สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องควบคุมระบบการให้น้ำพืช

AUTOMATIC IRRIGATION INSTRUMENT

T062169

นายไพรัช แซ่ลิ่ว
นายเอกชัย สายทองอินทร์

เลขหมู่..........
เลขทะเบียน 62169
วัน,เดือน,ปี 31 ก.ค. 2549
บ..........
ม..........

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC IRRIGATION INSTRUMENT

PHAIRUT SAELEW

EAKACHAI SAITHONGIN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

....

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องควบคุมระบบการให้น้ำพืช		
	AUTOMATIC IRRIGATION INSTRUMENT		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายไพรัช แซ่ลิ่ว	**รหัสประจำตัว**	45015516
	นายเอกชัย สายทองอินทร์	**รหัสประจำตัว**	45015542
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม		
ปีการศึกษา	2547		

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	**ลายมือชื่อ**
อาจารย์พิทยา ปานนิล	
รศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์	
อาจารย์วิชัย ตันติจริยางกูร	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2547

สถานที่สอบ ณ ห้องสอบปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชารับรองแล้ว

(รศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องควบคุมระบบการให้น้ำพืช	
	AUTOMATIC IRRIGATION INSTRUMENT	
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายไพรัช	แซ่ลิ่ว
	นายเอกชัย	สายทองอินทร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์พิทยา	ปานนิล
	รศ.ประสิทธิ์	จุลเสรีวงศ์
	อาจารย์วิชัย	ตันติจริยางกูร
ปีการศึกษา	2547	

บทคัดย่อ

ในการให้น้ำแก่พืชโดยปกติแล้ว ในการให้น้ำแก่พืชนั้นยังไม่มีการควบคุมระบบการใช้น้ำแก่พืชอย่างเป็นระบบเพียงแค่ให้ตามความเหมาะสมเท่านั้น ทำให้พืชให้ผลผลิตที่ได้ไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นน่าจะมีการประดิษฐ์คิดค้น เครื่องมือที่ช่วยในการให้น้ำแก่พืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อช่วยให้เกษตรกรสามารถให้น้ำแก่พืชแต่ละชนิดได้ตรงตามความต้องการของพืชจริง ๆ เพื่อที่จะตอบสนองความต้องการของเกษตรเหล่านั้น โดยการศึกษาเกี่ยวกับความต้องการน้ำของพืชแต่ละชนิด และปัจจัยต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้อง รวมถึงหลักการออกแบบง่าย ๆ ที่ไม่ซับซ้อนมากอีกทั้งตัวเครื่องมือวัดเองถ้าใช้งานได้ง่าย ก็สามารถที่จะศึกษาวิธีการใช้งานได้ด้วยตัวเองจึงได้จัดทำรายงานการศึกษาชิ้นนี้ขึ้นมาเพื่อเป็นแนวทาง ในการที่จะคิดค้นเครื่องมือดังกล่าวเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ที่ต้องการเครื่องมือชนิดนี้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	AUTOMATIC IRRIGATION INSTRUMENT	
Authors	Mr. Phairat	Saelew
	Mr.Ekachai	Saithongin
Thesis Advisor	Mr.Pittaya	Pannill
	Assoc.Prof Prasit	Julsereewong
	Mr. Wichai	Tantiljareyangkul
Year	2004	

ABSTRACT

Now irrigation system doesn't have an appropriate control system and have a result that can't give high quality product. So we should invent an efficiency automatic irrigation instrument with a computer program. To help peasants find an optimum way to irrigation for higher quality products. And this thesis proposes a design of principle instruments that is not too complicated for peasants to use by themselves and know about water's requirement of each plant include the involve factors .This thesis can be the foundation method for everyone who will develop this instrument in the future.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีเพราะได้รับความเมตตาจาก อาจารย์ พิทยา ปานนิล รองศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์ และ อาจารย์ วิชัย ต้นติจริยางกูร ที่ได้ให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัยตลอดมา อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอบพระคุณอาจารย์ภาควิศวการวัดคุมทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอบพระคุณพี่ๆ นักศึกษาปริญญาโทที่ให้คำแนะนำ อีกทั้งให้ความเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ ขอบคุณ คุณชนันทร์ หมอเถ้า ที่ให้คำแนะนำปรึกษาแนวคิดอันเป็นประโยชน์ในการเขียนโปรแกรม Visual Basic อีกทั้งน้องๆทั้งในสถาบันและต่างสถาบันที่ช่วยดูเนื้อหาแนะนำรวมถึงช่วยตรวจทานปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญภาพ.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....1

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....2

1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....3

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง ดิน น้ำ และพืช (Soil-Water-Plant-Kelations).....3

2.1.1 คุณสมบัติของดินที่เกี่ยวข้องกับความต้องการน้ำของพืช.....3

2.1.2 คุณสมบัติของน้ำที่เกี่ยวข้องกับความต้องการน้ำของพืช.....4

2.1.3 คุณสมบัติของพืชที่เกี่ยวข้องกับความต้องการน้ำของพืช.....23

2.2 วิธีการให้น้ำแก่พืช.....25

2.2.1 การให้น้ำแบบประหยัดแก่พืช(แบบฉีดฝอย).....26

2.2.2 การให้น้ำแบบฉีดฝอย.....27

2.2.3 การเลือกการให้น้ำแบบฉีดฝอย.....27

2.2.4 อุปกรณ์ให้น้ำแบบฉีดฝอย.....29

2.2.5 ระบบให้น้ำแบบฉีดฝอย.....29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การเชื่อมต่อ PC กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม....................................30

3.1 ทำความรู้จักกับพอร์ตอนุกรม..30

3.1.1 การสื่อสารแบบอนุกรม...30

3.1.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส...31

3.1.3 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS – 232...33

3.1.4 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ..................................34

3.1.5 ลักษณะสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของพอร์ต RS-232.................................37

3.1.6 แอดเดรสของพอร์ตอนุกรม..37

3.2 คุณสมบัติทางเทคนิคที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51.....................38

3.2.1 การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2..........................45

3.2.2 หน่วยความจำข้อมูลภายใน (Internal Data Memory)....................................47

3.2.3 หน่วยความจำข้อมูลภายนอก (External Data Memory)................................48

3.2.4 ความเร็วในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2.........................50

3.3 ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของบัส I^2C..51

3.4 การเขียนโปรแกรม Visual Basic เพื่อติดต่อพอร์ตอนุกรมและ MSComm.......................53

3.5 การเชื่อมต่อสัญญาณผ่านพอร์ตอนุกรม..58

3.6 ADC &DAC (PCF8591)..58

3.7 การทำงานของอุปกรณ์อื่น ๆที่ต่อร่วมกับเครื่องควบคุม...60

3.7.1 ข้อมูลเบื้องต้นของ PCF8574A..60

3.7.2 การทำงาน PCF8574A 62

3.7.3 DS1307...62

3.7.4 การทำงาน DS1307...63

3.7.5 RTC And RAM Address Map...64

3.7.6 DS1307 Timekeeping Register...65

3.7.7 การเขียนข้อมูลลง DS1307 (Data Write)..65

3.7.8 การอ่านข้อมูลจาก DS1307 (Data Read)..67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การออกแบบวงจรควบคุมและการสร้าง.....68

4.1 การทำงานของอุปกรณ์เซนเซอร์.....68

4.1.1 [Electrical Resistance Instruments].....68

4.1.2 การใช้เทนซิโอมิเตอร์ (Tension meter).....71

4.2 ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบระบบให้น้ำ.....72

4.2.1 วัตถุประสงค์ของการใช้พื้นที่.....72

4.2.2 พื้นที่.....72

4.2.3 น้ำ.....72

4.2.4 ดิน.....73

4.2.5 พืช.....73

4.2.6 สภาพภูมิอากาศ.....73

4.2.7 การเขตกรรม.....74

4.2.8 ไฟฟ้าในพื้นที่.....74

4.2.9 ระบบการให้น้ำที่ต้องการ.....74

4.3 กรณีตัวอย่างการออกแบบระบบการให้น้ำแบบประหยัดแก่พืชในพื้นที่ขนาดเล็ก.....74

4.4 การทำงานของเซนเซอร์และวงจรควบคุม.....78

4.4.1 วิธีการทดสอบ.....78

บทที่ 5 การติดตั้งอุปกรณ์และการทดสอบ.....79

5.1 ขั้นตอนการติดตั้ง.....79

5.1.1 การทำงานของโซลินอยด์วาล์ว.....79

5.2 วิธีการทดสอบ.....85

5.2.1 ขั้นตอนการเปรียบเทียบ.....85

5.2.2 ระบบการจ่ายน้ำ.....85

5.2.3 การเลือกอุปกรณ์ที่สำคัญในระบบจ่ายน้ำ.....86

5.2.4 สาเหตุที่เลือกใช้.....86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ.....88

6.1 สรุป.....88

6.2 ข้อเสนอแนะ.....88

บรรณานุกรม.....90

ภาคผนวก.....91

ภาคผนวก ก.....92

ภาคผนวก ข.....93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 สรุปวิธีการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช..15
2.2 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) ในช่วงต่างๆ ของการพัฒนาการของไม้ผล..................17
2.3 ปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบเอ(Epan) เฉลี่ยรายเดือน
สำหรับจังหวัดต่างๆ...19
2.4 สัมประสิทธิ์ของถาดวัดการระเหยแบบเบ็ดเสร็จสำหรับถาดวัดแบบเอ (Kp)............................22
3.1 แสดงบิตพาริตี้ของข้อมูล...33
3.2 แสดงข้อมูลในแอดเดรส 0000 : 0411H ที่ใช้แจ้งจำนวนพอร์ตอนุกรม..................................38
3.3 รายละเอียดเบื้องต้นของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ในอนุกรม P89C51Rx+ และ Rx2.....................40
3.4 รายละเอียดเบื้องต้นของขาใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2...............................41
3.5 ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ R0-R7 ในแบงค์ต่างๆ...48
3.6 แสดงการจัดขาสัญญาณของพอร์ตอนุกรม และหน้าที่การทำงานโดยลอจิก "0" จะมีระดับ
แรงดัน -3 V ถึง -12 V และ ลอจิก "1" จะมีระดับแรงดัน 3 V ถึง 12 V.................................53
3.7 รายระเอียดของขาสัญญาณของ IC PCF8574A...61
3.8 รายละเอียดของขาสัญญาณของ DS1307..63
5.1 แสดงการปรับเทียบ เปอร์เซนต์ความชื้น กับ Sensor แต่ละชนิด...78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 แสดงโครงสร้างดิน....4
2.2 แสดงน้ำในดินและระดับความชื้นของดินที่จุดต่าง....7
2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นและจำนวนความชื้นที่เหลืออยู่ในดิน....11
2.4 แสดงการหาความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน....13
2.5 ความลึกของรากพืช....25
2.6 วิธีการให้น้ำแก่พืช....26
3.1 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรม....30
3.2 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส....32
3.3 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 ทั้งแบบ DB-9 และ DB-25....35
3.4 การต่ออุปกรณ์ภายนอกกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ในลักษณะต่าง ๆ....36
3.5 โครงสร้างการทำงานพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์....40
3.6 แสดงการจัดขาของ P89C51RD2....41
3.7 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2....46
3.8 การจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมของ MCS-51....47
3.9 การจัดแบ่งหน่วยความจำข้อมูลภายใน....47
3.10 ไดอะแกรมเวลาของการอ่านและบันทึกข้อมูลกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก....49
3.11 การต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับ RAM 6264....49
3.12 แสดง Timing Diagram ของ Bit Transfer....51
3.13 แสดง Timing Diagram ของ Start and Stop Conditions....52
3.14 แสดง Timing Diagram ของ Acknowledge....52
3.15 ขาต่างๆของ IC PCF8574A....61
3.16 แสดงขาต่อใช้งานของ DS1307....63
3.17 แสดงถึงส่วนประกอบหลักของ DS1307....64
3.18 แสดงตำแหน่งของนาฬิกาและ RAM ของ DS1307....65
3.19 แสดง Diagram การเขียนข้อมูลลง DS1307....66
3.20 แสดง Diagram การอ่านข้อมูลออกจาก DS1307....67
4.1 แสดงก้อนความต้านทาน....70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.2	แสดงลักษณะของเซนเซอร์ที่จะนำไปปรับเทียบมาตรฐาน	70
4.3	แสดงเทนซิโอมิเตอร์	71
4.4	แสดงลักษณะการวางแนวเดินท่อในพื้นที่ให้น้ำส้มเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็น 4	77
4.5	แสดง Block Diagram การทำงานของ Sensor (Soil Moisture)	78
4.6	แสดงการเปรียบเทียบค่าแรงดันกับเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเซนเซอร์แต่ละชนิด	78
5.1	แสดงการติดตั้งโซลินอยด์วาล์วเพื่อควบคุมการจ่ายน้ำ	79
5.2	แสดงการทำงานของโครงสร้างภายในของโซลินอยด์วาล์ว	80
5.3	แสดงการติดตั้ง Sensor บริเวณเขตรากพืช	80
5.4	การติดตั้งปั๊มน้ำ	81
5.5	การติดตั้งมาตรวัดน้ำ	81
5.6	การติดตั้งท่อจ่ายน้ำจากท่อประธานไปยังท่อรองประธาน	82
5.7	การทดสอบอุปกรณ์ทั้งหมด	82
5.8	การติดตั้ง Sprinkler และ Soil Moisture ก่อนจ่ายน้ำ	83
5.9	การจ่ายน้ำโดยควบคุมปริมาณน้ำ	83
5.10	การจ่ายน้ำโดยการควบคุมความชื้น	84
5.11	หยุดการให้น้ำ เมื่อถึงจุด Field Capacity	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจในการศึกษาวิจัย

ทรัพยากรน้ำเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญในการดำรงชีวิต ในการใช้น้ำจึงที่จะต้องคำนึงถึงการใช้ที่ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ประเทศไทยมีการทำการเกษตรกรรมมาช้านานน้ำเป็นสิ่งจำเป็นในการทำการเกษตรจึงต้องมีการพิจารณาถึง วิธีการใช้น้ำที่เหมาะกับลักษณะการทำการเกษตรแต่ละอย่าง การนำเอาเทคโนโลยีต่าง ๆ เกี่ยวกับการให้น้ำแก่พืชเข้ามาใช้ในการผลิตพืช จึงเป็นวิธีหนึ่งที่จะสามารถใช้ทรัพยากรน้ำที่มีอยู่ในพื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรที่ได้มีปริมาณและคุณภาพที่ดีขึ้น อีกทั้งเกษตรกรก็เกิดความสะดวกมากขึ้น สำหรับพื้นที่เพาะปลูกที่ยากลำบากต่อการใช้แรงงานคนเข้าไปดูแลการให้น้ำแก่พืช

ในการที่จะควบคุมการเจริญเติบโตของพืชให้ได้ผลผลิตที่ดี จะต้องมีการควบคุมปริมาณการให้น้ำแก่พืชให้ดีด้วย เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับระดับความต้องการน้ำของพืชชนิดนั้นๆ จริง ๆ

โครงงานนี้จะเป็น "การออกแบบเครื่องควบคุมระบบการให้น้ำแก่พืช" ซึ่งจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมเนื่องจากต้องการให้ผู้ใช้ ใช้งานได้ง่ายที่สุดพร้อมทั้งอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบควบคุมการให้น้ำแก่พืชด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์นี้จะเป็นการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับ การออกแบบระบบควบคุมการให้น้ำแก่พืช ว่าประกอบด้วยอะไรบ้าง และศึกษาเกี่ยวกับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์และโปรแกรม ที่จะนำมาใช้ในการควบคุมระบบ คำสั่งต่าง ๆ ตลอดจน อุปกรณ์ชนิดอื่นๆ ที่จะนำมาใช้ในโครงงานนี้ด้วย อีกทั้งเลือกใช้อุปกรณ์วัดความชื้น (Soil Moisture Meter) มาร่วมในการออกแบบเครื่องควบคุมระบบการให้น้ำแก่พืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึงเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ การออกแบบระบบควบคุมการให้น้ำแก่พืช และนำไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ามาใช้ในการควบคุมระบบ และสร้างโปรแกรมที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์และประมวลผลปริมาณน้ำ ที่พืชต้องการ และสามารถเลือกใช้เครื่องมือวัดความชื้นดินที่มีอยู่ในท้องตลาดเข้ามาตรวจวัดเปอร์เซนต์ความชื้นของพืชแต่ละชนิดเพื่อนำมากำหนดการให้น้ำพืช

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

การทำโครงงานวิจัยในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ มีขันตอนการศึกษาเริ่มจาก การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดิน น้ำ และพืช ปริมาณน้ำในดิน และพื้นที่เพราะปลูก รวมถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการกำหนดการให้น้ำแก่พืช การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิด อีกทั้งหาวิธีการให้น้ำแก่พืช เพื่อสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิด เช่น การเลือกใช้ระบบการจ่ายน้ำแบบ มินิสปริงเกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง ดิน น้ำ และพืช (Soil-Water-Plant-Relations)

2.1.1 คุณสมบัติของดินที่เกี่ยวข้องกับความต้องการน้ำของพืช

ดินเปรียบเสมือนที่เก็บกักน้ำโดยธรรมชาติให้แก่พืชนำไปใช้ โดยรากของพืชจะดูดเอาความชื้นในดินไปใช้อีกทอดหนึ่ง โดยน้ำที่เก็บให้พืชนำไปใช้นี้จะอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินที่เป็นของแข็ง ซึ่งช่องว่างนี้ถ้าไม่มีน้ำบรรจุอยู่ก็จะมีอากาศเข้าไปแทนที่ โดยคุณสมบัติที่สำคัญของดิน เช่น

2.1.1.1 องค์ประกอบของดินที่สำคัญ

คือ อนินทรีย์วัตถุ ที่เกิดจากการสลายตัวของหินและแร่ต่าง ๆ ออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ อินทรียวัตถุ คือเศษซากพืชซากสัตว์ที่เน่าเปื่อยแล้วที่กำลังถูกย่อยสลาย สารที่หลงเหลืออยู่จากการย่อยสลายดังกล่าว และสารที่ได้จากการสังเคราะห์ของจุลินทรีย์ดิน สารต่าง ๆ เหล่านี้รวมเรียกว่า ฮิวมัส มีคุณสมบัติในการดูดยึดน้ำและธาตุอาหารพืชได้สูงมาก น้ำในดิน นอกจากจะเป็นแหล่งที่รากพืชดูดขึ้นมาหล่อเลี้ยงต้นพืช แล้วยังช่วยในการละลายธาตุอาหารในดินให้อยู่ในสภาพที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ และอากาศ อยู่ตรงช่องว่างระหว่างเม็ดดินส่วนที่ไม่มีน้ำรากพืชใช้ออกซิเจนในการหายใจเพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานที่ใช้ในการดูดน้ำและธาตุอาหาร โดยทั่วไปแล้วอากาศในดินมีออกซิเจนน้อยกว่าอากาศบนดิน ดังนั้นการถ่ายเทอากาศของดินจึงมีความจำเป็น ส่วนประกอบของดินที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชโดยทั่วไป ควรมี อนินทรีย์วัตถุร้อยละ 45 อินทรียวัตถุร้อยละ 5 น้ำร้อยละ 25 และอากาศร้อยละ 25 โดยปริมาตร

2.1.1.2 เนื้อดิน

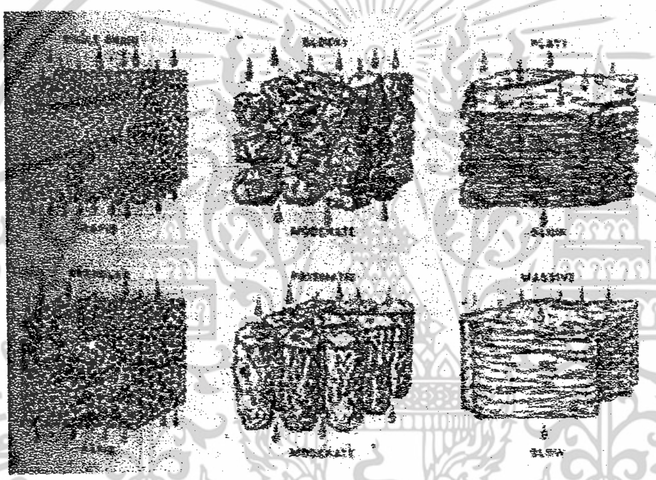
เป็นคุณสมบัติของดิน ที่บ่งถึงความหยาบหรือความละเอียดของดิน เนื้อดินหมายถึงสัดส่วนของอนุภาคอนินทรีย์วัตถุของดิน ดินที่มีอนุภาคของทรายเป็นส่วนประกอบมากกว่าคือดินเนื้อหยาบ และดินที่มีอนุภาคดินเหนียวเป็นส่วนประกอบมากเรียกว่าดินเนื้อละเอียดจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีกว่าดินทรายซึ่งมีคุณสมบัติให้น้ำซึมผ่านได้ง่าย มีการระบายน้ำดีแต่อุ้มน้ำไว้ได้น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.3 โครงสร้างของดิน

คือคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการเรียงตัว และเกาะกันระหว่างเม็ดดินเป็นก้อนดินซึ่งนิยมเรียกว่า “เม็ดดิน” กำหนดจากรูปร่าง ขนาด ความคงทนต่อการแตกแยกของเม็ดดินจะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำและอากาศในดิน อัตราการซึมของน้ำลงในดิน ตลอดจนการแผ่กระจายของรากพืช ดังนั้นจึงควรมีการปรับปรุงโครงสร้างของดินในเขตรากพืชด้วยการเขตกรรมอยู่เสมอ

โครงสร้างของดินที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช มักเกิดขึ้นในดินชั้นบนที่เคยมีการไถพรวนมาบ้างแล้ว เป็นดินที่โปร่ง ร่วนซุย เหมาะแก่การเพาะปลูก โครงสร้างของดินนี้เกิดจากอินทรีย์วัตถุและพืชเช่นพืชจำพวกหญ้าและพืชตระกูลถั่ว



ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างดิน

2.1.2 คุณสมบัติของน้ำที่เกี่ยวข้องกับความต้องการน้ำของพืช

น้ำอยู่ในดินได้เพราะคุณสมบัติของโมเลกุลของน้ำสามารถยึดติดกันเองได้ และสามารถเกาะติดกับผิวของสารอื่นได้ดี ถ้าสารที่เกาะติดนั้นมีผิวประกอบด้วยอะตอมของออกซิเจนและสร้างพันธะให้เกิดการยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำและผิววัตถุ เมื่อเราให้น้ำแก่ดิน น้ำจะซึมเข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน และยึดติดกับเม็ดดินด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำกับเม็ดดิน การที่จะทำให้น้ำในดินเคลื่อนที่จึงต้องใช้แรงมากกว่าแรงดังกล่าวนี้ และจะขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดิน แรงดึงความชื้นคือแรงที่ใช้วัดความเหนียวแน่นที่ดินยึดน้ำไว้มีความสัมพันธ์กับจำนวนความชื้นในดินที่พืชจะนำไปใช้ได้ ถ้าดินแห้งจะมีแรงดึงความชื้นสูงมากพืชจะต้องใช้แรงดึงมากเพื่อที่จะนำเอาความชื้นจากดินไป แต่ถ้าดินเปียกก็จะมีแรงดึงความชื้นน้อยซึ่งพืชสามารถดูดเอาความชื้นไปใช้ได้ง่าย แต่ถ้าหากน้ำเข้าไปแทนที่อากาศจนเต็มทุกช่องว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราถือว่าดินนั้นเป็นดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำหรือ "อิ่มน้ำ" และน้ำที่อยู่ในช่องว่างนั้นทั้งหมดจะเป็นปริมาณน้ำสูงสุดที่ดินจะเก็บกักเอาไว้ได้ถ้าไม่มีแรงจากภานอกมากระทำ

2.1.2.1 ชนิดของน้ำในดิน

การเรียงตัวของเม็ดดินทำให้เกิดช่องว่างที่มีขนาดและรูปทรงต่างๆขึ้น เมื่อฝนตกหรือให้น้ำแกพืช น้ำจะแทรกเข้าไปอยู่ในช่องว่างเหล่านี้ และเกาะติดอยู่กับเม็ดดินด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของดินและโมเลกุลของน้ำ (Adhesive Force) และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำด้วยกัน (Cohesive Force) ซึ่งรวมเรียกว่า แรงดูดซับ (Capillary Force) ถ้าหากน้ำเข้าไปแทนที่อากาศจนเต็มทุกช่องว่างเรากล่าวว่าดินนั้น อิ่มน้ำ (Saturated) และน้ำที่อยู่ในช่องว่างนั้นทั้งหมดจะเป็นปริมาตรสูงสุดที่ดินจะกักเอาไว้ได้ถ้าไม่มีแรงภายนอกมากระทำ แต่เนื่องจากสสารทุกอย่างที่อยู่บนผิวโลกจะถูกแรงดึงดูดของโลกกระทำอยู่ตลอดเวลา รวมทั้งน้ำที่ขังอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินด้วย ในช่องว่างที่มีขนาดเล็ก ดังนั้นเมื่อผลรวมของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างน้ำต่อดินน้อยกว่าแรงดึงดูดของดลกน้ำก็จะไหลลงสู่ที่ต่ำกว่า น้ำในดินที่ไหลด้วยสาเหตุดังกล่าวนี้ เรียกว่า น้ำอิสระ (Gravitational Water หรือ Free water) เมื่อฝนหยุดตก หรือหยุดให้น้ำแก่พืช น้ำที่อยู่ในช่องว่างขนาดใหญ่จะใช้เวลา 2 - 3 วัน ในดินที่มีการระบายน้ำได้ดี น้ำอิสระจะถูกระบายออกไปหมดก่อนที่จะเป็นอันตรายต่อพืช และจะมีอากาศเข้ามาแทนที่ ส่วนน้ำที่อยู่ในช่องว่างขนาดเล็กจะไม่ถูกระบายออกด้วยแรงดึงดูดของโลกอาจจะยังคงมีการเคลื่อนที่อยู่ด้วยแรงดูดซับซึ่งน้ำที่อยู่ในช่องว่างขนาดเล็กดังกล่าวนี้เรียกว่า น้ำซับ (Capillary water) ซึ่งมีการเคลื่อนที่ช้ามาก ช้ากว่าน้ำอิสระ และจะมีทิศทางไปทางใดก็ได้โดยเคลื่อนที่ไปสู่จุดที่มี แรงดูดซับมากเสมอ

การสูญเสียน้ำโดยการระเหยจากผิวดิน และจากที่พืชดูดเอาไปใช้ทำให้ปริมาณความชื้นในดินลดลงจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งที่น้ำในดินไม่มีการเคลื่อนที่อีก ทั้งนี้เพราะว่าแรงที่น้ำหรือความชื้นจับยึดติดแน่นเป็นแผ่นบางๆ รอบเม็ดดินจะจับยึดติดแน่นกับเม็ดดิน จะมากจนกระทั่งพืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้ พืชก็จะเหี่ยวเฉาและหากไม่ให้น้ำพืชในตอนนี้แล้วพืชก็ตาย น้ำซึ่งยึดติดแน่นกับเม็ดดินและไม่สามารถที่จะทำให้เคลื่อนที่ด้วยแรงดึงดูดของโลก หรือแรงดูดซับได้ นี้เรียกว่า น้ำเยื่อ (Hygroscopic Water)

บรรดาน้ำในดินทั้งสามชนิดที่กล่าวมานี้น้ำที่เกี่ยวข้องกับการชลประทานมากที่สุด คือ น้ำอิสระ (Gravitational Water) และน้ำซับ (Capillary Force) ส่วนน้ำเยื่อ (Hygroscopic Water) พืชนั้นไม่สามารถนำไปใช้ได้จึงไม่สำคัญนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.2 น้ำในดิน (Soil Water)

การให้น้ำพืชจะเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่นั้นพืชจะต้องดูดน้ำจากดินได้ตลอดเวลา ดังนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องทราบว่าดินชนิดหนึ่ง ๆ นั้นสามารถเก็บน้ำไว้ได้มากน้อย เพียงไร พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริงเท่าไร ตลอดจนจะต้องทราบว่าน้ำเคลื่อนที่ในดินอย่างไร

2.1.2.3 Field Capacity

หลังจากที่น้ำอิสระได้ถูกระบายออกจากช่องว่างขนาดใหญ่หมดแล้ว ความชื้นในดินก็จะเปลี่ยนแปลงน้อยลง เพราะน้ำที่เหลืออยู่มีการเคลื่อนที่ช้ามาก ปริมาณความชื้นในดินหลังจากน้ำอิสระถูกระบายออกไปหมดแล้วนี้ เรียกว่าเป็นความชื้นที่ Field Capacity

จำนวนความชื้นที่ Field Capacity นี้ไม่อาจหาค่าที่เป็นตัวเลขแน่นอนได้ ทั้งนี้เนื่องจากยังคงมีการเคลื่อนที่ของน้ำซับอยู่ตลอดเวลา แต่จะมีความเปลี่ยนแปลงความชื้นไม่มากนักในทางปฏิบัติมักถือว่า ในดินที่มีปริมาณการระบายน้ำได้ดีปริมาณความชื้นหลังจากที่ฝนตกหนักหรือหยุดให้น้ำแล้ว 2-3 วัน เป็นความชื้นที่ Field Capacity

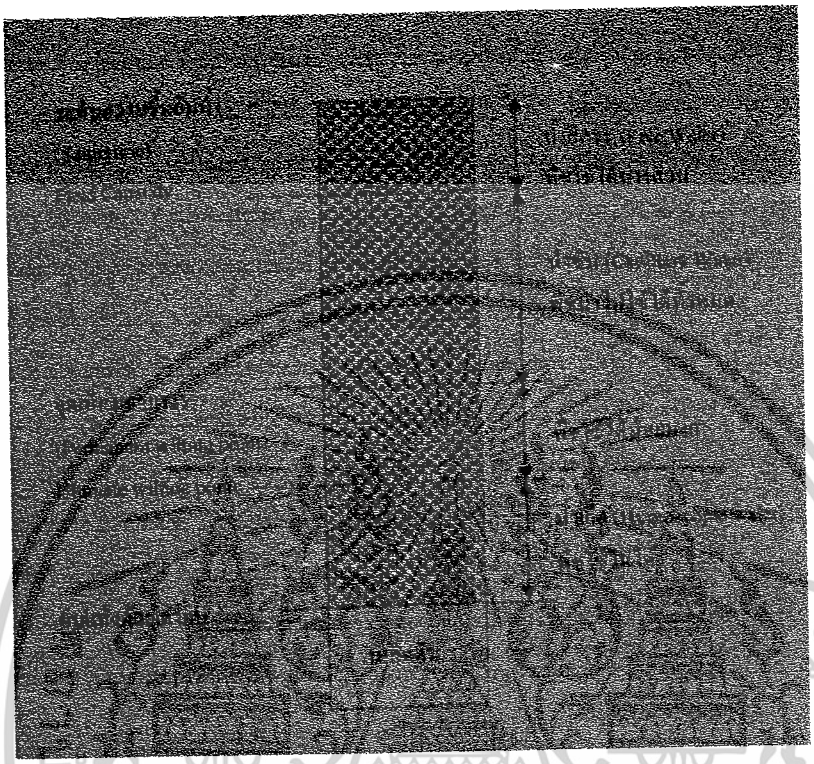
2.1.2.4 จุดเหี่ยวเฉาถาวร

ความชื้นในดินเมื่อพืชสามารถดูดมาใช้ให้เพียงพอ สำหรับการคายน้ำ และพืชเริ่มมีการเหี่ยวเฉาอย่างถาวร เรียกว่าเป็นความชื้นที่ จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point) อาการเหี่ยวเฉาของพืชอาจเกิดขึ้นได้หลายครั้งก่อนที่พืชจะถึงจุดเหี่ยวเฉาถาวร เช่น ตอนกลางวันที่มีอากาศร้อนจัด ความชื้นของอากาศต่ำ ลมแรงและพืชมีใบกว้าง ลักษณะของอากาศและพืชดังกล่าวนี้ทำให้พืชมีการสูญเสียน้ำโดยทางใบมาก และอัตราที่พืชดูดน้ำจากดินน้อยกว่าที่คายออกมาทางใบพืชก็จะเหี่ยวเฉา ถึงแม้ขณะนั้นดินจะมีความชื้นอยู่มากก็ตาม แต่เมื่ออากาศเย็นลงพืชก็จะสดชื่นตามเดิม จะเห็นว่าอาการเหี่ยวเฉาของพืชไม่ว่าจะเป็นการเหี่ยวเฉาอย่างถาวร หรือช่วงระยะเวลาหนึ่งนั้นจะขึ้นอยู่กับอัตราการให้น้ำของพืช ความลึกและการแผ่กระจายของราก จำนวนความชื้นในดิน ตลอดจนความสามารถของดินที่จะเก็บน้ำไว้ให้พืชใช้ได้ เราถือว่าพืชมีจุดเหี่ยวเฉาถาวรถ้าหากนำพืชที่เฉานั้นไปไว้ในห้องที่มีอากาศเย็น และมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศประมาณ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพืชจะมีการสูญเสียน้ำน้อยมากหรือไม่มีการสูญเสียเลยแล้วพืชนั้นยังไม่สดขึ้น

หลังจากที่ความชื้นในดินลดลงจนถึงจุดเหี่ยวเฉาถาวรแล้ว พืชอาจจะดูดความชื้นจากดินได้อีกแม้ว่าจะเป็นปริมาณไม่มากก็ตาม กล่าวคือ ความชื้นที่ได้นี้ไม่พอที่จะทำให้พืชเจริญเติบโตขึ้น แต่สามารถหล่อเลี้ยงชีวิตพืชให้อยู่ต่อไปอีกช่วงสั้นๆ ช่วงเวลาหนึ่งจนกว่าจะได้รับน้ำมาเพิ่มเติม ถ้าหากไม่ให้น้ำแก่พืชน้ำในดินก็จะเหลือแต่น้ำเยื่อ (Hygroscopic Water) ซึ่งพืชมาสามารถดูดไปใช้ได้และจะตายไปในที่สุดความชื้นของดินที่มีแต่น้ำเยื่อเหลืออยู่นี้เรียกว่า ความชื้นที่ Ultimate Wilting Point ความชื้นในดินจากจุดเหี่ยวเฉาถาวรถึง Ultimate Wilting Point เรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wilting Range ซึ่งเป็นความชื้นที่พืชเริ่มเหี่ยวเฉาจากใบที่แก่ที่สุดจนกระทั่งเหี่ยวหมดทั้งต้นเมื่อความชื้นในดินถึง Ultimate Wilting Point น้ำในดินและระดับความชื้นในดินที่จุดต่างๆ



ภาพที่ 2.2 แสดงน้ำในดินและระดับความชื้นของดินที่จุดต่าง

2.1.2.5 ความชื้นที่พืชจะนำไปใช้ได้ (Available Moisture)

น้ำในรูปของความชื้นในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ สำหรับการเจริญเติบโต คือน้ำซับ ซึ่งอยู่ระหว่าง Field Capacity กับจุดเหี่ยวเฉาถาวร ดังนั้นผลต่างระหว่างความชื้นในดินสองค่านี้คือ ความชื้นที่พืชจะนำไปใช้ได้ (Available Moisture)

ความชื้นที่พืชจะนำไปใช้ได้นี้ มักจะวัดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร หรือเป็นความลึกของน้ำ เช่น ดินร่วน (Loam) มีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ 1.5 มิลลิเมตรต่อความลึกของดิน 1 เซนติเมตร เป็นต้น หน่วยทั้งสามสามารถเปลี่ยนจากหน่วยหนึ่งเป็นอีกหน่วยหนึ่งได้ถ้าทราบความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน

