สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ

AUTOMATION HYDROPONICS SYSTEM

T 076212

นายวชิระ วิจิตรจันทร์
นายวิชิต พลสูงเนิน
นายวิสุทธิ์ ปรีดาธนศักดิ์กุล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 76212
วัน,เดือน,ปี 20 พ.ย. 2550

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

ใบ.....
ใบ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

AUTOMATION HYDROPONICS SYSTEM

WACHIRA WIJITJAN

VICHIT POLSUNGNOEN

WISUT PEDATANASUKSAKUL

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

DEPARTMENT OF INSTRUMENTTATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUTS'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ

AUTOMATION HYDROPONICS SYSTEM

นักศึกษาผู้จัดทำ

นายวชิระ วิจิตรจันทร์	รหัสประจำตัว	45015521
นายวิชิต พลสูงเนิน	รหัสประจำตัว	45015525
นายวิสุทธิ์ ปรีดาธนศักดิ์กุล	รหัสประจำตัว	45015526

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา 2547

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
อาจารย์ ประกาส เริงรื่น	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันพุธที่ 20 เมษายน พ.ศ. 2548

สถานที่สอบ ณ ห้องสอบปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชารับรองแล้ว

(รศ. ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ	
	AUTOMATION HYDROPONICS SYSTEM	
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายวชิระ	วิจิตรจันทร์
	นายวิชิต	พลสูงเนิน
	นายวิสุทธิ์	ปรีดาธนศักดิ์กุล
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ประภาส	เริงรื่น
ปีการศึกษา	2547	

บทคัดย่อ

การปลูกพืชไร้ดิน (Hydropronic) ระบบจะต้องมีการควบคุม คือ การรักษาอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้เย็นกว่าภายนอกโรงเรือน ค่าความนำไฟฟ้า EC (Electrical Conductivity) ค่าความเป็นกรด-ด่างในสารละลาย (pH) ซึ่งอยู่ในน้ำ

ด้วยเทคโนโลยีทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ มาประยุกต์ใช้ในการควบคุม ระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ นี้การเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดค่า EC ค่า pH และอุณหภูมิเข้าด้วยกันซึ่งทำให้เราสามารถควบคุม ค่าปริมาณทางฟิสิกส์ ต่างๆ ได้ เพราะเครื่องควบคุมการปลูกผักไร้ดินแบบอัตโนมัติ นี้ต้องนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพง แต่สามารถควบคุมได้เพียงค่า EC และ pH ดังนั้นจึงมีการจัดทำโครงงานนี้ขึ้นมาเพื่อควบคุมค่า EC และค่า pH โดยการเพิ่มการควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนอีก เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายและการนำเข้าจากต่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Automation Hydroponice System	
Authors	Mr.Wachira	Wijitjan
	Mr.Vichit	Polsungnoen
	Mr.Wisut	Pedatanasuksakul
Thesis Advisor	Mr.Prapas	Rurngruen
Year	2004	

ABSTRACT

Hydroponics is system to control Temperature in Grenn House and Electrical Conductivity and pH in the water

When we apply with the technology Micro Controller comes control in the systems Automation Hydroponics System can conect between controller and EC Meter pH Meter and Temperature that all parameter can process in controller and Automation Hydroponices System can control EC pH and Temperature but it this project is hing effecacy and cheapness than import up country

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดีเพราะได้รับความเมตตาจากท่าน อาจารย์ ประภาส เริงรื่น และ รศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ ที่ได้ให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัยตลอดมา อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยรู้สึกทราบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษา แนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

และที่ลืมเสียมิได้คือ ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ อันเป็นที่รักยิ่ง ที่สนับสนุนและเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญรูป.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....1

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....2

1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากทำโครงงาน.....2

บทที่ 2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการปลูกพืชไร้ดิน.....4

2.1 บทนำ.....4

2.2 ลักษณะการปลูกพืชไร้ดิน.....4

2.3 ปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโต.....5

2.3.1 ปัจจัยทางพันธุกรรม.....5

2.3.2 ธาตุอาหาร.....7

2.4 ตัวอย่างระบบที่ใช้ในการปลูกพืชไร้ดิน.....9

2.5 สารละลายธาตุอาหารพืชและการจัดการสารละลายธาตุอาหารพืช.....11

2.5.1 ละลายธาตุอาหารพืชในการปลูกพืชโดยไร้ดิน.....11

2.5.2 ขั้นตอนการเตรียมสารละลายธาตุอาหารตามวิธีของ "Coic-Lesaint".....11

2.5.3 การปรับค่า pH ให้ได้ค่า 5.8.....11

2.5.4 วิธีการเตรียมสารละลาย.....12

2.5.5 ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร.....13

2.6 การจัดการธาตุอาหารพืชจะมีสิ่งที่ต้องคอยดูแลและควบคุม.....14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.7 ผลการดูดใช้ธาตุอาหารพืชต่อองค์ประกอบธาตุอาหารบริเวณรอบรากพืช.....15
2.8 อัตราการเปลี่ยนแปลงค่า EC ของสารละลายรอบรากพืชจะขึ้นอยู่กับ.....15
2.9 การจัดการธาตุอาหารในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบปิด (Closed system).....16
2.9.1 การควบคุมค่า pH ของสารละลาย.....16
2.9.2 การควบคุมค่า EC ขณะปลูกพืชมีวิธีการควบคุมดังนี้.....18
2.9.3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนค่า EC ของสารละลาย.....19
2.9.4 ความสมดุลของธาตุอาหารในการปลูกในระบบปิด.....20

บทที่ 3 ทฤษฎี PSoC MicroController.....22
3.1 แนะนำไมโครคอนโทรลเลอร์ของซายพรีสไมโครซิสเต็ม.....22
3.2 ขาสัญญาณต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์.....25
3.3 รีจิสเตอร์.....25
3.4 การอ้างอิงข้อมูลและหน่วยความจำ.....29

บทที่ 4 ทฤษฎีตัวตรวจวัด.....32
4.1 ทฤษฎีของตัวตรวจจับอุณหภูมิ DS1820.....32
4.1.1 บล็อกไดอะแกรมภายใน.....33
4.1.2 การทำงานในการวัดอุณหภูมิ.....34
4.1.3 การทำงานของสัญญาณเตือน.....37
4.1.4 บิทเลเซอร์รอม.....37
4.1.5 การจัดหาแหล่งจ่ายไฟ.....38

บทที่ 5 กระบวนการการออกแบบและวงจร.....39
5.1 ขั้นค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล.....40
5.2 ขั้นตอนการออกแบบวงจร.....40
5.2.1 วงจรภาควัด pH (pH Meter).....40
5.2.2 วงจรภาควัดค่าความเข้มข้นของสารละลาย.....45
5.3 ขั้นตอนการออกแบบส่วนเพาะปลูก.....53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.3.1 โรงเรือนเพราะปลูก..... 53

5.3.2 รางปลูก..... 54

5.3.3 ถังพักน้ำยาและถังน้ำยาสารอาหาร..... 55

บทที่ 6 ผลการทดลอง.....56

6.1 กล่าวนำ.....56

6.2 ทดสอบการทำงานของระบบการปลูกพืชไร้ดินอัตโนมัติ.....56

6.3 ผลการทดลอง.....57

บทที่ 7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....59

7.1 บทสรุป.....59

7.2 ปัญหา.....60

7.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางแก้ไข.....60

บรรณานุกรม.....61

ภาคผนวก.....62

ตารางแสดงค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า Prob pH 63

แสดงสูตรสารละลายธาตุ EC pHของพืชต่างๆ..... 64

Data Sheet DS1820..... 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 PSoC Family Key Feature....24

3.2 แสดงขาสัญญาณต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์....25

3.3 แสดงรีจิสเตอร์ควบคุมทั้งหมด 6 ตัว....26

3.4 แสดง Flags Register (CPU_F)....26

3.5 แสดง Index Register (CPU_X)....28

3.6 Stack Pointer Register (CPU_SP)....28

3.7 แสดง Program Counter Low Register (CPU_PCL)....28

4.1 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ DS 1820....34

4.2 ความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิกับข้อมูลดิจิตอลเอาต์พุต....36

6.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าระหว่างเครื่องควบคุมกับเครื่องมาตรฐาน....57

6.2 ขอบเขตความสามารถในการวัดสัญญาณโดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ในการควบคุม....58

6.2 การทดลองการเข้าสู่เป้าหมายของค่า EC pH....58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 Deep Flow Techique (DFT).....9

2.2 M System (Deep solution type).....10

2.3 Nutrient Film Technique (NFT).....10

2.4 NFT for leaf Vegetables.....10

2.5 ระบบเตรียมสารละลายอัตโนมัติ.....18

2.6 แสดงการเปลี่ยนค่า EC ในระบบเติมน้ำและปุ๋ยโดยอัตโนมัติ.....19

2.7 แสดงผลของขนาดถังต่อการเปลี่ยนค่า EC.....20

2.8 แสดงผลของความถี่ในการตรวจวัดต่อการเปลี่ยนค่า EC.....20

2.9 แสดงการเพิ่มขึ้นของธาตุที่พืชไม่ต้องการเมื่อเวลานานขึ้น.....21

3.1 แสดงให้เห็นองค์ประกอบโดยรวมของไมโครคอนโทรลเลอร์.....23

4.1 ลักษณะตัวถังบรรจุและการจัดขาของ DS182037.....34

4.2 บล็อกไดอะแกรมภายใน DS 1820.....35

4.3 บล็อกไดอะแกรมการวัดค่าอุณหภูมิ.....36

4.4 แสดงการแบ่งส่วนในหน่อยความจำรอม 64 บิท.....37

4.5 แสดงการจัดแหล่งจ่ายไฟภายนอกและการอินเตอร์เฟสร่วม DS1820.....38

5.1 แสดงโฟรล์ชาร์ตขั้นตอนการดำเนินงาน.....39

5.2 แสดงวงจร Non- Second-oder Butterworth low pass fillter.....41

5.3 แสดงวงจร Second-oder Butterworth low pass fillter.....42

5.4 แสดงวงจร Inverting Amplifier.....43

5.5 แสดงวงจร Inverting Summing Amplifier.....44

5.6 แสดงวงจรภาควัดค่า pH.....44

5.7 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณพัลซ์.....46

5.8 แสดงวงจร Inverting Amplifie.....47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.9 แสดงวงจร Curren to Voltage Conventer....47

5.10 แสดงวงจร Full Wave Rectifier....48

5.11 แสดงวงจร Second order low pass fillter....48

5.12 แสดงวงจร Inverter Amplifier....49

5.13 วงจรภาควัดค่าความเข้มข้นของสารละลาย....51

5.14 แสดงวงจรภาควัดค่า pH , EC , Temp....52

5.15 แสดงวงจรภาควัดค่า pH , EC , Tempในกล่องควบคุม....52

5.16 แสดงภาคแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล....52

5.17 แสดงภาพการลงวงจรในกล่องอุปกรณ์....53

5.18 แสดงภาพกล่องอุปกรณ์ภาคจ่ายไฟ....53

5.19 ลักษณะของโรงเรือนในการเพราะปลูก....54

5.20 แสดงหลักการควบคุมเพื่อลดอุณหภูมิ....54

5.21 แสดงรางปลูกในระบบการปลูกแบบไร้ดิน....55

5.22 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างชุดควบคุมกับถังพักน้ำยา....55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจในการทำโครงงาน

ปัจจุบันนี้ สินค้าทางด้านการเกษตรได้รับการส่งเสริมจากทางภาครัฐ โดยที่ภาครัฐบาลเน้นถึงความปลอดภัยในอาหาร ดังนั้น ผลผลิตทางการเกษตรจึงต้องมีคุณภาพสะอาด และปลอดภัยจากสารพิษเป็นสิ่งสำคัญดังนั้นเกษตรกรจึงต้องหาวิธีการในการเพาะปลูกพืชผักผลไม้ให้มีความสะอาด และปลอดภัย ตามความต้องการของตลาดซึ่งหนึ่งในวิธีการปลูกพืชนั้นก็คือ การปลูกพืชไร้ดิน (Hydroponics) ซึ่งเป็นวิธีการที่ทำให้ผลผลิตมีความสะอาดและปลอดภัยซึ่งโดยปกติแล้วพืชที่ปลูกส่วนมาก สามารถเจริญเติบโตได้ดีต้องมีแสงแดด น้ำสะอาดธาตุอาหาร อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นส่วนประกอบในการเจริญเติบโต ส่วนในการปลูกพืชไร้ดิน โครงงานนี้ระบบมีการควบคุมคือการรักษาอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้เย็นกว่าภายนอกโรงเรือนค่าความนำไฟฟ้าในสารละลาย EC (Electrical Conductivity) ค่าความเป็นกรด-ด่างในสารละลาย (pH) ซึ่งอยู่ในน้ำเหตุที่ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิคือเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีภูมิอากาศร้อนชื้น ทำให้พืชบางชนิดที่ต้องการอากาศเย็นหรือมีอุณหภูมิต่ำจะทำให้สามารถปลูกพืชได้ดังนั้นการปลูกพืชในโรงเรือนที่มีการควบคุมอุณหภูมิจะทำให้เราปลูกพืชได้ หรือจะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดี ดังนั้นถ้ามีการควบคุมอุณหภูมิที่ดีและมีการควบคุมค่า EC และ ค่า pH ในพืชอยู่ในช่วงที่พืชต้องการ จะทำให้ผลผลิตมีความสดสะอาดและปลอดภัยจากสารพิษมีปริมาณผลผลิตสูงขึ้น หรือ การผลิตพืชที่ตลาดมีความต้องการได้

ดังนั้นการนำเทคโนโลยีทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมระบบการปลูกผักไร้ดินแบบอัตโนมัตินี้ใช้การเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดค่า EC ค่า pH และอุณหภูมิเข้าด้วยกัน ซึ่งทำให้เราสามารถควบคุม ค่าปริมาณทางฟิสิกส์ต่าง ๆ ได้เพราะเครื่องควบคุมการปลูกผักไร้ดินแบบอัตโนมัตินี้ ต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพงแต่สามารถควบคุมได้เพียงค่า EC และค่า pH จึงมีการจัดทำโครงงานนี้ขึ้นเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายและเพิ่มประสิทธิภาพ โดยการเพิ่มการควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์และจุดมุ่งหมายของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาและสร้างระบบการควบคุมอุณหภูมิ ค่า EC และค่า pH โดยใช้ตัวควบคุมแบบไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro Controller) เป็นการทดลองโดยใช้การทดลองในการปลูกพืชไร้ดินแบบ NFT (Nutrient Film Technique) ในโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิ และใช้ระบบที่นำสารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เพื่อศึกษาการทำงานของตัวตรวจจับสัญญาณ เช่น วัดค่า EC ค่า pH และอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ

3. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัล และการนำไปใช้

4. เพื่อศึกษาวิธีการควบคุมและการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ กับอุปกรณ์ภายนอก

5. เพื่อศึกษาวิธีการเขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ภายนอก

1.3 ขอบเขตการทำโครงงาน

1. ชุดควบคุมอัตโนมัติ ควบคุมโดยไมโครคอลโทรลเลอร์ PSoC เป็นตัวควบคุม
2. อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณมีการเชื่อมต่อกับชุดควบคุมไมโครคอลโทรเลอร์
3. อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ วัดค่า pH สามารถวัดได้ในช่วง 1 - 13 วัดค่า EC สามารถวัดได้ในช่วง 0.5 - 5 และอุณหภูมิ สามารถวัดได้ในช่วง 20-50 องศาเซลเซียส
4. การเปิด-ปิดใช้ โซลินอยด์วาล์ว เป็นตัวควบคุมการเปิด-ปิดสารอาหาร

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

การทำโครงงานวิจัยในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ มีขั้นตอนการศึกษาเริ่มจากการศึกษาการทำงานของการเพราะปลูกปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืชในการปลูกพืชแบบไร้ดิน ทำการศึกษาการทำงานของตัวตรวจวัดอุณหภูมิตัวตรวจวัดค่าEC ตัวตรวจวัดค่าpH เพื่อนำเอาค่าที่ได้จากการวัดนำมาประมวลผล ตรวจสอบ และเปรียบเทียบโดยไมโครคอลโทรลเลอร์ เพื่อที่จะนำผลที่ได้ในการตรวจวัดนั้นไปทำการควบคุมค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ควบคุมในระบบการปลูกพืชแบบไร้ดิน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำโครงงาน

เมื่อเสร็จสิ้นการดำเนินโครงงานคาดว่าจะได้ประโยชน์จากการศึกษา การพัฒนาและการสร้างชุดจำลองควบคุมแบบอัตโนมัติ ดังนี้

1. เป็นต้นแบบของการก้าวไปสู่การพัฒนาเพื่อทำระบบควบคุมเพื่อนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
2. ได้ความรู้เกี่ยวกับการแปลงสัญญาณจากแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล และการนำไปประยุกต์ใช้
3. ได้รู้ถึงเทคนิคในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกกับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ได้ความรู้ด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
5. ได้นำเทคโนโลยีมาพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ในการควบคุมการทำงานในด้านอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

2.1 กล่าวนำ

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Soilless culture) เป็นวิธีการปลูกพืชที่ใช้หลักการในแบบวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ โลกในยุคปัจจุบันหันมาปลูกพืชด้วยวิธีนี้กันมากขึ้น เพราะเป็นการช่วยเพิ่มผลผลิต ลดปัญหาการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช สามารถปลูกพืชได้ทุกสถานที่โดยไม่จำกัดขอบเขต ฯลฯ การปลูกพืชแบบนี้ได้เริ่มมีมานานแล้ว จากหลักฐานโบราณทางประวัติศาสตร์มีการเขียนบันทึกต่างๆ ทางพฤกษศาสตร์ ตั้งแต่ก่อน ค.ศ. 372 - 287 ปี แต่ตามประวัติที่ได้กล่าวถึงการปลูกพืชที่เข้าหลักการทางวิทยาศาสตร์ดูเหมือนจะเริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1699 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ต่อมาในปี ค.ศ. 1860 แซคส์ (Sachs) และ ค.ศ. 1861 - 5 น้อป (Knop) นักสรีรวิทยาทางพฤกษศาสตร์ชาวเยอรมัน ได้เป็นผู้เริ่มต้นปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ด้วยหลักการวิทยาศาสตร์สมัยใหม่อย่างแท้จริง กล่าวคือ ปลูกพืชด้วยสารละลายหรือการปลูกพืชในน้ำ โดยการใช้เกลืออนินทรีย์ต่างๆ ใส่ลงไป จึงถือเป็นต้นตำหรับของสูตรธาตุอาหารที่ใช้มากันจนถึงปัจจุบัน ต่อมาก็มีการพัฒนาค้นคว้าความรู้ทางด้านสูตรธาตุอาหารกันเรื่อยมา

สำหรับประเทศไทยนั้นข้อมูลด้านการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในอดีตมีการปรากฏในรูปแบบการทำวิจัย แต่งานวิจัยส่วนใหญ่ยังจำกัดเฉพาะในวงแคบ และพืชที่ทดลองปลูกด้วยวิธีการนี้มักเป็นพืชที่ปลูกอยู่โดยทั่วไป มีมูลค่าผลตอบแทนต่ำ ทำให้ไม่อาจกระตุ้นความสนใจในการนำไปปฏิบัติต่อ ขณะที่ปัจจุบันปัญหาสิ่งแวดล้อมทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ไม่ว่าจะเป็นปัญหาฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล การระบาดของโรค-แมลงศัตรูพืช ดินเสื่อมคุณภาพ และสภาพอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ฯลฯ ส่งผลกระทบต่อการผลิตภาคเกษตรกรรมอย่างหนัก ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถแก้ไขปัญหาเหล่านี้ได้ และนับเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่เข้ามาปฏิวัติระบบการเพาะปลูกเดิม ขณะนี้มีบริษัทเอกชนหลายๆ แห่งสนใจนำเทคโนโลยีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมาปรับใช้ในเชิงการค้า ซึ่งพบว่าสามารถคุ้มทุนในระยะเวลาไม่นานนักผู้ที่สนใจธุรกิจทางด้านการเกษตรจึงขยายการลงทุนกันมากขึ้น

2.2 ความหมายการปลูกพืชไร้ดิน

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Sailless culture) หมายถึง วิธีกรปลูกพืชเลียนแบบการปลูกพืชบนดินโดยปลูกพืชลงบนวัสดุอื่นๆ ที่ไม่ใช้ดิน หรือปลูกลงบนสารละลายธาตุอาหารพืช อาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จากคำว่า "Substrate culture" เป็นการปลูกพืชลงบนวัสดุปลูกชนิดต่างๆ เช่น แผ่นฟองน้ำ ทราย กรวด ขี้เลื่อย แกลบ ขุยมะพร้าว แทนดินโดยพืชสามารถเจริญเติบโต บนวัสดุปลูกจากการได้รับสารละลายธาตุอาหารที่พืชต้องการจากทางรากพืช

- การปลูกพืชไม่ใช้ดิน จากคำว่า "Hydroponics" ซึ่งมาจากคำ 2 คำในภาษากรีก คือ "hudor" หมายถึง น้ำ และ "ponos" หมายถึง งาน หรือความหมายรวมอีกนัยหนึ่งคือ "water-working"ซึ่งหมายถึงการทำงานของน้ำ (สารละลายธาตุอาหาร) ผ่านรากพืชโดยตรงคำว่า "hydroponics"

ในระยะแรก มีความหมายแคบ โดยหมายถึงเฉพาะการปลูกพืชในสารละลาย แต่ต่อมาภายหลังความหมายได้ถูกขยายให้กว้างขวางครอบคลุมทั้งระบบ ทำให้มีความหมายเดียวกับคำว่า "Soilless culture" .

2.3 ปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืชปลูก

2.3.1 ปัจจัยทางพันธุกรรม

- **ยีน (gene)** เป็นตัวกำหนดลักษณะต่างๆ ของพืช เช่น การเจริญเติบโตของพืช สี ความสูง ขนาดความสามารถในการให้ผลผลิตของพืช ความสำคัญของปัจจัยด้านพันธุกรรมจะแสดงให้เห็นได้อย่างเด่นชัดในพันธุ์พืชที่เป็นลูกผสม (hybrid) อย่างไรก็ตาม พันธุ์พืชที่จะใช้กับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินโดยเฉพาะยังไม่มีหรือมีน้อยมาก

- **ปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม** แม้ว่าพันธุกรรมจะเป็นตัวกำหนดศักยภาพในการเจริญเติบโต หรือการให้ผลผลิตของพืช แต่การที่พืชจะเจริญเติบโต หรือให้ผลผลิตได้ถึงระดับที่ศักยภาพของพืชกำหนด ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งมีมากมายหลายชนิด แต่มีปัจจัยที่สำคัญๆ ดังนี้

- **อุณหภูมิ** อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับพืชชั้นสูงทั่วไปอยู่ระหว่าง 15 - 40 องศา อุณหภูมิที่สูงหรือต่ำกว่านี้ จะทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลงอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน ขึ้นกับ ชนิด สายพันธุ์ อายุ และช่วงการเจริญเติบโตของพืช อุณหภูมิมีผลกระทบ โดยตรงกับการสังเคราะห์แสงการหายใจ การดูดธาตุอาหาร การคายน้ำ และกิจกรรม ของเอนไซม์ต่างๆซึ่งสิ่งต่างๆเหล่านี้จะมีผลรวมต่อการเจริญเติบโตของพืช

- **ความชื้น** เป็นปัจจัยที่สำคัญมาก ต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าดินมีความชื้นสูงหรือต่ำเกินไปจะมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช หากรากไม่สามารถดูดน้ำได้ทันกับอัตราการคายน้ำของพืช จะทำให้การเจริญเติบโตของพืชชะงัก และเซลล์ของพืชไม่เต่งตึงเท่าที่ควร

- **แสง** ตามธรรมชาติพืชจะให้แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน เพื่อทำให้กระบวนการสังเคราะห์แสงที่ใบหรือส่วนที่มีสีเขียว โดยมีคลอโรฟิลล์เป็นตัวรับแสงเพื่อเปลี่ยนก๊าซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ให้เป็นกลูโคสและก๊าซออกซิเจน ทั้งคุณภาพแสง ความเข้มแสงและระยะเวลาที่พืชใช้แสง ล้วนมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชที่ปลูกในบ้านหรือเรือนทดลองอาจใช้แสงสว่างจากไฟฟ้าทดแทนแสงอาทิตย์ได้ แต่ก็เป็นการสิ้นเปลืองและการเจริญเติบโตไม่สมบูรณ์

- **อากาศ** พืชให้ก๊าซออกซิเจนในกระบวนการหายใจ เพื่อเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งถูกเก็บไว้ในรูปพลังงานเคมีให้เป็นพลังงาน เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนกระบวนการเมตาโบลิซึมต่างๆ การหายใจของส่วนเหนือดินของพืชมักไม่มีปัญหา เพราะในบรรยากาศมีก๊าซออกซิเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ถึง 20% แต่สำหรับการปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรโปนิกส์โดยเฉพาะระบบ Water culture และ Liquid culture รากพืชมักจะขาดออกซิเจน จึงจะเป็นต้องให้ออกซิเจนในจำนวนที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช โดยการให้ในรูปของฟองอากาศที่แทรกอยู่ในสารละลายด้วยการใช้ปั๊มลม หรือการให้ระบบน้ำหมุนเวียน ถ้าในดินหรือในวัสดุปลูกมีออกซิเจนไม่เพียงพอ พืชจะมีรากยาว สีขาว และมีรากฝอยมาก ปริมาณออกซิเจนในดินและวัสดุปลูก จะมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับปริมาณความชื้นหรือน้ำในดิน กล่าวคือเมื่อดินหรือวัสดุปลูกมีความชื้นสูง จะมีอากาศหรือออกซิเจนน้อย แต่เมื่อดินมีออกซิเจนต่ำจะมีออกซิเจนมาก สำหรับคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีอยู่ทั่วไปในอากาศ 0.033% เป็นสารอินทรีย์ตั้งต้นในการสังเคราะห์แสง บริเวณที่มีการปลูกพืชรวมกันอย่างหนาแน่นในช่วงเวลากลางวันที่พืชมีการสังเคราะห์แสงมาก คาร์บอนไดออกไซด์อาจเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของพืชได้ นอกจากนี้การมีปริมาณก๊าซบางชนิดมากในอากาศ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือ คาร์บอนมอนอกไซด์ จะมีผลเสียต่อการเจริญเติบโตของพืชได้

