ระบบน้ำหยด

(WATER DROP SYSTEM)

โดย

สมชัย ลับกฤชคม 38013427

อภิชาติ อิงค์กิตติ 38013434

วัน เดือน ปี -5 ต.ค. 2541

เลขทะเบียน 038541

เลขเรียกหนังสือ T 400.89 ส 281 ร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

038541

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2540

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบน้ำหยด (WATER DROP SYSTEM)

ผู้จัดทำ

1. นายสมชัย ลับกฤชคม 38013427
2. นายอภิชาติ อิงค์กิตติ 38013434

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ทวีพล ซื่อสัตย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบน้ำหยด

(WATER DROP SYSTEM)

โดย

สมชัย	ลับกฤชคม	38013427
อภิชาติ	อิงค์กิตติ	38013434

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ทวีพล ซื่อสัตย์

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยว (Single Chip Microcontroller) มีใช้กันอย่างแพร่หลาย และได้มีการนำไปประยุกต์ใช้งานในรูปแบบที่แตกต่างกัน ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้กล่าวถึง การนำไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล 51 (MCS – 51) มาประยุกต์ใช้งาน ในการควบคุมระบบน้ำหยด (WATER DROP SYSTEM) ตั้งแต่การปล่อยปุ๋ยจากถังเก็บ การกำหนดอัตราส่วนผสมระหว่างปุ๋ยต่าง ๆ การผสมปุ๋ย การปล่อยปุ๋ยเข้าสู่ท่อน้ำ การให้น้ำแก่พืช แต่ในการใช้ MCS–51 ในการควบคุมการทำงานจะต้องต่อร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น Motor, Load Cell , Valve และ Pump เป็นต้น

Abstract

Recently, Single Chip Microcontroller has been used commonly. It has been applied and used in different formats. This thesis is about appling the Single Chip Microcontroller (MCS – 51) to control the Water Drop System. It explains releasing fertilizer from the silo, extimating ratio of fertilizered mixer, mixing of fertizer, releasing fertilizer to the water pipe-line and watering plants. However using MCS-51 to control this process, the other equipment are needed for example. Motor, Load Cell , Valve and Pump.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บิดามารดาให้เราได้เกิดมา ขอขอบคุณท่านอาจารย์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษา และประชาชนทุกท่านที่ให้การสนับสนุนโครงงานนี้

ขอขอบคุณ ท่านอาจารย์ทวีพล ซื่อสัตย์

ขอขอบคุณ คุณวิโรจน์ ลับกฤชคม

ขอขอบคุณ คุณขนิษฐา เหลืองยิ่งยงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

			หน้า
บทที่	1	บทนำ	1
	1.1	ความหมายของการชลประทานแบบหยด	1
	1.2	ข้อดีของการชลประทานแบบหยด	4
	1.3	ข้อเสียและปัญหาของการชลประทานแบบหยด	5
บทที่	2	ระบบการชลประทานแบบหยด	8
	2.1	องค์ประกอบของระบบชลประทานแบบหยด (Drop System Components)	8
	2.2	ชนิดของระบบชลประทานแบบหยด (Types of Drop Irrigation System)	14
	2.3	คุณลักษณะและชนิดของหัวปล่อยน้ำ (Characteristic and Types of Emitter)	14
บทที่	3	สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล 51	24
	3.1	โครงสร้างของ 8051	26
	3.2	การจัดการหน่วยความจำของ 8051	29
	3.3	สถาปัตยกรรมของ 8051	31
	3.4	รีจิสเตอร์ของ 8051	41
	3.5	รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (Special Function Register, SFS)	44
บทที่	4	การผสมปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำชลประทาน	50
	4.1	ความหมายและจุดประสงค์ทั่วไป	50
	4.2	ข้อดีของการผสมปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำ	50
	4.3	ข้อพิจารณาเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งการให้ปุ๋ย	51
	4.4	ปั๊มที่นิยมใช้กับระบบ F.I	52
	4.5	ปุ๋ยและธาตุอาหารพืชในแง่ของ F.I	57
	4.6	การคำนวณปุ๋ยเคมีที่ใช้	58
	4.7	การควบคุมและกำหนดการให้ปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำ	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

			หน้า
บทที่	5	การสร้างและประกอบโครงงาน	69
บทที่	6	การทดลองโครงงาน	80
บทที่	7	สรุปผลการทดลองและแนวทางการพัฒนา	82

ภาคผนวก

บรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

วิธีการให้น้ำแก่พืชนั้น ปกติสามารถทำกันได้หลายวิธี นับตั้งแต่การปล่อยให้น้ำไหลท่วมเป็นผืนยาว (Border) หรือแบบอ่าง Basin) การให้น้ำแบบร่อง (Furrow) และระบบฉีดฝอย (Sprinkler) จนกระทั่งถึงระบบการให้น้ำแบบหยด สำหรับการให้น้ำในแต่ละวิธีนั้น ต่างก็มีข้อดี และข้อจำกัดที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสภาพของการปลูกพืชแต่ละท้องที่ แหล่งน้ำ ปัญหาทางเศรษฐกิจ และวิชาการ แต่อย่างไรก็ตามการให้น้ำแบบหยด สามารถนำเอาไปใช้ได้กับการปลูกพืชเกือบทุกชนิด นับตั้งแต่พืชผัก พืชสวนผลไม้ขนาดใหญ่ พืชไร่ เช่น อ้อย ข้าวโพด หน่อไม้ฝรั่ง เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้ได้ดีกับเนื้อดินแทบทุกประเภท ตั้งแต่เนื้อดินหยาบเป็นพวกทราย จนกระทั่งเนื้อละเอียดเป็นพวกดินเหนียว และใช้ได้ในพื้นที่ทุกลักษณะ ตั้งแต่ที่ราบเรียบจนถึงพื้นที่บนไหล่เขาที่ชัน เช่น ทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะที่มีการปลูกพืชเมืองหนาว ที่ปลูกตามเนินเขา ไหล่เขา หรือพื้นที่ลาดชันมาก ๆ ปกติไม่อาจจะให้น้ำโดยวิธีอื่นได้ นอกจากการให้น้ำแบบหยด แต่อย่างไรก็ดี การจะเลือกใช้ก็ต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมในหลาย ๆ ด้าน ดูว่าคุ้มค่าลงทุนหรือไม่ การจะพิจารณาได้นั้น จะต้องทราบรายละเอียดอีกมากมาย

1.1 ความหมายของการชลประทานแบบหยด

การชลประทานแบบหยด อาจจะมีผู้ให้คำอธิบายได้หลายอย่าง แต่ก็มีพื้นฐานของความหมายอันเดียวกันคือ เป็นการให้น้ำแก่พืชด้วยปริมาณน้อย ๆ อย่างช้า ๆ แต่ให้น้ำบ่อย ๆ ครั้ง ตามความเหมาะสมของพืชและดิน และให้น้ำเฉพาะบริเวณเขตรากพืชเท่านั้น

จุดมุ่งหมายสำคัญของการให้น้ำแบบนี้ คือ จะรักษาระดับความชื้นของดินบริเวณเขตรากพืชให้อยู่ในระดับที่พืชสามารถดูดความชื้นไปใช้ เพื่อสร้างความเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์พอเหมาะกับความต้องการตลอดเวลา การจะรักษาระดับความชื้นให้พอเหมาะนั้น ระบบนี้จึงต้องมีการควบคุมเวลา และอัตราการให้น้ำในแต่ละจุด เพื่อที่จะไม่ทำให้ดินอิ่มน้ำหรือแห้งเกินไป อุปกรณ์สำคัญในการควบคุม และจ่ายน้ำให้แก่ต้นพืชแต่ละต้น ก็คือ "หัวปล่อยน้ำ" ซึ่งจะติดอยู่บนท่อแขนงที่วางไปตามแถวต้นพืช และท่อแขนงก็ไปต่อกับท่อนำน้ำมายังพื้นที่ คือ ท่อแยกประธาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

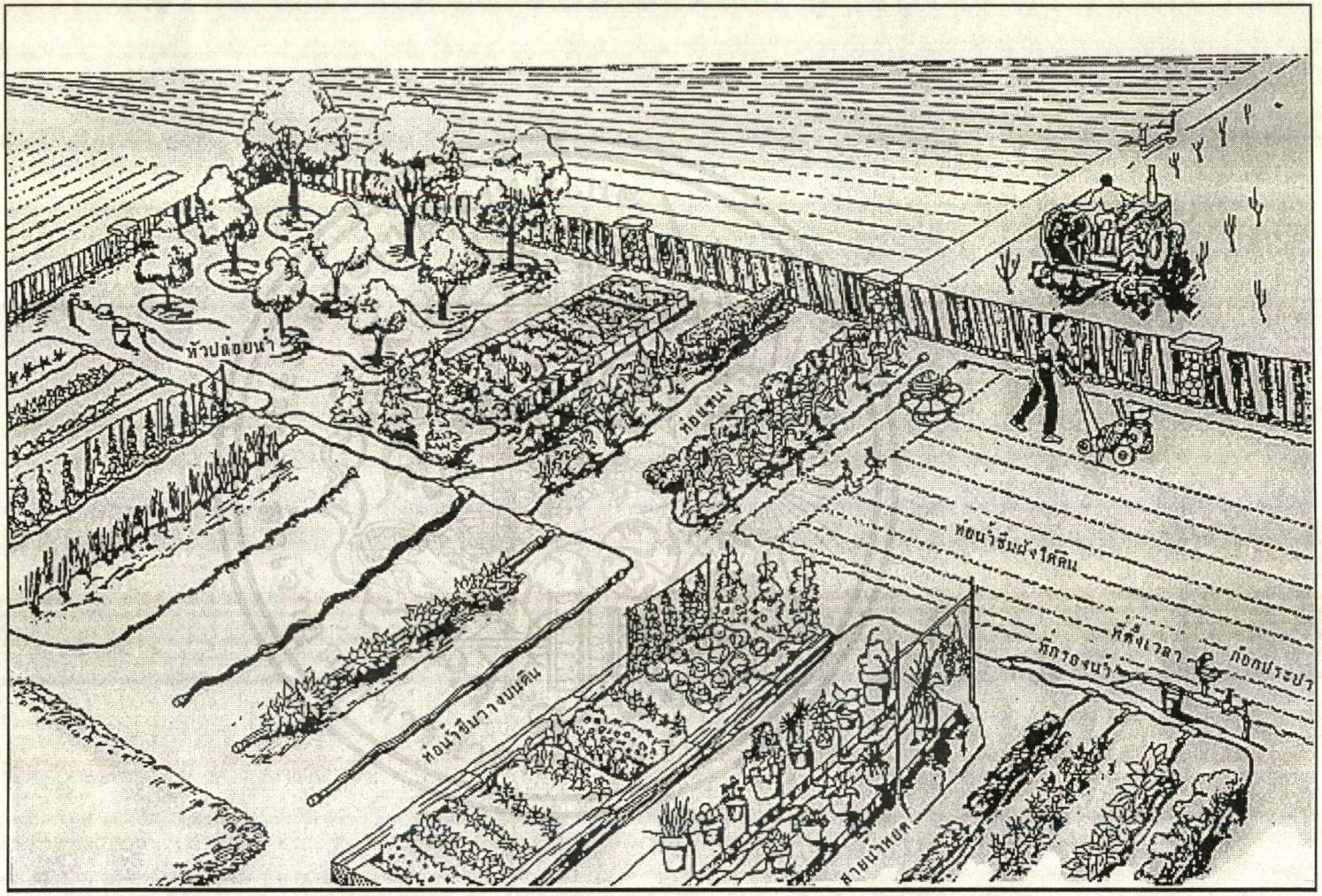
และท่อประธาน เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีอุปกรณ์ต่าง ๆ อีกมากมายซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป รูปที่ 1.1 รูปแบบระบบการชลประทานแบบหยดอย่างง่ายที่ใช้ในบริเวณบ้าน

นอกจากนี้ยังมีความหมายสำหรับใช้อธิบาย วิธีการให้น้ำแก่พืช โดยมีคุณลักษณะที่สำคัญดังต่อไปนี้

1) เป็นวิธีการให้น้ำด้วยอัตราที่น้อย (น้อยกว่า 15 ลิตร/ชม. ต่อหัว)
2) เป็นวิธีการให้น้ำแต่ละครั้งใช้เวลานาน (นานมากกว่า 4 ชม. ติดต่อกัน)
3) เป็นวิธีการให้น้ำช่วงบ่อยครั้ง (ไม่เกิน 3 วันครั้ง)
4) เป็นวิธีการให้น้ำโดยตรงในบริเวณเขตรากพืช
5) เป็นวิธีการให้น้ำด้วยระบบท่อที่ใช้ความดันต่ำ (ความดันที่หัวปล่อยน้ำไม่เกิน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)

ปัจจุบันการให้น้ำแก่พืชวิธีนี้กำลังเป็นที่นิยมกันมากในหลาย ๆ ประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา อังกฤษ อิสราเอล นิวซีแลนด์ อิตาลี ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย เยอรมัน และฝรั่งเศส เป็นต้น สำหรับในประเทศไทยกำลังมีผู้สนใจ พัฒนาการใช้กันมากขึ้นเรื่อย ๆ ถึงแม้ค่าลงทุนจะยังนับว่าแพง แต่ในอนาคตอันใกล้ วิธีการให้น้ำแบบนี้น่าจะมีความจำเป็นและคุ้มค่าในการลงทุน ถ้าเกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจในการใช้งานมากเพียงพอ และนำไปใช้กับพืชที่ให้ผลตอบแทนสูง เช่น ผลไม้ และพืชเมืองหนาว เป็นต้น โดยเฉพาะน่าจะนำไปใช้ในภาคอีสาน เพื่อจะช่วยให้อีสานมีความเขียวเร็วขึ้น เพราะวิธีนี้เหมาะกับดินที่ไม่ค่อยอุ้มน้ำ มีปัญหาดินเค็ม และแหล่งน้ำมีจำนวนจำกัด เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 องค์ประกอบของระบบชลประทานแบบหยดอย่างง่ายที่ใช้ในบริเวณบ้าน

1.2 ข้อดีของการชลประทานแบบหยด

1) เพิ่มผลผลิต เนื่องจากการให้น้ำแบบหยด จะรักษาระดับความชื้นในดินอยู่ในเกณฑ์ที่พอเหมาะตลอดเวลา จะทำให้พืชงอกงามและได้ผลผลิตดีที่สุด ซึ่งผลผลิตจะสูงกว่าการให้น้ำแบบอื่นประมาณ 10 - 20 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะในดินทราย ดินที่มีความเค็ม หรือคุณภาพของน้ำไม่ดี การให้น้ำแบบหยดจะให้ผลผลิตมากกว่าถึงสองเท่า
2) ประหยัดน้ำได้มาก เนื่องจากการให้น้ำแบบหยดเป็นการให้น้ำแก่รากพืชโดยตรง ฉะนั้นจึงถูกจำกัดให้ซึมลงไปเฉพาะในบริเวณรากพืชเท่านั้น พื้นดินระหว่างต้นพืช หรือระหว่างแถวจะไม่เปียกน้ำ จึงไม่มีการระเหยจากผิวดิน และน้ำก็จะไม่สูญเสียไป เพราะวัชพืชเอาไว้ใช้
3) ใช้แรงงานน้อย ในการดำเนินงานเนื่องจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบการให้น้ำแบบหยดนั้น ได้ติดตั้งไว้เป็นการค่อนข้างถาวร พร้อมที่จะให้น้ำได้ทุกเมื่อ ซึ่งจะเป็นผลให้มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่ำ
4) ไม่เป็นอุปสรรคกีดขวางการดำเนินงาน ด้านอื่นภายในพื้นที่เพาะปลูก เช่น การตัดแต่งกิ่ง การพ่นยาปราบศัตรูพืช ตลอดจนการเก็บผลผลิต การทำงานเหล่านี้สามารถกระทำได้ในขณะทำการให้น้ำ โดยเฉพาะสวนองุ่นและสวนไม้ผล เป็นต้น
5) ควบคุมปริมาณการให้น้ำได้ดี เพราะเป็นการให้น้ำครั้งละน้อย ๆ ซึ่งสามารถควบคุมเวลาการให้น้ำ และปริมาณน้ำได้ใกล้เคียงกับความต้องการได้มากกว่าวิธีการให้น้ำแบบอื่น ๆ
6) ปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืชบางชนิดสามารถให้แก่พืชได้ โดยการละลายไปพร้อมกับน้ำที่ให้ ทำให้การให้ปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืชเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด
7) ควบคุมป้องกันโรคพืชและแมลงต่าง ๆ ที่จะทำอันตรายแก่พืชได้ เพราะการให้น้ำแบบหยดไม่ทำให้ใบของพืชเปียก ความชื้นบริเวณใบจึงต่ำ โรคพืชย่อมเกิดได้ยาก นอกจากนั้นการพ่นยาปราบศัตรูพืชต่าง ๆ ก็มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากยาซึ่งติดตามใบ กิ่งก้าน และลำต้นของพืช จะไม่ถูกชะล้างไป
8) ควบคุมวัชพืช เนื่องจากการให้น้ำเป็นจุดเฉพาะบริเวณโคนต้น ทำให้พื้นที่เปียกน้ำเป็นส่วนน้อยของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่บริเวณอื่นจึงไม่มีน้ำ ทำให้การเจริญเติบโตของวัชพืชย่อมเป็นไปได้ยาก
9) ทำให้พืชงอกและเจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอ เพราะพืชที่ปลูกได้รับน้ำสม่ำเสมอและทั่วถึงกัน โดยเฉพาะในขณะที่กำลังงอกและยังเล็กอยู่ ทำให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายมีมาก และอัตราการเจริญเติบโตสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) สามารถใช้ได้ดีกับดินที่มีคุณภาพต่ำ เนื่องจากวิธีการให้น้ำแบบหยด เป็นการให้น้ำและธาตุอาหารพืชแก่รากพืชโดยตรง ครั้งละน้อย ๆ อย่างสม่ำเสมอ ฉะนั้นแม้ในดินทรายก็สามารถปลูกพืชได้โดยการให้น้ำแบบหยดนี้

11) ลดปัญหาเรื่องการระบายน้ำ เพราะให้น้ำไม่มากเกินความต้องการของพืช จึงไม่ก่อให้เกิดปัญหาการระบายน้ำ

12) ลดอันตรายที่พืชจะได้รับจากความเค็ม เนื่องจากการให้น้ำแบบหยดสามารถเพิ่มน้ำให้มากขึ้น เพื่อไล่เกลือออกไปเฉพาะบริเวณเขตรากพืช และความเข้มข้นของเกลือลดลง เนื่องจากน้ำซึมลงในดินเกือบตลอดเวลาและใบพืชไม่ไหม้ เนื่องจากไม่มีเกลือเกาะติดอยู่ตามใบพืช เหมือนเมื่อให้น้ำแบบฉีดฝอย

13) ไม่ทำให้หน้าดินแน่นเป็นแผ่น เพราะเป็นการให้น้ำอย่างช้า ๆ ปริมาณน้อย ๆ ดินไม่เกิดการอิ่มตัว

14) สามารถติดตั้งเครื่องควบคุมน้ำชนิดอัตโนมัติ ให้ทำงานตามกำหนดเวลาแบบรอบเวรได้เองทั้งระบบ

15) ไม่มีปัญหาเรื่องลม การให้น้ำแบบอื่น ๆ เมื่อมีลมแรง ๆ จะทำให้การกระจายของน้ำไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะการให้น้ำแบบฉีดฝอยขนาดใหญ่

1.3 ข้อเสียและปัญหาของการชลประทานแบบหยด

ถึงแม้การให้น้ำแบบหยดจะมีข้อดีมากมายหลายอย่าง แต่ก็ยังมีข้อเสียและปัญหาบางประการที่จะต้องนำมาพิจารณาประกอบการตัดสินใจ ในการเลือกใช้ระบบนี้เทียบกับระบบอื่น ๆ พอสรุปได้ดังนี้

1) การอุดตันที่หัวปล่อยน้ำ นับว่าเป็นปัญหาสำคัญที่สุดที่ทำให้ระบบการให้น้ำแบบหยดต้องล้มเหลว ถึงแม้ว่าการกรองน้ำจะเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการลดปัญหาการอุดตัน แต่บางกรณีใช้วิธีการกรองอย่างเดียวไม่เพียงพอ จะต้องมีการใช้น้ำยาเคมีเข้าช่วย เนื่องจากการอุดตันอาจเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น ตะกอน ทราย โคลนตม พอกรองได้ แต่สำหรับการตกตะกอนของสารเคมีที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำ เช่น แคลเซี่ยมและเมือกสนิมเหล็ก หรือเกิดจากการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต ในท่อ หรือที่หัวปล่อยน้ำ เช่น ตะไคร่ แบคทีเรีย กำมะถัน หรือเหล็ก ต้องใช้น้ำยาเคมีเข้าช่วย เป็นต้น

2) ต้องมีการบำรุงรักษาสูง มีการตรวจสอบระบบการทำงานต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ

3) ไม่สามารถฉีดน้ำล้างใบ หรือเพิ่มความทชื้นในบรรยากาศบริเวณใบได้ดีเหมือนการให้น้ำแบบหยดฉีดฝอย เมื่อต้องการล้างใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) <u>อาจจำกัดความเจริญเติบโตของรากพืช</u> ในกรณีที่ใช้ระบบการให้น้ำแบบหยดเป็นหลัก และอยู่ในพื้นที่ซึ่งมีฝนตกน้อย รากพืชจะเจริญหนาแน่นเฉพาะบริเวณที่เปียกน้ำเท่านั้น ถ้าบริเวณที่เปียกน้ำเล็กเกินไป หรือเปียกเฉพาะแถบเดียว และการแผ่กระจายของรากไม่เพียงพอ เวลาลมพัดแรง ๆ พืชอาจจะโยกคลอนได้ โดยเฉพาะพืชที่ปลูกในดินเหนียว น้ำซึมด้านลึกได้น้อย อาจทำให้ระบบรากพืชหยั่งลงไม่ลึกเช่นกัน ดังนั้นการออกแบบติดตั้งหัวปล่อยน้ำจึงเป็นเรื่องสำคัญมากเกี่ยวกับการกระจายความชื้น

5) <u>ระบบท่อที่วางบนดินอาจจะได้รับความเสียหาย</u> จากการทำงานของคนงานปราบวัชพืช หรือจากสัตว์ต่าง ๆ เช่น สุนัข หนู หรือกระรอก มากัดแทะท่อ เป็นต้น และมดหรือแมลงอาจจะเข้าไปในรูของหัวปล่อยน้ำขณะที่หยุดส่งน้ำ เป็นต้น

6) <u>บางทีอาจจะเกิดความเสียหายจากการสะสมของเหลือ</u> บริเวณเขตราก ถ้าพื้นที่นั้นมีเกลืออยู่มาก และให้น้ำปริมาณไม่มากพอที่จะผลักดันให้บริเวณที่มีเกลือสะสมเข้มข้นออกพ้นจากเขตราก ซึ่งความเข้มข้นของเกลือจะอยู่บริเวณขอบเปียกของน้ำที่ให้แบบหยดนั่นเอง

7) <u>อย่างน้อยต้องมีระบบการกรองน้ำที่เชื่อถือได้</u> เพราะรูของหัวปล่อยน้ำมีขนาดเล็กมาก ง่ายต่อการอุดตัน หรือแม้ว่าน้ำจะดูว่าใสสะอาดก็จำเป็นต้องมีเครื่องกรองเสมอ

8) <u>ระบบรากเคยชินกับการได้รับน้ำอย่างสม่ำเสมอ</u> ถ้าน้ำที่เคยให้ด้วยระบบนี้เกิดขัดข้อง พืชจะอยู่ในสภาพที่แย่กว่าต้นพืชที่ไม่ได้ใช้ระบบน้ำหยด ทั้งนี้เพราะต้นพืชที่ให้น้ำด้วยวิธีอื่น จะมีระบบรากที่แตกต่างกัน และมีโครงสร้างของเซลที่เหนียวแน่นกว่า ฉะนั้นการให้น้ำแบบหยด แม้จะประหยัดน้ำกว่าวิธีอื่นก็ตาม แต่จำเป็นต้องออกแบบให้ไว้ใจได้จริง ๆ และดูแลให้อยู่ในสภาพที่สามารถใช้งานได้ตลอดเวลา

9) <u>ค่าลงทุนครั้งแรกค่อนข้างสูง</u> เนื่องจากระบบนี้ต้องใช้ท่อแขนง ท่อแยกประธานและท่อประธาน เป็นจำนวนมาก และก็ต้องใช้หัวปล่อยน้ำเป็นจำนวนมากด้วย เฉพาะค่าหัวปล่อยน้ำชนิดที่พอเชื่อถือได้ คิดเป็นเงินประมาณ 25 ถึง 35 เปอร์เซ็นต์ของเงินลงทุนทั้งระบบ และยังต้องมีเครื่องกรองน้ำและอุปกรณ์อื่น ๆ อีก ค่าลงทุนเฉลี่ยสำหรับพืชสวน ตกไรละ 4,000 - 8,000 บาท และสำหรับพืชไร่หรือพืชผัก ตกไร่ละ 6,000 - 10,000 บาท ฉะนั้นระบบนี้จึงเหมาะที่จะใช้กับพืชที่ให้ผลตอบแทนสูง น้ำที่ใช้จัดหามาด้วยราคาแพง พื้นที่ลาดชันหรือสูง ๆ ต่ำ เป็นคลื่น แรงงานหายากและมีราคาแพง ไม่เหมาะที่จะให้น้ำด้วยวิธีอื่น

10) <u>ความรู้สึกของผู้ใช้เอง</u> ถ้าเจ้าของพื้นที่หรือผู้ดูแล มีความรู้สึกไม่ชอบที่จะใช้ระบบนี้แต่แรก หรือคิดว่าคงไม่ได้ผล ก็ไม่ควรนำมาใช้ เพราะโอกาสเสียหายจะง่ายและเร็วกว่าของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ที่พยายามอยากจะใช้ระบบนี้ให้ได้ผลดีจริง ๆ โดยมีการดูแลเอาใจใส่อย่างทั่วถึง ปรับปรุงแก้ไขตลอดเวลา ไม่ใช่รอจนเสียหายมาก ๆ แล้วคอยแก้ไข มักจะไม่ค่อยทันการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

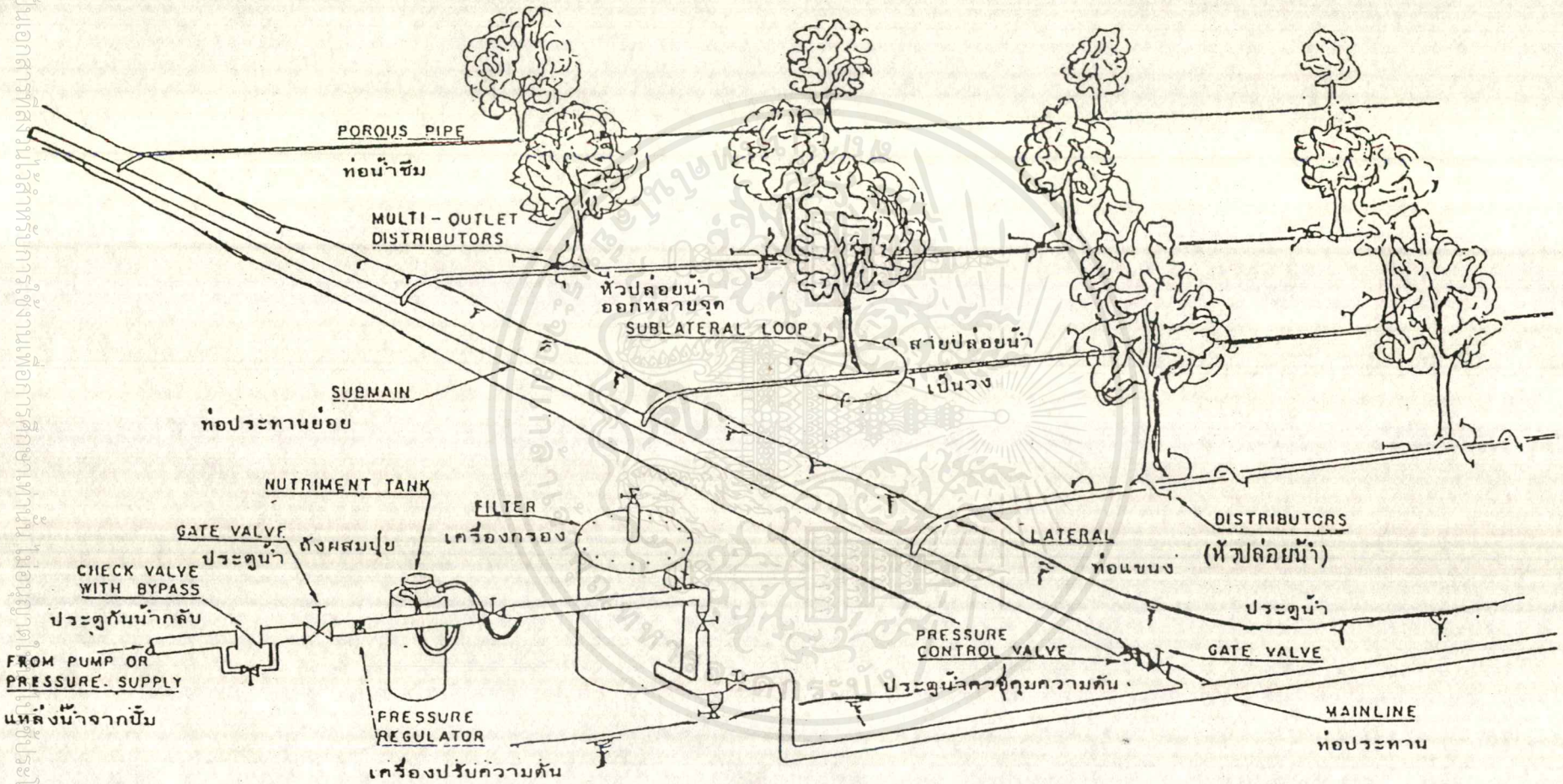
ระบบการชลประทานแบบหยด

การชลประทานแบบ เป็นระบบการให้น้ำแก่พืชที่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์พิเศษหลายอย่าง เพื่อควบคุมการให้น้ำแก่พืช ให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการให้น้ำแก่พืชแบบอื่น ๆ ฉะนั้นจึงมีความจำเป็นในเบื้องต้นที่จะต้องทำความเข้าใจถึงหน้าที่และความสำคัญของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในระบบ เพื่อจะได้นำไปใช้งานให้สอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศและพืชที่ปลูก ตลอดจนเงินลงทุนและผลผลิตที่จะได้รับ ถ้าใช้ไม่ถูกต้องตามที่ควรจะเป็น นอกจากจะเสียเงินลงทุนเพิ่มขึ้น ยังอาจจะใช้ไม่ได้ผลเท่าที่ควรอีกด้วย

2.1 องค์ประกอบของระบบชลประทานแบบหยด (Drip System Components)

ระบบชลประทานแบบหยด ส่วนใหญ่จะต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญอย่างน้อยดังต่อไปนี้ หัวปล่อยน้ำ (Emitter) ท่อแขนง (Lateral Line) ท่อประธานย่อย (Sub-Main) ท่อประธาน (Main Line) ประตูน้ำ (Valves) เครื่องวัดความดัน (Pressure Gauge) ส่วนเครื่องปั๊มน้ำ ซึ่งบางครั้งก็อาจไม่จำเป็นต้องใช้ ถ้าแหล่งน้ำมีความดันพอเพียง เช่น ระบบที่ใช้น้ำประปา ที่มีความดันมากกว่า 10 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว หรือแหล่งน้ำจากที่สูงเกินกว่า 6 เมตร จากพื้นดิน เป็นต้น และอุปกรณ์ที่นับว่าสำคัญมากของระบบนี้ ซึ่งจะขาดมิได้ คือ เครื่องกรองน้ำ (Filter) ดูรูปที่ 2.1 องค์ประกอบของระบบชลประทานแบบหยดอย่างง่าย ที่ใช้กันในบริเวณบ้าน ซึ่งต่อระบบจากแหล่งน้ำประปาโดยไม่ต้องอาศัยเครื่องสูบน้ำ ระบบนี้ใช้ได้กับพืชเกือบทุกชนิด ตั้งแต่พืชสวนครัว ต้นไม้ประดับ ไม้ยืนต้น ตลอดจนกระทั่งสนามหญ้า และสำหรับในพื้นที่เพาะปลูกขนาดใหญ่ นอกจากมีอุปกรณ์ดังกล่าวแล้ว บางครั้งก็อาจจำเป็นต้องมีอุปกรณ์พิเศษเพิ่มขึ้นอีกตามความเหมาะสม โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่ถือว่าเป็นเครื่องควบคุมการจ่ายน้ำต้นทาง (Control Head) อันได้แก่ เครื่องวัดปริมาณการไหลของน้ำ (Water Meter) เครื่องฉีดผสมปุ๋ยหรือสารเคมี (Fertilizer Tank or Chemical Injector) เครื่องควบคุมความดัน (Pressure Regulator) ประตูป้องกันน้ำไหลกลับ (Non-Return Valve) ประตูระบายอากาศ (Air-Release Valve) ทางฉีดล้างระบายน้ำออก (Outlet for Flushing) และนอกจากนี้ ยังสามารถติดตั้งเป็นระบบควบคุมการจ่ายน้ำอัตโนมัติได้อีกด้วย โดยติดตั้งประตูน้ำไฟฟ้า (Solenoid Valves) และระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Control Unit) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