ขนาดของเม็ดดิน หรือเม็ดดินจะมีผลต่อปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ได้มาก กล่าวคือ ในดินที่มีเนื้อละเอียดจะมีความชื้นที่พืชจะนำไปใช้ได้มากกว่าดินเหนียว ทั้งนี้เพราะดินที่มีเนื้อละเอียดมาก ๆจะมีน้ำที่ยึดอยู่รอบๆเม็ดดินซึ่งพืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้เป็นจำนวนมากด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามปกติแล้วเรามักมองข้ามความสำคัญของน้ำอิสระไปโดยถือว่าพืชไม่ได้ใช้น้ำนี้แต่ความจริงแล้วพืชอาจใช้น้ำอิสระได้มากเหมือนกัน เช่นในการให้น้ำแบบฉีดฝอย (Sprinklers Irrigation) ซึ่งน้าจะซึมจากผิวดินและทำให้ดินชั้นบนอิ่มน้ำก่อนที่การให้น้ำนั้นจะเสร็จ ขณะที่ดินชั้นบนอิ่มน้ำนี้รากพืชตอนบนจะดูดน้ำอิสระไปใช้ได้บาง แต่จะเป็นปริมาณเท่าใดขึ้นอยู่กับดินจะระบายน้ำออกจนเหลือเป็นความชื้นที่ Field Capacity โดยใช้เวลาเท่าใด และความถี่ในการให้น้ำนั้นบ่อยครั้งแค่ไหน แต่เนื่องจากอากาศที่พืชจะดูดไปใช้มีไม่มากนักจะไม่นำเข้ามาพิจารณาโดยถือว่าเป็นส่วนน้อยที่ตัดทิ้งได้

2.1.2.6 การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน

การหาทิศทางการไหลของน้ำในดินนั้นเป็นเรื่องที่ยุ่งยากโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อดินนั้นไม่อิ่มน้ำ ทั้งนี้เพราะน้ำที่ไหลนั้นอาจอยู่ในสภาพของของเหลวหรือ ไอน้ำ และแรงที่ทำให้เกิดการไหลอาจจะเนื่องมาจากแรงดึงดูดของโลกและแรงดูดซับ (Capillary Force) หรือเนื่องมาจากความร้อนก็ได้ กล่าวคือ แรงดึงดูดของโลกจะทำให้น้ำไหลลงในแนวดิ่ง แรงดูดซับทำให้น้ำไหลในช่องว่างระหว่างเม็ดดินในทิศทางใดก็ได้ และความร้อนทำให้น้ำกลายเป็นไอและแพร่กระจายผ่านเข้าไปในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน

อัตราการไหลของน้ำอิสระ (Free Water) ในดินส่วนใหญ่มักขึ้นอยู่กับขนาดและความต่อเนื่องกันของช่องว่างระหว่างเม็ดดิน โดยปกติน้ำจะไหลในช่องว่างที่มีขนาดใหญ่ได้เร็วกว่าช่องว่างขนาดเล็ก ทั้งนี้เพราะช่องว่างขนาดเล็กจะมีความเสียดทานต่อการไหลมากกว่า การไหลของน้ำอิสระ จะถูกทำให้ช้าลงถ้าหากว่ามีชั้นดินซึ่งมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ต่ำ ขวางอยู่ เช่น การมีชั้นดินเหนียวแทรกตัวอยู่ในชั้นดินทราย เป็นต้น ในกรณีมีชั้นดินทรายแทรกตัวอยู่ในชั้นดินเหนียว น้ำที่ซึมลงมาจากชั้นดินเหนียวจะหยุดอยู่ตรงผิวสัมผัสระหว่างดินทั้งสองช่วงระยะเวลาหนึ่งเพราะช่องว่างระหว่างเม็ดดินทั้งสองมีขนาดแตกต่างกันจึงทำให้ไม่เกิดความต่อเนื่องในการไหลแต่เมื่อน้ำนั้นไหลเข้ามาบรรจุจนเต็มช่องว่างที่มีขนาดใหญ่แล้ว การไหลซึมของน้ำก็จะดำเนินไปตามปกติ

ขณะที่ให้น้ำแก่ดินน้ำจะเคลื่อนตัวแผ่ออกไปเป็นแนว ดินส่วนที่อยู่ใกล้จุดให้น้ำหรือสัมผัสกับน้ำจะอิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturated) ส่วนที่อยู่ถัดมาจะมีความชื้นน้อยลง และจะมีการเปลี่ยนความชื้นอย่างรวดเร็ว คือจากความชื้นที่ใกล้จุดอิ่มตัวด้วยน้ำถึงความชื้นของดินเดิมในแนวที่น้ำแผ่กระจายไปถึงแนวที่น้ำแผ่กระจายไปนี้จะเห็นได้ชัดถ้าดินนั้นแห้ง

การเคลื่อนที่ของน้ำซับ (Capillary Water) มาจากความแตกต่างระหว่างแรงดึงของน้ำซึ่งเกาะอยู่รอบๆเม็ดดินที่มีความหนาต่างกัน น้ำจะเคลื่อนที่จากเม็ดดินที่มีน้ำเกาะอยู่หนาไปสู่เม็ดดินที่มีน้ำเกาะอยู่บางกว่า ถ้าหากแรงที่ทำให้น้ำเคลื่อนที่นี้คิดเป็นแรงดึงน้ำซับก็จะไหลจากจุดที่มีแรงดึงน้อยไปสู่จุดที่มีแรงดึงมากกว่า ในดินที่เปียกหรืออิ่มน้ำ น้ำจะเคลื่อนที่ในดินทรายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีกว่าในดินเหนียว แต่ในดินแห้งน้ำจะเคลื่อนที่ในดินเหนียวได้ดีกว่าในดินทราย เพราะในขณะที่มีน้ำอยู่ในดินเป็นปริมาณมากน้ำย่อมจะไหลในดินที่มีช่องว่างขนาดใหญ่ได้เร็วกว่า แต่เมื่อดินนั้นแห้ง น้ำจะไหลไม่เต็มช่องว่างขนาดใหญ่จึงต้องเคลื่อนตัวไปบนผิวของเม็ดดินซึ่งทำให้ไหลช้ามาก สำหรับดินที่มีช่องว่างขนาดเล็กน้ำจะยังคงไหลได้เต็มชิ่งว่าง ดังนั้น ในดินแห้งน้ำซับจึงเคลื่อนที่ในดินเหนียวได้เร็วกว่าในดินทราย

ความร้อนทำให้น้ำในดินเคลื่อนที่ในรูปของอน้ำ ขณะที่ไอน้ำแพร่กระจายผ่านดินตอนผิวดินมันอาจจะกลั่นตัวเป็นน้ำและขังอยู่ในดิน หรือไหลออกมาสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำก็ได้ขณะที่น้ำระเหยจากผิวดิน ดินชั้นบนจะแห้งและก่อให้เกิดแรงดึงความชื้นขึ้น น้ำซับจากดินชั้นที่อยู่ต่ำลงมาซึ่งมีความชื้นมากกว่าก็จะไหลเข้ามาแทนที่ การระเหยนี้จะมีต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งความหนาของชั้นดินแห้งบนผิวดินมากขึ้นการเคลื่อนที่ของน้ำในลักษณะดังกล่าวจะหมดไป แต่อาจจะยังมีการสูญเสียน้ำจากในดินได้อีกในรูปของไอน้ำที่แพร่กระจายผ่านชั้นดินแห้งขึ้นมา

2.1.2.7 ดินเก็บน้ำไว้ได้อย่างไร

ดังที่อธิบายในตอนแรกว่า เมื่อให้น้ำแก่ดิน น้ำก็จะไหลซึมเข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน และยึดติดกับเม็ดดินด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำกับโมเลกุลของดิน (Adhesive Force) และแรงยึดเหนี่ยงระหว่างโมเลกุลของน้ำด้วยกัน (Cohesive Force) รวมเป็นแรงดูดซับ (Capillary Force) ดังนั้นการที่จะทำให้น้ำในดินนั้นเคลื่อนที่หรือ ดูดน้ำออกจากดินจึงต้องใช้แรงที่มากกว่าแรงดังกล่าวนี้ ขนาดของแรงที่ใช่ซึ่งอยู่ในรูปของแรงดึงจะขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดิน กล่าวคือ ยิ่งดินมีความชื้นมากเท่าใดน้ำที่เกาะอยู่รอบๆเม็ดดินก็จะหนาขึ้น โมเลกุลของน้ำที่อยู่ห่างจากเม็ดดินมาก ก็จะไม่ได้รับอิทธิพลจากแรงยึดเหนี่ยวกับโมเลกุลของกิน ดังนั้นมันจะทำให้ถูกเคลื่อนที่ด้วยแรงดึงดูดของโลก หรือไหลลงไปสู่เม็ดดินที่มีน้ำเกาะอยู่บางกว่าได้ง่าย แต่เมื่อความชื้นในดินลดลง แรงยึดเหนี่ยวจากโมเลกุลดินที่จะมีอิทธิพลมากขึ้น การที่จะดูดน้ำจากดินไปใช้จึงต้องใช้แรงมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.8 แรงดึงความชื้น(Soil Moisture Tension)

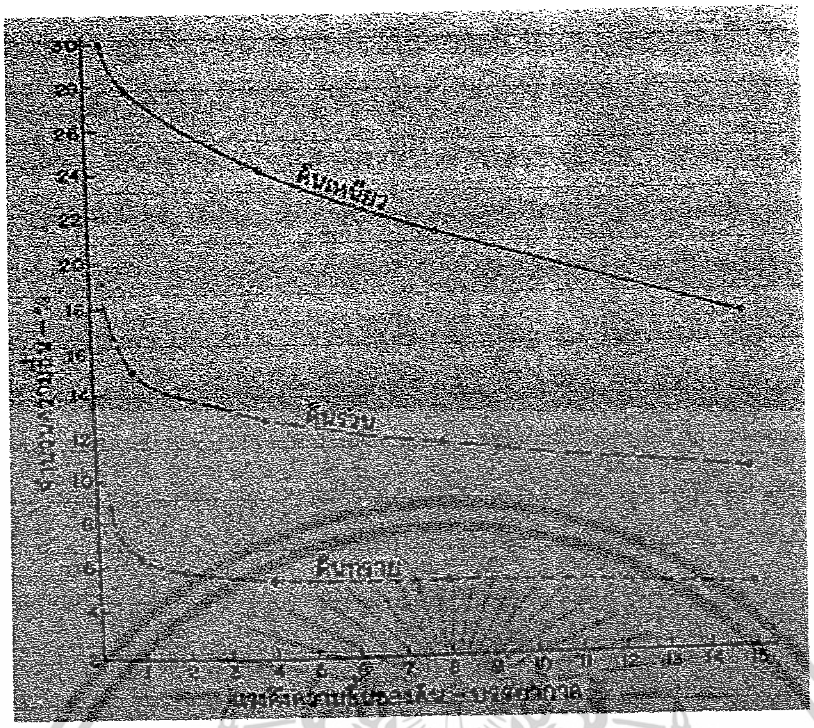
แรงดึงความชื้น คือแรงที่ใช้ความเหนียวแน่นที่ดินยึดเอาน้ำไว้ และเป็นแรงที่จะต้องใช้เพื่อจะดูดน้ำออกจากดินต่อ 1 หน่วยพื้นที่ หน่วยที่ใช้วัดรงดันความชื้นที่มักจะวัดเป็นบรรยากาศ (ความกดดันของอากาศที่ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส) 1 บรรยากาศจะมีค่าเท่ากับความกดดัน 14.71 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือแท่งน้ำสูง 34.01 ฟุต หรือ 1,036 เซนติเมตร

ค่าแรงดึงความชื้นของดินไม่ได้เป็นสิ่งที่แสดงปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดินหรือบอกปริมาณน้ำที่สามารถดึงออกจากดินได้ แต่จะบอกถึงความยากง่ายที่พืชจะดูดน้ำจากดินไปใช้ได้มากกว่า เพราะปริมาณน้ำในดินจะขึ้นอยู่กับเนื้อดินและโครงสร้างของดินโดยทั่วไป แล้วน้ำในดินทรายจะถูกระบายออกเกือบหมดโดยใช้แรงดึงความชื้นเพียงเล็กน้อย แต่ดินที่มีเนื้อละเอียด เช่น ดินเหนียว จะยังควรมีน้ำอยู่เป็นจำนวนมาก แม้ว่าแรงดึงความชื้นจะมีค่าสูงในขนาดที่พืชซึ่งปลูกในดินที่มีแรงดึงความชื้นขนาดนั้นจะแสดงอาการเหี่ยวเฉาแล้วก็ตาม

ความชื่นดินที่ Field Capacity และที่จุดเหี่ยวเฉาถาวรเป็นความชื้นที่ยังเหลืออยู่ในดิน เมื่อน้ำจำนวนหนึ่งได้ถูกระบายออกไปแล้ว เราอาจหาความชื้นเหล่านี้ในห้องทดลองโดยการนำตัวอย่างดินมาทำให้อิ่มน้ำ แล้วให้รับแรงดึงความชื้นหรือดูดน้ำออกในขนาดที่จะทำให้น้ำอิสระระบายออกไปหมดหรือขนาดที่ความชื้นที่เหลืออยู่ในดินนั้นทำให้พืชเริ่มมีอาการเหี่ยวเฉา

จากการทดลองพบว่า ความชื้นที่เหลืออยู่ในดินเมื่อผ่านการดูดความชื้นออกด้วยแรงขนาด 1/10 ถึง 1/3 บรรยากาศจะเป็นความชื้นที่ Field Capacity ถ้าหากว่าน้ำในดินนั้นมีเกลือละลายไม่เกินกว่าระดับปกติ ค่าแรงความชื้นที่ Field Capacity นี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการระบายน้ำของดินด้วย เช่น ดินทรายจะมีแรงดึงความชื้นประมาณ 1/10 บรรยากาศ ดินเหนียวมีแรงดึงความชื้นสูงกว่า คือประมาณ 1/3 บรรยากาศ ดินในพื้นที่เพาะปลูกทั่วๆไปจะมีแรงดึงความชื้นที่ Field Capacityประมาณ 1/10 บรรยากาศ อย่างไรก็ตามเนื่องจากปกติแล้วความชื้นที่เหลืออยู่ในดินเมื่อได้รับแรงดึงความชื้น 1/10 หรือ 1/3 บรรยากาศนั้น อาจแตกต่างกันมาก ดังนั้นจึงควรพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสม มิฉะนั้นจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการคำนวณปริมาณความชื้นที่ต้องให้แก่ดินได้ แรงดึงความชื้นที่ระดับเหี่ยวเฉาถาวร มีค่าประมาณตั้งแต่ 7 ถึง 40 บรรยากาศ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการใช้น้ำของพืช ความหนาแน่นและการแผ่กระจายของราก โครงสร้างของดิน เนื้อดิน และปริมาณเกลือในดิน ถ้าหารอุณหภูมิและอัตราการใช้น้ำของพืชสูง อาการการเหี่ยวเฉาอย่างถาวรของพืชก็จะเกิดขึ้นได้ในขณะที่แรงดึงความชื้นไม่มากนัก คือ ความชื้นในดินยังสูงอยู่ อย่างไรก็ตามเนื่องจากในปกติแล้วความชื้นที่เหลืออยู่ในดินก็จะไม่แตกต่างกันมากนักดังนั้นจึงมักถือว่าความชื้นในดินมีแรงดึงความชื้น 15 บรรยากาศ เป็นเป็นความชื้นที่ จุดเหี่ยวเฉาถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นและจำนวนความชื้นที่เหลืออยู่ในดิน

2.1.2.9 การคำนวณความชื้นในดิน

การหาจำนวนความชื้นในดิน แม้ว่าจะเป็นงานที่ต้องใช้เวลา และสิ้นเปลืองมากแต่ก็เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในงานชลประทาน การหาจำนวนความชื้นในดินตามปกติจะทำโดยใช้สว่านเจาะเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความชื้นที่ต้องการ แล้วบรรจุในกระป๋องเก็บตัวอย่างที่มีฝาปิดมิดชิด นำมาชั่งและอบแห้งในเตาอบซึ่งมีอุณหภูมิ 105 – 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าดินนั้นจะแห้งทั่วถึงกัน แต่ตัวอย่างดินที่ควรเก็บควรจะหนักไม่น้อยกว่า 100 กรัม น้ำหนักที่หายไปหลังจากที่อบให้แห้งแล้วก็คือ น้ำหนักของน้ำที่อยู่ในดิน

การคำนวณความชื้นในดินอาจทำได้ 2 แบบ คือ คำนวณเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินอบแห้ง และเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

ก. เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนัก เหมาะสำหรับหาปริมาณความชื้นเมื่อไม่ทราบปริมาตรของตัวอย่างดินที่เก็บมาหรือเมื่อทราบความถ่วงจำเพาะที่ปรากฏ (Apparent Specific Gravity, A_S) ของดินแล้ว การคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนักทำโดยใช้สมการ

$$P_W = (W_W/W_S)\ x$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ P_w = เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยเทียบกับน้ำหนักของดินแห้ง

W_w = น้ำหนักของน้ำในดิน

W_S = น้ำหนักของดินที่อบให้แห้งด้วยเตาอบ

การบอกเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนักนั้น บอกเทียบกับน้ำหนักของดินแห้งเสมอ

ข. เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยปริมาตร การหาจำนวนเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยปริมาตรทำได้ยากกว่าเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งของดินแห้ง ทั้งนี้เพราะจำเป็นต้องทราบปริมาตรของตัวอย่างดินด้วยทำให้กระบอกเก็บตัวอย่างดิน (Soil Core Sample) หรือหาปริมาตรของก้อนตัวอย่างดินโดยวิธีอื่น อย่างไรก็ตามการบอกเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยปริมาตรทำโดยใช้สมการ

$$P_V = (V_W/V) \times 100$$

เมื่อ P_V = เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยเทียบกับปริมาณของดินทั้งก้อน

V_W = ปริมาตรของน้ำในดิน

V = ปริมาตรของก้อนดิน

ในกรณีที่ทราบความถ่วงจำเพาะปรากฏหรือ Bulk Density ของดินแล้ว การหาจำนวนความชื้นของดินเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรจะง่ายขึ้น โดยทำการหาความชื้นเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักซึ่งสะดวกกว่า แล้วใช้สูตร

$$P_V = P_W \times A_S$$

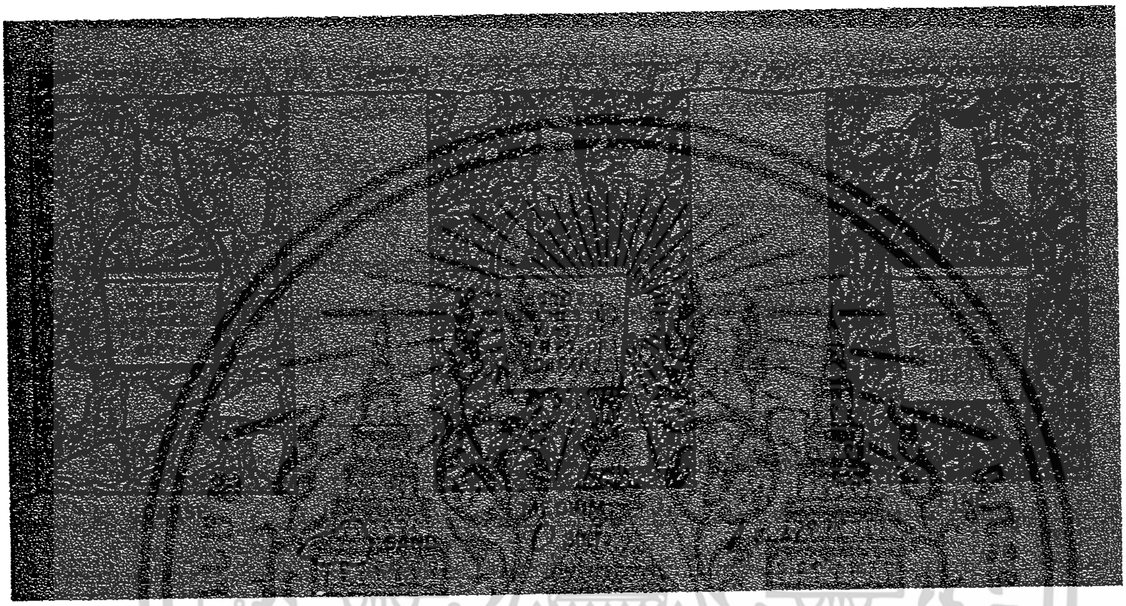
ความถ่วงจำเพาะปรากฏ (Apparent Specific Gravity, A_S):

ความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน คืออัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของดินต่อน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับปริมาตรของดินที่นำมาหาความถ่วงจำเพาะปรากฏนี้เท่ากับปริมาตรของเม็ดดินรวมกับปริมาตรของน้ำและอากาศที่แทรกตัวอยู่ระหว่างเม็ดดินด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A_S = (W_S/V) \times G_w$$

เมื่อ G_w = น้ำหนักจำเพาะของน้ำ



ภาพที่ 2.4 แสดงการหาความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน

2.1.2.10 แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการน้ำ

การจัดการน้ำเพื่อการผลิตพืชเป็นการจัดทรัพยากรน้ำที่เกี่ยวข้องกับการส่งน้ำหรือการนำน้ำมาสู่แปลงเพาะปลูกและการระบายน้ำส่วนที่ไม่ต้องการออกจากแปลงเพาะปลูก เพื่อให้พืชสามารถใช้น้ำได้อย่างสอดคล้องกับความต้องการกับการเจริญเติบโตในระยะต่างๆ โดยมีจุดมุ่งหมายให้การใช้น้ำเกิดผลประโยชน์สูงสุด ได้ผลตอบแทนจากการผลิตที่สอดคล้องกับเวลา ปริมาณ และคุณภาพอันเป็นลักษณะของการผลิตพืชในเชิงธุรกิจในยุค โลกาภิวัตน์

น้ำชลประทานหมายถึงแหล่งน้ำที่ได้มาจากการพัฒนาจากทั้งแหล่งน้ำบนผิวดินและใต้ผิวดินเพื่อให้ในการเพาะปลูกพืชด้วยกิจการชลประทานการชลประทานเป็นการจัดการเพื่อหาน้ำที่มนุษย์กระทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำน้ำนั้นไปใช้เพื่อการเพาะปลูกพืชแต่มีวัตถุประสงค์เพื่อการอุปโภค บริโภคเป็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การมีน้ำชลประทานจะก่อให้เกิดประโยชนหลายอย่างเช่น

1. เป็นการประกันว่ามีน้ำพอเพียงต่อความต้องการใช้น้ำของพืชตลอดเวลาหรือเป็นหลักประกันว่า สามารถทำการเพาะปลูกพืชเมื่อใดก็ได้โดยไม่ต้องพึ่งพาธรรมชาติ

2. สามารถขยายพื้นที่การเพาะปลูกพืช

3. สามารถกำหนดแผนการปลูกพืชได้ตามที่ต้องการตลอดปีและตลอดอายุการปลูกพืช

4. สามารถจัดการในกระบวนการการผลิตเช่นการชักนำให้ออกดอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. สามารถใช้ปัจจัยการผลิตเช่นการให้ปุ๋ยพร้อมระบบน้ำ การให้สารเคมี ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. สามารถใช้ในการจัดการดินที่มีปัญหา เช่น การล้างดินเค็ม

ขณะนี้น้ำชลประทานที่ได้จากการลงทุนดำเนินการไปนั้นสามารถให้น้ำเพื่อการเพาะปลูกได้ 20 % ของพื้นที่เพาะปลูกทั่วประเทศ

นั่นคือจากปริมาณฝนที่ตกลงสู่ผิวดินตามภาคต่างๆ 799,662.30 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่วนหนึ่งจะสูญเสียไปโดยการรั่วซึมแล้วเหลือเป็นปริมาณน้ำท่าประมาณ 20 % คือ 198,880 ล้านลูกบาศก์เมตรนั้น เราสามารถสร้างระบบชลประทาน เช่น เขื่อน ฝายควบคุมน้ำได้เพียง 40,000 ล้านลูกบาศก์เมตร ที่เหลือเป็นน้ำที่ไหลลงสู่ทะเล

2.1.2.11 การหาปริมาณการใช้น้ำของพืช

ปริมาณการใช้น้ำของพืชเป็นข้อมูลที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง ต่อการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการเกษตร เช่น การวางโครงการชลประทาน การออกแบบ การปรับปรุง การส่งน้ำและบำรุงรักษา ดังนั้น จึงควรทราบถึงวิธีการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงแนวคิดและหลักการในการหาปริมาณการใช้น้ำของพืชเพื่อการออกแบบ

การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธีใหญ่ๆ คือ

2.1.2.12 การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยการวัดโดยตรง

ในการวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยการวัดโดยตรงนั้นสามารถนำผลที่ได้รับนี้ไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรงซึ่งอาจกระทำได้หลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีมีทั้งข้อดีและข้อเสียตลอดจนมีปัญหาขัดข้องต่างๆ กัน อย่างไรก็ตาม การที่จะเลือกใช้วิธีหนึ่งวิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับความละเอียดถูกต้องของข้อมูลที่ต้องการค่าใช้จ่ายในการซื้อและติดตั้งเครื่องมือ ชนิดของพืชที่ต้องการตรวจวัด และองค์ประกอบอื่นๆ อีกหลายอย่าง วิธีที่ใช้กันทั่วไปในทางด้านชลประทานมี 3 ลักษณะคือ การศึกษาจากจำนวนความชื้นในดิน การศึกษาจากแปลงทดลอง และการวัดจากถังวัดการใช้น้ำของพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการดังกล่าวข้างต้นนี้ให้ผลที่ถูกต้องและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง แต่มีข้อจำกัดคือ ให้ข้อมูลทีถูกต้องกับสภาพพื้นที่ที่ทำการตรวจวัดเท่านั้น ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง ใช้เวลานานและแรงงานมาก

2.1.2.13 การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยการคำนวณ

การ หา ปริมาณ การใช้น้ำของพืช จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลจากภูมิอากาศ มีวิธีการหา 3 วิธี คือ

- วิธีที่ 1 โดยใช้ข้อมูลศักย์การคายระเหยน้ำของพืชหรือปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETp) และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc)
- วิธีที่ 2 โดยใช้ค่าปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหย แบบเอ (Epan) สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยสำหรับถาดวัดแบบเอ (Kp) และสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc)
- วิธีที่ 3 โดยใช้ข้อมูลปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหย แบบเอ (Epan) และสัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยแบบเบ็ดเสร็จสำหรับถาดวัดแบบเอ (Kp)

ตารางที่ 2.1 สรุปวิธีการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช

วิธีการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช	สมการที่ใช้ในการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช
1. จากการตรวจวัดโดยตรง เช่นการศึกษาจากจำนวนความชื้นในดิน การศึกษาจากแปลงทดลองและการวัดจากถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter)	
2. การคำนวณโดยใช้ข้อมูลจากภูมิอากาศ สามารถทำการคำนวณจากการเลือกใช้จากสมการใดสมการหนึ่งที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีอยู่ต่อไปนี้	
2.1 ศักย์การคายระเหยน้ำของพืชหรือปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETp) และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc)	ETc = Kc*ETp
2.2 โดยใช้ค่าปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหย แบบเอ (Epan) สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยสำหรับถาดวัดแบบเอ (Kp) และสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc)	Etc = Kp*Epan*Kc
2.3 โดยใช้ข้อมูลปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหย แบบเอ (Epan) และสัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยแบบเบ็ดเสร็จสำหรับถาดวัดแบบเอ (Kp)	ETc = Kp*Epan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วิธีที่ 1 โดยใช้ข้อมูลศักย์การคายระเหยน้ำของพืชหรือปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETp) และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc)

เนื่องจากการหาปริมาณการใช้น้ำจากการวัด โดยตรงมีข้อจำกัดดังกล่าว นักวิทยาศาสตร์ จึงได้คิดหาวิธีการใหม่ๆ ขึ้นมาเพื่อใช้ในการประเมินหาปริมาณการใช้น้ำของพืช โดยการใช้ข้อมูลจากภูมิอากาศ โดยมีหลักการแลแนวคิดที่ว่าปริมาณการใช้น้ำของพืชจะมีปริมาณมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 4 อย่างคือ สภาพของดิน ชนิดและอายุของพืชสภาพภูมิอากาศรอบๆต้นพืชและการจัดการเพาะปลูก

หลักการในการดำเนินการก็คือ ให้พืชมีการเจริญงอกงามดี มีอัตราการใช้น้ำที่ไม่ขึ้นกับอายุได้รับน้ำหรือความชื้นสูงตลอดเวลา แต่ผลของการใช้น้ำของพืชจะไม่มีผลกระทบต่อการจัดการเพาะปลูกหรือองค์ประกอบอื่นๆ ทั้งนี้เพื่อให้การใช้น้ำของพืชที่เลือกมาศึกษาขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว ซึ่งพืชที่มีคุณสมบัติดังกล่าวนี้มากที่สุดก็คือ หญ้า และต่อมาก็มีการใช้พืชอื่นๆอีกเช่นอัลฟัลฟ่ามาทำการศึกษา

จากหลักการที่ว่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่เลือกไว้ เมื่อปลูกในดินที่มีความชื้นสูงตลอดเวลา เพื่อให้อัตราการใช้น้ำขึ้นกับสภาพภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว การใช้น้ำของพืชอ้างอิง หรือ ศักย์การใช้น้ำของพืชหรือ ศักย์การคายระเหยของน้ำ (PotentialEvapotranspiration : ETp)

จากหลักการที่ว่า การใช้น้ำของพืชอ้างอิงขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศรอบๆ ต้นพืชเพียงอย่างเดียวนี้ ทำให้นักวิทยาศาสตร์ได้คิดสูตรสำหรับการคำนวณหา ETp โดยการใช้ข้อมูลจากภูมิอากาศไว้อย่างมากมาย และถ้าต้องการทราบค่าการใช้น้ำของพืช หรืออัตราการคายระเหยของน้ำจริง (ET หรือ ETa) ของแปลงพืชชนิดอื่นที่ไม่ใช่พืชอ้างอิง ก็คำนวณโดยการใช้สมการต่อไปนี้

$$ETc = Kc * ETp$$

เมื่อ ETc = ปริมาณการใช้น้ำของพืชที่ต้องการทราบ

ETp = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง หรือ Potential Evapotranspiration

Kc = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ในการออกแบบระบบให้น้ำนั้น ผู้ออกแบบมักนิยมเลือกใช้ค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Potential Evapotranspiration : ETp) ที่สูงสุดไปใช้ในการออกแบบเพราะถือว่า เป็นการใช้น้ำสูงสุด เช่น ที่จังหวัดเชียงใหม่ จะเห็นว่าค่า ETp สูงสุดจะอยู่ที่เดือนเมษายน คือ 5.98 mm/วัน

อนึ่งหากพิจารณาจากตาราง จะเห็นว่าปริมาณการใช้น้ำของพืชในฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝน ประมาณ 25-30 %

ตารางที่ 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) ในช่วงต่างๆ ของการพัฒนาการของไม้ผล

ช่วงพัฒนาการของพืช	ชนิดของไม้ผล				ไม้ผลอื่นๆ
	ทุเรียน	มังคุด	เงาะ	ส้ม	
1.การพัฒนาการทางด้านกิ่งก้านสาขา	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
2.การชักนำการออกดอก*	0	0	0/0.7*	0/75*	0/75*
3.การพัฒนาการออกดอก	0.85	0.8	0.8	0.8	0.8
4.การติดผล	0.8	0.85	0.9	0.9	0.9
5.การพัฒนาการของผลอ่อน	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
6.การเจริญเติบโตของผล	1	1	1	1	1
7.การเริ่มสุกแก่	0.9	0.9	0.85	0.85	0.85
เฉลี่ย	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75

หมายเหตุ * ในการให้น้ำต้องทราบว่าไม้ผลบางชนิด เช่น เงาะ และส้ม ในช่วงของการชักนำให้ออกดอก ต้องผ่านช่วงแล้งระยะหนึ่ง จากนั้นจึงเริ่มให้น้ำอย่างสม่ำเสมอเพื่อการกระตุ้นการออกดอก

โปรดสังเกตว่าค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) ในช่วงต่างๆ ของการพัฒนาการของไม้ผลนั้นจะมีค่าสูงสุดจะอยู่ที่ช่วงที่ 6 คือ ช่วงของการเจริญเติบโตของผลมีสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของไม้ผลทุกชนิดเท่ากับ 1 และค่าเฉลี่ยของช่วงการเจริญเติบโตทั้งหมด ซึ่งในที่นี้ก็คือ 0.75 ในการออกแบบระบบน้ำนั้นผู้ออกแบบมักนิยมเลือกใช้ค่าสูงสุดไปใช้ในการออกแบบเพราะถือว่าเป็นการใช้น้ำสูงสุด ผู้ออกแบบบางท่านอาจเลือกใช้ค่าเฉลี่ยไปใช้ในการออกแบบได้

- วิธีที่ 2 โดยใช้ค่าปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหย แบบเอ (Epan) สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยสำหรับถาดวัดแบบเอ (Kp) และสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc)

แนวคิดของการหาปริมาณการใช้น้ำโดยวิธีนี้เนื่องมาจากเมื่อไม่มีข้อมูลที่สามารถใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
62169

คำนวณหา ETp หรือปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงจากสูตรหรือวิธีต่างๆ ที่มีผู้ค้นคิดจึงประยุกต์ใช้ปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบเอแทน

ในอดีต การใช้เครื่องคอมพิวเตอร์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการคำนวณยังไม่แพร่หลาย ทำให้วิธีการหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETp) โดยสูตรหรือวิธีของ Penman , Blaney-Criddle , Hargeaves Equation , Makkink , Thornthwaite , Jensen-Haise , และวิธีของ Lowry-Johnson ค่อนข้างยุ่งยากจึงทำให้เกิดความคิดในการที่จะหาวิธีการคำนวณและหาข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณแบบง่ายๆ โดยใช้ข้อมูลจากการวัดการระเหยเป็นหลักเพราะเป็นข้อมูลที่สามารถหาได้ง่ายและสะดวกในการคำนวณกว่าวิธีการใช้สูตรที่ผ่านมา

แต่เนื่องจากการหาปริมาณการใช้น้ำของพืชจากการวัดการระเหยนี้ เครื่องมือใช้วัดการระเหยแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือแบบที่เป็นถาดบรรจุน้ำหรือถาดวัดการระเหย ซึ่งน้ำได้ระเหยจากผิวน้ำโดยตรงและอีกแบบหนึ่งซึ่งให้น้ำระเหยจากผิวของวัตถุพรุนที่เปียกน้ำ

หลักการระเหยน้ำทั้ง 2 แบบคล้ายคลึงกันคือ เป็นการแพร่กระจายไอน้ำสู่บรรยากาศแต่เนื่องจากการคายน้ำของงพืชนั้นจะถูกควบคุมโดยการเปิดปิดของรูใบแตกต่างจากการระเหยจากผิวน้ำไม่มีอะไรควบคุมเลย ดังนั้น จึงจำเป็นต้องใช้ค่าสัมประสิทธิ์มาคูณกับค่าของการระเหยจากถาดวัดการระเหย ตามปกติมักใช้ถาดที่เรียกว่า Class-A pan ของกรมอุตุนิยมวิทยาสหรัฐอเมริกา

นั่นคือแนวคิดของการหารปริมาณการใช้น้ำแบบนี้มาจากเมื่อไม่มีข้อมูลที่สามารถใช้คำนวณหา ETp จึงกำหนดให้หาค่าของ ETp ก่อนจากสมการดังต่อไปนี้

$$ETp = Epan*Kp$$

ในเมื่อ Epan = ปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบเอ

Kp = สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหย สำหรับถาดแบบเอ

และเมื่อได้ ETp แล้วจึงไปคำนวณหา ETc ต่อไปดังสมการ

$$ETc = Kc*Etp$$

โดยสรุป สามารถหาปริมาณ

$$ETc = Kp*Epan*Kc$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ Etc = ปริมาณการใช้น้ำของพืช

Kc = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

Epan = ปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบเอ

Kp = สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหย สำหรับถาดแบบเอ

ตารางที่ 2.3 ปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบเอ(Epan) เฉลี่ยรายเดือนสำหรับจังหวัดต่างๆ

