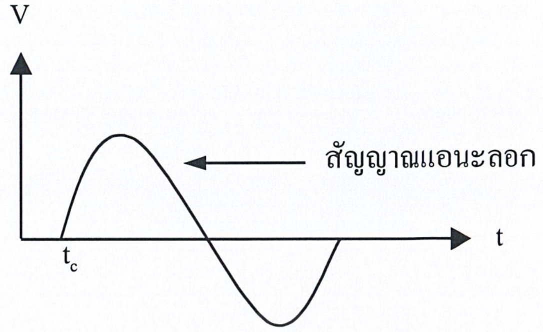
รูปที่ 2.10 ค่าผิดพลาดจากการวัดใน Aperture Time

ดังนั้นหากเวลาที่วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล ใช้ในการเปลี่ยนสัญญาณใน เวลา t_a นี้ รหัสของสัญญาณที่ได้ อาจตรงกันข้ามกับขนาดของสัญญาณแอนะลอกค่าใดค่าหนึ่งใน ช่วงนี้ และส่วนอื่นๆ ที่เหลือคือความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ซึ่งแน่นอนในบางครั้งเป็นไปได้ที่รหัสของ สัญญาณ ดิจิตอลจะตรงกับค่าของสัญญาณแอนะลอกที่ถูกต้อง

1) Sample and Hold Aperture Error

วงจร Sample and Hold จะทำการสุ่มสัญญาณอินพุต และนำสัญญาณนั้นมาเก็บไว้ในเวลา หนึ่งได้ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้เวลาการประจุแรงดันนั้นในตัวเก็บประจุที่รั่วไหล ดังนั้นในเมื่อแรงดัน อินพุตยังคงอยู่ได้นานพอทำให้วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลไม่จำเป็นต้องมีเวลาใน การแปลง (Conversion Time) อย่างรวดเร็วมากนัก Aperture Time ของ Sample and Hold คือ เวลา ตั้งแต่เวลาที่เริ่มสุ่มสัญญาณจนตัวเก็บประจุมีค่าแรงดันจนถึงค่าที่สุ่ม ซึ่งสำหรับ Sample and Hold แล้ว Aperture Time ขึ้นอยู่กับแบนวิดและสวิตชิ่งไทม์ของอุปกรณ์แอกทีฟที่ใช้ในวงจรซึ่งหา และ สร้างได้ง่าย และราคาถูกกว่าการสร้างวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลความเร็วสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

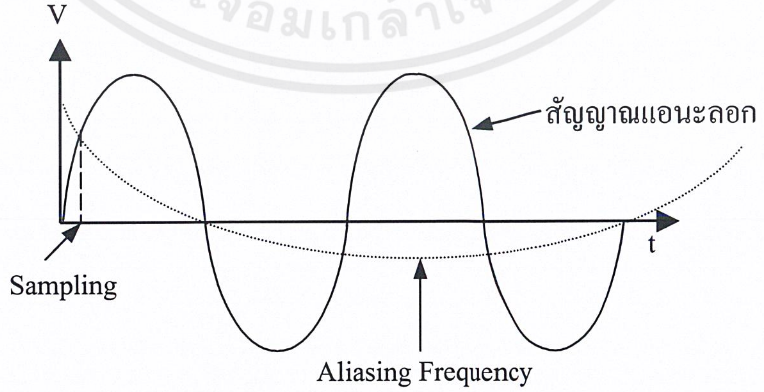


รูปที่ 2.11 สเปกตรัมของสัญญาณแอนะลอกที่จะถูกสุ่ม

มีปัญหาว่าอัตราการสุ่มสัญญาณนั้นควรจะมีค่าเท่าใด ที่จะไม่ทำให้ข้อมูลเสียหายไปเมื่อสัญญาณนั้นถูกเปลี่ยนกลับมาเช่นเดิม อันนี้ขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณแอนะลอก และทฤษฎีการสุ่มที่กล่าวไว้ว่า "ถ้าสัญญาณต่อเนื่องที่มีความถี่และฮาโมนิกส์ไม่เกินความถี่คัทออฟสัญญาณดังกล่าวจะสามารถเปลี่ยนกลับมาได้อย่างเดิมโดยไม่สูญเสียรายละเอียดหรือเพี้ยนไปถ้าอัตราการสุ่มไม่น้อยกว่า 2 เท่าของความถี่คัทออฟ ต่อวินาที"

2) Frequency Folding and Aliasing

จากทฤษฎีการสุ่มสามารถอธิบายลักษณะรูปสเปคตรัม ของสัญญาณในรูปที่ 2.12 แสดงให้เห็นสเปกตรัมของสัญญาณที่ถูกสุ่มซึ่งแบนวิดธ์ไม่เกินกว่า ความถี่สุ่มในขณะที่สัญญาณนี้จะถูกสุ่มด้วยความถี่ ขบวนการมอดูเลชั่นจะทำให้แถบสเปกตรัมของสัญญาณสุ่มขยายกว้างออกจากความถี่สุ่มเป็น 2 เท่าของความถี่สุ่ม ได้ดังรูป 2.16



รูปที่ 2.12 หลังจากการสุ่มเกิด Frequency Folding

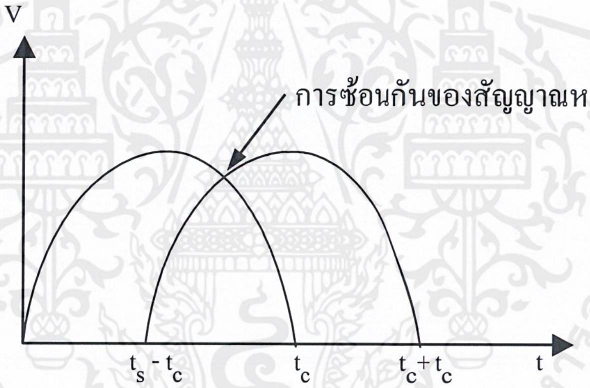
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าความถี่ของสัญญาณสุ่มความถี่สุ่มไม่สูงพอหลังจากการสุ่มสเปคตรัมบางส่วนของความถี่สุ่มจะมาซ้อนทับกับสเปกตรัมของสัญญาณซึ่งเรียกว่า Frequency Folding หากเป็นเช่นนี้ก็จะทำให้เกิดความเพี้ยนแก่สัญญาณแอนะลอกจากการซ้อนกันของสเปกตรัม เมื่อสัญญาณถูกเปลี่ยนกลับให้อยู่ในรูปเดิม และถ้าเลื่อนความถี่ของการสุ่มให้สูงขึ้น จนโอกาสการซ้อนกันของสเปกตรัมหมดไปจะทำให้การเปลี่ยนของสัญญาณหลังจากการถูกสุ่มก็ยังคงเหมือนเดิมได้

จากที่กล่าวมาแสดงการสนับสนุนทฤษฎีการสุ่มที่ว่าให้ ความถี่สุ่ม < ความถี่คัทออฟ นั้นคือ การกำจัดการซ้อนกันของสเปกตรัมทำได้ 2 วิธี คือ

1) ใช้อัตราการสุ่มที่สูงพอ

2) การทำการกรองความถี่ของสัญญาณแอนะลอกก่อนการสุ่มเพื่อให้แบนวิดธ์ ไม่เกินไปกว่าความถี่สุ่มหารด้วยสอง



รูปที่ 2.13 การเกิด Alias Frequency จากการสุ่มด้วยความถี่ต่ำกว่า 2 เท่าของสัญญาณแอนะลอก

ในทางปฏิบัติแล้วจะยังคงเกิด Frequency Folding ได้เสมอจากส่วนฮาโมนิคส์ของสัญญาณรวมทั้งสเปกตรัมของสัญญาณรบกวนที่ยังคงอยู่ แม้ว่าจะทำการกรองความถี่ก่อนหน้ามาแล้วก็ตาม การกำจัดการซ้อนกันของสเปกตรัมนี้ วิธีที่ได้ผลคือพยายามให้การสุ่มสัญญาณเป็นไปอย่างรวดเร็วที่สุด

ผลของการใช้อัตราการสุ่มที่ไม่เหมาะสมอีกประการหนึ่งเกิดขึ้น ดังรูปที่ 2.13 เรียกว่า Alias Frequency ซึ่งเกิดกับสัญญาณที่เปลี่ยนกลับมาเช่นเดิมหลังจากถูกสุ่มแล้ว

2.4.2 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

ในการติดต่อสื่อสารระหว่างระบบแอนะลอก และระบบดิจิตอลนั้นเป็นไปไม่ได้เลยที่จะให้สัญญาณแอนะลอกเข้ามาทำงานในระบบดิจิตอล ดังนั้นจึงต้องมีการแปลงสัญญาณแอนะลอกให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นดิจิตอล ส่วนที่ทำหน้าที่ดังกล่าวนั้นเราเรียกว่า "วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล" สำหรับดิจิตอลสโคปแล้วจะมีวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลที่เข้ามาทำหน้าที่เกี่ยวกับกลุ่มสัญญาณที่ได้จากการควอนไตซิ่งอยู่ 4 แบบด้วยกัน คือ

1) วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลแบบใช้วงจรเปรียบเทียบ

สำหรับการแปลงสัญญาณที่ต้องการความรวดเร็วสูงมากๆ เช่น การแปลงสัญญาณภาพโทรทัศน์ เรดาร์ จึงจำเป็นต้องใช้วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลแบบพิเศษที่เรียกว่า Flash ADC ซึ่งจะแสดงในรูปที่ 2.14

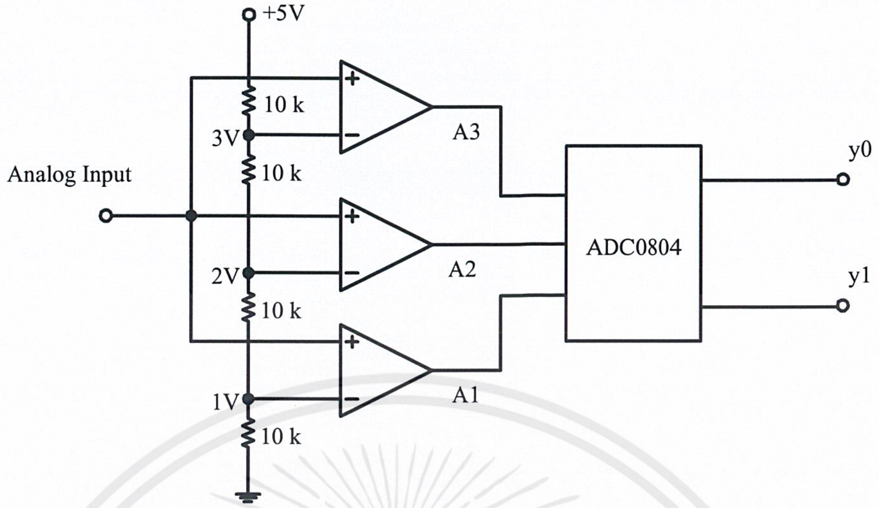
วงจรแบบนี้เป็นแบบที่นิยมใช้กันมากเนื่องจากมีความเร็วในการทำงานสูงมาก จะเห็นว่าการทำงานแบบนี้ประกอบด้วยตัวต้านทานต่อเป็นตัวแบ่งแรงดัน มีออปแอมป์ต่อเป็นวงจรเปรียบเทียบและมีวงจรถอดรหัส ซึ่งเป็นตัวกำหนดจำนวนของตัวเลขฐานสองที่จะใช้เป็นเอาต์พุตออกมาเพียง 4 บิต เท่านั้น

สำหรับสัญญาณที่ใช้ในวงจรนี้จะมีสัญญาณอินพุตที่จะเข้ามาเปรียบเทียบกับระดับแรงดันอ้างอิงหรือ ระดับแรงดันไบแอส ซึ่งได้มาจากแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน และจะถูกนำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งของวงจรเปรียบเทียบ เพื่อรอการเปรียบเทียบกับสัญญาณที่เข้ามา

เมื่อแรงดันอินพุตเข้ามามีขนาดใหญ่กว่าระดับแรงดันอ้างอิง เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบก็จะมีค่าสูง และหากแรงดันอินพุตที่เข้ามามีค่าต่ำกว่าระดับแรงดันอ้างอิง เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบก็จะมีค่าต่ำ แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรเปรียบเทียบ ซึ่งจะมีระดับแรงดันแตกต่างกันก็จะเข้าสู่การถอดรหัสเพื่อจะให้ได้เอาต์พุตออกมาเป็นเลขฐานสอง

ในการทำงานของระบบนี้จะมีการทำงานด้วยความเร็วสูงมากแต่ก็มิได้หมายความว่าคอนเวอเตอร์แบบนี้จะไม่มีข้อเสียเลย สำหรับความบกพร่องของคอนเวอร์เตอร์แบบนี้ก็คือประสิทธิภาพด้านความละเอียดจะลดลงทันทีเมื่อการสุ่มตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 การต่อวงจร Parallel Comparator A/D Converter

หลักการทำงาน คือ ใช้คอมพาราเตอร์เป็นตัวที่จะเปรียบเทียบสัญญาณแอนะลอกอินพุตกับแรงดันอ้างอิงที่แบ่งแรงดันให้สอดคล้องกับรหัสดิจิตอล โดยใช้ตัวต้านทาน และแปลงเอาต์พุตจากคอมพาราเตอร์ให้ตรงกับรหัสดิจิตอล ซึ่งจะเห็นว่าอุปสรรคทางด้านความเร็วถูกจำกัดเพียง Propagation Time ของคอมพาราเตอร์เท่านั้น แต่อุปสรรคสำคัญต่อการพัฒนาวงจรบนไอซี คือ วงจรนี้ต้องการคอมพาราเตอร์ จำนวน 2^{n-1} ตัวซึ่งเป็นจำนวนที่มากพอสมควร

ตารางที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอินพุตที่เป็นแอนะลอกกับเอาต์พุตที่เป็นดิจิตอล

แรงดันอินพุต (โวลต์)	เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบ			เอาต์พุตเลขฐานสอง	
	A1	A2	A3	D1	D2
0-1	0	0	0	0	0
1-2	1	0	0	0	1
2-3	1	0	1	1	0
3-4	1	1	1	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลแบบประมาณค่า

เป็นการประมาณค่าอย่างต่อเนื่องโดยการเปรียบเทียบแรงดันอินพุตกับเอาต์พุตของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล จากนั้นจะมีการเลือกตำแหน่งที่จะนำมาใช้เป็นบิตสูงสุด (MSB) สำหรับเอาต์พุตของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล และในการทำงานของคอนเวอร์เตอร์แบบนี้ จะมีลำดับขั้นในการทำงานแต่ละขั้นตอนโดยใช้เวลาที่คงที่ จากผลดังกล่าวจะมีผลกระทบถึงความละเอียดและ ความเร็วของวงจรซึ่งนั่นหมายความว่าหากสัญญาณที่มีรายละเอียดมากๆ แล้วการแปลงสัญญาณก็จะต้องใช้เวลามากพอสมควร

3) วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลแบบ CCD

CCD สามารถตอบสนองการทำงานเมื่อมีค่าที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างที่เร็วกว่า 100 MS/s ได้โดยคงความละเอียดไว้ได้ตามความเป็นจริงแล้ว CCD นั้น ไม่ใช่วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลอย่างแท้จริง แต่จะเป็นลักษณะของการสุ่มตัวอย่างแบบแอนะลอกเสียมากกว่า โดยการสุ่มตัวอย่างแบบนี้จะมีการทำงานเร็วพอสมควร ซึ่งลักษณะการทำงานจะอาศัยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Bucket Brigade

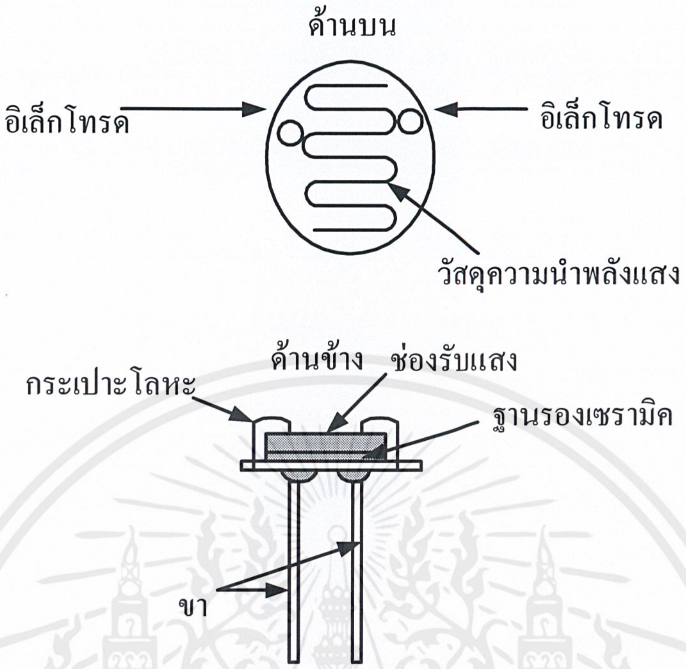
การทำงานของ Bucket Brigade มีลักษณะดังนี้ เมื่อการสุ่มตัวอย่างมีค่าต่ำลงส่วนที่เรียกว่า Bucket Cell จะถูกชาร์ตประจุทันที ผลจากการชาร์ตนี้จะทำให้เกิดระดับแรงดันขึ้นระหว่างช่วงของการสุ่มตัวอย่างที่เข้ามา ก่อให้เกิดเป็นจุดเสริมเข้าไปในช่วงของจุดที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง ผลคือทำให้ได้ระดับสัญญาณที่ต้องการแปลงเพิ่มขึ้น ภาพที่ได้จากกรณีนี้จะมีความละเอียด และจำนวนเซลล์หลายๆ เซลล์ที่มีอยู่ใน CCD จะเป็นตัวควบคุมการทำงานด้วย

นอกจากที่จะสามารถทำงานได้มากกว่า 100 MS/s แล้ว เมื่อเทียบราคาแบบ CCD จะถูกกว่าแบบแฟลชมากความละเอียดของสัญญาณที่ได้ก็จะไม่เปลี่ยนตามอัตราการสุ่มตัวอย่างแต่ CCD นี้ก็มีข้อเสียตรงที่ว่าสโคปจะไม่สามารถรับข้อมูลใดๆ ได้ระหว่างที่ CCD ทำงานอยู่

2.5 เซลล์การนำพลังแสง

เซลล์การนำพลังแสง (Photo Conductive Cell) หรือบางครั้งเรียกว่าตัวต้านทานพลังแสง (Photo Resistor) ซึ่งจะมีค่าความต้านทานที่ขึ้นอยู่กับความเข้มแสง (Light Dependent Resistor) หรือเรียกย่อๆ ว่า LDR กล่าวคือสภาพความนำทางไฟฟ้าสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีแสงมาตกกระทบตัวมัน ตัวต้านทานพลังแสงจะจัดเป็นตัวแปลงแบบเฉื่อยงาน ที่ต้องมีแหล่งจ่ายไฟจากภายนอกมาต่อเข้ากับตัวสำหรับการใช้งานโครงสร้างของตัวต้านทานพลังแสงจะแสดงดังรูปที่ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



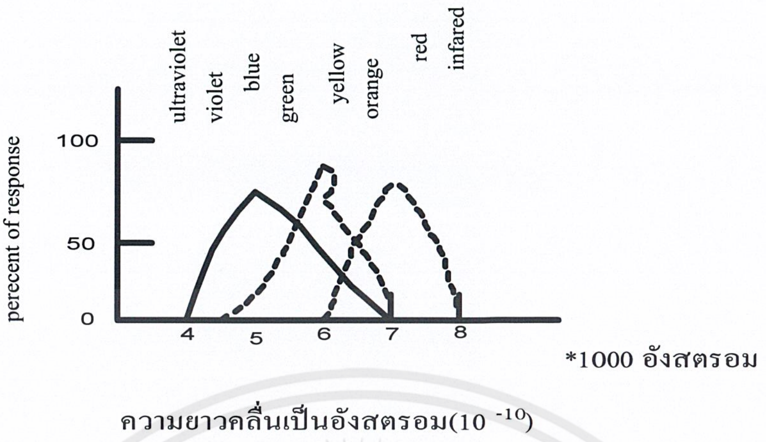
รูปที่ 2.15 โครงสร้างของตัวต้านทานพลังแสง

ตัวต้านทานพลังแสงหรือ LDR ทำมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด แคชเมี่ยมซัลไฟล์ หรือ แคชเมี่ยมซิลิไนด์ โดยการนำเอาสารกึ่งตัวนำมาฉาบลงบนเซลามิกส์ที่ใช้เป็นฐานรองแล้วทำการบัดกรีตัวถังไม่ให้มีอากาศเข้าไปได้ ซึ่งจะมีขาต่อออกมาใช้งาน 2 ขา และมีช่องสำหรับรับแสงที่ทำด้วยพลาสติกใส หรือกระจก

เมื่อมีแสงมาตกกระทบที่วัสดุ ความต้านทานไวแสงของ LDR อันจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระ ซึ่งมีผลทำให้กระแสไหลได้ค่าความต้านทานของ LDR จะลดลงและถ้ามีแสง มาตกกระทบตัว LDR มากขึ้น จะมีผลทำให้ค่าความต้านทานของ LDR ลดลงอย่างมาก

ผลการตอบสนองต่อแสงที่มาตกกระทบบนสารกึ่งตัวนำที่นำมาใช้ทำ LDR คือถ้าเป็นแคชเมี่ยมซัลไฟล์ จะอยู่ในช่วงประมาณ 5000 – 7000 กว่า อังสตอมซึ่งจะใกล้เคียงกับช่วงการตอบสนองต่อแสงของสายตามนุษย์ที่อยู่ในช่วง 4000 – 7000 กว่าอังสตอม และถ้าเป็นแคชเมี่ยมซิลิไนด์จะมีผลการตอบสนองต่อแสง ในช่วงประมาณ 6000 – 8000 กว่า อังสตอม โดยค่อนไปทางอินฟาเรด ดังแสดงในรูปที่ 2.16

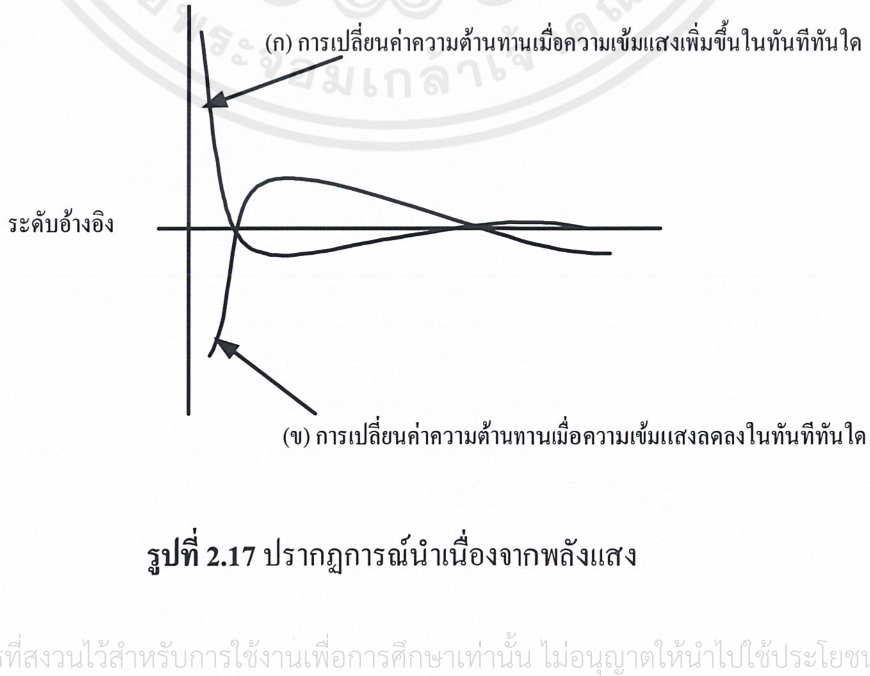
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 ผลการตอบสนองต่อแสงของสารที่ใช้ทำ LDR

อัตราส่วนระหว่างค่าความต้านทานของ LDR ในขณะที่ไม่มีแสง กับขณะที่ได้รับแสง ซึ่งจะมีพิสัยการใช้งานตั้งแต่ 100 : 1 – 10000 : 1 เท่า แต่โดยทั่วไปค่าความต้านทานของ LDR ขณะไม่มีแสง จะประมาณ 0.5 เมกกะโอห์ม ขึ้นไปและในขณะที่มืดสนิทจะมีค่ามากกว่า 2 เมกกะโอห์มขึ้นไป

คุณลักษณะของ LDR ที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ ปรากฏการณ์การนำเนื่องจากพลังแสงที่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากเส้นแสดงความเปลี่ยนแปลงระหว่างความต้านทานกับเวลา ดังแสดงในรูปที่ 2.17

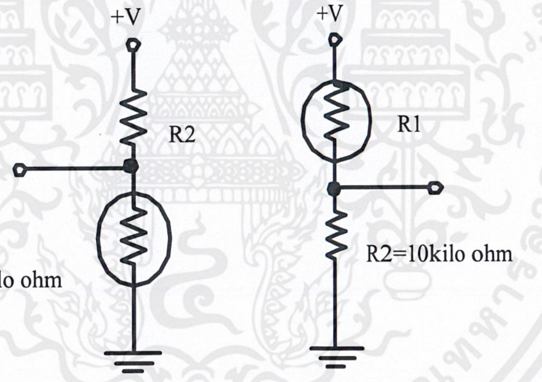


รูปที่ 2.17 ปรากฏการณ์นำเนื่องจากพลังแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.17 บนเส้นโค้ง (ก) แสดงให้เห็นว่า LDR ได้รับแสงในทันทีทันใด โดยค่าความต้านทานของมันจะค่อยๆ ลดลงเข้าสู่ระดับอ้างอิง แต่แทนที่ค่าความต้านทานของ LDR จะหยุดอยู่ที่ระดับอ้างอิง มันกลับเลยไปอีกเล็กน้อย แล้วจึงค่อยๆ วกกลับสู่ระดับอ้างอิง บนเส้นโค้งรูป (ข) จะแสดงให้เห็นว่าเมื่อ LDR ไม่ได้รับแสงอย่างฉับพลัน ซึ่งจะมีผลของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานเพิ่มขึ้นที่ตรงกันข้ามกับเส้นโค้ง (ก) จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเราจะเห็นได้ว่าความเร็วในการเปลี่ยนแปลง ระดับค่าความานทานของ LDR จะเป็นไปได้ช้ามาก โดย LDR ที่ทำมาจากสารแคชเมี่ยมซัลไฟล์ จะใช้เวลาประมาณ 100 มิลลิวินาที และถ้าเป็นสารแคชเมี่ยมซิลิไนด์จะใช้เวลาประมาณ 10 มิลลิวินาที ซึ่งเร็วกว่าสารแคชเมี่ยมซัลไฟล์

ดังนั้นการนำเอา LDR ไปใช้งานจึงเหมาะกับงานประเภทความถี่ต่ำๆ เช่น การใช้ LDR เป็นเครื่องวัดความเข้มของแสง วงจรสวิตช์เปิด-ปิดหลอดไฟที่ควบคุมด้วยแสง หรือการต่อใช้เป็นวงจรตัวแบ่งแรงดัน ดังแสดงในรูปที่ 2.18



(ก) แรงดันเอาต์พุตจะลดลงเมื่อมีแสงมาตกกระทบ LDR

(ข) แรงดันเอาต์พุตจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีแสงมาตกกระทบ LDR

รูปที่ 2.18 วงจรตัวแบ่งแรงดันที่ใช้ LDR

ในการทำงานจะอาศัยการทำงานของหลอด CRT แบบดับเบิลเอนด์ (Double Ended CRT) ซึ่งหลอดชนิดนี้มีความสามารถที่จะเก็บข้อมูลไว้บนด้านข้างของทาร์เก็ต และเมื่อต้องการที่จะอ่านข้อมูลออกมาก็สามารถทำได้ โดยใช้ลำอิเล็กตรอนอีกชุดหนึ่งกวาดลงไปบนด้านหลังของทาร์เก็ต วิธีการแบบนี้จะมีการทำงานที่รวดเร็วมาก แต่มีราคาแพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 โซลิดสเตทรีเลย์

โซลิดสเตทรีเลย์ได้เข้ามาใช้งานในการเป็นอุปกรณ์ติดต่อทางไฟฟ้าโดยเฉพาะแล้วในระบบไฟฟ้าที่ใช้การทำงานร่วมกับ Microprocessor แล้วจะเข้ามาใช้แทน Relay ธรรมดาๆ โดยใช้หลักการทำงานของอุปกรณ์ที่เป็นเซมิคอนดัคเตอร์ แทนระบบการเคลื่อนไหวทางกลในการตัดต่อวงจร ซึ่งอาจจะพิจารณาข้อดีของโซลิดสเตทรีเลย์ ได้ดังนี้

ข้อดีของโซลิดสเตทรีเลย์

1) การทำงานจะต่อวงจรที่แรงดันเป็นศูนย์หรือใกล้ศูนย์

2) มีอายุการทำงานที่ยาวนานมาก

3) ไม่มีเสียงรบกวนเวลาทำงาน

4) สามารถต่อเข้ากับระบบ Microprocessor ได้ง่าย

5) สามารถตัดต่อวงจรได้รวดเร็ว

6) ไม่มีส่วนเคลื่อนไหวทางกลในการทำงาน

7) ไม่เกิดอาการเสียดสีทางไฟฟ้าที่หน้าสัมผัส

8) ไม่ก่อให้เกิดสัญญาณรบกวน ต่อระบบไฟฟ้าในขณะทำงาน

ข้อเสียของโซลิดสเตทรีเลย์

1) ไม่สามารถต่อกับวงจรที่มี แรงดันสูงๆ ได้

2) ราคาแพง

3) ไม่สามารถใช้ โซลิดสเตทรีเลย์ สำหรับแรงดันไฟตรง หรือแรงดันไฟสลับได้ในตัวเดียวกัน

4) เวลาใช้งานจะเกิดความร้อนขึ้นที่ตัวของโซลิดสเตทรีเลย์นั้นๆ จำเป็นต้องใช้แผ่นระบายความร้อน

สามารถแบ่งการทำงานของ โซลิดสเตทรีเลย์ ได้ 2 ภาคใหญ่ๆ

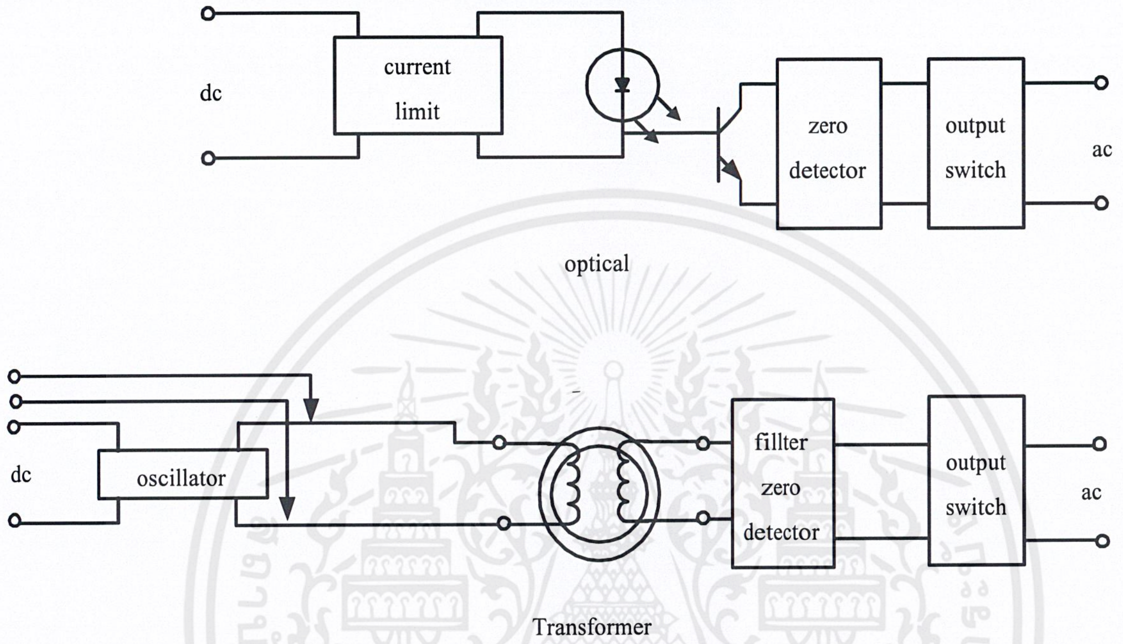
1) ภาคอินพุต จะเป็นภาครับสัญญาณจากการควบคุมมาทำงาน โดยเป็นการส่งผ่านสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ติดต่อที่จะแยกกันในทางไฟฟ้า โดยที่มีใช้กันอยู่พอแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ

1.1) ใช้อุปกรณ์ทาง Optical (Photo) เช่น อาจจะใช้ PhotoTransistor, Photo Darington, Photo Diode, Photo SCR หรือ Photo Resistor เป็นต้นตัวอุปกรณ์จะเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าที่ส่งมาไปอยู่ในรูปของแสงไปควบคุมในส่วน เอาต์พุตอีกทีหนึ่งซึ่งจะทำให้เป็นการตัดขาดระหว่างอินพุตและเอาต์พุตทางไฟฟ้าจริงๆ

1.2) ใช้อุปกรณ์ Transformer โดยจะเป็นค่าของความถี่คัทออฟ Ferritre Core Toroidal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Transformer โดยจะทำงานรวมกันระหว่าง อินพุตและ ออสซิลเลเตอร์โดยมีการ Oscillate ความถี่สูง 50 กิโลเฮิร์ตซ์ ถึง 10 เมกกะเฮิร์ตซ์ในการส่งสัญญาณจากอินพุตไปยังเอาต์พุต



.รูปที่ 2.19 การใช้อุปกรณ์ที่ใช้ทางภาคอินพุต

2) ภาคเอาต์พุต เป็นส่วนรับสัญญาณจากภาค อินพุต ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปความต้านทานมาทำงานโดยต่อวงจรหรือตัดวงจรโดยอุปกรณ์นี้อาจจะเป็นทรานซิสเตอร์หรือ ไตรแอกก็ได้

2.7 ความชื้น (Humidity)

น้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสภาพแวดล้อมต่างๆ และน้ำในสภาพแวดล้อมเหล่านั้นจะอยู่ใน 3 สถานะด้วยกันคือ ในรูปของไอน้ำ ของเหลว และน้ำแข็ง ไอน้ำนับว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญของบรรยากาศซึ่งมีอยู่ระหว่าง 0.01% - 5% โดยปริมาตรน้ำในบรรยากาศนี้มีบทบาทสำคัญต่อการดูดรับแสงคลื่นยาว ส่วนน้ำในรูปของเหลว และน้ำแข็งซึ่งก็มีอยู่ในชั้นบรรยากาศที่สูงขึ้นไปก็มีบทบาทต่อการฟุ้งกระจาย สะท้อน และดูดรับแสงไว้เช่นกัน ในวัฏจักรของน้ำนั้นขั้นตอนหนึ่งจะต้องผ่านบรรยากาศคือ มีการระเหยของน้ำกลายเป็นฝนหรือน้ำแข็ง และเมื่อน้ำแข็งมีการละลายเป็นของเหลวหรือเป็นน้ำ ความที่ได้กล่าวมาแล้วว่า อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดเขตพื้นโลกให้เป็นเขตหนาวหรือเขตร้อน สำหรับน้ำโดยเฉพาะน้ำฝนก็เป็นปัจจัยที่กำหนดเขตของพืชหรือ การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แพร่ขยายของพืชที่เห็นได้ชัดคือความแยกกันระหว่างเขตทะเลทรายกับเขตที่เป็นป่าทึบทั้งๆ ที่เขตทั้งสองอยู่ในระดับเส้นละติจูดเดียวกันที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากมีปริมาณและการกระจายของฝนแตกต่างกัน

ไอน้ำหรือ ความชื้นในบรรยากาศอาจอธิบายได้ในหลายลักษณะ แต่ที่นิยมใช้อธิบายถึงความชื้นในบรรยากาศกันมากและรู้จักกันทั่วไปคือความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity, RH)

1) Relative Humidity (RH) หมายถึงปริมาณน้ำในอากาศขณะนั้นเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำของอากาศนั้นเมื่ออิ่มตัวด้วยน้ำ หรือค่าอัตราส่วนระหว่างความกดดันไอน้ำขณะนั้นๆ (Actual Water Appear Pressure) ต่อความกดดันไอของอากาศเมื่ออิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturated Vapor Pressure) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังสมการที่ 2.3

$$RH = \frac{la}{ls} \times 100 \qquad (2.3)$$

la เป็นความกดดันไอน้ำจริง ls เป็นความกดดันไอน้ำเมื่ออิ่มตัวด้วยน้ำ ซึ่งค่าทั้งสองนี้อ่านได้จาก Psychrometry แบบตุ้มแห้ง ตุ้มเปียกและตาราง Psychrometer หรือค่า RH อาจจะอ่านได้โดยตรงจากเครื่อง Hygrometer แบบเส้นผม ค่า RH จะบ่งบอกถึงปริมาณน้ำ หรือความชื้นในบรรยากาศ ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อความรู้สึกสบายหรือไม่ต่อมนุษย์ เมื่อค่า RH สูงสุดแสดงว่าในอากาศมีความชื้นสูง ทำให้เหงื่อที่ออกจากร่างกายไม่ค่อยจะแห้งจึงทำให้รู้สึกเหนียวตัว และอึดอัด หรือทำให้ผ้าที่ตากแห้งช้า ค่า RH นี้ไม่ค่อยจะเป็นประโยชน์มากนักในทางเกษตร

2) Vapor Pressure Deficit (VPD) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณน้ำที่จะทำให้อากาศในขณะนั้น (ที่อุณหภูมินั้น) อิ่มตัว การวัดค่านี้จะเป็นประโยชน์มากในทางเกษตร เพราะค่านี้จะบ่งบอกถึงสภาพการคายน้ำของพืชและ ในทางการปฏิบัติต่อมาก็ได้มีการวัดอุณหภูมิของใบ เมื่อตรวจสอบความต้องการน้ำของพืช ค่า VPD คำนวณได้จากสมการ 2.4

$$VPD = La - Ls \qquad (2.4)$$

La และ ls เป็นค่าเดียวกันจากสมการคำนวณ RH ในตอนกลางวันอุณหภูมิของอากาศจะสูงและจะสูงมากบริเวณที่อยู่ใกล้ผิวดิน ดังนั้นค่า VPD จะสูงมากที่ระดับใกล้พื้นดิน เมื่อเป็นเช่นนี้น้ำในดินก็จะระเหยออกไป ในทางตรงกันข้ามเมื่อถึงเวลากลางคืนอากาศเย็นลง อุณหภูมิ และ VPD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่ำที่สุดจะวัดได้ที่ระดับใกล้ผิวดิน ภายใต้สภาพเช่นนี้ไอน้ำในอากาศก็จะเคลื่อนมารวมตัวที่บริเวณพื้นดิน และถ้าอุณหภูมินั้นต่ำพอก็จะทำให้ไอน้ำนั้นรวมตัวกันเป็นน้ำค้าง

นอกจากการวัดค่าทั้งสองเพื่อบ่งบอกความชื้นในอากาศแล้วยังมีค่าอื่นๆ ที่สามารถบ่งบอกถึงสภาพความชื้นในอากาศได้เช่นกัน เช่น ค่า SpecificHumidity, Humidity Mixing Ratio และ Dwpoint Temperature เป็นต้น

2.7.1 วิธีวัดความชื้นในอากาศ

มีหลายวิธีที่ใช้วัดความชื้นของอากาศ ในการเลือกเครื่องมือวัดความชื้นในอากาศมีหลายปัจจัยที่ต้องคำนึง สิ่งเหล่านี้ได้แก่ ปริมาณของความชื้น อุณหภูมิและความดัน เครื่องมือที่มีคุณภาพดีควรจะอ่านได้ใกล้เคียงกับความจริง วัดความชื้นติดต่อกันได้หลายๆ ครั้ง มีความไวต่อความชื้นไม่ว่ามากหรือน้อยและสามารถใช้วัดได้ทุกเวลา สิ่งสุดท้ายที่สำคัญและควรจะต้องพิจารณา คือราคาของเครื่องมือ ซึ่งขึ้นอยู่กับช่วงพิสัยของความชื้นที่ต้องการวัด อ่านได้ใกล้เคียงแค่ไหนและลักษณะพิเศษที่ต้องการ เครื่องมือวัดความชื้นส่วนมากเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส (140 องศาฟาเรนไฮท์) หรือต่ำกว่า –12 องศาเซลเซียส (10 องศาฟาเรนไฮท์) จะมีประสิทธิภาพ ลดลง ขณะเดียวกันถ้าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศลดลงต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์เครื่องมือวัดความชื้นประเภทกระเปาะเปียก วัดความชื้นสัมพัทธ์โดยไฟฟ้าหรือวัดอุณหภูมิที่ไอน้ำรวมตัวกันเป็นหยดน้ำโดยอาศัยเกลือที่อิ่มตัว ไม่สามารถจะใช้ประโยชน์ในการวัดได้ อย่างไรก็ตามไม่มีเครื่องมือวัดความชื้น (Hygrometer หรือ Psychrometer) ชนิดใดที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ทั้งหมด

1) Wet and Dry Bulb Hygrometer

เป็นเครื่องมือที่ใช้ง่ายและใช้กันแพร่หลายสำหรับวัดความชื้น ประกอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์ 2 ชนิด คือ กระเปาะแห้งซึ่งใช้วัดอุณหภูมิของอากาศและกระเปาะเปียกซึ่งมีผ้าเปียกหุ้มอยู่รอบ การระเหยของน้ำจากผ้าเปียกไปสู่อากาศต้องการพลังงานซึ่งได้มาจากน้ำที่ยังเหลืออยู่ และทำให้เกิดความเย็นรอบๆ กระเปาะ ถ้าอากาศแห้งมากอัตราการระเหยของน้ำจากผ้าเปียกจะมีมาก และอุณหภูมิรอบๆ กระเปาะจะลดลงมา การทำให้อุณหภูมิลดต่ำลงมาสามารถถ่ายทอดเป็นความชื้นสัมพัทธ์ ความดันไอน้ำหรืออุณหภูมิที่ไอน้ำในอากาศรวมตัวกันเป็นหยดน้ำ โดยการเปรียบเทียบกับตารางที่ได้เตรียมขึ้นสำหรับวัตถุประสงค์นี้ ค่าที่อ่านได้จากตารางจะเปลี่ยนแปลงไปตามความดันของบรรยากาศ แต่ผลของความดันบรรยากาศสามารถตัดทิ้งไปได้สำหรับในทางปฏิบัติที่มีความดันอยู่ในช่วง 60 – 70 มิลลิเมตรของปรอท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) Hair Hygrometer

เครื่องมือชนิดนี้ มีส่วนประกอบที่สำคัญที่ทำหน้าที่เป็นตัววัดความชื้นคือ เกลียวของขน หรือวัสดุอื่นๆ ที่มีลักษณะเป็นเส้นยาว สามารถดูดและคายน้ำได้โดยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านความยาวของมัน และการเปลี่ยนแปลงในด้านความยาวนี้จะต่อไปยังเข็มชี้บนหน้าปัทม์ เมื่อการดูดน้ำผ่านหลอดแก้วที่มีรูขนาดเล็กช้าลง จะทำให้การตอบสนองของเครื่องวัดความชื้นประเภทนี้ช้าลงไปด้วย การดูดน้ำผ่านหลอดแก้วที่มีรูขนาดเล็กนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในระบบการทำงานของ เครื่องและขึ้นอยู่กับอุณหภูมิด้วย ฉะนั้นเครื่องมือวัดความชื้นประเภทนี้ไม่ควรจะอยู่ในสภาพที่มีอุณหภูมิหรือความชื้นเปลี่ยนแปลงขึ้นลงในช่วงกว้างๆ เครื่องมือวัดความชื้นประเภทนี้สามารถวัดความชื้นสัมพัทธ์ที่อยู่ในช่วงระหว่าง 30 – 80 เปอร์เซ็นต์ได้ใกล้เคียงถึง 2 – 5 เปอร์เซ็นต์ เครื่องวัดความชื้นประเภทนี้มีประโยชน์สำหรับวัดความชื้นที่มี

3) Electric Hygrometer

เครื่องมือชนิดนี้วัดความชื้นของบรรยากาศโดยการบันทึกการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับความต้านทานไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า หรือหน่วยอื่นๆ ของไฟฟ้า ค่าของหน่วยเหล่านี้ที่วัดได้มีผลต่อการ ดูดน้ำหรือคายน้ำของเครื่องขั้วไฟฟ้าที่ทำด้วยโลหะหรือคาร์บอนติดอยู่กับฐานที่เป็นฉนวนซึ่ง อิ่มตัวหรือปิดด้วยชั้นบางๆ ของสารละลายเจือจางที่เป็นตัวนำไฟฟ้า สารละลายที่เป็นตัวนำไฟฟ้านี้จะทำให้ตัวมันเองอยู่ในสภาพสมดุลกับอากาศรอบๆ โดยการดูดหรือคายน้ำ เครื่องมือวัดความชื้นประเภทนี้มีขนาดเล็กและการตอบสนองไวมาก ตัวเลขที่อ่านได้สามารถใช้กับ Remote Control

2.8 แสง

แสงเป็นปัจจัยที่สำคัญอันหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช แสงในที่นี้รวมทั้งแสงจากดวงอาทิตย์และแสงที่มนุษย์สร้างขึ้น พืชต่างๆ ต้องการแสงสว่างเพื่อเป็นแหล่งพลังงานในการสังเคราะห์อาหารจากแร่ธาตุและน้ำที่ดูดขึ้นมาจากดินให้เป็นอาหารที่พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างส่วนต่างๆ นอกจากนี้แสงยังมีอิทธิพลต่อการออกดอกของพืชบางชนิด และเกี่ยวข้องกับกระบวนการต่างๆ ภายในพืช ซึ่งกระบวนการต่างๆ เหล่านี้จะเกี่ยวข้องกับแสงในเรื่องของความเข้มของแสง ช่วงความยาวของแสง และคุณภาพของแสง อัตราการสังเคราะห์แสงของพืชมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มของแสง โดยที่จะเพิ่มขึ้นตามความเข้มของแสง ถ้าหากมีปัจจัยอื่นๆ ที่เหมาะสมแล้ว ส่วนช่วงความยาวของแสงที่พืชได้รับนับเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ควบคุมการออกดอกของพืชโดยทั่วไป ซึ่งจะทำให้เราจำแนกพืชออกเป็นพืชวันสั้นและพืชวันยาวซึ่งทั้งหมดนี้จะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงนอกจากจะมีผลโดยตรงต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งเป็นกระบวนการรากฐานได้มาซึ่งพลังงาน และแหล่งได้มาของสารประกอบขั้นต้น (Carbon Skeleton) ซึ่งนำมาสังเคราะห์เป็นอินทรีย์วัตถุในพืช อันเป็นปัจจัยโดยตรงในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืชแล้ว แสงยังเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมกระบวนการเจริญในพืชด้วย โดยแสงจะมีผลควบคุมกระบวนการรากฐานของการเจริญเติบโตในระดับต่างๆ จนได้ผลออกมาในรูปการเจริญเปลี่ยนแปลงทางด้านโครงสร้าง แสงมีอิทธิพลต่อการเกิดปรากฏการณ์เจริญเติบโตต่างๆ ได้แก่ ปรากฏการณ์งอกของเมล็ด (Germination) การออกดอก (Flowering) การพักตัวของเมล็ด (Dormancy) อิทธิพลของแสงในการควบคุมการเกิดปรากฏการณ์เหล่านี้เรียกว่าโฟโตมอร์โฟเจนนีซีส (Photo Morphogenesis)

การตอบสนองต่อลักษณะของแสงพืชจะตอบสนองต่อลักษณะของแสงในลักษณะใดลักษณะหนึ่งดังต่อไปนี้

2.8.1 ความเข้มของแสง (Light Intensity)

ความเข้มของแสงหมายถึง ปริมาณของแสงทั้งหมดซึ่งพืชได้รับในทั้งที่หนึ่งย่อมมีความเข้มของแสงแตกต่างกันไปตามวัน ฤดูกาล และระยะห่างจากเส้นศูนย์สูตร ความเข้มของแสงจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นตั้งแต่ดวงอาทิตย์ขึ้นจนถึงเที่ยงวัน และค่อยๆ ลดลงจากตอนเที่ยงวันไปจนถึงดวงอาทิตย์ตกดินในประเทศไทยความเข้มของแสงในฤดูร้อนและฤดูหนาวสูงกว่าในฤดูฝนความเข้มของแสงสูงสุด ณ บริเวณเส้นศูนย์สูตรและค่อยๆ ลดลงจากเส้นศูนย์สูตรไปสู่ขั้วโลกการแปรเปลี่ยนความเข้มของแสงประการอื่นๆ เกิดขึ้นจากฝุ่นละออง ไอน้ำในบรรยากาศ ความลาดชันของพื้นที่และความสูงต่ำของระดับพื้นที่

ในที่มีแสงอาทิตย์ส่องไม่ถึง หรือส่องถึงแต่มีปริมาณความเข้มแสงไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช หลอดไฟธรรมดา (Incandescent) และหลอดไฟเรืองแสง (Fluorescent) จะช่วยให้แสงสว่างแทนแสงอาทิตย์ได้

ความเข้มของแสงมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างไรบ้าง ผลอันเนื่องจากความเข้มของแสงอธิบายได้ 3 ประเด็น คือ

1) ความเข้มของแสงที่เหมาะสมนั้น ถ้ามีปัจจัยเหมาะสมแล้ว อัตราการสังเคราะห์แสงจะสูงอัตราการหายใจเป็นปกติ ทำได้คาร์โบไฮเดรตใช้ในการเจริญเติบโตของพืชสูงด้วยความเข้มของแสงที่เหมาะสม ย่อมแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช เราสามารถจัดแบ่งพืชตามความต้องการความเข้มของแสงได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

1.1) พืชในร่ม เป็นพืชที่ต้องการความเข้มของแสงต่ำจึงจะเติบโตได้ดี ถ้าพืชประเภทนี้นำไปอยู่กลางแดดที่มีความเข้มของแสง ใบจะไหม้ และหยุดเจริญเติบโตจึงนิยมนำพืชประเภทนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลูกไว้ในร่ม ใต้ชายคาบ้าน หรือบริเวณใกล้หน้าต่างที่มีแสงสว่าง ตัวอย่างของพืชประเภทนี้ส่วนใหญ่จะเป็นพวกไม้ประดับ

1.2) พืชกึ่งร่มกึ่งกลางแจ้ง เป็นพืชซึ่งต้องการแสงแดดตอนเช้า และตอนเย็นหรือแสงที่มีการพรางลดความเข้มลงแล้ว จึงนิยมปลูกพืชประเภทนี้ไว้ใต้ต้นไม้ที่มีแสงแดดส่องรำไรหรือในเรือนเพาะชำ หรือใต้ค้างที่มีใบไม้ปิดบางส่วน ตัวอย่างของพืชประเภทนี้ เช่น กล้วยไม้ต่างๆ เล็บครุฑ พลูต่างๆ ตะไคร่และสะระแหน่ เป็นต้น

1.3) พืชกลางแจ้ง เป็นพืชที่เราพบมากในทุกที่ของประเทศไทย พืชกลุ่มนี้ต้องการความเข้มสูง จึงเจริญเติบโตได้ดีในที่กลางแจ้ง ตัวอย่างพืชประเภทนี้คือ หมาก มะม่วง ขนุน แตงโม ข้าว ข้าวโพด

1.4) พืชที่เป็นพืชที่ขึ้นในร่มหรือกลางแจ้งก็ได้ เป็นพืชซึ่งขึ้นได้ดีในช่วงความเข้มของแสงกว้าง

2) ความเข้มของแสงที่ต่ำเกินไป เมื่อความเข้มของแสงมีไม่เพียงพอจะทำให้อัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากพลังงานแสงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการรวมตัวของคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำในปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสง ถ้าความเข้มของแสงมีไม่เพียงพอปริมาณของพลังงานที่มีอยู่เพื่อใช้ในการรวมคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำจะต่ำ จึงมีผลทำให้อัตราการผลิตคาร์โบรไฮเดรตขั้นต้นเพื่อสร้างสารประกอบอื่นค่อนข้างต่ำ ดังนั้นการเจริญเติบโตจึงช้าลงและโดยทั่วๆ ไปผลผลิตมักจะต่ำด้วย

3) ความเข้มของแสงที่สูงเกินไป การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชลดลง เมื่อแสงมีความเข้มสูงเกินไป ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุ 3 ประการ ดังนี้

3.1) เกี่ยวกับปริมาณคลอโรฟิลล์ เมื่อมีความเข้มของแสงมากเกินไป พืชบางชนิดจะลดปริมาณคลอโรฟิลล์ลงและใบจะกลายเป็นสีเขียวแกมเหลือง ด้วยเหตุนี้อัตราการดูดแสงจะต่ำและอัตราการสังเคราะห์แสงก็ต่ำตามไปด้วย

3.2) เกี่ยวกับน้ำ ความเข้มของแสงที่มากเกินไปจะทำให้เพิ่มอุณหภูมิของใบอย่างเห็นได้ชัดเจนเป็นผลทำให้อัตราการคายน้ำสูง และอัตราดูดน้ำไม่เร็วเท่ากับอัตราการคายน้ำ เหตุนี้เองเซลล์คุมจะสูญเสียความเต่ง ปากใบจะปิดลงบางส่วนหรือปิดทั้งหมด และคาร์บอนไดออกไซด์จะฟุ้งกระจายเข้าสู่ใบช้าลง ดังนั้น อัตราการสังเคราะห์แสงจะช้าลง ในขณะที่การหายใจยังคงดำเนินต่อไป และคาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตเหลือน้อย

3.3) เกี่ยวกับกิจกรรมของน้ำย่อย ถ้าแสงมากเกินไปจะทำให้อุณหภูมิของใบเพิ่มขึ้นจึงเป็นผลให้ระบบน้ำย่อยลดกิจกรรมที่จะเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแป้งลง ด้วยเหตุนี้พืชจะเก็บสะสมน้ำตาลไว้ และอัตราการสังเคราะห์แสงจะช้าลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปได้ว่าเมื่อความเข้มของแสงมากหรือน้อยเกินไปย่อมมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของต้นพืชทั้งสิ้น เช่น ความเข้มของแสงมีผลต่อการออกดอก ความเข้มของแสงที่เพิ่มขึ้นจะทำให้พืชโตเต็มวัยเร็วขึ้น ถ้าพืชได้รับแสงในปริมาณที่มากหรือน้อยเกินไปเรามีวิธีการแก้ไขได้ดังต่อไปนี้ คือ

4) การลดความเข้มของแสง ถ้าแสงมีความเข้มเกินความพอดี การลดความเข้มของแสงลงบ้าง ด้วยการพรางแสงโดยใช้วัสดุต่างๆ ที่หาได้ง่าย และราคาถูก เช่น ใช้ผ้าหรือตาข่ายไนล่อน ถ้าเป็นเรือนกระจก เราอาจจะใช้ขี้เลนโคลน ทางด้านในของหลังคากระจกเป็นทางหนึ่งที่ช่วยได้มาก

5) การเพิ่มความเข้มของแสง ในต่างประเทศโดนเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูหนาวแสงไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช เช่น พวกไม้ดอกหลายๆ ชนิด อาจจะใช้วิธีเพิ่มความเข้มของแสงโดยใช้ไฟฟ้าจากหลอดไฟฟ้าเรืองแสงขนาด 40 – 75 วัตต์และติดตั้งเหนือต้นพืชประมาณ 6 – 9 นิ้ว ซึ่งหลอดเหล่านี้จะให้พลังงานแสงที่คล้ายคลึงกับแสงจากดวงอาทิตย์มากที่สุด

2.8.2 คุณภาพของแสง (Light Quality)

คุณภาพของแสง หมายถึง ความยาวของคลื่นแสง (Wave Length) นั่นเอง ในความยาวของคลื่นแสงที่ไม่เท่ากันจะมีสีที่ต่างกัน เราสามารถแยกคลื่นแสงออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1) คลื่นแสงที่มองไม่เห็น (Invisible Light) ได้แก่ อัลตราไวโอเลต (Ultraviolet) เป็นตัวทำให้เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช และแสงอินฟาเรด (Infared) เป็นแสงที่ส่องผ่านผิวใบไปสู่เบื้องล่าง ทำให้เป็นปล้อง (Internode)

2) คลื่นแสงที่มองเห็น (Visible Light) จะมีคลื่นแสงหลายสี ซึ่งแต่ละคลื่นแสงนั้นจะมีความยาวคลื่นไม่เท่ากัน และจะไม่มีผลกับการเจริญเติบโตของพืช เช่น แสงสีม่วงและสีน้ำเงิน แสงช่วงนี้จะเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่เรียกว่า โฟโตทรอปิซึม (Photo Tropism) เป็นการตอบสนองของพืชต่อแสง เช่น ทานตะวันหันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์แสงสีเขียว จะระงับการเจริญเติบโตของพืช แสงสีเหลือง และสีส้ม เกี่ยวข้องกับการงอกของเมล็ด แสงสีแดง ส่งเสริมการงอกของเมล็ด

คุณภาพของคลื่นแสงมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกันออกไป โดยแสงที่ได้จากแหล่งต่างกันย่อมจะให้คุณภาพ และปริมาณของแต่ละคลื่นแสงแตกต่างกันออกไป เช่น แสงจากหลอดไฟธรรมดา (Fluorescent) แสงอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจก ส่วนที่เป็นแสงอุลตราไวโอเลตจะไม่สามารถผ่านออกมาได้ อย่างไรก็ตามในขณะนี้วิทยาศาสตร์ก้าวหน้าไปมากได้มีการผลิตหลอดเรืองแสง (Fluorescent Lamp) ที่มีพลังงานเหนือกว่า และได้แสงที่คล้ายคลึงกับแสงจากดวงอาทิตย์มากที่สุด มีแสงสีต่างๆ (Wave Length) ตามความต้องการของพืชมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 การแก้ไขความเข้มแสงที่เหมาะสมกับพืช

ความเข้มของแสง	ผลการเจริญของพืช	วิธีการแก้ไข
ต่ำเกินไป	การสังเคราะห์แสงของพืชลดลง ทำให้การสะสมอาหารมีน้อยพืชเจริญลดลง ผลผลิตที่ได้มีปริมาณและคุณภาพต่ำ	โดยใช้หลอดไฟเรืองแสงติดตั้งเหนือต้นพืช
พอเหมาะ	การสังเคราะห์แสงเกิดขึ้นเป็นปกติ มีการสะสมอาหารในพืชพืชเจริญเติบโต แข็งแรง ให้ผลผลิตปริมาณสูงและคุณภาพดี	-
สูงเกินไป	ใบพืชไหม้ การสังเคราะห์แสงลดลง	โดยการพรางแสง

โดยสรุปแล้วแสงมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช นับตั้งแต่กระบวนการงอกของเมล็ด จนกระทั่งเจริญเติบโตให้ดอกผล ซึ่งพืชจะมีการตอบสนองต่อลักษณะของแสงในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเข้มของแสง คุณภาพของแสง และช่วงแสงพืชแต่ละชนิดต้องการความเข้มของแสงได้เป็นพืชในร่ม พืชกึ่งร่มกึ่งกลางแจ้ง และพืชกลางแจ้ง การเจริญเติบโตของพืชยังเกี่ยวข้องกับคุณภาพแสง แสงต่างชนิดกันจะมีความยาวคลื่นแสงไม่เหมือนกัน ความยาวคลื่นแสงแต่ละชนิดนี้จะเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ยังมีช่วงแสงอีกอย่างหนึ่ง ซึ่งช่วงแสงในแต่ละวันนี้จะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืช ทำให้เราแบ่งพืชออกได้เป็น 3 ประเภทตามลักษณะการตอบสนองต่อช่วงแสง ได้แก่ พืชวันสั้น พืชวันยาว และพืชที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ซึ่งในบางครั้งเราจะต้องหาทางแก้ไขปัญหานี้ ที่กล่าวมาทั้งหมดนี้คงจะทราบแล้วว่าแสงเกี่ยวข้องกับการปลูกพืชอย่างไร

2.9 อุณหภูมิ

เราพอจะทราบแล้วว่า อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างเช่น การนำไม้เมืองหนาวพวกแอปเปิ้ลเข้ามาปลูกในประเทศไทย เราไม่สามารถปลูกได้ในพื้นที่ทั่วประเทศไทย ไม่ใช่เมืองหนาว แต่ก็มีทางภาคเหนือซึ่งมีอากาศหนาวเย็นพอที่จะปลูกได้บ้าง ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นผลมาจากการที่อุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชนั่นเอง อุณหภูมิจะเข้าไปเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชตั้งแต่พืชเริ่มออกจนกระทั่งออกดอกออกผล โดยอุณหภูมิจะเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชตั้งแต่พืชเริ่มสังเคราะห์แสง การหายใจ การพักตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตลอดจนการออกดอกออกผล พืชต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชไม่เหมือนกัน อุณหภูมิที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชมีทั้งอุณหภูมิในอากาศและอุณหภูมิในดิน ซึ่งจะต้องเกี่ยวข้องไปถึงอุณหภูมิกลางคืนและอุณหภูมิกลางวันด้วยในเรื่องของอุณหภูมิจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่นักศึกษาจะต้องทราบเพื่อเป็นแนวทางในการปลูกพืชต่อไป

ในการศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับการเจริญเติบโตของพืชทั้งต้นนั้น พบว่าอัตราการเจิรญเติบโตจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิหนึ่ง การเจริญเติบโตจะสูงสุดนั้นเรียกว่า ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช (Optimum Temperature) การเพิ่มอุณหภูมิที่เกินค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมนี้แล้วการเจริญเติบโตจะลดลง จึงได้มีการแบ่งช่วงอุณหภูมิที่พืชสามารถเจริญเติบโตได้เป็น 3 ช่วงคือ

1) อุณหภูมิต่ำสุด (Minimum Temperature) เป็นค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่พืชชนิดนั้นสามารถจะเติบโตได้

2) อุณหภูมิที่เหมาะสม (Optimum Temperature) เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมกับที่พืชนั้นเจริญเติบโตได้

3) อุณหภูมิสูงสุด (Maximum Temperature) เป็นอุณหภูมิสูงสุดที่พืชนั้นสามารถจะเจริญเติบโตได้