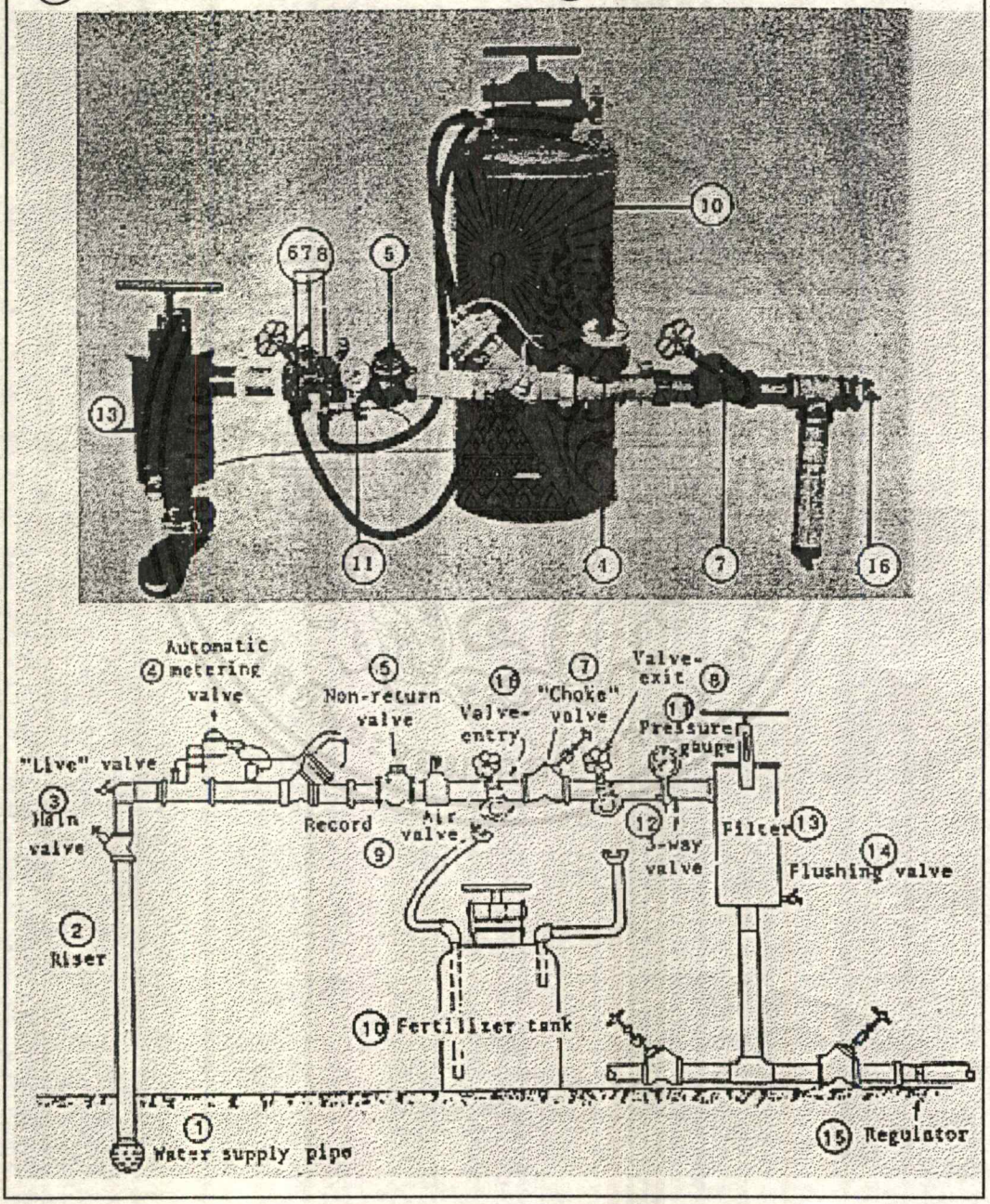
รูปที่ 2.1 องค์ประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบชลประทานแบบหยด

ดังรูป 2.1 แสดงองค์ประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบชลประทานแบบหยด ที่ใช้กับสวนผลไม้บนพื้นที่ขนาดใหญ่ และแสดงให้เห็นถึงลักษณะหัวปล่อยน้ำ และสำหรับรูปที่ 2.2 แสดงอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ถือว่าเป็นเครื่องควบคุมการจ่ายน้ำต้นทาง ฉะนั้นเพื่อให้เข้าใจดีขึ้น จะขออธิบายหน้าที่ของอุปกรณ์ต่างๆ พอสังเขปดังนี้

1) <u>หัวปล่อยน้ำ</u> จะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุม ประมาณการไหลของน้ำจากท่อแขนงไปสู่ดิน ปกติหัวปล่อยน้ำนี้จะติดตั้งอยู่บนท่อแขนงที่วางไว้บนผิวดิน หรือมีท่อเล็ก ๆ สีดำต่อแยกออกไปจากท่อแขนงอีกที โดยมากที่นิยมใช้มีอัตราการไหลประมาณ 1 - 10 ลิตร/ชั่วโมง และมีขนาดของรูจ่ายน้ำ 0.5 - 1.5 มม.
2) <u>ท่อแขนง</u> เป็นท่อซึ่งต่อแยกจากท่อประธานย่อย หรือบางครั้งก็ต่อกับท่อประธานโดยตรง และเป็นท่อซึ่งติดตั้งหัวปล่อยน้ำ วางชิดขนานไปกับแถวของต้นพืช อาจใช้ท่อแขนง 1 แนว สำหรับพืช 1 - 2 แถว หรือท่อแขนง 1 - 2 แนว สำหรับพืช 1 แถวก็ได้ แล้วแต่ความเหมาะสม สำหรับขนาดของท่อ จะถูกกำหนดโดยจำนวนต้นพืชต่อแถว และจำนวนของหัวปล่อยน้ำที่ไหลต่อต้น หรือโดยจำนวนของหัวและความยาวของท่อที่ใช้ โดยทั่วไปมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 6 - 25 มม. ที่ใช้กันมาก 12 - 20 มม. ความยาวของท่อไม่ควรเกิน 300 ม.
3) <u>ท่อประธานย่อย</u> เป็นท่อที่ต่อแยกจากท่อประธาน เพื่อแบ่งการควบคุมเป็นส่วน ๆ ท่อนี้ถ้าระบบไม่ใหญ่มากนัก ก็ไม่จำเป็นต้องมี คือ มีเฉพาะท่อแขนงต่อโดยตรงกับท่อประธานก็ได้ โดยทั่วไปมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 - 80 มม. ที่ใช้กันมากขนาด 30 - 50 มม. ท่อประธานย่อยวางทั้งชนิดบนดินและฝังใต้ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ท่อจากแหล่งน้ำ
2. ท่อตั้ง
3. วาล์วจ่ายน้ำของระบบ
4. วาล์วอัตโนมัติพร้อมมิเตอร์
5. วาล์วกันน้ำไหลกลับ
6. วาล์วน้ำเข้า
7. วาล์วปรับความดัน
8. วาล์วน้ำออก
9. วาล์วระบายอากาศ
10. ถังผสมปุ๋ย
11. เกจวัดความดัน
12. วาล์วสามทาง
13. เครื่องกรองตะแกรง
14. วาล์วเปิดล้าง
15. ตัวควบคุมความดัน
16. วาล์วระบาย



รูปที่ 2.2 อุปกรณ์ควบคุมการจ่ายน้ำต้นทางของระบบชลประทานแบบหยด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) <u>ท่อประธาน</u> เป็นท่อซึ่งเชื่อมโยงท่อประธานย่อย หรือท่อแขนงในแต่ละสายให้ต่อไปยังแหล่งน้ำ และจากท่อประธานนี้ ท่อประธานย่อย หรือท่อแขนง อาจจะแยกออกไปด้านเดียวหรือทั้งสองด้านก็ได้ ปกติต่อประธานจะนิยมฝังใต้ผิวดิน ดังรูปที่ 2.3 แสดงให้เห็นท่อประธาน (Main Line) ท่อประธานย่อย (Sub Main) และท่อแขนงทั้งชนิดฝังใต้ดินและวางบนดิน

5) <u>เครื่องกรองน้ำ</u> เป็นอุปกรณ์สำคัญมากสำหรับระบบการให้น้ำแบบหยด เพราะน้ำที่จะใช้สำหรับระบบนี้ จะต้องเป็นน้ำที่สะอาดจริง ๆ เพื่อขจัดปัญหาการอุดตันซึ่งมักจะเกิดขึ้นเสมอ ตามปกติจะเป็นแบบตะแกรง (Screen Filter) และแบบกรวดทราย (Gravel-Snad Filter)

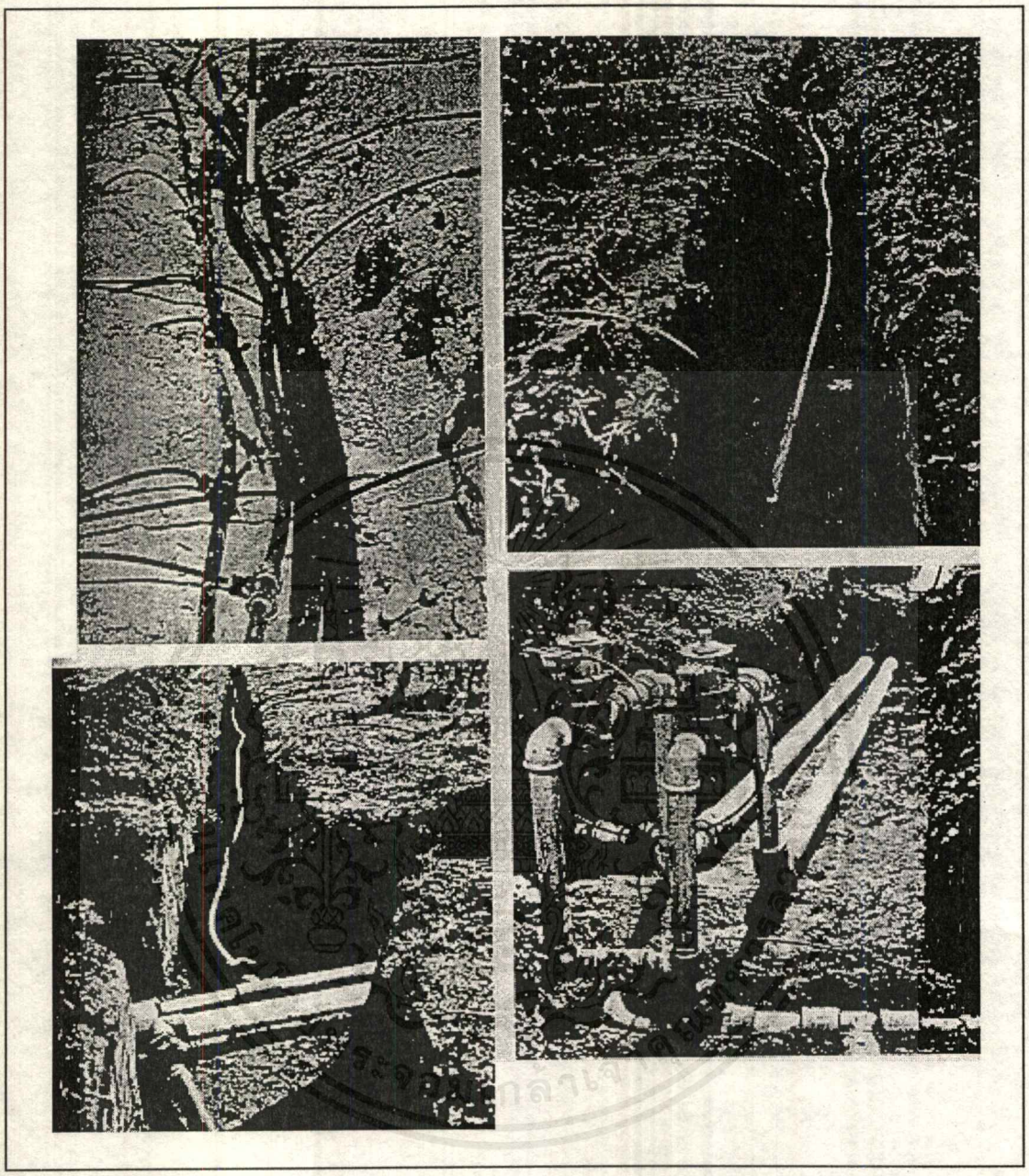
6) <u>เครื่องควบคุมการจ่ายน้ำต้นทาง</u> เป็นอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ติดตั้งไว้ใกล้กับแหล่งน้ำตรงจุดเริ่มต้นของระบบ เพื่อควบคุมความดัน ปริมาณน้ำ และคุณภาพน้ำ เป็นต้น อาจจะประกอบด้วย

   ก) <u>เครื่องวัดปริมาณการไหลของน้ำ</u> เพื่อให้ทราบอัตราการใช้น้ำว่าเป็นไปตามที่กำหนด

   ข) <u>เครื่องวัดความดัน</u> เพื่อให้ทราบความดันขณะใช้งาน เพราะจะสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่จ่ายจากหัวปล่อยน้ำ

   ค) <u>เครื่องควบคุมความดัน</u> เพื่อให้ความดันไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก อาจจะติดตั้งที่ต้นทางของท่อประธานย่อยหรือท่อแขนงก็ได้ จะช่วยรักษาความดัน ของน้ำในแต่ละท่อแขนงให้เท่ากันมากที่สุด จะทำให้ปริมาณน้ำที่จ่ายจากหัวปล่อยน้ำใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงท่อแขนง ท่อประธานย่อย และท่อประธาน
ทั้งชนิดบนผิวดินและฝังใต้ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง) ประตูป้องกันน้ำไหลกลับ เมื่อเวลาหยุดการให้น้ำอาจจะมีน้ำไหลกลับทางไปยังเครื่องสูบน้ำ ถ้าน้ำผสมปุ๋ยก็อาจจะเกิดปัญหาได้ และจำทำให้หัวปล่อยน้ำที่วางบนผิวดินดูดเอาตะกอนดินเข้าไปในหัวปล่อยน้ำได้

จ) ประตูระบายอากาศ ประตูนี้จะติดตั้ง ณ ตำแหน่งที่สูงสุด เพื่อใช้ระบายอากาศที่สะสมอยู่ในระบบท่อ ซึ่งทำให้ไหลไม่เต็มท่อ เป็นการสูญเสียความดัน

ฉ) เครื่องฉีดผสมปุ๋ย เพื่อใช้ประโยชน์ในการผสมปุ๋ย ไปพร้อมกับการให้น้ำ ปกติมี 2 แบบ คือ แบบที่ใช้ระบบความดันแตกต่างกับระบบที่ต้องมีเครื่องปั๊มฉีดผสมเข้าไป ปัจจัยที่ต้องพิจารณาสำหรับการผสมปุ๋ยไปพร้อมกับการให้น้ำ ได้แก่อัตราและความเข้มข้นของสารละลาย ตลอดจนการตกตะกอนของสารละลาย

2.2 ชนิดของระบบชลประทานแบบหยด (Types of Drip Irrigation System)

ระบบชลประทานแบบหยดโดยทั่วไปพอจะแบ่งได้เป็น 4 แบบ ดังนี้ คือ

1) ระบบให้น้ำทางผิวดิน (Surface Systems)เป็นระบบที่ท่อแขนงอยู่บนผิวดิน ซึ่งเป็นชนิดที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป และจะใช้กับพืชที่ปลูกระยะห่าง ๆ กัน
2) ระบบให้น้ำใต้ผิวดิน (Subsurface Systems)
3) ระบบให้น้ำแบบหยดที่เคลื่อนที่ได้ (Mechanical-move Drip System) ระบบนี้สามารถเคลื่อนย้ายที่สำหรับการให้น้ำแบบหยดกับพืชที่ปลูกเป็นแถว
4) ระบบให้น้ำแบบหยดที่จ่ายน้ำเป็นจังหวะ (Pulse System) ระบบนี้มีการพิจารณานำมาใช้กับหัวปล่อยน้ำที่มีอัตราการจ่ายน้ำสูง แต่มีการให้น้ำเป็นช่วงจังหวะเวลา

2.3 คุณลักษณะและชนิดของหัวปล่อยน้ำ (Characteristic and Types of Emitter)

หัวปล่อยน้ำเป็นอุปกรณ์ที่เปรียบเสมือนหัวใจของระบบชลประทานแบบหยด ซึ่งสามารถนำไปติดตั้งกับท่อแขนงได้เป็น 3 รูปลักษณะ ดังต่อไปนี้

1) หัวปล่อยน้ำที่ติดตั้งบนท่อแขนง (On-line Emitter) คือใช้วิธีการเจาะผนังท่อและเสียบหัวปล่อยน้ำ ติดตั้งไว้บนผนังท่อด้านบน เป็นลักษณะที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป ดังรูปที่ 2.4 ก.
2) หัวปล่อยน้ำที่ติดตั้งเป็นส่วนเดียวกับท่อแขนง (In-line Emitter) หรืออยู่ภายในท่อแขนง แบบนี้สะดวกในการติดตั้งและเก็บรักษา เพราะไม่มีส่วนยื่นออกมาเกะกะ นอกจากนี้ยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถสั่งติดหัวมาจากโรงงานตามระยะที่ต้องการได้ และนำมาวางในพื้นที่เพาะปลูกได้เลย ดังรูปที่ 2.4 ข.

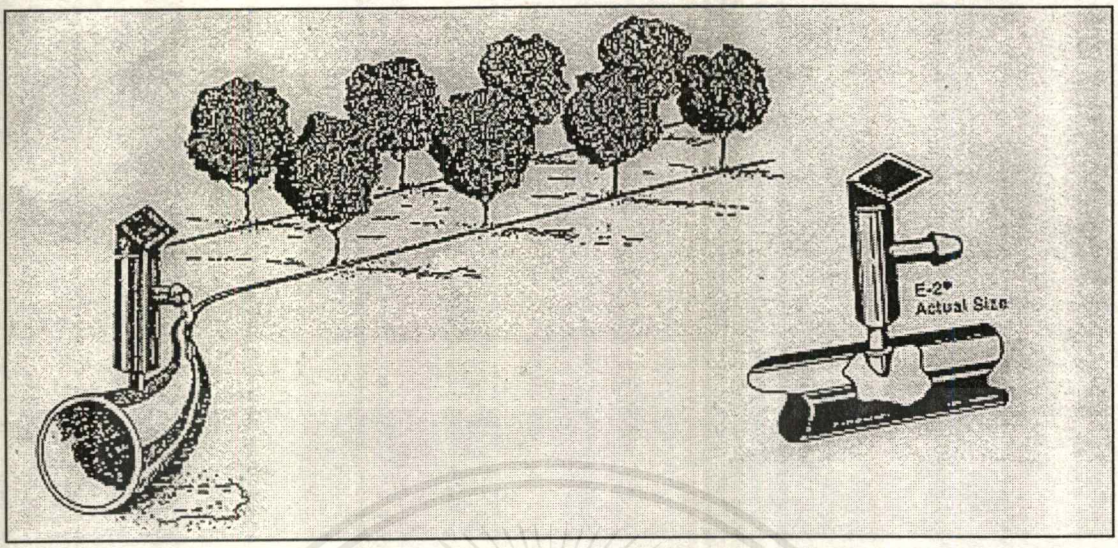
3) หัวปล่อยน้ำที่ติดตั้งต่อยื่นออกมาจากท่อแขนง (Riser) แบบนี้นับว่าประหยัดและกระจายน้ำได้ดีกว่าแบบอื่น ๆ ดังในรูปที่ 2.4 ค. เพราะสามารถกระจายจุดการให้น้ำ ออกไปได้กว้างโดยรอบต้นจากท่อแขนงสายเดียว

ปกติหัวปล่อยน้ำจำทำหน้าที่เป็นตัวลดความดันของน้ำจากท่อแขนง เพื่อให้อัตราการไหลที่ปล่อยออกมาน้อยตามความต้องการ

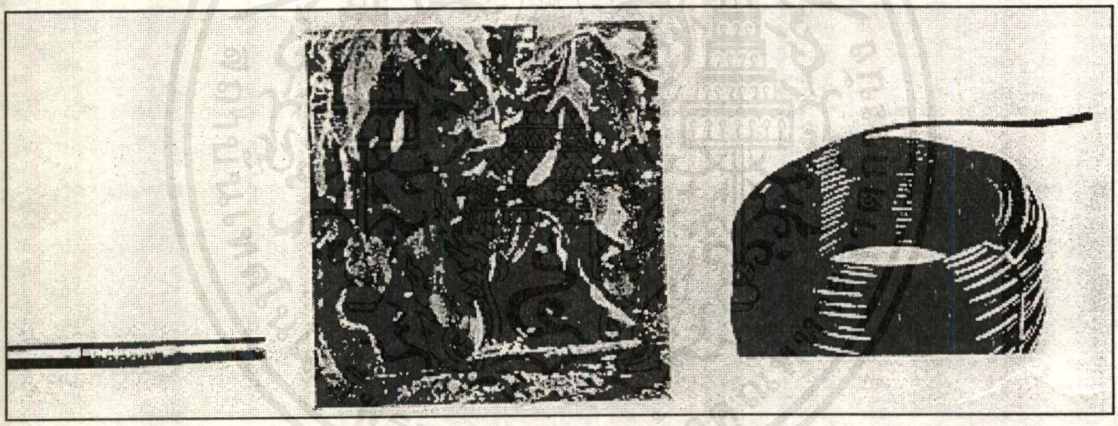
2.3.1 คุณลักษณะพื้นฐานของหัวปล่อยน้ำ

1) มีอัตราการไหลสม่ำเสมอและคงที่ โดยทั่วไปอัตราการไหลของน้ำอยู่ระหว่าง 1 - 10 ลิตร/ชม. ด้วยความดันที่ใช้ประมาณ 5 - 10 เมตร (เป็นเฮดของน้ำ) เป็นอย่างน้อย ทำให้รูที่ให้น้ำออกมาต้องเล็ก ผู้ผลิตหัวปล่อยน้ำต้องมีความประณีต ที่จะต้องทำให้ขนาดของรูสม่ำเสมอมากที่สุด เพราะจะมีผลทำให้ปริมาณการไหลเปลี่ยนแปลงไปมาก ถ้าขนาดของรูแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

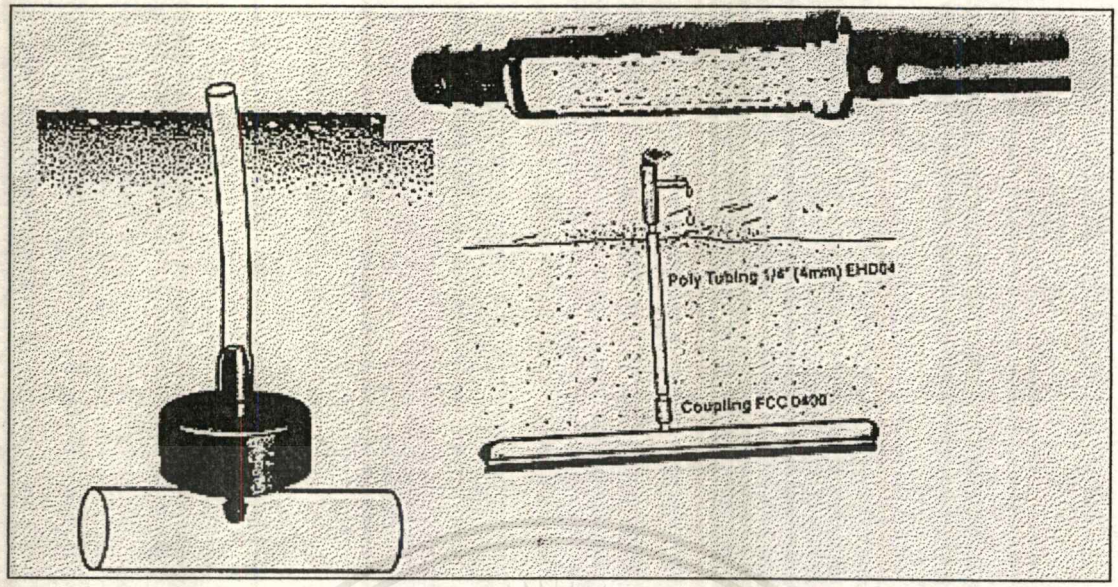


รูปที่ 2.4 ก. หัวปล่อยน้ำที่ต่อบนท่อแขนง



รูปที่ 2.4 ข. หัวปล่อยน้ำที่ต่อเป็นส่วนของท่อแขนง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ค หัวปล่อยน้ำที่ต่อยื่นออกจากท่อแขนง

2) มีขนาดของรูใหญ่พอที่จะลดปัญหาการอุดตัน ปกติการลดความดันที่หัวปล่อยน้ำ เพื่อให้ได้อัตราการไหลที่น้อย ขนาดของรูควรจะอยู่ระหว่าง 0.3 - 1.0 มม. แต่รูเล็กเช่นนี้จะอุดตันง่าย แต่ถ้าทำให้ขนาดของรูใหญ่ ก็ลดความดันได้น้อย น้ำก็ออกมาก อย่างไรก็ตามจุดประสงค์ที่ต้องการคือ อัตราไหลที่ต่ำ โดยมีความดันที่สูง และขนาดของรูให้ใหญ่

3) มีราคาไม่แพงนักและสะดวกต่อการใช้งาน ระบบการให้น้ำแบบหยดโดยทั่วไป ค่าลงทุนสำหรับหัวปล่อยน้ำคิดเป็นเงินประมาณ 25 ถึง 35 เปอร์เซ็นต์ ของเงินที่ใช้ลงทุนทั้งระบบ

2.3.2 ชนิดของหัวปล่อยน้ำ เพื่อความสะดวก และง่ายต่อการเข้าใจ ขอแบ่งชนิดของหัวปล่อยน้ำออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ดังต่อไปนี้ คือ

1) ประเภทที่สามารถปรับปริมาณการไหลของน้ำได้ที่หัวโดยตรง ส่วนมากหัวประเภทนี้จะมีลักษณะการปรับด้วยการขันเกลียวเข้าออก เพื่อเปิดปิดรูให้ใหญ่หรือเล็กตามต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 อัตราการไหลส่วนใหญ่สามารถปรับได้ตั้งแต่ 0 ถึง 20 ลิตรต่อชั่วโมง โดยใช้ความดันของน้ำเพียง 2 - 5 เมตร

2) ประเภทไม่สามารถปรับอัตราการไหลได้ที่หัว เป็นแบบที่จะกำหนดอัตราการไหลไว้ค่อนข้างจะแน่นอนด้วยความดันที่กำหนดต่าง ๆ โดยอาศัยการออกแบบ

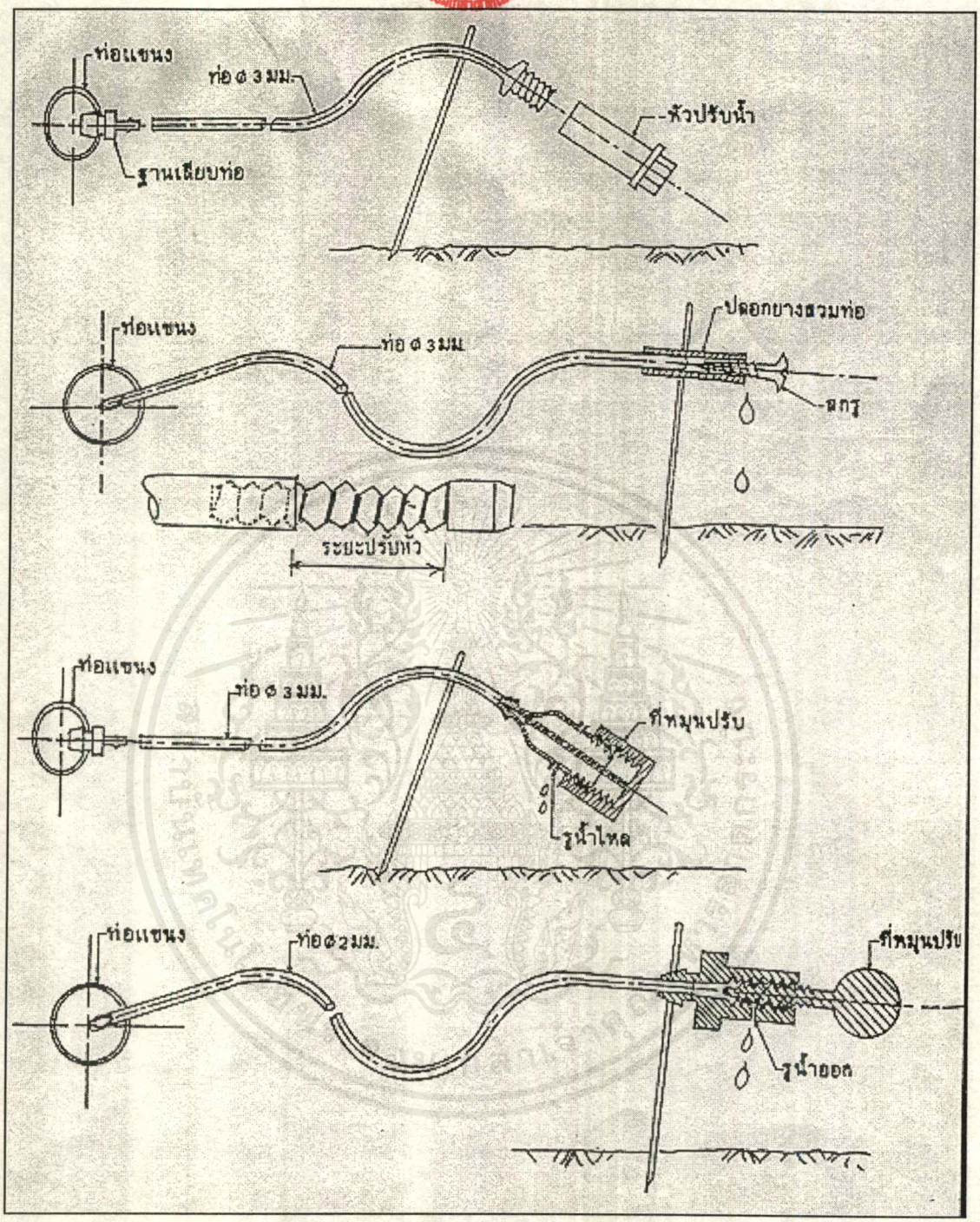
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีลดความดันที่หัวปล่อยน้ำด้วยวิธีการต่าง ๆ กัน ซึ่งสามารถแยกเป็น 4 ลักษณะที่แตกต่างกัน คือ

ก) <u>หัวปล่อยน้ำแบบมีทางไหลของน้ำยาวและคดเคี้ยวไปมา</u> ความดันของน้ำจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อน้ำไหลผ่านช่องแคบๆ คดเคี้ยวด้วยระยะทางยาวๆ เพื่อให้ได้อัตราการไหลที่กำหนดเช่น 4-8 ลิตร/ชม. ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 2.6 มีทั้งชนิดที่ติดบนท่อแขนง หัวติดอยู่ภายในท่อแขนง และหัวยื่นออกนอกท่อแขนง

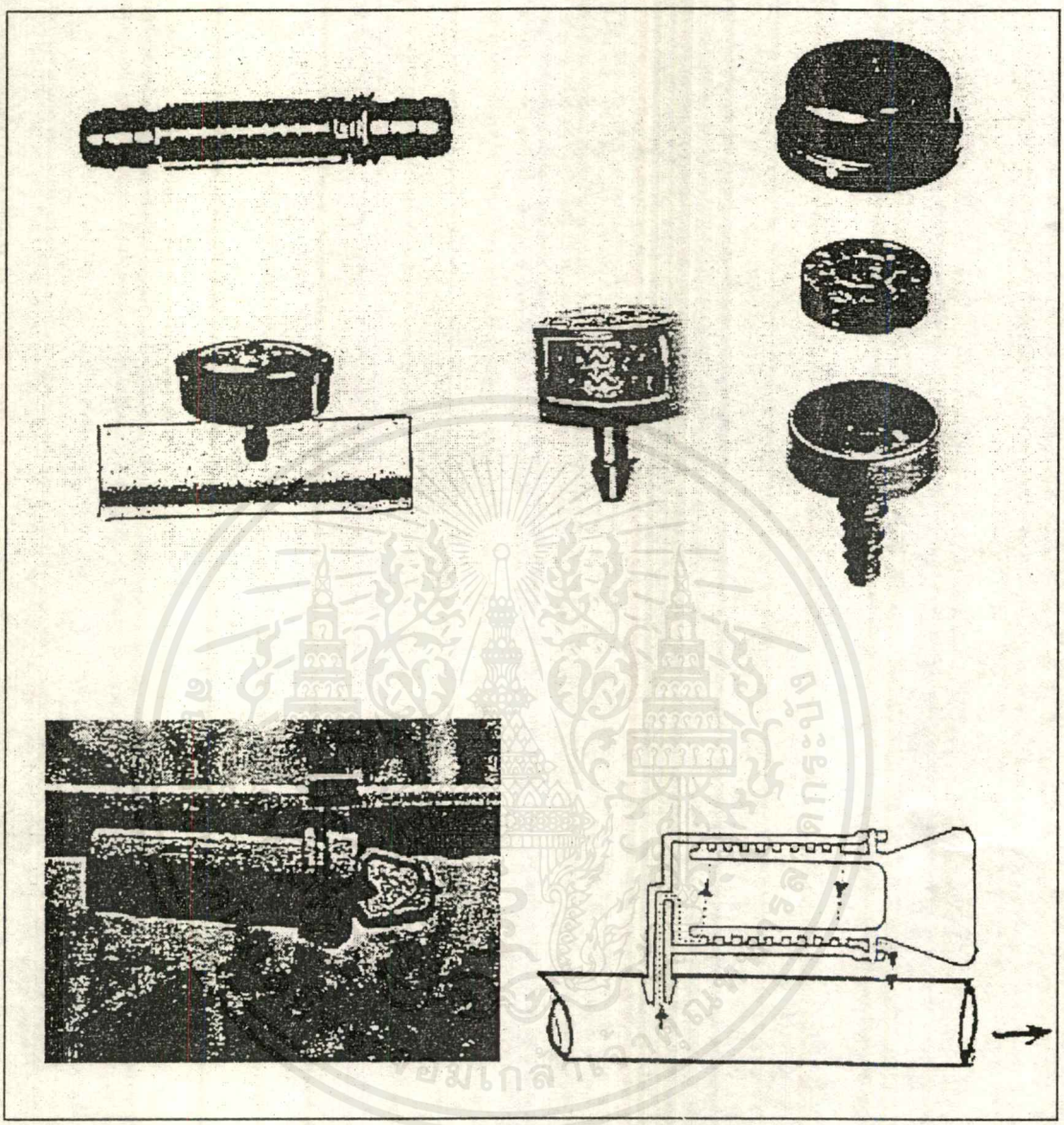
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 หัวปล่อยน้ำที่สามารถปรับปริมาณน้ำที่หัวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
038541