จังหวัด	เดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
แม่ฮ่องสอน	3.3	4.3	5.8	7.3	6.2	4.5	4.0	3.9	4.0	3.9	3.1	2.7
เชียงราย	3.1	4.7	5.5	6.3	4.7	3.7	3.1	2.7	3.0	3.1	2.9	2.7
พะเยา	3.3	4.4	5.7	6.7	5.3	4.6	4.1	4.1	3.7	3.3	2.9	2.8
เชียงใหม่	3.4	4.6	5.5	6.5	5.6	4.6	4.2	4.0	4.2	4.1	3.5	3.0
ลำปาง	2.9	4.0	5.1	6.2	5.2	4.5	4.1	3.9	3.7	3.2	2.9	2.6
ลำพูน	3.4	5.3	6.7	7.7	6.3	5.2	4.9	4.7	4.0	3.5	3.1	3.0
แพร่	3.7	4.7	6.3	7.3	6.3	5.2	4.9	4.8	4.6	4.2	3.8	3.4
น่าน	2.6	3.2	3.8	4.7	4.4	3.7	3.3	3.1	3.3	3.3	2.9	2.5
อุตรดิตถ์	3.6	4.3	5.4	6.4	5.6	4.4	4.0	4.1	4.0	4.0	3.8	3.6
ตาก	4.1	6.2	8.2	8.9	6.8	4.7	5.2	5.0	4.6	3.6	3.2	3.3
พิษณุโลก	3.4	4.1	5.1	6.1	5.6	4.8	4.4	4.0	3.9	3.9	3.7	3.5
เพชรบูรณ์	4.0	4.8	5.9	6.6	5.3	4.6	4.0	3.6	3.8	3.9	4.2	4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบเอ (Epan) เฉลี่ยรายเดือนสำหรับจังหวัดต่างๆ (ต่อ)

จังหวัด	เดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
กำแพงเพชร	3.6	4.4	5.0	6.1	5.3	4.1	3.9	3.8	3.7	3.3	3.1	3.1
หนองคาย	3.5	4.1	4.9	6.0	4.9	4.2	3.9	3.4	3.9	3.9	4.0	3.5
เลย	3.8	4.6	5.2	5.8	4.9	4.6	4.3	3.9	3.7	3.8	3.6	3.6
อุดรธานี	4.4	5.1	6.0	6.7	5.7	5.1	4.6	4.3	4.1	4.1	4.3	4.0
สกลนคร	5.6	6.2	7.1	6.9	5.3	4.6	4.7	4.3	4.4	5.4	5.6	5.3
นครพนม	3.9	4.2	4.7	5.3	4.6	3.8	3.7	3.4	3.6	3.7	3.9	3.5
ขอนแก่น	4.9	5.6	6.7	7.1	6.2	5.5	5.3	4.8	4.4	4.7	4.9	4.8
มุกดาหาร	3.6	4.8	5.7	5.9	4.9	4.3	4.2	3.6	4.0	4.0	4.3	4.0
ชัยภูมิ	5.0	5.7	7.0	7.2	6.0	5.5	5.3	4.7	4.5	4.9	5.3	5.0
ร้อยเอ็ด	4.9	5.4	6.2	6.2	5.1	4.5	4.4	3.9	3.6	4.3	4.8	4.8
อุบลราชธานี	5.6	6.1	6.9	7.0	5.9	5.3	5.2	4.8	4.4	5.1	5.6	5.6
นครราชสีมา	4.6	5.3	6.2	6.4	5.7	5.7	5.5	5.0	4.4	4.2	4.3	4.4
สุรินทร์	5.9	6.4	7.0	6.8	6.0	5.5	5.4	5.0	4.5	5.2	5.6	5.6
นครสวรรค์	4.8	6.3	7.6	8.4	6.8	6.2	5.6	5.0	4.4	4.2	4.3	4.4
สุพรรณบุรี	4.3	4.9	5.9	6.7	6.1	5.6	5.3	5.0	4.5	4.2	4.3	4.1
ลพบุรี	5.1	5.4	6.5	6.7	5.9	5.4	5.2	5.0	4.4	4.1	4.8	5.1
กาญจนบุรี	4.4	5.5	6.8	7.4	6.2	5.2	5.4	5.2	4.7	4.1	4.2	4.4
กทม.	4.5	5.0	5.9	6.3	5.6	5.1	4.9	4.9	4.4	4.1	4.2	4.3
ปราจีนบุรี	4.6	4.6	5.4	5.4	4.9	4.3	4.6	4.5	4.2	4.0	4.4	4.4
ชลบุรี	4.3	4.6	5.5	5.6	4.9	5.1	4.9	4.9	4.3	4.0	4.6	4.5
ระยอง	4.7	5.2	5.7	5.9	5.1	5.1	5.2	5.2	4.1	4.0	4.6	5.1
จันทบุรี	4.9	4.7	4.9	4.7	4.0	3.4	3.5	3.3	3.3	3.8	4.6	5.0
เพชรบุรี	4.0	4.7	5.8	5.7	5.3	4.5	4.6	4.4	4.3	3.5	3.6	3.9
ประจวบฯ	4.4	4.7	5.5	5.9	5.1	4.5	4.9	4.4	4.5	4.0	4.5	4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบเอ (Epan) เฉลี่ยรายเดือนสำหรับจังหวัดต่างๆ (ต่อ)

จังหวัด	เดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ชุมพร	3.7	4.2	4.9	5.0	4.2	3.7	3.6	3.4	3.6	3.3	3.2	3.3
สุราษฎร์ธานี	3.9	5.1	5.8	5.5	4.6	4.7	4.7	4.4	4.3	3.8	3.4	3.3
นครศรีฯ	3.1	4.0	4.6	4.5	4.0	4.3	4.2	4.4	3.8	3.5	2.8	2.7
สงขลา	5.2	6.0	6.3	6.1	5.1	4.8	4.8	5.0	4.8	4.2	3.5	4.1
ปัตตานี	4.3	5.3	5.8	5.7	4.8	4.8	4.9	4.8	4.7	4.2	3.9	3.8
นราธิวาส	3.4	4.2	4.6	4.9	4.3	4.1	4.2	4.1	4.1	3.8	3.3	2.8
ภูเก็ต	5.0	5.7	5.7	5.1	4.0	4.2	4.0	3.9	3.7	3.7	3.8	4.6
ตรัง	5.3	6.1	6.1	5.1	3.9	3.8	3.8	4.0	3.4	3.5	3.4	4.2
สตูล	6.7	7.0	6.7	5.4	4.4	4.4	4.5	4.4	4.1	4.0	3.9	5.0

หมายเหตุ * เป็นค่าเฉลี่ยในรอบ 30 ปี **ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา**

ในการออกแบบระบบให้น้ำนั้นผู้ออกแบบนิยมใช้ค่าปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบเอ (Epan) เฉลี่ยรายเดือนสำหรับจังหวัดต่างๆ ที่สูงสุดไปใช้ในการออกแบบเพราะถือว่าเป็นการใช้น้ำสูงสุด เช่น ค่า Epan เฉลี่ยรายเดือนสูงสุดจะอยู่ที่เดือนเมษายน คือ 6.5 mm/วัน นอกจากนี้หากพิจารณาจากตาราง จะเห็นว่าปริมาณการใช้น้ำของพืชในฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝนประมาณ 25-30 %

- วิธีที่ 3 โดยใช้ข้อมูลปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหย แบบเอ (Epan) สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยแบบเบ็ดเสร็จสำหรับถาดวัดแบบเอ (Kp) แนวคิดของการหาปริมาณน้ำโดยวิธีนี้มาจากเมื่อมีข้อมูล Epan หรือปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบเอ เพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ข้อมูลทั้ง Etc หรือปริมาณการใช้น้ำของพืช และKc หรือ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำ

ในกรณีนี้ได้มีผู้แนะนำให้หาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยการคำนวณจากค่าของ Kp หรือสัมประสิทธิ์ของถาดวัดการระเหยแบบเบ็ดเสร็จสำหรับถาดวัดแบบ เอแทน Kc และ Kp นั่นคือเราสามารถหาปริมาณการใช้น้ำจากถาดวัดการระเหยแบบเอ (Epan) กับสัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยสำหรับถาดวัดแบบ เอ (Kp) ดังสมการต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Etc = Epan*Kp$$

ในเมื่อ Etc = ปริมาณการใช้น้ำของพืช

Epan = ปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบเอ

Kp = สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหย สำหรับถาดแบบเอ

ตารางที่ 2.4 สัมประสิทธิ์ของถาดวัดการระเหยแบบเบ็ดเสร็จสำหรับถาดวัดแบบเอ (Kp)

พืช	เปอร์เซ็นต์ของอายุพืช										
	0	10	20	30	40	50	60	.70	80	90	100
ถั่วต่างๆ	0.20	0.30	0.40	0.65	0.85	0.90	0.90	0.80	0.60	0.35	0.20
ส้ม และ อาโวกาโด	0.50	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.50	0.55	0.60	0.55	0.50
ข้าวโพด	0.20	0.30	0.50	0.65	0.80	0.90	0.90	0.85	0.75	0.60	0.50
ฝ้าย	0.10	0.20	0.40	0.55	0.75	0.90	0.90	0.85	0.75	0.55	0.35
ไม้ผลประเภทผลัดใบ	0.20	0.30	0.50	0.65	0.70	0.75	0.70	0.60	0.50	0.40	0.20
ไม้ผลมีพืชคลุมดิน	ค่าเฉลี่ยประมาณ 1.0 ในช่วงที่พืชคลุมดินกำลังโตเต็มที่										
ข้าวฟ่าง	0.20	0.35	0.55	0.75	0.85	0.90	0.85	0.70	0.60	0.35	0.15
ธัญพืชปลูก	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.55	0.75	0.85	0.90	0.90	0.30
ธัญพืช	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.55	0.75	0.85	0.90	0.90	0.30
องุ่น	0.15	0.15	0.20	0.35	0.45	0.55	0.55	0.45	0.35	0.25	0.20
ถั่วลิสง	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.60	0.65	0.65	0.60	0.45	0.30
มันฝรั่ง	0.20	0.35	0.45	0.65	0.80	0.90	0.95	0.95	0.95	0.90	0.90
ข้าว	0.80	0.95	1.05	1.15	1.20	1.30	1.30	1.20	1.10	0.90	0.50
อ้อย	มีค่าอยู่ในช่วงจาก 0.55 - 1.0 ขึ้นอยู่กับอัตราและช่วงการเจริญเติบโต										
พืชผัก รากลึก	0.20	0.20	02.5	0.35	0.50	0.65	0.70	0.60	0.45	0.35	0.20
พืชผัก รากตื้น	0.10	0.20	0.40	0.50	0.60	0.60	0.60	0.55	0.45	0.35	0.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและแนวทางในการเลือกใช้ประโยชน์

จากหลักเกณฑ์ในการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยการใช้ข้อมูลจากภูมิอากาศ ที่กล่าวมาว่าสามารถเลือกใช้จากการคำนวณจากวิธีใดวิธีหนึ่งจาก 3 วิธีคือ

- วิธีที่ 1 โดยใช้ข้อมูลศักย์การคายระเหยน้ำของพืชหรือปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETp) และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc)

- วิธีที่ 2 โดยใช้ค่าปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหย แบบเอ (Epan) สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยสำหรับถาดวัดแบบเอ (Kp) และสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc)

- วิธีที่ 3 โดยใช้ข้อมูลปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหย แบบเอ (Epan) และสัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยแบบเบ็ดเสร็จสำหรับถาดวัดแบบเอ (Kp)

สามารถสรุปได้ว่า

วิธีที่ 1 เป็นวิธีที่มีความถูกต้องสูง จึงเป็นวิธีที่ใช้ในการวางโครงการการออกแบบระบบชลประทานทั่วไป แต่เป็นวิธีที่มีความยุ่งยากในการคำนวณและต้องใช้ข้อมูลทางภูมิอากาศหลายอย่าง แต่ปัจจุบันนี้มีเครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยอำนวยความสะดวกได้ง่ายขึ้น ดังนั้นถ้ามีข้อมูลพร้อมก็ขอแนะนำให้พิจารณาใช้วิธีนี้เป็นอันดับแรก

วิธีที่ 2 เป็นวิธีที่มีความถูกต้องน้อยลงมาแต่ไม่ยุ่งยากในการคำนวณและใช้ข้อมูลทางภูมิอากาศไม่มากนัก แม้ว่าว่าวิธีนี้มักถูกเลือกใช้รองลงมาจากวิธีที่หนึ่งเพราะความสะดวกกว่าวิธีที่ 1 ก็ตาม แต่การเลือกใช้วิธีนี้ต้องเน้นถึงความเที่ยงตรงของข้อมูลที่ใช้ให้ดี

วิธีที่ 3 เป็นวิธีที่มีความถูกต้องน้อยที่สุดแต่คำนวณง่ายและใช้ข้อมูลทางภูมิอากาศเพียงการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบเอ เท่านั้นเป็นการรู้ผลค่อนข้างหยาบหรืออย่างคร่าวๆ เท่านั้นจึงไม่นิยมใช้ในการออกแบบ อาจใช้กันบ้างในกรณีที่ไม่มีข้อมูลจริงๆ หรือใช้ในการส่งน้ำในกรณีที่มีน้ำต้นทุนเพียงพอ

2.1.3 คุณสมบัติของพืชที่เกี่ยวข้องกับความต้องการน้ำของพืช

ปริมาณการใช้น้ำของพืช หรือ การคายระเหยน้ำหรือการระเหยคายน้ำซึ่งคำต่างๆเหล่านี้มีความหมายเหมือนกันคือ หมายถึงปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียไปจากพื้นที่เพาะปลูกสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำซึ่งในปริมาณดังกล่าวประกอบด้วย

1) การระเหย คือปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดินบริเวณรอบๆต้นพืช จากผิวน้ำในขณะให้น้ำหรือในขณะที่มีน้ำขังอยู่และจากน้ำที่เกาะอยู่ตามใบพืช เนื่องจากการให้น้ำหรือจากฝนที่ตก

2) การคายน้ำ คือปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้จริงๆโดยการดูดไปจากดินเพื่อนำไปใช้หล่อเลี้ยงลำต้นและส่วนต่างๆของพืชรวมทั้งการละลายแร่ธาตุอาหารในดินขึ้นไปบำรุงส่วนต่างๆของพืชแล้วคายออกทางใบสู่บรรยากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้น้ำของพืช ปริมาณการใช้น้ำของพืชจะมีปริมาณมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับสภาพดิน พืช สภาพภูมิอากาศรอบๆต้นพืช และการจัดการเพาะปลูก เป็นต้น

1) สภาพดิน เช่น ดินทรายมีความสามารถในการเก็บกักน้ำไว้ให้พืชใช้ได้น้อยกว่าดินเหนียว

2) พืช เช่น พืชต่างชนิด อายุ ระยะการเจริญเติบโต ย่อมต้องการใช้น้ำต่างกัน

3) สภาพภูมิอากาศรอบๆต้นพืช เช่น รังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ และลมเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลทำให้การใช้น้ำของพืชต่างกัน

4) การจัดการเพาะปลูก เช่น การเขตกรรมต่างๆมีอิทธิพลทำให้การใช้น้ำของพืชต่างกันด้วย

ปริมาณการใช้น้ำสูงสุดของพืชแต่ละวัน เป็นปริมาณการใช้น้ำสูงสุดของพืชเฉลี่ยต่อวันในระยะเวลาของการให้น้ำในฤดูกาลการเจริญเติบโตของพืช ปกติจะอยู่ในช่วงที่พืชเริ่มมีผลิตผลและในเวลาที่มีอุณหภูมิสูง ข้อมูลนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการออกแบบและการวางแผนการส่งน้ำ

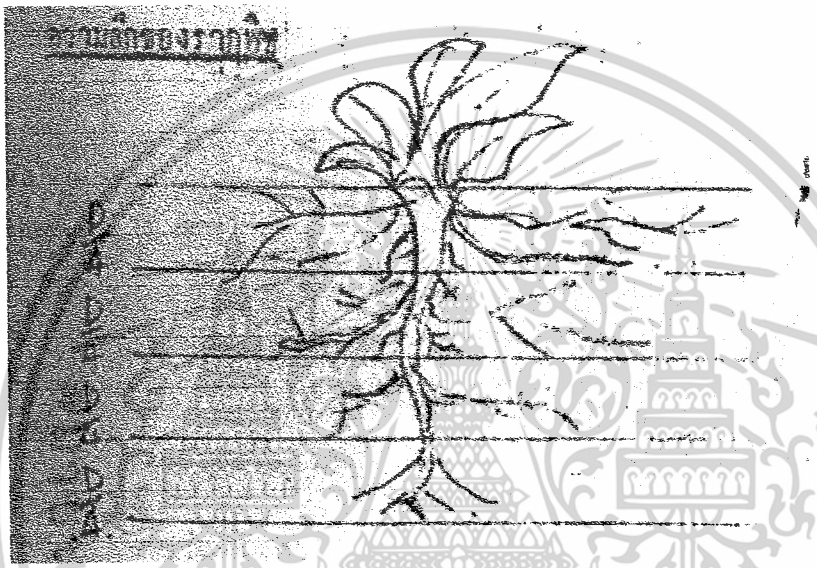
การดูดน้ำจากดินของพืช พืชจะมีราก ทำหน้าที่ดูดน้ำจากดินเป็นจำนวนมาก ในบริเวณใกล้ๆกับ ปลายราก คือ ประมาณ 4-5 เซนติเมตร นับจากปลายรากขึ้นมาจะมีรากขนอ่อนเป็นรากสั้นเล็กละเอียดเกิดขึ้นทั่วไป ทำหน้าที่ดูดน้ำธาตุอาหารและยึดลำต้นรากเล่านี้แทรกอยู่ตามช่องว่างระหว่างเม็ดดินเพื่อดูดน้ำที่เกาะรอบ ๆ เม็ดดินหรือในช่องว่างระหว่างเม็ดดินด้วย แรงออสโมซิสขณะที่พืชดูดน้ำจากดินขึ้นไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต ดินในบริเวณรากพืชจะแห้งและมีแรงดึงความชื้นเพิ่มขึ้น น้ำจากบริเวณถัดไปก็จะไหลเข้ามาแทนที่ ซึ่งการที่น้ำไหลเข้ามาหารากพืชจะมีปริมาณมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับว่าในบริเวณดังกล่าวมีความชื้นอยู่มากน้อยเพียงใด

ความลึกของรากพืช การแผ่กระจายหรือความลึกของรากพืชเป็นข้อมูลที่สำคัญยิ่งในการกำหนดปริมาณน้ำที่จะส่งไปให้แก่พืช ทั้งนี้เพราะตามหลักการจัดการเรื่องน้ำแล้วจะส่งน้ำให้แก่พืชไม่เกินความลึกของบริเวณรากพืชลักษณะการแผ่กระจายของรากแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ชนิดและความลึกของดิน ระดับน้ำใต้ดิน ฤดูการเพาะปลูก ตลอดจนปริมาณน้ำที่ให้แก่พืชในแต่ละครั้งโดยปกติแล้ว รากพืชจะไม่งอกออกไปในดินที่มีความชื้นต่ำกว่าจุดเหี่ยวเฉาถาวร และรากจะไม่ขยายตัวต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน เพราะมีออกซิเจนและอากาศที่เป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยส่วนใหญ่แล้วจะมีรากลึกไม่เกิน 2 เมตร

การดูดน้ำจากดินในชั้นต่างๆของพืช ถ้าหากดินมีเนื้อดินอย่างสม่ำเสมอและมีความชื้นที่สามารถนำไปใช้ได้ตลอดความลึกของรากพืชแล้ว พืชก็จะใช้น้ำจากตอนบนของเขตรากอย่างรวดเร็ว ส่วนในตอนล่างนั้นพืชจะดูดน้ำไปใช้ช้ากว่ามาก ถ้าแบ่งความลึกของเขตรากออกเป็น 4 ส่วนเท่าๆกัน ประมาณ 40% ของความชื้นที่พืชใช้ทั้งหมดมาจากดินในชั้นแรกนับจากผิวดินลงมา 30% จากดินชั้นที่สอง 20% จากดินชั้นที่สาม 10% และจากดินชั้นที่สี่ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะวิกฤติของพืชชนิดต่างๆ ระยะเวลาที่พืชขาดน้ำและจะก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิตโดยตรงมากที่สุดส่วนใหญ่แล้วช่วงวิกฤติในความต้องการน้ำของพืช จะอยู่ในระยะที่พืชออกดอกหรือติดผล เพราะจะทำให้กระทบกระเทือนถึงขนาดของผล การเกิดของเมล็ดหรือผลผลิตของพืช อายุและลักษณะทางสรีระวิทยาของพืช พืชจะใช้น้ำมากน้อยตามอายุและลักษณะทางสรีระวิทยา ปกติแล้วพืชที่ยังเล็กและมีวงจรชีวิตสั้นจะใช้น้ำน้อยกว่าพืชที่เติบโตและมีวงจรชีวิตที่ยาวนานกว่า นอกจากนี้พืชที่ให้ผลผลิตหรือมีส่วนที่เก็บกักน้ำมาก เช่น แตงโมจะมีความต้องการใช้น้ำมากกว่าพืชที่ให้ผลเป็นเมล็ด เช่น ถั่วเหลืองเป็นต้น

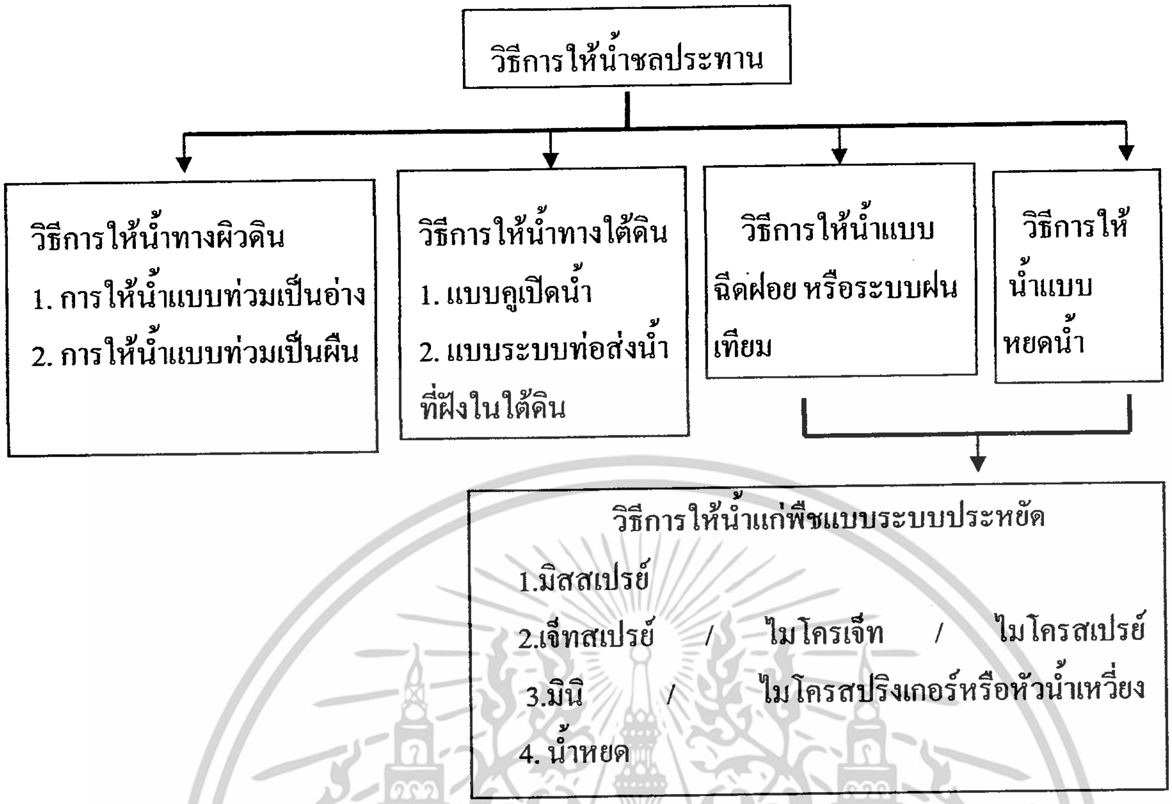


ภาพที่ 2.5 ความลึกของลากพืช

2.2 วิธีการให้น้ำแก่พืช

วิธีการให้น้ำแก่พืชอาจกระทำได้หลายวิธี ซึ่งการที่จะเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งนั้นจะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติของพืช ลักษณะของพื้นที่ วิธีการเพาะปลูก ชนิดของพืชที่ปลูก สภาพภูมิประเทศ ปริมาณน้ำ ต้นทุนที่จะนำมาให้แก่พืชโดยทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิธีการให้น้ำชลประทานที่นิยมปฏิบัติกันในประเทศไทยแบ่งออกได้ 4 แบบใหญ่ๆ คือ วิธีการให้น้ำทางผิวดิน วิธีการให้น้ำทางใต้ดิน วิธีการให้น้ำแบบฉีดฝอย และวิธีการให้น้ำแบบหยดน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 วิธีการให้น้ำแก่พืช

2.2.1 การให้น้ำแบบประหยัดแก่พืช(แบบฉีดฝอย)

คำว่าระบบการให้น้ำแบบประหยัดในที่นี้หมายถึง ระบบให้น้ำแบบมินิสปริงเกลอร์ (Mini Sprinkler) ไมโครสปริงเกลอร์ (Micro Sprinkler) ไมโครเจ็ท (Micro-Jet) ไมโครสเปรย์ (Micro Spray) มินิสเปรย์ (Mist-Spray) อันเป็นการให้น้ำครั้งละน้อยๆ แต่บ่อยครั้ง ด้วยอัตราการให้น้ำ (Application Rate) ที่ต่ำและไม่ครอบคลุมเต็มพื้นที่เขตรากทั้งหมด โดยอาศัยคุณสมบัติของดิน (Overlap) ของวงเปียก

คุณลักษณะของระบบให้น้ำแก่พืชแบบประหยัดมีดังนี้

1. เป็นวิธีการให้น้ำในอัตราที่ต่ำ คือต่ำกว่า 250 ลิตร/ชั่วโมง
2. เป็นวิธีการให้น้ำที่ใช้เวลานาน คือนานมากกว่า 30 นาที
3. เป็นวิธีการให้น้ำช่วงบ่อยครั้ง คือไม่เกิน 3 วันครั้ง
4. เป็นวิธีการให้น้ำโดยตรงในบริเวณเขตรากพืชหรือเขตพุ่มใบ
5. เป็นวิธีการให้น้ำทางท่อที่ใช้แรงดันต่ำ คือ มีแรงที่หัวจ่ายน้ำระหว่าง 15-45 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือเฮดของน้ำระหว่าง 10-30 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การให้น้ำแบบฉีดฝอย

สำหรับการให้น้ำแบบฉีดฝอยนี้ทำได้โดย ฉีดน้ำจากหัวฉีดขึ้นไปบนอากาศแล้วให้เม็ดน้ำตกลงมาบนพื้นที่เพาะปลูก โดยมีรูปทรงการแผ่กระจายของเม็ดน้ำสม่ำเสมอ และอัตราที่น้ำตกลงบนพื้นน้อยกว่าอัตราการซึมของน้ำเข้าไปในดิน เนื่องจากการให้น้ำโดยลักษณะวิธีนี้มีลักษณะอาการเช่นเดียวกับฝน ดังนั้นจึงเรียกการให้น้ำแบบนี้ว่า การให้น้ำแบบฝนโปรย

2.2.3 การเลือกการให้น้ำแบบฉีดฝอย

โดยแท้จริงแล้วการให้น้ำแบบฉีดฝอยนี้สามารถจะใช้ได้กับพืชและดินทุกชนิด แต่เนื่องจากค่าลงทุนสูงมากจึงมักเลือกใช้วิธีนี่เมื่อวิธีอื่นไม่สามารถใช้ได้ หรือใช้ได้แต่ให้ประสิทธิภาพต่ำมาก สรุปได้ว่า การชลประทานแบบฉีดฝอยจะเหมาะสมกว่าแบบอื่นเมื่อสภาพของพื้นที่และองประกอบอื่นๆ มีลักษณะดังต่อไปนี้ คือ

1. ดินมีอัตราการซึมผ่านของน้ำผ่านผิวดินสูงมาก คือสูงกว่า 75 มิลลิเมตรต่อชั่วโมงซึ่งจะทำให้การให้น้ำแบบอื่นมีประสิทธิภาพต่ำ
2. ความลึกของชั้นดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชตื้นมาก และลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ไม่เหมาะที่จะทำการปรับพื้นที่เพื่อให้น้ำทางผิวดิน
3. พื้นที่มีความลาดเทมาก และดินถูกพัดพาได้ง่าย
4. อัตราการส่งน้ำจากคลองชลประทานมายังที่เพาะปลูก หรือจากแหล่งน้ำอื่นที่หาได้น้อยเกินไปที่จะให้น้ำทางผิวดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ
5. พื้นที่เป็นคลื่น ซึ่งถ้าจะทำการปรับพื้นที่เพื่อทำให้น้ำทางผิวดินแล้วต้องลงทุนสูงมาก
6. ผู้ให้น้ำไม่มีความรู้ความชำนาญทางด้านการให้น้ำทางผิวดิน
7. ต้องการใช้พื้นที่ให้เกิดผลผลิตโดยเร็ว การให้น้ำแบบฉีดฝอยนี้สามารถออกแบบและติดตั้งได้รวดเร็วมาก

การให้น้ำแบบฉีดฝอยนอกจากจะเหมาะสมกับสภาพของพื้นที่ คุณสมบัติของดิน ดังกล่าวแล้ว ยังมีข้อดีอีกหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับการชลประทานทางผิวดิน คือ

1. การวัดน้ำทำได้ง่ายและสะดวกกว่า
2. สามารถออกแบบระบบให้น้ำให้มีความกระทบกระเทือนต่อการปฏิบัติงานในพื้นที่เพาะปลูกได้น้อยกว่า เช่น ไม่มีคูคลองส่งน้ำมากีดขวางการปฏิบัติงานของเครื่องจักร นอกจากนี้ยังไม่ต้องเสียพื้นที่ สำหรับคูคลองส่งน้ำอีกด้วย
3. มีประสิทธิภาพในการให้น้ำสูง
4. ในกรณีต้องสูบน้ำขึ้นมาจากคลองส่งน้ำหรือบ่อบาดาลอยู่แล้ว การใช้การให้น้ำแบบฉีดฝอยจะไม่ต้องลงทุนเพื่อเพิ่มความดันของน้ำที่หัวฉีดอีกมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. หากมีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำแห่งเดียวกันเพื่อวัตถุประสงค์อย่างอื่นด้วย เช่น ใช้ในบ้าน หรือใช้เลี้ยงสัตว์ ก็อาจใช้ท่อส่งน้ำร่วมกันได้

6. ถ้าหากส่งน้ำซึ่งมีแรงดันสูงพอไปยังพื้นที่เพาะปลูกโดยอาศัยแรงดึงดูดของโลกได้ด้วยแล้ว การให้น้ำวิธีนี้ยิ่งน่าใช้ขึ้นมาก เพราะสามารถลดค่าเชื้อเพลิงลงได้

7. การให้น้ำแบบฉีดฝอยสามารถให้น้ำครั้งละน้อยๆ และบ่อยครั้งได้อย่างมรประสิทธิภาพ ทำให้เหมาะกับพืชที่มีรากตื้น เช่น พืชที่เริ่มงอก หรือพวกผักต่างๆซึ่งมีรากตื้นและต้องการให้ดินมีความชุ่มชื้นอยู่เสมอ

8. ระบบให้น้ำแบบนี้อาจให้ปุ๋ยและสารเคมีแก่พืชในขณะเดียวกันกับให้น้ำได้ด้วย

9. ในภูมิประเทศที่มีอากาศหนาวจัด การให้น้ำแบบฉีดฝอยอาจใช้ป้องกันการเสียหายจากการแข็งตัวของพืชเมื่ออุณหภูมิของบรรยากาศลดต่ำลงกว่าจุดเยือกแข็งได้ด้วย

สำหรับข้อเสียของการให้น้ำแบบฉีดฝอย มีดังนี้

1. ค่าลงทุนครั้งแรกสูงมาก นอกจากนั้นยังต้องเสียค่าเชื้อเพลิง หรือไฟฟ้าในการให้น้ำทุกครั้ง และยังมีอุปกรณ์ซึ่งต้องบำรุงรักษาอยู่เป็นประจำด้วย

2. การเคลื่อนย้ายท่อและอุปกรณ์เพื่อนำไปใช้ในพื้นที่อื่นหลังจากให้น้ำพืชเสร็จแล้ว อาจทำได้ไม่สะดวก เพราะดินจะเปียกและเป็นโคลน โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกดินเหนียว

3. การให้น้ำแก่พืชโดยให้เม็ดน้ำตกลงบนผิวดินอย่างทั่วถึงกันนั้นอาจทำให้เมล็ดพืชต่างๆงอกงาม และจะต้องมีการกำจัดวัชพืชมากขึ้น

4. เม็ดน้ำที่ตกลงมาบนใบพืชจะชะล้างยาฆ่าแมลงที่ฉีดไว้ออกไปด้วย ดังนั้นการฉีดยาเหล่านี้จะทำหลังการให้น้ำเสร็จแล้ว

5. เนื่องจากน้ำจะเปียกผิวดิน ตลอดจนใบ กิ่งและลำต้นของพืชจนทั่ว ดังนั้นการให้น้ำแบบนี้จะมีการสูญเสียน้ำไปในการระเหยมากกว่าแบบอื่นๆ

6. การแผ่กระจายของเม็ดดินที่ตกลงบนผิวดินจะไม่สม่ำเสมอ หากมีลมพัดแรง ทำให้ประสิทธิภาพในการให้น้ำลดลง อาจต้องมีการออกแบบเป็นพิเศษหากต้องการเลือกใช้วิธีการให้น้ำแบบนี้ในเขตที่มีลมแรงประจำ

7. ในกรณีที่มีความจำเป็นจะต้องให้น้ำแก่พื้นที่ทั้งหมดในระยะเวลาอันสั้น เช่น ขณะที่ต้นพืชยังเล็กอยู่และอากาศร้อนจัดซึ่งจะต้องให้น้ำบ่อยๆ สภาพดังกล่าวอาจจะเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ได้ไม่ทันต่อความต้องการ แต่หากมีน้ำมากพออยู่แล้ว การให้น้ำทางผิวดินจะสามารถให้น้ำในระยะเวลาอันสั้นได้ง่ายและรวดเร็วกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 อุปกรณ์ให้น้ำแบบฉีดฝอย

การให้น้ำแบบฉีดฝอยประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ 4 อย่างด้วยกัน คือ เครื่องสูบน้ำ (Pumping) ท่อประธาน (Mainline Pipe) ท่อแยก (Lateral Pipe) และหัวจ่ายน้ำ (Sprinkler)

1. เครื่องสูบน้ำ (Pumping) ทำหน้าที่สูบน้ำจากแหล่งน้ำ และเพิ่มความดันให้กับหัวจ่ายน้ำ (Sprinkler) เครื่องสูบน้ำอาจขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์หรือ มอเตอร์ก็ได้

2. ท่อประธาน (Mainline Pipe) ทำหน้าที่ส่งน้ำจากเครื่องสูบน้ำไปสู่ ท่อแยก (Lateral Pipe) ท่อประธานนี้อาจเป็นท่ออ่อน (Flexible) ท่อโลหะที่แยกออกได้เป็นท่อนๆ หรือเป็นท่อที่ติดอยู่กับที่ก็ได้

3. ท่อแยก (Lateral Pipe) ทำหน้าที่จ่ายน้ำจากท่อประธานให้กับ หัวจ่ายน้ำ (Sprinkler) ท่อแยกนี้มี 3 แบบเช่นเดียวกับที่ประธาน แต่มีขนาดเล็กกว่า และมีอุปกรณ์สำหรับติดตั้งท่อตั้ง (Riser) เพื่อให้หัวฉีดจ่ายน้ำอยู่สูงกว่าระดับยอดพืช

4. หัวจ่ายน้ำ (Sprinkler) ทำหน้าที่จ่ายน้ำซึ่งโดยทั่วไปนิยมจ่ายโดยการหมุนหัวฉีดเป็นวงกลมในแนวราบ (Perforated Pipe)

2.2.5 ระบบให้น้ำแบบฉีดฝอย

ระบบให้น้ำแบบฉีดฝอยแบ่งออกได้เป็น 3 แบบด้วยกัน คือ

1) แบบที่ติดอยู่กับที่ (Permanent System) เป็นแบบที่อุปกรณ์ทุกอย่างติดอยู่กับที่เคลื่อนย้ายไม่ได้ โดยปกติแล้วท่อต่างๆมักจะฝังอยู่ในดิน หรือมิเช่นนั้นก็จะยกสูงเลยผิวดิน ระบบแบบนี้มักจะใช้ในเรือนเพาะชำหรือใช้กับพืชที่ต้องให้น้ำบ่อยๆ และให้ผลตอบแทนสูงเพราะค่าลงทุนจะสูงกว่าแบบอื่นๆแต่จะประหยัดค่าแรงในการให้น้ำได้มาก