ค่าอุณหภูมิทั้ง 3 ระดับนี้จะแตกต่างกันมากในพืชแต่ละชนิด พืชต่างชนิดกัน จะมีอุณหภูมิต่ำสุดอุณหภูมิที่เหมาะสมและอุณหภูมิที่สูงสุด สำหรับการเจริญเติบโตที่ไม่เท่ากันนอกจากนี้ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมของพืชชนิดเดียวกันจะเปลี่ยนไปตามอายุเมื่อพืชแก่ใกล้จะถึงระยะการเจริญเติบโตด้านการสืบพันธุ์ ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม (อุณหภูมิกลางคืน) มักจะลดลง เช่น มะเขือเทศ เปลี่ยนจากช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ 30 องศาเซลเซียส ในระยะการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นเป็น 13 – 18 องศาเซลเซียส (ขึ้นอยู่กับพันธุ์พืช) เมื่อแก่ใกล้จะออกดอก เพราะฉะนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมแต่ละช่วงชีวิตพืชจะแตกต่างกัน อุณหภูมิเหมาะสมกับการเจริญเติบโตทางลำต้น การชักนำการออกดอก การติดผล จะแตกต่างกันทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้เหมาะสมตามฤดูกาล

การที่พืชมีการเจริญเติบโตตอบสนองต่ออุณหภูมิแตกต่างกันทำให้ในแต่ละเขตของโลกมีความแตกต่างกันในพืชพรรณ (Vegetation) ต้นข้าวโพดจะไม่งอกที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ขณะที่พืชในเขตขั้วโลกสามารถงอกได้ในอุณหภูมิใกล้ 0 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิสูงสุดเพียง 10 องศาเซลเซียส เท่านั้นด้วยเหตุผลอันนี้ทำให้เราแบ่งประเภทของพืชออกตามลักษณะการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกันได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) พืชเมืองร้อน เป็นพืชที่เจริญได้ดีในอุณหภูมิที่สูงกว่า 21 องศาเซลเซียส ซึ่งพืชประเภทนี้เจริญได้ดีในทุกท้องที่ของประเทศไทย ตัวอย่างพืชประเภทนี้ ได้แก่ มันสำปะหลัง มะพร้าว มะม่วง ละมุด มะละกอ คะน้า และผักบุ้ง เป็นต้น พืชเมืองร้อนบางชนิดไม่เพียงเจริญได้ดีในที่มีอุณหภูมิสูงเท่านั้น แต่ต้องการความชื้นสูงด้วย ดังนั้น พืชกลุ่มนี้จึงเจริญได้ทางภาคใต้ และจังหวัดจันทบุรี ได้แก่ ทุเรียน เงาะ ลางสาดและยางพารา เป็นต้น

2) พืชกึ่งเมืองร้อน (เขตอบอุ่น) เป็นพืชที่จะเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิปานกลางประมาณ 10 – 21 องศาเซลเซียส โดยพืชประเภทนี้จะเจริญเติบโตในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และภาคกลางเฉพาะช่วงฤดูหนาว ตัวอย่างของพืชประเภทนี้ ได้แก่ ลำไย ลิ้นจี่ มะเขือเทศ และกะหล่ำอิตาเลี่ยน เป็นต้น พืชประเภทนี้ถ้านำไปปลูกในที่ที่มีอุณหภูมิสูง เช่น ทางภาคใต้ของประเทศไทยจะเจริญเติบโตช้ามาก

3) พืชเมืองหนาว เป็นพืชซึ่งจะเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิเย็น อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส พืชประเภทนี้จะเจริญเติบโตในประเทศที่มีอากาศหนาวเย็น เช่น ประเทศจีน ประเทศในยุโรป ออสเตรเลียตอนกลาง และตอนใต้ อเมริกาตอนเหนือ เป็นต้น สำหรับประเทศไทยพืชประเภทนี้เจริญได้ตามภูเขาทางภาคเหนือที่มีอากาศเย็น แต่ผลิตผลที่ได้มีคุณภาพต่ำกว่าประเทศอื่นๆ ตัวอย่างของพืชประเภทนี้ ได้แก่ แอปเปิ้ล สาลี่ พลัม และพลับ เป็นต้น พืชประเภทนี้ถ้านำไปปลูกที่ที่มีอุณหภูมิสูงจะไม่เจริญหรืออาจจะเจริญช้ามาก ดังนั้นจึงไม่สามารถปลูกพืชประเภทนี้ในส่วนอื่นๆ ของประเทศ ยกเว้นแถบภูเขาทางเหนือเท่านั้น

2.9.1 อุณหภูมิของลำต้นและอุณหภูมิของราก

ในการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนระหว่างดวงอาทิตย์ และโลกนั้น อุณหภูมิของอากาศและอุณหภูมิในต้นจะมีช่วงขึ้นลงแตกต่างกันมากในช่วง 24 ชั่วโมง การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิมักศึกษาอุณหภูมิของอากาศต่อการเจริญเติบโตของลำต้น และอุณหภูมิของต้นต่อการเจริญเติบโตของระบบราก นอกจากนี้ อุณหภูมิในดิน (Soil Temperature) ยังมีผลต่อการดูดน้ำ และอาหาร ถ้าอุณหภูมิในดินต่ำจะทำให้การดูดน้ำลดลง ต้นพืชจะเหี่ยว นอกจากนั้นแล้วการเจริญของจุลินทรีย์ในดินจะลดลงด้วย เป็นผลที่จะทำให้อินทรีย์ในดินสลายตัวได้ช้า เป็นประโยชน์ต่อต้นพืชน้อย การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของดินจะมีผลกระทำให้อุณหภูมิของรากเปลี่ยนไปด้วยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของรากเพียงเล็กน้อยจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างมาก รากได้รับอุณหภูมิต่ำเกินไปต้นจะโตช้า ทั้งนี้พบว่าอุณหภูมิต่ำเกินไปมีผลต่อการดูดซึมแร่ธาตุของรากซึ่งจะจำกัดการเจริญเติบโตของพืช แต่เมื่ออุณหภูมิของรากสูงกว่าลำต้น การเจริญเติบโตจะชะงักอีก แสดงว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมของรากมักจะต่ำกว่าลำต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 พืชกับสภาพอุณหภูมิสูงมาก

อุณหภูมิสูงนอกจากจะลดอัตราการเจริญเติบโตของพืชแล้ว ยังมีผลทำให้พืชเสียหายได้แก่ ทำให้คลอโรฟิลล์ซีดและทำงานไม่ได้ เนื้อเยื่อใบไหม้ตาย (Necrosis) ท่อน้ำท่ออาหารตาย และผลไม้มีตำหนิ อุณหภูมิสูงผิดปกติมักเกิดจากการที่พืชหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชได้รับความเข้มของแสงสูง

พืชสามารถหลีกเลี่ยงอุณหภูมิสูงได้โดยการมีกระบวนการคายน้ำของใบ ซึ่งความร้อนจะระบายออกได้โดยการพาความร้อน (Conduction) แต่วิธีการนี้จะลดอุณหภูมิของใบได้น้อยในขณะที่ต้องใช้น้ำในปริมาณมากเพื่อการนี้ เพราะฉะนั้นพืชส่วนใหญ่อยู่รอดในอุณหภูมิสูงได้โดยหลักของการสร้างความทนทานมากกว่าการหลีกเลี่ยง

อุณหภูมิที่ก่อให้เกิดอัตรายต่อพืชจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพืชแต่ละชนิด เช่น ข้าวโพด ได้รับอุณหภูมิ 45 – 51 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาทีก็จะเป็นอันตรายต่อต้นข้าวโพดแล้ว อุณหภูมิสูงมากจะมีผลต่อการลดปริมาณแป้งและโปรตีนที่พืชสะสมไว้ เพราะฉะนั้นการเจริญเติบโตของพืชซึ่งขึ้นอยู่กับอาหาร แป้ง และโปรตีนเหล่านี้จึงชะงัก อุณหภูมิสูงจะทำให้พืชสูญเสียน้ำจึงเกิดสภาวะขาดน้ำด้วย เพราะฉะนั้นกลไกที่ต้านทานการขาดน้ำได้มักจะทนอุณหภูมิสูงได้ด้วยรากพืชจะเป็นส่วนที่รับการกระทบกระเทือนของอุณหภูมิสูงได้เร็วกว่าลำต้น ในกรณีที่อุณหภูมิสูงผิดปกติเราอาจจะลดความเสียหายได้ ดังนี้

1) การพรางแสง อุณหภูมิที่สูงมักจะมากับแสงแดดที่จัด เราสังเกตได้ว่าถ้าเราไปยืนอยู่กลางแดด ซึ่งเราจะรู้สึกร้อนกว่าเมื่ออยู่ในร่ม ดังนั้นวิธีหนึ่งที่จะลดอุณหภูมิรอบๆ ต้นพืชก็โดยการทำร่มหรือพรางแสง ลดปริมาณแสงแดดลง ทั้งนี้เราอาจจะหาผ้ามาขึงคลุม ในกรณีที่ต้นพืชของเราต้นไม่โตและปลูกในเนื้อที่ไม่มาก หรือจะหาใบไม้วางบนค้างให้แสงแดดส่งถึงพืชเพียงรำไรก็จะช่วยลดอุณหภูมิลงได้

2) การฉีดพ่นน้ำรอบด้านของพืช การลดอุณหภูมิด้วยวิธีการนี้เป็นการลงทุนที่สูง ถ้าเราต้องทำให้พื้นที่กว้าง ซึ่งก็เป็นวิธีการที่ลดอุณหภูมิลงได้บ้าง โดยฉีดพ่นน้ำไปบนดินรอบๆ ต้นพืชน้ำที่ฉีดพ่นออกไปจะดึงเอาความร้อนจากอากาศเข้าไปแล้วเปลี่ยนสภาพเป็นไอน้ำ อุณหภูมิรอบๆ ต้นพืชจะลดลง

อย่างไรก็ตามการจะลดอุณหภูมิให้ต่ำลงเป็นเรื่องที่ทำได้ไม่ง่ายนัก ทั้ง 2 วิธีที่เสนอมาทำได้เฉพาะในพื้นที่เพาะปลูกที่ไม่มาก ถ้าในกรณีที่พื้นที่เพาะปลูกกว้างขวาง การลดอุณหภูมิเป็นเรื่องที่ได้ผลไม่คุ้มกัน ปัจจัยแวดล้อมทางด้านอุณหภูมิจึงเป็นปัจจัยที่มนุษย์เราต้องค้นหาวิธีการควบคุมที่ลงทุนต่ำซึ่งวิธีการที่กล่าวมานี้เป็นวิธีการที่ต้องลงทุนสูงอาจจะไม่คุ้มกับต้นทุนที่ลงไปก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 การแก้ไขอุณหภูมิที่เหมาะสมกับพืช

ช่วงอุณหภูมิ	ผลการเจริญของพืช	วิธีการแก้ไข
ต่ำเกินไป	1) การสะสมของอาหารน้อยลง พืชเจริญเติบโตช้า ผลผลิตมีปริมาณ และคุณภาพต่ำ 2) พืชบางชนิด เช่น กะหล่ำปลี ถั่ว หอมหัวใหญ่ ออกดอกผลเร็ว แต่ได้ขนาดเล็กที่ไม่มีคุณภาพ	1) ปรับปรุงพันธ์ ให้มีความต้านทาน 2) เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ของสิ่งแวดล้อมเฉพาะจุด
พอเหมาะ	พืชเจริญเป็นปกติ การสะสมอาหารมีมากผลผลิตที่ได้มีคุณภาพสูง	-
สูงเกินไป	การสะสมอาหารมีน้อย เพราะพืชเกิดการหายใจทำให้พืชดึงอาหารไปใช้มากส่งผลให้ผลผลิตต่ำ	1) การพรางแสง 2) การฉีดพ่นน้ำรอบต้นพืช

จากตารางที่ 2.10 จะเห็นได้ว่าพืชถ้าอยู่ในอุณหภูมิที่สูงหรือต่ำกว่าจุดที่พอเหมาะกับพืชแล้ว ล้วนมีผลทำให้ปริมาณ และคุณภาพของผลิตผลที่ได้ลดต่ำลงทั้งสิ้น

จากที่กล่าวมาทั้งหมดคงจะพอทราบแล้วว่าอุณหภูมินั้นมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างไร ซึ่งพืชจะเจริญเติบโตได้ดีนั้นจะต้องมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมโดยจะ แตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด อุณหภูมิกลางคืน เป็นอุณหภูมิที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชมากกว่าอุณหภูมิกลางวัน แต่ก็มีพืชบางชนิดที่ความแตกต่างของอุณหภูมิกลางคืน และกลางวันไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต ซึ่งจากผลการตอบสนองของพืชต่ออุณหภูมินี้ ทำให้เราจำแนกพืชออกได้เป็นพืชเมืองร้อน พืชกึ่งเมืองร้อน และพืชเมืองหนาว เราไม่สามารถที่จะนำพืชเมืองหนาวไปปลูกในที่ที่มีอากาศร้อนจัดได้ จากเหตุผลดังกล่าวทำให้สามารถเลือกพืชปลูกให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของท้องถิ่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำมาใช้ในโครงงานนี้อ้างอิงถึงไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบแฟลช (Flash Memory) ของ ATMEL CORPORATION เบอร์ AT89C51 และเหตุผลที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดนี้มีหลายประการดังนี้

1) หน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่เป็นแบบแฟลชซึ่งจะทำให้สามารถลบและเขียนใหม่ได้เป็นพันครั้งจึงสามารถใช้งานในรูปแบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ชิพเดี่ยวไม่ต้องใช้หน่วยความจำภายนอกส่งผลให้สามารถใช้งานพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

2) ต้นทุนและเวลาในการพัฒนาระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ลดลงอย่างมาก เนื่องจากไม่ต้องใช้เครื่องมือพัฒนาจำพวกอีมูเลเตอร์และเครื่องโปรแกรมอีพรอม

3) บริษัทผู้ผลิตได้ทำการผลิตไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ออกมาหลายเบอร์ โดยจะมีขีดความสามารถแตกต่างกันไป ทำให้มีทางเลือกในการใช้งานสูง

4) ด้วยการใช้หน่วยความจำของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้สามารถป้องกันการคัดลอกข้อมูลของหน่วยความจำโปรแกรมได้เป็นอย่างดี

5) บางเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งผลิตโดย ATMEL นั้นสามารถทำการโปรแกรมข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมได้โดยที่ไม่ต้องถอดตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ออกมาทำการโปรแกรมใหม่หรือที่เรียกว่า การโปรแกรมในวงจร หรือในระบบ (In-System Programming) โดยใช้ลักษณะของการติดต่อแบบ SPI (Serial Periphiral Interface) ทำให้การพัฒนาหรือการซ่อมบำรุงตลอดจนการปรับปรุงหรือพัฒนาข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมทำได้โดยอย่างสะดวกภายใต้งบประมาณไม่สูงมากนัก

6) ชุดคำสั่งและสถาปัตยกรรมพื้นฐานจะเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของผู้ผลิตอื่นไม่ว่าจะเป็นของ อินเทล ซีเมนส์ หรือดัลลัส

จากเหตุผลข้างต้นคณะผู้จัดทำจึงได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มาใช้ในการออกแบบและสร้างเป็นชุดควบคุมสภาพแวดล้อมภายในห้องปฏิบัติการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 เครื่องมือที่เกี่ยวข้อง และอุปกรณ์ที่สำคัญ

3.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ AT89C51

ใช้สำหรับเป็นตัวประมวลผล และควบคุมการทำงานในส่วนต่างๆ ของโครงงาน

3.2.2 อุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ เบอร์ DS1820

ใช้สำหรับตรวจจับอุณหภูมิภายในห้องปฏิบัติการเกษตร

3.2.3 เซลล์การนำพลังงานแสง (LDR)

ใช้สำหรับตรวจจับความเข้มแสงจากสภาพแวดล้อม ภายนอกห้องปฏิบัติการเกษตร

3.2.4 อุปกรณ์ตรวจจับความชื้น

ใช้แบบที่เปลี่ยนแปลงค่าของความจุตามค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ใช้สำหรับตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

3.2.5 อุปกรณ์เปิด-ปิด เชื่อมโยงด้วยแสง (Solid State Relay)

ใช้สำหรับเปิด-ปิดการทำงาน ของวงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาด 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์

3.2.6 ส่วนแสดงผลแบบผลึกเหลว (LCD Module)

ใช้สำหรับแสดงฟังก์ชันของการกำหนดค่าการใช้งานต่างๆ

3.2.7 ส่วนแสดงผล 7 ส่วน (7-Segment)

ใช้สำหรับแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และเปอร์เซ็นต์ความเข้มแสงที่ตรวจจับได้

3.2.8 สวิตซ์แบบเมตริกซ์ (Keypad)

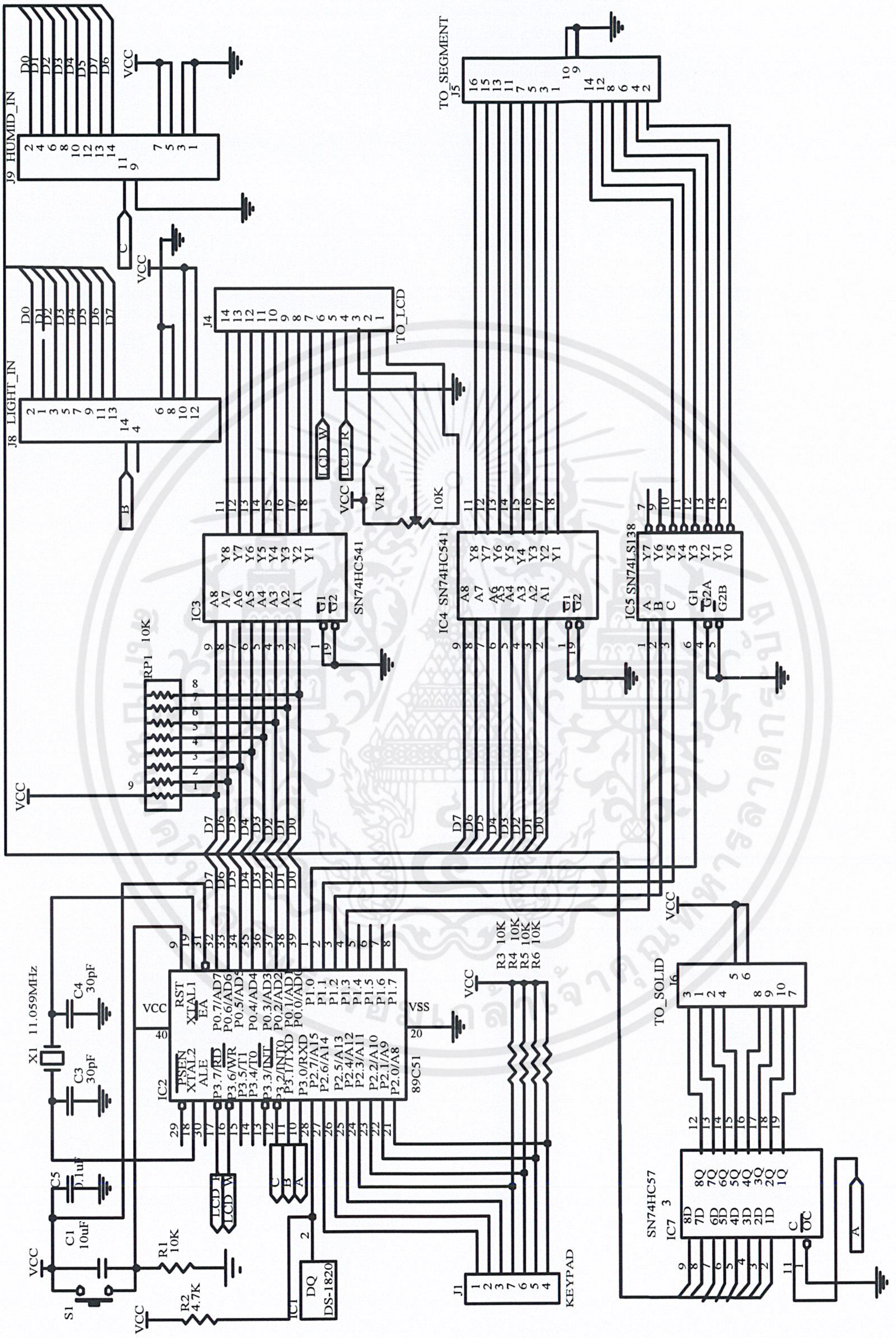
ใช้สำหรับกำหนดค่าของตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในโครงงาน

3.3 ขั้นตอนการออกแบบ

3.3.1 วงจรส่วนประมวลผลและควบคุมการทำงาน

ทำการออกแบบโดยเชื่อมต่อพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51 เข้ากับอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตต่างๆ ซึ่งพอร์ต 0 ต่อเข้ากับอุปกรณ์ป้องกัน และขยายสัญญาณเบอร์ SN74LS541 พอร์ต 1 ต่ออยู่กับอุปกรณ์ถอดรหัสสัญญาณเบอร์ SN74LS138 สำหรับเลือกให้ 7-Segment แต่ละหลักทำงาน และพอร์ต 2 ต่อกับขาสัญญาณของอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิเบอร์ DS1820 และคีย์สวิตซ์แบบเมตริกซ์ ส่วนขาสัญญาณที่เหลือของ MCS-51 นั้นต่อเข้ากับอุปกรณ์พื้นฐานต่างๆที่ทำให้ MCS-51 ทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

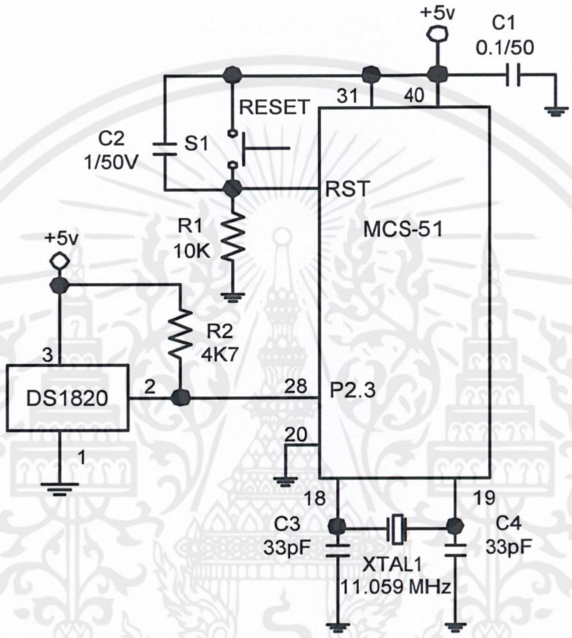


รูปที่ 3.1 วงจรส่วนประมวลผลและควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 วงจรตรวจจับอุณหภูมิ

ทำการออกแบบวงจรโดยนำขาสัญญาณต่างๆของวงจรตรวจจับอุณหภูมิเบอร์ DS1820 เชื่อมต่อเข้ากับขาสัญญาณของ MCS-51 โดย ขา 1 ต่อลงกราวด์ ขา 2 ต่อเข้ากับพอร์ตของ MCS-51 และขา 3 ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ กระแสตรงโดยต่อตัวต้านทานขนาด 4.7 กิโลโอห์มเป็น ตัวต้านทานพูลอัพที่ขา 2 ของ DS1820



รูปที่ 3.2 วงจรตรวจจับอุณหภูมิ

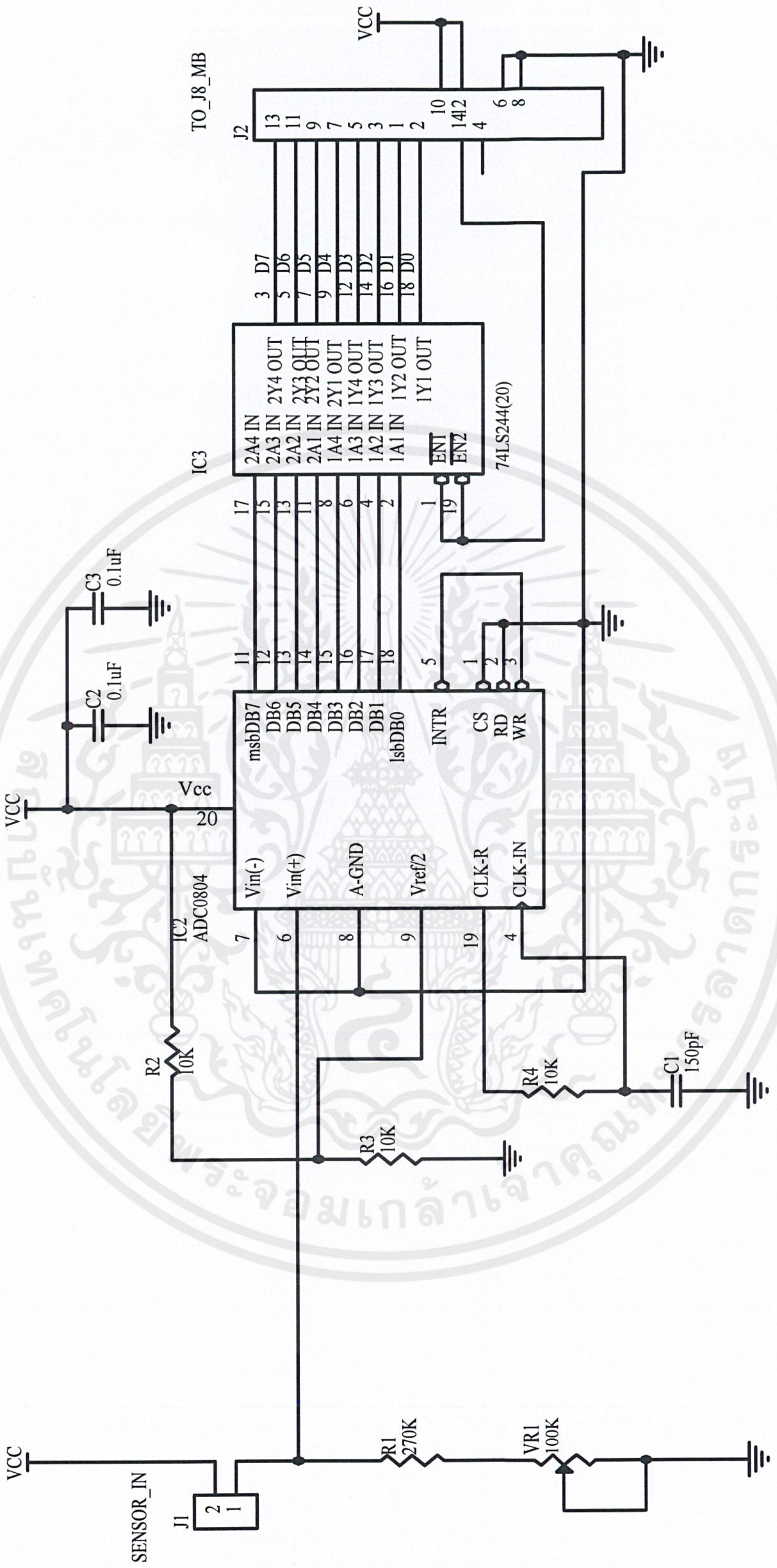
3.3.3 วงจรตรวจจับความเข้มแสง

ออกแบบโดยเชื่อมต่อ LDR เข้ากับอุปกรณ์เปลี่ยนสัญญาณ แอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล เบอร์ ADC0804 โดยมีตัวต้านทานปรับค่าได้ 0 ถึง 100 กิโลโอห์ม เป็นตัวกำหนดค่าแรงดันที่เปลี่ยนแปลงจากเซลล์พลังงานแสง ให้ได้ค่าที่ต้องการสำหรับต่อเข้ากับอินพุตของ ADC0804

3.3.4 วงจรตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

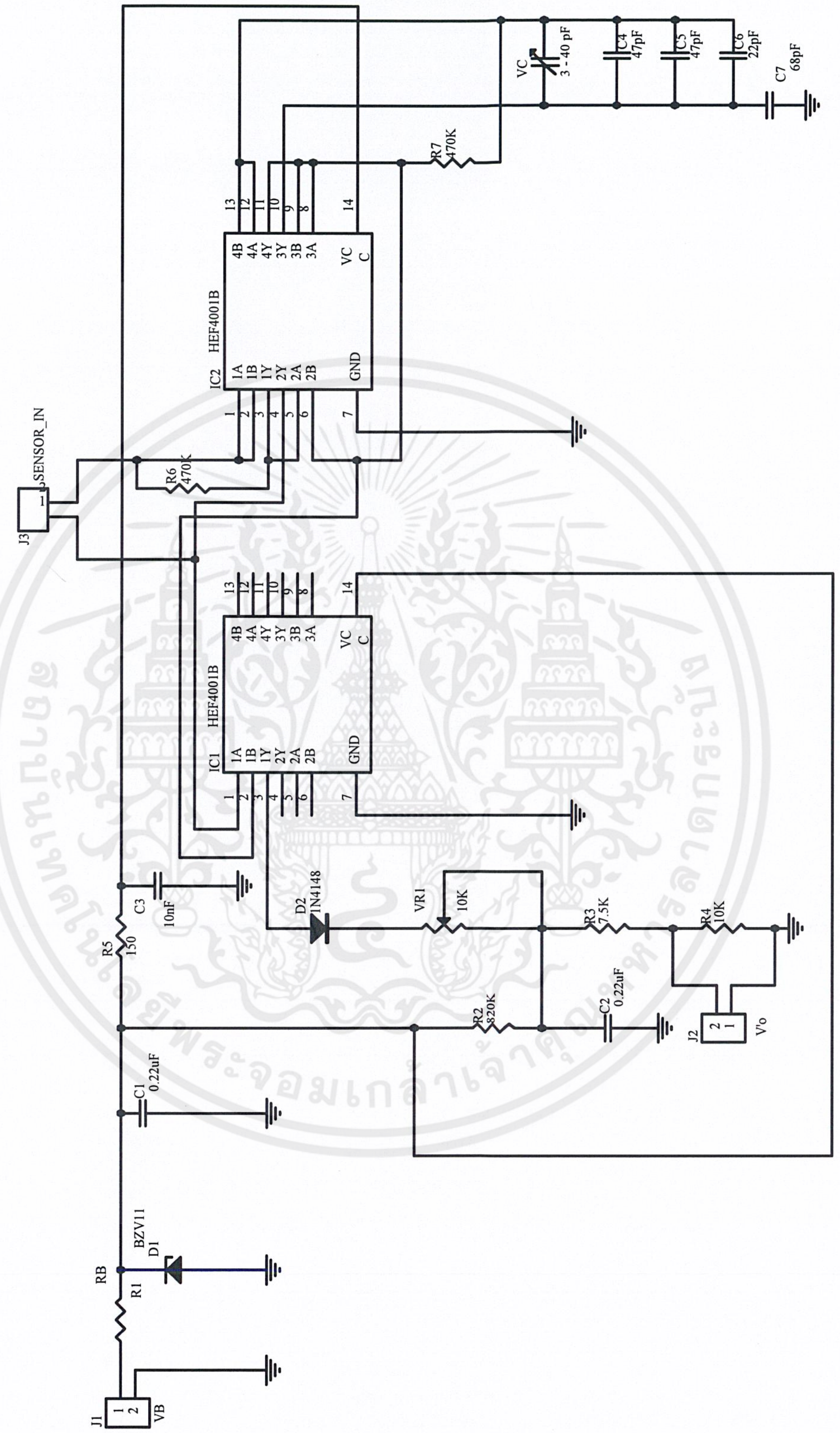
ออกแบบโดยเชื่อมต่ออุปกรณ์ ตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศแบบเปลี่ยนค่าความจุตามความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ เข้ากับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เพื่อให้ได้แรงดันเอาต์พุตออกมาเป็นแรงดันไฟตรงระหว่าง 0 ถึง 5 โวลต์กระแสตรง ต่อเข้ากับ ไอซี ADC0804 เพื่อเปลี่ยนสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



