การควบคุมระดับน้ำในระบบชลประทานด้วยคอมพิวเตอร์

COMPUTER CONTROL OF WATER LEVEL

IN IRRIGATION SYSTEM

โดย

นายชัยทัด กุลโชควณิช

นายบัญจวัฒน์ คงสุวรรณ

วัน เดือน ปี 29 ก.ย. 2541

เลขทะเบียน 038092

เลขเรียกหนังสือ T จ4112 ว384ก

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. มงคล มงคลวงศ์โรจน์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2539

038092

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2539

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่องการควบคุมระดับน้ำในระบบชลประทานด้วยคอมพิวเตอร์

จัดทำโดย

นายชัยทัด กุลโชควณิช

นายปัญจวัฒน คงสุวรรณ

----------อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. มงคล มงคลวงศ์โรจน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมระดับน้ำในระบบชลประทานด้วยคอมพิวเตอร์

จัดทำโดย
นายชัยทัด กุลโชควณิช
นายปัญจวัฒน ดงสุวรรณ

อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร. มงคล มงคลวงศ์โรจน์

ปีการศึกษา 2539

บทคัดย่อ

Project นี้เป็นเรื่องเกี่ยวกับการควบคุมระดับน้ำในระบบชลประทานด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งตัวควบคุมที่ใช้ในกระบวนการเป็นแบบ PID โดยพัฒนามาจากการควบคุมการปิดเปิดแบบ Manual ที่ใช้อยู่เดิม มีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ , ความแม่นยำ และ ความสะดวก ของระบบการส่งน้ำ ในการทำงานของระบบนี้เริ่มจากการวัดระดับของน้ำโดยใช้ Transducer ส่งสัญญาณ Analog ในรูปของความต่างศักย์ไฟฟ้ามายัง A/D Converter และตัว A/D Converter ก็จะทำการแปลงสัญญาณจากสัญญาณ Analog ให้เป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 8 บิต และส่งสัญญาณดิจิตอลไปยัง Microcontroller เพื่อประมวลผลการทำงานตามโปรแกรมที่ได้เขียนไว้ ซึ่งในการควบคุมระดับน้ำสามารถควบคุมได้ถึง 256 ระดับ และส่งสัญญาณควบคุมการปิดเปิดประตูน้ำไปยัง D/A Converter เพื่อควบคุมให้ Motor ทำการปิดเปิดประตูน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPUTER CONTROL OF WATER LEVEL IN IRRIGATION SYSTEM

by

Mr. Chaithad Kulchokwanich

Mr. Panjawat Kongsuwan

Advisor

Dr. Monglol Monglolvongroj

Academic Year 1996

Abstract

This Project regarded to computer-control for regulating water level automatically. The controller is PID type which developed from manual open-close water gate to improve efficiency , accuracy and simple operation. The process start from masuring the lavel of water then send analog signal ,which is the voltage range 0-5V to A/D Converter. Then A/D Converter will change the analog signal to digital signal 8 bit , and send digital signal to microcontroller for calculation in the program to get control signal ,which can control the level of water equal to 256 levels. Then the microcontroler will send digital signal to D/A Converter and D/A Converter send the signal to drive motor to regulate the water level. In order to open or close the gate at desire water level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี	2
2.1 ประตูระบายน้ำ	2
2.2 ประเภทของประตูระบาย	2
2.3 ระดับต่าง ๆ ที่เกี่ยวโยงกันที่หัวงาน	6
2.4 ปริมาณน้ำที่จะส่งผ่านประตูระบาย	6
2.5 ทฤษฎีทาง CONTROL	8
2.6 การออกแบบ	14
บทที่ 3 การวัดระดับน้ำ	16
3.1 วิธีการวัดระดับน้ำ	16
3.1.1 Pressure Sensor	16
3.1.2 Sensor แสง	17
3.1.3 Cathode	18
3.1.4 การเปลี่ยนการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งเป็นการเคลื่อนที่ในแนวรัศมี	19
1) ใช้ Encoder	20
2) ใช้ Transducer	21
3.2 ระบบการวัดระดับน้ำที่เลือกใช้	22
3.3 โครงสร้างของระบบวัดระดับน้ำ	22
3.4 A/D Converter	25
บทที่ 4 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51	27
4.1 คุณสมบัติพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51	27
4.2 ตำแหน่งขาของเอ็มซีเอส-51	29
4.3 โครงสร้างภายในของเอ็มซีเอส-51	32
4.4 โครงสร้างหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51	33
4.4.1 หน่วยความจำโปรแกรม	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 หน่วยความจำข้อมูล 35
4.5 ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ ในไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 40
4.6 ชุดคำสั่งในไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 42
4.7 โครงสร้างอินเตอร์รัปต์ของเอ็มซีเอส-51 47
4.8 การใช้งานบอร์ด CP-SB31 50
บทที่ 5 ส่วนควบคุมการเปิด-ปิดประตูน้ำ 53
5.1 วงจรขับมอเตอร์ 55
5.2 การควบคุมให้มอเตอร์ปิดประตูได้สนิท 57
บทที่ 6 โปรแกรม 60
6.1 ขั้นตอนการทำงาน 60
6.2 โปรแกรมภาษาแอสเซมบลี้ 63
บทที่ 7 ผลการทดลอง 67
บทที่ 8 สรุปและวิจารณ์ 71
บรรณานุกรม
กิตติกรรมประกาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

จุดมุ่งหมายของระบบการส่งน้ำ ได้แก่การที่จะสามารถส่งน้ำให้แก่การเกษตรให้ได้ประโยชน์สูงสุด ซึ่งหากปริมาณน้ำต้นทุนมีจำกัด ก็จำเป็นจะต้องมุ่งให้ได้รับผลผลิตตอบแทนให้มากที่สุดต่อปริมาณน้ำที่ใช้ไปหนึ่งหน่วย ความสำเร็จของการส่งน้ำจึงขึ้นอยู่กับ Function การทำงานของระบบส่งน้ำและระบบกระจายน้ำ ซึ่งจะต้องสามารถควบคุมการแบ่งสรรน้ำให้แก่พื้นที่ต่าง ๆ ได้อย่างแน่นอนและยุติธรรม ซึ่งการควบคุมนี้เป็นไปได้โดยการ Operate ประตูน้ำ ด้วยเหตุนี้ประตูน้ำในระบบการส่งน้ำจึงมีความสำคัญต่อความสำเร็จของการส่งน้ำเป็นอย่างมาก

เนื่องจากการควบคุมการไหลของน้ำแบบ Manual โดยการใช้คนปิด-เปิดบานต่าง ๆ นั้น มักจะต้องเสียเวลาในการถ่ายทอดคำสั่ง ในการรอระดับน้ำให้ได้ระดับที่ต้องการ และในการที่ต้องเลื่อนบานขึ้นลงจนกว่าจะได้ระดับที่ถูกต้อง ดังนั้นจึงทำให้ต้องสูญเสียน้ำไปจำนวนหนึ่ง และยังอาจเกิดการผิดพลาดในการปิดเปิดบานหรือเนื่องจากระยะทางที่ห่างไกลของอาคารจากหัวงาน ทำให้การปิดเปิดบานไม่เป็นไปตามที่กำหนด และอาจเกิดการเสียหายแก่คลองส่งน้ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

2.1 ประตูระบายน้ำ

ประตูระบายน้ำมีหน้าที่จำกัดประมาณน้ำให้ไหลเข้าคลองเพียงปริมาณที่ต้องการและไม่เกินความจุของคลอง เป็นสิ่งสำคัญซึ่งจำเป็นต้องสร้างไว้ ถ้าไม่มีประตูระบายนี้จะเกิดความเสียหายหลายประการ คือ

1) น้ำจะไหลเข้าคลองมากเกินปริมาณที่ต้องการใช้ทำการเพาะปลูก ในที่สุดก็ต้องระบายทิ้งไป หรือปล่อยให้รั่วซึมลึกลงไปใต้ดิน เป็นการสูญเสียน้ำโดยไม่ได้ประโยชน์

2) ถ้าน้ำไหลเข้าคลองมากเกินความจุของคลองจะรับได้ คลองจะพัง น้ำจะไหลออกทางช่องขาดทำให้เกิดน้ำท่วมบริเวณช่องขาดเสียหาย พื้นที่เพาะปลูกทางปลายคลองจะไม่ได้รับน้ำหรือได้รับน้อยไม่พอใช้ การส่งน้ำไม่สะดวกเพราะระดับน้ำในคลองจะต่ำกว่าระดับน้ำใช้การเต็มที่ (full supply level) ที่กำหนดไว้ และต้องเสียค่าซ่อมแซมคลองด้วย

3) น้ำที่ไหลเข้าคลองมากเกินความต้องการจะทำให้เกิดน้ำท่วมที่ลุ่มในเขตที่มีการส่งน้ำได้

การสร้างประตูระบายน้ำ มีหลักสำคัญที่จะต้องพิจารณา 3 ประการ คือ

1) ประเภทของประตูระบาย

2) ระดับต่าง ๆ ที่เกี่ยวโยงกับงาน

3) ปริมาณน้ำที่จะส่งผ่านประตูระบาย และ ขนาดของช่องระบายน้ำของประตู

2.2 ประเภทของประตูระบาย

เราจะใช้ประตูระบายประเภทใดเป็นประตูระบายเป็นเรื่องแรกที่จะต้องพิจารณาก่อน

ประตูระบายที่สร้างย่อมมีลักษณะแตกต่างกันได้มาก แต่ก็อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทเท่านั้น คือ

1) Overpour-type regulators

คือประตูระบายประเภทมีบานประตูเป็นชนิดให้น้ำไหลข้ามสันบาน บายประตูชนิดนี้อาจเป็นแบบใดแบบหนึ่งดังต่อไปนี้

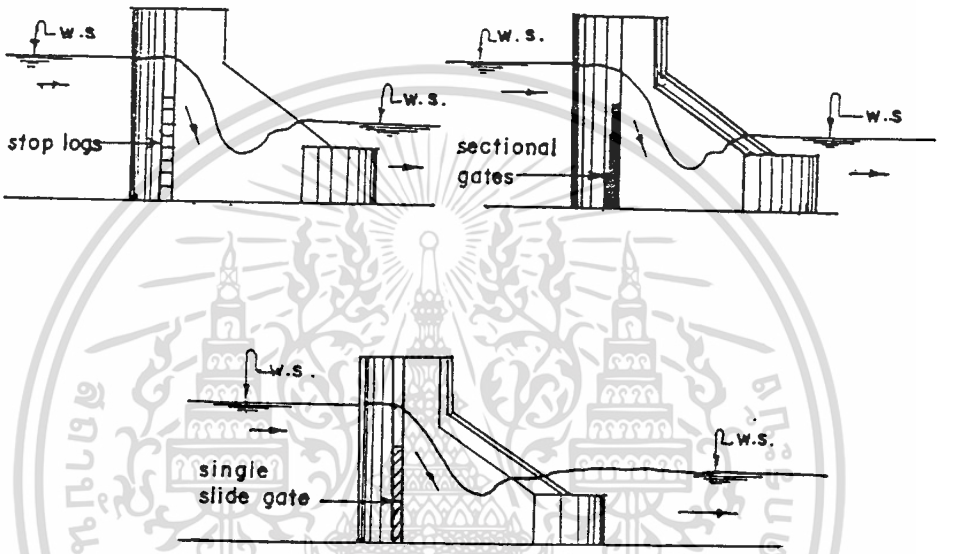
- ไม้กระดานอัดน้ำ (stop planks)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ไม้เหลี่ยมอัดน้ำ (stop logs)

- บานประตูหลายบานที่ตั้งซ้อนกัน (sectional gates)

ประตูระบายประเภทนี้เหมาะที่จะสร้างในท้องถิ่นที่มีตะกอนไหลมาในแม่น้ำมาก



รูปที่ 2.1 Overpour-Type Regulators

2) Undershot-type regulators

คือประตูระบายประเภทมีบานประตูเป็นชนิดให้น้ำไหลลอดใต้บาน บานประตูของประตูระบายประเภทนี้อาจเป็นแบบใดแบบหนึ่งดังต่อไปนี้

- บานประตูเดี่ยวซึ่งชักขึ้นและหย่อนได้ (single slide gates)

- บานประตูรูปโค้ง (radial gates)

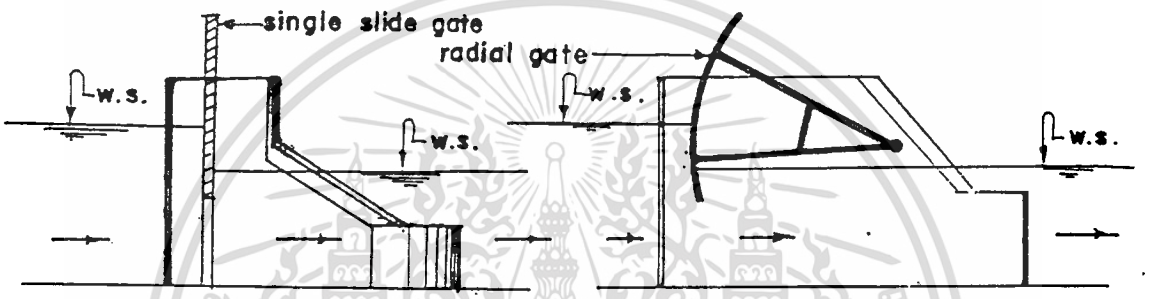
ประตูระบายประเภทนี้เหมาะที่จะสร้างในท้องถิ่นซึ่งมีตะกอนไหลมาใน แม่น้ำน้อย แม้จะเป็นการส่งน้ำให้น้ำตอนล่างไหลลอดใต้บานประตู ตะกอนในน้ำซึ่งมีอยู่น้อยจะไม่ทำให้คลองตื้นเท่าไรนัก

อย่างไรก็ตามถ้าได้แก้ไขการออกแบบบ้างแล้วประตูระบายประเภทนี้ก็ยังใช้ในท้องถิ่นที่มีตะกอนไหลมาในแม่น้ำมากได้ การแก้ไขจะทำได้ด้วยวิธีต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ยกระดับธรณีประตูระบายให้สูงกว่าระดับพื้นร่องระบายทรายให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ หรือ

2) ถ้าหากสภาพไม่อำนวยให้ทำตามข้อ 1. ได้ ก็ใช้วิธีเสริมระดับธรณีประตูระบายให้สูงขึ้นอีก



รูปที่ 2.2 Undershot- Type Regulators

สำหรับช่องระบายน้ำนั้น ถ้าเป็นประตูระบายประเภท overpour-type regulators จะเปิดโล่งตลอดถึงระดับตลิ่ง แต่ถ้าเป็นประเภท undershot-type regulators ช่องระบายน้ำตอนบนมักจะทำเป็นกำแพงขวาง (diaphragm wall)

diaphragm wall จะขวางกั้นน้ำและปล่อยให้น้ำไหลเข้าคลองทางช่องเบื้องล่างซึ่งมีบานประตูปิดเปิดได้เท่านั้น จึงทุ่นขนาดและลดน้ำหนักบานประตูลงได้มากและสะดวกต่อการปิดเปิดด้วย เพราะถ้าไม่มี diaphragm wall บานประตูจะต้องสูงพ้นระดับน้ำนองสูงสุดในลำน้ำ diaphragm wall จึงช่วยป้องกันไม่ให้น้ำนองไหลเข้าคลอง

ประตูระบายประเภท overpour-type regulators และ undershot-type regulators ย่อมมีทั้งข้อดีและข้อเสียด้วยกันซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้

Overpour-type regulators

ข้อดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ป้องกันไม่ให้คลองตื้นเพราะตะกอนหยาบเข้าคลองได้ดีเนื่องจากน้ำตอนผิวบนเท่านั้นที่ไหลเข้าคลอง

2) ค่าก่อสร้างค่อนข้างถูก

ข้อเสีย

1) ไม่สะดวกต่อการปิดเปิดบานประตูเพราะปิดยาก และในขณะที่ต้องการเปิดหรือยกบานขึ้นนั้นถ้ามีน้ำท่วมสันบานลึกจะยกขึ้นได้ยากเพราะมองไม่เห็นบานซึ่งจมอยู่ใต้น้ำ

2) บานประตูของบานระบายประเภทนี้ไม่มีอุปกรณ์ช่วยลด friction ระหว่างผิวบานกับร่องบาน (grooves) จึงเปิดบานได้ช้าและลำบาก

3) น้ำรั่วผ่านช่องว่างระหว่างผิวบานประตูได้ง่ายเพราะยากที่จะให้ไม้ที่ใช้ทำบานแต่ละแผ่นหรือแต่ละบานลงไปทับกันได้แนบสนิทในน้ำ

4) บานประตูรับแรงดันของน้ำได้น้อย ประตูระบายประเภทนี้จึงเป็นประตูขนาดเล็กเสียโดยมาก

Undershot-type regulators

ข้อดี

1) ปิดเปิดบานประตูได้สะดวกรวดเร็ว ถ้าเป็นบานขนาดใหญ่จะมีอุปกรณ์ช่วยลด friction ระหว่างผิวบานและร่องบาน (grooves)

2) เป็นประตูระบายที่สร้างได้ทุกขนาด เพราะบานประตูของประตูระบายประเภทนี้จะออกแบบให้ต้านทานแรงดันของน้ำได้มาก

3) บานประตูของประตูระบายประเภทนี้ปิดได้แน่นสนิท น้ำไม่รั่วตามข้างบานและธรณีประตูเพราะมีวิธีป้องกันน้ำรั่วดีมาก

ข้อเสีย

1) ตะกอนหยาบอาจหลุดเข้าไปในคลองได้เพราะต้องระบายน้ำตอนล่างเข้าคลองเว้นแต่จะได้แก้ไขโดยการยกหรือเสริมระดับธรณีประตูระบายให้สูงขึ้น

2) ถ้าน้ำด้านเหนือประตูระบายลึกมาก โดยเฉพาะเวลาเกิดน้ำใหญ่ไหลหลากในแม่น้ำ บานประตูจะต้องสูงมากเพื่อให้พ้นระดับน้ำนอง แต่อาจแก้ไขได้โดยการใช้ diaphragm wall

3) ค่าก่อสร้างค่อนข้างสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบดูแล้ว undershot-type regulators เป็นที่นิยมสร้างกันมากกว่า overpour-type regulators โดยมาก overpour-type regulators ในปัจจุบันก็ไม่ค่อยจะสร้างกันแล้ว ส่วน undershot-type regulators เป็นประตูระบายที่สร้างได้ทุกขนาด ในปัจจุบันนิยมสร้างกันทั่วไป

2.3 ระดับต่าง ๆ ที่เกี่ยวโยงกันที่หัวงาน

ระดับต่าง ๆ ที่สำคัญที่หัวงานได้แก่

- ระดับสันฝาย
- ระดับหลังกำแพงประตูระบาย
- ระดับธรณีประตูระบาย
- ระดับท้องคลอง
- ระดับน้ำใช้การเต็มที่ในคลอง
- ระดับน้ำนองสูงสุดของแม่น้ำ

2.4 ปริมาณน้ำที่จะส่งผ่านประตูระบายและขนาดของช่องระบายน้ำของประตู

หลักการข้อนี้จะได้รับการพิจารณาในลำดับสุดท้าย กล่าวคือ เมื่อได้เลือกประเภทประตูระบายและกำหนดความแตกต่างของระดับน้ำเหนือสันฝายและระดับน้ำใช้การเต็มที่ในคลองแล้ว เราอาจคำนวณปริมาณน้ำที่ส่งผ่านประตูระบายปากคลองและขนาดของช่องระบายน้ำได้

การส่งน้ำและการกระจายน้ำอาจควบคุมบังคับได้ด้วยวิธีการ 2 วิธี คือ upstream control และ downstream control หรือโดยการใช้วิธีการทั้ง 2 วิธีร่วมกัน

Upstream Control

ในระบบที่ใช้ upstream control น้ำจากแหล่งน้ำจะถูกส่งเข้าคลองส่งน้ำสายใหญ่ในปริมาณที่กำหนดไว้ก่อน ปริมาณน้ำที่กำหนดเป็นไปตามแผนการส่งน้ำ (irrigation program) ส่วนการแบ่งสรรน้ำเข้าคลองซอยและคูน้ำจะเป็นไปตามปริมาณน้ำที่ต้องการ หรือตาม "ชลภาระ"

การออกแบบให้สามารถควบคุมระดับน้ำด้านเหนือให้คงที่ และเป็นไปตามที่กำหนดไว้ การกำหนดปริมาณน้ำที่ไหลผ่านอาจทำโดยใช้ fixed crest หรือโดยการปิดเปิดทั้งแบบ manual และแบบอัตโนมัติ โดยใช้ stop log , slide gates และ radial gates ในระบบนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำที่คงมีอยู่ในคลองส่งน้ำจะคงที่ ไม่ว่าอัตราการไหลในแต่ละส่วนของคลองจะแปรเปลี่ยนไปอย่างไร

ระบบ upstream control เหมาะจะใช้กับการส่งน้ำซึ่งมีน้ำต้นทุนจำกัดไม่ว่าทั้งปีหรือเพียงบางฤดู

Downstream Control

หากว่าปริมาณน้ำต้นทุนมีมากกว่าความต้องการแล้ว การควบคุมปริมาณน้ำก็มีความจำเป็นน้อย ดังนั้นจึงอาจยอมให้ผู้ใช้น้ำแต่ละรายควบคุมปริมาณน้ำที่จะต้องการใช้ได้เอง หากว่าระบบสามารถจัดให้ความต้องการทางด้านท้ายน้ำนี้สามารถถ่ายทอดไปเหนือน้ำเป็นขั้น ๆ จนกระทั่งถึงปากคลองสายใหญ่ และสามารถทำให้ปริมาณน้ำที่ปล่อยเข้าปากคลองสายใหญ่ปรับให้เหมาะกับความต้องการรวมของทั้งระบบได้ ในทางปฏิบัติแล้ว ระบบ downstream control จะต้องใช้กับระบบ automatic control equipment

ข้อดีและข้อเสียของ Upstream และ Downstream control

ระบบ upsteam control เป็นวิธีเดียวที่เหมาะสำหรับสภาพซึ่งมีน้ำไม่พอแก่ความต้องการของเกษตรกร แต่การที่จะเปิดปิดน้ำเข้าระบบส่งน้ำและการจัดแบ่งน้ำในระบบจำเป็นต้องใช้เจ้าหน้าที่ที่ชำนาญเป็นจำนวนมาก และการปรับปริมาณน้ำให้เท่ากับปริมาณน้ำที่ต้องการรวมกับปริมาณน้ำที่สูญเสียเนื่องจากการรั่วซึมและการระเหยก็ทำได้ยาก และการสูญเสียจากระบบ upstream ก็จะมีมากกว่า เนื่องจากต้องเก็บน้ำไว้เผื่อกรณีที่เมื่อมีความต้องการน้ำจะได้ปล่อยน้ำให้ได้ทันที ข้อเสียอีกอย่างหนึ่งของ upsteam contol ก็คือต้องการระยะเวลาช่วงหนึ่ง (time lag) ก่อนที่จะสามารถส่งน้ำได้ตามที่มีความต้องการ ทั้งนี้เพื่อรอให้น้ำด้านเหนือน้ำอัดทดจนได้ระดับก่อน บานแบบ upsteam control จึงจะเปิดให้น้ำไหลผ่าน

ระบบ dowsteam control เป็นระบบซึ่งสามารถตอบสนองต่อความต้องการจากผู้ใช้น้ำได้โดยอัตโนมัติดังนั้นจึงเป็นระบบที่ประหยัดน้ำเพราะน้ำจะถูกส่งเข้าสู่ระบบเพียงเท่ากับความต้องการจากแปลงเพาะปลูกรวมกับความสูญเสียจากการรั่วซึม และเมื่อไม่มีความต้องการใช้น้ำก็จะไม่มีการส่งน้ำไปให้สูญเสีย แต่ระบบ downstream control ก็มีข้อเสียที่สำคัญ เนื่องจากระบบจะส่งน้ำให้ตามความต้องการ ดังนั้นหากปริมาณน้ำมีจำกัด แต่ความต้องการน้ำทางท้ายน้ำมีมาก น้ำก็จะถูกดึงไปจากทางต้นน้ำจนแห้งคลอง และในกรณีที่คลองชำรุด เช่น คลองขาดหรือบานบางแห่งเกิดติดขัด จะทำให้น้ำในคลองบางช่วงถูกดึงไปจนแห้ง ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางต้นคลองเดือดร้อน และคลองอาจเกิดการเสียหายแก่คอนกรีตดาด เช่น จาก uplift ได้ นอกจากนี้คลองในระบบ downstream control ยังต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างแพง เนื่องจากต้องสร้างคันคลองให้เป็นระดับในแต่ละ section ซึ่งหากความลาดเทของพื้นดินมีมาก เช่น เกินกว่า 30 ซม. ต่อ 1 กม. แล้วจะทำให้ราคาค่าก่อสร้างคลองในระบบดังกล่าวสูงจนไม่เป็นการเหมาะสม