2) แบบเคลื่อนได้เพียงบางส่วน (Semi-portable System) แบบนี้อุปกรณ์บางอย่างจะติดอยู่กับที่เคลื่อนย้ายไม่ได้บางอย่างสามารถเคลื่อนย้ายได้โดยมากเครื่องสูบน้ำ ท่อประธาน และท่อรองประธานจะติดอยู่กับส่วนท่อแยก ซึ่งมีท่อตั้งและหัวจ่ายน้ำติดอยู่ สามารถถอดเป็นท่อนๆด้วยมือแล้วนำไปติดตั้งที่อื่นต่อได้ ท่อแยกบางชนิดได้รับการออกแบบเป็นพิเศษเพื่อให้สามารถใช้รถ หรือเคลื่อนที่ได้ด้วยตัวของมันเองโดยอาศัยแรงดันของน้ำ หรือมอเตอร์ หรือหมุนเป็นวงกลมรอบปลายข้างหนึ่งของท่อแยก

3) แบบเคลื่อนย้ายได้ทั้งหมด (Portable System) อุปกรณ์ของระบบให้น้ำแบบนี้ทุกอย่างตั้งแต่เครื่องสูบน้ำถึงท่อแยกเคลื่อนย้ายได้ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

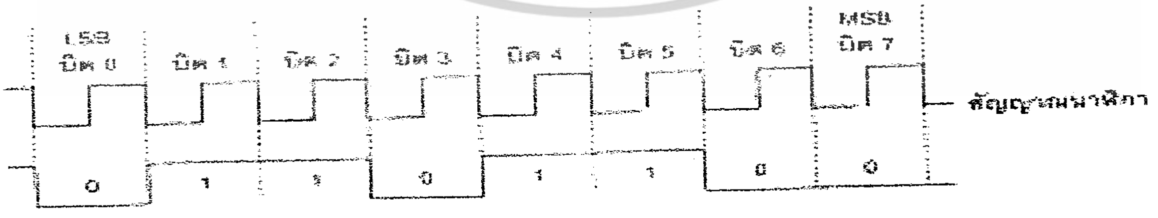
การเชื่อมต่อ PC กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม

3.1 ทำความรู้จักกับพอร์ตอนุกรม

การเคลื่อนย้ายข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ต่อพวงอื่น ๆ หรือคอมพิวเตอร์ด้วยกันแบบอนุกรม เป็นการรับส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต แต่ก็สามารถรับส่งข้อมูลได้คราวละหลาย ๆ บิตได้ หากแต่จะต้องมีการตกลงกันระหว่างตัวส่งและตัวรับว่า จะรับส่งข้อมูลคราวละกี่บิต ตัวรับจะต้องรอข้อมูลมาให้ครบทุกบิตเสียก่อนจึงทำการประมวลผล ส่งผลให้การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมอาจมีความเร็วต่ำกว่าแบบขนาน ในจำนวนสายสัญญาณการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะใช้จำนวนสายที่น้อยกว่ามาก แต่อย่างไรก็ตามการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมสามารถใช้สายสัญญาณที่มีความยาวมากกว่าแบบขนาน ทำให้ได้ระยะในการสื่อสารมากกว่าแบบขนาน

3.1.1 การสื่อสารแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมนั้นจะแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัสและการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส การสื่อสารแบบซิงโครนัสจะมีสัญญาณนาฬิการ่วมอยู่กับการรับและส่งสัญญาณด้วย ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสก็คือคีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ ซึ่งสายเส้นหนึ่งจะเป็นสายสัญญาณนาฬิกา ส่วนสายอีกเส้นจะเป็นสายข้อมูล ดังนั้นการติดต่อกันแบบซิงโครนัสนี้จะต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้นคือ สัญญาณนาฬิกา, ข้อมูลและกราวด์ภาพที่ 3.1 แสดงให้เห็นถึงไทมิ่งไดอะแกรมของการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส



ภาพที่ 3.1 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส คือการรับและส่งข้อมูลไปในสายโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิการ่วมด้วยเหมือนกับการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส แต่จะใช้การกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาทั้งภาครับและภาคส่งให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดค่าให้ภาครับและภาคส่งนี้ว่า อัตราการถ่ายทอดข้อมูล หรือ บอดเรต (baudrete) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bit per secone : bps)

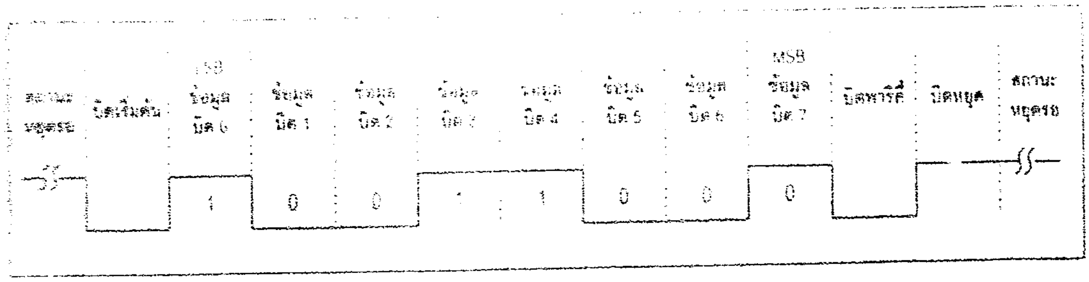
รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

1. บิตเริ่มต้น (Start Bit) ซึ่งจะมีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรมจะมีขนาด 5, 6, 7 หรือ 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี้ (Parity Bit) จะมีขนาด 1 บิตหรือไม่มี
4. บิตปิดท้าย (Stop Bit) จะมีขนาด 1, 1.5 หรือ 2 บิต

ซึ่งภาพที่ 3.2 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส เมื่อไม่มีข้อมูลที่จะส่ง ขา DATA จะมีสถานะลอจิก “1” ซึ่งจะเรียกสถานะนี้ว่าสถานะหยุดรอ (waiting stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้ขา DATA มีลอจิก “ 0 ” ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต เรียกบิตนี้ว่า บิตเริ่มต้น จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไป โดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (LSB) ก่อน ซึ่งข้อมูลในไบต์ที่จะส่งอาจจะมีจำนวนบิต 5, 6, 7 หรือ 8 บิตก็ได้ จากนั้นก็ตามด้วย บิตพาริตี้ ซึ่งใช้เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่ส่งคือ บิตปิดท้าย ซึ่งจะให้ขา DATA มีสถานะลอจิก “1” อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1, 1.5 หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว

อุปกรณ์พิเศษที่ได้รับการออกแบบมาสำหรับการรับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสเรียกว่า Universal Asynchronous Receiver / Transmitter หรือ UART อัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือ ค่าบอดเรต ซึ่งก็คือค่าจำนวนบิตต่อวินาทีที่ใช้ในการรับและส่งข้อมูล บอดเรตมาตรฐานที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232 ได้แก่ 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 และ 19200 บิตต่อวินาที และมีค่าเพิ่มขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ ซึ่งการรับส่งแบบอนุกรมโดยไม่ผ่านโมเด็มอาจจะสามารถกำหนดค่าบอดเรตได้สูงถึง 115200 บิตต่อวินาที เนื่องจากบอดเรตคือ จำนวนบิตของข้อมูลที่สามารถถ่ายทอดได้ภายใน 1 วินาที ยกตัวอย่าง ข้อมูลอนุกรมถูกส่งในลักษณะ 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต ความยาวของข้อมูลที่รับส่งนี้เท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9600 บิตต่อวินาที ก็จะสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที และถ้ามีการใช้พาริตี้ความเร็วในการรับส่งข้อมูลจะเหลือเป็น 872 ไบต์ต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

การตรวจสอบพาริตี้สามารถกำหนดให้เป็นแบบคี่ (odd) , แบบคู่ (even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ก็ได้ การตรวจสอบพาริตี้เป็นการตรวจสอบจำนวนรวมของบิตที่เป็นลอจิก “1” ภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์ว่ามีจำนวนรวมเป็นเลขคู่หรือเลขคี่โดยต้องรวมบิตพาริตี้เข้าไปด้วย ยกตัวอย่างข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 8 บิตและมีความยาวเท่ากับ 99 ฐานสิบหก หรือ 1001 1001 ฐานสอง จะเห็นว่าข้อมูลในไบต์นี้มีจำนวนลอจิก “1” จำนวน 4 ตัวซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้นถ้ากำหนดค่าพาริตี้เป็นคู่ ค่าในบิตพาริตี้จะต้องมีลอจิกเป็น “ 0 ” แต่ถ้าพาริตี้เป็นคี่ ค่าในบิตพาริตี้จะต้องเป็น “1” เพื่อให้ข้อมูล 1 ไบต์รวมทั้งบิตพาริตี้มีจำนวนบิตที่มีลอจิกเป็น “1” รวมกันเป็นเลขคี่ ในตารางที่ 3.1 แสดงตัวอย่างของบิตพาริตี้ในการรับส่งข้อมูลอนุกรม

บิตพาริตี้ถูกสร้างขึ้นจากภาคส่งข้อมูลของ UART โดยภาครับจะต้องกำหนดคุณสมบัติการตรวจสอบพาริตี้ให้ตรงกันว่า จะตรวจสอบพาริตี้คี่หรือคู่ จากนั้นภาครับของ UART จะตรวจสอบค่าพาริตี้ที่เกิดขึ้นว่าเป็นคู่หรือเป็นคี่ โดยการนับจำนวนลอจิก “ 1 ” ทั้งหมดรวมทั้งบิตพาริตี้ด้วย ถ้ากำหนดพาริตี้ไว้เป็นคู่แต่อ่านค่าตัวเลขในการนับออกมาได้ตัวเลขเป็นคี่ ทางภาครับจะแจ้งข้อผิดพลาดให้ผู้ใช้ทราบ นับเป็นการตรวจสอบความผิดพลาดของการถ่ายทอดข้อมูลที่ง่ายที่สุด แต่จะเชื่อถือได้เมื่อบิตข้อมูลที่ทำการส่งผิดพลาดเพียงบิตเดียวเท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ส่งมีบิตที่ผิดพลาดมากกว่า 1 บิต การตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะไม่ได้ผล สำหรับการตั้งพาริตี้บิตเป็น NONE นั้นทั้งภาครับและภาคส่ง จะไม่มีการตรวจสอบพาริตี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงบิตพาริตี้ของข้อมูล

ข้อมูล	บิตพาริตี้คู่	บิตพาริตี้คี่
0000 0000	0	1
0000 0001	1	0
0000 0010	1	0
0000 0011	0	1
0000 0100	1	0
1111 1110	1	0
1111 1111	0	1

คอมพิวเตอร์ในรุ่น AT เกือบทั้งหมดจะใช้ UART เบอร์ 16450 และ 16550 ส่วนคอมพิวเตอร์ในรุ่น XT ใช้ UART เบอร์ 3250 UART ชิพเหล่านี้มีระดับแรงดันเป็นแบบทีทีแอล (0 และ +5 V) แต่เพื่อให้มีแรงดันเป็นไปตามมาตรฐาน RS-232 และเพื่อให้การรับส่งข้อมูลสามารถทำได้ที่ระยะทางไกลมากขึ้น ระดับแรงดันทีทีแอลจะถูกแปลงเป็นระดับแรงดันที่สูงขึ้น โดยลอจิก " 0 " มีระดับแรงดัน +3 V ถึง +12 V ในขณะที่ลอจิก "1" มีระดับแรงดัน -3 V ถึง -12 V

3.1.3 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS - 232

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยมาตรฐาน RS - 232 ในอดีตนั้นถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนี้สื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดซึ่งอยู่ห่างไกลกัน โดยคณะกรรมการที่เรียกว่า สมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association : EIA) ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า EIA RS-232 มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเน็กเตอร์เป็นแบบ DB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดของสายสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต มีระดับสัญญาณตั้งแต่ -3 V ถึง -12 V แสดงว่ามีข้อมูล (Mark) และ +3 V ถึง +12 V แสดงว่าเป็นช่องว่าง (Space)

มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment : DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data Circuit Terminating : DCE) ไว้ว่าอุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัวเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่านมาตรฐาน RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE อย่างหนึ่งที่เห็นได้ชัดคือ คอนเน็กเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็กเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเน็กเตอร์ที่อยู่ที่โมเด็มจะเป็นแบบ DCE

สำหรับการใช้งานคอมพิวเตอร์ พอร์ตอนุกรม RS-232 มักถูกใช้เชื่อมต่อกับโมเด็มหรือเมาส์ โดยสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความยาวของสายส่งสัญญาณสูงสุดถึง 20 เมตร

3.1.4 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 จะใช้คอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 ตัวผู้หรือ DB-9 ตัวผู้ ซึ่งคอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้นเช่นเดียวกับคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่น ๆ ที่เคยใช้ในอดีต ปัจจุบันมีการใช้งานไม่มากนัก จึงถูกยกเลิกไป โดยแสดงรูปร่างและตำแหน่งขาใน ภาพที่ 3.3

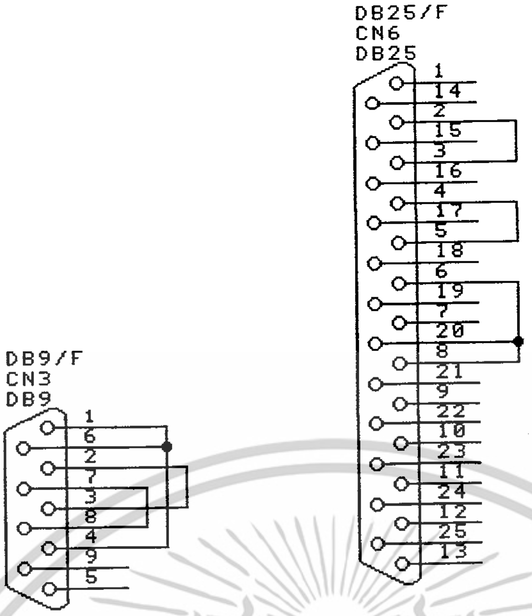
สำหรับการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกดังแสดงในภาพที่ 3.4 ลูกศรในรูปแสดงถึงทิศทางของข้อมูล ในภาพที่ 3.4 (ก) เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null modem หรือการเชื่อมต่อโดยตรงโดยไม่ต้องผ่านโมเด็ม โดยมีการตรวจสอบหรือแฮนด์เช็กเต็มรูปแบบ ส่วนภาพที่ 3.4 (ข) เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null modem ในลักษณะที่ใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น โดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูล อีกเส้นสำหรับรับข้อมูล และเส้นสุดท้ายเป็นกราวด์ สำหับรายละเอียดหน้าที่การทำงานในแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม RS-232 มีดังนี้

การส่งสัญญาณพาห์จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลเช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติ ขานี้จะไม่ได้ถูกใช้งานมากนัก

• **Data Carrier Detect : DCD** หรืออาจเรียกว่า Carrier Detect : CD ขานี้จะแอกทีฟเมื่อมีการส่งสัญญาณพาห์จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลเช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติ ขานี้จะไม่ได้ถูกใช้งานมากนัก

• **Receive Data :** RD หรือ RxD ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่อ่านได้เก็บไว้ในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์

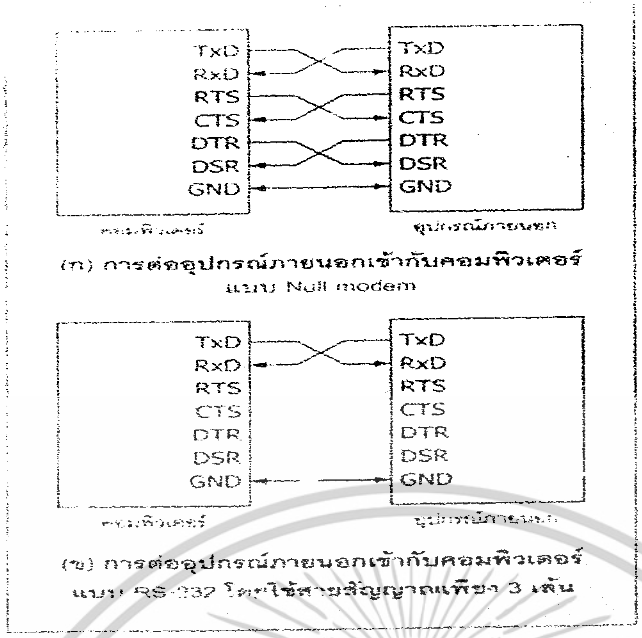
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DB-9 pins	DB-25 pins	Function
1	8	Carrier Detect
2	3	Received Data
3	2	Transmitted Data
4	20	Data Terminal Ready
5	7	Signal Ground
6	6	Data Set Ready
7	4	Request to Send
8	5	Clear to Send
9	22	Ring Indictor

ภาพที่ 3.3 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 ทั้งแบบ DB-9 และ DB-25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 การต่ออุปกรณ์ภายนอกกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ในลักษณะต่าง ๆ

• **Data Terminal Ready :** DTR เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่าต้องการติดต่อด้วย โดยขา DTR ของอุปกรณ์ปลายทางต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์ ถ้าใช้การเชื่อมต่อแบบ Null Modem ซึ่งใช้สายในการเชื่อมต่อเพียง 3 เส้น จะต้องต่อขา DTR และ DSR ของตัวมันเองเข้าด้วยกันและต้องต่อกับขา DCD ด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจสอบสัญญาณพาห์

• **Signal Ground :** GND กราวด์ระบบ

• **Data Set Ready :** DSR ขานี้จะใช้คู่กับขา DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งขา DSR นี้จะเป็นขาสำหรับรับข้อมูลจากภายนอก ซึ่งถูกส่งมาจากขา DTR

• **Request To Send :** RTS เป็นขาสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS ก็คือขา CTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ Null Modem จะต้องเชื่อมต่อขา RTS และ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน เพื่อจะให้การรับและส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา

• **Clear To Send :** CTS ขานี้จะคอยรับสัญญาณจากขา RTS เมื่อรับสัญญาณได้ ข้อมูลที่ขา TxD จะถูกส่งออกไป ดังนั้นขานี้จึงถูกใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

• **Ring Indication :** RI ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้สายนี้ก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็มและโปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณนี้เท่านั้น

UART มาจากคำว่า Universal Asynchonous Receiver Transmitter ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั่นเอง สำหับการสื่อสารอนุกรมบนคอมพิวเตอร์แล้ว UART ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการสื่อสารอนุกรม

หน้าที่หลักของ UART คือทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัสแล้วส่งออกไป และทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายัง UART ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าสู่คอมพิวเตอร์ ซึ่งนอกจาก UART จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แล้วยังแจ้งข้อมูลอื่น ๆ ให้คอมพิวเตอร์ทราบด้วย เช่น อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล (บอดเรต), รูปแบบการส่งข้อมูล, ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล (ผิดพลาดจากพาริตี้, เฟรมข้อมูล, โอเวอร์รัน) เป็นต้น

3.1.5 ลักษณะสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของพอร์ต RS-232

สัญญาณเอาต์พุตที่ใช้ควบคุม (RTS และ DTS) และสัญญาณแสดงสถานะอินพุต (CTS, DSR และ DCD) ของพอร์ตอนุกรม RS-232 จะถูกกลับสถานะภายในตัว UART ส่วนสัญญาณข้อมูลทั้งภาคส่งและรับจะไม่ถูกกลับสถานะ UART จะให้ระดับสัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นแบบทีทีแอลเท่านั้น ดังนั้นเมื่อสัญญาณถูกส่งออกมาจาก UART จึงต้องส่งเข้าสู่วงจรขับเพื่อปรับระดับแรงดันให้ได้ระดับสัญญาณเป็นไปตามมาตรฐาน RS-232 ก่อนส่งออกไปยังคอมพิวเตอร์ สำหรับอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางก็จะต้องมีวงจรขับในลักษณะนี้เช่นเดียวกัน เพื่อให้ได้ระดับสัญญาณในระดับเดียวกัน แต่วงจรขับที่ใช้ทั้งภายในคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางนั้นจะถูกกลับสถานะ

3.1.6 แอดเดรสของพอร์ตอนุกรม

แอดเดรสพื้นฐานของพอร์ตอนุกรมมี 4 ตำแหน่งดังนี้คือ

COM1 : 3F8H

COM2 : 2F8H

COM3 : 3E8H

COM4 : 2E8H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงข้อมูลในแอดเดรส 0000 : 0411 H ที่ใช้แจ้งจำนวนพอร์ตอนุกรม

บิต 3	บิต 2	บิต 1	จำนวนพอร์ต
0	0	0	ไม่มีพอร์ตอนุกรม
0	0	1	มีพอร์ตอนุกรม 1 พอร์ต
0	1	0	มีพอร์ตอนุกรม 2 พอร์ต
0	1	1	มีพอร์ตอนุกรม 3 พอร์ต
1	0	0	มีพอร์ตอนุกรม 4 พอร์ต

เมื่อเริ่มเปิดเครื่องเพื่อใช้งานคอมพิวเตอร์ ไบออสภายในคอมพิวเตอร์จะทำการตรวจสอบแอดเดรสของพอร์ตอนุกรมทั้งหมด ถ้าไบออสตรวจพบแอดเดรสของพอร์ตอนุกรม ไบออสจะนำแอดเดรสที่ตรวจพบไปเก็บไว้ในหน่วยความจำขนาด 2 ไบต์ สำหรับพอร์ตอนุกรม COM1 จะเก็บไว้ที่แอดเดรส 0000 : 0400 H และ 0000 : 0401 H ส่วนตำแหน่งอื่น ๆ มีรายละเอียดดังนี้

COM2 = 0000 : 0402H – 0000 : 0403H

COM3 = 0000 : 0404H – 0000 : 0405H

COM4 = 0000 : 0406H – 0000 : 0407H

นอกจากนี้ที่หน่วยความจำแอดเดรส 0000 : 0411H ยังใช้สำหรับแสดงความจำของพอร์ตอนุกรมที่มีใช้อยู่ในคอมพิวเตอร์อีกด้วย โดยมีรายละเอียดดังแสดงใน ตารางที่ 3.5

3.2 คุณสมบัติทางเทคนิคที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เลือกใช้อ้างอิงเพื่อการเรียนรู้ และนำมาใช้กับงานควบคุมในที่นี้เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 ซึ่งมีหน่วยความจำภายในแบบ แฟลช (flash memory) ของPhilips Semiconductor ในอนุกรม P89C51Rx2 โดยจะเน้นไปที่เบอร์ P89C51RD2

สำหรับคุณสมบัติทางเทคนิคที่โดดเด่นของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 อนุกรมนี้มีดังต่อไปนี้

-เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิต ที่เข้ากันได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 พื้นฐานของอินเทล

-หน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นแบบแฟลช ทำให้สามารถลบและเขียนใหม่ได้ถึงหนึ่งหมื่นครั้ง จึงสามารถใช้งานในรูปแบบไมโครคอนโทรลเลอร์ชิปเดี่ยวไม่ต้องใช้หน่วยความจำภายนอก ส่งผลให้ยมารถใช้งานพอร์ตพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ขนาดของหน่วยความจำโปรแกรมสูงถึง 64 กิโลไบต์

-หน่วยความจำข้อมูลแรมภายในมีขนาด 1 กิโลไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-สามารถเขียนหรือโปรแกรมข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรมโดยไม่ต้องถอดไมโครคอนโทรลเลอร์ออกมาทำการโปรแกรมใหม่ หรือที่เรียกว่า การ**โปรแกรมในวงจร** หรือ **ในระบบ** (ISP : In-system programming) โดยภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีหน่วยความจำที่บรรจุโปรแกรมสำหรับเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรมหรือที่เรียกว่า **บูตรอม** (Boot ROM) ทำหน้าที่ส่วนนี้แรงดันที่ใช้ในโปรแกรมแบบ ISP ขึ้นอยู่กับเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2 ใช้แรงดันในการโปรแกรมได้ทั้ง +5v และ +12v โดยใช้แรงดัน +12v จะสามารถโปรแกรมได้ 1,000 ครั้ง และถ้าใช้แรงดัน +5v สามารถโปรแกรมได้ 10,000 ครั้ง

-ความถี่สัญญาณนาฬิกาสูงสุด 33 MHz ในกรณีทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกา 12 ลูกต่อแมชีนไซเกิล และ 20 MHz ในกรณีทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกาภายใน 6 ลูกต่อแมชีนไซเกิล

-P89C51RD2 ได้รับการกำหนดให้ทำงานในโหมดเบื้องต้นในโหมดสัญญาณนาฬิกา 6 ลูกต่อแมชีนไซเกิลสามารถเลือกเปลี่ยนเป็น 12 สัญญาณนาฬิกาต่อแมชีนไซเกิลได้

-ชุดคำสั่งและสถาปัตยกรรมพื้นฐานเหมือนกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของผู้ผลิตอื่น ไม่ว่าจะเป็น Intel, Siemens หรือ Dallas Semiconductor

-ขาพอร์ต 8 บิต จำนวน 4 พอร์ต เป็นแบบกึ่งสองทิศทาง (quasi-bidirectional) สามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตภาพที่ 3.6 โครงสร้างการทำงานพื้นฐานของ P89C51RD2

-มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์

-ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต 3 ตัว (ไทเมอร์ 0 , 1 และ 2)

-มีรีจิสเตอร์ตัวชี้ตำแหน่งข้อมูลหรือ DPTR 2 ตัว

-สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 7 ประเภท

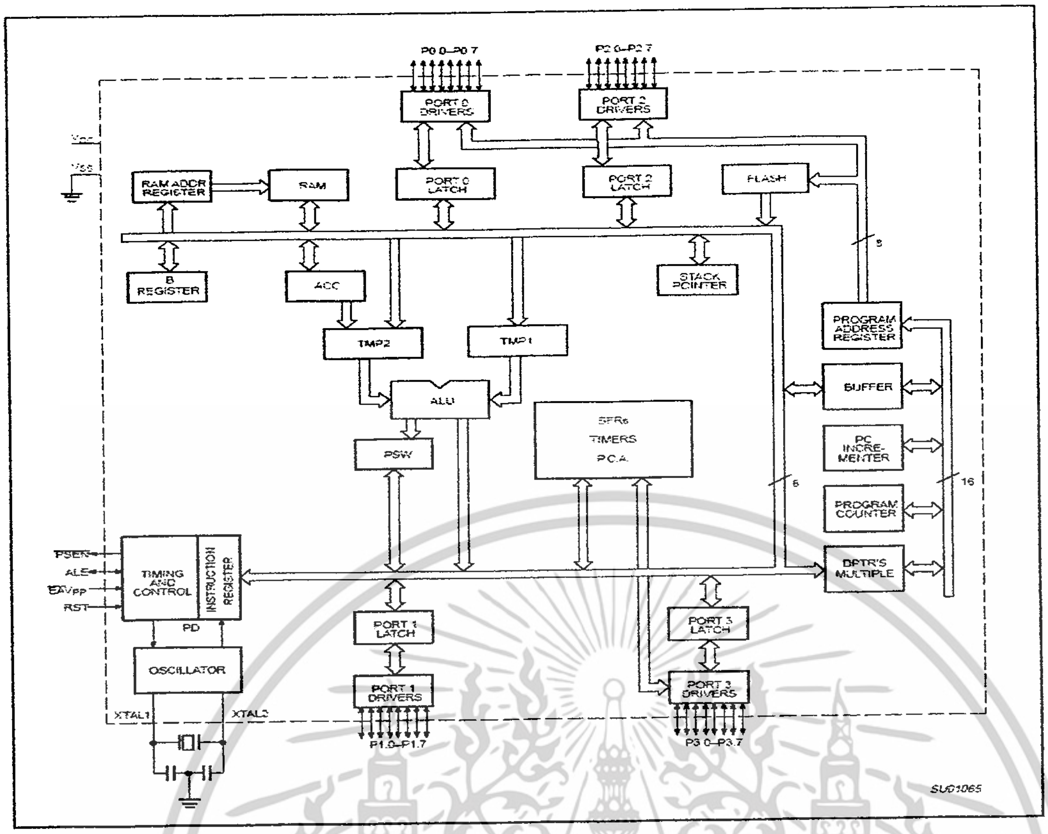
- กำเนิดนัยสำคัญของการตอบสนองอินเตอร์รัปต์ได้ 4 ระดับ

-สามารถติดต่อหน่วยความจำภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์

-มีวงจรวอตช์ด็อกไทเมอร์

-มีโมดูลวงจรนับโปรแกรมได้ (PCA : Programmable Counter Array) ซึ่งบรรจุวงจรตรวจจับสัญญาณ(capture), เปรียบเทียบสัญญาณ(compare), วงจรมอดูเลชั่นทางความกว้างพัลส์ (PWM) 5 โมดูลและวอตช์ด็อกไทเมอร์ (watchdogtimer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



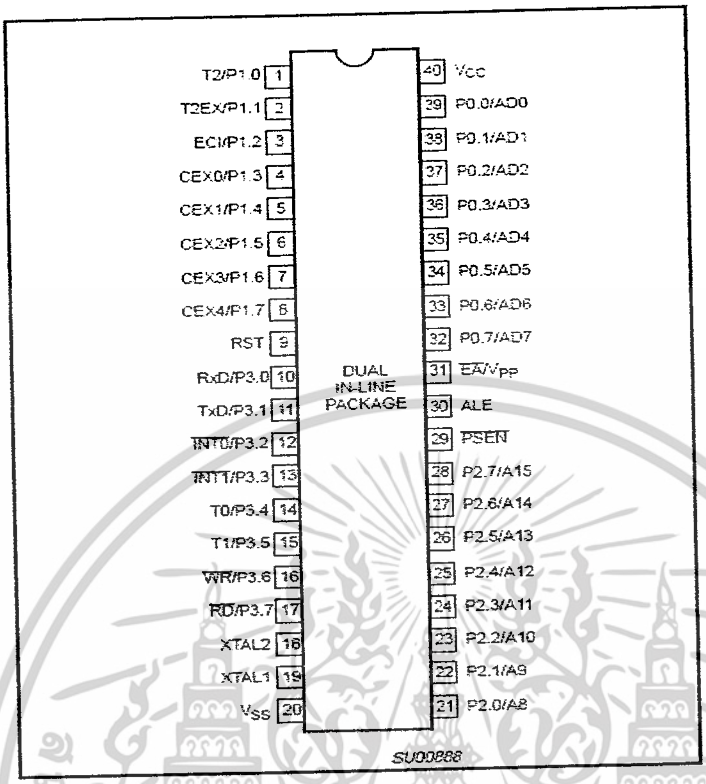
ภาพที่ 3.5 โครงสร้างการทำงานพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์

ในภาพที่ 3.5 เป็นโครงสร้างพื้นฐานของ P89C51D+ และ P89C51RD2 จะเห็นได้ว่าคล้ายคลึงกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 พื้นฐาน แต่มีส่วนประกอบที่เพิ่มขึ้น อาทิ หน่วยความจำเก็บโปรแกรมบูตรอมสำหรับทำการอ่าน - เขียนข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมแบบ ISP โมดูลวงจรนับแบบโปรแกรมได้ หรือ PCA (Programmable Counter Array)

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดเบื้องต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์ในอนุกรม P89C51Rx+ และ Rx2

เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์	หน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช	หน่วยความจำข้อมูลแรม	ความถี่สัญญาณนาฬิกาหลักที่ใช้งาน	
			โหมด 6 หลักสัญญาณนาฬิกา	โหมด 12 หลักสัญญาณนาฬิกา
P89C51RC+	32 กิโลไบต์	512 ไบต์	-	0-33MHz
P89C51RD+	64 กิโลไบต์	1 กิโลไบต์	-	0-33MHz
P89C51RB2	16 กิโลไบต์	512 ไบต์	0-20MHz	0-33MHz
P89C51RC2	32 กิโลไบต์	512 ไบต์	0-20MHz	0-33MHz
P89C51RD2	64 กิโลไบต์	1 กิโลไบต์	0-20MHz	0-33MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.6 แสดงการจัดขาของ P89C51RD2

ภายใน PCA นี้บรรจุ วอตช์ด็อกไทเมอร์ , วงจรตรวจจับสัญญาณหรือแคปเจอร์,วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ และวงจร PWM รวมถึงไทเมอร์ 2 (Timer2)

อย่างไรก็ตาม P89C51RD2 ต่างก็มีเบอร์อื่นๆที่อยู่ร่วมอนุกรมกัน ดังแสดงรายละเอียดเบื้องต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์ในอนุกรมนี้ของ philips ในตารางที่ 3.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกัน แต่ P89C51RD2 ที่ขาพอร์ต 1 คือ P1.0 - P1.7 จะมีความสามารถพิเศษเพิ่มเติม ดังในภาพที่ 3.6 และมีรายละเอียดขั้นต้น สรุปในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดเบื้องต้นของขาใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2

ชื่อขา	ขาที่	ชนิด	หน้าที่และการทำงาน
Vcc	40	อินพุต	ต่อไฟเลี้ยง +5v
GND	20	อินพุต	ต่อกราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดเบื้องต้นของขาใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD (ต่อ)

ชื่อขา	ขาที่	ชนิด	หน้าที่และการทำงาน
P0.0 - P0.7	39-32	อินพุต/เอาต์พุต	-ใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุต ถ้าต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของขาพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ทำให้มีสถานะลอย (float) อินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ - ใช้ในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7)และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้การมัลติเพล็กซ์เข้าช่วยเพื่อสลับการทำงานให้เป็นทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูลในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก
P1.0 - P1.7	1- 8	อินพุต/เอาต์พุต	-ใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป - เป็นขาสัญญาณของไทเมอร์ 2 และสัญญาณของโมดูล PCAดังรายละเอียดต่อไปนี้ T2 (P1.0 : ขา 1) เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทเมอร์ 2 และขาเอาต์พุตสัญญาณนาฬิกาโปรแกรมได้ T2EX (P1.1 : ขา 2) เป็นขาสำหรับควบคุมการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ECI (P1.2 : ขา 3) เป็นขาอินพุตสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกสำหรับโมดูล PCA CEX0 (P1.3 : ขา 4) เป็นขาอินพุตเอาต์พุตภายนอกวงจรตรวจจับและเปรียบเทียบสัญญาณสำหรับ PCA โมดูล 0 CEX1 (P1.4 : ขา 5) เป็นขาอินพุตเอาต์พุตภายนอกวงจรตรวจจับและเปรียบเทียบสัญญาณสำหรับ PCA โมดูล 1 CEX2 (P1.5 : ขา 6) เป็นขาอินพุตเอาต์พุตภายนอกวงจรตรวจจับและเปรียบเทียบสัญญาณสำหรับ PCA โมดูล 2 CEX3 (P1.6 : ขา 7) เป็นขาอินพุตเอาต์พุตภายนอกวงจรตรวจจับและเปรียบเทียบสัญญาณสำหรับ PCA โมดูล 3 CEX4 (P1.7 : ขา 8) เป็นขาอินพุตเอาต์พุตภายนอกวงจรตรวจจับและเปรียบเทียบสัญญาณสำหรับ PCA โมดูล 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดเบื้องต้นของขาใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD (ต่อ)

ชื่อขา	ขาที่	ชนิด	หน้าที่และการทำงาน
P2.0 -P2.7	21-28	อินพุต/เอาต์พุต	- ใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป - ใช้ติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15) เมื่อติดต่อด้วย
P3.0 -P3.7	10 -17	อินพุต/เอาต์พุต	- ใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป - ใช้เป็นขาพอร์ตหน้าที่พิเศษ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้ RxD (P3.0 : ขา 10) ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม TxD (P3.1 : ขา 11) ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับส่งมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม INT0 (P3.2: ขา 12) ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 INT1 (P3.3: ขา 13) ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 T0 (P3.4: ขา 14) ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0 T1 (P3.5: ขา 15) ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 WR (P3.6 : ขา 16)ใช้เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก RD (P3.6 : ขา 16)ใช้เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก
RESET	9	อินพุต	ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณลอจิก " 1 " อย่างน้อยเป็นเวลา 2 แมชีนไซเกิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างปกติ
ALE	30	เอาต์พุต	Address Latch Enableออกมาทุก ๆ แมชีนไซเกิล อย่างไนก็ตาม สามารถดิสเอเบิลสัญญาณพัลส์นี้ได้ โดยการเวตบิต 0 ของรีจิสเตอร์ AUXR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดเบื้องต้นของขาใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD (ต่อ)