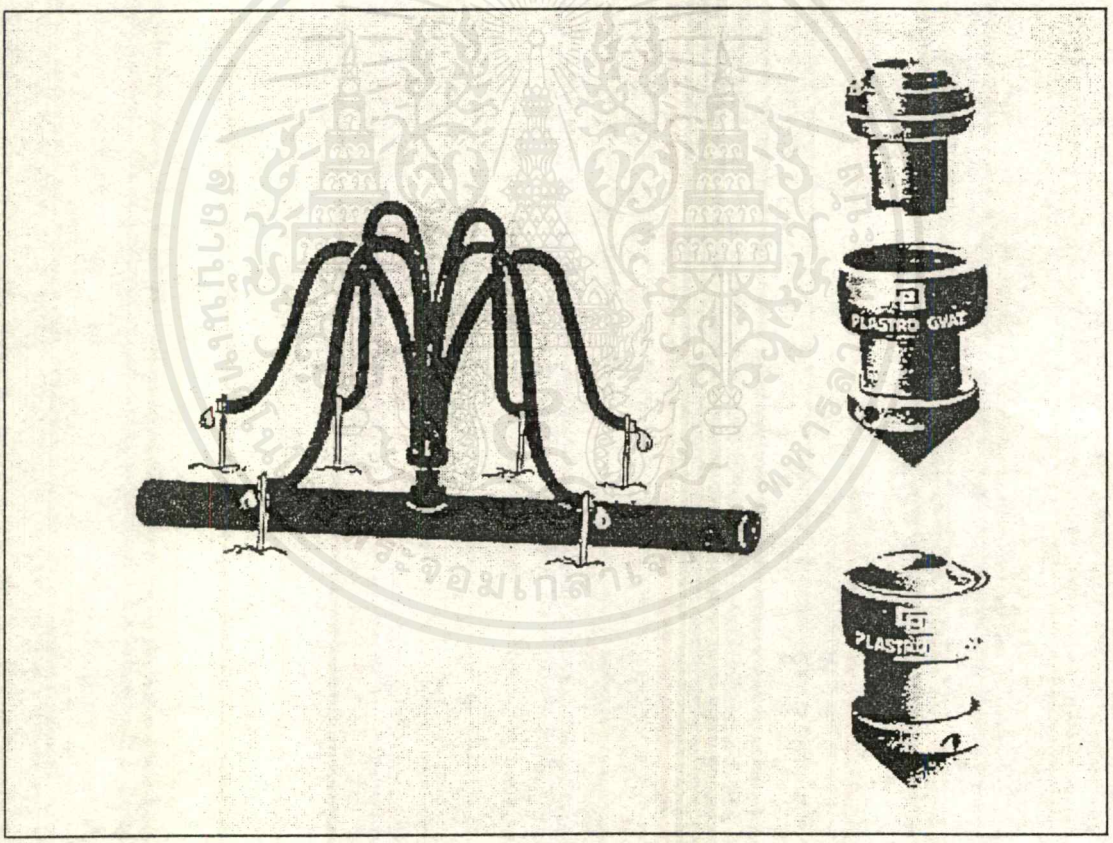
รูปที่ 2.6 หัวปล่อยน้ำแบบทางไหลยาวและคดเคี้ยวไปมา

ข) <u>หัวปล่อยน้ำแบบรูเล็ก ๆ</u> ให้น้ำไหลเข้าทางด้านข้าง และเป็นแบบให้น้ำไหลวน ซึ่งเป็นการช่วยลดความดันน้ำลงได้อย่างมาก ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ก. นอกจากนี้อาจจะต่อท่อขนาดเล็ก จากหัวปล่อยน้ำแบบรูป เพื่อกระจายน้ำไปหลายจุด ก็จะช่วยลดความดันลงไปได้อีกดังในรูปที่ 2.7 ข. หัวประเภทนี้มักจะกำหนดอัตราการไหลไว้แน่นอนว่ามีค่าเท่าใดเช่นกัน โดยมีความดันที่กำหนดให้ เช่น ที่นิยมใช้กันมากจะมีอัตรา 2 - 4 ลิตร/ชั่วโมง โดยใช้ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

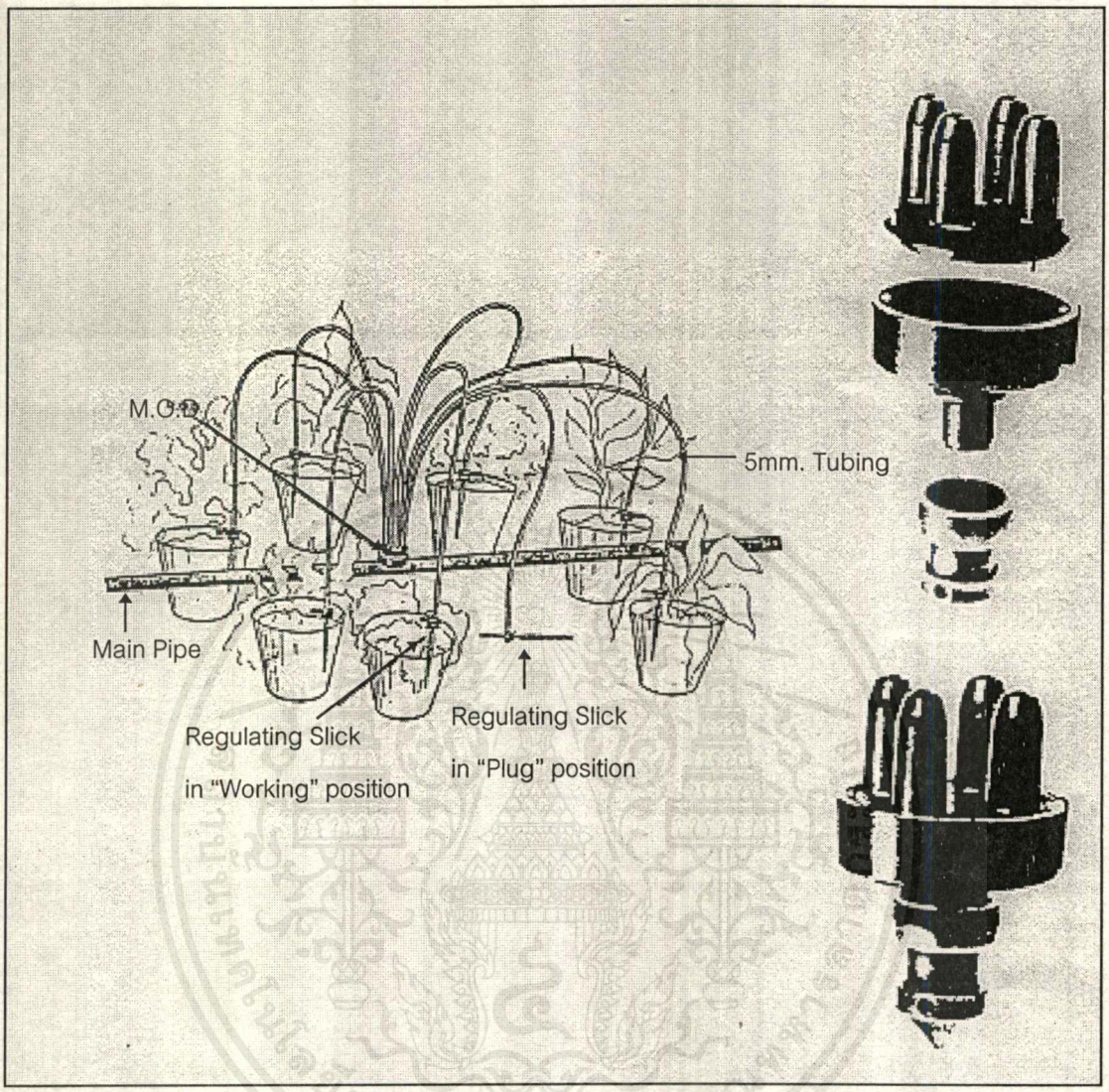
ค) <u>หัวปล่อยน้ำแบบปรับชดเชยความดันได้เอง</u> หัวชนิดนี้จะกำหนดให้มีอัตราไหลที่คงที่ หรือเปลี่ยนแปลงก็ไม่มากนัก หัวชนิดนี้ถือว่าเป็นแบบที่มีประสิทธิภาพสูง โดยที่หัวปล่อยน้ำชนิดนี้ ภายใต้หัวจะมีแผ่นยางที่ยืดหยุ่นได้และมีรูให้น้ำผ่าน เมื่อที่หัวปล่อยน้ำมีความดันสูง แผ่นยางนี้จะโค้งตัวขึ้น ทำให้ขนาดของรูที่จะให้น้ำออกเล็กลง โดยมีความสัมพันธ์กับอัตราการไหลของน้ำที่กำหนด ดังในรูปที่ 2.8 แสดงตัวอย่างหัวปล่อยน้ำชนิดนี้ และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันที่เปลี่ยนแปลง กับอัตราการไหลของน้ำที่หัว

ง) <u>หัวปล่อยน้ำแบบท่อขนาดจิ๋ว</u> (Microtube) เป็นแบบที่ถือว่าผลิตขึ้นมาใช้ก่อนแบบอื่น เป็นหัวปล่อยน้ำที่จัดว่ามีราคาถูกและทำได้ง่าย



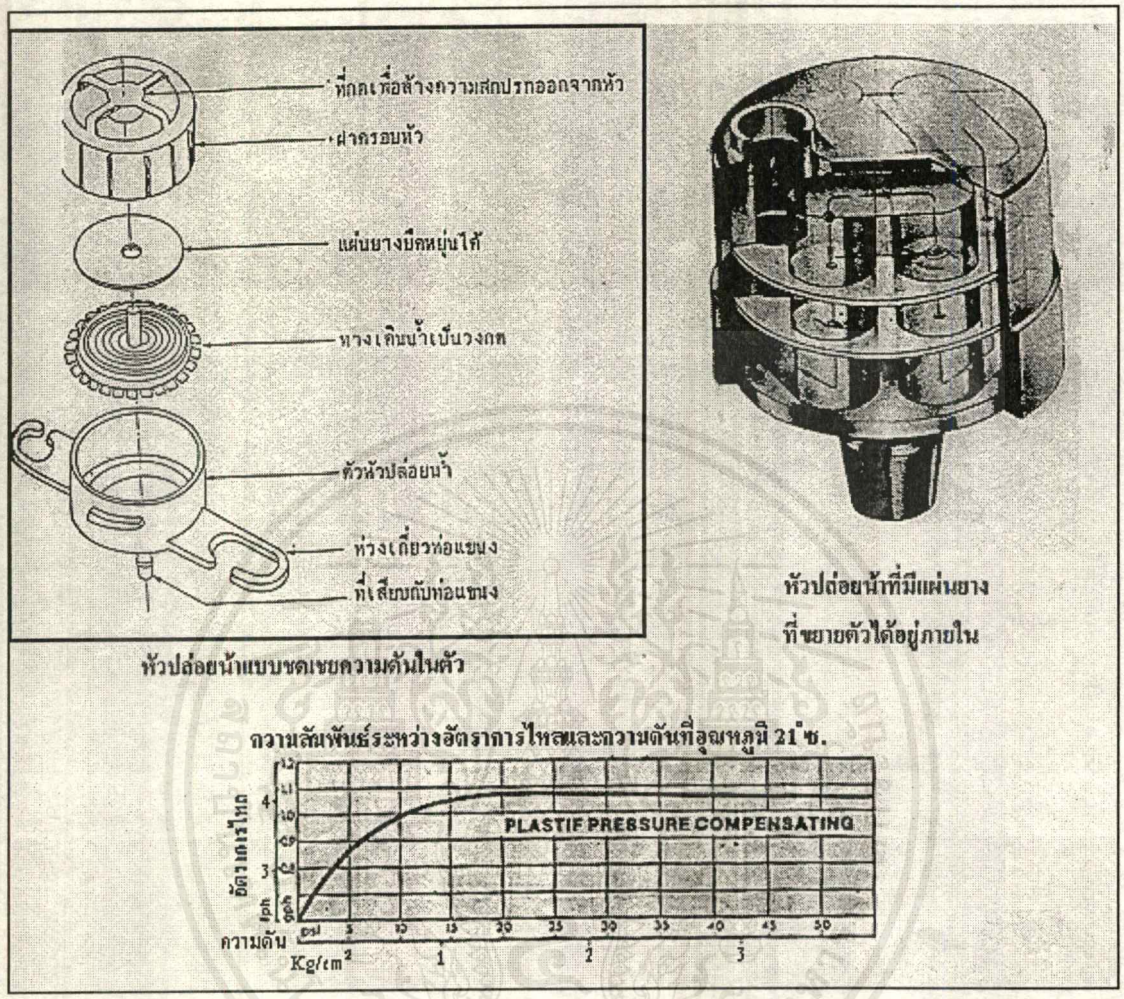
รูปที่ 2.7 ก. หัวปล่อยน้ำแบบน้ำไหลเข้าด้านข้างแบบน้ำวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ข. หัวปล่อยน้ำแบบต่อออกหลายจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 หัวปล่อยน้ำชนิดปรับชดเชยความดันได้เอง

3) <u>ประเภทน้ำซึมหรือไหลออกจากผนังท่อแขนง</u> ไม่ต้องมีหัวปล่อยน้ำบังคับความดันของน้ำจะลดลงในขณะที่น้ำซึม หรือหยดออกมาตามรูที่เจาะเล็ก ๆ หรือรูพรุนตามผนังซึ่งทำจากวัสดุพิเศษที่ให้น้ำซึมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล 51

Single Chip Microcontroller system -51 family Architectural

ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยว (Single Chip Microcontroller) คือไมโครคอมพิวเตอร์แบบที่มีขนาดเล็กโดยบรรจุไว้ในแผงวงจรรวม (Integrated Circuit) เพียงชิพเดี่ยวเหมาะสำหรับงานควบคุมอุปกรณ์อื่น ๆ แบบ อัตโนมัติ เพราะผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานได้ตามต้องการ ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล 51 หรือ MCS51 อันได้แก่ เบอร์ 8051 และ 8052 ซึ่งมีโครงสร้างและชุดคำสั่งแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยดังตารางในรูปที่ 3.1

Device	ROMless Version	EPROM Version	ROM Bytes	RAM Bytes	8-Bit I/O Ports	16-Bit Timer/ Counters	Programmable Counter Array (PCA)	UART	Serial Expansion Port (SEP)	Global Serial Channel (GSC)	DMA Channels	A/D Channels	Interrupt Sources/ Vectors	Power Down and Idle Modes
8051	8031	—	4K	128	4	2		✓					6/5	
8051AH	8031AH	8751H 8751BH	4K	128	4	2		✓					6/5	
8052AH	8032AH	8752BH	8K	256	4	3		✓					8/6	
80C51BH	80C31BH	87C51	4K	128	4	2		✓					6/5	✓
80C52	80C32	—	8K	256	4	3		✓					8/6	✓
83C51FA	80C51FA	87C51FA	8K	256	4	3	✓	✓					14/7	✓
83C51FB	80C51FA	87C51FB	16K	256	4	3	✓	✓					14/7	✓
83C152JA	80C152JA	—	3K	256	5	2		✓		✓	2		10/11	✓
—	80C152JB	—	—	256	7	2		✓		✓	2		10/11	✓
83C152JC	80C152JC	—	8K	256	5	2		✓		✓	2		10/11	✓
—	80C152JD	—	—	256	7	2		✓		✓	2		10/11	✓
83C452	80C452	87C452P	8K	256	5	2		✓					9/8	✓

รูปที่ 3.1 ตารางของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวในตระกูล 51

จากตารางในรูปที่ 3.1 แต่ละคอลัมน์จะบอกถึงคุณสมบัติหรือโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ในตระกูล MCS-51 เช่นมี ROM หรือ RAM ภายในเท่าใด ถ้าเป็นรุ่นที่ไม่มี ROM อยู่ภายในจะเป็นเบอร์อะไร หรือถ้าเป็นรุ่นที่มีหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมเป็นแบบ EPROM จะเป็นเบอร์อะไร เช่นในบรรทัดแรกจะบอกว่า 8051 มี ROM อยู่ภายในขนาด 4 กิโลไบท์ แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8031 จะไม่มี ROM ขนาด 4 กิโลไบท์อยู่ภายใน นอกจากนี้ในตารางยังจะบอกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นั้นมีพอร์ทสำหรับอ่านเขียนข้อมูลขนาด 8 บิทอยู่กี่ชุด (8 Bit I/O Port), มี Timer/Counters ขนาด 16 บิทกี่ชุด (16 Bit Timer/Counters) และยังบอกถึงคุณสมบัติอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ๆ อีก ทำให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ให้เหมาะสมกับการใช้งานได้อย่างดีที่สุด

MCS-51 ผลิตโดยบริษัท Intel มีการทำงานเป็นแบบ 8 บิท หมายความว่าส่วนที่ทำหน้าที่ในการคำนวณ (Arithmetic Logic Unit, ALU) จะทำงานสูงสุดทีละ 8 บิท

MCS-51 มีข้อดีดังนี้

- สามารถนำเอาข้อมูลมา AND, OR หรือทำ Complement ทั้งแบบทีละ 8 บิท และ 1 บิท
- สามารถใช้กับหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม (Program Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บชุดคำสั่งที่จะให้ MCS-51 ทำงาน ได้สูงสุด 64 กิโลไบท์ (Kilobyte) (64 ✠ 1024 ไบท์) ทำให้เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานได้มาก
- สามารถต่อกับหน่วยความจำสำหรับข้อมูล (Data Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลในระหว่างการทำงานของโปรแกรมได้สูงสุด 64 กิโลไบท์
- ใน 8051 และ 8751 มีหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมจำนวน 4 กิโลไบท์ (ใน 8052 และ 8752 มีหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมจำนวน 8 กิโลไบท์) อยู่ภายในวงจรรวมทำให้ไม่ต้องต่อหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมอยู่ภายนอก ระบบรวมทั้งหมดจึงมีขนาดเล็กและสัญญาณรบกวนจากภายนอกจะทำให้ MCS-51 ทำงานผิดพลาดได้ยาก
- มีพอร์ทแบบขนาน (Parallel Port) สำหรับข้อมูลเข้าและออกจำนวน 32 บิท ที่ข้อมูลแต่ละบิทเป็นอิสระต่อกัน
- มีวงจร Timer/Counter ขนาด 16 บิท 2 ชุด (8052 มี 3 ชุด) ที่ทำงานในโหมดต่าง ๆ ได้ถึง 4 โหมด
- มี Universal Asynchonous Receiver Transmitter (UART) สำหรับรับ-ส่งข้อมูลอนุกรม (Serial) แบบ Full duplex ที่สามารถเลือกรูปแบบการรับ-ส่งข้อมูลได้ 4 แบบ
- มีแหล่งกำเนิดสัญญาณขอขัดจังหวะการทำงานของโปรแกรม (Interrupt Request Signal) 6 แหล่ง ซึ่งสามารถทำกระโดดไปทำงานตอบสนองการขัดจังหวะ (Interrupt Service Routine) ได้ต่าง ๆ กัน 5 ตำแหน่ง
- สามารถเลือกการทำงานให้อยู่ในโหมดของ Idle และ PowerDown ซึ่งจะประหยัดการใช้กำลังไฟในการทำงาน

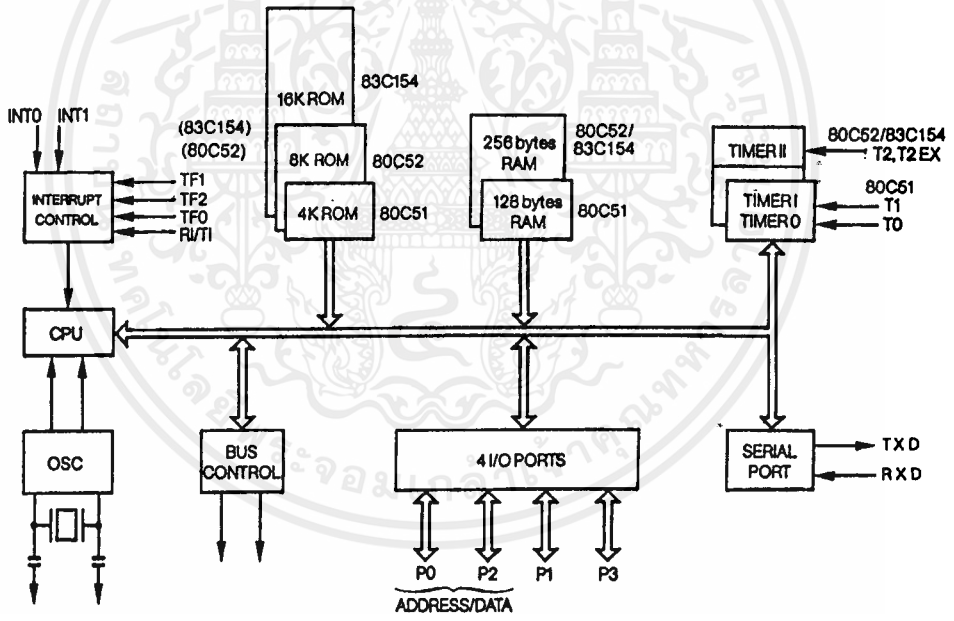
ซึ่งจากข้อดีดังกล่าว จึงทำให้ MCS-51 เป็นที่นิยมนำมาใช้ในการควบคุมระบบอัตโนมัติมาก คุณสมบัติดังกล่าวบรรจุไว้ในวงจรรวมเดียว (Single Chip) ขนาด 40 ขา ดังนั้นจึงสามารถออกแบบให้ระบบทั้งหมดมีขนาดเล็ก และการที่ทั้งหมดบรรจุอยู่ภายในวงจรรวมเดียวจึงทำให้การตรวจสอบหาข้อผิดพลาดในระบบง่ายไม่สลับซับซ้อน รวมทั้งลดปัญหาเรื่องการที่มีสัญญาณรบกวนในระบบจนทำให้การทำงานผิดพลาดไป แต่การที่จะนำเอา MCS-51 มาใช้งานได้จำเป็นที่จะต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศึกษาและทำความเข้าใจถึงโครงสร้างและองค์ประกอบของ MCS-51 เสียก่อนแล้วถึงจะเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของ MCS-51 ให้เป็นไปตามต้องการ ในหนังสือเล่มนี้จะอธิบายวิธีการใช้งานของ MCS-51 โดยใช้ 8051 เป็นตัวอย่างในการอธิบาย เพราะไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูลนี้จะแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

3.1 โครงสร้างของ 8051

ภายใน 8051 จะประกอบขึ้นด้วย GATE ต่าง ๆ เช่น AND, OR, NOT ซึ่ง GATE เหล่านี้จะถูกนำเอามาออกแบบให้มีหน้าที่การทำงานต่าง ๆ เช่น วงจรถอดรหัสคำสั่ง (Intruction Decoder), วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา (Clock Signal Generator) โครงสร้างภายในของ 8051 จะประกอบด้วยส่วนย่อย ๆ ดังไดอะแกรมในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ไดอะแกรมโครงสร้างของ 8051

ไดอะแกรมในรูปที่ 3.2 เป็นโครงสร้างใหญ่ ๆ ของ 8051 เนื่องจากลักษณะของ 8051 เป็นคอมพิวเตอร์จึงประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ คือ

ส่วนที่ 1 คือ CPU (Central Processing Unit) หรือตัวประมวลผล ส่วนนี้จะมีวงจรที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมในการติดต่อกับส่วนอื่น ๆ เรียกว่าวงจรควบคุม (Control Unit) สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุมได้แก่ สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ, อุปกรณ์รับข้อมูลเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือส่งข้อมูลออกจากตัว 8051 ซึ่งส่วนควบคุมการขัดจังหวะ (Interrupt Control) และส่วนควบคุมบัส (Bus Control) ก็เป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุมด้วยการสร้างสัญญาณควบคุมจากส่วน CPU นี้จะทำการสร้างสัญญาณโดยการถอดรหัสจากคำสั่ง (Instruction) ตามที่มีการกำหนดไว้ และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อให้ทุก ๆ ส่วนในวงจรทำงานประสานกัน (Synchronize) อย่างถูกต้อง

ใน CPU นี้ยังประกอบด้วยส่วนย่อยอีกส่วนที่เรียกว่าส่วนประมวลผล (Arithmetic Logic Unit) ส่วนนี้จะทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล เช่น การบวก, ลบ, คูณ หรือหารข้อมูลแล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ หรือหน่วยความจำที่ต้องการ

ส่วนที่ 2 คือ หน่วยความจำ (Memory) มีไว้สำหรับจดจำข้อมูล ถ้าจะให้เห็นภาพพจน์ของหน่วยความจำได้ดีก็คือ หน่วยความจำเปรียบเหมือนกล่องเก็บเอกสารจำนวนมากที่นำมาต่อเรียงกันไว้ แต่ละกล่องก็มีเอกสาร 1 แผ่น ดังในรูปที่ 3.3 มีกล่องเอกสารทั้งหมด 15 กล่อง

รูปที่ 3.3 ภาพเสมือนของหน่วยความจำ

ถ้าต้องการเอาเอกสารจากกล่องใด หรือเอาเอกสารไปเก็บที่กล่องใด จะต้องรู้ความหมายของกล่องข้อมูลเสียก่อน ซึ่งถ้าเป็นหน่วยความจำแล้วหมายเลขของกล่องก็คือตำแหน่งของหน่วยความจำหรือแอสเดรส (Address) นั่นเอง การเอาข้อมูลไปเก็บในหน่วยความจำเรียกว่าการเขียน (Write) ข้อมูล และการเอาข้อมูลออกจากหน่วยความจำจะเรียกว่าการอ่าน (Read) ข้อมูล ซึ่งแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะเก็บข้อมูลได้เพียงค่าเดียวเท่านั้น ในไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไปรวมทั้ง 8051 นั้นข้อมูลในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะมีค่าได้เพียง 8 หลักของเลขฐาน 2 (8 บิทเท่ากับ 1 ไบท์) ดังนั้นแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะเก็บข้อมูลมีค่าได้ระหว่าง 0 ถึง 255 (00000000 ถึง 11111111 ในเลขฐาน 2) แต่จำนวนตำแหน่งที่จะเก็บข้อมูลได้ขึ้นกับไมโครโพรเซสเซอร์แต่ละเบอร์ การติดต่อกับหน่วยความจำจะต้องมีสัญญาณ 3 กลุ่ม คือ

1) แอสเดรสหรือค่าตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำ ใน 8051 จะติดต่อกับหน่วยความจำประเภท Program Memory หรือ Data Memory ได้สูงสุดชนิดละ 65536 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นการอ้างอิงแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะต้องใช้เส้นแสดงตำแหน่งในเลขฐาน 2 ทั้งหมด 16 เส้น (2^{16} เท่ากับ 64 × 1024 = 65536)

2) ข้อมูลที่จะอ่านหรือเขียนกับหน่วยความจำที่ตำแหน่งในข้อ 1

3) สัญญาณควบคุมที่จะส่งไปยังหน่วยความจำ เพื่อบอกกับหน่วยความจำว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูล

4) สัญญาณเหล่านี้จะถูกวงจรควบคุมภายใน 8051 สร้างมาจากวงจรถอดรหัสของคำสั่งที่ 8051 อ่านจากหน่วยความจำ Program Memory เข้าไปทำงานนั่นเอง ในรูปที่ 3.2 หน่วยความจำได้แก่ 4K ROM และ 128 Byte RAM ซึ่งขนาดของหน่วยความจำนี้มีขนาดต่าง ๆ กันตามเบอร์ของไมโครโปรเซสเซอร์

ส่วนที่ 3 อุปกรณ์อินพุทและเอาท์พุท (Input/Output Device) เป็นส่วนที่จะใช้ส่งข้อมูลเข้าหรือออกจาก 8051 ทำให้ 8051 ติดต่อกับภายนอกได้ ดังในไดอะแกรม์รูปที่ 3.2 อุปกรณ์อินพุทและเอาท์พุทได้แก่ 4 I/O Port, Timer 0, Timer 1, Serial Port การทำงานของแต่ละส่วนมีดังนี้

1) 4 I/O Port คำว่าพอร์ท หมายถึง จุดที่จะติดต่อกับส่วนที่อยู่ภายนอก 4 I/O Port ของ 8051 เป็นที่ใช้สำหรับรับ-ส่งข้อมูลได้ 8 บิท มีพอร์ท P0, P1, P2 และ P3 บางพอร์ทจะใช้ทำงานมากกว่า 1 อย่างก็ได้ เช่น พอร์ท P0 และ P2 จะใช้สำหรับการส่งค่าตำแหน่ง (Address) ของหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อและพอร์ท P0 จะใช้รับส่งข้อมูลเมื่อติดต่อกับหน่วยความจำได้ด้วยแต่สิ่งเหล่านี้ไม่ได้เกิดขึ้นที่เวลาเดียวกัน แต่จะใช้วิธีทำงานตามลำดับโดยควบคุมจากสัญญาณควบคุม (Control) ที่ถอดรหัสมาจากแต่ละคำสั่งที่ให้คอมพิวเตอร์ทำงานนั่นเอง และสัญญาณทั้งหมดจะอ้างอิงกับจากสัญญาณนาฬิกา

2) Timer 0 และ Timer 1 เป็นวงจรนับที่สามารถกำหนดให้ทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่ต่อจากภายนอก 8051 หรือจำนวนไซเคิลของสัญญาณนาฬิกาภายใน 8051 ก็ได้ค่าจากการนับจะถูกอ่านหรือตั้งค่าเริ่มต้นของการนับได้โดย CPU

3) Serial Port หรือ พอร์ทอนุกรม CPU จะอ่านและเขียนข้อมูลกับ Serial Port เป็นแบบ 8 บิท แต่ข้อมูลจะถูกส่งออกจาก 8051 เรียงไปทีละบิทออกจากขา TXD และในการรับข้อมูลเข้ามาทีละบิททางขา RXD แล้วจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิท เพื่อให้ CPU อ่านไปใช้งานต่อไป

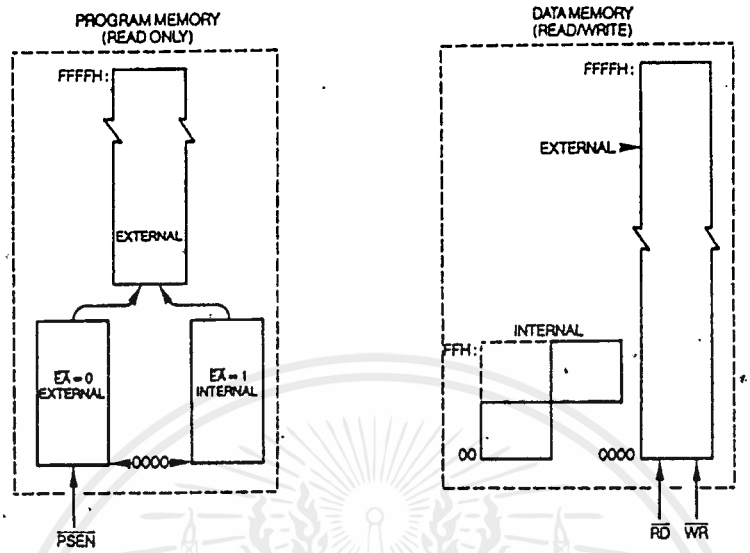
8051 มีพอร์ทให้ใช้งานได้หลายแบบทำให้สะดวกแก่การนำไปใช้งานต่าง ๆ มากมาย การจะนำพอร์ทเหล่านี้ไปใช้งานได้จะต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาควบคุมที่จะได้กล่าวต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Program Memory

เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บคำสั่งในรูปรหัสภาษาเครื่อง (Machine Language) ซึ่งต้องการให้ 8051 ทำงาน เมื่อ 8051 ทำงานก็จะอ่านข้อมูลที่เก็บในหน่วยความจำประเภทนี้เข้าไปถอดรหัสแล้วสร้างสัญญาณควบคุมส่วนอื่น ๆ ตามการทำงานของแต่ละคำสั่งนั้น หน่วยความจำแบบนี้จะต้องเป็นแบบ Read Only Memory (ROM) และผู้ใช้ต้องเขียนข้อมูลในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำเป็นรหัสภาษาเครื่องของ 8051 ตามลำดับการทำงานที่ต้องการ (หน่วยความจำแบบ ROM เป็นแบบ Non volatite ซึ่งเมื่อปิดไฟแล้วข้อมูลก็ไม่มีการสูญหาย) การเขียนข้อมูลลงไปบน ROM จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษ ในระหว่างการทำงานของ 8051 ผู้ใช้จะไม่สามารถใช้คำสั่งทำการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำแบบนี้ได้ จำนวนตำแหน่งสูงสุดของหน่วยความจำแบบนี้ที่ 8051 จะใช้งานได้คือ 65536 ตำแหน่ง ค่าของตำแหน่ง (Address) จะเขียนเป็นเลขฐาน 16 ได้ตั้งแต่ 0000H ถึง FFFFH หน่วยความจำตำแหน่ง 0000H ถึง 0FFFH จำนวน 4 กิโลไบท์ นั้นผู้ใช้จะเลือกได้ว่าเป็นตำแหน่งของ ROM ที่อยู่ภายในหรือภายนอก 8051 (ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์อื่น ๆ เช่น 8052 จะมีขนาดของ ROM ส่วนนี้ได้ถึง 8 กิโลไบท์ ตำแหน่ง 0000H ถึง 1FFFH) ถ้าต้องการให้ 8051 ทำงานตามคำสั่งที่เก็บไว้ใน ROM ภายใน 8051 ก็ให้ป้อนสัญญาณสภาวะลอจิก High (1) เข้าที่ขา EA ของ 8051 แต่ถ้าต้องการให้ทำงานในโปรแกรมที่เก็บไว้ใน ROM ภายนอก 8051 ก็ให้ต่อลอจิก Low (0) เข้าที่ขา EA ของ 8051 ส่วนหน่วยความจำที่ตำแหน่ง 1FFFH ถึง FFFFH จะต้องต่ออยู่ภายนอก 8051 เสมอดังแสดงในแผนภูมิหน่วยความจำ (Memory Map) ในรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แผนภูมิหน่วยความจำของ 8051

Internal Memory หมายถึงหน่วยความจำนั้นอยู่ภายใน 8051 ส่วน External Memory หมายถึงหน่วยความจำนั้นอยู่ภายนอก 8051

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8031, 8051 และ 8751 นั้น โดยโครงสร้างและรหัสคำสั่งจะเหมือนกันทุกประการแตกต่างกันที่