เนื่องจากแต่ละระบบต่างมีทั้งข้อดีและข้อเสีย ดังนั้นวิธีการใช้ที่เหมาะสม คือการนำเอาระบบทั้งสองมาใช้รวมกัน โดยอาจใช้ longitudinally conhined system คือการใช้ downstream control เฉพาะในคลองส่งน้ำสายใหญ่ ส่วนในคลองซอยและแยกซอยใช้ระบบ upstream control เพื่อการควบคุมที่ดีกว่า การใช้ระบบทั้งสองรวมกันอีกวิธีหนึ่ง คือการใช้บานแบบ composite gate ซึ่งจะทำหน้าที่ได้ทั้ง 2 อย่าง ในเวลาที่มีน้ำต้นทุนเพียงพอแก่ความต้องการ gate จะทำหน้าที่เป็นแบบ downstream control และเมื่อน้ำต้นทุนมีมากเกินไปจนอาจล้นคลองบานจะเปิดออกให้น้ำไหลผ่านมากขึ้น ซึ่งบานจะทำหน้าที่คล้าย ๆ wasteway หรือ siphons แต่เมื่อน้ำต้นทุนมีน้อยกว่าความต้องการ บานจะปิดลงก่อนที่น้ำในคลองด้านเหนือน้ำจะพร่องลงจนแห้ง

2.5 ทฤษฎีทาง CONTROL

การควบคุมอัตโนมัติมีบทบาทสำคัญต่อวิศวกรทุกสาขาวิชา จุดมุ่งหมายเพื่อปลดเปลื้องภาระของมนุษย์จากการทำงานซ้ำซาก โดยการใช้อุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติทำให้ง่ายต่อการควบคุม ประหยัดและมีความเชื่อถือสูง ซึ่งระบบควบคุมอัตโนมัตินี้ได้กลายมาเป็นองค์ประกอบสำคัญในอุตสาหกรรมต่าง ๆ

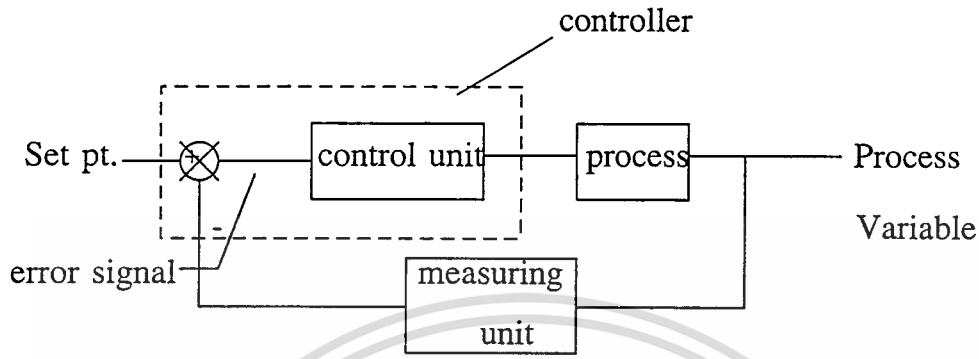
ระบบควบคุม (control system) หมายถึง กระบวนการทำงานที่ประกอบด้วยอุปกรณ์วัดและอุปกรณ์ควบคุมทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ในการทำงาน

ระบบควบคุมป้อนกลับ (feedback control system) คือ ระบบควบคุมที่รักษาสภาพความสัมพันธ์ที่กำหนดให้ระหว่างตัวแปรเอาท์พุทและอินพุทอ้างอิงโดยการป้อนสัญญาณเอาท์พุทกลับมาที่อินพุทเพื่อเปรียบเทียบสัญญาณทั้งสองและนำสัญญาณต่างไปทำการแก้ไขและควบคุม

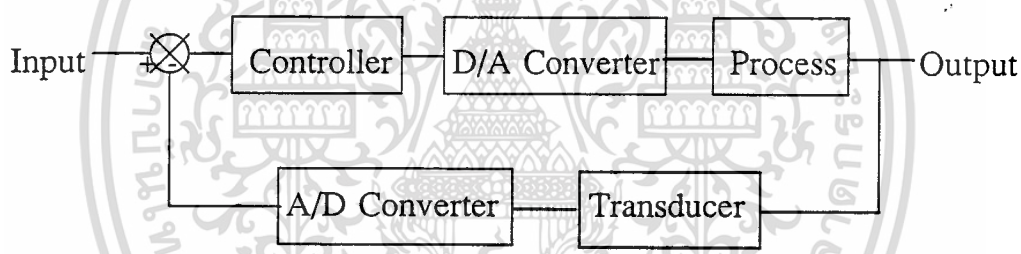
ในระบบควบคุมประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ หลายชนิดที่ทำงานร่วมกัน หน้าที่การทำงานของแต่ละอุปกรณ์สามารถแสดงด้วยบล็อคฟังก์ชัน (function block) และสัญญาณไหลเข้า-ออกจากบล็อคฟังก์ชันรวมกันเป็นแผนภาพบล็อคสัญญาณหรือที่เรียกว่า Block diagrams ซึ่งใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมพื้นฐานนั้น Block diagrams สามารถแสดงได้ดังนี้



โดยในการควบคุมการปิดเปิดประตูด้วยคอมพิวเตอร์นี้สามารถที่จะเขียน Block Diagram แสดงการทำงานคร่าว ๆ ได้ดังนี้



ระบบควบคุมระดับน้ำโดยการควบคุมการปิดเปิดประตูน้ำด้วยคอมพิวเตอร์นี้ ค่าของระดับน้ำจะถูกวัดเป็นค่าของ Voltage จากการที่กลไกลูกลอยไปหมุนตัว Transducer เมื่อระดับน้ำมีการเคลื่อนที่ขึ้นลง ทำให้เราได้รับค่าระดับแบบอนาล็อก ซึ่งค่าระดับแบบอนาล็อกนี้จะถูกแปลงเป็นค่าระดับแบบดิจิตอลด้วยตัวแปลงสัญญาณ A/D Converter ค่าระดับแบบดิจิตอลถูกป้อนเข้าไปในตัวควบคุมซึ่งเป็น Controller เพื่อเปรียบเทียบกับค่าระดับอ้างอิงที่อยู่ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หากมีค่าแตกต่าง ตัวควบคุมจะส่งสัญญาณเอาท์พุทไปทำการขับมอเตอร์ให้ทำการเปิดปิดประตูน้ำ เพื่อทำให้ระดับน้ำในระบบเท่ากับระดับน้ำเป้าหมาย

โดยที่ตัว Controller ทำหน้าที่เปรียบเทียบระหว่าง Input กับ Output เพื่อหาค่าผิดพลาด (error) ของ Process และสร้างสัญญาณควบคุม (Control Signal) ไปลดค่าผิดพลาดให้หมดไปหรือให้เหลือน้อยที่สุด หน้าที่นี้เรียกว่า control action ซึ่ง Controller ที่ใช้จะเป็น Proportional plus Integral plus Derivative control action (PID-action) ซึ่งเป็นไปตามสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Proportional plus Integral plus Derivative control action (PID-action) ซึ่งเป็นไปตามสูตร

$$m(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(t)dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right]$$

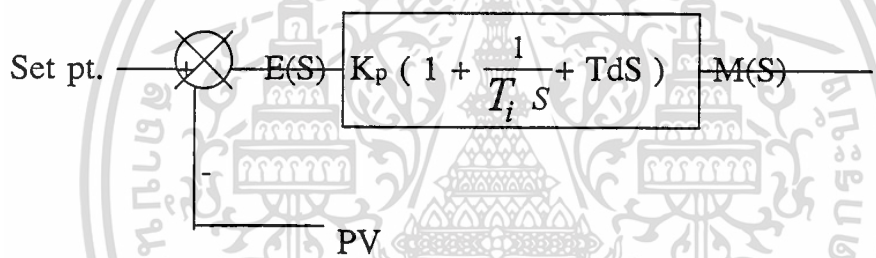
take laplace จะได้ว่า

$$M(S) = K_p E(S) \left(1 + \frac{1}{T_i S} + TdS \right)$$

โดยที่ K_p = Proportional Gain

T_i = reset time

T_d = derivative time



ส่วนค่าของ Process นั้นหาได้โดยการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของระดับน้ำทั้งสองด้านของประตูกับเวลา ซึ่งจากการทดลองหาความสัมพันธ์ดังกล่าวทำให้ได้ข้อมูลดังต่อไปนี้

ระดับประตู (เหนือธรณี) 1 cm

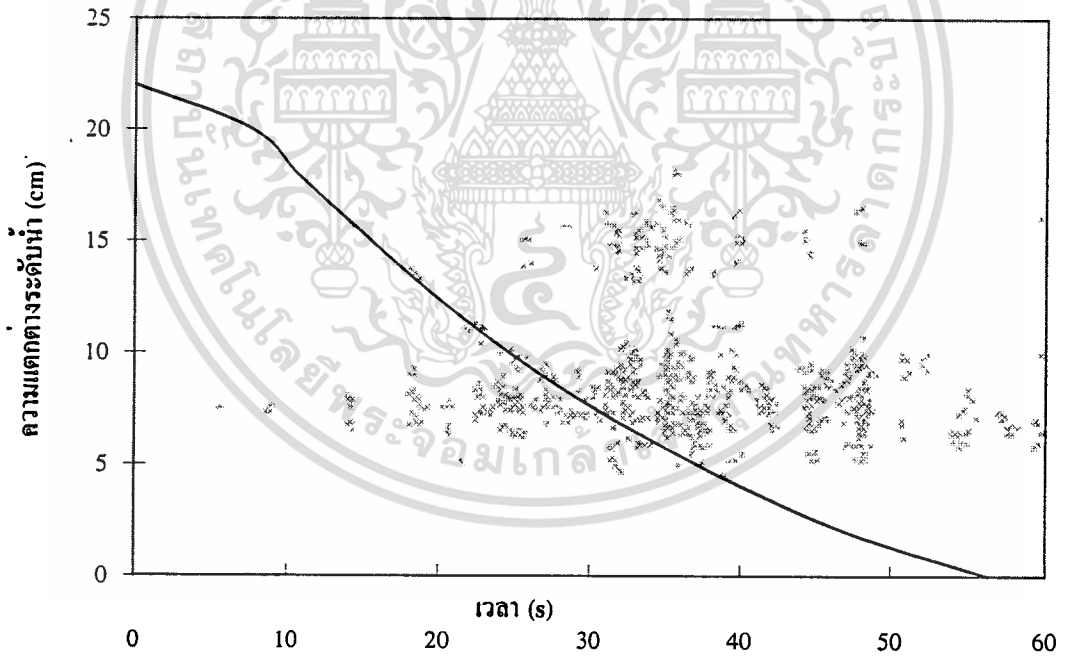
ระดับน้ำด้าน 1 (cm)	ระดับน้ำด้าน 2 (cm)	ความแตกต่าง(cm)	เวลา
25	3	22	-
24	4	20	7.64
23	5	18	10.68
22	6	16	13.93
21	7	14	17.18
20	8	12	20.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18	10	8	29.14
17	11	6	34.37
16	12	4	40.12
15	13	2	46.99
14	14	0	56.29

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำทั้งสองข้างของประตูกับเวลา

จากผลการทดลองเราทำการพล็อตกราฟดูความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของระดับน้ำทั้งสองข้างของประตูกับเวลาจะได้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของระดับน้ำทั้งสองข้างของประตูกับเวลา

จากกราฟผลการทดลองจะได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของระดับน้ำทั้งสองข้างของประตูกับเวลา ซึ่งเป็น error ของระบบ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E = Ae^{\frac{-t}{\tau}}$$

โดยที่ A = ความสูงของระดับน้ำที่เราต้องการควบคุม

เพราะฉะนั้นสมการของระบบที่แท้จริง คือ

$$H = A - E$$

$$H = A - Ae^{\frac{-t}{\tau}}$$

$$= A(1 - e^{\frac{-t}{\tau}})$$

ทำการ Take Laplace ทั้งสองข้างของสมการ จะได้ว่า

$$H(S) = A[\frac{1}{s} - \frac{\tau}{\tau S+1}]$$

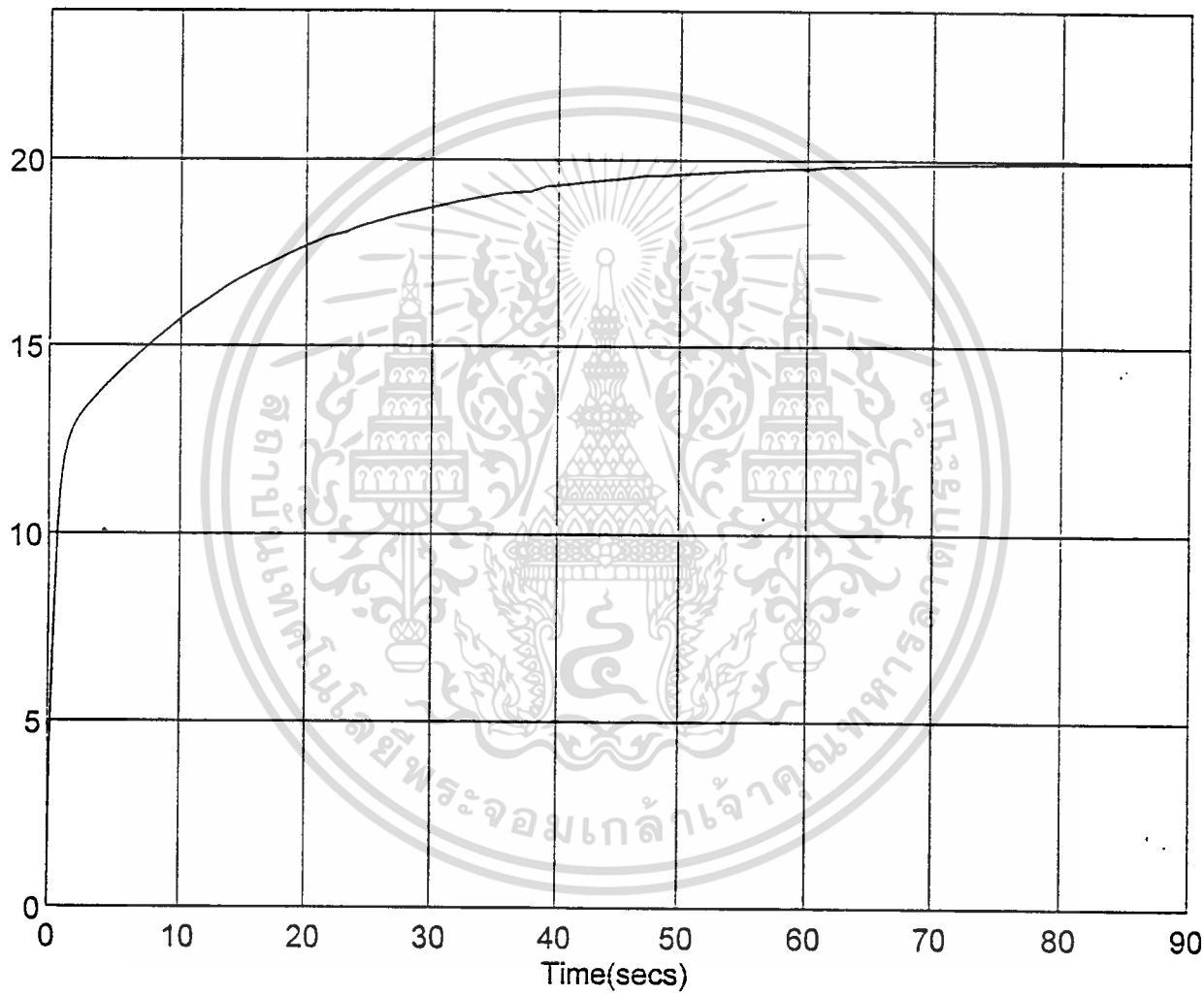
$$= A[\frac{1}{\tau S+1} * \frac{1}{s}]$$

$$= A(S)[\frac{1}{\tau S+1}]$$

$$\frac{H(S)}{A(S)} = \frac{1}{\tau S+1}$$

เพราะฉะนั้นเมื่อเราได้สมการของ Controller และสมการของ Process แล้วก็ทำการ Simulate จะได้ดังกราฟรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

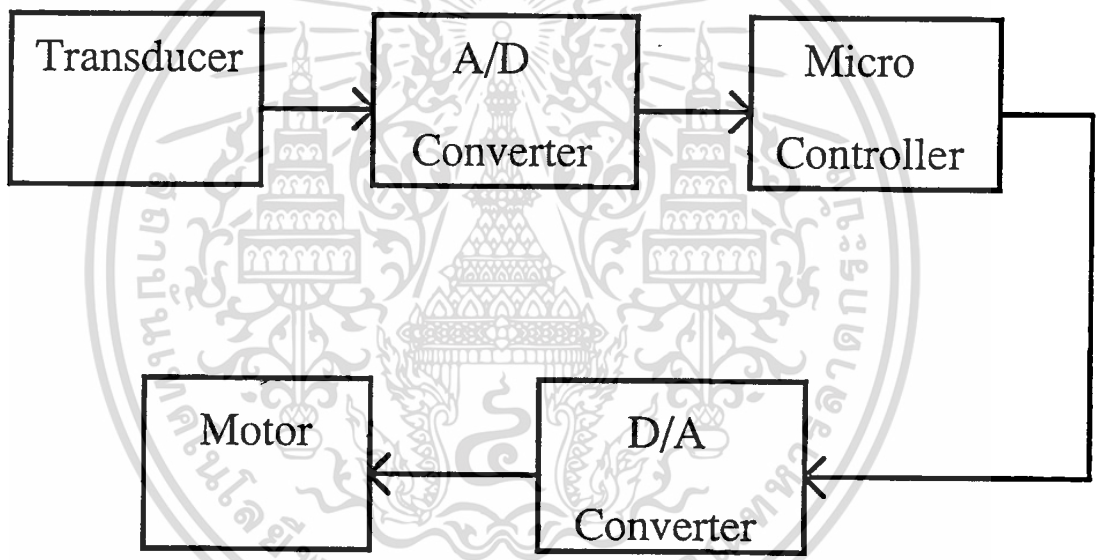


รูปที่ 2.4 กราฟที่ได้จากการ simulate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

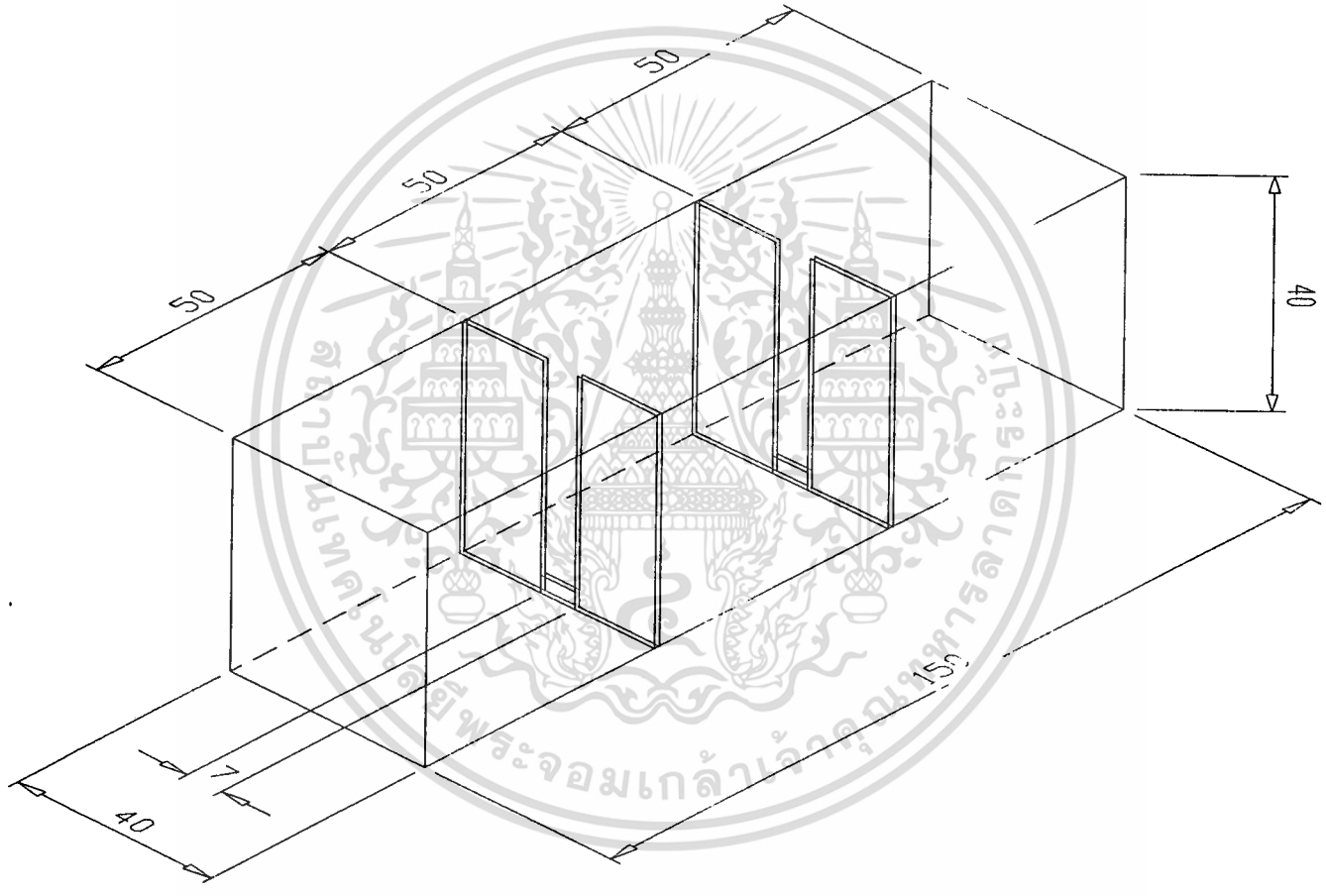
2.6 การออกแบบ

การออกแบบ Model ของทางน้ำนั้นจะออกแบบโดยจำลองเป็น 3 ส่วน ดังรูปที่ 2.6 ซึ่งสมมติว่าส่วนที่ 1 เป็นคลองสายใหญ่ ส่วนที่ 2 เป็นคลองสายกลาง และส่วนที่ 3 เป็นคลองสายย่อยหรือคลองซอย ซึ่งมีประตูน้ำเป็นแบบ Undershot-type regulators ซึ่งใช้ Motor เป็นตัวยกประตู ซึ่งการทำงานของ Motor เป็นลำดับขั้นตาม diagram ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 Block-diagram แสดงการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



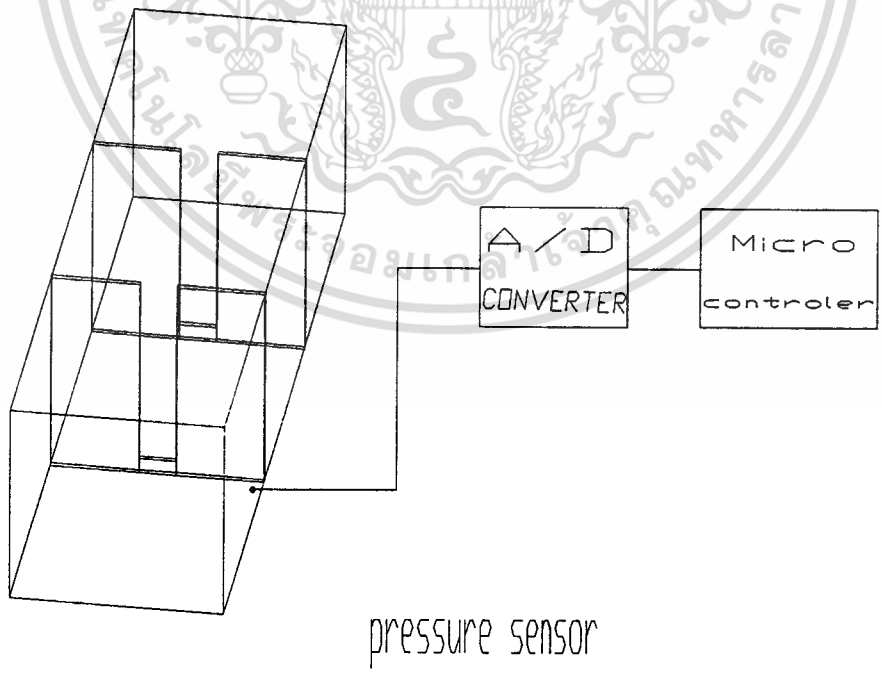
รูปที่ 2.6 Model ทางไหลของน้ำ

บทที่ 3
การวัดระดับน้ำ

3.1 วิธีการวัดระดับน้ำ

โดยทั่วไปในการวัดระดับน้ำมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ความละเอียดที่ต้องการ เช่น