ชื่อขา	ขาที่	ชนิด	หน้าที่และการทำงาน
PSEN	29	เอาต์พุต	Program Store Enable : ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อมต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้ง นอกจากนี้ยังใช้ประกอบในการอ่าน-เขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรมด้วยกระบวนการ ISP -สำหรับเบอร์ P89C51RD+ ให้ต่อขานี้ลงกราวด์ แล้วป้อนไฟ +12V (+0.5Vและ-0.5V) เข้าที่ขา EA/Vpp -สำหรับเบอร์ P89C51RD+ ให้ต่อขานี้ลงกราวด์, ป้อนลอจิก " 1 " เข้าที่ขา P2.7 และป้อนแรงดัน +5V เข้าที่ขา EA/Vpp
PSEN	29	เอาต์พุต	Program Store Enable : ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อมต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้ง นอกจากนี้ยังใช้ประกอบในการอ่าน-เขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรมด้วยกระบวนการ ISP -สำหรับเบอร์ P89C51RD+ ให้ต่อขานี้ลงกราวด์ แล้วป้อนไฟ +12V (+0.5Vและ-0.5V) เข้าที่ขา EA/Vpp -สำหรับเบอร์ P89C51RD+ ให้ต่อขานี้ลงกราวด์, ป้อนลอจิก " 1 " เข้าที่ขา P2.7 และป้อนแรงดัน +5V เข้าที่ขา EA/Vpp
EA/Vpp	31	อินพุต	External Access enable/Programming voltage input : ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ " 0 " เลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก "1" เลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายในนอกจากนี้ ที่ขานี้ยังใช้ขาอินพุตสำหรับขาอินพุตสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ - สำหรับเบอร์ P89C51RD+ ต้องการแรงดัน +12V (+5V,-5V) - สำหรับเบอร์ P89C51RD2 ต้องการแรงดัน +5V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดเบื้องต้นของขาใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD (ต่อ)

ชื่อขา	ขาที่	ชนิด	หน้าที่และการทำงาน
XTAL1	19	อินพุต	ขาอินพุตรับสัญญาณจากวงจรขยายออสซิลเลเตอร์ (ขา XTAL2) และจากภายนอกในการใช้งานปกติ ขานี้และขา XTAL2 คริสตอลและตัวเก็บประจุชดเชยค่าน้อยๆ
XTAL2	18	เอาต์พุต	ขาอินพุตรับสัญญาณจากวงจรขยายออสซิลเลเตอร์ (ขา XTAL2) และจากภายนอกในการใช้งานปกติ ขานี้และขา XTAL1 คริสตอลและตัวเก็บประจุชดเชยค่าน้อยๆ

3.2.1 การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชของ Philips เบอร์ P89C51RD2 มีหน่วยความจำในหลักๆอยู่ 3 ส่วนคือ หน่วยความจำโปรแกรม (program memory) ขนาด 64 กิโลไบต์, หน่วยความจำข้อมูล (data memory) 1 กิโลไบต์ และหน่วยความจำบูตรอม(boot ROM) ขนาด 1 กิโลไบต์มีแอดเดรสอยู่ที่ FC00H - FFFFH ซึ่งเก็บโปรแกรมการอ่าน - เขียนข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ในแบบ ISP อย่างไรก็ตามหากมีการใช้งานบูตรอม หน่วยความจำโปรแกรมจะสามารถเข้าถึงและทำงานได้ 63 กิโลไบต์ ก็สามารถทำได้ โดยการปิดและไม่ติดต่อกับบูตรอมนี้ อันจะส่งผลให้ไม่สามารถโปรแกรมหน่วยความจำแบบ ISP ในทางซอฟต์แวร์ได้ (ดูรายละเอียดได้ในดาต้าชีตของ P89C51RD2 ในหัวข้อ IAP: In-System Application Programming)

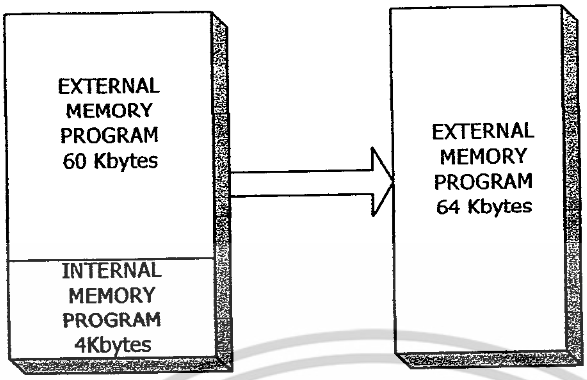
หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory)

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมจะเป็นที่เก็บชุดคำสั่งต่างๆ และข้อมูลที่โปรแกรมใช้งาน หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ (Internal Program Memory) และ หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (External Program Memory) ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ MCS-51 มีหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมได้ 4 Kbytes ซึ่งหน่วยความจำจะเป็นลักษณะของ ROM ในการใช้งานเราสามารถเก็บโปรแกรมเข้าในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ ทำให้ประหยัดการใช้หน่วยความจำภายนอก

การติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมที่อยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์หรือโปรแกรมที่เก็บอยู่ภายนอกก็ได้ โดยมีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 64 Kbytes การเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรม สามารถเลือกใช้งานได้ 2 ลักษณะคือ เลือกใช้หน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีอยู่ 4 Kbytes รวมกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำภายนอกอีก 60 Kbytes หรือเลือกใช้หน่วยความจำภายนอกทั้งหมด 64 Kbytes ก็ได้ ดังแสดงในภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2

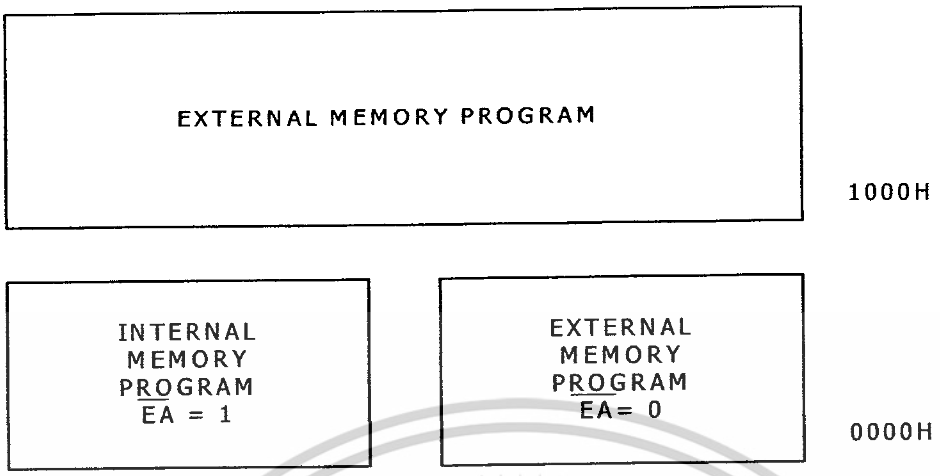
สำหรับหน่วยความจำข้อมูล 1 กิโลไบต์นั้นแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

หน่วยความจำข้อมูลแรมส่วนล่าง 128 ไบต์ มีแอดเดรสอยู่ที่ 00H - 7FH สามารถเข้าถึงได้ทั้งแบบโดยตรงและแบบโดยอ้อม หน่วยความจำส่วนนี้เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

หน่วยความจำข้อมูลแรมส่วนบน 128 ไบต์ มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H - FFH เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษหรือ SFR (Special Function Register) สามารถเข้าถึงได้ ในขณะเดียวกันยังเป็นพื้นที่เก็บข้อมูลโดยสามรถเข้าถึงได้ทางอ้อมเท่านั้น ซึ่งหน่วยความจำในส่วนนี้มีลักษณะเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC-51 พื้นฐานทุกประการ

การจัดหน่วยความจำโปรแกรมเมื่อได้จำนวนตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรมทั้งหมดคือ 64 Kbytes (ตำแหน่ง 0000H ถึง FFFFH) หน่วยความจำโปรแกรมที่อยู่ในตัว MCS-51 มี 1 Kbytes (ตำแหน่ง 0000H ถึง 0FFFH) ในการใช้งานเรากำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือภายนอกก็ได้ โดยการควบคุมสัญญาณที่ขา EA (External Access) หากทำให้ EA เป็น “0” เป็นการใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก การเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมจะทำได้เฉพาะหน่วยความจำในตำแหน่ง 0000H – 0FFFH ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ซ้อนกันระหว่างความจำภายในกับหน่วยความจำภายนอกเท่านั้น หากโปรแกรมอยู่ในตำแหน่งที่เกินกว่า 0FFFH ขึ้นไปไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกอัตโนมัติไม่ว่าสัญญาณที่ขา EA จะมีค่าเป็น “0” หรือ “1” ก็ตามการจัดหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ MCS-51 จะเป็นดังภาพที่ 3.8

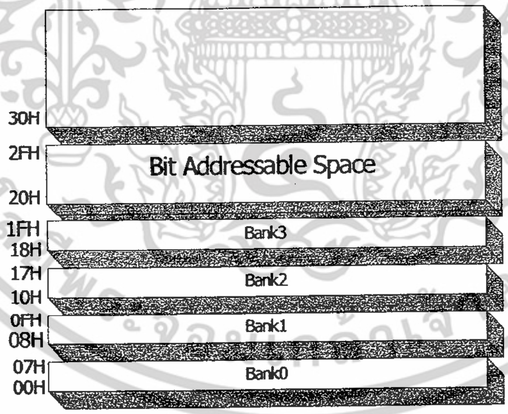
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.8 การจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมของ MCS-51

3.2.2 หน่วยความจำข้อมูลภายใน (Internal Data Memory)

พื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายใน 128 ไบต์ ภายในที่ตำแหน่ง 00H - 7FH ยังสามารถแบ่งออกเป็นส่วนย่อยได้ดังแสดงในภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 การจัดแบ่งหน่วยความจำข้อมูลภายใน

3.2.2.1 พื้นที่ในตำแหน่ง 00H - 1FH

จำนวน 32 ไบต์จะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มเรียกว่า แบงค์ (Bank) ในแต่ละแบงค์มี 8 ตำแหน่งดังแสดงในภาพที่ 3.9 พื้นที่ในแต่ละแบงค์ถูกใช้เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป (รีจิสเตอร์ R0-R7) โดย R0 อยู่ในตำแหน่งแรกของแบงค์ และ R7 อยู่ในตำแหน่งสุดท้ายของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบงค์ ในการใช้งานจะมีรีจิสเตอร์ R0 - R7 อยู่ชุดเดียวแต่เราสามารถกำหนดการเลือกใช้พื้นที่ของรีจิสเตอร์ R0 - R7 ในแบงค์ต่างๆ ได้ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ R0-R7 ในแบงค์ต่างๆ

รีจิสเตอร์แบงค์	รีจิสเตอร์	ตำแหน่ง
0	R0 - R7	00 - 07
1	R0 - R7	08 - 0F
2	R0 - R7	10 - 17
3	R0 - R7	18 - 1F

การเลือกตำแหน่งที่ใช้งานของรีจิสเตอร์ R0 - R7 จะกำหนดจากบิต RS0 และ RS1 ที่อยู่ในตัวรีจิสเตอร์ PSW ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

3.2.2.2 พื้นที่ในตำแหน่ง 20H - 2FH

เป็นส่วนที่สามารถใช้งานในลักษณะไบต์หรือบิตได้ คือ เราสามารถอ้างตำแหน่งแบบบิตได้โดยตรง ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 128 บิต ตำแหน่งของบิต คือ 7FH การใช้การอ้างตำแหน่งแบบบิตจะทำให้การทำงานได้รวดเร็วขึ้น ซึ่งเป็นคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่ถูกออกแบบมาเพื่องานควบคุมโดยเฉพาะ ตำแหน่งต่างๆ ของแสดงใน ตารางที่ 3.7

3.2.3 หน่วยความจำข้อมูลภายนอก (External Data Memory)

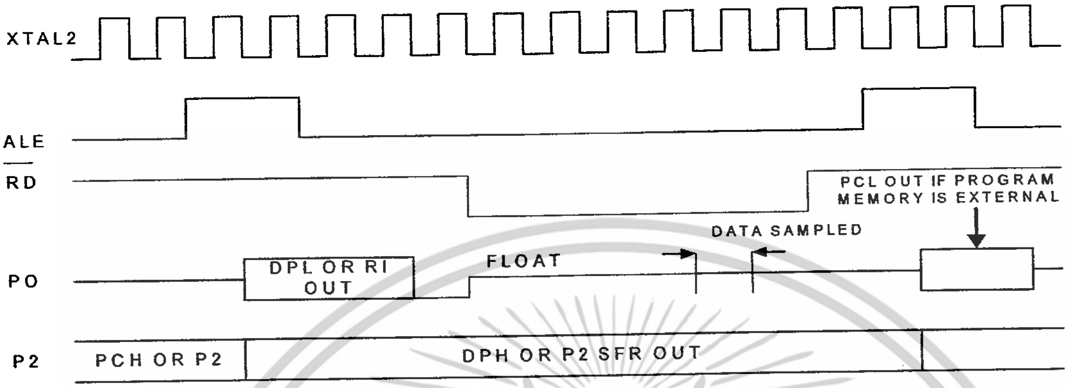
ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64 Kbytes เพิ่มเติมจากหน่วยความจำข้อมูลที่อยู่ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเราจะต่อหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเมื่อเราต้องการใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลในขณะที่โปรแกรมที่งานจำนวนมาก ตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะอยู่ที่ 0000H - FFFFH ในการใช้งานเราสามารถแบ่งส่วนหนึ่งของพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายนอกมาใช้เป็นพอร์ตอินพุตหรือ พอร์ตเอาต์พุตก็ได้

3.2.3.1 การต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

การติดต่อรับส่งข้อมูลกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก สัญญาณต่างๆที่ใช้ติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะมี P0, P2, RD, WR โดยพอร์ต P0 จะเป็นสัญญาณตำแหน่งไบต์ต่ำหรือข้อมูล ส่วนพอร์ต P2 เป็นสัญญาณตำแหน่งไบต์สูงสัญญาณ RD เป็นสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลภายนอก จะแอคทีฟเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก ซึ่งเป็นการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลในตำแหน่งที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดโดยรีจิสเตอร์ DPTR มาเก็บไว้ที่รีจิสเตอร์ A สัญญาณ WR เป็นสัญญาณควบคุมการบันทึกข้อมูลลงในหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะแอคทีฟเมื่อ ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการบันทึกข้อมูลลงในหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ไดอะแกรมเวลาของการอ่านข้อมูลและบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำข้อมูลภายนอก แสดงดังภาพที่ 3.10

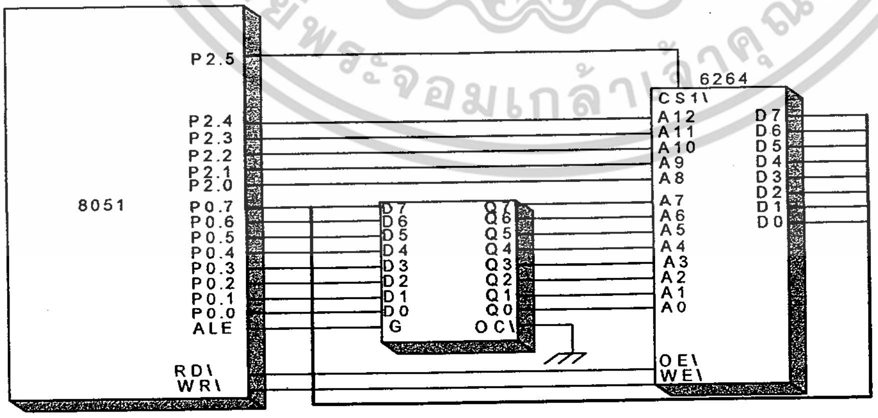


a) External Data Memory Read Cycle

b) External Data Memory Write Cycle

ภาพที่ 3.10 ไดอะแกรมเวลาของการอ่านและบันทึกข้อมูลกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

หน่วยความจำข้อมูลภายนอกที่เรานำมาใช้ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 นั้นส่วนใหญ่จะใช้ RAM แบบสแตติกเช่นเบอร์ 6264 ตัวอย่างการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก RAM 6264 แสดงดังภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 การต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับ RAM 6264

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 3.11 สัญญาณ RD ของไมโครคอนโทรลเลอร์จะต่อกับขา OE ของ RAM และ WR จะต่อกับ WE ของ RAM สัญญาณกำหนดตำแหน่งของหน่วยความจำจะนำมาจากพอร์ต P0 และพอร์ต P2 สัญญาณข้อมูลจะนำมาจากพอร์ต P0 การต่อกับ RAM จะมีลักษณะคล้ายกับการต่อกับ EPROM หากต้องการต่อ RAM มากกว่า 1 ตัวใช้ไอซี 74LS138 เป็นตัวถอดรหัสตำแหน่งของ RAM แต่ละตัวเช่นเดียวกับการต่อกับ EPROM

3.2.4 ความเร็วในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2

นอกจาก Philips จะทำการพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรมนี้ขึ้นเพื่อรองรับการโปรแกรมแบบ ISP และขนาดของหน่วยความจำแบบแฟลชที่สูงถึง 64 กิโลไบต์ แล้วยังได้พัฒนาเรื่องของความเร็วในการทำงานด้วย โดย P89C51RD2 ถูกกำหนดให้ทำงานได้เร็ว 6 ไซเกิลสัญญาณนาฬิกาภายในต่อ 1 แมชีนไซเกิลซึ่งเรียกว่าเร็วกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มาตรฐาน 2 เท่า แต่ก็สามารถลดความเร็วให้เท่ากับแบบมาตรฐานได้ด้วยการโปรแกรมแบบขนาน (Parallel programming) ซึ่งต้องใช้เครื่องโปรแกรมภายนอก อาทิ ALL- 11 ของ Hi-Lo Systems เป็นต้น แต่เมื่อลดความเร็วลงแล้ว จะไม่สามารถเปลี่ยนกลับมาได้อีก นั่นคือ สามารถเปลี่ยนความเร็วได้เพียงครั้งเดียว

ในการทำงาน 1 รอบหรือ 1 แมชีนไซเกิล ซีพียูในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มาตราฐานใช้เวลา 12 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา นั่นคือที่สัญญาณนาฬิกา 12 MHz เวลาในการทำงาน 1 ไซเกิลมีค่าเท่ากับ 1 us หรือมีความเร็วในการทำงานภายใน 1 MHz ดังนั้นถ้าต้องการทราบความเร็วของการทำงานภายในสามารถหาได้จากค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาหารด้วย 12 และถ้าต้องการหาค่าเวลาของ 1 รอบการทำงานหรือ 1 แมชีนไซเกิล ทำได้โดการหาส่วนกลับของความเร็วในการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่เนื่องจาก P89C51RD2 มีความเร็วกว่าปกติเป็น 2 เท่า จึงสามารถสรุปเป็นสูตรหาความเร็วในการทำงานใหม่ได้ดังนี้

ความเร็วในการทำงานภายใน = ความถี่สัญญาณนาฬิกา (ค่าคริสตอลที่ขา XTAL1 และ XTAL2) /6

เวลาใน 1 แมชีนไซเกิล = 1 / ความเร็วในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

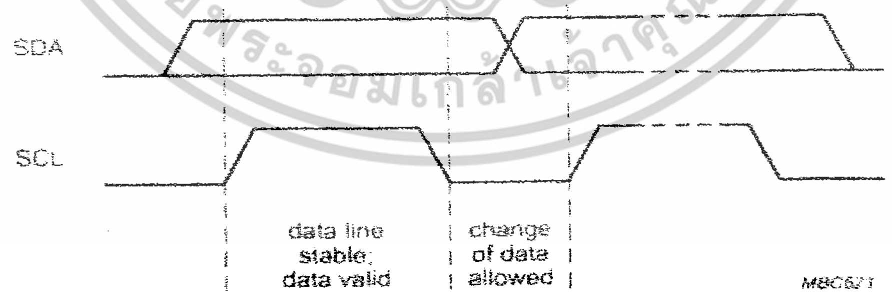
3.3 ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของบัส I^2C

I^2C ย่อมาจาก Inter - IC Communication หมายถึงการติดต่อสื่อสารระหว่างไอซี การสื่อสารข้อมูลด้วยระบบ I^2C บัสเป็นอีกมิติหนึ่งของการสื่อสารด้วยจุมุ่งหมายหลักคือ ต้องการให้ไอซีหรือโมดูลสามารถติดต่อ สั่งงาน และควบคุมภายใต้สายสัญญาณเพียง 2 เส้น โดยสายที่ใช้สื่อสารนี้ คือ SDA ซึ่งเป็นสายสัญญาณข้อมูล และ SCL ซึ่งเป็นสายสัญญาณนาฬิกาที่ใช้กำหนดจังหวะการทำงาน โดยสัญญาณทั้ง 2 เส้นนี้สามารถต่อเข้ากับอุปกรณ์ได้มากกว่า 1 ตัว ซึ่งทำได้ง่ายเพียงต่อสายข้อมูลและสายสัญญาณนาฬิกาของอุปกรณ์แต่ละตัวขนาน หรือพ่วงกันไปซึ่งทำให้การใช้งานมีประสิทธิภาพ ส่วนการกำหนดแอดเดรสหรือตำแหน่งสำหรับติดต่ออุปกรณ์แต่ละตัวจะใช้รหัสข้อมูลและการกำหนดสภาวะลอจิกที่ขาแอดเดรสของอุปกรณ์แต่ละตัว

คุณสมบัติทั่วไปคือสาย SDA หรือสายข้อมูลอนุกรม และสาย SCL ต้องมีการต่อตัวต้านทานพูลอัปกับแรงดัน +5v ไว้ตลอดเวลา เพื่อให้สายมีสถานะลอจิกสูงในขณะที่ไม่เกิดการติดต่อใช้งานทั้งยังช่วยในการป้องกันสัญญาณรบกวนที่อาจมีเข้ามาในสายสัญญาณทั้งสอง บัส I^2C มีอัตราการถ่ายทอดข้อมูลสูงถึง 100 กิโลบิตต่อวินาทีในโหมดปกติ และสูงถึง 400 กิโลบิตต่อวินาทีในโหมดความเร็วสูง อุปกรณ์ที่ต่อร่วมอยู่บนบัส I^2C จะต้องมีค่าความจุไฟฟ้ารวมที่เกิดขึ้นระหว่างสาย SDA และ SCL ไม่เกิน 400 pF การเข้าถึงอุปกรณ์บนบัส I^2C ใช้ข้อมูลสำหรับการเข้าถึง 2 ค่า คือ 7 บิต (7 - bit addressing) หรือ 10 บิต (10 - bit addressing)

Bit Transfer

ข้อมูล 1 บิตจะถูกส่งออกไปด้วยช่วงเวลา 1 CLOCK โดยข้อมูลที่สาย SDA จะต้องคงที่ในขณะที่ CLOCK เป็นลอจิก 1

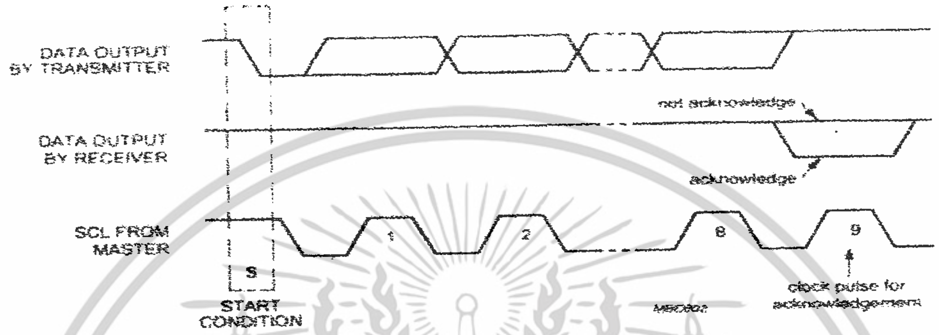


ภาพที่ 3.12 แสดง Timing Diagram ของ Bit Transfer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Start and Stop Conditions

ทั้งสายสัญญาณ SDA และสายสัญญาณ SCL ถ้าอยู่ในสถานะไม่ BUSY จะเป็นลอจิก 1 การเปลี่ยนแปลงจากลิจิก 1 เป็นลอจิก 0 ของสายสัญญาณ SDA ขณะที่สายสัญญาณ SCL เป็น 1 เรียกว่าการกำหนดเงื่อนไข START แต่การเปลี่ยนแปลงจาก 0 เป็น 1 ของสายสัญญาณ SDA ในขณะที่สายสัญญาณ SCL เป็น 1 เรียกว่าการกำหนดเงื่อนไข STOP



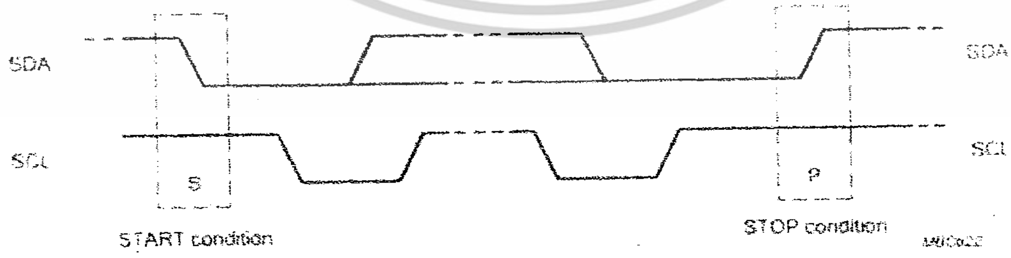
ภาพที่ 3.13 แสดง Timing Diagram ของ Start and Stop Conditions

System configuration

อุปกรณ์ที่ส่งข้อมูลเรียกว่า TRANSMITTER ส่วนอุปกรณ์ที่รับข้อมูลเรียกว่า RECEIVER และ อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมทิศทางการสื่อสารข้อมูลเรียกว่า MASTER และอุปกรณ์ที่ถูกควบคุมจาก MASTER เรียกว่า SLAVE

Acknowledge

จำนวนไบต์ของข้อมูลที่ถูกส่งระหว่างตัวรับและตัวส่งมีได้ไม่จำกัด ซึ่งเมื่อส่งข้อมูลครบ 1 ไบต์จะต้องส่งบิท ACK ตามออกไป 1 บิท



ภาพที่ 3.14 แสดง Timing Diagram ของ Acknowledge

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การเขียนโปรแกรม Visual Basic เพื่อติดต่อพอร์ตอนุกรมและ MSComm.

คอมพิวเตอร์ในรุ่น AT เกือบทั้งหมดใช้ไอซี UART เบอร์ 16450 และ 16550 ส่วนคอมพิวเตอร์ในรุ่น XT1 ใช้ไอซี UART เบอร์ 8250 ไอซี UART เหล่านี้มีแรงดันของลอจิกเป็นแบบทีทีแอล (+5 V) แต่เพื่อให้แรงดันเป็นไปตามมาตรฐาน RS-232 และเพื่อให้การรับส่งข้อมูลเป็นไประยะไกลมากขึ้น ระดับแรงดันทีทีแอลจะถูกเปลี่ยนเป็นระดับแรงดันที่สูงขึ้น

ตารางที่ 3.6 แสดงการจัดขาสัญญาณของพอร์ตอนุกรม และหน้าที่การทำงานโดยลอจิก “0” จะมีระดับแรงดัน -3 V ถึง -12 V และ ลอจิก “1” จะมีระดับแรงดัน 3 V ถึง 12 V

คอนเน็กเตอร์ DB-9	คอนเน็กเตอร์ DB-25	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
1	8	Data Carrier Detect : DCD	Input
2	3	Reciever Data : RxD	Input
3	2	Transmitted Data : TxD	Output
4	20	Data Terminal Ready : DTR	Output
5	7	Signal Ground : GND	-
6	8	Data Set Ready : DSR	Input
7	4	Request To Send : RTS	Output
8	5	Clear To Send : CTS	Input
9	22	Ring Inductor : RI	Input

การเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic เพื่อติดต่อพอร์ตอนุกรมและ MSComm คอนโทรล MSComm

สำหรับการใช้งาน Visual Basic 1 ตั้งแต่เวอร์ชั่น 2 เป็นต้นมาใน Visual Basic จะมีคัสตอมคอนโทรลสำหรับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์มาให้ โดยใน Visual Basic เวอร์ชั่น 2 และ เวอร์ชั่น 3 จะใช้ชื่อว่า MSCOMM.VBX ส่วนเวอร์ชั่น 4 จะใช้ชื่อว่า MSCOMM16.OCX สำหรับการทำงานกับระบบปฏิบัติการ 32 บิต สำหรับใน Visual Basic เวอร์ชั่น 5 จะมีเพียง MSCOMM32.OCX เท่านั้น เพราะถูกออกแบบมาให้ใช้งานกับระบบ 32 บิต MSComm จัดเตรียมทางเลือกเอาไว้ 2 ทาง เพื่อความสะดวกในการสื่อสารข้อมูล ทางแรก คือ

การสื่อสารข้อมูลที่กระตุ้นด้วยเหตุการณ์ (Even-Driven Communications) เป็นรูปแบบการใช้งานที่มีประสิทธิภาพมากสำหรับการตอบสนองแบบทันทีทันใด เช่น เมื่อตัวอักษรถูกส่งมาที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ตอนุกรม หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ขา Data Carrier Detect: DCD หรือขา Request To Send : RTS เหตุการณ์ ONCOMMของ MSCOMM จะสามารถตรวจจับสัญญาณนั้นได้ทันที ซึ่งจะกล่าวถึงในรายละเอียดหัวข้อคุณสมบัติ CommEvent ต่อไป ส่วนทางเลือกที่สองเป็นการคอยตรวจสอบหาค่าเหตุการณ์ และความผิดพลาดที่เกิดขึ้นด้วยการดูค่าที่เปลี่ยนแปลงภายในคุณสมบัติ CommEvent หลังจากให้โปรแกรมทำงานตามฟังก์ชันต่างๆ ไปเรียบร้อยแล้ว ซึ่งวิธีนี้ใช้งานได้ดีในโปรแกรมที่มีขนาดเล็ก

คอนโทรล MSComm 1 ตัวสามารถควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรมได้ 1 พอร์ต ถ้าในโปรแกรมที่ใช้งานต้องการติดต่อกับพอร์ตอนุกรมมากกว่า 1 พอร์ตจะต้องใช้คอนโทรล MSComm มากกว่า 1 ตัว เพื่อควบคุมพอร์ตอนุกรมในแต่ละพอร์ต แอดเดรสของพอร์ตอนุกรมและแอดเดรสของการอินเตอร์รัปต์สามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการแก้ไขค่าที่ Control Panel

ถึงแม้ว่าคอนโทรล MSComm จะมีคุณสมบัติ (Property) มากมายหลายตัว แต่สามารถทำความเข้าใจได้ไม่ยาก ดังนี้

CommPort

ใช้ในการกำหนดและอ่านค่าพอร์ตอนุกรมที่ติดอยู่ (COM1, COM2, COM3, COM4)

รูปแบบการใช้งาน

object.CommPort = [value]

โดย Value เป็นค่าของพอร์ตอนุกรม ชนิดของข้อมูลเป็น Integer ค่า Value สามารถกำหนดได้ในช่วง 1 - 16 (ค่าเริ่มต้นไว้ที่ 1) เมื่อมีการกำหนดค่าแล้วทำการเปิดพอร์ตโดยใช้คุณสมบัติ PortOpen แต่ว่าพอร์ตนั้นไม่มีอยู่ในระบบ MSCOMM จะสร้างสัญญาณแสดงข้อผิดพลาด Error 68 ขึ้นมา ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ตัวนั้นไม่มีอยู่ในระบบ ดังนั้นการเขียนโปรแกรมจึงจำเป็นจะต้องกำหนดตำแหน่งของพอร์ตอนุกรมก่อนที่ใช้ คุณสมบัติ PortOpen

Setting

ใช้ในการกำหนด และอ่านค่าอัตราบอด , พาริตี้ , จำนวนของบิตข้อมูล , จำนวนบิตปิดท้าย

รูปแบบการใช้งาน

object.Settings = [value]

ค่า Value มีชนิดข้อมูลเป็นแบบ String มีรูปแบบเป็น “BBBB,P,D,S” โดย BBBB เป็นอัตราบอด , P เป็น พาริตี้ , D เป็นจำนวนบิตข้อมูล และ S เป็นจำนวนบิตปิดท้าย โดยปกติแล้วค่านี้จะถูกกำหนดไว้เป็น “9600,N,8.1”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PortOpen

ใช้ในการกำหนด และอ่านค่าสถานะของพอร์ตอนุกรม เพื่อเปิดและปิดพอร์ตอนุกรม

รูปแบบการใช้งาน

object.PortOpen = [value]

ค่า Value มีชนิดข้อมูลเป็นแบบบูลีน คือ True กับ False โดย True จะหมายถึง การเปิดพอร์ตอนุกรม และ False จะหมายถึง การปิดพอร์ตอนุกรม สำหรับการปิดพอร์ตนั้นจะมีการเคลียร์บัฟเฟอร์รับข้อมูลและบัฟเฟอร์ส่งข้อมูลด้วย คอนโทรล MSComm จะปิดพอร์ตอนุกรมโดยอัตโนมัติเมื่อออกจากโปรแกรม ก่อนที่จะใช้คุณสมบัติ PortOpen ต้องตรวจสอบให้แน่ใจก่อนว่าคุณสมบัติ PortOpen นั้นได้ทำการกำหนดตำแหน่งของพอร์ตอนุกรมไว้ถูกต้องหรือไม่ มิเช่นนั้น MSComm จะแสดงข้อผิดพลาด Error 68 แจ้งแก่ผู้ใช้

ถ้าคุณสมบัติ DRTTEnable หรือ RTSEnable จะถูกเซตเป็น False หลังจากปิดพอร์ต แต่ถ้าเซตเป็น False หลังจากปิดโปรแกรมแล้วค่าที่กำหนดไว้จะเป็นค่าเดิม

Input

อ่านค่า และลบค่าขบวนข้อมูลจากบัฟเฟอร์ภาครับ

รูปแบบการใช้งาน

object.Input

คุณสมบัติ InputLen เป็นตัวกำหนดจำนวนตัวอักษรที่จะอ่านโดยคุณสมบัติ Input การกำหนดค่าให้ InputLen เท่ากับ 0 เป็นการกำหนดให้คุณสมบัติ Input ทำการอ่านข้อมูลในบัฟเฟอร์รับข้อมูลทั้งหมด

คุณสมบัติ InputMode เป็นตัวกำหนดชนิดของข้อมูลที่ คุณสมบัติ Input รับเข้ามา ถ้า InputMode ถูกกำหนดเป็น comInputModeText คุณสมบัติ Input จะส่งค่าข้อมูลกลับมาในรูปแบบของข้อความชนิดข้อมูลแบบเป็น Variant ถ้า InputMode กำหนดเป็น comInputModeBinary คุณสมบัติ Input จะส่งค่าข้อมูลกลับมาในรูปของไบนารี่ และข้อมูลเป็นแบบ Variant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Output

ใช้ในการส่งขบวนของข้อมูลไปยังพัฟเฟอร์ส่งข้อมูล

รูปแบบการใช้งาน

object.Output = [value]

ค่า Value เป็นค่าของตัวอักษรที่เขียนไปยังบัฟเฟอร์ส่งข้อมูล คุณสมบัติ Output สามารถใช้ในการส่งข้อมูลตัวอักษรหรือข้อมูลไบนารี่ก็ได้ โดยการส่งข้อมูลเป็นรูปแบบตัวอักษรจะต้องกำหนดข้อมูลเป็นแบบ Variant และมีข้อมูลภายในเป็นแบบ String สำหรับการส่งข้อมูลไบนารี่ Variant จะมีข้อมูลภายในเป็นแบบ Byte

DTREnable

ใช้ในการอีเนเบิลขา Data Terminal Read (DTR) โดยสัญญาณของขา DTR จะส่งจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพื่อแสดงว่าคอมพิวเตอร์พร้อมที่จะรับข้อมูลแล้ว ชนิดของข้อมูลเป็นแบบ Boolean

