สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การประยุกต์ใช้สมองกลฝังตัวสำหรับการเกษตร

An application of embedded system for agritronics

โดย

นาย ธราพงศ์ วงศ์วัฒนากิจ

นาย ศรายุทธ์ บุญมาเลิศ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72021
วัน,เดือน,ปี - 7 มิ.ย. 2550

.b 11761921
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AN APPLICATION OF EMBEDDED SYSTEM FOR AGRITRONICS

BY

Mr. TRAPONG WONGWATTANAKIJ

Mr. SRAYUT BUNMALERST

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMNT FOR THE DEGEE OF

BACHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การประยุกต์ใช้สมองกลฝังตัวสำหรับการเกษตร
ชื่อนักศึกษา	นาย ธราพงศ์ วงศ์วัฒนากิจ รหัสประจำตัว 47015600
	นาย ศรายุทธ บุญมาเลิศ รหัสประจำตัว 47015615
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. มนต์ชัย แช่มช้อย
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
	สาขา วิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2549

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับการอนุมัติเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

.....

(ผศ. มนต์ชัย แช่มช้อย)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การประยุกต์ใช้สมองกลฝังตัวสำหรับการเกษตร
ชื่อนักศึกษา	นาย ธราพงศ์ วงศ์วัฒนากิจ รหัสประจำตัว 47015600
	นาย ศรายุทธ บุญมาเลิศ รหัสประจำตัว 47015615
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. มนต์ชัย แช่มช้อย
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
	สาขา วิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2549

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการเกษตรได้พัฒนานำเอาเทคโนโลยีเข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินงานมากขึ้น โครงงานนี้จึงได้นำระบบสมองกลฝังตัวมาใช้เพื่อควบคุมความชื้น อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่างที่ใช้ในการปลูกพืชในสารละลาย โดยนำอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ใช้ในการควบคุมต่อเข้ากับระบบสมองกลฝังตัว เพื่อตรวจเช็คค่าที่ใช้ในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และมีการแสดงค่าต่างๆ ทางหน้าจอ LCD นอกจากนั้นระบบยังสามารถบันทึกค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืชไว้ใน หน่วยความจำของระบบสมองกลฝังตัวได้ด้วย และสามารถเรียกดูข้อมูลผ่านทางอินเทอร์เน็ตได้ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าพืชสามารถเจริญเติบโตได้ดีอีกทั้งยังง่ายต่อการใช้งานและดูแลรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	An application of embedded system for agritronics
Student	Mr. Trapong Wongwattanakij ID 47015600
	Mr. Srayut Bunmalerst ID 47015615
Advisor	Asst. Prof. Monchai Chamchoy
Graduate Level	Bachelor Degree of Information Engineering
Department	Information Engineering
Academic Year	2006

Abstract

Nowaday, the technology has become a part in operation of agriculture. In this project, the embedded system is use to control the humdivity, temperature, ph lavel of hydrophonics. The sensors are interfaced with embedded system to control and observe the growing of plants. And the parameter of plants controller can display on LCD monitor. The system can record the parameter for using in control the plants into the memory of embedded system. Moreover, it can show the recorded data via the internet explorer. From the experimental results, the plants are grown continuously and easy to manage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ต้องขอขอบพระคุณ ผศ. มนต์ชัย แช่มช้อย อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่คอยช่วยเหลือชี้แนะแนวทางในการทำงานจนสำเร็จ และให้คำปรึกษาในทุกๆ ด้าน ตลอดจนทุนทรัพย์ที่ใช้ในการทำโครงงาน ขอขอบพระคุณ อาจารย์สมภพ แก้วมีชัย ที่คอยให้การช่วยเหลือในด้านต่างๆ และสุดท้ายนี้ต้องขอขอบพระคุณ อาจารย์อิทธิสุนทร นันทกิจ และพี่ๆ ปริญญาโท ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่เอื้ออำนวยสถานที่ ที่ใช้ในการปลูกพืช รวมทั้งอุปกรณ์ต่างๆ และคำแนะนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทในการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ต่างๆมากมาย และในปัจจุบันเทคโนโลยีที่นำมาใช้ยังมีขนาดเล็กแต่กลับมีความสามารถในการทำงานดีกว่าแบบเดิมๆ โครงการนี้จึงได้เห็นถึงประโยชน์และความสามารถของระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) เข้ามาประยุกต์ใช้ร่วมกับอุปกรณ์ตรวจจับความชื้นและอุณหภูมิ เพื่อใช้ในการควบคุมแปลงการทดลองทางการเกษตร ซึ่งการควบคุมแปลงทดลองทางการเกษตรนี้ไม่จำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการควบคุมเพราะมีขนาดใหญ่และสิ้นเปลืองพลังงานมาก แต่เราจะใช้ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) เข้ามาเป็นตัวควบคุมแปลงทดลองทางการเกษตรแทน เพราะมีการทำงานใกล้เคียงกับการประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์และยังมีขนาดเล็กเสมือนไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่มีความสามารถมากกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์

โครงการนี้ได้กำหนดให้มีการควบคุมอุปกรณ์ 2 ส่วน คือ ควบคุมอุณหภูมิ และควบคุมความชื้น โดยอุปกรณ์ตัวแรกนี้จะเป็นการควบคุมค่าอุณหภูมิ เพื่อให้พืชได้รับอุณหภูมิที่เหมาะสมกับชนิดของพืช ซึ่งจะทำให้มีความเที่ยงตรงและมีประสิทธิภาพ ส่วนอุปกรณ์ตัวที่สองนั้นจะเป็นการควบคุมค่าความชื้นให้เหมาะกับความต้องการของพืชในแปลงทดลอง เพราะความชื้นเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการเจริญเติบโตของพืช เราจึงต้องมีอุปกรณ์ควบคุมเพื่อให้พืชมีการเจริญเติบโตได้ดี

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับชนิดต่างๆ

1.2.2 นำหลักการของอุปกรณ์ตรวจจับชนิดต่างๆมาประยุกต์ใช้กับแปลงทดลองทางการเกษตร

1.2.3 เพื่อศึกษาหลักการทำงานของระบบสมองกลฝังตัว

1.2.4 นำหลักการของระบบสมองกลฝังตัวเพื่อนำมาใช้เก็บข้อมูลของพืช

1.2.5 เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับการปลูกพืชได้หลายชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1ออกแบบระบบโครงข่ายอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิความชื้นและค่า PHโดยให้อุปกรณ์ตรวจจับสามารถส่งข้อมูลส่งข้อมูลไปประมวลผลและเก็บข้อมูลไว้ที่ Embedded System

1.3.2 ระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิความชื้นและค่าPH ได้ โดยใช้อุปกรณ์ตรวจจับ

1.3.3 ระบบสามารถเก็บข้อมูลของพืชแต่ละชนิด เพื่อเก็บเป็นสถิติต่อไปได้

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1ระบบสามารถควบคุมการเจริญเติบโตของพืชได้ดี ทำให้พืชเติบโตอย่างมีประสิทธิภาพ

1.4.2 ระบบสามารถเปลี่ยนแปลงกระบวนการควบคุมค่าต่าง ๆ ได้

1.4.3 เจ้าหน้าที่สามารถเก็บข้อมูลทางสถิติได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ภาพรวมของระบบการทำงานจะประกอบไปด้วยหลักการดังนี้คือจะนำข้อมูลการวัดค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นจากอุปกรณ์ตรวจจับความชื้นและอุณหภูมิโดยจะส่งข้อมูลมาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งข้อมูลมาเก็บไว้ที่ Embedded System โดยจะส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรมหรือ Serial Port (RS-232)

2.1 ระบบฝังตัว

Embedded System หรือระบบฝังตัวเป็นเทคโนโลยีที่น่าสนใจเป็นอย่างมากอุปกรณ์ไฟฟ้า อุปกรณ์สื่อสารต่างๆในปัจจุบันส่วนใหญ่ได้มีการเพิ่มหน่วยประมวลผลเข้าไปเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานของผลิตภัณฑ์ ให้มีประสิทธิภาพ มีความแตกต่างจากคู่แข่งด้วยการสร้างจุดเด่นให้กับผลิตภัณฑ์ของตัวเอง ระบบEmbedded System นี้ จึงเข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากเทคโนโลยีระบบฝังตัวสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับตามความซับซ้อนในการประมวลผลและลักษณะการใช้งานคือ1.ระบบฝังตัวขนาดเล็กที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับควบคุมอุปกรณ์อีเล็กทรอนิกส์ พื้นฐานที่มีการทำงานไม่ซับซ้อนมากนัก2.ระบบฝังตัวขนาดเล็กที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีความสามารถในการทำงานสูงขึ้น 3.ระบบฝังตัวขนาดใหญ่ที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ที่มีความสามารถในการประมวลผลมากเหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการความสามาในการประมวลผลมากเป็นพิเศษ

ระบบฝังตัวขนาดเล็กจะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ขนาดเล็กจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีหน่วยความจำและส่วนติดต่ออินพุต เอาต์พุตรวมทั้งส่วนประกอบอื่นๆ ที่จำเป็นรวมอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เองเพื่อความสะดวกในการพัฒนาระบบฝังตัวชนิดนี้นิยมใช้ในงานควบคุมประมาณ 10-20 กิโลไบต์ มีพอร์ตอินพุตเอาต์พุต 1- 4 พอร์ต สามารถติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมหรือขนานได้ทันที ตัวอย่างของไมโครคอนโทรลเลอร์เหล่านี้ได้แก่ Z80, MCS-51 และPIC เป็นต้น

ระบบฝังตัวขนาดกลาง เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ทีมีความสามารถสูงขึ้นมีหน่วยความจำมากขึ้นมีความสามารถในการประมวลผลสูงขึ้น มักใช้ในงานที่ต้องการความสามารถพิเศษซึ่งไมโครโปรเซสเซอร์ ขนาดเล็กไม่สามรถทำงานได้ ไมโครโปรเซสเซอร์เหล่านี้มักมีขนาด 16 บิตและ 32 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบฝังตัวขนาดใหญ่ เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ที่มีความสามารถในการประมวลผลมาก เป็นพิเศษส่วนใหญ่จะเป็นระบบฝังตัวที่ใช้ไมโครโพรเซสเซอร์ที่ได้รับการออกแบบสำหรับประมวลผลเป็นหลัก หรืออาจจะเป็นระบบฝังตัวที่ใช้คอมพิวเตอร์เป็นพื้นฐาน(PC-Based) อาจจะใช้ระบบปฏิบัติการพื้นฐานไม่ว่าจะเป็นระบบ DOS หรือ LINUX ในการทำงานเพื่อให้ง่ายในการพัฒนาและบำรุงรักษาซอฟต์แวร์ เนื่องจากสามรถเพิ่มเติมหรือแก้ไขซอฟแวร์ได้ง่าย และรวดเร็วกว่าทีสำคัญคือ ออกแบบทำงนหลายอย่างพร้อมกันได้ระบบฝังตัวประเภทนี้มักจะนำไปประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์สำหนับระบบเครือข่ายดังเช่น เร้าเตอร์ อินเตอร์เน็ต หรือเว็บเซิร์ฟเวอร์เป็นต้น

2.2 การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน หมายถึง วิธีการผลิตพืชโดยทำการปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืช (Nutrient Solution) หรือในวัสดุปลูกที่เหมาะสม สามารถจำแนกได้เป็น 2 แบบใหญ่ ๆ ดังนี้

2.2.1 การปลูกพืชในสารละลาย (Solution Culture หรือ Water Culture)

เป็นการปลูกพืชโดยปล่อยรากพืชเจริญเติบโตในสารละลายธาตุอาหารพืชโดยไม่มีวัสดุปลูกใด ๆ รองรับรากพืช แบ่งออกได้หลายวิธีดังนี้

2.2.1.1 Liquid Culture

เป็นเทคนิคไฮโดรโปนิกส์ดั้งเดิม โดยการใช้เทคนิคนี้มีหลักการว่ารากพืชจะต้องแช่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืช แต่ส่วนต่อระหว่างรากหรือโคน จะถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุที่ไม่เป็นอันตรายต่อพืช (Inert Material) และยกไว้เหนือระดับน้ำมีทั้งแบบที่ใช้น้ำลึก (Deep Water Culture) ซึ่งมีระดับน้ำสูงประมาณ 8 ถึง 20 เซนติเมตร และแบบน้ำตื้น (Semi-Deep Water Culture) ซึ่งมีระดับน้ำสูงประมาณ 5 ถึง 10 เซนติเมตร มีการให้อากาศโดยการพ่นเป็นฟองที่แทรกอยู่ในสารละลายโดยใช้เครื่องสูบลม ซึ่งสารละลายธาตุอาหารพืชจะหมุนเวียนอยู่ภายในภาชนะปลูก โดยการเคลื่อนไหวของฟองอากาศ (Non-Circulation System) อีกแบบหนึ่งสารละลายธาตุอาหารพืชมีการไหลหมุนเวียนออกไปนอกภาชนะปลูก ลงสู่ถังสารละลายธาตุอาหารพืชถูกสูบให้กลับสู่ภาชนะปลูกใหม่ (Circulation System) การที่สารละลายธาตุอาหารพืชไหลเวียนอย่างเหมาะสม จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วยเพิ่มอากาศหรือก๊าซออกซิเจนลงในสารละลายธาตุอาหารพืช รวมทั้งสะดวกต่อการปรับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืช

2.2.1.2 Aeroponics

เป็นการปลูกพืชโดยมีการให้สารละลายธาตุอาหารพืชในรูปของการพ่นเป็นหมอกหรือละอองไปยังรากพืชโดยมีการให้สารละลายธาตุอาหารพืชที่ถูกแขวนอยู่ในอากาศในที่มืด ความบ่อยครั้งและความยาวนานของการฉีดแต่ละครั้งอาจแตกต่างกันไปตามชนิดพืชและสภาพบรรยากาศที่ห่อหุ้มรากพืช เช่น อาจมีการฉีดสารละลายธาตุอาหารพืช 3 นาที และหยุด 1-2 นาที โดยการตั้งเวลา เพื่อให้ภาพในห้องมืดคงความชุ่มชื้น 95-100% RH การปลูกพืชเทคนิคนี้มักใช้ศึกษาเกี่ยวกับสรีระวิทยาของพืช ข้อดีของระบบนี้คือรากแพร่กระจายได้ดี เพราะไม่มีสิ่งกีดขวางและได้รับอาหารเต็มที่

2.2.1.3 Nutrient Film Technique (NFT)

เป็นเทคนิคการปลูกพืชที่พัฒนาโดย Cooper บางทีเรียก Trough Culture, Trench Culture, Gully Culture หรือ Channel Culture ซึ่งเป็น Water Culture อีกเทคนิคหนึ่งที่ได้รับความสนใจมากมีหลักการว่ารากพืชจะแช่อยู่ในลำรางโลหะที่มีพลาสติกปูพื้นและใช้วัสดุห่อหุ้มต้น หรือปลูกในลำรางที่มี Polyurethane Foam รองรับพืชที่ปรับรากพืชที่ปรับความลาดเทไว้ ประมาณ 2 การใส่สารละลายธาตุอาหารพืชจะใช้เครื่องสูบน้ำดูดจากถังเก็บสารละลายธาตุอาหารพืชแล้วปล่อยให้ไหลเป็นแผ่นบาง ๆ ผ่านรากพืชด้วยอัตราความเร็ว 2 ลิตรต่อนาที รากจะได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอด้านปลายลำรางจะมีน้ำรองรับสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แล้วไปรวมที่ถังเพื่อดูดกลับไปใช้ใหม่การปลูกพืชเทคนิคนี้ต่อมาได้รับการพัฒนาให้มีวัสดุรองรับรากพืช เพื่อช่วยลดปัญหาการที่รากมีการเจริญเติบโตแล้วจับตัวเป็นแผ่นหนาแน่นทำให้เกิดการกีดขวางลำรางสารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านไม่สะดวกเป็นผลให้เกิดการชะงักการเจริญเติบโตของพืชในปัจจุบันได้มีการพัฒนาแท่งปลูก เช่น ร็อกวูล และมีการนำมาใช้ในการปลูกผักเป็นเชิงพาณิชย์ในหลายประเทศ

2.2.2 ปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

2.2.2.1 ปัจจัยทางด้านพันธุกรรม

ยีน (Gene) เป็นตัวกำหนดลักษณะต่าง ๆ ของพืช เช่น การเจริญเติบโตของพืช สี ความสูง ขนาด ความสามารถในการให้ผลผลิตของพืช ความสำคัญของปัจจัยด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธุกรรมจะแสดงให้เห็นได้อย่างเด่นชัดในพันธุ์พืชที่เป็นลูกผสม (hybrid) อย่างไรก็ตาม พันธุ์พืชที่จะใช้กับการปลูกพืชโดยเฉพาะยังไม่มีหรือมีน้อยมาก

2.2.2.2 ปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม

แม้ว่าพันธุกรรมจะเป็นตัวกำหนดศักยภาพในการเจริญเติบโต หรือการให้ผลผลิตของพืช แต่การที่พืชจะเจริญเติบโตหรือให้ผลผลิตได้ถึงระดับที่ศักยภาพของพืชกำหนด ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งมีมากมายหลายชนิด แต่มีปัจจัยที่สำคัญ ๆ ดังนี้

- อุณหภูมิ
- ความชื้น
- แสง
- อากาศ
- ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

อุณหภูมิ อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับพืชชั้นสูงทั่วไปอยู่ระหว่าง 15-40 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่สูงหรือต่ำกว่านี้ จะทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลงอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิด สายพันธุ์ อายุ และช่วงการเจริญเติบโตของพืช อุณหภูมิ มีผลกระทบโดยตรงกับการสังเคราะห์แสง การหายใจ การดูดธาตุอาหาร การคายน้ำ และกิจกรรมของเอ็นไซม์ต่าง ๆ ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะมีผลรวมต่อการเจริญเติบโตของพืช

สำหรับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินอุณหภูมิมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำได้จะลดลง ทำให้ไม่มีออกซิเจนเพียงพอต่อการหายใจของราก เช่น เมื่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจาก 25 องศาเซลเซียส ไปเห็น30 องศาเซลเซียส จะทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงจาก 8.25 ส่วนในล้านส่วน เหลือเพียง 7.51 ส่วนในล้านส่วน (ppm)

ความชื้น เป็นปัจจัยที่สำคัญมากต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าดินมีความชื้นสูงหรือต่ำเกินไปจะมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช หากรากไม่สามารถดูดน้ำได้ทันกับอัตราการคายน้ำของพืช จะทำให้การเจริญเติบโตของพืชชะงัก และเซลล์ของพืชไม่เต่งตึงเท่าที่ควร

แสง ตามธรรมชาติพืชจะใช้แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน เพื่อทำให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์แสงที่ใบหรือส่วนที่มีสีเขียวโดยมีคลอโรฟิลล์เป็นตัวรับแสงเพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ให้เป็นกลูโคสและก๊าซออกซิเจน ทั้งคุณภาพแสง ความเข้มแสงและระยะเวลาที่พืชได้รับแสง ล้วนมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชที่ปลูกในบ้านหรือในเรือนทดลองอาจใช้แสงสว่างจากไฟฟ้าทดแทนแสงอาทิตย์ได้ แต่ก็เป็นการสิ้นเปลืองและการเจริญเติบไม่สมบูรณ์

อากาศ พืชใช้ก๊าซออกซิเจนในกระบวนการหายใจ เพื่อเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งถูกเก็บไว้ในรูปพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนกระบวนการเมตาโบลิซึมต่าง ๆ การหายใจของส่วนเหนือดินของพืชมักไม่มีปัญหา เพราะในบรรยากาศมีก๊าซออกซิเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ถึง 20 % แต่สำหรับการปลูกพืชโตยวิธีไฮโดรโปนิกส์ โดยเฉพาะระบบ Water culture และ Liquid culture รากพืชมักจะขาดออกซิเจนจึงจำเป็นต้องให้ออกซิเจนในจำนวนที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช โตยการให้ในรูปของฟองอากาศที่แทรกอยู่ในสารละลายด้วยการใช้ปั๊มลม หรือการใช้ระบบน้ำหมุนเวียน ถ้าในดินหรือในวัสดุปลูกมีออกซิเจนไม่เพียงพอพืชจะมีรากยาว สีขาว และมีรากฝอยมาก ปริมาณออกซิเจนในดินและวัสดุปลูก จะมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับปริมาณความชื้นหรือน้ำในดิน กล่าวคือ เมื่อดินหรือวัสดุปลูกมีความชื้นสูง จะมีอากาศหรือออกซิเจนน้อยแต่เมื่อดินมีความชื้นต่ำจะมีออกซิเจนมาก สำหรับคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีอยู่ทั่วไปในอากาศ 0.033% เป็นสารอินทรีย์ดั้งต้นในการสังเคราะห์แสง บริเวณที่มีการปลูกพืชรวมกันอย่างหนาแน่น ในช่วงกลางวันที่พืชมีการสังเคราะห์แสงได้มาก คาร์บอนไดออกไซด์อาจเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของพืชได้

ความเป็นกรดเป็นด่าง (PH) มีผลทางอ้อมต่อการเจริญเติบโต เพราะเกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช นั่นคือ ค่า pH 5.5-6.5 เป็นช่วงที่ธาตุอาหารทุกธาตุมีประโยชน์สำหรับพืชปลูก สำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล็กและสังกะสี จะเปลี่ยนไปตามค่า pH ของสารละลายหรือการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักบางธาตุ เช่น ฟอสฟอรัส ดังนั้น การควบคุม pH หรือการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง

2.3 หลักการวัดความชื้นในอากาศ

ระบบควบคุมในโรงงานอุตสาหกรรม การควบคุมความชื้นนั้น ในบางกระบวนการถือว่ามีความจำเป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ทฤษฎีความชื้นในบรรยากาศ

ความชื้นของอากาศ หมายถึง ปริมาณไอน้ำที่ปะปนอยู่ในอากาศ ได้มาจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ความชื้นในอากาศมี 3 แบบ คือ

ความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute Humidity)

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)

ความชื้นจำเพาะ (Specific Humidity)

2.3.2 ความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute Humidity)

ความชื้นสมบูรณ์ หมายถึง อัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ กับปริมาตรของอากาศนั้น

$$\text{สูตรความชื้นสมบูรณ์} = \frac{\text{มวลของไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ}}{\text{ปริมาตรของอากาศ}} \quad (2.1)$$

โดยมีหน่วยวัดเป็นกรัม ต่อ ลูกบาศก์เมตร

2.3.3 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)

ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเป็นอัตราส่วนของจำนวนไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ ต่อจำนวนไอน้ำที่อาจมีได้จนอิ่มตัวเต็มที่ในอากาศเดียวกันนั้น ความชื้นสัมพัทธ์จึงกำหนดเป็นเรือนร้อย โดยให้จำนวนความชื้นที่อิ่มตัวเต็มที่เป็น 100 ส่วนประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตรจึงมีอากาศร้อนชื้นปกคลุมเกือบตลอดปี เว้นแต่บริเวณที่อยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดินตั้งแต่ภาคกลางขึ้นไปความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงชัดเจนในฤดูหนาวและฤดูร้อน โดยเฉพาะฤดูร้อนจะเป็นช่วงที่

ความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงต่ำสุดในรอบปี ในบริเวณดังกล่าวมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปี 72-74 เปอร์เซ็นต์ และจะลดลงเหลือ 62-69 เปอร์เซ็นต์ในช่วงฤดูร้อนเดียวกัน

$$\text{Relative Humidity} = \frac{\text{Absolute Humidity}}{\text{ความชื้นมากที่สุดที่อากาศจะรับได้ในอุณหภูมิ}} \times 100 \quad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 ความชื้นจำเพาะ (Specific Humidity)

เป็นอัตราส่วนของน้ำหนักไอน้ำในอากาศในขณะนั้น เป็นกรัมต่อน้ำหนักอากาศ 1 กิโลกรัม

$$\text{ความชื้นจำเพาะ} = \frac{\text{น้ำหนักไอน้ำในอากาศขณะนั้นเป็น}}{\text{น้ำหนักของอากาศ(รวมไอน้ำ 1 ก.ก.)}} \quad (2.3)$$

ความชื้นจำเพาะของอากาศจะคงที่เสมอ แม้อุณหภูมิหรือปริมาตรของอากาศเปลี่ยนไป จึงมีประโยชน์ ในการอธิบายลักษณะความชื้นในอากาศของมวลอากาศบนพื้นโลก เช่น อากาศแถบขั้วโลกเหนือจะมีความชื้นจำเพาะ 0.2 กรัมต่ออากาศ 1 กิโลกรัม

เมื่อความชื้นในอากาศมาก หมายถึง ในอากาศมีไอน้ำมาก สามารถรับไอน้ำได้อีกเล็กน้อยเท่านั้น อากาศก็จะอิ่มตัว ซึ่งจะทำให้นำจากที่ต่าง ๆ ระเหยได้น้อย รวมทั้งตัวเราด้วย (เหงื่อ) ทำให้รู้สึกอึดอัดและเหนียวตัว ผ้าแห้งช้า โดยจะตรงข้ามกับอากาศแห้ง

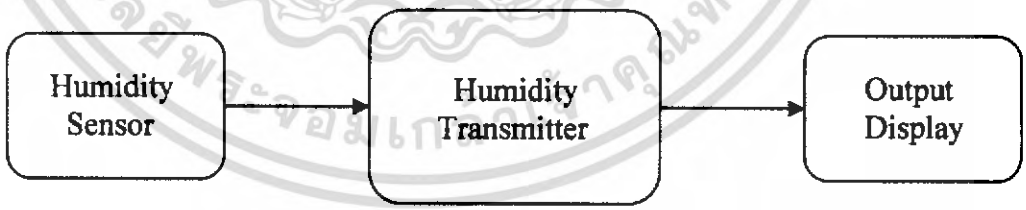
2.3.5 หลักการวัดความชื้นในอากาศ

การวัดความชื้นในอากาศ เป็นการวัดหาปริมาณไอน้ำที่ปนอยู่ในอากาศซึ่งหลักการโดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1.เซนเซอร์ตรวจจับความชื้น (Humidity Sensor)

2.ส่วนปรับแต่งสัญญาณ (Humidity Transmitter)

3.ส่วนแสดงผล (Display)



รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของการวัดความชื้น

เซ็นเซอร์ตรวจจับความชื้น (Humidity Sensor)

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจจับความชื้นแล้วแปลงให้อยู่ในรูปของ ความต้านทาน หรือค่าความจุไฟฟ้า หรือสัญญาณในรูปอื่น ๆ เพื่อที่จะนำสัญญาณเหล่านี้มาใช้ในการควบคุมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนปรับแต่งสัญญาณ (Humidity Transmitter)

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณในรูปของความชื้น ให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า

ส่วนแสดงผล (Display) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แสดงผลการทำงาน เช่น LED หรือจอคอมพิวเตอร์

2.4 ทฤษฎีการตรวจวัดอุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของวัตถุที่เกี่ยวข้องกับพลังงานจลน์เฉลี่ยของอะตอมและโมเลกุลของวัตถุ แต่ความร้อนเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งซึ่งไม่ได้เป็นคุณสมบัติประจำตัวของวัตถุนั้น ๆ เมื่ออะตอมหรือโมเลกุลเกิดการสั่นไหวเคลื่อนที่ได้เร็วยิ่งขึ้น พลังงานจลน์ของมันก็จะมากขึ้นตามด้วยวัตถุนั้นก็จะร้อนขึ้น และมีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วยผลของความร้อนประการหนึ่งที่เห็นชัดเจนก็คือ เมื่อความร้อนเคลื่อนที่เข้าสู่วัตถุใด ๆ ก็ตามจะทำให้อุณหภูมิของวัตถุนั้นสูงขึ้น

หน่วยวัดอุณหภูมิที่นิยมใช้กัน คือ ฟาเรนไฮต์ ซึ่งถูกคิดค้นโดยนักฟิสิกส์ชาวเยอรมันชื่อ Gabriel Fahrenheit มีจุดเยือกแข็งของน้ำอยู่ที่ 32 องศาฟาเรนไฮต์ และจุดเดือดของน้ำอยู่ที่ 212 องศาฟาเรนไฮต์

เซลเซียส ถูกคิดค้นโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดนชื่อ Ander Celsius มีจุดเยือกแข็งของน้ำที่ 0 องศาเซลเซียส และมีจุดเดือดของน้ำอยู่ที่ 100 องศาเซลเซียส ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยวัดอุณหภูมิแบบฟาเรนไฮต์และแบบเซลเซียสซึ่งสามารถแสดงได้ด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$T^0F = \frac{9}{5}(^0C + 32) \qquad (2.4)$$

$$T^0C = \frac{5}{9}(^0F + 32) \qquad (2.5)$$

อุณหภูมิสัมบูรณ์ (Absolute Temperature) ถูกคิดค้นโดยนักฟิสิกส์ชาวสก็อตแลนด์ ชื่อ William Thomson Lord Kelvin โดยขนาดองศาศูนย์ที่ สัมบูรณ์นั้นจะเห็นอุณหภูมิต่ำสุดที่เป็นไปได้ ณ อุณหภูมินี้ทุก ๆ โมเลกุลของสารจะหยุดนิ่งหมด ศูนย์สัมบูรณ์จะมีค่าเท่ากับ 273.15^0 C

อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัด อุณหภูมินั้นมีหลายชนิดด้วยกันโดยอุปกรณ์แต่ชนิดจะอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเฉพาะของสาร คือจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้เมื่ออุณหภูมิที่วัดได้เปลี่ยนแปลงไปและการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้จะต้องคงที่และแน่นอนและต้องพิสูจน์ได้ ซึ่งหลักการที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิทั่วไปนั้นสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. อาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงกล เช่น เทอร์โมมิเตอร์แบบแถบโลหะคู่

2. อาศัยการเปลี่ยนแปลงความดันก๊าซหรือไอ เช่น เทอร์โมมิเตอร์แบบความดัน

3. อาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้า เช่น เทอร์โมคัปเปิล อาร์ ที ดี เทอร์มิสเตอร์

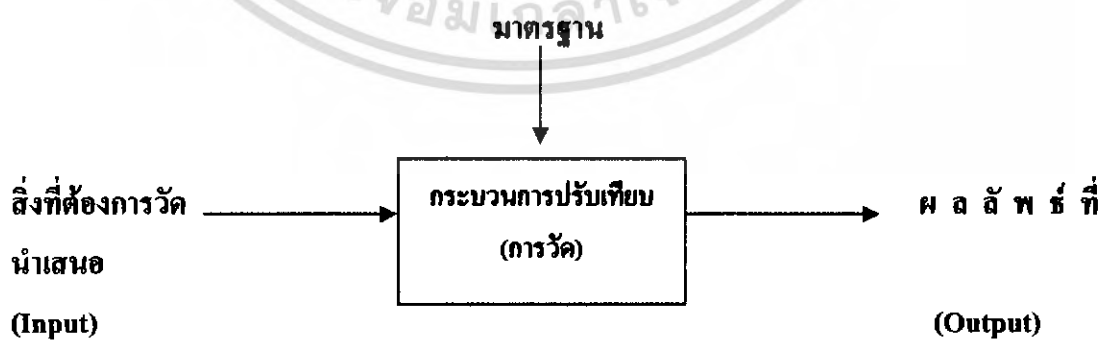
4. อาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางแสงหรือการแผ่รังสี เช่น ไพโรมิเตอร์

5. อาศัยหลักการโดยวิธีทางเคมี เช่น ใช้วิธีการเปลี่ยนสีของอุปกรณ์การตรวจจับ

จากหลักการในการตรวจจับอุณหภูมิในหลาย ๆ วิธีดังกล่าว การตรวจจับอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้าถูกนิยมนำมาใช้กันมากที่สุด เพราะสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์เหล่านี้สามารถนำไปต่อร่วมกับวงจรไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์ เพื่อการแสดงผลในเชิงตัวเลขหรือควบคุมกระบวนการที่ต้องการ ดังนั้นในที่นี้จะกล่าวเพียงกลุ่มของอุปกรณ์ที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้าเป็นสำคัญ

2.4.1 การวัดอุณหภูมิ

เป็นพื้นฐานสำหรับวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีทุกสาขาการวัดที่เกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดในชีวิตประจำวันของมนุษย์ในความเป็นจริงแล้วได้มีการพัฒนารูปแบบและหลักการของการวัดขึ้นมาจากอดีตพร้อม ๆ กับวิวัฒนาการของมนุษย์ที่มีการค้นพบหรือศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ เพื่อใช้ในการดัดแปลงหรือควบคุมธรรมชาติให้เอื้ออำนวยต่อชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์ รวมถึงกระบวนการควบคุมการผลิตในงานอุตสาหกรรมสิ่งเหล่านี้ไม่ว่าจะมองในแง่คุณภาพหรือ ปริมาณ หรือความสะดวกปลอดภัยจำเป็นที่จะต้องอาศัยการวัดที่ละเอียดและที่ถูกต้องเป็นพื้นฐานไม่ว่ากระบวนการที่ได้กล่าวนั้นจะง่ายหรือสลับซับซ้อนเพียงใดก็ตามดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 หลักการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ชนิดและวิธีการวัดอุณหภูมิ

แม้ในการวัดทุกชนิดที่สามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบค่าที่ต้องการวัดกับ มาตรฐานที่ได้ มีนิยามไว้แต่ก็มีหลายวิธีของการกระทำการเปรียบเทียบดังกล่าวเพื่อให้ได้มาซึ่งค่าที่ต้องการ จากการวัดนอกจากนั้นแล้วการที่เรานิยามคำที่เกี่ยวกับวิธีทำการวัดจะช่วยให้เราสามารถสื่อสาร แนวคิดโดยใช้คำที่ยอมรับกันโดยทั่วไป ซึ่งการวัดแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

2.4.2.1 การวัดโดยตรง (Direct Comparison)

เป็นวิธีการที่เราได้ค่าการวัดโดยตรง โดยไม่จำเป็นต้องทำการคำนวณเพิ่มเติม เพียงแต่อาศัยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่ต้องการวัดกับปริมาณอื่นที่เราต้องการวัด จริง ค่าที่ต้องการก็จะได้ทันทีในรูปของข้อมูลเดิม

2.4.2.2 การวัดโดยทางอ้อม (Indirect Comparison)

เป็นการวัดที่เราจะได้ค่าโดยผ่านตัวกลางที่มีหน่วยแตกต่างกันออกไปซึ่งเชื่อมต่อกันใน บางลักษณะเช่น วิธีการวัดระยะโดยใช้การเคลื่อนที่ของพัลซ์เป็นวิธีทางอ้อม เนื่องจาก ต้องมีการคำนวณหาระยะทางจากความสัมพันธ์ ระหว่างจำนวนพัลซ์กับการเคลื่อนที่ ซึ่ง มีข้อสังเกตอยู่เกี่ยวกับการวัดทางอ้อมก็คือ ผลลัพธ์สุดท้ายนั้นจะได้มาจากผลของการวัด โดยตรงหลาย ๆ ปริมาณ

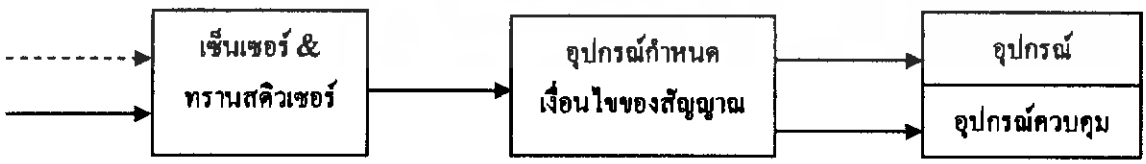
2.4.3 ระบบการวัดโดยทั่วไป

ในงานอุตสาหกรรมจะใช้วิธีการวัดทางอ้อมเป็นส่วนใหญ่ และมักจะประกอบไปด้วย ส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

1.ส่วนที่ใช้ในการตรวจจับและเปลี่ยนแปลงรูปแบบของพลังงาน

2.ส่วนที่ใช้กำหนดเงื่อนไขของสัญญาณ

3.ส่วนที่ใช้ในการนำเสนอดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ระบบการวัดโดยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.1 ภาคอุปกรณ์ตรวจจับและการเปลี่ยนแปลงรูปของพลังงาน

ส่วนนี้เป็นส่วนแรกของระบบการวัดโดยทั่ว ๆ ไป ซึ่งมีหน้าที่วัดคุณสมบัติทางวิทยาศาสตร์ของสิ่งที่ต้องการตรวจวัด จากนั้นจึงเปลี่ยนคุณสมบัติเหล่านั้นให้อยู่ในรูปของพลังงานหรือสัญญาณที่ส่วนอื่นต่อไปซึ่งในที่นี้ก็คือ ส่วนที่ใช้ในการกำหนดเงื่อนไขของสัญญาณสามารถตอบสนองได้ตัวอย่าง เช่น เทอร์โมคัปเปิล ถือว่าเป็นทรานสดิวเซอร์ชนิดหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนให้อยู่ในรูปพลังงานทางไฟฟ้า เป็นต้น

2.4.3.2 ภาคอุปกรณ์กำหนดเงื่อนไขสัญญาณ

ข้อมูลหรือสัญญาณจากส่วนแรกจะถูกส่งมาที่ส่วนนี้เพื่อทำการปรับปรุงและกำหนดเงื่อนไขของสัญญาณก่อนส่งไปให้ภาคต่อไป การปรับปรุงและกำหนดเงื่อนไขของสัญญาณเป็นอย่างไร เช่น หากสัญญาณที่มาจากส่วนแรกมีสัญญาณรบกวนหรือสัญญาณมีระดับต่ำเกินไปก็จะทำหน้าที่ของส่วนนี้ในการกำจัดสัญญาณรบกวนหรือทำการขยายสัญญาณให้มีระดับสูงขึ้น หากสัญญาณที่ระดับต่ำเกินไป

2.4.3.3 ภาคเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

เป็นภาคที่มีความสำคัญ และเป็นส่วนแรกของระบบการวัดเซนเซอร์ และทรานสดิวเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับหรือวัดค่าคุณสมบัติทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ เช่นความร้อน แสง สี เสียง ระยะทาง การเคลื่อนที่ ความดัน การไหล เป็นต้น จากนั้นจึงเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของ ข้อมูลที่สอดคล้องและเหมาะสมกับส่วนของการกำหนดเงื่อนไขทางสัญญาณเซนเซอร์ จะใช้กับอุปกรณ์ที่สามารถสร้างสัญญาณที่มีความสัมพันธ์ กับ ค่าหรือปริมาณสิ่งที่ต้องการตรวจวัดอาจเป็นสัญญาณชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันก็ได้ ส่วนทรานสดิวเซอร์ก็คือเซนเซอร์นั้นเอง

แต่อย่างไรก็ตาม ในระบบการวัดอาจใช้รานสมิตเตอร์เพิ่มเข้าไปในเซนเซอร์เพื่อ ทำการที่จะเปลี่ยนแปลงรูปแบบของพลังงานให้ บรรลุวัตถุประสงค์ตามต้องการ เพราะฉะนั้นเซนเซอร์ก็คือ ทรานสมิตเตอร์ถือว่าไม่ผิดแต่ประการใด

2.5 อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ SHT 15

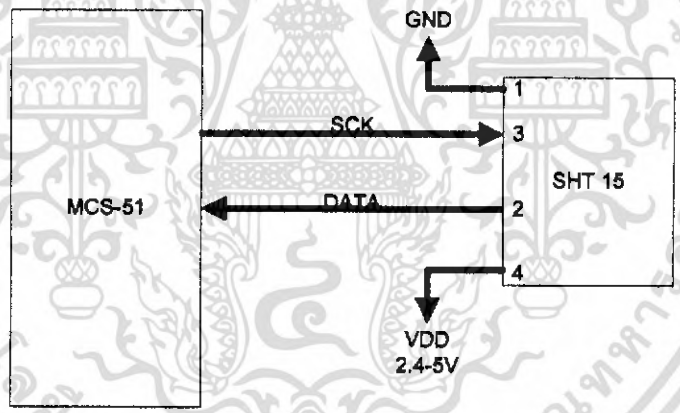
เป็นโมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ มีขนาดเล็กเพื่อความสะดวกในการใช้งานมี 8 ขา ส่วนคุณสมบัติทางเทคนิคมีดังนี้

- ทำหน้าที่เป็นทั้งวัดความชื้นและอุณหภูมิภายในตัวเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

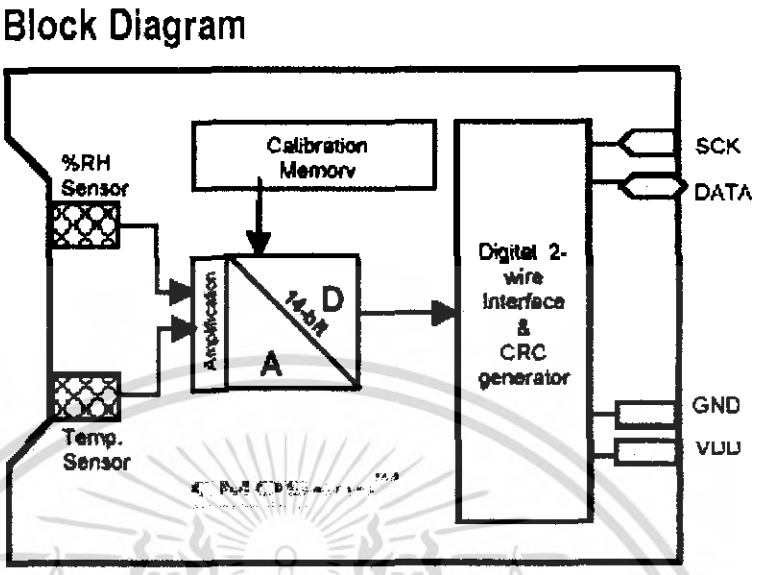
- สามารถกำหนดลายละเอียดของย่านการวัดได้
- มีขนาดเล็กและกินพลังงานต่ำ
- ทำงานในย่านแรงดันไฟเลี้ยง +2.4 ถึง +5.5 V
- เสถียรภาพในการทำงานสูง

หัววัดแบบดิจิตอลความละเอียดสูงใช้หัววัด SHT15 วัดอุณหภูมิตั้งแต่ -40 ถึง 120 องศาเซลเซียส ความละเอียด 0.1 องศา และวัดความชื้นตั้งแต่ 10 ถึง 90 % ความละเอียด 0.1 % (สามารถแสดงค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 99 %) ใช้วัดในบรรยากาศ เน้นการวัดระยะไกลโดยผ่านการสื่อสาร RS485 สามารถต่อพ่วงกันเป็น Network ได้อย่างสะดวก ตั้ง Address ต่างกันได้ถึง 31 Node ด้วย Dip-Switch ตัวบอร์ดมีขนาดเล็ก หัววัดสามารถต่อได้ไกลถึง 100 เมตร ประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย โดยเฉพาะการวัดหลาย ๆ จุด และระยะไกล หัววัด SHT15 สามารถต่อได้ไกลถึง 100 เมตร สามารถตั้งความเร็วการสื่อสารได้2ระดับคือ9600และ19200bps



รูปที่ 2.4 วงจรการเชื่อมต่อโมดูล SHT 15 [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมของโมดูล SHT 15 [5]

2.5.1 ขาสัญญาณสำหรับสื่อสารข้อมูลของโมดูล SHT 15

ขาสัญญาณนาฬิกา (SCK)

ทำหน้าที่รับสัญญาณนาฬิกาเพื่อกำหนดจังหวะในการสื่อสารข้อมูล

ขาสัญญาณรับส่งข้อมูล (DATA)

เป็นขาสัญญาณสำหรับ รับ/ส่งข้อมูลในการใช้งานควรต่อตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์ม พูลอัปที่ขานี้

รูปที่ 2.6 โครงสร้างภายในของโมดูล SHT 15 [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดของขาโมดูล SHT 15 ที่นำมาต่อใช้งาน [5]

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

2.5.2 รูปแบบการสื่อสารข้อมูลของ SHT15

2.5.2.1 การส่งคำสั่ง

ในสภาวะเริ่มต้นก่อนการส่งข้อมูลคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยัง SHT15

จำเป็นจะต้องสร้างรูปแบบสัญญาณกระตุ้นผ่านขาสัญญาณ SCK และ DATA เพื่อให้ตรงกับเงื่อนไขที่เรียกว่า Transmission start หรอภาวะเริ่มส่งสัญญาณ นั้นคือขา DATA ต้องถูกทำให้เป็นลอจิก "0" นานอย่างน้อย 1 ไซเคิลของสัญญาณนาฬิกา SCKหลังจากนี้ SHT15 จะทราบได้ทันทีว่าข้อมูลต่อจากนี้คือคำสั่ง

รูปที่ 2.7 สภาวะการส่งผ่านข้อมูล [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

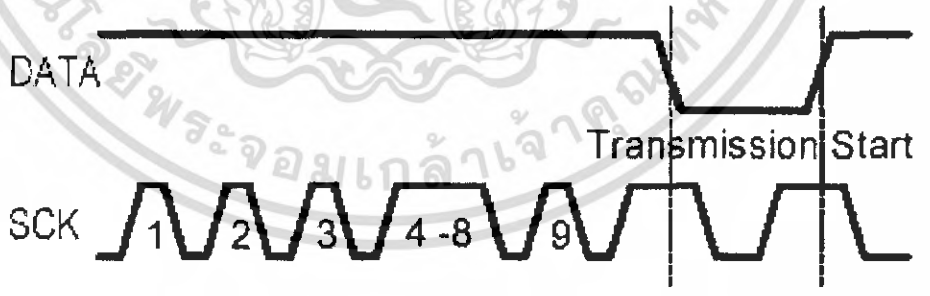
ตารางที่ 2.2 ข้อมูลของคำสั่ง [1]

คำสั่ง	ข้อมูลคำสั่ง
สงวนไว้	0000x
อ่านค่าอุณหภูมิ	00011
อ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์	00101
อ่านค่ารีจิสเตอร์กำหนดสถานะ	00111
สงวนไว้	0101x ถึง 1110x
รีเซตการทำงาน	11110

หลังจากสร้างเงื่อนไข Transmission start แล้ว สามารถส่งคำสั่งไปยัง SHT15 เพื่อกำหนดการทำงานได้ทันที

2.5.2.2 การรีเซตการเชื่อมต่อ

เมื่อต้องการเริ่มต้นการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับโมดูล SHT15 ต้องสร้างสัญญาณรีเซตขึ้นก่อน โดยทำให้ขา DATA มีสถานะลอจิก "1" นานเท่ากับช่วงเวลาที่ป้อนสัญญาณนาฬิกาที่ขา SCK 9 ลูกติดต่อกัน แล้วตามด้วยการสร้างสภาวะเริ่มต้นของการส่งสัญญาณ