- **ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)** มีผลทางอ้อมต่อการเจริญเติบโต เพราะเกี่ยวข้องกับการเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช นั่นคือ pH 5.5 - 6.5 เป็นช่วงที่ธาตุอาหารทุกธาตุมีประโยชน์สำหรับปลูกพืช สำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล็กและสังกะสี จะเปลี่ยนไปตามค่า pH ของสารละลาย หรือการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักบางธาตุ เช่นฟอสฟอรัส ดังนั้นการควบคุม pH หรือการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง

- **สิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง** สิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่อยู่ในอากาศ บนดิน และในดิน เช่น จุลินทรีย์ในดิน สัตว์ขนาดเล็กบางชนิดและวัชพืช จะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งทางตรงและทางอ้อม ผลทางตรง เช่น การเข้าทำลายของจุลินทรีย์ต่างๆ การแย่งน้ำและอาหาร วัชพืช ผลทางอ้อม เช่น พืชที่ได้รับไนโตรเจนมากเกินจะทำให้ต้นพืชอ่อนแอ ทำให้โรคพืชเข้าทำลายได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ธาตุอาหารพืช ธาตุอาหารที่พืชต้องการในการเจริญเติบโต มีทั้งหมด 16 ธาตุ แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ตามปริมาณที่พืชต้องการ คือ ธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณมาก ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณน้อย ประกอบด้วย โบรอน สังกะสี ทองแดง เหล็ก แมงกานีส โมลิบดินัม คลอรีน นอกจากนี้ยังมีธาตุที่น่าจะเป็นประโยชน์ต่อพืช แต่บทบาทของธาตุเหล่านี้ยังไม่เด่นชัด ธาตุเหล่านี้ได้แก่ โซเดียม (Na) ซิลิกอน (Si) นิเกิล (Ni) และเวเนเซียม (V)

- ไนโตรเจน (N) เป็นธาตุที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของพืช เพราะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกรดอะมิโน โปรตีน นิวคลีโอไทด์ และคลอโรฟิลล์สาร ประกอบเหล่านี้มีความสำคัญมากต่อกระบวนการเมตาโบลิซึมของพืช

- ฟอสฟอรัส (P) พบในพืชประมาณ 0.1- 0.4 % หรือน้อยกว่าไนโตเจนประมาณ 10 เท่า ฟอสฟอรัสมีหน้าที่เกี่ยวกับการถ่ายเทพลังงาน ซึ่งเป็นกระบวนการทางสรีรวิทยาที่สำคัญอย่างยิ่ง พลังงานที่ได้จากการสังเคราะห์แสง และเมตาโบลิซึมของสารประกอบคาร์โบไฮเดรท จะถูกเก็บไว้ในรูปของสารประกอบฟอสเฟต สำหรับใช้ในการเจริญเติบโตของการสืบพันธุ์ของพืช นอกจากนั้น ฟอสฟอรัสยังเป็นส่วนประกอบของ นิวคลีไทด์ และฟอสโฟไลปิดอีกด้วย

ความสำคัญของฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ ช่วยทำให้การแบ่งเซลล์และการพัฒนาของส่วนที่เจริญเติบโตของพืช(ยอดและราก) เป็นไปได้ดี ฟอสฟอรัสช่วยให้พืชออกดอกและแก่เร็ว ทำให้พืชมีความแข็งแรง ต้านทานต่อโรคและแมลง

- โพแทสเซียม (K) มีอยู่ในพืชประมาณ 1.25 – 3 %ในพืชที่ให้ผล เช่น มะเขือเทศ ความต้องการโพแทสเซียมจะสูงในช่วงพัฒนาการของผล การดูดใช้โพแทสเซียมในช่วงแรกจะสูงและลดลงอย่างรวดเร็วหลังพืชออกผล โพแทสเซียมไม่ได้เป็นองค์ประกอบอยู่ในโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในพืช แต่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการทำงานทางด้านสรีรวิทยา เนื่องจากโพแทสเซียมจำเป็นต่อการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรท และการเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลภายในพืช ควบคุมการปิดเปิดของปากใบ และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์

- แคลเซียม (Ca) พบในพืชระหว่าง 0.5 – 2 % ขึ้นกับชนิดพืช อัตราการดูดธาตุแคลเซียมจะช้ากว่าโพแทสเซียม แต่ค่อนข้างจะคงที่ตลอดช่วงวงจรชีวิตพืช การดูดใช้แคลเซียมจะขึ้นกับอิออนตัวอื่นในสารละลายโดยเฉพาะเมื่อมีไนเตรท จะทำให้การดูดใช้แคลเซียมสูงขึ้น แคลเซียมมีหน้าที่เกี่ยวกับความแข็งแรงของเนื้อเยื่อและเซลล์พืช และเป็นธาตุที่กระตุ้นให้เอนไซม์ทำงาน

- แมกนีเซียม (Mg) พบในพืชประมาณ0.2 – 0.5 % แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการสังเคราะห์แสง นอกจากนั้นยังเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ และมีส่วนช่วยในการเคลื่อนย้ายน้ำตาลภายในพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **กำมะถัน (S)** พบในพืชประมาณ 0.15 – 0.5 % กำมะถันเป็นส่วนประกอบของกรดอะมิโนบางชนิด โปรตีน และโคเอนไซม์ (Co-enzyme) นักวิชาการหลายท่านมองว่าความสัมพันธ์ระหว่างกำมะถันต่อไนโตรเจนมีความสำคัญมากกว่ากำมะถันเดี่ยวๆ ดังนั้นสัดส่วนระหว่างไนโตรเจนต่อกำมะถัน (N/S) น่าจะเป็นตัวบ่งบอกถึงความเพียงพอหรือขาดได้ดีกว่าปริมาณกำมะถันทั้งหมด

- **โบรอน (B)** พบอยู่ในพืชระหว่าง 10 – 50 ppm หน้าที่ของโบรอนยังไม่ทราบแน่ชัด เชื่อกันว่าโบรอนมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์และการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรท การสร้างกรดอะมิโนและโปรตีน การงอกและการเจริญเติบโตของละอองเกสรตัวผู้ (pollen) และกิจกรรมต่างๆ ของเซลล์ เช่น การแบ่งเซลล์ การขยายตัว และการเจริญเติบโตของเซลล์ นอกจากนั้น โบรอนยังมีอิทธิพลต่อสัดส่วนการดูดใช้ธาตุที่มีประจุบวก (cation) และธาตุที่มีประจุลบ (anion) ของพืช โดยจะส่งเสริมให้มีการดูดใช้ธาตุที่มีประจุบวกได้ดีขึ้นและธาตุที่มีประจุลบลดลง ที่พบเด่นชัด คือ การดูดใช้แคลเซียมจะเกิดได้ดีขึ้น เมื่อมีโบรอนอยู่ในปริมาณเพียงพอ

- **สังกะสี (Zn)** มีอยู่ในพืชประมาณ 15 – 50 ppm แต่ส่วนใหญ่จะอยู่ประมาณ 15 ppm การขาดเพียง 1 – 2 ppm อาจทำให้เกิดการผิดปกติของพืชได้ สังกะสีมีความสำคัญต่อการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เพราะมีความจำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์สาร IAA (indole acetic acid) ซึ่งเป็นสารที่เกี่ยวข้องกับการขยายตัวของเซลล์ นอกจากนั้นยังมีบทบาทเกี่ยวกับการสร้างแป้งในพืช

- **ทองแดง (Cu)** ในพืชมีปริมาณค่อนข้างน้อยระหว่าง 2 –10 ppm ทองแดงเป็นองค์ประกอบของคลอโรพลาสต์ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงของพืช นอกจากนี้ยังมีบทบาทในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ และช่วยในการสร้างวิตามินเอในพืช

- **เหล็ก (Fe)** พืชมีความเข้มข้นของเหล็กประมาณ 50 –100 ppm แต่ปริมาณเหล็กที่สูงขึ้นถึงหลายร้อย ppm ไม่มีผลเสียต่อพืช เหล็กเป็นส่วนประกอบของเฟอริดอกซิน (feridoxin) ซึ่งเป็นสารที่สำคัญในกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนรอนของพืช และยังเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ซึ่งสำคัญต่อการสังเคราะห์แสงของพืช

สารเคมีที่ให้ธาตุเหล็กที่มีราคาถูกที่สุด : คือ ferrous sulfate($FeSo_4$) ซึ่งจะต้องควบคุมสภาพความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย เพราะอาจเกิดการตกตะกอน และพืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาเหล่านี้ จึงนิยมใช้เหล็กในรูปคีเลต(Fe-chelate) อันเป็นสารที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างเหล็กและสารคีเลต ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อน สามารถคงตัวอยู่ในรูปสารละลายและพืชดูดกินได้ เหล็กคีเลต ที่นิยมใช้กันมักอยู่ในรูปของ Fe-EDTA

- **แมงกานีส (Mn)** ในพืชมีอยู่ประมาณ 20 –100 ppm พืชที่ไวต่อการขาดแมงกานีส มักจะไวต่อความเป็นพิษของแมงกานีสด้วย หน้าที่ของแมงกานีสเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเดชั่น – รีดักชั่น (reduction) ในกระบวนการเคลื่อนย้ายอิเลคตรอนและเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์

- **โมลิบดินัม (Mo)** พบในพืชปริมาณต่ำมาก ประมาณ 0.5 –1 ppm โมลิบดินัมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอนไซม์ 2 ชนิด คือ ไนโตรจีเนส (nitrogenase) ซึ่งสำคัญในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ และไนเตร รีดักเตส (nitrate reductase) ซึ่งเกี่ยวกับการรีดิวซ์ไนเตรท ให้เป็นไนไตร์ท ถ้าพืชขาดโมลิบดินัมจะทำให้มีไนเตรทสะสมในพืช ยังผลให้พืชขาดไนโตรเจนได้

- **คลอรีน (Cl)** ปริมาณคลอรีนในพืชแตกต่างกันมาก ตั้งแต่ประมาณ 20 ppm จนถึง 0.15 % ถ้าความเข้มข้นของคลอรีนสูงกว่า 1% ส่วนใหญ่จะเป็นพิษกับพืช หน้าที่ของคลอรีนในพืชยังไม่เด่นชัด

- **โซเดียม (Na)** มีประโยชน์ต่อการสังเคราะห์แสงของพืชแต่โซเดียมมีอยู่มากในสภาพแวดล้อมทั่วไป และมักก่อให้เกิดปัญหาในด้านความเค็ม จึงไม่ค่อยมีผู้คำนึงถึงประโยชน์มากนัก

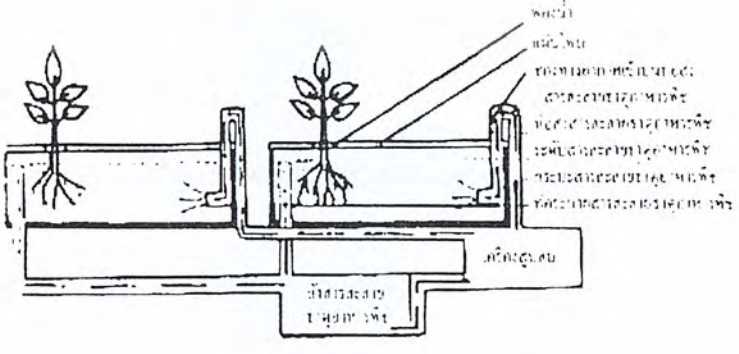
- **ซิลิกอน (Si)** พบว่าทำให้ลำต้นข้าวแข็งแรงและไม่ล้ม มะเขือเทศและแตงที่ปลูกในเรือนกระจกต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา

- **นิเกิล (Ni)** มีประโยชน์ต่อพืชตระกูลถั่วและธัญพืชเมล็ดเล็กต่างๆ เพราะเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ยูรีเอส (urease) ที่จำเป็นต่อการใช้ยูเรียของพืช

- **วาเนเดียม (V)** สามารถใช้ทดแทนโมลิบดินัม ในกระบวนการเมตาโบลิซึมของไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ยูรีเอส (urease) ที่จำเป็นต่อการใช้ยูเรียของพืช

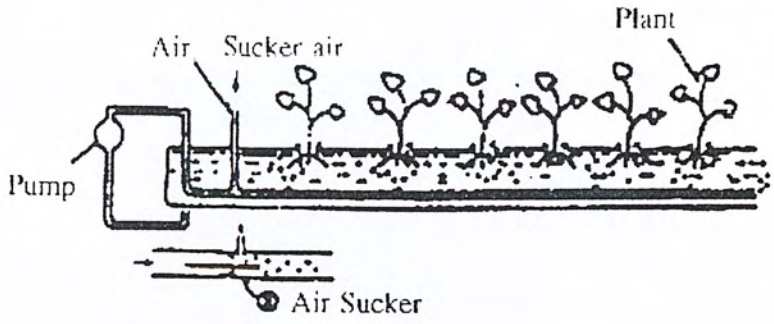
- วาเนเดียม (V) สามารถใช้ทดแทนโมลิบดินัม ในกระบวนการเมตาโบลิซึมของไนโตรเจน

2.4 ตัวอย่างระบบที่ใช้ในการปลูกพืชไร้ดิน

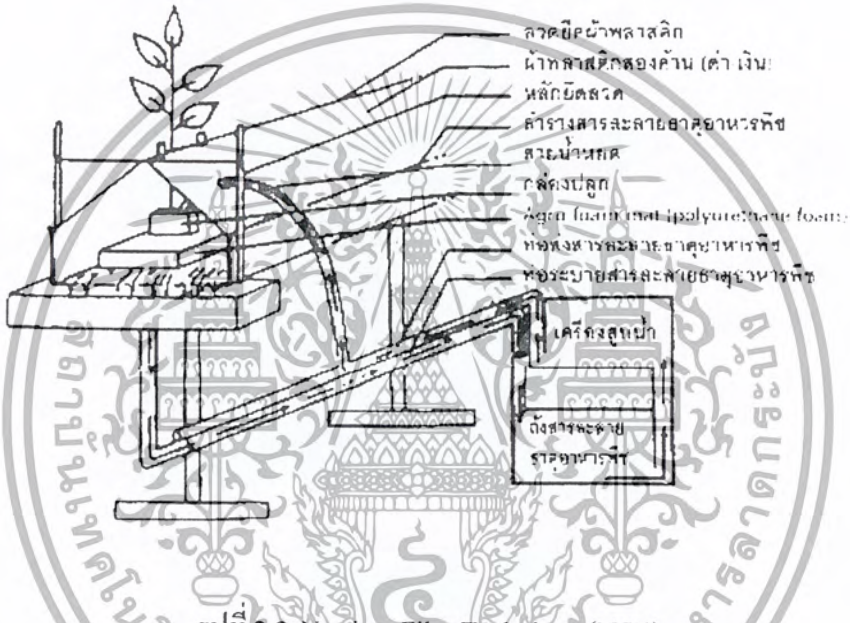


รูปที่ 2.1 Deep Flow Techique (DFT)

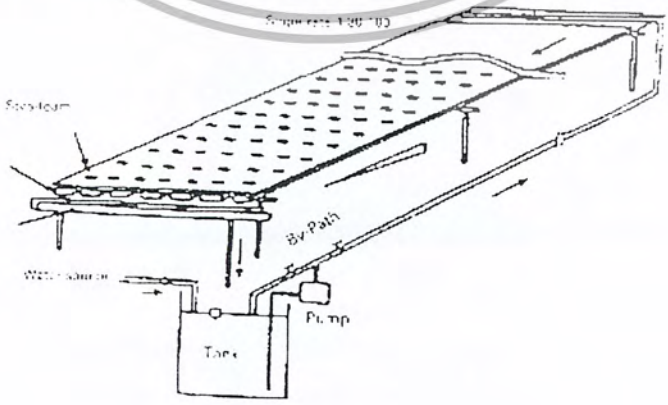
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 M System (Deep solution type)



รูปที่ 2.3 Nutrient Film Technique (NFT)



รูปที่ 2.4 NFT for leaf Vegetables

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 สารละลายธาตุอาหารพืช และการจัดการสารละลายธาตุอาหารพืช

ปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Water Quantity) ในสภาพภูมิอากาศโดยทั่วๆไป การคายน้ำสูงสุดของพืช (Maximum evapotranspiration) ประมาณ 6 ลิตร/ตารางเมตร/วัน ดังนั้นในพื้นที่ 6.25 ไร่ พืชจะต้องการน้ำ 60 ลูกบ้าศก์เมตร/วัน ตัวอย่าง ในประเทศเบลเยี่ยมจะใช้น้ำฝนในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ซึ่งถือว่าเป็นน้ำที่ดีที่สุด โดย Greenhouse ทุกโรงจะมีรางน้ำฝนเก็บรวบรวมลงในบ่อที่ขุดและปูด้วยพลาสติก พื้นที่ Greenhouse ขนาด 6.25 ไร่ ต้องใช้บ่อขนาดความจุ 4,500 ลูกบาศก์เมตร จึงจะเป็นการเพียงพอสำหรับการปลูกพืช แต่ในกรณีที่มีปริมาณฝนน้อยหรือทิ้งช่วงอาจใช้น้ำบาลหรือน้ำประปาผสมร่วมกับน้ำฝนด้วยก็ได้

2.5.1 การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชโดยไม่ใช้ดิน โดยทั่วไปในบ้านเราจะเตรียมตามสูตรต่างๆ ซึ่งจะต้องเตรียมจากน้ำที่ค่อนข้างบริสุทธิ์มีสารต่างๆ ละลายเจือปนอยู่น้อย เช่น น้ำฝน น้ำกรอง แต่ถ้าในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเพื่อเป็นการค้าจำเป็นจะต้องใช้น้ำจากแหล่งน้ำในท้องถิ่น เช่น จากน้ำประปา น้ำบาดาล หรือจากแม่น้ำลำธาร (ที่ผ่านการกรองเอาสารแขวงลอยต่างๆ ออกไปแล้ว) ซึ่งน้ำเหล่านี้จะมีพวกแร่ธาตุต่างๆ ละลายอยู่ไม่มากก็น้อย ถึงแม้ว่าเราจะสามารถกรองธาตุต่างๆ เหล่านี้ออกได้แต่ก็ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง วิธีการหนึ่งที่สามารถนำน้ำเหล่านี้มาใช้ได้โดยตรง ก็คือการคำนวณปริมาณสารอาหารและกรดที่จะใส่ลงในน้ำ เพื่อเพิ่มเติมธาตุอาหารและปรับค่า pH ให้ได้ตามความต้องการของเรา

2.5.2 ขั้นตอนการเตรียมสารละลายธาตุอาหารตามวิธีของ "Coic-Lesaint" มีดังนี้

สิ่งที่ต้องรู้ก่อนการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร

1. ค่า pH และ ค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารในสารละลายที่เราต้องการ

2. ค่า pH และ ค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารดั้งเดิมในน้ำที่เราจะใช้เตรียม (ค่าวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ)

3. ชนิดของกรดและธาตุอาหารที่จะใช้เตรียม(คำนึงถึงราคาและความยากง่ายในการจัดหาและเก็บรักษา)

2.5.3 การปรับค่า pH ให้ได้ค่า 5.8

โดยทั่วไปน้ำจากแหล่งต่างๆ จะมีค่า pH สูงกว่า 5.8 ค่า pH ของน้ำที่สูง เนื่องจากผลของอนุมูลไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) และบางครั้งจะมีอนุมูลของคาร์บอเนต (CO_3^-) รวมอยู่ด้วย ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำเป็นต้องเติมกรดเพื่อกำจัดอนุมูลเหล่านี้ออกทั้งหมดหรือบางส่วน และมีผลลดค่า pH ของน้ำ นอกจากนี้กรดที่เติมลงไปยังใช้เพื่อสะเทินความเป็นด่างของปุ๋ย $(NH_4)_2HPO_4$ โดยทุกๆ 2.2 mc ของ $(NH_4)_2HPO_4$ ที่ใช้จะต้องใช้กรด HNO_3 1 mc เพื่อสะเทินความเป็นด่างกรดที่เติมลงในน้ำจะปลดปล่อย H^+ ซึ่งจะรวมตัวกับน้ำได้ H_3O^+ และเข้าทำปฏิกิริยากับ HCO_3^- ,$CO_3^=$ เกิด น้ำ และก๊าซ CO_2 ระเหยออกจากน้ำ

2.5.4 วิธีการเตรียมสารละลาย

หลังจากที่รู้ปริมาณสารต่างๆ ที่ต้องเติมลงในน้ำ เพื่อเตรียมสารละลาย 1 ลูกบาศก์เมตร การเตรียมสารละลายนั้น โดยทั่วไปจะเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงและเมื่อต้องการใช้ก็จะนำมาเจือจางให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการ โดยจะเตรียมสารละลายแยกออกเป็น 2 ถัง เนื่องจากปุ๋ยบางชนิดไม่สามารถผสมกันโดยตรงที่ระดับความเข้มข้นสูงๆ ซึ่งวิธีการเตรียมจะมีขั้นตอนดังนี้ เช่น เมื่อเราต้องการสารละลายธาตุอาหารทั้งหมด 10 ลูกบาศก์เมตรจะเตรียมสารละลาย 2 ถัง ถังละ 50 ลิตร

- **ถังที่ 1 ต้องทำการผสมตามลำดับขั้นตอนดังนี้**
  - ใส่น้ำ 20 ลิตร
  - ใส่กรด KNO_3 เท่ากับปริมาณที่ต้องใช้เพื่อปรับ pH ของสารละลาย 9.95 ลูกบาศก์เมตร ให้ได้ pH = 5.8 รวมกับปริมาณเพื่อแก้ความเป็นด่างเนื่องจากผลของปุ๋ย $(NH_4)_2HPO_4$ จากตัวอย่างใช้ HNO_3 (53.5%) = 305 ลูกบาศก์เมตร/สารละลาย 1 ลูกบาศก์เมตร ดังนั้นใช้กรดทั้งหมด 9.95 x 305/1000 = 3.035 ลิตร
  - ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสทั้งหมดในรูป $(NH_4)_2HPO_4$ = 145 x 10/1000 = 1.450 กก.(ปุ๋ยนี้ต้องละลายในน้ำ 10 ลิตร ก่อนผสม)
  - ในถังที่ 1 นี้อาจใส่ N, K, Mg ในรูปของซัลเฟต ไนเตรท ฟอสเฟต แอมโมเนียม ที่ละลายในน้ำก่อนผสม แต่ในถังนี้ห้ามใส่แคลเซียมเด็ดขาดเพราะจะทำปฏิกิริยากับฟอสเฟตตกตะกอน ในที่นี้จะใส่ KNO_3 ทั้งหมดในถังนี้ เพื่อลดความเข้มข้นของสารละลายในถังที่ 2 ปริมาณ KNO_3 ที่ใส่เท่ากับ 555 x 10/1000 = 5.55 กก.
  - ใส่จุลธาตุอาหารทั้งหมดในถังนี้ ยกเว้นเหล็ก
  - เติมน้ำให้ได้ปริมาตร 50 ลิตร คนสารละลายให้ผสมกันดี
  - pH ของสารละลายในถังนี้จะต้องต่ำกว่า 2
- **ถังที่ 2 ต้องทำการผสมตามลำดับดังนี้**
  - ใส่น้ำ 20 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใส่กรด HNO_3 เพื่อปรับ pH ของน้ำในถังนี้(50 ลิตร) ในที่นี้ต้องใส่ 0.05 x 305 x 1000/1000 = 15.25 ลูกบาศก์เมตร

- ใส่ปุ๋ยที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบทั้งหมดในถังนี้ (ปุ๋ยนี้ต้องละลายในน้ำ 12 ลิตร ก่อน) ในที่นี้เราจะละลายปุ๋ย $Ca(NO_3^-)_2$ จำนวน 305 x 10/1000 = 3.05 กิโลกรัม ในน้ำ 12 ลิตร หลังจากนั้นจึงเทใส่ในถังที่ 2

- ใส่เหล็กทั้งหมดในรูปคีเลต (chelate) อัตราที่ใช้จะมีส่วนผสมของเหล็กอยู่ในช่วง 0.6 ถึง 2 กรัม/ลูกบาศก์เมตร ในที่นี้จะใส่ในรูป Fe-EDTA (6% Fe) ซึ่งมีเหล็ก 0.6 กรัม/ลูกบาศก์เมตร ดังนั้นต้องใส่เหล็กในรูป Fe-EDTA ทั้งหมดเป็นจำนวน (100 x 0.6/6) x 10 = 100 กรัม โดยที่จะต้องนำเอาสารประกอบเหล็กละลายในน้ำ 12 ลิตร ก่อน