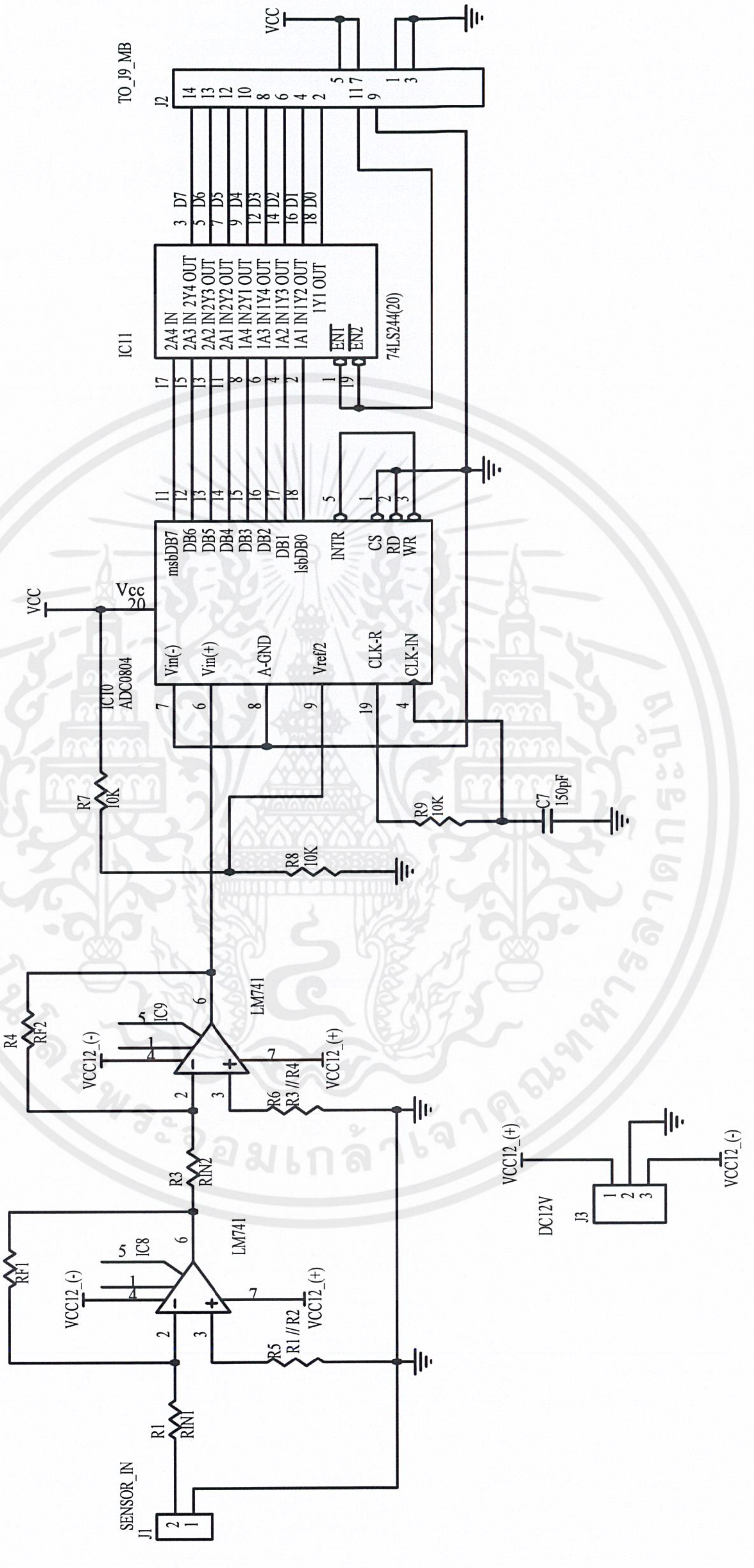
รูปที่ 3.3 วงจรตรวจจับความเข้มแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วงจรตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

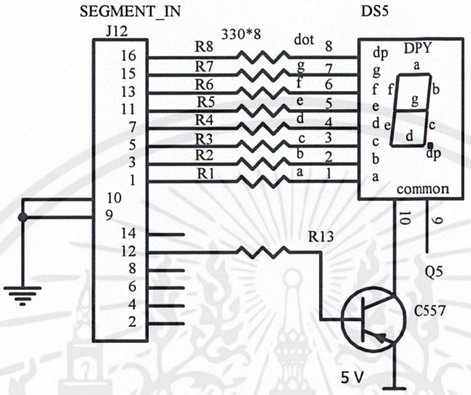


รูปที่ 3.4 (ต่อ) วงจรตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 วงจรส่วนแสดงผลด้วย LED 7-Segment

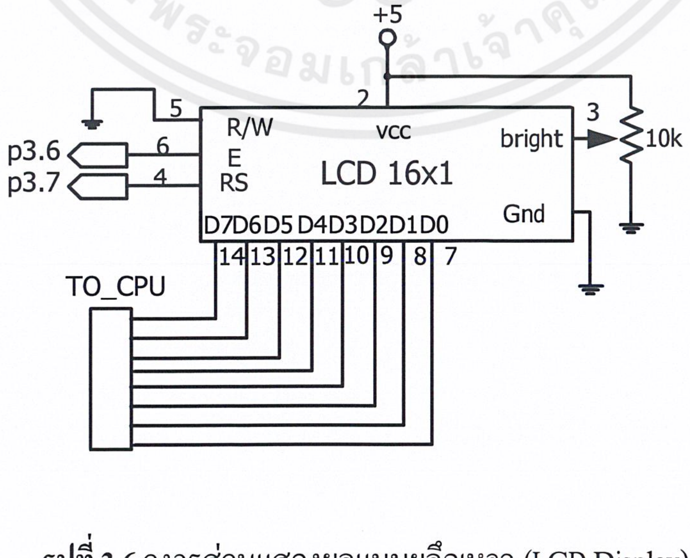
ออกแบบโดยเชื่อมต่อ LED 7-Segment ชนิดแอโนดร่วมจำนวน 8 ตัวโดยนำมาต่อแบบมัลติเพล็กเข้ากับพอร์ต 0 และพอร์ต 1 ของ MCS-51 โดยมีอุปกรณ์ป้องกัน และขยายสัญญาณเบอร์ SN74HC541 และอุปกรณ์ถอดรหัสสัญญาณเบอร์ SN74LS138 เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อ



รูปที่ 3.5 วงจรส่วนแสดงผลด้วย 7-Segment

3.3.6 วงจรส่วนแสดงผลด้วยผลึกเหลว (LCD Display)

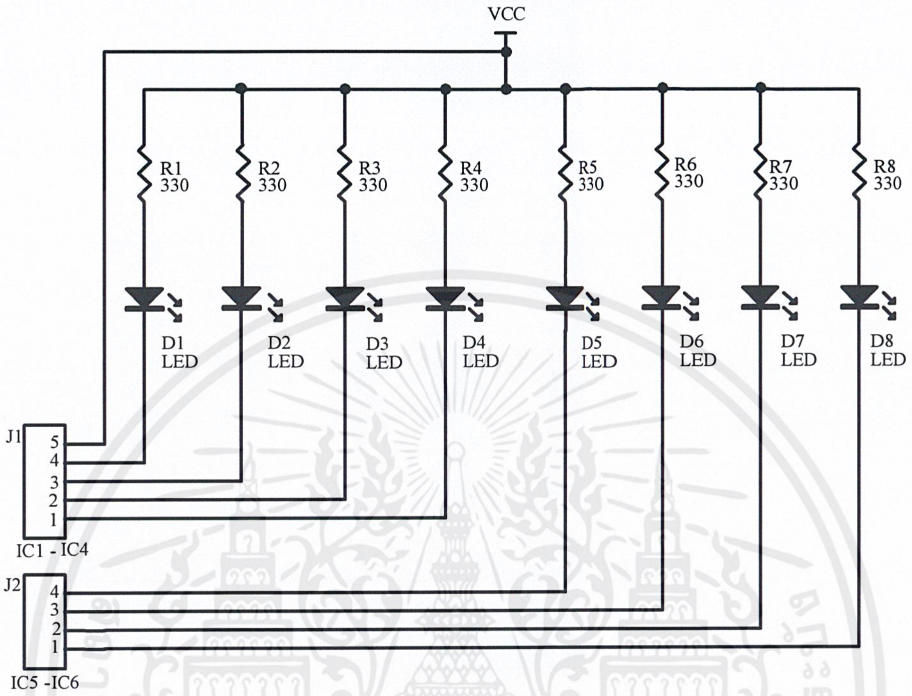
ออกแบบโดยเชื่อมต่อขาข้อมูล (Data) เข้ากับพอร์ต 0 ของ MCS-51 โดยมีอุปกรณ์ป้องกันและขยายสัญญาณเบอร์ SN74HC541 เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อส่วนขาอื่นๆ ของ LCD Module



รูปที่ 3.6 วงจรส่วนแสดงผลแบบผลึกเหลว (LCD Display)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 วงจรแสดงสถานะการทำงานของชุดควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

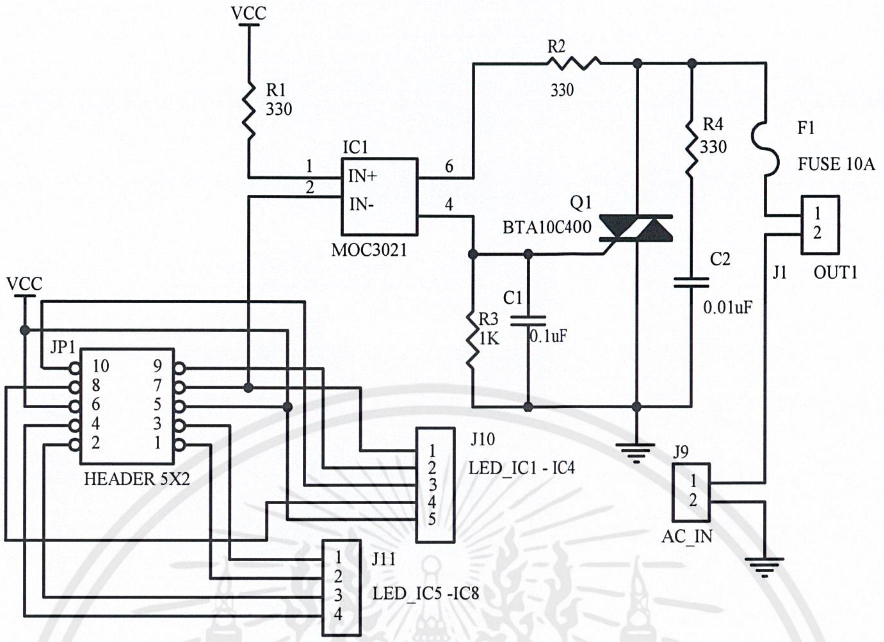


รูปที่ 3.7 วงจรแสดงสถานะการทำงานของชุดควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

3.3.8 วงจรควบคุมการเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์

ทำการออกแบบวงจรโดยใช้อุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง (Solid State Relay) เป็นตัวควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าที่จะไปทริกให้ไตรแอก ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์ให้ทำงาน โดยวงจรนี้จะสามารถทนกำลังไฟฟ้าได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของตัวไตรแอกที่ใช้ในวงจร ซึ่งตัวที่ใช้ในโครงงานนี้สามารถทนกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด 2,200 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

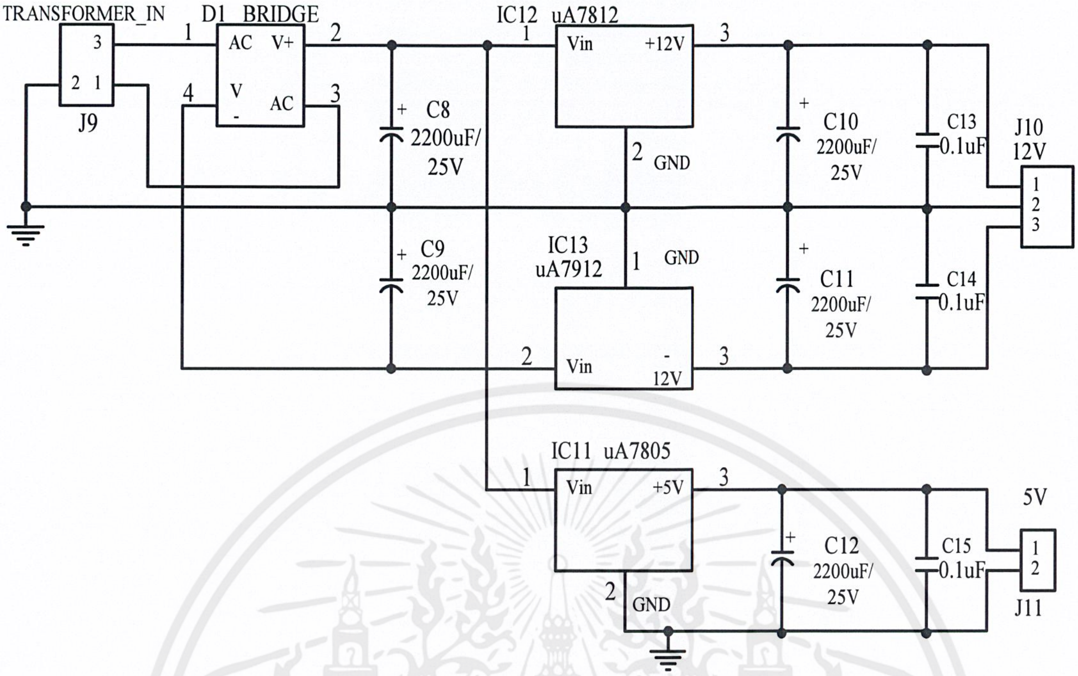


รูปที่ 3.8 วงจรควบคุมการเปิด – ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์

3.3.9 วงจรภาคจ่ายไฟ (Power Supply)

ทำการออกแบบวงจรโดยเลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับที่มีแรงดันอินพุต 220 โวลต์ และแรงดันเอาต์พุต 12 – 0 – 12 โวลต์ แล้วนำมาเข้าวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งมีแรงดันเอาต์พุตขนาด 5 โวลต์และขนาด 12 – 0 – 12 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 วงจรภาคจ่ายไฟ (Power Supply)

3.4 วิธีการสร้าง

แบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้

1) ทำการออกแบบวงจรและลายวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel 99SE

2) นำลายวงจรพิมพ์ที่ได้ไปถ่ายเอกสารลงบนแผ่นใส

3) เตรียมแผ่นวงจรพิมพ์ให้มีขนาดเหมาะสมกับลายวงจรพิมพ์ที่ได้ออกแบบไว้

4) ทำการรีดแผ่นใสลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ด้านลายทองแดงที่เตรียมไว้

5) นำแผ่นวงจรพิมพ์ที่ได้ไปแช่ลงในกรดเกลือเพื่อให้ได้ลายวงจรพิมพ์ที่ต้องการ

6) ทำความสะอาดแผ่นวงจรพิมพ์ที่ได้แล้วเจาะรูเพื่อยึดอุปกรณ์

7) ทำการเคลือบลายทองแดงด้วยตะกั่วบัดกรี

8) ทำการลงอุปกรณ์ตามที่ได้ออกแบบไว้

9) ตรวจสอบการทำงานของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การทำงานของวงจร

3.5.1 วงจรส่วนประมวลผลและควบคุมการทำงาน

จากวงจรในรูปที่ 3.1 C1 และ R1 ทำหน้าที่เป็นวงจรรีเซตให้กับ AT89C51 ส่วน C3 และ C4 ทำหน้าที่เป็นวงจรผลิตความถี่ พอร์ต 0 ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นส่วนอินพุตโดยรับค่าจากส่วนของวงจรตรวจจับความเข้มของแสงและวงจรตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ และทำหน้าที่เป็นเอาต์พุตในส่วนของการแสดงผลด้วย 7-Segment และ LCD Module พอร์ต 1 ทำหน้าที่เป็นตัวอินพุตให้กับ IC5 ซึ่งทำ หน้าที่เป็นตัวถอดรหัสสำหรับขับ Segment พอร์ต 2.0 – 2.6 เป็นอินพุตโดยรับค่าจากคีย์สวิตซ์แบบเมตริกซ์ พอร์ต 2.7 ทำหน้าที่เป็นอินพุตโดยรับค่าจากตัวตรวจจับอุณหภูมิ พอร์ต 3.0 ทำหน้าที่เป็นตัวเลือกให้ส่วนขับโหลดทำงาน พอร์ต 3.1 ทำหน้าที่เป็นตัวเลือกรับข้อมูลจาก วงจรตรวจจับความเข้มของแสง พอร์ต 3.2 ทำหน้าที่เป็นตัวเลือกรับข้อมูลจากวงจรตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ พอร์ต 3.3 – 3.5 ทำหน้าที่เป็นตัวขับ LED แสดงความผิดพลาดของอุณหภูมิ ความเข้มของแสง และความชื้นสัมพัทธ์ ตามลำดับ พอร์ต 3.6 – 3.7 ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของ LCD Module ส่วน IC1 เป็นตัวตรวจจับอุณหภูมิ IC2 เป็นตัวประมวลผลกลางโปรแกรม IC3 ทำหน้าที่เป็น บัฟเฟอร์ให้กับ LCD Module IC4 ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ให้กับส่วนแสดงผล 7-Segment และ IC5 ทำหน้าที่เป็นตัวค้างข้อมูลให้กับตัวขับโหลด

3.5.2 วงจรตรวจจับอุณหภูมิ

จากวงจรในรูปที่ 3.2 IC เบอร์ DS1820 จะทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับอุณหภูมิโดยใช้หลักการสื่อสารแบบ 1-Wire ซึ่งที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 แล้วทำการติดต่อกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51

3.5.3 วงจรตรวจจับความเข้มแสง

จากวงจรในรูปที่ 3.3 LDR จะทำการรับค่าความเข้มของแสงแล้วเข้าในส่วนของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยใช้ IC เบอร์ ADC0804 แล้วผ่าน IC เบอร์ 74LS244 ซึ่งทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ ก่อนที่จะส่งสัญญาณไปยังส่วนของวงจรหลัก

3.5.4 วงจรตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์

จากวงจรในรูปที่ 3.4 จะทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์แล้วส่งเอาต์พุตที่ได้ไปยังวงจรในรูปที่ 3.4 (ต่อ) ซึ่งเป็นส่วนของการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วส่งให้กับส่วนของวงจรหลัก ซึ่งมีหลักการทำงานเหมือนกับในส่วนของวงจรตรวจจับความเข้มของแสงนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.5 วงจรแสดงผลด้วย 7-Segment

จากวงจรในรูปที่ 3.5 จะรับข้อมูลตัวเลขจากพอร์ต 0 ของ AT89C51 ในส่วนของวงจรหลัก แล้วรับข้อมูลเพื่อควบคุมการทำงานของแต่ละหลักจาก พอร์ต 2.0 – 2.6 โดยสัญญาณจะถูกส่งมายังขาเบสของทรานซิสเตอร์ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวขับ 7-Segment แต่ละหลัก

3.5.6 วงจรส่วนแสดงผลแบบผลึกเหลว (LCD Module)

จากวงจรในรูปที่ 3.6 ส่วนแสดงผลแบบผลึกเหลวขนาด 1x16 แถวจะทำการรับข้อมูลที่จะให้แสดงผลเป็นตัวอักษรมาจาก พอร์ต 0 ของ AT89C51 และพอร์ต 3.6 เป็นตัวส่งสัญญาณควบคุมการทำงานของ LCD ส่วนพอร์ต 3.7 เป็นตัวส่งสัญญาณเพื่อเลือกว่าจะทำการส่งคำสั่งหรือข้อมูลไปที่จอแสดงผล LCD มีตัวต้านทานปรับค่าได้ขนาด 10 กิโลโอห์ม สำหรับปรับความสว่างของ หน้าจอของ LCD

3.5.7 วงจรแสดงสถานะการทำงานของชุดควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

จากรูปวงจรที่ 3.7 จะเป็นส่วนที่แสดงสถานะการทำงานของโหลดโดยจะรับค่าจาก ส่วนของการขับโหลด แล้วนำสัญญาณที่ได้มาขับ LED อีกที่หนึ่ง

3.5.8 วงจรควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์

จากวงจรในรูปที่ 3.8 เป็นวงจรในส่วนของการขับโหลดโดยจะรับค่าจาก พอร์ต 0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยผ่าน IC 74LS573 ซึ่งทำหน้าที่ค้างข้อมูล โดยเมื่อได้รับลอจิก 0 จะทำให้ IC เบอร์ MOC3021 ซึ่งเป็นอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสงเริ่มทำงาน แล้วจะไปขับไตรแอค เพื่อทำหน้าที่ขับโหลดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

4.1 การทดลองการทำงานของโซลิดสเตทรีเลย์

4.1.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1) ต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่จุดต่างๆ บนบอร์ดโซลิดสเตทรีเลย์ซึ่งมีทั้งหมด 8 ช่อง

2) ป้อนแรงดัน 5 โวลต์ กระแสตรง และ 220 โวลต์กระแสสลับเข้าที่จุดต่อบนบอร์ด

3) ทดลองป้อนค่าลอจิก "0" ที่อินพุตทีละช่องของบอร์ดตั้งแต่ช่องที่ 1-8 ที่ Connector ของบอร์ด โซลิดสเตทรีเลย์ แล้วบันทึกผลการทดลอง

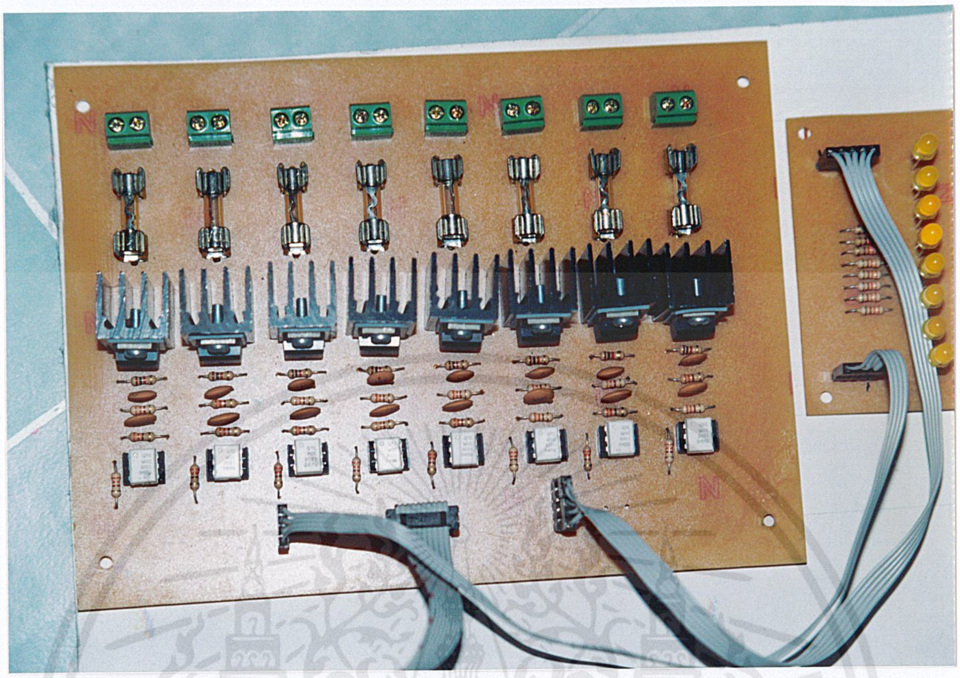
4.1.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองอุปกรณ์ไฟฟ้าทางเอาต์พุตจะยังไม่มีการทำงานจนกว่าจะมีการป้อนลอจิก "0" ที่อินพุตใดๆ จึงจะทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่ออยู่นั้นทำงานผลการทดลองดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวงจรโซลิดสเตทรีเลย์

ป้อน "0" ที่ขาอินพุต	สภาวะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่ออยู่ทางเอาต์พุต
ขา 1	ทำงาน
ขา 2	ทำงาน
ขา 3	ทำงาน
ขา 4	ทำงาน
ขา 5	ทำงาน
ขา 6	ทำงาน
ขา 7	ทำงาน
ขา 8	ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ผลการทดลองวงจรโซลิดสเตทรีเลย์

4.2 การทดลองการทำงานของส่วนแสดงผล 7-Segment

4 .2.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1) จัดเตรียมบอร์ดแสดงผล

2) ป้อนลอจิก “0” หรือ “1” ให้กับ 7-Segment ในแต่ละ Segment ตามตารางที่ 4.2

3) บันทึกผล

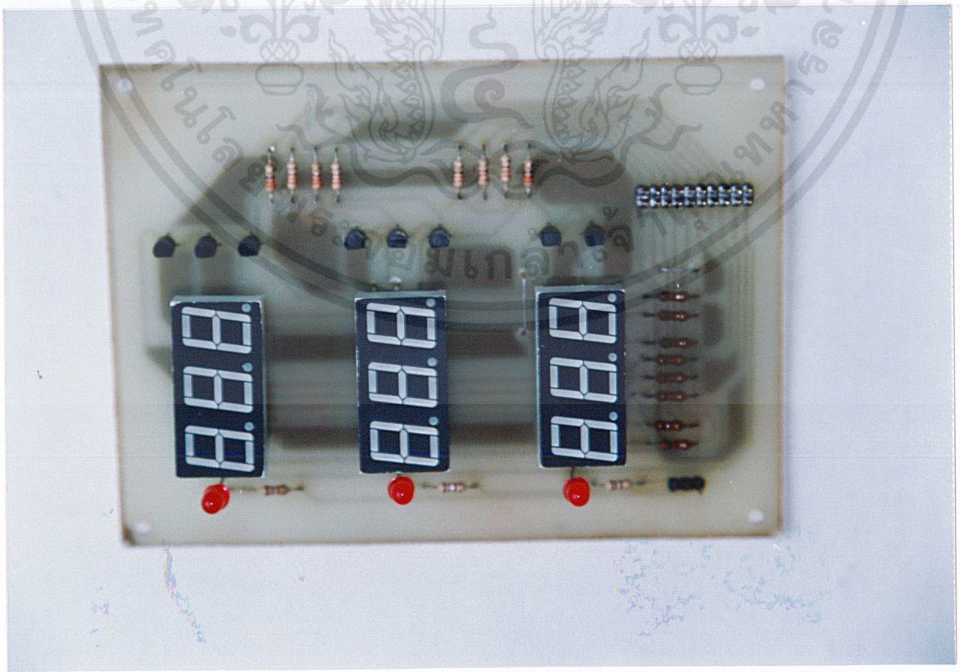
4.2.2 ผลการทดลอง

เมื่อเราทำการป้อนระดับลอจิกได้ตามตารางที่ 4.2 ให้กับ 7-Segment ผลที่แสดงออกมาที่ 7-Segment ดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการทำงานของส่วนแสดงผล

ตำแหน่งบิต								แสดงผล
7	6	5	4	3	2	1	0	เลข
1	1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0	0	1	1
1	0	1	0	0	1	0	0	2
1	0	1	1	0	0	0	0	3
1	0	0	1	1	0	0	1	4
1	0	0	1	0	0	1	0	5
1	0	0	0	0	0	1	0	6
1	1	1	1	1	0	0	0	7
1	0	0	0	0	0	0	0	8
1	0	0	1	0	0	0	0	9



รูปที่ 4.2 ผลการทดลองวงจรส่วนแสดงผล 7-Segment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองการทำงานของวงจรตรวจจับความเข้มแสง

4.3.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1) จัดเตรียมบอร์ดตรวจจับความเข้มแสงและส่วนแสดงผล

2) ทำการต่อบอร์ดตรวจจับแสง และ ส่วนแสดงผลเข้ากับส่วนวงจรควบคุมที่ได้ทำการเขียนโปรแกรมควบคุมแสงไว้แล้ว

3) ป้อนแรงดันไฟให้กับวงจรควบคุม

4) ป้อนแรงดันไฟ 5 โวลต์กระแสตรงให้กับบอร์ดตรวจจับความเข้มแสง

5) ทำการตั้งค่าของแสงที่สวิตซ์เมตริกซ์ของส่วนควบคุมไว้ที่ 70 เปอร์เซ็นต์

6) ทดลองกั้นแสงที่มาตกกระทบที่หน้าสัมผัสแสงของ LDR ด้วยกระดาษขาว ดังตารางที่ 4.3

7) สังเกตที่เอาต์พุตตรงส่วนขับโหลดที่เป็น LED บันทึกผลการทดลอง

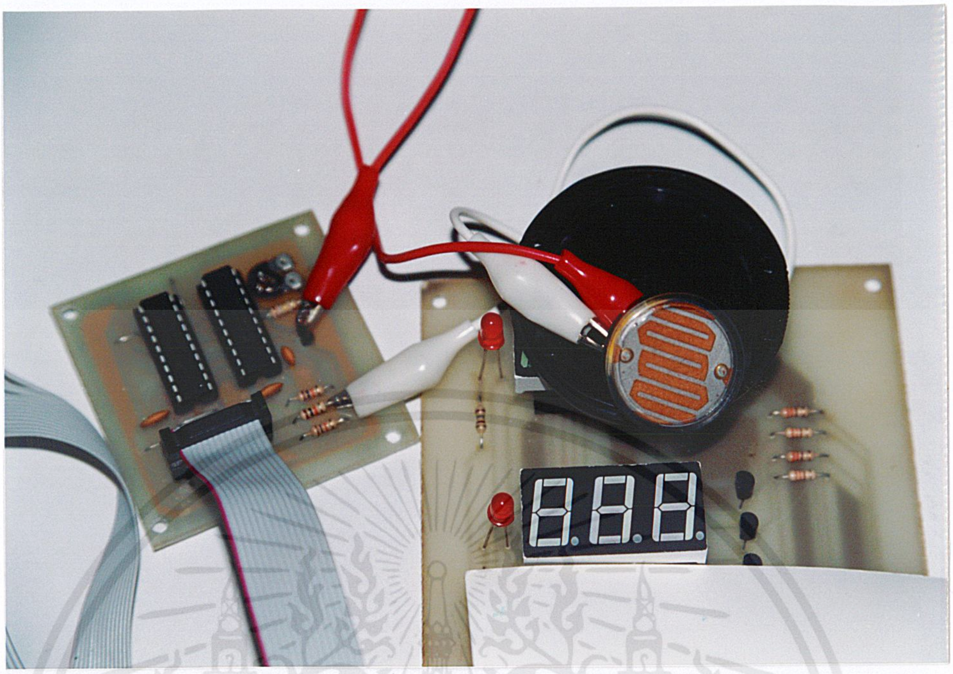
4.3.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองการปิดกั้นของแผ่นกระดาษในแต่ละชั้นนั้นจะให้ค่าของแสงออกมาต่างกันดังตารางที่4.3 และสภาวะของเอาต์พุตจะเป็นไปตามโปรแกรมที่เราเขียนควบคุมไว้โดยผลที่ได้จะมีค่าดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองวงจรตรวจจับความเข้มแสง

จำนวนชั้นกระดาษ	ค่าแสง(%)	สภาวะเอาต์พุต
0	80	ทำงาน
1	77	ทำงาน
2	70	ไม่ทำงาน
3	60	ทำงาน
4	47	ทำงาน
5	34	ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ผลการทดลองวงจรตรวจจับความเข้มแสง