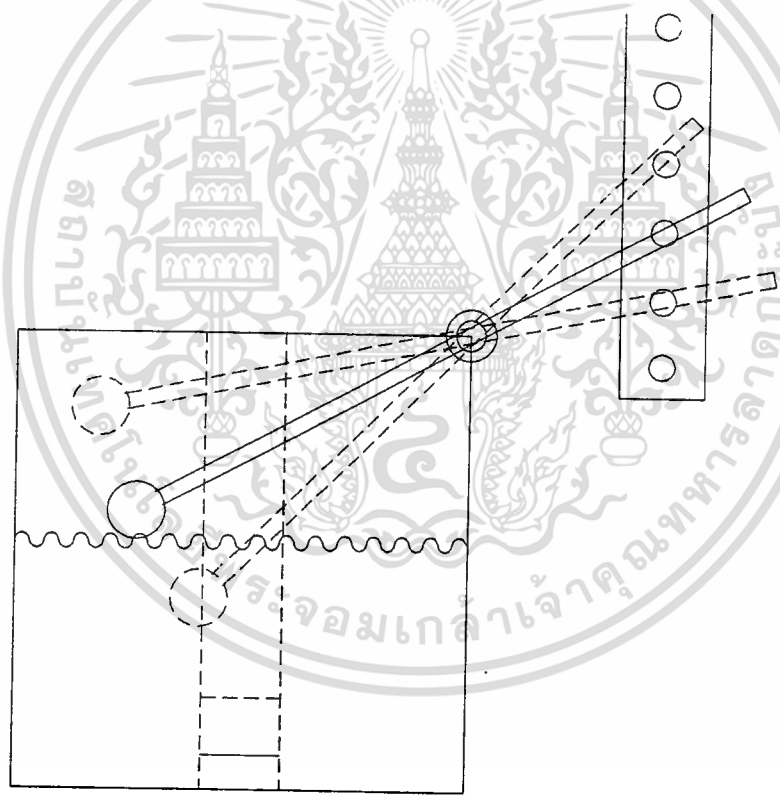
3.1.1 Pressure Sensor เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความดันของน้ำมาแปลงเป็นระดับความสูงของน้ำ ค่าของระดับน้ำที่วัดออกมาได้นั้นจะเป็นระดับแบบอนาล็อก โดยอาจจะเป็นระดับความต่างศักย์ 0-5 v หรือ ระดับความต่างของกระแส 4-20 mA ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของ Pressure Sensor ที่ใช้งาน ดังนั้นจึงต้องมีการใช้งานร่วมกับ A/D Converter ด้วย แต่จะใช้ได้ดีก็ต่อเมื่อระดับมีความสูงค่อนข้างมาก การใช้งานก็จะนำไปติดไว้ที่ที่ระดับต่ำสุด โดยการใช้งานของ Pressure Sensor แสดงได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงการใช้งานของ Pressure Sensor กับระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

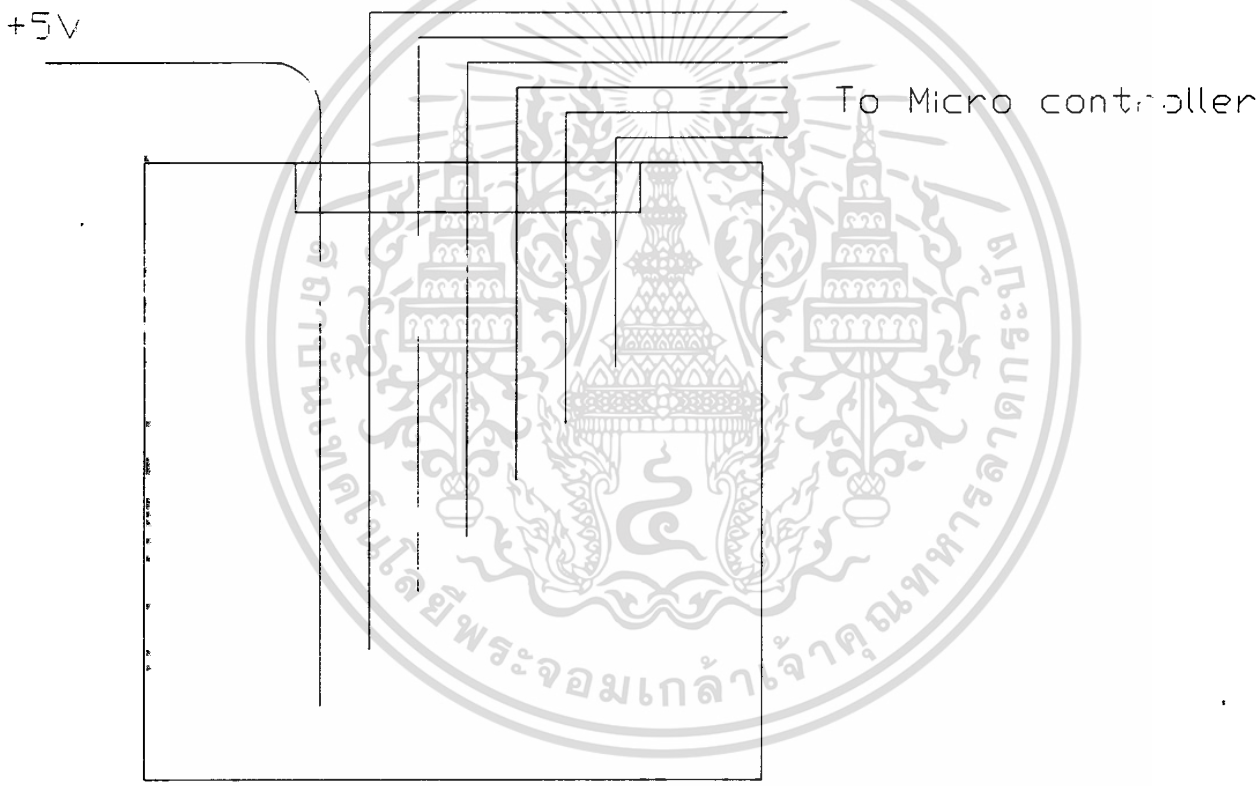
3.1.2 Sensor แสง (Photo Diode) ติดอุปกรณ์ส่งและรับแสงไว้ในตำแหน่งที่ต้องการ ถ้าระดับน้ำขึ้นมาถึงตำแหน่งนั้นน้ำก็จะหักเหแสงความต่างศักย์ที่ตัวรับแสงก็จะเปลี่ยนจาก 5 v เป็น 0 v หรืออาจจะติดตัว Sensor แสงและตัวรับแสงไว้แล้วสร้างกลไกลูกลอยแบบมีจุดหมุนและมีคานตัดแสง ดังแสดงในรูปที่ 3.2 แต่มีข้อเสียก็คือไม่สามารถเปลี่ยนแปลงระดับของการวัดได้ หรือถ้าต้องการวัดหลายระดับก็ต้องติดจำนวนตัวส่งและรับแสงเท่ากับจำนวนระดับที่ต้องการวัด



รูปที่ 3.2 แสดงการใช้งานของ Sensor แสง กับระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

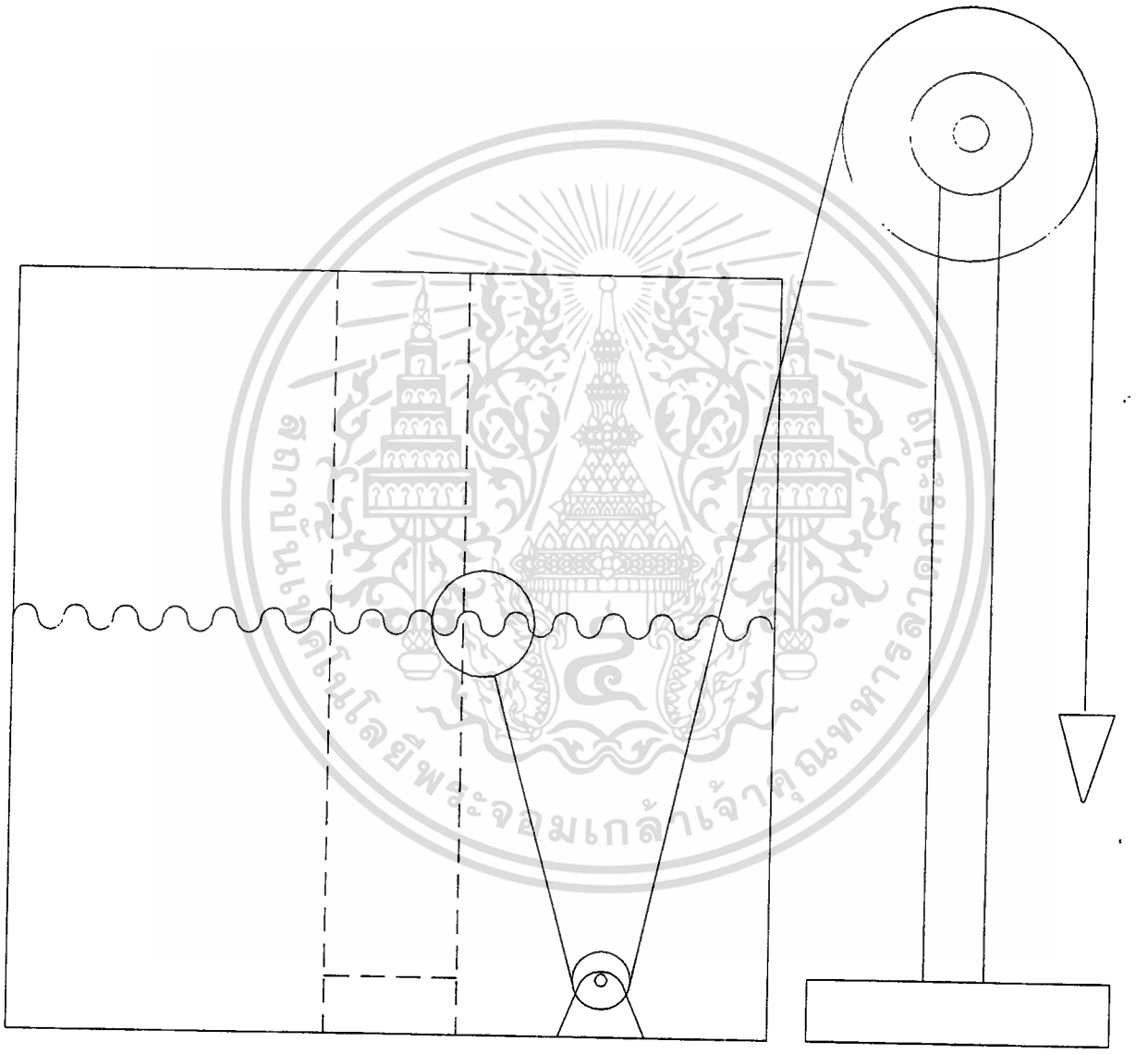
3.1.3 Cathode เป็นลวดที่จุ่มลงในน้ำที่ตำแหน่งที่ต้องการวัดเมื่อระดับน้ำเพิ่มถึงระดับที่กำหนดไว้น้ำก็จะนำไฟฟ้าทำให้ไฟไหลผ่านลวดสองเส้นได้ จะทำให้ครบวงจร ถ้าต้องการวัดหลายระดับก็ต้องติดลวดหลายระดับ ซึ่งการใช้งาน Cathode แสดงได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงการใช้งาน Cathode กับระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 การเปลี่ยนการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งเป็นการเคลื่อนที่ในแนวรัศมี โดยลูกลอยผูกติดกับเชือกคล้องผ่านรอกมาหมุนล้อแสดงได้ดังรูปที่ 3.4 มุมที่หมุนไปของล้อจะถูกเปลี่ยนเป็นระดับของน้ำที่เปลี่ยนไป ซึ่งวิธีการแบบนี้ ใช้อุปกรณ์วัดระดับได้ 2 แบบ คือ



รูปที่ 3.4 กลไกการเปลี่ยนการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งเป็นการเคลื่อนที่ในแนวรัศมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

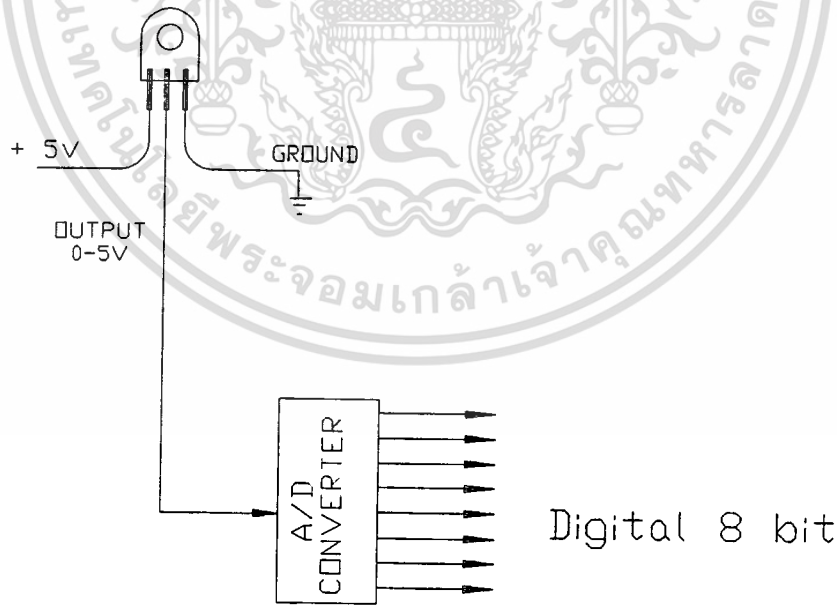
038092

1). ใช้ **Encoder** ซึ่ง Encoder นี้ระดับน้ำที่วัดออกมาได้นั้นเป็นระดับแบบดิจิตอลโดยตรง การทำงานของ Encoder คือเมื่อมีการหมุน Encoder มุมที่หมุนไปจะถูกแปลงออกมาเป็นสัญญาณดิจิตอลแบบเลขฐานสอง โดยที่จำนวนระดับของข้อมูลที่ Encoder วัดออกมาเป็นเอาท์พุทนั้นจะมีค่าเปลี่ยนไปตามจำนวนบิตใช้งานของ Encoder เช่น ถ้าใช้ Encoder ขนาด 8 บิต ก็จะได้ค่าของระดับน้ำที่วัดออกมาได้เท่ากับ 256 ระดับ เป็นต้น โดยโครงสร้างภายในของ Encoder นั้นแสดงได้ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 แสดงโครงสร้างภายในของ Encoder ขนาด 6 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2). ใช้ **Transducer** ซึ่งตัว Transducer นี้ระดับน้ำที่วัดออกมาได้นั้นเป็นระดับแบบอนาล็อก เพราะฉะนั้นถ้ามีการใช้งาน Transducer จึงต้องใช้งานร่วมกับ A/D Converter เพื่อแปลงระดับแบบอนาล็อกที่วัดได้ให้เป็นระดับแบบดิจิตอล การทำงานของ Transducer คือเมื่อมีการหมุน Transducer มุมที่หมุนไปจะถูกแปลงออกมาเป็นค่าความต่างศักย์ เช่น ถ้าเราจ่ายค่า Vcc ขนาด 5 โวลต์ให้กับขาที่ 1 ของ Transducer และจ่ายค่า Ground 0 โวลต์ให้กับขาที่ 3 ของ Transducer เมื่อมีการหมุน Transducer ไป แล้วทำการวัดค่าความต่างศักย์ระหว่างขาที่ 2 กับขาที่ 3 ของ Transducer จะได้ค่าความต่างศักย์เปลี่ยนไปตามทิศทางการหมุนโดยค่าความต่างศักย์ที่เปลี่ยนไปนั้นจะมีค่าระหว่าง 0-5 v เป็นต้น ลักษณะของ Transducer แสดงได้ดังรูปที่ 3.6 หลังจาก Transducer วัดค่าระดับแบบอนาล็อกออกมาแล้ว นำไปแปลงเป็นสัญญาณแบบดิจิตอลโดยผ่านตัว A/D Converter ซึ่งจะทำให้ได้สัญญาณดิจิตอลแบบเลขฐานสองออกมา โดยจำนวนระดับของข้อมูลที่วัดออกมาได้นั้นจะมีค่าเปลี่ยนไปตามจำนวนบิตเอาท์พุทที่ใช้งาน เช่น ถ้าใช้งานบิตเอาท์พุทครบทั้ง 8 บิต ก็จะทำให้สามารถวัดระดับน้ำได้เท่ากับ 256 ระดับ เป็นต้น



รูปที่ 3.6 แสดงถึงลักษณะของ Transducer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ระบบการวัดระดับน้ำที่เลือกใช้

จากวิธีการต่าง ๆ ในการวัดระดับน้ำนั้น ในระบบนี้ได้ทำการติดตั้งระบบการวัดระดับน้ำแบบการเปลี่ยนการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งให้เป็นการเคลื่อนที่ในแนวรัศมีโดยใช้กลไกลูกลอยเป็นตัวไปหมุน Transducer

สาเหตุที่ได้ทำการติดตั้งระบบนี้เพราะเมื่อพิจารณาถึงปัญหาและข้อดีข้อเสียของวิธีการต่าง ๆ แล้ว พบว่าระบบนี้เป็นทางเลือกที่ดีที่สุด คือ

1. ในด้านความถูกต้อง ระบบนี้ความถูกต้องจะมีมากกว่าแบบใช้ Pressure Sensor เพราะระบบ Pressure Sensor นั้นจะใช้ได้ดีก็ต่อเมื่อเป็นการวัดระดับน้ำในระบบจริง ๆ ซึ่งมีระดับความลึกของน้ำค่อนข้างมาก ไม่ใช่กับระบบแบบจำลองที่สร้างขึ้นซึ่งระดับความลึกของน้ำน้อย

2. ในด้านราคา ระบบนี้มีราคาของวัสดุถูกกว่าแบบใช้ Pressure Sensor และ แบบใช้กลไกลูกลอยเป็นตัวไปหมุน Encoder มาก

3. ในด้านของจำนวนระดับที่เราต้องการวัด ระบบนี้สามารถวัดระดับได้จำนวนระดับมากกว่าแบบที่ใช้ Sensor แสง และ แบบที่ใช้ Cathode และ ระบบนี้สามารถวัดระดับได้เท่า ๆ กับแบบที่ใช้ Pressure Sensor แต่อาจจะน้อยกว่าแบบที่กลไกลูกลอยเป็นตัวไปหมุน Encoder ชนิดที่บิตใช้งานเกิน 8 บิต

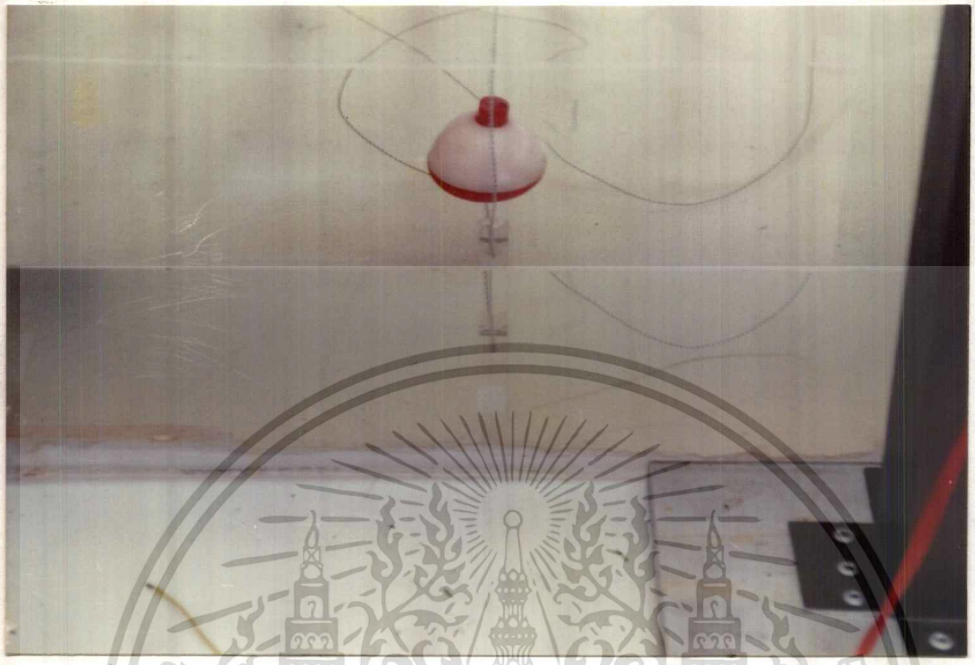
ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากสาเหตุต่าง ๆ ที่กล่าวมา จึงทำให้รู้ว่าระบบแบบใช้กลไกลูกลอยไปหมุนตัว Transducer เป็นระบบที่เหมาะสมที่สุดในการเลือกใช้

3.3 โครงสร้างของระบบวัดระดับน้ำ

หลังจากได้เลือกระบบวัดระดับน้ำแล้ว ก็ทำการสร้างระบบการวัดระดับน้ำจริง ๆ ติดเข้ากับ Model ที่ได้สร้างไว้ ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.7

โดยหลักการทำงานคือใช้ลูกลอยผูกเชือกคล้องผ่านรอกที่ติดไว้ที่ก้นของ Model แล้วนำไปคล้องผ่านกงล้อหมุนซึ่งได้ทำการสร้างขึ้นมา โดยขนาดของกงล้อนี้นั้น จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเท่ากับระดับความสูงของตัว Model เพื่อที่จะทำให้สามารถแปลงระดับความสูงทั้งหมดเป็นการหมุนเพียง 1 รอบ ซึ่งตัวกงล้อหมุนนี้จะมีเพลาเป็นแกนและมีแบริ่งรองรับปลายอีกด้านหนึ่งของเพลาเราก็ทำการต่อเข้ากับ Transducer แบบที่หมุนปรับค่าได้ ซึ่งในที่นี้คือ Volume นั่นเอง

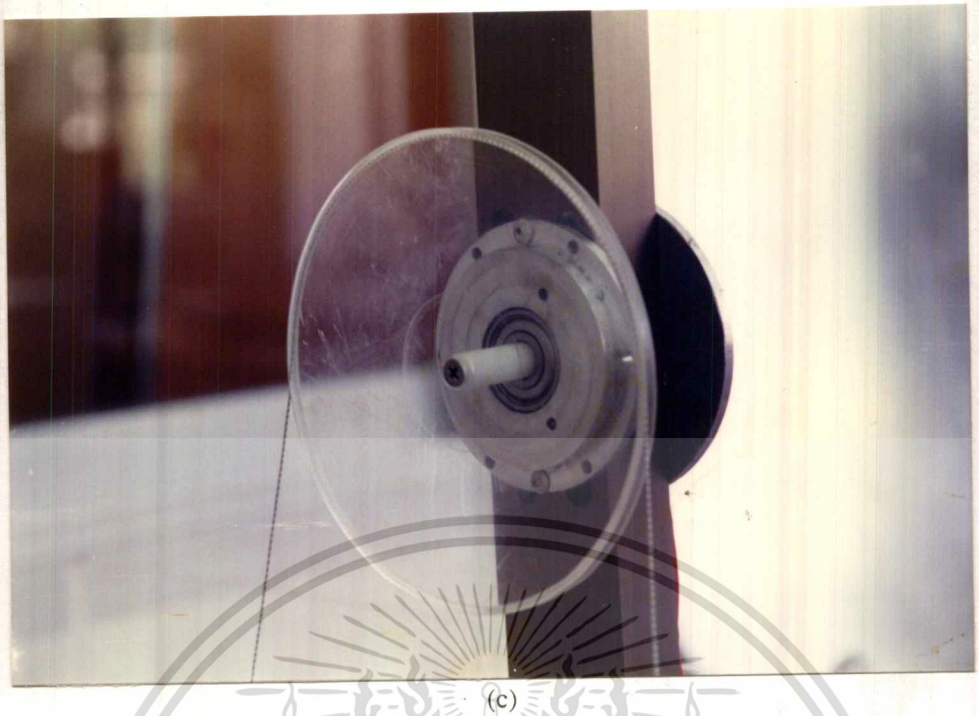
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)

(b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(c)

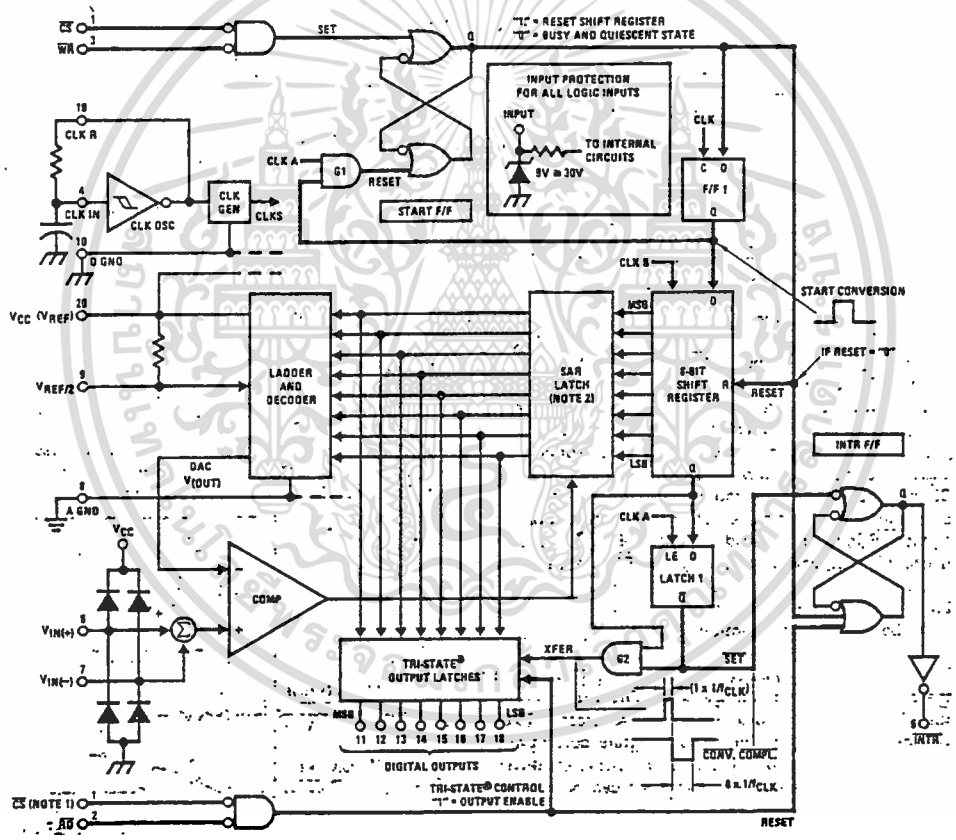
(d)

รูปที่ 3.7 (a),(b),(c)และ(d) แสดงระบบการวัดระดับน้ำที่ได้ทำการติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 A/D Converter