- เติมน้ำลงในถังให้ครบ 50 ลิตร กวนสารละลายให้เข้ากันดีpH ของสารละลายในถังที่ 2 จะอยู่ในช่วง 4 ถึง 6

* ในถังนี้ห้ามใส่ปุ๋ยที่มีอนุมูลซัลเฟตและฟอสเฟต

หมายเหตุ : ในกรณีพืชที่ปลูกแสดงอาการขาดธาตุเหล็ก ให้วัดค่า pH ของสารละลายในถังที่ 2 ถ้าค่า pH ต่ำกว่า 3 ให้เตรียมสารละลายนี้ใหม่ เนื่องจาก Fe-EDTA สามารถคงสภาพอยู่ในรูปคีเลตได้ในช่วง pH 3 – 6.5 แต่ถ้าค่าของ pH ถูกต้อง ให้เพิ่มความเข้มข้นของเหล็กในสารละลาย โดยเฉพาะพืชที่ใช้ในการปรุงแต่งกลิ่นอาหาร เช่น ผักชี คื่นฉ่าย มีความต้องการเหล็กมากเป็นพิเศษ อาจต้องการมากกว่าพืชปกติถึง 2 เท่า

เหล็กคีเลตที่สามารถนำมาใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้คือ

Fe-EDTA สามารถคงรูปที่พืชใช้ได้ในช่วง pH = 1 – 6 แสงแดดทำให้เสื่อมสภาพได้

Fe-DTPA สามารถคงรูปที่พืชใช้ได้ในช่วง pH = 2 – 7 แสงแดดทำให้เสื่อมสภาพได้

Fe-HEDTA สามารถคงรูปที่พืชใช้ในได้ช่วง pH = 2 – 9 เสื่อมสภาพได้ง่าย

Fe-EDDHA สามารถคงรูปที่พืชใช้ในได้ช่วง pH = 2 – 9 มีราคาแพง

Fe-EDTA และ Fe-DTPA มีการใช้มากที่สุด

สารละลายทั้งสองถังนี้เมื่อนำไปใช้ จะทำการเจือจางในอัตราส่วน 1 : 200 เช่น ถ้าต้องการใช้สารละลายธาตุอาหารพืช 5 ลูกบาศก์เมตร = 5,000 ลิตร ต้องใช้สารละลายเข้มข้น ถังที่ 1 และถังที่ 2 = (1/200) x 5000 = 25 ลิตร และปรับปริมาตรโดยเติมน้ำ ให้ครบ 5,000 ลิตร

2.5.5 ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร

ปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากคุณภาพน้ำที่ใช้

1. ในกรณีที่น้ำที่ใช้เตรียมสารละลายมีการเปลี่ยนปริมาณ carbonate และ bicarbonate อยู่ตลอดเวลาไม่แน่นอน ทำให้ปริมาณกรดที่ใช้กับการปรับค่า pH ไม่แน่นอน จำเป็นต้องเพิ่มถังกรดเป็นถังที่ 3 และมีเครื่อง pH meter คอยควบคุมเพื่อรักษาให้ระดับ pH อยู่ในช่วงที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ในกรณีที่น้ำที่ใช้มีคามเป็นกรด (pH < 5.5) ต้องใช้ Potassium bicarbonate เพื่อใช้ปรับค่า pH (มักไม่ค่อยพบมากนัก)

3. ในกรณีที่น้ำที่ใช้มีปริมาณ Ca มากเกินไป (>200 mg/l) จำเป็นต้องเพิ่มปริมาณ Mg และ K เพื่อรักษาอัตราส่วนของ Ca : K : Mg ตามที่กำหนดไว้ และลดปริมาณ $CaNO_3$ ลง

4. ในกรณีที่น้ำมี Mg > 4 me/l ต้องเพิ่มปริมาณ Ca และ K เพื่อรักษาอัตราส่วนของ K : Ca : Mg ให้คงที่

5. ในกรณีน้ำที่ใช้มีปริมาณ Fe มากเกินไป (>1 ppm) เมื่อเหล็กอยู่ในรูป ferrous จะอยู่ในรูปสารละลายแต่เมื่อสัมผัสกับอากาศจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนตกตะกอน ทำให้เกิดการอุดตันที่หัวหยดหรือที่ถังกรองเพื่อแก้ปัญหานี้จะต้อง oxidize เหล็กให้อยู่ในรูปferrous ก่อนและกรองตะกอนที่เกิดขึ้นโดยใช้ถังกรองทราย สารที่ใช้ oxidize เหล็กอาจใช้พวก Potassium permanganate โดยใช้อัตราสาร 0.6 ppm ต่อความเข้มข้นเหล็ก 1 ppm แต่เป็นวิธีที่แพงมากอาจไม่คุ้มกับการลงทุน อาจใช้วิธีฉีดน้ำให้เป็นฝอยในอากาศ เพื่อให้เกิดการ oxidize โดยตรงกับอากาศ

6. ในกรณีที่น้ำที่ใช้มีปริมาณ $NaHCO_3$ มากมีผลให้ pH ของน้ำสูงและต้องใช้กรด HNO_3 เป็นปริมาณมากในการปรับ pH ของสารละลายมีผลให้ปริมาณ $CaNO_3$ ที่ใช้น้อยจนปริมาณ Ca ไม่พอ ในกรณีนี้ให้ใช้กรด H_3PO_4 แทนกรด HNO_3 บางส่วน

7. ถ้าน้ำที่ใช้มีปริมาณ SO_4 มาก ให้ใช้ $Mg(NO_3)_2$ แทน $MgSO_4$

2.6 การจัดการธาตุอาหารพืชจะมีสิ่งที่ต้องคอยดูแลและควบคุมดังนี้

1. ค่า EC ของสารละลายเป็นค่าบอกความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการปลูกในระบบ Hydroponics ค่าจะอยู่ในช่วง 1 – 4 mS/cm ขึ้นอยู่กับ ชนิดพืช ช่วงอายุการเจริญของพืช สภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิ ความเข้มแสง ฯลฯ

2. ค่า pH เป็นค่าบอกความเป็นกรดด่างของสารละลาย โดยทั่วไปจะควบคุมให้อยู่ในช่วง 5.5 – 6.5 ซึ่งจะเป็นช่วงที่ธาตุอาหารในสารละลายอยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด

3. ปริมาณธาตุอาหารในสารละลาย ซึ่งสารละลายธาตุอาหารพืชจะต้องมีครบทั้ง 12 ตัว คือ N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Mo, B, Fe, Mn, Cu ยกเว้น Cl ซึ่งถึงแม้จะเป็นธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่ Cl มักจะมีเจือปนอยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืชในปริมาณที่เพียงพออยู่แล้ว โดยจะปนมากับน้ำหรือปุ๋ยที่ใช้เตรียมสารละลาย ดังนั้นในการคำนวณเพื่อเตรียมสารละลาย จะไม่มีการใส่ Cl นอกจากในสารละลายจะต้องมีธาตุต่างๆ ครบ แล้วธาตุเหล่านี้ต้องควบคุมให้อยู่ในอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชตลอดการปลูก

4. อุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในสารละลาย โดยที่อุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนจะมีความสัมพันธ์แบบผกผันกัน คือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณการละลายตัวของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเจนจะลดลง ดังนั้นในเขตร้อนแถบบ้านเราอุณหภูมิสารละลายในระบบ NFT อาจจะขึ้นสูงถึง 35°C ซึ่งทำให้การละลายตัวของออกซิเจนสูงสุดได้ 6.8 mg/l ดังนั้นปริมาณออกซิเจนในสารละลายเป็นปัญหาที่สำคัญที่สุดอันหนึ่งในการปลูกพืชระบบ NFT ในเขตร้อน โดยทั่วไปต้องรักษาระดับออกซิเจนในสารละลายให้สูงกว่า 6 mg/l

5. ต้องคอยป้องกันโรคพืชในสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งเชื้อโรคที่มีปัญหามากและพบบ่อยในการปลูกในระบบ NFT คือ เชื้อ Pythium ซึ่งเป็นสาเหตุให้รากพืชเน่าเป็นสีน้ำตาล-ดำ และเป็นโรคที่ระบาดอย่างรวดเร็วและรุนแรงในระบบที่มีการนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่ โดยทั่วไปเมื่อโรคนี้ระบาดในสารละลายจะเป็นการยากมากในการกำจัดและรักษาให้หายได้ ดังนั้นวิธีที่ดีที่สุดคือการป้องกันโดยการทำความสะอาดระบบปลูกก่อนปลูกทุกครั้ง

6. การกำจัดสารที่รากพืชปล่อยออกสู่สารละลายพวกสารอินทรีย์ต่างๆ และก๊าซคาร์บอนได-ออกไซด์ ซึ่งโดยทั่วไปจะเอาออกจากบริเวณรากพืช โดยการหมุนเวียนสารละลายผ่านรากพืชในอัตราที่เร็วพอ เพื่อป้องกันการสะสมจนอยู่ในปริมาณที่อาจเป็นพิษต่อพืช

2.7 ผลการดูดใช้ธาตุอาหารพืชต่อองค์ประกอบธาตุอาหารบริเวณรอบรากพืช

ในสภาพภูมิอากาศที่ส่งเสริมให้พืชมีอัตราการคายน้ำสูง (แสงมาก ลมแรง อุณหภูมิสูง ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ) พืชจะมีอัตราการดูดใช้ธาตุอาหารน้อยกว่าอัตราการดูดน้ำ และในทางกลับกัน ถ้าสภาพภูมิอากาศส่งเสริมให้อัตราการคายน้ำต่ำ พืชก็จะดูดใช้ธาตุอาหารในอัตราที่สูงกว่าดูดใช้น้ำ เช่นในช่วงหน้าร้อนและหน้าฝนซึ่งพืชจะมีอัตราการคายน้ำต่างกันมากจำเป็นต้องมีการจัดการความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารให้เหมาะสม เช่น ถ้าในขณะหนึ่งพืชดูดสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า pH = 1.5 (คือสัดส่วนของน้ำที่พืชดูดใช้ : ปริมาณธาตุอาหารที่พืชดูดใช้) แต่ในขณะนั้นสารละลายธาตุอาหารที่ให้กับพืช มีค่า EC = 2.0 ดังนั้นพืชจะดูดน้ำมากกว่าธาตุอาหาร มีผลทำให้ธาตุอาหารสะสมอยู่ในสารละลายมากขึ้นทำให้สารละลายบริเวณรากพืชมีค่า EC สูงขึ้นมากกว่า 2 และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในทางกลับกันถ้าขณะเดียวกันพืชดูดใช้สารละลายที่มีค่า EC = 1.5 แต่สารละลายที่ให้แก่พืชมีค่า EC = 1 ดังนั้น พืชจะดูดธาตุอาหารมากกว่าดูดน้ำ ทำให้สารละลายบริเวณรากพืชมีความเข้มข้นลดลง คือมีค่า EC ลดลงต่ำกว่า 1 ลงเรื่อยๆ ซึ่งสิ่งที่เราต้องการคือเตรียมสารละลายที่มีค่า EC เท่ากับที่พืชดูดใช้ ดังนั้น ค่า EC บริเวณรากพืชจะคงที่ตลอดเวลา

2.8 อัตราการเปลี่ยนแปลงค่า EC ของสารละลายรอบรากพืชจะขึ้นอยู่กับ

1. ค่า EC ตั้งต้นของสารละลายว่ามีความแตกต่างจากค่า EC ที่พืชดูดใช้มากน้อยแค่ไหน ถ้าต่างกันมากอัตราการเปลี่ยน EC ก็จะมากด้วย

2. อัตราการคายน้ำของพืช ถ้าพืชมีอัตราการคายน้ำสูงก็จะส่งเสริมให้การเปลี่ยน EC เร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปริมาตรของถังเก็บสารละลายเมื่อเทียบกับจำนวนพืชที่ปลูก ถ้าถังมีขนาดเล็กการเปลี่ยนค่า EC ก็จะเปลี่ยนเร็วจากสาเหตุต่างๆ ที่กล่าวมานี้จะเห็นได้ว่า อันตรายอันเกิดจากค่า EC จะมีอันตรายมากเมื่อสารละลายที่ใช้มีค่า EC สูงกว่าที่พืชดูดใช้มากๆ และถังสารละลายที่ใช้มีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับจำนวนพืชที่ปลูก และภายใต้สภาพที่พืชมีอัตราการคายน้ำสูงคือมีอุณหภูมิสูงแสงจัด ซึ่งในสภาพนี้สารละลายบริเวณรากพืชจะมีค่า EC เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจนเป็นอันตรายกับพืชได้ ดังนั้นต้องมีการตรวจวัดและปรับค่า EC ของสารละลายอย่างใกล้ชิด เครื่องควบคุมค่า EC สารละลายโดยอัตโนมัติจะช่วยลดปัญหาการเปลี่ยนค่า EC ของสารละลายได้ แต่ก็มีราคาแพง

2.9 การจัดการธาตุอาหารในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบปิด (Closed system)

ปัญหาที่ยุ่งยากที่สุดในการปลูกพืชในระบบปิดคือ การจัดการธาตุอาหารพืชขณะปลูก เนื่องจากการทำงานของระบบ นี้สารละลายจะถูกปั๊มจากถังผสมสารละลายขึ้นสู่ถาดปลูกหรือรางปลูกและปล่อยให้ไหลผ่านรากพืชและกลับลงสู่ถังผสมใหม่ และไหลเวียนอยู่ตลอดเวลา เช่น ในระบบ Nutrient film technique (NFT), Deep flow technique (DFT) และ Aeroponics หรือสารละลายมีการไหลและหยุดสลับกัน เช่น ระบบ Flood and drain ทั้งสองแบบนี้ขณะที่สารละลายไหลผ่านรากพืชพืช ก็จะดูดธาตุอาหารที่ต้องการตามอัตราส่วนที่พืชต้องการด้วย ดังนั้นถ้าในสารละลายมีธาตุบางตัวที่พืชไม่ต้องการ เช่น Na พืชก็จะไม่ดูดใช้ ดังนั้นธาตุอาหารเหล่านี้ก็จะมีการผสมในสารละลายจนถึงระดับเป็นพิษต่อพืช นอกจากนี้ ถึงแม้ธาตุอาหารที่พืชต้องการและมีอยู่แล้วในสารละลาย แต่ปริมาณความต้องการของพืชในธาตุอาหารแต่ละตัวก็ไม่เท่ากัน ดังนั้นถ้าองค์ประกอบของสารละลายที่ใช้ปลูกมีอัตราส่วนปริมาณธาตุอาหารไม่เท่ากับที่พืชดูดใช้ กล่าวคือ พืชอาจจะดูดบางตัวมากบางตัวน้อย เมื่อสารละลายไหลผ่านรากพืชหลายๆ รอบ สัดส่วนของธาตุอาหารก็จะไม่สมดุล ดังนั้น ต้องมีหลักการในการจัดการธาตุอาหารในสารละลายเพื่อที่จะพยายามรักษาสมดุลของธาตุอาหารให้เหมาะสมกับพืชมากที่สุด และป้องกันการสะสมของธาตุบางตัวจนถึงระดับเป็นพิษแก่พืช ซึ่งการจัดการเหล่านี้เป็นสิ่งที่ยุ่งยากที่สุด การจัดการธาตุอาหารพืชในทางปฏิบัติในการปลูกเป็นการค้า จะเป็นการควบคุมค่า pH และ EC ของสารละลายให้อยู่ในช่วงที่เราต้องการ เช่น คุมให้ค่า pH อยู่ในช่วง 5.8 – 6 ค่า EC อยู่ในช่วง 1.0 – 1.1 ถ้าค่าสูงหรือต่ำกว่าค่านี้ จึงจะเข้าไปจัดการ

2.9.1 การควบคุมค่า pH ของสารละลาย

- การเปลี่ยนค่า pH ของสารละลายในระหว่างปลูกพืช

ค่า pH ของสารละลายที่เหมาะสมของพืชทั่วๆ ไป ควรอยู่ในช่วง 5.5 – 6.0 เมื่อ pH สารละลาย ต่ำกว่า 4 จะเป็นอันตรายแก่รากพืช ในทางกลับกันถ้า pH สูงกว่า 7 เป็นเวลาติดต่อกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 – 3 วัน จะทำให้การดูดใช้ฟอสฟอรัส เหล็กและแมงกานีสไม่เป็นปกติ เมื่อเตรียมสารละลายใหม่ pH ของสารลายจะเท่ากับ 6 แต่เมื่อเวลาผ่านไป ในการปลูกพืชผัก pH สารละลายจะสูงขึ้นเนื่องจากในช่วงการเจริญเติบโตทางใบและลำต้น (vegetative growth) พืชจะมีการดูดใช้ NO_3^- เป็นส่วนใหญ่ (ดูดใช้ Anion มากกว่า Cation) ดังนั้นก็ปลดปล่อย HCO3- ออกมาจำนวนเท่ากันมีผลให้ pH ของสารละลายเพิ่มขึ้นดังนั้นการตรวจค่า pH ต้องทำการวัดค่า pH ของสารละลายอยู่ตลอดเวลาและปรับค่า pH อยู่ที่ 6 ตลอดเวลา โดยใช้กรดไนตริก หรือกรดฟอสฟอริกการใช้กรดทั้งสองชนิดนี้ปรับค่า pH ก็จะเป็นการเติม N และ P ให้สารละลายด้วย โดยเฉพาะเมื่อใช้กรด H_3PO_4 จะเป็นการเติม P ให้สารละลายจนอาจจะมีปริมาณมากเกินไปและเมื่อพิจารณาถึงการเพิ่มขึ้นของ pH อย่างต่อเนื่องซึ่งเป็นผลการเจริญเติบโตในช่วง vegetative growth ซึ่ง pH จะมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากพืชปล่อยอนุมูลไบคาร์โบเนตออกมาทำให้เราไม่สามารถควบคุม pH ให้คงที่ได้ เราสามารถปรับค่า pH ได้โดยการเพิ่มปริมาณ HH_4^+ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อมีอนุมูล HH_4^+ อยู่ในสารละลายพืชก็จะมีการดูดใช้ HH_4^+ ซึ่งเป็น Cation รากก็จะปล่อย H^+ ออกมาในสารละลายด้วย ทำให้สารละลายมีการเปลี่ยน pH เล็กน้อย อย่างไรก็ตามต้องไม่เพิ่มปริมาณความเข้มข้นของอนุมูล HH_4^+ เกินกว่า 10% ความเข้มข้นของอนุมูล NO_3^- ในสารละลาย เนื่องจาก HH_4^+ ที่ความเข้มข้นสูงๆ เป็นอันตรายต่อพืช

ในทางกลับกันถ้าต้องการเพิ่ม pH ของสารละลายให้ใช้ Potassiumhydroxide หรือ Potassiumbicarbonate และลดปริมาณ NH_4NO_3 ลง หรืออาจเปลี่ยนจากการใช้ Monoammonium phosphate (มีฤทธิ์เป็นกรด) มาใช้ Diammonium phosphate

- การจัดการเกี่ยวกับค่า EC

ค่า EC ของสารละลายเป็นการบอกค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงปริมาณความเข้มข้นของสารละลาย ถ้าค่า EC สูงแสดงว่าสารละลายมีความเข้มข้นสูง คือมีธาตุต่างๆ ละลายอยู่มาก ค่า EC ที่ใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจะมีความแตกต่างกันมากในแต่ละพื้นที่และชนิดพืชที่ปลูก เช่น ผักสลัดในระบบ NFT อาจมีการแนะนำให้ใช้ค่า EC ตั้งแต่ 0.8 – 2.8 mS/cm ส่วนในมะเขือเทศจะมีความต้องการค่า EC สูงกว่าในผักสลัดมาก อาจแนะนำให้ใช้ตั้งแต่ 2.8 – 4.0 mS/cm และในแคนตาลูป ในช่วงก่อนเก็บเกี่ยวอาจให้ค่า EC สูงขึ้นถึง 5 – 8 เพื่อให้ได้คุณภาพดี คือ เพิ่มความหวาน ปัญหาของการจัดค่า EC คือ ค่า EC เป็นค่าที่บอกถึงความเข้มข้นของสารละลายโดยรวม แต่ไม่สามารถแยกชนิดความเข้มข้นของแต่ละธาตุได้ เช่น สารละลายที่เตรียมใหม่ๆ มีปริมาณธาตุอาหารต่างๆ สมดุลตามความต้องการของพืช เช่น มีค่า EC = 2.8 แต่เมื่อใช้สารละลายนี้ปลูกพืชในระบบ NFT ไประยะหนึ่ง เช่น 2 อาทิตย์ ค่า EC ของสารละลายยังคงเท่ากับ 2.8 เหมือนเดิม แต่เมื่อวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าปริมาณ Na ในสารละลายสูงมาก แสดงให้เห็นว่าค่า EC = 2.8 เป็นผลให้ปริมาณ Na ที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก ซึ่งเราไม่สามารถรู้ได้เลย ถ้าดูเฉพาะค่า EC ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญของการจัดการการควบคุมค่า EC ของสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
76212

ขณะปลูกพืชค่า EC ของสารละลายจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งอาจมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ อย่าง

- การเปลี่ยนค่า EC ของสารละลายจะเปลี่ยนเร็วมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้

1. สภาพภูมิอากาศ ถ้าสภาพที่ส่งเสริมให้อัตราการคายน้ำของพืชเพิ่มขึ้นก็มีผลในการเปลี่ยน EC เร็วขึ้น เช่น หน้าร้อน อากาศแห้ง อุณหภูมิสูง แดดจัด พืชคายน้ำมากกว่าค่า EC เปลี่ยนเร็วกว่าในหน้าฝนที่มีเมฆมาก อากาศชื้น

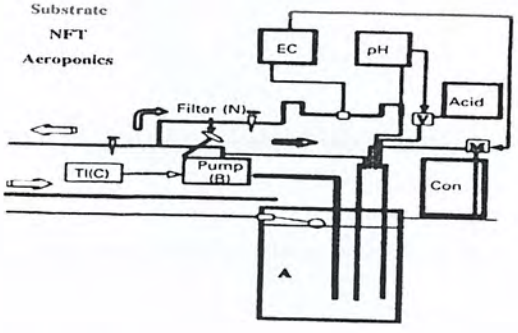
2. สัดส่วนของจำนวนพืชที่ปลูกต่อปริมาตรถังสารลาย เช่น ถ้าถังมีขนาดเล็กแต่ปลูกพืชจำนวนมาก การเปลี่ยนค่า EC ก็จะเร็วกว่าใช้ถังขนาดใหญ่

3. ค่า EC ตั้งต้นของสารละลาย ถ้าค่า EC เริ่มต้นของสารละลายมีความแตกต่างจากค่า EC ที่พืชดูดใช้มากๆ ค่า EC ก็จะเปลี่ยนเร็ว เช่น เราเตรียมสารละลายปลูกพืชที่มีค่า EC = 1.8 แต่พืชมีความต้องการค่า EC = 1.0 การเปลี่ยนค่า EC จะเร็วกว่าเมื่อเตรียมสารละลายปลูกพืชที่มีค่า EC = 1.1

4. ความบริสุทธิ์ของน้ำและ ปุ๋ยที่ใช้เตรียมสารละลาย ถ้ามีธาตุที่พืชไม่ต้องการเจือปนอยู่มาก เช่น Na สารละลายก็จะมีการเปลี่ยนค่า EC เร็วกว่าการใช้น้ำและปุ๋ยที่มีปริมาณ Na น้อยกว่า เนื่องจากธาตุเหล่านี้พืชจะไม่ดูดใช้ ดังนั้น จะเหลือสะสมอยู่ในน้ำทำให้ค่า EC สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว

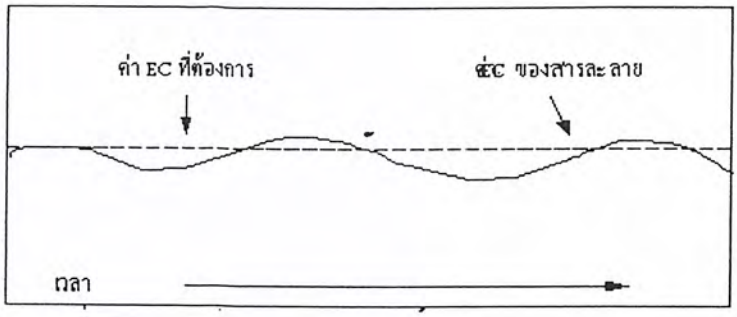
2.9.2 การควบคุมค่า EC ขณะปลูกพืชมีวิธีการควบคุมดังนี้

- ระบบควบคุมโดยอัตโนมัติ (Automatic Control) ระบบนี้การควบคุมค่าEC และ pH จะถูกควบคุมโดยอัตโนมัติตลอดเวลา ดังนั้นค่า pH และ EC ของสารละลายจะคงที่ตลอดเวลาและมีค่าแตกต่างจากค่าที่ต้องการน้อยมาก ดังรูป ซึ่งเป็นระบบที่ดีที่สุดในการควบคุมค่า pH และ EC ของสารละลายแต่เป็นระบบที่มีราคาแพง



รูปที่ 2.5 ระบบเตรียมสารละลายอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงการเปลี่ยนค่า EC ในระบบเติมน้ำและปุ๋ยโดยอัตโนมัติ

2.9.3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนค่า EC ของสารละลาย

ปัญหาที่เกิดจากการที่ค่า EC ของสารละลายเพิ่มขึ้นจากค่า EC ที่ต้องการเนื่องจากวิธีการจัดการที่ต่างกันดังที่กล่าวมาแล้ว ยังมีปัจจัยเสริมบางอย่างที่ส่งเสริมให้อัตราการเพิ่มขึ้นของค่า EC รุนแรงและมีอันตรายต่อพืชมากขึ้น ได้แก่