รูปที่2.8 สภาวะการรีเซต [5]

72021

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ขั้นตอนการอ่านอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

การอ่านข้อมูลดิบของอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์นั้น ทำได้ภายหลังจากสร้างสภาวะเริ่มต้นที่เรียกว่า Transmission start แล้วตามด้วยการส่งข้อมูลคำสั่งอ่านอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์อย่างใดอย่างหนึ่งไปยัง SHT15 โมดูล SHT15 ต้องใช้เวลาในการประมวลผลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการซึ่งจะใช้เวลามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความละเอียดของข้อมูลที่ต้องการดังแสดงในตาราง

ตาราง ที่ 2.3 ค่าเวลาที่โมดูล SHT15 ต้องใช้ในการประมวลผลข้อมูล [1]

ความละเอียดของข้อมูลที่ประมวลผล	เวลาที่โมดูล SHT15 ใช้ประมวลผล +- 15 %
14 บิต	210 มิลลิวินาที
12 บิต	55 มิลลิวินาที
8 บิต	11 มิลลิวินาที

2.5.4 คำนวณค่าอุณหภูมิ

ในการอ่านค่าอุณหภูมิจากโมดูล SHT15 ผู้พัฒนาสามารถเลือกความละเอียดในการอ่านได้ในแบบ 14 บิตหรือ 12 บิตโดยที่ความละเอียด 14 บิตเป็นค่าตั้งต้น โดยที่ผู้พัฒนาจำเป็นต้องอ่านข้อมูลดิบจากโมดูล SHT15 เข้ามาก่อน จากนั้นจึงใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ค่าอุณหภูมิออกมา โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่กำหนดมาจาก Sensirion ผู้ผลิตโมดูล SHT11 ดังนี้

$$Temperature = d1 + (d2 \times SO_T) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (14.1)$$

โดยที่ Temperature คือค่าอุณหภูมิจริง

d1 คือค่าคงที่ ขึ้นอยู่กับไฟเลี้ยงที่ป้อนให้กับขา V_{DD} ของ SHT15 ดูรายละเอียดในตาราง

d2 คือค่าคงที่ ขึ้นอยู่กับความละเอียดของอุณหภูมิที่ต้องการจาก SHT15 ดูในตาราง

SO_T คือค่าอุณหภูมิดิบที่อ่านได้จากโมดูล SHT15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ค่าคงที่ทางอุณหภูมิตัวที่ 1 และ 2 (d1และ d2) เพื่อคำนวณค่าอุณหภูมิจริงที่วัดได้ [1]

ไฟเลี้ยง	ค่าคงที่ทางอุณหภูมิตัวที่ 1(d1)	
	ในหน่วย °C	ในหน่วย °F
+5V	-40.00	-40.00
+4V	-39.75	-39.50
+3.5V	-39.66	-39.35
+3V	-39.60	-39.28
+2.5V	-39.55	-39.23

ความละเอียด	ค่าคงที่ทางอุณหภูมิตัวที่ 2 (d2)	
	ในหน่วย °C	ในหน่วย° F
14 บิต	0.01	0.018
12 บิต	0.04	0.072

2.5.5 คำนวณหาค่าความชื้นสัมพัทธ์

สำหรับการอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์จากโมดูล SHT15 สามารถเลือกความละเอียดในการอ่านในแบบ 12 บิต หรือ 8 บิต โดยที่ความละเอียด 12 บิตเป็นค่าตั้งต้นหลักโดยที่ผู้พัฒนาจำเป็นจะต้องอ่านข้อมูลดิบจากโมดูล SHT15 เข้ามาก่อน จากนั้นจึงใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ออกมา โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่กำหนดมาจาก Sensirion ผู้ผลิตโมดูล SHT15 ดังนี้

$$RH_{true} = (T - 25)\ X\ [t1 + (t2 \times SO_{RH})] + RH_{linear} \quad \text{..... (14.2)}$$

$$RH_{linear} = c1 + (c2 \times SO_{RH}) + [c3 \times (SO_{RH})]^2 \quad \text{.....(14.3)}$$

โดยที่ RH_{true} คือค่าความชื้นสัมพัทธ์จริง

T คือ ค่าอุณหภูมิจริงที่คำนวณได้จากสมการที่ 14-1

t1 และ t2 คือ ค่าคงที่โดยขึ้นอยู่กับความละเอียดของความชื้นสัมพัทธ์ที่ต้องการจาก SHT15 ดูรายละเอียดการกำหนดค่าจากตาราง

c1, c2 และc3 คือ ค่าคงที่ขึ้นอยู่กับความละเอียดของความชื้นสัมพัทธ์ที่ต้องการจากโมดูล SHT15 ดูรายละเอียดการกำหนดค่าจากตาราง

SO_{RH} คือ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ดิบที่อ่านได้จาก SHT15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ที่ 2.5 ค่าคงที่ใช้ในการคำนวณค่าความชื้นสัมพัทธ์จริงที่วัดได้ [1]

ความละเอียด	ค่าคงที่		ความละเอียด	ค่าคงที่		
	t1	t1		c1	c2	c3
12 บิต	0.01	0.00008	12 บิต	-4	0.0405	-2.8×10^{-6}
8 บิต	0.01	0.00128	8 บิต	-4	0.648	-7.2×10^{-4}

2.6 การวัดค่า PH ของสารละลาย

ในการวัด PH สารละลายหรือปริมาณไอออนไฮโดรเจน ยังไม่มีขั้วไฟฟ้าใดเหมาะเท่ากับขั้วไฟฟ้าเยื่อแก้วในการเป็นขั้วไฟฟ้าใช้งาน โดยเฉพาะการผลิตในรูปของขั้วไฟฟ้ารวมกับขั้วไฟฟ้าอ้างอิง ทำให้สะดวกต่อการใช้ ข้อดีของขั้วไฟฟ้าเยื่อแก้วในการใช้วัด PH ของสารละลายอยู่ที่คุณสมบัติของเยื่อแก้วที่ไม่ถูกรบกวนด้วยสภาวะต่างๆ ของสารละลายตัวอย่าง เช่น สภาวะของโปรตีน แก๊ส หรือแม้แต่การมีสารที่สามารถดูกออกซิไดส์ หรือ รีดิวซ์ ร่วมด้วย ตลอดจนสารละลายที่หนืด ข้น เหนียว ก็ยังใช้ขั้วไฟฟ้าเยื่อแก้วได้

การใช้ค่าของ PH เป็นค่าบ่งบอกความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย โดยการวัดค่าศักย์โดย ตรงตามเทคนิควิธีโพแทนซิโอมิเตอร์ แทนถือเป็นเทคนิควิธีที่ธรรมดาที่สุดที่เป็นที่คุ้นเคยแทบทุกห้องปฏิบัติการทั่วโลก จะต้องมีการกำหนดสื่อความหมายของ PH ที่เป็นที่ยอมรับและใช้เหมือนกันทุกห้องปฏิบัติการ

2.6.1 การนิยามการวัด PH

สถาบันมาตรฐานและเทคโนโลยีแห่งชาติ (NIST) องค์กรลักษณะเดียวกันในประเทศต่างๆ และ IUPAC ได้ตระหนักถึงความสำคัญในการสื่อความหมายคำว่า PH ให้ใช้ได้เหมือนกันทั่วโลก เพื่อให้ค่า PH ที่วัดได้ ณ ห้องปฏิบัติการหนึ่งไม่ต่างไปจากค่าที่วัดได้จากห้องปฏิบัติการอื่น ๆ โดยได้กำหนดนิยามของการวัด PH ของสารละลายว่า การที่จะรู้ค่า PH ของสารละลายที่ต้องการ ต้องทำการเทียบมาตรฐานของเครื่องโดยตรง ด้วยสารละลายมาตรฐานของบัฟเฟอร์ก่อนการวัดศักย์โดยตรง เพื่อหา PH ของสารละลายนั้น

จากความหมายของการกำหนดนิยามของการวัด PH ข้างต้น ได้ความสัมพันธ์ของศักย์กับค่า PH เมื่อใช้สารละลายมาตรฐานของบัฟเฟอร์ได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 อุปกรตรวจวัดค่า PH

PH เซ็นเซอร์ คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าเคมีที่สร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้าซึ่งเป็นสัดส่วนกับค่า PH ของสารละลายที่นำไปวัด

ส่วน PH มิเตอร์ ก็ใช้หลักการเดียวกันกับที่กล่าวมา คือ ใช้หลักการวัดค่าความเป็นกรด-ด่างที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย ซึ่งก็ใช้หลักการทางเคมีไฟฟ้าเหมือนกัน หลังจากนั้นก็นำค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นระหว่างอีเล็กโทรดอ้างอิง (Reference Electrode) กับอีเล็กโทรดวัด (Sensing Electrode) ไปขยาย ปรับสภาพ และแสดงผลต่อไป

2.7.1 วิธีการวัด PH แบบใช้อีเล็กโทรดแก้ว

ภายในโพรบแก้วจะประกอบด้วยสารละลาย 2 ชนิด เมื่อสารละลาย 2 ชนิดที่แตกต่างกันถูกใส่ลงในด้านทั้งสองของเมมเบรนแก้ว จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เป็นสัดส่วนกับความแตกต่างของ PH ระหว่างสารละลายทั้งสอง และตกคร่อมทั้งสองของเมมเบรน

ข้อดีของการวัดด้วยวิธีนี้ได้แก่

1).ย่านการวัดกว้าง (ไม่มีปัญหาช่วง PH 0-14)

2).ให้ผลการตอบสนองที่รวดเร็ว (วัดในช่วงเวลาสั้นๆ)

3).การปฏิบัติงานง่าย การวัดต่อเนื่องทำได้ง่าย

4).การผลิตซ้ำดี พร้อมกับมีความผิดพลาดโดยผู้ปฏิบัติงานน้อย

5).ความผิดพลาดเนื่องจากผลของเกลือและโปรตีนต่ำกว่าวิธีการแบบอื่นๆ (วิธีการวัดแบบอื่นไม่สามารถวัดสารตัวอย่างที่ประกอบด้วยสารแบบซิไดซิงและรีดิวซิงได้)

2.7.2 ส่วนประกอบและการทำงานของอีเล็กโทรดวัดและอีเล็กโทรดอ้างอิง

2.7.2.1 ขั้ววัด (Sensor Electrode)

โดยปกติอีเล็กโทรดวัดจะทำจากแก้ว ขั้ววัดจะมีกระเปราะแก้วบางๆ เพื่อให้ไวต่ออิออน ภายในอีเล็กโทรดจะบรรจุสารละลายกันชนที่เรียกว่า บัฟเฟอร์(Buffer) ซึ่งมีค่า PH คงที่ (ประมาณ PH 7) สารละลายนี้ได้แก่ KCI อิ่มตัว ในสารละลายดังกล่าวจะมีขั้วไฟฟ้าซึ่งทำด้วยเงิน (Silver) ฉาบด้วยซิลเวอร์คลอไรด์จุ่มอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

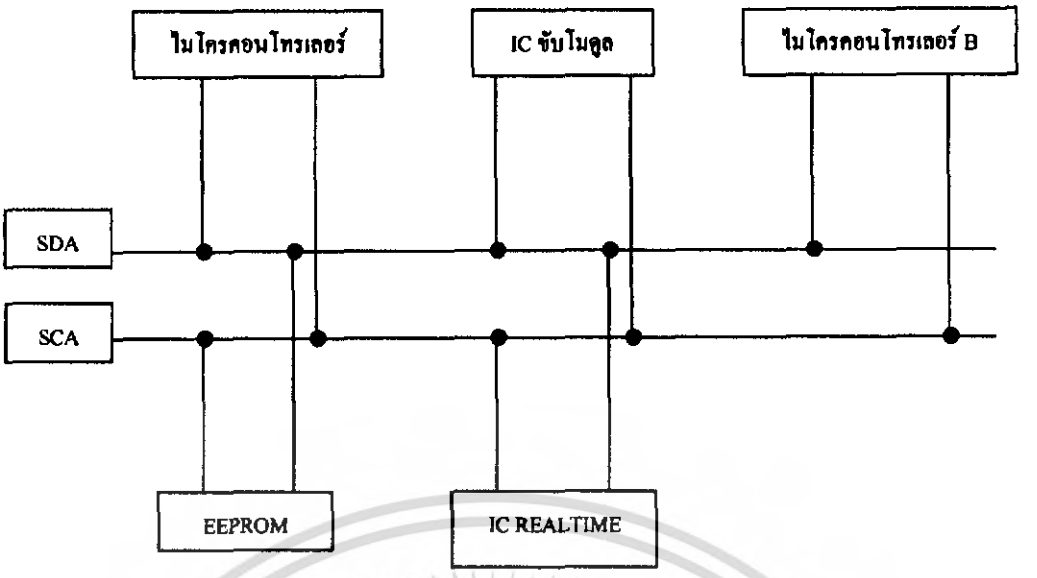
ตารางที่ 2.6 ค่าทางเอาต์พุตที่อีเล็กโทรดวัดค่า PH ที่อุณหภูมิต่างๆ

PH	MV
0	+414.0
1	+354.9
2	+295.8
3	+236.6
4	+177.5
5	+118.3
6	+59.15
7	0
8	-59.15
9	-118.3
10	-177.5
11	-236.6
12	-295.8
13	-354.9
14	-414.0

2.8 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบบัส I^2C

I^2C ย่อมาจาก Inter IC Communication หมายถึง การติดต่อสื่อสารระหว่างไอซีโดยบัส I^2C ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยฟิลลิปส์ (Philips) ด้วยจุดมุ่งหมายหลักคือ ต้องการให้ไอซีหรือโมดูลสามารถติดต่อ สั่งงานและควบคุมภายใต้สัญญาณ 2 เส้น เส้นหนึ่งคือสายข้อมูล อีกเส้นเป็นสายสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดจังหวะการทำงาน การต่อร่วมกันของอุปกรณ์ระบบบัส I^2C ทำได้ง่ายมากเพียงต่อสายข้อมูลและสายสัญญาณนาฬิกาของอุปกรณ์แต่ละตัวขนานกัน ส่วนการกำหนดแอดเดรสหรือตำแหน่งสำหรับติดต่ออุปกรณ์แต่ละตัวจะใช้รหัสข้อมูลและการกำหนดสภาวะลอจิกที่ขาแอดเดรสของอุปกรณ์แต่ละตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

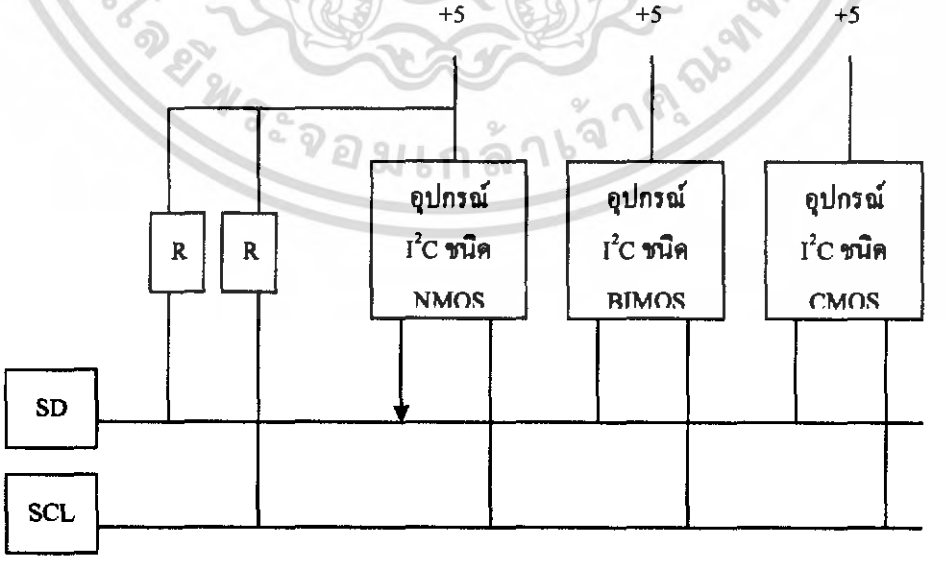


รูปที่ 2.9 เชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่าง ๆ บนระบบบัส I^2C [6]

สายข้อมูลบนบัส I^2C มีชื่อเรียกว่า สายข้อมูลอนุกรม SDA (Serial Data Line) ส่วนสายสัญญาณนาฬิกาเรียกว่า สายสัญญาณนาฬิกาอนุกรม SCL (Serial Clock Line)

2.8.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของบัส I^2C

สาย SDA และ SCL เป็นสายสัญญาณสองทิศทาง (bi – directional line) ต้องมีการต่อความต้านทานพูลอัพกันแรงดัน +5 V ไว้ตลอดเวลา เพื่อให้สายมีสถานะลอจิกสูง ในขณะที่ไม่มีการติดต่อซ้านทั้งยังช่วยในการป้องกันสัญญาณรบกวนที่อาจมีเข้ามาในสายสัญญาณทั้งสองวงจรเอาท์พุตของอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัสจะต้องเป็นลักษณะเดรนเปิด (open drain) หรือคอลเล็กเตอร์เปิด (open collector)



รูปที่ 2.10 ต่อความต้านทานพูลอัพบนสายสัญญาณ [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการส่งผ่านข้อมูลบนบัส สูงถึง 100 Kbits ในโหมดปกติ (Standard mode) และสูงถึง 400 Kbits ในโหมดมีความเร็วสูง (Fast mode) อุปกรณ์ที่ต่อร่วมบนบัสจะต้องมีค่าความจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างสาย SDA กับ SCL ไม่เกิน 400 pF การเข้าถึงอุปกรณ์บนบัส I^2C ใช้ข้อมูลการเข้าถึง 2 รูปแบบคือ 7 บิต (7 bit addressing) หรือ 10 บิต (10 bit addressing)

ข้อเด่นของบัส I^2C คือ สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้ไฟเลี้ยงไม่เท่ากันให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ การต่อร่วมกันบนบัส I^2C สามารถทำได้เช่นเดียวกับอุปกรณ์ที่มีไฟเลี้ยงเท่ากัน และต้องต่อความต้านทานพูลอัพเข้ากับแรงดัน +5 V เสมอ

2.8.2 หลักการของบัส I^2C

บัส I^2C ประกอบด้วยสายสัญญาณ 2 เส้น และอุปกรณ์ต่อพ่วงสามารถมีได้มากมาย ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดรูปแบบของการติดต่อบนบัส หรือโปรโตคอล (Protocol) เพื่อให้ผู้ใช้รู้ว่าขณะนี้อุปกรณ์ใดติดต่ออยู่ และอุปกรณ์ใดเป็นตัวรับหรือส่ง

คำอธิบายลักษณะ หน้าที่และนิยามของอุปกรณ์

- อุปกรณ์ที่เป็นตัวสร้างข้อมูลหรือส่งข้อมูล เรียกว่า ตัวส่ง
- อุปกรณ์ที่ทำหน้ารับข้อมูล เรียกว่า ตัวรับ (Receiver)
- อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมจังหวะการติดต่อบนบัส I^2C เรียกว่า มาสเตอร์ (Master)
- อุปกรณ์ที่ถูกควบคุมหรือเป็นอุปกรณ์ที่ต่อพ่วงเข้ากับบัส I^2C เรียกว่า สเลฟ (slave)

ข้อกำหนด 2 ประการที่สำคัญในการติดต่อบนบัส I^2C คือ

1. การส่งผ่านข้อมูลจะเกิดขึ้นได้เมื่อบัสว่างเท่านั้น
2. ในระหว่างการส่งผ่านข้อมูลเมื่อใดก็ตามที่สาย SCL ต้องมีลอจิกสูง สายข้อมูลต้องรักษาข้อมูลไว้ อย่าให้ข้อมูลเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นเด็ดขาด มิฉะนั้น สัญญาณที่เกิดขึ้นจะได้รับการแปลความหมายเป็นสัญญาณควบคุมแทน

2.8.3 สภาวะที่เกิดขึ้นบนบัส I^2C

2.8.3.1 บัสว่าง (Bus not busy)

สภาวะนี้จะเกิดขึ้นเมื่อสถานะลอจิกบนสาย SDA และ SCL มีลอจิกเป็น 1 ทั้งคู่ ซึ่งหมายความว่าการถ่ายทอดข้อมูลสามารถเริ่มต้นขึ้นได้

2.8.3.2 เริ่มต้นการส่งข้อมูล (Start data transfer)

เกิดขึ้นเมื่อสาย SDA มีการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจากสูงไปต่ำในขณะที่สาย SCL ยังมีสถานะเป็นลอจิกสูง เรียกสภาวะนี้ว่า สภาวะเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3.3 หยุดการส่งข้อมูล (Stop data transfer)

เกิดขึ้นเมื่อสาย SDA มีการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจากต่ำไปสูง ในขณะที่สาย SCL ยังคงสภาวะลอจิกสูงอยู่ เรียกว่า สภาวะหยุด (Stop)

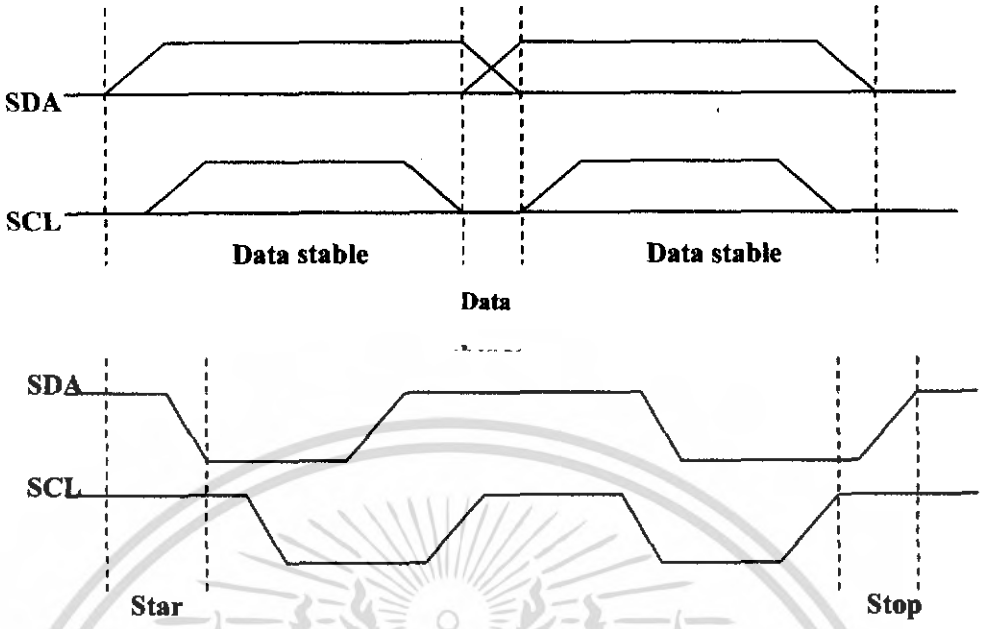
2.8.3.4 ข้อมูลดำรงอยู่บนบัส (Data valid)