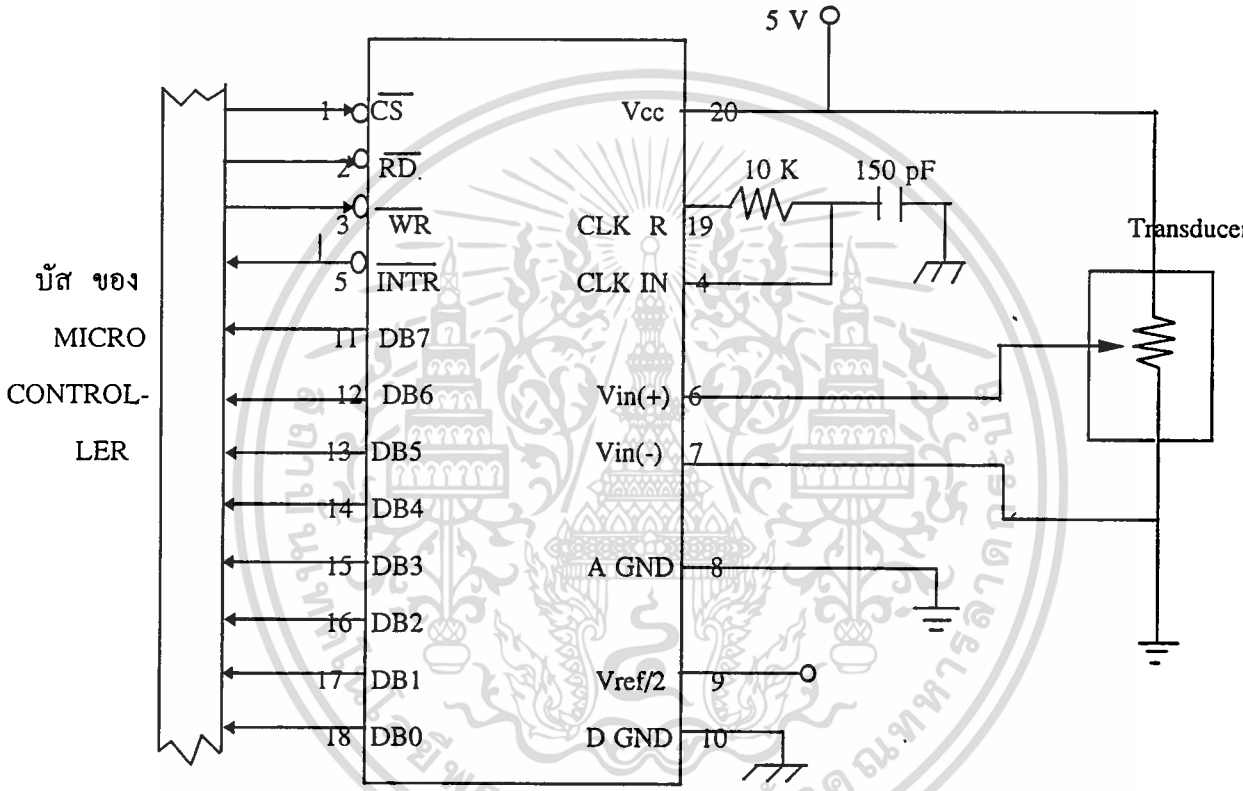
หลังจากที่ได้ค่าระดับจากระบบวัดระดับน้ำ ซึ่งเป็นค่าระดับแบบอนาล็อกแล้ว เราก็นำสัญญาณที่ได้มาต่อเข้ากับ A/D Converter เพื่อแปลงค่าระดับแบบอนาล็อกให้เป็นระดับแบบดิจิตอลขนาด 8 บิต ซึ่ง A/D Converter ที่ใช้นั้นเป็นผลิตภัณฑ์ของ National Semiconductor เบอร์ ADC0804 เป็นตัวไอซีขนาด 20 ขา โดยมีโครงสร้างภายในดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 Block Diagram แสดงโครงสร้างภายในของ A/D Converter ที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในการใช้งานตัว A/D Converter นี้จะต้องมีการต่อวงจรระหว่างตัว A/D Converter กับตัว Transducer และมีการต่อเอาท์พุทเข้า Microcontroller ซึ่งการต่อตัว A/D Converter นี้เข้ากับตัว Transducer และตัว Microcontroller แสดงได้ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงการต่อ A/D Converter เข้ากับ Transducer และ Microcontroller

จากรูปเราทำการต่อ A/D Converter เข้ากับ Transducer และ Microcontroller โดยจะได้ค่าเอาท์พุทออกมา 8 บิต คือ บิต DB0 - DB7 โดยที่เราจะต้องใส่อินพุทจาก Transducer เข้ามาที่ขา 6 และ 7 ตามลำดับ เราต้องจ่ายไฟ Vcc ขนาด 5 โวลต์เข้าที่ขา 20 ของตัวไอซี และขา GND ขาต่าง ๆ ต้องต่อถึงกันหมด ส่วนขา 9 (Vref/2) ก็ปล่อยลอยไว้ และต่อ 0 โวลต์เข้าที่ขา CS และ RD ซึ่งมีบาร์อยู่ข้างบนแสดงว่าขานี้เป็นขา Active Low สาเหตุที่ต่อ 0 โวลต์เข้าที่ขา 2 ขานี้ตลอดเวลาเพื่อที่จะให้ Microcontroller สามารถอ่านข้อมูลจาก A/D Converter ได้ตลอดเวลานั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เอ็มซีเอส-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีสมาชิกในตระกูลหลายเบอร์ด้วยกัน แต่ละเบอร์จะมีคุณสมบัติพิเศษบางอย่างแตกต่างกัน เช่น มีหน่วยความจำภายในสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลภายในชิปเพิ่มขึ้น มีวงจรเปลี่ยนค่าสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลในตัว สามารถรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้หลายชนิด ทำกระบวนการ DMA (Direct Memory Access) ได้ในตัว มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์เพิ่มขึ้น เป็นต้น

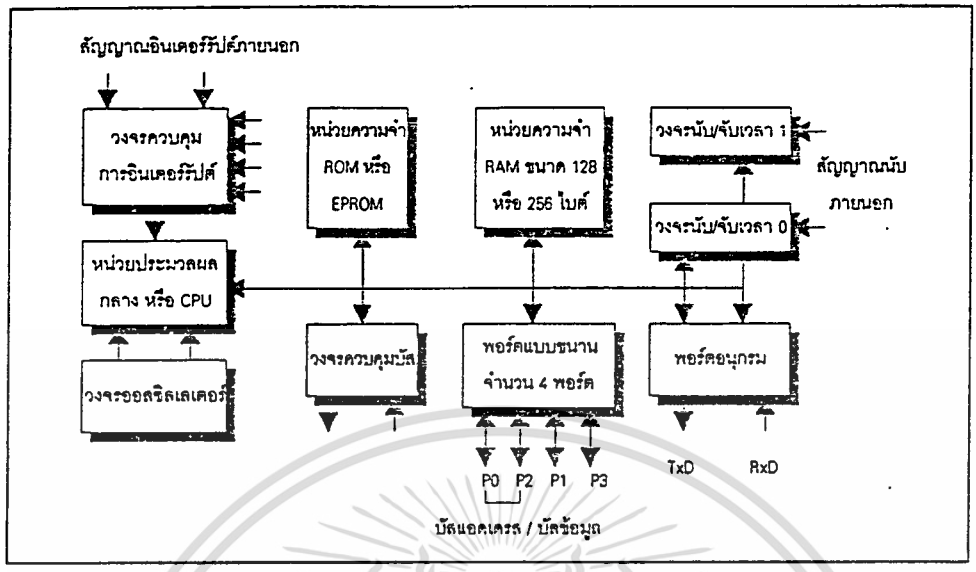
ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ที่นับได้ว่าเป็นเบอร์พื้นฐานสำหรับตระกูล MCS-51 นี้ได้แก่ เบอร์ 8051 , 8031 , 8751 โดยเบอร์ 8051 จัดเป็นสมาชิกตัวแรกในตระกูล ซึ่งมีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปเป็น ROM ขนาด 4 กิโลไบต์ และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายใน MCS-51 (RAM) เองจำนวน 128 ไบต์ มีพอร์ตขนาด 8 บิต 4 พอร์ต มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตรวม 2 ตัว รับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกได้ 2 ชนิด สามารถรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมผ่านทางพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม มีวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาควบคุมการทำงานในตัวเอง ส่วนเบอร์ 8751 จะมีคุณสมบัติเหมือนเบอร์ 8051 ทุกอย่าง ต่างกันเพียงชนิดของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปของเบอร์ 8751 จะเป็น EPROM แทนที่จะเป็น ROM ส่วนเบอร์ 8031 จะเหมือนกับเบอร์ 8051 ต่างกันเพียงในเบอร์ 8031 ไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปเท่านั้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์ใช้แรงดันไฟเพียง 5 โวลต์ในการทำงานส่วนกระแสไฟฟ้าที่ใช้จะแตกต่างกันไปตามชนิดของเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ที่มีตัวอักษร C อยู่ตรงกลางเบอร์ เช่น 80C31 , 80C51 จะเป็นเบอร์ของชิปที่ผลิตโดยอาศัยเทคโนโลยี CHMOS ซึ่งใช้พลังงานในการทำงานน้อยกว่าและสามารถควบคุมการใช้พลังงานของตัวชิปได้จากโปรแกรมเพื่อการประหยัดพลังงานในระบบ

4.1 คุณสมบัติพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ เอ็มซีเอส - 51

หน่วยการทำงานพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่าง ๆ ที่จัดอยู่ภายในตระกูล MCS-51 นี้ แสดงได้ดังแผนภาพรูปที่ 4.1 ซึ่งประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แผนภาพบล็อกแสดงหน่วยทำงานพื้นฐานของ MCS-51

-มีหน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต

-มีหน่วยประมวลผลสำหรับข้อมูลแบบบิต หรือแบบบูลีน (Boolean Processor)

-ความสามารถในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรม 64 กิโลไบต์

-ความสามารถในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลได้ 64 กิโลไบต์

-หน่วยความจำโปรแกรมภายในขนาด 4 กิโลไบต์ แบบ EPROM (เบอร์ 8751) หรือแบบ ROM (เบอร์ 8051)

-หน่วยความจำแบบแรมภายใน (INTERNAL RAM) จำนวน 128 ไบต์

-พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบขนานจำนวน 32 เส้น ซึ่งสามารถแยกทำงานได้อย่างอิสระ

-วงจรนับ/จับเวลาขนาด 16 บิต จำนวนสองวงจร

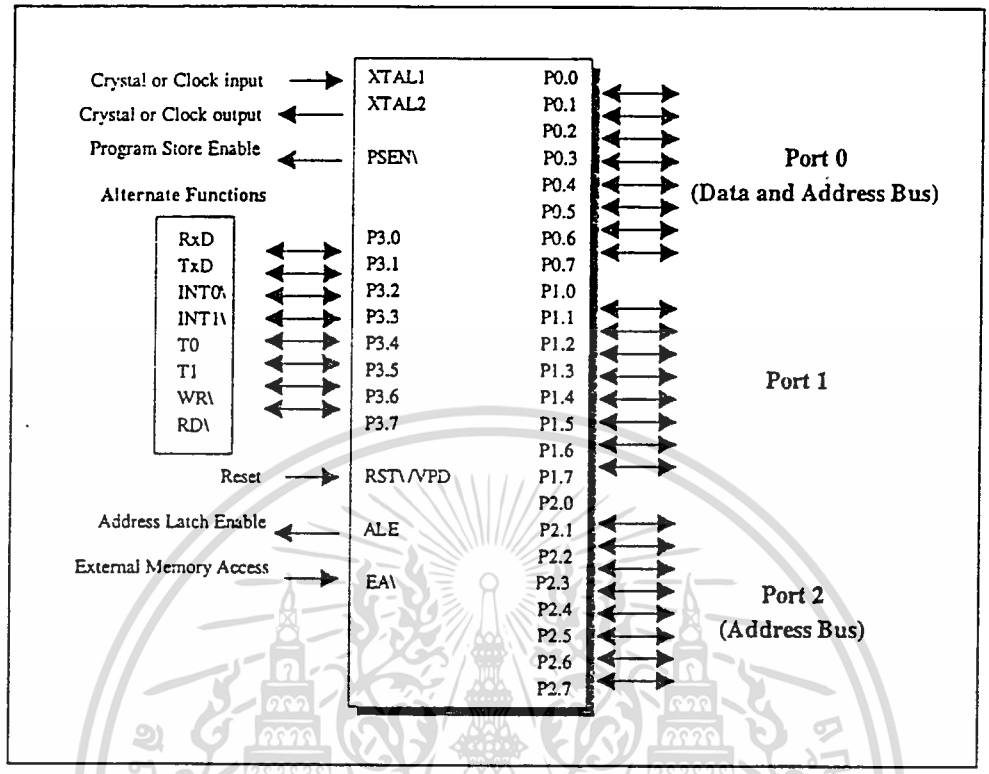
-วงจรสื่อสารแบบอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex)

-วงจรควบคุมการอินเตอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณ 6 ประเภท พร้อมการกำหนดลำดับความสำคัญได้สองระดับ

-วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน

โดยมากแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ มักจะมีรูปร่างของไอซีแบบ DIP ขนาด 40 ขา ดังรูปที่ 4.2

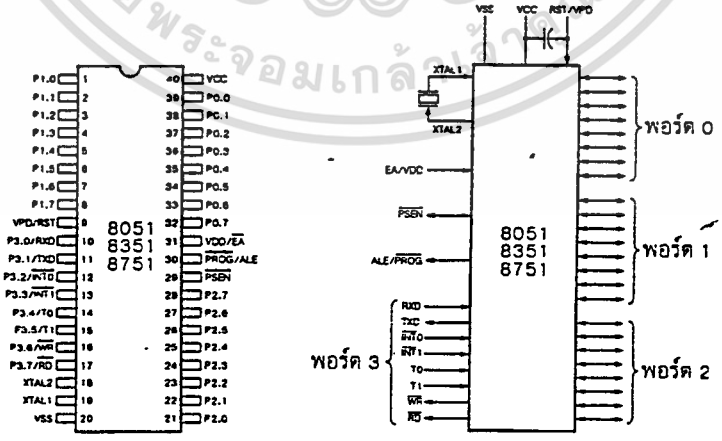
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 การกำหนดหน้าที่ขาสัญญาณของไอซี 8051

4.2 ตำแหน่งขาของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์จะมีตำแหน่งขาพื้นฐานที่เหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงตำแหน่งขาของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8051

หน้าที่การใช้งานแต่ละขาของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ขา Vss (ขา 20) สำหรับต่อลงกราวด์

-ขา Vcc (ขา 40) สำหรับต่อแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรงขนาด 5 โวลต์ (DC. 5 volt)

-ขาพอร์ต 0 (ขา 32-39) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 0 ขนาด 8 บิต (P0.0-P0.7)แบบ Open Drain Bidirectional พอร์ตนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปได้โดยหากใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในสถานะถูกปล่อยลอย (มีสถานะ high impedance) นอกจากใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตแล้ว พอร์ต 0 ยังใช้ในการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลภายนอกชิปด้วย โดยส่งค่าแอดเดรสบัสไบต์ต่ำ (A0-A7) และมัลติเพลกซ์กับการรับส่งข้อมูล (D0-D7) จากหน่วยความจำภายนอกในระหว่างการเขียนหรืออ่านข้อมูลโดยมีวงจรพูลอัพภายใน

-ขาพอร์ต 1 (ขา 1-8) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) สามารถใช้งานเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตทั่วไปได้ หากต้องการใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อให้มีสถานะ high impedance โดยมีวงจรพูลอัพภายใน

-ขาพอร์ต 2 (ขา 21-28) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 2 (P2.0-P2.7) ขนาด 8 บิต แบบ Open Drain Bidirectional พอร์ตนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปได้ โดยหากใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในสถานะ high impedance นอกจากจะใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปแล้ว พอร์ต 2 ยังใช้ในการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลภายนอกด้วย โดยใช้สำหรับส่งค่าแอดเดรสบัสไบต์สูง (A8-A15) และมีวงจรพูลอัพภายใน

-ขาพอร์ต 3 (ขา 10-17) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 3 (P3.0-P3.7) สามารถใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปได้ หากต้องการใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อให้มีสถานะ high impedance โดยใช้วงจรพูลอัพภายใน นอกจากนี้ยังใช้งานในหน้าที่พิเศษต่าง ๆ อีกหลายอย่างดังนี้

ขา P3.0 ใช้รับข้อมูลจากภายนอกแบบอนุกรม

ขา P3.1 ใช้ส่งข้อมูลออกไปภายนอกแบบอนุกรม

ขา P3.2 ใช้เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ชนิดที่ 0

ขา P3.3 ใช้เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ชนิดที่ 1

ขา P3.4 สัญญาณอินพุตให้เคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 0

ขา P3.5 สัญญาณอินพุตให้เคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 1

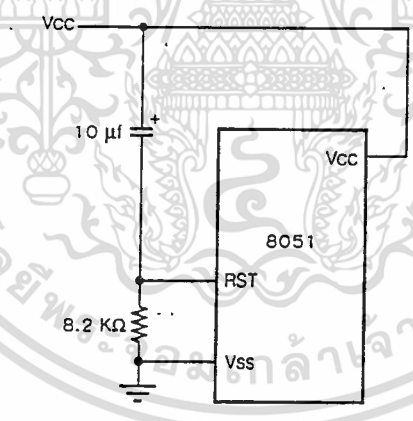
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา P3.6 ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป

ขา P3.7 ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป

การใช้งานพอร์ต 3 ในหน้าที่พิเศษดังกล่าวนี้จะต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตที่ต้องการใช้ก่อนทุกครั้ง

-ขา RST (ขา 9) ใช้สำหรับการรีเซตวงจรทุกอย่างภายในชิป เพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่ ก่ารรีเซตใช้เมื่อเริ่มจ่ายพลังงานหรือเมื่อโปรแกรมเกิดทำงานผิดพลาด เมื่อต้องการรีเซตชิป MCS-51 ขานี้ต้องมีสถานะ 1 เป็นเวลาอย่างน้อย 1 แมชชีนไซเกิลระหว่างที่ออสซิลเลเตอร์ยังทำงานอยู่ โดยต้องต่อตัวต้านทานค่า 8.2 กิโลโอห์มเพื่อทำหน้าที่พูลดาวน์ (รักษาค่าแรงดันไฟฟ้าให้มีสถานะเป็นกราวด์) และเพื่อให้ตัวชิปรีเซตเองเมื่อเริ่มจ่ายพลังงานให้ต่อตัวเก็บประจุขนาด 10 ไมโครฟารัดคร่อมระหว่างขา RST กับ Vcc ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงวงจรสำหรับรีเซตชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เมื่อเริ่มจ่ายพลังงานโดยอัตโนมัติ (power on reset)

-ขา ALE/PROG (ขา 30) เป็นขาสำหรับใช้ส่งสัญญาณออกไปภายนอกเพื่อควบคุมการแลตช์ค่าแอดเดรสไบต์ต่ำ (address latch enable) จากพอร์ต 0 ในระหว่างการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมหรือข้อมูลภายนอก ปกติเมื่อไม่มีการติดต่อหน่วยความจำภายนอกขานี้จะส่งสัญญาณพัลส์ออกมาด้วยความถี่ 1/8 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ตลอดเวลา ดังนั้นเรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถใช้ความถี่ที่ได้จากขานี้ไปใช้งานอย่างอื่นได้ แต่ความถี่ที่ขานี้จะลดลงครึ่งหนึ่งในระหว่างติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิป นอกจากนี้ขา ALE ยังใช้สำหรับควบคุมการเขียนโปรแกรมลงไปใน EPROM สำหรับ MCS-51 เบอร์ที่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปเป็น EPROM

-ขา PSEN (ขา 29) ใช้ส่งสัญญาณสโตรบเพื่ออ่านคำสั่งจากโปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกชิป (program strobe enable) เมื่อชิปทำงานด้วยโปรแกรมจากภายนอกขานี้จะส่งสัญญาณสโตรบสองครั้งในแต่ละแมชชีนไซเกิล แต่ในช่วงการเขียนหรืออ่านข้อมูลกับหน่วยความจำภายนอกหรือเมื่อใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปจะไม่มีสัญญาณออกมาจากขานี้

-ขา EA/Vpp (ขา 31) เป็นขาสำหรับใช้เลือกให้ MSC-51 ทำงานจากโปรแกรมที่อยู่ภายในหรือภายนอกชิป โดยหากขานี้มีสถานะเป็น 0 หมายถึงให้ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมภายนอก หากขานี้มีสถานะเป็น 1 หมายถึงบังคับให้ MCS-51 ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป และสำหรับ MCS-51 ที่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป สามารถเลือกให้ทำงานได้ทั้งจากโปรแกรมที่เก็บในหน่วยความจำภายในชิปหรือจากโปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกชิปด้วยการต่อขา EA กับไฟเลี้ยงหรือกราวด์ตามลำดับ ส่วนใน MCS-51 ที่ไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปให้ต่อขานี้ลงกราวด์เสมอ

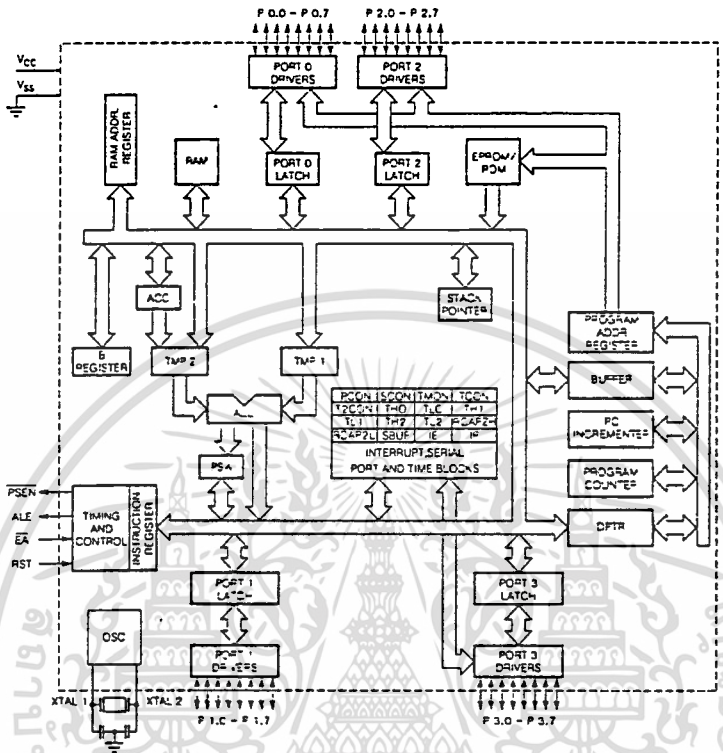
-ขา XTAL 1 (ขา 19) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์

-ขา XTAL 2 (ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นเอาต์พุตออกจากวงจรออสซิลเลเตอร์

4.3 โครงสร้างภายในของ MCS-51

โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แสดงได้ดังรูปที่ 4.5 ซึ่งจะเห็นว่าแต่ละบล็อกที่เป็น วงจรควบคุม รีจิสเตอร์ (Register) หรือหน่วยความจำภายใน จะถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกันผ่านทางเส้นสัญญาณที่เรียกว่าบัสข้อมูลภายใน รีจิสเตอร์และหน่วยความจำเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ระหว่างการประมวลผลคำสั่ง หน้าที่ของโปรแกรมที่ผู้ใช้สร้างขึ้นมาก็เป็นการควบคุมการรับหรือส่งข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์เหล่านี้ ซึ่งอาจจะมีการดำเนินการร่วมกับหน่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU: Arithmatic and Logic Unit) ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงโครงงานภายในของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

4.4 โครงสร้างหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์จะแบ่งหน่วยความจำออกเป็นสองส่วน คือ

-หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (program memory)

-หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (data memory)

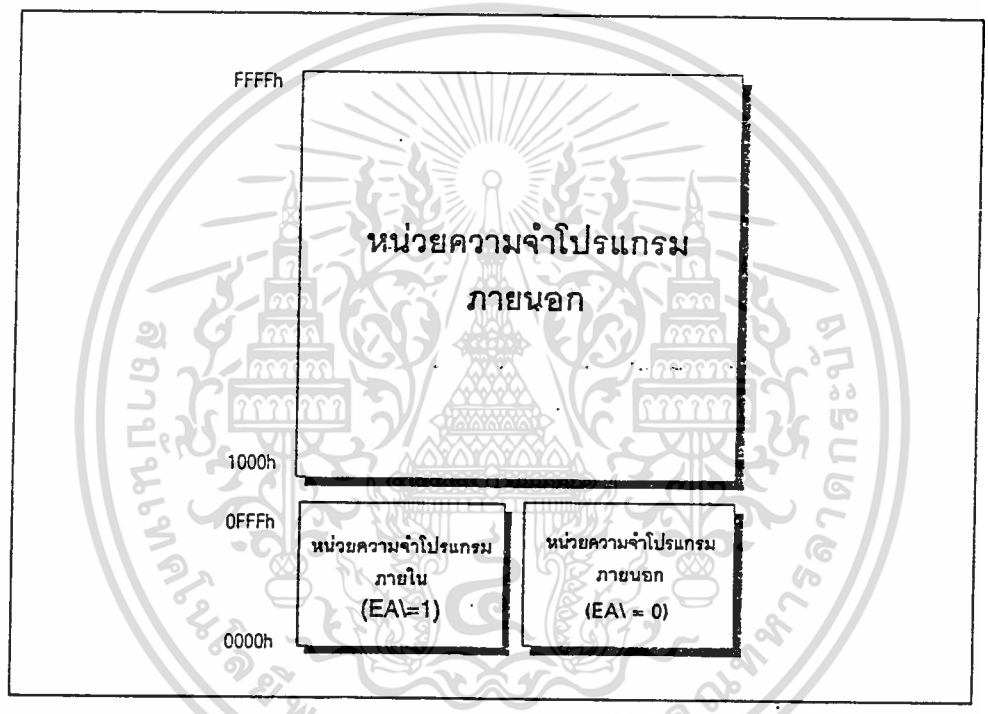
หน่วยความจำทั้งสองนี้ มีหน้าที่ที่แตกต่างกันไปจากกัน และใช้วิธีการอ้างแอดเดรสสัญญาณการติดต่อแยกออกจากกัน