1. อุณหภูมิ ยิ่งสูงอัตราเพิ่มค่า EC จะสูงเร็วขึ้นและพืชจะเป็นอันตรายได้ง่ายเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

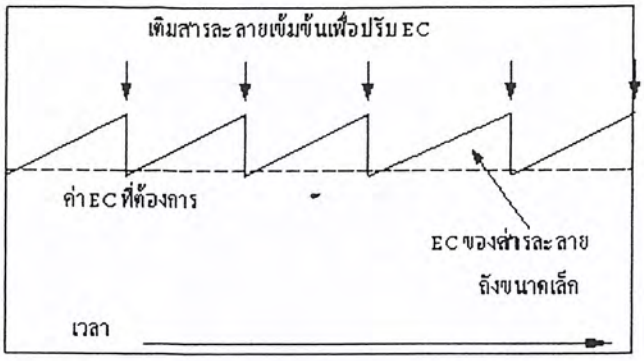
2. ปริมาตรถังสารละลายมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับจำนวนพืชที่ปลูก การเปลี่ยนค่า EC จะเกิดอย่างรวดเร็ว ดังนั้น ต้องมีการตรวจวัดค่า EC บ่อยครั้งกว่าระบบที่มีถังสารละลายขนาดใหญ่กว่า ซึ่งการใช้ถังสารละลายที่มีขนาดเล็กจะมีผลเสียหลายๆ ด้าน ได้แก่

- การเปลี่ยนค่า EC และ pH รวดเร็วและรุนแรงมีผลกระทบต่อพืชได้ง่าย
- ผลการสะสมอุณหภูมิในถังสารละลายจะเร็วมาก มีผลโดยตรงต่อการละลายตัวของออกซิเจนทำให้รากไม่แข็งแรง ง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรค
- การไม่สมดุลของธาตุอาหารเกิดได้เร็ว
- การสะสมธาตุที่พืชไม่ต้องการจะเร็วมากโดยเฉพาะ Na

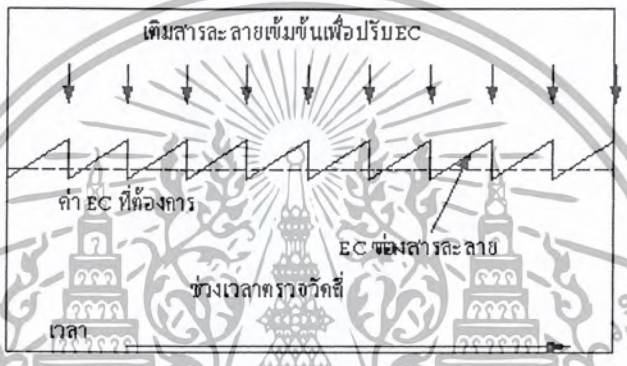
3. ความถี่ในการตรวจวัดสารละลาย ถ้าทำให้ห่างๆค่า ECก็จะต่างจากค่า EC ที่ต้องการมาก

4. ค่า EC ตั้งต้น ถ้ามีความแตกต่างจากค่า EC ที่พืชดูดใช้มากอัตราการเปลี่ยนค่า EC จะเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงผลของขนาดถังต่อการเปลี่ยนค่า EC

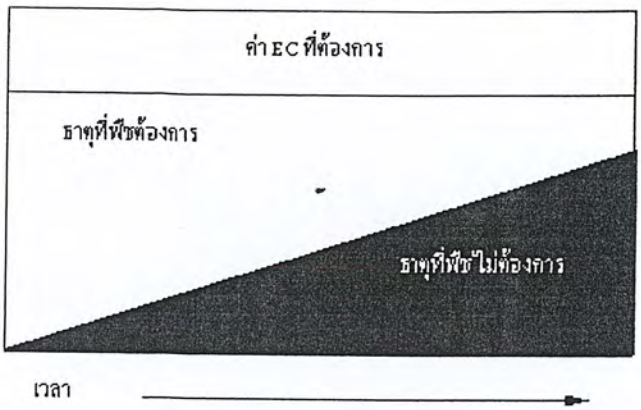


รูปที่ 2.8 แสดงผลของความถี่ในการตรวจวัดต่อการเปลี่ยนค่า EC

2.9.4 ความสมดุลของธาตุอาหารในการปลูกในระบบปิด (Nutrient balance in recirculating system)

จากที่กล่าวมาแล้วว่าการจัดการควบคุมค่า EC ให้อยู่ในช่วงที่ต้องการจะเป็นการควบคุมค่าความเข้มข้นรวมของธาตุทั้งหมดที่ละลายอยู่ในสารละลาย แต่ไม่ได้บอกให้ทราบว่าขณะนั้นๆมีสัดส่วนธาตุอาหารที่พืชต้องการมากหรือน้อยเมื่อเทียบกับธาตุที่พืชไม่ต้องการ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการถ่ายสารละลายในถังสารละลายทิ้งเป็นช่วงๆ เพื่อกำจัดธาตุที่พืชไม่ต้องการและมีการสะสมอยู่ในสารละลาย เช่น จากรูป เมื่อเรารักษาระดับค่า EC สารละลายให้คงที่ตามค่าที่ต้องการอยู่ตลอดเวลา เมื่อระยะเวลานานเข้าปริมาณธาตุอาหารที่พืชไม่ต้องการจะมีการสะสมมากขึ้นเรื่อยๆ ถึงแม้ค่า EC จะคงที่ ธาตุที่พืชไม่ต้องการและมักมีการสะสมอยู่ในสารละลายเสมอๆ ได้แก่ Na ซึ่งพืชไม่ดูดใช้และมักมีปนอยู่ในน้ำหรือปนมากับปุ๋ยที่ใช้เตรียมสารละลาย เมื่อสารละลายไหลผ่านรากพืช พืชจะดูดธาตุที่ต้องการและเหลือ Na สะสมอยู่ในสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงการเพิ่มขึ้นของธาตุที่พืชไม่ต้องการเมื่อเวลานานขึ้น

เมื่อรอบการผ่านรากมากขึ้นปริมาณธาตุอาหารพืชจะลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากพืชดูดใช้ขณะเดียวกันปริมาณ Na ก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เช่นกัน จนถึงระดับที่อาจเป็นพิษต่อพืช และหนทางเดียวที่จะเอา Na ออกจากสารละลายคือการถ่ายสารละลายทิ้ง ลักษณะดังกล่าวนอกจากเกิดกับ Na แล้วยังเกิดกับธาตุตัวอื่นที่พืชต้องการปริมาณน้อย แต่มีอยู่มากในสารละลายก็จะเกิดการสะสมมากกว่าปกติ อันเป็นสาเหตุของการเกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารในสารละลาย เช่น ความไม่สมดุลของ NH_4, Ca, Mg, K ซึ่งทั้งสามตัวเป็นไอออนบวก ซึ่งถูกดูดใช้โดยรากพืชในขบวนการที่คล้ายกัน ดังนั้น ถ้าทั้ง 3 ตัวอยู่ในสภาพไม่สมดุล เช่น มี K หรือ Mg มากเกินไป ก็จะทำให้พืชดูดใช้ Ca ได้น้อย ซึ่งเมื่อเกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารแล้ว เราทราบได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารละลายทางเคมี แต่ต้องใช้เวลาและเสียค่าใช้จ่ายมาก หรืออาจจะดูได้จากอาการที่พืชแสดงออก เช่น เกิดอาการ Tip burn ในผักสลัดเนื่องจากขาด Ca แต่เมื่อพืชแสดงอาการออกให้เห็น แสดงว่าช้าเกินไปในการแก้ไข ดังนั้น วิธีการที่ดีที่สุดคือการป้องกันการเกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหาร ซึ่งวิธีการที่ใช้กันมาก คือการถ่ายสารละลายในถังทิ้งให้หมดก่อนที่การไม่สมดุลธาตุอาหารจะรุนแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ทฤษฎี PSoC MicroController

ปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ถูกออกแบบและผลิตออกมาให้นักทดลองและนักออแบบทั้งหลายได้ใช้งานกันมากมาย แต่ไมโครคอนโทรลเลอร์โดยทั่วไปแล้วจะได้รับข้อมูลเข้าและข้อมูลออกในรูปของสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal) ซึ่งในการออกแบบวงจรนั้นโดยทั่วไปจะต้องประกอบไปด้วยสัญญาณทางอนาล็อก(AnalogSignal)เป็นส่วนมากซึ่งการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครโปรเซสเซอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของวงจรด้านอนาลอกนั้น ต้องมีอุปกรณ์ต่างๆมาประกอบร่วมเพื่อช่วยในการเปลี่ยนสัญญาณทางอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอ(ADC : Analog to Digital Converter)หรือเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอก (DAC : Digital to Analog converter)

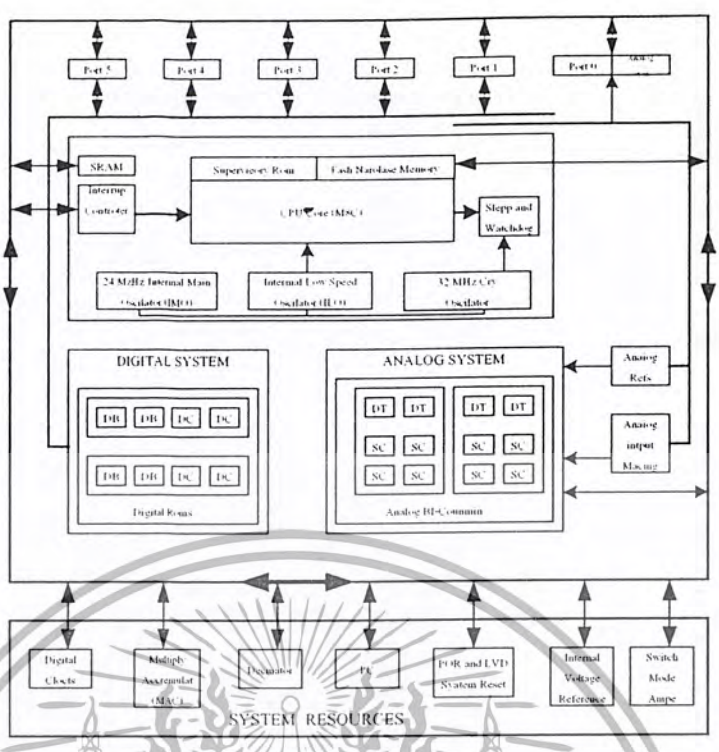
อุปกรณ์เหล่านี้เป็นทรานซิสเตอร์ (Transistor) , ออปแอมป์ Op–Amp) หรืออุปกรณ์อื่นๆ ซึ่งการใช้งานอุปกรณ์เหล่านี้ เป็นเรื่องที่ไม่ง่ายมากนักสำหรับวงจรที่ต้องการความแม่นยำสูง ถึงแม้ในปัจจุบันได้มีผู้ผลิตไอซีสำเร็จรูปประเภทนี้ออกมามากมาย ซึ่งเข้ามาช่วยในเรื่องเหล่านี้ได้ดี แต่ก็ยังมีความยุ่งยากในการออกแบบวงจรอยู่เนื่องจากหากระบบมีขนาดใหญ่ก็ต้องมีอุปกรณ์เหล่านี้จำนวนมากทำให้วงจรมีขนาดใหญ่และยากต่อการแก้ไข

3.1 แนะนำไมโครคอนโทรลเลอร์ของซายพรีสไมโครซิสเต็ม (Cypress Microsystems)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซายพรีสไมโครซิสเต็มเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รวมเอาบล็อกดิจิตอล (Digital Block) และบล็อกอะนาลอก (Analog Block) เอาไว้ในไอซีตัวเดียวกัน ซึ่งสามารถเลือกใช้ได้ว่าจะใช้ในของอะนาลอก หรือโหมดดิจิตอลและยังสามารถใช้ในโหมดอะนาลอก และดิจิตอลร่วมกันได้อย่างดีอีกด้วย เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนี้ยังสามารถโปรแกรมได้ในวงจรโดยตรง (ไม่ต้องถอดมาโปรแกรมภายนอกวงจร) จึงทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนี้ถูกเรียกว่า โปรแกรมเมเบิล – ซิสเต็ม – ออน – ชิป (Programmable – System – on – Chip) หรือ PSoC

การเขียนโปรแกรมสำหรับการควบคุมการทำงานนั้นเป็นเรื่องที่ง่ายมากเมื่อเทียบกับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์อื่น เนื่องจากการเขียนโปรแกรมจะเป็นลักษณะ กราฟิกโปรแกรมมิ่ง คือเพียงแค่เลือกโมดูลที่ต้องการใช้งานไปวางในบล็อกต่างความเหมาะสม และเขียนโปรแกรมการควบคุมการทำงานเพียงเล็กน้อยก็สามารถทำงานได้แล้ว นอกจากนี้การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนี้ไม่มีความจำเป็นต้องเรียนรู้โครงสร้างต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์มากนัก เรียกว่าเพียงแค่ใช้งานโปรแกรมเป็นก็สามารถพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนี้ได้อย่างไม่ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงให้เห็นองค์ประกอบโดยรวมของไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1.1 แสดงให้เห็นองค์ประกอบโดยรวมของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ประกอบไปด้วยโครงสร้างหลักดังต่อไปนี้

Digital System : เป็นส่วนที่รองรับการใช้งานต่อไป เช่น PWM, Timer และ Counter เป็นต้น สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้มีโมดูลบล็อกดิจิตอลให้ใช้งานจำนวน 8 บล็อก ด้วยกัน

Analog System : เป็นส่วนที่รองรับการใช้งานโมดูลอะนาลอกหรือ Analog User Module อันจะได้กล่าวรายละเอียดต่อไปเช่น ADC , DAC,Amplifiers เป็นต้นสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้มีโมลดูลบล็อกอะนาล็อกให้ใช้งาน จำนวน 12 บล็อกประเภท Continuous time (CT) จำนวน 4 บล็อก และบล็อกประเภท Switch Capacitor (SC) จำนวน 8 บล็อก ทั้งนี้และทั้งในการใช้งานจะขึ้นอยู่กับประเภทของโมลดูลอะนาล็อกที่เลือกมาใช้งานว่าต้องทำงานร่วมกับบล็อกประเภทใด ดังเช่น Amplifie r ซึ่งจำเป็นต้องขยายสัญญาณอะนาล็อกอย่างต่อเนื่อง กำหนดให้ใช้บล็อกประเภท CT หรือวงจรแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิตอล (ADC) ซึ่งต้องแซมเปิ้ลข้อมูลก่อนการแปลงสัญญาณจะต้องกำหนดให้ทำงานด้วยบล็อกประเภท SCSystem Resource : เป็นทรัพยากรที่สามารถใช้งานร่วมกันได้ทั้งระบบไม่ว่าจะเป็นส่วนของ Digital System , Analog System , PSoC Core ตลอดจนพอร์ตต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยจะสังเกตได้จากเส้นเชื่อมต่อรอบนอกสุดในภาพแสดงบล็อกไดอะแกรม อันแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่าทรัพยากรของระบบนี้สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื่อมโยงและใช้งานได้ทั้งหมด ได้แก่ Digital Clock, Multiply Accumulate (MCU), Decimator, IC เป็นต้น

PSoC Core : เป็นส่วนประมวลผลโปรแกรมหรือ CPU โดยการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบดำเนินการส่วนนี้ โดยมีโครงสร้างของหน่วยประมวลผลเป็นแบบ M & C ซึ่งประกอบไปด้วยชุดคำสั่งต่างๆ สำหรับการโปรแกรมเช่น การโอนย้ายข้อมูล คำสั่งทางคณิตศาสตร์ การประมวลทางด้านลอจิก หรือคำสั่งสำหรับการเปรียบเทียบข้อมูลและคำสั่งควบคุมการกระโดด เป็นต้น อีกทั้ง

ยังมีโปรแกรมเมมโมรีชนิด Flash ที่มีประสิทธิภาพสูง โดยไซเคิลในการโปรแกรมได้สูงถึง 50,000 ครั้ง ซึ่งสูงกว่ากว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ทั่วๆไปในท้องตลาดปัจจุบัน Port 0 -5 : พอร์ตคือส่วนที่ใช้สำหรับการติดต่อ ระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับอุปกรณ์ภายนอกโดย PSoC ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถใช้งานได้ทั้งสัญญาณอะนาล็อกและดิจิตอล ดังนั้นขาพอร์ตต่าง ๆ จะมีลักษณะใช้งาน ที่สอดคล้องกับขั้นตอนของการออกแบบโปรแกรมทั้งนี้จำนวนของพอร์ตที่มีการใช้งานจะขึ้นอยู่กับหมายเลขหรือเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 PSoC Family Key Feature

Packags	Ordering Code	Fash (Kbytes)	RAM (Byte)	Switch Mode Pump	Temperature Range	Digital Psoc Blocks	Analog Psoc Blocks	Digital io pins	Analog inputs	Analog Output	XRE S Pin
20 Pin (210 Mil) SSOP	CY8C2743-24PVI	16	256	Yes	-40 to +85C	8	12	16	12	4	Yes
20 Pin (210 Mil) SSOP (Tape and Reel)	CY8C27243-24PVIT	16	256	Yes	-40 to +85C	8	12	16	12	4	Yes
20 Pin (300Mil) SOIC	CY8C27243-24SI	16	256	Yes	-40 to +85C	8	12	16	12	4	Yes
20 Pin (300Mil) SOIC (Tape an Reel)	CY8C27243-24SIT	16	256	Yes	-40 to +85C	8	12	16	12	4	Yes
28 Pin (210 Mil) SSOP	CY8C27443-24PVI	16	256	Yes	-40 to +85C	8	12	24	12	4	Yes
28 Pin (210 Mil) SSOP(Tape an Reel)	CY8C27443-24PVIT	16	256	Yes	-40 to +85C	8	12	24	12	4	Yes
28 Pin (300 Mil) DIP	CY8C27443-24PI	16	256	Yes	-40 to +85C	8	12	24	12	4	Yes
28 Pin (300 Mil) SOIC	CY8C27443-24SI	16	256	Yes	-40 to +85C	8	12	24	12	4	Yes
28 Pin (300 Mil) SOIC(Tape an Reel)	CY8C27443-24SIT	16	256	Yes	-40 to +85C	8	12	24	12	4	Yes
44 Pin TQFP	CY8C27543-24AI	16	256	Yes	-40 to +85C	8	12	40	12	4	Yes
44 Pin TQFP(Tape an Reel)	CY8C27543-24AIT	16	256	Yes	-40 to +85C	8	12	40	12	4	Yes
48 Pin (300 Mil) SSOP	CY8C27643-24PVI	16	256	Yes	-40 to +85C	8	12	44	12	4	Yes
48 Pin (300 Mil) SSOP (Tape an Reel)	CY8C27643-24PVIT	16	256	Yes	-40 to +85C	8	12	44	12	4	Yes
48 Pin(7x7) MLF	CY8C27643-24LFI	16	256	Yes	-40 to +85C	8	12	44	12	4	Yes
48 Pin(7x7) MLF (Tape and Reel)	CY8C27643-24LFIT	16	256	Yes	-40 to +85C	8	12	44	12	4	Yes
8 Pin (300 Mil) DIP	CY8C27143-24PI	16	256	Yes	-40 to +85C	8	12	6	12	4	Yes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vss	Ground	*Power*
XRES	External Reset (Active High)	*Input/Output*
P0[0]-P0[1]	Port 0[0], 0[1], Analog Input	*Input/Output*
P0[2]-P0[5]	Port 0[2], 0[3], 0[4],0[5], Analog Input/Output	*Input/Output*
P0[6]-P0[7]	Port 0[6], 0[7], Analog Input	*Input/Output*
P1[0]	Port 1[0], XTALOut/SDATA/ IC SDA	*Input/Output*
P1[1]	Port 1[1], 0[1], XTALIn/SCLK / IC SCL	*Input/Output*
P1[2]	Port 1[2]	*Input/Output*
P1[3]	Port 1[3]	*Input/Output*
P1[4]	Port 1[4], EXTCLK	*Input/Output*
P1[5]	Port 1[5], IC SDA	*Input/Output*
P1[6]	Port 1[6]	*Input/Output*
P1[7]	Port 1[7], IC SCL	*Input/Output*
P2[0]-P2[3]	Port 2[0], 2[1], 2[2], 2[3], Non-Multiplexed Analog Input (Switched Capacitor)	*Input/Output*
P2[4]	Port 2[4], External AGND	*Input/Output*
P2[5]	Port 2[5]	*Input/Output*
P2[6]	Port 2[6], External VREF	*Input/Output*
P2[7]	Port 2[7]	*Input/Output*
P3[0]-P3[7]	Port 3[0], 3[1], 3[2], 3[3], 3[4], 3[5], 3[6], 3[7]	*Input/Output*
P4[0]-P4[7]	Port 4[0], 4[1], 4[2], 4[3], 4[4], 4[5], 4[6], 4[7]	*Input/Output*
P5[0]-P5[3]	Port 5[0], 5[1], 5[2], 5[3]	*Input/Output*

3.3 รีจิสเตอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้เป็น เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์คุณภาพสูง มีรีจิสเตอร์หลักที่ทำหน้าที่ควบคุมระบบของ CPU 6 ตัว รีจิสเตอร์การเปลี่ยนแปลงข้อมูลอยู่ตลอดเวลา ซึ่งขึ้นอยู่กับคำสั่งที่ CPU ประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงรีจิสเตอร์ควบคุมทั้งหมด 6 ตัว

Regist*er*	*Mnemonic*
Flag	**(CPU_F)**
Program Counter High	**(CPU_PCH)**
Program Counter Low	**(CPU_PCL)**
Accumulator	**(CPU_A)**
Stack Pointer	**(CPU_SP)**
Index	**(CPU_X)**

- **Program Counter Register** มีสองตัว (CPU_ และ CPU_L) แต่ละตัวเก็บตำแหน่งของหน่วยความจำขนาด 1 ไบต์ (8 บิต) ซึ่ง Program Counter ที่สามารถชี้ตำแหน่งของความจำ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้มีหน่วยความจำสูงสุด 16 กิโลไบต์

- **Accumulator Register (CPU_A)** ถือได้เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป เป็นรีจิสเตอร์ที่เก็บผลลัพธ์ของการปฏิบัติคำสั่งต่างๆ และยังเป็นตัวเก็บข้อมูลสำหรับการเข้าถึงหน่วยความจำอีกด้วย

Index Register (CPU_X) เป็นรีจิสเตอร์ทำหน้าที่ชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำที่ต้องการเข้าถึงโดยทั่วไป จะใช้ในส่วนของหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory)

- **Stack Pointer Register (CPU_SP)** ทำหน้าที่เก็บหรือชี้ตำแหน่งสูงสุดของ Stack ซึ่ง Stack จะอยู่ในส่วนของหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ค่าของ Stack Register จะเกิดการเปลี่ยนแปลง CPU กระทำคำสั่ง PUSH,POP,CALL,RETI และ RET

- **Flag Register (CPU_F)** เป็นรีจิสเตอร์สำหรับแสดงสถานะของผลลัพธ์จากการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์, คำสั่งทางลอจิก, หรือคำสั่งทางการเลื่อนหมุนข้อมูล ได้แก่ Zero Flag bit [1],

- **Carry Flag bit [2]** และนอกจากนี้ก็ยังมีบิตพิเศษสำหรับ การควบคุมการทำงานและตรวจสอบสถานะได้แก่ Global Interrupt Enable bit [0], Supper visor bit [3] และ Extended I/O

ตารางที่ 3.4 แสดง Flags Register (CPU_F)

Bit#	**7**	**6**	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**	**0**
POR	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**
Read/Write	**--**	**--**	**--**	**RW**	**R**	**RW**	**RW**	**RW**
Bit Name	**Reserved**	**Reserved**	**Reserved**	**XIO**	**Super**	**Carry**	**Zero**	**Global IE**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bit 7 : Reserved เป็นบิตที่สงวนไว้ ผู้ไม่สามารถเข้าถึงได้

Bit 6 : Reserved เป็นบิตที่สงวนไว้ ผู้ไม่สามารถเข้าถึงได้

Bit 5 : Reserved เป็นบิตที่สงวนไว้ ผู้ไม่สามารถเข้าถึงได้

Bit 4 : XIO เป็นบิตที่ผู้ใช้งานสามารถกำหนดเลือกการใช้ Register Bank (Bank 0 หรือ Bank 1) บิตนี้ สามารถ Set และ Reset โดยกระบวนการทางซอฟแวร์ นั่นคือหากต้องการ Set บิตนี้ (ทำให้เป็นลอจิก "1") สามารถทำได้โดยการใช้คำสั่ง "Set"

"0" = Bank 0

"1" = Bank 0

Bit 0 : Super เป็นบิตที่แสดงสถานการณ์ทำงาน (Executing) ของ CPU ว่า CPU ทำงานในส่วนของ User Code หรือ Supervisor Code

"0" = User Code

"1" = Supervisor Code

Bit 2 : Carry เป็นบิตที่แสดงสถานะ การประมวลผลคำสั่ง ทางลอจิก ทางคณิตศาสตร์ของ CPU ว่ามี Carry หรือไม่

"0" = No Carry

"1" = Carry

Bit 1 : Zero เป็นบิตที่แสดงสถานะ การประมวลคำสั่ง ทางลอจิก และทางคณิตศาสตร์ของ CPU ว่าผลลัพธ์ที่เป็นศูนย์หรือไม่