- 8031 จะไม่มี ROM ขนาด 4 กิโลไบท์อยู่ภายใน ผู้ใช้จะต้องเลือกการใช้งาน Program Memory อยู่ภายนอกวงจรรวมทั้งหมด 64 กิโลไบท์
- 8051 จะมี ROM ขนาด 4 กิโลไบท์ อยู่ภายใน ถ้าต้องการเก็บคำสั่งควบคุมการทำงานไว้ในหน่วยความจำส่วนนี้ จะต้องส่งโปรแกรมคำสั่งไปให้โรงงานผู้ผลิตทำการเขียนใส่ใน ROM ให้ตั้งแต่ในขั้นตอนของการผลิตวงจรรวม ผู้ใช้ไม่สามารถแก้ไขโปรแกรมได้เอง ถ้าจะนำมาใช้งานโดยเก็บโปรแกรมไว้ในหน่วยความจำช่วง 4 กิโลไบท์แรก อยู่ภายนอกก็สามารถทำได้ โดยการต่อ ROM ไว้ภายนอก แล้วต่อขา $\overline{EA}$ ของ 8051 ไว้กับสัญญาณที่มีสภาวะลอจิกเป็น 0
- 8071 จะมี หน่วยความจำขนาด 4 กิโลไบท์เป็นแบบ EPROM (Erasable Program Read Only Memory) อยู่ภายในวงจรรวมเอาไว้ ใช้เก็บโปรแกรมคำสั่งที่จะให้ 8751 ทำงาน ผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเขียนคำสั่งลงไปใน EPROM ได้เองโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่าเครื่องโปรแกรม EPROM (EPROM Programmer) และผู้ใช้สามารถแก้ไขโปรแกรมที่อยู่ใน EPROM ได้โดยการล้างข้อมูลในทุกตำแหน่งของ EPROM ออกด้วยการฉายแสงอุลตร้าไวโอเลต (Ultraviolet) ผ่านกระจกใสบนวงจรรวมเข้าไปยังวงจรภายใน ตามเวลาที่กำหนดในคู่มือเฉพาะ (Data sheet) ของ 8751 จากนั้นก็ใช้เครื่องโปรแกรม EPROM เขียนโปรแกรมลงไปใหม่ 8751 นี้จะสะดวกมากสำหรับการพัฒนาโปรแกรม

2. Data Memory

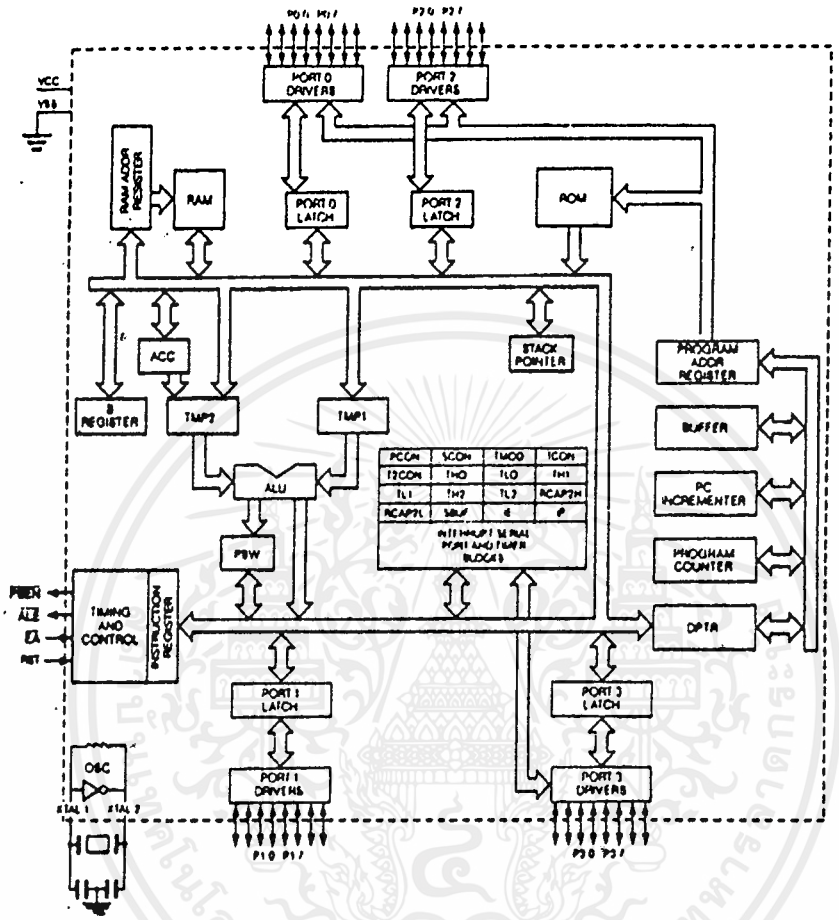
เป็นหน่วยความจำที่ 8051 จะใช้สำหรับพัก, เก็บข้อมูล แล้วเรียกมาใช้ใหม่ในระหว่างการทำงานของ 8051 การอ่านหรือเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำจะกระทำโดยคำสั่งที่เก็บไว้ใน Program Memory หน่วยความจำแบบนี้เป็นประเภท Random Access Memory (RAM) ถ้ามีไฟเลี้ยงอยู่ข้อมูลที่เก็บไว้จะไม่สูญหาย แต่ถ้าปิดเครื่องหรือไม่จ่ายไฟให้แก่ RAM แล้วข้อมูลใน RAM ก็จะสูญหายไป การสูญหายของข้อมูลไม่ได้หมายความว่าไม่มีอะไรอยู่เลยแต่เป็นการที่มีข้อมูลใหม่ซึ่งไม่ใช่ข้อมูลที่เก็บไว้เดิมเข้ามาอยู่แทนที่ เช่นเดิมเก็บข้อมูล 18H ไว้ที่ตำแหน่ง 1900H เมื่อปิดไฟแล้วเปิดใหม่ ข้อมูลที่ตำแหน่ง 1900H จะไม่ใช่ 18H อาจเป็นค่าอะไรก็ได้ ซึ่งเรียกการเกิดลักษณะแบบนี้ว่าข้อมูลสูญหายไป หน่วยความจำแบบ Data Memory ของ 8051 จะมีอยู่ 2 ชุด ชุดหนึ่งอยู่ภายใน 8051 จำนวน 128 ไบท์ที่ตำแหน่ง 00H ถึง 7FH (เบอร์ 8052 จะมี 256 ไบท์อยู่ที่ตำแหน่ง 00H ถึง FFH) และอีกชุดหนึ่งจะต้องต่ออยู่ภายนอกของวงจรรวม 8051 มีได้สูงสุด 65536 ไบท์ (64 กิโลไบท์) อยู่ที่ตำแหน่ง 0000H ถึง FFFFH ดังแสดงในรูปที่ 3.4 หน่วยความจำแบบ Data Memory ภายใน 8051 ที่ตำแหน่ง 80H ถึง FFH นั้นได้ได้มีอยู่ทุกตำแหน่ง จะมีเฉพาะในบางตำแหน่งซึ่งเรียกหน่วยความจำบางตำแหน่งนี้ว่า Special Function Register(SFR) เพราะจะใช้หน่วยความจำเหล่านี้สำหรับงานพิเศษเท่านั้น แต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำแบบ SFR นี้อาจเป็น RAM หรือ วงจรนับ (Counter) วงจรตั้งเวลา (Timer) ก็ได้เช่นเป็น Timer 0, Timer 1 ดังนั้นใน 8051 จึงไม่ถือว่า SFR เป็น Data Memory ถ้าเป็น 8052 ซึ่งมี Data Memory ขนาด 256 ไบท์ จะใช้บางตำแหน่งของหน่วยความจำช่วงตำแหน่ง 80H ถึง FFH เป็น SFR ส่วนตำแหน่งอื่นที่เหลือก็เป็น RAM เหมือนกับหน่วยความจำช่วง 00H ถึง 7FH นั่นเอง

3.3 สถาปัตยกรรมของ 8051

ไดอะแกรมภายในของ 8051 จะบอกได้โดยสังเขปว่าประกอบด้วยส่วนใหญ่ ๆ อะไรบ้าง ในรูปที่ 3.5 เป็นสถาปัตยกรรมภายในของ 8051 ซึ่งจะอธิบายถึงส่วนย่อย ๆ ของภายใน 8051 เพียงชิ

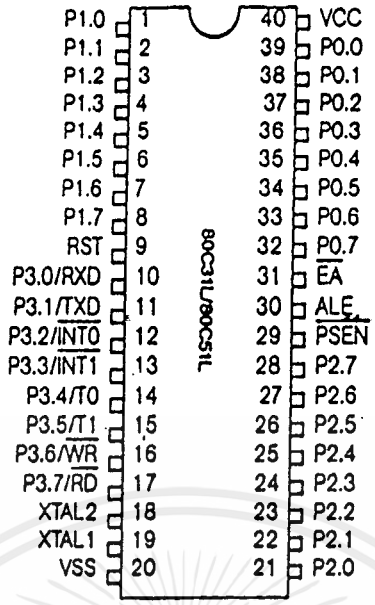
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชิพเดี่ยว และสัญญาณจากภายในจะต่อออกสู่ภายในจะต่อออกสู่ภายนอกทางขา (Pin) ที่มีอยู่ 40 ขา ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.5 สถาปัตยกรรมภายในของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ไดอะแกรมขาของ 8051 แบบ DIP

8051 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่บรรจุอยู่ในวงจรรวมแบบ Dual Inline Package (DIP) ซึ่งแต่ละข้างของ 8051 มีขาอยู่ข้างละ 20 ขารวมทั้งหมด 40 ขานั้นจะใช้งานต่าง ๆ กันดังนี้ คือ

Vcc

ขา 40 เป็นขาที่ต้องป้อนไฟเลี้ยง +5 โวลท์เข้าไปเพื่อให้วงจรรวมทำงานได้ ระดับโวลเตจของลอจิก 0 และ 1 ของ 8051 จึงต่อเข้ากับอุปกรณ์ลอจิกแบบ TTL ได้โดยตรง

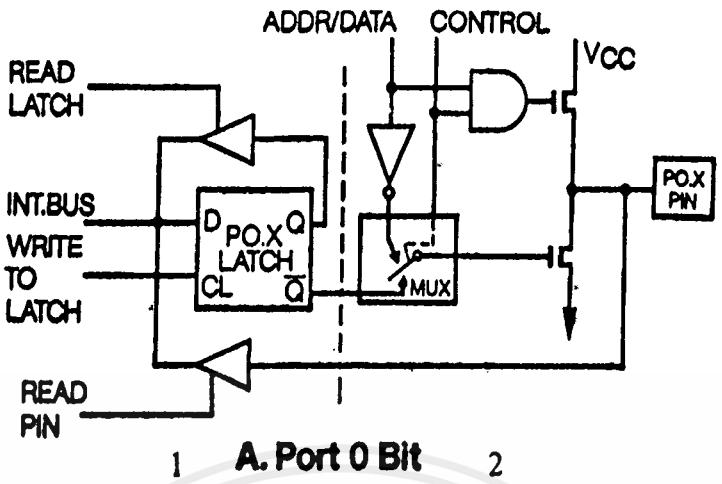
Vss

ขา 20 เป็นขาที่ต้องต่อกับกราวด์ (Ground) ของแหล่งจ่ายไฟ การต่ออุปกรณ์ทั้งหมดจะต้องมีกราวด์ของอุปกรณ์ต่อเข้าด้วยกัน

Port 0

เป็นพอร์ทขนานขนาด 8 บิท อยู่ที่ขา 39 ถึง 32 เริ่มจากบิท 0 ถึง 7 ตามลำดับดังในรูปที่ 3.6 แต่ละขาจะเขียนว่า P0.0, P0.1, ..., P0.7 นั้น P0.7 หมายถึงบิท 7 ของพอร์ท 0 ซึ่งเป็นบิทที่มีนัยสำคัญสูงสุด (Most Significant) และ P0.0 คือ บิท 0 ของพอร์ท 0 เป็นบิทที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (Least Significant) พอร์ท 0 นี้ใช้ได้ทั้งการรับ-ส่งตำแหน่งและข้อมูลกับหน่วยความจำหรือใช้เป็นพอร์ทรับ-ส่งข้อมูลก็ได้ ข้อมูลที่ส่งออกทางพอร์ท 0 จะถูก Latch ไว้ที่ขาของพอร์ท โครงสร้างแต่ละบิทของพอร์ท 0 เป็น แบบ Open Drain Bidirectional ดังรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 โครงสร้างของพอร์ท 0

ในรูปที่ 3.7 เมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 3.5 ส่วนที่ 1 ของรูป3. 7 ก็คือ Port 0 Latch ในรูปที่ 3.5 และส่วนที่ 2 ของรูป 3.7 ก็คือ Port 0 Driver ของรูปที่ 3.5 นั้นเอง

จากโครงสร้างในรูปที่ 3.7 เมื่อมีคำสั่งการเขียนข้อมูลมายังพอร์ท 0 ข้อมูลจาก Internal Data Bus จะถูก Latch ไว้ที่ D-FF โดยสัญญาณ "Write to Latch" ที่ถูกสร้างมาจากส่วน Timing and Control และ ในการอ่านข้อมูลจากพอร์ท 0 จะอ่านได้ 2 แบบคือการอ่านข้อมูลที่ส่งไปเก็บไว้ที่พอร์ทก็จะมีสัญญาณ Read Latch มาเพื่ออ่านข้อมูลจาก D-FF กลับเข้าไปยัง Internal Data Bus การอ่านข้อมูลอีกแบบก็คือ การอ่านสภาวะของสัญญาณที่เข้ามาทางพอร์ท 0 ก็จะมีสัญญาณ Read Pin มาควบคุมการอ่าน พอร์ท 0 จะใช้งานหลายอย่างดังนี้

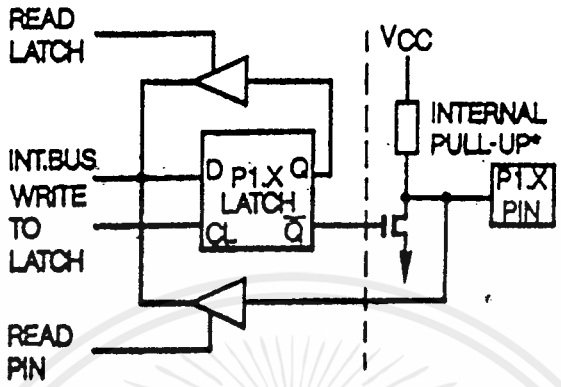
1) ใช้สำหรับส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอกที่ต้องการติดต่อด้วย ตำแหน่งหน่วยความจำสูงสุดที่จะติดต่อได้ก็คือ 64 byte จึงมีค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 16 บิทของเลขฐาน 2 ค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 8 บิทล่าง จะถูกส่งออกไปทางพอร์ท 0 และ 8 บิทบนจะส่งออกไปทางพอร์ท 2
2) ใช้รับ-ส่งข้อมูลกับ Data Memory หรือใช้รับข้อมูลจาก Program Memory
3) ใช้รับ-ส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ทโดยตรง ในกรณีที่ไม่มีการใช้หน่วยความจำของ Program Memory หรือ Data Memory ภายนอก

Port 1

เป็นพอร์ทขนานขนาด 8 บิท ในรูปที่ 3.6 คือขา P1.0 ถึง P1.7 (ขา 1-8) P1.0 หมายถึงบิท 0 ของพอร์ท 1 ซึ่งเป็นบิท Least Significant Bit และ บิท P1.7 หมายถึงบิทที่ 1 ซึ่งเป็นบิท Most Significant Bit โครงสร้างของพอร์ท 1 แต่ละบิทมีดังรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นพอร์ทขนานขนาด 8 บิท ในรูปที่ 3.6 คือขา P1.0 ถึง P1.7 (ขา 1-8) P1.0 หมายถึงบิท 0 ของพอร์ท 1 ซึ่งเป็นบิท Least Significant Bit และ บิท P1.7 หมายถึงบิทที่ 1 ซึ่งเป็นบิท Most Significant Bit โครงสร้างของพอร์ท 1 แต่ละบิทมีดังรูปที่ 3.8



B. Port 1 Bit

1 2

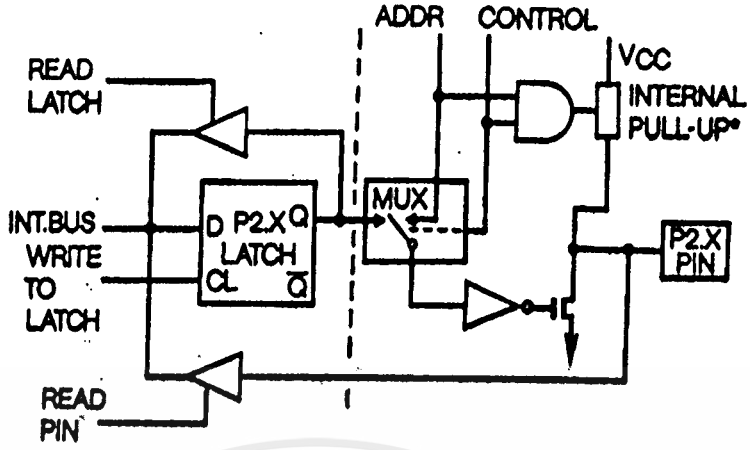
รูปที่ 3.8 โครงสร้างของพอร์ท 1

ส่วนที่ 1 คือ Port 1 Latch ในรูปที่ 3.5 ซึ่งจะมีการทำงานเหมือนส่วนที่ 1 ของพอร์ท 0 ในรูปที่ 3.7 ส่วนที่ 2 คือ Port 1 Driver ในรูปที่ 3.5 Port 1 Driver นี้จะมีตัวต้านทางต่ออยู่เป็น Internal Pull Up พอร์ท 1 นี้จะใช้ทำหน้าที่เป็นตัวรับ-ส่งข้อมูลเท่านั้นข้อมูลที่ส่งออกมาทางพอร์ท 1 จะถูก Latch ไว้แล้วส่งออกไปทางแต่ละขา ก่อนที่จะอ่านข้อมูลเข้าไปทางพอร์ท 1 จะต้องเขียน 1 ไปยังทุกบิทของพอร์ท 1 เสียก่อนเพื่อให้ FET อยู่ในสภาวะ OFF ก่อน มิฉะนั้นแล้วถ้ามีข้อมูล 0 ส่งออกมาค้างอยู่ที่ D-FF จะทำให้ FET อยู่ในสภาวะ ON ดังนั้นถ้าสัญญาณภายนอกส่งเข้ามาที่ขานี้ก็จะถูกลัดวงจรวงกราวด์ โดยไม่สนใจว่าสภาวะลอจิกของสัญญาณที่เข้ามาจะเป็นอะไร ข้อมูลที่อ่านเข้าไปจึงจะเป็น 0 เสมอ

Port 2

พอร์ทขนานขนาด 8 บิท คือขา P2.0 ถึง P2.7 (บิท 0 ถึงบิท 7 ของพอร์ท 2) ในรูปที่ 3.6 โครงสร้างของพอร์ท 2 แต่ละบิทจะมีดังรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 โครงสร้างของพอร์ท 2

ลักษณะโครงสร้างจะเหมือนกับ Port 0 แตกต่างกันที่ใน Port 2 นั้นภาค Driver จะใช้งานเพียง 2 ลักษณะ คือ

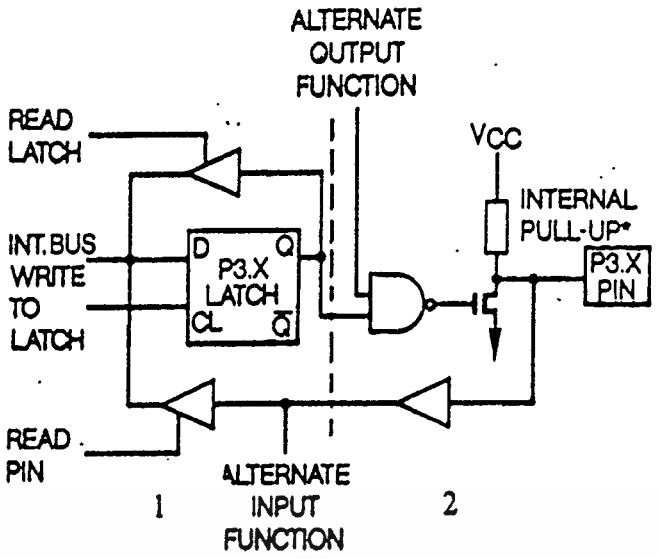
1) ใช้ส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอกที่ต้องการติดต่อ ค่าตำแหน่งนี้เป็น 8 บิทบนของค่าตำแหน่ง
2) ใช้เป็นพอร์ทรับและส่งข้อมูลกับภายนอก

ดังนั้นภาย Driver ของ พอร์ท 2 จึงแตกต่างจาก Driver ของพอร์ท 2 นั้นจะมีเฉพาะ ADDR (ตำแหน่งหน่วยความจำ) เข้ามาที่ MUX (Multiplexer) เท่านั้น นอกนั้นแล้วการทำงานจะเหมือนกัน และที่เอาท์พุทของพอร์ท 2 จะมี Internal pull-up ซึ่งเป็นตัวต้านทางและจะทำให้เอาท์พุทของพอร์ท 2 แสดงสถานะลอจิกเป็น 1 ได้ ถ้า FET อยู่ในสภาวะ OFF บางครั้งเรียกว่า "Quasi-bidirectional" เมื่อใช้เป็นพอร์ทอินพุทก็สามารถทำได้โดยการต่อสัญญาณภายนอกเข้ามาโดยตรง ถ้าสัญญาณภายนอกเป็น 0 ก็จะมีกระแสไหลออกจากพอร์ท (Source Current) ในการที่จะใช้พอร์ทนี้เป็นพอร์ทรับข้อมูลเข้า จะต้องเขียน 1 ไปยังแต่ละบิทของพอร์ทเสียก่อน ดังได้อธิบายในเรื่อง Port 0 และ Port 1

Port 3

คือขา P3.0 ถึง P3.7 หรือ ขา 10-17 ตามลำดับในรูปที่ 3.6 พอร์ทนี้มีโครงสร้างดังรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 โครงสร้างของพอร์ท 3

ส่วนที่ 1 ในรูปที่ 3.10 เป็นส่วน Latch ข้อมูลที่เขียนมายังพอร์ท 3 ทาง Internal Bus เหมือนกับพอร์ทอื่น ๆ และพอร์ท 3 จะมี Internal pull up อยู่ทุกบิท แต่พอร์ท 3 นี้แต่ละบิทจะใช้ในการทำงานอื่นได้โดยใช้คำสั่งควบคุมการทำงาน ในส่วนที่ 2 จะมีสัญญาณ Alternative Output Function ที่สร้างมาจากส่วน Timing and Control สัญญาณ Alternative Output Function เป็นสัญญาณที่ส่งออกในกรณีที่ใช้พอร์ท 3 ทำงานในฟังก์ชั่นอื่น และจุด Alternative Output Function เป็นจุดที่จะเอาสัญญาณไปเข้ากับส่วนอื่นตามการทำงานของบิทนั้น แต่ละบิทของพอร์ท 3 จะมีฟังก์ชั่นอื่นดังนี้

P3.0/RXD (Serial Input Port) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม

P3.1/TXD (Serial Output Port) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

P3.2/$\overline{\text{INT0}}$ (External Interrupt) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.3/$\overline{\text{INT1}}$ (External Interrupt) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.4/TO (Timer/Counter 0 External Input) ขารับสัญญาณเข้าไปยังวงจร Timer/Counter 0 ที่ทำหน้าที่ นับจำนวนไซเคิลสัญญาณ T0 นี้หรือสัญญาณนาฬิกาก็ได้

P3.5/T1 (Timer/Counter 1 External Input) ขารับสัญญาณเข้าไปยัง Timer/Counter 1 ซึ่งมีการทำงานเหมือนกับ T0

P3.6/$\overline{\text{WR}}$ (External Data Memory Write Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P3.7/$\overline{RD}$ (External Data Memory Read Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก

RST

ขารีเซ็ทขานี้จะใช้ทำการรีเซ็ทการทำงานของ 8051 ที่ขา RST ภายใน 8051 จะมีตัวต้านทานต่อระหว่างขานี้กับกราวน์ (Ground) ถ้าป้อนสัญญาณที่มีสภาวะลอจิก 1 เข้าไปที่ขานี้จะเป็นการรีเซ็ทการทำงาน 8051 ดังนั้นจึงสามารถต่อตัวเก็บประจุ (Capacitor) ภายนอกระหว่างขา RST กับไฟเลี้ยง +5 โวลท์ เพื่อให้เกิดการรีเซ็ท เมื่อเริ่มป้อนไฟเลี้ยงให้กับ 8051 ซึ่งเรียกว่า Power on reset การรีเซ็ทจะทำให้ค่าในรีจิสเตอร์ต่าง ๆ เปลี่ยนไปเป็นค่าหนึ่งดังในตารางรูปที่ 3.11

REGISTER	CONTENT
PC	0000H
ACC	00H
B	00H
PSW	00H
SP	00H
DPTR	0000H
P0-P3	0FFH
IP	00H
IE	0X000000B
TMOD	00H
TCON	00H
T2CON	00H
THO	00H
TLO	00H
TH1	00H
TL1	00H
TH2	00H
TL2	00H
RCAP2H	00H
RCAP2L	00H
SCON	00H
SBUF	Indeterminate
IOCON	00H

รูปที่ 3.11 ค่าของรีจิสเตอร์เมื่อเกิดการรีเซ็ท 8051

ในตารางรูปที่ 3.11 ช่องทางขวาเป็นค่าของรีจิสเตอร์ที่อยู่ทางซ้ายเมื่อสิ้นสุดการรีเซ็ท ในรีจิสเตอร์ SBUF เมื่อสิ้นสุดการรีเซ็ทจะมีค่าที่ไม่แน่นอน และพอร์ทจะอยู่ในสภาวะลอจิก 1 ทุกบิทตลอดเวลาที่สัญญาณของขา RST เป็น HIGH อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตารางรูปที่ 3.11 ช่องทางขวาเป็นค่าของรีจิสเตอร์ที่อยู่ทางซ้ายเมื่อสิ้นสุดการรีเซ็ท ในรีจิสเตอร์ SBUF เมื่อสิ้นสุดการรีเซ็ทจะมีค่าที่ไม่แน่นอน และพอร์ทจะอยู่ในสภาวะลอจิก 1 ทุกบิทตลอดเวลาที่สัญญาณของขา RST เป็น HIGH อยู่

เมื่อสัญญาณที่ขา RST กลับเป็น 0 ก็จะออกจากการรีเซ็ท 8051 จะเริ่มทำงานจากคำสั่งที่อยู่ใน Program memory ตำแหน่ง 0000H เพราะค่าของรีจิสเตอร์ PC(Program Counter) ซึ่งใช้ชี้ตำแหน่งโปรแกรมที่จะทำงานถูกเปลี่ยนให้เป็น 0000 ดังนั้นผู้ใช้จะต้องเขียนโปรแกรมมาเก็บไว้ที่ตำแหน่ง 0000H ในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แบบบอร์ดเดี่ยว (Single Board Microcomputer) จะมีโปรแกรมที่เขียนเก็บไว้เริ่มจากตำแหน่ง 0000H นี้เรียกว่า มอนิเตอร์โปรแกรม (Monitor program) ที่จะคอยรับการกดแป้นพิมพ์ (Keyboard) และแสดงผลการตัวแสดงผล (Display) แบบ 7 Segment

ALE

Address Latch Enable ขานี้จะส่งสัญญาณที่มีความถี่ 1/6 เท่าของสัญญาณนาฬิกาจากออสซิลเลเตอร์ สัญญาณนี้จะส่งออกมาตลอดเวลายกเว้นบางครั้งของการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051 สัญญาณนี้จะใช้บอกกับอุปกรณ์ภายนอก 8051 ว่าขณะนี้สัญญาณนี้ Active(เป็นลอจิก 1) จะมีการส่งข้อมูลที่เป็น 8 บิทล่างของตำแหน่งหน่วยความจำภายนอก 8051 ที่ต้องการติดต่อออกไปทางพอร์ท 0 อุปกรณ์ภายนอกจะใช้สัญญาณนี้ในการ Latch ข้อมูลไว้ เพราะพอร์ท 0 จะส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำออกมาเพียงชั่วขณะเท่านั้น ซึ่งในเวลาต่อมาพอร์ท 0 จะใช้รับ-ส่งข้อมูลกับหน่วยความจำภายนอก สัญญาณ ALE จะสามารถต่อเข้ากับอุปกรณ์ TTL ชนิด LS ได้ถึง 8 อินพุท

$\overline{\text{PSEN}}$

External Access ขา 31 ของรูปที่ 3.6 ขานี้ปกติจะให้ลอจิก 1 แต่จะส่งลอจิก 0 เมื่อ ต้องการอ่านคำสั่ง (Fetch Instruction) ที่จะนำไปทำงานมาจากหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายนอก 8051

$\overline{\text{EA}}$

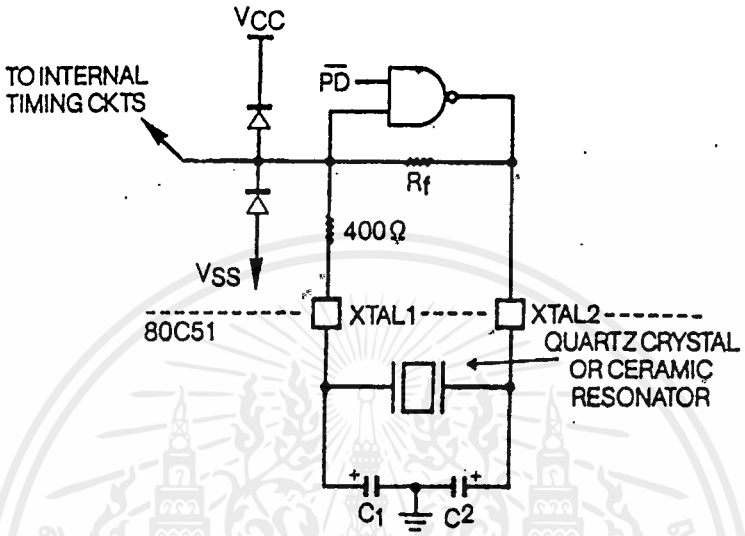
External Access ขา 31 ของรูปที่ 3.6 ขานี้เป็นขาอินพุทที่ต่อเข้าไปยังวงจร Timing and Control ในรูปที่ 3.5 เพื่อควบคุมการสร้างสัญญาณ $\overline{\text{PSEN}}$

XTAL 1

ขาที่ 19 ของรูปที่ 3.6 ขานี้จะต่อเข้ากับขาของ Inverting Amplifier (วงจรขยายแบบป้อนกลับเฟสสัญญาณ) ที่ประกอบเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ ในรูปที่ 3.12 จะเห็นวงจรภายในของออสซิลเลเตอร์ NAND GATE จะทำหน้าที่เป็นวงจรขยายแบบกลับเฟสของสัญญาณที่จะควบคุมให้มีการออสซิลเลตหรือไม่ก็ขึ้นกับสัญญาณ PD ซึ่งต่อมาจากบิท PD ของรีจิสเตอร์ PCON ถ้าต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

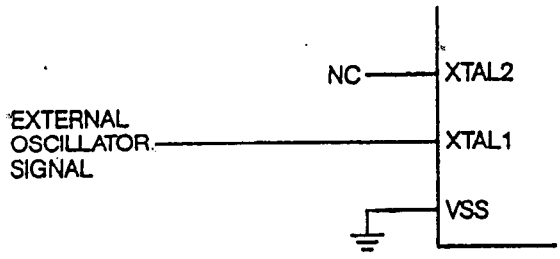
ใช้สัญญาณนาฬิกา (Clock Signal) จากภายนอกมาเป็นสัญญาณนาฬิกา ควบคุมการทำงานของ 8051 ก็ให้ป้อนสัญญาณเข้ามาที่จุดนี้แต่ถ้าต้องการใช้วงจรออสซิลเลเตอร์ภายในต่อ Crystal หรือเซรามิคเรโซเนเตอร์ดังรูปที่ 3.12 คาปาซิเตอร์ในวงจรควรมีค่าประมาณ 20 PF



รูปที่ 3.12 วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน 8051

XTAL 2

ขาที่ 18 ของรูปที่ 3.6 ขานี้เป็นจุดเอาท์พุทของวงจรขยายแบบกลับเฟสสัญญาณที่ประกอบเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ (อินพุทคือขา XTAL 1) ถ้าจะใช้สัญญาณนาฬิกาที่สร้างมาจากภายนอกมาเป็นสัญญาณนาฬิกาของ 8051 แล้ว ให้ปล่อยขานี้ลอยไว้แล้วป้อนสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกเข้ามาที่ขา XTAL ดังรูปที่ 3.13

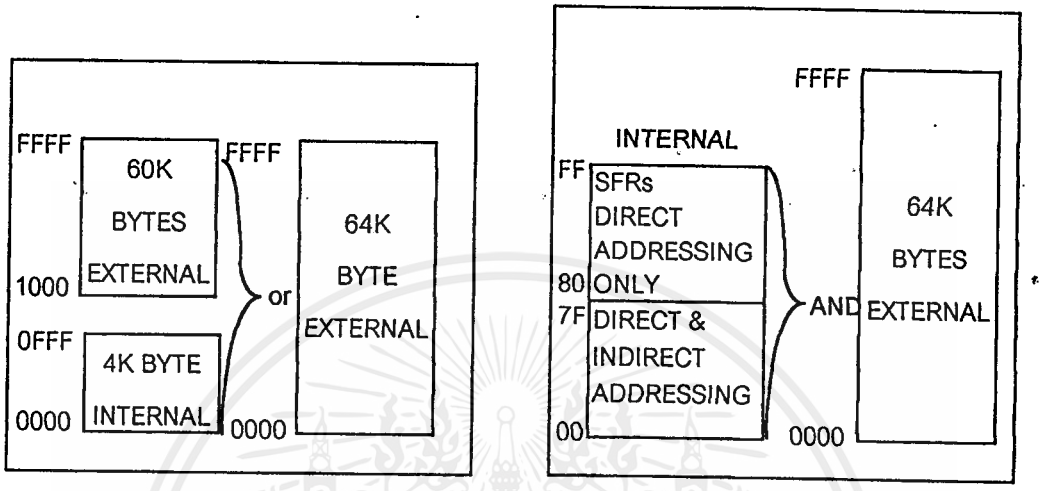


รูปที่ 3.13 8051 ที่ทำงานโดยสัญญาณที่มาจากภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 รีจิสเตอร์ของ 8051