4.4.1 หน่วยความจำโปรแกรม

MCS-51 สามารถอ่านข้อมูลหน่วยความจำโปรแกรมนี้ได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทของหน่วยความจำโปรแกรมเป็น 2 ลักษณะ ตามตำแหน่งของหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้น คือ หน่วยความจำโปรแกรมภายใน (Internal Program Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำแบบรอม หรือ อีพรอม ที่อยู่ภายในตัวไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เอง และหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (External Program Memory) ซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำมาทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำโปรแกรมของระบบ ดังแสดงในแผนภาพรูปที่ 4.6 โดยมีตำแหน่งหน่วยความจำเริ่มจาก 0000H ไปจนถึง 0FFFH



รูปที่ 4.6 แสดงการจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

4.3.1.1 หน่วยความจำโปรแกรมภายใน

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่าง ๆ ที่จัดอยู่ภายในตระกูล 8051 นี้ มีขนาดของหน่วยความจำโปรแกรมภายในแตกต่างกันออกไป เพื่อความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานในลักษณะต่าง ๆ กัน ดังนี้

8051 และ 8052 มีหน่วยความจำแบบ ROM ขนาด 4 และ 8 กิโลไบต์ ตามลำดับ ประกอบอยู่ภายในไอซี และมีความเหมาะสมกับการนำไปใช้ในวงจรทางอุตสาหกรรมที่มีจำนวนการผลิตมาก เนื่องจากจะมีผลทำให้ต้นทุนค่าใช้จ่ายการผลิตต่อหน่วยลดลงได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8751 มีหน่วยความจำแบบ EPROM ขนาด 4 กิโลไบต์อยู่ภายในไอซี ข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ภายในนี้สามารถใช้แสงอัลตราไวโอเลตลบ และนำกลับไปบรรจุโปรแกรมใหม่ได้อีกครั้งหนึ่ง ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นี้เหมาะสมกับงานด้านอุตสาหกรรมที่มีจำนวนการผลิตคราวละไม่มากนัก หรืออาจจะเป็นงานประเภทต้นแบบภายในห้องปฏิบัติการ เป็นต้น

8031 และ 8032 ไม่มีหน่วยความจำโปรแกรมอยู่ภายในตัวไอซีเลย ดังนั้นในการนำไปใช้งานจึงจำเป็นต้องอาศัยหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเสมอ ซึ่งการใช้งานลักษณะนี้จะมีผลทำให้ต้องเสียความสามารถบางประการ เกี่ยวกับพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ ไปเนื่องจากต้องนำไปใช้เป็นสัญญาณควบคุม เกี่ยวกับการจัดการติดต่อหน่วยความจำภายนอกแทน

4.4.1.2 หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

หน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเป็นการใช้หน่วยความจำ EPROM (หรือ ROM) เชื่อมต่อเข้ากับระบบของ 8051 โดยอาจจะมีสาเหตุได้หลายประการ เช่น เป็นการทดลองทำระบบต้นแบบจำนวนน้อย หรืออาจต้องการลดต้นทุนการผลิต เพราะราคาของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบที่ไม่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในราคาจะต่ำกว่าแบบที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในมาก เป็นต้น ในบางครั้งอาจจะมีสาเหตุจากความจำเป็นอื่น ที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ เช่น การที่หน่วยความจำภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์มีขนาดความจุที่ไม่เพียงพอกับการเก็บโปรแกรม หรืออาจจะเป็นว่าการที่ใช้ไอซีหน่วยความจำจะทำให้สามารถจัดหาเครื่องมือ (Tools) ช่วยในการพัฒนาระบบที่ใช้งานกันโดยแพร่หลายและราคาถูกได้ ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการพัฒนาระบบลงได้มาก เป็นต้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่าง ๆ ของตระกูล 8051 นี้ สามารถขยายให้ใช้งานหน่วยความจำภายนอกได้ทั้งสิ้น โดยกรณีที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในอยู่แล้ว การอ้างตำแหน่งแอดเดรสที่มีทั้งในหน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอกนั้น จะต้องทำการพิจารณาระดับลอจิกของสัญญาณ EA ในขณะนั้นด้วย

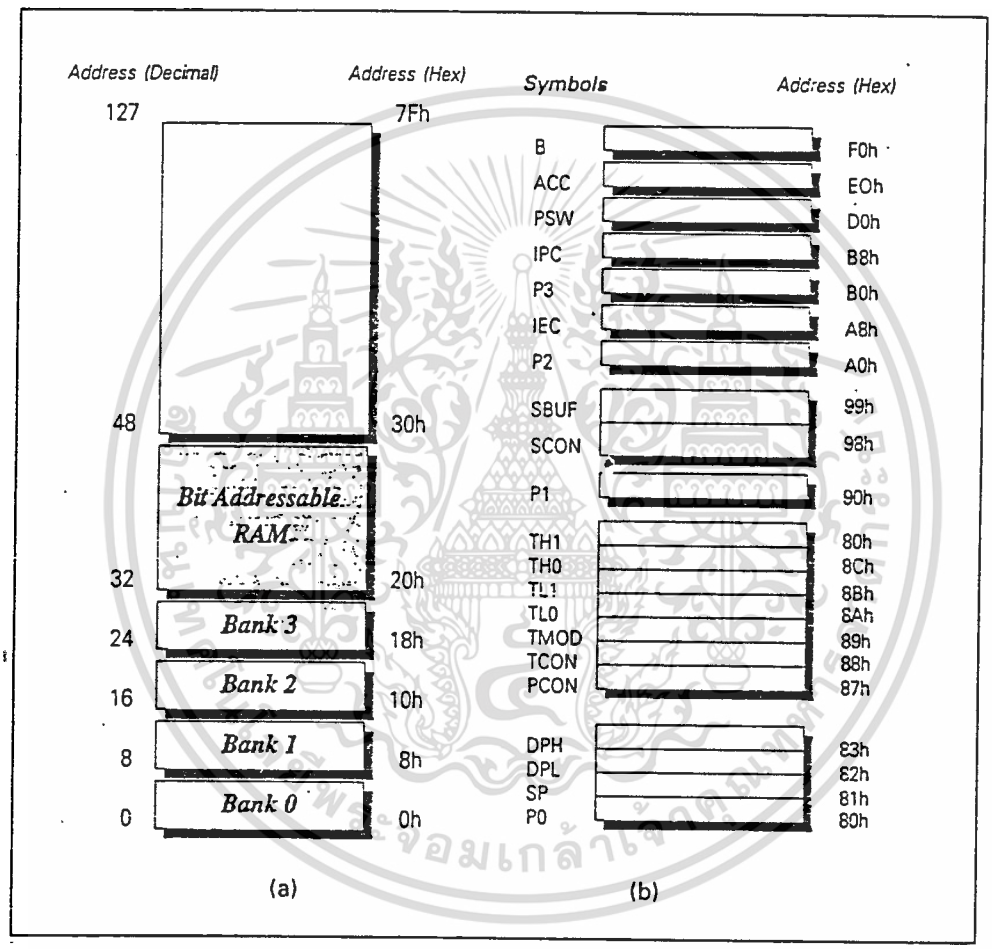
4.4.2 หน่วยความจำข้อมูล

หน่วยความจำข้อมูลภายในของ 8051 มีจำนวนทั้งหมด 256 ไบต์ โดยจำแนกออกได้เป็นสองลักษณะ คือ พื้นที่เฉพาะสำหรับตัวประมวลผลกลาง (หรือซีพียู) ใช้งานเท่านั้น ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรามักจะเรียกกันในอีกชื่อหนึ่งว่า รีจิสเตอร์ และพื้นที่ใช้งานทั่วไปสำหรับโปรแกรมใช้งานที่ผู้ใช้สร้างขึ้นมา

จากรูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นถึงการจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในของ 8051 ซึ่งจำแนกออกเป็นสองส่วน ดังนี้



รูปที่ 4.7 การจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลภายใน (a) ช่วงตั้งแต่แอดเดรส 00-7FH และ (b) ช่วงแอดเดรส 80-FFH ซึ่งกำหนดให้เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ใช้งานพิเศษ (Special-function registers)

4.3.2.1 หน่วยความจำขนาด 128 ไบต์แรก

บริเวณนี้จะมีตำแหน่งแอดเดรสอยู่ในช่วง 00H - 7FH ซึ่งยังได้มีการจำแนกย่อยออกไปอีกเป็นสามส่วนตามประเภทของการใช้งาน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณแอดเดรส 00H - 1FH จำนวน 32 ไบต์ จำแนกออกเป็นกลุ่ม (หรือ แบงก์ (Bank)) ข้อมูลจำนวน 8 ไบต์ รวมทั้งหมดสี่กลุ่ม พื้นที่ข้อมูลในแต่ละกลุ่มจะถูกใช้งานในฐานะของรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป ซึ่งมีชื่อเรียกว่า รีจิสเตอร์ R0 - R7 ดังตารางต่อไปนี้

แอดเดรส	รีจิสเตอร์แบงก์	ชื่อรีจิสเตอร์ใช้งาน
00H - 07H	0	R0 - R7
08H - 0FH	1	R0 - R7
10H - 17H	2	R0 - R7
18H - 1FH	3	R0 - R7

จะเห็นได้ว่าชื่อของรีจิสเตอร์ไม่ว่าจะอยู่ในรีจิสเตอร์แบงก์ใด ก็จะมีชื่อ R0 ถึง R7 เหมือนกันทั้งสิ้น (ดูรูปที่ 4.7) ดังนั้นในการใช้งานผู้ใช้จะต้องให้ความระมัดระวังว่าต้องการรีจิสเตอร์นั้น ๆ จากแบงก์ใด การสวิตซ์เลือกแต่ละกลุ่มของรีจิสเตอร์นี้ก็ทำได้ง่าย เพียงการกำหนดค่าของบิตที่อยู่ภายในรีจิสเตอร์ PSW เท่านั้นตามตารางต่อไปนี้

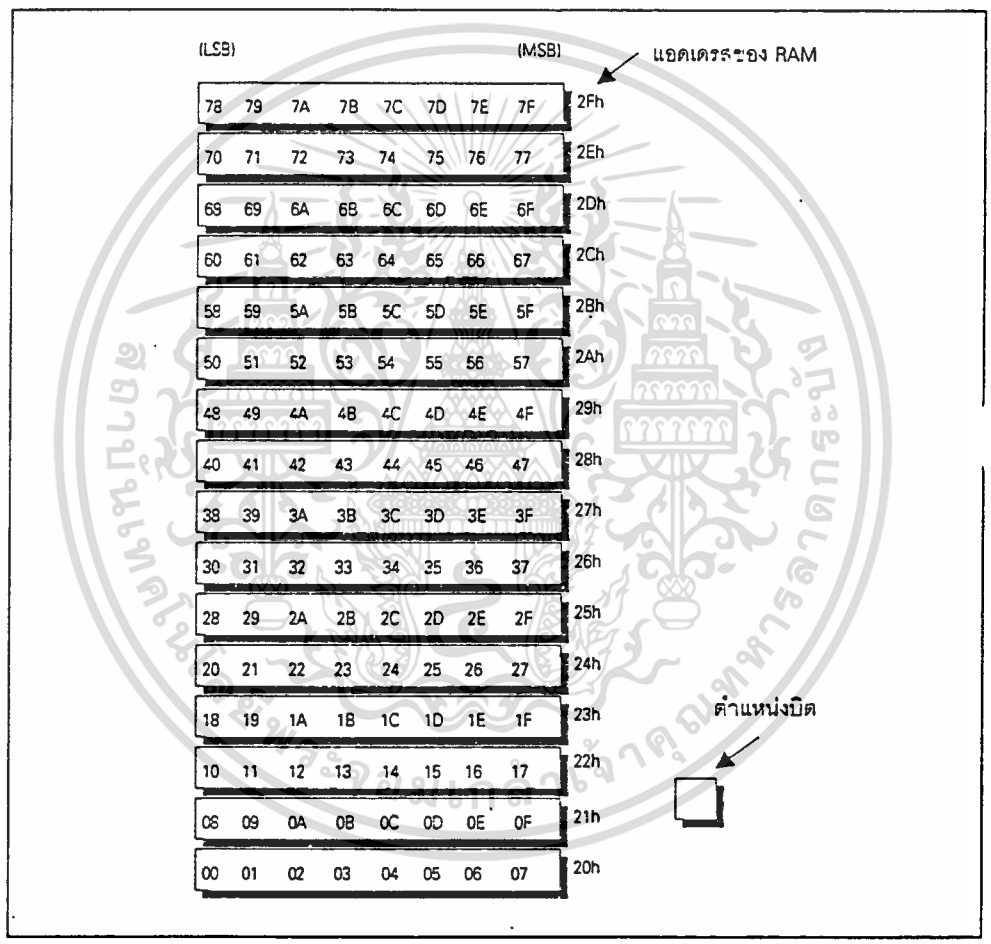
รีจิสเตอร์	บิต RS0	บิต RS1	ตำแหน่งหน่วยความจำ
แบงก์ 0	0	0	0000H
แบงก์ 1	0	1	0008H
แบงก์ 2	1	0	0010H
แบงก์ 3	1	1	0018H

อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปก็มักจะมีการใช้งานรีจิสเตอร์ R0 - R7 เฉพาะในแบงก์ 0 เท่านั้น ดังนั้นพื้นที่ของแบงก์อื่น ๆ ที่เหลือก็สามารถนำมาใช้ในลักษณะของหน่วยความจำข้อมูลภายในปกติด้วยการอ้างถึงหมายเลขของแอดเดรสนั้น ๆ โดยตรง

บริเวณแอดเดรส 20H - 2FH จำนวน 16 ไบต์ บริเวณพื้นที่เป็นส่วนสำหรับผู้ใช้ซึ่งจะมีความพิเศษต่างไปจากหน่วยความจำส่วนอื่น ๆ เนื่องจากผู้ใช้อาจสามารถอ้างถึงหน่วยความจำบริเวณนี้ได้ทั้งลักษณะของ ไบต์ข้อมูล เช่นปกติ หรืออาจจะเป็น บิตข้อมูล ได้โดยตรง ดัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นหากว่ามองในลักษณะบิตข้อมูลแล้ว ก็จะมีพื้นที่ตัวแปรแบบบิตให้ใช้งานได้มากถึง 128 บิต โดยตำแหน่งแรกของบิตจะเป็นบิตซึ่งเริ่มต้นนับจากบิตนัยสำคัญต่ำสุด (LSB) ของแอดเดรส 20H เรื่อยไปจนกระทั่งถึงบิตที่ 127 ซึ่งเป็นบิตนัยสำคัญสูงสุด (MSB) ของแอดเดรส 2FH ดูรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 หน่วยความจำข้อมูลภายในบริเวณที่อ้างถึงได้แบบบิต

บริเวณแอดเดรส 30H - 7FH เป็นบริเวณที่สามารถนำไปใช้งานได้อย่างอิสระ โดยสามารถอ้างถึงได้เฉพาะในลักษณะของไบต์ข้อมูลตามปกติเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.2 หน่วยความจำขนาด 128 ไบต์ถัดไป

พื้นที่ตั้งแต่บริเวณแอดเดรส 80H - FFH เป็นบริเวณของหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในซึ่งมีใน MCS-51 บางเบอร์เท่านั้น โดยจะนำมาใช้เป็นตำแหน่งของรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (Special Function Register หรือ SFR) จำนวน 20 ตำแหน่งดังแสดงเป็นแผนภาพในรูปที่ 4.9 โดยรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (SFR) เป็นรีจิสเตอร์สำหรับการควบคุมหน้าที่และการทำงานของอุปกรณ์หรือพอร์ตของ MCS-51 ทั้งหมด การใช้งานรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้สามารถทำได้ทั้งการระบุถึงชื่อของรีจิสเตอร์หรือตำแหน่งแอดเดรสที่เป็นของรีจิสเตอร์นั้นก็ได้

ชื่อรีจิสเตอร์	คำจำกัดความ	ความสามารถการอ้างถึงแบบบิต
ACC	Accumulator	ได้
B	B register	ได้
PSW	Program Status Word	ได้
SP	Stack Pointer	ได้
DPTR	Data pointer (DPH & DPL)	ได้
P0	Port 0	ได้
P1	Port 1	ได้
P2	Port 2	ได้
P3	Port 3	ได้
IP	Interrupt Priority	ได้
IE	Interrupt Enable	ได้
TMOD	Timer / counter mode	ไม่ได้
TCON	Timer / counter control	ได้
TH0	Timer / counter 0 (high)	ไม่ได้
TL0	Timer / counter 0 (low)	ไม่ได้
TH1	Timer / counter 1 (high)	ไม่ได้
TL1	Timer / counter 1 (low)	ไม่ได้
SCON	Serial control	ไม่ได้
SBUF	Serial data buffer	ไม่ได้
PCON	Power control	ไม่ได้

รูปที่ 4.9 รีจิสเตอร์ใช้งานพิเศษ (Special Function Register หรือ SFR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีรีจิสเตอร์พิเศษที่สามารถใช้งานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์อย่างใดอย่างหนึ่งอยู่ 2 ตัว แต่ละตัวมีขนาด 16 บิตมีชื่อเรียกว่าไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1 ตามลำดับ รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์ 0 ประกอบจากรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TL0 และ TH0 ส่วนที่ใช้เป็นไทม์เมอร์ 1 ประกอบจากรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TL1 และ TH1 โดยการใช้ไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1 จะต้องเกี่ยวข้องกับรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ 2 ตัว คือ TMOD (Timer/Counter Mode Control Register) และ TCON (Timer/Counter Control Register)

การเลือกใช้ไทม์เมอร์ ค่าในรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์จะถูกเพิ่มค่าทุก ๆ แมชชีนไซเกิล นั่นคือเป็นรีจิสเตอร์ที่นับจำนวนแมชชีนไซเกิลนั่นเอง

การเลือกใช้เคาน์เตอร์ ค่าในรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นเคาน์เตอร์ที่ถูกเลือกใช้งานจะถูกเพิ่มค่าทีละหนึ่งเมื่อมีการเปลี่ยนสถานะซึ่งตรวจจับได้ที่ขา T0 หรือ T1 ขึ้นกับรีจิสเตอร์ที่ถูกเลือกใช้งานในขณะนั้น

ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ สามารถโปรแกรมให้มันทำงานได้ต่างกันถึง 4 โหมด โดยการตั้งค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ซึ่งการทำงานแต่ละโหมดจะเป็นดังนี้

โหมด 0 โดยรีจิสเตอร์ตัวนับจะถูกกำหนดให้มี 13 บิต ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ TH1 8 บิต และ TL1 อีก 5 บิตอันดับต่ำ

โหมด 1 การทำงานจะเหมือนกับโหมด 0 ทุกอย่าง ยกเว้นรีจิสเตอร์ตัวนับจะเป็น 16 บิต

โหมด 2 จะใช้รีจิสเตอร์ TL1 เป็นตัวนับเพียงตัวเดียวและเมื่อ TL1 นับจนเป็น "1" หมดทุกบิต ก็จะมีการโหลดค่าจากรีจิสเตอร์ TH1 เข้าไปไว้ใน TL1 โดยอัตโนมัติและทำการทดแฟลกอินเตอร์รัพต์ TF1 ให้เป็น "1" ค่าใน TH1 นี้ เราสามารถตั้งค่าได้โดยซอฟต์แวร์

โหมด 3 เป็นการเพิ่มตัวจับเวลาขึ้นอีก 1 ตัวแต่จะเป็นขนาด 8 บิต ทั้งคู่ ซึ่งลักษณะการทำงานอื่น ๆ จะเหมือนกับโหมด 0

สำหรับรายละเอียดบิตควบคุมในรีจิสเตอร์ TMOD และรีจิสเตอร์ TCON แสดงได้ดังรูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.11 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อบิต: TMOD ตำแหน่ง: 89h ค่าบิตเริ่มต้น: 0000 0000

GATE1	C/T1	M1	M0	GATE0	C/T0	M1	M0

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
GATE1	TMOD.7	บิตควบคุม GATE สำหรับ Timer 1
C/T1	TMOD.6	บิตกำหนดการทำงานแบบตัวนับหรือจับเวลาของ Timer 1 โดยถ้าเป็นค่า 0 จะทำหน้าที่เป็นตัวจับเวลา
M1	TMOD.5	บิตบนสำหรับการกำหนดโหมดทำงานของ Timer 1
M0	TMOD.4	บิตล่างสำหรับการกำหนดโหมดทำงานของ Timer 1
GATE0	TMOD.3	บิตควบคุม GATE สำหรับ Timer 0
C/T0	TMOD.2	บิตกำหนดการทำงานแบบตัวนับหรือจับเวลาของ Timer 0 หากเป็นค่า 0 จะทำหน้าที่เป็นตัวจับเวลา
M1	TMOD.1	บิตบนสำหรับการกำหนดโหมดทำงานของ Timer 0
M0	TMOD.0	บิตล่างสำหรับการกำหนดโหมดทำงานของ Timer 0

รูปที่ 4.10 บิตต่าง ๆ ภายในรีจิสเตอร์ TMOD (Timer/Counter Mode Control)

ชื่อบิต: TCON ตำแหน่ง: 88h ค่าบิตเริ่มต้น: 0000 0000

TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
TF1	TCON.7	แฟล็กแสดงการอินเตอร์รัปต์ของ Timer 1
TR1	TCON.6	บิตเลือกประเภทสัญญาณอินเตอร์รัปต์ Timer 1
TF0	TCON.5	แฟล็กแสดงการอินเตอร์รัปต์ของ Timer 0
TR0	TCON.4	บิตเลือกประเภทสัญญาณอินเตอร์รัปต์ Timer 0
IE1	TCON.3	แฟล็กแสดงการอินเตอร์รัปต์ของ INT1
IT1	TCON.2	บิตเลือกประเภทสัญญาณอินเตอร์รัปต์ INT1
IE0	TCON.1	แฟล็กแสดงการอินเตอร์รัปต์ของ INT0
IT0	TCON.0	บิตเลือกประเภทสัญญาณอินเตอร์รัปต์ INT0

รูปที่ 4.11 บิตต่าง ๆ ภายในรีจิสเตอร์ TCON (Timer/Counter Control)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ชุดคำสั่งในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

คำสั่งทั้งหมดสามารถแยกเป็นประเภทตามลักษณะการทำงานได้ดังนี้

-กลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์ (Arithmatic Instructions) เป็นกลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์ทั้งหมดซึ่งประกอบด้วยการ บวก ลบ คูณ หาร รวมทั้งคำสั่งในการเพิ่มค่าข้อมูลในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิป โดยมีวิธีการเข้าถึงข้อมูลที่จะมาดำเนินการได้หลายวิธีดังแสดงในตาราง 4.1

รหัสนีโมนิก	การทำงาน	แอดเดรสโหมด				เวลาปฏิบัติการ (ไมโครวินาที)
		Dir	Ind	Reg	Imm	
ADD A,<byte>	A = A + <byte>	✓	✓	✓	✓	1
ADDC A,<byte>	A = A + <byte> + C	✓	✓	✓	✓	1
SUBB A,<byte>	A = A − <byte> − C	✓	✓	✓	✓	1
INC A	A = A + 1	Accumulator only				1
INC <byte>	<byte> = <byte> + 1	✓	✓	✓		1
INC DPTR	DPTR = DPTR + 1	Data Pointer only				2
DEC A	A = A − 1	Accumulator only				1
DEC <byte>	<byte> = <byte> − 1	✓	✓	✓		1
MUL AB	B:A = B×A	ACC and B only				4
DIV AB	A = Int [A/B] B = Mod [A/B]	ACC and B only				4
DA A	Decimal Adjust	Accumulator only				1

ตารางที่ 4.1 แสดงกลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์ของ MCS-51