"0" = Not Equal

"1" = Equal to Zero

Bit 0 : Global IE เป็นบิตที่ใช้กำหนดการอินเตอร์รัพต์ทั้งหมดว่ายอมให้มีการอินเตอร์รัพหรือไม่ บิตนี้ สามารถ Set และ Reset โดยกระบวนการทางซอฟแวร์ นั่นคือ หากต้องการ et บิตนี้ (ทำให้เป็นลอจิก "1") สามารถทำได้โดยการใช้คำสั่ง "Set"

"0" = Disble

"1" = Enable

Bit [7:0] : Data [7:0] Accumulator Register เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่เก็บข้อมูลสำหรับการประมวลผลทางคณิตศาสตร์ และลอจิก บิตนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อกระทำคำสั่ง ทางคณิตศาสตร์, ลอจิก และคำสั่งเลื่อนข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 แสดง Index Register (CPU_X)

Bit#	7	6	5	4	3	2	1	0
POR	0	0	0	0	0	0	0	0
Read/Write	System*	System*	System*	System*	System*	System*	System*	System*
Bit Name	Data[7]	Data[6]	Data[5]	Data[4]	Data[3]	Data[2]	Data[1]	Data[0]

Bit [7:0] : Data [7:0] Index Register เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่เก็บข้อมูลสำหรับการเข้าถึงหน่วยความจำ

ตารางที่ 3.6 Stack Pointer Register (CPU_SP)

Bit#	7	6	5	4	3	2	1	0
POR	0	0	0	0	0	0	0	0
Read/Write	System*	System*	System*	System*	System*	System*	System*	System*
Bit Name	Data[7]	Data[6]	Data[5]	Data[4]	Data[3]	Data[2]	Data[1]	Data[0]

Bit [7:0] : Data [7:0] Stack Pointer Register เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่ชี้ตำแหน่งบนสุดหรือตำแหน่งปัจจุบันของ Stack บิตนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อ

ตารางที่ 3.7 แสดง Program Counter Low Register (CPU_PCL)

Bit#	7	6	5	4	3	2	1	0
POR	0	0	0	0	0	0	0	0
Read/Write	System*	System*	System*	System*	System*	System*	System*	System*
Bit Name	Data[7]	Data[6]	Data[5]	Data[4]	Data[3]	Data[2]	Data[1]	Data[0]

Bit [7:0] : Data [7:0] Program Counter Low Register เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่เก็บตำแหน่ง 8บิตด้านต่ำ (Low Bite) ของตำแหน่งหน่วยความจำที่ CPU ทำการประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การอ้าวอิงข้อมูลและหน่วยความจำ

3.4.1 การอ้างอิงถึงข้อมูลแบบทันทีทันใด หรือแบบฉับพลัน (Source Immediate)

การกระทำคำสั่งการอ้างอิงถึงข้อมูลแบบฉับพลัน จะเป็นการนำเอาข้อมูลใน รีจิสเตอร์ A รีจิสเตอร์ F และรีจิสเตอร์ X (จะเป็นรีจิสเตอร์ตัวไหนนั้นขึ้นอยู่กับคำสั่ง) ไปกระทำตามคำสั่งกับข้อมูลที่อ้างถึงแบบฉับพลัน (Operand 1) ซึ่งเป็นข้อมูลค่าคงที่ สำหรับการทำคำสั่งคณิตศาสตร์และลอจิกนั้น จะต้องการข้อมูลสองตัว ข้อมูลแรกคือ Operand 1 ส่วนข้อมูลตัวที่สอง เป็นข้อมูลใน รีจิสเตอร์ A หรือรีจิสเตอร์ X คำสั่งสำหรับการเข้าถึงข้อมูลแบบทันทีทันใดนี้จะมีความยาว 2 ไบต์

3.4.2 การอ้างถึงข้อมูลแบบโดยตรง (Source Direct)

การกระทำคำสั่งการอ้างถึงข้อมูลแบบ โดยตรง จะเป็นการนำเอาข้อมูลใน รีจิสเตอร์ A หรือ รีจิสเตอร์ X (จะเป็นรีจิสเตอร์ตัวไหนนั้นขึ้นอยู่กับคำสั่ง) กระทำตามคำสั่งกับข้อมูลในตำแหน่งหน่วยความจำที่อ้างถึงแบบโดยตรง (Operand 1) ซึ่งเป็นข้อมูลค่าคงที่ใด ๆ สำหรับการทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกนั้นจะต้องการข้อมูลสองตัวข้อมูลแรกคือ Operand1 ส่วนข้อมูลตัวที่สองเป็นข้อมูลใน รีจิสเตอร์ A หรือรีจิสเตอร์ X คำสั่งสำหรับการเข้าถึงข้อมูลแบบทันทีทันใดนี้จะมีความยาว 2 ไบต์

3.4.4 การอ้างถึงข้อมูลแบบดรรชนี (Source Index)

การกระทำคำสั่งการอ้างถึงข้อมูลแบบดรรชนี จะเป็นการนำเอาข้อมูลใน รีจิสเตอร์ A หรือ รีจิสเตอร์ X ไปกระทำตามคำสั่งกับข้อมูลในตำแหน่งหน่วยความจำ ที่อ้างถึงแบบดรรชนี (Operand 1) ซึ่งเป็นข้อมูลค่าคงที่ใด ๆ ตำแหน่งของหน่วยความจำหรือรีจิสเตอร์ที่ต้องการอ้างถึงซึ่งตำแหน่งที่จออ้างถึงนี้ มีค่าเท่ากับผลรวมของข้อมูลใน รีจิสเตอร์ X กับตัวเลข ใด ๆ (ผลรวมในเครื่องหมาย [ ]) สำหรับการทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกนั้น จะต้องการข้อมูลสองตัว ข้อมูลแรกคือ Operand 1 ส่วนข้อมูลตัวที่สอง เป็นข้อมูลใน รีจิสเตอร์ A หรือรีจิสเตอร์ X คำสั่งสำหรับการเข้าถึงข้อมูลแบบทันทีทันใดนี้จะมีความยาว 2 ไบต์

3.4.5 การอ้างถึงหน่วยความจำแบบโดยตรง (Destimation Direct)

การกระทำคำสั่งการอ้างถึงหน่วยความจำแบบโดยตรงนี้ ผลลัพธ์ ที่ได้จะถูกนำไปเก็บในหน่วยความจำ หรือรีจิสเตอร์ที่อ้างถึงในคำสั่ง Operand 1 คือตำแหน่งหน่วยความจำที่ต้องการอ้างถึง สำหรับข้อมูลที่ใช้ในคำสั่งนี้ จะถูกเก็บในรีจิสเตอร์ A หรือ รีจิสเตอร์ X ขึ้นอยู่กับคำสั่ง ในส่วนของการประมวลผลทางคณิตศาสตร์ จะต้องการข้อมูลสองตัว ข้อมูลแรกคือ ข้อมูลใน รีจิสเตอร์ X ส่วนข้อมูลตัวที่สองคือ Operand 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.6 การอ้างถึงหน่วยความจำแบบดรรชนี (Destimation Index)

การกระทำคำสั่งการอ้างถึงหน่วยความจำแบบดรรชนีนี้ผลลัพธ์ที่ได้ จะถูกนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำหรือรีจิสเตอร์ที่อ้างถึงในคำสั่ง จะถูกบวกเข้ากับข้อมูลใน รีจิสเตอร์ X (ในเครื่องหมาย [ ]) ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นตำแหน่งที่จะอ้างถึง สำหรับข้อมูลที่ใช้ในคำสั่งนี้จะถูกเก็บในรีจิสเตอร์ A หรือรีจิสเตอร์ X ขึ้นอยู่กับ คำสั่งในส่วนของการประมวลผลทางคณิตศาสตร์ จะต้องมีข้อมูลสองตัวข้อมูลตัวแรกคือ ข้อมูลในรีจิสเตอร์ A ส่วนข้อมูลตัวที่สองคือ ผลรวมของ Operand 1 กับข้อมูลในรีจิสเตอร์ X (ในเครื่องหมาย [ ])

3.4.7 การอ้างถึงหน่วยความจำแบบโดยตรง และอ้างถึงข้อมูลแบบฉับพลัน (Destimation Direct Immediate)

การอ้างถึงหน่วยความจำแบบโดยตรง และอ้างถึงข้อมูลแบบฉับพลันนี้ จะเป็นการนำข้อมูลที่อ้างอิงถึงแบบฉับพลัน Operand 2 ไปกระทำตามคำสั่ง กับข้อมูลที่อ้างถึงแบบโดยตรง ในหน่วยความจำ Operand 1 ซึ่งหน่วยความจำดังกล่าวคือพื้นที่ในหน่วยความจำใช้งาน หรืออาจเป็นรีจิสเตอร์ก็ได้ สำหรับการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์ จะต้องมีข้อมูลสองตัว ซึ่งข้อมูลแรกคือข้อมูลที่ถูกอ้างอิงถึงแบบฉับพลันส่วนข้อมูลตัวที่สอง คือข้อมูลในหน่วยความจำที่ถูกอ้างอิงถึงแบบโดยตรง คำสั่งการอ้างถึงหน่วยความจำแบบโดยตรงและอ้างถึงข้อมูลแบบฉับพลันนี้มีความยาว 3 ไบต์

3.4.8 การอ้างถึงหน่วยความจำแบบดรรชนี และอ้างถึงข้อมูลแบบฉับพลัน (Destimation Direct Immediate)

การอ้างถึงหน่วยความจำแบบดรรชนี และอ้างถึงข้อมูลแบบฉับพลันนี้ จะเป็นการนำข้อมูลที่อ้างอิงถึงแบบฉับพลัน Operand 2 ไปกระทำตามคำสั่ง กับข้อมูลที่อ้างถึงแบบดรรชนีซึ่งตำแหน่งของหน่วยความจำนี้จะมีค่าเท่ากับผลรวมของข้อมูลในรีจิสเตอร์ กับข้อมูลใด ๆในหน่วยความจำ Operand 1 ซึ่งหน่วยความจำดังกล่าวคือพื้นที่ในหน่วยความจำใช้งานหรืออาจเป็นรีจิสเตอร์ X (ผลรวมใน[ ]) Operand 1 ซึ่งหน่วยความจำดังกล่าว คือพื้นที่ในหน่วยความจำใช้งานหรืออาจเป็นรีจิสเตอร์ก็ได้ สำหรับการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์ จะต้องมีข้อมูลสองตัว ซึ่งข้อมูลแรกคือข้อมูลที่ถูกอ้างอิงถึงแบบฉับพลันส่วนข้อมูลตัวที่สอง คือข้อมูลในหน่วยความจำที่ถูกอ้างอิงถึงแบบดรรชนี คำสั่งการอ้างถึงหน่วยความจำแบบโดยตรงและอ้างถึงข้อมูลแบบฉับพลันนี้มีความยาว 3 ไบต์

3.4.9 การอ้างถึงหน่วยความจำสองส่วนแบบโดยตรง (Destimation Direct Direct)

การกระทำคำสั่งการอ้างถึงหน่วยความจำสองส่วนแบบโดยตรง ซึ่งจะเป็นการนำข้อมูลในหน่วยความจำที่อ้างถึงแบบโดยตรง Operand 2 ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำที่อ้างถึงแบบโดยตรงอีกตัว Operand 1 ซึ่งหน่วยความจำดังกล่าวคือพื้นที่ในหน่วยความจำใช้งาน การอ้างถึงหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบนี้จะใช้ได้ เฉพาะการเลื่อนย้ายข้อมูลเท่านั้น คำสั่งการอ้างถึงหน่วยความจำสองส่วนแบบโดยตรงนี้ มีความยาว 3 ไบต์

3.4.10 การอ้างถึงข้อมูลแบบเพิ่มค่าตัวชี้ (Source Indirect Increement)

การกระทำคำสั่งการเคลื่อนย้ายข้อมูลจากตำแหน่งของหน่วยความจำต่าง ๆ ไปไว้ในรีจิสเตอร์ A โดยมี Operand 2 เป็นตัวเก็บตำแหน่งของหน่วยความจำแบบโดยอ้อมตำแหน่งของหน่วยความจำนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการกระทำคำสั่ง MV1 ซึ่งเป็นคำสั่งเดียวที่ใช้ในการอ้างถึงข้อมูลลักษณะนี้ คำสั่งสำหรับการอ้างถึงข้อมูลโดยอ้อมแบบเพิ่มค่าตัวชี้นี้ มีความยาว 3 ไบต์

3.4.11 การอ้างถึงหน่วยความจำโดยอ้อมแบบเพิ่มค่า (Source Indirect Increement)

การกระทำคำสั่งนี้จะเป็นการเคลื่อนย้ายข้อมูลจากรีจิสเตอร์ A ไปเก็บไว้ในตำแหน่งของหน่วยความจำต่าง ๆ โดยมี Operand 1 เป็นตัวเก็บตำแหน่งของหน่วยความจำโดยอ้อม ตำแหน่งของหน่วยความจำนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการกระทำคำสั่ง MV1 ซึ่งเป็นคำสั่งเดียวที่ใช้ในการอ้างถึงข้อมูลลักษณะนี้ คำสั่งสำหรับการอ้างถึงข้อมูลโดยอ้อมแบบเพิ่มค่าตัวชี้นี้ มีความยาว 3 ไบต์

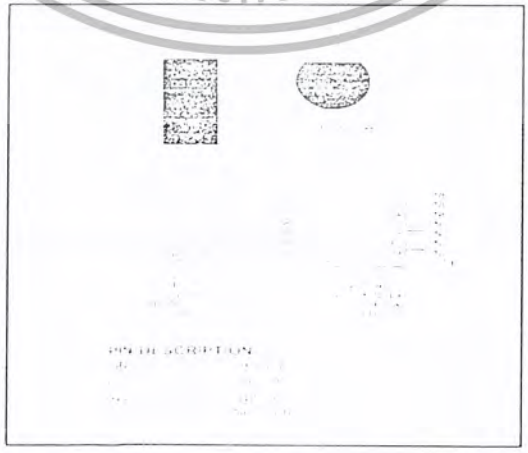
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ทฤษฎีตัวตรวจวัด

4.1 ทฤษฎีของตัวตรวจจับอุณหภูมิ DS1820

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เซ็นเซอร์ขนาดเล็กและให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาจากสายสัญญาณเส้นเดียวมีอยู่มากมายหลายเบอร์ และหลายรูปแบบแต่ส่วนมากแล้วอุปกรณ์เซ็นเซอร์อุณหภูมิเหล่านั้นมักจะให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นอนาลอก และอาจเป็นผลดีในแง่การใช้งานที่ไม่ต้องการควบคุมการทำงานหนักมากนัก คือให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาเพื่อการแสดงผลเป็นหลักและให้วงจรอนาลอกภายในต่อใช้งานร่วม แต่ถ้าหากอุปกรณ์ดังกล่าวให้สัญญาณเซ็นเซอร์อุณหภูมิออกมาเป็นแบบดิจิตอลแล้วการใช้งานจะสามารถกระทำได้มากกว่าการแสดงผล เพราะสัญญาณดิจิตอลที่ออกมาจะถูกประมวลผลด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ทำให้สามารถที่จะกำหนดค่าการทำงาน และควบคุมจุดตรวจจับอุณหภูมิของแต่ละตัวเซ็นเซอร์ได้ รวมไปถึงการเซตตัวแสดงผลของอุณหภูมิในหลายๆ จุดได้พร้อมๆ กันและอื่นๆ อีกมากมาย ที่ไมโครโปรเซสเซอร์จะทำงานได้

DS 1820 สามารถทำงานได้มากกว่านั้น เพราะนอกจากจะให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นแบบดิจิตอลแล้ว ยังสามารถที่จะทำการโปรแกรมเข้าไปยังส่วนหน่วยความจำและควบคุมฟังก์ชันภายในไอซีได้อีกด้วย ดังนั้นจึงสามารถที่จะทำการอ่านและเขียนข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับหน้าที่ในการทำงานเกี่ยวกับการตรวจจับอุณหภูมิได้อย่างมากมายตามการประมวณผลของไมโครโปรเซสเซอร์ นอกจากนั้นแล้วยังสามารถติดตั้ง DS 1820 เพื่อการตรวจวัดอุณหภูมิได้ในหลายลักษณะและหลายสถานที่ ตำแหน่งการติดตั้งที่มีความแตกต่างอย่างมากกับอุปกรณ์ทั่วๆ ไป ไม่ว่าจะเป็นการติดตั้งภายในอาคาร อุปกรณ์เครื่องใช้ต่างๆ หรือภายในเครื่องจักรก็สามารถติดตั้ง



รูปที่ 4.1 ลักษณะตัวถังบรรจุและการจัดขาของ DS1820

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 บล็อกไดอะแกรมภายใน

ในภาพที่ 4.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมส่วนประกอบของการทำงานต่างๆ ภายในตัว DS 1820 จะเห็นว่ามีส่วนประกอบหลักๆ อยู่ 3 ส่วนด้วยกันคือ หน่วยความจำเลเซอร์รอมขนาด 64 บิท ส่วนเซ็นเซอร์อุณหภูมิและส่วนกระตุ้นเตือนอุณหภูมิแบบ non-voletile (TH และ TL) โดยอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมินี้จะถูกควบคุมสภาวะการเพาเวอร์ออนและเพาเวอร์ออฟจากไลน์ข้อมูลเพียง 1 สาย ข้อมูลจากการเก็บรักษากำลังงานสำรองไว้ในตัวเก็บประจุภายในช่วงระหว่างคาบเวลาเมื่อสัญญาณภายในไลน์มีสถานะเป็น high และจะทำงานต่อเนื่องไปเรื่อยๆ และการหยุดการทำงานก็จะเกิดขึ้นจากการหยุดจ่ายแหล่งจ่ายในช่วงระหว่างค่าเวลานั้นเป็น low ของไลน์ข้อมูล และจะหยุดอยู่เช่นนั้นจนกว่าขาไลด์ข้อมูลจะกลับมาเป็น high อีกครั้ง จึงจะเกิดการทำงานที่ DS 1820 และแหล่งจ่ายไฟหลักให้กับไอซีนี้ก็จะได้จากแหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์ภายนอก

การติดต่อข้อมูลกับ DS 1820 จะติดต่อผ่านพอร์ตเพียงพอร์ตเดียวคือ 1-Wire port ภายในพอร์ต 1-Wire นี้ในส่วนของหน่วยความจำและควบคุมฟังก์ชันจะยังไม่รับรู้ข้อมูลใดๆ ทั้งสิ้นก่อนที่ฟังก์ชั่นโปรโตคอลของ ROM จะถูกทำการเซตค่าเสียก่อน ในส่วนสำคัญของการทำงานฟังก์ชันอันดับแรกซึ่งเป็นหนึ่งในห้าอันดับของการสั่งการฟังก์ชันใน ROM ก็คือ

1) อ่านหน่วยความจำ ROM
2) ทำการแมตซ์ ROM
3) ค้นหา ROM
4) กระโดดข้าม ROM , เตือนการค้นหา

ซึ่งการทำงานของระบบการสั่งงานนี้จะทำงานบนพื้นที่หน่วยความจำเลเซอร์รอมขนาด 64 บิท ผ่านพอร์ตของไอซีแต่ละตัวและสามารถให้เอาต์พุตเดียว เพื่อการกำหนดคุณสมบัติของอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมินี้หลายๆ ตัวทำได้โดยสั่งการผ่านไลน์ข้อมูล 1-Wire นี้ หลังจากที่ฟังก์ชันใน ROM ถูกลำดับการทำงานแล้วก็พร้อมที่จะถูกใช้งานหรือเริ่มต้นการทำงานได้แล้ว และสามารถที่จะเข้าถึงการทำงานภายในตัวไอซีได้ทั้งหมด หน่วยความจำและส่วนควบคุมฟังก์ชันก็จะถูกเข้าถึงการทำงานได้และส่วนจัดเก็บค่าที่เซตไว้อาจถูกเก็บไว้ในพื้นที่ 1 ส่วนจากทั้งหมด 6 ส่วนของหน่วยความจำและส่วนควบคุมฟังก์ชันการสั่งการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ DS 1820

พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
แรงดันไฟเลี้ยง	VDD	2.2 ถึง 5.5	โวลต์
แรงดันขาข้อมูล	I/O	-0.5 ถึง+5.5	โวลต์
ความผิดพลาดของการวัด	TERR	+-0.5	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิ	IL	-0.4	มิลลิแอมป์
กระแสซิงค์	IQ	200-350	นาโนแอมป์
กระแสขณะแสตนด์บาย	IDD	1-1.5	มิลลิแอมป์
กระแสขณะทำงาน	IL	5	ไมโครแอมป์
กระแสโหลดทางอินพุต	TCONV	200-500	มิลลิวินาที
ค่าเวลาการแปลงอุณหภูมิ	TSLOT	60-120	ไมโครวินาที
ค่าเวลาไทม์สล็อต	CIN/OUT	25	พิโกฟารัด
ค่าความจุ I/O	TRDV	15	ไมโครวินาที
เวลาการอ่านข้อมูล	To	-55 ถึง+125	องศาเซลเซียส
ย่านอุณหภูมิทำงาน			

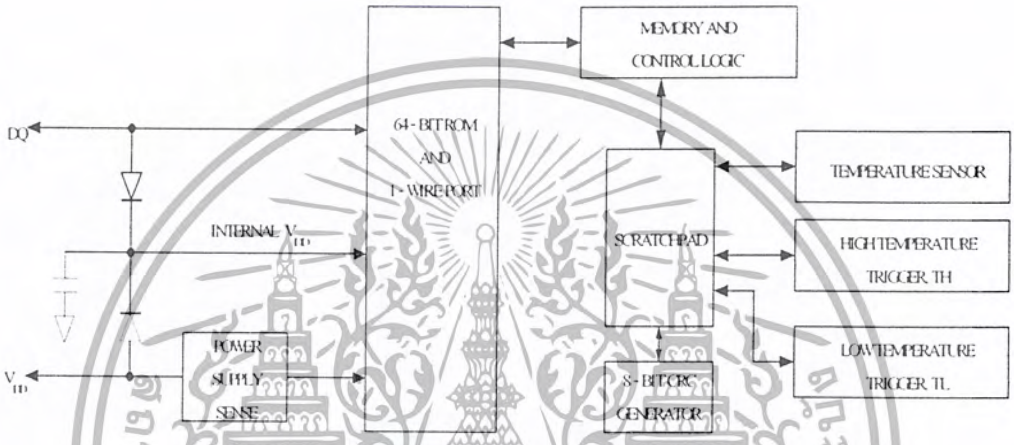
ส่วนควบคุมฟังก์ชันการสั่งการหนึ่งส่วนจะถูกกำหนดคุณสมบัติของ DS 1820 ให้อยู่ในรูปแบบของการวัดค่าของอุณหภูมิซึ่งผลของการวัดนี้จะถูกบันทึกไว้DS 1820 ในส่วนของหน่วยความจำส่วนหนึ่ง (scratchpad) และบางครั้งก็จะอ่านออกมาได้จากตารางสารบัญของหน่วยความจำ ฟังก์ชันการสั่งการซึ่งเป็นการสั่งการเฉพาะหัวข้อที่ถูกบันทึกไว้ในหน่วยความจำ scatchpad สัญญาณกระตุ้นเตือนค่าอุณหภูมิสูงเกินและต่ำเกิน (TH และ TL)จะประกอบด้วย 1ไบต์ EEPROM ถ้าสัญญาณเตือนการค้นหาไม่ถกจ่ายเข้าไปยัง DS 1820 รีจิสเตอร์เหล่านี้บางครั้ง จะถูกใช้ได้อย่างทั่วๆ ไปจากหน่วยความจำที่ผู้ใช้งานกำหนดได้และการเขียนเข้าไปในส่วนของการเตือน TH และ TL จะไม่ใช้หน่วยความจำฟังก์ชันสั่งงานและการอ่านเข้าไปถึงรีจิสเตอร์นี้จะอ่านผ่านหน่วยความจำ scratchpad และข้อมูลอื่นๆ ที่ต้องการอ่านและเขียนจะกระทำได้ในบิทแรกของ LBS

4.1.2 การทำงานในการวัดอุณหภูมิ

DS 1820 จะทำกาวัดค่าอุณหภูมิโดยอาศัยเทคนิคการวัดแบบออนบอร์ดพิเศษ ซึ่งเป็นเทคนิคการวัดอุณหภูมิ โดยเฉพาะของอุปกรณ์ชนิดนี้ ในรูปที่ 4.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมการวัดค่าอุณหภูมิของ DS 1820 ซึ่งจะอาศัยการวัดอุณหภูมิโดยการวัดจำนวนวงรอบของสัญญาณนาฬิกาที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