4.4 การทดลองการทำงานของวงจรตรวจวัดอุณหภูมิ

4.4.1 ลำดับขั้นการทำงาน

1) ติดตั้งส่วนแสดงผล 7-Segment และตัวตรวจจับอุณหภูมิ DS1820 เข้ากับบอร์ดควบคุมได้เขียนโปรแกรมการควบคุมอุณหภูมิไว้แล้ว

2) จ่ายแรงดันไฟ 5 โวลต์ กระแสตรง ให้กับบอร์ดควบคุม

3) ทำการตั้งค่าอุณหภูมิในช่วง 35-38 องศาเซลเซียส

4) สังเกตและบันทึกผลการทดลองในสภาวะปกติ

5) ทำการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิรอบตัวตรวจจับอุณหภูมิ DS1820

6) สังเกตสภาวะเอาต์พุตที่เป็น LED บันทึกผลการทดลอง

4.4.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองค่าที่วัดได้จากสภาวะต่างๆนั้นจะ ได้ค่าที่แตกต่างกันตามสภาวะของห้องหรือตามอุณหภูมิรอบๆ ตัวตรวจจับอุณหภูมิ DS1820 ค่าที่ได้จะมีค่าตามตารางที่ 4.4 และสภาวะที่เอาต์พุตจะเป็นไปตามที่เราได้เขียนโปรแกรมควบคุมไว้โดยจะได้ผลตามตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองวงจรส่วนควบคุมอุณหภูมิ

ลำดับการทดลอง	ค่าอุณหภูมิและสภาวะ LED เมื่อเวลาเปลี่ยนไป							
	10 วินาที		20 วินาที		30 วินาที		40 วินาที	
	อุณหภูมิ (°C)	สภาวะ LED	อุณหภูมิ (°C)	สภาวะ LED	อุณหภูมิ (°C)	สภาวะ LED	อุณหภูมิ (°C)	สภาวะ LED
วัดอุณหภูมิห้องในสภาวะปกติ	28.5	สว่าง	28.5	สว่าง	28.5	สว่าง	28.5	สว่าง
เมื่อให้ความร้อนใกล้ตัวตรวจจับอุณหภูมิ	36.5	ไม่สว่าง	37.0	ไม่สว่าง	39.0	สว่าง	40.0	สว่าง
เมื่อหยุดให้ความร้อน	39.5	สว่าง	37.0	ไม่สว่าง	36.0	ไม่สว่าง	35.0	สว่าง

รูปที่ 4.4 ผลการทดลองวงจรส่วนควบคุมอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทดลองการทำงานของส่วนแสดงผล LCD

4.5.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1) ติดตั้งวงจรสวิตซ์เมตริกซ์และส่วนแสดงผล LCD เข้ากับบอร์ดวงจรควบคุม

2) จ่ายแรงดันไฟตรง 5 โวลต์ ให้กับบอร์ดควบคุมที่เขียนโปรแกรมแสดงผลและควบคุมการทำงานของ LCD ไว้แล้ว

3) ทดลองกดคีย์ต่างๆ ที่สวิทซ์เมตริกซ์ แล้วบันทึกผลลงตารางที่ 4.5

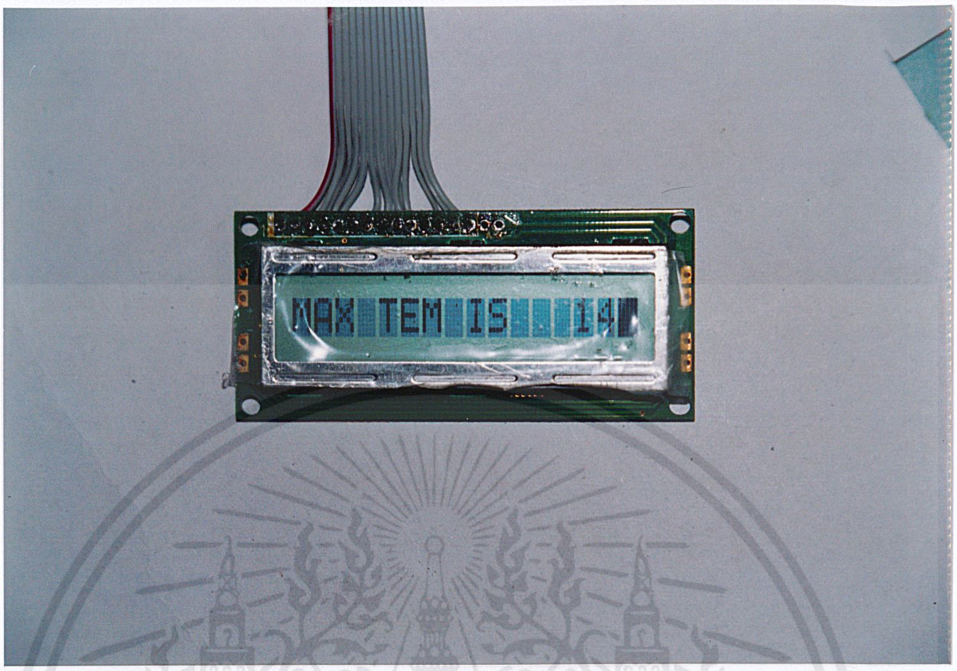
4.5.2 ผลการทดลอง

จากที่ได้ทดลองกดคีย์ต่างๆ แล้วบันทึกผลการทดลองที่แสดงมาทางจอแสดงผล LCD จะมีอักขระตรงกับที่ กดคีย์ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการทำงานส่วนแสดงผล LCD

คีย์ที่กด	อักขระที่แสดง
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 วงจรส่วนแสดงผล LCD

4.6 การทดลองการทำงานของวงจรตรวจจับความชื้น

4.6.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1) ติดตั้งส่วนวงจร ตัวตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์เข้ากับบอร์ดควบคุมที่ได้เขียนโปรแกรมควบคุมความชื้นไว้แล้ว

2) จ่ายแรงดันไฟกระแสตรง 5 โวลต์ให้กับบอร์ดควบคุม

3) ทำการตั้งค่าความชื้นในช่วง 20 – 25 เปอร์เซ็นต์ RH

4) สังเกตและบันทึกผลการทดลอง

5) ทดลองเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นรอบๆ ตัวตรวจจับความชื้น

6) วัดแรงดันเอาต์พุตของวงจร บันทึกค่าแรงดันที่วัดได้

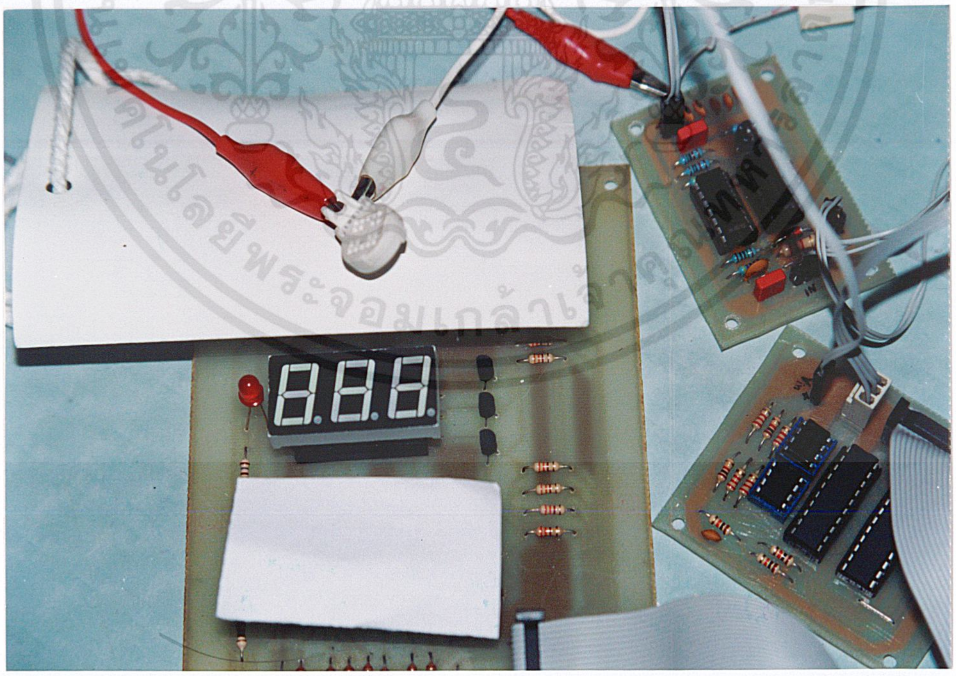
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2 ผลการทดลอง

จากที่ได้ทดลองวงจรตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ได้ผลที่ออกมาทางเอาต์พุตของวงจรจะมีค่าดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองวงจรตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

ขั้นตอนการทดลอง	แรงดันทางเอาต์พุตของวงจร
ที่สภาวะอากาศในห้องปกติ	0.8 V
เป่าลมด้วยปาก	0.86 V
เป่าด้วยเครื่องเป่าผม	0.76 V
ใช้น้ำฉีดเป็นฝอย	1.2 V



รูปที่ 4.6 ผลการทดลองของวงจรตรวจจับความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 การทดลองการทำงานของเครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตร

4.7.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1) จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตร

2) เปิดสวิตช์เครื่องเพื่อเริ่มต้นการทำงาน

3) ป้อนค่าข้อมูลในส่วนต่างๆ ตามตารางที่ 4.7

4) วัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่เอาต์พุตแต่ละช่อง

5) บันทึกผลการทดลอง

4.7.2 ผลการทดลอง

จากที่ได้ทดลองการทำงานของเครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตรแล้วได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.7

4.8 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง เมื่อนำวงจรที่ได้จากการออกแบบ และการสร้างในบทที่ 3 มาทำการทดลองการทำงานของวงจรในส่วนต่างๆ ตามที่ได้กล่าวไว้ทั้งหมดได้ผลการทดลองตามความคาดหมายที่กำหนดไว้ และสามารถนำวงจรต่างๆ มาเชื่อมต่อเข้าด้วยกันเพื่อเป็นชุดควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตรได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการทำงานของเครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตร

สภาพแวดล้อม	การกำหนดค่า		ค่าที่วัดได้	แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่วัดได้ในแต่ละช่องเอาต์พุต (โวลต์)							
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด		1	2	3	4	5	6	7	8
อุณหภูมิ	50°C	40 °C	31°C	220	220	0	0	0	0	0	0
	40°C	30 °C	31° C	0	0	0	0	0	0	0	0
	30°C	20°C	31°C	0	0	220	220	0	0	0	0
ความเข้มของแสง	-	30 %	40 %	0	0	0	0	0	0	0	0
	-	50 %	40 %	0	0	0	0	220	220	0	0
ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ	40% RH	30% RH	25% RH	0	0	0	0	0	0	220	0
	30% RH	20% RH	25% RH	0	0	0	0	0	0	0	0
	20% RH	10% RH	25% RH	0	0	0	0	0	0	0	220

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา

5.1 บทสรุป

ขอบเขตของการออกแบบเครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตรที่เสนอขออนุมัติหัวข้อปริญญานิพนธ์จะมีการออกแบบเพื่อควบคุมสภาพแวดล้อม 3 อย่าง ได้แก่

1) อุณหภูมิ

2) ความเข้มของแสง

3) ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

5.1.1 การควบคุมสภาพแวดล้อมทางอุณหภูมิ

การทำงานในส่วนนี้จะประกอบด้วย

1) ส่วนตรวจจับอุณหภูมิด้วยไอซี DS1820

2) ส่วนควบคุมและประมวลผลด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT 89C51

3) ส่วนแสดงผลเจ็ดส่วน (7-Segment), LED แสดงสถานะและ LCD Module ขนาด 16 x 1 แถว

4) ส่วนตั้งค่าข้อมูลผ่านคีย์สวิตซ์เมตริกซ์ ขนาด 4 x 3

5) ส่วนของระบบเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ 220โวลต์ โดยใช้วงจรโซลิดสเตทรีเลย์จำนวน 4 ช่อง คือช่องที่ 1 ถึงช่องที่ 2 เป็นตัวขับโหลดเมื่ออุณหภูมิผิดพลาดทางด้านค่าต่ำและช่องที่ 3 ถึงช่องที่ 4 เป็นตัวขับโหลดเมื่ออุณหภูมิผิดพลาดทางด้านค่าสูง

การทำงานในส่วนนี้จัดว่ามีการทำงานที่สมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ที่ได้เสนอไว้ในหัวข้ออนุมัติปริญญานิพนธ์

5.1.2 การควบคุมสภาพแวดล้อมทางแสง

การทำงานในส่วนนี้จะประกอบไปด้วย

1) ระบบตรวจจับความเข้มของแสง

2) ส่วนควบคุมและประมวลผลด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT 89C51

3) ส่วนแสดงผลเจ็ดส่วน (7-Segment), LED แสดงสถานะและ LCD Module ขนาด 16 x 1 แถว

4) ส่วนตั้งค่าข้อมูลผ่านคีย์สวิตซ์เมตริกซ์ ขนาด 4 x 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ส่วนของระบบเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ โดยจะใช้โซลิดสเตทรีเลย์ จำนวน 2 ช่อง คือ ช่องที่ 5 และช่องที่ 6 เป็นตัวขับโหลดเมื่อค่าความเข้มของแสงผิดพลาด

การทำงานในส่วนนี้จะแสดงผลเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจมีความผิดพลาดจากการแบ่งสเกลได้เนื่องจากขาดอุปกรณ์ที่มีความเที่ยงตรงสูง ซึ่งคณะผู้จัดทำได้พยายามให้ได้ค่าที่ออกมาแสดงผลนั้นมีความใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุดนอกจากนี้ แล้วถือว่าทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ได้เสนอไว้

5.1.3 การควบคุมสภาพแวดล้อมทางความชื้นสัมพัทธ์

การทำงานในส่วนนี้ประกอบด้วย

1) ระบบตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

2) ส่วนควบคุม และประมวลผลด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT 89C51

3) ส่วนแสดงผลเจ็ดส่วน (7-Segment), LED แสดงสถานะ และจอ LCD Module ขนาด 16 x 1 แถว

4) ส่วนตั้งค่าข้อมูลผ่านคีย์สวิตซ์เมตริกซ์ ขนาด 4 x 3 หลัก

5) ส่วนระบบเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ โดยใช้วงจร โซลิดสเตทรีเลย์ จำนวน 2 ช่อง โดยช่องที่ 7 เป็นตัวขับโหลดเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศผิดพลาดทางด้านค่าต่ำ และช่องที่ 8 เป็นตัวขับโหลดเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศผิดพลาดทางด้านค่าสูง

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

1) ปัญหา อุปกรณ์ตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิที่ประสิทธิภาพสูงนั้นมีราคาค่อนข้างสูงมาก

แนวทางแก้ไข เลือกใช้อุปกรณ์ตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิที่มีราคาถูกกว่า และมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ดีพอใช้

2) ปัญหา ความไม่เป็นเชิงเส้น และค่าแรงดันที่ได้จาก LDR มีค่าเปลี่ยนแปลงเร็วมาก ไม่มีความคงที่ จึงมีผลต่อการแสดงผลทาง 7-Segment

แนวทางแก้ไข ใช้การเขียนโปรแกรมเข้าช่วยโดยใช้การวนลูป ในการตรวจสอบในแต่ละครั้งแล้วจึงนำค่าไปแสดงผล

3) ปัญหา ขาดอุปกรณ์ที่ช่วยในการกำหนดค่ามาตรฐาน เพื่อที่จะสามารถแสดงผลออกมาให้มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

แนวทางแก้ไข จัดหาอุปกรณ์ที่ช่วยในการกำหนดค่ามาตรฐานจากแหล่งที่มี และสามารถติดต่อขอใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ปัญหา การเขียนโปรแกรมด้วยภาษา แอสแซมบลี ค่อนข้างยุ่งยาก และมีการตรวจสอบแก้ไขได้ช้ากว่าการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาอื่นที่สูงกว่า

แนวทางแก้ไข ให้ผู้ที่รับหน้าที่เขียนโปรแกรมพยายามปรึกษากับอาจารย์ หรือผู้มีความรู้ทางด้านการเขียนโปรแกรมที่เกี่ยวกับ MCS-51

5) ปัญหา การรบกวนกันของสัญญาณจากบอร์ดที่ใช้ไอซี 74LS244 และ ADC0804

แนวทางแก้ไข หาข้อผิดพลาดจากการออกแบบ และทำการออกแบบวงจรใหม่โดยจับขาอีนาเบิ้ลของไอซีเบอร์ 74LS244 มารวมกัน แล้วอีนาเบิ้ลจาก MCS-51 เพียงเส้นเดียว

5.3 แนวทางในการพัฒนา

1) การพัฒนาด้านโปรแกรมควรใช้ภาษาระดับที่สูง เพื่อสามารถปรับปรุงและแก้ไขได้ง่ายยิ่งขึ้น

2) ควรมีการเลือกช่องของโซลิดสเตทรีเลย์ จากโปรแกรมที่ใช้งานอยู่ได้ โดยจะเลือกผ่านทางคีย์สวิตเมตริกซ์

3)ใช้ตัวตรวจจับที่มากขึ้น เพื่อความแม่นยำในการตรวจจับค่าต่างๆ ภายในห้องปฏิบัติการเกษตร โดยเฉพาะในส่วนของความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ

4) เลือกใช้ตัวตรวจจับที่มีคุณภาพและมีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

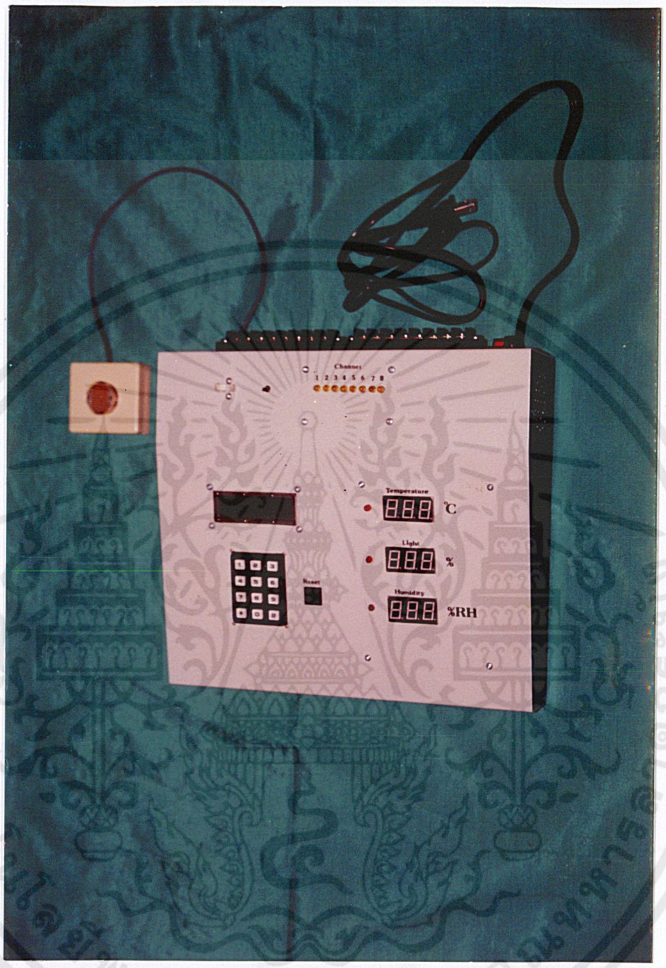
5) ควรมีการเลือกแก้ไขในการตั้งข้อมูลเฉพาะที่ต้องการจะแก้ไขได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

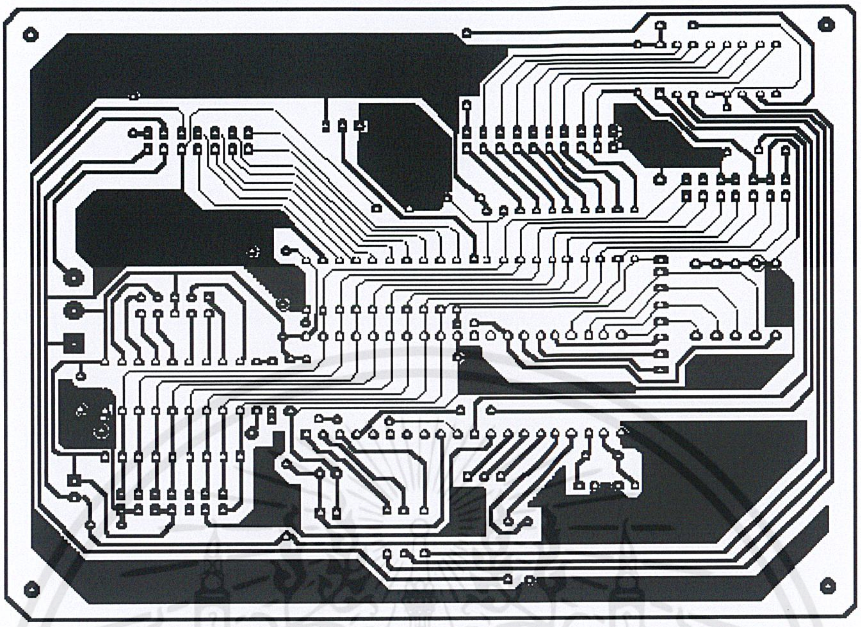


รูปที่ ก.1 เครื่องต้นแบบของเครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตร

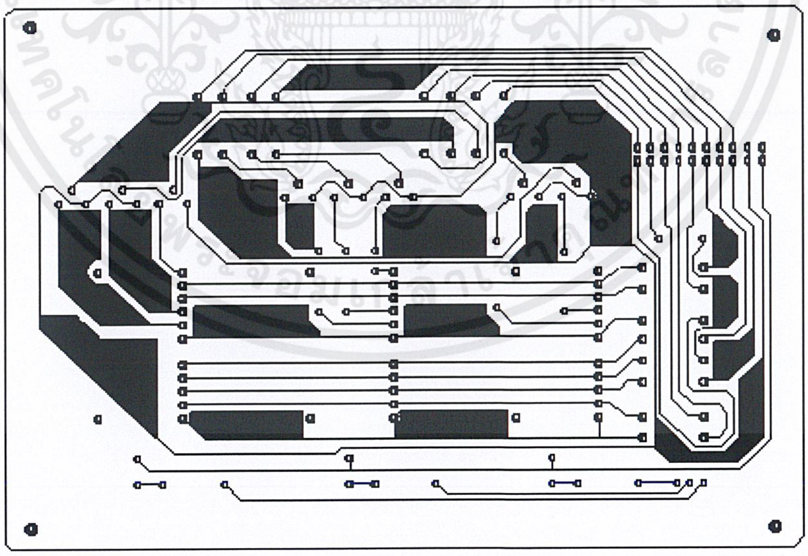
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
วงจรพิมพ์และการลงอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

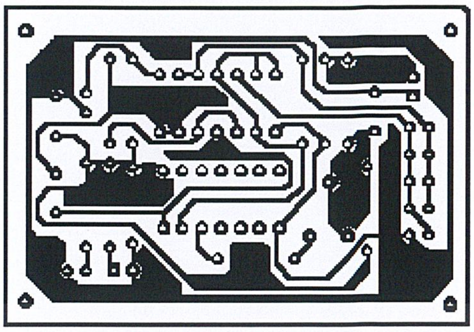


รูปที่ ข.1 วงจรพิมพ์ของบอร์ดควบคุม

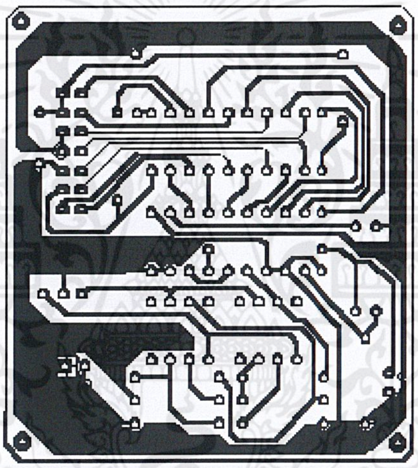


รูปที่ ข.2 วงจรพิมพ์ส่วนแสดงผลด้วย 7-Segment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

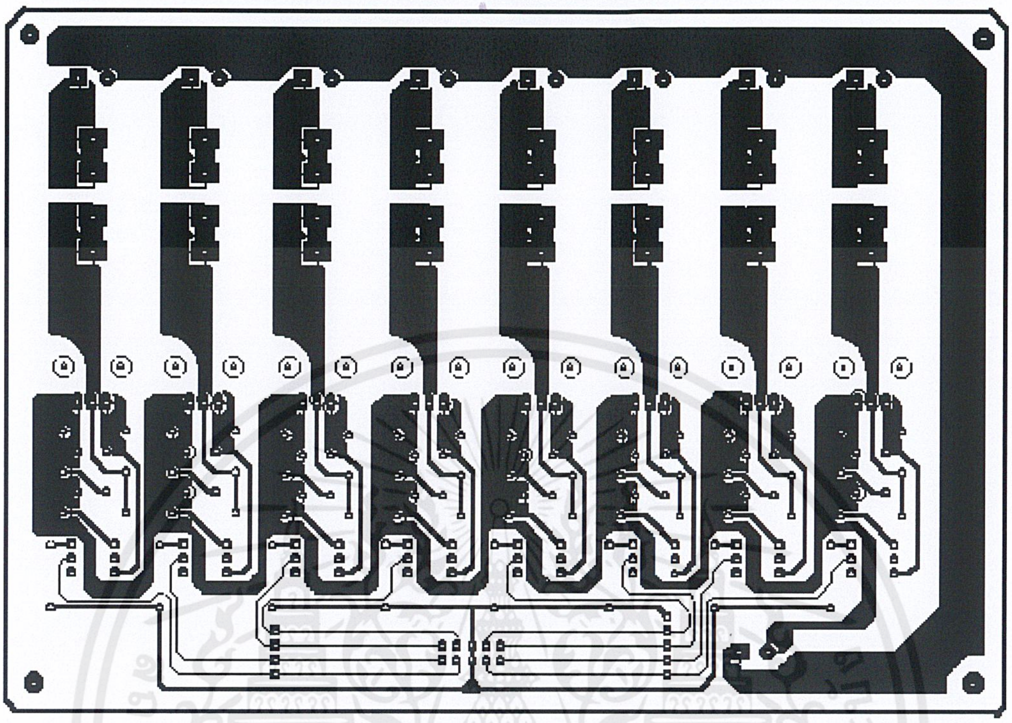


รูปที่ ข.3 วงจรพิมพ์ตรวจจับความชื้นส่วนกำเนิดสัญญาณ

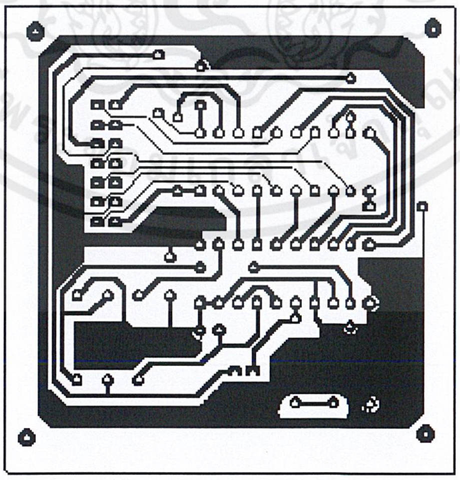


รูปที่ ข.4 วงจรพิมพ์ตรวจจับความชื้นส่วนแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

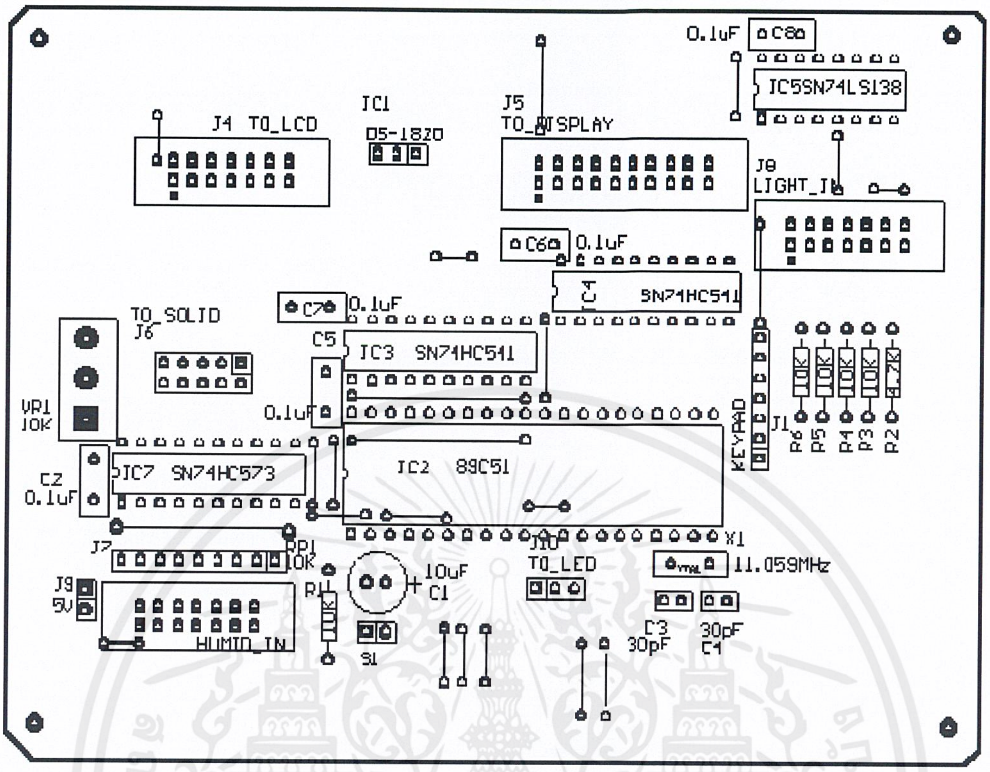


รูปที่ ข.5 วงจรพิมพ์ของโซลิดสเตทรีเลย์จำนวน 8 ช่อง



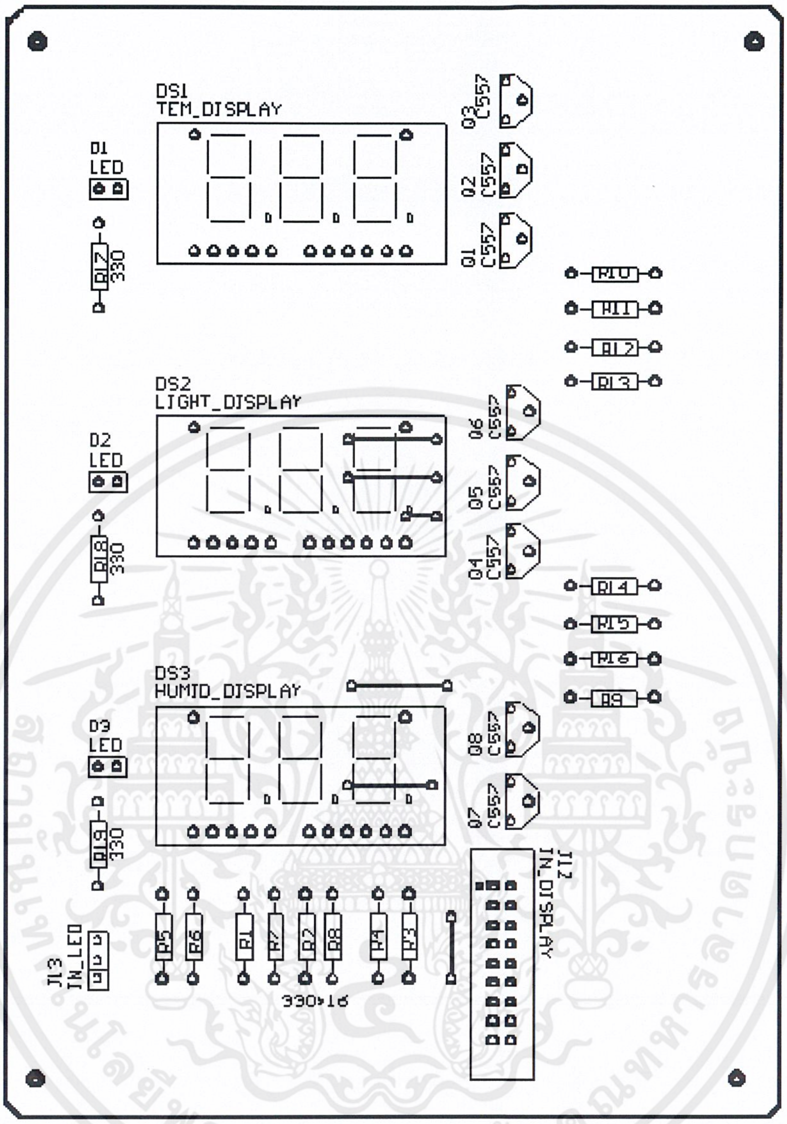
รูปที่ ข.6 วงจรพิมพ์ของวงจรตรวจจับความเข้มแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