-กลุ่มคำสั่งทางตรรกศาสตร์ (Logical Instructions) ประกอบด้วยคำสั่งทางตรรกศาสตร์ เช่น AND , OR , Exclusive-OR , Complement รวมทั้งคำสั่งสำหรับเลื่อนบิตข้อมูลไปทางซ้ายหรือขวาโดยผ่านบิต carry flag หรือไม่ก็ได้ นอกจากนี้ยังมีคำสั่งพิเศษที่ใช้ในการสลับที่ข้อมูล 4 บิตบนและ 4 บิต ล่าง (swap) ดังแสดงในตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสนีโมนิก	การทำงาน	แอดเดรสโหมด				เวลาปฏิบัติการ (ไมโครวินาที)
		Dir	Ind	Reg	Imm	
ANL A,<byte>	A = A .AND. <byte>	✓	✓	✓	✓	1
ANL <byte>,A	<byte> = <byte> .AND. A	✓				1
ANL <byte>,#data	<byte> = <byte> .AND. #data	✓				2
ORL A,<byte>	A = A .OR. <byte>	✓	✓	✓	✓	1
ORL <byte>,A	<byte> = <byte> .OR. A	✓				1
ORL <byte>,#data	<byte> = <byte> .OR. #data	✓				2
XRL A,<byte>	A = A .XOR. <byte>	✓	✓	✓	✓	1
XRL <byte>,A	<byte> = <byte> .XOR. A	✓				1
XRL <byte>,#data	<byte> = <byte> .XOR. #data	✓				2
CRL A	A = 00H	Accumulator only				1
CPL A	A = .NOT. A	Accumulator only				1
RL A	Rotate ACC Left 1 bit	Accumulator only				1
RLC A	Rotate Left through Carry	Accumulator only				1
RR A	Rotate ACC Right 1 bit	Accumulator only				1
RRC A	Rotate Right through Carry	Accumulator only				1
SWAP A	Swap Nibbles in A	Accumulator only				1

ตารางที่ 4.2 แสดงกลุ่มคำสั่งทางตรรกศาสตร์ของ MCS-51

-กลุ่มคำสั่งเคลื่อนย้ายข้อมูล (Data Transfer Instructions) เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับการเคลื่อนย้ายข้อมูลเพื่อใช้ในการนำข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลไปเก็บยังหน่วยความจำบริเวณใดบริเวณหนึ่ง หรือเพื่อย้ายข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์เพื่อประมวลผล เนื่องจากคำสั่งบางคำสั่งจำเป็นต้องทำงานที่รีจิสเตอร์เฉพาะตัวเท่านั้น เช่น คำสั่งในการคูณหรือหารที่ต้องทำงานกับรีจิสเตอร์ A , B เท่านั้น คำสั่งในกลุ่มนี้ยังแบ่งออกเป็นกลุ่มคำสั่งย่อย ๆ ดังนี้

1 กลุ่มคำสั่งสำหรับเคลื่อนย้ายข้อมูลในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป

2 กลุ่มคำสั่งสำหรับเคลื่อนย้ายข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 กลุ่มคำสั่งสำหรับเคลื่อนย้ายข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมทั้งภายในและภายนอกชิป

กลุ่มคำสั่งเคลื่อนย้ายข้อมูลทั้งสามกลุ่มมีดังแสดงในตารางที่ 4.3 , 4.4 และ 4.5

รหัสนีโมนิก	การทำงาน	แอดเดรสโหมด				เวลาปฏิบัติการ (ไมโครวินาที)
		Dir	Ind	Reg	Imm	
MOV A,<src>	A = <src>	✓	✓	✓	✓	1
MOV <dest>,A	<dest> = A	✓	✓	✓		1
MOV <dest>, <src>	<dest> = <src>	✓	✓	✓	✓	2
MOV DPTR, #data16	DPTR = 16-bit immediate constant				✓	2
PUSH <src>	INC SP : MOV "@SP",<src>	✓				2
POP <dest>	MOV <dest>, "@SP" : DEC SP	✓				2
XCH A,<byte>	ACC and <byte> exchange data	✓	✓	✓		1
XCHD A,@Ri	ACC and @Ri exchange low nibbles		✓			1

ตารางที่ 4.3 แสดงกลุ่มคำสั่งเคลื่อนย้ายข้อมูลใน MCS-51

ขนาดแอดเดรส	รหัสนีโมนิก	การทำงาน	เวลาปฏิบัติการ (ไมโครวินาที)
8 บิต	MOVX A,@Ri	Read external RAM @Ri	2
8 บิต	MOVX @Ri,A	Write external RAM @Ri	2
16 บิต	MOVX A,@DPTR	Read external RAM @DPTR	2
16 บิต	MOVX @DPTR,A	Write external RAM @DPTR	2

ตารางที่ 4.4 แสดงกลุ่มคำสั่งเคลื่อนย้ายข้อมูลใน MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสนีโมนิก	การทำงาน	เวลาปฏิบัติการ (ไมโครวินาที)
MOVC A,@A+DPTR	Read Pgm Memory at (A+DPTR)	2
MOVC A,@A+PC	Read Pgm Memory at (A+PC)	2

ตารางที่ 4.5 แสดงกลุ่มคำสั่งเคลื่อนย้ายข้อมูลใน MCS-51

-กลุ่มคำสั่งในการควบคุมลำดับการทำงานของโปรแกรม (Program Control Instructions) เป็นคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมลำดับการทำงานของโปรแกรม ในกลุ่มคำสั่งนี้ยังแบ่งออกเป็นคำสั่งที่ควบคุมลำดับการทำงานของโปรแกรมโดยมีเงื่อนไขและไม่มีเงื่อนไข ทำให้การเขียนโปรแกรมสะดวกมากขึ้น คำสั่งในกลุ่มนี้ทั้งสองประเภทมีดังแสดงในตารางที่ 4.6 และ4.7

รหัสนีโมนิก	การทำงาน	เวลาปฏิบัติการ (ไมโครวินาที)
JMP addr	Jump to addr	2
JMP @A+DPTR	Jump to A+DPTR	2
CALL addr	Call subroutine at addr	2
RET	Return from subroutine	2
RETI	Return from interrupt	2
NOP	No operation	1

ตารางที่ 4.6 แสดงกลุ่มคำสั่งควบคุมลำดับการทำงานของโปรแกรมใน MCS-51

รหัสนีโมนิก	การทำงาน	แอดเดรสโหมด				เวลาปฏิบัติการ (ไมโครวินาที)
		Dir	Ind	Reg	Imm	
JZ rel	Jump if A = 0	Accumulator only				2
JNZ rel	Jump if A ≠ 0	Accumulator only				2
DJNZ <byte>, rel	Decrement and jump if not zero	✓		✓		2
CJNE A, <byte>, rel	Jump if A ≠ <byte>	✓			✓	2
CJNE <byte>, #data, rel	Jump if <byte> ≠ , data		✓	✓		2

ตารางที่ 4.7 แสดงกลุ่มคำสั่งควบคุมลำดับการทำงานของโปรแกรมใน MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-กลุ่มคำสั่งสำหรับการประมวลผลแบบบูลีน (Boolean Instructions) MCS-51 มีความสามารถพิเศษในการประมวลผลแบบบูลีนซึ่งไม่มีในไมโครโปรเซสเซอร์ชนิดอื่น การประมวลผลแบบนี้มีไว้สำหรับงานทางด้านควบคุมโดยเฉพาะ จึงทำให้ MCS-51 เหมาะสมสำหรับที่จะนำไปใช้ควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี โดยการประมวลผลแบบบูลีนจะเป็นการประมวลผลด้วยข้อมูลขนาด 1 บิต สำหรับประมวลผลซึ่งสามารถอ้างตำแหน่งได้โดยตรง ซึ่งหน่วยความจำนี้จะอยู่ในบริเวณเดียวกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปและที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะบางตัว โดยการประมวลผลแบบนี้จะประกอบด้วย

-เซตบิต

-เคลียร์บิต

-กระทำคำสั่งทางตรรกศาสตร์ระหว่างหน่วยความจำกับบิต carry flag

-ตรวจสอบสถานะบิตและข้ามไปทำงานในส่วนอื่นของโปรแกรมขึ้นกับสถานะของบิต

-เคลื่อนย้ายข้อมูลระหว่าง carry flag กับหน่วยความจำ

คำสั่งทั้งหมดในกลุ่มคำสั่งประมวลผลแบบบูลีนมีดังแสดงในตารางที่ 4.8

รหัสนีโมนิก		การทำงาน	เวลาปฏิบัติการ (ไมโครวินาที)
ANL	C,bit	C = C.AND.bit	2
ANL	C,/bit	C = C.AND..NOT.bit	2
ORL	C,bit	C = C.OR.bit	2
ORL	C,/bit	C = C.OR..NOT.bit	2
MOV	C,bit	C = bit	1
MOV	bit,C	bit = C	2
CLR	C	C = 0	1
CLR	bit	bit = 0	1
SETB	C	C = 1	1
SETB	bit	bit = 1	1
CPL	C	C = .NOT.C	1
CPL	bit	bit = .NOT.bit	1
JC	rel	Jump if C = 1	2
JNC	rel	Jump if C = 0	2
JB	bit,rel	Jump if bit = 1	2
JNB	bit,rel	Jump if bit = 0	2
JBC	bit,rel	Jump if bit = 1;CLR bit	2

ตารางที่ 4.8 แสดงกลุ่มคำสั่งประมวลผลแบบบูลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 โครงสร้างอินเตอร์รัปต์ของ MCS-51

ตามโครงสร้างด้านการอินเตอร์รัปต์ของ MCS-51 สามารถกำหนดเลือกเพื่อยินยอมหรือไม่ยินยอม (Enable/Disable) ให้มีการอินเตอร์รัปต์ของแต่ละสัญญาณได้ โดยใช้วิธีการกำหนดค่าของบิตภายในรีจิสเตอร์ IE (ดังแสดงในรูปที่ 4.12) ซึ่งจะมีทั้งแบบที่ระบุถึงอินเตอร์รัปต์โดยรวมทั้งหมด (บิตที่ 7) และอินเตอร์รัปต์แต่ละประเภทได้ ในกรณีที่กำหนดค่าข้อมูลเป็น 1 ให้กับบิตจะมีความหมายถึงการยินยอมให้มีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้นได้ และจะเป็นกรณีตรงข้ามกันสำหรับการกำหนดค่าข้อมูลที่เป็น 0 และจะต้องทำการกำหนดให้ยินยอมการอินเตอร์รัปต์ทั้งหมดให้เกิดขึ้นก่อน จึงจะมีผลทำให้การกำหนดบิตเพื่อยินยอมของแต่ละอินเตอร์รัปต์มีผลขึ้นได้

การกำหนดระดับความสำคัญให้กับสัญญาณอินเตอร์รัปต์แต่ละประเภทนั้น สามารถทำได้โดยการกำหนดข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 หรือ 0 ให้กับบิตภายในรีจิสเตอร์ IP (Interrupt Priority)ดังแสดงในรูปที่ 4.13 โดยหากว่ามีค่าเป็น 1 ก็จะทำให้สัญญาณอินเตอร์รัปต์นั้น ๆ มีระดับความสำคัญสูง และเป็นกรณีตรงข้ามกันสำหรับการกำหนดค่าเป็น 0

ชื่อบิต: IE ตำแหน่ง: A8h ค่ากำหนดเริ่มต้น: 0X00 0000

EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
EA	IE.7	อีนาเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์โดยรวม
-	IE.6	
ET2	IE.5	อีนาเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์ Timer2
ES	IE.4	อีนาเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์พอร์ตอนุกรม
ET1	IE.3	อีนาเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์ Timer1
EX1	IE.2	อีนาเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์ INT1
ET0	IE.1	อีนาเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์ Timer0
EX0	IE.0	อีนาเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์ INT0

รูปที่ 4.12 บิตต่าง ๆ ภายในรีจิสเตอร์ IE (Interrupt Enable)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่สัญญาณที่เข้ามาอินเตอร์รัปต์มีระดับความสำคัญเดียวกันเกิดขึ้นพร้อมกัน ก็อาจจะทำให้เกิดปัญหาได้ แต่อย่างไรก็ตาม MCS-51 ก็มีโครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์ในการพิจารณาตามลำดับความสำคัญของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ดังตารางต่อไปนี้

ชื่อบิต: IP ตำแหน่ง: B8h ค่าบิตเริ่มต้น: 0000 0000

-	-	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0

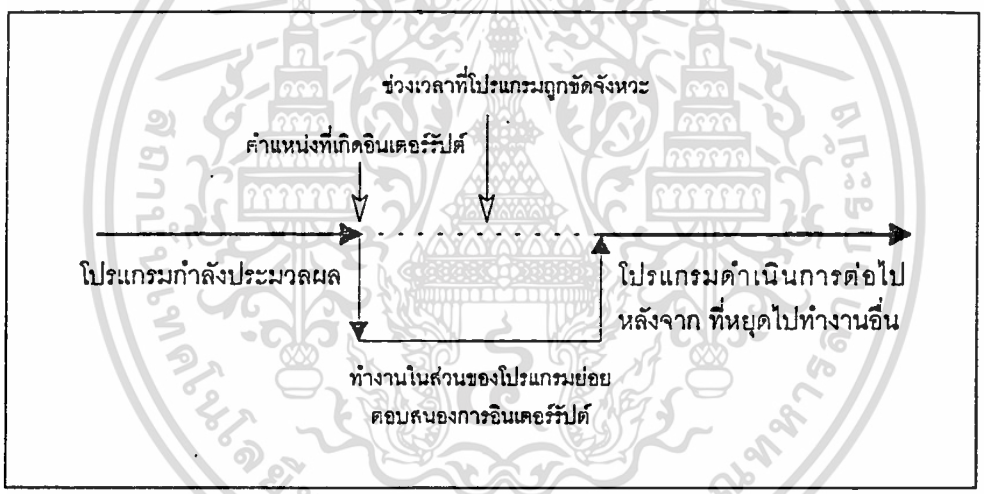
ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
	IP.7	
	IP.6	
PT2	IP.5	ระดับความสำคัญของ Timer2
PS	IP.4	ระดับความสำคัญของพอร์ตอนุกรม
PT1	IP.3	ระดับความสำคัญของ Timer1
PX1	IP.2	ระดับความสำคัญของ INT1
PT0	IP.1	ระดับความสำคัญของ Timer0
PX0	IP.0	ระดับความสำคัญของ INT0

รูปที่ 4.13 บิตต่าง ๆ ภายในรีจิสเตอร์ IP (Interrupt Priority)

เมื่อมีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำคำสั่งที่กำลังดำเนินการอยู่ให้แล้วเสร็จ จากนั้นจึงจะทำการเก็บค่าตำแหน่งแอดเดรสของคำสั่งที่จะทำงานต่อไปไว้ยังบริเวณช่องหน่วยความจำที่ถูกกำหนดไว้ให้เป็นสแต็ก (Stack) และกระโดดไปยังตำแหน่งแอดเดรสที่ได้มีการกำหนดไว้แน่นอนตำแหน่งหนึ่งโดยอัตโนมัติ (ดูรูปที่ 4.14) ตำแหน่งนี้เรียกว่า แอดเดรสของอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์ (Interrupt Vector Address) ซึ่งผู้ใช้จะต้องทำการเขียนโปรแกรมย่อย (Subroutine) ยังตำแหน่งแอดเดรสเหล่านี้ไว้ ซึ่งเรียกว่า โปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์ (Interrupt Service Routine) ตำแหน่งของแอดเดรสเหล่านี้ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งกำเนิดสัญญาณ	สัญญาณ	ตำแหน่งแอดเดรส (Hex)
IE0	อินเตอร์รัปต์ภายนอก 0	0003
TF0	วงจรนับ/จับเวลา 0	000B
IE1	อินเตอร์รัปต์ภายนอก 1	0013
TF1	วงจรนับ/จับเวลา 1	001B
RI หรือ TI	วงจรรับ/ส่งข้อมูลอนุกรม	0023



รูปที่ 4.14 แสดงให้เห็นถึงแผนภาพการทำงานของโปรแกรมซึ่งโดยปกติจะทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งอยู่ เมื่อมีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้นโปรแกรมส่วนนี้จะหยุดค้างอยู่ เนื่องจากโปรเซสเซอร์จะทำการกระโดดไปทำงานในส่วนของโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์ เมื่อเสร็จสิ้นงานในโปรแกรมย่อยนี้แล้วจึงจะได้กลับไปทำงานเก่าที่ค้างอยู่ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 การใช้งานบอร์ด CP-SB31

บอร์ด CP-SB31 ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ในงานควบคุม ซึ่งตรงกับหน้าที่หลักของ CPU ในตระกูล MCS 51 คือเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ โครงสร้างทางกายภาพของบอร์ด CP-SB31 มีดังนี้

- CPU 8031 (ON BORD)

MEMORY

มี SOCKET ขนาด 28 PIN 2 ตัว สามารถใส่หน่วยความจำได้สูงสุด 96 KB

I/O

8*3 บิท	INPUT/OUTPUT (8255)
8*1 บิท	INPUT/OUTPUT (PORT1)
1 SERIAL PORT	(RS232)

POWER

10 VDC	POWER SUPLY JACK
5 VDC	(REGULATE) 7508 ON BOARD

คุณลักษนะพิเศษของ CP-SB31

- หน่วยความจำสามารถเลือกได้ทั้งขนาด , ตำแหน่ง และลักษณะการทำงาน (DATA MEMORY , CODE MEMORY , CODE & DATA MEMORY)

- สามารถพัฒนาโปรแกรมได้ทั้งภาษาแอสเซมบลี้ (ร่วมกับ SB31-DEBUGGER) หรือภาษาเบสิค (เพื่อใช้ 8052 AH-BASIC) หรือ ET-8051 EM หรือใช้ ET EPROM EMULATOR ก็ได้

- ต่อกับ LCD ได้ทันทีโดยไม่ต้องใช้ I/O พอร์ต

- มี I/O พอร์ต ขนาด 8 บิท ถึง 4 พอร์ต

การติดตั้งหน่วยความจำให้กับ CP-SB31

เนื่องจาก CP-SB31 ถูกสร้างมาให้เป็นอิสระในการเลือกใช้หน่วยความจำได้หลายขนาดทั้ง EPROM และ RAM รวมทั้งตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำผู้ใช้ก็ยังสามารถกำหนดได้ตามต้องการซึ่งทั้งหมดนี้ขึ้นอยู่กับการใส่ตำแหน่งของ JUMPER ต่างๆให้ถูกต้อง ซึ่ง U3 และ U4 ถูกควบคุมด้วย JUMPER ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ :

- U3 JP3 เลือกเบอร์ของชิปหน่วยความจำที่ใส่อยู่บน U3 (2764 , 27512 , 6264 , 62556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

JP4 สำหรับเลือกว่าจะให้หน่วยความจำที่ U3 เป็น DATA MEMORY หรือ CODE MEMORY หรือเป็นทั้ง CODE และ DATA MEMORY

JP7 เลือกตำแหน่งเริ่มต้นและขนาดของหน่วยความจำ U3

- U4 JP5 เลือกเบอร์ของชิปหน่วยความจำที่ใส่อยู่บน U4 (27268 , 6116 , 6264 , 62256)

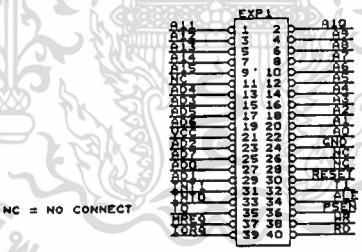
JP6 เลือกลักษณะการทำงานของ U4 ว่าจะให้เป็น DATA MEMORY หรือ CODE MEMORY หรือเป็นทั้ง DATA และ CODE MEMORY

JP8 เลือกตำแหน่งเริ่มต้นและขนาดของหน่วยความจำ U4

JP9 เลือกว่าจะอนุญาติให้มีการใช้ I/O พอร์ต (8255) ภายนอกอีกหรือไม่ ถ้าไม่มีพอร์ตภายนอก U4 จะมีขนาดสูงสุดได้ถึง 32 KB

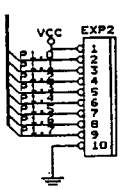
รายละเอียดเกี่ยวกับ CONNECTER

EXP1 เป็น CONNECTER ขนาด 40 PIN ซึ่งมีสัญญานที่ขาต่างๆคล้ายกับสัญญาณที่ต่อจาก CP-U Z80 ทั้งนี้เพื่อสนับสนุนบอร์ดต่างๆ เช่น 72IOZ80 ,ET-RTC เป็นต้นแต่เนื่องจาก CP-SB31 ใช้ CPU คนละตระกูลกับ Z80 จึงมีสัญญาณไม่ตรงกัน ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 CONNECTER EXP1

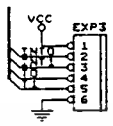
EXP2 เป็น INPUT/OUTPUT พอร์ตอิสระขนาด 8 บิท โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 CONNECTER EXP2

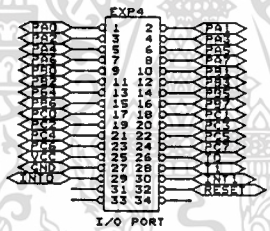
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EXP3 เป็นขาของ INTERUPT และ TIMER/COUNTER ของตัว CP-U โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 4.17



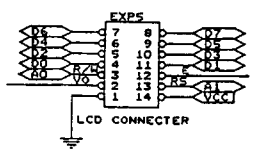
รูปที่ 4.17 CONNECTER EXP3

EXP4 เป็น CONNECTER ขนาด 34 ขา ซึ่งมีการวางตำแหน่งของขาตรงกับบอร์ด 72IO ซึ่งสามารถต่อกับอุปกรณ์ I/O ต่าง ๆ เช่น SSRAC , ET-AD เป็นต้น แสดงได้ดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 CONNERTER EXP4

EXP5 เป็น CONNECTER ขนาด 14 ขา ที่ใช้ต่อกับ LCD ได้โดยตรง โดยรายละเอียดดังรูปที่ 4.19



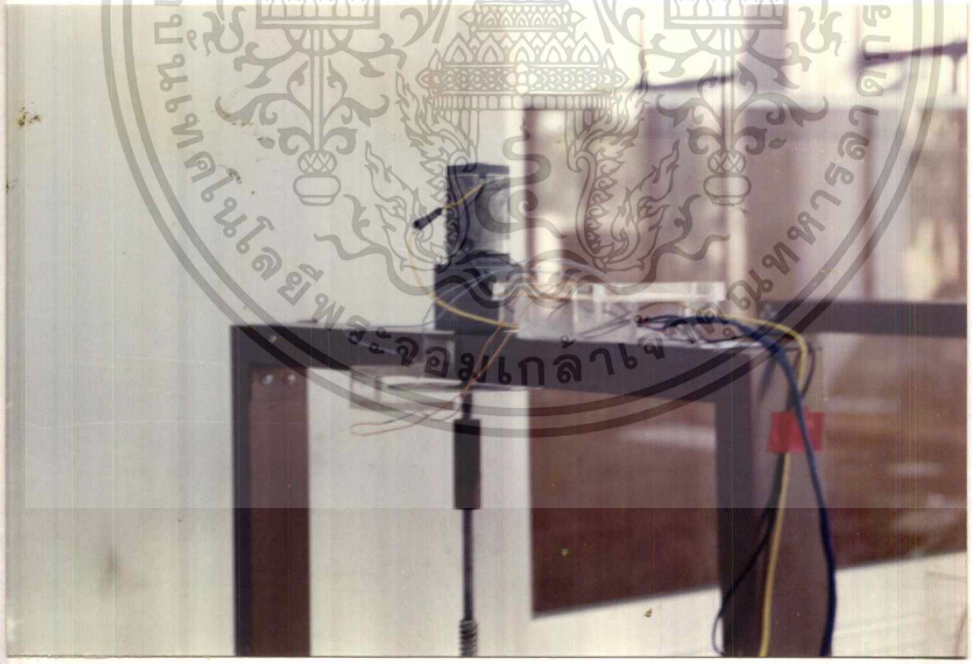
รูปที่ 4.19 CONNECTER EXP5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ส่วนควบคุมการเปิด-ปิดประตูน้ำ

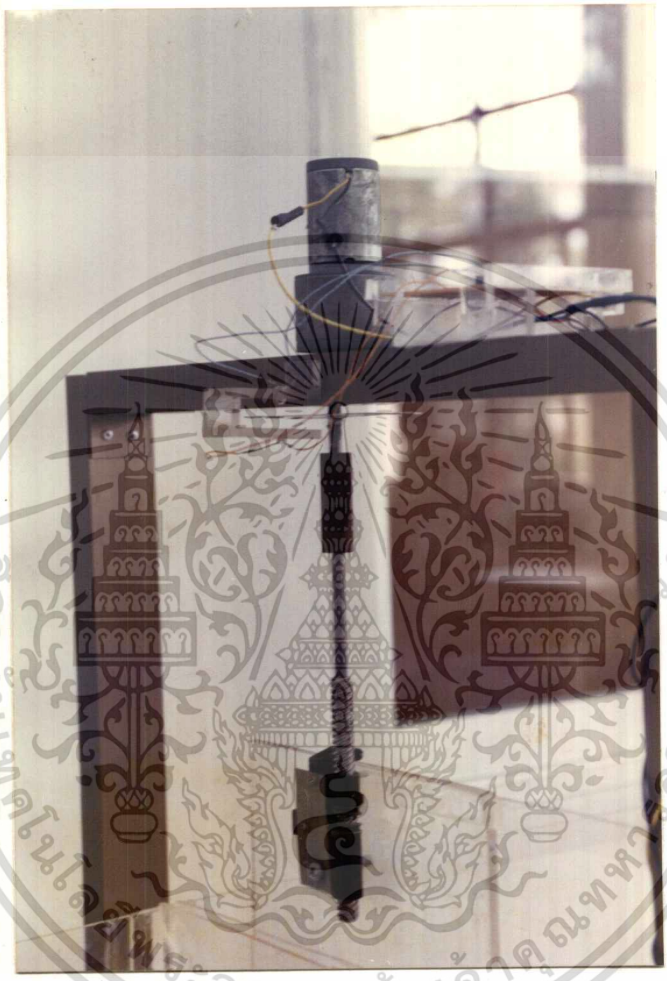
มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอย่างหนึ่งในการควบคุมการเปิด-ปิดประตูน้ำ โดยมีหน้าที่ช่วยในการยกประตูขึ้นเมื่อต้องการเปิดประตูน้ำและดันประตูลงเมื่อต้องการปิดประตูน้ำ

มอเตอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้เป็น DC Motor ขนาดทนแรงดันสูงสุดได้ 30 โวลต์ และมีเฟืองทดในตัว ลักษณะของมอเตอร์ที่ใช้งานและการติดตั้งมอเตอร์เข้ากับ Model แสดงได้ดังรูปที่ 5.1 และรูปที่ 5.2 ตามลำดับ



รูปที่ 5.1 ลักษณะของมอเตอร์ที่ทำการติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 แสดงการติดตั้งมอเตอร์เข้ากับ Model

การควบคุมมอเตอร์ให้ทำงานในการปิดเปิดประตูน้ำเพื่อควบคุมระดับน้ำนั้นทำได้โดย Microcontroller ซึ่งในการควบคุมมอเตอร์ 1 ตัวจะต้องใช้สัญญาณเอาท์พุทจาก Microcontroller 2 บิตด้วยกัน คือ บิตแรกเป็นการควบคุมให้มอเตอร์หมุนเพื่อทำการเปิดประตูน้ำและบิตที่สองเป็นการควบคุมให้มอเตอร์หมุนเพื่อทำการปิดประตูน้ำ ซึ่งในโครงงานนี้ทำการควบคุมมอเตอร์จำนวน 2 ตัว จึงต้องใช้งานขาเอาท์พุทจาก Microcontroller จำนวน 4 บิตด้วยกัน

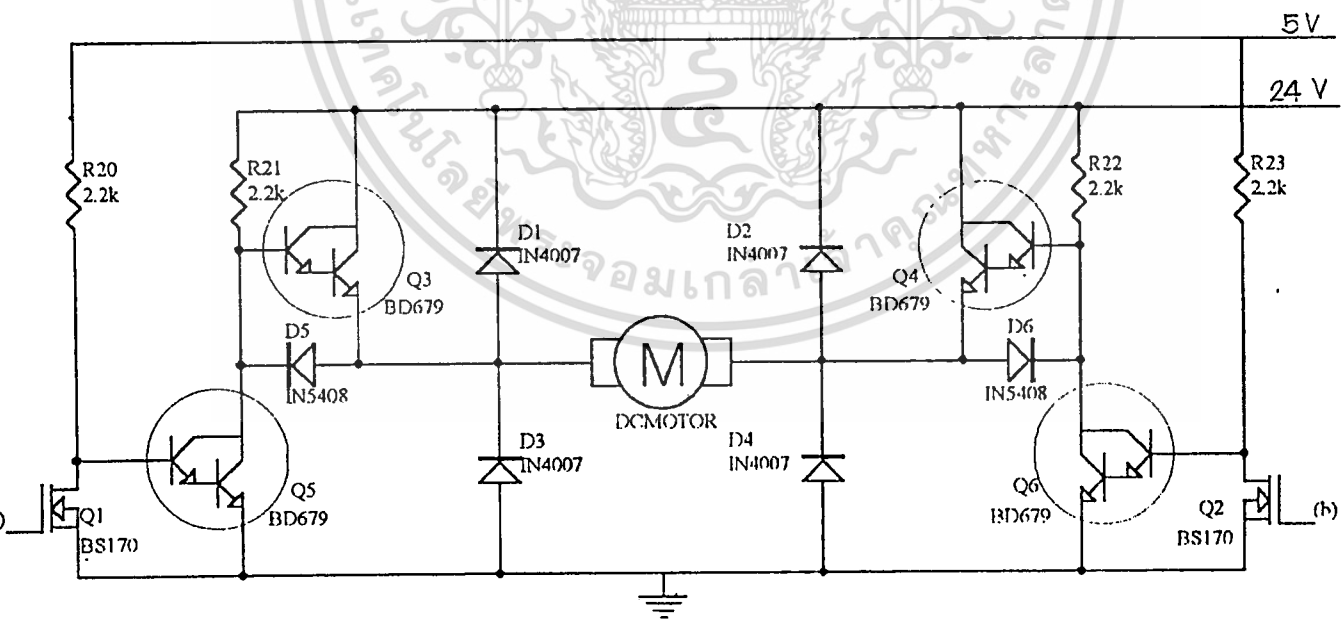
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่สัญญาณเอาท์พุทของ Microcontroller เปรียบเสมือนสวิตช์ที่ทำหน้าที่ตัดและต่อไฟเลี้ยงที่จ่ายให้มอเตอร์เพื่อให้มอเตอร์หมุน ดังนั้นระหว่างตัว Microcontroller และ มอเตอร์จึงต้องมีวงจรไฟฟ้าที่ทำหน้าที่จ่ายกระแสและแรงดันให้กับมอเตอร์ วงจรดังกล่าวเรียกว่า วงจรขับมอเตอร์ (drive circuit) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 วงจรขับมอเตอร์

วงจรขับมอเตอร์ (drive circuit) เป็นวงจรส่วนที่ขับให้มอเตอร์หมุน โดยจะเป็นวงจรที่จ่ายกระแสและแรงดันให้กับมอเตอร์ และยังทำหน้าที่เป็นตัวคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์อีกด้วย ซึ่งวงจรขับมอเตอร์นี้ทำหน้าที่เสมือนกับ D/A Converter ที่แปลงสัญญาณดิจิตอลจาก Microcontroller ให้เป็นสัญญาณอนาล็อกเพื่อขับให้มอเตอร์หมุน

สำหรับวงจรขับมอเตอร์ที่ใช้งานนั้นมีวงจรแสดงได้ดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 วงจรขับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.3 ในวงจรขับมอเตอร์นั้น กระแสจะไหลผ่านมอเตอร์ได้สองทาง คือ ผ่านทางQ4 เข้าสู่มอเตอร์ออกทาง Q5 และผ่านทาง Q3 เข้าสู่มอเตอร์ออกทาง Q6 ตามลำดับ ซึ่งทิศทางการไหลของกระแสต่างกันทำให้ทิศทางการหมุนของมอเตอร์จะกลับข้างกัน

หลักการทำงานของวงจรสามารถอธิบายได้ดังนี้

1) เมื่อให้สัญญาณแรงดัน 5 โวลต์เข้ามาทางจุด (a) โดยที่จุด (b) มีค่าแรงดัน 0 โวลต์

จากแรงดัน 5 โวลต์ที่จุด (a) จะทำให้ Q1 นำกระแส เมื่อ Q1 นำกระแสก็จะเป็นการดึงกระแสที่จะเข้าขาเบสของ Q5 ทำให้ Q5 ไม่นำกระแส ซึ่งทำให้มีกระแสไบอัสไหลผ่าน R21 ไหลเข้าขาเบสของ Q3 ทำให้ Q3 นำกระแส ทำให้มีกระแสไหลผ่านจาก Q3 ผ่านไปยังดีซีมอเตอร์

และจากแรงดัน 0 โวลต์ที่จุด (b) จะทำให้ Q2 ไม่นำกระแส ซึ่งทำให้มีกระแสไบอัสไหลผ่าน R23 เข้าขาเบสของ Q6 ทำให้ Q6 นำกระแส เมื่อ Q6 นำกระแส ทำให้กระแสที่ไหลผ่านจาก Q3 ผ่านมายังดีซีมอเตอร์ไหลผ่านต่อมายัง D6 และ Q6 และลง Ground ไป ทำให้มีกระแสจ่ายให้แก่มอเตอร์และทำให้มอเตอร์หมุน

2) เมื่อให้สัญญาณแรงดัน 5 โวลต์เข้ามาทางจุด (b) โดยที่จุด (a) มีค่าแรงดัน 0 โวลต์

จากแรงดัน 5 โวลต์ที่จุด (b) จะทำให้ Q2 นำกระแส เมื่อ Q2 นำกระแสก็จะเป็นการดึงกระแสที่จะเข้าขาเบสของ Q6 ทำให้ Q6 ไม่นำกระแส ซึ่งทำให้มีกระแสไบอัสไหลผ่าน R22 ไหลเข้าขาเบสของ Q4 ทำให้ Q4 นำกระแส ทำให้มีกระแสไหลผ่านจาก Q4 ผ่านไปยังดีซีมอเตอร์

และจากแรงดัน 0 โวลต์ที่จุด (a) จะทำให้ Q1 ไม่นำกระแส ซึ่งทำให้มีกระแสไบอัสไหลผ่าน R20 เข้าขาเบสของ Q5 ทำให้ Q5 นำกระแส เมื่อ Q5 นำกระแส ทำให้กระแสที่ไหลผ่านจาก Q4 ผ่านมายังดีซีมอเตอร์ไหลผ่านต่อมายัง D5 และ Q5 และลง Ground ไป ทำให้มีกระแสจ่ายให้แก่มอเตอร์และทำให้มอเตอร์หมุน แต่ทิศทางการไหลของกระแสจะกลับกันกับข้อ 1) ทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางที่กลับกัน

3) กรณีที่จุด (a) และจุด (b) ต่างก็มีแรงดัน 5 โวลต์เหมือนกัน จะทำให้ Q1 และ Q2 นำกระแส เมื่อ Q1 และ Q2 นำกระแสจะเป็นการดึงกระแสที่จะเข้าขาเบสของ Q5 และ Q6 ทำให้ Q5 และ Q6 ไม่นำกระแสตามลำดับ เมื่อทั้ง Q5 และ Q6 ไม่นำกระแสจะมีผลทำให้ไม่มีกระแสไหลผ่านมอเตอร์ทำให้ไม่มีกระแสจ่ายมอเตอร์

ดังนั้นในการควบคุมให้มอเตอร์หมุนเพื่อทำการเปิด-ปิดประตูน้ำ ตัว Microcontroller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะต้องจ่ายสัญญาณเอาท์พุทให้กับวงจรขับมอเตอร์เพียงแค่บิตเดียวจากจำนวนสองบิตสลับกัน ตามแต่ว่าต้องการจะให้มอเตอร์หมุนเพื่อเปิดหรือปิดประตูน้ำ จะจ่ายให้ทั้งสองบิตไม่ได้เพราะจะทำให้มอเตอร์ไม่หมุน

5.2 การควบคุมให้มอเตอร์ปิดประตูได้สนิท

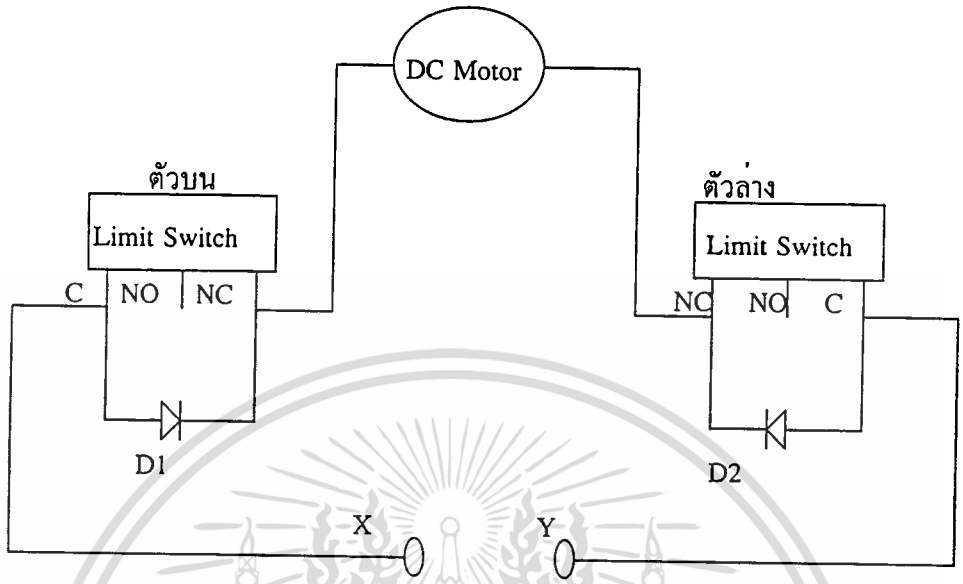
ในการควบคุมให้มอเตอร์ปิดประตูนั้นเราจะต้องควบคุมให้มอเตอร์ปิดประตูได้สนิทดังนั้นจึงต้องมีการติดตั้ง Limit Switch ไว้ที่ระดับที่ทำให้มอเตอร์ปิดประตูได้สนิทพอดี

และควรที่จะมีการติดตั้ง Limit Switch ไว้ที่ระดับที่อนุญาตให้มอเตอร์ยกประตูขึ้นได้สูงสุดเพื่อป้องกันปัญหาเวลาที่โปรแกรมหรือวงจร Sensor เกิดการขัดข้อง

ตัว Limit Switch นี้จะทำหน้าที่เป็นตัวตัดไฟที่จะจ่ายให้แก่มอเตอร์ ซึ่งทำให้เกิดปัญหาว่าเวลาประตูอยู่ที่ระดับต่ำสุดซึ่งหมายความว่า Limit Switch ตัวล่างนั้นโดนกดอยู่ ซึ่งทำให้ไฟที่จะจ่ายให้มอเตอร์นั้นไม่ครบวงจร ดังนั้นในการที่จะยกประตูน้ำขึ้นก็ไม่สามารถที่จะทำได้ จึงต้องมีการต่อตัว Diode คร่อมขนาน Limit Switch ไว้เพื่อบังคับให้กระแสสามารถไหลผ่านมอเตอร์ครบวงจรได้เพียงด้านเดียวในขณะที่ Limit Switch โดนกดอยู่ คือให้มอเตอร์สามารถหมุนยกประตูขึ้นได้อย่างเดียวในขณะที่ Limit Switch ตัวล่างโดนกดอยู่ และให้มอเตอร์สามารถหมุนดันประตูลงได้อย่างเดียวในขณะที่ Limit Switch ตัวบนโดนกดอยู่ เป็นต้น

ซึ่งในการต่อตัว Diode คร่อมขนาน Limit Switch นั้นแสดงได้ดังรูปที่ 5.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



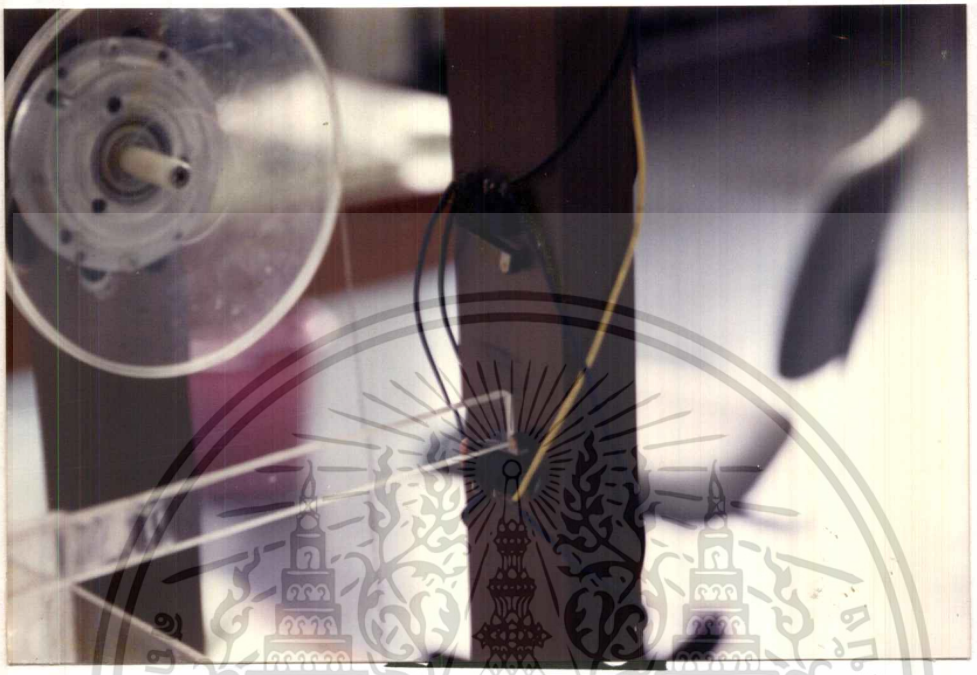
สายไฟก่อนจะเข้าและออกจากมอเตอร์ของวงจรขับมอเตอร์

รูปที่ 5.4 แสดงการต่อตัว Diode คร่อมขนาน Limit Switch บนและล่างเพื่อควบคุมให้มอเตอร์สามารถหมุนได้ทางเดียวในกรณีที่มีการกด Limit Switch

จากรูปที่ 5.4 สามารถอธิบายได้ดังนี้ คือ เมื่อกระแสไหลจาก X ไปยัง Y เป็นการควบคุมให้มอเตอร์ดันประตูลง เมื่อประตูเคลื่อนที่ถึงระดับล่างสุดก็จะแตะ Limit Switch ตัวล่าง ทำให้กระแสไหลไม่ครบวงจรเพราะกระแสไม่สามารถไหลผ่าน D2 ได้ ทำให้มอเตอร์หยุดทำงานและเมื่อต้องการให้มอเตอร์เคลื่อนที่ยกประตูขึ้น กระแสที่ไหลจาก Y ไปยัง X สามารถที่จะไหลผ่าน D2 ได้ถึงแม้ว่า Limit Switch ตัวล่างจะโดนกดอยู่ก็ตาม กระแสที่ไหลผ่าน D2 ไหลจะผ่านต่อไปยัง Limit Switch ตัวบนซึ่งต่อไฟแบบ Normally Close อยู่ทำให้ครบวงจร มอเตอร์ก็สามารถเคลื่อนที่ยกประตูน้ำขึ้นได้ จนกว่ามอเตอร์จะไปแตะ Limit Switch ตัวบน จึงจะทำให้มอเตอร์หยุดทำงาน และมอเตอร์จะทำงานได้อีกครั้งก็ต่อเมื่อมีการควบคุมให้มอเตอร์เคลื่อนที่ดันประตูน้ำลง คือกระแสสามารถไหลผ่านตัว D1 ได้นั่นเอง

ลักษณะการติดตั้ง Limit Switch เข้ากับ Model แสดงได้ดังรูปที่ 5.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 แสดงการติดตั้ง Limit Switch เข้ากับ Model

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
โปรแกรม

6.1 ขั้นตอนการทำงาน

ในส่วนของขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมแสดงได้ดัง Flowchart รูปที่ 6.1 (a) และ (b) ซึ่งขั้นตอนการทำงานเป็นดังนี้

1) Start

2) เช็คดูระดับน้ำจากช่องที่ 1 ว่าเกินระดับที่ 1 (Level 1) หรือไม่

2.1) ถ้าระดับน้ำจากช่องที่ 1 เกินระดับที่ 1 (Level 1) ให้ Motor ตัวที่ 1 ทำการปิดประตูที่ 1 (Gate 1)

2.2) ถ้าระดับน้ำจากช่องที่ 1 ไม่เกินระดับที่ 1 (Level 1) ให้ทำตามขั้นตอนที่ 3 ต่อไป

3) เช็คดูระดับน้ำจากช่องที่ 1 ว่าเกินระดับที่ 2 (Level 2) หรือไม่

3.1) ถ้าระดับน้ำจากช่องที่ 1 เกินระดับที่ 2 (Level 2) ให้คงสภาวะการปิดประตูที่ 1 (Gate 1) เหมือนเดิม

3.2) ถ้าระดับน้ำจากช่องที่ 1 ไม่เกินระดับที่ 2 (Level 2) ให้ทำการเปิดประตูที่ 1 (Gate 1)

4) เช็คดูระดับน้ำจากช่องที่ 2 ว่าเกินระดับที่ 1 (Level 1) หรือไม่

4.1) ถ้าระดับน้ำจากช่องที่ 2 เกินระดับที่ 1 (Level 1) ให้ Motor ตัวที่ 2 ทำการปิดประตูที่ 2 (Gate 2)

4.2) ถ้าระดับน้ำจากช่องที่ 2 ไม่เกินระดับที่ 1 (Level 1) ให้ทำตามขั้นตอนที่ 5 ต่อไป

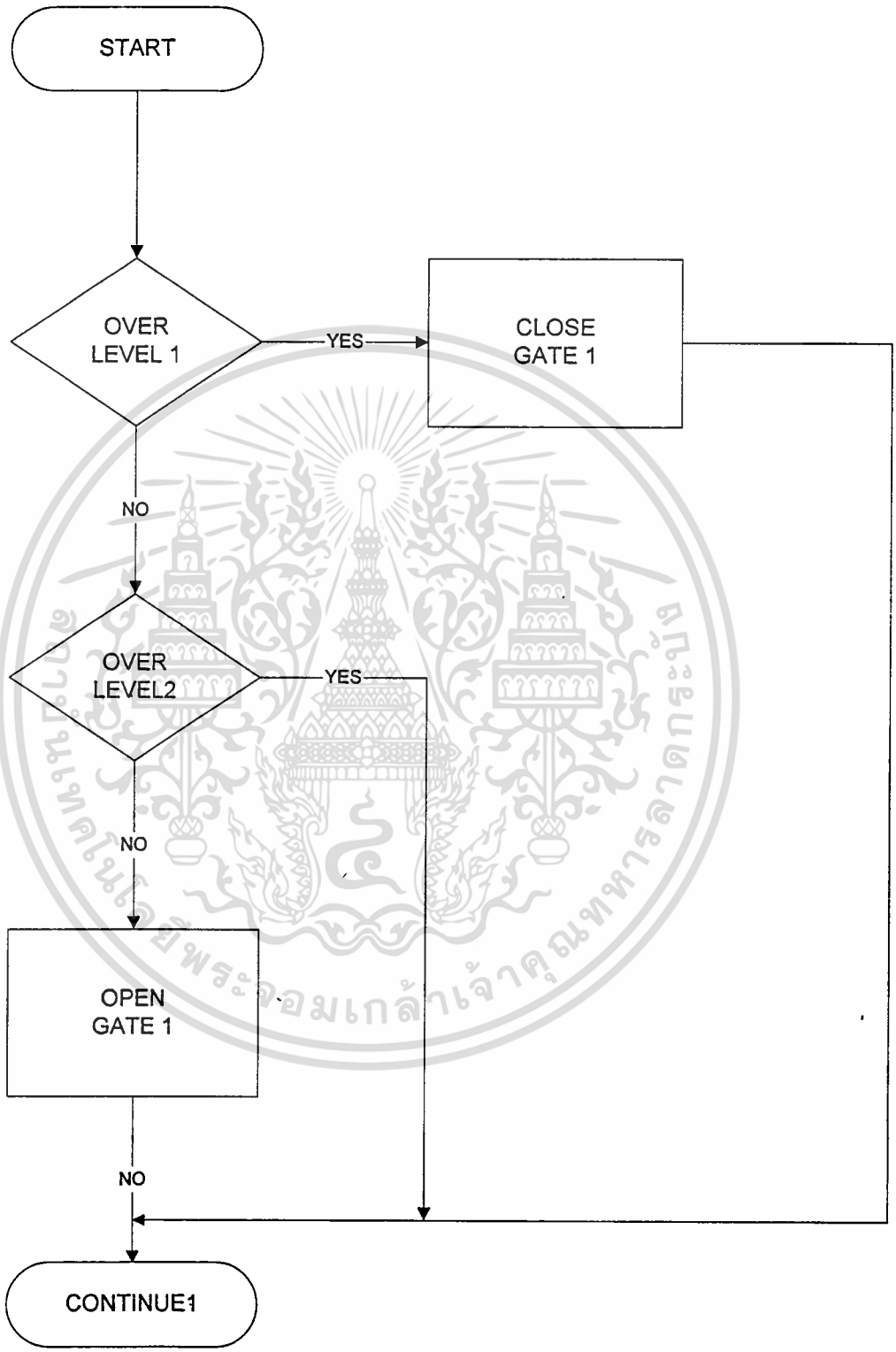
5) เช็คดูระดับน้ำจากช่องที่ 2 ว่าเกินระดับที่ 2 (Level 2) หรือไม่

5.1) ถ้าระดับน้ำจากช่องที่ 2 เกินระดับที่ 2 (Level 2) ให้คงสภาวะการปิดประตูที่ 2 (Gate 2) เหมือนเดิม

5.2) ถ้าระดับน้ำจากช่องที่ 2 ไม่เกินระดับที่ 2 (Level 2) ให้ทำการเปิดประตูที่ 2 (Gate 2)