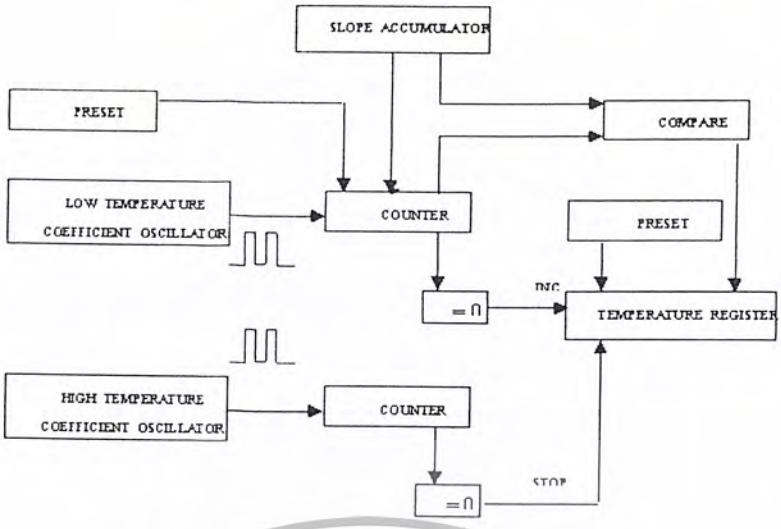
ออซิลเลเตอร์ผลิตขึ้นมา ช่วงค่าเวลาเกตของสัญญาณนาฬิกาที่ออสซิเลตขึ้นมาจะเป็นการกำหนดได้ในช่วงเวลาที่ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิต่ำ ไปจนถึงสัมประสิทธ์อุณหภูมิสูง ซึ่งจะมีค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาที่ไม่เท่ากัน โดยที่ค่าการนับตัวเลขจะเริ่มที่อุณหภูมิต่ำสุดพื้นฐาน คือ –55 องศาเซลเซียส ถ้าการนับสัญญาณนาฬิกามาถึงค่าศูนย์ก่อนที่ค่าเวลาเกตจะเกินมา รีจิสเตอร์อุณหภูมิก็จะแสดงผลที่ค่า –55 องศาเซลเซียส ถ้าหากค่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น การแสดงผลของอุณหภูมิขณะนั้นก็จะเกิน –55 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.2 บล็อกไดอะแกรมภายใน DS1820

ในทำนองเดียวกันนี้ การตั้งค่าของการนับจะกำหนดได้จากการเพิ่มความลาดลงของวงจรนับ ซึ่งวงจรนี้ต้องการชดเชยสำหรับการแสดงคุณสมบัติของส่วนโค้งของออสซิลเลเตอร์ที่อุณหภูมิมีค่าเกินมา วงจรนับก็จะนับสัญญาณนาฬิกาอีกครั้งจนกว่าจะได้ค่าเป็นศูนย์ ถ้าคาบเวลาเกตอยู่ในสภาวะสงบนิ่งไม่มีการปรับแต่งก็จะเกิดการประมวณผลใหม่อีกครั้งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 บล็อกไดอะแกรมการวัดค่าอุณหภูมิ

การคำนวณค่าภายใน DS 1820 จะให้ค่าความละเอียด 0.5 องศาเซลเซียสต่อเสต็บของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ การอ่านค่าของอุณหภูมิจะถูกกำหนดไว้ภายใน 16 บิท โดยมีนัยสำคัญของตัวเลขสองส่วนประกอบการอ่าน ในตารางที่.....แสดงคุณลักษณะรายละเอียดความสัมพันธ์ของข้อมูลทางเอาต์พุตกับการวัดอุณหภูมิ ข้อมูลจะถูกส่งออกมาเป็นอนุกรมบนการอินเตอร์เฟสกับสายข้อมูล 1-Wire ซึ่ง DS 1820 สามารถทำการวัดค่าอุณหภูมิได้เดินย่านตั้งแต่ –55 ถึง +125 องศาเซลเซียสที่ 0.5 องศาต่อเสต็ป ค่าอุณหภูมิที่ถูกการปรับตั้งไว้ใน DS 1820 ในเทอมของ 0.5 องศาเซลเซียส LBS ซึ่งจะเป็นไปตามแบบของข้อมูล 9 บิท

ที่ MSB บิทเป็นคู่เปรียบเทียบกับทุกบิทใน MSB สูงสุดของรีจิสเตอร์อุณหภูมิขนาด 2 ไบต์ ในหน่วยความจำซึ่งการอ่านค่าอุณหภูมิแบบ 16 บิท ในลักษณะสำคัญต่างๆ ก็แสดงไว้ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิกับข้อมูลดิจิตอลเอาต์พุต

ค่าอุณหภูมิ	ดิจิตอลเอาต์พุต(Binary)	ดิจิตอลเอาต์พุต (Hex)
+125 C	00000000 11111010	00FAh
+25 C	00000000 00110010	0032h
+1/2 C	00000000 00000001	0001h
+0 C	00000000 00000000	0000h
-1/2 C	11111111 11111111	FFFFh
-25 C	11111111 11001110	FFCEh
-55 C	11111111 10010010	FF92h

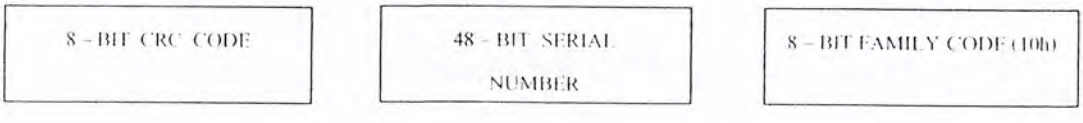
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การทำงานของสัญญาณเตือน

หลังจากที่ DS1820 มีการตรวจวัดอุณหภูมิเกิดขึ้นแล้วค่าของอุณหภูมิก็จะทำการเปรียบเทียบเพื่อทำเป็นสัญญาณกระตุ้น การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิจะเปรียบเทียบกับค่าที่ถูกบันทึกหรือกำหนดได้ของค่าอุณหภูมิสูงสุด (TH) และค่าอุณหภูมิต่ำสุด (TL) ตลอดย่านอุณหภูมิที่วัดได้ โดยที่จะใช้พื้นที่รีจิสเตอร์ 8 บิทสำหรับการทำงานนี้ ใน MSB ของ TH หรือ TL ที่ตรงกันก็จะถูกส่งไปยัง SB ของรีจิสเตอร์อุณหภูมิขนาด 16 บิท ถ้าผลของการวัดอุณหภูมิมีค่าสูงเกินกว่า TH หรือต่ำกว่า TL ลำดับสัญญาณเตือนภายในก็จะถูกเซต ซึ่งลำดับของสัญญาณเตือนนี้จะถูกอัพเดตทุกครั้งที่มีการวัดค่าอุณหภูมิ เมื่อลำดับของสัญญาณเตือนถูกเซต DS1820 จะมีการตอบสนองนำไปสู่การค้นหาสัญญาณเตือนการสั่งการและจะยอมให้ทำการต่อ DS1820 ในลักษณะขนานกันหลายตัวได้เพื่อทำการจำลองการวัดค่าอุณหภูมิแล้วนำมาเฉลี่ยค่าของการวัดในครั้งนั้นอีกขั้นตอนหนึ่ง

4.1.4 บิทเลเซอร์รอม

ใน DS1820 นั้นจะประกอบด้วยส่วนของรหัสหน่วยความจำรอมที่มีความยาวถึง 64 บิท โดยใน 8 บิทแรกจะเป็นรหัสระบุตระกูล (family code) 1- Wire ของ DS1820 (DS1820 มีรหัสเป็น 10h) และอีก 48 บิทต่อมาเป็นส่วนระบุอนุกรมตัวแรก (Serial number) และอีก 8 บิทสุดท้ายคือส่วนบันทึก CRC ของ 56บิท ดังแสดงการแบ่งส่วนไว้ในรูปที่.. หน่วยความจำรอมขนาด 64 บิท และส่วนควบคุมฟังก์ชันรอมนี้จะยอมให้ DS1820 สามารถทำเป็นอุปกรณ์อินเตอร์เฟสแบบ 1- Wire ได้ และมีรายละเอียดตามโปรโตคอลของระบบบัส 1- Wire ซึ่งฟังก์ชั่นและส่วนควบคุมต่าง ๆ ใน DS1820) จะยังไม่สามารถทำงานหรือเข้าถึงได้จนกว่าจะมีการเซตอัพโปรโตคอลฟังก์ชันในหน่วยความจำรอมเสียก่อน โดยในการอินเตอร์เฟสในส่วนหลักของฟังก์ชันการสั่งการในหน่วยจำรอมจะต้องมีการลำดับฟังก์ชันนี้คือ 1.อ่านรอม 2.แมตซ์รอม 3.ค้นหารอม 4 .กระโดดข้ามรอม 5.เตือนการค้นหา หลังจากที่มีการเซตลำดับฟังก์ชันรอมดังข้างต้นเสร็จแล้วฟังก์ชันต่าง ๆ ของ DS1820 ก็จะสามารถเข้าถึงได้

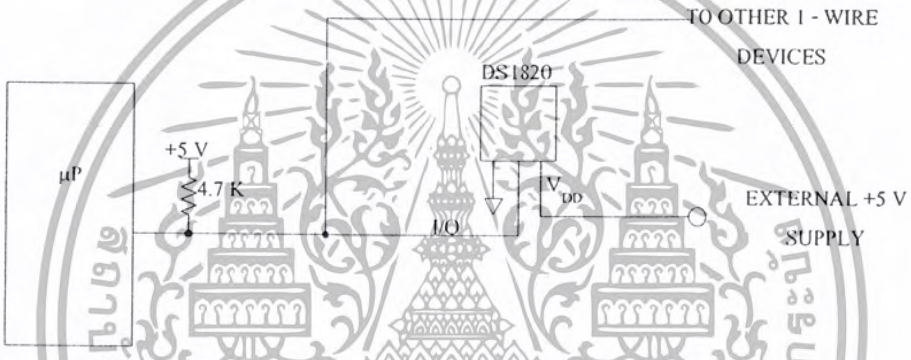


รูปที่ 4.4 แสดงการแบ่งส่วนในหน่วยความจำรอม 64 บิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 การจัดหาแหล่งจ่ายไฟ

ในภาพที่ 3.8 เป็นการต่อ DS1820 ร่วมกับไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อการควบคุมจากระยะไกล จะสังเกตว่าที่ขารับไฟเลี้ยง VDD ของ DS1820 นั้นจะถูกต่อไว้กับกราวด์ แต่จะได้รับไฟเลี้ยงมาจากขา I/O ข้อมูลในแบบ 1- Wire จากระบบควบคุมหลักไมโครโปรเซสเซอร์แทน ซึ่งวิธีนี้จะใช้สำหรับการควบคุมจากระยะไกลและไม่ต้องจัดหาแหล่งจ่ายไฟภายนอกให้กับ DS1820 ให้ยุ่งยากเพราะในการอินเตอร์เฟสแบบ 1 – Wire นี้จะสามารถทำการกำหนดการทำงาน (power on) ของไอซี ได้จากคำสั่งของไมโครโปรเซสเซอร์จึงไม่สิ้นเปลืองกำลังและจะเป็นในลักษณะการกระตุ้นแหล่งจ่ายไฟสำรองที่เป็นตัวเก็บประจุภายในไอซีให้จ่ายไฟเลี้ยงวงจรภายในตัวไอซีแทน

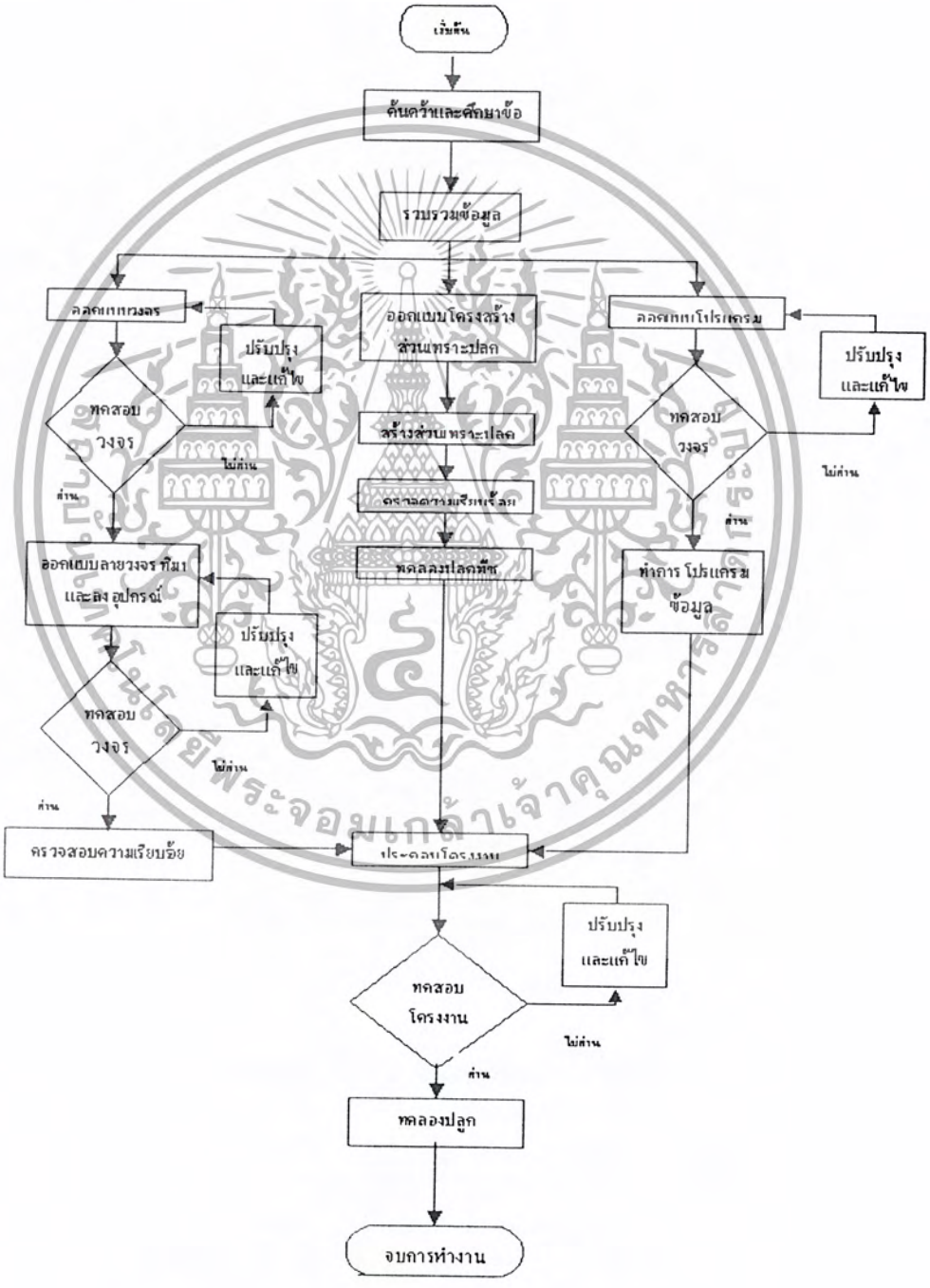


รูปที่ 4.5 แสดงการจัดแหล่งจ่ายไฟภายนอกและการอินเตอร์เฟสร่วม DS1820 หลายตัวบนบัส 1- Wire

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ขั้นตอนการดำเนินงาน

การดำเนินงานสร้าง "เครื่องควบคุมการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติ" สามารถแสดงได้ดังโฟล์ชาร์ต (Flowchat) ตามรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แสดงโฟรล์ชาร์ตขั้นตอนการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 ขั้นค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล

ในการดำเนินการสร้างชิ้นงานนั้น การรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชิ้นงานจะเป็นการลดความผิดพลาดในการทำงานและทำให้การทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และ สามารถออกแบบวงจรได้อย่างรวดเร็ว ประหยัดเวลา และลดต้นทุน ในการดำเนินงานโครงงานนี้ก็เหมือนกันได้ทำการรวบรวมทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องด้านวิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และทางด้านเกษตรกรรมในส่วนของการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 ต่อไปนี้จะนำทฤษฎีและหลักการที่ได้มาทำการออกแบบโครงงานตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในบทที่ 1 เพื่อให้โครงงานที่ออกแบบสมบูรณ์ที่สุด

สำหรับขั้นตอนในการดำเนินงาน จำเป็นต้องรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการสร้างโครงงานที่ทำงานได้จริง เช่น วงจรการใช้งานต่างๆ ต้องเป็นวงจรที่ใช้งานได้จริง อุปกรณ์ที่ใช้ต้องเป็นของที่มีขาย และหาง่าย ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องมีการสำรวจข้อมูลเพื่อให้การออกแบบได้เหมาะสมกับโครงงาน

แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการรวบรวมเนื้อหา

- ห้องสมุดสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีแห่งชาติ
- วารสารต่างๆทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิค

ในขั้นตอนนี้ทำให้ได้ข้อมูลต่างๆที่ใช้ในการสร้างงาน ได้แก่ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

- หลักการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิก
- หลักการทำงานของเครื่องวัดค่าเป็นกรด-เบส (pH Meter)
- หลักการทำงานของเครื่องวัดค่าความเข้มข้นของสารละลาย (CF Meter)
- การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ MCS-51

5.2 ขั้นตอนการออกแบบวงจร

ในการออกแบบโครงงานนี้ จะใช้ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 มาใช้ในการออกแบบวงจรในแต่ละภาค โดยแบ่งเป็นภาคต่างๆ ดังนี้

5.2.1 วงจรภาควัด pH (pH Meter)

เครื่องวัดค่า pH (pH Meter) ตามมาตรฐานจะสามารถวัดได้ย่าน 0-14 แต่ในโครงงานนี้จะใช้ในย่าน 2-12 ทั้งนี้เพื่อความเที่ยงตรงในการวัด เพราะการใช้งานจริง จะใช้แค่ช่วง 4-8 เท่านั้น ส่วนประกอบของวงจรที่ใช้ในภาคเครื่องมือวัดค่าความเป็นกรด-เบส มีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วงจรขยายแบบไม่กลับขั้วสัญญาณ (Non-Inverting Amplifier)

ส่วนนี้จะเป็นส่วนแรกที่ทำการรับสัญญาณที่ได้จากหัวโพรบ (pH Probe) ที่มีขนาดของสัญญาณต่ำมากๆ ประมาณ ±250 มิลลิโวลท์ มาทำการขยายก่อนในภาคแรก เกณฑ์การขยายวงจรนี้จะต้องปรับขนาดของสัญญาณให้ได้ออกมามีค่า ±4.2 โวลท์ (เปรียบค่าจาก pH 10 จะต้องการแรงดัน +4.2 โวลท์ และ pH 4 จะต้องการแรงดัน –4.2 โวลท์)

$$= \frac{4.2}{350 \times 10^{-3}}$$

$$= 12k\Omega$$

กำหนดให้ $R_1 = 30k\Omega$

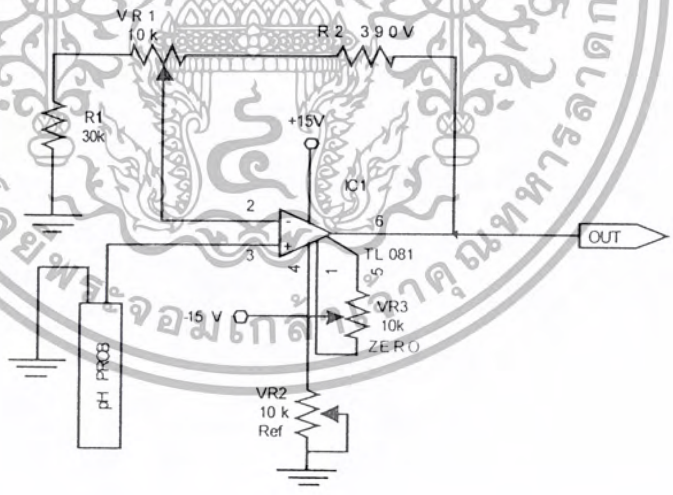
$R_f = VR_1 + R_2$

$R_f = (A_v - 1) R_1$

$= (12 - 1)(30 \times 10^3)$

$= 330k\Omega$

เลือกใช้ VR1 ที่เป็นตัวต้านทานแบบปรับค่า $10k\Omega$ และ R2 ตัวใช้ตัวต้านทานค่า $320k\Omega$ ต่ออนุกรมกัน เพื่อความละเอียดในการปรับขนาดของสัญญาโดยเกณฑ์ที่ปรับได้จะมีย่านที่แคบลง



รูปที่ 5.2 แสดงวงจร Non- Second-oder Butterworth low pass fillter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านอันดับสองแบบบัตเตอร์เวิร์ธ (Second-oder Butterworth low pass fillter)

สัญญาณที่ได้จากหัวโพรบ (pH Prob) จะเป็นสัญญาณไซน์ที่ปนมากับสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง จึงต้องทำการกรองเอาสัญญาณไซน์ออกให้เหลือแต่สัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงที่ความถี่ 3.3 Hz และมีเกณฑ์การขยายเท่ากับ 1

$$A_o = 1$$

$$R_3 = R_4 = R$$

α = 1.414 (จากกราฟผลตอบสนองเชิงความถี่ที่ภาคผนวก)

กำหนดให้ $C_1 = 0.1\mu F$

$$C_2 = \frac{C_1\alpha^2}{4}$$

$$= 0.1\times10^{-6}\times1.414^2$$

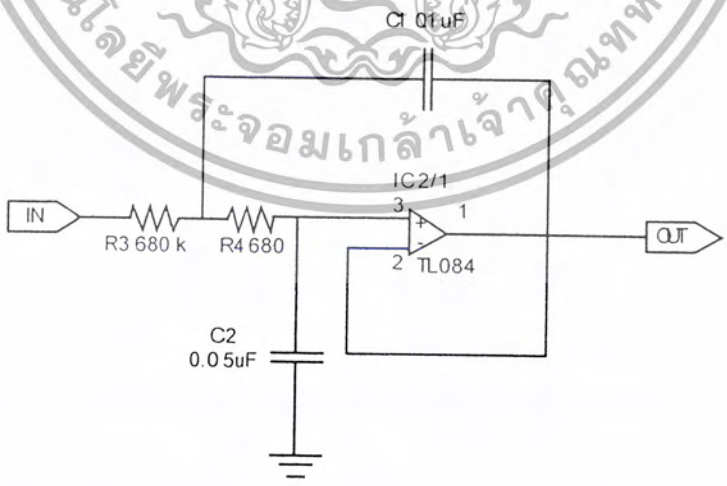
$$= 0.049\times10^{-6}$$

$$R = \frac{1}{2\pi f\sqrt{C_1C_2}}$$

$$= \frac{1}{2\pi\times3.3\times\sqrt{0.1\times10^{-6}\times0.05\times10^{-6}}}$$

$$= 682.05\times10^{3}$$

$$\cong 680k\Omega$$



รูปที่ 5.3 แสดงวงจร Second-oder Butterworth low pass fillter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วงจรขยายแบบกลับขั้วสัญญาณ (Inverting Amplifier)

วงจรนี้ทำการขยายสัญญาณหลังจากการผ่านวงจร low pass fillter มาแล้ว โดยจะทำการขยายสัญญาณทั้งด้านบวกและด้านลบ ให้อยู่ในช่วง ± 2.5 โวลท์ ทำให้ได้รับเกณฑ์เท่ากับ

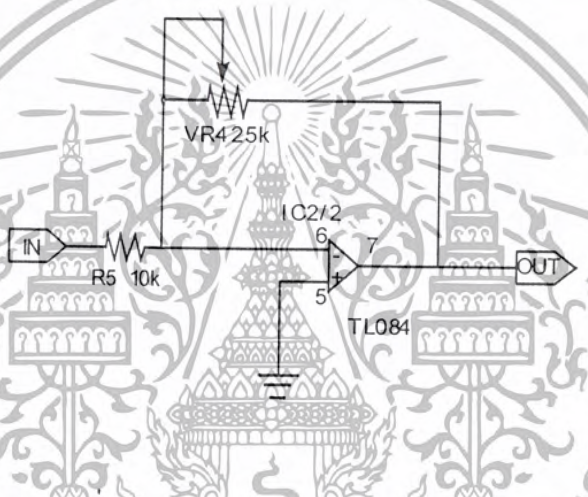
$$A_v = \frac{2.5}{3} = 0.83$$

กำหนดค่า $R_5 = 10k\Omega$

$$VR_4 = 0.83 \times 10 \times 10^3$$

$$= 8.3k\Omega$$

เลือกใช้ค่า VR_4 เท่ากับ $25k\Omega$



รูปที่ 5.4 แสดงวงจร Inverting Amplifier

- วงจรขยายผลรวมแบบกลับขั้วสัญญาณ (Inverting Summing Amplifier)