สภาวะนี้เกิดถัดจากสภาวะเริ่มต้น โดยสถานะที่เกิดขึ้นบนสาย SDA ก็คือข้อมูลที่ทำการส่ง เมื่อสาย SCL เป็นลอจิกสูง สถานะที่สาย SDA ต้องคงที่ เพื่อให้อุปกรณ์รับรู้ข้อมูลในจังหวะนั้นว่าเป็น "0" หรือ "1" ข้อมูลอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ในขณะที่สาย SCL เป็นลอจิกต่ำ แต่เมื่อใดก็ตามที่ต้องการส่งข้อมูลอย่างสมบูรณ์ สถานะลอจิกที่ขา SDA ต้องคงที่ตลอดช่วงเวลาที่ SCL มีลอจิกสูงหากเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะลอจิกในขณะที่สาย SCL มีลอจิกสูงอยู่ อุปกรณ์มาสเตอร์ที่ทำการควบคุมการส่งข้อมูลจะแปลความหมายเป็นสภาวะหยุดหรือสภาวะเริ่มต้นก็ได้ ทำให้ข้อมูลที่ทำการส่งและรับเกิดความผิดพลาด

2.8.3.5 รับรู้ข้อมูล (Acknowledge)

เกิดขึ้นหลังจากการส่งข้อมูลจากตัวส่งมายังตัวรับ เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ โดยตัวส่งจะทำการส่งข้อมูลมา 1 บิตเรียกว่า บิตรับรู้ (acknowledge bit) มีสถานะเป็นลอจิกสูง หลังจากส่งข้อมูลครบถ้วน ส่วนอุปกรณ์มาสเตอร์จะส่งสัญญาณรับรู้พิเศษซึ่งจะสัมพันธ์กันกับสัญญาณนาฬิกาเพื่อตอบสนองบัตรับรู้ที่ส่งมาจากตัวส่ง ทางด้านรับจะส่งบิตรับรู้ที่มีสถานะลอจิกต่ำลงบนบัส อุปกรณ์สเลฟที่ถูกอ้างถึงในการติดต่อหรือกำลังจะติดต่ออยู่ในขณะนั้นก็จะเกิดบิตรับรู้เพื่อตอบสนองให้ทราบว่าได้รับข้อมูลในแต่ละไบต์เรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ไดอะแกรมเวลาของสถานะต่าง ๆ [6]

2.8.4 การทำงานบนบัส I^2C

ก่อนจะเริ่มต้นการอ่านเขียนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต่ออยู่บนบัส จะต้องมีการอ้างถึงเสียก่อน โดยการอ้างถึงอุปกรณ์บนบัส I^2C จะใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิตและ 10 บิต ในการต่ออุปกรณ์บนบัสไม่มากใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิต ก็เพียงพอแต่ถ้าอุปกรณ์ต่ออยู่บนบัสมากกว่า 127 แอดเดรส จำเป็นต้องใช้การอ้างถึงแบบ 10 บิต หลังจากที่ติดต่อกับอุปกรณ์แต่ละตัวได้แล้วก็จะเริ่มต้นอ่านเขียนข้อมูล (R/W)

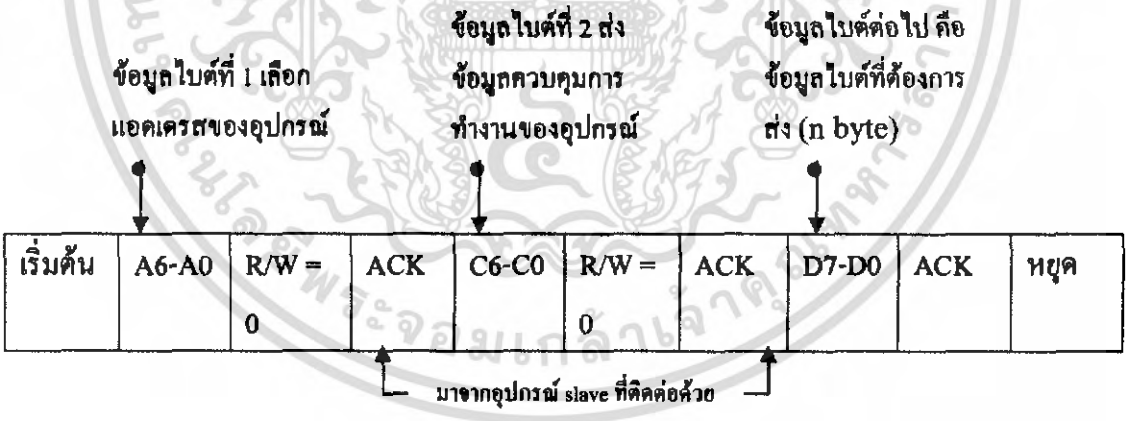
บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
x	x	x	x	A2	A1	A0	R/W

รูปที่ 2.12 กำหนดแอดเดรสที่ใช้ในการอ้างแบบ 7 บิต [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.5 การอ้างถึงแบบ 7 บิต (7 – Bit addressing)

ข้อมูลไบต์แรกที่เกิดขึ้นจากสภาวะเริ่มต้นคือ ข้อมูลที่ใช้ในการอ้างถึงอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อหรือ ข้อมูลกำหนดแอดเดรส โดยมีรูปแบบแสดงในรูปที่ 4 ใน 7 บิต บนรวมทั้ง MSB ด้วย จะเป็นข้อมูลแอดเดรสของอุปกรณ์สเลฟที่ต้องการติดต่อ โดยแบ่งเป็นบิตกำหนดแอดเดรสคงที่ (fixed address bit) จำนวน 4 บิต ซึ่งข้อมูลนี้อุปกรณ์แต่ละตัวจะถูกกำหนดมาจากผู้ผลิตไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ ถัดมาอีก 3 บิต เป็นบิตกำหนดแอดเดรสที่สามารถโปรแกรมได้ (programmable address bit) โดยผู้ใช้งานต้องกำหนดสถานะลอจิกให้แก่ขา A0 – A2 ของอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมบนบัสแบบ I^2C ส่วนในบิต LSB เป็นบิตที่ใช้กำหนดการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับอุปกรณ์สเลฟ ดังนั้นหากบิต LSB เป็น "0" หมายถึงการเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์นั้น ถ้าเป็น "1" จะเป็นการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์สเลฟข้อมูลจากอุปกรณ์สเลฟข้อมูลในไบต์ต่อมา คือ ข้อมูลควบคุม (control byte) ในอุปกรณ์แต่ละตัวจะมีการกำหนดข้อมูลควบคุมที่แตกต่างกันไป ข้อมูลไบต์ต่อมา คือ ข้อมูลที่ส่งจริง (data) หลังจากที่มีการถ่ายทอดข้อมูลในแต่ละไบต์ อุปกรณ์สเลฟที่ได้รับการติดต่อต้องส่งสัญญาณรับรู้ตอบกลับมาด้วยทุกครั้ง เพื่อให้กระบวนการส่งข้อมูลสามารถดำเนินต่อไปได้ ดังรูปที่ 2.8 แสดงรูปแบบข้อมูลอนุกรมที่เกิดขึ้นในการติดต่อบนบัส I^2C ของการอ้างถึงแบบ 7 บิต



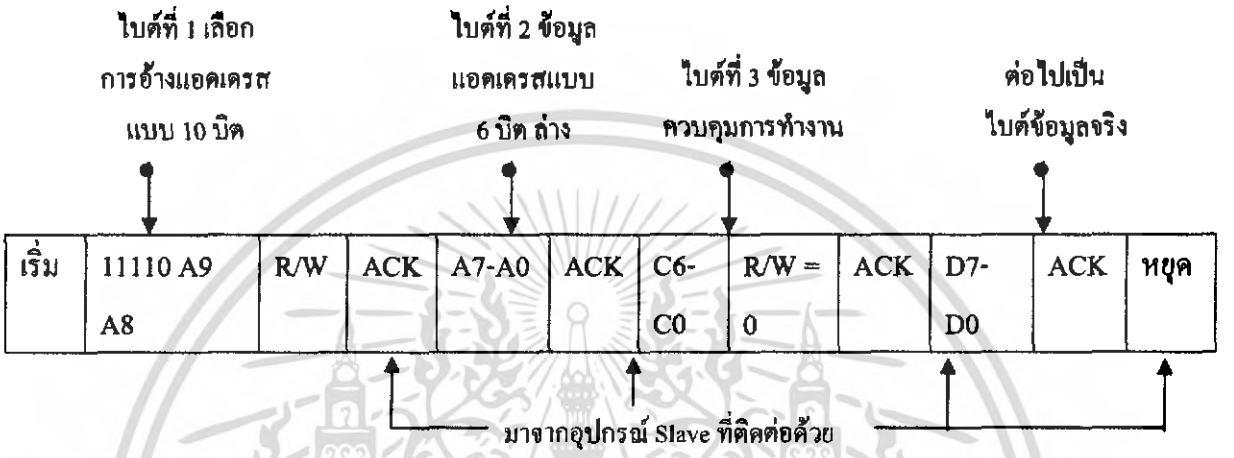
รูปที่ 2.13 ข้อมูลที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์บัส I^2C เมื่อใช้การอ้างแบบ 7 บิต [6]

2.8.6 การอ้างถึงแบบ 10 บิต (10 bit addressing)

ในการอ้างถึงแบบ 10 บิต ยังคงใช้รูปแบบเหมือนกับการอ้างถึงแบบ 7 บิต เพียงแต่ต้องมีข้อมูลเพิ่มเติมขึ้นมาเล็กน้อย โดยในข้อมูลไบต์แรกหลังจากเกิดสภาวะเริ่มต้น ต้องกำหนดให้ 5 บิตบนมีข้อมูลเป็น 11110 ส่วนอีก 2 บิต ถัดมาเป็นบิตแอดเดรสของอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในบิต LSB ของข้อมูลไบต์แรกยังคงเป็นการกำหนดว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้องมูลกับอุปกรณ์สเลฟที่ต้องการติดต่อด้วย ข้อมูลต่อมาเป็นแอดเดรสในไบต์ที่ 2 ของอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อด้วย



รูปที่ 2.14 ข้อมูลที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์บัส I^2C เมื่อใช้การอ้างถึงแบบ 10 บิต [6]

2.8.7 การเขียนโปรแกรมติดต่อบัส I^2C

ประกอบด้วย สภาวะเริ่มต้น สภาวะสิ้นสุดการส่งข้อมูล สภาวะหยุด สัญญาณนาฬิกาบนขา SCL การเขียนข้อมูลบนระบบบัส I^2C ดังแสดงในโฟลว์ชาร์ต

2.8.7.1 การสร้างสภาวะเริ่มต้น

1.เมื่อต้องการติดต่อกับบัส I^2C สิ่งแรกที่ต้องทำสำหรับไมโครคอนโทรเลอร์ที่ถือว่าเป็นอุปกรณ์มาสเตอร์คือ การทำให้เป็นบัสว่างด้วยการกำหนดให้ขา SCL และขา SDA มีลอจิกเป็นๆ "1" ทั้งคู่

2.จากนั้นกำหนดให้ขา SDA มีลอจิกเป็น "0" โดยที่ขา SCL ยังคงเป็นลอจิก "1" อยู่

3.กำหนดให้ขา SCL มีลอจิกเป็น "0" ถึงตอนนี้ SCL และ SDA จะเป็น "0" ทั้งคู่พร้อมที่จะติดต่อกับบัสได้แล้ว

2.8.7.2 การสร้างสภาวะหยุด

1.เมื่อต้องการหยุดส่งข้อมูลจะต้องหยุดส่งสภาวะหยุดออกไป โดยในดอนแรกต้องกำหนดขา SCL และ SDA เป็นลอจิก "0" ทั้งคู่ก่อน

2.กำหนดให้ขา SCL มีลอจิกเป็น "1" โดย SDA ยังคงเป็น "0"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.จากนั้นทำให้ขา SDA มีลอจิกเป็น "1" ซึ่งจะทำให้ระบบบัสเข้าสู่บัสว่างอีกครั้ง พร้อมที่จะรับหรือส่งข้อมูลต่อไป

2.8.7.3 สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก "0" มีขั้นตอนดังนี้

1.ทำให้ขา SDA เป็น "0" สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก "0"

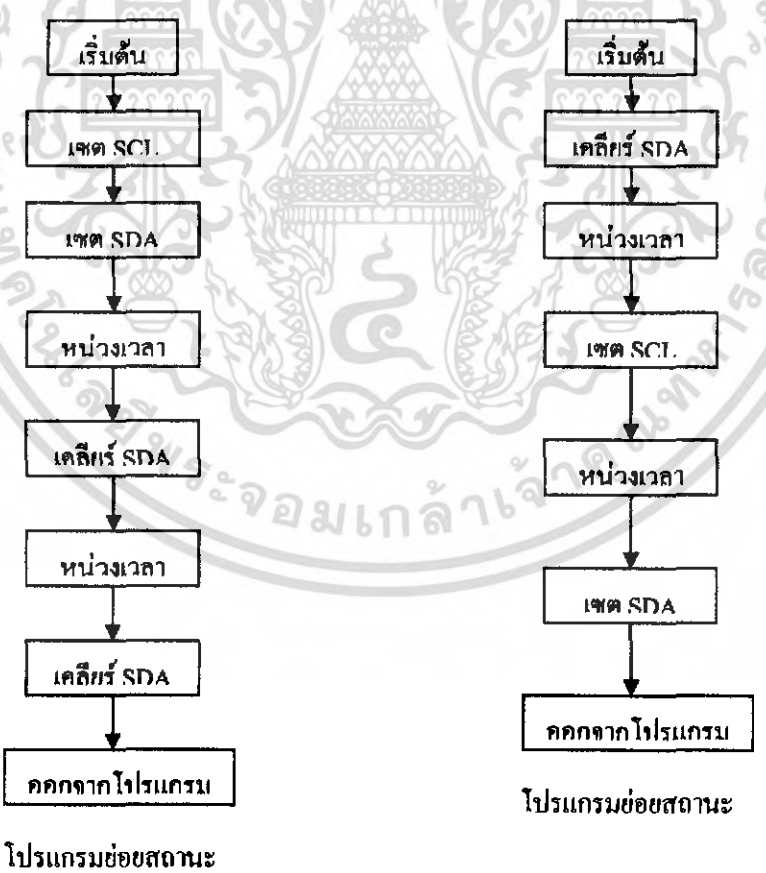
2.ทำให้ขา SCL เป็น "1" สำหรับการป้อนสัญญาณนาฬิกา ในขณะที่ SDA ยังเป็น "0" อยู่

3.จากนั้นทำให้ขา SCL กลับมาเป็น "0" เหมือนเดิม

2.8.7.4 สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก "1" มีขั้นตอนดังนี้

1.ทำให้ขา SDA มีลอจิกเป็น "1" สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก "1"

2.ทำให้ขา SCL เป็น "1" สำหรับการส่งสัญญาณนาฬิกา ในขณะที่ SDA ยังเป็น "1" อยู่ จากนั้นทำขา SCL กลับมามีสถานะเป็นลอจิก "0" เหมือนเดิม



รูปที่ 2.15 Flowchart ของโปรแกรมย่อยของสถานะเริ่มต้นและสถานะหยุด [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 สื่อสารข้อมูล (Data Communication)

การสื่อสารข้อมูลเกี่ยวข้องกับการส่งรหัสเลขฐานสอง ซึ่งเป็นรหัสที่สร้างและดำเนินการโดยคอมพิวเตอร์ การติดต่อในการสื่อสารข้อมูลมีลักษณะเชิงดิจิตอลที่สามารถกำหนดสถานะได้ 2 สถานะ คือ ค่าตรรกะเท่ากับ 0 หรือ 1 ส่วนเชิงอนาลอกมีได้ไม่จำกัดสถานะ

กำหนดให้การใช้ข้อมูลแทนข้อความ (Text), กราฟฟิกส์ (Graphics) เป็นรหัสขนาด n บิตที่ สามารถแทนจำนวนข้อมูลได้ 2 ตัว

สำหรับรหัสใช้แทนอักษร ตัวเลข หรือสัญลักษณ์พิเศษ เรียกว่า ตัวอักขระ (Alphanumeric) ประเด็นที่เป็นการสื่อสารระหว่างเครื่องจักรด้วยกันพบว่าเครื่องจักร เช่น คอมพิวเตอร์หรือโทรพิมพ์ ไม่มีความสามารถเข้าใจถึงความหมายของตัวหนังสือได้ จึงต้องมีการแปลงความหมายให้เป็นแบบที่เครื่องจักรสามารถตีความได้ คือสถานะเลขฐานสอง

ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์ทำหน้าที่เข้ารหัส (Encoder) และ (Decoder) มาใช้ในการและส่งข้อมูลระหว่างเครื่องจักรด้วยกัน

2.9.1 รูปแบบการรับส่งข้อมูลข่าวสาร

อย่างไรก็ตามเราต้องกำหนดมาตรฐานวิธีรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ขึ้นด้วย จะมีเพียงรหัสตรงกันไม่ได้ เพราะเราทราบดีแล้วว่า ข้อมูลคอมพิวเตอร์จริง ๆ แล้วก็คือสัญญาณไฟฟ้า ถ้าแต่ละคนกำหนดสัญญาณไฟฟ้าแทนสถานะ "0" และ "1" ไม่เท่ากัน คอมพิวเตอร์จะแยกไม่ออกว่าสัญญาณที่รับได้นั้นเป็น "0" หรือ "1" เนื่องจากใช้ระดับสัญญาณไม่ทราบตรงกันโดยทั่วไปเครื่องคอมพิวเตอร์มีมาตรฐานการรับส่งข้อมูลแบ่งออกเป็นสองแบบ คือ การรับส่งข้อมูลแบบขนานกับการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

การรับส่งข้อมูลแบบขนาน เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Parallel Interface ปกติจะใช้สำหรับส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปให้เครื่องพิมพ์ การรับส่งข้อมูลแบบขนานนี้ คอมพิวเตอร์จะส่งข้อมูลออกไปครั้งละ 8 บิต หรือ หนึ่งไบต์เลยทีเดียว ดังนั้นสายเคเบิลที่ใช้ส่งข้อมูลจึงมีจำนวนเส้นค่อนข้างมากคือต้องใช้ 8 เส้น สำหรับสัญญาณแต่ละบิต พร้อมกับมีสัญญาณควบคุมอีกหลายเส้น ข้อดีสำหรับการส่งข้อมูลแบบนี้ คือ สามารถส่งข้อมูลได้รวดเร็วเพราะส่งครั้งหนึ่งเท่ากับข้อมูล 8 บิต นอกจากนี้วงจรทางอาร์คแวร์ของตัวรับและตัวส่งยังมีขนาดเล็กและราคาถูกด้วย เครื่องพิมพ์เกือบทุกยี่ห้อมักจะต่อแบบขนานนี้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ คือจำกัดการรับส่งข้อมูลแบบขนาน คือ การส่งสัญญาณได้ไม่ไกลเนื่องจากสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ในการส่งมีค่าเพียง 0 ถึง +5 โวลต์ เท่านั้น เมื่อต่อสายยาว ๆ ความต้านทานภายในสายจะทำให้สัญญาณอ่อนลงจนรับไม่ได้ในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากสายจะมีตัวเก็บประจุแฝง สัญญาณดิจิตอลมีลักษณะเป็นพัลส์จะทำให้ขนาดลดลงและเสียรูป จนอุปกรณ์ปลายทางไม่สามารถรับได้ และจำเป็นจะต้องสายจำนวนมากจึงไม่เหมาะที่จะใช้ส่งข้อมูลเป็นระยะทางไกล ๆ

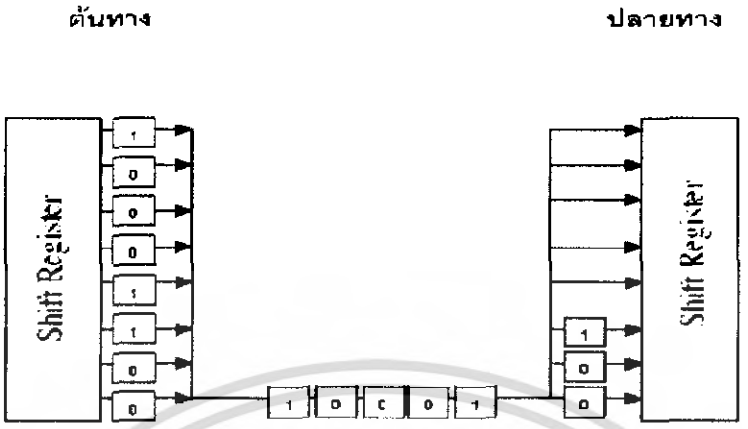
ส่วนการรับข้อมูลแบบอนุกรมนั้นมีชื่อเรียกว่า Serial Interface หรือ RS-232C การรับส่งข้อมูลแบบนี้ซับซ้อนกว่าแบบแรกมาก วิธีการส่งข้อมูลหนึ่งไบต์มาส่งออกไปทางสายทีละหนึ่งบิตเรียงไปจนครบ 8 บิต จากการที่ส่งข้อมูลเรียงกันไปนี้จำนวนสายที่ใช้ส่งข้อมูลจึงลดเหลือเพียง 3 ถึง 5 เส้นเท่านั้น ความซับซ้อนอยู่ตรงที่ทำอย่างไรทางด้านรับจึงจะรู้ว่าข้อมูลมาถึงเมื่อไร ตรงไหนคือข้อมูลบิตแรก บิตที่สอง ไปจนถึงบิตสุดท้าย เราจึงต้องเพิ่มส่วนเริ่มต้นข้อมูลและส่วนปิดท้ายข้อมูลเข้าไปด้วยเรียกว่า Start Bit และ Stop Bit

คราวนี้ผู้รับหรือคอมพิวเตอร์ที่รับข้อมูลก็จะสามารถแยกแยะสัญญาณที่ได้รับมาเป็นข้อมูลได้ถูกต้อง ข้อดีของการส่งข้อมูลแบบอนุกรม คือ เหมาะสมสำหรับการรับส่งข้อมูลระยะไกลมากกว่าการส่งข้อมูลแบบขนาน เพราะใช้สายจำนวนน้อยกว่าและระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการส่งมีค่า +12 โวลต์กับ -12โวลต์ ทำให้เราสามารถส่งข้อมูลได้ไกลถึง 35 เมตรโดยไม่ต้องมีอุปกรณ์เพิ่มเติมเข้าช่วยเลย ข้อเสียของการส่งข้อมูลแบบอนุกรมคือ ความเร็วในการส่งข้อมูลจำกัดอยู่ที่ 19,200 บิตต่อวินาทีสูงสุด นับว่าช้ากว่าการส่งข้อมูลแบบขนานอยู่มากทีเดียว นอกจากนี้ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมยังมีราคาแพงกว่าด้วย

การส่งข้อมูลแบบอนุกรมนี้ เราต้องคำนึงถึงรายละเอียดในการส่งข้อมูลมากกว่าการส่งแบบขนานหลายอย่าง เช่น ความเร็วในการรับส่งข้อมูล การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล จำนวนบิตของข้อมูลเป็นต้น ทั้งหมดนี้ถ้ามีอะไรไม่ตรงกันระหว่างผู้รับและผู้ส่ง การส่งข้อมูลแบบอนุกรมก็จะผิดพลาดหรือรับส่งกันไม่ได้

การส่งข้อมูลแบบอนุกรมนั้นเราจะต้องเรียนรู้โพรโตคอลที่เกี่ยวกับการส่งข้อมูลแบบอนุกรมก่อน ซึ่งแบ่งออกได้ 3 วิธีด้วยกันคือ วิธีที่หนึ่งวิธีการแปลงข้อมูลแบบขนานให้เป็นแบบอนุกรม วิธีที่สองชนิดของสัญญาณและรูปแบบสัญญาณที่ใช้ในการส่งข้อมูลในระยะไกล วิธีที่สามรูปแบบของข้อมูลที่ส่งและการควบคุมการโอนย้ายข้อมูลหรือRS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