รูปแบบการใช้งาน

object.DTREnable = [value]

เมื่อขา DTR ถูกกำหนดสถานะให้เป็น True ที่ขา DTR จะมีสถานะลอจิก “1” เมื่อทำการเปิดพอร์ตและจะมีสถานะเป็น “0” เมื่อมีการปิดพอร์ต เมื่อขา DTR ถูกกำหนดสถานะเป็น False ที่ขา DTR จะมีสถานะลอจิก “0” ตลอดเวลาไม่ว่าจะใช้คำสั่งเปิดหรือปิดพอร์ต

RTSEnable

ใช้สำหรับอันนาเบิลขา Request To Send (RTS) โดยขา RTS จะเป็นสัญญาณที่ส่งจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพื่อขอร้องส่งข้อมูล ชนิดของข้อมูลเป็นแบบ Boolean

รูปแบบการใช้งาน

object.RTSEnable = [value]

ค่า Value เป็นค่าสถานะ True หรือ False เพื่ออินาเบิล หรือดิสเอเบิลขา RTS โดย

True หมายถึง อีนาเบิลขา RTS

False หมายถึง ดิสเอเบิลขา RTS (เป็นปกติ)

เมื่อขา RTSEnable ถูกกำหนดให้เป็น True ขา RTS จะมีสถานะลอจิก “1” เมื่อเปิดพอร์ต และมีสถานะลอจิก “0” เมื่อปิดพอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EOFEnable

เป็นการกำหนดให้ MSComm รอสัญลักษณ์แสดงส่วนท้ายสุดของของไฟล์ (End of File: EOF) ระหว่างการรับอินพุตเข้ามา ถ้าพบสัญลักษณ์ EOF ภาคอินพุตจะหยุดรอรับข้อมูลและเหตุการณ์ OnComm จะถูกกระตุ้นให้ทำงานคุณสมบัติ CommEvent จะมีค่าเท่ากับ 7 หรือ ComEvEOF

รูปแบบการใช้งาน

object.EOFEnable = [value]

โดย Value เป็นค่าสถานะ True หรือ False เพื่ออีนาเบิล หรือดิสเอเบิลการทำงานของเหตุการณ์ Oncomm เมื่อตรวจพบสัญลักษณ์ EOF โดย

True หมายถึง เหตุการณ์ Oncomm จะถูกกระตุ้นให้ทำงานด้วย EOF

False หมายถึง เหตุการณ์ Oncomm จะไม่ถูกกระตุ้นให้ทำงานด้วย EOF (เป็นค่าปกติ)

เมื่อ EOFEnable กำหนดให้เป็น False ส่วนควบคุมจะไม่มีการตรวจสอบสัญลักษณ์

CTSHolding

ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบการทำงานของขา Clear To Sent (CTS) ได้ว่ามีสัญลักษณ์ลอจิก "0" หรือ "1" โดยค่าที่อ่านจะเป็นบูลีน True และ False ถ้าค่า CTSHolding เป็น True ขา CTS จะมีสถานะลอจิกเป็น "1" ถ้าค่า CTSHolding เป็น False ขา CTS จะมีสถานะลอจิกเป็น "0"

รูปแบบการใช้งาน

Object.CTSHolding

เมื่อขา CTS เป็นลอจิก "0" (CTSHolding = False) และเกิดไทม์เอาท์ คอนโทรล MSComm จะกำหนดให้คุณสมบัติ CommEvent มีค่าเป็น comEventCTSO (Clear To Send Timeout) และการกระตุ้นให้เกิดเหตุการณ์ Oncomm

เหตุการณ์ Oncomm

เหตุการณ์ Oncomm จะถูกสร้างขึ้นเมื่อค่าของคุณสมบัติ CommEvent มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อแสดงผลการเปลี่ยนแปลงเหล่านั้นแบบทันทีทันใด หรือแสดงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น

การใช้ MSComm เพื่อการติดต่อฮาร์ดแวร์

จากรายละเอียดของ MSComm ที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น จะเห็นได้ว่าวิธีการอ่านค่าหรือเขียนค่าไปยังขาสถานะและขาควบคุมของพอร์ตอนุกรมสามารถทำได้ง่าย โดยใช้คำสั่งดังนี้

DTREnable สำหรับสั่งให้ขา DTR มีลอจิก "0" หรือ "1"

RTSEnable สำหรับสั่งให้ขา RTS มีลอจิก "0" หรือ "1"

CTSHolding สำหรับอ่านค่าสถานะจากขา CTS ว่ามีลอจิก "0" หรือ "1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การเชื่อมต่อสัญญาณผ่านพอร์ตอนุกรม

วงจรขยายแบบอินสตรูเมนท์แบบพื้นฐาน (Basic instrumentation Amplifier) ค่าแรงดันเอาท์พุท V_0 จะขึ้นอยู่กับผลต่างของแรงดันอินพุท V_1 และ V_2 ถ้าแรงดันอินพุท V_1 และ V_2 มีค่าเท่ากัน จะได้ค่าแรงดันเอาท์พุท V_0 จะเท่ากับศูนย์ จะเรียกสัญญาณแรงดันอินพุท V_1 และ V_2 นี้ว่าสัญญาณร่วม(Common Mode Voltage) ความต้านทาน R_2 และ R_1 แต่ละคู่ในวงจรจะต้องมีค่าสมนัยกันมาก เพื่อที่จะให้อัตราขยายของวงจรต่อสัญญาณร่วมเท่ากับศูนย์จากวงจร ความต้านทานอินพุทของวงจนมีค่าที่ไม่สูง ซึ่งจะเป็นผลให้สัญญาณที่ส่งมาจากตัวตรวจวัด (Sensor) ผิดพลาดได้ เนื่องจากตัวตรวจวัดจะมีความต้านทานเอาท์พุทที่สูง เป็นวงจรขยายความแตกต่างที่เพิ่มวงจรตามศักดาหรือวงจรบัฟเฟอร์ (buffer) เข้ามายังส่วนหน้า วงจรนี้จะเรียกว่า วงจรขยายแบบอินสตรูเมนท์แบบพื้นฐาน (Basic Instrumentation Amplifier) วงจรจะกระทำได้โดยการแปรค่าความต้านทาน R_2 ทั้ง 2 ตัวในวงจร ซึ่งการแปรค่าความต้านทาน R_2 อาจจะมีผลทำให้อัตราการขยายร่วมของวงจรมีค่าไม่เป็นศูนย์ จึงได้มีการปรับปรุงวงจรขึ้นใหม่แสดง การแปรค่าอัตราขยายของวงจรจะแปรค่าความต้านทาน R_2 เพียงค่าเดียวโดยค่าอัตราการขยายของวงจรจะมีค่าเท่ากับ

$$V_0 = (1 + 2R_1/R_2)(V_2 - V_1)$$

3.6 ADC &DAC (PCF8591)

ในที่นี้เราจะมาศึกษาADC (Analog to Digital) & DAC (Digital to Analog) ซึ่งเราใช้เบอร์ PCF8591 ซึ่งเป็นเบอร์ที่มีทั้งADC 4 ช่องและ DAC 1 ช่อง ขนาด 8 บิท ในตัวเดียวกัน ซึ่งราคาเมื่อเทียบกับเบอร์อื่นก็ถือว่าอยู่ในราคาที่ถูก อีกทั้งเบอร์นี้จะใช้การติดต่อสื่อสารแบบ I^2C เราก็จะได้เรียนรู้เกี่ยวกับเรื่องนี้ด้วย เพราะฉะนั้นในชั้นนี้เราจึงได้ใช้เบอร์นี้ในการสอน ซึ่งเราสามารถนำความรู้จากบทนี้ไปประยุกต์งานต่างๆมากมาย ส่วนใหญ่เราจะเอาไปใช้กับพวกเซนเซอร์ต่างๆ เช่น การวัดอุณหภูมิ หรือสามารถไปควบคุมอุปกรณ์ Analog

ลักษณะการจัดขาใช้งานของ PCF8591

คุณสมบัติทั่วไปของ PCF8591

- ใช้แหล่งจ่ายไฟแบบเดี่ยวตั้งแต่ 2.5 - 6 V
- กินกระแสเพียง 15 uA ขณะ Standby
- อินพุท/เอาท์พุท อินเตอร์เฟสแบบอนุกรม I^2C บัส
- สามารถกำหนด Address ของอุปกรณ์ได้ 8 ตำแหน่ง
- มีอินพุท Analog to Digital จำนวน 4 ตัว
- ย่านแรงดันอินพุทอนาลอกอินพุทจาก Vss - Vdd

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ของขาต่างๆของ PCF8591

AINO-3	เป็นขาที่ทำหน้าที่ เป็นอินพุทรับสัญญาณ Analog
AO-A2	เป็นขาAdddress ของ PCF8591
SDA	เป็นอินพุท/เอาท์พุท แบบ I^2C
SCL	เป็นขาที่รับสัญญาณ Clock แบบ I^2C
OSC	เป็นขาที่เป็นเอาท์พุทและอินพุทของ สัญญาณนาฬิกา
EXT	สวิทเลือกให้ OSC ให้เป็นอินพุท / เอาท์พุท
AGND	เป็นGround ของสัญญาณAnalog
Vref	เป็นแรงดันอ้างอิงของสัญญาณ Analog
AOUT	เป็นเอาท์พุทของสัญญาณ Digital to Analog
VDD-GND	ไฟเลี้ยง

การสื่อสารข้อมูลแบบ I^2C

เนื่องจาก PCF8591 ใช้รูปแบบการสื่อสารแบบ I^2C ผ่านขาSDA และ SCL เราจึงต้องมาศึกษาลักษณะของสัญญาณของ I^2C ให้เข้าใจก่อน ก่อนที่จะส่งข้อมูลไปให้ PCF8591

สัญญาณมาตรฐานของ I^2C

ส่วนประกอบต่างๆของสัญญาณ

1. Start : เป็นส่วนเริ่มต้นของการส่งสัญญาณ ใช้สัญลักษณ์เป็นตัว S
2. การส่งข้อมูล : ส่วนนี้เราจะส่งข้อมูลหรืออ่านข้อมูล โดยขาSCL จะเป็นสัญญาณนาฬิกาและขา SDA จะเป็น Data
3. Acknowladge : ส่วนนี้จะเป็นส่วนของการตอบรับสัญญาณ เพื่อให้ตัวที่ทำหน้าที่เป็นตัวส่งรับรู้ว่าตัวรับสามารถรับข้อมูลได้ให้ส่งข้อมูลตัวถัดไปได้ จากตัวที่รับข้อมูล หมายความว่าถ้า MCU เป็นตัวส่งข้อมูลไปให้ PCF8591 ก็จะส่งสัญญาณ Acknowladge “0” ไปให้MCU แต่ถ้า MCU ทำหน้าที่อ่านข้อมูลจากPCF8591 ทุกๆ 1 ไบท์MCU จะส่งสัญญาณAcknowladge “0” ไปให้ PCF8591 เช่นกัน

***** ในกรณีที่เราหยุดการอ่านข้อมูลจาก A to D ให้เราส่งสัญญาณ Acknowladge “1” ใช้สัญลักษณ์ A

4. Stop : เป็นส่วนของการสิ้นสุดของการส่งสัญญาณ ใช้สัญลักษณ์เป็นตัว P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบสัญญาณการส่งข้อมูลของ PCF8591

จากรูปข้างบนเป็นรูปแบบการส่งสัญญาณของ PCF8591 ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ ดังนี้

1. Address Byte

Address Byte จะเป็นไบท์แรกที่จะส่งไปให้ PCF8591 โดย 4 บิทบนจะเป็นหมายเลขประจำของ PCF8591 นั้นคือ “1001” ส่วน A2 - A0 เป็น Address ของ PCF8591 ซึ่งค่าที่เราจะส่งไปให้จะต้องให้ตรงกับลอจิกที่ขา A2 - A0 ของ PCF8591 ด้วยเหตุนี้เราจึงสมารถต่อ PCF8591 พ่วงกันได้ถึง 8 ตัว ส่วนบิต R / W เป็นตัวบอกว่าต้องการเขียนหรืออ่านข้อมูลจาก PCF8591 โดยถ้าเราต้องการเขียนข้อมูลไปยังวงจร Digital to Analog บิตนี้จะต้องเป็น “0” และถ้าเราต้องการอ่านข้อมูลจากวงจรAnalog to Digitalบิตนี้จะต้องเป็น “1”

2. Data Byte

ไบท์ที่ 3 นี้จะเป็นการอ่าน หรือ เขียนขึ้นอยู่กับบิต R / W ของ Address Byte ถ้าเป็นการแปลง A to D ก็คือการอ่านค่าจากการแปลงของ A to D แต่ถ้าเป็นการแปลง D to A ก็คือการเขียนค่าเข้าไปนั้นเอง เพราะฉะนั้น Data byte จะอ่านหรือจะเขียนก็ขึ้นอยู่ว่าเราต้องการติดต่อกับ A to D หรือ D to A

3.7 การทำงานของอุปกรณ์อื่น ๆที่ต่อร่วมกับเครื่องควบคุม

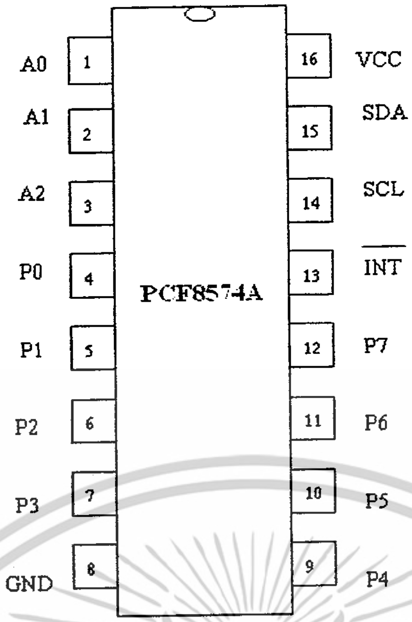
3.7.1 ข้อมูลเบื้องต้นของ PCF8574A

คุณสมบัติ

- ใช้การเชื่อมต่อแบบบัส I^2C
- ทำงานที่ระดับแรงดันตั้งแต่ 2.5v ถึง 6v
- กินกระแสในสภาวะ สแตนด์บายต่ำเพียง 10 μA
- มีเอาต์พุตอินเตอร์รัปต์แบบเดรนเปิด
- เอาต์พุตสามารถแลตช์หรือคงค่าไว้ได้ และสามารถขับ LED ได้โดยตรง
- การกำหนดแอดเดรสของไอซีแต่ละตัวสามารถทำได้ทางฮาร์ดแวร์คือขา A0 – A2

รายละเอียดของขาต่อใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.15 ขาต่างๆของ IC PCF8574A

ตารางที่ 3.7 รายระเอียดของขาสัญญาณของ IC PCF8574A

ตำแหน่ง	สัญลักษณ์	หน้าที่
1	A0	อินพุตแอดเดรสตัวที่ 1
2	A1	อินพุตแอดเดรสตัวที่ 2
3	A2	อินพุตแอดเดรสตัวที่ 3
4	P0	พอร์ตอินพุตเอาต์พุตสองทิศทางบิต 0
5	P1	พอร์ตอินพุตเอาต์พุตสองทิศทางบิต 1
6	P2	พอร์ตอินพุตเอาต์พุตสองทิศทางบิต 2
7	P3	พอร์ตอินพุตเอาต์พุตสองทิศทางบิต 3
8	VSS	กราวด์
9	P4	พอร์ตอินพุตเอาต์พุตสองทิศทางบิต 4
10	P5	พอร์ตอินพุตเอาต์พุตสองทิศทางบิต 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 รายระเอียดของขาสัญญาณของ IC PCF8574A (ต่อ)

ตำแหน่ง	สัญลักษณ์	หน้าที่
11	P6	พอร์ตอินพุตเอาต์พุตสองทิศทางบิต 6
12	P7	พอร์ตอินพุตเอาต์พุตสองทิศทางบิต 7
13	INT	ขาเอาต์พุตอินเตอร์รัปต์ (ทำงานที่ลอจิก 0)
14	SCL	ขาสัญญาณนาฬิกาสำหรับ I^2C บัส
15	SDA	ขาข้อมูลสำหรับ I^2C บัส
16	VCC	ไฟเลี้ยง

3.7.2 การทำงาน PCF8574A

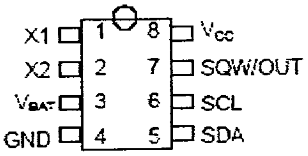
PCF8574A เป็นอุปกรณ์ที่ต่ออยู่ในระบบบัสแบบ I^2C อีกตัวหนึ่งที่สามารถใช้ในการขยายพอร์ทของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้แต่จะยุ่งยากมากกว่าการขยายพอร์ตแบบอื่น ๆ เล็กน้อยตรงที่การเขียนโปรแกรมเชื่อมโยง การเข้าถึงข้อมูลภายในสามารถทำได้โดยการส่งเงื่อนไข Start เลขประจำตัวและค่าข้อมูลที่ต้องการเซ็ตของ PCF8574A ตามลำดับ ลงบนบัสแบบ I^2C เหมือนกับ DS1307 โดยการทำงานของ PCF8574A จะมีลักษณะการทำงานเหมือนเป็นพอร์ต ๆ หนึ่งของไมโครคอนโทรลเลอร์คือสามรถใช้เป็นได้ทั้งพอร์ตอินพุต – เอาต์พุตนั่นเอง และในบัสของ I^2C หนึ่งทางเดิน สามารถต่อ PCF8574A ได้สูงสุด 8 ตัวแต่ต้องทำการเซ็ทค่าทางฮาร์แวร์ที่ขาอินพุตแอดเดรส A0 - A2 ก่อน

3.7.3 DS1307

คุณสมบัติ

- เป็นนาฬิกาที่สามารถให้ข้อมูลออกมาเป็น วินาที นาที ชั่วโมง วันที่ของเดือนนั้น ๆ เดือน วันของสัปดาห์ ปี ซึ่งชดเชยค่าแล้ว สามารถใช้งานได้ถึงปี 2100
- มี RAM แบบ Nonvolatile จำนวน 56 ไบต์
- สามารถตั้งโปรแกรมให้ส่งสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมออกที่เอาท์พุทได้
- สามารถตรวจสอบระบบไฟและสลับไปใช้แบตเตอรี่ได้โดยอัตโนมัติ
- เมื่อใช้พลังงานจากแบตเตอรี่จะใช้ไฟน้อยกว่า 500 nA ที่ 25 C
- สามารถเลือกใช้รุ่นที่ใช้งานในอุตสาหกรรมได้โดยสามารถใช้อุณหภูมิได้ ในช่วง – 40 ถึง + 84 C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.16 แสดงขาต่อใช้งานของ DS1307

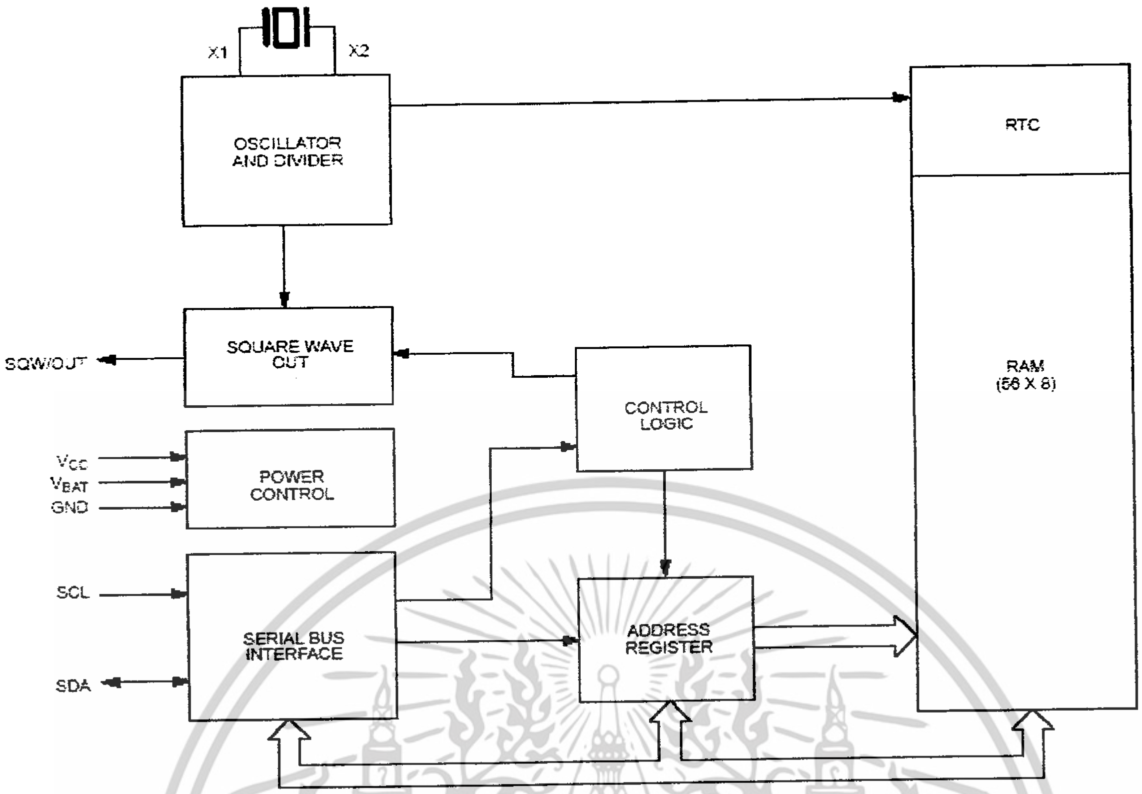
ตารางที่ 3.8 รายละเอียดของขาสัญญาณของ DS1307

ตำแหน่ง	สัญลักษณ์	รายละเอียด
1	X1	ขาต่อ Xtal 32.768 KHz
2	X2	ขาต่อ Xtal 32.768 KHz
3	VBAT	ขาต่อแบตเตอรี่ 3 V
4	GND	ขาต่อกราวด์
5	SDA	สัญญาณ Data แบบอนุกรม
6	SCL	สัญญาณ Clock แบบอนุกรม
7	SQW/OUT	สัญญาณเอาท์พุทเป็นแบบสี่เหลี่ยมหรือเป็นลอจิก
8	Vcc	ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ

3.7.4 การทำงาน DS1307

DS1307 เป็นอุปกรณ์ที่ต่ออยู่ในระบบบัสแบบ I^2C โดยทำเป็น Slave การเข้าถึงข้อมูลภายในสามารถทำได้โดยการส่งเงื่อนไข Start เลขประจำตัวและตำแหน่งของรีจิสเตอร์ตามลำดับลงบนบัสแบบ I^2C ที่มี DS1307 ต่อร่วมอยู่ โดยรีจิสเตอร์จะถูกเข้าถึงต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเกิดเงื่อนไข Stop ในระบบบัส เมื่อแรงดันที่ขา Vcc ตกลงต่ำกว่าแรงดันที่ขา Vbat จะสลับตัวเองเข้าสู่โหมดประหยัดพลังงานและใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ แต่ในทางกลับกัน DS1307 จะกลับไปทำงานในโหมดปกติเมื่อแรงดันที่ขา Vcc สูงกว่าแรงดันที่ขา Vbat / 0.2 V โดยไดอะแกรมในภาพที่ 3.17 แสดงถึงส่วนประกอบหลักของ DS1307

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.17 แสดงถึงส่วนประกอบหลักของ DS1307

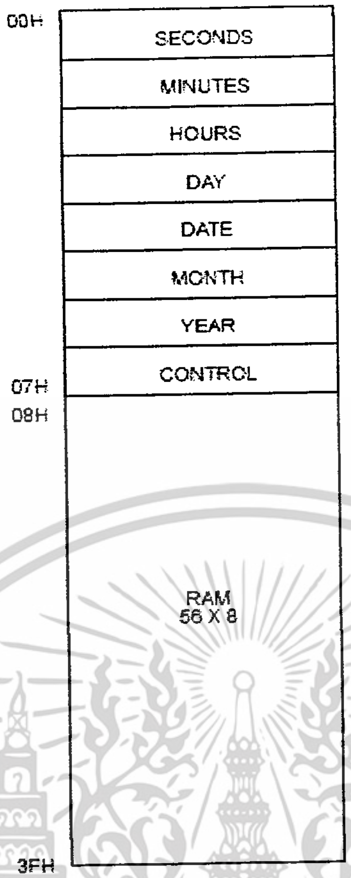
DS1307 ของ DALLAS ซึ่งสามารถแสดงค่าเวลาได้เป็น ปี เดือน วันที่ของเดือน วันที่ของสัปดาห์ ชั่วโมง นาที และ วินาที โดยภายในยังมี RAM อีก 56 ไบต์ เพื่อใช้เก็บข้อมูล โดยทุกครั้งที่มีการใช้งาน DS1307 จะต้องใส่ BAT 3 V เข้า ไปด้วย

DS1307 มีการสื่อสารข้อมูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยผ่านทาง I^2C ซึ่งใช้สายสัญญาณเพื่อสื่อสาร 2 เส้นคือสายสัญญาณ DATA (SDA) และสายสัญญาณ CLOCK (SCL)

3.7.5 RTC And RAM Address Map

ตำแหน่งของนาฬิกาและ RAM ของ DS1307 แสดงในภาพที่ 3.18 โดยตำแหน่งของนาฬิกาอยู่ที่ 00H ถึง 07H โดยตำแหน่งของ RAM อยู่ที่ตำแหน่ง 08H ถึง 3FH เมื่อมีการเข้าถึงหน่วยความจำแบบ Multibyte ถ้าการเข้าถึงหน่วยความจำถึง 3FH และจะกลับไปที่ 00H ซึ่งเป็นตำแหน่งเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.18 แสดงตำแหน่งของนาฬิกาและ RAM ของ DS1307

3.7.6 DS1307 Timekeeping Register

Control Register

รีจิสเตอร์ควบคุมเป็นส่วนที่ใช้ควบคุมขาสัญญาณ SQW / OUT ถ้าบิต 4 หรือบิต SQWE มีลอจิก 1 จะทำให้ขา SQW / OUT สร้างสัญญาณพัลส์ออกมาตามความถี่ที่กำหนดในบิต RS0 และRS1 แต่ถ้าบิต 4 มีลอจิก “0” จะทำให้ขามีลอจิกตามบิต 7 หรือบิต OUT

Squarewave Output Frequency

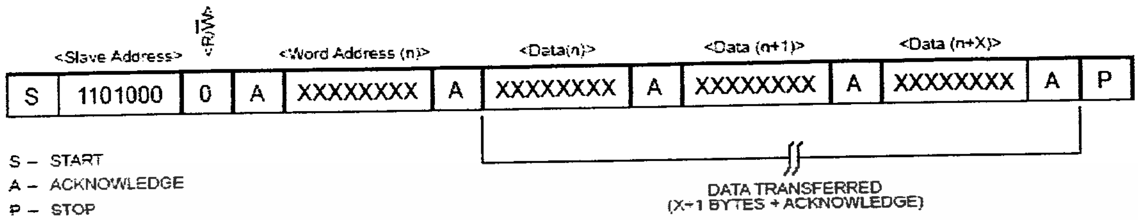
การกำหนดค่าความถี่ที่ต้องการให้ออกที่ขา SQWE มีลอจิก 1 สามารถกำหนดได้จากบิต RS0 และ RS1 ตามตารางข้างบน

3.7.7 การเขียนข้อมูลลง DS1307 (Data Write)

การเขียนข้อมูลลงใน DS1307 จะถูกนำมาใช้เมื่อต้องการตั้งเวลาการกำหนดให้สัญญาณ Pulse ออกที่ขา SQW / OUT หรือแม้กระทั่งการเขียนเข้าไปเก็บไว้ในหน่วยความจำส่วน RAM ที่อยู่ภายใน DS1307

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางการเขียนข้อมูลเข้าใน CS1307 นั้นจะใช้หลักการของการสื่อสารข้อมูลแบบ I^2C คือการเขียนจะต้องเริ่มต้นจากที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งเงื่อนไข Start ไปให้กับ DS1307 แล้วจึงส่งข้อมูลต่อไปอีก 1 ไบต์ โดยข้อมูลไบต์นี้ใช้เก็บ Address และบิต R / W



ภาพที่ 3.19 แสดง Diagram การเขียนข้อมูลลง DS1307

DS1307 ถูกกำหนดให้มีตำแหน่ง Address อยู่ที่ 110100B (ขนาด 7 บิต) ซึ่งในการเขียนข้อมูลจะต้องกำหนดให้บิต R / W เป็น "0" เพราะฉะนั้นเมื่อรวม Address ขนาด 7 บิตเข้ากับบิต R / W จะได้ข้อมูลไบต์ที่จะต้องส่งเป็น 11010000B

หลังจากส่งไบต์ Address ไปให้กับ DS1307 รับข้อมูลได้ถูกต้อง ตัว DS1307 จะส่งบิต ACK ที่ DS1307 ส่งออกมาให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็น "0" แต่ถ้าไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจสอบบิตนี้แล้วเป็น "1" แสดงว่า DS1307 ไม่ได้รับตำแหน่ง Address ที่ถูกต้องกลับไปเริ่มขบวนการ Start ใหม่

หลังจากที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับบิต ACK ตอบกลับออกมาจาก DS1307 เรียบร้อยแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องส่งข้อมูลไปอีก 1 ไบต์ โดยข้อมูลไบต์นี้จะเป็นตำแหน่งหน่วยความจำภายใน DS1307 ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง 0 - 3F การส่งขอมูลไบต์นี้จะเหมือนกับการส่งข้อมูลในไบต์แรก คือเมื่อ DS1307 ได้รับข้อมูลถูกต้องแล้วตัว DS1307 จะส่งบิต ACK กลับออกมา

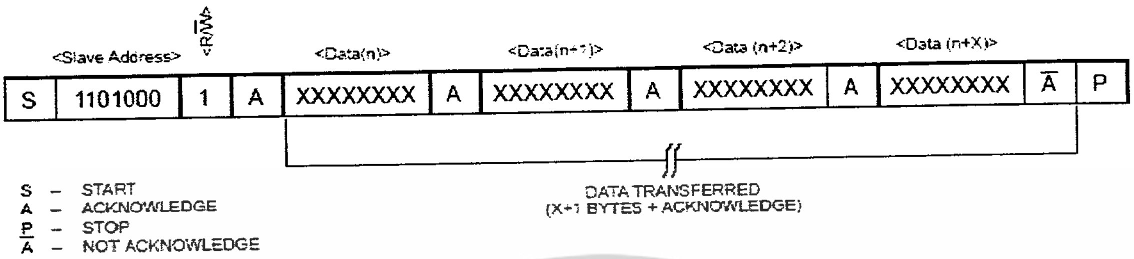
หลังจากที่ DS1307 ได้รับตำแหน่งของหน่วยความจำที่ต้องการเขียนเรียบร้อยแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถส่งข้อมูลที่ต้องการเขียนไปยังตำแหน่งดังกล่าวได้เลย ซึ่งเมื่อส่งข้อมูลได้ออกไป 1 ไบต์ ตัว DS1307 จะเพิ่มค่าตำแหน่ง 1 ค่าและส่งบิท ACK กลับออกมา

ถ้าต้องการเขียนข้อมูลในตำแหน่งที่เรียงกันไปสามารถทำได้โดยส่งข้อมูลต่อไปเรื่อยๆ จนครบแล้วจึงส่งเงื่อนไข STOP เพื่อหยุดการทำงาน แต่ถ้าหากต้องการเปลี่ยนตำแหน่งที่จะติดต่อหรือไม่ทราบว่าตัวชี้ตำแหน่งของ DS1307 ชี้อยู่ที่ตำแหน่งใด ก็สามารถทำได้โดยการส่งตำแหน่งใหม่ให้กับ DS1307

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.8 การอ่านข้อมูลจาก DS1307 (Data Read)

การอ่านข้อมูลจาก DS1307 จะมีลักษณะคล้ายกับการเขียนข้อมูลให้กับ DS1307 โดยจะต้องให้บิต R / W เป็น “1” เพราะฉะนั้นข้อมูลไบต์ Address จะมีค่าเป็น 11010001B



ภาพที่ 3.20 แสดง Diagram การอ่านข้อมูลออกจาก DS1307

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การออกแบบวงจรควบคุมและการสร้าง

4.1 การทำงานของอุปกรณ์เซนเซอร์

Sensor เป็นอุปกรณ์ที่รับค่าจากภายนอกแล้วแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้าจากค่าความต้านทานทางไฟฟ้า เป็นสัญญาณ Voltage แล้วส่งค่า Voltage ที่ตกคร่อมไปให้ PC computer ประมวลผลออกมาในรูปค่าความชื้นของดินแสดงผลทาง Monitor สัญญาณที่วัดจาก Sensor เป็นสัญญาณอะนาลอก จะต้องมีการแปลงสัญญาณอะนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล โดย Board A/D แล้วส่งให้ Computerประมวลผลการทำงานของ Sensor เครื่องมือวัดความชื้นด้วยไฟฟ้า

4.1.1 [Electrical Resistance Instruments]

เครื่องมือช่วยกำหนดการให้น้ำแก่พืชแบบนี้ประกอบขึ้นด้วยอุปกรณ์ 2 อย่างด้วยกันคือ เครื่องมือวัดความต้านทานไฟฟ้าที่มีขีดบอกความต้านทาน และจำนวนความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ เครื่องวัดความต้านทานนี้บางครั้งเรียกว่า Soil Moisture Meter อุปกรณ์อีกอย่างหนึ่งก็คือ ก้อนความต้านทานหรือ Resistance Block ที่บางครั้งเรียกว่า Soil Block

ก้อนความต้านทานประกอบขึ้นด้วยขั้วไฟฟ้า 2 ขั้วแล้วห่อหุ้มด้วยวัสดุพรุนเช่น ไนลอน ปูนปลาสเตอร์ หรือ ไฟเบอร์กลาส รูปร่างก้านความต้านทานจะขึ้นอยู่กับลักษณะของขั้วไฟฟ้าที่ใช้ ที่นิยมกันเป็นแผ่นลวดตะแกรงเหล็กสแตนเลส หรือโลหะผสม 2 แผ่นวางขนานกันแล้วห่อหุ้มด้วยวัสดุพรุน ก้อนความต้านทานแบบนี้จะมีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยม สำหรับก้อนที่ทำด้วยปูนปลาสเตอร์บางทีใช้ลวดตะแกรงรูปทรงกระบอก และ แกนโลหะซึ่งวางอยู่ตรงกลางเป็นขั้วไฟฟ้า ก้อนความต้านทานจึงมีรูปทรงกระบอกด้วย ก้อนความต้านทานที่ทำด้วยปูนปลาสเตอร์บางครั้งเรียกว่า Gypsum Block เมื่อฝังก้อนความต้านทานไว้ในดินมันจะทำหน้าที่เสมือนส่วนหนึ่งของดิน คือมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นภายในเช่นเดียวกับดินในบริเวณรอบๆ และเนื่องจากจำนวนความชื้นในวัสดุพรุนมีผลต่อความต้านทาน ระหว่างขั้วไฟฟ้าในวัสดุพรุนกล่าวคือ ถ้าวัสดุพรุนมีความชื้นมากมันจะมีความต้านทานไฟฟ้าน้อย จึงสามารถนำมาเทียบเป็นจำนวนความชื้นของดิน

ความละเอียด ถูกต้องของค่าที่วัดได้เพื่อนำมากำหนดการให้น้ำแก่พืชจะขึ้นอยู่กับความสามารถของวัสดุพรุนที่จะปรับความชื้นในตัวมันให้เท่ากับความชื้นของดินในบริเวณรอบๆ ที่เปลี่ยนไปวัสดุที่ทำจากไนล่อนให้ค่าละเอียดถูกต้องที่แรงดึงความชื้นไม่เกิน 2 บรรยากาศ

ปูนปลาสเตอร์ 1 - 15 บรรยากาศ อย่างไรก็ตามในช่วงแรงดึงความชื้นต่ำกว่า 1 บรรยากาศ เครื่องวัดแรงดึงความชื้นของดิน [Tension meter] จะช่วยกำหนดการให้น้ำแก่พืชได้ละเอียดถูกต้องดีกว่าก้อนความต้านทานทุกแบบ ก้อนความต้านทานที่ทำด้วยปูนปลาสเตอร์จะไม่ค่อยทนทานนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าฝังในดินที่มีน้ำท่วมขัง หรือเป็นเนื้อขังหรือ เป็นดินเนื้อหยาบและมีการให้น้ำบ่อยครั้ง ทั้งนี้เพราะปูนปลาสเตอร์จะสลายตัวได้ง่ายในสภาวะดังกล่าว