หน่วยความจำของ 8051 แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ หน่วยความจำสำหรับโปรแกรม (Program Area) และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Area) ดังแสดงในไดอะแกรมรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ไดอะแกรมภาพของหน่วยความจำ 8051

หน่วยความจำสำหับโปรแกรมเป็นหน่วยความจำที่ 8051 ใช้สำหรับเก็บโปรแกรมภาษาเครื่องที่ 8051 จะทำงานเมื่อเริ่มป้อนไฟเลี้ยงให้ 8051 หรือมีการรีเซ็ท (Reset) 8051 จะทำให้เริ่มการทำงานจากคำสั่งในโปรแกรมตำแหน่งที่ 0000H เมื่อทำงาน 1 คำสั่งก็จะทำให้รีจิสเตอร์ PC ที่ชี้ตำแหน่งโปรแกรมมีค่าเพิ่มขึ้นเพื่อชี้ตำแหน่งของคำสั่งต่อไป ตำแหน่งสุดท้ายของหน่วยความจำคือ FFFFH หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมนี้สามารถที่จะเลือกได้ว่าเป็นหน่วยความจำ ที่อยู่ภายใน 8051 หรือภายนอก 8051 ก็ได้ หน่วยความจำสูงสุดสำหรับโปแกรมภายนอก 8051 มีได้ถึง 64 Kbyet ทำให้สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวาง หน่วยความจำในช่วงนี้ 8051 สามารถอ่านข้อมูลได้อย่างเดียว ไม่สามารถเขียนข้อมูลเข้าไปได้ระหว่างการทำงาน

หน่วยความจำสำหรับข้อมูลเป็นหน่วยความจำที่ 8051 ใช้สำหรับเก็บหรือพักข้อมูลระหว่างที่ทำงาน หน่วยความจำสำหรับข้อมูลที่ 2 แบบ แบบหนึ่งมีขนาด 128 ไบท์อยู่ภายใน 8051 หน่วยความจำอีกแบบหนึ่งจะมีขนาด 64 กิโลไบท์ (Kbyte) ต้องต่อเพิ่มเติมเข้าไปภายนอก 8051 หน่วยความจำภายในตำแหน่ง 0 ถึง 7FH นี้สามารถอ้างถึงได้โดยตรงคือ มีการสั่งให้อ่าน หรือเขียนข้อมูลไปยังตำแหน่งนั้นได้โดยตรง แต่หน่วยความจำตำแหน่ง 80H ถึง FFH นั้นเป็นรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (Special Function Register, SFR) หน่วยความจำภายในช่วงนี้ใช้เป็นรีจิสเตอร์สำหรับงานเฉพาะอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายใน 8051 ช่วง 00H ถึง 07FH สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

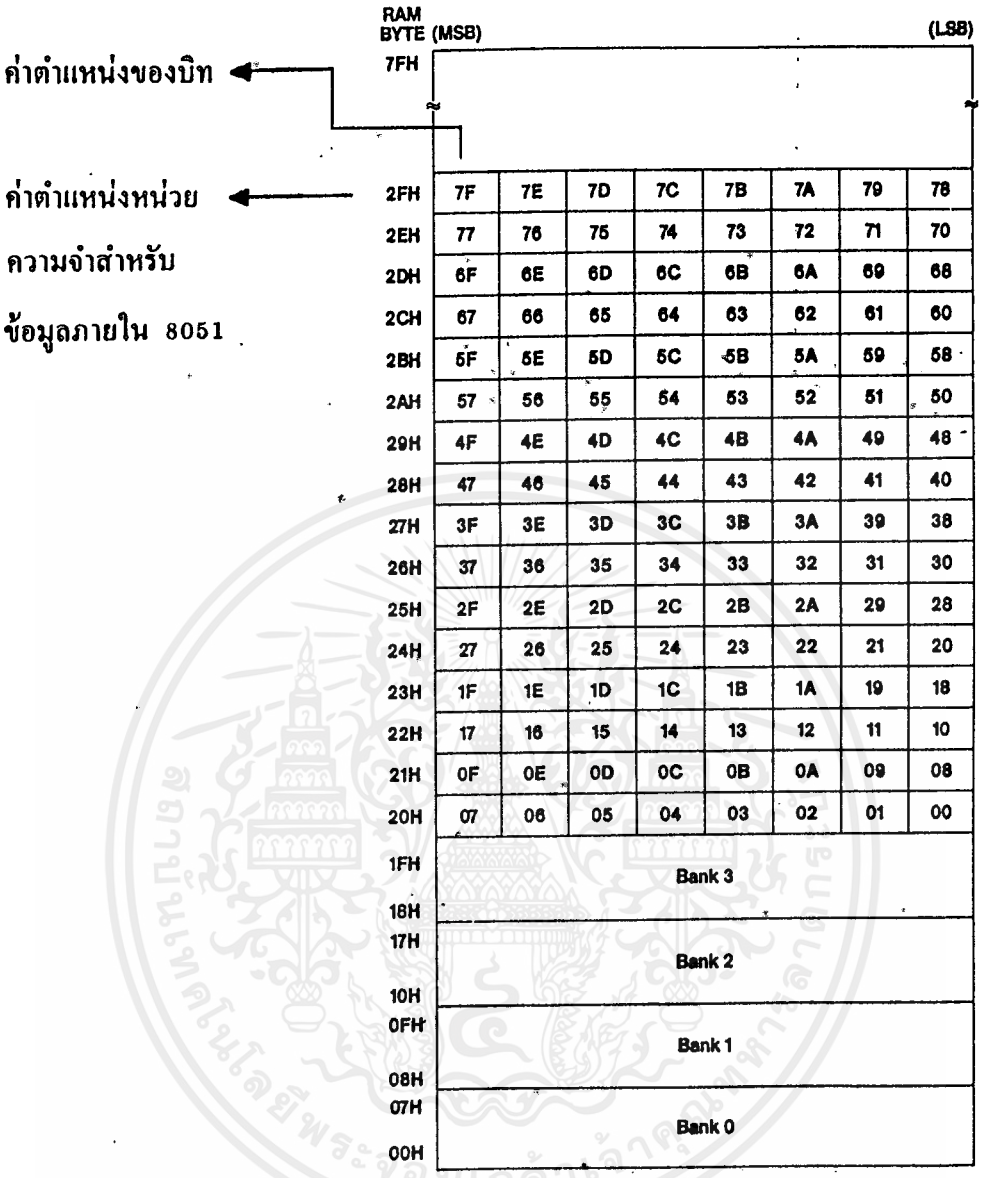
1) Register bank 0.3 อยู่ในหน่วยความจำช่วงตำแหน่งที่ 00H ถึง 1FH หน่วยความจำนี้จะแบ่งออกเป็น 4 ชุด ชุดละ 8 ไบท์ แต่ละชุดเราเรียกว่า BANK แต่ละไบท์ใน 1 BANK จะมีชื่อของรีจิสเตอร์ว่า R0, R1, R2, R3, R4, R5, R6 และ R7 รีจิสเตอร์เหล่านี้จะเรียกใช้งานในระหว่างการทำงานของโปรแกรมได้อย่างสะดวก และรีจิสเตอร์เหล่านี้จะเป็นชื่อซ้ำกันในทุก BANK การใช้งานจึงต้องเรียกใช้งานทีละ BANK เท่านั้น โดยการกำหนดในรีจิสเตอร์ PSW เมื่อมีการ Reset การทำงานของ 8051 จะเริ่มการใช้งานรีจิสเตอร์ R0 ถึง R7 ที่ BANK 0 ซึ่งรีจิสเตอร์ R0 ถึง R7 ในแต่ละ BANK นั้นจะอ้างอิงในหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายใน 8051 ดังในตาราง

รีจิสเตอร์	ตำแหน่งหน่วยความจำ			
	BANK 0	BANK 1	BANK 2	BANK 3
R0	0	8	10	18
R1	1	9	11	19
R2	2	A	12	1A
R3	3	B	13	1B
R4	4	C	14	1C
R5	5	D	15	1D
R6	6	E	16	1E
R7	7	F	17	1

รูปที่ 3.15 ตารางแสดงตำแหน่งของรีจิสเตอร์

2) Bit Address Area เป็นหน่วยความจำในช่วงตำแหน่ง 20H ถึง 2FH หน่วยความจำแต่ละบิทในช่วงของหน่วยความจำดังกล่าวจะสามารถตรวจสอบหรือตั้งค่าใน 1 หรือ 0 ได้โดยการโปรแกรมภาษาเครื่อง แต่ละบิทของข้อมูลในหน่วยความจำช่วงนี้จะมีค่าของตำแหน่งดังใน Memory Map รูปที่ 3.16 เช่น บิทที่ 7 ของหน่วยความจำในตำแหน่ง 2FH จะมีค่าตำแหน่งเป็น 7FH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 ค่าตำแหน่งของแต่ละบิท

ในรูปที่ 3.16 ตัวเลขทางซ้ายเป็นค่าตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายใน 8051 ซึ่งแต่ละบิทในตำแหน่งนั้นจะมีค่าเป็นเลขฐาน 16 ที่จะใช้เป็นค่าอ้างอิงในคำสั่งจัดการกับข้อมูลบิทนั้น

3) Scratched Pod Area เป็นช่วงของหน่วยความจำตำแหน่ง 30H ถึง 7FH หน่วยความจำช่วงนี้จะใช้สำหรับเก็บข้อมูลทั่วไป ถ้ารีจิสเตอร์ Stack pointer ชี้มามายังหน่วยความจำ ช่วงนี้จะต้องระวังไม่ให้เกิดการเขียนทับของข้อมูลอันจะทำให้การทำงานของโปรแกรมผิดพลาดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (Special Function Register, SFS)

ใน 8051 จะใช้วิธีการกำหนดชื่อกับตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายใน (Internal Data Memory) ที่เรียกว่าการ Symbolize เช่น การให้ชื่อหน่วยความจำแต่ละตำแหน่งในแต่ละ Bank ซึ่งอยู่ในช่วงหน่วยความจำตำแหน่ง 00H ถึง 1 FH แล้วในคำสั่งจะอ้างอิงหน่วยความจำแต่ละตำแหน่งโดยการใช้ชื่อ R0, R1, R2, R3, R4, R5, R6 และ R7 หน่วยความจำตำแหน่งเหล่านี้ จะเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเป็นรีจิสเตอร์ซึ่งมีหน้าที่ในการเก็บหรือพักข้อมูล หรือใช้สำหรับการกระทำบางอย่าง รีจิสเตอร์กลุ่มหนึ่งใน 8051 ที่เรียกว่า Special Function Register (SFR) เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับงานเฉพาะ คือข้อมูลที่ถูกนำไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์หน่วยเหล่านี้จะมีความหมายเฉพาะตัวของรีจิสเตอร์ ที่แต่ละตำแหน่งของ SFR อาจจะไม่ใช่เป็นหน่วยความจำ (RAM) แต่อาจเป็นตัวนับ (Count Register), Shift Register หรือ Latch ซึ่งการอ้างอิงข้อมูลในแต่ละตำแหน่งนั้น 8051 จะถือเสมือนว่าเป็นหน่วยความจำตำแหน่งหนึ่ง จึงเรียกการมองข้อมูลแต่ละตำแหน่งนี้ว่า Memory Map I/O รีจิสเตอร์กลุ่มนี้มีดังในรูป 3.17

Table 1

Symbol	Name	Address
*ACC	Accululator	OEOH
*B	B Register	OFOH
*PSW	Program Status Word	ODOH
SP	Stack Pointer	81H
DPTR	Data Pointer 2 Bytes	
DPL	Low Byte	82H
DPH	High Byte	83H
*P0	Port 0	80H
*P1	Port 1	90H
*P2	Port 2	OAOH
*P3	Port 3	OBOH
*IP	Interrupt Priority Control	OB8H
*IE	Interrupt Enable Control	OA8H
TMOD	Timer/Counter Mode Control	89H
*TCON	Timer/Counter Control	88H
*+T2CON	Timer/Counter 2 Control	0C8H
TH0	Timer/Counter 0 High Byte	8CH
TL0	Timer/Counter 0 Low Byte	8AH
TH1	Timer/Counter 1 High Byte	8DH
TL1	Timer/Counter 1 Low Byte	8BH
+TH2	Timer/Counter 1 High Byte	0CDH
+TL2	Timer/Counter 2 Low Byte	0CCH
+RCAP2H	T/C 2 Capture Reg. High Byte	0CBH
+RCAP2L	T/C Capture Reg. Low Byte	0CAH
*SCON	Serial Control	98H
SBUF	Serial Data Buffer	99H
PCON	Power Control	87H
*IOCON (1)	IO Control	F8H

+80C52 and 83C154 only *bit addressable
(1) 83C154 only

รูปที่ 3.17 Special Function Register (SFR)

ในรูปที่ 3.17 ช่อง Symbol ทางซ้ายจะเป็นสัญลักษณ์ของรีจิสเตอร์ ในช่องถัดมาคือชื่อของรีจิสเตอร์ตามสัญลักษณ์ที่อยู่ทางซ้าย ในช่องขวาสุดจะเป็นตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายใน 8051 ที่แทนด้วยชื่อ หรือ สัญลักษณ์ทางซ้ายนั่นเอง เช่นในบรรทัดแรกคือรีจิสเตอร์ชื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Accumulator ที่มีสัญลักษณ์ ACC รีจิสเตอร์นี้ คือ หน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายใน 8051 ที่ตำแหน่ง 0E0H การอ่านหรือเขียนข้อมูลกับรีจิสเตอร์เหล่านี้สามารถทำได้โดยการใช้คำสั่งในกลุ่มการเคลื่อนย้ายข้อมูล (เช่น MOV A, #25H หรือ MOV 0E0H, #25H) และรีจิสเตอร์บางตัวในกลุ่มนี้ยังสามารถใช้คำสั่งในกลุ่ม Boolean Instruction เพื่อการทำงานกับแต่ละบิทในรีจิสเตอร์เหล่านี้ได้ จากตารางในรูปที่ 3.17 รีจิสเตอร์ที่มีเครื่องหมาย * อยู่ข้างหน้าจะสามารถใช้คำสั่งในกลุ่ม Boolean Instruction จัดการกับแต่ละบิทได้ รีจิสเตอร์ที่มีเครื่องหมาย + นำหน้าหมายความว่า รีจิสเตอร์นั้นมีเฉพาะใน 80C52 และ 83C154 เท่านั้นไม่มีใน 8051

Direct Byte Address	Bit Address (MSB)							(LSB)	Special Function Register Symbol
	WDT	T32	SERR	IZC	P3HZ	P2HZ	P1HZ	ALF	
0F8H	FF	FE	FD	FC	FB	FA	F9	F8	IOCON
0F0H	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0	B
0E0H	E7	E6	E5	E4	E3	E2	E1	E0	ACC
	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	F1	P	
0D0H	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	PSW
0CDH	Not Bit Addressable								TH2
0CCH	Not Bit Addressable								TL2
0CBH	Not Bit Addressable								RCAP2H
0CAH	Not Bit Addressable								RCAP2L
	TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/T2	CP/RL2	
0C8H	CF	CE	CD	CC	CB	CA	C9	C8	T2CON
	PCT		PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0	
0B8H	BF	-	BD	BC	BB	BA	B9	B8	IP
0B0H	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	P3
	EA		ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0	
0A8H	AF	-	AD	AC	AB	AA	A9	A8	IE
0A0H	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	P2
99H	Not Bit Addressable								SBUF
	SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI	
98H	9F	9E	9D	9C	9B	9A	99	98	SCON
90H	97	96	95	94	93	92	91	90	P1
8DH	Not Bit Addressable								TH1
8CH	Not Bit Addressable								TH0
8BH	Not Bit Addressable								TL1
8AH	Not Bit Addressable								TL0
89H	Not Bit Addressable								TMOD
	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0	
88H	8F	8E	8D	8C	8B	8A	89	88	TCON
87H	Not Bit Addressable								PCON
83H	Not Bit Addressable								DPH
82H	Not Bit Addressable								DPL
81H	Not Bit Addressable								SP
80H	87	86	85	84	83	82	81	80	P0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.18 ในช่องสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ จะเป็นตำแหน่งของบิทนั้นในแต่ละรีจิสเตอร์ เช่น ในช่องซ้ายสุดของรีจิสเตอร์ TCON มีค่า 8FH ซึ่งเป็นค่าตำแหน่งบิท 7 ของหน่วยความจำตำแหน่ง 88H

รีจิสเตอร์ในกลุ่ม Specail Funtion Register มีดังนี้

3.5.1 Accumulator ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 0E0H

รีจิสเตอร์นี้มีขนาด 8 บิท เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้มาก ซึ่งในรหัสคำสั่งช่วยจำจะอ้างอิงถึงรีจิสเตอร์นี้โดยใช้สัญลักษณ์ A

3.5.2 B Register ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 0F0H

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิทที่ใช้ในคำสั่งการคูณ (MUL AB) และคำสั่งการหาร (DIV AB) เท่านั้น โดยรีจิสเตอร์ B นี้จะเก็บตัวคูณและผลลัพธ์บิท 8 ถึง 15 ในคำสั่งการคูณ ส่วนในคำสั่งหารนั้น รีจิสเตอร์ B และเก็บตัวหารและผลการหาร

3.5.3 Program Status Word ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 0D0H

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิทที่เก็บสภาวะ (Flag) ที่เกิดขึ้นระหว่างการคำนวณ เช่น ตัวทด (Carry) แต่ละบิทจะใช้เก็บสถานะการทำงานต่าง ๆ ไว้ดังรูปที่ 3.19

(MSB) (LSB)

CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	–	P

Symbol	Position	Name and Significance
CY	PSW.7	Carry flag.
AC	PSW.6	Auxiliary Carry flag. (For BCD operations).
F0	PSW.5	Flag 0 (Available to the user for general purposes).
RS1 RS0	PSW.4 PSW.3	Register bank select control bits 1 & 0. Set/cleared by software to determine working register bank (see Note).
OV	PSW.2	Overflow flag.
–	PSW.1	User definable flag.
P	PSW.0	Parity flag. Set/cleared by hardware each instruction cycle to indicate an odd/even number of "one" bits in the Accumulator, i.e., even parity.

Note :
The contents of (RS1, RS0) enable the working register banks as follows :

(0.0)–Bank 0	(00H–07H)
(0.1)–Bank 1	(08H–0FH)
(1.0)–Bank 2	(10H–17H)
(1.1)–Bank 3	(18H–1FH)

รูปที่ 3.19 Program Status Word (PSW)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 Stack Pointer ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 081H

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท รีจิสเตอร์นี้จะใช้ชี้ตำแหน่งหน่วยความจำภายใน 8051 ที่ใช้เก็บตำแหน่ง (Address) เดิมของโปรแกรมก่อนทำงานคำสั่ง CALL หรือตำแหน่งที่จะใช้เก็บข้อมูลด้วยคำสั่ง PUSH และตำแหน่งที่จะอ่านข้อมูลออกมาในคำสั่ง POP เมื่อทำการรีเซ็ท 8051

3.5.5 Data Pointer Register

ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 82H และ 83H

รีจิสเตอร์ DPTR มีขนาด 16 บิท หน้าที่ของรีจิสเตอร์นี้ก็คือใช้สำหรับชี้ตำแหน่งในหน่วยความจำรีจิสเตอร์ DPTR นี้สามารถใช้อ้างอิงตำแหน่งหน่วยความจำได้สูงสุด 60 x 1024 ตำแหน่ง หรือใช้ชี้ตำแหน่งโปรแกรมที่ต้องการกระโดดข้ามไปทำงาน รีจิสเตอร์ DPTR นี้ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ขนาด 2 บิท 2 ตัว คือ DPH ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง 83H และ DPL ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง 82H

3.5.6 PORT 0 ถึง 3

ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 80H, 90H, 0A0H, 0B0H

Special Function Register ชื่อ P0, P1, P2 และ P3 เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิทของหน่วยความจำ สำหรับข้อมูลภายใน 8051 ที่ตำแหน่ง 80H, 90H, 0A0H และ 0B0H ตามลำดับ การเขียนข้อมูลลงไปยังหน่วยความจำแต่ละตำแหน่งเป็นการส่งข้อมูลไปยังพอร์ทนั้น ๆ ของ 8051

3.5.7 Serial Data Buffer

ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 99H

รีจิสเตอร์นี้มีขนาด 8 บิท และมีตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายใน 8051 เท่ากับ 99H โครงสร้างภายในแล้วรีจิสเตอร์นี้มี 2 ตัวที่มีชื่อเดียวกัน ตัวหนึ่งสำหรับเก็บข้อมูลที่จะส่งแบบอนุกรมออกจาก 8051 และอีกตัวหนึ่งสำหรับรับข้อมูลแบบอนุกรมที่เข้ามา

Serial Port จะสามารถกำหนดให้การทำงานรับ-ส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้ 4 โหมด (MODE) โดยการกำหนดในรีจิสเตอร์ SCON (Serial Port Control Register)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.8 SCON (Serial Port Control Register)

ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 98 H

รีจิสเตอร์ SCON มีขนาด 8 บิทใช้สำหรับควบคุมการส่งและรับข้อมูลผ่านทาง Serial Port

3.5.9 TIMER Register TH0, TL0, TH1, TL1

ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 8CH, 8AH, 8DH, 8BH

ใน 8051 จะมีวงจร Timer อยู่ 2 ชุด คือ Timer 0 และ Timer 1 (8052 จะมี Timer 2 อีก 1 ชุด) ใน Timer แต่ละชุดจะมีรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิทอยู่ 2 ตัว เพื่อเก็บค่าการนับของ Timer ได้สูงสุดถึง 16 บิทใน Timer 0 รีจิสเตอร์นี้คือ TH0, TL0 และใน Timer 1 คือรีจิสเตอร์ TH1, TL1 TLx (x หมายถึง 0 หรือ 1) จะเก็บค่าของการนับ 8 บิทล่าง และ THx จะเก็บค่าของการนับ 8 บิทบน ผู้ใช้จะสามารถกำหนดการทำงานของวงจร Timer ในโหมด Timer หรือโหมด Counter ได้โดยการกำหนดในรีจิสเตอร์ชื่อ TMOD (Timer/Counter Mode Control Register)

3.5.10 TMOD Timer/Counter Mode Register

ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 89H

TMOD เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท ที่มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของ Timer 0 และ Timer 1

3.5.11 TCON Timer Control Register

ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 088H

รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิทนี้ใช้ควบคุมการทำงานและบอกสภาวะของ Timer 0 และ Timer 1

3.5.12 IE Interrupt Enable Register

ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 0A8H

การขัดจังหวะการทำงาน (Interrupt) เป็นการที่มีสัญญาณหนึ่งหรือคำสั่งหนึ่งที่ (ไม่ใช่คำสั่ง CALL หรือ JMP) ที่จะทำให้การทำงานการปกติของโปรแกรมถูกขัดจังหวะ แล้วข้ามไปทำงานยังตำแหน่งหนึ่งตำแหน่งใดที่กำหนดไว้ เมื่อทำงานในโปรแกรมขัดจังหวะเสร็จสิ้นก็จะกลับมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานในโปรแกรมที่ตำแหน่งก่อนจะไปทำงานยังโปรแกรมขัดจังหวะ โปรแกรมที่ถูกกระโดดไปทำงานเรียกว่าโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะ (Interrupt Service Routine) ใน 8051 จะสามารถขัดจังหวะด้วยสัญญาณจาก 6 แหล่ง

3.5.13 IP Interrupt Priority Register

ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 0B8H

ในการตอบสนองต่อสัญญาณขัดจังหวะของ 8051 นั้น ถ้าสัญญาณขัดจังหวะทั้งหมดเข้ามาพร้อมกัน 8051 จะต้องเลือกทำงานโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะโดยการตรวจสอบสัญญาณเรียงตามลำดับ ซึ่งเรียกว่าวิธีการ Polling สัญญาณขัดจังหวะหนึ่งจะถูกตรวจสอบก่อนแล้วสัญญาณอื่น ๆ จะถูกตรวจสอบต่อมา ถ้าสัญญาณนั้นขอขัดจังหวะ 8051 จะสร้างคำสั่ง CALL เป็นพิเศษขึ้นมาเพื่อไปทำงานโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะของสัญญาณนั้น เมื่อเสร็จสิ้นแล้วก็จะกลับมาทำงานในโปรแกรมเดิมก่อนการขัดจังหวะ ทำให้เสมือนว่าสัญญาณแต่ละสัญญาณมีลำดับความสำคัญไม่เท่ากัน สัญญาณขัดจังหวะของ 8051 จะมีลำดับความสำคัญดังนี้ โดยเรียงจากลำดับความสำคัญสูงสุดถึงต่ำสุด

1) IE0
2) TF0
3) IE1
4) TF1
5) RI + TI

แต่ในการใช้งานบางครั้งจำเป็นที่จะต้องให้สัญญาณใดสัญญาณหนึ่งมีลำดับความสำคัญสูงสุด (Highest Priority) เพื่อจะทำงานโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะได้ก่อนการขัดจังหวะของสัญญาณอื่น จะสามารถกำหนดลำดับความสำคัญของการขัดจังหวะได้ใหม่โดยการกำหนดข้อมูลในบิทของรีจิสเตอร์ IP (Interrupt Priority Register)

3.5.14 PCON (Power Control Register)

ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 87H

การสั่งงานให้ 8051 ทำงานในโหมดของ Idle หรือ Power Down จะสามารถทำได้โดยใช้กำหนดค่าในรีจิสเตอร์ PCON (Power Control Register)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การผสมปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำชลประทาน

4.1 ความหมายและจุดประสงค์ทั่วไป

การผสมปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำแก่พืช เรียกว่า Fertigation ได้มาจากคำ Fertilization รวมกับ Irrigation หรือเรียกย่อ ๆ ว่า ระบบ F-I นับว่าเป็นวิทยาการอันหนึ่งของการชลประทานสมัยใหม่ เพื่อจุดประสงค์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย รวมทั้งควบคุมการใส่ปุ๋ยในระบบชลประทาน นอกจากนี้ยังอาจใช้ผสมยากำจัดศัตรูพืช หรือ โรคพืชในระบบชลประทานได้ด้วย (Chemigation คือ Chemical ร่วมกับ Irrigation)

4.2 ข้อดีของการผสมปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำ

1. ประหยัดแรงงานคนและสะดวก การใส่ปุ๋ยโดยใช้แรงคนเป็นงานหนักและยังไม่ค่อยทั่วถึง ถ้าใช้เครื่องจักรใส่ปุ๋ยก็ลงทุนสูง และทำให้เกิดการบดอัดดิน เนื่องจากล้อของเครื่องจักร จะทำให้เกิดความเสียหายต่อการเจริญเติบโตของพืช เมื่อมีการนำเอาระบบ F-I เข้ามาใช้ในแปลงเพาะปลูก จะสามารถลดการใช้แรงงานในการให้ปุ๋ยแก่พืช ทั้งยังสะดวกในการให้ปุ๋ยครั้งละน้อย ๆ แต่ให้บ่อยครั้งตามความเหมาะสมได้เป็นอย่างดี

2. พืชได้รับปุ๋ยตามต้องการอย่างทั่วถึง และสม่ำเสมอตลอดแปลงเพาะปลูก เนื่องจากปุ๋ยละลายน้ำชลประทาน ปุ๋ยจึงแพร่กระจายได้ทั่วถึงอย่างรวดเร็ว

3. ทำให้พืชได้รับธาตุอาหารที่ต้องการในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโตได้อย่างพอเพียง และทันความต้องการ ปกติตลอดช่วงการเจริญเติบโตของพืช ต้องให้ปุ๋ยแก่พืชบ่อยครั้ง เพราะถ้าใส่ปุ๋ยลงไปในดินทั้งหมดครั้งเดียว ปุ๋ยจะถูกชะล้างออกไปมากก่อนที่พืชจะใช้ได้ทัน

4. ประหยัดปุ๋ย เพราะเป็นวิธีการให้ปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพสูง โดยพืชจะได้รับปริมาณปุ๋ยมากกว่าวิธีอื่น ลดการสูญเสียปุ๋ยเนื่องจากการตกค้างในดิน ลดการสูญเสียเนื่องจากการชะล้างปุ๋ยออกไปเลยเขตรากพืช ลดการสูญเสียเนื่องจากการขนส่งปุ๋ย และการเก็บรักษาปุ๋ย ทำให้ได้รับผลผลิตต่อหน่วยน้ำหนักปุ๋ยมากกว่าวิธีอื่น

5. ควบคุมการไหลเลยเขตรากพืชของสารละลายปุ๋ยและน้ำ

6. ลดเครื่องมือใช้ในงานปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. สามารถควบคุมปริมาณสารละลายปุ๋ยที่ต้องการให้แก่พืชในครั้งหนึ่งได้ โดยปริมาณและสัดส่วนปุ๋ยที่แน่นอน

8. สามารถใส่ธาตุอาหารบางตัวที่พืชต้องการเพียงเล็กน้อยเพื่อการเจริญเติบโต โดยผสมลงในสารละลายปุ๋ยที่เตรียมจะให้แก่พืช ซึ่งการให้ปุ๋ยแก่พืชโดยวิธีอื่นทำไม่ได้

9. รักษาคุณภาพของน้ำใต้ดิน โดยเฉพาะลดปริมาณไนเตรทลง เพราะระบบ F-I สามารถลดปริมาณปุ๋ยที่ให้แก่พืช จึงไม่ค่อยมีโอกาสสะสมไนเตรทไว้ใต้ดิน

10. ประโยชน์ด้านอื่น ๆ ซึ่งก็คือ การใช้ระบบ F-I กับงานกำจัดศัตรูพืชอื่น ๆ รวมทั้งการใช้สารเคมีชนิดต่าง ๆ เพื่อจุดประสงค์โดยเฉพาะเช่น การใส่กรดไฮโดรคลอริคลงไปเพื่อจะละลายตะกอนของปูนขาวที่สะสมอยู่บริเวณหัวปล่อยน้ำแบบหยด

4.3 ข้อพิจารณาเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งการให้ปุ๋ย

สำหรับระบบ F-I ส่วนใหญ่จะต้องใช้ความดัน เพื่อนำน้ำจากที่เก็บไปจ่ายให้แก่พืชที่ปลูก ความดันอันนี้เราได้จากแหล่งกำเนิดพลังงานภายนอกเช่น ปั๊มหรือความดันของน้ำในท่อ นอกจากนี้ยังต้องใช้อุปกรณ์บางอย่างในการผสมปุ๋ยกับน้ำ อุปกรณ์ที่ว่านี้อาจเป็นปั๊ม หรือถังผสมปุ๋ยแบบต่าง ๆ ดังจะได้กล่าวต่อไป

ปั๊มที่ใช้กับระบบ F-I เราจะแยกกล่าวเป็น 2 ส่วน คือ

1. ชนิดของปั๊มที่ใช้
2. แหล่งที่ให้พลังงานกับปั๊ม

4.3.1 ชนิดของปั๊ม แบ่งได้เป็น

1) ปั๊มแบบลูกสูบ
2) ปั๊มแบบไดอะแฟรม
3) ปั๊มแบบลูกกลิ้ง
4) ปั๊มแบบหอยโข่ง
5) ปั๊มนอกแบบ

ปั๊มแบบลูกสูบและแบบไดอะแฟรม เป็นที่นิยมใช้ในระบบ F-I เนื่องจากทำงานโดยไม่ผิดพลาดและเชื่อถือได้ นอกจากนี้ยังสามารถติดตั้งร่วมกับเครื่องมืออัตโนมัติอื่น ๆ ได้อีกด้วย ปั๊มแบบลูกกลิ้งให้ความถูกต้องได้ดีทีเดียว แต่มีข้อเสียตรงที่ห้องสูบสกปรกง่าย และถูกกัดกร่อนจากสารเคมีได้ง่ายอีกด้วย ส่วนปั๊มหอยโข่งก็จะมีข้อเสียตรงที่ให้อัตราการสูบสูงจนเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปั๊มที่ใช้กันอยู่โดยทั่ว ๆ ไป เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางหรือโดยการแทนที่ของเหลวในห้องสูบ ด้วยการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนของเครื่องสูบ อย่างไรก็ตามยังมีปั๊มบางอย่างที่ทำงานนอกเหนือกฎเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้น ซึ่งก็คือปั๊มนอกแบบ เช่น ปั๊มแบบเวนจูรี่ (Venturi) ปั๊มแบบฉีดอัด (Injection) ถังผ่านผสม (By bass)

4.3.2 แหล่งกำเนิดพลังงานของปั๊ม

1) พลังงานไฟฟ้า
2) พลังงานเครื่องยนต์
3) พลังงานจากเพลาต่อท้าย (P.T.O.)
4) พลังงานจากความดันของน้ำ (Water driven engine)

4.4 <u>ปั๊มที่นิยมใช้กับระบบ F.I</u>

4.4.1 ปั๊มแบบเวนจูรี่ หลักการทำงานของปั๊มแบบนี้คือ การเร่งอัตราการไหลของน้ำในท่อให้เพิ่มมากขึ้น โดยทำท่อให้คอดลง ทำให้เกิดการสร้างกำลังดูดในท่อเวนจูรี่ เพื่อดูดของเหลวเข้าท่อนั้น ส่วนประกอบของปั๊มเป็นแบบง่าย ๆ ไม่มีส่วนเคลื่อนไหว เช่นใบพัดที่หมุน ถือได้ว่าเป็นปั๊มนอกแบบชนิดหนึ่ง สารละลายปุ๋ยเคมีที่ใช้จะถูกใส่ลงในถังพลาสติกที่เปิดฝาไว้ อัตราส่วนความเจือจางของสารละลายมีค่าคงที่ สามารถจะเลือกแบบและขนาดของปั๊มได้ตามต้องการ ทั้งราคายังถูกกว่าแบบอื่น ๆ แต่ข้อเสียที่สำคัญของปั๊มแบบนี้คือ มีการสูญเสียความดันอย่างน้อย ๆ 1 ใน 3. ของความดันที่ทางเข้า การสูญเสียความดันของเวนจูรี่ปั๊มที่ว่านี้ ทำให้อัตราส่วนของส่วนผสมระหว่างน้ำชลประทานและปุ๋ย เปลี่ยนไปอย่างมาก นอกจากนี้ความดันที่ได้จากปั๊มแบบนี้ยังไม่ค่อยคงที่อีกด้วย