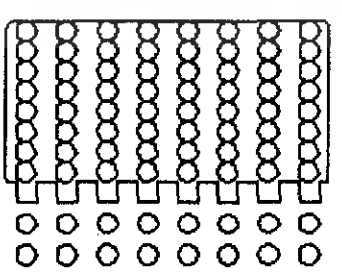


รูปที่ 2.16 ส่งข้อมูลแบบอนุกรม [6]

มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดให้ค่าสัญญาณไฟฟ้ามีระดับแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 3 โวลต์หรือสูงกว่า ที่มีค่าทางตรระกะเป็น 1 และกำหนดค่าสัญญาณไฟฟ้าที่มีระดับแรงดันเท่ากับ -3 โวลต์หรือต่ำกว่ามีค่าทางตรระกะเป็น 0 วงจรไอซีที่สร้างสัญญาณเหล่านี้ต้องการแหล่งจ่ายไฟขนาด +12 โวลต์ RS-232 จะใช้สาย 1 เส้นสำหรับส่งข้อมูลและใช้สายอีก 1 เส้นสำหรับข้อมูล โดยสัญญาณในแต่ละสายนี้จะถูกอ้างอิงกับกราวนด์ (ขาเบอร์ 7) มาตรฐาน RS-232 นี้ยังได้กำหนดสัญญาณตอบรับเพื่อใช้ในการควบคุมการรับ/ส่งข้อมูลด้วย

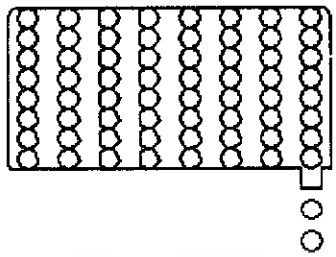
2.9.2 ลักษณะการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

ข้อมูลในไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เราใช้ศึกษาอยู่นี้ จะเป็นข้อมูลที่มีความยาวขนาด 1 ไบต์ หรือ 8 บิตซึ่งโดยปกติถ้าเราจะให้ส่งข้อมูลพร้อมๆกันไป 8 บิตจะเป็นวิธีการส่งข้อมูลแบบขนาน จะเป็นการส่งข้อมูลขนาด 8 บิตพร้อมกันไปยังอุปกรณ์ภายนอก และจะต้องมีจำนวนของสายสัญญาณจำนวน 8 เส้น เพื่อให้พอดีกับจำนวนของบิตที่ต้องการจะส่ง การส่งข้อมูลแบบขนานจึงทำให้มีการส่งข้อมูลที่มีความรวดเร็ว แต่ถ้าหากมีการสื่อสารข้อมูลในระยะไกล ก็จะต้องใช้จำนวนของสาย และระยะทางของสายมากขึ้นจึงทำให้มีการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง



รูปที่ 2.17 ส่งข้อมูลแบบขนาน [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 ส่งข้อมูลแบบอนุกรม [6]

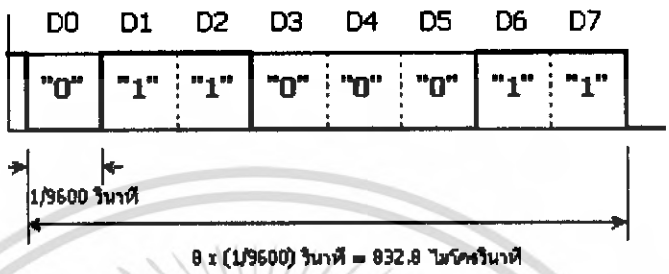
ดังนั้นการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมจึงถูกนำมาใช้ ในการสื่อสาร โดยจะใช้สายเพียงเส้นเดียวในการส่งข้อมูล หรือรับข้อมูล (คำว่าเส้นเดียวหมายความว่าสายส่ง (TxD) 1 เส้น สายรับ (RxD) 1เส้น และสายกราวด์ร่วม (Ground) 1 เส้น) นำมาใช้สื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอกในระยะทางที่ไกล ถ้าหากต้องการส่งข้อมูลขนาด 8 บิต ก็จะทำการส่งข้อมูลออกไปทีละบิตเป็นลำดับไป จนกว่าจะครบจำนวนทั้ง 8 บิต

2.9.3 ช่วงจังหวะเวลาของการสื่อสารข้อมูลอนุกรม

ในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม เพื่อรับหรือส่งข้อมูล จะเป็นลักษณะของกลุ่มข้อมูล ดังนั้นอัตราความเร็วจะต้องมีค่าเท่ากันระหว่างการรับและการส่งโดยทั่วไปเราจะระบุความเร็วของจำนวนบิตในการรับและส่งข้อมูล เป็นจำนวนของบิตที่จะส่งใน 1 วินาที โดยเรียกความเร็วในการส่งข้อมูลว่า อัตราบอด (Baud Rate) ซึ่งมีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที เช่น 300, 1,200, 2,400, 4,800 และ 9,600 บิตต่อวินาที ถ้าหากมีการส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 9600 บิตต่อวินาที จะใช้เวลาในการรับส่งข้อมูลหนึ่งบิตมีค่าเท่ากับ 1/9600 หรือ 104.1 ไมโครวินาที และเวลาในการรับส่งข้อมูลทั้ง 8 บิตจะมีค่าเท่ากับ 8 x 104.1 หรือ832.8 ไมโครวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	1	0	0	0	1	1	0



รูปที่ 2.19 ส่งข้อมูลแบบอนุกรมด้วยความเร็ว 9600 บิตต่อวินาที [6]

2.9.4 รูปแบบของการสื่อสารข้อมูลอนุกรม

การสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส เป็นวิธีการรับและส่งข้อมูลโดยไม่ต้องอาศัยสัญญาณนาฬิกาส่งร่วมไปด้วย แต่จะใช้อัตราความเร็วของจำนวนข้อมูลต่อวินาที และจะทำการเพิ่มบิตข้อมูลบางอย่างร่วมไปกับการส่งข้อมูลจริง เพื่อจะได้ทำการตรวจสอบข้อมูลได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น ซึ่งประกอบด้วยกัน 4 ส่วนคือ

1. บิตเริ่มต้น (Start bit) จะมีขนาด 1 บิต จะเป็นละดับลอจิกตรงกันข้ามกับระดับลอจิกของสภาวะสายสื่อสาร ขณะที่ยังไม่มีการส่งข้อมูล

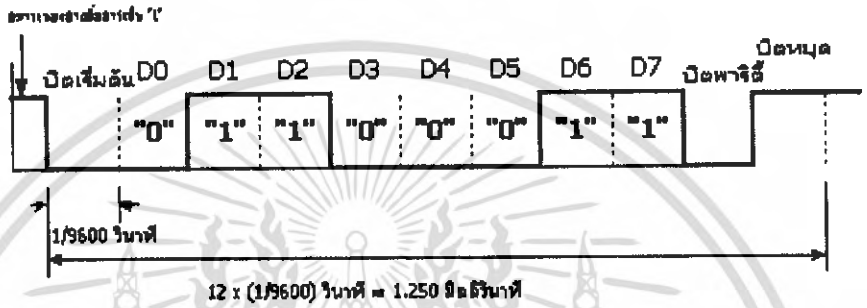
2. บิตข้อมูล (Data bit) จะเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุดก่อนหรือ บิต LSB ก่อน โดยข้อมูลที่จะส่งอาจจะมีขนาด 5, 6, 7 หรือ 8 บิตก็ได้

3. บิตแสดงสภาวะเลขคู่หรือเลขคี่ (Parity bit) มีขนาด 1 บิตโดยบิตนี้จะนำไปต่อท้ายกับบิตข้อมูล ค่าของบิตนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนค่าของข้อมูลที่เป็น "1" โดยเลือกการส่งข้อมูลเป็นแบบพาริตี้คู่ หรือ พาริตี้คี่ ตัวอย่าง ถ้ากำหนดให้มีการส่งข้อมูลแบบพาริตี้คู่ แต่ข้อมูลมีเลข 1 เป็นจำนวนคี่ ก็จะให้บิตพาริตี้นี้เป็น "1"เพื่อจะได้จำนวนเลข "1" เป็นคู่นั้นเอง ทำนองเดียวกันทางด้านรับเองก็ต้องมีการตรวจสอบจำนวนข้อมูลที่รับเข้ามาเป็น "1" รวมทั้งบิตพาริตี้ 1 บิต ถ้ามีค่า "1"เป็นจำนวนคู่ แสดงว่าข้อมูลที่รับเข้ามาถูกต้อง สามารถกำหนดการรับและส่งข้อมูลเป็นแบบ NONE โดยไม่ต้องมีการตรวจสอบพาริตี้บิตก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. บิตสุดท้ายหรือบิตหยุด (Stop bit) เป็นการระบุถึงขอบเขตของการสิ้นสุดข้อมูล โดยจะทำให้ขาข้อมูลมีสถานะ ลอจิกเป็น "1" ซึ่งอาจมีจำนวนมากกว่า หนึ่งบิตก็ได้ เช่น 1 บิต 1.5 บิต หรือ 2 บิต

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	1	0	0	0	1	1	0



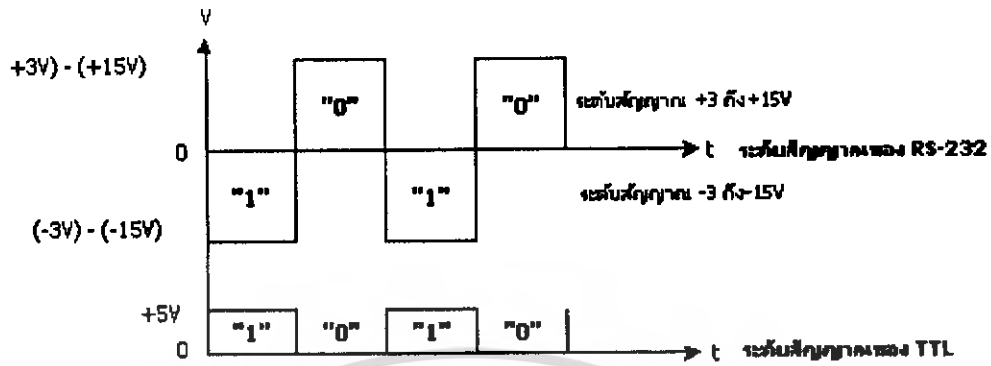
รูปที่ 2.20 ส่งข้อมูลขนาด 8 บิตแบบอนุกรมพร้อมด้วย บิตเริ่มต้น, บิตพาริตี้, บิตหยุด ด้วยความเร็ว 9600 บิตต่อวินาที [6]

2.9.5 การเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS-232

การกำหนดมาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม EIA RS-232 (x) เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรม โดยคณะกรรมการสมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association) ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง เพื่อให้มีการใช้งาน ในการเชื่อมต่อที่สอดคล้องกัน ระหว่างอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่างๆ การรับส่งสัญญาณจะกำหนดความยาวสูงสุดไว้ที่ไม่เกิน 50 ฟุตโดยมีระดับ สัญญาณตั้งแต่ 3 โวลต์ จนถึง 15 โวลต์ สำหรับลอจิก "0" และมีระดับแรงดันที่ -3 โวลต์ จนถึง -15 โวลต์ สำหรับลอจิก "1"

ดังนั้นสังเกตได้ว่าจะมีระดับแรงดันที่ใช้ในสถานะลอจิก "0" และ ลอจิก "1" แตกต่างออกไปจากระบบไอซีดิจิตอลทั่วๆไป การต่อใช้งานจึงต้องมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนระดับแรงดันจาก 0 - 5 โวลต์ จากไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้เป็นระดับแรงดันที่สูงกว่า +3 หรือต่ำกว่า -3 โดยจะมีไอซีสำเร็จรูปพร้อมใช้งาน หรืออาจจะต่อวงจรจากทรานซิสเตอร์ได้

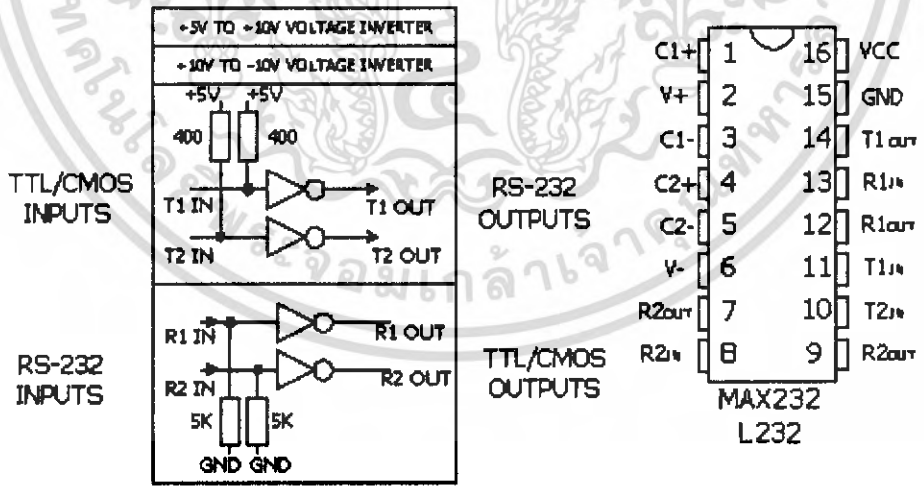
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



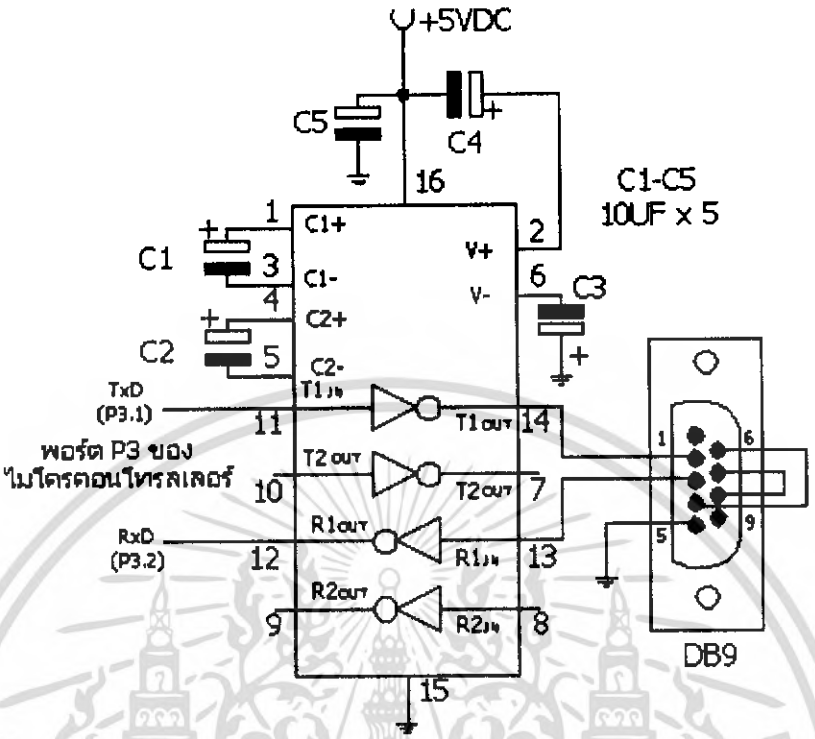
รูปที่ 2.21 ระดับแรงดันสัญญาณพอร์ตอนุกรม RS-232 กับ TTL ในสถานะลอจิก "1" และ "0" [6]

2.9.6 วงจรภายในไอซี MAX232, L232

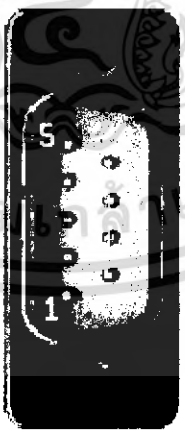
ไอซี MAX232, L232 เป็นไอซีที่แปลงระดับสัญญาณจากระดับ TTL ไปเป็นระดับของ RS-232 และในทำนองเดียวกันก็รับระดับสัญญาณจาก RS-232เพื่อแปลงเป็นระดับสัญญาณจากระดับ TTL ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

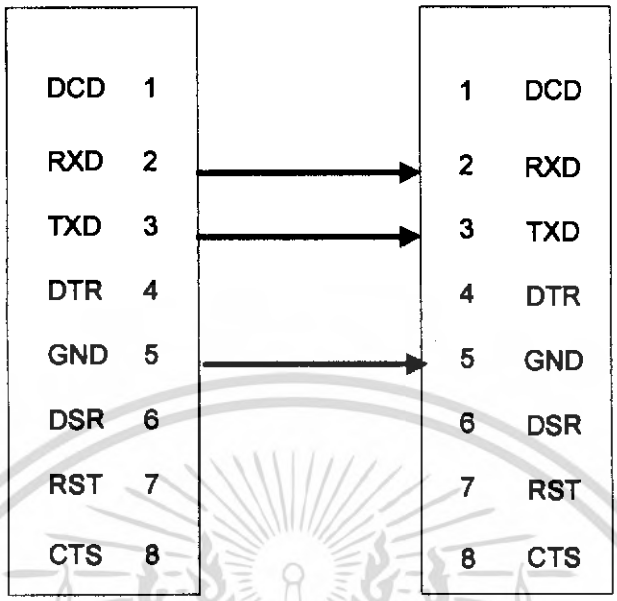


รูปที่ 2.22 ตำแหน่งขาของไอซี MAX232, L232 และการต่อใช้งาน [6]



รูปที่ 2.23 Serial Port ใช้ในการเชื่อมต่อการส่งสัญญาณ [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



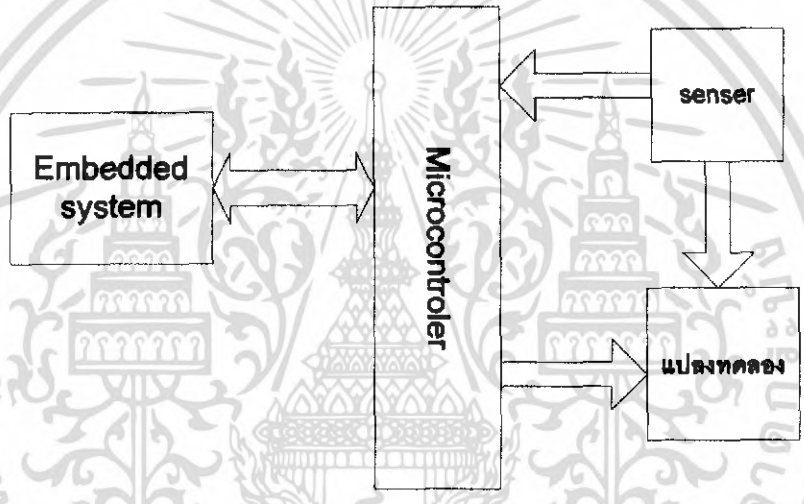
รูปที่ 2.24 ต่อสายสัญญาณมาตรฐาน RS-232 [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบระบบการทำงาน

การออกแบบระบบการทำงานนั้นเป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจจับของตัวเซ็นเซอร์ต่างๆ เพื่อส่งข้อมูลมายัง ไมโครคอนโทรลเลอร์และการติดต่อระหว่าง Embedded กับไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้จะส่งข้อมูลแบบมาตรฐานอนุกรม RS – 232 ซึ่งเป็นมาตรฐานการสื่อสารที่เหมาะสมกับระบบการทำงานนี้



รูปที่ 3.1 ระบบการทำงานโดยรวม

จากรูปจะแสดงการทำงานโดยรวมของระบบโดยเซ็นเซอร์จะคอยตรวจวัดค่าต่างที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชมาจากแปลงทดลองจากนั้นก็จะทำการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อรับค่าที่ตรวจวัดได้ควบคุมการเจริญเติบโตของพืชจากนั้นก็จะให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับEmbedded เพื่อเก็บข้อมูลต่างที่จำเป็นไว้

3.1 การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์

ในการออกแบบส่วนของฮาร์ดแวร์นั้นจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ 1.ส่วนของการออกแบบวงจรวัดค่า PH, 2.ส่วนของระบบควบคุมแปลงทดลอง และส่วนสุดท้ายคือ ส่วนของแปลงทดลองทางการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 การออกแบบวงจรภาควัดค่า PH

เครื่องมือวัด PH (PH Meter) ตามมาตรฐานสามารถวัดได้ย่าน 0-14 แต่ในโครงงานนี้จะใช้วัดในย่าน 2-12 ทั้งนี้เพื่อความเที่ยงตรงในการวัด เพราะการใช้งานจริงจะใช้แค่ช่วงประมาณ 4-8 เท่านั้น ส่วนประกอบของวงจรที่ใช้ในภาคเครื่องมือวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง มีดังต่อไปนี้

3.1.1.1 วงจรขยายแบบไม่กลับขั้วสัญญาณ (Nom-inverting Amplifier)

ส่วนนี้จะเป็นส่วนแรกที่ทำการรับสัญญาณที่ได้จากหัวโพรบ (PH Probe) ที่มีขนาดของสัญญาณต่ำมากๆ ประมาณ 320 mV มาทำการขยายก่อนในภาคแรก เกณฑ์การขยายของวงจรนี้ต้องปรับขนาดของสัญญาณให้ได้ออกมามีค่า 3.2 V

3.1.2 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านอันดับสองแบบบัตเตอร์เวิร์ธ

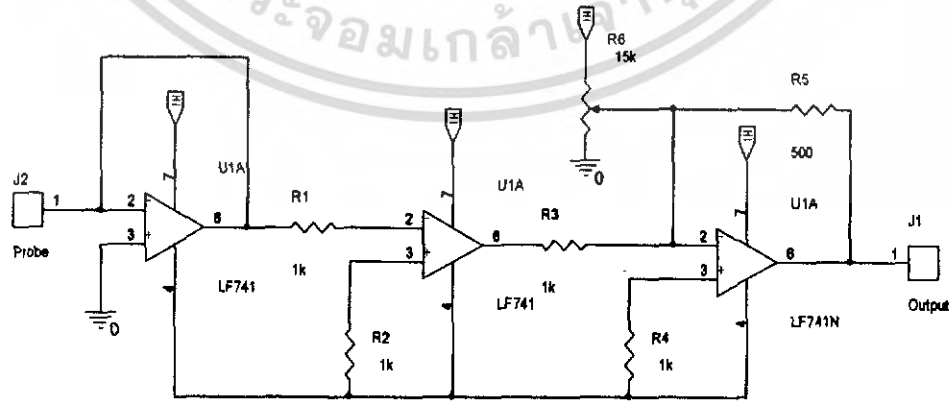
สัญญาณที่ได้จากหัวโพรบ (PH Probe) จะเป็นสัญญาณไซน์ที่ปนมากับสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงจึงต้องทำการกรองเอาสัญญาณไซน์ออกให้เหลือ แต่สัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงที่ความถี่คัดเท่ากับ 3.3 Hz

3.1.3 วงจรขยายแบบกลับขั้วสัญญาณ (Inverting Amplifier)

วงจรนี้จะทำการขยายสัญญาณหลังจากผ่านวงจร Low Pass Filter มาแล้ว โดยจะทำการขยายสัญญาณทั้งด้านบวกและด้านลบ ให้อยู่ในช่วง -2.5 ถึง 2.5 โวลต์

3.1.4 วงจรขยายสัญญาณแบบกลับขั้วสัญญาณ (Inverting summing Amplifier)

วงจรนี้จะทำการนำสัญญาณที่ได้มาแปลงให้อยู่ในช่วง -2.5 ถึง 2.5 โวลต์ มาทำการรวมเข้ากับสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงค่า 2.5 โวลต์ เพื่อทำการยกระดับสัญญาณให้อยู่ในช่วงแรงดัน 0 ถึง 5 โวลต์ แล้วป้อนให้แก่วงจร ADC