การคำนวณค่า Voltage ของเซนเซอร์แต่ละชนิด

Oasis

วัดความต้านทานที่ ค่าความชื้น 0% ได้ 85kΩ

วัดความต้านทานที่ ค่าความชื้น 100% ได้ 5.5kΩ

จาก Vin = Rs*Vcc / (R+Rs)

ที่ค่าความชื้น 0% ได้ Vin = 85*5 / (10+85)

= 4.47 Volt

ที่ค่าความชื้น 100% ได้ Vin = 5.5*5/(10+5.5)

= 1.77 Volt

ฟองน้ำ

วัดความต้านทานที่ ค่าความชื้น 0% ได้ 400kΩ

วัดความต้านทานที่ ค่าความชื้น 100% ได้ 5kΩ

จาก Vin = Rs*Vcc / (R+Rs)

ที่ค่าความชื้น 0% ได้ Vin = 400*5 / (10+400)

= 4.87 Volt

ที่ค่าความชื้น 100% ได้ Vin = 5*5 / (10+5)

= 1.66 Volt

ยิบซัมบล็อก

วัดความต้านทานที่ ค่าความชื้น 0% ได้ 35kΩ

วัดความต้านทานที่ ค่าความชื้น 100% ได้ 10kΩ

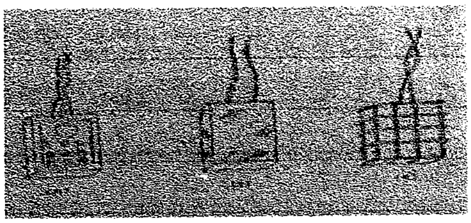
จาก Vin = Rs*Vcc / (R+Rs)

ที่ค่าความชื้น 0% ได้ Vin = 35*5 / (10+35)

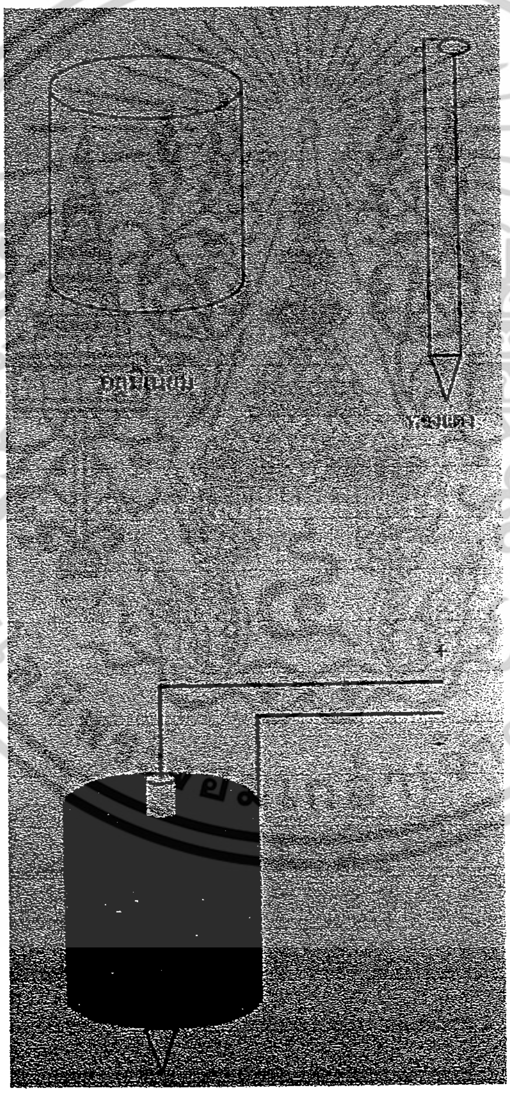
= 3.84 Volt

ที่ค่าความชื้น 100% ได้ Vin = 10*5 / (10+10) = 2.5 Volt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 แสดงก้อนความต้านทาน



ภาพที่ 4.2 แสดงลักษณะของเซนเซอร์ที่จะนำไปปรับเทียบมาตรฐาน

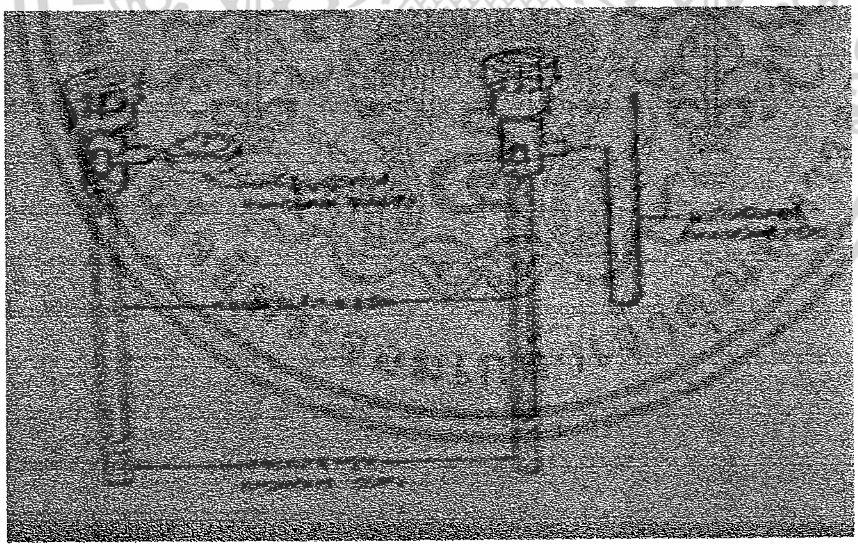
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การใช้เทนซิโอมิเตอร์ (Tension meter)

ตามความเป็นจริง เทนซิโอมิเตอร์ ออกแบบไว้สำหรับวัดความดึงวัสดุพื้นของน้ำในดิน แต่เนื่องจากความดึงวัสดุพื้น (metric suction) ผันแปรโดยกลับกับระดับความชื้นดิน จึงสามารถดัดแปลงเทนซิโอมิเตอร์มาใช้วัดความชื้นได้ ค่าที่อ่านได้ของเทนซิโอมิเตอร์ อาจเป็นความดึงของวัสดุพื้นโดยตรงหรือเป็นค่าที่ผันแปรโดยตรงกับความดึงวัสดุพื้นก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของมาตรวัด

เทนซิโอมิเตอร์มีองค์ประกอบ 3 ส่วน ดังภาพที่ 4.3 คือ กระเปาะพรุน (porous cup) มาตรวัดความดึง (suction gauge) และคอลัมน์น้ำต่อเนื่องระหว่างองค์ประกอบข้างต้น ก่อนการใช้งานต้องทำให้กระเปาะพรุนอิ่มตัวด้วยน้ำ เติมน้ำจนเต็มถึงมาตรวัดความตึง และปิดฝาให้สนิท (น้ำที่เติมควรเป็นน้ำต้มสุกที่เย็นตัวแล้ว) เสร็จขั้นตอนนี้ความดึงของน้ำในเครื่องจะมีค่าเท่ากับศูนย์

เมื่อใช้งานจะฝังเทนซิโอมิเตอร์ตรงจุดที่ต้องการทราบความชื้น กดให้กระเปาะแนบสนิทกับดิน ถ้าดินมีความดึงวัสดุพื้นมากกว่าศูนย์ (ดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ) น้ำจะไหลจากเครื่องเข้าไปในดิน จนทั้งสองส่วน มีความดึงวัสดุพื้นเท่ากัน ซึ่งหมายความว่า ความดึงวัสดุพื้นของน้ำในดินเท่ากับในเครื่อง น้าก็จะหยุดไหล ค่าที่อ่านได้จากมาตรวัดก็จะเป็นความดึงของวัสดุพื้น หรือค่าที่ผันแปรโดยตรงกับความดึงวัสดุพื้นดังกล่าวข้างต้น



ภาพที่ 4.3 แสดงเทนซิโอมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบระบบให้น้ำ

4.2.1 วัตถุประสงค์ของการใช้พื้นที่

วัตถุประสงค์ในการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ ที่จะติดตั้งระบบให้น้ำจะเป็นตัวกำหนดรูปแบบของระบบให้น้ำซึ่งจำแนกออกเป็น 2 แบบใหญ่ ๆ คือระบบให้น้ำเพื่อการเกษตรและระบบให้น้ำสำหรับงานภูมิทัศน์โดยทั้งสองระบบนี้มีความแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง กล่าวคือ ระบบให้น้ำเพื่อการเกษตรจะเน้นความสม่ำเสมอและราคาถูก แต่ในระบบให้น้ำสำหรับงานภูมิทัศน์จะเน้นเรื่องความสวยงามเป็นอันดับแรก เนื่องจากการลงทุนระบบให้น้ำเป็นการลงทุนที่สูงและตัวระบบให้น้ำเองมีอายุการใช้งานนาน 8 – 15 ปี ดังนั้นจะต้องคาดการณ์ไปถึงการใช้พื้นที่ในอนาคตไว้ด้วยเวลาออกแบบจะต้องออกแบบเผื่อไว้ให้เพียงพอสำหรับการปลูกพืชหรือการขยายพื้นที่ ในอนาคตเพื่อจะช่วยในการลงทุนที่คุ้มค่า เพราะสามารถใช้งานแบบต่อเนื่องได้โดยไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงมากนัก

4.2.2 พื้นที่

สถานที่ตั้งของพื้นที่ จะช่วยให้ได้ข้อมูลพื้นฐานอื่น ๆ เช่น ระดับความสูงจากน้ำทะเลข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยาที่จะนำมาใช้ แผนที่ดิน ตลอดจนชนิดของพืชที่ควรจะปลูก ฯลฯ โดยข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ ที่สำคัญที่ควรนำมาประกอบกับการออกแบบคือ ขอบเขตของพื้นที่ แผนที่ระดับที่แสดงเส้นชันความสูงที่มีความแตดต่างกันไม่เกิน 1 ม. นอกจากนี้ควรแสดงบริเวณที่เป็นแหล่งน้ำหรือบริเวณที่คิดว่าจะพัฒนาเป็นแหล่งน้ำได้ รวมทั้งแหล่งน้ำธรรมชาติที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงที่สามารถนำมาใช้ได้สภาพพื้นที่ ที่เป็นที่ลุ่มน้ำท่วมขังและพื้นที่ ที่เป็นที่ดอน ข้อมูลเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญในการเลือกระบบให้น้ำที่จะนำมาใช้รวมทั้งระบบระบายน้ำในพื้นที่ด้วย นอกจากนี้ขนาดของแปลงจะถูกบังคับโดยสภาพพื้นที่ ดังนั้นการแบ่งโซนการให้น้ำจึงต้องพิจารณาจากสภาพพื้นที่ได้ด้วย

4.2.3 น้ำ

การติดตั้งระบบให้น้ำจะไม่เกิดประโยชน์ถ้าคุณภาพของน้ำที่จะนำมาใช้ไม่ดี ดังนั้นก่อนที่จะดำเนินการออกแบบจะต้องแน่ใจว่ามีปริมาณน้ำเพียงพอต่อการใช้งานในฤดูแล้ง แหล่งที่มาของน้ำเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงคุณสมบัติทางเคมี กายภาพและชีวภาพ แหล่งน้ำที่นำมาใช้ในการเกษตรส่วนใหญ่จะเป็นน้ำท่าอันเป็นแหล่งน้ำที่อยู่บนผิวดิน เช่น หนอง คลอง แม่น้ำ ซึ่งจะมีปริมาณของอินทรียวัตถุค่อนข้างสูงจะต้องทำการกรอง เพื่อไม่ให้เกิดการอุดตันในระบบให้น้ำส่วนน้ำที่มาจากแหล่งน้ำใต้ดินแม้จะมีการนำมาใช้เป็นส่วนน้อยแต่ต้องระวังเรื่องของคุณภาพประกอบ จำพวกความเค็ม ความกระด้างของน้ำให้ดี การนำตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์จะช่วยให้ทราบถึงคุณสมบัติของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำด้านต่าง ๆ อันจะเป็นประโยชน์ต่อวิธีการจัดการ รวมทั้งสามารถที่จะหาวิธีการป้องกันมิให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับระบบที่จะนำมาใช้ได้

4.2.4 ดิน

ดินเป็นตัวแปรที่สำคัญในการเลือกใช้ระบบให้น้ำ ดินแต่ละชนิดมีคุณสมบัติด้านต่าง ๆ แตกต่างกัน ในการพิจารณาระบบให้น้ำส่วนใหญ่จะพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพของดินมากกว่าคุณสมบัติทางเคมี ซึ่งคุณสมบัติทางเคมี จะเข้ามาเกี่ยวข้องต่อเมื่อมีความต้องการให้ปุ๋ยพร้อมระบบ ให้น้ำ คุณสมบัติทางกายภาพ เช่น องค์ประกอบของดิน สถานะของดิน เนื้อดิน อัตราการซึมน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำ ปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ได้ ความชื้นชลประทาน และความลึกของชั้นดินดาน ข้อมูลเหล่านี้นอกจากจะใช้เลือกระบบให้น้ำแล้วยังใช้ในการจัดการระบบให้น้ำให้มีประสิทธิภาพด้วยโดยพืชจะเจริญเติบโตได้ดีเมื่อมีความชื้นในดินอยู่ที่ใกล้เคียงกับระดับความชื้นชลประทาน ดังนั้นการระบายน้ำเร็วหรือช้าของดินจึงมีส่วนเป็นตัวกำหนดวิธีการให้น้ำและการจัดการน้ำที่จะนำมาใช้งาน

4.2.5 พืช

ชนิดของพืชที่จะปลูกเป็นตัวแปรหลักในการกำหนดระบบการให้น้ำที่จะนำมาใช้พืชแต่ละชนิดจะมีระยะปลูก วิธีการปลูก ความต้องการน้ำที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ระบบรากหากินของพืช การแพร่กระจายของราก ความลึกของรากและค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc) เป็นข้อมูลที่ใช้ในการประเมินความต้องการใช้น้ำของพืชในช่วงการเจริญเติบโตต่าง ๆ กันด้วย

4.2.6 สภาพภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิมีผลต่อการระเหยของน้ำและเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงสภาพแวดล้อมว่าเหมาะสมกับกับความต้องการของพืชที่ปลูกหรือไม่ พืชแต่ละชนิดอาจจะชอบความชื้นสูงต่ำไม่เท่ากันแสงแดดนอกจากจะเป็นสาเหตุที่ทำให้อุณหภูมิสูง ทำให้การระเหยของน้ำสูงตามแล้วยังทำให้อุณหภูมิของน้ำในท่อสูงตามไป ด้วยซึ่งจะทำให้อัตราการไหลจากหัวกระจายน้ำสูงขึ้น และรังสียูวีในแสงแดดยังเป็นตัวทำลายคุณสมบัติของท่อพลาสติกทุกชนิด เป็นผลให้อายุการใช้งานสั้นลง ลมก็มีส่วนทำให้รัศมีการกระจายน้ำของสปริงเกอร์ มีพื้นที่วงเปียกที่เปลี่ยนไปตามทิศทางของลมที่พัดทำให้การครอบคลุมพื้นที่เขตรากของการให้น้ำเปลี่ยนแปลงไป ปริมาณฝนจะมีผลต่อการกระจายของรากพืชและสัมพันธ์กับความถี่ห่างในการให้น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.7 การเขตกรรม

ในการทำสวนเชิงธุรกิจจะมีการใช้เครื่องทุนแรงเข้ามาช่วย เพื่อลดค่าใช้จ่ายและแรงงาน เช่นการเตรียมดิน การตัดแต่งกิ่ง การป้องกันกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับการเลือก การติดตั้งระบบการให้น้ำมาก เพราะระบบการให้น้ำบางระบบอาจไปกีดขวางต่อกิจกรรมของการใช้เครื่องมือทุนแรง ดังนั้นในการเลือกระบบการให้น้ำจะต้องรู้ว่าพืชชนิดนั้นมีการใช้เครื่องมือทุ่นแรงชนิดใดบ้าง กิจกรรมดังกล่าวจะมีผลกระทบต่อระบบการให้น้ำที่จะติดตั้งหรือไม่ อย่างไร มีแนวทางการแก้ไขหรือไม่ อย่างไร

4.2.8 ไฟฟ้าในพื้นที่

ระบบไฟฟ้าที่เข้าถึงพื้นที่เป็นไฟฟ้าชนิดกี่เฟส มีปัญหาในการส่งไฟฟ้าหรือไม่ดับบ่อยมากน้อยแค่ไหน ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกใช้ต้นกำลังของระบบการให้น้ำ

4.2.9 ระบบการให้น้ำที่ต้องการ

แต่ละระบบจะมีรูปแบบให้เลือกใช้แตกต่างกันไป ซึ่งในการเลือกแต่ละระบบมาใช้งานจะต้องคำนึงถึงข้อมูลที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น นอกจากนี้ในส่วนของระบบจะต้องพิจารณาถึงประสิทธิภาพของระบบให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำที่มีอยู่และวิธีปฏิบัติอื่นๆ ในการปลูกพืชหรือไม่

4.3 กรณีตัวอย่างการออกแบบระบบการให้น้ำแบบประหยัดแก่พืชในพื้นที่ขนาดเล็ก

ตัวอย่างการออกแบบนี้เป็นการออกแบบสำหรับการปลูกไม้ผลในพื้นที่ขนาดเล็ก โดยที่ชาวสวนผู้หนึ่งต้องการทำสวนส้ม ที่อำเภอลอง จังหวัดแพร่ โดยต้องการปลูกจำนวนน้อยประมาณ 200 ต้น เพื่อต้องการหาพันธุ์ที่เหมาะสมโดยต้องการให้น้ำด้วยระบบประหยัด มีข้อมูลดังนี้คือ

พื้นที่เพาะปลูก ประมาณ 3 งาน กว้าง 50 x 100 เมตร

ระยะปลูก ระยะระหว่างต้น และแถวคือ 5 x 5 เมตร

ลักษณะของดิน ดินร่วนปนทราย (อัตราการซึมซาบน้ำ 10 – 20 ม.ม. / ชม.)

แหล่งน้ำ บ่อขุดมีน้ำสูบมาเติมได้ตลอดเวลา

จำนวนชั่วโมงในการให้น้ำ ไม่เกิน 8 ชั่วโมงต่อวัน

ระบบการให้น้ำ มินิสปริงเกอร์

ประสิทธิภาพการให้น้ำ 75 %

ไฟฟ้า 3 เฟส 380 โวลต์

- วิธีการคำนวณและขั้นตอนของการคำนวณ

ขั้นที่ 1 : หาปริมาณการใช้น้ำของส้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสูตรโดยพิจารณาจากตารางที่ 2 จังหวัดแพร่ มีอัตราการระเหยน้ำสูงสุดใน เดือนเมษายน วันละ 7.3 ม.ม. คำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของส้มจากสูตร

ETc = Kp * Epan * Kc

เมื่อ Epan = 7.3 ม.ม. / วัน

Kp = 0.85 …………(จากตารางที่ 6)

Kc = 0.75 ....(จากตารางที่ 4)

∴ ETc = 0.85 * 7.3 * 0.75 = 4.65 ม.ม./วัน

……..(1)

ดินร่วนปนทรายมีความชื้นที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ 1.2 ม.ม. / ซม.ดิน

จากข้อมูลที่รากส้มลึก 120 ซม. คิดเฉพาะเขตรากส่วนบนสุด 25 % ที่มี น้ำส่วนที่ส้มสามารถนำไปใช้ได้มากที่สุด

= 120 * 1 / 4 * 1.2 = 36 ม.ม.

แต่ยอมให้ส้มใช้ได้เพียง 40 % ของความชื้นที่ส้มสามารถนำไปใช้ได้ (ก่อนเริ่มให้น้ำ)

∴ จะเป็นปริมาณความชื้น = 36 * 40 / 100 = 14.4 ม.ม. ………..(2)

ขั้นที่ 2 : คำนวณหารอบเวรของการให้น้ำ

= ปริมาณความชื้นที่ยอมให้พืชใช้ได้ (2) ÷ ปริมาณการใช้น้ำของพืช (1)

= 14.4 ÷ 4.65 = 3 วัน

∴ ใน 1 รอบเวรพืชใช้น้ำ (จากดิน) ไป = 4.65 * 3 = 13.95 ม.ม.

ขั้นที่ 3 : เลือกระบบการให้น้ำที่จะใช้ และกำหนดประสิทธิภาพของระบบ

เลือกระบบสปริงเกอร์ กำหนดประสิทธิภาพของระบบ = 75 %

∴ ดังนั้นในการให้น้ำคืนให้กับดินจะต้องให้น้ำ = 13.95 * 100/75

= 18.6 ม.ม.

กำหนดให้พื้นที่วงเปียก จากมินิสปริงเกอร์ ครอบคลุมเพียง 80 % ของเขตรากส้ม

พื้นที่เขตราก = $¶r^2$ (เมื่อ r = รัศมีทรงพุ่ม) = 5 / 2

∴ 80 % ของเขตราก = $¶ * 2.5^2 * 80 / 100$ = 15.71 $ม.^2$

คิดเป็นปริมาณน้ำที่ต้องให้ = 18.6 ม.ม. * 15.71 $ม.^2$ = 292 ลิตร

ขั้นที่ 4 : การเลือกสปริงเกอร์

ถ้าเลือกสปริงเกอร์ ที่มีอัตราการจ่ายน้ำ 150 ลิตร / ซม. ที่แรงดัน 15 ม. (1.5 บาร์)

∴ ดังนั้นจะต้องใช้เวลาให้น้ำ = 292 ÷ 150 = 1.95 ช.ม. ~ 2 ช.ม.

ถ้าใน 1 วัน ใช้เวลาในการให้น้ำ 8 ชม. จะมีคาบให้น้ำ = 8 ÷ 2 = 4 คาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 5 : การแบ่งโซน ของการให้น้ำ

การแบ่งโซนของการให้น้ำสามารถแบ่งได้มากที่สุด

= จำนวนคาบ * รอบเวรของการให้น้ำ

= 4 * 3 = 12 โซน

ขั้นที่ 6 : ตรวจสอบอัตราการจ่ายน้ำของสปริงเกอร์

โดยการเปรียบเทียบกับอัตราการซึมน้ำของดินร่วนปนทรายเพื่อให้มั่นใจว่าไม่ให้น้ำเร็วเกินไปจนเกิดน้ำนอง อัตราการซึมน้ำของดินร่วนปนทราย 10 – 20 ม.ม. / ซม.

อัตราการซึมน้ำของสปริงเกอร์ 150 ลิตร / ช.ม.

พื้นที่วงเปียก 15.71 ตร.ม.

แปลง 150 ลิตร / ช.ม. น้ำต่อพื้นที่วงเปียกเป็นความลึกของน้ำบนพื้นที่วงเปียกเท่ากัน

= 150 / 1000 ÷ 15.71 = 0.00955 ม. / ชม.

หรือ = 9.55 ม.ม. / ชม. (ซึ่งต่ำกว่าอัตราการซึมน้ำของดินแสดงว่าสปริงเกอร์ที่เลือกมา **ใช้ได้** โดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาการให้น้ำเร็วเกินไปจนซึมลงดินไม่ทัน)

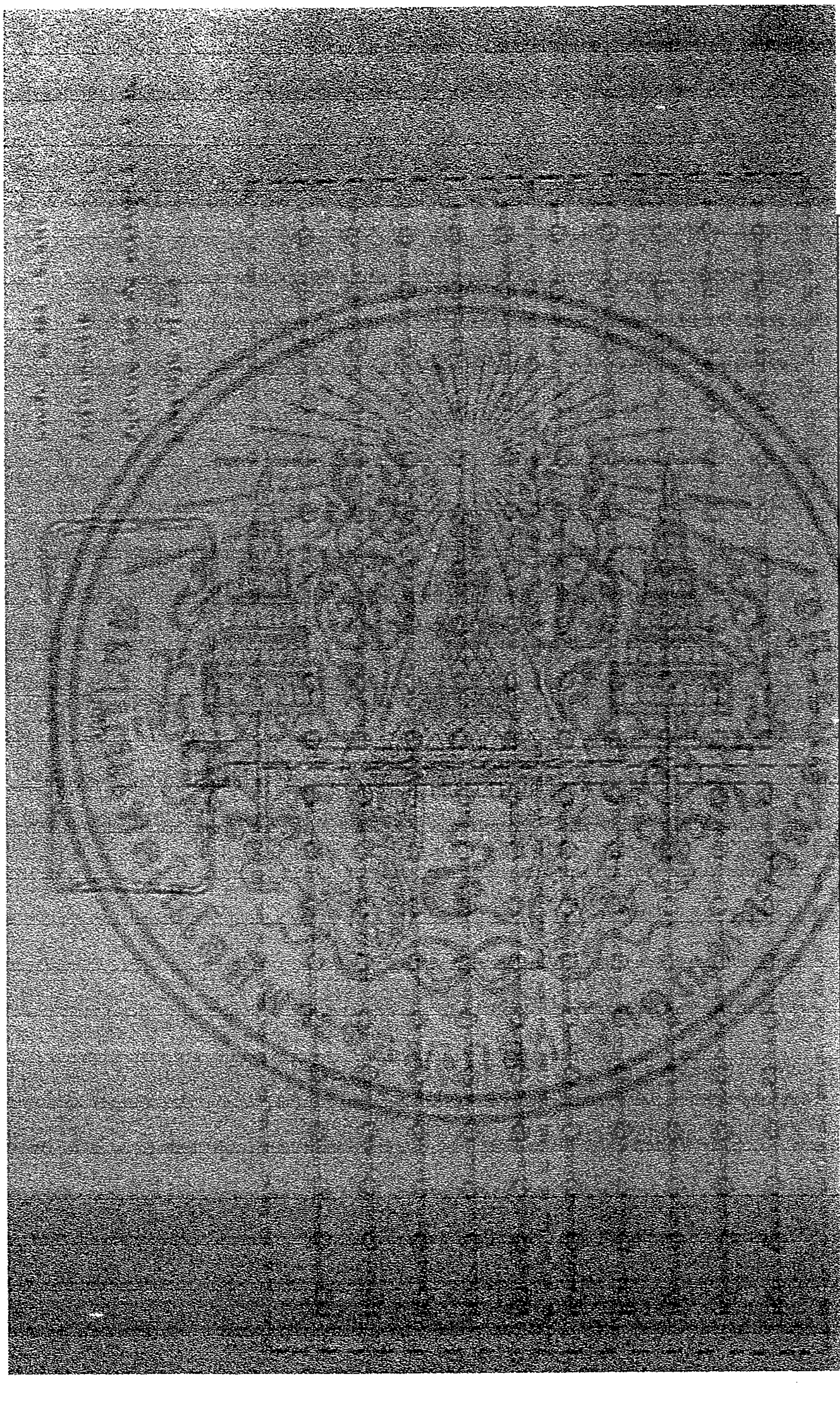
ขั้นที่ 7 : แนวคิดในการแบ่งโซน

7.1 หลักในการแบ่งโซน โดยปกติจะนิยมแบ่งเป็นจำนวนคู่เพื่อความสะดวกในการเดินท่อประธานและการใช้งานในการแบ่งโซนไม่จำเป็นต้องแบ่งโซน ให้ได้มากเท่ากับจำนวนสูงสุดที่ได้เสมอไป เพราะถึงแม้ว่าจะแบ่งโซนมากจะได้โซนขนาดเล็ก ขนาดท่อและเครื่องสูบน้ำเล็กก็ตาม แต่จะมีประสิทธิภาพที่ต่ำลงด้วย

7.2 แนวคิดเกี่ยวกับการพิจารณาหาจำนวนโซน ถ้าทดลองแบ่งโซน 8 โซนจะพบว่าขนาดของพื้นที่จะเล็กและสิ้นเปลืองท่อมากกว่าการแบ่งโซนแค่ 4 โซน และการแบ่งแบบ 4 โซน จะสามารถแบ่งได้ 2 แบบ และแบบที่เหมาะสมที่สุด แสดงดัง ภาพที่ 4.4

พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 แสดงลักษณะการวางแนวเดินท่อในพื้นที่ให้น้ำส้มเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็น 4

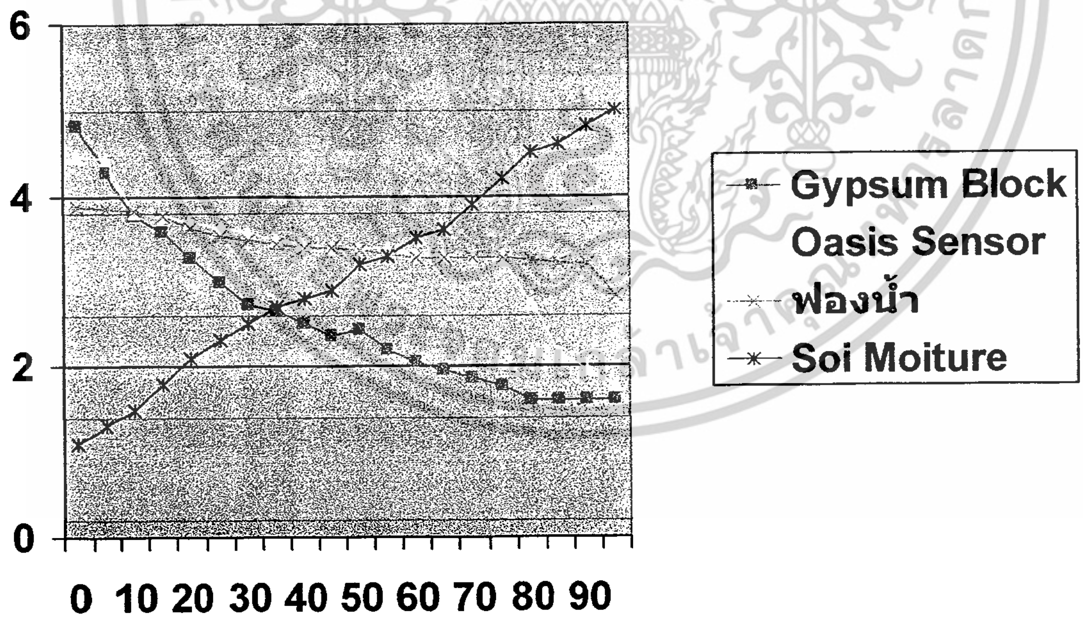
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทำงานของเซนเซอร์และวงจรควบคุม

4.4.1 วิธีการทดสอบ

ความสามารถในการวัดของ Sensor ชนิดนี้มีความใกล้เคียงกับความชื้นจริงเมื่อเทียบกับเครื่องวัดความชื้นชนิดอื่น แต่มีข้อจำกัดในการใช้กับน้ำที่มีสภาพเป็นกรด เนื่องจากโลหะ 2 ชิ้นอยู่ในสารละลายที่ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนประจุกันอาจทำให้วัดค่าความชื้นได้มากกว่าปกติ ดังนั้นในการนำSensor วัดความชื้น (Soil Moisture) ไปใช้งานจึงต้องกระทำหลังจากการให้ปุ๋ย 2 - 3 วัน จึงต้องทำการทดสอบค่า pH ก่อนโดยการปรับสวิตซ์ไปที่ pH เพื่อดูค่า pH ว่ามีความเป็นกรดมากเกินไปหรือไม่

ภาพที่ 4.5 แสดง Block Diagram การทำงานของ Sensor (Soil Moisture)



ภาพที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าแรงดันกับเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเซนเซอร์แต่ละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การติดตั้งอุปกรณ์และการทดสอบ

5.1 ขั้นตอนการติดตั้ง

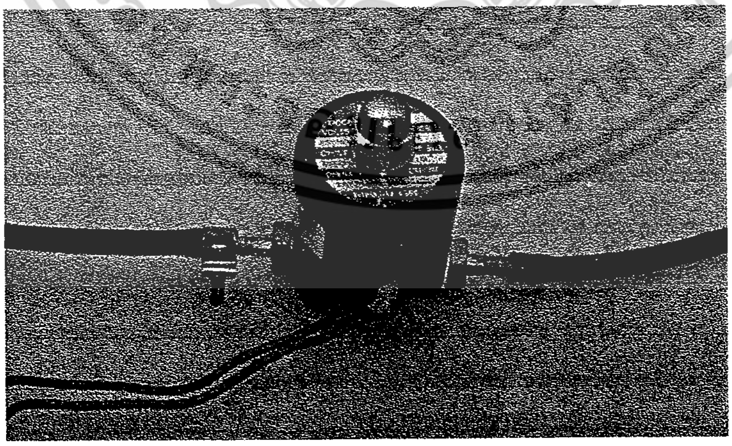
5.1.1 การทำงานของโซลินอยด์วาล์ว

การทำงานอาศัยหลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก โดยเมื่อมีการป้อนไฟเข้าหม้อแปลงภายในสนามแม่เหล็กขดลวดจะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้น ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำทำให้หน้าสัมผัสดูดกกับแผ่นเหล็กทำให้เกิดการเปิดช่องจ่ายน้ำ ดังนั้นจึงทำให้น้ำไหลผ่านได้ และเมื่อหยุดป้อนไฟแรงเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กน้อยกว่าแรงดันสปริง ทำให้หน้าสัมผัสหลุดออกจากกันทำให้แผ่นเหล็กหลุดออกมาอุดช่องจ่ายรูน้ำที่น้ำผ่านจึงถูกปิด ซึ่งเกิดจาก

1. ไม่มีแรงดึงดูดของแม่เหล็กเมื่อหยุดป้อนไฟ
2. แรงดันสปริงมากกว่าแรงดึงดูดระหว่างหน้าสัมผัสกับแผ่นเหล็ก
3. แรงดันที่น้ำผ่านเข้ามา

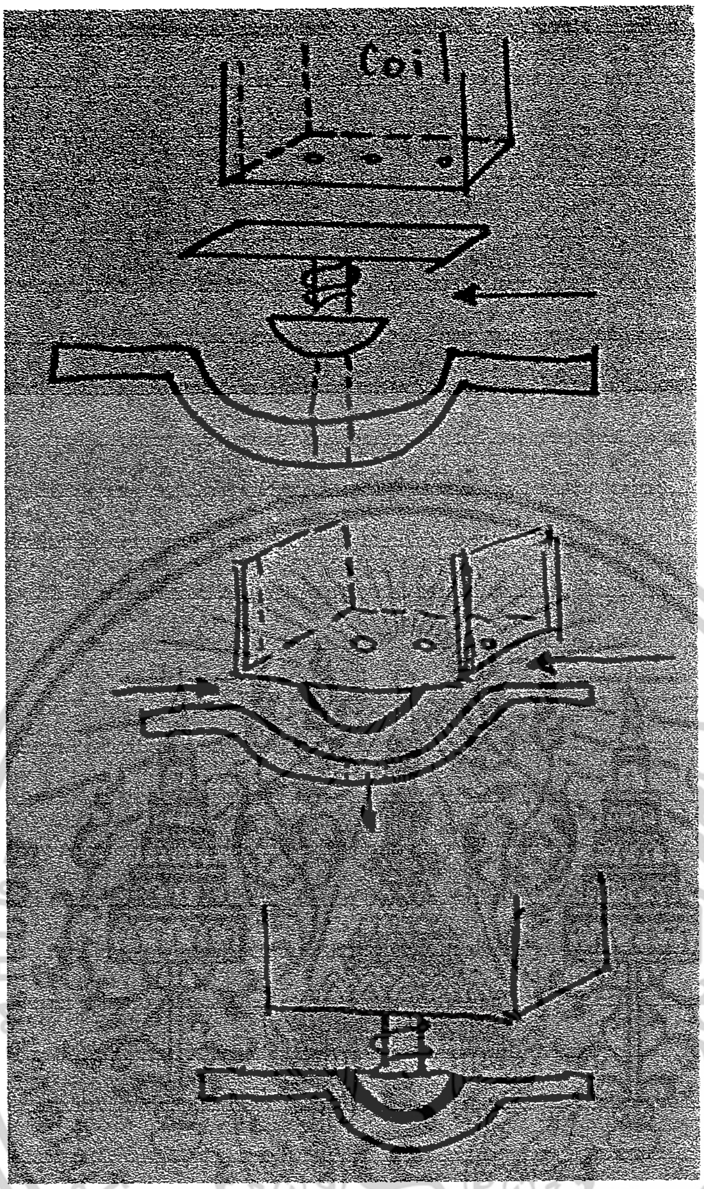
ข้อมูลการใช้งานของโซลินอยด์วาล์ว

ความดันทำงาน	1 – 6 บาร์
ตัวกลางของไหลคือ	น้ำ
อุณหภูมิใช้งานสูงสุด	40 องศาเซลเซียส
แรงดันตกคร่อมใช้งาน	220 AC โวลต์
กระแสไฟฟ้าที่ใช้	275 mA