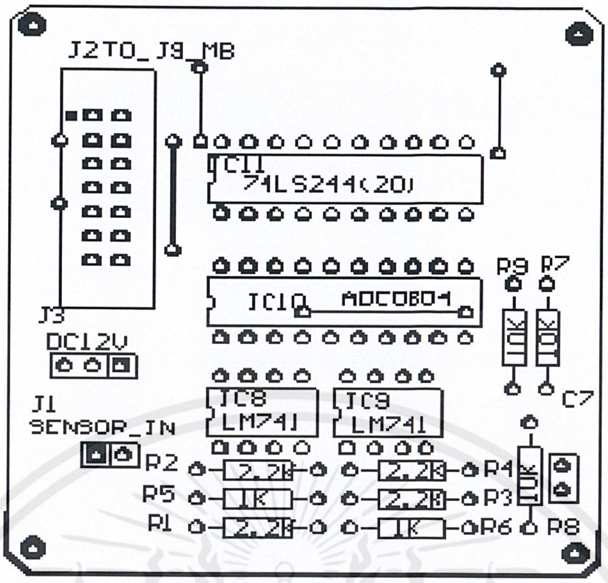
รูปที่ ข.7 การลงอุปกรณ์ด้านบนของบอร์ดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

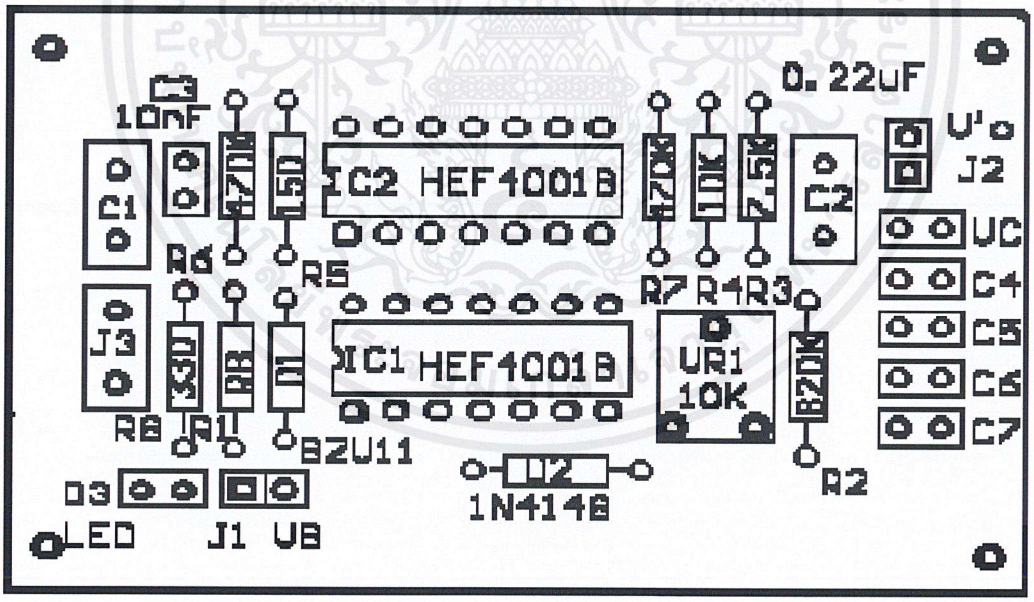


รูปที่ ข.8 การลงอุปกรณ์วงจรแสดงผลด้วย 7-Segment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

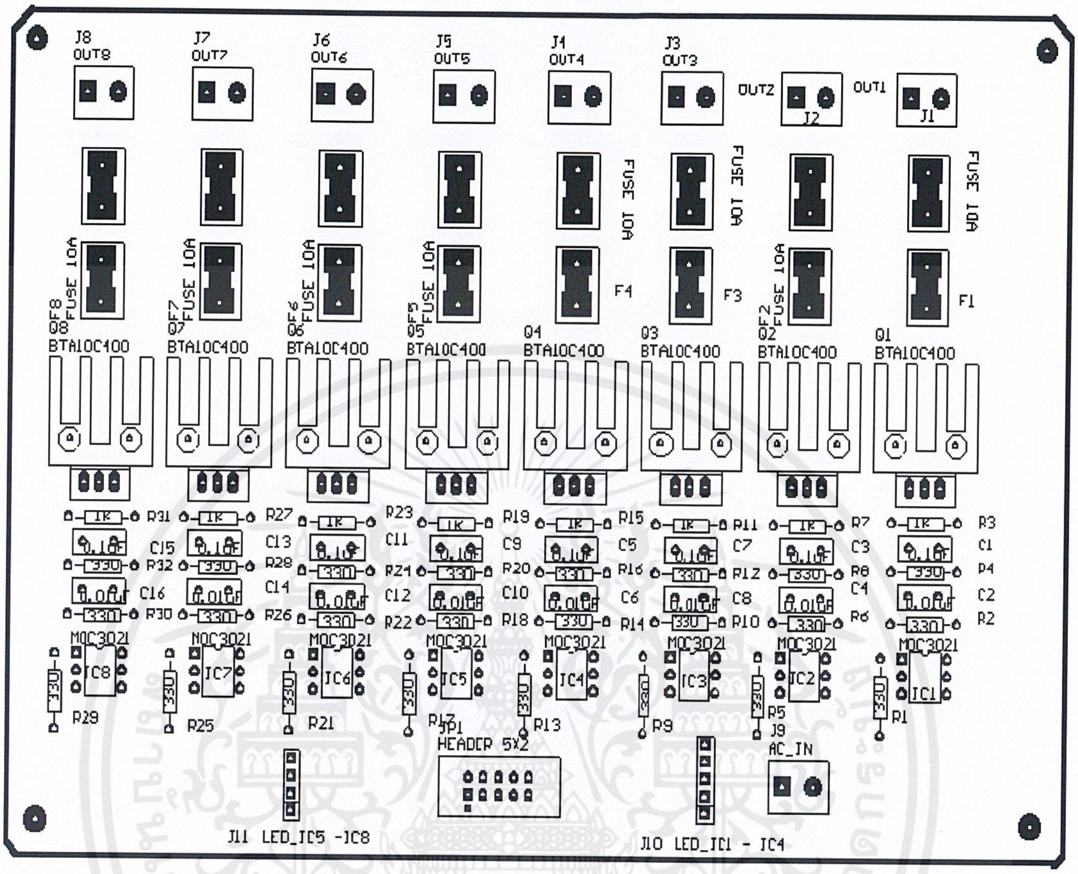


รูปที่ ข.9 การลงอุปกรณ์วงจรแสดงผลความชื้นส่วนแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล



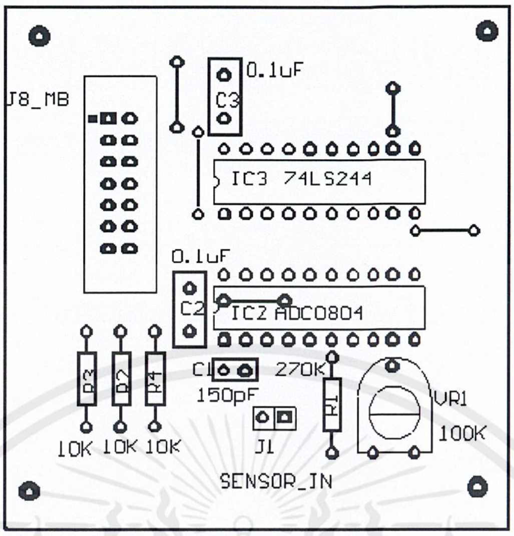
รูปที่ ข.10 การลงอุปกรณ์วงจรตรวจจับความชื้นส่วนกำเนิดสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.11 การลงอุปกรณ์วงจรโซลิดสเตทรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.12 การลงอุปกรณ์วงจรตรวจจับความเข้มแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์

อุปกรณ์	ค่า/เบอร์	จำนวน (ตัว)
ตัวต้านทาน	330 Ω	48
	150 Ω	1
	1 kΩ	16
	2.2 kΩ	4
	7.5 kΩ	1
	10 kΩ	11
	470 kΩ	2
	820 kΩ	1
ตัวต้านทานปรับค่าได้	10 kΩ	2
	100 kΩ	1
ตัวต้านทานแพ็ค	10 kΩ	1
ตัวเก็บประจุ	0.01 uF	8
	0.22 uF	2
	0.4 uF	16
	10 uF	1
	2200 uF	5
	22 pF	1
	30 pF	2
	47 pF	2
	150 pF	2
	10 nF	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์	ค่า/เบอร์	จำนวน (ตัว)
สารกึ่งตัวนำ	BTA10C400	8
	BC 557	8
	W10M	1
ไดโอด	DIODE BRIDGE	1
	1N4148	1
	BZV11	1
ตัวเก็บประจุปรับค่าได้	3 pF-40 pF	1
ไอซี	DS 1820	1
	AT 89C51	1
	74HC541	2
	74HC573	1
	74LS138	1
	74LS244	2
	MOC 3021	8
	LM 741	2
	ADC0804	2
	HEF4001B	2
	7805	1
	7812	1
	7912	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

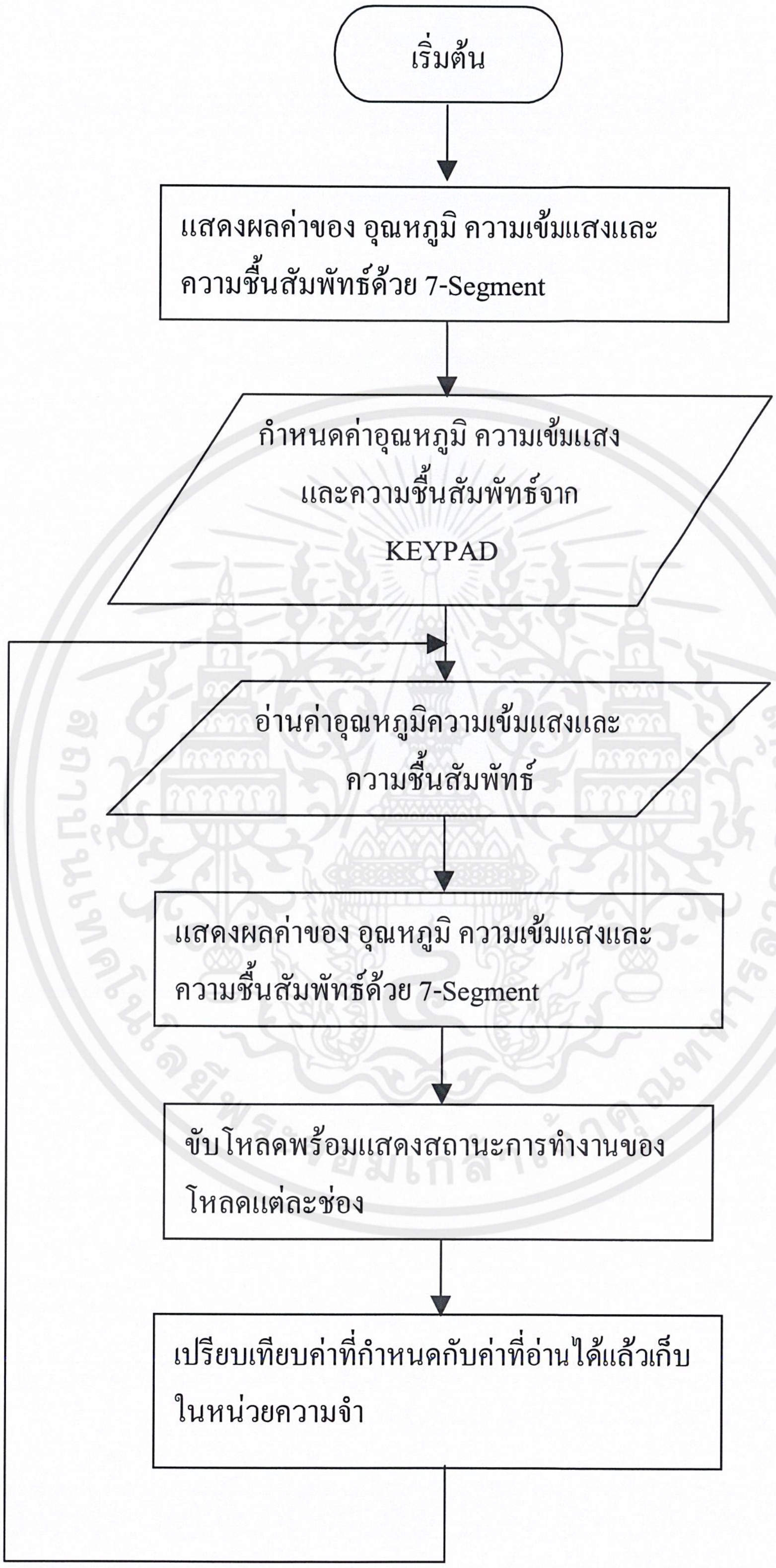
อุปกรณ์	ค่า/เบอร์	จำนวน (ตัว)
คอนเน็คเตอร์ ตัวผู้และตัวเมีย	14 ขา	6
	18 ขา	2
	20 ขา	2
	10 ขา	2
อุปกรณ์อื่นๆ	สวิตซ์กดติดปล่อยดับ	1
	XTAL 11.059 MH_Z	1
	คีย์สวิตซ์เมตริกซ์ 4 x 3	1
	จอ LCD แสดงผล 16 x 1	1
	7-Segment Common Anode	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

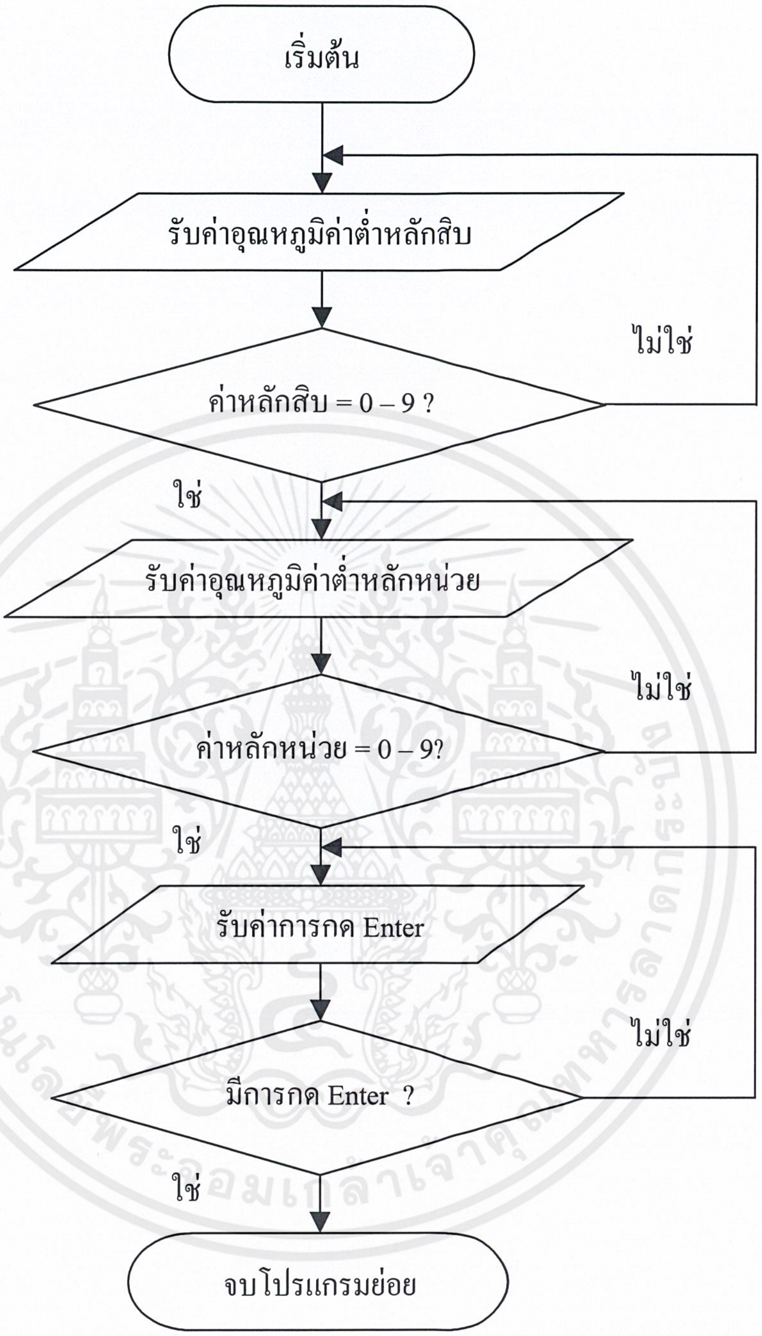
ผังการทำงาน และโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



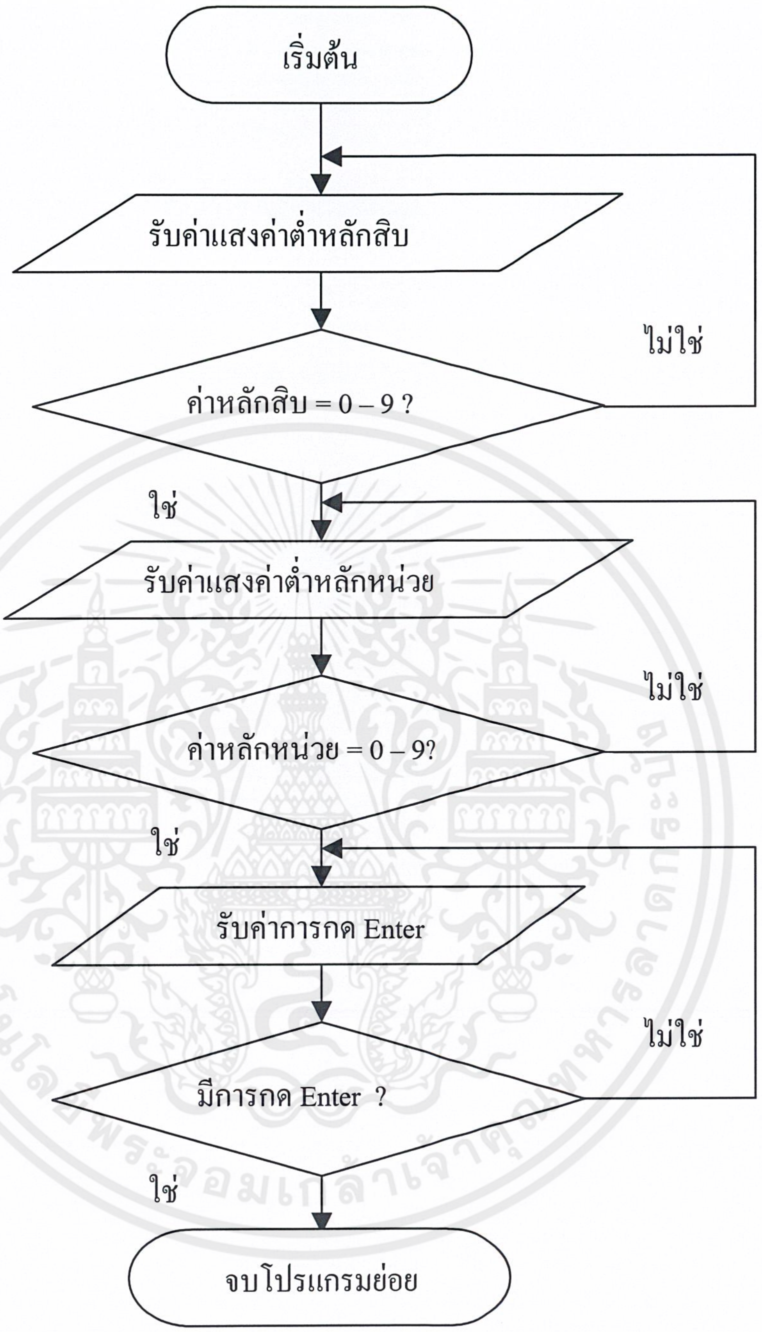
รูปที่ ง.1 ผังการทำงานของโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



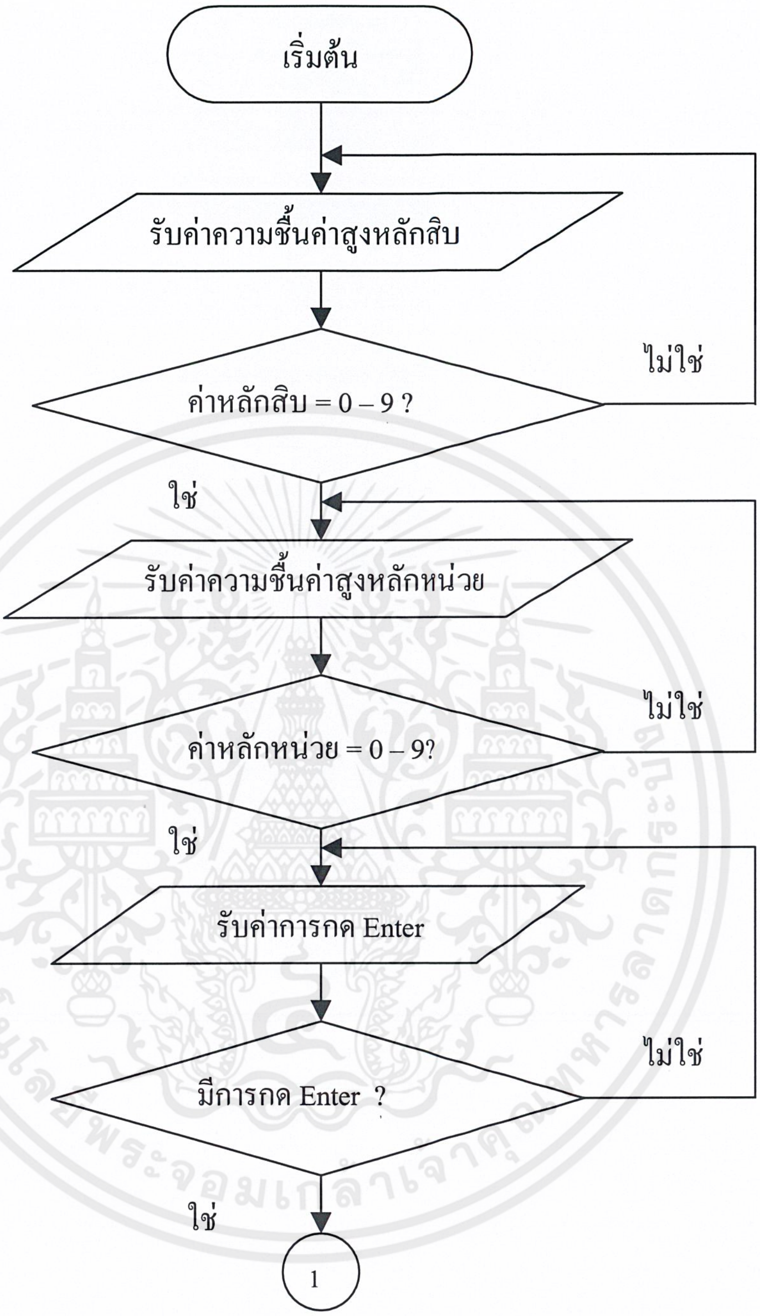
รูปที่ ง.2 ผังการทำงานของโปรแกรมรับค่าอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



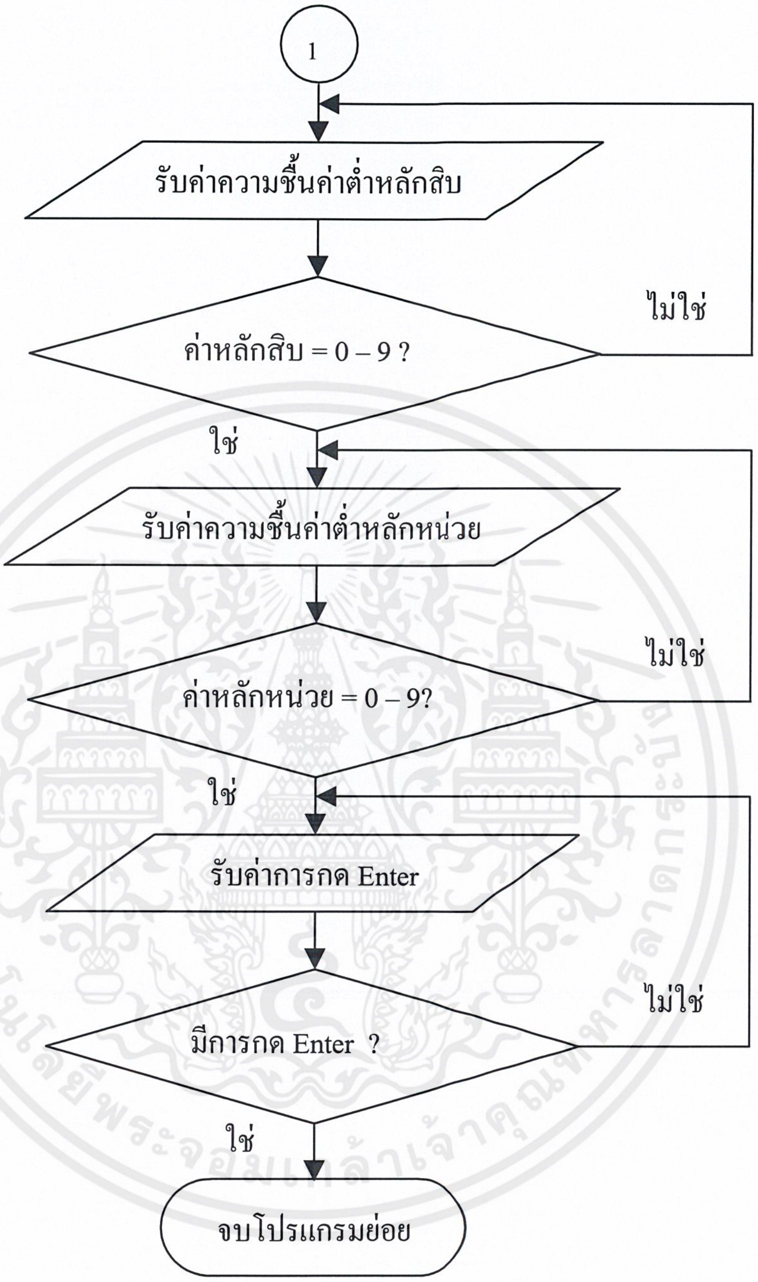
รูปที่ ง.3 ผังการทำงานของโปรแกรมรับค่าแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.4 ผังการทำงานของโปรแกรมรับค่าความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.4 (ต่อ) ผังการทำงานของโปรแกรมรับค่าความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;---------------------------------------------------------------- ;
;THE ENVIRONMENT CONTROLLER FOR AGRICULTURAL LABORATORY
;---------------------------------------------------------------- ;

KPAD_ROW0       BIT         P2.0
KPAD_ROW1       BIT         P2.1
KPAD_ROW2       BIT         P2.2
KPAD_ROW3       BIT         P2.3
KPAD_COL2       BIT         P2.4
KPAD_COL1       BIT         P2.5
KPAD_COL0       BIT         P2.6
LOAD_ENABLE     BIT         P3.0
LIGHT_ENABLE    BIT         P3.1
HUMD_ENABLE     BIT         P3.2
LED_TEM         BIT         P3.3
LED_LIGHT       BIT         P3.4
LED_HUMD        BIT         P3.5
LCD_EN          BIT         P3.6
LCD_RS          BIT         P3.7
LCD_ADDR        EQU         030H
LCD_DATA        EQU         031H
KPAD_DATA       EQU         032H       ;CLEAR DATA BUS
TEM_MAX         EQU         033H
TEM_MIN         EQU         034H
LI_MAX          EQU         035H
LI_MIN          EQU         036H
HUMD_MAX        EQU         037H
HUMD_MIN        EQU         038H
BUFFER          EQU         039H
LI_BUFFER       EQU         03AH
HUMD_BUFFER     EQU         03BH
TEM_BUFFER      EQU         03CH
COUNT           EQU         03DH
DRIVE_LOAD      EQU         020H
SEGMENT_E       BIT         P1.0
SDATA           BIT         P2.7
                ORG         21H        ;INTERNAL RAM
DIS_BUFF:       DS          8          ; DISPLAY BUFFER
TEMP:           DS          1          ; TEMPERATURE
LIGHT:          DS          1          ; LIGHT
HUMD:           DS          1          ; HUMIDITY
LOAD_ERROR:     DS          1          ; WHEN LOAD IS ERROR
LOAD_TEM_ERR    EQU         LOAD_ERROR.3
LOAD_LIGHT_ERR  EQU         LOAD_ERROR.4
LOAD_HUMD_ERR   EQU         LOAD_ERROR.5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ORG         50H
COMMON_ENABLE:  DS          8    ;ENABLE COMMOND OF SEGMENT
     ORG        0000H
                MOV         P3,#11000110B
                NOP
                MOV         DRIVE_LOAD,#0FFH
                CALL        SET_LOAD
                MOV         P3,#11000110B  ;CLEAR STATUS LCD
                MOV         LOAD_ERROR,#11000110B
                MOV         P1,#0FEH ;CLEAR STATUS 7-SEGMENT
                MOV         P2,#11111111B ;CLEAR ALLDEVICES
                MOV         P0,#00000000B
MAIN:           CALL        INIT_LCD
                CALL        SHOW_TITLE
TEM_SHOW_EX:    CALL        INITIALIZE
                CALL        SET_COMMOND
                MOV         R5,#15
WAIT_SET_LOAD_EX:           CALL LI_SHOW
                CALL        HUMD_SHOW
                MOV         R4,#100
WAIT_TEM_EX:    CALL        READ_TEMP
                CALL        CON_DATA
                CALL        SCAN_DIS
                DJNZ        R4,WAIT_TEM_EX
                DJNZ        R5,WAIT_SET_LOAD_EX
LOOP:           CALL        SET_TEM_MAX
                CALL        SET_TEM_MIN
                CALL        SET_LI_MIN
                CALL        SET_HUMD_MAX
                CALL        SET_HUMD_MIN
                CALL        SHOW_TITLE
                JMP         TEM_SHOW
SHOW_TITLE:     MOV         LCD_ADDR,#000H
                CALL        SET_ADDR_LCD
                MOV         DPTR,#TITLE1;POINTER ROM LCD
                MOV         COUNT,#16
                CALL        WRLINE_LCD