รูปที่ 3.2 วงจรภาควัดค่าความเป็น กรด-ด่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การออกแบบไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51 จะเข้ามามีส่วนช่วยในการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ต่างในระบบ

3.1.2.1 การออกแบบการเชื่อมต่อโมดูล SHT 15 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์

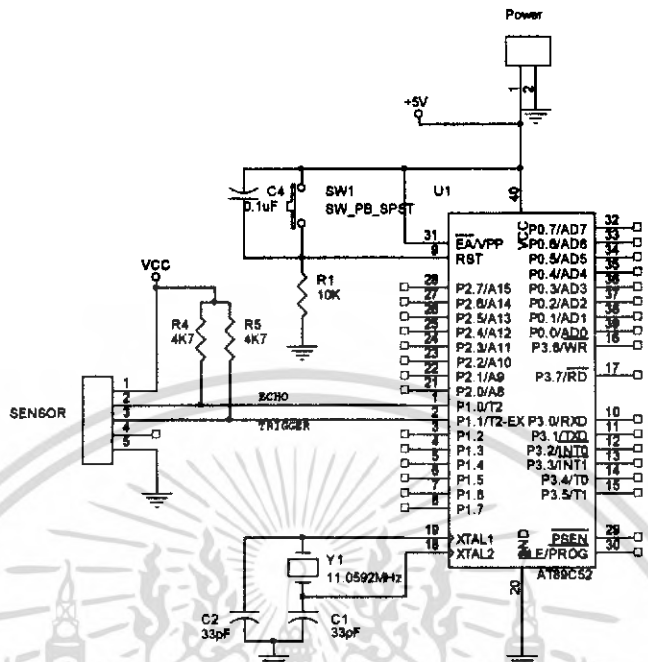
เนื่องจากในการจะรับส่งข้อมูลจาก SHT 15 ในสภาวะเริ่มต้นก่อนการส่งข้อมูลคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยัง SHT 15 จำเป็นจะต้องสร้างรูปแบบสัญญาณผ่านขาสัญญาณ SCK และ DATA เพื่อให้ตรงกับเงื่อนที่เรียกว่า Transmission start นั่นคือขา DATA ต้องถูกทำให้เป็นลอจิก 0 นานอย่างน้อย 1ไซเกิลของสัญญาณนาฬิกา SCK หลังจากนี้ SHT 15 จะทราบได้ทันทีว่าข้อมูลหลังจากนี้จะเป็นคำสั่ง

รูปที่ 3.3 สัญญาณการเริ่มต้นการส่งข้อมูล [5]

ตารางที่ 3.1 ลายละเอียดของขาโมดูล SHT 15 ที่นำมาต่อใช้งาน [5]

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

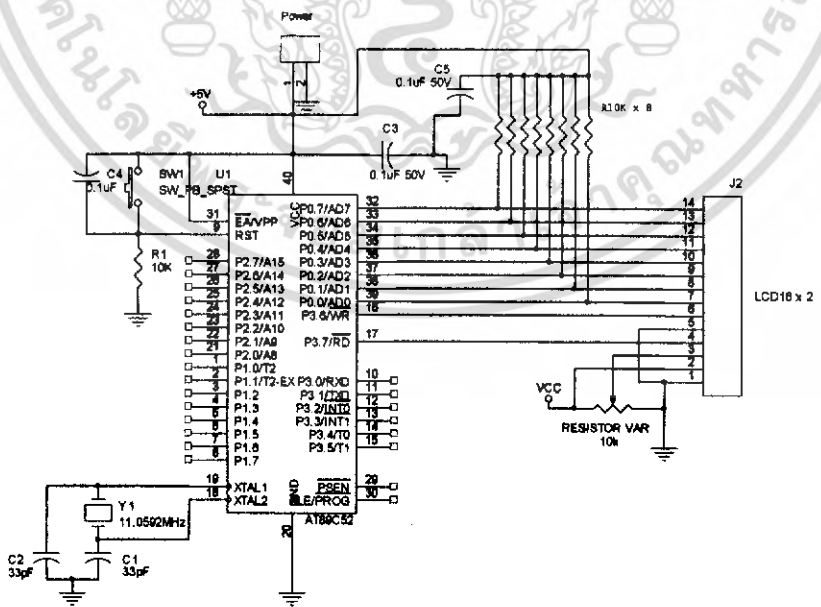
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 เชื่อมต่อโมดูล SHT 15 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1.2.2 การออกแบบการเชื่อมต่อโมดูล LCD เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์

เพื่อให้สะดวกในการแสดงผลค่าอุณหภูมิและความชื้นจึงได้ทำการต่อโมดูล LCDเข้ามาเพื่ออำนวยความสะดวกในส่วนนี้

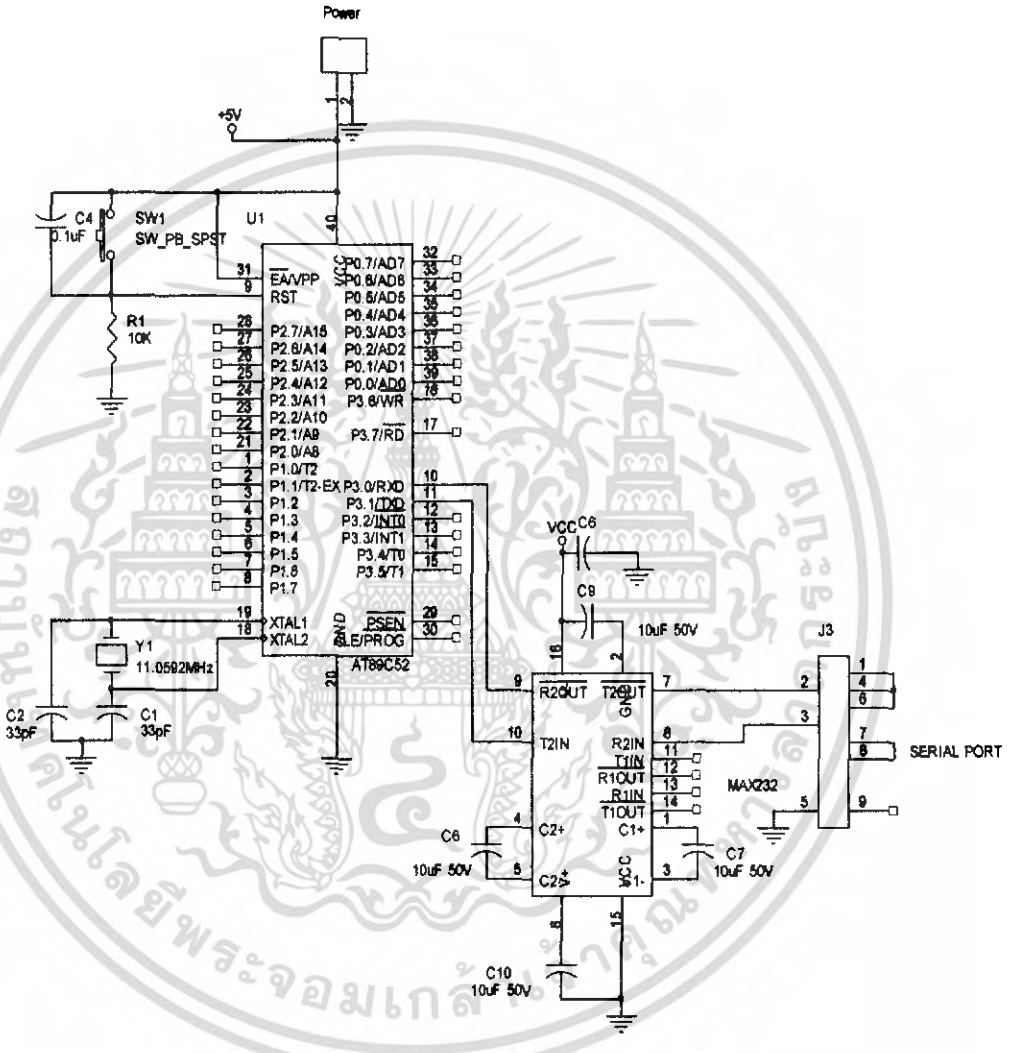


รูปที่ 3.5 เชื่อมต่อโมดูล LCD เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.3 การออกแบบการเชื่อมต่อRS-232 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์

ในระบบการทำงานนี้จะต้องมีการติดต่อสื่อสารระหว่าง Embedded system กับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยจึงได้เลือกการสื่อสารผ่าน RS-232 เข้ามาใช้

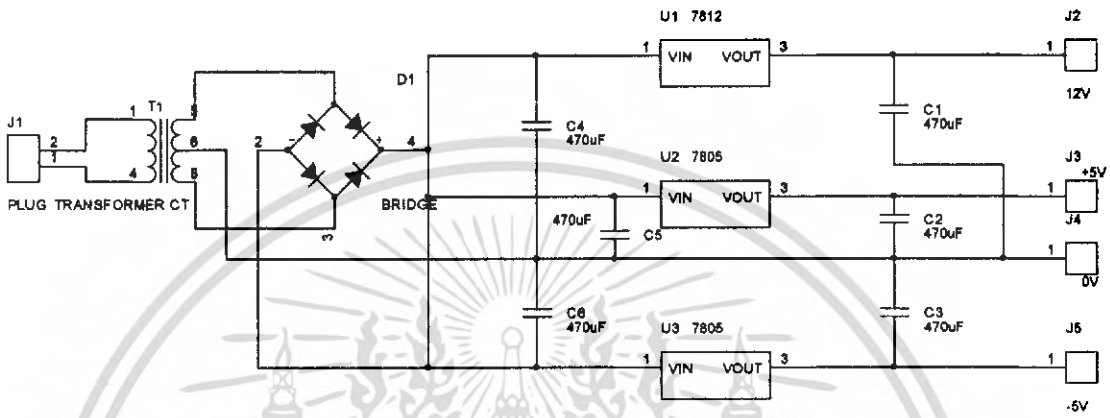


รูปที่ 3.6 เชื่อมต่อRS-232 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.4 การออกแบบวงจรแหล่งจ่ายกำลังงานไฟฟ้า

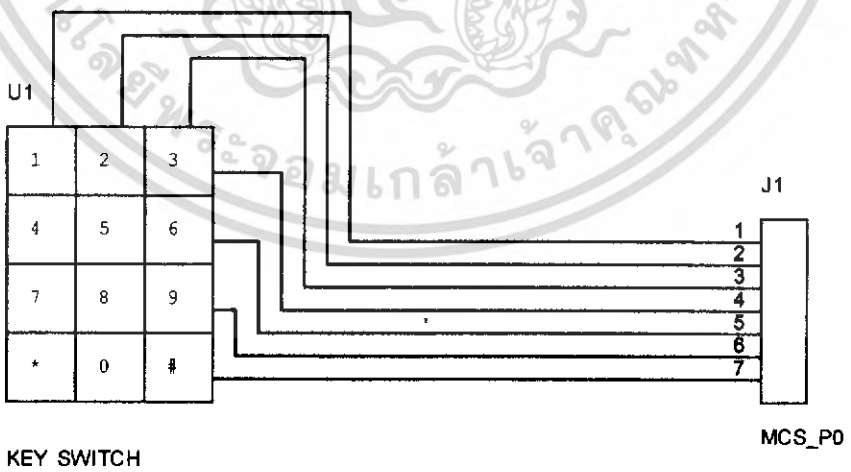
เป็นการออกแบบชุดแหล่งจ่ายกำลังงานไฟฟ้าให้กับวงจรที่ใช้ควบคุมการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติ



รูปที่ 3.7 วงจรแหล่งจ่ายกำลังงานไฟฟ้า

3.1.2.5 การออกแบบวงจร Key Switch

เป็นการออกแบบวงจร Key Switch เพื่อให้สามารถใช้งานได้ง่ายและสะดวกแก่การเซตค่าต่างๆ ที่ต้องการกำหนด ตามรูป

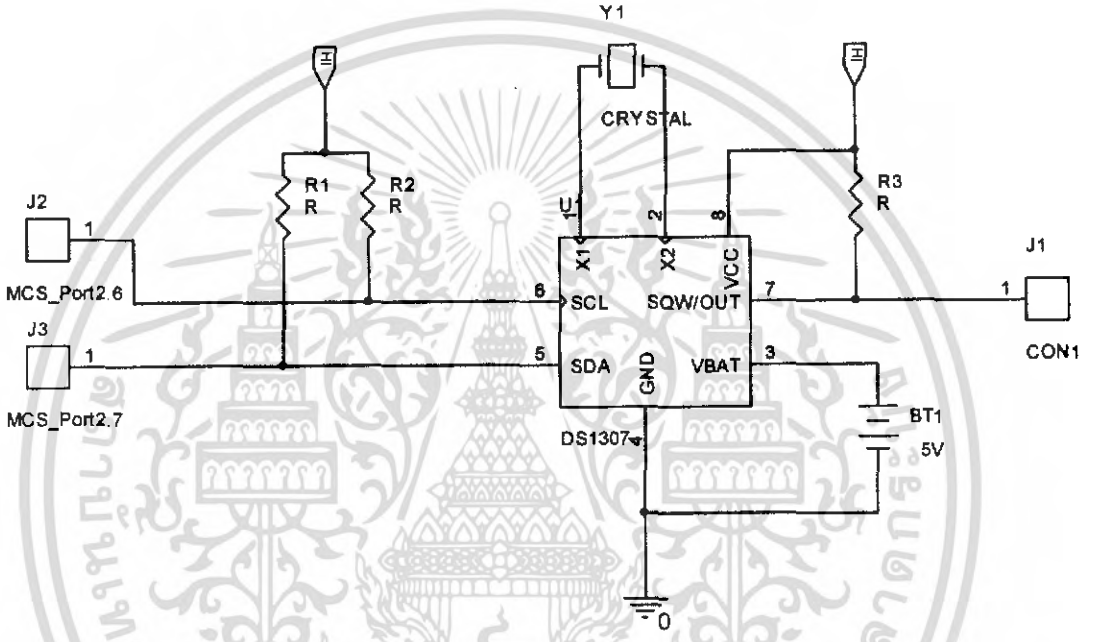


รูปที่ 3.8 วงจร Key Switch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.6 การออกแบบวงจรฐานเวลา

วงจรภาคแสดงวันและเวลา วงจรนี้จะใช้ไอซีเบอร์ DS1307 ซึ่งจะทำการแปลงฐานเวลาให้กับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับเวลาทั้งหมด ในการต่อใช้งานไอซีเบอร์ DS1307 จำเป็นที่จะต้องต่อแบตเตอรี่ไว้ตลอดเวลาไม่ว่าจะใช้งานหรือไม่ก็ตาม เพื่อรักษาการทำงานของวงจรภายใน DS1307 ให้ยังคงทำงานต่อเนื่องเพราะเวลาจะต้องเดินอยู่ตลอดเวลา



รูปที่ 3.9 วงจรภาคแสดงวันและเวลา

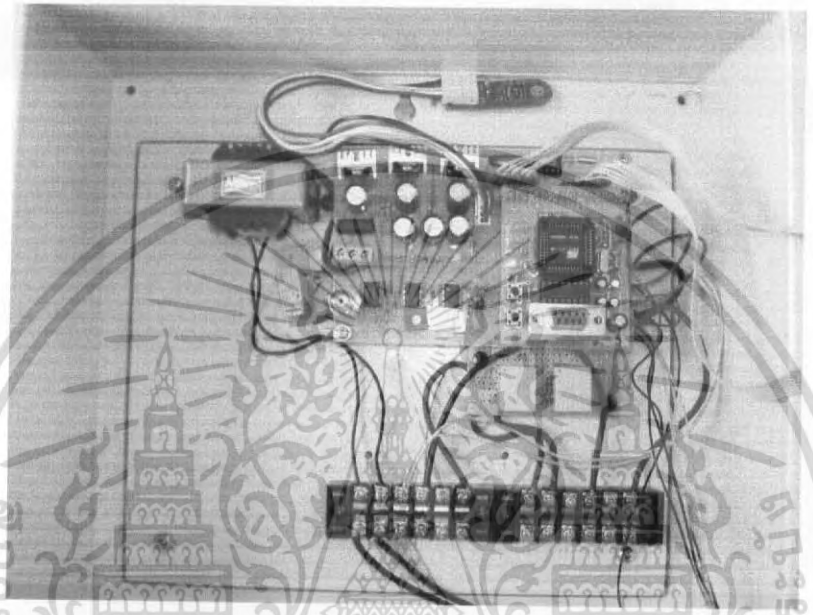
3.2 การออกแบบแปลงทดลองทางการเกษตร

เป็นขั้นตอนการออกแบบแปลงทดลองทางการเกษตรเพื่อให้สามารถเชื่อมต่อกับชุดควบคุมที่ออกแบบมาข้างต้นได้ โดยการออกแบบแปลงทดลองทางการเกษตรนี้เป็นการสร้างโครงสร้างสำหรับวางอุปกรณ์ต่างๆ อุปกรณ์ตัวที่หนึ่งคือการวางตำแหน่งของปั๊มน้ำที่ใช้ดูดสารละลายไปเลี้ยงพืชให้เจริญเติบโต อุปกรณ์ตัวที่สองคือการวางตำแหน่งของปั๊มพ่นน้ำและหัวพ่นน้ำเพื่อช่วยในการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ตามที่พืชต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 การออกแบบชุดกล่องควบคุมเพื่อติดกับแปลงทดลอง

เป็นการออกแบบวงจรและภาชนะที่ใช้สำหรับใส่ชุดวงจรควบคุมเพื่อให้สามารถป้องกันแดด , ป้องกันฝนและป้องกันพวกสัตว์เลื้อยคลานได้



รูปที่ 3.10 วงจรชุดควบคุมแปลงทดอง

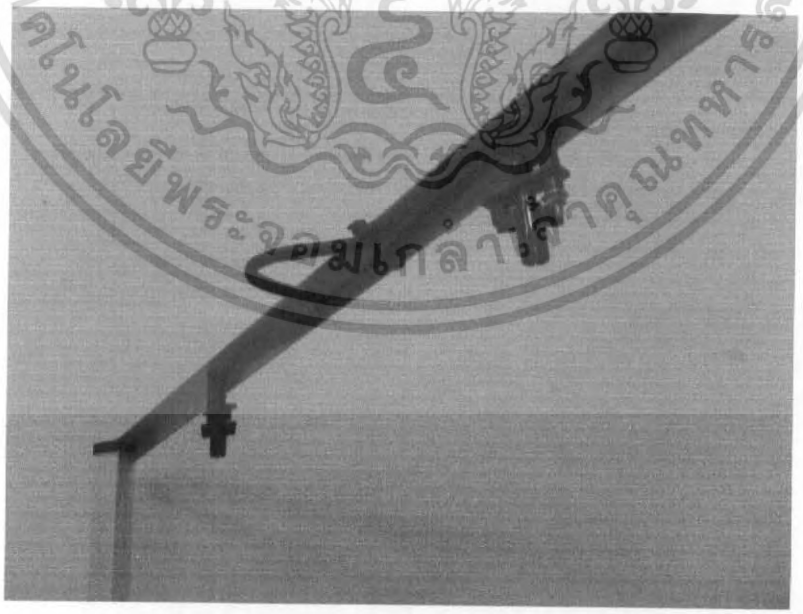
รูปที่ 3.11 ติดตั้งชุดควบคุมเข้ากับแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การออกแบบปั๊มพ่นน้ำและหัวพ่นน้ำ

เป็นการออกแบบหาตำแหน่งการวางของหัวพ่นน้ำเพื่อให้สามารถพ่นน้ำได้กระจายทั่วถึงและลดอุณหภูมิในอากาศได้อย่างรวดเร็ว

รูปที่ 3.12 ปั๊มพ่นน้ำ



รูปที่ 3.13 หัวพ่นน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

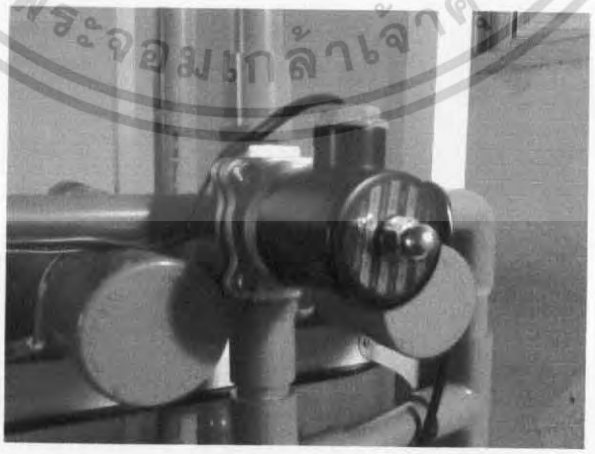
3.2.3 การออกแบบปั๊มน้ำที่ใช้ดูดสารละลาย

การหาตำแหน่งของปั๊มน้ำที่ใช้ดูดสารละลาย (ผสมอยู่ในน้ำ) เพื่อให้สารละลายได้หมุนเวียนอยู่ในท่อที่ใช้เลี้ยงพืชอยู่ตลอดเวลาซึ่งจะทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดี

รูปที่ 3.14 ปั๊มน้ำที่ใช้ดูดสารละลายไปเลี้ยงพืช

3.2.4 การออกแบบระบบควบคุมวาล์วไฟฟ้า (โซลินอยด์วาล์ว)

เป็นการนำวาล์วไฟฟ้ามาช่วยในการเปิด-ปิด น้ำให้กับหัวโพรบ (PH Probe) เพื่อช่วยให้หัวโพรบนั้นสามารถวัดค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำได้แม่นยำกว่า เพราะหัวโพรบนั้นไม่สามารถวัดค่าความเป็นกรด-เบส ในขณะที่น้ำนั้นไหลได้ จึงต้องนำวาล์วไฟฟ้ามาควบคุมการเปิด-ปิดน้ำ

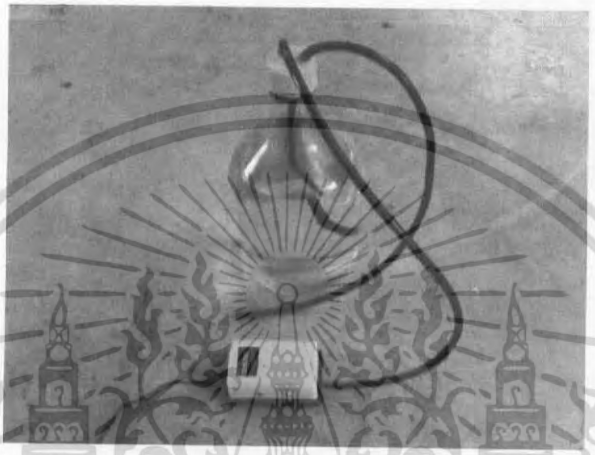


รูปที่ 3.15 ติดตั้งระบบควบคุมวาล์วไฟฟ้า (โซลินอยล์วาล์ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 การออกแบบระบบเติมสารละลายกรด-เบส

เมื่อพืชดูดน้ำไปเลี้ยงลำต้นเป็นเวลานานๆ สารอาหารที่อยู่ในน้ำก็จะถูกพืชดูดไปด้วยจึงทำให้ค่า PH ในน้ำนั้นเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นเราจึงต้องมีระบบที่คอยเติมกรด-เบสเพื่อให้เหมาะสมกับพืชของแต่ละชนิดและจะทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดี



รูปที่ 3.16 ติดตั้งระบบเติมสารละลาย กรด-เบส

3.2.6 การนำอุปกรณ์ต่างๆ มาต่อเข้ากับแปลงทดลองทางการเกษตร

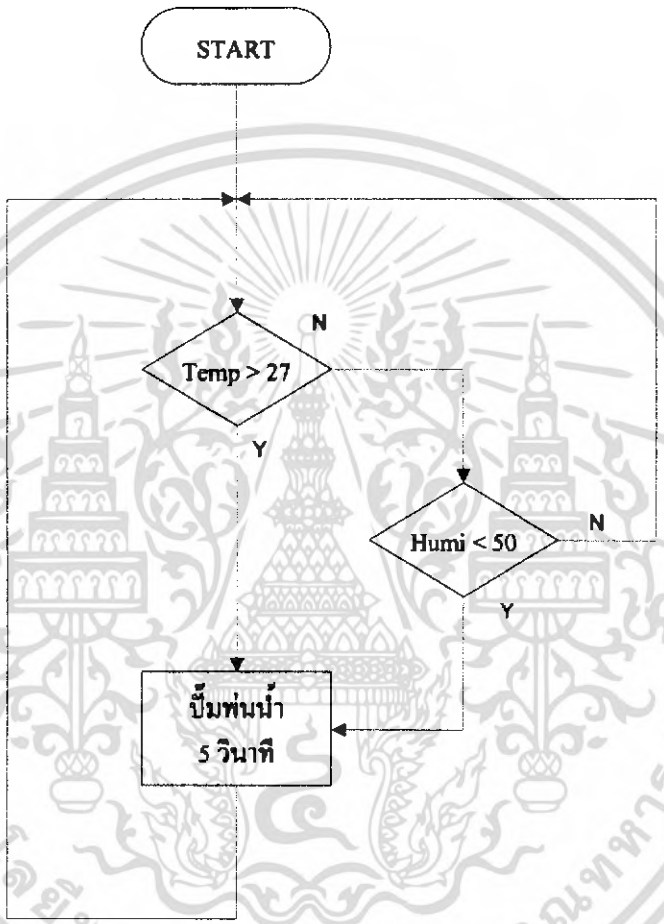
ขั้นตอนนี้จะเป็นการนำอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบที่เป็นส่วนควบคุมและเป็นปัจจัยที่ทำให้พืชเจริญเติบโต มาประกอบเข้ากับโครงสร้างของแปลงทดลองทางการเกษตร เพื่อทดสอบระบบการทำงานของชุดคอนโทรล

รูปที่ 3.17 นำอุปกรณ์ต่างๆ มาต่อเข้ากับแปลงทดลองทางการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบซอฟแวร์

3.3.1 การออกแบบโปรแกรมส่วนของการตรวจจับความชื้นและอุณหภูมิ

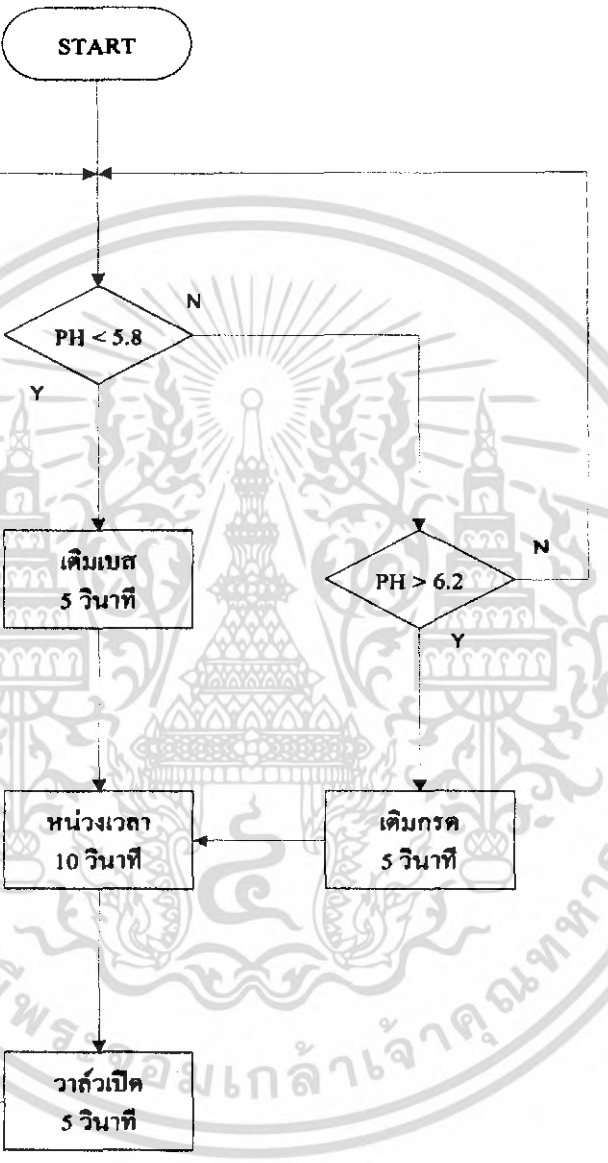


รูปที่ 3.18 Flowchart ของการตรวจจับความชื้นและอุณหภูมิ

จาก Flowchart โปรแกรมจะคอยทำการตรวจสอบค่าอุณหภูมิและความชื้น ว่ามีค่าใดมากหรือน้อยกว่าค่าที่กำหนดหรือไม่ ถ้าไม่มีค่าใดต่ำหรือสูงค่าค่าที่กำหนดก็จะทำการตรวจสอบโดยการ วนลูปไปเรื่อยๆถ้ามีค่าอุณหภูมิและความชื้นว่ามีค่าใดค่าหนึ่งมากหรือน้อยกว่าค่าที่กำหนดก็จะทำการสั่งให้ปั๊มน้ำทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การออกแบบโปรแกรมส่วนของการตรวจวัดค่าความเป็น กรด-เบส

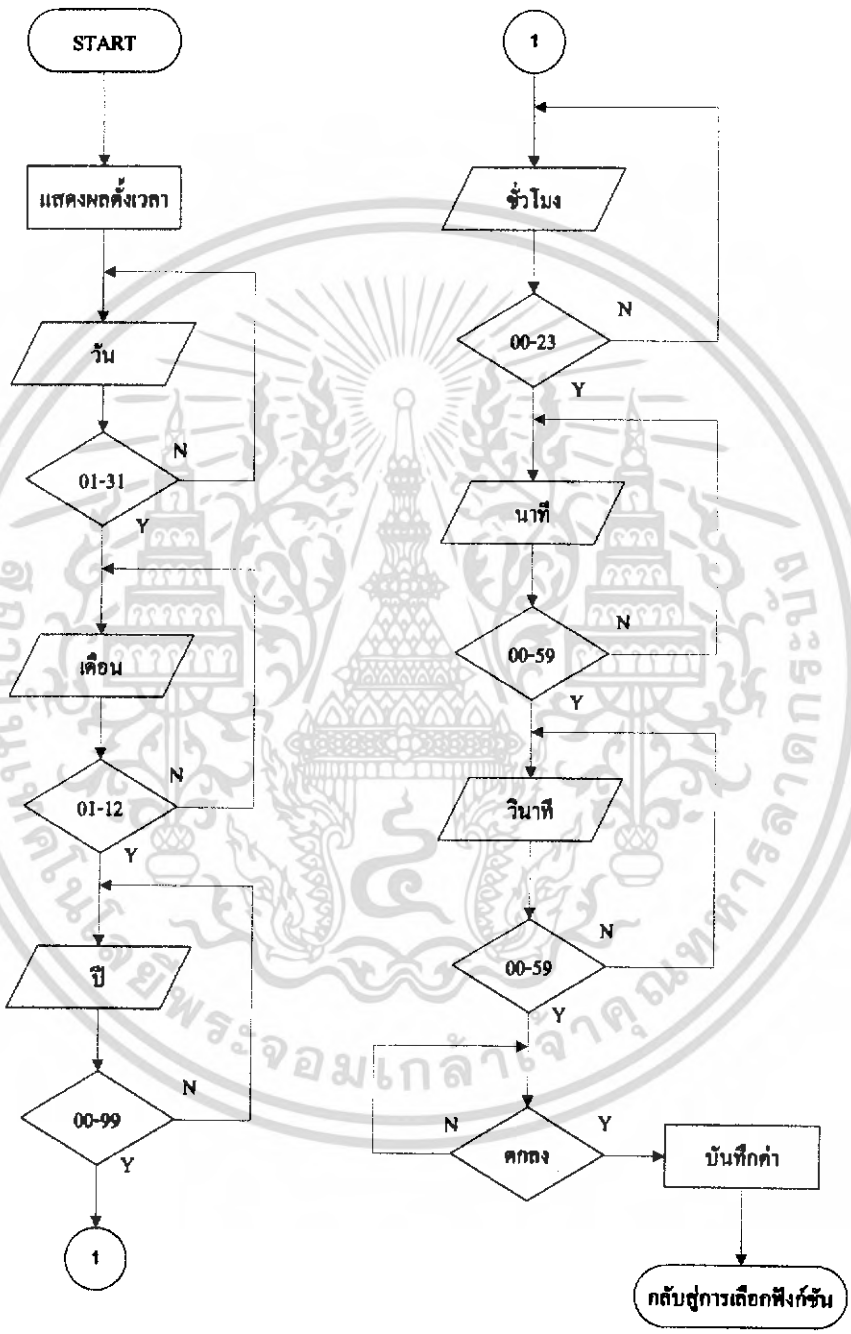


รูปที่ 3.19 Flowchart ส่วนของการตรวจวัดค่าความเป็น กรด-เบส

จาก Flowchart โปรแกรมส่วนนี้จะตรวจสอบเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-เบส ว่ามีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่าที่กำหนดหรือไม่ ถ้าค่าที่วัดได้มากกว่าหรือน้อยกว่าที่กำหนดโปรแกรมก็จะสั่งให้ปั๊มดูดสารละลายเข้าไปเติมในถังพักน้ำให้ได้ค่าตามที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

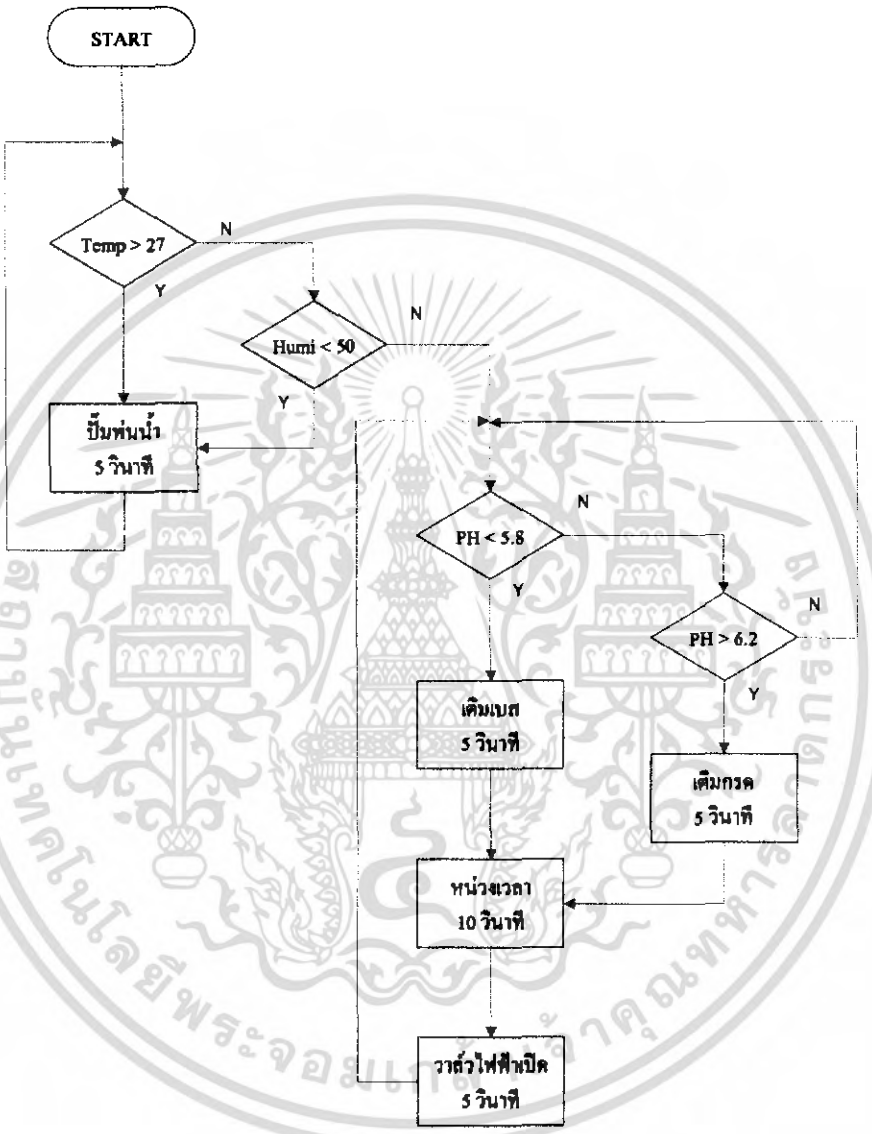
3.3.3 การออกแบบโปรแกรมย่อยในส่วนของการตั้งเวลา



รูปที่ 3.20 Flowchart ของโปรแกรมควบคุมการตั้งเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การออกแบบโปรแกรมในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.21 Flowchart ของโปรแกรมในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์

จาก Flowchart โปรแกรมส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของอุปกรณ์ตรวจวัดต่างๆ เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

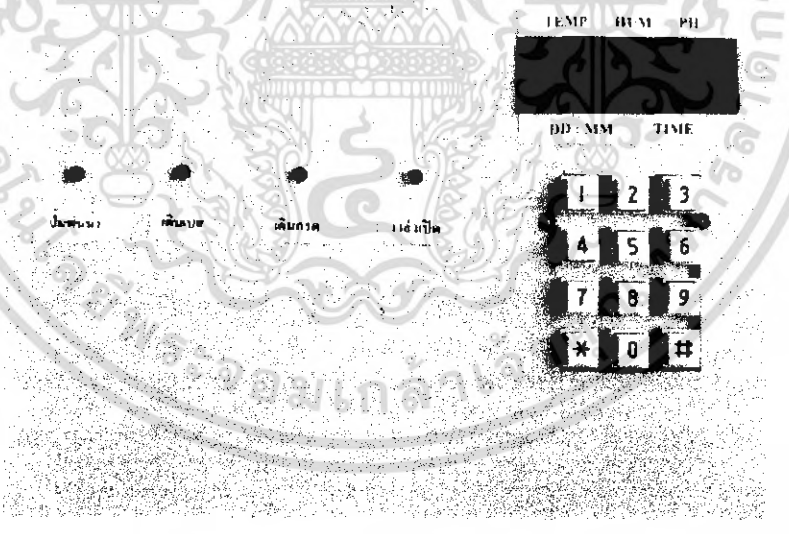
ผลการทดสอบระบบ

4.1 ผลการทดสอบระบบการทำงานของอุปกรณ์ควบคุม

เป็นการทดสอบอุปกรณ์ทั้งหมดของระบบว่าสามารถทำงานได้ตามที่กำหนดไว้หรือไม่ และยังทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในแปลงทดลองทางการเกษตร

4.1.1 การทดสอบระบบจอแสดงผล LCD

จากการทดสอบระบบจอแสดงผลสามารถแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ตามที่ตั้งค่าไว้ได้ ค่าพารามิเตอร์ที่ให้แสดงออกทางหน้าจอ LCD ก็จะมีค่าดังนี้ คือ ค่าอุณหภูมิ (Temp), ค่าความชื้น (Humi), ค่าความเป็นกรด-ด่าง (PH), วันที่, เดือน และเวลา เมื่อติดตั้งจอ LCD แล้วทำให้ระบบง่ายต่อการควบคุม และสะดวกแก่การใช้งานเป็นอย่างมาก



รูปที่ 4.1 จอแสดงผล LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การทดสอบระบบปั๊มดูดสารละลาย

เป็นการออกแบบระบบปั๊มน้ำ ที่ใช้ดูดสารละลายไปเลี้ยงพืชซึ่งก็ถือว่าเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมากพอสมควร เพราะปั๊มที่จะใช้ดูดสารละลายไปเลี้ยงพืชจะต้องทำงานอยู่ตลอดเวลา ฉะนั้นเราจึงต้องมีการเลือกอุปกรณ์ที่สามารถทำงานได้ต่อเนื่องกันเป็นเวลานานๆได้ ต้องมีกำลังพองานพอที่จะดูดน้ำมาเลี้ยงพืชได้ และยังต้องประหยัดพลังงานด้วย เราจึงเลือกอุปกรณ์ดังรูปมาทำหน้าที่ดูดสารละลายไปเลี้ยงพืช เมื่อนำระบบปั๊มน้ำที่ใช้ดูดสารละลายนี้มาใช้งานกับระบบก็ส่งผลให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน และเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบ

รูปที่ 4.2 ปั๊มที่ใช้ดูดสารละลาย

4.1.3 การทดสอบระบบการเติมกรด-เบส

ในระบบการปรับสภาพน้ำหรือการเติมกรด-เบส นั้นก็เป็นส่วนสำคัญของพืชเพราะเป็นปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืช เราจึงต้องมีการออกแบบภาชนะที่จะใช้ใส่กรด-เบส ที่เหมาะสม สารเหล่านี้มีค่าความเป็นกรดจึงไม่สามารถใช้ปั๊มดูดสารที่เป็นกรด-เบส ได้เพราะจะทำให้อุปกรณ์นั้นเกิดการเสียหายหรือเกิดการกัดกร่อนได้ง่าย เราจึงต้องออกแบบให้เป็นระบบสุญญากาศเพื่อไม่ให้ปั๊มนั้นสัมผัสกับสาร และภาชนะที่นำมาใส่สารก็เป็นขวดแก้วจึงจะสามารถทนการกัดกร่อนของสารได้ เมื่อนำระบบการปรับสภาพน้ำหรือการเติมกรด-เบส นี้มาใช้กับระบบก็ช่วยให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยค่าใช้จ่ายในด้านอุปกรณ์ของระบบได้

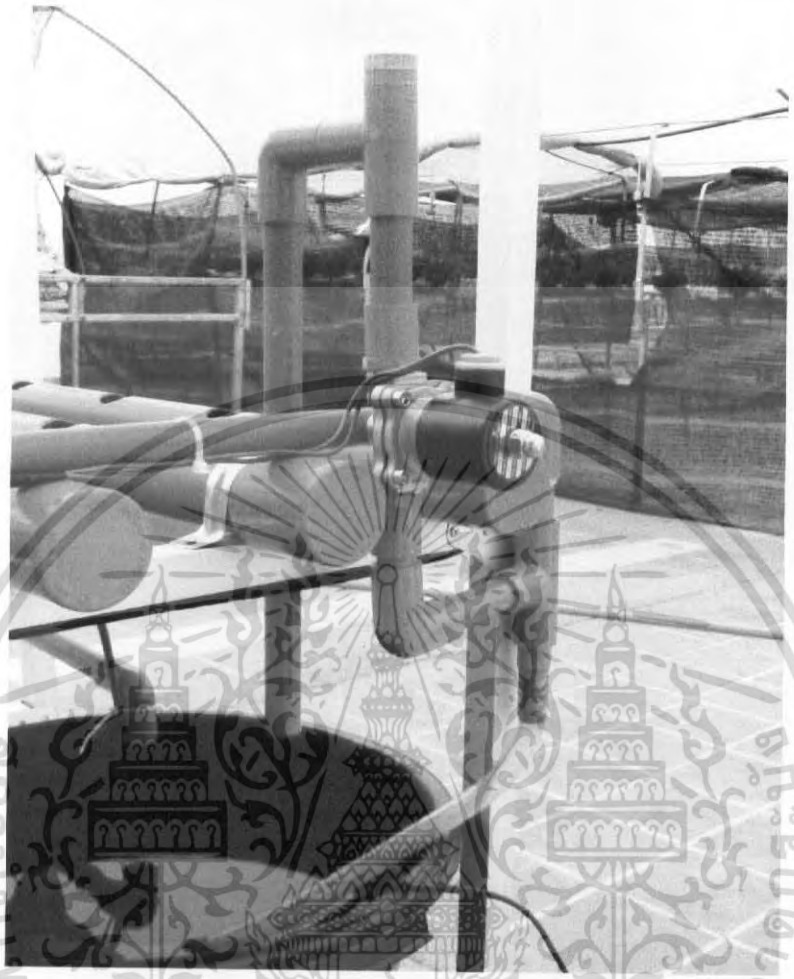
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 อุปกรณ์ที่ใช้เติม กรด-เบส

4.1.4 การทดสอบระบบวาล์วไฟฟ้าควบคุมการเปิด-ปิดน้ำ

การออกแบบวาล์วนั้น เราจำเป็นต้องนำวาล์วไฟฟ้าเข้ามาควบคุมการเปิด-ปิดน้ำเพราะต้องการให้ระบบทำงานโดยอัตโนมัติเมื่อมีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าไปก็จะทำให้วาล์วเปิดออกน้ำก็จะสามารถผ่านไปที่โพรบ PH ได้ สาเหตุที่ต้องใส่วาล์วก็เพราะโพรบ PH นั้นไม่สามารถวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ในขณะที่น้ำนั้นไหลได้ ดังนั้นจึงต้องใส่วาล์วเพื่อควบคุมน้ำไม่ให้เคลื่อนไหวในขณะโพรบ PH นั้นกำลังตรวจสอบอยู่ เมื่อใส่วาล์วไฟฟ้าแล้วระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นและมีความแม่นยำมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการเปิด-ปิด น้ำ

4.2 การทดสอบระบบฟังก์ชันการทำงาน

เป็นการทดสอบระบบฟังก์ชันการทำงานว่าสามารถทำงานตามฟังก์ชันที่เซตได้ หรือไม่ ฟังก์ชันที่สามารถเซตได้ก็คือฟังก์ชันการตั้งค่าการทำงานอัตโนมัติ และการตั้งค่าวันและเวลา

4.2.1 ฟังก์ชันการตั้งค่าการทำงานอัตโนมัติ

เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่สำคัญ และที่เป็นปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืช ให้สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติโดยจะมีการเซตค่าอุณหภูมิ, ความชื้น, ค่า PH (Low) และ PH (High) ตามลำดับ เมื่อนำระบบการตั้งค่าพารามิเตอร์แบบอัตโนมัติมาใช้กับแปลงทดลอง ผลที่ได้ก็คือ ทำให้สะดวกและง่ายต่อการใช้งาน และยังสามารถเลือกฟังก์ชันที่เหมาะสมกับพืชได้ (สามารถตั้งค่าพารามิเตอร์ได้ 3 ฟังก์ชัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.1 ฟังก์ชันการตั้งค่าการทำงานอัตโนมัติที่ 1

เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการตั้งค่าพารามิเตอร์ชนิดที่ 1 ซึ่งมีขั้นตอนในการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