ดังนั้นถ้าเราจะเลือกใช้ปั๊มแบบนี้ จึงควรเลือกต้นกำลังที่ให้ความดันได้สูงพอ เพื่อชดเชยความดันที่ลดลงของปั๊ม

<u>สิ่งที่เราสามารถควบคุมได้เมื่อใช้ระบบปั๊มแบบเวนจูรี่</u>

- ควบคุมปริมาณสารละลายปุ๋ยที่ใช้ โดยเราจะเติมสารละลายปุ๋ยลงถังให้เท่ากับปริมาตรที่เราต้องการให้แก่พืชในการให้น้ำครั้งหนึ่ง

- สามารถควบคุมการใส่ปุ๋ยเป็นแบบต่อเนื่องกันตลอดเวลาที่ให้น้ำ เครื่องมือต่าง ๆ ในระบบสามารถจะถูกปรับให้ส่งน้ำแต่น้อยในอัตราที่พอเหมาะแก่พืช โดยมีสัดส่วนของปุ๋ยในน้ำอย่างเหมาะสม ข้อมูลต่าง ๆ เช่น อัตราการให้ปุ๋ย คาบเวลาที่ดินมีความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ถูกแสดงออกมาเป็นกราฟ โดยใช้เครื่องวัดอีเล็กทรอนิค เพื่อนำมาใช้ปรับแก้ได้ตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของปั๊มแบบเวนจูรี่

1. ลงทุนน้อย
2. ความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ยที่ได้ค่อนข้างสม่ำเสมอ
3. น้ำหนักเบาและสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก

ข้อเสียของปั๊มแบบเวนจูรี่

1. ค่าสูญเสียความดันค่อนข้างสูง คืออยู่ในช่วง 30%-50% ของความดันที่ให้
2. อัตราการดูดของเหลวมีค่าไม่คงที่ เปลี่ยนแปลงได้ง่าย
3. อาจทำให้เกิดการตกตะกอนของสารละลายในท่อได้
4. เหมาะที่จะใช้กับสารละลายปุ๋ยที่เป็นของเหลวเท่านั้น

4.4.2 ถังแบบไหลผ่านผสม (Flow - pass)

ถือเป็นปั๊มนอกแบบชนิดหนึ่ง ซึ่งมีการใช้ท่อยางต่อจากท่อน้ำเข้าไปถึงก้นถังสารละลายปุ๋ย และใช้ท่อยางอีกเส้นหนึ่งซึ่งติดตั้งวาวล์ทางน้ำไหลออก ถูกใช้เป็นท่อเชื่อมกันระหว่างถังและท่อน้ำ ดังนั้นน้ำจะถูกส่งไปผสมกับสารละลายปุ๋ยในถัง และถูกขับออกมาเข้าท่อน้ำ โดยที่สารละลายปุ๋ยภายในถังจะเจือจางลงเรื่อย ๆ ความดันที่ใช้ดูดน้ำใส่ถังเกิดจากการติดตั้งโช๊ควาวล์ (choke valve) ในท่อน้ำ ระหว่างจุด 2 จุดที่ท่อยาง 2 เส้นต่ออยู่ โดยใช้โช๊ควาวล์ทำให้เกิดความดันตกคร่อมระหว่างจุด 2 จุดนั้นประมาณ 1-2 ม. ซึ่งก็พอเพียงที่จะดูดน้ำในท่อเข้าสู่ถังได้

การหาค่าที่ลดลงของปริมาณสารละลายปุ๋ยในถัง (หน่วยเป็นลิตร/นาที) เราสามารถหาจากสูตรการคำนวณของ Amos Teitch โดยใช้หลักการที่ว่า 90% ของปริมาณสารละลายปุ๋ยที่อยู่ในถังจะถูกขับออกมาจากถังเข้าสู่ท่อน้ำ ก็ต่อเมื่อมีน้ำปริมาตรเป็น 4 เท่า ของถังไหลผ่านถัง และขับออกมาพร้อมกับสารละลายปุ๋ย ส่วนการวัดปริมาณน้ำที่ไหลเข้าถัง เราจะใช้มิเตอร์วัดปริมาตรน้ำและสำหรับความดันที่ตกคร่อมระหว่างถัง หาจากเกจวัดความดัน P1 และ P2 ที่ติดตั้ง

ตัวอย่างการคำนวณปริมาตรสารละลายปุ๋ยที่ลดลง

ถังขนาดจุ	100	ลิตร
เวลาที่ใช้สูบสารละลายปุ๋ยออกจากถัง	120	นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

∴ ปริมาณน้ำ+สารละลายปุ๋ยที่ต้องไหลผ่านถังในเวลา 120 นาที

$= 4 \times 100 = 400$ ลิตร

∴ ปริมาตรของสารละลายปุ๋ยที่ลดลง $= \frac{400}{120} = 3.3$ ลิตร/นาที

<u>อุปสรรคของการใช้ถังแบบไหลผ่านผสม (Flow by - pass)</u>

1. ตัวถังต้องทนต่อความดัน รวมทั้งการเกิดแรงกระแทกของน้ำในระบบได้ดี (Water hammer)

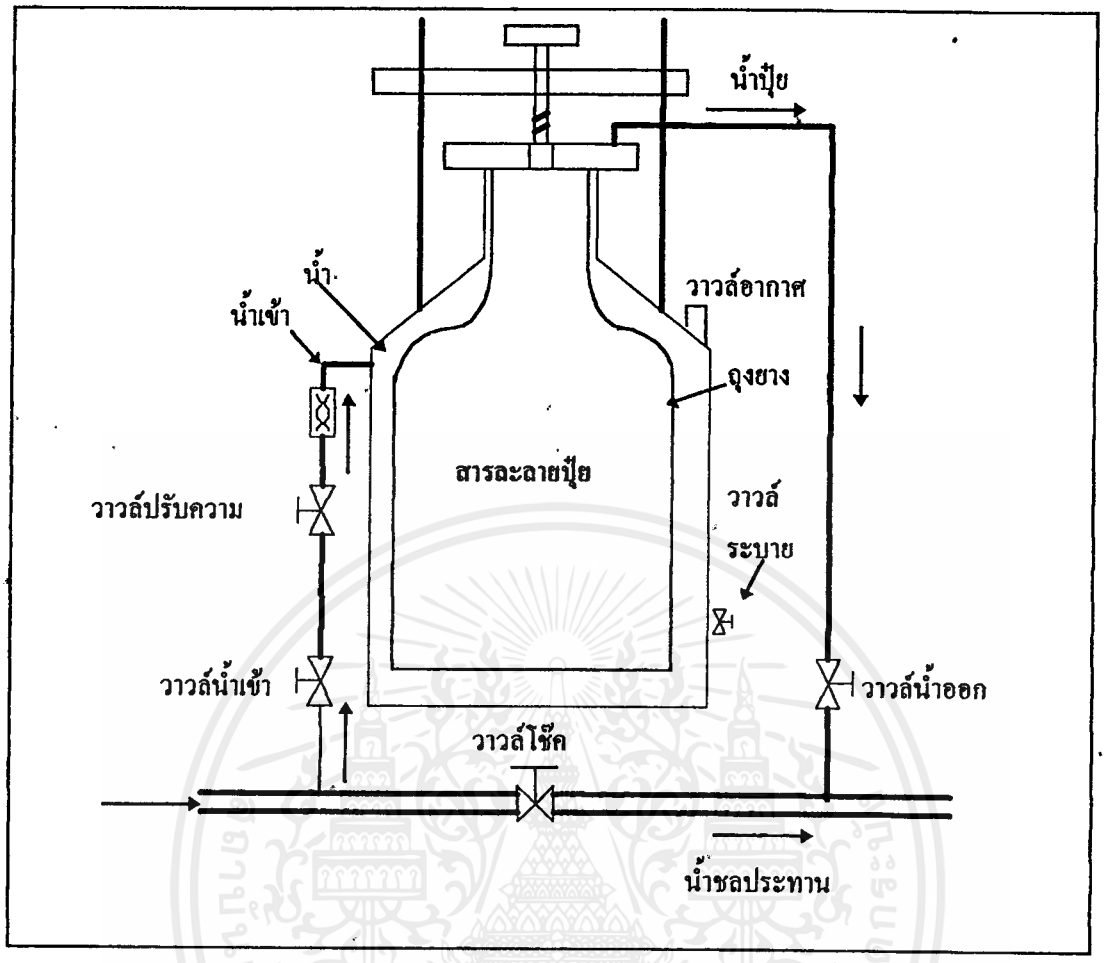
2. ความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ยที่อยู่ในน้ำมีค่าไม่คงที่

3. ต้องมีการบรรจุสารละลายปุ๋ยลงถัง สำหรับการให้น้ำครึ่งหนึ่ง ทำให้เสียเวลาถ้าต้องให้น้ำหลายครั้ง ปกติแล้วความจุถังไหลผ่าน มีขนาดตั้งแต่ 60 ลิตร ถึง 220 ลิตร

4.4.3 ถังแบบไหลผ่านถุงอัดความดัน (Pressure By - pass)

ถังแบบที่กล่าวมานี้ เป็นถังรุ่นปรับปรุงใหม่ โดยมีบางส่วนแตกต่างกับถังรุ่นเก่า แต่วัสดุที่ใช้ ชนิดโลหะ รูปแบบ ราคา ใกล้เคียงกับรุ่นเก่า ถังรุ่นใหม่จะมีท่อ 2 เส้นต่อเชื่อมกับท่อประธาน โดยระหว่างจุดเชื่อมดังกล่าว มีวาวล์ดูด ซึ่งใช้สร้างความดัน ภายในถังเป็นถุงยางบรรจุเต็มพอดีกับตัวถัง ดังนั้นสารละลายปุ๋ยจึงถูกเทใส่ถุงยางจนเต็ม โดยไม่โดนเนื้อโลหะของถัง เพื่อป้องกันมิให้เนื้อโลหะถูกสารละลายปุ๋ยกัดกร่อนเอาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงถังแบบไหลผ่านถุงอัดความดัน (Pressure By-pass)

จากรูป 4.1 น้ำจากท่อประธานไหลเข้าไประหว่างถังและถุงยาง เพราะฉะนั้นน้ำหนักน้ำจึงไปกดดันสารละลายปุ๋ยซึ่งอยู่ในถุงยาง และเนื่องจากความดันด้านทางน้ำเข้า มีค่ามากกว่าด้านทางน้ำออกถึง 1-2 เมตร สารละลายปุ๋ยที่อยู่ในถุงยาง จึงถูกน้ำอัดให้พุ่งออกจากถุงผ่านท่อทางน้ำออก ซึ่งอยู่ด้านบนของตัวถัง ส่วนด้านทางน้ำเข้านั้นเราสามารถวัดอัตราการไหลเข้าถังของน้ำและปรับค่าของมันโดยใช้ วาวล์ปรับความดัน (Regulating Valve) ปริมาณสารละลายปุ๋ยจึงถูกน้ำกดดันได้อย่างสม่ำเสมอ เป็นสัดส่วนคงที่กับอัตราการไหลของน้ำชลประทานในท่อ

4.4.4 ปั๊มแบบฉีดอัด

ปั๊มแบบฉีดอัด (Ingection) นี้ สามารถประดิษฐ์ให้มีความแตกต่างกันได้หลายอย่าง เช่น ขนาดปั๊ม วัสดุที่ใช้ทำ วิธีการกระตุ้นและอัดน้ำ หลักการทำงานของปั๊มแบบนี้คือ ปั๊มจะสูบสารละลายปุ๋ยจากถังฝาเปิดแล้วฉีดใส่เข้าท่อน้ำชลประทาน ดังนั้นปั๊มชนิดนี้จึงเป็นปั๊มนอกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

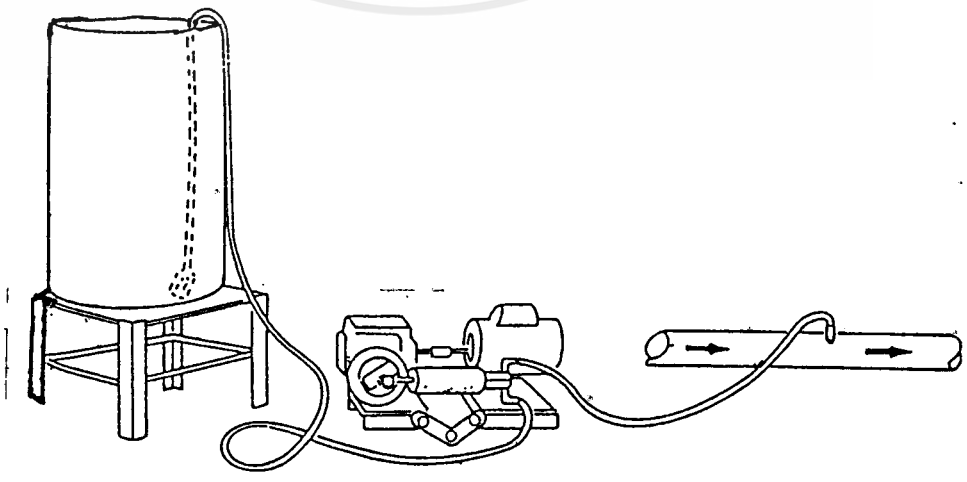
ชนิดหนึ่ง ตัวปั๊มและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสสารละลายปุ๋ย มักทำด้วยวัสดุทนการกัดกร่อนของสารเคมี หรือมีการเคลือบผิวป้องกัน พลังงานที่ใช้ขับเคลื่อนได้แก่ น้ำมัน พลังงานไฟฟ้า หรือความดันน้ำ ส่วนอัตราการสูบปริมาณสารละลายปุ๋ย กำหนดเวลาทำงาน สามารถควบคุมด้วยมือหรือใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ ถังบรรจุสารละลายปุ๋ยทำจากพลาสติกซึ่งเฉื่อยต่อกรด และปฏิกริยาเคมีอันเกิดจากสารละลาย ขนาดถังที่ใหญ่สุดอาจเท่ากัน 10 $ม^3$ แต่ถังที่ใช้กันคือ ถังที่ขนาดความจุสำหรับการให้น้ำในรอบเวรหนึ่ง ๆ

ข้อดีของปั๊มฉีดอัด

1. สามารถควบคุมปริมาณสารละลายที่ให้แก่พืชในครั้งหนึ่ง ๆ ได้ รวมทั้งสามารถกำหนดเวลาที่ให้ในแต่ละครั้งได้
2. ไม่มีการสูญเสียความดัน
3. ประหยัดแรงงานและรายจ่ายในการปฏิบัติงาน
4. วิธีการให้ปุ๋ยและเครื่องมือในระบบนั้น สามารถควบคุมได้ไม่ยาก

อุปสรรคของการใช้ปั๊มฉีดอัด

1. มีความยุ่งยากในการติดตั้ง
2. ราคาอุปกรณ์เมื่อเทียบกับแบบอื่นจะสูงกว่า
3. ต้องทำละลายปุ๋ยเคมีหรือสารเคมีที่ใช้เสียก่อน
4. ต้องใช้แหล่งกำเนิดพลังงานจากภายนอก ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น
5. ในกรณีที่น้ำในท่อหยุดไหล สารละลายปุ๋ยจะยังคงถูกพ่นออกมาโดยปั๊มต่อไป



รูปที่ 4. 2 ปั๊มแบบฉีดอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ปุ๋ยและธาตุอาหารพืชในแง่ของ F.I

พืชดูดซึมสารประกอบหลายชนิดเพื่อใช้ในการสร้างเนื้อเยื่อ ขบวนการสังเคราะห์แสงทำให้ได้น้ำตาล สารประกอบน้ำตาลที่ได้นี้ พืชจะนำไปใช้สร้างสารอินทรีย์ตัวใหม่ ขั้นตอนต่าง ๆ ในขบวนการสังเคราะห์แสง ต้องอาศัยแสงจากดวงอาทิตย์ และน้ำจากดินด้วย

ธาตุอาหารที่พืชดูดน้ำมาจากดินมี 2 รูปแบบ คือ 1) เป็นอิออนที่อยู่ในสารละลายดิน 2) เป็นอิออนที่แลกเปลี่ยนที่ได้ของดินเหนียวหรือสารคอลลอยด์ (จะแลกเปลี่ยนกับอิออนของรากพืช) ส่วนใหญ่พืชได้อาหารแร่ธาตุจากอิออนที่ละลายได้ในสารละลายดิน

โดยทั่ว ๆ ไปแล้วธาตุอาหารที่สำคัญของพืชแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ธาตุ N, P, K
2. ธาตุอาหารย่อย ได้แก่ธาตุ Ca, Mg, S, B, B, Mn, Zn, Cl, Mo, Cu, Fe ความแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 นั้น พืชจำเป็นต้องได้รับปริมาณมากและขาดเสียไม่ได้ ส่วนกลุ่มที่ 2 พืชต้องการเหมือนกัน แต่ในปริมาณที่น้อยกว่า เพื่อการเจริญเติบโตในบางส่วนของพืช เช่น ดอก และผล เป็นต้น

4.5.1 ธาตุอาหารหลักของพืช

<u>ไนโตรเจน</u>

แหล่งไนโตรเจนที่สำคัญของธรรมชาติคือ บรรยากาศ ซึ่งประกอบด้วย N = 78% แต่พืชไม่สามารถใช้ก๊าซไนโตรเจน (N) ที่อยู่ในรูปอากาศได้ พืชจะได้ N ที่อยู่ในรูปสารประกอบอนินทรีย์เพื่อใช้ในการสร้างกรดอมิโน โปรตีน ฯลฯ ซึ่งมี N เป็นองค์ประกอบด้วย โดยพืชจะดูด N ซึ่งอยู่ในรูปอิออนอนินทรีย์ แล้วเปลี่ยนให้เป็นสารอินทรีย์เมื่ออยู่ในใบไม้

ไนโตรเจนในสารประกอบอนินทรีย์ที่เป็นธาตุอาหารของพืช ปรากฏตัวใน 2 รูปแบบคือ

1) แอมโมเนียไอออน (NH^+_4)
2) ไนเตรทไอออน (NO^-_3)

ปุ๋ยไนโตรเจนที่เกษตรกรใช้มีหลายรูปเช่น NO^-_3, NH^+_4, Urea ยูเรียเมื่ออยู่ในดินหรือในพืช ซึ่งมีน้ำย่อย Urease (ยูเรียส) จะย่อยให้เป็น NH^+_4 NH^+_4 ในดินถูกจุลินทรีย์ Nitrifier เปลี่ยนให้เป็นไนไตรท์ (และกรด) แล้วเป็นไนเตรท (และกรด)

<u>ฟอสเฟต</u>

พืชดูดกินฟอสเฟตจากดินได้ในรูปของฟอสเฟตไอออน ($H_2PO^-_4$,HPO^{-2}_4,PO^{-3}_4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเป็นอนุมูลของกรดฟอสฟอริค ปุ๋ยฟอสเฟสส่วนใหญ่เป็นเกลือแคลเซี่ยม, แอมโมเนียมของกรดออร์โตฟอสฟอริค เกลือฟอสเฟตแต่ละชนิด มีความสามารถในการละลายได้ แตกต่างกันไปตามความเป็นกรด (พีเอช) และชนิดของอิออนบวก

ฟอสเฟตเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นธาตุหนึ่ง ในการพัฒนาการเจริญเติบโตของพืช ในพืชนั้นมันเป็นสารประกอบที่ให้พลังงานแก่พืชอย่างมากมาย เช่น AMP, ADP, ATP, และ Phospholippids ฯลฯ

โปแทสเซียม

โปแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นในการพัฒนาการเจริญเติบโตของพืชในระยะสูงขึ้นไป เช่นระยะออกดอก ปกติแล้วเราพบอยู่ในดินได้ 3 รูปแบบ คือ

1) อิออนในสารละลายดิน 2) เป็นอิออนแลกเปลี่ยนตามผิวของแร่ดินเหนียว และ 3) องค์ประกอบของแร่เช่น เฟลสปาร์, ไมคาร์ ในดินลึก ๆ ของทะเลทรายมักอุดมไปด้วยโปแทสเซียม

4.5.2 การใช้สารเคมีในแง่ของการผสมไปพร้อมกับการให้น้ำ

ในงาน F.I. มีสารประกอบหลักอยู่ 10 ตัว ที่ใช้เป็นปุ๋ยให้กับพืชดังนี้

ให้ธาตุไนโตรเจน ได้แก่ ยูเรีย, แอมโมเนียไนเตรท, แอมโมเนียมซัลเฟต

ให้ธาตุโปแทสเซียม ได้แก่ โปแทสเซียมคลอไรด์, โปแทสเซียมไนเตรท, โปแทสเซียมซัลเฟต

ให้ธาตุฟอสฟอรัส ได้แก่ กรดฟอสฟอริค (H_3PO_4) โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟส ($NH_4H_2PO_4$ MAP) ไค-แอมโมเนียมฟอสเฟต $(NH_4)_2 HPO_4$, DAP) แอมโมเนียม - โพลีฟอสเฟต $NH_4 H_2PO_4 (NH_4)_2 HPO_4$

4.6 <u>การคำนวณปุ๋ยเคมีที่ใช้</u>

ก่อนการใช้ปุ๋ยพร้อมกับการให้น้ำนั้น ควรจะต้องมีข้อมูลต่าง ๆ เช่น น้ำหนัก และปริมาตรของปุ๋ย สัดส่วนปุ๋ยที่จะใช้ อัตราส่วนของความเข้มข้นระหว่างปริมาณน้ำที่ใช้ กับสารละลายปุ๋ยเคมี

สำหรับการคำนวณหาปริมาณปุ๋ยที่ใช้ในแปลง นิยมกำหนดกันเป็น 2 วิธีคือ

1) กำหนดเป็นน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่

2) กำหนดเป็นปริมาตรต่อหน่วยพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.1 การกำหนดเป็นน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ มักใช้ในกรณีที่เป็นการผสมปุ๋ยเม็ด

$$\text{น้ำหนักปุ๋ยที่ใช้ (กก./ไร่)} = \frac{\text{ปริมาณธาตุอาหารที่ต้องการ (กก./ไร่) x 100}}{\text{\% ธาตุอาหารนั้นที่มีอยู่ในปุ๋ย}} \quad \ldots\ldots 4.1$$

ตัวอย่างที่ 4.1 ถ้าต้องการธาตุไนโตรเจน 3 กก./ไร่ โดยใช้ปุ๋ยแอมโมเนียซัลเฟต ที่มีธาตุไนโตรเจนอยู่ 21%

วิธีคำนวณ

จากสมการ 4.1

$$\text{น้ำหนักปุ๋ยที่จะใช้} = \frac{\text{ปริมาณธาตุอาหารที่ต้องการ (กก./ไร่) x 100}}{\text{\%ธาตุอาหารนั้นที่มีอยู่ในปุ๋ย}}$$

แทนค่า

$$\text{น้ำหนักปุ๋ยที่จะใช้} = \frac{3 \times 100}{21} = 14.3 \text{ กก./ไร่}$$

4.6.2 กำหนดเป็นปริมาตรต่อหน่วยพื้นที่ ใช้ในกรณีที่สารละลายปุ๋ยเป็นของเหลว ซึ่งมันจะทำได้ง่ายกว่าในการเตรียมและควบคุมโดยการใช้วิธีวัดเป็นปริมาตร

$$\text{ปริมาตรปุ๋ย (ลิตร/ไร่)} = \frac{\text{น้ำหนักของปุ๋ย (กก./ไร่)}}{\text{ความหนาแน่นของปุ๋ย (กก./ลิตร)}} \quad \ldots\ldots 4.2$$

ตัวอย่างที่ 4.2 แนะนำให้ใช้ปุ๋ย 10 กก./ไร่ สำหรับปุ๋ยน้ำ แอมโมเนียไนเตรท ซึ่งมีความหนาแน่น 1.3 กก./ลิตร

วิธีคำนวณ

จากสมการที่ 4.2 แทนค่า

$$\text{ปริมาตรปุ๋ยที่ต้องการ} = \frac{10 \text{ (กก./ไร่)}}{1.3 \text{ (กก./ลิตร)}} = 7.7 \text{ ลิตร/ไร่}$$

4.6.3 การคำนวณปริมาณปุ๋ยที่ให้แก่พื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดในการให้น้ำครั้งหนึ่ง

เป็นปริมาณปุ๋ยซึ่งต้องใช้แก่พื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดในการส่งน้ำครั้งหนึ่ง ๆ แต่ไม่เกี่ยวข้องกับอัตราส่วนความเจือจาง หรือระยะเวลาในการให้ปุ๋ย โดยปริมาณปุ๋ยบอกเป็นกิโลกรัมหรือลิตรก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณปุ๋ยทั้งหมด = ปริมาณปุ๋ยต่อพื้นที่เพาะปลูก (ลิตร/ไร่) x พื้นที่ทั้งหมด 4.3

ตัวอย่างที่ 4.3 พื้นที่ให้น้ำ 10 ไร่ ปริมาณปุ๋ยที่ต้องการ 15 ลิตร/ไร่ ให้หาปริมาณปุ๋ยทั้งหมด

วิธีคำนวณ

จากสมการ 4.3 แทนค่า

ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ = 15 x 10 = 150 ลิตร

จากตัวเลขข้างต้น ปริมาณปุ๋ย 150 ลิตรที่คำนวณได้คือ ปริมาณปุ๋ยที่เติมลงถัง เพื่อที่จะให้ผสมไปกับน้ำชลประทานที่ส่ง

4.6.4 การปรับอัตราการไหลผ่านถังผสมปุ๋ย ปริมาตรของน้ำซึ่งต้องผ่านเข้าไปในถังถ้าปุ๋ยถูกละลายจนหมดสิ้น จะเท่ากับ 4 x ความจุของถัง ถังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 4.4 คือต้องใช้น้ำปริมาตร 4 ส่วน ในการละลายปุ๋ย 1 ส่วน ดังนั้น

$$\text{อัตราการไหลของน้ำผ่านถัง (ลิตร/นาที)} = \frac{\text{ปริมาตรของน้ำ (ลิตร)}}{\text{เวลาที่ใช้ในการส่งปุ๋ย (นาที)}} \quad \text{.....4.4}$$

ตัวอย่างที่ 4.4 ถังผสมปุ๋ยมีความจุ 120 ลิตร ระยะเวลาในการส่งปุ๋ย 20 นาที หาอัตราที่น้ำผ่านถัง

วิธีคำนวณ

ปริมาตรน้ำผ่านถัง = 120 ลิตร x 4 = 480 ลิตร

และจากสมการ 4.4

$$\text{อัตราการไหลของน้ำผ่านถัง} = \frac{480}{20} = 24 \text{ ลิตร/นาที}$$

หรือ 1,440 ลิตร/ชม.

4.6.5 การคำนวณสัดส่วนความเจือจางที่คงที่และต่อเนื่อง

อัตราการสูบหรือจ่ายปุ๋ย (ลิตร/ชม.) = สารละลาย(ลิตร) ต่อน้ำ ($ม^3$) x อัตราการไหลของน้ำชลประทาน ($ม^3$/ชม.) 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 4.5 ทุก ๆ 1 $ม^3$ ของน้ำที่ส่งให้พืชต้องการให้มีสารละลายปุ๋ย 2 ลิตร โดยมีอัตราการจ่ายน้ำ 15 $ม^3$/ชม.

วิธีคำนวณ

จากสมการ 4.5 จะได้

อัตราการจ่ายจากปั๊ม = 2 ลิตร/$ม^3$ x 15 $ม^3$/ชม.

= 30 ลิตร/ชม.

4.6.6 อัตราการสูบของสารละลายปุ๋ยในการส่งน้ำชลประทาน 1 รอบเวร

อัตราการสูบ (ลิตร/ชม.) = ปริมาตรสารละลายปุ๋ยที่ส่งให้พืชในรอบเวรการส่งน้ำ (ลิตร) / ระยะเวลาที่ใช้ในการส่งน้ำ 1 รอบเวร (ชม.) .....4.6.

ตัวอย่างที่ 4.6 พื้นที่เพาะปลูก 50 ไร่ ปริมาณสารละลายปุ๋ยที่ใช้ 10 ลิตร/ไร่ หาอัตราการจ่ายปุ๋ยของเครื่องสูบ ระยะเวลาในการให้น้ำ 5 ชม.

วิธีคำนวณ

ปริมาตรปุ๋ยทั้งหมดที่จ่าย = 50 x 10 = 500 ลิตร

ระยะเวลาในการให้น้ำ 1 รอบ 5 ชม.

จากสมการ 4.6 จะได้

$\therefore$ อัตราการสูบสารละลายปุ๋ย = $\frac{500}{5}$ = 100 ลิตร/ชม.

4.6.7 การหาน้ำหนักปุ๋ยที่ใช้ (กรัม) ต่อน้ำ 1 $ม^3$

ปกติมักจะนิยมเรียกเป็น ปุ๋ยกี่ส่วนในน้ำ 1 ล้านส่วน หรือ พี.พี.เอ็ม. (ppm.) เป็นปุ๋ย 1 กรัมต่อน้ำ 1 $ม^3$ ฉะนั้น

น้ำหนักปุ๋ย (กรัม) = $\frac{\text{ความเข้มข้นของธาตุอาหารในปุ๋ย (ppm.) x 100}}{\text{\% ของธาตุอาหารที่มีในปุ๋ย}}$ 4.8

ตัวอย่างที่ 4.7 ต้องการธาตุไนโตรเจนเติมลงในน้ำชลประทานให้มีความเข้มข้น 90 ppm. โดยใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ซึ่งประกอบด้วยไนโตรเจน 20% จะต้องใช้ปุ๋ยกี่กรัมต่อน้ำ 1 $ม^3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีคำนวณ

จากสมการ 4.7 จะได้

น้ำหนักปุ๋ยที่จะใส่ $= \frac{90 \text{ ppm.} \times 100}{20\%} = 450 \text{ กรัม/ม}^3$

4.6.8 การหาปริมาตรปุ๋ยที่ใช้ต่อน้ำ 1 ลบ. เมตร

ตัวอย่างที่ 4.8 ปุ๋ยแอมโมเนียไนเตรทเหลวประกอบด้วยไนโตรเจน 21% หาปริมาตรที่ต้องการ โดยให้มีความเข้มข้น 90 ppm.

วิธีคำนวณ ปริมาตรที่ต้องการ $= \frac{90 \text{ (ppm.)} \times 100}{21 \text{ (\%)} \times 1.3 \text{ (กก./ลิตร)}}$

4.6.9 ความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ย

เมื่ออัตราการจ่ายน้ำชลประทานและความเข้มข้นของปุ๋ยคงที่

$$\text{ความเข้มข้นสัมพัทธ์} = \frac{\text{อัตราการจ่ายน้ำชลประทาน (ม}^3\text{/ชม.)}}{\text{อัตราการสูบสารละลายปุ๋ย (ลิตร/ชม.)}} \quad \text{.....4.8}$$

ตัวอย่างที่ 4.9 อัตราการจ่ายน้ำชลประทานผ่านท่อ 14 ม^3/ชม.

อัตราการจ่ายปุ๋ย 20 ลิตร/ชม.

หาความเข้มข้นสัมพัทธ์

วิธีคำนวณ

จากสมการ 4.8 แทนค่าจะได้

ความเข้มข้นสัมพันธ์ $= \frac{14 \text{ (ม}^3\text{/ชม.)}}{20 \text{ (ลิตร/ชม.)}} = 0.7 \text{ ม}^3\text{/ลิตร}$

$= 0.323$

4.6.10 ความเจือจางสัมพัทธ์ของสารละลายปุ๋ย

ความเจือจางสัมพัทธ์ (%) = ความเข้มข้นสัมพัทธ์ (ม^3/ลิตร) x ความเข้มข้นของสารละลาย - ปุ๋ยที่ต้องการในน้ำชลประทาน (ลิตร/ม^3) x 100 .....4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 4.10 แนะนำให้ใส่ไนโตรเจน 60 ppm. ลงในน้ำชลประทาน ใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21%) ความถ่วงจำเพาะ 1.3 อัตราการไหลของน้ำชลประทานในท่อ 180 $ม^3$/ชม. อัตราการสูบของปั๊มฉีดปุ๋ย 150 ลิตร/ชม. อยากทราบความเจือจางสัมพัทธ์กี่เปอร์เซ็นต์

วิธีคำนวณ

จากสมการ 4.8 จะได้

ความเข้มข้นสัมพัทธ์ $= \frac{80}{150} = 0.53$ $ม^3$/ลิตร

พิจารณาความเข้มข้นปุ๋ยในน้ำชลประทาน $= \frac{60 \text{ (ppm.)} \times 100}{1.3 \times 21\%} = 0.22$ ลิตร/$ม^3$

จากสมการ 4.9 จะได้

ความเจือจางสัมพัทธ์ $= 0.53 \times 0.22 \times 100 = 11.7\%$

ผลการคำนวณเก็บไว้ใช้ในหัวข้อต่อไป

4.6.11 การคำนวณปริมาณธาตุ N, P, K ที่ต้องเติมในน้ำชลประทาน

เพื่อให้ได้ธาตุอาหารพืช N, P, K ตามสัดส่วนที่ต้องการ อาจจะทำได้โดยการเติมปุ๋ยสูตรเดี่ยวหรือปุ๋ยสูตรผสม ทั้งที่เป็นชนิดเหลวและชนิดเม็ดได้ ดังตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างที่ 4.11 ต้องการให้สารละลายปุ๋ยเคมีที่ให้แก่พืชในครั้งหนึ่งมีส่วนผสมของ ไนโตรเจน (N) = 60 ppm. และฟอสเฟต (P_2O_5) = 40 ppm. โดยขั้นแรกใช้ปุ๋ยแอมโมเนียฟอสเฟตเหลว (O) (8-24-0) และขั้นที่สองใช้ แอมโมเนียไนเตรท (N-21%)

วิธีคำนวณ

จากสมการ 4.7

ถ้าต้องการฟอสเฟต 40 ppm.

ต้องใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต $= \frac{40 \text{ (ppm.)} \times 100}{24\%}$

$= 167$ กรัม/$ม^3$

ทำเป็นปริมาตร $= \frac{\text{น้ำหนักปุ๋ย}}{\text{ความถ่วงจำเพาะของปุ๋ยนั้น}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถ่วงจำเพาะของปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต (S.G) = 1.3

แทนค่า

ปริมาตรแอมโมเนียมฟอสเฟตที่ใช้ = $\frac{167}{1.3}$ = 128 ซม.^{3}/ม^3

หาว่าแอมโมเนียมฟอสเฟตมีไนโตรเจน (N) อยู่จำนวนเท่าใด

จำนวนไนโตรเจน (N) = $\frac{167 \text{ (กรัม /ม}^3\text{) x 8\%}}{100}$ = 13 กรัม/ม^3

ต้องการไนโตรเจน (N) = 60 ppm.