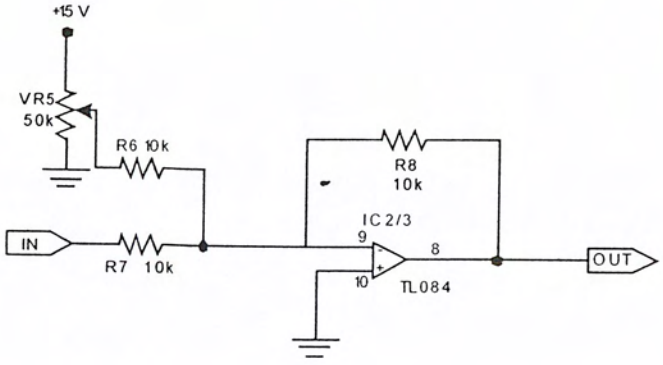
วงจรนี้จะทำการนำสัญญาณที่ได้มาแปลงให้อยู่ในช่วง ± 2.5 โวลท์ เพื่อทำการยกระดับสัญญาณให้อยู่ในช่วงแรงดัน 0-5 โวลท์ แล้วป้อนให้วงจร ADC โดยจะให้มีเกณฑ์การขยายเท่ากับ 1

$$A_v = -\left(\frac{R3}{R1}e_{in1} + \frac{R3}{R2}e_{in2}\right)$$

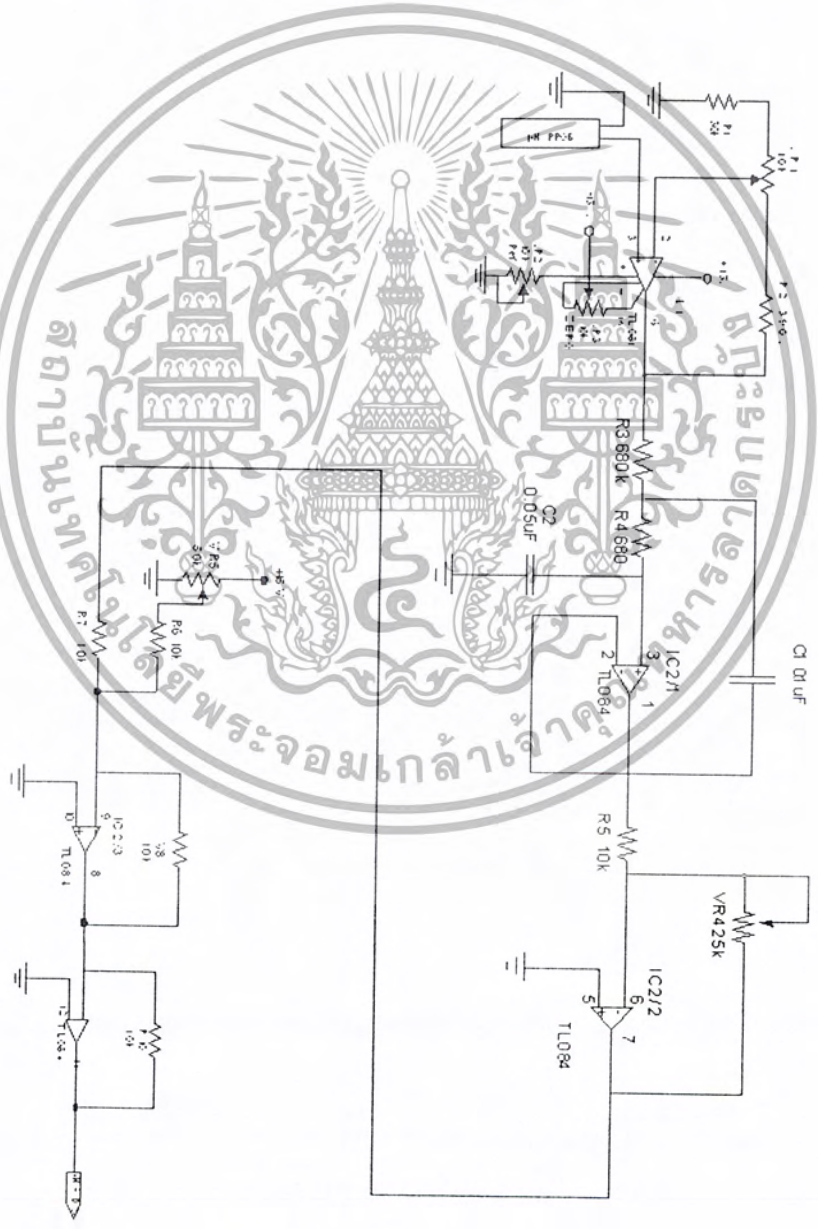
กำหนดให้ $R_6 = R_7 = R_8 = 10k\Omega$

$$A_v = -(e_{in}1 + e_{in2})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 แสดงวงจร Inverting Summing Amplifier



รูปที่ 5.6 แสดงวงจรภาควัดค่า pH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 วงจรภาควัดค่าความเข้มข้นของสารละลาย (CF Meter)

เครื่องวัดค่าความเข้มข้นของสารละลายตามมาตรฐาน จะมีช่วงการวัดอยู่ในช่วง 0-100 CF แต่ในโครงงานนี้จะใช้อยู่ในช่วง 0-50 CF เพื่อเพิ่มความเที่ยงตรงในการวัด โดยที่ค่าเท่ากับ 0.1 ms/cm ของเครื่องวัดค่าความนำไฟฟ้า (EC Meter)

ส่วนประกอบของเครื่องวัดค่าความเข้มข้นของสารละลาย จะสามารถแบ่งได้เป็น 6 ส่วน ดังต่อไปนี้

- วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ไอซี 555 ทำได้โดยต่อขา 2 (Tringger Input) เข้ากับขา 6 (threshold) ซึ่งต่อ C_A อยู่เพื่อให้แรงดันที่เปลี่ยนแปลงของ C_A ป้อนเข้ากระตุ้นการทำงานของวงจรแทนสัญญาณกระตุ้นภายนอก จากรูป 10.14(a) และเพิ่ม R_B กับ R_A เป็นตัวต้านทานที่ใช้ในการเก็บละคายประจุของ C_A โดยต่อเข้ากับขา 7 (Discharge) การทำงานของวงจร เมื่อ V_{CA} ต่ำกว่า $\frac{1}{3}V_{CC}$ แรงดันที่ขาลบของออปแอมป์เปรียบเทียบเทียบแรงดันตัวที่ 2 จะต่ำกว่าแรงดันที่ขาบวก (เพราะ $V_{C3}=\frac{1}{3}V_{CC}$) เอาท์พุทของออปแอมท์ตัวที่ 2 จะเป็น High และเป็นฟลิปฟลอปจะอยู่ในสภาวะเซตทำให้ Q เป็น Low ขณะที่ Q1 และ C_A จะทำการเก็บประจุผ่าน R_A และ R_B เมื่อ C_A เก็บประจุจนแรงดันเท่ากับ $(\frac{2}{3}V_{CC})$ ที่ขาบวกของออปแอมป์เปรียบเทียบแรงดันตัวที่1 จะ off ที่ขาบวกของออปแอมป์เปรียบที่แรงดันตัวที่ 1 จะเป็น (ต่อกับ C_A ที่ขา 6) จะมีแรงดันที่ขาลบ $(\frac{2}{3}V_{CC})$ เอาท์พุทของออปแอมป์ตัวที่ 1 จะเป็น High ทำให้สถานะของฟลิปฟลอปเป็นรีเซตผลคือ Q = High และทรานซิสเตอร์ Q1 = on ทำให้ C_A คายประจุผ่าน Q1 ที่ R_B และ C_A จะคายประจุจนกระทั้งแรงดัน $V_{CA}=\frac{1}{3}V_{CC}$ ที่จุดนี้เอาท์พุทของออปแอมป์ตัวที่ 2 เป็น High ทำให้เอาท์พุทของฟลิปฟลอปเป็น Low ทรานซิสเตอร์ Q1 จะ off อีกครั้ง กระบวนการรี้จะเกิดต่อเนื่องตลอดไปโครงงานนี้จะใช้ ไอซี 555 ในการกำเนิดสัญญาณพัลซ์ให้มีค่า Duty Cycle เท่ากับ 50%

$$t_1 = 0.693R_AC$$

กำหนดให้ $VR_1 = 51k\Omega$, $C_2 = 0.01\mu\Omega$

$$t_1 = 0.693\times 51k\Omega\times 10^3\times 0.01\times 10^{-6}$$

$$= 353.43\mu S$$

$$t_1 = \left[\frac{VR_1R_1}{VR_1+R_2}\right]C_2\ln\left[\frac{R_1-2VR_1}{2R_1-VR_1}\right]$$

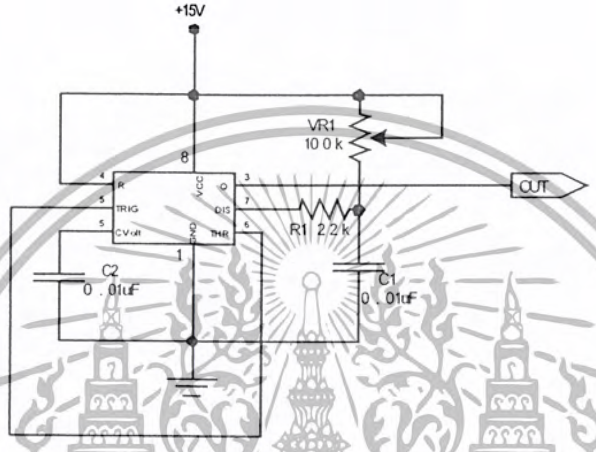
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้ $R_1 = 22k\Omega$

$$t_2 = \left[\frac{(51\times10^3\times22\times10^3}{(51\times10^3)+(22\times10^3)}\right]0.01\times10^{-6}\ln\left[\frac{(22\times10^3)-(2\times51\times10^3)}{(2\times22\times10^3)-(51\times10^3)}\right]$$

$$f = \frac{1}{t_1+t_2} = \frac{1}{(353.43\times10^{-6})+(374.42\times10^{-6})}$$

$$= 1.35kHz$$



รูปที่ 5.7 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณพัลซ์

- วงจรขยายแบบกลับขั้วสัญญาณ (Inverting Amplifie)

วงจร Inverting Amplifie ชุดนี้จะเป็นส่วนของการส่งสัญญาณออกทางหัวโพรบ (CE Prob) เพื่อนำไปวัดค่าความเข้มข้นของสารละลาย จากเดิมวงจรกำเนิดสัญญาณพัลซ์จะผลิตสัญญาณออกมาที่ความถี่ 1.373 kHz และมีแรงดัน +15 โวลท์ ซึ่งเป็นแรงดันไฟบวก ในการเดินทางของอิเล็กตรอนจะเดินทางในรูปของแรงดันไฟลบ จึงมีการเปลี่ยนสัญญาณจากแรงดันไฟบวกให้อยู่ในรูปของแรงดันไฟลบ คือ –1 โวลท์ เพื่อส่งออกทางด้านหัวโพรบ วงจรนี้จะเป็นการลดทอนสัญญาณลงจาก +15 โวลท์ ให้เหลือ –1 โวลท์

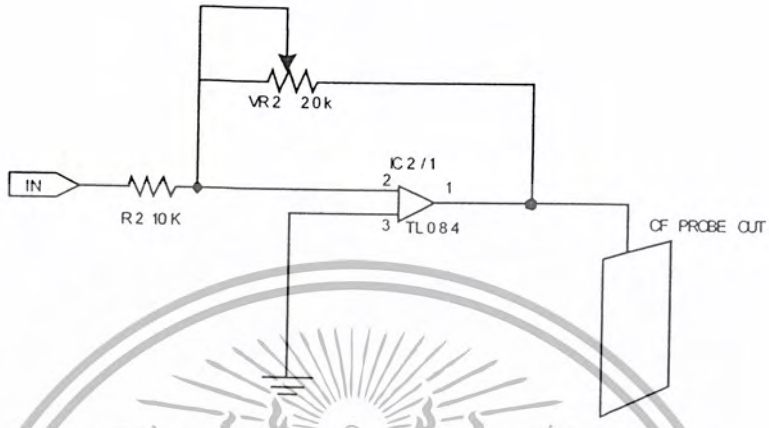
Gain : $A_v = \frac{V_{load}}{e_{in}} = \frac{1}{15} = -0.15$

จาก $A_v = -\frac{VR_2}{R_2}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้ $R_2 = 10k\Omega$

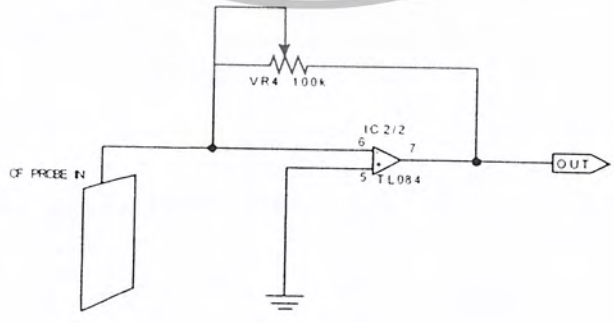
$$VR_2 = -A_v R_2$$
$$= -(0.15)(10 \times 10^3)$$
$$= 1.5k\Omega$$



รูปที่ 5.8 แสดงวงจร Inverting Amplifie

- วงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้า (Curren to Voltage Conventer)

ในส่วนนี้จะเป็นด้านรับของหัวโพรบ (EC Probe) ที่จะได้รับกระแสไฟฟ้าที่ถูกส่งออกมาทางด้านหัวส่งผ่านสารละลายออกมา กระแสไฟฟ้าที่ผ่านสารละลายจะเข้ามาที่หัวโพรบ จะมีค่ากระแสไฟฟ้าที่แตกต่างกัน หากสารละลายมีความเข้มข้นสูง ก็จะมีกระแสไฟฟ้าผ่านมาได้มาก และในทางกลับกัน ถ้าสารละลายมีความเข้มข้นน้อย กระแสไฟฟ้าที่ได้รับก็จะมีค่าน้อย ย่านในการเลือกรับกระแสไฟฟ้าก็จะขึ้นอยู่กับตัวต้านทาน VR_4 ที่ใช้เป็นเกณฑ์ ในการเลือกจึงต้องใช้ความต้านทานปรับค่าได้ เพื่อเหมาะสมกับการCalibrate เครื่องวัดด้วย เพื่อให้เกิดความแม่นยำในการวัด โดยจะทำการปรับที่ค่าความเข้มข้นสูงสุด คือ 50CF ทำให้สามารถแปลงกระแสไฟฟ้าออกมาเป็นแรงดันไฟฟ้าได้ที่ 0.5 โวลท์

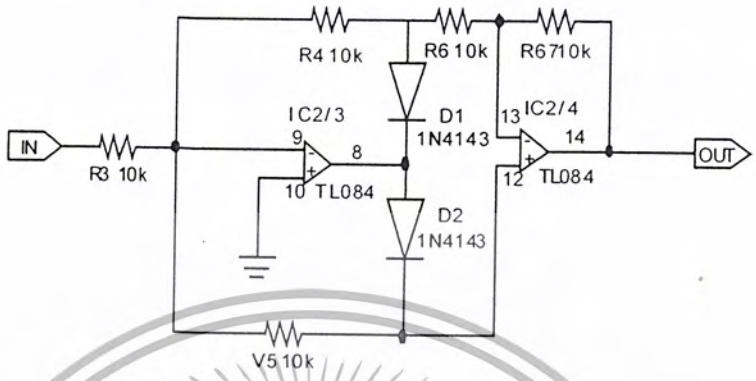


รูปที่ 5. 9 แสดงวงจร Curren to Voltage Conventer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Wave Rectifier)**

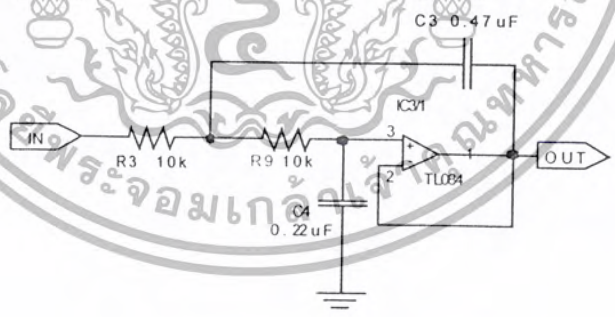
วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นนี้จะมีลักษณะคล้ายกับ Inverting Amplifier ซึ่งจะมีการทำงานที่สลับกันในช่วงของสัญญาณที่เป็นบวกและลบ และมีอัตราขยาย (Gain) มีค่าเป็น1



รูปที่ 5.10 แสดงวงจร Full Wave Rectifier

- วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านอันดับสองแบบบัตเตอร์เวิร์ธ (Second order Butterwortf low pass fillter)

วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านอันดับสองแบบบัตเตอร์เวิร์ธ จะใช้วงจรของ Sallen Key Unity Gain fillter เพื่อให้อัตราขยายเป็น 1 โดยจะมีค่าความถี่คัทออฟที่ 50 kH



รูปที่ 5.11 แสดงวงจร Second order low pass fillter

$$A_0 = 1$$

$$R_1 = R_2 = R$$

กำหนดให้ $\alpha = 1.414$ (จากกราฟผลตอบสนองเชิงความถี่ภาคผนวก)

$$C_1 = 0.47\,\mu F$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ $$C_2 = \frac{C_1}{4}\alpha^2$$

$$= \frac{(0.47\times10^{-6})(1.414)^2}{4}$$

$$= 0.23\mu F$$

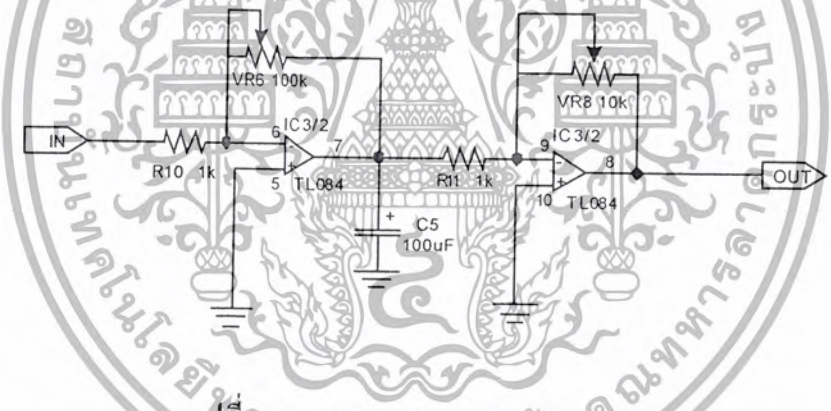
$$R = \frac{1}{2\pi f_0\sqrt{C_1C_2}}$$

$$= \frac{1}{2\pi(50)\sqrt{(0.47\div10^{-6})(0.22\times10^{-6})}}$$

$$= 9.89k\Omega$$

- วงจรขยายแบบกลับขั้วสัญญาณ (Inverter Amplifier)

ในชุดนี้จะประกอบด้วยวงจร Inverter Amplifier 2ชุดด้วยกัน โดยชุดแรกจะทำการขยายสัญญาณขึ้นมาเพียงเล็กน้อยก่อนแล้วจึงมาทำการขยายอีกครั้งหนึ่ง เพื่อทำให้มีความละเอียดมากขึ้น



รูปที่ 5.12 แสดงวงจร Inverter Amplifier

ในวงจร Inverter Amplifier ชุดแรกจะใช้เกณฑ์ในการขยายในย่านต่ำๆก่อน

$$A_{v'} = \frac{0.1}{50} = 0.2$$

กำหนดให้ $$R_i = 10k\Omega$$

$$R_f = -A_{v'}R_i$$

$$= 0.2\times10\times10^3$$

$$= 2k\Omega$$

ส่วนวงจร Inverter Amplifier ชุดที่ 2 จะเป็นตัวปรับระดับแรงดันให้ได้ช่วง 0-5 โวลท์ เพื่อปรับให้เข้าวงจร ADC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A_V = \frac{5}{0.1} = 50$$

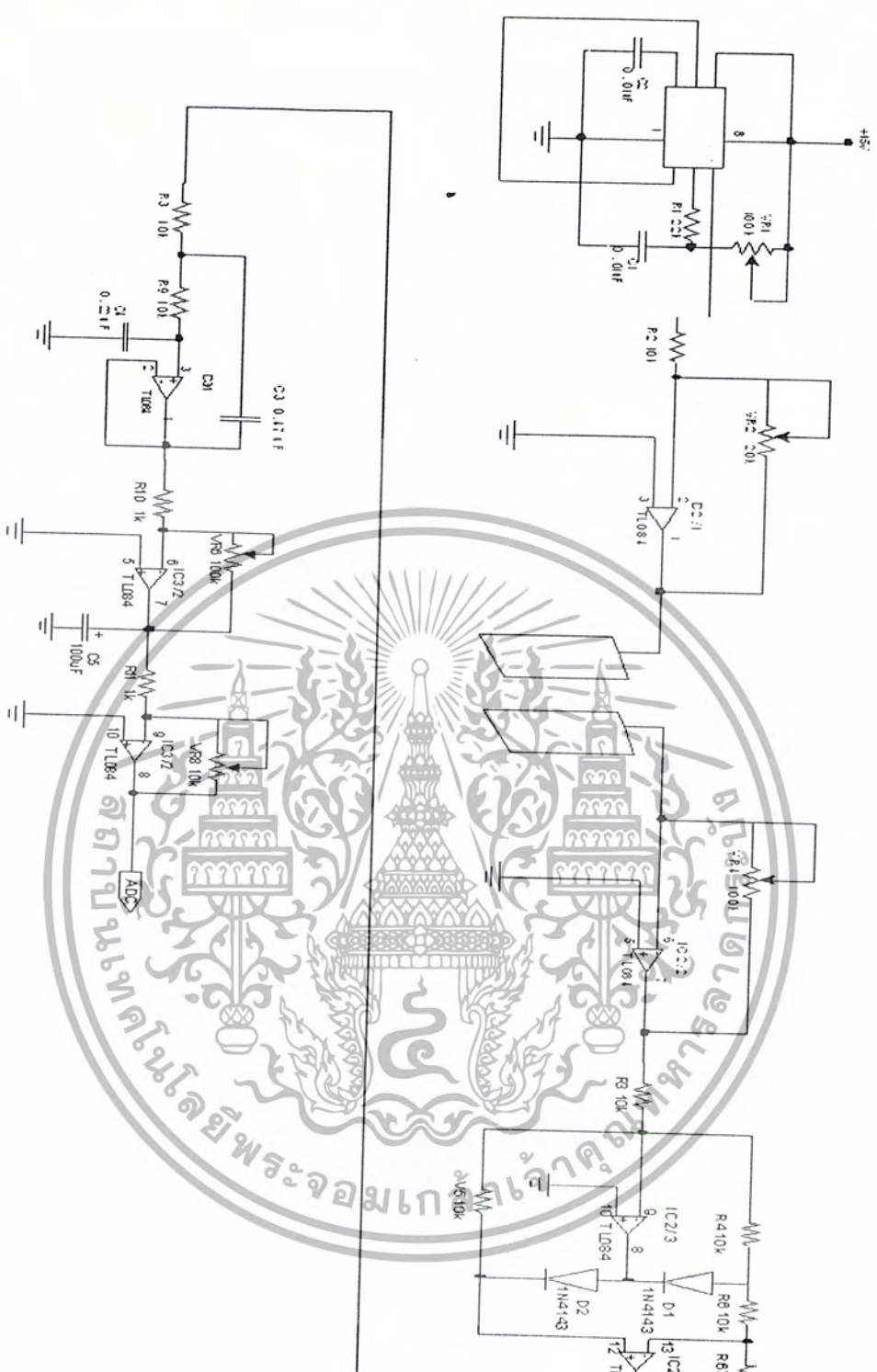
กำหนดให้ $R_i = 1k\Omega$

$$R_f = -A_V R_1$$

$$= 50 \times 1 \times 10^3$$

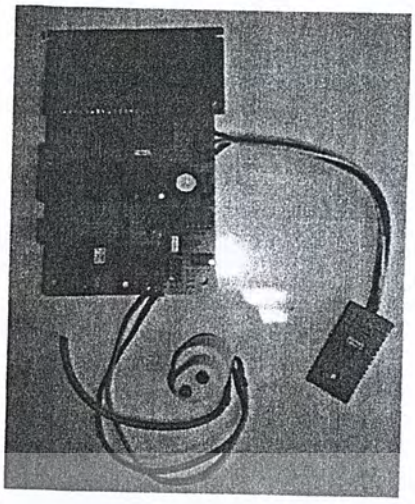
$$= 50k\Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



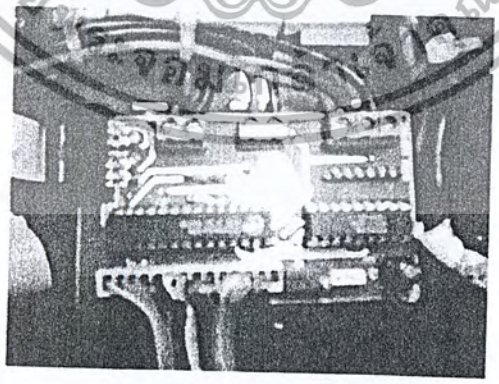
รูปที่ 5.13 วงจรภาควัดค่าความเข้มข้นของสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



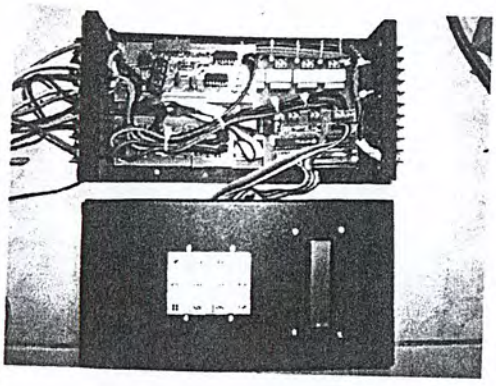
รูปที่ 5.14 แสดงการอกแบบวงจรภาควัดค่า pH , EC , Temp

รูปที่ 5.15 แสดงวงจรภาควัด pH , EC , Temp ในกล่องควบคุม

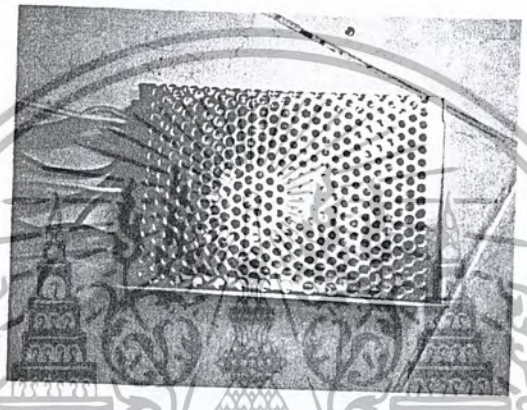


รูปที่ 5.16 แสดงภาคแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.17 แสดงภาพการลงวงจรในกล่องอุปกรณ์