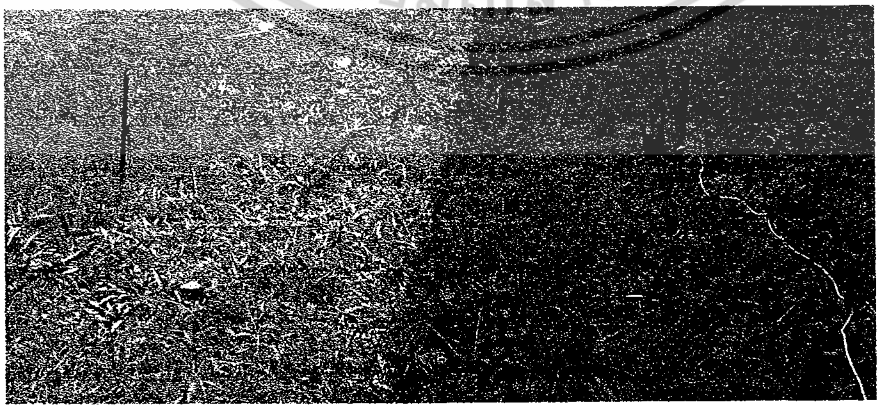


ภาพที่ 5.1 แสดงการติดตั้งโซลินอยด์วาล์วเพื่อควบคุมการจ่ายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

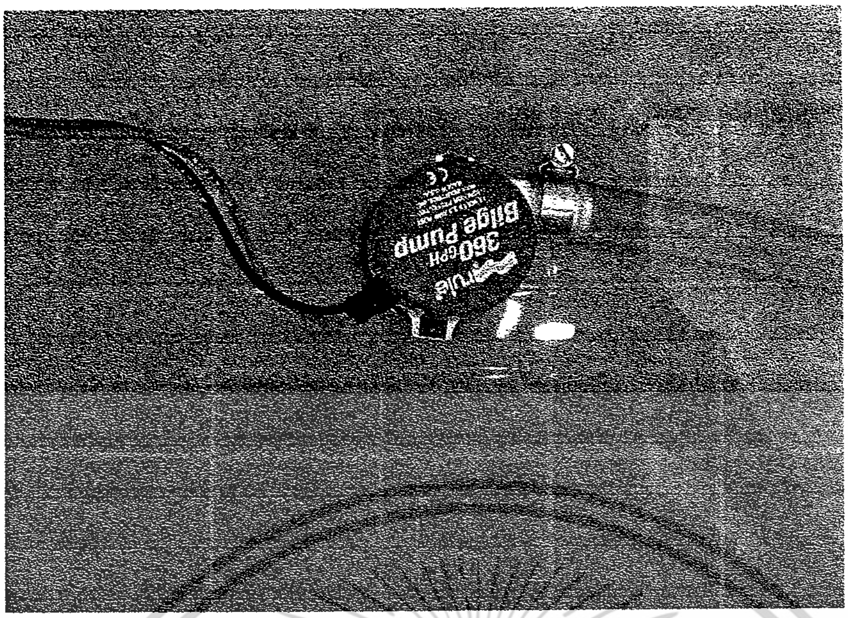


ภาพที่ 5.2 แสดงการทำงานของโครงสร้างภายในของโซลินอยด์วาล์ว

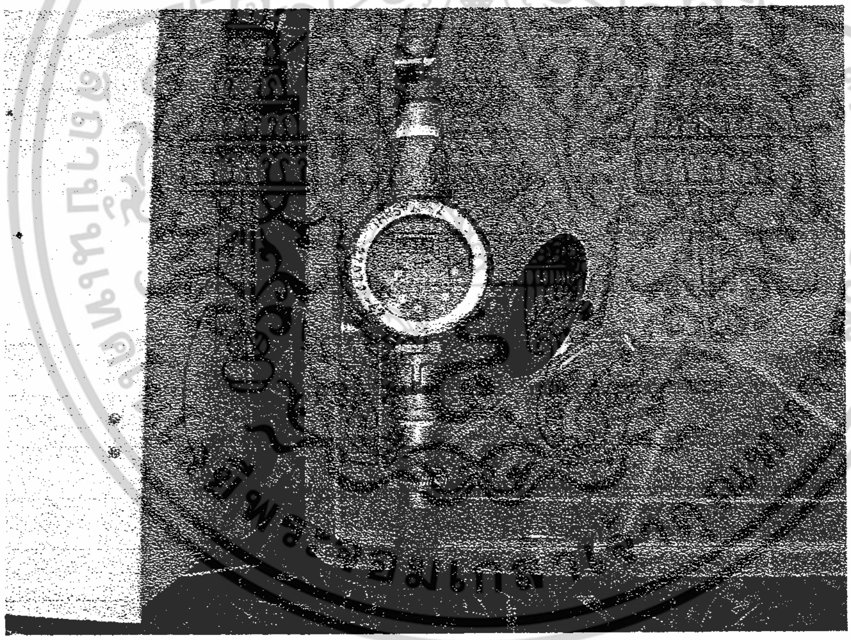


ภาพที่ 5.3 แสดงการติดตั้ง Sensor บริเวณเขตรากพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

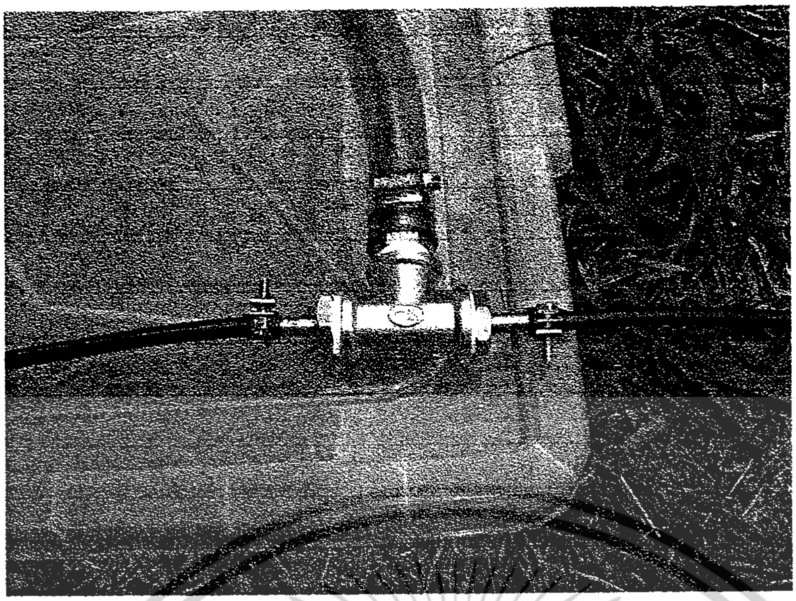


ภาพที่ 5.4 การติดตั้งปั๊มน้ำ

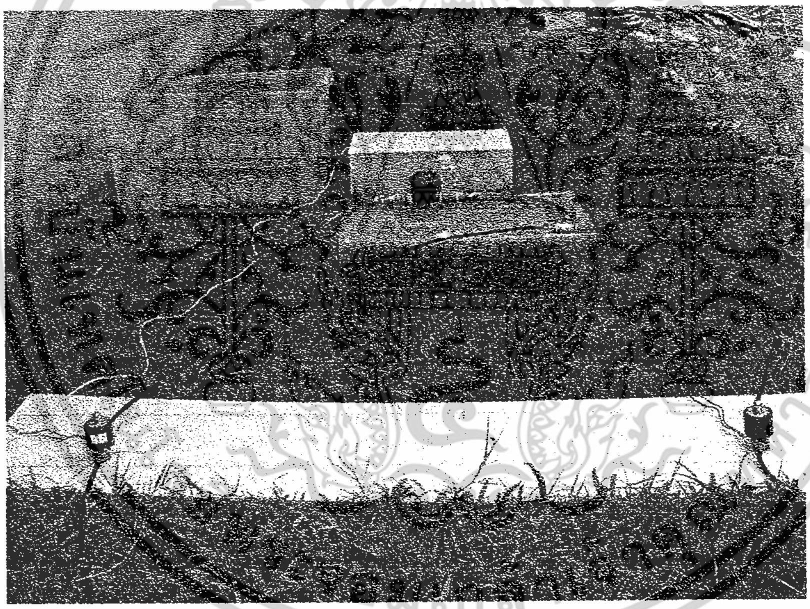


ภาพที่ 5.5 การติดตั้งมาตรวัดน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



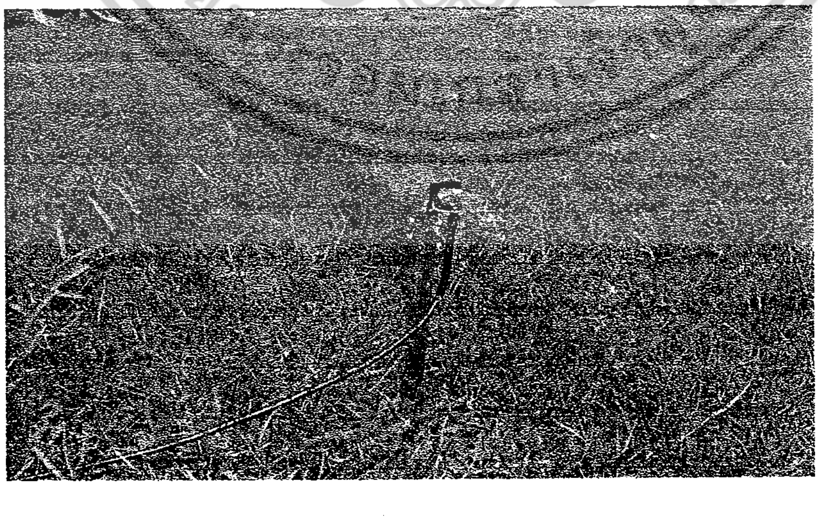
ภาพที่ 5.6 การติดตั้งท่อจ่ายน้ำจากท่อประธานไปยังท่อรองประธาน



ภาพที่ 5.7 การทดสอบอุปกรณ์ทั้งหมด

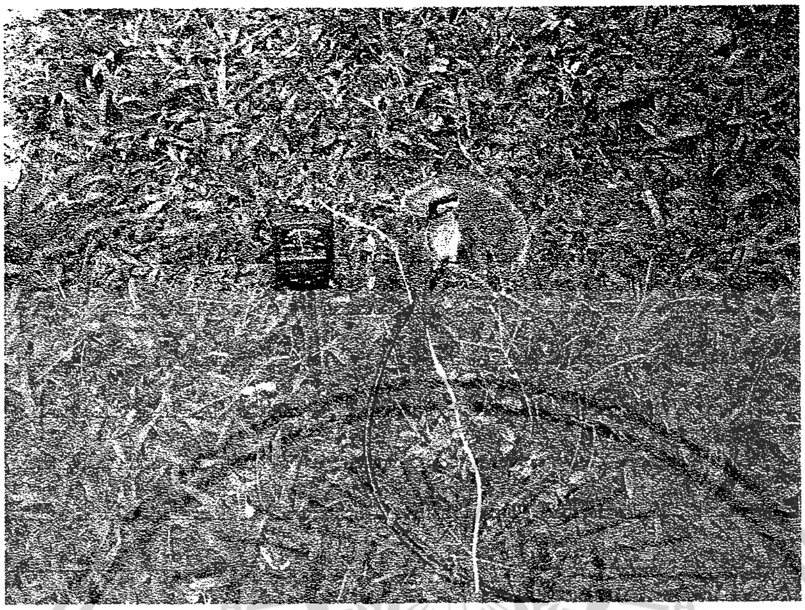
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.8 การติดตั้ง Sprinkler และ Soil Moisture ก่อนจ่ายน้ำ



ภาพที่ 5.9 การจ่ายน้ำโดยควบคุมปริมาณน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.10 การจ่ายน้ำโดยการควบคุมความชื้น

ภาพที่ 5.11 หยุดการให้น้ำ เมื่อถึงจุด Field Capacity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 วิธีการทดสอบ

1. ออกแบบแปลงทดสอบ
2. สปริงเกอร์ 2 หัว
3. ปัก Sensor ลงในแปลง
4. ต่อวงจร Sensor เข้า Board A / D และจาก Board A / D เข้า Computer
5. ต่อวงจรขับ Solenoid Valve
6. ทดสอบทำการวัดค่าความชื้นของดินที่ต้องการ

5.2.1 ขั้นตอนการเปรียบเทียบ

1. วางเซนเซอร์ตามรูปโดยห่างกันประมาณ 10 ซม. ลึกลงจากพื้นดินประมาณ 30 ซม. หรือเขตรากพืช ดินในการปรับเทียบครั้งคือ ดินร่วน – ร่วนปนทราย

2. เริ่มต้นจากคาของ Gypsum Block ที่อ่านจากSoil Moisture Meter ที่ ความชื้น 0% แล้วทำการวัด Rs คือค่าความต้านทานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง โดยใช้ Multi Meter แล้วเปรียบเทียบกับค่า Voltage ของGypsum จาก Data Book Manual

3. ทำการปรับแต่ง Voltage ที่วงจรขยายของ Soil Moisture ให้เป็น 1 - 10 V เพื่อนำข้อมูลนี้ไปเข้าวงจร A to D Converter เพื่อหาค่าความชื้น ซึ่งค่าการปรับเทียบมาตรฐานของ Sensor มาตรฐานกับ Soil Moisture ที่เลือกใช้

5.2.2 ระบบการจ่ายน้ำ

อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ

1. ถังน้ำ (Tank)

ทำหน้าที่เก็บน้ำสำหรับส่งจ่ายให้แก่พืช

2. ปั๊ม (Pump) ขนาด 360 GPH(Pump)

ทำหน้าที่เพิ่มพลังงานให้ของเหลวในที่นี้คือ น้ำ เพื่อให้ของเหลวนั้นผ่านในระบบ ท่อปิดจากจุดหนึ่ง ไปยังอีกจุดหนึ่งได้ตามที่ต้องการ พลังงานทีนำมาเพิ่มให้แก่ของเหลวนั้นอาจได้มาจากเครื่องยนต์ มอเตอร์ แรงลม แรงคน หรือพลังงานจากแหล่งอื่นๆก็ได้

3. ท่อขนาด 1/8 นิ้ว, 1/2 นิ้ว, และ 3/4 นิ้ว

ทำหน้าที่เป็นตัวกลางส่งผ่านน้ำจากปั๊มไปยังจุดต่างๆตามต้องการ ท่อพีอี (PE pipe) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางส่งผ่านน้ำจากปั๊มไปยังจุดต่างๆตามต้องการ เป็นท่อที่ใช้สำหรับการเกษตรโดยตรง คือมีคุณสมบัติทนต่อสภาวะแวดล้อมต่างๆ ได้เป็นอย่างดี ทำหน้าที่เป็นตัวกลางส่งผ่านน้ำไปยังสปริงเกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ไมโครสปริงเกอร์ (Micro Sprinkler) รัศมีการให้น้ำ 2 เมตร ทำหน้าที่จ่ายน้ำในลักษณะแบบฉีดฝอยให้แก่พืช

5.2.3 การเลือกอุปกรณ์ที่สำคัญในระบบจ่ายน้ำ

เนื่องจากปริมาณน้ำที่พืชต้องการกำหนดได้ไม่แน่นอน เพราะพืชแต่ละชนิดมีความต้องการน้ำต่างกัน ฉะนั้นในการให้น้ำพืชแต่ละครั้ง จะมีปริมาณมากน้อยเท่าใดจึงขึ้นอยู่กับระยะเวลาการให้น้ำ ซึ่งลักษณะการให้น้ำแก่พืชต้องทำให้ได้รับความกระทบกระเทือนน้อยที่สุด ดังนั้น หัวจ่ายน้ำจึงควรจ่ายน้ำให้เป็นฝอยมากที่สุดในโครงงานนี้เราจึงเลือกใช้ หัวจ่ายไมโครสปริงเกอร์ (micro sprinkler) เลือกใช้รุ่น blue เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร รัศมีการจ่ายน้ำ 2 เมตร ความดัน 0.5 บาร์ อัตราการจ่ายน้ำ 23.5 ลิตรต่อชั่วโมง

5.2.4 สาเหตุที่เลือกใช้

1. ใช้กับความดันไม่สูงมากนัก ซึ่งจะมีผลต่อการเลือกปั๊มได้ในราคาที่ประหยัดขึ้น
2. ลักษณะการจ่ายน้ำเป็นรัศมีวงกลม เหมาะสำหรับการให้น้ำในพื้นที่โล่ง
3. อัตราการจ่ายน้ำไม่สูงมากนัก ทำให้มีความยืดหยุ่นต่อปริมาณน้ำที่ต้องการ ซึ่งในแปลงทดสอบใช้หัวจ่ายทั้งหมด 2 หัว
4. เซนเซอร์มีการปรับเทียบมาตรฐานของเซนเซอร์มาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 5.1 แสดงการปรับเทียบ เปอร์เซนต์ความชื้น กับ Sensor แต่ละชนิด

ความชื้น(%)	Gypsum (kΩ)	Oasis (kΩ)	ฟองน้ำ (kΩ)	Soil Moisture (v)
0	400	85	35	1.10
5	60	80	34	1.30
10	30	32	33	1.50
15	25	30	30	1.80
20	19	28	26	2.10
25	15	26	24	2.30
30	12	25	23	2.50
35	11.50	23	22	2.70
40	10	22	21	2.80
45	9	21	21	2.90
50	9.50	21	20.50	3.20
55	8	21	19.90	3.30
60	7	20	19.20	3.50
65	6.50	20	19	3.60
70	6	19	18.90	3.90
75	5.50	18.50	18.80	4.20
80	5	12	18.70	4.50
85	5	7.50	18	4.60
90	5	6.50	17.90	4.80
100	5	5.50	13	5.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุป

โครงงานนี้เป็นการสร้างเครื่องควบคุมระบบการให้น้ำพืช ซึ่งมีการให้น้ำแบบไมโครสปริงเกอร์ และใช้ Computer ในการควบคุมและประมวลผล โดยจะทำการจัดสรรน้ำ ให้เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิด โดยผู้ใช้สามารถป้อนข้อมูลลงใน Computer เพื่อป้อนรายละเอียดต่างๆ ของพืช เพื่อให้ Computer ทำการประมวลผลโดยใช้ตัวโปรแกรมที่เขียนโดยภาษา Visual Basic ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกการใช้งานได้ทั้งแบบ Automatic และแบบ Manual ได้ ซึ่งในการกำหนดการให้น้ำแก่พืช เมื่ออยู่ระดับความชื้นต่ำกว่าความชื้นวิกฤติ (Critical Point) ก็จะทำการเปิดปั๊ม และโซลินอยล์วาล์ว เพื่อจ่ายน้ำให้แก่พืช ทำให้ความชื้นของดินเพิ่มขึ้นจนถึง Field Capacity ซึ่งจุดนี้โปรแกรมจะทำการคำนวณที่ได้มาจาก $E_{TC} = k_c{*}k_p{*}E_{pan}$ ปั๊มและโซลินอยล์ ก็จะหยุดทำงานการทำงานจะเป็นลักษณะอัตโนมัติไปเรื่อยๆ ในส่วนของ Sensor (Soil Moisture) จะทำการรับค่าความชื้นที่ได้ส่งสัญญาณไปเข้า Board A/D ส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรเลอร์ (MCS- 51) เพื่อทำการเปรียบเทียบและรับส่งสัญญาณต่อไปผ่าน RS-232 เป็นการติดต่อกับ PC Computer ทางพอร์ตอนุกรมเพื่อทำการส่งสัญญาณที่วัดได้แสดงผลบนหน้าจอ Monitor

6.2 ข้อเสนอแนะ

การกำหนดการให้น้ำแก่พืชมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ ชนิดของดิน อายุ และชนิดของพืช สภาพภูมิประเทศ ความเข้มข้นของเกลือที่อยู่ในดิน ควรทำการศึกษาถึงความเข้มข้นของเกลือในดินเสียก่อน เพื่อการใช้ Sensor (Soil Moisture) แต่ถ้าเป็นก้อนความต้านทานก็ไม่จำเป็นมากนัก เพื่อให้เครื่องควบคุมสามารถจัดสรรน้ำให้แก่พืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ และโปรแกรมได้ออกแบบให้สามารถใช้ใน Mode Manual ได้ ดังนั้นผู้ใช้จึงต้องทำการศึกษา ความชื้นที่พืชต้องการ Field Capacity อีกทั้ง ปริมาณน้ำที่ต้องใช้ด้วยเช่นกัน และการใช้งานโปรแกรมผู้ใช้ต้องมีความรู้ด้วย เพื่อความถูกต้องจึงมีข้อแนะนำดังนี้

1. ปรับสวิตซ์ Sensor (Soil Moisture) ไปที่ pH เพื่อทำการดูค่า pH ก่อนการให้น้ำซึ่งจะกระทำเฉพาะหลังจากให้ปุ๋ย 2 - 3 วัน หลังจากนั้นก็ปกติ เพราะจะทำให้ค่าที่ได้มากกว่าค่าความเป็นจริง
2. การป้อนค่าข้อมูลต่างๆ ในโปรแกรมจะต้องป้อนให้ครบถ้วน
3. การให้น้ำพืชอยู่ในช่วงเวลา 08.00 - 17.00 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความยาวของสายไฟฟ้าที่ต่อจากตัว Sensor เข้ากับ Board A/D ยิ่งยาวมากเท่าไหร่ก็ยิ่งมีสัญญาณรบกวนมากเท่านั้นซึ่งจะมีผลต่อความชื้นที่วัดได้ ถ้าต้องการให้สายยาวต้องมีระบบป้องกันสัญญาณรบกวน และใช้สายที่มีคุณภาพสูง และการป้อนค่าความชื้นสำหรับพื้นที่กว้าง Sensor เองต้องมีหลายๆ ตัวเข้าผ่าน I^2C สามารถให้ความถูกต้องของโปรแกรม

5. Sensor แต่ละชนิดมีอายุการใช้งานแตกต่างกัน เช่น Gypsum Block มีอายุการใช้งาน 1 ปี เมื่อใช้งานแล้ว ควบตามกำหนดควรที่จะทำการเปลี่ยนตัว Sensorใหม่ ส่วน Soil Moisture จะต้องดูแลและทำความสะอาด โพลบ บ่อยๆ ไม่ให้ขึ้นสนิมหรือเกิดคราบสกปรก เพราะจะทำให้การวัดความชื้นได้ค่าที่ไม่ตรง

6. การใช้งานโปรแกรม เครื่องควบคุมระบบการให้น้ำพืช ควรจะใช้งานให้ถูกต้อง ไม่ควรใช้งานแบบซ้ำซ้อน

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา " ปฐพีวิทยา เบื้องต้น " มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. คณะเกษตร. ภาควิชาปฐพีวิทยา
2. http\\www.dmr.go.th กรมทรัพยากรธรณี.
3. http\\www.modin.ldd.go.th หมอดินคอทคอม.
4. รองศาสตราจารย์ดิเรก ทองอร่าม, อาจารย์วิทยา ตั้งก่อสกุล, อาจารย์นาวี จิระชีวี " การให้น้ำแก่พืช " มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
5. กิตติ ภักดีวัฒนะกุล " Microsoft Visual Basic Version 6.0 ฉบับโปรแกรมเมอร์ " บริษัท ดวงกมลสมัยจำกัด, พ.ศ. 2542
6. ธาริน สิทธิธรรมชารี " คู่มือ Visual Basic Version 6.0 " บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด พ.ศ. 2542

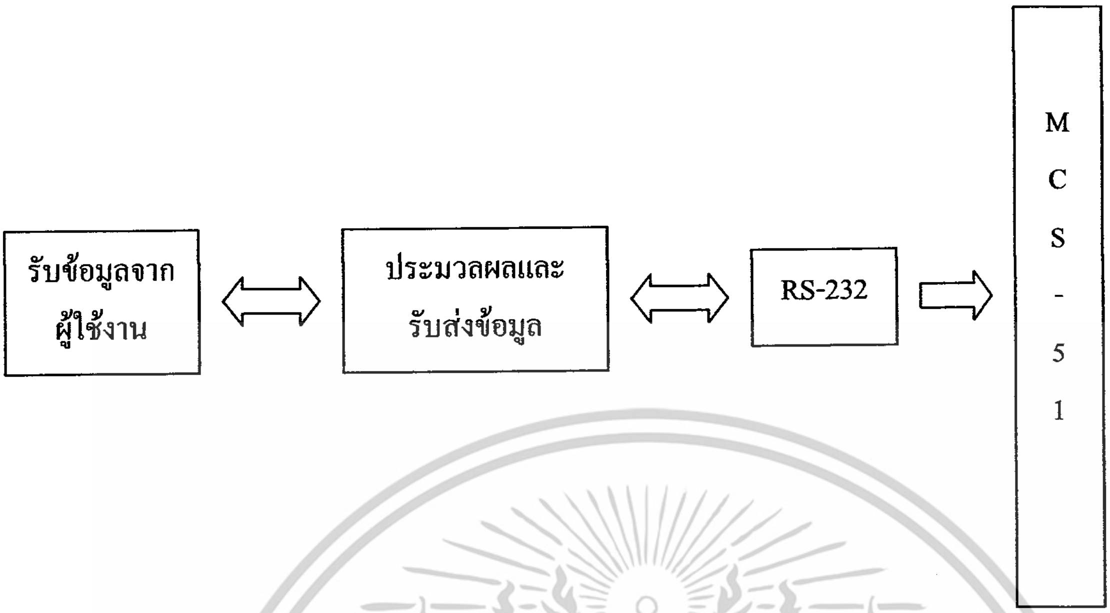
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

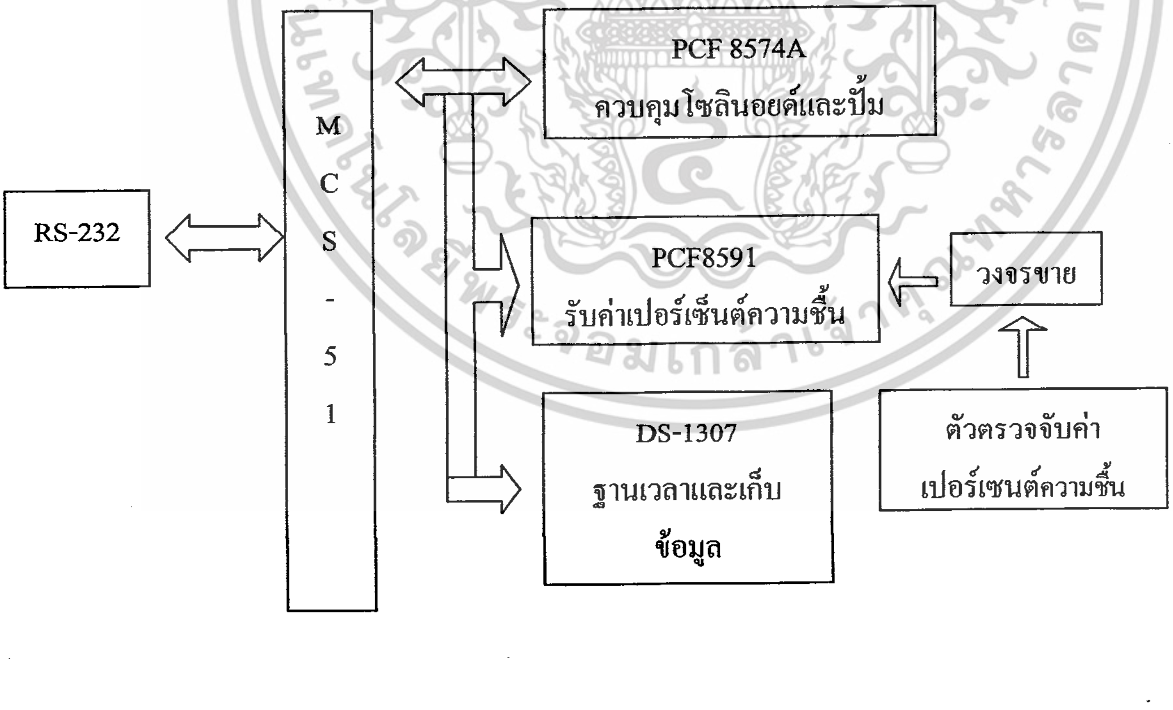
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram การทำงานของ Visual Basic

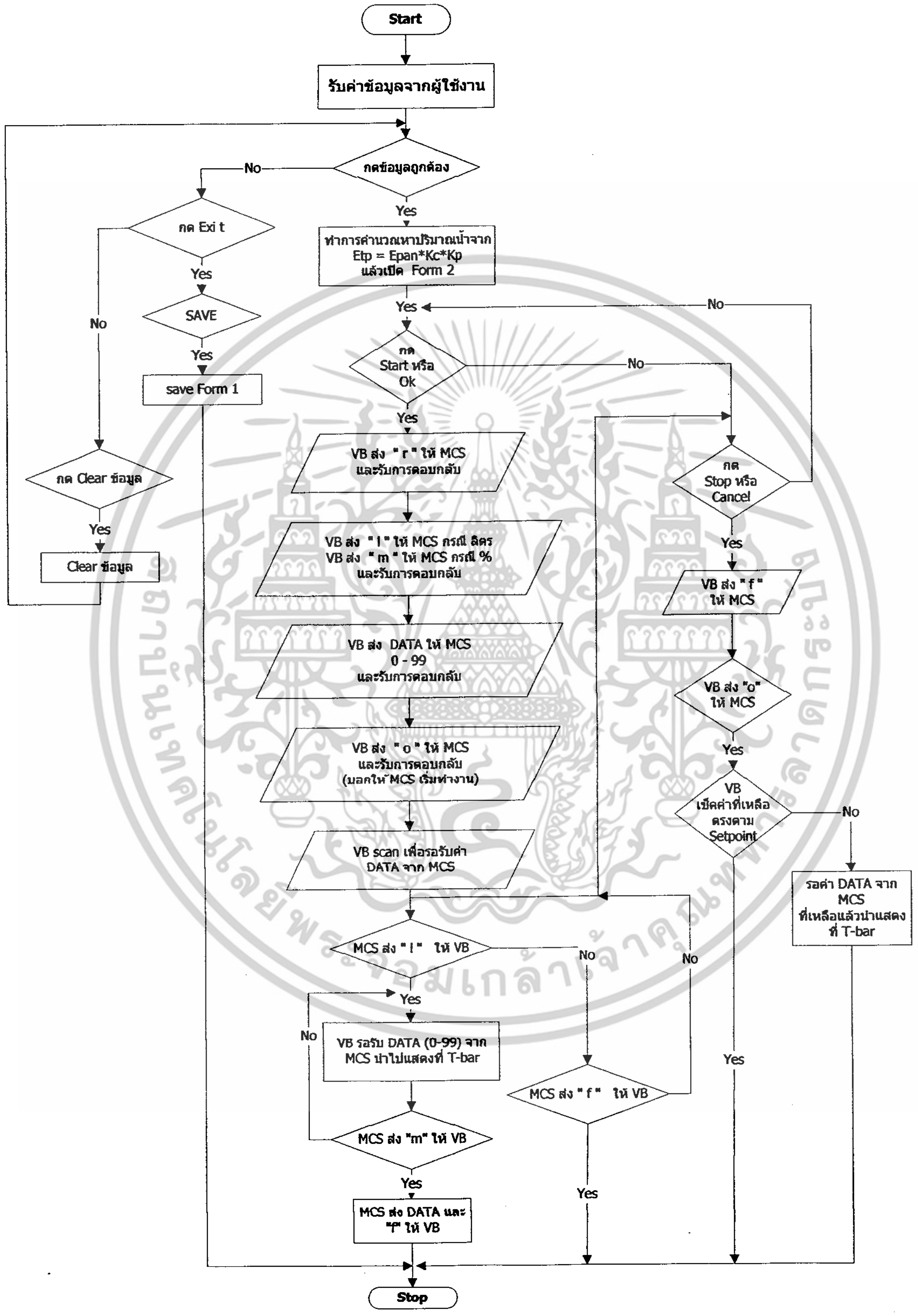


Block Diagram การทำงานของ MCS-51



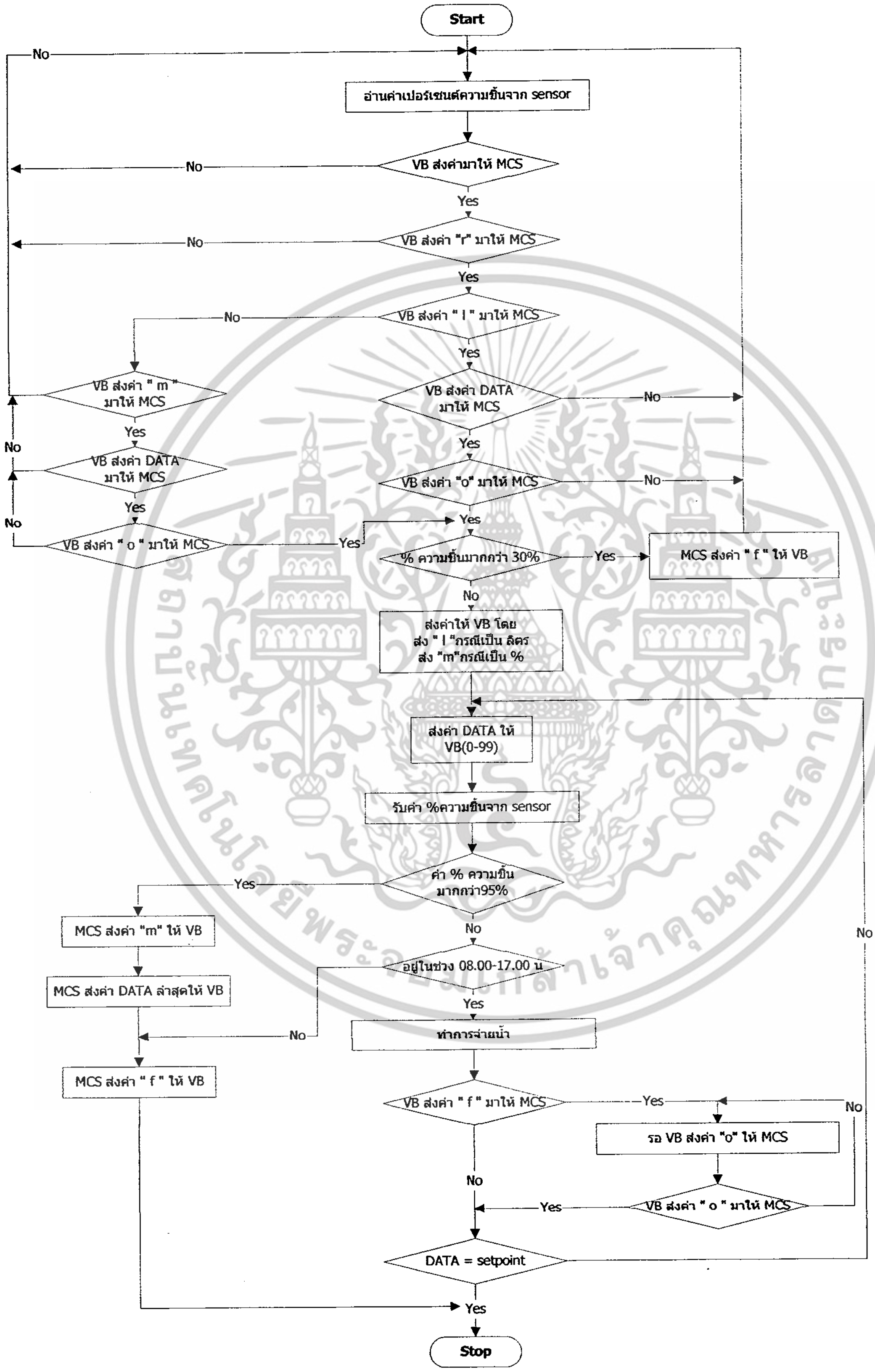
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flowchart การทำงาน Visual



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flowchart การทำงาน MCS-51



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้