∴ ยังขาดไนโตรเจนอีก 60 - 13 = 47 ppm. จึงเติมแอมโมเนียไนเตรทเหลว (N-21%)

คิดเป็นน้ำหนัก = $\frac{47\text{(ppm) x } 100}{21\ \%}$ = 224 กรัม/ม.^{3}

คิดเป็นปริมาตร = $\frac{224}{1.3}$ = 172 ซีซี/ม^3

<u>สรุปได้ว่า</u> น้ำ 1 ม.^{3} ต้องเติมแอมโมเนียมฟอสเฟตเหลว = 128 ซีซี

แอมโมเนียมไนเตรทเหลว = 172 ซีซี

<u>ตัวอย่างที่</u> 4.12 การคำนวณสัดส่วนปุ๋ยที่ให้ตามอัตราส่วนที่ต่อเนื่องโดย

ระบบมีการจ่ายน้ำที่ต้นทางด้วยอัตรา 30 ม.^{3}/ซม.

อัตราการจ่ายปุ๋ยจากปั๊ม 80 ลิตร/ซม.

ต้องการให้ปุ๋ยไปกับน้ำมีความเข้มข้น 100-0-0 ppm.

ถังผสมปุ๋ยมีความจุ 500 ลิตร

ปุ๋ยที่ใช้คือ : แอมโมเนียมซัลเฟต (N=21%)

ต้องการทราบว่า

ก)จะต้องใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นจำนวนเท่าใดในถังผสมปุ๋ย เพื่อให้ได้ความเข้มข้นตามต้องการในการให้น้ำชลประทาน

ข) ถ้าต้องให้น้ำชลประทานเป็นจำนวน 800 ม^3/ไร่ จะมีเนื้อปุ๋ยที่ได้รับจำนวนเท่าใดต่อไร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีคำนวณ

ก) จากสมการ 4.7

ต้องใช้แอมโมเนียมซัลเฟต $= \frac{100\ (ppm.) \times 100}{21\ \%} = 476.2$ กรัม/ม.^{3}

นั่นคือ น้ำ 1 ม.^{3} จะมีแอมโมเนียมซัลเฟต 476.2 กรัม

หาอัตราส่วนความเจือจาง $= \frac{80\ \text{ลิตร/ชม.}}{30{,}000\ \text{ลิตร/ชม.}} = \frac{1}{375}$

หรืออัตราส่วนความเข้มข้น 375 : 1 คือ ระหว่างความเข้มข้นที่น้ำชลประทานมีปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตผสมอยู่

∴ ความเข้มข้นของปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต $= 476.2 \times 375 = 178{,}500$ กรัม/ม.^{3}

$= 178$ กิโลกรัม/ม.^{3}

แต่ปริมาตรของถังผสมปุ๋ยมี 500 ลิตร

∴ จะต้องใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตจำนวน $= \frac{178 \times 500}{1{,}000} = 89.25$ กิโลกรัม

ข) หาจำนวนเนื้อปุ๋ยที่ใส่ต่อพื้นที่เพาะปลูก 1 ไร่ เมื่อให้น้ำ 800 ม.^{3}

ให้น้ำ 1 ม.^{3} มีปุ๋ย 476.2 กรัม

∴ ให้น้ำ 800 ม.^{3} จะมีปุ๋ย $\frac{476.2 \times 500}{1000} = 238$ กิโลกรัม

ตัวอย่างที่ 4.13 วิธีการคำนวณสัดส่วนของการให้ปุ๋ยผสมไปกับน้ำชลประทานอย่างต่อเนื่อง โดยมีข้อมูลดังต่อไปนี้

- ปริมาณการจ่ายน้ำที่ต้นทาง 40 ม.^{3}/ชม.
- อัตราการจ่ายปุ๋ย จากปั๊ม 60 ลิตร/ชม.
- ต้องการให้ปุ๋ยผสมไปกับน้ำมีความเข้มข้น 100-50-50 ppm.
- ถังผสมปุ๋ยมีความจุ 2 ม.^{3}
- สูตรที่ใช้การมี โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต 12-16-0 %

  โปแตสเซียมไนเตรท 13-0-46 %

  แอมโมเนียมไนเตรท (เหลว) 21-0-0 % มีความถ่วงจำเพาะ 1.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยากทราบว่าจะต้องผสมปุ๋ยลงในถังอย่างละจำนวนเท่าใด เพื่อให้ได้ความเข้มข้นของธาตุอาหารตามที่ต้องการ

<u>วิธีคำนวณ</u>

<u>ขั้นแรก</u> หาปริมาณฟอสเฟตที่ใช้โดยมีความต้องการ 50 ppm.

$\therefore$ โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟตที่ใช้ $= \frac{50\text{pmp.} \times 100}{61\%} = 81.97 = 82$ กรัม/ม.^{3}

<u>ขั้นที่สอง</u> หาในโมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต มีไนโตรเจนอยู่กี่ ppm.

จำนวนไนโตรเจน $= 82$ กรัม $\times 12\% = 10$ ppm.

<u>ขั้นที่สาม</u> หาปริมาณโปแตสเซียมไนเตรทที่ใช้โดยมีความต้องการ 150 ppm.

$\therefore$ โปแตสเซียมไนเตรทที่ใช้ $= \frac{150\text{ppm.} \times 100}{46\%} = 326$ กรัม/ม.^{3}

<u>ขั้นที่สี่</u> หาในโปแตสเซียมไนเตรท มีไนโตรเจนอยู่กี่ ppm.

จำนวนไนโตรเจน $= 326$ กรัม $\times 13\% = 42$ ppm.

<u>ขั้นที่ห้า</u> หาจำนวนไนโตรเจนที่ยังขาดอยู่ โดยต้องการ 100 ppm.

$\therefore$ ยังขาดอยู่ $= 100\text{-}10\text{-}42 = 48$ ppm.

<u>ขั้นที่หก</u> หาจำนวนแอมโมเนียมไนเตรทที่ต้องใช้

จำนวนแอมโมเนียมไนเตรท $= \frac{48\text{ ppm.} \times 100}{21\%} = 229$ กรัม/ม.^{3}

แต่เนื่องจากเป็นปุ๋ยเหลวจึงควรเปลี่ยนเป็นปริมาตร โดยมีความถ่วงจำเพาะ 1.26

$\therefore$ ปริมาตรแอมโมเนียมไนเตรทที่ใช้ $= \frac{229 \text{ กรัม}}{1.26 \text{ (ถ.พ.)}} = 181.7$ ซีซี

<u>ขั้นที่เจ็ด</u> หาอัตราส่วนความเจือจางของปุ๋ยที่จะผสมร่วมไปกับน้ำชลประทาน

$= \frac{60 \text{ ลิตร/ชม.}}{40{,}000 \text{ ลิตร/ชม.}} = \frac{1}{667}$

หรืออัตราส่วนความเข้มข้นของปุ๋ยในถังผสม $= 667 : 1$

$\therefore$ โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟตที่ใส่ในถัง $= \frac{82 \text{ กรัม/ม.}^3 \times 667}{1000} = 54.7$ กก/ม.^{3}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปแตสเซียมไนเตรทที่ใส่ในถัง $= \frac{326 \text{ กรัม/ม.}^3 \times 667}{1000} = 217.4 \text{ กก/ม.}^3$

แอมโมเนียมไนเตรทที่ใช้ $= \frac{181.7 \text{ ซีซี/ม.}^3 \times 667}{1000} = 121.2 \text{ ลิตร/ม.}^3$

แต่ปริมาตรของถังผสมปุ๋ยมี $= 2 \text{ ม.}^3$

สรุปต้องใส่ โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟตทั้งสิ้น $= 54.7 \times 2 = 109.4$ กก.

โปแตสเซียมไนเตรททั้งสิ้น $= 217.4 \times 2 = 434.8$ กก.

แอมโมเนียมไนเตรททั้งสิ้น $= 121.2 \times 2 = 242.4$ ลิตร

4.7 <u>การควบคุมและกำหนดการให้ปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำ</u>

อาจจะมีการกระทำได้หลายอย่างในการควบคุมปริมาณและ (หรือ) ความเข้มข้นของปุ๋ยในการให้ร่วมกับการให้น้ำในถังผสมปุ๋ย สำหรับการใช้งานแต่ละครั้ง เราจะทราบจำนวนปุ๋ยเท่าที่จะต้องการใช้จริง ๆ ในถังเท่านั้น เราเพียงแต่ให้แน่ใจว่าจะมีความดันแตกต่างที่เพียงพอในการจ่ายปุ๋ยออกไปในระบบเท่านั้น

จำนวนปุ๋ยที่จะบรรจุในถัง จะเป็นผลคูณของพื้นที่ชลประทานกับความเข้มข้นที่ต้องการต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่

ในระบบ F.I นี้ เราจำเป็นต้องพิจารณาตัวแปรสำคัญที่เกี่ยวข้อง 2 ตัวแปร คือ

1) ปริมาณสารละลายปุ๋ย หมายถึงปริมาณที่ใช้บรรจุถัง หรือสัดส่วนต่าง ๆ ที่ใช้ผสมสารเคมี

2) เวลาที่ใช้ในการทำงาน หมายถึงเวลานับแต่เริ่มให้น้ำแก่พื้นที่ จนถึงตอนพื้นที่ได้รับน้ำและปุ๋ยไปผสมอยู่จนถึงระดับที่ต้องการ

ปริมาณสารละลายปุ๋ย

เป็นสัดส่วนที่ใช้บรรจุของสารละลายปุ๋ยและน้ำ หมายถึงความแน่นอนในการผสมปุ๋ยเคมี+สารเคมี และน้ำให้ได้สัดส่วนที่ถูกต้อง ระบบที่ใช้ในการควบคุมสัดส่วนที่ใช้บรรจุของสารละลายและน้ำมี 2 ระบบ คือ

ก) ระบบอัตราการจ่ายปุ๋ยคงที่ เช่น ความดันและอัตราการสูบของของเหลวมีค่าคงที่และอยู่ในความควบคุม อาจจะใช้เวนจูรี่ปั๊ม ถังแบบไหลผ่านด้วยความดัน (By-Pass Pressure) ปั๊มที่ใช้แรงดันน้ำ ปั๊มที่ใช้เครื่องยนต์หรือไฟฟ้า ซึ่งจะฉีดสารละลายผ่านท่อไปผสมกับน้ำชลประทาน ความไม่แน่นอนของแรงดัน และอัตราการสูบของปั๊ม จะทำให้สัดส่วนของน้ำและปุ๋ยมีค่าผิดพลาดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข) ระบบที่อัตราการจ่ายปุ๋ยมีการเปลี่ยนแปลง เป็นเงื่อนไขของการปฏิบัติงานแบบไม่สม่ำเสมอ โดยผันแปรไปกับอัตราการจ่ายน้ำที่เปลี่ยนแปลงในระบบ การทำงานของปั๊มเป็นไปตามระบบควบคุมอีเล็กโทรนิค ซึ่งรับสัญญาณจากมาตรวัดปริมาณน้ำ โดยระบบควบคุมนี้ทำหน้าที่ส่งคำสั่งไปยังปั๊มให้ทำงานตามโปรแกรมที่กำหนด รวมทั้งบันทึกปริมาตรสะสมของสารละลายปุ๋ย อัตราส่วนผสมที่ต้องการทำได้โดย ควบคุมปริมาณสารละลายปุ๋ยที่นำไปฉีดผสมกับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การสร้าง และประกอบโครงงาน

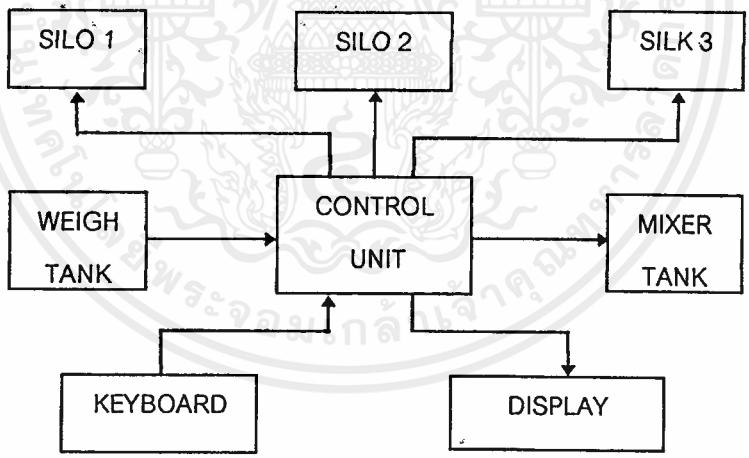
ส่วนประกอบของโครงงาน

โครงงานระบบน้ำหยดประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. Hardware
   - Control Unit
   - Mechanical
2. Software

HARDWARE

Hard Ware จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนของ Control Unit และส่วนของ Mechanical Hard Ware ดังรูป 5.1

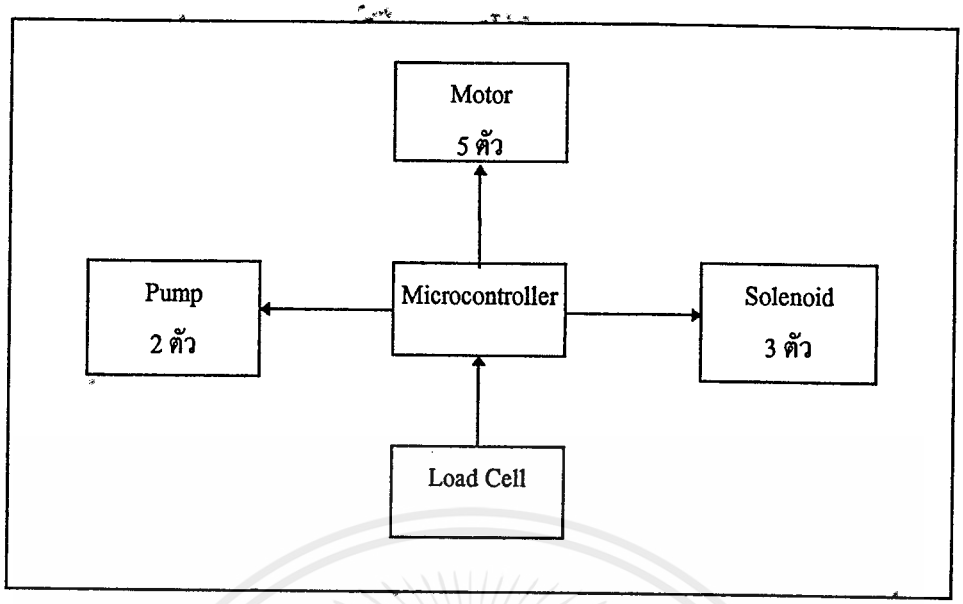


รูปที่ 5.1 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของ HARDWARE

Control Unit

Control Unit จะมีหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของระบบ โดยใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล 51 เป็นตัวควบคุมหลัก เพื่อใช้ในการควบคุมต่าง ๆ เช่น ควบคุมอัตราส่วนผสมระหว่างปุ๋ยกับน้ำที่เหมาะสมสำหรับพืชชนิดต่าง ๆ ดังรูปที่ 5.2

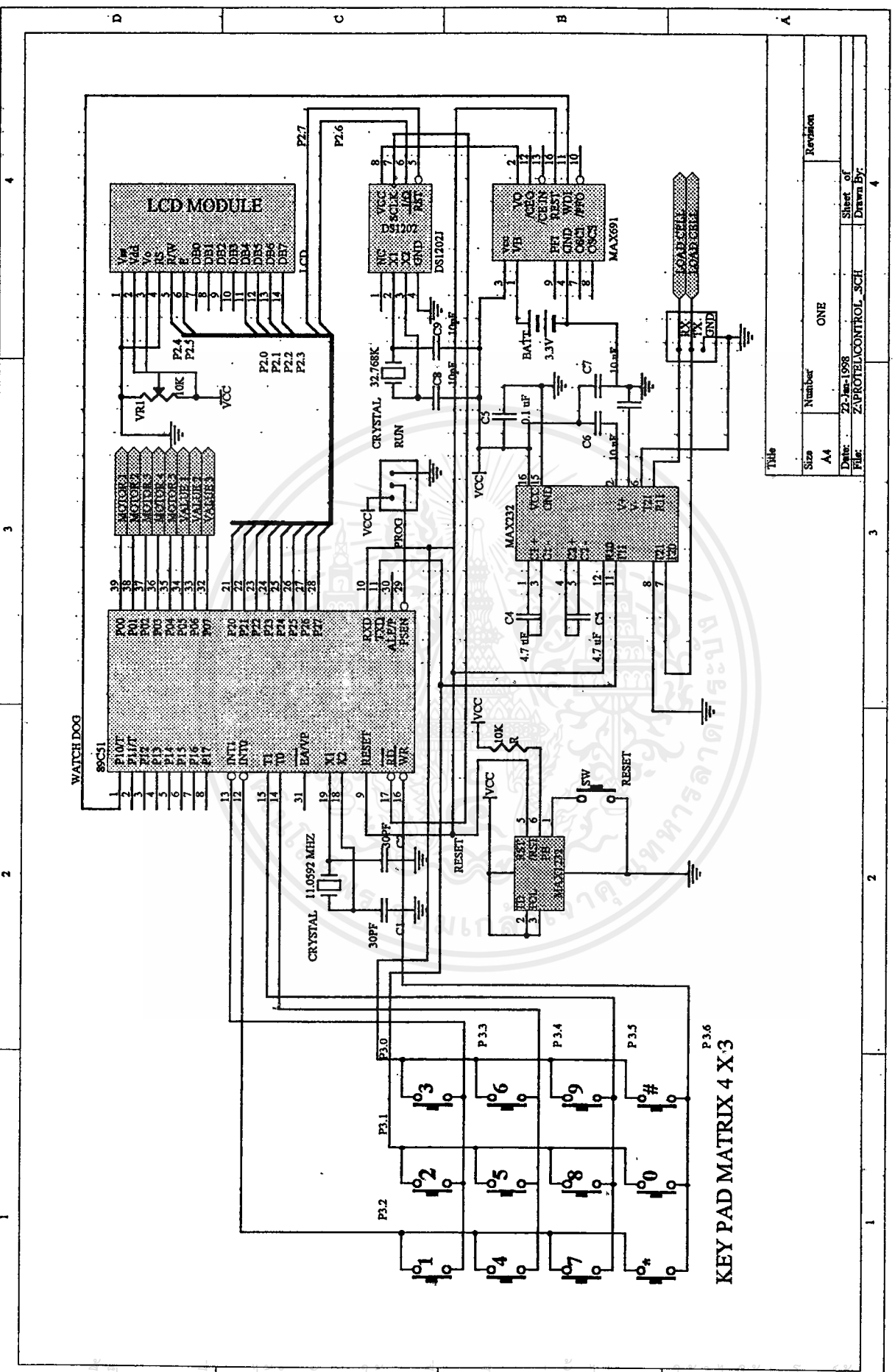
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 บล็อคไดอะแกรมแสดงการควบคุม

จากรูปจะเห็นว่า Microcontroller จะใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ คือ Motor,Load Cell Solenoid valve และ Pump ส่วนวงจรของ Control Unit แสดงได้ดังรูปที่ 5.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



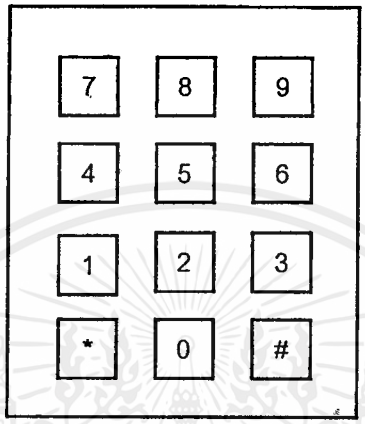
รูปที่ 5.3 แสดงวงจรของ Control Unit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KEYBOARD

ในส่วนนี้จะเป็นส่วน Input เพื่อใช้ในการรับค่าต่างๆ เพื่อใช้การทำงาน หรือใช้ในการเลือกโหมดการทำงานต่างๆ

ลักษณะของคีย์บอร์ด ที่ใช้จะเป็นคีย์บอร์ดเมตริกซ์ ขนาด 3 x 4 ดังรูป



รูปที่ 5.4 แสดงลักษณะของคีย์บอร์ด

DISPLAY

ส่วนของหน่วยแสดงผล (Display Unit) จะใช้จอ LCD (Liquid Crystal Display) ที่ใช้จะเป็นแบบอักขระแบบ 4 บรรทัด 16 ตัวอักษร

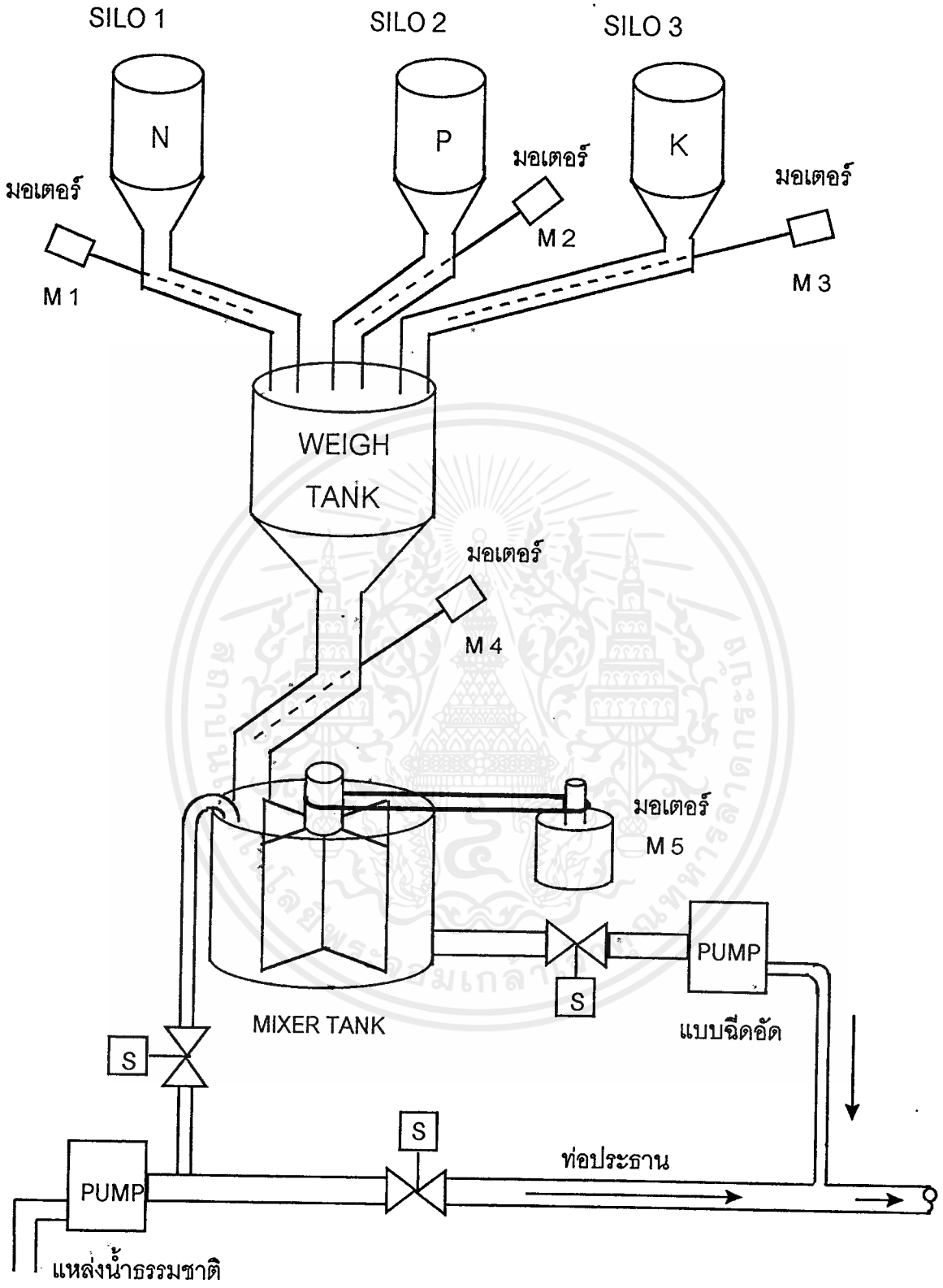
MECHANICAL HARDWARE

MECHANICAL HARDWARE จะประกอบไปด้วย TANK จำนวน 5 TANK จากรูปที่ 5.1 TANK แต่ละ TANK จะมีหน้าที่ต่างกันดังนี้ คือ

SILO 1,2,3	เก็บปุ๋ยที่ต่างชนิดกัน
WEIGH TANK	ถังชั่งน้ำหนัก
MIXER TANK	ถังผสม

ในการประกอบ TANK ต่างๆ จะประกอบเป็น 3 ชั้น ชั้นบนสุดจะมี 3 TANK (SILO 1,2,3) ชั้นต่อมาจะเป็น WEIGH TANK และชั้นล่างสุดจะเป็น MIXER TANK ดังรูปที่ 5.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

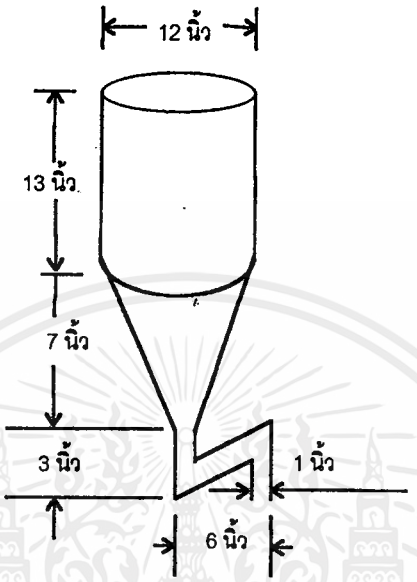


รูปที่ 5.5 แสดงโครงสร้างของ Mechanical Hardware

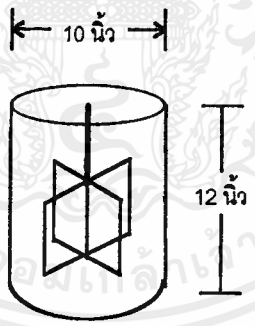
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของ TANK

TANK แต่ละ TANK จะมีลักษณะที่แตกต่างกัน โดย SILO 1,2,3 จะมีลักษณะเหมือนกัน WEIGH TANK และ MIXER TANK ก็จะมีลักษณะที่แตกต่างกันไป ดังรูป

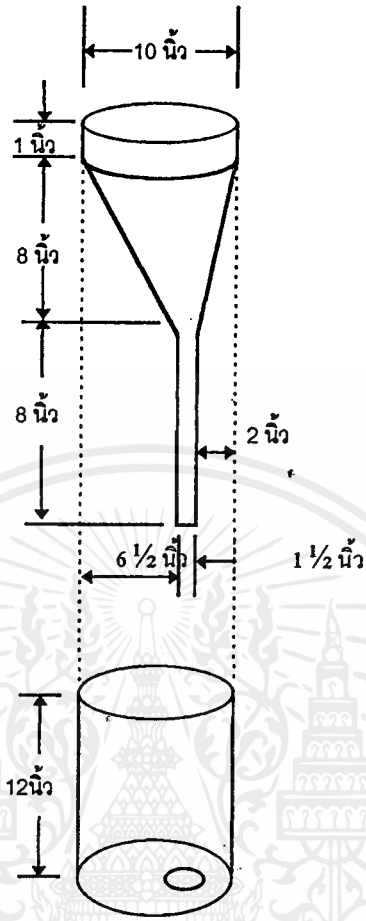


รูปที่ 5.6 เป็นลักษณะของ SILO 1,2 และ 3

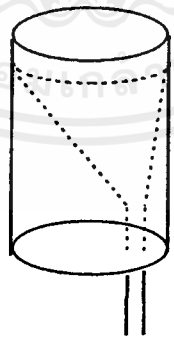


รูปที่ 5.7 เป็นลักษณะของ MIXER TANK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 แสดงถึง WEIGH TANK ก่อนการประกอบ



รูปที่ 5.9 แสดงถึงลักษณะของ WEIGH TANK หลังการประกอบ

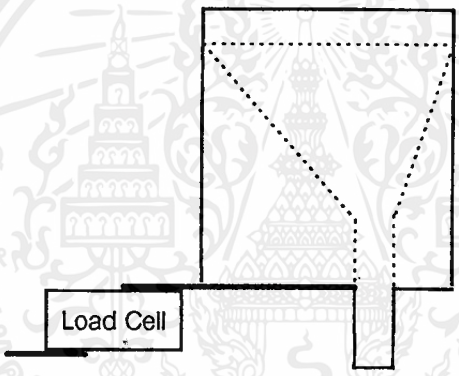
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการเอาปุ๋ยออกจาก SILO

จากที่ได้กล่าวไว้แล้วว่า SILO 1,2 และ 3 จะเป็น SILO ที่ไว้สำหรับเก็บปุ๋ย วิธีการที่จะนำปุ๋ยออกจาก SILO โดยการใช้เกลียวเดือยหมูสอดเข้าไปตรงด้านล่างของ SILO และใช้ motor ต่อตรงแกนของเกลียวอีกด้านหนึ่ง

การติดตั้ง Load Cell

Load Cell จะถูกยึดกับโครงเหล็ก และใช้คานเหล็กยึดกับตัว Load Cell เพื่อที่จะนำถึงชั่งน้ำหนักมาวาง ดังรูป



รูปที่ 5.10 แสดงวิธีการติดตั้ง Loadcell

การผสมปุ๋ย (MIXER)

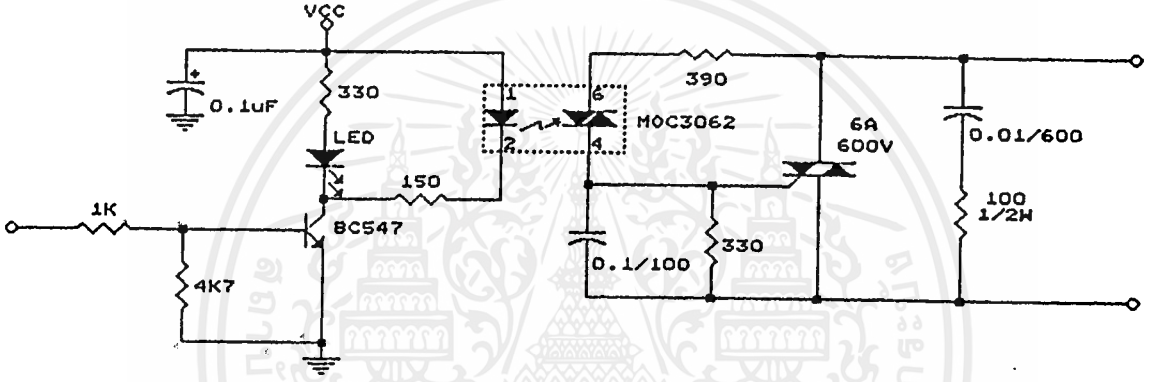
ลักษณะของ TANK MIXER ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 5.6 ในการผสมปุ๋ย จะกระทำหลังจากได้เติมน้ำลงใน TANK เสียก่อน ในขั้นตอนนี้ จะมี MOTOR ตัวหนึ่งที่ต่ออยู่กับใบพัดเพื่อใช้ในการกวนปุ๋ยกับน้ำให้เข้ากันก่อนจะส่งน้ำปุ๋ยเข้าสู่ระบบน้ำหยด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุม MOTOR, PUMP, SOLENOID

การควบคุม Motor, Pump, Solenoid จะเป็นหน้าที่ของ Control Unit แต่ Control Unit ไม่สามารถที่จะควบคุมโดยตรงได้ เพราะสัญญาณ Out put ของ Microcontroller มีระดับเพียง 5 V. เท่านั้น

ดังนั้นในโครงงานนี้ จึงใช้การควบคุม Motor, Pump, Solenoid ผ่านทาง Solid State Relay ดังรูป