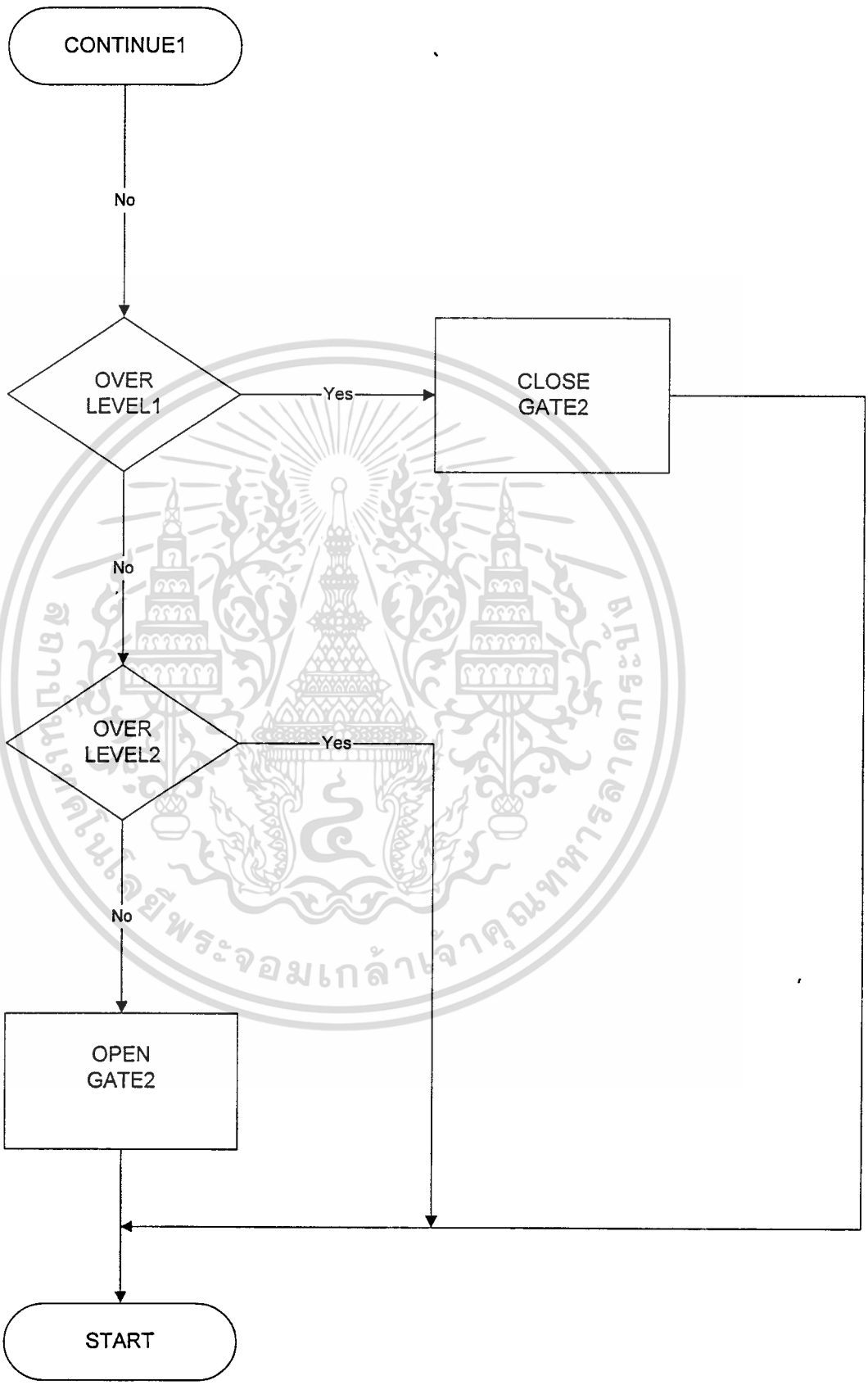
6) กลับไปเริ่มต้นทำขั้นตอนที่ 2-5 ใหม่ ซ้ำไปซ้ำมาเรื่อย ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(b)

รูปที่ 6.1 (a) และ (b) เป็น flowchart แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ

6.2 โปรแกรมภาษาแอสเซมบลี้

```
PORTA    EQU      0E0E0H
PORTB    EQU      0E0E1H
PORTC    EQU      0E0E2H
CTRL     EQU      0E0E3H


COUNT1UP EQU       40H
COUNT2UP EQU       41H
COUNT1DO EQU       42H
COUNT2DO EQU       43H
UP1      EQU       44H ;IF UP=1 IS UP,IF UP = 0 IS DOWN
UP2      EQU       45H

         ORG       0000H
         AJMP      START
         ORG       0003H
         AJMP      GATE1
         ORG       0013H
         AJMP      GATE2
         ORG       0100H
START:
         CALL      DELAY
         MOV       A,#10011011B
         MOV       DPTR,#CTRL
         MOVX      @DPTR,A

         MOV       P1,#0
         MOV       COUNT1UP,#00H
         MOV       COUNT1DO,#00H
         MOV       COUNT2UP,#00H
         MOV       COUNT2DO,#00H
;-----------------------------------------------


         SETB      EA                ;SET ENABLE ALL
         SETB      IE0
         SETB      IE1
         SETB      IT0
         SETB      IT1
         SETB      EX0
         SETB      EX1

;PART POLLING

CHECK1:
         MOV       DPTR,#PORTA
         MOVX      A,@DPTR
ONE:     PUSH      ACC
         CLR       C
         SUBB      A,#01000000B
         POP       ACC
         JC        ONEE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          MOV     COUNT1UP,#00H
          AJMP    ONE_DO1
ONEE:     PUSH    ACC
          CLR     C
          SUBB    A,#00110100B
          POP     ACC
          JC      ONEEE
          MOV     COUNT1UP,#00H
          AJMP    ONE_DO2
ONEEE:    PUSH    ACC
          CLR     C
          SUBB    A,#00100000B
          POP     ACC
          JC      ONEEEE
          AJMP    CHECK2
ONEEEE:
          MOV     COUNT1DO,#00H
          AJMP    ONE_UP


CHECK2:
          MOV     DPTR,#PORTB
          MOVX    A,@DPTR
TWO:      PUSH    ACC
          CLR     C
          SUBB    A,#01000000B
          POP     ACC
          JC      TWOO
          MOV     COUNT2UP,#00H
          AJMP    TWO_DO1
TWOO:     PUSH    ACC
          CLR     C
          SUBB    A,#00110100B
          POP     ACC
          JC      TWOOO
          MOV     COUNT2UP,#00H
          AJMP    TWO_DO2
TWOOO:    PUSH    ACC
          CLR     C
          SUBB    A,#00100000B
          POP     ACC
          JC      TWOOOO
          AJMP    CHECK1
TWOOOO:
          MOV     COUNT2DO,#00H
          AJMP    TWO_UP

;OUTPUT TO MOTOR

ONE_UP:   PUSH    ACC
          MOV     UP1,#1
          MOV     A,COUNT1UP
          CJNE    A,#4D,O_UP
          POP     ACC
          AJMP    CHECK2
O_UP:     SETB    P1.0
          CLR     P1.1
          POP     ACC
          AJMP    CHECK2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ONE_DO1:MOV     UP1,#0
        SETB    P1.1
        CLR     P1.0
        AJMP    CHECK2

ONE_DO2:PUSH    ACC
        MOV     UP1,#0
        MOV     A,COUNT1DO
        CJNE    A,#2D,O_DO
        POP     ACC
        AJMP    CHECK2
O_DO:   SETB    P1.1
        CLR     P1.0
        POP     ACC
        AJMP    CHECK2

TWO_UP: PUSH    ACC
        MOV     UP2,#1
        MOV     A,COUNT2UP
        CJNE    A,#4D,T_UP
        POP     ACC
        AJMP    CHECK1
T_UP:   SETB    P1.2
        CLR     P1.3
        POP     ACC
        AJMP    CHECK1

TWO_DO1:MOV     UP2,#0
        SETB    P1.3
        CLR     P1.2
        AJMP    CHECK1

TWO_DO2:PUSH    ACC
        MOV     UP2,#0
        MOV     A,COUNT2DO
        CJNE    A,#2D,T_DO
        POP     ACC
        AJMP    CHECK1
T_DO:   SETB    P1.3
        CLR     P1.2
        POP     ACC
        AJMP    CHECK1

;PART DELAY TIME

DELAY:  MOV     R0,#0FFH
REV:    DJNZ    R0,REV          ;LOOP
        MOV     R0,#0FFH
REV1:   DJNZ    R0,REV1
        MOV     R0,#0FFH
REV2:   DJNZ    R0,REV2
        RET

;PART INTERUPT ROUTINE
GATE1:  PUSH    ACC
        MOV     A,UP1
        CJNE    A,#1,DOW1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     A,COUNT1UP
        CJNE    A,#4D,CON1
        CLR     P1.0
        CLR     P1.1
        POP     ACC
        RETI
CON1:   INC     COUNT1UP
        POP     ACC
        RETI
DOW1:   MOV     A,COUNT1DO
        CJNE    A,#2D,CON3
        CLR     P1.0
        CLR     P1.1
        POP     ACC
        RETI
CON3:   INC     COUNT1DO
        POP     ACC
        RETI

GATE2:  PUSH    ACC
        MOV     A,UP2
        CJNE    A,#1,DOW2
        MOV     A,COUNT2UP
        CJNE    A,#4D,CON2
        CLR     P1.2
        CLR     P1.3
        POP     ACC
        RETI
CON2:   INC     COUNT2UP
        POP     ACC
        RETI
DOW2:   MOV     A,COUNT2DO
        CJNE    A,#2D,CON4
        CLR     P1.2
        CLR     P1.3
        POP     ACC
        RETI
CON4:   INC     COUNT2DO
        POP     ACC
        RETI
END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

ผลการทดลอง

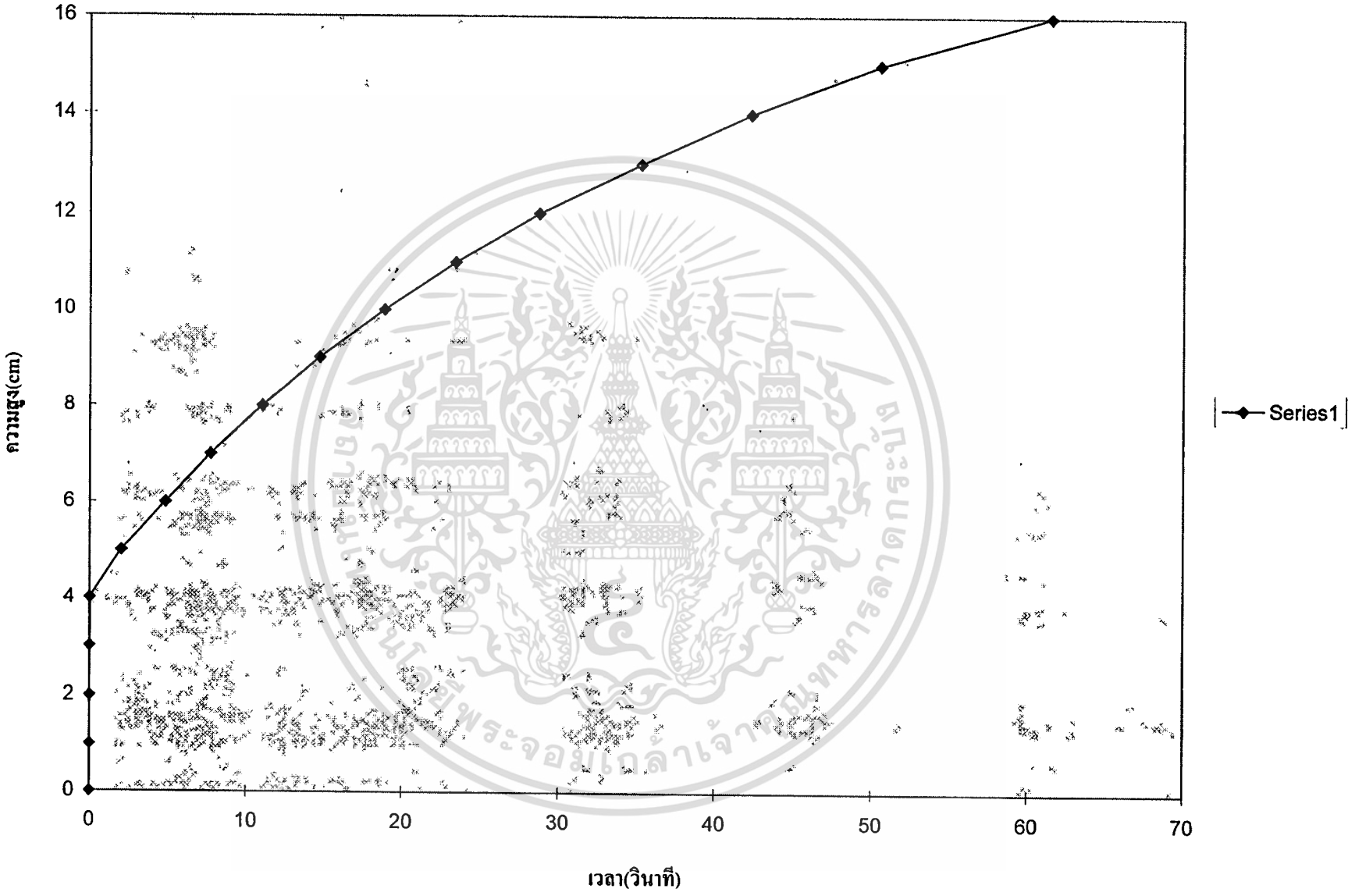
การทดลองครั้งแรกเริ่มด้วยการใส่น้ำใน Model ในช่องแรก 28 ซม. โดยในช่องที่สองมีน้ำอยู่ 4 ซม. แล้วจึงเริ่มการทดลอง ประตูน้ำเริ่มเปิด น้ำจากช่องแรกไหลมายังช่องที่สอง ทำการวัดความสูงของน้ำในประตูช่องที่สองได้ดังตารางที่ 7.1

ความสูง (cm)	เวลา (วินาที)
0	0
1	0
2	0
3	0
4	0
5	
6	4.86
7	7.73
8	11.01
9	14.67
10	18.85
11	23.42
12	28.74
13	35.23
14	42.31
15	50.55
16	61.49

ตารางที่ 7.1 ผลการทดลองครั้งแรก

จากตารางนำไปพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ของระดับน้ำช่องที่ทำการควบคุม(ช่องที่ 2) กับเวลาจะได้ดังรูปที่ 7.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของระดับน้ำที่ทำการควบคุมกับเวลาของการทดลองครั้งแรก

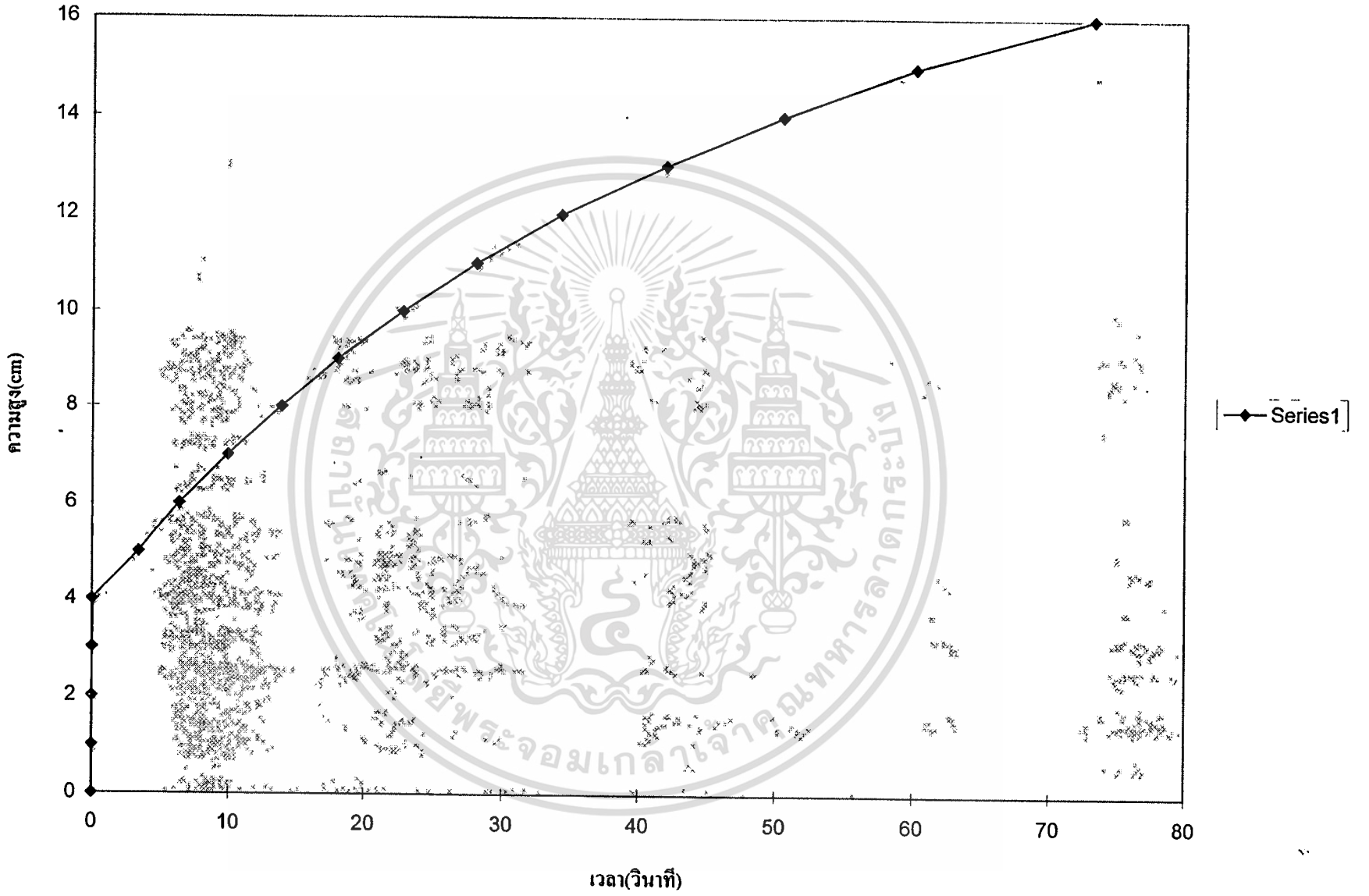
การทดลองครั้งที่สองมีการเติมน้ำให้ระบบตลอดเวลาและดึงน้ำออกจากระบบตลอดเวลา เพื่อทำให้ใกล้เคียงกับระบบจริงมากที่สุด เพราะในระบบจริงปริมาณน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่เข้ามาและปริมาณน้ำที่จ่ายออกไป ถ้าปริมาณน้ำที่ถูกดึงออกไปใช้มีมากระดับน้ำก็จะลดลงถึงจุดต่ำสุดที่ควบคุมไว้ประตูก็จะเปิดทำให้ระดับน้ำเพิ่มถึงจุดสูงสุดที่ควบคุมไว้ประตูน้ำก็จะปิดระดับน้ำก็จะอยู่ในระดับที่ควบคุมไว้ จากการทดลอง วัดความสูงของระดับน้ำได้ดังตารางที่ 7.2

ความสูง (cm)	เวลา (วินาที)
0	0
1	0
2	0
3	0
4	0
5	3.36
6	6.34
7	9.89
8	13.85
9	18.03
10	22.72
11	28.05
12	34.26
13	41.96
14	50.48
15	60.13
16	73.21

ตารางที่ 7.2 ผลการทดลองครั้งที่สอง

จากตารางผลการทดลองนำไปพล็อตกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำที่ทำการควบคุมกับเวลาจะได้ดังรูปที่ 7.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของระดับน้ำที่ทำการควบคุมกับเวลาของการทดลองครั้งที่สอง

บทที่ 8
สรุปและวิจารณ์

8.1 สรุป

1. ผลการทดลอง ระดับน้ำในช่องควบคุมสามารถควบคุมภายในระดับที่ต้องการได้

2. ระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำเข้าออก ในการทดลองปริมาณน้ำมีน้อย ระดับจึงเปลี่ยนแปลงค่อนข้างรวดเร็ว

3. ในการทดลองอาจเกิดปัญหาประตูน้ำปิดไม่สนิท ปริมาณน้ำจึงมีการถ่ายเทตลอดเวลา แต่จะไม่มีปัญหากับการควบคุม

4. ปริมาณน้ำใน Model ค่อนข้างน้อย เมื่อเปิดประตูระดับน้ำจึงเปลี่ยนแปลงค่อนข้างเร็ว แต่ในระบบจริงจะไม่เกิดปัญหานี้

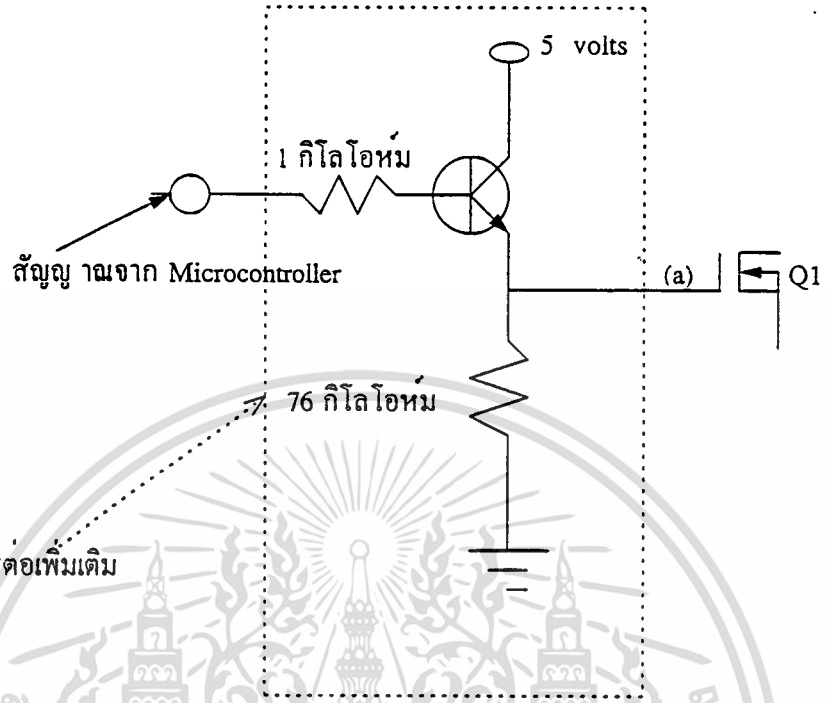
8.2 วิจารณ์

1. ในการสร้าง Model ตอนแรกสุดนั้นต้องการจะใช้งาน Pressure Sensor ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับงานจริงได้เหมาะสมที่สุด แต่สำหรับแบบจำลองที่ทำการสร้างขึ้นมานั้นมีระดับความลึกของน้ำค่อนข้างน้อย การใช้งาน Pressure Sensor จึงไม่เหมาะสมเพราะว่าความดันของน้ำที่ระดับต่าง ๆ กันมีค่าต่างกันน้อยมาก อีกทั้ง Pressure Sensor มีราคาแพงมากจึงต้องยกเลิกการใช้งานของ Pressure Sensor หันมาใช้อุปกรณ์ชนิดอื่นแทน ซึ่งอุปกรณ์ที่เลือกใช้นั้นคือการใช้กลไกลูกลอยไปหมุน Transducer ซึ่งลำดับขั้นการทำงานนั้นจะเหมือนกันกับ Pressure Sensor ทุกขั้นตอน คือ ต้องมีการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยผ่านตัว A/D Converter แล้วนำสัญญาณดิจิตอลต่อไปยัง Microcontroller เพื่อให้ Microcontroller ทำงานตามโปรแกรมในการควบคุมการเปิด-ปิดประตูน้ำ

เพราะฉะนั้นเมื่อต้องการนำการควบคุมนี้ไปประยุกต์ใช้กับระบบจริง ก็สามารถใช้ Pressure Sensor ได้

2. ในการต่อวงจรขับมอเตอร์เข้ากับ Motor และ Microcontroller นั้นเวลาเริ่มต้นการทำงานจริง ๆ ไม่สามารถขับมอเตอร์ให้หมุนได้ เนื่องจากค่าแรงดันที่ออกมาจาก Controller 5 โวลต์ มาต่อเข้าขา Gate ของ Fet ที่จุด (a) และ (b) รูปที่ 5.4 จะเกิดการ Drop ลงเหลือแค่ 2 โวลต์กว่า ๆ ทำให้มอเตอร์ไม่สามารถทำงานได้ จึงต้องมีการแก้ปัญหาโดยการต่อทรานซิสเตอร์และตัวต้านทาน เข้าที่จุด (a) และ (b) อีกจุดละ 1 ชุด ดังแสดงได้ในรูปที่ 8.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.1 แสดงการต่อทรานซิสเตอร์และตัวต้านทานเข้าที่ขา Gate ของ Fet เพื่อแก้ปัญหาการ Drop ของค่าความต่างศักย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. Katsuhiko Okata ; " Modern Control Engineering " , 1970 By Prentice-Hall, INC. Englewood Cliffs , N.I.

2. ชลกรณบับพิเศษ ; " 72 ปี อาจารย์อรุณ อินทรปาลิต " , 17 สิงหาคม 2534 สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์

3. ชัยวัฒน์ ปรีชาวิทย์ ; " สัมมนาวิชาการวิศวกรรมชลประทาน "

4. D.B. KRAATZ and I.K. MAHAJAN ; Small Hydraulic Structure , Irrigation and Drainage Paper, FAO.

5. สุนทร วิทูสุรพจน์ ; " การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051 " , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด

6. ปรเมษฐ์ ประนยานันทน์ , ปิยพงศ์ เผ่าวณิช " คู่มือและการประยุกต์ใช้งานไมโครค่อนโทรลเลอร์ MCS-51 , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด

7. CP-SB31 USER MANUAL , By ETT CO.,LTD

8. National Semiconductor Data Book.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

1. ขอขอบคุณ รศ.ดร. มงคล มงคลวงศ์โรจน์ ที่ให้ข้อเสนอแนะและให้คำปรึกษา

2. ขอขอบคุณ อ. จำลอง ปราบแก้ว ที่คอยช่วยเหลือในทุก ๆ เรื่อง

3. ขอขอบคุณ คุณมณฑา เทียมเมือง ที่ให้ความช่วยเหลือด้านอุปกรณ์การทำงานต่าง ๆ

4. ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาต่าง ๆ จนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จออกมาได้

5. ขอขอบคุณ คุณพ่อ , คุณแม่ และพี่ ๆ น้อง ๆ ที่ทำให้เราได้มีวันนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้