                RET
SET_COMMOND:    MOV         COMMON_ENABLE,#0F1H
                MOV         COMMON_ENABLE+1,#0F9H
                MOV         COMMON_ENABLE+2,#0F5H
                MOV         COMMON_ENABLE+3,#0FDH
                MOV         COMMON_ENABLE+4,#0F3H
                MOV         COMMON_ENABLE+5,#0FBH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     COMMON_ENABLE+6,#0F7H
                MOV     COMMON_ENABLE+7,#0FFH
                RET
SET_TEM_MAX:    CALL    LCD_CLR
                MOV     LCD_ADDR,#000H
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#TITLE2  ;POINTER ROM LCD
                MOV     COUNT,#13
                CALL    WRLINE_LCD
                CALL    LCD_BLINK
                CALL    READ_KEYPRESSED
                MOV     TEM_MAX,BUFFER
                RET
SET_TEM_MIN:    CALL    LCD_CLR
                MOV     LCD_ADDR,#000H
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#TITLE3  ;POINTER ROM LCD
                MOV     COUNT,#13
                CALL    WRLINE_LCD
                CALL    LCD_BLINK
                CALL    READ_KEYPRESSED
                MOV     TEM_MIN,BUFFER
                RET
SET_LI_MIN:     CALL    LCD_CLR
                MOV     LCD_ADDR,#000H
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#TITLE5  ;POINTER ROM LCD
                MOV     COUNT,#13
                CALL    WRLINE_LCD
                CALL    LCD_BLINK
                CALL    READ_KEYPRESSED
                MOV     LI_MIN,BUFFER
                RET
SET_HUMD_MAX:   CALL    LCD_CLR
                MOV     LCD_ADDR,#000H
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#TITLE6  ;POINTER ROM LCD
                MOV     COUNT,#13
                CALL    WRLINE_LCD
                CALL    LCD_BLINK
                CALL    READ_KEYPRESSED
                MOV     HUMD_MAX,BUFFER
                RET
SET_HUMD_MIN:   CALL    LCD_CLR
                MOV     LCD_ADDR,#000H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL        SET_ADDR_LCD
                MOV         DPTR,#TITLE7  ;POINTER ROM LCD
                MOV         COUNT,#13
                CALL        WRLINE_LCD
                CALL        LCD_BLINK
                CALL        READ_KEYPRESSED
                MOV         HUMD_MIN,BUFFER

                RET
READ_KEYPRESSED:MOV         R2,#03
WAIT1:          CALL        SET_LOAD
                CALL        WAIT_KEY
                CALL        DELAY_100MS
                CALL        WAIT_KEYPRESSED
                MOV         A,KPAD_DATA
                CJNE        R2,#03,DETECT_1
CHK_STAR:       CJNE        A,#-6,CHK_SHARP
                JMP         WAIT1
CHK_SHARP:      CJNE        A,#-13,DETECT_10
                JMP         WAIT1
DETECT_10:      MOV         B,#10
                MUL         AB
                MOV         BUFFER,A
                JMP         DISPLAY
DETECT_1:       CJNE        R2,#02,DETECT_ENTER
                CJNE        A,#-6,CHK_ENTER
                JMP         WAIT1
CHK_ENTER:      CJNE        A,#-13,DETECT_0_9
                JMP         WAIT1
DETECT_0_9:     MOV         A,BUFFER
                ADD         A,KPAD_DATA
                MOV         BUFFER,A
DISPLAY:        CALL        KPAD2LCD
                JMP         WAIT1
DETECT_0_9:     MOV         A,BUFFER
                ADD         A,KPAD_DATA
                MOV         BUFFER,A
DISPLAY:        CALL        KPAD2LCD
                CALL        LCD_BLINK
                CALL        WAIT_KEY
                CALL        DELAY_100MS
                DJNZ        R2,WAIT1
DETECT_ENTER:   CJNE        A,#-13,WAIT1

                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-------------        KEYPAD TO SHOW LCD    --------------;
KPAD2LCD:        MOV        A,KPAD_DATA
                 ADD        A,#030H
                 MOV        LCD_DATA,A
                 CALL       WRCHAR_LCD
                 RET
;-------------        WAIT KEYPAD DEPRESSED  --------------;
WAIT_KEY:        MOV        A,P2
                 ANL        A,#00FH
                 CJNE       A,#00FH,WAIT_KEY

                 RET
;-------------        WAIT KEYPAD PRESSED    --------------;
WAIT_KEYPRESSED:            ACALL GET_KPAD ;CHECK DATA
                 MOV        A,KPAD_DATA
                 CJNE       A,#0,CHK_KEY_STAR ;CHECK KEY?
                 JMP        WAIT_KEYPRESSED   ;UNTIL PRESSED
CHK_KEY_STAR:    CJNE       A,#10,CHK_KEY_0   ;CHECK KEY *
                 MOV        KPAD_DATA,#-6
                 RET
CHK_KEY_0:       CJNE       A,#11,CHK_KEY_SHARP ;CHECK KEY 0
                 MOV        KPAD_DATA,#0     ;REPLACE 0
                 RET
CHK_KEY_SHARP:   CJNE       A,#12,CHK_KEY_1_9 ;CHECK KEY #
                 MOV        KPAD_DATA,#-13

                 RET
CHK_KEY_1_9:     RET        ;IF KPAD_DATA IS 1-9 LOOP WAIT
;-------------   KEYPAD SCAN KEY SUBROUTIN  --------------;
GET_KPAD:        MOV        P2,#0FFH
                 MOV        KPAD_DATA,#0
CHK_COL0:        CLR        KPAD_COL0
                 MOV        A,P2
                 ANL        A,#00FH
                 CJNE       A,#00FH,COL0_DETECT
                 JMP        CHK_COL1
COL0_DETECT:     MOV        KPAD_DATA,#01
                 JMP        GET_ROW
CHK_COL1:        SETB       KPAD_COL0
                 CLR        KPAD_COL1
                 MOV        A,P2
                 ANL        A,#00FH,
                 CJNE       A,#00FH,COL1_DETECT
                 JMP        CHK_COL2
COL1_DETECT:     MOV        KPAD_DATA,#02
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JMP         GET_ROW
CHK_COL2:       SETB        KPAD_COL1
                CLR         KPAD_COL2
                MOV         A,P2
                ANL         A,#00FH,
                CJNE        A,#00FH,COL2_DETECT
                RET
COL2_DETECT:    MOV         KPAD_DATA,#03
GET_ROW:        CLR         KPAD_COL0
                CLR         KPAD_COL1
                CLR         KPAD_COL2
CHK_ROW0:       JB          KPAD_ROW0,CHK_ROW1
RET
CHK_ROW1:       JB          KPAD_ROW1,CHK_ROW2
                MOV         A, KPAD_DATA
                ADD         A,#3
                MOV         KPAD_DATA,A
                RET
CHK_ROW2:       JB          KPAD_ROW2,CHK_ROW3
                MOV         A, KPAD_DATA
                ADD         A,#6
                MOV         KPAD_DATA,A
                RET
CHK_ROW3:       JB          KPAD_ROW3,CHK_ROW0
                MOV         A, KPAD_DATA
                ADD         A,#9
                MOV         KPAD_DATA,A
                RET
                MOV         P0,#00111000B
                CALL        LCD_CLK
                CALL        LCD_OFF
                CALL        LCD_CLR
                MOV         P0,#00000110B
                CALL        LCD_CLK
                CALL        LCD_HOME
;------------------- LCD  DISPLAY OFF ------------------;
LCD_OFF:        CLR         LCD_RS
                MOV         P0,#00001000B
                CALL        LCD_CLK
                RET
;-------------------    LCD  CLK     ------------------;
LCD_CLK:        SETB        LCD_EN
                CALL        LCD_DELAY
                CLR         LCD_EN
                CALL        LCD_DELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                RET
;-----------------   LCD DISPLAY  ON  ------------------;
LCD_ON:         CLR       LCD_RS
                MOV       P0,#00001100B
                CALL      LCD_CLK
                RET
;-----------------    LCD  CURSOR  ON    ----------------;
LCD_BLINK:      CLR       LCD_RS
                MOV       P0,#00001111B
                CALL      LCD_CLK
                RET
;-----------------   SET  LCD ADDDRERSS   ---------------;
SET_ADDR_LCD:   CLR       LCD_RS
                MOV       A,LCD_ADDR
                SETB      ACC.7
                MOV       P0,A
                CALL      LCD_CLK
                RET
;------------  WRITE CHARACTER TO SHOW LCD --------------;
WRCHAR_LCD:     SETB      LCD_RS
                MOV       P0,LCD_DATA
                CALL      LCD_CLK
                CALL      LCD_ON

                RET
;--------- WRITE LINE OF 16 CHARACTOR FROM ROM ---------;
WRLINE_LCD:     MOV       R0,#0
WRLINE_LCD_1:   SETB      LCD_RS
                CLR       A
                MOVC      A,@A+DPTR
                MOV       P0,A
                CALL      LCD_CLK
                INC       DPTR
                INC       R0
                CJNE      R0,#8,WRLINE_LCD_1
                MOV       LCD_ADDR,#040H
                CALL      SET_ADDR_LCD
WRLINE_LCD_2:   SETB      LCD_RS
                CLR       A
                MOVC      A,@A+DPTR
                MOV       P0,A
                CALL      LCD_CLK
                INC       DPTR
                INC       R0
                MOV       A,R0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CJNE       A,COUNT,WRLINE_LCD_2
                CALL       LCD_ON
                RET
;-----------------         TEMPERATUR     ----------------;
TEM_SHOW:       CALL       INITIALIZE
MAIN_TEM:       CALL       SET_LOAD
                MOV        R5,#10
WAIT_SET_LOAD:  CALL       LI_SHOW
                CALL       HUMD_SHOW
                MOV        R4,#200
WAIT_TEM:       CALL       READ_TEMP
                CALL       CON_DATA
                CALL       SET_LOAD
                DJNZ       R4,WAIT_TEM
                DJNZ       R5,WAIT_SET_LOAD
                CALL       CHK_TEM_MAX
                CALL       CHK_LI_MAX
                CALL       CHK_HUMD_MAX
                SJMP       MAIN_TEM
SCAN_DIS:       ;SCAN      DISPLAY 8 DIGIT
                PUSH       0
                PUSH       1
                PUSH       2
                CLR        SEGMENT_E
                MOV        R2,#8
                MOV        R0,#DIS_BUFF
                MOV        R1,#COMMON_ENABLE
SCAN1:          MOV        A,@R0
                MOV        DPTR,#SEG_TAB
                MOVC       A,@A+DPTR
                CJNE       R2,#7,NO_CLEAR_A
                CLR        ACC.7
NO_CLEAR_A:     CJNE       R2,#5,NO_NO
                CJNE       A,#0C0H,NO_NO
                MOV        COMMON_ENABLE+3,#0FEH
                JMP        YES_YES
NO_NO:          MOV        COMMON_ENABLE+3,#0FDH
YES_YES:        MOV        P0,A
                MOV        A,@R1
                MOV        P1,A
                CALL       DELAY
                CLR        SEGMENT_E
                INC        R0
                INC        R1
                DJNZ       R2,SCAN1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                POP         2
                POP         1
                POP         0
                RET
CHK_TEM_MAX:    PUSH        7
                PUSH        6
                PUSH        TEM_MAX
                PUSH        TEM_MIN
                MOV         A,TEM_BUFFER
                MOV         R7,TEM_MAX
                MOV         R6,TEM_MIN
                INC         R6
CHK_TEM_MAX0:   CJNE        A,TEM_MAX,CHK_TEM_MAX1
                JMP         SET_TEM_MAX_ERROR
CHK_TEM_MAX1:   INC         TEM_MAX
                INC         R7
                CJNE        R7,#00H,CHK_TEM_MAX0
                JMP         NO_TEM_MAX_ERROR
SET_TEM_MAX_ERROR:SETB      LOAD_TEM_ERR
                CLR         DRIVE_LOAD.0
                CLR         DRIVE_LOAD.1
                JMP         CHK_TEM_MIN0
NO_TEM_MAX_ERROR:CLR        LOAD_TEM_ERR
                SETB        DRIVE_LOAD.0
                SETB        DRIVE_LOAD.1
CHK_TEM_MIN0:   CJNE        A,TEM_MIN,CHK_TEM_MIN1
                JMP         SET_TEM_MIN_ERROR
CHK_TEM_MIN1:   DEC         TEM_MIN
                DJNZ        R6,CHK_TEM_MIN
                JMP         NO_TEM_MIN_ERROR
SET_TEM_MIN_ERROR:SETB      LOAD_TEM_ERR
                CLR         DRIVE_LOAD.2
                CLR         DRIVE_LOAD.3
                POP         TEM_MIN
                POP         TEM_MAX
                POP         6
                POP         7
                RET
NO_TEM_MIN_ERROR:           SETB DRIVE_LOAD.2
                SETB        DRIVE_LOAD.3
                RET
INITIALIZE:     ;INITIALIZE I/O PORT AND REG
                MOV         P1,#0FEH
                MOV         P0,#0FFH  ; CLEAR DISPLAY
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DELAY:          ;DELAY      FOR SCANDISPLAY
                PUSH        2
                MOV         R2,#200
                DJNZ        R2,$
                POP         2
                RET
CON_DATA:       ;CONVERT DECIMAL TO 7-SEGMENT CODE
                MOV         A,TEMP
                CLR         C
                RRC         A
                MOV         TEM_BUFFER,A
                MOV         B,#10
                DIV         AB
                MOV         DIS_BUFF,A
                MOV         A,B
                MOV         DIS_BUFF+1,A
                JNC         ZERO
FIVE:           MOV         DIS_BUFF+2,#5
                RET
ZERO:           MOV         DIS_BUFF+2,#0
                RET
READ_TEMP:      ;READ       TEMPERATURE DS1820
                MOV         A,#0CCH          ;SKIP ROM COMMAND
                CALL        WRITE_BYTE
                MOV         A,#044H          ;TEMP CONVERSION
                CALL        WRITE_BYTE
                JNB         SDATA,$          ;READ TEMP STATUS
                MOV         A,#0CCH          ;SKIP ROM COMMAND
                CALL        WRITE_BYTE
                MOV         A,#0BEH          ;READ COMMAND
                CALL        WRITE_BYTE
                CALL        READ_BYTE        ;READ(TEMP LSB)
                MOV         TEMP,A
                CALL        RESET_PULSE     ;TX RESET PULSE
                CALL        PRESENCE  ;RX PRESENCE PULSE
                RET
READ_BYTE:      ;READ       SCRATCHPAD 1 BYTE
                PUSH        3
                PUSH        2
                MOV         R3,#8            ;COUNT 8 BIT
READ1:          CLR         SDATA
                NOP
                NOP
                SETB        SDATA
                MOV         R2,#15           ;DELAY 60 US
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DJNZ       R2,$
                RRC        A
                DJNZ       R3,READ1
                POP        2
                POP        3
                RET

WRITE_BYTE:                ;WRITE SCRATCHPAD 1 BYTE
                PUSH       3
                PUSH       2
                MOV        R3,#8          ;COUNTER 8 BIT
WRITE:          RRC        A
                JC         WRITE1
                CLR        SDATA
                MOV        R2,#15         ;DELAY 60 US
                DJNZ       R2,$
                SETB       SDATA
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                DJNZ       R3,WRITE
                POP        2
                POP        3
                RET
WRITE1:         CLR        SDATA
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                SETB       SDATA
                MOV        R2,#15         ;DELAY 60 US
                DJNZ       R2,$
                DJNZ       R3,WRITE
                POP        2
                POP        3

                RET
RESET_PULSE:    ;TX        RESET PULSE
                PUSH       2
                CLR        SDATA
                MOV        R2,#250        ;DELAY 500 US
                DJNZ       R2,$
                SETB       SDATA
                MOV        R2,#10         ;DELAY 20 US
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DJNZ        R2,$
                POP         2
                RET
PRESENCE:       JB          SDATA,$         ;RX PRESENCE
PULSE           JNB         SDATA,$
                RET
;------------------          LIGHT    -------------------;
LI_SHOW:
LI_SHOW1:       CALL        READ_LIGHT
                CALL        CON_DATA1
                RET
CHK_LI_MAX:     PUSH        6
                PUSH        LI_MIN
                MOV         A,LI_BUFFER
                MOV         R6,LI_MIN
                CLR         DRIVE_LOAD.4
                CLR         DRIVE_LOAD.5
                POP         LI_MIN
                POP         6
                RET
NO_LI_ERROR:
                CLR         LOAD_LIGHT_ERR
                SETB        DRIVE_LOAD.4
                SETB        DRIVE_LOAD.5
                POP         LI_MIN
                POP         6
                RET
CON_DATA1:      ;CONVERT    DECIMAL TO 7-SEGMENT CODE
                MOV         A,LIGHT
                MOV         B,#250
                DIV         AB
                CALL        LI_BUFFER_100
                JNB         ACC.0,POOY
                MOV         B,#00H
POOY:           MOV         DIS_BUFF+3,A
                MOV         A,B
                MOV         B,#25
                DIV         AB
                CALL        LI_BUFFER_10
                MOV         DIS_BUFF+4,A
                MOV         A,B
                MOV         B,#4
                MUL         AB
                MOV         B,#10
                DIV         AB
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL      LI_BUFFER_1
;--------------------    HUMIDITY    -------------------;
HUMD_SHOW:
HUMD_SHOW1:     CALL      READ_HUMD
                CALL      CON_DATA2
                RET
CHK_HUMD_MAX:   PUSH      7
                PUSH      6
                PUSH      HUMD_MAX
                PUSH      HUMD_MIN
                MOV       A,HUMD_BUFFER
                MOV       R7,HUMD_MAX
                MOV       R6,HUMD_MIN
                INC       R6
                POP       HUMD_MIN
                POP       HUMD_MAX
                POP       6
                POP       7
                RET
CON_DATA2:      ;CONVERT  DECIMAL TO 7-SEGMENT CODE
                MOV       A,HUMD
                MOV       B,#250
                DIV       AB
                CALL      HUMD_BUFFER_100
                JNB       ACC.0,POOY1
                JMP       DATA_99
POOY1:          MOV       A,B
                MOV       B,#25
                DIV       AB
                CALL      HUMD_BUFFER_10
                MOV       DIS_BUFF+6,A
                MOV       A,B
                MOV       B,#4
                MUL       AB
                MOV       B,#10
                DIV       AB
                CALL      HUMD_BUFFER_1
                MOV       DIS_BUFF+7,A
                RET
DATA_99:        MOV       HUMD_BUFFER,#0
                MOV       A,#9
                CALL      HUMD_BUFFER_10
                MOV       DIS_BUFF+6,A
                CALL      HUMD_BUFFER_1
                MOV       DIS_BUFF+7,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    RET
READ_HUMD:          PUSH       0                    ;READ LIGHT DATA
                    MOV        P0,#0FFH
                    CLR        HUMD_ENABLE
                    MOV        R0,#03H
DELAY000:           CALL           DELAY
                    DJNZ       R0,DELAY000
                    MOV        A,P0
                    MOV        HUMD,A
                    SETB       HUMD_ENABLE
                    NOP
                    POP        0
                    RET
LCD_DELAY_1:        MOV        6,#0E6H
LCD_DELAY_2:        NOP
                    NOP
                    DJNZ       R6,LCD_DELAY_2
                    DJNZ       R7,LCD_DELAY_1
                    POP        6
                    POP        7
                    RET
DELAY_10MS:         PUSH       7
                    PUSH       6
                    MOV        7,#010
DELAY_10MS_1:       MOV        6,#0E6H
DELAY_10MS_2:       NOP
                    NOP
                    DJNZ       R6,DELAY_10MS_2
                    DJNZ       R7,DELAY_10MS_1
                    POP        6
                    POP        7
                    RET
DELAY_100MS:        PUSH       7
                    PUSH       6
                    MOV        7,#100
DELAY_100MS_1:      MOV        6,#0E6H
DELAY_100MS_2:      NOP
                    NOP
                    DJNZ       R6,DELAY_100MS_2
                    DJNZ       R7,DELAY_100MS_1
                    POP        6
                    POP        7
                    RET
DELAY_1S:           PUSH       5
                    MOV        5,#100
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DELAY_1S_1:     CALL        DELAY_10MS
                DJNZ        R5,DELAY_1S_1
                POP         5
                RET
TITLE0:         DB          '                 '
TITLE1:         DB          'ENVIRONMENT CTRL'
TITLE2:         DB          'TEMP MAX IS  '
TITLE3:         DB          'TEMP MIN IS  '
TITLE5:         DB          'LIGHT MIN IS '
TITLE6:         DB          'HUMID MAX IS '
TITLE7:         DB          'HUMID MIN IS '
HUMD_BUFFER_100:            PUSH ACC
                PUSH        B
                MOV         B,#100
                MUL         AB
                MOV         HUMD_BUFFER,A
                POP         B
                POP         ACC
                RET
HUMD_BUFFER_10:PUSH         ACC
                PUSH        B
                MOV         B,#10
                MUL         AB
                ADD         A,HUMD_BUFFER
                MOV         HUMD_BUFFER,A
                POP         B
                POP         ACC
                RET
HUMD_BUFFER_1:  PUSH        ACC
                PUSH        B
                ADD         A,HUMD_BUFFER
                MOV         HUMD_BUFFER,A
                POP         B
                POP         ACC
                RET
;-------------  DRIVE LATCH ENABLE CLOCK  -------------
SET_LOAD:       MOV         P0,DRIVE_LOAD
DRIVE_LE_CLK:   SETB        LOAD_ENABLE
                NOP
                CLR         LOAD_ENABLE
                NOP
                MOV         P3,LOAD_ERROR
                RET
;-----------------          LCD_DELAY    -----------------;
LCD_DELAY:      PUSH        7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    PUSH        6
                    MOV         7,#002
SEG_TAB:            DB          0C0H,0FCH,092H,098H,0ACH
                    DB          089H,081H,0DCH,080H,088H