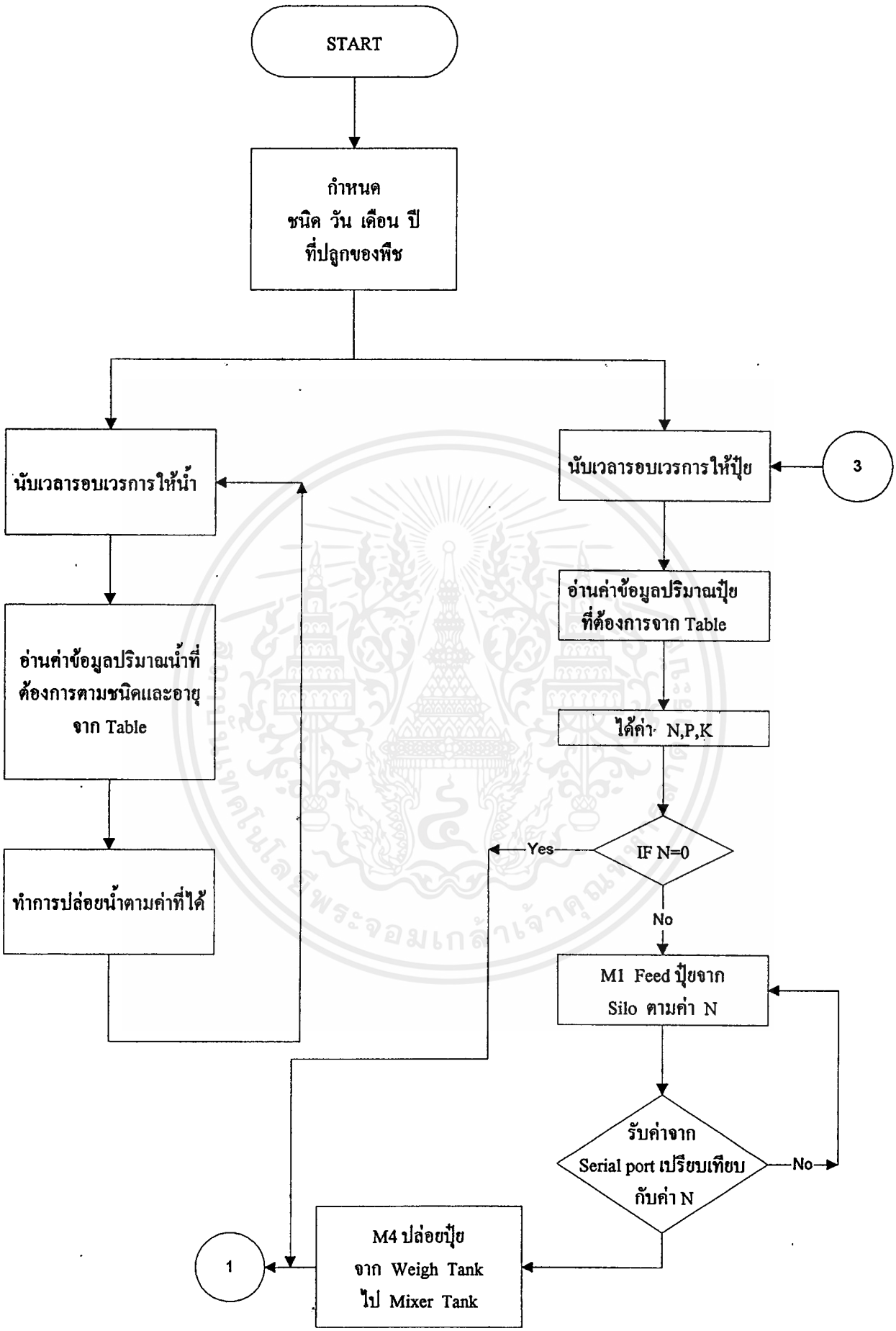


รูปที่ 5.11 แสดงวงจรในส่วนของ Solid State Relay

SOFTWARE

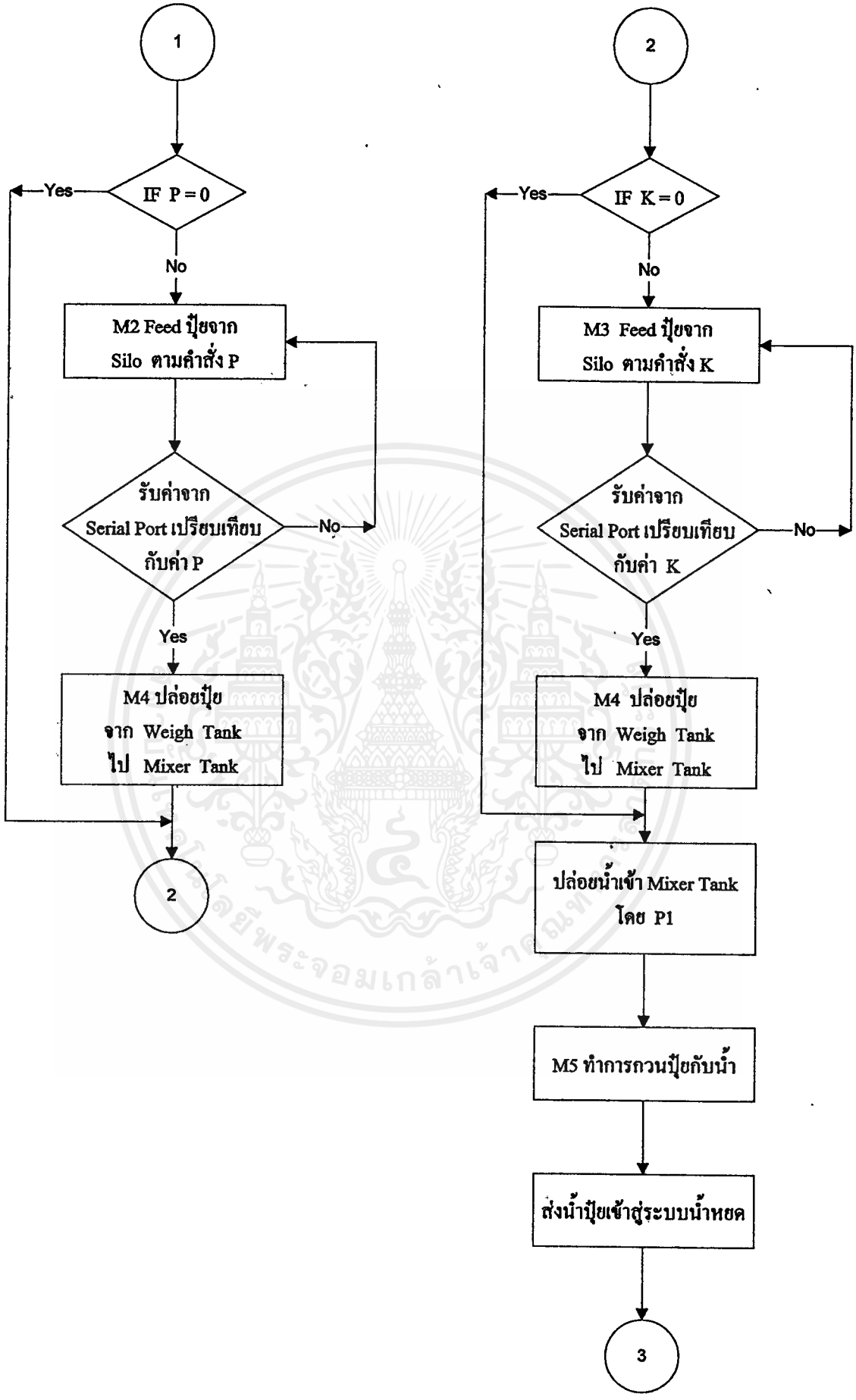
ส่วนประกอบของ SOFEWARE จะเป็นโปรแกรมที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของระบบ โดยมี Flow Chart แสดงการทำงานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.12 แสดง Flow Chart การทำงานของซอร์ฟแวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



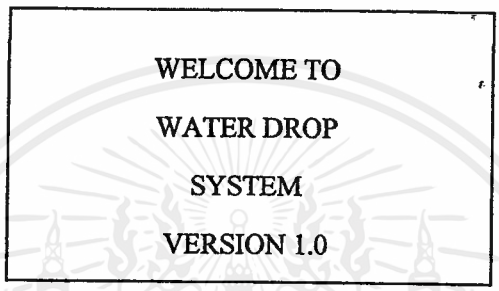
รูปที่ 5.13 แสดง Flow Chart การทำงานของซอร์ฟแวร์(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
การทดลองโครงงาน

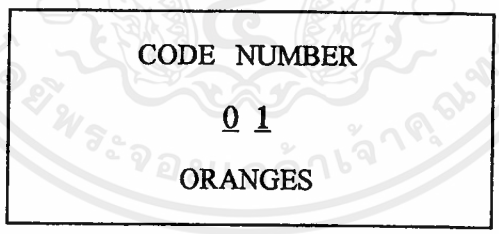
ในการทดลองโครงงานระบบน้ำหยด สรุปเป็นขั้นตอนการทำงานดังนี้

6.1 เมื่อทำการเปิดเครื่องโมดูล LCD จะเป็นลักษณะดังรูป

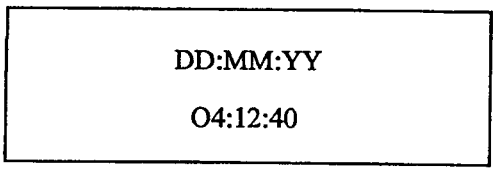


รูปที่ 6.1 รูปแสดงลักษณะหน้าจอ LCD ขณะเริ่มเปิด

6.2 หลังจากนั้น จะถามถึง ชนิด วัน เดือน ปี ที่ปลูกของพืช



รูปที่ 6.2 ป้อน CODE NUMBER ของพืชเพื่อจะได้รู้ว่าเป็นพืชชนิดใด



รูปที่ 6.3 ป้อน วัน เดือน ปี ที่ปลูกพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่เซ็ตค่าเสร็จระบบก็จะเริ่มทำงาน ถึงตอนนี้ระบบจะรู้ว่าพืชที่ใช้งานเป็นพืชชนิดใด มีอายุเท่าใด จากนั้นก็จะเริ่มนับเวลารอบเวรการให้น้ำ และรอบเวรการให้ปุ๋ย

ระบบจะทำการอ่านค่าข้อมูล ปริมาณน้ำที่ต้องการ ปริมาณปุ๋ยที่ต้องการ อัตราส่วนระหว่างปุ๋ยต่างๆ ตามชนิดและอายุของพืชจาก Table จากนั้นก็ทำตาม Flow chart ไปเรื่อยๆ และเมื่อครบ 1 รอบเวร ระบบก็จะนับรอบเวรต่อไปเรื่อยๆ เมื่อถึงเวลาที่เป็นรอบเวรต่อไป ระบบก็จะทำงานซ้ำอีกในแบบเดิม แต่ค่าข้อมูล ปริมาณปุ๋ยที่ต้องการ ปริมาณน้ำที่ต้องการ อัตราส่วนระหว่างปุ๋ย จะเปลี่ยนไปตามอายุของพืช เพราะฐานเวลาของระบบจะเดินไปเรื่อยๆ

ระบบจะทำงานแบบนี้ต่อไปเรื่อยๆ จนกว่าจะมีการ Reset เพื่อตั้งค่าใหม่ให้แก่ระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

สรุปผลการทดลอง และแนวทางการพัฒนา

จากผลการทดลองสรุปว่า เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ แต่โครงงานนี้ยังสามารถที่จะพัฒนาต่อไปได้อีกหลายด้าน และประยุกต์ใช้กับกระบวนการอื่นๆ เช่น ในส่วนของการผสมปุ๋ยอัตโนมัติ อาจจะนำไปประยุกต์เป็นการผสมอาหารสัตว์ เป็นต้น

ในส่วนของโครงงานนี้ยังมีส่วนต่างๆ ที่จะเพิ่มเติมได้อีกเช่น เพิ่มในส่วนของการวัดความชื้นของดิน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

A. ตารางข้อมูลการให้ปุ๋ยสำหรับ ต้นส้ม ทุเรียน และ สะละ

B. รูปแสดงโครงสร้างส่วนต่างๆ ของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก A

ตารางข้อมูลการให้ปุ๋ยสำหรับ ต้นส้ม ทุเรียน และ สะละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส้ม

ข้อแนะนำวิธีการใช้ปุ๋ยสำหรับระบบการให้ปุ๋ยร่วมกับระบบชลประทาน

ชนิดของดิน : ดินร่วนถึงปานกลาง

จำนวนต้นพืช : 50 ต้นต่อไร่

ผลผลิตที่จะได้รับ : 150 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี

สำหรับประเทศไทยนั้น การใช้ปุ๋ยจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของต้นส้ม ต้นอ่อนของต้นส้มเปลือกหนาซึ่งจะออกดอกและผลิใบตลอดทั้งปี

ปุ๋ยของไฮฟาซึ่งเหมาะสมที่จะใช้ในประเทศไทยมีดังนี้

Multi-K	13-0-46
Mulri-K + MgO	12-0-43 + 2 MgO
Multi-NPK,Poly-K	13-5-42
Multi-MAP	12-61-0
Multi-MKR	0-52-34
Magnisal	11-0-0 + 15.7 MgO
Polyfeeds	20-20-20 + ME, 12-45-12 + ME, 15-15-30 + ME

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางการให้ปุ๋ยสำหรับต้นส้มที่กำลังออกผล

เดือน	อัตราของสารอาหาร (กก./ต้น)			อัตราของปุ๋ย (กก./ต้น)		
	N	P_2O_5	K_2O	Urea	Multi-MAP	Multi-K
มกราคม	.026	.090	.028		.150	.060
กุมภาพันธ์						
มีนาคม	.200	.100	.180	.280	.160	.400
เมษายน	.075	.024	.023	.140	.040	.050
พฤษภาคม	.085	.042	.133	.085	.070	.290
มิถุนายน	.085	.042	.133	.085	.070	.290
กรกฎาคม	.026	.090	.028		.150	.060
สิงหาคม						
กันยายน	.200	.100	.180	.280	.160	.400
ตุลาคม	.075	.024	.023	.140	.040	.050
พฤศจิกายน	.085	.042	.133	.085	.070	.290
ธันวาคม	.085	.042	.133	.085	.070	.290
รวมทั้งสิ้น	.942	.596	.994	1.180	.980	2.180

อัตรารวมทั้งสิ้นของปุ๋ย, เมื่อคำนวณในจำนวน 50 ต้นต่อไร่ (กก./ไร่) :

Urea	60
Multi-MAP	50
Multi-K	110

- Urea สามารถใช้แทนสารแอมโมเนียมไนเตรท หรือสารละลายอื่นในปุ๋ยที่มีสารไนโตรเจนอัตราของปุ๋ยไนโตรเจน (N-fertilizers), สามารถจะเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อแนะนำในการให้ปุ๋ยสำหรับต้นส้มที่ยังไม่มีผล
(คำนวณจากอัตราพื้นฐานของการให้ปุ๋ย 40 วันต่อปี)

ปี	N กรัม/ต้น/วัน	Urea กรัม/ต้น/วัน	Multi-K กรัม/ต้น/วัน	Urea กก./ต้น/ปี	Multi-K กก./ต้น/ปี
1	1.5 - 2.5	2.3 - 4.0	3.2 - 5.4	0.552 - 0.96	0.768 - 1.296
2	2.5 - 3.5	4.0 - 5.4	5.4 - 7.6	0.960 - 1.29	1.296 - 1.824
3	4.0 - 4.5	6.2 - 7.0	8.7 - 9.8	1.488 - 1.68	2.088 - 2.352
4	4.5 - 5.0	7.0 - 10.5	9.8 - 10.8	2.352 - 2.52	2.352 - 2.592

อัตราของโปรตัสเซียม (K_2O) :
อัตราของโปรตัสเซียมต่อไนโตรเจน คือ 1:1

อัตราของฟอสฟอรัส (P_2O_5) :
อัตราของฟอสฟอรัสจะพิจารณาจากผลวิเคราะห์ของดิน ถ้าดินมีคุณสมบัติไม่ดี ควรจะให้ธาติฟอสฟอรัสในรูปของ Multi-Map (12-61-0) ร่วมกับการให้น้ำในระบบชลประทานแบบท่อตามอัตราแนะนำดังนี้

ปี	P_2O_5 กรัม/ต้น/วัน	Multi-MAP กรัม/ต้น/วัน	Multi-MAP กรัม/ต้น/ปี
1	0.5	0.8	192
2	1.0	1.6	384
3	1.5	2.4	576
4	2.0	3.2	768

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สะละ

โปรแกรมการให้ปุ๋ย Poly - Feed Drip ในสะละ (Salacca sp.)

อายุ	สัดส่วน	สูตร	อัตรา (ก.ก./ต้น/ปี)
1 ปี	1-1-1	20-20-20	1 ก.ก.
2 ปี	1-1-1	20-20-20	1 ก.ก. } 2 ก.ก
	2-1-3	14-7-21	1 ก.ก.
3 ปี	2-1-3	14-7-21	3 ก.ก.
4 ปี	2-1-4	14-7-28	4 ก.ก.
5 ปี	2-1-4	14-7-28	5 ก.ก.
6 ปีขึ้นไป	2-1-4	14-7-28	5 - 6 ก.ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทุเรียน

แนวทางการใช้ปุ๋ยระบบน้ำโพลีฟีด - ดริปในทุเรียน

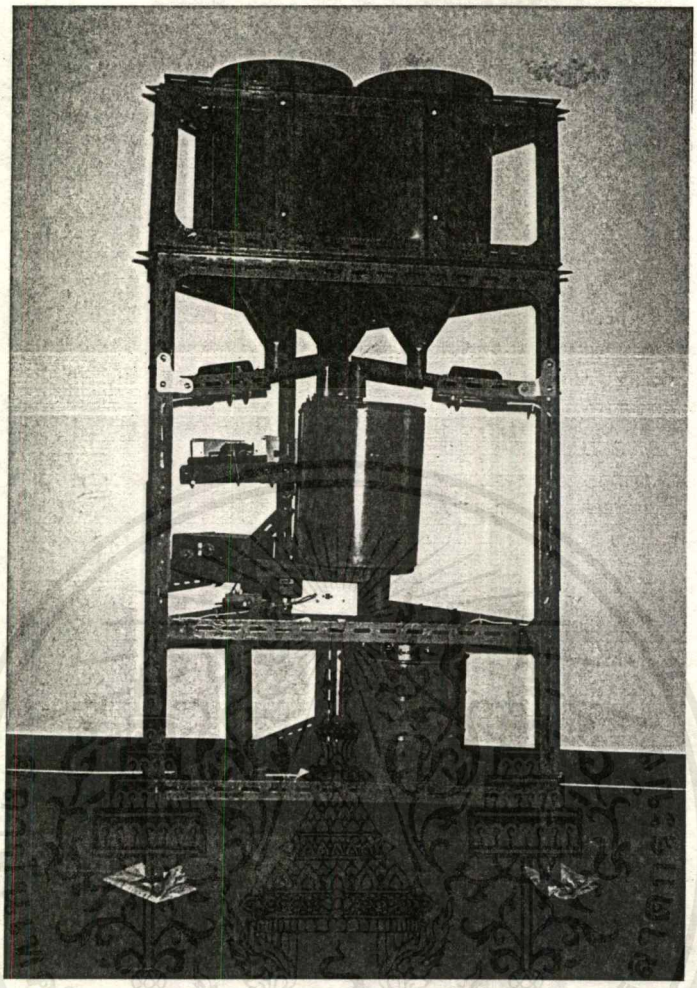
ระยะของทุเรียน	สูตรปุ๋ยที่ใช้	อัตราการใช้
ก่อนกักน้ำ 1 เดือน เพื่อสะสมตาดอก	โพลีฟีด-ดริป 11-43-11 +Mg+ME	½ - 1 กก.
ดอกระยะไข่ปลา-ระยะหัวกำไลก่อนดอกบาน	โพลีฟีด-ดริป 20-20-20 +ME	½ - 1 กก.
ระยะหางแย้ไหม้-ก่อนเก็บผล 1 เดือน	โพลีฟีด-ดริป 14-7-28 +Mg+ME	2 - 3 กก.
ระยะก่อนเก็บเกี่ยว เร่งสี เพิ่มน้ำหนัก	ไฮโซล 5-15-30	½ - 1 กก.
ระยะหลังเก็บเกี่ยว	โพลีฟีด-ดริป 20-20-20 +ME	2 - 3 กก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก B

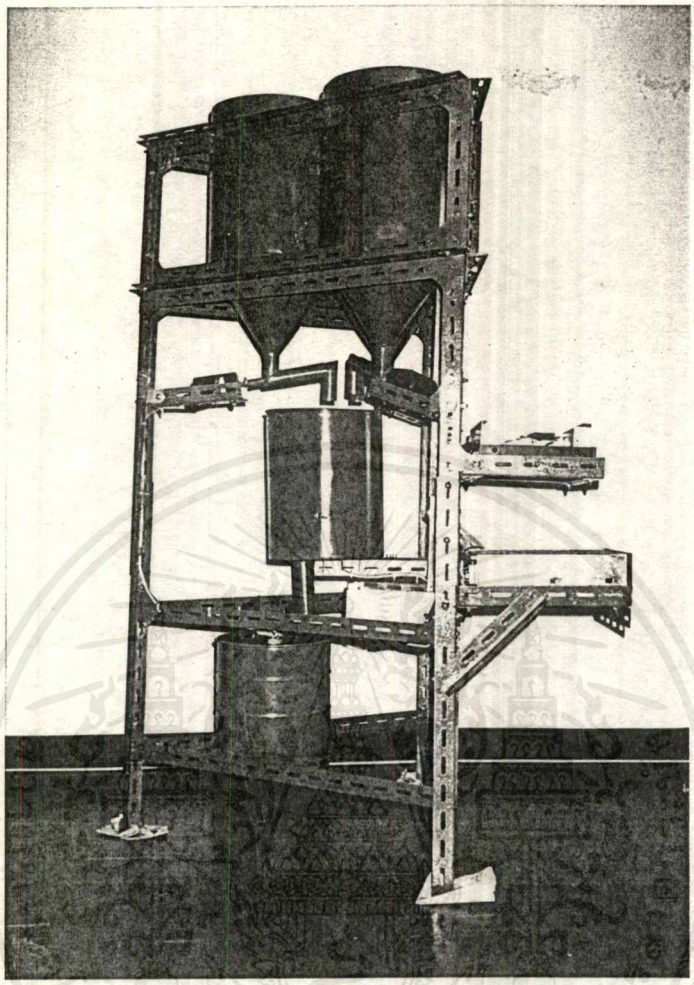
รูปแสดงโครงสร้างส่วนต่างๆ ของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



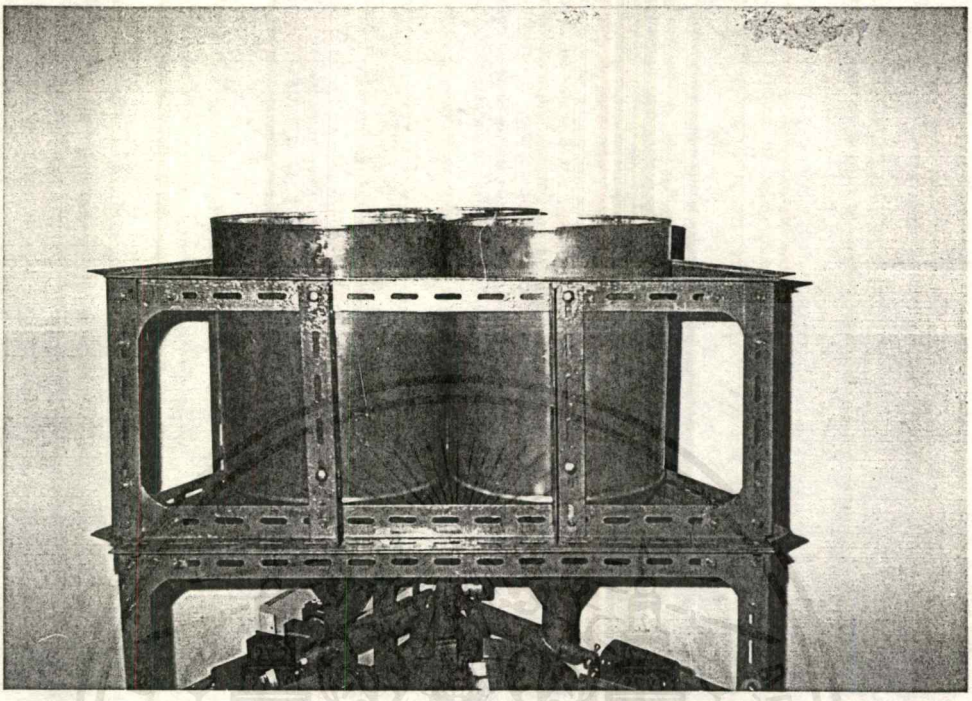
รูปแสดงลักษณะของเครื่องผสมปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



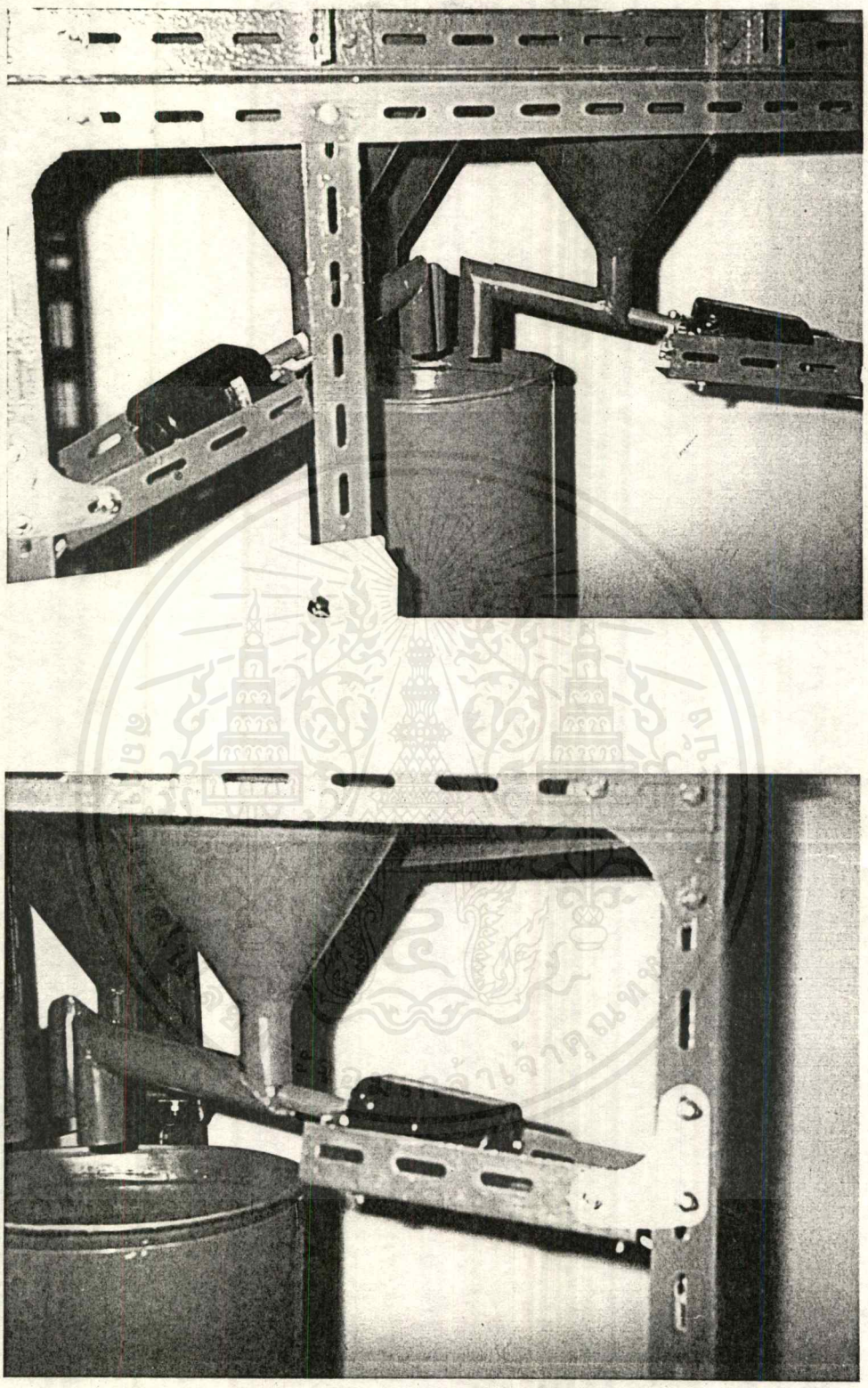
รูปแสดงลักษณะของเครื่องผสมปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



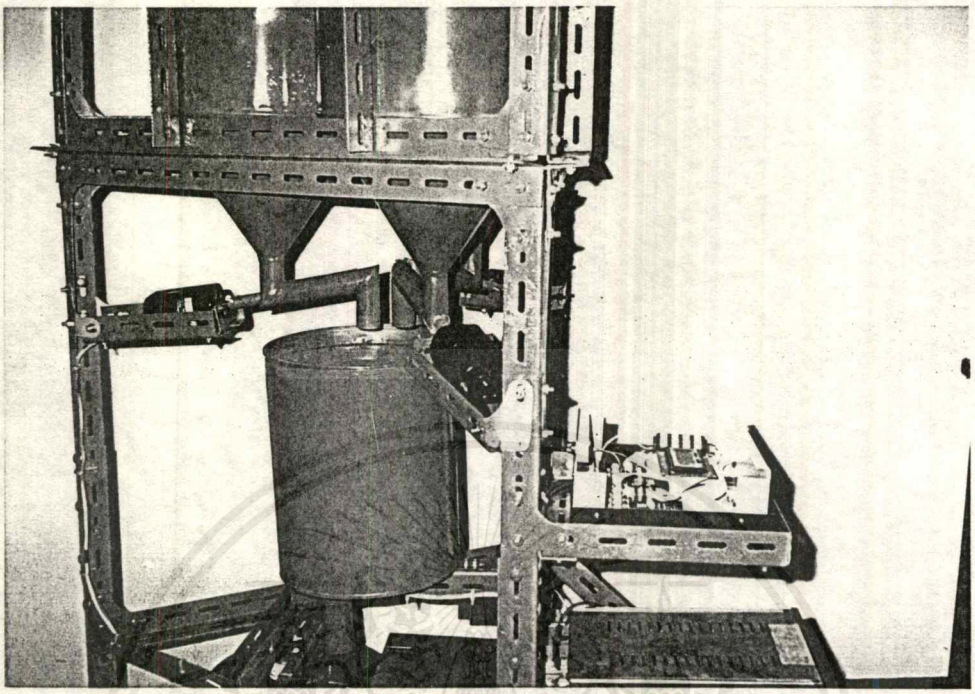
รูปแสดงลักษณะของ Silo

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



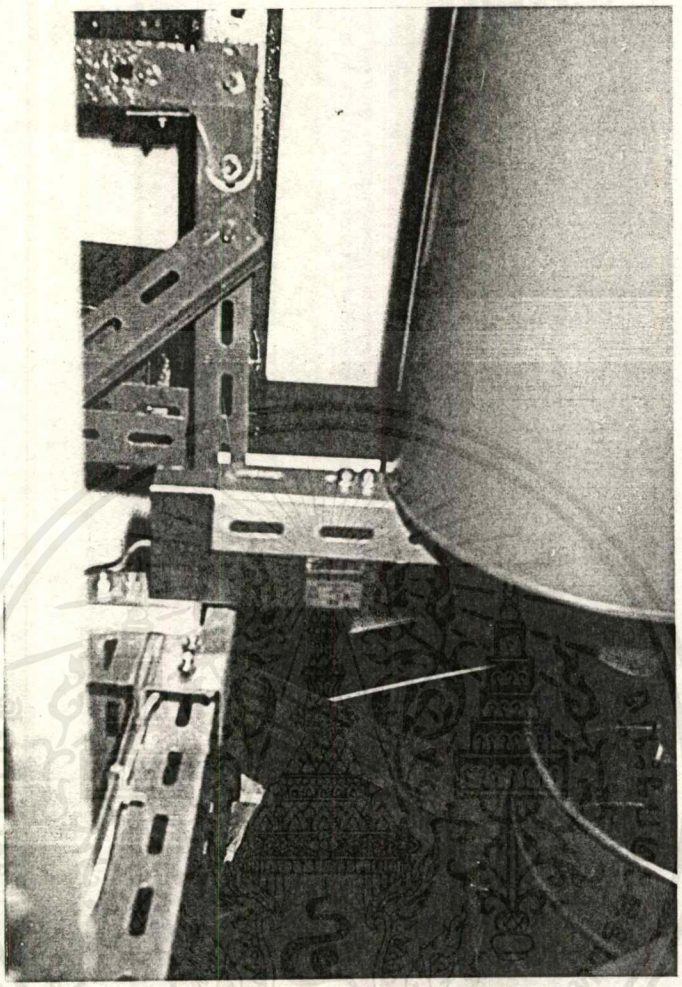
รูปแสดงลักษณะการติดตั้ง Motor เข้ากับ Silo

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



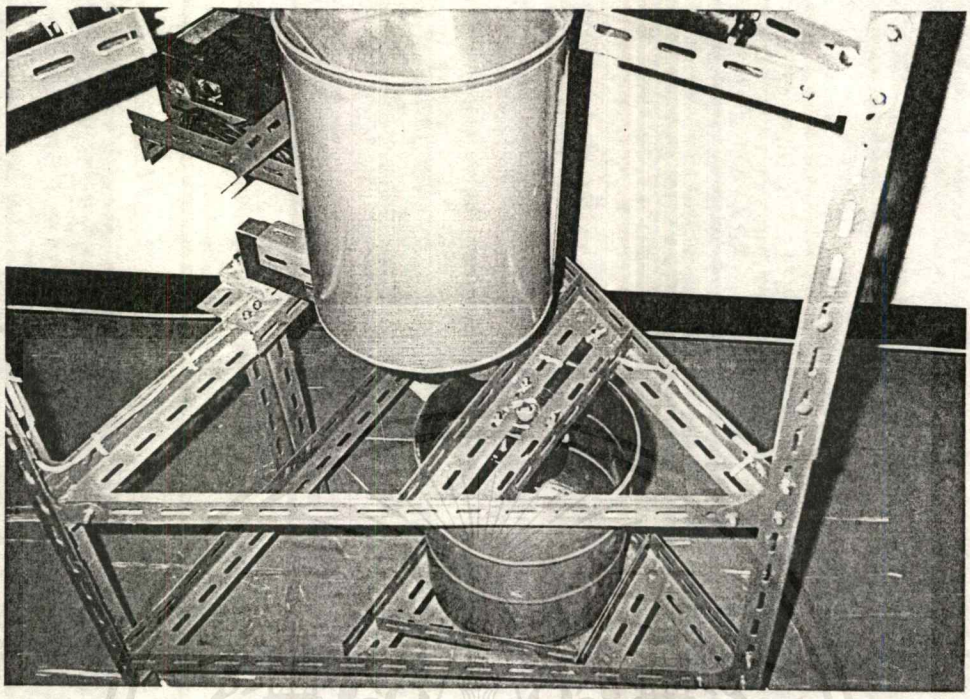
รูปแสดงลักษณะของ Weigh Tank

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงลักษณะการติดตั้ง Load Cell เข้ากับ Weigh Tank

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงลักษณะของ Mixer Tank

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

(1) สุเจตน์ จันทรังษ์ "ไมโครคอนโทรลเลอร์ชิพเดี่ยว 8051 "
โครงการตำรา วิทยาลัยมหานคร

(2) The 8051 Microcontroller Architecture , Programming and Applications
Kenneth J. Ayala
West Publishing Company 1991

(3) ผศ. มนตรี ค้ำชู "การชลประทานแบบหยด"
ภาควิชาวิศวกรรมชลประธาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(4) เอกสารวิชาการ เรื่อง "ระบบการให้ปุ๋ยร่วมกับระบบชลประทานสำหรับส้ม"
โดย บริษัท Hafia Chemical Ltd.

(5) เอกสารวิชาการ เรื่อง" โปรแกรมการให้ปุ๋ย Poly-Feed Drip .ในสะละ
โดย Mr. Elharra Gad บริษัท Hafia Chemical Ltd.

(6) แนวทางการใช้ปุ๋ยระบบน้ำโพลีฟีด - ดริปในทุเรียน
โดย บริษัท โปรครอป จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้