1).กดปุ่มเครื่องหมาย # และกดปุ่มเลข 1 หน้าจอ LCD จะแสดงดังรูป 4.5

2).ใส่ค่าพารามิเตอร์ตามที่พืชชนิดนั้นต้องการ

3).เมื่อบันทึกค่าเสร็จแล้วก็ให้กดปุ่ม 0 ก็จะทำการบันทึกค่าพารามิเตอร์ที่เซตไว้

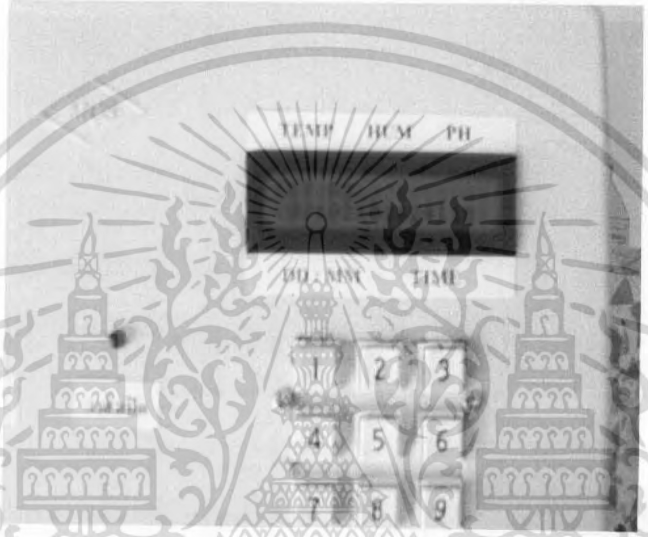
รูปที่ 4.5 หน้าจอ LCD ที่เข้าสู่ฟังก์ชันเซตค่า (ยังไม่เซตค่า)

รูปที่ 4.6 หน้าจอ LCD ที่เซตค่าพารามิเตอร์แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2 ฟังก์ชันการตั้งค่าการทำงานอัตโนมัติที่ 2

เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการตั้งค่าพารามิเตอร์ชนิดที่ 2 ซึ่งมีขั้นตอนในการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เหมือนกับการตั้งค่าพารามิเตอร์ชนิดที่ 1 เพียงแค่เปลี่ยนขั้นตอนการเซตข้อที่ 1) จากกดปุ่มเครื่องหมาย # และกดปุ่มเลข 1 มาเป็นกดปุ่มเครื่องหมาย # และกดปุ่มเลข 2 แทน ส่วนข้อที่เหลือก็ทำตามขั้นตอนที่ 2) และ3)



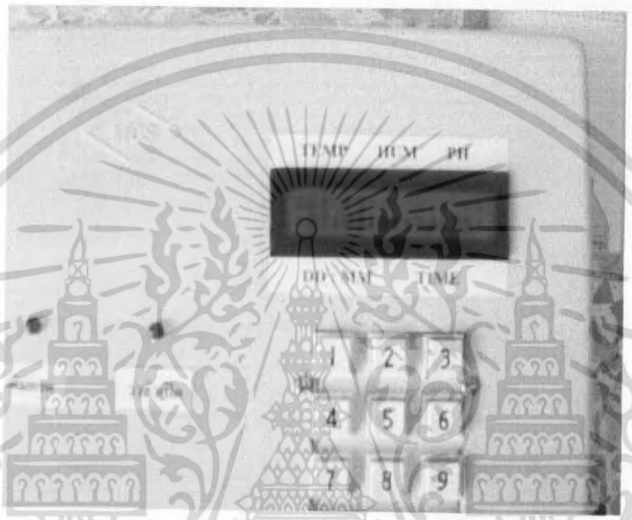
รูปที่ 4.7 หน้าจอ LCD ที่เข้าสู่ฟังก์ชันเซตค่า (ยังไม่เซตค่า)

รูปที่ 4.8 หน้าจอ LCD ที่เซตค่าพารามิเตอร์แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.3 ฟังก์ชันการตั้งค่าการทำงานอัตโนมัติที่ 3

เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการตั้งค่าพารามิเตอร์ชนิดที่ 3 ซึ่งมีขั้นตอนในการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เหมือนกับการตั้งค่าพารามิเตอร์ชนิดที่ 1และ 2 เพียงแค่เปลี่ยนขั้นตอนการเซตข้อที่ 1) จากกดปุ่มเครื่องหมาย # และกดปุ่มเลข 1 มาเป็นกดปุ่มเครื่องหมาย # และกดปุ่มเลข 3 แทน ส่วนข้อที่เหลือก็ทำตามขั้นตอนที่ 2) และ3)



รูปที่ 4.9 หน้าจอ LCD ที่เข้าสู่ฟังก์ชันเซตค่า (ยังไม่เซตค่า)

รูปที่ 4.10 หน้าจอ LCD ที่เซตค่าพารามิเตอร์แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ฟังก์ชันการตั้งค่าวันและเวลา

เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการตั้งวันและเวลาเพื่อที่จะใช้อ้างอิงในการเก็บข้อมูลต่างๆ ฟังก์ชันนี้สามารถเซตค่าวัน, เดือน, ปี และเวลาได้ โดยมีขั้นตอนการเซตค่าต่างๆดังนี้

1).กดปุ่มเครื่องหมาย # และกดปุ่มเลข 9 หน้าจอ LCD จะแสดงดังรูป 4.11

2).ใส่ค่าวัน, เดือน, ปี และเวลา ตามที่กำหนด

3).เมื่อบันทึกค่าเสร็จแล้วก็ให้กดปุ่ม 0 ก็จะทำการบันทึกค่าพารามิเตอร์ที่เซตไว้

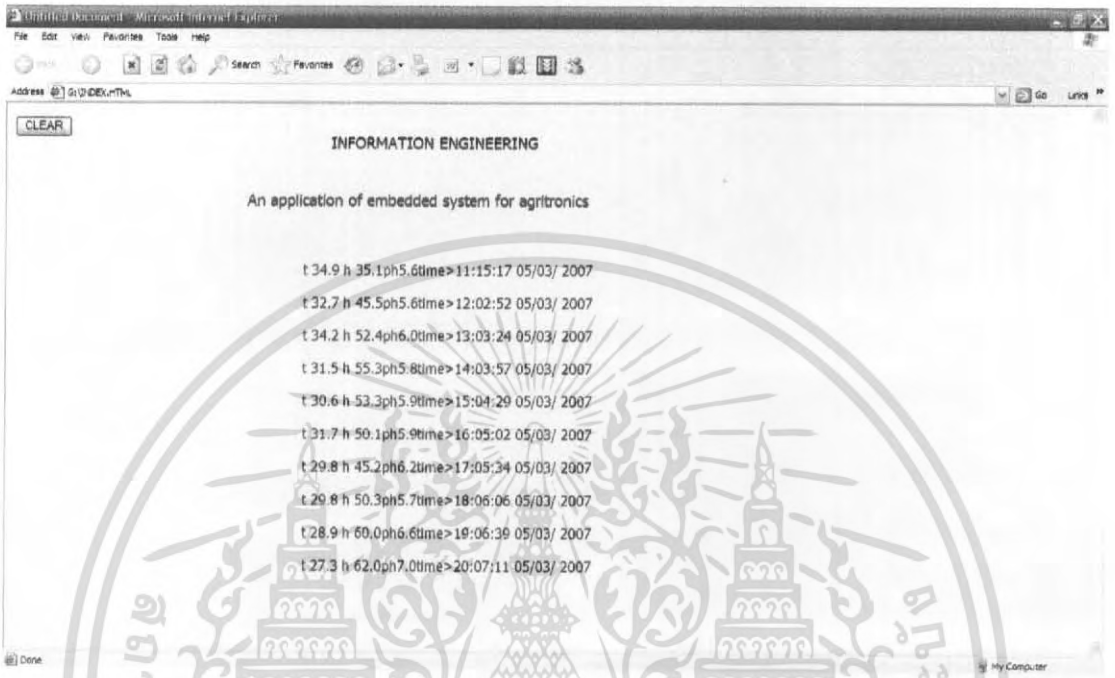
รูปที่ 4.11 หน้าจอ LCD ที่เซตค่าวัน, เดือน, ปี และเวลา

4.3 ผลการทดสอบระบบการส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์มาที่ระบบสมองกลฝังตัว

รูปที่ 4.12 ส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์มาที่ระบบสมองกลฝังตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดสอบระบบการส่งข้อมูลจากระบบสมองกลฝังตัวมาที่คอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.14 ส่งข้อมูลจากระบบสมองกลฝังตัวมาที่คอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุป

5.1 สรุปผล

เครื่องควบคุมการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัตินี้ สามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆได้ และยังช่วยให้การทำงานง่ายขึ้น ลดความยุ่งยากของการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ได้เป็นอย่างดี โดยมีอุปกรณ์ตรวจค่าอุณหภูมิ, ตรวจวัดค่าความชื้น, ตรวจวัดค่า PH ของน้ำที่ใช้เลี้ยงพืช, มีจอ LCD ที่ใช้แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ, มี Key Switch ที่ใช้สำหรับป้อนค่าพารามิเตอร์ที่จะใช้ในการปลูกพืชแต่ละชนิด และสามารถปรับค่าต่างๆ ให้ตรงตามที่ตั้งไว้ได้ ซึ่งจากการทดสอบระบบนี้ปรากฏว่าพืชที่ใช้ปลูกมีการเจริญเติบโตและมีประสิทธิภาพ

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

1) ปัญหาเกี่ยวกับหัวโพรบ PH ที่ใช้วัดค่าความเป็นกรด-เบส ของสารละลายที่ใช้เลี้ยงพืช คือ หัวโพรบ PH จะวัดได้เฉพาะน้ำนิ่งเท่านั้นไม่สามารถวัดน้ำที่ไหลได้ ถ้าน้ำไม่นิ่งค่าที่หัวโพรบ PH วัดได้นั้นจะไม่นิ่งและบางครั้งอาจจะ Error ได้

แนวทางการแก้ปัญหา ต้องนำวาล์วไฟฟ้ามาทำหน้าที่เปิด-ปิด น้ำที่จะให้หัวโพรบ PH วัด และวาล์วนั้นต้องควบคุมน้ำให้ปิดสนิทหัวโพรบ PH จึงจะวัดค่าได้แม่นยำ

2) ปัญหาเกี่ยวกับหัวโพรบ PH ถ้าใช้จุ่มวัดในน้ำเป็นเวลานานๆ ก็จะทำให้ค่าที่วัดอาจจะเกิดการคลาดเคลื่อนได้

แนวทางการแก้ปัญหา ต้องมีการทำความสะอาดหัวโพรบ PH ด้วยน้ำกลั่นเป็นระยะๆ (เดือนละ 1 ครั้ง) และทำการสอบเทียบหัวโพรบ PH กับค่ามาตรฐาน (PH 4, PH 7, PH 10)

3) ปัญหาเกี่ยวกับสารละลายที่ใช้เลี้ยงพืช ตำแหน่งที่จะติดตั้งหัวโพรบ PH รวมถึงต้นกล้าที่จะใช้ปลูกในแปลงทดลอง

แนวทางการแก้ปัญหา ได้รับการอนุเคราะห์จากอาจารย์ อิทธิสุนทร นันทกิจ และพี่ๆ ปริญญาโท จากภาคเทคโนโลยีการเกษตรที่ให้ความช่วยเหลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการพัฒนาในอนาคต

เนื่องจากเครื่องควบคุมการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัตินี้ ยังขาดอุปกรณ์ตรวจวัดที่เป็นปัจจัยสำคัญอีกอย่างหนึ่งของการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ คือ อุปกรณ์ควบคุมค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารในสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1]. นคร ภักดีชาติ, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. "ทดลองและใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยโปรแกรมภาษา C". กรุงเทพฯ: บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด

[2]. อุดม รามอก. "ภาษา C สำหรับงานควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51". นนทบุรี: บริษัท ไอดีซี อินโฟ ดิสทรีบิวเตอร์ เซ็นเตอร์ จำกัด, 2548

[3]. มัณฑา ปราการสมุทร. "การเขียนชุดคำสั่งภาษา C". กรุงเทพฯ: บริษัท ควงกมลสมัย จำกัด

[4]. อิทธิสุนทร นันทกิจ. "การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน"

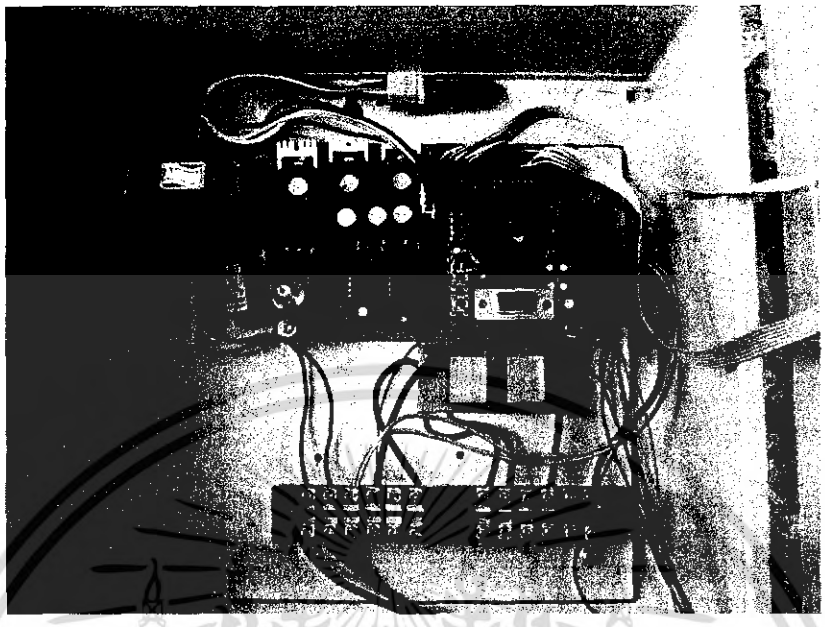
[5]. http://www.es.co.th

[6].http://www.thaiio.com

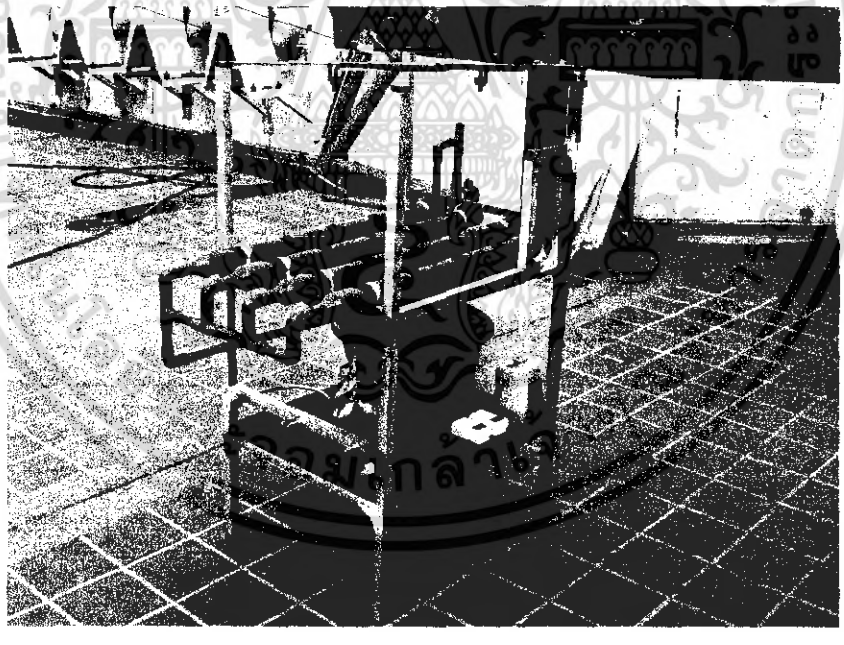
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

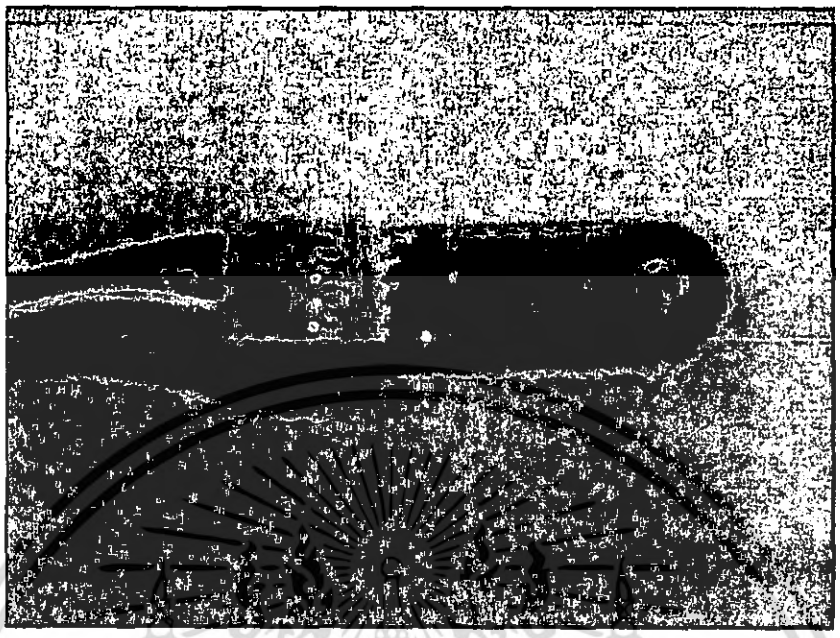


รูปที่ ก.1 เครื่องควบคุมการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติ

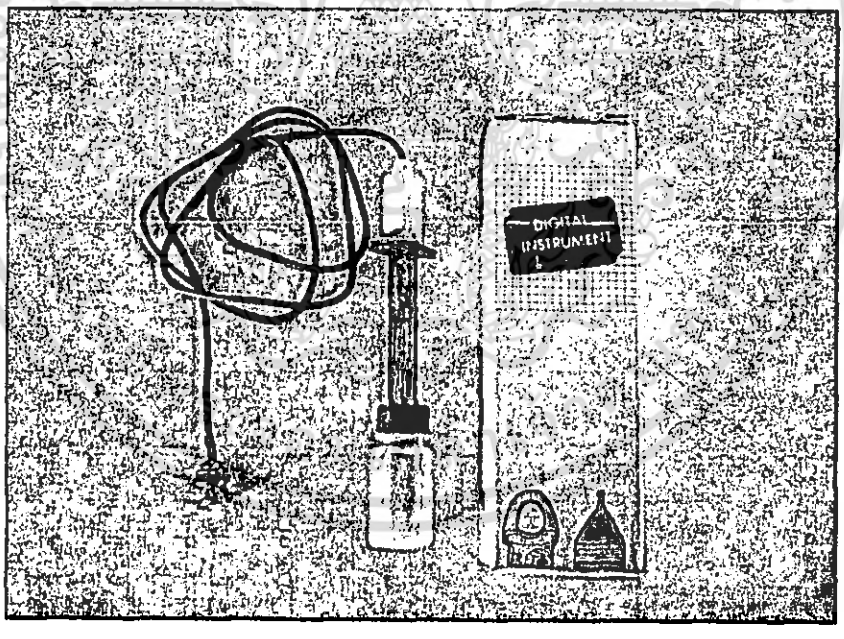


รูปที่ ก.2 โครงสร้างของแปลงทดลองที่ใช้ในการปลูกพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น



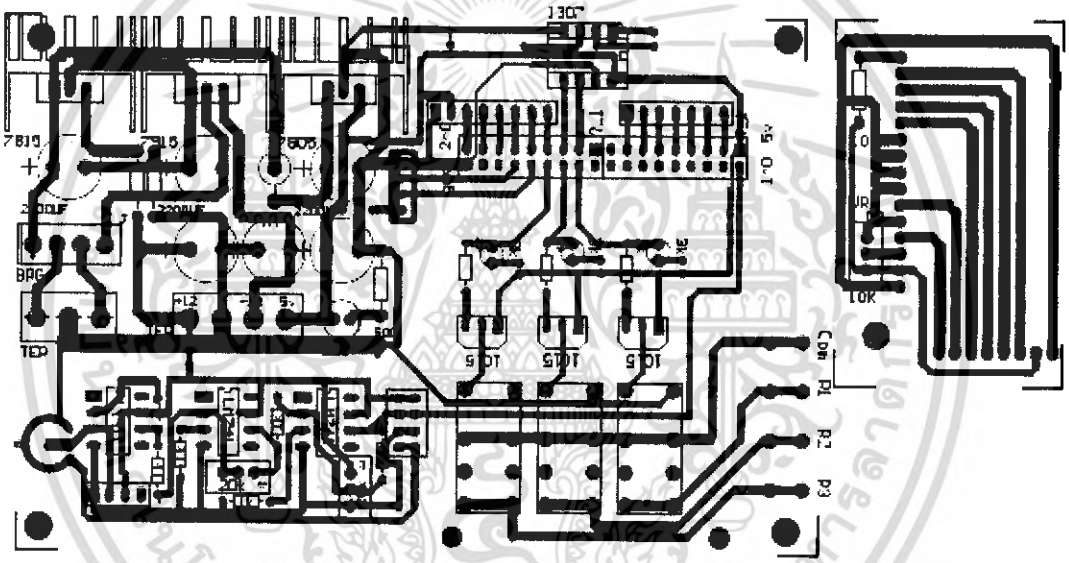
รูปที่ ก.3 อุปกรณ์ควบคุมค่าความเป็น กรด-เบส (PH)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

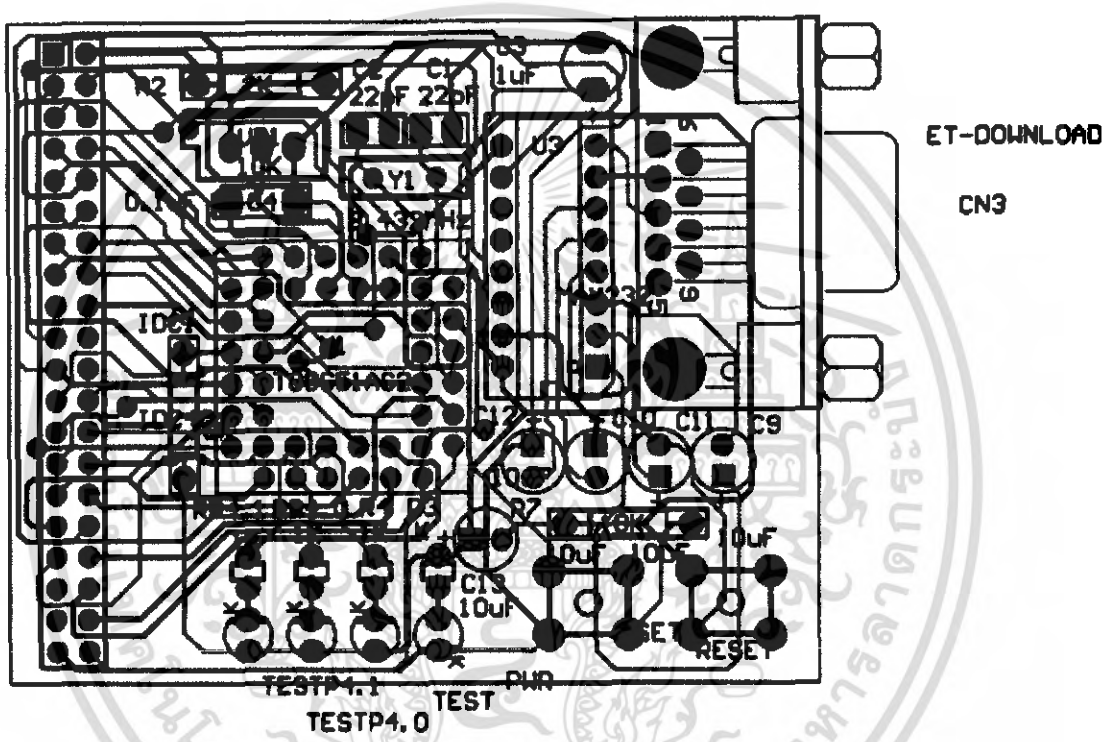
แผ่นลายวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.1 ลายวงจรหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.2 ลายวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้