รูปที่ 5.18 แสดงภาพกล่องอุปกรณ์ภาคจ่ายไฟ

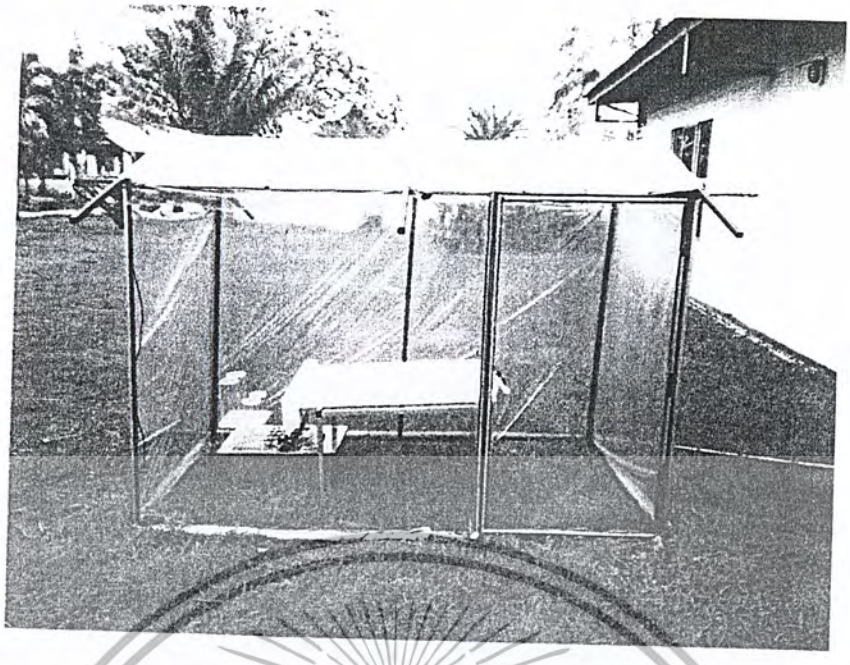
5.3 ขั้นตอนการออกแบบส่วนเพาะปลูก

ส่วนการเพาะปลูกแบบไม่ใช้ดิน จะประกอบไปด้วย โรงเรือนเพาะปลูก รางเพาะปลูกชุดปั๊มน้ำ

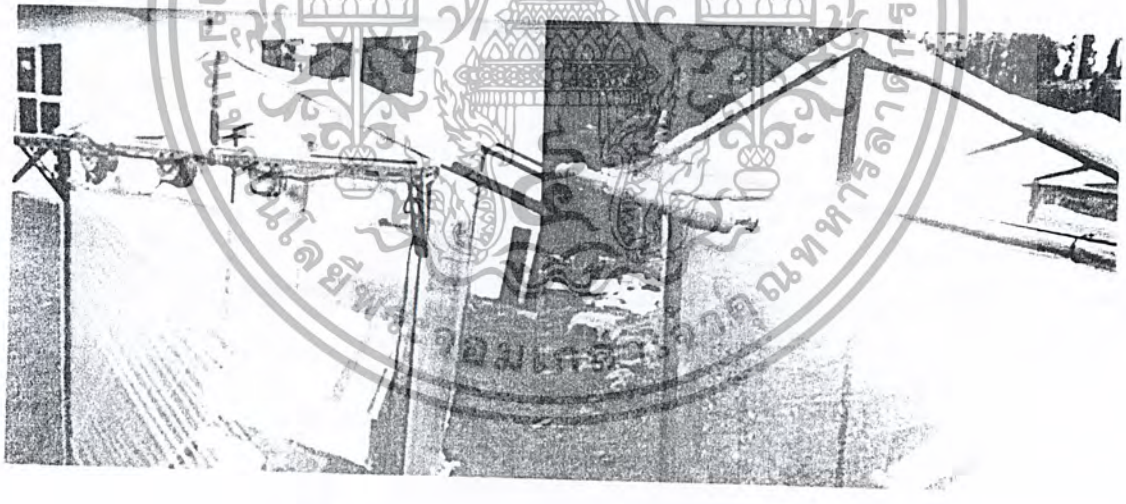
5.3.1 โรงเรือนเพราะปลูก

โรงเรือนเพราะปลูกเป็นส่วนที่ทำหน้าที่แยกระบบนิเวศที่ใช้ในการเพราะปลูกออกจากกัน โดยจะแยกส่วนที่อยู่ในโรงเรือน และส่วนนอกโรงเรือนเพื่อทำให้อุณหภูมิบรรยากาศระหว่างภายในกับภายนอกแตกต่างกัน และเพื่อเป็นการควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนให้คงที่ โรงเรือนเพราะปลูกโครงสร้างทำด้วยโครงเหล็ก คุมด้วยผ้าพลาสติกโปร่งแสงสีขาวขุ่นเพื่อป้องกันบรรยากาศภายนอกออกมายังภายนอก ระบบโรงเรือนแบบปิด ระบายอากาศและควบคุมอุณหภูมิด้วยฝอยละอองน้ำจากหัวจ่ายสปริงเกอร์ พร้อมดูดอากาศออกด้วยพัดลมดูดอากาศเพื่อเป็นการระบายความร้อนเมื่ออุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.19 ลักษณะของโรงเรือนในการเพราะปลูก

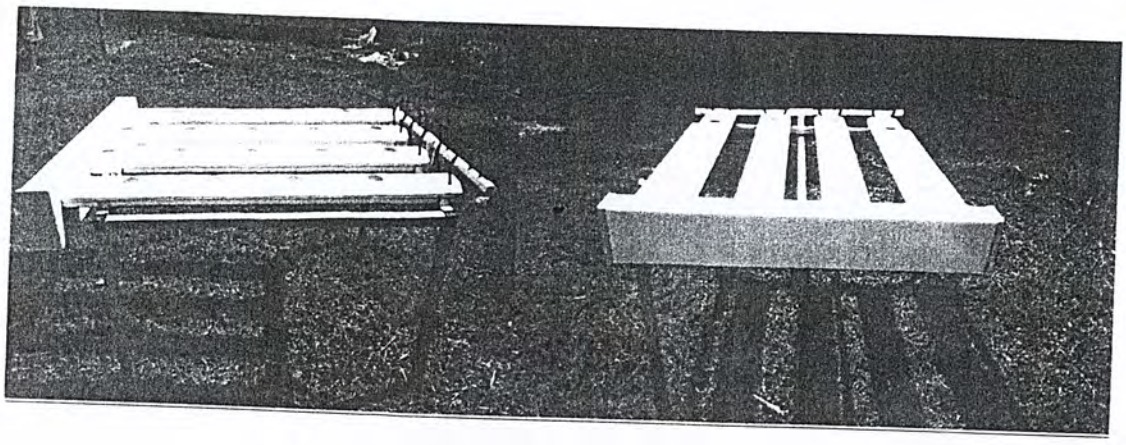


รูปที่ 5.20 แสดงหลักการควบคุมเพื่อลดอุณหภูมิ

5.3.2 รางปลูก

รางปลูกเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ทำให้น้ำ ในส่วนที่นำสารที่หล่อเลี้ยงพืชที่ปลูกบนรางปลูก ไหลผ่านช่องน้ำไหล ที่ด้านบนจะเป็นช่องไว้สำหรับวางพืชที่จะทำการเพราะปลูกเพื่อให้ได้รับสาร อาหารจากการไหลของสารอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.21 แสดงรางปลูกในระบบการปลูกแบบไร้ดิน

5.3.3 ถังพักน้ำและถังน้ำยาสารอาหาร

ถังพักน้ำเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เป็นที่ผสมของสารอาหาร ที่ใช้หล่อเลี้ยงพืชในระบบก่อนที่จะส่งออกไปเพื่อหล่อเลี้ยงในระบบ และเป็นที่รองรับสารหล่อเลี้ยงที่ผ่านระบบการดูดซึมมาแล้ว โดยข้างบนถังพักจะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เก็บน้ำยาสารอาหารที่ใช้ในระบบ ที่บรรจุภายในหลอดเพื่อรอการผสมลงในถังพักน้ำ โดยการควบคุมการไหลของน้ำยาแต่ละตัวจะรับคำสั่งมาจากชุดวงจรควบคุมผ่านโซลินอยวาล์ว

รูปที่ 5.22 แสดงส่วนของถังพักน้ำและชุดเก็บน้ำยาสารอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

ผลการทดลอง

6.1 กล่าวนำ

เป็นการทดสอบการทำงานของเครื่องตรวจจับสัญญาณทั้ง 3 ชนิด คือ ตรวจจับสัญญาณ ค่า EC ค่า pH และ อุณหภูมิ ในการควบคุมและโปรแกรมที่สร้างขึ้นเพื่อติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และการเปรียบเทียบค่าของระดับสัญญาณที่วัดโดยวงจรตรวจจับสัญญาณที่สร้างขึ้นทั้ง 3 วงจร กับเครื่องมือวัดค่าจริงทั้ง 3 ชนิด และการทดสอบวงจรขับโซลินอยด์วาล์ว

6.2 ทดสอบการทำงานของระบบการปลูกพืชไร้ดินอัตโนมัติ

หลังจากออกแบบวงจรระบบการปลูกพืชไร้ดินอัตโนมัติในแต่ละวงจรตรวจจับสัญญาณ และได้ทำการทดสอบการทำงานของวงจรดังนี้

1. การทดสอบวงจรตรวจจับสัญญาณค่า EC แล้วทำการแปลงเพื่อให้เป็นแรงดันมาตรฐาน เมื่อเซนเซอร์ของวงจรตรวจจับค่า EC แล้วหลังจากนั้น ใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดันเอาท์พุตของวงจรตรวจจับสัญญาณค่า EC ได้ค่าแรงดัน 0-5 โวลท์ แล้วที่จะส่งแรงดันต่อไปยัง ภาคแปลงสัญญาณแอนาล็อก เป็นดิจิทัลเพื่อทำการอินเตอร์เฟสกับไมโครคอนโทรเลอร์

2. การทดสอบวงจรตรวจจับสัญญาณค่า pH แล้วทำการแปลงเพื่อให้เป็นแรงดันมาตรฐาน เมื่อเซนเซอร์ของวงจรตรวจจับค่า pH แล้วหลังจากนั้น ใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดันเอาท์พุตของวงจรตรวจจับสัญญาณค่า pH ได้ค่าแรงดัน 0-5 โวลท์ แล้วที่จะส่งแรงดันต่อไปยัง ภาคแปลงสัญญาณแอนาล็อก เป็นดิจิทัลเพื่อทำการอินเตอร์เฟสกับไมโครคอนโทรเลอร์

3. การทดสอบวงจรตรวจจับสัญญาณอุณหภูมิแล้วทำการแปลงให้เป็นแรงดันมาตรฐาน เมื่อเซนเซอร์ของวงจรตรวจจับค่าอุณหภูมิแล้ว จากนั้นใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดันเอาท์พุตของวงจรตรวจจับสัญญาณค่าอุณหภูมิ ได้ค่าแรงดัน 0-5 โวลท์ แล้วที่จะส่งแรงดันต่อไปยัง ภาคแปลงสัญญาณแอนาล็อก เป็นดิจิทัลเพื่อทำการอินเตอร์เฟสกับไมโครคอนโทรเลอร์

4. การทดสอบวงจรขับโซลินอยด์วาล์ว โดยการทริกสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวโซลินอยด์วาล์ว ก็ทำงานโดยการเปิด - ปิดอัตโนมัติตามสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 ผลการทดลอง

จากการทดสอบการควบคุมค่าความนำไฟฟ้าและค่าความเป็นกรด-ด่าง หลังจากการโปรแกรมตั้งค่าแต่ละค่า แล้วนำสารละลายธาตุอาหาร ที่เครื่องควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ ได้ทำการปรับสภาพแล้วใช้ตรวจวัดค่าความนำไฟฟ้าและค่าความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่างเครื่องวัดค่าความนำไฟฟ้าและค่าความเป็นกรด-ด่างมาตราฐาน กับวงจรตรวจจับสัญญาณทั้งสองวงจรที่สร้างขึ้นมา สามารถวัดค่าความนำไฟฟ้าและค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยเกิดผลค่าความผิดพลาดเพียงเล็กน้อยเนื่องจากวงจรตรวจจับสัญญาณที่สร้างขึ้น สามารถ ปรับความละเอียดได้เพียง ทศนิยมตำแหน่งเดียว แต่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ตารางที่ 6.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าระหว่างเครื่องควบคุมกับเครื่องมาตรฐาน

การทดสอบครั้งที่	ธาตุที่กำหนดจากเครื่องควบคุม		ค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดมาตราฐาน	
	EC	pH	EC	pH
1	2.5	6.5	2.54	6.46
2	2.4	6.4	2.43	6.38
3	2.2	6.3	2.35	6.28
4	2.1	6.4	2.32	6.15
5	1.1	5.5	1.13	5.48

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการสร้างวงจรควบคุมระบบการปลูกผักไร้ดินแบบอัตโนมัติสามารถทำงานได้จริง โดยมีการทดสอบวัดตรวจจับค่าสัญญาณต่าง ๆ เช่น

1. ค่าความนำไฟฟ้า (EC) ในการทดลองตรวจจับค่าความนำไฟฟ้า โดยใช้วงจรที่สร้างขึ้นเทียบกับมิเตอร์วัดค่าความนำไฟฟ้า (EC Meter) ให้ผลการทดลองมีค่าไม่ผิดเพี้ยนมาก แต่ก็ยังมีระดับสัญญาณที่ไม่คงที่ตลอด

2. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในการทดลองตรวจจับ ค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้วงจรที่สร้างขึ้นเทียบกับมิเตอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH Meter) ให้ผลการทดลองมีค่าไม่ผิดเพี้ยนมาก แต่ก็ยังมีระดับสัญญาณที่ไม่คงที่ตลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.2 ขอบเขตความสามารถในการวัดสัญญาณโดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ในการควบคุม

สัญญาณที่ตรวจจับ (Signal)	ค่าต่ำสุดของสัญญาณที่วัดได้ (Minimum)	ค่าสูงสุดของสัญญาณที่วัดได้ (Maximum)
ค่า pH	1	13
ค่า EC	0.5	5
อุณหภูมิ (˚C)	20	50

ตารางที่ 6.3 การทดลองการเข้าสู่เป้าหมายของค่า EC , pH

ค่าเบี่ยงเบน EC	เวลาที่เข้าสู่เป้าหมาย EC = 2.5 (sec)	ค่าเบี่ยงเบน pH	เวลาที่เข้าสู่เป้าหมาย pH 6.5 (sec)
2.2	15	6.1	18
2.1	20	6.2	22
2.2	17	6.2	24
2.1	21	6.2	22
2.0	13	6.1	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

7.1 บทสรุป

โครงงานปริญญานิพนธ์ การปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ มีการควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในระยะแรกในการศึกษาได้ค้นคว้าจากหนังสือการปลูกพืชไม่ใช้ดิน ตามห้องสมุดและคำปรึกษาจากอาจารย์ภาคปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล. และช่วงระยะเวลาต่อมา ได้เข้าอบรม " การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน" ที่ภาคปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล. และได้ศึกษาการทำงานของเครื่องวัดค่า EC และค่า pH เครื่องควบคุมอัตโนมัติสามรถควบคุมและช่วยลดความยุ่งยากในการปลูกพืชไร้ดินได้ โดยมีการวัดค่า EC และค่า pH แบบอัตโนมัติ และทำการปรับค่า EC และค่า pH เองโดยอัตโนมัติทุก 12 ชม. เมื่อค่า EC และค่า pH มีการเปลี่ยนแปลง ข้อจำกัดของเครื่องควบคุมแบบอัตโนมัตินี้ คือ พืชที่ปลูกในแต่ละครั้งจะต้องเป็นชนิดเดียวกันทั้งหมด หรือเป็นพืชที่ต้องการ ค่า EC และค่า pH ในระดับเดียวกันเท่านั้น โดยเครื่องควบคุมแบบอัตโนมัตินี้สามารถแบ่งส่วนประกอบเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของตัวเครื่องและโรงเรือน (Hardware)และส่วนของโปรแกรมควบคุมการทำงาน (Soltware) ซึ่งสามารถสรุปเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

7.1.1 ส่วนของตัวเครื่องควบคุมและโรงเรือน (Hardware)

การปลูกผักไร้ดินแบบอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ไรการควบคุมสามารถตรวจจับสัญญาณอินพุตได้ 3 อินพุตคือ อุณหภูมิ ค่าความนำไฟฟ้า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งต่อไปยังภาคของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลซึ่งทำงานด้วยค่าแรงดัน 0-5 โวลท์เพื่อทำการตรวจจับสัญญาณต่าง ๆ แล้วจึงแปลงออกมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเพื่อส่งต่อไปยังภาคอินเตอร์เฟสโดยผ่านไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์

7.1.2 ส่วนของโปรแกรม (Software)

โปรแกรมที่ใช้เขียนคือ ภาษาซี (C Langues) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ และจากการทดสอบการทำงานของระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติพบว่าสามารถทำงานและวัดค่าต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงความเป็นจริงและเป็นที่น่าพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 ปัญหา

1. เครื่องวัด ค่า EC และค่า pH จะทำงานผิดพลาดกรณีที่อุณหภูมิ รอบ ๆ จุดที่ทำการวัด มีอุณหภูมิสูง ทำให้ค่าที่ได้มีความผิดพลาดและคลาดเคลื่อน

2. หัววัด pH จะมีความผิดพลาดกรณีที่มีการใช้งานเป็นระยะเวลานาน เนื่องจากตะไคร่น้ำที่ติดรอบ ๆ หัววัด

3. อายุการใช้งานของหัววัด pH มีระยะเวลาการใช้งานเพียง ประมาณ 1 ปี ก็จะเสีย

4. ต้องมีเครื่องมีที่เป็นมาตราฐาน เป็นตัวสอบเทียบ เครื่องมือวัดค่า EC และค่า pH สม่ำเสมอ

5. อุณหภูมิภายในโรงเรือนที่สร้างขึ้น สามารถลดอุณหภูมิได้เพียง ประมาณ 0.5 -1 องศาเซลเซียส

7.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางแก้ไข

โครงงานปริญญานิพนธ์ การปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ มีการควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต้องมีการพัฒนาและปรับปรุงแก้ไขให้โครงงานมีความสมบูรณ์แบบมากขึ้น ดังข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงงานที่จะกล่าวต่อไปนี้

1. เพื่อลดความผิดพลาดในการวัดค่า EC และค่า pH ให้มีความผิดพลาดน้อย ควร มีการควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 25 - 28 องศาเซลเซียส

2. หัววัด pH เมื่อใช้งานเป็นระยะเวลานาน จะเกิดตะไคร่น้ำที่ติดรอบ ๆ หัววัด จะต้องมีการล้างทำความสะอาดบ่อย ๆ

3. พัฒนาให้ระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติให้สามารถลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนโดยเปลี่ยนวิธีการระบายทำให้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กฤษดา วิศวธีรานนท์. "ไอซีดิจิทัล." กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์บริษัทเอช.เอ็น.กรุ๊ป จำกัด ,2537.

สมศักดิ์ กีรติวุฒิเศรษฐ์." หลักการและการใช้งานเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม." กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น),2539.

วิโรจน์ อัศวรังสี, ชัชวาล เต็มฤทธิวงศ์และกรชุลี ใช้สถิตย์. "การใช้งานออปแอมป์และลิเนียร์ไอซี.กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์บริษัทเอช.เอ็น.กรุ๊ป จำกัด ,2536.

รศ.ดร.เอก ไชยสวัสดิ์."การวัดและเครื่องวัดไฟฟ้า." กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น),2539.

ผศ.เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์." หลักการของเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรม." กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2544.

MICRO RESERCH TECHNOLOGY LTD:."คู่มือการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC." ปทุมธานี,2547.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า Prob pH

pH	mV
0	413
1	354
2	295
3	236
4	177
5	118
6	59
7	0
8	-59
9	-118
10	-177
11	-236
12	-295
13	-354
14	-413

Test at 25°C

Please see attacched of socos

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DALLAS SEMICONDUCTOR

DS18S20
High Precision 1-Wire® Digital Thermometer

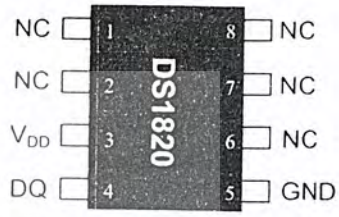
www.dalsemi.com

FEATURES

- Unique 1-wire interface requires only one port pin for communication
- Each device has a unique 64-bit serial code stored in an on-board ROM
- Multi-drop capability simplifies distributed temperature sensing applications
- Requires no external components
- Can be powered from data line. Power supply range is 3.0V to 5.5V
- Measures temperatures from –55°C to +125°C (–67°F to +257°F)
- ±0.5°C accuracy from –10°C to +85°C
- 9-bit thermometer resolution
- Converts temperature in 750 ms (max.)
- User-definable nonvolatile alarm settings
- Alarm search command identifies and addresses devices whose temperature is outside of programmed limits (temperature alarm condition)
- Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system

PIN ASSIGNMENT

TO-92
(DS18S20)



8-pin 150-mil SOIC
(DS18S20Z)

PIN DESCRIPTION

GND – Ground
DQ – Data In/Out
V_{DD} – Power Supply Voltage
NC – No Connect

DESCRIPTION

The DS18S20 Digital Thermometer provides 9-bit centigrade temperature measurements and has an alarm function with nonvolatile user-programmable upper and lower trigger points. The DS18S20 communicates over a 1-wire bus that by definition requires only one data line (and ground) for communication with a central microprocessor. It has an operating temperature range of –55°C to +125°C and is accurate to ±0.5°C over the range of –10°C to +85°C. In addition, the DS18S20 can derive power directly from the data line ("parasite power"), eliminating the need for an external power supply.

Each DS18S20 has a unique 64-bit serial code, which allows multiple DS18S20s to function on the same 1-wire bus; thus, it is simple to use one microprocessor to control many DS18S20s distributed over a large area. Applications that can benefit from this feature include HVAC environmental controls, temperature monitoring systems inside buildings, equipment or machinery, and process monitoring and control systems.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DETAILED PIN DESCRIPTIONS Table 1

8-PIN SOIC*	TO-92	SYMBOL	DESCRIPTION
5	1	GND	**Ground.**
4	2	DQ	**Data Input/Output pin.** Open-drain 1-wire interface pin. Also provides power to the device when used in parasite power mode (see "Parasite Power" section.)
3	3	V_{DD}	**Optional V_{DD} pin.** V_{DD} must be grounded for operation in parasite power mode.

*All pins not specified in this table are "No Connect" pins.

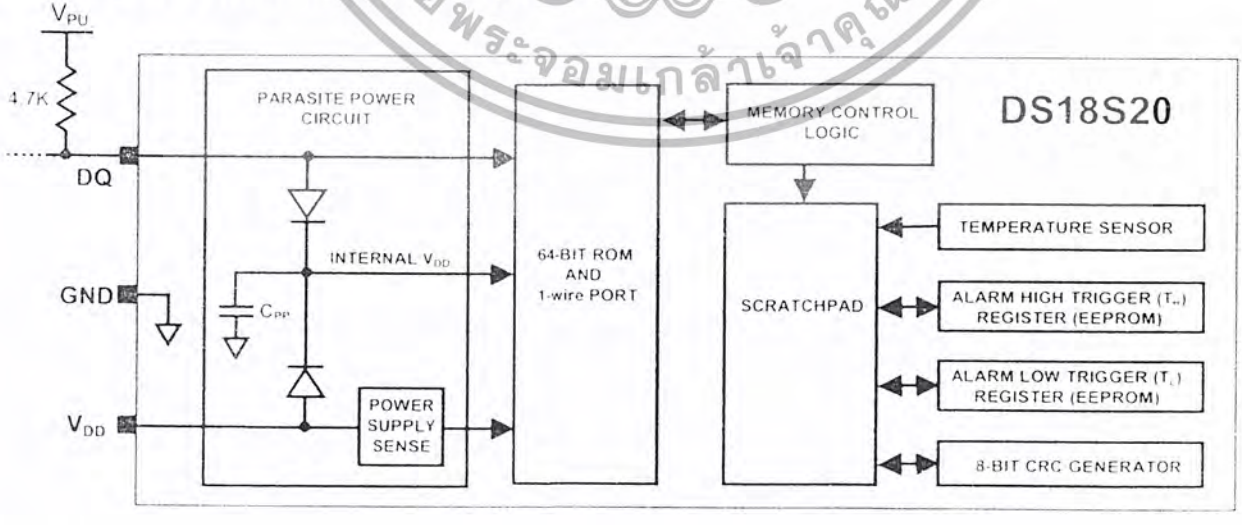
OVERVIEW

Figure 1 shows a block diagram of the DS18S20, and pin descriptions are given in Table 1. The 64-bit ROM stores the device's unique serial code. The scratchpad memory contains the 2-byte temperature register that stores the digital output from the temperature sensor. In addition, the scratchpad provides access to the 1-byte upper and lower alarm trigger registers (T_H and T_L). The T_H and T_L registers are nonvolatile (EEPROM), so they will retain data when the device is powered down.

The DS18S20 uses Dallas' exclusive 1-wire bus protocol that implements bus communication using one control signal. The control line requires a weak pullup resistor since all devices are linked to the bus via a 3-state or open-drain port (the DQ pin in the case of the DS18S20). In this bus system, the microprocessor (the master device) identifies and addresses devices on the bus using each device's unique 64-bit code. Because each device has a unique code, the number of devices that can be addressed on one bus is virtually unlimited. The 1-wire bus protocol, including detailed explanations of the commands and "time slots," is covered in the 1-WIRE BUS SYSTEM section of this datasheet.

Another feature of the DS18S20 is the ability to operate without an external power supply. Power is instead supplied through the 1-wire pullup resistor via the DQ pin when the bus is high. The high bus signal also charges an internal capacitor (C_{PP}), which then supplies power to the device when the bus is low. This method of deriving power from the 1-wire bus is referred to as "parasite power." As an alternative, the DS18S20 may also be powered by an external supply on V_{DD}.

DS18S20 BLOCK DIAGRAM Figure 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้