                    END
```

รูปที่ ง.5 โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

รายละเอียดแสดงคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

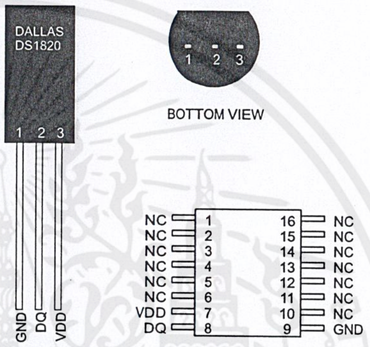
DALLAS SEMICONDUCTOR

DS1820
1–Wire™ Digital Thermometer

FEATURES

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

PIN ASSIGNMENT



DS1820
PR35 PACKAGE
See Mech. Drawings Section

DS1820S
16–PIN SSOP
See Mech. Drawings Section

PIN DESCRIPTION

GND	–	Ground
DQ	–	Data In/Out
V_{DD}	–	Optional V_{DD}
NC	–	No Connect

DESCRIPTION

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DETAILED PIN DESCRIPTION

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

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

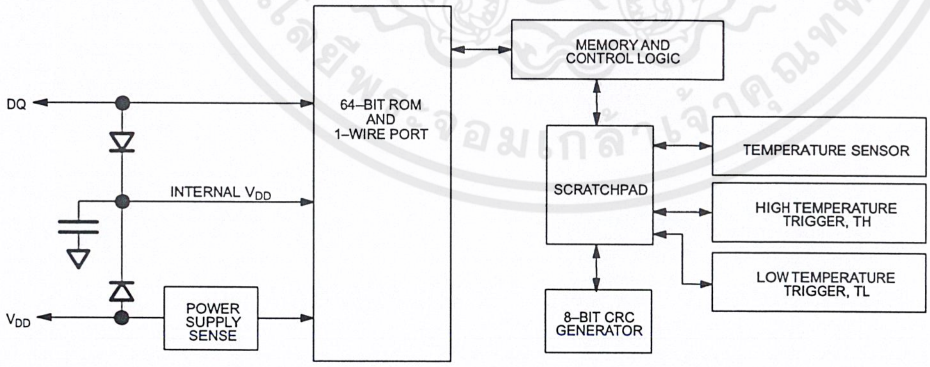
OVERVIEW

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

Communication to the DS1820 is via a 1–Wire port. With the 1–Wire port, the memory and control functions will not be available before the ROM function protocol has been established. The master must first provide one of five ROM function commands: 1) Read ROM, 2) Match ROM, 3) Search ROM, 4) Skip ROM, or 5) Alarm Search. These commands operate on the 64–bit lasered ROM portion of each device and can single out a specific device if many are present on the 1–Wire line as well as indicate to the Bus Master how many and what types of devices are present. After a ROM function sequence has been successfully executed, the memory and control functions are accessible and the master may then provide any one of the six memory and control function commands.

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

DS1820 BLOCK DIAGRAM Figure 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PARASITE POWER

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

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

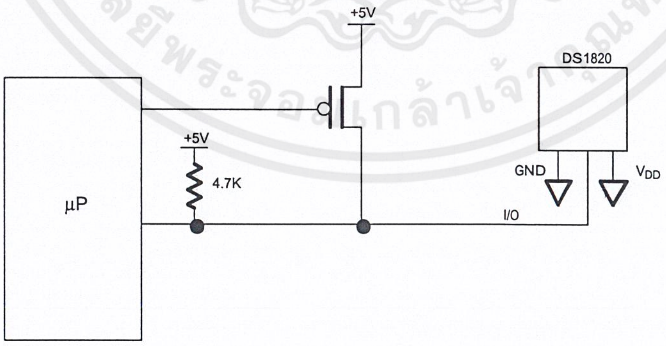
There are two ways to assure that the DS1820 has sufficient supply current during its active conversion cycle. The first is to provide a strong pull–up on the I/O line whenever temperature conversions or copies to the E^2 memory are taking place. This may be accomplished by using a MOSFET to pull the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

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

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

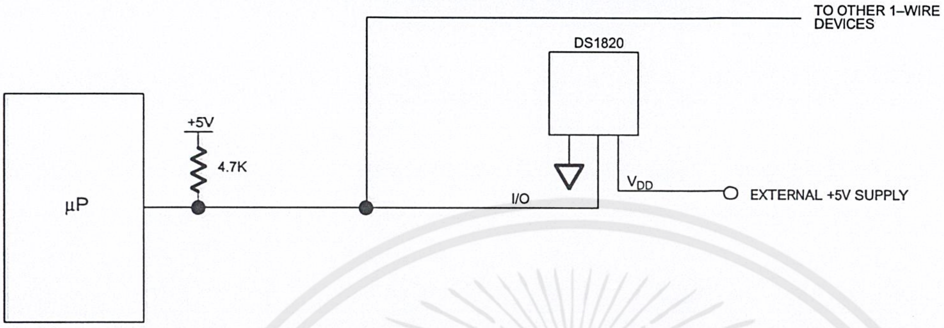
For situations where the bus master does not know whether the DS1820's on the bus are parasite powered or supplied with external V_{DD}, a provision is made in the DS1820 to signal the power supply scheme used. The bus master can determine if any DS1820's are on the bus which require the strong pull–up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

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



OPERATION – MEASURING TEMPERATURE

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

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

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

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

Internally, this calculation is done inside the DS1820 to provide 0.5°C resolution. The temperature reading is provided in a 16–bit, sign–extended two's complement reading. Table 1 describes the exact relationship of output data to measured temperature. The data is transmitted serially over the 1–Wire interface. The DS1820 can measure temperature over the range of –55°C to +125°C in 0.5°C increments. For Fahrenheit usage, a lookup table or conversion factor must be used.

Note that temperature is represented in the DS1820 in terms of a $^{1}/_{2}$°C LSB, yielding the following 9–bit format:

MSB								LSB
1	1	1	0	0	1	1	1	0

= –25°C

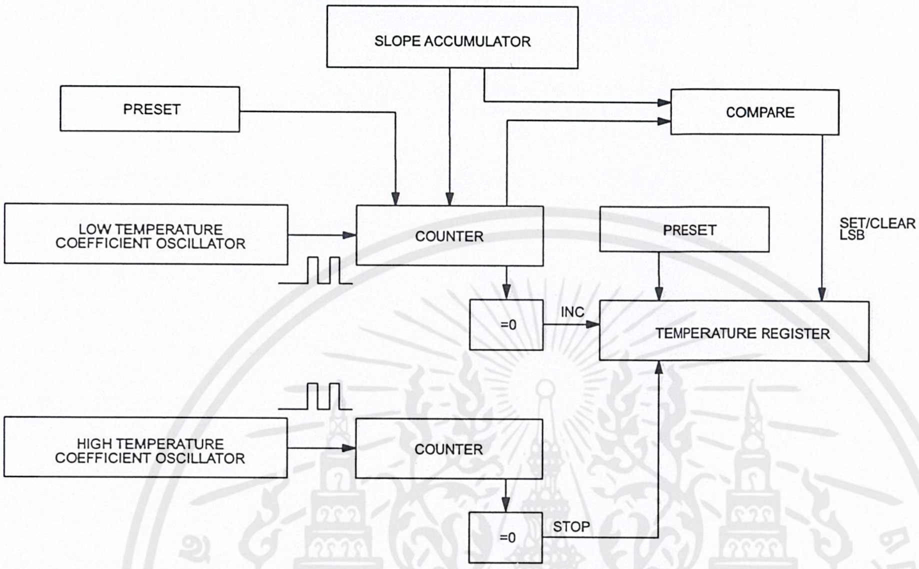
The most significant (sign) bit is duplicated into all of the bits in the upper MSB of the two–byte temperature register in memory. This "sign–extension" yields the 16–bit temperature readings as shown in Table 1.

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEMPERATURE MEASURING CIRCUITRY Figure 4



TEMPERATURE/DATA RELATIONSHIPS Table 1

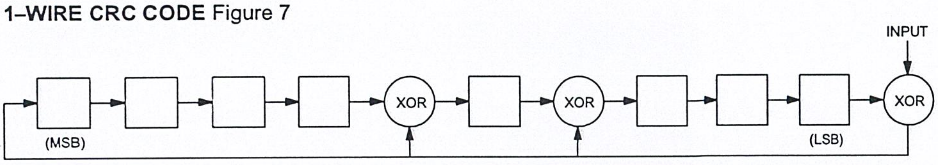
TEMPERATURE	DIGITAL OUTPUT (Binary)	DIGITAL OUTPUT (Hex)
+125°C	00000000 11111010	00FA
+25°C	00000000 00110010	0032h
+1/2°C	00000000 00000001	0001h
+0°C	00000000 00000000	0000h
–1/2°C	11111111 11111111	FFFFh
–25°C	11111111 11001110	FFCEh
–55°C	11111111 10010010	FF92h

OPERATION – ALARM SIGNALING

After the DS1820 has performed a temperature conversion, the temperature value is compared to the trigger values stored in TH and TL. Since these registers are 8–bit only, the 0.5°C bit is ignored for comparison. The most significant bit of TH or TL directly corresponds to the sign bit of the 16–bit temperature register. If the result of a temperature measurement is higher than TH or lower than TL, an alarm flag inside the device is set. This flag is updated with every temperature measurement. As long as the alarm flag is set, the DS1820 will respond to the alarm search command. This allows many DS1820s to be connected in parallel doing simultaneous temperature measurements. If somewhere the temperature exceeds the limits, the alarming device(s) can be identified and read immediately without having to read non–alarming devices.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1–WIRE CRC CODE Figure 7



MEMORY

The DS1820's memory is organized as shown in Figure 8. The memory consists of a scratchpad RAM and a nonvolatile, electrically erasable (E^2) RAM, which stores the high and low temperature triggers TH and TL. The scratchpad helps insure data integrity when communicating over the 1–Wire bus. Data is first written to the scratchpad where it can be read back. After the data has been verified, a copy scratchpad command will transfer the data to the nonvolatile (E^2) RAM. This process insures data integrity when modifying the memory.

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

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

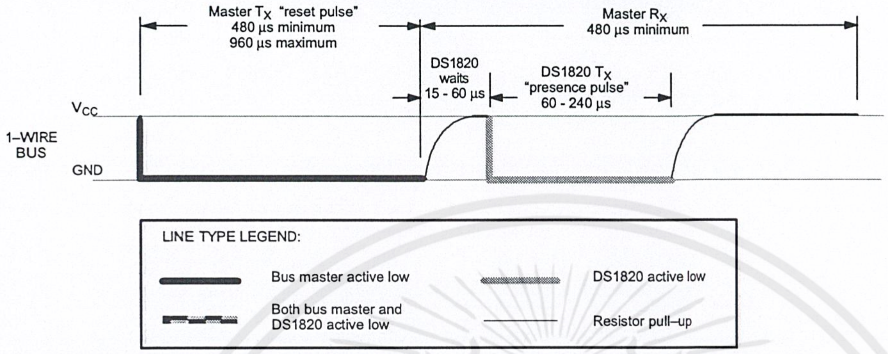
DS1820 MEMORY MAP Figure 8

SCRATCHPAD	BYTE
TEMPERATURE LSB	0
TEMPERATURE MSB	1
TH/USER BYTE 1	2
TL/USER BYTE 2	3
RESERVED	4
RESERVED	5
COUNT REMAIN	6
COUNT PER °C	7
CRC	8

E^2 RAM
TH/USER BYTE 1
TL/USER BYTE 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INITIALIZATION PROCEDURE "RESET AND PRESENCE PULSES" Figure 11



DS1820 COMMAND SET Table 2

INSTRUCTION	DESCRIPTION	PROTOCOL	1–WIRE BUS AFTER ISSUING PROTOCOL	NOTES
TEMPERATURE CONVERSION COMMANDS				
Convert T	Initiates temperature conversion.	44h	<read temperature busy status>	1
MEMORY COMMANDS				
Read Scratchpad	Reads bytes from scratchpad and reads CRC byte.	BEh	<read data up to 9 bytes>	
Write Scratchpad	Writes bytes into scratchpad at addresses 2 and 3 (TH and TL temperature triggers).	4Eh	<write data into 2 bytes at addr. 2 and addr. 3>	
Copy Scratchpad	Copies scratchpad into nonvolatile memory (addresses 2 and 3 only).	48h	<read copy status>	2
Recall E^2	Recalls values stored in nonvolatile memory into scratchpad (temperature triggers).	B8h	<read temperature busy status>	
Read Power Supply	Signals the mode of DS1820 power supply to the master.	B4h	<read supply status>	

NOTES:

1. Temperature conversion takes up to 500 ms. After receiving the Convert T protocol, if the part does not receive power from the V_{DD} pin, the I/O line for the DS1820 must be held high for at least 500 ms to provide power during the conversion process. As such, no other activity may take place on the 1–Wire bus for at least this period after a Convert T command has been issued.
2. After receiving the Copy Scratchpad protocol, if the part does not receive power from the V_{DD} pin, the I/O line for the DS1820 must be held high for at least 10 ms to provide power during the copy process. As such, no other activity may take place on the 1–Wire bus for at least this period after a Copy Scratchpad command has been issued.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Moisture control with Philips' capacitive humidity sensor

Philips' capacitive humidity sensor has already proven itself over many years as one of the most effective and economical means of measuring and controlling humidity.

The sensor operates by sensing changes in capacitance of a thin-film polymer membrane as it absorbs moisture from its surroundings. Compared with many alternatives, it's simple to operate, highly reliable and fast. What's more, its long-term characteristics are unaffected by condensation of water on the membrane surface and other aggressive pollutants in the air.

Used in, for example, home hygrometers, weather stations, air-conditioners, climate controllers and tumble dryers, it's capable of providing long, trouble-free service with minimum maintenance.

Designed for a measuring range between 10% and 90% relative humidity the sensor's relatively linear characteristic allows it to be easily incorporated into simple, inexpensive measuring circuitry.

Features and benefits

- long-term reliability
- high sensitivity
- fast response
- high immunity against contaminants
- operates with simple measuring circuitry

Proven in a host of applications

Important application areas where Philips' sensor has already proven itself include:

- Heating, ventilating and air-conditioning systems
- Industrial-control installations
- Climate-control systems in, for example, industrial clean rooms, operating theatres, computer rooms and greenhouses
- Climatic chambers
- Drying processes
- Printing industry

Humidity control the Philips way

Accurate measurement and control of humidity is an important requirement of today's world. The humidity of the air, i.e. the amount of water vapour it contains, influences not only our comfort but also the effectiveness of many professional and industrial processes. Though several types of electronic humidity sensor exist, Philips' capacitive sensor has long proven to be one of the most reliable, durable and easiest to use.

The sensor is made up of a polymer film coated on both sides with a very thin air-permeable gold layer to form a capacitive element. The film is clamped between spring contacts inside a perforated plastic housing. Changes in relative humidity (RH) of the surrounding air cause a change in dielectric constant of the polymer film leading to a change of sensor capacitance. The relationship between sensor capacitance and relative humidity is a rather simple one which means that the sensor can easily be incorporated into an electrical measuring circuit.

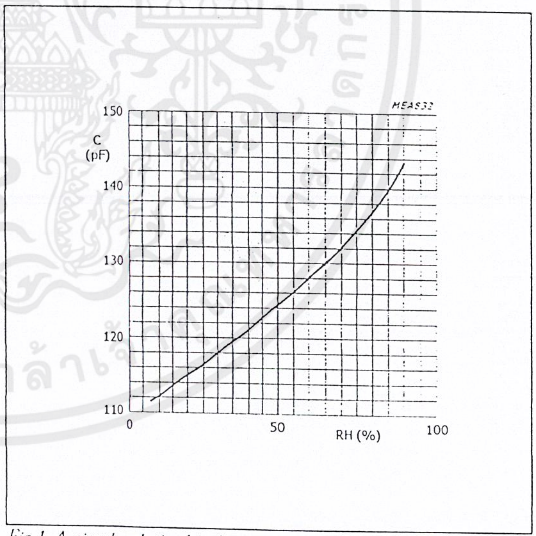


Fig.1 A simple relationship between capacitance and RH means the sensor can easily be incorporated into an electrical measuring circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Potassium carbonate is usually chosen as a reference since its RH (43.2%) falls approximately in the middle of the measuring range of the sensor and because its temperature stability is high (from 43.1%rh at 0 °C to 43.2%rh at 30 °C).

Response time and hysteresis

The response time is defined as the time it takes for the sensor's reading to change by 90% of the total change following an immediate change of relative humidity. The response time obviously varies according to the relative humidity level, being shorter for low humidity levels than for higher levels.

The sensor's response also shows hysteresis due to the difference between the speed of moisture absorption and the speed of evaporation. The hysteresis value in the specification is given for steps of 10%rh allowing a stabilization time of 30 minutes between steps.

Maximum applied voltage

The sensor is a tough component with high dielectric strength able to withstand both DC and AC voltages up to 15 V. What's more, a low dissipation factor means it can accept high-amplitude measuring voltages without over heating. And in contrast to many competing technologies it meets the most stringent static-discharge specifications.

Operating frequency

The sensor's dissipation factor increases with humidity. It also falls with measuring frequency to a minimum value at around 1 kHz after which it increases again. When working at low levels of humidity (< 50%rh), it's therefore possible to use relatively low (< 1 kHz) measuring frequencies. But for the most reliable results over the total operating range of the sensor, measuring frequencies should be between 1 kHz and 1000 kHz.

Working in aggressive atmospheres

Although the sensor is virtually unaffected by most air pollutants including ammonia, the vapour of some solvents such as acetone will attack the foil and should be avoided when building the sensor into an assembly. Dusty environments should also be avoided since the hygroscopic properties of some dust particles can affect sensor reading if they're allowed to build up on the surface of the foil.

RELATIVE HUMIDITY

The humidity of the air is a measure of the amount of water vapour it contains. At any given temperature, water will continue to be absorbed by the air either until all available water has evaporated or the air has become *saturated.* Once the air is saturated, it contains its full capacity of water and no further evaporation will take place unless the temperature increases.

Defining relative humidity

Relative humidity (RH) is a convenient way of expressing the amount of water vapour contained in a volume of air. It's defined as the ratio (in percent) of the mass of water vapour in the air to the mass required to produce saturation at the same temperature. When the air is saturated, therefore, its RH is 100%.

The presence (or absence) of water vapour in air influences many physical, chemical and biological processes. Our comfort, for example, depends a lot on humidity since a very humid atmosphere (i.e. at or close to saturation) limits our bodies' ability to perspire and cool us. Usually, the most comfortable climatic conditions are between 45 and 65%rh and for us to remain comfortable, the humidity must decrease as the temperature rises. For example, at 30 °C, 70%rh is considered uncomfortable while 30%rh is quite tolerable.

By introducing humidity monitoring instrumentation, the energy management systems of office and industrial buildings could be better optimized and a lot of energy saved without loss of comfort by adapting the efficiency of energy management according to the season and the external climatic conditions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sensor specifications

Electrical	
Humidity range:	10 to 90%rh
Capacitance @ +25 °C, 43%rh, 100 kHz:	122 ± 15% pF
Dissipation factor @ +25 °C, 43%rh, 100 kHz:	≤ 0.035
Sensitivity between 12 and 75%rh:	0.4 ± 0.05 pF/%rh
Frequency range:	1 to 1000 kHz
Temperature dependence:	0.1%rh/K
Response time*:	
between 10 and 43%rh:	< 3 min
between 43 and 90%rh:	< 5 min
Hysteresis**:	≈ 3%
Maximum voltage:	15 Vp-p
Operating and storage temperature range:	−25 to + 85 °C
Mechanical	
Height:	20.0 mm
Width:	15.5 mm
Thickness:	5.0 mm
Lead distance:	5.08 mm

* to 90% of indicated %rh change at + 25 °C, in circulating air
** for excursion from 10%rh to 90%rh and back to 10%rh

Working with Philips' humidity sensor

Measuring circuitry

Measuring relative humidity using Philips' sensor involves the detection of relatively small capacitance changes. Depending on the level of precision required, several measuring circuits are possible. The circuit of Fig.2, using a metastable flip-flop IC offers simple measurement without linearization.

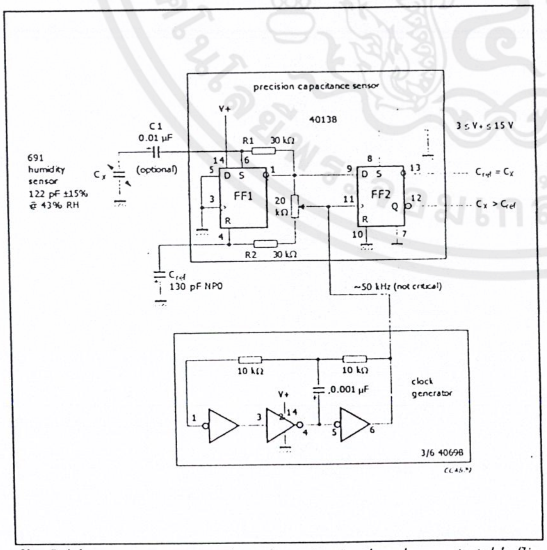


Fig.2 Measuring circuit without linearization based on metastable flip flop. (Circuit courtesy of W. Stephen Woodward of University of North Carolina)

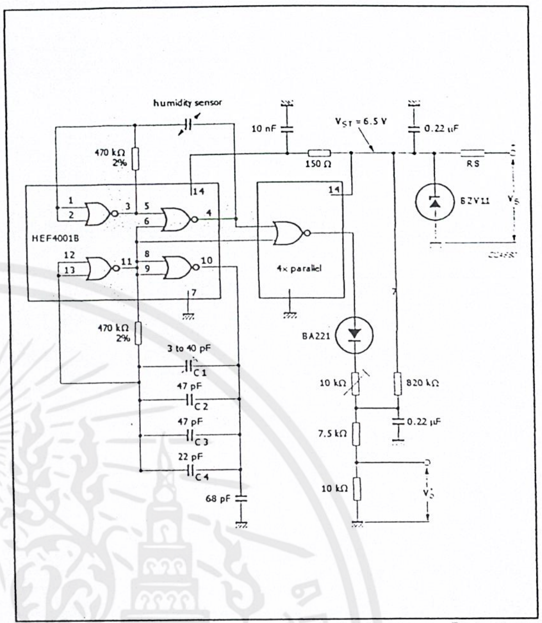


Fig.3 Measuring circuit with linearization. In the circuit, R_8 is chosen so that $R_8 \approx (V_B - V_{ST})/(2\ mA)\ \Omega$

For higher precision, the measuring circuit of Fig.3 incorporating a linearizing network can be used. This circuit is suitable for connecting to an external power supply.

Measuring-circuit calibration

The measuring circuit may be calibrated using a saturated salt solution in a small airtight container to create a *standard relative humidity environment* (ASTM Designation E 104). The saturated salt solution should be prepared from reagent grade chemicals and reagent water produced by distillation or by ion exchange.

Recommended salts (ASTM E 104)

	RH @ 25 °C
Lithium chloride $LiCl$	11.3%
Potassium acetate $KC_2H_3O_2$	22.5%
Magnesium chloride $MgCl_2$	32.8%
Potassium carbonate K_2CO_3	43.2%
Magnesium nitrate $Mg(NO_3)_2$	52.9%
Sodium chloride $NaCl$	75.3%
Potassium chloride KCl	84.3%
Potassium nitrate KNO_3	93.6%
Potassium sulphate K_2SO_4	97.3%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mechanical data and ordering

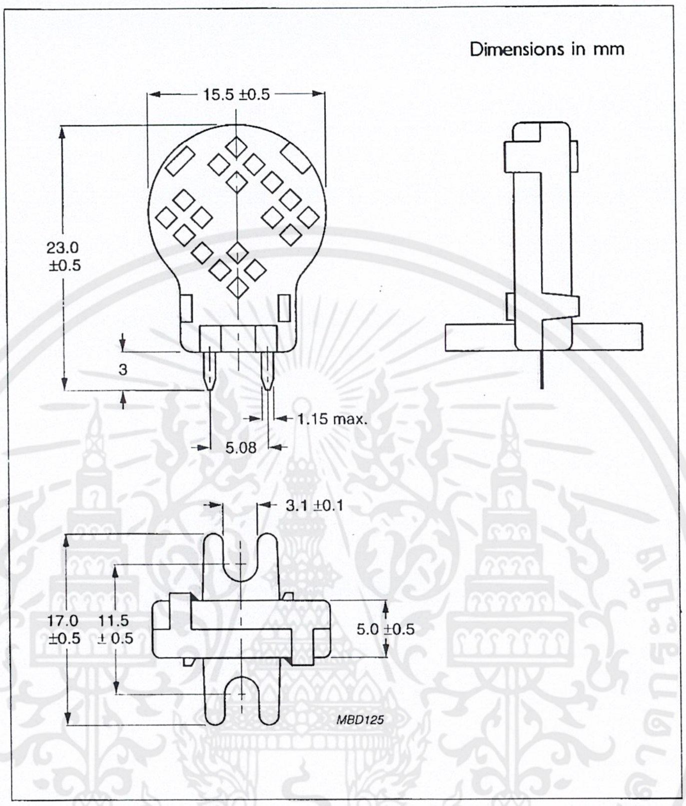


Fig.4 Component outline

Marking

PHILIPS H1.

Mounting

The device can be soldered directly on to a printed-circuit board or fastened with 3 mm bolts.

Soldering

Solderability: ≤240 °C; ≤4 s.
Resistance to heat: ≤240 °C; ≤4 s.

Robustness of terminations

Tensile strength: 10 N.

Ordering code

2322 691 90001.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งาน

เครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเกษตร

เมื่อเครื่องเริ่มทำงาน ส่วนประมวลผลจะทำการตั้งสภาวะเริ่มต้น และแสดงผลที่ LCD และหน่วยประมวลผลจะรอการป้อนค่าข้อมูลทางคีย์สวิตช์แบบเมตริกซ์ถ้าไม่มีการกด หน่วยประมวลผลก็จะทำการวนลูปเพื่อรอรับค่าข้อมูลต่อไปจนกว่าจะมีการป้อนค่าดังกล่าว ซึ่งแบ่งเป็นการป้อนค่าการทำงานจำนวน 3 ค่าได้แก่

1) ค่าอุณหภูมิ โดยหน่วยประมวลผลจะรอรับการป้อนค่าของ อุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุด ซึ่งมีการกำหนดขึ้นโดยผู้ใช้ในช่วง 00 – 99 องศาเซลเซียส

2) ค่าความเข้มของแสง โดยหน่วยประมวลผลทำการรับการป้อนค่าความเข้มของแสงซึ่งกำหนด ขึ้นโดยผู้ใช้ และจะกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ซึ่งจะมีการกำหนดค่าได้ตั้งแต่ 00 – 99 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 1 ค่า

3) ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยหน่วยประมวลผลจะรอรับการป้อนค่าของ ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด และต่ำสุดที่กำหนดขึ้นโดยผู้ใช้ซึ่งต้องกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ในช่วง ตั้งแต่ 00 – 99 เปอร์เซ็นต์

เมื่อผู้ใช้ป้อนค่าที่ต้องการให้กับเครื่องก็จะเริ่มทำงาน และตรวจเช็คสภาพแวดล้อมทั้งสามมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้กำหนดไว้ว่าอยู่ในช่วงที่กำหนดหรือมากกว่าน้อยกว่าค่าที่กำหนดหรือไม่ โดยหน่วยประมวลผลจะทำการสั่งให้มีการส่งสัญญาณลอจิกต่ำออกมาควบคุมการทำงานของวงจรโซลิดสเตทรีเลย์ช่องต่างๆ ซึ่งให้เอาต์พุตเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแรงดัน 220 โวลต์ กระแส 5 แอมป์

ผู้ใช้จึงมีหน้าที่ในการหาอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สามารถสนองความต้องการของผู้ใช้เอง และมีความเหมาะสมที่จะสามารถควบคุม หรือเตือนเมื่อสภาพแวดล้อมที่ควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงไป

การกำหนดค่าโดยผู้ใช้

1) เปิดสวิตช์เครื่อง

2) ป้อนค่าข้อมูลในส่วนของอุณหภูมิ (2 หลัก) แล้วกดปุ่ม [#] เพื่อตอบตกลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEMP MAX IS _

รูปที่ ฉ.1 หน้าจอของแอลซีดีเพื่อป้อนค่าอุณหภูมิสูงสุด

TEMP MIN IS _

รูปที่ ฉ.2 หน้าจอของแอลซีดีเพื่อป้อนค่าอุณหภูมิต่ำสุด

3) ป้อนค่าข้อมูลในส่วนของความเข้มแสง (2 หลัก) แล้วกดปุ่ม [#] เพื่อตอบตกลง

LIGHT MIN IS _

รูปที่ ฉ.3 หน้าจอของแอลซีดีเพื่อรอป้อนค่าความเข้มของแสง

4) ป้อนค่าข้อมูลในส่วนของความชื้นสัมพัทธ์และกดปุ่ม [#] เพื่อตอบตกลง

HUMID MAX IS _

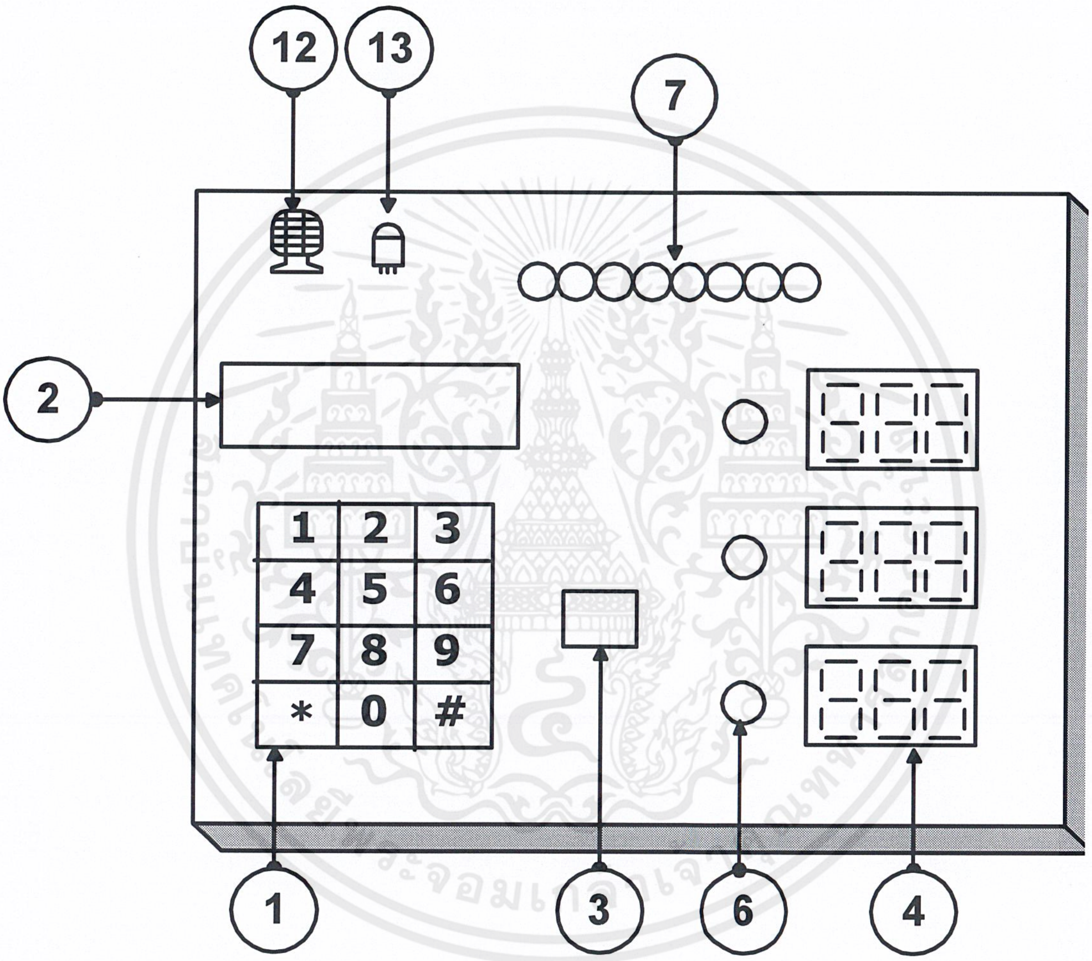
รูปที่ ฉ.4 หน้าจอของแอลซีดีเพื่อรอป้อนค่าเปอร์เซ็นความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด

HUMID MIN IS _

รูปที่ ฉ.5 หน้าจอของแอลซีดีเพื่อรอป้อนค่าเปอร์เซ็นความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด

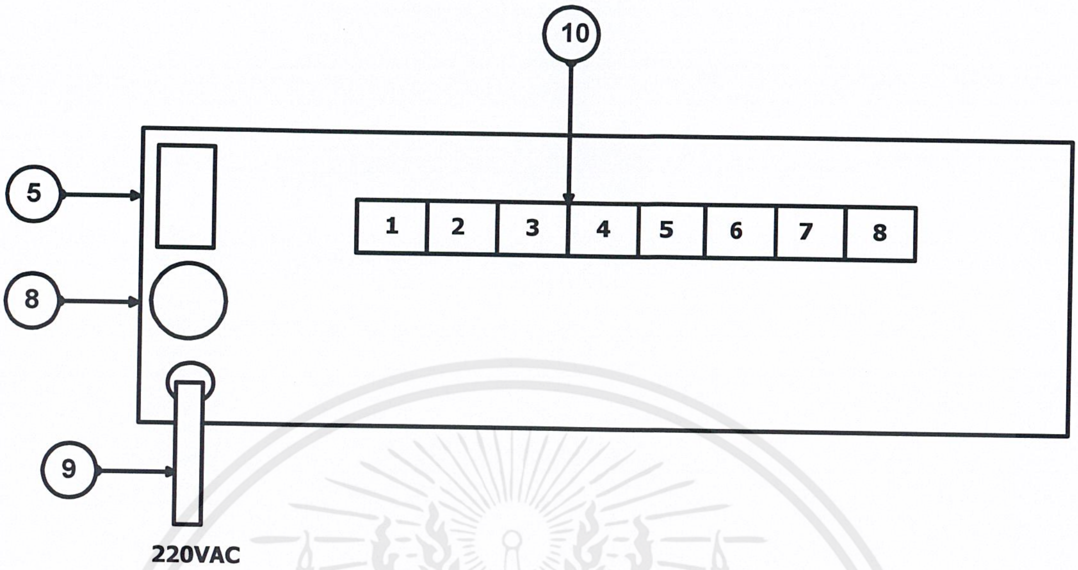
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) กดปุ่มรีเซ็ต เพื่อทำการแก้ไขค่าใหม่ทั้งหมด หรือถ้าไม่มีการกดเครื่องก็จะเริ่มทำงานโดยอัตโนมัติและจะแสดงค่าของอุณหภูมิ ความเข้มแสง และความชื้นสัมพัทธ์ ที่ส่วนแสดงผล 7–Segment



รูปที่ ฉ.6 ตำแหน่งอุปกรณ์ด้านหน้าของเครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมในห้องปฏิบัติการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ฉ.7 ตำแหน่งอุปกรณ์ด้านหลังของเครื่องควบคุมสภาพแวดล้อมในห้องปฏิบัติการเกษตร

ตำแหน่ง และหน้าที่ของอุปกรณ์บนเครื่องควบคุม

1) คีย์สวิตช์เมตริกซ์ ทำหน้าที่ เป็นส่วนรับข้อมูลของผู้ใช้เพื่อป้อนให้แก่หน่วยประมวลผล

2) ส่วนแสดงผลด้วย LCD ทำหน้าที่ แสดงผลการทำงานครั้งแรก และระหว่างที่มีการป้อนข้อมูลจากผู้ใช้

3) สวิตช์รีเซต ทำหน้าที่ เป็นตัวเคลียร์ข้อมูลทุกค่า และจะมีการรอรับค่าใหม่

4) ส่วนแสดงผล 7-Segment ทำหน้าที่ เป็นส่วนแสดงผลค่าที่ตรวจจับได้ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเข้มแสง และความชื้นสัมพัทธ์

5) สวิตช์ปิด-เปิด ทำหน้าที่ปิด-เปิดเครื่อง

6) หลอดไฟสถานะ ทำหน้าที่ แสดงสถานะของโหลดปกติ (ดับ) และไม่ปกติ (ติด)

7) หลอดไฟแสดงสถานะของโซลิดสเตทรีเลย์ ทำหน้าที่ แสดงสถานะของการปิด-เปิดไฟสลับ 220 โวลต์

8) ฟิวส์ ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกัน

9) สายไฟเอซี ใช้สำหรับต่อไฟสลับ 220 โวลต์เพื่อเลี้ยงวงจร

10) ช่องเอาต์พุต ใช้สำหรับต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าตามต้องการของผู้ใช้ โดยจะต้องมีอัตรากำลังงานไม่เกิน 2,200 วัตต์ สามารถแบ่งเป็นช่องได้ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่องที่ 1 และ 2 สำหรับต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อควบคุมอุณหภูมิเมื่อมีค่าผิดพลาดด้านอุณหภูมิค่าต่ำเกิดขึ้น

ช่องที่ 3 และ 4 สำหรับต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อควบคุมอุณหภูมิเมื่อมีค่าผิดพลาดด้านอุณหภูมิค่าสูงเกิดขึ้น

ช่องที่ 5 และ 6 สำหรับต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อควบคุมทางด้านแสง

ช่องที่ 7 สำหรับต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ เมื่อมีค่าผิดพลาดด้านความชื้นสัมพัทธ์มีค่าต่ำเกิดขึ้น

ช่องที่ 8 สำหรับต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเมื่อมีค่าความผิดพลาดด้านความชื้นสัมพัทธ์ค่าสูงเกิดขึ้น

11) เซนเซอร์แสง ทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับปริมาณแสงที่ตกกระทบนอกอาคาร

12) เซนเซอร์ความชื้น จะทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับความชื้นในอากาศภายในห้องปฏิบัติการเกษตร

13) เซนเซอร์อุณหภูมิ ทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับอุณหภูมิของห้องปฏิบัติการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

คณาจารย์ภาควิชาปฐพี คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร :โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, 2535.

ชัยวัตน์ ลิ้มพรจิตรวิไล และวรพจน์ กราบแก้ววัฒนกุล. **เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.** กรุงเทพมหานคร : อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, ม.ป.ป.

ธีรวัฒน์ ประกอบผล. **การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2543.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายชูเกียรติ บุญมา
วันเดือนปีเกิด	16 พฤศจิกายน 2522
สถานที่เกิด	จังหวัด ปราจีนบุรี
ภูมิลำเนาเดิม	202 ถนน ราษฎรดำริ ตำบล หน้าเมือง อำเภอ เมือง จังหวัด ปราจีนบุรี 25000
ที่อยู่ปัจจุบัน	272/5 ซอย กรมที่ดินเก่า ถนน อ่อนนุช เขต ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทรศัพท์	0-2739-0087

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนเมืองปราจีนบุรี
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนปราจิณราษฎรอำรุง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ความดังไม่คงที่ แต่ความดีสิคงทน เกิดเป็นคนควรหมั่นขยันเอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายทวีศักดิ์ คำคง
วันเดือนปีเกิด	18 ตุลาคม 2522
สถานที่เกิด	จังหวัด พัทลุง
ภูมิลำเนาเดิม	68/1 หมู่ 5 ตำบล นาปะขอ อำเภอ บางแก้ว จังหวัด พัทลุง 93140
ที่อยู่ปัจจุบัน	82/72 หมู่บ้าน อ่อนนุชนิเวศน์ 1 ถนน อ่อนนุช ลาดกระบัง แขวง ลาดกระบัง เขต ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10521
โทรศัพท์	0-2739-2508 กด 0

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดนาหม่อม
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบางแก้วพิทยาคม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่
ปริญญาตรี	สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	คนที่ทำมีโอกาสล้มเหลว แต่คนที่ไม่ทำจะไม่มีโอกาสประสบกับความสำเร็จได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายองอาจ ไชยลังกา
วันเดือนปีเกิด	17 กรกฎาคม 2522
สถานที่เกิด	จังหวัด แพร่
ภูมิลำเนาเดิม	164 หมู่ 9 ตำบล พระหลวง อำเภอ สูงเม่น จังหวัด แพร่ 43000
ที่อยู่ปัจจุบัน	397/1 หมู่ 1 ซอย จินดานิเวศน์ 10 ถนน อ่อนนุช เขต ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทรศัพท์	-
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดพระหลวง
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนสูงเม่นชนูปถัมภ์
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคแพร่
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคแพร่
ปริญญาตรี	สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	จงยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นก่อนที่จะให้ผู้อื่นยอมรับความคิดเห็นของเรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายนิรุจน์ บัวประทุม
วันเดือนปีเกิด	26 มีนาคม 2522
สถานที่เกิด	จังหวัด ระยอง
ภูมิลำเนาเดิม	232 หมู่ 1 ตำบล ตาสิทธิ์ อำเภอ ปลวกแดง จังหวัด ระยอง 21140
ที่อยู่ปัจจุบัน	261/134 ซอย ดับเพลิง ถนน หลวงแพ่ง แขวง ทับยาว เขต ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทรศัพท์	0-2738-0006-9 ห้อง 189, 0-3896-4158
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านคลองกร่ำ
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนปลวกแดงพิทยาคม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	คับที่อยู่ได้ คับใจอยู่ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้